

KARAYOLU PROJESİNDE MODÜLER PROGRAM

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hakkı GÖRGÜN

DANIŞMAN

Doç. Dr. Hüseyin AKBULUT

YAPI EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

TEMMUZ 2008

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KARAYOLU PROJESİNDE MODÜLER PROGRAM

Hakkı GÖRGÜN

DANIŞMAN
Doç. Dr. Hüseyin AKBULUT

YAPI EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

TEMMUZ 2008

ONAY SAYFASI

Doç. Dr. Hüseyin AKBULUT danışmanlığında,

Hakkı GÖRGÜN tarafından hazırlanan

KARAYOLU PROJESİNDE MODÜLER PROGRAM

başlıklı bu çalışma, lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri

uyarınca

...../...../200.....

tarihinde aşağıdaki jüri tarafından

Yapı Eğitimi Anabilim Dalında

Yüksek Lisans tezi olarak oybirliği/oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

	Ünvanı, Adı, SOYADI	İmza
Başkan	Doç. Dr. Serdal TERZİ	
Üye	Doç. Dr. Yılmaz İÇAĞA	
Üye	Doç. Dr. Hüseyin AKBULUT	

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun

...../...../..... tarih ve
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Doç. Dr. Zehra BOZKURT
Enstitü Müdürü

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
RESİMLER DİZİNİ	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1 Ulaştırma	3
2.2 Ulaşım	3
2.3 Modüler Öğretim	3
2.4 Literatür Araştırması	4
3. MATERYAL METOT	9
3.1 Materyal	9
3.1.1 Netcad Programı	9
3.2 Metot	10
3.2.1 Birinci Modül (Yol Tekniğinin Gelişmesi)	10
3.2.1.1 Yol Tekniğinin Tarihi Gelişimi	11
3.2.1.2 Karayolu Elemanlarıyla İlgili Genel Tanımlamalar	20
3.2.1.3 Yolu Kullananların Özellikleri	26
3.2.2 İkinci Modül (Yolların Kapasitesi ve Yol Geometrik Standartları)	35
3.2.2.1 Yolların Kapasitesi	36
3.2.2.2 Yol Geometrik Standartları	49
3.2.2.3 Örnek Projeye Giriş	59
3.2.3 Üçüncü Modül (Geçki ve Plan)	66
3.2.3.1 Geçki Araştırması	66

3.2.3.2 Sıfır Poligonu	70
3.2.3.3 Örnek Proje Sıfır Poligonu Çalışması	71
3.2.4 Dördüncü Modül (Koordinat Hesapları)	74
3.2.4.1 Koordinat Hesapları	74
3.2.4.2 Örnek Proje Koordinat Hesabı	79
3.2.5 Beşinci Modül (Yatay Kurb Hesapları)	82
3.2.5.1 Yatay Kurbalar	83
3.2.5.2 Klotoid	99
3.2.5.3 Örnek Proje Yatay Kurba Hesapları	100
3.2.6 Altıncı Modül (Kati Güzergah Planı)	103
3.2.6.1 Kati Güzergah Planı Çizimi	103
3.2.6.2 Örnek Projenin Kati Güzergah Planının Çizimi	106
3.2.7 Yedinci Modül (Rakordman ve Dever Hesapları)	108
3.2.7.1 Rakordman ve Dever	108
3.2.7.2 Platform İç Tarafında Genişletme Yapılması	112
3.2.7.3 Örnek Proje Rakordman ve Dever Uygulaması	116
3.2.8 Sekizinci Modül (Boykesit Çizimi ve Kırmızı Hat)	119
3.2.8.1 Boykesit Çizimi	119
3.2.8.2 Kırmızı Hat	121
3.2.8.3 Örnek Proje Boykesit Çizimi	124
3.2.9 Dokuzuncu Modül (Düşey Kurb Hesapları)	124
3.2.9.1 Düşey Kurblar	124
3.2.9.2 Örnek Proje Düşey Kurb Uygulaması	134
3.2.10 Onuncu Modül (Enkesit Çizimi ve Cross Hesabı)	136
3.2.10.1 Enkesit Çizimi	137
3.2.10.2 Cross Metodu	150
3.2.10.3 Örnek Proje Enkesit Çizimi ve Cross Metodu ile Alan Hesabı	153
3.2.11 Onbirinci Modül (Alanlar Diyagramı)	155
3.2.11.1 Alanlar Diyagramının Çizimi	155
3.2.11.2 Geçit Noktaları (G.N) Hesabı	156
3.2.11.3 Örnek Proje Alanlar Diyagramı Uygulaması	157
3.2.12 Onikinci Modül (Hacim Hesapları ve Hacimler Tablosu)	158

3.2.12.1 Hacim Hesapları	159
3.2.12.2 Hacimler Tablosunun veya Kübaj Cetvelinin Tanzimi	168
3.2.12.3 Örnek Proje Hacim Hesapları ve Hacimler Tablosu	172
3.2.13 Onüçüncü Modül (Bruckner Diyagramı ve Ekonomik Taşın Mesafesi)	175
3.2.13.1 Bruckner Diyagramı	175
3.2.13.2 Ekonomik Taşıma Mesafeleri	178
3.2.13.3 Örnek Proje Bruckner Diyagramı Çizimi	185
3.2.14 Ondördüncü Modül (Netcad Programı ile Örnek Yol Projesinin Çizimi)	186
3.2.14.1 Netcad/Netpro	186
3.2.14.2 Örnek Projenin Netcad ile Çözümü	186
4. BULGULAR	204
4.1 Anket Sonuçları	204
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	209
6. KAYNAKLAR	211
6.1 CD-ROM Kaynakları	214
6.2 İnternet Kaynakları	214
7. ÖZGEÇMİŞ	215
EKLER	
EK 1. Örnek Yol Projesi Güzergah Planı	xiv
EK 2. Örnek Yol Projesi Kati Güzergah Planı	xv
EK 3. Örnek Yol Projesi Boykesit Diyagramı	xvi
EK 4. Örnek Yol Projesi Alanlar Diyagramı	xvii
EK 5. Örnek Yol Projesi Bruckner Diyagramı	xviii

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

Karayolu Projesinde Modüler Program

Hakkı GÖRGÜN

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Yapı Eğitimi Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Hüseyin AKBULUT

Karayolu projesi dersinin içerdiği konular öğrenciler ve öğretmenler için öğrenilmesi ve aktarılması zor konulardır. Zor olmalarının en büyük sebebi içeriklerinde sözel, sayısal ve uygulama kısımlarının birlikte bulunmasıdır.

Teknolojik gelişmeler ve bilgisayarın insan hayatına girmesi ile çeşitli yazılımlar geliştirilmiş ve paket programlar hayatımızın bir parçası haline gelmiştir. Karayolu projesi için de bazı paket programlar hazırlanmıştır.

Eğitim yönteminde sadece paket program kullanılması ve temel bilgilerin tam olarak verilmemesi eğitim yöntemini verimsiz hale getirir. Teorik bilgilerin öğretilmesi ve bununla birlikte bilgisayar programlarının kullanımı, konuların anlaşılması açısından öğrencilere önemli bir destek sağlayacaktır.

Bu nedenle bu çalışmada öncelikle öğrencilere temel bilgiler anlatılmış ve daha sonra bu bilgilerin bilgisayar programı desteği sağlanmıştır.

Bu çalışmada karayolu projesi dersi 14 modül'e ayrılmış ve ülkemizde bu konuda yaygın olarak kullanılan NETCAD programı ile desteklenmiştir.

2008, 215

Anahtar kelimeler: Modüler Program, Karayolu, Karayolu Projesi, Bilgisayar Destekli Tasarım, Paket Program, NETCAD.

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

Modular Program of Highway Design

Hakkı GÖRGÜN

Afyon Kocatepe University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Education of Construction

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Hüseyin AKBULUT

The highway design lesson has different topics, which are difficult for students and teachers to learn and teach. The basic reason this difficulty is comprehension of its topic having verbal, numeral and application sections in their contents.

Various softwares and packet programs have been a part of life with technological developments and computer entrance to human life. Also for preparing the highway engineering project, some of the computer programs have been prepared.

Using only packet program in education system and not giving the whole knowledge and makes education system fully theoretical and not giving ability of applying with in the real conditions. In terms of comprehending the subjects, teaching the theoretical knowledge and with using program of the computers provide an important support for students.

For this reason, with the necessary are theoretical information, software support was provided and put in use at the same time.

In this work, the highway project lesson is subdivided 14 weeks. And the lesson of the highway is supported with the program of NETCAD which it is used widely in our country.

2008, 215

Keywords: Modular Program, Highway, Design of Highway, CAD, Packet Program, NETCAD.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez konumu öneren ve bana desteklerini esirgemeyen, tez danışmanım Yapı Bölüm Başkanı Sayın Doç Dr. Hüseyin AKBULUT ve bana destek olan diğer bölüm hocalarıma. Program ve doküman desteği sağlayan NETCAD firmasına, tezin her aşamasında bana rehberlik eden Arş. Gör. Cahit GÜRER ve Arş. Gör. Sedat ÇETİN hocalarıma teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca manevi destekleri ile eğitimim boyunca yanımda olan aileme, nişanlıma ve arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Hakkı GÖRGÜN

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

1. Simgeler

T_n	n yıl sonraki trafik
T_0	Hesap yılındaki trafik
p	Poisson sayısı
N	Yoldaki trafik miktarı
α	Sapma açısı
t	Teğet uzunluğu
b	Bisektris uzunluğu
δ	Kiriş sapma açısı
R	Kurb yarıçapı
S	Dever değeri
L_s	Rakordman boyu
Ş	Düşey kurb some noktası
g	Eğim
G	Eğimler arası cebrik fark
a	İvme
l	Mesafe

2. Kısaltmalar

KGM	Karayolları Genel Müdürlüğü
ASSHTO	Amerikan Eyalet Yolları Birliği Mensupları
CAD	Bilgisayar destekli tasarım
YOGT	Yıllık ortalama günlük trafik
ST	Saatlik trafik

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa No	
Şekil 3.1	Eski Roma yollarının inşa tarzı	13
Şekil 3.2	Tre' seguet ve Mc-Adam tipi yol	15
Şekil 3.3	Bölünmüş dört şeritli tip karayolu enkesiti	22
Şekil 3.4	Bölünmemiş iki şeritli tip karayolu enkesiti	23
Şekil 3.5	Bordür ve kanivo	24
Şekil 3.6	Farklı hizmet düzeylerinde işletme hızı ile hacim/kapasite oranı ilişkisi	42
Şekil 3.7	Yıllık saatlik trafik hacmi ve YOGT arasındaki ilişki	53
Şekil 3.8	Beklenen trafiğin bileşenleri	55
Şekil 3.9	Eski yoldan açılan otoyola kayacak olan trafiğin bu iki yol arasındaki hız uzaklık oranına göre değişimi	56
Şekil 3.10	Tesviye eğrili harita	60
Şekil 3.11	Yeryüzü şekilleri	60
Şekil 3.12	Güneydeki en büyük eğim doğruları	63
Şekil 3.13	Kuzeydeki en büyük eğim doğruları	64
Şekil 3.14	Sıfır poligonu araştırmasında değişik durumlar	71
Şekil 3.15	Pergelin kestiği noktalar	71
Şekil 3.16	Sıfır poligonuna başlangıç	72
Şekil 3.17	Kesim noktalarını birleştirerek sıfır poligonunun geçirilmesi	73
Şekil 3.18	Aliyman ve sıfır poligonu arasında kalan alanlar	74
Şekil 3.19	Koordinat uygulaması	75
Şekil 3.20	Örnek proje koordinat uygulaması	79
Şekil 3.21	Basit bir yatay kurba	84
Şekil 3.22	Kurba karakteristikleri	85
Şekil 3.23	Bileşik yatay kurba	86
Şekil 3.24	Ters kurba	88
Şekil 3.25	S1 yatay kurpu	101
Şekil 3.26	S2 yatay kurpu	102
Şekil 3.27	Yatay kurba elemanları	104
Şekil 3.28	Orijin noktası	105

Şekil 3.29	Tesviye eğrilerini kesmeyen noktaların kot hesabı	107
Şekil 3.30	Dever uygulaması	111
Şekil 3.31	İç kenar sabit, eksen ve dış kenar yükseltilmiş durum	111
Şekil 3.32	Dış kenar sabit, eksen ve iç kenar yükseltilmiş durum	112
Şekil 3.33	Yatay kurlarda, iç kenarda yapılan genişletme planı	114
Şekil 3.34	Örnek proje dever çizimi (S1 yatay kurpu için)	117
Şekil 3.35	Örnek proje dever çizimi (S2 yatay kurpu için)	118
Şekil 3.36	Yatay kurp satırı çizimi	120
Şekil 3.37	Kırmızı ve siyah hat gösterimi	123
Şekil 3.38	Yatay ve düşey kurpun başlangıç ve bitiş noktalarının durumu	125
Şekil 3.39	Yatay ve düşey kurpun çakışması durumu	126
Şekil 3.40	Yatay ve düşey kurpta hatalı durum	126
Şekil 3.41	M noktasının kırmızı kotunun bulunması	127
Şekil 3.42	Düşey kurpa rastlayan noktaların kırmızı kotlarının bulunması	128
Şekil 3.43	Kırmızı kot hesabı (2. yöntem)	128
Şekil 3.44	Değişik düşey kurp durumları	132
Şekil 3.45	X maksimum	133
Şekil 3.46	X minimum	133
Şekil 3.47	Örnek proje düşey kurp gösterimi	134
Şekil 3.48	İlave kazı	138
Şekil 3.49	Kafa hendeği	139
Şekil 3.50	Yüksek yarmalarda kademeli şev	139
Şekil 3.51	Platform genişletmesi ve kademeli şev	140
Şekil 3.52	Örnek bir enkesit çizimi	141
Şekil 3.53	Siyah hata ait bilgiler	142
Şekil 3.54	Şev değerleri	143
Şekil 3.55	Platform dış kenarlarının hesabı	144
Şekil 3.56	Arazi ve şev eğimi aynı yönde ise	145
Şekil 3.57	Arazi ve şev eğimi zıt yönde ise	145
Şekil 3.58	ŞK1 noktasının kot ve ara mesafe hesabı	146
Şekil 3.59	ŞK1 noktasının kot hesabı	147
Şekil 3.60	ŞK2 noktasının kot ve yatay mesafe hesabı	148

Şekil 3.61	F noktasının kot ve mesafe hesabı	149
Şekil 3.62	Örnek problem değerleri	152
Şekil 3.63	Örnek enkesit çizimi	154
Şekil 3.64	Alanlar diyagramı	156
Şekil 3.65	Geçit noktası gösterimi	156
Şekil 3.66	Örnek proje G5 (geçit noktası) gösterimi	158
Şekil 3.67	Ortalama alan metodu örneği	159
Şekil 3.68	Örnek 1' in alanlar diyagramı	160
Şekil 3.69	Her iki kesitin yarma olması durumu	161
Şekil 3.70	Her iki kesitin dolgu olması durumu	161
Şekil 3.71	Her iki kesitin farklı olması durumu	162
Şekil 3.72	Kesitlerden biri dolgu veya yarma, diğeri karışık kesit olması durumu	162
Şekil 3.73	Kesitlerden her ikisinin karışık olması durumu	163
Şekil 3.74	Zıt yönlü karışık kesit olması durumu	163
Şekil 3.75	Tatbik mesafesi metodu gösterimi	164
Şekil 3.76	Örnek 2 tatbik mesafesi metodu	164
Şekil 3.77	Enkesitlerin yarma olması durumunda tatbik mesafeleri	165
Şekil 3.78	Enkesitlerin dolgu olması durumunda tatbik mesafeleri	166
Şekil 3.79	Enkesitlerin dolgu veya yarma olması durumunda tatbik mesafeleri	166
Şekil 3.80	Enkesitlerin karışık olması durumunda tatbik mesafeleri	167
Şekil 3.81	Örnek 3' ün alanlar diyagramı	171
Şekil 3.82	Bruckner diyagramı eşitliği	176
Şekil 3.83	Bruckner diyagramı	179
Şekil 3.84	A4 kağıdı dönüşümü	188
Şekil 3.85	Güzergah tanımlaması ardından oluşan görüntü	194
Şekil 3.86	Üçgenlenmiş arazi	195
Şekil 3.87	Enkesit planı çizilmiş arazi	197
Şekil 3.88	Platform özellikleri gösterimi	199
Şekil 3.89	Platform sol dolgu şevi	200
Şekil 3.90	Platform sağ yarma şevi	200

Şekil 4.1	Bir numaralı anket sorusu	204
Şekil 4.2	İki numaralı anket sorusu	205
Şekil 4.3	Üç numaralı anket sorusu	205
Şekil 4.4	Dört numaralı anket sorusu	206
Şekil 4.5	Beş numaralı anket sorusu	206
Şekil 4.6	Altı numaralı anket sorusu	207
Şekil 4.7	Yedi numaralı anket sorusu	207
Şekil 4.8	Sekiz numaralı anket sorusu	208

RESİMLER DİZİNİ

	Sayfa No
Resim 3.1 Tarihi bir tekerlek	11
Resim 3.2 Roma yolları	12
Resim 3.3 Uzaklık taşı	12
Resim 3.4 Roma yollarının yüzeysel görünümü	13
Resim 3.5 Günümüz Türkiye Yol Haritası	17
Resim 3.6 Bölünmüş dört şeritli yol enkesiti	22
Resim 3.7 Bölünmemiş iki şeritli tip karayolu	23
Resim 3.8 Bordür	24
Resim 3.9 Azami genişlik	33
Resim 3.10 Raster (register (2 nokta))	187
Resim 3.11 Taranan kağıt köşelerine nokta atılması	188
Resim 3.12 Raster yöneticisi	189
Resim 3.13 Raster bilgileri	190
Resim 3.14 Ardışıl nokta atma	190
Resim 3.15 Proje parametreleri	191
Resim 3.16 Sıkışma / kabarma ve toprak değerleri	192
Resim 3.17 Nokta editörü	193
Resim 3.18 Nokta yakalama komutu	193
Resim 3.19 Enkesit parametreleri	196
Resim 3.20 Düşey editörü	198
Resim 3.21 Dever parametreleri	198
Resim 3.22 Şev tanımları	201

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa No	
Çizelge 3.1	01.01.2008 tarihi itibariyle Türkiye' deki yol durumu	20
Çizelge 3.2	Çeşitli tip yollar için pratik kapasiteler	40
Çizelge 3.3	İki şeritli kırsal bölge yollarında, kontrollü eş düzey kavşak bulunmaması halinde hizmet düzeyleri ve maksimum hizmet hacimleri	45
Çizelge 3.4	Şerit genişliğinin kapasite üzerindeki etkisi	45
Çizelge 3.5	Kısıtlı yan açıklıkların pratik kapasiteye etkisi	46
Çizelge 3.6	Geçiş görüş uzunluğunun pratik kapasiteye etkisi	47
Çizelge 3.7	Karayolu geometrik standartları	65
Çizelge 3.8	Mesafelerin harita ve gerçekteki değerleri	80
Çizelge 3.9	Doğruların arazideki ve haritadaki boyları	81
Çizelge 3.10	Yatay kurp yarıçapları ve genişletme miktarları	112
Çizelge 3.11	Genişletme miktarları	116
Çizelge 3.12	Enine duruş için görüş mesafeleri	130
Çizelge 3.13	Yarma ve dolgu şev değerleri	141
Çizelge 3.14	Kritik noktaların kot ve yatay mesafe değerleri	143
Çizelge 3.15	Hacimler tablosu	172
Çizelge 3.16	Örnek yol projesi ilk on enkesite ait hacimler tablosu	174
Çizelge 3.17	Araç cinsleri ve ekonomik taşıma mesafeleri	179
Çizelge 3.18	Buldozer ile yapılan taşımalar	183
Çizelge 3.19	Skreyper ile yapılan taşımalar	184
Çizelge 3.20	Moto – Skreyper ile yapılan taşımalar	184

1. GİRİŞ

Nasıl öğretmeliyim sorusu genellikle strateji, yöntem ve teknikler gibi süreçleri kapsar. Nasıl öğretmeliyim sorusunun temelinde yatan öğretim stratejileri, yöntem ve teknikleri kapsamaktadır.

Öğretim, öğrenmenin belli bir amaç doğrultusunda başlatılması, yönlendirilmesi, kolaylaştırılması ve gerçekleştirilmesi süreci olarak tanımlamak mümkün olabilir. (İnt.Kyn 15).

Yapılan araştırmalar (Erhun 2004), bireylerin öğrenmelerinde etkinliğin, yaparak ve yaşayarak olduğu ölçüde gerçekleştiğini göstermektedir. Yapılan araştırmalara göre insanlar;

Okuduklarının %10 unu,
İşittiklerinin %20 sini,
Gördüklerinin %70 ini,
Söylediklerinin %70 ini,
Yaptıklarının %90'ını hatırlamaktadır

Bu sonuçlara dayanarak, eğer eğitim programları görsel, işitsel materyallerle desteklenir ve aynı zamanda öğrenilen bilgiler uygulanır ise bilgileri hatırlama oranı %90' lara çıkacaktır. Modüler program yaklaşımı bu esaslara dayanmaktadır.

Son zamanlarda modüler program yaklaşımı üzerinde çeşitli çalışmalar yapılmış ve bu yaklaşım eğitim sistemimize adapte edilmeye çalışılmıştır.

Modüler eğitim günümüzün en popüler eğitim sistemleri arasında olduğu görülmektedir. Bu sistemin ülkemiz eğitim sistemine adapte edilmesi, hem eğitimin kalitesinin artması hem de Avrupa Birliği ile Türk eğitim sisteminin paralel hale getirilmesi çalışmalarına önemli destek sağlayacağı açıktır.

Farklı modüllerden meydana gelen modüler eğitimde modüller teknolojik materyallerle desteklenmektedir. Teknolojinin gelişmesi ile mesleki paket programlar geliştirilmiştir. Modülleri bilgisayar destekli anlatmak hem öğrenci hem de öğretmen için o modülü sıkıcılıktan uzak ve eğlenceli hale getirecektir. Aynı zamanda aynı meslek dalında öğrenim gören farklı seviyede eğitim alan öğrencilerin yatay ve dikey geçişlerinde büyük kolaylıklar sağlayacaktır. Farklı üniversitelerin ders içeriklerinin paralellik göstermesi için de fayda sağlayacaktır.

Öğrenciler mesleki paket programlarını öğrenerek ve teorik bilgileri bu programlarda uygulayarak günlük hayata veya çalışma hayatına daha kolay adapte olabileceklerdir.

Çalışmada kullanılan Netcad programını genellikle Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisleri (harita mühendisleri) imar işleri için kullanmaktadır. Çalışmada Netcad programının Netpro (yol projelendirme) modülü ağırlıklı olarak kullanılmıştır. Yapılan araştırmalar sonucunda kullanıcılar içinde Netcad' in yol proje modülü olan Netpro modülünü kullananlar az sayıdadır.

Ayrıca Netcad programı içinde barındırdığı Netcad3d modülü ile öğrencilere hazırladıkları projenin uygulandığında nasıl olacağı hakkında görsel bilgi verecek, aynı zamanda hatalarını görmeleri geri besleme açısından da öğrencilere yardımcı olacaktır.

Temel bilgilerin bilgisayar programları ile desteklenmesi; öğrencilere daha hızlı, daha doğru ve kontrol edilebilen bir çalışma yapma olanağı sağlamaktadır. Öğrenciler çalışma sonucunda birçok değişkeni içinde barındıran, detaylı bir proje elde edeceklerdir. Bu öğrencilerin, teorik bilginin uygulamaya dönüşümünü eğitim sırasında kullanma ve anlama şansı verecektir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 Ulaştırma

Genel olarak ulaştırma; Bir taraftan canlılar ve eşya gibi maddi varlıkların herhangi bir gaye için coğrafi yer değiştirmelerini, bir yerden diğer bir yere iletilmelerini, diğer taraftan da ses, görüntü, işaret gibi dalga hareketlerinin, titreşimlerin diğer bir yerde ve gerektiği hallerde, aslı gibi tekrarlanmasını sağlayan faaliyettir. Örneğin; insanların, eşyanın çeşitli vasıtalarla bir yerden diğer bir yere taşınması, telefon ile görüşme, radyo yayınları, telefotografî, televizyon v.b. (Varlıorpak ve Tanyel 2000). Bu da ulaştırmanın insanlık için önemli bir olgu olduğunu göstermektedir.

2.2 Ulaşım

Ulaşım; İnsanların ve eşyaların yararlı olduğu varsayılan belli bir amaca yönelik yer değiştirmeleridir. Bu yer değiştirmenin sağlanması da ulaştırma olarak tanımlanır. Bu tanımlamalara göre insan söz konusu olunca ulaşım kelimesi yerine seyahat veya yolculuk kelimesinin kullanılması daha uygun düştüğü gibi ulaştırma kelimesi yerine de taşıma kelimesinin kullanılması birçok durumda daha anlamlı olmaktadır. Ulaşımın sözlük anlamı; bir şeyi veya bir bilgiyi bir yerden başka bir yere aktarmaktır (İnt.Kyn 9).

2.3 Modüler Eğitim

Öğrenci merkezli, bireyselleştirilmiş bir öğrenme ve öğretme yaklaşımıdır. Esnek yapısı nedeniyle yaşam boyu öğrenme ilkesine uygundur. İçerik ve yapısı itibariyle ülkedeki sosyo – ekonomik gereksinimlere duyarlı, eğitim ve meslek standartları gözetilerek tasarlanmaktadır (İnt.Kyn. 8).

2.4 Literatür Araştırması

Modüler eğitim ile ilgili yapılan literatür taramasında oldukça fazla doküman elde edilebilmektedir. Şimşek v.d. (2007) makalelerinde, “Türkiye’deki beş büyük üniversitede son on yıl içinde eğitim teknolojisi alanında tamamlanmış olan doktora tezlerinin genel bir değerlendirmesini yapmışlardır. Bu amaca uygun 64 tez belirlenmiştir. Ulaşılan tezler biçim, içerik ve yöntem boyutlarıyla değerlendirilmiştir. Eğitim teknolojisi araştırmalarının nicelik ve niteliğinin üniversitelere göre ciddi biçimde farklılaştığı” sonucuna varmışlardır.

Araştırmacılar modüler eğitim konusunda da çeşitli araştırmalar yapmış ve bu sistemi kendilerine göre tanımlamış ve savunmuşlardır. Erhun (2003), makalesinde; modülü, “Öğrencinin belirli bir yeterliliği kazanması için, kendi içinde bütünlük gösteren ve belirli bir sistem içinde düzenlenmiş öğretim yaşantılarından meydana geleceğini savunmuştur. Bireysel farklılıklara uygun bir meslekî ve teknik eğitim verebilmek için modüler öğretim yaklaşımı kullanıldığını, eğitimle ilgili gereksinim, koşul, olanak ve beklentileri farklı olan bireylerin her biri için tümüyle bireyselleştirilmiş programlar hazırlamak zor olacağını, bu nedenle, programların uygulama aşamasında bazı esneklikler getirilmesi gerektiğini, yeteneği, ön bilgisi, güdülenme düzeyi ve öğrenme hızı birbirinden farklı olan bireyler kendilerine uygun modülleri tamamladıkça ilerleyeceği” görüşündedir.

Erhun (2003), aynı makalesinde, “Plânlı Okul Gelişim Modeli ile hazırlanan modüler programlarla, öğrencilere beceriler belli bir sırayla öğretilmektedir. Bu durum, programların hazırlanmasında daha fazla esnekliğe ve değişik programlar arasında modüllerin daha etkili kullanılmasına sebep olmuştur. Yöresel farklılıkların ve teknolojik gelişmelerin kolaylıkla programlara yansıtılabildiği esnek bir yapı oluşturulmuştur. Herhangi bir sebeple sistem dışında kalan öğrenci tamamladığı modülleri karşılayan sertifika alarak iş hayatına atılabilmektedir.” şeklinde belirtmiştir.

Mesleki ve teknik eğitimin ülke ihtiyaçlarına ve ülkenin sosyo-ekonomik düzeyine göre hazırlanması gerekmektedir. Sağlam ve Kuş (2003) makalelerinde “Bir mesleki ve

teknik eğitimin planlanmasında göz önünde bulundurulacak hususlar, mesleki ve teknik eğitim alanında ülke ihtiyaç ve imkanlarının belirlenmesi, yetiştirilecek kalifiye insan gücü portresinin çıkarılması, atıl kapasitenin değerlendirilmesi ve sanayi ile işbirliğinin teoriden pratiğe geçirilmesi olarak ifade edilebilir.” şeklinde bir açıklamada bulunmuşlardır. Bu hususların yerine getirilebilmesi için insana dayalı bir eğitiminin gündeme alınması ve öğretmen yetiştirmede gerekli kriterlerin belirlenmesi gerektiğini belirtip, teknolojik gelişmelerin ülkelerin endüstriyel gelişimine en büyük katkıyı sağladığını, endüstride bu yeni teknolojileri üretime dönüştürecek nitelikli insan gücünün yetiştirilmesinin ayrı bir öneme sahip olduğunu savunmuşlardır.

Teknoloji ile uyumlu insanlar yetiştirmek ülkemizin geleceği açısından ve dünya ile entegresinde önemli bir faktördür. Fer (2000), “Modüler Program Yaklaşımı ve Bir Öneri” konulu makalesinde; Günümüzde birçok değişiklik olmasına rağmen eğitim programlarının içeriğinde, uygulanan yöntemlerde ve eğitim ortamlarında fazla bir değişiklik olmadığını, gelişmelerin meslek okullarının bugüne kadar işgücü yetiştirme konusunda uyguladıkları yöntemleri değiştirmeleri zorunlu kıldığını ve eğitim programlarının geliştirilmesi gerektiğini, modüler program yaklaşımının değişikliklere hızlı bir şekilde cevap veren esnek bir yapıya sahip olduğunu” savunmuş. Çalışmasında modüler program yaklaşımını incelemiş ve öneriler getirmiştir.

Salt bilgi aktarımı çağımızda yeterli değildir. Can (2005), makalesinde, salt bilgi aktarımına dayanan mühendislik eğitim öğretimi yerine, bu güne kadar olumlu gelişme ve başarıya ulaşmış model olabilecek ülkelerdeki gibi, Türkiye için araştırma alanlarını belirlemek ve buna göre, araştırma geliştirme, sosyal katılım ve tüm dünyaya açık karşılıklı etkileşimin benimsenmesi ile ulusal gizil gücün nasıl ortaya çıkarılacağı incelemiştir. Bununla, güncel, bilimsel ve teknolojik gelişmeleri göz önüne alarak mühendislik öğretiminin ve öğretim sonrası mesleki geliştirmenin gelecekteki şeklinin temel kurallarının tespit edilmesi amaçlanmıştır.

Dünyada da bu alanda çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Schoon (1993), bir çalışma yapmış ve çalışmasının amacını “Karayolu projesinin pek çok ögesini pekiştirmeye ve karayolu tasarımında uygun bir yol izlenmesine yardımcı olmak olarak açıklamıştır”. Karayolu

projesini geometrik şekiller ile destekleyerek mühendislik öğrencilerine rehberlik etmeyi hedeflemiştir.

Bu çalışmada yapıldığı gibi modüler eğitim sisteminin uygulanabilirliği ve faydaları açısından anket v.s. ile deneyler yapılması sonucu görmek açısından önemlidir. Karalar ve Sarı (2007), “Modüler Bir Öğretim Yazılımı Denemesi ve Uygulama Sonuçları” konulu makalelerinde; İlerleyen zaman ve gelişen teknoloji ile birlikte, öğretmenin aktif olduğu geleneksel öğretim yöntemlerinin yerini, teknolojik araçlarla desteklenmiş, öğrenciyi düşünmeye, yeni bilgiler üretmeye sevk eden yöntemlere bıraktığını savunmuşlar, çalışmalarında bilgisayar başında uygulamalı öğrenmeye olanak sağlayan, multimedya araçlarla desteklenerek modüler bir yapıda geliştirilmiş bir öğretim yazılımını tanıtmışlar, bir öğrenci grubuna öğretim yazılımını, diğer gruba ise geleneksel öğretim yöntemini uygulamışlardır. Birinci öğrenci grubunun öğrenme düzeyinin diğer gruptan daha yüksek olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Modüler eğitim sisteminin öğrenme kalıcılığına etkisi çeşitli okullarda ve özellikle mesleki eğitim veren okullarda öğrenci grupları üzerinde denenmiştir. Cengizhan (2008), bir araştırma yapmış, araştırmanın amacını, “Modüler öğretim tasarımının; bağımlı, bağımsız, işbirlikli öğrenme stillerine sahip Tekstil Bölümü öğrencilerinin, rehberlik dersindeki akademik başarılarına ve öğrenme kalıcılığına etkisinin incelenmesi olarak belirtmiştir. Araştırmada deneysel metot kullanmıştır. Araştırmanın çalışma grubunu, Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Tekstil Eğitimi Bölümü, Rehberlik dersini alan dördüncü sınıf öğrencilerinden oluşturmuş, deney grubunu 55’ şer kişilik 2 şube arasından tesadüfi yöntemle belirlemiştir. Deney grubuna modüler öğretim, kontrol grubuna ise anlatım temelli klasik öğretim uygulamıştır. Araştırmada, öğrenme stili ölçeği, akademik başarı testi ve modüler öğretim tasarımı olmak üzere 3 materyal kullanmıştır. Araştırma sonucunda iki önemli bulguya ulaşılmıştır: 1. Deney grubunun akademik başarıları ve öğrenme kalıcılığı, kontrol grubuna göre daha yüksektir. 2. Bağımsız ve işbirlikli öğrenme stiline sahip öğrencilerin akademik başarıları bağımlı öğrenme stiline sahip öğrencilere göre daha yüksektir. Bu sonuçlara bağlı olarak, modüler öğretim tasarımının farklı öğrenme stiline sahip

öğrencilerin akademik başarısını ve öğrenme kalıcılığını olumlu yönde etkilediğini ve bu yöndeki hipotezi destekler nitelikte olduğunu belirtmiştir”.

Eğitim programları geliştirilip o şekilde bırakılmamalı ve sürekli geliştirilerek kalitesi teknolojiye uygun olarak korunmalıdır. Gürbüz (2004), “Eğitim Programlarının Geliştirilmesinde Kalite Güvence ve Standart” konulu makalesinde “Gelişen teknolojiye bağlı olarak eğitim kurumlarının eğitim programlarını yenilemesi ve geliştirmesi kaçınılmaz olduğunu, eğitim programlarını geliştirirken, eğitimle ilgili tüm taraflar (eğitim kurumlarının yöneticileri, öğrenciler, endüstriyel kuruluşlar, sanayi-ticaret odaları, kalite ve standartla ilgili yetkili kurumlar, devletin ilgili birimleri v.b.) işbirliği içinde çalışmaları gerektiğini, program geliştirmede, gelişmiş ülkelerin eğitim programlarını geliştirme konusundaki tecrübelerinden, ülkemizde yapılmış benzeri çalışmalardan ve eğitim programı yenileme ve geliştirme uzmanlarının birikimlerinden yararlanılması gerektiğini savunup eğitim programlarının geliştirilmesinde belli bir kalite güvence ve standardın olması gerektiğini, bir program yapıldıktan sonra istikrarlı olarak o programın devamının sağlanması ve kalitesinin devam etmesini” belirtmiştir.

Gürbüz (2003), başka bir makalesinde mesleki ve teknik eğitimde kalite güvencesi, geçerlilik (akreditasyon) ve değerlendirme kavramlarını tanıtmış, Birleşik Krallık, Almanya, ABD ve Türkiye’de bu konularda yapılan çalışmaları kısaca anlatmıştır.

Karayolu projelendirmede çeşitli grafik tasarım programları kullanılmaktadır. Bu programlarının kendilerine göre avantajları ve dezavantajları mevcuttur. Koparan v.d. (2005), makalelerinde “Ülkemizde gerek Karayolları Genel Müdürlüğü gerekse özel sektör tarafından karayolları projelendirmelerinde farklı grafik tasarım yazılımlarının kullanıldığını ve bu yazılımlarla, birbirine yakın benzer çıktıların sağlanabildiğini, ancak buna rağmen her yazılımın üstün ve zayıf yönlerinin olduğu ve Karayolları Genel Müdürlüğü’nce uygulanmakta olan geometrik standartları ve ana projelendirme gereksinimlerini karşılama açısından farklı uygunluklar taşıdıklarını belirtmişlerdir. Yaptıkları çalışmada farklı grafik tasarım programlarını ele alarak Karayolları Genel Müdürlüğü’nün karayolu projelerindeki geometrik ve metinsel unsurlardan (veri

formları, grafik gösterim, sembololoji kullanımı, hesaplama, metraj verileri gibi) gereksinimlerin sağlanabilirliği açısından performanslarının değerlendirmişlerdir”.

Daha önce yapılan araştırmalar da gösteriyor ki ülkemiz için teknoloji ile uyumlu, bilgiyi muhafaza edebilen ve teknoloji ile bilgiyi harmanlayabilen, hızlı karar verebilen çağdaş bireyler yetiştirmek eğitimin temel amacı olmalıdır.

3. MATERYAL METOT

Çalışmada çağın gereksinimlerine uygun materyal ve metotlar kullanılmıştır. Materyal olarak ülkemizde yaygın olarak kullanılan Netcad programının Netcad 5.0 GIS sürümü, bilgisayar, bilgisayar programları ve iletişim araçları ve dökümanlar kullanılmıştır.

Metot olarak ise teknik eğitime tam anlamıyla uygulandığında yapılan araştırmalar neticesinde olumlu netice vereceği anlaşılan modüler eğitim programı kullanılmıştır.

3.1 Materyal

Çalışmada materyal olarak özellikle NETCAD programı üzerinde durulmuştur.

3.1.1 Netcad Programı

Firma, mühendislik uygulamaları ve mühendislik yazılımları geliştirilmesi amacı ile 1989 yılında Ankara' da "AK Mühendislik Bilgisayar Ltd. Şti" olarak kurulmuştur. 1997 yılında "ULUSAL CAD ve GIS Çözümleri A.Ş" kurulmuş ve Netcad ürünlerinin satış ve pazarlamasını üstlenmiştir. 2006 yılı itibari ile iki firma "ULUSAL CAD ve GIS Çözümleri A.Ş" adı altında birleşmiştir. Genel Müdürlük Ankara Cyberpark Teknoparkındadır. İstanbul' da bir bölge müdürlüğü mevcuttur.

Çoğu mühendis olan 100' e yakın çalışanı ile yazılım üretimi, proje yapımı, teknik destek, danışmanlık alanlarında Türkiye' nin en iddialı kuruluşları arasında yer almaktadır. Faaliyetler ISO 9001:2000 kalite kontrol sistemi altında devam etmektedir.

Başlangıçta haritacılık ile sınırlı olan uygulamalar, zaman içerisinde çeşitlenmiştir. Bugün harita, planlama, inşaat, jeoloji, maden, kadastro, altyapı, yol gibi çeşitli mühendislik dallarında 30' a yakın çözüm mevcuttur. Ülkemizdeki teknolojik üretimin

yetersizliğine bağılı olarak yabancı ürün kullanımının üst seviyelerde seyretmesine karşın, üretilen yazılımların kalitesi ve oluşturulan müşteri memnuniyeti ile, çözüm sunulan sektörlerde, yabancı yazılım kullanımı ya yoktur veya yok denecek kadar azdır.

2007 başı itibari ile Netcad 5000 kullanıcı ve 15000 lisans ile kendi sektöründe lider durumdadır. Çeşitli kamu kurumlarından derlenen bilgiler ışığında pazar payı %90 civarındadır. Özel sektörün büyük çoğunluğu, kamu kurum ve kuruluşlarının ilgili birimlerinin büyük çoğunluğu netcad kullanmaktadır. Netcad; Üniversitelerimizin Harita, İnşaat, Planlama, Jeoloji mühendisliği bölümlerinde ders olarak okutulmaktadır (İnt.Kyn.1).

3.2 Metot

Metot olarak modüler program yaklaşımları incelenmiştir. Karayolu projesi dersi hesapları modüllere bölünmüş ve görsel materyaller ile desteklenmiş, örnek bir yol projesinin klasik yöntemle çözümü ilk onüç haftada anlatılmış bunun yanında örnek çözümler yapılmıştır. Ondördüncü haftada ise aynı projenin Netcad ile çözümü yapılmış görsel materyaller ile desteklenerek anlatılmıştır. Bu şekilde verilmesindeki amaç öğrenciye ilk onüç modül ile önce dersin temelini vermek daha sonra ise bu bilgileri bilgisayar programında kullanmasını sağlamaktır.

Bu çalışmada modül anlatımları ders kitabı niteliğinde olduğundan ve detay fazlalığından dolayı metot başlığı altında verilmeyip her modül ayrı bir başlık altında işlenmiştir.

3.2.1 Birinci Modül (Yol Tekniğinin Gelişmesi)

Bu modülde, yol tekniğinin tarihi gelişimi, karayolu elamanlarıyla ilgili genel tanımlar ve yolu kullananların özellikleri konularından bahsedilecektir.

3.2.1.1 Yol Tekniğinin Tarihi Gelişimi

İlk insanlar yaşamak ve korunmak zorunluluğu sonucu doğal olarak yer değiştirme ihtiyacını duymuşlardır.

Dolayısı ile yol tarihinin insanlığın tarihi ile beraber başladığı ve medeniyetin ilerlemesine paralel değişimler gösterdiği, böylece devam edeceği kabul edilebilir.

Yol tekniğinde ilk gelişmelerin M.Ö 5000 yıllarında tekerleğin icadı ile başladığı kabul edilmektedir. Eski çağlardan günümüze kalmış tarihi bir tekerlek Resim 3.1'de görülmektedir (Umar ve Yayla 1994).

Tarihte ilk önemli yollara M.Ö 3500 yıllarında olmak üzere Mezopotamya bölgesinde rastlanmıştır. Akdeniz' de Girit adasında rastlanan ve M.Ö 1500 yılından önce inşa edilmiş olduğu anlaşılan taş kaplamalı yol, M.Ö 359 yılında Babil ile Mısır arasında yapıldığı saptanan yol, bilinen en eski önemli yollardan olup bu arada Orta ve Güney Amerika'da Maya'lar, Aztek'ler ve İnka'lara ait yol ve yolağı kalıntıları da bulunmuştur (Umar ve Yayla 1994).

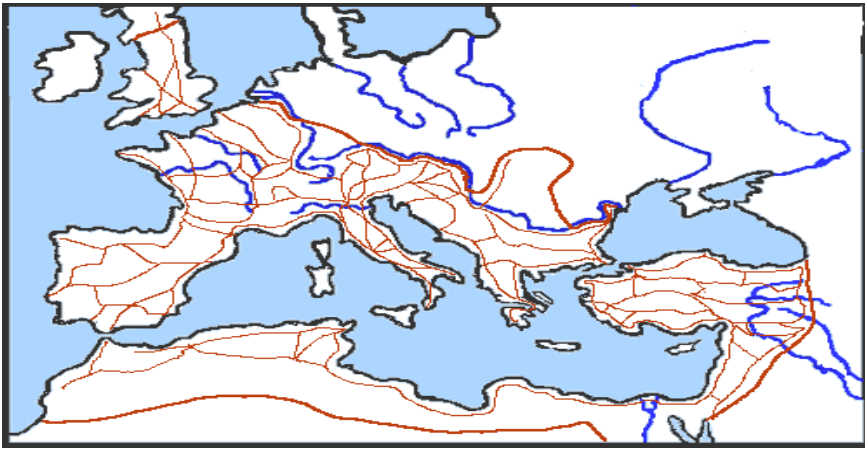


Resim 3.1 Tarihi bir tekerlek (İnt.Kyn. 14)

Eski çağlarda görülen esir ticareti ile Roma İmparatorluğu'nun genişleme çabaları yol inşa tekniğinde önemli gelişmelere yol açmıştır. Resim 3.2'de Roma yolları görülmektedir. Bu devirde yapılan yollar genellikle 4,50 m genişlikte olup her iki

kenarında ayrıca yaya yolu da bulunurdu. Zemin içinde belirtilen genişlikte açılan sandık üzerine dört tabaka halinde inşa olunan bu yollar boyunca uzaklıkları belirtmek üzere taşlar da dikilirdi. (Umar ve Yayla 1994). Resim 3.3’de bir uzaklık taşı görülmektedir .

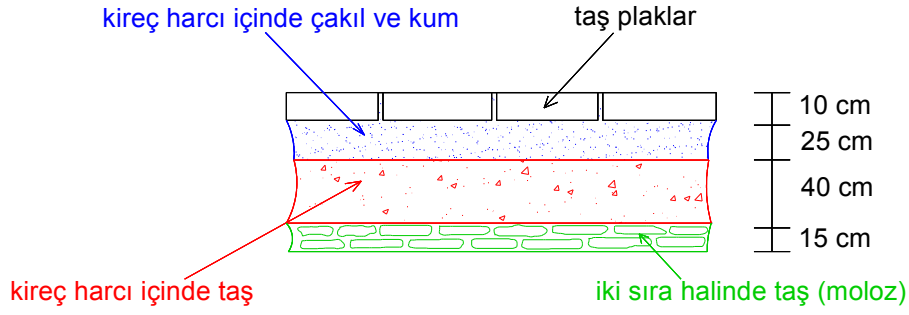
Roma imparatorluğu’nun çöküşü ve Avrupa’da çevre ile ilişkilerini en aza indirmeyi prensip edinen feodal beyliklerin ortaya çıkması ile yol inşası durmuş yapılmış olan eski yollar bakımsızlık yüzünden kısa zamanda kullanılamaz duruma gelmiştir.



Resim 3.2 Roma yolları (İnt.Kyn. 11)



Resim 3.3 Roma uzaklık taşı (İnt.Kyn. 12)



Şekil 3.1 Eski Roma yollarının inşaat tarzı (Umar ve Yayla 1994)



Resim 3.4 Roma yolunun yüzeysel görünümü (İnt.Kyn. 13)

Hızlı bir yol yapımı tekrar 18. yüzyılın ikinci yarısında başlayabilmiştir. Bu sırada yapılan ilk yollar eski Roma yollarına benzer şekilde inşa edilmişlerse de uygun malzemenin yetersizliği ve işçilik zorluğu sebebiyle, büyük blok taşlar kullanılarak yapılmış bu yollar yavaş yavaş azalmış ve taşın yol inşaatında başka şekilde kullanılmasını amaçlayan çalışmalar başlamıştır. Şekil 3.1’de ve Resim 3.4’de Roma yollarının inşaat tarzı ve yüzeysel görünümü görülmektedir. Bunun sonucu olarak İskoçya’lı J.L. Mc - Adam (1759- 1836) yol yapım gereci olarak kırmataş kullanmış ve böylece son zamanlara kadar yaygın olarak kullanılan makadam tipi yol ortaya çıkmıştır. Bu yollarda en üst tabaka, kırmataşın bir silindirik ile sıkıştırılması ve

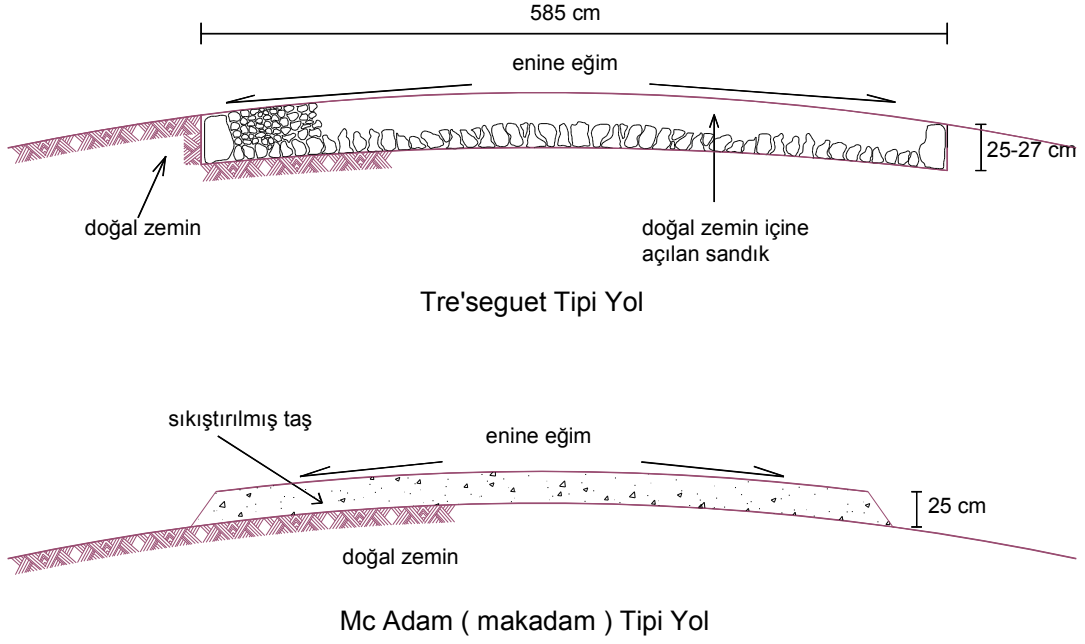
boşluklarının taş tozu ile sudan oluşan hamur ile doldurulması suretiyle inşa olunmaktadır (Umar ve Yayla 1994).

Aynı tarihlerde hatta daha önceki yıllarda Fransa'da Pierre Tresaguet (1716- 1796) de yol yapımında yeni yöntemler geliştirmiş, bu arada 1747 yılında Paris' de Yol ve Köprü İnşaatı Meslek Okulu adı ile bir okul açılarak yol mühendisliği eğitime girilmiştir. Tresaguet yönteminde, doğal zemin içine yol genişliğinde ve enine eğim de verilerek açılan hendeğin tabanı üniform kalınlıkta olmak üzere büyükçe taşlarla doldurulmuş ve üzerine sert kayadan kırılmış çakıl tabaka yerleştirilmiştir. Roma devri yollarında toplam inşa kalınlığı 90- 100 cm civarında iken Mc - Adam ve Tresaguet tarafından geliştirilen inşa metotlarında bu kalınlık 20 - 25 cm mertebesine düşmüştür. Şekil 3.2' de Tre' seguet ve Makadam tipi yollar görülmektedir (Umar ve Yayla 1994).

19. yüzyılın sonlarına kadar, yol yapımında düşünülen ana ilke, hayvan ile çekilen taşıtların çabuk bozmayacağı yolların yapımı idi. Güzergah seçiminde ana ilke ise, en kısa yolu seçmek, çıkış ve inişleri hayvanların çekebileceği eğimde tutmak idi (Tombaklar 2001).

Motorlu taşıtların icadı ve çok hızlı gelişmesi, hızlı trafiğe uygun, yeni fiziki ve geometrik standartların araştırılması ve geliştirilmesi ihtiyacını doğurdu. 1940 yılından sonra da, karayolları üzerindeki yük taşımalarının artması, ağır taşıtların yapımı ve gelişmesi, yol direnci sorununun önemle ele alınmasını gerekli kıldı (Tombaklar 2001).

Motorlu araçlara uygun olan karayollarının gelişmesi gerekirdi. Ancak hız sınırlaması sebebiyle bu gelişme meydana gelmedi. 1903 yılında hız sınırlamasının genişletilmesiyle taşıt araçları çoğaldı ve buna bağlı olarak karayolları büyük ölçüde gelişti. Amerika, Avrupa ve Japonya' da devlet yolları, otoyol ve ekspres yollar inşa edilerek bugünkü modern yollara ulaşıldı(Tombaklar 2001).



Şekil 3.2 Tre'seguet ve Mc – Adam tipi yol (Umar ve Yayla 1994)

-Türkiye yollarının tarihçesi: Anadolu' da en eski uygarlıkların kurulmuş olması, Türkiye' deki yollarında binlerce yıllık bir geçmişi olduğunu göstermektedir. Anadolu' da yapılan ilk yollar, Milattan önce 6000 yıllarına rastlamaktadır. Sümerler ve Akadlar zamanında yapılan yollar, Anadolu ve Mezopotamya'yı bağlıyordu. Bu yollara ait izler kaybolmuştur. M.Ö. 2000 yıllarında Asur ve Babil' liler Mezopotamya ve Suriye' de Fırat sahili boyunca Babil - Thapsaküs yolunu yapmışlardır.

MÖ 1700 - 1200 yılları arasında Anadolu' ya egemen olan uluslardan Hititler' in başkenti Hatusaş (Boğazkale), Frikya' ıların Gordion, Lidya' ıların Sardes (Sart) ve Urartu' ların Van çevresinde Kars - Tutak (İran), Palu – Cizre - Sus (Mezopotamya), Kayseri-Halep (Suriye), Sinop ve Milet (Ege) bölgelerine ulaşan yol ağları meydana getirmişlerdir.

MÖ 6. yüzyılda Anadolu'yu ele geçiren Pers Kralı Darius'un Sardes ile Sus arasında yaptırdığı ve Kral Yolu adıyla anılan 2165 km uzunluktaki yol Ege Bölgesini Mezopotamya' ya bağlıyor ve askeri bakımdan büyük önem taşıyordu. Bu yolun Dinar-Sivrihisar-Ankara-Sivas-Malatya ve Cizre üzerinden Sus'a ulaştığı kabul edilmektedir.

İrânlılardan sonra Anadolu’da krallıklar kuran eski Yunanlılar, özellikle Ege ve Doğu Karadeniz bölgelerinde yollar inşa etmişlerdi.

Anadolu’da düzenli ilk yol ağını, ülkeyi MÖ 96 yılında bütünüyle fetheden Romalılar yapmıştır. İstanbul’u, bir yandan Sivas, diğer yandan Edirne yoluyla Roma’ya bağlamışlardır.

Selçuklular’ın Anadolu’da egemen olmalarından sonra ulaşım örgütünde kurdukları kervansaraylarla ulaşımı güvence altına almaları ve teşvik etmeleri Anadolu’nun sosyal ve ekonomik yapısının gelişmesinde büyük etkiler yapmıştır.

Osmanlı Devletinin kurulmasıyla yol işi yeniden önem kazanmıştır. İlk yol organizasyonu Osman Gazi zamanında yapılmaya başlanmış ve Orhan Gazi zamanında ilk yol teşkilatı kurulmaya başlanmıştır. İmparatorluk hudutlarının 1530’da Viyana’ya dayandığı tarihe kadar bu teşkilat devam etmiştir. O devrin yolları hakkında o zamandan kalma seyahatname ve sefernamelerde yeterli bilgi verilmektedir. Osmanlılar zamanında yapılan İran ve Erivan seferleri hep Sivas’den geçmiştir. Evliya Çelebi’nin Seyahatnamesinde bu yolların güzergahları hakkında geniş bilgi mevcuttur.

1453 yılında İstanbul’un fethedilerek başşehir yapılması üzerine bütün yol doğrultularının buraya yöneldiği görülmektedir. Ayrıca İstanbul’u Konya üzerinden Mekke’ye bağlayan Hac Yolu’da Osmanlıların her devrinde büyük yardım ve ilgi görmüştür. Padişahın gönderdiği “ Surre Alayı ”nın geçtiği bu yol üzerinde birçok çeşme, kervansaray ve han yapılarak yolculuğun kolay geçmesi sağlanmıştır. Bu yolun tamamı IV. Murat zamanında köprülerine varıncaya kadar yeniden tamir edilmiştir.

19. yüzyılın ikinci yarısından sonra bazı kervan yollarının yerini demiryollarının alması, bundan başka ümit burnunun dolaşması ve Süveyş Kanalı’nın açılması ile Avrupa ile Hindistan ve Çin arasındaki İpek Yolu’nun önemini kaybetmesi ve imparatorluğun parlak fetihler devrinin sona ermesiyle önemli sayılabilecek yeni yollar yapılmamış, eskiden yapılmış olan yolların çoğu da bakımsız kalıp giderek kullanılamaz bir duruma gelmiştir.

1869 yılında bir kararname çıkarılarak yollar sınıflandırılmış ve 1872 de bir Yol Mükellefiyeti Nizamnamesi yürürlüğe konmuştur. Bu yönetmeliğe göre her erkek bulunduğu bölgeden 12 km uzağa kadar yapılan yol işlemlerinde, yılda dört gün ücretsiz çalışması gerekmekteydi. 1889 da bu kanun kaldırılarak çalışma zorunluluğu, verebilenler için yol vergisine dönüştürüldü.

Osmanlılar tarafından yapılan yolların inşa ve bakım masrafları vilayetlerin özel bütçesinden ayrılan ödeneklerle yapılırdı. Osmanlı İmparatorluğunun ekonomik durumunun bozulması ile yolların yapım ve bakımına ödenek ayrılması zorlaşmış ve 1909 da Fransa' dan iki milyon Franklık bir kredi alınarak yolların yapımı Fransız Régie Générale firmasına verilmişti. Fransızlar 400 km kadar yol yaptıktan sonra çıkan I. Dünya Savaşı nedeniyle bu iş bitirilmemiş, savaş sırasında yollar daha da kötü bir duruma gelerek Cumhuriyet devrine kullanılabilir çok az yol kalmıştır. Osmanlı İmparatorluğunun son zamanlarında Mithat Paşa ve Halil Rıfat Paşa gibi bazı valiler buldukları illerde yol yapımına büyük önem vermişlerdir. Halil Rıfat Paşa' nın “Gidemediğin Yer Senin Değildir” sözü karayolları örgütümüzce ilke olarak benimsenmiştir (Tombaklar 2001).



Resim 3.5 Günümüz Türkiye Yol Haritası (İnt.Kyn. 10)

Cumhuriyetin ilk yıllarında yeterli teknik elemanın azlığı ve bütçe imkansızlıkları nedeniyle yol yapımı çok yavaş ilerlemiştir. Önce Nafia, İktisat ve Milli Müdafa

Vekaletleri ile Erkanı Harbiye-i Umumiye Reisliği birlikte çalışarak ülkenin 21 000 km kara yolu ve 12 km büyük köprü inşaatına gereksinme olduğu saptanmıştır. Bu araştırmaya dayanılarak 1929 da Milli şoseler ve Köprüler Kanunu hazırlanmış ve yürürlüğe konmuştur. Daha sonra bir kanun çıkarılarak Nafia vekaletine bağlı bir daire kurulması sağlanmıştır. İkinci dünya savaşı sırasında yol yapımında bir yavaşlama görülmüş, ancak 1946 dan sonra çalışmalara hız verilebilmiştir.

Ülkemizde gerçek anlamda planlı ve modern yol yapımı 1 Mart 1950 yılında yürürlüğe giren 5539 sayılı kanunla ve Bayındırlık Bakanlığı Bünyesine kurulan Karayolları Genel Müdürlüğü' nün yol yapımını devralmasıyla başlar (Tombaklar 2001).

-Ulaşım sistemleri ve yolların sınıflandırılması:Ulaştırma, ilgili alt yapının türüne göre aşağıdaki gibi sınıflanabilir:

a) Kara ulaştırması(bkz. Resim 3.5)

1 – Karayolu ulaştırması

2 – Demiryolu ulaştırması

b) Su ulaştırması

1 - Denizyolu ulaştırması

2 – İç su yolu (gl-nehir-kanal) ulaştırması

c) Hava ulaştırması

d) Boru hatları

Yukarıda sıralanan çeşitli ulaştırma şekilleri ile ilgili değişik sistemler vardır. Ulaşımı sağlayan araçlar olarak tanımlanabilecek olan bu ulaştırma sistemleri' nin gerek yolcu ve gerekse yk ulaştırması bakımından sratlı, ekonomik, güvenli ve ülke koşullarına uygun olması istenir. Ancak, bir sistemin sıralanan hususların hepsini birden bünyesinde toplaması çok zordur. Her sistemin diğerlerine karşı üstünlükleri ve zayıf noktaları vardır (Umar ve Yayla 1994).

Ulaştırma sistemleri arasında bir karşılaştırma yapılırken, her sistemin kapasite, trafik esnekliği, taşıt işgal sahası, hızlanma ve yavaşlama ivmeleri, ton - km maliyetleri gibi

işletme özellikleri ile konfor, kazaya karşı güvenlik, erişme kolaylığı vb. yolcuyu ilgilendiren özellikleri ve ilk tesis masrafları, bakım - onarım kolaylığı, tüketilen enerji çeşidi ve miktarı, çevre üzerindeki etkilerini içeren çeşitli faktörlerin bir arada incelenmesi gerekir. Bu inceleme ve karşılaştırma sırasında sıralanan faktörlerden hangilerinin esas alınacağı ve bunların önem dereceleri sistemin yük ve yolcu taşımada kullanılmasına, kent içi veya kentler arasında faaliyet göstermesine, ülkenin mali ve teknolojik olanakları ile enerji durumuna göre değişir. Önemli olan, amaca göre, yukarıda sıralanan özelliklerin ışığında en iyi sistem ve sistemleri seçip bunlar arasında uyumlu bir taşıma hizmetinin sağlanmasıdır. (Umar ve Yayla 1994). Çizelge 3.1' de Türkiye' deki yol durumu görülmektedir.

Ülkemizde karayolları idari yönden; devlet yolları, il yolları, köy yolları, turistik yollar ve orman yolları olarak sınıflandırılabilir;

Devlet yolları: Ülkenin büyük nüfuslu şehirlerini birbirine bağlayan yollardır.

İl yolları: Devlet Yollarının birbirine bağlandığı il ve ilçeler arasında yapılan yollardır.

Köy yolları: Köyleri devlet ve il yollarına bağlayan yollarla, köyleri birbirine bağlayan yollardır.

Bu yollardan devlet ve il yollarının planlama, projelendirme, yapım ve bakımı Karayolları Genel Müdürlüğünün, köy yolları ise Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü'nün sorumluluğundadır.

Turistik yollar: Turizm merkezlerini devlet ve il yollarına bağlayan yollar olup, Turizm Bakanlığı'nın önerisi üzerine ve bu bakanlıkça sağlanan ödeneklerle, Karayolları Genel Müdürlüğünce yapılır ve bakılır.

Orman yolları: Tarım ve Orman Bakanlığınca, şehir içi yollar ise belediyelerce yapılır ve bakılır.

Son yıllarda standartları birinci sınıf devlet yollarının üstünde ve otoyol ve ekspres yol olarak adlandırılan yolların yapımına başlanmıştır.

Otoyollar (Autobahn, Express way): Üzerinde yaya, hayvan, at arabası hareketi kesinlikle yasaklanmış, motorlu taşıtların giriş ve çıkışları ana trafiği hiçbir şekilde kesmeyecek biçimde, sadece ayrılma ve katılma olarak düzenlenmiş, diğer yollarla bağlantısı, alt ve üst geçitler şeklinde farklı düzeyde kavşaklarla sağlanmış yollardır (Tombaklar 2001).

Çizelge 3.1 01.01.2008 tarihi itibarıyla Türkiye’deki yol durumu (İnt.Kyn. 6)

SATH CİNSİNE GÖRE YOL AĞI (KM)							
01.01.2008 tarihi itibarıyla							
	Asfalt Betonu	Sathi Kaplama	Parke	Stabilize	Toprak	Geçit Vermez	Toplam
Otoyol	1 987	--	--	--	--	--	1 987
Devlet Yolları	6 538	24 205	49	213	106	222	31 333
İl Yolları	868	26414	109	1 583	841	764	30 579
Toplam	9 393	50 619	158	1 796	947	986	63 899

3.2.1.2 Karayolu Elemanlarıyla İlgili Genel Tanımlamalar

- **Tesviye ya da toprak tesviyesi:** Zemin, genellikle doğal haliyle nakil vasıtalarının hareketine istenilen şartlarda imkan vermeyecek kadar dalgalıdır. Bunun için yol, hiçbir zaman tabii zemine doğrudan intibak ettirilerek oturtulamaz. Önce tabii zemin yüzeyini kaplayan ve kalınlığı takriben 25-50 cm kadar olabilen nebati toprak tabakası kazılıp kaldırılır. Elde edilen bu sathi, belirli bir profili içerecek şekilde tesviye etmek gerekir. Böylece zemin belirli bir derinliğe kadar kazılarak alınan toprak veya dışarıdan getirilen toprak, istenilen yüksekliğe kadar doldurulur. Bu kazma ve doldurma işlerinin tümüne toprak tesviyesi denir (Varlıoçpak ve Tanyel 2000).

- **Temel altı tabakası:** Yolun temelini teşkil edecek malzeme serilmeden önce tesviye üzerine genellikle kum, taş kırığı v.b. malzemelerinden oluşan bir tabaka serilir. Buna temel altı tabakası adı verilir.

- **Temel tabakası:** Yoldan geçen vasıtaların verdikleri yüklerin tesirini temel altı tabakasına ve de tesviye yüzeyine yayan taş, beton veya benzeri malzemeden oluşan tabakaya temel adı verilir.

- **Kaplama tabakası:** Temel tabakası üzerine inşa edilen ve esasta yolu teşkil eden tabakadır. Üzerinden geçen trafik miktarına uygun olarak malzemesi tespit edilir.

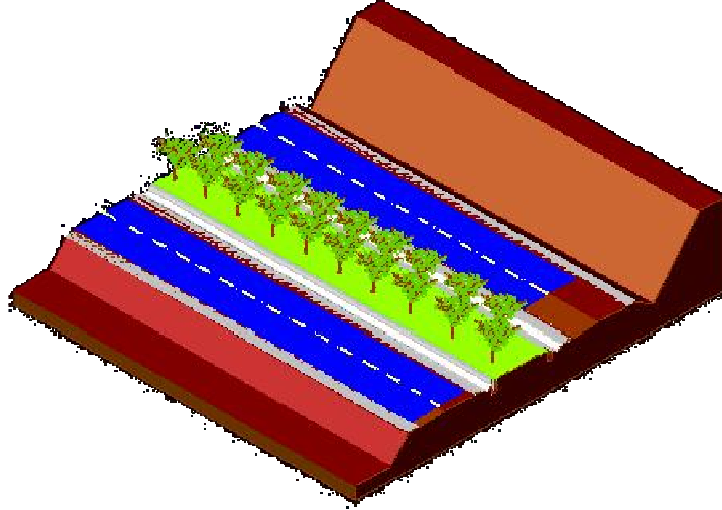
- **Banket (Akotman):** Yol kaplamasının her iki tarafında, kaplama kenarı ile platform kenarları arasında kalan kısımlara banket denir. Malzemesi genellikle temel malzemesidir.

- **Platform:** Kaplama ve banketlerin toplamına yolun platformu denir. Platform şehir yollarında yaya kaldırımları ile, şehirler arası yollarda (kara yolları) ise hendek dışı kenarı veya dolgu şevleri ile sınırlanmıştır.

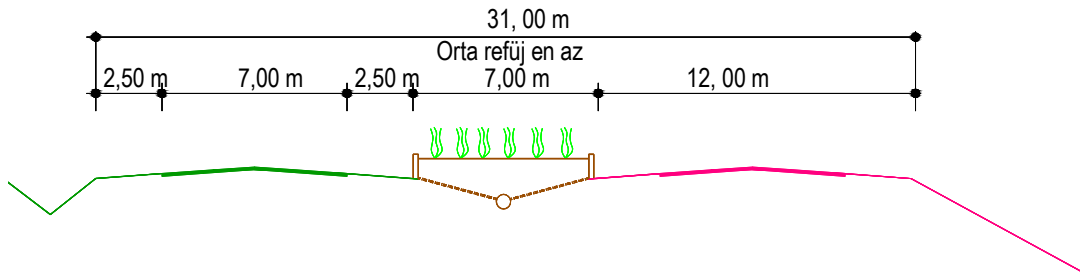
- **Eksen ve enine eğimler:** Yolun kaplama ortasından geçen nazari hatta yolun ekseni denir. Yol üzerinde yağın yağmur sularının yol yüzeyini kısa zamanda terk edebilmesi için eksen noktaları en yüksek olarak tertip edilerek, yol kaplamasına eksen noktasından bankete doğru bir eğim verilir ki buna enine eğim denir.

- **Hendek:** Platform üzerine düşen yağmur suları, verilen enine eğimle bankete doğru akar. Dolgu şevlerine gelen sular alınacak önlemlerle (dolgu etekleri çimlendirilir ya da banket kenarı yükseltilir) tesviye altına inerek yolu terk ederler. Buna karşın yarmada bulunan akotmanda durum böyle olmayıp, aynı zamanda yarma şevi üzerine düşen yağmur suları (bu suların şevin stabilitesini bozmaması için kafa hendekleri – düzenlenir) ve de platformdan gelenlerle birleşerek birikeceklerdir. İşte bu suyu drene edebilmek için yarma şevi ile platform arasında üçgen veya yamuk kesitli ve tabanı boyuna istikamette eğimli bir kanal açılır. Bu kanala hendek denir (Varlıorpak ve Tanyel 2000).

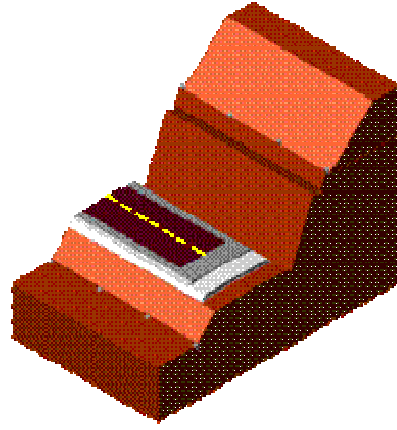
Karayolu genişlikleri: Nakil vasıtalarının yol kaplamasından geçtiği kısma şerit veya iz denir. Hayvan ile çekim yapıldığı devirlerde, her iki yönde birer hareket şeridi meydana geliyordu ve kaplamanın toplam genişliği 4.50 m idi. Motorlu nakil vasıtalarının benimsenmesiyle bu miktar önce 4.80 m, sonra 5.40 m olarak kabul edildi. Günümüzde karayollarında şerit genişliği 3.50 m şehir içi yollarda da 3.00 m olarak tatbik edilmektedir. Trafiğin yoğun olduğu yollarda, her yön için birden fazla hareket şeridi tertiplenir. Böylece gidiş ve geliş şeritleri arasına ileride oluşacak gelişmelere imkan vermek üzere refüj bırakılır. Böyle yollara bölünmüş çok şeritli yollar denir (Resim 3.6 – Şekil 3.3). Çok şeritli, ancak tek döşemeli yollara da bölünmemiş yol denir. Resim 3.7 ve Şekil 3.4 de bölünmemiş iki şeritli tip yollar görülmektedir.



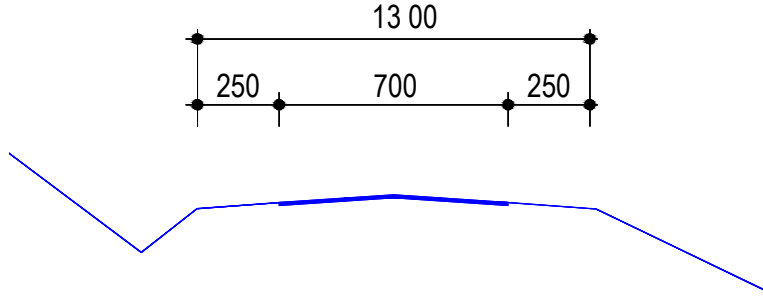
Resim 3.6 Bölünmüş dört şeritli yol enkesiti



Şekil 3.3 Bölünmüş dört şeritli tip karayolu enkesiti (Varlıorpak ve Tanyel 2000).



Resim 3.7 Bölünmemiş iki şeritli tip karayolu

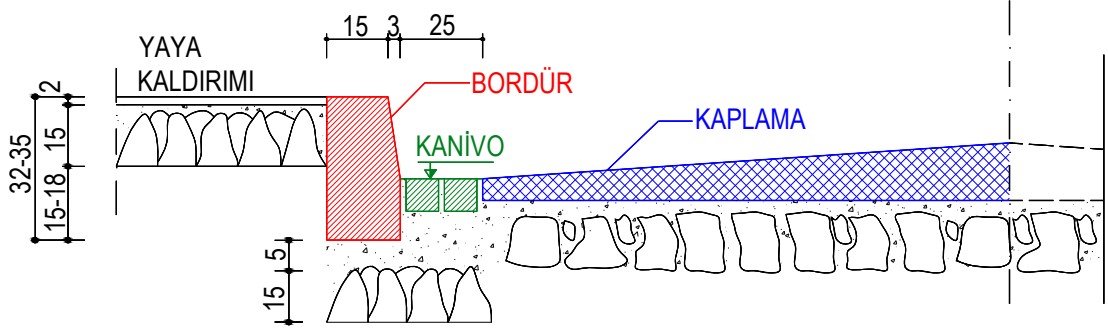


Şekil 3.4 Bölünmemiş iki şeritli tip karayolu enkesiti (Varlıorpak ve Tanyel 2000)

Banketler ise, önceleri 0.50 – 1.00 m genişlikte ve toprak olarak bırakılırdı. Ancak trafiğin artışı ile bunlarında genişlikleri arttırılarak kaplamalarının ıslahı yoluna gidilmiştir. Karayollarında, banketler genellikle park şeridi olarak kullanılacağı düşüncesiyle 3,00 m ye kadar genişlik verilmiştir (I. Sınıf yollarda). Ancak çok engebeli dağlık arazide yolun maliyeti açısından banketler 1,25 m ye kadar düşürebilmektedir.

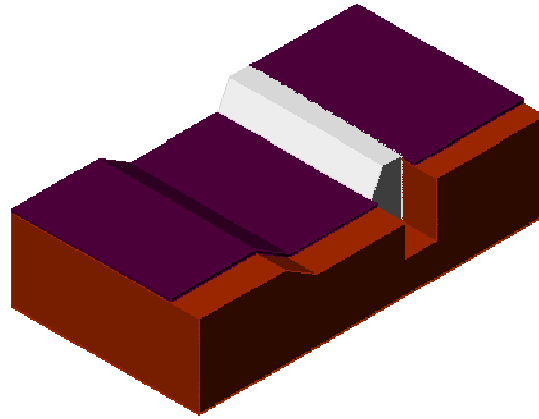
-Bordür ve kanivo: Şehir içi yolarında yaya kaldırımları emniyet bakımından, yol kaplamasından daha yüksek kotta tertiplenir. Böylece bunlar taş veya betondan bir hatla hudutlandırılırlar. Bunlara bordür denir. Bu şekildeki bir yolda kaplama tabakası üzerine düşen yağmur suyu, yolun enine eğimi dolayısı ile bordür kenarına gelerek birikecektir. Bu suların kenardan boyuna istikamette akıtılarak yağmur suyu şebekesine (kanalizasyon şebekesine) akıtılması söz konusudur. Suyun toplanıp aktığı bu kısma

kanivo adı verilir. Bordür ve kanivo Şekil 3.5’ de gösterilmiştir. Ayrıca Resim 3.8’ de bordür tek başına gösterilmiştir.



Şekil 3.5 Bordür ve kanivo (Varlıorpak ve Tanyel 2000)

-Şehir içi yolları genişlikleri: Şehir yollarının genişliği, yolun hizmet verdiği kesimdeki trafik yoğunluğuna ve de park yapılıp yapılmayacağına göre değişir. Buna göre yerleşim alanlarını kapsayan kesimlerde yollar 8 m–12 m ana yollarda 18 m–36 m genişlikte olması uygundur. Ancak günümüzde bu genişlikler daha fazla tutulmaktadır. Böylece gerek toplu taşın araçları için gerekse de daha değişik araçlar için şeritlerin inşası imkan dahilinde olmaktadır (Varlıorpak ve Tanyel 2000).



Resim 3.8 Bordür

-Bölünmemiş yol – bölünmüş yol: Bölünmemiş yol; üzerinde karşı yönlerden gelen trafiği ayıran fiziki bir engelin bulunmadığı tek platformlu yoldur. Şayet, bir yöndeki trafik karşı yönden gelen trafik ile orta refüj, korkuluk ve benzeri fiziki bir engel kullanılarak ayrılmış ise bu gibi yollara da bölünmüş yol

adı verilir. Dolayısıyla bölünmüş yol en az iki platformlu demektir. Bölünmüş yollarda, arazinin durumuna göre, toprak işi yönünden daha ekonomik bir çözüm için platformların farklı kotlarda yapılması mümkündür.

-Orta refüj: Kısaca yolu gidiş geliş olarak ikiye bölen kaldırım, orta kaldırım (İnt.Kyn. 2) olarak tanımlanan orta refüj; bölünmüş yollarda karşı yönlerden gelen trafiğe ait platformları ayıran ve yol kaplamasına nazaran daha yüksek veya düşük kotta bulunan kısımdır. Orta refüj genişliği, normal olarak, kent içi yollarda minimum 4 m, kırsal yollarda 7 m olmalıdır. Bu genişlik başlangıçta imkan oranında fazla tutulursa ileride trafiğin artması üzerine ilave, şerit yapımında ucuz bir düzenlemeye olanak hazırlanmış olur. Orta refüjlerin üzeri boş olarak bırakılabileceği gibi zorunlu durumlarda otopark yeri olarak da faydalanılabilir, ya da bitki ile örtülü olabilir. Orta refüj üzerindeki bitkilerin boyunun yüksek olması, karşı yönden gelen far ışığının göz kamaştırma etkisini önlerse de, buradan gelebilecek yaya vb. gibi engellere karşı güvenliği azaltır. Özellikle kavşaklarda ve dönüş yerlerinde bırakılan orta refüj aralıklarının yakınında yüksek bitki örtüsü istenmez (Varlıorpak ve Tanyel 2000).

-Kamulaştırma genişliği: Yolun yapımına başlamadan önce geçki boyunca yeterli genişlikteki arazinin kamulaştırılması icab eder. İşte yol geçkisi boyunca uzanan ve her iki yandaki sınırları ile belirli olan bu alanın genişliğine kamulaştırma genişliği denir.

Yoldaki trafiğin işletilmesi ile ilgili telefon, elektrik, işaretleme, ayrıca drenaj tesisleri de bu alan içinde yapılır. Sıralanan ve başka yol boyu tesisleri için gerekiyorsa belirli bir kesim boyunca daha geniş kamulaştırma yapılabilir.

Kamulaştırma genişliği, yapılacak olan yolun sınıfına ve kaç şeritli olacağına bağlıdır. Ancak, ileriye ait trafikte tahmin edilemeyen artışlara karşı mali olanaklar elverişli ise kamulaştırma genişliğinin tutulmasında fayda vardır, Böylece gerektiğinde yeni şeritler ilavesi vb. gibi düzenlemeler kolaylaşmış olur. Kırsal

birinci sınıf yollar için 60,0 m, ikinci sınıf yollar için 40,0 m, tali yollar için 15,0 ~ 20,0 m genişlik normal kabul edilebilir.

3.2.1.3 Yolu Kullananların Özellikleri

Bir yolun esas fonksiyonu ekonomik, güvenilir ve hızlı bir trafik işleyişini sağlamak olduğuna göre yol karakteristiklerinin yolu kullanacak olan insan ile taşıt karakteristiklerine bağlı olması doğaldır. Yolların planlaması, ölçülendirilmesi yani projelendirilmesi ve işletilmesi sırasında bilinmesi zorunlu olan bu karakteristikler aşağıda kısaca sıralanıp açıklanmıştır.

a) Sürücü ve yayaların genel özellikleri: Trafiki ve örneğin kaza gibi bir trafik olayını oluşturan üç temel öge; yol, taşıt ve insandır. Bunlardan insan, diğer iki ögeyi yani yol ve taşıtı istediği şekilde biçimlendirip kontrolünde tutabilir. Bu itibarla insan ögesinin, dolayısıyla bir kısım insan özellik ve davranışlarının yol ve trafik mühendisliğinde özel önemleri vardır. Gerçekte kişiden kişiye önemli değişiklikler gösteren bu özellik ve davranışların başlıcaları aşağıda verilmiştir.

-Normal fiziksel özellikler : Normal ve fiziksel özellikler görme özelliği, mesafe takdiri, işitme özelliği, intikal – reaksiyon özelliği olarak sıralandırılır.

a) Görme özelliği: Trafik işaretleri ve sinyallerin tesisi ile, taşıt hareketlerinin çok ve karmaşık olduğu kavşak noktaları gibi kritik noktaların planlanmasında insanın görme özelliğinin ayrı bir önemi vardır. Bu sebeptir ki sürücü belgesi verilmesi sırasında görme kontrolünün yapılması zorunluluğu getirilmiştir. Görme özelliği ile ilgili başlıca hususlar; görüş açısı, görüş uzaklığı, renk körlüğü ve göz kamaşmasıdır.

İleri yönde bakış halinde iken iki yan taraftan görme imkanını belirten açı görme açısı olarak tanımlanır. Baş ve gözler sabit kalmak şartı ile normal görme açısı; bakış ekseninin iki tarafında 5 ~ 6 derecede olmak üzere toplam 10 ~ 12

derecedir. Bunun bakış ekseninin iki tarafından olmak üzere toplam 3 ~ 5 derecelik kısmı net görüş açısıdır. Bu net görüş açısı içine düşen cisimler daha açık şekilde görülür. Taşıt kullanan bir kişinin 10 derecelik görüş açısı ile 25 m ileride iyi şekilde görebileceği genişlik 4,5 m dir. Buna göre, gözü olduğu yerde bir kaç defa sağa veya sola döndürmek suretiyle başın çevrilmesine gerek kalmadan gidiş doğrultusunda yol platformu ve yakınıni iyi şekilde kontrol altında tutmak mümkündür.

Bir insanın başını oynatmadan sadece gözlerini sağa sola çevirmek suretiyle 180 derecelik hatta daha fazla bir sahayı görmesi mümkündür. Çevre görüş açısı olarak tanımlanan bu saha içinde kalan bir cisim ve hareket ile renkler net olarak görülemez. Bu saha içindeki bir cisim veya hareket taşıt kullanan bir kişi için uyarı niteliğinde olur. Ancak baş bu tarafa çevrildiğinde net görüş imkanı doğar. Bununla beraber trafik güvenliği yönünden çevre açısının en fazla 65 ~ 90 derece alınması tavsiye olunmaktadır.

Bir insanın ileri istikamette net olarak görebildiği mesafe olan görüş uzunluğu, mesafe ve hız tahmini, dolayısı ile trafik güvenliği yönünden çok önemlidir. Görüş uzunluğunda gözün fiziki yeteneği yanında hava koşullarının da rolü vardır.

Gözlerin renklere karşı hassaslık dereceleri farklı olup siyah ve beyaz, ayrıca siyah ile sarının kontrastlarına karşı çok hassastırlar. Bu özellik trafik işaretleri ile semboller için renk seçmede önemlidir. Trafik işaretleri ve bilhassa ışıklı işaretlerin tanınması bakımından çok önemli olan diğer bir görme özelliği de renk körlüğü' dür. Renk körlüğü olanlara çok ülkede sürücü belgesi verilmemektedir. Bununla beraber son zamanlarda renk körlüğü olanların işaretleri başka şekilde tanımları için kolaylıklar getirilmiştir.

Ani ve kuvvetli ışık altında gözün bir an için görme yeteneğini kaybetmesi olan göz kamaşması'na daha çok bölünmemiş yollarda rastlanır. Göz kamaşmasından normal görüş haline dönüş için, ışıklı bir ortamdan karanlık bir ortama giriş

halinde en az 6 saniye, tersi durumda en az 3 saniye geçmesi gerekir. Göz kamaşması 40 yaşından daha büyük kimselerde daha şiddetli olmaktadır(Umar ve Yayla 1994).

b) Mesafe takdiri: Karşıdan gelen bir vasıta ile hangi mesafede aynı hizaya gelineceğini takdir etmek trafikte çok önemli bir husustur. Bu sebeple, önde giden bir aracı geçmek isterken, karşıdan gelen bir araçla buluşma noktasını hesaplama hatası, genellikle kazaların başlıca sebeplerinden birisini teşkil etmektedir (İnt.Kyn. 3).

Taşıt kullananlar yönünden önde giden bir taşıta veya yola giren bir yayaya olan mesafenin, yolun karşı tarafına geçmek isteyen bir yaya yönünden ise yoldan gelen en yakın taşıtın yola gireceği noktaya olan uzaklığının doğru şekilde tahmini güvenlik açısından son derece önemlidir. Bu husustaki yanlışlar pek çok kazanın sebebi olmaktadır. Mesafe tahmin ve takdirinde etkili olan başlıca hususlar sürücü veya yayanın yaşı, tecrübesi ve eğitim derecesidir (Umar ve Yayla 1994).

c) İşitme özelliği: Ses ile yapılan uyarılara karşı reaksiyon gösterebilmek için bir sürücünün veya yayanın normal işitme yeteneğine sahip olması gerekir. Tam olarak sağır olmayan kişiler için işitme yetersizliğinin cihaz kullanarak giderilmesi mümkündür. Ülkemizde işitme yeteneği belirli ölçüden az olanlara sürücü belgesi verilmemektedir. Yapılan gözlem sonuçlarına göre, erkek sürücüler için, tam olarak sağır olanların işitme yönünden normal bulunanlara göre kazaya karışma olasılığı 1,8 kat daha büyüktür.

d) İntikal – reaksiyon özelliği: Taşıt kullanan veya yolda yaya olarak bulunan bir kimsenin kendisi için tehlikeli olabilecek bir engeli gördükten sonra bunu tanıması, alınacak önlemleri tasarlaması, karar alması ve kararın uygulanması için geçecek zaman kısaca intikal - reaksiyon süresi denir. İntikal- reaksiyon süresi, görüş uzunlukları, taşıtların duruş mesafeleri, sinyalizasyon kavşaklarda ışık devresinin hesabında, trafik işaret levhalarının yerlerinin belirlenmesinde ve başka yol ve trafik problemlerinde bilinmesi zorunlu olan bir değerdir.

İntikal - reaksiyon süresinin uzunluğu kişiden kişiye değiştiği gibi aynı bir kimse için yaş durumuna, yorgunluk derecesine, alkollü olup olmamasına ve psikolojik durumu ile başka birçoğ hususa bağlı olarak da farklılıklar gösterir. Yaş arttığa, ayrıca dalgınlık ve yorgunluk halinde ve alkollü durumda iken intikal - reaksiyon süresi uzar. Kişinin beklenen bir engel veya olay hakkında dikkatinin çekilmiş olması yani toplu dikkat halinde süre azalır. Buna karşılık beklenmedik bir şekilde karşılaşılan veya olayın karışık olması durumunda intikal - reaksiyon süresinde önemli artış olabilir. Örneğin, çok sayıda yolun birleştiği bir kavşağa yaklaşan sürücü kavşak içinde bir engel ile karşılaştığında birden çok yolu kontrol edip ona göre davranmak zorunda kalacağından intikal - reaksiyon süresi uzayacaktır.

Karışık durumlarda bu sürenin 4,0 saniyeye kadar çıktığı gözlenmiştir. Sonuçta, engelin çeşidi de bu süre üzerinde etkili olur. Yine gözlemlere göre ışıklı bir engele karşı intikal süresi iyice azalmaktadır. Belirtilen hususların ötesinde, taşıt hızı arttığa sürücünün toplu dikkat haline geçmesi sebebiyle intikal - reaksiyon süresinin azaldığı yollarda yapılan uygulamaya dayalı gözlemlerle saptanmıştır. Amerika' da yapılan gözlemlerde 100 km/st ile seyir sırasında 2,0 saniye olan intikal reaksiyon süresinin 50 km/st ile seyir sırasında 3,0 saniye olduğu görülmüştür. Laboratuarda yapılan testlerde ise bu sürenin 0,5 saniye ile 2,5 saniye arasında değiştiği ortaya konmuştur. Ancak, bu farklı değerlere karşılık pek çok ülkede ve bu arada ülkemizde çeşitli hesaplamalar sırasında intikal - reaksiyon süresi olarak 0,75 ila 1,0 saniye alınmaktadır.

Buna karşılık AASHO (American Association of State Highway Officials “Amerikan Eyalet Yolları Birliği Mensupları”) bu hususta ortalama bir değer olarak 2,5 saniye önermektedir.

- **Geçici Fiziksel Özellikler:** Kısa veya uzunca bir süre etkisini gösteren fakat devamlı olmayan özelliklerdir.

Başlıcaları aşağıdadır:

a)Yorgunluk: Fiziki yorgunluk uzun süre taşıt kullanma, uykusuz kalma gibi durumlar sonucu görülür. Yorgunluk intikal – reaksiyon süresini uzatır, hatalı hareket yapmaya neden olur. Zihni yorgunluk ise vücut yorgunluğuna göre daha tehlikeli kabul edilmektedir.

b)Alkollü içki ve keyif verici ilaç kullanma: Bu durumdaki bir sürücünün muhakeme yeteneği, dikkati, fiziki canlılığı azalır, dolayısıyla reaksiyonu önemli derecede uzamış olur. Aynı durum yayalar için de söz konusudur.

c)Hastalık: Hastalığın en belirgin sonucu, hastalığın çeşidine göre değişen ölçüde olmak üzere fiziki canlılığın azalmasıdır. Hastalığa karşı alınan ilaçların bir kısmının da benzer etkisi vardır. Bazı ilaçların reaksiyonu zayıflattığı da bilinen bir husustur (Umar ve Yayla 1994).

- **Akli Özellikler:** Doğuştan veya sonradan kazanılan özellikler olup başlıcaları şunlardır:

a) Zeka: Kavramlar ve algılar yardımıyla soyut ya da somut nesnelere arasındaki ilişkiyi kavrayabilme, soyut düşünme, muhakeme etme ve bu zihinsel işlevleri uyumlu şekilde bir amaca yönelik olarak kullanabilme yetenekleri zeka olarak adlandırılmaktadır (İnt.Kyn. 4). Trafik ile ilgili işaretlerin çabuk kavranmasında, ani olarak karşılaşılan olaylarda doğru ve çabuk karar vermede etkili olur.

b) Bilgi: Sonradan kazanılır ve özel gayret ile artırılabilir.

c) Tecrübe: Zamanla kazanılan bir özelliktir. Tecrübeli bir sürücünün yeni bir sürücüye nazaran bir tehlike karşısında daha doğru ve çabuk davranması normaldir.

d) Okuma ve Lisan Bilme: Trafik işaretlerinin anlaşılabilmesi için okuma bilinmesi zorunludur. Lisan bilmenin önemi işaretlerin pek çoğunun uluslararası olması sebebiyle fazla değildir.

- **Ruhsal özellikler:** Bir insanın içinde bulunduğu şartlara göre değişebilen ruhsal özelliklerinin ve davranışlarının değerlendirilmesi son derece güç bir iştir. Bu özelliklerin başlıcaları ise şunlardır:

a) Dikkati toplama (teksif etme) özelliği: Bir kimsenin uzunca bir süre dikkatini toplayıp trafiğe verebilmesi çok zordur. Fazla meşgul ve yorgun kişilerde bu özellik oldukça zayıftır. Ancak, güvenle taşıt kullanabilmek için sahip olunması zorunlu olan bir özelliktir.

b) Kurallara Uyma Özelliği: Kişiden kişiye çok değişen bu özelliğin kısmen doğuştan geldiği, kısmen de eğitim ve uygulama sırasında sonradan kazanıldığı kabul edilmektedir.

c) Sabırlı ve Serinkanlı Olma Özelliği: Taşıt kullananlar için önemli olan ve daha çok doğuştan geldiği kabul edilen bir özelliktir. Sıkışık trafik koşullarındaki duruma uyabilmek, tehlikeli durumlarda serinkanlı davranabilmek güvenli bir taşıt yönetimi için zorunlu olan hususlardandır. Sabır yayalar yönünden de önemli bir özelliktir.

d) Kaza ve Sürat Eğilimli Olmak: Bazı insanlar fiziki ve akli özellikleri bakımından normal oldukları halde sürata karşı eğilimleri vardır. Ayrıca sık sık kazaya karışırlar. Bu gibi kişilerin güvenli bir trafik işleyişi bakımından özel önemleri vardır (Umar ve Yayla 1994)..

- **Karayolu taşıtlarının genel özellikleri:** Yolcu ve yük taşımada kullanılan pek çok taşıt çeşidi vardır. Her çeşit taşıtın boyutsal ve mekanik yönden değişik tipleri olduğu, her birinin farklı işletme özellikleri gösterdiği de bilinen bir husustur. Aşağıda, fazla ayrıntıya girilmeden, taşıtların yol mühendisliği ile doğrudan ilişkisi bulunan genel özellikleri ve karakteristikleri verilecektir.

a) Taşıt cinsleri: Karayolları Trafik Tüzüğünde verilen tarife göre; Taşıt, karayolunda insan, hayvan ve eşya taşımaya yarayan araçlardır. Bunlardan

makine gücü ile hareket edenlere motorlu taşıt, insan ve hayvan gücü ile hareket edenlere de motorsuz taşıt denir.

Motorlu taşıtlar, motosiklet, otomobil, minibüs, otobüs, kamyonet, kamyon, lastik tekerlekli traktör, müteharrik makineler gibi motor gücü, şekil, taşıma sınırı (istiab haddi) ve kullanılma amaçları yönünden değişik gruplara ayrılır. Bunlardan müteharrik makineler; çeşitli yol yapım makineleri, tank vb. askeri araçlar ile çeşitli tarım makinelerini içeren ve tarım, sanayi ile milli savunma işlerinde kullanılıp, insan hayvan ve eşya taşımada kullanılmayan teknik araçlardır. Motorlu taşıtları hafif taşıtlar ve ağır taşıtlar olmak üzere iki genel grupta toplamak da mümkündür. Minibüs ve kamyonet ile daha küçük yapıdaki taşıtlar hafif taşıtlar sınıfına girer. Bu taşıtların arka tarafında tek dingil ve bu tek dingilin her iki yanında tek tekerlek bulunur. Otobüs ve kamyon gibi büyük taşıtların oluşturduğu ağır taşıtlar sınıfındaki taşıtların ise arka taraflarında birden fazla dingil olabileceği gibi bu dingillerin her iki ucunda iki tekerlek bulunur.

Motorsuz taşıtların en belirgin örnekleri ise insan gücü ile hareket eden bisiklet ve hayvan gücü ile hareket ettirilebilen çeşitli tip arabalardır.

Karayolunda hareket edebilen motorlu ve motorsuz taşıtlar müteharrik makineleri ve lastik tekerlekli traktörleri genel bir ifade ile araç olarak isimlendirebiliriz. Bununla beraber araç kelimesini eşya ve hayvan taşımada kullanılan taşıtlar ile müteharrik makineler için kullanmak daha yerinde olmaktadır.

Motorlu ve motorsuz taşıtların tarifleri, güçleri, taşıma sınırları gibi bazı özellikleri Karayolları Trafik Yasası ile Tüzükte ayrıntılı olarak verilmiştir.

b) Taşıt boyutları: Karayolunda trafiğe çıkarılacak araçlarda yüklü ve yüksüz olarak uyulacak boyutlar ve karayolu yapısına zarar vermeden güvenle seyredebilecek ağırlıklar şunlardır;

Araçların boyutları ve ağırlıkları

Azami genişlik: 2.55 metre (Resim 3.9)

Frigorifik araçlarda yalnız frigorifik yapı genişliği: 2.60 metre,

Azami yükseklik: 4.00 metre,

Azami uzunluklar: Karayolu taşıtlarına ait azami uzunluklar aşağıda belirtilmiştir.

-Otobüs dışındaki diğer motorlu araçlarda: 12.00 m.

-Römorklarda: 12.00 m.

-İki dingilli otobüslerde: 13.50 m.



GENİŞLİK: 2,55 m

Resim 3.9 Azami genişlik (İnt.Kyn. 5)

-İkiden çok dingilli otobüslerde: 15.00 m.

- Yarı römorklu araçlarda: 16.50 m.
- Mafsallı (Körüklü) otobüslerde: 18.75 m.
- Römorklu otobüslerde: 18.75 m.
- Römorklu araçlarda : 18.75 m.

Azami ağırlıklar : Karayolu taşıtlarına ait azami ağırlıklar aşağıda belirtilmiştir.

1-Tek dingilde en çok;

- Tahriksiz tek dingilde: 10 ton,
- Tahrikli tek dingilde: 11.5 ton,

2-İki dingilli aks grubu ağırlığı en çok ;

- Motorlu araçlarda aks grubu ağırlığı ;
- Dingiller arası mesafe 1 m' den az ise ($1m < d$):11,5 ton,
- Dingiller arası mesafe 1 m ile 1.3 m arası ise ($1m \leq d < 1.3 m$):16 ton,
- Dingiller arası mesafe 1.3 m ile 1.8 m arasında ise ($1.3 m \leq d < 1.8m$):.....18 ton,
- Dingiller arası mesafe 1.3 m ile 1.8 m arası ise:.....19 ton,

-Römork ve yarı römorklarda aks grubu ağırlığı en çok ;

- Dingiller arası mesafe 1 m 'den az ise ($d < 1 m$) :11 ton,
- Dingiller arası mesafe 1 m ile 1.3 m arası ise ($1m \leq d < 1.3m$):16 ton,
- Dingiller arası mesafe 1.3 m ile 1.8 m arası ise ($1.3m \leq d < 1.8m$):18 ton,
- Dingiller arası mesafe 1.8 m 'den büyük ise ($1.8 m \leq d$) : 20 ton,

-Üç dingilli aks grubu ağırlığı en çok ;

- Dingiller arası mesafe 1 m veya daha az ise ($d \leq 1.3 m$) :..... 21 ton,
- Dingiller arası mesafe 1.3 m ile 1.4 m arasında ise ($1.3 m < d \leq 1.4 m$) :..... 24 ton,

3-Toplam ağırlıklar en çok ;

- İki dingilli motorlu araçlarda ve römorklarda:18 ton,
- Üç dingilli motorlu araçlarda :25 ton,

- Üç dingilli motorlu araçlarda :26 ton,
- Üç dingilli yarı römorklu araçlarla,mafsallı otobüs:..... 28 ton,
- Dört dingilli motorlu araçlarda:..... 32 ton,
- Dört dingilli yarı römorklu araçlarda:..... 36 ton,
- Dört dingilli yarı römorklu araçlarda, yarı römork dingil grubu ağırlığı 20 ton olan araçlar :38 ton,
- Beş veya daha çok dingilli yarı römorklu veya römorklu katarlarda:.....40 ton,
- Konteyner taşıyan yarı römorklu araçlarda (ISO Konteynerli 3 - S 2 / 3):.....44 ton,

Karayollarında yapılacak sabit veya seyyar ağırlık kontrolü esnasında, aracın azami toplam ağırlığının en çok %2'si kadar tartı toleransı tanınır (İnt.Kyn. 5).

- **En küçük dönüş yarıçapları:** Her tip taşıtın sürekli bir hareket ile dönüş yapabileceği en küçük dönüş yarıçapı farklıdır. Özellikle kent içi yollarda ve dönüşün küçük hızla yapıldığı yerlerde ve bir kavşak köşesinde en küçük dönüş yarıçapı dönüş sırasında taşıtın bıraktığı en küçük dönüş izine göre tayin olunur.

Sürekli bir hareket ile dönülebilecek en küçük yarıçap, 90 derecelik dönüşler için yaklaşık olarak, hafif taşıtlarda 9,0 m, otobüs ve kamyonlarda 15,0 m, yarı römorklu taşıtlarda 22,0 m dir. Gerçekte taşıtların manevra yapmak suretiyle daha küçük yarıçaplı kurbaları dönmeleri mümkünse de bu şekilde bir dönüş özel haller dışında istenmez.

Dönüşlerin yüksek süratle yapıldığı kurba ve kavşaklarda ise, dönüş yarıçapları, dever ve taşıt lastiği ile kaplama yüzeyi arasındaki enine sürtünme kuvvetine bağlı olarak hesaplanmalıdır (Umar ve Yayla 1994).

3.2.2 İkinci Modül (Yolların Kapasitesi ve Yol Geometrik Standartları)

Bu modülde, yolların kapasitesi ve yol geometrik standartlarından bahsedilerek Karayolu Projesi hesaplarına giriş yapılacaktır. Ayrıca örnek proje tanıtılarak örnek proje hesaplarına giriş yapılacaktır.

3.2.2.1 Yolların Kapasitesi

Yeni yapılacak bir yola, hizmet ömrü boyunca karşılaşılabileceği trafiği öngörülen koşullar altında geçirebilmesi için verilecek genişlik ne olmalıdır? Bunun yanında, mevcut bir yolun trafik artışı karşısında daha ne kadar ve hangi koşullarda hizmet gösterebileceği, ya da, düşünülen bir yeni düzenlemenin trafik koşullarında ne gibi değişiklikler getirebileceği gibi hususlarda bir karara varabilmek için bir yolun bütün olarak veya bir şeridinin geçirebileceği trafik, miktarının yani kapasitesinin bilinmesi gerekir.

Bir şerit veya bütün olarak bir yolun kapasitesi; genel anlamda, bu şerit veya yolun herhangi bir kesitinden, belli bir zaman boyunca bir veya iki yönde geçebilecek maksimum taşıt sayısı üzerinde yolun enkesit ve boykesit durumu, görüş olanağı, yatay ve düşey kurpların durumu, kaplama vaziyeti ve sürücü davranışları ile taşıt cinsleri gibi pek çok faktörün etkisi vardır. Diğer yandan, bir yolun belli bir zaman içinde fazla taşıt geçirmesi istenilen bir durum olmakla beraber, her türlü ulaşımında, yolu kullananlar bakımından hız, güvenlik ve konfor hususlarında belli bir düzeyin altına inilmemesi de istenir.

Yukarıda kısaca belirtilen hususlar karşısında, bir yol için tek bir kapasite tanımı ve değerinin yeterli olamayacağı açıktır. Bu nedenle yol, trafik ve öngörülen hizmet koşullarına bağlı olarak değişik kapasite tanımlarının yapılması gerekir (Umar ve Yayla 1994).

a) Çeşitli kapasite tanımları: Bu konuda şimdiye kadar en çok kullanılan kapasite tanımlar temel kapasite, mümkün kapasite ve pratik kapasitedir.

-Temel kapasite: İdeal yol ve trafik koşulları altında, bir yolun nazara alınan bir kesitinden, bir saat boyunca bir veya iki yönde geçebilen maksimum yolcu otomobili sayısı bu yolun temel kapasitesi olarak tanımlanır. Genellikle iki ve üç şeritli yollarda her iki yön, çok şeritli yollarda ise tek yöndeki taşıt sayısı esas alınır. Tanımda esas alınan ve aşağıda sıralanacak olan ideal yol ve trafik

koşullarına uygulamada pek rastlanmadığı için temel kapasite yerine teorik kapasite dendiği de olmaktadır.

Temel kapasite tanımında temas edilen ideal yol ve trafik koşulları; bir yöndeki trafik için en az iki şeridin bulunması, bütün taşıtların aşağı yukarı aynı hızda (48 - 64 km/st arasında) olması, yolda hiç ticari taşıt bulunmaması yani sadece otomobil trafiğinin bulunması, yolun şerit ve banket genişliklerinin yeterli olması, yol kenarlarında görüşü sınırlandıran engellerin bulunmaması, kurp yarıçapları ile kurbalardaki enine eğim yani dever miktarının yeterli olması, diğer yollar ile eş düzey kesişmeler, yaya geçitleri vb. gibi trafik akışını güçleştirecek kısımların mevcut olmaması gibi hususlardır.

Her yön için iki ya da daha çok trafik şeridi olan çok şeritli yollarda temel kapasite, genel bir değer olarak, şerit başına 2000 otomobil / saat olarak kabul edilir. Sollama olanağının sınırlı olduğu iki şeritli yollar için bu değer toplam olarak 2000 otomobil / saat, dolayısı ile şerit başına 1000 otomobil / saat alınır. Sollama için kullanılmak üzere orta şeridi bulunan üç şeritli yollarda ise iki yönde toplam 4000 otomobil / saatlik bir temel kapasitenin olduğu kabul edilir. Buna göre üç şeritli yollarda. bir yön için temel kapasite, 2000 otomobil / saat olmaktadır.

- **Mümkün kapasite:** Bir trafik şeridinin veya bütün olarak bir yolun mümkün kapasitesi, hakim yol ve trafik koşulları altında şeridin veya yolun nazara alınan bir kesitinden bir saat boyunca bir veya iki yönde geçebilen maksimum taşıt sayısıdır.

Hakim yol ve trafik koşulları; yolun fiziki özelliklerine bağlı olanlar ile yol üzerindeki trafiğin karakterine bağlı olanlar olmak üzere iki grupta toplanır.

Birinci grup koşullar, yani yol ile ilgili olanlar yolda onarım vb. gibi bir düzenleme yapılmadıkça değişmez. İkinci gruptaki trafik koşulları ise günlere hatta gün içinde saatlere göre değişir. Bu iki gruba ek olarak, havanın sisli, yağışlı, soğuk, sıcak oluşu ve yol yüzeyinin ıslak, karlı veya buzlu bulunuşu

gibi atmosferle ilgili hususlar da bir yolun geçirebileceği trafik miktarı üzerinde etkili olan faktörlerdir.

Uygulamada, yukarıda sıralanan ideal yol ve trafik koşullarının hepsinin birden sağlanması hemen hemen mümkün değildir. Bu itibarla bir şerit veya yolun mümkün kapasitesinin temel kapasitesinden daha küçük olacağı açıktır.

- **Pratik kapasite:** Trafiğin aşırı tıkanmalar ile kazalara ayrıca, sürücülerin hız, takip aralığı ve sollama gibi hususlarda taşıt yönetimlerindeki bağımsızlık ve olanaklarını normalin üzerinde sınırlandırmaya sebep olmayacak bir yoğunlukta bulunması halinde, hakim yol ve trafik koşulları altında bir şeridin veya bütün olarak yolun bir kesitinden bir veya iki yönde ve bir saatte geçebilen maksimum taşıt sayısı bu şerit veya yolun pratik kapasitesi olarak tanımlanır.

Pratik kapasite tanımlamasında belirtilen trafik koşulları subjektif hususlar olup bunlar için belirli ölçüler konulması çok zordur. Örneğin, bir sürücünün kentiçi yolda normal karşılayabileceği sıkışıklık kırsal yolda fazla sayılabileceği gibi güvenlik kavramı, hız, sollama fırsatı gibi diğer hususlardaki değerlendirmeler de sürücünden sürücüye değişir. Dolayısı ile değişik pratik kapasite değerleri verilmesi gibi sakıncalı bir durum ortaya çıkmaktadır. Bunun sonucu olarak, bu konuda ABD’de, pratik kapasite tanımındaki koşulların değişen durumlarını nazara alan hizmet düzeyi kavramı getirilmiş ve bu kavram ülkemiz dahil pek çok ülkede benimsenmiştir.

- **Hız farkları:** Yoldaki trafik miktarı çok az ise sürücüler istedikleri hızda gitmede bağımsız olacakları için yolda görülen hızın maksimum ve minimum değerleri arasındaki fark büyük olur. Yapılan gözlemlere göre bu gibi yollarda hızların 50 ~120 km/st arasında değiştiği anlaşılmıştır. Trafik miktarı arttıkça alt sınırdaki küçük bir azalma olursa da üst sınırdaki yani yüksek hızlarda büyük bir düşme görülür. Örneğin, yoldaki trafik 1800 taşıt/saatlik hacme ulaştığında 110 km/st lik maksimum hız 60 km/st’ e, 50 km/st lik minimum hız da 25

km/st' e düşmekte, dolayısıyla hız farkı 60 km/st den 35 km/st' e inmektedir. Gerçekte, hız farkı yüksek olan yollarda trafik güvenliği azdır.

- **İşletme hızı:** Yoldaki trafik miktarı arttıkça sollama olanağı azalacağından yolda yapılabilecek hız arzu edilen hızın çok altına düşer. Gözlemlere göre, iki şeritli bir yolda trafik hacmi 1300 taşıt/saat ise, bu yol üzerinde 80 ~110 km/st arasında bir hızı muhafazaya gayret eden sürücüler gerçekte 60 km/st dolayında bir hız elde edebilmektedirler. Buna göre, yoldaki işletme hızı ne derece düşükse taşıtların birbirlerine olan etkileri de o kadar fazla demektir.

- **Takip aralığı:** Trafik hacmi arttıkça taşıtların birbirlerini takip aralıkları azalacaktır. Gözlem sonuçlarına dayanılarak, taşıtlar arasındaki aralık 9 saniye ise bu iki taşıt sürücüsünün birbirini etkilemediği kabul edilir. O halde trafik akımındaki 9 saniyeden az aralıkların nisbeti hareketleri kısıtlanan taşıtların miktarını karakterize eder. Poisson Kanunu'na göre bu değer,

$$p(t \geq 9) = e^{-\frac{9N}{3600}} \quad (3.1)$$

bağıntısı ile bulunabilir. Örnek olmak üzere, yoldaki trafik miktarı $N = 400$ taşıt/saat ise, 9 saniyeden büyük aralık miktarı %37, taşıt miktarının $N = 500$ olması halinde ise miktarı %29 olmaktadır.

Gözlemlere göre ise, iki şeritli yollarda aralık dağılışının Poisson Kanununa tam olarak uymamasından 400 taşıt saat için %29, 500 taşıt/saat için %24 değerleri bulunmaktadır.

Diğer yandan, pek çok ülkede, kırsal bölgedeki iki şeritli ve iki yönlü bir yolda sürücülerin %30'unun yolculuklarından memnun olması halinde bu yoldaki sıkışıklığın normal bir düzeyde olduğu, dolayısı ile taşıtların birbirlerini fazla etkilemedikleri kabul edilmektedir. Buna göre, gözlem sonuçları esas alınacak

olursa, bu nisbet iki yön için toplam 800 taşıt/saat'lik bir trafik miktarına tekabül eder.

- **Geçme fırsatı:** Trafiğin az olduğu bir yolda bir sürücü için sollama olanağı fazladır. Trafik arttıkça bu olanak azalır. Buna göre, bir sürücünün belirli bir hızı muhafaza edebilmesi için yol uzunluğu boyunca gerçek olarak sollayıp geçebildiği taşıt sayısının (Q), teorik olarak geçmesi gerekli olan taşıt sayısına (Q') oranı, yani Q/Q' yoldaki taşıtların birbirlerine olan etkilerini değerlendirmede esas alınabilecek bir kriter olur. Hesap ve gözlemlere göre, sollama sayısı 800 taşıt/saat'lik trafik miktarına kadar artmakta, daha sonra bir süre sabit kalmakta, bilahare 1300 taşıt saat den sonra hızla azalmaktadır.

Yukarıda sıralanan ve tıkanıklık veya gecikme indisleri olarak da isimlendirilen kriterlere göre, iki şeritli ve iki yönlü bir yol için, standartları iyi ise, 800 ~ 900 taşıt/saatlik bir pratik kapasite değeri sürücülere normal sayılabilecek bir karşılıklı etkiye, başka bir deyişle gecikmeye sebep olmaktadır. Bu, aşağıda incelenecek olan hizmet düzeyi kavramında (C) düzeyine karşı gelmektedir.

Bir fikir vermesi bakımından, daha önce belirtilmiş olan ideal yol ve trafik koşulları altında, çeşitli yol tipleri için pratik kapasite değerleri Çizelge 3.2 de verilmiştir (Umar ve Yayla 1994).

Çizelge 3.2 Çeşitli tip yollar için pratik kapasiteler

Yolun cinsi	İşletme hızı (km / st)	Kapasite (yolcu oto/saat)	
		Toplam	Şerit başına
İki şeritli kırsal yol	72 - 80	900	
İki şeritli kent içi yol	56 -64	1500	
Çok şeritli kırsal yol	72-80		1000
Çok şeritli kent içi yol	56-64		1500
Üç şeritli kırsal yol	72-80	1500	
Üç şeritli kent içi yol	56-64	2000	

b) Hizmet düzeyi kavramı: Hizmet düzeyi genel anlamda, verilen bir şerit veya bütün olarak bir yolda, değişik trafik hacimlerine karşı gelen farklı işletme koşullarına ait kombinezonlardan herhangi birini ifade eder.

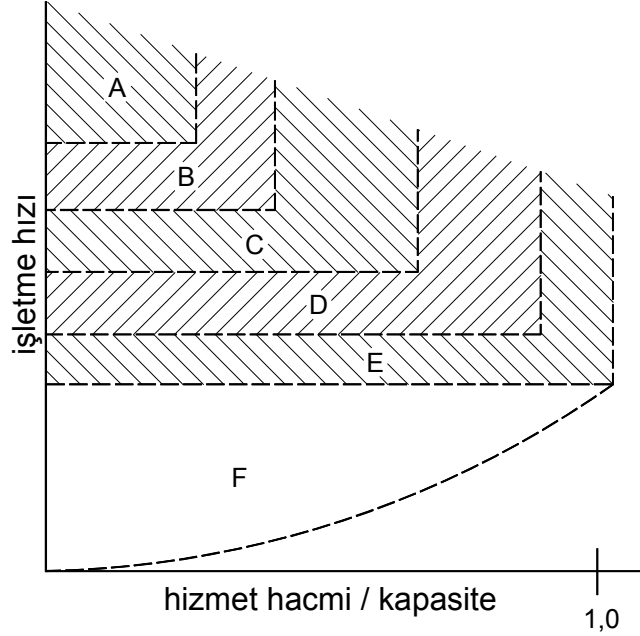
Hizmet düzeyinin değerlendirilmesinde, başka bir deyişle ölçülendirilmesinde nazara alınacak başlıca faktörler; hız ve ulaşım (seyahat) süresi, trafik kesiklikleri ve kısıtlamalar, manevra serbestliği, güvenlik, sürücü konfor ve huzuru ile taşıt işletme masrafıdır. Hemen belirtilmesi gereken bir husus bu faktörlerin bir kısmının sayısal bir değerlendirmede nazara alınmasının çok zor oluşudur. Ulaşım güvenliği, sürücü konfor ve huzuru gibi, bu nedenle hizmet düzeylerinin değerlendirilmelerinde işletme hızı ile, hizmet hacminin temel kapasiteye oranının esas alınması uygun kabul edilmiştir.

Burada esas alınan işletme hızı; bir sürücünün verilen bir yol üzerinde, uygun hava ve hakim trafik koşulları altında hiçbir zaman her kesim için önceden tesbit edilmiş olan güvenli proje hızını aşmamak koşulu ile sağlayabileceği en yüksek ulaşım hızı (ticari hız) dır. Hizmet hacmi ise, belli bir zaman aralığı içinde, seçilen veya tayin olunan hizmet düzeyinin öngördüğü işletme koşullarının sağlanması durumunda, verilen bir şerit veya platformdan çok şeritli yollarda bir yönde, iki ya da üç şeritli yollarda her iki yönde geçebilen maksimum taşıt sayısıdır. Zaman belirtilmediği hallerde hizmet hacmi saatlik hacimdir.

Yukarıdaki esaslar çerçevesinde, iyiden kötüye A, B, C, D, E ve F gibi altı hizmet düzeyi tanımlanmıştır (Şekil 3.6). Bu farklı hizmet düzeylerinin genel özellikleri çeşitli tip yollar için aynı olmakla beraber nümerik değerlerde farklılıklar vardır. İki şeritli, iki yönlü bir yol için her hizmet düzeyinin genel özellikleri aşağıdaki gibidir.

A hizmet düzeyi: Trafik yoğunluğu az, dolayısı ile serbest akım hali vardır. Hız, sürücünün arzusu, hız tahditleri ve yolun fiziki koşulları tarafından kontrol edilir. Diğer taşıtların varlığından dolayı manevra olanaklarında kısıtlama yok denecek

kadar azdır. Dolayısı ile, sürücüler arzu ettikleri hızları aynen veya çok az fark ile yapabilirler.



Şekil 3.6 Farklı hizmet düzeylerinde işletme hızı ile hacim /kapasite oranı ilişkisi

B hizmet düzeyi: Trafik akımı kararlı akım görünümündedir. İşletme hızı bir ölçüde trafik koşullarından dolayı kısıtlanmaya başlar. Hız, sollama vb. gibi hususlarda sürücü davranışlarındaki serbestlik makul bir ölçüdedir. Hız azalması aşırı değildir. Bu hizmet düzeyinde alt sınır (en düşük hız, en yüksek trafik hacmi) kırsal yolların projelendirilmelerinde esas alınabilir.

C hizmet düzeyi: Kararlı akım olmakla beraber hız ve manevra olanakları trafik miktarı ile daha fazla etkilenir. Sürücülerin çoğunluğunun kendi hızlarını seçmede, şerit değiştirmede veya öndeki bir taşıtı geçmedeki serbestlikleri kısıtlanmıştır. Bununla beraber nispeten tatmin edici bir işletme hızı sağlanabilir. Bu düzeye karşı gelen hizmet hacmi kent içi yolların projelendirilmelerinde esas alınabilir.

D hizmet düzeyi: Trafik akımı kararsız akıma yakındır. Trafik hacmindeki değişimler ve akımdaki geçici kısıtlamalar işletme hızında önemli düşmelere

yol açabilirse de kabul edilebilir bir işletme hızını ulaşmak mümkündür. Sürücülerin manevra serbestlikleri az, konfor düşük fakat kısa mesafeler için kabul edilebilir ölçülerdedir.

E hizmet düzeyi: Trafik akımında kararsızlık vardır ve kısa süreli duraklamalar meydana gelebilir. (D) hizmet düzeyindekiinden daha düşük ve 50 km/st mertebesinde bir işletme hızı elde edilebilir. Yolda temel kapasiteye eşit veya çok yakın bir trafik hacmi mevcuttur.

F hizmet düzeyi: Trafik hacmi temel kapasitenin altındadır ve zorlamalı akış durumu söz konusudur. Sık sık kısa ve uzun süreli duraklamalar görülebilir.

Ülkemizde yeni yol yapımı sırasında esas alınan hizmet düzeyi (C) dir. (A) ve (B) hizmet düzeyleri için yapılan yollar gereğinden fazla pahalı olmaktadır. (D) hizmet düzeyinde yapılacak bir yol ise kısa süre sonra trafikteki hızlı artış sebebiyle yetersiz kalmakta ve (E) düzeyinde bir hizmet vermektedir. (E), yani kapasite düzeyinde hizmet ise gerek akımın kararsız oluşu ve gerekse işletme koşullarının kötü olması sebebiyle istenmez.

İki şeritli, kontrollü eş düzey kavşak bulunmayan ve kırsal bölge içinde kalan bir yol için hizmet düzeyleri ile ilgili bazı nümerik değerler Çizelge 3.3' de verilmiştir. Diğer tip yollar için bu tablodaki değerlerden ayrılmalar vardır.

Tabloda görülen işletme hızı ile hizmet hacminin tanımları daha önce verilmiştir. Ağırlıklı ortalamaya göre proje hızı; farklı proje hızlarına göre ölçülendirilen kesimlere ait proje hızları; farklı proje hızlarına göre ölçülendirilen kesimlere ait proje hızları her kesimin uzunluğunun esas alınması ile bulunan proje hızıdır. Örneğin, 70 km lik bir devlet yolunun 10 km'si 90 km/st, 30 km'si 100 km/st ve 30 km'si 110 km/st lik proje hızına göre ölçülendirilmiş olsa, bu yol için ağırlıklı ortalamaya göre proje hızı;

$$\frac{10.90 + 30.100 + 30.110}{10 + 30 + 30} = 102,7km / st$$

Demektir ki bu yuvarlak bir değer olarak 100 km/st alınabilir.

Çizelge çeşitli hız kademeleri ile ilgili değerler metrik sisteme çevirme sebebiyle yuvarlatılmış değerlerdir. Karşısında değer bulunmayan düzeyler için istenilen işletme hızına düşük trafik hacimlerinde dahi erişilemediği anlamı çıkar.

c) Kapasiteyi etkileyen koşullar: Bir yolun tüm uzunluğu boyunca ideale yakın yol ve trafik koşullarına sahip olması pek mümkün değildir. Bu itibarla kapasitede azalma olacaktır. Bir yolun gerçek kapasitesini hesaplayabilmek veya hizmet düzeyini saptayabilmek için bunlar üzerinde etkili olan faktörlerin bilinmesi ve hesaplar sırasında düzeltmelerin yapılması gerekir. Bu faktörler, platform faktörleri ve trafik faktörleri olmak üzere iki grupta toplanabilir.

- **Platform faktörleri:** Yolun ve daha çok platformun fiziki durumu ile ilgili aşağıdaki faktörler yolun kapasitesi üzerinde belirgin derecede etki gösterirler.

Şerit genişliği: İki şeritli yollarda sollama yapan bir taşıt karşı yönden gelen taşıtlara ait şeridi dar şerit halinde geniş şerit haline nazaran daha uzun süre ve daha büyük bir genişlikte işgal eder. Ayrıca, büyük taşıtlar sol şeride yakın şekilde seyrederek hatta bu şeride zaman zaman tecavüz de olur. Bu durum çok şeritli yollarda da görülür. İdeal şerit genişliğinin 3,60 m olarak kabulüne göre, şerit genişliğindeki azalmanın kapasiteye olan etkisi aşağıdaki Çizelge 3.4'de verilmiştir. Yan engeller, otoyollarda görülen orta ve kenar korkuluklar gibi sürekli ise, sürücüler bir süre sonra bu duruma alıştıklarından bunların etkileri yer yer görülen engellere göre daha az olmaktadır.

Çizelge 3.3 İki şeritli, kırsal bölge yollarında, kontrollü eş düzey kavşak bulunmaması halinde hizmet düzeyleri ve maksimum hizmet hacimleri

Hizmet düzeyi	Trafik akım koşulları		Geçiş görüş uzunluğu 450 m olan kesim nisbeti (z)	Hizmet hacmi / kapasite (V/C)					120 km/st lik projehızı ve diğer ideal koşullarda otom./saat olarak maksimum hizmet hacmi
	Genel durum	İşletme hızı (km / st)		120 km/st lik proje hızı için temel sınır değerler	Ağırlıklı ortalama göre proje hızı (km/st)				
					100	80	70	60	
A	Serbest akım	100	100 80 60 40 20 0	0.17 0.16 0.13 0.12 0.09 0.17	- - - - - -	- - - - - -	- - - - - -	- - - - - -	340
B	Kararlı akım (üst hız sınırlarında)	80	100 80 60 40 20 0	0.47 0.45 0.42 0.39 0.36 0.30	0.42 0.37 0.30 0.27 0.24 0.18	- - - - - -	- - - - - -	- - - - - -	920
C	Kararlı akım	65	100 80 60 40 20 0	0.73 0.71 0.69 0.68 0.66 0.62	0.68 0.63 0.58 0.54 0.49 0.43	0.56 0.53 0.47 0.38 0.28 0.18	0.48 0.44 0.36 0.27 0.17 0.09	- - - - - -	1460
D	Kararsız akıma yalayıyor	55	100 80 60 40 20 0	0.91 0.90 0.89 0.88 0.87 0.86	0.88 0.87 0.85 0.83 0.79 0.78	0.78 0.75 0.74 0.72 0.69 0.67	0.67 0.62 0.59 0.55 0.47 0.10	0.57 0.55 0.53 0.47 0.30 0.17	1820
E	Kararsız akım	50	uygulanamaz		1.00				2000 (kapasite)
F	Zorlamalı akım	50	uygulanamaz		Trafik talebi / kapasite ~1,0 (aşırı yükleme, anlamlı değil)				çok değişken 0~kapasite

Hizmet düzeyi kavramının ayrıntılı olarak incelendiği «Highway Capacity Manual - 1965» isimli kitapta, yetersiz şerit genişliği ile kısıtlı yan açıklığın farklı hizmet düzeylerine göre kapasite üzerindeki etkisini yansıtan düzeltme katsayıları, metrik sisteme çevrilmiş değerleri ile Çizelge 3.5’de verilmiştir.

Çizelge 3.4 Şerit genişliğinin kapasite üzerindeki etkisi

Şerit genişliği (m)	(3.60 m lik şerit kapasitesinin yüzdesi)	
	İki şeritli karayolu	Çok şeritli karayolu
3.60	100	100
3.30	88	97
3.00	81	91
2.70	76	81

Çizelge 3.5 Kısıtlı yan açıklıkların pratik kapasiteye etkisi

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

Banket genişliği: Banketlerin normalden dar olması sürücülerin yol eksenine yani ortaya yakın şekilde seyretmelerine sebep olur. Böylece trafik şeridinin efektif genişliği azalacağı gibi arıza sebebiyle bankete bırakılan taşıtların kaplamaya taşma miktarları da artacaktır. Her iki durum da yolun kapasitesinin azalmasında önemli derecede etkili olan hususlardır.

Yardımcı şeritler: Anayoldan ayrılacak taşıtlar için yavaşlama ve anayola girecek taşıtlar için hızlanma şeritleri ayrıca ağır taşıtlar için tırmanma şeridi, park şeridi gibi yardımcı şeritlerin mevcudiyeti yolun kapasitesinin büyük ölçüde artmasına sebep olurlar. Bu itibarla imkan oranında bu şeritlerin yapılmasına çalışılmalıdır.

Geçki durumu: Yol inşaatında ideal olan, proje hızına göre hesaplanan minimum geçiş görüş uzunluğunun tüm geçki boyunca sağlanmasıdır. Çeşitli sebeplerle bu mümkün olamıyorsa, iki şeritli ve üç şeritli yollarda, sürücülerin sollayıp geçme olanakları sınırlandırılmış olacağından yolun kapasitesinde azalma olur. Kapasitedeki bu azalma miktarı, bu gibi kesimlerin uzunluğunun yolun toplam uzunluğuna oranına bağlı olarak değişir. Çizelge 3.6, iki şeritli

bir yolda geçiş görüş uzunluğunun 4,50 m den az olduğu yol kesimlerinin yolun toplam uzunluğuna oranına göre kapasite azalmalarını göstermektedir.

Çizelge 3.6 Geçiş görüş uzunluğunun pratik kapasiteye etkisi

450 m den küçük geçiş görüş uzunluğu olan kesimler uzunluğunun toplam yol uzunluğuna oranı (%)	Pratik kapasite değeri (otomobil / saat)	
	işletme hızı (km / st)	
	72 - 80	80 - 88
0	900	600
20	860	560
40	800	500
60	720	450
80	620	300
100	500	160

Eğim: Eğimli kesimlerde görüş mesafesi genel olarak sınırlıdır. Daha mühimi, özellikle eğim derecesi fazla olan kesimlerde kamyon ve otobüs gibi ağır taşıtların seyir hızı iyice azalacağından bu gibi taşıtlar için özel olarak tırmanma şeridi yapılmamış ise bunların arkasında uzun kuyruklar oluşacak, böylece yolun kapasitesi iyice düşecektir. Eğim aşağı kesimlerde normal olarak küçük vites kullanılacağı için aynı durum bir ölçüde az olmakla beraber yine görülecektir. Bu sakıncaya karşı tek köklü çözüm, bu gibi taşıtlar için ayrı tırmanma şeritlerinin yapılması ve bu taşıtların rampa iniş çıkışlarını bu şeritler üzerinden yapmalarını temindir.

Yüzey durumu: Kaplaması bozuk ve bakımsız yollarda geometrik standartlar ve görüş uzunlukları yeterli de olsa sürekli ve hızlı bir trafik akımı olmayacağından kapasite, ayrıca konfor ve güvenlik azalacaktır. Bu nedenle yolun düzgün ve temiz bir yuvarlanma yüzeyi teşkil edecek şekilde sürekli olarak bakım altında tutulması gerekir (Umar ve Yayla 1994).

-Trafik faktörleri: Uygulamada benzer geometrik standartlara sahip yolların farklı kapasite gösterdikleri görülebilir. Bu durum tamamen bu yolların taşıdık-

ları trafiğin karakterinin farklı oluşu ile ilgilidir. Bu hususta etkili olan trafik faktörleri aşağıda verilmiştir.

a) Trafik kompozisyonu: Platformla ilgili olanlardan eğim faktöründe kısaca temas edildiği gibi, trafik akımında, ticari taşıtlardan özellikle kamyonlar, belli bir eğim derecesinden sonra, otomobil gibi küçük taşıtlara göre daha yavaş hareket ederler. Buna bağlı olarak, şayet bu gibi taşıtlar için eğimli kesimlerde özel tırmanma şeritleri yapılmamış ise yolda bu taşıtların arkasında birikmeler olur ve böylece bir çeşit konvoy trafiği oluşturur. Bu durum iki şeritli yollarda daha belirgindir.

Yukarıdaki duruma göre, bir trafik akımında kamyon ve otobüs gibi ağır taşıtların miktarı fazla ise kapasitede önemli azalmalar olacaktır. Kapasitedeki azalma bu taşıtların miktarına bağlı olarak değişir. Hesaplamalar sırasında, otomobil dışındaki taşıtların kapasite üzerindeki etkileri bu taşıtların yolcu otomobiline çevrilmeleri suretiyle dikkate alınır ve yolun kapasitesi yolcu otomobili cinsinden verilir.

Bir taşıtın yolcu otomobili eşdeğeri; o taşıtın boyutları, manevra yeteneği, hız vs. yönünden otomobile göre trafik akımı içindeki etkisini belirten bir sayıda belirli taşıtların yolcu otomobili olarak eşdeğerleri yolun şerit sayısına, eğim durumuna, eğimin devam ettiği uzunluğa, yolun kent içi veya kırsal bir yol oluşuna göre değişir, özellikle kamyonlar için eğim ve bu eğimli kesimlerin uzunluğu arttıkça otomobil eşdeğerleri çok büyümektedir.

b) Trafik kesiklikleri: Bir yolun kapasitesi üzerinde etkili olan trafik kesikliği başlıca eşdüzey kavşaklarda meydana gelir. İki veya daha fazla sayıdaki trafik akımının paylaştıkları ortak alanlar olan bu eşdüzey kavşaklarda akım, kavşakdaki denetim metoduna göre ışıklı işaret (sinyal) , trafik polisi veya trafik işaretine göre ya tamamen durdurulur ya da yavaşlatılır. Hangi durum olursa olsun trafik akımı belli bir hızda ve sürekli olarak devam edemediği için

kapasite azalması olacaktır. Kapasitedeki bu azalma miktarı, kavşakların sıklık derecesi ile kavşaklardaki denetim metoduna bağlı olarak değişir.

Eşdüzey demiryolu geçitleri de karayolu üzerindeki trafik akımını kesintiye uğratan dolayısıyla kapasiteyi düşüren noktalardır. Nihayet, yol boyunca hız sınırlandırılmasının yapıldığı kesimler mevcutsa, sınırlandırmanın 40 km/st 'in altına inmesi halinde kapasiteyi azalttığı gözlemlerle ortaya konmuştur.

c) Sürücü davranışları: Taşıt kullananların yoldaki trafiğin ortalama hızına uymamaları, uygun şerit üzerinden gitmemeleri, sık sık şerit değiştirmeleri, zorunlu duruşlar sırasında kaplamayı terk etmemeleri vb. davranışları yolun kapasitesini azaltıcı hususlardır.

Kapasite üzerinde etkili olan faktörler hakkında vurgulanması gereken bir nokta da, bu faktörlerin hemen hemen hepsinin yolun kapasitesini azaltıcı etkileri yanında yoldaki trafik güvenliğini azaltıcı yani kaza ihtimalini artırıcı yönde de etki göstermeleridir.

Yolların kapasitesi oldukça geniş ve karmaşık bir konudur. Esasları aynı olmakla beraber, yolun iki şeritli, üç şeritli, çok şeritli, otoyol oluşuna, kent içi veya kırsal (kentler arası) karakterde bulunuşuna ve başka birçok hususlara göre bir takım özel durumlar ortaya çıkar. (Umar ve Yayla 1994).

3.2.2.2 Yol Geometrik Standartları

Bir yolun geometrik standartları; genişliği, yatay ve düşey kurp yarıçapları, yatay kurbalarda uygulanan enine yükseltme yani dever ile enine ve boyuna eğim gibi plan ve boykesit ile ilgili değerlerdir.

Geometrik standartları yüksek ayrıca üst yapısı iyi şekilde projelendirilip inşa olunmuş bir yol hızlı, güvenli ve ekonomik bir ulaşım olanağı vermesi

bakımından yolu kullananlarca arzu edilen bir husustur. Ancak, yol mühendisliğinde ana prensip, hizmet ömrü boyunca gereksinime en uygun şekilde cevap verebilecek en ekonomik yolun inşası olduğuna göre standartların gereğinden yüksek tutulması da istenmez. Bu nedenle, yeni yolların planlanması sırasında, geometrik standartların artan trafik karşısında kısa süre sonra yetersiz kalmamasına dikkat edilmesi zorunlu olduğu gibi gereğinden yüksek standartta olmaması da öngörülür.

Yol geometrik standartlarının seçiminde etkili ana faktörler yolun sınıfı ile proje hızıdır. Yolun sınıfı yolu kullanacak olan trafik miktarı, trafiğin cinsi ve arazinin topoğrafik özelliklerine göre tayin olunur. Bunlara ilave olarak zemin durumu, iklim koşulları, arazi kullanım şekli, kent içi yollar için yaya hareketleri ile estetik görünüş ve bütün bunların ötesinde mali olanaklar yol standartlarının seçiminde nazara alınacak diğer faktörler olmaktadır.

Trafik miktarı yolun genişliği yani kaç şeritli olacağı, trafiğin cinsi, uygulanacak olan boyuna eğimin maksimum değeri ile rampa uzunlukları ve minimum kurba yarıçapları gibi hususlarda etkili ana faktörlerdir. Üst yapının projelendirilmesinde ise trafik ile cinsi her ikisi birden nazara alınır. Yatay kurbalarda uygulanacak olan deyer miktarı ile görüş uzunlukları gibi güvenlik ile doğrudan ilişkili ölçülendirmelerde esas alınan başlıca faktör ise hızdır.

-Proje hızı: Proje hızı, sürücülerin karayolunda normal trafik akımında ve normal şartlarda (yağışlı hava dahil) emniyet içinde rahatlıkla erişebilecekleri maksimum hız olarak tariflenmektedir. Bir projenin tümü veya projenin belli bir kesimi için proje hızının seçimi bazı faktörlere bağlıdır. Bu faktörler; Yolu kullanacak taşıtların sayısı, bağlantı yollarındaki proje hızları, topoğrafik ve jeolojik şartlar ve bu proje için ayrılan bütçe olanaklarıdır. Dengeli projenin sağlanmasında proje hızının uygun seçimi ilk önemli adım olmaktadır. Çünkü birçok proje elemanı seçilen bu proje hızına bağlı olarak tespit edilmektedir.

Arazi tipi veya diğer yerel şartlardaki değişmeler nedeniyle gerekli olarak proje hızında yapılan değişiklikler, tüm projeyi proje standartları sabit kısımlara ayırmaktadır. Örneğin; vadide başlayıp dağlık araziden geçip, dağın öbür tarafında vadide biten karayolu projesi, iki sektör düz arazide, iki sektör dalgalı arazide ve bir sektör dağlık arazide olmak üzere beş proje sektörüne bölünebilmektedir (Kiper 2002).

- **Proje trafiği:** Bir yol inşa olunduktan sonra çok تنها kırsal bölgeler hariç diğer kesimlerde yapılan yol boyunca yeni yerleşim merkezleri ortaya çıkar, arazi kullanım şekli değişir ve arazi değerlerinde önemli artışlar olur. Dolayısı ile yapılan yol artan trafik karşısında kısa süre sonra yetersiz duruma düşerse genişletilmesi veya bazı geometrik karakteristiklerinin değiştirilmesi zor ve pahalı olur. Bu nedenle ilk planlama safhasında yoldan geçecek olan trafiğin iyi şekilde tahmininin büyük önemi vardır.

Daha önce de temas edildiği gibi bir yol belli bir hizmet ömrü sonundaki trafiğe göre planlanır ve projelendirilir. Bu hizmet ömrü genellikle 10 yıldan yukarı 25 yıldan az tutulur. Hizmet ömrünün 10 yıldan az tutulması halinde yol kısa süre sonra gereksinime cevap veremeyecek duruma düşebilir. Hizmet ömrünün 25 yıldan daha büyük tutulması halinde ise standartların seçilmesi sırasında esas alınan trafik hacmi ile ilgili tahminlerdeki yanılma payı büyük olabilir. Bu husustaki genel tutum hizmet ömrünün 15 veya 20 yıl olarak alınmasıdır.

Yıllık ortalama günlük trafik (YOGT): Bir yolun projelendirilmesi sırasında esas alınabilecek çeşitli trafik değerleri vardır. Bunlardan biri Yıllık Ortalama Günlük Trafik (YOGT) değeridir. Bu trafik değeri, yolun herhangi bir kesitinden bir yıl boyunca, iki yönde geçen toplam trafiğin 365'e bölünmesi ile bulunan sayıdır. Yoldan geçen toplam trafik bir yıl boyunca yapılan sürekli sayım ile bulunabileceği gibi, bu mümkün olamıyorsa zaman zaman yapılan periyodik sayımlara ait sonuçlardan da tahmin edilebilir.

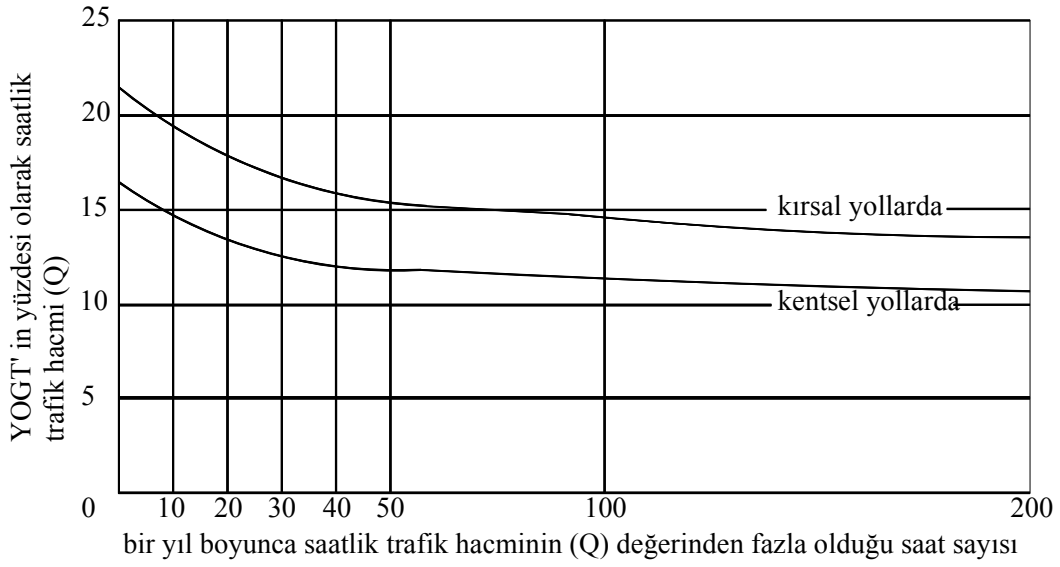
YOGT yoldan geçen trafiğin miktarı hakkında bir fikir verirse de trafiğin zaman içinde değişimini yansıtmaz. Bazı günler yoldan YOGT miktarının çok üzerinde bir trafik geçebileceği gibi bazı günler YOGT değerinin çok altında trafik ile karşılaşılabileceği gözlemlerle saptanmıştır. Bu sebeple, YOGT değeri trafik miktarı az tali yollar için bir ölçü olabilirse de önemli projelerde esas alınması uygun olmaz.

Maksimum saatlik trafik: Yukarıda değinildiği gibi YOGT değerinin trafiğin zaman içinde değişimi iyi şekilde yansıtmaması sebebiyle yol standartlarının seçiminde, birim olarak, saatlik trafik (ST) hacminin kullanılması tercih olunmamaktadır.

Yol standartlarının yıl içinde görülen en yüksek saatlik trafik hacmine göre tayini halinde gereğinden büyük yatırım yapılmış olur. Zira bu halde yoldan, bir saat hariç, diğer saatlerde daha az trafik geçecektir. Ortalama saatlik trafik hacminin esas alınması halinde ise yıl içinde pek çok saatte bu ortalama değerden daha büyük trafikle karşılaşılabileceğinden seçilen standartlar çok zaman yetersiz kalacak demektir.

Gözlemlere dayanılarak yapılan etüdlere, yıllık saatlik trafik hacimleri ile YOGT arasında Şekil 3.7'deki gibi bir ilişki olduğu görülmüştür.

Yol boyunca görülen saatlik trafik hacimlerinin büyükten küçüğe sıralanması ile bulunan bu eğriler incelendiğinde; otuzuncu en büyük saatlik trafik hacminin kritik bir değer olduğu, bu değer sağında eğrinin birden yatıklaştığı, solunda ise birden dikleştiği görülür. Bunun sonucu olarak, bu otuzuncu saat trafiğinin proje safhasında maksimum saatlik trafik hacmi olarak kabul edilmesi uygun bulunmuştur.



Şekil 3.7 Yıllık saatlik trafik hacmi ile YOGT arasındaki ilişki

Pek çok yol üzerinde yapılan sayımlarda, 30. ST' nin YOGT değerinin kırsal yollarda %12 ila %20'si, kentsel yollarda ise %7 ila %18'i arasında kaldığı ve bu yüzdelerin yıldan yıla pek değişmediği görülmüştür. Kırsal bölge yolları için ortalama bir değer olarak,

$$30 \cdot ST = 1/6 \cdot YOGT \quad (3.2)$$

kabul edilebilir. Bunun anlamı, bir yıl boyunca, nazara alınan yoldan, 29 defa yıllık ortalama günlük trafik hacminin 1/6'sından daha büyük saatlik trafik geçecek demektir.

Beklenen trafik (trafik tahmini) :Yol projelendirilmelerinde yani standartların seçiminde esas alınan trafik miktarı kabul edilen hizmet ömrünün sonundaki trafik olduğuna göre, tanımlanan YOGT ve 30. ST değerlerinin hizmet ömrü sonundaki trafiğe ait değerler olması gerekir. Bu değerlerin bulunabilmesi için halihazır trafiğin ne şekilde arttığını bilmemiz icap eder. Bu artış şekli biliniyorsa belirli bir süre sonrası için beklenen trafiğin hesabı yapılabilir. Bu hesaba trafik tahmini ya da trafik projeksiyonu denir.

Trafik tahmini, özellikle bu sırada nazara alınan ekonomik ve sosyal gelişme, kişilerin ulaşım ile ilgili davranışları ve teknolojik gelişmelerin önceden değerlendirilmelerinin zor ve karışık olması sebebiyle oldukça hassas bir konudur. Bununla beraber ilgili faktörlerin iyi şekilde etüdü ve matematik modellemelere esas olabilecek güvenilir veri bulunması halinde tutarlı tahminler yapılabilmektedir. Belli bir süre sonrası için, bir yolda beklenen trafik aşağıdaki gibi formüle edilebilir:

$$\text{Beklenen trafik} = \text{Mevcut trafik} + \text{Trafik artışı}$$

Mevcut trafik, yolu bugünkü koşulları ile kullanmakta olan trafik değeridir. Şayet, ulaşılacak noktalar arasında daha önce hiç yol yoksa, mevcut trafik, yol hizmete açılır açılmaz bu yolu kullanacak olan trafiktir, Bunun miktarı, yolun geçeceği bölgede yapılacak başlangıç - son etüdü yardımı ile bulunur. Şayet, daha önce varolan bir yolun ıslahı veya eski yolun çok yakınından geçen bir yol planlanıyorsa, bu durumda, mevcut trafik sayım suretiyle tayin olunur.

Trafik artışı, mevcut trafiğin zaman içinde doğal olarak artışı ile, ıslah edilecek yani standartları yükseltecek veya yeniden inşa olunacak yolun getireceği ve daha önceden bulunmayan ulaşım ile ilgili olanaklar sonucu ortaya çıkacak olan trafik olmak üzere iki ayrı kısımda toplanabilir.

Doğal trafik artışı, başlıca, ülkedeki nüfus ve taşıt sayısında görülen artışlar ile kişilerin taşıt kullanımlarındaki artış sonucu olur. Bu artışın hesaplanması sırasında kullanılacak basit bir bağıntı;

$$T_n = T_0 \cdot (1 + a)^n \quad (3.3)$$

Şeklindedir. Bağıntıdaki,

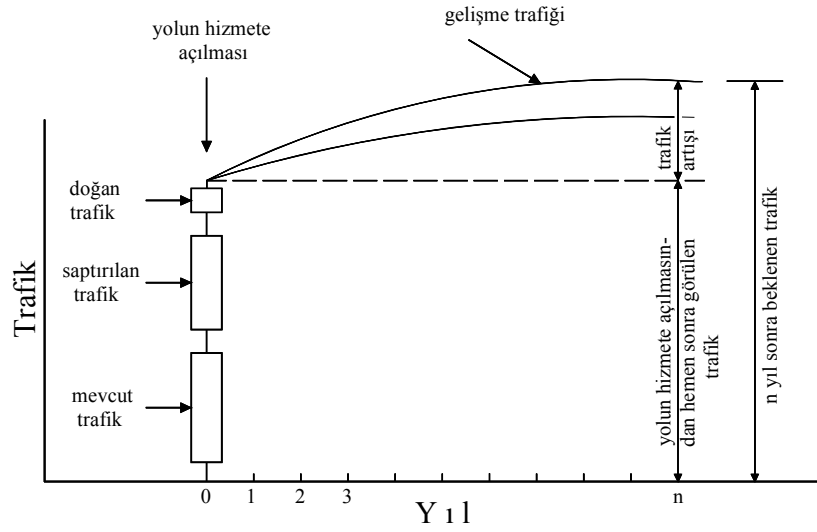
T_n : n yıl sonraki trafik.

T_0 : Hesap yılındaki trafik.

a: Trafiğin yıllık ortalama artış yüzdesidir.

İkinci kısım yani standartları yükseltilecek veya yeni yapılan bir yolun getireceği olanaklar sonucu ortaya çıkacak olan trafik artışı ise, diğer karayollarından ve diğer tür ulaştırma sistemlerinden saptırılan trafik ile, daha önce mevcut değilken aynı sebeplerle yani yeni yolun açılması ile ortaya çıkan olanaklar ve taşıma maliyetindeki azalma sonucu görülecek olan doğan trafik ve arazi kullanımındaki değişim sonucu oluşacak gelişme trafiği gibi bileşenlerinden oluşur (bkz. Şekil 3.8).

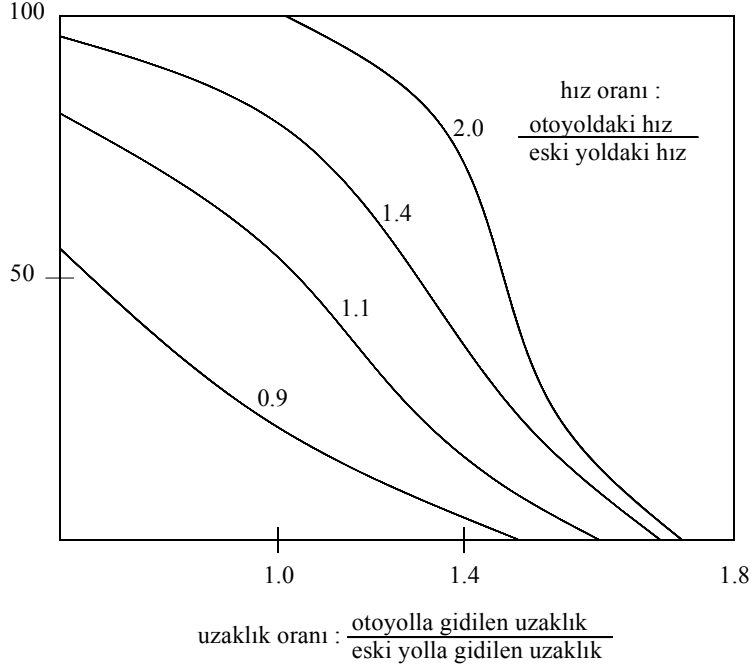
Yukarıda değinilen saptırılan trafiğin çok büyük kısmı yolun hizmete açılmasından hemen sonra görülür ve bunun miktarı ulaşım süresi, ulaşım maliyeti vb. gibi ulaşım ile ilgili hususlarda yeni yolun sağlayacağı avantajların büyüklüğüne bağlıdır. Bu hususta bir fikir vermek üzere Amerika'da Detroit şehrinde yapılan bir araştırmaya ait sonuçlar Şekil 3.9' de verilmiştir. Şekilden görüldüğü gibi, yeni açılacak otoyoldaki hızın eski yoldaki hıza oranı büyüdükçe otoyolu kullanacak olan trafik miktarı çok belirgin şekilde artmaktadır.



Şekil 3.8 Beklenen trafiğin bileşenler

Daha önce mevcut değilken yeni yolun hizmete konması ile ortaya çıkan doğurulan trafik yeni yolun verdiği olanaklara ayrıca, uç bölgelerin nüfusu ile ekonomik potansiyeli gibi faktörlere bağlı olarak, gelişme trafiği ise daha çok ekonomik büyüme ile arazi kullanımında beklenen değişimlere bağlı olmak

üzere yine tahmin yolu ile veya ayrıntılı bir başlangıç son etüdü ile hesaplanır. Bu hesaplamalarda dikkate alınacak başka faktörler de vardır.



Şekil 3.9 Eski yoldan yeni açılan otoyola kayacak olan trafiğin bu iki yol arasındaki hız ve uzaklık oranına göre değişmesi

İki yerleşme bölgesi arasında doğacak trafik için pek çok model geliştirilmiştir. Bunlardan hala geçerli ve basit olduğu kadar az faktörü içermesi bakımından uygulaması kolay olan bağıntı Newton'un yerçekimi kanununa dayanır ve aşağıdaki gibidir.

$$T = k \cdot \frac{(P_1 P_2)^m}{d^n} \quad (3.4)$$

Bağıntıdaki;

T: İki bölge arasındaki doğacak trafik miktarı yolculuk adedi,

P_1, P_2 : (1) ve (2) yerleşim bölgelerinin nüfusları,

d: Direnim faktörü olarak isimlendirilen ve bölge merkezleri arasındaki uzaklık (km),

m, n: Bölgelerin özelliklerine bağlı katsayılar,

k: Düzeltme katsayısıdır.

Yapılan gözlemler (m) katsayısının 0,5 ile 1,0 arasında değiştiğini, (n) katsayısının ise 2,0 dolayında olduğunu ortaya koymuştur. Örneğin, Fransa'da Paris – Lyon otoyolu için yukarıdaki bağıntı,

$$T = 0,34 \cdot \frac{(P_1 \cdot P_2)^{0,61}}{d^{1,72}} \quad (3.5)$$

olarak bulunmuştur.

- **Trafik artış faktörü:** Geleceğe ait herhangi bir yıldaki trafiğin şimdiki trafiğe oranı (T_n / T_o) trafik artış faktörü olarak tanımlanır. Bu oran, 20 yıl olarak kabul edilen hizmet ömrüne göre gelişmiş ülkelerde 2,0 ile 3,0 arasında hesaplanmaktadır. Ülkemiz gibi gelişme sürecinde bulunan ülkelerde, nüfus ve motorlu taşıt sayısındaki hızlı artış, bunun yanında sosyo-ekonomik bünyedeki gelişme ve kırsal bölgelerden kentlere olan akın gibi faktörler karşısında belirtilen oranın değeri çok daha büyük olmaktadır.

- **Proje trafiğinin hesabı:** Yukarıda açıklanan hususlara göre, hizmet ömrü olarak kabul edilen bir (n) yıl sonundaki beklene trafik, mevcut trafik ile artış faktörünün çarpımından ibaret olur. Ancak hesaplamalarda daha önce açıklanmış olan 30' ncu saat trafiği (30.ST) kullanılacağından projelendirmede esas alınacak olan trafik hacmine buradan gitmek gerekir. Bu değer ise belirtildiği gibi 1/6 YOGT olarak kabul edilebilir. O halde projelendirme safhasında esas alınacak trafik (30.ST) ;

$$30.ST = \frac{1}{6} \cdot K \cdot (YOGT) \quad (3.6)$$

olur. Buradaki YOGT; şimdiki trafiğe ait yıllık ortalama günlük trafik K ise artış faktörüdür (Umar ve Yayla 1994)..

Örnek :

Geometrik standartları iyileştirecek olan bir kırsal yoldan son yılda iki yönde olmak üzere toplam 725 000 taşıt geçtiği sayımlarda bulunmuştur. Bu yolun ıslahı tamamlandıktan sonra diğer eski yollardan saptırılan ve yeni doğacak trafik trafik 350 000 olarak hesaplanmıştır. Trafiğin yıllık ortalama artışı %10 olduğuna ve gelişme trafiğinin ihmal edilmesine göre 20 yıl olarak kabul edilen hizmet ömrü için esas alınacak proje trafiği nedir ?

Çözüm :

Verilen bilgilere göre artış faktörü ve YOGT;

$$K = \frac{T_n}{T_0} = \frac{T_0(1+a)^n}{T_0} = (1+a)^n \quad (3.7)$$

$$K = (1+0,10)^{20} = 6,73$$

$$YOGT = \frac{725000 + 350000}{365} = 2945$$

olur. O halde, 20 yıl sonrası için proje trafiği,

$$30.ST = \frac{1}{6}.K.(YOGT) = \frac{1}{6}.6,73.2945 = 3300 \text{ taşıt st. olarak bulunur.}$$

Şayet, kent içi ve yakını yollarda gözleendiği gibi trafik günün belirli saatlerinde bir yönde belirgin şekilde yoğunlaşıyorsa, bu durumda toplam trafik yerine her iki yöne ait trafiğin ayrı ayrı düşünülmesi gerekir. Örneğin, yoldaki trafik iki yönde % 70 ile % 30 mertebesinde değişiyorsa yukarıdaki örnekte bir yön için $0,70. 3300 = 2310$ taşıt st. lik trafik var demektir. Dolayısı ile yolun genişliği yani şerit sayısının bu trafiğe göre tayini icap eder. Bunun yerine, yolun daha az şeritli planlanıp trafiğin yoğunlaştığı yöne

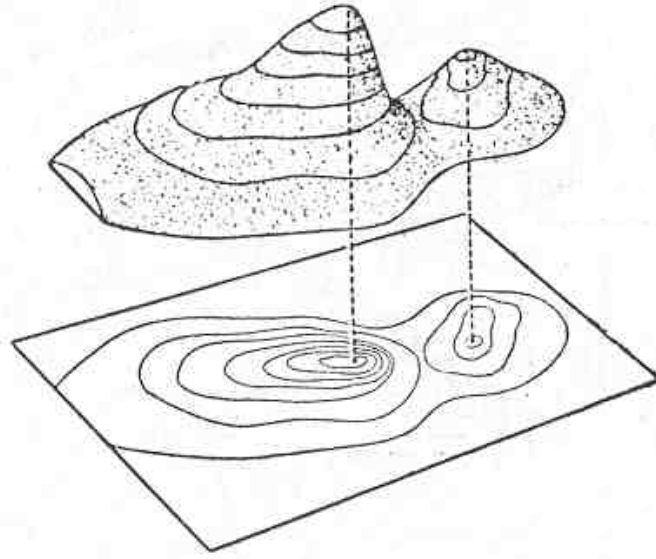
tahsis olunacak şerit sayısının gün içinde değiştirilmesi, başka bir deyişle günün bazı saatlerinde bir yön için daha fazla şerit tahsisi mümkündür. Ancak bu uygulama inşaat yönünden ekonomik olursa da trafik işletmesi bakımından daha masraflıdır ve bir takım zorluklar yaratabilir.

Yukarıda açıklanan esaslara göre bulunan trafik hacmi ile öngörülen hizmet düzeyindeki kapasiteden (hizmet hacminden) hareketle planlanan yolun kaç şeritli olması gerektiği hesaplanabilir. Bu sırada trafik kompozisyonunun da nazara alınmasının dolayısı ile hesap trafiğindeki ağır taşıt yüzdesinin bilinmesine gerek olduğu belirtilmelidir. Şayet hizmet düzeyi nazara alınmayacak olursa bir şeridin geçirebileceği pratik kapasiteden hareketle şerit sayısı bulunur. Nihayet, trafiğin zaman içinde değişimi nazara alınmayacak olursa, yolun şerit sayısı ve diğer geometrik standartlarının, doğrudan doğruya, hizmet ömrü sonundaki yıllık ortalama günlük trafik (YOGT) değerine göre bulunması mümkündür (Umar ve Yayla 1994)..

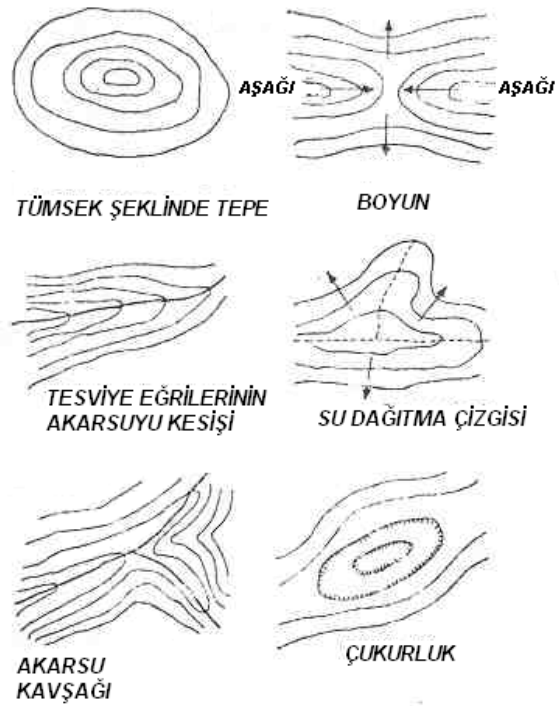
3.2.2.3 Örnek Projeye Giriş

- Tesviye eğrili harita

Tesviye eğrili harita arazinin topoğrafik durumunun pafta üzerine belirli ölçekteki izdüşümüdür. Şekil 3.10 da bu durum gösterilmiştir. Bu harita üzerinde yeryüzü şekilleri aynen görülür. Şekil 3.11’de pafta üzerindeki yeryüzü şekilleri gösterilmiştir.



Şekil 3.10 Tesviye Eğrili Harita



Şekil 3.11 Yeryüzü Şekilleri

- **Tesviye eğrili haritanın hazırlanması:** Yolun geçeceği arazinin öncelikle belli noktalardan koordinat ve kot değerlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu noktalar daha sonra plan üzerine aktarılır. Bu noktalarda üçgenleme işlemi yapılarak, üçgen kenarlarında aynı kottaki noktalardan tesviye eğrileri geçirilerek tesviye eğrili harita (münhane harita) oluşturulmuş olur. Ek I' de örnek projenin tesviye eğrili haritası görülmektedir.

- **Örnek projede yol sınıfının bulunması:** AB karayolu ile ilgili olarak [$YOGT_{2002}=150$ taşıt/gün] ve [$YOGT_{2006}=210$ taşıt/gün] verilmiştir. Diğer taraftan AB karayolunun 1 Ocak 2009 tarihinde hizmete açılması istenmektedir. Ayrıca 2002 ile 2006 yılları arasındaki trafik artışının lineer olduğu ve gelecek yıllarda da trafiğin aynı şekilde lineer artacağı kabul edilmiştir.

Bir yolun sınıfını ve dolayısı ile geometrik standartlarını veya geometrik karakteristiklerini saptayabilmek için o yolun hizmete açıldığı yıldan itibaren 20 yıl sonraki (1 inci hizmet yılı da dahil olmak üzere) trafiğini tahmin etmek gerekir.

Eğer yapılan tahmin sonucunda 20 yıl sonraki YOGT veya yıllık ortalama günlük trafik 4000 ila 2000 arasında bulunursa yol I inci sınıf, 2000 ila 1000 arasında bulunursa yol II inci sınıf, 1000 ila 100 arasında bulunursa yol III üncü sınıf, 100 den az bulunursa yol IV üncü sınıf olacaktır.

Aşağıda gösterildiği şekilde 2002 ile 2006 yılları arasında meydana gelen lineer trafik artışı yüzdesi hesaplanır;

Birinci işletme yılındaki trafik veya YOGT A, birinci işletme yılı hariç n yıl sonraki trafik veya YOGT B, yıllık trafik artışı yüzdesi (%x) ve yıl sayısı n olsun; buna göre AB karayolu üzerinde n yıl sonraki yıllık ortalama günlük trafik (YOGT) yani B aşağıdaki gibi hesaplanacaktır.

$$B = A + n \cdot \%x \cdot A$$

A = 150 taşıt/gün ; B = 210 taşıt/gün ;

n = 2006 - 2002 = 4 yıl ; %x = ?

B = A+n.%x.A (denklem 1) \longrightarrow 50 taşıt/gün + 4.x / 100 . 150 taşıt/gün =
210 taşıt/gün

4.150.x/100 = 210 \longrightarrow 600x/100 = 60 \longrightarrow x = 10 %x = %10 olarak
bulunmuştur.

2002 yılı birinci yıl olsun; yıllık lineer trafik artışı %10 ; $YOGT_{2002}=150$ taşıt/gün

%x = %10; B = 2026 – 2002 = 24 üncü yıl trafiği = $YOGT_{2026} = ?$

B = A + n.%x. A \longrightarrow $YOGT_{2026} = 150 + 24. 10 /100. 150 = 510$ taşıt/gün
bulunur.

Standartlar tablosundan 510 taşıt/gün'ün III. sınıf yol olduğu görülecektir.

Örnek projeye ait tesviye eğrili harita üzerinde en büyük eğim doğrusu çizilerek eğimleri hesaplanır. Eğer ortalama olarak en büyük eğim doğrusunun eğimi;

eğim < %10 ise düz arazi

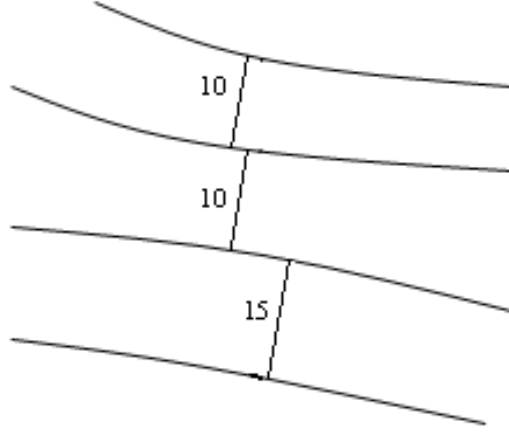
%10 < eğim < % 15 ise dalgalı arazi

%15 < eğim < % 25 ise dağlık arazi

En büyük eğim doğrusu birbirini takip eden iki tesviye eğrili harita arasını yaklaşık olarak her ikisini de dik olarak kat eden bir doğru parçasıdır. En büyük eğim doğruları çok sayıda alınabilir, ne kadar çok alınırsa o kadar hassas bir sonuç elde edilir. Örnek projede üç adet tesviye eğrisi ara mesafelerinin en geniş olduğu aralıklardan (kuzey) üç adet de en düşük olduğu aralıklardan (güney) eğim doğruları alınmıştır.

Aşağıdaki şekilde örnek projedeki eğim doğruları gösterilmiştir;

Güneydeki en büyük eğim doğruları: Şekil 3.12' de örnek projedeki, güneydeki en büyük eğim doğruları gösterilmiştir.



Şekil 3.12 Güneydeki en büyük eğim doğruları

Bu değerlerin ortalaması alınır:

$$(10+10+15) / 3 = 11,67 \text{ m}$$

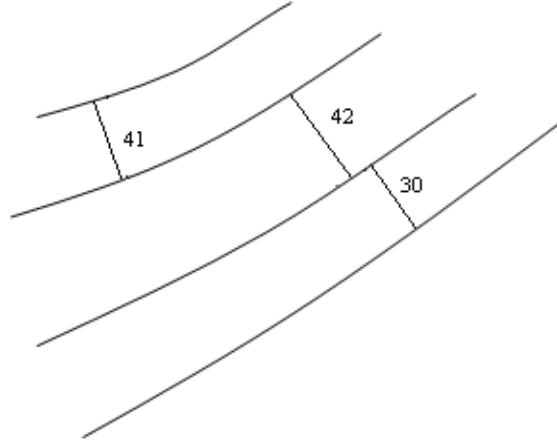
Eğimi bulmak için iki tesviye eğrisi arasındaki kot farkı, ortalamaya bölünür:

$2 \text{ m} / 11,67 \text{ m} = \% 17 = \%15 < \%17 < \%25$ olduğundan güneydeki arazi dağlık arazidir.

Kuzeydeki en büyük eğim doğruları: Şekil 3.13' de örnek projedeki, kuzeydeki en büyük eğim doğruları gösterilmiştir.

Bu değerlerin ortalaması alınır :

$$(42+41+30) / 3 = 37,66$$



Şekil 3.13 Kuzeydeki en büyük eğim doğruları

Eğimi bulmak için iki tesviye eğrisi arasındaki kot farkı, ortalamaya bölünür:

$2 \text{ m} / 37,66 \text{ m} = \% 5,3 = \%5 < \%10$ olduğundan kuzeydeki arazi düz arazidir.

Yolun geçtiği tesviye eğrili haritada en düşük standartlı arazi arızalı arazi olduğundan (III – dağlık arazi) olarak yol ve geçtiği arazi tanımlanır.

Yol standartları tablosundan seçilen örnek yol ile ilgili standartlar tespit edilebilir.

Yolun sınıfı	= III
Arıza cinsi	= dağlık arazi
Maksimum proje hızı	= 40 km/saat
Maksimum eğim	= %8
Şerit genişliği	= 3.00 m
Banket genişliği	= 1.00 m
Platform gen. m	= 8.00 m
Kamulaştırma genişliği	= 20.00 m

Cizelge 3.7 Karayolu geometrik standartları

KARAYOLU GEOMETRİK STANDARTLARI		KENT DIŞI İKİ ŞERİTLİ YOLLAR		S1			
		İKİNCİ SINIF		ÜÇÜNCÜ SINIF			
PROJE ELEMANLARI		BİRİNCİ SINIF		İKİNCİ SINIF		ÜÇÜNCÜ SINIF	
Hizmet Seviyesi	HS (A,B,C,D,E,F)	D	D	D	D	D	D
		12000	4000	11000	3000	8000	2500
Trafik*	Yıkık Oranına Göreli Trafik (Trafik/Ölçü) / Proje Hızları Trafik (Trafik/Ölçü) / P.S.T.	1200	400	1100	300	800	250
Topografik Model	TM (Dz, Dİ, DĞ)	Düz	Dağlık	Düz	Dağlık	Düz	Dağlık
Proje Hızı	Vp (km/saat)	100	80	70	60	40	30
Minimum karp yarıçapı	R (m)	400	250	200	150	100	70
Minimum klotoit parametresi	A (—)	160	130	120	100	80	60
Maksimum boyuna eğim	m (%)	4	4	6	7	7	8
Düşey karp katsayısı L = GK	kapalı karp Ka (—)	107-38	44-26	44-26	29-20	17-15	6-6
	açık karp Ka (—)	51-35	30-23	30-23	22-19	16-15	8-8
Maksimum devert**	n (%)	8	8	8	8	8	8
Emniyetli duruş uzaklığı	Ld (m)	155	110	90	70	40	25
Emniyetli geçiş uzaklığı	Lg (m)	670	550	480	420	270	190
Şerit genişliği	L (m)	3,50	3,50	3,50	3,25	3,25	3,00
Banket Genişliği***	b (m)	2,50	2,00	2,00	1,50	1,50	1,00
Platform genişliği	PG (m)	12,00	11,00	10,00	9,50	9,50	8,00
Köprü genişliği	Küsa köprüler (0 - 45 m) Wk (m)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
	Uzun köprüler (> 45 m) Wu (m)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
H : 20 - S : 16	Alt geçit (minimum h:5)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Gabari							
Kamulaştırma genişliği	Trafik Genişliği (K) (m) / İki Yolu Genişliği (L) (m)	Normal 60,00 m. F. projenin gerekirdiği kadar		Normal 40,00 m. F. projenin gerekirdiği kadar		Normal 15,00 m. F. projenin gerekirdiği kadar	
		HS 53,00 m. 3,00 m. 5,00 m.		HS 45,00 m. 3,00 m. 5,00 m.		HS 48,00 m. 3,00 m. 5,00 m.	
* Projelerden önce yapılan bölünmüş bölümlerden itibaren 30 yıl sonra ulaşılmaya başlanılan izlenik değeri. ** Kar ve Buzlanma tehlikesi bulunan kesimlerde % 10'a kadar artırılabilir. *** Dağılık araziye göre karayolu kesimlerinde banket genişliği 50 cm. fazlasıyla, yarma tarafında 50 cm. eksik uygulanır.		Karayolları Standartlar Kurulu tarafından hazırlanmıştır.		ONAY		6/7/1983	
						Yasa EKİM Genel Sekreteri	

3.2.3 Üçüncü Modül (Geçki ve Plan)

Bu modülde geçki araştırmasından bahsedilecek ve örnek proje sıfır poligonu çalışması ile örnek proje sıfır poligonu çalışması ile örnek proje geçki hattı belirlenecek ve örnek proje çizimine başlanacaktır.

3.2.3.1 Geçki Araştırması

Karayolu yapım projesinin ilk ve en önemli adımlarından biri olan bu aşamada, en uygun karayolu geçkisinin belirlenmesi, karayolu geometrisinin ve bu geometriye altlık oluşturacak karayolu proje elemanlarının seçimi karayolunun yapım, işletme ve bakım maliyeti açısından çok önemli rol oynayacaktır (Soycan ve Soycan 2005).

Geçki araştırması, genel anlamda, yolun geçmesi zorunlu olan noktalarını birbirine bağlayan seçenekler arasında en uygun olanını bulmak için yapılan bir seçimdir. Birbirini izleyen safhalardan oluşan bu araştırmanın esası; birden fazla seçenek arasında yapılan bir ekonomik karşılaştırmadır. Seçeneklerin bir karşılaştırmaya esas olabilmeleri için bir dizi koşulu yerine getirmeleri öngörülür. Bu koşulların bir kısmı arzulanan fakat sağlanmasında kesin zorunluk olmayan, başka bir deyişle, duruma göre vazgeçilebilen niteliktedir. Bir kısmı ise her seçeneğin sağlaması zorunlu olan ana koşullardır.

- **Geçki araştırmasında ön koşullar:** Geçki araştırması sırasında ayrıntılı şekilde incelenip karşılaştırmalara esas olacak seçeneklerin her şeyden önce aşağıdaki ön koşulları sağlaması istenir.

a) Geçki, ana kontrol noktalarını birbirine bağlamalıdır. Bir yolun başlangıçta karar verilen ve geçmesi zorunlu olan yerlerine ana kontrol noktaları denir. Yolun başlangıç ve bitiş noktaları ile aradaki büyük yerleşme merkezleri gibi. Bunların yanında, daha küçük yerleşme merkezleri, büyük bir sanayi veya turistik merkez, demiryolu, denizyolu ya da havayolu ulaşımı ile ilgili bir

terminal, dağlık veya batağ bir bölge ya da bir nehrin aşılması sırasında bulunabilecek en uygun geçiş yerleri de bazı hallerde ana kontrol noktası durumunda olabilirler.

b) Geçki, ngrlen yol sınıfına ilişkin proje standartlarının kolaylıkla uygulanmasına olanak vermelidir. Bir yolun standartlarının yolun sınıfına bağlı olarak seçildiği daha önce açıklanmıştı. Ancak, seçilen bu standartların makul sayılabilecek ekonomik sınırlar içinde kalmak suretiyle sağlanabilmesi, örneğin, yüksek standartlı bir yol için büyük yarıçaplı kurpların temini ve boyuna eğimini küçük tutulması büyük ölçüde başlangıçta yapılan geçki seçimindeki isabet derecesine bağlıdır. Bu seçim iyi yapılmışsa standartların sağlanması kolay ve ucuz olur. Aksi takdirde çok büyük harcamalar gerekebilir ki bu da mühendislik yönünden arzulanmayan bir durumdur.

c) Geçki, beklenen trafiğin miktar ve karakterine uygun olmalıdır. Bir yol beklenen yük ve yolcu trafiğine hizmet amacıyla inşa olunan bir altyapı olduğuna göre seçilecek geçkinin yoldan faydalanacak olan trafiğin miktarı ile karakterine uygun olması gerektiği açıktır. Dolayısı ile geçki, beklenen trafiği yolun hizmet ömrü boyunca, öngörülen hizmet düzeyinde ve işletme yönünden güvenilir ayrıca ekonomik bir şekilde geirebilmelidir. Bu arada, trafiğin miktarı ile cinsi hakkında yapılacak bir yanılma durumunda kolaylıkla ve ekonomik bir şekilde ıslaha olanak vermelidir.

d) Geçki, yolun ana kullanım amacına uygun olmalıdır. Her yol ulaşıma hizmet amacı ile inşa olunursa da bu sırada yani ilk karar safhasında öngörülen bir ana gaye vardır. Belli noktalar arasında ulaşımı hızlandırmak, bir bölgenin sosyal ve ekonomik gelişimini hızlandırmak, bir turistik potansiyeli harekete geçirmek gibi. Buna göre, geçki araştırması sırasında bu temel amaçtan ayrılmamaya zen gösterilir. Ulaşım hızını artırmayı ngren bir yolda ana kontrol noktalarını birbirine bağlayan doğrultudan sapmaların az tutulması normal olacağı gibi, turistik amaçlı bir yolun da buna olanak veren yerlerden geçirilmesi doğaldır. Aynı şekilde, sosyal ve ekonomik gelişmeyi amaçlayan bir yola ait geçkinin

uzunluğun artması pahasına da olsa mümkün mertebe fazla nüfusun faydalanması bakımından çok sayıda yerleşim merkezinden geçmesi istenir.

Geçki araştırmasında dikkate alınacak diğer hususlar: Yukarıda sıralanan ön koşullara ilave olarak aşağıdaki hususlar da geçki araştırması sırasında göz önünde tutulmalıdır.

a) Geçki, jeolojik oluşum yönünden kararlı ayrıca, daha az kalınlıkta üst yapıya olanak verecek taşıma gücü yüksek, sağlam zeminlerden geçmelidir. Bu hususlar inşa maliyeti yanında yola ait sanat yapılarının ömrü, şev stabilitesi, yoldaki muhtemel oturmalar ve bakım masrafları açısından da önemlidir.

b) Geçki, yolun sınıfına uygun olarak, toprak işi mümkün mertebe az, ortalama taşın mesafesi küçük ve kazı ile dolgunun birbirini dengeleyebileceği yerlerden geçmelidir. Bu husus özellikle toprak işinin zor ve pahalı olduğu dağlık ve kayalık bölgelerde önem taşır.

c) Normalin üzerinde yeraltı suyu veya yüzeysel su etkisinde kalan yollarda bozulma çabuk olur, ayrıca bakım masrafı büyük ölçüde artar. Bu itibarla, geçki araştırılması sırasında, yeraltı ve yüzeysel suya karşı doğal drenaj imkanı en iyi olan yerlerden geçilmesine çalışılmalıdır. Örneğin yağış halinde kolaylıkla su altında kalabilecek vadi tabanları yerine yamaçlardan gidilmesi tercih olunmalıdır.

d) Akarsu geçişleri daha küçük maliyete olanak vermesi bakımından mümkün mertebe dik açı altında yapılmalı, büyük köprülere ait kenar ayaklar sağlam zeminli yerlere oturtulmalıdır. Bu gibi geçişler güvenlik açısından kurbada yapılmamalıdır.

e) Yolun alt ve üst yapısı ayrıca her çeşit sanat yapısına ilişkin ana yapı gereçleri kum, çakıl, taş ve su olduğuna göre bunların temini kolay ve ucuz olan geçkiler tercih olunmalıdır.

f) Özellikle kent içi ve yakını yollarda arazi çok pahalı olduğu için bu gibi yollarda kamulaştırma bedeli toplam maliyet içinde önemli bir yer tutar. Bu itibarla nispeten ucuz yerlerden geçilmeye çalışılmalıdır. Kırsal yollarda ise tarım yönünden elverişli arazi kısımlarına en az zarar verilecek şekilde geçmeye özen gösterilmelidir.

g) Geçki geçirilmesi sırasında zorunlu olmadıkça iniş çıkışlar yapılmamalı yani eğim kaybı olmamalıdır.

h) Yolun hizmete açılmasından sonraki işletme maliyeti içinde bakım giderleri önemli bir yer tutar. Bu itibarla geçki araştırması sırasında bakım yönünden fazla zorluk çıkarmayacak yerlerden geçmeye çalışılmalı, bakım masrafı az olacağı tahmin olunan geçkiler tercih olunmalıdır. Örneğin, dağlık bölgelerde kar toplamayan ve çığ tehlikesi olmayan yerlerden geçilmesi uygun olacağı gibi, bir tepenin aşılması sırasında daha fazla güneş gören dolayısı ile kar birikmesi daha zor olan güney yamaçlar tercih olunmalıdır.

i) Kentsel yollarda geçki diğer ulaşım türleri ile ilgili önemli terminal noktaları ve büyük otopark yerlerinin yakınından, buna karşılık okul, hastane, çocuk parkı, ibadet yerleri gibi taşıt trafiğinin istenmeyen sonuçlarından daha belirgin şekilde etkilenen yerlerden uzak geçmelidir.

k) Geçki daha önce mevcut olan önemli karayolları ayrıca demiryolları ile tehlikeli kesişmelere meydan vermemelidir. Geçki araştırması sırasında vurgulanması gereken bir nokta, bir geçkinin yukarına sıralanan koşulların hepsini birden sağlama olanağının bulunmadığıdır. Çoğu zaman koşullar arasında çatışma olur. Örneğin, özellikle dağlık bölgelerde, boyuna eğimi düşük tutabilmek için geçki uzunluğunu artırmak ya da toprak işindeki artışa belirli bir ölçüde göz yummak zorunda kalırız. Burada mühim olan sıralanan koşulların çoğunu içeren ve mevcut seçenekler içinde en uygun olanını bulmaktır (Umar ve Yayla 1994).

3.2.3.2 Sıfır Poligonu

Tesviye eğrileri arasındaki kot farkı $h(m)$ ve sıfır poligonu araştırması için seçilen eğim S_0 ise

$$l = \frac{h}{S_0} \cdot 100 \quad (3.8)$$

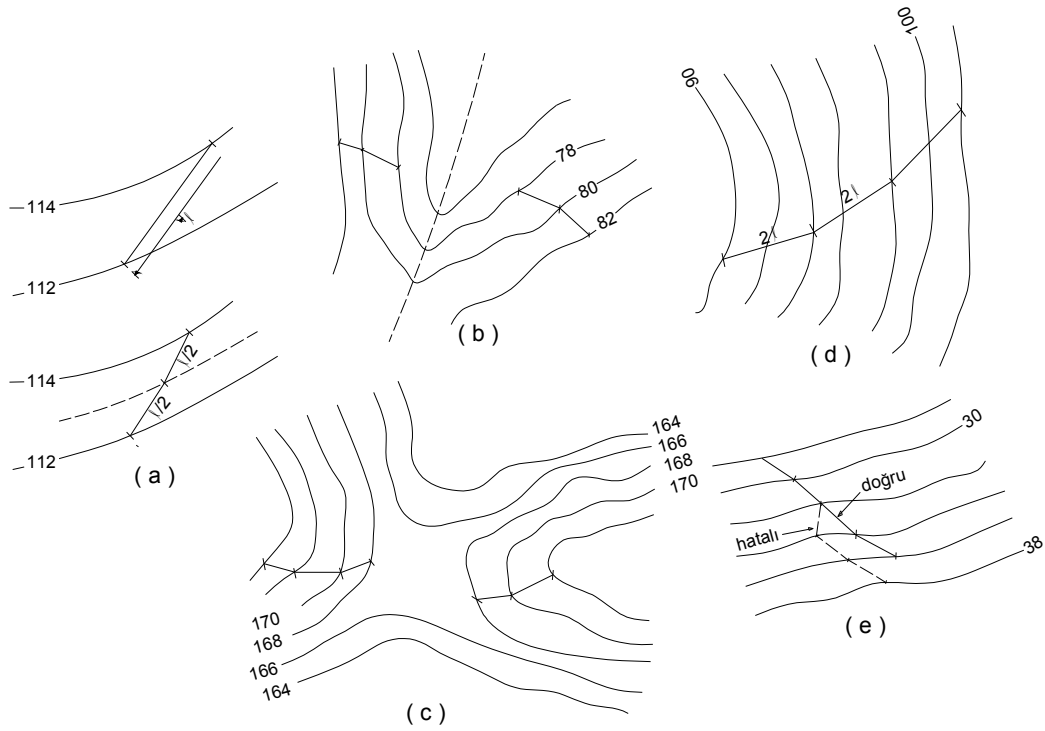
formülünden bulunan l uzunluğu harita ölçeğine göre bir pergeli ile iki tesviye eğrisi arasına yerleştirilir ve böylece sıfır poligonunun bir kenarı elde edilmiş olur.

Sıfır poligonu araştırmasında dikkat edilecek hususlar şu şekildedir;

1. İki nokta birbirine bağlanırken (AB), tek eğim kullanma zorunluluğu yoktur. Duruma göre gerekli yerlerde eğim değiştirilebilir.
2. Hesaplanan l mesafesi ile iki tesviye eğrisi arasını geçmek mümkün değil ise bu seçilen eğimin arazi eğimine göre fazla olduğunu gösterir ve seçilen eğim küçültülmelidir.
3. Sıfır poligonu araştırmasında poligon kenarları tesviye eğrilerini kesmelidir. Poligon kenarı ile tesviye eğrisi çakışmamalıdır. Bu duruma seçilen eğimin düşük olduğu durumlarda ve tesviye eğrilerinin keski dönüş yaptığı sırt ve vadi noktalarında rastlanır. Bu durumda eğim büyütülür veya iki tesviye eğrisi arasından yeni bir eğri geçirilip $l/2$ uzunluğu ile iki kademede geçiş yapılır (Şekil 3.14a).
4. Su toplama çizgilerinin bulunduğu vadi tabanlarında veya tepeler arasında boyun noktalarında aynı kotlu tesviye eğrisine atlama yapılarak poligonda kesiklik yapılabilir (Şekil 3.14 b-c).

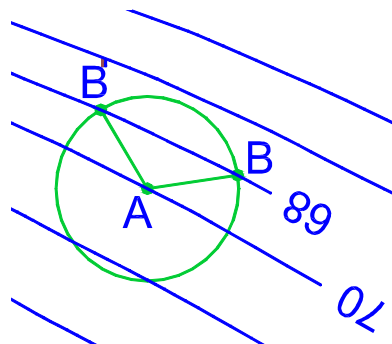
5. Çabuk yapılması istenen ve fazla hassaslık aranmayan durumlarda, sıfır poligonu, tesviye eğrilerinin bir veya birkaçı atlanarak çizilebilir. Bu sırada alınan pergel aralığı atlanan tesviye eğrileri sayısına bağlı olarak l uzunluğunun bir veya birkaç katı olur (Şekil 3.14 d).

6. Tesviye eğrileri birbirini takip ederek kestirerek giderken zorunluluk olmadıkça sert dönüşler yapılmamalıdır (Şekil 3.14 e)(Umar ve Yayla 1994).



Şekil 3.14 Sıfır poligonu araştırmasında değişik durumlar

3.2.3.3 Örnek Proje Sıfır Poligonu Çalışması



Şekil 3.15 Pergelin kestiği noktalar

Şekil 3.15 de örnek projenin bir parçası gösterilmiştir. Kotu 70 olan tesviye eğrisi üzerinde bir A noktası alınır ve bu noktadan hareketle eğimi %7 olan bir AB doğrusu ile kotu 68 olan tesviye eğrisine varılır.

Harita üzerindeki B noktası aslında B ye göre 2m aşağıda olan B1 noktasının 70 kotundan geçen yatay düzlem veya herhangi bir yatay düzlem üzerindeki izdüşümüdür.

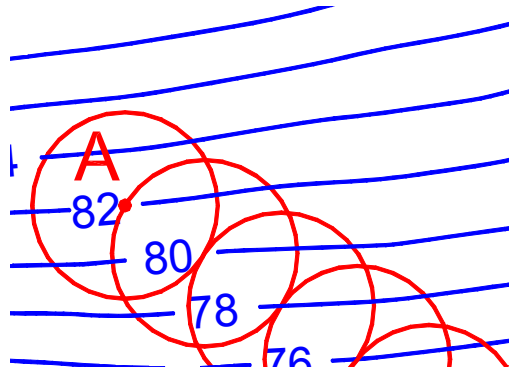
$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\overline{B1B}}{\overline{AB}} = \%7 = \frac{7}{100}; B1B = 70 - 68 = 2m; \overline{AB} = l = ?$$

$$\frac{7}{100} = \frac{2m}{AB} \quad 7 \cdot AB = 2 \cdot 100 \quad 7AB = 200 \quad \overline{AB} = 28.57m$$

Eğer bilgisayar ortamında çizim yapılıyorsa bu değer değiştirilmeden alınabilir. Fakat pafta üzerinde çalışma yapılıyor ise ve örneğin paftanın ölçeği 1/2000 ise değerlerin gerçek ölçüye çevrilmesi gerekecektir.

28.57 m = 2857 cm dir. 1/2000 ölçeğinde bu değer 2857/2000 = 1.42 cm dir.

Eğimin %7 alınması açıklanırsa; örnek projede standartlar tablosundan boyuna eğimin maksimum %8 olduğunu görülmüştür. Eğer maksimum boyuna eğim ile sıfır poligonunu geçirilir ise %8 - %1 = %7 alınır.

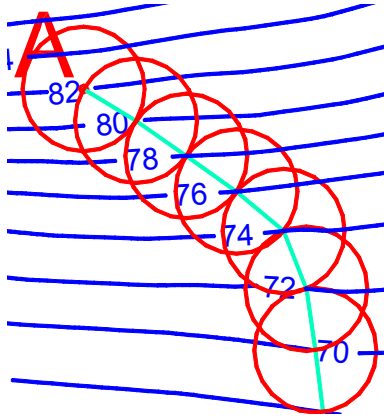


Şekil 3.16 Sıfır poligonuna başlangıç

Şekil 3.16' de görüldüğü gibi pergeli açıklığını hesapladıktan sonra pergeli 1.42 cm genişlikte açıp sonraki tesviye eğrisini kesmeye başlanır, görüldüğü üzere pergeli

sonraki tesviye eğrilerini iki noktadan kesiyor. Bu aşamada sürekli sol kesme noktasından ya da sürekli sağ kesme noktasından devam edilebilir. Bu durum daha düzenli bir sıfır poligonu oluşmasını sağlar. Ama istenmeyen koşullardan kaçınmak için karışık da alınabilir. Eğer bilgisayar ortamında 1/1 ölçekli bir çizim yapılıyorsa çemberin yarıçapı $R=28.57$ m olacaktır. Kesim noktalarını çemberin merkezi kabul ederek geçki hattı belirlenebilir.

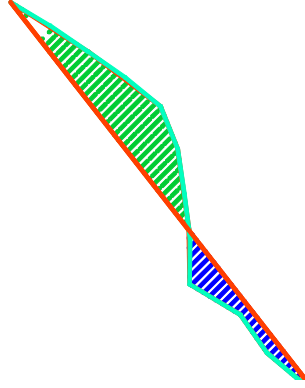
Kesilen noktaları birleştirerek sıfır poligonu tamamlanır. Eğer son çizgi çizildiğinde B noktasına bağlanılamıyor ise son çizginin eğimini %1-%7 aralığında değiştirerek B noktasına bağlanılabilir. Şekil 3.17' de bu uygulama gösterilmiştir.



Şekil 3.17 Kesim noktalarının birleştirilerek sıfır poligonunun geçirilmesi

Geçki hattının belirlenmesi: Sıfır poligonuna bu ismin verilmesinin sebebi, yol eksenini bu şekilde kabul edildiğinde doğal zeminde hiçbir işleme gerek kalmadan belirlenen eğimde yol ekseninin geçirilmesidir. Fakat uygulamada bu şekilde bir yol yapılması imkansızdır. Bu durumda yapılması gereken aliyman denilen yol düz hatlarını sıfır poligonunu ortalamakla geçirmektir.

Aliymanları geçirirken dikkat edilmesi gereken mevzu gidiş yönüne göre aliymanın sağında ve solunda kalan alanların toplamının eşit olmasıdır. Bu durum yarma ve dolgu miktarının birbirine yakın olması anlamına gelir. Şekil 3.18' de örnek projeden bir örnek gösterilmektedir.



Şekil 3.18 Aliyman ve sıfır poligonu arasında kalan alanlar

Aliymanların kırıldığı noktalar some noktalarıdır. Örnek projede S1 ve S2 olmak üzere iki adet kırılma noktası yani some noktası bulunmaktadır.

3.2.4 Dördüncü Modül (Koordinat Hesapları)

Bu modülde, koordinat hesaplarından bahsedilecek, örnek projenin koordinat hesapları yapılarak geçki hattının uzunluğu hesaplanacak ve sapma açıları bulunarak, yatay kurb hesapları için veri bulunacaktır.

3.2.4.1 Koordinat Hesapları

Koordinat hesapları yardımı ile güzergah kırık eksen çizgisinin kati boyunun hesaplanması.

Koordinatlar yardımı ile hesaplanması istenen elemanlar AS_1, S_1, S_2, S_2B doğrularının boyları ile α_1 ve α_2 sapma açılarının değerleridir; bunların hesabı için gereken formüller aşağıda verilmiştir:

$$tgb = \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1} ; tgc = \frac{Y_3 - Y_2}{X_3 - X_2} ; tgd = \frac{Y_4 - Y_3}{X_4 - X_3}$$

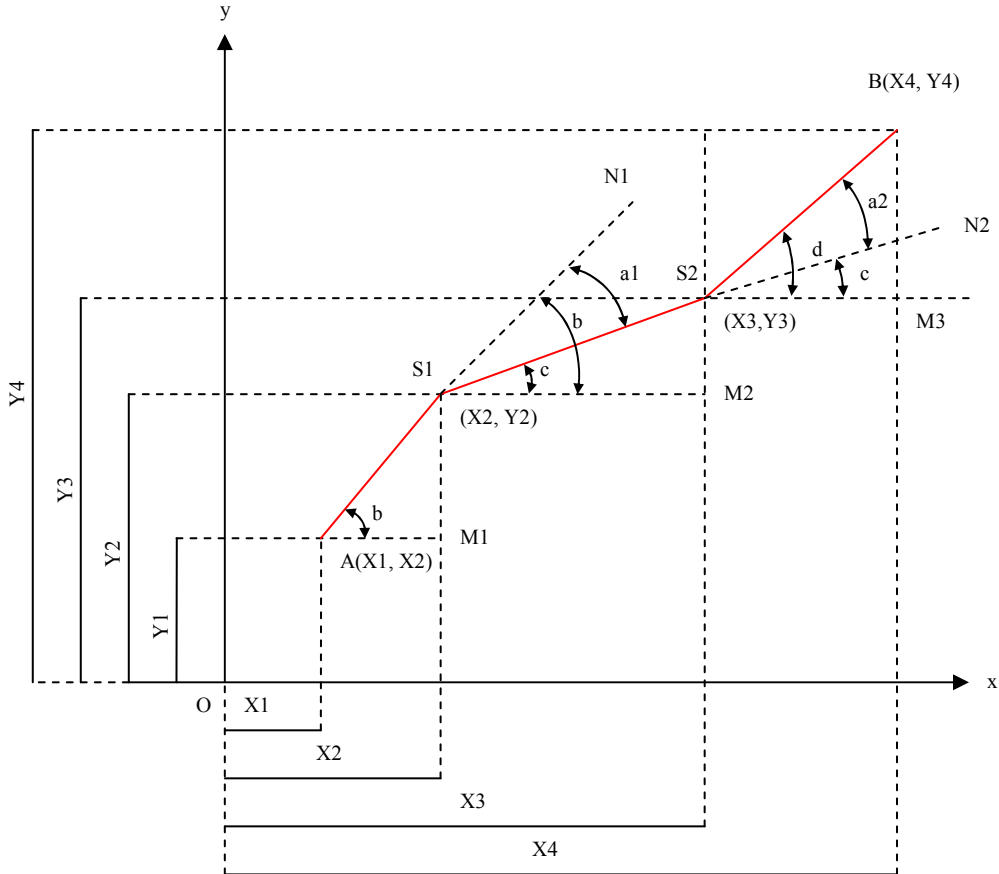
$$AS_{1BOYU} = \sqrt{(Y_2 - Y_1)^2 + (X_2 - X_1)^2}$$

$$S_1S_{2BOYU} = \sqrt{(Y_3 - Y_2)^2 + (X_3 - X_2)^2}$$

$$S_2B_{BOYU} = \sqrt{(Y_4 - Y_3)^2 + (X_4 - X_3)^2}$$

AS₁, S₁S₂ ve S₂B doğrularının absisleri eksenini OX ile teşkil ettikleri açılar sırası ile b, c ve d açılarıdır; bunların değerleri koordinatlar yardımı ile hesaplandıktan sonra a_1 ve a_2 gibi sapma açılarının değerleri kolaylıkla bulunabilir.

$a_{1SAPMAAÇISI} = b - c$; $a_{2SAPMAAÇISI} = d - c$ dir.



Şekil 3.19 Koordinat uygulaması

Şekil 3.19 ile ilgili bilgiler;

Şekil 3.17' de gösterildiği üzere tesviye eğrili harita paftası üzerinde verilmiş bulunan A ve B noktaları arasında geçirilecek olan karayoluna ait kırık halinde elde edilmiş yol eksenini (AS_1S_2B) olsun. Hassas işlerde AS_1, S_1S_2, S_2B doğrularının boyları ile a_1 ve a_2 sapma açılarının değerlerinin koordinatlar yardımı ile hesaplanması istenir.

Bunun için tesviye eğrili harita üzerinde birbirine dik iki eksen takımı seçilir (OX, OY gibi). Tercihen (X) eksenini tesviye eğrili harita paftasının alt kenarına paralel şekilde alınır; bu takdirde (OX) e dik ve (OY) eksenini tesviye eğrili paftanın sol ve sağ düşey kenarına paralel olur.

İşte A, S_1, S_2 ve B noktalarından OX eksenine dikler inilirse sözü edilen noktalara ait X_1, X_2, X_3 ve X_4 absisleri bulunmuş olur. Benzer şekilde aynı noktalardan OY eksenine dikler inilirse bu noktalara ait Y_1, Y_2, Y_3 ve Y_4 ordinatları bulunur.

Yine Şekil 3.17' den görüleceği üzere (S_1) den OX eksenine inilen dik ile A dan OX eksenine çizilen paralelin kesişme noktası M_1 olsun.

AS_1M_1 dik üçgeninde pisagor bağıntısından;

$$[(AS_1)^2 = (S_1M_1)^2 + (AM_1)^2]$$

bulunur.

$$[S_1M_1 = Y_2 - Y_1]$$

ve

$$[AM_1 = X_2 - X_1]$$

Bu değerler yerine konulursa;

$$(AS_1)^2 = (Y_2 - Y_1)^2 + (X_2 - X_1)^2$$

ve

$$AS_1 = \sqrt{(Y_2 - Y_1)^2 + (X_2 - X_1)^2}$$

olarak bulunur.

Benzer şekilde S_2 den (X) eksenine inilen dik ile (S_1)den (X) eksenine çizilen paralelin kesişme noktası (M_2), ve (B) den (X) eksenine inilen dik ise (S_2) den (X) ekseninden çizilen paralelin kesime noktası (M_3) olsun. ($S_1S_2M_2$)ve (S_2BM_3)dik üçgenlerinde sırası ile aşağıda gösterilen pisagor bağıntıları yazılabilir (Baban 1987):

$S_1S_2M_2$ dik üçgeninde;

$$(S_1S_2)^2 = (S_2M_2)^2 + (S_1M_2)^2$$

$$(S_2M_2 = Y_3 - Y_2)$$

ve

$$(S_1M_2 = X_3 - X_2)$$

$$(S_1S_2)^2 = (Y_3 - Y_2)^2 + (X_3 - X_2)^2$$

ve

$$S_1S_2 = \sqrt{(Y_3 - Y_2)^2 + (X_3 - X_2)^2}$$

S_2BM_3 dik üçgeninde;

$$(S_2B)^2 = (BM_3)^2 + (S_2M_3)^2$$

$$(BM_3 = Y_4 - Y_3)$$

$$(S_2M_3 = X_4 - X_3)$$

$$S_2B = \sqrt{(Y_4 - Y_3)^2 + (X_4 - X_3)^2}$$

Koordinat hesabının iki ana amacı vardır;

1 - AS_1S_2B kırık hattı halinde elde edilen yol eksenine ait AS_1, S_1S_2 ve S_2B doğru boylarının hesabı,

2 - a_1 ve a_2 gibi sapma açılarının değerlerinin hesaplanması.

Şekil 3.20' de gösterilmiş olan güzergaha ait AS_1, S_1S_2 ve S_2B boyları yukarıda izah edilen biçimde, hesaplanmış ve aşağıdaki değerler bulunmuştur:

$$AS_1 = \sqrt{(Y_2 - Y_1)^2 + (X_2 - X_1)^2} \quad (3.9)$$

$$S_1S_2 = \sqrt{(Y_3 - Y_2)^2 + (X_3 - X_2)^2} \quad (3.10)$$

$$S_2B = \sqrt{(Y_4 - Y_3)^2 + (X_4 - X_3)^2} \quad (3.11)$$

Böylece amaçlardan birine ulaşılmıştır; ikinci ana amaç a_1 ve a_2 sapma açılarının değerlerinin hesaplanmasıdır.

$$tgb = \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1} \quad (3.12)$$

$$tgc = \frac{Y_3 - Y_2}{X_3 - X_2} \quad (3.13)$$

$$tgd = \frac{Y_4 - Y_3}{X_4 - X_3} \quad (3.14)$$

Böylece b, c ve d açılarının değerleri saptandıktan sonra a_1 ve a_2 sapma açılarının değerleri, Şekil 3.17' deki duruma göre aşağıdaki şekilde bulunur (Baban 1987) :

$$a_1 \text{ sapma açısı} = b - c \quad (3.15)$$

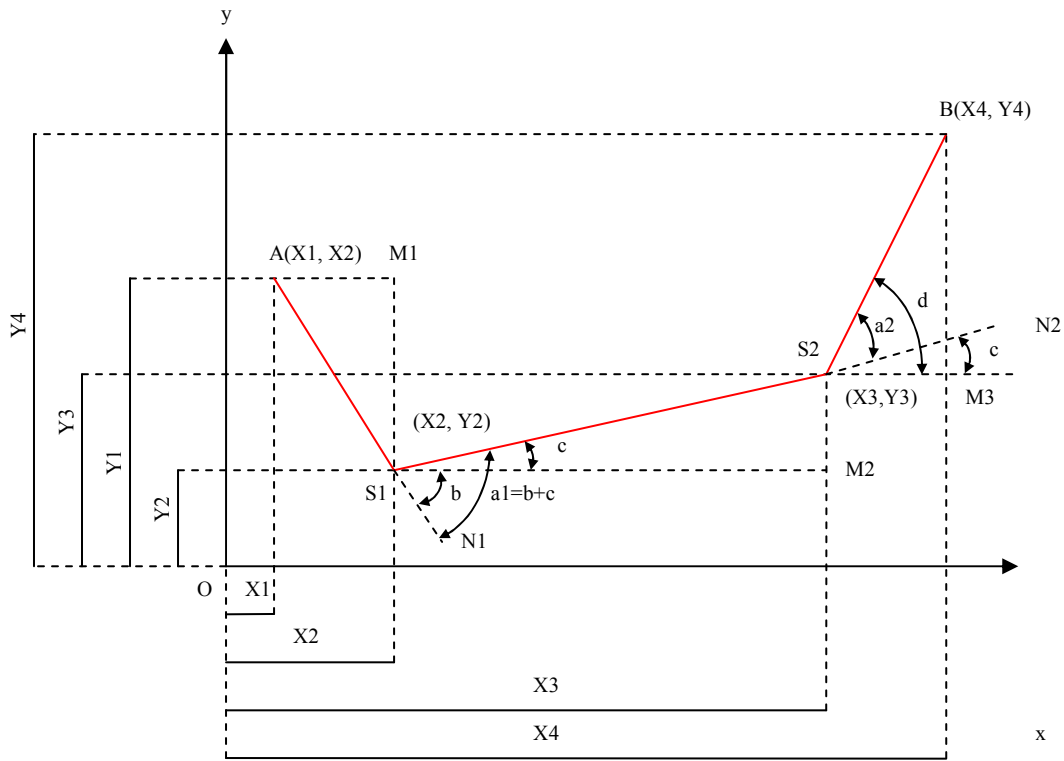
$$a_2 \text{ sapma açısı} = d - c \quad (3.16)$$

Böylece sapma açılarını bulunmasıyla ikinci amaç da tamamlanmış olur. a_1 ve a_2 sapma açılarının hesaplanması şarttır. Zira bu açılar S_1 ve S_2 yatay kurba some noktalarına yerleştirilecek olan yatay kurbaların merkez açlarına eşittir yani,

$$S_1 \text{ yatay kurbası merkez açısı} = a_1 \text{ sapma açısı}$$

$$S_2 \text{ yatay kurbası merkez açısı} = a_2 \text{ sapma açısı}$$

3.2.4.2 Örnek Proje Koordinat Hesabı



Şekil 3.20 Örnek proje koordinat uygulaması

Mesafelerin bulunması;

Harita ölçeği 1 / 2000 olsun.

Gerçekte A,S1,S2 ve B noktalarının koordinatlarını bulmak isteniyor ise, bu noktalardan herhangi birinin veya O (orijin) noktasının gerçek koordinatlarının bilinmesi gerekir. Şekil 3.20' de AS1S2B noktalarının koordinat düzlemindeki yerleri görülmektedir. Çizelge 3.8' de mesafelerin harita ve gerçekteki değerleri verilmiştir.

Şu durumda x ve y eksenlerinin kesim noktasını (orijin) sıfır noktası olarak kabul edilir.

A(X1 = 100 m ; Y1 = 489.93 m) ; S1 (X2 = 404.22 m ; Y2 = 100 m)

S2 (X3 = 1177.67 m; Y3 = 288.77 m) ; B (X4=1380.82 m ; Y4 = 670.84 m)

Çizelge 3.8 Mesafelerin harita ve gerçekteki değerleri

Mesafe	Haritada	Gerçekte
X1	5 cm	100 m
Y1	24.49 cm	489.93 m
X2	20.21 cm	404.22 m
Y2	5 cm	100 m
X3	58.88 cm	1177.67 m
Y3	14.44 cm	288.77 m
X4	69.04 cm	1380.82 m
Y4	33.54 cm	670.84 m

1. AS1, S1S2 ve S2B mesafelerinin hesaplanması (Çizelge 3.9)

$$AS_1 = \sqrt{(Y_2 - Y_1)^2 + (X_2 - X_1)^2} \quad (3.17)$$

$$AS_1 = \sqrt{(100 - 489.93)^2 + (404.22 - 100)^2} = 494.56m$$

$$S_1S_2 = \sqrt{(Y_3 - Y_2)^2 + (X_3 - X_2)^2} \quad (3.18)$$

$$S_1S_2 = \sqrt{(288.77 - 100)^2 + (1177.67 - 404.22)^2} = 796.15m$$

$$S_2B = \sqrt{(Y_4 - Y_3)^2 + (X_4 - X_3)^2} \quad (3.19)$$

$$S_2B = \sqrt{(670.84 - 288.77)^2 + (1380.82 - 1177.67)^2} = 432.72m$$

2. a_1 ve a_2 sapma açılarını derece cinsinden hesaplanması:

$$\begin{aligned} tgb &= \frac{Y_1 - Y_2}{X_2 - X_1} \\ &= \frac{489.93 - 100}{404.22 - 100} = 52.03^\circ \end{aligned}$$

Çizelge 3.9 Doğruların arazideki ve haritadaki boyları

Doğrunun İsmi	Arazideki boyu	Haritadaki boyu
AS_1	494.56 m	24.73 cm
S_1S	796.15 m	39.81 cm
S_2B	432.72 m	21.64 cm

$$\begin{aligned} tgc &= \frac{Y_3 - Y_2}{X_3 - X_2} \\ &= \frac{288.77 - 100}{1177.67 - 404.22} = 13.72^\circ \end{aligned}$$

$$tgd = \frac{Y_4 - Y_3}{X_4 - X_3} = \frac{670.84 - 288.77}{1380.82 - 1177.67} = 62^\circ$$

$$a_1 = b + c = 52.03 + 13.72 = 65.75^\circ$$

$$a_2 = d - c = 62 - 13.72 = 48.28^\circ$$

Memleket nirengi şebekesi koordinat hesabı ile A, S1, S2 ve B noktalarının gerçek koordinatlarını bulunması;

$$O (74.3819, 197.3147)$$

$$A(X1 = 100 + 74.3819) ; Y1 = 489.93 + 197.3147)$$

$$S1 (X2 = 404.22 + 74.3819; Y2 = 100+197.3147)$$

$$S2 (X3 = 1177.67 + 74.3819 ; Y3 = 288.77 + 197.3147)$$

$$B (X4=1380.82 + 74.3819 m ; Y4 = 670.84 + 197.3147)$$

$$A (174.3819, 687.2447)$$

$$S1 (478.6019 , 297.3147)$$

$$S2 (1252.0519 , 486.0847)$$

$$B (1455.2019 , 868.1547)$$

Bu değerler eğer bilgisayar ortamında çizim yapılıyor ise hassas olarak bulunabilir. Tabi ki burada önemli olan çizimi kaydırmamaktır ya da koordinatı belli olan noktaya çizimi bir kenarından tutturaktır.

3.2.5 Beşinci Modül (Yatay Kurb Hesapları)

Bu modülde, yatay kurb hesapları ve çiziminden bahsedilecek, klotoid hakkında kısa bilgi verilecek, örnek proje yatay kurb hesap ve çizimleri yapılacaktır.

3.2.5.1 Yatay Kurbalar

Doğrultu değiştirmeye yarayan yatay kurbalar güvenlik, kapasite ve seyahat konforu yönünden önem arz eden kritik kesimlerdir. Yatay kurbalarla ilgili projelendirme iyi yapılmazsa buralarda işletme hızı iyice düşeceği için yolun kapasitesi azalacağı gibi merkezkaç kuvvetin yol açtığı savrulma ve devrilmeler sebebiyle kazalar da artar. Ayrıca, seyahat konforu yolcuların tahammül sınırını aşacak derecede kötüleşebilir.

Gerçekte, arazi durumu elverişli olsa da bir yolun uzun bir mesafe boyunca düz yani aliyman olarak devamı da istenmez. Çok uzun, örneğin 8-10 km den daha uzun aliymanlarda monoton bir ortam ve taşıt kullanma sonucu sürücünün dikkati dağılır. Ayrıca, yolda orta refüj yoksa geceleyin karşılıklı far etkisi yani göz kamaşması artacağı gibi yol doğu - batı yönünde ise uzun süreli güneş etkisi de söz konusu olur. Her üç durum sürücü yönünden kazaya karışma olasılığını arttırır. Bu gibi durumlarda, uzun aliyman yerine daha kısa aliymanlar teşkili edip bunları büyük yarıçaplı kurbalarla birbirine bağlamak uygun olur.

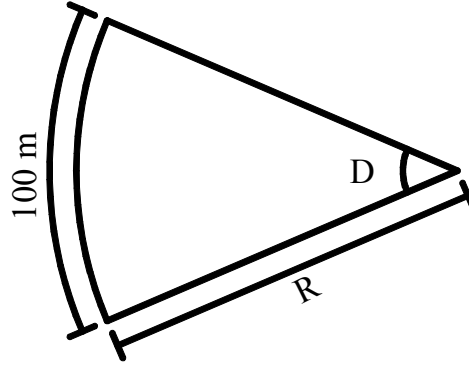
- **Kurba çeşitleri ve özellikleri:** Dairesel yatay kurbalar üç kısma ayrılır.

a) Basit daire kurbaları: İki aliymanı birbirine bağlayan daire yaylarıdır.

b) Bileşik daire kurbaları: Farklı yarıçaplı fakat ortak bir teğeti bulunan ve bu ortak teğetin aynı tarafında olan dairesele kurbalardan oluşur.

c) Ters daire kurbaları: Ortak bir teğetin iki yanında bulunan iki dairesele kurbadan oluşur.

Dairesel kurbalar genellikle (R) yarıçapları veya daha seyrek olmak üzere belirli bir çevre uzunluğuna karşı gelen (D) merkez açıları ile belirtilirler. Bu belirli çevre uzunluğu 100 m olarak alınır (Şekil 3.21) aşağıdaki bağıntılar yazılabilir.



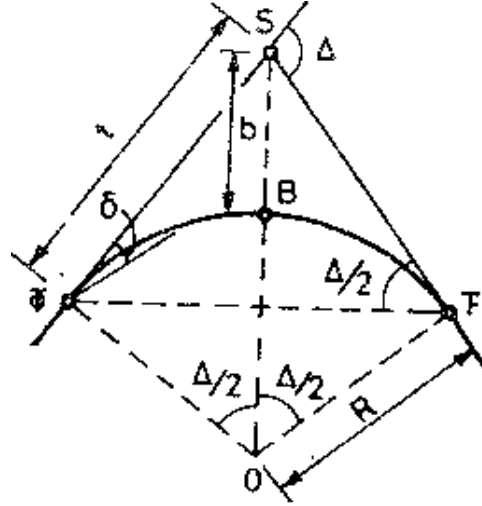
Şekil 3.21 Basit bir yatay kurba

$$\frac{2\pi R}{360} \cdot D^0 = 100$$

$$\frac{100}{2\pi R} = \frac{D^0}{360} = \frac{D^g}{400} \quad (3.20)$$

$$R = \frac{5729,58}{D^0} = \frac{6369,43}{D^g} \quad (3.21)$$

a) Basit daire kurbaları: İki aliymanı birbirine bağlayan bu kurbalarda aliymanların (S) kesişme noktasına some noktası, bunlar arasında kalan (Δ) dış açısına sapma açısı, some noktası ile kurba orta noktası arasındaki mesafeye bisektris uzunluğu, kurbanın başlangıç TO ve bitiş TF noktaları arasındaki yay uzunluğuna açılım veya developman adı verilir ve bunların uzunlukları aşağıdaki trigonometrik bağıntılarla hesaplanabilir (Şekil 3.22). Developmanın B orta noktasına bisektris noktası denir.



Şekil 3.22 Kurba karakteristikleri

$$\text{Teğet uzunluğu } t = R.tg \frac{\Delta}{2} \quad (3.22)$$

$$\text{Bisektris uzunluğu } b = R \left(\text{Sec} \frac{\Delta}{2} - 1 \right) \quad (3.23)$$

$$\text{Developman } (\widehat{\Phi F}) \quad d = \frac{2\pi R}{360} \cdot \Delta \quad (3.24)$$

$$\text{veya} \quad d = 100 \cdot \frac{\Delta}{D} \quad (3.25)$$

$$\widehat{\Phi F} \text{ giriş uzunluğu} = 2R \cdot \text{Sin} \frac{\Delta}{2} \quad (3.26)$$

Kurbanın herhangi bir noktasından çizilen giriş ile bu teğetin arasındaki sapma açısının (δ) değeri ise ;

$$\delta^{\circ} = \frac{1}{2} \left(\frac{360}{2\pi R} \cdot y a y \right) \quad (3.27)$$

$$\delta^{\circ} = \frac{28,64789}{R} \cdot y a y \quad (3.28)$$

$$\delta' = \frac{1718,873}{R} \cdot yay \quad (3.29)$$

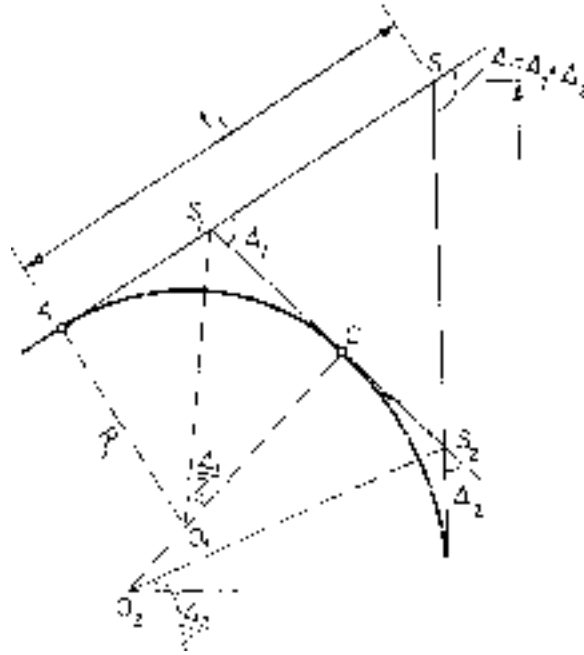
$$\delta^g = \frac{1}{2} \left(\frac{400}{2\pi R} \cdot yay \right) \quad (3.30)$$

$$\delta^g = \frac{31,81}{R} \cdot yay \quad (3.31)$$

Bağıntıları ile derece veya grad olarak hesaplanabilir.

b) Bileşik kurbalar: Bir ortak teğetin aynı tarafında bulunan ve genellikle farklı yarıçaplı iki dairesel yaydan oluşan bileşik kurbalar çok zorunlu haller dışında tavsiye olunmazlar. Ayrıca, büyük kurbaya ait yarıçapın en çok 1,5 katı olması istenir

İki basit kurbadan oluşan bileşik kurbaların $\Delta, \Delta_1, \Delta_2, R_1, R_2, t_1$ ve t_2 olmak üzere yedi karakteristiği vardır. Bu şekildeki bir kurbanın çizimi veya piketajı için ikisi uzunluk olmak üzere en az dört karakteristiğin bilinmesi gerekir ve diğerleri bunların yardımı ile hesaplanır. Verilen karakteristiklere göre muhtelif kombinasyonlar olup ikisine ait trigonometrik çözüm aşağıda verilmiştir.



Şekil 3.23 Bileşik yatay kurba

1) Δ_1, Δ_2, R_1 ve R_2 biliniyor, t_1 ve t_2 istenmektedir.

$$\Delta = \Delta_1 + \Delta_2$$

$$\bar{S}_1 \bar{A} = \bar{S}_1 \bar{C} = R_1 \cdot \text{tg} \frac{\Delta_1}{2}$$

$$S_2 C = S_2 B = R_2 \cdot \text{tg} \frac{\Delta_2}{2}$$

$$\bar{S}_1 \bar{S}_2 = \bar{S}_1 \bar{C} + \bar{S}_2 \bar{C} = R_1 \text{tg} \frac{\Delta_1}{2} + R_2 \text{tg} \frac{\Delta_2}{2}$$

$\bar{S}_1 \bar{S}_2$ üçgeninin bir kenarı ve açıları belli olduğuna göre;

$$\frac{\sin \Delta_2}{\bar{S}_1 \bar{S}_2} = \frac{\sin \Delta_1}{\bar{S}_1 \bar{S}_2} = \frac{\sin(180 - A)}{\bar{S}_1 \bar{S}_2} \quad (3.32)$$

bağıntısı yazılabilir ve buradan $\bar{S}_1 \bar{S}_1$ ile $\bar{S}_1 \bar{S}_2$ uzunlukları hesaplanır. O halde,

$$t_1 = \bar{S}_1 \bar{S}_1 + \bar{S}_1 \bar{A} \quad (3.33)$$

$$t_2 = \bar{S}_1 \bar{S}_2 + \bar{S}_2 \bar{B} \quad (3.34)$$

olarak belli demektir.

2) $\Delta, \Delta_1, R_1, t_1$ biliniyor, Δ_2, R_2 ve t_2 istenmektedir.

$$\Delta_2 = \Delta - \Delta_1 \quad (3.35)$$

$$\bar{S}_1 \bar{A} = \bar{S}_1 \bar{C} = R_1 \cdot \text{tg} \frac{\Delta_1}{2}$$

$$\bar{S}_1 \bar{S}_1 = \bar{S}_1 \bar{A} - \bar{S}_1 \bar{C} = t_1 - R_1 \cdot \text{tg} \frac{\Delta_1}{2}$$

SS_1S_2 üçgeninde üç açı ve SS_1 kenarı belli demektir. Aynı şekilde yukarıda verilen sinüs teoremi yardımı ile $\overline{SS_2}$ ve $\overline{S_1S_2}$ uzunlukları hesaplanabilir. Buna göre,

$$\overline{CS_2} = \overline{S_1S_2} - \overline{S_1C}$$

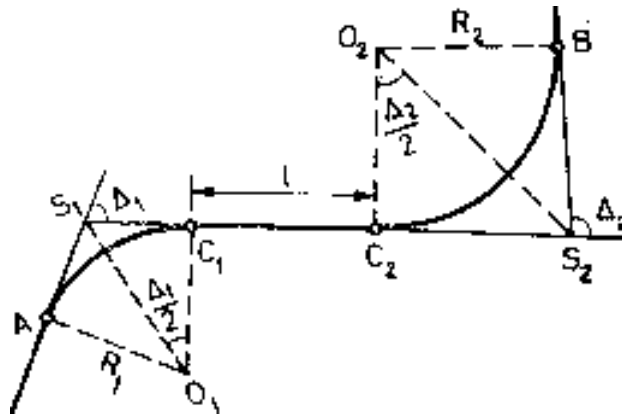
olarak bulunur ve aranan t_2 ile R_2 değerleri de

$$t_2 = \overline{SB} = \overline{SS_2} + \overline{S_2B} = \overline{SS_2} + \overline{CS_2} \quad (3.36)$$

$$R_2 = \overline{CS_2} \cdot \cot g \frac{\Delta_2}{2} \quad (3.37)$$

olurlar.

c) Ters kurbalar: Ortak bir teğetin iki yanında bulunan iki dairesel kurbadan oluşan ters kurbalara uygulamada daha çok düşük standartlı yollarda rastlanır. Bir kurbadan diğerine geçişin güvenli olabilmesi için araya geçiş eğrisinin yerleştirilmesi zorunludur. Bu yapılamıyorsa, birinci kurbanın bitiş noktası ile ikinci kurbanın başlangıç noktası arasındaki düşük standartlı yollarda, her iki kurba için en az dever uygulamasına yeterli olacak kadar düz kısım bulunması istenir. Daha sonra görüleceği üzere bu mesafe en az 60 m'dir. Yüksek standartlı yollarda bu mesafe en az iki kurba için geçiş eğrileri uygulayabilmeye yeterli uzunlukta olmalıdır.



Şekil 3.24 Ters kurba

Ters kurbalarda da verilen karakteristiklere göre değişik kombinezonlar vardır. Bir örnek olmak üzere, some noktaları arasındaki $\bar{S}_1\bar{S}_2$ uzunluğu ile l , Δ_1 , Δ_2 ve R_1 ' in bilindiğini kabul edelim ve aranan R_2 değeri olsun,

$$\begin{aligned}\bar{C}_2\bar{S}_2 &= \bar{S}_1\bar{S}_2 - l - R_1.tg \frac{\Delta_1}{2} \\ \bar{C}_2\bar{S}_2 &= R_2.tg \frac{\Delta_2}{2} \\ R_2 &= \frac{\bar{S}_1\bar{S}_2 - l - R_1.tg \frac{\Delta_1}{2}}{tg \frac{\Delta_2}{2}}\end{aligned}\tag{3.38}$$

olur (Umar ve Yayla 1994).

- **Kurbalarda dönüş:** Güvenlik ve kapasite açısından taşıtların kurbaları sürekli bir hareketle ve aliymandaki hızını mümkün merteye muhafaza edecek şekilde dönmesi istenir. Ancak, özellikle dağlık bölgelerde yapılan düşük standartlı yollarda, hız koşulunu temin edecek yarıçapta kurba tesisi ekonomik açıdan zor olup bu gibi yollarda yer yer küçük yarıçaplı kurbaların yapımı kaçınılmazdır. Taşıtların sürekli bir hareketle ve güvenle dönebilecekleri en küçük yarıçap taşıtların tipi ve boyutları ile dönüş hızına bağlıdır. Diğer yandan, bir kurbayı dönebilmek için gereken dönme açısı birden sağlanamaz. Kurba içinde hareket sürerken dönme açısı da yavaş yavaş ve üniform bir şekilde büyür. Kurbanın başlangıcında taşıtların yörüngesinin eğrilik yarıçapı sonsuz iken bu değer yavaş yavaş küçülür ve taşıtların istenilen dönüş açısını kazandığında eğrilik yarıçapı da sabit bir değere ulaşmış olur. Bu iki sınır arasında taşıtların yörüngesi eğrilik yarıçapı her noktada farklı olan bir eğridir.

Motorsuz taşıtların bir kurbadan geçebilmesi için birbirine paralel olan dingillerinin birbirine göre dönmesi ve bir açı oluşturarak dingil doğrultuları uzantılarının bir noktada kesişmeleri gerekir. Hayvanla çekilen taşıtlarda bu durum, çok zaman, sadece ön dingilin dönmesi ile sağlanır ve taşıtların sürekli bir

hareketle dönebileceği yarıçapın büyüklüğü dingiller arası mesafe ile taşıtın genişliği yanında dönme açısının değerine de bağlıdır. Açı ne kadar büyük olursa dönme yarıçapı da o kadar küçülür. Bu özelliğe taşıtın manevra yeteneği denir. Motorsuz taşıtlar için en küçük dönüş yarıçapı,

$$R_{\min} = a.Cot\alpha - \frac{b}{2} \quad (3.39)$$

bağıntısı ile bulunabilir(Şekil 8.5a). Bağlıdaki α ; dönme açısını, a; dingiller arası mesafeyi ve b; taşıtın genişliğini göstermektedir.

Motorlu taşıtlarda dingiller dönmez. Buna karşılık ön dingil uçlarına mafsallı bir biçimde bağlanmış olan tekerlekler döner ve bu ön tekerlek göbeklerinden çıkan dikler arka dingilin doğrultusu üzerinde aynı noktada kesişirler. Kesişme noktası dönüş dairesinin merkezidir.

Kurbalarda taşıtların stabilitesi: Aliymanda yatay kurbaya giren bir taşıtın kurbanın dışına doğru bir merkezkaç kuvvete maruz kaldığı bilinen bir husustur. Taşıt üzerinde dışa doğru devrilme ve savurma (kaydırma) etkisi gösteren bu kuvvetin değeri,

$$F = \frac{W}{g} \cdot \frac{v^2}{R} \quad (3.40)$$

dir.

W: Taşıtın ağırlığını (kg),

v: Taşıtın hızını (m/sn)

R: Kurbanın yarıçapını (m)

g: Yerçekimi ivmesini (m/sn²)

P: Merkezkaç kuvveti dengeleyen enine sürtünme kuvvetini(kg)

μ_e : Enine sürtünme katsayısını gösterir.

Dever yani enine eğim verilmemiş bir yol için, kurbada savrulma ve devrilmeye yol açan kritik hızlar, aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$P = \mu_e \cdot N = \mu_e \cdot W \quad (3.41)$$

$$\mu_e = \frac{P}{W} = \frac{\frac{W}{g} \cdot \frac{v^2}{R}}{W} \quad (P=F) \quad (3.42)$$

$$\mu_e = \frac{v^2}{gR} \quad (3.43)$$

Taşıt hızı km/st ($v=V/3,6$) ve $g=9,81$ kg/sn² olarak alınırsa bağıntı,

$$\mu_e = \frac{V^2}{127,4 \cdot R} \quad (3.44)$$

şekline dönüşür. O halde, deversiz bir kurbada savrulmaya sebep olan hız,

$$V_{sav} = 11,3 \sqrt{\mu_e \cdot R} \quad (3.45)$$

olmaktadır.

Yatay kurbalarda karşılaşılan F merkezkaç kuvvetinin devirme etkisi, taşıtın W ağırlığının dış tekerleklerin yol yüzeyine değdiği noktaya uyguladığı $W \cdot e/2$ momenti karşılanır. Burada e değeri, taşıtın tekerlekleri arasındaki mesafedir. Taşıt ağırlık merkezinin yol yüzeyinden olan yüksekliği h ise devrilmeye neden olan hız için aşağıdaki bağıntı yazılabilir.

$$F.h = W.\frac{e}{2} \quad (3.46)$$

$$\frac{W}{g}.\frac{v^2}{R}.h = W.\frac{e}{2} \quad (3.47)$$

$$v = \frac{V}{3,6}, g = 9,81 \text{ m/sn}^2 \text{ alındığında}$$

$$V_{dev} = 8,0\sqrt{\frac{R.e}{h}} \quad (3.48)$$

Devrilme ile ilgili yukarıdaki bağıntıdan,

$$h = e.\frac{1}{2v^2/gR} \quad (3.45)$$

$$h = \frac{e}{2\mu_e} \quad (3.49)$$

elde edilir. Buna göre, örneğin, $\mu_e = 0,50$ olarak kabul edilecek olsa, devrilmenin, taşıt ağırlık merkezinin yol yüzeyinden olan yüksekliğinin taşıtın tekerlekleri arasındaki mesafeden büyük olması durumunda meydana geleceği sonucu çıkar. Bu günkü taşıt tekniğinde, özellikle otomobiller için ağırlık merkezinin yüksekliği azaltılarak devrilmenin enine sürtünme katsayısının çok yüksek bir değere ulaşması durumunda meydana gelmesi sağlanmış, başka bir deyişle, devrilme zorlaştırılmıştır. Gerçekte devrilmenin meydana geldiği hız değeri savrulmanın meydana geldiği hız değerinden büyüktür. Bunu şöylece gösterebiliriz.

Daha önce verildiği gibi, deversiz bir kurbada savrulma devrilmeye sebep olan kritik hızlar,

$$V_{sav} = 11,3\sqrt{\mu_e.R} \quad (3.50)$$

$$V_{dev} = 0,8\sqrt{\frac{R.e}{h}} \quad (3.51)$$

idi. Bunları taraf tarafa oranlarsak,

$$\frac{V_{sav}}{V_{dev}} = \frac{11,3}{8,0}\sqrt{\frac{\mu_e.h}{e}} \quad (3.52)$$

$$\frac{V_{sav}}{V_{dev}} = 1,4\sqrt{\frac{\mu_e.h}{e}} \quad (3.53)$$

bulunur. Örnek olmak üzere ; $\mu_e = 0,40, h = 0,70$ ve $e=1,80$ alınsa,

$$\frac{V_{sav}}{V_{dev}} = 1,4\sqrt{\frac{0,40.0,70}{1,80}} = 0,56 \quad (3.54)$$

olur. Bu sonuç, yatay kurbalardaki kazaların devrilmeden çok savrulmadan ileri geldiğini gösterir.

Uygulamada, taşıtın stabilitesini bozan merkezkaç kuvvetin bu savurma devirme etkilerini karşılamak üzere yol enkesitine enine eğim verilir. Kurbanın içine doğru verilen ve daha sonra ayrıntılı olarak incelenecek olan bu enine eğime dever adı verilir. (deverli kurbalar için savrulma ve devrilmeye yol açan kritik hızlar aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$\frac{W}{g} \cdot \frac{v^2}{R} \cdot \cos \alpha = W \cdot \sin \alpha + \mu_e \left(W \cdot \cos \alpha + \frac{W}{g} \cdot \frac{v^2}{R} \cdot \sin \alpha \right) \quad (3.55)$$

$$\frac{v^2}{g.R} = \operatorname{tg} \alpha + \mu_e + \mu_e \cdot \frac{v^2}{gR} \cdot \operatorname{tg} \alpha \quad (3.56)$$

$$\frac{v^2}{R} \cdot (1 - \mu_e \cdot \operatorname{tg} \alpha) = g \cdot (\mu_e + \operatorname{tg} \alpha) \quad (3.57)$$

$$V_{sav} = \sqrt{\frac{g \cdot R (\mu_e + \operatorname{tg} \alpha)}{1 - \mu_e \cdot \operatorname{tg} \alpha}} \quad (3.58)$$

$$V_{sav} = 11,3 \sqrt{\frac{R (\mu_e + \operatorname{tg} \alpha)}{1 - \mu_e \operatorname{tg} \alpha}} \quad (3.59)$$

Deverli kurba için bulunan bu bağıntıdaki $\operatorname{tg} \alpha = 0$ alınması durumunda, deversiz kurbalar için kullanılabilir ve daha önce verilmiş olan,

$$V_{sav} = 11,3 \sqrt{\mu_e \cdot R} \quad (3.60)$$

bağıntısı elde edilir.

Deverli kurbalarda devrilmeye sebep olan kritik hız ise,

$$\frac{W}{g} \cdot \frac{v^2}{R} \cdot \cos \alpha \cdot h - W \sin \alpha \cdot h - W \cdot \cos \alpha \cdot \frac{e}{2} - \frac{W}{g} \cdot \sin \alpha \cdot \frac{e}{2} = 0 \quad (3.61)$$

$$\frac{v^2}{R} \cdot \left(h - \frac{e}{2} \operatorname{tg} \alpha \right) = g \left(h \operatorname{tg} \alpha + \frac{e}{2} \right) \quad (3.62)$$

$$v_{dev} = \sqrt{\frac{g \cdot R \left(h \operatorname{tg} \alpha + \frac{e}{2} \right)}{h - \operatorname{tg} \alpha \cdot \frac{e}{2}}} \quad (3.63)$$

$$V_{dev} = 11,3 \sqrt{\frac{R \left(h.tg\alpha + \frac{e}{2} \right)}{h - \frac{e}{2}.tg\alpha}} \quad (3.64)$$

bağıntısı ile bulunabilir. Verilen bağıntılara göre, belirli bir V_p proje hızı için savrulmaya ve devrilmeye karşı uygulanması gereken minimum kurba yarıçapları,

$$R_{\min(sav)} \geq \frac{V_p^2 \cdot (1 - \mu_0.tg\alpha)}{127,4 \cdot (\mu_0 + tg\alpha)} \quad (3.65)$$

$$R_{\min(sav)} \geq \frac{V_p^2 \cdot \left(h - \frac{e}{2}.tg\alpha \right)}{127,4 \cdot \left(h.tg\alpha + \frac{e}{2} \right)} \quad (3.66)$$

olmaktadır.

-Enine ivme ve sademe: Kurba üzerinde seyreden bir taşıt merkezkaç kuvvetten doğan bir enine ivmeye maruz kalır.

p : enine ivme değerini (m/sn^2)

v: taşıtın hızını (m/sn)

m : taşıtın kütesini (kg)

R: kurbanın yarıçapını (m)

d : enine eğimi yani deveri (%)

gösterdiğine göre verilen bağıntı,

$$m.p = m \cdot \frac{v^2}{R} - m.g.tg\alpha$$

şekline dönüşür ve $d = tg\alpha = d/100$ olduğuna göre de enine ivmeyi veren bağıntı,

$$p = \frac{v^2}{R} - g \cdot \frac{d}{100}$$

$$p = \frac{V^2}{12,96.R} - 0,0981.d$$

olarak bulunur. Bağıntı, enine ivmenin kurbanın dışına doğru olması halinde pozitif aksi durumda negatif değer verir.

Motorlu taşıt içindeki yolcuların kurbayı geçişleri sırasında fazla rahatsız olmadan tahammül edebilecekleri en büyük enine ivme değeri Alman karayolları tüzüğünde, gözlem sonuçlarına dayanılarak, 1,47 m/sn² olarak kabul edilmiştir.

Kurbada meydana gelen enine ivmenin birim zaman içindeki değişimi olan

$$p' = \frac{dp}{dt} = \frac{p}{t}$$

değeri sademe olarak tanımlanır. Burada t, L uzunluğundaki geçiş eğrisinin kat edilmesi için gereken zaman olup değeri $t=L / v$ veya $3,6 L / V$ dir. Bunlara göre, sademe için,

$$p' = \frac{p}{t}$$

$$p' = \frac{V^2}{12,96.R} \cdot \frac{V}{3,6.L} - 0,0981.d \cdot \frac{V}{3,6.L}$$

$$p' = \frac{V^3}{46,7.R.L} - \frac{V.d}{36,7.L} \quad (3.67)$$

bağıntısı bulunur.

Sademe seyahat konforunu belirtmede kullanılan bir değerdir. Yapılan gözlemler, kurbalarda $p' = 0,3 \text{ m/sn}^3$ değerinden itibaren sademenin hissedildiğini $p' = 0,4 \text{ m/sn}^3$ değerinin ise rahatsızlık verdiğini göstermiştir. Geçiş eğrilerinin uzunluğunu tayinde esas alınan sademe için kabul edilen en yüksek değer $0,6 \text{ m/sn}^3$ dür.

-Minimum yatay kurba yarıçapının hesabı: Bilindiği üzere dever yatay kurbalarda veya virajlarda taşıtların enine doğrultuda yol dışına savrulmaması için yol platformuna enine istikamette, yatay kurbanın merkezinden dışına doğru, verilen enine yükseltmenin eğimidir. Diğer taraftan her karayolu projesinde seçilen geometrik standartlara ve mevcut standartlara bağlı olarak vasıtaların seyir halinde aşmaması gereken bir emniyetli maksimum seyir hızı mevcuttur.

Bir taşıtın yatay kurbadan emniyetle geçebilmesi için V km/saat cinsinden seyir hızı, R metre cinsinden yatay kurba yarıçapı ve S deveri arasında aşağıda belirtilen bağlantının gerçekleşmesi gerekmektedir:

$$S = \frac{0,0043.V^2}{R} \quad (3.68)$$

burada ;

V km/saat cinsinden seyir hızı

R metre cinsinden yatay kurba yarıçapını

S yüzde olarak deverin değeri

Eğer yukarıda belirtilen formülde (S) yerine Karayolları standartlarına göre kabul edilmiş bulunan maksimum dever değeri olan (Smax) ve V yerine emniyetli maksimum seyir hızı veya Vmax konulursa bu halde R emniyetle kat edilebilecek minimum yatay kurba yarıçapını veya (Rminimum) u gösterecektir.

Yukarıda verilen formül aşağıda gösterilen biçimde kullanılırsa yol projesine ait (Rmin) veya minimum yatay kurba yarıçapı kolaylıkla hesaplanabilir.

$$R_{\min} = \frac{0,00443.V^2 \max}{S_{\max}} \quad (3.69)$$

olarak (R_{\min}) veya (minimum yatay kurba yarıçapını) hesaplamaya yarayan formül bulunur (Baban 1987).

Karayolu standartlarına göre ;

a – Kar ve buzun hüküm sürmediği yerlerde $S_{\max} = \%10$

b – Kar ve buzun hüküm sürdüğü yerlerde $S_{\max} = \%8$

Yatay kurba yarıçapı üst sınırı: $R \geq R_{\min}$ ifadesi yanlış olarak sanki yatay kurba yarıçapı (R_{\min}) dan büyük olma şartı istenildiği kadar büyük olabilir düşüncesi akla gelebilir; oysa bu düşünce yanlıştır. R değerini yukarıda kısıtlayan yani R_{\min} istenildiği kadar büyük seçilmesini önleyen bir başka kaide vardır. Aşağıda bu kaide detaylı bir şekilde olarak anlatılmıştır.

Karayolları aliyman kısımlarında yol platformu çatı şeklinde olup $\%2$ bombe eğimine sahiptir. Ancak yatay kurbalarda taşıtların savrulmaması için yol platformuna bilindiği üzere dever adı verilen bir enine eğim verilmektedir. Dolayısıyla aliyman kısımdaki $\%2$ çatı veya bombe eğiminin yatay kurbada kullanılan $[q]$ dever eğimine rakordman edilmesi gerekmektedir. İşte aliymandaki $\%2$ çatı eğiminden kaynaklanan yatay kurbadaki $[q]$ dever tek eğimine geçiş rakordman uzunluğu veya rakordman mesafesi adı verilen ve L_s ile belirtilen bir mesafe boyunca taşıt sürücüsünü rahatsız etmeyecek biçimde yavaş yavaş gerçekleştirilir, öyle ki taşıt sürücüsü bunu hissetmez.

$$L_s = \frac{0,0354.V^3}{R} \quad (3.70)$$

formülünden hesaplanır.

Buna göre herhangi bir yatay kurbaya ait L_s rakortman uzunluğunu hesaplayabilmek için o yatay kurbaya ait olmak üzere seçilen R yarıçapı (metre cinsinden) ve yine taşıtın o yatay kurbayı kat etme hızı olan V (km/saat) yukarıda verilen formüle konularak söz konusu yatay kurbaya ait L_s rakortman uzunluğu (m) cinsinden hesaplanır. Ancak uygulamada yukarıdaki formüldeki V yerine Vmax konularak hesap yapılır.

Diğer taraftan karayolları standartlarına göre kullanılabilen en küçük L_s dever rakortman uzunluğu $L_{s\min} = 45m$ olarak kabul edilmiştir; yine karayolları standartlarına göre L_s rakortman uzunluğunun 2 / 3 ünün alıyanda 1 / 3 kısmının ise yatay kurba içinde yer alması uygun görülmüştür.

$45 \times 2 / 3 = 30$ m olduğunda birbirini takip eden iki yatay kurbanın rakortman boyları alıyanda minimum toplam $30 + 30 = 60$ m olacaktır ab uzunluğunun da en kötü koşullarda 100 m olduğunu varsayarak S1 yatay kurbanın bitişi ile S2 yatay kurbanın başlangıç noktaları arasındaki mesafenin 160 m den büyük olması istenir ki bu durum yatay kurba yarıçapını istediğimiz kadar büyük alamayacağımız anlamına gelir. Sonraki konuda dever ve rakortman daha detaylı şekilde işlenecektir.

3.2.5.2 Klotoid

Günümüzde yol güzergahlarının oluşturulması tekniğinde, doğru ve yaylarının dışında geçiş eğrilerinin kullanılması da bir zorunluluk haline gelmiştir. Yapılan araştırmaların ışığı altında klotoid uygun geometrik çözüm olarak ortaya çıkmaktadır (Bostancı 2005).

Klotoid, eğriliği boyu ile doğru orantılı artan düzlemsel spiral bir eğridir. Bu özelliğinden dolayı güzergahta şu şekillerde kullanılır:

1- Aliymandan daire yayına geçişte $1/R = 0$ eğriliğinden, daire yayının belirli bir değerdeki eğriliğe vasıl olunmasını temin eder.

2- “S” kurbaları, iki ayrı yönde olan daire yaylarının birleştirilmesini sağlayan, aralarında aliyman olmayan iki klotoid dalıdır.

3- Yumurta kurbaları, aynı yönde olan daire yaylarının rakortman eğrileri ile birleştirilmesinden meydana gelen kurbalardır. Bu birleştirme eğrisinin klotoid olması, her iki daire yayının yarıçap oranları $R1/R2 < (1/1.5-1/2.5)(R2 \text{ büyük yarıçap})$ olduğu takdirde gereklidir (Varlıorpak ve Tanyel 2000).

3.2.5.3 Örnek Proje Yatay Kurba Hesabı

Örnek projede minimum yatay kurba yarıçapı şu şekilde hesaplanır :

$$V_{\max} = 40 \text{ km/saat}$$

$$S_{\max} = \%10$$

$$R_{\min}=?$$

$$R_{\min} = \frac{0,00443.V^2_{\max}}{S_{\max}} \quad (3.71)$$

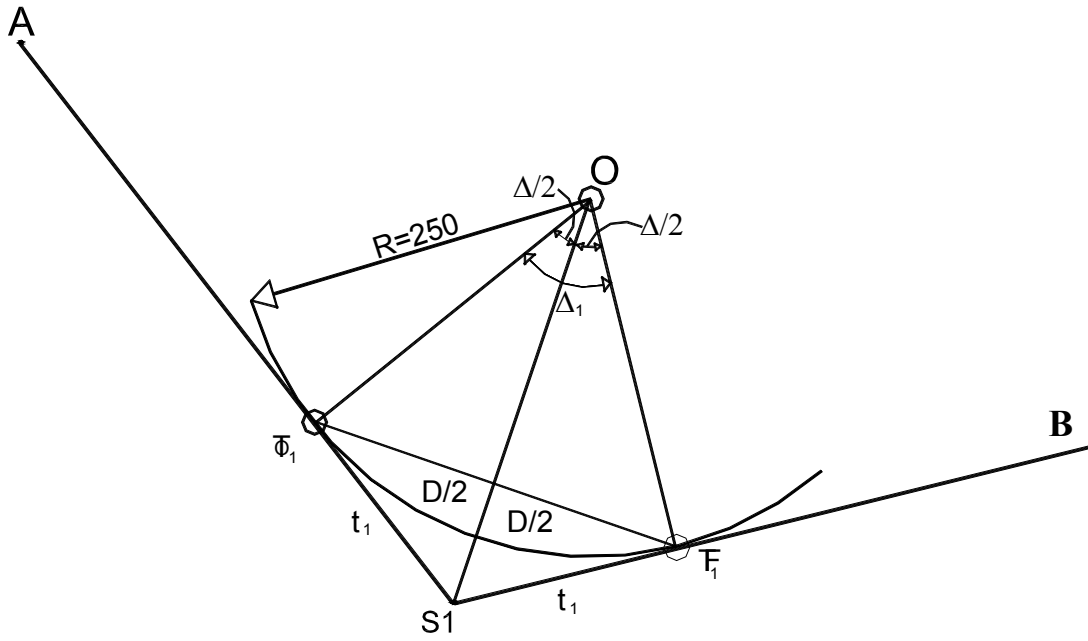
$$R_{\min} = \frac{0,00443.(40)^2}{0,1} = 70,88 \cong 75m$$

bulunur.

S1 yatay kurbu için hesaplama:S1 yatay kurbu Şekil 3.25’ de gösterilmiştir.

$R1 = 250 \text{ m}$ kabul edilir ise.

$$\Delta_1 = a_1 \text{ (koordinat hesaplarında bulduğumuz sapma açısı)} = 65.75$$



Şekil 3.25 S1 yatay kurbu

Teğet uzunluğu

$$t1 = R \cdot \text{tg} \frac{\Delta 1}{2} \quad (3.72)$$

$$t1 = 250 \cdot \text{tg} 32,87$$

$$t1 = 161,55 \text{ m}$$

Bisektris uzunluğu

$$b1 = R \left(\text{Sec} \frac{\Delta 1}{2} - 1 \right) \quad (3.73)$$

$$b1 = 250 \cdot \text{sec} 32,87 - 1$$

$$b1 = 47,65 \text{ m}$$

Developman

$$(\widehat{\Phi F}) \quad d1 = \frac{2\pi R}{360} \cdot \Delta \quad (3.74)$$

$$d1 = (2,314 \cdot 250) / 360 \cdot 65,75$$

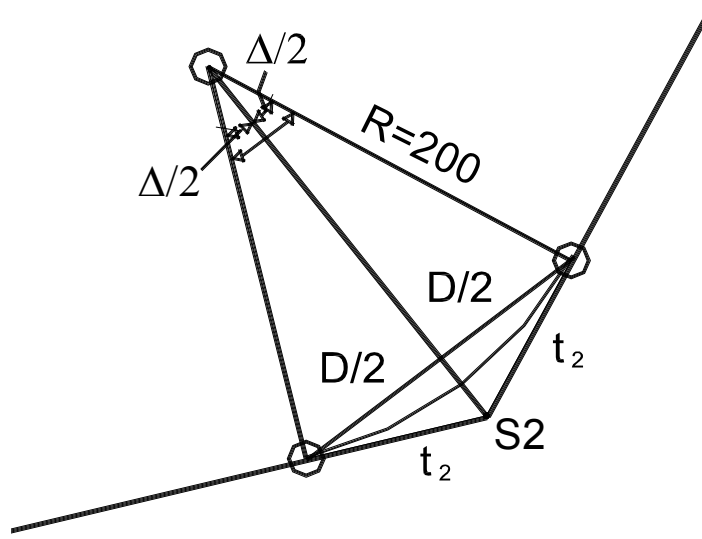
$$d1 = 286,90 \text{ m}$$

\widehat{FF} kiriş uzunluğu

$$= 2R \cdot \sin \frac{\Delta 1}{2} \quad (3.75)$$

$$2 \cdot 250 \cdot \sin 32,87 = 271.37 \text{ m}$$

S2 yatay kurbu için hesaplama: S2 yatay kurbu Şekil 3.26' da gösterilmiştir.



Şekil 3.26 S2 yatay kurbu

$R_2 = 200 \text{ m}$ alınırsa

$\Delta_2 = a_2$ (koordinat hesaplarında bulunan sapma açısı) = 48,28

Teğet uzunluğu ;

$$t_2 = R \cdot \text{tg} \frac{\Delta_2}{2} \quad (3.76)$$

$$t_2 = 200 \cdot \text{tg} 24.14$$

$$t_2 = 89,63 \text{ m}$$

Bisektris uzunluğu

$$b_2 = R \left(\sec \frac{\Delta}{2} - 1 \right) \quad (3.77)$$

$$b_2 = 200 \cdot \sec 24,14 - 1$$

$$b_2 = 19,17 \text{ m}$$

Developman;

$$(\widehat{\Phi F}) \quad d_2 = \frac{2\pi R}{360} \cdot \Delta \quad (3.78)$$

$$d_2 = 2.3.14.200 / 360 \cdot 48,28 = 168,54 \text{ m}$$

$\widehat{\Phi F}$ giriş uzunluğu;

$$= 2R \cdot \sin \frac{\Delta}{2} \quad (3.79)$$

$$2.200 \cdot \sin 24,14 = 163,58 \text{ m}$$

3.2.6 Altıncı Modül (Kati Güzergah Planı)

Bu modülde, kati güzergah planı çizimi anlatılacak, örnek projenin kati güzergah planı çizilerek enkesit noktaları belirlenecektir.

3.2.6.1 Kati Güzergah Planı Çizimi

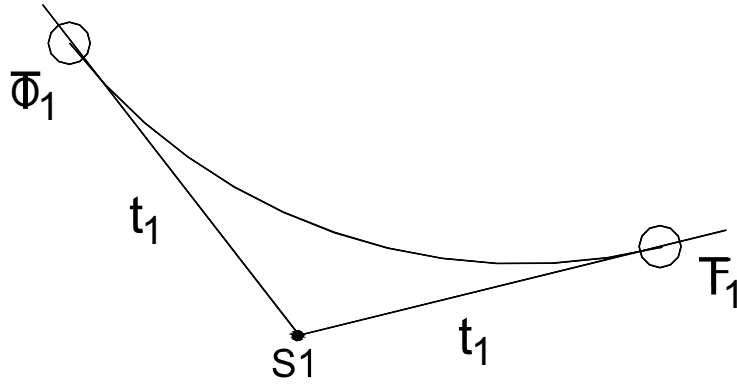
Ek 1' de görüleceği üzere 1/2000 ölçekli tesviye eğrili harita üzerinde güzergah kırık eksen çizgisi olan AS_1S_2B hattı belirlenmiş bulunmaktadır. Şimdi artık aşağıda belirtildiği gibi yatay kurba daire yayları da dahil olmak üzere, örnek karayolu projesi kati güzergah eksenini çizilir ve bu eksen çizgisi üzerinde tüm enkesit mihver noktaları işaretlenir; bunun için aşağıda gösterilen çeşitli işler yine aşağıda belirtilen sıraya göre yapılır:

1 – Örnek karayolu projesi yatay kurba hesapları sonucunda, bilindiği üzere teğet uzunlukları için aşağıda gösterilen sonuçlar bulunmuştur :

$$S_1 \text{ için } t_1 = 161,55 \text{ m}$$

$$S_2 \text{ için } t_2 = 89,63 \text{ m}$$

2 - S_1 den A' ya doğru t_1 alınarak TO1 noktası ve S den B ye doğru t_1 alınarak TF1 noktası ASB güzergah kırık eksen çizgisi üzerinde işaretlenmiş olur (bkz. Şekil 3.27).

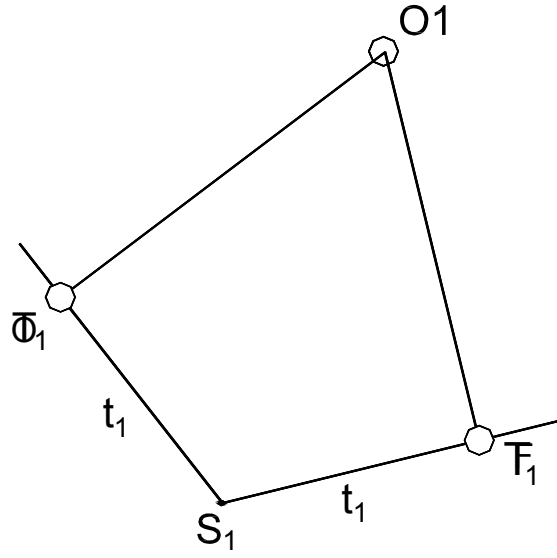


Şekil 3.27 Yatay kurba elemanları

Bundan sonra TO1 noktasından AS1 doğrusuna ve TF1 noktasından S1B doğrusuna birer dikme çikilir; bu dikmeler uzatılarak kestirilir. Dikmelerin kesim noktası (O1) noktasını yani (S1) yatay kurbasının merkezini verecektir (bkz. Şekil 3.28).

Daha sonra pergel R1 kadar açılarak ve O1 noktası merkez olmak üzere S1 yatay kurbası çizilir. Bundan sonra SO1 doğrusu çizilerek daire yayı ile kestirilir; kesim noktası (S1) yatay kurbasının B1 bisektris noktasını verecektir.

Aynı işlem S2 yatay kurbası için de yapılır.



Şekil 3.28 Orijin noktası

3 – Kati güzergah eksenini özel noktalarında (TO, TF, B) enkesit alınması gerektiği gibi ayrıca kati güzergah ekseninin tesviye eğrilerini kestiği noktalarda da enkesit almak gerekmektedir.

Eğer tesviye eğrilerini kesen iki enkesit mihver noktası arasındaki mesafe 50m yi geçerse araya enkesit mihver noktası atılmalıdır (Baban 1987).

Tesviye eğrilerinin kati güzergah eksenini kestiği noktalardan enkesit alınabildiği gibi sabit aralıklarla da enkesit alınabilir. Enkesit ara mesafeleri kesinlikle 50 m ‘yi geçmeyecek şekilde alınmalıdır. Örnek projede 30 m mesafe ile enkesit alınmıştır. Burada önemli bir nokta da yatay kurp başlangıç, bitiş ve orta noktalarından mutlaka enkesit alınmasıdır.

Projede istenmeyen durumlardan biri yatay kurp ile düşey kurbun çakışmasıdır. Yatay kurp başlangıç, bitiş ve orta noktalarından enkesit alınması bu durumun belirlenmesi için fayda sağlayacaktır.

3.2.6.2 Örnek Projenin Kati Güzergah Planının Çizilmesi

Kati plan demek “Kuş bakışı yolun araziye yerleşme planı” veya “Yolun yatay projeksiyon düzlemi üzerindeki izdüşümü” demektir.

Bir karayolu projesine ait kati plan genellikle 1/1000 veya 1/2000 ölçekte olmak üzere çizilir; ancak özel hallerde kati plan için 1/5000 veya 1/10000 gibi farklı ölçekler kullanılır.

- **Kati planın çizim aşamaları:** Karayolu projesi ile ilgili olarak daha önce saptanmış bulunan proje standartları, yol sınıfının ve ilgili geometrik karakteristiklerin tespitinden yararlanılarak not edilir; buna göre ;

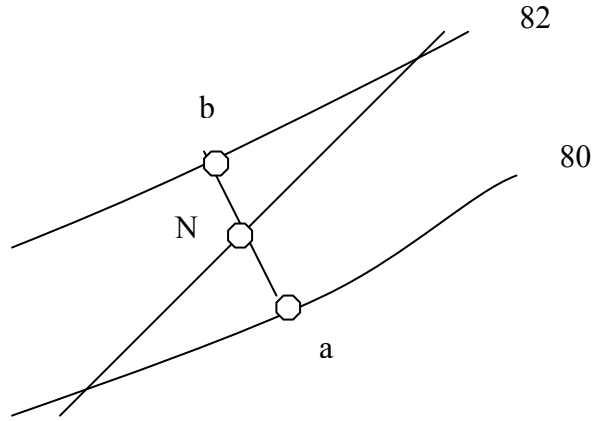
- Şerit sayısı : 2
- Şerit genişliği : 3 m
- Banket genişliği : 1 m
- Platform genişliği : $2 \times 3 \text{ m} + 2 \times 1 \text{ m} = 8 \text{ m}$
- Yarım platform genişliği : $8 / 2 = 4 \text{ m}$
- Kamulaştırma genişliği = 20 m
- Yarım kamulaştırma genişliği : 10 m dir.

1)Yatay kurpları yerleştirdikten sonraki oluşan güzergah yolun eksenini oluşturmaktadır.(Eksen çizgisi düz çizgi, nokta şeklindedir)

2)Bundan sonra sırasıyla eksenin sağına ve soluna içerden dışarıya doğru 3 m öteye şerit, 1m öteye banket, daha sonra da kamulaştırma sınırı ($10-(3+1)$) yani 6 m öteye çizilir, kamulaştırma sınırı kesikli çizgi ile gösterilir.

- **Tesviye eğrisini kesmeyen enkesit noktalarının siyah kotunun bulunması :**Eğer güzergahın tesviye eğrilerini kestiği noktalardan enkesit alınmış ise zaten tesviye eğrilerinin siyah kotları belli olduğu için enkesitlerin de siyah kotları bellidir.

Enkesit noktası iki tesviye eğrisi arasında ise bu durumda tesviye eğrilerine takriben dik olan bir ab doğrusu çizilir. Bu doğru ile yol eksenini kesen noktanın siyah kotunu bulmak için bu doğrunun tam boyu ve tesviye eğrisinden bu noktaya kadar olan mesafe ölçülür. Şekilden görüleceği üzere aN doğrusunun boyu ölçülmüştür. a noktası 80 kotu üzerindedir ve N noktasının kotu bu noktadan daha büyük olacağı görülmektedir. Bu durumda şöyle bir orantı kurulur. Şekil 3.29' da bu durum gösterilmiştir.



Şekil 3.29 Tesviye eğrilerini kesmeyen noktaların kot hesabı

ab de $\begin{matrix} \nearrow \\ \nwarrow \end{matrix}$ kot 2 m değişiyor ise
aN de $\begin{matrix} \nearrow \\ \nwarrow \end{matrix}$ x m değişir

3,50 cm $\begin{matrix} \nearrow \\ \nwarrow \end{matrix}$ 2 m
1,15 cm $\begin{matrix} \nearrow \\ \nwarrow \end{matrix}$ x

$$x = \frac{2 \times 1,15}{3,50} = 0,66m$$

N noktasının kotu $80 + 0,66 = 80,66$ m olur.

Aynı hesabı tersten de yapılabilir. Fakat bu durumda kot düşeceği için bulunan x değerinin çıkarılması gerekecektir. Bulunan kot birinci yöntemle bulunan kot ile aynı olacaktır.

$$\begin{array}{l} 3,50 \text{ cm} \\ 2,35 \text{ cm} \end{array} \begin{array}{l} \nearrow \\ \nwarrow \end{array} \begin{array}{l} 2 \text{ m} \\ x \end{array}$$

$$x = \frac{2 \times 2,35}{3,50} = 1,34$$

$$82 - 1,34 = 80,66 \text{ olur.}$$

3.2.7 Yedinci Modül (Rakordman ve Dever Hesapları)

Bu modülde rakordman ve dever hesaplanacak, gerektiği yerlerde platform kenarlarının nasıl genişletileceği anlatılacak ve örnek proje dever ve rakordman uygulaması yapılacaktır.

3.2.7.1 Rakordman ve Dever

Yatay kurplarda aracın dışa savrulmaması için bir eğim verilir buna dever denir bu eğimin devam ettiği boya rakordman denir.

-Yatay kurplara ait maksimum deverin hesaplanması: Maksimum dever, rakordman boyu (L_s) nca devam edip, önce %2 tek eğime, sonra karp içinde maksimum değere ulaşır.

$$S_{\max} = \frac{0.00443V_{\max}^2}{R} \quad (3.80)$$

bağıntısından hesaplanabilir.

Örnek 1

$R_1=125 \text{ m}$ $R_2=110 \text{ m}$ olan S_1 ve S_2 kurplarına ait hesapları yapınız ?
($V_{\max}=50 \text{ km/h}$)

Çözüm 1

$$S_{1\max} = \frac{0.00443 \times 50^2}{125} = \%8.86$$

$$S_{2\max} = \frac{0.00443 \times 50^2}{110.75} = \%10$$

- **Rakordman boylarının hesabı:** Yapılan hesaplamalarda $L_s = 45$ m'den az olursa $L_s \leq 45$ şartı uygulanacak. Yani L_s boyu en az 45 m alınacaktır. Yine bilindiği gibi, L_s 'nin 2/3'lük kısmı alıymanda, 1/3'lük kısmı kurb içinde devam edecektir (Akbulut 2004).

$$L_s = \frac{0.0354V^3}{R} \quad (3.81)$$

bağıntısından bulunabilir.

$$\begin{aligned} L_{s1} &= \frac{0.0354V_{\max}^3}{R_1} \\ &= \frac{0.0354 \times 50^3}{125} = 35,40m \end{aligned} \quad (3.82)$$

$L_{s1} \leq 45$ şartına göre $L_{s1} = 45$ m alınacaktır.

$$L_{s2} = \frac{0.0354 \times 50^3}{110} = 40.22m$$

$L_s \leq 45$ şartından $L_{s2} = 45$ m alınır.

Rakordman boyu içinde deverin değişim miktarlarının hesaplanmasıyla, alınan enkesit noktalarındaki alan ve hacim hesaplarında hassasiyet sağlanmasına yardımcı olunur.

Rakordman içinde deverin değişim miktarları, konuyla ilgili hazırlanmış tablolardan alınabileceği gibi, aşağıdaki bağıntıdan da bulunabilir.

$$a = L_s \frac{\frac{d}{2} + 0.01}{\frac{S_{\max}}{2} + 0.01} \quad (3.83)$$

Burada;

a = Rakordman başlangıcına mesafe(m)

d = (a) mesafesindeki dever (%)

S_{max} = Uygulanan max.dever (%)

Bu bağıntıda, özellikle rakordman sahasına giren enkesit noktalarının ara mesafeleri kullanılarak işlem yapılabilir veya belirli aralıklarla tespit edilen mesafelerin hesapları yapılabilir.

Örnek 2

S_{max} = %7 olan bir kurpta, L_s=45 m. bulunmuş olsun. Bu durumda dever değişim miktarını hesaplayınız?

Not: Enine kesitte toplam değişim -0.02'den +0.07'ye kadar olacağından değişimlerin toplamı %9'dur.Bu oran, rakordman boyunca lineer artış göstermelidir.

Çözüm 2

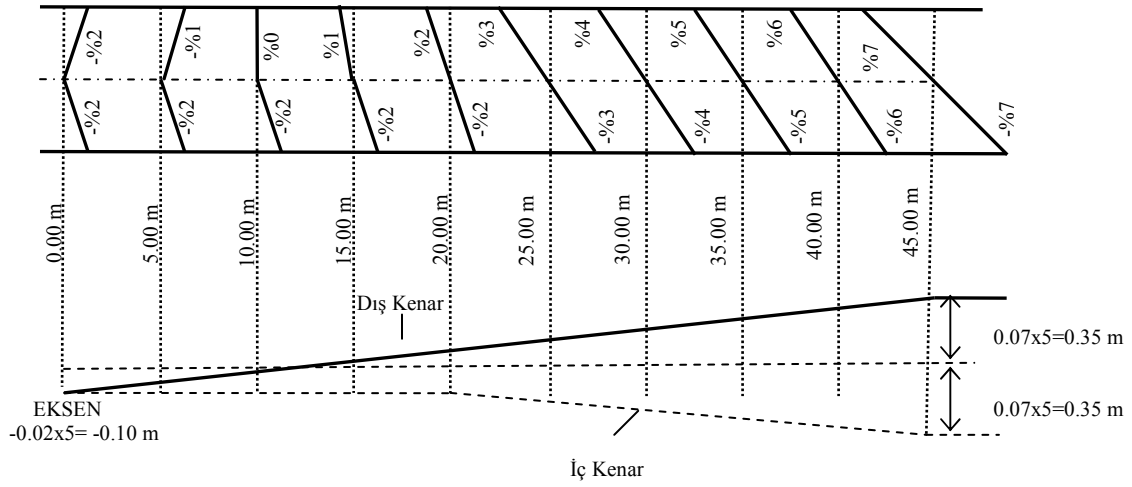
d= -0.01 eğim olan mesafenin bulunması;

$$a = L_s \frac{\frac{d}{2} + 0.01}{\frac{S_{\max}}{2} + 0.01} = 45 \frac{\frac{-0.01}{2} + 0.01}{\frac{0.07}{2} + 0.01} \Rightarrow 45 \frac{0.005}{0.045} = 5m$$

d= %5 eğim noktasındaki mesafe

$$a = L_s \frac{\frac{d}{2} + 0.01}{\frac{S_{\max}}{2} + 0.01} = 45 \frac{\frac{0.05}{2} + 0.01}{\frac{0.07}{2} + 0.01} \Rightarrow 45 \frac{0.035}{0.045} = 35m$$

Bu şekilde istenilen dever miktarının olduğu noktanın kaçınıcı m' de olduğu bulunabilir.



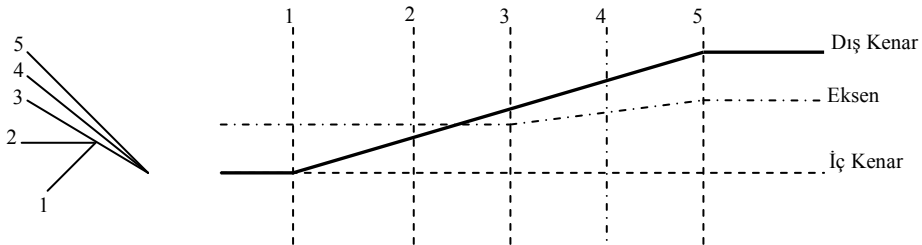
Şekil 3.30 Dever uygulaması (Akbulut 2004)

Şekil 3.30' da görüldüğü gibi dever uygulamasının rakortman eğrisi boyunca değişimini gösteren grafik çizimi, dever uygulamalarında kullanılan;

Yol eksenini sabit tutularak iç kenarın düşürülüp, dış kenarın yükseltilmesi prensibine göre yapılmıştır.

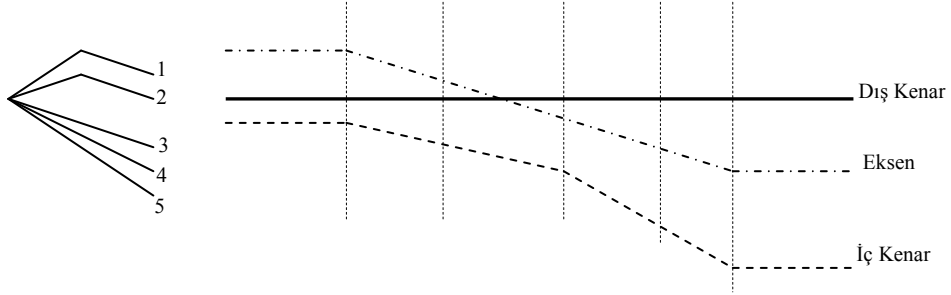
Bu uygulamalarda ayrıca aşağıdaki türlerde söz konusudur;

a. Yolun iç kenarı sabit tutulup eksen hattı ile dış kenarın yükseltme durumu



Şekil 3.31 İç kenar sabit, eksen ve dış kenar yükseltme durumu

b. Yolun dış kenarı sabit tutulup, iç kenar ve eksen hattının düşürülmesi durumu.



Şekil 3.32 Dış kenar sabit eksen ve iç kenar yükseltme durumu

Yukarıda ifade edilen bu metotlardan en avantajlısı, (a) şıkında ifade edilen “Yol eksenin sabit tutularak” elde edilen çözümdür ki böylece boykesitte kırmızı kot değişmemiş olur.

3.2.7.2 Platform İç Tarafında Genişletme Yapılması

Kurp yarıçaplarının 200 m’ den daha az yapılması durumunda yatay kurplarda yol platformu iç taraftan (yani yatay kurp merkezinin bulunduğu taraftan) aşağıda belirtilen ölçülerde genişletilme yoluna gidilir:

Çizelge 3.10 Yatay kurp yarıçapları ve genişletme miktarları

YATAY KURB YARIÇAPI	GENİŞLETME MİKTARI
R=200 m.	0.00 m
R=150 m.	0.50 m.
R=100 m.	0.75 m.
R=0.50 m.	1.00 m.

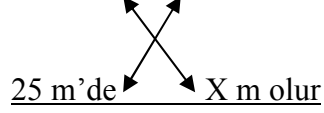
Örnek 1

R=125 m. olan bir kurpta genişletme miktarı?

Çözüm 1

$$\left. \begin{array}{l} 150m' de \dots\dots 0.50 \\ 100m' de \dots\dots 0.75 \end{array} \right\} 50 m'lik değişim=0.25 m.$$

Bu durumda; 50 m'de 0.25 m olursa



$$x = \frac{0.25 \times 25}{50} = 0.125m.$$

R=100 m'de → 0.75

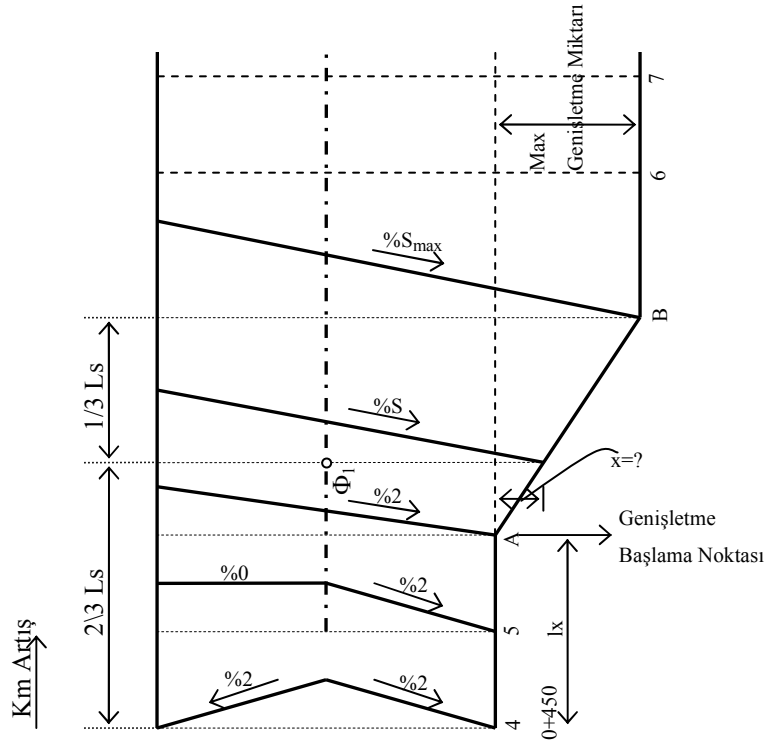
R=125 m'de → 0.75 - 0.125 = 0.625m.

Yatay kurlarda platform genişletilmesi gereği doğarsa;

- Genişletme, (km) artış yönünde olmak şartıyla sağ trafik şeridinde yapılacaktır. (Kurbun sağ veya sol olma durumu göz önüne alınır). Şekil 3.33' de yatay kurlarda iç kısımda yapılan genişletme planı verilmiştir. Daha genel ifade ile yol platformu iç kısmında uygulanacaktır (dever de aynı prensibe göre düzenlenir).

- Platform genişletilmesinin başlayacağı nokta, genellikle deverin %2' lik tek eğim haline geldiği rakordman içindeki noktadan başlar ve deverin (S_{max}) olduğu noktada, genişletme miktarı da maksimum olur. Kurb içinde bu şekilde devam ederek, kurb çıkışında benzer simetrik uygulama şeklinde yapılır.

- Platform genişletme miktarlarının, şekle göre (A ve B) noktaları arasında kalan kısmındaki miktarları enterpolasyonla hesaplanabilir.



Şekil 3.33 Yatay kurbalarda, iç kısımda yapılan genişletme planı

Örnek 2

$S_{\max} = \%7 L_s = 60$ m. Olan kurbdaki, genişletmeye başlanacak noktanın yerini bulalım. (L_s ' nin başladığı $Km = 0 + 450$ kabulüyle)

Çözüm 2

Rakordman hesaplarında herhangi bir eğime karşılık gelen mesafenin bulunması bağıntısından faydalanalım.

$$\ell_x = L_s \frac{\frac{d}{2} + 0.01}{\frac{S_{\max}}{2} + 0.01} \quad (3.84)$$

bağıntısından

$$\ell_x = 60 \frac{\frac{0.02}{2} + 0.01}{\frac{0.07}{2} + 0.01} \Rightarrow 60 \frac{0.02}{0.045} = 26.67m.$$

Bu durumda;

$$Km A = 0+450 + 0.026^{67}$$

$$Km A = 0 + 476^{67} \text{ olur.}$$

Verilen örnekte $\bar{\phi}$ noktasındaki genişletme miktarının bulunması ;

A ile $\bar{\phi}$ arasındaki mesafe:

$$L_s = 60m \rightarrow 60 \frac{2}{3} = 40m. \text{ Başlangıca göre } \bar{\phi} \text{ 'nin ara mesafesi}$$

$$\text{Buradan; } \overline{A\phi_1} = 40 - 26.67 = 13.33m.$$

Genişletme miktarının yapıldığı uzunluk;

$$\overline{AB} = \overline{A\phi_1} + \frac{1}{3} L_s$$

$$\overline{AB} = 13.3 + \frac{1}{3} 60 = 33.33m$$

veya;

Buradan; 33.33 m'de 0.625 m. Genişletme olursa

13.33 m'de X olur.

$$X = \frac{0.625 \times 13.33}{33.33} \cong 0.25m \text{ bulunur.}$$

Bu şekilde ilgili yatay kurba ait bulunacak bütün değerler (kurb içindeki diğer enkesit noktalarına ait) Çizelge 3.11’ deki gibi gösterilecektir.

Çizelge 3.11 Genişletme miktarları

Nokta veya En-Kesit (No)	Nokta veya En-Kesit (km)	Sol Banket Gen. (m)	Sol Trafik Şeridi Gen.(m)	Sağ Trafik Şeridi Gen. (m)	Sağ Trafik Şeridi Toplam Gen.(m)	Sağ Banket Gen. (m)	Toplam Platform Gen. (m)	En-Kesit Dever Miktarı
4	0+450	1.00	3.00	0.00	3.00	1.00	8.00	-%2//%2
5	0+463 ³³	1.00	3.00	0.00	3.00	1.00	8.00	%0//%2
A	0+476 ⁶⁷	1.00	3.00	0.00	3.00	1.00	8.00	%2
$\bar{\phi}$	0+490	1.00	3.00	0+25	3.25	1.00	8.25	%4
B	0+510	1.00	3.00	0+625	3.625	1.00	8.625	%7
6	0+535	1.00	3.00	0+625	3.625	1.00	8.625	%7
7	:	:	:	:	:	1.00	:	:

Bu işlemler yapıldıktan sonra enkesit çizilebilir. Bu çizimin üzerine yol gabarisi (kırmızı kotlu, enkesit) çizilir.

En-kesit gabarileri çiziminde, yatay kurplardaki dever, varsa platform genişletmeleri göz önüne alınır.

Not: Alan hesaplarında üstyapı kalınlığının düşüleceği unutulmamalıdır.

3.2.7.3 Örnek Proje Rakordman ve Dever Uygulaması

S1 yatay kurbunda maksimum dever hesabının yapılması;

$$R_1 = 250m$$

$$V_{\max} = 40km / s$$

$$S_{1\max} = \frac{0,00443 \times 40^2}{250} = \%2,84 \cong \%3$$

$$L_{S1} = \frac{0,0354 \times 40^3}{250} = 9,06m < 45m$$

olduğundan, $L_{S1} = 45m$ alınır.

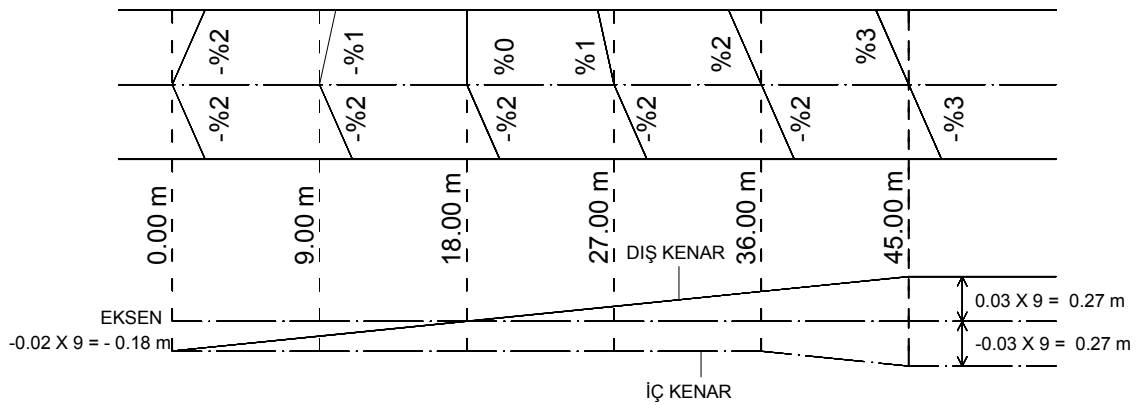
Deverin -0,02 den başladığını kabul edelim.-0,02 ile +0,03 arasında %5 lik bir değişim vardır.

-0,01 eğim için mesafenin bulunması;

$$a = L_s \frac{\frac{d}{2} + 0,01}{\frac{S_{\max}}{2} + 0,01} = 45 \frac{\frac{-0,01}{2} + 0,01}{\frac{0,03}{2} + 0,01} = 9m$$

başlangıçta	-0,02
9m	-0,01
18 m	0
27 m	+0,01
36 m	+0,02
45 m	+0,03

olarak dağıtılır. Şekil 3.34' de bu uygulama gösterilmiştir.



Şekil 3.34 Örnek proje dever çizimi (S1 yatay kurbu için)

S2 yatay kurbu için maksimum dever hesabı yapalım:

$$R_2 = 200m$$

$$V_{\max} = 40km / s$$

$$S_{2\max} = \frac{0,00443 \times 40^2}{200} = \%3,54 \cong \%4$$

$$L_{S2} = \frac{0,0354 \times 40^3}{200} = 11,32m < 45m \text{ olduğundan}$$

$$L_{S2} = 45m \text{ alınır.}$$

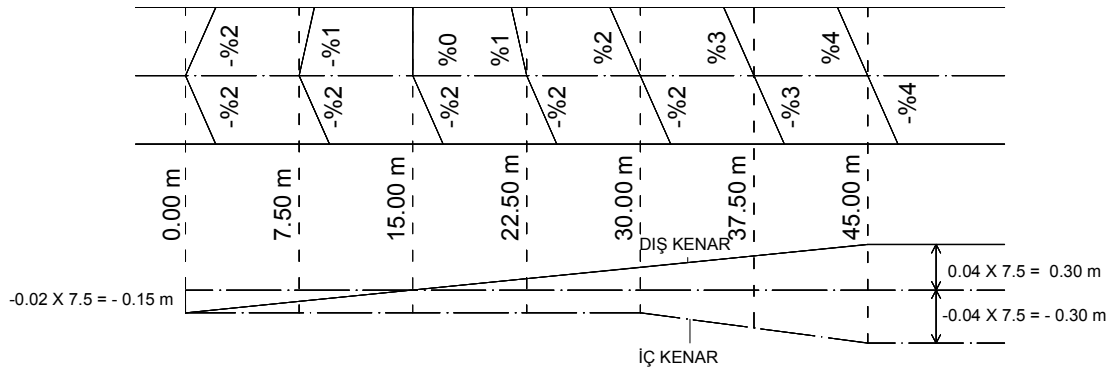
Deverin -0,02 den başladığını kabul edelim. -0,02 ile +0,04 arasında %6 lık bir değişim vardır.

Şimdi -0,01 eğim için mesafeyi bulalım;

$$a = L_s \frac{\frac{d}{2} + 0,01}{\frac{S_{\max}}{2} + 0,01} = 45 \frac{\frac{-0,01}{2} + 0,01}{\frac{0,04}{2} + 0,01} = 7,5m$$

başlangıçta	-0,02
7,5 m	-0,01
15 m	0
22,5 m	+0,01
30 m	+0,02
37,5 m	+0,03
45 m	+0,04

olarak dağıtılır. Şekil 3.35' de bu uygulama gösterilmiştir.



Şekil 3.35 Örnek proje dever çizimi (S2 yatay kurbu için)

3.2.8 Sekizinci Modül (Boykesit Çizimi ve Kırmızı Hat)

Bu modülde boykesit çizimi ve kırmızı hattın bahsedilerek örnek proje boykesit çiziminin nasıl yapıldığı anlatılacaktır.

3.2.8.1 Boykesit Çizimi

Yolun ekseni boyunca alınan kesite yolun boyuna kesiti (boykesit) denir.

Bu işlemi gerçekleştirmek için, öncelikle bir taslak çizmek gerekmektedir. İki kısımdan oluşan bu taslağın;

I. Kısım : Boykesit çizimi için gerekli bilgileri kapsar (Siyah - Kırmızı kot vb.).

II.Kısım : Boykesit çizim kısmıdır. Bu kısımda tabii zemin (siyah kotlar), kırmızı hat (yol hattı) ve düşey kurlar çizilir. Bu kısımda; km ve ara mesafeler (km) ekseni ölçeğinde; (1/2000) siyah ve kırmızı kotlar ise; kot ekseni ölçeğinde (1/200) çizilir (Akbulut 2004).

- **Boykesit çizim tekniği ile ilgili normlar :** Boykesit çiziminde aşağıda maddeler halinde bulunan normlara uyulması gerekmektedir.

- Boy kesit, (20 cm' lik) çizim alanının dışına taşmamalı.
- Km ve kot eksenleri genellikle 1/1000 - 1/100, 1/2000 - 1/200 olur.
- Km ve kotlar negatif olmaz. Çizim MDK (mukayese düzlem kotu) veya izafi kota göre alınır.
- 20 cm'lik çizim alanına kesit sığmazsa, kot kaydırma yöntemine başvurulur.

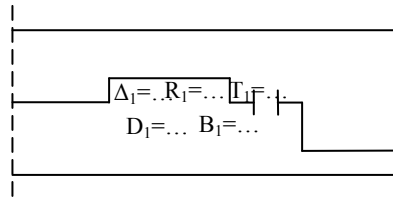
- Boyuna eğim satırlarında ise eğim yönü okla ve okun üst kısmına eğim %'si, alt kısmına bu eğimde alınan mesafe belirtilerek yapılır.

Yatay kurp satırına uygulanacak işlemler: Boykesit çiziminde en altta bulunan satır olan yatay kurp satırına aşağıdaki işlemler uygulanacaktır.

- Bu satırın ortasından giden yatay çizgi, güzergah ekseninin doğrusal (aliyman) olduğu kısımları belirtilir. Şekil 3.36' da yatay kurp satırı çizimi gösterilmiştir.
- (T_{Φ}) noktasında 0,5 cm kadar dik şekilde çıkıntı yapılarak (T_F) noktasına kadar devam eder. Bu çıkıntılı kısma; Yatay kurp elemanlarının değerleri (Δ , R, T, D, B) sırasıyla yazılır.

Not: Yatay kurplar (km) artış yönünden bakılmak şartıyla, sağ ve sol yatay kurp olma durumuna göre, 0,5 cm'lik girintiler;

- Sağ yatay kurbalarda - yukarı
 - Sol yatay kurbalarda – aşağı
- doğru çizilerek düzenlenir.



Şekil 3.36 Yatay kurp satırı çizimi (Akbulut 2004)

Boy kesit genişliği sabit ve 30 cm olacak ve uzunluğu ise, yol projesi güzergah hattı uzunluğuna bağlı olarak değişir. Son noktadan sonra boykesit uzunluğu 4 cm daha devam eder.

Çizilen proje; 21 cm, 18 cm, 18 cm ... olacak şekilde yapılır.

Tabii zemine kesitine ait her bir noktanın kesit çizimindeki yeri;

- Söz konusu noktaya ait km;
- Söz konusu noktanın (MDK) kıyas düzleminden olan kot farkı (veya MDK' dan olan yükseklikle belirlenebilir).
- Bu şekilde her bir enkesit noktasının yeri son olarak hazırlanan tablodan faydalanılarak hem ilgili satırlara yazılır, hem de formun çizim alanına noktalanır. Bu şekilde elde edilen noktalar birleştirilerek siyah hat veya bir diğer anlamda tabii zemin hattı çizilmiş olur.

Tabii zemin hattının çizimine yönelik verilen bu bilgiler ışığında, sonuç olarak;

Son olarak hazırlanan tablo, yani, en kesit noktalarıyla ilgili en son bilgilerle (Ara mesafeler, kilometreler, her bir noktanın kotu) hazırlanmış tabloya ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu çizimlerde, noktalar arasındaki kot farkları dikkate alınarak, (MDK) mukayese düzlemi kotu doğru olarak seçilmeli. Ayrıca 20 cm' lik çizim alanına sığmayan durumlarda, MDK hattında kaydırma yapılacağı unutulmamalıdır.

3.2.8.2 Kırmızı Hat

Tabii arazinin, karayolu vasıtalarının geçebilmesi için düzeltilmesi gerekir. Vasıtaların motor güçleri ile ilgili olarak bazı eğim şartlarının dikkate alınması ve yine zemin kitlelerinin ekonomik taşınmasına dikkat edilmelidir.

- Kırmızı hattın geçirilmesinde dikkat edilecek hususlar: Kırmızı hat geçirilirken uyulması gereken hususlar vardır. Bu hususlar şu şekildedir;

1- Minimum eğim %0,5 ve maksimum eğim ise geometrik standartlarda belirtilen olmalıdır.

2- Kırmızı hat, yanma dolgunun dengelendiği, sıkışma ve kabarmaların göz önüne alındığı şekilde yapılmalıdır. Mümkünse yanma ve dolgu yönünden sık sık cins değiştiren kırmızı hattın geçirilmesine çalışılmalıdır.

3- Dengeleme için, kırmızı hattın kaplama kalınlığı kadar altta kalacak şekilde alınan hatla dengelenmelidir. Kırmızı hat daima kaplama üst kotunu temsil eder.

4- Eğimi fazla olan kısımlar, kısa tutulmalıdır (kritik eğim mesafelerine dikkat edilmelidir).

5- Düşey kurb sayısı mümkünse az olmalı ve iki kurb arasındaki mesafe minimum 150 m olmalıdır. Kısa aralıklarla peşpeşe gelen kurlar, araçların sürüş konforunu, görüş ve geçiş güvenliğini olumsuz yönde etkiler.

6- Yakın aralıklarla aynı tip düşey kurb (zellikle açık kurlar yapılmamalı) zellikle gece yolculuğunda problemlerle karşılaşılır.

7- Arazi topografyasına; yarmalarda; tepe tipi dolgularda dere tipi düşey kurb yapılmalıdır.

8- Keskin kurların bulunduğu yerlerde çok dik eğimler yapmaktan kaçınılmalıdır.

9- Hemzemin kavşaklarda eğim mümkün mertebe az tutulmalı bu tür yerler aşırı yarma ve dolguların olduğu kesimlerde yapılmalıdır.

Tabii zemin kesitini tesviye eden, dengeleyen ve doğru parçalarından oluşan kırık hattın belli başlı iki fonksiyonu yerine getirmesi istenir.

- Boyuna eğimler, müsaade edilen (standard alınan) maksimum eğimi aşmamalı.

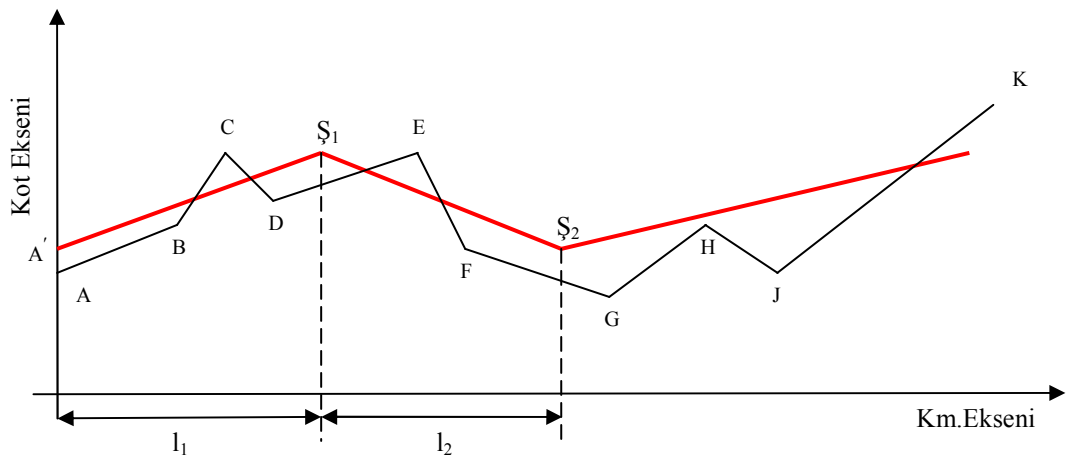
- Yer değiştirmesi gereken toprak kitlelerine ait yarma ve dolma toplam hacimleri m¼mk¼n olduğu kadar birbirine eşit olmalı.

Tabii arazi çizgileri arasında (siyah hat arasında) oluşturulan bu dengeleme kırık hattına kırmızı hat denir. Şekil 3.37’ de kırmızı ve siyah hat gösterimi verilmiştir. Bunlarla ilgili işlemler aşağıdaki gibi yapılabilir.

- Tabii zemin hattında, yarma ve dolma alanları eşit olacak şekilde kırmızı hat, maksimum eğim şartını ihlal etmeden, göz kararı veya milimetrik kağıt üzerinden geçirilir.
- Bundan sonra, kırmızı hat, kırılma noktalarının, kot ve km. leri ile ve kırılma noktaları arasındaki yatay ara mesafeler hesaplanır. Devamı olarak, kırmızı hat doğru parçalarının, boyuna eğimi hesaplanır.

Bu işlemler:

- Kırmızı hat kırılma noktalarından, km. eksenine dikler inilir. Bu dik ayaklarının eksendeki konumları, ölçek ile muamele edilip, yatay boylarının arazideki gerçek uzunlukları hesaplanır.



Şekil 3.37 Kırmızı ve siyah hat gösterimi

- Yine boy kesitten, kırmızı hattın, ordinat eksenine olan ilişkisi (ordinat farkları) ölçülerek, kot ölçeği ile çarpılarak ordinat boyları bulunur. MDK' na göre kırmızı hatta ait kırık noktaların gerçek değerleri belirlenir.
- Bulunan kotlar ve yatay mesafelerden faydalanarak kırmızı hatta ait, doğrusal parçaların boyuna eğimleri hesaplanır.
- Bu işlemin hassas yapılması gerekir Bunun için bulunacak %'de eğimlerde virgülden sonra en az dört basamak yürütülmelidir. Örneğin (A'S₁) hattı eğimi:

$$tg\alpha = \frac{KotS_1 - KotA}{l_1} \quad (3.85)$$

olmaktadır.

3.2.8.3 Örnek Proje Boykesit Çizimi

Örnek proje boykesit çizimi, düşey kurb hesapları altında anlatılacaktır. Ayrıca EK 3' de örnek proje boykesit diyagramı mevcuttur.

3.2.9 Dokuzuncu Modül (Düşey Kurb Hesapları)

Bu modülde düşey kurb hesapları anlatılacak, örnek projede gerekli yerlere nasıl düşey kurba uygulanacağından bahsedilecektir.

3.2.9.1 Düşey Kurblar

Kırmızı hattın kırılma noktalarında, araçların geçmesini mümkün hale getirecek şekilde yerleştirilen ikinci derece eğrilere "Düşey Kurb" denir. Bu düşey kurblar, ya parabol, ya

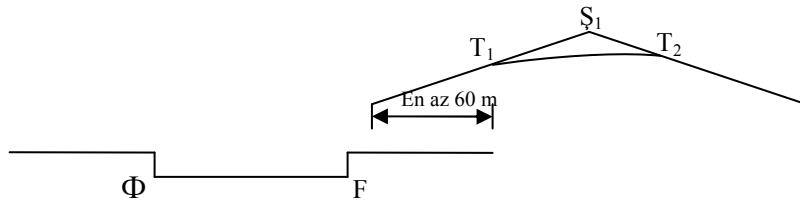
da yarıçapı çok büyük daire yayları olarak ortaya çıkarlar (Akbulut 2004). Günümüzde özellikle karayollarında ikinci dereceden parabol kullanılmaktadır (Telli ve Baybura 2005). Bir düşey kurbun 5 (beş) elemanı belirlendikten sonra hesap edilebilir:

- 1- Düşey kurbun tepe noktası (S_1) Km' si
- 2- (S_1) Tepe noktasının kotu
- 3- Düşey kurbun, doğrusal eğimlerinin (g_1, g_2) belirlenmesi.
- 4- T_1 ve T_2 başlangıç ve bitiş teğet noktalarının kotları
- 5- Düşey kurbun T_1 ve T_2 gibi başlangıç ve bitiş teğet noktalarından, Km eksenine inen dik boylarının yatay mesafe veya izdüşümü kısaca düşey kurbun yatay uzunluğu (L) dir.

Düşey kurlardan (L) uzunluğu, 3.sınıf yollarda direk olarak seçilebilir veya daha önemli yollarda (2.sınıf), S görüş mesafesine bağlı olarak yapılan hesaplardan sonra belirlenmektedir

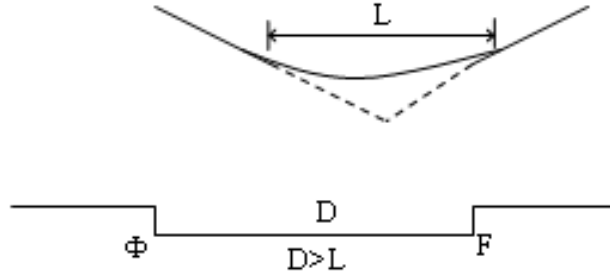
Yatay ve düşey kurlar aynı anda kullanılmama durumu söz konusu ise aşağıdaki hususlar göz önüne alınmalıdır.

- a) Yatay ve düşey kurların başlangıç ve bitiş noktaları arasında en az 60m mesafe bırakılmalıdır.(Şekil 3.38) Bu durum yüksek standartlı yollarda önemlidir.



Şekil 3.38 Yatay ve düşey kurbun başlangıç ve bitiş noktalarının durumu

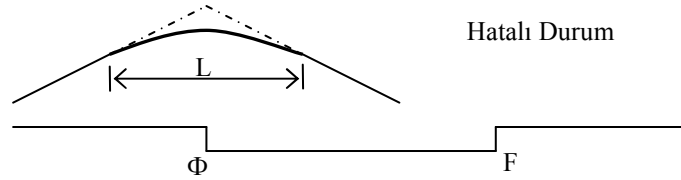
- b) Düşük standartlı yollarda yatay kurbun ve düşey kurbun çakışması durumu söz konusu ise ; yatay kurbun boyu (D), düşey kurbun uzunluğunun (L)'dan büyük olmalı ve her iki kurbun (some) noktaları çakışmamalıdır (Şekil 3.39).



Şekil 3.39 Yatay ve düşey kurbun çakışma durumu

Dere tipi (Açık düşey kurb) düşey kurb ile yatay kurbun çalışması durumunda sürücüye gerekli görüş sağlanabilir. Ancak yatay kurbun mümkün olduğunca büyük yarıçaplı olması gerekir. Çok büyük zorlama durumu yoksa kapalı düşey kurb, yatay kurb çakışmamalıdır. Hatalı durum Şekil 3.40' da görülmektedir (Akbulut 2004).

c) Düşey kurbun some noktası, yatay kurbun T_O ve T_F noktaları ile kesinlikle çakışmamalıdır. Böyle bir durum, sürüş güvenliğinde büyük tehlikeler doğurur.

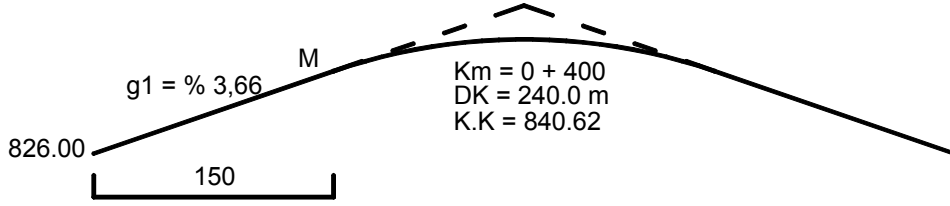


Şekil 3.40 Yatay ve düşey kurpta hatalı durum

d) Some noktalarının kotları ve başlangıçta olan mesafeleri çok hassas hesaplanmalıdır.

Daha sonra bulunan eğim vasıtasıyla, kırmızı hattın doğrusal kısımlarına rastlayan enkesit noktalarına ait Kırmızı kot' lar bulunabilir.

Örnek 1



Şekil 3.41 M noktasının kırmızı kotunun bulunması

$$\text{Eğim hesabı: } g_1 = \frac{840^{62} - 826^{00}}{400} = \%3,66$$

(M) Noktasındaki K.K

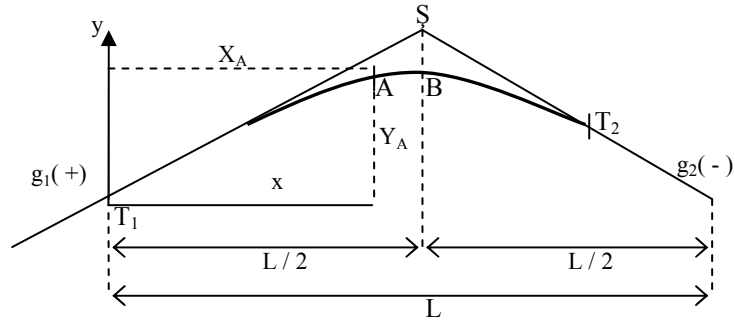
$$M = 826^{00} + (g_1 \times 150) = 826^{00} + (0,0366 \times 150)$$

$$M = 831^{49}$$

Bu şekilde hesaplanan K.K' lar boykesitte ilgili yere yazılır ok işareti ile aşağı yukarı şekilde belirtilerek, üzerine meyil değeri alt kısmına bu meyilde devam edilen mesafe yazılır.

-Kırmızı hattın düşey kurblara rastlayan enkesit noktalarındaki kotların bulunması: Düşey kurb eğrisine isabet eden en kesit noktalarına ait kot ve eğim değerleri, bir önceki konuda anlatılanlarla hesap edilemez. Çünkü bu noktalar düşey kurb üzerindeki 2.derece eğrileridir. Bu tür noktalar aşağıda açıklanan yöntemlerle açıklanabilir. Şekil 3.42' de düşey kurba rastlayan noktaların kırmızı kotların bulunması gösterilmiştir.

Birinci Yöntem : Burada düşey kurbun başlangıç noktası (T_1) bitiş noktası (T_2) olup düşey kurb , izdüşüm boyuda (L) dir. Düşey kurb başlangıç noktasından biri yatay (X) değeri, düşey (Y) olmak üzere birbirine dik eksen takımı geçirilir. Bu durumda, düşey kurbun (Y, T, X) ikili eksen durumuna göre denklemi;



Şekil 3.42 Düşey kurbu rastlayan noktaların kırmızı kotlarının bulunması

$$Y = g_1 \cdot x - \frac{G}{2L} x^2 \text{ olur. } (G = g_1 - g_2) \quad (3.86)$$

Burada,

(x) = Herhangi bir düşey kurb noktasının bir diğer anlamda yatay mesafe.

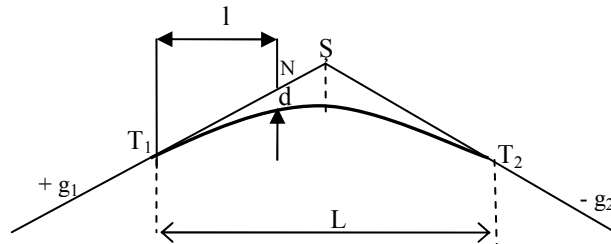
(y) = Aynı noktanın ordinatı veya kotu diyebiliriz.

Bu duruma göre örnek şekil üzerindeki (A) noktasının yerini hesaplamak için;

$$Y_A = g_1 \cdot x_A - \frac{G}{2L} x_A^2$$

faydalanılır. Bu bağlantı kullanılarak, düşey kurb üzerindeki tüm noktaların yeri (Km veya kotlardan birinin bilinmesi durumunda) hesaplanabilir. Bu denklem, cebirsel bir bağlantı olduğundan, eğimlerin işareti önemli olup, formülün (G= g₁-g₂) kısmında , işaretlere göre cebirsel toplam yapılmalıdır.

İkinci Yöntem: Düşey kurbun üzerindeki herhangi bir noktanın kotunu hesaplamak için aşağıdaki açıklamalardan (Şekil 3.43) da faydalanarak bulabiliriz.



Şekil 3.43 Kırmızı kot hesabı (2. yöntem)

Burada, düşey kurb doğrusal hattı üzerindeki herhangi bir (N) noktasının, düşey kurb eğrisine olan iç güdüsünün mesafesine $8d$ dersek, düz hat üzerindeki noktanın kotu ,daha önce açıklanan yöntemlerle hesaplanır ve kurbun açık veya kapalı olma durumuna göre, hesaplanacak (d mesafesi çıkarılıp toplanır ve bu şekilde ilgili nokta bulunabilir).

Burada (d) sehim mesafesi;

$$d = \frac{l^2(g_1 - g_2)}{2L} \quad (3.87)$$

bulunabilir. Burada

l: noktasının başlangıca olan mesafesi (m)

L: düşey kurb izdüşüm boyu .

(g_1-g_2): Eğimlerin cebirsel farkı .

-Düşey kurpların uygulanmasında dikkat edilecek hususlar: Düşey kurb hesapları analitik yollarla verilen bağlantılardan faydalanılarak veya konu ile ilgili abaklardan faydalanarak bulunabilir. Düşey kurba ait (L) boyunu hesaplamada, önceden tespit edilmiş veya hesaplanmış olan bir görüş mesafesi (S) sağlayacak biçimde çeşitli durumların her biri için ($S>L$) ve ($S<L$) değerleri denenir Görüş mesafeleri, kurpların pozisyonuna göre, fren mesafesi öndeki aracı geçme mesafesi geceleyin far ışığı mesafesi vb. olabilir.

Bu şartlara göre kapalı ve açık düşey kurparda ($S>L$ ve $S<L$) durumlarının değerlendirilmesi:

-Kapalı düşey kurp hali: Kapalı düşey kurplarda iki durum vardır. Bunlardan ilki tek yönlü yollarda sürücünün karşısına çıkan 0.10 m uzunluğundaki engeli görüp güvenle durabileceği durum (durma hali için), ikinci durum ise iki şeritli yollarda önündeki aracı geçerken karşısına çıkacak engeli ya da aracı görüp güvenle durabilmesi durumu (Geçme hali için) dir. Bu durumlara ait formüller şu şekildedir;

a) Durma (Fren) Hali İçin: Bu hal için aşağıdaki karşılaştırmalar yapılacak ve uygun olan L uzunluğu alınacaktır.

S>L için

$$L = 2S - \frac{4.40}{G} \quad (3.88)$$

S<L için

$$L = \frac{G.S^2}{4.40} \quad (3.89)$$

Bu şartın sağlanmasında v (km/h) hız durumuna göre bir engele çarpmadan emin duruş için görüş mesafeleri Çizelge 3.12' de verilmiş ve hesapları gösterilmiştir;

Çizelge 3.12 Enine duruş için görüş mesafeleri

Hız (km/h)	Enine Duruş İçin Görüş Mesafesi (m)
60,0	75,0
80,0	110
100	153
120	211

b) Geçme Hali İçin: Bu hal için aşağıdaki karşılaştırmalar yapılacak ve uygun olan L uzunluğu alınacaktır.

S>L için

$$L = 2S - \frac{10.97}{G} \quad (3.90)$$

S<L için

$$L = \frac{G.S^2}{10.97} \quad (3.91)$$

Açık düşey kurb hali: Açık düşey kurblarda kapalı düşey kurblarda olduğu gibi iki hal mevcuttur.

a) Gece far ışığına göre durma hali: Gece araç açık düşey kurbdan geçerken aracın farı belli bir mesafeyi aydınlatır. Bu durum aracın

Gece far ışığına göre durma hali aşağıda verilmiştir (İnt.Kyn. 7).

S>L için

$$L = 2S - \frac{152 + 3.5S}{G} \quad (3.92)$$

S<L için

$$L = \frac{G.S^2}{152 + 3.5S} \quad (3.93)$$

Bu formüllerle de bulabiliriz;

$$S<L \text{ için } L = GS^2/(1.22+0.035*S) \quad (3.94)$$

$$S>L \text{ için } L = 2S - (1.22+0.035*S)/G \quad (3.95)$$

b) Alt geçit durumu için :

S> L için

$$L = 2S - \frac{25}{G} \quad (3.96)$$

S< L için

$$L = \frac{G.S^2}{25} \quad (3.97)$$

Yukarıda verilen bu hallerin araştırılmasında şartlardan yalnız birinin uygunluğu dikkate alınacaktır. Ayrıca bu formüller yardımıyla uygulanacak olan bir düşey kurbun istenilen şartlara göre (L) izdüşüm boyu bulunabilir. Yukarıdaki hesaplamalar, ayrıca istenirse, konu ilgili nomogramlar yardımıyla da yapılabilir.

$$L = R|(g_1 - g_2)| \rightarrow R = \frac{L}{|(g_1 - g_2)|} \quad (3.98)$$

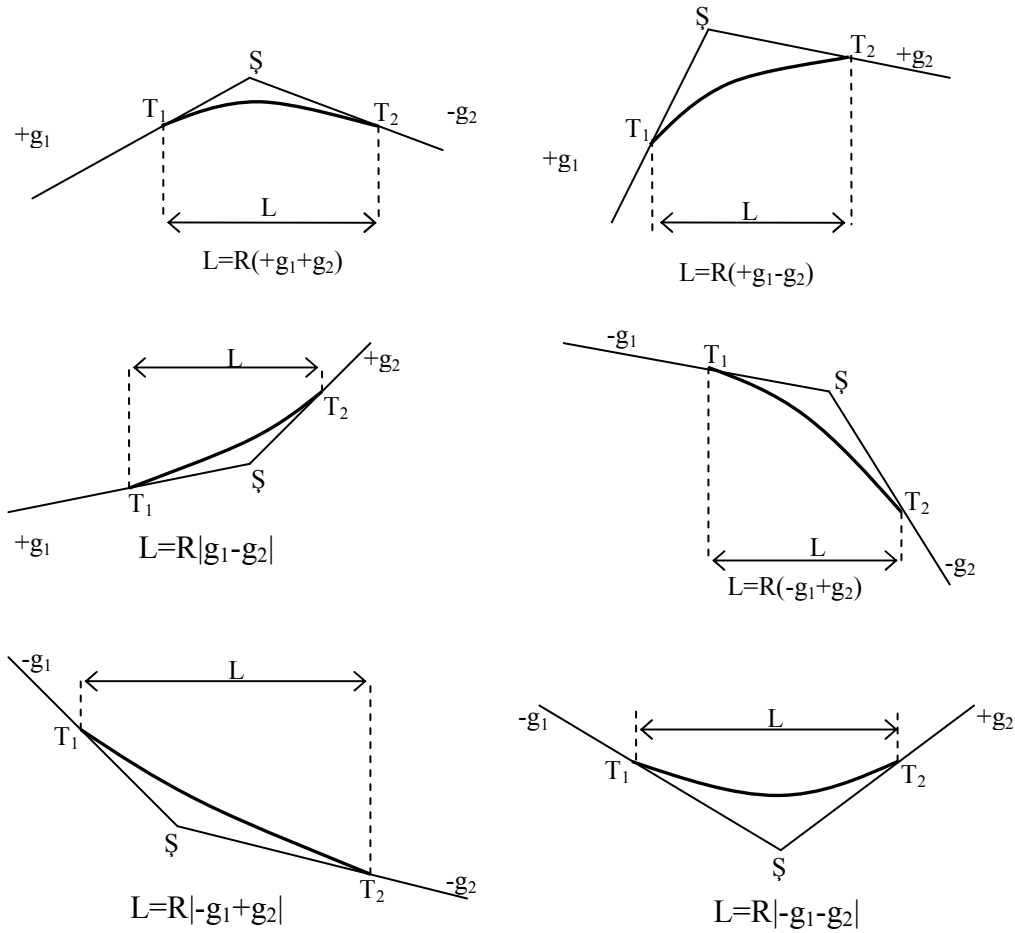
*($g_1 - g_2$) nin mutlak değeri alınacak.

Yeterli görüş mesafesinin sağlanması için,

Kapalı düşey kurlarda, $R = 8000 \sim 10000$ m

Açık Düşey Kurlarda $R = 4000 \sim 5000$ m olması arzu edilir.

Not: Projede, açık kapalı düşey kurlar için ayrı ayrı minimum yarıçap değerleri verilmiş ise hesaplamalar yine parabolik düşey kurb olarak yapılacak ve buradaki değerlere göre R yarıçapı bulunarak, R'nin değerinden büyük olup, olmadığı tahkik edilecektir. R yarıçapı, Rmin büyük olacaktır g_1 ve g_2 eğimlerinin birbirine nazaran, çeşitli durumları söz konusu olabildiğinden, altı farklı haldeki Parabolik düşey kurba eşdeğer daire yayına ait R yarıçapının nasıl hesaplanabildiği ise;



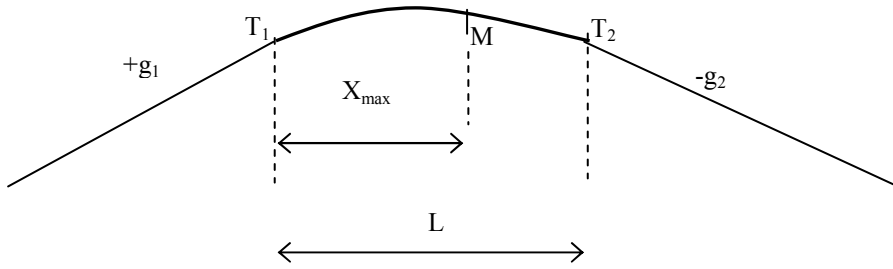
Şekil 3.44 Değişik düşey kurb durumları

Şekil 3.44' deki durumlara göre; bağlantılar kullanılabilir. Bu hesaplamalardaki anahtar bağıntı ise;

$$R = \frac{L}{|(g_1 - g_2)|} \quad (3.99)$$

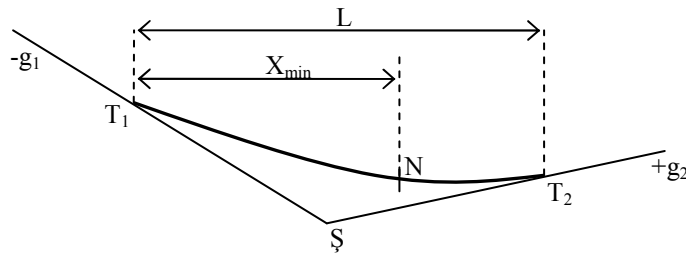
Parabolik düşey kurlarda eğrinin maksimum ve minimum noktalarının hesabı:

Parabolik düşey kurlarda eğrinin maksimum ve minimum noktaları aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.



Şekil 3.45 X maksimum

$$Y_M = \frac{Lg_1^2}{2.G} \quad X_M = \frac{Lg_1}{G} \quad (\text{maksimum}) \quad (3.100)$$



Şekil 3.46 X minimum

$$Y_N = \frac{Lg_1^2}{2.G} \quad X_N = \frac{Lg_1}{G} \quad (\text{minimum}) \quad (3.101)$$

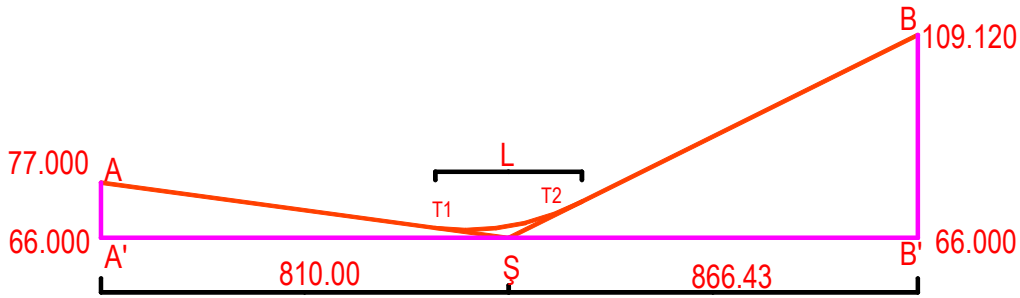
Düsey kurlarda ivme kontrolü; Düsey kurplarda, sonu noktası civarında sivrilik ve süreksizlik etkisiyle düsey yönde oluşan ivmeler, taşıtta sarsıntılara yol açar. Konfor bakımından bunun önlenmesi için, (a) düsey ivmenin üst sınırı, yerçekimi ivmesinin 20'de 1'i (1/20) olması istenir. Yerçekimi ivmesi= 9,81 m/sn² olduğuna göre bu değer yaklaşık 0,5 m/sn² ye karşı gelir.

Burada;

$a = \frac{V^2}{12,96.R}$ olduğundan, (a) nın yerine 0,5 m/sn² alınırsa, $R = 0,15.V^2$ olur. Konfor

yönünden kullanılması mümkün minimum düsey kurb eğrilik yarıçapı, modern yol güzergahlarında görüş şartlarından dolayı $R > 0,15V^2$ durumu sağlanmalıdır.

3.2.9.2 Örnek Proje Düsey Kurb Uygulaması



Şekil 3.47 Örnek proje düsey kurb gösterimi

Örnek projede bir adet düsey kurb uygulanmıştır. Şekil 3.47'de bu düsey kurb gösterilmiştir. Bu bir açık düsey kurbadır ve hesabı şu şekildedir;

1. Ş düsey kurb tepe noktasının km sini çizilen boykesitten bulunabilir. Örnek projede Ş noktasının km si 0+810 dur.
2. Ş düsey kurb tepe noktasının kotu boykesit siyah kotlarından bulunabilir ki örnek projede Şkot = 66 m dir.

3. g_1 ve g_2 eğimlerinin bulunması; Şekilde iki adet üçgen oluştu, üçgende AŞ doğrusunun eğimi: karşı kenar / komşu kenar olarak hesaplanır.

AA'Ş üçgeninde AŞ doğrusunun eğimi = AA' / A'Ş dir. Böylece ;

$$g_1 = \frac{77 - 66}{810} = \frac{11}{810} = 0,0136 \text{ bulunur.}$$

Aynı işlemi BB'Ş üçgeninde BŞ doğrusunun eğimi yani $g_2 = BB' / B'Ş$ dir. Böylece ;

$$g_2 = \frac{109.120 - 66.00}{866.43} = \frac{43.12}{866.43} = 0,0497 \text{ bulunur.}$$

Kırmızı kot hattının şekline göre g_1 ve g_2 eğimlerinin hangi işaretleri aldığına bakılır. -

g_1 ve g_2 yani $g_1 = -0,0136$, $g_2 = 0,0497$ olur.

$$G = g_1 - g_2 = (-0,0136) - (0,0497) = -0,0633 \text{ olur.}$$

4. Kurp boyunun (L) bulunması

Örnek projedeki kurp, bir açık kurptur ve sadece “Gece far ışığına göre durma hali” vardır.

Gece far ışığına göre durma halindeki iki durum denenecektir. Bunlar $S > L$ ve $S < L$ durumudur. $V_{max} = 40$ km için S değeri Çizelge 3.11' den bulunur.

$$S = 46 \text{ m}$$

$$S < L \text{ için } L = \frac{GS^2}{(1.22 + 0.035 \cdot S)}$$

$$L = (-0,0633) \cdot 46^2 / (1,22 + 0,035 \cdot 46)$$

$$L = 47,32 \text{ m}$$

$$S = 46, L = 47,32 \quad 46 < 47,32$$

$$S > L \text{ için } L = 2S - (1,22 + 0,035 * S) / G$$

$$L = 2 \cdot 46 - (1,22 + 0,035 \cdot 46) / (-0,0633) = 112,88 \text{ m}$$

$S = 46, L = 112,88$ $46 > 112,88$ şartı için uygun değil. Sonuç olarak ilk durumdaki L değerini kabul edilecektir.

5. T1 ve T2 kurp başlangıç ve bitiş noktalarının km ve kırmızı kotlarının bulunması;

$$KmT1 = KMŞ - (L / 2) = (0 + 810) - (47,32 / 2) = 0 + 786,34$$

$$KmT2 = KMŞ + (L / 2) = (0 + 810) + (47,32 / 2) = 0 + 833,66$$

$$KKT1 = KKŞ + (g_1 * L / 2) = 66 + (0,0136 * 2) = 66,321$$

$$KKT2 = KKŞ + (g_2 * L / 2) = 66 + (0,0497) = 67,176$$

$$R = \frac{L}{|(g_1 - g_2)|} \quad (3.102)$$

$$R = \frac{47,32}{|((-0,0136) - 0,0497)|} = 747,55 \text{ m}$$

3.2.10 Onuncu Modül (Enkesit Çizimi ve Cross Hesabı)

Bu modülde altıncı modülde işaretlenen enkesit noktalarından nasıl enkesit alınacağı anlatılacak, cross metodu ile yarma ve dolgu hesabı yapılacak. Ayrıca örnek proje enkesit çizimi ve alan hesabı yapılacaktır.

3.2.10.1. Enkesit Çizimi

Kati güzergah planına işaretlenen enkesit mihver noktalarından dik çıkılarak alınan kesitlere yolun enine kesiti (enkesit) denir.

Enkesit noktalarından sağa ve sola kamulaştırma sınırına kadar dik çıkılır. Diklerin tesviye eğrilerini kestiği noktalar ile arazinin kritik noktalarındaki kot ve eksene olan mesafeler hesaplanır.

Çizimde, yatay ve düşey ölçek birbirine eşit olup; 1/100, 1/200, 1/500 gibi alınabilir. Enkesitler için yol genişliğinin iki kat daha fazla kağıt hazırlanır, genellikle milimetrik kağıt kullanımı tercih edilir. Daha sonra aydınlar üzerine aktarılır.

Çizime eksenden başlanır. Sağa ve sola mesafeler ölçekli alınıp, düşeyde kotlar belirlendikten sonra bu noktalar birleştirilerek, siyah hat veya doğal arazi çizilmiş olur.

Enkesit çiziminde dikkat edilecek hususlar: Enkesit çiziminde dikkat edilecek hususlar aşağıda sıralanmıştır.

1. Her enkesit noktasını aliymanda eksene dik, kurpda ise yarıçap doğrultusunda kamulaştırma sınırını 10 m. geçecek şekilde alınan enkesit doğrularının üzerinde, eksenin sağ ve solunda en az 3'er nokta olmak üzere toplam 7 nokta alınır. Nokta sayısının artması halinde daha hassas enkesit hazırlanmış olur.

2. Seçilen bu noktalar, enkesit doğrusunun kestiği tesviye eğrileri üzerinde olması kolaylık sağlar. Bu durumda nokta kotları doğrudan doğruya alınabilir. Aksi durumda ara değerleri bulmak için interpolasyonla tespit yoluna gidilir. Enkesit doğrusu, tesviye eğrisini kesmiyorsa, eksene 5, 10, 15 m. gibi mesafede noktaların alınması enkesit çizimini ve alan hesaplarında kolaylık sağlar.

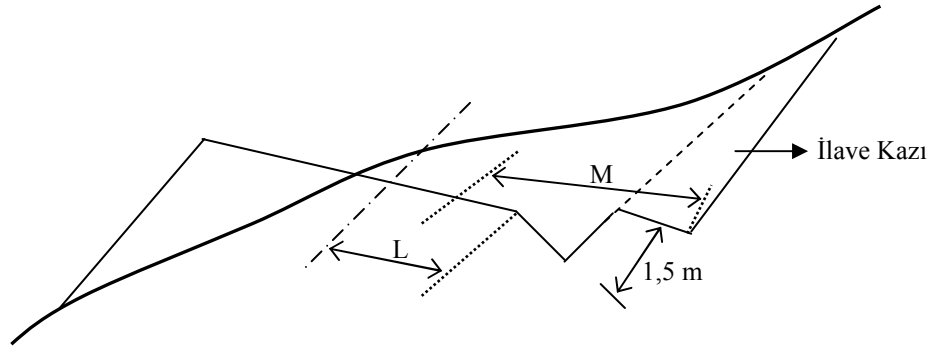
3. Enkesitler A4 formunda milimetrik kağıda çizilir.

4. Enkesitlerin ölçekleri 1/100 - 1/200 olmalıdır. Birinci sınıf yollarda kamulaştırma şeridi 60m. olduğundan A4 norm kağıdına 1/200 ölçekle çizmek uygun olacaktır. Şev kazıkları 60 m.' nin dışına taşarsa, bu durumda A4 normundan daha büyük kağıt kullanılabilir.

5. Enkesitlerin çiziminde aliyanda yol enine eğimi (%2) ve kurplardaki dever eğimi göz önüne alınmalıdır.

6. Menfez bulunan kesitlerde, daha önce hesaplanan menfezler gösterilir.

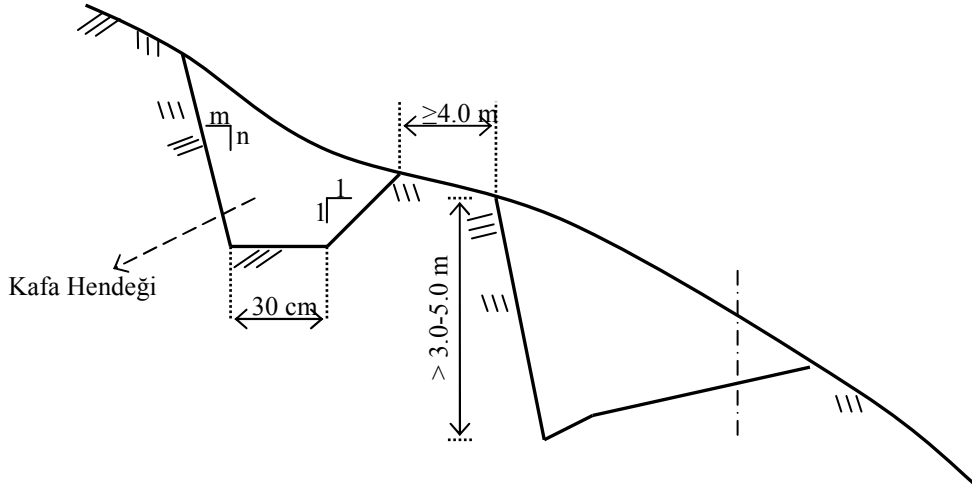
7. Görüşe kapalı kurplarda yanıl görüş mesafesi "Emniyetli Duruş Mesafesine" göre hesaplanıp, ilave kazı enkesitlerde gösterilip, hesaba dahil edilmelidir. Şekil 3.48' de ilave kazı gösterilmiştir.



Şekil 3.48 İlave kazı

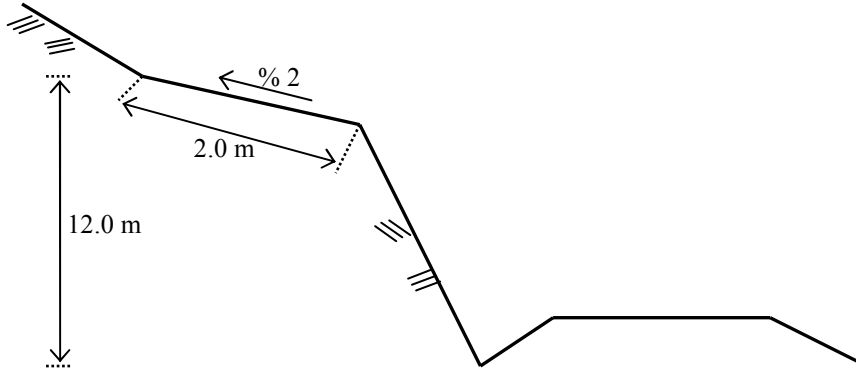
8. $R < 200$ m. olması durumunda hesaplanan kurp genişletmeleri enkesitlerde gösterilmelidir.

9. Birinci sınıf yollarda yarma yüksekliğinin 3 - 5 m. yi aşması durumunda yüzeysel suların şeve ve yol platformuna zarar vermemesi için kafa hendeği yapılmalıdır. Bu hendeklerin beton, taş anroşman veya asfalt karışımlar ile kaplanması tavsiye edilmektedir.



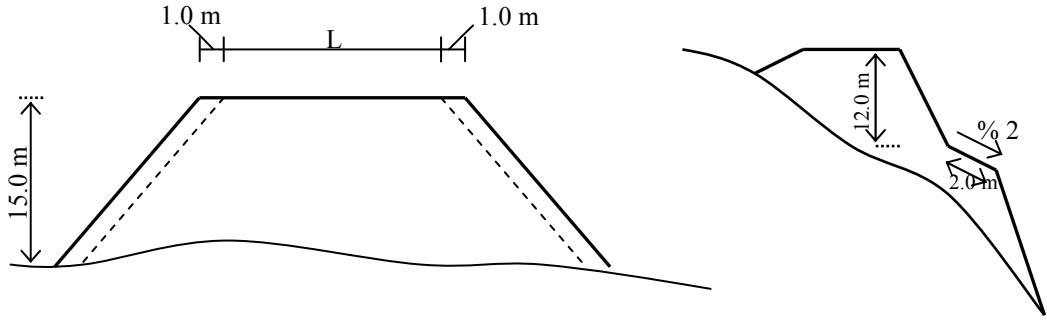
Şekil 3.49 Kafa hendeği

10. Yarma kesitlerde, yarma yüksekliği 15 m.' yi geçmesi durumunda Kademeli Şev (Teras veya Palye) yapılabilir. Şekil 3.50' de kademeli şev verilmiştir.



Şekil 3.50 Yüksek yarmalarda kademeli şev

11. 15.0 m.yi geçen yüksek dolgularda Şekil (a) ve (b) de görüldüğü gibi kademeli şev veya platform genişletmesi yapılmalıdır. Bu durum şevlerin stabilitesi için gereklidir. Şekil 3.51' de platform genişletmesi ve kademeli şev çizimi verilmiştir.



Şekil 3.51 Platform genişletmesi ve kademeli şev (Akbulut 2004)

12. Yol güzergahlarında yerleşim bölgesi, başka yapılaşmalar veya zeminin çok kayıcı olması halinde kamulaştırma sınırını küçük tutulur ve stabilite için istinad duvarı vb. koruyucu yapı yapılmalıdır.

13. Enkesitlerde, sağ üst köşeye sırayla ve alt alta gelecek şekilde ;

- Nokta No
- Nokta Km
- K.K (Kırmızı Kot)
- S.K (Siyah Kot)
- Ölçek yazılmalıdır.

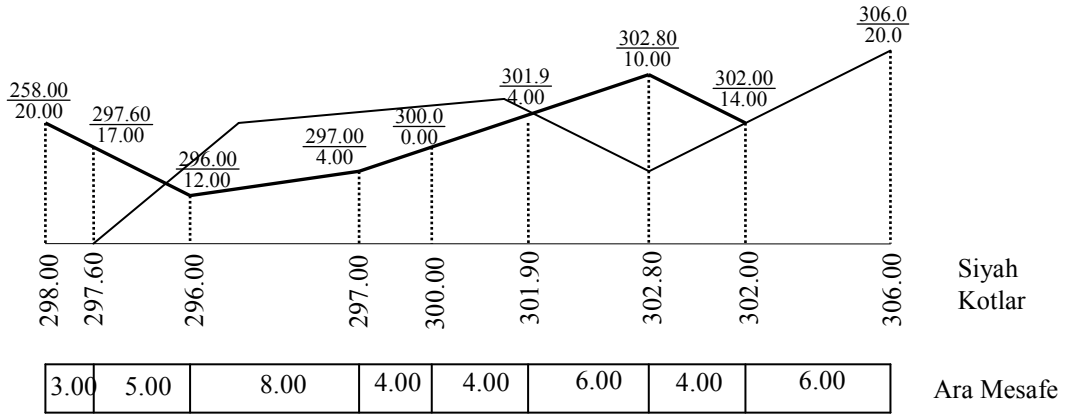
14. Enkesitlerde yapılan yarma ve dolgu şevleri zemin etütlerine göre projelendirilmekle beraber aşağıdaki yaygın değerler kullanılabilir.

Yukarıda açıklanan hususlarda göz önüne alındıktan sonra, her enkesit noktasında tabii arazi kesiti aşağıdaki gibi çizilebilir.

Çizilen tabii arazi kesitlerine, projeye uygun olarak, kırmızı hattın değerleri ve platform elemanları kullanılarak yol gabarisi çizilir. Bilinen değerlerden, bilinmeyenler bulunarak veya ölçekli çizimden mesafe ve kotlar tespit edilerek enkesit alan hesaplarına geçilebilir.

Çizelge 3.13 Yarma ve dolgu şev değerleri

DOLGU ŞEVİ(K.G.M)		YARMA ŞEVİ(AASHO)			
h(m)	Şev(Yatay/Düşey)	H	Düz	Dalgalı	Dağlık
0.00 - 1.50	4 / 1	0.00 - 1.50	4 / 1	4 / 1	4 / 1
1.50 - 3.00	3 / 1	1.50 - 3.00	4 / 1	3 / 1	2 / 1
3.00 - 5.00	2 / 1	3.00 - 4.50	3 / 1	2.5 / 1	2 / 1
>5.00	3 / 2	4.50 - 6.00	2 / 1	2 / 1	1.5 / 1
		>6.00	2 / 1	1.5 / 1	1.5 / 1



Ölçek:1/100

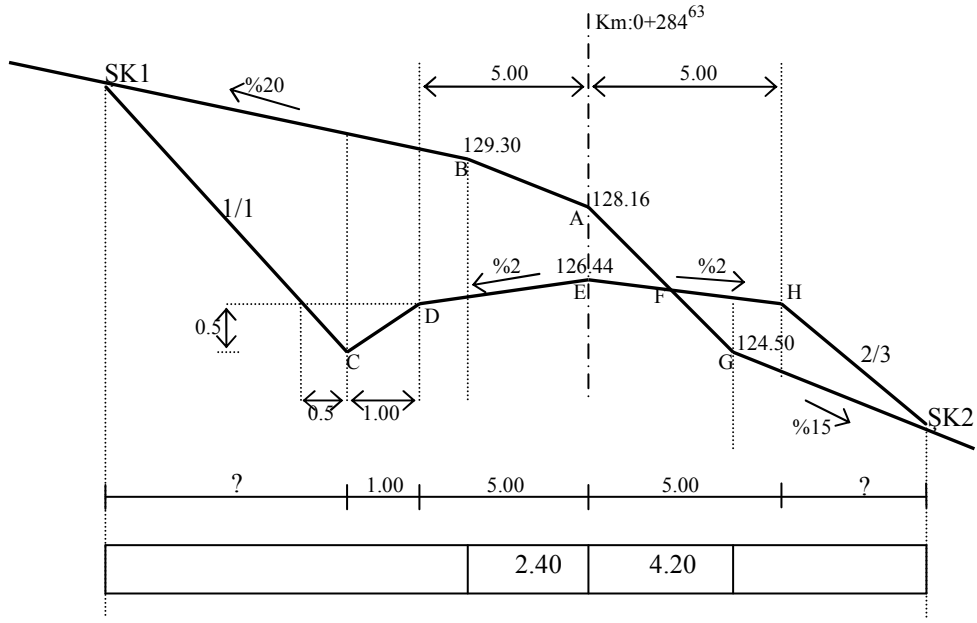
Şekil 3.52 Örnek bir enkesit çizimi

Enkesit alınmasına ait örnek bir çalışma: Bir karayolu projesinin kesin güzergah planından alınan (0+284⁶³) km' sinden alınmış bulunan 8 No' lu enkesit noktasının;

S.K=128.16 m.

K.K=126.44 m.dir

Söz konusu enkesitin siyah hattına ait bilgiler Şekil 3.53'de görülmekte olup, yol platformunun özellikleri verilmiştir.



Şekil 3.53 Siyah hatta ait bilgiler

Yol platformunun özellikleri;

Şerit Sayısı : 2

Şerit Genişliği : 3.50 m

Banket Genişliği : 1.50 m

Sözü edilen kesit, alıyman üzerinde (rakordman bölgesinde değil) bulunmakta olup, %2' lik bombe uygulaması yapılacaktır.

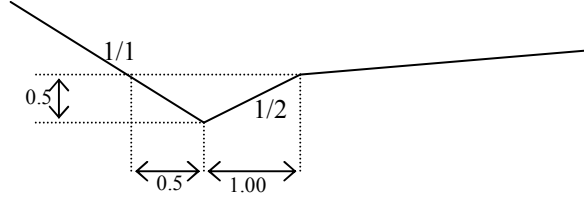
Yarma ve dolgu kısımlarındaki zemin normal stabiliteye sahip olduğundan,

Yarma Şevi : 1/1

Dolma Şevi : 3/2 alınacaktır.

Yarma hendeği ise, tip hendek enkesit değerleri kullanılacaktır. Bu şartlar altında gerekli hesaplamaların yapılması örnekteki, enkesit de görüldüğü gibi bazı noktaların kot ve km. leri bilinmemektedir. Daha ileride açıklanacağı gibi, enkesit alan

hesaplarının çözümünde cross metodu olarak ifade edilen metod, oldukça pratiklik sağlamaktadır.



Şekil 3.54 Şev değerleri

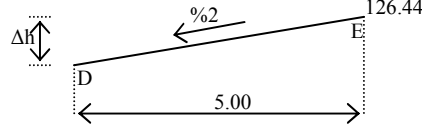
Bu metodun kullanımında arazi ve yol elemanlarına ait kritik noktaların kot ve ara mesafe değerlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu yüzden kesit üzerinde bu tür noktaların eksik olan değerleri hesaplanıp şekil üzerinde bilinen ve bilinmeyen değerlerle beraber noktaları Çizelge 3.14' deki gibi bir çizelgede gösterilir.

Çizelge 3.14 Kritik noktaların kot ve yatay mesafe değerleri

NOKTA NO	NOKTA KOTU	YATAY MESAFE
A	128.16	0.00
B	129.30	2.40
ŞK1	131.07	11.22
C	125.84	6.00
D	126.34	5.00
E	126.44	0.00
F	126.40	2.62
G	124.50	4.20
ŞK2	123.80	8.79
H	126.34	5.00

Bilinmeyenlerin çözümünde, kolaydan zora doğru gidilmesinde fayda vardır.

- Platform dış kenarlarının hesabı:



Şekil 3.55 Platform dış kenarlarının hesabı

$D = E - \Delta h$ olur.

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\Delta h}{5.0} \Rightarrow 0.02 = \frac{\Delta h}{5.0} \Rightarrow \Delta h = 5.0 \times 0.02 = 0.10 \text{ m.}$$

$$D = 126.44 - 0.10 = 126.34 \text{ m.}$$

Kesitteki konumuna göre $D = H$ olduğundan $H = 126.34$ m.dir.

- Hendek taban kotunun hesabı:

Verilecek Hendek Tip Kesitine göre;

$$C = D - 0.5 \Rightarrow 126.34 - 0.5 \Rightarrow C = 125.84 \text{ m.}$$

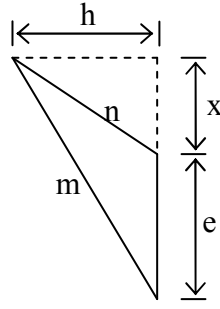
- Şev kazığı noktalarının kot ve yatay mesafelerinin hesabı: Bunların çözümüne geçmeden önce, enkesitlerde arazi eğimlerinin şekline göre iki durum söz konusudur. Bunları önce kısaca açıklayalım:

- Arazi eğimi ve şev eğimi aynı yönde ise;

Şekle göre: $n = \frac{x}{h}$ $m = \frac{e+x}{h}$ Buradan (h) çekilirse, $h = \frac{e}{m-n}$ olur.

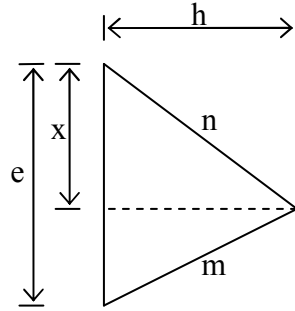
Eğer şeklin alanı hesaplanmak istenirse;

$$F = \frac{e \cdot h}{2} \Rightarrow F = \frac{e^2}{2(m-n)} \quad (3.103)$$



Şekil 3.56 Arazi ve şev eğimi aynı yönde ise

- Arazi eğimi ve şev eğimi zıt yönde ise;



Şekil 3.57 Arazi ve şev eğimi zıt yönde ise

Şekle göre: $n = \frac{x}{h}$ $m = \frac{e-x}{h}$ Buradan (h) çekilirse, $h = \frac{e}{m+n}$ olur.

Eğer şekil 3.61'in alanı hesaplanmak istenirse;

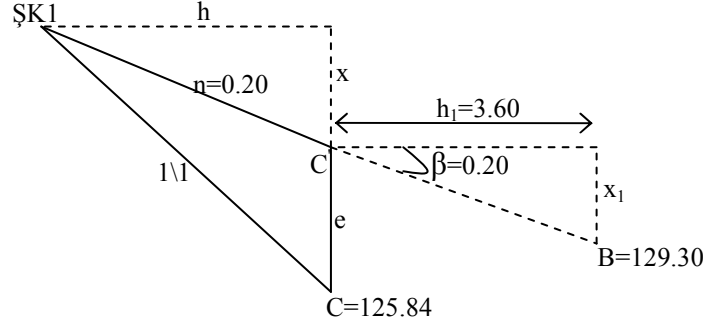
$$F = \frac{e \cdot h}{2} \Rightarrow F = \frac{e^2}{2(m+n)} \quad (3.104)$$

Bu açıklamalardan sonra:

- ŞK1 noktasının kot ve ara mesafesinin hesabı;

Şekilde (C)' nin kot ve mesafe değerini bulabilirsek, (e, m, x) değerleri bulunabilir.

$$\operatorname{tg}B = \frac{x_1}{h_1} \Rightarrow 0.20 = \frac{x_1}{3.60} \Rightarrow x_1 = 3.60 \times 0.20 = 0.72 \text{ m.}$$



Şekil 3.58 ŞK1 noktasının kot ve ara mesafe hesabı

Buradan;

$$\text{Kot } C' = B + x_1$$

$$\text{Kot } C' = 129.30 + 0.72$$

$$\text{Kot } C' = 130.02 \text{ m. bulunur.}$$

Buradan;

$$e = \text{Kot } C' - \text{Kot } C$$

$$e = 130.02 - 125.84$$

$$e = 4.18 \text{ m.}$$

$$\text{Buradan; } h = \frac{e}{m - n} \Rightarrow h = \frac{4.18}{1 - 0.20} = 5.225 \text{ m.}$$

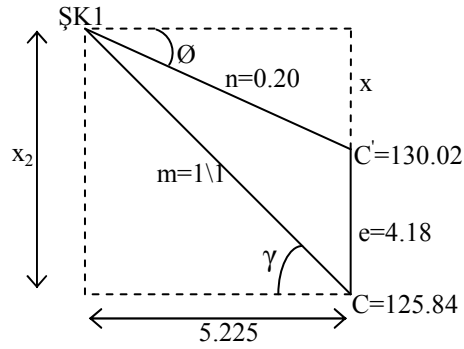
Buradanda; ŞK1' in eksene olan mesafesi: $5.0 + 1.0 + 5.225 = 11.225 \text{ m.}$

ŞK1 noktasının kotu iki şekilde hesaplanır;

1. Metot

$$\operatorname{tg} \gamma = m = \frac{x_2}{5.225} \Rightarrow 1 = \frac{x_2}{5.225} \Rightarrow x_2 = 5.225m.$$

Buradan; KOT ŞK1=KOT C + X₂
KOT ŞK1=125.84+5.225
KOT ŞK1≅131.07m.



Şekil 3.59 ŞK1 noktasının kot hesabı

2. Metot

$$\operatorname{tg} \theta = n = \frac{x}{5.225} \Rightarrow 0.20 = \frac{x}{5.225} \Rightarrow x = 1.045m.$$

Buradan; KOT ŞK1=KOT C + X
KOT ŞK1=130.02+1.045
KOT ŞK1≅131.07m.

- ŞK2 noktasının kot ve yatay mesafe hesabı:

$$\text{Şekilden, } \operatorname{tg} \gamma = n = \frac{x}{h} \Rightarrow 0.15 = \frac{x}{h} \Rightarrow x = 0.15h.$$

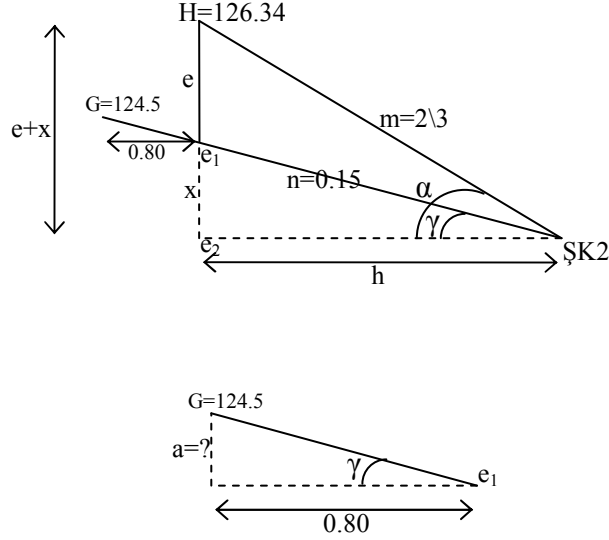
x' in bulunabilmesi için, diğer bilinenlerden hareket edersek;

$$\operatorname{tg} \gamma = n = \frac{a}{0.80} \Rightarrow 0.15 = \frac{a}{0.80} \Rightarrow a = 0.12m.$$

Kot e₁= G-a

Kot $e_1=124.5-0.12$

Kot $e_1=124.38$ m.



Şekil 3.60 ŞK2 noktasının kot ve yatay mesafe hesabı

Buradan; $e=H-e_1$
 $e=126.34-124.38$
 $e=1.96$ m.

Buradan; $h = \frac{e}{m-n} \Rightarrow h = \frac{1.96}{\frac{2}{3}-0.15} \cong 3.794$ m.

ŞK2' nin yatay mesafesi;

$3.794+5.0 \cong 8.79$ m.

ŞK2 noktasının kotu iki şekilde hesaplanır;

1. Metot

$$\operatorname{tg} \alpha = m = \frac{e+x}{h} \rightarrow \frac{2}{3} = \frac{(e+x)}{3.79} \Rightarrow (e+x) \cong 2.54 \text{ m.}$$

KOT ŞK2=H-(e+x)

KOT ŞK2=126.34-2.54

KOT ŞK2=123.80 m. bulunur.

2. Metot

Daha önce bulunan; $x=0.15.h$ denklemini ele alırsak;

$$x = 0.15 \times 3.79$$

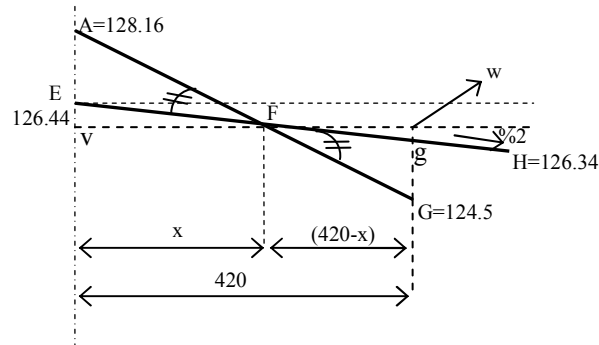
$$x \cong 0.57 \text{ m.}$$

$$\text{Kot ŞK2} = \text{Kot } e_1 - x$$

$$\text{Kot ŞK2} = 124.38 - 0.57$$

$$\text{Kot ŞK2} \cong 123.81 \text{ m. bulunabilir.}$$

Yol platformundaki doğal zeminin kestiği (F) noktasının kot ve mesafe hesabı:



Şekil 3.61 F noktasının kot ve mesafe hesabı

Şekil incelenirse; AEF ve FGg üçgenlerinin benzer olduğu görülür. Buradan hareketle;

$$\frac{AE}{Gg} = \frac{vF}{Fw} \quad (3.105)$$

$$AE = 128.16 - 126.44 = 1.72 \text{ m.}$$

Buradan;

$$vF = x \quad ?$$

$$Fw = (4.20 - x) \quad ?$$

$$\frac{AE}{Gg} = \frac{vF}{Fw} \Rightarrow \frac{1.72}{1.86} = \frac{x}{(4.20 - x)}$$

$$1.86x = 1.72(4.20 - x)$$

$$1.86x = 7.224 - 1.72x$$

$$1.86x + 1.72x = 7.224$$

$$3.58x = 7.224 \Rightarrow x = \frac{7.224}{.58} = 2.02m.$$

Bu aynı zamanda F noktasının Yatay mesafesidir.

$$Gg = Kotg - KotG$$

Şekle göre;

$$Kotg = KotE - (4.20 \times 0.02)$$

$$Kotg = 126.44 - 0.084$$

$$Kotg \cong 126.36 \text{ m.}$$

$$Gg = 126.36 - 124.50$$

$$Gg = 1.86 \text{ m.}$$

F noktasının kotu ise;

$$KotF = KotE - (0.02 \times 2.02)$$

$$KotF = 126.44 - (0.44)$$

$$KotF = 126.40 \text{ m.}$$

Bulunan bütün değerler çizelgede yerine yazılırlar ve daha sonra problemin başında da ifade ettiğimiz gibi cross metodu ile enkesit alan hesabına geçilebilir.

3.2.10.2. Cross Metodu

Kazılan veya dolgu yapılan toprak hacmini hesaplayabilmek için, önce kazı veya dolgu enkesitlerinin alanlarını hesaplamak gerekir. Enkesit alanlarını kesin veya yaklaşık olarak hesaplamaya yarayan, grafik metodlar, cebrik metod, çizim metodu, planimetre ile ölçmek ve cross gibi bir çok metodlar vardır. Ülkemiz Karayolları

projelendirilmelerinde Cross veya planimetre ile enkesit alanları hesaplanmaktadır (Sonuç 1975).

Cross metoduyla alan hesabı, yaygın olarak kullanılmaktadır. Metodun;

1. Klasik Cross Metodu
2. Basit Cross Metodu

olarak ifade edilen 2 türlü hesaplama şekli vardır.

Bunlar arasındaki fark; klasik cross metodunda yol eksenini kırmızı kotu 0.00 olacak şekilde geçirilen X-Y eksen takımında alınan bağıl değerler kullanılarak (kot ve ara mesafelerin) yapılması, basit cross metodunda ise; kotlar bağıl değil, gerçek değerleri ile işleme girecek şekilde işleme girer.

Gerçek değerleri işleme alınmasından dolayı da, basit cross metoduyla hesaplamalar tercih edilmektedir. Bu metodun genel formülü:

$$2S = (Y_1X_2 + Y_2X_3 + \dots + Y_{n-1}X_n + Y_nX_1) - (X_1Y_2 + X_2Y_3 + \dots + X_{n-1}Y_n + X_nY_1) \quad (3.106)$$

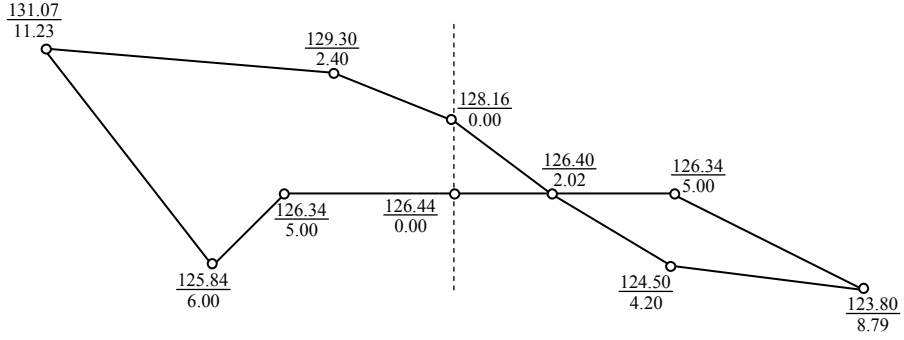
burada dikkat edilecek konu ise; eksenin sağında ve solunda kalan alanlar ayrı ayrı hesaplanır. Karışık enkesitlerde ise; bu işlem 3 aşamada neticeye gidilebilir. Hesaplamalarda;

Eksenin sağı saat ibresi yönü (+)

Eksenin solu saat ibresi tersi (-)

alınarak, hesaplamalar yapılır.

Bu kısa açıklamalardan sonra ise aldığımız örnek problem çözülürse; Önce bulunan değerleri kullanarak Şekil 3.62 üzerinde gösterilirse,



Şekil 3.62 Örnek problem değerleri

Sol taraf yarma hesabı;

$128.16 \times 2.40 = 307.59$	$0.00 \times 129.30 = 0.00$
$129.30 \times 11.23 = 1452.04$	$2.40 \times 131.07 = 314.57$
$131.07 \times 6.00 = 786.42$	$11.23 \times 125.84 = 1413.18$
$125.84 \times 5.00 = 629.20$	$6.00 \times 126.34 = 758.04$
$126.34 \times 0.00 = 0.00$	$5.00 \times 126.44 = 632.20$
$126.44 \times 0.00 = 0.00$	$0.00 \times 128.16 = 0.00$
<u>3175.25</u>	<u>3117.99</u>

$$SY_1 = \frac{((3175.25 - 3117.99))}{2} = 20.63m^2$$

Sağ taraf yarma hesabı;

$128.16 \times 2.02 = 258.88$	$0.00 \times 126.4 = 0.00$
$126.40 \times 0.00 = 0.00$	$2.02 \times 126.44 = 255.41$
$126.44 \times 0.00 = 0.00$	$0.00 \times 128.16 = 0.00$
<u>258.88</u>	<u>255.41</u>

$$SY_2 = \frac{((258.88 - 255.41))}{2} = 1.74m^2$$

$$\Sigma SY = SY_1 + SY_2 \Rightarrow 20.63 + 1.74 = 22.37m^2$$

Sağ taraf dolgu alanı hesabı;

$$\begin{array}{rcl} 126.40 \times 5.00 = 632.00 & 2.02 \times 126.34 = 255.21 & \\ 126.34 \times 8.79 = 1110.53 & 5.00 \times 123.8 = 619.0 & \\ 123.80 \times 4.20 = 519.96 & 8.79 \times 124.50 = 1034.36 & \\ 124.50 \times 2.02 = \underline{251.49} & 4.20 \times 126.40 = \underline{530.88} & \\ & 2513.98 & 2499.45 \end{array}$$

$$SD = \frac{(2513.98 - 2499.45)}{2} = 7.27m^2$$

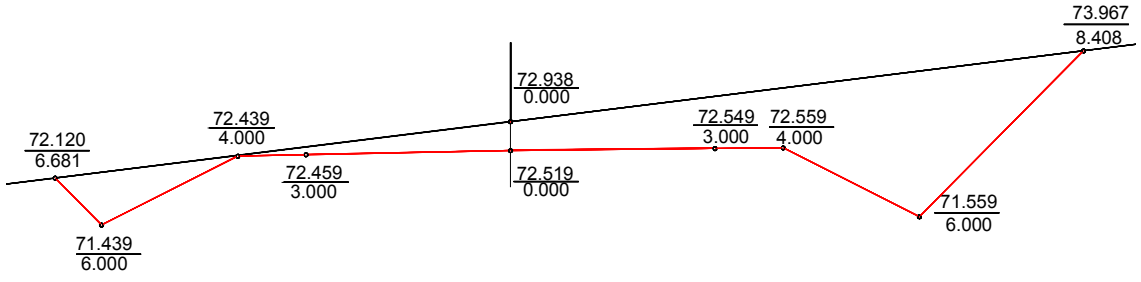
Bu gösterilen örnekte olduğu gibi, bir enkesitin alanının hesaplanması için, enkesiti alınan noktadan geçen bir kesitin; Siyah ve kırmızı kotları, geometrik ve trigonometrik bağıntılar yardımıyla yapılabilir.

Fakat görüldüğü gibi hesaplamalar oldukça uzun ve yorucu olmaktadır. Zaten bir yol projesinde alan ve hacim hesaplarında %100 hassaslık istenmekle beraber pek mümkün olmamaktadır. Ayrıca %100 kesin sonucu da gerek yoktur.

Bunun için enkesitlerin kırık noktalarının hesaplanmasında, milimetrik kağıtlara veya bilgisayar ortamında ölçekle çizilip, istenilen noktaların kot ve eksene olan mesafeleri kolay bir şekilde bulunabilir.

3.2.10.3 Örnek Proje Enkesit Çizimi ve Cross Metodu ile Alan Hesabı

Örnek projede daha önce bulunan siyah kotlar ve boykesit çiziminden sonra elde edilen kırmızı kotlar ile enkesitler çizilir. Eğimler daha önce bahsedildiği şekilde alınacaktır. Enkesitler çizildikten sonra dolgu ve yarma alanlarını cross metodu ile hesaplanır. Şekil 3.63'de 0 + 330.000 km deki enkesit daha detaylı şekilde görülmektedir.



Şekil 3.63 Örnek enkesit çizimi

Açıklama: Şekil 3.63 görülen enkesit, Netcad programı ile çizilmiştir. Şev eğiminin farklı olması programın, arazinin yüzey durumuna göre aynı şev eğimini kabul etmemesindedir. Normal şartlarda şev eğimleri aynı alınmalıdır.

- Sol taraf yarma alanı (SLY):

$72,938 \times 6,681 = 487,299$	$0 \times 72,120 = 0$
$72,120 \times 6,000 = 432,720$	$6,681 \times 71,439 = 477,283$
$71,439 \times 4 = 285,756$	$6 \times 72,439 = 434,634$
$72,439 \times 3 = 217,317$	$4 \times 72,459 = 289,836$
$72,459 \times 0 = 0$	$3 \times 72,519 = 217,557$
$72,519 \times 0 = 0$	$0 \times 72,938 = 0$
-----	-----
1423,092m ²	1419,31m ²

$$SLY = \frac{1423,092 - 1419,31}{2} = 1,890m^2$$

- Sağ taraf yarma alanı (SGY):

$72,938 \times 8,408 = 613,263$	$0 \times 73,967 = 0$
$73,967 \times 6 = 443,802$	$8,408 \times 71,559 = 601,668$
$71,559 \times 4 = 286,236$	$6 \times 72,559 = 435,354$
$72,559 \times 3 = 217,677$	$4 \times 72,549 = 290,196$
$72,549 \times 0 = 0$	$3 \times 72,519 = 217,557$
$72,519 \times 0 = 0$	$0 \times 72,938 = 0$
-----	-----
1560,978m ²	1544,775

$$SGY = \frac{1560,978 - 1544,775}{2} = 8,100 m^2$$

Toplam yarma alanı (0 + 330.000) : 1,890 + 8,100 = 9,990 m²

Şeklinde hesaplanmış olur. Diğer kesitler de aynı şekilde kot ve mesafeleri bulunarak çizilecek ve cross metodu ile hesaplanacaktır.

3.2.11 Onbirinci Modül (Alanlar Diyagramı)

Bu modülde, onuncu modülde hesaplanan yarma ve dolgu alanları baz alınarak alanlar diyagramı çizilecek, diyagramda geçit noktaları var ise hesapları anlatılacak, örnek proje alanlar diyagramı uygulaması yapılacaktır.

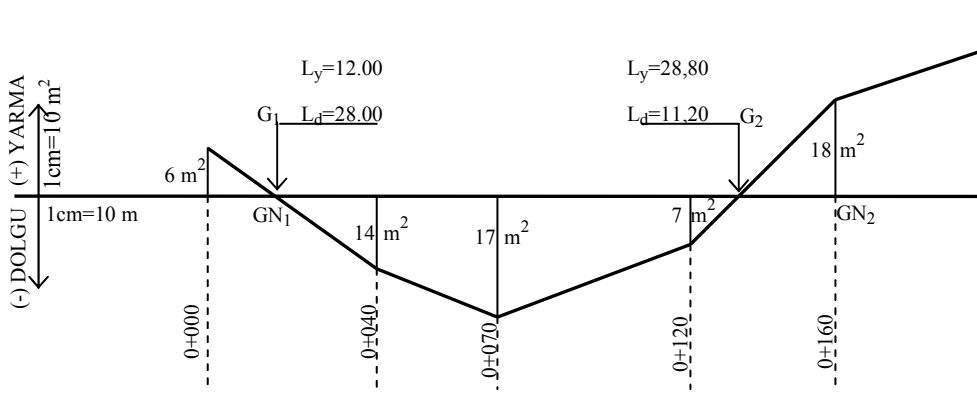
3.2.11.1 Alanlar Diyagramının Çizimi

Hesaplanan enkesit alanları, boykesitte, her enkesite ait ordinatlar üzerine, yarma alanları yukarıya ve dolgu alanları da aşağıya doğru alınacak olursa elde edilen şekle alanlar diyagramı denir (Baban 2000).

Bu eksen takımında kullanılan ölçek eşitlikleri belirtilir (Genellikle 1 cm=10 m²). Belirlenen bu noktalar birleştirildiğinde “ Alanlar Diyagramı” (Şekil 3.62) adı verilen diyagram elde edilmiş olur.

Şekilde de görüldüğü gibi, diyagramın kırık çizgilerinin yatay ekseni kestiği yerlere Geçit Noktası (G.N) adı verilir.

Not: Karışık enkesitlerde, cebirsel farka göre, dolgu veya yarma değeri diyagrama işlenir.

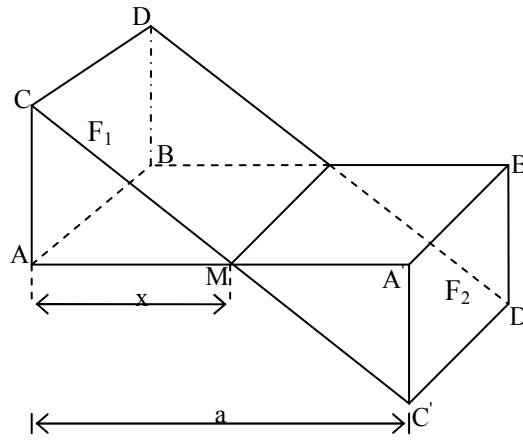


Şekil 3.64 Alanlar diyagramı

3.2.11.2 Geçit Noktalarının (G.N) Hesabı

Alanlar diyagramında yarma ve dolgu alanları arasındaki noktaya geçit noktası (G.N) denir. Bu noktalarda sıfır alan bulunduğu kabul edilir. Bu noktaların, enkesit alınan noktalara göre mesafelerin bilinmesi istenir.

Aşağıda geçit noktalarının hesaplanabilmesine yardım eden sembolik şekil görülmektedir.



Şekil 3.65 Geçit noktası gösterimi

Şekilde;

F_1 = Yarma Alanı

F_2 = Dolma Alanı

$(m-n)$ = Geçiş Dğrusu Sıfır Kesiti

$AA^|$ ve $BB^|$ = Yol Platformu

$CC^|$ ve $DD^|$ = Arazi Eğimleri

a = Kesitler Arası Mesafe

x = Sıfır Kesitinin F_1 'e Uzaklığı

Kesit alanları arasında;

$$\frac{x}{a-x} = \frac{F_1}{F_2} \Rightarrow x.F_2 = F_1(a-x)$$

$$xF_2 = F_1a - x.F_1$$

$$x(F_1 + F_2) = F_1a$$

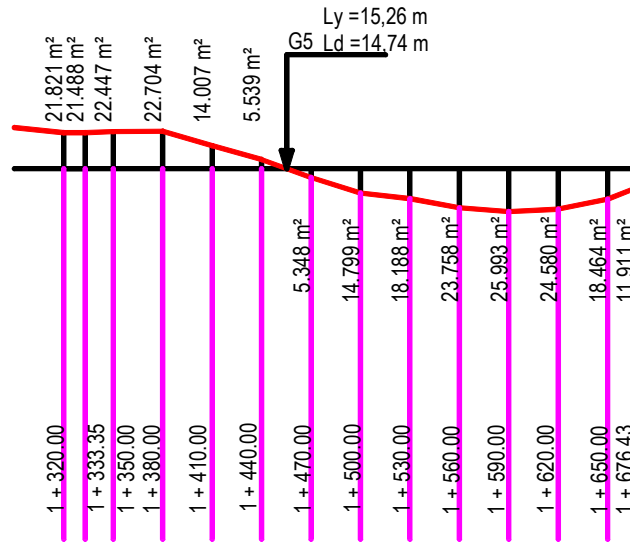
$$x = \frac{F_1a}{F_1 + F_2} \quad (3.107)$$

elde edilir.

3.2.11.3 Örnek Proje Alanlar Diyagramı Uygulaması

Örnek projede enkesitlerden hesaplanan dolgu ve yarma alanlarını, enkesit mesafeleri tarif edildiği şekilde çizilerek alanlar diyagramı oluşturulur. Geçit noklataları hesabı alt başlık altında verilmiştir.

Örnek projede beşinci geçit noktası 1+440 ile 1+470 mesafeleri arasındadır. Şekil 3.66' da görülen geçit noktası hesaplanacak olursa;



Şekil 3.66 Örnek proje G5 (geçit noktası) gösterimi

$$L_y = \frac{F_1 a}{F_1 + F_2}$$

$$L_y = \frac{5,539.30}{5,539 + 5,348}$$

$$L_y = 15,26m$$

$$L_d = 30 - 15,26 = 14,74m$$

Diğer geçit noktaları da aynı yöntem ile hesaplanır.

3.2.12 Onikinci Modül (Hacim Hesapları ve Hacimler Tablosu)

Bu modülde, onbirinci modülde çizilen alanlar diyagramından faydalanarak hacim hesapları yapılacak, hacimler tablosu tanzim edilecek ve bu işlemler örnek projeye de uygulanacaktır

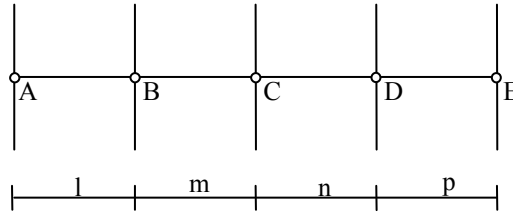
3.2.12.1 Hacim Hesapları

Yol inşaatlarının maliyetinin hesaplanabilmesinde yolda yapılacak kazı ve dolgu miktarlarının bilinmesi gerekir.

Hacim hesapları; enkesit alanları ve bu alanlar arasındaki mesafelerin bilinmesi ile hesaplanabilir. Bu hesaplarda, birbirini izleyen iki enkesit arasındaki parçaların düz olduğu kabul edilir. Bunun için, enkesitler arasındaki mesafelerin fazla olması istenmez. Bu mesafeler 50 m' yi geçmemesi durumunda yapılan hesapların yeterli duyarlılıkta olduğu kabul edilir.

Hacim hesaplarında kullanılan belli başlı metotların açıklamaları aşağıda verilmiştir:

a) Ortalama alan metodu: Bu metotta, birbirini izleyen iki kesit alanlarının toplamının yarısı, bu iki enkesit arasındaki mesafe ile çarpımı kullanılır.



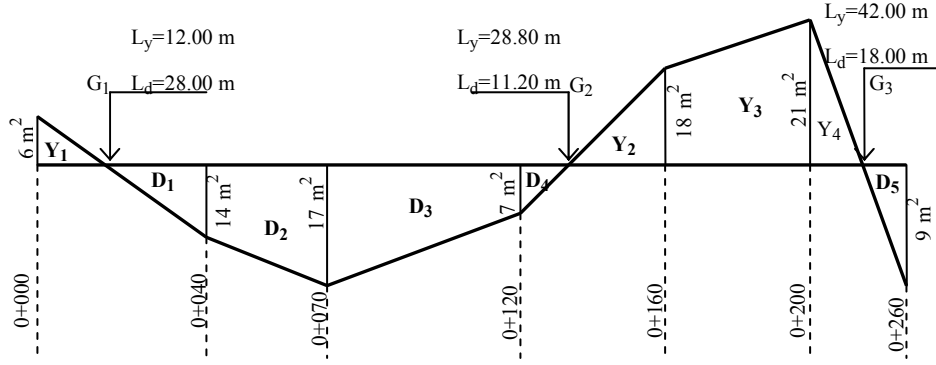
Şekil 3.67 Ortalama alan metodu örneği

Şekil 3.67' deki kesitlere bakılarak ortalama alan metodu' na göre hacim formülü:

$$V = \frac{A+B}{2}l + \frac{B+C}{2}m + \frac{C+D}{2}n + \frac{D+E}{2}p \quad (3.108)$$

Örnek 1

Aşağıda alanlar diyagramı verilen hattın yarma ve dolgu hacimlerini hesaplayınız (Şekil 3.68) ?



Şekil 3.68 Örnek 1'in alanlar diyagramı

$$V_{D_1} = \frac{0+14}{2} 28,0 = 196.00m^3$$

$$V_{D_2} = \frac{14+17}{2} 30.0 = 465.00m^3$$

$$V_{D_3} = \frac{17+7}{2} 50.0 = 600.00m^3$$

$$V_{D_4} = \frac{7+0}{2} 11.20 = 39.20m^3$$

$$V_{D_5} = \frac{0+9}{2} 18.0 = 81.00m^3$$

$$\Sigma V_D = 1381.20m^3$$

$$V_{Y_1} = \frac{6+0}{2} 12.0 = 6.00m^3$$

$$V_{Y_2} = \frac{0+18}{2} 28.80 = 259.20m^3$$

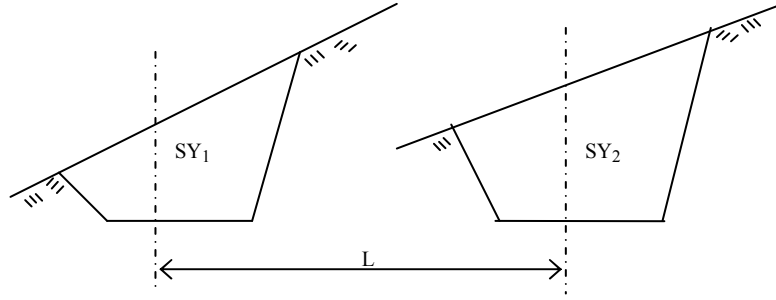
$$V_{Y_3} = \frac{18+21}{2} 40.0 = 780.00m^3$$

$$V_{Y_4} = \frac{21+0}{2} 42.0 = 441.00m^3$$

$$\Sigma V_Y = 1516.20m^3$$

Birbirini takip eden kesitlerin pozisyonlarına göre hacim formülleri aşağıda belirtilmiştir;

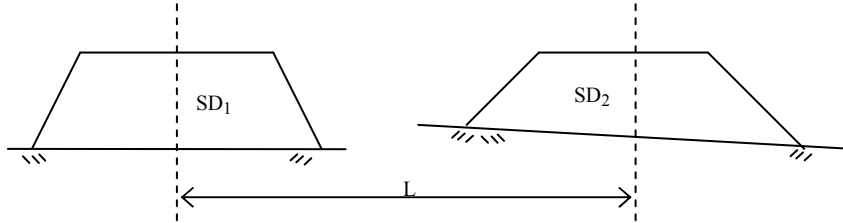
- Her iki kesitin yarma olması durumu:



Şekil 3.69 Her iki kesitin yarma olması durumu

$$V_{1-2} = \frac{SY_1 + SY_2}{2} L \quad (3.109)$$

- Her iki kesitin dolgu olması durumu:

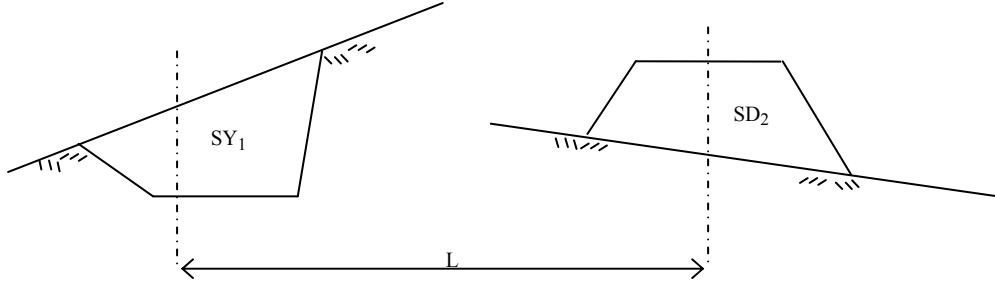


Şekil 3.70 Her iki kesitin dolgu olması durumu

$$V_{1-2} = \frac{SD_1 + SD_2}{2} L \quad (3.110)$$

- Her iki kesitin farklı olması durumunda:

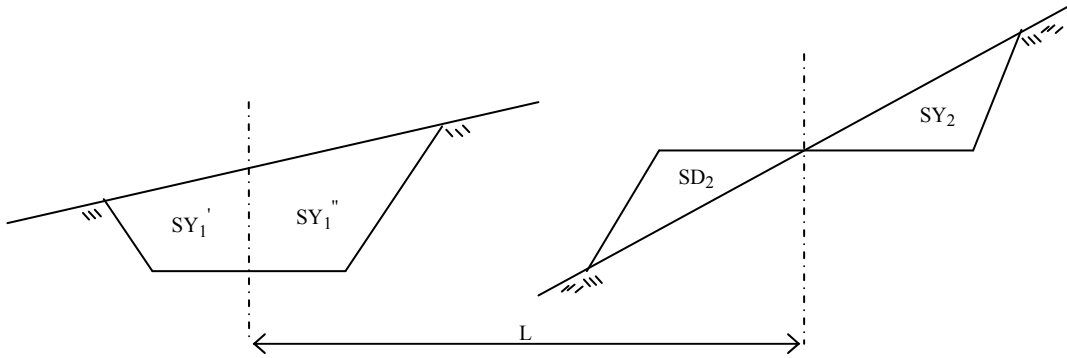
$$V_y = \frac{(SY_1)^2}{2(SY_1 + SD_2)} L \quad (3.111)$$



Şekil 3.71 Her iki kesitin farklı olması durumu

$$V_d = \frac{(SD_2)^2}{2(SY_1 + SD_2)} L \quad (3.112)$$

- Kesitlerden biri dolgu veya yarma, diğeri karışık kesit olması durumu:

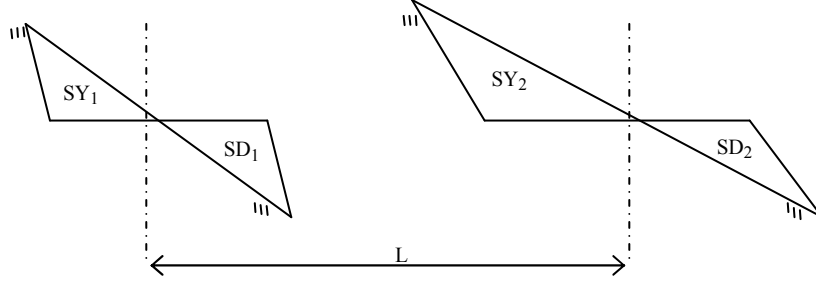


Şekil 3.72 Kesitlerden biri dolgu veya yarma; diğeri karışık kesit olması durumu

$$\left. \begin{aligned} V_{y_1} &= \frac{SY_1'' + SY_2}{2} L \\ V_{y_2} &= \frac{(SY_1')^2}{2(SY_1' + SD_2)} L \end{aligned} \right\} V_y = V_{y_1} + V_{y_2} \quad (3.113)$$

$$V_{D_2} = \frac{(SD_2)^2}{2(SY_1' + SD_2)} L \quad (3.114)$$

- Kesitlerin her ikisinin karışık olması durumu

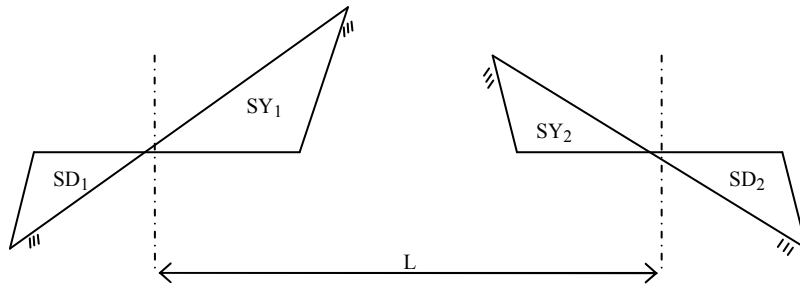


Şekil 3.73 Kesitlerden her ikisinin karışık olması durumu

$$V_Y = \frac{SY_1 + SY_2}{2} L \quad (3.115)$$

$$V_D = \frac{SD_1 + SD_2}{2} L \quad (3.116)$$

- Zıt yönlü karışık kesit olması durumu:

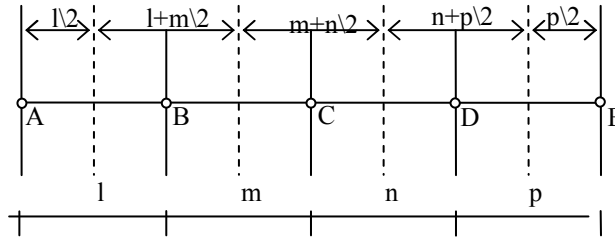


Şekil 3.74 Zıt yönlü karışık kesit olması durumu

$$\left. \begin{aligned} V_{D_1} &= \frac{(SD_1)^2}{2(SD_1 + SY_2)} L \\ V_{D_2} &= \frac{(SD_2)^2}{2(SY_1 + SD_2)} L \end{aligned} \right\} V_D = V_{D_1} + V_{D_2} \quad (3.117)$$

$$\left. \begin{aligned} V_{Y_1} &= \frac{(SY_1)^2}{2(SY_1 + SD_2)} L \\ V_{Y_2} &= \frac{(SY_2)^2}{2(SY_2 + SD_1)} L \end{aligned} \right\} V_y = V_{Y_1} + V_{Y_2} \quad (3.118)$$

b) Tatbik mesafesi metodu: En çok kullanılan metot olup, kesitler üzerindeki hacimleri hesaplamak için her bir kesitin bir önceki ve bir sonraki kesitlere olan mesafelerinin toplamlarının yarısının kesit alanı ile çarpılmasıyla bulunabilir.



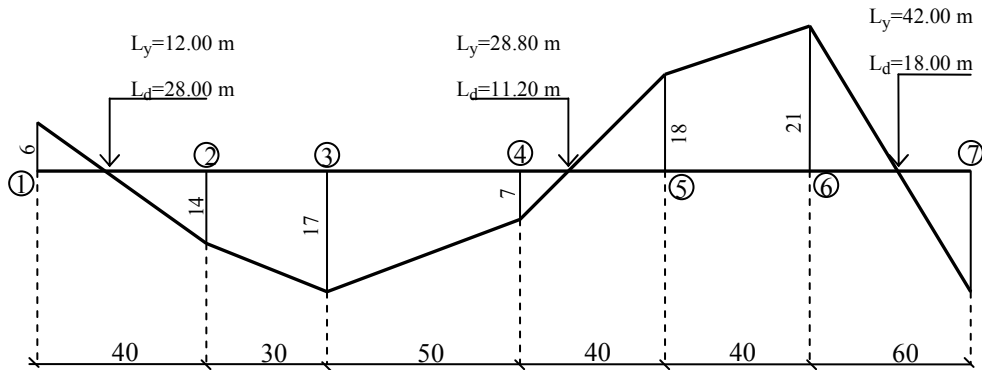
Şekil 3.75 Tatbik mesafesi metodu gösterimi

- A - E boyunca yapılacak toprak işinin hacmi:

$$V = A \frac{l}{2} + B \frac{l+m}{2} + C \frac{m+n}{2} + D \frac{n+p}{2} + E \frac{p}{2} \quad (3.119)$$

Örnek 2

“Ortalama Alanlar Metodunun” örnek çözümünü tatbik mesafesi metodu ile hesaplayınız ?



Şekil 3.76 Örnek 2 tatbik mesafesi metodu

Tatbik mesafeleri;

$$1.\text{Kesit} = \frac{12}{2} = 6m.$$

$$2.\text{Kesit} = \frac{28 + 30}{2} = 29m.$$

$$3.\text{Kesit} = \frac{30 + 50}{2} = 40m.$$

$$4.\text{Kesit} = \frac{50 + 11.20}{2} = 30.6m.$$

$$5.\text{Kesit} = \frac{28.80 + 40}{2} = 34.4m.$$

$$6.\text{Kesit} = \frac{40 + 42}{2} = 41m.$$

$$7.\text{Kesit} = \frac{18}{2} = 9m.$$

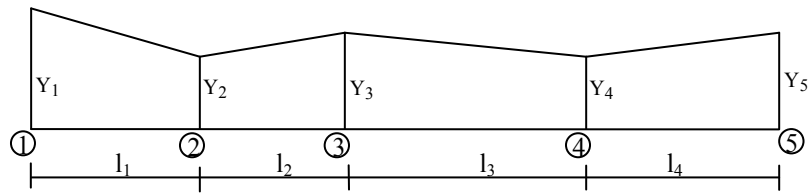
Buradan;

$$V_y = (6 \times 6) + (18 \times 34.4) + (21 \times 41) = 1516.2m^3$$

$$V_D = (14 \times 29) + (17 \times 40) + (7 \times 30.6) + (9 \times 9) = 1381.2m^3$$

Bu metotta da, enkesitlerin farklı pozisyonlarına göre tatbik mesafelerinin hesaplanmaları aşağıdaki gibi olur:

- Enkesitlerin yarma olması durumu:



Şekil 3.77 Enkesitlerin yarma olması durumunda tatbik mesafeleri

$$1.\text{Kesit İçin Tatbik Mesafesi} = \frac{l_1}{2}$$

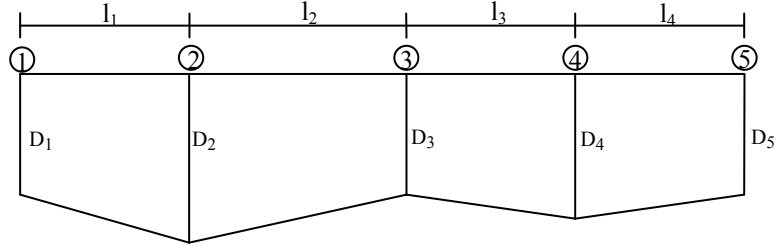
$$2.\text{Kesit İçin Tatbik Mesafesi} = \frac{l_1 + l_2}{2}$$

$$3.\text{Kesit İçin Tatbik Mesafesi} = \frac{l_2 + l_3}{2}$$

$$4.\text{Kesit İçin Tatbik Mesafesi} = \frac{l_3 + l_4}{2}$$

$$5.\text{Kesit İçin Tatbik Mesafesi} = \frac{l_4}{2}$$

- Enkesitlerin dolgu olması durumu:



Şekil 3.78 Enkesitlerin dolgu olması durumunda tatbik mesafeleri

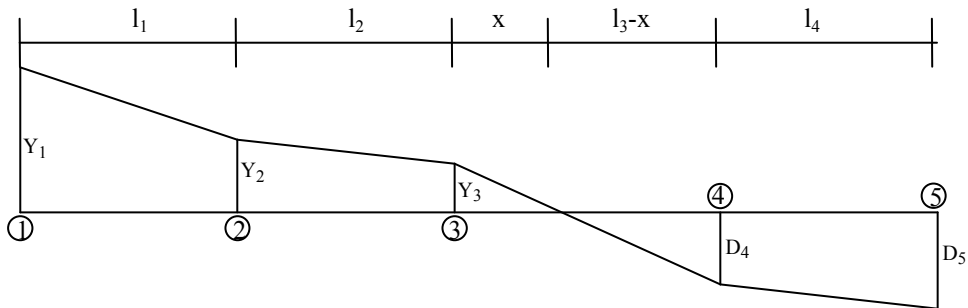
$$1.\text{Kesit İçin Tatbik Mesafesi} = \frac{l_1}{2}$$

$$2.\text{Kesit İçin Tatbik Mesafesi} = \frac{l_1 + l_2}{2}$$

$$3.\text{Kesit İçin Tatbik Mesafesi} = \frac{l_2 + l_3}{2}$$

$$4.\text{Kesit İçin Tatbik Mesafesi} = \frac{l_3 + l_4}{2}$$

$$5.\text{Kesit İçin Tatbik Mesafesi} = \frac{l_4}{2}$$



Şekil 3.79 Enkesitlerin dolgu ve yarma olması durumunda tatbik mesafeleri

$$1.\text{Kesit İçin Tatbik Mesafesi} = \frac{l_1}{2}$$

$$2.\text{Kesit İçin Tatbik Mesafesi} = \frac{l_1 + l_2}{2}$$

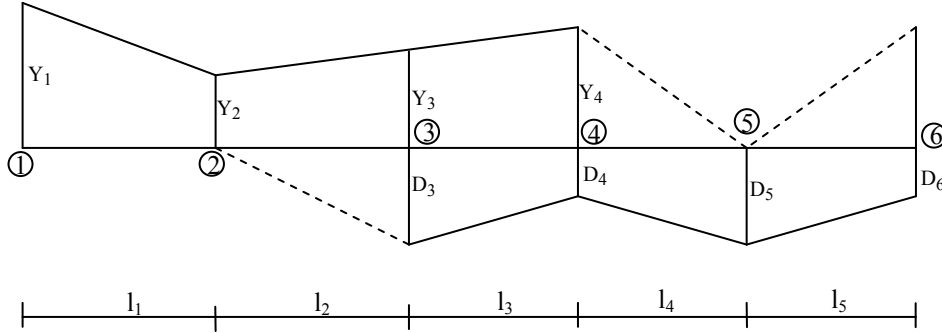
$$3.\text{Kesit İçin Tatbik Mesafesi} = \frac{l_2 + x}{2}$$

$$4.\text{Kesit İçin Tatbik Mesafesi} = \frac{(l_3 - x) + l_4}{2}$$

$$5.\text{Kesit İçin Tatbik Mesafesi} = \frac{l_4}{2}$$

Burada; $x = \frac{Y_3 + l_3}{Y_3 + D_4}$ olur.

Enkesitlerin karışık olma durumu:



Şekil 3.80 Enkesitlerin karışık olması durumunda tatbik mesafeleri

$$1.\text{Kesit İçin Tatbik Mesafesi} = \frac{l_1}{2}$$

$$2.\text{Kesit İçin Tatbik Mesafesi} = \frac{l_1 + l_2}{2}$$

$$3.\text{Kesit İçin Tatbik Mesafesi} = \frac{l_2 + l_3}{2} \text{ (Yarma İçin)}$$

$$3.\text{Kesit İçin Tatbik Mesafesi} = \frac{l_2}{3} + \frac{l_3}{2} \text{ (Dolgu İçin)}$$

$$4.\text{Kesit İçin Tatbik Mesafesi} = \frac{l_3}{2} + \frac{l_4}{3} \text{ (Yarma İçin)}$$

$$4.\text{Kesit İçin Tatbik Mesafesi} = \frac{l_3 + l_4}{2} \text{ (Dolgu İçin)}$$

$$5.\text{Kesit İçin Tatbik Mesafesi} = \frac{l_4 + l_5}{2}$$

$$6.\text{Kesit İçin Tatbik Mesafesi} = \frac{l_5}{3} \text{ (Yarma İçin)}$$

$$6.\text{Kesit İçin Tatbik Mesafesi} = \frac{l_5}{2} \text{ (Dolma İçin)}$$

Yukarıdaki açıklamalar ışığında yol guzergahındaki yarma ve dolgu hacimleri hesaplanır.

Not: Bu hesaplamalarda zemini kabarma ve sıkışma yüzdeleri göz önüne alınır. Sıkışma miktarları; hacimlerden çıkarılarak, kabarma miktarları; hacimlere ilave edilerek hesaplamalar yapılır

3.2.12.2 Hacimler Tablosunun veya Kbaj Cetvelinin Tanzimi

Toprak tesviye işlerinin miktarlarını hesaplayabilmek için “ Kbaj Cetveli ” adı verilen cetveller düzenlenir. Boykesit ve Enkesit hesaplamalarından faydalanılarak bu cetvel doldurulur. Bu cetvellerde (izelge 3.14)

- Her enkesit no' su
- Enkesit km' si
- Enkesitler ara mesafeleri
- Geçit noktaları hesapları
- Enkesitler tatbik Mesafeleri
- Enkesitlere ait yarma ve dolgu alanları
- Enkesitlerin tatbik mesafelerinde oluşturduğu yarma ve dolgu hacimleri
- Karışık enkesitlerin hacimleri arasındaki farklar

- Sıkışma ve kabarma %' leri
- Dengelenmeyen, açık kalan yarma ve dolgu hacimleri
- Brückner, toprak kitlelerinin dengeleme diyagramına basamak oluşturan sütun (başlangıçtan itibaren cebirsel toplamlar)

Bu durumda hacimler tablosundaki kolonları sırasıyla incelenirse:

1.Kolon= Bu kolona enkesit no' ları yazılır. Bu işlem, proje üzerindeki kesit numaralarını kapsar.

2.Kolon= Enkesit km' leri yazılır. Her enkesitin km' si kendinden evvel gelen enkesitin km' sine, iki enkesit arasındaki ara mesafe eklenerek bulunur. (proje üzerinden alınabilir)

3.Kolon= Enkesitler arasındaki ara mesafeler yazılır. Bu işlem enkesit km' lerinin ara hizasına yazılır.

4.Kolon= Geçit noktalarının (G.N) krokilerini ve ilgili enkesitlere olan uzaklıklarının işlendiği kolondur. Geçit noktaları, tam yarma ve tam dolgu alanları arasında meydana gelir. Her zaman birbirini takip eden iki enkesit arasında olduğundan, söz konusu kroki ile ilgili enkesiti ayıran yatay satır çizgisi üzerine işlenir.

5A ve 5B Kolon= Enkesitler ait tatbik mesafelerinin işlendiği kolondur. Bu bilgilerin doğru hesaplanması gerekir.

- Enkesit tam yarma ise; 5A' ya
- Enkesit tam dolgu ise; 5B' ye
- Enkesit karışık olma durumunda

Yarma alanına ait tatbik mesafesi;5A' ya

Dolgu alanına ait tatbik mesafesi; 5B' ye yazılır.

6A ve 6B Kolon= Enkesitlere ait yarma ve dolgu alanları işlenir.

- Yarma alanları; 6A' ya
- Dolma alanları; 6B' ye

- Karışık enkesitlerde;

Yarma Alanı; 6A' ya

Dolgu Alanı; 6B' ye yazılır.

7A ve 7B Kolon= Her bir enkesit alanının kendi tatbik mesafesi içinde meydana gelen toprak hacimleri;

- Yarma hacimleri; 7A' ya

- Dolgu hacimleri; 7B' ye

- Karışık enkesitlerde;

Yarma kısımları; 7A' ya

Dolgu kısımları; 7B' ye yazılır.

8.Kolon= Bu kolon yalnız, karışık enkesitlerde kullanılır. Böyle kesitlerde yarma ve dolgu hacimlerinden birbirine hareket halinde olan kısmı, yani genellikle bu hacimlerden küçük olanı bu kolona yazılır.

9. ve 10.Kolon= Yarma ve dolgu, birbirine göre fazla kalan kısımları bu kolonlara yazılır.

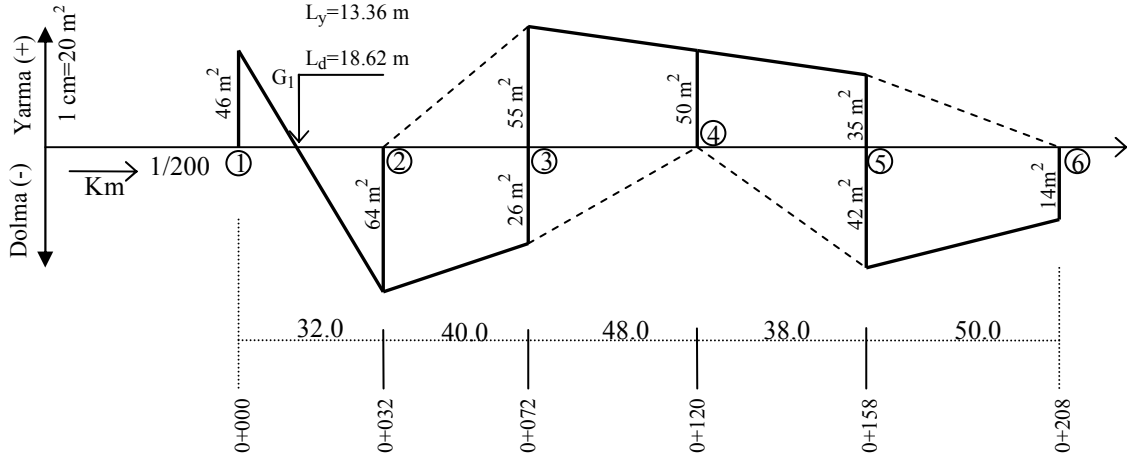
11.Kolon= Başlangıçtan itibaren yarma ve dolgu hacimlerinin cebirsel toplamalarının yazıldığı kolondur. Yarmalar (+), dolgular (-) işareti kabul edilerek 9.ve 10. kolondan faydalanarak, 11A ve 11B kolonları doldurulur. (9.ve 10.kolondaki değerler cebirsel toplanır (+) çıkarsa; 11A' ya, (-) çıkarsa; 11B' ye yazılır.

Örnek 3

Aşağıdaki örneğin hacim tablosunu doldurunuz?

Yapılan işlemlerin ve doldurulan tablonun doğruluğunu kontrol etmek için aşağıdaki yöntemler kullanılır:

- **Kontrol-1** → $\sum K7A - \sum K7B = S.C.T$ olmalıdır.
- **Kontrol-2** → $\sum K8 + \sum K9 = \sum K7A$ olmalıdır.
- **Kontrol-3** → $\sum K8 + \sum K10 = \sum K7B$ olmalıdır.



Şekil 3.81 Örnek 3' ün alanlar diyagramı (Akbulut 2004)

Örnek kontrol edilirse;

- * $\sum K7A = 5759.340$
- * $\sum K7B = 4743.980$
- * $\sum K8 = 2184.450$
- * $\sum K9 = 3574.890$
- * $\sum K10 = 2559.530$
- * $S.C.T = 1015.360$

- **Kontrol-1**→5759.340-4743.980 = 1015.36
- **Kontrol-2**→2184.45+3574.890 = 5759.34
- **Kontrol-3**→2184.45+2559.53 = 4773.98

Çizelge 3.15 Hacimler tablosu (Akbulut 2004)

1	2	3	4	5		6		7		8	9	10	11		
				A	B	A	B	A	B				A	B	
				ENKESİT ALAN TATBİK MESAFE		ALANLAR		HACİMLER					BAŞLANGIÇTA CEBİRSEL TOPLAM		
ENKESİT NO	ENKESİT KM	ARA MESAFE	GEÇİT NOKTASI HESABI	YARMA	DOLGU	YARMA	DOLGU	YARMA	DOLGU	KENDİ KESİTİNDE KULLANILAN M ³	YARMANIN DOLGUDAN FAZLASI M ³	DOLGUNUN YARMADAN FAZLASI M ³	YARMA M ³	DOLGU M ³	
1	0 + 0.00	32		6.	-	46	-	307.	-	-	307.	-	307.	-	
2	0 + 032			-	29.	-	64	-	1875.	-	-	-	1685.	-	1568
3	0 + 072			37.	36	55	26	2053.	936	936	1117.	-	-	451	
4	0 + 120			43	-	50	-	2150	-	-	2150	-	1699.	-	
5	0 + 158			35.	37.	35	42	1248.	1582.	1248.	-	333.	1365.	-	
6	0 + 208			-	25	-	14	-	350	-	-	350	1015.	-	
								ΣK 7A	ΣK 7B	ΣK8	ΣK9	ΣK10	SON CEBİRSEL TOPLAM (S.C.T.)		

3.2.12.3 Örnek Proje Hacim Hesapları ve Hacimler Tablosunun Tanzimi

Örnek projede hacim hesabını yaparken, tatbik mesafeleri yöntemi kullanılıp, buna göre hacim tablosunu tanzim edilmiştir. Projede enkesit noktaları fazla olduğu için ve dolayısıyla alanlar diyagramı sayfaya sığmayacağı için ilk on enkesit noktası için işlem yapılacaktır.

Tatbik mesafeleri hesabı :

1. Enkesit için : $30 / 2 = 15$ (yarma için)
2. Enkesit için : $(30 + 30) / 2 = 30$ (yarma için)
3. Enkesit için : $(30 / 2) + (30 / 3) = 25$ (yarma için)
 $(30 / 2) + (30 / 3) = 25$ (dolgu için)
4. Enkesit için : $(30 + 30) / 2 = 30$ (dolgu için)
5. Enkesit için : $(30 + 30) / 2 = 30$ (dolgu için)
6. Enkesit için : $(30 + 30) / 2 = 30$ (dolgu için)
7. Enkesit için : $(30 + 30) / 2 = 30$ (dolgu için)
8. Enkesit için : $(30 + 30) / 2 = 30$ (dolgu için)
9. Enkesit için : $(30 + 30) / 2 = 30$ (dolgu için)
10. Enkesit için : $(30 + 30) / 2 = 30$ (dolgu için)

Hacim hesapları :

1. Enkesit için : $15 \text{ m} \times 99,962 \text{ m}^2 = 1499,43 \text{ m}^3$ (yarma)
2. Enkesit için : $30 \text{ m} \times 44,138 \text{ m}^2 = 1324,14 \text{ m}^3$ (yarma)
3. Enkesit için : $25 \text{ m} \times 4,232 \text{ m}^2 = 105,80 \text{ m}^3$ (yarma)
 $25 \text{ m} \times 0,501 \text{ m}^2 = 12,530 \text{ m}^3$ (dolgu)
4. Enkesit için : $30 \text{ m} \times 23,174 \text{ m}^2 = 695,22 \text{ m}^3$ (dolgu)
5. Enkesit için : $30 \text{ m} \times 51,141 \text{ m}^2 = 1534,23 \text{ m}^3$ (dolgu)
6. Enkesit için : $30 \text{ m} \times 76,40 \text{ m}^2 = 2292,00 \text{ m}^3$ (dolgu)
7. Enkesit için : $30 \text{ m} \times 104,113 \text{ m}^2 = 3123,39 \text{ m}^3$ (dolgu)
8. Enkesit için : $30 \text{ m} \times 135,182 \text{ m}^2 = 4055,46 \text{ m}^3$ (dolgu)
9. Enkesit için : $30 \text{ m} \times 125,325 \text{ m}^2 = 3759,75 \text{ m}^3$ (dolgu)
10. Enkesit için : $30 \text{ m} \times 110,857 \text{ m}^2 = 3325,71 \text{ m}^3$ (dolgu)

1. **Kolon** : Enkesit nokta numarasının yazıldığı kolondur.

2. **Kolon** : Enkesit km sini bir önceki ara mesafe ile toplayarak yazılır.

3. **Kolon** : Ara mesafelerin yazıldığı kolondur.

4. **Kolon** : Geçit noktası var ise çizim olarak gösterildiği kolondur.

5A ve 5B kolonu : Enkesit alanlarının tatbik mesafelerinin yazıldığı kolondur.Tam yarma ile 5A ya tam dolgu ise 5B ye yazılır.

6A ve 6B kolonu : Yarma ve dolgu alanlarının yazıldığı kolondur.Yarma ise 6A ya dolgu ise 6B ye yazılır.

7A ve 7B kolonu : Yarma ve dolgu hacimlerinin yazıldığı kolondur.Yarma ise 7A ya dolgu ise 7B ye yazılır.

8. Kolon : Kendi kesitinde kullanılan hacmin yazıldığı kolondur, genelde dolgu ve yarma hacimlerinden küçük olan değer buraya yazılır.

9. Kolon : Yarmanın dolgudan fazlasının yazıldığı kolondur.

10. Kolon : Dolgunu yarmadan fazlasının yazıldığı kolondur.

11. Kolon : Başlangıçtan cebirsel toplamın yazıldığı kolondur.Sonuç yarma çıkıyor ise 11A ya dolgu çıkıyor ise 11B ye yazılır.

Çizelge 3.16 Örnek yol projesi ilk on enkesite ait hacimler tablosu

1	2	3	4	5		6		7		8	9	10	11	
				A	B	A	B	A	B				A	B
				ENKESİT ALAN TATBİK MESAFE		ALANLAR		HACİMLER					BAŞLANGIÇTA CEBİRSEL TOPLAM	
ENKESİT NO	ENKESİT KM	ARA MESAFE	GEÇİT NOKTASI HESABI	YARMA	DOLGU	YARMA	DOLGU	YARMA	DOLGU	KENDİ KESİTİNDE KULLANILAN M ³	YARMANIN DOLGUDAN FAZLASI M ³	DOLGUNUN YARMADAN FAZLASI M ³	YARMA M ³	DOLGU M ³
1	0+000			15		99.962		1499.43	0.00	0	1499.43		1499.43	0
2	0+030	30		30		44.138		1324.14	0.00	0	1324.14		2823.57	0
3	0+060	30		25	25	4.232	0.501	105.80	12.53	12.53	93.28		2916.85	0
4	0+090	30			30		23.174	0.00	695.22	0		695.22	2221.63	0
5	0+120	30			30		51.141	0.00	1534.23	0		1534.23	687.40	0
6	0+150	30			30		76.4	0.00	2292.00	0		2292.00	0	1604.61
7	0+180	30			30		104.113	0.00	3123.39	0		3123.39	0	4728.00
8	0+210	30			30		135.182	0.00	4055.46	0		4055.46	0	8783.46
9	0+240	30			30		125.325	0.00	3759.75	0		3759.75	0	12543.21
10	0+270	30			30		110.857	0.00	3325.71	0		3325.71	0	15868.92

3.2.13 Onüçüncü Modül (Bruckner Diyagramı ve Ekonomik Taşın Mesafesi)

Bu modülde, onikinci modülde tanzim edilen hacimler tablosu yardımıyla bruckner diyagramı çizimi açıklanacak, ekonomik taşın mesafeleri hesaplanacak aynı işlemler örnek projeye uygulanacaktır.

3.2.13.1 Bruckner Diyagramı

Bu tarife göre, ana dağıtım çizgileri hacimler diyagramını başlangıç ve bitiş noktasından yatay olarak geçebilir.

Örnekte, diyagramın (a) başlangıç noktasından geçen ana dağıtım çizgisi, (L) noktasında kesmektedir. Örnekteki bir diğer ana dağıtım çizgisi, hacimler diyagramının son noktası olan (h)' dan yatay olarak geçirilen ve diyagramı (K) noktasında kesen ana dağıtım çizgisidir. Görüleceği üzere, bir ana dağıtım çizgisi ile ilgili her türlü şart yerine gelmektedir.

Ana dağıtım çizgileri aynı zamanda ana dengeleme çizgileri olarak da ifade edilirler.

Örnek şeklinden de görüldüğü gibi, (\overline{aL}) ana dağıtım çizgisinin kattığı hacimler diyagramının parçası veya brückner diyagramı parçası tamamen dengelenmiş durumdadır. Yani, yarma ve dolgu hacimleri eşit ve birbirine taşınabilir olan bir diyagram parçasıdır. (Kütleler diyagramında; yükselen kesimler boykesitte yarmaya, alçalan kesimler dolguya karşılık gelir.).

Yukarıda açıklanan hususları da detaylı ifade etmeye çalışılırsa; Örnekte ana dağıtım çizgisi (a.L)' nin kapattığı (a, b, c, d, l, a) brückner diyagramı parçasında, (a, b, c) değerleri yükselen değerler olup (a) noktasından (c) noktasına kadar ("a"ve "c" noktalarının ordinatları farkı kadar) yarma hacmi birikmiştir.

$$Y_c=6400 \text{ m}^3, Y_a=2000 \text{ m}^3$$

a, b, c boyunca biriken Yarma= $Y_c - Y_a = 6400 - 2000 = 4400 \text{ m}^3$ (yarma)

Bu kez (\overline{aL}) A.D.Ç'in kapattığı brückner diyagramının, alçalan kesimleri olan (c, d, l) değerleri boyunca biriken dolgu hacimlerini hesaplanır. Buradaki dolgu hacimleri de; (c) ve (L) noktalarının ordinat farkları olmaktadır.

Not: İki noktanın ordinat farkı bulunurken, daima sağdaki noktanın ordinatından, soldaki noktanın ordinatı çıkartılır.

$$Y_L = 2000 \text{ m}^3 \quad Y_C = 6400 \text{ m}^3$$

c, d, l boyunca biriken dolgu= $Y_L - Y_C = 2000 - 6400 = -4400 \text{ m}^3$ (dolgu)

Yukarıda ifade edilen durumlara göre;

Bruckner Diyagramında Yükselen Diyagram Boyunca Biriken Yarma Hacimleri	=	Buruckner Diyagramında Alçalan Diyagram Boyunca Biriken Dolma Hacimleri
---	---	---

Şekil 3.82 Bruckner diyagramı eşitliği

şeklinde ifade edilebilir. Bu durumda ana dağıtım çizgisi aynı zamanda ana dengeleme çizgisi anlamındadır. Bunun anlamı; söz konusu bruckner diyagramı parçasında, yarma ve dolgu hacimleri eşit ve birbirine taşınabilir durumdadır. Bir başka ifadeyle kapalı devre oluşmuştur.

Not: Ana dağıtım çizgisi üstünde kalan taşıma yönü soldan sağa doğru olacaktır. Örnekteki diğer kısım olan, (\overline{Kh}) ana dağıtım çizgisinin kapattığı (K,e,f,g,h,K) bruckner diyagram parçası da tamamen kapalı devre oluşturmaktadır.

(K, e, f) boyunca alçalan kesimde dolgu hacimleri, (f) ve (K) noktalarını ordinat farkları;

$$Y_f = -4200 \text{ m}^3 \quad Y_K = -2300 \text{ m}^3$$

(K, e, f) biriken dolgu hacmi= $Y_f - Y_k = (-4200) - (-2300) = -1900 \text{ m}^3$ dolgu.

Yine brückner diyagram parçasının (f, g, h) yükselen kesiminde biriken yarma hacmi, (h) ve (f) noktalarının ordinat farklarıdır.

$$Y_h = -2300 \text{ m}^3 \quad Y_f = -4200 \text{ m}^3$$

(f, g, h) biriken yarma hacmi = $Y_h - Y_f = (-2300) - (-4200) = +1900 \text{ m}^3$ yarma

Not: Ana dağıtım çizgisi altında kalan taşıma yönü sağdan – sola doğru olacaktır.

Verilen örnek şekli incelemeye devam edersek;

Diyagramın alçalan (\overline{LK}) kolunu, (a) diyagram başlangıcı ve (h) diyagram son noktası arasında geçirilecek hiçbir yatay çizgi 2 noktada kesemez. Buradan çıkan sonuç: '(LK)' da biriken dolgu hacimleri, dengelenemeyen hacimlerdir.

Burada biriken ve dengelenmeyen dolgu hacmi veya açığı hesaplanırsa;

$$\text{Dolgu Hacmi Açığı} = Y_K - Y_L = (-2300) - (+2000) = -4300 \text{ m}^3 \text{ dolgu}$$

Buradan açıklandığı gibi her yol projesinde dolgu veya yarma açığı veya fazlası olabilmektedir.

Bu durumlar için ariyet veya depo alanlarından faydalanılabilir.

Sözü edilen bu tip dengelenemeyen açıklar (burada dolgu) merkezi bir yerde kiralanan ariyet ocaklarından ya da yol eksenine paralel ve 30 m. mesafede bulunan (toprağı alınmak için kiralınmış) şerit şeklindeki yan depo'dan kazılarak dolgu yapılabilecektir.

Not: Örnek projede, dengelenemeyen açıklar 30m. mesafede bulunan yan ariyet sahalarından alındığı kabul edilerek brückner diyagramı düzenlenecektir.

Tekrar örneğe dönülecek olursa, dengelenemeyen (-4300 m³)' lük dolgu ihtiyacını, brückner diyagramında grafik olarak gösterilmek istenirse;

Denge hacmini oluşturan (LK) alçalan hattı, çizim ölçeği göz önüne alınarak (30 m' lik taşıma mesafesi= 1,5 cm) kendisine paralel olarak (sağa – sola) kaydırılır. Örnekte görüldüğü gibi bu işlem sonucu (L' K') doğrusu elde edilmiştir. Daha sonra LL' ve KK' yatay doğrularıyla (LL' KK') paralel kenarı elde edilir.

Burada (L' K') doğrusu yol proje eksenine 30m mesafede bulunan yan ariyet sahasından kazılarak getirilecek 4300 m³ lük toprak hacmini göstermektedir. Bu kısma, taşıma yönüne göre bir ok (←) konularak üzerine (30 m yan ariyet) yazısı yazılır.

Burada görülen, 4300 m³ lük toprak hacminin taşın momentini bulmak için;

Taşın momentini= toprak hacmi x taşıma mesafesi bağıntısıyla bulunabilir.

Buna göre, örnekteki taşın momentini;

$$\text{Taşın momentini} = 4300 \times 30 = 129000 \text{ m}^4$$

➤ Ana dağıtım çizgileri, brückner diyagramını ne kadar çok noktada keserse, o ölçüde ekonomik olacaktır. Yani dengesiz veya dengelenemeyen dolgu ve yarma hacimleri azalacak, böylece yan depo veya yan ariyet taşımaları azalacaktır.

3.2.13.2 Ekonomik Taşıma Mesafeleri

Birçok şantiyede her türlü araç – gereç - makine bulunmayabilir. Hele, küçük boyutlu şantiye ve taşeronlarda bu durum daha açık bir şekilde görülür. Bu tür kimseler yaptıkları işlerde, eğer makine ve ekipmanları yetersiz kalırsa işin uzmanı bir başka taşeron kullanımına gider.

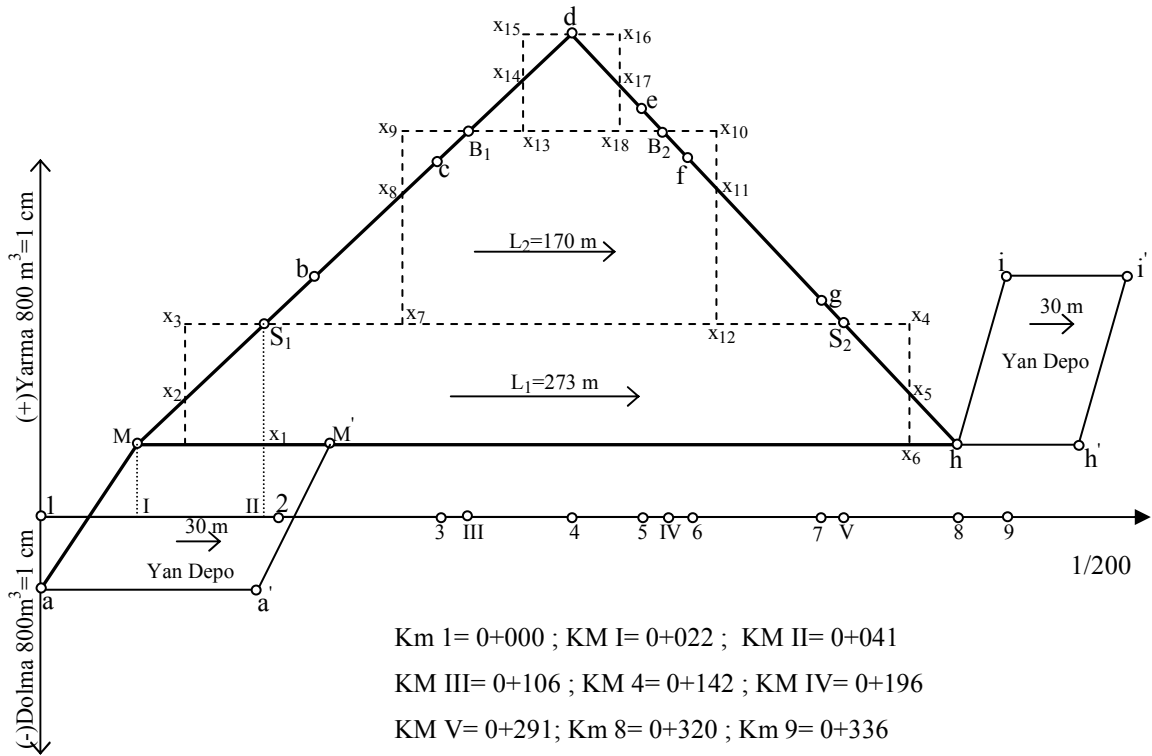
Bu yüzden öğrenci projesinde Çizelge 3.17’deki cinsleri ve ekonomik taşıma mesafeleri verilmiş birkaç tip makine ve araca göre hesaplamalar yapılacaktır.

Çizelge 3.17 Araç cinsleri ve ekonomik taşıma mesafeleri

ARAÇ CİNSİ	EKONOMİK TAŞIMA MESAFESİ
Dozer/Buldozer	0-90 m
Skreyper(Çekili)	90-250 m
Motorlu Skreyper	250-1500 m

Brückner diyagramında, ana dağıtım çizgilerini geçirdikten sonra elde edilen dengelenmiş veya kapalı devre bu işlemin özünü oluşturur.

Bunun için aşağıda görülen diyagram tali dağıtım çizgilerini çeşitli makinelerin ekonomik taşın mesafelerini aşmadan nasıl toprak taşınması yapılacağını göstermek için hazırlanmıştır.



Şekil 3.83 Brückner diyagramı

Şekilde belirtilen (a, b, c, d, e, f, g, h, i) hacimler diyagramında (\overline{hM}) ana dağıtım çizgisi geçilerek (M, b, c, d, e, f, g, h, M) brückner diyagramı parçası tamamen dengelenmiş yani kapalı devre haline getirilmiştir.

Burada,(M, b, c, d) artan diyagram kolunda biriken (+) 6080 m³ yarma ile (d, e, f, g, h) alçalan diyagram kolunda biriken (-) 6080 m³ dolgu ihtiyacının, yukarıda sözü edilen makinelerle taşınması.

Bu işleme, eldeki makinelerin taşıma mesafeleri göz önüne alınarak örneğin skreyper 'in 250m. Olan taşıma mesafesi, ölçekle muamele edilirse 125 cm olacaktır. Bu yatay doğru gönyeler yardımıyla km. eksenine paralel olarak kaydırılarak (M, b, c, d, e, f, g, h, M) brückner diyagramı parçası içinde tam olarak sığan $\overline{S_1S_2}$ doğru tespit edilir. Bu dağıtım doğrusu skreyper tali dağıtım çizgisidir.

Aynı işleme, buldozerin taşıma mesafesi olan 90m= 4,5 cm' lik doğru yardımıyla bulunan B_1B_2 doğrusu boyunca alınan kısımda buldozer tali dağıtım çizgisidir.

- Buldozer tali dağıtım çizgisinin üzerinde kalan kısımda görüleceği üzere eğer 90 m' den daha az mesafeye taşıma yapan araç yok ise, bu kısımda buldozer kullanılır.
- $\overline{B_1B_2}$ buldozer tali dağıtım çizgisi ile $\overline{S_1S_2}$ skreyper tali dağıtım çizgisi arasında kalan brückner diyagramı parçasında; Taşıma mesafeleri 90 m' den küçük, 250 m' den büyük olduğu için skreyper ile taşıma yapılacaktır.
- $\overline{S_1S_2}$ skreyper tali dağıtım çizgisi altında kalan kısımda ise; Taşıma mesafesi 250 m' den büyük olduğu için, moto – skreyper kullanılacaktır.
- $\overline{S_1S_2}$ skreyper tali dağıtım hattının altında kalan alana eşit olacak şekilde örnekte görüldüğü gibi (x_1, x_3, x_4, x_6) noktaları ile ifade edilen dikdörtgen alanlar şeklinde de gösterilebilir. Bu işlemi yaparken şekilde görülen x_2 ve x_5 noktalarının yerleri çok iyi seçilmelidir.

➤ Örneğe dönülecek olunur ise \overline{MS}_1 artan diyagram kolu boyunca biriken yarma miktarı; $YS_1 - Y_M$ veya $(YX_3 - YX_1) = 1600 \text{ m}^3$ yarma olarak tespit edilebilir.(ölçekli çizimden koordinat eksenini ölçülerek bulunur.)

Yine aynı şekilde (\overline{S}_2h) alçalan diyagram kolunda biriken dolgu miktarı;

$Y_h - YS_2 = 1600 \text{ m}^3$ dolgu miktarı bulunur.

➤ Sözü edilen kesimde yarmadan dolguya ortalama taşın mesafesi, $L_1 = 273 \text{ m}$. Olarak bulunur. (şekil üzerinden 13.65 cm ölçülür, bu da ölçek paydası ile çarpılırsa $13.65 \times 2000 = 27300 \text{ cm} = 273 \text{ m}$)

Buradan;

Moto-skreyper ile taşıma mesafesi= $1600 \times 273 = 436800 \text{ m}^4$

Buna göre moto-skreyper ile yapılan toprak taşıma momenti= 436800 m^4 olarak bulunmuş olur.

Burada açıklanan yöntemle brückner diyagramındaki diğer taşıma araçlarına ait taşın momentleri de bulunur.

➤ Skreyper ile taşınan taşın momenti = $3080 \times 170 = 523600 \text{ m}^4$

➤ Buldozer ile taşınan taşın momenti = $1400 \times 47 = 65800 \text{ m}^4$

Ayrıca şekil incelendiğinde görüleceği üzere; (\overline{aM}) diyagram kolu boyunca biriken yarma hacmi $(Y_M - Y_a = 1840 \text{ m}^3)$ olup dengelenmeyen yarma hacmini oluşturur. Bu kısım hiçbir şekilde bir yatay doğru ile iki noktada kesilemez. Dolayısıyla 1840 m^3 lük yarma hacmi, 30m.mesafedeki yan depo sahasına taşınacaktır.

Buradaki buldozerle yapılacak taşın momenti;

Yan depo taşın momenti = $1840 \times 30 = 55200 \text{ m}^4$

Benzer şekilde (\overline{h}_c) diyagram kolunda biriken yarma hacmi = 2880 m^3 olup

Yan depo taşın momenti = $2880 \times 30 = 86400 \text{ m}^4$ olur.

Taşıma araçlarıyla yapılan taşımaların hangi km' ler arasında yapıldığının tespiti şu şekildedir.

a) Buldozerle yapılan taşımalar: Buldozerle taşıma yapılan kısımların hangi km' lere karşılık geldiklerini hesaplanır ise:

➤ İlk olarak (a – M) arasında, (M noktasından inilen dik boyun boykesiti kestiği (I) no' lu nokta) taşıma mesafesi 0+000 km ile 0+022 km arasında belirlenir. Bu kısmın taşın momenti, daha önce $1840 \times 30 = 55200 \text{ m}^4$ olarak bulunmuştu.

➤ Buldozerle taşıma yapılan bir diğer bölge olan, (B₁ – d) arasında da, B₁' den inilen dikin boy kesiti kestiği nokta (III) ve (d) den inilen dikin kestiği (4) no' lu noktaların km' leri;

Km III = 0+106 ve Km 4 = 0+142' dir.

Aynı şekilde (d ve B₂) noktaları arasında da (4 ve IV) boy kesiti kesen noktalar bulunur. Km' leri;

Km 4 = 0+142 ve Km IV = 0+196 olarak tespit edilir.

Taşın Momenti = $1400 \times 47 = 65800 \text{ m}^4$ olarak bulunmuştu.

➤ (h ve i) noktaları arasında da, (8 ve 9) noktalarının belirlediği km' ler tespit edilerek;

Km 8 = 0+320 ve Km 9 = 0+336 bulunur.

Taşın Momenti = $2880 \times 30 = 86400 \text{ m}^4$ olarak bulunmuştu.

Buldozerle yapılan toprak taşıma işlerini bir tabloda gösterilir ise:

Çizelge 3.18 Buldozer ile yapılan taşımalar

ARASINDA TAŞIMA YAPILAN (km' ler)	TAŞINAN TOPRAK HACMİ (m ³)	TAŞIMA MESAFESİ (m)	TAŞIN MOMENTİ (m ⁴)
(0+000)-(0+022)	1840	30	55200
(0+106)-(0+142) İle (0+142)-(0+196)	1400	47	65800
(0+320)-(0+336)	2880	30	86400
$\Sigma VB = 6120 \text{ m}^3$		$\Sigma T.M.B = 207400 \text{ m}^4$	

Brückner diyagramı tatbikatında buldozer ile taşınan toplam toprak hacmi ($\Sigma VB = 6120 \text{ m}^3$) ve taşın momenti; ($\Sigma T.M.B = 207400 \text{ m}^4$) dür. Bu değerlerden faydalanarak, tüm proje için ortalama taşın mesafesi;

Ortalama taşın momenti

$$\frac{\Sigma T.M.B}{\Sigma VB} \quad (3.120)$$

Buldozerle ekonomik taşın mesafesi 90 m. Olduğuna göre ($33.89 < 90.00$).buldozer kullanımı gereken yerde ekonomik kullanım sağlanmıştır.

b) Skreyperle yapılan taşımalar:

(S₁ ve B₁) noktaları arasında;

Km II = 0.041 ve Km III = 0+106,

(B₂ ve S₂) noktaları arasında;

Km IV = 0+196 ve Km V = 0+291 bulunur.

Taşıma momenti = 3080x170 = 523600 m⁴ bulunmuştur. Bu değerler tablo haline getirilir ise:

Çizelge 3.19 Skreyper ile yapılan taşımalar

ARASINDA TAŞIMA YAPILAN (km'ler)	TAŞINAN TOPRAK HACMİ (m ³)	TAŞIMA MESAFESİ (m)	TAŞIN MOMENTİ (m ⁴)
0+041- 0+106 İle 0+196- 0+291	3080	170	523600
$\Sigma VS = 3080 \text{ m}^3$		$\Sigma T.M.S = 523600 \text{ m}^4$	

$$\text{Ort. Taşın. Mom} = \frac{\Sigma T.M.S}{\Sigma VS} = \frac{523600}{3080} = 170 \text{ m.}$$

Skreyperle ekonomik taşıma mesafesi (90 – 250 m.) dir. Ortalama taşın mesafesine göre; 90<170 <250 olduğundan skreyper doğru ve ekonomik bir biçimde kullanılmıştır.

c) Moto - skreyperle yapılan taşıma:

(M ve S₁) noktaları arasında;

Km I = 0+022 ve Km II = 0+041 ile

(S₂ ve h) noktaları arasında;

Km V = 0+291 ve Km 8 = 0+320 bulunur.

Taşıma Momenti = 1600x273 = 436800 m⁴ bulunmuştur. Bu değerler tablolaştırılırsa:

Çizelge 3.20 Moto – Skreyper ile yapılan taşımalar

ARASINDA TAŞIMA YAPILAN (km'ler)	TAŞINAN TOPRAK HACMİ (m ³)	TAŞIMA MESAFESİ (m)	TAŞIN MOMENTİ (m ⁴)
0+022- 0+041 İle 0+291- 0+320	1600	273	436800
$\Sigma VMS = 1600 \text{ m}$		$\Sigma TM.MS = 436800 \text{ m}^4$	

$$\text{Ortalama taşın momenti} = \frac{\Sigma TM.MS}{\Sigma VMS} = \frac{436800}{1600} = 273 m.$$

Moto - skreyperle ekonomik taşıma mesafesi 250 - 1500 m olduğundan $250 < 273 < 1500$ durumuna göre doğru ve ekonomik kullanım sağlanabilir.

Son olarak tüm proje için ortalama taşın mesafesi;

Top.Ort.Taşın.Mesafesi;

$$\frac{\Sigma T.M.B + \Sigma T.M.S + \Sigma T.M.MS}{\Sigma VB + \Sigma VS + \Sigma VMS} = \frac{207400 + 523600 + 436800}{6120 + 3080 + 1600} = 108.13 m.$$

Örneği çözülen projede $1 m^3$ toprağın taşın mesafesi = 108.13 m' dir.

3.2.13.3 Örnek Projede Bruckner Diyagramı Çizimi

Aşağıda örnek proje bruckner çizimi aşamalar halinde açıklanacaktır.

- a. x eksenine enkesit mesafeleri 1 / 1000 ölçeğinde işaretlenir.
- b. y eksenine hacimler tablosunun 11A ve 11B kolonlarındaki değerler yarma (+) üste dolgu (-) altta olacak şekilde 1 cm = 800 m³ tekabül edecek şekilde işaretlenir. Örnek projede boyut arttığı için bu ölçek 5 kat küçültülmüş ve 1 cm = 4000 m³ olacak şekilde alınmıştır.
- c. Bu noktalar birleştirilerek diyagram çizilmiş olur.
- d. Uygun noktalardan ana dağıtım hattı geçirilir.
- e. Buldozer dağıtım çizgisi çizilir (90 m / 1000 = 9 cm)
- f. Skreyper dağıtım çizgisi çizilir (250 m / 1000 = 25 cm)
- g. Moto-skreyper dağıtım çizgisi çizilir (250 – 1500 m / 1000 = 25 cm – 150 cm)
- h. Toprak dağıtımını yapılır.
- i. Kapalı devre dışında kalan toprak, 30 m mesafedeki yan ariyet noktalarına taşınır.

3.2.14 Ondördüncü Modül (Netcad Programı ile Örnek Yol Projesinin Çözümü)

Bu modülde, Netcad programından bahsedilerek örnek projenin netcad programı ile çözümü anlatılacaktır.

3.2.14.1 Netcad / Netpro

Netcad / Netpro arazide alınmış, sayısal arazi modelinden üretilmiş, yol, kanal yüzeyleri gibi hesaplanmış kesitler üzerinde çok çeşitli işlem ve bu kesitlerin çizimlerini yapabilmek için tasarlanmış bir Netcad modülüdür.

Netcad / Netpro, yol projelendirme modülü; razi çalışmaları, otoyollar, devlet ve il yolları, kent geçişleri, demiryolları, hava alanları, limanlar, barajlar, kaplama ve yol yenilemesi, açık madencilik, tüneller ve alt geçitler, hafriyat ve yerleşim alanları planlaması ve benzeri tüm hacim işleri ve hizmetlerinde kullanılabilir (Netcad/Netpro).

3.2.14.2 Örnek Projenin Netcad ile Çözümü

Şu ana kadar çözümleri verilen ve çizimleri yapılan örnek yol projesini netcad programı ile çözümü aşama aşama anlatılacaktır. Böylece, hem çözümü yapılan örnek projeyi kontrol edilmiş olacak, hem de yaygın kullanılan bir bilgisayar destekli tasarım programı öğrenilmiş olacaktır.

a) Arazi modelinin programa aktarılması

Örnek projeye başlayabilmek için öncelikle arazi modelini Netcad programına aktarmak gerekmektedir. Bu işlem üç şekilde yapılabilir;

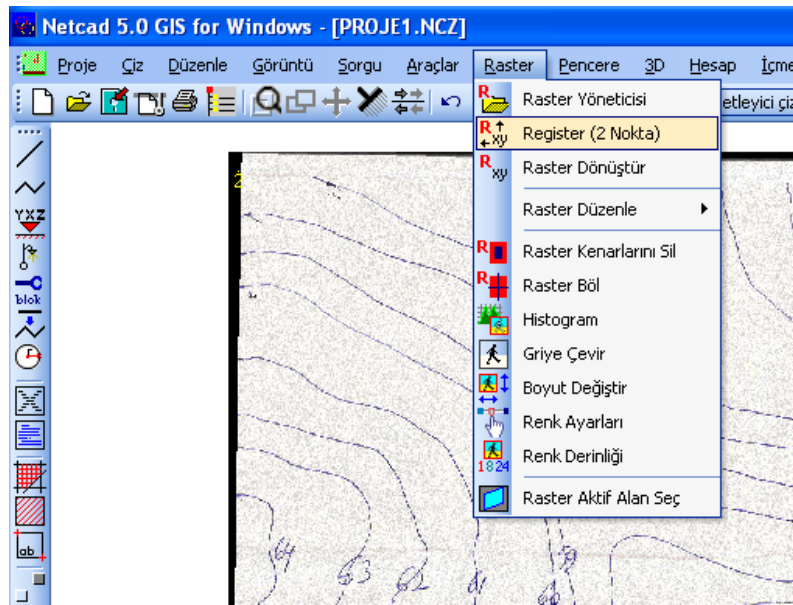
1- Hazır bir arazi modelini yüklemekle: Harita, jeoloji veya maden mühendislerinden daha önce arazide sayısal değerleri belirlenmiş olan NCN veya NCZ uzantılı dosyalar alınabilir ve bu noktalar Netcad' e aktarılarak proje hazırlanabilir.

2- Bireysel olarak tasarlanan arazi modelini programa aktarmak ile : Bireysel olarak tasarlanan arazi modelini; Çiz > Nokta at / değiştir ile nokta attıktan sonra Çiz > Ardışıl nokta at ile istenilen sayıda nokta üretilebilir ve arazi modeli oluşturulabilir.

3- Raster modülünü kullanarak: Bu konu detaylı olarak bir sonraki başlık altında anlatılacaktır.

b) Raster modülünü kullanarak arazi modeli oluşturmak

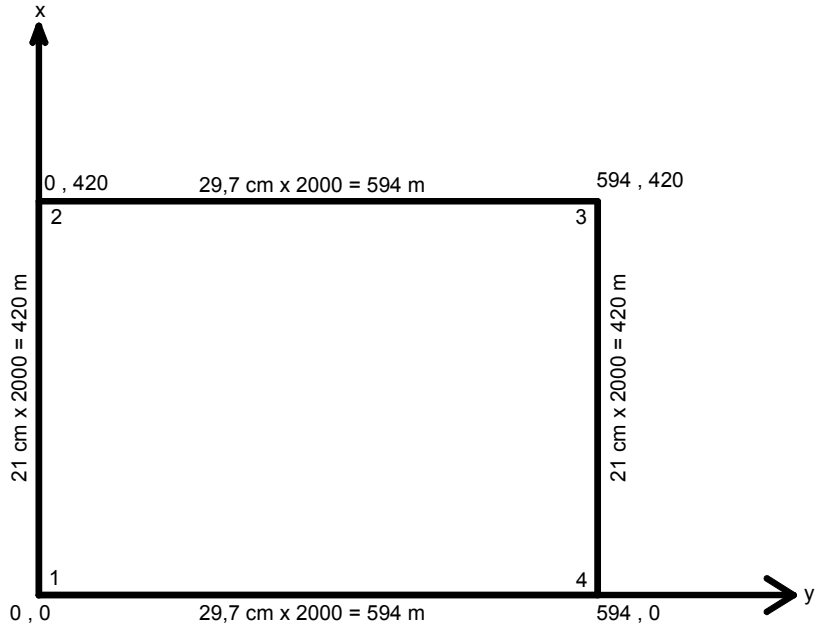
Önceden hazırlanmış tesviye eğrili harita çizimini ya da beyinde canlandırılıp çizilen paftayı yada kağıt herhangi bir image formatında kaydedilir. Raster > Register (2 nokta) (Resim 3.10) komutunu kullanılarak pafta netcad ekranına yapıştırılır.



Resim 3.10 Raster (register (2 Nokta))

Paftanın köşe koordinatları arazi koordinatlarına dönüştürülür.

Örneğin pafta 1/2000 ölçeğinde çizilmiş sol alt köşe koordinatı y, x (haritacılıkta koordinat eksenleri yer değiştirmektedir yatay çizgi y, dikey çizgi x çizgisidir) (0,0) kabul edilir. Örneğin (Şekil 3.84); Üzerinde çizim olan kağıt A4 boyutunda olsun, A4 boyutları 210 x 297 mm yani 21,0 x 29,7 cm dir.



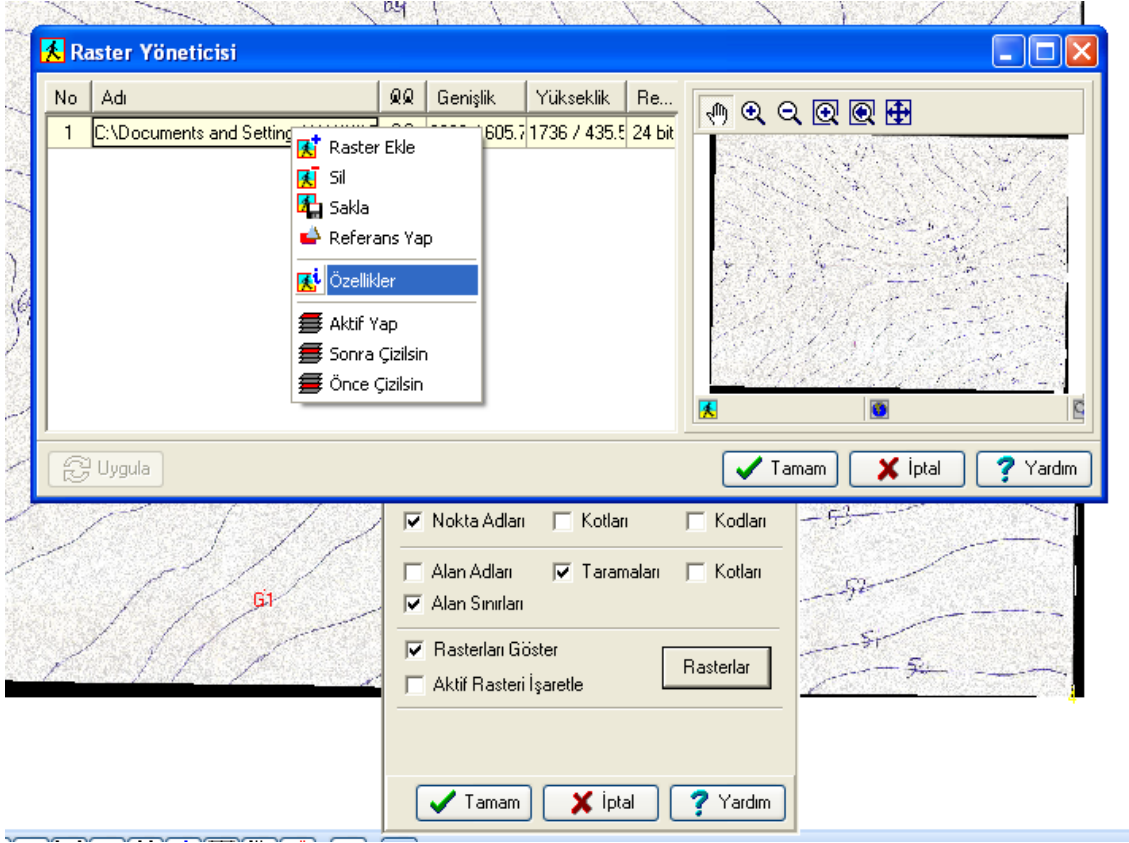
Şekil 3.84 A4 kağıdı dönüşümü

Yapıştırılan resim köşe koordinatları tam ölçekli değildir. Bunun için öncelikle taranan kağıt köşelerine nokta atılmalıdır. Bunun için Resim 3.11’ de görülen sarı ok tıklanır.



Resim. 3.11 Taranan kağıt köşelerine nokta atılması

Rasterlar tuşuna basın. Raster üzerine gelip mouse sağ tuşuna basılır ve özellikler girilir Resim 3.12’ de raster yöneticisi/özellikler görülmektedir.



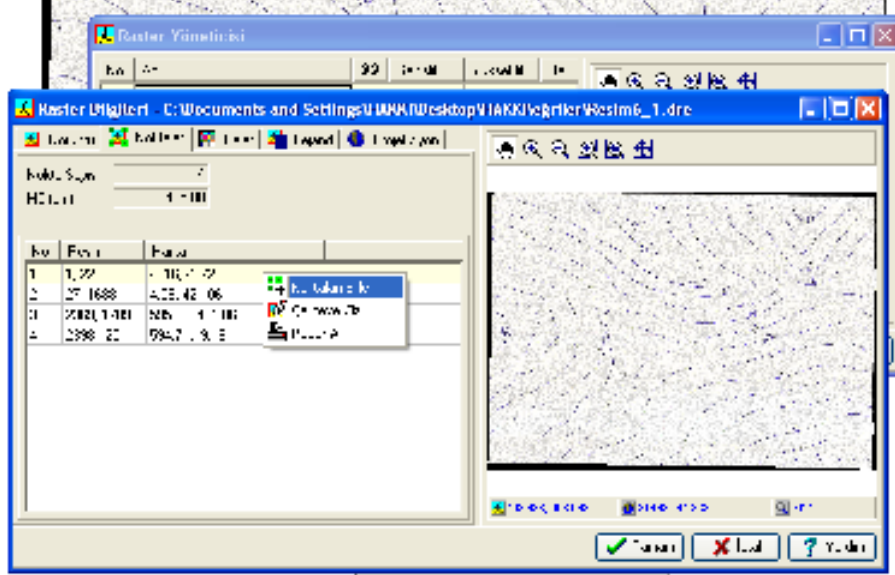
Resim 3.12 Raster yöneticisi

Noktalar tuşuna tıklanır. Boşluğa gelinip mouse' un sağ tuşuna basılır, noktalar ekle tuşuna basılır böylece köşe noktaları eklenecektir. Bu durum, Resim 3.13' de görülmektedir.

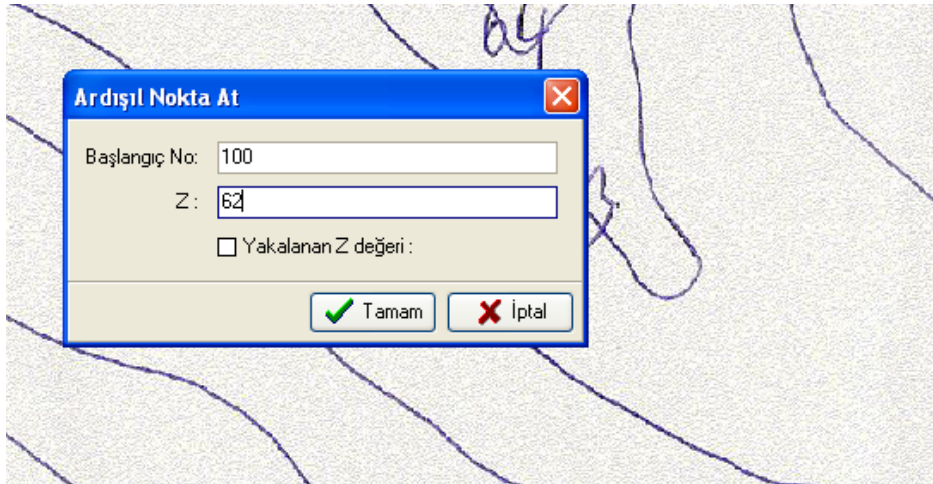
Dönüştürülecek olan köşe koordinat değerleri girilir. Hesap > nokta editörü > tümü > nokta ekle seçilir 1 (0,0), 2 (0,420), 3 (594,420) , 4 (594, 0) noktaları girilir, bunu yaparken y ve x e dikkat edilmelidir. Tamam tuşuna basılır. Raster > raster dönüştür, affine dönüşümü seçilir. Noktalar yazan kısmın altına gelinip mouse' un sağ tuşuna basılır, nokta ekle seçilir. Öncelikle pafta köşe noktası daha sonra dönüştürülecek nokta seçilir. Böylece dört noktayı seçip dönüştür seçilir. Böylece tarama yapılan çizim arazi ölçeğine gelmiş olur daha da önemlisi herhangi bir nokta sorgulandığında gerçek koordinatları verecektir.

Öncelikle nokta adlı tabaka açılır ve seçilir. Sonraki aşamada tesviye eğrilerinin üzerinden noktalar atılır, tabi ki aynı tesviye çizgisi üzerindeki tüm noktalar aynı kotta

olmalıdır. Bunun kolay yolu çiz > ardışıl nokta at komutudur. Örnek 62 m kotundaki tesviye eğrisi dönüştürülecek olur ise; Başlangıca herhangi bir nokta numarası, kota 62 değerini verilir ve 62 kotlu (Resim 3.14) tesviye eğrisi üzerine noktalar atılarak işlem tamamlanır.



Resim 3.13 Raster bilgileri



Resim 3.14 Ardışıl nokta atma

Bu şekilde istenildiği kadar nokta atılabilir, bu işlem yapılırken, tesviye eğrisi dışına taşılması gerekmektedir ve bu işlem, z değeri değiştirilerek ve tüm tesviye eğrilerinin üzerine noktalar atılarak tekrar edilir. İşlem bittikten sonra alttaki sarı oka (Resim 3.11)

basılır, rasterları göster kutusu boş bırakılır, böylece ekranda sadece noktalar görünecektir. Son olarak proje > proje kaydet' e basılarak proje kaydedilir.

c) Yeni proje açılması ve proje parametreleri

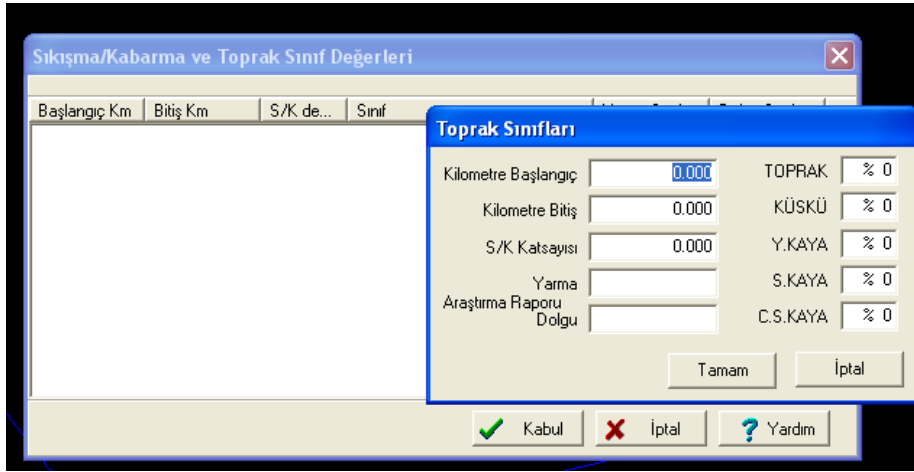
Projeyi yol projesi olarak kaydetmek için netpro / proje / yeni proje basılır ve ilgili dizine proje adı yazılır. Netpro / proje / proje parametreleri seçilir. Proje bilgileri uygun dizinlere yazılır, tamam'a basılarak çıkılır. Resim 3.15' de proje parametreleri görülmektedir.

Proje	D:\HAKKI\HAKKI\TEZ\NETCAD DOSYALAR\NETCAD ÖRNEK YOL PROJ	
Yolun Adı	UŞAK-AFYON	
Başlangıç Kilometre		0.00000
Bitiş Kilometre		1676.43000
Hazırlayan	HAKKI GÖRGÜN	
Kontrol Eden	DOÇ DR HÜSEYİN AKBULUT	
İli	AFYON	
İlçesi	MERKEZ	
Köyü		
Dilim Orta Boylamı		0
Tarih	21.12.2007	
TCK Bölge		
Proje No	1	
Kontrol Kesim No	1	
Dosya No	1	
Dozer Taşıma Mesafesi		150
Skayper Taşıma Mesafesi		1500
Kübaj Yöntemi	TCK Yöntemi	
Aynı Eksene Mesafedekilerin Sapması		0.000100000

Resim 3.15 Proje parametreleri

d) Sıkışma / kabarma ve toprak sınıfları değerlerinin tanımlanması

Netpro / proje / toprak sınıfları 'na girilir(Resim 3.16). Boşlukta mouse' un sağ tuşuna basılır, ekle' ye basılır. Kilometre değerleri ve o kilometrelerdeki toprak yapısı ile sıkışma / kabarma değerleri girilir. Bu değerler daha sonra kübaj hesabında program tarafından kullanılacaktır.



Resim 3.16 Sıkışma / kabarma ve toprak sınıfı değerleri

e) Güzergah tanımlanması

Daha önce pergel açıklığı hesabını yapılarak oluşturulan güzergahın A, S1, S2 ve B noktalarının koordinatları, hesap > nokta editörü seçilerek uygun boşluklara girilir (Resim 3.17) ve noktalar atılmış olur. Nokta yakalama (bkz Resim 3.18) aktif hale getirilir.

Çiz > Çizgi çiz komutu kullanılarak noktalar birleştirilir ve alıymanlar oluşturulur. Yatay kurbaları oluşturmak için; Düzenle > yardımcı işlemler> köşe yuvarlat komutu seçilir yarıçap R1 değeri için 250 girilir AS1 ve AS2 doğruları işaretlenir, mouse un sol tuşuna basarak birinci kurp oluşturulur, R2 değeri için işlem tekrarlanır 200 girilir ve R2 yatay kurbu oluşturulur. Netpro > güzergah > güzergah tanımla seçilir, someler seçeneği aktif hale getirilir, tamam seçilir. Ekle butonuna tıklanarak oluşacak güzergah dosyasına

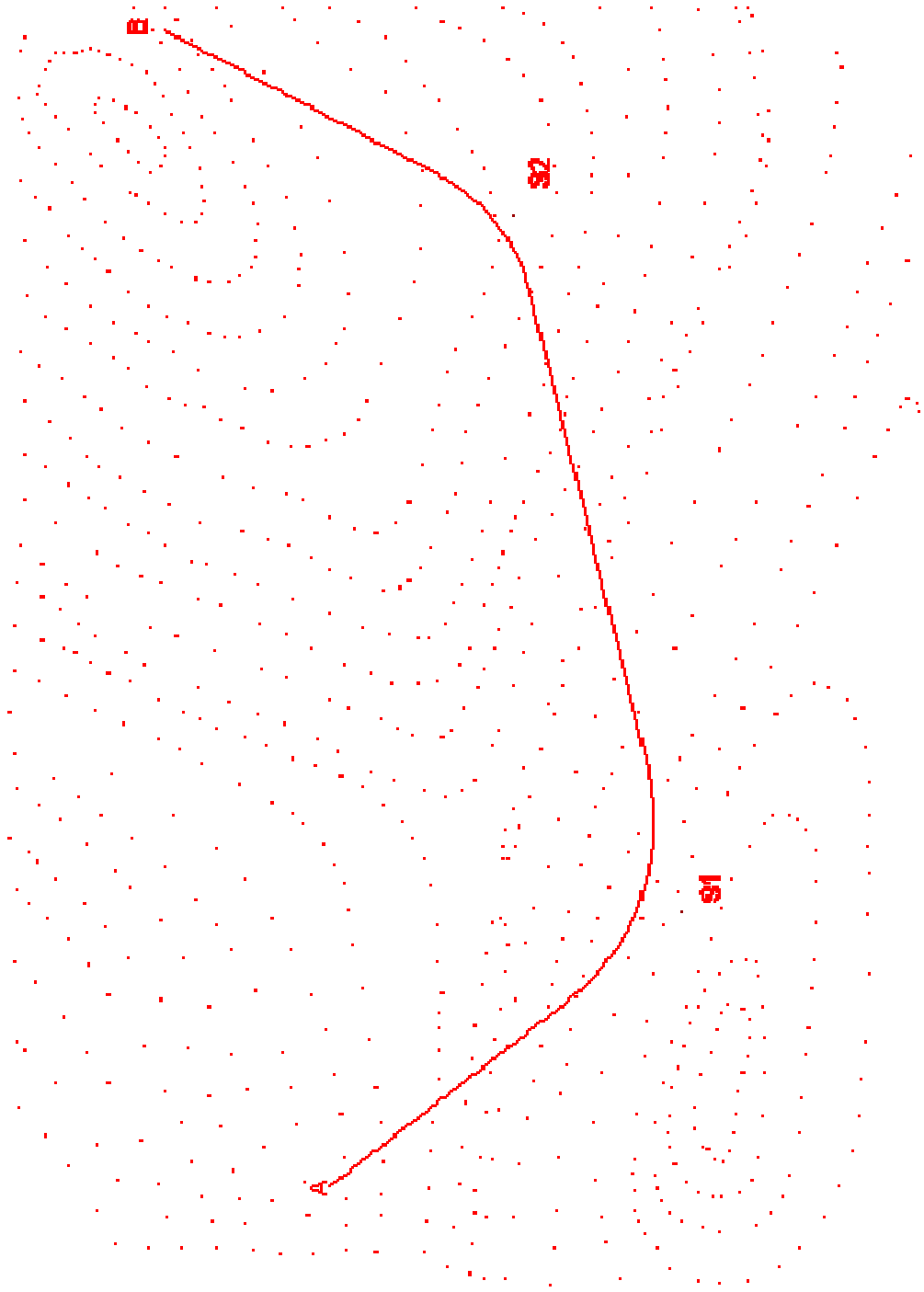
güzergah ismi verilir. Kaydet ve kabul' e tıklanır güzergah elemanları seçilir, mouse sağ tuşuna basılır ve güzergah oluşturulmuş olur.

No	Sıra No	X	Y	Z	Durum	Not	Ad
	101	1000	1000	1000			E.K.
	102	1000	1000	1000			E.K.
	103	1000	1000	1000			E.K.
	104	1000	1000	1000			E.K.
	105	1000	1000	1000			E.K.
	106	1000	1000	1000			E.K.
	107	1000	1000	1000			E.K.
	108	1000	1000	1000			E.K.
	109	1000	1000	1000			E.K.
	110	1000	1000	1000			E.K.
	111	1000	1000	1000			E.K.
	112	1000	1000	1000			E.K.
	113	1000	1000	1000			E.K.
	114	1000	1000	1000			E.K.
	115	1000	1000	1000			E.K.

Resim 3.17 Nokta editörü



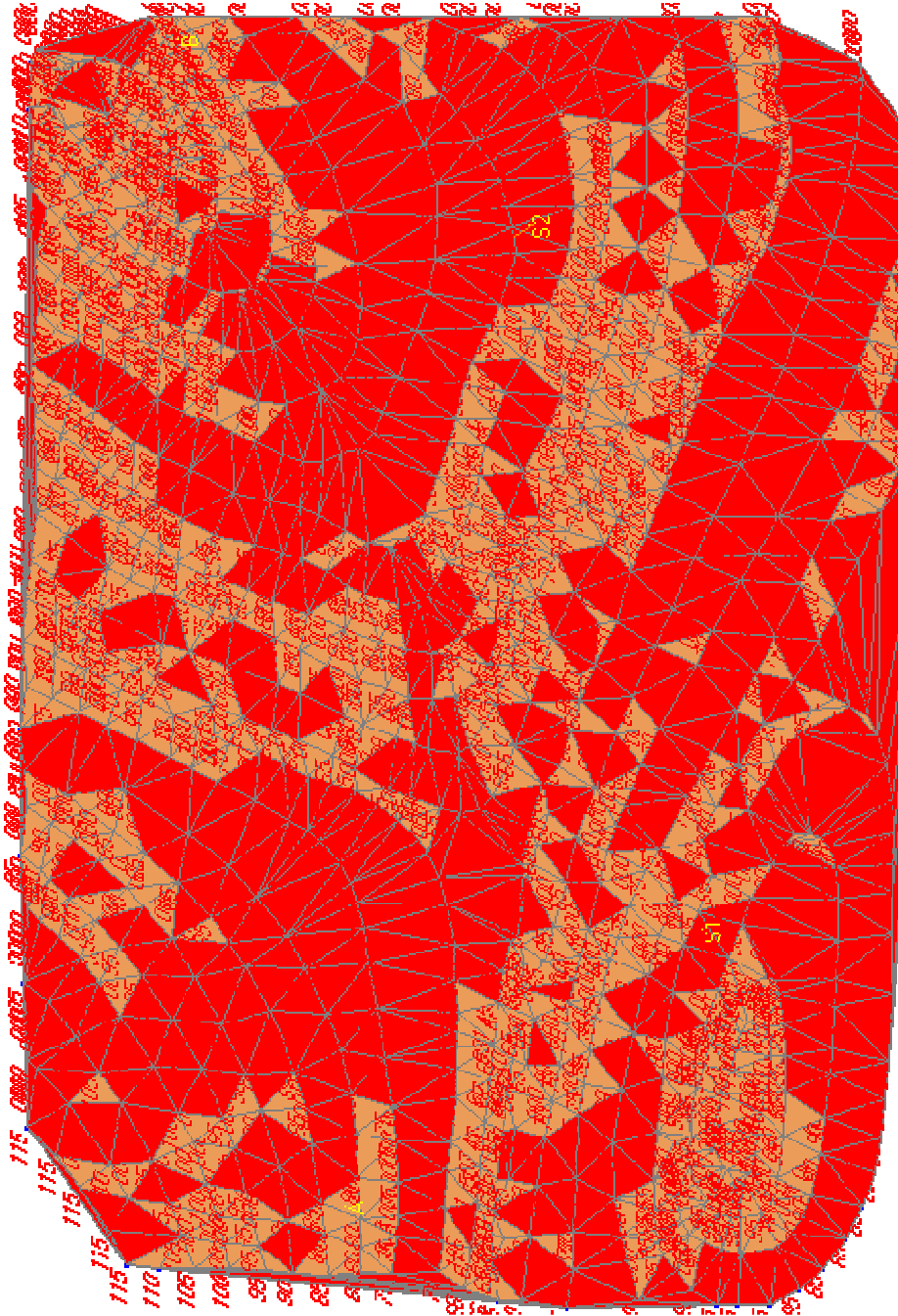
Resim 3.18 Nokta yakala komutu



Şekil 3.85 Güzergah tanımlaması ardından oluşan görüntü

f) Tesviye eğrilerinin oluşturulması

Nokta tabakası açılır. Noktalar ekranda görülür. Netsurf / üçgen oluştur seçilir, noktalar seçilir, tamam seçilir. Sol alt köşede tümünü seç yani kırmızı ok' a basılır. Mouse sağ tuşuna ve üçgenle seçilir. Üçgenlemeden sonra ekranda Şekil 3.86' daki gibi bir görüntü oluşur. Netsurf / eğri geçir ve tümünü seç' e basılır. Mouse sağ tuşuna basılarak eğriler oluşturulur.



Şekil 3.86 Üçgenlenmiş Arazi

g) Modelden enkesit elde etme

Netpro/enkesit/modelden enkesit al'a basılır. Enkesiti alınacak güzergah olarak güzergah.ktb seçilir ki bu dosya tanımlanan güzergah dosyası olmalıdır. Sabit aralıklı seçilir. Tamam' a basılır. Oluşturulacak enkesitler penceresi açılır, ekle seçilir ve arazi oluşacak enkesite arazi adı verilir. Enkesit aralığı 30 olarak girilir sola ve sağa genişlik 40 olarak girilir. Enkesit planını çiz işaretlenir, tamam' a basılır ve enkesit planının çizildiği görülür. Enkesit planı çizildikten sonra görüntü Şekil 3.87' deki gibi olur.

Enkesit Parametreleri

Enkesit Aralığı 30.00

Sola Enkesit Genişliği 40.00

Sağa Enkesit Genişliği 40.00

Kırılma Hatlarını Dikkate Al(Şev,Yol vt)

Kırılma Hat Tabakaları *

Serbest Dagılmış Noktaları Dikkate Al

Tampon Mesafesi 0.00

Enkesitleri Sınırla

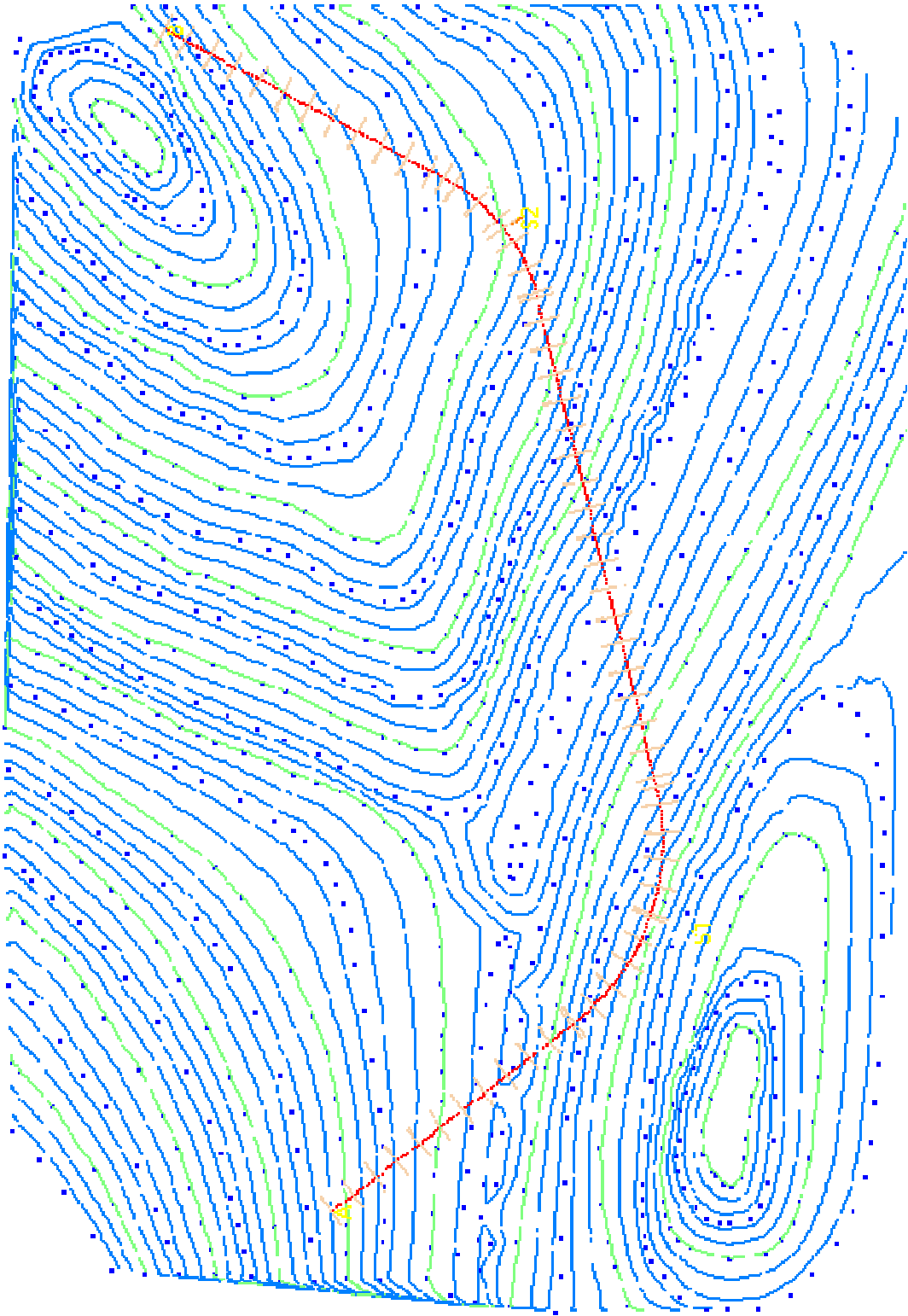
Enkesit Planı Çiz

Sabit Aralıklı Enkesit Noktaları

Aralık 0.00

Tamam İptal

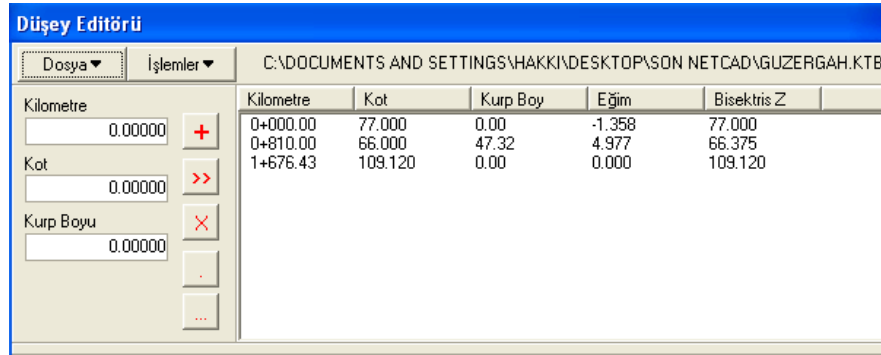
Resim 3.19 Enkesit parametreleri



Şekil 3.87 Enkesit planı çizilmiş arazi

h) Kırmızı kot (düşey some) değerlerinin girilmesi

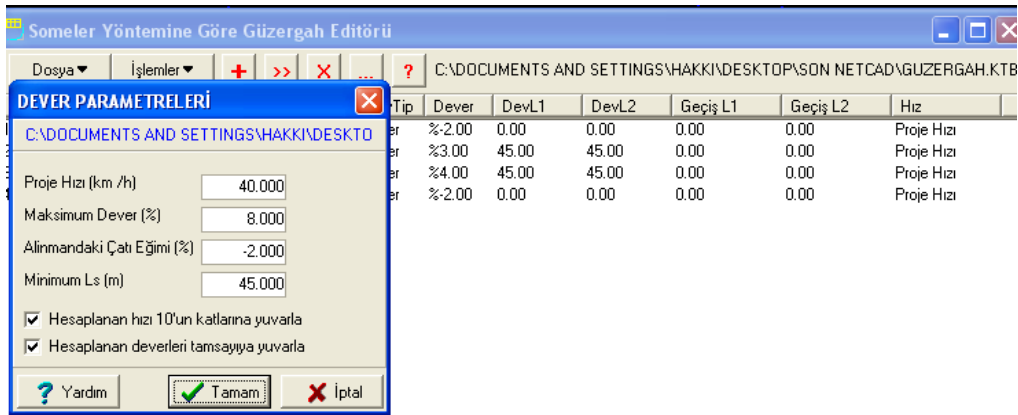
Bu kısımda daha önce boykesiti çizilen düşey somelerin bilgileri girilecektir (bkz. Resim 3.20). Netcad programında bu değerlerin girilmesi gerekmektedir. Daha önce boykesit oluşturulmuştu ve Ş1 düşey some noktası belirlenmişti. Burada düşey some noktalarının yanında A ve B noktalarının da düşey bilgileri girilecektir. Bilgiler girilirken kilometre değeri, kot değeri (kırmızı kot), kurp boyu girilecek, bunun için (+) butonuna basılacaktır.



Resim 3.20 Düşey editörü

ı) Güzergah editörü

Netpro/editör/güzergah editörü tıklanır. Güzergah dosyası seçilir, kabul' e tıklanır. İşlemler/otomatik TCK dever seçilir, buraya proje bilgileri girilir, tamam butonuna basılır.



Resim 3.21 Dever parametreleri

İşlemeler / yatay kurp kontrolü yapılır, işlemler / dever kontrolü yapılır (Resim 3.21), dosya / sakla çık ile çıkılır.

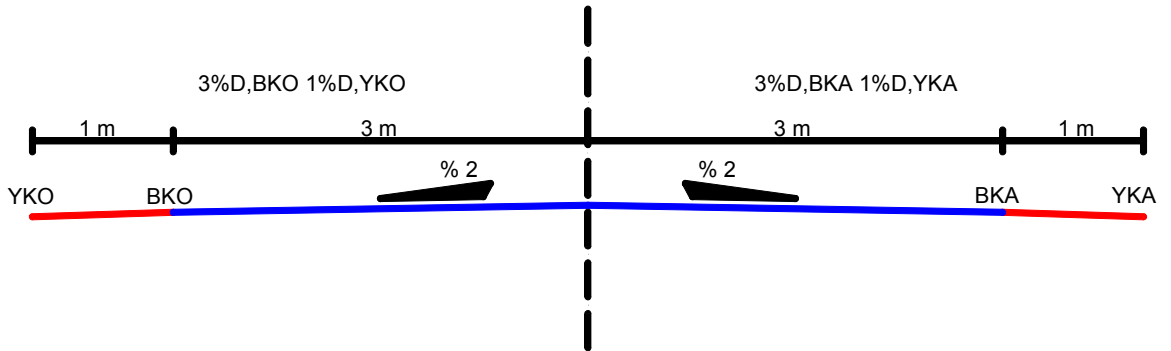
j) Platform editörü

Netpro/platform editörü seçilir. Yeni platform sihirbazı seçeneği seçilir. Yeni platform adına (+) ekle ile platform yazılır. Bağlı olduğu güzergah, güzergah.ktb seçilir, referans enkesitlere arazi.kse seçilir. Sola tanım ve sağa tanım kısımları seçilir bu kısımlara herhangi bir seçenek işaretlenir. Tamam'a basılır. Sonraki başlıkta istenilen platform bilgilerinin programa girilmesi konusu detaylı olarak anlatılacaktır.

k) Platform bilgileri girilmesi

Herhangi bir seçenek tıklandıktan sonra tamam' a tıklanır denilmiştir. Yüzey tanımla > yüzey tanımla girilir ve platform bilgileri şu şekilde girilir;

Standartlar tablosundan platform genişliği 3 m, banket genişliği 1 m bulunmuştur. Bu netcad ortamında şu şekilde tanımlanır;



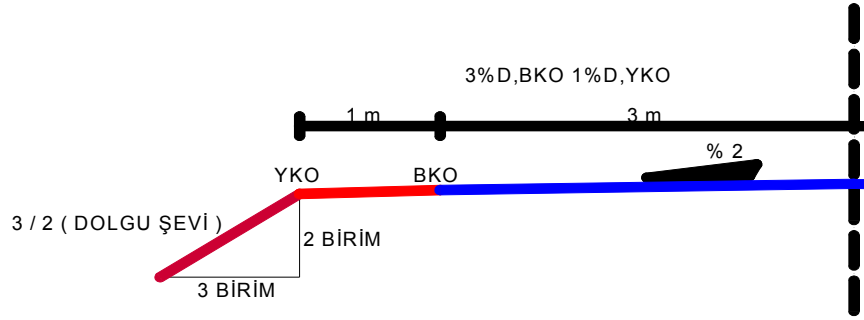
Şekil 3.88 Platform özelliklerinin gösterimi

3%D,BKO 1%D,YKO: 3 m %D eğim ile (program otomatik olarak dever eğimini alır) BKO noktasına git, 1 m %D eğim ile YKO noktasına git demektir. Eksenin sağ tarafında ise sadece YKA ve BKA olmaktadır. Aynı durum diğer genişlikler ve eğimler için de uygulanabilir. Örneğin; tek tip eğim alınacaksa, D yerine (-) eğim yazılır.

Bilgiler girildikten sonra kabul' e basılır ve eğim değerlerinin değiştiği görülür (bkz. Şekil 3.88).

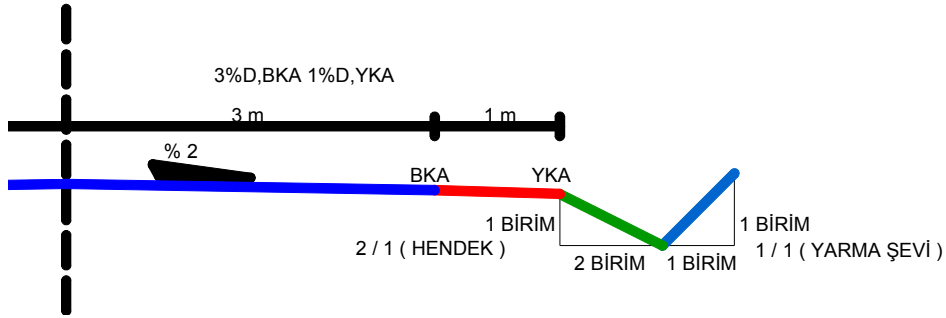
1) Şev tanımlarının yapılması

Platform editöründen şev tanımları > şev uygula seçilir.



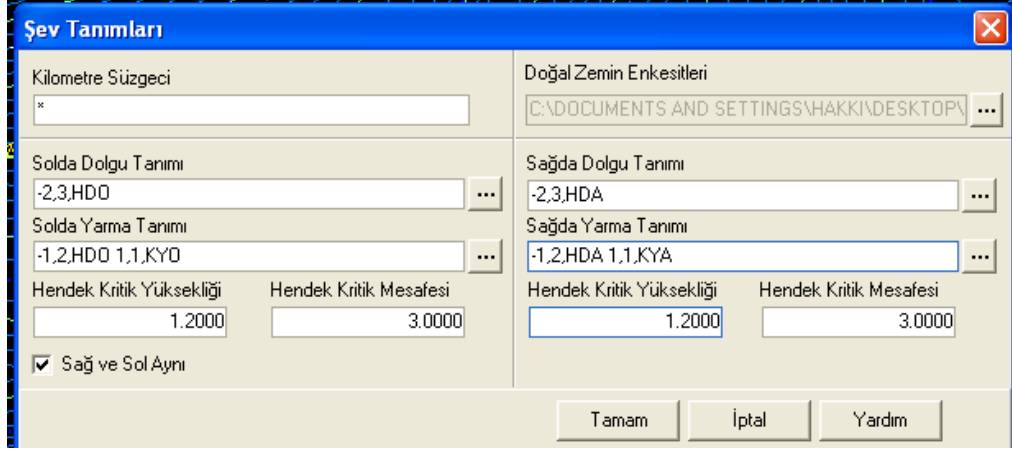
Şekil 3.89 Platform sol dolgu şevi

Solda dolgu tanımı (bkz. Şekil 3.89) , -2,3,HDO, sağda dolgu tanımı, -2,3,HDA.




Şekil 3.90 Platform sağ yarma şevi

Solda yarma tanımı -1,2,HDO 1,1,KYO, sağda yarma tanımı, -2,HDA 1,1,KYA girilir. (bkz Şekil 3.90). Bu değerler isteğe göre değiştirilebilir.



Resim 3.22 Şev tanımları

m) Tip enkesit tanımlarının enkesite çevrilmesi

Dosya/Enkesite çevir tıklanır. Yeni oluşacak enkesit dosyası ekle seçilerek kırmızı adı verilir. Arazi doğal zemin kotları (siyah kotlar), kırmızı istenilen platform tanım kotları (kırmızı kotlar) olacaktır. Soldan uzat ve sağdan uzat işaretlenir. Tamam' a basılır. İşlem tamamlanınca kesit editörü ekrana gelir, buradan  tuşuna tıklanarak enkesitler kontrol edilebilir.

n) Kübaj hesaplarının yapılması

Netpro/kübaj editörü komutu açılır. Hesap/alan hesapları komutu seçilir. Sonraki alım enkesitlerine kırmızı.ksp seçilir, önceki alım enkesitlerine arazi.kse dosyası seçilir. Hesapla butonuna basılır. A kolonunda kazı ve dolgu alanlarının yazıldığı görülür. Hesap / hacim hesabı komutu seçilir. TCK hesap yöntemi seçilir. Tamam butonuna basılır, hacim değerleri hesaplanmış olur.

o) Kübaj çıktılarının elde edilmesi

Kübaj hesapları yapıldıktan sonra dosya/yaz komutu seçilir. Listeden hacimler tablosu (TCK – özet) komutu seçilir. Gelen mesajlar onaylanarak geçilir. Dosya/çık komutu seçilir.+ Ekle butonuna tıklanır. Dosya adı yazılır (kübaj.küb) kabul butonuna basılır ve dosya saklanır.

p) Çizimlerin oluşturulması

- Enkesit çizimleri

Netpro/enkesit/enkesit çizimi komutu seçilir. Kesitler sekmesine mouse' un sağ tuşuna basılarak enkesit ekle işaretlenir. Arazi ve kırmızı dosyaları seçilir. Genel sekmesine geçilir. Burada yatay ve düşey ölçek 100, 100 olarak girilir. Çiz butonuna tıklanarak ekranda boş bir yer gösterilir ve enkesit çizimleri tamamlanmış olur.

- Enkesit tablo değerlerinin yazılması

Netpro/enkesit/enkesit tabloları seçilir. Enkesite göre konum seçimi yapılır. Tablo hazırla butonu tıklanır. Listedeki Ek tablo Y/D seçilir. Tamam butonuna basılarak pencereden kübaj dosyası seçilir. Pencereden yol platformu seçilir. (+) ekle butonuna tıklanır ve enkesit tablo değerleri dosyasının adı yazılır.

- Boykesit çizimi

Netpro/profil/profil çizimi komutu seçilir. Çizim sekmesinde mouse sağ tuşuna basılır enkesit ekle komutu ile arazi.kse seçilir. Tekrardan kırmızı.ksp seçilir. Opsiyonlar sekmesinden yatay ve düşey ölçek girilir (1000 ve 200).Profil çiz komutu seçilir, ekranda uygun bir yere bırakılır.

r) Plan çiziminin yapılması

Netpro/tools/yol modelini üçgenle komutu seçilir, enkesit dosyası seçilir kırmızı.ksp, güzergah dosyası seçilir, güzergah.ktb yol modeli üçgenlenir. netpro / tools / yol modelini çıkart komutları seçilir, kırmızı.ksp güzergah dosyası seçilir, güzergah.ktb yol modeli üçgenlenir. Ardından netsurf / eğri işlemleri / eğri geçir komutu seçilir. Tüm üçgenler seçilir. Tamam butonuna basılır ve eğriler geçirilmiş olur.

Netpro/güzergah/şevli kotlu plan komutu seçilir (kırmızı.ksp), şev tanımları menüsünden gerekli olan seçilir. Sonra çiz komutuna tıklanarak şevli kotlu plan çizimi yapılmış olur.

-Plan profil pafta tasarımı

Netpro/profil/plan profil tasarımı komutu seçilir. Plan / profil tasarım bloğu satırından blok dosyası seçilir. Yatay güzergah satırından güzergah dosyası seçilir. Bindirme değeri girilir (iki metre). Pafta indeksleri oluştur butonuna basılır. Tabakalar menüsüne girilip çizpen tabakası kapalı konumdan açık konuma getirilir.

- Plan profil paftalaması

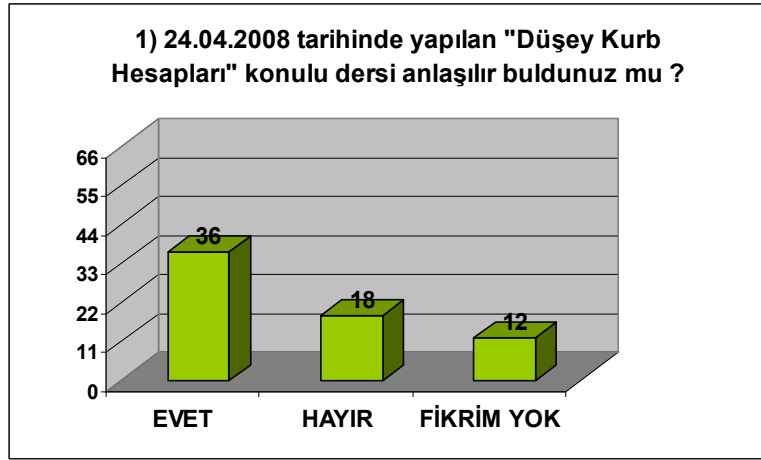
Netpro / profil / plan profil paftala komutu seçilir. Paftalar sekmesinden paftalar seçilir (tümünü seç butonu ile) . Tanım dosyası değerleri butonu tıklanır ve burada antet bilgileri girilir. Profil çizim tanımı last profil seçilir. Sonuç dizin; Programın kurulu olduğu yer dışında başka bir yer seçilir. Paftaları yarat butonu tıklanır ve paftalar oluşturulur.

4. BULGULAR

24.04.2008 perşembe günü Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Eğitimi Bölümü 1. ve 2. öğretim öğrencilerine Dokuzuncu Modül (Düşey Kurb Hesapları) anlatılmış ve ders ile ilgili sekiz sorudan oluşan bir anket yapılmıştır. Ankete toplam 66 öğrenci katılmış ve sonuçlar 4.1’ de gösterilmiştir.

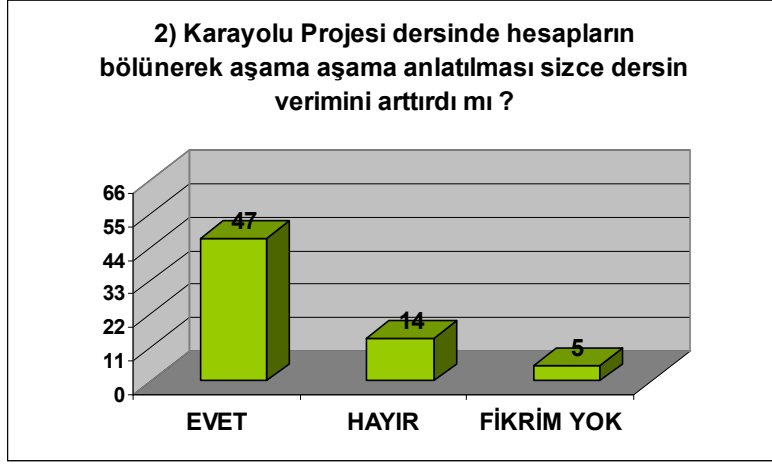
4.1 Anket Sonuçları

Şekil 4.1’ de bir numaralı anket sorusunun sonucu grafik olarak gösterilmiştir. “24.04.2008 tarihinde yapılan “Düşey Kurb Hesapları” konulu dersi anlaşılır buldunuz mu?” şeklindeki soru ile dersin anlaşılabilirliği ölçülmüştür. Bu soruya 36 kişi “evet” cevabı vermiştir. Bu sonuç kitlenin %55’ idir.



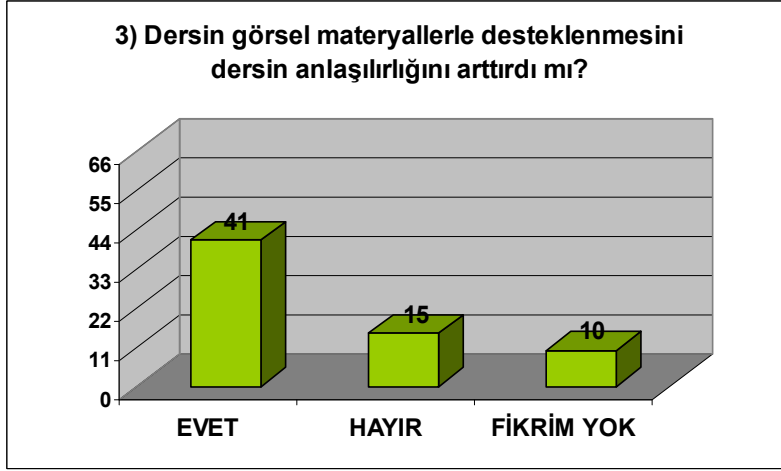
Şekil 4.1 Bir numaralı anket sorusu

Şekil 4.2’ de iki numaralı anket sorusunun sonucu grafik olarak gösterilmiştir. “Karayolu Projesi dersinde hesapların bölünerek aşama aşama anlatılması sizce dersin verimini arttırdı mı” şeklindeki soruya öğrencilerden 47 kişi “Evet” cevabı vermiş olup, bu sonuç kitlenin %71’idir.



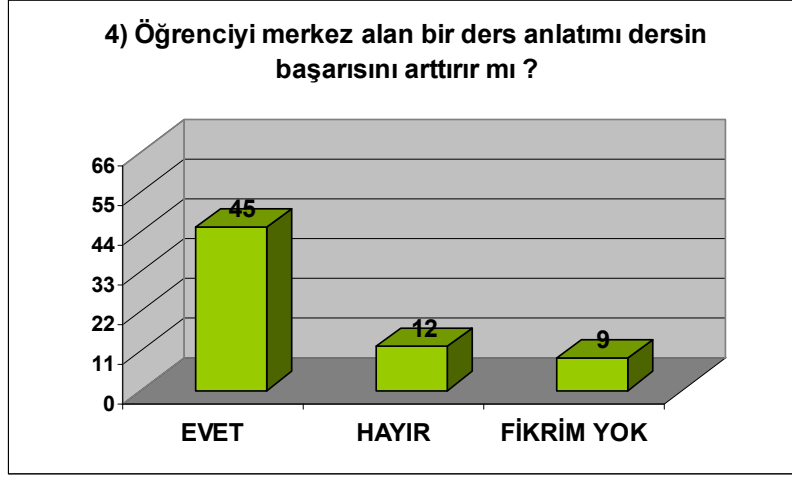
Şekil 4.2 İki numaralı anket sorusu

Şekil 4.3’ de üç numaralı sorusunun sonucu grafik olarak gösterilmiştir. “Dersin görsel materyallerle desteklenmesi dersin anlaşılabilirliğini arttırdı mı?” şeklindeki soruya öğrencilerden 41’ i “Evet” cevabı vermiş olup bu sonuç kitlenin %62’ sidir.



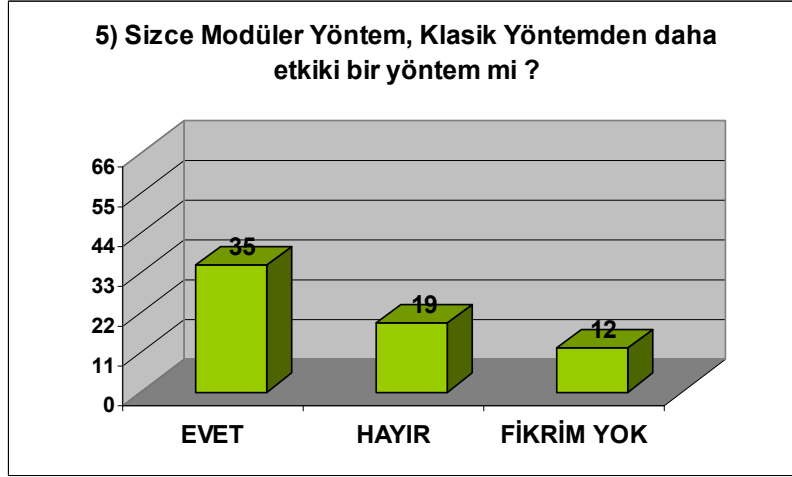
Şekil 4.3 Üç numaralı anket sorusu

Şekil 4.4’ de dört numaralı sorusunun sonucu grafik olarak gösterilmiştir. “Öğrenciyi merkez alan bir ders anlatımı dersin başarısını artırır mı?” şeklindeki soruya öğrencilerden 45’ i “Evet” cevabı vermiş olup bu sonuç anket yapılan kitlenin %67’ sidir.



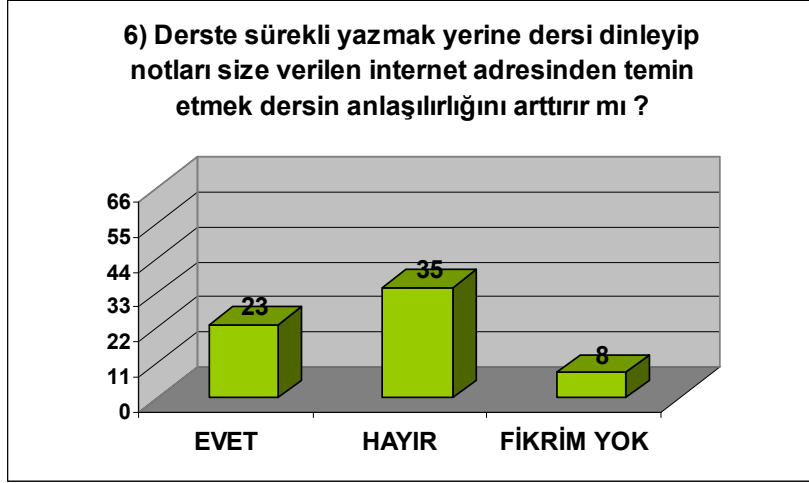
Şekil 4.4 Dört numaralı anket sorusu

Şekil 4.5’ de beş numaralı sorusunun sonucu grafik olarak gösterilmiştir. “Sizce Modüler Yöntem, Klasik Yöntemden daha etkili bir yöntem mi?” şeklindeki soruya öğrencilerden 35’ i “Evet” cevabı vermiş olup bu sonuç anket yapılan kitlenin %53’ üdür.



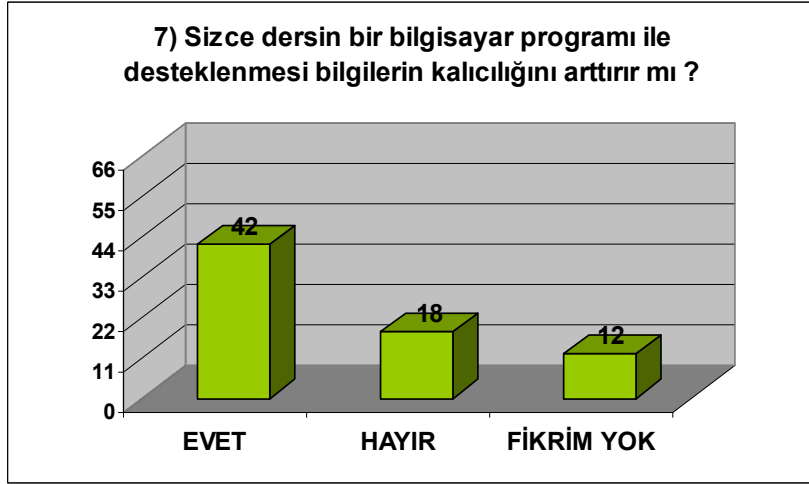
Şekil 4.5 Beş numaralı anket sorusu

Şekil 4.6’ da altı numaralı anket sorusunun sonucu grafik olarak gösterilmiştir. “Derste sürekli yazmak yerine dersi dinleyip, notları size verilen internet adresinden temin etmek dersin anlaşılabilirliğini arttırır mı?” şeklindeki soruya öğrencilerin 35’i “Hayır” cevabı vermiş olup bu sonuç anket yapılan kitlenin %53’ üdür.



Şekil 4.6 Altı numaralı anket sorusu

Şekil 4.7’ de yedi numaralı anket sorusunun sonucu grafik olarak gösterilmiştir. “Sizce dersin bir bilgisayar programı ile desteklenmesi bilgilerin kalıcılığını artırır mı?” şeklindeki soruya öğrencilerin 42’ si “Evet” cevabı vermiş olup bu sonuç kitlenin %64’ üdür.



Şekil 4.7 Yedi numaralı anket sorusu

Şekil 4.8’ de sekiz numaralı anket sorusunun sonucu grafik olarak gösterilmiştir. “Bir bilgisayar programı öğrenmek mesleki gelişiminizi artırır mı?” şeklindeki soruya öğrencilerin 56’ sı “Evet” cevabı vermiş olup bu sonuç kitlenin %85’ idir.



Şekil 4.8 Sekiz numaralı anket sorusu

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Eğitimi Bölümü, 4. sınıf öğrencilerine yapılan anket sonuçları grafik olarak **BULGULAR** başlığı altında verilmiştir. Anket sonuçları ile ulaşılan sonuçlar, soru sıralamasına göre şu şekildedir:

- Dersin anlaşılabilirliği çeşitli faktörlere bağlı olabilir. 24.04.2008 tarihinde anlatılan modül, bu faktörler optimum düzeyde tutularak anlatılmıştır. Anlaşılabilirliği etkileyen faktörler diğer sorularda daha da detaylandırılmıştır. Anket kitlesinin %55'i dersi anlaşılır bulduğuna göre amaca ulaşıldığı kabul edilebilir.
- Hesapların bütün olarak öğrenciye verilmesi, dersin öğrenciye negatif etki yapmasına neden olabilir. Hesapların bölünmesi ve öğrenciye bu şekilde verilmesi ile öğrenci beyninde hesapları aşama aşama birleştirecektir. Anket kitlesinin %55'i kısmı hesapları bu şekilde anladı ise amaca ulaşıldığı kabul edilebilir.
- Yapılan araştırmalar sonucunda bireylerin gördüklerinin %70' ini hatırladıkları tespit edilmiştir. Dersin görsel materyallerle desteklenmesi bilgilerin kalıcılığını arttırmaktadır. Ayrıca öğrencilere verilen sözel bilgilerin, şekil ve fotoğraflarla desteklenmesi dersin anlaşılabilirliğini arttırmaktadır. Anket sonucunda bu soruya öğrencilerin %67' sinin “evet” cevabı vermesi de bu tezi desteklemektedir.
- Ders öğretmenden ziyade öğrenci merkezli hazırlanmalı ve anlatılmalıdır. Öğretmen derste rehber konumunda olmalıdır. Öğrenci merkezli öğretim, öğrencinin dersi en iyi hangi şekilde anlayıp, bilgileri kullanabileceğinin tespit edilmesi ile olur.
- Anket yapılan grup aynı zamanda eğitim dersleri almaktadır. Klasik yöntemin nasıl olduğunu iyi şekilde bilmektedirler. Yapılan ders ile bu gruba bir nevi modüler yöntem hakkında ipucu verilmiştir ve hangi yöntem daha etkili sorusuna öğrencilerin %53' ü “Modüler Program” cevabını vermiştir.

- Öğrenciler, ders notları, slaytlar v.s kendilerine verilen internet adresinden temin edebilmektedirler. Buradaki amaç öğrencilerin derste not tutmakla meşgul olmalarını engelleyip dikkatlerini öğretmene yoğunlaştırmaları ve böylece dersin verimini arttırmaktır. Bu soruya öğrencilerin %53' ü “Hayır” cevabı vermiştir. Sonucun olumsuz olması öğrencilerin notları bilgisayarlarına kaydetmek için siteye girdiklerinde kayıt bağlantısında problem olması gösterilebilir. Fakat bu problem daha sonra düzeltilmiştir.
- Yukarıdaki maddelerden bir tanesinde, yapılan bir araştırmadan bahsedilip, bireylerin gördüklerinin %70' ini hatırladıkları belirtilmişti. Aynı araştırmada, bireylerin görüp uyguladıklarının %90' ını hatırladıkları tespit edilmiştir. Bilgilerin görsel materyallerle desteklenmesi ile bireyler görecekle ve bilgisayar programı ile de uygulama imkanı bulacaktır. Bu soruya öğrencilerin %64' ü “Evet” cevabı vererek bu araştırmayı desteklemişlerdir.
- Bu çalışmanın amaçlarından biri de öğrencilere NETCAD programının yol projelendirme modülünü öğretmektir. Piyasada bilgilerine ilave olarak program kullananlar mesleki olarak üst konumlardadır. Öğrencilerin %85' inin “Evet” cevabı vermesi bu görüşü desteklemektedir.
- Sonuç olarak ulaştırma proje dersi için tasarlanan modüler yöntem hem öğrenciler hem de öğreticiler tarafından olumlu karşılığı görmüştür.
- Programın kitap halinde basılıp yayınlanmasının bu alanda daha genel bir etkisinin olacağı açıktır.

6.KAYNAKLAR

- Akbulut, H., 2004, “Yol Geometrik Dizayn ve Hesap Yöntemleri”, Afyon Kocatepe Üniversitesi (Ders Notları), Afyonkarahisar
- Baban, E., 1987, “Adım Adım Standart Yol Projesi “ (Cilt 1-2-3), Birsen Yayınevi Ltd. Şti., İstanbul
- Baban, E., 2000, “Yol Projesi Tatbikat Dersleri”, Birsen Yayınevi Ltd. Şti., İstanbul
- Bostancı, B., 2005, “Klotoid Eğrisinde Yol Dinamiğinin İncelenmesi”, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara, Mart
- Can, A., 2005, “Mühendislik Öğretimi ile Geliştirme Gücü ve Özgünlüğün Etkileşimi”, TMMOB Makine Mühendisleri Odası Mühendislik Eğitimi Sempozyumu, Gazi Üniversitesi, Ankara, 18-19 Kasım
- Cengizhan, S., 2008, “Modüler Öğretim Tasarımının Farklı Öğrenme Stiline Sahip Öğrencilerin Akademik Başarılarına ve Öğrenme Kalıcılığına Etkisinin Belirlenmesi”, Eğitimde Kuram ve Uygulama, ISSN: 1304-9496, 98-116
- Doğan, H., 1997, “Eğitimde Program ve Öğretim Tasarımı”, Gazi Kitabevi, Ankara, ss. 291-292
- Erhun, G., 2003, “Mesleki ve Teknik Eğitimde Planlı Okul Gelişim Modeli”, IVETA Bölgesel Konferansı, Ankara Üniversitesi, Ankara, 20-22 Ekim
- Erhun, G., 2004, “Modüler Öğretim”, METGE (Mesleki ve Teknik Eğitimi Geliştirme Projesi 1993-2003), Ankara

- Fer, S., 2000, "Modüler Program Yaklaşımı ve Bir Öneri", Milli Eğitim Dergisi, Ankara, 147, 21-37
- Gürbüz, R., 2003, "Mesleki ve Teknik Eğitimde Kalite Güvencesi, Geçerlilik ve Değerlendirme", Standart Dergisi, ISBN 1300-8366, sayı 470, sayı 76-81
- Gürbüz, R., 2004, "Eğitim Programlarının Geliştirilmesinde Kalite Güvence ve Standart", Ankara Üniversitesi, Ankara
- Karalar, H. ve Sarı, Y., 2007, "Modüler Bir Öğretim Yazılımı Denemesi ve Uygulama Sonuçları", Akademik Bilişim 2007, Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya, 31 Ocak-2 Şubat
- Kiper, T., 2002, "Karayolu Projesi Temel Bilgileri", YTMK, Ankara
- Koparan, Y.C., Kuşçu Ş., Şahin, H., 2005, "Karayolu Projelendirilmesinde Kullanılan Grafik Tasarım Programlarından Beklentiler", Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Mühendislik Ölçmeleri STB Komisyonu, 2. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, İTÜ, İstanbul, 23-25 Kasım
- NETCAD 5.0 GIS, 2007, "Temel CAD ve GIS Uygulaması Kullanım Kılavuzu", Başak Matbaacılık, Mayıs, Ankara
- NETCAD/ Netpro, 1999, "Profesyonel Yol Projelendirme", Başak Matbaacılık, Nisan, Ankara
- NETCAD/ Hesap, 1999, Başak Matbaacılık, Nisan, Ankara
- Sağlam, H. ve Kuş R., 2003, "Mesleki ve Teknik Eğitimin Yeniden Yapılandırma İhtiyacı", İVETA Bölgesel Konferansı, Ankara Üniversitesi, Ankara, 20-22 Ekim

- Schoon, J.G., 1993, "Geometric Design Projects For Highways: An Introduction", American Society of Civil Engineers, ISBN 0-87262-941-4, 92-47137
- Sonuç, T., 1975, "Karayolu Tekniği (Trafik-Güzergah-Ekonomi-Toprak İşleri), Sermet Matbaası, İstanbul
- Soycan, A. ve Soycan, M., 2005, "Karayolları Bakım Maliyetlerinin Belirlenmesinde Yatay ve Düşey Kurp Sayılarının Etkilerinin İncelenmesi", Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Mühendislik Ölçmeleri STB Komisyonu, 2. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, İTÜ, İstanbul, 23-25 Kasım
- Şimşek, A., Özdamar, N., Becit, G., Kılıçer, K., Akbulut, Y., Yıldırım, Y., 2007, "Türkiye'deki Eğitim Teknolojisi Araştırmalarında Güncel Eğilimler", I. Uluslararası Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Sempozyumu, Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale, 16-18 Mayıs
- Telli, A.K. ve Baybura, T., 2005, "Modern Düşey Kurbların Sademe Yönünden Karşılaştırılması", Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Mühendislik Ölçmeleri STB Komisyonu, 2. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, İTÜ, İstanbul, 23-25 Kasım
- Tombaklar, Ö.H., 2001, "Yol Bilgisi", Selçuk Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, (Ders Notları Yayın No:48), Konya
- Umar, F. Ve Yayla N., 1994, "Yol İnşaatı", İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, İstanbul
- Varlıorpak, Ç. ve Tanyel, S., 2000, "Yol I (Geometrik Elemanlar)", Mühendislik Fakültesi Basım Ünitesi, İzmir

6.1 CD–ROM Kaynakları

NETCAD 5.0 GIS, Ulusal CAD ve GIS Çözümleri A.Ş, Mayıs 2007, Türkçe, Ankara -
Türkiye

6.2 İnternet Kaynakları

	Erişim Tarihi
1- http://www.netcad.com.tr	23.03.2008
2- http://www.serki.com/index.php?bolumsec=terimler&id=699ora	24.03.2008
3- http://trafik.akada.com.tr/showthread.php?p=231	26.03.2008
4- http://ogrenci.hacettepe.edu.tr/~b0145575/baglantilar/zeka.html	15.02.2008
5- http://img.donanimhaber.com/image.aspx	20.04.2008
6- http://www.kgm.gov.tr/fr5.asp?tt=0005	13.07.2008
7- http://www.mmf.gazi.edu.tr/insaat/hocalar/myweb11/im351/d_k.htm	18.04.2008
8- http://www.mebnet.net/duyurular/meyap/modedigitim.pdf	20.12.2007
9- http://tr.wikipedia.org/wiki/Ula%C5%9F%C4%B1m	03.03.2008
10- http://80.190.202.79/pic/a/akaratas03/yol.jpg	25.04.2008
11- http://ccat.sas.upenn.edu	12.12.2008
12- http://unyezile.com	21.02.2008
13- http://www.tarsus.bel.tr/images/tr/kultur/tarihi_ipek_yolu_03.jpg	16.04.2008
14- http://imports.cobramartialarts.com.au/images/products/large/48.jpg	21.04.2008
15- http://www.universite-toplum.org/text.php?id=274	04.05.2008

7. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı	Hakkı GÖRGÜN
Doğum Yeri	Gediz
Doğum Tarihi	1982
Medeni Hali	Bekar
Yabancı Dili	İngilizce
	Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)
Lise	Çınarlı Endüstri Meslek Lisesi,1998
Lisans	Süleyman Demirel Üniversitesi, 2004
Yüksek Lisans	Afyon Kocatepe Üniversitesi, 2008
Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl aralığı	
Dek Yapı İnşaat Doğalgaz	2004-2007
OKTAŞ Taah. İnş. Tekstil	2007 -
San. ve Tic. Ş	

Yayınları (SCI ve diğer)

Diğer konular