



T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**KARAYOLLARI 11. BÖLGE MÜDÜRLÜĞÜ YOL AĞINDAKİ
HEYELANLAR VE BİR UYGULAMA**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Muhammet KOMUT

TEMMUZ 2015

GÜMÜŞHANE

**T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**KARAYOLLARI 11. BÖLGE MÜDÜRLÜĞÜ YOL AĞINDAKİ
HEYELANLAR VE BİR UYGULAMA**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Muhammet KOMUT

**Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
“İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı”
Yüksek Lisans Programında Kabul Edilen Tezdir.**

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 01.06.2015

Tezin Sözlü Savunma Tarihi : 10.07.2015

TEMMUZ 2015



KABUL ve ONAY



Yrd. Doç. Dr. Orhan KARPUZ danışmanlığında **Muhammet KOMUT** tarafından hazırlanan **“KARAYOLLARI 11. BÖLGE MÜDÜRLÜĞÜ YOL AĞINDAKİ HEYELANLAR VE BİR UYGULAMA”** isimli bu çalışma jürimiz tarafından Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **İnşaat Mühendisliği** Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak Oy Birliği ile kabul edilmiştir.

Başkan

:

Doç. Dr. Muhammet Vefa AKPINAR

Üye (Danışman)

:

Yrd. Doç. Dr. Orhan KARPUZ

Üye

:

Doç. Dr. Tufan ÇAKIR

ONAY

Bu tez 30.9.2015 tarihinde Enstitü Yönetim Kurulunca kabul edilmiştir.

Yrd. Doç. Dr. İbrahim TURAN
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BEYANNAMESİ

Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlamış olduğum "**KARAYOLLARI 11. BÖLGE MÜDÜRLÜĞÜ YOL AĞINDAKİ HEYELANLAR VE BİR UYGULAMA**" isimli bu tez çalışmada; bütün bilgi ve belgeleri genel akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel ve yazılı bütün bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak hazırlayıp sunduğumu, başka kaynaklardan yararlandığım bilgileri metin ve kaynaklarda eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma süresince bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksi durumda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 01/06/2015



Muhammet KOMUT

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KARAYOLLARI 11. BÖLGE MÜDÜRLÜĞÜ YOL AĞINDAKİ HEYELANLAR VE BİR UYGULAMA

Muhammet KOMUT

Gümüşhane Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Orhan KARPUZ

2015, 95 sayfa

Karayolları teşkilatı, ülkemizin büyüme stratejileri doğrultusunda yol ağını geliştirmektedir. Bu kapsamda hazırlanan projeler ve yapılan uygulamalar özellikle Karadeniz ve Doğu Anadolu bölgelerinde birçok sorunu da beraberinde getirmektedir. Yüksek standartlı yolları bu bölgelerimizde hayata geçirmek, geoteknik koşulların çok iyi irdelenmesini gerekli kılmaktadır. Yol yapım aşamasında ya da daha sonra gerçekleşen heyelanlar ülke ekonomisine büyük yük getirmektedir. Ayrıca ulaşım ve trafik güvenliğini de ciddi anlamda tehdit etmektedirler.

Bu tez çalışmasında Karayolları 11. Bölge Müdürlüğü sorumluluk bölgesinde bulunan illerdeki karayolu güzergahlarında, mevcut veya potansiyel her türlü kayma hareketi (sayısı, hareket eden zemin cinsi, hareketin tipi, nedenleri, su durumu v.b.)

araştırılmış; bölgede yer alan illere göre dağılımı, illerin topoğrafik ve jeolojik yapısına göre heyelan türlerinin farklılıkları tespit edilmiştir. Bu alışma ile yeni yol projelerinde veya yapım aşamasındaki yollarda karşılaşılabilecek heyelanlar hakkında bilgiler vermek ve kayıpların azaltılmasına katkı sağlamak amaçlanmıştır. Çalışmanın sonunda bölgedeki bir heyelan sahası ile ilgili stabilite analizi yapılarak farklı çözüm nerileri getiren bir heyelan raporu sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Heyelan, Karayolları, KGM 11. bölge, Stabilite analizi,

ABSTRACT

MS THESIS

**LANDSLIDES ON ROAD NETWORK OF
THE GENERAL DIRECTORATE OF HIGHWAYS 11. REGION
AND AN APPLICATION**

Muhammet KOMUT

Gümüşhane University

The Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Civil Engineering

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Orhan KARPUZ

2015, 95 pages

Highway organization develops road network in line with the growth strategy of our country. In this context, the projects prepared and made applications brings with it many problems, especially in the Black Sea and Eastern Anatolia regions. To put into practice the high standard roads in these regions pins down studying very well geotechnical conditions. Landslides occurred road building stage or later bring great burden to the national economy. They also threaten seriously in the transportation and traffic safety.

In this thesis, all kinds of existing or potential landslide in road network of Highways organization 11. Region were investigated (the number, moving soil type, type of movement, causes, water availability, etc); distribution according to provinces in the region and differences in types of landslides according to topographic and geological structure of

the provinces have been identified. The aim of this study is to give information about landslides that may be encountered in new or existing roads and contribute to the reduction of losses. At the end of the study, performing stability analysis a landslide report suggesting different solutions about a landslide area in the 11. Region is submitted.

Keywords: Highways, Landslide, KGM 11. Region, Stability analysis

TEŞEKKÜR

Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim dalında hazırlamış olduğum bu yüksek lisans tez çalışmamın her aşamasında yön gösterici olan, yardımlarını ve önerilerini esirgemeyen, bilgilerinden ve tecrübelerinden yararlandığım çok değerli hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Orhan KARPUZ'a; yüksek lisans öğrenimim boyunca üzerimde emeği olan İnşaat Mühendisliği bölümündeki tüm hocalarıma; beni bu günlere getiren, yetiştiren ve her zaman yanımda olan aileme; çalışmalarım sırasında mesleki bilgisini, ilgisini, sevgisini ve desteğini hiçbir zaman eksik etmeyen sevgili eşim Jeoloji Mühendisi Şeyda KOMUT'a teşekkür ederim.

Muhammet KOMUT
GÜMÜŞHANE, 2015

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖZET	IV
ABSTRACT	VI
TEŞEKKÜR	VIII
İÇİNDEKİLER.....	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ	XI
TABLolar DİZİNİ.....	XIV
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ... ..	XV
EKLER DİZİNİ	XVI
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Amaç ve Kapsam.....	1
1.3. Karayolları Genel Müdürlüğünün Heyelan Çalışmaları	2
1.4. Karayolları Genel Müdürlüğünün Heyelanlara Yaklaşımı	4
1.5. Diğer Literatür Çalışmaları	6
1.6. Heyelan Tanımları	6
1.7. Heyelanların Sınıflandırılması	9
1.7.1. Skempton Heyelan Sınıflandırması.....	9
1.7.2. Varnes Heyelan Sınıflandırması.....	10
1.7.3. Hutchinson Heyelan Sınıflandırması.....	12
1.7.4. Sassa Heyelan Sınıflandırması	12
1.7.5. Genel Sınıflandırma	13
1.8. Heyelan Oluşum Nedenleri	19
1.9. Heyelanın İncelenmesi	23
1.10. Heyelanların Önlenmesine Yönelik Alınabilecek Önlemler.....	24
1.11. Heyelan Sahasında Yapılan Zemin Ölçümleri	27
1.11.1. Standart Penetrasyon Deneyi (SPT)	27
1.11.2. İnklinometre Ölçümleri	29
1.12. Dairesel Kaymalarda Limit Denge Analizleri.....	32

1.12.1.	Bishop Yöntemi.....	32
1.12.2.	Janbu Yöntemi.....	34
1.12.3.	İsveç Dilim Yöntemi	35
1.12.4.	Toplam Gerilme Analizi Yöntemi.....	36
1.12.5.	Sürtünme Dairesi Yöntemi.....	38
1.12.6.	Spencer Yöntemi	39
1.12.7.	Lowe ve Karafiath Yöntemi	39
1.12.8.	Corps of Engineers Yöntemi	39
1.12.9.	Morgenster - Price Yöntemi	40
2.	ÇALIŞMA BÖLGESİNİN HEYELAN VERİLERİ.....	41
2.1.	Van İli Heyelan Verileri	41
2.2.	Bitlis İli Heyelan Verileri.....	47
2.3.	Hakkari İli Heyelan Verileri.....	54
2.4.	Muş İli Heyelan Verileri.....	60
2.5.	Genel Değerlendirme	64
2.5.1.	İllere Göre Heyelan Nedenleri	69
2.5.2.	İl Yol Ağlarının Heyelan Sayıları İle İlişkilendirilmesi.....	70
3.	YAPILAN ÇALIŞMALAR	73
3.1.	Heyelanın Yeri ve Özellikleri.....	73
3.2.	Yöntem	74
3.3.	Yol Güzergâhının Genel Jeolojisi	74
3.4.	Yapısal Jeoloji ve Tektonik.....	78
3.5.	Hidrojeoloji	78
3.6.	Heyelanın Modellenmesi ve Zemin Parametrelerinin Belirlenmesi	79
3.7.	Geri Analiz Yöntemi	79
3.8.	Geoteknik İrdeleme	85
3.8.1.	Çözüm Önerisi – 1.....	85
3.8.2.	Çözüm Önerisi – 2.....	86
3.8.3.	Çözüm Önerisi – 3.....	89
4.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER	91
5.	KAYNAKLAR.....	94
6.	EKLER	96
	ÖZGEÇMİŞ	

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.1.	Ülkemiz genelinde karayolu ağındaki heyelanların dağılımı	3
Şekil 1.2.	Karayolları teşkilatı hizmet bölgelerine göre heyelanların dağılımı	4
Şekil 1.3.	Heyelan raporu hazırlanmasında yapılan işlerin akış şeması	5
Şekil 1.4.	Tipik heyelan planı	7
Şekil 1.5.	Tipik heyelan kesiti.....	8
Şekil 1.6.	Bitlis-Baykan - 9. Bölge Hududu Devlet Yolu (Km:34+000) Heyelanı	8
Şekil 1.7.	Skempton heyelan sınıflandırması.....	10
Şekil 1.8.	Kayma tipi heyelanın genel görüntüsü	13
Şekil 1.9.	Bitlis Mutki-Kavakbaşı yolunda kayma tipi bir heyelan örneği.....	14
Şekil 1.10.	Killi, siltli vb. zeminlerde dönel kayma.....	14
Şekil 1.11.	İleri derecede eklemler ve ayrışmış kayalarda dönel kayma	15
Şekil 1.12.	Van-Tatvan devlet yolu dönel kayma heyelanı	15
Şekil 1.13.	Van-Hakkari devlet yolu dönel kayma heyelanı.....	16
Şekil 1.14.	Çukurca güvenlik yolunda bir blok (düzlemsel) kayma heyelanı	17
Şekil 1.15.	Yeniköprü-Hakkari devlet yolu Depin mevkiindeki kaya düşmesi.....	18
Şekil 1.16.	Bitlis-Baykan-9.Bölge hududu devlet yolundaki kaya düşmesi.....	18
Şekil 1.17.	Farklı akma tipi heyelanlar	19
Şekil 1.18.	Mutki-Geyikpınar yolu akma heyelanı	19
Şekil 1.19.	Heyelan kayma yüzeyinde gerilmelerin durumu	20
Şekil 1.20.	Sürşarj yüküne ve topuk boşalmasına bağlı kayma.....	21
Şekil 1.21.	Çukurca tüneli portalında gerçekleşen sürşarj yüküne bağlı heyelan.....	21
Şekil 1.22.	Çukurca il yolunda olumsuz yönde tabakalanma sonucu heyelan	23
Şekil 1.23.	Mutki-Meydan yolu dere oyması heyelanı	23
Şekil 1.24.	Bitlis-Baykan 9.bölge hududu yolu km:34+000 heyelanı	24
Şekil 1.25.	Eğimli araziye oturan dolgularda kademelendirme ve drenaj	26
Şekil 1.26.	Çukurca güvenlik yolunda eğimli araziye oturan dolgudaki heyelan.....	26
Şekil 1.28.	Bitlis Batarya kavşağı heyelan alanı sondaj çalışması.....	28
Şekil 1.29.	İnklinometre deney sisteminin kısımları	30
Şekil 1.30.	İnklinometre kılavuz borusu	30

Şekil 1.31.	İnclinometre kılavuz borusunun kuyuya indirilişi ve betonun dökülmesi (SisGEO 1998).....	31
Şekil 1.32.	Bishop yöntemi ve her dilime etkiyen kuvvetlerin konumları	33
Şekil 1.33.	Janbu yönteminde düzeltme katsayısı diyagramı	34
Şekil 1.34.	Dilim yönteminde etkiyen kuvvetler	36
Şekil 1.35.	Dairesel kayma	37
Şekil 1.36.	Sürtünme dairesi yöntemi	38
Şekil 2.1.	Van ili heyelan yerlerini gösteren karayolu haritası	45
Şekil 2.2.	Hareket tipine göre Van ilindeki heyelanlar	45
Şekil 2.3.	Van ilindeki heyelanların yarma - dolgu oranı	46
Şekil 2.4.	Van ilinde yarma şevlerindeki heyelanların zemin – kaya oranı.....	46
Şekil 2.5.	Van ilindeki heyelanların nedenleri.....	47
Şekil 2.6.	Bitlis ili heyelan noktalarını gösterir karayolu haritası.....	47
Şekil 2.7.	Hareket tipine göre Bitlis ili heyelanları.....	53
Şekil 2.8.	Bitlis ili heyelanlarının yarma-dolgu durumu.....	53
Şekil 2.9.	Bitlis ili yarma şevlerindeki heyelanların zemin türleri.....	54
Şekil 2.10.	Bitlis ilindeki heyelanların nedenleri.....	54
Şekil 2.11.	Hakkari ili heyelan noktalarını gösterir karayolu haritası	55
Şekil 2.12.	Hakkari ilindeki heyelanların türleri ve oranları.....	58
Şekil 2.13.	Hakkari ilindeki heyelanların gerçekleştiği yol kesimlerinin oranları.....	58
Şekil 2.14.	Hakkari ili yarma şevi heyelanlarının zemin durumu.....	59
Şekil 2.15.	Hakkari ili karayollarındaki heyelanların nedenlerine göre oranları	59
Şekil 2.16.	Muş ili heyelan noktalarını gösterir karayolu haritası	60
Şekil 2.17.	Muş ilinde hareket tipine göre heyelan türleri.....	62
Şekil 2.18.	Muş ilindeki heyelanların gerçekleştiği yol kesimleri.....	62
Şekil 2.19.	Muş ili yarma kısmındaki heyelanların kütle türü	63
Şekil 2.20.	Muş ili heyelan nedenleri.....	63
Şekil 2.21.	Bölge karayolu güzergâhlarındaki heyelan yerleri	65
Şekil 2.22.	Heyelanların yüzde olarak illere göre dağılımı.....	66
Şekil 2.23.	Bölge genelinde hareket tipine göre heyelanların dağılımı	66
Şekil 2.24.	Bölgedeki illerde heyelan tiplerinin durumu	67
Şekil 2.25.	Bölgede heyelanların gerçekleştiği karayolu kesiti durumu.....	67
Şekil 2.26.	Bölge genelinde yarma kesitlerde hareket eden zemin durumu	68

Şekil 2.27.	Bölgedeki illere göre yarma kesitlerde hareket eden zemin durumu.....	68
Şekil 2.28.	Bölge genelinde karayolu heyelanlarının nedenleri.....	69
Şekil 2.29.	Bölge genelinde illere göre heyelan nedenlerinin dağılımı	70
Şekil 2.30.	Bölgedeki illerin yol ağı uzunlukları ve heyelan sayıları	71
Şekil 2.31.	İllere göre 100 km 'ye düşen heyelan sayıları	71
Şekil 2.32.	İllere göre devlet ve il yoluna düşen heyelan sayıları.....	72
Şekil 3.1.	İncelenen heyelanın harita üzerindeki yeri	73
Şekil 3.2.	MTA tarafından yapılmış genelleştirilmiş jeoloji haritası.....	77
Şekil 3.3.	Çalışılan heyelanın idealize edilmiş kesiti.....	81
Şekil 3.4.	Kireçtaşına ait geoteknik parametreler	82
Şekil 3.5.	Serpantinite ait geoteknik parametreler	83
Şekil 3.6.	Heyelan öncesi kesitin (km:33+920) geri analizi	84
Şekil 3.7.	Çözüm önerisi-1 için analiz çıktıları.....	87
Şekil 3.8.	Çözüm önerisi - 2 için analiz çıktıları.....	88
Şekil 3.9.	Önerilen alternatif güzergahın harita üzerindeki konumu	90
Şekil 3.10.	Önerilen güzergahın uydu görüntüsünde konumu.....	90

TABLÖLAR DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1.1.	Skempton D/L oranları İçin heyelan sınıflandırması.....	10
Tablo 1.2.	Varnes'e göre Şev kayması sınıflandırması	11
Tablo 2.1.	Van ili karayolu ağındaki heyelanlara ait temel bilgiler.....	42
Tablo 2.2.	Bitlis ili karayolu ağındaki heyelanlar	48
Tablo 2.3.	Hakkari ili karayolu ağındaki heyelanlar	56
Tablo 2.4.	Muş ili karayolu ağındaki heyelanlar	61
Tablo 2.5.	Bölgede meydana gelen heyelanların illere göre durumları	64
Tablo 2.6.	Bölgedeki illere göre heyelan nedenleri	69
Tablo 3.1.	Jeolojik birimler ve tanımlar	76

SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ

c	: Kohezyon
d	: Dikey
D	: Derinlik
D.Y.	: Devlet yolu
GSI	: Jeolojik dayanım indeksi
İ.Y.	: İl yolu
KGM	: Karayolları Genel Müdürlüğü
L	: Uzunluk
MTA	: Maden Tetkik Arama
\emptyset	: İçsel sürtünme açısı
SK	: Sondaj kuyusu
SPT	: Standart penetrasyon deneyi
y	: Yatay

EKLER DİZİNİ

Sayfa No

Ek Şekil 1. Karot Sandığı Fotoğrafları.....	96
Ek Şekil 2. Sondaj Kuyu Logları.....	106

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Ülkemizde jeolojik, iklimsel özellikler ve coğrafi yapıya bağlı olarak deprem, heyelan ve sel olayları gibi birçok afet sıkça yaşanmaktadır. Değişik dönemleri kapsayan çalışmaların tamamında doğal afet olay sayısı baz alındığında heyelanların ilk sırada, doğal afetlerden etkilenen konut sayısı dikkate alınarak yapılan değerlendirmelerde ise depremlerden sonra ikinci sırayı aldığı görülmektedir. Afet işleri genel müdürlüğü verilerine göre, Türkiye topraklarının % 25' i olan 194.000 kilometrekare alan heyelan tehlikesi altındadır. Bu topraklarda yaşayan nüfusumuzun % 11 'ine karşılık gelen yaklaşık 8 milyon insan böyle bir risk ile yaşamaktadır. Heyelanlar, her mevsim yağışın gözlendiği, ülkemizin en yağışlı bölgelerinden Karadeniz bölgesi ve genellikle yüksek dağlık araziye sahip Doğu Anadolu bölgesinde yoğunluk göstermektedir. Ülkemizin gelişmişlik göstergelerinden biri olan yüksek standartlı yolların bu bölgelerimizde de hayata geçirilebilmesi için geoteknik koşulların çok iyi irdelenmesi gerekir. Proje ve yapım çalışmaları sırasında varlığı tespit edilemeyen heyelanların yeterli incelenmemesi, alternatif güzergahların ya da çözüm önerilerinin geliştirilememesi nedenleriyle ülke ekonomisine gelen fazladan yük, üzerinde durulması gereken çok önemli sorunlardan biri olmaktadır. Meydana gelen heyelanların, ekonomik kayıpların yanı sıra ulaşım ve trafik güvenliği açısından taşıdığı riskler, sosyal ve toplumsal etkileri de büyük olabilmektedir.

Karayolu güzergahları oluşturulurken yolun yapımı, zemin koşulları ve yol standartları açılarından yapılan incelemenin yanında heyelan etütleri de büyük önem taşımaktadır. Yolun gerek proje gerekse yapım aşamalarında heyelana elverişli aktif ya da pasif alanlar göz önünde bulundurulmalı, jeolojik ve geoteknik araştırma çalışmaları yürütülmelidir. Ülkemizde heyelanlar ile ilgili çalışmalar Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM), Araştırma ve Geliştirme Dairesi Başkanlığınca (AGDB), Bölge Müdürlükleri ile koordineli bir şekilde yürütülmekte, yönlendirilmekte veya kontrol edilmektedir.

1.2. Amaç ve Kapsam

Bu tez çalışmasının amacı; Karayolları 11. Bölge Müdürlüğü sorumluluk alanında bulunan karayolu güzergâhlarında mevcut ya da potansiyeli olan kayma hareketlerinin

araştırılarak bölgede yer alan illere göre dağılımını yapmak, illerin topoğrafik ve jeolojik yapısına göre heyelan türlerinin farklılıkları ve sayılarının tespit etmek, yeni yol projelerinin yapım aşamalarında zaman ve maliyet kayıplarının azaltılmasına katkı sağlamaktır.

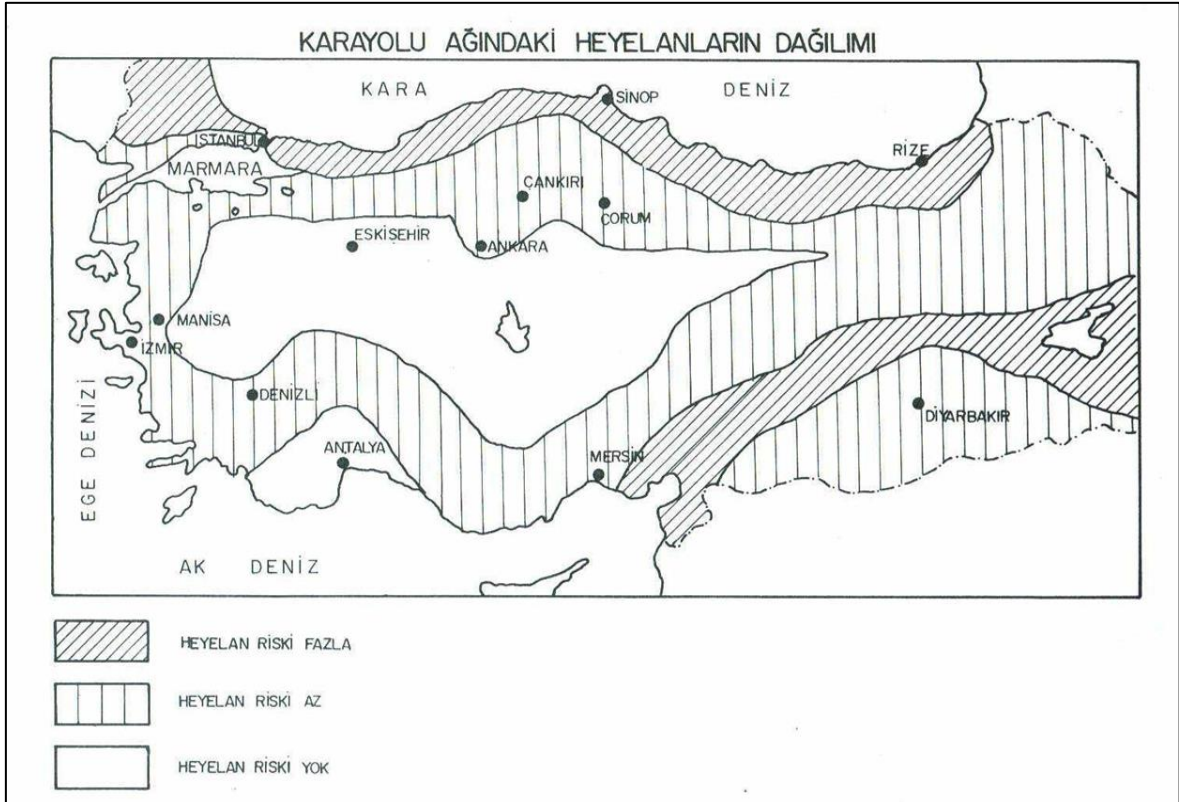
Çalışma, Karayolları 11. Bölge Müdürlüğü sorumluluğundaki yol ağlarında gerçekleşen, Karayolları Genel Müdürlüğü Araştırma ve Geliştirme Dairesi Başkanlığı kayıtlarında olan tüm heyelanların bilgileri ile yol yapım çalışmaları sırasında acil çözüm üretilen heyelan bilgilerini ve detaylı bir heyelan raporu çalışmasını kapsamaktadır.

Karayollarında meydana gelen heyelan vakaları, Araştırma ve Geliştirme Daire Başkanlığı Araştırma Başmühendisliği bünyesinde incelenmekte, gerekli heyelan önleme projeleri üretilmektedir. Heyelan vakasının büyüklüğüne göre çalışma sistematigi geliştirilmekte, çok küçük ve detaylı proje gerektirmeyen sorunlarda yerinde çözümler üretilmektedir. Daha büyük ve detaylı araştırma çalışması gerektiren durumlarda ise heyelan plankotesi oluşturularak araştırma programları, laboratuvar deney programları ve heyelan önleme geoteknik proje raporları hazırlanmaktadır. Bölge imkânları ile çözülemeyecek büyüklükteki heyelanlarda ise Araştırma ve Geliştirme Dairesi Başkanlığından teknik destek almak suretiyle geoteknik projeler geliştirilmektedir. Bu nedenle heyelan envanteri içerisinde basit çözümlerle iyileştirilen heyelanlardan, bölge imkanları ile proje üreterek çözülen heyelanlar ve ARGE Dairesi Başkanlığının içinde olduğu tüm vakalar bu çalışma kapsamında değerlendirilmiştir. Ayrım-Bitlis 9. Bölge Hududu Devlet Yolu Km: 33+700-34+100 heyelanı için bu çalışma kapsamında rapor hazırlanmıştır.

1.3. Karayolları Genel Müdürlüğünün Heyelan Çalışmaları

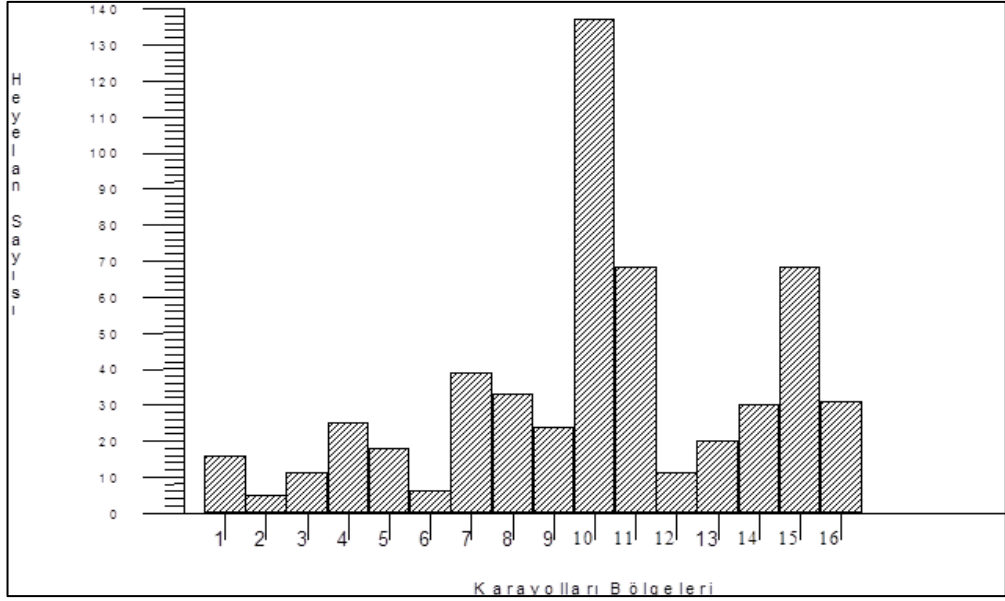
1988-1998 yılları arasında yapılan araştırmalarda karayollarının mevcut ve potansiyel her türlü kayma hareketinin sayısı, hareket eden zeminin cinsi, hareketin tipi, nedenleri, hacmi, su durumu ve maliyetleri araştırılarak, karayolu güzergahları boyunca yer alan heyelanların bölgesel dağılımı araştırılmıştır. Heyelanların tektonizma, zemin/kaya cinsi ve su etkisi, yol yapısı tipi (yarma-dolgu, sanat yapısı v.b.) ile ilişkisi ortaya konmuştur. Yapılan çalışmaların sonucuna göre en fazla heyelanın Doğu ve Batı Karadeniz Bölgelerinde (% 49) olduğu görülmüştür. Oluşan kaymaların % 64' ü zemin, % 36' sı kaya formasyonlarda meydana gelmiştir. Heyelanların % 52' sinin potansiyel

heyelan bölgelerinde yer aldığı, heyelana neden olan faktörlerde birinci sırayı yüzey ve yeraltı suyu etkisinin aldığı görülmüştür. Su etkisi dışındaki heyelan nedenleri etkinlik sırasına göre ayrışma % 37, dik yamaç ve şev eğimleri % 28, zemin koşulları % 23 ve diğer nedenler % 12 olarak belirlenmiştir (Akçelik vd, 1998). Bu araştırmanın sonucunda Karayolu güzergâhları boyunca yer alan heyelanların dağılımını gösteren güncelliğini koruyan karayolu heyelanları dağılım haritası hazırlanmıştır (Şekil 1.1 ve Şekil 1.2).



Şekil 1.1. Ülkemiz genelinde karayolu ağındaki heyelanların dağılımı

Aynı araştırmanın sonuçlarına göre Karayolları Bölge Müdürlükleri bazında Karayolları 11. Bölge Müdürlüğü yol ağındaki heyelan sayılarının Orta ve Doğu Karadeniz Bölgesinden sonra ikinci sırada olduğu ve heyelan riski fazla olan bölgede yer aldığı görülmektedir. 1994 yılında yol ağı üzerinde oluşan heyelanların jeolojisi, hidrojeolojisi, topoğrafyası, zemin koşulları ve geometrisi ile ilgili bilgilerin plankote, enkesit ve boykesit



Şekil 1.2. Karayolları teşkilatı hizmet bölgelerine göre heyelanların dağılımı

üzerine işlenmesi sırasında izlenecek yöntem konusunda veri standardizasyonunu sağlamak; Bölge Müdürlüklerince yapılan ön araştırma çalışmalarını yönlendirmek ve bu geoteknik çalışmalara dayanan sayısal analizlerle emniyetli ve ekonomik heyelan çözüm projelerinin yapılabilmesi için “Heyelan Plankotesi Hazırlama Rehberi” hazırlanmıştır (KGM-Teknik Araştırma Dairesi Başkanlığı, 1994). 1995 yılında Zemin Araştırmaları İşine Ait Teknik Şartname revize edilmiştir. Güzergah etüdü, ön proje ve kesin proje aşamasında yapılacak jeolojik - geoteknik araştırma ve projelendirme çalışmaları tanımlanmış; 8 m’den yüksek dolgu ve 15 m’den yüksek yarmalar için stabilite analizi şartı getirilmiş; kısa dönem, uzun dönem ve deprem durumu için güvenlik şartı konmuştur (KGM Teknik Araştırma Dairesi Başkanlığı, 1995).

1.4. Karayolları Genel Müdürlüğünün Heyelanlara Yaklaşımı

Karayolu projelerindeki heyelanlı kesimler koridor etüdü çalışmalarıyla 1/25000 ölçekli haritalar üzerinden incelenmektedir. Mevcut jeolojik - jeoteknik çalışmalar ve hava fotoğrafları kullanılarak bölgenin jeolojisi araştırılmakta, kritik heyelanlı kesimler belirlenmektedir.

Zemin koşulları, yapım ve proje kriterleri açısından en uygun güzergah seçeneğine karar verilmesinde heyelanlı kesimlerin teknik ve ekonomik etkileri değerlendirilmektedir. Ön proje aşamasında güzergahın 1/5000' lik haritaları çıkartılarak jeolojik ve geoteknik yönden lokal olarak daha detaylı incelenmekte, potansiyel ve aktif heyelanların yola etkileri araştırılmakta ve özel tasarım gerektiren heyelanlar belirlenmektedir. Uygulama projesi aşamasında heyelan plankotesi hazırlama rehberinde belirtilen her türlü jeolojik - jeoteknik araştırma yapılarak yukarıdaki akış diyagramında (Şekil 1.3) gösterildiği şekilde heyelan çözüm projeleri oluşturulmaktadır.

1.5. Diğer Literatür Çalışmaları

Çalışma bölgesinde konu ile ilgili daha önce yapılmış herhangi bir akademik çalışmaya ulaşılamamıştır. Bu yönüyle, yapılan tez çalışması öncü bir çalışmadır.

1.6. Heyelan Tanımları

Ulusal ve uluslararası literatürde heyelanlar kelime anlamı olarak farklı biçimlerde tanımlanmıştır. *Skempton ve Hutchinson (1969)*, zemin veya kayanın hareket eden kütlelerinin sınırlarında kesme kırılması meydana gelmesi sonucu yamaç aşağı yönde kaymasını heyelan olarak tanımlar. *Crozier (1986)*, sınırlı bir alanı etkileyen yer kayması ile etki alanı tam tanımlanamayan ve yavaş gelişen krip arasındaki farka işaret etmiştir. *Sassa (1985)*, “Yer Kayması” ile yatık eğimli yamaçlardaki yavaş hareketler tanımlanırken “şev kayması” ile dik yamaçlarda hızla gelişen hareketler tanımlanmaktadır.

Türkçe literatürde ise yamaçlarda veya insanlar tarafından şekillendirilen şevlerde çeşitli sebeplerle meydana gelen hareketler için “heyelan”, “toprak kayması”, “yer kayması”, “şev kayması”, “yamaç kayması” tanımları kullanılmaktadır. Genel olarak bir heyelanın perspektif görünüşü ve kısımları şematik olarak Şekil 1.4 ve Şekil 1.5’ de gösterilmektedir. Şekiller üzerinde ifade edilen kısımların izahı şöyledir:

Esas ayna (kopma aynası) : Heyelanı saran bozulmamış zeminin, heyelan eden kütlelerin kayıp uzaklaşması ile meydana çıkan düşey, keskin görünüşlü yüzeydir. Bu yüzeyin kayan kütlelerin altına gelen kısmına kayma veya kırılma yüzeyi denir.

Taç (üst): Esas aynaya komşu, bozulmamış ve henüz kayma olmamış malzeme.

Baş: Heyelan kütlelerinin “Esas Ayna” ile olan temas çizgisi boyunca üst kısmıdır.

Tepe: Esas ayna ile heyelan eden kütlede en üst noktadır.

Tali ayna: Heyelan eden kütledeki malzemenin, farklı hareketlerinden, bu kütle üzerinde meydana gelen düşey, keskin görünümlü yüzey (Bir veya birkaç tali ayna olabilir)

Topuk: Kayma yüzeyinin aşağı kısmı ile tabii zeminin kesişme çizgisidir. (Bazen bozulmamış durumdadır veya gömülüdür)

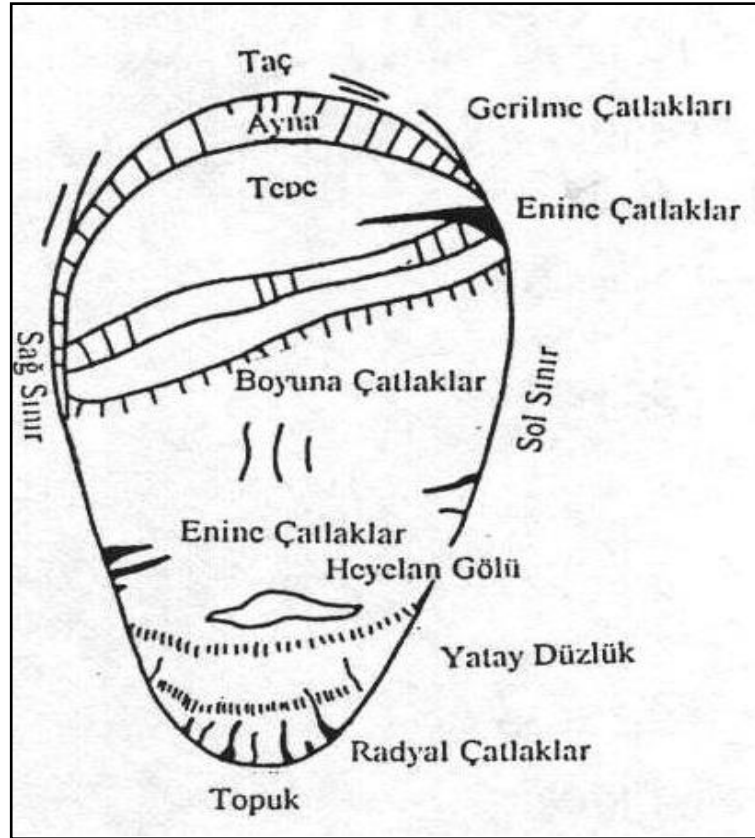
Etek: Kayan malzemenin Esas Ayna'dan olan en uzak kenarıdır.

Uç: "Etek" kısmının heyelanın "Tepe" sinden olan en uzak noktasıdır.

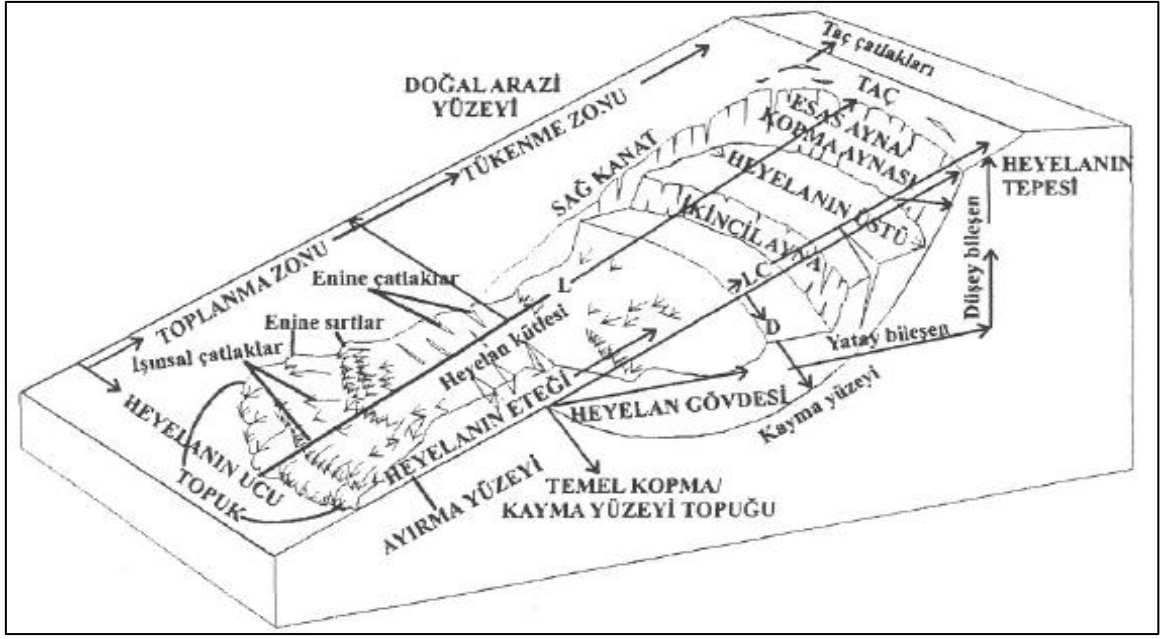
Yan ayna: Heyelan eden kütlede yan kısımlarıdır.

Tabii arazi yüzeyi: Söz konusu kaymadan önce, mevcut-tabii-eğimli arazi yüzeyidir. Bu yüzey eğer eski bir heyelan yüzeyi ise bu husus mutlaka göz önüne alınmalıdır.

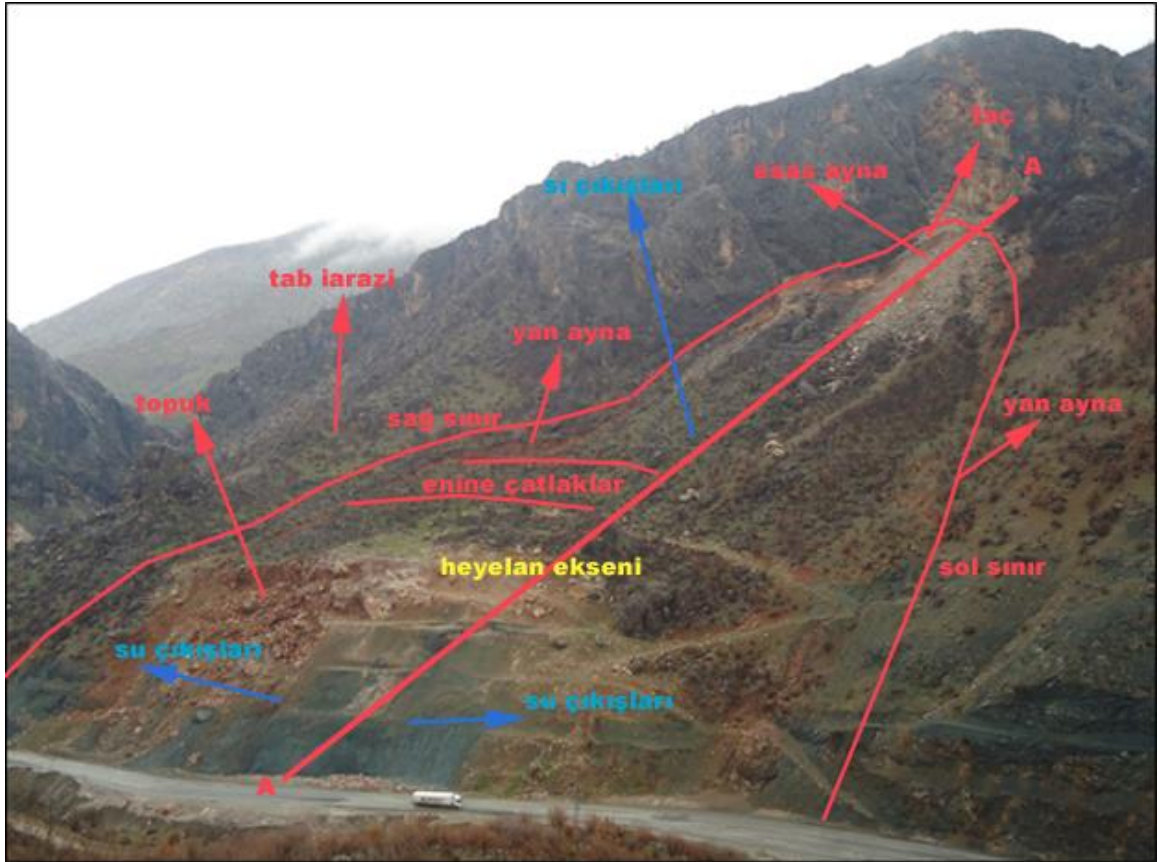
Sol ve sağ: Bir heyelanı belirtirken pusulaya göre bir yön vermek her zaman tercih edilir. Eğer sağ ve sol deyimleri kullanılmak istenirse heyelana Taç (Üst) kısmından bakılmasına göre kullanılmalıdır.



Şekil 1.4. Tipik heyelan planı



Şekil 1.5. Tipik heyelan kesiti



Şekil 1.6. Bitlis-Baykan - 9. Bölge Hududu Devlet Yolu (Km:34+000) Heyelanı

Bu çalışma kapsamında incelenecek olan Bitlis-Baykan 9. Bölge Hududu Devlet Yolu Km:34+000 heyelanı (Şekil 1.6), tipik heyelan kesitine çok yakın arazi örneğindedir.

1.7. Heyelanların Sınıflandırılması

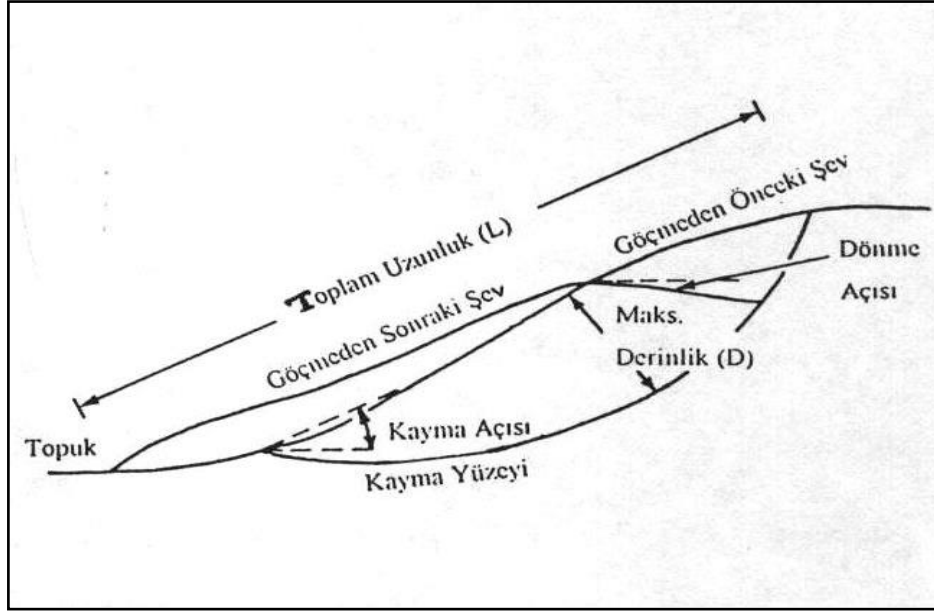
Heyelanlar ile ilgili uzun yıllardır araştırılan en önemli konulardan biri heyelanların türlerine göre sınıflandırılması olmuştur. Sayısal çözümler açısından da bu konu çok önemlidir. Burada heyelanın ne tip bir toprak hareketi olduğu tanımlanır. Jeomorfoloji, jeoloji ve mühendislik disiplinlerinin konuyla ilgili olması çeşitli sınıflandırmalar yapılmasına yol açmıştır. Bir şev kaymasının sınıflandırılmasında aşağıdaki hususlar dikkate alınmaktadır.

- Şev kaymasının morfolojisi (yamacın veya şevin morfoloji, kayma yüzeyinin biçimi, kayan kütleinin oluşturduğu yeni biçim)
- Hareketlerin meydana geliş şekli
- Hareketin hızı
- Harekete katılan kütleinin boyutu
- Kayan ana malzemenin cinsi
- Hareketin yaşı

Şev kaymalarını sınıflandıran çok çeşitli sınıflandırma sistemleri mevcuttur.

1.7.1. Skempton Heyelan Sınıflandırması

Skempton (1953) tarafından tanımlanan kayan kütleinin maksimum kalınlığının maksimum uzunluğuna oranına, yani derinlik (D) / uzunluk (L) oranına göre sınıflandırma yapılabilmektedir. Skempton tarafından geliştirilen sınıflandırma ile ilgili parametreler Şekil 1.7' de gösterilmektedir. Bu orana göre heyelan tipleri Tablo 1.1. de verilmektedir.



Şekil 1.7. Skempton heyelan sınıflandırması

Tablo 1.1. Skempton D/L oranları için heyelan sınıflandırması

<i>Şev Kayması Tipi</i>	<i>% D/L</i>
Akma	0,5-3
Kayma	5-10
Dönel Kayma	15-30

1.7.2. Varnes Heyelan Sınıflandırması

Varnes, 1978' de, heyelan yerine yamaç hareketi terimini kullanmıştır. Yamaç hareketlerinin farklı yollardan sınıflandırıldığını ve her bir sınıflamada tanıma, kontrol, ıslah veya diğer amaçların ön plana çıkarılabildiğini açıklamıştır (Tablo 1.2). Tanıma ve sınıflama için seçilen kriterler şöyledir:

- Hareketin tipi
- Malzeme türü
- Hareketin hızı
- Yenilenen malzemenin ve yenilen alanın geometrisi
- Yaş

- Sebepler
- Yer değiştiren kütlenin kopma derecesi
- Jeolojik yapı ile kayma geometrisi arasındaki ilişki
- Gelişme (oluşma) derecesi
- Tip örneğinin coğrafik konumu
- Etkinlik durumu

Tanıma ve sınıflama için hareketin tipi ve malzemenin türünün önemli olduğunu vurgulayarak; heyelanları hareketin tipine ve malzemenin türüne göre sınıflandırmıştır.

Tablo 1.2. Varnes'e göre şev kayması sınıflandırması

Kayma Tipi	Malzeme Cinsi		
	Zemin		Kaya
	İnce Daneli	Kaba Daneli	
Düşme	Zemin Düşmesi	Yamaç Molozu Düşmesi	Kaya Düşmesi
Devrilme	Zemin Devrilmesi	Yamaç Molozu Devrilmesi	Kaya Devrilmesi
Dönel Kayma	Zemin Kayması	Yamaç Molozu Kayması	Kaya Kayması
Yatay Kayma	Zemin Kayması	Yamaç Molozu Kayması	Kaya Kayması
Yanal Yayılma	Zemin Yayılması	Yamaç Molozu Yayılması	Kaya Yayılması
Akma	Zemin Akması	Yamaç Molozu Akması	Kaya Akması
Karmaşık	Yukarıda belirtilen hareketlerin ikisinin veya daha fazlasının bir arada meydana gelmesi		

Varnes, 1978 yılında bir heyelanın özelliklerini gösteren blok diyagram hazırlamıştır. Daha sonra 1990 yılında uluslararası mühendislik jeolojisi birliği (IAEG) heyelan komisyonu, Varnes'in blok diyagramında kullanmış olduğu terimleri aynen kullanarak yeni bir blok diyagram hazırlamıştır. Hareket etmiş malzemedeki basit gözlemlerle heyelan malzemesinin su içeriğini tanımlamak için Varnes ilk defa Radbruch-Hall tarafından önerilen tanımlamalar üzerinde aşağıdaki değişiklikleri önermiştir.

- Kuru; gözle görülebilir nem yok.

- Nemli; biraz su içeriyor, fakat serbest su akışı yok. Malzeme katı yüksek plastik özelliği gösterir, fakat akma göstermez.
- Islak; yeterince su içermekte ve kısmen sıvı gibi davranır, içerisinde su akışı var veya sürekli su kütlelerine karşı destek verebilir.
- Çok ıslak; düşük eğimler altında sıvı şekilde akacak kadar su içerir.

1.7.3. Hutchinson Heyelan Sınıflandırması

Geoteknik Mühendisliğinde kullanılabilen bir sınıflandırma Hutchinson tarafından 1978’ de verilmiştir. Bu sınıflandırmada şev kaymasının tarihçesi ve drenaj koşulları dikkate alınmaktadır. Hutchinson, heyelanları morfoloji, mekanizma, malzemenin tipi ve hareketin sıklığına göre aşağıdaki şekilde sınıflandırmıştır.

- Geriye sıçrama
- Krip
- Dağ yamacının akması
- Heyelanlar
 - Sınırlı yenilme
 - Dairesel yenilme
 - Bileşik yenilme
 - Düzlemsel yenilme
- Devrilmeler
- Düşmeler
- Kompleks kayma hareketleri,

şeklinde sınıflandırmıştır.

1.7.4. Sassa Heyelan Sınıflandırması

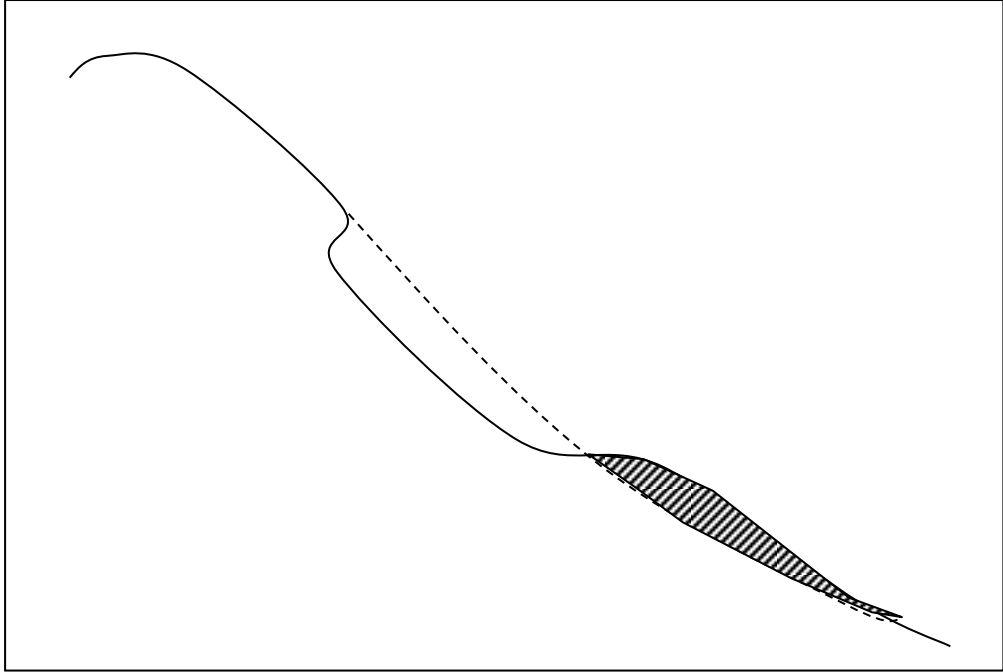
Diğer bir ayrıntılı sınıflandırma sistemi ise Sassa tarafından 1985’ de verilmiş olup bu sistemde kaymaya katılan malzemenin dane çapı (çatlaksız kaya, çatlaklı kaya, kumlu zemin ve killi zemin) ile kırılma gerilmesi cinsi (pik gerilme, rezidüel gerilme, sıvılaştırma ve krip) dikkate alınmaktadır.

1.7.5. Genel Sınıflandırma

Günümüzde literatürde genel kabul gören sınıflandırmaya göre heyelanlar kayma, akma, dönele kayma ve düşü tiplerinde olmak üzere dört grupta incelenmektedir.

1.7.5.1. Kayma Tipi Heyelan

Harekete sebep olan kayma gerilmelerinin ait olduğu bir veya birkaç yüzey (kayma yüzeyi) görülebilir veya tahmin edilebilir. Hareket halindeki malzeme, büyük çapta deformasyona uğramaz. Hareket eden kütle bir veya birkaç ünite (blok) ihtiva edebilir. Ünitelerin maksimum boyutu, üniteler arasındaki yer değiştirmeden daha büyüktür. Hareketin kontrolü yarıklar, tabakalaşma şekilleri veya çatlaklar gibi kaymayı belirten yüzeyler vasıtasıyla yapılabilir (Şekil 1.8). İnceleme alanı içindeki Bitlis Mutki-Kavakbaşı yolu üzerinde yarma şevinde meydana gelen heyelan, kayma tipi heyelanlara iyi bir örnektir (Şekil 1.9).



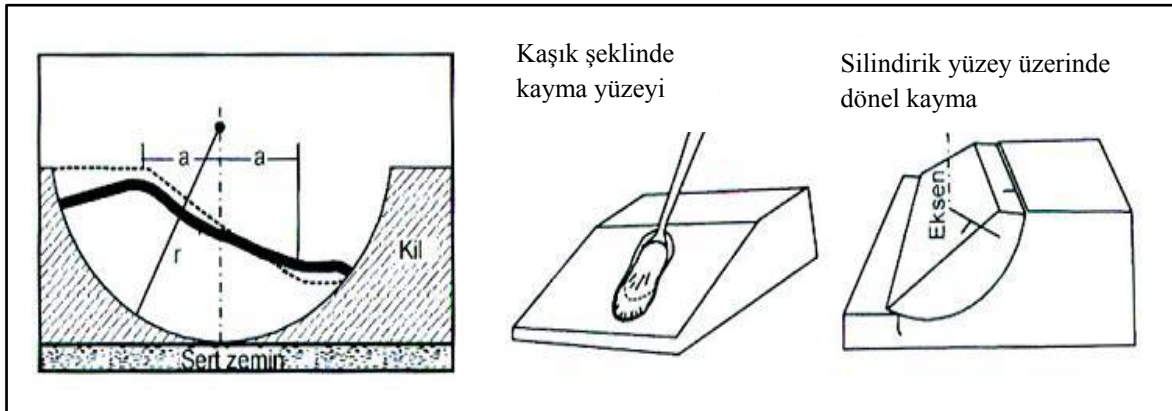
Şekil 1.8. Kayma tipi heyelanın genel görüntüsü



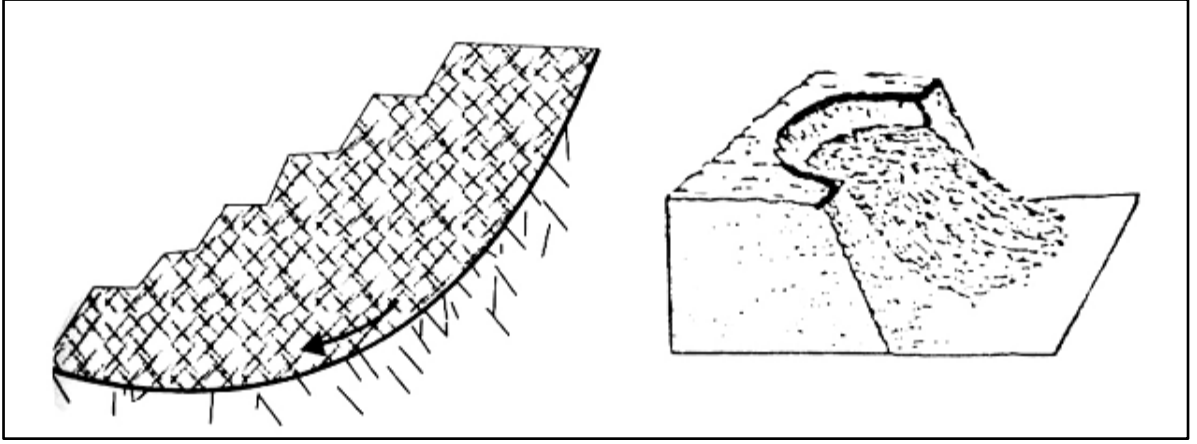
Şekil 1.9. Bitlis Mutki-Kavakbaşı yolunda kayma tipi bir heyelan örneği

1.7.5.2. Dönel Kayma Tipi Heyelan

Dönel kaymalar heyelan olaylarının büyük bir kısmını oluşturur. Bu tür kaymalar dairesel yüzeyler boyunca gelişir ve hareket sadece kütle içinde kayma yüzeyleri boyunca meydana gelir ki bu da genellikle yukarı doğru içbükeydir. Dönel kayma hareketlerinin pek çoğunda kayma yüzeyi kaşık şeklini alır. Bu hareket esnasında kayan kütle geriye doğru yatmış bir konum aldığı için dönel kayma meydana gelen malzemenin üst kısımlarında yüzey suları birikmekte olup, bu da heyelanı sürekli olarak yaş vaziyette tutmaktadır. Dönel Kaymalar toprak zeminlerin yanı sıra akarsu kanallarında, dolgularda ve aşırı ayrışmış kayalarda meydana gelir (Şekil 1.10 ve Şekil 1.11).



Şekil 1.10. Killi, siltli vb. zeminlerde dönel kayma (Ulusay, 2001).



Şekil 1.11. İleri derecede eklemlili ve ayrılmış kayalarda döne kayma (Ulusay, 2001).

İnceleme bölgesindeki Van-Tatvan devlet yolu üzerinde meydana gelen heyelan (Şekil 1.12) ve Van-Hakkari devlet yolu üzerinde meydana gelen heyelan (Şekil 1.13) döne kayma heyelan tipine araziden örnek olarak gösterilebilir.



Şekil 1.12. Van-Tatvan devlet yolu döne kayma heyelanı



Şekil 1.13. Van-Hakkari devlet yolu dönel kayma heyelanı

1.7.5.3. Blok Kayma Tipi Heyelan

Hareket genellikle tek bir ünitenin (blok), dışa ve aşağı doğru oldukça düzlemsel bir kayma yüzeyi boyunca kayması ile olur. Blok, tabii arazi yüzeyinde bile uzaklara kadar kayabilir. Hareket eden malzeme büyük ölçüde deformasyona maruzdur veya birçok yarı-bağımsız üniteler içerir. Hareket, yarıklar, çatlaklar, tabakalaşma düzlemleri, tabakalaşmış bloklar arasındaki kesme kuvvetindeki değişimler veya sağlam ana kaya ile üzerinde bulunan taş döküntüleri arasındaki temasın değişmesi gibi zayıflamış yüzeylerin teşkil ettiği yapısal özellikler ile kontrol edilebilir.

Ünitelerin yer değiştirmesi, maksimum boyutlu üniteler arasındaki yer değişmesine yakın veya ondan küçük olabilir ve genellikle bütün kütlelerin ağırlık merkezinin yer değişiminden çok küçüktür. Hareket, orijinal kayma yüzeyinin ötesinde olabilir, kütlelerin birçok kısımları tabii zemin üzerinde kayabilir. Şekil 1.14’ de araziden bir örnek verilmektedir.



Şekil 1.14. Çukurca güvenlik yolunda bir blok (düzlemsel) kayma heyelanı

1.7.5.4. Düşme Tipi Heyelan

Kayalık şevlerde yaygın olarak görülen bu hareket dik şevlerden, dik yamaçlardan, deniz kenarındaki dik falezlerden yerçekiminin etkisiyle kopan değişik boy ve türdeki kaya parçalarının havada serbest düşme, sekme ve yuvarlanma hareketi yaparak aşağı doğru hareket etmesi ile meydana gelen heyelandır. Düşmelere sebep olan etkenler genel olarak yerçekimi, rüzgar, çatlaklarda biriken suların donması ile meydana gelen gerilmeler ve ani sıcaklık değişimleri şeklinde sıralanabilir (Ulusay, 2001). İnceleme bölgesinde Yeniköprü-Hakkari devlet yolu Depin mevkiinde kaya düşmesi (Şekil 1.15) ve Bitlis-Baykan-9.Bölge hududu devlet yolu kaya düşmesi (Şekil 1.16) heyelanları verilebilecek örneklerdir.



Şekil 1.15. Yeniköprü-Hakkari devlet yolu Depin mevkiindeki kaya düşmesi

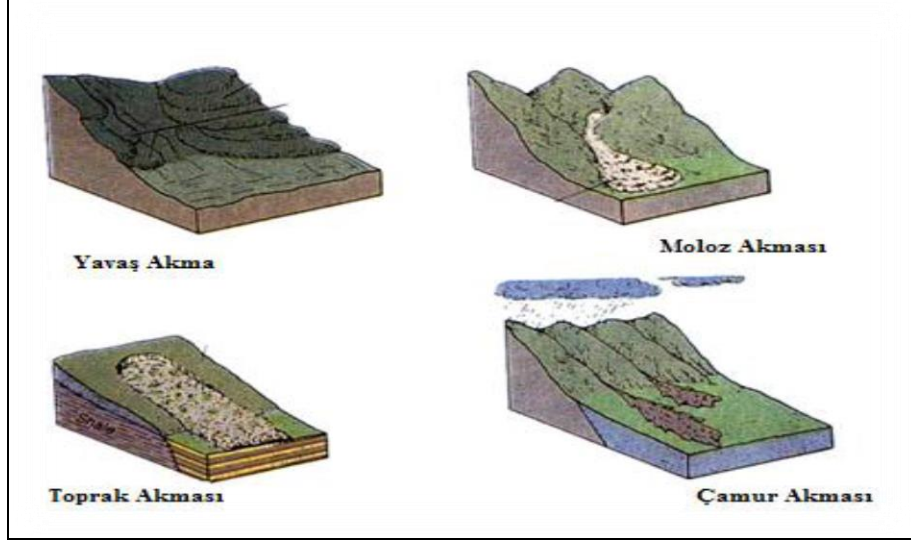


Şekil 1.16. Bitlis-Baykan-9.Bölge hududu devlet yolundaki kaya düşmesi

1.7.5.5. Akma Tipi Heyelan

Yer değiştiren kütledeki form, hareket eden kütlelerin hareket tarzına veya yer değiştiren hacimlerin dağılım şekline bağlıdır ki bu kıvamlı sıvıların hareketini andırmaktadır. Hareket eden malzeme içinde kayma yüzeyi diye bir şey genellikle

görülmez, görülse de kısa ömürlüdür. Sabit zemin ile hareket eden kütle arasındaki sınır, keskin veya gayri muntazam bir kesme yüzeyi olabilir (Şekil 1.17 ve Şekil 1.18).



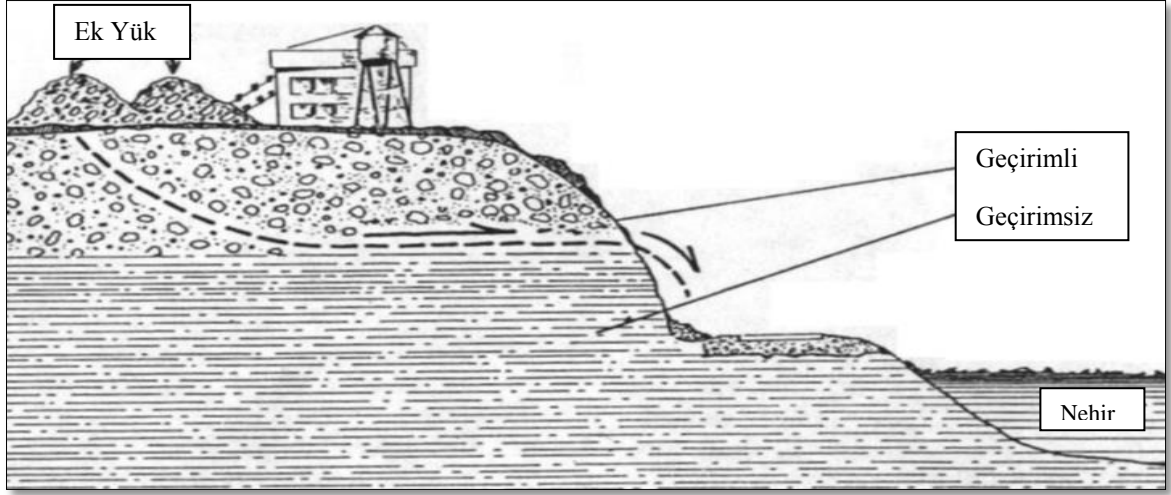
Şekil 1.17. Farklı akma tipi heyelanlar (Ulusay, 2001)



Şekil 1.18. Mutki-Geyikpınar yolu akma heyelanı

1.8. Heyelan Oluşum Nedenleri

Zeminde belirli bir yüzeydeki kayma gerilmeleri o yüzeyde mevcut kayma mukavemetini aştığı anda kayma hareketi oluşur. Heyelan oluşumuna neden olan kayma gerilmelerinin artması veya kayma mukavemetinin düşmesidir (Şekil 1.19).



Şekil 1.20. Sürşarj yüküne ve topuk boşalmasına bağlı kayma

Hakkari - Çukurca tüneli kazısında oluşan pasanın karayolu dolgu sevi üstüne depo edilmesi sonucu meydana gelen heyelan (Şekil 1.21) bu konuya örnek olarak verilebilir.



Şekil 1.21. Çukurca tüneli portalında gerçekleşen sürşarj yüküne bağlı heyelan

Karayolu heyelanlarında kayma mukavemetini azaltan sebepler genel olarak şöyledir:

- Suya doygunluk (aşırı yağışlar ya da sel baskınları, akarsu taşkınları)
- Zeminin organik olması
- Kil kökenli kayaların kimyasal ayrışması

- Hassas zeminler
- Fay, fisür, tabakalanma yüzeyleri, ezilme zonlarının varlığı
- Su etkisi ile iyon değişimi ve fiziksel yapı değişimi
- Donma-Çözülme (süreksizliklerde açılma)
- Olumsuz geçirimsizlik (üstte geçirimli altta geçirimsiz)
- Olumsuz sıkılık (plastik malzeme üzerinde sıkı, sert malzeme)
- Su seviyesinde ani düşüş (danelerin yer değiştirmesi)
- Tektonik veya volkanik yükselme (şevde dikleşme)
- Aşırı yağış, eriyebilen bağlayıcı maddelerin yıkanması (ince tanelerin yıkanması)
- Hızlı kar-buz erimesi (hidrostatik basınç artışı)
- Uzun süreli yağış (danelerin üzerinde basınç artışı) (c ve Φ azalıyor)
- Ani su seviyesi düşüşleri-yanal destek kayıpları
- Tesisat, kanalizasyon, havuz v.b. yapılardan su sızıntısı
- Yapraklanmış ve şiştoz metamorfik kayalarda kazı dışına doğru yapraklanmanın

yanı sıra mika ve serpantin yoğunlaşması

- Yeraltı suyu seviyesinin yükselmesi
- Geçirimli tabaka altındaki geçirimsiz tabakaya su sızıntısı
- Boşluk suyu basıncının artışı (titreşim vb ile)
- Birikinti su gölleri (hem sürşarj hem mukavemet yönüyle)
- Bitki örtüsünün kalkması veya kazı ile örselenip yapısal bozulmaya uğrama
- Konsolide olmamış malzemeler genellikle düşük kayma dayanımına sahiptirler.
- Sedimanter kayalarda olumsuz yönde tabakalanma
- Geçirimli tabakaya doğru borulanmanın neden olduğu hidrostatik basınç ve boşluk

suyu basıncı artışı

Olumsuz yönde tabakalanmaya Hakkari ili Çukurca ilçesi güvenlik yolu üzerinde yarma şevinde meydana gelen heyelan örnek verilebilir (Şekil 1.22). Dere yatağına yapılan dolgunun, akarsuyun topuk boşaltması sonucunda heyelanına, Mutki-Meydan yolundaki heyelan (Şekil 1.23) örnek verilebilir. Bitlis-Baykan 9.bölge hududu yolu km:34+000 heyelanı (Şekil 1.24) kimyasal bozulma, su etkisinin ve geçirimsiz yüzey üzerinde geçirimli malzeme faktörlerinin beraber görüldüğü bir heyelandır.



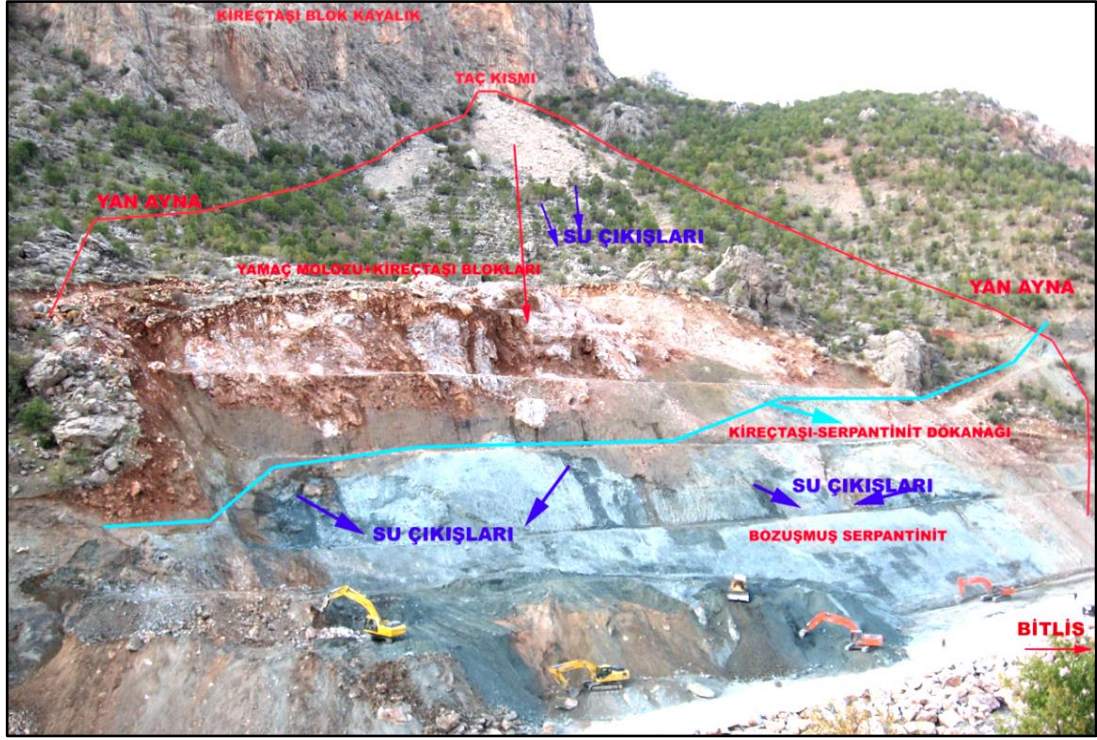
Şekil 1.22. Çukurca il yolunda olumsuz yönde tabakalanma sonucu heyelan



Şekil 1.23. Mutki-Meydan yolu dere oyması heyelanı

1.9. Heyelanın İncelenmesi

Heyelanlar karayollarında mühendislik jeolojisi konuları ve zemin mekaniği konuları olmak üzere iki farklı alanda incelenmektedir. Mühendislik jeolojisi açısından heyelan alanındaki kayaç ve zeminlerin jeolojik yapısı, bileşimi ve oluşumu, hidrojeolojik durumu, jeomorfolojik yapı geçmişi ve topoğrafik özellikleri araştırılır. Zemin mekaniği açısından ise heyelan sahasının geoteknik çözümünde kullanılacak her türlü zemin parametresi sayısallaştırılır ve modelleme yapılarak sayısal çözümler üretilir.



Şekil 1.24. Bitlis-Baykan 9.bölge hududu yolu km:34+000 heyelanı

1.10. Heyelanların Önlenmesine Yönelik Alınabilecek Önlemler

Karayolunun proje aşamasında heyelan riski olan arazilerden geçirilmemesi; zemin koşulları, yapım ve proje kriterleri açısından teknik ve ekonomik imkanlar da göz önünde bulundurulup en uygun geçkiye karar verilmesi alınabilecek ilk önlemdir. Kesinleştirilen güzergah üzerinde tespit edilen heyelanların yola etkileri araştırılmalı, gerekirse heyelana özel tasarım geliştirilmelidir. Yolun proje aşamasında tespit edilemeyip yapım çalışmaları sırasında meydana gelebilen heyelanlara karşı dikkatli olunmalı, inşaat faaliyetlerinde bu husus göz ardı edilmemelidir. Kısa vadede heyelan hızını yavaşlatmak ve heyelanın büyümesini engellemek için *acil alınması gereken önlemler* şu şekilde özetlenebilir:

- **Ripaj:** Diğer önlemlerle maliyet karşılaştırması yapılmak suretiyle ilk önce düşünülmesi gereken önlem, heyelan alanından uzaklaşmaktır.
- **Kazı:** Hareket eden malzemenin üst kısmında kazı yapılarak ağırlığın azaltılması olumlu yönde etki eder. Kademelendirme yapılarak şev eğiminin azaltılması amacıyla stabilite analizi de yapılarak üst kısımdan başlanan kazı olumlu etki eder. Heyelan sonrası yol trafiğe kapanmışsa yolun heyelan malzemesinden temizlenmesine stabilite analizi ile

karar verilmelidir. Aksi takdirde topuk işlevi gören kısımdaki yük kaldırıldığında hareketin boyutlarının büyümesi söz konusudur.

- Yüzey suyu Drenajı: Yarmalarda şev kazığı gerisinde kafa hendeği yapmak, palyelerde ve şev diplerinde kaplamalı hendek oluşturmak, yol platformuna yeterli boyuna eğim vermek, şev yüzeyine 1m derinlikte dren yerleştirmek, şev yüzeyindeki çatlakları kapatmak ve ters eğim oluşturmamak olumlu etki eder.

Heyelanların uzun dönemde kalıcı olarak engellenmesi için detaylı araştırma çalışması yapılır; elde edilen veriler doğrultusunda heyelan türü, hareketin hızı, heyelan malzemesi, gerçekleştiği yol geometrisi, heyelan kütesinin hacmi gibi birçok parametre incelenir; heyelan önleme projesi şekillendirilir. Karayollarında meydana gelen heyelanlar ile ilgili alınabilecek tedbirler şunlardır:

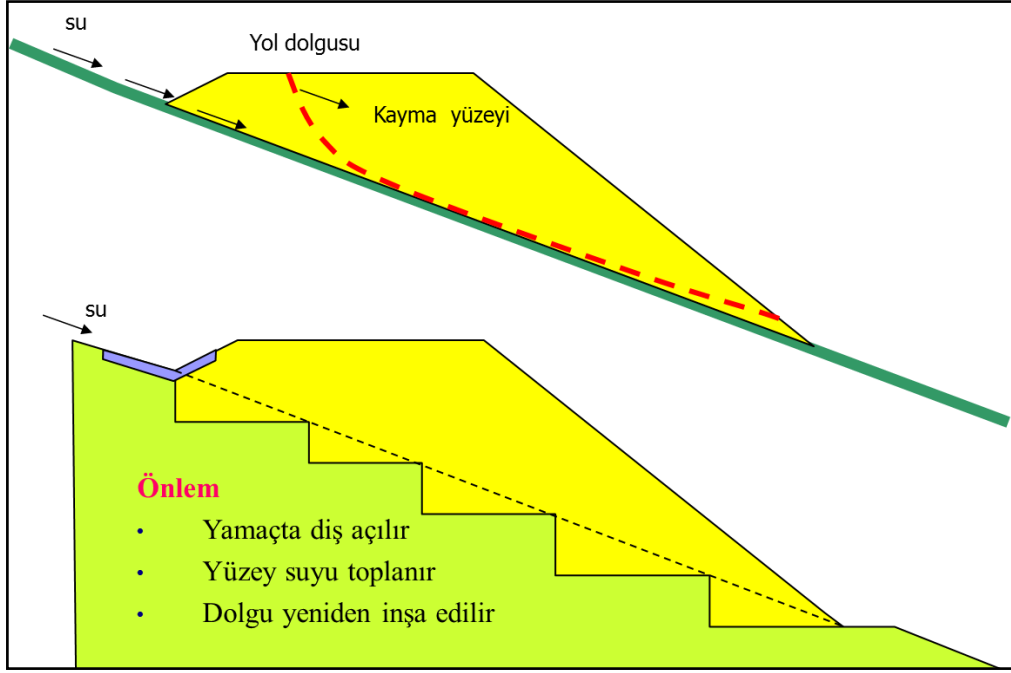
- Yeraltı suyu drenaj sistemi kurulur.
- Dayanma yapıları (betonarme, ağırlık, gabiyon ve toprakarme duvarlar) kullanılır. Yarmalardaki dayanma yapıları (iksa) ve dolgulardaki dayanma yapıları (istinad) kaymaya karşı koyucu kuvvetlerin artırılması amacı ile yapılırlar. Bu yapıların taşıma gücü yeterli zemine oturtulması, taşıyacağı ve oturacağı zemin geçirimsiz ise drenaj tedbirlerinin alınması gereklidir.

- Destek dolgusu yapılır. Dolgunun kayma dayanımı parametreleri, tutulan zemininkinden büyük olmalıdır. Bu maksatla kaya dolgu ya da granüler malzemedan dolgu yapılabilir.

- Kazıklı perde duvarlar kullanılır. Kazıklar sağlam kayaya soketlenmelidir. Teğet kazık projelerinde bile iki kazık arasında minimum 7,5 cm aralık bırakılmalıdır. Kazıklı perde duvarlarda kazık forajı sırasında geçilen zemin ve yer altı suyu seviyesi kaydedilmelidir.

- Kayan kütle sağlamlaştırılır. Kohezyonu (c) ve içsel sürtünme açısını (ϕ) artırmak için kimyasal enjeksiyon ya da çimento enjeksiyonu yapılır. Elektrozmoz ile su içeriği düşürür. Ağaçlandırma yapılır.

- Eğimli araziye oturan dolgularda kademelendirme ve drenaj yapılır (Şekil 1.25)



Şekil 1.25. Eğimli araziye oturan dolgularda kademelendirme ve drenaj

Çukurca güvenlik yolu üzerinde eğimli araziye oturan dolguda stabilite problemi nedeniyle oluşan heyelan (Şekil 1.26) son konuya örnek olarak verilebilir.

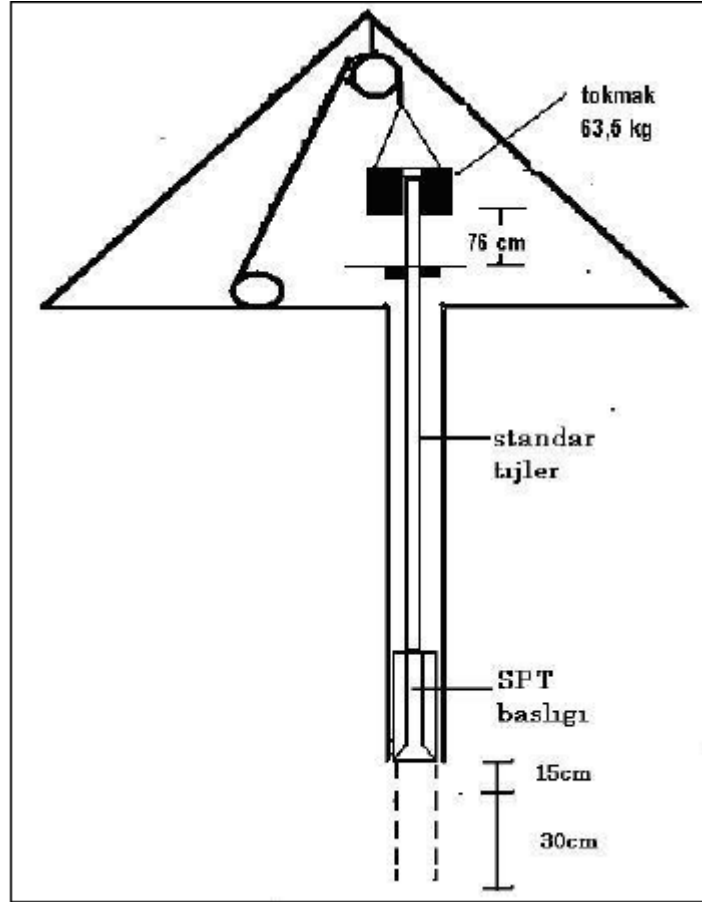


Şekil 1.26. Çukurca güvenlik yolunda eğimli araziye oturan dolgudaki heyelan

1.11. Heyelan Sahasında Yapılan Zemin Ölçümleri

1.11.1. Standart Penetrasyon Deneyi (SPT)

Standart Penetrasyon Deneyi (SPT), zeminin mukavemet ve yoğunluğunu değerlendirmek, örselenmiş örnek almak amacıyla sondaj kuyusu içinde yapılan bir dinamik sonda deneyidir. SPT deneyleri, zemin türü birimlerde açılan temel sondaj kuyularında uygulanan temel zemin etüt deneyleridir (Şekil 1.27). Sondaj kuyularının belirlenen seviyelerinde deneyler yaparak, o kuyu civarı zemini için taşıma gücü, oturma miktarı ve kazıklı temel hesaplamalarında kullanılacak veriler elde edilmektedir.



Şekil 1.27. Standart penetrasyon deneyinin yapılışı

Esas olarak kumlu zeminlerde uygulanan SPT, yumuşak killerden zayıf kayalara kadar değişik birimlerde uygulanabilmektedir. Ancak birimin çakıllı bir yapıda olması

halinde SPT deneyi yanıltıcı sonuçlar verebilmektedir (Coduto 1999, Özaydın 1997, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası 2003).

Heyelanlarda sondaj; heyelanın tipi, konumu, jeolojik yapı ve büyüklüğüne bağlı olarak uygun sayı ve derinliklerde geoteknik parametreleri ortaya çıkaracak metotlar kullanılarak gerçekleştirilir. Sondajlar jeolojik yapıyı, heyelan sınırlarını, yeraltı suyu ve değişimini kayma yüzeyi derinliği ile kayma yüzeyinde mobilize olan dayanım parametrelerini belirleyecek yer ve derinliklerde olmalıdır. Heyelanlarda sondaj derinliklerini jeolojik yapı ve kayma yüzeyi denetler. Sondaj derinlikleri kayma yüzeyinin 10 m altına kadar devam ettirilir.



Şekil 1.28. Bitlis Batarya kavşağı heyelan alanı sondaj çalışması

Deney başlangıcında kuyu tabanındaki kırıntılar iyice temizlenir. Standart penetrometre çakma tijleri yardımıyla kuyu tabanına indirilir. Çakma tijleri üzerine çakma başlığı (örs) ve kılavuz tij takılır. Kılavuz tij üzerine 76 cm düşme yüksekliği işaretlenir.

Kuyu zemin kotu seviyesinden itibaren 3 adet 15 cm mesafe çakma tiji üzerine tebeşirle işaretlenir. Kendir halat kullanılarak çakma başlığı üzerine kılavuz tij aracılığıyla 63,5 kg ağırlığındaki şahmerdan yerleştirilir. Sondaj makinesi çalıştırılarak kendir halat kedi başına (tanbur) 1 ¾ tur sarılarak serbest bırakılması için gerekli enerji sağlanır ve düşürülür. Bu hareket 76 cm yükseklikten ritmik olarak tekrarlanır. Her 15 cm mesafenin çakılması için gerekli darbe sayısı kaydedilir. Herhangi bir 15 cm aralığın çakılması sırasında darbe sayısı 50'yi aşarsa deneye son verilir ve ilerleme ölçülerek 50/7 şeklinde ifade edilir. Kaydedilen değerlerden son iki değer toplamı SPT N değerini verir. Deney genellikle 1,5 m aralıklarla tekrarlanır.

1.11.2. İnklinometre Ölçümleri

İnklinometre ölçüm aletleri, şev ve heyelan etütlerinde en güvenilir yöntem olarak kabul edilmektedirler. İnklinometre, sahada açılmış deliklerin eksenlerindeki düşey sapmaların yönünü ve miktarını ölçmek için kullanılan, uzun süreli bir izleme aygıtıdır (Kamai 1998). İnklinometre sistemleri, Şekil 1.29' da görüldüğü gibi;

- sondaj kuyusu içerisine yerleştirilen, kuyu derinliğine yetecek miktarda kılavuz boruları (casing),
 - kılavuz boruları (casing) içerisinden deliğe indirilecek 1 adet sonda (probe)
 - 1adet veri okuyucu/depolayıcı ünite (dataloger),
 - sonda ve veri okuyucu/depolayıcı üniteleri birbirine bağlayan ve veri aktarımını sağlayan, kuyu derinliğine yetecek miktarda elektronik kablo,
- olmak üzere, 4 ana parçadan oluşmaktadır.

İnklinometre okumaları için yerleri ve derinlikleri belirlenen sondajlar açılır. Bu sondajların içerisine, daha küçük çapta ve birbirine monte edilmiş plastik kılavuz boruları indirilir. Kılavuz borularının içerisinde, 90° 'lik arayla yerleştirilmiş, Kuzey-Güney-Doğu-Batı doğrultulu olmak üzere 4 adet yiv bulunmaktadır (Şekil 1.30).

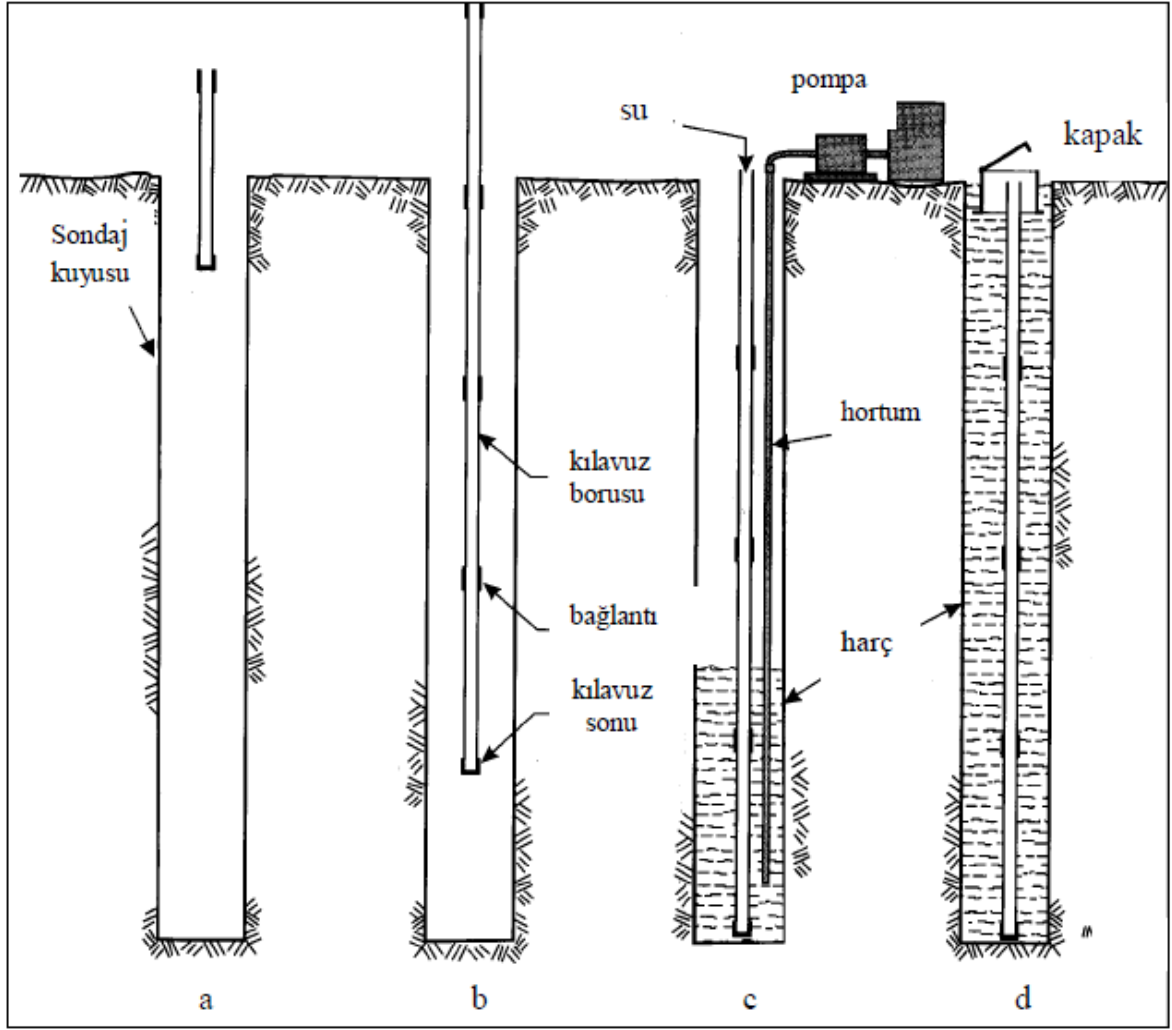


Şekil 1.29. İnklinometre deney sisteminin kısımları



Şekil 1.30. İnklinometre kılavuz borusu

Sondaj kuyusu ile kılavuz borusu arasında kalan boşluğa beton dökülerek, kılavuz borularının kuyu içerisinde sabit durmaları sağlanır (Şekil 1.31). Kılavuz borularının kuyulara indirilişi sırasında, kılavuz boruları kuzey eksenine, gerçek Kuzey eksenine arasında sapmaların olması kaçınılmazdır. Ölçümlerden elde edilen veriler değerlendirilirken bilgisayar programı yardımıyla Kuzey ekseninden olan sapmalar sıfırlanmalıdır.



Şekil 1.31. İnklinometre kılavuz borusunun kuyuya indirilişi ve betonun dökülmesi (SisGEO 1998)

Daha sonra, içerisinde elektronik devreler bulunan kablo ile, veri okuyucu/depolayıcı ünite ve sonda birbirilerine bağlanır. Sonda'nın diskleri, kılavuz borusunun içerisinde bulunan yivlere, ölçüm yapılacak doğrultuda (Kuzey-Güney veya Doğu-Batı) oturtulur ve sonda kuyuya indirilir.

Sondadaki elektriksel çıkış, veri okuyucu/depolayıcı üniteye bağlı bulunmaktadır. Böylece, arazide yapılan ölçümler, otomatik olarak dijital okuma ünitesinde depolanır. Depolanan bu veriler, bir bilgisayar programı aracılığıyla bilgisayara aktarılır. Verilerin değerlendirilmesi ise programlar aracılığıyla yapılmaktadır. Yazılıma, ilk okunan seviyeleri referans olarak alması kodlanır. Yazılım, sonraki okumalarda kaydedilen değerlerden daha öncekilerin farkını alarak, kayma ekseninin geçtiği seviyeyi ve seviyelerde zamanla oluşan eksenden sapma değerlerini hesaplar ve grafiksel olarak sunar.

1.12. Dairesel Kaymalarda Limit Denge Analizleri

Limit denge yöntemleri ile analiz, şevlerin duraylılık hesabında çok yaygın olarak kullanılmakta, zemin bünyesindeki süreksizliklerde hesaplamalara katılmaktadır. Limit denge yöntemleriyle dairesele kaymaların analizi yapılırken, bir kayma yüzeyi ve bunun bir merkez etrafında döndüğü kabul edilir. Bu yüzey üzerinde etkiyen kuvvetlerin dengesi araştırılır. Çok sayıda merkez ve bu merkezleri esas alan değişik çapta dairesele kayma yüzeyleri denenerek, en kritik kayma yüzeyi tayin edilene değin bu işleme devam edilir.

Dilimlere bölerek hesap yapılması yaklaşımına göre, pek çok sayıda yöntem bulunmaktadır. Bunlardan en uygun çözüm verenleri, Bishop (1955) yöntemi ve İsveç Dilim yöntemidir. Eğer göçme yüzeyi bir veya birden fazla düz çizgi ile sınırlandırılabilirse, bu tip göçme analizlerinde kama yönteminin kullanıldığı, Seed ve Sultan (1967) tarafından bildirilmiştir.

Şev duraylılığının değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılan limit denge analiz yöntemlerinin temel esasları aşağıda verilmiş olup, pek çok kaynakta bulunabildiği için hesaplama aşamaları bu çalışmada ayrıntılı olarak verilmemiştir.

1.12.1. Bishop Yöntemi

Geçirgenliği düşük olan zeminlerde suyun drene olması çok uzun sürede gerçekleşmektedir. Bundan dolayı, açık maden işletmelerinde ve otoyollarda olduğu gibi uzun dönemde duraylılıklarını korumaları beklenen şevlerde, efektif gerilmeler cinsinden hesaplanmış makaslama dayanımı parametreleri önem taşır. Bu parametreler drenaja izin verilerek yapılan doğrudan zemin makaslama veya gözenek suyu basıncı ölçülerek yapılan üç eksenli sıkışma deneyleriyle belirlenir.

Yukarıda değinilen esaslara göre önerilmiş olan Bishop yönteminde kayan kütle dilimlere ayrılarak, önce her dilimin tek tek, daha sonra tüm kütlelerin duraylılığı araştırılır. Şekil 1.32’de görüldüğü gibi, bir dilime kenarlarında etkiyen dilimler arası L_n ve L_{n+1} kuvvetleri hesaplamaların basitleştirilmesi amacıyla ihmal edilir. Dilimlere etkiyen kuvvetler ve geometrik ilişkiler aşağıda tanımlanmıştır.

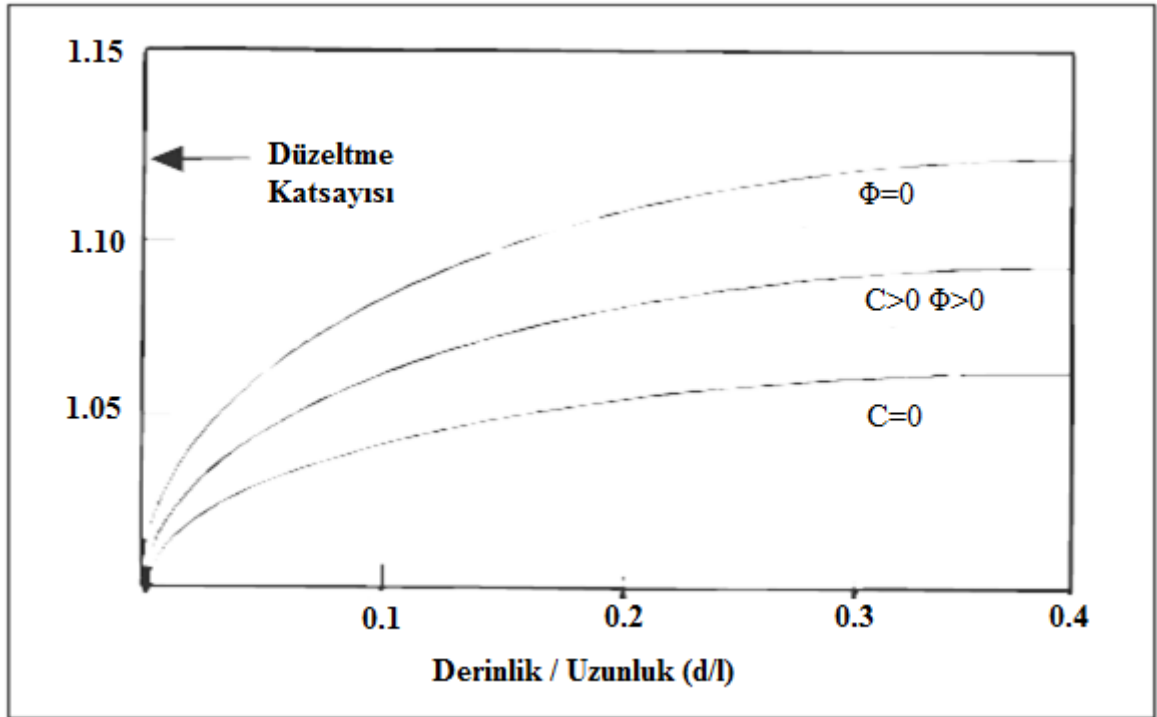
Gs : Güvenlik katsayısı

Ln : Dilimler arası reaksiyon kuvveti (MPa)

GK : Güvenlik katsayısı

1.12.2. Janbu Yöntemi

Janbu (1956), kayma yüzeyleri için dilimler arası kesme kuvvetlerinin (düşey kuvvetler) sıfır kabul edildiği basit bir analiz tariflemiştir. Kesme kuvvetlerinin sıfır olması sebebi ile güvenlik sayısı sadece yatay kuvvet denge denklemini kullanarak elde edilmekte ve hesaplanmış olan güvenlik sayısı değeri amprik bir düzeltme katsayısı (f_0) ile çarpılmaktadır. Düzeltme katsayısının, kayma mukavemeti parametrelerine göre değişimi Şekil 1.33' de gösterilmektedir.



Şekil 1.33. Janbu yönteminde düzeltme katsayısı diyagramı (Spencer 1967).

Düzeltilmiş katsayısı, kilin drenajsız kayma mukavemet açısına, kohezyonuna ve kayma yüzeyinin geometrisine, yani d/L oranına bağlı olarak değişmektedir. Burada d

kayma dairesi dilimlerinden en derin olanının yüksekliği, L ise kayma yüzeyinin iki uç noktası arasındaki eğimli uzaklıktır.

Janbu yöntemi dilimler arası kesme kuvvetlerini (düşey kuvvetleri) bir noktada etki ediyor olarak göz önüne almakta ve bu noktaların bir araya getirilmesi ile bir kuvvet tepkisi doğrusu oluşturmaktadır. Düşey kuvvetlerin toplanması ile normal kuvvet denklemi elde edilmektedir. Güvenlik sayısının çözümü için, dilimler arası kesme kuvvetlerinden ve yatay kuvvetlerin dengesinden yararlanır.

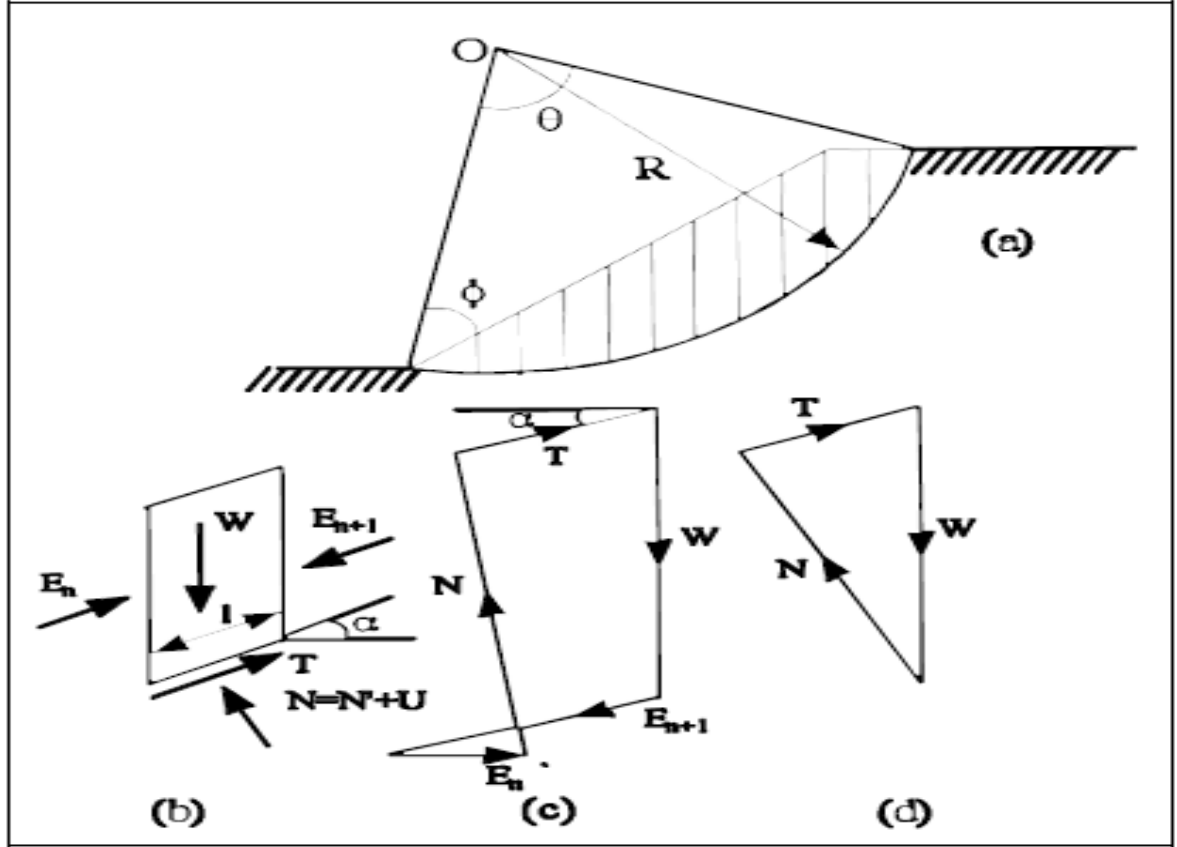
Janbu yöntemi moment dengesinin kullanıldığı, başka bir deyişle de her bir dilim üzerindeki kuvvetlerin toplamının göz önüne alınarak kayma dairesinin özel bir şeklinin çözümlenerek güvenlik sayısının elde edildiği bir yöntemdir (Demiryürek, 2002).

1.12.3. İsveç Dilim Yöntemi

İlk olarak Fellenius (1936) tarafından önerilen bu yöntemde, birim kalınlıktaki zemin kütlesi Şekil 1.34.a' da gösterildiği gibi, düşey dilimlere bölünür. Bu dilimlerden her biri Şekil 1.34.b' de gösterildiği gibi, beş kuvvetin etkisi altında dengededir. Bu kuvvetlerden, W , N ve T kuvvetlerinin şiddeti ve doğrultusu bilinmekle beraber, E kuvvetlerinin şiddeti, doğrultusu ve tatbik noktası bilinmemektedir. Bu bakımdan Şekil 1.34.c' deki kuvvetler diyagramı belirsiz olmaktadır. Tam bir çözüme ulaşmak için:

- Her dilime etkiyen kuvvetler dengede olmalıdır.
- Dilimler arası reaksiyon bileşenlerinin vektörel toplamı sıfır olmalıdır.
- Bu bileşkelerin aynı düzlemdeki herhangi bir noktaya göre momentleri toplamı sıfır olmalıdır.

Ardışık yaklaşımlarla, bütün şartları sağlayan bir G_s değeri bulunur. Bir seri kayma yüzeyi seçilerek en küçük G_s değerinin belirlenmesi için bu hesapların yapılması uzun ve yorucu olduğundan bir bilgisayar programı kullanılması uygundur. Daha kolay bir çözüm Bishop tarafından verilmiştir. Bu çözümde, dilimler arası kuvvetlerin yatay olduğu kabul edilmiştir. Diğer bir deyimle, her dilimdeki bu kuvvetlerin düşey bileşenlerinin dengelendiği kabul edilmiştir. Burada da G_s değerinin bulunması için deneme yapılması gerekir. Ancak, sadece momentlere ait denge denkleminin çözülmesi söz konusudur.



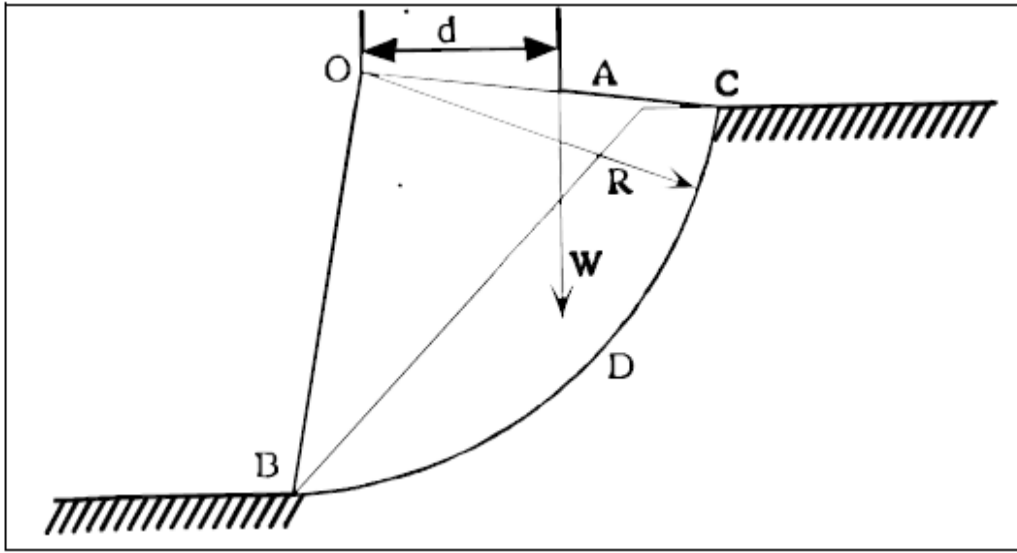
Şekil 1.34. Dilim yönteminde etkiyen kuvvetler (Demiryürek, 2002).

Hesapları basitleştiren bu kabullerle yapılan hatanın % 1 değerini geçmediği söylenebilir. Spencer tarafından geliştirilen diğer yöntemde, her dilime etkileyen dilimler arası iki kuvvetin paralel olduğu kabulüdür. Ancak bu kabulde hem kuvvetlerle hem de momentle ilgili denge şartlarının sağlanması gerekir (Demiryürek, 2002).

1.12.4. Toplam Gerilme Analizi Yöntemi

Suya doymun killerdeki kaymaların analizinde çoğu zaman, drenajsız kesme deneyindeki şartların yaklaşık olarak bulunduğu ve bu bakımdan kayma mukavemeti açısının (ϕ) sıfır olarak alınabileceği kabul olunur. Bu kabulün hesapların basitleştirilmesinde faydası vardır. Nihai kohezyon (c_u), serbest basınç deneyinden veya çok yumuşak killerde arazide yapılan Veyn deneylerinden elde edilebilir. Yumuşak killerde bir seri kayma göçmesi üzerindeki araştırmalardan " $\phi = 0$ kabulünün", akla yakın doğruluktaki bir güvenlik sayısının belirlenmesinde genellikle uygun olduğu görülmüştür.

$\emptyset = 0$ kabulünün yapılması halindeki basitleştirilmiş işlem aşağıda verilmektedir. İlk olarak Şekil 1.35’de görülen ACDB alanı ağırlık merkezinin, O merkezinden olan yatay d uzaklığı bulunur. Bu alanın aynı biçimdeki şablonunu çıkarmak ve ağırlık merkezinin bulunması için, bunu çeşitli noktalarda asmak ve her durumda düşey doğruları çizmek suretiyle yapılabilir. Bir integratör kullanılarak, d uzaklığını, ACDBA alanını ve aynı zamanda O ya göre momenti kolayca bulmak mümkündür. Silindirik kayma yüzeyi boyunca, kaymaya sebep olan kaydırıcı moment W_d olur. Burada W , kayan ACDBA hacminin birim kalınlığının ağırlığıdır.



Şekil 1.35. Dairesel kayma (Ulusay, 2001).

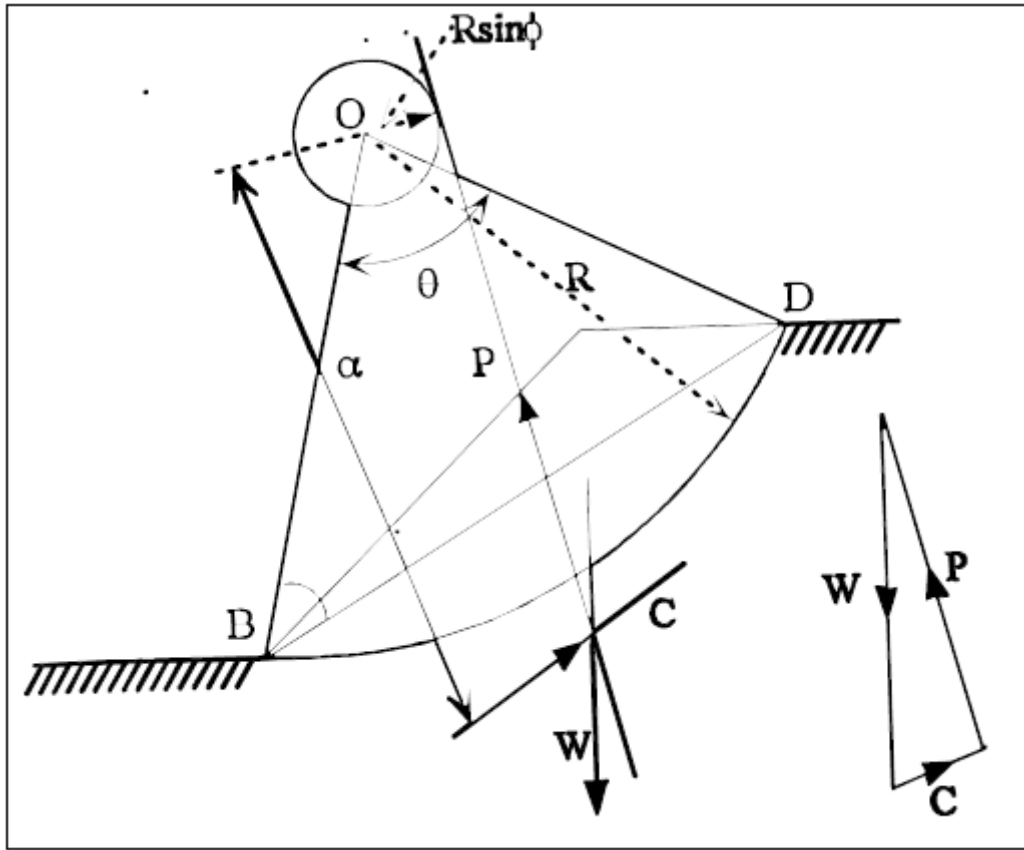
Kaymaya karşı koyan moment, silindirin yarıçapı ile BCD sathı boyunca meydana gelen kayma mukavemetinin çarpımıdır. $\emptyset = 0$ kabulünde, kayma yüzeyinin herhangi bir kısa uzunluğunda meydana gelen en yüksek kayma mukavemeti, o noktadaki basınca bağlı değildir. Dolayısıyla o kayma yüzeyi parçası üzerindeki materyalin ağırlığından bağımsızdır.

En düşük G_s değerinin bulunması için başka kayma daireleri de çizilerek, hesaplar tekrarlanır. Yukarıdaki basitleştirilmiş yöntemde, c_u değerinin bütün kayma yüzeyi boyunca sabit olduğu kabul edilmiştir. Oysa pratikte c_u değeri genellikle derinlikte değişir. Bu bakımdan ortalama bir değer kabulü gerekir. $\emptyset = 0$ olması ve dairesel kayma

yüzeyinin kabulü halinde, dilimler arasındaki kuvvetlerin ihmal edilmesinin sonuç üzerine etkisi olmadığı görülmüştür (Demiryürek, 2002).

1.12.5. Sürtünme Dairesi Yöntemi

Taylor (1948) yöntemi, Şekil 1.36' da görüldüğü gibi kayma yüzeyi üzerindeki P bileşke kuvvetinin, merkezi kayma yüzeyinin merkezi ile aynı olan R.Sin (θ) yarıçaplı bir daireye teğet olması kabulüne dayanmaktadır.



Şekil 1.36. Sürtünme dairesi yöntemi (Taylor, 1948).

Güvenlik sayısının belirlenmesinde, denge şartlarında nihai kohezyon ve sürtünme mukavemetlerinin eşit oranlarda harekete geçtiği kabul edilmiştir. Belli bir şevin duraylılığının bu yöntemle incelenmesinde G_s değeri birkaç deneme kayma yüzeyi çizilerek bulunmalıdır.

1.12.6. Spencer Yöntemi

Spencer (1967) tarafından geliştirilmiş olan bu yöntemde, dilimler arası kesme kuvvetleri arasında bulunan düşey kesme kuvvetlerinin, yatay normal kuvvetlere oranı bir sabit değere eşitlenmiştir.

Dilimler arası bileşke kuvvetinin yatayla yaptığı açı (Θ), hesaplamaların başında bilinemez. Θ değerini belirleyebilmek amacı ile hem kuvvet dengesine göre bir güvenlik sayısı (G_f), hem de moment dengesine göre bir güvenlik sayısı değeri (G_m), Θ 'nın değişik değerleri için çözümlenir. Sonuçta $G_f=G_m$ olduğu anda, Θ 'nın değeri istenilen cevaptır. Ancak, Θ değerleri değişikçe G_f değerlerindeki değişim, G_m değerlerindeki değişime göre çok daha hızlı olmaktadır. Her bir dilimin öz ağırlığı, hesaplanarak veya planimetre ile alan ölçümü yapılarak bulunur. Kayma yüzeyinin yatayla yaptığı açı (α) ölçülür ve daha sonra dilim üzerindeki düşey kuvvet dengesinden, dilimin tabanındaki kayma gerilmesi değeri elde edilir (Demiryürek, 2002).

1.12.7. Lowe ve Karafiath Yöntemi

Lowe ve Karafiath (1960) yöntemi, güvenlik sayısının değerini bir kuvvet denge denkleminde hesaplamaktadır. Dilimler arası kuvvetler dilimin kayma yüzeyinin ortasında bir noktada birbirlerine eşittirler ve dilimler arası kuvvetlerin yönleri de göz önüne alınır.

Kuvvet ve moment dengesi güvenlik sayısını elde etmek amacı ile basit limit dengenin kuralları Lowe ve Karafiath yöntemi için de geçerlidir. Özellikle kuvvet dengesinden elde edilen güvenlik sayısını diğer yöntemlerden elde edilen güvenlik sayısı değerleri ile karşılaştırmak kolaydır. Çünkü daha önce verilen yöntemlerden bir kısmı da kuvvet dengesini kullanarak güvenlik sayısını elde etmektedirler (Demiryürek 2002).

1.12.8. Corps of Engineers Yöntemi

Corps of Engineers yöntemi, güvenlik sayısı değerini kuvvet denge denkleminde hesaplar. Lowe ve Karafiath yönteminde olduğu gibi dilimler arası kuvvetlerin yönlerini kayma yüzeyinin orta noktasında eşit kabul eder. Bunun bir anlamı da kayma yüzeyinin başlangıç ve bitiş noktaları arasında şevin orta noktasında kuvvetler birbirlerini

dengelediğidir. Corps of Engineers yöntemi Lowe ve Karafiath yönteminde olduğu gibi bir kuvvet dengesi güvenlik sayısı hattı oluşturur. Güvenlik sayısının büyüklüğü, kuvvet ve moment dengesinden elde edilen güvenlik sayısı değerinden düşük veya yüksektir (Demiryürek 2002).

1.12.9. Morgenster - Price Yöntemi

Morgenstern ve Price (1965) her bir kayma dairesi diliminin tabanındaki merkez etrafındaki momentleri ve her bir dilimin tabanındaki normal ve teğet kuvvetlerin toplamını kullanarak güvenlik sayısı için çözüm getirmektedirler. Denklemler sonsuz küçük kalınlıklı bir dilim için yazılmaktadır. Kuvvet ve moment denge denklemleri birleştirilerek güvenlik sayısının çözümü için bir modifiye Newton Raphson sayısal analiz yöntemi kullanılmaktadır. Dilimler arasındaki kesme ve normal kuvvetlerin yönleri göz önüne alınarak ve bu kuvvetler arasında tipik bir fonksiyon kurularak güvenlik sayısının değeri elde edilmektedir (Demiryürek, 2002).

2. ÇALIŞMA BÖLGESİNİN HEYELAN VERİLERİ

Karayolları 11. Bölge Müdürlüğü sorumluluk alanı yüz ölçümü 50186 km² olup, Türkiye yüz ölçümünün % 6,5' i kadardır. Bölgenin 1403 km devlet yolu, 1707 km il yolu olmak üzere toplam 3112 km yol ağı bulunmaktadır. Ülkemizin Doğu Anadolu Bölgesinde, Karayolları 11. Bölge Müdürlüğü yol ağı içerisinde bulunan Van, Bitlis, Hakkari, Muş illerinin tamamı ile Siirt ve Ağrı illerinin bölge sınırları içerisinde kalan kısımlarında meydana gelen heyelanların yerleri, heyelan türleri ve oluşma nedenleri veri olarak kullanılmıştır. Bu veriler tablolar ve grafikler yardımıyla incelenerek çalışmanın temel taşları oluşturulmuştur.

Karayolları Genel Müdürlüğü ve Karayolları 11. Bölge Müdürlüğü arşivlerinin incelenmesi sonucu elde edilen kayıtlı heyelan olayları ve üretilen heyelan önleme projeleri; yapım çalışmaları esnasında ortaya çıkan ve yerinde alınan kararlar ile çözüm üretilen heyelanlar ile bölge yol ağı içerisindeki varlığı tespit edilen aktif ya da pasif, sığ ya da derin tüm heyelan vakalarının bilgileri veri olarak değerlendirilmiştir.

Heyelan olaylarının tespit edildiği noktalar iller bazında ayrı ayrı değerlendirildiği gibi, bölge sınırları içerisinde ortak değerlendirmeler de yapılmıştır. Heyelan noktaları illere ait karayolu haritaları üzerinde türlerine göre farklı renkte olmak üzere gösterilmiştir.

Her il sınırları içerisindeki karayolları üzerinde meydana gelen heyelanlar tablolar halinde topluca verilmiştir. Heyelanlar hareket türüne göre kayma, akma ve kaya düşmesi gruplarında değerlendirilmiş; oluş nedenleri ayrışma, su, yamaç ve şev eğimi, zemin koşulları, proje ve yapım hatalarını da içeren diğer nedenler olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca heyelanların meydana geldiği yol tipine göre dolgu/yarma, yarma heyelanları da zemin/kaya türlerine göre değerlendirilmiştir.

2.1. Van İli Heyelan Verileri

Van ili, Karayolları 11. Bölge Müdürlüğüne bağlı iller içerisinde 1124 km ile yol uzunluğu en fazla olan ildir. Van ili yol ağlarındaki heyelan verileri Tablo 2.1.' de her yol için ayrı ayrı olmak üzere topluca verilmiş, harita üzerinde de yaklaşık yerleri gösterilmiştir (Şekil 2.1).

Tablo 2.1. Van ili karayolu ağındaki heyelanlara ait temel bilgiler

Sayı	Heyelanın Meydana Geldiği Karayolu	K.K.No	Potansiyel /Doğal Heyelan -Stabil Yamaç	Hareket Eden Kısım	Hareket Eden	Hareket Tipi	Su Durumu	Hareketin Nedenleri
1	Van-Erciş Devlet Yolu	975-05	Stabil yamaç	Yarma	Zemin	Kayma	YAS	Deprem Etkisi
2	Van-Erciş Devlet Yolu	975-05	Doğal Heyelan	Yarma	Zemin	Kayma	YAS+Yüzey	Zemin Koşulları
3	(Bitlis-Van)İl Sınırı -Erciş D.Y.	290-01	Stabil yamaç	Dolgu	Zemin	Kayma	YAS	Deprem Etkisi
4	(Erciş-Van)Ayr-12.Bölge Hududu D.Y	975-04	Doğal Heyelan	Yarma	Zemin	Kayma	YAS	Zemin Koşulları
5	(Erciş-Van)Ayr-12.Bölge Hududu D.Y	975-03	Stabil yamaç	Yarma	Zemin	Kayma	YAS	Proje ve Yapım Aşamasındaki Yanlışlıklar
6	(Erciş-Van)Ayr-12.Bölge Hududu D.Y	975-03	Doğal Heyelan	Yarma	Zemin	Akma	YAS	Ayrışma
7	Dorutay-Çaldıran İ.Y.	65-02	Potansiyel Heyelan	Yarma	Zemin	Akma	YAS	Zemin Koşulları
8	Dorutay-Çaldıran İ.Y.	65-02	Potansiyel Heyelan	Yarma	Zemin	Kayma	YAS	Zemin Koşulları
9	Dorutay-Çaldıran İ.Y.	65-02	Potansiyel Heyelan	Yarma	Zemin	Akma	YAS	Ayrışma
10	Dorutay-Çaldıran İ.Y.	65-02	Potansiyel Heyelan	Yarma	Zemin	Akma	YAS+Yüzey	Ayrışma
11	Dorutay-Çaldıran İ.Y.	65-02	Potansiyel Heyelan	Yarma	Zemin	Akma	YAS+Yüzey	Ayrışma
12	Dorutay-Çaldıran İ.Y.	65-02	Stabil yamaç	Yarma	Zemin	Kayma	YAS+Yüzey	Proje ve Yapım Hataları
13	Van-Tatvan D.Y.	300-33	Doğal Heyelan	Yarma	Kaya	Kayma	YAS	Proje ve Yapım Hataları

Tablo 2.1. (devamı)

14	Van-Tatvan D.Y.	300-33	Stabil yamaç	Dolgu	Zemin	Kayma	YAS	Zemin Koşulları (Dolgu Yüktü)
15	Van-Hakkari D.Y. (Kurubaş)	975-06	Stabil yamaç	Dolgu	Zemin	Kayma	YAS	Proje ve Yapım Aşamasındaki Yanlılıklar
16	Van-Hakkari D.Y. (Kurubaş)	975-06	Potansiyel Heyelan	Yarma	Zemin	Kayma	YAS+Yüzey	Zemin Koşulları
17	Van-Hakkari D.Y. (Kurubaş)	975-06	Potansiyel Heyelan	Yarma	Zemin	Kayma	YAS	Ayrışma
18	Van-Hakkari D.Y.	975-08	Stabil yamaç	Dolgu	Zemin	Kayma	YAS+Yüzey	Baraj Gölü Gel-Git
19	Van-Hakkari D.Y.	975-08	Stabil yamaç	Yarma	Kaya	Kayma	YAS+Yüzey	Proje ve Yapım Aşamasındaki Yanlılıklar
20	Van-Hakkari D.Y.	975-08	Doğal Heyelan	Yarma	Zemin	Kayma	YAS	Zemin Koşulları
21	Başkale-Yeniköprü D.Y.	975-09	Doğal Heyelan	Yarma	Zemin	Kayma	YAS	Proje ve Yapım Aşamasındaki Yanlılıklar
22	Başkale-Yeniköprü D.Y.	975-09	Doğal Heyelan	Yarma	Zemin	Kayma	YAS	Proje ve Yapım Aşamasındaki Yanlılıklar
23	Başkale-Yeniköprü D.Y.	975-09	Potansiyel Heyelan	Yarma	Zemin	Kayma	YAS	Zemin Koşulları
24	Çatak Ayr-Bahçesaray İ.Y.	65-51	Potansiyel Heyelan	Yarma	Zemin	Kayma	YAS	Ayrışma
25	Çatak Ayr-Bahçesaray İ.Y.	65-51	Potansiyel Heyelan	Yarma	Zemin	Kayma	YAS	Ayrışma
26	Çatak Ayr-Bahçesaray İ.Y.	65-51	Potansiyel Heyelan	Yarma	Zemin	Kayma	YAS	Zemin Koşulları
27	Çatak Ayr-Bahçesaray İ.Y.	65-51	Potansiyel Heyelan	Yarma	Zemin	Kayma	YAS	Zemin Koşulları
28	Çatak Ayr-Bahçesaray İ.Y.	65-51	Stabil yamaç	Yarma	Zemin	Kayma	YAS+Yüzey	Ayrışma

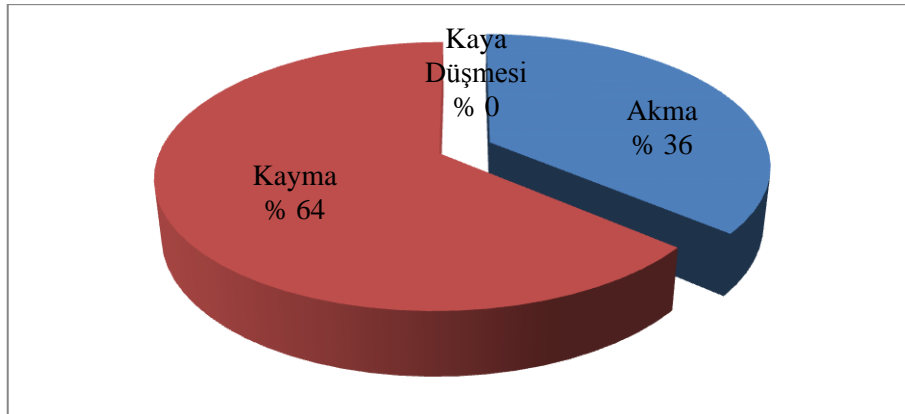
Tablo 2.1. (devamı)

29	Çatak Ayr.-Bahçesaray İ.Y.	65-51	Stabil yamaç	Yarma	Zemin	Kayma	YAS+Yüzey	Ayrışma
30	Beğendik-Narlı İ.Y.	65-51	Doğal Heyelan	Yarma	Zemin	Kayma	YAS+Yüzey	Zemin Koşulları
31	Beğendik-Narlı İ.Y.	65-51	Doğal Heyelan	Yarma	Zemin	Kayma	YAS+Yüzey	Zemin Koşulları
32	BahçesarayAyr.-Çatak İ.Y.	65-50	Potansiyel Heyelan	Yarma	Kaya	Akma	YAS+Yüzey	Ayrışma
33	BahçesarayAyr.-Çatak İ.Y.	65-50	Doğal Heyelan	Yarma	Zemin	Kayma	YAS+Yüzey	Zemin Koşulları
34	BahçesarayAyr.-Çatak İ.Y.	65-50	Potansiyel Heyelan	Yarma	Kaya	Akma	YAS+Yüzey	Ayrışma
35	BahçesarayAyr.-Çatak İ.Y.	65-50	Potansiyel Heyelan	Yarma	Kaya	Akma	YAS+Yüzey	Ayrışma
36	BahçesarayAyr.-Çatak İ.Y.	65-50	Potansiyel Heyelan	Yarma	Kaya	Akma	YAS+Yüzey	Ayrışma



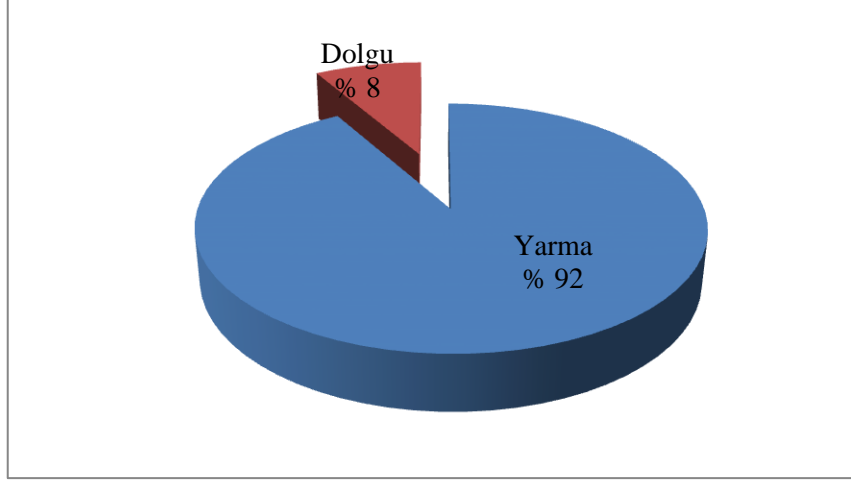
Şekil 2.1. Van ili heyelan yerlerini gösteren karayolu haritası

Tablo 2.1' deki veriler, daha iyi anlaşılabilmeleri bakımından aşağıda grafikler halinde verilmektedir. Şekil 2.2' den görüldüğü üzere Van ilindeki heyelan türleri % 64 kayma, % 36 akma olarak gerçekleşmiştir.



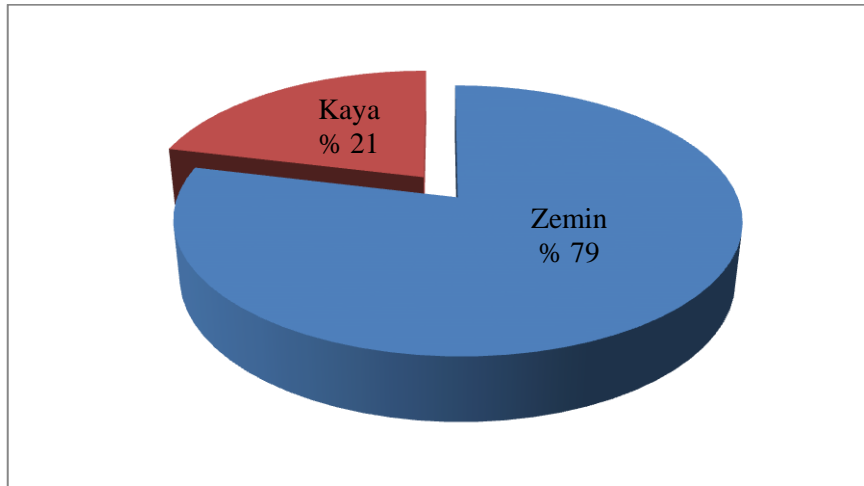
Şekil 2.2. Hareket tipine göre Van ilindeki heyelanlar

Heyelanların meydana geldiği karayolu kesimlerinin % 92' sinin yarmada, % 8' inin dolguda olduğu görülmektedir (Şekil 2.3).

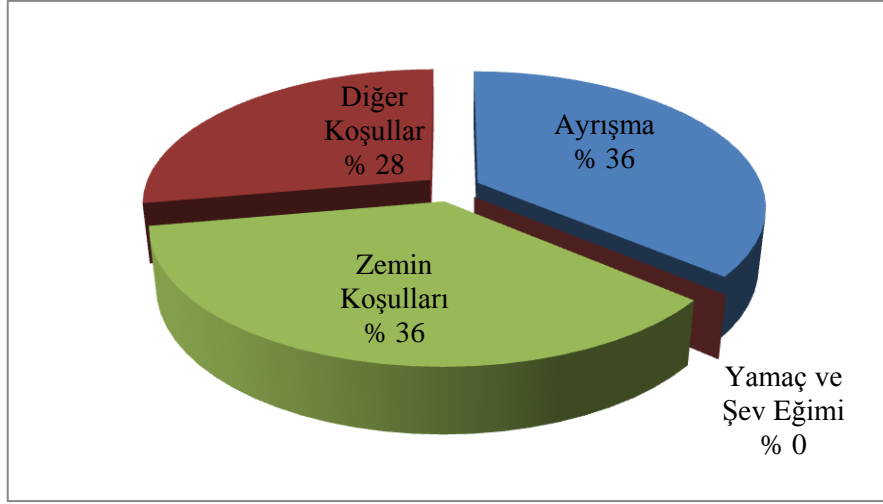


Şekil 2.3. Van ilindeki heyelanların yarma - dolgu oranı

Van ili için yarma heyelanlarının % 79' u zemin, % 21' i kaya ortamlarında gerçekleştiği (Şekil 2.4), heyelan nedenlerinin ise % 36' sının ayrışma, % 36' sının zemin koşulları ve % 28' inin diğer koşullar (deprem etkisi, proje ve yapım hataları ve diğer) olduğu görülmektedir (Şekil 2.5).



Şekil 2.4. Van ilinde yarma şevlerindeki heyelanların zemin – kaya oranı



Şekil 2.5. Van ilindeki heyelanların nedenleri

2.2. Bitlis İli Heyelan Verileri

Bitlis ili yol ağları için elde edilen heyelan verileri aşağıdaki tabloda (Tablo 2.2) ve karayolu haritası üzerinde (Şekil 2.6) K.K.No 'ya göre her yol için ayrı ayrı gösterilmiştir.



Şekil 2.6. Bitlis ili heyelan noktalarını gösterir karayolu haritası

Tablo 2.2. Bitlis ili karayolu ağındaki heyelanlar

Sayı	Heyelanın Meydana Geldiği Karayolu	K.K.No	Potansiyel/ Doğal Heyelan - Stabil Yamaç	Hareket Eden Kısım	Hareket Eden	Hareket Tipi	Su Durumu	Hareketin Nedenleri
1	(Van-Bitlis) İl Sınırı -Tatvan D.Y.	300-32	Potansiyel Heyelan	Yarma	Zemin	Kayma	YAS+ Yüzey	Zemin Koşulları
2	(Van-Bitlis) İl Sınırı -Tatvan D.Y.	300-32	Stabil Yamaç	Yarma	Kaya	Kayma	YAS+ Yüzey	Yamaç ve Şev Eğimi
3	(Van-Bitlis) İl Sınırı - Tatvan D.Y.	300-32	Potansiyel Heyelan	Yarma	Zemin	Akma	YAS+ Yüzey	Su ve Ayrışma
4	(Van-Bitlis) İl Sınırı -Tatvan D.Y.	300-32	Doğal Heyelan	Yarma	Zemin	Kayma	YAS+ Yüzey	Zemin Koşulları
5	Tatvan Çevre Yolu	13-11	Doğal Heyelan	Yarma	Zemin	Kayma	YAS	Zemin Koşulları
6	Ahlat-Adilcevaz D.Y.	965-11	Stabil Yamaç	Yarma	Kaya	Kaya Düşmesi	Yüzey	Yamaç ve Şev Eğimi
7	Ahlat-Adilcevaz D.Y.	965-11	Stabil Yamaç	Yarma	Kaya	Kaya Düşmesi	Yüzey	Yamaç ve Şev Eğimi
8	Ahlat-Adilcevaz D.Y.	965-11	Doğal Heyelan	Yarma	Zemin	Akma	YAS	Zemin Koşulları
9	Ahlat-Karahasan İ.Y.	13-02	Doğal Heyelan	Yarma	Zemin	Akma	YAS	Zemin Koşulları
10	Ahlat-Karahasan İ.Y.	13-02	Doğal Heyelan	Dolgu	Zemin	Kayma	YAS	Zemin Koşulları - Taşıma Gücü Aşımı
11	Ahlat-Karahasan İ.Y.	13-02	Doğal Heyelan	Dolgu	Zemin	Kayma	YAS	Zemin Koşulları - Taşıma Gücü Aşımı
12	Ahlat-Karahasan İ.Y.	13-02	Potansiyel Heyelan	Yarma	Zemin	Kayma	YAS	Zemin Koşulları
13	Ahlat-Karahasan İ.Y.	13-02	Doğal Heyelan	Yarma	Zemin	Kayma	YAS	Zemin Koşulları
14	Ahlat-Karahasan İ.Y.	13-02	Doğal Heyelan	Yarma	Zemin	Kayma	YAS	Zemin Koşulları
15	Ahlat-Karahasan İ.Y.	13-02	Doğal Heyelan	Yarma	Zemin	Kayma	YAS	Zemin Koşulları

Tablo 2.2. (devamı)

16	Ahlat-Karahasan İ.Y.	13-02	Doğal Heyelan	Dolgu	Zemin	Kayma	YAS	Zemin Koşulları - Taşıma Gücü Aşımı
17	Ahlat-Karahasan İ.Y.	13-02	Doğal Heyelan	Yarma	Zemin	Akma	YAS	Ayrışma
18	Ahlat-Karahasan İ.Y.	13-02	Doğal Heyelan	Yarma	Zemin	Kayma	YAS	Ayrışma ve YAS
19	Ahlat-Karahasan İ.Y.	13-02	Doğal Heyelan	Yarma	Zemin	Kayma	YAS	Ayrışma ve YAS
20	Bitlis-Baykan-9.Bölge Hd. D.Y. (Çevre Yolu)	965-13	Stabil Yamaç	Yarma	Kaya	Kaya Düşmesi	Yüzey	Yamaç ve Şev Eğimi
21	Bitlis-Baykan-9.Bölge Hd. D.Y. (Çevre Yolu.)	965-13	Stabil Yamaç	Yarma	Kaya	Kaya Düşmesi	Yüzey	Yamaç ve Şev Eğimi
22	Bitlis-Baykan-9.Bölge Hd. D.Y. (Çevre Yolu)	965-13	Stabil Yamaç	Yarma	Kaya	Kayma	Yüzey	Yamaç ve Şev Eğimi Olumsuz Tabakalanma
23	Bitlis Şehir Geçişi	13-09	Doğal Heyelan	Yarma	Kaya	Kayma	YAS+ Yüzey	Drenaj Yetersizliği ve Jeoloji
24	Bitlis Şehir Geçişi	13-09	Stabil Yamaç	Yarma	Kaya	Kaya Düşmesi	Yüzey	Yamaç ve Şev Eğimi
25	Bitlis Şehir Geçişi	13-09	Stabil Yamaç	Yarma	Kaya	Kaya Düşmesi	Yüzey	Yamaç ve Şev Eğimi
26	Bitlis-Baykan-9.Bölge Hd. D.Y.	965-13	Stabil Yamaç	Yarma	Kaya	Akma	Yüzey	Ayrışma
27	Bitlis-Baykan-9.Bölge Hd. D.Y.	965-13	Stabil Yamaç	Yarma	Kaya	Akma	Yüzey	Ayrışma
28	Bitlis-Baykan-9.Bölge Hd.	965-13	Stabil Yamaç	Yarma	Kaya	Akma	Yüzey	Ayrışma
29	Bitlis-Baykan-9.Bölge Hd. D.Y.	965-13	Stabil Yamaç	Yarma	Kaya	Kaya Düşmesi	Yüzey	Yamaç ve Şev Eğimi
30	Bitlis-Baykan-9.Bölge Hd. D.Y.	965-13	Stabil Yamaç	Yarma	Kaya	Kaya Düşmesi	Yüzey	Yamaç ve Şev Eğimi
31	Bitlis-Baykan-9.Bölge Hd. D.Y.	965-13	Stabil Yamaç	Yarma	Kaya	Kaya Düşmesi	Yüzey	Yamaç ve Şev Eğimi

Tablo 2.2. (devamı)

32	Bitlis-Baykan-9.Bölge Hd. D.Y.	965-13	Potansiyel Heyelan	Yarma	Zemin	Kayma	YAS+ Yüzey	Zemin Koşulları
33	Bitlis-Baykan-9.Bölge Hd. D.Y.	965-13	Potansiyel Heyelan	Yarma	Kaya	Kayma	YAS+ Yüzey	Zemin Koşulları
34	Bitlis-Baykan-9.Bölge Hd. D.Y.	965-13	Potansiyel Heyelan	Yarma	Zemin	Kayma	YAS+ Yüzey	Ayrışma - Geçirimsiz Üzerinde Geçirimli
35	Bitlis-Baykan-9.Bölge Hd. D.Y.	965-13	Doğal Heyelan	Yarma	Zemin	Kayma	YAS+ Yüzey	Zemin Koşulları
36	Bitlis-Mutki-Meydan-Geyikpınar İ.Y.	13-75	Stabil Yamaç	Dolgu	Zemin	Kayma	YAS+ Yüzey	Proje ve Yapım Hataları
37	Bitlis-Mutki-Meydan-Geyikpınar İ.Y.	13-75	Stabil Yamaç	Dolgu	Zemin	Kayma	YAS+ Yüzey	Proje ve Yapım Hataları
38	Bitlis-Mutki-Meydan-Geyikpınar İ.Y.	13-75	Stabil Yamaç	Yarma	Kaya	Kayma	Yüzey	Zemin Koşulları
39	Bitlis-Mutki-Meydan-Geyikpınar İ.Y.	13-75	Potansiyel Heyelan	Yarma	Kaya	Kayma	YAS+ Yüzey	Ayrışma
40	Bitlis-Mutki-Meydan-Geyikpınar İ.Y.	13-75	Potansiyel Heyelan	Yarma	Kaya	Akma	YAS+ Yüzey	Ayrışma
41	Bitlis-Mutki-Meydan-Geyikpınar İ.Y.	13-75	Stabil Yamaç	Yarma	Kaya	Akma	YAS+ Yüzey	Ayrışma
42	Bitlis-Mutki-Meydan-Geyikpınar İ.Y.	13-75	Doğal Heyelan	Yarma	Zemin	Kayma	YAS+ Yüzey	Zemin Koşulları
43	Bitlis-Mutki-Meydan-Geyikpınar İ.Y.	13-75	Potansiyel Heyelan	Yarma	Zemin	Akma	YAS+ Yüzey	Ayrışma
44	Bitlis-Mutki-Meydan-Geyikpınar İ.Y.	13-75	Potansiyel Heyelan	Yarma	Kaya	Akma	YAS+ Yüzey	Ayrışma
45	Bitlis-Mutki-Meydan-Geyikpınar İ.Y.	13-75	Potansiyel Heyelan	Yarma	Zemin	Kayma	YAS+ Yüzey	Zemin Koşulları

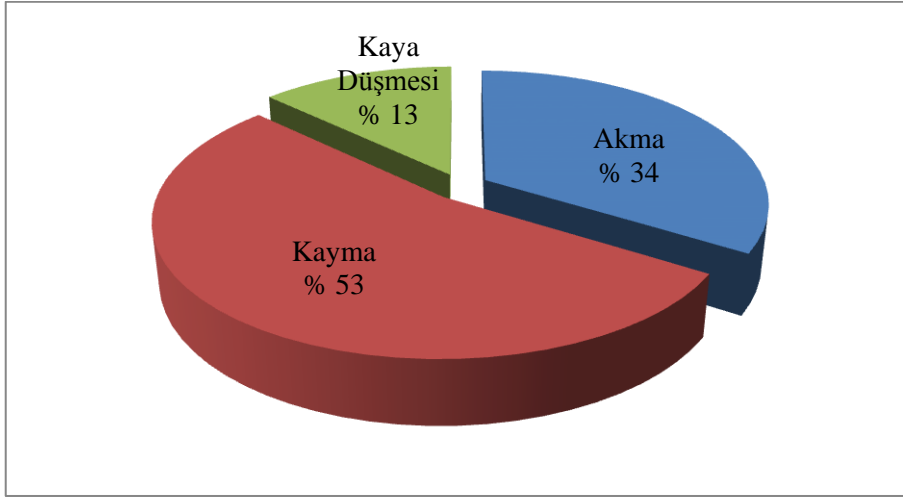
Tablo 2.2. (devamı)

46	Bitlis-Mutki-Meydan-Geyikpınar İ.Y.	13-75	Potansiyel Heyelan	Yarma	Zemin	Akma	YAS+ Yüzey	Ayrışma
47	Bitlis-Mutki-Meydan-Geyikpınar İ.Y.	13-75	Potansiyel Heyelan	Yarma	Zemin	Akma	YAS+ Yüzey	Ayrışma
48	Bitlis-Mutki-Meydan-Geyikpınar İ.Y.	13-75	Potansiyel Heyelan	Yarma	Kaya	Akma	YAS+ Yüzey	Ayrışma
49	Bitlis-Mutki-Meydan-Geyikpınar İ.Y.	13-75	Potansiyel Heyelan	Yarma	Kaya	Akma	YAS+ Yüzey	Ayrışma
50	Bitlis-Mutki-Meydan-Geyikpınar İ.Y.	13-75	Potansiyel Heyelan	Yarma	Kaya	Akma	YAS+ Yüzey	Ayrışma
51	Bitlis-Mutki-Meydan-Geyikpınar İ.Y.	13-75	Potansiyel Heyelan	Yarma	Kaya	Akma	YAS+ Yüzey	Ayrışma
52	Bitlis-Mutki-Meydan-Geyikpınar İ.Y.	13-75	Potansiyel Heyelan	Yarma	Zemin	Kayma	YAS+ Yüzey	Zemin Koşulları
53	Bitlis-Mutki-Meydan-Geyikpınar İ.Y.	13-75	Potansiyel Heyelan	Yarma	Kaya	Kayma	YAS+ Yüzey	Yamaç ve Şev Eğimi
54	(Mutki-Meydan)Ayr-Kavakbaşı İ.Y.	13-77	Potansiyel Heyelan	Yarma	Kaya	Kayma	Yüzey	Zemin Koşulları
55	(Mutki-Meydan)Ayr-Kavakbaşı İ.Y.	13-77	Potansiyel Heyelan	Yarma	Kaya	Kayma	Yüzey	Zemin Koşulları
56	(Mutki-Meydan)Ayr-Kavakbaşı İ.Y.	13-77	Potansiyel Heyelan	Yarma	Zemin	Kayma	YAS+ Yüzey	Zemin Koşulları
57	(Mutki-Meydan)Ayr-Kavakbaşı İ.Y.	13-77	Potansiyel Heyelan	Yarma	Zemin	Kayma	YAS+ Yüzey	Ayrışma
58	Küçükusu-Hizan-Pervari İ.Y.	13-05	Doğal Heyelan	Yarma	Zemin	Kayma	YAS+ Yüzey	Proje ve Yapım Hataları
59	Küçükusu-Hizan-Pervari İ.Y.	13-05	Potansiyel Heyelan	Dolgu	Zemin	Kayma	YAS+ Yüzey	Proje ve Yapım Hataları
60	Küçükusu-Hizan-Pervari İ.Y.	13-05	Potansiyel Heyelan	Dolgu	Zemin	Kayma	YAS+ Yüzey	Proje ve Yapım Hataları

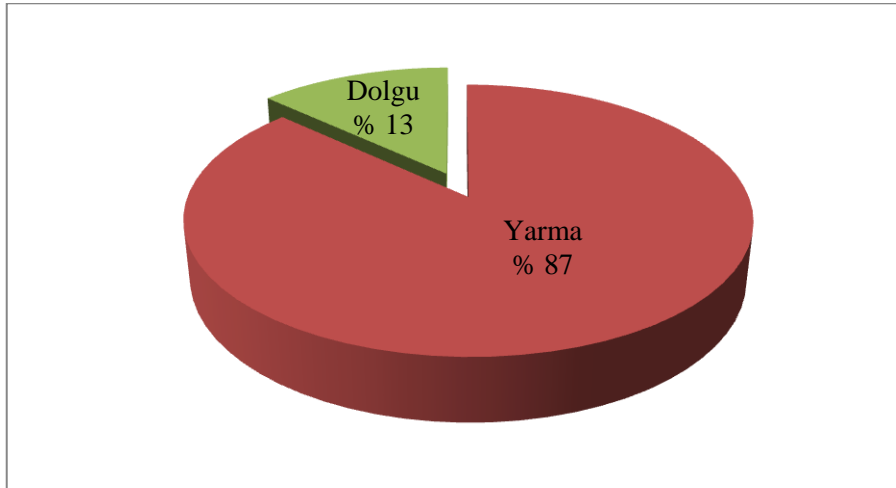
Tablo 2.2. (devamı)

61	Küçükusu-Hizan-Pervari İ.Y.	13-05	Potansiyel Heyelan	Dolgu	Zemin	Kayma	YAS+ Yüzey	Yamaç ve Şev Eğimi
62	Küçükusu-Hizan-Pervari İ.Y.	13-05	Potansiyel Heyelan	Yarma	Kaya	Akma	YAS+ Yüzey	Ayrışma
63	Küçükusu-Hizan-Pervari İ.Y.	13-05	Potansiyel Heyelan	Yarma	Kaya	Akma	YAS+ Yüzey	Ayrışma
64	Küçükusu-Hizan-Pervari İ.Y.	13-05	Potansiyel Heyelan	Yarma	Kaya	Akma	YAS+ Yüzey	Ayrışma
65	Küçükusu-Hizan-Pervari İ.Y.	13-05	Potansiyel Heyelan	Yarma	Kaya	Akma	YAS+ Yüzey	Ayrışma
66	Küçükusu-Hizan-Pervari İ.Y.	13-05	Potansiyel Heyelan	Yarma	Kaya	Akma	YAS+ Yüzey	Ayrışma
67	Küçükusu-Hizan-Pervari İ.Y.	13-05	Potansiyel Heyelan	Yarma	Kaya	Akma	YAS+ Yüzey	Ayrışma
68	Küçükusu-Hizan-Pervari İ.Y.	13-05	Potansiyel Heyelan	Dolgu	Zemin	Kayma	YAS+ Yüzey	Proje ve Yapım Hataları
69	Küçükusu-Hizan-Pervari İ.Y.	13-05	Potansiyel Heyelan	Dolgu	Zemin	Kayma	YAS+ Yüzey	Proje ve Yapım Hataları
70	Küçükusu-Hizan-Pervari İ.Y.	13-05	Potansiyel Heyelan	Yarma	Zemin	Kayma	YAS+ Yüzey	Yamaç ve Şev Eğimi-Dolgu Yüktü
71	Küçükusu-Hizan-Pervari İ.Y.	13-05	Potansiyel Heyelan	Yarma	Zemin	Kayma	YAS	Ayrışma
72	Küçükusu-Hizan-Pervari İ.Y.	13-05	Potansiyel Heyelan	Yarma	Zemin	Kayma	YAS	Ayrışma
73	Küçükusu-Hizan-Pervari İ.Y.	13-05	Potansiyel Heyelan	Yarma	Kaya	Kaya Düşmesi	Yüzey	Yamaç ve Şev Eğimi
74	Küçükusu-Hizan-Pervari İ.Y.	13-05	Potansiyel Heyelan	Yarma	Kaya	Kayma	YAS	Yamaç ve Şev Eğimi
75	Küçükusu-Hizan-Pervari İ.Y.	13-05	Potansiyel Heyelan	Yarma	Kaya	Kayma	YAS	Ayrışma
76	Soğuksu-Bahçesaray İ.Y.	13-28	Doğal Heyelan	Yarma	Zemin	Kayma	YAS	Ayrışma

Tablo 2.2’ deki veriler aşağıdaki grafikler ile özetlenerek gösterilmiştir. Şekil 2.7’ de görüldüğü üzere Bitlis ili içindeki heyelanların % 53’ ü kayma, % 34’ ü akma ve % 13’ ü kaya düşmesi olarak tespit edilmiştir. Heyelanların meydana geldiği karayolu kesimlerinin % 87’ sinin yarmada, % 13’ ünün dolguda olduğu görülmektedir (Şekil 2.8).



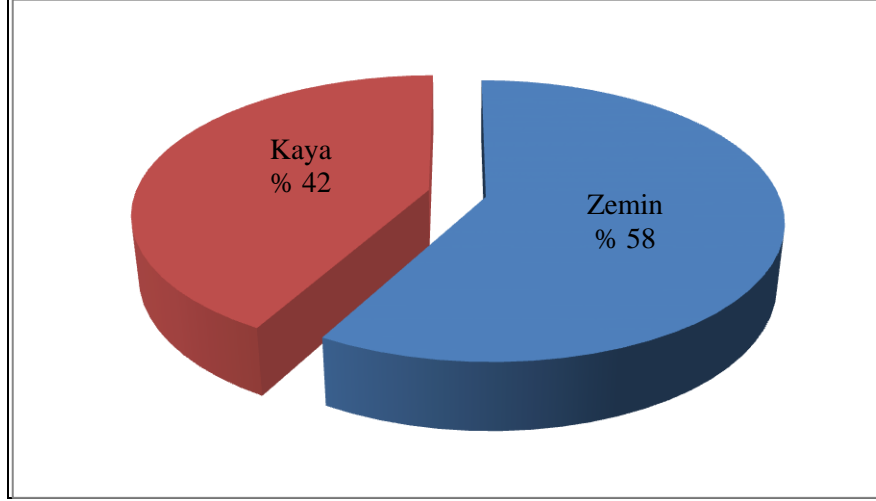
Şekil 2.7. Hareket tipine göre Bitlis ili heyelanları



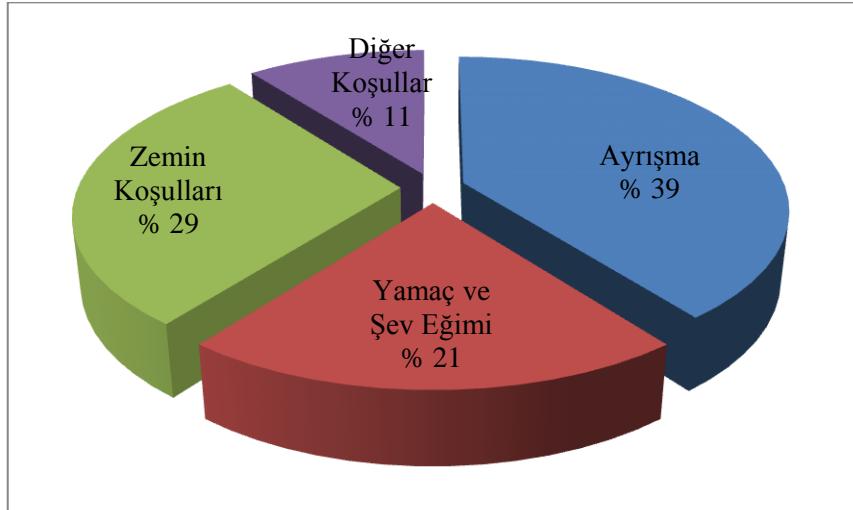
Şekil 2.8. Bitlis ili heyelanlarının yarma-dolgu durumu

Şekil 2.9’ da görüldüğü üzere Bitlis ili için yarma heyelanlarının % 58’ i zemin, % 42’ si kaya ortamlarında gerçekleşmiştir. Heyelanların % 39’ unun ayrışma, % 29’ unun

zemin koşulları, % 21' inin yamaç ve şev eğimi, % 11' inin diğer koşullar (proje ve yapım hataları v.d.) nedeniyle meydana geldiği görölmektedir (Şekil 2.10).



Şekil 2.9. Bitlis ili yarma şevlerindeki heyelanların zemin türleri



Şekil 2.10. Bitlis ilindeki heyelanların nedenleri

2.3. Hakkari İli Heyelan Verileri

Hakkari ili yol ağları için elde edilen heyelan verileri aşağıdaki tabloda K.K.No 'ya göre her yol için ayrı ayrı verilmiş (Tablo 2.3) ve karayolu haritasında (Şekil 2.11) yerleri gösterilmiştir.



Şekil 2.11. Hakkari ili heyelan noktalarını gösterir karayolu haritası

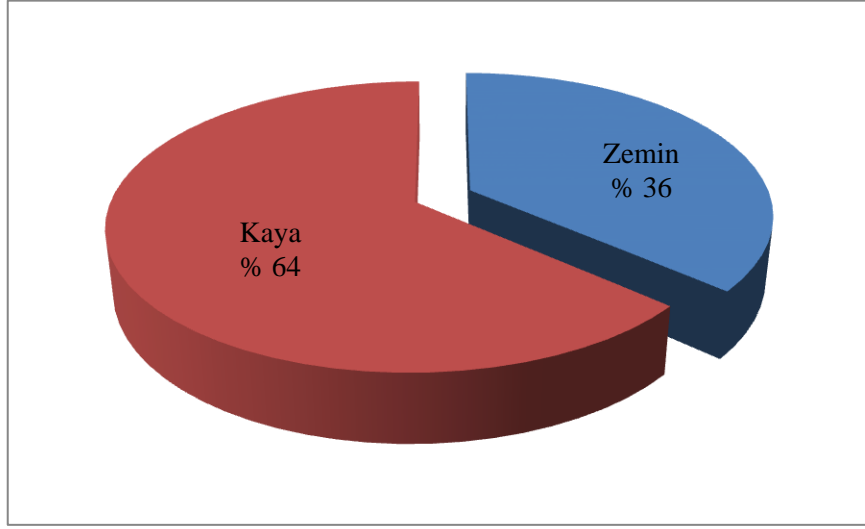
Tablo 2.3. Hakkari ili karayolu ağındaki heyelanlar

Sayı	Heyelanın Meydana Geldiği Karayolu	K.K. No	Potansiyel/ Doğal Heyelan -Stabil Yamaç	Hareket Eden Kısım	Kütle Türü	Hareket Tipi	Su Durumu	Hareketin Nedenleri
1	Başkale-Yeniköprü D.Y.	975-10	Potansiyel Heyelan	Yarma	Kaya	Kaya Düşmesi	Yüzey	Yamaç ve Şev Eğimi
2	Yeniköprü-Yüksekova D.Y.	400-36	Potansiyel Heyelan	Yarma	Kaya	Kaya Düşmesi	Yüzey	Yamaç ve Şev Eğimi
3	Yeniköprü-Yüksekova D.Y.	400-36	Potansiyel Heyelan	Yarma	Kaya	Kaya Düşmesi	Yüzey	Yamaç ve Şev Eğimi
4	Yeniköprü-Yüksekova D.Y.	400-36	Potansiyel Heyelan	Yarma	Kaya	Kaya Düşmesi	Yüzey	Yamaç ve Şev Eğimi
5	Yüksekova-Esendere D.Y.	400-37	Potansiyel Heyelan	Yarma	Kaya	Kayma	Yüzey	Zemin Koşulları
6	Yüksekova-Esendere D.Y.	400-37	Potansiyel Heyelan	Yarma	Zemin	Akma	YAS	Ayrışma
7	Şemdinli-Derecik İ.Y.	30-27	Doğal Heyelan	Yarma	Zemin	Akma	YAS	Ayrışma
8	Yeniköprü-Hakkari D.Y.	400-36	Doğal Heyelan	Yarma	Zemin	Kayma	YAS	Zemin Koşulları
9	Yeniköprü-Hakkari D.Y.	400-36	Doğal Heyelan	Yarma	Zemin	Kayma	YAS	Proje ve Yapım Hataları
10	Yeniköprü-Hakkari D.Y.	400-36	Doğal Heyelan	Yarma	Zemin	Kayma	YAS	Proje ve Yapım Hataları
11	Yeniköprü-Hakkari D.Y.	400-36	Doğal Heyelan	Yarma	Zemin	Kayma	YAS	Proje ve Yapım Hataları
12	Yeniköprü-Hakkari D.Y.	400-36	Doğal Heyelan	Yarma	Zemin	Kayma	YAS	Proje ve Yapım Hataları
13	Yeniköprü-Hakkari D.Y.	400-36	Doğal Heyelan	Yarma	Zemin	Kayma	YAS	Ayrışma
14	Yeniköprü-Hakkari D.Y.	400-36	Doğal Heyelan	Yarma	Kaya	Akma	YAS	Ayrışma
15	Yeniköprü-Hakkari D.Y.	400-36	Potansiyel Heyelan	Yarma	Kaya	Kaya Düşmesi	Yüzey	Yamaç ve Şev Eğimi
16	Yeniköprü-Hakkari D.Y.	400-36	Potansiyel Heyelan	Yarma	Kaya	Kaya Düşmesi	Yüzey	Yamaç ve Şev Eğimi
17	Yeniköprü-Hakkari D.Y.	400-36	Potansiyel Heyelan	Dolgu	Zemin	Kayma	YAS	Proje ve Yapım Hataları
18	Yeniköprü-Hakkari D.Y.	400-36	Potansiyel Heyelan	Dolgu	Zemin	Kayma	YAS	Proje ve Yapım Hataları
19	Yeniköprü-Hakkari D.Y.	400-36	Doğal Heyelan	Yarma	Zemin	Akma	YAS	Ayrışma

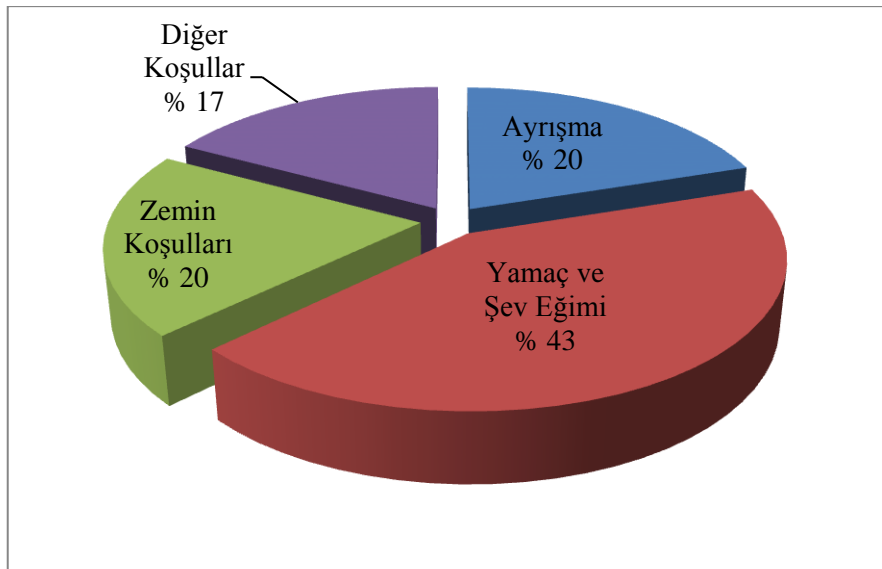
Tablo 2.3. (devamı)

20	Yeniköprü-Hakkari D.Y.	400-36	Potansiyel Heyelan	Yarma	Kaya	Kayma	Yüzey	Zemin Koşulları
21	Yeniköprü-Hakkari D.Y.	400-36	Potansiyel Heyelan	Yarma	Kaya	Kaya Düşmesi	Yüzey	Yamaç ve Şev Eğimi
22	Yeniköprü-Hakkari D.Y.	400-36	Potansiyel Heyelan	Yarma	Kaya	Kaya Düşmesi	Yüzey	Yamaç ve Şev Eğimi
23	Yeniköprü-Hakkari D.Y.	400-36	Potansiyel Heyelan	Yarma	Kaya	Kaya Düşmesi	Yüzey	Yamaç ve Şev Eğimi
24	Yeniköprü-Hakkari D.Y.	400-36	Potansiyel Heyelan	Yarma	Kaya	Kaya Düşmesi	Yüzey	Yamaç ve Şev Eğimi
25	Yeniköprü-Hakkari D.Y.	400-36	Potansiyel Heyelan	Yarma	Kaya	Kaya Düşmesi	Yüzey	Yamaç ve Şev Eğimi
26	Yeniköprü-Hakkari Ayr. Ördekli İ.Y.	30-01	Potansiyel Heyelan	Yarma	Kaya	Akma	Yüzey	Yamaç ve Şev Eğimi
27	Yeniköprü-Hakkari Ayr. Ördekli İ.Y.	30-01	Doğal Heyelan	Yarma	Zemin	Akma	YAS	Ayrışma
28	Yeniköprü-Hakkari Ayr. Ördekli İ.Y.	30-01	Potansiyel Heyelan	Yarma	Kaya	Akma	Yüzey	Yamaç ve Şev Eğimi
29	Yeniköprü-Hakkari Ayr. Ördekli İ.Y.	30-01	Potansiyel Heyelan	Yarma	Kaya	Akma	Yüzey	Yamaç ve Şev Eğimi
30	Hakkari-Çukurca Yolu	400-35	Potansiyel Heyelan	Yarma	Kaya	Kaya Düşmesi	Yüzey	Yamaç ve Şev Eğimi
31	Hakkari-Çukurca Yolu - Çukurca Tünel Çıkışı	400-34	Potansiyel Heyelan	Yarma	Zemin	Kayma	Yüzey	Zemin Koşulları - Dolgu Yüktü
32	Hakkari-Çukurca Yolu (Güvenlik Yolu)	30-53	Potansiyel Heyelan	Yarma	Kaya	Kayma	Yüzey	Düzlemsel Kayma - Tabakalanma
33	Hakkari-Çukurca Yolu (Güvenlik Yolu)	30-53	Potansiyel Heyelan	Yarma	Kaya	Kayma	Yüzey	Düzlemsel Kayma - Tabakalanma
34	Hakkari-Çukurca Yolu (Güvenlik Yolu)	30-53	Potansiyel Heyelan	Yarma	Kaya	Kayma	Yüzey	Düzlemsel Kayma - Tabakalanma
35	Üzümcü-Geçitli İ.Y.	30-50	Potansiyel Heyelan	Yarma	Zemin	Akma	YAS + Yüzey	Ayrışma

Şekil 2.14' de görüldüğü üzere Hakkari ili için yarmadaki heyelanlarının % 36' sının zemin, % 64' ünün kaya ortamlarında gerçekleştiği görülmektedir. Heyelan nedenlerinin ise % 20' sinin ayrışma, % 20' sinin zemin koşulları, % 43' ünün yamaç ve şev eğimi, % 17' sinin diğer koşullar (proje ve yapım hataları v.d.) olduğu Şekil 2.15' de görülmektedir.



Şekil 2.14. Hakkari ili yarma şevi heyelanlarının zemin durumu



Şekil 2.15. Hakkari ili karayollarındaki heyelanların nedenlerine göre oranları

2.4. Muş İli Heyelan Verileri

Muş ili yol ağları için elde edilen heyelan verileri aşağıdaki tabloda K.K.No 'ya göre her yol için ayrı ayrı verilmiş (Tablo 2.4.) ve karayolu haritasında (Şekil 2.16) gösterilmiştir.

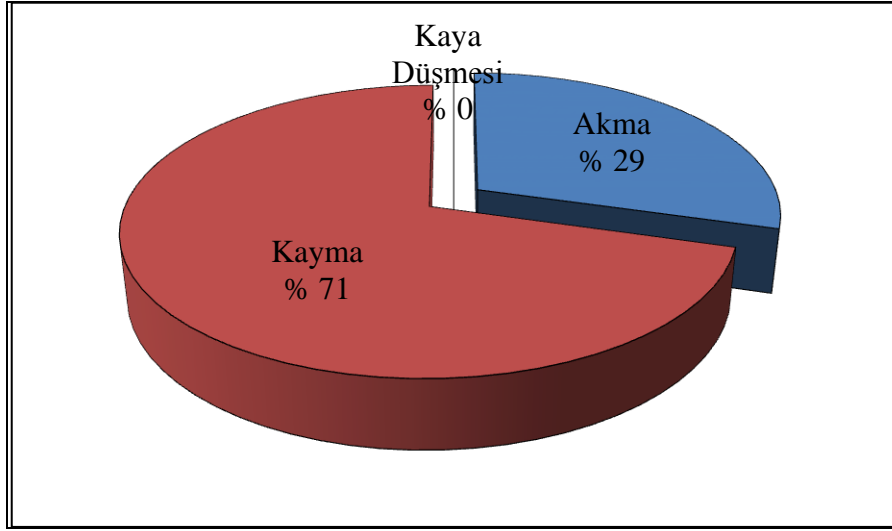


Şekil 2.16. Muş ili heyelan noktalarını gösterir karayolu haritası

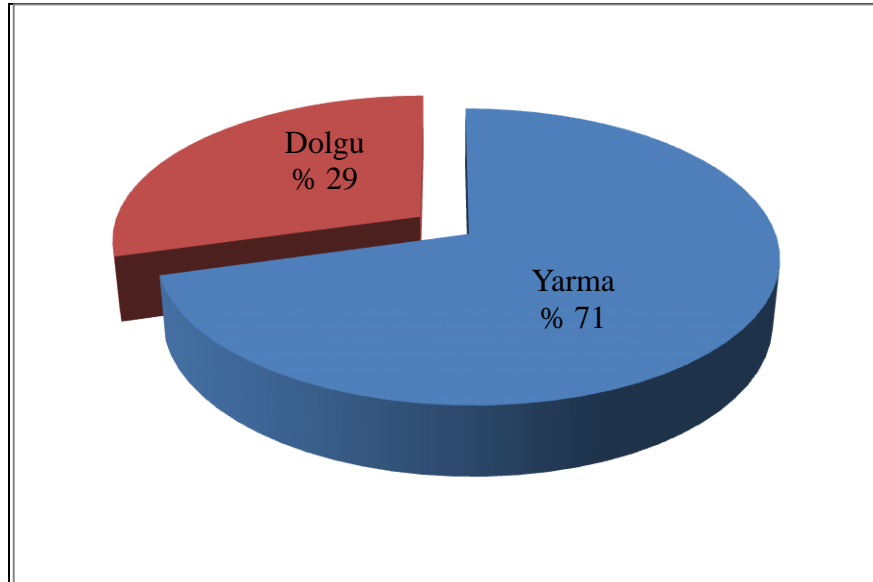
Tablo 2.4. Muş ili karayolu ağındaki heyelanlar

Sayı	Heyelanın Meydana Geldiği Karayolu	K.K. No	Potansiyel / Doğal Heyelan - Stabil Yamaç	Hareket Eden Kısım	Kütle Türü	Hareket Tipi	Su Durumu	Hareketin Nedenleri
1	Muş-Varto Ayr. Solhan D.Y.	300-29	Stabil Yamaç	Dolgu	Zemin	Kayma	Yüzey	Proje ve Yapım Hataları
2	Muş-Varto Ayr. Solhan D.Y.	300-29	Stabil Yamaç	Dolgu	Zemin	Kayma	Yüzey	Proje ve Yapım Hataları
3	Muş-Varto D.Y.	955-08	Potansiyel Heyelan	Yarma	Zemin	Kayma	YAS+Yüzey	Zemin Koşulları
4	Muş-Varto D.Y.	955-08	Potansiyel Heyelan	Yarma	Zemin	Kayma	YAS+Yüzey	Zemin Koşulları
5	Muş-Varto D.Y.	955-08	Potansiyel Heyelan	Yarma	Zemin	Kayma	YAS+Yüzey	Zemin Koşulları
6	Muş-Varto D.Y.	955-08	Potansiyel Heyelan	Yarma	Zemin	Akma	YAS+Yüzey	Ayrışma
7	Muş-Varto D.Y.	955-08	Potansiyel Heyelan	Yarma	Zemin	Akma	YAS+Yüzey	Ayrışma
8	Muş-Varto Ayr. Bulanık İ.Y.	49-02	Potansiyel Heyelan	Yarma	Zemin	Kayma	YAS+Yüzey	Zemin Koşulları
9	Muş-Varto Ayr. Bulanık İ.Y.	49-02	Stabil Yamaç	Yarma	Zemin	Akma	YAS+Yüzey	Ayrışma
10	Muş-Varto Ayr. Bulanık İ.Y.	49-02	Potansiyel Heyelan	Yarma	Zemin	Akma	YAS+Yüzey	Ayrışma
11	Muş-Varto Ayr. Bulanık İ.Y.	49-02	Stabil Yamaç	Yarma	Zemin	Akma	YAS+Yüzey	Ayrışma
12	Muş-Varto Ayr. Bulanık İ.Y.	49-02	Stabil Yamaç	Yarma	Zemin	Kayma	YAS+Yüzey	Zemin Koşulları
13	Muş-Varto Ayr. Bulanık İ.Y.	49-02	Stabil Yamaç	Dolgu	Zemin	Kayma	YAS+Yüzey	Proje ve Yapım Hataları
14	Muş-Varto Ayr. Bulanık İ.Y.	49-02	Stabil Yamaç	Dolgu	Zemin	Kayma	YAS+Yüzey	Proje ve Yapım Hataları
15	Muş-Varto Ayr. Bulanık İ.Y.	49-02	Stabil Yamaç	Dolgu	Zemin	Kayma	YAS+Yüzey	Proje ve Yapım Hataları
16	Tatvan-Muş Ay. Bulanık İ.Y.	959-02	Potansiyel Heyelan	Yarma	Zemin	Kayma	YAS+Yüzey	Ayrışma
17	Aktuzla-Karaçoban İ.Y.	49-07	Potansiyel	Yarma	Zemin	Kayma	YAS+Yüzey	Zemin Koşulları

Muş ilindeki karayollarında meydana gelen heyelanların % 71' inin kayma, % 29' unun akma olarak gerçekleştiği tespit edilmiştir (Şekil 2.7). Heyelanların meydana geldiği karayolu kesimlerinin % 71' inin yarma, % 29' unun dolgu olduğu Şekil 2.18' de görülmektedir.

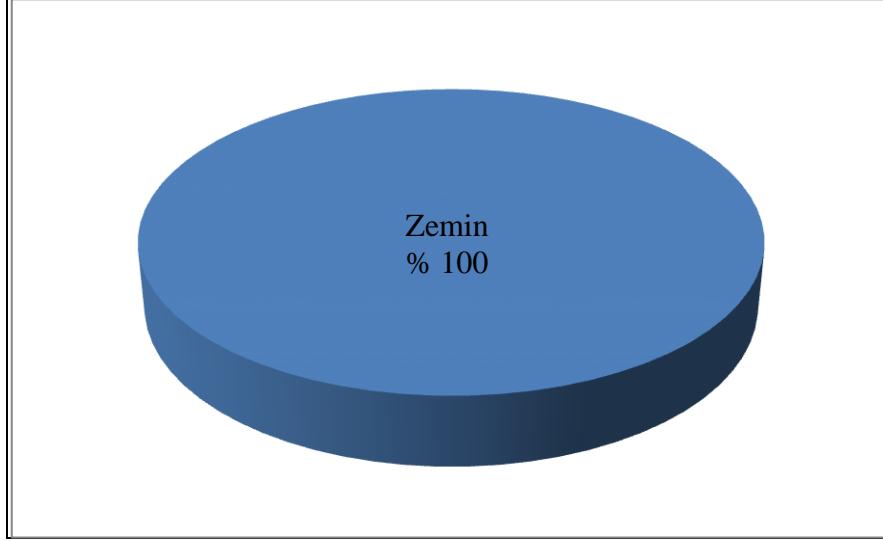


Şekil 2.17. Muş ilinde hareket tipine göre heyelan türleri

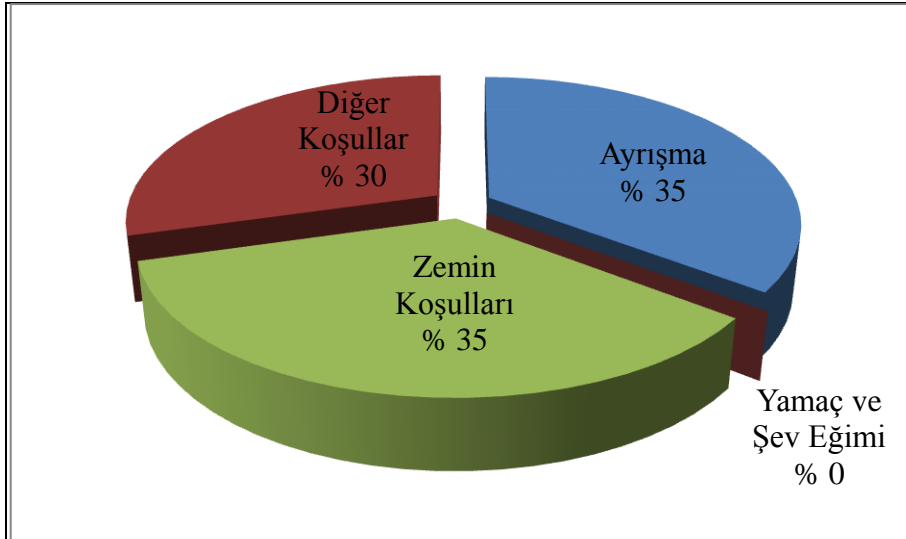


Şekil 2.18. Muş ilindeki heyelanların gerçekleştiği yol kesimleri

Şekil 2.19’ da görüldüğü üzere Muş ili için yarma heyelanlarının % 100 zemin ortamlarında gerçekleştiği, heyelan nedenlerinin ise % 35 ayrışma, % 35 zemin koşulları, % 30 diğer koşullar (proje ve yapım hataları v.s.) olduğu Şekil 2.20’ de görülmektedir.



Şekil 2.19. Muş ili yarma kısmındaki heyelanların kütle türü



Şekil 2.20. Muş ili heyelan nedenleri

2.5. Genel Değerlendirme

Karayolu güzergahları boyunca yer alan heyelanların dağılımını gösteren ve güncelliğini koruyan Karayolu Heyelanları Dağılım Haritasına ve bölgelere göre heyelan sayılarını gösteren grafiğe göre, Karadeniz bölgesinden sonra heyelanların en fazla Karayolları 11. Bölge Müdürlüğü sınırları içerisinde kalan yollarda meydana geldiği görülmektedir (Şekil 1.2). Bu durum Karayolları 11. Bölge müdürlüğü sınırlarındaki mevcut tüm kayma hareketlerinin sayısı, hareket eden zemin cinsi, hareketin tipi, su durumu ve hareketin nedenleri gibi bilgilerin araştırılmasını zorunlu kılmıştır.

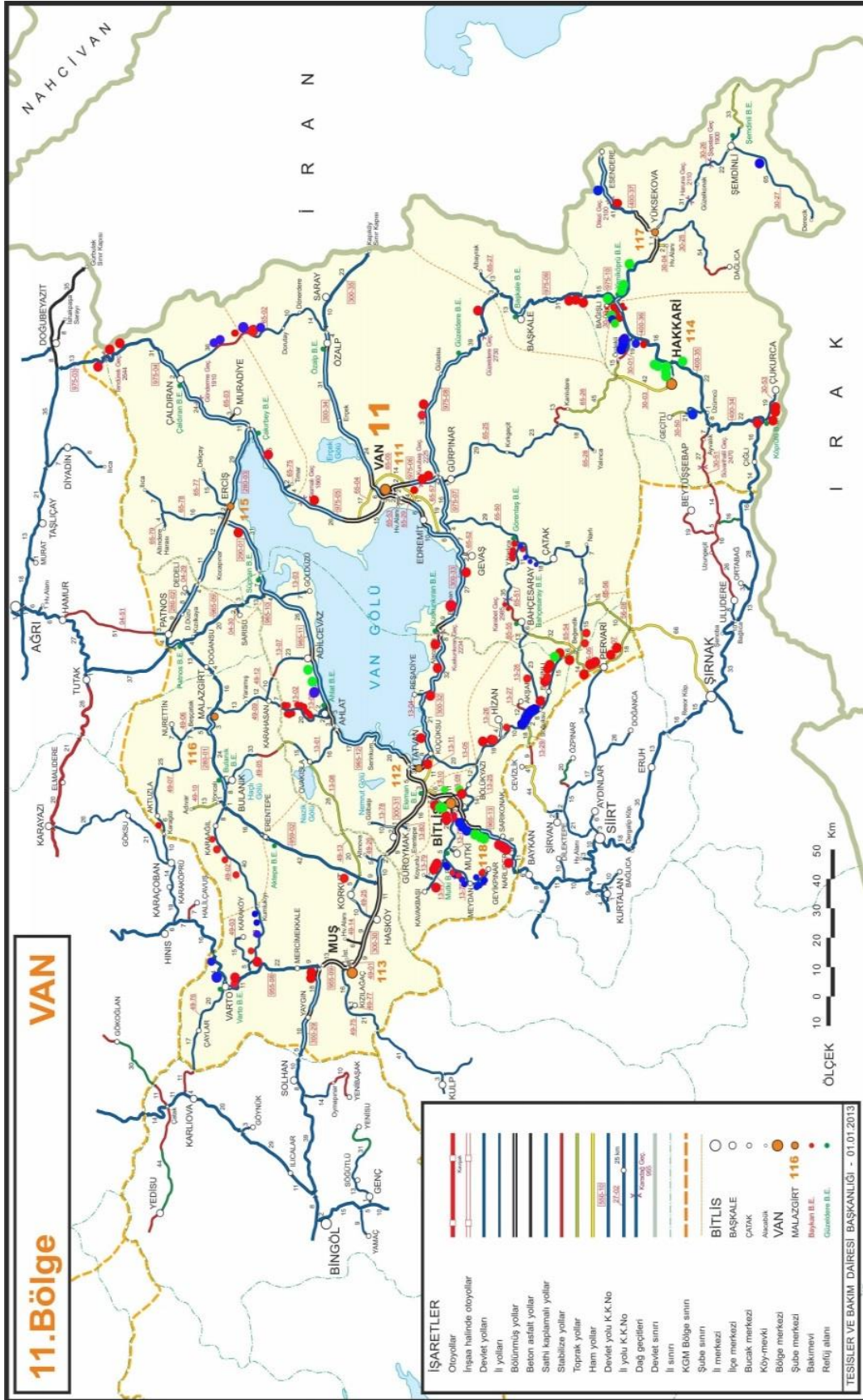
İnceleme alanında Karayolları 11. Bölge Müdürlüğü sorumluluk alanı içerisinde kalan Van, Bitlis, Hakkari ve Muş illerinin tamamı, Ağrı ve Siirt illerinin bölge sınırları içerisinde kalan yol ağları değerlendirilmiştir.

Karayolları 11. Bölge Müdürlüğünde meydana gelen heyelanlar, Bölge Müdürlüğünün ve Genel Müdürlüğün arşivleri incelenerek derlenmiş, rapor edilmiş ve rapor edilmemiş heyelanlar ile mevcutta sorun olmayan ancak ileride sorun olabilecek heyelanlar Tablo 2.5 'de toplu olarak gösterilmiştir.

Tablo 2.5. Bölgede meydana gelen heyelanların illere göre durumları

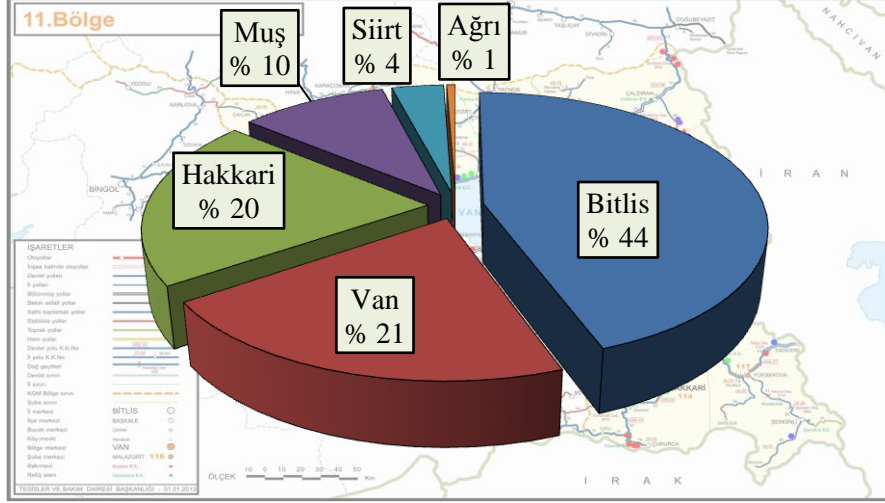
İller	Tiplerine Göre Heyelan Sayıları			Heyelan Sayıları
	Kayma	Akma	Kaya Düşmesi	
Van	23	13	-	36
Bitlis	43	23	10	76
Hakkari	14	9	12	35
Muş	12	5	-	17
Ağrı	1	-	-	1
Siirt	6	-	-	6
Toplam				171

Hareket türüne göre değerlendirildiğinde heyelanların % 58' inin kayma, % 29' unun akma ve % 13' ünün kaya düşmesi şeklinde gerçekleştiği görülmektedir. Tablo 2.5. 'deki verilerden hareketle, karayolu ağında meydana gelen heyelan olayları, KGM haritası üzerinde türlerine göre farklı renkte olmak üzere noktasal olarak gösterilmiştir (Şekil 2.21).



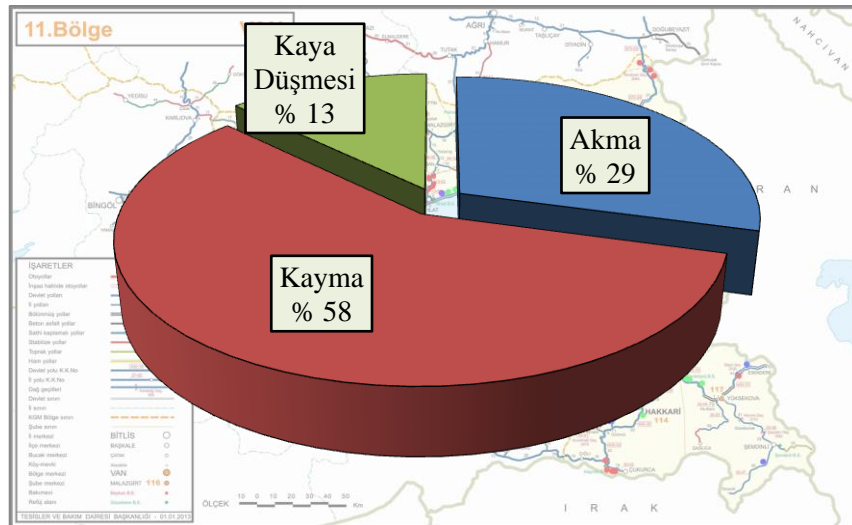
Şekil 2.21. Bölge karayolu güzergâhlarındaki heyelan yerleri

İnceleme alanındaki her il için heyelan sayısı değerleri incelendiğinde % 44 ile heyelan olaylarının özellikle Bitlis iline bağlı güzergâhlarda yoğun olarak gerçekleştiği gözlenmektedir (Şekil 2.22). Bitlis'i % 21 ile Van, % 20 ile Hakkari illeri izlemektedir.



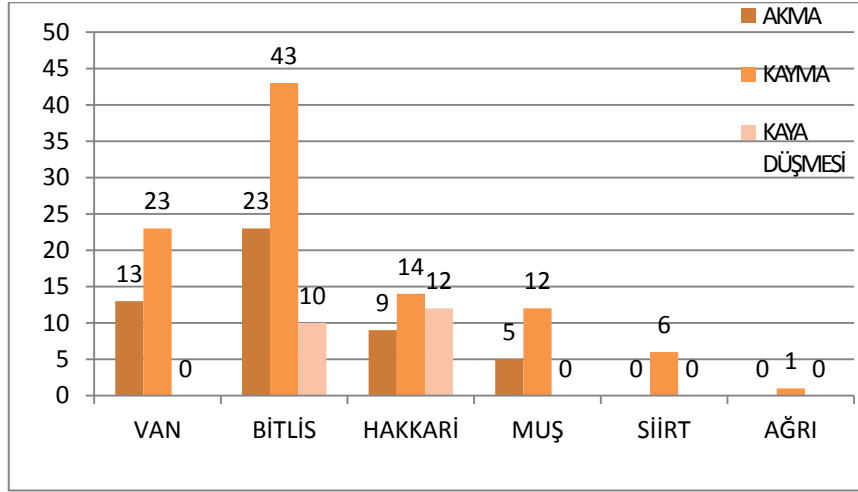
Şekil 2.22. Heyelanların yüzde olarak illere göre dağılımı

Heyelanlar hareket türüne göre incelendiğinde ise % 58' inin kayma, % 29' unun akma ve % 13' ünün kaya düşmesi şeklinde gerçekleştiği görülmektedir (Şekil 2.23).



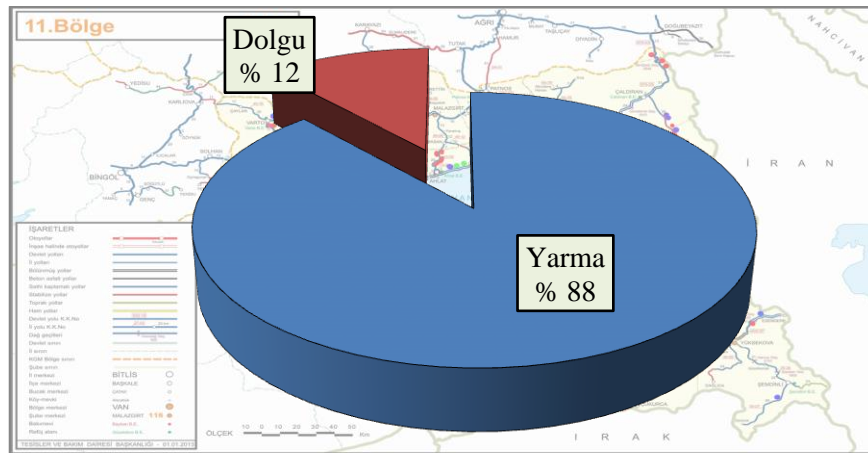
Şekil 2.23. Bölge genelinde hareket tipine göre heyelanların dağılımı

Kaya düşmesi şeklinde gerçekleşen heyelanlar, Bitlis'te ve özellikle Hakkari'de meydana gelmiştir. Siirt ili karayollarındaki heyelanların kayma şeklinde gerçekleştiği görülmektedir. Kayma ve akma tipi heyelanların ise Bitlis ve Van illerinde fazlaca meydana geldiği görülmektedir (Şekil 2.24). Jeolojik ve topoğrafik yapı oldukça etkilidir.

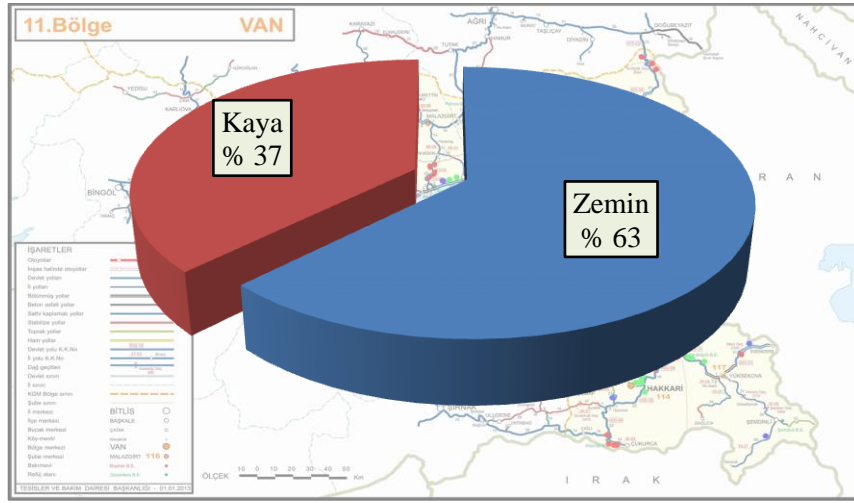


Şekil 2.24. Bölgedeki illerde heyelan tiplerinin durumu

Heyelanların gerçekleştiği yol kesitlerinin % 88'inin yarma, % 12'sinin ise dolgu olduğu görülmektedir (Şekil 2.25). Yarma kesitlerinde meydana gelen heyelanların % 63'ü zemin, % 37'si kaya formasyonlarda gerçekleşmiştir (Şekil 2.26).

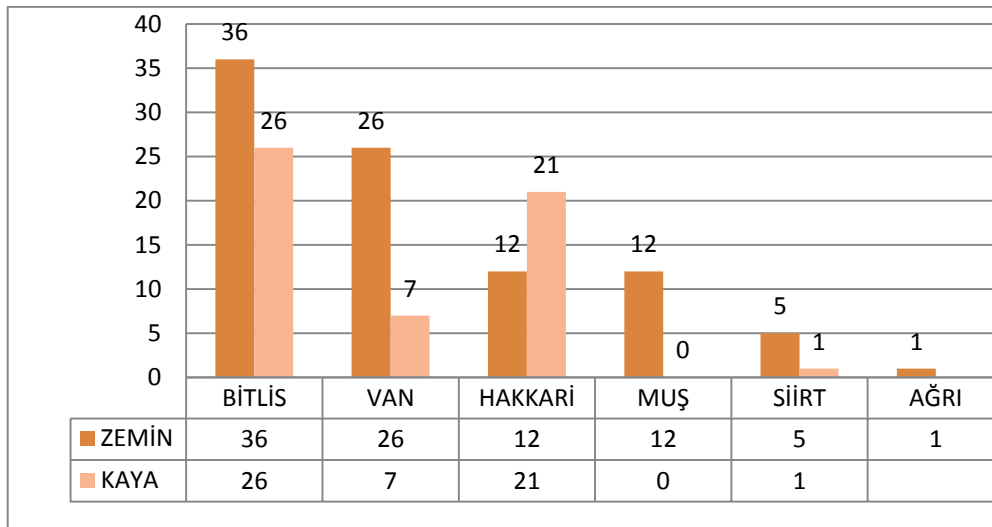


Şekil 2.25. Bölgede heyelanların gerçekleştiği karayolu kesiti durumu



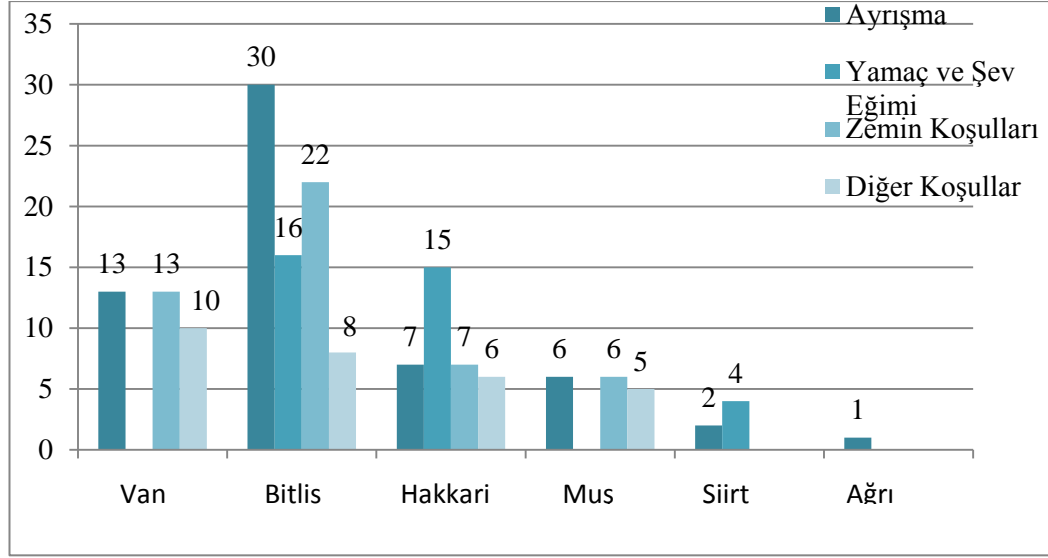
Şekil 2.26. Bölge genelinde yarma kesitlerde hareket eden zemin durumu

Van ilindeki yarma kesitlerinde ağırlıklı zemin heyelanlarının, Bitlis ilinde zemin ağırlıklı olmakla beraber kaya heyelanlarının da yoğun olduğu, Hakkari ilinde ise farklı olarak kaya formasyondaki heyelanların yoğunlukta olduğu görülmektedir. Muş ilindeki heyelanların ise zemin formasyonlarda gerçekleştiği anlaşılmaktadır (Şekil 2.27). Bu durum, heyelanların, arazinin jeolojik ve topoğrafik yapısına uyumluluk gösterdiğini ortaya koymaktadır.



Şekil 2.27. Bölgedeki illere göre yarma kesitlerde hareket eden zemin durumu

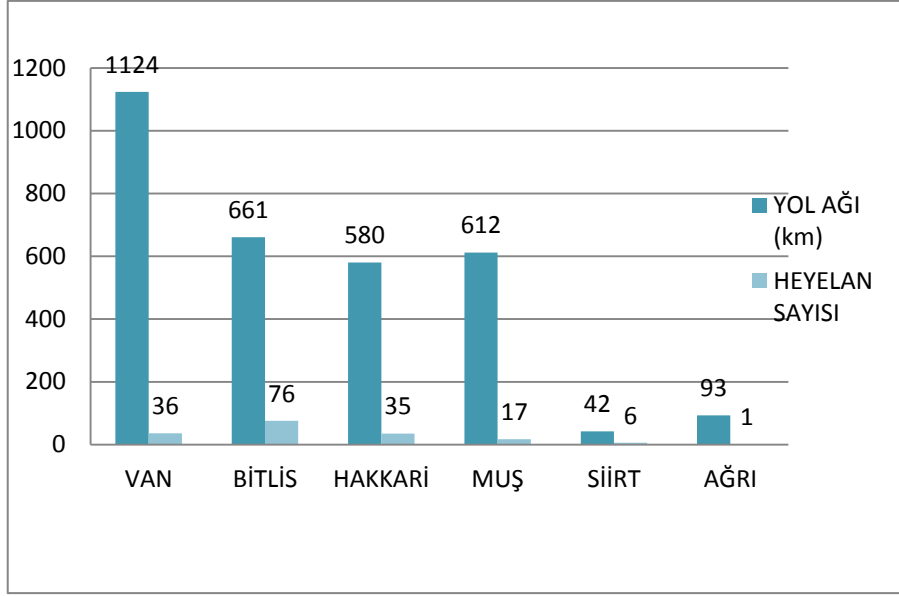
Bitlis ilinde ayrışma daha fazla görülürken; zemin koşulları, yamaç ve şev eğimleri de önemli derecede yer tutmaktadır. Hakkari ilinde ise heyelanların nedenleri arasında yamaç ve şev eğimleri oldukça fazla yer almaktadır. Van ilinde zemin koşulları ve ayrışma önemli heyelan nedenleri arasında öne çıkmaktadır (Şekil 2.29).



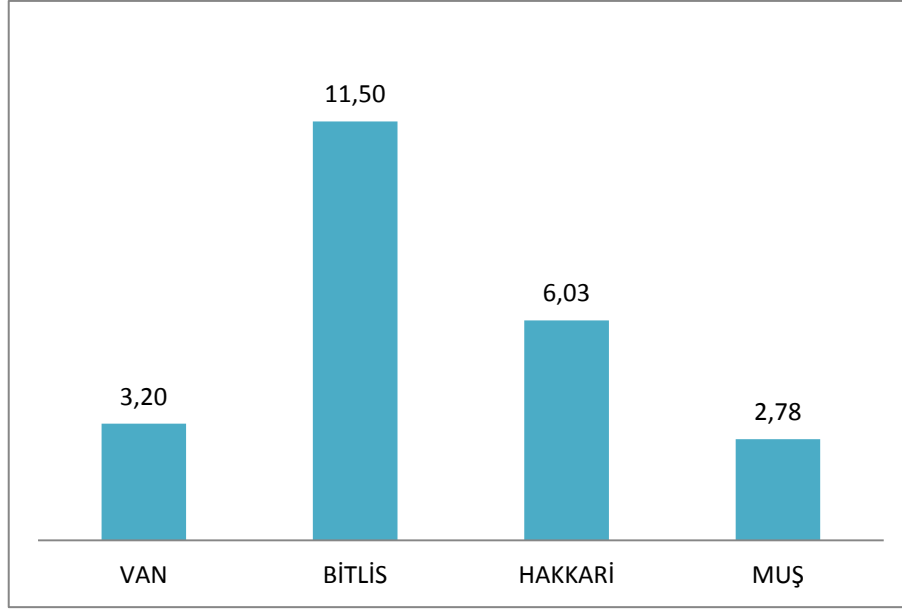
Şekil 2.29. Bölge genelinde illere göre heyelan nedenlerinin dağılımı

2.5.2. İl Yol Ağlarının Heyelan Sayıları İle İlişkilendirilmesi

Karayolları 11. Bölge Müdürlüğü sorumluluk alanında bulunun Van, Bitlis, Hakkari ve Muş illerinin tamamı ile Ağrı ilinin 93 km, Siirt ilinin 42 km'lik kesiminde heyelan yoğunlukları kıyaslanmıştır. Bu kıyaslamada illerin bölge sınırları içerisindeki yol uzunlukları dikkate alınmıştır. Şekil 2.30'dan da anlaşılacağı üzere Van, en uzun yol ağına sahip il durumunda iken, Hakkari yol ağı uzunluğu en az olan ildir. 100 km'ye düşen heyelan sayısı bakımından Bitlis ilinin heyelan risk oranının diğer illerden fazla olduğu, Muş ilinin ise heyelan risk oranı en az olan il olduğu, Hakkari ilinin heyelan sayısının Van iline yakın olmasına karşın yol ağı uzunluğunun kısa olması nedeniyle heyelan riskinin Van'a göre çok daha yüksek olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 2.31).

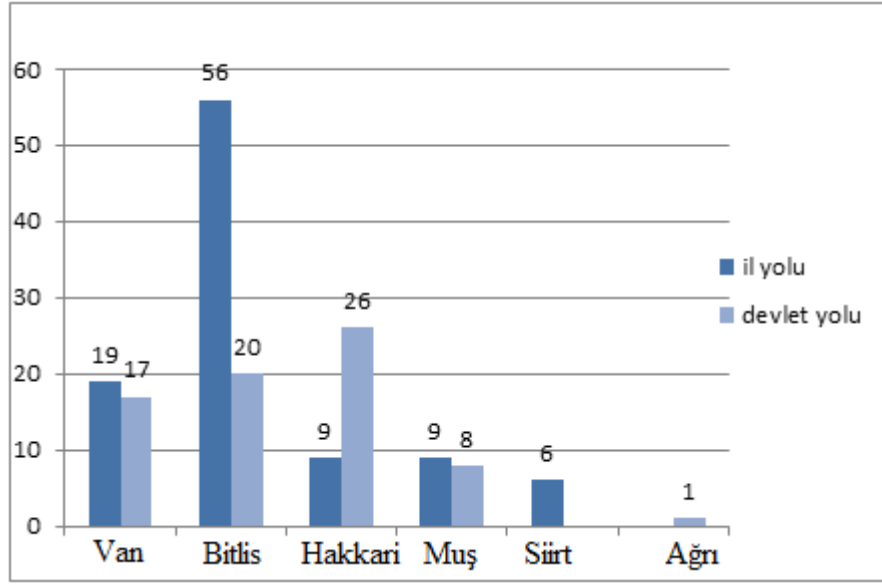


Şekil 2.30. Bölgedeki illerin yol ağı uzunlukları ve heyelan sayıları



Şekil 2.31. İllere göre 100 km 'ye düşen heyelan sayıları

Devlet ve il yolu bazında bir değerlendirme yapıldığında, Bitlis ilindeki heyelanlar daha çok il yollarında, Hakkari ilinde ise devlet yollarında meydana gelmiştir. Van ve Muş illerinde ise heyelan sayıları birbirine yakın olacak şekilde devlet ve il yollarında gerçekleşmiştir (Şekil 2.32).



Şekil 2.32. İllere göre devlet ve il yoluna düşen heyelan sayıları

3. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Karayolları 11.Bölge Müdürlüğü yol ağında bulunan Ayrım-Bitlis 9. bölge Hududu Devlet Yolu Km:33+700-34+100 aralığında, bölünmüş yol çalışmaları devam eden yolda yarma kazısının tamamlanmasından sonra meydana gelen heyelan sahasında çalışılmış, heyelan raporu hazırlanmış ve çözüm önerileri sunulmuştur.

3.1. Heyelanın Yeri ve Özellikleri

Ayrım-Baykan arasındaki karayolu, Türkiye –İran transit yolunun önemli bir parçasıdır. Türkiye'nin ve özellikle Doğu Anadolu bölgesinin ekonomik, sosyal ve kültürel merkezlerini birbirine bağlar. Ülkemiz yol ağının en kritik karayolu arterlerinden birisi durumundadır. Apik ve engebeli bir topoğrafyaya sahip bu güzergâhtaki jeolojik birimler, hidrojeolojik özellikler ve iklimsel özellikler heyelan sorunlarının oluşmasına neden olmaktadır. Söz konusu faktörlere bağlı olarak trafik sıkışıklığı ve zaman zaman yolun kapanmasına varan sorunlar meydana gelmektedir.



Şekil 3.1. İncelenen heyelanın harita üzerindeki yeri

3.2. Yöntem

Ayırım-Bitlis 9. bölge hududu devl ılı km:33+700-34+100 heyelan sahasının incelenmesi ve buna bağlı çözüm önerilerinin geliştirilebilmesi için jeolojik arazi gözlemleri, temel sondaj çalışmaları ve laboratuvar deneylerini kapsayan bir dizi araştırma çalışması bölge imkânları ile gerçekleştirilmiştir. Kayma yüzeyi, zemin parametreleri ve yer altı su seviyesinin tespit edilebilmesi amacıyla heyelan alanında servis yolu yapılarak arazi şartlarının elverdiği ölçüde toplam derinliği 410,5 m olan 10 adet sondaj çalışması yapılmıştır. Ayrıca arazi ölçümleri yapılarak heyelan alanının plankotesi hazırlanmış; çıkarılan enkesitler incelenerek güvenli tarafta kalacak şekilde kritik kesite karar verilmiş; kritik enkesit üzerinde heyelanın yönü, tipi, derinliği ve boyutları belirlenmiş; çatlaklar, su çıkışları v.b. tespit edilmiş; analizler için gerekli kesitler çıkartılarak hesaplamalar yapılmıştır. Mevcut yarma sevi kazısında zemin birimlerinin ve su seviyelerinin çok net bir şekilde gözükmesi, uygun korelasyonun oluşturulmasını kolaylaştırmıştır.

Stabilite analizlerine esas teşkil edecek zemin parametrelerinin belirlenmesinde, sondaj verilerinin yanında önceki yıllarda hazırlanan onaylı araştırma raporlarında güzergâhın bu kesimindeki zemin-kaya durumu ile ilgili yapılan deney ve değerlendirmeler de dikkate alınmıştır. Ayrıca heyelan öncesi proje kesitleri dikkate alınarak “geri analiz” yöntemi ile kayan kütlelerin kayma anındaki rezidüel dayanım parametreleri elde edilmiştir.

3.3. Yol Güzergâhının Genel Jeolojisi

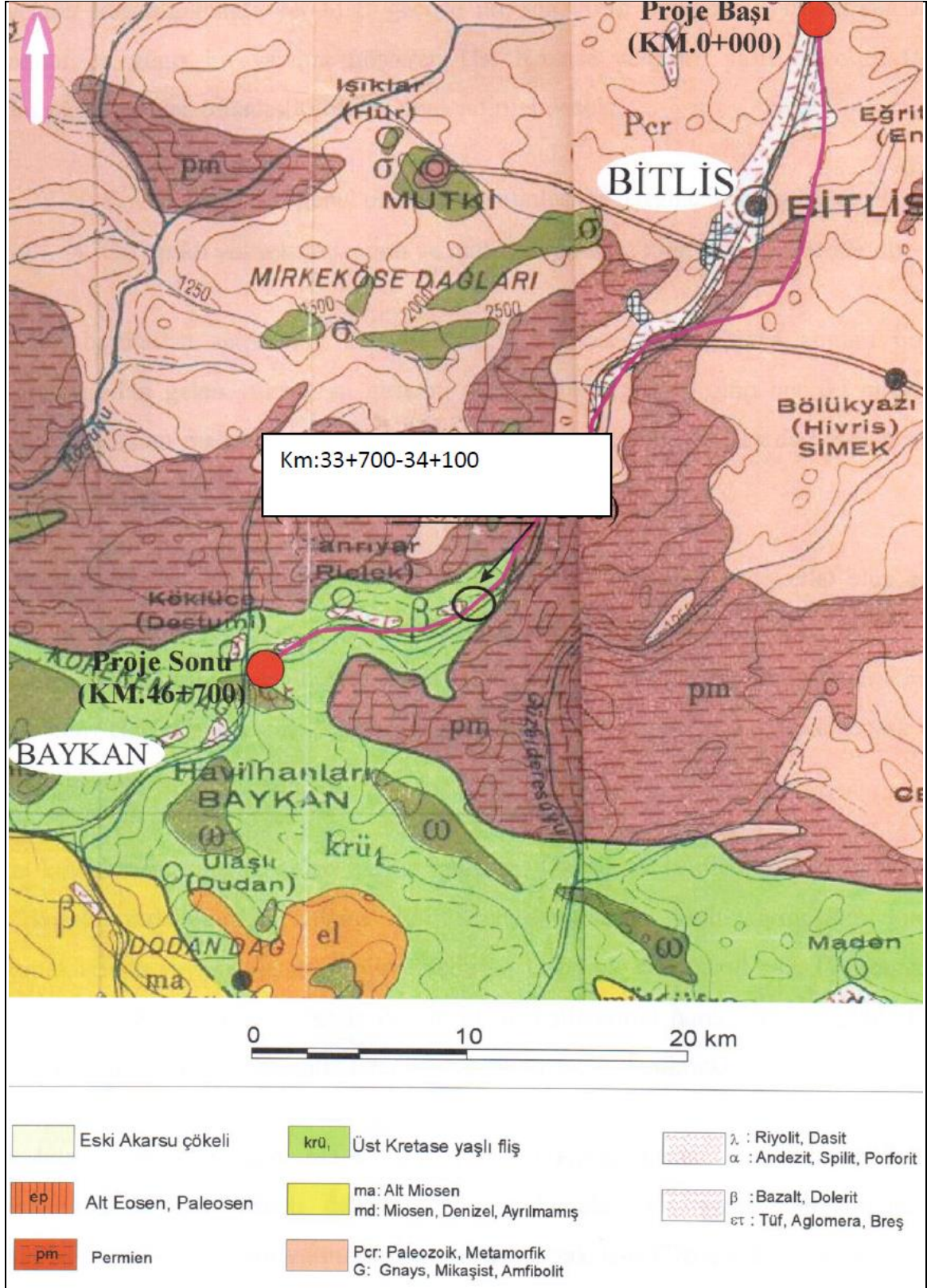
Arazide yapılan gözlemler ve daha önceki projeler kapsamında elde edilen veriler doğrultusunda jeolojik birimlerin tanımları ve değerlendirmeleri yapılmıştır. Değerlendirmeler sonucunda oluşturulan genelleştirilmiş jeolojik kesit Tablo 3.1’ de sunulmuştur. MTA tarafından hazırlanmış olan genel jeoloji haritası da Şekil 3.2’ de verilmiştir.

Heyelanlı kesimin içinde yer aldığı geçişte iki ana birim egemendir. Bunların ikisi de Anadolu’da geniş bir yayılım gösteren Üst Kretase yerleşim yaşlı ofiolitli (renkli) karmaşığa ait tektaş (olistholit) olarak nitelendirilebilecek koyu yeşil renkli genel olarak serpantinleşmiş ultrabazik kayalar ile, gri renkli yüksek dayanımlı ve masif görümlü kristalize kireçtaşlarıdır. Heyelan bunlardan serpantinli kaya kütleleri içinde yer alan ayrışma zonları boyunca kireçtaşlarından gelen yüksek su girişi etkisinde gelişmekte olup,

her iki birim de bu heyelanın oluşmasında önemli yer tutmaktadır. Diğer birimler daha çok yamaç molozu ve alüvyon gibi güncel (Q) çökeller olup, oluşum süreci devam eden ve gevşek zemin sınıfında yer alan düşey yayılımları sınırlı toprak zeminlerdir. Bu birimler çoğu yerde birbirlerine geçişli olarak görülmekte olup, aralarındaki kesin sınırı çizebilmek kolay değildir. Yine kuvaternere karşılık gelen kayma kütleleri Q_k olarak isimlendirilmektedir. Genellikle fay kuşaklarında burada olduğu gibi Kretase yerleşim yaşı karmaşığının bindirme dokunaklarında yaygın olarak görülmektedir. Özellikle son buzul çağı sonunda oluşan buzul kütlelerinin hareketleri sırasında ezilmiş veya hareketi başlatılmış birimler üzerinde yaygın olarak izlenmektedir.

Tablo 3.1. Jeolojik birimler ve tanımlar

Üst Zaman	Zaman	Devir	Devre	Simge	Milyon Yıl	AÇIKLAMALAR
FANEROZOİK	SENOZOİK	KUVATERNER	HOLOSEN	Qy		Yapay Zemin: İnsan yapımı her türlü zemin ve malzeme. Genellikle yol dolguları ve kontrolsüz dolgu sahalarıdır.
				Qa		Akarsu Çökeli: Genellikle gevşek GW-SM özellik taşır. İnce taneli (<#200 elek) bileşeni taşır.
				Qm		Yamaç Molozu: Dik yamaç eteklerinde bitişindeki birime ait köşeli, çakıl egemen ve genellikle GW olarak sınıflandırılabilen gevşek toprak zemin.
				Qg		Güncel Çökel: Kökene ve yayılımı tam olarak belirgin olmayan güncel çökellerdir. Genellikle yamaç molozları ile girişim halinde olup molozun daha az eğimli eteklerinde yer alırlar. Gevşek olup, kil-mil içeriği moloza göre daha yüksektir. Kaynak birim özelliğine göre CL-SM arasında değişen sınıflarda yer alırlar.
				Qk	0,001	Kayma Kütleli: Hareket halinde olan heyelan kütleleridir. İçinde geliştiği birimin özelliklerine göre farklılıklar gösterir. Burada ayrılmış serpantin kayası içinde nispeten yüksek yamaç eğimlerinde izlenmektedir.
	MEZOZOİK	KRETASE	ÜST KRETASE	KkT		Üst Kretase Tortulları, KkT: Kretase yaşlı ofiyolitli (renkli) karmaşığın havzasına ait deniz tabanı çökelleridir. Orta derecede metamorfizma izleri taşıyan kumtaşı-miltaşı ve kıltaşı ardalanmalarından oluşan kırmızı-kahverengi orta/yüksek dayanım özellikleri taşıyan filişel istifdir.
				Kk	145	Üst Kretase Ofiyolitli Karmaşık, Kk: Kretase yaşlı ofiyolitli (renkli) karmaşık olarak adlandırılır. Karmaşık havzasına ait deniz tabanı çökelleri ve okyanus kabuğu kaya kütlelerinden oluşmaktadır. Bunlardan koyu yeşil renkli ve çoğunlukla serpantinleşmiş ultrabazikler KkS ve bugün dayanımlı yüksek dağları oluşturan ve çoğunlukla blok-dağ (olistholit) özelliği gösteren kireçtaşları is KkK olarak isimlendirilmiştir.
		TRİYAS	ÜST TRİYAS	TrK	250	Triyas Yaşlı Karmaşık: Üst Triyas olduğu bilinen karmaşığın Permiyen yaşlı koyu gri renkli kristalize kireçtaşları birimin tek belirgin temsilcisi olup çalışma bölgesinde geniş alanlar kaplamaktadır.



Şekil 3.2. MTA tarafından yapılmış genelleştirilmiş jeoloji haritası

3.4. Yapısal Jeoloji ve Tektonik

Güzergâhın tamamı birinci derece deprem bölgesi içerisinde yer almaktadır. Heyelan bölgesi Bingöl ve Muş gibi güzergâha yakın ve çok bilinen aktif noktaların etkisi altındadır. Bölgede MTA tarafından yapılan çalışmalar uyarınca güzergah boyunca izlenen yapısal jeoloji, özellikle Alpin Orojenezine ait tektonik izleri taşımaktadır. Birbirini takip eden çok sayıda bindirme fayı bu orojenik hareketle ilişkilendirilmektedir. Bölgenin sınırını oluşturan ve Diyarbakır kavisi olarak adlandırılan Toros sınırı, Anadolu'nun yapılanmasında başrolü oynayan Arap Plakasının etkisiyle ilgili bir ters faydır. Bu fayın doğrultusuna dik gelişen çok sayıda genişleme (çekme) fayları mevcuttur. Bitlis Çayı Vadisi bunlardan en belirgin olanı ve en çok bilinenidir. Çalışma konusu heyelan ise, bu vadinin yamacında bulunan serpantinit kaya kütlesi içinde devam etmektedir. Bölge halen Alpin Orojenezinin etkisi altında olup tektonik hareketler etkin olarak devam etmektedir. Bu hareketlere bağlı olarak gelişen kayma hareketleri ise kaçınılmaz olarak varlığını sürdürecektir. Özellikle toprak zemin üzerinde yer alan yüksek sanat yapılarının tasarımında depremsellik katsayısı (yatay ivme katsayısı) 0.4g olarak alınırken toprak işleri için 0.2g kullanılacaktır.

3.5. Hidrojeoloji

Yüzey ve yeraltı suları kış-ilkbahar dönemlerinde önemli artışlar göstermekte, yaz mevsiminde ise belirgin şekilde azalmaktadır. Bölgedeki zemin birimleri granüler yapılarına, kireçtaşı kaya birimleri ise çatlak sistemlerine bağlı olarak çok fazla yer altı suyu taşırlar. Heyelan alanlarında yaz aylarında düşük, kış ve bahar aylarında ise yüksek debili kaynaklar mevcuttur. Bölgede yer altı suyu seviyesi genel olarak yüksektir.

Sondajlardan elde edilen veriler incelendiğinde kireçtaş-serpantinit birimlerinin temas yüzeyinde (dokanağı) yada temas yüzeyine çok yakın şekilde yer altı suyunun varlığı belirlenmiş olup, yarma şevi kazısı fotoğraflarından da bu durum net bir şekilde görülmektedir. Hidrojeolojik özellikler bakımından çalışma konusu heyelan sahasındaki kristalize kireçtaşları geçirimli, serpantinit anakayaları ise geçirimsiz yada az geçirimlidirler.

Yer altı su seviyesinin belirlenmesinde sondaj logları ve tamamlanmış yarma şevi kazısından faydalanılmıştır. Sondaj loglarına göre 26-33 m arasında değişen su

seviyelerine rastlanılmıştır. Stabilit  analizlerinde önemli bir parametre olan yer altı su seviyesi, emniyetli tarafta kalacak şekilde 33 m olarak seçilmiştir.

3.6. Heyelanın Modellenmesi ve Zemin Parametrelerinin Belirlenmesi

Temel sondaj çalışmalarından hareketle heyelan plankotesi hazırlanmış, kritik enkesit üzerinde heyelanın yönü, tipi, derinliği ve boyutları modellenmiştir (şekil 3.3). Sondaj verileri değerlendirilerek zemin parametreleri ve yer altı suyu seviyesi güvenli tarafta kalacak şekilde belirlenmiştir. Zemin parametrelerinin tespitinde, önceki yıllarda hazırlanan onaylı araştırma raporlarında güzergâhın bu kesimindeki zemin-kaya durumu ile ilgili yapılan deney ve değerlendirmeler de dikkate alınmıştır.

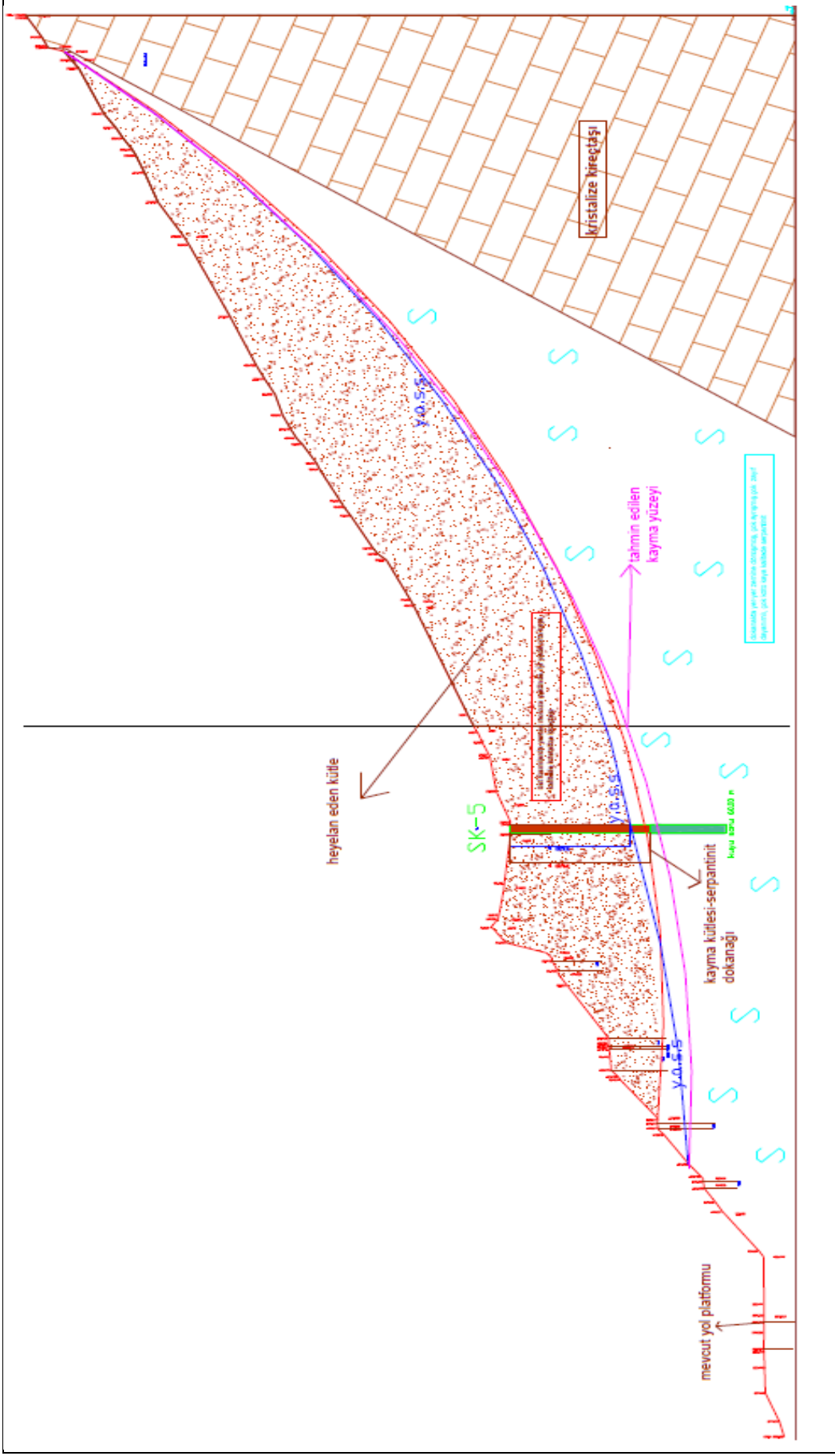
Sondaj logları (Ek-1) ve yarma şevi yüzeyi incelendiğinde, kristalize kireçtaşları ve serpantinolit olmak üzere iki temel jeolojik birim karşımıza çıkmıştır. Sondaj loglarında da g r ld ği gibi bu birimlerde SPT yapılamamış ya da ref  (R) verdiği için karotlu ilerleme sağlanmıştır. Bunların yanında heyelan kütlesi üzerinde bulunan yamaç molozları da diğer bir birim olmuştur. Kireçtaşları ve serpantinolit jeolojik birimlerinin dayanım parametrelerini belirlemek için “genelleştirilmiş ölçüt ve jeolojik dayanım indeksi (GSI) sınıflaması” yöntemi kullanılmıştır (şekil 3.4 ve şekil 3.5).

Roclab bilgisayar yazılımı yardımı ile hesaplanan kaya kütlesi dayanım parametreleri emniyetli tarafta kalacak şekilde kristalize kireçtaşları için kohezyon (c) 800 kpa ve içsel sürtünme açısı (ϕ) 45°; serpantinolitler için kohezyon (c) 85 kpa ve içsel sürtünme açısı (ϕ) 30° olarak seçilmiştir. Ayrıca heyelan kütlesi üzerinde, sondaj verilerine göre değişken kalınlıkta bulunan yamaç molozları için literatür bilgilerine dayanılarak kohezyon (c) 5 kpa ve içsel sürtünme açısı (ϕ) 33° olarak seçilmiştir.

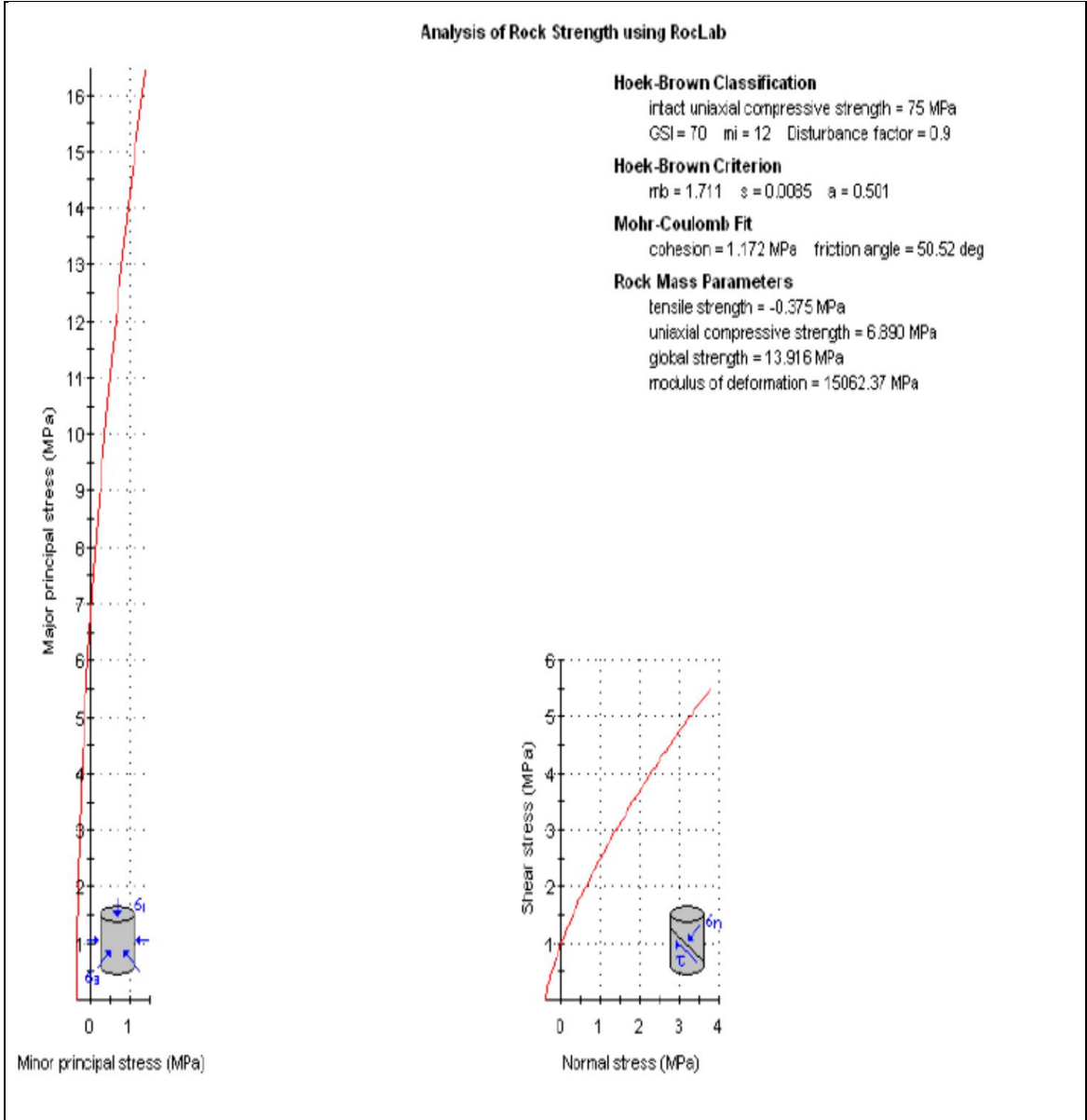
3.7. Geri Analiz Yöntemi

Mevcut bir kayma yüzeyinin olması nedeniyle, kayan kütlenin kayma anındaki rezidüel dayanım parametrelerini tespit edebilmek amacıyla “geri analiz” yöntemi kullanılmıştır. Geri analiz yöntemi ile zemin parametresi hesaplayabilmek için, heyelan öncesi kesitlerden 3 adet enkesit (km:33+920; km:33+880; km:33+820) seçilmiştir. Seçilen enkesitler üzerinde farklı kohezyon (c) ve içsel sürtünme açısı (ϕ) değerleri ile

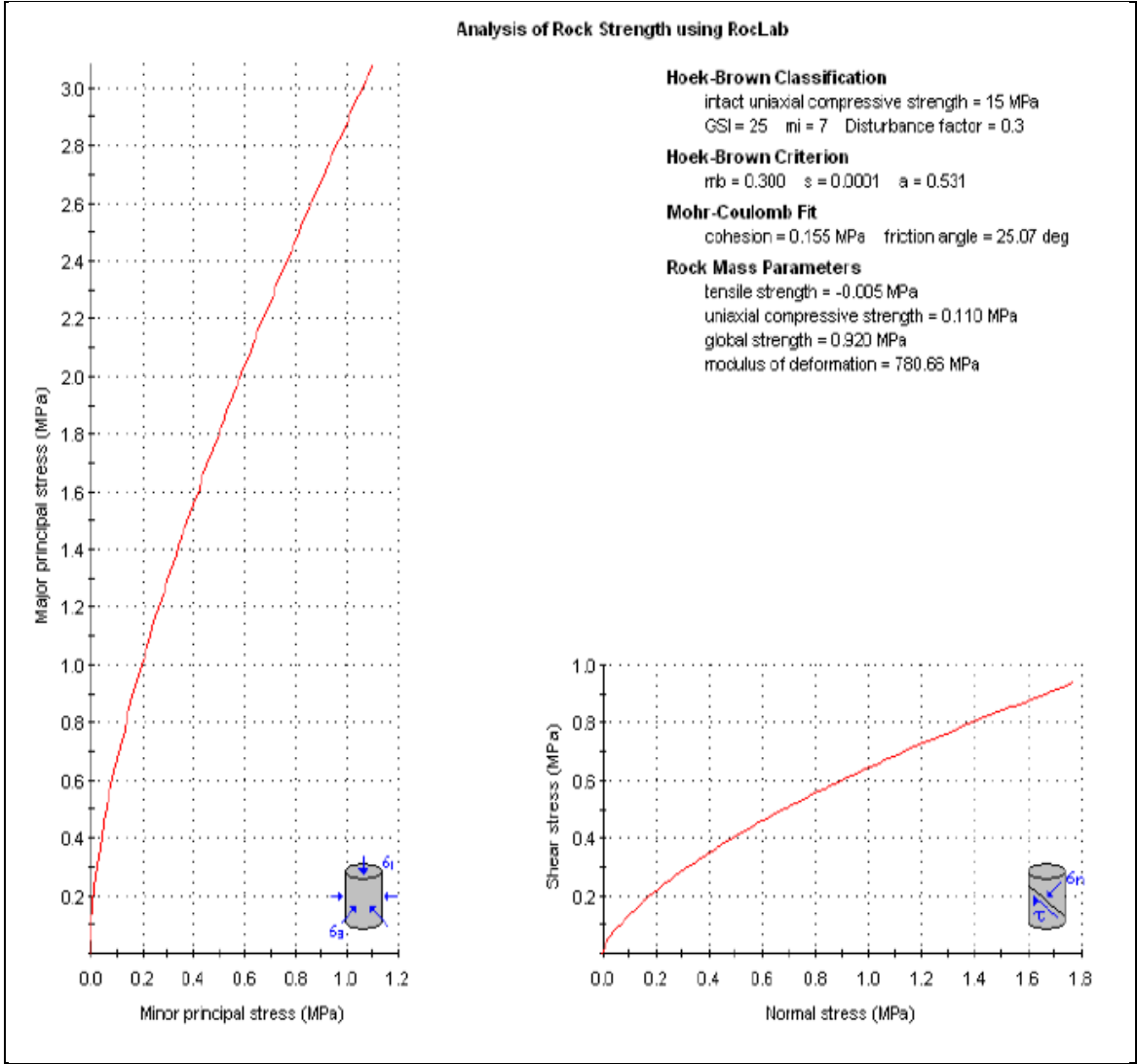
stabilite analizleri yapılmıştır. Yapılan geri analiz sonucunda emniyetli tarafta kalınarak heyelan kütleli zemin parametreleri kohezyon (c) 25 kpa ve içsel sürtünme açısı (ϕ) 24° olarak belirlenmiştir (Şekil 3.6).



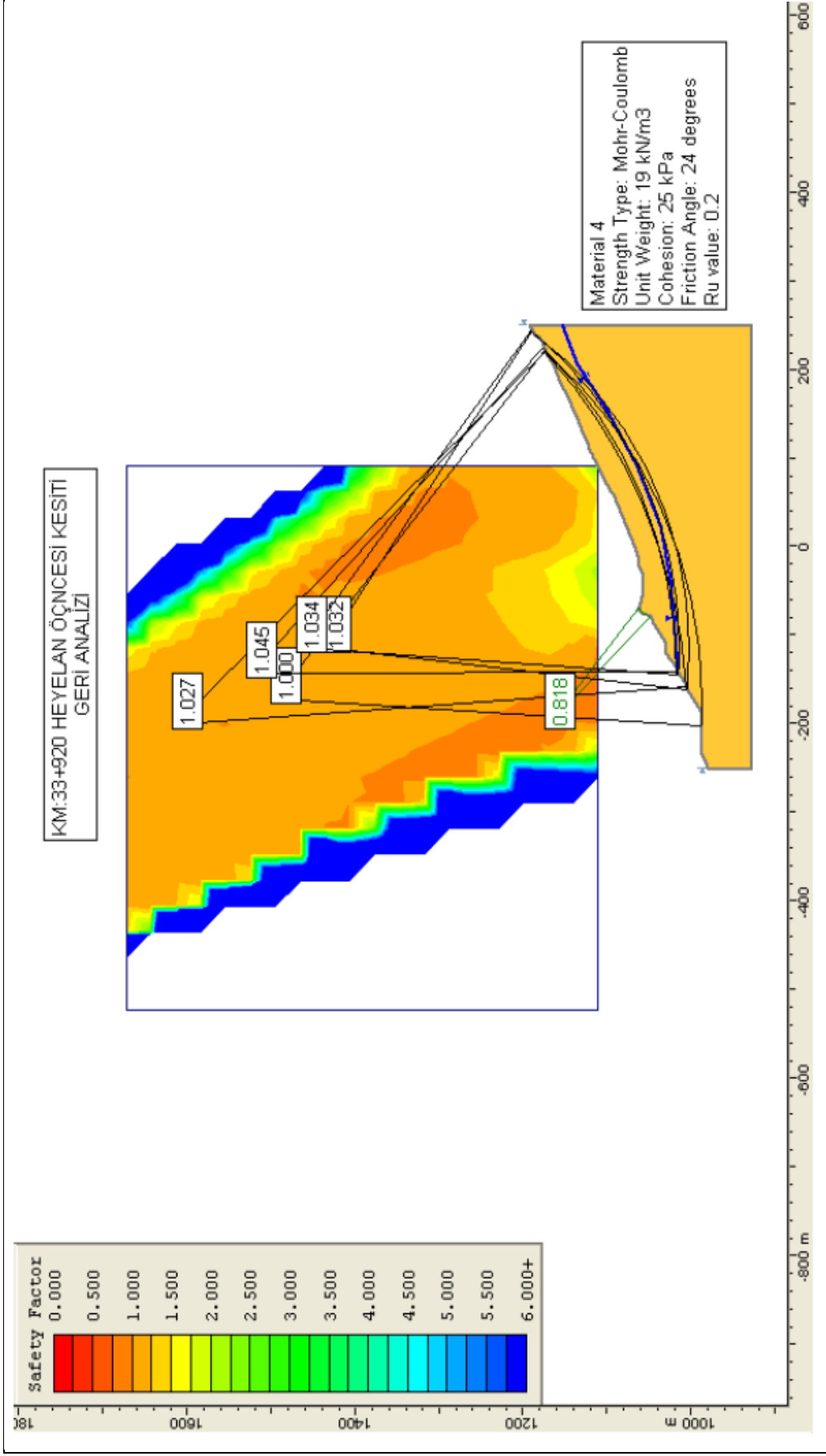
Şekil 3.3. Çalışılan heyelanın idealize edilmiş kesiti (km:33+920)



Şekil 3.4. Kireçtaşına ait geoteknik parametreler (GSI yöntemi ile)



Şekil 3.5. Serpantinite ait geoteknik parametreler (GSI yöntemi ile)



Şekil 3.6. Heyelan öncesi kesitin (km:33+920) geri analizi

3.8. Geoteknik İrdeleme

Karayolu güzergahının km:33+700 ve km:34+100 aralığında gerçekleşen heyelan bölgesi, taç kısmında yaklaşık 1194 metre kotundan Bitlis Çayı vadisine doğru yaklaşık 980 metre kotuna kadar uzanmaktadır. Duraylılığını kazanmış olan eski bir heyelan görünümündeki heyelan bölgesi üzerinde, yol inşaatı gereğince yapılan yarma şevi oluşturma kazıları sonucunda, karayolu ulaşımını ve güvenliğini olumsuz etkileyen bir kısım kütle hareketi meydana gelmiştir.

Yapılan arazi gözlemleri ve sondaj çalışmaları sonucunda, güzergahın bu kesimde iki temel jeolojik birimden geçtiği anlaşılmıştır. SK-5 logu incelendiğinde 0-39 m arasında yamaç molozu+kireçtaşı, 39-60 m arasında ise serpantin kaya birimlerine girildiği görülmektedir. Sondajlardan elde edilen veriler incelendiğinde kireçtaşı-serpantin birimlerinin temas yüzeyinde (dokanağı) ya da temas yüzeyine çok yakın şekilde yer altı suyunun varlığı belirlenmiştir. Geçirimli kireçtaşı biriminden sızan sular, kireçtaşı ile geçirimsiz serpantin arasında yer alan temas yüzeyini (dokanak) yumuşatmış ve kayma düzlemi özelliğini kazanmasını sağlamıştır. Yarma şevi kazısıyla beraber yol eksenine doğru eğimli olan yamaç molozu ve kireçtaşı birimleri, serpantin yüzeyindeki ayrılmış kısım ile kaymış ve bölgede aktif bir heyelan meydana gelmiştir.

Sondaj verileri ve arazi gözlemlerinden mevcut bir kayma yüzeyinin varlığı net bir şekilde görülmektedir. Mevcut bir kayma yüzeyi var ise mutlaka rezidüel kayma mukavemeti değerleriyle çalışılır prensibine uygun olarak heyelan önleme önerileri getirilmiştir. Stabilité analizlerinde km:33+920 enkesiti kayma yüzeyi derinliği, heyelan eksenine, heyelan yönü dikkate alınarak kritik kesit olarak belirlenmiş ve güvenli tarafta kalacak şekilde en kötü senaryoya göre bu kesit üzerinde çözüm önerileri üzerinde çalışılmıştır.

3.8.1. Çözüm Önerisi - 1

Yarma şevindeki dökülmelerin yolu etkilememesi için yol platformunun 10 m dışından başlayacak şekilde yarma şevi 3 yatay / 2 dikey olarak yeniden teşkil edilebilir, heyelan kütlesi üzerinde kesitte gösterilen noktadan itibaren 2y/1d olacak şekilde palyeli kazı yapılarak taç kısmına yakın yerde yük azaltılabilir. Bunların uygulanması, boşluk suyu basıncının düşmesine de katkı sağlayacaktır.

Su etkisini ortadan kaldırmak ya da asgariye indirmek için yüzeysel ve yer altı sularına karşı etkin ve kalıcı drenaj tedbirlerinin alınması gerekmektedir. Bu amaçla drenaj projesi oluşturulmalı, kaplamalı kafa hendekleri, kaplamalı palye hendekleri, özellikle kireçtaşı-serpantin dokanağını olumsuz şekilde etkileyen ve kayma yüzeyi oluşturan yer altı sularına karşı yatay-düşey drenaj imal edilerek heyelan alanının etkin bir şekilde susuzlaştırılması gerekmektedir. Ayrıca mevcut heyelan çatlakları kapatılarak su girişleri mutlaka önlenmelidir.

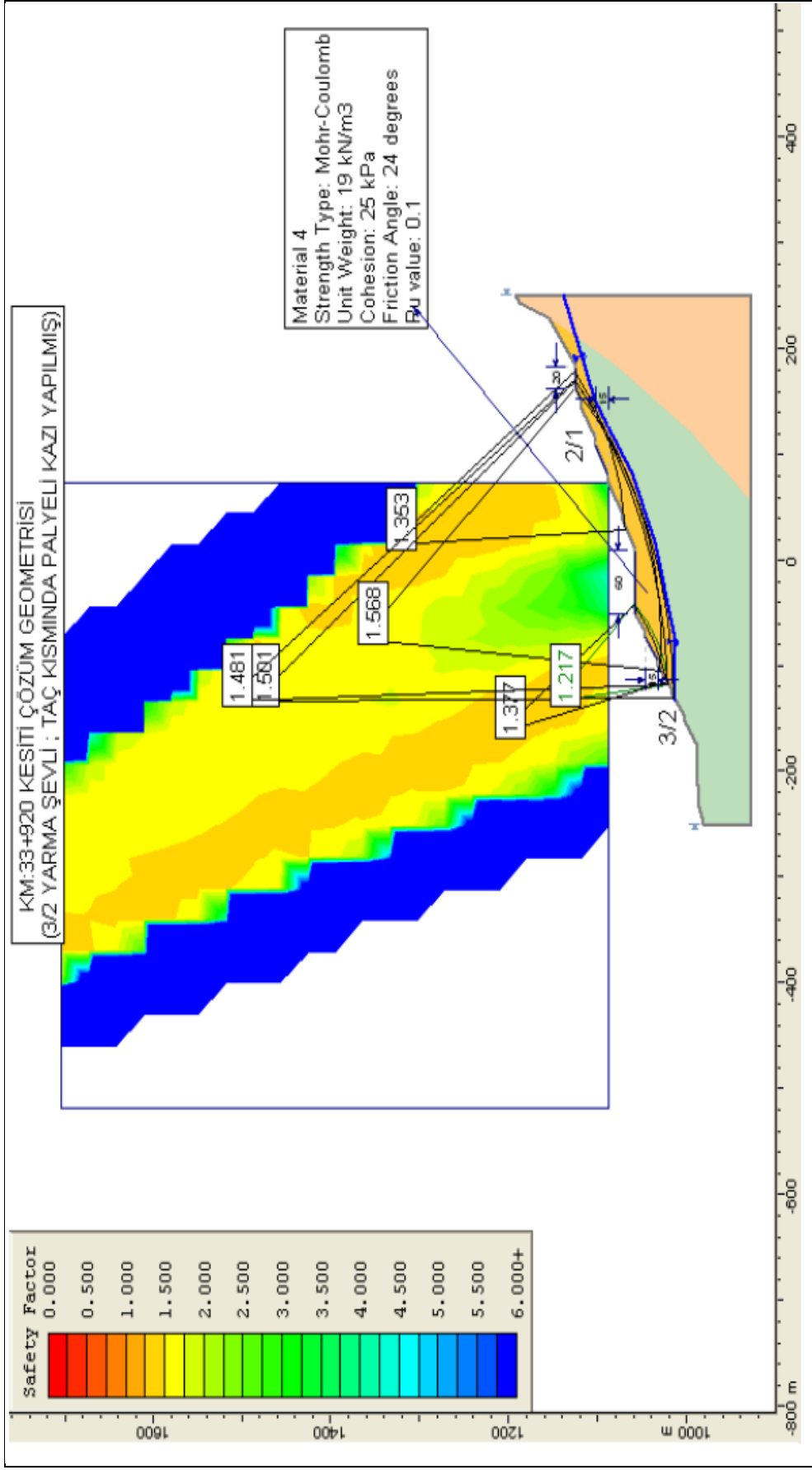
Bu öneriler çerçevesinde geri analizden elde edilen zemin dayanım parametreleri kullanılarak yapılan stabilite analizlerinde (Şekil 3.7), $GS=1.377-1.350-1.481-1.501-1.568 \geq 1.30$ olacak şekilde duraylılığın sağlandığı görülmüştür.

3.8.2. Çözüm Önerisi - 2

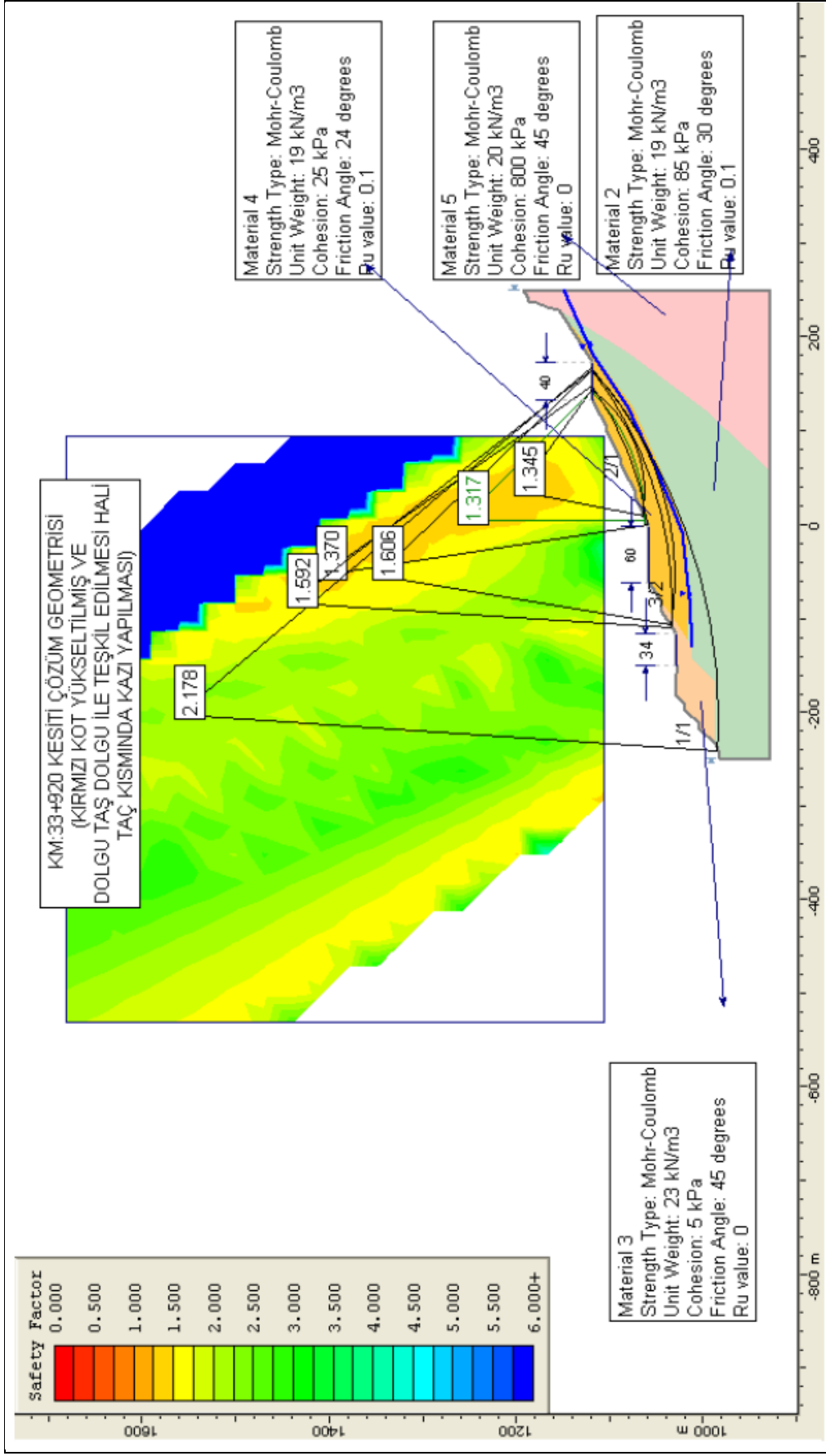
Kesitler ve sondaj logları incelendiğinde kayma yüzeyinin yol platformunun üstünden geçtiği, yarma şevinde olduğu tahmin edilmektedir. Heyelan kütlelerine topuk görevi yapması amacıyla yola, kenar şevleri 1y/1d olacak şekilde taş dolgu yapılarak yol kotu yükseltilebilir. Yarma şevi yine 3y/2d olarak yeniden teşkil edilebilir.

Geri analizden elde edilen rezidüel zemin parametreleri ile çalışıldığında, duraylılık için bu çözümün tek başına yeterli olmadığı, heyelan kütlelerinde yük azaltımının yapılması gerektiği analizlerden anlaşılmış olup, birinci çözüm önerisinde olduğu gibi taç kısmına yakın kesimde, kesitte belirtilen noktadan itibaren 2y/1d palyeli kazı yapılarak yük azaltılması gerekmektedir (Şekil 3.8). Böylece boşluk suyu basıncı da bir miktar düşürülmüş olacaktır.

Birinci çözüm önerisinde olduğu gibi, heyelanın en büyük etkenlerinden olan su etkisini ortadan kaldırmak ya da asgariye indirmek için yüzeysel ve yer altı sularına karşı etkin ve kalıcı drenaj tedbirlerinin alınması gerekmektedir.



Şekil 3.7. Çözüm önerisi-1 için analiz çıktıları



Şekil 3.8. Çözüm önerisi - 2 için analiz çıktıları

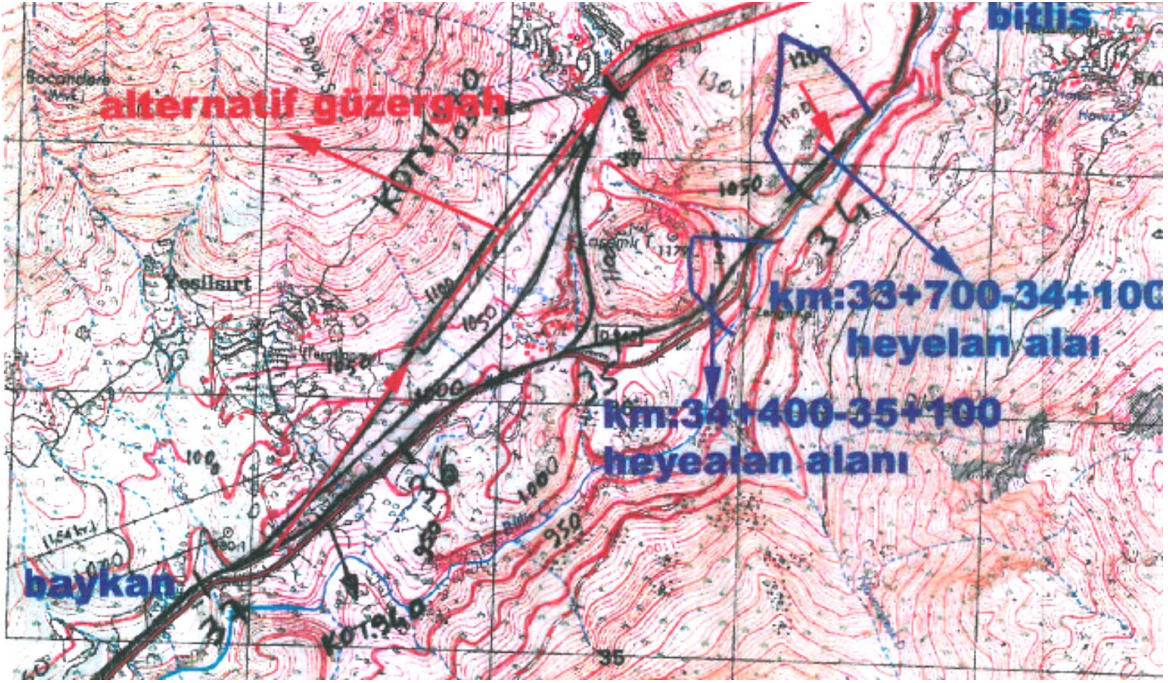
3.8.3. Çözüm Önerisi - 3

Yaklaşık olarak 450x300 m boyutlarında yüzeye ve 39 m derinliğe sahip heyelanın çok büyük olduğu görülmektedir. Dolayısıyla yukarıda önerilen çözümlerin maliyetleri de çok yüksek olacaktır.

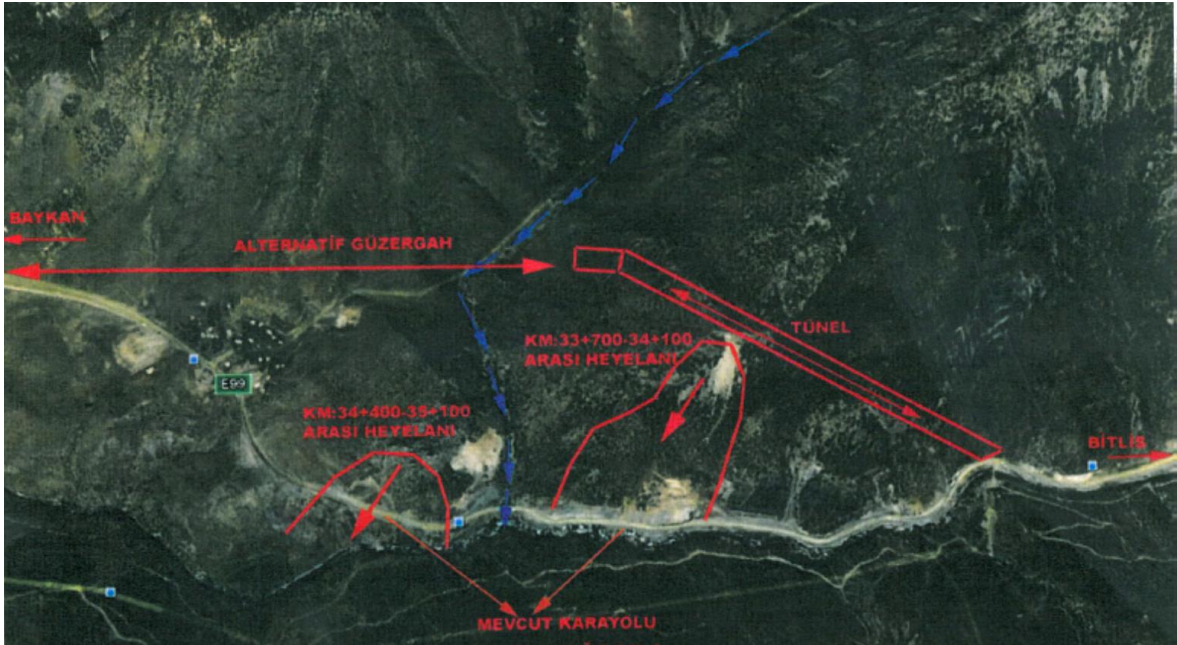
Etkin susuzlaştırma yapılacağı öngörüsüyle hazırlanan ilk iki çözümde, suyun etkisinin en aza indirildiği ve boşluk suyu basıncının asgariye indirildiği varsayımı ile öneriler getirilmiştir. Susuzlaştırmanın istenilen şekilde yapılamaması gibi durumlarda uzun dönemde duraylılık sorunları tekrardan karşımıza çıkabilecektir. Ayrıca çözüm önerilerinin uygulanması sırasında alternatif servis yolu olmaması, apik arazi şartlarından dolayı depo alanı olmaması ve uzak depo alanlarına taşıma mesafesinin fazla olması gibi çalışma koşullarını ve maliyetleri olumsuz etkileyebilecek sorunlar da mevcuttur.

Km:34+000-35+100 arasında benzer şekil ve boyutlarda olan, uzun yıllardır çözüm bekleyen başka bir heyelan daha mevcuttur. Birbirine çok yakın ardışık iki heyelan için uygulanacak çözüm önerilerinin toplam yapım maliyeti çok yüksek olacaktır.

Mevcut heyelan alanlarının dışında, sorunsuz ve kesin çözüm olabilecek, uzun dönemde trafik ve ulaşım maliyetleri yanında bakım maliyetleri anlamında da daha ekonomik olabilecek alternatif bir güzergâhın belirlenmesi diğer bir çözüm olarak önerilmiştir. Bunun için uydu fotoğraflarında (Şekil 3.9) gösterilen hattın, etüt proje ve araştırma çalışmaları yapılarak alternatif güzergah olarak çalışılması önerilmektedir.



Şekil 3.9. Önerilen alternatif güzergahın harita üzerindeki konumu



Şekil 3.10. Önerilen güzergâhın uydu görüntüsünde konumu

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Karayolları 11.Bölge Müdürlüğü yol ağında bulunan bölge genelindeki heyelanların analizi ve Ayrım-Bitlis 9. bölge Hududu Devlet Yolu (Tatvan-Muş) km:33+700-34+100 aralığındaki bölünmüş yol çalışmaları devam eden yolun yarma kazısının tamamlanmasından sonra meydana gelen heyelanın duraylılığının sağlanması için çözüm önerilerinin sunulması amacıyla bu çalışma yapılmıştır. Çalışmanın sonuçları ve önerileri şöyle sıralanmıştır:

Karayolları 11. Bölge Müdürlüğü yol ağında bulunan heyelanların analiz edilmesiyle, Bitlis ilindeki heyelanların diğer illere göre çok daha fazla olduğu, Hakkari ilinde ise yol ağı az olmakla beraber çok daha fazla heyelanın meydana geldiği anlaşılmaktadır. Özellikle son yıllarda Devlet ve İl Yollarında geometrik standartların yükseltilmesi, platform genişliklerinin artması apik ve eğimli topoğrafyaya sahip Bitlis ve Hakkari illerinde, yarma kazısı miktarlarını artırmakta, tabi arazinin daha fazla örülenmesine ve doğal dengesinin daha fazla bozulmasına neden olmaktadır.

Ayrım-Baykan karayolu, ülke ve bölge yol ağının en kritik karayolu arterlerinden birisi durumundadır. Apik ve engebeli bir topoğrafyaya sahip güzergahın bu kesimini oluşturan jeolojik birimlerin özellikleri ve hidrojeolojik özellikleri heyelan sorunlarının oluşmasına neden olmaktadır. Trafik sıkışıklığı ve zaman zaman yolun tıkanmasına varan sorunlar meydana gelmektedir.

Bölgedeki zemin birimleri granüler yapılarına, kireçtaşı kaya birimleri ise çatlak sistemlerine göre çok fazla yer altı suyu taşırlar. Heyelan alanlarında kış ve bahar aylarında yüksek debili kaynaklar mevcuttur. Bölgede yer altı suyu seviyesi genel olarak yüksektir.

Duraylılığını kazanmış eski bir heyelan kütlesi üzerinde karayolu yarma şevi oluşturma kazıları (yapay müdahaleler) sonucunda, karayolu ulaşımını ve güvenliğini olumsuz etkileyen çalışma konusu zemin kütle hareketi meydana gelmiştir.

Kayma yüzeyi, zemin parametreleri ve yer altı suyu seviyesinin tespit edilebilmesi amacıyla heyelan sahasında, arazi şartlarının elverdiği ölçüde servis yolu yapılarak, toplam derinliği 410.5 m olan 10 adet sondaj yapılmıştır. Ayrıca arazi ölçümleri yapılarak, heyelan alanının plankotesi hazırlanmış, çatlaklar, su çıkışları v.b. tespit edilmiş, analizler için Rocklab bilgisayar yazılımı kullanılmış, gerekli kesitler çıkartılarak kritik enkesit üzerinde heyelanın yönü, tipi, derinliği ve boyutları modellenmiş, hesaplamalar yapılmıştır.

Jeolojik birimlerinin dayanım parametrelerini belirlemek için “genelleştirilmiş ölçüt ve jeolojik dayanım indeksi (GSI) sınıflaması” yöntemi kullanılmıştır.

Yer altı su seviyesinin belirlenmesinde sondaj logları ve tamamlanmış yarma şevi kazısından faydalanılmıştır. Sondaj loglarına göre 26-33 m arasında değişen su seviyelerine rastlanılmıştır. Stabilitate analizlerinde önemli bir parametre olan yer altı su seviyesi, sondaj logları ve yarma şevi kazısındaki duruma göre emniyetli tarafta kalacak şekilde 33 m seçilmiştir.

Mevcut bir kayma yüzeyinin olması nedeniyle, kayan kütlelerin kayma anındaki rezidüel dayanım parametrelerini tespit edebilmek amacıyla “geri analiz” yöntemi kullanılmıştır. Geri analiz yöntemi ile zı parametresi hesaplayabilmek için, heyelan öncesi kesitlerden 3 adet enkesit (km:33+920; 33+880; 33+820) seçilmiştir. Seçilen enkesitler üzerinde farklı kohezyon ve içsel sürtünme açısı değerleri ile stabilitate analizleri yapılmıştır. Yapılan geri analiz sonucunda emniyetli tarafta kalınarak heyelan kütleleri zemin parametreleri belirlenmiştir.

Sondaj verileri ve arazi gözlemlerinden mevcut bir kayma yüzeyinin varlığı net bir şekilde görülmektedir. Mevcut bir kayma yüzeyi var ise mutlaka rezidüel kayma mukavemeti değerleriyle çalışılır prensibine uygun olarak heyelan önleme önerileri getirilmiştir. Stabilitate analizlerinde km:33+920 enkesiti kayma yüzeyi derinliği, heyelan eksenini, heyelan yönü dikkate alınarak kritik kesit olarak belirlenmiş ve güvenli tarafta kalacak şekilde en kötü senaryoya göre, bu kesit üzerinde çözüm önerileri üzerinde çalışılmıştır.

İlk olarak, yarma şevinin yol platformunun 10 m dışından başlayacak şekilde 3y/2d olarak yeniden teşkil edilmesi, heyelan kütleleri üzerinde kesitte gösterilen noktadan itibaren 2y/1d olacak şekilde palyeli kazı yaparak taç kısmına yakın yerde yük azaltılması çözüm olarak önerilmiştir. Drenajla ilgili tüm tedbirlerin de alındığı varsayılmıştır. Geri analizden elde edilen zemin dayanım parametreleri kullanılarak yapılan stabilitate analizlerinde, $GS=1.377-1.350-1.481-1.501-1.568 \geq 1.30$ olacak şekilde duraylılığın sağlandığı görülmüştür.

Karayolu hattında taş dolgu yapılarak yol kotunun yükseltilmesi ve heyelan kütlelerine topuk oluşturulması ikinci çözüm olarak önerilmiştir. Taş dolgu kenar şevleri 1:1 olarak imal edilecek, yarma şevi yine 3y/2d olarak yeniden teşkil edilecek, kesitte belirtilen noktadan itibaren 2y/1d palyeli kazı yapılarak yük azaltılmasına gidilecektir. Drenaj

tedbirlerinin noksansız alındığı varsayılarak yapılan stabilite analizlerinde, $GS=1.317-1.345-1.370-1.592-1.606 \geq 1.30$ olacak şekilde duraylılığın sağlandığı görülmüştür.

Geniş bir sahaya sahip heyelan için uygulanacak çözüm önerilerinin yapım maliyeti çok yüksek olacaktır. Ayrıca susuzlaştırmanın istenilen şekilde yapılamaması durumunda uzun dönemde duraylılık sorunları tekrardan karşımıza çıkabilecektir. Mevcut heyelan alanlarının dışında sorunsuz ve kesin çözüm olabilecek, uzun dönemde trafik ve ulaşım maliyetleri yanında, bakım maliyetleri bakımından da daha ekonomik olabilecek alternatif bir güzergahın belirlenmesi, diğer bir çözüm olarak önerilmiştir. Bunun için uydu fotoğraflarında gösterilen hattın alternatif güzergah olarak çalışılması önerilmektedir.

5. KAYNAKLAR

- Ağan, C., 2009, Farklı Geoteknik Yöntemlerin Heyelan Analizlerinde Kullanımı ve Karşılaştırmalı Analiz: Zonguldak İli Kozlu İlçesinde Örnek Bir Çalışma, Doktora Tezi Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
- Akçelik, N., Etkesen, Z., Güngör, A. G., Akyüzoğlu, M., Bozkurt, Ş., Mısırlı, E., Timur, İ., 2002, "Karayollarında Heyelanlar ve Çözüm Örnekleri", Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği 9. Ulusal Kongresi, Eskişehir.
- Anonim 1973, "Heyelanlar ve Mühendislik Uygulaması", Bayındırlık Bakanlığı, Karayolları Genel Müdürlüğü, Ankara
- Anonim 1989, "Şev Projelendirme Rehberi", T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Karayolları Genel Müdürlüğü, Teknik Araştırma Dairesi Başkanlığı, Zemin Mekaniği ve Tünel Şube Müdürlüğü, Ankara.
- Anonim 2005, "Araştırma Mühendislik Hizmetleri Teknik Şartnamesi", T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Karayolları Genel Müdürlüğü, Teknik Araştırma Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- Anonim 2006, Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası, Deprem Araştırma Dairesi, Ankara
- Bıçakçı, O., Özgür, Ö., Doğu Karadeniz Bölgesindeki Karayolu Heyelanları ve Önleme Metodları, Karadeniz Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Trabzon
- Bishop, A.W., 1955, The Use Of Slip Circle İn The Stability Analysis Of Slopes
Geotechnique 5:1:7-17
- Coduto, D.P., 1999, Geotechnical Engineering Principles And Practices. Prentice-Hall, USA
- Demiryürek, Ü.A., 2002, "Şev Kayma Potansiyelinin İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Anadolu üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Ulakbim 119748.
- Hoek, E. ve Bray, J.W., 1995, "Kaya Şev Stabilitesi", TMMOB Maden Mühendisleri Odası, 3. baskı, Ankara.
- Hunt, R. E., 1986, "Geotechnical Engineering Analysis and Evaluation", McGraw-Hill: USA, 5-134 pp.
- Klimatoloji Şube Müdürlüğü, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Kalaba, Ankara, Türkiye
- Kumbasar, V. ve Kip, F., 1999, "Zemin Mekaniği Problemleri", 6. Baskı, Çağlayan Kitapevi
- Morgenstern, N.R. ve V.E. Price 1965, The Analysis Of The Stability Of General Slip Surfaces Geotechnique 15:1:79

- Önalp, A. ve Arel, E.,2004, Yamaç ve Şevlerin Mühendisliği, Birsen Yayınevi, İstanbul
- Özdemir, S. 2006. “Adana – Mersin Otoban Güzergahında Oluşan Heyelanlar ve İslah Önerileri”, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana
- Seed, H.B. ve Sultan, H 1967, Stability Analysis For A Sloping Core Embankment Proc. ASCE 93:SM4:69
- Spencer, E. 1967, A Method Of Analysis Of The Stability Of Embankments Assuming Paralel İnter-Slice Forces Geotechnique 23:1:85-100
- Taylor, D.W., 1948, Fundamentals Of Soil Mechanics Newyork
- Topsakal, E., 2012, An Investigation of Landslide at km: 12+200 of Artvin-Savsat Junction-Meydancık Provincial Road. In Partial Fulfillment of the Requirements For The Degree Of Master Of Science in Geological Engineering. A Thesis Submitted to the Graduate School of Natural and Applied Sciences of Middle East Technical University, Ankara, 159 p
- Ulusay, R., 2001, Uygulamalı Jeoteknik Bilgiler, 2. Baskı, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, No: 38, Ankara, 385 s.
- Ulusay, R. ve Sönmez, H., 2002, Kaya Kütlelerinin Mühendislik Özellikleri, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, No. 60, Ankara.
- Uzuner, B. A., 1998, Çözümlü Problemlerde Temel Zemin Mekaniği, Teknik Yayınevi, Ankara.
- Uzuner, A.B., 2000, “Temel Mühendisliğine Giriş”, 2. Baskı, Derya Kitapevi
- Ünsal, N., 2006, Heyelanlar ve Kitle Hareketleri, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ankara.
- Varnes D.J., 1978, “Slope Movement Types and Processes”, Schuster R. L. and Krizek R. J. Ed., Landslides, Analysis and Control, Transportation Research Board Sp., Report No: 176, Nat. Acad. of Sciences
- <http://tumas.mgm.gov.tr/wps/portal>, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Bilgi İşlem ve İstatistik Şube Müdürlüğü- TUMAS, Şubat 2013

ÖZGEÇMİŞ

1977 yılında Tonya’da doğdu. İlköğrenimini Hoşarlı Köyü İlköğretim Okulu’nda, orta öğrenimini Tonya İmam-Hatip Lisesi’nde ve lise öğrenimini Vakfikebir Lisesi’nde tamamladı. 1996 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi - Gümüşhane Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümünü kazandı. 2000 yılında buradan mezun oldu. 2000-2003 yılları arasında Yalova, Ankara ve Moskova’da olmak üzere farklı şehirlerde, özel sektörde farklı firmalarda saha mühendisi ve şantiye şefi pozisyonlarında çalıştı. Askerliğini yedek subay olarak tamamladı. 18.11.2003 tarihinde Karayolları Genel Müdürlüğü 11. Bölge Müdürlüğü (VAN) Araştırma Başmühendisliği’nde Üstyapı Mühendisi olarak göreve başladı. 2010 yılına kadar Üstyapı Mühendisliği ve Zemin Mekaniği Mühendisliği görevlerini birlikte yürüttükten sonra, 2010 yılında aynı bölgede Asfalt Başmühendisliği’nde Arazi Mühendisliği görevine atandı. 2011 yılında aynı bölgede Araştırma ve Geliştirme Başmühendisi görevine atandıktan sonra, 2013 yılında Karayolları 6. Bölge Müdürlüğü (KAYSERİ) Araştırma ve Geliştirme Başmühendisi görevine naklen atandı. Halen aynı bölgede Araştırma ve Geliştirme Başmühendisi olarak görev yapmaktadır. Evli ve iki çocuk babasıdır.