

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**AĞRI – KAĞIZMAN YOLU BOYUNCA MEYDANA GELEN HEYELANLARIN
ANATOMİSİ VE UYGULANABİLİR ÇÖZÜM ÖNERİLERİ**

Emine ERTEKİN YARDIMCI

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ANKARA
2018**

Her Hakkı Saklıdır

TEZ ONAYI

Emine ERTEKİN YARDIMCI tarafından hazırlanan “Ağrı-Kağızman Yolu Boyunca Meydana Gelen Heyelanların Anatomisi ve Uygulanabilir Çözüm Önerileri” adlı tez çalışması 15/01/2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Kamil KAYABALI

Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı



Jüri Üyeleri:

Başkan: Doç. Dr. Kıvanç ZORLU ARAS

Mersin Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı



Üye : Prof. Dr. Kamil KAYABALI

Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı



Üye : Doç. Dr. Mustafa FENER

Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı



Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Atila YETİŞEMİYEN
Enstitü Müdürü

ETİK

Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez içindeki bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, bilgilerin üretilmesi aşamasında bilimsel etiğe uygun davrandığımı, yararlandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi beyan ederim.

15.01.2018



Emine ERTEKİN YARDIMCI

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

AĞRI – KAĞIZMAN YOLU BOYUNCA MEYDANA GELEN HEYELANLARIN ANATOMİSİ VE UYGULANABİLİR ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

Emine ERTEKİN YARDIMCI

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Kamil KAYABALI

Heyelanlar, Türkiye’de verdikleri zararlar açısından depremlerden sonra ikinci sırayı almaktadır. Heyelanların en çok etkilediği yerlerden biri ulaşım hatlarıdır. Bu çalışmanın konusu, yapımı devam eden Ağrı – Kağızman Devlet Yolu güzergahının Sarıbulak’tan Kağızman’a ilerleyen kesiminde, Km: 82+300 – 85+000 arasındaki heyelanlı kesimlerin incelenmesi ve yol geçişi açısından en uygun çözümün ortaya konmasıdır.

İnceleme kapsamında arazide heyelanlı kesimlerin jeolojik, morfolojik ve jeoteknik incelemesinin yanında jeoteknik araştırma sondajları yapılarak, mevcut heyelanları oluşturan malzemeleri karakterize edecek laboratuvar numuneleri alınmıştır. Laboratuvar çalışmaları, zeminlerin indeks özelliklerinin belirlenmesinin yanısıra dayanım deneylerini de kapsamaktadır. Dayanım parametrelerinin bulunmasında üç eksenli basınç dayanımı ve doğrudan kesme deneyleri yapılmıştır.

Rezidüel dayanım parametreleri, yeraltı suyu konumu verileri ve sondajlarla belirlenen kayma yüzeyi verileri geriye analize tabi tutulmuştur. Halihazırda gerçekleşmiş yer kaymalarını durdurarak, uzun vadede duraylı kalmalarını sağlayacak çözümler doğrultusunda yeni yamaç/şev tasarımları önerilmiştir.

Ocak 2018, 195 sayfa

Anahtar Kelimeler: Heyelan, Kayma Mekanizması, Geri Analiz, Duraylılık Analizi, Ağrı-Kağızman Karayolu

ABSTRACT

Master Thesis

ANATOMY OF LANDSLIDES AĞRI – KAĞIZMAN HIGHWAY FEASIBLE CORRECTION MEASURES

Emine ERTEKİN YARDIMCI

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Geological Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Kamil KAYABALI

Mass movements are the second costliest natural hazards in Turkey after earthquakes. Transportation routes amongst other utility lines are the most affected ones by those mass movements. The scope of this investigation involves the geotechnical investigation, remediation measures and the best solutions for the problematic section of Ağrı-Kağızman state route (kms: 82+300 to 85+300) which is currently under construction.

The field studies included geological, morphological and geotechnical investigation of road sections affected by landslides. Geotechnical boreholes were drilled to determine the soil profile as well as to obtain soil samples to characterize the sliding materials through laboratory tests. Laboratory tests involved determining the index properties and strength parameters of soil samples. Three-axial compressive strength tests and direct shear tests were employed for this purpose.

Back analyses were carried out using the residual strength data, the position of ground water table and the position of the sliding surface as detected from the boreholes. At the final stage, various slope designs were proposed to remediate the current landslides in the studied area as well as to provide solutions for them to be stable in the long term.

January 2018, 195 pages

Key Words: Landslide, Slide Mechanism, Back Analysis, Stability Analysis, Ağrı-Kağızman Highway

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Bu tez çalışması kapsamında, yapımı devam eden Ağrı – Kağızman Devlet Yolu güzergâhının Sarıbulak'tan Kağızman'a ilerleyen kesiminde, Km: 82+300 – 85+000 arasındaki aktif heyelanlı kesimler incelenmiş ve yol geçişi açısından en uygun çözümlerin ortaya konulmasına çalışılmıştır. Arazide yapılan jeolojik, morfolojik ve jeoteknik incelemeler ve araştırma sondajları sayesinde heyelanlı alanlar üç boyutlu olarak tanımlanmış ve heyelanları oluşturan malzemeleri karakterize edecek laboratuvar numuneleri alınmıştır. Bu numuneler üzerinde yapılan zeminlerin indeks özelliklerinin ile dayanım parametrelerinin belirlenmesine yönelik deneyler yardımı ile elde edilen parametreler ile yapılan geri analizler karşılaştırılarak rezidüel dayanım parametreleri belirlenmiştir. Sonuçta hâlihazırda gerçekleşmiş yer kaymalarını durdurarak, uzun vadede duraylı kalmalarını sağlayacak çözümler doğrultusunda yeni yamaç/şev tasarımları önerilmiştir.

Yüksek Lisans çalışmam esnasında, bilgi, öneri ve yardımları ile çalışmalarımı yönlendiren ve gelişmeye katkıda bulunan, tez çalışmamın ve araştırmamın her aşamasında engin bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım danışmam hocam sayın Prof. Dr. Kamil KAYABALI'ya (Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Öğretim Üyesi) teşekkürlerimi sunarım.

Bilgi ve deneyimleri ile mesleki gelişimime katkı sağlayan ve tez çalışmamın arazi, sondaj ve laboratuvar aşamalarında, yardımlarını ve önerilerini esirgemeyen meslektaşım Jeoloji Mühendisi sayın Yemliha ALAGÖZ'e teşekkür ederim.

Yüksek lisans tez çalışmamın tüm aşamalarında ilgi ve destekleri ile yanımda olan, maddi ve manevi desteklerle bana güç veren ve sabırla katlanan sevgili eşim Mimar Muhammed YARDIMCI'ya, kız kardeşim Fatma ERTEKİN'e ve tüm diğer aile fertlerime en derin sevgi ve şükranlarımı sunarım.

Benim bu günlere gelmemde en büyük pay sahibi olan, ancak tez çalışmasını tamamladığımı görmeye ömürleri yetmeyen merhum canım babam Nusret ERTEKİN ile merhume canım annem Fatma ERTEKİN'e sonsuz sevgi ve şükranlarımı sunarım.

Emine ERTEKİN YARDIMCI
Ankara, Ocak 2018

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI

ETİK	i
ÖZET	ii
ABSTRACT	iii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR.....	iv
SİMGELER DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ ..	1
1.1 Genel	1
1.2 Çalışma Alanı Yeri ve Çalışmanın Amacı	6
1.3 Önceki Çalışmalar.....	7
2. MALZEME VE YÖNTEM.....	16
2.1 Malzemeler	16
2.1.1 Sondaj ve arazi çalışmaları	16
2.1.2 Laboratuvar çalışmaları.....	20
2.2 Yöntemler	25
2.2.1 Basitleştirilmiş Bishop dilim yöntemi.....	25
2.2.2 Dayanımları geriye hesaplama analizleri	29
2.2.2.1 Ortalama kesme dayanımının geriye hesaplanması	29
2.2.2.2 Kayma yüzeyi geometrisine göre kesme dayanımı parametrelerinin Geriye hesaplanması	30
3. JEOLOJİ.....	32
3.1 Çalışma Alanı ve Yakın Çevresinin Genel Jeolojisi.....	32
3.1.1 Kağızman karmaşığı.....	34
3.1.2 Kavrakoldağı formasyonu.....	36
3.1.3 Tuzluca formasyonu	39
3.1.4 Cumaçay volkanitleri.....	42
3.1.5 Alüvyon	44
3.2 Yapısal Jeoloji, Tektonik ve Paleocoğrafya	44
3.3 Çalışma Alanı ve Yakın Çevresinin Jeomorfolojisi	48
3.4 Çalışma Alanı ve Yakın Çevresinin Hidrolojisi ve Heyelanlarla İlişkileri	50
3.4.1 Yüzey sularının heyelanlar ile ilişkisi.....	50
3.4.2 Yeraltı sularının heyelanlar üzerine etkileri	52
3.4.3 Birimlerin hidrojeolojik özellikleri ve heyelanlarla ilişkileri.....	52

4. DEPREMSELLİK	55
4.1 Deterministik Sismik Tehlike Analizi	60
4.2 Probabilistik Sismik Tehlike Analizi.....	65
4.3 Çalışma Alanı İçin Belirlenen Maksimum Yatay Deprem İvmesi	70
5. BULGULAR.....	76
5.1 Ağrı – Kağızman Karayolu Boyunca Gelişen Heyelanların Anatomisi.....	76
5.1.1 H.1 heyelanı (km: 82+650-82+750) mekanizması ve uygulanabilir çözüm önerisi.....	81
5.1.1.1 Birimlerin jeoteknik özellikleri ve stabilite parametreleri.....	86
5.1.1.2 H.1 heyelanı için uygulanabilir çözüm önerisi	91
5.1.2 H.2 heyelanı (km: 82+750-82+900) mekanizması ve uygulanabilir çözüm önerisi.....	100
5.1.2.1 Birimlerin jeoteknik özellikleri ve stabilite parametreleri.....	103
5.1.2.2 H.2 heyelanı için uygulanabilir çözüm önerisi	108
5.1.3 H.3 heyelanı (km: 82+900-83+000) mekanizması ve uygulanabilir çözüm önerisi.....	117
5.1.3.1 Birimlerin jeoteknik özellikleri ve stabilite parametreleri.....	124
5.1.3.2 H.3 heyelanı için uygulanabilir çözüm önerisi	127
5.1.4 H.4 heyelanı (km: 83+880-83+940) mekanizması ve uygulanabilir çözüm önerisi.....	135
5.1.4.1 Birimlerin jeoteknik özellikleri ve stabilite parametreleri.....	143
5.1.4.2 H.4 heyelanı için uygulanabilir çözüm önerisi	147
6. SONUÇLAR	154
KAYNAKLAR	156
EKLER.....	161
EK 1 Sondaj Logları	162
EK 2 Laboratuvar Deney Sonuçları	186
EK 3 Heyelanına Ait Jeolojik-Jeoteknik Plan-Profiller ile Çözüm Aşamaları	191
ÖZGEÇMİŞ.....	195

SİMGELER DİZİNİ

A	Yatay Yer İvmesi
B	Genişlik
c	Kohezyon
CL	Düşük Plastik Kil
CH	Yüksek Plastik Kil
F_s	Güvenlik Sayısı
Φ	İçsel Sürtünme Açısı
γ	Birim Hacim Ağırlık
G	Güney
GB	Güneybatı
GD	Güneydoğu
H	Yükseklik
H.1	Km: 82+650-82+750 Heyelan Aralığı
H.2	Km: 82+750-82+900 Heyelan Aralığı
H.3	Km: 82+900-83+000 Heyelan Aralığı
H.4	Km: 82+880-82+940 Heyelan Aralığı
K	Kuzey
KB	Kuzeybatı
KD	Kuzeydoğu
L	Uzunluk
LL	Likit Limit
M	Magnitüd
M_w	Moment Magnitüdü
Of	Ofiyolitik Karmaşık
Olm	Oligo-Miyosen Brimleri
N	Standart Penetrasyon Testi Darbe Sayısı
P	Düşey Yük
PI	Plastisite İndisi
q_u	Tek Eksenli Basınç Dayanımı
R	Uzaklık
r_u	Boşluk Suyu Basıncı Katsayısı
S	Kesme Kuvveti
SC	Killi Kum
SK	Sondaj Kuyusu
SPT	Standart Penetrasyon Testi
u	Boşluk Suyu Basıncı
UD	Örselenmemiş Numune
W	Ağırlık
V	Hacim

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Dünyada meydana gelen doğal afetlerin kıtalar bazında dağılımı	2
Şekil 1.2 İlçelere göre Türkiye heyelan olay sayısı dağılım haritası (Ünsal 2005)	4
Şekil 1.3 Ağrı – Kağızman Yolu (Km: 68+000-90+000) ve Km: 82+300-85+000 boyunca gözlenen heyelanları içeren sahanın yerbulduru haritaları.....	8
Şekil 2.1 Bishop dilim yönteminde göz önüne alınan kuvvetler	26
Şekil 2.2 Bilinen ilave sismik ve donatı kuvvetleri içeren şev	27
Şekil 2.3 Bilinen ilave kuvvetler içeren dilim.....	28
Şekil 2.4 Emniyet faktörünü “1” olarak veren üç farklı kesme dayanımı seti için kritik değerler (Duncan ve Wright 2005).....	30
Şekil 3.1 Çalışma alanı ve yakın çevresinin 1/100 000 ölçekli genel jeoloji haritası (Kars H50 paftası, Sümengen 2009).....	33
Şekil 3.2 Çalışma alanı ve yakın çevresinin genelleştirilmiş dikme kesiti (Sümengen 2009’dan değiştirilerek alınmıştır)	34
Şekil 3.3 Çalışma alanında Kağızman Karmaşığının bozuşmuş ofiyolitik kesimleri ile dik diyoritik kesimleri	36
Şekil 3.4 Çalışma alanı yakınında birimin oluşturduğu dik yamaç ve dağlardan bir görünüm	38
Şekil 3.5 Formasyonu oluşturan sert kumtaşları ve şeyllerin yakından görünümü	38
Şekil 3.6 Çalışma alanı yakınında marnlar içinde gelişen bir heyelan	39
Şekil 3.7 Çalışma alanında Kağızman Karmaşığı ile Tuzluca Formasyonu sınırı.....	41
Şekil 3.8 Çalışma alanında Kavrakoldağı Formasyonu ile Tuzluca Formasyonu sınır ilişkisi ve Tuzluca Formasyonu içinde görülen heyelanlar	41
Şekil 3.9 Çalışma alanında Km: 82+650-83+000 arasında Tuzluca Formasyonu ve içinde gelişen heyelanlar	42
Şekil 3.10 Çalışma alanı dışında ilgili yol üzerinde açılmış bir yarmada (Km: 58+800 civarında) gözlenen beyazımsı renkli tüflerden bir görünüm	43
Şekil 3.11 Çalışma alanı dışında gözlenen sarımsı kahve renkli aglomeralardan bir görünüm	43
Şekil 3.12 Çalışma alanı ve yakın çevresinin aktif tektonik haritası (Şaroğlu ve Yılmaz 1988)	47
Şekil 3.13 Çalışma alanı ve yakın çevresinin jeomorfoloji haritası (Anonim 1991)	49
Şekil 3.14 Bölgedeki heyelanların nedenlerinden biri olan topuk aşındırmasına bir örnek; Çalışma alanında Türbeyayla Deresi ve topuk aşındırması	50
Şekil 3.15 Bölgedeki heyelanlar içinde gözlenen küçük heyelan gölleri	51
Şekil 3.16 Çalışma alanında gözlenen heyelan gölleri	51
Şekil 3.17 Çalışma alanında heyelanlara neden olan etkilerden biri olan sızıntı akışın yüzeydeki yansıması ve neden olduğu heyelanlar	53

Şekil 4.1 Çalışma alanı ve yakın çevresi $M \geq 5,0$ olan depremlere ait odak noktaları haritası (http://www.koeri.boun.edu.tr , Anonim 2015).....	56
Şekil 4.2 Deterministik sismik tehlike analizinde kullanılan sismik kaynak haritası	59
Şekil 4.3 Deterministik yaklaşımın aşamaları (Kayabalı 1995)	
a) deprem oluşturan kaynağın proje alanına uzaklığının belirlenmesi	
b) azalım ilişkileri kullanarak proje alanında oluşacak maksimum yer ivmesinin bulunması.....	60
Şekil 4.4 Her kaynak için ortalama yatay yer ivmesi değerlerinin mesafe ile değişimi	65
Şekil 4.5 Probabilistik yaklaşımın aşamaları (Kayabalı 1995)	67
Şekil 4.6 Magnitüd-oluş sayısı ilişkisi ve Gutenberg-Richter bağıntısı.....	68
Şekil 4.7 50 yıl için ivme-aşılma olasılığı grafiği	69
Şekil 4.8 Kars ili deprem bölgelendirme haritası (Anonim 1996)	70
Şekil 4.9 50 yılda % 10 aşılma olasılığına karşılık gelen en büyük yer ivmesi (PGA, “g”) (Erdik vd. 2006)	71
Şekil 4.10 Şev stabilite analizlerine esas yatay deprem katsayıları haritası (Anonim 2008)	75
Şekil 5.1 Km: 82+650-83+000 arası heyelanları jeolojik haritası ve sondaj yerleri	77
Şekil 5.2 Km: 83+880-83+940 arası heyelanları jeolojik haritası ve sondaj yerleri	78
Şekil 5.3 Km: 82+650-83+000 arası heyelanlarının (H.1, H.2 ve H.3) arazideki görünümü (batı-kuzeybatıdan doğu-güney doğuya bakış)	79
Şekil 5.4 Km: 82+650-83+000 arası heyelanlarının (H.1, H.2 ve H.3) arazideki görünümü (güneyden kuzeye bakış)	79
Şekil 5.5 Km: 83+880-83+940 arası heyelanının (H.4) arazideki görünümü (güney batıdan kuzey batıya bakış).....	80
Şekil 5.6 H.1’in (Km: 82+650 – 82+750) arazideki görünümü ve yolun oturan ve düzeltilen kesimi (kuzey batıdan güney doğuya bakış)	81
Şekil 5.7 Ofiyolitler ile Oligo-Miyosen Birimleri (Tuzluca Formasyonu) sınırı ile yoldaki oturma farkı (güneyden kuzeye bakış).....	82
Şekil 5.8 SK-22 No.’lu sondajda gözlenen zemin profili ve kayma derinliği	83
Şekil 5.9 SK-23 No.’lu sondajda gözlenen zemin profili ve kayma derinliği	84
Şekil 5.10 SK-24 No.’lu sondajda gözlenen zemin profili ve kayma derinliği	85
Şekil 5.11 H.1 heyelanı (Km: 82+650 – 82+750) jeolojik planı ve jeolojik kesiti.....	87
Şekil 5.12 Heyelanlı malzemeye ait geri analiz kesiti	90
Şekil 5.13 Km: 82+700 enkesiti mevcut yol geçiş şekli analizi ($r_u = 0,4$).....	92
Şekil 5.14 Km: 82+700 enkesiti için drenaj önlemleri sonrası mevcut yol geçiş şekli analizi ($r_u = 0,1$)	93
Şekil 5.15 Km: 82+700 enkesiti için kaya dolgu ile oluşturulan yol platformu için (çözüm kesiti) psödo-statik stabilite analizi	94
Şekil 5.16 Km: 82+700 enkesiti için kaya dolgu ile oluşturulan yol platformu için (çözüm kesiti) sismik stabilite analizi	95

Şekil 5.17 Km: 82+700 (çözüm) enkesiti heyelan sıyırması geçici kazı şevi stabilite analizi	95
Şekil 5.18 Sıyırma yapılmadan önce mevcut yol geçiş şekli	96
Şekil 5.19 Sıyırma yapıldıktan sonra kaya dolguya temel olacak topoğrafya	96
Şekil 5.20 Sıyırmadan ve kaya dolgu imalatından sonra oluşacak yol platformu	97
Şekil 5.21 Kaya dolgu ve diğer geri dolgulardan sonra oluşacak yol platformu ve çözüm kesiti	98
Şekil 5.22 Kaya dolgu ve geri dolguların yapılmasından sonra oluşacak kesitin ara mesafeleri ve kotları	99
Şekil 5.23 H.2 No.'lu heyelan ile zayıflık zonu ve/veya açılma çatlağı (güney-güneydoğudan kuzey-kuzeybatıya bakış).....	100
Şekil 5.24. H.2 No.'lu heyelanın ve açılma çatlağının genel görünümü (batıdan doğuya bakış).....	101
Şekil 5.25 H.2 No.'lu heyelanın yamaç boyunca genel görünümü (güneyden kuzeye bakış)	101
Şekil 5.26 SK-25 No.'lu sondajda gözlenen zemin profili ve kayma derinliği	102
Şekil 5.27 H.2 heyelanı (km: 82+750 – 82+900) jeolojik planı ve jeolojik kesiti.....	104
Şekil 5.28 H.2 heyelanı için heyelanlı malzemeye ait geri analiz kesiti.....	107
Şekil 5.29 H.2 heyelanı (Km: 82+820 enkesiti) mevcut yol geçiş şekli analizi ($r_u = 0,4$).....	109
Şekil 5.30 H.2 heyelanı (Km: 82+820 enkesiti) drenaj önlemi sonrası mevcut yol geçiş şekli analizi ($r_u = 0,1$)	109
Şekil 5.31 Km: 82+820 enkesiti için yarma düzenlemesi ve drenaj önlemleri sonrası (çözüm kesiti) psödo-statik stabilite analizi	110
Şekil 5.32 Km: 82+820 enkesiti için yarma düzenlemesi ve drenaj önlemleri sonrası (çözüm kesiti) sismik stabilite analizi	111
Şekil 5.33 H.2 heyelanı drenaj projesi planı	111
Şekil 5.34 H.2 heyelanı çözüm enkesiti (Km: 82+820) üzerinde derin drenajlar ile drenaj önlemi sonra ve yeraltı seviyesindeki değişim	112
Şekil 5.35 Derin drenaj hendeği kesiti	113
Şekil 5.36 Yüzeysel drenaj hendeği detayı	113
Şekil 5.37 Mevcut yol geçiş şekli (1:1,5 şev eğimi)	114
Şekil 5.38 1:3 şev eğimi ve 5 m şev yüksekliği ile mevcut topoğrafyada yapılacak sıyırma	114
Şekil 5.39 Sıyırmadan ve kaya dolgu imalatından sonra oluşacak yol platformu	115
Şekil 5.40 Oluşacak yeni yol platformu ve çözüm kesiti.....	116
Şekil 5.41 H.3 No.'lu heyelanın yamaç aşağı görünümü ile yolda oluşan deplasman ve oturma ile yamaç aşağı hareket etmiş menfez (güneydoğudan kuzeybatıya bakış)	118
Şekil 5.42 H.3 No.'lu heyelanın yamaç aşağı görünümü ve yamaç aşağı hareket etmiş menfez (kuzeyden güneye bakış).....	118

Şekil 5.72 H.4 heyelanı (Km: 83+880 enkesiti) drenaj önlemi sonrası yarma şev eğimi 1:2 durumu için mevcut yol geçiş şekli stabilite analizi ($r_u = 0,05$) ...	149
Şekil 5.73 83+880 enkesiti için dolgu ile oluşturulan yol platformu için (çözüm kesiti) psödo-statik stabilite analizi	150
Şekil 5.74 Km: 83+880 enkesiti için dolgu ile oluşturulan yol platformu için (çözüm kesiti) sismik stabilite analizi	150
Şekil 5.75 Mevcut yol geçiş şekli (yarma şev eğimi 3:2)	151
Şekil 5.76 Sıyırma yapıldıktan sonra kaya dolguya temel olacak topoğrafya	151
Şekil 5.77 Sıyırmadan ve kaya dolgu imalatından sonra oluşacak yol platformu	152
Şekil 5.78 Sıyırma ve yeni yapılan dolgu imalatından sonra oluşacak yol platformu ve çözüm kesiti	153

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1 Aktif heyelanlı kesimlerin km aralıkları ve yapılan sondajlar	16
Çizelge 2.2 Arazide yapılan sondajlara ait km, kot-koordinat bilgileri	17
Çizelge 2.3 Sondajlarda yapılan SPT’lerde elde edilen N değerleri.....	18
Çizelge 2.4 Sondajlarda ölçülen yeraltı su seviyeleri	19
Çizelge 2.5 Laboratuvar deney sonuçları.....	22
Çizelge 4.1 Çalışma alanında aletsel dönemde kaydedilen büyüklüğü 6 ve daha yüksek olan depremler ve yerleri http://www.koeri.boun.edu.tr , Anonim 2015)	57
Çizelge 4.2 Sismik tehlike analizlerinde kullanılan deprem kaynakları ve maksimum magnitüd değerleri.....	58
Çizelge 4.3 Yabancı araştırmacılar tarafından Türkiye için geliştirilmiş sönüm denklemleri.....	62
Çizelge 4.4 Yerli araştırmacılar tarafından Türkiye için geliştirilmiş sönüm denklemleri.....	63
Çizelge 4.5 Deterministik sismik tehlike analizinde kullanılan deprem kaynakları ve değişik sönüm denklemleri için elde edilen maksimum yatay yer ivmesi değerleri ile ortalama sonuçlar	64
Çizelge 4.6 Magnitüd aralıklarına göre deprem oluş sayıları	68
Çizelge 4.7 Ortalama magnitüd değerlerine göre kümülatif oluş sayıları ve t zaman için oluş sayıları	68
Çizelge 4.8 M Magnitüd İçin 10, 50, 75 ve 100 Yıllık Aşılma İhtimalleri ve Tekrarlama Periyotları.....	69
Çizelge 5.1 Bloklu çakıllı kil (kayan kütle) içinden alınan örneklerin deney sonuçları	86
Çizelge 5.2 Analizlerde kullanılmak üzere belirlenen boşluk suyu basınç katsayısı.....	89
Çizelge 5.3 Geri analizlerde belirlenen rezideül kayma dayanımı parametreleri.....	89
Çizelge 5.4 Kıltaşı/çok sert kile ait deney sonuçları.....	90
Çizelge 5.5 Tüm birimlerin analizlerde kullanılan kayma dayanımı parametreleri.....	89
Çizelge 5.6 Bloklu çakıllı kil (örtü-kayan kütle) içinden alınan örneklerin deney sonuçları	105
Çizelge 5.7 Geri analizlerde belirlenen bloklu çakıllı kil için rezideül kayma dayanımı parametreleri.....	105
Çizelge 5.8 Çakıllı kil (kayan kütle) içinden alınan örneklerin deney sonuçları	106
Çizelge 5.9 Geri analizlerde çakıllı kil için belirlenen rezideül kayma dayanımı parametreleri.....	106
Çizelge 5.10 Bozuşmuş kıltaşı/marna ait deney sonuçları.....	106
Çizelge 5.11 Tüm birimlerin analizlerde kullanılan kayma dayanımı parametreleri ...	108
Çizelge 5.12 Çakıllı kil (kayan kütle) içinden alınan örneklerin deney sonuçları	124

Çizelge 5.13 Analizlerde kullanılmak üzere belirlenen boşluk suyu basınç katsayısı	125
Çizelge 5.14 Geri analizlerde belirlenen bloklu çakıllı kil için rezideül kayma dayanımı parametreleri	125
Çizelge 5.15 Ayrışmış kıltaşı/marna ait deney sonuçları.....	125
Çizelge 5.16 Tüm birimlerin analizlerde kullanılan kayma dayanımı parametreleri ...	127
Çizelge 5.17 Çakıllı kil (kayan kütle) içinden alınan örneklerin deney sonuçları.....	143
Çizelge 5.18 Analizlerde kullanılmak üzere belirlenen boşluk suyu basınç katsayısı..	144
Çizelge 5.19 Geri analizlerde belirlenen bloklu çakıllı kil için rezideül kayma dayanımı parametreleri	144
Çizelge 5.20 Çakıllı kil (kayan kütle) içinden alınan örneklerin deney sonuçları.....	144
Çizelge 5.21 Analizlerde kullanılmak üzere belirlenen boşluk suyu basınç katsayısı..	145
Çizelge 5.22 Geri analizlerde belirlenen bloklu çakıllı kil için rezideül kayma dayanımı parametreleri	145
Çizelge 5.23 Bozuşmuş şisti ofiyolite ait deney sonuçları.....	145
Çizelge 5.24 Tüm birimlerin analizlerde kullanılan kayma dayanımı parametreleri ...	147

1. GİRİŞ

1.1 Genel

Doğal bir yamaçtaki kaya, zemin ve moloz türü malzemelerin çeşitli nedenlerden ötürü, yerçekimi etkisi ile aşağı doğru hareketi heyelan olarak tanımlanmaktadır (Varnes 1978). Heyelanların oluşumunda bölgenin yağış ve yeraltısuyu durumu, genel jeolojik ve jeomorfolojik yapısı, yapısal unsurları, araziye oluşturan formasyonların litolojik özellikleri ve su içerikleri ile heyelan öncesi topoğrafik yapı önemli etkenlerdir.

Heyelanlar tek bir hareket şeklinde meydana gelebildikleri gibi küçük ölçekli birden fazla heyelan aynı anda hareket ederek büyük ölçekte bir hareket meydana getirebilmektedir. Özellikle küçük ölçekli oturmaların meydana getirdiği çatlak sistemleri yağışlı havalarda zeminin suya doygun hale gelmesine yol açmakta, böylece geniş ölçekli bir heyelan kütlesi içerisinde daha küçük ölçekli heyelanlar oluşmaktadır.

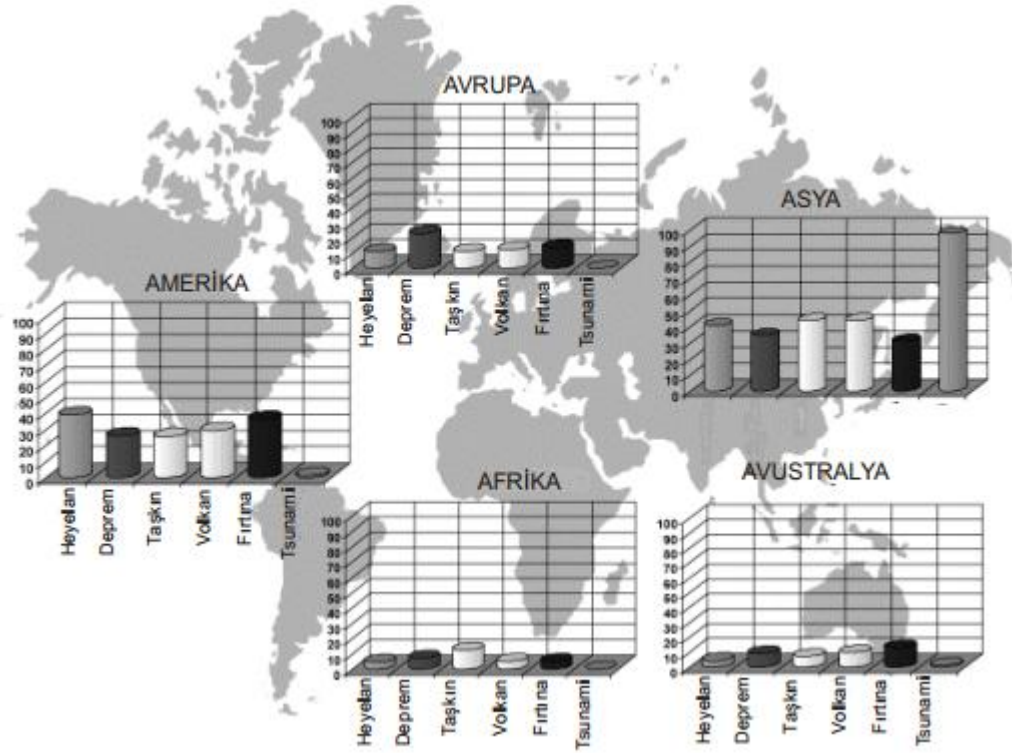
Ani ve sürpriz nitelikli hiç bir yamaç hareketi yoktur. En hızlı heyelanlar bile daha öncesinden işaretlerini verir, geleceklerini duyururlar. Bütün bunlara rağmen heyelanların acılara neden olması, tehlike işaretlerinin zamanında görülmeyişidir.

Detaya inildiğinde heyelan veya kütle hareketleri düşme, akma, kayma, devrilme, heyelan vb. isimlerle de anıldıkları gibi, bazı hallerde bunlardan iki veya daha fazlası bir arada oluşurlar. Bu tür oluşumlara da “karmaşık kütle hareketleri” adı verilir.

Doğal afetler içinde, yaratmakta olduğu olumsuz etkilerden dolayı önemli bir yer tutan heyelanlar, etkin oldukları alanlarda can ve mal kaybına yol açmakla birlikte kara-demir yolları, tarımsal ve ormanlık alanlar gibi ekonomik değeri olan kesimlerde de hasar ve kayıplara yol açabilmektedir. Ayrıca, akarsu kalitesi üzerinde de olumsuz etki yaratabilen heyelanlar, kentleşme ve doğal çevrenin korunması, toplum yaşam kalitesi gibi sosyo-ekonomik hususlarda da sorunlara neden olabilmektedir (Schuster ve Fleming 1986).

Amerika Birleşik Devletleri, Japonya, Avusturya, Fransa, İtalya, İsviçre ve Hindistan'da heyelanlardan kaynaklanan ekonomik kayıpların yıllık 1 – 5 milyar dolar arasında olduğu tahmin edilmektedir. Dünyada olduğu gibi Türkiye'de de doğal afetler nedeniyle her yıl pek çok insan yaşamını yitirmekte ve önemli düzeyde ekonomik kayıplar meydana gelmektedir.

Dünya geneli için Alcantara-Ayala (2002) tarafından yapılan değerlendirmeye göre (Şekil 1.1), heyelanlar dünyanın her bölgesinde karşılaşılan doğal tehlikelerdir.



Şekil 1.1 Dünyada meydana gelen doğal afetlerin kıtalar bazında dağılımı (Alcantara-Ayala 2002)

Dünyada can ve mal kaybına yol açan önemli heyelanlar aşağıda verilmiştir (Ünsal 2005).

- İsviçre Elm Kasabası Heyelanı (11 Eylül 1881) 150 ölü, 200 yaralı
- İtalya Vaiont Barajı Heyelanı (1960) 2000 ölü

• Galler Heyelanı (1966)	144 ölü
• Peru Huascarán Heyelanı (31 Mayıs 1970)	17000 ölü
• Batı Virginia Heyelanı (1972)	118 ölü
• Montara Heyelanı (1974)	450 ölü
• Guetemala Heyelanı (10 Ekim 2005)	1500 ölü

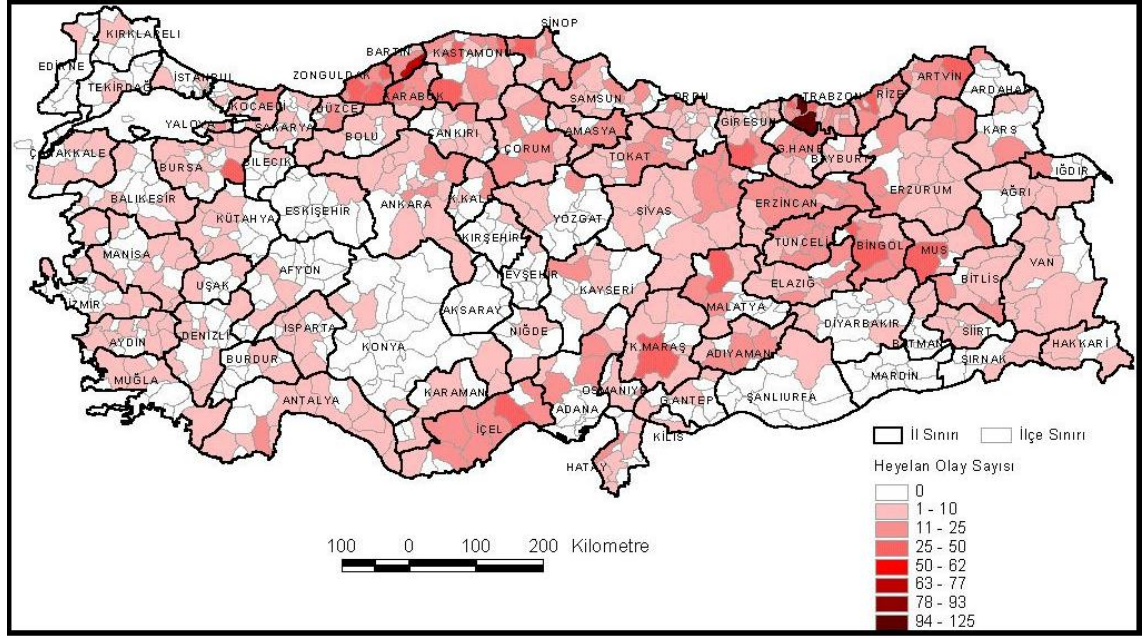
Heyelanlar Türkiye’de verdikleri zararlar açısından doğal afetler içerisinde ikinci sırada yer almaktadır (İldır 1995).

Türkiyede 1958 – 2000 yılları arasında gerçekleşmiş ve oluşması muhtemel heyelanlar nedeniyle 4250 yerleşim birimi etkilenmiş, 197 kişi hayatını kaybetmiş ve riskli alandaki 63.000 konut yer değiştirilerek güvenli bölgelere taşınmıştır (Anonim 2004).

Ülkemizde can ve mal kaybına neden olan önemli heyelanlar (Bıçakçı ve Özgür 1995, Anonim 2004);

• Sürmene – Of Heyelanı (Mayıs, 1929)	146 ölü, 9 yaralı
• Kanlıdere – Fındıklı (Rize) Heyelanı (1979)	5 ölü, yol kapandı
• İkizdere (Rize) Heyelanı (1982)	8 ölü, yol kapandı
• Çatak – Maçka (Trabzon) Heyelanı (1988)	64 ölü, yol kapandı
• Senirkent (Isparta) Çamur Akması (Temmuz, 1995)	74 ölü, 46 yaralı
• Koyulhisar (Sivas) Heyelanı (Mart, 2005)	15 ölü
• Çöllolar Kömür Ocağı (K.Maraş) Heyelanı (2011)	20 ölü

Türkiyede 1950 – 2004 yılları arasında Afet İşleri Genel Müdürlüğü tarafından yapılan heyelan etütleri neticesinde meydana gelen heyelan olay sayısının ilçelere göre dağılımı baz alınarak oluşturulan İlçelere Göre Türkiye Heyelan Olay Sayısı Haritası (1950 – 2001) şekil 1.2’de sunulmuştur.



Şekil 1.2 İlçelere göre Türkiye heyelan olay sayısı dağılım haritası (Ünsal 2005)

Şekil 1.2’den de anlaşılabileceği gibi Türkiye’de heyelan olaylarının yoğun olarak gözlemlendiği bölgeler Karadeniz ve Doğu Anadolu Bölgeleri iken, kaya düşmeleri ise çoğunlukla Orta Anadolu Bölgesinde gözlenmektedir. Ancak heyelan ve kaya düşmesi olayları jeolojik, topoğrafik ve iklimsel koşulların uygun olduğu her bölgede görülebilmektedir.

Heyelan çalışmaları, konum-zaman ilişkisi, sosyo-ekonomik kayıplar, çevresel etkiler ve zararların azaltılmasına yönelik, afet yönetimi gibi ilgili alanları kapsayan ve disiplinler arası çalışmayı gerektiren bir konudur. Üç boyutlu, zamana ve konuma bağlı karmaşık bir problem olan heyelanların ekonomik ve sosyal etkilerinin en aza indirilebilmesi için, konunun uzmanları tarafından (çeşitli mühendislik disiplinleri) dikkatle incelenmesi, gerekli çalışmaların yapılarak heyelanlı alanın üç boyutlu olarak ortaya konulması ve daha sonra belirlenen bu alandan mümkün olduğunca uzaklaşılması ya da uzaklaşmak mümkün değilse, uygun olan en ekonomik ve en etkin çözüm yolu ile (drenaj, fore kazık, istinat yapıları vb.) problemin çözülmesi gerekmektedir. Böylece maddi ve manevi kayıpların önüne geçilebilmesi mümkün olacaktır.

Ülkemizin jeolojik ve topoğrafik yapısından kaynaklanan zemin koşulları nedeniyle aktif veya potansiyel heyelanlı alanlarda çeşitli mühendislik yapıları yapılmış ve yine bu alanlardan karayollarının geçirilmesi gibi bir problemle de karşı karşıya kalınmış ve kalınmaktadır. Karayollarının gerek proje, gerekse yapım aşamalarında doğal olarak, heyelana elverişli bu yapı göz önünde bulundurulmalı ve jeolojik – jeoteknik araştırma çalışmaları yürütülmelidir (Akçelik vd. 2002).

Jeolojik – jeoteknik araştırma çalışmaları esnasında heyelanların belirlenmesi ve gerekli önlemlerin alınması için seçilen güzergah üzerinde yüzeysel arazi araştırmaları dikkatli ve özenli bir şekilde gerçekleştirilir. Heyelanlı alan belirlendikten sonra ise detaylı saha araştırmaları ile laboratuvar deneyleri yapılarak en uygun yol geçiş şekli belirlenmelidir.

Karayolu güzergahları oluşturulurken; yolun yapımı, zemin koşulları ve yol standartları açısından yapılan incelemenin yanında heyelan etütleri büyük önem taşımaktadır. Ülkemizde karayolu heyelanları ile ilgili çalışmalar çoğunlukla Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından gerçekleştirilmektedir. 1988 – 1998 yılları arasında yapılan ve birbirinin devamı niteliğindeki çalışmalarda, karayollarının mevcut ve potansiyel her türlü kayma hareketinin sayısı, hareket eden zeminlerin cinsi, hareketin tipi, nedenleri, hacmi, su durumu ve maliyetleri araştırılarak, karayolu güzergahları boyunca yer alan heyelanların bölgesel dağılımı araştırılmıştır.

Karayolu ağındaki heyelanlar için yapılan bu çalışmaların sonuçlarına göre; en fazla heyelanın Doğu ve Batı Karadeniz Bölgelerinde olduğu (% 49) görülmüştür. Heyelan görülme sıklığı açısından İç ve Doğu Anadolu Bölgeleri ise Karadeniz bölgesinden sonra gelmektedir. Oluşan kaymaların % 64'ü zemin, % 36'sı kaya formasyonlarda meydana gelmiştir. Heyelanların % 52'sinin potansiyel heyelan bölgelerinde olduğu, heyelana neden olan faktörlerde ilk sırayı yüzey ve yer altı sularının etkisinin aldığı belirlenmiştir. Su etkisi dışındaki heyelan nedenleri, etkinlik sırasına göre; bozuşma (% 37), dik yamaç ve şev eğimleri (% 28), zemin koşulları (% 23) ve diğer nedenler (% 12) olarak belirlenmiştir (Akçelik vd. 1998).

Mevcut yollarda heyelanlar olduktan sonra yeniden yapım, bakım, trafik aksamaları zararları, dolaylı masraflar ve kamulaştırmalar düşünülürse çok büyük maddi harcamalar gerektiği görülebilecektir. Bu nedenlerle hem tüm mühendislik yapılarında hem de karayollarında karşılaşılan önemli sorunlardan biri olan ve her yıl milyonlarca lira harcanan ve onlarca can kaybına neden olan heyelanlara karşı güvenli ve aynı zamanda ekonomik olacak “heyelan önleme metotlarının” geliştirilmesi ve bu konuda uzman elemanların yetiştirilmesi hem ülke ekonomisi, hem de mühendislik çalışmaları açısından çok büyük önem arz etmektedir.

1.2 Çalışma Alanı Yeri ve Çalışmanın Amacı

Tez çalışmasına konu olan Ağrı – Kağızman Devlet Yolu, Ağrı ilini ve Doğu Anadolu Bölgesi’nin güneyini kuzeye ve özellikle Iğdır ilindeki Dilucu sınır kapısına bağlayan bir yol güzergahıdır. Dolayısıyla ulaşım açıldıktan sonra yoğun bir trafik akışına maruz kalması beklenmektedir.

Ağrı – Kağızman Devlet Yolu Yapım İşi, yol yapım çalışmaları halen devam etmektedir. Yaklaşık olarak 1997 – 2008 yılları arasında Ağrı – Cumaçay arası, 2008 – 2009 yılları arasında ise Cumaçay – Sarıbulak Köyü arası yapım işi bitirilmiştir. 2009 – 2013 sezonunda Sarıbulak Köyü – (Kağızman-Tuzluca) Ayrımı arasına (Km: 68+000 – 90+000) devam edilmektedir. Ancak bu kesimde Km: 82+300 – 85+000 aralığında çeşitli km aralıklarında aktif heyelanlı alanlar bulunmaktadır. Güzergahtaki heyelanlar da bu km aralığında, yol yapım çalışması devam ederken ve yapım büyük ölçüde tamamlanmış durumdayken meydana gelmiştir. Heyelanların oluşturduğu hasarlar sebebiyle yeniden yapım ve proje bedelleri toplam maliyeti yaklaşık 2 katına çıkarmış ve böylece ciddi maddi hasara neden olmuştur. Ancak, yine de yol ulaşım açılmadan heyelanların meydana gelmesi, yoğun bir trafiğe sahip olması beklenen bu yolda kayıpların sadece maddi boyutta kalmasına neden olmuştur. Çalışma alanı yer bulduru haritası şekil 1.3’te verilmiştir. Her heyelana ait ayrıntılı yer bulduru haritaları eklerdedir.

Çalışmaya konu olan heyelanların tamamı dairesel kayma şeklinde gelişmişlerdir. Kaymalar; Oligo – Miyosen yaşlı jipsli Tuzluca Formasyonunu oluşturan killi malzemelerin su alarak yumuşaması ve ilksel niteliğini yitirerek, ya formasyonun alt kesimlerini oluşturan sağlam kilitaşları üzerinde ya da daha alttaki Üst Kretase yaşlı ofiyolitler üzerinde kayması sonucu oluşmuşlardır.

Çalışmanın amacı mevcut arazi ve laboratuvar verilerini kullanarak, çalışma için seçilen alandaki heyelanların oluş mekanizmasını anlamak, uygun iyileştirme yöntemlerini belirlemek ve buna göre gerekirse proje değışiklik önerisinde bulunmaktır.

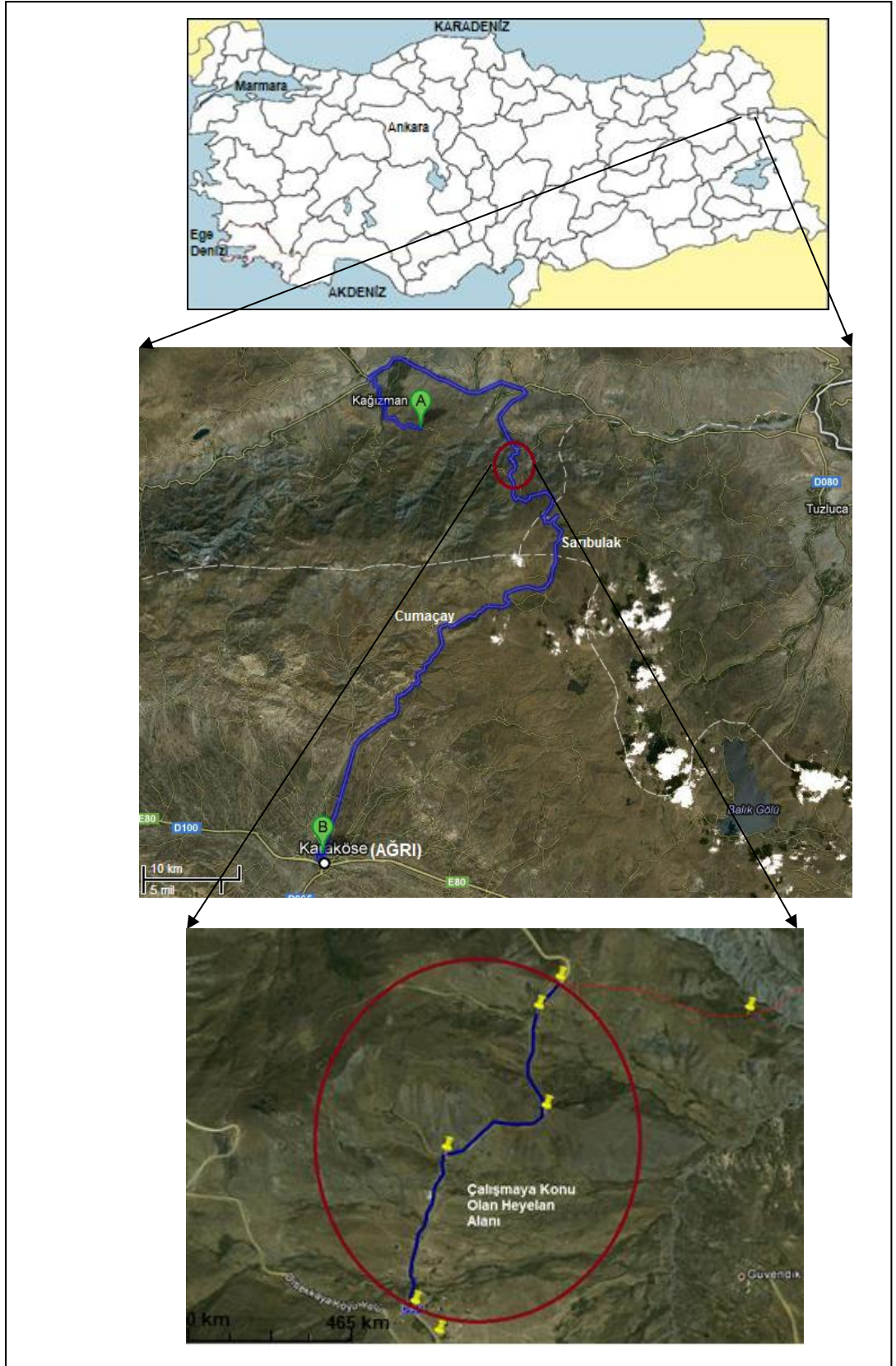
Tez çalışmasının temelini oluşturan bu heyelanlı alandan, güzergahın sorunsuz ve güvenli bir şekilde geçirilmesi için yapılan çalışmalar ve üretilecek çözümler, hem yol ulaşına açıldıktan sonra önemli can ve mal kayıplarının engellemesi, hem de ilerde yapılacak benzer çalışmalara ışık tutması açısından önem arz etmektedir.

1.3 Önceki Çalışmalar

Akçelik vd. (1998), tarafından yapılan çalışmalarda, Türkiye’de karayolu ağı üzerinde meydana gelen heyelanlar ve bunların bölgelere göre dağılımı ile oluşum koşulları incelenmiş ve istatistiki olarak sonuçlar ortaya konulmuştur.

Akçelik vd. (2002), karayollarında meydana gelen heyelanları örneklerle açıklamış ve çözüm yolları ile ilgili çalışmalar yapmışlardır.

Aktimur vd. (1991), yaptıkları çalışmalarda Kars, Arpaçay ve Çıldır civarının jeolojik ve tektonik özelliklerini incelemiş ve birimlerin stratigrafik ilişkilerini irdelemişlerdir.



Şekil 1.3 Ağrı – Kağızman Yolu (Km: 68+000 – 90+000) ve Km: 82+300 – 85+000 boyunca gözlenen heyelanları içeren sahanın yerbulduru haritaları

Alacantara-Ayala (2002), tarafından doğal afetlere yönelik olarak yapılan değerlendirmelerde, heyelanların dünya üzerindeki dağılımı incelenmiş ve istatistiki olarak ortaya konmuştur.

Al-Homoud vd. (1997), heyelan nedeniyle oturmuş bir otoyol dolgusu özelinde yamaç stabilitesi sağlayan metotlar arasında karşılaştırma yapmışlardır.

Anonim (2004), Japon Uluslararası İşbirliği Ajansı ile yaptıkları ortak çalışmalarda Türkiye’de meydana gelen doğal afetleri incelemiş ve “Türkiye’de Doğal Afetler” konulu ülke strateji raporunu oluşturmuştur.

Anonim (2008), tarafından Karayolları Genel Müdürlüğü için yapılan çalışmalar neticesinde şev stabilite analizlerine esas yatay deprem katsayıları haritası oluşturulmuştur.

Atalay ve Bekaroğlu (1973), yaptıkları çalışmalarda heyelanlar ve heyelanların mühendislikteki uygulamalarını araştırmışlardır.

Aydan vd. (1996), yaptıkları çalışmalarda Türkiye’deki depremlemlerin karakteristiklerini incelemiş ve Türkiye için bir azalım denklemi geliştirmişlerdir.

Barka vd. (1983), 1983 Horasan – Narman depremi ile ilgili çalışmalar yapmış ve bu depremin Doğu Anadolu neotektoniğindeki yeri ve önemini incelemişlerdir.

Beyaz (2004), tarafından yapılan çalışmalarda zemin etkisinden arındırılmış deprem kayıtları kullanılarak Türkiye için yeni bir azalım denklemi geliştirilmiştir.

Bıçakçı ve Özgür (1995), yaptıkları çalışmalarda Doğu Karadeniz Bölgesinde Karayolu ağı üzerinde meydana gelen heyelanları incelemişler ve bu heyelanları önleme metotları üzerine araştırmalar gerçekleştirmişlerdir.

Bozkuş (1999), yaptığı çalışmalarda Karakurt (Kars) yöresinin jeomorfolojik evriminde volkanizma ve tektoniğin etkisi ile ilgili incelemeler yapmıştır.

Campbell (1997), Kaliforniya ve Kuzey Amerika için geliştirdiği azalım denklemini deprem kayıtlarından elde edilen pik yer ivmesinin yatay ve düşey bileşenleri göz önünde bulundurarak revize etmiştir.

Cooper (1984), kesme dayanımının geriye hesaplanması ile ilgili olarak çalışmalar yapmış ve içsel sürtünme açısının sıfır kabul edilmesi ile kohezyonun geriye analizle hesaplanmasının oluşturacağı sakıncaları incelemiştir.

Çeken (2007), tarafından yapılan çalışmalarda Marmara Bölgesi deprem verileri kullanılarak yeni bir azalım ilişkisi geliştirilmiştir.

Doğu vd. (1989), 23 Haziran 1988 yılında meydana gelen Çatak Heyelanı (Trabzon – Maçka) ile ilgili incelemelerde bulunmuşlar ve heyelanın oluşum mekanizması ile ilgili çalışmalar gerçekleştirmişlerdir.

Duman vd. (2009), Türkiye Heyelan Envanteri çalışmaları kapsamında yaptıkları çalışmalarda 1/500.000 Ölçekli Erzurum Paftasını oluşturmuşlardır.

Duncan ve Wright (2005), yaptıkları çalışmalarda zemin şevlerinin duraylılığını incelemişler, şev yenilmelerinin nedenlerini ve duraylılık analiz yöntemlerini araştırmışlardır.

Erdik vd. (2006), Türkiye için yaptıkları probabilistik sismik tehlike analizleri sonucunda, karayolu, demiryolu, kıyı yapıları ve hava meydanları için kullanılmak üzere pik ivme haritaları oluşturmuşlardır.

Erentöz (1954), yaptığı çalışmalarda Aras Havzasının jeolojik ve tektonik özelliklerini incelemiştir.

Eşder (1967), Orta Aras depresyon bölgesinin 1/25000 ölçekte detaylı petrol etütlerini gerçekleştirmiştir.

Fredlund (1986), zemin suyunun şev stabilitesi analizlerindeki etkisini karşılaştırmıştır.

Fukushima ve Tanaka (1990), tarafından yapılan çalışmalarda Japonya için o dönemdeki en son veriler kullanılarak yeni bir atenasyon denklemi geliştirilmiştir.

Goodman ve Bray (1976) tarafından yapılan çalışmalarda devrilme türleri ve devrilme mekaniği incelenmiştir.

Gülkan vd. (1993), yaptıkları çalışmalarda çalıştıkları döneme ait en son verileri kullanarak Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası'nı yenilemişlerdir.

Gülkan ve Kalkan (2002), çalıştıkları dönemde meydana gelen yeni depremlere dayanarak Türkiye için yeni bir atenasyon denklemi geliştirmişlerdir.

Hasgür (1996), yaptığı çalışmalarda deprem risk analizlerinde kullanılan azalım ilişkilerini incelemiş ve Türkiye için de önerilerde bulunmuştur.

Ildır (1995), yaptığı çalışmada Türkiye'de heyelanların dağılımını incelemiş ve Afet Yasası ile ilgili uygulamalar geliştirmiştir.

Joyner ve Boore (1988), Kaliforniya depremleri üzerine yaptıkları çalışmalar sonucunda bu bölge için bir azalım denklemi geliştirmişlerdir.

Karamanderesi (1970), Kars H49-b3-c2 paftalarının 1/25000 ölçekte detaylı petrol etütlerini gerçekleştirmiştir.

Kayabalı (1995), sismik tehlike analizleri ile ilgili yaptığı incelemelerde deterministik ve probabilistik sismik tehlike analizleri ile ilgili teorik ve uygulamalı çalışmalar yapmıştır.

Kayabalı (2002), güncel tektonik verileri kullanarak Türkiye için yeni bir sismik tehlike modellemesi yapmıştır.

Kayabalı ve Akın (2003), yaptıkları çalışmalarda deterministik yaklaşımlar kullanarak Türkiye için yeni bir sismik tehlike haritası oluşturmuşlardır.

Kayabalı ve Beyaz (2011), Türkiye'nin depremselliği ile ilgili olarak yaptıkları çalışmalar sonucunda Türkiye için yeni bir azalım ilişkisi geliştirmişlerdir.

Keller (2000), çevre jeolojisi üzerine yaptığı çalışmalarda, heyelanlar üzerinde suyun etkisini araştırmıştır.

Keskin (1998), Erzurum-Kars Platosu volkaniklerinde yaptığı çalışmalarda çarpışma kökenli volkanizmanın volkano-stratigrafisi ve evrimini incelemiştir.

Ketin (1976), tarafından yapılan çalışmalarda San Andreas Fayı ve Kuzey Anadolu Fayı arasında karşılaştırmalar yapılarak, benzer ve farklı yönleri irdelenmiştir.

Kıral ve Çağlayan (1980), yaptıkları çalışmalarda Kars-Ağrı-Taşlıçay civarının jeolojisi ve stratigrafisini incelemişlerdir.

Koçyiğit (1983), Doğu Anadolu Bölgesini kapsayan çalışmalarında bölgenin depremselliğini incelemiştir.

Koçyiğit (1985), yaptığı çalışmalarda tektonik açıdan Karayazı Fayı'nı ve fay mekanizmasını incelemiştir.

Kramer (1996), sismik şev stabilitesi açısından psödo-statik katsayıların seçimi ile ilgili çalışmalar yapmıştır.

Musallam (1989), yaptığı çalışmalarda Aras Havzası'ndaki ofiyolitik kayaçların jeolojik ve petrografik incelemelerini gerçekleştirmiştir.

Önalp ve Arel (2004), heyelanlar genel özellikleri ve oluşum koşulları bakımından incelemişler ve oluşum mekanizmalarına göre heyelan çeşitlerini ortaya koymuşlardır.

Özbey vd. (2004), yaptıkları çalışmalarda 17 Ağustos Kocaeli ve 12 Kasım 1999 Düzce depremlerine ait deprem verilerinden yola çıkarak Türkiye için bir azalım ilişkisi geliştirmişlerdir.

Özşahin (2013), tarafından yapılan istatistiki çalışmalarda Türkiye'de meydana gelen heyelanlar derlenmiş ve Türkiye'nin heyelanlı alanları ve heyelan potansiyeli haritalar ve istatistiki veriler ile ortaya konulmuştur.

Öztürk (2002) tarafından yapılan çalışmalarda heyelanlar ve Türkiye'de oluşturdukları etkiler incelenmiştir.

Sabetta ve Pugliese (1987), yaptıkları çalışmalarda İtalya için deprem kayıtlarını kullanarak atenasyon denklemi geliştirmişlerdir.

Sarsby (2000), çevre jeotekniği üzerine yaptığı çalışmalarda, çevresel etkilerin heyelanlar üzerindeki etkilerini de incelemiştir.

Schuster ve Fleming (1986), yaptıkları çalışmalarda heyelanları verdikleri ekonomik kayıplar ve zararlar yönünden inceleyerek, sosyo – ekonomik etkilerini ortaya koymuşlardır.

Sertel ve Şener (2007), Kağızman (Kars) ve çevresinde yaptıkları çalışmalarda yörenin genel jeolojisini incelemiştir.

Sevindi vd. (2004), yaptıkları çalışmalarda Akdam (Kağızman-Kars) Heyelanını ve oluşum mekanizmasını incelemişlerdir.

Seyrek ve Tosun (2013), yaptıkları çalışmalarda sismik tehlike analiz yöntemlerini kullanarak Türkiye'deki büyük beton barajlar üzerinde deprem etkisini incelemişlerdir.

Sümengen (2009), tarafından yapılan çalışmalarda 1/100000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları kapsamında Kars-H50 paftası oluşturulmuştur.

Şahin (1996), Gököy (Ordu) civarında yaptığı çalışmalarda Aydoğan ve yakın çevresindeki heyelanları incelemiş ve oluşum mekanizmaları yönünden ortaya koymuştur.

Şaroğlu ve Güner (1979), Tutak Fayı üzerinde yaptıkları çalışmalarda, Fayın neotektonik özelliklerini incelemişler ve Çaldıran Fayı ile olan ilişkisini ortaya çıkarmaya çalışmışlardır.

Şaroğlu ve Yılmaz (1988), Doğu Anadolu'da yaptıkları tektonikle ilgili çalışmalarında bölgenin neotektonik unsurlarını belirlemiş ve neotektonik haritasını oluşturmuşlardır.

Şenalp (1969), yaptığı çalışmalarda Tuzluca (Kars) yöresinin 1/25000 ölçekte detay petrol etüdünü gerçekleştirmiştir.

Taşdemiroğlu (1985), yaptığı çalışmalarda Türkiye'de meydana gelen heyelan ve kaya düşmelerinin dağılış durumunu anlamak için 1600 heyelan ve 200 kaya düşmesini incelemiş ve Türkiye için bir heyelan ve kaya düşmeleri dağılım haritası hazırlamıştır. Aynı çalışmada ayrıca heyelanların geliştiği kaya türlerini de inceleyerek Türkiye için litoloji ve yaşa göre de bir heyelan dağılımı ortaya koymuştur.

Temiz (2005), Karabük örneği üzerinden giderek coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak heyelan duyarlılık haritaları hazırlanması üzerine çalışmalar gerçekleştirmiştir.

Terzaghi (1950), heyelan mekanizmasını incelemiş ve yaptığı çalışmalarda suyun heyelan malzemeleri ve heyelanın kayma dairesi üzerindeki kayganlaştırıcı etkisini incelemiştir.

Tüysüz (1991), Kazıkkaya (Kağızman – Kars) ve çevresinde yaptığı çalışmalarda bölgedeki plaserlerdeki altın dağılımını ve kökenini incelemiştir.

Ulusay vd. (2004), yaptıkları çalışmalarda Türkiye’deki deprem verileri ve eř ivme haritasını temel alan bir azalım denklemi geliştirmişlerdir.

Ünsal (2005) tarafından yapılan derleme çalışmalarında Dünyada ve Türkiye’de can ve mal kaybına yol ačan önemli heyelanlar incelenmiş ve istatistiki bilgiler verilmiştir.

Varnes (1978), yaptığı çalışmalarda heyelan hareket tiplerini ve gelişimini inceleyerek, heyelan analizlerinde ve kontrol çalışmalarında kullanımını araştırmıştır.

Yılmaz ve Sendir (2004), heyelanlar ve nedenleri üzerine çalışmalar yapmışlar ve heyelanları çevresel açıdan incelemişlerdir.

Yılmaz vd. (1988), Erzurum’un güneydoğusunda yer alan Hınıs, Tekman ve Karayazı civarının jeolojisi ile stratigrafik ve tektonik özelliklerini incelemişlerdir.

2. MALZEME VE YÖNTEM

2.1 Malzemeler

2.1.1 Sondaj ve arazi çalışmaları

Projeye ait sondaj çalışmalarına başlanmadan önce, sondajların planlanabilmesi amacıyla araziye gidilerek, yol güzergahının geçtiği kesimler jeolojik, hidrojeolojik ve mühendislik jeolojisi özellikleri açısından incelenmiştir. Bu kapsamda birimlerin arazideki yüzeysel jeolojik özellikleri, bozuşma ve dayanımları ile kazı klasları belirlenmiş, yüzeysel su kaynakları (kuru ve sulu dereler, kaynaklar, heyelan gölleri vb.) tespit edilmiş, heyelanlı birimlerin 2 boyutlu alansal dağılımları ile yüzeysel geometrisi ortaya çıkarılmış ve elde edilen bulgular ışığında, alternatif güzergâhlar araştırılmıştır. Alternatif geçiş güzergâhları da göz önünde bulundurularak, sondaj çalışmaları planlanmıştır.

Sondaj çalışmaları kapsamında toplam 11 adet, toplam 204 m jeoteknik sondaj yapılmıştır. Sondajlardan 2 tanesi ilk planlanan yol güzergahı yakınında ve heyelan içerisinde, 9 tanesi ise yeni belirlenen güzergah yakınında ve heyelan malzemesi içinde yapılmıştır. Tez çalışmasına konu olan aktif heyelanlı kesimlerin km aralıkları ve yapılan sondaj çalışmaları çizelge 2.1’de verilmiştir.

Çizelge 2.1 Aktif heyelanlı kesimlerin km aralıkları ve yapılan sondajlar

Heyelan Km Aralığı	Heyelan No	Yapılan Sondajlar
82+300 – 82+650	H.0	SK – 20, SK – 21
82+650 – 82+750	H.1	SK – 22, SK – 23, SK – 24
82+750 – 82+900	H.2	SK – 25
82+900 – 83+000	H.3	SK – 26, SK – 28
83+880 – 83+940	H.4	SK – 29, SK – 30, SK – 31

Bu noktadan itibaren tez içerisinde heyelanlardan bahsedilirken yukarıda verilen heyelan numaralandırılması kullanılacaktır. Çizelge 2.1’de Km: 82+300 – 82+650 aralığı H.0 olarak nitelendirilmiştir. Çünkü bu alanda yapılan çalışmalar neticesinde güzergah değişikliğine gidilmiş ve yol heyelanlı alandan çıkarılmıştır. H.0 heyelanı için yapılan güzergah değişikliği ilerleyen bölümlerde açıklanacaktır. Diğer kesimlerde ise heyelanlı alanlardan uygun yol geçiş şekli için yapılan çalışmalar tek tek açıklanacaktır.

Güzergah üzerinde yapılan sondajlara ait km, kot-koordinat bilgileri çizelge 2.2’de sunulmuştur.

Çizelge 2.2 Arazide yapılan sondajlara ait km, kot-koordinat bilgileri

Sondaj No	Lokasyon (Km)	X	Y	Z (m)	Derinlik (m)
SK – 20	82+350 (90 m KD’da) 82+625 (Eski güzergah)	609053,84	4438148,13	1853,0	20,0
SK – 21	83+915 (185 m GD’da) 83+100 (eski güzergah, 75 m GD’da)	609082,48	4438550,86	1834,0	30,0
SK – 22	82+685 (25 m B’da)	608815,36	4438396,13	1874,7	15,0
SK – 23	82+710 (20 m D’da)	608860,75	4438420,49	1871,0	15,0
SK – 24	82+715 (68 m KD’da)	608430,28	4438909,27	1863,5	20,0
SK – 25	82+830 (13 m KB’da)	608864,90	4438541,25	1876,2	25,0
SK – 26	82+932 (55 m KD’da)	608862,85	4438654,59	1876,3	15,0
SK – 28	82+925 (18 m GD’da)	608929,88	4438621,46	1865,3	15,0
SK – 29	83+905 (20 m KB’da)	609352,66	4439329,84	1841,0	15,0
SK – 30	83+913 (90 m GD’da)	609452,29	4439272,77	1816,3	20,0
SK – 31	83+913 (155 m GD’da)	609502,47	4439232,91	1805,4	14,0

Sondajlarda killi malzeme altında çoğunlukla kilaşı – marn birimi görülmüştür. Bu kesimlerde iyi karot alınamadığından, formasyonun daha iyi tanımlanabilmesi amacıyla her 1,5 metrede bir TSE standartlarına göre SPT (Standart Penetrasyon Testi) yapılmış ve uygun zeminlerden UD (örselenmemiş) örnekleri alınmıştır. Sondajlarda 134 adet SPT yapılmış, 34 adet UD örneği alınmıştır. Yapılan sondajlardan alınan SPT örnekleri üzerinde zeminlerin indeks özelliklerinin, UD örnekleri üzerinde ise dayanım özelliklerinin belirlenmesine yönelik olarak laboratuvar deneyleri yapılmıştır. Yapılan

deneyler ve deney sonuçları ile ilgili özet bilgiler “Laboratuvar Çalışmaları” başlığında sunulacaktır.

Yapılan SPT deneylerine ait sonuçlar ve alınan UD örnekleri toplu olarak çizelge 2.3’tedir.

Çizelge 2.3 Sondajlarda yapılan SPT’lerde elde edilen N değerleri

Derinlik (m)		Sondaj No										
		SK-20	SK-21	SK-22	SK-23	SK-24	SK-25	SK-26	SK-28	SK-29	SK-30	SK-31
SPT N Değeri	1,5	15	9	14	15	8	11	11	6	7	7	15
	3,0	UD	UD	UD	UD	UD	UD	UD	UD	UD	UD	UD
	3,5	18	16	11	26	12	19	23	6	28	12	36
	4,5	22	20	11	19	15	34	57	9	11	11	23
	6,0	21	UD	UD	UD	UD	UD	UD	UD	UD	UD	UD
	6,5	-	32	14	5	17	50/10	50/10	18	13	10	27
	7,5	UD	59	42	8	20	50/9	50/10	42	27	24	30
	8,0	39	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	8,5	-	-	-	-	-	-	UD	-	-	-	-
	9,0	47	UD	UD	UD	UD	UD	50/9	UD	UD	UD	UD
	9,5	-	50/11	56	11	11	50/12	-	50/10	66	52	34
	10,5	UD	50/7	50/7	29	55	66	50/10	50/11	50/10	30	47
	11,0	50/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	12,0	50/13	50/10	50/10	43	50/7	20	50/7	50/7	50/4	26	53
	13,5	50/14	50/14	50/3	58	50/8	50/8	50/9	50/5	50/5	28	65
	15,0	41	UD	50/3	50/10	50/10	50/3	50/4	50/4	50/7	27	14 m Kuyu Sonu
	15,5	-	17	15 m Kuyu Sonu	15 m Kuyu Sonu	-	-	15 m Kuyu Sonu	15 m Kuyu Sonu	15 m Kuyu Sonu	-	
	16,5	50/9	50/11			50/7	50/4				29	
	18,0	50/7	41			50/9	50/3				31	
	19,5	50/4	50/9			50/5	50/5				50/10	
	21,0	20 m Kuyu Sonu	50/7			20 m Kuyu Sonu	50/7				20 m Kuyu Sonu	
	22,5		50/5	50/3								
	24,0		50/4	50/2								
	25,5		50/7									
	27,0		54									
28,5	50/6											
30,0	50/4											
31,5	30 m Kuyu Sonu											
33,0												
34,5												

Yapılan sondajlarda yeraltı su seviyesi 2,00 – 13,00 metreler arasında değişmektedir. Sondajlarda ölçülen yeraltı su seviyeleri çizelge 2.4’te verilmiştir. Bu yeraltı su seviyeleri kayma derinliğinin belirlenmesinde de yardımcı olmuştur.

Çizelge 2.4 Sondajlarda ölçülen yeraltı su seviyeleri

Sondaj No	Sondaj Derinliği (m)	Yeraltı Su Seviyesi (m)
SK – 20	20,0	3,00
SK – 21	30,0	2,00
SK – 22	15,0	2,00
SK – 23	15,0	3,50
SK – 24	20,0	2,00
SK – 25	25,0	3,00
SK – 26	15,0	7,00
SK – 28	15,0	3,00
SK – 29	15,0	3,50
SK – 30	20,0	3,50
SK – 31	14,0	4,00

Yapılan sondajlarda çoğunlukla üstte killi malzeme ve altında çoğunlukla kilaşı – marn birimi görülmüştür. Bu kesimlerde iyi karot alınamadığından, formasyonun daha iyi tanımlanabilmesi amacıyla her 1,5 metrede bir SPT yapılmış ve üstteki yumuşak kesim ile alttaki sert kesim arasındaki sınır kesin N sayıları ile saptanmaya çalışılmıştır. Bu sınır çoğunlukla aktif kayma sınırındır. Aktif kayma sınırlarının belirlenmesinde N değerlerindeki ani değişim dışında, ayrıca kayma derinliği civarında sondajda su kaçakları ve boşluklar belirlenmiştir. Bu özellikler yardımı ile kayma derinlikleri belirlenmiş ve belirlenen kayma geometrisi yardımı ile geri analizler gerçekleştirilmiştir.

Her bir sondaja ait bilgiler “Heyelanlar” ile ilgili açıklamalar içerisinde ayrıca verilecektir.

2.1.2 Laboratuvar çalışmaları

Sondaj çalışmalarında killi malzeme altında çoğunlukla kıltaşı/marn birimi görülmüştür. Kıltaşı/marn içinde iyi karot alınamadığından, bu birimler hakkında sağlıklı fikir edinilebilmesi için karot alınmayan kesimlerde de SPT yapılmaya devam edilmiştir. Dolayısıyla tüm örnekler SPT ve UD örneği şeklindedir. Sondajlardan 134 adet SPT ve 35 adet UD örneği alınmıştır.

33 adet SPT örneği üzerinde birimlerin indeks özelliklerini belirlemeye yönelik olarak elek analizleri, su içeriği ve Atterberg Limitleri deneyleri, 25 adet UD örneği üzerinde ise hem indeks özellikleri belirleme deneyleri, hem de dayanım parametrelerini belirlemek için, üç eksenli ve tek eksenli basınç dayanımı deneyleri ile kesme kutusu deneyleri yapılmıştır. Tüm deneyler TS standartlarına uygun olarak gerçekleştirilmiştir.

Heyelan alanında açılan sondajlardan alınan örnekler üzerinde yapılan deney sonuçları indeks özellikler açısından incelendiğinde zemin sınıflarının genel olarak CL ve CH, az miktarda da SC çıktığı gözlenmiştir. Kayma malzemesi içinden alınan numunelerde zemin sınıfları ise CL ve CH sınıfıdır. Killi birimlerde 4 nolu elek üstü malzeme miktarı % 0,0-8,2 arasında, 200 nolu elekten geçen malzeme miktarı %54,3-95,8 arasında, kumlu birimlerde ise, 4 nolu elek üstü malzeme miktarı % 5,3-24,0 arasında 200 nolu elekten geçen malzeme miktarı ise % 15,6-41,5 arasında değişmektedir. Buna göre killi birimlerin çok az bir miktar da olsa kum ve çakıl, kumlu birimlerin ise önemli miktarda kil, bir miktar da çakıl içerdiği görülebilmektedir.

Killi örneklerin likit limitleri $LL = \% 29,3-83,5$ arasında, kumlu örneklerin ise, $LL = 26,5-32,5$ arasında değiştiği belirlenmiştir. Killi örneklerin plastisite indisleri $PI = \% 12,9-49,4$ kumlu örneklerin ise $PI = \% 10,7-16,4$ arasındadır. Bu sonuçlara göre killi malzemeler çoğunlukla orta-yüksek plastik, kumlu örnekler ise düşük plastik özellikler göstermektedir. Killi örnekler oldukça farklı elek aralıklarında olduklarından LL aralığı oldukça geniştir.

Örnekler dayanım açısından incelendiğinde kayan malzeme içinden alınan UD örnekleri üzerinde yapılan üç eksenli basınç dayanımı deneyi sonuçlarına göre dayanım parametreleri (kohezyon: c_u ve içsel sürtünme açısı: ϕ_u); $c_u = 60 - 78$ kPa, $\phi_u = 5 - 12^\circ$ arasında, kesme deneyi sonucu elde edilen rezidüel dayanım parametreleri (kohezyon: c_r ve içsel sürtünme açısı: ϕ_r); $c_r = 0 - 5$ kPa, $\phi_r = 10 - 19^\circ$ arasında değişmektedir. Görüldüğü gibi heyelan malzemesi içinden ve çoğunlukla kayma sınırına yakın kesimlerden alınan numunelerin rezidüel dayanım değerleri, heyelanlar aktif durumda olduklarından oldukça düşük çıkmıştır.

Kayma malzemesi altındaki killi birimlerden alınan örnekler üzerinde yapılan üç eksenli basınç dayanımı deneylerinde ise dayanım parametreleri $c_u = 69 - 98$ kPa, $\phi_u = 6 - 9^\circ$ arasındadır. Yine kayma malzemesi altındaki killi malzeme içinden alınan UD numunesi üzerinde yapılan tek eksenli sıkışma dayanımı deneyi sonucunda $q_u = 277$ kPa olarak bulunmuştur.

Tüm deney sonuçları genel olarak incelendiğinde, hem arazinin genel yapısı, hem de sondaj deney sonuçları ile uyumlu oldukları görülmüştür. Ayrıca tüm sonuçlar kendi içinde çoğunlukla birbirleri ile de uyumludur.

Yukarıda kısaca incelenen deneylere ait sonuçlar çizelge 2.5'te sunulmuş, eklerde ise ayrıntılı olarak verilmiştir.

Aşağıda özet sonuçları verilen deneyler arasında tez çalışması açısından en önemlisi kesme kutusu deneyidir. Kesme kutusu deneyi sonucu elde edilen rezidüel kesme dayanımı parametreleri ile geri analizlerden elde edilen kesme dayanımı parametreleri karşılaştırılarak, hesaplama ve analizlerde kullanılacak rezidüel kesme dayanımı parametreleri belirlenmiştir.

Bu başlık altında genel olarak irdelenen deney sonuçları, teze konu olan heyelan anlatımları içerisinde daha ayrıntılı olarak her bir heyelanlı aralık için ayrı ayrı irdenelenecektir.

Çizelge 2.5 Laboratuvar deney sonuçları

Sondaj No	Örnek No	Der. (m)	Su İçeceği	Elek Analizi		Atterberg Limitleri		Doğal Birim Hacim Ağır. (kN/m³)	Kuru Birim Hacim Ağır. (kN/m³)	Zemin Sınıfı	Tek Eksenli Basınç Deneyi (kg/cm²)	Üç Eks. B. Deneyi		Kesme Deneyi				Kons. Deneyi	
				No.4 Kalan %	No. 200 Geçen %	LL %	PI %					c kPa	φ (°)	Pik		Rezidüel		Şişme (%)	Şişme Basıncı (kg/cm²)
														c kPa	φ (°)	c kPa	φ (°)		
SK-21	UD-1	3,00	19,3	4,7	65,1	70,0	41,1	18,28	15,32	CH	-	72	8	-	-	-	-	-	-
SK-21	UD-2	6,00	19,5	0,0	93,1	55,2	27,4	-	-	CH	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SK-21	UD-3	9,00	25,5	0,0	85,3	67,2	38,8	18,24	14,53	CH	-	60	8	-	-	-	-	-	-
SK-21	UD-4	15,00	17,7	0,0	75,5	52,6	29,1	-	-	CH	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SK-21	SPT-12	18,00	19,7	0,0	92,2	57,2	31,3	-	-	CH	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SK-21	SPT-16	24,00	22,1	0,0	95,1	54,1	31,0	-	-	CH	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SK-21	SPT-18	27,00	20,1	0,0	92,2	52,6	27,6	-	-	CH	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SK-22	UD-1	3,00	17,2	0,0	84,5	38,1	20,4	-	-	CL	-	-	-			-	-	-	-
SK-22	UD-2	6,00	25,7	4,4	66,1	47,1	24,8	18,26	14,53	CL	-	63	7	11	30	2	14	-	-
SK-22	UD-3	9,00	24,1	0,0	91,2	60,1	33,6	18,39	14,82	CH	-	91	6	17,8	32	2	18	1,45	0,151
SK-22	SPT-8	12,00	12,3	5,3	41,5	26,0	10,7	-	-	SC	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SK-23	SPT-1	1,50	9,3	5,8	57,3	31,1	14,4	-	-	CL	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SK-23	UD-1	3,00	23,1	2,2	77,1	51,2	28,5	18,14	14,74	CH	-	62	6	-	-	-	-	-	-
SK-23	SPT-2	3,50	13,6	0,0	94,2	58,2	29,1	-	-	CH	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SK-23	SPT-3	4,50	27,3	0,0	92,9	51,5	27,3	-	-	CH	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SK-23	UD-2	6,00	20,5	2,5	74,4	44,1	21,8	18,09	15,01	CL	-	-	-	15	30	2	16	0,63	0,072
SK-23	SPT-5	7,50	34,1	0,0	85,2	41,5	21,2	-	-	CL	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SK-23	UD-3	9,00	33,5	0,0	89,7	40,1	20,0	17,79	13,33	CL	-	-	-	-	-	-	-	0,75	0,081
SK-23	SPT-7	10,50	25,2	0,0	91,5	60,3	33,3	-	-	CH	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SK-23	UD-4	12,00	23,2	0,0	93,1	41,0	20,9	19,25	15,17	CL	-	95	8	-	-	-	-	-	-

Çizelge 2.5 Laboratuvar deney sonuçları (devam)

Sondaj No	Örnek No	Der. (m)	Su İçeceği	Elek Analizi		Atterberg Limitleri		Doğal Birim Hacim Ağır. (kN/m³)	Kuru Birim Hacim Ağır. (kN/m³)	Zemin Sınıfı	Tek Eksenli Basınç Deneyi (kg/cm²)	Üç Eks. B. Deneyi		Kesme Deneyi				Kons. Deneyi	
				No.4 Kalan %	No. 200 Geçen %	LL %	PI %					c kPa	φ (°)	Pik		Rezidüel		Şişme (%)	Şişme Basıncı (kg/cm²)
														c kPa	φ (°)	c kPa	φ (°)		
SK-24	SPT-1	1,50	31,1	0,0	93,3	56,5	33,5	-	-	CH	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SK-24	UD-1	3,00	39,4	0,0	96,5	64,2	32,7	18,08	-	CH	-	-	-	12	27	0	19	-	-
SK-24	UD-2	6,00	26,8	0,0	88,3	59,5	32,8	18,32	14,45	CH	-	60	8	-	-	-	-	-	-
SK-24	UD-3	9,00	42,3	4,1	69,1	44,2	23,0	-	-	CL	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SK-24	SPT-7	11,50	22,2	0,0	90,9	52,4	28,4	-	-	CH	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SK-24	SPT-8	12,00	21,5	0,0	92,4	55,1	32,1	-	-	CH	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SK-24	SPT-11	16,50	12,3	0,0	86,0	52,6	29,8	-	-	CH	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SK-25	SPT-1	1,50	25,8	0,0	91,2	61,2	33,7	-	-	CH	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SK-25	UD-1	3,00	18,3	0,0	78,1	61,5	33,7	17,92	14,55	CH	-	66	5	20	22	1	15	-	-
SK-25	UD-2	6,00	38,1	0,0	95,8	63,4	33,0	18,45	-	CH	-	-	-	15	31	3	19	-	-
SK-25	UD-3	9,00	23,2	0,0	92,2	57,5	33,0	18,55	15,11	CH	-	76	7	-	-	-	-	-	-
SK-25	SPT-8	12,00	27,5	8,5	54,3	50,0	29,7	-	-	CH	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SK-25	UD-4	14.50	22,3	0,0	95,2	40,0	22,3	19,36	15,18	CL	-	98	6						
SK-26	SPT-1	1,50	28,2	0,0	94,4	56,2	32,3	-	-	CH	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SK-26	UD-1	3,00	38,6	0,0	96,1	58,5	30,7	18,22	-	CH	-	-	-	16	23	2	15	-	-
SK-26	UD-2	6,00	22,1	0,0	85,3	83,5	49,4	18,51	15,31	CH	-	73	8	-	-	-	-	-	-
SK-26	UD-3	8,50	20,9	0,0	91,4	70,0	42,9	18,89	15,47	CH	-	78	12	-	-	-	-	-	-
SK-26	SPT-7	12,00	19,0	0,0	89,1	52,5	29,1	-	-	CH	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SK-26	SPT-9	15,00	28,6	0,0	90,1	45,2	26,2	-	-	CL	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SK-28	SPT-1	1,50	8,2	4,2	67,9	31,3	12,9	-	-	CL	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SK-28	SPT-2	3,50	7,2	24,0	51,1	31,3	14,6	-	-	CL	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SK-28	SPT-3	4,50	9,7	2,7	69,9	36,8	27,7	-	-	CL	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Çizelge 2.5 Laboratuvar deney sonuçları (devam)

Sondaj No	Örnek No	Der. (m)	Su İçeği	Elek Analizi		Atterberg Limitleri		Doğal Birim Hacim Ağır. (kN/m³)	Kuru Birim Hacim Ağır. (kN/m³)	Zemin Sınıfı	Tek Eksenli Basınç Deneyi (kg/cm²)	Üç Eks. B. Deneyi		Kesme Deneyi				Kons. Deneyi	
				No.4 Kalan %	No. 200 Geçen %	LL %	PI %					c kPa	ϕ (°)	Pik		Rezidüel		Şişme (%)	Şişme Basıncı (kg/cm²)
														c kPa	ϕ (°)	c kPa	ϕ (°)		
SK-28	SPT-4	6,50	9,4	3,6	64,2	32,1	14,9	-	-	CL	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SK-28	SPT-5	7,50	17,3	0,0	90,2	33,2	16,4	-	-	CL	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SK-28	SPT-8	9,50	24,8	0,0	94,1	64,1	34,3	-	-	CH	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SK-28	SPT-9	12,00	20,8	0,0	92,6	61,2	35,8	-	-	CH	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SK-29	SPT-1	1,50	19,5	0,0	92,6	57,1	29,5	-	-	CH	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SK-29	SPT-3	4,50	16,5	0,0	91,5	63,4	37,1	-	-	CH	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SK-29	UD-2	6,00	19,7	0,0	90,6	42,7	25,2	18,32	-	CL	-	-	17	25	3	17	-	-	-
SK-29	UD-3	9,00	24,0	2,7	74,1	37,1	14,9	18,81	15,17	CL	2,77	-	-	-	-	-	-	-	-
SK-29	SPT-9	13,50	13,7	2,5	79,1	35,4	16,7	-	-	CL	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SK-30	UD-1	3,00	12,8	3,8	61,4	39,8	21,6	-	-	CL	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SK-30	SPT-8	12,00	7,1	15,5	39,2	32,5	16,4	-	-	SC	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SK-30	SPT-11	16,50	15,1	0,0	84,1	32,3	15,1	-	-	CL	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SK-30	SPT-13	19,50	14,3	8,1	58,0	29,3	12,7	-	-	CL	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SK-31	UD-1	3,00	13,6	2,2	66,0	73,2	41,2	-	-	CH	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SK-31	SPT-3	4,50	16,9	0,0	81,1	55,1	28,8	-	-	CH	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SK-31	UD-2	6,00	16,1	0,0	95,2	57,4	32,4	18,24	15,71	CH	-	61	9	-	-	-	-	-	-
SK-31	UD-3	9,00	24,1	0,0	92,5	55,2	30,6	18,29	14,74	CH	-	69	8	17	27	5	19	-	-

2.2 Yöntemler

2.2.1 Basitleştirilmiş Bishop dilim yöntemi

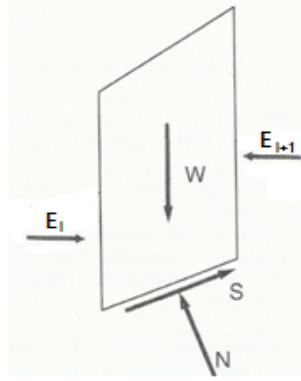
Duraylılık analizleri “Tek Serbest Cisim Yöntemleri” ve “Dilim Yöntemleri” olmak üzere 2 ana başlık altında incelenir. Her iki yöntem “Sınır Denge Analiz Yöntemleri” olarak adlandırılır.

Tek Serbest Cisim Yöntemlerinde; altta varsayılan kayma düzlemi, üstte de şev yüzeyi ile sınırlanan zemin kütesinin tümü için denge göz önünde bulundurulur. Bu yöntemde denge denklemleri yazılır ve tek serbest cisim için çözülür. Sonsuz Şev Yöntemi ve İsveç Kayma Dairesi Yöntemi tek serbest cisim yöntemine örnek olarak verilebilir (Duncan ve Wright 2005).

Dilim yöntemlerinde ise kayma yüzeyinin üstünde kalan zemin kütlesi belirli sayıda düşey dilimlere bölünmek suretiyle denge denklemleri yazılır ve her bir dilim için bu denklemler çözülür. Dilim yöntemlerine örnekler, Basit Dilim Yöntemi, Basitleştirilmiş Bishop Yöntemi ve Spencer Yöntemi olarak verilebilir (Duncan ve Wright 2005).

Bu tez çalışmasında yapılan duraylılık analizleri ve geri analizler Slide.v.5.0 programı yardımı ile gerçekleştirilmiştir. Analizlerde Bishop Dilim Yöntemi kullanılmıştır. Basitleştirilmiş Bishop Dilim Yönteminin mantığı ve güvenlik faktörü hesaplamaları ile ilgili temel bilgiler Duncan ve Wright (2005)’tan özetlenerek bu başlık altında kısaca açıklanmıştır.

Basitleştirilmiş Bishop Dilim Yönteminde dilim kenarlarındaki kuvvetlerin yatay olduğu (yani, dilimler arasında kesme gerilmelerinin sıfır olduğu) varsayılır. Düşey yöndeki dengeyi sağlamak üzere ve her bir dilimin tabanındaki normal gerilmeyi elde etmeye yönelik olarak düşey kuvvetler toplanır (Şekil 2.1).



Şekil 2.1 Bishop dilim yönteminde göz önüne alınan kuvvetler

Şekil 2.1'deki dilim için düşey yöndeki kuvvetleri bileşenlere ayırmak suretiyle, düşey yöndeki kuvvetler için (2.1) denklemi yazılır.

$$N \cos \alpha + S \sin \alpha - W = 0 \quad (2.1)$$

Yönü yukarı doğru olan kuvvetler pozitif olarak alınır. Kesme kuvveti kesme dayanımı ve emniyet faktörü cinsinden (2.2) denklemi yazılabilir.

$$S = s \Delta l / F \quad (2.2)$$

Mohr – Coulomb dayanım denklemindeki efektif gerilmeler cinsinden ifade edilen kesme dayanımları için (2.3) denklemi yazılır.

$$S = (1/F) [c' \Delta l + (N - u \Delta l) \tan \phi'] \quad (2.3)$$

(2.1) ve (2.3) denklemleri birleştirilip, normal kuvvet (N) için çözülürse (2.4) denklemi elde edilir.

$$N = \frac{W - \left(\frac{1}{F}\right)(c' \Delta l \tan \phi') \sin \alpha}{\cos \alpha + (\sin \alpha \tan \phi') / F} \quad (2.4)$$

Dilimin tabanındaki efektif normal gerilme denklem (2.5) ile ifade edilir.

$$\sigma' = \frac{N}{\Delta l} - u \quad (2.5)$$

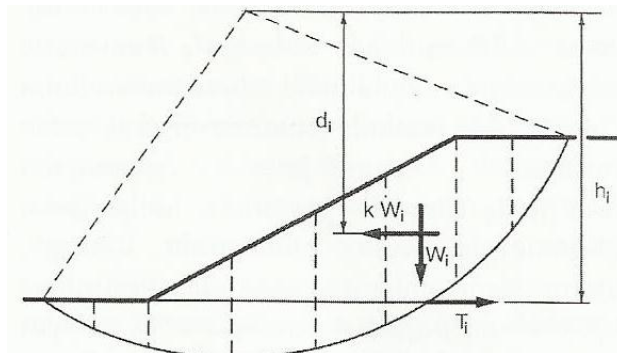
(2.4) ve (2.5) denklemleri birleştirilerek elde edilen denklemi, efektif gerilmeler için daire merkezi etrafındaki momentler denge denkleminde yerine konulmak sureti ile gerekli düzenlemeler yapıldıktan sonra aşağıdaki güvenlik faktörü denklemi yazılabilir.

$$F = \frac{\sum \left[\frac{c' \Delta l \cos \alpha + (W - u \Delta l \cos \alpha) \tan \phi'}{\cos \alpha + (\sin \alpha \tan \phi') / F} \right]}{\sum W \sin \alpha} \quad (2.6)$$

Aynı formül toplam gerilmeler cinsinden ifade edildiğinde güvenlik faktörü denklemi aşağıdaki gibi ifade edilir.

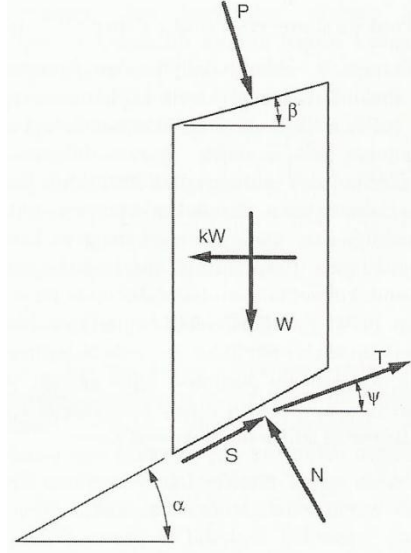
$$F = \frac{\sum \left[\frac{c \Delta l \cos \alpha + W \tan \phi}{\cos \alpha + (\sin \alpha \tan \phi) / F} \right]}{\sum W \sin \alpha} \quad (2.7)$$

(2.6) ve (2.7) güvenlik faktörü denklemlerinde kaydıran kuvvetlerin sadece zemin ağırlığından, direnen kuvvetlerin de sadece kesme dayanımından ileri geldiği kabul edilmiştir. Çoğunlukla şev analizlerinde güvenlik faktörü hesaplamalarına bilinen kaydıran ve direnen kuvvetler ilave olmaktadır (Şekil 2.2)



Şekil 2.2 Bilinen ilave sismik ve donatı kuvvetleri içeren şev

Bu kuvvetler, bir sismik kuvvet (M_n), şev yüzeyindeki su yükleri sebebiyle oluşan bir kuvvet (P) ve dilimin tabanını kesen bir donatı kuvvetini (T) içerir (Şekil 2.3).



Şekil 2.3 Bilinen ilave kuvvetler içeren dilim

Sismik kuvvet, k : sismik katsayı olmak üzere (2.8) denklemi ile ifade edilir.

$$M_n = kW \quad (2.8)$$

P kuvveti dilimin tepesine dik olarak etkir ve yatayla β açısı yapar. T kuvveti de yatayla ψ açısı yapacak şekilde etkir ve tüm düşey kuvvetler F_v ile aşağıdaki gibi ifade edilirler.

$$F_v = -P \cos \beta + T \sin \psi \quad (2.9)$$

(2.8) ve (2.9) eşitlikleri 2.7 denkleminde yerlerine yerleştirilirse, Basitleştirilmiş Bishop Dilim Yöntemi için sismik yükler, güçlendirme ve harici su basınçları gibi bilinen ilave kuvvetleri içerecek şekilde genişletilmiş güvenlik faktörü denklemi elde edilir.

$$F = \frac{\sum \left[\frac{c' \Delta l \cos \alpha + [W - (T \sin \psi - P \cos \beta) - u \Delta l \cos \alpha] \tan \phi'}{\cos \alpha + (\sin \alpha \tan \phi')/F} \right]}{\sum W \sin \alpha - kW/r} \quad (2.10)$$

2.2.2 Dayanımları geriye dönük hesaplama analizleri

Bir şev ya da doğal yamaç kayma şeklinde yenildiğinde, yenilme anında yamaç veya şevdeki koşullarla ilgili olarak önemli bazı bilgiler sağlar ve ayrıca stabilite analiz yöntemlerinin geçerliliğinin kontrol edilmesini sağlar. Şev veya yamaçta yenilme anındaki emniyet katsayısı 1,0 olarak değerlendirilir. Bu bilgiyi uygun bir analiz yöntemi ile birlikte kullanarak, şevin yenildiği an için bir model geliştirmek mümkündür. Model içinde yer alan unsurlar; zeminin birim hacim ağırlıkları ve kesme dayanımı özellikleri, yeraltı suyu ve boşluk suyu basınç koşulları, analiz yöntemi ve yenilme mekanizmasıdır. Böyle bir model yenilmeyi daha iyi anlamaya yardımcı olabilir ve alınması gereken önlemlerin analizi için bir temel oluşturabilir.

Bir yenilme durumundan koşulları belirleme ve şev için uygun bir modelin ortaya konması işlemine “geri analiz” veya “geriye dönük hesaplama” denmektedir (Duncan ve Wright 2005).

2.2.2.1 Ortalama kesme dayanımının geriye dönük hesaplanması

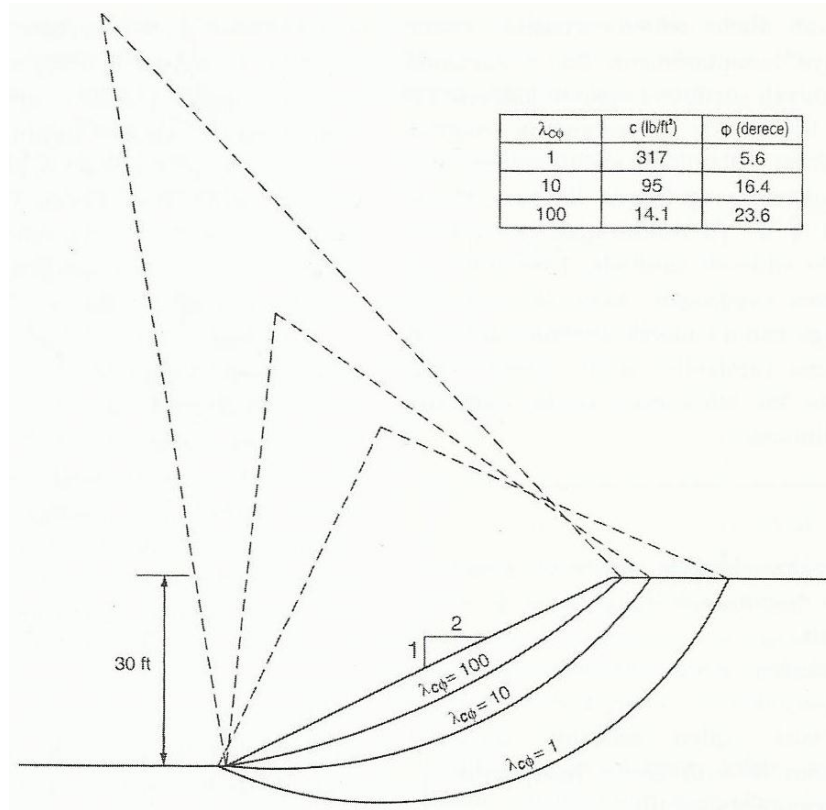
Geri analizlerin en basit şekli, bilinen şev geometrisi ve zemin birim hacim ağırlıklarından ortalama kesme dayanımının hesaplandığı durumdur. Bu işlemde ortalama kesme dayanımının geriye hesaplanabilmesi için; içsel sürtünme açısı sıfır kabul edilerek emniyet faktörünü “1” olarak veren bir kohezyon değeri hesaplanır. Ancak kohezyon olarak ifade edilen ortalama kesme dayanımının hesaplandığı bu uygulama şekli, kesme dayanımının hatalı temsil edilmesine ve istenmeyen sonuçlara yol açar (Cooper, 1984). Eldeki mevcut bilgi sadece şev yenilmesi ise bundan çok daha fazla bir şey yapılamaz. Fakat şevin yenilme zamanına ait olarak kesme dayanımını ve diğer koşulları daha iyi tahmin etmek üzere çoğu zaman daha fazla bilgi mevcuttur.

Eğer şev oluşturulduktan yıllar sonra yenilirse, bu durum için duraylılık analizleri, drenajlı kesme dayanımları ve efektif gerilmeler kullanılarak yapılabilir. Şev inşaat tamamlandıktan kısa bir süre sonra yenilmediği sürece, sürtünme açısı “sıfır” olarak

değerlendirilmez. Deneyimlere dayanarak killerin efektif içsel sürtünme açısı yaklaşık $\phi' = 22^\circ$ olarak ve efektif kohezyonun da (c') düşük bir değer olduğu kabul edilebilir (Duncan ve Wright 2005). Son olarak, gözlemlerden hareketle şevde yenilme zamanındaki sızma koşulları belirlenebilir ve buna göre emniyet faktörünü “1” olarak veren efektif kohezyon (c') değeri geriye doğru hesaplanabilir. Bu durumda kohezyon için birkaç değer varsayılması gerekebilir ve sızma koşulları ile yenilme zamanı açısından en uygun efektif kohezyon (c') değeri seçilir (Duncan ve Wright 2005).

2.2.2.2 Kayma yüzeyi geometrisine göre kesme dayanımı parametrelerinin geriye dönük hesaplanması

Herhangi bir şev için emniyet faktörünü “1” olarak verecek sonsuz sayıda kohezyon (c , c') ve sürtünme açısı (ϕ , ϕ') çifti söz konusu olsa da, bu çiftlerin her biri kritik kayma yüzeyi için farklı yerler verecektir. Bu durum basit bir şev için şekil 2.4’te görsel olarak ifade edilmiştir.



Şekil 2.4 Emniyet faktörünü “1” olarak veren üç farklı kesme dayanımı seti için kritik değerler (Duncan ve Wright 2005)

Şekilde 3 kesme dayanımı parametresi seti ve bunlara karşılık gelen kritik daireler gösterilmiştir. Kesme dayanımı parametresi setlerinin her biri için emniyet faktörü “1” olsa da, kritik kayma yüzeyi farklıdır. Şekil.2.6’de gösterilene benzer basit homojen bir şev için kayma yüzeyi derinliği, aşağıda ifade edilen boyutsuz parametre ($\lambda_{c\phi}$) ile ilişkilidir.

$$\lambda_{c\phi} = \gamma H \tan \phi / c \quad (2.11)$$

Burada H: şev yüksekliği, c ve ϕ de uygun toplam gerilme veya efektif gerilme için dayanım parametrelerini temsil eder.

$\lambda_{c\phi}$ değerleri Şekil 2.4’te kesme dayanımı parametreleri ile birlikte verilmiştir. $\lambda_{c\phi}$ artarken kayma derinliği azalmaktadır. $\lambda_{c\phi}$ sıfır olduğu zaman kayma yüzeyi derin ve $\lambda_{c\phi}$ sonsuz olduğu zaman kayma yüzeyi sıgıdır. Kesme dayanımı parametrelerinin her bir çifti (c- ϕ veya c’- ϕ') özel bir kayma yüzeyine karşılık geldiğinden; kayma yüzeyinin yeri, şevin yenildiği (yani F = 1) bilgisi ile kullanılarak iki kesme dayanımı parametresinin (c- ϕ veya c’- ϕ') değeri geriye hesaplanabilir (Duncan ve Wright 2005).

Tez çalışmasında, yapılan geri analizler ile arazide yapılan çalışmalar ve sondajlar sayesinde kayma yüzeyinin derinliği ve geometrisi belirlendiği için, kayma yüzeyi geometrisine göre kesme dayanımı parametreleri geriye hesaplanmıştır. Geriye analizler sonucu hesaplanan kesme dayanımı parametreleri ile sondajlardan alınan örnekler üzerinde yapılan kesme dayanımı deney sonuçları karşılaştırılarak en uygun kesme dayanımı parametrelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

3. JEOLojİ

3.1 Çalışma Alanı ve Yakın Çevresinin Genel Jeolojisi

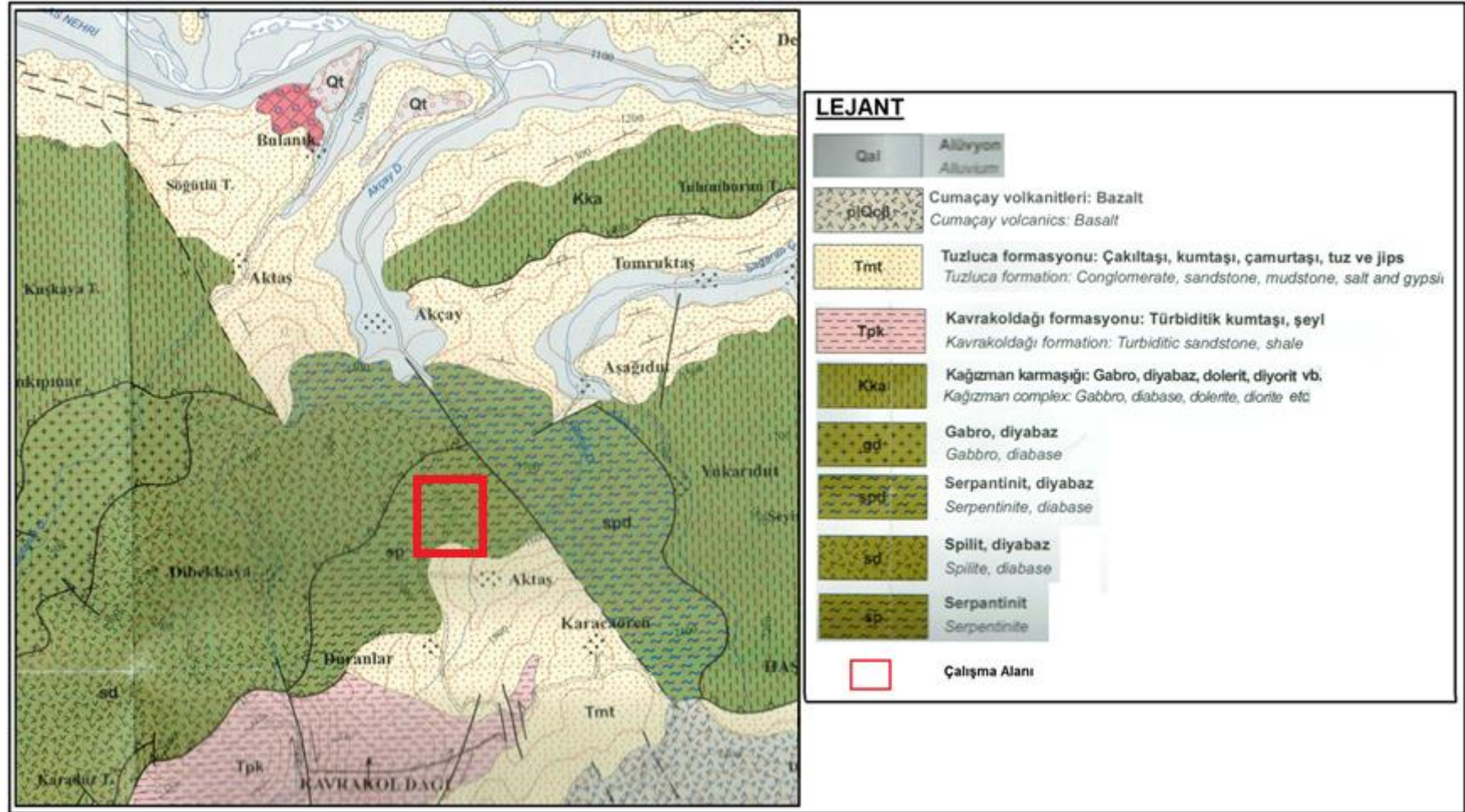
Çalışma alanı ve yakın çevresinde önceki yıllarda çeşitli amaçlarla değişik araştırmacılar tarafından birçok araştırma yapılmıştır (Aktimur vd. 1991, Bozkuş 1999, Erentöz 1954, Eşder 1967-1968, Karamandere 1970, Keskin 1998, Kıral ve Çağlayan 1980, Musallam, 1989, Şenalp 1967-1968, Sertel ve Şener 2007, Sümengen 2009, Tüysüz 1991, Yılmaz 1988). Bu çalışma kapsamında da yapılan bu çalışmaların bir kısmından yararlanılmıştır.

Çalışma alanı ve yakın çevresi Anatolid – Torid ile Pontid tektonik birliklerinin arasında doğu – batı yönünde 100 km, kuzey – güney yönünde 10 – 15 km genişliğe varan Aras Nehri Çöküntü Havzası’nda yer almaktadır.

Çalışma alanı ve yakın çevresinde gözlenen jeolojik birimler yaşlıdan gence doğru aşağıda sunulmuştur.

- Kağızman Karmaşığı
- Kavrakoldağı Formasyonu
- Tuzluca Formasyonu
- Cumaçay Volkanitleri
- Alüvyonlar

Bu birimlerin genel jeolojik özellikleri ile arazi incelemeleri esnasında belirlenen jeolojik ve jeoteknik özellikleri alt başlıklar halinde yaşlıdan gence doğru sunulmuştur. Çalışma alanı ve yakın çevresine ait 1/100.000 ölçekli genel jeoloji haritası şekil 3.1’de, sütun kesiti ise şekil 3.2’de verilmiştir.



Şekil 3.1 Çalışma alanı ve yakın çevresinin 1/100.000 ölçekli genel jeoloji haritası (Kars H50 Paftası, Sümengen 2009)

YAŞ		BİRİM	KAYA TÜRÜ	AÇIKLAMALAR
SENOZOYİK	Kuvaterner	Alüvyonlar		Kil, silt, kum, çakıl
	Üst Miyosen Pliyo- Kuvaterner	Cumaçay Volkanitleri		Asidik karakterli tüfler ve bazik karakterli bazaltlar
	Oligo-Miyosen Pliyosen	Tuzluca Formasyonu		Çakıltaş, kumtaş, silttaş, kiltaş, marn ardalanması
	Eosen	Kavrakoldağı Formasyonu		Konglomera, kumtaş, marn ardalanması
		Çay arası Ofiyoliti		Numulitli kireçtaş - volkaniklastik kumtaş, olistolitleri ve peridotitler
MESOZOYİK	Jura - Üst Kretase	Kağızman Karmaşığı		Şistler, serpantin, dunit, harzburgitlerden oluşan peridotitler, piroklastik ve yastık lavlardan oluşan volkanitler, kireçtaş, olistolitleri, flis niteliğindeki sedimanter kayalar, gabro, tonalit ve granitlerden oluşan intrüzifler

Şekil 3.2 Çalışma alanı ve yakın çevresinin genelleştirilmiş dikme kesiti (Sümengen 2009'dan değiştirilerek alınmıştır.)

3.1.1 Kağızman karmaşığı

Üst Kretase – Eosen yaşlı Kağızman Karmaşığı bölgede ve çalışma alanında temeli oluşturmaktadır. Birim, ofiyolit ve sedimanter kökenli kayaların tektonik karmaşığı şeklindedir. Birim Kırıl ve Çağlayan (1980) tarafından adlandırılmıştır.

Okyanus kabuğu kayaları, bazik volkanik kayalar ve derin deniz çökel kayalarının yapısal bir hareketi sonucu oluşmuştur.

Birim gabro, diyabaz, dolerit, diyorit, harzburjit ve serpantinit vb. kayalar ile oluşum esnasındaki flişel derin deniz tabakalanmaları ve spilit ile pillow lav tekrarlanmaları ile birlikte bulunmaktadır. Ultramafik kayalar birbirleri ile ayrıca sedimenter kokenli kayalar ile tektonik dokanaklıdır. Formasyon içerisinde yastık lav, pelajik kireçtaşı, yeşil şist fasiyesinden metamorfizmler ve kristalize kireçtaşı ile fillit/fillat tabaka ve blokları yaygın olarak bulunmaktadır.

Kağızman Karmaşığı şenalp (1968), Yılmaz (1988) ve Musallam (1989) tarafından Jura – Üst Kretase yaşlı Aras Kompleksi ve Eosen yaşlı Çayarası Ofiyoliti olarak iki birimde incelenmiştir.

Aras Kompleksi serpantinit, harzburjit ve dunitlerden meydana gelen peridotitler, piroklastik ve yastık lavlardan oluşan volkanitler, kireçtaşı olistolitleri, fliş niteliğindeki sedimenter kayalar ile oluşan intrüsf kayalardan ibarettir. Yeşil şist fasiyesinde metamorfizmaya uğramış komplekste, kromitle birlikte listvenitleşmeye bağlı olarak az miktarlarda altın ve florit cevherleşmeleri gelişmiştir.

Aras Kompleksinin üzerine uyumsuz olarak gelen Lütasiyen (Eosen) yerleşim yaşlı (Musallam 1989) Çayarası Ofiyoliti Aras Kompleksi'ne nazaran daha tam ve eksiksiz bir istiflenme sunar. Mafik – ultramafik kayalar çoğunlukla kümülatlardan oluşmaktadırlar. Numulitli kireçtaşı – volkanoklastik kumtaşı olistolitleri ve peridotit kayaları tektonik olarak karışmıştır.

Kağızman karmaşığı çalışma alanında da yaygın olarak mostra vermektedir. Ofiyolitik birimler çoğunlukla yeşil renkli mafik – ultramafik kayalardan oluşmaktadırlar. Yaygın olarak serpantinit, harzburjit, spilitik bazalt ve kireçtaşlarından oluşan karmaşık içerisinde yer yer piroklastik kayalar ve nadiren de gabro ve siyenit mercekleri gözlenmektedir. Ancak birim çalışma alanında yaygın olarak serpantin, spilitik bazalt, harzburjit, dunit ve piroksenit türü kayalardan oluşmaktadır.

Sahada serpantinleşmenin yoğun olduğu bölgeler mevcuttur ve bu serpantinleşmeye bağlı olarak heyelanlar ve kütle hareketleri oluşmuştur. Serpantinleşmenin olmadığı kesimlerde ofiyolitik karmaşık oldukça stabildir ve sarp dağ yamaçlarını oluşturmaktadır. Ofiyolit içerisindeki diyorit, harzburjit, spilitik bazalt ve piroklastikler oldukça sert dayanımlı ve stabildir. Şekil 3.3'te dik ve sarp, diyoritik karmaşık birimleri ile serpantinleşme sonucu bozuşmuş karmaşık birimlerinin sınır ilişkisi görülmektedir. Harzburjit ve dunitlerin olduğu kesimler, yoğun çatlaklı ve parçalı durumdan dolayı mekanik aşınmaya, iri taneli erozyona ve molozlaşmaya müsaittir.



Şekil 3.3 Çalışma alanında Kağızman Karmaşığı'nın bozuşmuş ofiyolitik kesimleri ile dik diyoritik kesimleri

3.1.2 Kavrakoldağı formasyonu

Kağızman Karmaşığı'nı diskordan olarak örten, sık denizel ortamda çökelmiş ve fliş benzeri yapısıyla dikkat çeken Kavrakoldağı Formasyonu Eosen yaşlıdır (Kıral ve

Çağlayan 1980). Formasyon başlıca türbitik kumtaşı, şeyl, marn ve konglomeralardan oluşur. Tabana yakın düzeylerde karasal fasiyesler içermektedir.

Tabanda kalın bir konglomera tabakası ile başlayan formasyon üste doğru kalın kumtaşı, marn ve şeyl tabakalarına geçiş yapar. Üste doğru marn tabakaları kalınlaşır, kumtaşları inceler. Bu istif ardalanma şeklinde devam eder.

Formasyonun genelini oluşturan kumtaşı ve marnlar yeşil renkli, konglomeralar ise kırmızımsı kahve renklidir. Konglomera ve kumtaşlarının elemanları genellikle alttaki Kretase yaşlı yeşil renkli peridotitlerden, gri renkli kireçtaşlarından ve asidik ve bazik intrüziyonlardan oluşmaktadır.

Marnlı kumtaşı tabakalarında yer yer ripplmark izleri ve 10 – 30 cm genişlik ve 5 – 10 cm uzunlukta konkresyonlar mevcuttur.

Kumtaşları ve marnlar çalışma alanı yakınında gözlenmişlerdir. Çoğunlukla Kağızman Karmaşığı birimleri ile karışmış durumdadırlar ve kontak halindedirler. Özellikle marnlı kesimleri karmaşık içerisindeki serpantinler ile aynı renkte olduklarından uzaktan bakıldıklarında karıştırılabilmektedirler.

Birimin konglomeratik kesimleri yer yer karmaşığa ait birimlerin çakıllarını içerdiklerinden bunlar ile karıştırılabilmektedirler.

Formasyon mükemmel tabakalı, çoğunlukla gri renkli kireçtaşı – kumtaşı – şeyl ardalanmasından oluşmaktadır. Bu ardalanma oldukça düzenli ve mükemmeldir. Kumtaşı ve kireçtaşı üyeleri birim içinde etkin ve sert olduğundan stabil ve adeta duvar gibi dik yamaç ve dağları oluşturmaktadırlar (Şekil 3.4 –3.5).

Bazı bölgelerde birimin üzerinde yeşil renkli, ince taneli kumtaşı – silttaşı ve kalın katmanlı marn bulunmaktadır. Üste doğru tamamen marna geçmektedir. Bu marnlı alanlarda çalışma alanı dışında heyelanlar oluşmuştur (Şekil 3.6).



Şekil 3.4 Çalışma alanı yakınında birimin oluşturduğu dik yamaç ve dağlardan bir görünüm





Şekil 3.6 Çalışma alanı yakınında marnlar içinde gelişen bir heyelan

3.1.3 Tuzluca formasyonu

Bölgedeki örtü birimlerdendir. Temel birimler üzerine gelen en yaşlı kayalardan oluşmaktadır. Taban ilişkisi uyumsuzdur. Adını tuz işletmelerinin bulunduğu Tuzluca ilçesinden almaktadır ve Eşder (1967-1968) tarafından adlandırılmıştır.

Formasyon tabanda kırmızı – pembe ve alacalı renkli ince çakıltası – kumtaşı, çakıllı kumtaşı, kumlu kiltası ve silttaşı ile başlar. Birimdeki tanelerin büyük bir kısmını Kağızman Karmaşığı'na ait kayaç parçaları oluşturmaktadır. Formasyonun üst kesimleri silttaşı – kiltası – marn ardalanmalıdır. Bu kesimde jips ve halit oluşumları killi birimlerin arasındadır. Formasyon Oligo – Miyosen – Pliyosen yaşlı olup (Eşder 1967-1968, Şenalp 1968) gölsel – karasal ortamda çökelmiştir. Bazı kesimlerde ofiyolitik kayaçlar tarafından üzerlenirken, bazı alanlarda bu kayaçların üzerindedir. Birim

öküntü havzasının güney kısımlarında kıvrımlı ve devrik, kuzeyinde ise faylıdır (Şenalp 1968).

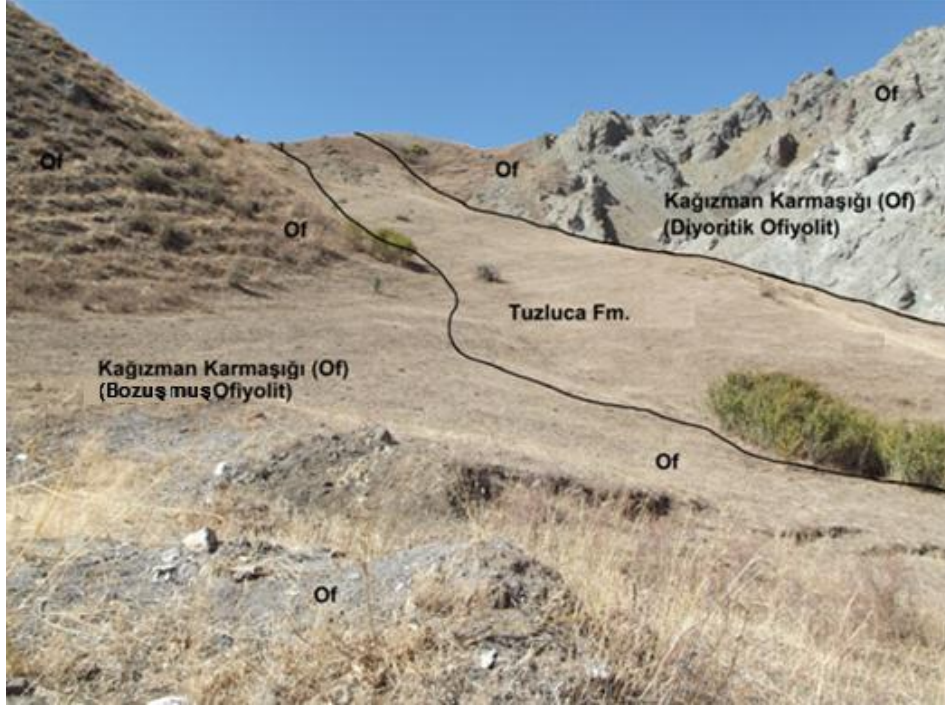
Tuzluca Formasyonu birimleri çalışma alanında etkin olarak kırmızı rengi ile dikkat çekmektedirler. Kırmızı renkli killi, kumlu, siltli birimler içinde aynı şekilde dikkat çekici yeşil-açık gri renkli kumlu, çakıllı az pekişmiş kumtaşı ve konglomeralar vardır. Formasyon Kağızman Karmaşığı kantağında iri taneli belirli bir katmanlanması gözlenemeyen yeşil-boz sarı renkte çakıltaşları ile başlar, üste doğru kırmızı renkli killi kalın kütle çamurtaşlarına geçiş yapar.

Bu birimler bölgede Tuzluca Formasyonu olarak adlandırılmışlardır (Eşder 1967-1968). Tuzluca Formasyonu jipsli olup, içinde kaya tuzu işletmeleri mevcuttur. Çalışma alanı yakınında tuz işletmesi yoktur, ancak; Kağızman dolaylarında mevcuttur.

Formasyona ait birimler çalışma alanında fazla yaygın ve kalın değildirler. Sadece yüksek dağ aralarında aşınmalardan arta kalan 1 – 2 km²'lik bölgeler halinde bulunan artık kütleler olarak gözlenmişlerdir. Bu kütleler bulundukları yerde çok kalın değildirler. Temel kayanın üst kesimleri ile de karışmış kontaklar halindedir (Şekil.3.7).

Bu birim çoğunlukla killi olduğundan, tabandaki kayadan veya üstteki genç birimlerden su aldığında duraysız hale geçmekte ve heyelanlar oluşmaktadır.

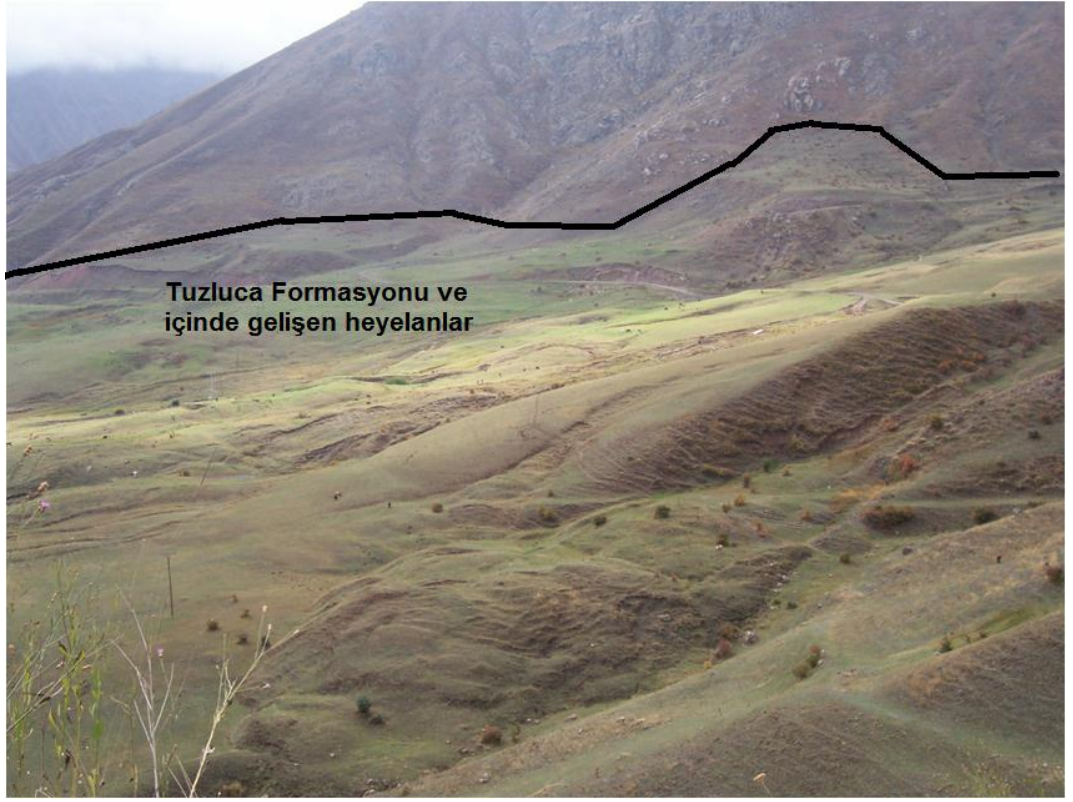
Çalışma alanında Kavrakoldağı Dağı Formasyonu ile Tuzluca Formasyonu sınır ilişkisi ve formasyon içerisinde gözlenen heyelanlı alanlar şekil 3.8'de, çalışma alanında Km: 82+650-83+000 arasında, formasyon içerisinde gelişen heyelanlar şekil 3.9'da verilmiştir.



Şekil 3.7 Çalışma alanında Kağızman Karması ile Tuzluca Formasyonu sınırı



Şekil 3.8 Çalışma alanında Kavrakoldağı Formasyonu ile Tuzluca Formasyonu sınır ilişkisi ve Tuzluca Formasyonu içinde gözlenen heyelanlar



Şekil 3.9 Çalışma alanında Km: 82+650-83+000 arasında Tuzluca Formasyonu ve içinde gelişen heyelanlar

3.1.4 Cumaçay volkanitleri

Bölgede etkin olan volkanizma geniş yüzlekler kaplamaktadır. Üst Miyosen’de Eleşkirt ve Horasan’da başlayan ortaç ve asidik karakterli volkanizma, alkali olivin karakterindedir. Kağızman ve civarındaki Pliyo – Kuvaterner yaşlı volkanizmada önce asidik karakterli tüfler ve sonra bazik karakterli lavlar gelişmiştir. Volkanizmanın kökeni plaka ortası manto yükselimi (riftleşme) olarak benimsenmiştir. Son evre kalk – alkali karakterde strato volkanlar olarak tamamlanmıştır. Aras Nehri kenarlarında çok iyi soğuma çatlakları gözlenir (Kıral ve Çağlayan 1980).

Volkanik birimlere çalışma alanında rastlanmamıştır. Ancak, tez konusunu oluşturan güzergahın, çalışma alanı dışındaki kesimlerinde çoğunlukla beyazımsı renkli tüfler (Şekil 3.10) ve sarımsı kahvemsı renklere aglomeralar (Şekil 3.11) bulunmaktadır.



Şekil 3.10 Çalışma alanı dışında ilgili yol üzerinde açılmış bir yarmada (Km: 58+800 civarında) gözlenen beyazımsı renkli tüflerden bir görünüm



Şekil 3.11 Çalışma alanı dışında gözlenen sarımsı kahve renkli aglomeralardan bir görünüm

3.1.5 Alüvyon

Alüvyonlar bölgenin en genç birimleridir ve diğer formasyonlar üzerinde uyumsuz olarak bulunurlar. Aras Nehri ve kolları tarafından biriktirilmiş kum, çakıl ve kil boyutlu tutturulmamış bileşenlerden oluşmuşlardır.

Çalışma alanı civarında Aras Nehri'nin önemli bir kolu olan Akçay Deresi bulunmaktadır. Çalışma alanındaki alüvyonlar Akçay Deresi ve küçük kolları tarafından biriktirilmişlerdir.

3.2 Yapısal Jeoloji, Tektonik ve Paleocoğrafya

Tez çalışmasına konu olan Doğu Anadolu'nun bu kesimi Pontid, Anatolid ve güneyde Torid birliklerinin birbirine yaklaştığı sahaları temsil eder. Çalışma alanı ve yakın çevresi Anatolid birliğine tekabül etmektedir. Erzincan ve Erzurum'dan geçen Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun sık sık vuku bulan depremler nedeniyle Aras ve Kağızman çöküntü hatları ile ilişkili olduğu bilinmektedir (Sertel ve Şener 2007).

Bölgede normal faylar mevcut olmakla birlikte net olarak görülebilen şaryajlar tespit edilememiştir. Bölgenin en eski formasyonları Kretase ile başlar. Genellikle bu formasyonlarla birlikte bulunan yeşil renkli ofiyolitik birimler bölgenin en eski ve başlıca karışık tektoniğini oluşturur. İlk orojenik hareket ve kıvrılmalar, Üst Kretase kalker ve marnları ile Eosen flişleri üzerinde görülmektedir (Şaroğlu ve Yılmaz 1988).

Üst Kretase kalkerlerinin toplu ve tekdüze olarak en iyi gözlendiği kesim Kağızman İlçesinin Kötek Bucağı çevresindedir. Üst Kretase kalkerleri genel olarak NE – SW doğrultusunda, güneye yatımlıdır ve dar küçük kıvrımlara da sahiptirler. Tabakalar pek çok yerde faylı ve kırıklıdır. Bu kalkerlerin kuzeyinde, granit batolitine yaklaştıkça ve güneyde Eosen tabakalarına doğru yatımlar fazlalaşmakta ve kontak bölgeleri fayla ayrılmaktadır. Tabakalar arasındaki uyumsuzluklar ve kırıklıklar Aras Nehri'ne doğru fazlalaşmaktadır. Kağızman Kompleksi içinde bulunan Üst Kretase kalkerleri, kompleks

üstünde ve içinde lambo, ekay ve lantiy şeklinde bulunurlar. Serpantinler tabakalaşmış, bazı yerlerde ezilmiş ve milonitizedir. Kompleksin hakim tabaka doğrultuları Aras Nehrine uyumlu olarak GD – KB'dır ve yatımları da kuzeye doğrudur (Şaroğlu ve Yılmaz 1988). Paleosen ve Eosen Formasyonları da faylı ve ötelenmeli zonlar grubundadır. Bunlar arasında Aras Nehri güneyinde flişler kısmen sakin ve normal kıvrımlar içermektedirler. Bölgede Paleosen ve Eosen dönemi Alpin hareketlerinin şiddetli olduğu kesim olarak Kötek Penceresi gösterilebilir. Burada Üst Kretase kalkerleri üzerine diskordan olarak gelen Eosen Formasyonları altta bir konglomera ve üste doğru bir fliş manzarası arz eder. Tabakaların genel doğrultuları KD – GB, yatımları ise 20 – 70° arasında GB'ya doğrudur. Eosen sonu veya Oligosen'de bölgede önemli tektonik hareketler sebebiyle bugünkü hidrografiye ve morfoloji ana hatları bir graben halinde resmedilmiştir. Büyük fayların teşekkülü ile çöküntü havzalarının bu devreler sonlarında meydana gelmesi ve muhtemelen Pasinler ve Kağızman grabenlerinin oluşması bölgenin bu günkü halini kazanmasına sebep olmuş ve muazzam andezitli erüpsiyonlar meydana gelmiştir (Şaroğlu ve Yılmaz 1988, Sümengen 2009).

Eosen tabakaları üzerine uyumsuz olarak gelen tuzlu ve jipsli Oligo – Miyosen tabakalarında oldukça karışık kıvrımlar ve ötelenmeler gözlenmektedir. Bu formasyonlar Kötek – Kağızman bölgesinde yaklaşık yatay iken, buradan Aras Nehrine doğru uzaklaştıkça 5 – 10° yatımla izoklinal olarak güneye dalarlar ve Aras Nehri iki yakasında kırıklı, faylı ve ters dönmüş özellikte ve yer yer dar ölçekli kıvrımlar halinde Kağızman Tuzlası'na kadar uzanırlar. Jips ve tuz yatakları ile birlikte kil, marn, kumtaşı ve kalker yatakları burada da aynı şekilde kırıklı, faylı ve kıvrımlanmalıdır (Şaroğlu ve Yılmaz 1988, Koçyiğit 1985).

Bölgede gözlenen Neojen birimleri kuzey ve güneyde volkanik mostralarla sınırlandırılmış grabenler içerisinde sıkışıp kalmışlardır. Neojen birimleri bölgedeki ana doğrultu olan Aras Havzası doğrultuludurlar (Şaroğlu ve Yılmaz 1988, Koçyiğit 1985).

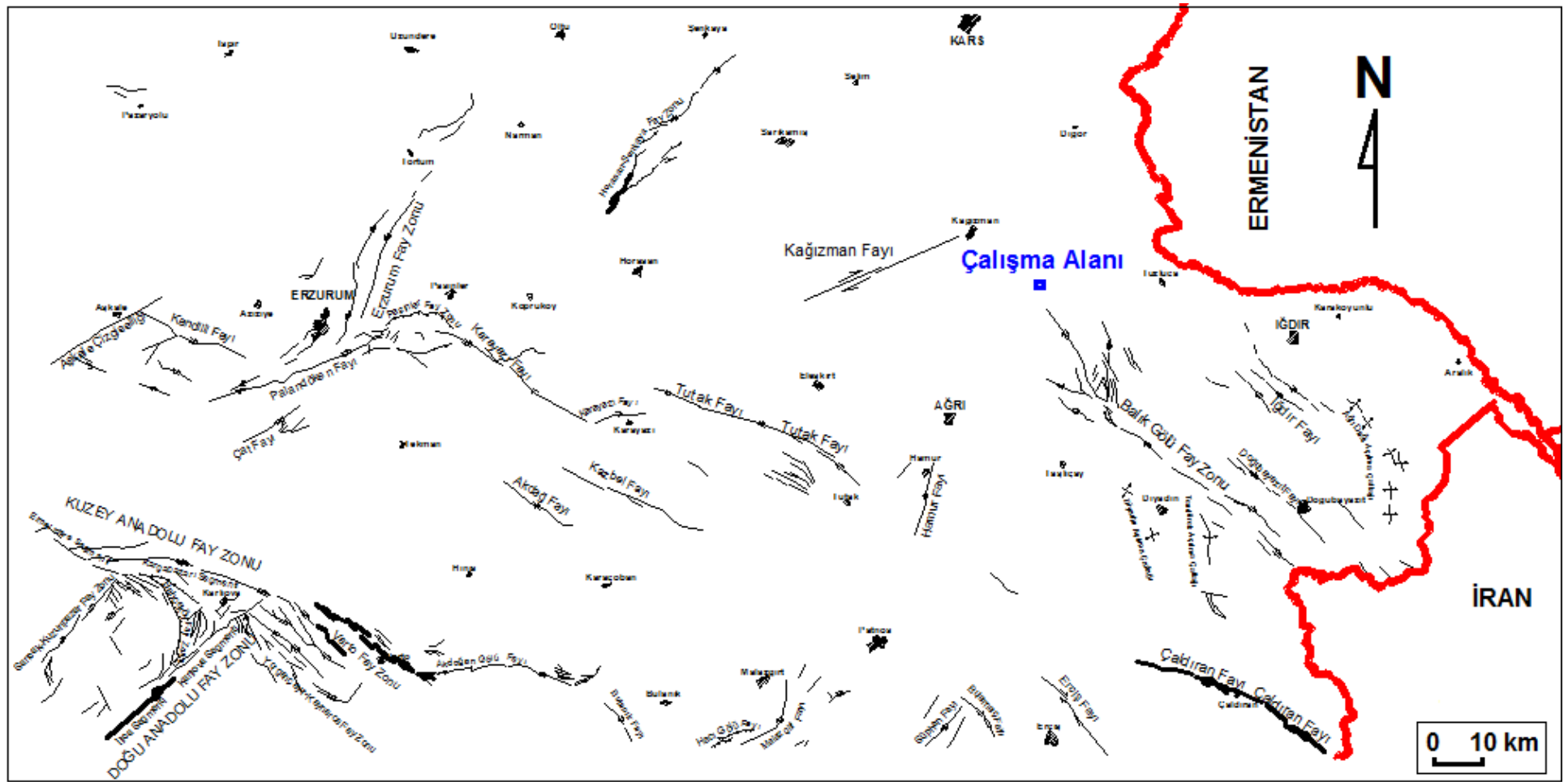
Bölgede Oligosen'le birlikte uzun bir karasal dönem ve Pliyosen'den itibaren yükselme ve soyulma safhası başlamıştır. Halen 1400 – 2500 m arasındaki rakımlarda bulunan bölgede Neojen sahası, yükselme esnasında, eski çöküntü havzalarına uygun olarak

çökmesine devam etmiş ve bu suretle öncekilere ek olarak yeni çöküntü havzaları oluşmuştur. Bölgede günümüzdeki depremlerin sebebi bu çöküntülerdir. Yükselme ile başlayan soyulma döneminde halihazırdaki hidrografya ürünleri oluşmaya başlamıştır. Geniş akarsuların oluşturduğu alüvyon yatakları, bugün Aras Nehri seviyesinden 50 – 200 m yükseklikte gözlenen taraçaları oluşturmuşlardır. Bunların en önemlisi Kağızman birikinti konisidir. Bu taraçaların yerel termal sularla karışması ile de travertenler oluşmuştur (Şaroğlu ve Yılmaz 1988, Koçyiğit 1985).

Çalışma alanı ve yakın çevresini içine alan bölgede Doğu Anadolu Fayı ile Ermenistan arasındaki alanda birbirine paralel olarak gelişmiş KD – GB doğrultulu, sol yönlü ve ters bileşenli faylar ve Kuzey Anadolu Fay Zonu ile Karlıova – Muradiye arasındaki alanda KB – GD doğrultulu kısa uzunluklara sahip sağ yönlü doğrultu atımlı faylar bulunmaktadır. Karlıova ile Ermenistan arasındaki bölgede Aşkale Çizgiselliği, Çat Fayı, Erzincan'ın hemen kuzeybatısından başlayan ve 150 km doğuya doğru devam eden Akdağ Fayı, Çat civarından başlayan Erzurum, Dumlupınar, Tortum ve Oltu boyunca uzanan ve içerisine Çat Fayı ile Palandöken Fayı'nı da alan Erzurum Fay Zonu ile Horasan ile Şenkaya arasında uzanan Horasan-Şenkaya Fay Zonu ve Kağızman'ın güneybatısındaki Kağızman Fayı yer almaktadır (Gülkan vd. 1993). Karlıova ile Muradiye arasındaki bölge ise 100 km uzunlukta Balıkgölü Fayı ve ona paralel uzanan Iğdır Fayı, 55 km uzunlukta Çaldıran Fayı, 50 km uzunlukta Doğubeyazıt Fayı, 50 km uzunluğunda Tutak Fayı ve 85 km uzunluktaki Karayazı Fayından oluşur (Gülkan vd. 1993).

Çalışma alanı ve yakın çevresinde uzaklık bakımından en önemli tektonik unsurlar Kağızman Fayı ve Iğdır Fayı'dır. Kağızman Fayı, Kağızman ile Karayazı arasında Aras Nehri'ne yaklaşık paralel, KD – GB doğrultusunda devam eden, sol yanal atımlı transform bir faydır. Iğdır Fayı ise, Iğdır'dan başlamakta ve Tuzluca İlçesi sınırında Ermenistan topraklarına geçerek devam etmektedir. Fay, sağ yanal atımlı bir transform faydır ve Aras Nehri yatağına yaklaşık dik gelişmiş olup KB – GD gidişlidir (Koçyiğit 1985).

Çalışma alanı ve yakın çevresinin aktif tektonik haritası şekil 3.12'de verilmiştir.



Şekil 3.12 Çalışma alanı ve yakın çevresinin aktif tektonik haritası (Şaroğlu ve Yılmaz 1988)

3.3 Çalışma Alanı ve Yakın Çevresinin Jeomorfolojisi

Çalışma alanı ve yakın çevresinde, birbirine kısmen paralel olarak KD – GB doğrultusunda uzanan ve bölgedeki büyük yüzey sularının aralarında bulunduğu dağ silsileleri, sahayı kısmen birbirinden farklı ve çeşitli ünitelere ayırmıştır. Bu nedenle alanın hidrografyası, jeomorfolojisi ve tektoniği arasında bir ilişki bulunmaktadır. Bölge yaklaşık K – G uzanımlı dağlar ve bunlar arasındaki platolardan oluşmaktadır. Oldukça sarp ve yüksek rakımlı olan bölge güneyden Aras Güneyi Dağları, kuzeyden ise Güllü Dağları ile çevrilidir. Bölgedeki en yüksek zirveler 3138 m yükseklikteki Aladağ ve 3231 m yükseklikteki Kızılcaziyaret Dağı'dır. Bölgedeki sıradağlar genellikle Aras Nehri yatağı ile uyumlu olarak KD – GB doğrultuludurlar.

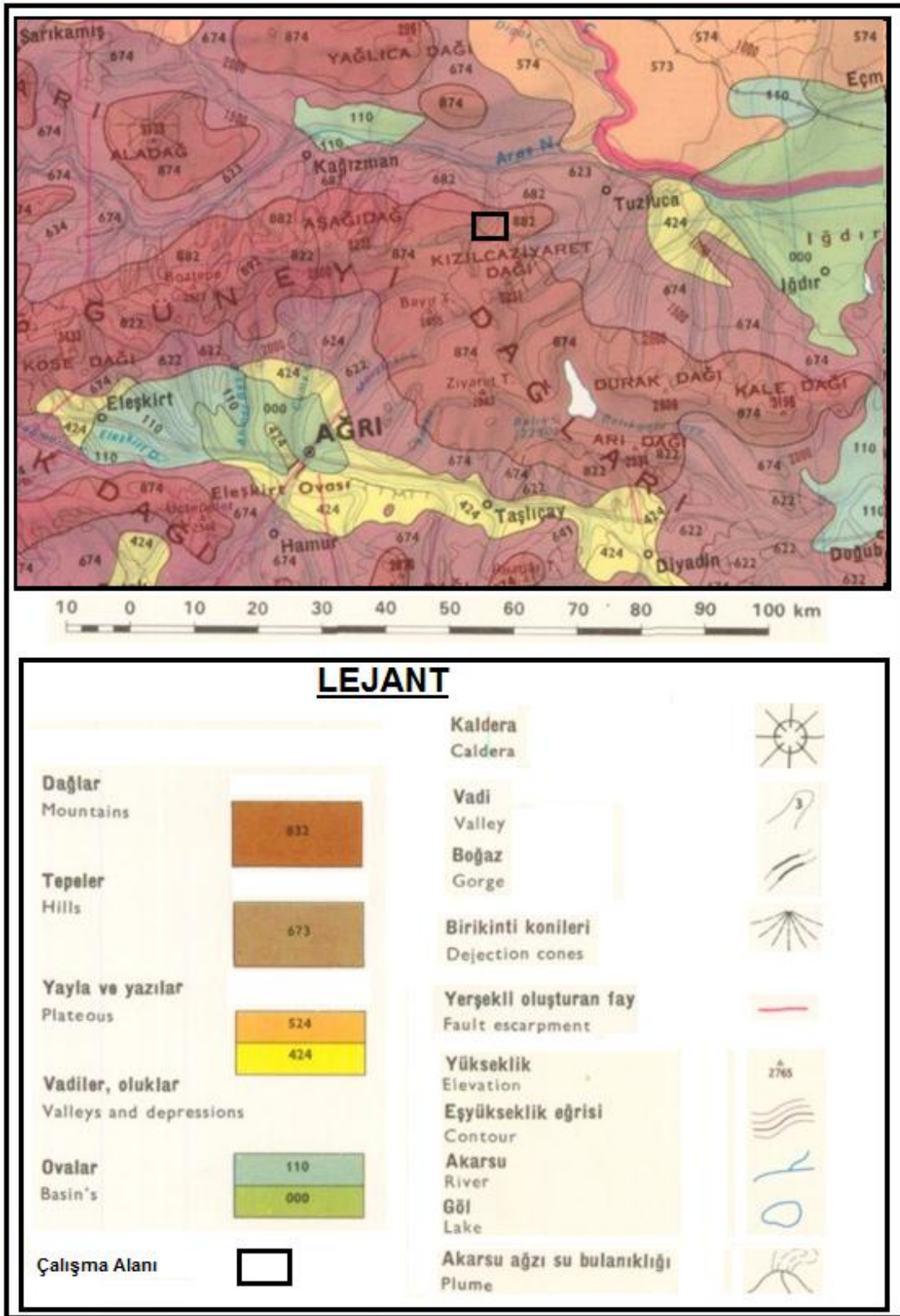
Bölgenin ve çalışma alanının en önemli yüzey suyu Aras Nehri'dir. Aras Nehri kuzey ve güney sıradağları arasında bazen geniş alüvyonlar içerisinde, bazen de dar bazalt akıntıları tarafından yararlanarak akmakta ve pek çok menderes çizmektedir. Aras Nehri yatağı Oligo – Miyosen tabakaları içerisinde oldukça genişlemekte, Kağızman Tuzlası'ndan itibaren bu genişleme daha da artmakta ve nehir, Tuzluca İlçesi yakınlarında ülke sınırları dışına çıkmaktadır.

Bölgenin en düşük rakımlı kesimleri Kağızman ve Tuzluca düzlükleridir. Kağızman düzlüğü 1400 m, Tuzluca düzlüğü ise, 975 m rakımındadır.

Çalışma alanı ve yakın çevresinde en yüksek noktalar 2753 m yükseklikteki Karakol Dağı, 2446 m yükseklikteki Karataş Tepe, 2352 m yükseklikteki Ortasarıba Tepesi ve 1974 m yükseklikteki Karakız Tepesidir.

Çalışma alanı ve yakın çevresindeki en önemli yüzey suları Gömik Deresi, Petek Deresi ve Kale Dere ile bu derelerin yan kollarıdır. Bu dereler yükseltiler arasında vadiler ve menderesler oluşturarak ilerlemekte ve araziye parçalı bir görünüme sokmaktadırlar.

Çalışma alanı ve yakın çevresine ait jeomorfoloji haritası şekil 3.13'te verilmiştir.



Şekil 3.13 Çalışma alanı ve yakın çevresinin jeomorfoloji haritası (Anonim 1991)

3.4 Çalışma Alanı ve Çevresinin Hidrojeolojik Özellikleri ile Heyelanlarla İlişkileri

3.4.1 Yüzey sularının heyelanlar ile ilişkisi

Bölgenin en büyük yüzeysel suyu Aras Nehri'dir. Çalışma alanı yakınındaki en önemli yüzey suyu ise Akçay Deresi'dir. Akçay Deresi'nde yaz mevsimlerinde azalmakla birlikte her mevsim su bulunmaktadır. Tez çalışmasına konu olan heyelanlı arazide en önemli yüzey suyu Akçay Deresi'nin bir kolu olan Türbeyayla Deresi'dir. Türbeyayla Deresi'nde her mevsim düşük debili de olsa su bulunmaktadır. Türbeyayla Deresi çalışmaya konu olan Km: 82+650 – 83+000 arasındaki kesimde, malzemenin topuğunu aşındırarak, heyelanlanın oluşmasına neden olan etkenler arasına girmektedir (Şekil 3.14)

Bu dereler dışında çalışma alanı ve yakın civarında küçük kuru dereler, sızıntılar ve kaynaklar ile heyelan gölleri yaygın olarak bulunmaktadır (Şekil 3.15 – 3.16).



Şekil 3.14 Bölgedeki heyelanların nedenlerinden biri olan topuk aşındırmasına bir örnek; çalışma alanında Türbeyayla Deresi ve topuk aşındırması



Şekil 3.15 Bölgedeki heyelanlar içinde gözlenen küçük heyelan gölleri



Şekil 3.16 Çalışma alanında gözlenen heyelan gölleri

3.4.2 Yeraltı sularının heyelanlar üzerine etkileri

Çalışma alanı ve yakın çevresi gerek yüzey suları, gerekse yeraltı suyu açısından zengindir.

Bölge aşırı yağış almamasına rağmen yağışlar buharlaşmanın en az olduğu dönemlerde oluşmaktadır. Ayrıca, bölgenin topoğrafik olarak yüksek olmasına bağlı olarak hava çoğunlukla soğuk ve serin olduğundan fazla buharlaşma olmamaktadır. Dolayısıyla yağışlar ya yüzeysel akış olarak görülmekte ya da yeraltına sızmaktadır. Özellikle kar şeklindeki yağışlar, yavaş bir rejim ile yeraltına sızma imkanı bulmaktadır. Bölgedeki dağlık yapı belki iyi bir akifer özelliğinde değildir; ancak, arazinin çatlaklı, kırıklı ve ezik yapısı sürekli sızıntı yapabilecek yeraltı suyu bulundurmaktadır. Bu yeraltı sızıntı suları sık sık yüzeysel kaynaklar oluşturmaktadırlar. Sonuç olarak bölgedeki akışlar, belki yüksek debili değildir fakat, yaygın olarak sık su kaynakları ve sızıntılar oluşturmaktadır. Bu sızıntılar birikip çevre derelerde yaklaşık 1 – 2 lt debili dere akışları meydana getirmektedir. Dağlardaki bu sürekli sızıntı su akışı tez çalışmasına konu olan heyelan bölgelerinde oldukça fazladır. Heyelan bölgelerinin killi zeminleri bu su ile yüzeyde veya derinde temas ettiklerinde stabilite problemleri başlamaktadır (Şekil 3.17). Özellikle bazı alanlarda tarımsal sulama amaçlı olarak araziye dağıtılan su nedeniyle bu killi alanlar suya doyurulmaktadırlar. Bu durumda killi malzemenin dayanımı düşmekte ve yeraltısu tablasının yükselmesi ile de efektif gerilme düşmektedir. Bu durum stabilitenin bozulmasını daha da hızlandırmaktadır.

3.4.3 Birimlerin hidrojeolojik özellikleri ve heyelanlarla ilişkileri

Kağızman Karmaşığı'na ait ofiyolitler, yeraltı suyunu öncelikle çatlakları vasıtası ile tutmaktadırlar. Eğer birim sık çatlaklı ve ezik halde ise çatlak suları açısından oldukça zengin olmaktadır. Nitekim çalışma alanındaki dağlık parçalı arazide ofiyolitik dağ yamaçları, derin vadi dipleri ve bazen zirvelerde sıklıkla ve çoğunlukla sızıntı şeklinde az suyu olan yüzeysel kaynaklar bulunmaktadır. Çatlaklar arasında gözlenen bu su, özellikle serpantinli kesimlerde malzemenin bozuşmasına, dayanımının düşmesine ve efektif gerilmenin azalmasına neden olarak heyelanlara neden olmaktadır.



Şekil 3.17 Çalışma alanında heyelanlara neden olan etkilere birisi olan sızıntı akışının yüzeydeki yansıması ve neden olduğu heyelanlar (Oklar akış yönünde)

Kavrakoldağı Formasyonu yeraltı suyunu daha çok flişlerin tabaka kontakları arasında zaman zaman görülen konglomeratik seviyelerde bulundurmaktadır ve ofiyolitlerde olduğu gibi küçük kaynaklar ve sızıntılar ile suyunu dışarı vermektedir. Birimin çatlaklarında kendine yer bulan su varlığı malzemenin özellikle killi birimlerinde (marn, kiltaş vb.) bozulmasına ve efektif gerilmenin ve dolayısıyla dayanımın düşmesine neden olmakta ve böylece heyelanların oluşmasına etki etmektedir.

Oligo – Miyosen yaşlı Tuzluca Formasyonu birimleri, kırmızı renkli killi ile onların arasındaki kumlu – siltli seviyeler şeklindedir. Kumlu – siltli seviyeler su bulundurma potansiyelidir. Birim içindeki su varlığı killi ve jipsli seviyelerde kaymaya neden olmaktadır.

Volkanik birimler, bölgede yaygın olarak bazalt şeklinde görülmektedirler. Bazaltik arazide yeraltı suyu birimin çatlakları boyunca gözlenmektedir. Bu derin çatlakların faylar ve ezik zonlar şeklinde yüzeye ulaşması ile yüzeysel kaynaklar oluşmaktadır. Yer

yer yüksek dağların eteğindeki derin vadilerde, dağ kütlesi içindeki sızıntı sular yüzeye çıkabilmektedir.

Eğer volkanizma bir – iki evrede gelişerek tüf – bazalt tekrarlanması oluşturmuş ise, derindeki tüfler üstteki bazalt çatlaklarından gelen suları sızdırmadığından bu suları yüzeye vermektedir. Yer yer genç bazaltların altında geçirimsiz marn – kil türü seviyeler bulunmaktadır. Böyle alanlarda da yine aynı şekilde bazaltların çatlaklarından su yüzeye çıkmaktadır. Çatlaklar arasında gözlenen su özellikle tüflü kesimlerde bozuşmanın gelişmesini hızlandırarak ve dayanımı düşürerek heyelan ve kaymalara neden olabilmektedir.

Alüvyonlar kumlu – çakıllı ve killi birimlerden oluşmaktadırlar. Topoğrafik olarak düz kesimlerde ve dere içlerinde zengin yeraltı suyu bulundurma potansiyeline sahiptirler.

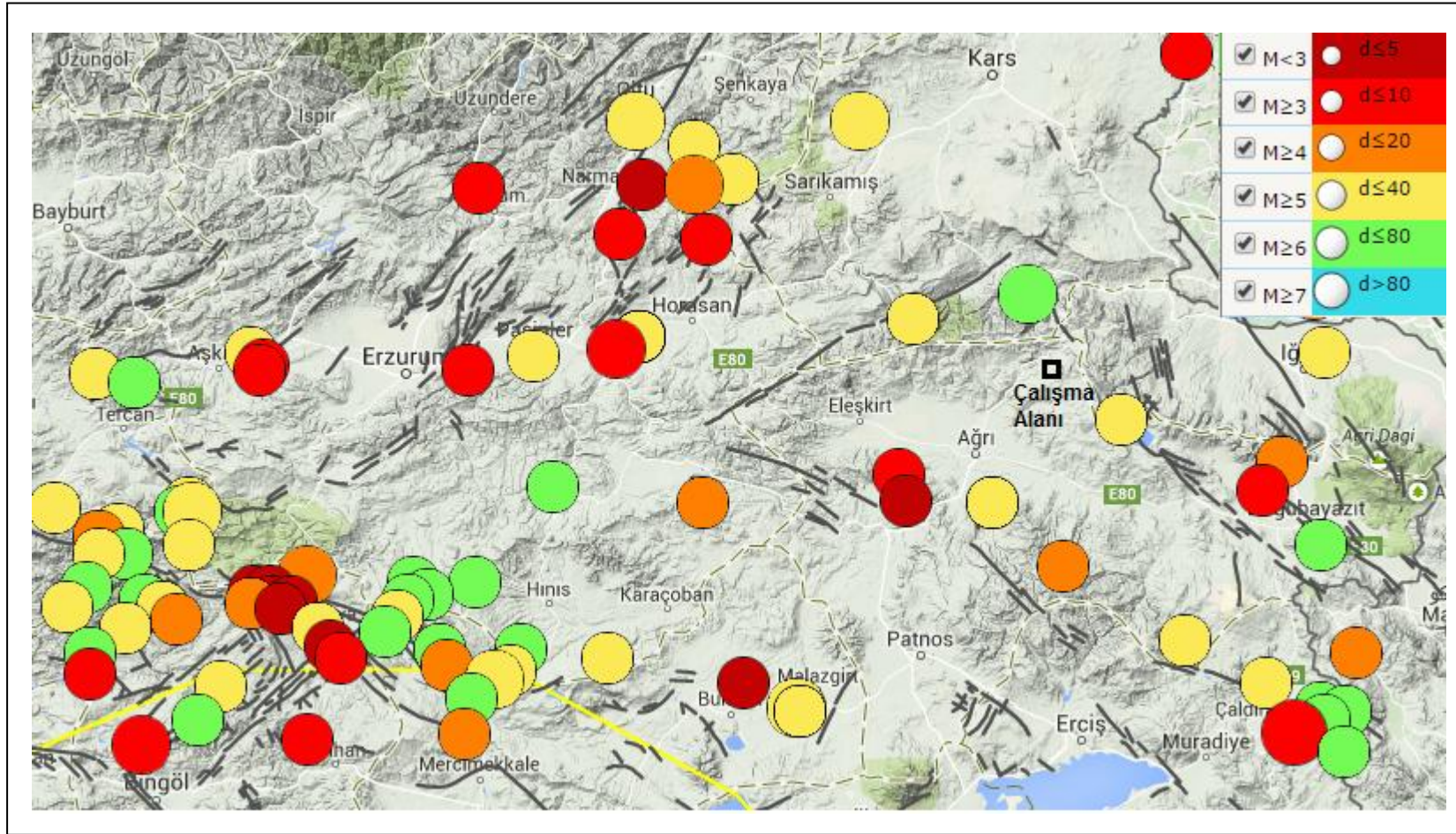
4. DEPREMSELLİK

Teze konu olan saha çevresinde aletsel dönem boyunca büyüklüğü 4,5'tan büyük olan toplam 503 deprem meydana gelmiştir. Bu depremlerin 331 tanesinin büyüklüğü 4,5-5 arasında, 157 tanesinin büyüklüğü 5-6 arasında, 14 tanesinin büyüklüğü de 6 – 7 arasında ve 1 tanesinin büyüklüğü ise 7,5'tur. Depremlerin odak noktaları şekil 4.1'de verilmiştir.

Çalışma alanı yakınında meydana gelen en şiddetli deprem, Kağızman ilçesi sınırları içerisinde Kağızman – Tuzluca ilçe sınırına yaklaşık 5 km uzaklıkta 01.05.1935 tarihli, 60 km odak derinliğine sahip, 6,2 büyüklüğündeki depremdir. Deprem, Kağızman Fayı ile Balık Gölü Fay Zonu kesişiminde oluşmuştur. Bölgedeki en önemli depremlerden biri 30.10.1983 tarihinde Sarıkamış-Parmakdere'de Erzurum Fay Zonu üzerinde meydana gelmiş olup, depremin odak derinliği 16 km, büyüklüğü ise 6,8'dir. Diğer bir önemli deprem 24.11.1976 tarihli 7,5 büyüklüğündeki Çaldıran Depremi'dir. Çaldıran depreminin merkez üssü çalışma alanına yaklaşık 125 km uzaklıktadır.

Kuzey Anadolu Fay Zonu ile Doğu Anadolu Fay Zonu'nun kesişimi olarak bilinen Karlıova civarı çalışma alanına yaklaşık 200 km uzaklıktadır. Bu kesimde oluşan en önemli depremler 19.08.1966 tarihli 6,9 büyüklüğündeki Varto Depremi ile 6,8 büyüklüğündeki 22.05.1971 tarihli Bingöl Depremi'dir. Bölgede gözlenen ve magnitudü 6'dan büyük depremler aşağıda çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çalışma alanı ve yakın çevresi için kayıtlara bakıldığında aletsel büyüklüğü daha çok 4,5-5 arasında değişen depremler görülmektedir. Çalışma alanı ve yakın çevresinde meydana gelen son deprem 27.05.2009 tarihinde Tuzluca ilçesi sınırları içinde gerçekleşmiş olup, büyüklüğü 4,0 M_D ve odak derinliği ise 8 km'dir.



Şekil 4.1 Çalışma alanı ve çevresi $M \geq 5,0$ olan depremlere ait odak noktaları haritası (<http://www.koeri.boun.edu.tr>, Anonim 2015)

Çizelge 4.1 Çalışma alanı ve çevresinde aletsel dönemde kaydedilen büyüklüğü 6 ve daha yüksek olan depremler ve yerleri
(<http://www.koeri.boun.edu.tr>, Anonim 2015)

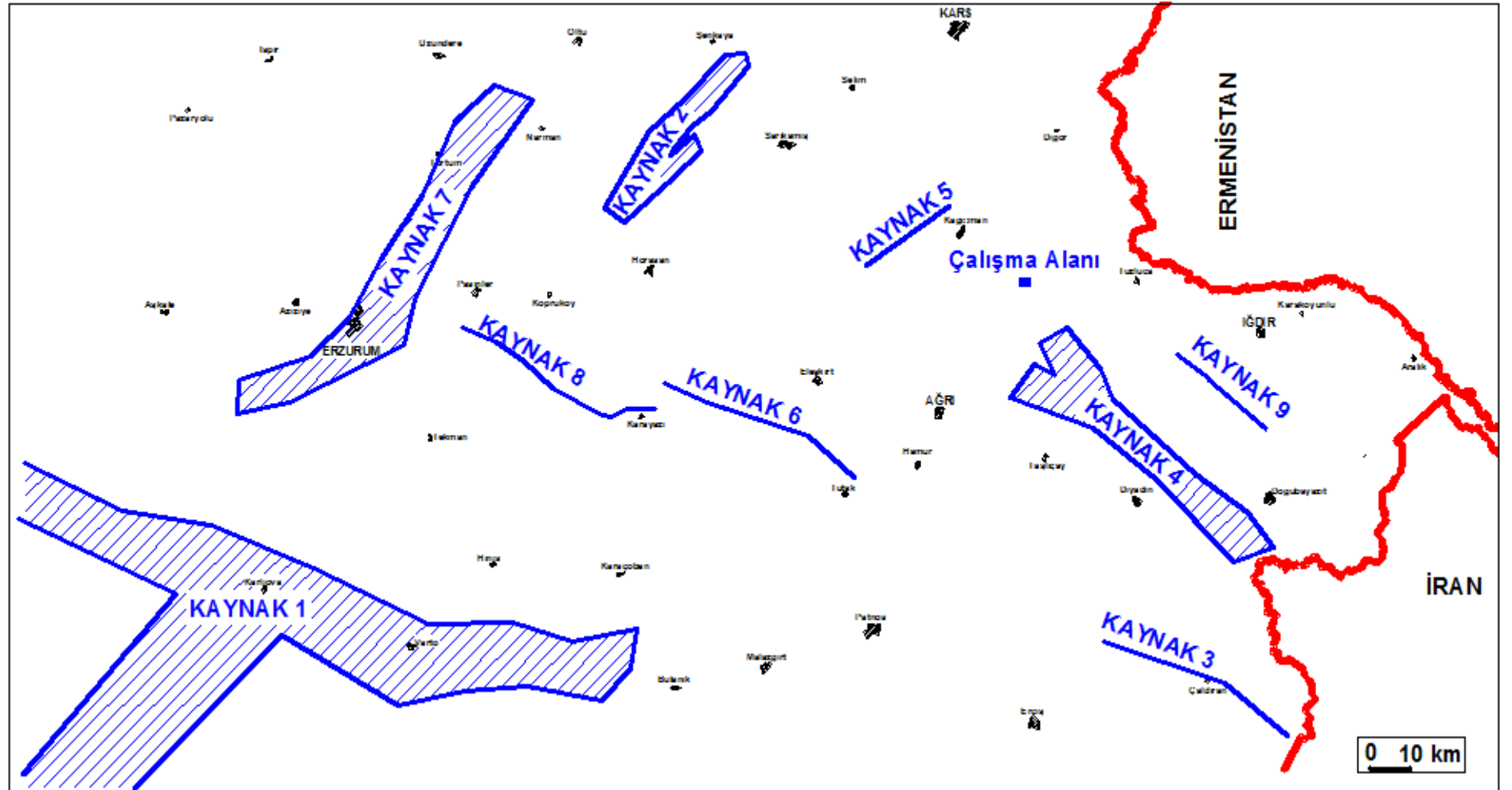
Sıra No	Tarih	Enlem	Boylam	Derinlik (km)	Magnitüd (M_w)	Yer
1	01.05.2003	39.0100	40.4600	10	6,4	KURTULUŞ-(BİNGÖL) [SW 4,3 km]
2	27.01.2003	39.4800	39.7700	10	6,1	SAĞLAMTAŞ-PÜLÜMÜR (TUNCELİ) [NW 4,3 km]
3	30.10.1983	40.3500	42.1800	16	6,8	PARMAKDERE-SARIKAMIŞ (KARS) [NW 4,2 km]
4	22.05.1971	38.8500	40.5200	3	6,8	GÜVEÇLİ-(BİNGÖL) [NW 0,7 km]
5	20.08.1966	39.4200	40.9800	14	6,0	KAŞIKÇI-KARLIOVA (BİNGÖL) [NW 2,3 km]
6	19.08.1966	39.1700	41.5600	26	6,9	ÇAYIRYOLU-VARTO (MUŞ) [SW 1,2 km]
7	17.08.1949	39.5700	40.6200	40	6,7	YAYLIM-TERCAN (ERZİNCAN) [NW 2,7 km]
8	01.05.1935	40.0900	43.2200	60	6,2	DİBEKKAYA-KAGIZMAN (KARS) [NW 3,1 km]
9	22.10.1926	40.9400	43.8800	10	6,0	SUNGUDERESİ-AKYAKA (KARS) [NE 19,1 km]
10	09.01.1925	41.3300	43.4100	60	6,0	AKCIL-ÇILDIR (ARDAHAN) [E 20,4 km]
11	13.09.1924	39.9600	41.9400	10	6,8	EMRE-KÖPRÜKÖY (ERZURUM) [SW 1,9 km]
12	28.12.1906	40.5000	42.0000	30	6,0	TOPRAKKALE-OLTU (ERZURUM) [N 3,5 km]
13	28.09.1906	40.5000	42.7000	30	6,1	KAMIŞLI-SELİM (KARS) [SE 1,3 km]
14	28.04.1903	39.1000	42.5000	30	6,3	HASRETPINAR-MALAZGİRT (MUŞ) [E 4,3 km]
15	24.11.1976	39.0500	44.0400	10	7,5	YENİYAKA-ÇALDIRAN (VAN) [SEast 1,9 km]

Depreme dayanıklı yapı tasarımında en önemli parametrelerden biri de pik yer ivmesidir. Özellikle enerji santralleri ve barajlar gibi önemli mühendislik yapıları için yer ivmesinin seçimi son derece önemlidir. Aşırı tahmin yüksek yapı maliyetlerine yol açarken, düşük tahmin ise hem yapının kalıcılığı hem de insan yaşamı açısından son derece vahim sonuçlara neden olabilecektir. Pik yatay yer ivmesi değeri sismik enerji için azalım denklemleri kullanılarak hesaplanabilir (Kayabalı ve Beyaz 2010). Bu nedenle tez çalışmasına konu olan karayolu mühendislik yapısının sismik analizlerinde kullanılacak maksimum yatay yer ivmesinin en doğru şekilde belirlenebilmesi; hem maliyet, hem yapı kalıcılığı hem de insan yaşamı açısından önem arz etmektedir. Teze konu olan arazide yatay yer ivmesinin belirlenebilmesi amacı ile deterministik ve probabilistik sismik tehlike analizleri yapılmış ve analizler sonucunda hesaplanan yatay yer ivmesi değerleri eldeki mevcut haritalar ile karşılaştırılarak, çalışma alanı için en uygun yatay deprem ivmesi seçilmeye çalışılmıştır.

Sismik tehlike analizleri için şekil 4.1 ve çizelge 4.1 yardımı ile oluşturulan alansal ve çizgisel fay kaynakları ile maksimum magnitüd değerleri çizelge 4.2’de, kaynak haritası ise şekil.4.2’de sunulmuştur.

Çizelge 4.2 Sismik tehlike analizlerinde kullanılan deprem kaynakları ve maksimum magnitüd değerleri

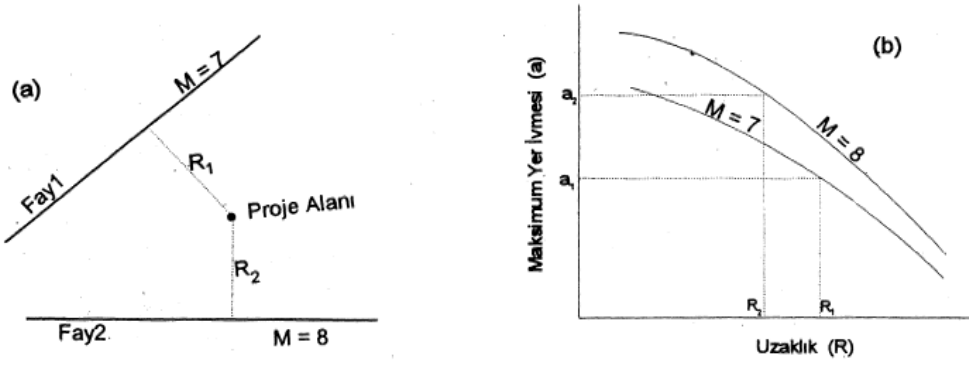
Kaynak No	Fayın Adı	Çalışma Alanına Uzaklığı (Km)	Fayın Türü	Maks. magnitüd (M_w)
1	Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ)	200	Sol Yanal Transform Fay	7,5
	Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ)			
2	Horasan-Şenkaya Fay Zonu	100	Sağ Yanal Transform Fay	6,8
3	Çaldıran Fayı	125	Sol Yanal Transform Fay	7,5
4	Balık Gölü Fayı	28	Sağ Yanal Transform Fay	4,5
5	Kağızman Fayı	25	Sol Yanal Transform Fay	6,2
6	Tutak Fayı	72	Sağ Yanal Transform Fay	5,3
7	Erzurum Fay Zonu	155	Sol Yanal Transform Fay	6,8
8	Karayazı Fayı	125	Sağ Yanal Transform Fay	4,6
9	Iğdır Fayı	40	Sağ Yanal Transform Fay	4,5



Şekil 4.2 Deterministik sismik tehlike analizinde kullanılan sismik kaynak haritası

4.1 Deterministik Sismik Tehlike Analizi

Deterministik sismik tehlike analizi için öncelikle proje sahasını etkileyebilecek deprem kaynakları ve bu kaynakların oluşturdukları maksimum depremler ortaya konulmalıdır. İkinci aşamada ise, proje sahasının bulunduğu alan için bölgenin karakteristiklerine en uygun azalım denklemleri seçilir. Proje sahasına belirli bir uzaklıkta bulunan deprem kuşağındaki maksimum büyüklükteki depremin proje sahasındaki ana kayada oluşturacağı maksimum deprem ivmesi azalım ilişkileri yardımı ile hesaplanır (Kayabalı 1995). Deterministik sismik tehlike analizinin esasları şekil 4.3'te verilmiştir



Şekil 4.3 Deterministik yaklaşımın aşamaları (Kayabalı 1995)

- a) deprem oluşturan kaynağın proje alanına uzaklığının belirlenmesi,
- b) azalım ilişkileri ile proje alanındaki maksimum yer ivmesinin bulunması

Deterministik sismik tehlike analizi için Türkiye’de çeşitli yerli ve yabancı araştırmacılar tarafından geliştirilmiş sönüm denklemleri ya da deprem azalım ilişkileri kullanılmaktadır. Belirli bir bölge için geliştirilmiş azalım denklemleri, sismotektonik açıdan benzerlikler gösteren başka bölgeler için de kullanılmaktadır. Türkiye’de özellikle 1990’lı yılların ortalarına kadar mühendisler San Andreas Fayı ile Kuzey Anadolu Fayı arasındaki sismotektonik benzerliklerden yola çıkarak Kuzey Amerika’nın batısı için geliştirilen Joyner ve Boore (1988), Campbel (1988), Sabetta ve Pugliese (1987), Fukushima ve Tanaka (1990) azalım denklemleri kullanmışlardır (Kayabalı ve Beyaz 2010). Sismotektonik benzerliğe rağmen iki fayın kayma hızı ve fizyografik özellikleri birbirinden farklıdır (Ketin 1976).

Buna rağmen, yabancı araştırmacıların geliştirdikleri denklemler içerisinde, diğer yabancı azalım bağıntıları ile kıyaslandığında ülkemizde meydana gelen depremlerin pik ivme değerlerine daha yakın sonuçlar verdiğinden, yukarıda sözü edilen bağıntılar Türkiye için en çok kullanılan yabancı kaynaklı azalım denklemleridir. Bu denklemlerden, Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası (1996)'nın hazırlanışında birbirleri ile kıyas yapılarak yararlanıldıklarından, deprem risk analizlerinde de bunların kullanılması önerilmektedir (Hasgür 1996).

Türkiye için geliştirilen azalım denklemleri 1990'lı yılların ortalarına uzanmaktadır (İnan vd. 1996, Aydan vd. 1996, Gülkan ve Kalkan 2002, Ulusay vd. 2004, Özbey vd. 2004). Afet İşleri Genel Müdürlüğüne bağlı olarak çalışan Deprem Araştırma Merkezi tarafından işletilen kuvvetli yer hareketi kayıt istasyonlarının neredeyse yarısı, işletme ve vandalizm kontrolünün kolaylığı nedeniyle şehir merkezlerinde ve zeminler üzerinde yer almaktadırlar (Kayabalı ve Beyaz 2010).

Kayabalı (2002) ve Kayabalı ve Akın (2003), yerli bağıntılar ile tahmin edilen değerlerdeki sarsıcı değişimlerin tamamen zeminlerin büyütme etkilerine bağlı olduğunu belirtmişlerdir. Türkiye için yerli araştırmacılar tarafından üretilen sönüm denklemleri incelendiğinde ya zemin etkilerinin hesaplamalara katılmadığı (İnan vd. 1996, Aydan vd. 1996) ya da Ulusay vd. (2004)'te olduğu gibi kaya ve zemin gibi genel kategoriler dikkate alınarak yapılan sınıflamaları içerecek şekilde geliştirildikleri görülmüştür (Kayabalı ve Beyaz 2010). Ayrıca Çizelge 4.3'te de görülebileceği gibi bazılarında standart sapma değeri verilmemiş, bazılarının standart sapma değerlerinin güvenilirliği tartışmalı, bazılarında ise değişkendir. Aydan vd. (1996) tarafından geliştirilen sönüm denkleminde kullanılan deprem kayıtlarının bir kısmı tarihsel dönem öncesini de içermektedir. İnan vd. (1996) tarafından geliştirilen sönüm denkleminde kullanılan veriler arasında bir tasnif (magnitüd ölçeği, fay türü, mesafe bilgisi, zemin koşulları, kullanılan ivme bileşeni, ivme genlik aralığı gibi) yapılmamıştır. Ulutaş vd. (2003) tarafından geliştirilen sönüm denkleminde kullanılan depremlere ait veriler 17 Ağustos ve 12 Kasım 1999 depremleri ile bunların artçı şoklarından ibarettir ve sadece Kuzeybatı Anadolu'dan alınmış kayıtları içermektedir. Gülkan ve Kalkan (2004) tarafından geliştirilen azalım modelinde kullanılan kayıtların büyük çoğunluğu 17

Ağustos 1999 depremi kayıtlarıdır. Ayrıca denklemde kullanılan veriler içinde fay türü ve faylanmanın etkileri gibi özellikler göz ardı edilmiştir. Özbey vd. (2004) tarafından önerilen sönüm denklemi Kuzeybatı Türkiye için geliştirilmiştir. Ulusay vd. (2004) tarafından geliştirilen azalım ilişkisinde kullanılan deprem verilerinde de fay türü ve faylanma mekanizmasını dikkate almamış, bazı fay zonlarındaki segmentler bağımsız fay olarak tanıtılmıştır. Ayrıca bazı kayıtlarda çok net gözlenen eksen kayması hataları düzeltilmemiştir (Beyaz 2004 ve Çeken 2007). Çeken (2007) tarafından geliştirilen azalım modeli ise sadece Marmara Bölgesini kapsamaktadır.

Kayabalı ve Beyaz (2010) tarafından geliştirilen azalım denkleminde kullanılan verilerdeki deprem dataları Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Dairesi, Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Merkezi ile İstanbul Teknik Üniversitesi kayıtlarından alınmıştır. Deprem verileri 1976 ile 2004 yılları arasında büyüklükleri $M \geq 4$ olan dataları kapsamaktadır. Kullanılan deprem verilerinde zemin etkileri dekonvolüsyon işlemi uygulanarak temizlenmiş ve tüm Türkiye'deki önemli deprem bölgelerinden elde edilen kayıtların tamamı moment magnitüdü cinsinde kullanılarak azalım modeli Türkiye geneli için geliştirilmiştir. Modelde yaklaşık 4000 deprem verisi ile aktif faylar üzerinde açılmış derinlikleri 25 – 100 m arasında değişen toplam 64 adet ve 4500 m derinlikte sondaj verisi kullanılmıştır.

Yabancı araştırmacılar tarafından geliştirilmiş ve Türkiye'de de kullanılması önerilen sönüm denklemleri çizelge 4.3'te, yerli araştırmacılar tarafından Türkiye için geliştirilmiş sönüm denklemleri ise çizelge 4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4.3 Yabancı araştırmacılar tarafından geliştirilmiş ve Türkiye'de kullanılan sönüm denklemleri

Sönüm Denklemi	σ	Araştırmacı(lar)
$\log A = -1.562 + (0.306 * M) - (\log(R^2 + 33.6))^2$	0,173	Sabetta and Pugliese (1987)
$\log A = -3.303 + (0.85 * M) - 1.25 * \ln(R + 0.0872 * e^{0.678 * M}) + 0.0059 * R$	0,30	Campbell (1988)
$\log A = 0.43 + (0.23(M-6) - \log(R) - 0.0027R$	0,26	Joyner and Boore (1988)
$\log A = (0.41 * M) - \log_{10}(R + 0.025 * 10^{0.42 * M}) - (0.0033 * R) + 1.22$	0,28	Fukushima and Tanaka (1992)
$\ln(A_H) = -3.512 + 0.904M - 1.328 \ln[R^2 + (0.149e^{0.647M^2})]^{1/2} + (0.125 - 0.112 \ln R - 0.0957M)F + (0.44 - 0.171 \ln R)S_{SR} + (0.405 - 0.222 \ln R)S_{HR} + f_A(D)$	0,27	Campbell (1997)

Çizelge 4.4 Yerli araştırmacılar tarafından Türkiye için geliştirilmiş sönüm denklemleri

Sönüm Denklemi	σ	Araştırmacı(lar)
$PGA = 2.8(e^{(0.9MS)} e^{(0.025R)} - 1)$	*	Aydan vd. (1996)
$PGA = 10^{((0.65M)-(0.9\log(R)))-0.44}$	*	İnan vd. (1996)
$\log A = 0.753 + 0.737M_D - \log(R + 0.01868 * 10^{0.5MD}) - 0.001047R$	*	Ulutaş vd. (2003)
$\ln Y = 0.393 + 0.576(M_w - 6) - 0.107(M_w - 6)^2 - 0.899 \ln(r) - 0.200 \ln(V_s/V_A)$ $r = \sqrt{r_{cl}^2 + h^2}$ $V_A = 1381$ ve $h = 4.48$	0,562	Gülkan ve Kalkan (2004)
$PGA = 2.18e^{((0.0218(33.3M_w - Re + 7.8427SA + 18.9282SB))}$	0,63**	Ulusay vd. (2004)
$\log(Y_{ij}) = a + b(M_{wi} - 6) + c(M_{wi} - 6)^2 + \log(\sqrt{r_{ij}^2 + h^2}) + eG_1 + fG_2$	***	Özbey vd. (2004)
$\log_{10}(PGA) = c_1 + c_2M_w + c_3M_w + c_4\log_{10}R + c_5S_B + c_6S_C + c_7S_D + \sigma$ $r = \sqrt{r_{rup}^2 + h^2}$	***	Çeken (2007)
$\log A = \beta_0 + (\beta_1 M_1) + (\beta_2 \log(R+1))$	0,712	Kayabalı ve Beyaz (2010)

* : Belli değil veya verilmemiş

** : Deprem kayıtlarındaki pik yatay yer ivmesi değerleri arazi ölçümlerine dayanmayan rastgele sayılar kullanılarak azaltıldığından σ değerinin güvenilirliği tartışmalıdır.

*** : Farklı periyod değerleri için değişik katsayılar önerildiğinden σ değişmektedir.

Bölüm 4.1'deki açıklamalar dikkate alınarak, bu çalışma kapsamında deterministik sismik tehlike analizi için, epistemik belirsizliğin giderilmesi amacı ile Çizelge 4.2 ve Şekil 4.2'de verilen her sismik kaynak için Sabetta and Pugliese (1987), Joyner and Boore (1988), Fukushima and Tanaka (1990), Campbell (1997) ve Kayabalı ve Beyaz (2010) denklemleri kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır.

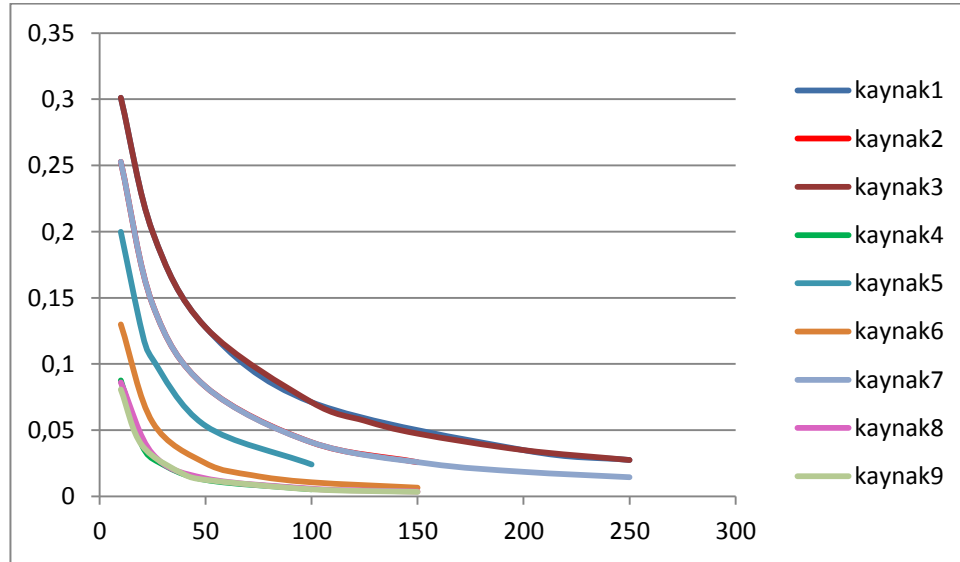
Deterministik sismik tehlike analizi için öncelikli olarak, teze konu olan alan yakınındaki en önemli deprem kaynakları ve çalışma alanına olan uzaklıkları ile oluşturdukları maksimum moment magnitüdü değerleri belirlenmiştir (Çizelge 4.2). Maksimum magnitüd değerleri Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi kayıtlarından alınmıştır. Daha sonra bu deprem kaynakları için yukarıda belirlenen azalım denklemleri kullanılarak maksimum yatay yer ivmesi değerleri hesaplanmıştır. Hesaplama sonuçları çizelge 4.5'te sunulmuştur. Çizelgede ayrıca her fay için hesaplanan tüm değerlerin ortalamaları da verilmiştir. Ayrıca her deprem kaynağı için çeşitli odak uzaklıkları ortalama yatay yer ivmesi grafikleri oluşturulmuştur (Şekil 4.4).

Şekil 4.4'te verilen çizelgede ve grafiklerde elde edilen sonuçlar incelendiğinde en yüksek ivme değerlerinin Campbell (1997) ile Fukushima ve Tanaka (1992) bağıntıları ve Kaynak1, Kaynak3, Kaynak5 için elde edildiği görülmektedir.

Yapılan deterministik sismik tehlike analizi sonucu çalışma alanında maksimum yatay deprem ivmesi Kaynak5'e göre Campbell (1997) bağlantısına göre $A = 0,27g$ olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.5 Deterministik sismik tehlike analizinde kullanılan deprem kaynakları ve değişik sönüm denklemleri için elde edilen maksimum yatay yer ivmesi değerleri ile ortalama sonuçlar

Kaynak No	Maksimum Yatay Yer İvmesi (A-g)					
	Sabetta and Pugliese (1987)	Joyner and Boore (1988)	Fukushima and Tanaka (1992)	Campbell (1997)	Kayabali ve Beyaz (2010)	Ortalama
1	0,03870	0,00859	0,10184	0,05887	0,00084	0,03495
2	0,03299	0,02208	0,10240	0,08346	0,00158	0,04082
3	0,04841	0,02191	0,14944	0,12059	0,00135	0,05717
4	0,01283	0,03650	0,04400	0,05150	0,00474	0,02572
5	0,04532	0,10246	0,19442	0,26761	0,00588	0,10360
6	0,01354	0,01649	0,03747	0,02436	0,00197	0,01597
7	0,02665	0,01012	0,07042	0,03876	0,00102	0,02483
8	0,00627	0,00472	0,01141	0,00236	0,00110	0,00449
9	0,01053	0,02371	0,03141	0,02654	0,00335	0,01648



Şekil 4.4 Her kaynak için ortalama yatay yer ivmesi değerlerinin mesafe ile değişimi

4.2 Probabilistik Sismik Tehlike Analizi

Probabilistik yaklaşım depremlerin zamana bağlı olarak meydana gelişini temsil eden bir stokastik yaklaşımdan faydalanmaktadır. Probabilistik yaklaşımda en basit ve sıkça kullanılan stokastik metod Poisson Modeli'dir. Bu modele göre deprem oluşumu zaman ve mekandan bağımsız olup, iki sismik olayın aynı yer ve zamanda oluşma ihtimali sıfıra yaklaşır (Kayabalı 1995).

(0, t) zaman aralığında proje sahasını etkileyecek a değerini aşan hiç bir depremin olmama olasılığı (4.1) bağıntısı ile ifade edilir.

$$P_t (A \geq a) = e^{-\lambda_a t} \quad (4.1)$$

Burada, λ_a proje alanı için a değerini aşmayan tüm depremlerin ortalama sayısı olarak ifade edilir. (0, t) zaman aralığında proje sahasını etkileyecek en az bir depremin olma olasılığı da (4.2) bağıntısı ile ifade edilir.

$$P_t (A \geq a) = 1 - e^{-\lambda_a t} \quad (4.2)$$

λ_a ile dönüş periyodu (DP) arasındaki ilişki ise (4.3) formülü ile ifade edilmektedir (Kayabalı 1995).

$$DP = 1 / \lambda_a \quad (4.3)$$

Bir bölgenin depremselliğinin önemli bir unsuru olan sismik etkinlik, depremlerin oluşumu ile doğrudan ilgilidir. Bir bölgenin depremselliği o bölgenin sismik etkinliğinin fonksiyonu şeklinde tanımlanabilmektedir (Seyrek ve Tosun, 2013). Deprem oluşum frekansının deprem magnitüdü ile ilişkisi genellikle Gutenberg-Richter bağıntısı ile ifade edilmektedir.

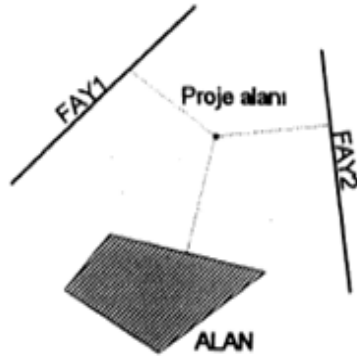
$$\text{Log } N(M) = a - bM \quad (4.4)$$

Burada $\log N(M)$; belli bir alanda ve zaman aralığındaki (çoğu zaman 1 yıl) M 'e eşit ve daha büyük deprem sayısı, a ; sıfırdan büyük magnitüdlü depremlerin toplam sayısı, ve b ; magnitüd-frekans eğrisinin eğimidir (Kayabalı 1995).

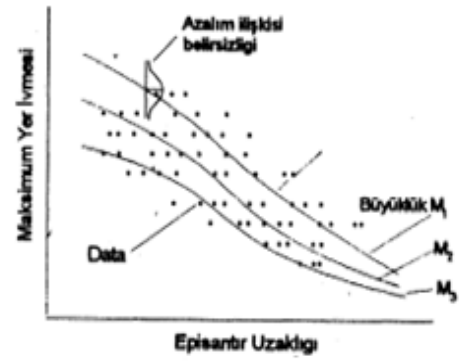
Deterministik yaklaşımda olduğu gibi Probabilistik yaklaşımda da bir deprem kaynağının ürettiği maksimum deprem büyüklüğünü belirleme zorunluluğu vardır. Yine deterministik yaklaşımda olduğu gibi probabilistik yaklaşımda da bir deprem kaynağında herhangi bir noktada meydana gelen depremden kaynaklanacak yer hareketinin (çoğu zaman ivme) proje sahasındaki amplitüdü yine bir azalım denklemi ile belirlenir (Kayabalı, 1995).

Probabilistik yaklaşımın aşamaları şekil 4.5'te verilmiştir.

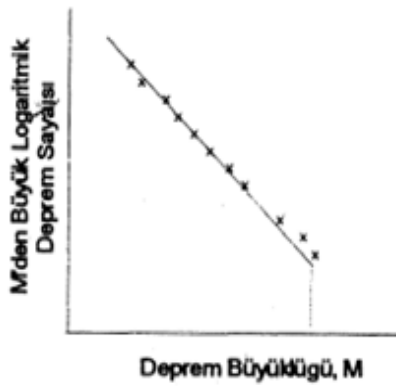
Probabilistik sismik tehlike analizi için çalışma alanı merkez nokta olarak alınarak, 100 km yarıçapında bir alanda meydana gelen depremler incelendiğinde 144 yıllık bir süre için magnitüd-oluşum sayısı ilişkisi kullanılarak Poisson Olasılık Dağılımı ile Ortalama Tekrarlama Periyotları ve çalışma alanında maksimum depremin 50 yılda % 10 aşılma ihtimaline göre yatay deprem ivmesi belirlenmiştir.



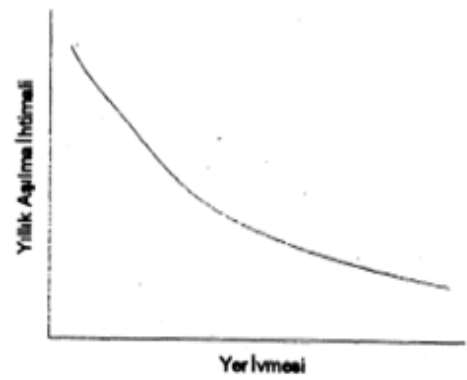
Aşama 1. Deprem kaynaklarının belirlenmesi



Aşama 3. Azalim ilişkilerinin belirlenmesi



Aşama 2. Deprem büyüklüğü tekerrürünün belirlenmesi



Aşama 4. Tehlike eğrisinin değerlendirilmesi

Şekil 4.5 Probabilistik yaklaşımın aşamaları (Kayabalı 1995)

Çalışma alanını da içine alan 100 km yarıçaplı alan içerisindeki deprem kayıtları incelenmiş ve önceki bölümlerde de belirtildiği gibi büyüklüğü 4,5 ve daha üzeri olan 503 deprem belirlenmiştir. Yapılan probabilistik sismik tehlike analizinin aşamaları ve sonuçları çizelge 4.6 - 4.7 ve şekil 4.7- 4.8'de sunulmuştur.

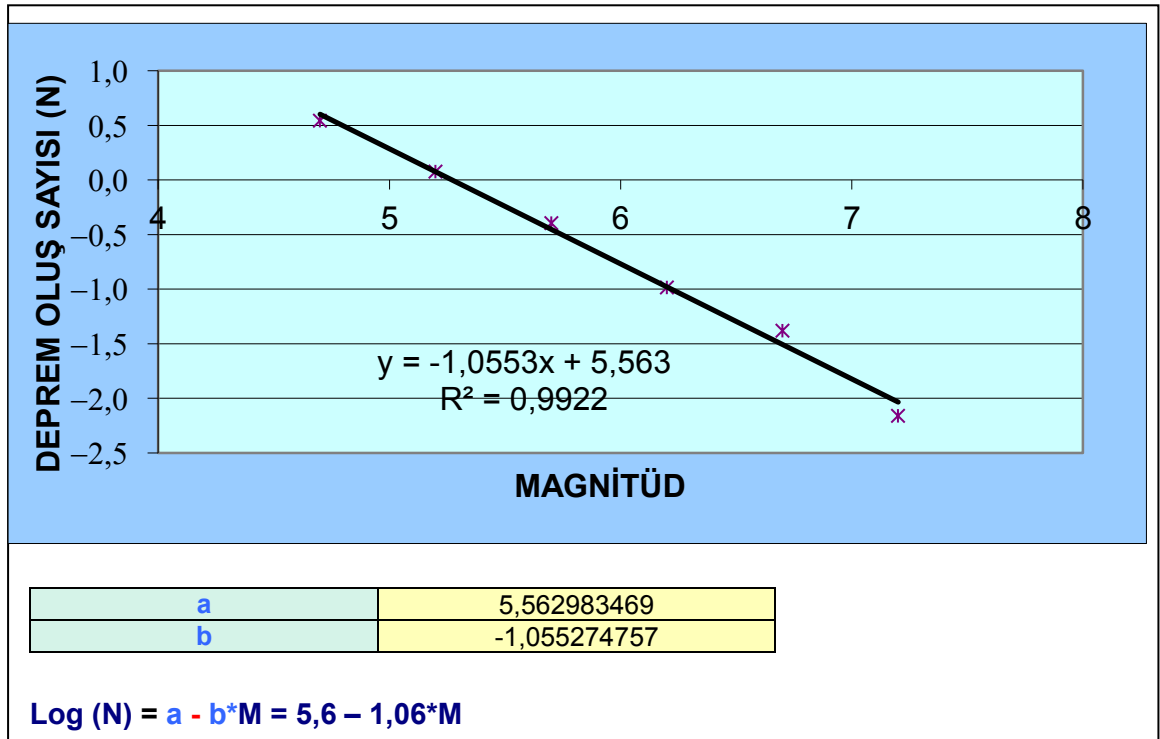
Yapılan probabilistik sismik tehlike analizi sonucunda 50 yılda % 10 aşılma olasılığı için maksimum deprem magnitüdü $M_{\max} = 7,8$ ve maksimum yatay yer ivmesi ise $A_{\max} = 0,29g \cong 0,3g$ olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.6 Magnitüd aralıklarına göre deprem oluş sayıları

Magnitüd Aralıkları	4,5[M<5,0	5,0[M<5,5	5,5[M<6,0	6,0[M<6,5	6,5[M<7,0	7,0[M[7,5
Ni (Oluş Sayıları)	331	114	43	9	5	1

Çizelge 4.7 Ortalama magnitüd değerlerine göre kümülatif oluş sayıları ve t zaman için oluş sayıları

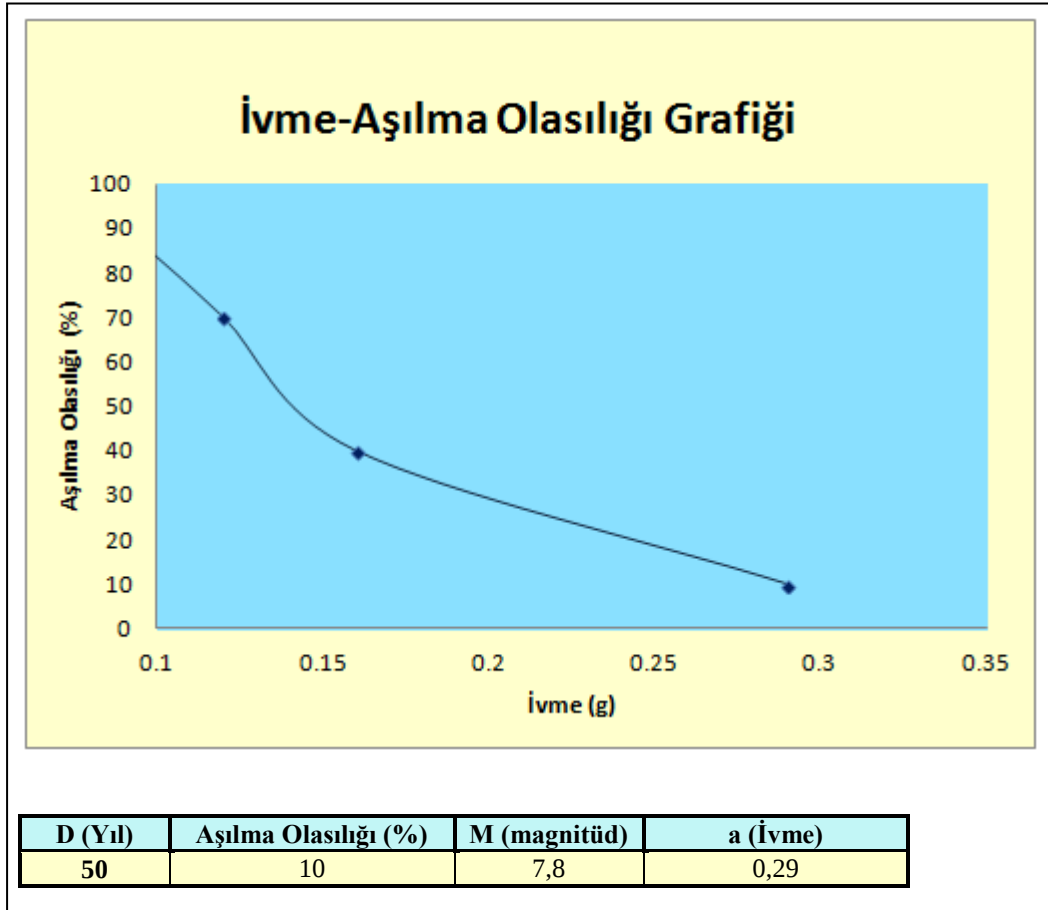
Ort. Magnitüd M yada Xi	4,7	5,2	5,7	6,2	6,7	7,2
ΣNi (Kümülatif Oluş Sayıları)	503	172	58	15	6	1
$\Sigma Ni/t$ (t = 144 yıl)	3,49	1,19	0,40	0,10	0,042	0,007
Log $\Sigma Ni/t$ yada Yi	0,54	0,077	-0,39	-0,98	-1,38	-2,16



Şekil 4.6 Magnitüd-oluş sayısı ilişkisi ve Gutenberg-Richter Bağıntısı

Çizelge 4.8 M Magnitüd İçin 10, 50, 75 ve 100 Yıllık Aşılma İhtimalleri ve Tekrarlama Periyotları

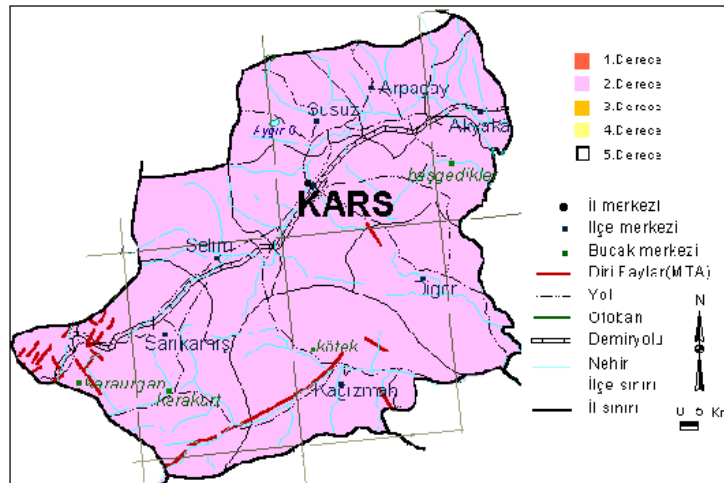
N(M)	Magnitüd	Rm = 1- e-(N(M) *D)				Ortalama Tekrarlama Periyodu (Yıl)
		D (Yıl) için Olasılık (%)	D (Yıl) için Olasılık (%)	D (Yıl) için Olasılık (%)	D (Yıl) için Olasılık (%)	
		10	50	75	100	
1.93	5	100	100	100	100	1
0.57	5,5	100	100	100	100	2
0.17	6	81	100	100	100	6
0.05	6,5	39	92	98	99	20
0.018	7	13	53	68	78	67
0.006	7,5	4.35	20	28	36	225



Şekil 4.7 50 yıl için ivme – aşılma olasılığı grafiği

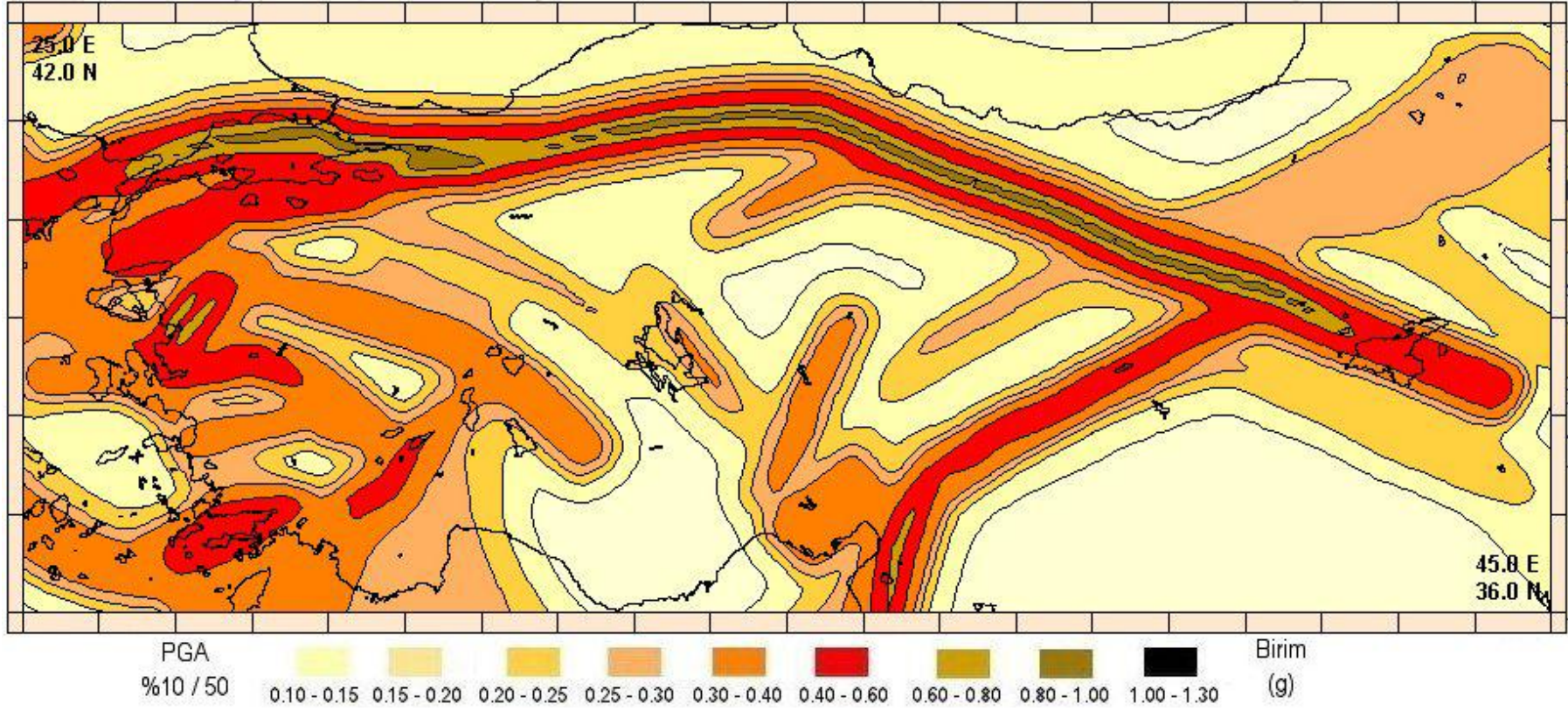
4.3 Çalışma Alanı İçin Belirlenen Maksimum Yatay Deprem İvmesi

Deterministik sismik tehlike analizinde çalışma alanı maksimum yatay yer ivmesi $a_{\max} = 0,27g$, probabilistik sismik tehlike analizinde ise 50 yıl için % 10 aşılma ihtimaline karşılık gelen en büyük yatay yer ivmesi $a_{\max} = 0,29g \cong 0,3g$ olarak belirlenmiştir. Çalışma alanı için maksimum yatay deprem ivmesi değerinin belirlenebilmesi amacı ile deterministik sismik tehlike analizi sonucu elde edilen deprem ivme değeri ile probabilistik sismik tehlike analizi sonucu elde edilen ivme değerleri, “Kars ili deprem bölgelendirme haritası” (Anonim 1996) ve Ulaştırma Bakanlığı tarafından, Türkiye için kullanılmak üzere hazırlanan probabilistik deprem tehlike analizi sonucu elde edilen “50 yılda % 10 aşılma olasılığına karşılık gelen en büyük yatay yer ivmesi haritası” (Erdik vd. 2006) üzerinden elde edilen ivme değerleri birbirleri ile karşılaştırılmıştır. Teze konu olan çalışma sahası, şekil 4.8’e göre 2. derecede tehlikeli deprem bölgesindedir ve yatay deprem ivmesi katsayısı yapılar için $A = 0,3g$ olarak alınmaktadır. Şekil 4.9’da verilen haritaya göre çalışma alanında 50 yılda % 10 aşılma olasılığına karşılık gelen pik deprem ivmesi değeri $PGA = 0,25-0,30g$ arasındadır.



Şekil 4.8 Kars İli Deprem Bölgelendirme Haritası (Anonim, 1996)

Yapılan tüm araştırma ve analizlerin sonuçlarına göre teze konu olan alan için maksimum yatay yer ivmesi değeri yapılar için $a_{\max} = 0,3g$ olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.9 50 yılda % 10 aşılma olasılığına karşılık gelen en büyük yer ivmesi (PGA, “g”) (Erdik vd. 2006)

Tez çalışması kapsamında sismik şev stabilite analizleri, statik şev yenilmesinde kullanılan limit denge analizlerine büyük benzerlik sunan psödo-statik analiz yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Psödo-statik yaklaşım düzlemsel, dairesel ve dairesel olmayan yüzeylerin psödo-statik emniyet katsayılarını hesaplamada kullanılır (Kramer 1996). Limit denge şev stabilite analizleri için yazılmış bilgisayar programlarının çoğunda psödo-statik analiz seçeneği bulunmaktadır ve bu çalışma kapsamında kullanılan Slide v.5.0 programı kullanılarak yapılan psödo-statik analizlerde de bu seçenek tercih edilmiştir.

Psödo-statik analizlerde deprem sarsıntısının etkileri genellikle atalet kuvvetleri üreten psödo-statik ivmeler ile temsil edilmektedir. F_h ve F_v şeklindeki bu atalet kuvvetleri, yenilen kütlenin ağırlık merkezinden geçmektedir ve büyüklükleri (4.5) ve (4.6)'daki gibidir (Kramer 1996).

$$F_h = \frac{a_h W}{g} = k_h W \quad (4.5)$$

$$F_v = \frac{a_v W}{g} = k_v W \quad (4.6)$$

Burada a_h ve a_v : yatay ve düşey psödo-statik ivmeler, k_h ve k_v : boyutsuz yatay ve düşey psödo-statik katsayılar ve W : yenilen kütlenin ağırlığıdır. Psödo-statik ivmelerin büyüklükleri, beklenen yer hareketinin önme derecesi ile ilişkilidir. Potansiyel yenilme kütlesi üzerine etkiyen kuvvetler; yenilme yüzeyine paralel yönde bileşenlerine ayrılarak genel güvenlik sayısı formülü elde edilir (Kramer 1996).

$$GS = \frac{cl_{ab} + [(W - F_v)\cos\beta - F_h\sin\beta]\tan\phi}{(W - F_v)\sin\beta + F_h\cos\beta} \quad (4.7)$$

Burada c ve ϕ : yenilme düzleminin kayma dayanımını tanımlayan Mohr-Coulomb dayanım parametreleri, l_{ab} : yenilme düzleminin uzunluğu ve β : kayma düzleminin yatayla yaptığı açıdır. (4.7) formülüne göre yatay psödo-statik kuvvet hem tutucu kuvvetleri azaltıp ($\phi > 0$ durumunda) hem de kaydırıcı kuvveti arttırdığından güvenlik

sayısını doğrudan azaltmaktadır. Ancak düşey psödo-statik kuvvet hem kaydırıcı kuvveti hem de tutucu kuvveti azalttığından (ya da yönüne bağlı olarak arttırdığından) psödo-statik analizlerde çoğu zaman dikkate alınmazlar (Kramer, 1996).

Psödo-statik analizlerde kullanılacak psödo-statik yer yatay yer ivmesinin seçilmesi oldukça zor ve karmaşıktır. Psödo-statik analizlerde kullanılacak sismik katsayı, yenilme kütlesi üzerindeki psödo-statik kuvveti kontrol eder; bu nedenle sismik katsayının değeri, potansiyel olarak duraysız malzeme içinde gelişen atalet kuvvetlerinin büyüklüğü ile ilişkili olmalıdır. Şev malzemesinin rijit olması durumunda, potansiyel kayma kütlesi üzerindeki atalet kuvveti, gerçek yatay ivme ile duraysız malzeme kütlesinin çarpımına eşit olur. Ancak gerçek şevlerin rijit olmadığı ve pik ivmelerin de sadece kısa bir süre içinde etkili olduğu gerçeğinden hareketle, pratikte kullanılan psödo-statik katsayılar genellikle a_{max} 'ın çok altındaki değerlerine karşılık gelmektedir (Kramer 1996).

Bu konuda ilk olarak Terzaghi (1950) “büyük” (Rossi-Forel ölçeğinde şiddeti IX olan) depremler için $k_h = 0,1$, “şiddetli-yıkıcı” (Rossi-Forel ölçeğinde şiddeti X olan) depremler için $k_h = 0,2$ ve “afet düzeyindeki” depremler için $k_h = 0,5$ önermiştir. Seed (1979) deprem kuşağında bulunan 10 ülkedeki 14 baraja ait psödo-statik tasarım kriterlerinin listesini çıkarmıştır. Bunların 12'sinde minimum emniyet katsayısı 1,0 – 1,5 arasında olacak şekilde, psödo-statik katsayılar 0,1 – 0,12 arasında alınmıştır. Marcuson (1981) barajın maruz kaldığı büyütme ve küçültme de dahil olmak üzere, barajlar için uygun psödo-statik katsayının, maksimum ivmenin üçte biri ile yarısı arasında alınmasını önermiştir. Seed (1979) sünek zeminler kullanarak inşa edilen toprak barajlarda 0,75g'den daha küçük kret ivmelerinde, psödo-statik emniyet katsayısının en az 1,15 ve $k_h = 0,1$ ($M = 6,5$) ile, $k_h = 0,15$ ($M = 8,25$) olduğu şartlarda deformasyonların kabul edilebilir düzeyde düşük olduğunu belirtmiştir (Kramer 1996).

Hynes-Griffin ve Franklin (1984) Newmark Kayan Blok Analizini 350'den fazla akselorama uygulamış ve psödo-statik emniyet katsayısının 1.0'den büyük alındığı durumda toprak dolgu barajlarda “tehlikeli ölçüde büyük” deformasyonların gelişmediği (4.5) formülü geliştirilmiştir (Kramer, 1996).

$$k_h = 0,5a_{max} \text{ (g)} \quad (4.5)$$

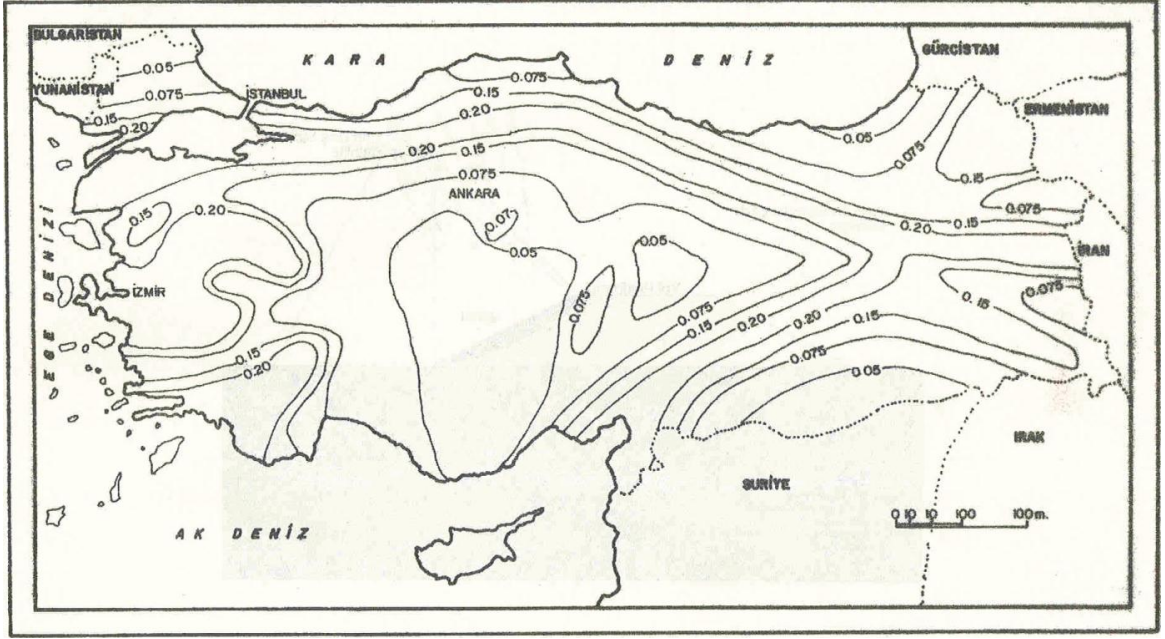
Tasarım için psödo-statik katsayının seçiminde herhangi bir kesin ve pratik kural yoktur. Ancak; psödo-statik katsayının yenilme kütlelerinde beklenen gerçek ivme düzeyine dayanması gerektiği ve beklenen pik ivmenin belirli bir kesirine karşılık gelmesi gerektiği ortadadır (Kramer 1996). Gerçekte her durumda araştırmayı yapan mühendisin mühendislik yargısı önemli olsa da Kramer (1996) tarafından Hynes-Griffin ve Franklin (1984) kriterlerinin pek çok şev için uygulanabileceği belirtilmiştir.

Bu açıklamalar göz önüne alındığında çalışma alanı için Hynes-Griffin ve Franklin bağıntısına göre aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$k_h = 0,5a_{max} = 0,5 * 0,3 = 0,15g \quad (4.6)$$

Ayrıca şekil 4.11’de verilen Ulaştırma Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü, Araştırma-Geliştirme (AR-GE) Dairesi Başkanlığı tarafından oluşturulmuş “şev stabilite analizlerine esas yatay deprem katsayıları haritasına göre, çalışma alanında yapılacak psödo-satistik şev stabilite analizleri için kullanılacak yatay deprem ivmesi katsayısı $a_h = 0,15-0,075g$ arasında kalmaktadır.

Tüm bu açıklama ve değerlendirmelerin sonucunda tez çalışmasında yapılacak şev stabilite analizlerinde $a_h = 0,15g$ olarak seçilmiştir.



Şekil 4.10 Şev stabilite analizleri için yatay deprem katsayıları haritası (Anonim, 2008)

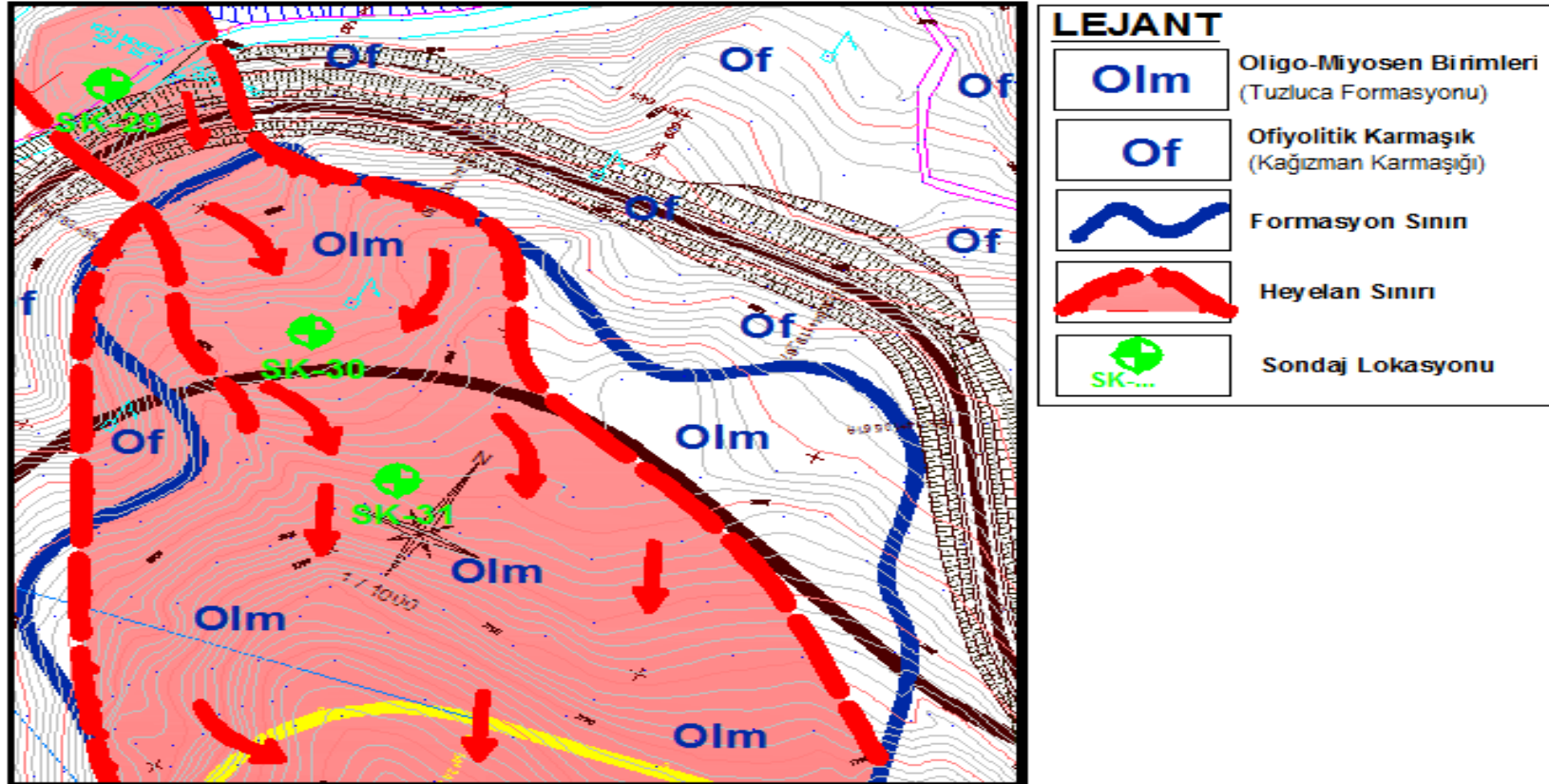
5. BULGULAR

5.1 Ağrı-Kağızman Karayolu Boyunca Gelişen Heyelanların Anatomisi

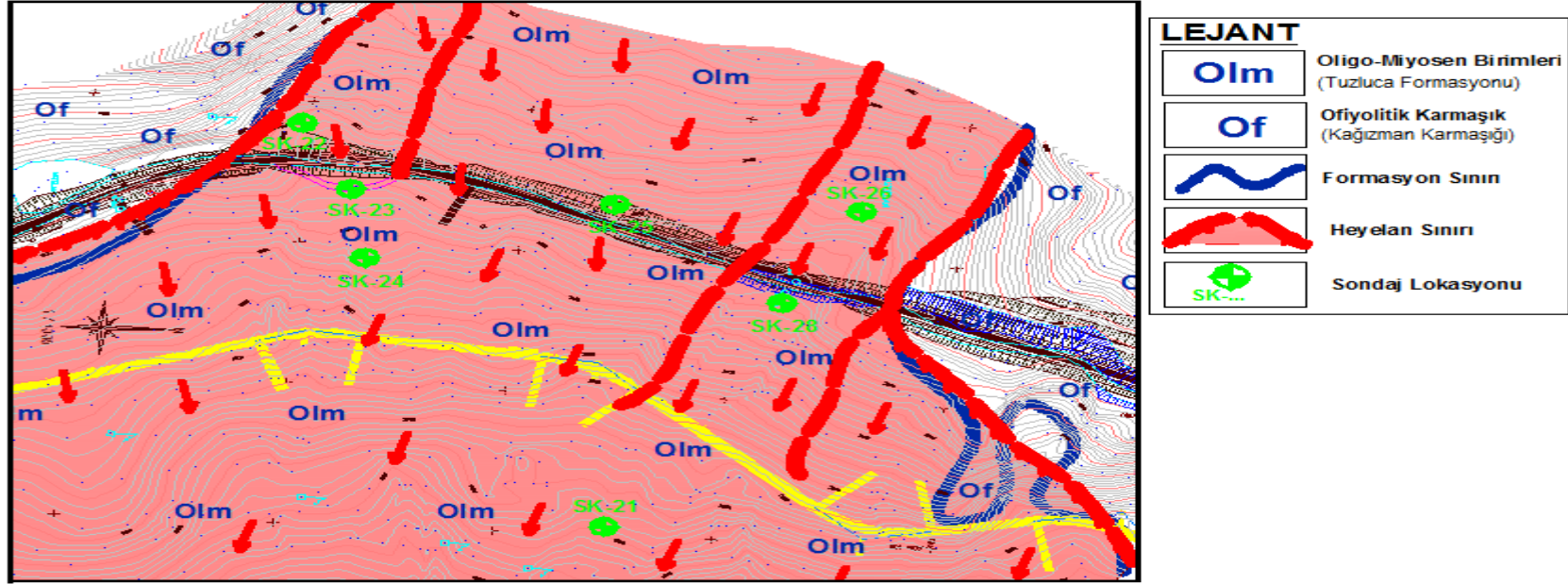
Önceki bölümlerde de belirtildiği gibi Ağrı – Kağızman Karayolu kapsamında yol yapım çalışmaları halen devam etmektedir. 1997 – 2008 yılları arasında Ağrı – Cumaçay arası, 2008 – 2009 yılları arasında ise Cumaçay – Sarıbulak Köyü arası yapım işi bitirilmiştir. 2009 – 2017 sezonunda Sarıbulak Köyü – (Kağızman-Tuzluca) Ayrımı arasına (Km: 68+000 – 90+000) devam edilecektir. Ancak Km: 82+300-85+000 aralığında çeşitli km aralıklarında güzergahı kesen aktif heyelanlar bulunmaktadır. Heyelanların tamamı akma şeklinde gelişmiştir.

Arazi çalışmalarının başlangıcında, yol güzergahının 2 ayrı kesimde (Km: 82+300 – 83+400 ve Km: 84+100-84+400 aralıkları) toplam 1400 metrelik bir uzunlukta heyelan içerisinde kaldığı belirlenmiştir. Bu aktif heyelanlı kesimden güzergahın geçirilmesi uygun görülmemiş ve olabildiğince heyelanlı alandan çıkılmaya çalışılmıştır.

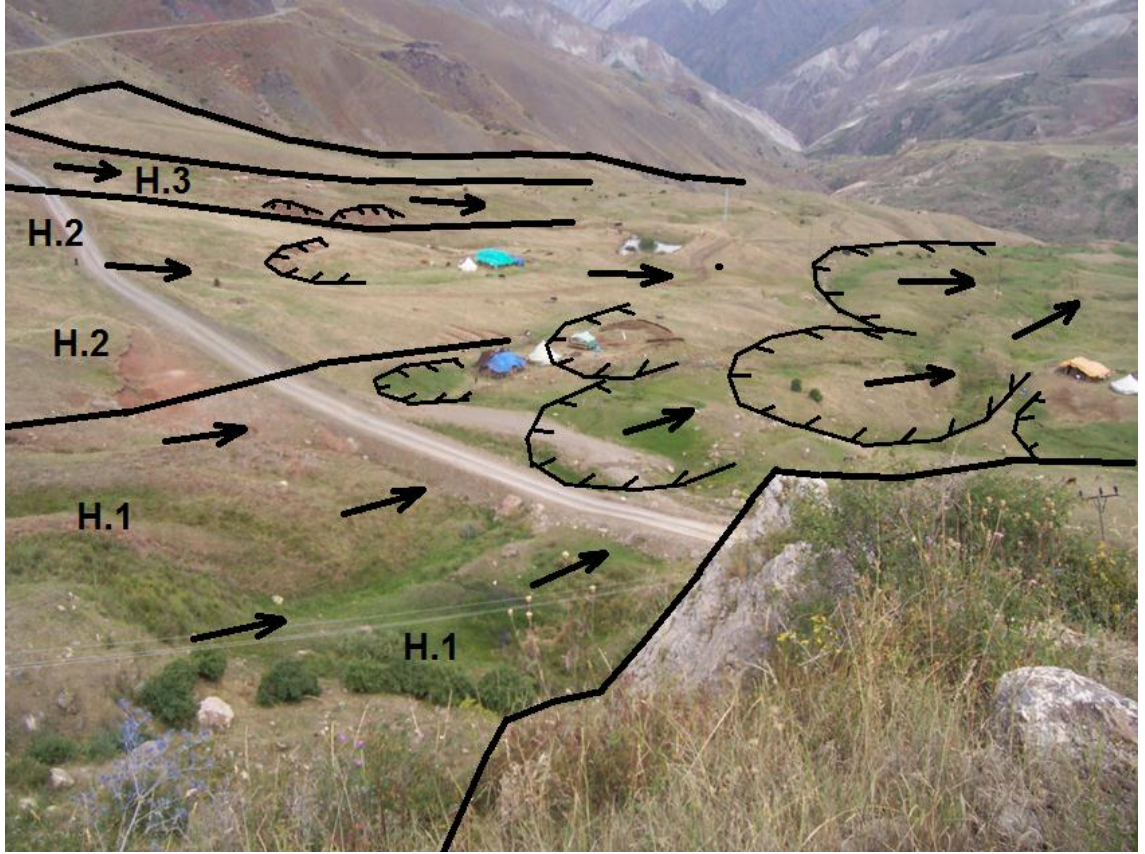
Heyelanlı arazideki genel jeolojik yapı; temelde gözlenen Kağızman Karmaşığına ait ofiyolitler ve onun üstündeki Oligo – Miyosen yaşlı kırmızı renkli kilit ve/veya sert kilden müteşekkil Tuzluca Formasyonu birimlerinden oluşmaktadır. Heyelanlar genelde kırmızı renkli kilitler içerisinde gelişmiştir. Bu durum göz önünde bulundurularak yol güzergahının yeni durumda batı-kuzeybatıda ofiyolitten oluşan daha stabil yamaçlara yaklaştırılarak geçirilmesinin daha uygun olduğu belirlenmiş ve yolun geometrik şartları elverdiğince güzergah yamaçlara yaklaştırılarak, Tuzluca Formasyonu birimleri içerisinde çıkarılmaya çalışılmıştır. Yapılan güzergah değişiklikleri neticesinde tamamen heyelanlı saha terkedilememiş olsa da, yolun daha kısa aralıklarda ve toplamda 400 metrelik bir uzunluk oluşturan 4 ayrı kesimde (Km: 82+650-82+750, Km: 82+750-82+900, Km: 82+900-83+000 ve Km: 83+800-84+000) heyelanlı alanlar içerisinde uygulanabilir çözüm örnekleri geliştirilerek geçilmesi sağlanmıştır. Km: 82+650 – 83+000 (H.1, H.2 ve H.3) arası ve Km: 83+800-84+000 arası (H.4) heyelanların yüzeysel jeoloji ve sondaj lokasyon haritaları şekil 5.1 - 5.2’de, heyelanlı alanların genel görünüşleri ise şekil 5.3 - 5.5’te verilmiştir.



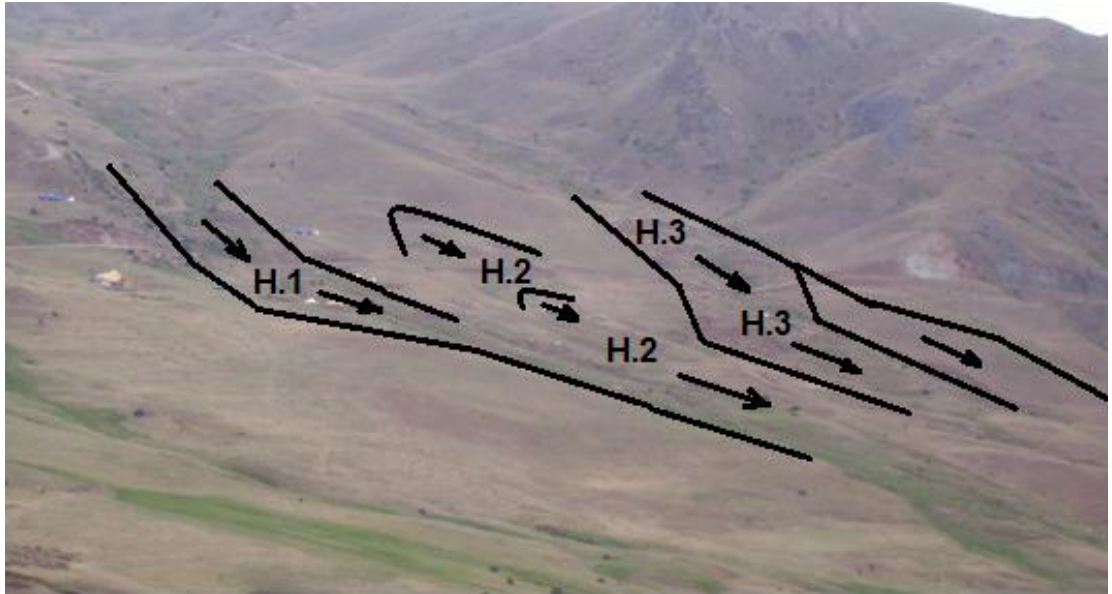
Şekil5.1Km: 82+650-83+000 arası heyelanları jeolojik haritası ve sondaj yerleri



Şekil 5.2 Km: 83+880-83+940 arası heyelanları jeolojik haritası ve sondaj yerleri



Şekil 5.3 Km: 82+650-83+000 arası heyelanlarının (H.1, H.2 ve H.3) arazideki görünümü (batı-kuzeybatıdan doğu-güney doğuya bakış)



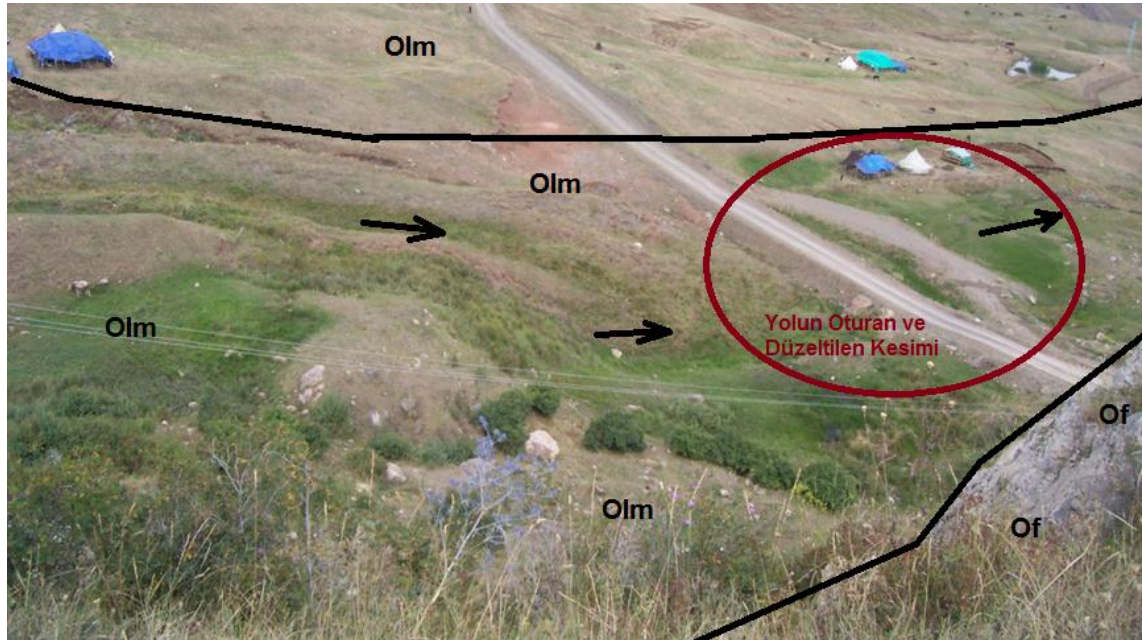
Şekil 5.4 Km: 82+650-83+000 arası heyelanlarının (H.1, H.2 ve H.3) arazideki görünümü (güneyden kuzeye bakış)



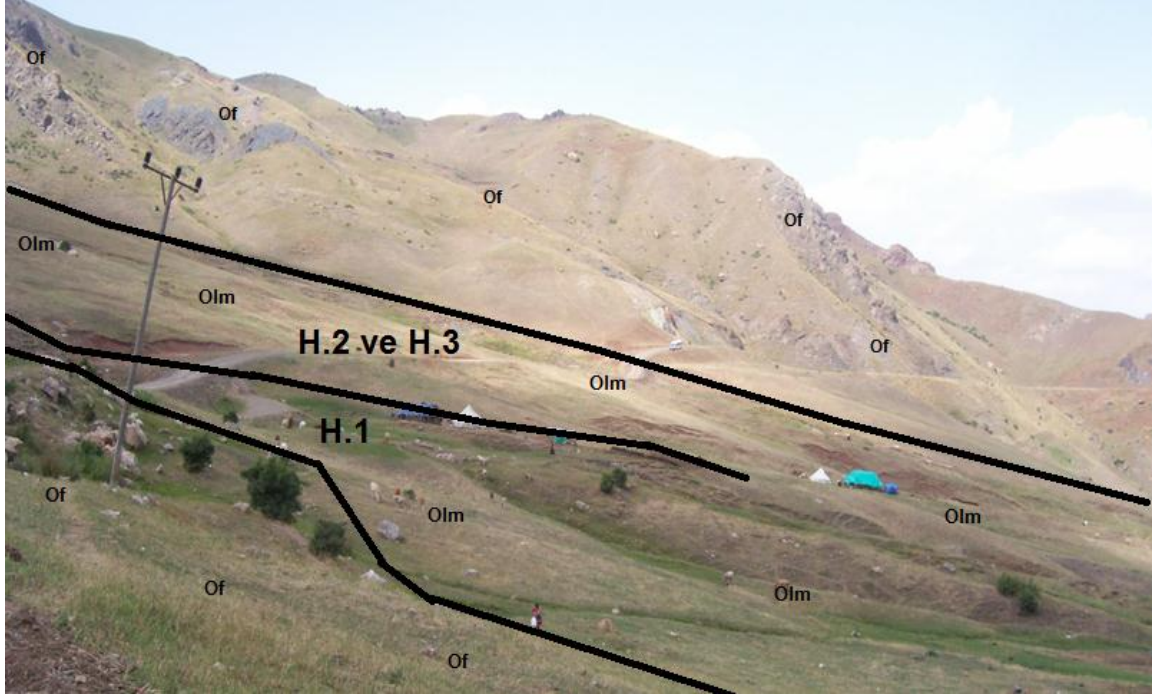
Şekil 5.5 Km: 83+880-83+940 arası heyelanının (H.4) arazideki görünümü (güney batıdan kuzey doğuya bakış)

5.1.1 H.1 heyelanı (km: 82+650 – 82+750) mekanizması ve uygulanabilir çözüm önerisi

Heyelan; Oligo – Miyosen renkli kırmızı kilaşı ile ofiyolit sınırında iki birimin kontağındaki derede gelişmiştir. İki birimin kontağı farklı aşınmadan dolayı dere halini almıştır. Bu dere arazinin yukarısında küçük sızıntılar ve küçük kaynaklar ile su almaktadır. Bu sular Oligo – Miyosen yaşlı killi birimleri yumuşatmakta, dayanımını düşürmekte ve yükselen su tablası nedeniyle efektif gerilme azalmaktadır. Böylece yüksek eğimli derede yumuşayan ve dayanımı düşen bu killi zemin akma şeklinde alttaki kilaşı üzerinde hareket etmektedir. Hareketin gerisi yani memba tarafı dar bir şerit halinde 50 – 100 metre genişliktedir. Mansap tarafı da genişleyerek ve araziye yayılarak, aşağıdaki ana dereye kadar devam etmektedir. Ana dere 500 – 600 m daha aşağıdadır. Km: 82+650 – 82+750 arasında yol sürekli oturarak aşağıya doğru kaymaktadır. H.1'in genel görünümü ve yolun oturan kesimi Şekil 5.6'da, yoldaki oturma farkı ve Ofiyolitler ile Oligo-Miyosen Birimleri (Tuzluca Formasyonu) sınırı Şekil 5.7'de verilmiştir.



Şekil 5.6 H.1'in (Km: 82+650 – 82+750) arazideki görünümü ve yolun oturan ve düzeltilen kesimi (kuzey batıdan güney doğuya bakış)



Şekil 5.7 Ofiyolitler ile Oligo-Miyosen Birimleri (Tuzluca Formasyonu) sınırı ile yoldaki oturma farkı (güneyden kuzeye bakış)

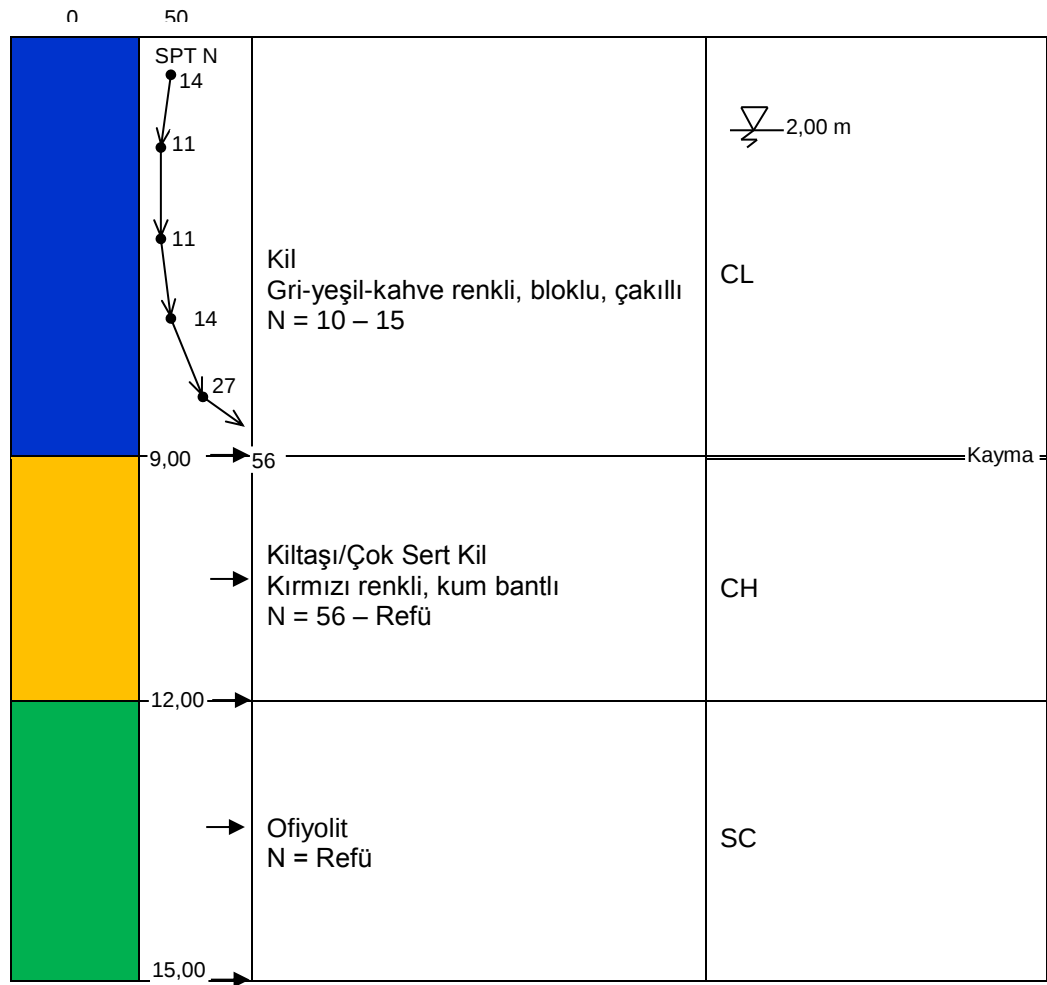
H.1’de heyelanın derinliğini ve kayma mekanizmasını anlamak için hareket doğrultusunda SK – 22, SK – 23 ve SK – 24 No.’lu sondajlar yapılmıştır.

Yapılan sondajlarda kayma derinliği ve kayma mekanizması, sondaj esnasında meydana gelen su kaçakları ile sertlik, yapı ve renk farklılıklarından net olarak anlaşılmıştır. Sondajlara göre gri-yeşil-kahve renkli bloklu çakıllı killi kütle, kırmızı renkli sert kil/kiltaşı üzerinde kaymaktadır. Kayma derinliği SK-22 No.’lu sondajda 9 m, SK – 23 ve SK – 24 No.’lu sondajlarda ise 11 m olarak belirlenmiştir.

SK – 22 No.’lu sondajda 0 – 9 m arasında düzensiz ve kayma ürünü çakıllı bloklu kil malzeme belirlenmiştir. Birimin zemin sınıfı yapılan deneylerde CL çıkmıştır. Ancak malzeme çakıllı bloklu karmaşık bir yapı sunmaktadır. Malzeme içinde yapılan SPT deneylerinde genellikle N = 10 – 15 arasında belirlenmiştir. Malzemenin çakıllı bloklu yapısı N değerlerinin olduğundan bir miktar yüksek çıkmasına neden olmuştur. Bu birim altında 12. metreye kadar sert kil ve/veya kiltaşı birimi, 12. metreden sonra ise bölgenin temel kayası olan ofiyolit belirlenmiştir. Kiltaşı içinde N = 40 – Refü arasında

iken Ofiyolitte N = Refü bulunmuştur. Sondajda 9 m civarında yarıklar gözlenmiştir. Bu durum ile SPT N değerlerindeki değişim, 9. metreye kadar gözlenen birimin düzensiz ve çakıllı-bloklu karmaşık yapısı ile formasyon sınırları göz önünde bulundurulduğunda sondajda kayma derinliği 9 m olarak belirlenmiştir.

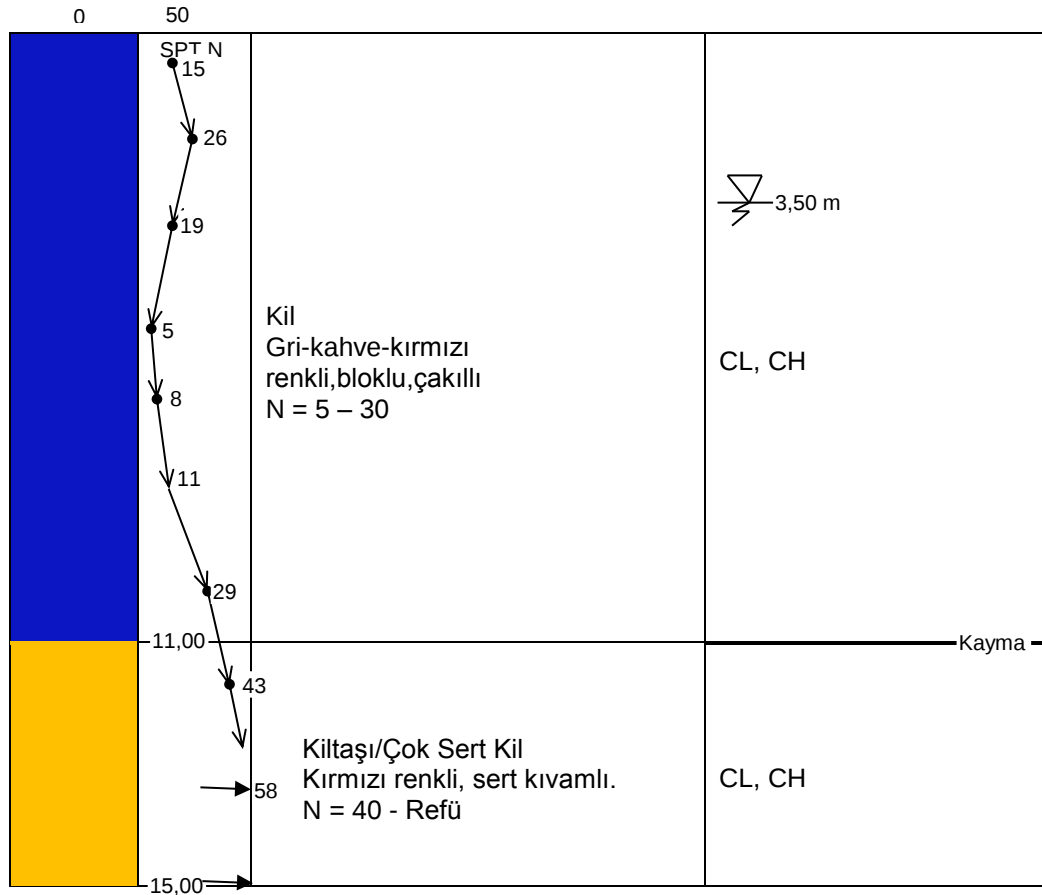
SK – 22 No.'lu sondajda gözlenen zemin profili ve kayma derinliği şekil 5.8'de verilmiştir.



Şekil 5.8 SK-22 No.'lu sondajda gözlenen zemin profili ve kayma derinliği

SK – 23 No.'lu sondajın ilk 11 metrelik kesimi kayma sonucu karışmış, düzensiz yapıda gri-kahve-kırmızı renkli çakıllı kilden oluşmaktadır. Malzemenin zemin sınıfı CL, CH çıkmıştır. Ancak yüksek N değerleri düzensiz yapıda malzeme içinde gözlenen çakıl ve bloklardan kaynaklanmaktadır ve birim yer yer çok yumuşak, hatta akıcı durumdadır. Bu yumuşak örtü 11. metreye kadar devam etmektedir, 11 metrenin altında ise sert kil ve/veya kilaşı bulunmaktadır. Üstteki karmaşık malzeme içinde yapılan SPT deneylerinde $N = 5 - 30$ arasında belirlenmiştir. Kilaşında ise $N = 40 -$ refü arasındadır. Sondajda kayma düzlemi derinliği 11 m olarak belirlenmiştir.

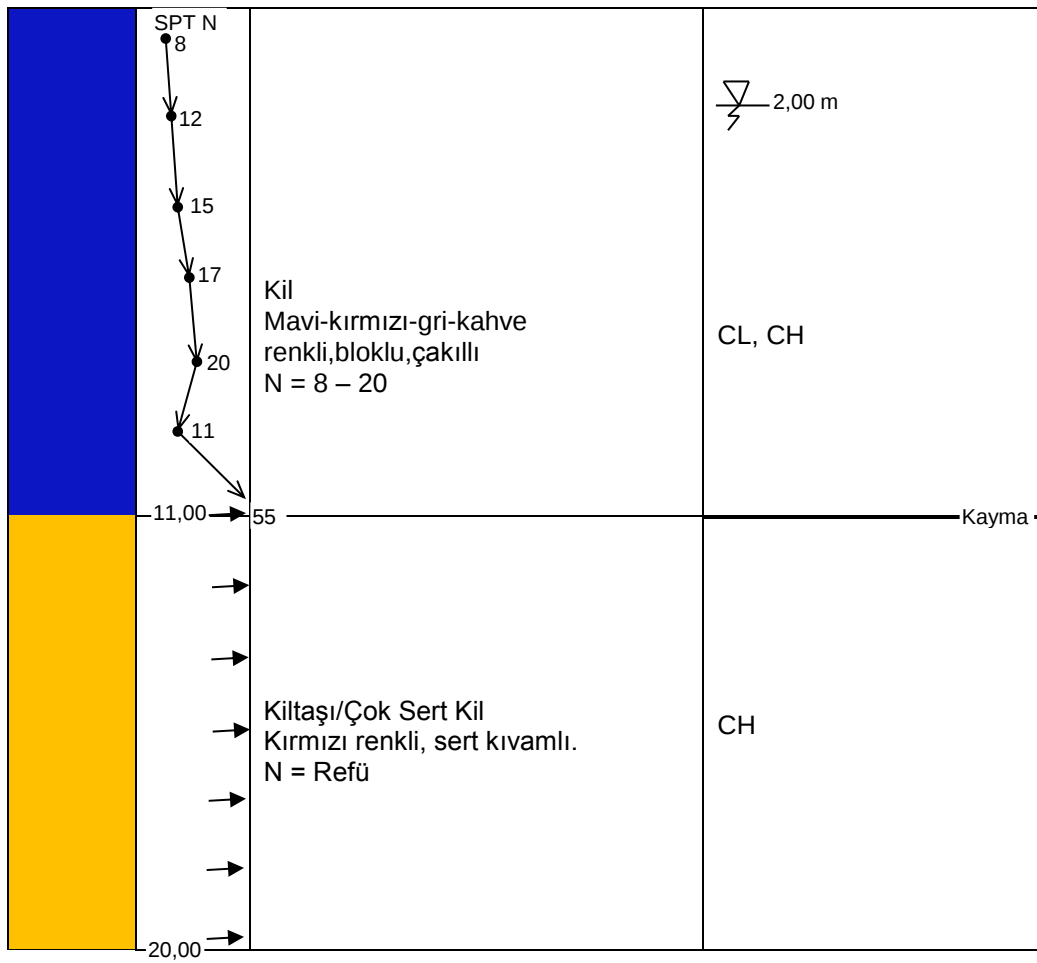
SK – 23 No.'lu sondajda gözlenen zemin profili ve kayma derinliği şekil 5.9'da sunulmuştur.



Şekil 5.9 SK-23 No.'lu sondajda gözlenen zemin profili ve kayma derinliği

SK – 24 No.'lu sondajın ilk 11 metresinde gözlenen killi malzeme renk ve doku açısından karışmış, mavi-kırmızı-gri-kahve renkli ve bloklu-çakıllıdır. Birimde yapılan

SPT deneylerinde $N = 8 - 20$ arasında değişmektedir. Bu değerler yüksektir; nedeni ise malzemenin çakıl içeriğidir. Zemin içinde çakıl içeriğinin daha az olması durumunda bu değerlerde önemli bir düşüş gözlenecektir. Nitekim UD tüpleri içerisinde örneklerin durmayıp akıyor olmaları ve ancak birkaç denemeden sonra örnek alınabilmesi bu durumun en açık göstergesidir. 11 metreden sonra gözlenen temel zemin kırmızı renkli çok sert kil ve/veya kilaştır. Temel zemin olan kilaşı içinde yapılan SPT deneylerinde $N = \text{Refü}$ sonuçları vermiştir. Böylece ana kayma düzlemi 11. m olarak belirlenmiştir. SK – 23 No.'lu sondajda gözlenen zemin profili ve kayma derinliği şekil 5.10'dadır.



Şekil 5.10 SK-24 No.'lu sondajda gözlenen zemin profili ve kayma derinliği

Bu bilgiler ışığında heyelana ait jeolojik kesit ve kayma yüzeyi ile heyelanın yüzeyel konumu ve kesit doğrultusu şekil 5.11'de verilmiştir. Bu kesit heyelanın en kritik kesitidir.

Şekil 5.11’de verilen plan ve kesitte de görüldüğü gibi kayma düzlemi topoğrafyaya yaklaşık paralel olarak devam etmektedir.

Tez kapsamında tüm stabilite analizleri Rocscience Slide v 5.0 programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

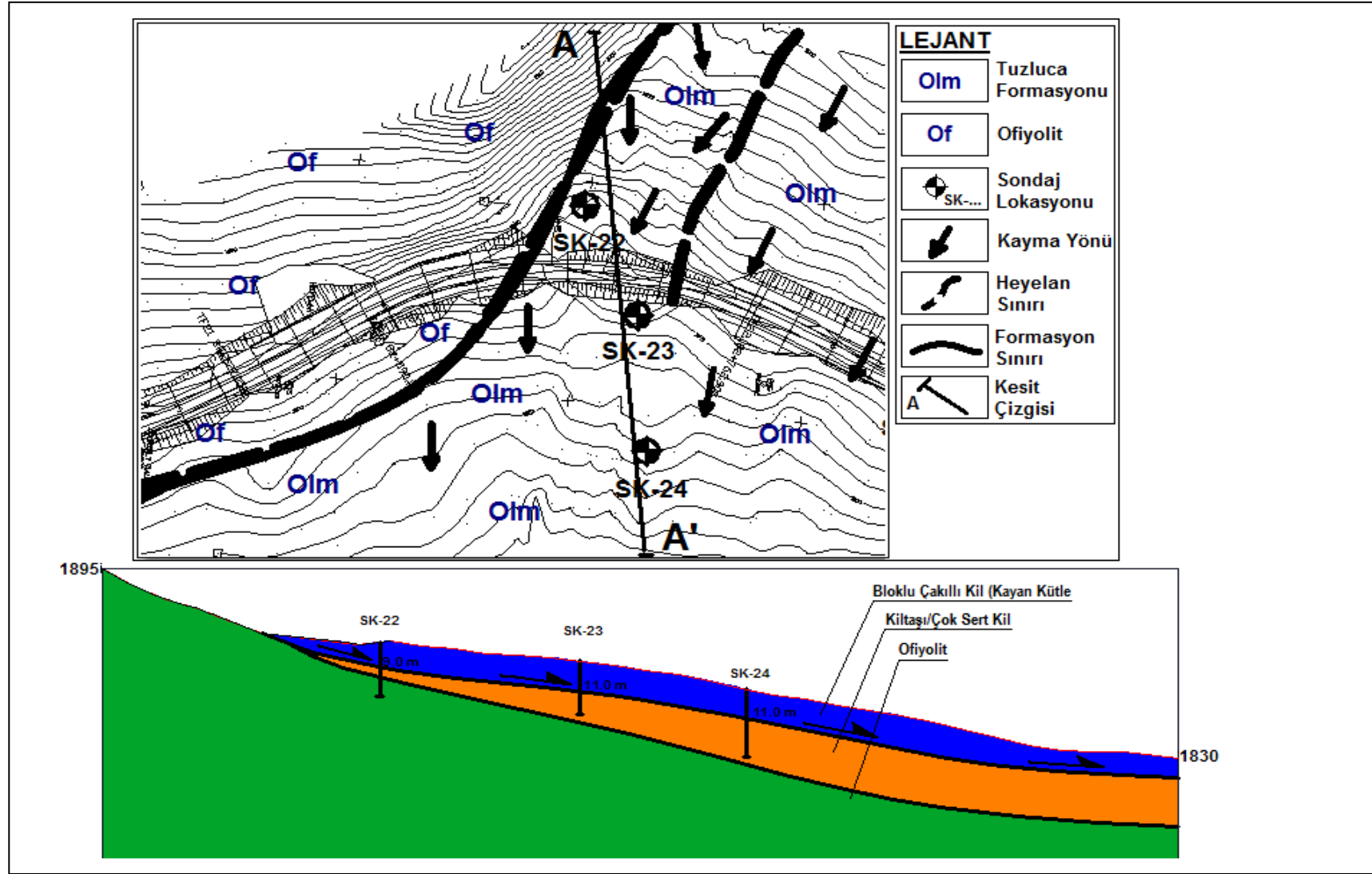
5.1.1.1 Birimlerin jeoteknik özellikleri ve stabilite parametreleri

Sondajda gözlenen ve yukarıdaki başlıkta verilen jeolojik birimlerin jeoteknik özellikleri ayrı ayrı aşağıda sunulmuştur.

Bloklu Çakıllı Kil (Kayan Kütle): Bu tabakada SPT N değerleri 10 – 20 arasında değişmektedir. N değerleri zeminin çakıl ve blok içeriği nedeniyle yüksektir ve zemin yer yer akıcıdır. Bu birim içinden alınan UD örnekleri üzerinde yapılan üç eksenli basınç deneyleri (UU) ile rezidüel kesme dayanımı deneylerinde çizelge 5.1’de verilen parametreler belirlenmiştir.

Çizelge 5.1 Bloklu çakıllı kil (kayan kütle) içinden alınan örneklerin deney sonuçları

BZS	γ_n (kN/m ³)	c_u (kPa)	ϕ_u (°)	c_r (kPa)	ϕ_r (°)
CL	18,26	63	7	2	14
CH	18,39	-	-	2	18
CH	18,14	62	6	-	-
CL	18,09	-	-	2	16
CH	18,08	-	-	0	10
CH	18,32	60	8	-	-



Şekil 5.11 H.1 heyelanı (Km: 82+650 – 82+750) jeolojik planı ve jeolojik kesiti

Birim içerisinde yeraltı suyu derinliği 2,0-3,5 metre arasında ölçülmüştür. Bu derinlik yağışlı mevsimlerde daha da yükselecektir. Kayma malzemesi yeraltı suyuna doymuş kohezyonlu birimlerden oluştuğu için analizlerde kullanılacak boşluk suyu basıncı parametresi bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu problemin çözümü için aşağıda yapılan açıklamalar neticesinde boşluk suyu basıncı katsayısı r_u değeri analizlere dahil edilmiştir.

Boşluk suyu basıncı dolgu yapımı esnasında ve inşaat sonrasında örtü basıncının bir fonksiyonudur ve suya doymuş kohezyonlu zeminlerdeki en önemli sorunlardan biridir.

Boşluk suyu basınç katsayısı r_u , boşluk suyu basıncının örtü yükü basıncına oranı olarak tanımlanır.

$$r_u = u_w / \sum (\gamma_t)_i \cdot h_i \quad (5.1)$$

$$r_u = \gamma_w \cdot h_w / \sum (\gamma_t)_i \cdot h_i \quad (5.2)$$

Burada; γ_w : suyun birim ağırlığı, h_w : ilgili tabakadaki su yüksekliği, γ_t : toplam birim ağırlık, h_i : ilgili tabakanın kalınlığıdır. Yenilme yüzeyindeki güncel boşluk suyu basıncı geniş bir alanı kapsamasına ve kayma yüzeyi boyunca boşluk suyu basıncı az veya çok değişmesine rağmen burada r_u değeri boşluk suyu rejiminin bir ortalamasını sunmaktadır (Sarsby 2000).

Boşluk suyu basınç katsayısı değerinin yaklaşık aralığı 0 – 0,55'tir. Sıfır değeri çok düşük su tablası ya da çok düşük doymuşluk derecelerini işaret ederken, 0,55 değeri ise çok yüksek su tablası olması durumunda ya da zemin yüzeyinin tamamen su ile kaplı olması durumunu göstermektedir (Sarsby 2000). Uzun yıllar boyunca elde edilen deneyimlerin sonucunda r_u değerinin genellikle 0,3-0,45 arasında değiştiği ve çoğunlukla dizayn değerlerinin de yaklaşık 0,35 civarında olduğu belirlenmiştir. $r_u > 0,35$ değeri genellikle duraysız şartları göstermektedir. Boşluk suyu basınç katsayısının (r_u) ortalama değeri seçilirken yukarıdaki eşitlikle kayma yüzeyinin çeşitli

kesimleri için hesaplanan değerlerin yanısıra arazi çalışmalarını yürüten mühendislerin deneyimlerinden ve yamacın geçmiş dönemdeki davranışlarından da faydalanılması doğru sonuçlar alınmasını sağlayacaktır (Fredlund 1986 ve Sarsby 2000).

Özellikle stabilitenin Bishop yöntemi ile çözümlerinde boşluk suyu basınç parametresi olarak, boşluk suyu basınç katsayısı r_u değerinin kullanımı pratik bir çözüm olarak öne sürülmektedir (Fredlund 1986 ve Ağırlioğlu 2005) ve bu nedenle yapılan stabilite analizlerinde kullanılan Slide v 5.0 programının veri girdisine de uygun olarak boşluk suyu basıncı için, boşluk suyu basıncı katsayısı (r_u) değeri kullanılmıştır. r_u değeri güvenlik sayısı hesaplamasında tutucu kuvvetlere ağırlığın bir fonksiyonu olarak $W(1 - r_u)$ şeklinde katılır (Ağırlioğlu 2005).

Boşluk suyu basınç katsayısı değeri, SK – 22, SK – 23 ve SK – 24 No.'lu sondajlara göre ayrı ayrı hesaplanmış (Çizelge 5.2) ve analizlerde kullanılmak üzere ortalama bir değer seçilmiştir. Hesaplamalarda $\gamma_w = 9,81 \text{ kN/m}^3$ olarak alınmıştır.

Çizelge 5.2 Analizlerde kullanılmak üzere belirlenen boşluk suyu basınç katsayısı

Sondaj No	r_u
SK-22	0,4
SK-23	0,37
SK-24	0,446
Ortalama	0,4

Heyelan için yapılan geri analizlerde (Şekil 5.12) ise en kritik kayma dairesi için 1,0 değerini veren rezidüel kayma dayanımı parametreleri çizelge 5.3'te verilmiştir.

Çizelge 5.3 Geri analizlerde belirlenen rezidüel kayma dayanımı parametreleri

$c_r \text{ (kPa)}$	$\phi_r \text{ (}^\circ\text{)}$
0	17
2	15
3	13,5
5	11,5



Şekil 5.12 Heyelanlı malzemeye ait geri analiz kesiti

Kırmızı Renkli Kilitaşı/Çok Sert Kil: Bu tabakada SPT N değeri 40 – Refü arasında değişmektedir. Bu birim içinden alınan UD örnekleri üzerinde yapılan UU deneylerinde elde edilen sonuçlar çizelge 5.4’te verilmiştir.

Çizelge 5.4 Kilitaşı/çok sert kile ait deney sonuçları

BZS	γ_n (kN/m ³)	c_u (kPa)	ϕ_u (°)
CH	18,39	91	6
CH	19,15	95	8

Birim bozuşmuş kilaşı (çok sert kil) olarak kabul edilmiş ve analizlerde laboratuvar deney sonuçlarından elde edilen stabilite parametreleri kullanılmıştır.

Ofiyolit (Temel Kaya): Ofiyolit içinde yapılan SPT deneylerinde $N = \text{Refü}$ sonucu elde edilmiştir. Birim bölgede kırmızı-yeşil renkli ve kilaşının altında parçalı ve kırıklı özelliktedir. Bölgede yapılan sondajlarda sadece SK – 22 No.'lu sondajda ofiyolit içerisinde ilerlenmiş, SK – 23 No.'lu sondaj ise ofiyolit başlangıcında kesilmiştir. Ofiyolit in sondajda çok kırıklı, parçalı ve bloklu yapıda olduğu belirlenmiştir. Birim çok kötü kaya kalitesinde ve çok zayıf – zayıf kaya özelliğindedir. Zayıf – çok zayıf kayalar için Bieniawski (1989)' ye göre $c = 50 - 150 \text{ kPa}$, $\phi = 15 - 30^\circ$ aralıklarındadır. Ofiyolit için kayma dayanımı parametreleri bu aralıklar göz önünde bulundurularak seçilmiştir.

Tüm birimler için analizlerde kullanılan kayma dayanımı parametreleri çizelge 5.5'te verilmiştir.

Çizelge 5.5 Tüm birimlerin analizlerde kullanılan kayma dayanımı parametreleri

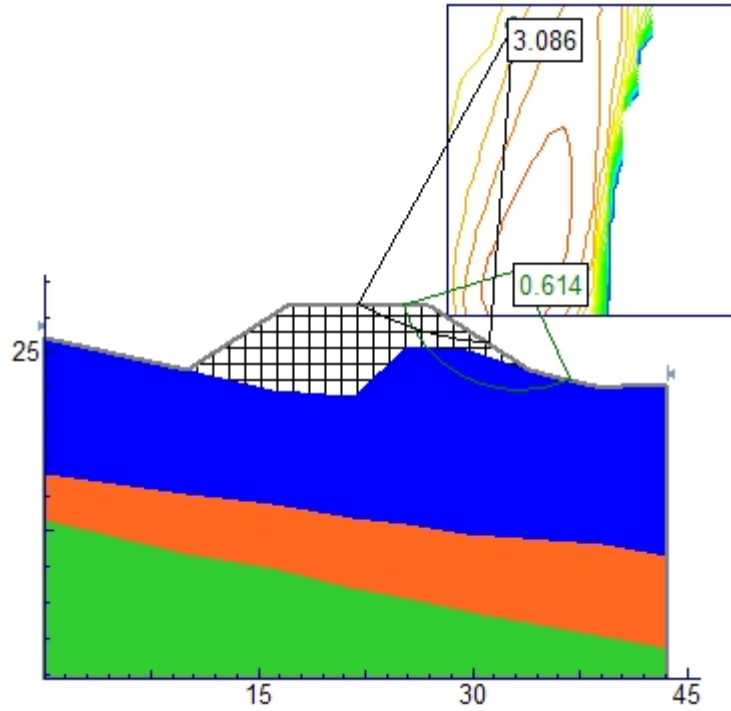
Birim	γ_n (kN/m^3)	$c/c'/c_r$ (kPa)	$\phi/\phi'/\phi_r$ ($^\circ$)	Mevcut Durum (r_u)	Drenaj Önlemleri Sonrası (r_u)
Bloklu Çakıllı Kil	18	2	15	0,4	0,1
Kilaşı/Çok katı-sert Kil	19	95	8	0	0
Ofiyolit (Temel Kaya)	20	75	30	0	0
Dolgu	19	5	32	0	0
Kaya Dolgu	22	3	45	0	0

5.1.1.2 H.1 heyelanı için uygulanabilir çözüm önerisi

H.1 heyelanı içerisinde yolun sorunsuz bir şekilde geçirilebilmesi için, heyelan malzemesinin platform altından kazılarak heyelan malzemesinin temizlenmesi ve yol platformunun kaya dolgu üzerinde oluşturulması çözümü benimsenmiştir.

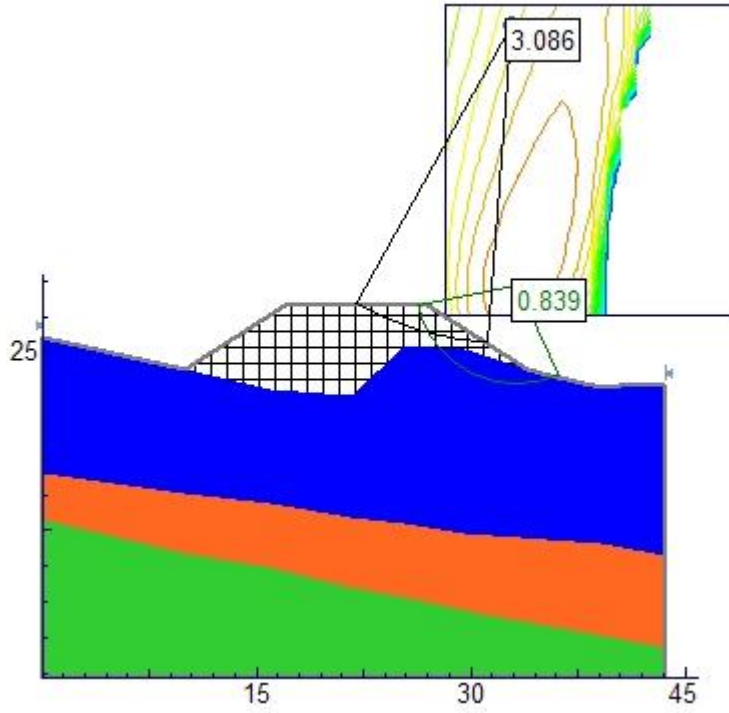
Kaya dolgu hem yol için sağlam ve geçirimli bir platform oluşturacak, hem de heyelana karşı topuk görevi görecektir.

Heyelanlı alanda mevcut durum açısından en kritik yol geçiş şekli enkesiti Km: 82+700 enkesitidir. Bu mevcut yol kesiti kullanılarak yapılan stabilite analizi sonucu $F_s = 0,614$ bulunmuştur (Şekil 5.13). Yani sonuç güvensizdir.



Şekil 5.13 Km: 82+700 enkesiti mevcut yol geçiş şekli analizi ($r_u = 0,4$)

Bölgede drenaj önlemleri alındıktan sonra yeraltı suyunun yaklaşık 5-7 m düştüğü varsayılmış ve bu durum göz önünde bulundurularak ortalama $r_u = 0,1$ kabul edilmiştir. Aynı şekil üzerinde yeniden stabilite analizi yapılarak bu koşullar altında drenajlı durum incelenmiştir. Yapılan analiz sonucuna göre (Şekil 5.14) $F_s = 0,839$ bulunmuş ve bu kesimde stabilitenin sağlanabilmesi için drenaj önlemlerinin yetersiz kaldığı görülmüştür.



Şekil 5.14 Km: 82+700 enkesiti için drenaj önlemleri sonrası mevcut yol geçiş şekli analizi ($r_u = 0,1$)

Böylece çözüm için yukarıda da bahsedildiği gibi kayma malzemesinin sıyrılarak, yol platformunun kaya dolgu üzerine oturtulması durumu incelenmiştir. Kaya dolgu yapılarak oluşturulan çözüm kesiti kullanılarak yapılan analiz sonuçlarına göre statik durumda $F_s = 1,938$ (Şekil 5.15), sismik durumda ise $F_s = 1,115$ (Şekil 5.16) olarak bulunmuştur.

Böylece güvenli geçişin kaya dolgu ile yapılmasının uygun olacağı analiz sonuçları ile de desteklenmiştir.

Kaya dolgu imalatına esas maksimum boyutlar ve çözümün aşamaları aşağıdadır.

L : Uzunluk = 100 m

(Km: 82+650 – Km: 82+750 arası)

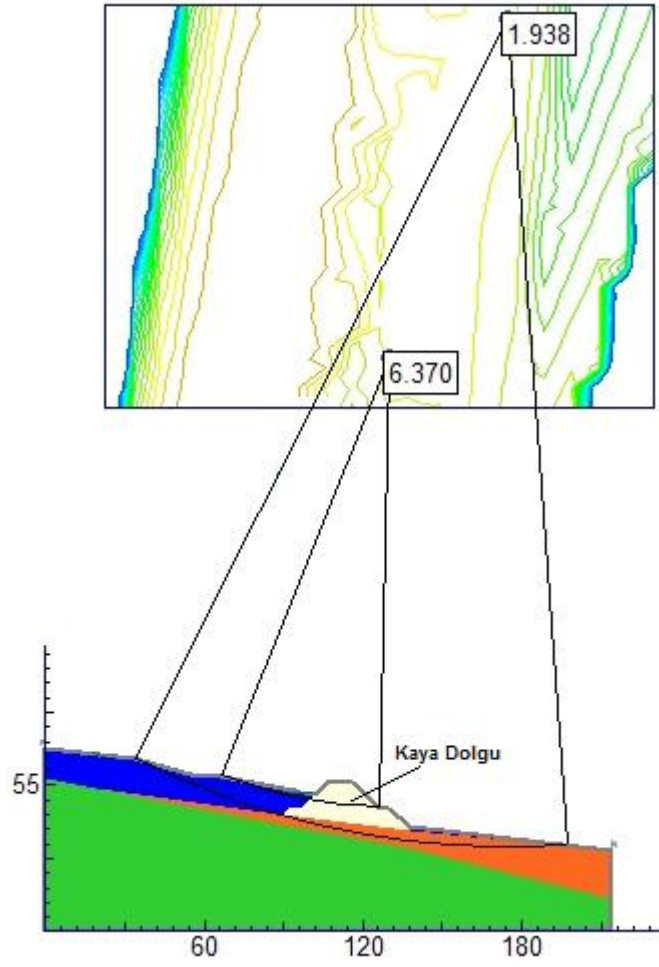
B₁: Tepe genişliği = 10 m (Yol Platformu)

B₂: Taban genişliği = 50 m

H₁: Kaya dolgu yüksekliği = 18,1 m

H₂: Kazı derinliği = 11 m

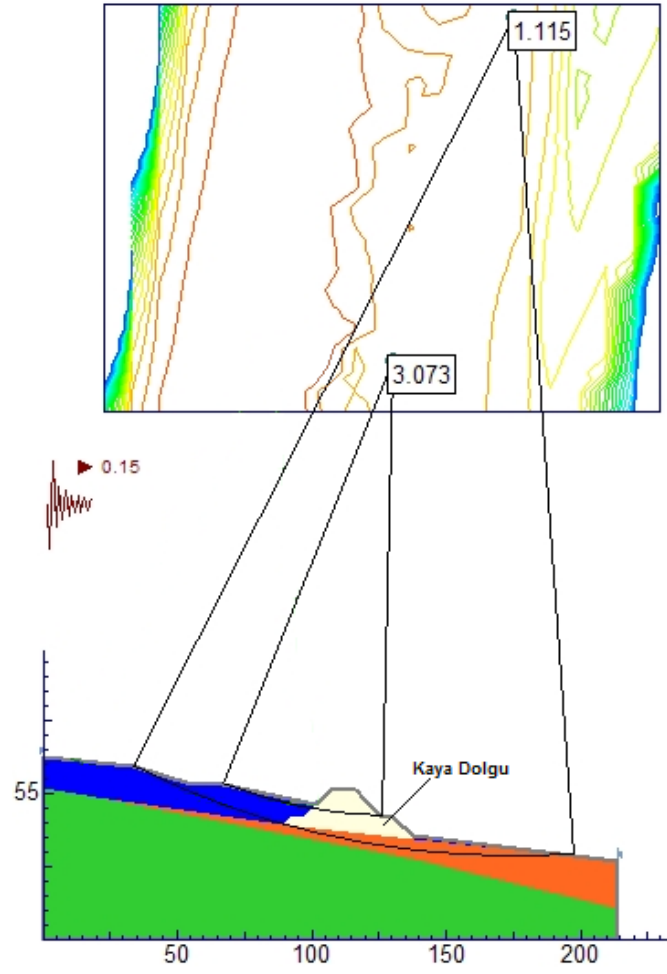
V: Kaya dolgu hacmi $\cong 55.000 \text{ m}^3$



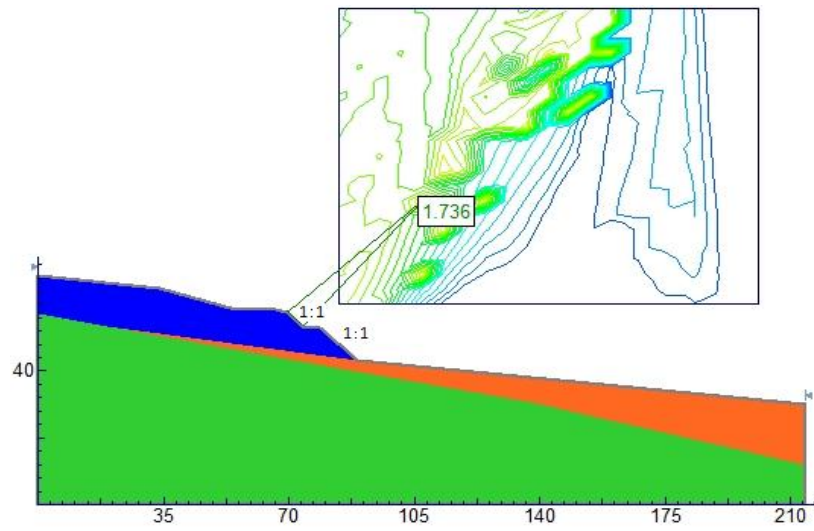
Şekil 5.15 Km: 82+700 enkesiti için kaya dolgu ile oluşturulan yol platformu için (çözüm kesiti) psödo-statik stabilite analizi

Kaya dolgu imalatı için öncelikli olarak sıyırma kazısı ve temel kazısı işlemlerinden önce, kazının yapılacağı alanda bulunan dereden gelen sular ortamdan uzaklaştırılmalıdır. Suyun ortamdan uzaklaştırılması işine kazı işleminden minimum 15 gün önce başlanmalı ve bu iş imalat boyunca devam ettirilmelidir. Böylece kazı yapılacak alanda imalat kolaylığı ve belli bir drenaj sağlanmış olacaktır.

Kaya dolgu ve temelinin imalatı için öncelikli olarak üstte gözlenen ve sondajlarla derinliği belirlenen kayan malzemenin sıyırılması gerekmektedir. Sıyırma işlemi için geçici bir şev değeri, yapılan stabilite analizi sonucu 1d:1y olarak belirlenmiştir. Yapılan analize göre 1d:1y şev değeri için güvenlik sayısı $F_s = 1,736$ 'dır (Şekil 5.17).

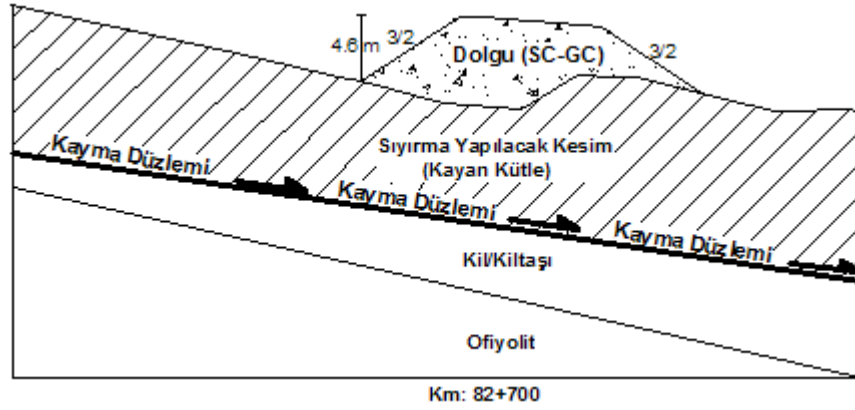


Şekil 5.16 Km: 82+700 enkesiti için kaya dolgu ile oluşturulan yol platformu için (çözüm kesiti) sismik stabilite analizi



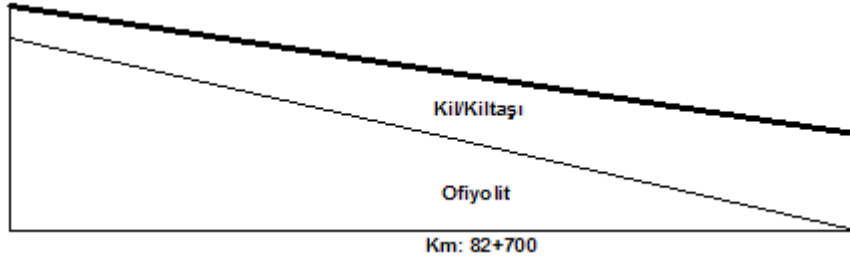
Şekil 5.17 Km: 82+700 enkesiti heyelan sıyrması geçici kazı şevi stabilite analizi

Kaya dolgu çözümünün çözümleme adımlarında da görülebileceği gibi sırasıyla aşağıdaki aşamalar takip edilecektir. Mevcut yol geçiş şekli şekil 5.18’de verilmiştir.



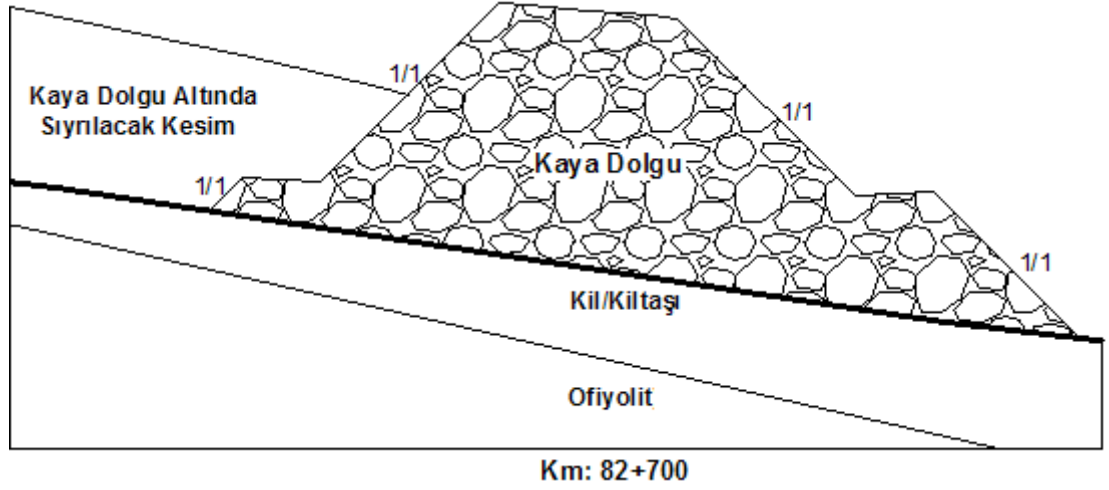
Şekil 5.18 Sıyırma yapılmadan önce mevcut yol geçiş şekli

Kaya dolgu imalatından önce ortalama 11 m kalınlığındaki heyelan malzemesi 1d:1y şev oranı ile kırmızı renkli kıltaşı/sert kil özelliğindeki temel zemine ulaşıncaya kadar temizlenecektir. Sıyırmadan sonra oluşacak topoğrafya şekil 5.19’dadır.



Şekil 5.19 Sıyırma yapıldıktan sonra kaya dolguya temel olacak topoğrafya

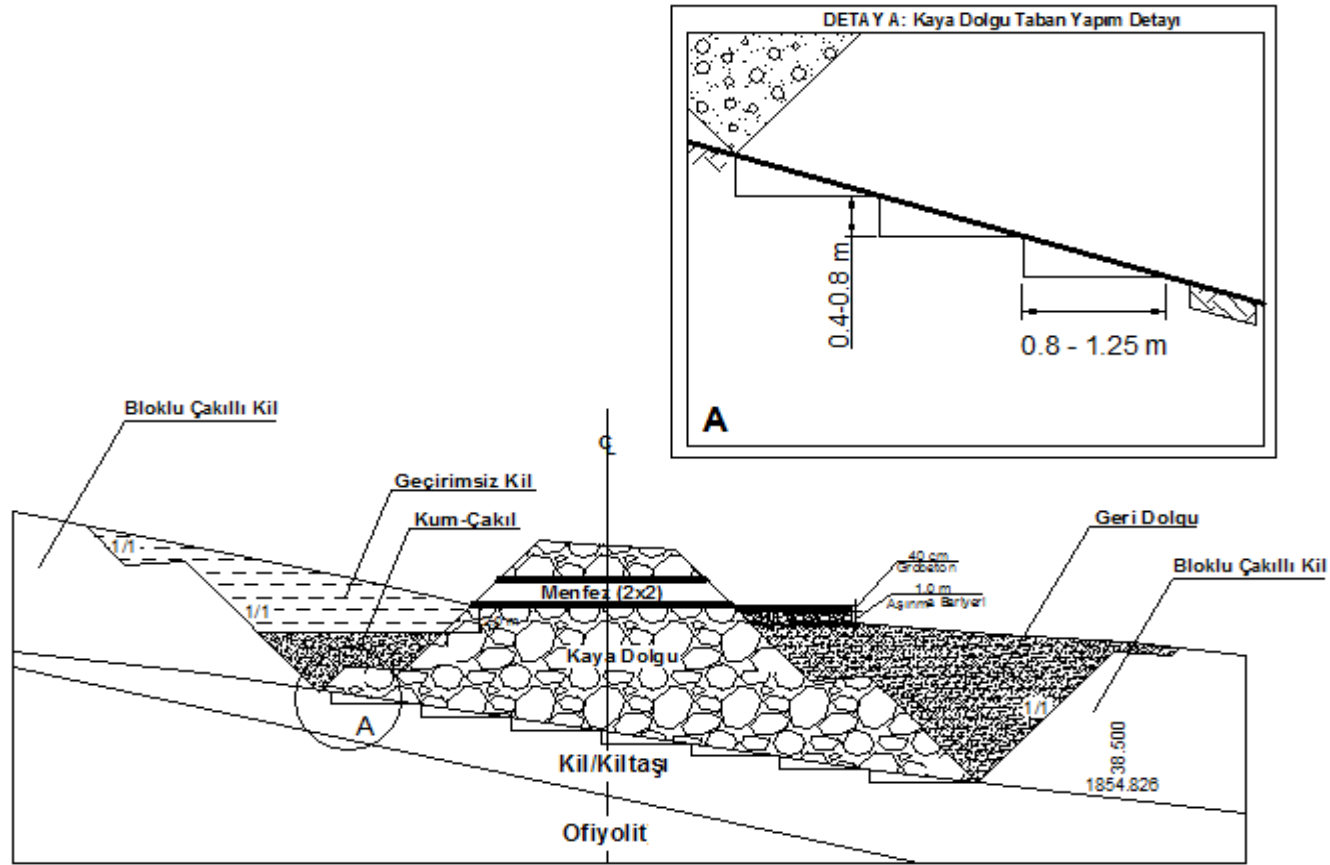
Dolgu tabanı başlangıç ve bitiş noktasında merkeze yani dere talvegine doğru V şeklinde eğimli olmalıdır ve V şeklinde birleştirilmelidir. Bu yapı dolgu tabanındaki suyu talvege doğru drene edecek ve böylece taban drenaj kesiti sağlanmış olacaktır. Dolgu tabanı bu şekilde hazırlandıktan sonra kaya dolgu oluşturulmalıdır. Sıyırmadan sonra kaya dolgu ile oluşturulacak yol platformu şekil 5.20’de verilmiştir.



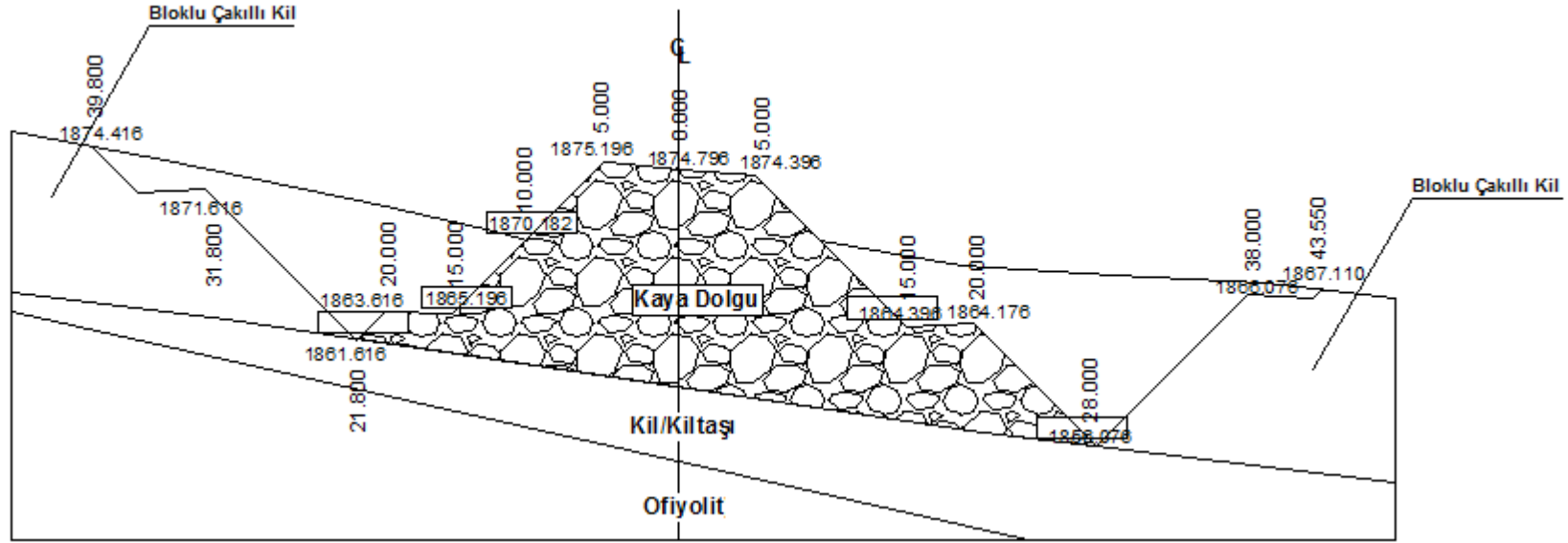
Şekil 5.20 Sıyırmadan ve kaya dolgu imalatından sonra oluşacak yol platformu

Dolgunun yükselmesine paralel olarak taban gerisi kum-çakıl ile oluşturulmalı ve son iki metresi menfez hizasına kadar geçirimsiz killi topraktan inşa edilmelidir. Bu açıklamalara göre kaya dolgu, menfez ve diğer dolgular yapıldıktan sonra oluşacak duruma ait çözüm kesiti şekil 5.21’de, kotlandırılmış çözüm kesiti ise şekil 5.22’de verilmiştir.

Heyelana ait plan ve profiller ile çözüme yönelik uygulama kesitleri ayrıca eklerde sunulmuştur.



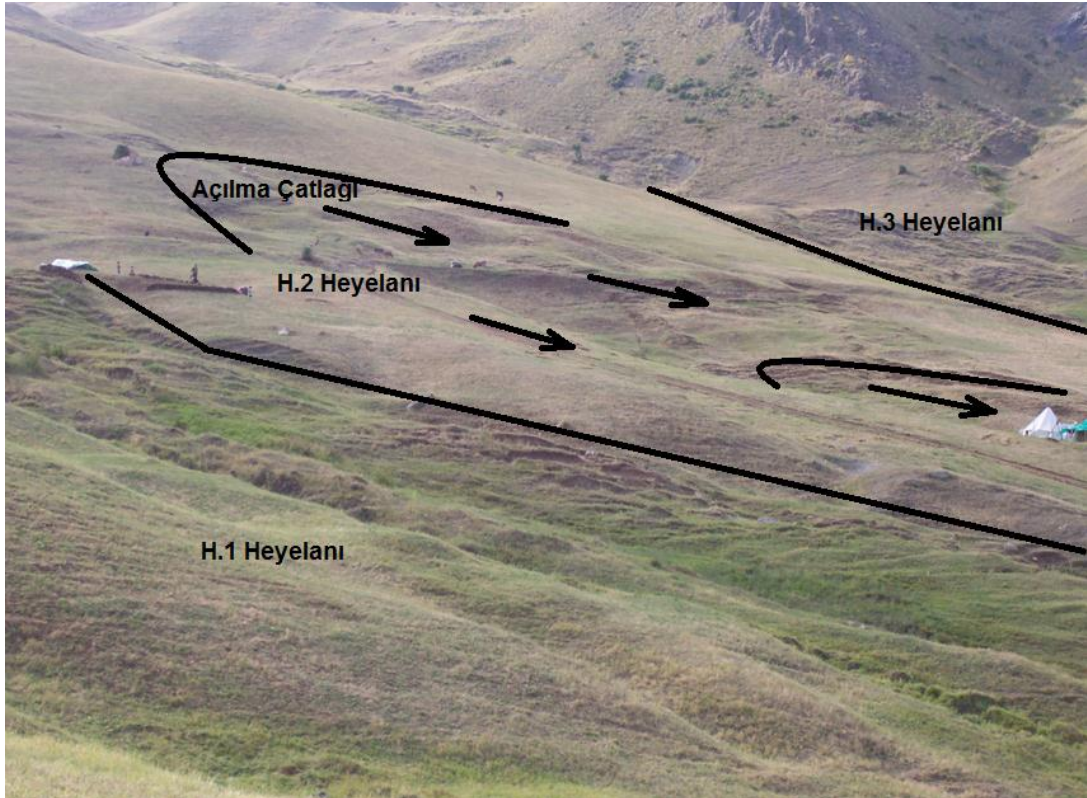
Şekil 5.21 Kaya dolgu ve diğer geri dolgulardan sonra oluşacak yol platformu ve çözüm kesiti



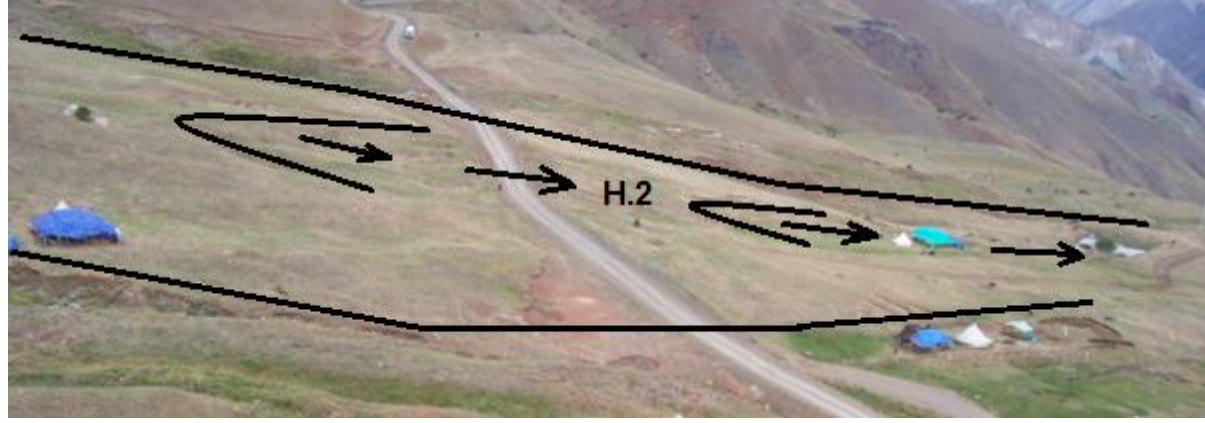
Şekil 5.22 Kaya dolgu ve geri dolguların yapılmasından sonra oluşacak kesitin ara mesafeleri ve kotları

5.1.2 H.2 heyelanı (km: 82+750 – 82+900) mekanizması ve uygulanabilir çözüm önerisi

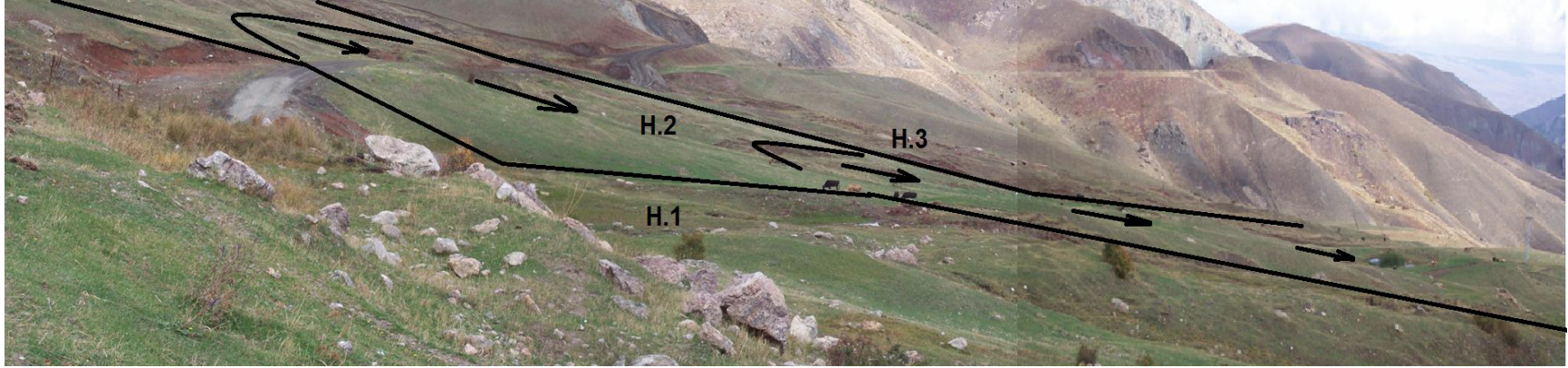
Km: 82+750 – 82+900 aralığında kalın ve homojen görünümlü kırmızı renkli killi malzeme hakimdir. Birim Oligo – Miyosen renkli kırmızı renkli kilitaşlarının bozuşması ile oluşmuştur ve heyelan da bu kesim içinde meydana gelmiştir. Killi malzemenin yüzeyinde kaşık şeklinde sığ kripler gelişmiştir. Zamanla bu kripler; birimin içine doğru 2. ve 3. evreler halinde progresif (yani yayılmacı) bir hareket şeklinde işleyebilirler. Ancak, killi malzeme homojen, kalın ve sert nitelikte olduğundan, bu hareketlerin kütlelerin içine doğru hızlı bir şekilde işlemesi söz konusu değildir. Sondaj kayıtlarına ve yüzeyde yapılan gözlemlere göre bu homojen kütle içinde şu anda hareketsiz olan ve/veya çok yavaş hareket eden bir zayıflık zonu bulunmaktadır. Bu harekete ait izler (açılma çatlağı) yolun 60 – 70 m yukarisındadır (Şekil 5.23- 5.24). H.2 No.'lu heyelanın yamaç boyunca genel görünümü şekil 5.25'te verilmiştir.



Şekil 5.23 H.2 No.'lu heyelan ile zayıflık zonu ve/veya açılma çatlağı (güney-güneydoğudan kuzey-kuzeybatıya bakış)

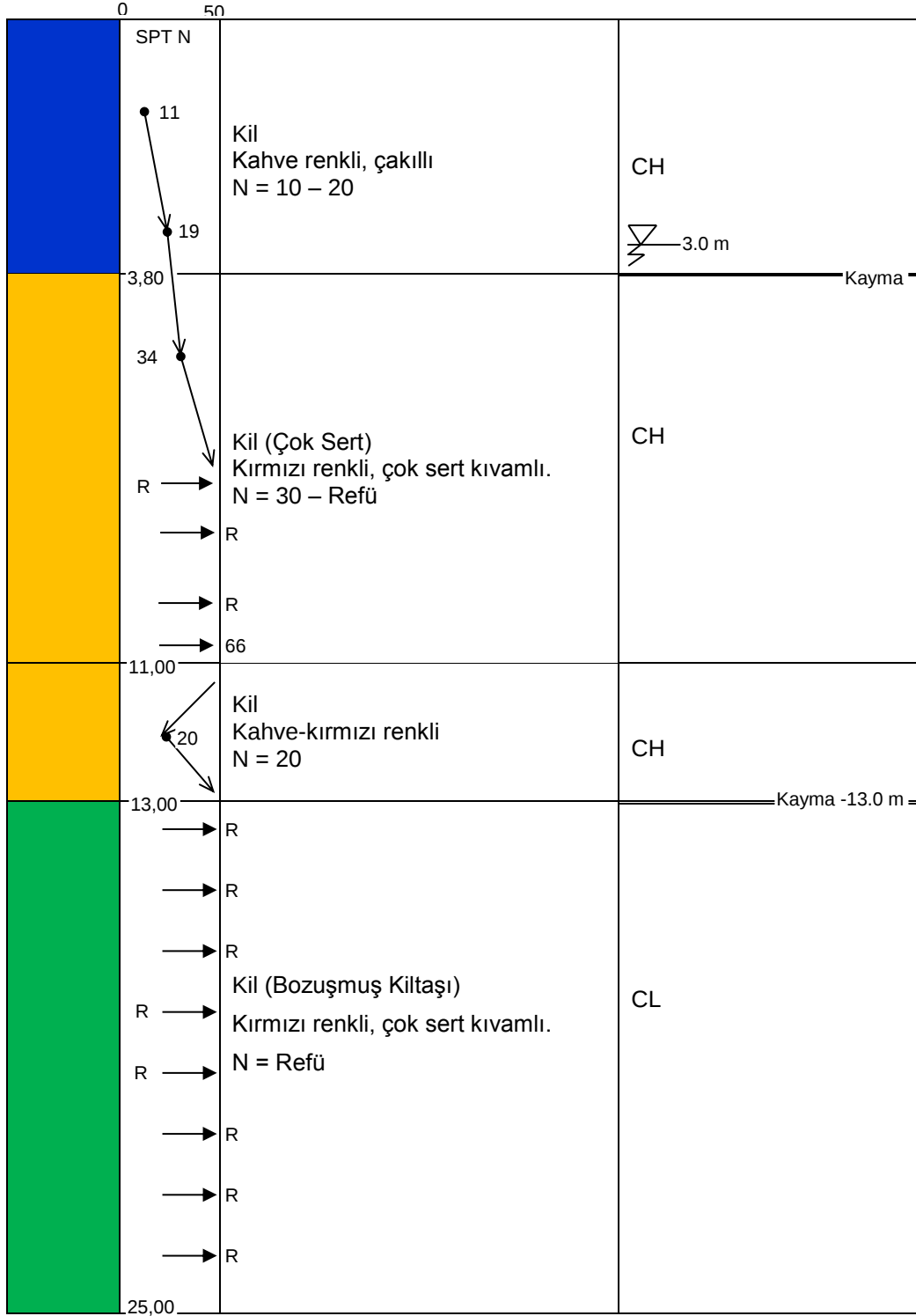


Şekil 5.24 H.2 No.'lu heyelanın ve açılma çatlığının genel görünümü (batıdan doğuya bakış)



Şekil 5.25 H.2 No.'lu heyelanın yamaç boyunca genel görünümü (güneyden kuzeye bakış)

Hareketin güzergah eksenindeki geçişinin ve derinliğinin incelenmesi amacıyla bu aralıkta SK – 25 No.'lu sondaj yapılmıştır. Kayma yüzeyi derinliği ve sondaj çalışması profili şekil 5.26'da verilmiştir.



Şekil 5.26 SK-25 No.'lu sondajda gözlenen zemin profili ve kayma derinliği

Yapılan sondajda 2 ayrı kayma düzlemi saptanmıştır. İlk kayma düzlemi 3,80 m derinlikte olup, bu kayma arazi gözlemlerinde yüzeyde küçük çaplı bir krip olarak gözlenmiştir. Yapılan deneylerde birimin zemin sınıfı CH çıkmıştır. Malzeme düzensiz bir yapı sunmakta olup, $N = 10 - 20$ arasında değişmektedir.

İkinci kayma düzlemine ise 13,0 metrede girilmiştir. Bu düzeyde bariz yumuşak ve örselenmiş bir zon görülmemiştir. Fakat, sondajda 12-13 m arasında meydana gelen su kaçakları ve ayrıca 10,5 ve 12. metrelerde yapılan SPT deneylerinde N değerlerindeki düşüş ile arazide yapılan gözlemlerde sondajın yaklaşık 100 m ilerisinde taç kısmının ve tansiyon çatlaklarının gözlenmesi ile 13,0 m derinlikte gözlenen anomalinin kayma düzlemi anomalisi olduğunu göstermiştir. SPT deneylerinde $N = 20-30$ -refü sonucu çıkmıştır. Birimin zemin sınıfı CH çıkmıştır.

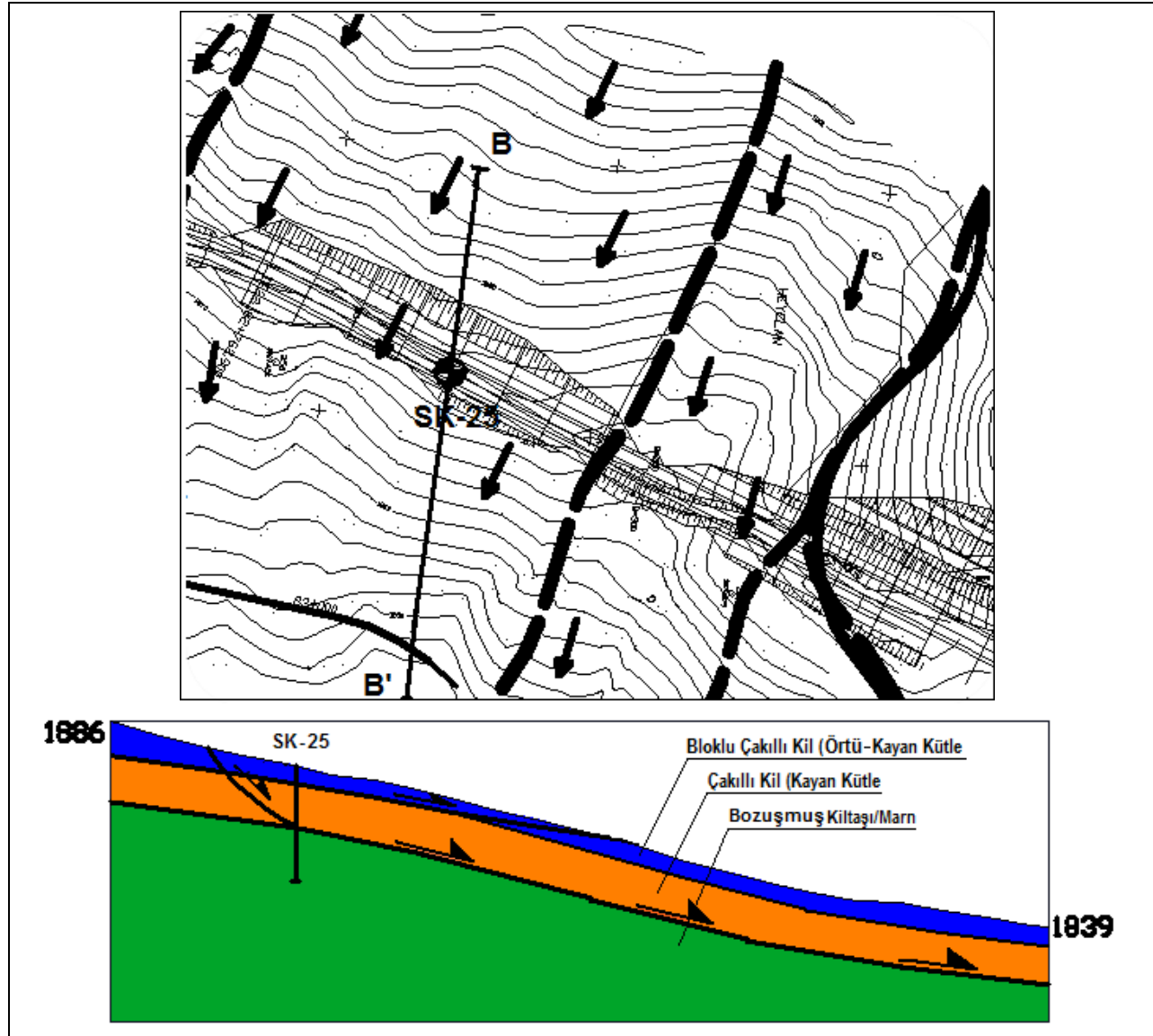
Yukarıda da değinildiği gibi, kaymanın taç kısmında çatlağımsı zayıf zonlar mevcuttur ve bu zayıf zonların su alması önlenmelidir. Eğer buraya su gelişi önlenirse hareket pasifleşip durabilir.

Bu bilgiler ışığında mevcut güzergahın durumuna göre heyelana ait jeolojik kesit ve kayma yüzeyi ile heyelanın yüzeysel konumu ve kesit doğrultusu şekil 5.27’de verilmiştir. Bu doğrultu aynı zamanda heyelan geçişinin en kritik kesitidir.

Şekil 5.27’de verilen plan ve kesitte de görüldüğü gibi, 13,5 m derinlikteki kayma düzlemi topoğrafyaya yaklaşık paralel olarak devam etmektedir. Yaklaşık 4 m derinliğinde de yüzeyde izleri gözlenmiş olan küçük bir krip mevcuttur.

5.1.2.1 Birimlerin jeoteknik özellikleri ve stabilite parametreleri

Sondaj profilinden de anlaşılabileceği gibi ana kayma zonu, kıltaşının su alarak bozuşmuş ve rezidüel hale dönüşmüş malzemesi ile kıltaşı sınırında gerçekleşmiştir. Kayan kütle içinde ayrıca küçük kripler de mevcuttur. Sondajda gözlenen ve önceki başlıkta verilen jeolojik birimlerin jeoteknik özellikleri aşağıda ayrı ayrı sunulmuştur.



Şekil 5.27 H.2 heyelanı (km: 82+750 – 82+900) jeolojik planı ve jeolojik kesiti

Bloklu Çakıllı Kil (Örtü-Kayan Kütle): Bu tabakada SPT N değerleri 10 – 20 arasında değişmektedir. N değerleri zeminin çakıl ve blok içeriği nedeniyle yer yer yüksektir. Bu birim içinden alınan UD örnekleri üzerinde yapılan üç eksenli basınç deneyleri (UU) ile rezidüel kesme dayanımı deneylerinde çizelge 5.6’da verilen kayma dayanımı parametreleri belirlenmiştir.

Çizelge 5.6 Bloklu çakıllı kil (örtü-kayan kütle) içinden alınan örneklerin deney sonuçları

BZS	γ_n (kN/m ³)	c_u (kPa)	ϕ_u (°)	c_r (kPa)	ϕ_r (°)
CH	17,92	66	5	1	15

Heyelan için yapılan geri analizlerde (Şekil 5.28) ise en kritik kayma dairesi için 1,0 değerini bloklu çakıllı kil birimi için veren rezidüel kayma dayanımı parametreleri çizelge 5.7’de verilmiştir.

Çizelge 5.7 Geri analizlerde belirlenen bloklu çakıllı kil için rezideül kayma dayanımı parametreleri

c_r (kPa)	ϕ_r (°)
0	20
2	15
3	12,5
5	10

Çakıllı Kil (Kayan Kütle):Bu tabakada SPT N değerleri 20 – Refü arasında değişmektedir. N = 20 değeri su kaçaklarının gözlemlendiği kayma sınırına yakın 12 m derinlikten elde edilmiştir. Bu birim içinden alınan UD örnekleri üzerinde yapılan üç eksenli basınç deneyleri (UU) ile rezidüel kesme dayanımı deneylerinde çizelge 5.8’de verilen kayma dayanımı parametreleri belirlenmiştir.

Çizelge 5.8 Çakıllı kil (kayan kütle) içinden alınan örneklerin deney sonuçları

BZS	γ_n (kN/m ³)	c_u (kPa)	ϕ_u (°)	c_r (kPa)	ϕ_r (°)
CH	18,45	-	-	3	19
CH	18,55	76	7	-	-

Heyelan için yapılan geri analizlerde (Şekil 5.28) ise en kritik kayma dairesi için 1,0 değerini çakıllı kil birimi için veren rezidüel kayma dayanımı parametreleri çizelge 5.9’da verilmiştir.

Çizelge 5.9 Geri analizlerde çakıllı kil için belirlenen rezidüel kayma dayanımı parametreleri

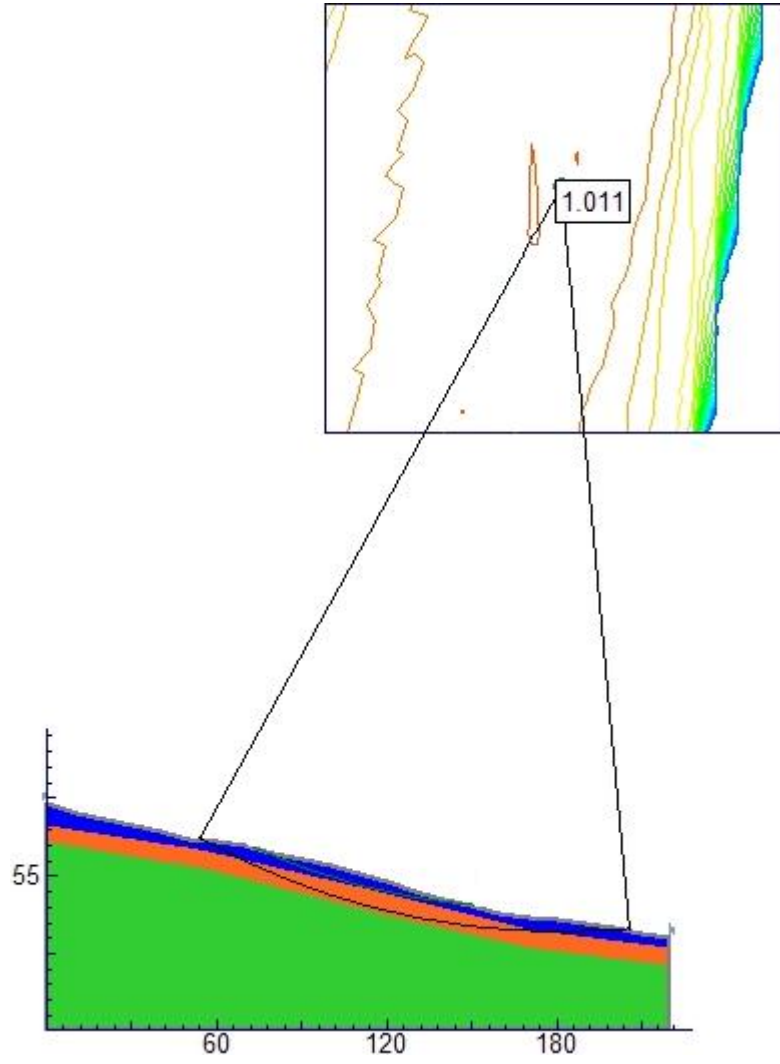
c_r (kPa)	ϕ_r (°)
0	22,5
2	20,5
3	20
5	19
8	17
10	16

Sondajda yeraltı suyuna 3 metrede rastlanmıştır. Kayan kütle yeraltı suyuna doymun kohezyonlu birimlerden oluştuğu için analizlere boşluk suyu basıncı katsayısı r_u değeri eklenmiştir. Kayan malzeme için boşluk suyu basınç katsayısı değeri $r_u = 0,4$ olarak hesaplanmıştır. Hesaplama $\gamma_w = 9,81$ kN/m³ olarak alınmıştır.

Kırmızı Renkli, Bozuşmuş Kiltası/Marn: Bu tabakada SPT N değerleri Refü bulunmuştur. Bu birim içinden alınan UD örnekleri üzerinde yapılan üç eksenli basınç (UU) deneylerinde elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

Çizelge 5.10 Bozuşmuş kiltası/marna ait deney sonuçları

BZS	γ_n (kN/m ³)	c_u (kPa)	ϕ_u (°)
CL	19,36	98	6



Şekil 5.28 H.2 heyelanı için heyelanlı malzemeye ait geri analiz kesiti

Birim bozuşmuş kıltaşı (çok sert kil) olarak kabul edilmiş ve analizlerde laboratuvar deney sonuçlarından elde edilen dayanım parametreleri kullanılmıştır.

Tüm birimler için analizlerde kullanılan kayma dayanımı parametreleri çizelge 5.11’de verilmiştir.

Çizelge 5.11 Tüm birimlerin analizlerde kullanılan kayma dayanımı parametreleri

Birim	γ_n (kN/m ³)	$c/c'/c_r$ (kPa)	$\phi/\phi'/\phi_r$ (°)	Mevcut Durum (r_u)	Drenaj Önlemi Sonrası (r_u)
Bloklu Çakıllı Kil	18	2	15	0,4	0,1
Çakıllı Kil	18,5	3	20	0,4	0,1
Bozuşmuş Kilitaşı/Marn	19	98	6	0	0

5.1.2.2 H.2 heyelanı için uygulanabilir çözüm önerisi

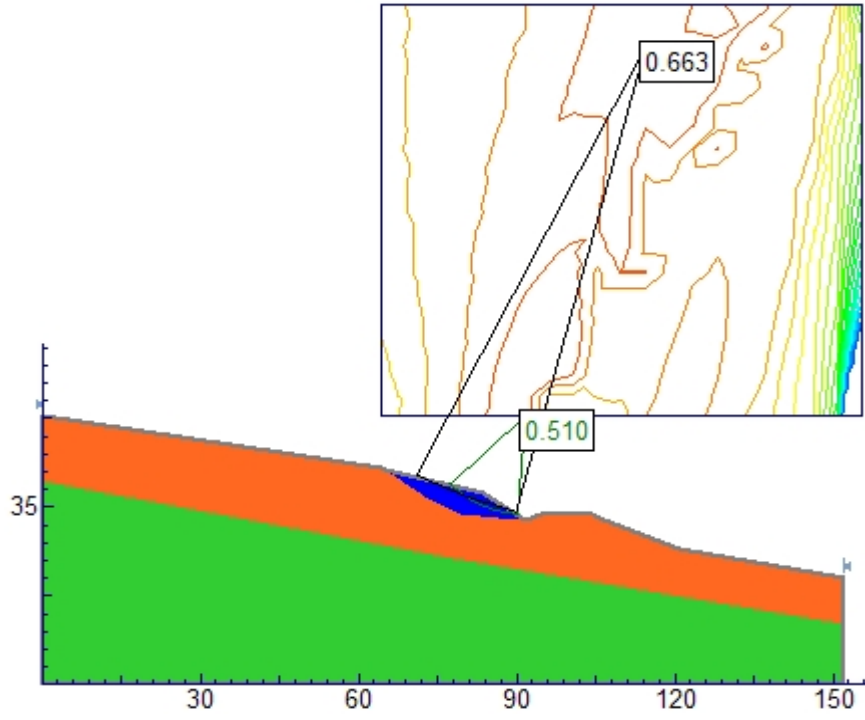
H.2 heyelanı içerisinde yolun sorunsuz bir şekilde geçirilebilmesi için önlem projesi drenaj ve yatık şevlendirme olarak tasarlanmıştır.

Sondajda belirlenen kayma düzlemleri önceki bölümlerde de anlatıldığı üzere çok aktif değildir. Ancak malzeme suya doygunudur. Bu durum hem yapılan sondajda gözlenmiş, hem de yamacın aşağı kısmında bu su açığa çıkarak küçük sızıntılar ve kaynaklar oluşturmuştur.

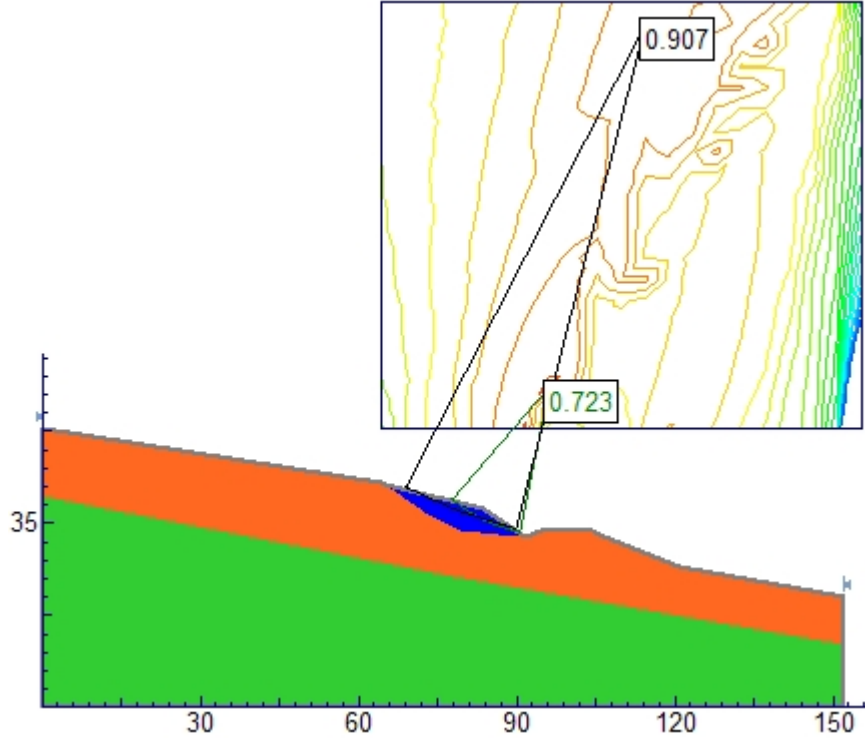
Bu aralıktaki potansiyel risk yarmasının 1d:3y şev eğimi ile açılması ve zemine drenaj yapılarak suyun ortamdan uzaklaştırılması yoluyla önlenmeye çalışılmıştır. Aşağıda verilen kayma analizleri ile bu durumun güvenilirliği incelenmiştir.

Heyelanlı alanda mevcut durum açısından en kritik yol geçiş şekli Km: 82+820 enkesitidir. Bu mevcut yol kesiti kullanılarak yapılan stabilite analizi sonucu 1d:1,5y eğimli yarma şevi için $F_s = 0,51$ bulunmuştur (Şekil 5.29). Sonuç güvensizdir.

Bu kesimde alınan drenaj önlemleri sonucunda yeraltı su seviyesinin 7-10 m düştüğü varsayılmış ve bu durum göz önünde bulundurularak $r_u = 0,1$ kabul edilmiştir. Aynı şekil üzerinde yeniden stabilite analizi yapılarak bu koşullar altında drenajlı durum incelenmiştir. Yapılan analiz sonucuna göre (Şekil 5.30) $F_s = 0,723$ bulunmuş ve bu kesimde stabilitenin sağlanabilmesi için drenaj önlemlerinin tek başına yetersiz kaldığı anlaşılmıştır.

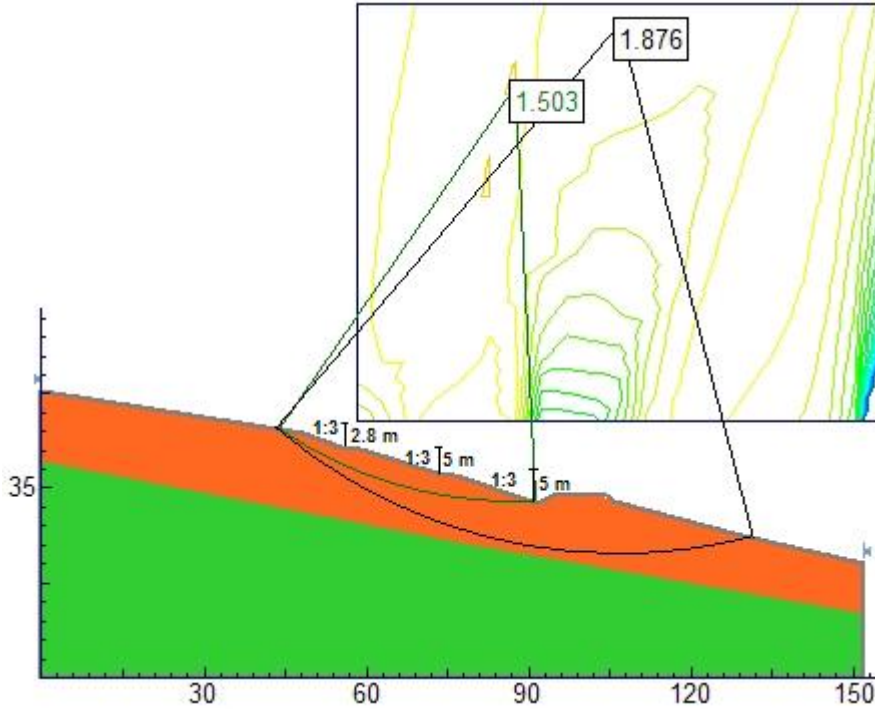


Şekil 5.29 H.2 heyelanı (Km: 82+820 enkesiti) mevcut yol geçiş şekli analizi ($r_u = 0,4$)



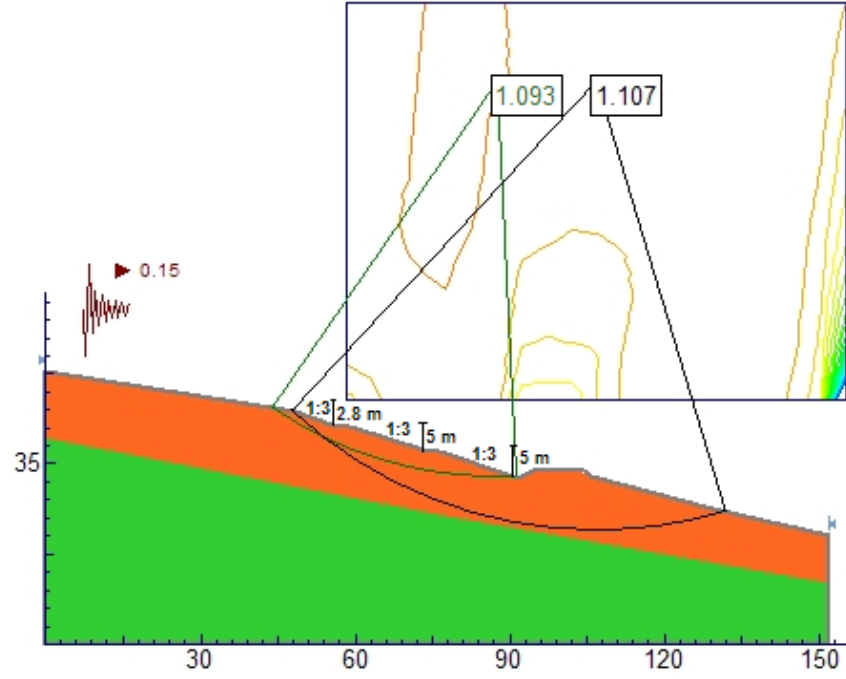
Şekil 5.30 H.2 heyelanı (Km: 82+820 enkesiti) drenaj önlemi sonrası mevcut yol geçiş şekli analizi ($r_u = 0,1$)

Bu analiz sonuçları neticesinde yarma şev eğimi ve şev yükseklikleri revize edilmiştir. 1d:3y şev eğimi ve $H = 5$ m şev yüksekliğinde palyeler oluşturulmuş ve palye uzunlukları ise standart olan 5 metrenin altına düşürülerek 2 m seçilmiştir. Böylece yapılan şev düzenlemesi ile drenaj önlemleri birleştirilerek heyelenli kesimin yol geçiş şekli son haline getirilmiştir. Yapılan analizlerin sonucunda statik durumda $F_s = 1,503$ (Şekil 5.31), sismik durumda ise $F_s = 1,093$ (Şekil 5.32) olarak bulunmuştur. Sismik durum sonucu güvenli değer olan 1,1'in altında olmasına rağmen çok yakın bir değer saptandığından çözüm güvenli kabul edilmiştir. Böylece güvenli yol geçiş şekli analizlerle de desteklenmiştir.

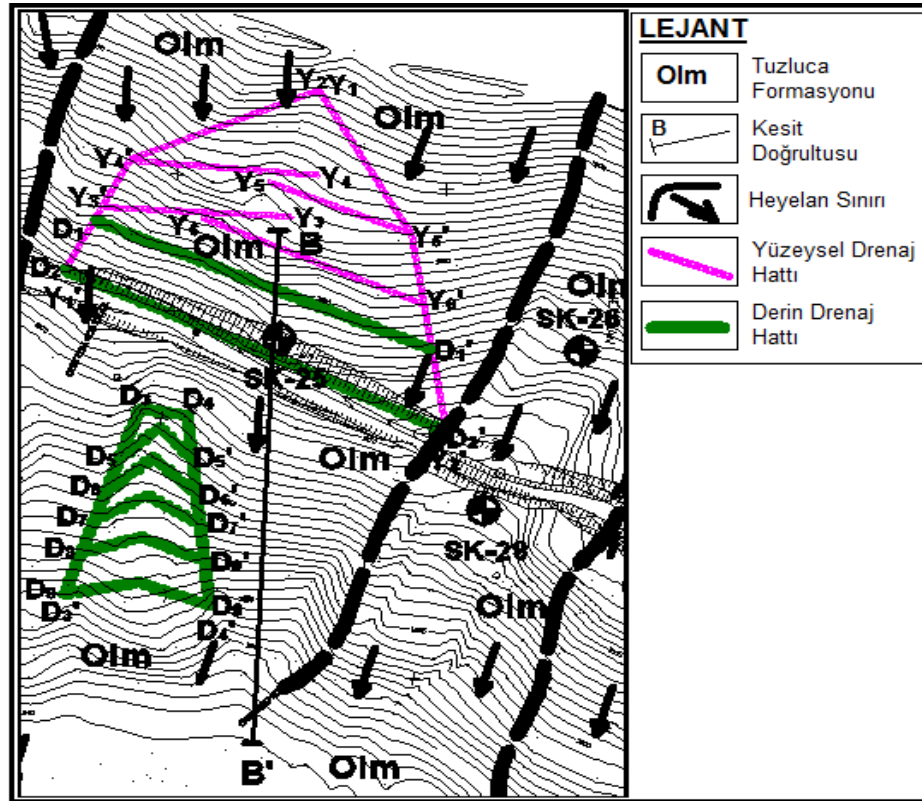


Şekil 5.31 Km: 82+820 enkesiti için yarma düzenlemesi ve drenaj önlemleri sonrası (çözüm kesiti) psödo-statik stabilite analizi

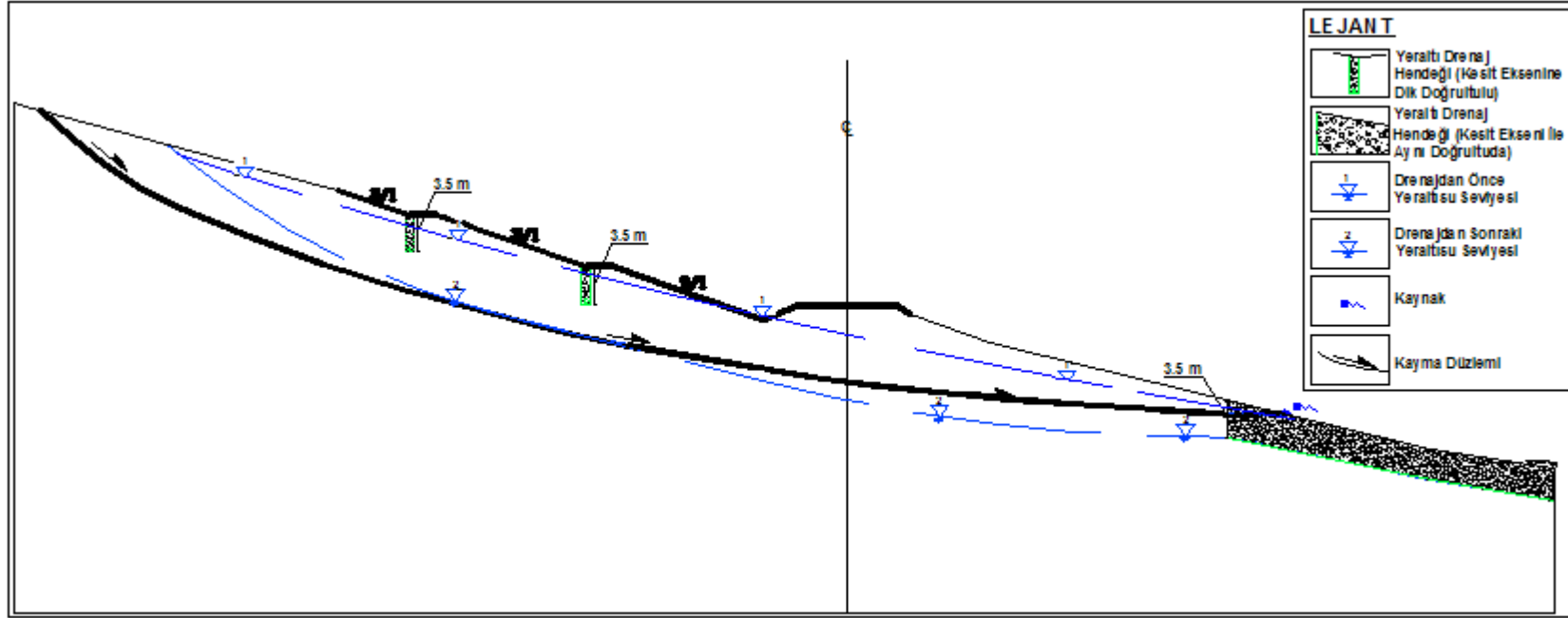
Proje için yapılması planlanan drenajlar hem yüzeysel hem de derin drenaj olarak projelendirilmiştir. Drenaj projesi ve drenaj profilleri ile yol geçiş şekline ait proje aşamaları eklerde sunulmuştur. Derin drenaj 2 hat halinde yamaç aşağıda yapılacaktır. Yüzeysel drenajlar ise çoğunlukla yolun yamaç yukarısında birkaç hat boyunca toplanacaktır. Drenajların plan (Şekil 5.33) ve en kesit görünümüleri (Şekil 5.34) ile yüzeysel (Şekil 5.35) ve derin drenaj (Şekil 5.36) kesitleri aşağıda verilmiştir.



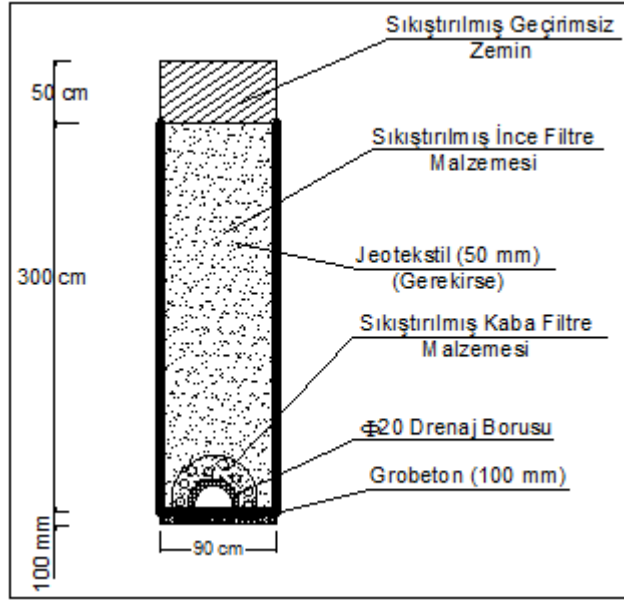
Şekil 5.32 Km: 82+820 enkesiti için yarma düzenlemesi ve drenaj önlemleri sonrası (çözüm kesiti) sismik stabilite analizi



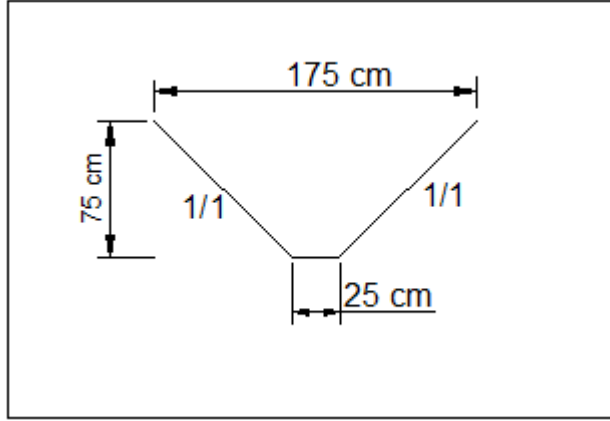
Şekil 5.33 H.2 heyelanı drenaj projesi planı



Şekil 5.34 H.2 heyelanı çözüm enkesiti (Km: 82+820) üzerinde derin drenajlar ile drenaj önlemi sonra ve yeraltı su seviyesindeki değişim



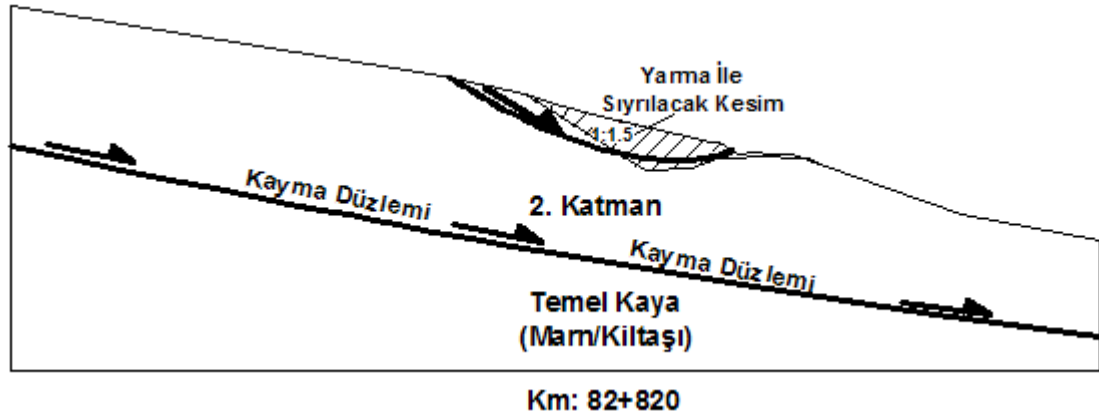
Şekil 5.35 Derin drenaj hendeği kesiti



Şekil 5.36 Yüzeysel drenaj hendeği detayı

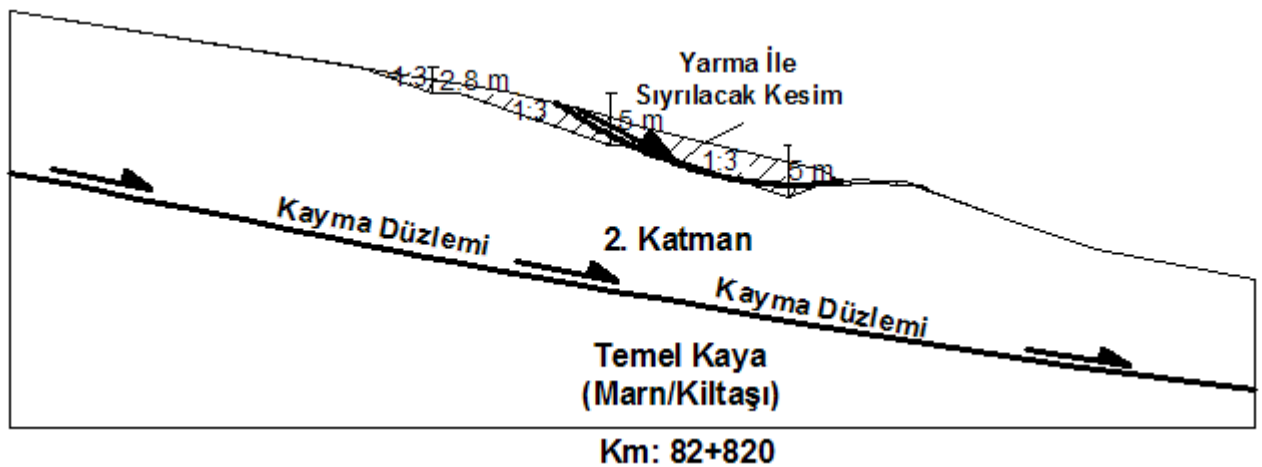
Bu drenaj hatları ile ana kayma zonundaki su riskinin büyük oranda önüne geçileceği düşünülmüştür. Çünkü özellikle derin drenajların projelendirildiği söz konusu alanda yamaç dibinde yüzeye vuran ufak su sızıntıları mevcuttur. Bu sızıntıların kolay tahliye olabilmesi için çıkış noktalarının drenaj ile rahatlatılması ve suyun yamaç kütlesi içerisinde hızlı bir şekilde uzaklaştırılması stabiliteyi de arttıracaktır.

Şematik olarak jeoteknik çözümlemeye ait uygulama adımları aşağıda verilmiştir. Mevcut yol geçiş şekli şekil 5.37’de sunulmuştur.



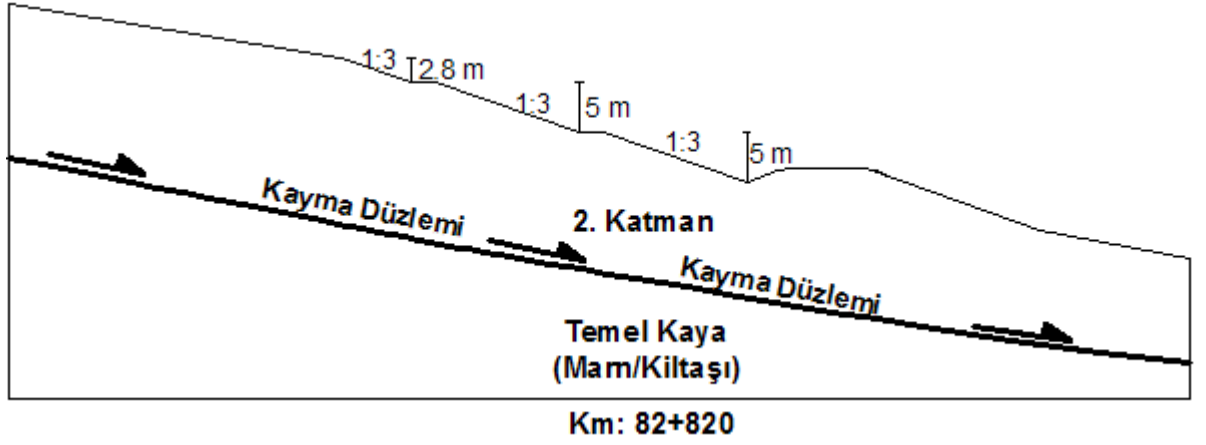
Şekil 5.37 Mevcut yol geçiş şekli (1d:1,5y şev eğimi)

1d:3y şev oranı ve $H = 5$ m palye yüksekliği sonucu arazide sıyrılacak kesim şekil 5.38’de görülmektedir.



Şekil 5.38 1d:3y şev eğimi ve 5 m şev yüksekliği ile mevcut topoğrafyada yapılacak sıyırma

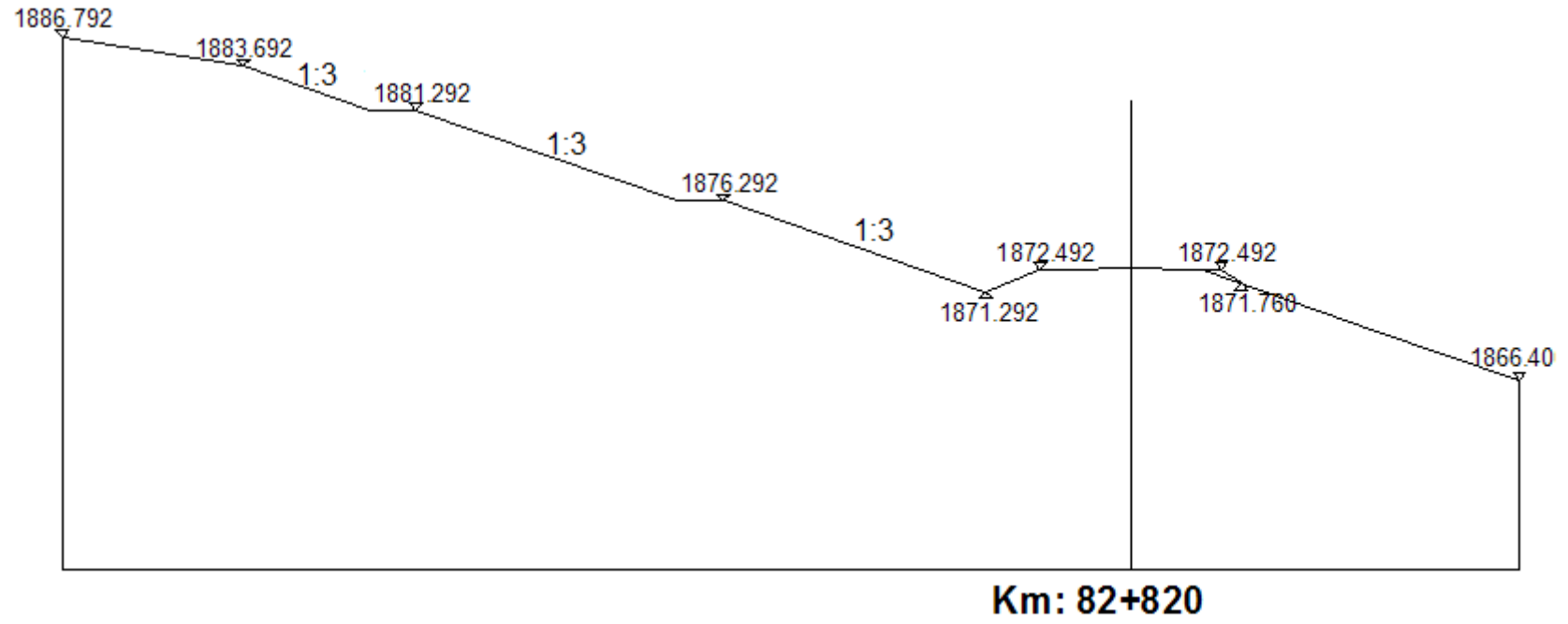
İmalattan sonra oluşacak yol geçiş şekli şekil 5.39’da verilmiştir.



Şekil 5.39 Sıyırma ve kaya dolgu imalatından sonra oluşacak yol platformu

Bu açıklamalara göre oluşacak kotlandırılmış çözüm kesiti Şekil 5.40’da verilmiştir.

Heyelana ait plan ve profiller ile çözüme yönelik uygulama kesitleri ayrıca eklerde sunulmuştur.



Şekil 5.40 Oluşacak yeni yol platformu ve çözüm kesiti

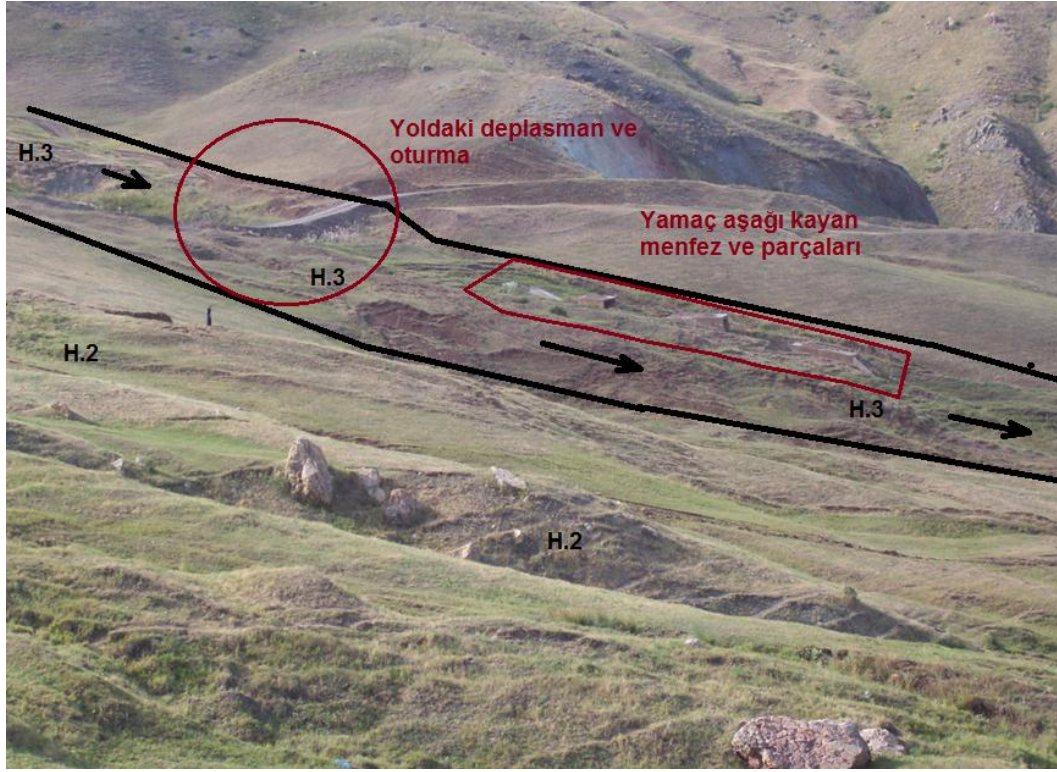
5.1.3 H.3 heyelanı (km: 82+900 – 83+000) mekanizması ve uygulanabilir çözüm önerisi

Yolun bu km aralığında Oligo-Miyosen yaşlı kırmızı renkli kilaşı ile ofiyolit birimlerinin sınırı bulunmaktadır. İki formasyonun kontağı farklı aşınma durumu nedeniyle küçük bir dere ya da dere görünümlü bir topoğrafya oluşturmuştur. Gerek formasyon kontaklarında gerekse dere içerisinde az miktarda da olsa bir su varlığı söz konusudur. Ayrıca derede yılın çoğu zamanında düşük debili de olsa bir su akışı söz konusudur ve bu su varlığı zemini sürekli olarak beslemektedir.

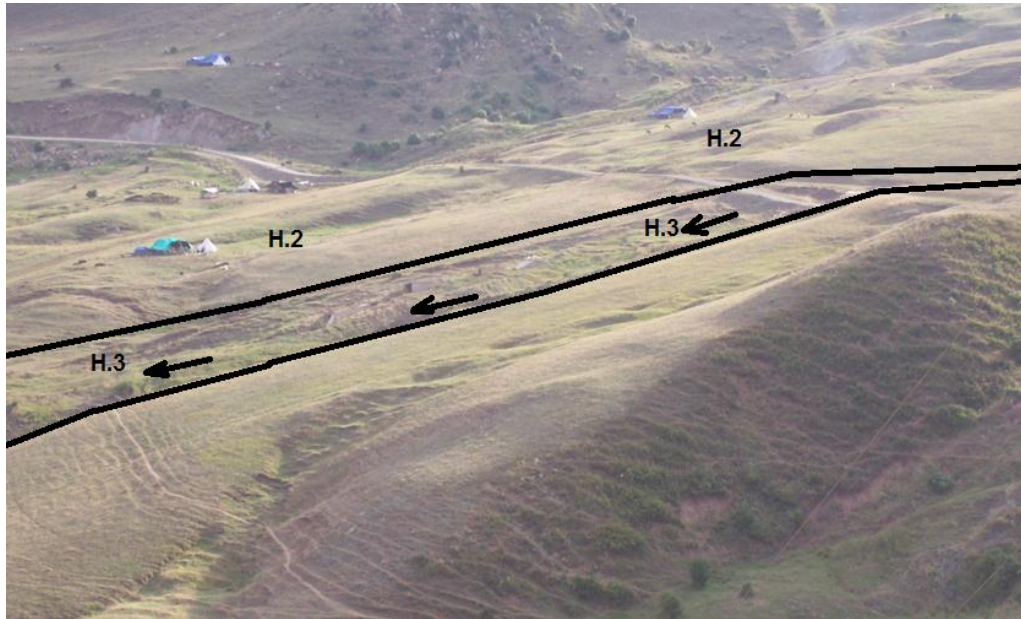
Dere zemini kırmızı renkli kil/kilaşıdan oluşmaktadır. Killi malzeme suya doyduğunda yüksek topoğrafik eğimden dolayı dengesini yitirmekte ve akarak heyelanlara neden olmaktadır. Bu kesimdeki heyelan dar bir şerit içinde (dere talvegi ve kenarı), oldukça aktif ve akıcı bir hareket şeklindedir. Heyelan malzemesi aşırı yumuşamış kil ile onunla karışmış az ve iri çakıldan oluşmaktadır. Bu aşırı yumuşamış malzeme altta gözlenen sert kilaşı üzerinde kaymaktadır.

Bu kesimde heyelanın farklı açılardan yamaç aşağı görünümü ile kaymanın mevcut yoldaki izleri olan deplasman ve oturma ile şekil 5.41 - 5.42'de görülebilir. Heyelanın yolun üzerinden yamaç yukarı görünümü ve yol kenarında oluşan göllenme ise şekil 5.43 - 5.44'tedir. Ayrıca kaymanın etkisi ile mevcut yolun menfezi parçalar halinde 40-50 m aşağı kaymıştır (Şekil 5.41 - 5.43).

Km: 82+900 – 83+000 aralığı zemin özellikleri ve heyelanın meydana geliş mekanizması açısından H.1 heyelanı ile benzerlikler göstermektedir. Her iki kesimde de heyelan hızlıdır ve adeta akma şeklinde gelişmektedir. Her iki heyelanda da kayma malzemesi benzer niteliktedir ve benzer kayma parametrelerine sahiptir. Ancak heyelanlar kayma derinliği ve kayma mekanizması açısından bir miktar farklılık göstermektedir.



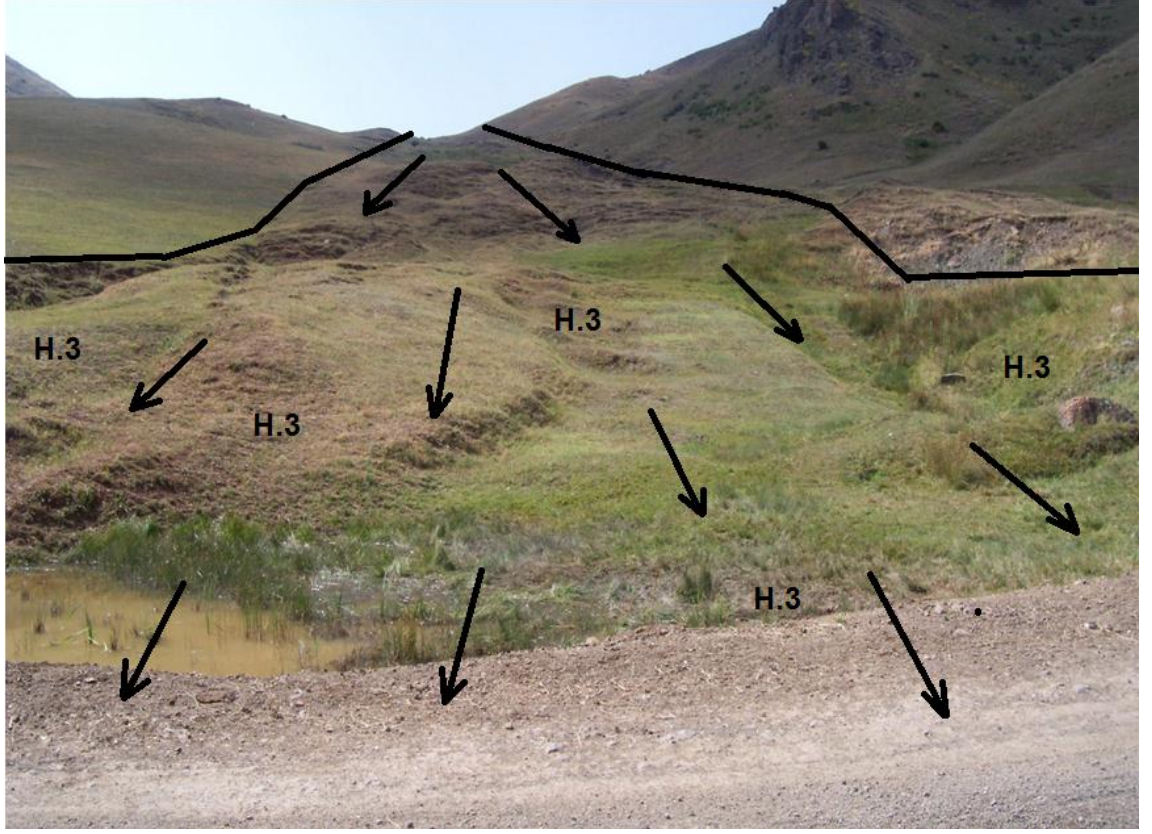
Şekil 5.41 H.3 No.'lu heyelanın yamaç aşağı görünümü ile yolda oluşan deplasman ve oturma ile yamaç aşağı hareket etmiş menfez (güneydoğudan kuzeybatıya bakış)



Şekil 5.42 H.3 No.'lu heyelanın yamaç aşağı görünümü ve yamaç aşağı hareket etmiş menfez (kuzeyden güneye bakış)



Şekil 5.43 H.3 No.'lu heyelan ile kayan menfezin ve oluşan göllenmenin yol üzerinden görünümü (kuzey doğudan güneybatıya bakış)



Şekil 5.44 H.3 No.'lu heyelanın yamaç yukarı görünümü ve oluşan su göllenmesi (doğu-güneydoğudan batı-kuzeybatıya bakış)

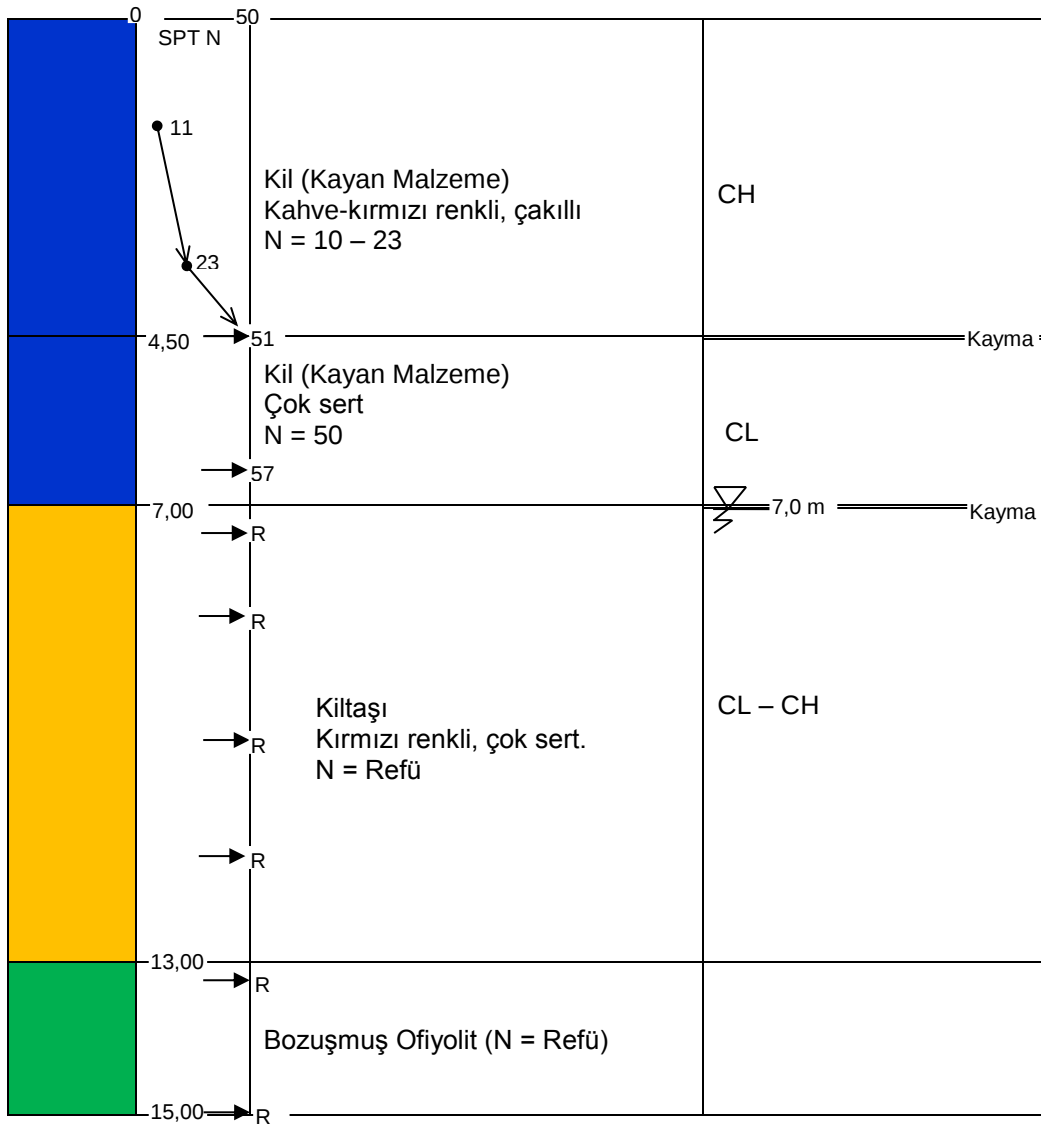
Hareketin güzergah eksenindeki geçişinin ve derinliğinin incelenmesi amacıyla bu aralıkta SK – 26 ve SK – 28 No.'lu sondajlar yapılmıştır.

Yapılan sondajlarda kayma derinliği ve kayma mekanizması, sondaj esnasında meydana gelen su kaçakları ile sertlik, yapı ve renk farklılıkları yardımı ile belirlenmiştir. Sondajlara göre gri-yeşil-kahve renkli bloklu çakıllı killi kütle, kırmızı renkli sert kil/kiltaşı üzerinde kaymaktadır. Kayma derinliği SK-26 No.'lu sondajda 4,5 ve 7. metrelerde, SK – 28 nolu sondajda ise 8. metrede belirlenmiştir. Projelendirme güzergah ekseninde yapılan SK – 28 nolu sondaja göre yapılmıştır.

SK – 26 No.'lu sondaj akmaların en yoğun olduğu dere talveginde yapılamamış, talvegden yaklaşık 3 m yükseklikte ve 3 m uzaklıkta yapılabilmektedir. Yapılan sondajda ilki 4,5 metrede diğeri ise 7. metrede olmak üzere 2 ayrı kayma sınırı gözlenmiştir.

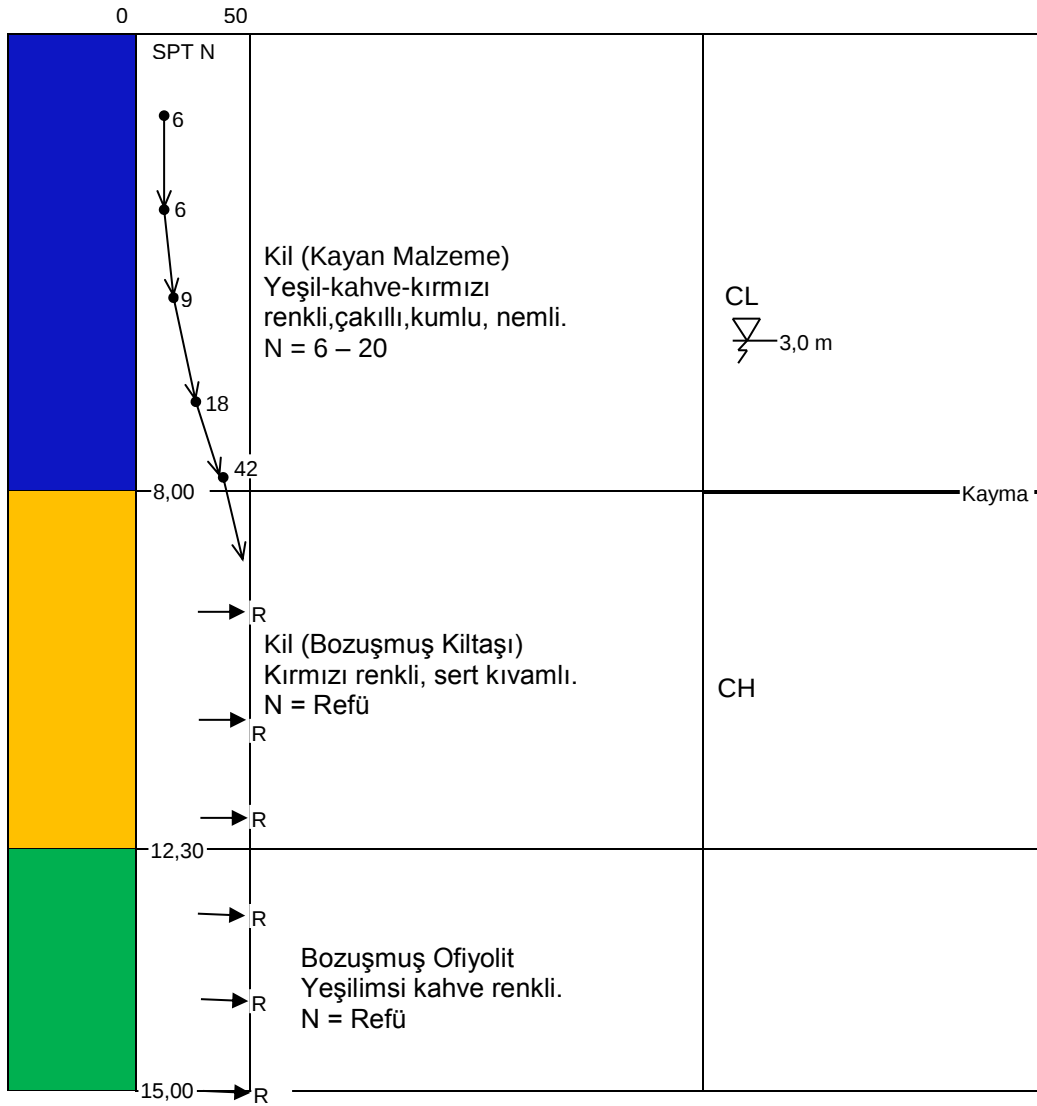
Yapılan deneylerde kayma malzemesinin zemin sınıfı CL ve CH olarak belirlenmiştir. Sondajda ana kayma düzeyi yeraltı su seviyesi civarında yani 7. metrede belirlenmiştir. Ancak sondajın akmaların en yoğun olduğu dere talveginden 3 m yükseklikte yapıldığı düşünüldüğünde yeraltı su seviyesinin 2-4 m civarında olabileceği öngörülmüştür. Kayma malzemesi, ilk özellikle 4,5 metrelik kesimi çok karmaşık yapıda olmak üzere, karışmış ve düzensiz bir şekil almış çakıllı kumlu killi yapıdadır. Dokusal özellikler yitirilmiş durumdadır.

SK – 26 No.'lu sondaja ait zemin profili şekil 5.45'tedir.

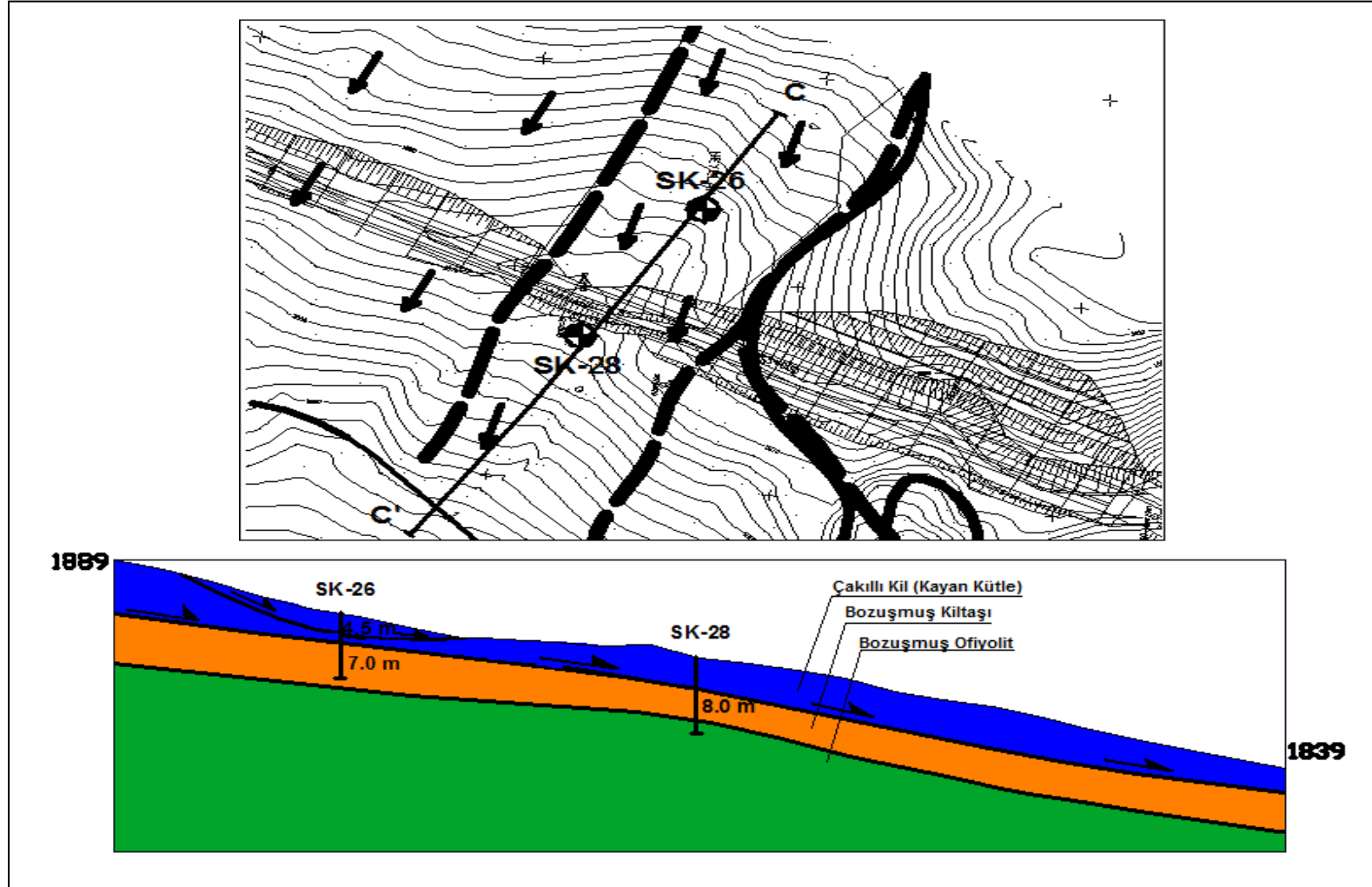


Şekil 5.45 SK-26 No.'lu sondajda gözlenen zemin profili ve kayma derinliği

SK – 28 nolu sondaj dere talvegine daha yakın bir seviyede yapılmıştır. Sondajda ilk 8 metrelik kesimde gözlenen malzeme suya doygun, akma nedeniyle karışmış ve yumuşamış niteliktedir. SPT N değerleri 6 – 20 arasında değişmektedir. Nispeten yüksek değerler birim içindeki çakıllı seviyelerden kaynaklanmaktadır. 8 metrenin altında ise ayrılmış kilaşı vardır. Sondajda yeraltı su derinliği 3 m olarak ölçülmüştür. Ancak yol seviyesindeki göllenmeler dikkate alınarak yeraltı su derinliği 1 m olarak kabul edilmiştir. Kayma malzemesi zemin sınıfı yapılan deneylerde CL bulunmuştur. SK – 28 No.'lu sondajın zemin profili şekil 5.46'dadır. Heyelana ait jeolojik kesit ve kayma yüzeyi ile heyelanın yüzeysel konumu ve kesit doğrultusu şekil 5.47'dedir. Bu doğrultu aynı zamanda heyelan geçişinin en kritik kesitidir.



Şekil 5.46 SK-28 No.'lu sondajda gözlenen zemin profili ve kayma derinliği



Şekil 5.47 H.3 heyelanı (km: 82+900 – 83+000) jeolojik planı ve jeolojik kesiti

Şekil 5.47’de verilen plan ve kesitte de görüldüğü gibi yaklaşık 7-8 m derinlikteki ana kayma düzlemi topoğrafyaya yaklaşık paralel olarak devam etmektedir. SK-26 nolu sondajın yapıldığı kesimde de 4,5 m derinliğinde de küçük bir krip mevcuttur.

5.1.3.1 Birimlerin jeoteknik özellikleri ve stabilite parametreleri

Sondaj profilinden de anlaşılabileceği gibi, ana kayma zonu, kıltaşının su alarak bozuşmuş ve rezidüel hale dönüşmüş malzemesi ile kıltaşı sınırındadır. Kayan kütle içinde ayrıca küçük kripler de mevcuttur. Sondajda gözlenen ve önceki başlıkta verilen jeolojik birimlerin jeoteknik özellikleri ayrı ayrı aşağıda sunulmuştur.

Çakıllı Kil (Kayan Kütle): Bu tabakada SPT N değerleri 6 – 23 arasında değişmektedir. N değerleri zeminin çakıl ve blok içeriği nedeniyle yer yer yüksektir. Bu birim içinden alınan UD örnekleri üzerinde yapılan üç eksenli basınç deneyleri (UU) ile rezidüel kesme dayanımı deneylerinde çizelge 5.12’de verilen kayma dayanımı parametreleri belirlenmiştir.

Çizelge 5.12 Çakıllı kil (kayan kütle) içinden alınan örneklerin deney sonuçları

BZS	γ_n (kN/m ³)	c_u (kPa)	ϕ_u (°)	c_r (kPa)	ϕ_r (°)
CH	18,22	-	-	2	15
CH	18,51	73	8	-	-

Sondajlara ve yapılan arazi gözlemlerinde yol kotunda belirlenen göllenmelere göre yeraltı suyu 1-4 m civarında kabul edilmiştir. Kayma malzemesi yeraltı suyuna doygun kohezyonlu birimlerden oluştuğu için analizlere boşluk suyu basıncı katsayısı r_u değeri eklenmiştir. Boşluk suyu basınç katsayısı değeri, SK – 26 ve SK – 28 No.’lu sondajlara göre ayrı ayrı hesaplanmış ve analizler için ortalama bir değer seçilmiştir.

Çizelge 5.13 Analizlerde kullanılmak üzere belirlenen boşluk suyu basınç katsayısı

Sondaj No	r_u
SK-26	0,375
SK-28	0,477
Ortalama	~ 0.4

Heyelan için yapılan geri analizlerde (Şekil 5.48) ise en kritik kayma dairesi için 1,0 değerini kayma malzemesi için veren rezidüel kayma dayanımı parametreleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Çizelge 5.14 Geri analizlerde belirlenen bloklu çakıllı kil için rezideül kayma dayanımı parametreleri

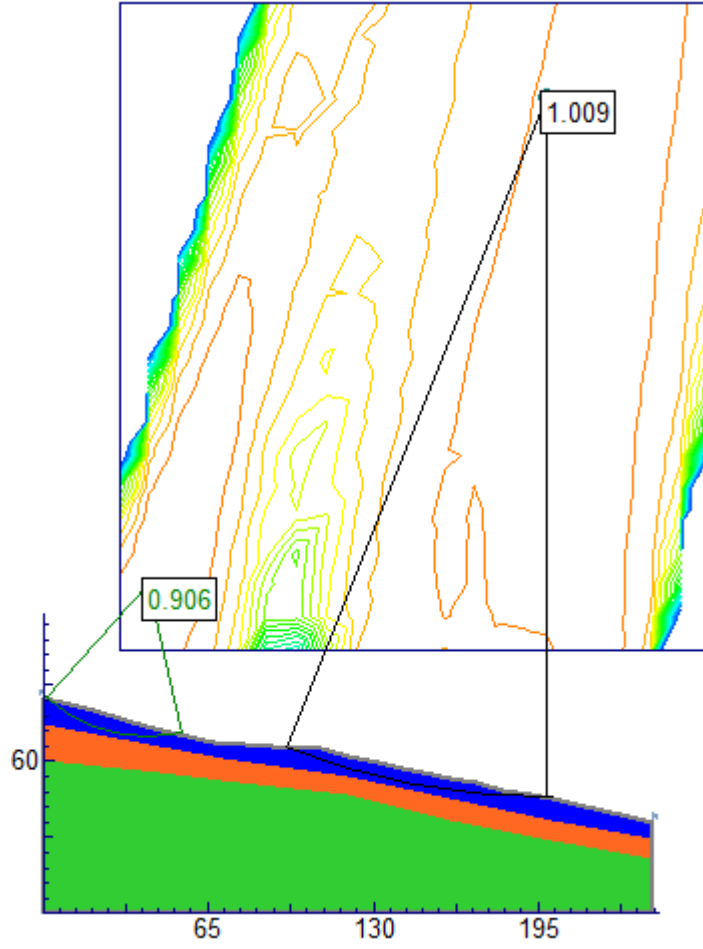
c_r (kPa)	ϕ_r (°)
0	22,5
2	18
3	15
5	13

Kırmızı Renkli Bozuşmuş Kilitaşı: Bu tabakada SPT N değerleri 57 - Refü arasında değişmektedir. Bu birim içinden alınan UD örnekleri üzerinde yapılan UU deneylerinde elde edilen veriler çizelge 5.15'te sunulmuştur.

Çizelge 5.15 Ayrışmış kilitaşı/marna ait deney sonuçları

BZS	γ_n (kN/m ³)	c_u (kPa)	ϕ_u (°)
CL	18,89	78	12

Birim bozuşmuş kilitaşı (çok sert kumlu kil) olarak kabul edilmiş ve analizlerde laboratuvar deney sonuçlarından elde edilen stabilite parametreleri kullanılmıştır.



Şekil 5.48 H.3 heyelanı için heyelanlı malzemeye ait geri analiz kesiti

Ofiyolit (Temel Kaya): Ofiyolit içinde yapılan SPT deneylerinde $N = \text{Refü}$ sonucu elde edilmiştir. Birim bölgede kırmızı-yeşil renkli ve kilaşının altında parçalı ve kırıklı özelliktedir. Yapılan her iki sondajda da ofiyolit içerisinde ilerlenmiştir. Ofiyolit in sondajda çok kırıklı, parçalı ve bloklı yapıda ve yer yer bozuşmuş nitelikte olduğu belirlenmiştir. Birim çok kötü kaya kalitesinde ve çok zayıf – zayıf kaya özelliğindedir. Zayıf – çok zayıf kayalar için Bieniawski (1989)’ ye göre $c = 50 - 150 \text{ kPa}$, $\phi = 15 - 30^\circ$ aralıklarındadır. Ofiyolit için kayma dayanımı parametreleri bu aralıklar göz önünde bulundurularak seçilmiştir.

Tüm birimler için analizlerde kullanılan kayma dayanımı parametreleri aşağıda verilmiştir.

Çizelge 5.16 Tüm birimlerin analizlerde kullanılan kayma dayanımı parametreleri

Birim	γ_n (kN/m ³)	$c/c'/c_r$ (kPa)	$\phi/\phi'/\phi_r$ (°)	Mevcut Durum (r_u)	Drenaj Önlemi Sonrası (r_u)
Bloklu Çakıllı Kil	18	3	15	0,4	0,1
Bozuşmuş Kilitaşı	19	78	12	0	0
Ofiyolit (Temel Kaya)	20	75	30	0	0
Dolgu	19	5	32	0	0
Kaya Dolgu	22	3	45	0	0

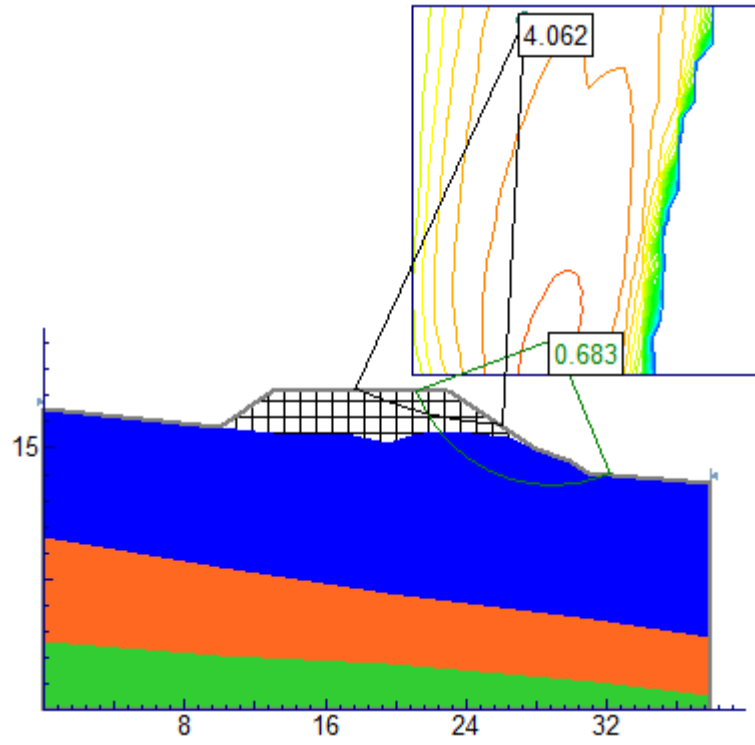
5.1.3.2 H.3 heyelanı için uygulanabilir çözüm önerisi

Önceki bölümlerde de bahsedildiği gibi H.3 heyelan mekanizması H.1 heyelanı ile benzer özellikler sunmaktadır. Bu kesimde kayma malzemesi kalınlığı 8 metredir. Bu aralıkta da çözüm H.1 heyelanında olduğu gibi kayan malzemesinin sıyrılması ve yol platformunun kaya dolgu ile oluşturulması ile gerçekleştirilecektir.

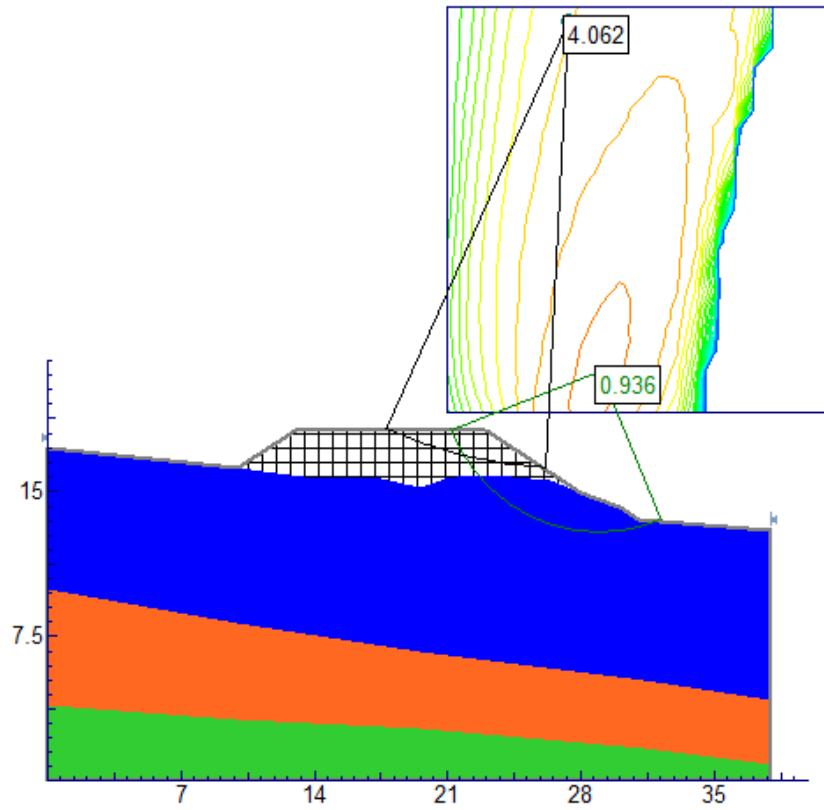
H.3 heyelanı derenin içinde dar bir alanda oluşmuştur. Bu kayan malzeme üzerine menfez ve yol yapılamayacağından, yol geçişi için kayan malzemenin sıyrılması ve yolun sağlam bir platform üzerine oturtularak geçirilmesi gerekmektedir. Sağlam platform olarak da kaya dolgu seçeneği düşünülmüştür. Kaya dolgu aynı zamanda topuk görevi görerek heyelanı durduracak ve drenaj açısından da avantaj sağlayacaktır.

Heyelanlı alanda mevcut durum açısından en kritik yol geçiş şekli enine kesiti Km: 82+920 enkesitidir. Bu mevcut yol kesiti kullanılarak yapılan stabilite analizi sonucu $F_s = 0,683$ bulunmuştur (Şekil 5.49). Yani sonuç güvensizdir.

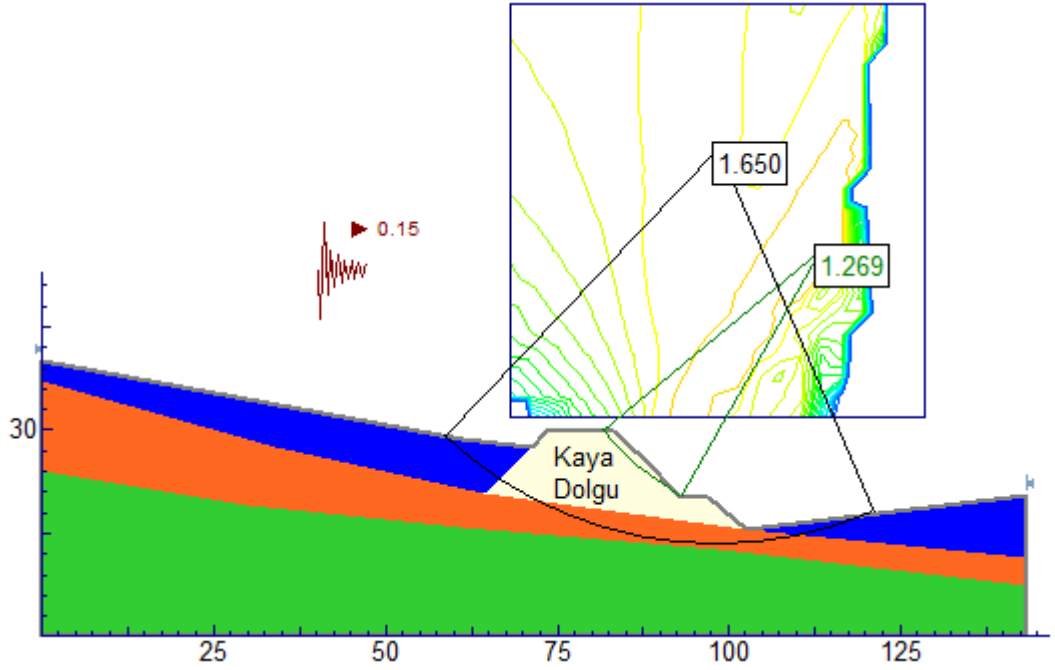
Bu kesimde alınan drenaj önlemleri sonucunda yeraltı su seviyesinin 5 m düştüğü varsayılmış ve bu durum göz önünde bulundurularak $r_u = 0,1$ kabul edilmiştir. Aynı şekil üzerinde yeniden stabilite analizi yapılarak bu koşullar altında drenajlı durum incelenmiştir. Yapılan analiz sonucuna göre (Şekil 5.50) $F_s = 0,936$ bulunmuş ve bu kesimde stabilitenin sağlanabilmesi için drenaj önlemlerinin yetersiz kaldığı anlaşılmıştır.



Şekil 5.49 H.3 heyelanı (Km: 82+920 enkesiti) mevcut yol geçiş şekli analizi ($r_u = 0,4$)



Şekil 5.50 H.3 heyelanı drenaj önlemi sonrası mevcut yol geçiş şekli analizi ($r_u = 0,1$)

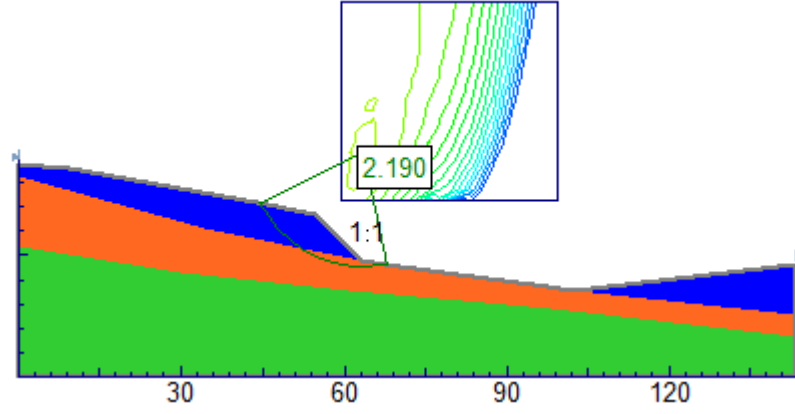


Şekil 5.52 Km: 82+920 enkesiti için kaya dolgu ile oluşturulan yol platformu için (çözüm kesiti) sismik stabilite analizi

Çözümleme sonuçlarına göre geçiş güvenlidir. Ancak yine de yol gövdesinin dışında yamaç yukarı küçük akmlar gelişebilecektir. Bu nedenle servis zamanında dolgu etek şevleri ile menfez ağızlarında bakım ve temizleme çalışmalarının yapılması gerekebilecektir. Kaya dolgu imalatına esas maksimum boyutlar ve çözümün aşamaları aşağıdadır.

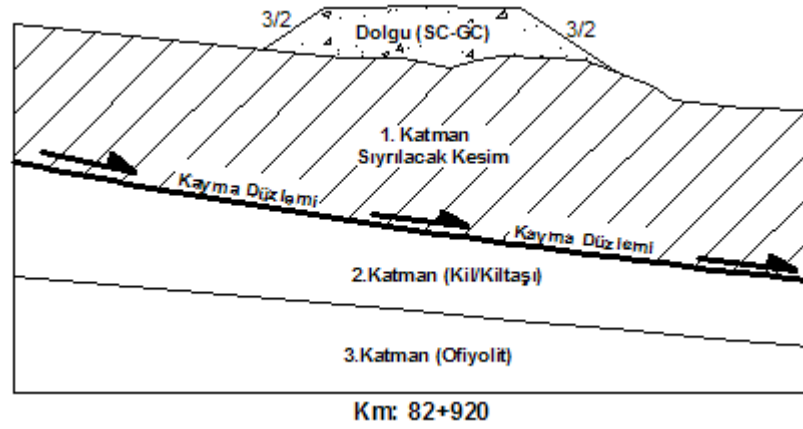
Kaya dolgu için sıyırma işlemi H.1 heyelanına benzer şekilde gerçekleştirilecektir. Kaya dolgu imalatı için öncelikli olarak sıyırma kazısı ve temel kazısı işlemlerinden önce, kazının yapılacağı alanda bulunan dereden gelen sular ortamdan uzaklaştırılmalıdır. Suyun ortamdan uzaklaştırılması işine kazı işleminden minimum 15 gün önce başlanmalı ve bu iş imalat boyunca devam ettirilmelidir.

Kaya dolgu ve temelinin imalatı için öncelikli olarak üstte gözlenen ve sondajlarla derinliği belirlenen kayan malzemenin sıyırılması gerekmektedir. Sıyırma işlemi için geçici şev değeri, yapılan stabilite analizi sonucu 1d:1y olarak belirlenmiştir. Yapılan analize göre (Şekil 5.53) 1d:1y şev değeri için güvenlik sayısı $F_s = 2,19$ 'dur.



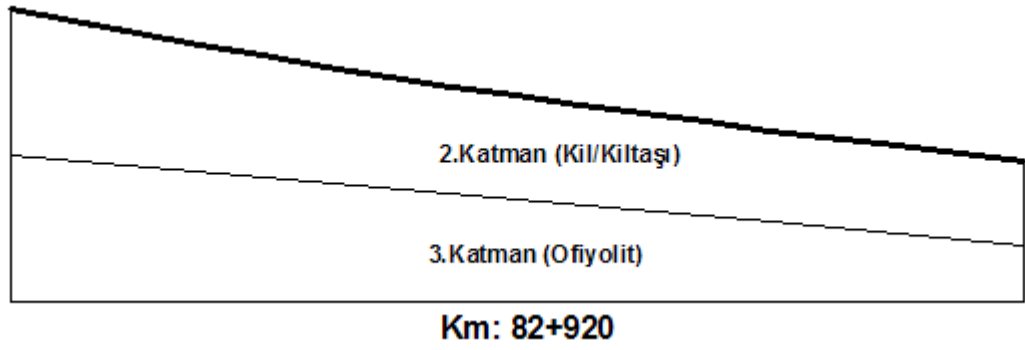
Şekil 5.53 Km: 82+920 enkesiti heyelan sıyırması geçici kazı şev stabilite analizi

Şematik olarak geoteknik çözümlemeye ait uygulama adımları aşağıda verilmiştir. Mevcut yol geçiş şekli şekil 5.54’te sunulmuştur.



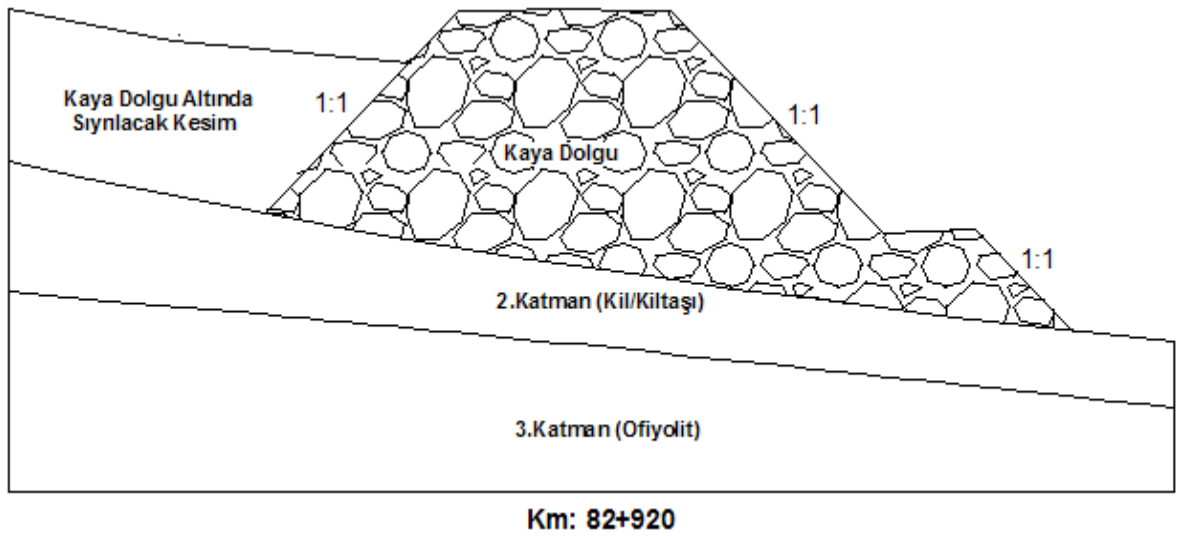
Şekil 5.54 Mevcut yol geçiş şekli (1d:1,5y dolgu şev eğimi)

Kaya dolgu imalatından önce ortalama 8 m kalınlığındaki heyelan malzemesi 1d:1y şev oranı ile kırmızı renkli kıltaşı/sert kil özelliğindeki temel zemine ulaşıncaya kadar temizlenecektir. Sıyırmadan sonra oluşacak topoğrafya Şekil 5.55’tedir.



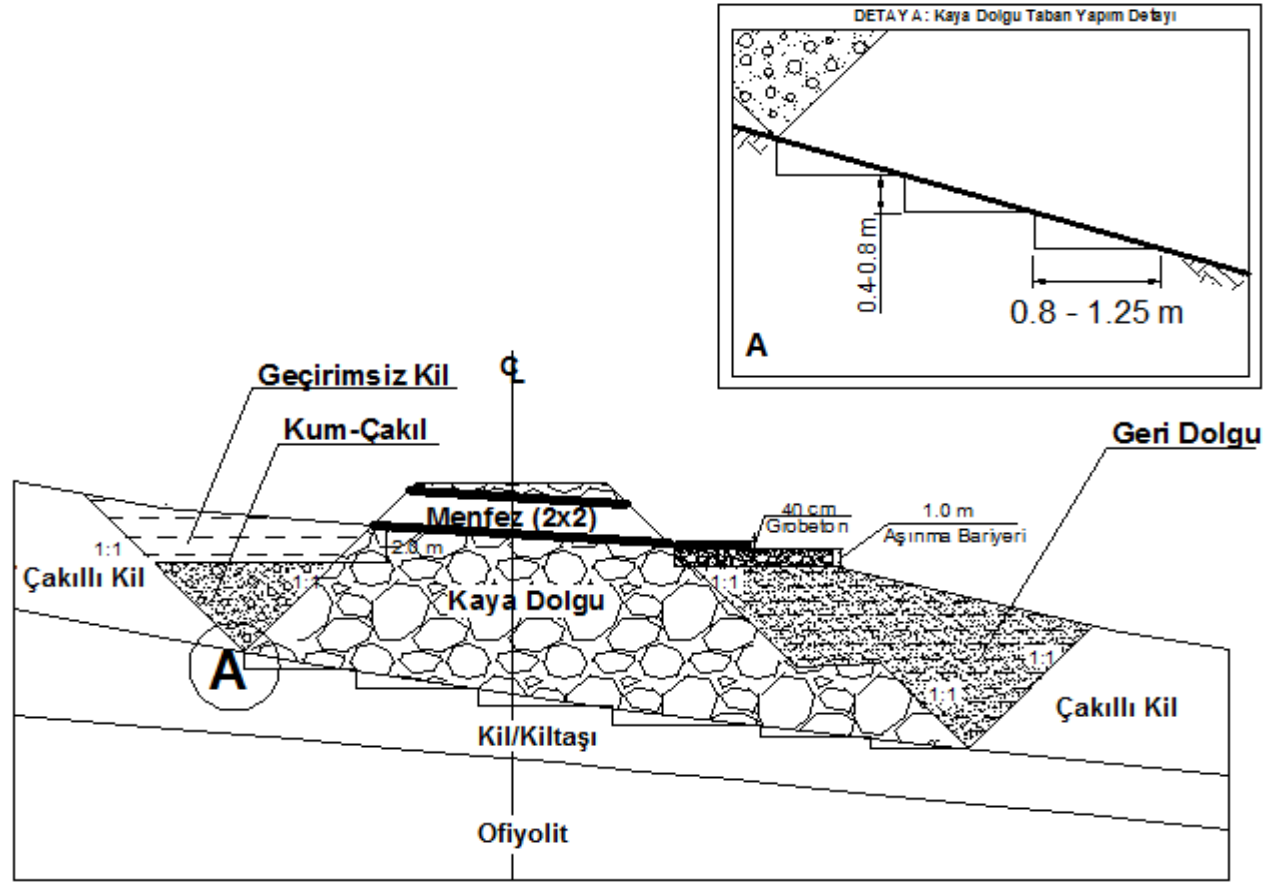
Şekil 5.55 Sıyırma yapıldıktan sonra kaya dolguya temel olacak topoğrafya

Sıyırmadan sonra kaya dolgu ile oluşturulacak yol platformu Şekil 5.56’da verilmiştir.

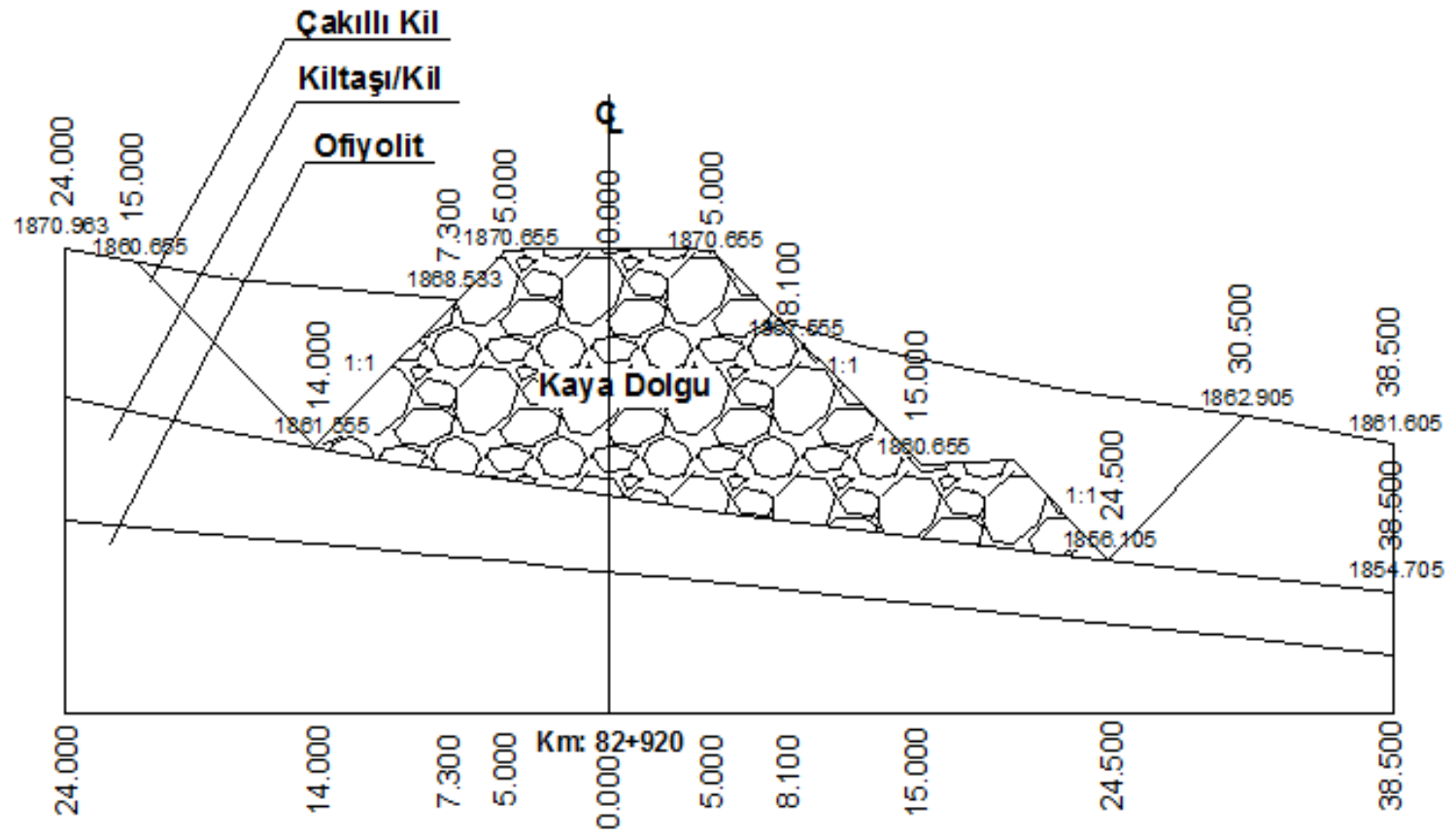


Şekil 5.56 Sıyırmadan ve kaya dolgu imalatından sonra oluşacak yol platformu

Dolgunun yükselmesine paralel olarak taban gerisi kum-çakıl ile oluşturulmalı ve son iki metresi menfez hizasına kadar geçirimsiz killi topraktan inşa edilmelidir. Bu açıklamalara göre kaya dolgu, menfez ve diğer dolgular yapıldıktan sonra oluşacak duruma ait çözüm kesiti şekil 5.57’de, kotlandırılmış çözüm kesiti ise şekil 5.58’de verilmiştir. Heyelana ait plan ve profiller ile çözüme yönelik uygulama kesitleri ayrıca eklerde sunulmuştur.



Şekil 5.57 Kaya dolgu ve diğer geri dolgulardan sonra oluşacak yol platformu ve çözüm kesiti



Şekil 5.58 Kaya dolgu ve geri dolguların yapılmasından sonra oluşacak kesitin ara mesafeleri ve kotları

5.1.4 H.4 heyelanı (km: 83+880 – 83+940) mekanizması ve uygulanabilir çözüm önerisi

Yolun bu km aralığında Kretase yaşı koyu yeşil-siyah renkli serpantin (ofiyolit) birimi bulunmaktadır. Heyelan serpantin bozuşmuş-killeşmiş kesimi ile sert serpantin kontağında gelişmiştir.

Heyelanlı arazi profili boyunca yapılan sondajlarda heyelan derinliğinin yamaç aşağı mesafelerde arttığı belirlenmiştir. Heyelan akma şeklinde gelişmiştir.

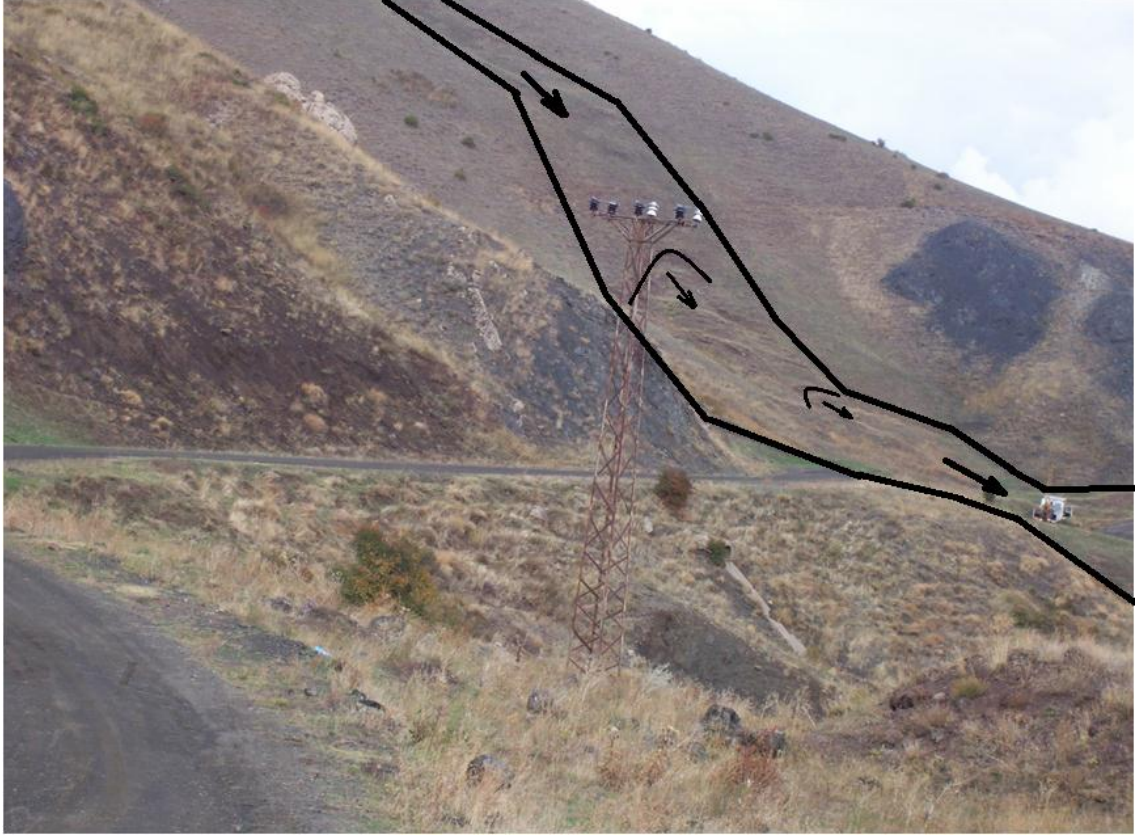
Bu kesimde heyelanın farklı açılardan yamaç aşağı görünümü şekil 5.59 - 5.61’de, kaymanın yolda oluşturduğu deformasyonun çeşitli yönlerden görünimleri ise şekil 5.62 - 5.63’te sunulmuştur.



Şekil 5.59 H.4 No.’lu heyelanın görünümü (kuzeybatıdan güneydoğuya bakış)



Şekil 5.60 H.4 heyelanının arazideki görünümü (güney batıdan kuzey doğuya bakış)



Şekil 5.61 H.4 heyelanının yamaç yukarı görünümü (güneydoğudan kuzbatıya bakış)



Şekil 5.62 H.4 heyelanının yolda oluşturduğu deformasyon (güneyden kuzeye bakış)



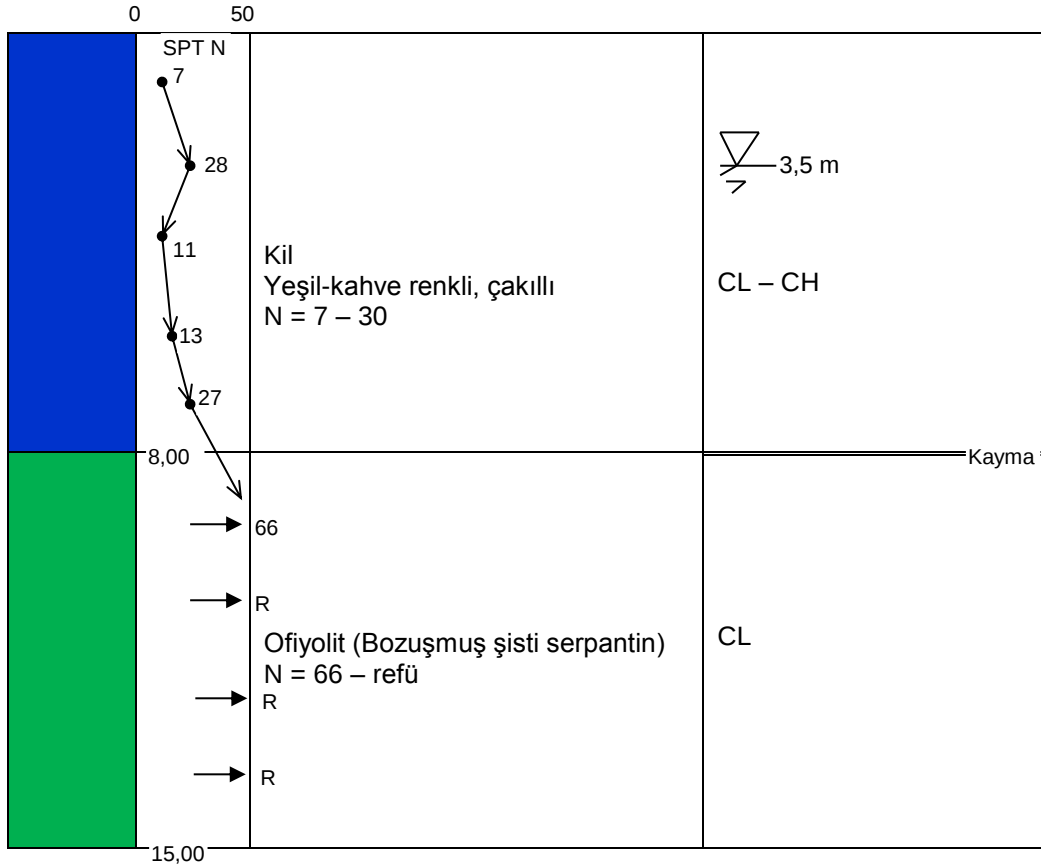
Şekil 5.63 H.4 heyelanının yolda oluşturduğu deformasyon (kuzeyden güneye bakış)

Hareketin güzergah ekseni içerisindeki geçişinin ve derinliğinin incelenmesi amacıyla bu aralıkta SK – 29, SK – 30 ve SK – 31 No.'lu sondajlar yapılmıştır.

Yapılan sondajlarda kayma derinliği ve kayma mekanizması, sondaj esnasında meydana gelen su kaçakları ile sertlik, yapı ve renk farklılıkları yardımı ile belirlenmiştir. Sondajlara göre gri-yeşil-kahve renkli bloklu çakıllı killi kütle, kırmızı renkli sert kil/kiltaşı üzerinde kaymaktadır. Kayma derinliği SK-29 No.'lu sondajda 8 m; SK-30 No.'lu sondajda 4., 10,5. ve 13,5. metrelerde ve SK – 31 No.'lu sondajda ise 7. ve 11. metrelerde belirlenmiştir. Sondajlarda belirlenen kayma derinliklerinden de anlaşılabileceği gibi yamaç aşağı yönde hareketin derinliği artmaktadır. Projelendirme, güzergah ekseni üzerinde yapılan SK-29 nolu sondaja göre yapılacaktır.

SK – 29 No.'lu sondaj mevcut yol üzerinde yapılmıştır. Yapılan sondajda kayma derinliği 8 m olarak saptanmıştır. Laboratuvar deneylerinde kayma malzemesinin zemin

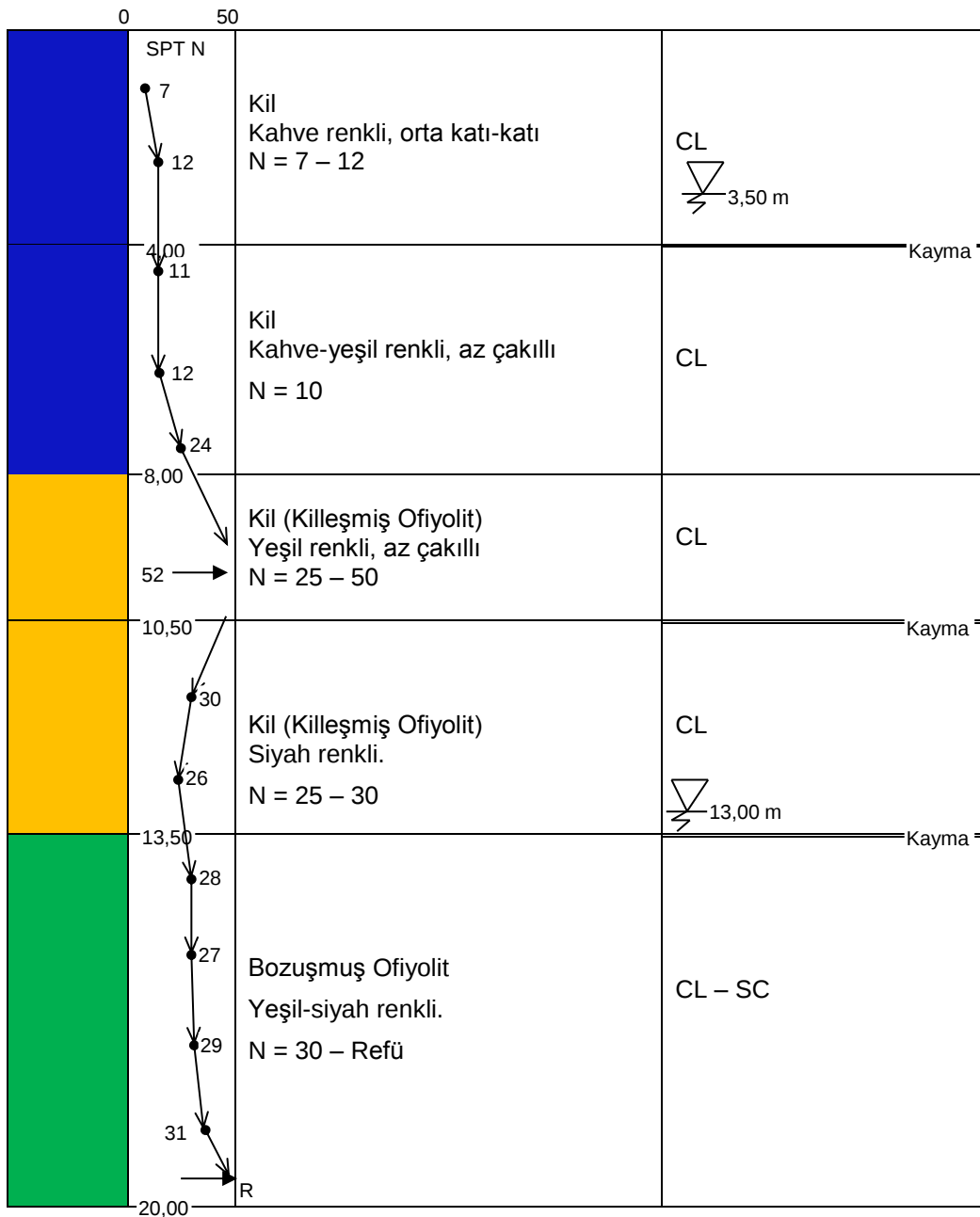
sınıfı sondaj sonuçları ile uyumlu bir şekilde CL ve CH olarak belirlenmiştir. Sondajda yeraltı su seviyesi 3.5 m olarak ölçülmüştür. Kayma malzemesi özellikle ilk metrelerde daha karmaşık yapıda olmak üzere, karışmış ve düzensiz bir şekil almış yeşil-kahve renkli çakıllı kilden oluşmaktadır. Üstteki 8 metrelik killi malzeme içinde N değerleri 7 – 20 arasında değişmektedir. Ofiyolit içinde ise N = 66 – refü arasındadır. SK – 29 No.'lu sondaja ait zemin profili şekil 5.64'teki gibidir.



Şekil 5.64 SK-29 No.'lu sondajda gözlenen zemin profili ve kayma derinliği

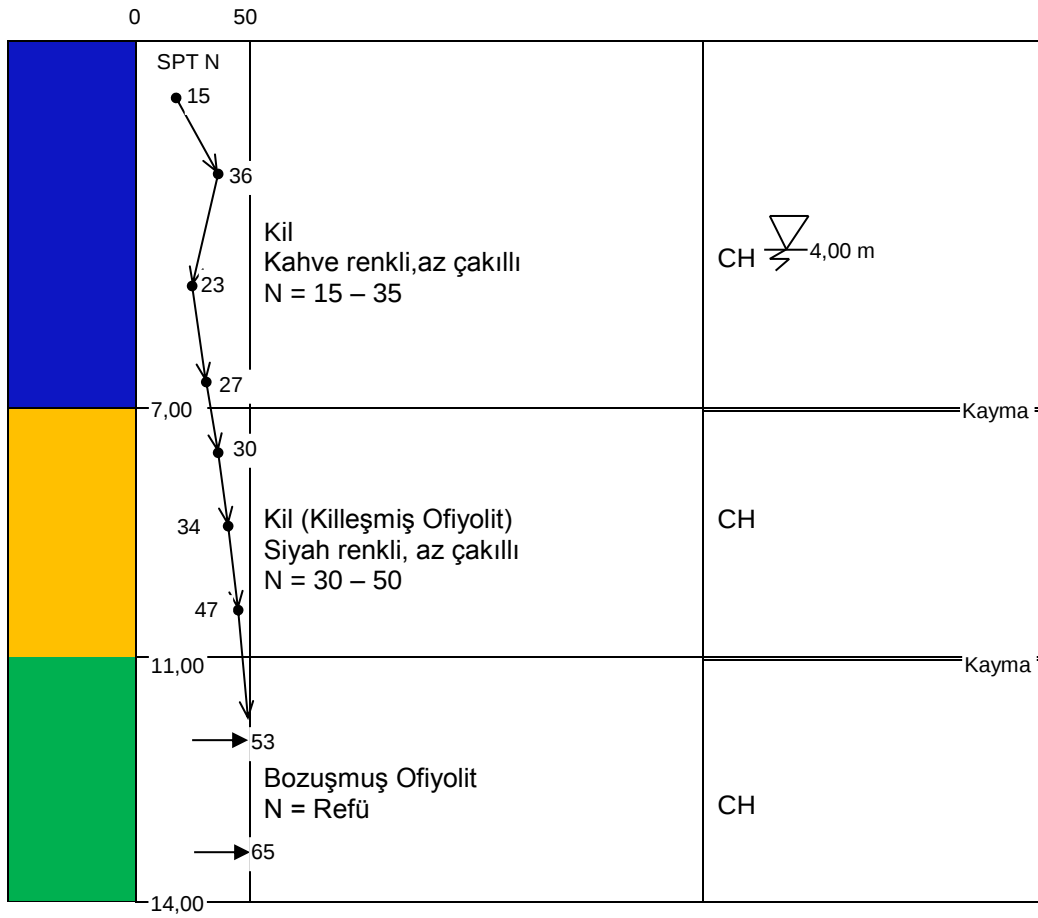
SK – 30 No.'lu sondajda yüzeyden 8. metreye kadar kahve – yeşil renkli kil, 8 – 13,5 metreler arasında killeşmiş ofiyolit ve 13,5. metreden itibaren ise bozuşmuş ofiyolit belirlenmiştir. Sondajda kayma düzlemleri 4 m, 10,5 m ve 13,5 m olarak belirlenmiştir. Sondajda ilk 8 metrede belirlenen kahve renkli kil ile ofiyolit orijinal killi birim orijinal formunda değildir. Kayma sonucu orijinal yapı ve doku bozulmuştur. Daha derinlerde ise orijinal yapı ve doku kısmen korunmuş olmasına rağmen birim oldukça karışmış ve killeşmiştir. Sondajda ilk 4 metrelik kahve renkli kil ile 4 metreden sonra gözlenen yeşil renkli kil birimi arasında 3,5 m civarında yeraltı suyu emareleri izlenmiştir. Bu ilk 4

metrelik kesim ile onun altında 8 metreye kadar gözlenen orta katı kil kayma sonucu karışmış ve gevşemiş niteliktedir. 8 metreden 13,5 metreye kadar gözlenen kil birimi de nispeten daha daha korunmuş bir yapı ve doku gösterse de 13,0 m derinlikte ayrı bir yeraltı su seviyesi ile birlikte yeni bir kayma düzlemi de belirlenmiştir. Daha derinde gözlenen bozuşmuş ofiyolitte herhangi bir hareket gözlenmemiş olmasına rağmen hareketin önlem alınmazsa, daha da derinlere inme ihtimali mevcuttur. SK – 30 No.'lu sondajın zemin profili şekil 5.65'tedir.



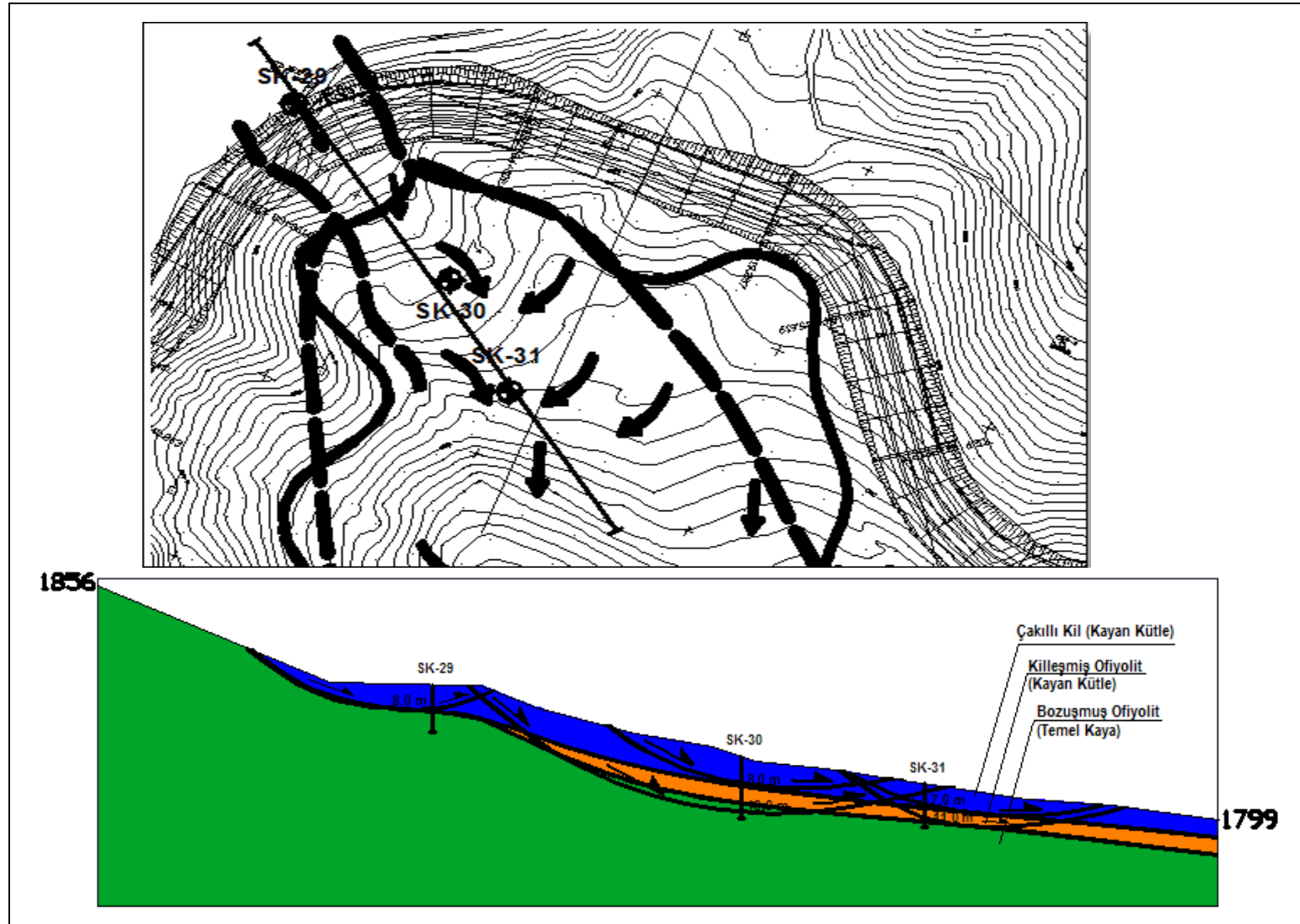
Şekil 5.65 SK-30 No.'lu sondajda gözlenen zemin profili ve kayma derinliği

SK-31 nolu sondajda kayma sınırı 7. ve 11. metrelerde belirlenmiştir. Sondajda ilk 7 metrede kahve renkli az çakıllı kil gözlenmiştir. Malzemenin zemin sınıfı CH'dir. Birim kayma nedeniyle karmaşık ve düzensiz bir yapı kazanmış olup, SPT N değerleri 15-35 arasındadır. 7 m – 11 m arasında gözlenen birim ofiyolitın killeşmesi oluşmuştur. 11. metrede gözlenen kayma düzlemi nedeni ile malzeme yapı ve dokusunu büyük oranda yitirmiştir. Kaymanın altındaki temel zemini şisti görünüm kazanmış ofiyolittir. Sondajda yeraltı suyuna 4,0 m civarında rastlanmıştır. Sondaja ait zemin profili şekil 5.66'daki gibidir.



Şekil 5.66 SK-31 No.'lu sondajda gözlenen zemin profili ve kayma derinliği

Heyelana ait jeolojik kesit ve kayma yüzeyi ile heyelanın yüzeysel konumu ve kesit doğrultusu şekil 5.67'dedir. Bu doğrultu aynı zamanda heyelan geçişinin en kritik kesitidir.



Şekil 5.67 H.4 heyelanı (Km: 83+880 – 83+940) jeolojik planı ve jeolojik kesiti

Şekil 5.67’de verilen plan ve kesitte de görüldüğü gibi güzergahın bulunduğu kesimde ana kayma düzlemi yaklaşık 8 m derinliktedir. Yamaç aşağı kayma derinlikleri de artmaktadır.

5.1.4.1 Birimlerin jeoteknik özellikleri ve dayanım parametreleri

Sondaj profilinden de anlaşılabileceği gibi, 3 ana zemin katmanı mevcuttur. Bu ana zemin katmanları üstteki 7 – 8 metrelik kil, onun altında maksimum 13,5. metreye kadar gözlenen killeşmiş ofiyolit ve onun altında şisti yapılı bozuşmuş ofiyolittir. Sondajda gözlenen ve önceki başlıkta verilen jeolojik birimlerin jeoteknik özellikleri aşağıdadır.

Kahve Renkli Çakıllı Kil (Kayan Kütle): Kahve renkli çakıllı kil 3 sondajda da 7-8 m kalınlıkta gözlenmiştir. Birim içinde SPT N değerleri 7 – 35 arasında değişmektedir. N değerleri zeminin çakıl ve blok içeriği nedeniyle yer yer yüksektir. Bu birim içinden alınan UD örnekleri üzerinde yapılan üç eksenli basınç deneyleri (UU) ile rezidüel kesme dayanımı deneylerinde çizelge 5.17’de verilen kayma dayanımı parametreleri belirlenmiştir.

Çizelge 5.17 Çakıllı kil (kayan kütle) içinden alınan örneklerin deney sonuçları

BZS	γ_n (kN/m ³)	c_u (kPa)	ϕ_u (°)	c_r (kPa)	ϕ_r (°)
CL	18,32	-	-	3	17
CH	18,24	61	9	-	-

Sondajlarda yeraltı suyuna 3,5 – 4 m civarında rastlanmıştır. Kayma malzemesi yeraltı suyuna doygun kohezyonlu birimlerden oluştuğu için analizlere boşluk suyu basıncı katsayısı r_u değeri de eklenmiştir. Boşluk suyu basınç katsayısı değeri, SK – 29, SK – 30 ve SK – 31 No.’lu sondajlara göre ayrı ayrı hesaplanmış ve analizlerde kullanılmak üzere ortalama bir değer seçilmiştir (Çizelge 5.18).

Çizelge 5.18 Analizlerde kullanılmak üzere belirlenen boşluk suyu basınç katsayısı

Sondaj No	r_u
SK-29	0,24
SK-30	0,24
SK-31	0,31
Ortalama	0.26

Heyelan için yapılan geri analizlerde ise en kritik kayma dairesi için 1,0 değerini kayma malzemesi için veren rezidüel kayma dayanımı parametreleri Çizelge 5.19’da verilmiştir.

Çizelge 5.19 Geri analizlerde belirlenen bloklu çakıllı kil için rezideül kayma dayanımı parametreleri

c_r (kPa)	ϕ_r (°)
0	24,5
2	21
3	19
5	16

Killeşmiş Ofiyolit (Kayan Kütle): Yeşil ve siyah renklerde killeşmiş ofiyolit SK-30 ve SK-31 nolu sondajlarda gözlenmiştir. Yeşil ve siyah renkli bu malzeme ile üstte gözlenen kahve renkli kil arasında renk, sertlik ve doku açısından farklılıklar bulunduğundan bu malzeme üstteki birimden ayrı değerlendirilmiştir. Birim içinde SPT N değerleri 25 – 50 arasında değişmektedir. Bu birim içinden alınan UD örnekleri üzerinde yapılan üç eksenli basınç deneyleri (UU) ile rezidüel kesme dayanımı deneylerinde Çizelge 5.10’da verilen kayma dayanımı parametreleri belirlenmiştir.

Çizelge 5.20 Çakıllı kil (kayan kütle) içinden alınan örneklerin deney sonuçları

BZS	γ_n (kN/m ³)	c_u (kPa)	ϕ_u (°)	c_r (kPa)	ϕ_r (°)
CH	18,29	69	8	5	19

Bu birim için de analizlere boşluk suyu basıncı katsayısı r_u değeri eklenmiştir. Boşluk suyu basınç katsayısı değeri, SK – 30 ve SK – 31 No.’lu sondajlara göre ayrı ayrı hesaplanmış ve analizlerde kullanılmak üzere ortalama bir değer seçilmiştir.

Çizelge 5.21 Analizlerde kullanılmak üzere belirlenen boşluk suyu basınç katsayısı

Sondaj No	r_u
SK-30	0,15
SK-31	0,20
Ortalama	0.175

Heyelan için yapılan geri analizlerde (Şekil 5.68) ise en kritik kayma dairesi için 1,0 değerini kayma malzemesi için veren rezidüel kayma dayanımı parametreleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Çizelge 5.22 Geri analizlerde belirlenen bloklu çakıllı kil için rezidüel kayma dayanımı parametreleri

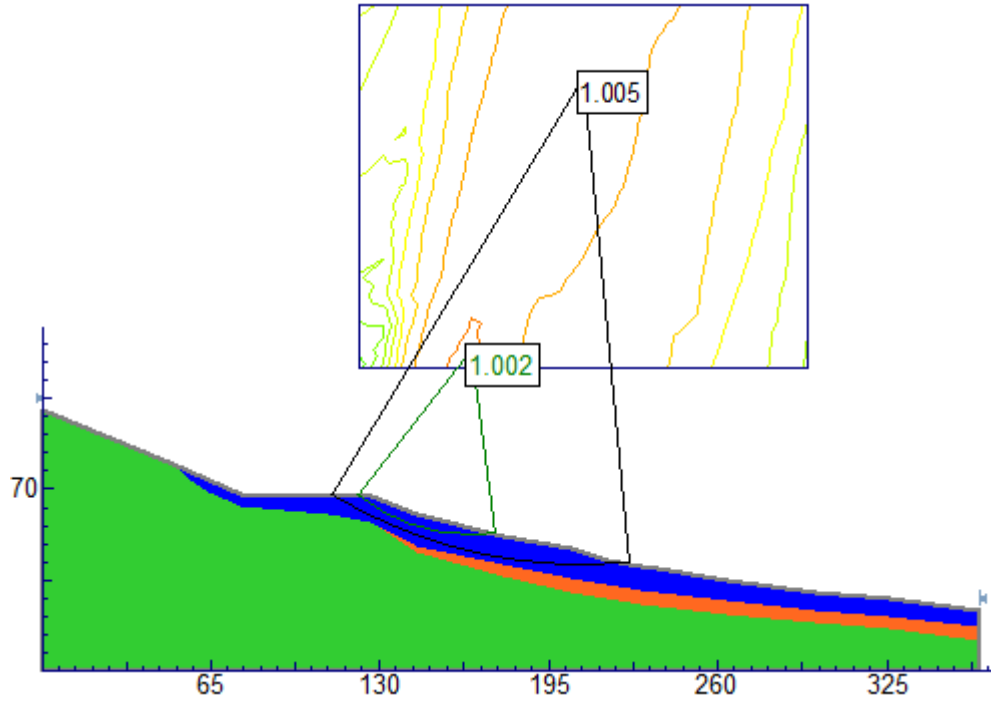
c_r (kPa)	ϕ_r (°)
0	25
2	22
3	20
5	18

Bozuşmuş Şisti Ofiyolit (Temel Kaya)

Bu tabakada SPT $N = 30$ – refü arasında değişmektedir. Bu birimin ilk metrelerinden alınan UD örnekleri üzerinde yapılan tek eksenli basınç deneylerinde elde edilen veriler aşağıda verilmiştir.

Çizelge 5.23 Bozuşmuş şisti ofiyolite ait deney sonuçları

BZS	γ_n (kN/m ³)	q_u (kg/cm ²)
CL	18,81	2,77



Şekil 5.68 H.4 heyelanı için heyelanlı malzemeye ait geri analiz kesiti

Birim bölgede yeşil-gri-siyah renkli parçalı ve kırıklı özellikte ve bozuşmuş yapıdadır. Ofiyolitin sondajda da çok kırıklı, parçalı ve bloklu yapıda ve yer yer bozuşmuş-çok bozuşmuş nitelikte olduğu belirlenmiştir. Birim çok kötü kaya kalitesinde ve çok zayıf kaya kalitesinde yer yer de çok sert-katı kil niteliğindedir. Çok zayıf kayalar için Bieniawski (1989)'ye göre $c = 50 - 150$ kPa, $\phi = 15 - 30^\circ$ aralıklarındadır. Ofiyolit için kayma dayanımı parametreleri bu aralıklar ile ofiyolitin çok bozuşmuş ve kısmen killeşmiş kesiminden alınan örnek üzerinde yapılan tek eksenli basınç dayanımı deneyi sonuçları göz önünde bulundurularak seçilmiştir.

Tüm birimler için analizlerde kullanılan kayma dayanımı parametreleri aşağıda verilmiştir.

Çizelge 5.24 Tüm birimlerin analizlerde kullanılan kayma dayanımı parametreleri

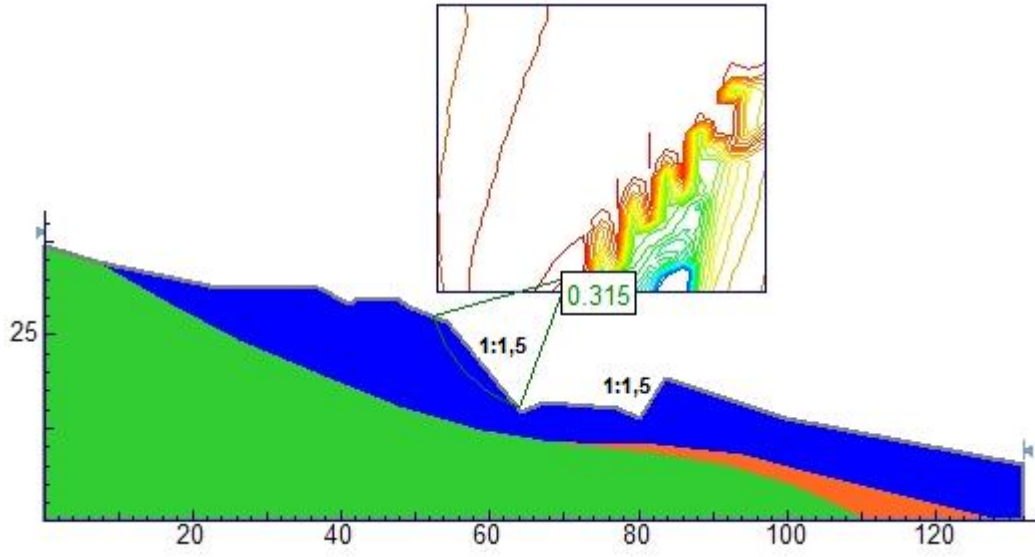
Birim	γ_n (kN/m ³)	$c/c'/c_r$ (kPa)	$\phi/\phi'/\phi_r$ (°)	Mevcut Durum (r_u)	Drenaj Önlemi Sonrası (r_u)
Kahve Renkli Çakıllı Kil (Kayan Kütle)	18	3	18	0,26	0,05
Kahve Renkli Çakıllı Kil (Kayan Kütle)	18	5	18	0,175	0,05
Ofiyolit (Temel Kaya)	20	140	15	0	0
Dolgu	19	5	32	0	0

5.1.4.2 H.4 heyelanı için uygulanabilir çözüm önerisi

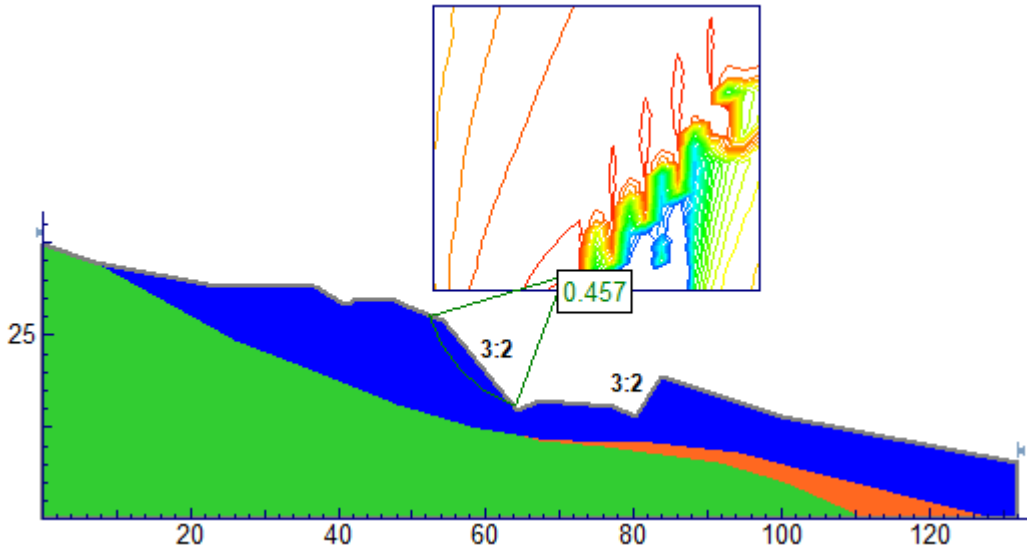
Yarma ile geçilmesi planlanan H.4 heyelan alanında, heyelan dar bir daire içinde akan malzeme şeklini almıştır. Bu heyelanlı malzemenin kalınlığı 8 metredir. Heyelanlı geçişte çözüm için, bu kesimdeki 8 metrelik heyelan malzemesinin sıyrılması planlanmıştır. Bu kesimde yapılacak yarma ile heyelanlı malzeme de sıyrılacaktır; ancak, yarma tabanı ve yol platformu kayma yüzeyinin üstünde kalmaktadır. Yani, heyelan malzemesi yarma ile de tam olarak temizlenememektedir. Bu nedenle, bu kesimde tüm heyelan malzemesinin sıyrılmasının ve yeni durumda yol geçişinin dolgu ile yapılmasının uygun olacağı düşünülmektedir.

Yol geçişi için yapılan mevcut durum analizinde kullanılan en kritik enine kesit Km: 83+880'dir. Bu kesitte yarma şevi 1d:1,5y eğimle açılmıştır. Yapılan stabilite analizi sonucu $F_s = 0,315$ bulunmuştur (Şekil 5.69). Yani sonuç güvensizdir.

Bu kesimde alınan drenaj önlemleri sonucunda $r_u = 0,05$ kabul edilmiştir. Aynı şekil üzerinde yeniden stabilite analizi yapılarak bu koşullar altında drenajlı durum incelenmiştir. Yapılan analiz sonucuna göre (Şekil 5.70) $F_s = 0,457$ bulunmuş ve stabilitenin sağlanabilmesi için drenaj önlemlerinin yetersiz kaldığı anlaşılmıştır.

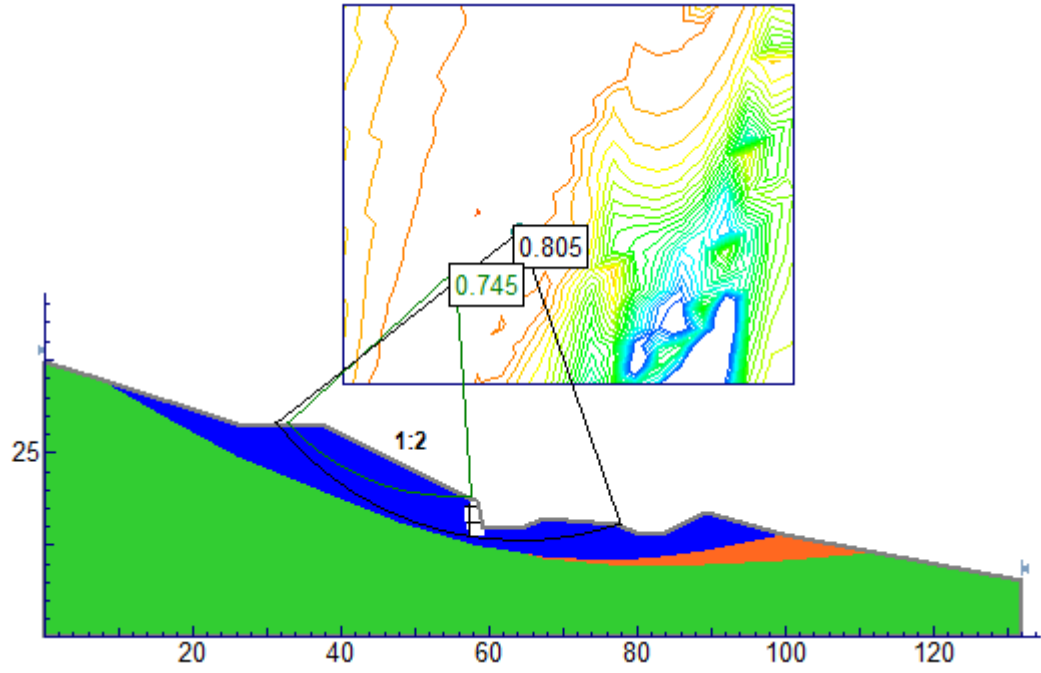


Şekil 5.69 H.4 heyelanı (Km: 83+880 enkesiti) mevcut yol geçiş şekli analizi ($r_u = 0,26$ ve şev eğimi 1d:1,5y)

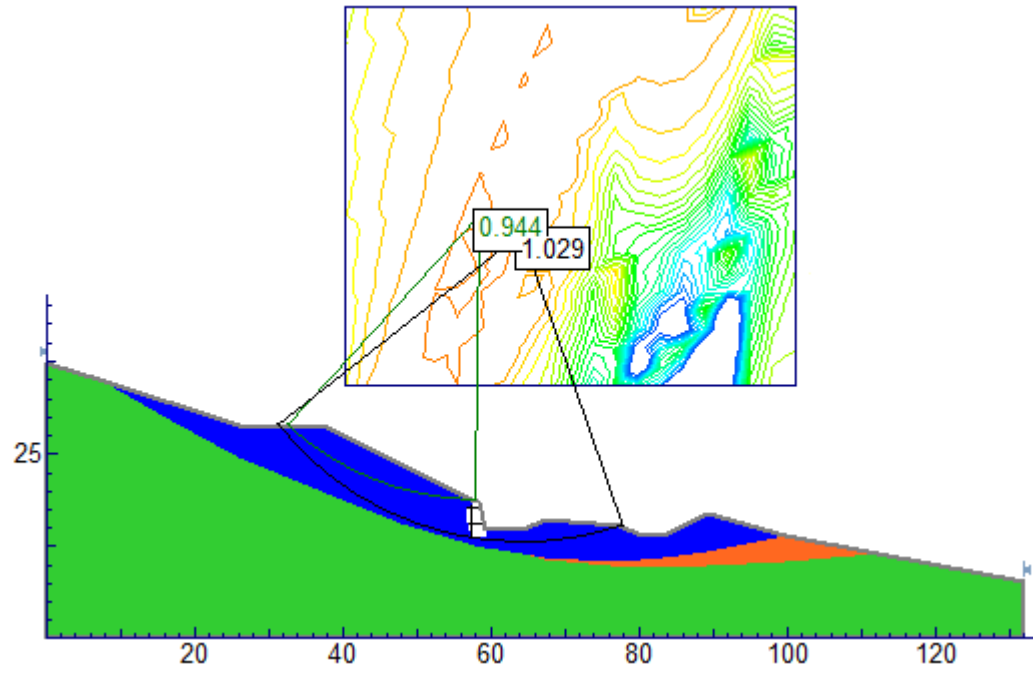


Şekil 5.70 H.4 heyelanı (Km: 83+880 enkesiti) drenaj önlemi sonrası mevcut yol geçiş şekli analizi ($r_u = 0,05$ ve yarma şev eğimi 1d:1,5y)

Ayrıca analizler daha düşük şev eğimlerinde (1d:2y) ve duvarlı kesitlerle ve drenaj yapılması durumları da ele alınarak tekrarlanmasına rağmen heyelan malzemesinin tamamı sıyrılamadığından ve yol platformu heyelan içerisinde kaldığından istenilen güvenlikte sonuçlara ulaşılamamıştır (Şekil 5.71 ve Şekil 5.72).

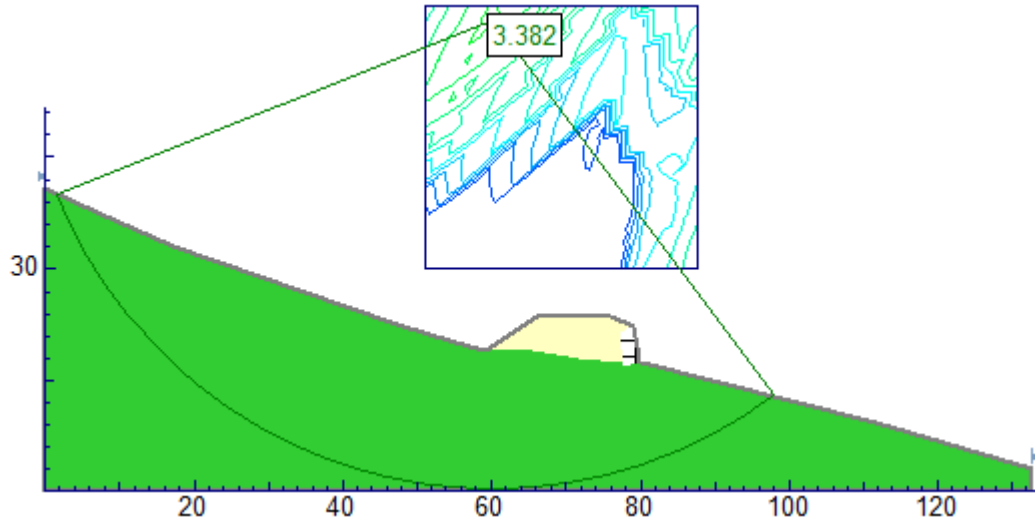


Şekil 5.71 H.4 heyelanı (Km: 83+880 enkesiti) yarma şev eğimi 1:2 durumu için mevcut yol geçiş şekli stabilite analizi ($r_u = 0,26$)

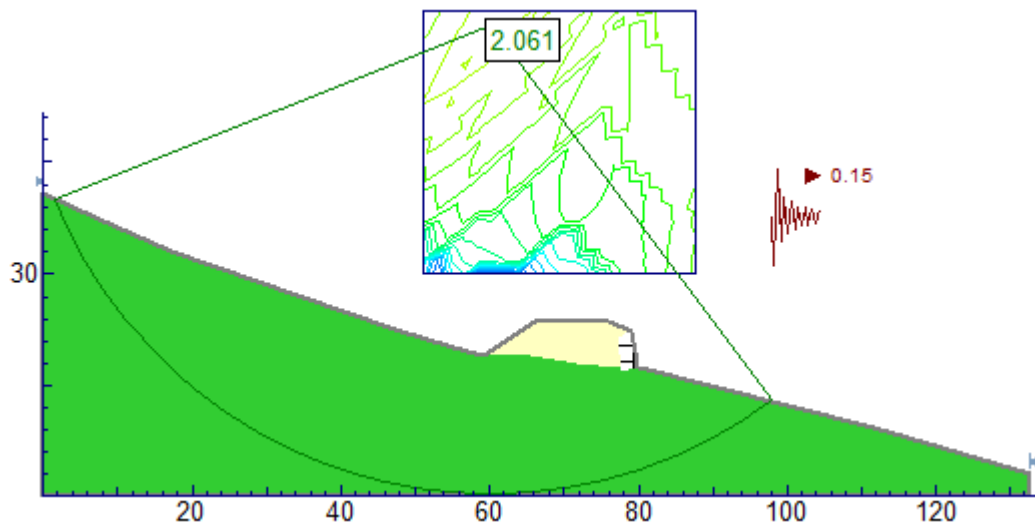


Şekil 5.72 H.4 heyelanı (Km: 83+880 enkesiti) drenaj önlemi sonrası yarma şev eğimi 1:2 durumu için mevcut yol geçiş şekli stabilite analizi ($r_u = 0,05$)

Tüm bu analizler ve çalışmalar neticesinde çözüm için yukarıda da bahsedildiği gibi kayma malzemesinin tamamen sıyrılarak, yol platformunun oluşan yeni yamaç üzerinde dolgu ile oluşturulması durumu incelenmiştir. Dolgu etekleri de dolgular, devam edeceğinden duvar ile tutulacaktır. Dolgu yapılarak oluşturulan çözüm kesiti kullanılarak yapılan analiz sonuçlarına göre statik durumda $F_s = 3,382$ (Şekil 5.73), sismik durumda ise $F_s = 2,061$ (Şekil 5.74) olarak bulunmuştur.

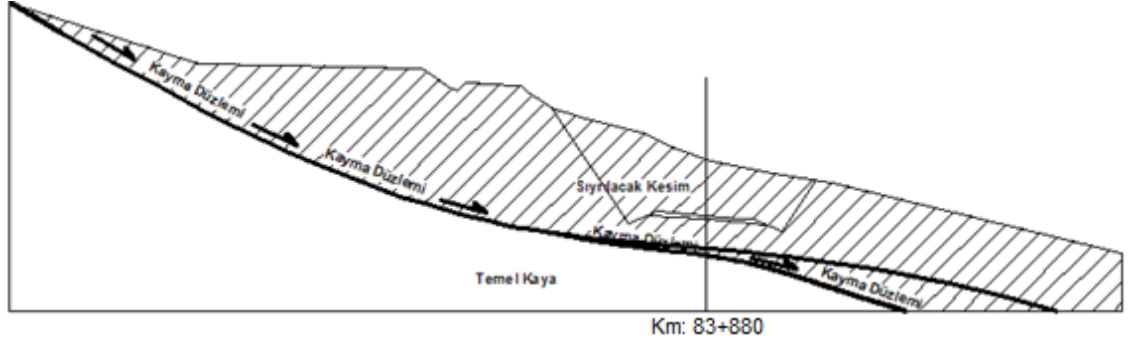


Şekil 5.73 83+880 enkesiti için dolgu ile oluşturulan yol platformu için (çözüm kesiti) psödo-statik stabilite analizi



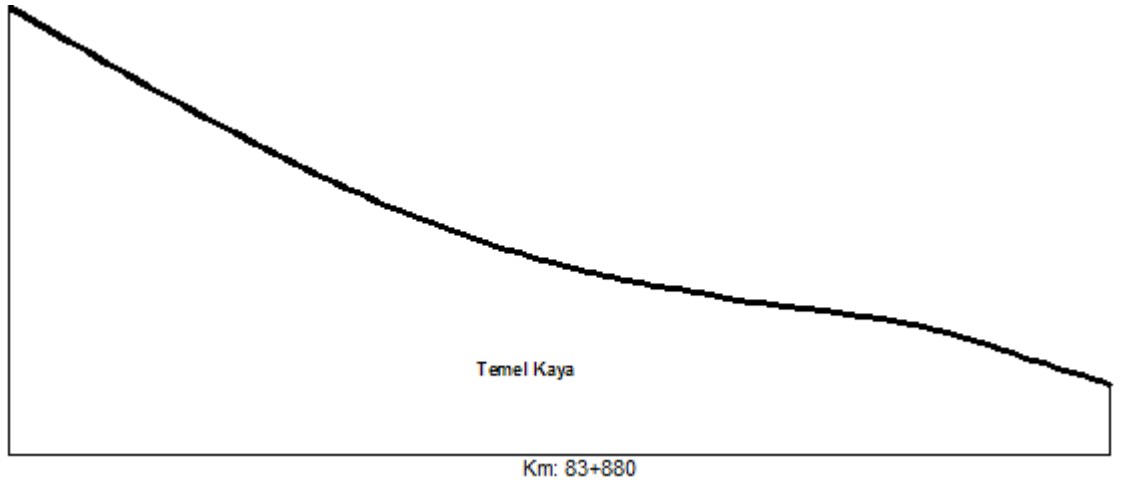
Şekil 5.74 Km: 83+880 enkesiti için dolgu ile oluşturulan yol platformu için (çözüm kesiti) sismik stabilite analizi

Çözümleme sonuçlarına göre geçiş güvenlidir. Şematik olarak geoteknik çözümlemeye ait uygulama adımları aşağıda verilmiştir. Mevcut yol geçiş şekli şekil 5.75'te sunulmuştur.



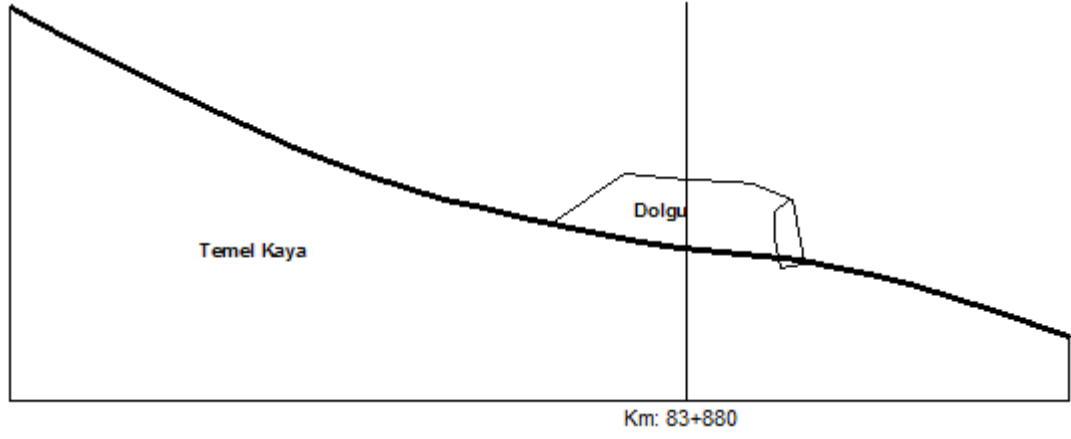
Şekil 5.75 Mevcut yol geçiş şekli (yarma şev eğimi 3:2)

Dolgu imalatından önce ortalama 8 m kalınlığındaki heyelan malzemesi ofiyolitten oluşan temel zemine ulaşıncaya kadar temizlenecektir. Sıyırmadan sonra oluşacak topoğrafya şekil 5.76'dadır.



Şekil 5.76 Sıyırma yapıldıktan sonra kaya dolguya temel olacak topoğrafya

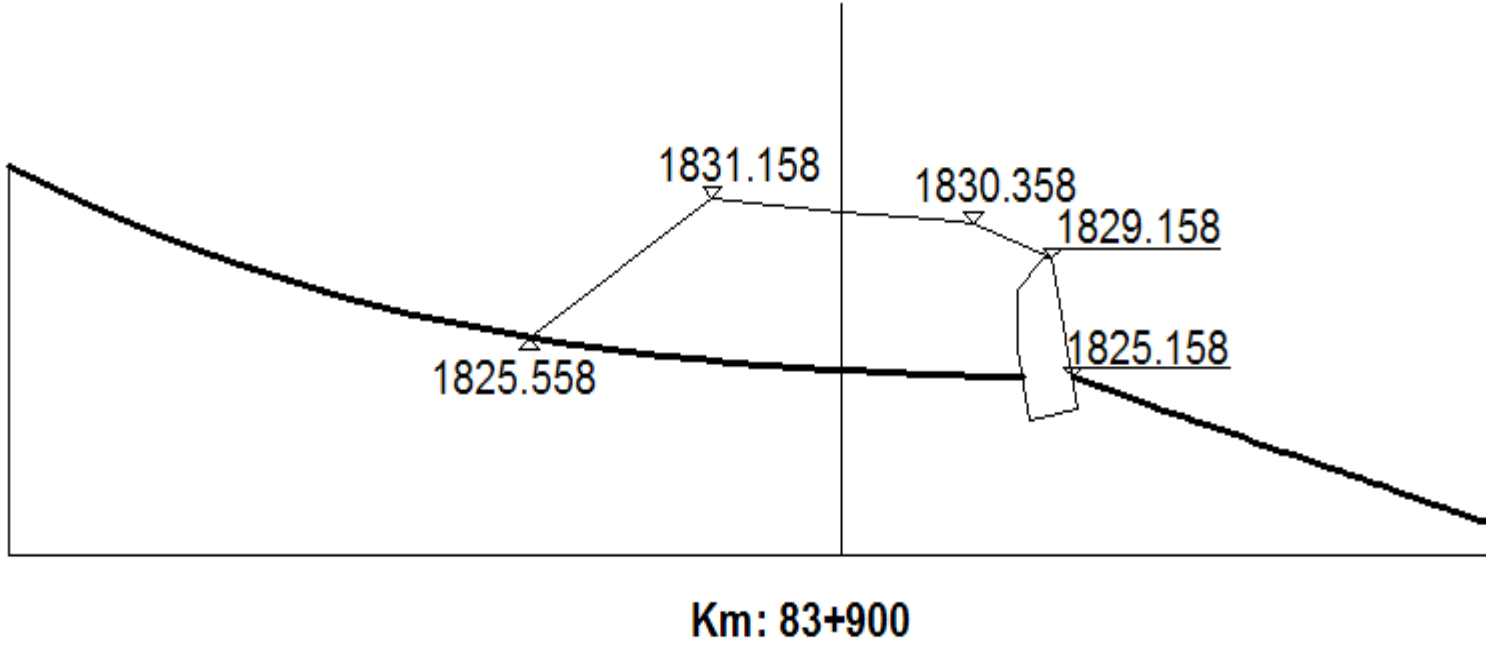
Sıyırmadan sonra dolgu ile oluşturulacak yol platformu şekil 5.77'de verilmiştir.



Şekil 5.77 Sıyırmadan ve kaya dolgu imalatından sonra oluşacak yol platformu

Dolgular yapıldıktan sonra oluşacak duruma ait kotlandırılmış çözüm kesiti şekil 5.78’de verilmiştir.

Heyelana ait plan ve profiller ile çözüme yönelik uygulama kesitleri ayrıca eklerde sunulmuştur.



Şekil 5.78 Sıyırma ve yeni yapılan dolgu imalatından sonra oluşacak yol platformu ve çözüm kesiti

6. SONUÇLAR

Bu tez çalışması; yapımı halen devam eden Ağrı – Kağızman Karayolu'nun Km: 82+300-85+000 aralığında gözlenen güzergahı kesen aktif heyelan alanları içerisinde yol geçişinin mecbur kalındığı kesimlerden güzergahın sorunsuz bir şekilde geçirilebilmesi amacıyla yapılan aletsel ve gözlemsel arazi çalışmaları ile laboratuvar çalışmaları sonucu belirlenen uygun yol geçiş şekillerini kapsamaktadır. Bu kapsamda, yapılan bu tez çalışması sonucunda elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

1. Arazi çalışmalarının başlangıcında, yol güzergahının 2 ayrı kesimde (Km: 82+300 – 83+400 ve Km: 84+100-84+400 aralıkları) toplam 1400 metrelik uzunlukta bir kesiminin heyelanlı alan içerisinde kaldığı belirlenmiştir. Bu aktif heyelanlı kesimden güzergahın geçirilmesi uygun görülmemiş ve olabildiğince heyelanlı alandan çıkılması amaçlanmıştır. Yapılan güzergah değişiklikleri ile heyelanlı saha tamamen terkedilememiş olsa da, yolun daha kısa aralıklarda ve toplamda 360 metrelik bir uzunluk oluşturan 4 ayrı kesimde (Km: 82+650-82+750, Km: 82+750-82+900, Km: 82+900-83+000 ve Km: 83+880-83+940) heyelanlı alanlar içerisinde uygulanabilir çözüm örnekleri geliştirilerek geçilmesi sağlanmıştır.
2. Çalışma alanında yapılan çalışmalar sonucunda; heyelanların çoğunlukla Tuzluca Formasyonu ile Kağızman Karmaşığı sınırında ve Tuzluca Formasyonunu oluşturan kalın kilittaşlarının bozuşmuş-killeşmiş kesimleri içinde meydana geldiği belirlenmiştir.
3. Bölgedeki heyelanların ana nedenlerinden biri, bölgenin gerek yüzey suları gerekse yeraltı suları açısından oldukça zengin olmasıdır. Çalışma alanındaki yüzey suları ile birlikte yeraltı suları serpantin, kilittaş-marn vb. killi malzemeler ile temas ettiklerinde bozuşmalarına sebep olmakta ve heyelanları oluşturmaktadır.
4. Km: 82+650 – 82+750 ve Km: 82+900 – 83+000 aralıklarında 100'er metrelik uzunluğu kapsadığı belirlenen H.1 ve H.3 heyelanları benzer yapıda olup, kilittaş ile ofiyolit sınırında, iki birimin kilittaşındaki derede gelişmişlerdir. Her iki heyelan da dairesel kayma mekanizmasına sahip olup, kayma derinliğinin H.1 No.'lu

heyelanda 9 – 11 m arasında, H.3 No.'lu heyelanda ise 7 – 8 m arasında olduğu saptanmıştır.

5. H.1 ve H.3 heyelanları için yapılan çalışmalar sonucunda her iki heyelan için de aynı çözüm şekli belirlenmiştir. Heyelanlı alanlarda yolun geçtiği kesimde heyelan malzemeleri sıyrılacak ve yol geçişi kaya dolgu üzerinde yapılacaktır. Kaya dolgular hem dereler boyunca kayan malzemeler için topuk görevi görecek ve heyelan malzemesini tutacak, hem de yol için sağlam bir platform oluşturacaktır.
6. Km: 82+750 – 82+900 arasında 150 metrelik bir uzunluğu oluşturan H.2 heyelanının kilitlerinin bozulması ile oluşmuş killi malzemenin yüzeyinde kaşık şeklinde sık kriptler halinde geliştiği belirlenmiştir. Heyelanın en aktif kesiminde kayma derinliği 3,5 m olarak belirlenmiştir. Bu kesimde yapılan çalışmalar neticesinde çözüm şekli olarak mevcut topoğrafya ile uyumlu 1:3 eğimli yatık şevlendirme ile derin ve yüzeysel drenaj hatları yapılması belirlenmiştir. Sonuçta belirlenen şev ile 3,5 metrelik aktif heyelanlı malzeme temizlenmiş ve yapılan drenajlar ile de platformun geçirileceği yamacın su alması engellenmiş olacaktır.
7. Km: 83+880 – 83+940 arasında 60 metrelik bir uzunluğu kapladığı belirlenen H.4 heyelanı şisti yapılı serpantinlerin bozulmuş kesiminde kaşık şeklinde dar bir alanda dairesel mekanizmada akan malzeme şeklindedir. Heyelanın kayma derinliğinin 8 – 13,5 metreler arasında olduğu belirlenmiştir. Bu heyelan için çözümün, tüm heyelan malzemesinin sıyrılarak yeni durumda geçişin kum-çakıl dolgu ile yapılması olarak belirlenmiştir.
8. Çalışmaya konu olan yol güzergahında yapım aşamasında meydana gelen stabilite problemlerinin ana nedenleri; proje aşamasında yapılan jeolojik-jeoteknik çalışmaların yetersizliği, mevcut yolda gözlenen stabilite problemlerinin gözden kaçırılarak güzergah seçiminin sadece yolun geometrik özellikleri göz önünde bulundurularak ve jeoteknik problemler göz ardı edilecek şekilde yapılmasından kaynaklı hatalar ile yapım aşamasında da son ana kadar stabilite sorunlarının göz ardı edilmesi olarak sıralanabilir.

KAYNAKLAR

- Akçelik, N., Etkesen, Z. and Aksoy, S. 1998. The effects of landslides on roads and remedial measures in Turkey. Natural Disaster Reduction For Roads In Mediterranean Countries-İnternational Seminar. Yollar Türk Milli Komitesi, İstanbul.
- Akçelik, N., Etkesen, Z., Güngör, A.G., Akyüzoğlu, M., Bozkurt, Ş., Mısırlı, E. ve Timur, İ. 2002. Karayollarında heyelanlar ve çözüm örnekleri. Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği 9. Ulusal Kongresi, 584-593, Eskişehir.
- Aktimur, H.T., Tekirli, M.E., Yurdakul, M.E., Tuncay, T., Keçer, M., Aktimur, S., Ürgün, B.M., Gürbüz, M., Can, B. ve Yaşar, T. 1991. Kars-Arpaçay ve Çıldır dolayının jeolojisi. MTA Derleme Yay. No. 9257, MTA Genel Müdürlüğü Jeoloji Etüdları Dairesi, Ankara.
- Alacantara-Ayala, İ. 2002. Geomorphology, natural hazards, vulnerability and prevention of natural disasters in developing countries. Geomorphology, 47, 107-124.
- Al-Homoud, A.S., Ahmed, B.T. and Salah, A.T. 1997. A comparative study of slope stability methods and mitigative design of a highway embankment landslide with a potential for deep seated sliding. Engineering Geology, 47, pp. 157-173.
- Anonim. 2004. Türkiye’de doğal afetler konulu ülke strateji raporu. Japon Uluslar Arası İşbirliği Ajansı ve TC. İçişleri Bakanlığı, 164 s., Ankara.
- Anonim. 2008. Karayolları Genel Müdürlüğü, Araştırma Mühendislik Hizmetleri Teknik Şartnamesi, Teknik Araştırma Dairesi Başkanlığı, 118 s., Ankara.
- Anonim. 2015. Web sitesi. <http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/2/deprem-verileri/deprem-katalogu>. Erişim tarihi: 2015.
- Atalay, F.İ. ve Bekaroğlu, N. 1973. Heyelanlar ve mühendislik uygulaması. Karayolları Genel Müdürlüğü Yayınları, Yay. No: 200, 350 s., Ankara.
- Aydan, Ö., Sedaki, M. and Yazar, R. 1996. The seismic charecteristics of Turkish earthquakes. Eleventh World Conference on Earthquake Engineering, Acapulco, Mexico.
- Barka, A., Şaroğlu F. ve Güner, Y. 1983. Horasan – Narman (1983) depremi ve bu depremin Doğu Anadolu neotektoniğindeki yeri. Yeryuvarı ve İnsan Dergisi, 8 (3), 16-21, Ankara.
- Beyaz, T. 2004. Zemin etkisinden arındırılmış deprem kayıtlarına göre Türkiye için yeni bir deprem enerjisi azalım bağıntısının geliştirilmesi. Doktora Tezi (Basılmamış), Ankara Üniversitesi, 226 s. Ankara.
- Bıçakçı, O. ve Özgür, Ö. 1995. Doğu Karadeniz Bölgesi’ndeki karayolu heyelanları ve önleme metotları. 3.Ulaştırma Kongresi, 393-406, İstanbul.
- Bozkuş, C. 1999. Karakurt (Kars) yöresinin jeomorfolojik evriminde volkanizma ve tektoniğin etkisi. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 5 (1), 993-1000, Denizli.

- Campbell, C.W. 1997. Empirical near-source attenuation relationships for horizontal and vertical components of peak ground acceleration, peak ground velocity, and pseudo-absolute acceleration response spectra. *Seismological Research Letters*, 68 (1), p.154-179.
- Cooper, M.R. 1984. The application of back analysis to the design of remedial works for failed slopes. *Proceeding 4th International Symposium on Landslides*, 1, pp.631-638, Toronto.
- Çeken, U. 2007. Marmara Bölgesinin kuvvetli yer hareketi azalım ilişkisi modeli. Yüksek Lisans Tezi (Basılmamış), Sakarya Üniversitesi, 213 s. Adapazarı.
- Doğu, A.F., Çiçek, İ. ve Gürgen, G. 1989. Çatak Heyelanı (Trabzon-Maçka). *Coğrafya Araştırmaları Dergisi*, 1, 103-117, Atatürk Kültür-Dil ve Tarih Yüksek Kurumu Yayınları, Ankara.
- Duman, T.Y., Olgun, Ş., Çan, T., Nefeslioğlu, H.A., Hamzaçebi, S., Elmacı, H., Durmaz, S. ve Çörekçioğlu, Ş. 2009. 1/500000 ölçekli Türkiye heyelan envanteri haritaları Erzurum paftası. M.T.A. Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi Yayınları, Ankara.
- Duncan, J.M. ve Wright, S.G. 2005. Zemin Şevlerinin Duraylılığı (çeviri: K. Kayabalı ve M. Mollamahmutoğlu), Gazi Yayınları, 303 s., Ankara.
- Erdik, M., Şeşetyan, K., Demircioğlu, M.B. ve Durukal, E. 2006. Ulaştırma Bakanlığı Demiryolları, Limanlar ve Havameydanları İnşaatı Genel Müdürlüğü, kıyı yapıları, demiryolları, karayolları ve havameydanları inşaatları deprem teknik yönetmeliği için deprem tehlikesi belirlenmesi. Boğaziçi Üniversitesi Deprem Mühendisliği Ana Bilim Dalı Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Yayınları, 48 s., İstanbul.
- Erentöz, C. 1954. Aras Havzasının jeolojisi. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 5 (1-2), 1-54, Ankara.
- Eşder, T. 1967. Orta Aras depresyon bölgesinin 1/25000 ölçekli etüd raporu. MTA Raporları Derleme No: 42543, 105 s., Ankara.
- Fredlund, D.G. 1986. Slope stability analysis incorporating the effect of soil suction. *Slope Stability*, John Wiley and Sons Ltd., pp.105-136.
- Fukushima, Y. and Tanaka, T. 1990. A new attenuation relation for peak horizontal acceleration of strong earthquake ground motion in Japan. *BSSA*, 80, 757-783.
- Goodman, R.E. and Bray, J.W. 1976. Toppling of slopes. *Rock Engineering for Foundation and Slopes*, pp. 201-234. American Society Of Civil Engineers Publishes, New York.
- Gülkan, P., Yüçemen, M.S., Koçyiğit, A., Doyuran, V. ve Başöz, N. 1993. En son verilere göre hazırlanan Türkiye deprem bölgeleri haritası. Afet İşleri Genel Müdürlüğü Teknik Rapor, Rapor No: 92-03-03-18, 156 s., Ankara.
- Gülkan, P. and Kalkan E. 2002. Attenuation modeling of recent earthquakes in Turkey. *Journal of Seismology*, 6, 347-409.
- Hasgür, Z. 1996. Deprem risk analizinde kullanılan azalım ilişkileri. Türkiye Deprem Vakfı Yayınları, Rapor No: TDV/TR 96-002, 26 s., Ankara.

- Hynes-Griffin, M.E. and Franklin A.G. 1984. Rationalizing the seismic coefficient method. Miscellaneous Paper GL-84-13, U.S. Army Corps of Engineers Waterways Experiment Station, Vicksburg, Mississippi, 21 pp.
- Ildır, B. 1995. Türkiye'de heyelanların dağılımı ve afetler yasası ile ilgili uygulamalar. İkinci Ulusal Heyelan Sempozyumu, 1-9, Adapazarı.
- Joyner, W.B. and Boore, D.M. 1988. Measurement, characterization, and prediction of strong ground motion: Earthquake Engineering and Soil Dynamics, 2, Recent, Advances in Ground Motion Evaluation, pp.43-102.
- Karamandersi, İ.H. 1970. Kars H49-b3-c2 paftalarının 1/25000 ölçekte detaylı petrol etütleri. MTA Raporları Derleme No: 4285, 65 s., Ankara.
- Kayabalı, K. 1995. Sismik tehlike analizi teori ve uygulama. Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 48, 28-43, Ankara.
- Kayabalı, K. 2002. Modeling of seismic hazard for Turkey using the recent neotectonic data. Engineering Geology, 63, 221-232.
- Kayabalı, K. and Akın, M. 2003. Seismic hazard map of Turkey using the deterministic approach. Engineering Geology, 69, 127-137.
- Kayabalı, K. and Beyaz, T. 2011. Strong motion attenuation relationship for Turkey-a different perspective. Bulletin of Engineering Geology and the Environment, 70 (3), pp.467-481.
- Keller, E. A. 2000. Environmental Geology (5th Edition). Prentice Hall, 562 p., New Jersey, USA.
- Keskin, M. 1998. Erzurum-Kars platosunun çarpışma kökenli volkanizmasının çarpışma kökenli volkano-stratigrafisi ve yeni K/Ar yaş bulguları ışığında evrimi, Kuzeydoğu Anadolu. MTA Dergisi, 120, 135-157, Ankara.
- Ketin, İ. 1976. San Andreas ve Kuzey Anadolu Fayları arasında bir karşılaştırma. TJK Bülteni, 19 (2), 149-154, Ankara.
- Kıral, K. ve Çağlayan, A. 1980. Kağızman (Kars) – Ağrı – Taşlıçay (Ağrı) dolayının jeolojisi. MTA Raporu, Rapor No: 6785, 88 s., Ankara.
- Koçyiğit, A. 1983. Doğu Anadolu Bölgesi'nin depremselliği ve gerekli çalışmalar. Yeryuvarı ve İnsan Dergisi, 8 (3), 25 – 29, Ankara.
- Koçyiğit, A. 1985. Karayazı Fayı. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 28, 67 – 72, Ankara.
- Kramer, S.L 1996. Geoteknik Deprem Mühendisliği (çeviri: Doç. Dr. K. Kayabalı), Gazi Yayınları, 708 s., Ankara.
- Marcuson, W.F. III. 1981. Moderator's report for session on 'Earth dams and stability of slopes under dynamic loads'. Proceedings, International Conference on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics, St. Louis, Missouri, Vol.3, p.1175.
- Musallam, K. 1989. Geologische, petrologische und lagerstättenkundliche Untersuchungen an den ophiolitischen Gesteinen des Aras Gebirges (Provinz Kars, Türkei). No: 105875, 71 p., BGR – Hannover.

- Önalp, A. ve Arel, E. 2004. Geoteknik bilgisi II yamaç ve şevlerin mühendisliği. Birsen Yayınevi, 414 s., İstanbul.
- Özbey, S., Sarı, A., Manuel, L., Erdik, M. and Fahjan, Y. 2004. An empirical attenuation relationship for Northwestern Turkey ground motion using a random effects approach. Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 25, 115-125.
- Öztürk, K. 2002. Heyelanlar ve Türkiye'ye etkileri. Gazi Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 22 (2), 35-50, Ankara.
- Özşahin, E. 2013. Kütle hareketleri ve Türkiye. Ege Üniversitesi Yayınları, Edebiyat Fakültesi Yayın No: 180, 227-250, İzmir.
- Sabetta, F. and Pugliese, A. 1987. Attenuation of peak horizontal acceleration and velocity from Italian strong ground motion records. BSSA, 86 (2), 337-352.
- Sarsby, R.W. 2000. Environmental Geotechnics. Thomas Telford Publishing, 600 p., London.
- Schuster, R.L. and Fleming, R.W. 1986. Economic losses and fatalities due to landslides. Bulletin Association Engineering Geologists, 23(1), 11-28.
- Seed, H.B. 1979. Considerations in the earthquake-resistant design of earth and rockfill dams. Geotechnique, Vol.29, No.3, pp. 215-263.
- Sertel, N. ve Şener, S. 2007. Kağızman (Kars) ve civarının jeolojisi. 60. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri Kitabı, 156-158, Ankara.
- Sevindi, C., Kopar, İ. ve Kaya, G. 2004. Akdam (Kağızman-Kars) Heyelanı. Atatürk Üniversitesi Doğu Coğrafya Dergisi, 11, 167-188, Erzurum.
- Seyrek, E. ve Tosun H. 2013. Sismik tehlike analiz yöntemlerinin ülkemizdeki büyük beton barajların toplam riski üzerindeki etkisi. Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Dergisi, 28 (1), 67-75. Ankara.
- Sümengen, M. 2009. 1/100000 ölçekli Türkiye jeoloji haritaları Kars H-50 paftası. MTA Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, Yayın No: 108, 18 s., Ankara.
- Şahin, C. 1996. Aydoğan ve yakın çevresinde heyelanlar (Gölköy-Ordu). II. Ulusal Eğitim Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 287-308, İstanbul.
- Şaroğlu, F. ve Güner, Y. 1979. Tutak diri fayı, özellikleri ve Çaldıran fayı ile ilişkisi. Yeryuvarı ve İnsan Dergisi, 4 (1), 11-14, Ankara.
- Şaroğlu, F. ve Yılmaz, Y. 1986. Doğu Anadolu'da neoteknik dönemdeki jeolojik evrim ve havza modelleri. MTA Dergisi, 107, 73-93, Ankara.
- Şenalp, M. 1969. Tuzluca (Kars) havzasının 1/25000 ölçekli detay petrol etüdü raporu. MTA Raporu, Rapor No: 4084, 67 s., Ankara.
- Temiz, A. 2005. Coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak heyelan duyarlılık haritalarının hazırlanması: Karabük örneği. Deprem Sempozyumu, 1264-1266, Kocaeli.
- Terzaghi, K. 1950. Mechanism of landslides. The Geological Society of America: Application of Geology to Engineering Practice, Berkeley Volume, pp.83-123.
- Tüysüz, N. 1991. Kazıkkaya (Kağızman-Kars) plaserlerindeki altının dağılımı ve kökeni. MTA Dergisi, 113, 105-112, Ankara.

- Ulusay, R., Tuncay, E., Sonmez, H. and Gokceoğlu, C. 2004. An attenuation relationship based on Turkish strong motion and iso-acceleration map of Turkey. *Engineering Geology*, 74, 265-291.
- Ünsal, N. 2005. İnşaat mühendisleri için jeoloji. Alp Yayınevi, 376 s., Ankara.
- Varnes, D.J. 1978. Slope movement types and processes, Chapter 2 in *Landslides, analysis and control*. Highway Research Board National Research Council, Special Report 176.
- Yılmaz, I. ve Sendir, H. 2004. Heyelanlar ve nedenleri: Çevresel bir bakış. I. Ulusal Çevre Kongresi, 113-125, Sivas.
- Yılmaz, A. Terlemez, İ. ve Uysal, Ş. 1988. Hınıs (Erzurum Güneydoğusu) dolaylarının bazı stratigrafik ve tektonik özellikleri. *MTA Dergisi*, 108, 38-56, Ankara.

EKLER

EK 1 Sondaj Logları

EK 2 Laboratuvar Deney Sonuçları

EK 3 H.1 Heyelanına Ait Jeolojik-Jeoteknik Plan-Profiller İle Çözüm Aşamaları

EK 1 Sondaj Logları

ZEMİN SONDAJ LOGU SOIL BORING LOG															SONDAJ NUMARASI BORING NUMBER SK-20	
MAKİNE TİPİ DRILLING METHOD		RİG TİPİ ROTARY		GMS-300		KOORDİNAT N-S (Y)		COORDINATE N-S (Y)		4438148,13		SK-20				
BAŞLAMA TARİHİ START DATE		BİTİŞ TARİHİ FINISH DATE		SAPMA (M) OFFSET (M)		DERİNLİK (M) DEPTH (M)		20.00 m		SONDAJ YERİ - BORING LOCATION Ağrı - Kağızman Yolu						
İSTASYON (KM) STATION (KM)		İSTASYON (KM) STATION (KM)		Km: 82+350 (90 m KD)		NUMUNE TESTİ SAMPLE TEST		UD		SPT		PR				
ZEMİN KOTU GROUND ELEVATION		ZEMİN KOTU GROUND ELEVATION		1855.0		TOPLAM (ADET) TOTAL (EACH)		KAROT % CORE %		ROD %		ZEMİN PROFİLİ SOIL SYMBOL				
30 CM LİON COARSE SAYS BLOWS PER 30 CM		STANDARD PENETRATION GRAPH		KAROT % CORE %		ROD %		Proje No		Tarih		ZEMİN PROFİLİ SOIL SYMBOL				
NUMUNE ALICI SAMPLER		NUMUNE ALICI SAMPLER		15 30 45		10 20 30 40										
YER ALTI SUYU DURUMU - GROUND WATER DATA 3,00 m																
ZEMİN TANITILMASI																
1																
2		1.50	SPT	5	7	8										
3		1.95														
4		3.00	UD													
5		3.50														
6		3.95	SPT	6	8	10										
7		4.50														
8		4.95	SPT	6	11	11										
9		6.00														
10		6.45	SPT	12	9	12										
		7.50														
		8.00	UD													
		8.45	SPT	12	16	23										
		9.00	SPT	16	20	27										
		9.45														
Az Kumlu Sık Çakıllı Kil Koyu kahve renkli, çok az nemli, yeraltı suyu düzey şeklinde düzenli değil.																
KİL Kırmızı renkli, az nemli.																
NUMUNE ALICI TİPİ-SAMPLER TYPE SPT STD PENETRATION P STD PENETRATION SH SHELBY-SHIELY TUBE İNCE TANELİ FINE GRAINED ORTA TANELİ MEDIUM GRAINED KAROT CORE İSARETLER/NOTES BOZAN/NUMUNE UNOBTAINED SAMPLE BOZAN/NUMUNE UNOBTAINED SAMPLE KAROT CORE																
TANIMLAR/DESCRIPTIONS İNCE TANELİ FINE GRAINED ORTA TANELİ MEDIUM GRAINED KAROT CORE İSARETLER/NOTES BOZAN/NUMUNE UNOBTAINED SAMPLE BOZAN/NUMUNE UNOBTAINED SAMPLE KAROT CORE																
BOZAN - DRILLER / ISHNAME İ. MUTLUOĞU MÜHENDİS-ENGINEER / ISHNAME E. ERTEKİN KONTROL-CHECKED / ISHNAME																

EK 1 Sondaj Logları (devam)

ZEMİN SONDAJ LOGU SOIL BORING LOG															SONDAJ NUMARASI BORING NUMBER SK-20	
MARKE TİPİ	RIG TİPİ	GMS-300	KOORDİNAT N-S(Y)	KOORDİNAT E-S(Y)	4438148,13											
SONDAJ METODU	DILLING METHOD	ROTARY	KOORDİNAT D-S(X)	KOORDİNAT E-S(X)	809053,34	SK-20										
BİTİŞ TARİHİ	FINISH DATE		DERİNLİK (M)	DERİNLİK (M)	20.00 m	SONDAJ YERİ - BORING LOCATION										
İSTASYON (KM)	STATION (KM)	Km: 82+350 (90 m RD)	NUMUNESİTİ	SARFIYETİ	UD	SPT	BSI	HR	Ağrı - Kağızman Yolu							
ZEMİN KOTU	GROUND ELEVATION	1653,0	TOPLAM (AJET)	TOTAL (SAGIT)												
SONDAJ DERİNLİĞİ (M)	TAKAKA DERİNLİĞİ (M)	HAZIRLAMA NERHİSİ	HAZIRLAMA DERİNLİĞİ (M)	HAZIRLAMA TİPİ	30 CM TON DARGA SAYI/BLOWS PER 30 CM	NUMUNE ALICI SAMPLER	STANDART PENETRASYON GRAFIĞI	KAROT % CORE %	RCO %	Presizyon	Ton (kg)	Bazaj (kg)	ZEMİN PROFİLİ	YER ALTI SUYU DURUMU - GROUND WATER DATA		
					15 30 45	10 20 30 40								3,00 m		
														ZEMİN TANITILMASI		
11		3	10.50	UD										KİL Kırmızımsı renkli, az nemli.		
		7	11.00	SPT	50 12									11.00 m		
12		8	12.00	SPT	50 13											
			12.13													
13																
		9	13.50	SPT	50 14											
			13.64													
14																
15		10	15.00	SPT	12 18 23											
			15.50													
16																
		11	16.50	SPT	50 9											
			16.59													
17																
18		12	18.00	SPT	50 7											
			18.07													
19																
		13	19.50	SPT	50 4											
			19.54													
20														20.00 m Kuyu Sonu		

NUMUNE ALICI TİPİ-SAMPLER TYPE				TANIMLAR/DESCRIPTIONS											
SPT	STD PENETRASYON	RISTON-PISTON	SH	İNCİ TANE	FİNE GRAİNE	İRİ TANE	COARSE GRAİNE	ROD	TANIM	DESKRİPSİYON	KIRKILAR/30cm	FRACTURE	SONDOR - DRILLER	İSİMLERİ	
				0-2	ÇOK YUMU	VERY SOFT	0-4	ÇOK GEVEK	VERY LOOSE	0-25	ÇOK ZAYIF	VERY WEAK	I	ÇOK ZAYIF	STRONG
				3-4	YUMUŞAK	SOFT	5-10	GEVEK	LOOSE	25-50	ZAYIF	WEAK	I-2	BEYREK	M. STR.
				5-8	ORTA KAT	MEDIUM STIF	11-30	ORTA BİKİ	MEDIUM LOOSE	50-75	ORTA	MEDIUM	2-10	BİKİ	WEAK
				9-15	KATİ	STIFF	31-50	BİKİ	DENSE	75-90	İYİ	GOOD	10-20	ÇOK BİKİ	STRONG
				16-30	ÇOK KAT	VERY STIFF	51	ÇOK BİKİ	VERY DENSE	90-100	ÇOK İYİ	VERY GOOD	>20	PARÇALI	INTENSE

İSARETLER/MARKS				ORANLAR/PROPORTIONS				AYRILMA/TANIM				DAYANIMLUK/TANIM				SİRKÜLASYON	
☒	BOZULMUŞ NUMUNE	1/5-1/5	PEK AZ	1/5-1/5	PEK AZ	1/5-1/5	PEK AZ	I	TAZE	1/5-1/5	PEK AZ	1/5-1/5	I	ÇOK DAY.	STRONG		
☐	BOZULMUŞ NUMUNE	1/10-1/10	ÇOK AZ	1/10-1/10	ÇOK AZ	1/10-1/10	ÇOK AZ	II	AZ AYRILMA	1/10-1/10	ORTA D. AYR.	1/10-1/10	II	DAYANIMLUK	M. STR.		
☐	BOZULMUŞ NUMUNE	1/20-1/20	VE	1/20-1/20	VE	1/20-1/20	VE	III	ORTA D. AYR.	1/20-1/20	ORTA D. AYR.	1/20-1/20	III	ORTA D. AYR.	WEAK		
☐	KAROT							IV	ÇOK AYR.		ÇOK AYR.		IV	ÇOK ZAYIF	WEAK		
☐	CORE							V	TUM. AYR.		TUM. AYR.		V				

[illegible]

ZEMİN SONDAJ LOGU SOIL BORING LOG

SONDAJ NUMARASI
BORING NUMBER

SK-21

SK-21

SONDAJ YERİ - BORING LOCATION

Ağrı - Kağızman Yolu

YER ALTI SUYU DURUMU - GROUND WATER DATA

2,00 m

ZEMİN TANITILMASI

KİL

Kırmızımsı renkli, az nemli.
10.50 m

Aynışmış KİLTAŞI - KİLTAŞI

Kırmızı - kahve renkli, üst kesimleri çok sert kıvamda kil niteliğinde, alt kesimleri yumuşak - çok yumuşak kaya özelliğinde.

MACHINE TYPE		RIG TYPE		GPS/SD		COORDINATE N-S (Y)		COORDINATE E-W (X)		4438950,86			
SONDAJ METODU		DRILLING METHOD		ROTARY		KOORDINAT D-S (X)		COORDINATE E-W (X)		809082,48			
BAŞLAMA TARİHİ		START DATE				SAPMA (M)		OFFSET (M)					
BİTİŞ TARİHİ		FINISH DATE				DERİNLİK (M)		DERİNLİK (M)		30.00 m			
İSTASYON (KM)		STATION (KM)		Km: 83+915 (185 m GD)		NUMUNE TESTİ		SAMPLER TEST		UD SST PR			
ZEMİN KOTU		GROUND ELEVATION		1834.0		TOPRAK (ADET)		TOTAL (EACH)					
SONDAJ DERİNLİĞİ (M)	MUSKİ DERİNLİĞİ (M)	NEMRE DERİNLİĞİ (M)	NEMRE DERİNLİĞİ (M)	NEMRE TÜRÜ SAMPLE TYPE	30 CM (GİRİŞ) DARBE SAYISI BLOW PER 30 CM		STANDARD PENETRATION GRAPH	KAROT % CORE %	ROD %	Pneumatik	Toprak İnceligi	Enerji St. Tem	ZEMİN KESİMLİ SOIL STRATA
					NUMUNE ALICI SAMPLER								
15	30	45	10	20	30	40							
11			7	10.50 11.72	SPT	21 50 7							
12			8	12.00 12.25	SPT	26 50 10							
13			9	13.50 13.64	SPT	50 14							
14			4	15.00	UD								
15			10	15.50 15.95	SPT	10 9 8							
16			11	16.50 16.61	SPT	50 11							
17			12	18.00 18.45	SPT	16 19 22							
18			13	19.50 19.59	SPT	50 9							
19													
20													
NUMUNE ALICI TİPİ-SAMPLER TYPE				TANIMLAR-DESCRIPTIONS									
SPT	STD PENETRATION	STD PENETRATION	RIPTON-RIPTON	İNCE TANE	RİNE GRADED	İRİ DANE	COARSE GRADED	ROD	TANIM	DESCRIPTION	KIRILAR-30cm	FRACTURE	BONDOR - DRILLER / BİMHANE
SH	SELEY-SHELEY TUBE	SELEY-SHELEY TUBE	SELEY-SHELEY TUBE	0-2 2-4 4-6 6-8 8-10 10-30	ÇOK YUMUŞAK ORTA KAT KATI ÇOK KAT SERT	0-4 4-10 11-30 31-50 50	ÇOK BEVİŞK BEVİŞK ORTA SIKI SIKI ÇOK SIKI	0-25 25-50 50-75 75-90 90-100	ÇOK ZAYIF ZAYIF ORTA (Y) ÇOK (Y)	VERY WEAK WEAK MEDIUM GOOD VERY GOOD	1 1-2 2-10 10-20 >20	BEYREK ORTA SİK ÇOK SİK PARÇAL	WIDE-W MOD-W CLOSE V. CLOSE INTENSE
İSARETLER-MARKS				ORANLAR-PROPORTIONS									
☒	BOZUNMA/BOZUNMA	UNDISTURBED SAMPLE	UNDISTURBED SAMPLE	1/5 1/15-25 1/35	PEK AZ AZ VE	1/5 1/20-50 1/20-50	PEK AZ AZ ÇOK	1/5 1/20-50 1/20-50	PEK AZ AZ ÇOK	1/5 1			

EK 1 Sondaj Logları (devam)

ZEMİN SONDAJ LOGU SOIL BORING LOG															SONDAJ NUMARASI BORING NUMBER SK-21																																																																																																																																																												
MACHINE TYPE		RIG TYPE		GMS-300		COORDINATE N-S (Y)		COORDINATE E-W (X)		4438550,86		SK-21																																																																																																																																																															
SONDAJ YÖNÜ		DRILLING METHOD		ROTARY		COORDINATE U-S (X)		COORDINATE E-W (X)		609082,45		SONDAJ YERİ - BORING LOCATION																																																																																																																																																															
BAŞLAMA TARİHİ		START DATE				SAPMA (M)		OFFSET (M)				Agri - Kağızman Yolu																																																																																																																																																															
BİTİŞ TARİHİ		FINISH DATE				DERİNLİK (M)		DEPTH (M)		30.00 m																																																																																																																																																																	
İSTASYON (KM)		STATION (KM)		Km: 83+915 (185 m GD)		NUMUNE YERİ		SAMPLE TEST		UU SPI		BSS PR																																																																																																																																																															
ZEMİN KOTU		GROUND ELEVATION		1634,0		YÜZLÜK (ADET)		TOTAL (BLOK)																																																																																																																																																																			
SONDAJ DERİNLİĞİ (m)	TARAKA DERİNLİĞİ (m)	NİHAİ NERHİ (m)	NİHAİ DERİNLİK (m)	NİHAİ YERİ (m)	NİHAİ YERİ TİPİ	30 CM (10 IN) ÇARŞI BAYIR BLOK (PER 30 CM)		STANDARD PENETRATION GRAPH	KAROT % ÇÖKE %	BÖLÜM %	PİLE YERİ	TİPİ (m)	ZEMİN KOTU	YER ALTI SUYU DURUMU - GROUND WATER DATA																																																																																																																																																													
						NUMUNE ALICI	SAMPLER																																																																																																																																																																				
2,00 m																																																																																																																																																																											
ZEMİN TANITILMASI																																																																																																																																																																											
21		14	21.00 21.07	SPT		50 7																																																																																																																																																																					
22		15	22.50 22.55	SPT		50 5																																																																																																																																																																					
23																																																																																																																																																																											
24		16	24.00 24.04	SPT		50 4		Boş																																																																																																																																																																			
25																																																																																																																																																																											
26		17	25.50 25.57	SPT		50 7																																																																																																																																																																					
27			27.00 27.45	SPT		5 17 37																																																																																																																																																																					
28																																																																																																																																																																											
29		19	28.50 28.56	SPT		50 6																																																																																																																																																																					
30		20	30.00 30.04	SPT		50 4		Boş																																																																																																																																																																			
30.00 m																																																																																																																																																																											
Kuyu Sonu																																																																																																																																																																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">NUMUNE ALICI TİPİ-SAMPLER TYPE</th> <th colspan="10">TANIMLAR/DESCRIPTIONS</th> <th colspan="2">SONDOR - DRILLER İSİM/NAME</th> </tr> <tr> <th>SPT</th> <th>STD PENETRATION</th> <th>İNCE TANIM</th> <th>FİNE GRAB</th> <th>İRİ DANE</th> <th>COARSE GRAB</th> <th>RÖ</th> <th>TANIM</th> <th>DESKRİPŞON</th> <th>KIRILAR-30cm</th> <th>FRACTURE</th> <th colspan="2">MÜHÜRÖR-ENGINEER İSİM/NAME</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>P</td> <td>PISTON-PISTON</td> <td>ÇOK YUM</td> <td>VERY SOFT</td> <td>0-4</td> <td>ÇOK BEVSEK</td> <td>0-25</td> <td>ÇOK ZAYIF</td> <td>VERY WEAK</td> <td>1</td> <td>BEVSEK</td> <td>MOD-III</td> <td rowspan="4">KONTROL-CHECKED İSİM/NAME</td> </tr> <tr> <td>S</td> <td>SHELBY-TUBE</td> <td>ORTA KAT</td> <td>MEDIUM STIF</td> <td>5-10</td> <td>ORTA BİKİ</td> <td>25-50</td> <td>ORTA</td> <td>MEDIUM</td> <td>2-10</td> <td>BİKİ</td> <td>MOD-IV</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>KATI</td> <td>STIFF</td> <td>11-30</td> <td>BİKİ</td> <td>50-75</td> <td>İYİ</td> <td>GOOD</td> <td>10-20</td> <td>ÇOK BİKİ</td> <td>V. CLOSE</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>ÇOK KAT</td> <td>VERY STIFF</td> <td>31-50</td> <td>ÇOK BİKİ</td> <td>75-90</td> <td>ÇOK İYİ</td> <td>VERY GOOD</td> <td>>20</td> <td>PARÇALI</td> <td>V. CLOSE INTENSE</td> </tr> <tr> <td colspan="2">İSARETLER/MARKS</td> <td colspan="10">GRANULAR PROPORTIONS</td> <td colspan="2">DAYANIMLUK TANIM</td> <td colspan="2">STRİGTH</td> </tr> <tr> <td>☒</td> <td>BOZUNULUS NUMUNE</td> <td>16</td> <td>PEK AZ</td> <td>SLIGHTLY</td> <td>16</td> <td>PEK AZ</td> <td>SLIGHTLY</td> <td>I</td> <td>TAZE</td> <td>FRESH</td> <td>ÇOK DAY.</td> <td>STRONG</td> </tr> <tr> <td>☐</td> <td>BOZUNULUS NUMUNE</td> <td>16-15</td> <td>AZ</td> <td>LITTLE</td> <td>16-20</td> <td>AZ</td> <td>VERY</td> <td>II</td> <td>AZ AYRIMS</td> <td>SLIGHTLY W.</td> <td>ORTA</td> <td>M. STR.</td> </tr> <tr> <td>☐</td> <td>BOZUNULUS NUMUNE</td> <td>15-10</td> <td>ÇOK</td> <td>VERY</td> <td>10-20</td> <td>ÇOK</td> <td>VERY</td> <td>III</td> <td>ORTA D. AYR.</td> <td>MOD. WEATH.</td> <td>ORTA</td> <td>M. WEAK</td> </tr> <tr> <td>☐</td> <td>KAROT</td> <td>10-5</td> <td>VE</td> <td>AND</td> <td>5-10</td> <td>ÇOK</td> <td>VERY</td> <td>IV</td> <td>ÇOK AYR.</td> <td>HIGHLY W.</td> <td>ZAYIF</td> <td>WEAK</td> </tr> <tr> <td>☐</td> <td>CORE</td> <td>5-10</td> <td></td> <td></td> <td>10-20</td> <td></td> <td></td> <td>V</td> <td>TUM. AYR.</td> <td>COMP. W.</td> <td>ÇOK ZAYIF</td> <td>V. WEAK</td> </tr> </tbody> </table>															NUMUNE ALICI TİPİ-SAMPLER TYPE		TANIMLAR/DESCRIPTIONS										SONDOR - DRILLER İSİM/NAME		SPT	STD PENETRATION	İNCE TANIM	FİNE GRAB	İRİ DANE	COARSE GRAB	RÖ	TANIM	DESKRİPŞON	KIRILAR-30cm	FRACTURE	MÜHÜRÖR-ENGINEER İSİM/NAME		P	PISTON-PISTON	ÇOK YUM	VERY SOFT	0-4	ÇOK BEVSEK	0-25	ÇOK ZAYIF	VERY WEAK	1	BEVSEK	MOD-III	KONTROL-CHECKED İSİM/NAME	S	SHELBY-TUBE	ORTA KAT	MEDIUM STIF	5-10	ORTA BİKİ	25-50	ORTA	MEDIUM	2-10	BİKİ	MOD-IV			KATI	STIFF	11-30	BİKİ	50-75	İYİ	GOOD	10-20	ÇOK BİKİ	V. CLOSE			ÇOK KAT	VERY STIFF	31-50	ÇOK BİKİ	75-90	ÇOK İYİ	VERY GOOD	>20	PARÇALI	V. CLOSE INTENSE	İSARETLER/MARKS		GRANULAR PROPORTIONS										DAYANIMLUK TANIM		STRİGTH		☒	BOZUNULUS NUMUNE	16	PEK AZ	SLIGHTLY	16	PEK AZ	SLIGHTLY	I	TAZE	FRESH	ÇOK DAY.	STRONG	☐	BOZUNULUS NUMUNE	16-15	AZ	LITTLE	16-20	AZ	VERY	II	AZ AYRIMS	SLIGHTLY W.	ORTA	M. STR.	☐	BOZUNULUS NUMUNE	15-10	ÇOK	VERY	10-20	ÇOK	VERY	III	ORTA D. AYR.	MOD. WEATH.	ORTA	M. WEAK	☐	KAROT	10-5	VE	AND	5-10	ÇOK	VERY	IV	ÇOK AYR.	HIGHLY W.	ZAYIF	WEAK	☐	CORE	5-10			10-20			V	TUM. AYR.	COMP. W.	ÇOK ZAYIF	V. WEAK
NUMUNE ALICI TİPİ-SAMPLER TYPE		TANIMLAR/DESCRIPTIONS										SONDOR - DRILLER İSİM/NAME																																																																																																																																																															
SPT	STD PENETRATION	İNCE TANIM	FİNE GRAB	İRİ DANE	COARSE GRAB	RÖ	TANIM	DESKRİPŞON	KIRILAR-30cm	FRACTURE	MÜHÜRÖR-ENGINEER İSİM/NAME																																																																																																																																																																
P	PISTON-PISTON	ÇOK YUM	VERY SOFT	0-4	ÇOK BEVSEK	0-25	ÇOK ZAYIF	VERY WEAK	1	BEVSEK	MOD-III	KONTROL-CHECKED İSİM/NAME																																																																																																																																																															
S	SHELBY-TUBE	ORTA KAT	MEDIUM STIF	5-10	ORTA BİKİ	25-50	ORTA	MEDIUM	2-10	BİKİ	MOD-IV																																																																																																																																																																
		KATI	STIFF	11-30	BİKİ	50-75	İYİ	GOOD	10-20	ÇOK BİKİ	V. CLOSE																																																																																																																																																																
		ÇOK KAT	VERY STIFF	31-50	ÇOK BİKİ	75-90	ÇOK İYİ	VERY GOOD	>20	PARÇALI	V. CLOSE INTENSE																																																																																																																																																																
İSARETLER/MARKS		GRANULAR PROPORTIONS										DAYANIMLUK TANIM		STRİGTH																																																																																																																																																													
☒	BOZUNULUS NUMUNE	16	PEK AZ	SLIGHTLY	16	PEK AZ	SLIGHTLY	I	TAZE	FRESH	ÇOK DAY.	STRONG																																																																																																																																																															
☐	BOZUNULUS NUMUNE	16-15	AZ	LITTLE	16-20	AZ	VERY	II	AZ AYRIMS	SLIGHTLY W.	ORTA	M. STR.																																																																																																																																																															
☐	BOZUNULUS NUMUNE	15-10	ÇOK	VERY	10-20	ÇOK	VERY	III	ORTA D. AYR.	MOD. WEATH.	ORTA	M. WEAK																																																																																																																																																															
☐	KAROT	10-5	VE	AND	5-10	ÇOK	VERY	IV	ÇOK AYR.	HIGHLY W.	ZAYIF	WEAK																																																																																																																																																															
☐	CORE	5-10			10-20			V	TUM. AYR.	COMP. W.	ÇOK ZAYIF	V. WEAK																																																																																																																																																															

EK 1 Sondaj Logları (devam)

ZEMİN SONDAJ LOGU SOIL BORING LOG															SONDAJ NUMARASI BORING NUMBER SK-22	
MARKE TİPİ	RIG TİPİ	GMS-300	KOORDİNAT N-S (Y)	KOORDİNAT E-W (X)	4438396,13	SK-22										
SONDAJ METODU	DRILLING METHOD	ROTARY	KOORDİNAT D-S (X)	KOORDİNAT E-W (X)	808815,36	SONDAJ YERİ - BORING LOCATION										
BİTİŞ TARİHİ	FINISH DATE		SAPMA (M)	OFFSET (M)		Ağrı - Kağızman Yolu										
İSTASYON (KM)	STATION (KM)	Km: 82+685 (25 m B)	DERİNLİK (M)	DEPTH (M)	15.00 m	YER ALTI SUYU DURUMU - GROUND WATER DATA										
ZEMİN KÖTÜ	GROUND ELEVATION	1874,7	NUMUNESİ	SAMPLE TEST	UD	SPT	BSI	HR	2,00 m							
NUMUNE ALICI TİPİ - SAMPLER TYPE	30 CM İÇİN CARBİ SAYI BLOW PER 30 CM	NUMUNE ALICI SAMPLER	STANDARD PENETRATION GRAPH	KAROT % CORE %	ROD %	Presizyonlu	Tam İleri	Barajlı Su Testi	ZEMİN PROFLİ SOIL SMOEL	ZEMİN TANITILMASI						
1	1.50	SPT	5 7 7							Çakıllı KİL Griimsi yeşilimsi kahve renkli, nemli - çok nemli.						
2	1.95									4.00 m						
3	3.00	UD								Kumlu Çakıllı KİL Yeşilimsi kahve renkli, çok nemli.						
4	3.50	SPT	13 6 5							9.00 m						
5	3.95									KİL Kırmızı renkli, yer yer çakıllı, yer yer kum bantlı.						
6	4.50	SPT	4 4 7													
7	4.95															
8	6.00	UD														
9	6.50	SPT	5 6 8													
10	6.95															
11	7.50	SPT	10 15 27													
12	7.95															
13	9.00	UD														
14	9.50	SPT	12 20 36													
15	9.95															

NUMUNE ALICI TİPİ - SAMPLER TYPE		İÇİNE TANE		FİNE GRAİNE		İRİ DANE		COARSE GRAİNE		ROD		TANIM		DESKRİPŞON		KIRIKLAR-30cm		FRACTURE	
SPT	STD PENETRATION	0-2	COK YUM	0-4	VERY SOFT	5-10	COK GEVSEK	11-30	VERY LOOSE	31-50	COK GEVSEK	51-75	COK ZAYIF	76-100	VERY WEAK	1-2	BEYREK	3-10	MOD-III
P	PISTON-PISTON	2-4	ORTA KAT	5-8	MEDIUM STIF	9-15	KATI	16-20	STIFF	21-30	COK KATI	31-40	ORTA	41-50	MEDIUM	51-60	COK BIK	61-70	V. CLOSE
SH	SELI - SHLEY TUBE	10-30	COK KAT	31-40	VERY STIFF	41-50	HARD	51-60	VERY DENSE	61-70	COK BIK	71-80	COK YI	81-90	VERY GOOD	91-100	PARÇALI	101-110	INTENSE

SAYIYER/UNITS		ORANLAR/PROPORTIONS		AYRISMA		TANIM		WEATHERING		DAYANIMLIK		TANIM		STRENGTH	
BOX	BOZUNUVAIS NUMUNE UNDISTURBED SAMPLE	1/5	PEK AZ	1/10	PEK AZ	1/5	PEK AZ	1/10	PEK AZ	1/5	PEK AZ	1/10	PEK AZ	1/5	PEK AZ
BOX	BOZUNUVAIS NUMUNE DISTURBED SAMPLE	1/15-25	COK	1/15-25	COK	1/15-25	COK	1/15-25	COK	1/15-25	COK	1/15-25	COK	1/15-25	COK
BOX	KAROT CORE	1/35	VE	1/35	VE	1/35	VE	1/35	VE	1/35	VE	1/35	VE	1/35	VE

EK 1 Sondaj Logları (devam)

ZEMİN SONDAJ LOGU SOIL BORING LOG															SONDAJ NUMARASI BORING NUMBER SK-22	
MACHINE TYPE		RIG TYPE		GMS-300		COORDINATE U-S (X)		COORDINATE E-W (X)		4436396,13		SK-22				
SONDAJ METODU		DRILLING METHOD		ROTARY		SAPMA (M)		OFFSET (M)		808815,38		SONDAJ DERİ - BORING LOCATION				
BAŞLAMA TARİHİ		START DATE				DERİNLİK (M)		DEPTH (M)		15.00 m		Ağrı - Kağızman Yolu				
BİTİŞ TARİHİ		FINISH DATE				NUMUNE TESTİ		SAGPLET TESTİ		UU		SPT		PR		
STASYON (KM)		STATION (KM)		Km: 82+665 (25 m B)		TOPLAM (ADET)		TOTAL (BLK)								
ZEMİN KOTU		GROUND ELEVATION		1574,7												
SONDAJ DERİ (M)	TARAKA DERİNLİK (M)	KARDE NERHİSİ	KARDE DERİNLİK (M)	KARDE TİPİ	SPT	NUMUNE ALICI	STANDARD PENETRATION GRAPH	KAROT %	COBE %	RÖD %	PESİNDİRME	Tırtıl Derinliği	Bazalt/Şa Tırtılı	YER ALTI SUYU DURUMU - GROUND WATER DATA		
														2,00 m		
ZEMİN TANITILMASI																
11		7	10.50 11.72	SPT	38	50 7									KİL Kırmızı renkli, yer yer çakıllı, yer yer kum bantlı.	
12		8	12.00 12.10	SPT	50 10										12.00 m	
13															OFİYOLİT	
14		9	13.50 13.53	SPT	50 3		Çakıl (Boş)									
15		10	15.00 15.03	SPT	50 3		Blok (Boş)								15.00 m Kuyu Sonu	
16																
17																
18																
19																
20																

NUMUNE ALICI TİPİ-SAMPLER TYPE				TANIMLAR/DESCRIPTIONS												BONDOR - DRILLER		İBİHA/İME									
																I. MUTLUCAN		MÜHENDİS-ENGINEER									
																E. ERTEKİN											
																KONTROL-CHECKED		İBİHA/İME									
SPT	STD	PENETRASYON	STD	02	COK YUM	VERY SOFT	04	COK GEVSEK	VERY LOOSE	06	COK ZAYIF	VERY WEAK	1-2	BEYREK	MOD-III												
P	PISTON	PISTON	PISTON	04	YUMUSAK	SOFT	06	GEVSEK	LOOSE	08	ZAYIF	WEAK	2-4	ORTA	MOD-IV												
SH	SELBY	SELBY TUBE	SELBY TUBE	06	ORTA KAT	MEDIUM STIF	08	ORTA BIKI	MEDIUM LOOSE	10	ORTA	MEDIUM	4-6	BİK	CLOSE												
				08	KATI	STIFF	10	BİKİ	DENSE	12	COK İYİ	GOOD	6-8	COK BİK	V. CLOSE												
				10	COK KAT	VERY STIFF	12	COK BİKİ	VERY DENSE	14	COK İYİ	VERY GOOD	8-10	PARÇALI	INTENSE												
				12	BERT	HARD																					
İSARETLER/MARKS				ORANLAR/PROPORTIONS				AYRILMA				TANIM				DAYANIMLUK				TANIM				STRENGTH			
☒ SONUNUS NUMUNE				1/5				PEK AZ				I				TAZE				I				STRONG			
☐ SONUNUS NUMUNE				1/10				AZ				II				AZ AYRILMA				II				MOD. WEAK			
☐ SONUNUS NUMUNE				1/20				COK				III				ORTA D. AYR.				III				MOD. WEAK			
☐ SONUNUS NUMUNE				1/30								IV				COK AYR.				IV				COK ZAYIF			
☐ SONUNUS NUMUNE												V				TUM AYR.				V				COK ZAYIF			

ZEMİN SONDAJ LOGU SOIL BORING LOG															SONDAJ NUMARASI BORING NUMBER	
															SK-23	
MACHINE TYPE		RIG TYPE		GWS-000		COORDINATE N-S (Y)		COORDINATE E-W (X)		4438420,49		SK-23				
SONDAJ YERİ		BAŞLAMA TARİHİ		START DATE		ROTARY		KORDINAT U-S (X)		OFFSET (M)						
BİTİŞ TARİHİ		FINISH DATE				DERİNLİK (M)		DERİNLİK (M)		15.00 m		SONDAJ YERİ - BORING LOCATION				
STATION (MM)		STATION (MM)		Km: 32+710 (20 m D)		NUMUNESİ		SAMPLER		ULU						
ZEMİN KUTU		GROUND ELEVATION		1671,0		YERLİ (ADET)		TOTAL (ADET)		TOTAL (ADET)		Ağrı - Kağızman Yolu				
SONDAJ DERİNLİĞİ		MİNEKİ DERİNLİĞİ		MİNEKİ DERİNLİĞİ		MİNEKİ DERİNLİĞİ		MİNEKİ DERİNLİĞİ		MİNEKİ DERİNLİĞİ		YER ALTI SUYU DURUMU - GROUND WATER DATA				
30 CM/10 INCH		30 CM/10 INCH		30 CM/10 INCH		30 CM/10 INCH		30 CM/10 INCH		30 CM/10 INCH		3,50 m				
KAROT %		KAROT %		KAROT %		KAROT %		KAROT %		KAROT %		ZEMİN TANITILMASI				
KAROT %		KAROT %		KAROT %		KAROT %		KAROT %		KAROT %						
KAROT %		KAROT %		KAROT %		KAROT %		KAROT %		KAROT %						
KAROT %		KAROT %		KAROT %		KAROT %		KAROT %		KAROT %						
KAROT %		KAROT %		KAROT %		KAROT %		KAROT %		KAROT %						
KAROT %		KAROT %		KAROT %		KAROT %		KAROT %		KAROT %						
KAROT %		KAROT %		KAROT %		KAROT %		KAROT %		KAROT %						
KAROT %		KAROT %		KAROT %		KAROT %		KAROT %		KAROT %						
KAROT %		KAROT %		KAROT %		KAROT %		KAROT %		KAROT %						
KAROT %		KAROT %		KAROT %		KAROT %		KAROT %		KAROT %						
KAROT %		KAROT %		KAROT %		KAROT %		KAROT %		KAROT %						
KAROT %		KAROT %		KAROT %		KAROT %		KAROT %		KAROT %						
KAROT %		KAROT %		KAROT %		KAROT %		KAROT %		KAROT %						
KAROT %		KAROT %		KAROT %		KAROT %		KAROT %		KAROT %						
KAROT %		KAROT %		KAROT %		KAROT %		KAROT %		KAROT %						
KAROT %		KAROT %		KAROT %		KAROT %		KAROT %		KAROT %						
KAROT %		KAROT %		KAROT %		KAROT %		KAROT %		KAROT %						
KAROT %		KAROT %		KAROT %		KAROT %		KAROT %		KAROT %						
KAROT %		KAROT %		KAROT %		KAROT %		KAROT %		KAROT %						
KAROT %		KAROT %		KAR												

ZEMİN SONDAJ LOGU SOIL BORING LOG

SONDAJ NUMARASI
BORING NUMBER

SK-23

SK-23

SONDAJ YERİ - BORING LOCATION

Ağrı - Kağızman Yolu

YER ALTI SUYU DURUMU - GROUND WATER DATA

3,50 m

ZEMİN TANITILMASI

KİL

Kahve - kırmızı renkli.

11.00 m

KİL

(Ofiyolit Başlangıcı)

Kırmızı renkli, çok nemli, sert kıvamda.

15.00 m

Kuyu Sonu

NUMUNE ALICI TİPİ-SAMPLER TYPE				TANIMLAR/DESCRIPTIONS										BONİFOR - DRILLER İSİM/NAME	
SPT	STD PENETRATION	INCE TANELİ	FİNE GRAİNE	İRİ TANELİ	COARSE GRAİNE	ROO	TANIM	DESKRİPİYON	KIRILAR/30cm	FRACTURE	MÜHENDİS/ENGINEER İSİM/NAME				
P	PISTON-PISTON	0-2	ÇOK YUMUŞAK	0-4	ÇOK BEVİŞEK	0-5	ÇOK ZAYIF	VERY WEAK	1	BEYREK	2. SİTEKİN				
SH	SELI - SHLEY TUBE	3-4	ORTA KAT	5-10	ORTA BİKİ	25-50	ORTA	MEDIUM	2-10	BİK	V. CLOSE				
		5-8	KATİ	11-30	BİKİ	50-75	(Y)	GOOD	10-20	ÇOK BİK	V. CLOSE				
		9-15	ORTA KAT	31-50	ÇOK BİKİ	75-90	ÇOK (Y)	VERY GOOD	>20	PARÇALI	INTENSE				
		16-30	ORTA KAT	51-100	ÇOK BİKİ	90-100	ÇOK (Y)	VERY GOOD							
İSARETLER/MARKS				TANIMLAR/DESCRIPTIONS										KONTROL-CHECKED İSİM/NAME	
				İNCE TANELİ	FİNE GRAİNE	İRİ TANELİ	COARSE GRAİNE	ROO	TANIM	DESKRİPİYON	KIRILAR/30cm	FRACTURE			
				0-2	ÇOK YUMUŞAK	0-4	ÇOK BEVİŞEK	0-5	ÇOK ZAYIF	VERY WEAK	1	BEYREK			
				3-4	ORTA KAT	5-10	ORTA BİKİ	25-50	ORTA	MEDIUM	2-10	BİK			
				5-8	KATİ	11-30	BİKİ	50-75	(Y)	GOOD	10-20	ÇOK BİK			
				9-15	ORTA KAT	31-50	ÇOK BİKİ	75-90	ÇOK (Y)	VERY GOOD	>20	PARÇALI			
				16-30	ORTA KAT	51-100	ÇOK BİKİ	90-100	ÇOK (Y)	VERY GOOD					
				0-2	ÇOK YUMUŞAK	0-4	ÇOK BEVİŞEK	0-5	ÇOK ZAYIF	VERY WEAK	1	BEYREK			
				3-4	ORTA KAT	5-10	ORTA BİKİ	25-50	ORTA	MEDIUM	2-10	BİK			
				5-8	KATİ	11-30	BİKİ	50-75	(Y)	GOOD	10-20	ÇOK BİK			
				9-15	ORTA KAT	31-50	ÇOK BİKİ	75-90	ÇOK (Y)	VERY GOOD	>20	PARÇALI			
				16-30	ORTA KAT	51-100	ÇOK BİKİ	90-100	ÇOK (Y)	VERY GOOD					
				0-2	ÇOK YUMUŞAK	0-4	ÇOK BEVİŞEK	0-5	ÇOK ZAYIF	VERY WEAK	1	BEYREK			
				3-4	ORTA KAT	5-10	ORTA BİKİ	25-50	ORTA	MEDIUM	2-10	BİK			
				5-8	KATİ	11-30	BİKİ	50-75	(Y)	GOOD	10-20	ÇOK BİK			
				9-15	ORTA KAT										

EK 1 Sondaj Logları (devam)

ZEMİN SONDAJ LOGU SOIL BORING LOG															SONDAJ NUMARASI BORING NUMBER SK-24	
MACHINE TİPİ		RIG TYPE		GWS-300		KORDİNAT N-S(Y)		COORDINATE N-S(Y)		4438909,27		SK-24				
SONDAJ METODU		DRILLING METHOD		ROTARY		KORDİNAT D-S(X)		COORDINATE D-S(X)		808430,28						
BAŞLAMA TARİHİ		START DATE				SAPMA (M)		OFFSET (M)				SONDAJ YERİ - BORING LOCATION Ağrı - Kağızman Yolu				
BİTİŞ TARİHİ		FINISH DATE				DERİNLİK (M)		DEPTH (M)		20,00 m						
İSTASYON (KM)		STATION (KM)		Km: 82+715 (83 m KD)		NUMUNE TESTİ		SAMPLE TEST		UU		SPT		PR		
ZEMİN KOTU		GROUND ELEVATION		1983,5		TOPLAM (ADET)		TOTAL (SACH)								
SONDAJ DERİNLİĞİ (m)	TASAKLA DERİNLİĞİ (m)	NEMRE DERİNLİĞİ (m)	NEMRE DERİNLİĞİ (m)	NEMRE TİPİ	NEMRE TİPİ	30 CM İÇİN DARBE SAYI BLOW PER 30 CM			STANDARD PENETRATION GRAPH	KARİDİ %	KARİDİ %	KARİDİ %	KARİDİ %	KARİDİ %	KARİDİ %	
						15	30	45								
YER ALTI SUYU DURUMU - GROUND WATER DATA																
2,00 m																
ZEMİN TANITILMASI																
1																KİL Kahve - kırmızı renkli.
2		1		SPT		3	4	4								2.50 m
3																Çakıllı KİL Mavimsi yeşil renkli, nemli.
4		2		SPT		3	5	7								
5																KİL Kırmızı renkli, nemli.
6		2		UD												
7		4		SPT		4	6	11								9.50 m Çakıllı Az Kumlu KİL
8																
9		3		UD												9.80 m KİL
10		6		SPT		5	5	6								

NUMUNE ALICI TİPİ-SAMPLER TYPE		İNCE TANE		FİNE GRAİNE		İRİ DANE		COARSE GRAİNE		ROD		TANIM		OBSERVATION		KIRILAR-30cm		FRACTURE		SONDOR - DRILLER İSİMİ/NAME	
SPT	STD PENETRATION	D-2	COK YUM	VERY SOFT	D-4	COK GEVSEK	VERY LOOSE	D-6	COK ZATIF	VERY WEAK	I	BEYREK	WIDE-W	MUHENDİS-ENGINEER İSİMİ/NAME							
P	PISTON-PISTON	2-4	YUMUŞAK	SOFT	2-10	GEVSEK	LOOSE	25-50	ZATIF	WEAK	2-2	ORTA	MID-M	E. ERTEKİN							
SH	SELİP-SHELBY TUBE	5-9	ORTA KAT	MEDIUM STIF	11-30	ORTA SIKI	MEDIUM LOOSE	50-75	ORTA	MEDIUM	2-10	SIK	V. CLOSE	KONTROL-CHECKED İSİM/NAME							
		10-30	KAT	STIFF	31-60	SIK	DENSE	75-90	İYİ	GOOD	10-20	COK SIK	VERY CLOSE								
		30	COK KAT	VERY STIFF	60	COK SIKI	VERY DENSE	90-100	COK İYİ	VERY GOOD	>20	PARÇAU	INTENSE								
İSARETLER/MARKS		ORANLAR/PROPORTIONS		AYRILMA		TANIM		WEATHERING		DAYANIMLILIK TANIM		STRENGTH									
☒	BOZULMUŞ NUMUNE	1/6	PEK AZ	SLIGHTLY	1/6	PEK AZ	SLIGHTLY	I	TAZE	FRESH	COK DAY.	STRONG									
☐	BOZULMUŞ NUMUNE	1/15	AZ	LITTLE	1/15	AZ	LITTLE	II	AZ AYRILMA	SLIGHTLY W.	COK DAY.	M. STR.									
☐	BOZULMUŞ NUMUNE	1/15-25	COK	VERY	1/20-50	COK	VERY	III	ORTA D. AYR.	MID. WEATH.	ORTA	M. WEAK									
☐	KAROT	1/35	VE	AND				IV	COK AYR.	HIGHLY W.	ZATIF	WEAK									
☐	CORE							V	TUM. AYR.	COMP. W.	COK ZATIF	V. WEAK									

EK 1 Sondaj Logları (devam)

ZEMİN SONDAJ LOGU SOIL BORING LOG															SONDAJ NUMARASI BORING NUMBER SK-24	
MARKE TİM	RİG TİM	GMS-300	KOORDİNAT N-S (Y)	COORDINATE N-S (Y)	4438909,27											
SONDAJ METODU	DRILLING METHOD	ROTARY	KOORDİNAT U-S (X)	COORDINATE E-W (X)	806430,28	SK-24										
BİTİŞ TARİHİ	FINISH DATE		SARMA (M)	OFFSET (M)		SONDAJ YERİ - BORING LOCATION										
İSTASYON (KM)	STATION (KM)	Km: 82+715 (68 m KD)	DERİNLİK (M)	DEPTH (M)	20.00 m	Ağrı - Kağızman Yolu										
ZEMİN KOTU	GROUND ELEVATION	1085,5	NUMUNESİTİ	SAMPLE TEST		UD	SPT	BSI	PK	YER ALTI SUYU DURUMU - GROUND WATER DATA						
NUMUNE ALICI TİPİ - SAMPLER TYPE	30 CM (ON) CARBE SAYI 8 BLONG PER 30 CM		STANDARD PENETRATION GRAPH	KAROT % CORE %	ROD %	Presizyonlu	Toplam Derinlik	Barajlı Su Tutarı	ZEMİN FİYATLI SOIL STRATA	2,00 m						
NUMUNE ALICI TİPİ - SAMPLER TYPE	NUMUNE ALICI SAMPLER	15 30 45	10 20 30 40							ZEMİN TANITILMASI						
11	7	10.50	SPT	16 23 32						KİL Kırmızı renkli, nemli.						
12	8	12.00	SPT	16 30 50						11.00 m						
13		12.37														
14	9	13.50	SPT	27 50						KİL (Ayrışmış KİLTAŞI) Kırmızı renkli, nemli - az nemli, çok sert kıvamda.						
15		13.73														
16	10	15.00	SPT	50												
17		15.10														
18	11	16.50	SPT	50												
19		16.57														
20	12	18.00	SPT	50												
		18.09														
	13	19.50	SPT	50												
		19.55														
20.00 m																
Kuyu Sonu																
TANIMLAR / DESCRIPTIONS																
SPT - STD PENETRATION																
P - PISTON-PISTON																
SH - SHELBY - SHELBY TUBE																
İNCE TANELİ																
FİNE GRAINED																
İRİ TANELİ																
COARSE GRAINED																
ROD																
TANIM																
OBSERVATION																
KIRILAR/30cm																
FRACTURE																
SÖNDÜR - DRILLER																
İ. MUTLUCAN																
MÜHENDİS-ENGINEER																
İ. BERTEN																
KONTROL-CHECKED																
İ. B. H. H. H.																
(SARET) / MARKS																
GRANULAR PROPORTIONS																
AYRISMA																
TANIM																
WEATHERING																
DAYANIMLUK																
TANIM																
SPT/074																
SÖNDÜR - DRILLER																
İ. MUTLUCAN																
MÜHENDİS-ENGINEER																
İ. B. H. H. H.																
KONTROL-CHECKED																
İ. B. H. H. H.																

EK 1 Sondaj Logları (devam)

ZEMİN SONDAJ LOGU SOIL BORING LOG															SONDAJ NUMARASI BORING NUMBER SK-25	
MACHINE TYPE		RIG TYPE		GWS-300		COORDINATE N-S (Y)		COORDINATE E-W (X)		4438541,25		SK-25				
SONDAJ METODU		DRILLING METHOD		ROTARY		KORDINAT L-S (A)		KORDINAT E-W (A)		808884,30		SONDAJ YERİ - BORING LOCATION				
BAŞLAMA TARİHİ		START DATE				SAPMA (M)		OFFSET (M)				Ağrı - Kağızman Yolu				
BİTİŞ TARİHİ		FINISH DATE				DERİNLİK (M)		DERİFL (M)		25.00 m		YER ALTI SUYU DURUMU - GROUND WATER DATA				
İSTASYON (KM)		STATION (KM)		Km: 82+830 (13 m KB)		NUMUNE/TEST		SAMPLER/TEST		UL		SPT				
ZEMİN KOTU		GROUND ELEVATION		1676,2		TOPLAM (ADET)		TOTAL (SACH)								
SONDAJ DERİNLİĞİ (m)	TALEKKA DERİNLİĞİ (m)	NUMUNE NERHİSİ	NUMUNE DERİNLİĞİ (m)	NUMUNE TÜRÜ	NUMUNE YERİ	NUMUNE ALIŞI	NUMUNE ALIŞI	NUMUNE ALIŞI	NUMUNE ALIŞI	NUMUNE ALIŞI	NUMUNE ALIŞI	NUMUNE ALIŞI	NUMUNE ALIŞI	NUMUNE ALIŞI		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
1		1.50	SPT	3	5	6										
2		1.95														
3		3.00	UD													
4		3.50	SPT	5	7	12										
5		4.50	SPT	9	15	19										
6		6.00	UD													
7		6.75	SPT	49	50	10										
8		7.50	SPT	30	40	50										
9		9.00	UD													
10		9.50	SPT	25	38	50										
		9.92														

Çakıllı KİL
Kahve renkli, seyrek ince çakıllı, az nemli.

KİL (Ayrışmış KİLTAŞI)
Kırmızı renkli.

3,00 m

3.80 m

EK 1 Sondaj Logları (devam)

ZEMİN SONDAJ LOGU SOIL BORING LOG

SONDAJ NUMARASI
BORING NUMBER

SK-25

MACHINE TYPE		RIG TYPE		GWS-300		COORDINATE N-S (Y)		COORDINATE E-W (X)		4438541,29		SK-25	
SONDAJ METODU		DRILLING METHOD		ROTARY		KORDINAT U-S (X)		COORDINATE E-W (X)		608864,90			
BAŞLAMA TARİHİ		START DATE				SAPIDA (M)		OFFSET (M)				SK-25	
BİTİŞ TARİHİ		FINISH DATE				DERİNLİK (M)		DEPTH (M)		25.00 m			
İSTASYON (KM)		STATION (KM)		Km: 32+830 (13 m KB)		NUMUNDETESİ		SAMPLER TESTİ				SK-25	
ZEMİN KUTU		GROUND ELEVATION		1876,2		TOPRAK (ADET)		TOTAL (BAÇR)					
				30 CM'İN DARIŞ BAYIŞ BLOWS PER 30 CM		STANDARD PENETRATION GRAPH		KAROT % CORE %		BİREK %		SK-25	
				NUMUNE ALICI SAMPLER		15 30 45		10 20 30 40				SK-25	
												SK-25	
												SK-25	
												SK-25	
												SK-25	
												SK-25	
												SK-25	
												SK-25	
												SK-25	
												SK-25	
												SK-25	
												SK-25	
												SK-25	
												SK-25	
												SK-25	
												SK-25	
												SK-25	
												SK-25	
												SK-25	
												SK-25	
												SK-25	
												SK-25	
												SK-25	
												SK-25	
												SK-25	
												SK-25	
												SK-25	
												SK-25	
												SK-25	

EK 1 Sondaj Logları (devam)

ZEMİN SONDAJ LOGU SOIL BORING LOG															SONDAJ NUMARASI BORING NUMBER SK-25	
MARKE TİHİ	RIG TYPE	GÜŞ-SÜ	KOORDİNAT N-S(Y)	KOORDİNAT E-W(X)	4439341,25											
SONDAJ METRODÜ	DRILLING METHOD	ROTARY	KOORDİNAT U-S(X)	KOORDİNAT E-W(X)	808884,90											
BASLANGIÇ TARİHİ	START DATE		SAPMA (M)	OFFSET (M)												
BİTİŞ TARİHİ	FINISH DATE		DERİNLİK (M)	DEPTH (M)	30.00 m											
İSTASYON (KM)	STATION (KM)	Km: 82+830 (13 m KŞ)	NUMUNE TESTİ	SAMPLE TEST	UU	SPT	BSI	PK								
ZEMİN KOTU	GROUND ELEVATION	1978,2	TOPLAM (ADET)	TOTAL (EACH)												
SONDAJ DERİNLİĞİ (m)	TASAKLA DERİNLİĞİ (m)	NEKARET NERHİ (m)	NEKARET DERİNLİĞİ (m)	NEKARET TİPİ	30 CM ÇİN DARBİ SAYI BLOKİLERİ HER 30 CM	STANDARD PENETRATION GRAPH	KAROT % ÇİRE %	ROD %	Prosedürler	Toplam	Bazı (St. Test)	ZEMİN PROF. LI SOIL STRICK	YER ALTI SUYU DURUMU - GROUND WATER DATA			
					NUMUNE ALICI SAMPİLER 15 30 45	10 20 30 40							3,00 m			
													ZEMİN TANITILMASI			
21		14	21.00 21.07	SPT	50 7								KİL (Ayrışmış KİLTAŞI) Kırmızı renkli, nemli - az nemli, çok sert kıvamda.			
22		15	22.50 22.53	SPT	50 3											
23																
24		16	24.00 24.17	SPT	18 50 2											
25													25.00 m Kuyu Sonu			
26																
27																
28																
29																
30																

NUMUNE ALICI TİPİ-SAMPLER TYPE				TANIMLAR/DESCRIPTIONS										SONDOR - DRILLER İBİ/NAME	
SPT	STD PENETRATION	PISTON-PISTON	SH SELBİ-SHELEY TUBE	İNCİS TANEVİ	FİNE GRAİED	İRİ DANEVİ	COARSE GRAİED	İSÖC	TANIM	DESKRİPİYON	KIRIKLAR-30cm	FRACTURE	MÜHENDİS-ENGINEER İBİ/NAME	İBİ/NAME	
0-2	ÇOK YUMUŞAK	VERY SOFT	0-4	ÇOK GEVŞEK	VERY LOOSE	0-25	ÇOK ZAYIF	VERY WEAK	1	BEYREK	MOD-III	MOD-III	KONTROL-CHECKED	İBİ/NAME	
3-4	ORTA KAT	MEDIUM STIF	5-10	ORTA SIKI	LOOSE	26-50	ZAYIF	WEAK	1-2	ORTA	MOD-IV	MOD-IV			
5-6	KATI	STIFF	11-30	SIKI	MEDIUM LOOSE	50-75	ORTA	MEDIUM	2-10	ÇOK SIK	MOD-V	MOD-V			
7-15	ÇOK KATİ	VERY STIFF	31-50	ÇOK SIKI	DENSE	75-100	ÇOK İYİ	GOOD	10-20	PARÇALI	MOD-VI	MOD-VI			
16-30	ÇOK KATİ	HARD	50		VERY DENSE	100-100		VERY GOOD	>20						

İSARETLER/MARKS				ORANLAR/PROPORTIONS				AYRISMA		TANIM		WEATHERING		DAYANIMLUK		TANIM		FRACTURE	
☒	BOZUNMUŞ NUMUNE	UNDISTURBED SAMPLE	1/5-1/5	PEK AZ	SLIGHTLY	1/5	PEK AZ	SLIGHTLY	I	TAZE	FRESH	I	ÇOK DAY.	STRONG	STRONG	STRONG	STRONG	STRONG	STRONG
☐	BOZUNMUŞ NUMUNE	DISTURBED SAMPLE	1/15-1/35	ÇOK	VERY	1/20-1/50	ÇOK	VERY	II	AZ AYRISMA	MOD. WEATH.	II	DAYANIMLU	M. WEAK	M. WEAK	M. WEAK	M. WEAK	M. WEAK	M. WEAK
☐	KAROT	CORE	1/35	VE	AND				III	ORTA D. AYR.	HIGHLY W. COMP. W.	III	ZAYIF	WEAK	WEAK	WEAK	WEAK	WEAK	WEAK
☐	KAROT	CORE							IV	TUM. AYR.		IV	ÇOK ZAYIF	VERY WEAK	VERY WEAK	VERY WEAK	VERY WEAK	VERY WEAK	VERY WEAK
☐	KAROT	CORE							V			V							

ZEMİN SONDAJ LOGU SOIL BORING LOG															SONDAJ NUMARASI BORING NUMBER	
															SK-26	
MACHINE TYPE		RIG TYPE		GPS/UD		COORDINATE N-S (Y)		COORDINATE E-W (X)		443854,39						
SONDAJ YÖNÜ		DRILLING METHOD		ROTARY		COORDINAT U-S (X)		COORDINATE E-W (X)		603852,55						
BAŞLAMA TARİHİ		START DATE				SARFI (M)		OFFSET (M)								
BİTİŞ TARİHİ		FINISH DATE				DERİNLİK (M)		DEPTH (M)		15.00 m						
İSTASYON (KM)		STATION (KM)		Km: 82+932 (55 m KD)		NUMUNESİ		SAMPLER		UD		SPT		PR		
ZEMİN KOTU		GROUND ELEVATION		1876,3		TOPRAK (AÇET)		TOTAL (BACR)								
SONDAJ DERİNLİĞİ (M)		TASAKLA DERİNLİĞİ (M)		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		
MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		
MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		
MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		
MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		
MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		
MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		
MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		
MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		
MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		
MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		
MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		
MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		
MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		
MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		
MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		
MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		
MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		
MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		
MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		
MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		
MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		
MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		
MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		
MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		
MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		MARESE MARESE		
MARESE MARESE		MARESE MARESE														

ZEMİN SONDAJ LOGU

SOIL BORING LOG

SONDAJ NUMARASI
BORING NUMBER

SK-26

MACHINE TİPİ		RIG TYPE		GWS300		COORDINAT N-S(Y)		COORDINATE N-S(Y)		4438854,39	
SONDAJ METODU		DRILLING METHOD		ROTARY		COORDINAT U-S(X)		COORDINATE U-S(X)		808882,35	
BAŞLAMA TARİHİ		START DATE				SAPMA (M)		OFFSET (M)			
BİTİŞ TARİHİ		FINISH DATE				DERİNLİK (M)		DEPTH (M)		15.00 m	
İSTASYON (KM)		STATION (KM)		Km: 82+932 (55 m KD)		NUMUNESİTİ		SAMPLER TESTİ			
ZEMİN KOTU		GROUND ELEVATION		1876,3		TOPRAK (ADET)		TOTAL (EAŞH)			
SK-26 SONDAJ YERİ - BORING LOCATION Ağrı - Kağızman Yolu											
YER ALTI SUYU DURUMU - GROUND WATER DATA 7,00 m ZEMİN TANITILMASI											
Sonda Derinliği (m)		TASMAK Derinliği (m)		NABAZ Derinliği (m)		NABAZ Derinliği (m)		NABAZ TİPİ		NABAZ TİPİ	
30 CM (10 IN) DARBE SAYISI BLOWS PER 30 CM		STANDARD PENETRATION GRAPH		KAROT %		KAROT %		KAROT %		KAROT %	
15 30 45		10 20 30 40									
11		7		10.50 10.60		SPT		50 10			
12		8		12.00 12.07		SPT		50 7			
13		9		13.50 13.59		SPT		50 9			
14		10		15.00 15.19		SPT		50 4			
15											
16											
17											
18											
19											
20											

NUMUNE ALDIĞI TİPİ-SAMPLER TYPE

SPT STD PENETRATION
Piston-Piston
B. SİLSİ-SHISLEY TUBE

TANIMLAR-DESCRIPTIONS

İNDE TANELE
0-2
2-4
4-6
6-10
10-30

RİNE GRADE
VERY SOFT
ORTA KAT
KATI
COK KAT
BERT

İRİ DANELE
0-4
4-10
10-30
30-60
60

COARSE GRADE
COK GEVSEK
ORTA SIK
SIK
COK SIK

ROO
0-25
25-50
50-75
75-90
90-100

TANIM
COK ZAYIF
ZAYIF
ORTA
YI
COK YI

DESCRIPTION
VERY WEAK
WEAK
MEDIUM
GOOD
VERY GOOD

KIRILAR-30cm
1
1-2
2-10
10-20
20

FRACTURE
WIDE-W
MID-M
CLOSE
V. CLOSE
INTENSE

(BARETLER) MARKS

☒ BOZUNMAVIS NUMUNE
UNDISTURBED SAMPLE

☐ BOZUNMUS NUMUNE
DISTURBED SAMPLE

☐ KAROT
CORE

ORANLAR-PROPORTIONS

PEK AZ
AZ
COK
VE

SLIGHTLY
LITTLE
VERY
AND

PEK AZ
AZ
COK

SLIGHTLY
LITTLE
VERY

AYRILMA
TAZE
AZ AYRILMA
ORTA D. AYR
COK AYR.
TUM. AYR.

TANIM
I
II
III
IV
V

WEATHERING
FRESH
SLIGHTLY W.
MOD. WEATH.
HIGHLY W.
COMP. W.

DAYANIMLIK
COK DAY.
DAYANIMLU
ORTA
ZAYIF
COK ZAYIF

STRENGTH
STRONG
M. STR.
W. WEAK
WEAK
V. WEAK

SONDOR - DRILLER ISHMAVE
I. MUTLUCA

MUHENDIS-ENGINEER ISHMAVE
E. ERTekin

KONTROL-CHECKED ISHMAVE

15.00 m
Kuyu Sonu

[illegible]

EK 1 Sondaj Logları (devam)

ZEMİN SONDAJ LOGU SOIL BORING LOG															SONDAJ NUMARASI BORING NUMBER SK-28	
MARKE TİPİ	RIG TİPİ	GMS-300	KOORDİNAT U-S(1)	KOORDİNAT E-S(1)	4438821,48											
SONDAJ YERİ	DRILLING METHOD	ROTARY	KOORDİNAT U-S(2)	KOORDİNAT E-S(2)	808929,88											
BİTİŞ TARİHİ	START DATE		SAPMA (M)	OFFSET (M)												
BİTİŞ TARİHİ	FINISH DATE		DERİNLİK (M)	DEPTH (M)	15.00 m											
STASYON (KM)	STATION (KM)	Km: 82+925 (18 m GÖ)	NUMUNE TESTİ	SAGLIK TESTİ	UU	SPT	BSI	PR								
ZEMİN KOTU	GROUND ELEVATION	1888,3	TOPCAM (AJET)	TOTAL (EACH)												
SONDAJ DERİNLİĞİ (m)	TARAKA DERİNLİĞİ (m)	NAHARE NERHİ (m)	NAHARE DERİNLİĞİ (m)	NAHARE TUBU SAMPLER TİPİ	30 CM / 10 IN CARBİ SAYI / B BLOWS PER 30 CM	NUMUNE ALICI SAMPLER	STANDARD PENETRATION GRAPH	KAROT % CORE %	RCO %	Presizyonlu	Leim (m)	Bazı (m)	ZEMİN PROFİLİ SOIL SYMBOL	YER ALTİ SUYU DURUMU - GROUND WATER DATA		
						15 30 45	10 20 30 40							3,00 m		
ZEMİN TANITILMASI																
11		7	10.50 10.61	SPT	50 11									KİL (Ayrışmış KİLTAŞI) Kırmızı renkli.		
12		8	12.00 12.07	SPT	50 7									12.30 m		
13																
14		9	13.50 13.55	SPT	50 5									KİL (Ofiyolit Başlangıcı) Yeşilimsi kahve renkli. kalsit dolulu. az nemli.		
15		10	15.00 15.04	SPT	50 4									15.00 m Kuyu Sonu		
16																
17																
18																
19																
20																

NUMUNE ALICI TİPİ - SAMPLER TYPE				TANIMLAR / DESCRIPTIONS												SÖNÜCÜ - DRILLER		İSİMİ - NAME	
SPT	STD	PISTON	SH	İNÇE TANELİ	FİNE GRAINED	İRİ TANELİ	COURSE GRAINED	SOD	TANIM	DESCRIPTION	KIRKILAR-30cm	FRACURE	MÜHENDİS-ENGINEER	İSİMİ - NAME					
				0-2 3-4 5-8 9-15 16-30 30	ÇOK YUMU YUMUŞAK ORTA KAT KATI ÇOK KAT BERT	VERY SOFT SOFT MEDIUM STIF STIFF VERY STIFF HARD	0-4 5-10 11-30 31-50 51	ÇOK GEVSEK GEVSEK ORTA SIKI SIKI ÇOK SIKI	VERY LOOSE LOOSE MEDIUM LOOSE DENSE VERY DENSE	0-25 26-50 51-75 76-100 101-120	ÇOK ZAYIF ZAYIF ORTA İYİ ÇOK İYİ	VERY WEAK WEAK MEDIUM GOOD VERY GOOD	1-2 2-10 10-20 20	BEYREK ORTA SİK ÇOK SIK PARÇALI	WIDE-IV MOD-IV CLOSE V. CLOSE INTENSE				
İSARETLER / MARKS				ORANLAR / PROPORTIONS						AYRILMA / TANK		WEATHERING		DAYANIMLUK / TANK		STRİGTH			
☒	BOZUMLU / NUMUNE UNDISTURBED SAMPLE			1/5 1/5-25 1/25	PEK AZ AZ ÇOK VE	SLIGHTLY LITTLE VERY AND	1/5 1/5-20 1/20-50	PEK AZ AZ ÇOK	SLIGHTLY LITTLE VERY	I II III IV V	TAZE AZ AYRILMA ORTA D. AYR. ÇOK AYR. TUL. AYR.	FRESH SLIGHTLY W. MOD. WEATH. HIGHLY W. CORR. W.	I II III IV V	ÇOK DAY. DAYANIMLU ORTA ZAYIF ÇOK ZAYIF	STRONG M. STR. W. WEAK V. WEAK				
☐	BOZUMLU / NUMUNE DISTURBED SAMPLE																		
☐	KAROT CORE																		

EK 1 Sondaj Logları (devam)

ZEMİN SONDAJ LOGU SOIL BORING LOG															SONDAJ NUMARASI BORING NUMBER SK-29		
MACHINE TYPE		RIG TYPE		GMS-300		COORDINATE N-S (Y)		COORDINATE E-W (X)		4439329,84		SK-29					
SONDAJ METODU		DRILLING METHOD		ROTARY		COORDINAT U-S (X)		COORDINAT E-W (X)		809352,88		SONDAJ YERİ - BORING LOCATION					
BAŞLAMA TARİHİ		START DATE				SAPMA (M)		OFFSET (M)				Ağrı - Kağızman Yolu					
BİTİŞ TARİHİ		FINISH DATE				DERİNLİK (M)		DEPTH (M)		15.00 m							
İSTASYON (KM)		STATION (KM)		Km: 83+905 (20 m KB)		NUMUNE TESTİ		SAMPLER TESTİ		UD		PR					
ZEMİN KOTU		GROUND ELEVATION		1541,0		TOPLAM (ADET)		TOTAL (EACH)									
SONDAJ DERİNLİĞİ (M)	TASMAKA DERİNLİĞİ (M)	KARDE NEMİNLİĞİ	KARDE DERİNLİĞİ (M)	KARDE TİPİ	SAMPLER TYPE	30 CM (ON) DARBİ SAYI BLOW PER 30 CM			STANDARD PENETRATION GRAPH	KAROT % CORE %	KOD %	Pencere	Teti Derinliği	Barajlı Sa. Teti	ZEMİN PROF. LI SOIL SMOCK	YER ALTI SUYU DURUMU - GROUND WATER DATA	
						15	30	45								10	20
1			1.50		SPT	3	4	3									KİL Kahve renkli.
2		1	1.95														
3			3.00		UD												3.00 m
4		2	3.50		SPT	38	20	8									KİLLİ ÇAKIL Koyu gri renkli, nemli.
5			4.50														4.00 m
6		3	4.95		SPT	4	4	7									Az Çakıllı KİL Kahve - yeşil renkli, çok ince seyrek çakıllı, nemli.
7			6.00		UD												
8		4	6.50		SPT	3	5	8									
9			7.50														
10		5	7.95		SPT	10	11	16									
			9.00														8.00 m
		3	9.50		UD												Ayrışmış OFİYOLİT Siyahımsı renkli.
		6	9.95		SPT	17	36	30									

NUMUNE ALICI TİPİ-SAMPLER TYPE		İNCE TANE		RİNE GRANED		İRİ DANE		COARSE GRAINED		TANIM		DESKRİPŞİYON		KIRKILAR-30cm		FRACTURE		SONDOR - DRILLER		İSÜHAİME	
SPT	STD PENETRATION STD PENETRATION	3-4	COK YUM YUMUSAK	5-10	VERY SOFT	11-30	COK GEVSEK	31-50	VERY LOOSE	51-75	COK ZAYIF ZAYIF	76-100	ORTA	1-2	SEYREK	10-20	MOD-IV	1	MURİDİS-ENGINEER	İSÜHAİME	
SH	SELBI-SHELBY TUBE	15-30	KATI	31-50	MEDIUM STIFF	51-75	ORTA BIKI	76-100	MEDIUM LOOSE	101	COK BIK	102-100	DEBİSE	2-10	ORTA	10-20	MOD-IV	2	CONTROL-CHECKED	İSÜHAİME	
		30	COK KAT SEYREK		VERY STIFF		COK BIKI		VERY DENSE		COK (Y)		COK (Y)	>20 <th>PARÇALI</th> <td></td> <th>INTENSE</th> <td></td> <td></td> <td></td>	PARÇALI		INTENSE				
İSARETLER/MARKS		ORANLAR-PROPORTIONS		AYRISMA		TANIM		WEATHERING		DAYANIMLILIK		TANIM		STRENGTH							
☒	BOZUNMUŞ NUMUNE UNDISTURBED SAMPLE	1/5-1/5	PEK AZ AZ	1/5-1/5	SLIGHTLY LITTLE	1/5-1/5	PEK AZ AZ	1/5-1/5	SLIGHTLY LITTLE	I	TAZE	FRESH	I	COK DAY.	STRONG						
☐	BOZUNMUŞ NUMUNE DISTURBED SAMPLE	1/15-1/35	COK VE	1/20-1/50	VERY AND	1/20-1/50	COK VE	1/20-1/50	VERY	II	AZ AYRISMA	SLIGHTLY W.	II	ORTA	M. STR.						
☐	KAROT CORE									III	ORTA D. AYR.	MOD. WEATH.	III	COK ZAYIF	M. WEAK						
										IV	COK AYR. TUM. AYR.	HIGHLY IL. CORP. IL.	IV		WEAK						
										V			V								

[illegible]

EK 1 Sondaj Logları (devam)

ZEMİN SONDAJ LOGU SOIL BORING LOG															SONDAJ NUMARASI BORING NUMBER SK-30	
MACHINE TYPE		RIG TYPE		GMS-300		COORDINATE N-S (Y)		COORDINATE E-W (X)		4439274.77		SK-30				
SONDAJ METODU		DRILLING METHOD		ROTARY		COORDINATE U-S (X)		COORDINATE V-W (Y)		20.00 m		SONDAJ YERİ - BORING LOCATION				
BAŞLAMA TARİHİ		START DATE				DERİNLİK (M)		DEPİTİ (M)				Ağrı - Kağızman Yolu				
BİTİŞ TARİHİ		FINISH DATE				NUMUNE TESTİ		SAMPLETEST		UD SPI BSI PR						
İSTASYON (KM)		STATION (KM)		Km: 83+913 (80 m 60)		TOPLAM (AJET)		TOTAL (SALPH)								
ZEMİN KOTU		GROUND ELEVATION		1815,3												
SONDAJ DERİNLİĞİ (M)		TASAKLA DERİNLİĞİ (M)		NABİYE NERİNLİĞİ (M)		NABİYE NERİNLİĞİ (M)		NABİYE NERİNLİĞİ (M)		NABİYE NERİNLİĞİ (M)		YER ALTI SUYU DURUMU - GROUND WATER DATA				
30 CM'İN ÜSTÜNE		30 CM'İN ÜSTÜNE		30 CM'İN ÜSTÜNE		30 CM'İN ÜSTÜNE		30 CM'İN ÜSTÜNE		30 CM'İN ÜSTÜNE		3,50 m				
NUMUNE ALIŞI		NUMUNE ALIŞI		NUMUNE ALIŞI		NUMUNE ALIŞI		NUMUNE ALIŞI		NUMUNE ALIŞI		ZEMİN TANITILMASI				
15 30 45		15 30 45		15 30 45		15 30 45		15 30 45		15 30 45						
10 20 30 40		10 20 30 40		10 20 30 40		10 20 30 40		10 20 30 40		10 20 30 40						
1																
2	1	1.50	SPT	4	3	4								Az Çakıllı KİL Kırmızımsı kahve renkli, ince seyrek çakıllı, 3.70 metreden itibaren sızıntı şeklinde su içeriyor.		
3		3.00														
4	2	3.50	UD													
5	3	4.50	SPT	4	5	7								4.00 m		
6		6.00														
7	4	6.50	UD													
8	5	7.50	SPT	6	8	16										
9		9.00														
10	6	9.95	SPT	11	15	37								8.00 m		
Az Çakıllı KİL Yeşil renkli, ince seyrek, yer yer iri çakıllı. Çakıllı KİL (Aynışmış Ofiyolit) Siyah renkli, yer yer çakıl - kil oranı birbirine yakın.																
NUMUNE ALIŞI TİPİ-SAMPLER TYPE SPT STD PENETRATION P RISTON-RISTON SH SELBI-SHLEY TUBE İNCE TANELİ 0-2 3-4 5-6 7-15 16-30 31 ORTA KAT YUMUŞAK ORTA KAT KATI ORTA KAT KATI ORTA KAT KATI YİNE GRANED VERY SOFT SOFT MEDIUM STIFF VERY STIFF HARD İRİ DANELİ 0-4 5-10 11-20 21-30 31-60 61 ÇOK GEVŞEK GEVŞEK ORTA SIKI SIKI ÇOK SIKI COARSE GRAINED VERY LOOSE LOOSE MEDIUM LOOSE DENSE VERY DENSE İ II III IV V TAZE AZ AYRIMSIZ ORTA D. AYR. ÇOK AYR. TUM. AYR. FRESH SLIGHTLY WE. MOD. WEATH. HIGHLY WE. COMP. WE. DAYANIMLILIK I II III IV V STRONG M. STR. M. WEAK WEAK V. WEAK SONDOR - DRILLER İSİ/NAME MÜHENDİS-ENGINEER İSİ/NAME KONTROL-CHECKED İSİ/NAME																

[illegible]

ZEMİN SONDAJ LOGU SOIL BORING LOG

SONDAJ NUMARASI
BORING NUMBER

SK-31

SK-31

SONDAJ YERİ - BORING LOCATION

Ağrı - Kağızman Yolu

YER ALTI SUYU DURUMU - GROUND WATER DATA

4,00 m

ZEMİN TANITILMASI

Az Çakıllı Kil

Kahve renkli, sert kıvamlı, ince seyrek çakıllı.

7.00 m

Çakıllı Kil

Siyahimsi renkli.

SONDAJ YERİ (M)		BAŞLAMA DERİNLİĞİ (M)		BİTİŞ TARİHİ		İSTASYON (KM)		ZEMİN KUTU		KORDİNAT N-S (Y)		KORDİNAT E-W (X)		4439232,91		809502,47		14.00 m		UU		SPT		PR		ZEMİN PROFLİ		ZEMİN SİMEK		ZEMİN TANITILMASI											
MACHINE TYPE		RIG TYPE		GWS-300		ROTARY		KORDİNAT N-S (Y)		KORDİNAT E-W (X)		OFFSET (M)		DEPTH (M)		STATION (KM)		GROUND ELEVATION		1805,4		TOPCAM (ADET)		TOTAL (BAÇR)		KAROT %		RÖL %		Proşanmen		Temi Branş		Sarımsı (M) İndi		ZEMİN PROFLİ		ZEMİN SİMEK		ZEMİN TANITILMASI	
BAŞLAMA TARİHİ		BİTİŞ TARİHİ		KORDİNAT N-S (Y)		KORDİNAT E-W (X)		OFFSET (M)		DEPTH (M)		STATION (KM)		GROUND ELEVATION		1805,4		TOPCAM (ADET)		TOTAL (BAÇR)		KAROT %		RÖL %		Proşanmen		Temi Branş		Sarımsı (M) İndi		ZEMİN PROFLİ		ZEMİN SİMEK		ZEMİN TANITILMASI					
BAŞLAMA TARİHİ		BİTİŞ TARİHİ		KORDİNAT N-S (Y)		KORDİNAT E-W (X)		OFFSET (M)		DEPTH (M)		STATION (KM)		GROUND ELEVATION		1805,4		TOPCAM (ADET)		TOTAL (BAÇR)		KAROT %		RÖL %		Proşanmen		Temi Branş		Sarımsı (M) İndi		ZEMİN PROFLİ		ZEMİN SİMEK		ZEMİN TANITILMASI					
BAŞLAMA TARİHİ		BİTİŞ TARİHİ		KORDİNAT N-S (Y)		KORDİNAT E-W (X)		OFFSET (M)		DEPTH (M)		STATION (KM)		GROUND ELEVATION		1805,4		TOPCAM (ADET)		TOTAL (BAÇR)		KAROT %		RÖL %		Proşanmen		Temi Branş		Sarımsı (M) İndi		ZEMİN PROFLİ		ZEMİN SİMEK		ZEMİN TANITILMASI					
BAŞLAMA TARİHİ		BİTİŞ TARİHİ		KORDİNAT N-S (Y)		KORDİNAT E-W (X)		OFFSET (M)		DEPTH (M)		STATION (KM)		GROUND ELEVATION		1805,4		TOPCAM (ADET)		TOTAL (BAÇR)		KAROT %		RÖL %		Proşanmen		Temi Branş		Sarımsı (M) İndi		ZEMİN PROFLİ		ZEMİN SİMEK		ZEMİN TANITILMASI					
BAŞLAMA TARİHİ		BİTİŞ TARİHİ		KORDİNAT N-S (Y)																																					

EK 1 Sondaj Logları (devam)

ZEMİN SONDAJ LOGU SOIL BORING LOG															SONDAJ NUMARASI BORING NUMBER SK-31	
MARKE TİPİ	RİG TİPİ	GMS-300	KOORDİNAT N-S(Y)	KOORDİNAT E-W(X)	4439232,91											
SONDAJ METODU	DİLLİNG METHODU	ROTARY	KOORDİNAT U-S(X)	KOORDİNAT E-W(X)	805502,47											
BASLAMA TARİHİ	START DATE		SAPMA (M)	OFFSET (M)												
BİTİŞ TARİHİ	FINISH DATE		DERİNLİK (M)	DEPTH (M)	14.00 m											
İSTASYON (KM)	STATION (KM)	Km: 83+913 (155 m GD)	NUMUNE TESTİ	SAMPLE TEST	UU	SPT	BSI	PR								
ZEMİN KOTU	GROUND ELEVATION	1805,4	TOPLAM (ADET)	TOTAL (BLCH)												
SONDAJ DERİNLİĞİ (m)	TAHAKKA DERİNLİĞİ (m)	HAZIRLAMA DERİNLİĞİ (m)	HAZIRLAMA DERİNLİĞİ (m)	HAZIRLAMA DERİNLİĞİ (m)	HAZIRLAMA DERİNLİĞİ (m)	HAZIRLAMA DERİNLİĞİ (m)	HAZIRLAMA DERİNLİĞİ (m)	HAZIRLAMA DERİNLİĞİ (m)	HAZIRLAMA DERİNLİĞİ (m)	HAZIRLAMA DERİNLİĞİ (m)	HAZIRLAMA DERİNLİĞİ (m)	HAZIRLAMA DERİNLİĞİ (m)	HAZIRLAMA DERİNLİĞİ (m)	HAZIRLAMA DERİNLİĞİ (m)		
30 CM ÇİFTİN CARBE SAYI/B BLOWS PER 30 CM	STANDARD PENETRATION GRAPH	KAROT % CORE %	RCB %	Presizyon	Yerli İstisnai	Bazı (m) Tuti	ZEMİN PROFİLİ SOIL GROUND	YER ALTI SUYU DURUMU - GROUND WATER DATA								
15	30	45	10	20	30	40										
4,00 m																
ZEMİN TANITILMASI																
11 Çakıllı KİL Siyahimsi renkli.																
12 11.00 m																
13 ŞİST																
14 14.00 m																
15 Kuyu Sonu																
16																
17																
18																
19																
20																
NUMUNE ALICI TİPİ-SAMPLER TYPE																
TANIMLAR/DESCRIPTIONS																
SONDOR - DRILLER İSİMİ/NAME																
MÜHÜRÖR - ENGINEER İSİMİ/NAME																
KONTROL - CHECKED İSİM/NAME																
İSARETLER/MARKS																
ORANLAR/PROPORTIONS																
AYRISMA																
TANIM																
WEATHERING																
DAYANIMLIK/TANIM																
STRONG																
M. STR.																
M. WEAK																
V. WEAK																
V. WEAK																

EK 2 Laboratuvar Deney Sonuçları



AKADEMİ ZEMİN MEKANİĞİ LABORATUVARI
Alinteri Bulvarı 1151.Sokak Gül 86 Sitesi No: 1/80-81 Ostim - ANKARA
Tel: 0(312) 385 67 67, Faks:0(312) 385 59 52

DENEY RAPORU



PROJE ADI: **KAĞIZMAN-AĞRI DEVLET YOLU**

LAB. KAYIT NO: **AKD-13-011-251**

Sondaj No	Numune No	Derinlik (m)	Özgül Ağırlık (Gs)	Su İçeriği (%)	Hidrometre	Doğal Birim Hacim Ağırlık (kN/m³)	Kuru Birim Hacim Ağırlık (kN/m³)	Elek Analizi		Atterberg Limitleri			Zemin Sınıfı	Tek Eksenli Basınç Deneyi	Nokta Yükleme Deneyi	Direk Kesme Deneyi				Üç Eksenli Basınç Deneyi (UU)		Konsolidasyon Deneyi				
								No. 4 Kalan (%)	200 Geçen (%)	LL (%)	PL (%)	PI (%)				USCS	q _s (kgf/cm²)	I _p (kgf/cm²)	Pik		Rezidüel		c (kPa)	φ (°)	Şişme Yüzdesi (%)	Şişme Basıncı (kgf/cm²)
																			c _{pik} (kPa)	φ _{pik} (°)	c _r (kPa)	φ _{pik} (°)				
SK-21	UD-1	3,00		19,3		18,28	15,32	4,7	65,1	70,0	28,9	41,1	CH							72	8					
SK-21	UD-2	6,00		19,5				0,0	93,1	55,2	27,8	27,4	CH													
SK-21	UD-3	9,00		25,5		18,24	14,53	0,0	85,3	67,2	28,4	38,8	CH							60	8					
SK-21	UD-4	15,00		17,7				0,0	75,5	52,6	23,5	29,1	CH													
SK-21	SPT-12	18,00		19,7				0,0	92,2	57,2	25,9	31,3	CH													
SK-21	SPT-16	24,00		22,1				0,0	95,1	54,1	23,1	31,0	CH													
SK-21	SPT-18	27,00		20,1				0,0	92,2	52,6	25,0	27,6	CH													
SK-22	UD-1	3,00		17,2				0,0	84,5	38,1	17,7	20,4	CL													
SK-22	UD-2	6,00		25,7		18,26	14,53	4,4	66,1	47,1	22,3	24,8	CL			11	30	2	14	63	7					
SK-22	UD-3	9,00		24,1		18,39	14,82	0,0	91,2	60,1	26,5	33,6	CH			17,8	32	2	18	91	6	1,45	0,151			
SK-22	SPT-8	12,00		12,3				5,3	41,5	26,0	15,3	10,7	SC													

Deney Sorumlusu
Jeoloji Müh. Fatih GÖVEN

Lab. Deneyi Müh.
Jeoloji Müh. Serdar DEMİR
Belge No: 20466

*Proje ve adres bilgileri firma beyanındır.
*Deneyler, talep sahibi firma tarafından laboratuvarımıza teslim edilen veya gönderilen numuneler üzerinde gerçekleştirilmiştir.
*Deney sonuçları kimsen veya kurumun laboratuvarımızın izni olmadan kopyalanamaz.
*Laboratuvarımız 4708 Sayılı İşletim Hakkında Kararın Gereği Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından verilen 17/10/2003 tarih ve 67 No' lu Laboratuvar İzin Belgesine Sahiptir.

FR.103/REV.NO/TARİH:00/20.03.2012

(EK 2 Laboratuvar Deney Sonuçları devam)



AKADEMİ ZEMİN MEKANİĞİ LABORATUVARI
Alınteri Bulvarı 1151.Sokak Gül 86 Sitesi No: 1/80-81 Ostim - ANKARA
Tel: 0(312) 385 67 67 - Faks: 0(312) 385 59 52

DENEY RAPORU



PROJE ADI: **KAĞIZMAN-AĞRI DEVLET YOLU**
LAB. KAYIT NO: **AKD-13-011-251**

Çukur / Sondaj No.	Numune No	Derinlik (m)	Özgöl Ağırlık (Gs)	Su İçeriği (%)	Hidrometre	Doğal Birim Hacim Ağırlık (kN/m³)	Kuru Birim Hacim Ağırlık (kN/m³)	Elek Analizi		Atterberg Limitleri			Zemin Sınıfı	Tek Eksenli Basınç Deneyi	Nokta Yükleme Deneyi	Direk Kesme Deneyi				Üç Eksenli Basınç Deneyi (UU)		Konsolidasyon Deneyi				
								No. 4 Kalan (%)	200 Geçen (%)	LL (%)	PL (%)	PI (%)				USCS	q _a (kgf/cm²)	I _p (kgf/cm²)	Pik		Rezidüel		c (kPa)	φ (°)	Şişme Yüzdesi (%)	Şişme Basıncı (kgf/cm²)
																			c _{pik} (kPa)	φ _{pik} (°)	c _r (kPa)	φ _r (°)				
SK-23	SPT-1	1,50		9,3				5,8	57,3	31,1	16,7	14,4	CL													
SK-23	UD-1	3,00		23,1		18,14	14,74	2,2	77,1	51,2	22,7	28,5	CH							62	6					
SK-23	SPT-2	3,50		13,6				0,0	94,2	58,2	29,1	29,1	CH													
SK-23	SPT-3	4,50		27,3				0,0	92,9	51,5	24,2	27,3	CH													
SK-23	UD-2	6,00		20,5		18,09	15,01	2,5	74,4	44,1	22,3	21,8	CL			15	30	2	16			0,63	0,072			
SK-23	SPT-5	7,50		34,1				0,0	85,2	41,5	20,3	21,2	CL													
SK-23	UD-3	9,00		33,5		17,79	13,33	0,0	89,7	40,1	20,1	20,0	CL									0,75	0,081			
SK-23	SPT-7	10,50		25,2				0,0	91,5	60,3	27,0	33,3	CH													
SK-23	UD-4	12,00		23,2		19,25	15,17	0,0	93,1	41,0	20,1	20,9	CL							95	8					
SK-24	SPT-1	1,50		31,1				0,0	93,3	56,5	23,0	33,5	CH													
SK-24	UD-1	3,00		39,4		18,08		0,0	96,5	64,2	31,5	32,7	CH			12	27	0	19							
SK-24	UD-2	6,00		26,8		18,32	14,45	0,0	88,3	59,5	26,7	32,8	CH							60	8					
SK-24	UD-3	9,00		42,3				4,1	69,1	44,2	21,2	23,0	CL													
SK-24	SPT-7	11,50		22,2				0,0	90,9	52,4	24,0	28,4	CH													
SK-24	SPT-8	12,00		21,5				0,0	92,4	55,1	23,0	32,1	CH													
SK-24	SPT-11	16,50		12,3				0,0	86,0	52,6	22,8	29,8	CH													

Deney Sorumlusu
Jeoloji Müh. Fatih GÜVEN

*Proje ve adres bilgileri firma beyanındır.
*Deneyler, talep sahibi firma tarafından laboratuvarımıza teslim edilen veya gönderilen numuneler üzerinde gerçekleştirilmiştir.
*Deney sonuçları kesme veya sıkıştırma laboratuvarımızın izni olmadan kopyalanamaz.
*Laboratuvarımız 4708 Sayılı Zemin Denetim Hakkında Kanun Gereği Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından verilen 17/10/2003 tarih ve 67 No' lu Laboratuvar İzin Belgesine Sahiptir.

Lab. Denetçi Müh.
Jeoloji Müh. Sertan DEMİR
Belge No: 20468

FR.103/REV.NO/TARİH:00/20.03.2012

EK 2 Laboratuvar Deney Sonuçları (devam)



AKADEMİ ZEMİN MEKANİĞİ LABORATUVARI
Alinteri Bulvarı 1151.Sokak Gül 86 Sitesi No: 1/80-81 Ostim - ANKARA
Tel: 0(312) 385 67 67, Faks: 0(312) 385 59 52

DENEY RAPORU



PROJE ADI: KAĞIZMAN-AĞRI DEVLET YOLU

LAB. KAYIT NO: AKD-13-011-251

Çukur / Sondaj No.	Numune No	Derinlik (m)	Özgül Ağırlık (Gs)	Su İçeriği (%)	Hidrometre	Doğal Birim Hacim Ağırlık (kN/m³)	Kuru Birim Hacim Ağırlık (kN/m³)	Elek Analizi		Atterberg Limitleri			Zemin Sınıfı	Tek Eksenli Basınç Deneyi	Nokta Yükleme Deneyi	Direk Kesme Deneyi				Üç Eksenli Basınç Deneyi (UU)		Konsolidasyon Deneyi				
								No. 4 Kalan (%)	200 Geçen (%)	LL (%)	PL (%)	PI (%)				USCS	q _u (kgf/cm²)	I _p (kgf/cm²)	Pik		Rezidüel		c (kPa)	φ (°)	Şişme Yüzdesi (%)	Şişme Basıncı (kgf/cm²)
																			c _{pik} (kPa)	φ _{pik} (°)	c _r (kPa)	φ _{pik} (°)				
SK-25	SPT-1	1,50		25,8				0,0	91,2	61,2	27,5	33,7	CH													
SK-25	UD-1	3,00		18,3		17,92	14,55	0,0	78,1	61,5	27,8	33,7	CH			20	22	1	15	66	5					
SK-25	UD-2	6,00		38,1		18,45		0,0	95,8	63,4	30,4	33,0	CH			15	31	3	19							
SK-25	UD-3	9,00		23,2		18,55	15,11	0,0	92,2	57,5	24,5	33,0	CH							76	7					
SK-25	SPT-8	12,00		27,5				8,5	54,3	50,0	20,3	29,7	CH													
SK-25	UD-4	14,50		22,3		19,36	15,18	0,0	95,2	40,0	17,7	22,3	CL							98	6					
SK-26	SPT-1	1,50		28,2				0,0	94,4	56,2	23,9	32,3	CH													
SK-26	UD-1	3,00		38,6		18,22		0,0	96,1	58,5	27,8	30,7	CH			16	23	2	15							
SK-26	UD-2	6,00		22,1		18,51	15,31	0,0	85,3	83,5	34,1	49,4	CH							73	8					
SK-26	UD-3	8,50		20,9		18,89	15,47	0,0	91,4	70,0	27,1	42,9	CH							78	12					
SK-26	SPT-7	12,00		19,0				0,0	89,1	52,5	23,4	29,1	CH													
SK-26	SPT-9	15,00		28,6				0,0	90,1	45,2	19,0	26,2	CL													
SK-28	SPT-1	1,50		8,2				4,2	67,9	31,3	18,4	12,9	CL													
SK-28	SPT-2	3,00		7,2				24,0	51,1	31,3	16,7	14,6	CL													
SK-28	SPT-3	4,50		9,7				2,7	69,9	36,8	9,1	27,7	CL													

Deney Sorumlusu
Jeoloji Müh. Fatih GÜVEN

Lab. Denetçi Müh.
Jeoloji Müh. Sertan DEMİR
Belge No: 20466

*Proje ve adres bilgileri firma beyanındır.
*Deneyler, talep sahibi firma tarafından laboratuvarımıza teslim edilen veya gönderilen numuneler üzerinde gerçekleştirilmiştir.
*Deney sonuçları kısmen veya tamamen laboratuvarımızın izni olmadan kopyalanamaz.
*Laboratuvarımız 4708 Sayılı "Yapı Denetim Hakkında Kararın Gerekli Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından verilen 17/10/2003 tarih ve 67 No' lu Laboratuvar İzin Belgesine Sahiptir.

FR.103/REV.NO/TARİH:00/20.03.2012

EK 2 Laboratuvar Deney Sonuçları (devam)



AKADEMİ ZEMİN MEKANİĞİ LABORATUVARI
Alinteri Bulvarı 1151.Sokak Gül 86 Sitesi No: 1/80-81 Ostim - ANKARA

Tel: 0(312) 385 67 67, Faks: 0(312) 385 59 52

DENEY RAPORU



PROJE ADI: **KAĞIZMAN-AĞRI DEVLET YOLU**

LAB. KAYIT NO: **AKD-13-011-251**

Çukur / Sondaj No.	Numune No	Derinlik (m)	Özgöl Ağırlık (Gs)	Su İçeriği (%)	Hibrometre	Doğal Birim Hacim Ağırlık (kN/m ³)	Kuru Birim Hacim Ağırlık (kN/m ³)	Elek Analizi		Atterberg Limitleri			Zemin Sınıfı	Tek Eksenli Basınç Deneyi	Nokta Yükleme Deneyi	Direk Kesme Deneyi		Üç Eksenli Basınç Deneyi (UU)		Konsolidasyon Deneyi	
								No. 4 Kalan (%)	200 Geçen (%)	LL (%)	PL (%)	PI (%)				Pik	Razidüel	c (kgf/cm ²)	φ (°)	Şişme Yüzdesi (%)	Şişme Basıncı (kgf/cm ²)
SK-28	SPT-4	6,50		9,4				3,6	64,2	32,1	17,2	14,9	CL								
SK-28	SPT-5	7,50		17,3				0,0	90,2	33,2	16,8	16,4	CL								
SK-28	SPT-8	9,50		24,8				0,0	94,1	64,1	29,8	34,3	CH								
SK-28	SPT-9	12,00		20,8				0,0	92,6	61,2	25,4	35,8	CH								
SK-29	SPT-1	1,50		19,5				0,0	92,6	57,1	27,6	29,5	CH								
SK-29	SPT-3	4,50		16,5				0,0	91,5	63,4	26,3	37,1	CH								
SK-29	UD-2	6,00		19,7		18,32		0,0	90,6	42,7	17,3	25,2	CL			17	25	3	17		
SK-29	UD-3	9,00		24,0		18,81	15,17	2,7	74,1	37,1	22,2	14,9	CL	2,77							
SK-29	SPT-9	13,50		13,7				2,5	79,1	35,4	18,7	16,7	CL								
SK-30	UD-1	3,00		12,8				3,8	61,4	39,8	18,2	21,6	CL								
SK-30	SPT-8	12,00		7,1				15,5	39,2	32,5	16,1	16,4	SC								
SK-30	SPT-11	16,50		15,1				0,0	84,1	32,3	17,2	15,1	CL								
SK-30	SPT-13	19,50		14,3				8,1	58,0	29,3	16,6	12,7	CL								

Deney Sorumlusu
Jeoloji Müh. Fatih GÜVEN

*Proje ve adres bilgileri firma beyanındır.
*Deneyler, talep sahibi firma tarafından laboratuvarımıza teslim edilen veya gönderilen numuneler üzerinde gerçekleştirilmiştir.
*Deney sonuçları kısmen veya tamamen laboratuvarımızın izni olmadan kopyalanamaz.
*Laboratuvarımız 4708 Sayılı "Yapı Denetim Hakkında Kanun Gereği Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından verilen 17/10/2003 tarih ve 67 No' lu Laboratuvar İzin Belgesine Sahiptir.

Lab. Denetçi Müh.
Jeoloji Müh. Sertan DEMİR
Belge No: 20068

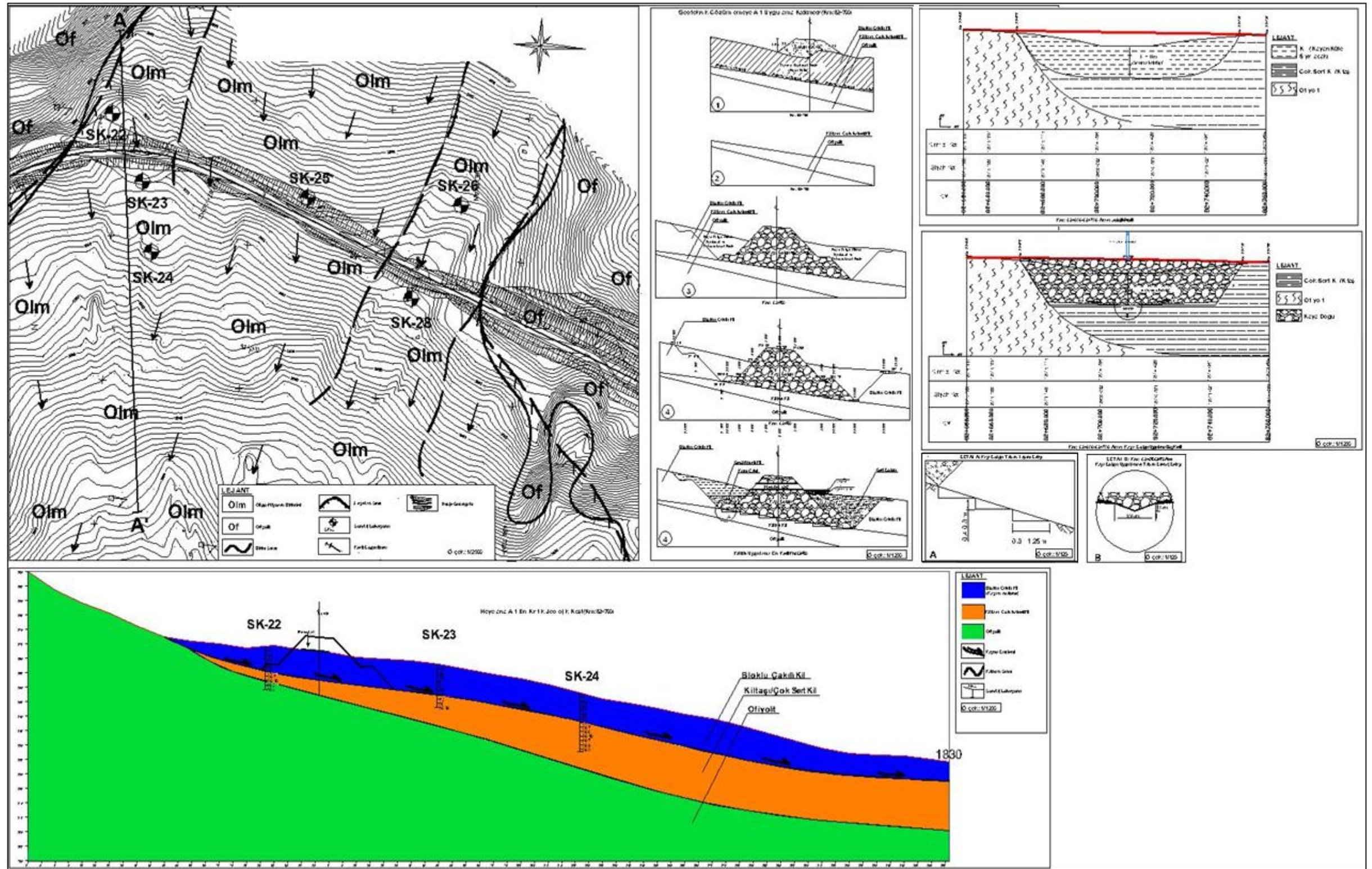
FR.103/REV.NO/TARİH:06/20.03.2012

190

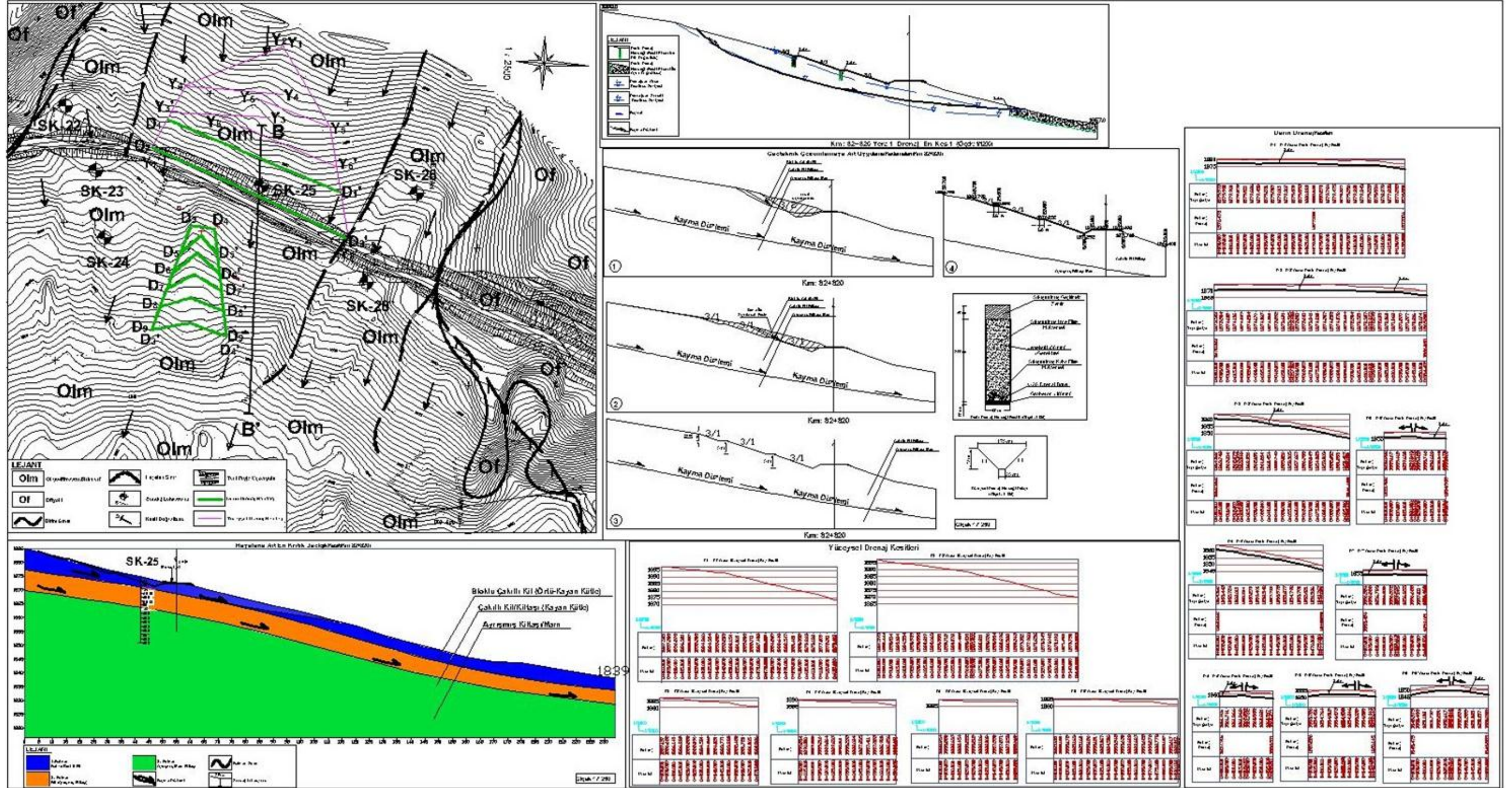


FR.103/REV.NO/TARIHI:00/20.03.2012

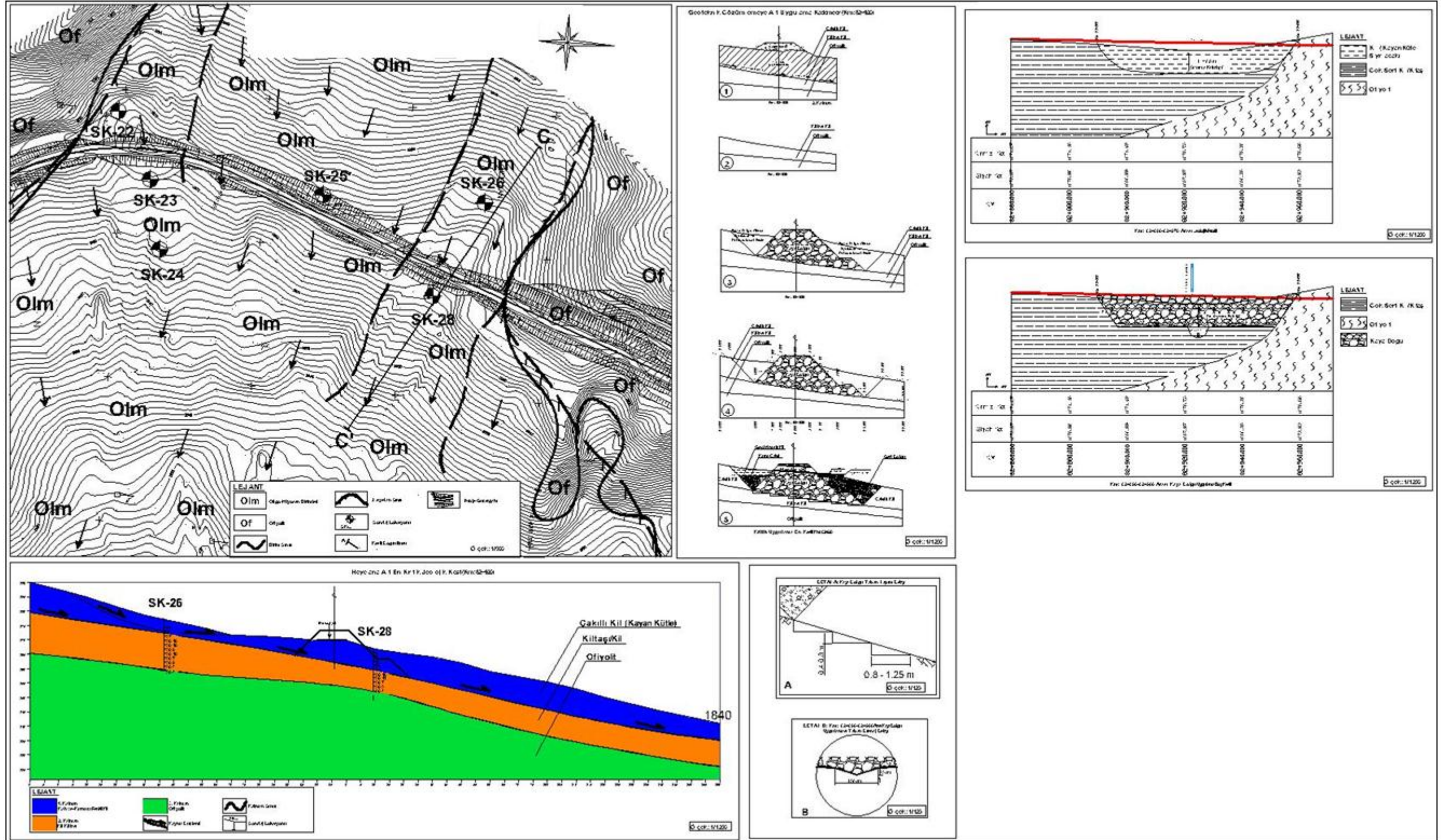
EK 3 H.1 Heyelanına Ait Jeolojik-Jeoteknik Plan-Profiller İle Çözüm Aşamaları



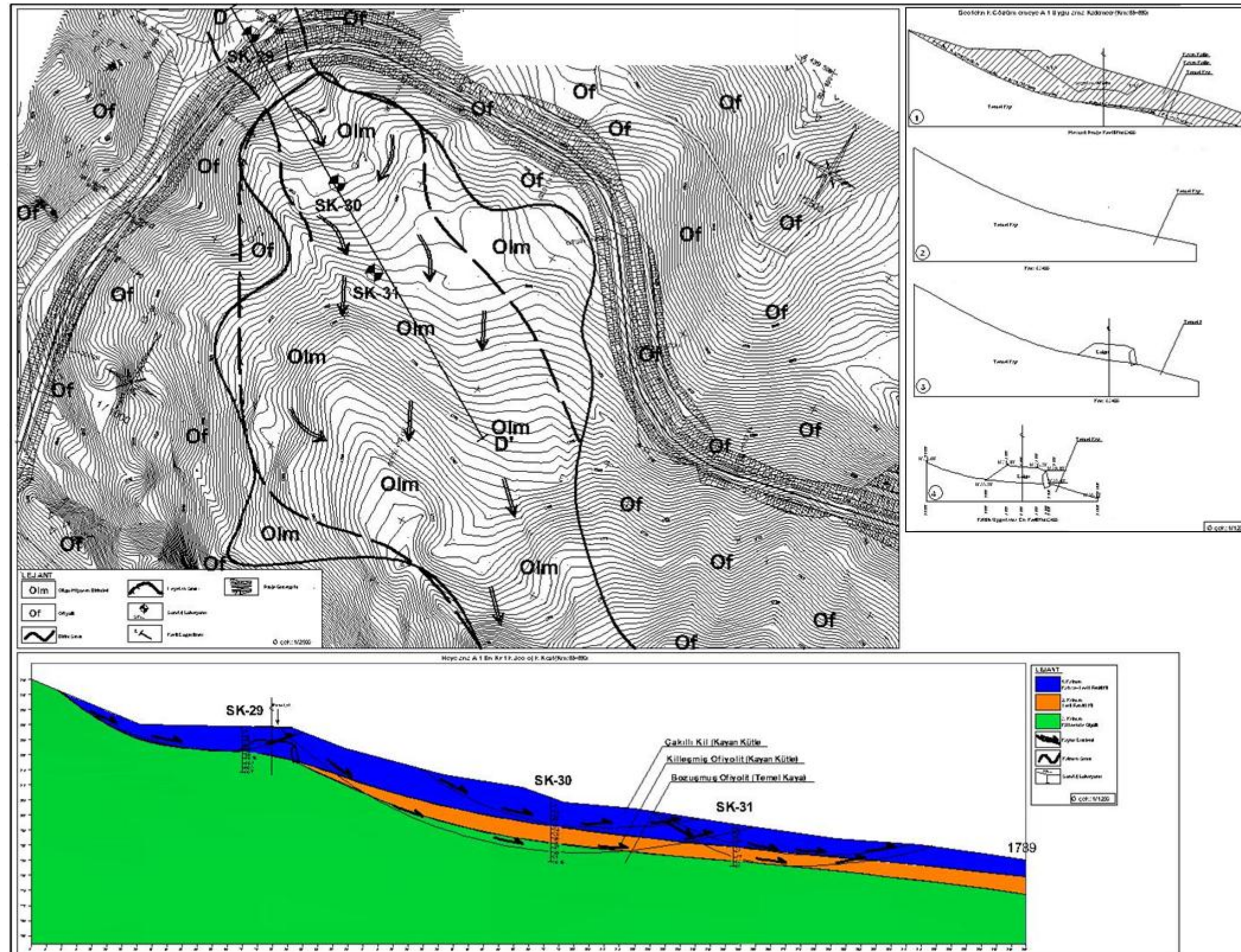
EK 3 H.2 Heyelanına Ait Jeolojik-Jeoteknik Plan-Profiller İle Çözüm Aşamaları (devam)



EK 3 H.3 Heyelanına Ait Jeolojik-Jeoteknik Plan-Profiller İle Çözüm Aşamaları (devam)



EK 3 H.4 Heyelanına Ait Jeolojik-Jeoteknik Plan-Profiller İle Çözüm Aşamaları (devam)



ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Emine ERTEKİN YARDIMCI

Doğum Yeri : Ankara

Doğum Tarihi : 10.04.1978

Medeni Hali : Evli

Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Sokullu Mehmet Paşa Lisesi (1995)

Lisans: Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği B. (2000)

Yüksek Lisans: Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği ABD
(Şubat 2004 – Ocak 2018)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl

SİSTEM-7 Sondaj İnş. Tic. Ltd. Şti.	2000-2006
KIRMIZI Müş. Müh. Ltd. Şti.	2006-2010
İNPRO Müh. A.Ş.	2010-2014
GETİNSA-İNPRO Ortak Girişimi Otoyol Proje Müş. Teşkilatı	2014-2017
İNPRO Müh. A.Ş.	2017-Devam

Ulusal Kongre Sunum

Ertekin Yardımcı, E., Kayabalı, K., Alagöz, Y., Sarıalioğlu, Ş. 2016. Ağrı-Kağızman Yolu Boyunca Oluşan Heyelanların Anatomisi ve Uygulanabilir Çözüm Önerileri. 69. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Ankara.