

**KARABÜK-YENİCE YOLU, BOLKUŞ KÖYÜ CİVARI  
KM: 12+200-12+600 ARASI HEYELAN İNCELEMESİ**

**İbrahim SEZİŞER**

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ADANA  
OCAK 1997**

Çukurova Üniversitesi  
Jeoloji Mühendisliği  
Uygulamalı Jeoloji Ana Bilim Dalı

Çukurova Üniversitesi  
Araştırma Fonu  
Proje No: FBE 96-95

**KARABÜK-YENİCE YOLU BOLKUŞ KÖYÜ CİVARI KM: 12+200-  
12+600 ARASI HEYELAN İNCELEMESİ**

**LANDSLIDES INVESTIGATION ALONG THE KARABÜK-YENİCE  
ROAD AROUND BOLKUŞ VILLAGE (KM:12+200-12+600)**

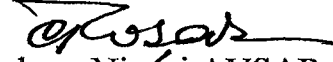
**Proje Yöneticisi: Doç. Dr. Niyazi AVŞAR  
Yardımcı Araştırmacı: İbrahim SEZİŞER**

Çukurova Üniversitesi Araştırma Fonu desteği ile yapılan bu proje Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında İbrahim SEZİŞER'in Master Tezi olarak kabul edilmiştir.

**ADANA  
Ocak 1997**

Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne,

Bu çalışma, jürimiz tarafından Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.



Başkan: Niyazi AVŞAR




Üye: Prof. Dr. Aziz ERTUNÇ



Üye: Yrd. Doç. Dr. Şaziye ABACI

Kod No: 1227

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylıyorum.



Prof. Dr. Ural DINC  
Enstitü Müdürü

# İÇİNDEKİLER

|   | <u>sayfa no</u> |
|---|-----------------|
| İÇİNDEKİLER.....                                    | I               |
| ŞEKİL LİSTESİ.....                                  | III             |
| ÇİZELGE LİSTESİ .....                               | IV              |
| RESİM LİSTESİ.....                                  | V               |
| ÖZ .....  | VI              |
| ABSTRACT.....                                       | VII             |
| 1. GİRİŞ .....                                      | 1               |
| 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR .....                          | 4               |
| 3. MATERYAL VE METOD.....                           | 6               |
| 3.1. Materyal .....                                 | 6               |
| 3.2. Metod.....                                     | 6               |
| 4. ARAŞTIRMA BULGULARI .....                        | 8               |
| 4.1. Karabük-Yenice Karayolu.....                   | 8               |
| 4.2. Genel Jeoloji.....                             | 8               |
| 4.2.1. Yılanlı Formasyonu (Dy) .....                | 9               |
| 4.2.2. Ulus Formasyonu (Kru) .....                  | 13              |
| 4.2.3. Yamaç Molozu (Qym).....                      | 14              |
| 4.2.4. Alüvyon (Qal).....                           | 15              |
| 4.3. Mühendislik Jeolojisi.....                     | 15              |
| 4.3.1. Kireçtaşının Mühendislik Özellikleri .....   | 16              |
| 4.3.2. Şistin Mühendislik Özellikleri.....          | 17              |
| 4.3.3. Yamaç Molozunun Mühendislik Özellikleri..... | 19              |
| 4.3.4. Topoğrafik Konum .....                       | 19              |
| 4.3.5. Hidrojeoloji .....                           | 20              |

|  |    |
|--|----|
| 4.3.6. Bitki Örtüsü .....  | 28 |
| 4.3.7. Deprem Durumu.....  | 31 |
| 4.3.8. Heyelanlar .....  | 35 |
| 4.3.8.1. Bolkuş Köyü Heyelanı .....                              | 37 |
| 4.3.8.2. Jeofizik Uygulama .....                                 | 41 |
| 4.3.9. Mekanik Stabilite Analizleri .....                        | 43 |
| 4.3.10. Islah Çalışmaları.....                                   | 45 |
| 4.3.10.1 Islah Projesi No 1.....                                 | 47 |
| 4.3.10.2 Islah Projesi No 2.....                                 | 47 |
| 4.3.10.3 Islah Projesi No 3.....                                 | 47 |
| 4.3.11. Süreksizliklerin Kontrolü Altında Oluşacak Kaymalar..... | 48 |
| 5. SONUÇLAR.....   | 53 |
| ÖZET.....  | 56 |
| SUMMARY.....   | 58 |
| KAYNAKLAR.....   | 60 |
| TEŞEKKÜR .....   | 63 |
| ÖZGEÇMİŞ.....  | 64 |
| EKLER .....  | 65 |
| Ek. 1. Bolkuş Köyü civarı heyelan haritası (Km: 12+300-12+600)   |    |
| Ek. 2. Km: 12+375' deki Palyelerde özdirenç kesiti (G-K)         |    |
| Ek. 3. Km:12+490' daki heyelanda özdirenç kesiti (KB-GD)         |    |
| Ek. 4. Km: 12+490'daki heyelanda özdirenç kesiti (G-K)           |    |
| Ek. 5. Model-1   |    |
| Ek. 6. Model-2   |    |
| Ek. 7. Model-3   |    |
| Ek. 8. Model-4   |    |
| Ek. 9. Model-5   |    |
| Ek. 10. Model-6  |    |
| Ek. 11. Model-7  |    |
| Ek. 12. Model-8  |    |
| Ek. 13. Model-9 Ek. 14. Model-10                                 |    |

## ŞEKİL LİSTESİ

|   | <u>sayfa no</u> |
|---|-----------------|
| <b><u>Sekil 1</u></b> Çalışma alanının yer bulduru haritası.....  | 2               |
| <b><u>Sekil 2</u></b> Çalışma sahası ve yakın civarının genel jeoloji haritası.....   | 10              |
| <b><u>Sekil 3</u></b> Çalışma sahası ve yakın civarının genelleştirilmiş dikme kesiti.....  | 11              |
| <b><u>Sekil 4</u></b> Çalışma alanının topoğrafik haritası.....   | 21              |
| <b><u>Sekil 5</u></b> Çalışma alanının 3-boyutlu blok diyagramı.....  | 22              |
| <b><u>Sekil 6</u></b> Çalışma alanı ve yakın civarının 1980-1995 yıllarına ait ortalama yağış miktarlarının aylara göre dağılımı..... | 27              |
| <b><u>Sekil 7</u></b> Çalışma alanı ve yakın civarının bitki örtüsü haritası.....   | 30              |
| <b><u>Sekil 8</u></b> Magnitüt Frekans İlişkisi.....  | 34              |
| <b><u>Sekil 9</u></b> Çalışma alanını karakterize eden yamaç kesiti.....  | 36              |
| <b><u>Sekil 10</u></b> Hoek ve Bray çözümünde kullanılan şev geometrisi.....  | 49              |

## ÇİZELGE LİSTESİ

|  | <i><u>sayfa no</u></i> |
|--|------------------------|
| <b><u>Çizelge 1.</u></b> Yenice meteoroloji istasyonundan alınan çalışma sahasının 1980-1995 yılları arası aylık yağış kayıtları (kg/m <sup>2</sup> /ay). .... | 26                     |
| <b><u>Çizelge 2</u></b> Karabük meteoroloji istasyonundan alınan çalışma sahasının 1981-1982 yıllarına ait aylık yağış kayıtları (kg/m <sup>2</sup> /ay). .... | 26                     |
| <b><u>Çizelge 3</u></b> Karabük meteoroloji istasyonundan alınan çalışma sahasının 1994 yılı aylık yağış kayıtları (kg/m <sup>2</sup> /ay). ....               | 26                     |
| <b><u>Çizelge 4</u></b> Karabük ili ve çevresindeki tarihsel depremler .....   | 32                     |
| <b><u>Çizelge 5</u></b> Karabük ve çevresinde deprem tehlikesinin yüzde olarak oluş ihtimalleri ....   | 34                     |
| <b><u>Çizelge 6</u></b> Elektrik sondaj noktalarının penetrasyon derinlikleri.....   | 42                     |
| <b><u>Çizelge 7</u></b> Hoek ve Bray Modeli için gerekli veri tabanı ve hesaplamalar.....  | 52                     |

## RESİM LİSTESİ

|   | <u>sayfa no</u> |
|---|-----------------|
| <b><u>Resim 1</u></b> Yılanlı formasyonu.....   | 12              |
| <b><u>Resim 2</u></b> Kireçtaşı-şist dokanağı.....  | 18              |
| <b><u>Resim 3</u></b> Çatlaklı ve altere şist yapısı.....                                   | 18              |
| <b><u>Resim 4</u></b> Şistler içerisinde çıkan yeraltı suları.....                          | 24              |
| <b><u>Resim 5</u></b> Heyelan sahasında kurumuş bir dere yatağı.....                        | 24              |
| <b><u>Resim 6</u></b> Yoğun mevsim yağışlarıyla heyelan sahasında bir aşınma.....           | 25              |
| <b><u>Resim 7</u></b> Km:12+900'de meydana gelen küçük çaplı bir yamaç hareketi.....        | 38              |
| <b><u>Resim 8</u></b> Heyelanla birlikte oluşan gerilme çatlakları.....                     | 39              |
| <b><u>Resim 9</u></b> Kolüvyon içerisinde oluşan bir gerilme çatlağı.....                   | 39              |
| <b><u>Resim 10</u></b> Heyelanın yolu daralttığı kesim.....                                 | 40              |
| <b><u>Resim 11</u></b> Stabilite analizlerinde kullanılan şevin genel görünüşü (KD-GB)..... | 46              |
| <b><u>Resim 12</u></b> Stabilite analizlerinde kullanılan şevde yer alan palyeler.....      | 46              |

## ÖZ

Bu araştırma, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'ne bağlı olarak Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Araştırmanın amacını, karayollarındaki şev kazıları sırasında ortaya çıkan heyelan sorunları ve bunların ıslah edilmesi oluşturmaktadır. Halen yapımı sürmekte olan Karabük-Yenice karayolunun, Karabük'ten 12,5 kilometre uzaklıkta ve Karabük merkez ilçesine bağlı Bolkuş Köyü civarında, 1991 yılındaki yol açım işlemleri sırasında ve sonrasında meydana gelen heyelanın incelenmesi ve uygun mühendislik çözümlerinin bulunması bu araştırma kapsamında incelenmiştir.

Bu yolun yaklaşık 1 kilometrelik kısmı incelenmek üzere seçilmiş, bu alanda izlenen yamaç molozu-kolüvyon, şist ve kireçtaşlarından oluşan kazı şevlerinde potansiyel kayma yüzeyleri ayrılmış şist içinde oluşmaktadır. Özellikle dinamik koşullar altında duraysızlık problemleri artmaktadır. Bu nedenle litolojik birimlerin jeolojik ve mühendislik özellikleri araştırılmış ve duraysızlığı oluşturan jeoteknik özellikler belirlenmeye çalışılmıştır.

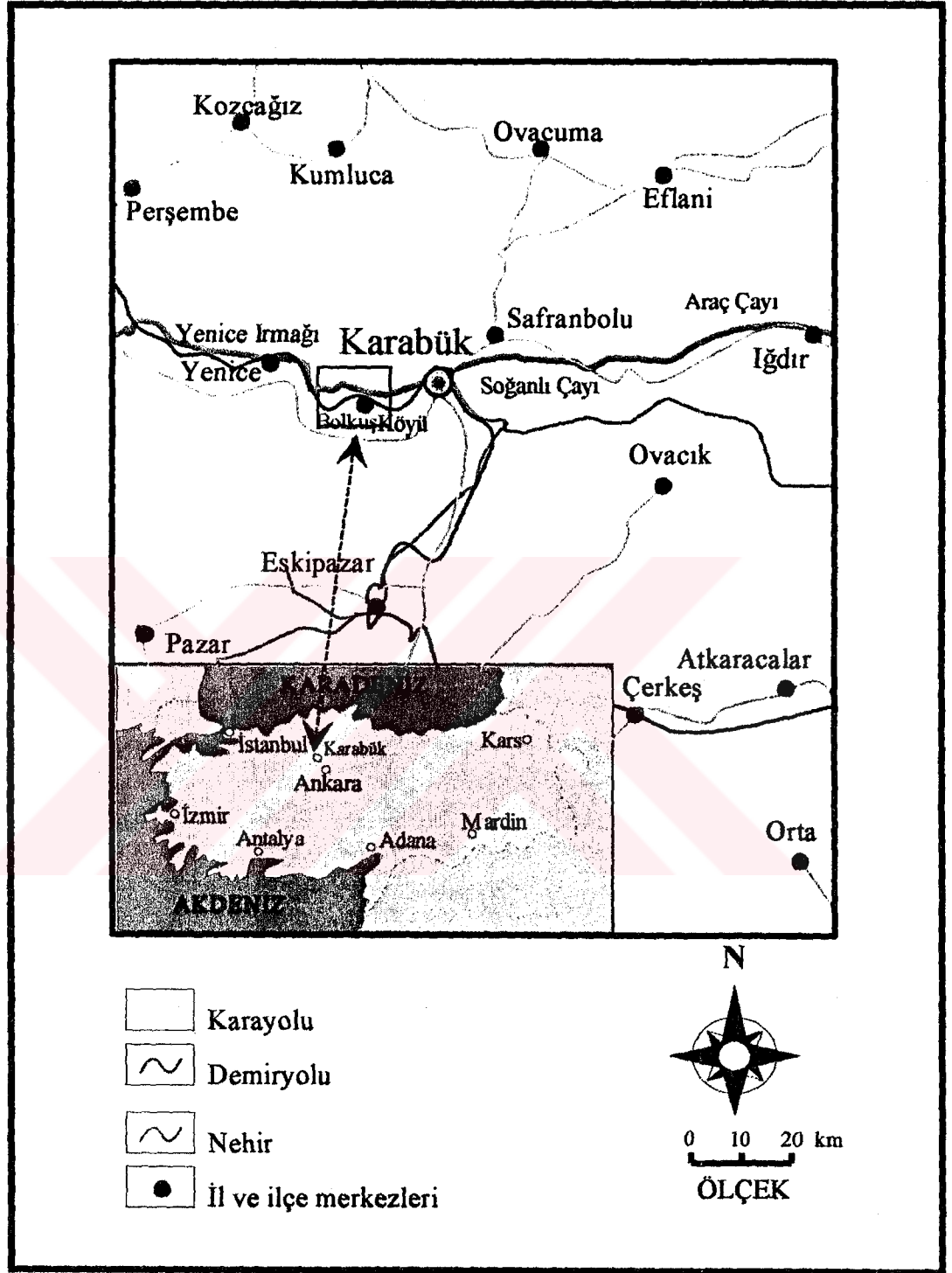
## **ABSTRACT**

This study is prepared as a MSc thesis in the Geological Engineering Department at Çukurova University.

The aim of this study is to investigate landslides that occur at the time of slope excavation during road constructions. In this study, I examined and recommended solutions for the slope-stability problems of Karabük-Yenice highway that has been constructed since 1991.

A representative section (1km) of this road has been chosen for detail investigation in this area where debris-flow, alluvium, schist and limestone were the dominant rock units, and potential slide-planes were present in the altered schists. Particularity the stability problems would be active in dynamic conditions.

Geologic and geotechnical features of the dominant rock types in the area have been investigated in detail and the geotechnical features making the stability problems are marked in order to solve the present problems.



Şekil 1 Çalışma sahasının yer bulduru haritası.

## 1. GİRİŞ

Bu araştırma, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsüne bağlı olarak Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır. Araştırmanın amacını, karayolu çalışmalarında karşılaşılan heyelanların araştırılması ve bunların mekanik analiz yöntemleri ile çözümünü oluşturmaktır.

Çalışma sahası olarak Batı Karadeniz Bölgesinde, Karabük ile Yenice arasında yapımı süren devlet karayolu seçilmiştir. Yapımı sürmekte olan Karabük-Yenice karayolunun 12,5 kilometresinde bulunan Karabük merkeze bağlı Bolkuş Köyü civarı, 1991 yılındaki yol genişletmesi ve daha sonra yukarıdan gelen malzemelerin temizlenmesi sırasında değişik boyutlarda heyelanların etkisinde kalmıştır. Heyelanlar çevrede can kaybına sebep olmamış fakat yola çok büyük zarar vermiştir.

Karabük'ün güneybatısında bulunan çalışma alanının Karabük'e olan uzaklığı 12,5 kilometre, Karabük merkeze bağlı Yenice ilçesine olan uzaklığı 20 kilometre ve Bolkuş Köyü'ne olan uzaklığı ise 500 m' dir (Şekil 1). Oldukça engebeli bir topoğrafik yapıya sahip olan bölge kısmen, İç Anadolu'nun karasal, kısmen de Doğu Karadeniz kıyı şeridinin yağışlı iklimine sahiptir. Kışları soğuk ve yağışlı, yazları kısmen sıcak, serin ve az yağışlı geçmektedir. Yıllık yağış ortalaması  $86.40 \text{ kg/m}^2$ , en yüksek sıcaklık ortalaması Nisan ayından Ekim ayı sonuna kadar geçen zaman içinde  $14^\circ\text{C}$  ile  $30^\circ\text{C}$  arasında sıcaklık değişimleri olmaktadır.

Bu araştırmada, öncelikle çalışma sahası ve yakın civarının genel jeolojik konumu ortaya konmuştur. Daha sonra detaylı mühendislik jeolojisi çalışmalarının yürütüldüğü Yenice Irmağı güneybatı yamacında karayolu yapımı sırasında karşılaşılan heyelan sorunları üzerinde durulmuştur. Heyelanlara neden olan faktörlerin tam olarak ortaya konulabilmesi için; çalışma alanının topoğrafik konumu, hidrojeolojik konumu, bitki örtüsü özellikleri ve deprenselliği gibi özellikleri ayrıntılı olarak incelenmiştir.

Çalışma sahası içinde yer alan Bolkuş Köyü yakınlarında yol kazısı sırasında görülen ve etkin olarak sınıflandırılan heyelanlar detaylı incelenirken, muhtemel kaymaları önlemek için gerekli olan ıslah çalışmaları bu araştırma kapsamında projelendirilmiştir. Böylece, Karabük-Yenice arasında yapımı halen süren ve genelde oldukça dik kazı şevlerinden oluşan karayolunda görülen duraysızlık sorunlarına çözümler, yine bu araştırma kapsamında ortaya konmuştur.

Çalışmanın son kısmında, kaya şevlerinde karşılaşılan ve süreksizliklerin kontrolü altında gelişen düzlemsel kaymaların analitik çözümleri çalışma alanına uygulanmıştır.



## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Karabük ve yakın çevresinde bugüne kadar özellikle yörenin genel jeolojisi ile ilgili çalışmalar yapılmıştır. Ancak çalışma sahasının batı bölümünü kapsayan alanda arazi şartlarının elverişsiz olması nedeniyle sağlıklı çalışmalar yapılamamıştır. Bu araştırmalar sonucunda Karabük ve yakın çevresinin jeolojisi ayrıntılı olarak belirlenmiştir. Bölgede mühendislik jeolojisiyle ilgili olarak yalnızca Karayolları Genel Müdürlüğü Jeofizik Şefliği Servisi tarafından, heyelan bölgesinde yapılan jeofizik etüd raporu mevcuttur. Burada bu çalışmalardan bir kısmı özetlenecektir.

WALTER (1937); Karabük bölgesindeki kireçtaşlarına ait jeolojik gözlemlere yer vermiş, ayrıca granitler ve metamorfizma hakkındaki görüşlerini belirtmiştir. Kireçtaşları üzerinde görülen fliş serisi şistlerinin Ulus formasyonu içerisindeki volkanik-mağmatik olaylar sonucu oluştuğunu belirtmiştir.

WIJKERSLOOTH (1939); Karabük dolayında  $\text{SiO}_2$ 'ce zengin iki jeolojik formasyonun varlığından söz etmektedir. Bunlar Devoniyen yaşlı olup biri Bolkuş civarında diğeri de Saraycık yöresindedir. İkisinde de % 96  $\text{SiO}_2$  gözlenmiştir.

ALTINLI (1950); Yenice Çayı Batı kenarındaki Devoniyen'den Kuvaterner'e kadar olan birimleri fasiyes ve dokanak ilişkileriyle, kalınlıklarını ayrıntılı olarak incelemiştir.

AKARTUNA (1952); Çaycuma-Devrek-Yenice-Kozcağz bölgesindeki Paleozoyik yaşlı kristalen seri üzerine gelen Alt Kretase flişi içinde *Cyclamina* cf. *greigi* HENS ve *Orbitolina lentialis* BLUMENB (Senomaniyen-Albiyen) fosillerini bulmuştur.

BAYKAL (1954); Ulus-Eflani arasındaki bölgede, Kretase yaşlı wild flişini Tersiyer yaşlı Nummülitik ve kızıl renkli fliş olarak ayırtlamıştır.

TOKAY (1973); Kuzey Anadolu Fay zonunun Gerede ile Ilgaz arasında yaptığı jeolojik gözlemlerde, arazideki eski ve aktif fayları adlandırarak sismo-tektonik bakımdan incelemiştir. Kuzey Anadolu Fayının riftine rastlayan bir merkez as kuşağı,

güneyde güney askuşağı, kuzeyde ise kuzey askuşağı bulunur. Ulus fayının güneyinin eğimli veya dik bir bindirme fayı olduğunu belirtir. Melanjın Jura ortasından itibaren iki blok arasındaki bir derin deniz çukuru olduğu, kuzeydeki resifli, fişli, andezit ve dasit volkanizmalı bir ada yayı ile güneydeki bloğun birbirine doğru hareketleri sırasında olistolit ve olistostromlar meydana geldiği, çukurun kapanıp kompresyon ve tansiyon dönmelerinin birbirini izlemesi sonucu Karadeniz'in açılmasını açıklamıştır.

SANER (1981); Karabük-Safranbolu bölgesinde petrol yönünden yaptıkları çalışmalarda Safranbolu havzasının jeolojik yapısını incelemiştir. Araştırmacı Safranbolu havzasında yer alan birimleri beş bölümde toplamıştır: 1-Paleozoyik birimleri, 2-Mesozoyik birimleri, 3-Paleojen birimleri, 4-Neojen çökelleri, 5-Yitim karmaşığı. İlk dört çökel birim topluluklarının her biri ayrı ayrı çökelme dönemleri arz ederler ve açılal diskordansla ayrılırlar. Bölgenin paleocoğrafik gelişiminin ayrıntılı olarak anlatıldığı raporda, Paleozoyik'te tamamlanmış bir çökelme dönemi olduğu, Geç Jurasik transgresyonu ile başlayan Mesozoyik çökelme döneminin Maestrihtiyen'de son bulduğu; Geç Paleosen'de başlayan çökelme döneminin de, Oligosen'de son bulduğu belirtilmiştir.

GÜVEN (1980); Karabük formasyonunda çeşitli parametrelere dayanarak uygulanan analiz sonucunda, Karabük formasyonu için ondört ayrı sedimanter fasiyes tanımlamıştır. Bu fasiyesler sekiz birlik halinde toplanmış ve bunlarında üç ana istif oluşturduğu saptanmıştır. Bu ana istifleri: 1- Yukarıya irileşen birlikler 2- Heterojen birlikler 3- Yukarıya incelen birlikler şeklinde adlandırmıştır.

SANER (1981); Zonguldak yakın çevresinde ve Zonguldak'ın doğusuna doğru olan alanda haritalama yapmış ve oldukça geniş birime formasyon ismi vermiştir. Yaptığı bu çalışma daha ziyade formasyon adlama şeklinde olmuştur.

BALTAN (1987); Zonguldak-Kastamonu ve Sinop illerinin birçok kasaba ve köylerinde, 1984-1985 şiddetli kış mevsimi boyunca meydana gelen heyelanları incelemiştir. Bu heyelan hareketlerinin yağışlarla hız kazandığını belirtmiştir.

### 3. MATERYAL ve METOD

#### 3.1. Materyal

Çalışma alanı Zonguldak F29-d1 paftasında yer almaktadır. Jeolojik harita yapımı sırasında 1:25 000'lik topografik harita, önceki çalışmalara ait haritalar, jeolog çekici ve pusulası, klinometre ve altimetre kullanılarak yaklaşık 63 km<sup>2</sup>'lik bir alan haritalanmıştır. Arazi çalışmalarında Schmidt çekici, çekiç ve cep çakısı kullanılarak kaya sınıflandırması yapılmıştır.

#### 3.2. Metod

Bu araştırma üç aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada çalışma sahası belirlenip, önceki çalışmalar derlenmiştir. Daha sonra araziye gidilerek jeoteknik açıdan saha çalışması yapılmıştır. Son olarak araziden elde edilen veriler büro çalışmaları ile değerlendirilmiştir.

Araştırma literatür çalışmaları ile başlamış. ve arazi çalışmalarıyla devam etmiştir. Litoloji, jeolojik yapı, hidrojeoloji, topoğrafya, iklim, bitki örtüsü, sismik aktivite ve erozyonun etkileri için gerekli veriler elde edildikten sonra araştırma büro çalışmaları ile tamamlanmıştır. *Geri analiz* yöntemi ile mekanik analizler yapılarak heyelandan etkilenen yamacın yenilme anındaki güvenlik katsayıları limit denge prensibine göre belirlenmiştir.

Arazi çalışmalarında ilk aşamada, litolojik birimlerin jeolojik ve jeoteknik incelemesi yapılmıştır. Önceki çalışmaların temel alındığı çalışma sahasının genel jeoloji haritası, dokanakların 1:100 000 ölçekli topoğrafik harita üzerine işlenmesi ile tamamlanmıştır. Aynı zamanda Yenice Orman İşletmesi'nden çalışma alanının 1:25000 ölçekli bitki örtüsü haritası alınarak yeniden hazırlanmıştır.

Arazide zemin tanımlamaları BS 5930 (1981) ve kaya tanımlamaları Matula (1981) temel alınarak yapılmıştır. Ayrıca kaya kütlelerinde, stabiliteyi kontrol eden süreksizlikler ISRM (1978) kapsamında karakterize edilmiştir.

BS 5930 (1981)'e göre zemin tanımlaması örselenmiş numunelerden yapılmıştır. Tanımlamada zeminin ayrışma durumu, süreksizlikleri, saha mukavemeti ve tabakalanması gibi kütle özellikleri ile rengi, tane şekli ve biçimi, plastisitesi, yaşı ve çökel tipi gibi malzeme özellikleri dikkate alınmıştır.

Matula (1981)'e göre kayaçlar tanımlanırken önce genetik grup belirlenmiş ve bunu takiben sırasıyla kaya kütesinin yapısı, tane boyutu ve mineralojik özellikleri belirlenmiştir. Renk, doku, ayrışma ve dayanım gibi kaya malzemesi özellikleri ayrıca arazide belirlenmiştir. ISRM (1978)'e göre süreksizlik özelliklerinin belirlenmesi, süreksizliklerin tipleri, durumu, iki süreksizlik arasındaki uzaklık, dolgu malzemesi, yönelimi ve devamlılığı dikkate alınarak yapılmıştır.

Yukarıda bahsedilen aşamalar tamamlandıktan sonra, Varnes (1978)'e göre heyelanların mekanizması belirlenmiştir. Mekanizmaları belirlenen heyelanların özellikleri Önalp (1995) temel alınarak tanımlanmıştır.

Büro çalışmalarının ilk aşamasında SURFER V-5.00 (GSI, 1994) bilgisayar programında bölgenin topoğrafik haritası (Ölçek:1:12 500) hazırlanmıştır. Bunun ardından bu harita yardımı ile bölgenin üç boyutlu görüntüsü elde edilmiştir.

Büro çalışmaları arazi verilerinin değerlendirilmesi ile devam etmiştir. Heyelanlı alan için geri analiz yöntemi SLOPE V-7.5 (Borin, 1991) bilgisayar programı aracılığı ile uygulanmıştır. Bu program içerisinde düzlemsel kaymalara da uygulanabilen Bishop yöntemi (Bishop, 1955) seçilerek, heyelana neden olan faktörler mekanik açıdan değerlendirilmiştir. Arazide kullanılan mukavemet parametreleri için önceki yayınlardan yararlanılmıştır (Hoek ve Bray, 1981). Ayrıca analitik çözümler Windows altında programlanarak, çözümler hızlandırılmıştır.

## 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

### 4.1. Karabük-Yenice Karayolu

Karabük-Yenice karayolundaki çalışmalara 1985 yılında başlanmıştır. Yolun toplam uzunluğu 32 kilometredir. Bu yolun yıllardır bitirilememesinin en büyük nedeni doğanın gelişen teknolojiye karşı direnişidir. Karabük-Yenice karayolu Yenice Irmağı vadisi boyunca yapılmaktadır. Arazi koşulları, başka hiçbir yerden yolun geçmesine olanak vermemektedir. Zonguldak-Karabük arasındaki demiryolu da bu vadi boyunca devam etmektedir. Bundan yaklaşık 60-65 yıl önce, Cumhuriyetin ilk yıllarında yapılan bu demiryolu, o zamanki teknoloji ve Türkiye'nin ekonomik durumu göz önüne alındığında insanlarımızın doğaya ve ekonomik koşullara karşı verdiği mücadelenin bir göstergesidir. Yolun bitirilememesinin bir başka nedeni de yıllardır yola bütçeden ayrılan payla ilgilidir. 1980'li yıllarda başlayan otoyol hamlesi maalesef bu bölgeyi daha yeni görmüştür. Yola 1996 bütçesinden 4 milyon dolar, 1997 bütçesinden ise 10 milyon dolar ayrılması ön görülmüştür. Ancak, yolun tamamlanması bütçeden gerekli ödenekler ayrılması durumunda bile 4-5 yıl devam edecektir (Üzer, 1992).

Topografik olarak oldukça engebeli sayılan bir güzergah üzerinde yapımı halen devam etmekte olan Karabük-Yenice karayolu üzerinde, toplam uzunluğu 3777.90 m olan 16 adet tünel bulunmaktadır. Bu tünellerden en uzununu T13 (704.55 m) ve en kısası da T3 (36.25 m)'tür. Tünellerin %30'u tamamen bitirilmiş, %30'u açılmış ve %40'ında ise kazı işlemi yapılmamıştır.

### 4.2. Genel Jeoloji

Çalışma alanını içeren Yenice-Karabük dolayında en yaşlı kaya birimi olarak Paleozoyik yaşlı metamorfik-mağmatik orijinli gnays, kuvarsit, klorit şist, killi şist, şeyl ve hornblendli şist, dolomit, dolomitli kireçtaşı, dolomitli mermer, granit, gabro, diyabaz, granodiyorit, bazalt, andezit ve volkanik arakatlı kayaçlar izlenmiştir.

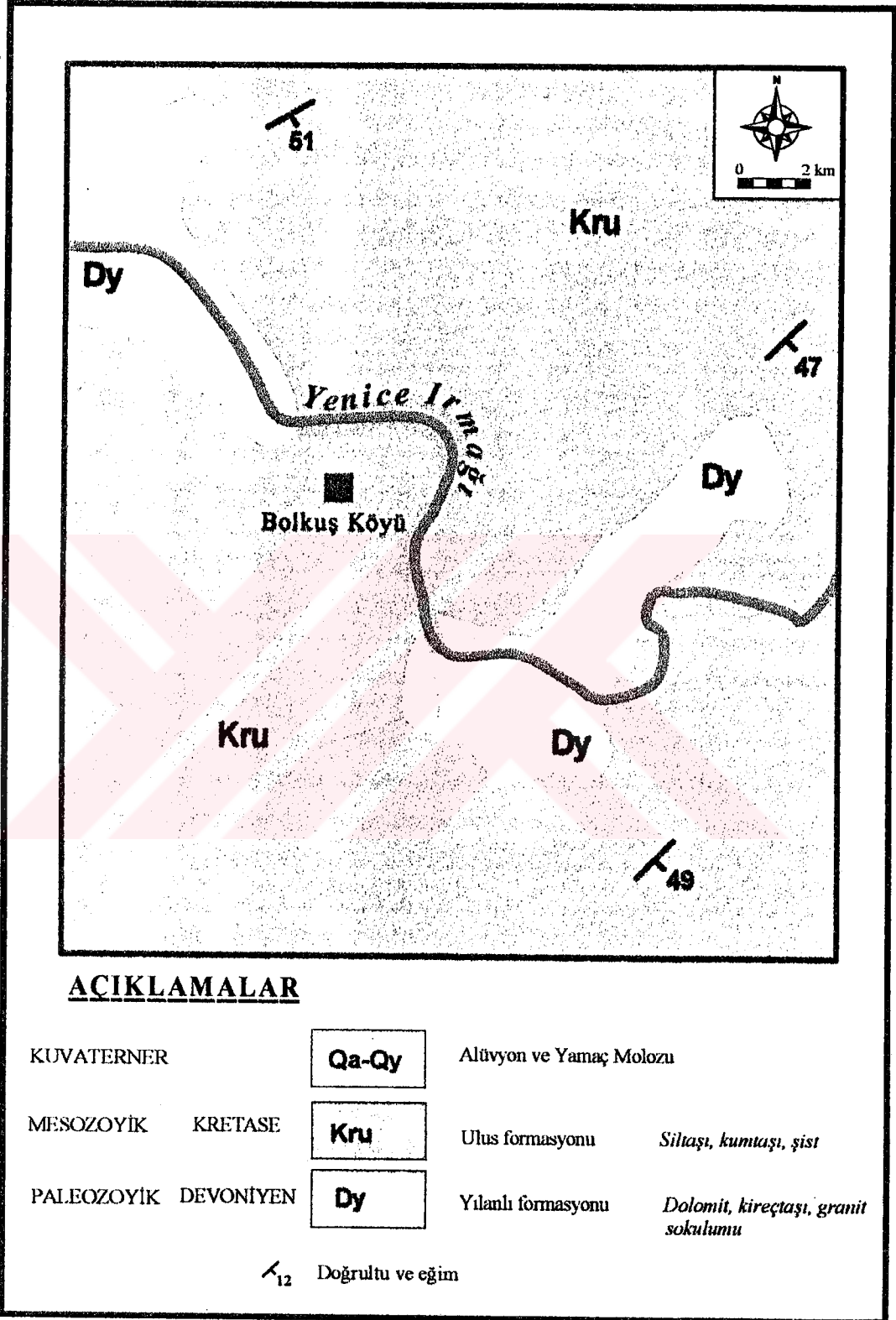
Paleozoyik temel üzerine diskordanslı olarak Mesozoyik çökelleri gelmektedir. Bu seriler temele ait çakıl ve blokları içeren taban çakıltaşıyla başlar. Daha sonra gri-beyaz renkli, yer yerde mikritik özelliklere sahip yarı kristalize kireçtaşlarıyla devam eder ve boz renkli flişle son bulur (Walter, 1937).

Heyelan sahası ve çalışma alanı dışında Maestrichtiyen yaşlı birimlerin genel olarak rengi ve gösterdiği morfoloji şekilleri ile diğer formasyonlardan kolayca ayırt edilmesi mümkündür. Bu birimler alttaki boz renkli fliş ve üstteki beyaz renkli kireçtaşları, marnlı kireçtaşları, kremi renkli kireçtaşları türündeki kayalardan oluşmaktadır. Marn ve marnlı kireçtaşları beyaz, beyazımtrak-gri renkli olup, paralel ardalanmalıdır (Arpat ve diğ., 1978).

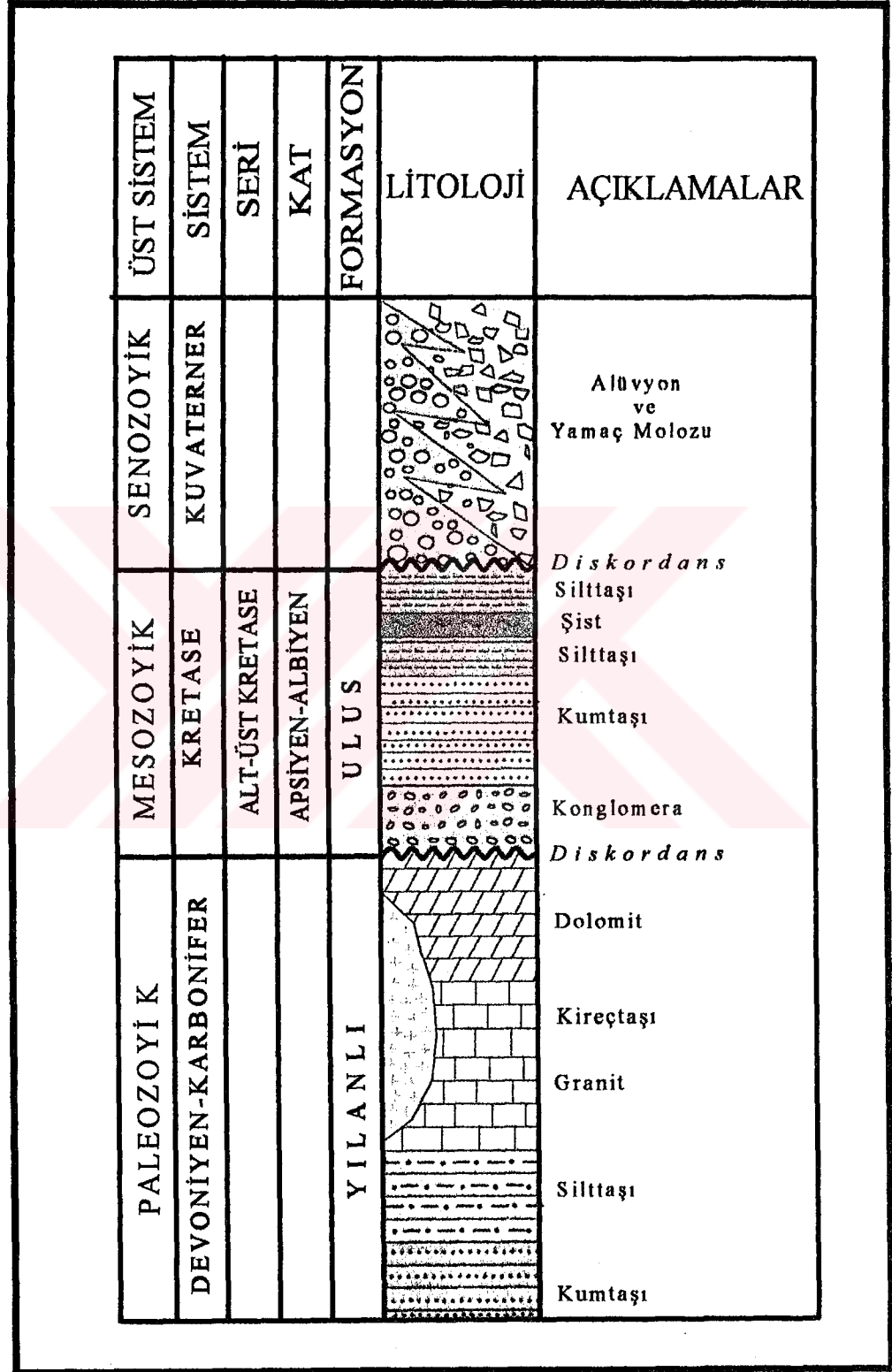
Yörede Kuvaterner yaşlı oluşuklar en genç birimlerdir. Akarsu vadilerinde alüvyon ve çevre kayaların ayrışmalarından yamaç molozları meydana gelmiştir.

#### 4.2.1. Yılanlı Formasyonu (Dy)

Yenice-Karabük arasında ve heyelan bölgesinde görülen en yaşlı litolojiler, Silüriyen ve Devoniyen öncesi ve Devoniyen yaşlı kayalarla, geniş bir alanda yayılım gösteren metamorfik-mağmatik kayaç topluluğu ile temsil edilmiştir. Bu seride kuvarsit, yer yer ince tabakalı serpantinleşmiş diyabazlar, şeyl, killi şist, dolomitik kireçtaşı, dolomitli mermer, dolomit, kristalize kireçtaşı, pembe renkli granitler, granodiyorit, diyorit, kuvars damarları, apilit damarlarınca kesilen mağmatik enjeksiyonlar ve pişme zonlarına ait oluşuklar tespit edilmiştir (Şekil 2 ve 3).



**Sekil 2** Çalışma sahası ve yakın civarının genel jeoloji haritası.



**Sekil 3** Çalışma sahası ve yakın civarının genelleştirilmiş dikme kesiti.

Kireçtaşı ve dolomitik kireçtaşı, dolomit ardalanmasından meydana gelen birim ilk kez Saner (1981) tarafından Yılanlı formasyonu olarak adlandırılmıştır.

Zonguldak Karbonifer yüzleğinin güney kanadında, Bartın ili kuzeyinde ve Karabük kuzeyindeki bölgede geniş bir yayılım göstermektedir (Yergök, 1987). Yılanlı formasyonu adını İnkum yakınlarında Bartın Irmağı'nın denize döküldüğü yerdeki bir burundan almaktadır.

Yılanlı formasyonu geniş alanlar kaplaması ve geniş yaş aralığında olması dolayısıyla farklı özellikler göstermektedir. Genelde kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı, dolomit, çörtlü kireçtaşı ardalanmasından oluşur (Resim 1).



**Resim 1** Yılanlı formasyonu (GD-KB).

Yenice-Karabük civarında Ormanlı güneyinde Üst Kretase volkanitleri altında ufak bir mostra bulunmaktadır. Yılanlı formasyonunun alt dokanak ilişkisi bilinmemesine karşın üzerinde Geç Kretase yaşlı Başköy formasyonu yer alır. Zonguldak-Kokaksu yöresinde ise Velibey formasyonu altındadır. Bu nedenle taban ilişkisi izlenemez. Safranbolu yöresinde ise Hamzafakılı formasyonu ile olan ilişkisi net izlenememekle birlikte dereceli geçişli veya konkordan olduğu araştırmacılar tarafından belirtilmiştir (Saner, 1981).

Yılanlı formasyonunun kalınlığı bölgelere göre değişim göstermektedir. Genelde bu kalınlığın 300-1500 m arasında değiştiği düşünülmektedir.

Bu formasyondan alınan numunelerden *Pseudoendothyra* sp., *Alveolites* sp., *Archaediscus* sp., *Mediocris* sp., *Globoendothyra* sp., *Bradyina* sp., *Tetratexis* sp., *Earlandia* sp. ve Paleotextulariidae gibi foraminiferler tayin edilmiş olup bu fosil topluluğuna göre önceki araştırmacılar tarafında birime Orta Devoniyen-Erken Karbonifer yaşı verilmiştir (Saner, 1981).

#### 4.2.2. Ulus Formasyonu (Kru)

Ulus formasyonu türbiditik fliş özelliğinde, kumtaşı, kıltaşı, silttaşı araldanmasından meydana gelir. Kirpe Çakıltaşı ve Ahmet Usta Çakıltaşı Üyesi olarak isimlendirilen iki üyesi mevcuttur.

Ulus formasyonu taban seviyesinde genellikle ince tabakalı, kıltaşlarının hakim olduğu kumlu bir istifte başlamaktadır. İstifin üst kesimlerinde kumtaşları daha kalındır. Ayrıca değişik seviyelerde yer yer kireçtaşı olistolitlerini, diyabaz daykını, değişik çakıltaşı seviyelerini görmek mümkündür (Güven, 1980).

Genel olarak Ulus formasyonu kumtaşı, kıltaşı, silttaşı seviyeleri ile yer yer çakıltaşı arakatkılarından meydana gelen türbidik bir fliş istifinden meydana gelmiştir (Şekil 2 ve 3).

Yapılan petrografik incelemelerde killeşmiş feldispatlar ve kloritleşmiş mafik mineraller görülmüştür. Ayrıca flişin dokanağından alınan numunelerin hemen hemen

tamamının mağmatik ve volkanik elemanlardan oluştuğu tespit edilmiştir. Bunun sonucu olarak Ulus formasyonu ile eř yaşlı bir volkanik-mağmatik olayların var olduğu sonucuna varılmıştır (Yergök, 1987). Detaylı mühendislik çalışmalarının yürütüldüğu sahada Yılanlı formasyonu üzerinde şistten oluşan litolojik birim gözlenmiştir (Resim 2). İleriki bölümlerde sunulacak olan jeofizik verililerle Yılanlı formasyonuna ait kireçtaşı ile dokanak ilişkisi belirlenmiştir. şistlerin, mağmatik sokulumlar sonucu yukarıda bahsedilen filiğ serisinin metamorfizma geçirmesi sonucu oluştuğu düşünölmektedir (Wijkerslooth, 1938).

Ulus formasyonu genellikle Zonguldak formasyonu üzerinde, Zonguldak formasyonu çakıllarından meydana gelen Kirpe çakıltası üyesi ile uyumlu olarak yer almaktadır. Safranbolu formasyonu altında yer alan yer yer ince marn arakatlı kıltaşı, kumtaşı, silttaşı istifinde marn seviyelerinden Maestrihtiyen yaşı alınmış olup, Paleosen-Eosen yaşlı Safranbolu formasyonu ile uyumlu olduğu görölmüştür (Yergök, 1987).

Ulus formasyonundaki tektonik deformasyon ve sualtı kütle akım hareketleri nedeniyle bir kesit ölçmek ve kalınlığı hakkında kesin bir yargıya varmak oldukça güçtür. Ancak bu birimin kalınlığının 2000 m' den fazla olduğu düşünölmektedir. Türbiditik bir fasiyes olduğu için sık sık fasiyes ve kalınlık değişimleri olağandır (Saner, 1981).

İnce kesitler üzerinde yapılan tayinlerde; *Streblospira* sp., *Cuneolina* sp., *Nezzezata* sp., *Tritaxia* sp., *Daxia* sp., Berkerinidae ve Piritif *Globigerina*'lar yine önceki araştırmacılar tarafından tanımlanmıştır. Bu fosil topluluğuna göre birime Apsiyen-Albiyen yaşı verilmiştir.

#### 4.2.3. Yamaç Molozu (Qym)

Topoğrafik olarak yüksek kotlarda yer alan birimlerin fiziksel ve kimyasal ayrışmaları sonucu, düşük eğime sahip alanlarda gevşek kütleler olarak gözlenmektedir. Genelde iri kireçtaşı blokları mevcuttur. Kil, silt, kum ve çakılın yanısıra iri bloklar hakim tane boyutlarıdır.

#### 4.2.4. Alüvyon (Qal)

Akarsu yataklarında ki kil, silt, kum, çakıl ve blokları kapsamaktadır. Alüvyon Yenice Irmağı vadisi boyunca izlenmiştir. Detaylı mühendislik çalışmalarının yürütüldüğü alan Yenice Irmağı vadisinin güney tarafıdır. Bu alan içerisinde kireçtaşları, şistler ve yamaç döküntüleri bulunmaktadır.

Yenice Irmağı çevresinde güncel alüvyonlar olarak gözlenen bu birim, düşük kotlarda geniş bir yayılım göstermektedir. Akarsuyun enerjisine bağlı olarak çakıldan kile kadar çeşitli tane boyu aralıklarından oluşan zemin birimlerinden oluşmaktadır. Yenice Irmağı'ndan dolayı yeraltı su tablasının yüksek oluşu, sürekli suya doymun ortam yaratmaktadır. Yüzeiden yapılan incelemelerde, gevşek iri yuvarlak kumlu çakıl olarak tanımlanan zemin kütlelerinin geniş yayılım gösterdikleri gözlenmiştir.

### 4.3. Mühendislik Jeolojisi

Detaylı mühendislik jeolojisi çalışmaları Karabük ile Yenice arasında yapımı süren devlet karayolunun 12,5 kilometresinde bulunan Karabük merkez ilçeye bağlı Bolkuş Köyü civarında yürütülmüştür (Şekil 1). Söz konusu olan bölge 1991 yılındaki yol açımı sırasında değişik boyutlarda heyelanlara maruz kalmıştır. Heyelanlar çevrede can kaybına sebep olmamış fakat yola çok büyük zarar vermişlerdir.

Bu bölümde aşağıda verilen faktörlerin belirlenmesinden sonra, bunların kombinasyonundan oluşan heyelanlar ve heyelana olan eğilimin değerlendirilmesi yapılmıştır. Faktörler:

- Kaya ve zeminlerin jeolojik ve mühendislik özellikleri
- Topografik konum
- Hidrojeoloji
- Bitki örtüsü
- Deprem durumu
- Jeofiziksel özellikler' dir

Yapımı halen devam etmekte olan Karabük-Yenice devlet karayolunun 12.5 kilometresinde kazı şevlerinde gözlenen, Yılanlı formasyonu'na ait kireçtaşları, Ulus

formasyonuna ait şistler ve Kuvaterner çökelleri olan yamaç molozlarının detaylı mühendislik jeolojisi özellikleri belirlenmiştir.

#### 4.3.1. Kireçtaşının Mühendislik Özellikleri

Güneye doğru topoğrafya yükselimine uygun olarak gidildiğinde büyük kireçtaşı kütlesi görülmektedir. Heyelanlı alan içerisindeki iri kireçtaşı blokları, buradan kopup eğim boyunca yuvarlanıp gelen bloklardır. Heyelanlara maruz kalan alan içerisinde kireçtaşlarında tabakalanma düzlemleri (süreksizlik takımı no 1) ve eklemler (süreksizlik takımı no 2 ve 3) olmak üzere iki *tip süreksizlik* tespit edilmiştir.

Kireçtaşları genelde 120-170°/40-50° eğim yönü/eğime sahiptirler. Tabaka kalınlıkları göz önüne alındığında *çok fazla geniş aralık* (>6 m) değerine sahiptirler. Devamlılıkları genelde farklı litolojik birimler tarafından sınırlanmaktadır. *Çok yüksek devamlılık* (>20 m) göstermekte olan tabakalanma yüzeyleri, *sistemik* olarak tanımlanabilirler. *Düzensiz-ondülasyonlu* yüzey pürüzlülükleri kayacın tabaka yüzeyleri boyunca kaymaya karşı olan mukavemetini yükseltmektedir. *Süreksizlik pürüzlülük katsayısı (JRC)* 16-18 olarak arazi gözlemleri sonucu tespit edilmiştir. Tabaka yüzeylerinde kireçtaşı *az ayrılmış kaya* (derece II) karakterindedir (Schmidth çekici sertliği >45) ve *çok dayanımlı* yüzey mukavemeti göstermektedir (tek eksenli sıkışma dayanımı UCS=100-250 MPa). Açıklıklar *kısmen açık* olup yer yer *kil dolgu* gözlenmiştir. Dolgu malzemesi *nemlidir*. Fakat *serbest su* mevcut değildir.

Kireçtaşı içerisinde yer alan ve farklı yönelimlere sahip eklemler 2 ve 3 nolu süreksizlik takımları olarak isimlendirilmiştir. 280-320°/70-80° eğim yönü/eğime sahip 2 nolu süreksizlik takımı ve 250-320°/30-40° eğim yönü/eğime sahip 3 nolu süreksizlik takımı hemen hemen aynı özelliklere sahiptirler. *Geniş aralıklı* (0.6-2 m) olan eklemler *orta devamlılık* (3-10 m) göstermektedirler. *Düz-ondülasyonlu* yüzey pürüzlülüklerinden *JRC* değeri 8-10 olarak tahmin edilmiştir. Eklem yüzeylerinde kireçtaşı tabaka yüzeylerinde olduğu gibi *az ayrılmış kaya* (derece II) karakterindedir (Schmidth çekici sertliği >45) ve *çok dayanımlı* yüzey mukavemeti göstermektedir. Açıklıklar *kısmen açık* olup yer yer *kil dolgu* gözlenmiştir. Dolgu malzemesi *nemlidir*.

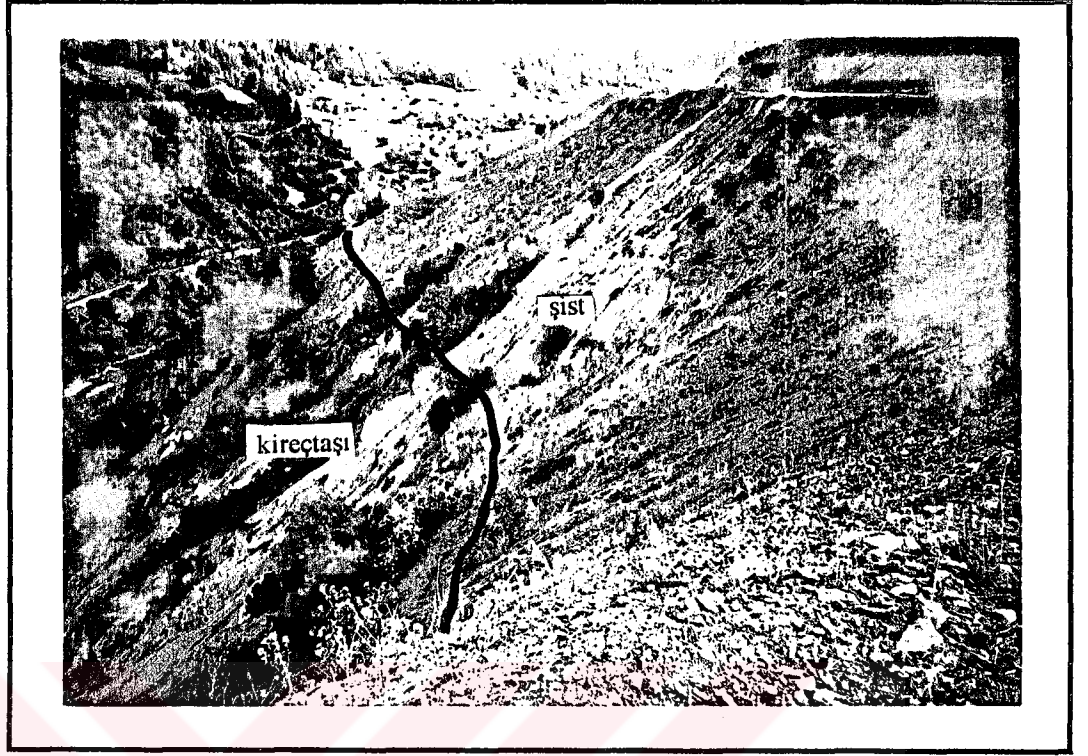
Fakat *serbest su* mevcut değildir. Dolgu malzemesi bazı lokasyonlarda *aşırı oranda konsolide* olmuştur ve kurudur. *Düşük geçirgenlik* söz konusudur.

#### 4.3.2. Şist Mühendislik Özellikleri

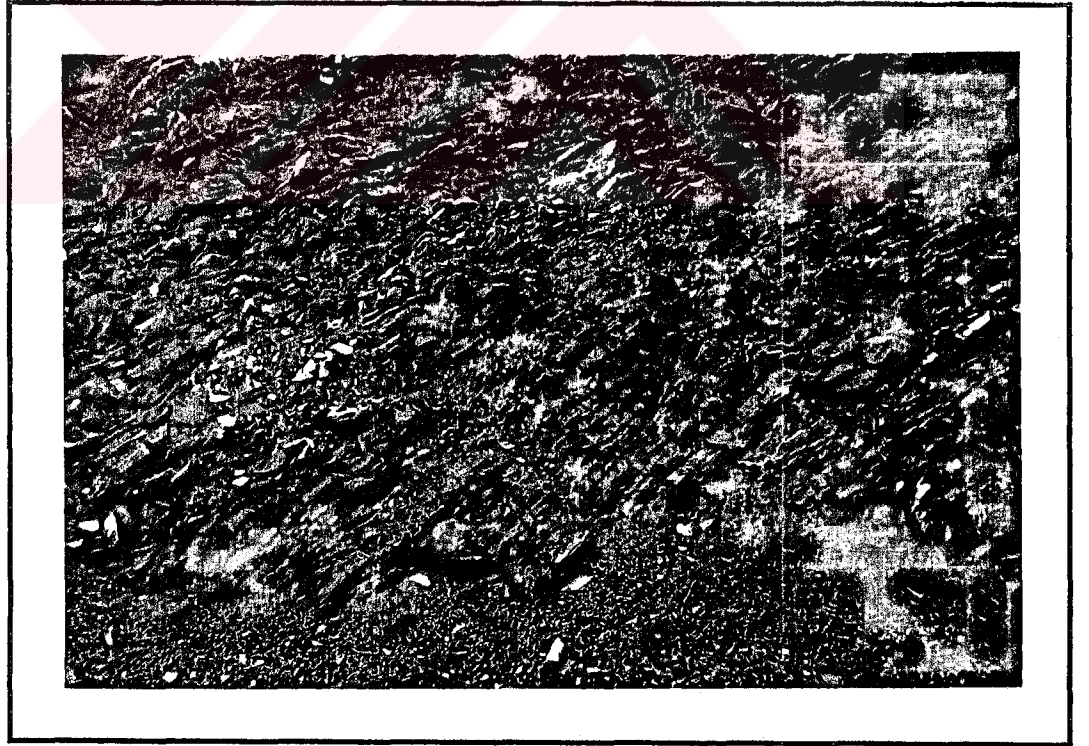
Şistler çalışılan alan içerisinde Yılanlı formasyonuna ait olan kireçtaşlarını örtmekte ve bunların üzerine killi, siltli, iri kireçtaşı bloklulu yamaç molozu gelmektedir (Resim 2). Kıvrımlı yapısı ve yüksek ayrışma sonucu kaya kütlesi içerisinde hakim süreksizlik takımlarının etkisinin kaybolması, kayacın daha duraysız bir konuma girmesini sağlamıştır (Resim 3). Genelde *dar* ve *çok dar* aralıklı bir görünümde dirler (20-2 cm). *Sistemik olmayan* süreksizlik devamlılığı, *çok düşük devamlılıklara* neden olmaktadır (<1 m). Düz-ondülasyonlu süreksizlik yüzeylerinde JRC değeri 8-10 olarak belirlenmiştir. Genelde *yüksek derecede ayrışma* (derece IV) ve yer yer de *tamamen ayrılmış kaya* (derece V) karakterindedirler. Tamamen ayrılmış kısımlarda Schmit çekici ile sertlik okuması almak mümkün olmamıştır. Yüksek derecede ayrışma gösteren kısımlarda en yüksek 20 değeri elde edilmiştir. Şistlerin tek eksenli sıkışma dayanımı (UCS) 5.0-25.MPa arasında arazide yapılan çekiç ve çakı yöntemi ile belirlenmiştir. Schmidt çekici deneyleri sonuçları da bu sonucu doğrulamıştır. Buna göre şistler *Zayıf Kayaç* olarak sınıflandırılmıştır.

Süreksizliklerin açıklıkları 1-10 cm arasında değişiklik göstermektedir. *Çok geniş* olarak nitelendirilen bu açıklıklar yer yer ayrışma ürünü olan silt-kil boyutundaki dolgu malzemesi ile kapanmıştır. Şistlerin çatlaklı ve bozulmuş yapısı sekonder geçirgenliği artırmakta ve özellikle kışın ve yağışlı mevsimlerde su akışına olanak sağlamaktadır. Yapılan arazi gözlemlerinin yürütüldüğü yaz aylarında yoğun olmamakla birlikte bu sulara rastlanmıştır. Kireçtaşları şistlerin altında kuzeye ve doğuya doğru eğimlidir. Yenice Irmağı'nın güney yamaçlarında şistlerin altında görülen kireçtaşı yüzlekleri bu eğimin sonucudur (Resim 2).

Palyelerde saptanan şist kalınlığı 35-60 m' dir. Çatlaklı ve altere şist I. palyede yüzlek vermekte, uzanımı güneye doğru devam etmektedir.



**Resim 2** Kireçtaşı-şist dokanağı (KB-GD).



**Resim 3** Çatlaklı ve altere şist.

### 4.3.3. Yamaç Molozunun Mühendislik Özellikleri

Heyelan bölgesinde yapılan arazi incelemelerinde, yamaç molozu, yüksek kotlara doğru geniş bir yayılım göstermektedir. Yapılan arazi incelemelerinde yamaç molozunun kahverengi, çok kalın tabakalı, heterojen, gevşek, iri ve orta kireçtaşı bloklu olduğu saptanmıştır. BS 5930 (1981)'e göre bu tip tane boyutları çok iri zemin olarak kobil (60-200 mm) ve blok (>200 mm) olarak isimlendirilmiştir.

Koyu gri, çok kalın tabakalı, gevşek dayanımda, köşeli blok ve kobillerin yanısıra fiziksel ve kimyasal ayrışma ürünü olarak oluşan kil ve siltler diğer tane boyutlarını oluşturmaktadır. Bu boyutların %20-50 arasında değiştiği arazi gözlemleri sonucu tahmin edilmiştir. Yamaç topuklarına doğru yamaç molzundaki ince tane boyutunun artması, bu kısımların daha çok kolüvyon karakterinde olduğunu göstermektedir.

### 4.3.4. Topoğrafik Konum

Çalışma alanının 1:12 500 ölçekli topoğrafik haritası sayısallaştırılarak bilgisayar analizi için veri tabanı oluşturulmuştur. Veri tabanı Windows altında çalışan SURFER-V5.0 (GSI, 1994) paket programına aktarılmasından sonra, çalışma sahası topoğrafik olarak beş gruba bölünmüştür ve her bir kategori 100 m' lik bir kontur aralığını içermektedir;

- > 700 m
- 600 - 700 m
- 500 - 600 m
- 400 - 500 m
- 300 - 400 m
- 200 - 300 m

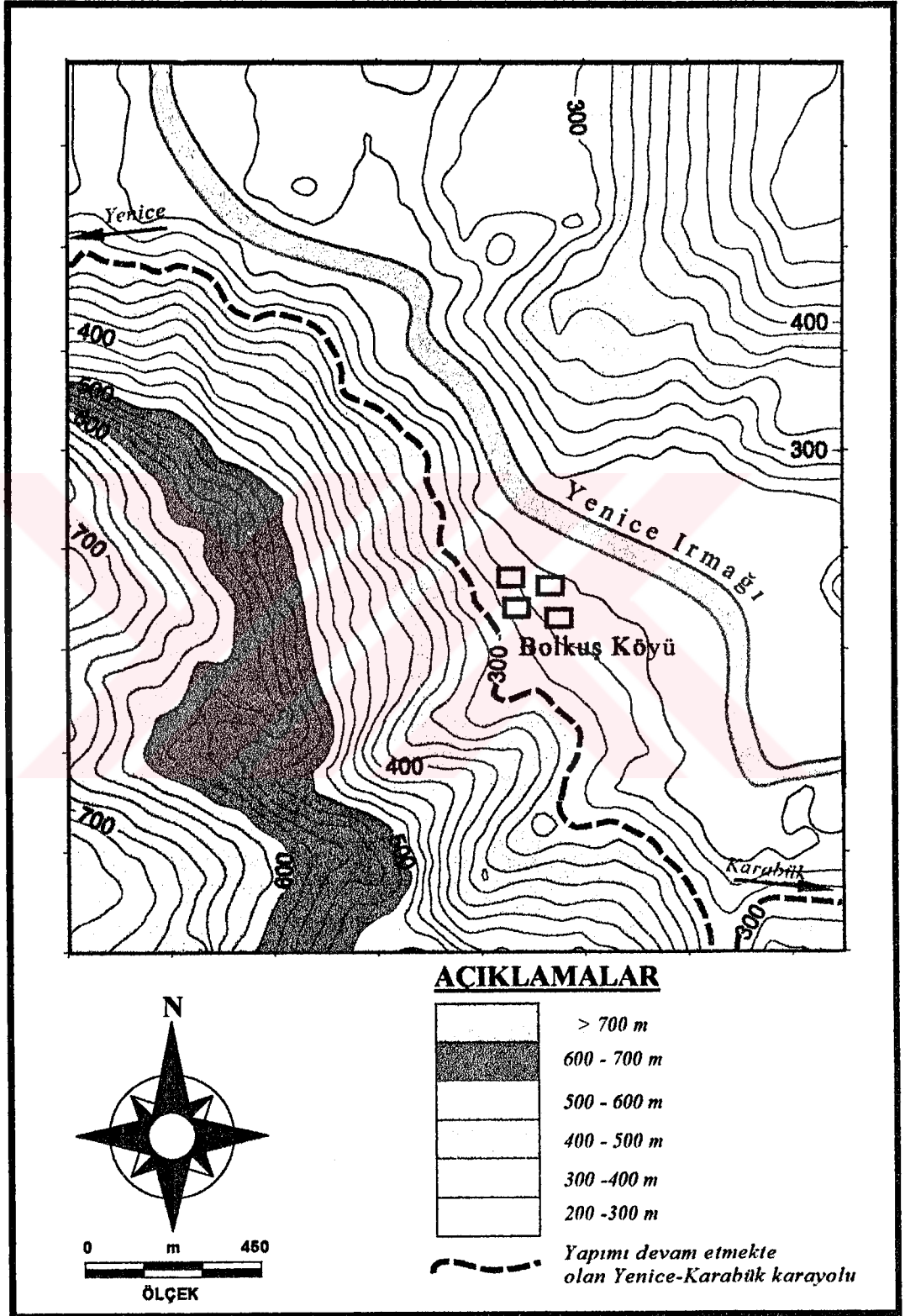
Her grubun harita üzerinde daha kolay tanımlanabilmesi için *farklı renklendirme-altitude tinting* (Strahler ve Strahler, 1992) yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde her aralık belli bir renk veya renk tonu ile karakterize edilmektedir. Düşük

kotlar için açık tonlar kullanılırken yüksek kotlar için koyu tonlar tercih edilmiştir (Şekil 4). Her katagori kendi içerisinde 20 m' lik alt kontur aralıkları içermektedir. Yenice Irmağı vadi tabanında en düşük kotlar 200-220 m aralığında yer alırken, çalışma sahasının güneybatısında en yüksek kotlar (>760 m) bulunmaktadır. Bu yüzden bölge çok engebeli bir morfolojiye sahiptir.

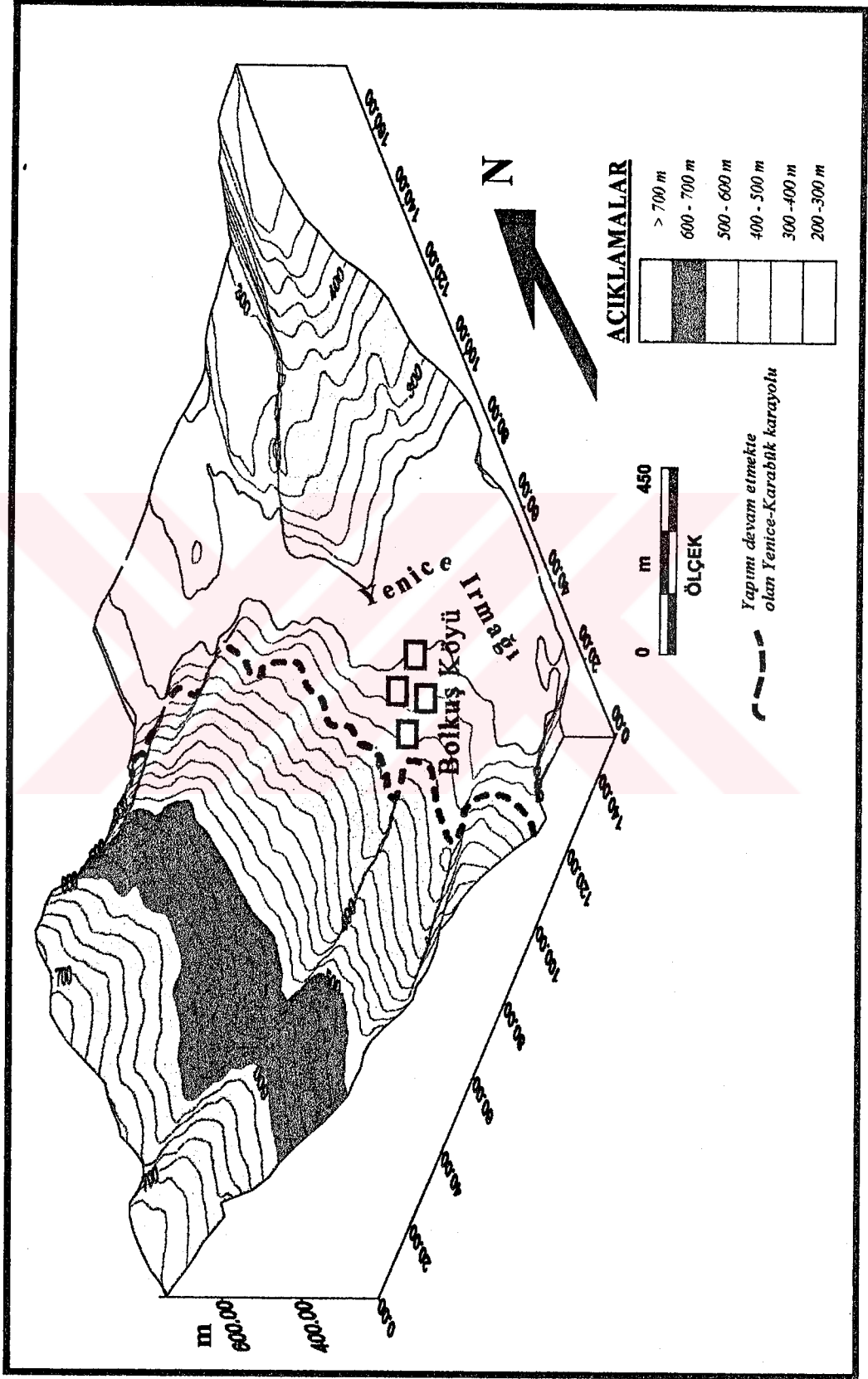
Karabük-Yenice arasında halen yapımı sürmekte olan devlet karayolu hemen hemen Yenice Irmağı'nın kuzeybatı-güneydoğu uzanımlı vadisinin güneybatı yamaçları üzerinde yer alacaktır. Yol güzergahı genelde 300 m kodu üzerinde yer alacaktır (Şekil 4). Şekil 4'te de görüleceği gibi bu kodlarda yamaç eğimi yer yer 40-50°'ye çıkarken, heyelana maruz kalan alanlarda yamaç açısı 20-25°'ye kadar düşmektedir. Özellikle şistler ve siltası-kumtaşı ardalanmalarının ayrışma derecesinin yüksek olması ve düşük dayanımlı kayalar olması Yenice Irmağı vadisi boyunca mevcut topoğrafyanın bu açı değerlerinde oluşmasına neden olmuştur. Dik yamaçlar daha dayanımlı karaktere sahip olan kireçtaşlarından oluşmaktadır. Bu nedenle yol kazısı sırasında değişik lokasyonlarda meydana gelen veya gelebilecek heyelanlar için ileriki bölümlerde anlatılan vaka analizindeki mekanizma için bir genelleme yapılmıştır. Buna bağlı olarak geliştirilen analitik stabilite yönteminin benzer topoğrafik ve jeolojik özelliklere sahip alanlara uygulanması mümkündür. Şekil 5'te, Şekil 4'te verilen topografik harita temel alınarak hazırlanan çalışma alanının üç boyutlu blok diyagramı verilmiştir.

#### 4.3.5. Hidrojeoloji

Çalışma sahasında bulunan birimlerin geçirimsizlikleri farklıdır. Yenice Irmağı'nın sürekli su bulduran bir akarsu olmasından dolayı, düşük kodlarda yeraltı su seviyesi yüzeye yakındır. Yenice Irmağı'ndan pompajla veya tulum balar aracılığı ile su elde edilmesi sonucu Yenice Irmağı etrafındaki düzlüklerde bulunan sebze ve meyve bahçelerinin sulaması yapılmaktadır.



**Sekil 4** Çalışma alanının topografik haritası.



**Şekil 5** Çalışma alanının 3 -boyutlu topografik konumu.

Bölgede çok etkin bir akarsu ağ sistemi mevcuttur. Mevcut akarsu ağ kayaçların dayanımına bağlı olarak dendritiktir. Bölgedeki kiltası, silttaşı, volkanik ve metamorfik birimler suyu tuttukları için yüzey sellenmelerine sıkça rastlanır. Bunun en güzel örneklerinden biri heyelan sahasında görülmektedir. Heyelanlı kesimde bulunan şistler içerisinden, özellikle kış aylarında ve bol yağışlı mevsimlerde yer yer sular çıkmaktadır (Resim 4). Bu olay bölgedeki yüzey sellenmelerine güzel bir örnektir. Bölgede bir çok kurumuş dere yatağı bulunmaktadır (Resim 5). Yenice Irmağı Batı Karadeniz Bölgesinde en yüksek debiye sahip ırmaklardan biridir. Çalışma alanında bitki örtüsü bulunmayan yüzeyler yoğun mevsim yağışlarıyla yoğun bir aşınmaya maruz kalmaktadır (Resim 6).

Çalışma sahasının 1980-1995 yılları arasındaki aylık yağış miktarları ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ) Karabük ve Yenice meteoroloji istasyonlarından temin edilmiştir. Ancak 1985, 1989, 1990, 1991, 1992 ve 1993 yıllarına ait kayıtlarını tam olarak elde etmek mümkün olmamıştır (Çizelge 1, 2 ve 3 ). Bu nedenle söz konusu yıllar değerlendirme dışında bırakılmıştır. Yenice meteoroloji istasyonundan alınan yağış kayıtları 1980-1995 yılları arasındaki aylık ortalamaları Şekil 6'da verilmiştir. Bu dağılımdan da görüleceği gibi çalışma sahası ve yakın civarı en fazla yağışı Aralık ayında almıştır ( $92.08 \text{ kg}/\text{m}^2$ ). Ayrıca Ocak ve Kasım aylarında aylık yağış ortalaması  $70 \text{ kg}/\text{cm}^2$ 'nin üzerine çıkmıştır. En düşük yağış Eylül aylarında gerçekleşmiştir ( $29.33 \text{ kg}/\text{m}^2$ ). Genel olarak Şekil 6 göz önüne alındığı zaman çalışma alanının hemen hemen yılın bütün aylarında yağış altında olduğu görülecektir. Karadeniz ikliminin tipik göstergesi olan bu durumun, yeraltı su seviyesini önemli ölçüde etkileyeceği açıktır. Yıllık toplam yağış  $509 \text{ kg}/\text{cm}^2/\text{yıl}$  ve ortalama aylık yağış  $60 \text{ kg}/\text{cm}^2/\text{ay}$  olarak hesaplanmıştır. Çalışma alanında yer alan birimlerin gerek primer gerekse sekonder geçirgenlik açısından yüksek permeabiliteye sahip olmaları heyelanlara olan eğilimi yükseltmektedir.



**Resim 4** Şistler içerisinde çıkan yeraltı suları (KB-GD).



**Resim 5** Heyelan sahasında kurumuş bir dere yatağı.



**Resim 6** Yoğun mevsim yağışlarıyla heyelan sahasında bir aşınma.

**Cizelge 1.** Yenice meteoroloji istasyonundan alınan çalışma sahasının 1980-1995 yılları arası aylık yağış kayıtları (kg/m<sup>2</sup>/ay).

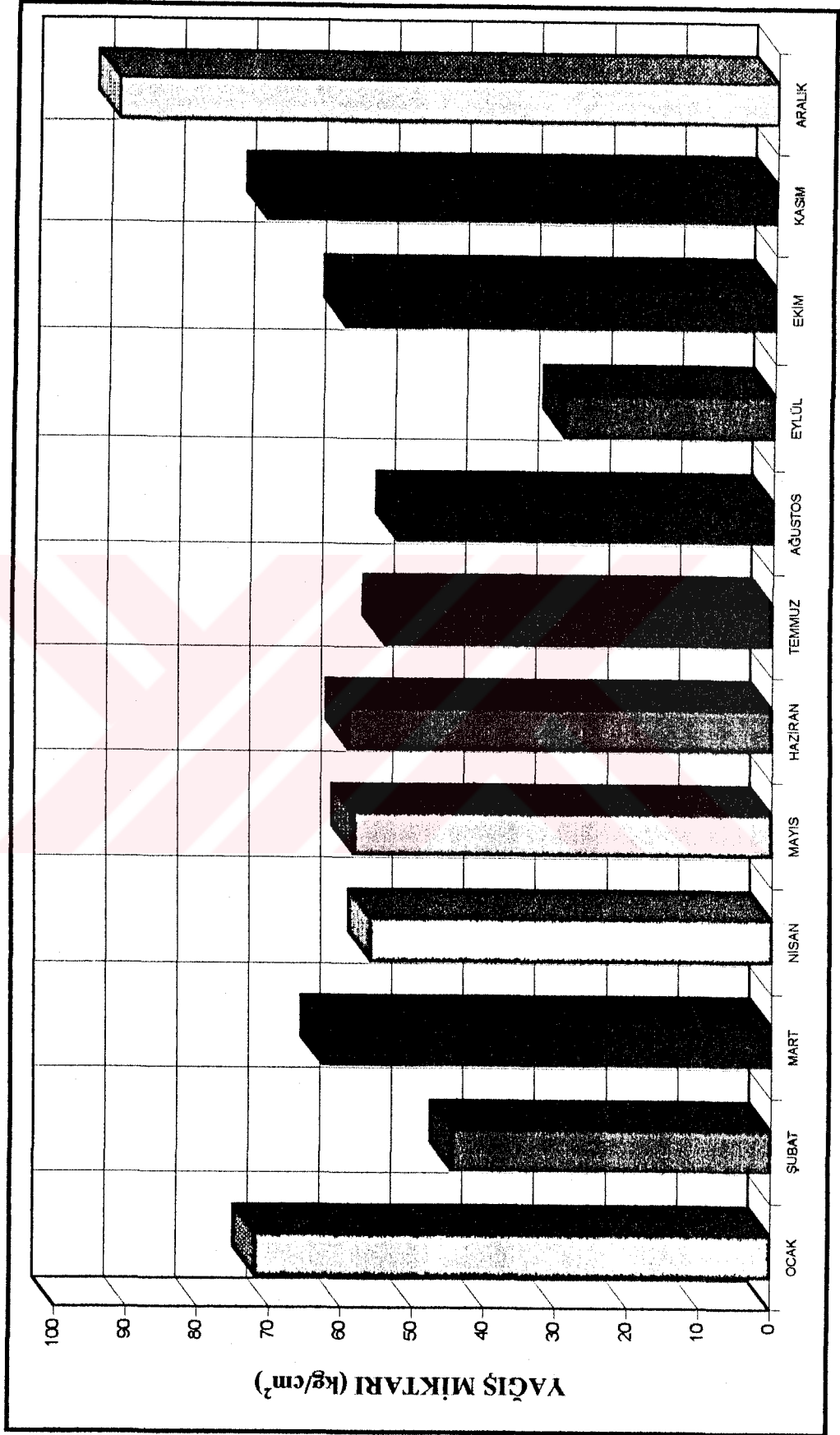
|             | Ocak         | Şubat        | Mart         | Nisan        | Mayıs        | Haziran      | Temmuz       | Ağustos      | Eylül        | Ekim         | Kasım         | Aralık       |
|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|--------------|
| 1980        | 82.8         | 39.2         | 70.1         | 62.2         | 76.6         | 36.2         | 0.2          | 31.8         | 41.0         | 49.6         | 10.79         | 143.3        |
| 1981        | 59.5         | 67.5         | 108.9        | 25.1         | 100.5        | 68.0         | 62.0         | 15.4         | 51.1         | 37.8         | 60.7          | 124.2        |
| 1982        | 61.4         | 42.6         | 87.1         | 79.6         | 47.4         | 43.3         | 34.5         | 146.0        | 26.1         | 27.7         | 35.7          | 66.6         |
| 1983        | 102.3        | 63.5         | 19.6         | 47.1         | 45.3         | 94.0         | 167.7        | 77.4         | 50.7         | 103.5        | 89.2          | 37.9         |
| 1984        | 74.9         | 21.9         | 30.0         | 127.5        | 54.2         | 68.2         | 55.4         | 78.2         | 0.9          | 51.4         | 106.2         | 41.3         |
| 1985        | 83.4         | 207.7        | 28.8         | 59.2         | 43.0         | 41.6         | 40.6         | 116.6        | -            | 80.4         | 41.1          | 113.7        |
| 1986        | 40.4         | 93.5         | 34.0         | 13.2         | 2.2          | 25.3         | 32.8         | 73.5         | 28.9         | 13.8         | 46.2          | 80.0         |
| 1987        | 142.1        | 19.2         | 50.9         | 76.5         | 55.9         | 52.0         | 59.7         | 36.2         | 0.9          | 53.6         | 43.6          | 147.7        |
| 1988        | 44.1         | 43.9         | 94.9         | 31.4         | 47.3         | 129.0        | 45.3         | 29.1         | 32.1         | 108.2        | 125.8         | 106.8        |
| 1989        | 46.6         | 26.1         | 97.7         | 18.4         | 83.6         | 94.1         | 34.4         | 16.5         | -            | -            | 126.7         | 61.1         |
| 1990        | 53.6         | 26.8         | 36.2         | 100.0        | 72.4         | 75.9         | 6.9          | 9.1          | -            | -            | -             | -            |
| 1991        | -            | -            | -            | -            | -            | -            | -            | -            | -            | -            | -             | -            |
| 1992        | -            | -            | -            | -            | -            | -            | -            | -            | -            | -            | -             | -            |
| 1993        | -            | -            | -            | -            | -            | -            | -            | -            | -            | 2.8          | 62.3          | 49.2         |
| 1994        | 36.5         | 29.1         | 19.6         | 37.7         | 73.9         | 9.8          | -            | 24.0         | 3.8          | 58.8         | 137.7         | 130.3        |
| 1995        | 75.4         | 25.0         | 111.0        | 60.9         | 80.9         | 67.5         | 84.9         | 14.0         | 57.8         | 97.2         | 55.8          | 42.7         |
| <i>Ort.</i> | <i>71.94</i> | <i>44.54</i> | <i>62.61</i> | <i>56.12</i> | <i>58.42</i> | <i>59.33</i> | <i>54.25</i> | <i>52.56</i> | <i>29.33</i> | <i>60.16</i> | <i>71.169</i> | <i>92.08</i> |

**Cizelge 2.** Karabük meteoroloji istasyonundan alınan çalışma sahasının 1981-1982 yıllarına ait aylık yağış kayıtları (kg/m<sup>2</sup>/ay).

|      | Ocak | Şubat | Mart | Nisan | Mayıs | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül | Ekim | Kasım | Aralık |
|------|------|-------|------|-------|-------|---------|--------|---------|-------|------|-------|--------|
| 1981 | 34.0 | 43.1  | 73.6 | 16.6  | 45.1  | 60.1    | 29.6   | 3.1     | 18.3  | 22.3 | 37.5  | 83.6   |
| 1982 | 50.3 | 12.3  | 43.7 | 68.3  | 68.7  | 57.7    | 46.5   | 83.0    | 7.6   | 28.7 | 14.7  | 40.4   |

**Cizelge 3.** Karabük meteoroloji istasyonundan alınan çalışma sahasının 1994 yılı aylık yağış kayıtları (kg/m<sup>2</sup>/ay).

|      | Ocak | Şubat | Mart | Nisan | Mayıs | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül | Ekim | Kasım | Aralık |
|------|------|-------|------|-------|-------|---------|--------|---------|-------|------|-------|--------|
| 1994 | 37.2 | 9.8   | 10.0 | 28.4  | 36.6  | 21.2    | 11.8   | 32.9    | 4.2   | 43.7 | 81.4  | 166.2  |



Şekil 6 Çalışma alanı ve yakın civarının 1980-1995 yıllarına ait ortalama yağış miktarlarının aylara göre dağılımı.

#### 4.3.6. Bitki Örtüsü

Çalışma sahası yoğun bir ormanla kaplıdır. Heyelanlı kesim gibi çok yüksek eğime sahip alanlar üzerinde genelde bitki örtüsüne çok az rastlanır. Yenice Orman İşletmesi yetkilileri yurdumuzun en kaliteli ve değerli çeşitli tür ormanlarının bu bölgede olduğunu belirtmişlerdir. Ormanlık alanda çam, köknar, kayın, meşe, şimşir ve diğer orman türleri yetişmektedir (Şekil 7). Çevre insanının gelir kaynağının % 80'ini orman sektörü oluşturur.

Kayma hareketinin nedenlerinden biri de mevcut ağaç ve bitki örtüsünün tahribidir. Eğimi bol olan bir ülkenin orman ve bitki örtüsünü tahrip etmek o ülkenin erozyon ve kütle hareketlerine terk edilmesi demektir. Orman için en elverişli yerler yamaç örtüsü ile kaplı ve gözenekli kayalardır. Bu gibi formasyonlar da heyelana uygundur. Ormanlık bölgelerde kaymaların sık görüldüğü bir gerçektir. Ağaçsız yerlerde olan kaymalar civardaki ağaçları yıkmakta ve kurutmaktadır. Esasen ağaç, heyelanı önleme yöntemlerinden biridir. Ağaç toprak yüzeyini kurutur ve kökleriyle toprağı tutar. Karadeniz kıyı dağlarının kuzeye bakan versanları bol yağışlı olduğundan zengin bir orman ve bitki örtüsüne sahiptir. Bundan dolayı heyelanlı yerler çok azdır. Ancak, Rize-Trabzon arasındaki bölgede bulunan heyelanlı alanlar ormandan yoksun yerlerdir (Baltan, 1987).

Bitki örtüsü yamaç stabilitesinin dolaylı bir yoldan göstergesidir. Çıplak veya seyrek bitki örtüsüne sahip alanlar, ormanlık alanlara nazaran hızla erozyona maruz kalacakları gibi duraysızlığa karşı eğilimleri yüksek olabilir (Anbalagan, 1992). Ormanlık alanlar ayrışmaya karşı oldukça iyi koruyucu görev üstlenirler. İyi gelişmiş ve yaygın kök sistemi zemin veya kaya kütlelerinin makaslanma mukavemetini artırır.

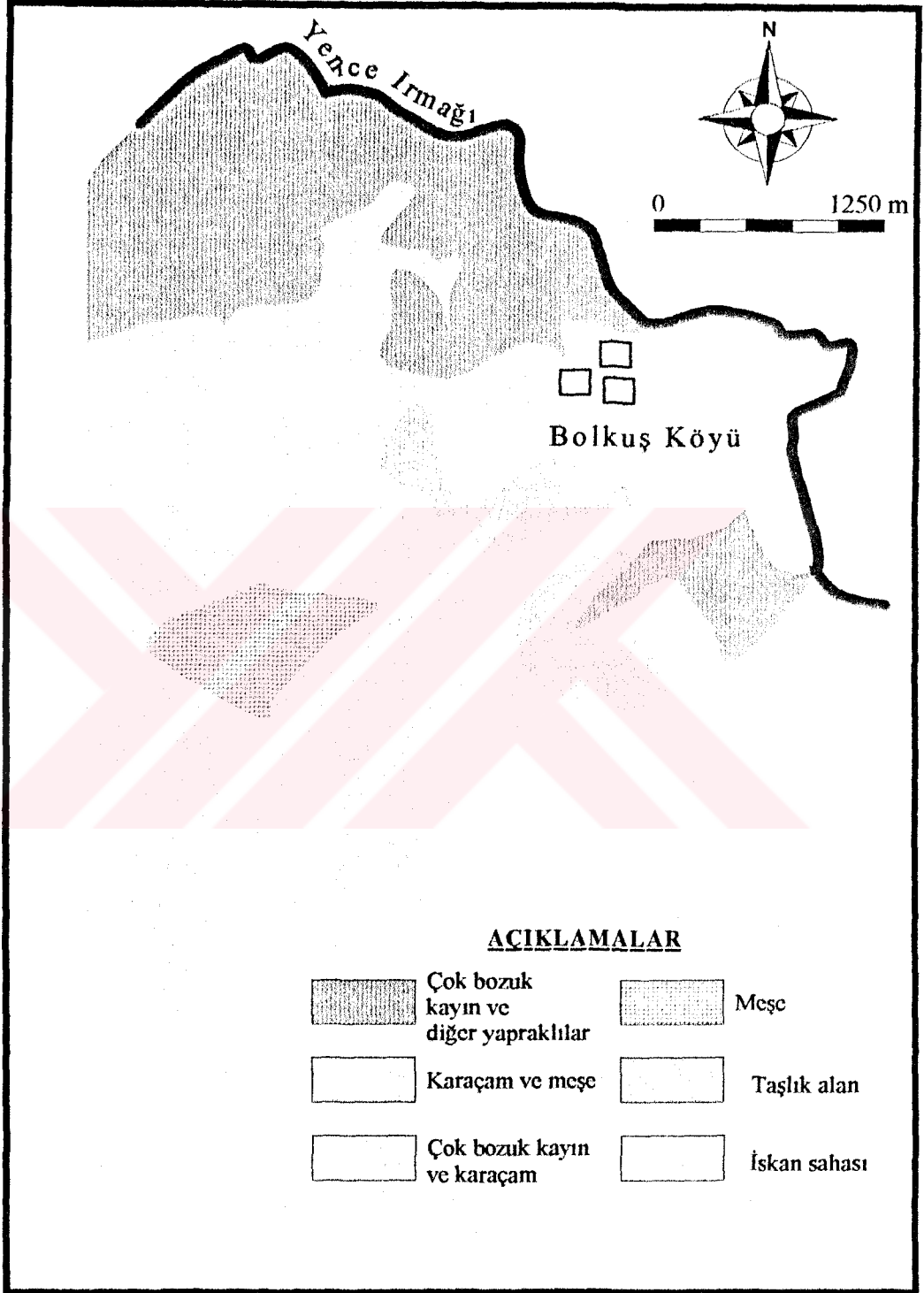
Bölgedeki düzlükler de mısır, buğday, yulaf, arpa, ayçiçeği ekimi yaygındır. Bölgenin çok dağlık ve engebeli bir topoğrafyaya sahip olmasından dolayı düzlüklere pek rastlanmaz. Düzlükler genelde Yenice Irmağı vadisinde bulunmaktadır. Bu nedenle üst kesimlerdeki eğimli arazi üzerinde de bağ, bahçe ve tarlalar bulunmaktadır.

Bölgedeki orman florası çok az tahrip olmuştur. Genellikle yüksek seviyelerde çok heybetli ağaçlardan oluşan orman örtüsü bulunmaktadır. Bölgede hakim bitki örtüsü olarak çoğunlukla yüksek topoğrafyalarda;

1. derecede kızılçam (Çz)
2. derecede karaçam ( Çk)
3. derecede çınar (Yenice ırmağı etrafında)
4. derecede kayın
5. derecede meşe (M)
6. derecede yabani fındık ve kızılçık
7. derecede kayacık gibi ibreli ve yapraklı ağaç türleri bulunmaktadır.

Bölgede maki türlerine genelde toprağın sığ olduğu yerlerde rastlanmıştır. Orman gülleri, böğürtlen gibi dikenli çalılar ve aşırı gelişmiş bodur çalı toplulukları maki türleri olarak görülür.

Kızılçam ve karaçam kazık kök yapısına sahiptir. Sığ topraklarda yetişirler ve kuraklığa karşı dayanıklıdırlar. Meşe bulunduğu yer itibarıyla bodur meşe türünde olup kurak ve sığ topraklarda bulunur. Heyelan sahasının karşısındaki Bolkuş Köyü'ne bağlı Yalnızca mahallesi yakınlarında 1972 yılında büyük bir orman yangını olmuş ve yaklaşık 200 hektarlık alan yanmıştır. Bu alan daha sonra gerek ağaçlandırma gerekse doğal yeşermeyeyle tekrar eski halini almıştır. Arazi toprak yapısı bakımından genelde killi derin topraktır. Ağaç yaşı olarak genelde 50-80 yaş ve boy olarakda 15-25 m arasındadır. Bölgede topoğrafik eğimin fazla olması nedeniyle (heyelan sahası dahil) tohumun toprakta tutunup çimlenememesi ve toprak erozyonunun yoğun olması nedeniyle bazı yerlerde çıplak alanlar bulunmaktadır.



**Sekil 7** Çalışma alanı ve yakın civarının bitki örtüsü haritası.

#### 4.3.7. Deprem Durumu

Karabük kenti birinci derecede tehlikeli deprem bölgesidir (DAM, 1996). Safranbolu-Araç hattı ile, Kuzey Anadolu deprem hattının etki sahası içindedir. Şimdiye kadar 1939, 1943, 1944 ve 1945 tarihlerinde büyük depremlere maruz kalmıştır. 1944 Şubat ayında bölgede meydana gelen büyük deprem, kentin civarındaki tepelerin çeşitli yerlerinde geniş toprak kaymalarına sebep olmuştur (Tabban, 1980).

Bölge ile ilgili kentin depremselliği; 1905-1991 yılları arasında magnitüdü 4.0'dan büyük olan depremlere ait kayıt listesi (Çizelge 4), Magnitüd-Frekans ilişkileri (Şekil 8) ve deprem tehlikesinin belirli yıl aralıklarında oluş ihtimalleri yüzde olarak verilmiştir (Çizelge 5). Çizelge 5'e göre bölge için hasar yapabilecek bir deprem bina ömrü 50 yıl kabul edilirse, bu zaman aralığında %90 ihtimalle, diğer bir deyişle 18-20 yılda bölgede hasar yapıcı bir deprem meydana gelebilecektir.

Erdik ve diğerleri (1985), Karabük ve yakın civarındaki deprem kayıtlarını da içeren istatistiksel yaklaşımları ile 225 yıllık dönüş süresi için taban kayasındaki maksimum yatay deprem ivmesini ( $a$ ) 0.20-0.60g ve 10 000 yıllık dönüş süresi için 0.40-0.80g olarak hesaplamışlardır.

Çalışma alanının Kuzey Anadolu fay zonuna olan yakınlığı deprem tehlikesini artırmaktadır. Stabilitate analizlerinde bu değer 0.3g olarak seçilmiştir. Arazi koşullarına ve yol yapımındaki kalite göz önünde bulundurularak yolun ömrü 50 yıl kabul edilirse 5 ila 6 büyüklüğündeki bir depremin 50 yılda bir meydana gelme olasılığı %85.4 ile %97.7 arasında değişmektedir (Çizelge 5). Analizin bu çalışmada ayrıntılarıyla belirtilmemesine rağmen değinilmesi gereken önemli bir sismik aktivite durumunda sismik ivme katsayısının 0.5 ( $a=0.5g$ ) olması durumudur. 7 magnitüdünde bir depremin 50 yılda olma olasılığı %62.7' dir (Çizelge 5).

**Cizelge 4.** Karabük ili ve çevresindeki tarihsel depremler (DAM, 1995).

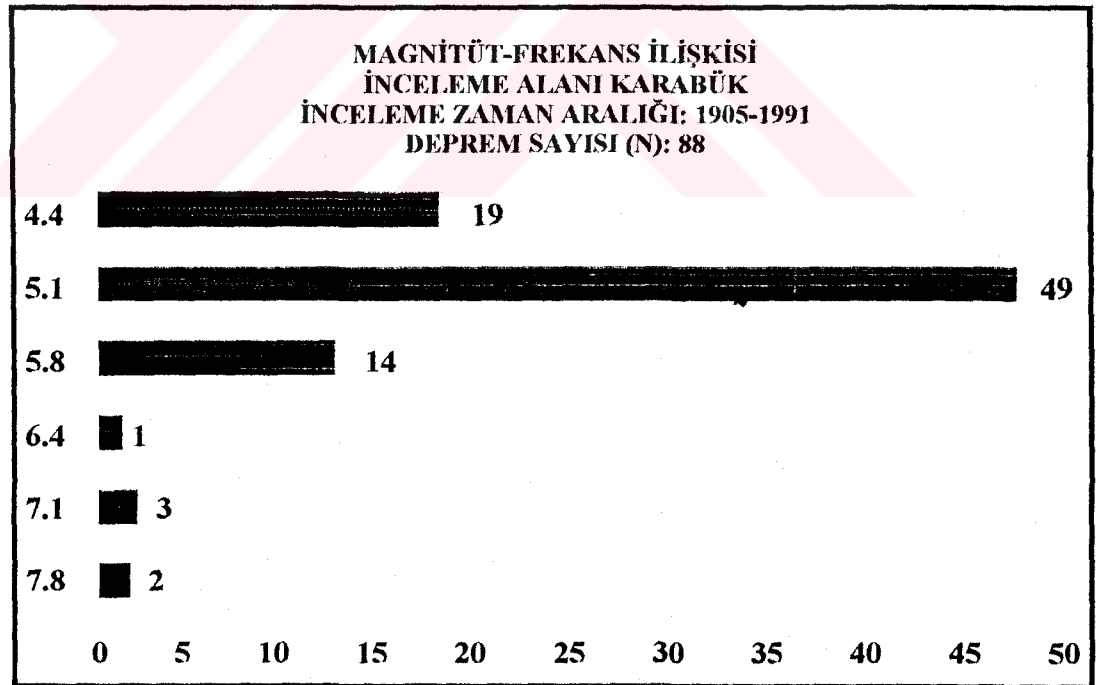
| 22.10.1905-02.01.1991 YILLARI ARASINDA (LAT 40.00-43.00 N; LONG 31.00-34.00 E) MAGNİTÜDÜ 4.0'DAN BÜYÜK OLAN DEPREMLER |            |             |       |        |     |     |     |     |
|---|------------|-------------|-------|--------|-----|-----|-----|-----|
| Sıra No   | Tarih      | Oluş Zamanı | Enlem | Boylam | Dep | M s | M b | M I |
| 1   | 22.10.1905 | 03:42       | 41.00 | 31.00  | 27  | 5.2 | -   | -   |
| 2   | 09.08.1918 | 00:39       | 40.89 | 33.41  | 10  | 5.8 | -   | -   |
| 3   | 09.06.1919 | 07:13       | 41.16 | 33.20  | 10  | 5.7 | -   | -   |
| 4   | 09.06.1919 | 15:47       | 40.68 | 33.89  | 10  | 5.0 | -   | -   |
| 5   | 03.10.1928 | 00:57       | 40.47 | 33.42  | 70  | 5.0 | -   | -   |
| 6   | 04.10.1928 | 11:14       | 40.22 | 33.67  | 10  | 5.7 | -   | -   |
| 7   | 05.04.1929 | 23:18       | 41.50 | 31.50  | 30  | 4.8 | -   | -   |
| 8   | 08.04.1929 | 01:12       | 41.20 | 32.20  | 30  | 4.6 | -   | -   |
| 9   | 27.04.1929 | 22:18       | 40.51 | 31.43  | 30  | 4.8 | -   | -   |
| 10  | 15.05.1933 | 03:23       | 41.26 | 31.09  | 70  | 4.7 | -   | -   |
| 11  | 21.12.1933 | 18:41       | 41.21 | 33.64  | 60  | 4.8 | -   | -   |
| 12  | 12.07.1935 | 00:00       | 40.60 | 33.60  | 60  | 4.8 | -   | -   |
| 13  | 21.09.1936 | 11:41       | 41.21 | 33.53  | 20  | 5.1 | -   | -   |
| 14  | 21.09.1936 | 12:27       | 41.23 | 33.46  | 40  | 4.9 | -   | -   |
| 15  | 21.09.1936 | 13:09       | 41.28 | 33.82  | 10  | 4.6 | -   | -   |
| 16  | 22.09.1936 | 11:56       | 40.98 | 33.26  | 60  | 4.8 | -   | -   |
| 17  | 18.11.1936 | 15:50       | 41.25 | 33.33  | 10  | 5.4 | -   | -   |
| 18  | 31.05.1938 | 17:55       | 40.90 | 33.73  | 10  | 5.1 | -   | -   |
| 19  | 31.05.1938 | 18:03       | 41.00 | 33.50  | 30  | 4.9 | -   | -   |
| 20  | 31.05.1938 | 19:34       | 41.08 | 33.88  | 60  | 4.8 | -   | -   |
| 21  | 91.92.1940 | 05:12       | 41.00 | 33.00  | 30  | 4.9 | -   | -   |
| 22  | 11.10.1940 | 01:37       | 40.81 | 33.30  | 10  | 4.8 | -   | -   |
| 23  | 08.08.1941 | 22:08       | 42.30 | 33.77  | 10  | 4.8 | -   | -   |
| 24  | 06.09.1943 | 16:32       | 40.21 | 31.35  | 10  | 4.9 | -   | -   |
| 25  | 26.11.1943 | 22:20       | 41.05 | 33.72  | 10  | 7.2 | -   | -   |
| 26  | 27.11.1943 | 06:06       | 41.00 | 33.70  | 0   | 4.9 | -   | -   |
| 27  | 27.11.1943 | 08:09       | 41.00 | 33.70  | 0   | 4.8 | -   | -   |
| 28  | 27.11.1943 | 23:29       | 40.78 | 33.93  | 40  | 4.9 | -   | -   |
| 29  | 02.01.1944 | 10:59       | 41.00 | 33.70  | 0   | 5.0 | -   | -   |
| 30  | 01.02.1944 | 03:22       | 41.41 | 32.69  | 10  | 7.2 | -   | -   |
| 31  | 01.02.1944 | 06:08       | 40.70 | 31.27  | 10  | 5.0 | -   | -   |
| 32  | 01.02.1944 | 21:24       | 41.40 | 32.70  | 0   | 5.3 | -   | -   |
| 33  | 02.02.1944 | 03:33       | 40.74 | 31.44  | 40  | 5.1 | -   | -   |
| 34  | 10.02.1944 | 12:05       | 41.00 | 32.30  | 10  | 5.3 | -   | -   |
| 35  | 05.04.1944 | 04:40       | 40.84 | 31.12  | 10  | 5.5 | -   | -   |
| 36  | 18.10.1944 | 12:54       | 40.89 | 33.47  | 10  | 5.2 | -   | -   |
| 37  | 09.02.1945 | 02:28       | 40.50 | 31.20  | 30  | 4.9 | -   | -   |
| 38  | 02.03.1945 | 10:39       | 41.20 | 33.40  | 10  | 5.6 | -   | -   |
| 39  | 08.03.1945 | 10:07       | 41.85 | 32.44  | 10  | 5.0 | -   | -   |
| 40  | 07.06.1945 | 01:20       | 41.17 | 33.25  | 10  | 5.2 | -   | -   |
| 41  | 26.10.1945 | 13:56       | 41.54 | 33.29  | 50  | 5.7 | -   | -   |
| 42  | 21.01.1946 | 11:25       | 41.05 | 33.48  | 60  | 5.0 | -   | -   |
| 43  | 25.08.1946 | 11:23       | 41.52 | 33.75  | 10  | 4.8 | -   | -   |
| 44  | 19.12.1947 | 17:31       | 40.74 | 32.82  | 10  | 4.9 | -   | -   |
| 45  | 13.05.1949 | 20:14       | 40.94 | 32.71  | 20  | 5.1 | -   | -   |

Cizelge 4 (devam ediyor)

| 22.10.1905-02.10.1991 YILLARI ARASINDA (LAT 40.00-43.00 N;LONG 31.00-34.00 E) MAGNİTÜDÜ 4.0'DAN BÜYÜK OLAN DEPREMLER |            |             |       |        |     |     |     |     |
|--|------------|-------------|-------|--------|-----|-----|-----|-----|
| Sıra No  | Tarih      | Oluş Zamanı | Enlem | Boylam | Dep | M s | M b | M l |
| 46   | 12.03.1951 | 08:56       | 42.00 | 31.80  | 30  | 4.7 | -   | -   |
| 47   | 13.08.1951 | 18:33       | 40.88 | 32.87  | 10  | 6.9 | -   | -   |
| 48   | 13.08.1951 | 22:58       | 41.09 | 33.27  | 80  | 4.8 | -   | -   |
| 49   | 14.08.1951 | 18:46       | 41.08 | 33.18  | 40  | 4.9 | -   | -   |
| 50   | 14.08.1951 | 20:23       | 40.82 | 33.23  | 10  | 4.8 | -   | -   |
| 51   | 07.09.1953 | 03:59       | 41.09 | 33.01  | 40  | 6.0 | -   | -   |
| 52   | 13.12.1953 | 19:38       | 41.16 | 33.81  | 50  | 4.8 | -   | -   |
| 53   | 26.06.1955 | 21:12       | 41.11 | 33.33  | 10  | 4.6 | -   | -   |
| 54   | 26.05.1957 | 06:33       | 40.67 | 31.00  | 10  | 7.1 | -   | -   |
| 55   | 26.05.1957 | 09:16       | 41.42 | 31.09  | 10  | 4.9 | -   | -   |
| 56   | 27.05.1957 | 07:05       | 40.84 | 31.17  | 80  | 4.7 | -   | -   |
| 57   | 28.05.1957 | 05:33       | 40.57 | 31.02  | 40  | 4.7 | -   | -   |
| 58   | 29.05.1957 | 08:47       | 40.72 | 31.04  | 20  | 4.7 | -   | -   |
| 59   | 21.05.1958 | 10:13       | 40.65 | 33.36  | 10  | 4.6 | -   | -   |
| 60   | 19.06.1964 | 00:50       | 40.74 | 32.83  | 33  | 4.6 | -   | -   |
| 61   | 20.01.1965 | 07:09       | 40.50 | 34.00  | 33  | 4.5 | -   | -   |
| 62   | 10.12.1966 | 17:08       | 41.09 | 33.56  | 13  | 5.2 | -   | -   |
| 63   | 28.03.1968 | 17:12       | 40.50 | 31.34  | 06  | 4.5 | -   | -   |
| 64   | 03.09.1968 | 08:19       | 41.81 | 32.59  | 05  | 6.5 | -   | -   |
| 65   | 05.07.1971 | 16:52       | 41.75 | 32.48  | 05  | -   | 4.3 | -   |
| 66   | 20.09.1971 | 08:02       | 41.54 | 32.66  | 00  | -   | 4.0 | -   |
| 67   | 20.09.1971 | 10:57       | 41.58 | 32.44  | 00  | -   | 4.2 | -   |
| 68   | 04.07.1972 | 06:17       | 41.70 | 33.44  | 00  | -   | 4.0 | -   |
| 69   | 19.02.1973 | 18:10       | 40.28 | 33.96  | 22  | -   | 4.6 | -   |
| 70   | 05.07.1973 | 03:32       | 41.17 | 33.82  | 33  | -   | 4.0 | -   |
| 71   | 04.06.1975 | 02:57       | 41.09 | 32.30  | 00  | -   | 4.0 | -   |
| 72   | 22.09.1975 | 12:56       | 40.36 | 33.40  | 03  | -   | 4.4 | -   |
| 73   | 22.09.1975 | 16:31       | 40.26 | 33.34  | 18  | -   | 4.3 | -   |
| 74   | 27.12.1975 | 00:52       | 40.33 | 32.70  | 00  | -   | 4.0 | -   |
| 75   | 18.02.1976 | 23:07       | 41.60 | 31.92  | 00  | -   | 4.5 | -   |
| 76   | 05.10.1977 | 05:34       | 40.82 | 32.87  | 00  | 5.8 | 5.0 | -   |
| 77   | 03.11.1978 | 09:35       | 40.91 | 32.35  | 10  | -   | -   | 4.2 |
| 78   | 29.05.1979 | 14:23       | 40.89 | 33.58  | 10  | -   | 4.1 | -   |
| 79   | 28.06.1979 | 21:22       | 40.75 | 31.62  | 00  | 4.2 | 4.5 | 3.8 |
| 80   | 02.10.1980 | 11:21       | 40.09 | 33.17  | 33  | -   | 4.1 | -   |
| 81   | 17.02.1982 | 15:08       | 40.38 | 33.31  | 10  | -   | 4.1 | -   |
| 82   | 14.02.1983 | 07:28       | 41.95 | 32.89  | 33  | -   | 4.1 | -   |
| 83   | 17.10.1986 | 10:33       | 41.19 | 32.34  | 00  | -   | 4.5 | 4.4 |
| 84   | 06.03.1987 | 15:06       | 42.10 | 33.20  | 10  | -   | 4.2 | -   |
| 85   | 05.08.1990 | 18:31       | 40.20 | 33.86  | 25  | -   | 4.8 | -   |
| 86   | 18.10.1990 | 23:29       | 40.14 | 33.79  | 10  | -   | -   | 4.2 |
| 87   | 30.01.1991 | 06:30       | 40.18 | 34.00  | 21  | -   | 4.0 | -   |
| 88   | 02.10.1991 | 15:20       | 40.45 | 33.29  | 33  | -   | 4.2 | -   |

**Cizelge 5** Karabük ve çevresinde deprem tehlikesinin yüzde olarak oluş ihtimalleri (DAM, 1995).

| DEPREM TEHLİKESİ (% OLARAK) |     |      |      |      |      |                          |
|-----------------------------|-----|------|------|------|------|--------------------------|
| MAGNİTÜD/<br>PERİYODI       |     | 25   | 49   | 73   | 97   | DÖN.PER <sub>(YIL)</sub> |
| 5.0                         | 7.4 | 85.3 | 97.7 | 99.6 | 99.9 | 13.0                     |
| 5.5                         | 5.3 | 74.7 | 93.2 | 98.2 | 99.5 | 18.2                     |
| 6.0                         | 3.9 | 62.6 | 85.4 | 94.3 | 97.8 | 25.4                     |
| 6.5                         | 2.8 | 50.5 | 74.8 | 87.2 | 93.5 | 35.6                     |
| 7.0                         | 2.0 | 39.5 | 62.7 | 77.0 | 85.8 | 49.7                     |
| 7.5                         | 1.4 | 30.2 | 50.6 | 65.1 | 75.3 | 69.4                     |

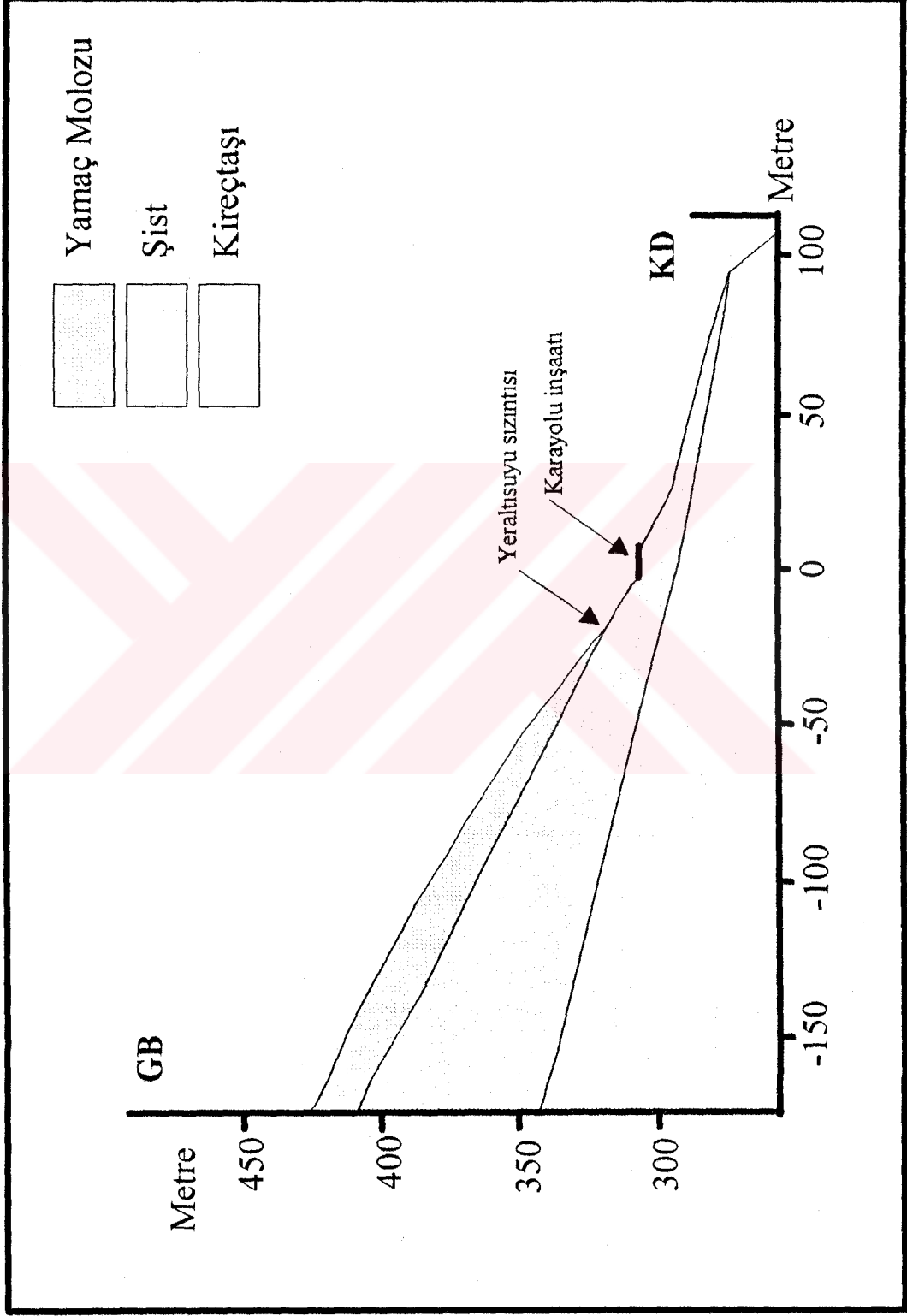


**Sekil 8** Magnitüt Frekans İlişkisi (DAM, 1996).

#### 4.3.8. Heyelanlar

Yapımı süren Karabük-Yenice karayolunda 1991 yılındaki yol genişletmesi işlemleri sırasında değişik boyutlarda birçok yamaç hareketleri meydana gelmiştir. Karayolları ekiplerinin yol açma işlemleri sırasında meydana gelen yamaç hareketleri genelde kayma olarak başlayıp yer yer akma olarak devam etmiştir. Yamaç hareketlerinin en büyük nedeni yol açımı sırasında yapılan topuk kazıdır. Bu hareketlerin çoğu kayan malzemelerin yoldan kaldırılması ve hareket gözlenen yamaçların palyelendirilmesiyle önlenmeye çalışılmıştır. Palyelendirmeler her zaman heyelanları önlemekte başarılı olamamıştır.

12 ve 13 kilometreler arasında kireçtaşı, şist ve yamaç molozu-kolüvyondan oluşan yamaç litolojisinin stabilitesi yeraltı suyunun varlığından önemli ölçüde etkilenmektedir. Jeofiziksel etüdler yamaç molozunun 350-460 m kodlar arasında 20 m kalınlığa ulaştığını göstermektedir. Arazi gözlemleri sırasında yamaç molozu 500 m kodlarına kadar gözlenmektedir. Yüksek kodlarda daha iri bloklu bir yapı gözlenirken, yamaç topuklarına doğru kalınlığı azalmakta ve daha ince taneli bir görünüm alarak kolüvyon olarak gözlenmektedir. Yamaç molozu ve kolüvyonun hemen altında yer alan şistler de ortalama olarak 65 m kalınlıkta olmalarına rağmen kuzeydoğuya doğru 280 m kotlarında topografyaya bağlı olarak kalınlığı azalmaktadır. Şistler altında kireçtaşları yer almaktadır. Yol kazısı şistler içinde yapılmıştır (Şekil 9). Yenice Irmağı'nın güneybatı yamaçları, kuzeybatıdan gelen yağışlı Karadeniz ikliminden daha fazla etkilenmekte ve özellikle şistler yamaç yüzeylerinde ayrışma derecesinin V-VI olarak belirlendiği silt tane boyutunun hakim olduğu tamamen ayrışmış kaya-kalıntı zemin karakterinde izlenmektedir. Mevcut heyelan aynalarında yapılan arazi gözlemlerinde ayrışmanın derecesinin 4-5 m sonra azaldığı görülmektedir. Şistlerin yüksek oranda kırıklı olması geçirgenliklerini de artırmaktadır. Resim 4'te de görüleceği gibi 315 m kotunda yeraltı suyu sızıntıları arazi çalışmalarının yürütüldüğü yaz aylarında da gözlenmektedir. Bu sızıntıların daha çok yamaç molozundan şist içine sızıntı yapan yeraltı suları olduğu anlaşılmıştır.



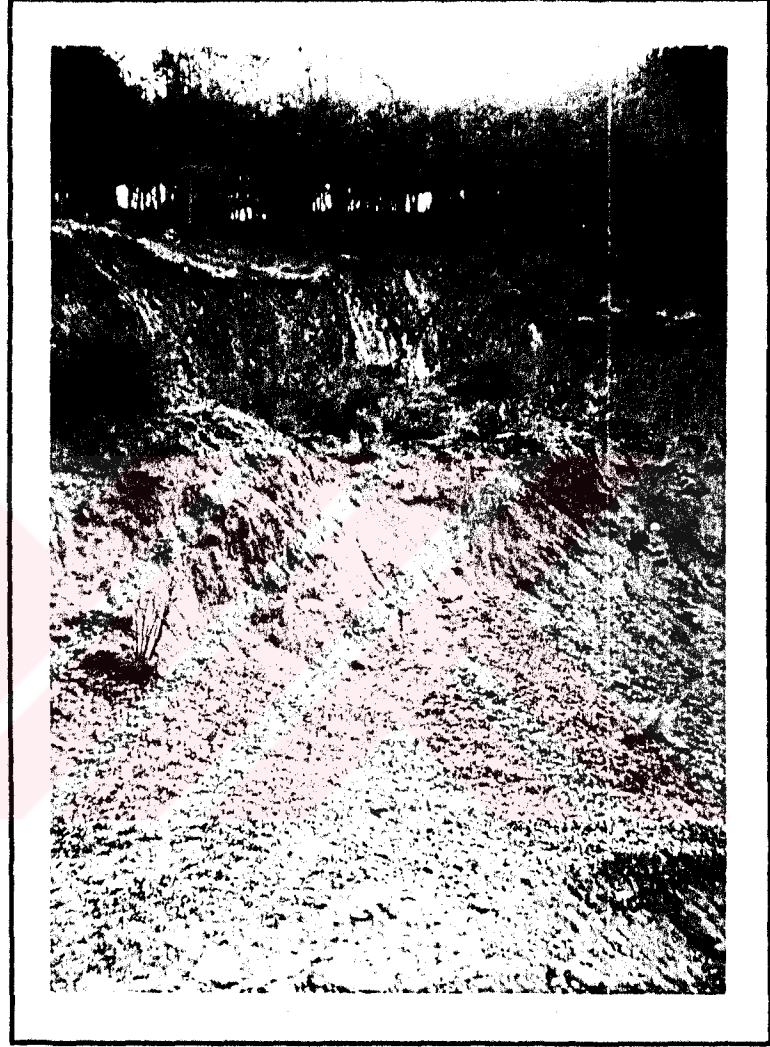
**Sekil 9** Çalışma alanını karakterize eden yamaç kesiti.

Çalışma sahasının yılın her ayında hemen hemen ortalama  $60 \text{ kg/m}^2$ 'lik yağış alması yamaç molozu, kolüvyon ve şistin yılın büyük bir kısmında yeraltı suyunun etkili olmasına neden olmaktadır. Yaz aylarında yeraltı su seviyesi düşerek şist içinde ve genelde karayolu kotu altında kaldığı gözlenmiştir. Arazi gözlemleri şist içinde yamaç topraklarına doğru 310-340 m kotlarında oluşan kayma yüzeylerinin ayrışma sınırında dairesel olarak geliştiğini göstermektedir (Resim 7). Daha yüksek kotlarda (340-360 m kotları) heyelan aynası ve gerilme çatlakları kolüvyon içerisinde gözlenmiştir (Resim 8 ve 9). Kolüvyon altında yer alan şistlerin düşük kotlardaki şist yamaçlarına oranla daha düşük ayrışma göstereceği kesindir. Bu da kolüvyon-şist dokanağında kaymanın gerçekleştiğini ortaya koymaktadır. Yamaç eğiminin yüksek olması heyelanların oluşumuna etki eden önemli bir faktördür.

#### 4.3.8.1. Bolkuş Köyü Heyelanı

Şekil 4 ve 5'de iki ve üç boyutlu topoğrafik konumu verilen Karabük'e bağlı Bolkuş Köyü civarında ve yapımı süren Karabük-Yenice karayolu km:12+300 ile 12+600 arasında meydana gelen heyelanlar genel olarak yukarıda açıklanan özelliklere sahiptir. Yolun diğer kısımlarında oluşan heyelanlar da hemen hemen aynı özellikleri taşımaktadır. Bolkuş köyü civarında km:12+300 ile 12+600 arasında meydana gelen heyelan karayolu ekiplerine büyük sorunlar çıkartmıştır. 1991 yılında yol genişletmesi işlemleri sırasında meydana gelen yamaç hareketi için Ekim 1991 yılında adı geçen bölgede karayolları ekiplerince heyelan olan yamacın en kesitleri çıkartılmış ve heyelanın 1/500 ölçekli haritası hazırlanmıştır (Ek-1).

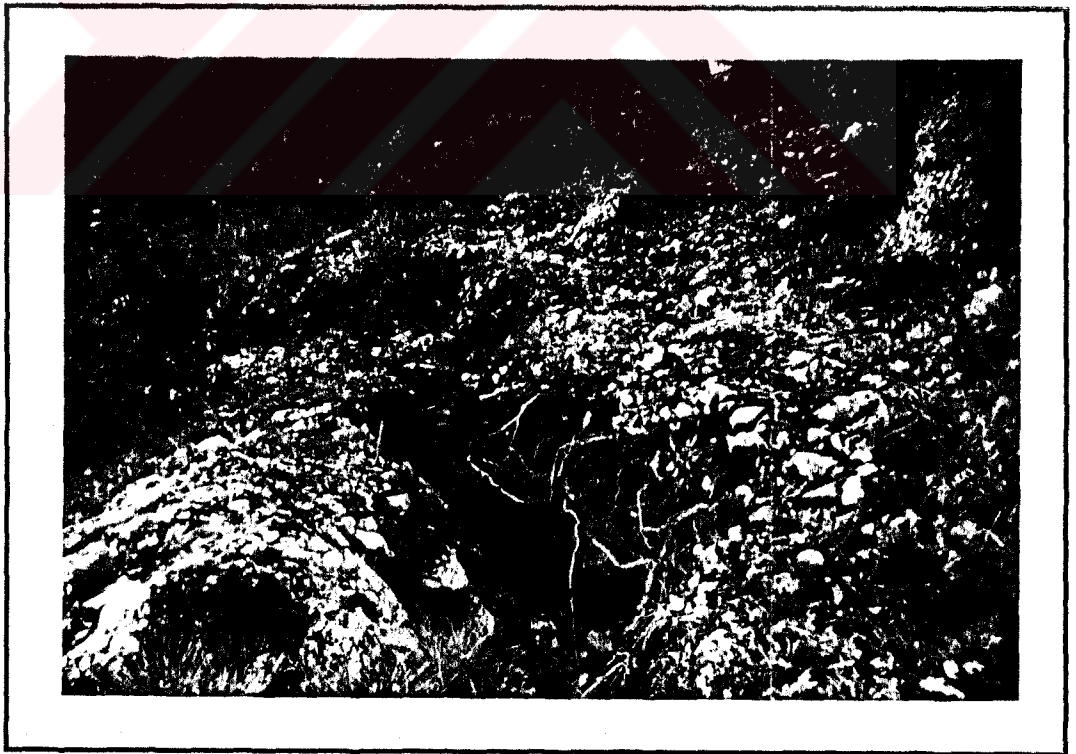
Heyelanın oluşmasıyla 300 ile 400 m kotları arasında gerilme çatlakları oluşmuştur (Ek-1). Heyelanın olduğu kilometreler arasında yolun çok dar olması (Resim 10) nedeniyle genişletme çalışmalarının yapılması gerektiğinden karşılaşılan bu sorunun çözümlenmesi için bir takım çalışmalar yapılmıştır. İlk aşamada yamaç hareketinin gözlemlendiği km:12+300-12+600 arasına üç adet palye yapılmıştır (Resim 4). Bu kesimde yol kotu ortalama 305 m ve birinci palye 319 m, ikinci palye 334 m ve üçüncü palye 344 m kotlarındadır.



**Resim 7** Km:12+900'de meydana gelen bir yamaç hareketi (KD-GB).



**Resim 8** Heyelanla birlikte oluşan gerilme çatlakları.



**Resim 9** Kolüvyon içinde gerilme çatlakları oluşumu.



**Resim 10.** Heyelanın yolu daralttığı kesim.

Bu değerler ortalama alınmış olup yol boyunca yer yer farklılıklar göstermektedir. Kayma hareketinin gözlemlendiği yamacın ortalama eğimi  $45^{\circ}$ 'dir. Heyelan can ve mal kaybına neden olmamasına karşın yola büyük zararlar vermiş ve daha sonraki yol çalışmalarını olumsuz yönde etkilemiştir. Bu araştırmanın son bölümde detaylı olarak incelenen ve ıslah projeleri geliştirilen yamacın, yolun işletilmeye açılmasıyla göstereceği mekanik davranışın değişeceği açıktır. Özellikle mevcut heyelanın etkinlik durumu bu konuda etkili olacaktır. Çalışma alanının heyelan açısından değerlendirilmesi Varnes (1978) ve Önalp (1995) temel alınarak yapılmıştır. İncelenen heyelan etkin bir heyelan olup özellikle yağış miktarının yükselmesi ile hareket hız kazanmaktadır. Şistlerin ayrılmış kısımlarında dairesel kaymalar oluşurken, diğer yandan şistler üzerinde kolüvyonun içinde dairesel kayma yüzeyleri gelişmiştir. Şistler içinde gelişen ve Ek-1'de haritası verilen heyelanın genişliği 30 m, uzunluğu 60 m ve boyu 55 m'dir. Heyelanın gelişmesinde malzeme türü ve yamaç geometrisinin etkisi büyüktür.

Palyelerin yapılmasından sonraki günlerde km:12+490'da zaman zaman küçük ölçekli yamaç hareketleri meydana gelmesiyle km:12+456 ile km:12+540 arasındaki kalan alanda palyeler tamamen yok olmuştur. Şist içerisinden çıkan yeraltı sularının da etkisiyle birinci palye zamanla yok olmasına rağmen halen kazı yüzleri gözlenebilmektedir.

#### 4.3.8.2. Jeofizik Uygulama

Karayolları Genel Müdürlüğü Zemin Mekaniği ve Tüneller Şubesi Müdürlüğünün isteği üzerine, Karabük-Yenice devlet yolunun km:12+375'deki yol kazısı sırasında oluşturulan palyelerde ve km:12+490'daki heyelanda yine aynı kuruluş tarafından jeofizik etüdler yapılmıştır (Tamer, 1991).

Jeoelektrik sondajlar, arazi koşullarının elverdiği ve açılıma uygun olduğu yerlerde yapılmıştır. Yapılan 12 adet jeoelektrik sondajın 5 tanesi palyelerde, 7 tanesi ise heyelanlı kesimdedir (Ek-1). Km:12+375'de yol eksenine dik doğrultudaki hat üzerinde, yolda (ES-Y), I. palyede ES-P1, II. palyede ES-P2, III. palyede ES-P3 ve üstte ES-A jeoelektrik sondajları yapılarak K-G doğrultusunda örtü tabakasının kalınlığı ve şistlerin çatlaklı altere olmuş kısımları araştırılmıştır (Ek-2). Doğu-Batı doğrultulu jeofizik uygulamada heyelanın taç noktasından yola paralel doğrultudaki hat üzerinde ES-B1, ES-B2, ES-B3, ES-B4, ES-B5 elektrik sondajları yapılmıştır (Ek-3). Heyelanlı kesimde km:12+490'da yol eksenine dik doğrultuda ES-B3, ES-C1, ES-C2 elektrik sondajları ile heyelanın D-B doğrultusundaki durumu araştırılmıştır (Ek-4). Heyelanlı kesimdeki jeoelektrik sondajlar, arazi koşullarının elverdiği ölçüde ve açılıma uygun yerlerde yapılabilmektedir. Tüm jeofizik etüd noktaları etüd ekibince araziye çakılmış ve kodlandırılmıştır. Bu noktalar heyelan planında gösterilmiştir. Elektrik sondaj noktalarının penetrasyon derinlikleri Çizelge 7'de belirtilmiştir. Toplam 605 m' lik jeoelektrik sondaj yapılmış ve log değerlendirmelerine göre jeofizik kesitler çizilmiştir. Elektrik sondajlarda üç potansiyel metodu uygulanmış ve gerçek özdirenç Wenner eğrilerinden hesaplanmıştır.

Km:12+375'deki palyeler üzerinde yapılan jeoelektrik sonucuna göre killi, siltli, çakıllı, iri kireçtaşı bloklu örtü tabakasının kalınlığı 3-6 m ve gerçek özdirenç 245

ohm m' dir. Şistlerin gerçek öz direnci 117-195 ohm m arasındadır. Çatlaklı, altere şistin gerçek öz direnci ise 66-98 ohm m' dir.

**Cizelge 6** Elektrik sondaj noktalarının penetrasyon derinlikleri.

| Elektrik Sondaj Noktası | Penetrasyon Derinliği (m) |
|-------------------------|---------------------------|
| ES-Y                    | 60                        |
| ES-P1                   | 35                        |
| ES-P2                   | 60                        |
| ES-P3                   | 50                        |
| ES-A                    | 60                        |
| ES-B1                   | 60                        |
| ES-B2                   | 60                        |
| ES-B3                   | 50                        |
| ES-B4                   | 40                        |
| ES-B5                   | 30                        |
| ES-C1                   | 50                        |
| ES-C2                   | 50                        |

Yolda yapılan ES-Y elektrik sondajında 50 m derinlikte saptanan kireçtaşının gerçek öz direnci 310 ohm m' dir. ES-P1, ES-P2, ES-P3 ve ES-A elektrik sondajlarında yeterli derinliklere inilememiş bunun içinde ES-Y elektrik sondajında saptanan kireçtaşının devamlılığı araştırılmamıştır. Fakat yapılan jeolojik gözlemlerden kireçtaşının bu kesimde şistlerin altında yer aldığı söylenebilir (Resim 4). Palyelerde saptanan şist kalınlığı 35-60 m' dir. Çatlaklı ve altere şist I. palyede yüzlek vermekte, uzanımı güneye doğru devam etmektedir.

Heyelan olan yerde, taç noktası olarak belirlenen noktadan yola dik ve km:12+490'dan geçen doğrultuda ES-B3, ES-C1 ve ES-C2 noktalarında elektrik sondajlar yapılmıştır. Bu elektrik sondajlarında örtü tabakası kalınlığı 6 m, gerçek öz direnci 185-1150 ohm m' dir. Şistlerin öz direnci 115-170 ohm m ve çatlaklı altere şistlerin öz direnci 42-90 ohm m' dir. Şistlerin kalınlıkları 25-35 m' dir. Şistlerin altında yer alan kireçtaşının öz direnci 250-600 ohm m' dir. Kireçtaşları yolun altında Yenice Irmağı yamacında yüzlek vermekte ve güneye doğru kalınlaşarak devam etmektedir. Kireçtaşlarının eğimi kuzeydoğuya yani Yenice Irmağı'na doğrudur.

D-B doğrultulu jeofizik uygulamada heyelanın taç noktasından yola paralel doğrultudaki hat üzerinde yapılan ES-B1, ES-B2, ES-B3, ES-B4, ES-B5 elektrik sondajlarının sonuçlarına göre; örtü tabakasının kalınlığı 6-9 m, gerçek özdirenci 460-1652 ohm m' dir. Çatlaklı ve altere şistlerin gerçek özdirenci 42-92 ohm m, diğer şistlerin gerçek özdirenci 135-190 ohm m' dir. Şistlerin kalınlıkları 18-50 m' dir. Şistlerin altındaki kireçtaşlarının özdirenci 350-780 ohm m' dir. Kireçtaşları doğu, batı ve kuzey yönlerine eğimlidir. Şistler doğuya doğru kalınlaşarak devam etmektedir.

Heyelan, kuzeydoğuya doğru hareket etmektedir. Bu yönde kireçtaşları oldukça eğimlidirler. Bu yapıdaki ve şistler içerisindeki çatlaklı ve altere olmuş kısımlar, yoğun mevsim yağışları ile yeraltı sularının etkisiyle duraysız hale gelmişlerdir. Yol yapımından önceki çatlakların varlığında jeolojik yapının yukarıda belirtildiği gibi olmasından ileri gelmektedir.

#### 4.3.9. Mekanik Stabilite Analizleri

Km:12+490'da meydana gelen yamaç hareketinin mekanik stabilite analizleri için geri analiz yöntemi ile dairesel kayma üzerine modelleme yapılarak gerçekleştirilmiştir.

Yukarıda bahsedilen yamaç hareketi kolüvyonun altta bulunan ve Ulus formasyonuna ait olan şist yüzeyi boyunca kayması sonucu oluştuğu saptanmıştır. Yamaç molozunun altında yer alan şistin tabanında Yılanlı formasyonu'na ait kireçtaşı bulunmaktadır (Resim 2). Yapılan arazi incelemelerinde yamaç molozunun iri kireçtaşı blokları içerdiği saptanmıştır (Resim 8 ve 9). Bunların fayların etkisiyle topografik olarak yükselen Yılanlı formasyonuna ait olduğu belirlenmiştir.

Çalışmaların yapıldığı sahadaki duraysızlık sorunlarında önemli yer tutan dairesel kaymalar için bilgisayarda SLOPE V-7.50 (Borin, 1991) programı kullanılarak yapılmıştır. Bu programda dairesel kayma analizi yapabilen Bishop metodu seçilmiştir (Bishop, 1955). Öncelikle mevcut şevin kesiti çıkarılarak bilgisayara girilmiş ve analizlere bu aşamadan sonra geçilmiştir. SLOPE programı kazı ve dolgu şevlerinde veya tabii yamaçlarda şev tasarımı için kullanılmaktadır.

Bir yamaç veya şevin duraylılığının tespit edilebilmesi için farklı kuvvet bileşenlerinin bilinmesi gerekmektedir. Bunlar kaymaya karşı koyan kuvvetler (zeminin makaslama kuvveti) ve kaymaya sebep olan kuvvetlerdir. Bishop yatay dilim kuvvetleri metodu bütün dairesel kayma düzlemleri için kullanılabilir. Güvenlik katsayısı hesaplandığı zaman hata payı çok büyük değildir ve bu hata payı ihmal edilebilir. Bilgisayara, yamacın heyelan oluşmadan önceki durumu (geri analiz) girilmiştir. Bundan sonra zemin ve kaya parametreleri, yeraltı suyunun durumu ve kayma düzlemi girilerek güvenlik katsayıları farklı koşullar için bulunmuştur. Kayma mukavemeti parametrelerini belirlemek için laboratuvarında yapılması gereken kesme kutusu ve üç eksenli deneyler için araziden örselenmiş numune alma şansı olmamıştır. Bu parametreler benzer birimler için benzer koşullarda yapılan deneyleri içeren kaynaklardan derlenmiştir (Hoek ve Bray, 1981). Heyelanda kolüvyon için efektif mukavemet parametreleri olan kohezyon ve içsel sürtünme açısı sırasıyla  $c=20 \text{ kN/m}^2$ ,  $\phi=22^\circ$  ve şist için  $c=35 \text{ kN/m}^2$   $\phi=35^\circ$  olarak alınmıştır. Kolüvyon için birim hacim ağırlığı ( $\gamma$ )  $20.10 \text{ kN/m}^3$  (kuru ve doygun) ve şistin birim hacim ağırlığı  $22.00 \text{ kN/m}^3$ , (kuru ve doygun) olarak alınmıştır.

Stabilite analizlerine mevcut şev geometrisi temel alınarak başlanmıştır. Sığ kaymalardan ziyade karayolunun ulaşımına kapanmasına neden olacak derin kaymalar için şev kesiti modellenmiştir. Bütün analizler statik ( $a=0.0g$ ) ve dinamik ( $a=0.3g$ ) koşullar için tekrar edilmiştir. En kritik kayma yüzeyinin belirlenebilmesi için, her analizde en az 100 kayma yüzeyindeki güvenlik katsayısı değerleri hesaplanmıştır. Ek 5-12'de de görüleceği gibi bütün analizlerde ilk daire merkezi, yol kotundan (302 m) itibaren 58 m (360 m kotu) yukarıda seçilmiştir. G-K şev kesitinde, bu daire merkezinden itibaren  $10 \times 10$ 'luk bir matris oluşturularak en kritik daire merkezi belirlenmeye çalışılmıştır.

Ek-5'te de görüleceği gibi km:12+375'te şev üç palyeden meydana gelmektedir. Palye genişlikleri topoğrafyaya bağlı olarak 3.5-5 m arasında değişmektedir. Karayolunun kotu kullanılan kesitlerde 302 m' dir. Yol kazısı  $75^\circ$  gibi çok yüksek bir şev açısı değerinde açılmıştır. Palye kazılarında şev açısı daha küçük tutulmasına

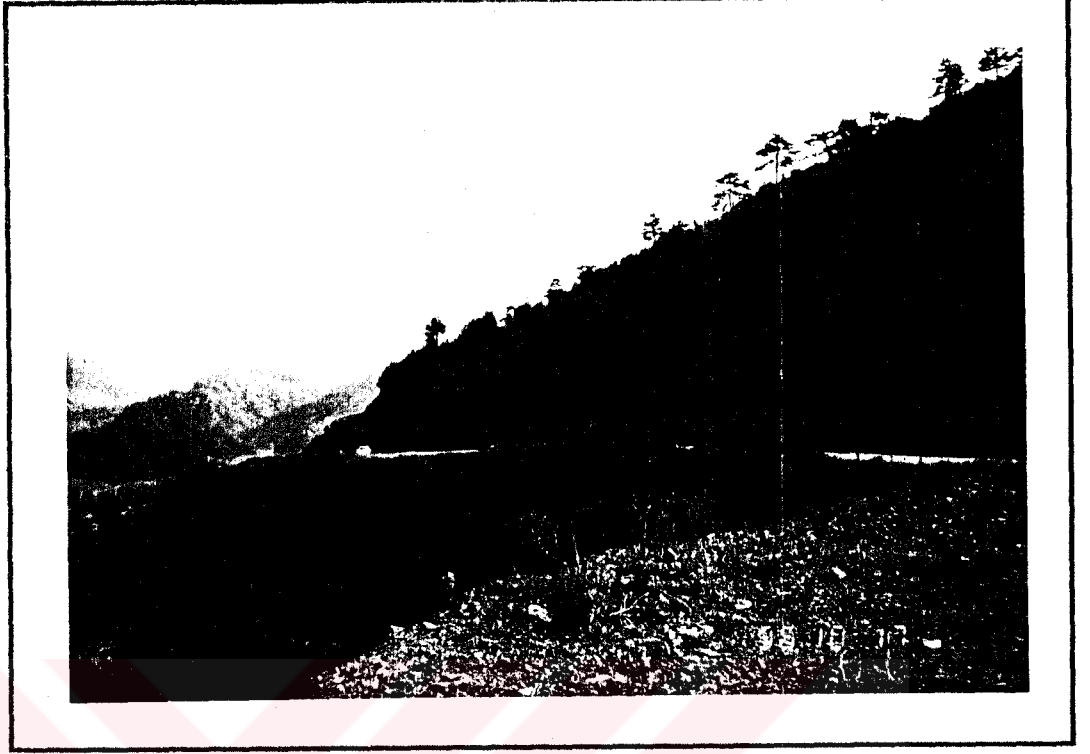
rağmen (1Y:1D; 45<sup>0</sup>) mevcut litolojinin bu koşullarda stabil kalması imkansızdır (Resim 11 ve 12).

Model-1 (Ek-5)' de görüleceği gibi mevcut şev konumunda yeraltı su tablasının etkisi olmadığı konumlarda (yeraltı su tablası kotu 295 m), şev limit denge konumuna gelmektedir ( $G_s=1.040$ ). Olası bir sismik etki durumunda güvenlik katsayısı 0.682'ye kadar düşmektedir (Model 2, Ek-6). Model-3 ve 4'te yeraltı su tablasının yükseldiği konum göz önüne alınmıştır. Gerek statik (Model-3, Ek-7). ve gerekse dinamik (Model-4, Ek-8) koşullarda güvenlik katsayısı 1.00'in altında kalmaktadır. Bu değerlere göre, yeraltı su tablasının şev içinde yükselmesi özellikle 1 ve 2 nolu palyeleri de içine alan derin bir kaymaya neden olacaktır.

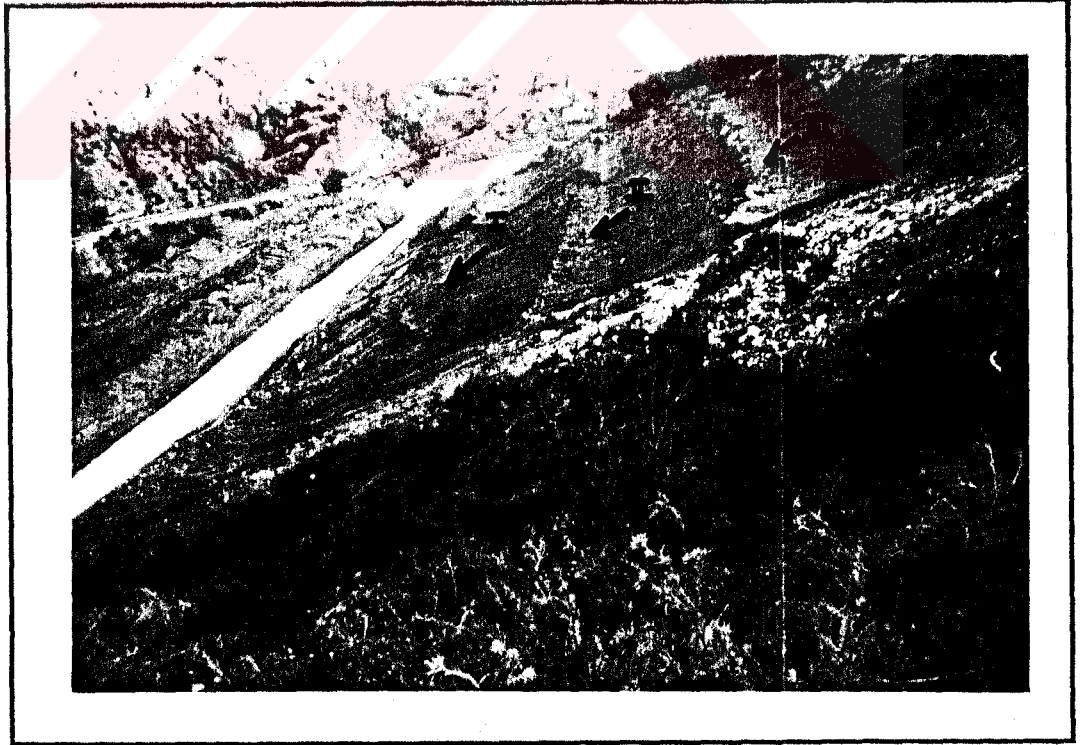
#### 4.3.10. İslah Çalışmaları

Model 1, 2, 3 ve 4'te de görüleceği gibi şevin ayrılmış şist içerisinde yüksek şev açısında kazılması, şevin ıslah edilmesini zorlaştırmaktadır. Model 3 ve 4'te de belirtildiği gibi yeraltı su tablasının etkisini ortadan kaldırmak için, şevin drenlerle projelendirilmesi şarttır. Şu ana kadar elde yeterli piyezometrik ölçümler olmadığı için drenaj projelendirilmesine burada değinilmeyecektir. Şevin topoğrafyaya bağlı olarak dik açılması, yeni bir kazı tasarımının gerçekleştirilmesini zorunlu kılmaktadır.

Mevcut şev geometrisinin statik ve dinamik koşullarda duraylı kalabilmesi için üç ıslah yöntemi düşünülmüştür. Bu yöntemler sırasıyla İslah-1, İslah-2 ve İslah-3 olarak isimlendirilmiştir (Ek 9-14). Bu projeler birbirine bağlı olarak düşünülmüş ve her koşulda en kritik kayma yüzeyi için güvenlik katsayısının 1.00'in üzerinde kalıncaya kadar bir önceki projenin tekrar ele alınması yöntemi ile geliştirilmişlerdir.



**Resim 11** Stabilite analizlerinde kullanılan Şevin genel görünüşü (KB-GD).



**Resim 12** Stabilite analizlerinde kullanılan Şevde yer alan palyeler (KB-GD).

#### 4.3.10.1 Islah Projesi No 1

Bu uygulamada, yol kotundan itibaren (302 m) 1Y:1D kazı yüzeyi birinci palyeye kadar ve birinci palyede 8 m genişlik bırakıldıktan 352 m kotuna kadar 1Y:1D kazı yüzeyi oluşturulmasını içermektedir. Kazı yapılacak yol uzunluğu 300 m olarak düşünülmüştür. Toplam 75 000 m<sup>3</sup> kazı yapılacaktır. Tek palye içeren bu şev geometrisinde statik koşullarda güvenlik katsayısı 1.148'e kadar yükselmektedir (Ek-9). Fakat dinamik koşullarda güvenlik katsayısı 0.728'e kadar düşmektedir. (Ek-10) Dinamik koşullarda en kritik kayma dairesinin şev topuğundan geçmesi, topuğunda desteklenmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır.

#### 4.3.10.2 Islah Projesi No 2

Islah projesi no 2'nin özellikle dinamik koşullarda duraysız olması bu projenin düşünülmesine neden olmuştur. Bu projede statik (Model 7, Ek-11) ve dinamik (Model-8, Ek-12) koşullarda karayolu kotundan itibaren 2 m yatay genişliğe sahip, 1.5 m kalınlığında kireçtaşı blokları ile gabion duvar oluşturulması düşünülmüştür. Duvar yapılacak yol uzunluğu 300 m' dir. Toplam 10 800 m<sup>3</sup> kireçtaşı bloğu kullanılacaktır. Yılanlı formasyonu'ndan bu blokları temin etmek mümkündür. Yol kazısının bu formasyon içerisinde yapıldığı lokasyonlar en uygun malzeme ocaklarını temin edecektir. Bu projede mevcut şev topuğundan geçecek kayma yüzeyindeki güvenlik katsayısı 1.00 üzerine çıkarken, en kritik kayma yüzeyi palye topuğundan (319 m kotundan) geçmektedir. Statik koşullarda güvenlik katsayısı 1.216'ya yükselirken, dinamik koşullarda bu değer 0.738'e kadar düşmektedir.

#### 4.3.10.3 Islah Projesi No 3

Daha önce bahsedilen proje no 1 ve proje no 2'de olası deprem sonucu şevde bir hareketin gözleneceği muhakkaktır. Ek-12'de görüleceği gibi proje no 2'de en kritik kayma yüzeyi şev içinde palye yüzeyine teğet olmaktadır. Bu nedenle palye üzerine yerleştirilecek ve kazı sonucu çıkarılan ince taneli malzemenin sıkıştırılması ile oluşturulacak bir kil dolgu yapımı bu projede yer almaktadır. 4 m genişliğe sahip bu dolgu 1Y:1D eğime sahip olacaktır. Dolgu yapılacak yol uzunluğu 300 m' dir. Yaklaşık olarak 20 000 m<sup>3</sup> malzeme kullanılacaktır. Ek 13 ve 14'te sırasıyla statik ve

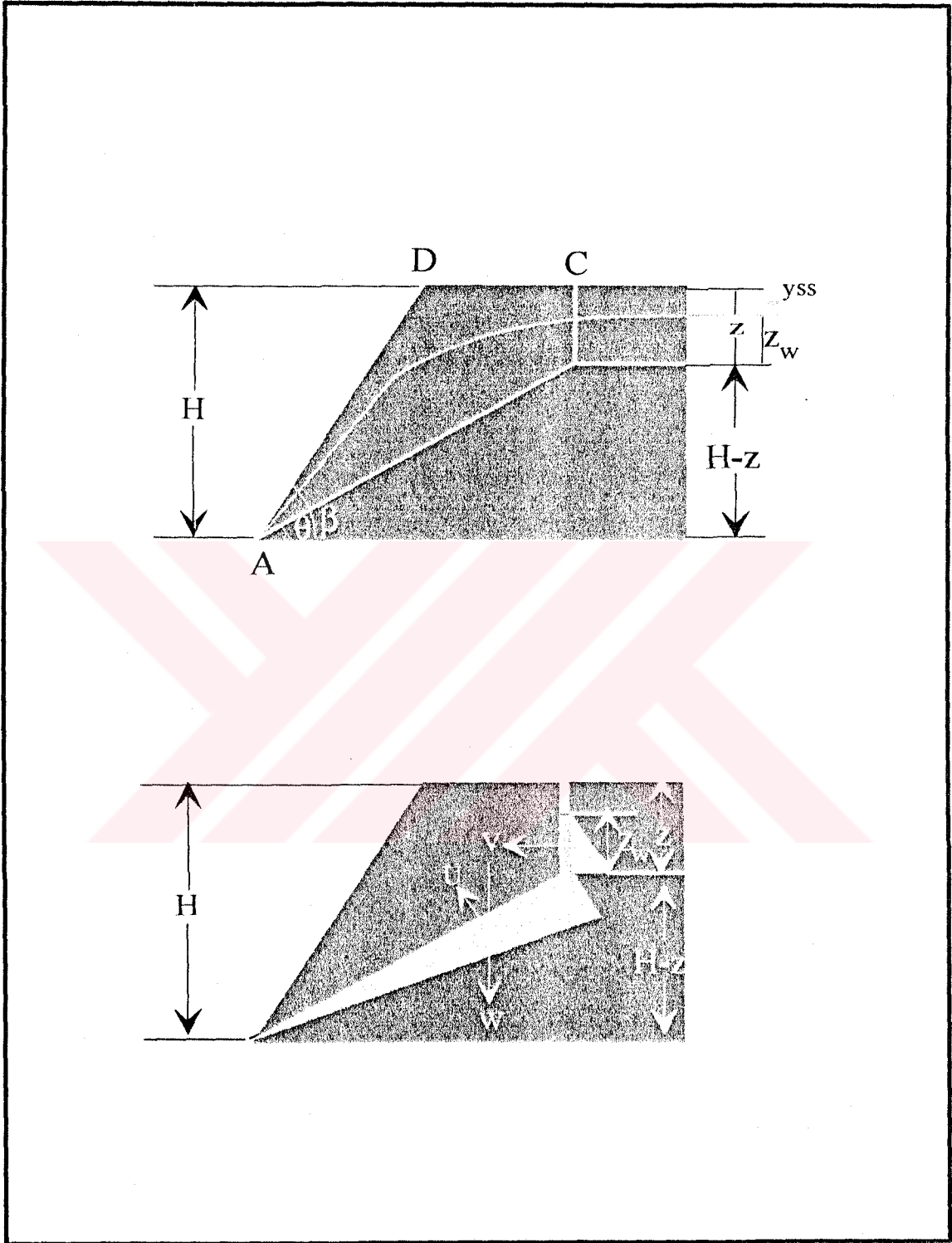
dinamik koşullar için en kritik kayma daireleri için hesaplanan güvenlik katsayıları verilmiştir. Statik konumda güvenlik katsayısı 1.169 gibi bir değer alırken, olası bir deprem sırasında şev denge konumuna gelmektedir ( $G_s=1.00$ ).

#### 4.3.11. Süreksizliklerin Kontrolü Altında Oluşacak Kaymalar

Çalışma sahası içerisinde, yamaç molozunun altında yer alan ve düzensiz yönelimlere sahip süreksizlikler içeren şistlerin ayrışma derecesi düşük olan kısımları kazı sonucu yüzeyde kalacaktır. Bu nedenle düzlemsel kayma analizleri lokal olarak gerçekleştirilmiştir. Hoek ve Bray (1981) tarafından geliştirilen düzlemsel kayma analitik çözümü arazi koşullarına uygun olarak modellenmiştir. Burada gerilme çatlakları dik ve şev üst yüzeyi yatay olarak kabul edilmiştir (palye yüzeyi).

Hoek ve Bray (1981), kaya kütleleri içerisinde düzlemsel yenilmeler için analitik bir çözüm önermişlerdir. Güvenlik katsayısının hesaplanmasına yönelik olan bu çözüm arazi koşullarını tam olarak yansıtmamasına rağmen, özellikle kazı ve açık işletme şev stabilitesi tasarımlarında kullanılmaktadır. Bu tip analizde, süreksizlik düzleminde kaymanın gerçekleşebilmesi için aşağıdaki koşulların sağlanması gerekmektedir (Şekil 10):

- Kayma düzleminin doğrultusu şev aynasının doğrultusuna veya yamaç yüzeyinin doğrultusuna paralel ya da paralele yakın olmalıdır. Bu değer  $\pm 20^\circ$  lik sapmalar gösterebilir.
- Kayma düzleminin eğimi ( $\theta$ ), yamaç veya şev yüzeyinin eğiminden ( $\beta$ ) küçük olmalıdır ( $\beta > \theta$ ).
- Kayma düzleminin eğimi, kayma düzleminin içsel sürtünme açısından ( $\phi$ ) büyük olmalıdır ( $\theta > \phi$ ).
- Kayan kütlelerin her iki tarafında kaymaya karşı çok az direnç gösteren yan yüzeyler bulunmalıdır.



Sekil 10. Hoek ve Bray Çözümünde kullanılan şev geometrisi.

Önerilen çözüm, farklı su kuvvetleri, sismik ve ankraj gibi diğer yüklerin etkisini de göz önüne almaktadır. Şev veya yamaç geometrisi iki boyutlu olarak düşey yönde gerilme çatlakları ve bununla birleşen kayma düzleminde oluşmaktadır. Güvenlik katsayısının belirlenebilmesi için kayma düzleminde etkili olacak kuvvetler her bir m şev veya yamaç genişliği için hesaplanmaktadır. Buna göre kuvvetler aşağıda verildiği gibi iki ana grupta toplanarak, güvenlik katsayısı hesaplanmaktadır.

$$\text{Güvenlik Katsayısı} = \frac{\text{Kaymaya karşı koyan kuvvetler}}{\text{Kaymaya teşvik eden kuvvetler}}$$

Alan hesaplamasını temel alan kuvvet hesaplamaları aşağıdaki eşitlikler ile belirlenmektedir;

$$\bullet \text{ Kaya bloğunun alanı: } A = 0.5H^2 \left[ \left(1 - \left(\frac{z}{H}\right)^2\right) \cot\theta - \cot\beta \right] \quad (1)$$

$$\bullet \text{ Kayan kütleinin ağırlığı: } W = \gamma_{\text{kaya}} A \quad (2)$$

$$\bullet \text{ Kayan kütleinin kayma düzleminde etkili olan teğet bileşeni: } W_T = W \sin\theta \quad (3)$$

$$\bullet \text{ Kayan kütleinin kayma düzleminde etkili olan normal bileşeni: } W_N = W \cos\theta \quad (4)$$

$$\bullet \text{ Kayma düzlemi uzunluğu: } L = (H - z) \operatorname{cosec}\theta \quad (5)$$

$$\bullet \text{ Kayma düzleminde etkili olan suyun kaldırma kuvveti: } U = 0.5\gamma_w L z_w \quad (6)$$

$$\bullet \text{ Düşey gerilme çatlakındaki itici su kuvveti: } V = 0.5\gamma_w z_w^2 \quad (7)$$

$$\bullet \text{ İtici su kuvvetinin kayma düzleminde etkili olan teğet bileşeni: } V_T = V \cos\theta \quad (8)$$

$$\bullet \text{ İtici su kuvvetinin kayma düzleminde etkili olan normal bileşeni: } V_N = V \sin\theta \quad (9)$$

Şekil 10'da da görüldüğü gibi, kayacak bloğun ağırlığı, iki boyutlu gösterimde yamuk alanının hesaplanmasına bağlıdır. Alanın değişmesi blok ağırlığını da değiştirecektir. Düşey gerilme çatlakındaki su kuvveti, kenar uzunlukları su derinliği ile tanımlanan dik üçgenin alanına bağlıdır. Benzer şekilde, kayma düzlemindeki kaldırma etkisi yapacak su kuvveti, kenar uzunlukları, kayma düzlemi uzunluğu ve düşey gerilme çatlakındaki su yüksekliği ile belirlenecek dik üçgenin alanına bağlıdır.

Söz konusu çözüm bilgisayar için programlanmıştır. Çizelge 7’de gerekli veri tabanı ve yapılacak hesaplamalar örnek veri tabanı ile verilmiştir.

Palyelerde oluşabilecek düzlemsel kaymalar için şevde kazı yapıldıktan sonra gabion duvar ve dolgu yapılmadan önceki şev geometrisi için dinamik koşullardaki su tablası değişimine göre güvenlik katsayısı hesaplanmıştır. Çizelge 7’de de görüleceği gibi, 17 m’lik şev yüksekliğinde gerilme çatlak 5 m derinlikte düşünülmüştür. Gerilme çatlaklarının tamamen suya doygun olması durumunda güvenlik katsayısı statik koşullarda 1.46 gibi yüksek sayılabilecek bir değerde kalmaktadır. Bu nedenle gerilme çatlakındaki su seviyesinin 1 m düşürülmesi ve 0.3g’lik ivmeye sahip bir sismik hareket sırasında şevde oluşabilecek kaymanın olasılığı üzerinde durulmuştur. Gerilme çatlakında su seviyesi 5 m olunca  $G_s=0.85$  değerini alırken, su seviyesinin 1 m düşmesi şev denge konumuna getirmektedir. Gerilme çatlakında su olmaması ve dinamik koşulların geçerli olması durumunda  $G_s=1.48$  gibi yüksek bir değere ulaşmaktadır.

**Cizelge 7** Hoek ve Bray Modeli için gerekli veri tabanı ve hesaplamalar.  
**Hoek ve Bray MODELİ (Hoek ve Bray, 1981)**  
**ŞEV TEPEŞİ YATAY-GERİLİM ÇATLAĞI DÜŞEY**

|    | A  | B                           | C                 | D           |
|----|--|-----------------------------|-------------------|-------------|
| 1  | ŞEV YÜKSEKLİĞİ   | H                           | m                 | 17.00       |
| 2  | GERİLİM ÇATLAĞI DERİNLİĞİ  | z                           | m                 | 5.00        |
| 3  | SU YÜKSEKLİĞİ  | $z_w$                       | m                 | 5.00        |
| 4  | SUYUN BİRİM HACİM AĞIRLIĞI                                       | $\gamma_w$                  | kN/m <sup>3</sup> | 9.81        |
| 5  | KAYACIN BİRİM HACİM AĞIRLIĞI                                     | $\gamma_{kaya}$             | kN/m <sup>3</sup> | 22.00       |
| 6  | KAYACIN İÇSEL SÜRTÜNME AÇISI                                     | $\Phi$                      | derece            | 35.00       |
| 7  | KOHEZYON   | c                           | kN/m <sup>2</sup> | 35.00       |
| 8  | KAYMA DÜZLEMİ AÇISI  | $\theta$                    | derece            | 30.00       |
| 9  | ŞEV AÇISI  | $\beta$                     | derece            | 45.00       |
| 10 | DEPREM İVMESİ  | a                           | g                 | 0.00        |
| 11 | ANKRAJ KUVVETİ   | T                           | kN                | 0.00        |
| 12 | ANKRAJIN YATAYLA YAPTIĞI AÇI                                     | $\alpha$                    | derece            | 0.00        |
| 13 | Kayma düzlemi alanı, $A=0.5H^2((1-(z/H)^2)\cot\theta-\cot\beta)$ |                             | m <sup>2</sup>    | 84.13       |
| 14 | Kayan kütlelinin ağırlığı  | $W=\gamma_{kaya} * A$       | kN/m              | 1850.88     |
| 15 | Ağırlığın teğet bileşeni   | $W_T=W.\sin\theta$          | kN/m              | 925.44      |
| 16 | Ağırlığın normal bileşeni  | $W_N=W.\cos\theta$          | kN/m              | 1602.91     |
| 17 | Kayma düzlemi uzunluğu   | $L=(H-z)\csc\theta$         | m                 | 24.00       |
| 18 | Kayma düzlemindeki toplam kohezyon kuvveti                       | $C=c.L$                     | kN/m              | 840.00      |
| 19 | Suyun kaldırma kuvveti   | $U=0.5\gamma_w.L.z_w$       | kN/m              | 588.60      |
| 20 | Suyun itme kuvveti   | $V=0.5\gamma_w.z_w^2$       | kN/m              | 122.63      |
| 21 | İtici suyun teğet bileşeni                                       | $V_T=V.\cos\theta$          | kN/m              | 106.20      |
| 22 | İtici suyun normal bileşeni                                      | $V_N=V.\sin\theta$          | kN/m              | 61.31       |
| 23 | Deprem kuvveti, E  | $E=(W.a)/g$                 | kN/m              | 0.00        |
| 24 | Sismik kuvvetin teğet bileşeni                                   | $E_T=E.\cos\theta$          | kN/m              | 0.00        |
| 25 | Sismik kuvvetin normal bileşeni                                  | $E_N=E.\sin\theta$          | kN/m              | 0.00        |
| 26 | Ankraj kuvvetinin teğet bileşeni                                 | $T_T=T.\cos(\alpha+\theta)$ | kN/m              | 0.00        |
| 27 | Ankraj kuvvetinin normal bileşeni                                | $T_N=T.\sin(\alpha+\theta)$ | kN/m              | 0.00        |
| 28 | Sürtünme katsayısı   | $\tan\phi$                  | -                 | 0.70        |
| 29 | Tutucu kuvvetler toplamı   | pay                         | kN                | 1507.29     |
| 30 | Kaydırıcı kuvvetler toplamı                                      | payda                       | kN                | 1031.63     |
| 31 | <b>Güvenlik katsayısı</b>  | <b>Gs</b>                   | -                 | <b>1.46</b> |

## 5. SONUÇLAR

Bu çalışmada, Karabük ile Yenice arasında yapımı süren devlet karayolunun Karabük merkez ilçesine bağlı Bolkuş Köyü civarında meydana gelen heyelan incelenmiştir. İlk aşamayı takiben heyelanda dört model halinde stabilite analizleri yapılmıştır.

Bu araştırmalardan elde edilen sonuçlar aşağıda belirtilmiştir:

1) Bu çalışmada çeşitli stabilite analiz yöntemleriyle incelenen heyelan Yılanlı formasyonu üzerine gelen yamaç molozu içerisinde oluşmuş ve yamaç molozu altında bulunan şistlerin ayrışmış olan küçük bir bölümünü de içine almıştır.

2) Bölgede kısmen İç Anadolu'nun karasal, kısmende Karadeniz'in yağışlı iklimi hakimdir. Kışları soğuk ve yağışlı, yazları kısmen sıcak, serin ve az yağışlı geçmektedir. Yıllık yağış ortalaması  $86.40 \text{ kg/m}^2$ , en yüksek sıcaklık ortalaması nisan ayından ekim ayı sonuna kadar kadar geçen zaman içinde  $14^\circ\text{C}$  ile  $30^\circ\text{C}$  arasında sıcaklık değişimleri olmaktadır.

3) Çalışma sahasının büyük bir bölümü yoğun bir ormanla kaplıdır. Heyelanlı kesim gibi çok yüksek eğime sahip alanlar üzerinde genelde bitki örtüsüne çok az rastlanır. Yenice Orman İşletmesi yetkilileri ülkemizin en kaliteli ve değerli çeşitli tür ormanlarının bu bölgede olduğunu belirtmişlerdir. Ormanlık alanda çam, köknar, kayın, meşe, şimşir ve diğer ağaç türleri yetişmektedir. Çevre insanının gelir kaynağının % 80'ini orman sektörü oluşturur. Diğer geçim kaynakları ise Zonguldak ve Karabük gibi maden ve sanayi bölgeleridir. Zonguldak-Ankara demiryolu çalışma sahası içerisinden geçmekte ve heyelana 250 m uzaklıkta bulunmaktadır.

4) Mevcut akarsu ağı dendritiktir. Bölgedeki kiltası, silttaşı, volkanik ve metamorfik birimler suyu tuttıkları için yüzey sellenmelerine sıkça rastlanır. Bunun en güzel örneklerinden biri heyelan sahasında görülmektedir.

5) Heyelan 300-400 m kotları arasında meydana gelmiştir. Yenice (Filyos) Irmağı'nın vadi kenarında bulunan yaklaşık 45° eğimli yüzeylerde yol açım işlemleri sırasında yamaç topuğunun kazılması heyelana neden olan esas etkidir.

6) Yamaç topuğunun kazılmasıyla yamaç stabilitesi bozulmuş ve yamaç duraysız hale gelmiştir.

7) Dairesel kayma şeklinde sınıflandırılan heyelanın, O merkezli bir daireSEL yüzeyde zemin bloğunun dönmesi sonucu oluştuğu kabul edilmiştir.

8) Heyelan yamaç molozu içerisinde gerçekleşmesine rağmen yamaç molozu altında bulunan şistlerin çatlaklı-altire olan üst yüzeyinden de ince bir bölüm heyelanla birlikte duraysız hale gelmiştir.

9) Geri analiz sonuçlarına göre heyelan anındaki güvenlik katsayısı değeri 0.942 olarak bulunmuştur.

10) Mevcut heyelan aktif bir heyelandır ve yağış miktarının yüksmesiyle hareket hız kazanmaktadır.

11) Heyelan yol genişletme çalışmalarına tekrar başlanmasıyla birlikte duraysızlık problemleri tekrar başlayacaktır.

12) Mevcut şev geometrisinin statik ve dinamik koşullarda duraylı kalabilmesi için üç ıslah yöntemi düşünülmüştür. Bu yöntemler sırasıyla Islah-1, Islah-2 ve Islah-3 olarak isimlendirilmiştir

13) Islah projesi no 1'de yol kotundan itibaren 1Y:1D kazı yüzeyi birinci palyeye kadar ve birinci palyede 8 m genişlik bırakıldıktan 352 m kotuna kadar 1Y:1D kazı yüzeyi oluşturulmasını içermektedir. Kazı yapılacak yol uzunluğu 300 m olarak düşünülmüştür. Toplam 75 000 m<sup>3</sup> kazı yapılacaktır. Tek palye içeren bu şev geometrisinde statik koşullarda güvenlik katsayısı 1.148'e kadar yükselmektedir. Fakat dinamik koşullarda güvenlik katsayısı 0.728'e kadar düşmektedir. Dinamik koşullarda

en kritik kayma dairesinin şev topuğundan geçmesi, topuğunda desteklenmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır.

14) Islah projesi no 2'nin özellikle dinamik koşullarda duraysız olması bu projenin düşünülmesine neden olmuştur. Bu projede statik ve koşullarda karayolu kotundan itibaren 2 m yatay genişliğe sahip, 1.5 m kalınlığında kireçtaşı blokları ile gabion duvar oluşturulması düşünülmüştür. Duvar yapılacak yol uzunluğu 300 m' dir. Toplam 10 800 m<sup>3</sup> kireçtaşı bloğu kullanılacaktır. Bu projede mevcut şev topuğundan geçecek kayma yüzeyindeki güvenlik katsayısı 1.00 üzerine çıkarken, en kritik kayma yüzeyi palye topuğundan geçmektedir. Statik koşullarda güvenlik katsayısı 1.216'ya yükselirken, dinamik koşullarda bu değer 0.738'e kadar düşmektedir.

15) Islah projesi no 1 ve proje no 2'de olası deprem sonucu şevde bir hareketin gözleneceği muhakkaktır. Proje no 2'de en kritik kayma yüzeyi şev içinde palye yüzeyine teğet olmaktadır. Bu nedenle palye üzerine yerleştirilecek ve kazı sonucu çıkarılan ince taneli malzemenin sıkıştırılması ile oluşturulacak bir kil dolgu yapımı bu projede yer almaktadır. 4 m genişliğe sahip bu dolgu 1Y:1D eğime sahip olacaktır. Dolgu yapılacak yol uzunluğu 300 m' dir. Yaklaşık olarak 20 000 m<sup>3</sup> malzeme kullanılacaktır. 0Statik konumda güvenlik katsayısı 1.169 gibi bir değer alırken, olası bir deprem sırasında şev denge konumuna gelmektedir (Gs=1.00).

Geri analizi temel alan yamaç stabilitesi analizlerinde laboratuvar deneylerinin önemi büyüktür. Bu çalışma sırasında zemin ve kaya kütlelerinin mukavemet parametrelerini tanımlamak için yapılan kesme kutusu ve üç-eksenli deneyler imkansızlıklar nedeniyle yapılamamıştır. İleride yapılacak benzer çalışmalarda, analizlerin laboratuvar verileriyle desteklenmeleri kesin sonuç alınmasını sağlayacaktır.

## ÖZET

Yapılan bu araştırmada, yapımı süren Karabük-Yenice devlet karayolunda Karabük'ten 12,5 kilometre uzaklıkta yer alan Bolkuş Köyü civarında karayollarının yol açım işlemleri sırasında meydana gelen heyelanın yol açım işlemlerine tekrar başlanmasıyla birlikte oluşabilecek herhangi bir duraysızlık problemine karşı uygulanabilecek ıslah çalışmaları üzerinde stabilite analizleri yapılmıştır.

Çalışma alanında, Safranbolu havzası Paleozoyik-Mezozoyik istifinde yer alan Devoniyen yaşlı Yılanlı formasyonu (Dy), Alt Kretase yaşlı Ulus formasyonu (Kru), Kuvaterner yaşlı Yamaç Molozu (Qym) ve Alüvyon (Qal) ayırtlanmıştır.

Yılanlı formasyonu dolomit ve kireçtaşı ardalanmasından meydana gelmektedir. Tektonik etkiler yüzünden çok çatlaklı ve kırıklıdır.

Ulus formasyonu türbiditik fliş özelliğinde kumtaşı, kiltası, siltaşı ardalanmasından meydana gelmiştir. Ulus formasyonu içerisinde diyabaz daykları bulunmakta ve ilksel yaygı olarak yer almaktadır. Heyelan sahasında yamaç molozu altında yer alan şistler Ulus formasyonu'nu oluşturan kumtaşı, kiltası ve siltaşının düşük derecede metamorfizma geçirmesiyle oluştuğu düşünülmektedir.

Heyelan bölgesinde yapılan arazi incelemelerinde, yamaç molozu, yüksek kotlara doğru geniş bir yayılım göstermektedir. Yapılan arazi incelemelerinde yamaç molozunun kahverengi, heterojen, gevşek, iri ve orta kireçtaşı bloklu olduğu saptanmıştır. Yamaç topuklarına doğru, yamaç molozu daha çok ince taneli kolüvyon karakterindedir. Yenice Irmağı vadisi boyunca farklı tane boyutlarına sahip alüvyonlar düşük kotlarda geniş yayılım göstermektedir.

Yapımı süren Karabük-Yenice karayolunun km:12+300 ile 12+600 arasında meydana gelen heyelanda topografik eğime bağlı olarak gelişen, ayna, taç ve gerilme çatlakları kısımlarının kolaylıkla gözlenebildiği heyelanlar belirlenmiştir. Yol açım işlemleri sırasında topuk kazısı yapılması sonucu tekil ve ileriye doğru gelişen dairesel

bir kayma oluşmuştur. Bunun yanı sıra, yamaçlarda, yüzeysel ayrışmanın yüksek olduğu yamaç molozu yüzeyinde sığ kaymaların varlığı söz konusudur.

Sorunlu bölgede stabilite analizleri ilk aşamada, 1991 yılında palyeli kazılan mevcut şev durumu göz önüne alınarak yapılmıştır. Şevin mevcut durumu ile yolun trafiğe açılması yol güvenliğini tehlikeye sokacağından sakıncalı bulunmuştur. Daha sonra şeve üç değişik ıslah çalışması uygulanarak farklı koşullarda analiz yapılmıştır.

Mevcut şevin 1Y:1D açılarla tek palye oluşturacak şekilde kazılarak topuğa gabion duvar ve kazıdan çıkacak malzeme ile palyeye dolgu yapılmasını içeren ıslah projesi şevin statik ve dinamik koşullarda duraylı olmasını sağlamaktadır.

Şev kazısı oluşacak yüzeylerde ayrışmamış kaya yüzeyleri olasılığı için, küçük boyutlu düzlemsel kayma analizleri yapılmıştır. Şevin kuru olması herhangi bir soruna neden olmayacaktır.

## SUMMARY

In this study, the landslide occurrences, that cause instability problems during Karabük-Yenice road constructions, have been investigated in detail and possible solutions are real recommended.

Safranbolu basin is represented by Paleozoic and Mesozoic aged rock units are Devonian-Yılanlı Formation (Dy), lower Cretaceous-Ulus Formation (Kru), Quaternary-Debris flow (Qym) and Alluvium (Qal) .

Yılanlı formation consists of dolomite and limestone alternations. It has different type of joints due to tectonic processes . It has also Karstic features .

Ulus formation is represented by flyschic sandstone claystone -siltstone alternations. Number of diabase dykes and flows are present in this unit. The schistose unit, in which the stability problems are present, is supposed to be formed as a result of metamorphism of the Ulus formation.

After the examination of the landslide area, debris-flow deposits are very wide-spread and observed higher level. This unit is very heterogenous, dark-brown coloured and consists of limestone blocks in itself. Along the Yenice Valley, alluvium deposits are wide-spread at lower level.

Along the road construction between Karabük-Yenice at km 12+300 and 12+600, landslides have been observed, indicating major features such as scarp, tension cracks and crown. Toe excavation was the main cause of landslides. Single and progressive movements were often observed at various locations.

First stability analysis were carried out to considered the position of slopes, that excavated in 1991. Present position of the slope is unsafe for the traffic so that three remedial projects were developed and discussed in this research.

The slopes indicating instability would be stable after the remedial projects which composed of gabion walls, excavation of bench with 1V:1H and embankment fill.

The planar slope stability analysis were carried out on the bench slopes where unweathered rock surfaces obtained after excavation. In the case of dry conditions, ther would be no problem that cause instability.



## KAYNAKLAR

- Akartuna, M. (1952), *Çaycuma-Devrek-Yenice-Kozcağız Bölgesinin Jeolojisi*. MTA, Derleme, İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Monografileri, s17-58, MTA Derleme No:2059 (Yayınlanmamıştır).
- Altınlı, İ. (1950), *Filyos Çayı Batı Kenarının Jeolojisi* MTA Derleme Raporu No: 2387.
- Anbalagan, R. (1992), *Landslide Hazard Evaluation and Zonation Mapping in mountainous terrain*. Engineering Geology, 32:269-277.
- Arpat, E., Tütüncü, K., Uysal, S., Göğer, E. (1978), *Safranbolu Yöresinde Kambriyen-Devoniyen İstifi*. TJK 32 nci Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Bildiri Özetleri.
- Baltan, O. (1987), *Heyelanlar, Kaya Düşmeleri ve Alınabilecek Önlemler*. Mühendislik Jeolojisi Bülteni, İstanbul, 9:20-24.
- Baykal, F. (1954), *Ulus-Eflani Arasındaki Mıntıka Hakkında Jeolojik Rapor* MTA Derleme Raporu No:2125.
- Bishop, A. (1955), *The Use of the Slip Circle in the Stability Analysis of the Slope* Geotechnique 5, 7-17p.
- Borin, (1991), D. L. (1992), *SLOPE-V 7.5. Slope stability and reinforced soil analysis program*. Distrubuted by Geosolve.
- BS 5930 (1981), *Code of Practice for site Investigations*. British Standarts Institution, London.
- DAM (1995-1996 ), *1905-1991 Yılları Arası Karabük ve Çevresi Depremleri*. Deprem Araştırma Merkezi, Ankara (Yayınlanmamıştır)

- Erdik, M., Doyuran, V., Akkas, N., and Gulkan, P. (1985), *Probabilistic Assessment of the Seismic Hazard in Turkey*. Tectonophysics, V.117, 295-344.
- GSI (1994), *Surfer V-5.00*. Surface mapping system. Golden software Inc.
- Güven, A. (1980), *Karabük Formasyonunun Fasiyes Analizi: 50 Milyon Yıl önce Meydana Gelen Bir Akarsu-Delta Kompleksinin İzleri Türkiye Beşinci Petrol Kongresi, Nisan 1980, s:95-109.*
- Hoke, E. ve Bray, J. W. (1981), *Rock slope engineering*. Inst. Conf. SMFE, London, 402.
- ISRM (1978,) *Suggested methods for the quantitative description of discontinuities in rock masses*. International Journal for Rock Mechanichs, Science & geomechanics Abstracts, Vol.15 pp. 319-368.
- Matula, M. (1981), *Rock and Soil Description and Classification for Engineering Geological Mapping Report by the IAEG Commission on Engineering Geological Mapping, Department of Engineering Geology, Comenius University, Bratislava.*
- Önalp, A. (1995), *Heyelan Sözlüğü. İkinci Ulusal Heyelan Sempozyumu, Adapazarı (1995) Bildirileri Kitabı,s:22*
- Saner, S. (1981), *Zonguldak Dolayının Jeolojisi*. TPAO Arama Grubu Başkanlığı Raporu.
- Strahler A., H., and Strahler, A.,A . (1992), *Modern Physical Geography* . Fourth edition. Jojn Wiley & Sons, Inc., 638p.
- Tabban, A. (1980) *Kentlerin Jeolojisi ve Deprem Durumu*. T.C İmar ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.

- Tamer, F. (1991) *Karayolları 15. Bölge Müdürlüğü Karabük-Yenice Devlet Yolu km:12+375 deki Palyeler ve km: 12+490 daki Heyelana Ait Jeofizik Etüt Raporu*. Karayolları 15. Bölge Müdürlüğü, Zemin Mekaniği ve Tünel Şube Müdürlüğü, Kastamonu (Yayınlanmamıştır)
- Tokay, M. (1973) *Filyos Çayı Ağzı-Amasra-Bartın-Kozcağz-Çaycuma Bölgesinin Jeolojisi* MTA Derleme No:2099
- Üzer, N (1992) *Türkiye Demir ve Çelik İşletmeleri Karabük Demir ve Çelik Fabrikaları Yenice-Balıkısık Bölgesi Dolomit Araştırma Raporu*, MTA Derleme No:3845
- Varnes, D. J., (1978) *Slope Movement Types and Processes*. In Schuster, R. L and Krizek, R. J., eds. *Landslides-Analysis and Control-National Academy of Sciences Transportation Research Board Special Report 176*, pp. 12-33
- Walter, G. (1937) *Karabük Havalisinde Yapılan Jeolojij Tahkikata Ait Rapor*, MTA Derleme No:563 (yayınlanmamış)
- Wijkerslooth, P. (1938) *Karabük Civarında Kuvarsitli veya SiO<sub>2</sub> si Fazla Sahreler Zuhuru Hakkında Tahkikat*. MTA Derleme no:905 (yayınlanmamış)
- Yergök, F.A. (1987) *Batı Karadeniz Bölgesi Jeolojisi I*. MTA Ankara (yayınlanmamış)

## TEŞEKKÜR

Tezime yardımlarından dolayı danışman hocam Doç. Dr. Niyazi AVŞAR'a içtenlikle teşekkür ederim.

Arazi ve laboratuvar çalışmalarım sırasında gösterdiği destek, yardım ve sabrından dolayı Öğr. Gör. Altay Acar'a teşekkür etmeyi bir borç bilirim.

Yüksek Lisans eğitimim boyunca gerek bilimsel gerekse idari konulardaki yardımlarından dolayı Yrd. Doç. Dr. Şaziye ABACI'ya teşekkür ederim.

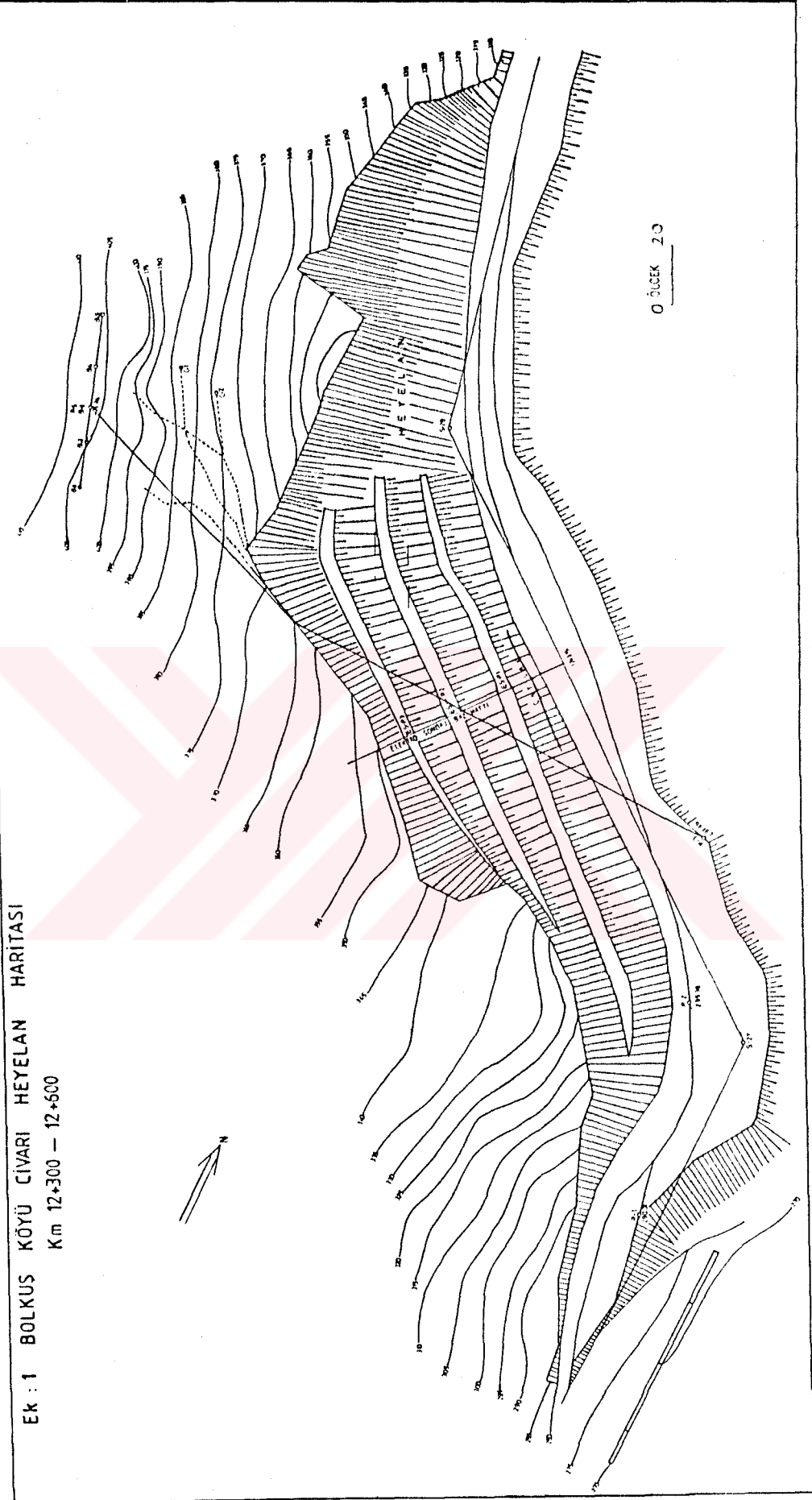
Bölüm olanaklarının kullanabilmesi konusunda gerekli kolaylıklar sağlayan Jeoloji Mühendisliği Bölüm Başkanı Prof. Dr. Aziz ERTUNÇ'a ve Jeoloji Mühendisliği Bölümü öğretim elemanları ve çalışanlarına, arazi çalışmalarım sırasındaki yardımlarından dolayı Karayolları Kastamonu Bölge Müdürlüğü mühendis ve çalışanlarına, çok değerli bilgi ve önerilerini aldığım Jeoloji Yük. Müh. Yaşar Türk'e (MTA-Zonguldak), Jeoloji Müh. Hüseyin Çelik'e (Kardemir A.Ş-Karabük), Heyelan ve Deprem Araştırma Dairesi (Ankara) ilgililerine, çizim çalışmalarımda yardımcı olan Jeoloji. Yük. Mühendisleri. Güldemin Öğrüneç maddi ve manevi desteğini esirgemeyen aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

## ÖZGEÇMİŞ

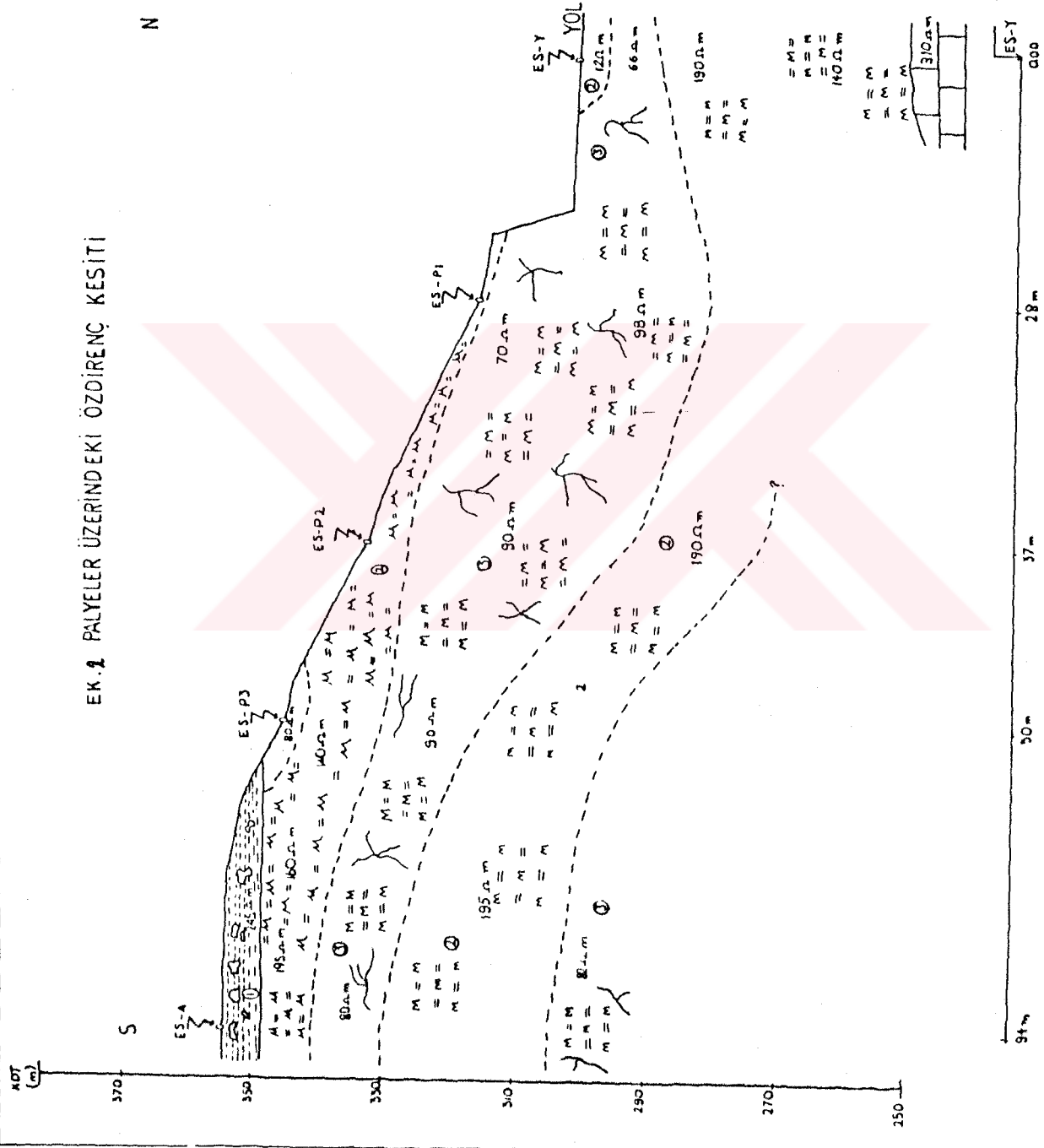
05-11-1970 tarihinde Karabük’de doğdum. İlk-orta ve lise öğrenimimi Karabük ve Safranbolu’daki çeşitli okullarda tamamladıktan sonra 1989 yılında Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü’ne girdim ve Haziran 1993’de buradan mezun oldum. 1994 Şubat ayında Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü’nde Uygulamalı Jeoloji Ana Bilim Dalında yüksek lisans yapmaya hak kazandım.



Ek : 1 BOLKUS KÖYÜ CİVARI HEYELAN HARİTASI  
Km 12+300 — 12+600



EK. 1 PALYELER ÜZERİNDEKİ ÖZDİRENÇ KESİTİ



**LEJAND**

- DTU TABAKASI
- Kilitli Siltli Çam. B. B. B. DTU TABAKASI
- Silt
- Çiftlikli Altire Sst
- Kireç taşı
- Elektrik Sondaj Nuntası
- 92 Am Gerçek Öz direnc Değeri
- Jeolojik Basm Sınırı
- Aynı Basm İcindeki Değişim Sınırı

EK.3-Km 12+490 daki HEYELANDA NW-SW DOGRULTULU ÖZDIRENC KESİTİ

**LEJAND**

① Kilitli Silindirik Çukullu Bloklu ÖRTÜ TABAKASI

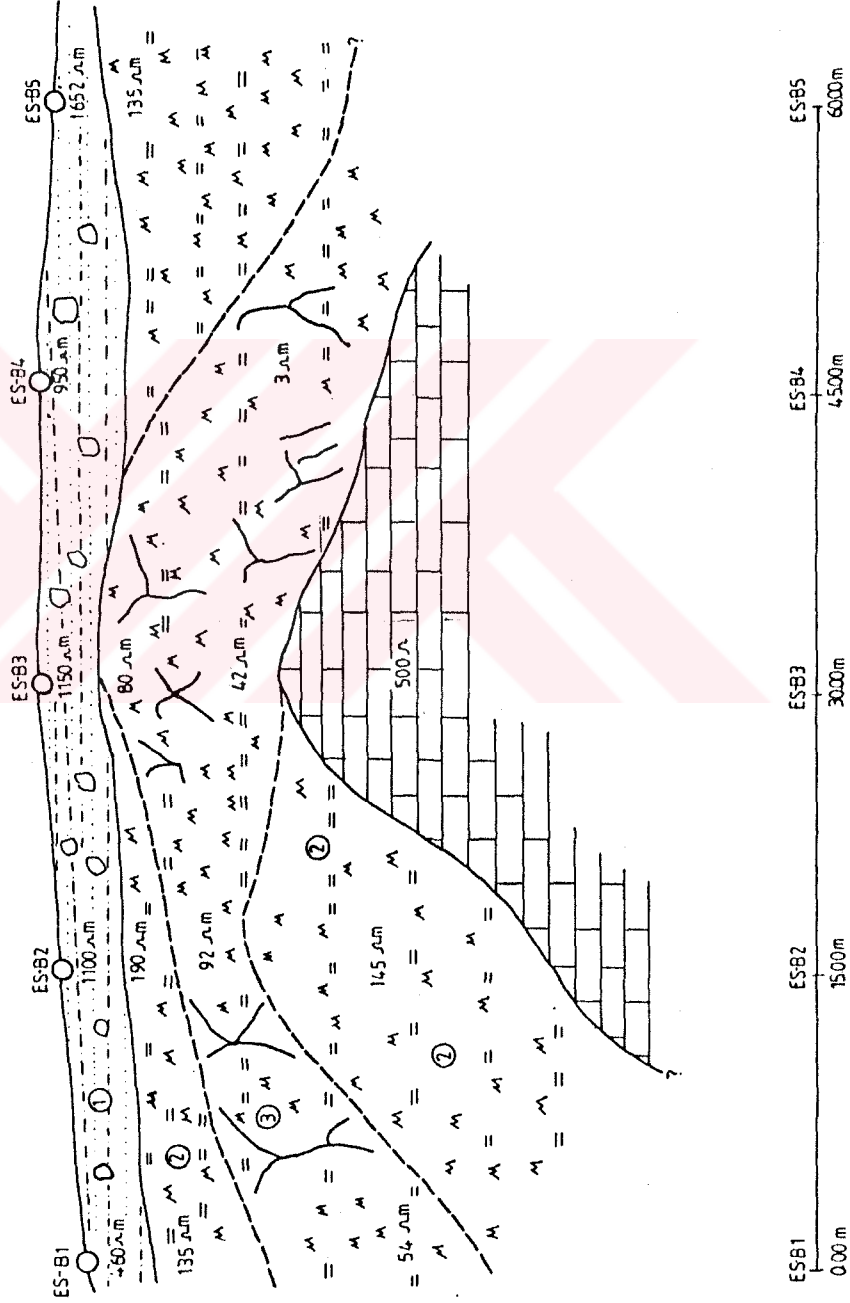
② Sist

③ Katlı ve Altına Sist

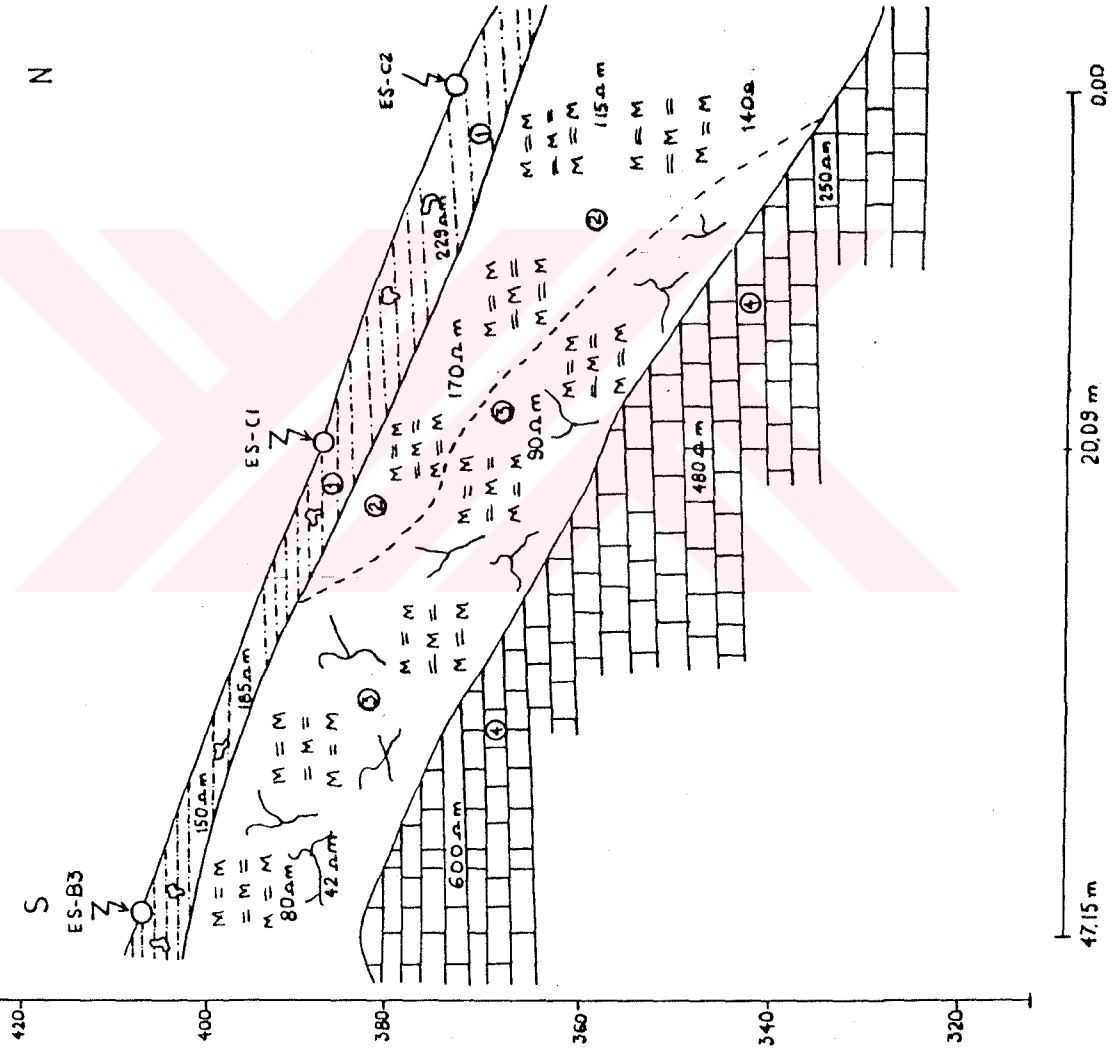
⊖ Kireç taşı

ES-B1 : Elektrik Sondaj Noktası  
92  $\mu\text{m}$  : Gerçek Özdeğer Değeri

— : Jeolojik Birim Sınırı  
- - - : Aynı Birim İndeki Değişim Sınırı

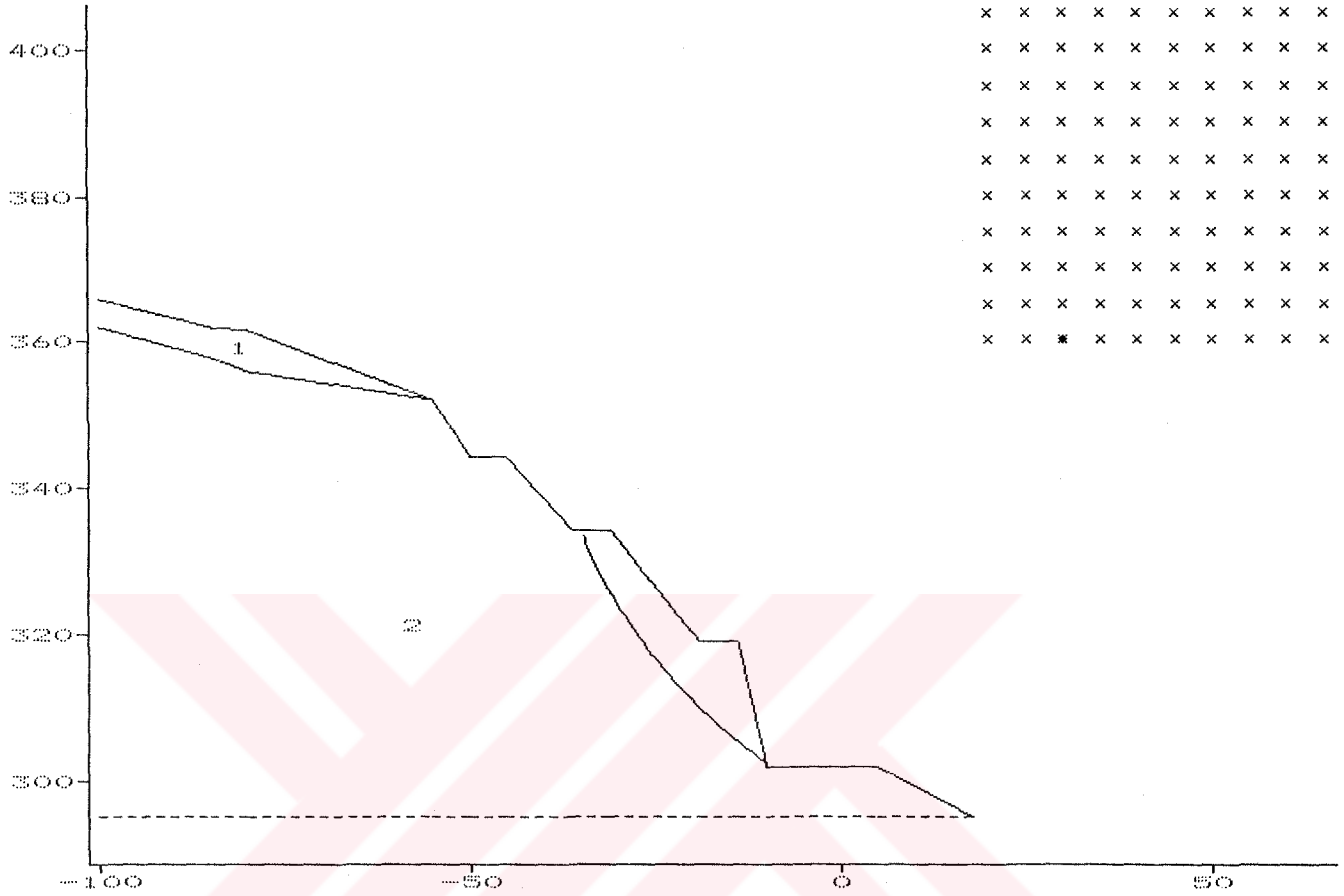


EK-4 Km 12+490 daki HEYELANDA  
S-N DOĞRULTULU ÖZDİRENCİ KESİTİ



KARABUK-YENICE  
SEV STABILITESI

Units: KN,M



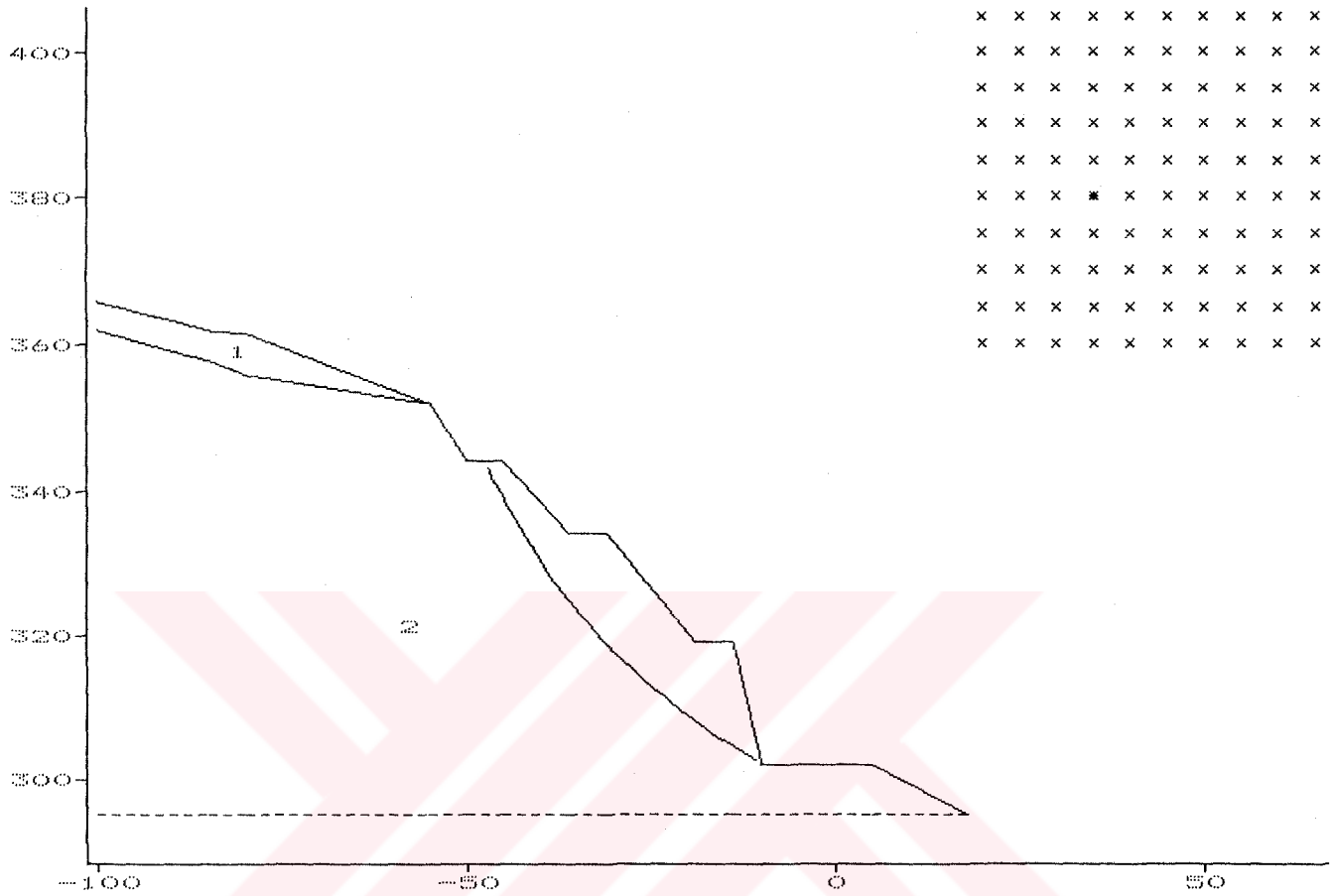
Scale = 1 : 959

| --- Stratum ---<br>No. | Description   | Bulk unit wt. |              | -----Strength parameters----- |              |                  | Datum<br>for C |
|------------------------|---------------|---------------|--------------|-------------------------------|--------------|------------------|----------------|
|                        |               | below<br>GWL  | above<br>GWL | C                             | Phi<br>(deg) | dC/dY<br>KN/M2/M |                |
| 1                      | KOLUVYON      | 20.10         | 20.10        | 20.00                         | 22.00        |                  |                |
| 2                      | AYRISMIS SIST | 22.00         | 22.00        | 35.00                         | 35.00        |                  |                |

Factor of safety = 1.040

Centre of circle: X = 30.00 Y = 360.00 Radius = 70.00

Units: KN,M



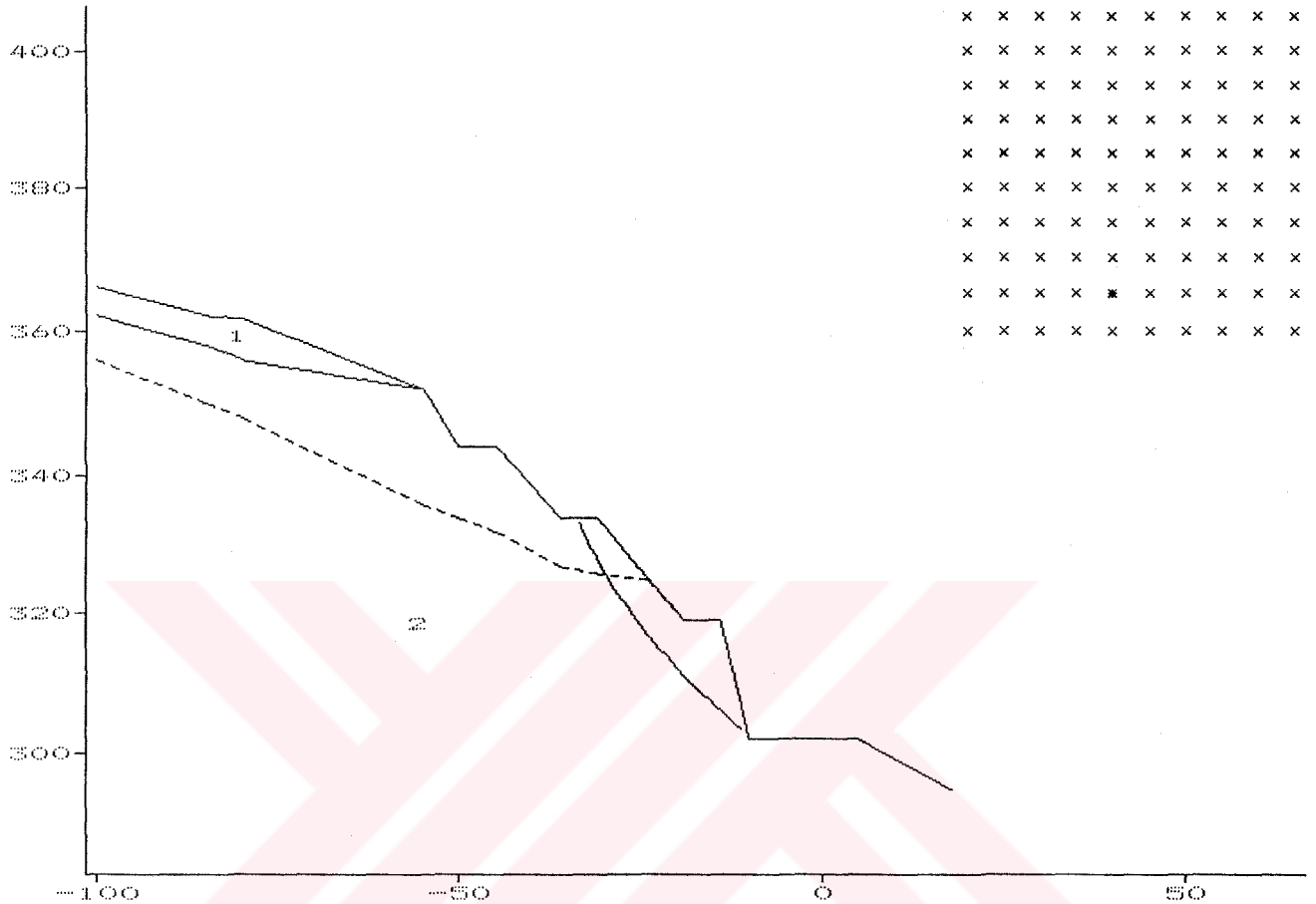
Scale = 1 : 959

| --- S t r a t u m ---<br>No. | Description   | Bulk unit wt. |              | -----Strength parameters----- |              |                  | Datum<br>for C |
|------------------------------|---------------|---------------|--------------|-------------------------------|--------------|------------------|----------------|
|                              |               | below<br>GWL  | above<br>GWL | C<br>KN/M2                    | Phi<br>(deg) | dC/dY<br>KN/M2/M |                |
| 1                            | KOLUVYON      | 20.10         | 20.10        | 20.00                         | 22.00        |                  |                |
| 2                            | AYRISMIS SIST | 22.00         | 22.00        | 35.00                         | 35.00        |                  |                |

Factor of safety = 0.682

Centre of circle: X = 35.00 Y = 380.00 Radius = 90.00

Units: KN,M



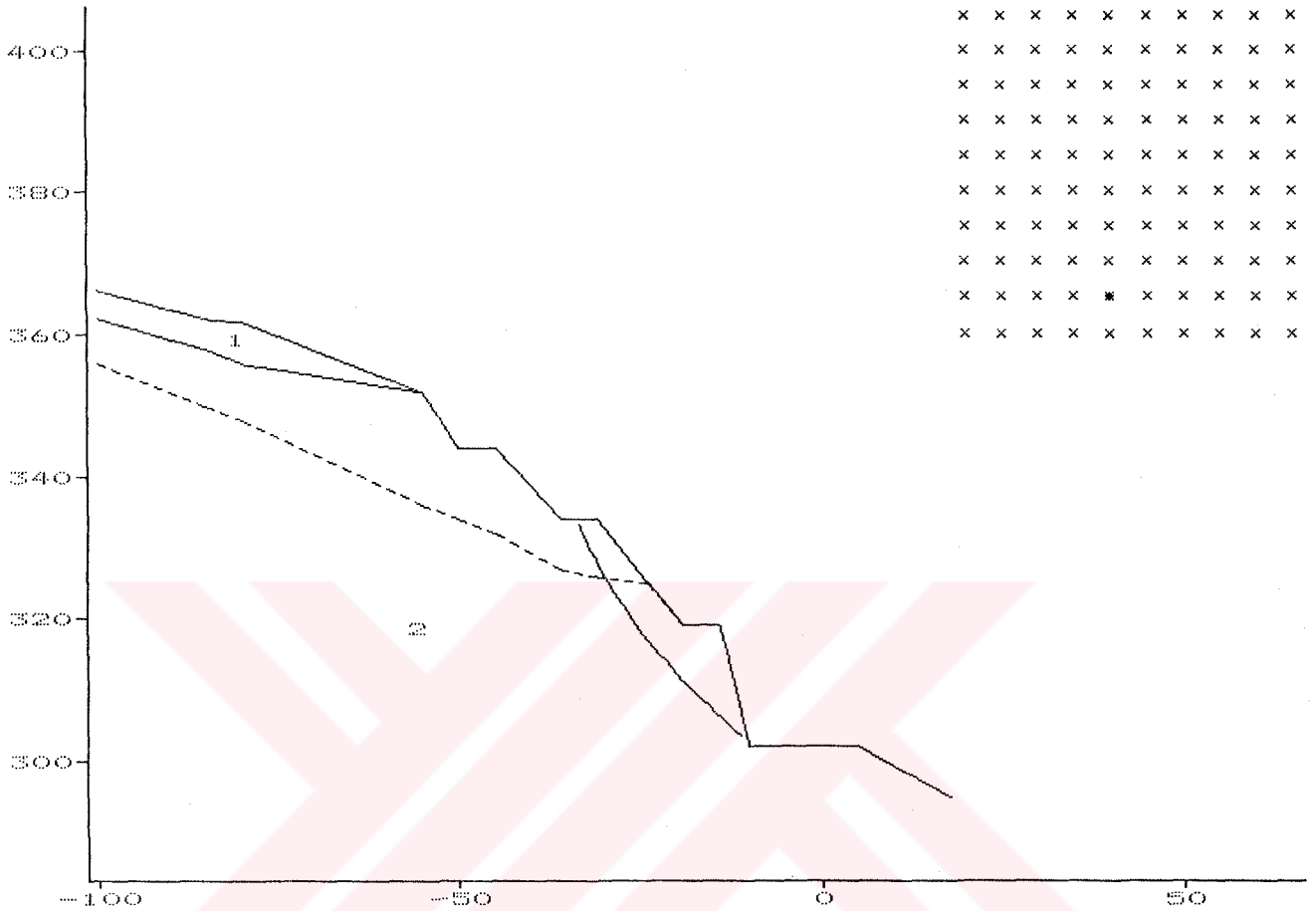
Scale = 1 : 979

| --- S t r a t u m ---<br>No. | Description   | Bulk unit wt.         |                       | -----Strength parameters----- |              |                  | Datum<br>for C |
|------------------------------|---------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------------|--------------|------------------|----------------|
|                              |               | below<br>GWL<br>KN/M3 | above<br>GWL<br>KN/M3 | C<br>KN/M2                    | Phi<br>(deg) | dC/dY<br>KN/M2/M |                |
| 1                            | KOLUVYON      | 20.10                 | 20.10                 | 20.00                         | 22.00        |                  |                |
| 2                            | AYRISMIS SIST | 22.00                 | 22.00                 | 35.00                         | 35.00        |                  |                |

Factor of safety = 0.530

Centre of circle: X = 40.00 Y = 365.00 Radius = 80.00

Units: KN,M



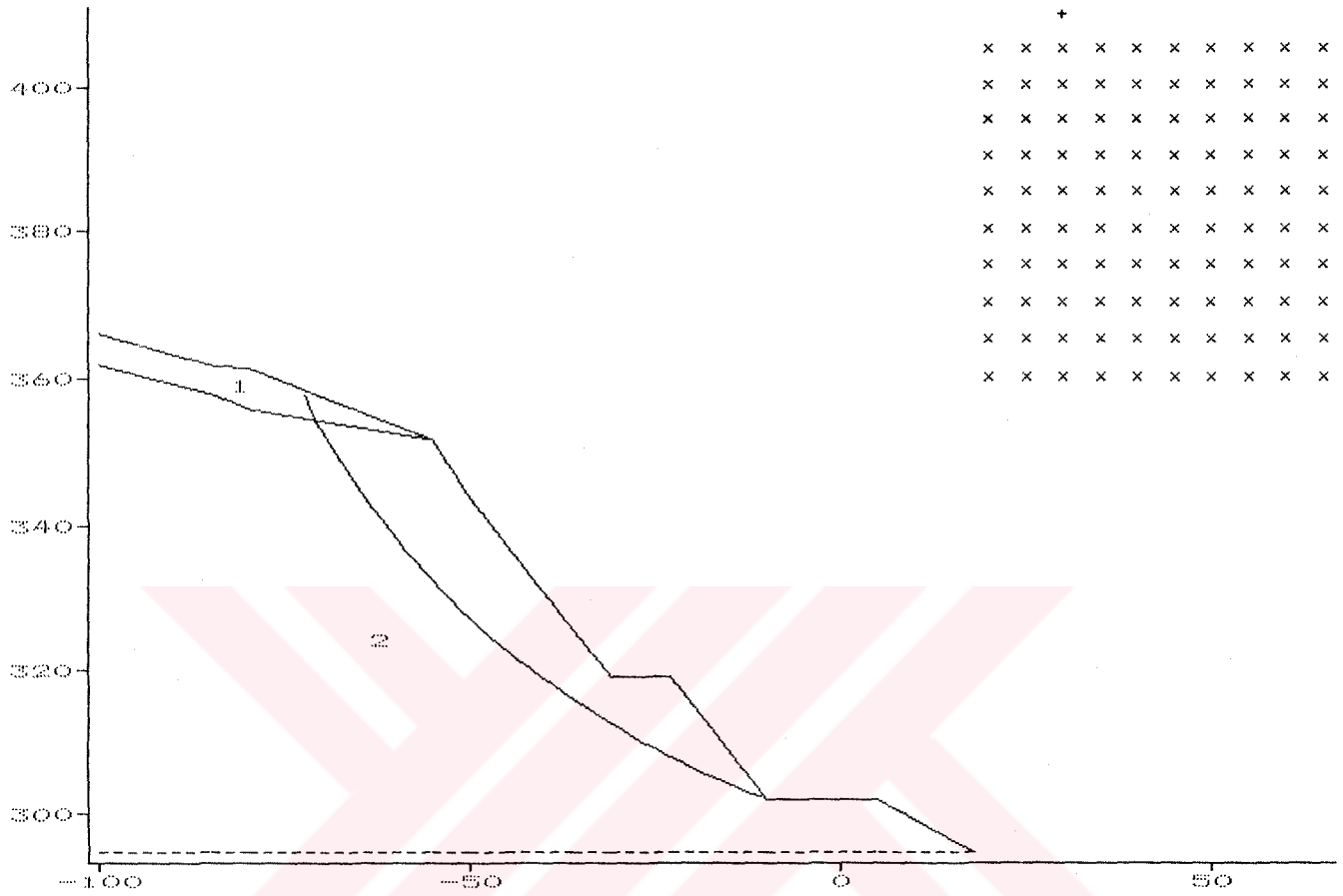
Scale = 1 : 979

| --- S t r a t u m ---<br>No. | Description   | Bulk unit wt.         |                       | -----Strength parameters----- |              |                  |                |
|------------------------------|---------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------------|--------------|------------------|----------------|
|                              |               | below<br>GWL<br>KN/M3 | above<br>GWL<br>KN/M3 | C<br>KN/M2                    | Phi<br>(deg) | dC/dY<br>KN/M2/M | Datum<br>for C |
| 1                            | KOLUVYON      | 20.10                 | 20.10                 | 20.00                         | 22.00        |                  |                |
| 2                            | AYRISMIS SIST | 22.00                 | 22.00                 | 35.00                         | 35.00        |                  |                |

Factor of safety = 0.268

Centre of circle: X = 40.00 Y = 365.00 Radius = 80.00

Units: KN,M



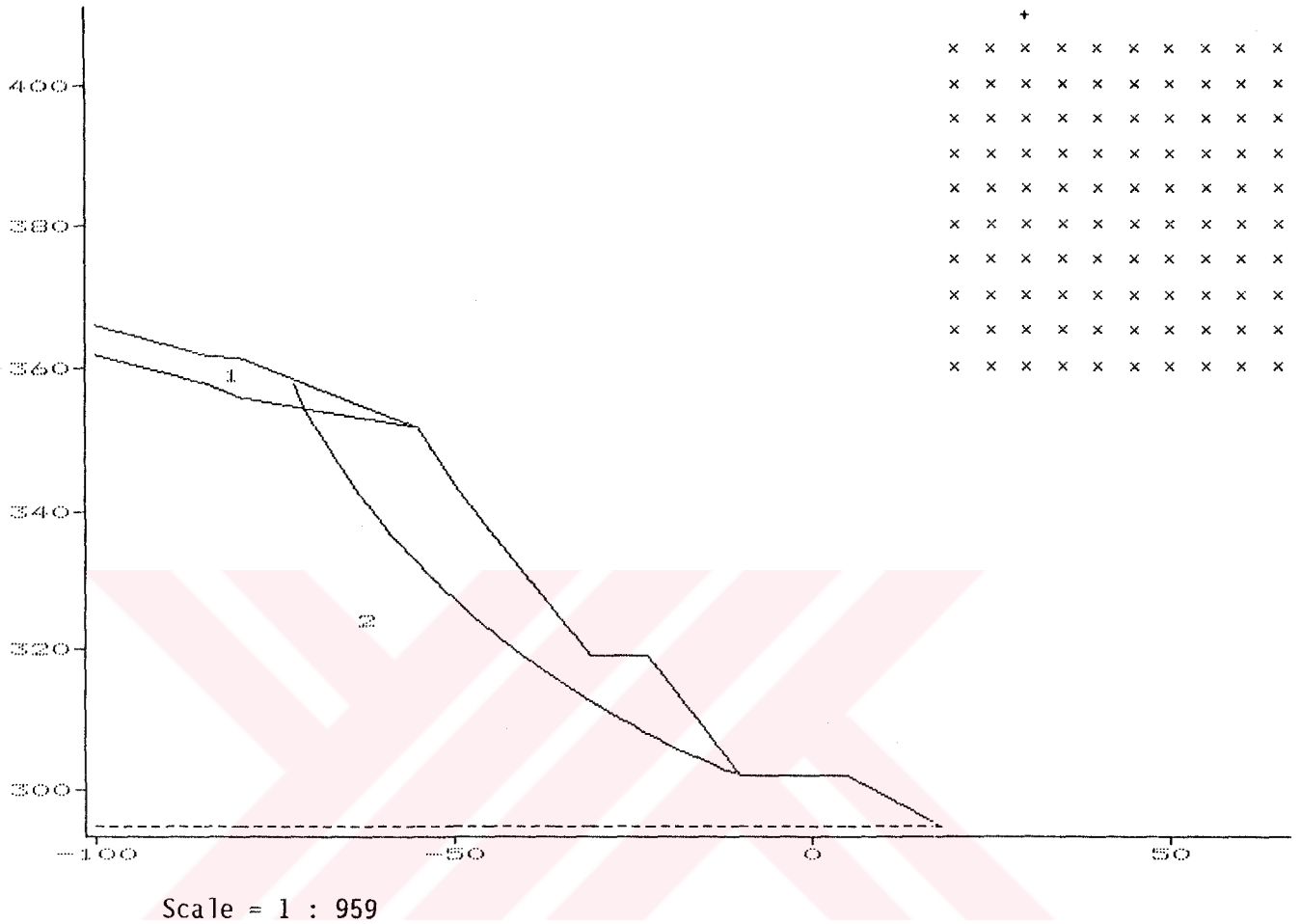
Scale = 1 : 959

| --- Stratum ---<br>No. | Description   | Bulk unit wt. |              | -----Strength parameters----- |              |                  | Datum<br>for C |
|------------------------|---------------|---------------|--------------|-------------------------------|--------------|------------------|----------------|
|                        |               | below<br>GWL  | above<br>GWL | C<br>KN/M2                    | Phi<br>(deg) | dC/dY<br>KN/M2/M |                |
| 1                      | KOLUVYON      | 20.10         | 20.10        | 20.00                         | 22.00        |                  |                |
| 2                      | AYRISMIS SIST | 22.00         | 22.00        | 35.00                         | 35.00        |                  |                |

Factor of safety = 1.148

Centre of circle: X = 30.00 Y = 410.00 Radius = 115.00

Units: KN,M

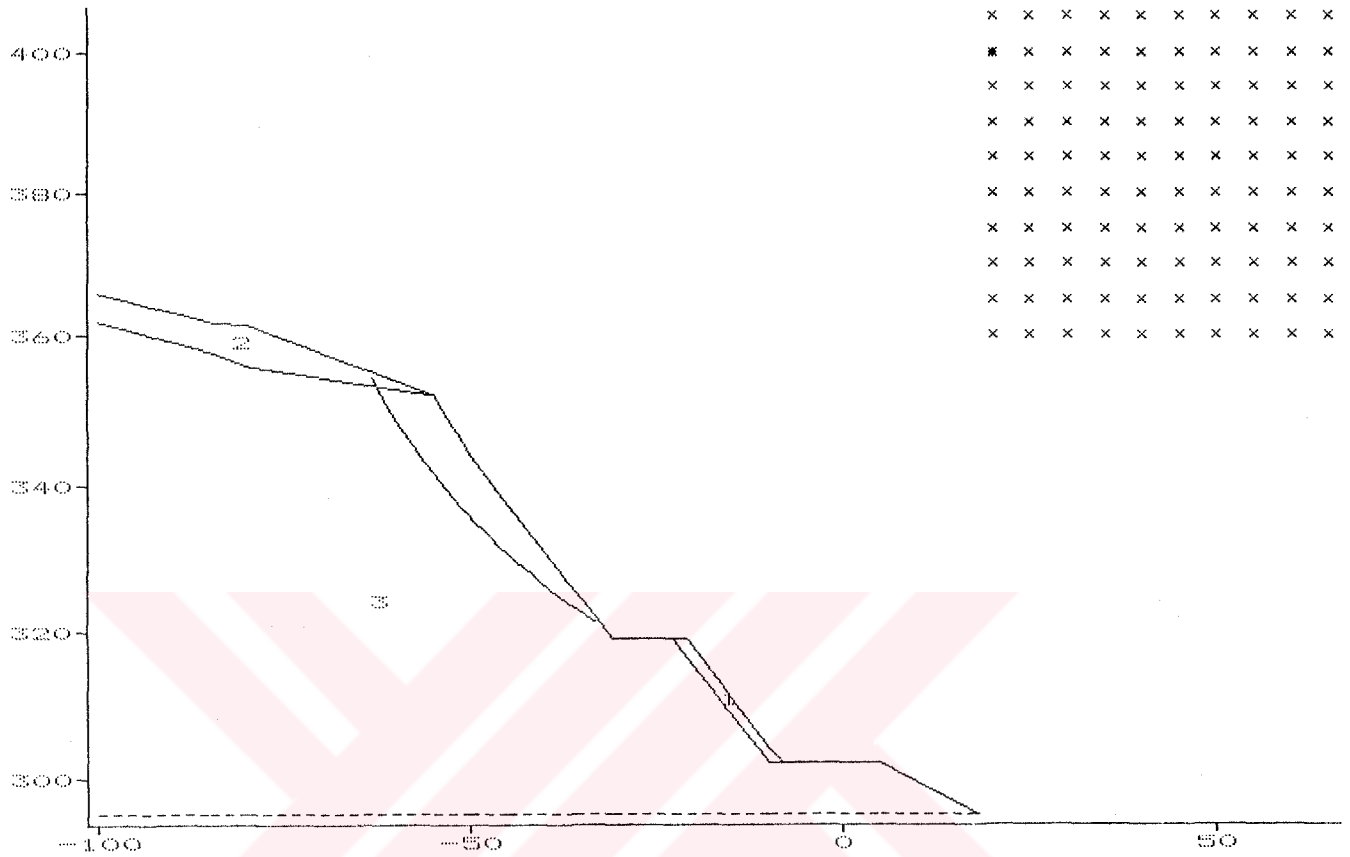


| --- S t r a t u m ---<br>No. | Description   | Bulk unit wt. |              | -----Strength parameters----- |              |                  | Datum<br>for C |
|------------------------------|---------------|---------------|--------------|-------------------------------|--------------|------------------|----------------|
|                              |               | below<br>GWL  | above<br>GWL | C                             | Phi<br>(deg) | dC/dY<br>KN/M2/M |                |
| 1                            | KOLUVYON      | 20.10         | 20.10        | 20.00                         | 22.00        |                  |                |
| 2                            | AYRISMIS SIST | 22.00         | 22.00        | 35.00                         | 35.00        |                  |                |

Factor of safety = 0.728

Centre of circle: X = 30.00    Y = 410.00    Radius = 115.00

Units: KN,M



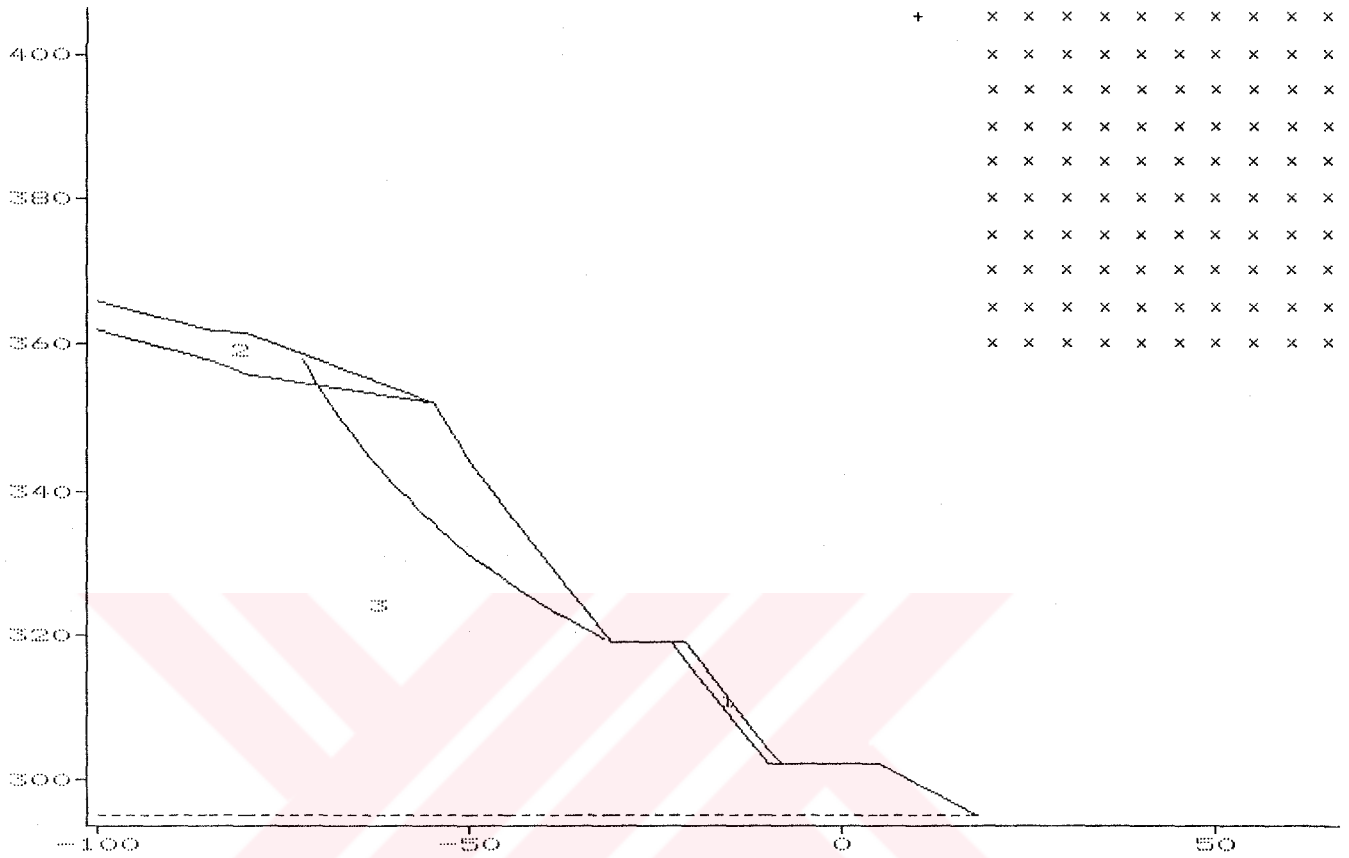
Scale = 1 : 956

| --- S t r a t u m --- |               | Bulk unit wt. |              | -----Strength parameters----- |              |                  | Datum<br>for C |
|-----------------------|---------------|---------------|--------------|-------------------------------|--------------|------------------|----------------|
| No.                   | Description   | below<br>GWL  | above<br>GWL | C                             | Phi<br>(deg) | dC/dY<br>KN/M2/M |                |
| 1                     | GABION DUVAR  | 23.00         | 23.00        | 0.00                          | 70.00        |                  |                |
| 2                     | KOLUVYON      | 20.10         | 20.10        | 20.00                         | 22.00        |                  |                |
| 3                     | AYRISMIS SIST | 22.00         | 22.00        | 35.00                         | 35.00        |                  |                |

Factor of safety = 1.216

Centre of circle: X = 20.00    Y = 400.00    Radius = 95.00

Units: KN,M



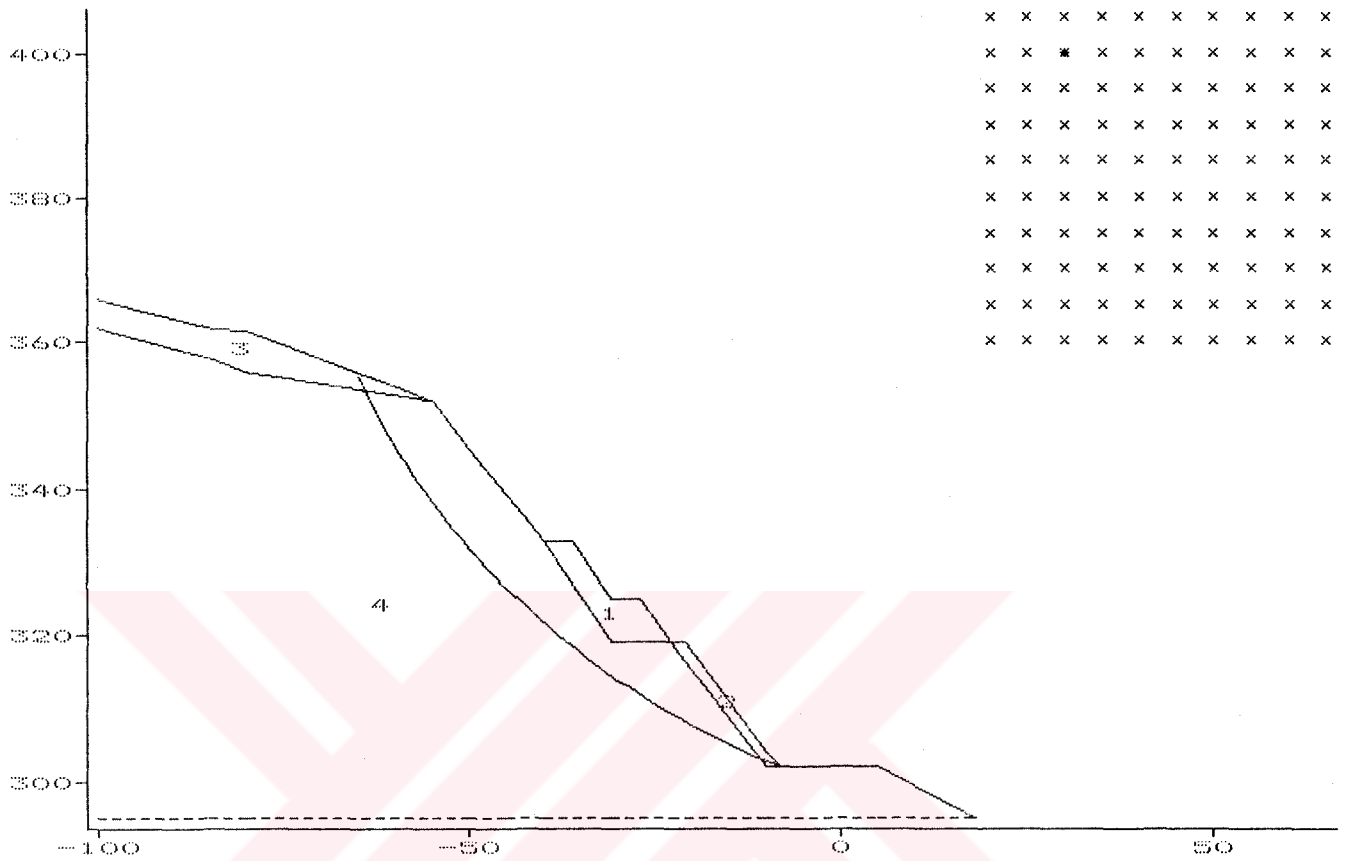
Scale = 1 : 956

| --- S t r a t u m ---<br>No. | Description   | Bulk unit wt. |              | -----Strength parameters----- |              |                  | Datum<br>for C |
|------------------------------|---------------|---------------|--------------|-------------------------------|--------------|------------------|----------------|
|                              |               | below<br>GWL  | above<br>GWL | C                             | Phi<br>(deg) | dC/dY<br>KN/M2/M |                |
| 1                            | GABION DUVAR  | 23.00         | 23.00        | 0.00                          | 50.00        |                  |                |
| 2                            | KOLUVYON      | 20.10         | 20.10        | 20.00                         | 22.00        |                  |                |
| 3                            | AYRISMIS SIST | 22.00         | 22.00        | 35.00                         | 35.00        |                  |                |

Factor of safety = 0.738

Centre of circle: X = 10.00 Y = 405.00 Radius = 95.00

Units: KN,M



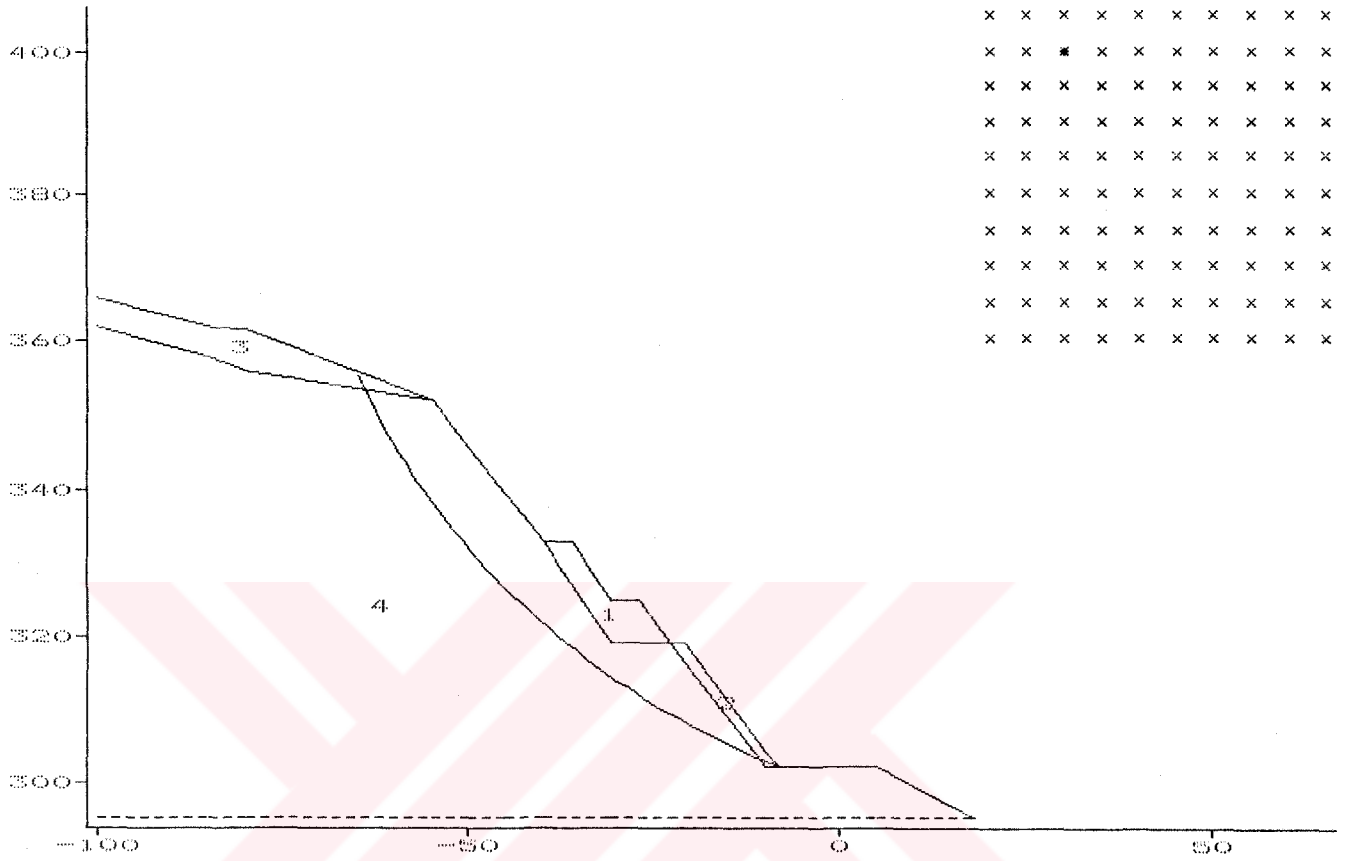
Scale = 1 : 956

| --- S t r a t u m ---<br>No. | Description   | Bulk unit wt. |              | -----Strength parameters----- |              |                  | Datum<br>for C |
|------------------------------|---------------|---------------|--------------|-------------------------------|--------------|------------------|----------------|
|                              |               | below<br>GWL  | above<br>GWL | C                             | Phi<br>(deg) | dC/dY<br>KN/M2/M |                |
| 1                            | DOLGU         | 23.00         | 23.00        | 30.00                         | 35.00        |                  |                |
| 2                            | GABION DUVAR  | 23.00         | 23.00        | 20.00                         | 50.00        |                  |                |
| 3                            | KOLUVYON      | 20.10         | 20.10        | 20.00                         | 22.00        |                  |                |
| 4                            | AYRISMIS SIST | 22.00         | 22.00        | 35.00                         | 35.00        |                  |                |

Factor of safety = 1.169

Centre of circle: X = 30.00 Y = 400.00 Radius = 105.00

Units: KN,M



Scale = 1 : 956

| --- Stratum ---<br>No. | Description   | Bulk unit wt.         |                       | -----Strength parameters----- |              |                  | Datum<br>for C |
|------------------------|---------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------------|--------------|------------------|----------------|
|                        |               | below<br>GWL<br>KN/M3 | above<br>GWL<br>KN/M3 | C<br>KN/M2                    | Phi<br>(deg) | dC/dY<br>KN/M2/M |                |
| 1                      | DOLGU         | 23.00                 | 23.00                 | 30.00                         | 35.00        |                  |                |
| 2                      | GABION DUVAR  | 23.00                 | 23.00                 | 20.00                         | 50.00        |                  |                |
| 3                      | KOLUVYON      | 20.10                 | 20.10                 | 20.00                         | 22.00        |                  |                |
| 4                      | AYRISMIS SIST | 22.00                 | 22.00                 | 35.00                         | 35.00        |                  |                |

Factor of safety = 0.999

Centre of circle: X = 30.00 Y = 400.00 Radius = 105.00