

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNEBOLU – ÇATALZEYİN DEVLET
KARAYOLU GÜZERGAHININ
MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ

Aykan MERT

Eylül, 2006

İZMİR

**İNEBOLU – ÇATALZEYTİN DEVLET
KARAYOLU GÜZERGAHININ
MÜHENDİSLİK JEOLojİSİ**

Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Doktora Tezi

Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı

Aykan MERT

Eylül, 2006

İZMİR

DOKTORA TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

Aykan MERT tarafından Prof.Dr. Necdet TÜRK yönetiminde hazırlanan “İnebolu Çatalzeytin Devlet Karayolu Güzergahının Mühendislik Jeolojisi (0+00 – 43+830)” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof.Dr. Necdet TÜRK

Yönetici

Prof.Dr. M. Yalçın KOCA

Tez İzleme Komitesi Üyesi

Yrd.Doç. Dr. Gürkan ÖZDEN

Tez İzleme Komitesi Üyesi

Prof.Dr. İlyas YILMAZER

Jüri Üyesi

Prof.Dr. Gültekin TARCAN

Jüri Üyesi

Prof.Dr. Cahit HELVACI

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Doktora yapmamda teşvik eden, her türlü yardımı esirgemeyen tezin hazırlanmasına kadar geçen tüm evrelerde bana maddi ve manevi her konuda destek olan Sayın hocam Prof. Dr. Necdet TÜRK'e,

Çalışmalarım esnasında fikir, bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım hocam Prof.Dr.M. Yalçın KOCA'ya, bana kolaylıklar gösteren ve destek olan hocam Yrd. Doç. Dr. Gürkan ÖZDEN'e..

Çalışmalarımda katkı sağlayan her zaman çalışmalarımı büyük katkısı olan Prof. Dr. İlyas YILMAZER'e oğlu Özgür YILMAZER'e, eşi Raziye YILMAZER'e

Çalışmalarımda her türlü yardımı esirgemeyen Yük. Müh. Mehmet Bilgin KESKİN'e ve Dokuz Eylül Üniversitesi Jeoloji Bölümünden Arş. Gör. Dr. Cem Kıncal'a, Arş. Gör. Aykut AKGÜN'e Bayındırlık ve İskan Müdürlüğü'nde görevli Jeoloji Yük. Müh. Yalçın ESEN'e

Katkılarından dolayı Yılmaz Eğitim ve çalışanlarına özellikle Çoşkun ve Nebi'e ve her türlü katkısını esirgemeyen Servet ARMAÇ'a

Haritalar çizimlerinde ve her türlü yardımını esirgemeyen İbrahim TEMİZ'e ve Boran TEMİZ'e

Her türlü katkıyı esirgemeyen anneme, babama ve kızkardeşime.

Yoğun çalışmalarımı bana her zaman destek olan eşime ve oğluma sonsuz teşekkür ederim.

Aykan MERT

ENGINEERING GEOLOGY OF İNEBOLU ÇATALZEYİN GOVERNMENT HIGHWAY ALIGNMENT

ABSTRACT

The İnebolu-Çatalzeytin state route contract which has been awarded as a sea fill route and planned without putting a single stone to the sea. The Water Discontinuity Clay (WDC) trio makes the most important geotechnical problems for the linear engineering structures. İnebolu – Çatalzeytin state route WDC research;

1. Water: Region takes about 3 times more precipitation than the national average. The “flych” formation is made up of permeable sandstone and impermeable claystone. Therefore a pore water pressure is build behind claystone. This both accumulates mass on the slide zone and it builds up porewater pressure. While pressured water erodes the clay on the surface; it deposits the material on the slopes. Thus it builds impermeable and unstable slide masses.

2. Discontinuity: İnebolu – Çatalzeytin state route’s main geological units are sedimentary rocks mainly made up of sandstone, claystone, siltstone. Consequently the main discontinuity type is layer boundary. Slides have developed in various scales where the layers are inclined to slopes and rarely in the slope bases.

3. Clay: The major discontinuity fills are made up of clay and silt where the main rock units are made up of claystone, siltstone and mudstone. Particularly the shear stresses approach to zero for wetted clay fills. Thus it results in sliding masses in the rainy seasons.

In this area where WDC is highly effective, the instability which initiates as a planar type slip turns into unified slip in various scales. In order to protect the sea and shore nearly 45km of road passage had to go through / over 14 major slipping mass. The geotechnical data required for the slides stability were obtained by

laboratory and back analysis. Back analysis especially gave reliable results for cohesion(c , kPa), internal friction angle(ϕ , °), and pore water pressure (u , kPa).

It is impossible to locate clay fills which have only few millimeters to few centimeters thick. But the 3-D geometric model of the area can be accurately obtained by mapping. Shear strength which is one of the three major factors [(c , kPa); (ϕ , °); (γ , kN/m³)] can accurately be determined by testing many samples. In an area with unified slip two or more equations can be written which gives the safety factor of 1.0. Thus “ c ” and “ ϕ ” values can be accurately obtained. This method is concisely called as back analysis. By examining the data it is found that the most effective solutions are found to be de-watering applications.

Key Words: Road, Water-Discontinuity-Clay trinity, slide environment, cost

İNEBOLU ÇATALZEYİN DEVLET KARAYOLU GÜZERGAHININ MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ

ÖZET

Kıyı dolgu yolu kapsamında ihale edilen İnebolu – Çatalzeytin Devlet Karayolu denize tek taş atmadan projelendirilmiştir. Özellikle çizgisel mühendislik yapılarında jeoteknik sorunların ana nedeni SSK (Su Süreksizlik Kil) üçlüsüdür. İnebolu – Çatalzeytin Devlet Karayolunda SSK araştırması;

1. **Su:** Bölge ülke ortalamasının 3 katı daha fazla yağış almaktadır. Bölgede egemen olan birim çoğunlukla geçirimli kumtaşı ile geçirimsiz kilaşı araldanmasından oluşan tortul istifdir. Denize doğru eğimli olan kilaşı katmanı boşluk suyu basıncı ve dağ tarafında da basınçlı yeraltısuyu oluşturmaktadır. Basınçlı su, kil katmanını yüzeyde aşındırırken, aşınan grecin de yamaç eteğinde birikmesine neden olur. Böylece, ileri aşamalarda geçirimsiz ve duraysız kayma kütleleri gelişir.

2. **Süreksizlik:** İnebolu – Çatalzeytin Devlet Karayolunun temel jeolojik birimi kırıntılı tortul istifidir. Kumtaşı, kilaşı ve miltaşı araldanması, birimin ana birleşenidir. Dolayısıyla, ana süreksizlik türü tabakalaşmadır. Tabakalaşmaların yamaçdışı ve yer, yer de yamaçdibi olduğu kesimlerde, değişik ölçeklerde kayma kütleleri gelişmiştir.

3. **Kil:** Ana kaya türünün kilaşı, miltaşı ve çamurtaşının egemen olduğu yerlerde, süreksizliklerin ana dolgusu kil ve yer yer de mildir. Özellikle kil dolgusu ve/veya sıvamasının kayma dayanımı $[\tau, (c, \phi)]$ sulu ortamda sifıra yaklaşır. Bu da yağışlı dönemlere kaymaların harekete geçmesine neden olmaktadır.

SSK'nın ileri derecede etkin olduğu bu bölgede düzlemsel kaymayla başlayan duraysızlık sorunları zamanla değişik ölçekte birleşik kaymaya geçiş göstermektedir. Yaklaşık 45 km'lik alan yol geçkisi denizi ve deniz kıyısını korumak için değişik ölçekte 14 kayma kütleli üzerinden / içerisinden geçirilmek zorunda kalınmıştır.

Kaymaların duraylılıklarının sağlanması için gerçekleştirilen jeoteknik tasarımda kullanılan veriler; laboratuvar ve geri incelemelerle bulunmuştur. Geri incelemeler; özellikle kohezyon (c , kPa), sürtünme açısı (ϕ °) ve boşluk suyu basıncı oranı (R_u , u) bulmada güvenilir sonuçlar vermiştir. Kalınlığı birkaç mm ile birkaç cm arasında değişen kayma yüzeyi kil sıvıamalarının sondaj ve/veya jeofizik yöntemlerle ortaya çıkarılması olanaksızdır. Ancak, kayma sahasının 3 boyutlu (x - y - z) geometrik modeli harita alımı ile güvenilir olarak elde edilebilmektedir. Kayma dayanımını belirleyen üç anan değiştirgeden [(c, kPa) ; ($\phi, \text{°}$); ($\gamma, \text{kN/m}^3$)] birisi olan γ , çok sayıda örnek üzerinde deney yapılarak güvenilir bir şekilde bulunabilmektedir. Diğer iki değiştirge bilinmeyendir. Birleşik kaymalardan oluşan bir sahada güvenlik katsayısının 1,0'e eşitleyen ikiden çok denklik yazılabilir. Böylece “ c ” ve “ ϕ ” değerleri güvenilir bir şekilde elde edilebilir. Bu yöntem kısaca geri inceleme olarak adlandırılmaktadır. Elde edilen veriler kullanılarak yapılan tasarımda; susuzlaştırma yöntemleri en etkin çözümleri oluşturmuştur.

Anahtar Kelimeler: Yol, Su-Süreksizlik-Kil üçlüsü, Kayma, Çevre, Maliyet

İÇİNDEKİLER

DOKTORA TEZİ SINAV SONUÇ FORMU	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ABSTRACT	iv
ÖZET.....	v
BÖLÜM BİR – GİRİŞ	1
1.1. Amaç	1
1.2. Çalışma Alanının Yeri.....	3
BÖLÜM İKİ - JEOMORFOLOJİ, GENEL JEOLOJİ, HİDROJEOLOJİ ve MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ.....	5
2.1. Jeomorfoloji.....	5
2.2. İklim ve Bitki Örtüsü.....	7
2.3. Genel Jeoloji.....	11
2.3.1. Stratigrafi.....	11
2.4. Yapısal Jeoloji ve Tektonik.....	19
2.5. Depremsellik	20
2.6. Hidrojeoloji	22
2.7. Mühendislik Jeolojisi	22
BÖLÜM ÜÇ - YAKLAŞIM VE YÖNTEMLER	24
3.1. Giriş.....	24
3.2. Su-Süreksizlik-Kil (SSK) Üçlüsü.....	25
3.3. Etken ve Edilgen Kayma Sınırlarının Belirlenmesi	29
3.4. Geçki belirleme	35
3.5. Araştırma Programı	39
3.5.1. Saha Çalışmaları	39

BÖLÜM DÖRT - JEOTEKNİK ÇALIŞMALAR.....	48
4.1. Giriş.....	48
4.2. Arazi Sondaj Çalışmaları	48
4.2.1. SPT (Standart Penetrasyon Testi).....	48
4.2.2. Araştırma Çukurları	49
4.2.3. Jeofizik Çalışmalar	49
4.2.4. Laboratuvar Deneylei	50
4.3. Dolgular ve Yarmalar	54
4.3.1. Dolgular	55
4.3.2. Yarmalar	55
BÖLÜM 5 - KM 1400 KAYMA ANALİZİ YÖNTEMİ	61
5.1. Giriş.....	61
5.2. K1400 Kayması.....	61
5.2.1. Jeolojik Model	61
5.2.2. Hidrojeolojik Model	63
5.2.3. Mühendislik Jeolojisi Modeli	63
5.2.4. Jeoteknik Araştırma	63
5.3. Jeoteknik Tasarım	72
5.3.1. Yamaç Duraylılık İncelemeleri	72
BÖLÜM 6 - KAYMA SAHALARININ MODELLEMESİ	89
6.1. Giriş.....	85
6.2. Model Çalışması (1/25 000)	89
6.2.1. Jeolojik Model	91
6.2.2. Hidrojeoloji Modeli	92
6.2.3. Mühendislik jeolojisi modeli	92
6.3. Araştırma programı	93
6.3.1. Saha çalışmaları	93
6.3.2. Laboratuvar çalışmaları	93
6.4. Jeoteknik değerlendirme	94
6.4.1. Geri analizin kullanımı	94

6.4.2. Geriye Analiz Yönteminde Kullanılacak Parametreler	98
6.4.3. Ortalama Kesme Dayanımının Geriye Hesaplanmasında Dikkat Edilecek Hususlar	99
6.4.4. Emniyet Katsayısı ve Güvenirlilik	100
6.4.5. Geometrik Model Çalışması	101
6.4.6. Geri İnceleme Çalışması	101
6.4.7. Geri İnceleme Analiz Modeli	103
6.5 Jeoteknik Tasarım	105
6.5.1. Hendeklerle Susuzlaştırma ve İlgili Sistemlerin Tasarımı	106
BÖLÜM 7 - SONUÇ VE ÖNERİLER	112
KAYNAKÇA	115
EKLER.....	120

BÖLÜM BİR

1. GİRİŞ

1.1. Amaç

İnebolu – Çatalzeytin Devlet Karayolunda meydana gelen ve/veya gelebilecek kaymaların geçişlerini belirleyerek en uygun jeoteknik çözümler jeolojik model (JM), hidrojeolojik model (HM) ve mühendislik jeolojisi modeli (MJM), hazırlanarak oluşturulmuştur.

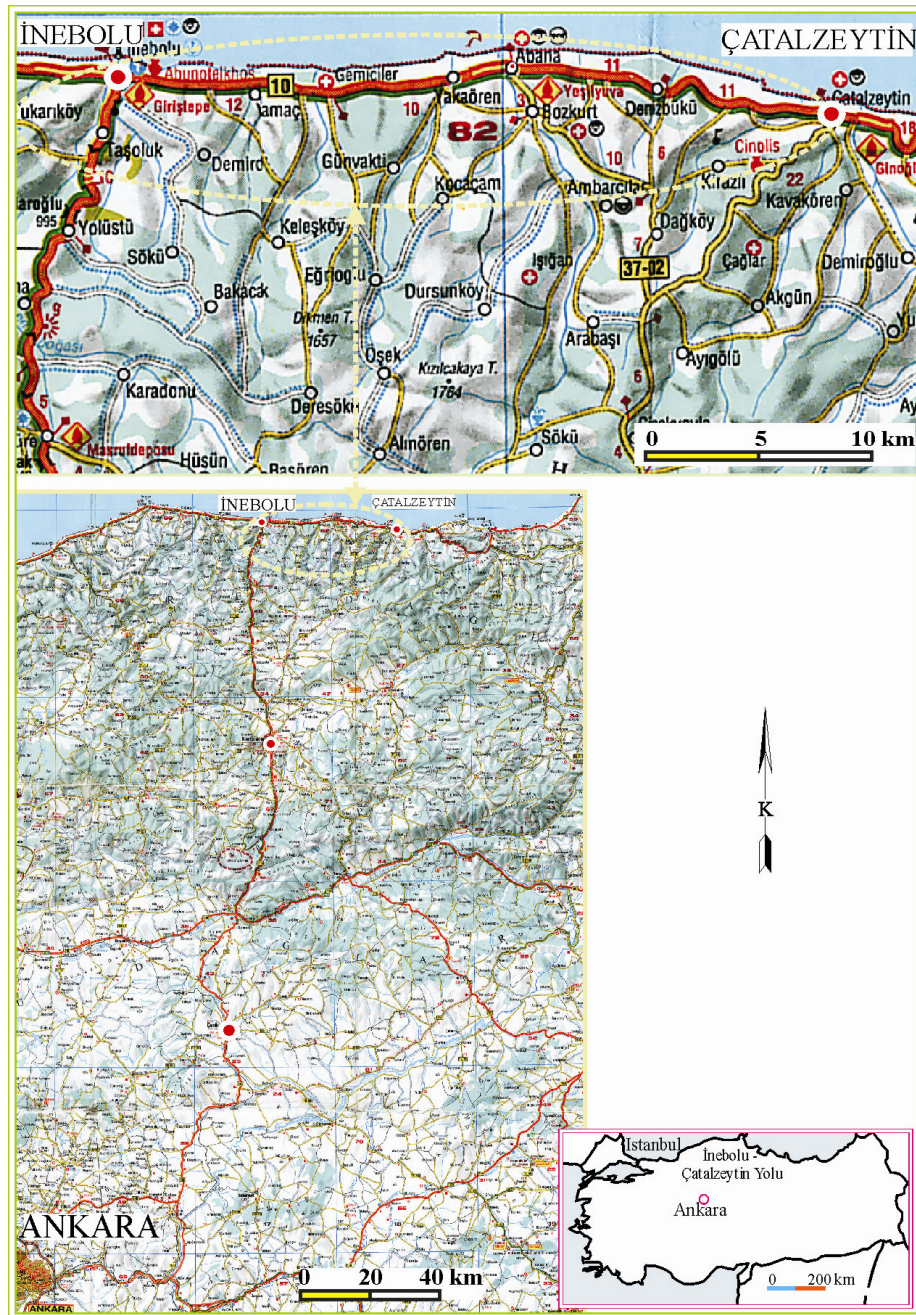
Yol ve benzeri çizgisel mühendislik yapı projelerinin yerinin ve birleşenlerinin seçiminde a) Maliyeti b) Emniyet, c) Zaman, (yapım süresi ve faydalı ömür) d) Estetik ve Çevredir. Kısaca MEZE olarak gösterilen bu ölçütler projenin temelini oluşturur. Yer bilimleri açısından değerlendirmeler özellikle heyelanlı alanlarda Su, Süreksizlik ve Kil (SSK) üçlüsü üzerinden yapılır. (Karayolları Mühendislik Şartnamesi, 2003:1).

Kalınlığı 0.1 m'yi geçmeyen kaygan killi dokanaklar sondaj vb. araştırmalarda saptanamamaktadır. Burada sondaj verilerinden çok arazi çalışmalarıyla JM, HM, MJM, iyi hazırlanmasına bağlıdır. Kayma değiştirgeleri olarak sondaj loglarından elde edilen değerler değil, arazi çalışmalarıyla hazırlanmış JM, HM, MJM, modeller sonucunda ulaşılan ve kayma jeoteknik model için geri inceleme (Back analysis) yöntemiyle elde edilen değiştirgeler kullanılarak iyileştirme öncesi ve sonrası durumda ulaşılan güvenlik katsayıları kullanılmalıdır. İnebolu – Çatalzeytin Devlet Karayolunda oluşan kaymalar için temel iyileştirme olarak susuzlaştırma sonucunda yüzey sularının kaplamalı kanala alınması en uygun çözümü oluşturmaktadır.

Bu çalışmada kullanılan mühendislik jeolojisi ve jeoteknik yaklaşım ile yöntemleri içermektedir. Özellikle etken ve edilgen kaymaların haritalanması, modellenmesi ve etkin çözümlerin bulunması konusu ayrıntılı olarak tezde sunulmaya çalışılmıştır.

1.2. Çalışma Alanının Yeri

İnebolu - Çatalzeytin (KM.0+000 – 43+832) arasında yer alan mevcut Devlet yolu Karadeniz sahiline paralel olarak uzanan ve güneyde Gökırmak ile sınırlanan kıyı dağlarının kuzeye bakan yamaçlarında yer almakta ve kıyıya paralel olarak uzanmaktadır (Şekil 1.1).



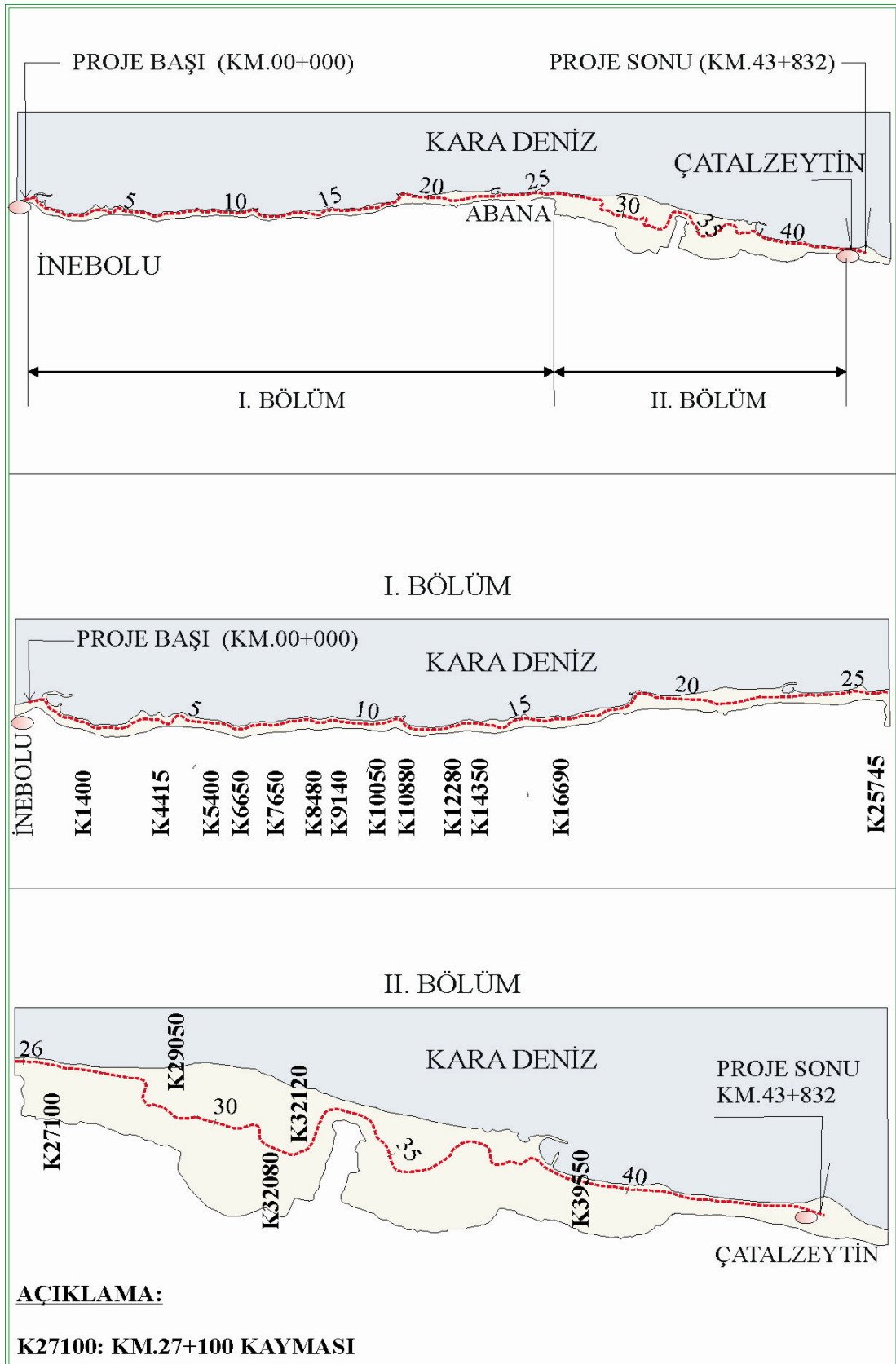
Şekil 1.1. Fiziyografik yerbulduru haritası.

Şekilden de anlaşılacağı üzere dere ve akarsular genelde güney-kuzey yönünde akarlar. Bunların Karadeniz'e döküldüğü yerlerde oluşmuş olan deltalar çalışma alanı içerisinde oldukça sınırlıdır. Bu alanlar da bahçe tarımı için son derece uygun alanlardır. Yerleşim alanları da genellikle bu alanlarda yoğunlaşmıştır. İnebolu, Abana, Gemiciler ve Çatalzeytin gibi yerleşim alanları bunlara örnek olarak gösterilebilir.

İnebolu – Çatalzeytin yolu Sarp – İstanbul arasını deniz doldurularak gerçekleştirileceği öne sürülen Karadeniz Sahil Yolunun orta batı bölümünde yer almaktadır. Bu kapsamda gündeme gelen İnebolu – Çatalzeytin arasındaki mevcut trafik;

- yatayda ve düşeyde çok düşük standartlara sahip,
- çoğunlukla duraysız (unstable) zeminler üzerinden geçen,
- bu nedenle de bakım ve onarım çalışmaları sık, sık gündeme gelen,
- onarım çalışmalarının yetersiz kaldığı kayma geçişlerinde büyük sıkıntılar çekilen 2x1 türünde bir Devlet yolu ile sağlanmaktadır (Şekil 1.2).

Şekil 1.2'de de belirtildiği gibi çalışılan geçki 3 ana alt bölümden oluşmaktadır. Yaklaşık 45 km uzunluğundaki kıyı boyunca her kilometreye bir kayma düşmektedir. Bu kaymaların yakın olanları birleştirilerek aynı ad altında gruplandırılmıştır. Kaymalar yaklaşık kilometrelerine göre adlandırılarak proje içerisindeki diğer meslek dallarıyla olan iletişim kolaylaştırılmıştır. K1400 sözcüğü, KM.1+400 istasyonundaki bir kaymayı çağrıştırmaktadır. Kütlesi 400 m³'ün altındaki kaymalar burada gösterilmemiştir. Çünkü küçük ölçekli kaymalar yol projesi içerisinde kolayca çözülebilmektedir. Ayrıca özel tasarıma gerek görülmemektedir. Genellikle kütlenin itici kafa bölümü kaldırılarak ve susuzlaştırma projeleriyle önlenebilmektedir.



Şekil 1.2. Çalışma alanının genelleştirilmiş yerleşkesi (KGM, 2001).

BÖLÜM İKİ

JEOMORFOLOJİ, GENEL JEOLOJİ, HİDROJEOLOJİ ve MÜHENDİSLİK JEOLOJİSİ

2.1. Jeomorfoloji

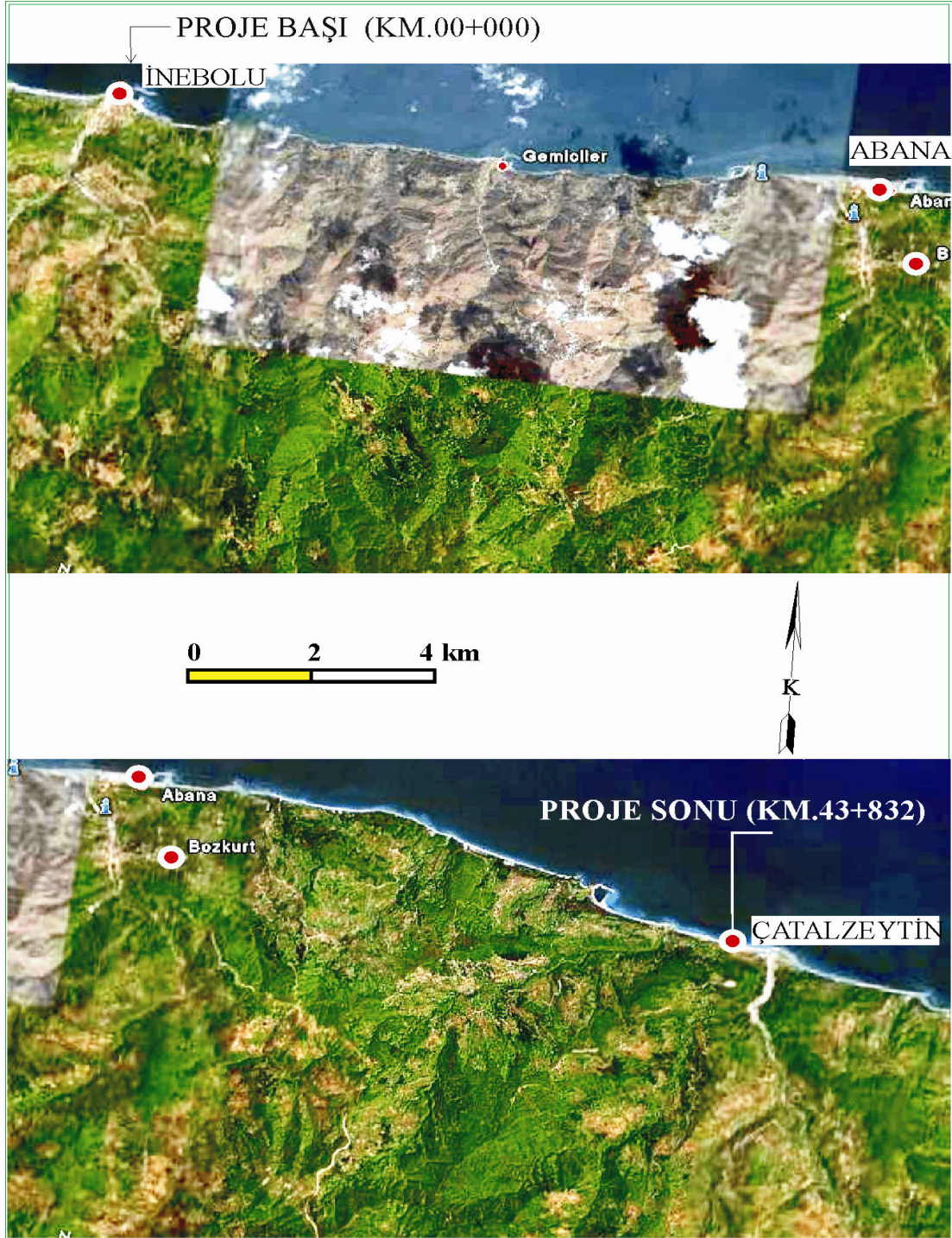
Çalışma alanı kıyıya paralel uzanan Karadeniz dağlarının Karadeniz ile yaptığı kıyıda yer almaktadır. Başka bir anlatımla, batı – doğu doğrultusunda uzanan dağ silsileleri ile Karadeniz kıyısına doğru alçalan engebeli dağlık bir topografya üzerindedir. Güney – kuzey doğrultusunda ve kuzeye Karadeniz’e doğru akan çay ve dereler “V” şekilli vadiler oluşturmuşlardır. Bunlar denize açıldıkları kısımlarda genişlerler ve değişik ölçekli deltalar oluştururlar.

Dağların yüksekliği çalışma alanının güneybatısında 2000 metreyi aşmaktadır. Çatalzeytin’in yaklaşık 40 km güneyinde yer alan Yaralıgöz dağı tipik bir örnektir. Küre dağları olarak da anılan bu sıradağ kıyı şeridi ile İç Anadolu bağlantısını da zorlaştırmıştır.

Miyosen sonrası K-G sıkıştırma kuvvetleri etkisi altında yaklaşık D-B uzanımlı sıradağlar oluşmuştur. Dağ oluşumu sırasında çekme gerilmeleriyle oluşmuş ve yaklaşık K-G doğrultulu ana süreksizlik kuşakları boyunca derin vadiler oluşmuştur. İç Anadolu’yla olan bağlantı genellikle bu vadiler içerisinde düşük standartlı yollarla sağlanmaktadır.

İnebolu – Küre Çayı, Çatalzeytin – Derek Çayları, Abana – Bozkurt Çayları en belirgin olan akarsulardır. Yıllık ortalama debileri ($Q, m^3/s$) 40’ın altındadır. Plansız orman kesimi ve tarla açmalar taşkın sorunlarını yaratmaktadır (Şekil 2.1). Kayma kütleleri de bu sulara malzeme sağlayarak yıkıcılığı daha da arttırmaktadır. Akarsu deltaları ve büyük ölçekli kayma sahaları dışında yumuşak eğimli ($\tan\alpha < \tan 18^\circ$) alan yoktur.

Karadeniz bölgesine özgü yüksek derecede engebeli olan yüzey şekli kentleşmeleri kıyı boyunca yoğunlaştırmıştır. Bu nedenle, bölgedeki nüfus yoğunluğu (N_y , kişi/km²) 30'un altındayken kıyı boyunca 90'ın üzerindedir.



Şekil 2.1 Açık renkli olan bölümler orman kesimi ve tarla açmalarla oluşturulmuştur (www.googleearth.com).

Kıyıya paralel olarak D-B yönünde uzanan sıradağ üzerinde güneye ve kuzeye uzanan derin vadiler vardır. Genellikle birbirine paralel uzanan ana vadiler kısa uzanımlı yan derelerle beslenmektedir (Şekil 2.2). Batholitik yükselmelerin egemen olduğu kesimlerde ise (Çatalzeytin'in 20 km güneyi) ışımsal yüzey şekli egemendir (bkz., Şekil 2.2).

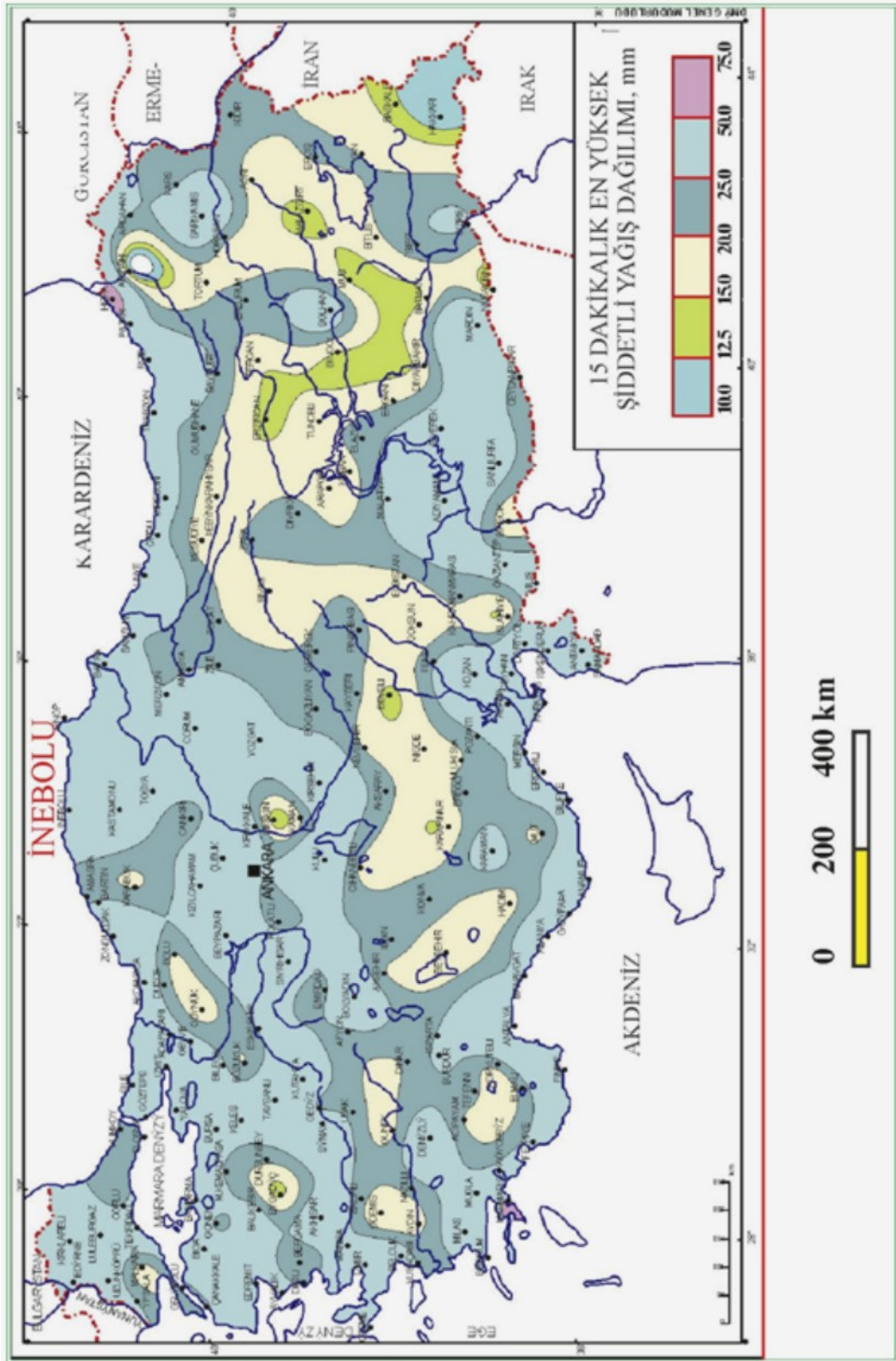
2.2. İklim ve Bitki Örtüsü

Çalışma alanın, tipik Karadeniz iklimi egemendir. Yazları yağışlı, kışları ise soğuk yüksek kesimleri ise karlıdır. Bölgeye ait meteorolojik veriler Şekil 2.2 – 2.3'de özetlenmeye çalışılmıştır.

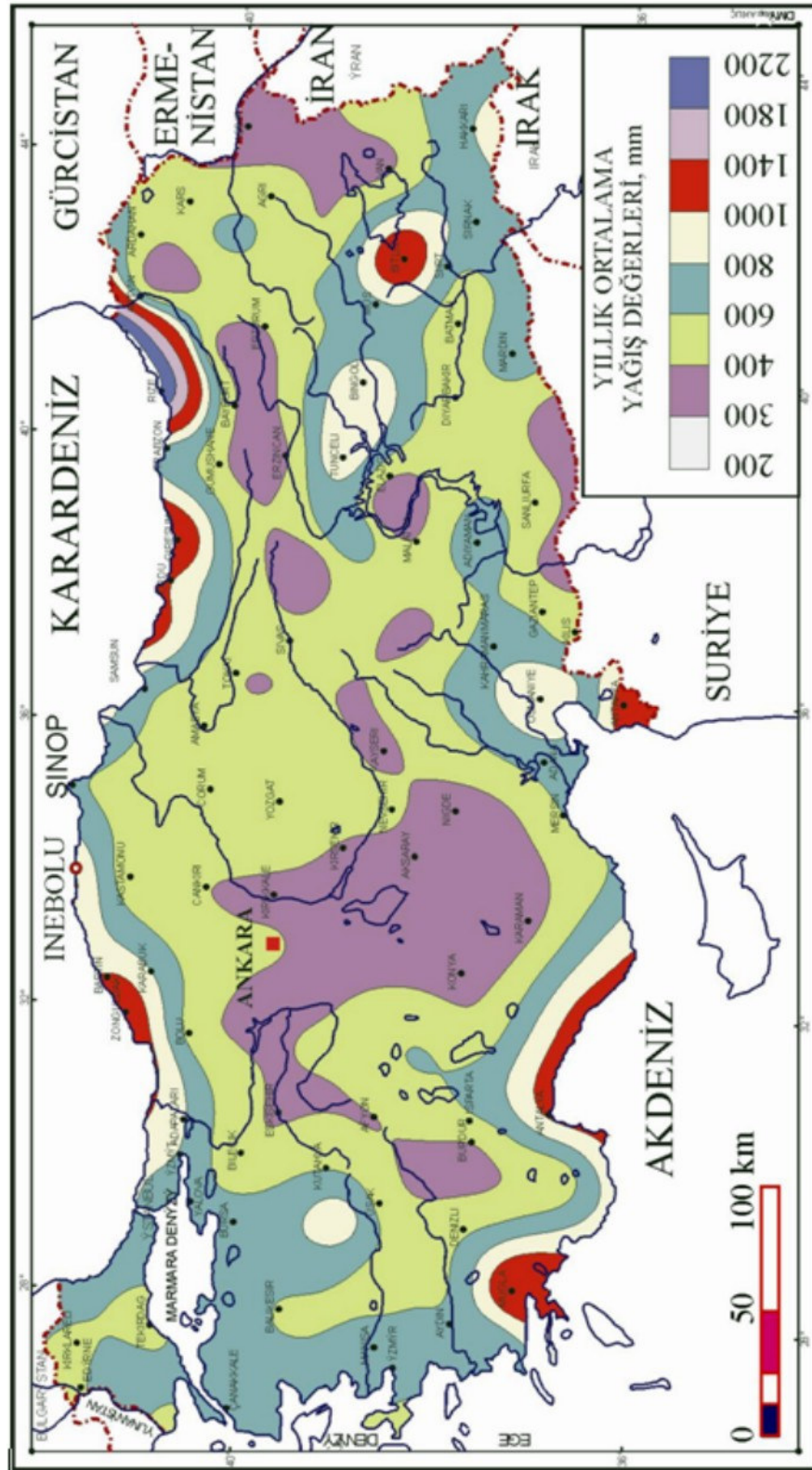
Bu şekillerden de anlaşılacağı üzere, çalışma alanında 15 dakikalık en yüksek şiddetli yağış 125 mm dolaylarındadır. Buna karşın, 24 saatlik en yüksek şiddetli yağış miktarı 200 mm'ye yakındır. Yıllık ortalama yağış ise Türkiye ortalamasının üzerinde olup 1000 mm dolaylarındadır (Şekil 2.4).

İleride ayrıntılı olarak verilecek olan konulardan birisi de; dünyadaki tüm jeoteknik sorunların ana nedeni **SSK** olarak kısaltılabilen Su-Süreksizlik-Kil üçlüsüdür. Yağışı göreceli olarak yüksek olan bu bölgede ana süreksizlik sistemi tabakalaşma olan killi tortul kayaların da yaygın olması büyük ölçekli kaymaları yaratmıştır. Tabakalaşmanın yamaçdışı olduğu kesimler etken ve edilgen kaymaları yaygın bir şekilde içermektedir. Küçük yerleşim birimleri de bu tür toprağı ve suyu olan kesimlerde kümelenmiştir. Büyük kentler ise akarsu yataklarının aşağı kesimlerinde yatağın genişlediği bölümlerde ve deltalarda kurulmuştur. İnebolu, Gemiciler, Abana, Bozkurt ve Çatalzeytin ilçeleri tipik örneklerdir.

Tarıma elverişli büyük ölçekli kaymaların hemen hepsinde benzer sistem söz konusudur. Tepe tarafında yüzleği olan geçirimli kumtaşları ve/veya kireçtaşları yamaç aşağısı kesimlerde geçirimsiz kiltası ve/veya çamurtaşı katmanlarıyla üzerleşmektedir. Böylece kumtaşı içerisinde bir basınçlı suveren (aquifer) ortam oluşmaktadır. Daha sonra kiltalarının tepe yukarısı bölümlerinde sızıntılar ve/veya kaynaklar geliştirerek yamaç eteklerine doğru duraysız güncel örtüyü yaratır.



Şekil 2.2 15 dakikalık en yüksek şiddetli yağış dağılımı (www.meteoroloji.gov.tr).



Şekil 2.4 Yıllık ortalama yağış dağılımı.

153 istasyonun 1961-2000 yılları arasında gerçekleşen ortalama yağış değerlerine göre yağış ortalaması 637.7 mm'dir. Yıllık ortalama yağış, en fazla 2180 mm ile Rize'de, en düşük 255 mm ile Iğdır'da gerçekleşmiştir. Yağışın dağılımını incelendiğinde, çalışma alanının kıyı kesimlerinde 1400 ile 2180 mm arasındadır. Bu da bölgenin Türkiye genelinden iki kat daha fazla yağış aldığını göstermektedir. Bölgenin çok yağış alması, yukarıda da değinildiği gibi kaymaları tetikleyen en önemli etkenlerden birisidir.

İnebolu - Çatalzeytin (KM.0+000 – 43+832) yolu boyunca bitki örtüsü, genelde iğne yapraklı ağaçlardan oluşan ormanlarla temsil edilir. Çam en yaygın iğne yapraklı ağaç türüdür. Meşe, gürgen, kestane ve kayın ormanlarının yanı sıra fındık ve diğer meyve ağaçları da gözlenmektedir. Yer yer turuncgiller ve zeytin bahçeciliği de yapılmaktadır (Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM), 2001).

2.3. Genel jeoloji

Çalışma alanı birimleri Paleozoyik yaşlı metamorfiklerle başlayıp, Liyas'dan Oligosen'e kadar tortul ve volkanotortul istiflerle devam eder.

2.3.1. Stratigrafi

Çalışma alanı ve çevresinde birimler Paleozoyik yaşlı metamorfiklerle başlayıp, Liyas'dan Oligosen'e kadar tortul ve volkanotortul istiflerle devam eder (Şekil 2.5, 2.6) (Badgley, 1959; Calvi, 1936; Blumenthal, 1940).

2.3.1.1. Boyabat Metamorfikleri

Boyabat metamorfikleri bölgenin paleozoik yaşlı temel kayacı olup, bölgenin güneyinde yüzlek verir. Genellikle kloritli, epidotlu şistlerden oluşmaktadır ve üzerinde uyumsuz olarak Akgöl formasyonu yer alır.

2.3.1.2. Akgöl Formasyonu

Formasyon kumtaşı, ve kuvarsit ara katmanlı az metamorfize olmuş gri siyah renkli marn ve şeyllerden oluşmuştur. Birim yer yer demir oksitli yumrular içerir. Kumtaşı katmanının kalınlığı birkaç santim ile bir metre arasında değişmektedir. Akgöl formasyonunun alt dokunağının tabanı doğrudan metamorfik temel üzerine uyumsuz olarak gelir.

Birimi, Bürnük formasyonu ve Akkaya kireçtaşı uyumsuz olarak üstlerler. Akgöl formasyonunun kalınlığı ölçülen tip kesitinde 375 metre olarak bulunmuştur. Formasyonun yaşı Liyastır.

2.3.1.3. Bürnük Formasyonu

Formasyon kırmızı renkli ve demir oksit nedeniyle karasal özellik gösteren çakıltaşı ve kumtaşından oluşur. Çakılların boyutları 1 – 45 cm arasında olup, orta iyi derecede yuvarlaklaşmış, kötü boylanmalı ve polijenetiktir (Birden çok kayadan türemiş). Formasyonun altında bulunan Akgöl formasyonunun üstüne uyumsuz olarak gelir. Üst sınırı ise İnaltı formasyonu ile geçişlidir. Bu birimin yaşı Dogger dir. Formasyon karasal ortam çökelidir (Sonel ve diğ., 1989).

2.3.1.4. İnaltı Formasyonu

Bu formasyon yer yer resifal özellikli gri, bej renkli, çatlaklı biomikrit, biosparit, kristalize kireçtaşının alt dokanağı Bürnük formasyonu ile uyumlu, üst dokanağı ise Çağlayan formasyonu ile uyumsuzdur. Formasyonun yaşı Batoniyen – Kimmericiyen (Dogger – malm) (Ketin, 1966).

2.3.1.5. Çağlayan Formasyonu

Formasyon genel olarak fliş fasiyesindedir. Bölgede kumtaşı ve gri siyah şeyller olarak iki ayrı litolojide tanımlanabilir. Kumtaşları sarımsı renkli, orta – iyi

boylanmalı olup, türbiditik seviyelere içerir. Formasyonun alt dokanağı İnaltı Formasyonu ile uyumsuzdur. Formasyonun yaşı alt Kretasedir (Saner, 1980).

2.3.1.6. Kapanboğazı Formasyonu

Kırmızı, pembe renkli ince taneli mikritik kireçtaşlarından oluşan birim yer yer marn şeyl ve ince kumtaşı seviyeleri içerir. Formasyonun alt dokanağı Çağlayan formasyonu ile uyumsuzdur. Üst dokunak ise yemişli çay formasyonu ile uyumludur. Formasyonun yaşı üst Kretasedir (Santoniyen – Meastrihtiyen). Formasyon sakin ve derin denizel çökelidir (Ketin ve Gümüş, 1963).

2.3.1.7. Yemişliçay Formasyonu




Formasyon volkanik malzemeli kumtaşı ile ardaşıklı mikritik kireçtaşı, marn, tuf, tüffit ve aglomera seviyelerinden oluşur. Aktif volkanik faaliyetler ve fay zonlarından çıkmış bazaltlar bu formasyona dahildir. Formasyonun alt dokanağı Kapanboğazı, üst dokanağı ise Gürsökü formasyonu ile uyumludur. Formasyonun yaşı üst Kretasedir (Santoniyen – Meastrihtiyen) (Eren, 1979).

2.3.1.8. Gürsökü Formasyonu

Formasyon marn, şeyl, kumtaşı ve mikritik kireçtaşı ardalanmasından oluşur. Bouma türbidit istifinin çeşitli bölümleri görülür. Formasyonun alt dokanağı Yemişliçay, üst dokanağı ise Akveren formasyonu ile uyumludur. Formasyonun yaşı üst Kretasedir. (Santoniyen – Meastrihtiyen). Formasyon derin denizel ortamda türbiditik akıntılarla çökelmiştir (Gedik ve Korkmaz, 1984).

2.3.1.9. Akveren Formasyonu

Formasyon gri, beyaz renkli kireçtaşı, marn, gri renkli şeyllerle ardaşıklı kumtaşı bantları içeren kireçtaşlarından oluşur. Formasyon altındaki Gürsökü formasyonu ile uyumludur. Formasyonun yaşı üst Kretase – Paleosendir (Şekil 2.5, 2.6)

SİSTEM		KRETASE		JURA		AÇIKLAMA	
SERİ	FORMASYON	ÜYE	SİMGE	KALINLIK	LİTOLOJİ		
ALT KRETASE	ÇAĞLAYAN	Çataltaş	Kç	1325		Kumtaşı, kumlu kireçtaşı ardalımalı gri, siyah renkli marn, şeyl ardalıması.	
							Gri, bej renkli, çatlaklı, kalın tabakalı, genellikle masif, fosilli, yer yer resifal özellikte, platform tipi kireçtaşı.
DOĞGER-MALN	AKKAYA KIREÇTAŞI		Jak	1093		Gri, bej renkli, çatlaklı, kalın tabakalı, genellikle masif, fosilli, yer yer resifal özellikte, platform tipi kireçtaşı.	
LİYAS	BÜRNÜK		Jb	65		Kırmızı renkli, polijenik heterojen çakıltaşı.	
AKGÖL			Ja	375		Kumtaşı, miltaşı, şeyl ardalıması yer yer demiroksitli (1-10 cm) yumrular içermekte.	
						Gimsi, sarı renkli, kalın tabakalı, küçük çakıllar içeren kumtaşları.	

Ölçeksiz

Şekil 2.6 Çalışma alanı ve çevresinin genelleştirilmiş dikme kesiti (MTA, 1984).

Bölgenin genel jeolojisi, kaymanın tarihçesi ve oluşum mekanizmasını anlamak açısından önem taşımaktadır. Jeolojinin mühendislik değiştirgelerini belirlediği ve çözüm önerilerine de doğrudan kaynak olduğu gerekçesiyle bölgenin jeolojik modeli

ayrıntlarıyla ele alınmıştır. Çalışma alanında gerçekleştirilen sondaj, araştırma çukuru, laboratuvar sonuçları ve jeofizik çalışmaları jeolojik modelin güncelleştirilmesinde de kullanılmıştır. Çalışma alanında gözlenen ve haritalanan güncel birimler üç ana başlık altında toplanmıştır. Bunlar sırasıyla aşağıda sunulmuştur.

Qk: Killi - milli güncel örtüdür. Kayma kütleleri de Qk olarak haritalanmıştır. Yumuşak az katı özellik taşır. Yer, yer de blok, çakıl ve kum içermektedir. Jeoteknik açıdan sorunlu kesimlerdir.

Qg: Killi - bloklü güncel örtüdür. Güncel örtülerin ayırtlanamadığı kesimler Qg olarak haritalanmıştır. Genellikle yumuşak az katı özellik taşır. Şimdilik sorunsuz olmasına karşın içerisinde yarma ve/veya dolgu yağıldığında sorun çıkarabilecek kesimlerdir.

Qa: Akarsu çökeldir. Genellikle milli kum ve çakıldan oluşmaktadır. Taneler yarı-yuvarlak veya yuvarlaktır. Jeoteknik anlamda sorunsuzdur.

Çalışma alanını içeren, İnebolu - Çatalzeytin (KM.0+000 – 43+832) Yolu bölgesinde gözlenen, jeolojik birimlerin istifsel ilişkileri Şekil 2.7 'de sunulmuştur. Bu birimler yaşlıdan gence aşağıda açıklanmaya çalışılmıştır.

Kretase yaşlı karmaşık (Kk)

Püskürük kayalar (Kp)

Kretase yaşlı Filiş birimi (Kf)

Güncel çökeller; Akarsu çökeli (Qa), ayırtlanamamış güncel çökeller (Qg), killi güncel örtü (Qk) ve yapay dolgu (Qy)

İnebolu - Çatalzeytin (KM.00+000 – 43+832) Yolunda genelde Kuvaterner ve kretase yaşlı birimler egemendir.

Çalışma alanında gözlenen birimler hakkında kısaca bilgi gençten yaşlıya aşağıdaki gibidir.

Güncel çökeller (Qg, Qk, Qy, Qa):

Çalışma alanı içerisindeki güncel çökeller; akarsu çökeli (Qa), killi-molozlu yamaç örtüsü (Qg), kayma kütleleri(Qk) ve yapay zeminden (Qy) oluşmaktadır.

Qa: akarsu çökelleri ağırlıklı güncel çökellerdir. Gevşek-orta sıkı özelliklidir. Yamaç eteklerinde yumuşak killi örtüyle girişim gösterir. Burada Qa'nın başlıca bileşenleri azalan sırayla; kırıntılı başkalaşım kayaları, mermer, kireçtaşı, bazalt ve ultrabazik kayalardır.

Qy: Yapay zemin olup genellikle yol dolguları şeklindedir. Sıkı-çok katı özellik taşır.

Qg: Ayırtlanamayan Kuvaterner yaşlı toprak zeminler güncel çökeller olarak değerlendirilmiştir. Genellikle kumlu-killi seviyeler içerirler. Az sıkı – az katı özellik taşırlar. Qy, yapay zemin olup genellikle kontrollü ve kaya bloklu kıyı dolguları şeklindedir. Genellikle kumlu-killi seviyeler içerirler. Az sıkı – az katı özellik taşırlar.

Qk: Killi güncel örtüdür. Heyelan nedeniyle oluşan kayma kütlesi biriminin tamamı flişden türemiştir. Kayma kütleleri Qk olarak değerlendirilmiştir. Yaklaşık % 80 'i kil ve mil boyutundaki ince taneli malzemedir oluşur. Yumuşak-az katı özellik taşır. Kıyı boyunca fliş yüzleklerinin bulunmadığı yerlerde oldukça geniş alanları kaplamaktadır. Yaklaşık % 80 'i kil ve mil boyutundaki ince taneli malzemedir oluşur. Yumuşak-az katı özellik taşır.

Üst Kretase yaşlı filiş istif (Kf)

Çoğunluğu kumtaşı, miltaşı, çamurtaşı ve kiltası ardalanması tarafından oluşan birim çalışma alanı içerisinde oldukça geniş yer kaplamaktadır. Tabaka kalınlığı kumtaşlarında 10 – 30 cm arası olup, aradaki ince çamurtaşları veya kiltaları ile ardalanmalıdır. Orta – yüksek enerjili çökelim ortamı ürünü olan bu birimde zaman zaman kırıntılı kayaç girişinin azalması, yani havzanın enerji seviyesinin düşmesi sonucunda killi kireçtaşı ve kireçtaşı seviyeleri de oluşmuştur. Genellikle orta dayanımlı olan bu seviyeler, yamaç içeri konum kazandığı kesimlerde yüksek eğimli ve duraylı zemin koşullarını yaratmıştır. Orta dayanımlı seviyelerin incelendiği veya bulunmadığı yamaç dışarı konumlu kesimlerde ise düşük eğimli ve duraysız - heyelanlı zemin koşulları oluşmaktadır (Şekil 2.7, 2.8).



Şekil 2.7 Filiş (Kf) kumtaşı, kiltası ardalanması yakın görünüm.



Şekil 2.8 Filizel istif (Kf) kumtaşı, kiltası ardalanması.

Püskürük kayaçlar (Kp) Kf 'nin üzerlediği ve genellikle orta dayanımlı olan püskürük istif Kp ile gösterilmiştir. Spilitik bazalt ana bileşenidir. Yolumuzun kestiği ana dere çökellerinin önemli bir bölümü bu birimden türemiştir.

Kretase yaşlı karmaşık (Kk) Kretase yerleşim yaşlı havzanın kireçtaşı yoğun tortul çökelleridir (Kk). Genellikle dayanımlı-orta dayanımlıdır. Kretase -Tersiyer yerleşim yaşlı karmaşığın kireçtaşı yoğun seviyeleri Kkk ile gösterilmiştir. Genellikle orta dayanımlıdır. Sahil şeridinin geri bölümlerinde yüzeylenmektedir.

2.4. Yapısal Jeoloji ve Tektonik

Çalışma alanında görünen filizel istifte ana süreksizlik türü tabakalanmadır. Tabaka doğrultuları yer yer değişmekte olup genelde doğu – batı yönündedir. Tabaka eğimleri ise genelde K 'e ve G 'e doğrudur. Tabakalanmanın yamaç içeri olduğu kesimlerde duraylı, yamaç dışarı olduğu kesimlerde ise duraysız zemin koşulları mevcuttur.

Bölgede etkin gerilme yönlerini belirlemeye yönelik olarak yapılan çalışmalar sonucunda K 'den G 'e doğru sıkıştırma kuvvetlerinin etkin olduğu anlaşılmaktadır. Ana kıvrım eksenleri ve devrik tabakalanma doğrultuları genellikle D-B yönlüdür. Buna ek olarak, pek çok noktada yapılan gözlemde kıvrım eksenel düzlemlerinin G'e eğimli oluşu da etkin sıkıştırma gerilmelerinin K yönünden olduğu konusunda bilgi sunmaktadır. Sıkıştırma eklemlerinin çoğu kapalı ancak parlak yüzeylidir.

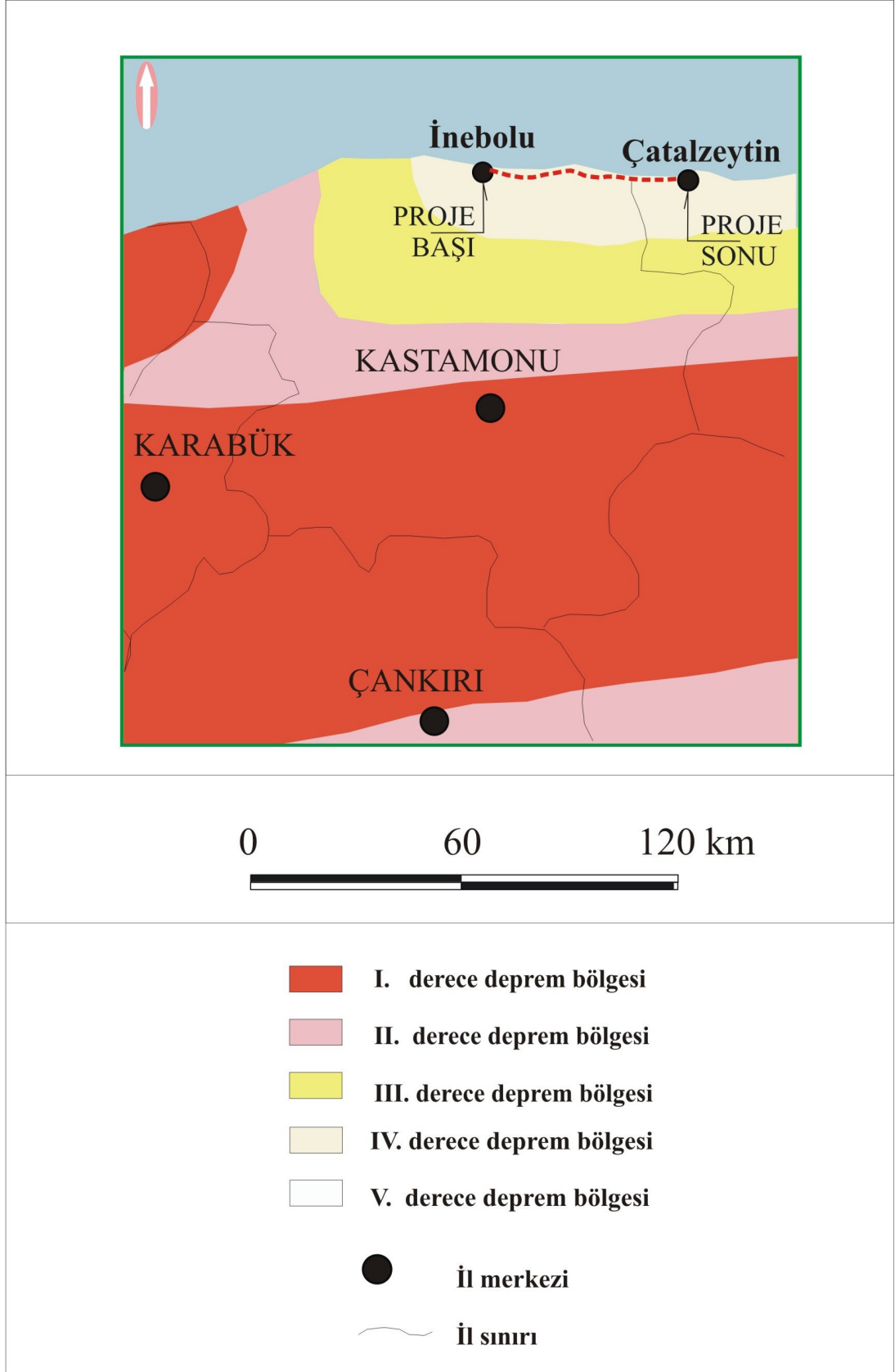
Çekme eklemleri ve çekim faylarının ana doğrultuları D-B yönlü olup yukarıda ileri sürülen tektonik gerilmelerin yönlerini de doğrulamaktadır. Karadeniz'e inen derelerin akış yukarısı bölümü bu tür çekim sistemi boyunca açılmış olup vadiye bitişik yamaçlar çoğunlukla duraylıdır.

2.5. Depremsellik

Çalışma alanı T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Türkiye Deprem Bölgeleri Haritasına (1996) göre IV. derece deprem bölgesine düşmektedir.

Çalışma alanı, İnebolu - Çatalzeytin (KM.00+000 – 43+830) çalışma alanı, Kuzey Anadolu Fay (KAF) hattı sisteminin kuzeyinde yer almaktadır (**Şekil 2.9**).

Jeoteknik tasarımda depremsellik katsayısı, sanat yapıları için yatay ivme katsayısı 0.2g olarak alınırken toprak işleri için 0.1g kullanılacaktır.



Şekil 2.9 Çalışma Alanı ve Yöresine Ait Deprem Bölgeleri Haritası (Deprem Araştırma Dairesi,1987).

2.6. Hidrojeoloji

Karadeniz kıyı şeridi oldukça yüksek yağış almaktadır. Yağışlar daha çok yağmur şeklindedir. Yüksek kesimlerde kış aylarında görülen kar yağışları, kışın sert geçmesine bağlı olarak kıyıya yaklaştığı bilinmektedir.

Çalışma alanının egemen birimi filiş (Kf), su içeren ancak kumtaşı seviyeleri dışında genellikle iletmeyen veya çok az ileten, fay, eklem, çatlak gibi süreksizliklerin iyi geliştiği bir oluşumdur. Kireçtaşı seviyeleri ise su içeren ve hızla ileten seviyelerdir.

Bölgedeki su gereksiniminin en önemli kaynağı bu geçirimli seviyelerden fay veya diğer ana süreksizlik sistemlerine bağlı olarak yüzeye ulaşan pınarlardır. Yapıya bağlı olarak geçirimli seviyelerdeki su, geçirimsiz ve/veya heyelan (Qk) kütlesi altında basınçlı su sistemi oluşturabilmektedirler.

Özellikle yağış alan kış aylarında heyelan kütleleri doymun hale gelmekte ve su tablası yüzey seviyesine yaklaşabilmektedir. Bu yağışlı dönemlerde suya doymun heyelan kütleleri tekrar kaymalarına devam etmektedirler. Kaymaların temel nedeni yeraltısuyunun olumsuz etkisinden kaynaklanmaktadır.

2.7. Mühendislik Jeolojisi

Arazi çalışmaları sonucunda birimlerin yatay ve düşey dağılımları incelenmiş olup (Ek 1) verilmiştir. Temel birim olarak iki grupta incelenmiştir. Birinci grup toprak zemin olarak ayrılan Qa, Qy, Qg ve Qk'dır.

Qa: Geçkinin dere ve çayları geçtiği kesimlerde yer almaktadır. Başlıca akarsu (Qa) çökeli bulunan dere ve çaylar şunlardır; Manastır Deresi (KM 7+300), Adıyaman Deresi (Km 8+230), Evrenye Çayı (KM11 +200), İlişi Çayı (Km 19+000) Ezine Çayı (Km 21+250), Hardi Çayı (KM 40+800) ve Çatalzeytin Çayı

(KM 43+800). Qa'nın başlıca birleşenleri azalan sırasıyla; kırıntılı başkalaşım kayaçları, mermer, kireçtaşı, bazalt ve ultrabazik kayaçlardır.

Qy: Yapay zemin olup, genellikle kontrollü ve kaya bloklu kıyı dolguları şeklindedir.

Qg: Ayırtlanamayan Kuvaterner yaşlı toprak zeminler, güncel çökeller olarak değerlendirilmiştir. Genellikle kumlu – killi seviyeler içerir. Az sıkı veya az katı özellik taşırlar. Tamamına yakını filişten türemiştir. Qk ile doğrudan ilişkilidir.

Qk: Heyelan nedeniyle oluşan kayma kütlesi biriminin tamamı filişten türemiş olup, Qk olarak değerlendirilmiştir. Kıyı boyunca filiş yüzleklerinin bulunmadığı yerlerde oldukça geniş alanları kaplamaktadır. İçerdiği malzeme %80 oranında kil ve silt boyutundan ince taneli malzemedir. Yumuşak az katı özellik taşır.

İkinci grup olarak kaya zemin olarak ayırtlanan çalışma alanı içerisinde oldukça geniş yayılım gösteren kumtaşı, miltaşı, çamurtaşı ve kiltası araldanmasından oluşmaktadır. Dayanımı çamurtaşı, kiltası, miltaşı çok zayıf kumtaşı ise orta dayanımlıdır. Tabaka kalınlığı kumtaşlarında 10 – 30 cm arasında olup, aradaki ince çamurtaşı veya kiltası ile araldanmalıdır.

Orta – yüksek enerji çökelim ortamı ürünü olan bu birimde zaman zaman kırıntılı kayaç girişinin azalması, havzanın enerji seviyesinin düşmesi sonucunda (özellikle KM 34+000 ve KM 39+000'lerdeki yüzleklerde görülür.) killi kireçtaşı ve kireçtaşı seviyeleri de oluşmuştur. Genellikle orta dayanımlı olan bu seviyelerde tabaka kalınlıkları 1.5 m kadar çıkmaktadır.

Bu seviyelerin yamaç içeri konum kazandığı kesimlerde yüksek eğimli ve duraylı zemin koşulları görülür. Orta dayanımlı seviyelerin incelendiği veya bulunmadığı yamaç dışarı konumlu kesimlerde ise düşük eğimli ve duraysız heyelanlı zemin koşulları görülmektedir.

BÖLÜM ÜÇ

YAKLAŞIM VE YÖNTEMLER

3.1. Giriş

Her mühendislik projesinde olduğu gibi bu projede de en düşük maliyete emniyetli, araştırma-tasarım- yapım süresi kısa, faydalı ömrü uzun ve çevre dostu bir proje ortaya konulması gerekmektedir. Mühendislik projeleri meslekler arası eşgüdümü zorunlu kılar. İnebolu – Çatalzeytin Devlet yolu projesinde başta harita, jeofizik, inşaat, jeoloji, ve çevre olmak üzere çok sayıda disiplin yer almıştır. Yol bileşenlerinin seçimi ve boyutlandırılmasında Maliyet, Emniyet, Zaman, Estetik ve Çevre (MEZE) dörtlüsü sürekli göz önünde tutulmuştur. Bu bağlamda, yatayda ve düşeyde istenilen geometrik standartların sağlanabilmesi için;

- (a) Jeolojik araştırmalar (Ölçek: 1/100.000 – 1/100),
- (b) Hidrojeolojik araştırmalar (Ölçek: 1/25.000 – 1/100),
- (c) Mühendislik jeolojisi çalışmaları (Ölçek: 1/25.000 – 1/100),
- (d) Jeoteknik araştırma programının hazırlanması ve uygulanması (Ölçek: 1/25.000 – 1/100),
- (e) Jeoteknik değişirgelerin (parametrelerin) elde edilmesi,
- (f) Ön proje seçeneklerinin hazırlanması (geçki bileşenlerinin seçimi ve boyutlandırılması),
- (g) MEZE açısından en uygun seçeneğin belirlenmesi ve kesin tasarıma geçiş

aşamaları gerçekleştirilmiştir. Her aşamanın güvenilirliği bir önceki aşamanın güvenilirliğinden geçtiği için tüm aşamalar sırasıyla ve eksiksiz olarak gerçekleştirilmeye özen gösterilmiştir. Her aşamada elde edilen veriler bir önceki aşamanın güncelleştirilmesinde kullanılabilmiştir. Mühendislik projelerinin dinamik olması ve yapıma geçinceye kadar güncelleştirilebilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu tezde önerilen yaklaşım ve yöntemlerin etkinliği de; önerilen dinamik proje özelliğinin tüm ilgili meslek dallarınca kabul edilmesiyle olanaklı olmuştur.

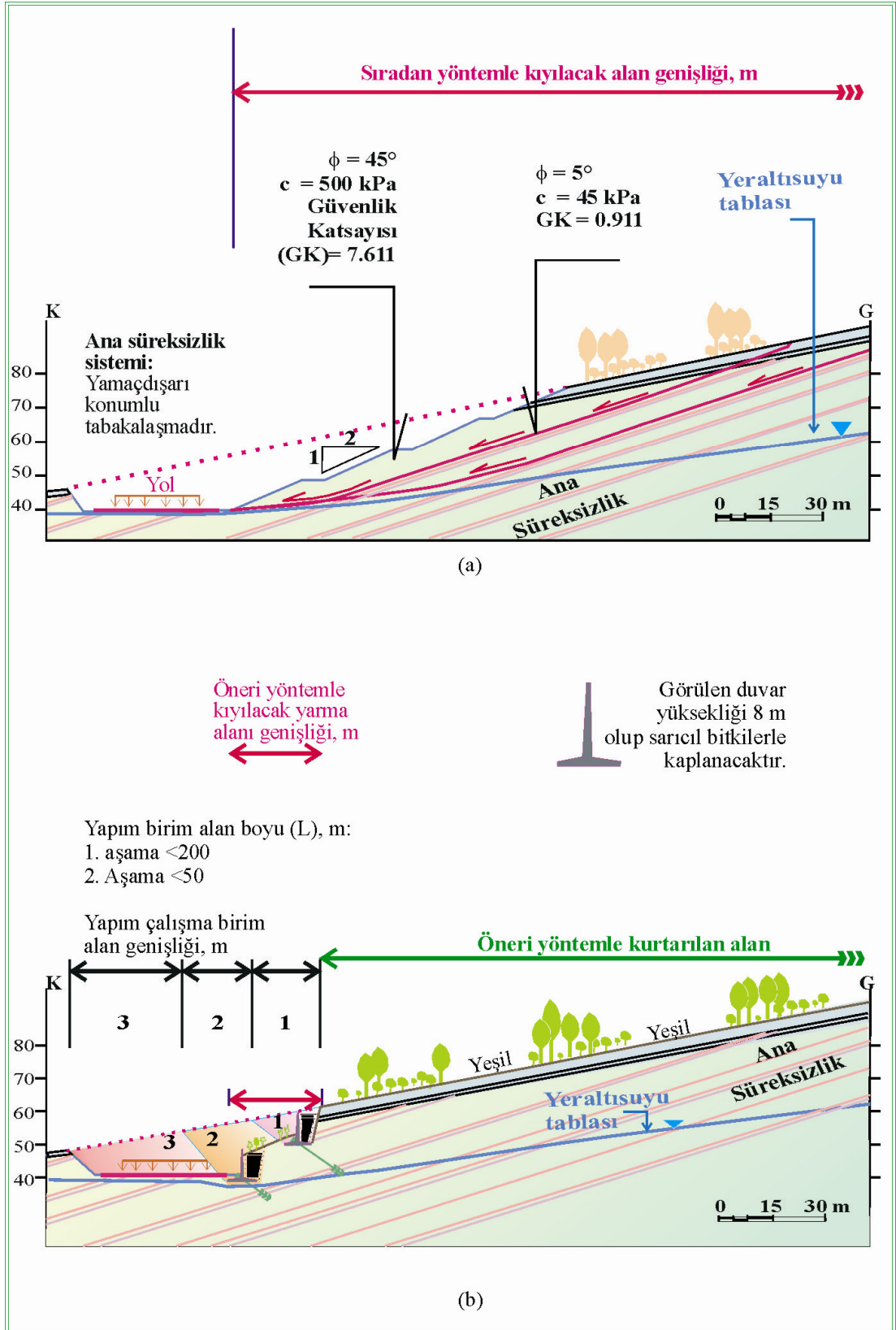
Tezin ana konularından birisi olan etken ve edilgen kayma sahalarının modellenmesinde yeraltı ve yerüstü jeolojik - jeoteknik çalışmalarının da içerisinde olduğu bu yaklaşım etkili olmuştur.

Proje çalışmalarında kayma sahalarının ana nedenleri (Su Süreksizlik Kil (SSK)) ortaya konmadan bu tezde izlenen yaklaşım ve yöntemler belirlenemezdi. Bu nedenlere ilgili mühendislik ölçütleri altında kısaca değinilmiştir.

3.2. Su-Süreksizlik-Kil (SSK) Üçlüsü

Gözlenebilen tüm jeoteknik sorunların ana nedeni su – süreksizlik – kil (SSK) üçlüsüdür (Yılmaz ve diğ., 1999; 2001a; 2003). Bu bağlamda özellikle yol gibi çizgisel mühendislik yapı alanlarının seçiminde SSK üçlüsü ayrıntılı olarak ortaya çıkarılmak zorundadır. Etken ve edilgen kayma sahalarının modellenmesinde bu üçlü temel veri olmuştur. Eşyükselti eğrilerinin içbükey duruşları ve derelerin ötelenmesi yöntemi (Yılmaz ve diğ., 2001b, Akduman, 2003) kullanılarak tüm duraysız alanlar ve gizilgüç taşıyan duraysız alanlar belirlenerek mühendislik yapılarının konumlandırılmasına çalışılmıştır.

Şekil 3.1'den de anlaşılacağı üzere su molekülü iki kutuplu iken süreksizliklerde yer altı suyunun devinimini denetler. Özellikle smektit grubu killerin olduğu yerlerde suyun ortama girmesiyle birlikte kil-mil dolgu içeren süreksizliklerin kayma dayanımı $[\tau(kN/m^2) = c + \sigma'_n \tan \phi]$ sifıra yaklaşır (Hunt, 1986). Süreksizliklerin yamaç dışarı olduğu yerlerde de, kaymalar kaçınılmaz olur. SSK durumu güvenilir bir şekilde modellendiğinde; öncelikle sorunlu kesimlerden geçki belirleme aşamasında uzak durulur. Geçilmesi kaçınılmaz olanlar da başta susuzlaştırma olmak üzere kazıklı, ters “T” (\perp) donatılı duvar (Şekil 3.2 - 3.3; Çiz. 3.1), ağırlıklı topuk duvarı, çelik halatlı tutturma ve benzeri çözümler uygulamaya konur.



Şekil 3.3 Ana süreksizlik sisteminin yamaç dışarı olduğu yerlerde sıradan kazı yöntemi (a) ve donatılı duvar sistemiyle oluşturulan yarma yamacı (Yılmaz ve diğ., 1999).

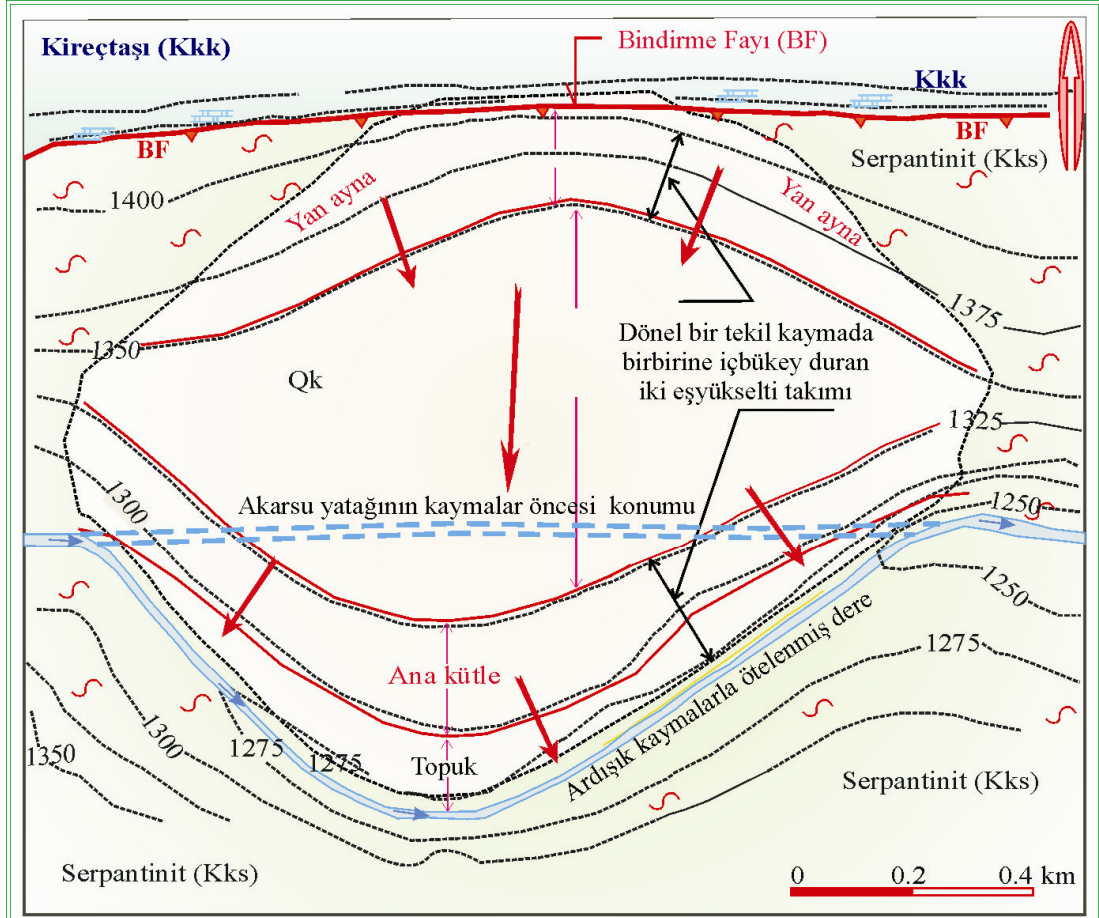
Çizelge 3.1. Ana süreksizlik sisteminin yamaçdışı konumlu tabakalaşma olduğu bir yarmada toprak işleri yerine öneri donatılı ters “T” (⊥) çözümün kazandırdıkları (Yılmaz, 1999b).

Özellikler	Öneri sitem	İhale kanununu gereği uygulanan sistem	Artış, %
Maliyet	Kıyılan orman alanı (A), m ² : 13.000	Kıyılan orman alanı (A), m ² : 130.000	1000 daha geniş alana kıyılmakta
	Kazı birim fiyatı (BF _{kazı})*Kazı hacmi (V _{kazı}) 0	$BF_{kazı} * V_{kazı} = 2\$/m^3 * [(300 m * 20m) / 2 * 1 m/m] =$ 6000 \$/m	400 daha pahalı
	$BF_{don} * V_{don} = 200\$/m^3 * [(15m * 1m * .5 m / 1m)] =$ 1500 \$/m	Donatılı duvar birim fiyatı (BF _{don})*Donatılı duvar hacmi (V _{don}) 0	
Emniyet - Güven	Güvenli	Bölgenin yağışlı olması nedeniyle yüzey yıkamalara ve yeni kaymalara açık	4000
Zaman	Proje ve yapım süresi 1,5 ay	Proje ve yapım süresi 12 ay	800
	Faydalı ömrü 40 yıl	Faydalı ömrü sadece birkaç yıl ile sınırlı	
Estetik - Çevre	Çevre dostudur.	Kaldırılan ormanın alanı yüzey yıkamaları nedeniyle çıplak kalmaktadır.	1000

3.3. Etken ve Edilgen Kayma Sınırlarının Belirlenmesi

Daha önce de vurgulandığı gibi gözlenebilen tüm jeoteknik sorunların ana nedeni su – süreksizlik – kil (SSK) üçlüsüdür. Kaymaların da yaklaşık %100’ü SSK üçlüsü tarafından denetlenmektedir. Alansal dağılımı 100 m’yi aşan kayma alanlarının sınırları 1/25.000 ölçekli haritalardan sahaya gitmeden içbükey yöntemiyle güvenilir bir şekilde çizilebilmektedir. 1/5000 veya daha büyük ölçekli haritalarda ise; alansal dağılımı 20 m’yi aşan kayma alanlarının sınırları güvenilir bir şekilde çizilebilmektedir (Yılmaz ve diğ., 1995; 1997, 1992). İçbükey yöntemi genellikle aşağıda sunulan özellikleri içerir (Şekil 3.4).

- (a) Eşyükselti eğrileri içbükey konum içerir.
- (b) Topuktaki dere genellikle ötelenmiştir. Ardışık kaymalarda bu durum çok daha belirgindir.
- (c) Ana süreksizlik sistemleri (*genellikle tabakalaşma, katmanlaşma ve fay düzlemleri*) eğim yönü kaymanın eğim yönüyle uyumludur. Tabakalaşmanın eğim yönü dereli tepeli alanlarda kolayca ayırt edilebilmektedir. Bu bağlamda tipik bir kesit Şekil 3.5 – 3.6’da sunulmuştur.



- Qk: Kayma kütlesi ve killi örtü
 Kk: Kretase yaşlı karmaşık (Kk)
 Kks: Kk'nın serpantinit bileşeni
 Kkk: Kk'nın kireçtaşı bileşeni

Su

Kireçtaşı, kumtaşı ve benzeri geçirimli birimler tarafından yeraltısuyu beslenir. Ayrıca, tepe yukarısı kesimler daha fazla yağış alarak önünde geçirimsiz serpantinit içeren bindirme fayının arkasında basınçlı su sistemi oluşturur. Bu da kayma kütesinin suya doygun olmasını sağlar. Boşluk suyu basıncıyla birlikte birimin kayma dayanımı %80'lere kadar düşürebilmektedir.

Süreksizlik

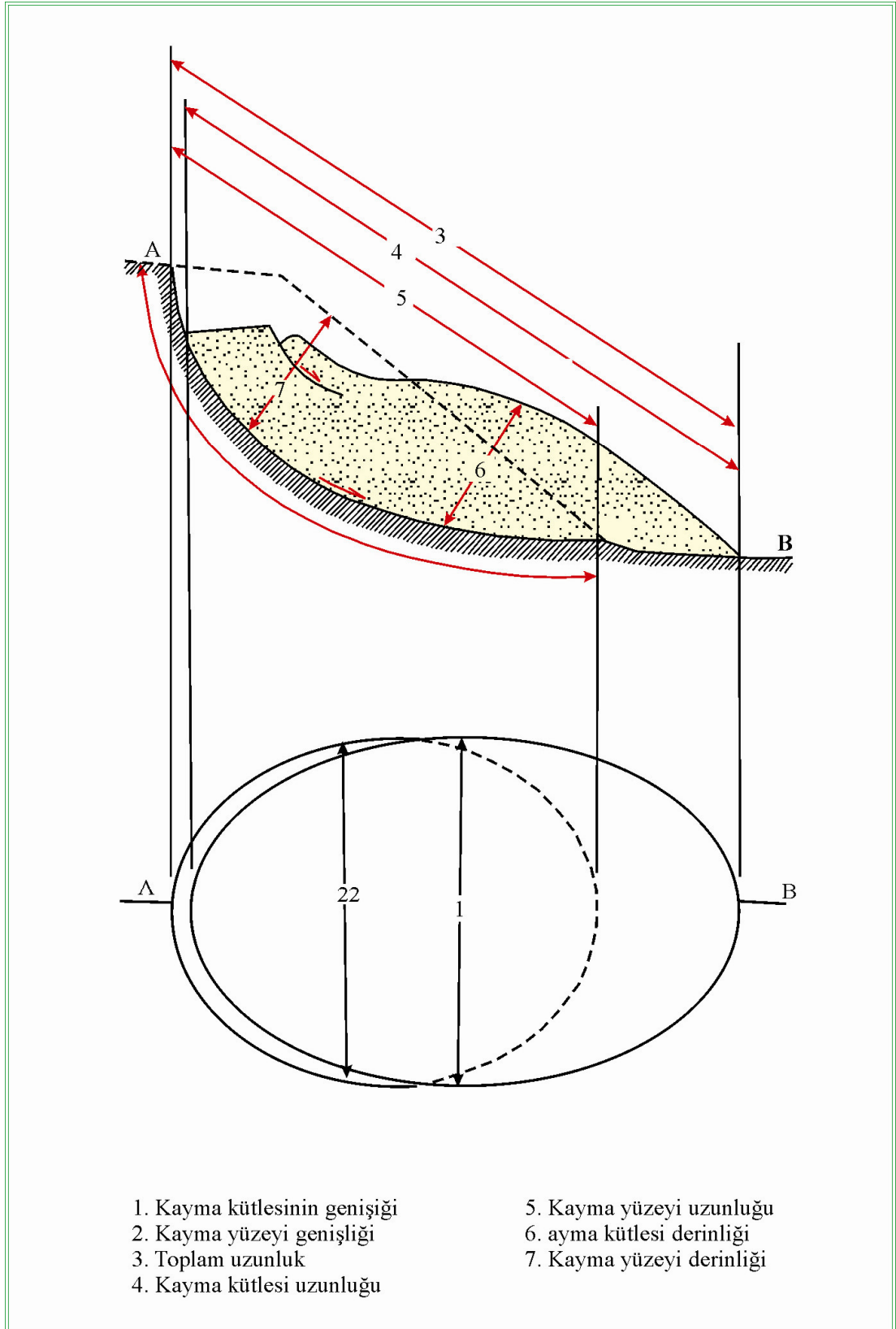
Ters fay ana süreksizlik türüdür. Diri olmamasına karşın geçirimsiz olması, kil içerikli ezik kuşak yaratmış olması ve yer, yer de geçirimsiz serpantinit içerisinde ilerlemesi basınçlı su sistemini yaratması ve kil içeriğinin yüksek olması nedeniyle kaymanın oluşumunda ana nedenlerden birisi konumundadır.

Kil

Üst Kretase sırasında okyanus kapanmasıyla birlikte oluşan ters faylar diğer faylara göre daha yüksek enerji içermesi nedeniyle çok geniş killi ufalanmış kuşaklar yaratmaktadır. Fay etkinliğini yitirdiği halde oluşturduğu killi kuşak basınçlı suyun oluşumuna ve kayma kütesine yamaç yukarisından aşın-taşınla toprak aktarmayı sürdürmektedir.

Aktarılan bu yük itici kuvvet olarak çalışırken su ile de dirence sifıra yaklaşmaktadır.

Şekil 3.4 Kayma sahasının belirlenmesinde kullanılan özellikler (Yılmaz ve diğ., 1997).



Şekil 3.5 Tipik bir kayma bileşenlerinin boyutları (Ulusay, 2001).

Şekiller üzerinden de anlaşılacağı üzere eşyükselti eğrilerini içeren bir harita üzerinde kayma sınırlarını çizmek içbükey yöntemle son derece güvenilir ve kolaydır. Bir kaymada sınırlar çizildikten sonra karşılıklı sınırları kesen kesitler üzerinde üçüncü boyut olan “z” de dağılım da güvenilir bir şekilde bulunabilmektedir.

Bölgedeki ana süreksizlik sistemlerinin konumu tepe ve dere bakışım (symmetry) yöntemiyle kolayca bulunabilmektedir (Şekil 3.6). Ayrıca ana süreksizlik sisteminin yamaççeri olduğu kesimler göreceli olarak daha;

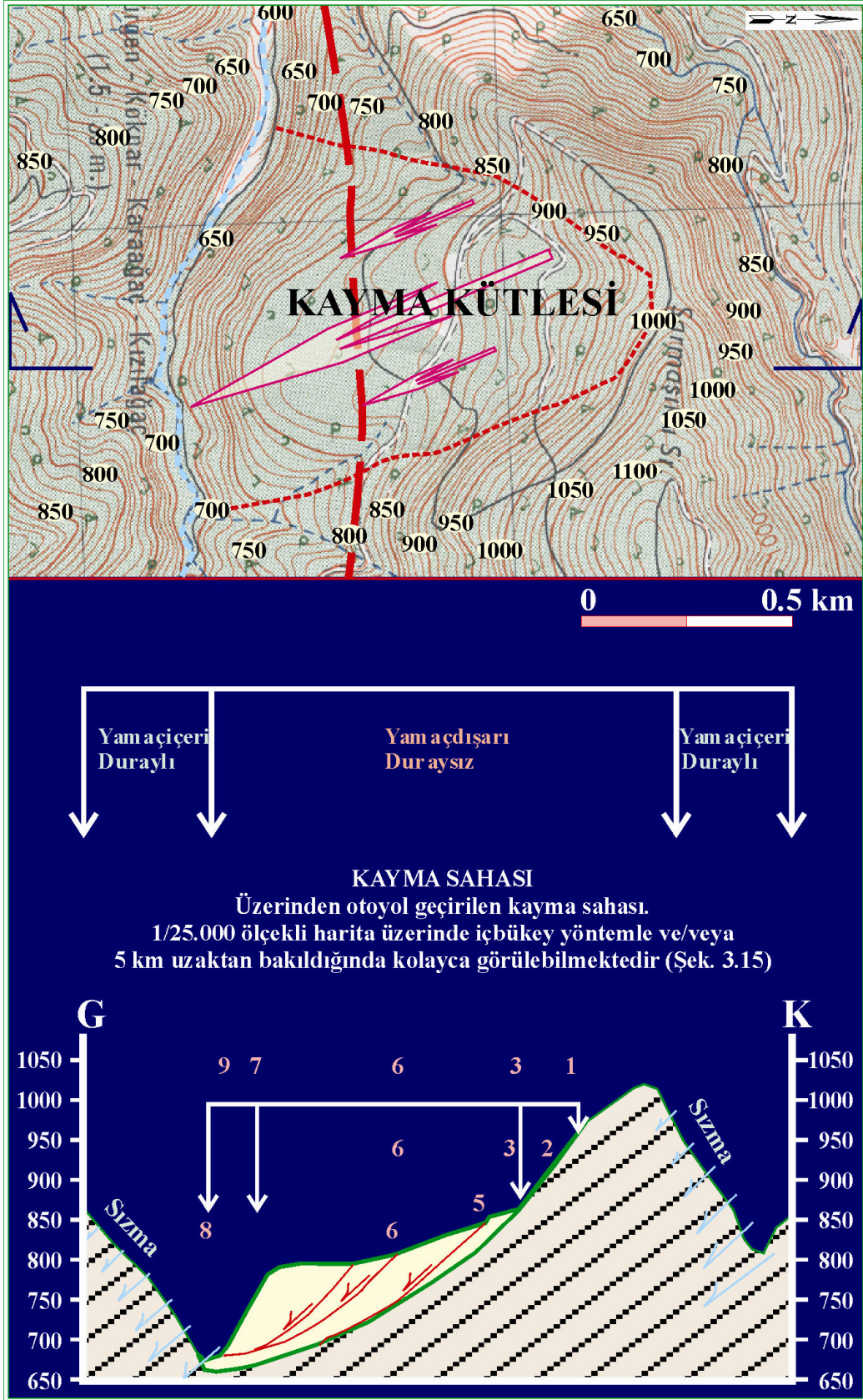
- (a) düşey eğimli,
- (b) kuru ve
- (c) duraylıdır.

Ana süreksizlik sisteminin yamaçdışı olduğu yamaçlar ise göreceli olarak daha;

- (1) düşük eğimli,
- (2) ıslak ve/veya daha sık aralıklarla kaynaklar içerir ve
- (3) duraysız olup kalın güncel örtü içerir.

Yamaççeri konumda süreksizlikler içeren yamaçlar yapı yerleştirmek için uygun koşullar içerirken yamaçdışı süreksizlikler içeren yarmalar tarım için oldukça elverişlidir.

Bu nedenledir ki, çalışma alanının da içerisinde yer aldığı Karadeniz bölgesinde yerleşimlerin %90'ı kayma sahaları üzerinde ve/veya bitişiğindedir. Çünkü hem toprak var. Hem de su vardır. Kısaca SSK üçlüsü üst düzeyde çalışmaktadır. Bu temel mühendislik ilkelerinin bilinmemesi nedeniyle; patikalar köy yollarına, daha sonra il yollarına ve devlet yollarına dönüşmektedir.

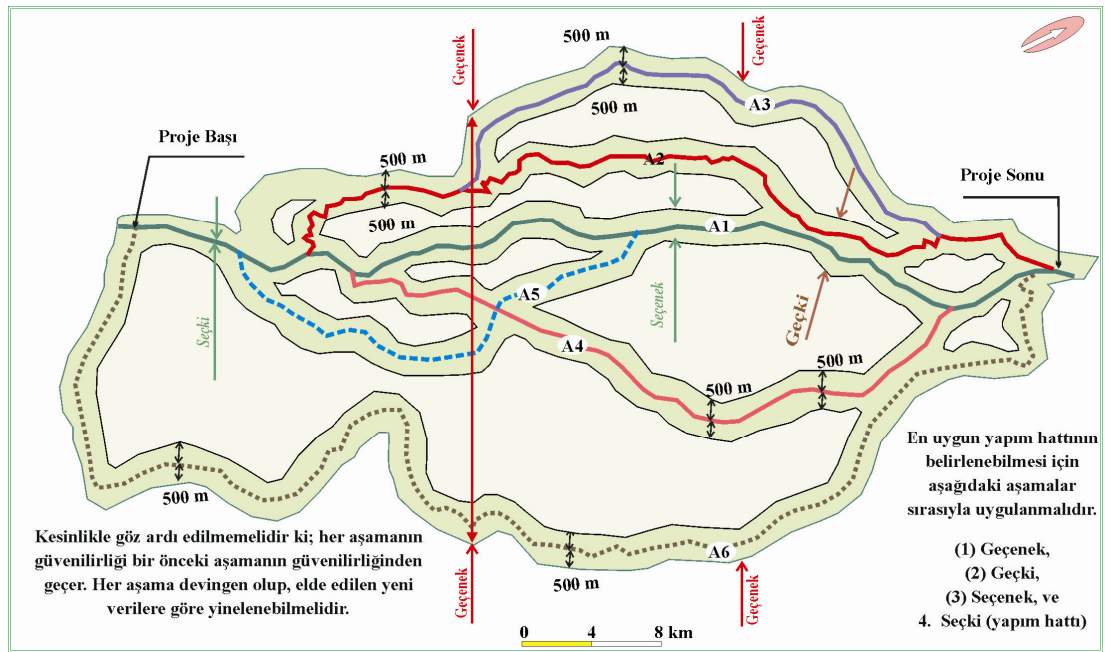


Şekil 3.6 Üç boyutta (x-y-z) sunulan tipik bir kayma sahası.

3.4. Geçki Belirleme

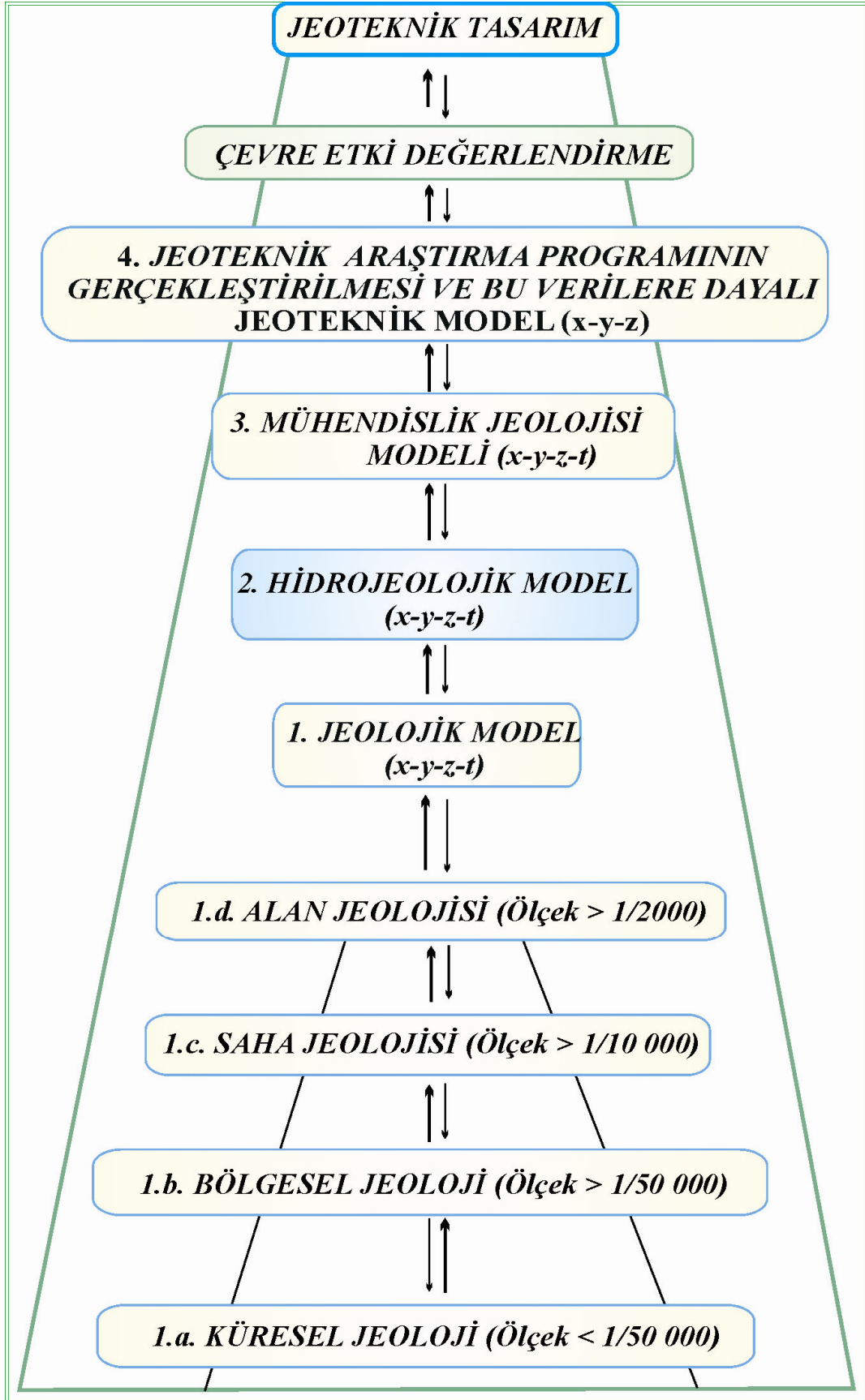
Yol ve benzeri çizgisel mühendislik yapılarında geçki belirleme aşaması projenin en önemli aşamasıdır. Doğru ve güvenilir bir geçki belirlemek için aşağıda sunulan aşamaların sırasıyla yaşama geçirilmesi zorunludur (Şekil 3.7). Bunlar;

- (i) Geçenek (corridor),
- (ii) Geçki (route),
- (iii) Seçenek (alignment) ve
- (iv) Seçkidir (construction line).



Şekil 3.7 Çizgisel mühendislik projelerinde uyulması önerilen yapım hattı belirleme aşamaları. (Akduman, 2004).

Bu konuyla ilgili ayrıntı Yılmaz ve diğ., 1999a'da sunulmaya çalışılmıştır. Bu çalışmaların eksiksiz yaşama geçirilebilmesi için Şekil 3.8'de sunulan model çalışmaları olmazsa olmaz önem taşımaktadır.



Şekil 3.8 Güvenilir bir jeoteknik tasarım için izlenmesi gerekli aşamalar (Yılmaz, 1999a).

Yol, boru hattı, santral, baraj ve kayaiçi (cavern) gibi büyük ölçekli mühendislik yapılarının yer seçimi ve proje çalışmalarında izlenecek aşamalar aşağıda özet olarak verilmiştir. Bunlar sırasıyla;

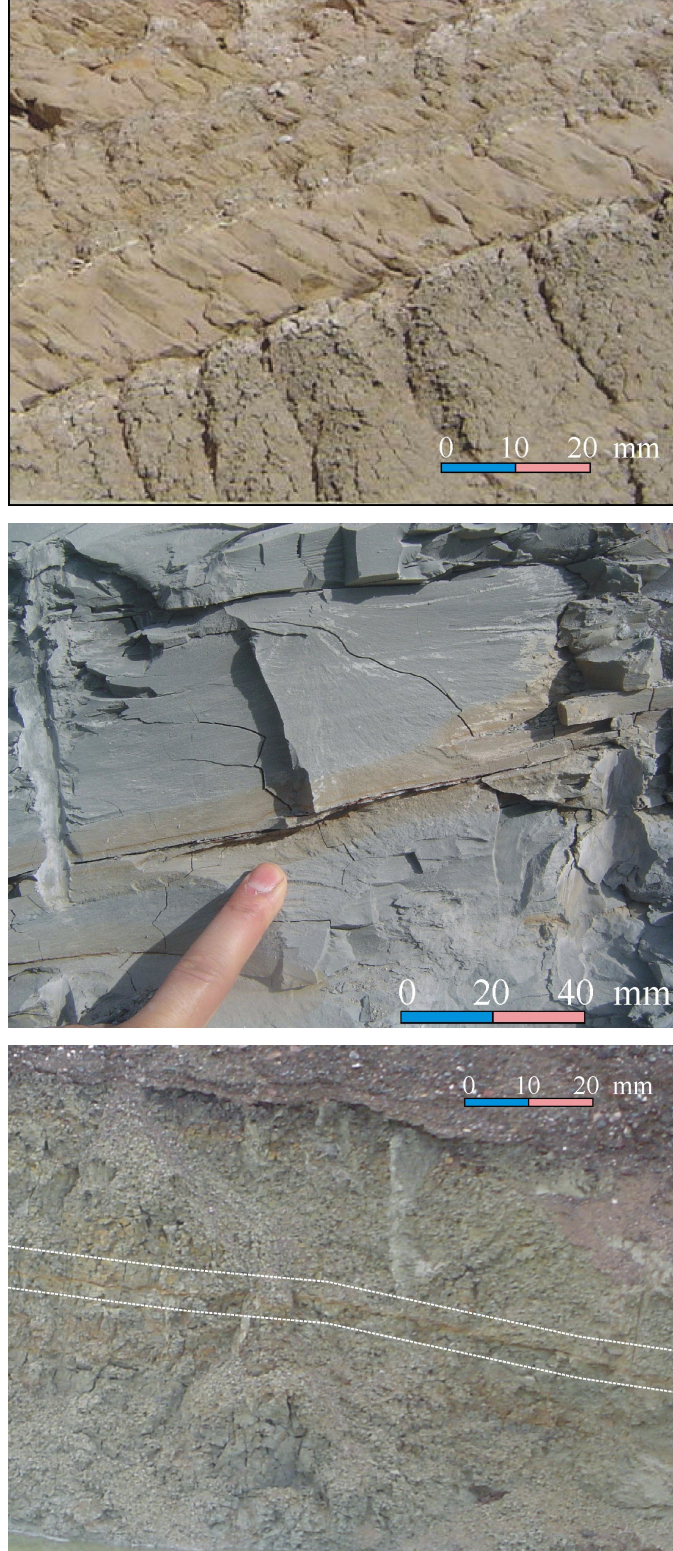
- Planlama,
- Ön gezi çalışması,
- Ön çevre etki değerlendirme çalışması (ÇED)
- Yer seçimi,
- Çevre etki değerlendirmenin (ÇED) hazırlanması,
- Kesin tasarım aşaması ve
- Uygulama projelerinin hazırlanmasıdır.

Bu çalışmalara temel oluşturacak çalışmalar sırasıyla aşağıdan yukarı sunulmuştur. Güvenilir bir jeoteknik tasarım ortaya çıkarılması için izlenecek model çalışmaları;

- ◆ Jeolojik model (JM),
- ◆ Hidrojeolojik model (HM),
- ◆ Mühendislik jeolojisi modeli (MH) ve
- ◆ Jeoteknik model (JTM) çalışmasını içermesi gerekmektedir.

Her aşamanın güvenilirliği bir öncekinin güvenilirliğinden geçer. (Yılmaz ve diğ., 1997). Jeoteknik Model için JM, HM, MJM modellerin öncelikle hazırlanması gerekir. Her aşamada Maliyet, Emniyet, Zaman ve Estetik (**MEZE**) dördlüsü göz önünde tutularak projede evresel ölçütlere uyulmaya özen gösterilir. Kalınlığı 0.01 m'yi geçmeyen kaygan killi dokunaklar sondaj vb. araştırmalarda gözden kaçabilmekte ve büyük ölçekli kaymalar meydana gelmektedir (Şekil 3.9).

Bu çalışmada; sondaj ve laboratuvar verilerinin yanı sıra saha çalışmalarıyla JM, HM, MJM, iyi hazırlanmasına özen gösterilmiştir. Kaymaların modellenmesinde de bu temel yaklaşım ve yöntemlere uyulmuştur. 'İyi tanımlanmış karmaşık bir sorunun yalın çözümü, iyi tanımlanmamış yalın bir sorunun ileri çözümünden daha güvenlidir' özdeyişi mühendislik çalışmalarının güvenilirliğini arttırmaktadır.



Şekil 3.9 Kaymaya neden olan 1-2 cm.lik kil bantları.

3.5. Araştırma Programı

Jeoloji-hidrojeoloji-mühendislik jeolojisi ön çalışma modellerine dayanarak saha ve laboratuvar araştırmaları programlanmış ve gerçekleştirilmiştir. Jeoteknik modelin oluşturulmasına geçiş için temel olan bu araştırmaların ayrıntısı aşağıda verilmeye çalışılmıştır.

3.5.1. Saha Çalışmaları

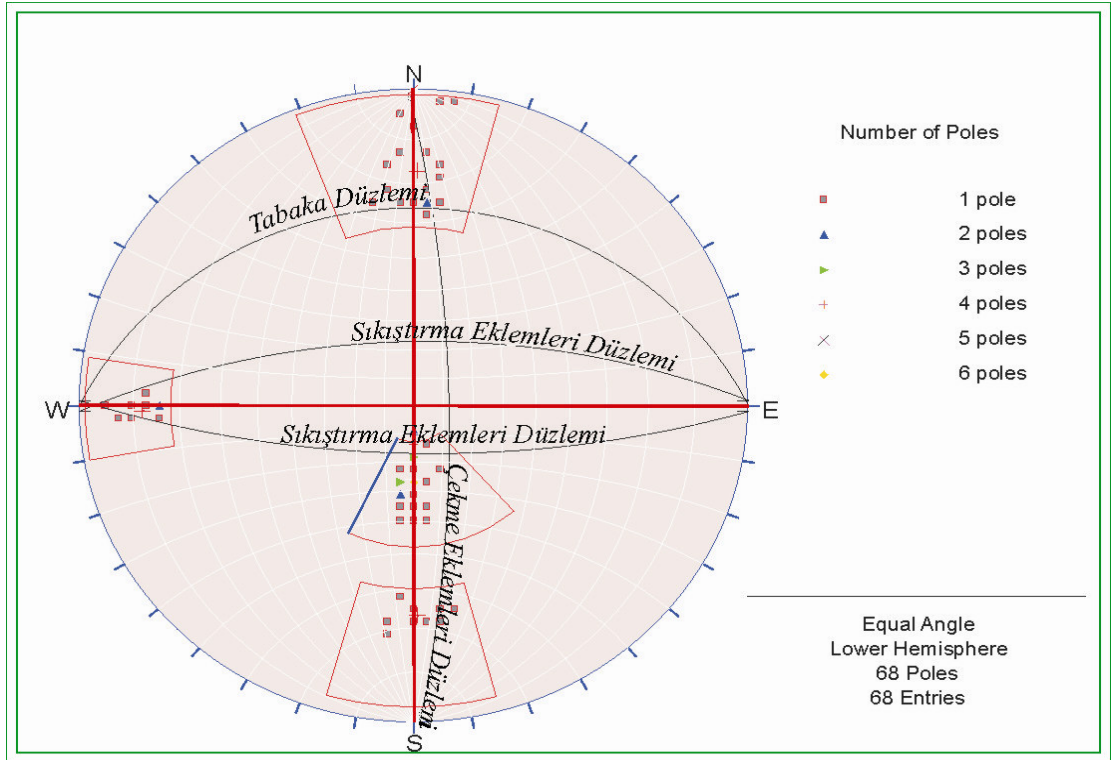
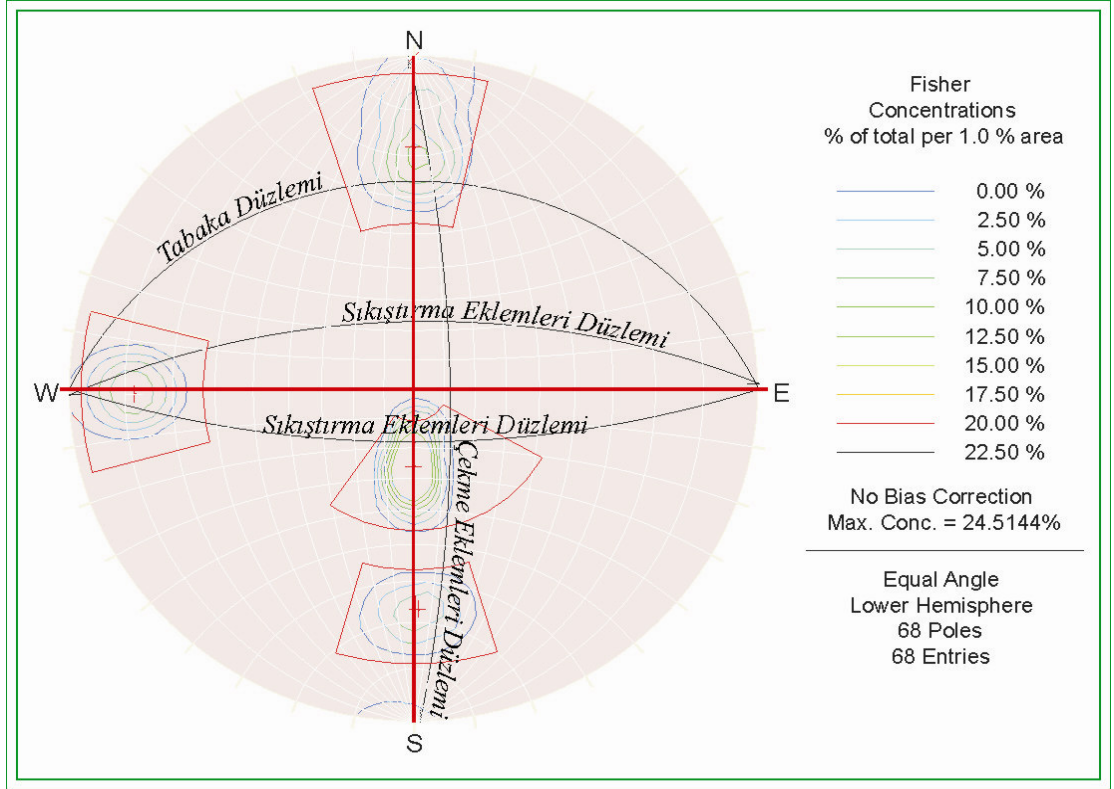
Yukarıda değinilen şekil ve haritalarda da vurgulanmaya çalışıldığı gibi, kaymaların tamamına yakını öncelikle düzlemsel başlamıştır. Daha sonra dönел olarak ilerleyip çoklu kayma (multi-slip surfaces) yüzeylerini oluşturmuşlardır (Şekil 3.10, 3.11). Ancak, Birleşik kayma kütlesi içerisindeki tüm tekil kaymalar tek tek incelenmiştir.



Şekil 3.11 Tabakalaşmanın yamaççeri olduğu yüksek eğimli ve duraylı doğal yamaç.

Kütle devinimlerinin olmadığı bu durumlarda, yamaç yıkama, devrilme, kama tipi kayma ve benzeri küçük ölçekli duraysızlık sorunlarının önlenmesi için yamaçların yaprağını dökmeyen sarmaşık türü bitkilerle düzenli ve kurallarına göre kaplanması bu sorunların tamamını çözebilmektedir. Ayrıca konforlu ve güvenli bir sürüş olanağı da sunmaktadır. Kaya sarmaşığı çalışma alanı için en uygundur.

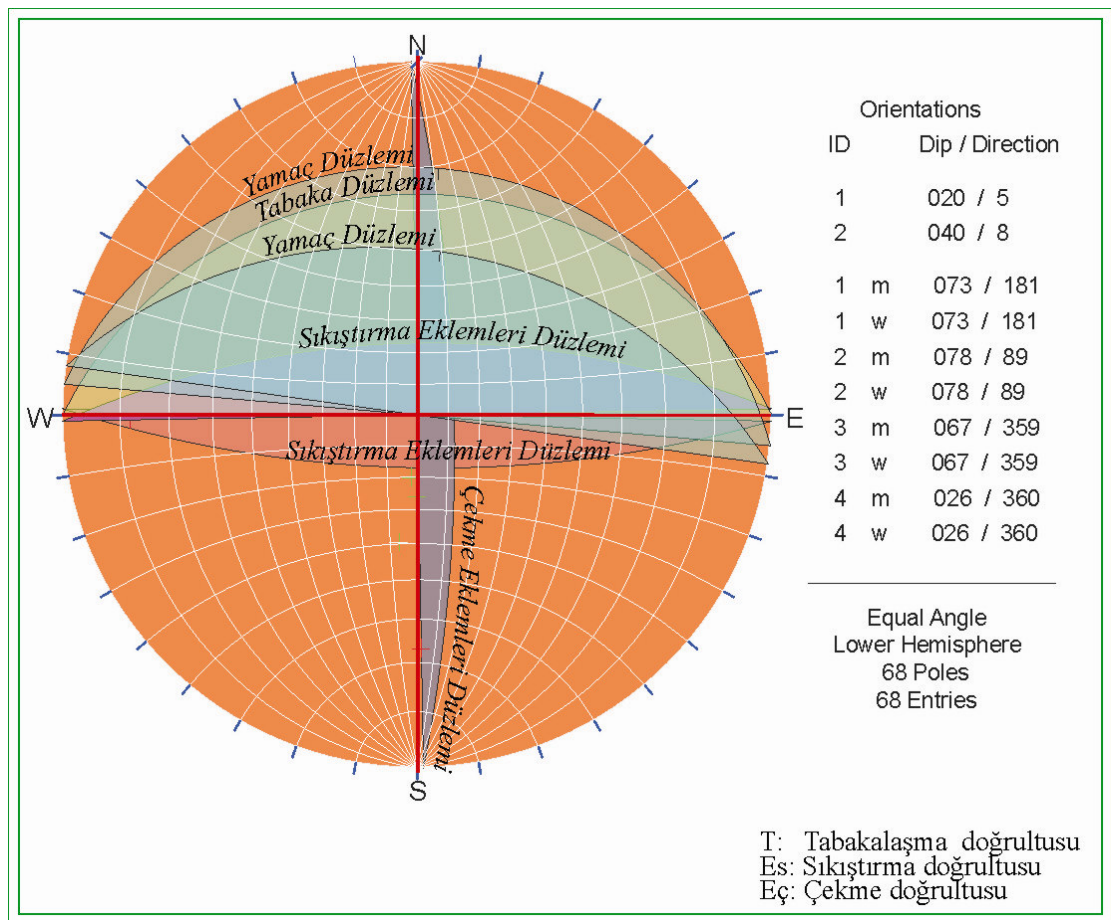
Yukarıda sunulan açıklamalara da dayanarak yağışın göreceli olarak yüksek olduğu Karadeniz bölgesinde yapılacak yol gibi çizgisel mühendislik yapı projelerinde süreksizlik araştırması öncelikli konuların başında gelmektedir. Bütün kaymaların yamaçdışı süreksizlik konumunun egemen olduğu alanlarda gelişmiş olması da bunu doğrulamaktadır. Çalışma alanında gözlenebilen tüm güvenilir ve yerinde duran yüzleklerde süreksizlik araştırmaları tamamlanır. Doğal yamaç eğimine göre kinematik değerlendirmesi yapılır. Buna göre etken ve edilgen kayma sahaları kolayca belirlenebilmektedir. Eş eğri yöntemi yardımıyla da kayma sahalarının sınırları çizilir. Çalışmada inceleme alanı olarak seçilen kayma sahası ve çevresindeki süreksizliklerin konumu doğal yamaçla birlikte sunulmuştur (Şekil 3.12).



Şekil 3.12 İnceleme altında gözlenen KM1400 kayması ve ana süreksizlik türü olan tabakalaşma ve ilgili süreksizliklerin konumu.

Ana süreksizlik türlerinin süreksizlik yüzeyi konumları da Şekil 3.13'de sunulmaya çalışılmıştır. Buradan da kolayca anlaşılacağı gibi; tabakalaşma ile sıkıştırma eklemlerinin bir bölümü doğal yamaçla benzer eğim yönünü paylaşmaktadır.

Özellikle tabakalaşma yamaçdışı konum içerirken, sıkıştırma eklemlerinin önemli bir bölümü de yamaçdibi konumdadır. Dolayısıyla bu saha etken ve edilgen kaymalar için birinci derecede adaydır. Bu bağlamda gerçekleştirilen kinematik inceleme sonuçları her iki doğal yamaç kümesi için ayrı, ayrı verilmiştir.

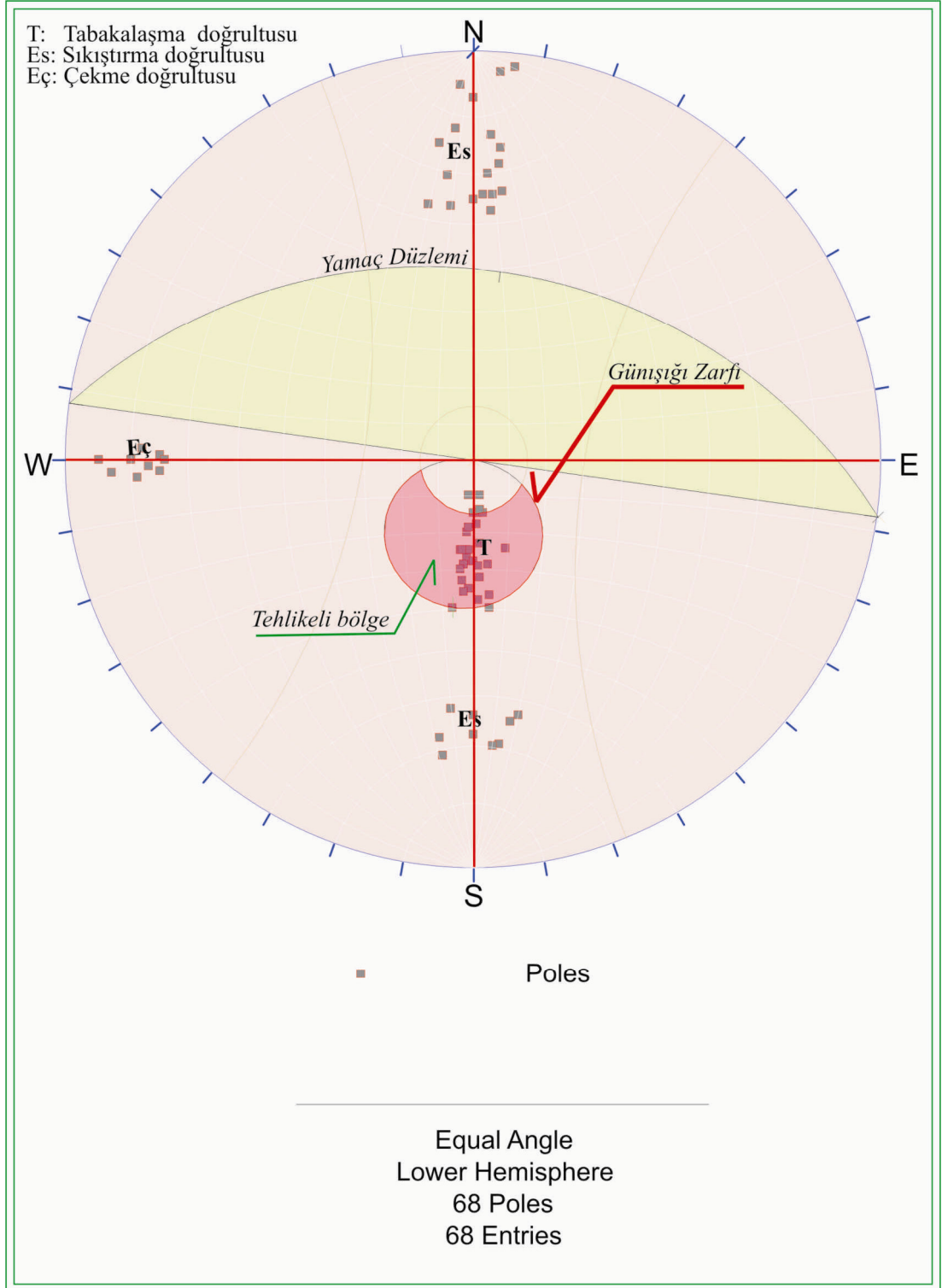


Şekil 3.13 KM1400 kaymasına ait ana süreksizlik düzlemlerinin doğal yamaç eğimine göre konumları.

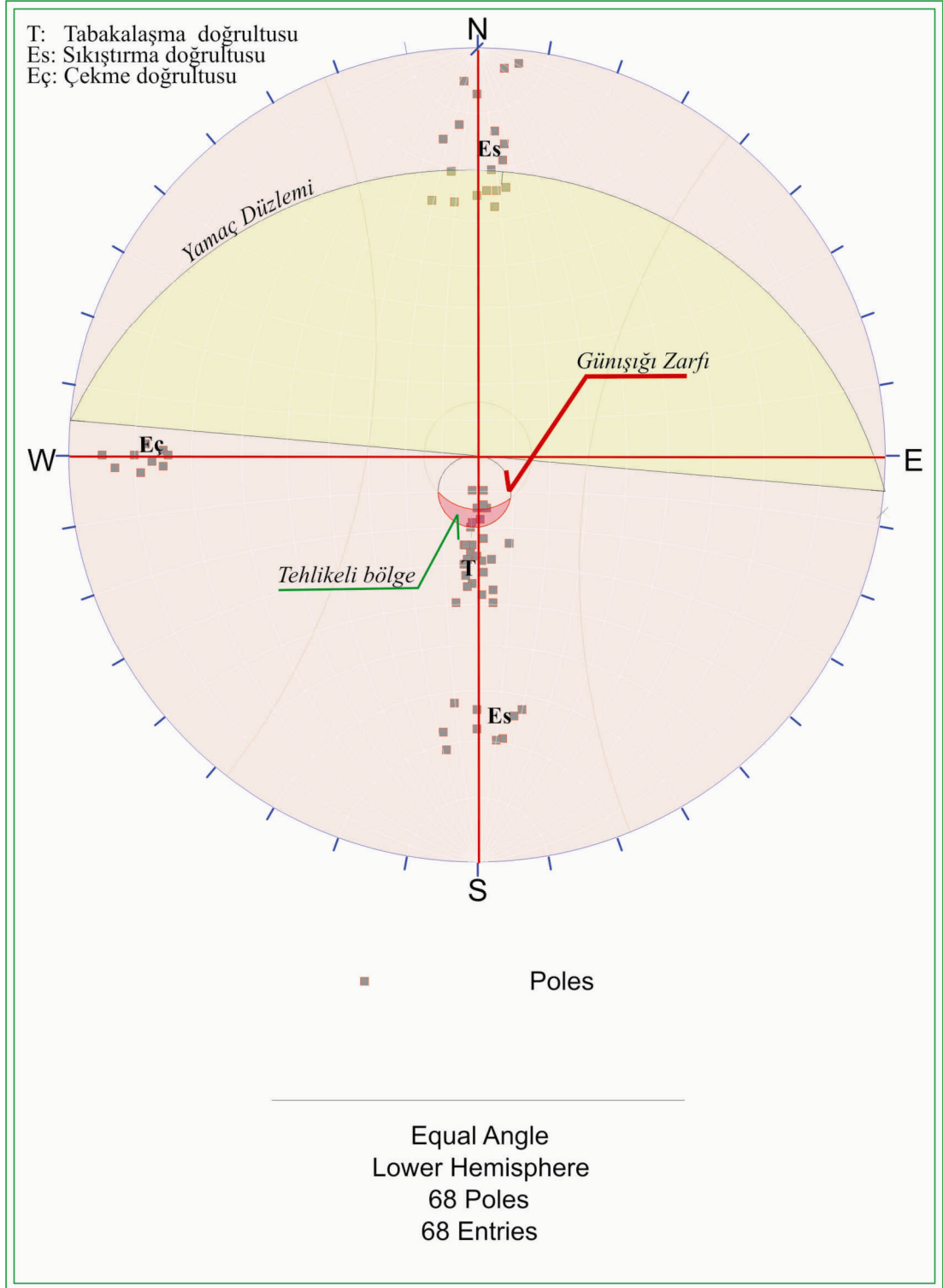
Şekil 3.13'den de anlaşılacağı gibi; kayma kütesinin en kalın olduğu kesimlerde tehlikeli bölgeye düşen kutup sayısı artmaktadır. Buna karşın edilgen olarak tanımlanabilecek kenar bölgelerde tehlikeli bölgeye düşen kutup yoğunlaşması göreceli olarak azdır. Ancak, buraları da duraysızdır. Edilgen kayma alanları olarak

tanımlanabilir. Özellikle yol ve benzeri mühendislik yapıları için yarmaya girilmesi ve/veya dolgu yapılması ve gerekli jeoteknik tasarım uygulanmaması durumunda, kaymalar kaçınılmazdır (Şekil 3.14– 3.15).

Süreksizlikler çalışılırken kayma sahalarında gerçekleştirilen sismik ve özdirenç çalışmaları ile sondaj ve yüzey verileri birlikte denettirilerek en uygun tanımlamaya ve mühendislik değiştirgelerinin seçimine çalışılmaktadır. Böyle kayma sahalarının etken ve edilgen özellikleri de ortaya çıkarılabilmektedir (Deere, 1988).



Şekil 3.14 KM1400 kayma sahasının eksen ve yakın çevresi için geçerli kinematik inceleme sonucu.



Şekil 3.15 KM1400 kayma sahası doğu ve batı uzak alanları için geçerli kinematik inceleme sonucu.

BÖLÜM DÖRT

JEOTEKNİK ÇALIŞMALAR

4.1. Giriş

Çalışma alanında yer alan jeolojik birimlerin jeoteknik özelliklerinin belirlenmesi için sondaj, gözlem çukuru araştırma verileri jeofizik araştırmaları ile yerinde ve laboratuvar deneyleriyle birimlerin 3 boyutta dağılımları ortaya çıkarılmıştır (EK 2).

4.2. Arazi Sondaj Çalışmaları

İnebolu – Çatalzeytin devletyolu boyunca kayma alanları, özel inşaat gerektiren yapılar, büyük dolgu ve yarma alanlarında proje derinliklerine göre sondaj çalışmaları yapılmıştır. Her sondaj çalışması yapıldığı kilometreyle adlandırılmıştır. Sondaj çalışmaları toprak zeminlerde her 1.5 m aralıklarla SPT (Standart Penetrasyon Testi) yapılarak zeminin dayanımı belirlenmeye çalışılmıştır. SPT yapılamadığı bloklu zeminlerden karot numune alınmıştır. Kaya zeminlerde ise karotlu numune alınmaya çalışılmıştır. Çalışma alanında yapılan sondajlarda örselenmemiş numune (Shebly tüp) alımı gerçekleştirilememiştir. Tüm sondaj verileri toplanarak arazinin mühendislik jeolojisi ve boy kesiti haritası hazırlanmıştır (EK 2).

4.2.1. SPT (Standart Penetrasyon Testi)

Standart Penetrasyon Testi (SPT) yerinde (in situ) yapılan dinamik kesme deneyidir. (Craig, 1992, 1997). Bu deney, penetrometre adı verilen çelikten yapılmış özel bir numune alıcı tüpün potansiyel enerji kullanılarak darbe ile zemine çakılması sırasında oluşan direncin saptanması prensibine dayanır. (ASTM, 1586 – 99) Dış çapı 50.0 mm, iç çapı 34,9 mm olan standart yarık tüp, 63.5 kg ağırlığındaki bir tokmağın (şahmerdan) 76.2 cm yükseklikten serbest olarak düşürülmesiyle, zeminde 30 cm karşılık gelen darbe sayısı SPT-N₃₀ olarak gösterilir.

4.2.2. Araştırma Çukurları

Gerekli görülen özellikle kayma alanlarında araştırma çukuru çalışmaları yapılmıştır ve zemini tanımlayıcı örnekler alınmıştır. 1+400 kayması için özel dayanım parametresini belirlemek amacıyla araştırma çukuru açılıp örselenmemiş numune alınmıştır.

4.2.3. Jeofizik Çalışmalar

İnebolu – Çatalzeytin devlet yolunun KM 00+000 – 43+832 Düşey Elektrik Yöntemiyle araştırılmış özellikle kayma alanlarının derinliklerinin saptanması konusunda önemli veriler elde edilmiştir. Bu çalışma, ana kaya derinliğinin ve yeraltı su seviyesinin belirlenmesi için yapılmıştır.

Çalışma alanında 4-12 m 'de arasında ana kayaya rastlanmıştır. Yeraltısuyu seviyesine ise 2,5-6,5 m arasındadır. DES eğrilerinden de anlaşılacağı gibi yeraltısuyu seviyesine rastlandığında eğri düşmüştür, ana kayaya rastlandığında ise eğri yükselmiştir. Dolayısıyla ana kayada özdirenç değerleri yükselmiştir.

Yaptığımız bu çalışma jeofizik yöntemlerin yer araştırmalarında sondaja göre daha ekonomik olması nedeniyle tercih edilmiş bu sayede sondaj sayısı azaltılmış, aralarda yapılan sondajlar yardımıyla jeofizik ölçüler korelasyon yapılarak jeoteknik veriler elde edilmiştir. Kayma sahasının derinliğiyle ilgili daha gerçekçi sonuçlar alınmıştır.

Özdirenç ve mekanik sondaj verileri birlikte değerlendirilerek, jeoteknik boykesit ve tip enkesitlerin hazırlanmasında kullanılmıştır. Ayrıca susuzlaştırma ve akaçlama sistemlerinin oluşturulmasında temel veri alınmıştır (Karayolları kayma sahalari geçişinin jeoteknik tasarım genel raporu, 2001).

Bölgede yer altı su seviyesi yüzeye çok yakındır. Bu yüzden ölçülen ve yorumlanan jeolojik birime ait değerler, birimin kuru olması halindeki yaklaşık değerinden daha küçük çıkmaktadır.

4.2.4. Laboratuvar Deneyleri

Arazide alınan numuneler üzerinde zeminleri jeoteknik özelliklerini belirlemek amacıyla deneyler yapılmıştır. Arazide yapılan sondajlarda örselenmemiş numune alınmadığından dolayı dayanım deneyleri yapılamamıştır. Sadece Dokuz Eylül Üniversitesi'nde yapılmak üzere özel olarak açılan araştırma çukurundan dayanım deneyi için özel numune alınmıştır (EK 1). Bu deney Bölüm 5'de KM1+400 kaymasında değerlendirilecektir. Alınan numuneler üzerinde;

- Doğal birim ağırlık (Bulk density)
- Kuru birim ağırlık (dry density)
- Özgül ağırlık (Specific gravity)
- Atterberg limitleri
- Elek analiz (sieve analysis)
- Hidrometre Analizi (hidrometer Analist)
- Zemin sınıflaması deneyleri yapılmış sondaj numaraları, alınan numunenin derinlikleri ve yapılan deneyler Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Yapılan deneyler sonucunda birimlerin üç boyutlu dağılımları ve jeoteknik özellikleri tanımlanmaya çalışılmıştır. Bunun sonucu olarak kayma malzemesinin genelde ince taneli malzeme içerdiği plastisite özellikleri ise CL, CH ve MH şeklindedir. Doğal ve kuru birim ağırlık değerleri şev analizlerinde su seviyesine bağlı olarak zemin ağırlığını bulmada yararlanılmıştır. Alınan numunelerin birleştirilmiş zemin sınıflaması yapılarak mühendislik jeoloji değişkenlerinin daha iyi tanımlanmasını sağlamıştır. Araştırma çukuru ve sondaj çalışmalarında örselenmemiş numune alımı gerçekleşmediğinden dayanım deneyleri yapılamamıştır. Alınan numuneler ve yapılan deneyler (Çizelge 4.1)'de sunulmuştur.

Çizelge 4.1. Sondaj kuyularından alınan örnekler üzerinde yapılan deney sonuçları

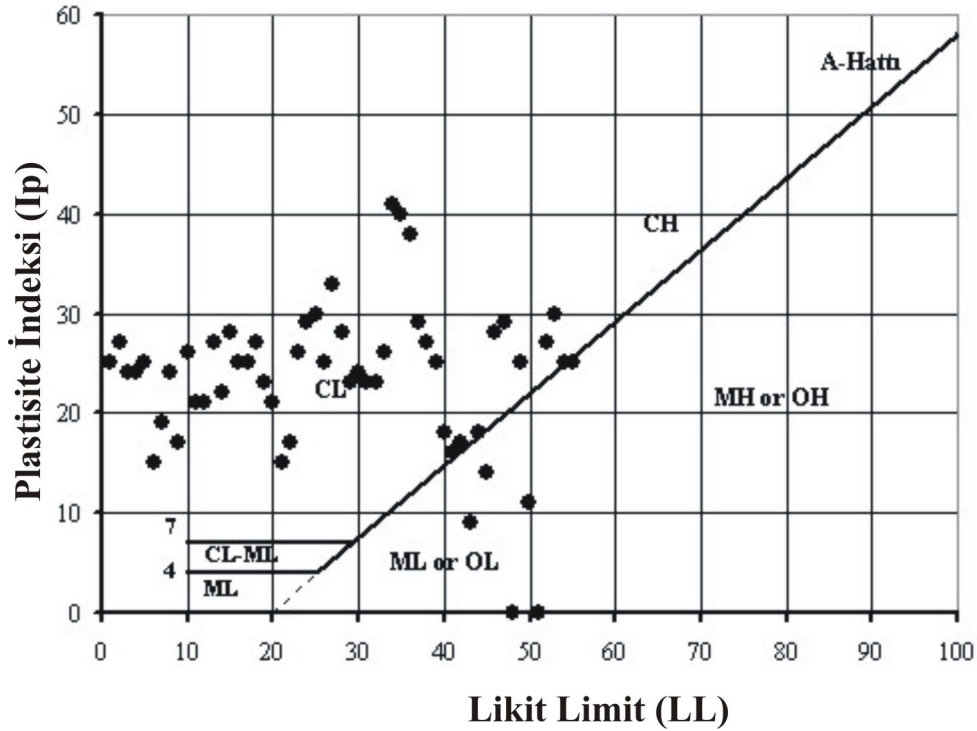
LABORATUAR DENEYLERİNİN SONUÇLARI (TOPRAK) / RESULTS OF LABORATORY TESTS (SOIL)															
Kayma no	Kuyu / Aç No BH / TP No	No	Numune No Sample No	Derinlik / Depth		Nem içeriği / Moisture Content	Doğal birim ağırlık / Bulk Density	Kuru Birim Ağırlık / Dry Density	Özgül Ağırlık / Specific Gravity	Atterberg Limit			Elekt Analizi / Sieve Analysis	Hidrometre analizi	USCS
				m'den	m'ye					W _n	γ _n	γ _d			
				from	To	%	kN/m ³	kN/m ³		%					
K1400	SK1251	1	SPT6	9.00	9.40	23.29	20.44	21.22	16.34	55	30	25	*		MH
	SK1400	2	SPT2	3.00	3.45	26.24	20.31	22.17	16.41	49	22	27	*	*	CL
		3	SPT6	9.00	9.43	17.72	21.20	21.20	17.60	45	21	24	*		CL
	SK1450	4	SPT2	3.00	3.45	42.60	21.88	32.90	19.08	43	19	24	*		CL
K4415	SK4250	1	SPT2	3.00	3.45	12.55	21.25	20.62	18.15	45	20	25	*	*	GC
	SK4300	2	SPT2	3.00	3.45	14.65	20.98	20.68	17.78	37	22	15	*		GC
	SK4375	3	SPT4	6.00	6.45	18.72	20.92	21.24	17.42	42	26	19	*		GC
		4	SPT6	9.00	9.33	19.58	20.07	19.96	16.17	43	19	24	*	*	GC
SK4540	5	SPT2	3.00	3.45	26.01	19.61	20.29	15.01	40	23	17	*		CL	
K9140	SK9010	1	SPT1	1.50	1.95	15.70	20.01	19.07	16.21	46	20	26	*		CL
		2	SPT4	6.00	6.32	15.43	20.92	20.73	17.62	51	30	21	*		CL
	SK9120	3	SPT3	4.50	4.95	15.95	21.18	21.27	18.08	51	30	21	*		MH
		4	SPT5	7.50	7.95	17.18	20.60	20.60	17.10	45	18	27	*		CL
		5	SPT1	3.00	3.45	7.24	20.89	18.81	17.49	44	22	22	*		CL
	SK9250	6	SPT3	6.00	6.45	1.54	21.47	18.75	18.57	48	20	28	*	*	CL
		7	SPT5	9.00	9.40	13.43	21.81	21.85	19.01	46	21	25	*		CL
K10050	SK9900	1	SPT2	3.00	3.45	10.07	21.32	20.03	18.02	54	29	25	*	*	MH
	SK10000	2	SPT1	1.50	1.95	28.76	19.45	20.63	14.85	46	19	27	*		CL
	SK10100	3	SPT1	1.50	1.95	26.30	21.88	25.78	19.08	41	18	23	*		CL

Çizelge 4.1. (Devamı).

LABORATUAR DENEYLERİNİN SONUÇLARI (TOPRAK) / RESULTS OF LABORATORY TESTS (SOIL)																
Kayma no	Kuyu / Aç No BH / TP No	No	Numune No	Sample No	Derinlik / Depth		Nem içeriği / Moisture Content		Doğal birim ağırlık / Bulk Density	Kuru Birim Ağırlık / Dry Density	Özgül Ağırlık / Specific Gravity	Atterberg Limit			Hidrometre analizi / Hydrometer Analysis	USCS
					m'den	m'ye	W _n	γ _n	γ _d	Gs		LL	PL	PI		
					from	to	%	kN/m ³	gr/cm ³			%				
K12280	SK12120	1	SPT1	1.95	1.95	16.17	19.94	19.10	16.04	47	22	25	*		CL	
	"	2	SPT3	4.50	4.50	16.99	20.82	20.86	17.52	42	24	18	*	*	SC	
	SK12121	3	SPT2	3.00	3.45	16.12	21.14	21.48	18.04	48	32	16	*		GM	
	"	4	SPT5A	7.50	7.75	14.09	20.60	19.88	17.10	39	22	17	*		GC	
	"	5	SPT5B	7.75	7.95	11.77	20.69	19.43	17.29	33	24	9	*		SM	
	SK12250	6	SPT1	1.50	1.95	25.77	21.57	24.90	18.67	39	21	18	*		GC	
	"	7	SPT3	4.50	4.95	12.59	21.72	21.38	18.82	36	22	14	*	*	SC	
	SK12260	8	SPT1	1.50	1.95	19.07	21.63	23.24	18.83	50	22	28	*		CH	
		9	SPT3	4.50	4.95	16.52	20.92	20.98	17.62	49	20	29	*	*	CL	
		10	SPT4	6.00	6.45	3.78	20.73	17.76	17.23	NP	NP	NP	*		ML	
		11	SPT6	9.00	9.36	13.28	21.63	21.64	18.83	46	21	25	*	*	CL	
K14350	SK14450	1	SPT1	1.50	1.95	21.48	20.00	20.38	16.10	34	23	11	*		GC	
		2	SPT3	4.50	4.95	11.94	20.79	19.65	17.49	NP	NP	NP	*		GW	
		3	SPT5	7.50	7.95	24.10	21.14	23.74	18.04	44	17	27	*	*	SC	
		4	SPT9	13.50	###	17.31	21.57	22.50	18.67	46	16	30	*		CL	
	SK14580	5	SPT2	3.00	3.45	14.95	21.66	21.93	18.86	48	23	25	*		CL	
	SK14670	6	SPT3	4.50	4.95	14.43	20.92	20.49	17.62	53	28	25	*		CH	

Çizelge 4.1. (Devamı).

LABORATUAR DENEYLERİNİN SONUÇLARI (TOPRAK) / RESULTS OF LABORATORY TESTS (SOIL)																			
Kayma no	Kuyu / Aç No BH / TP No	No	Numune No	Sample No	Derinlik / Depth		Nem içeriği / Moisture Content	Doğal birim ağırlık / Bulk Density	Kuru Birim Ağırlık / Dry Density	Özgül Ağırlık / Specific Gravity	Atterberg Limit			Hidrometre analizi / Hydrometer Analysis	USCS				
					m'den	m'ye					W _n	γ _n	γ _a			G _s	LL	PL	PI
					from	to					%	kN/m ³	gr/cm ³				%		
K16690	SK15500	1	SPT1	1.50	1.95	9.25	20.73	18.93	17.23	44	23	21	*	CL					
		2	SPT2	3.00	3.45	15.88	21.63	22.15	18.83	36	21	15	*	*	GC				
	SK15950	3	SPT1	6.00	6.45	18.00	19.82	19.42	15.92	38	21	17	*	*	GC				
	SK16070	4	SPT1	1.50	1.95	18.93	20.82	21.37	17.52	55	29	26	*		CH				
		5	SPT4	6.00	6.45	19.77	21.25	22.40	18.15	57	28	29	*		CH				
	SK16075	6	SPT1	1.50	1.95	18.92	20.53	20.77	17.03	48	18	30	*		CL				
		7	SPT3	4.50	4.77	11.25	20.66	19.39	17.26	44	19	25	*	*	CL				
	SK16340	8	SPT1	1.50	1.95	17.01	20.60	20.60	17.10	52	19	33	*		CH				
		9	SPT3	4.50	4.95	15.11	21.66	22.19	18.86	48	20	28	*	*	CL				
	SK16840	10	SPT2	3.00	3.45	29.34	19.94	22.60	16.04	52	29	23	*		MH				
		11	SPT5	7.50	7.95	20.17	20.56	21.20	16.96	54	30	24	*	*	MH				
		12	SPT9	13.50	###	18.86	21.14	22.00	18.04	47	24	23	*		CL				
K25745	SK25780	1	SPT1	3.00	3.45	12.63	20.53	19.35	17.03	44	21	23	*	*	GC				
	SK25830	2	SPT1	1.50	1.95	10.45	21.74	21.04	18.94	45	19	26	*		GC				
K38120	SK37778	1	SPT1	1.50	1.95	24.56	20.56	22.32	16.96	60	19	41	*	*	CH				
	SK38200	2	SPT1	1.50	1.95	29.19	19.74	21.46	15.24	58	18	40	*	*	CH				
		3	SPT4	6.00	6.29	17.61	20.60	20.60	17.10	57	19	38	*		CH				
	SK38300	4	SPT1	1.50	1.95	24.69	20.69	22.75	17.29	48	19	29	*		CL				
		5	SPT5	7.50	7.90	16.43	20.76	20.66	17.36	47	20	27	*	*	CL				



Şekil 4.1. Laboratuvar deney sonuçlarının plastisite kartında gösterilmesi

4.3. Dolgular ve Yarmalar

Yol geçkisi boyunca en önemli mühendislik yapısı dolgu ve yarmalardır. Seçki alanında yolun standardının korunması amacıyla dolgu ve yarmaların projelendirilmesi gerekmektedir. Bu projelendirme dolgu ve yarma birimlerinin mühendislik özellikleriyle yarmalarda bulunan kaya birimlerinin süreksizliklerinin kinematik olarak değerlendirilmesi gerekmektedir. Kinematik inceleme mühendislik projelerinde önemli bir yere sahiptir. İyi yapılmış kinematik analiz sonucunda milyonlarca metreküplük kaymalardan veya büyük yarma şevlerinden kurtarılması sağlanmaktadır. Kinematik incelemeyle düzlemsel, kama ve kaya düşmeleri sorunları baştan saptanabilmektedir. Dolgu ve yarmaların kilometreleri ve analizleri aşağıda sunulmuştur.

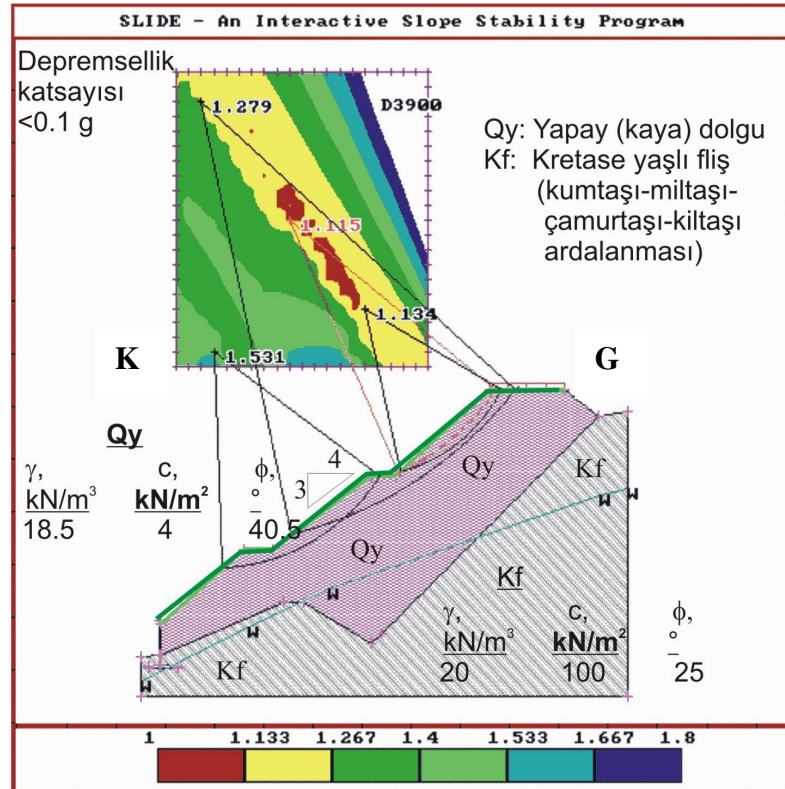
4.3.1. Dolgular

Yol geçkisi boyunca en önemli mühendislik yapıları Kayma sahaları dışında, kaya (Kf) yarma kazılarından elde edilen malzeme dolguda kullanılacaktır. Dolgu alanları yol güzergahı boyunca 3+900, 9+150, 31+952, 36+922 ve 37+167 kilometrelerindedir.

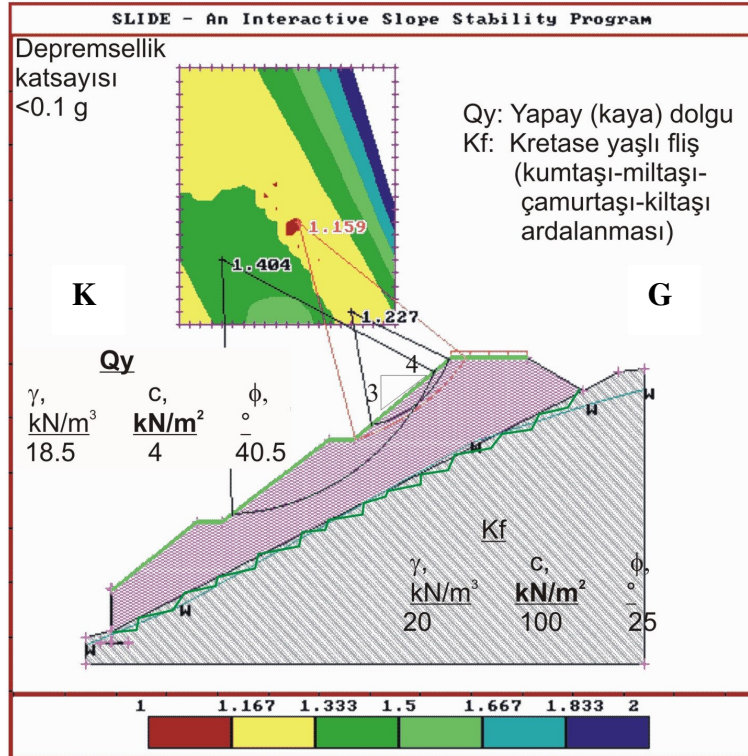
Dolgu alanlarında duraylılık analizleri yapılarak güvenlik katsayıları belirlenerek yapılan analizler sonucunda duraylı olduğu alınmış olan KG yönlü kesitlerde saptanmıştır (Şekil 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6).

4.3.2. Yarmalar

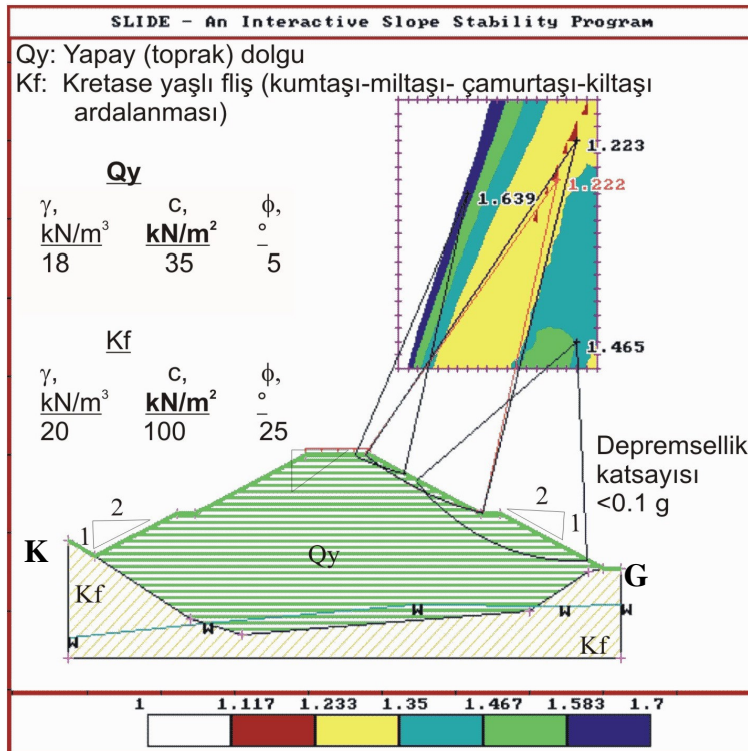
Yarma alanları yol güzergahı boyunca 4+950, 15+183, 25+140, 28+700, 31+358 ve 34+700 kilometrelerinde duraylılık analizleri (Bishop, 1955) yapılarak güvenlik katsayıları belirlenerek duraylı olduğu saptanmıştır (Şekil 4.7, 4.8, 4.9, 4.10, 4.11, 4.12).



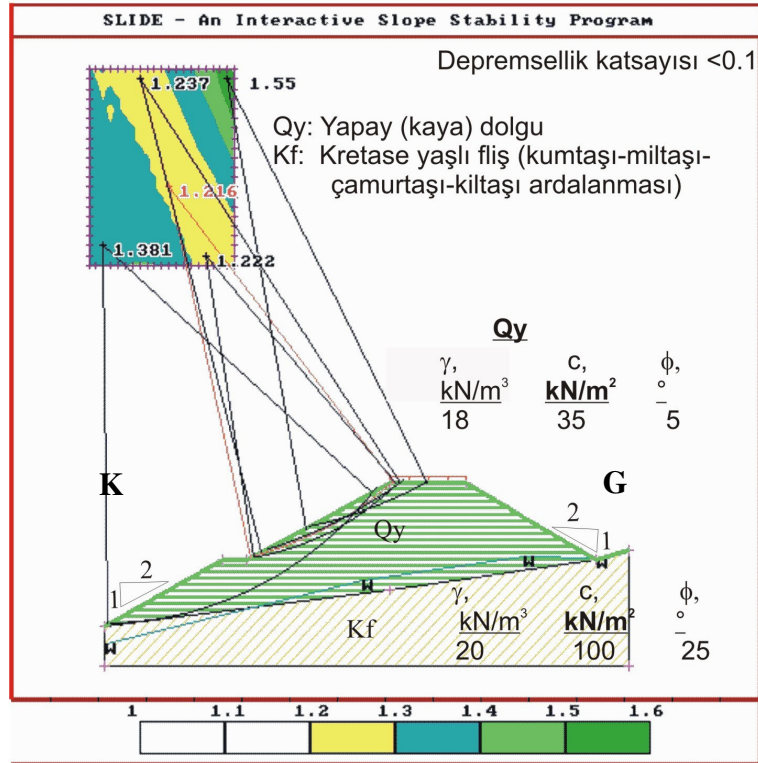
Şekil 4.2. KM3+900 dolgusunun duraylılık inceleme veri ve sonuçları.



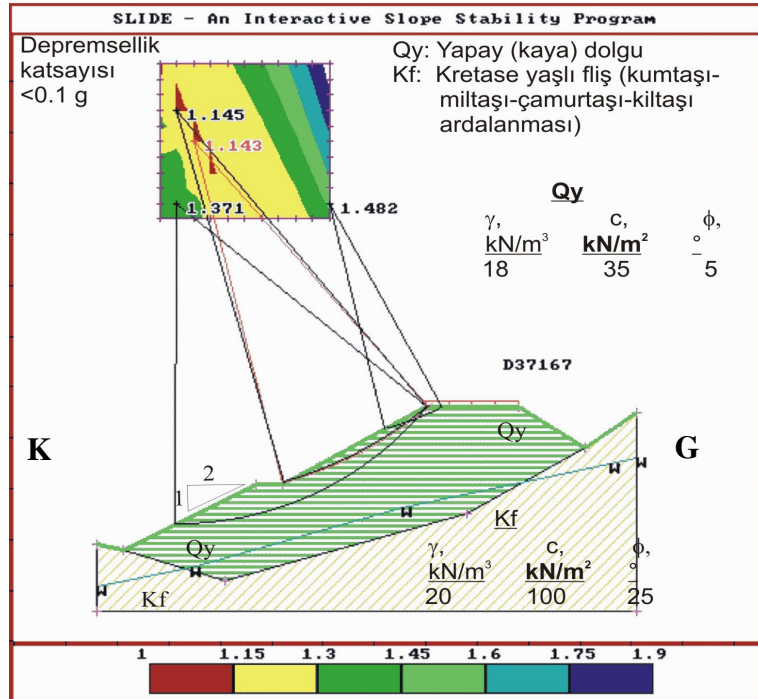
Şekil 4.3. KM9+516 dolgusunun duraylılık inceleme veri ve sonuçları.



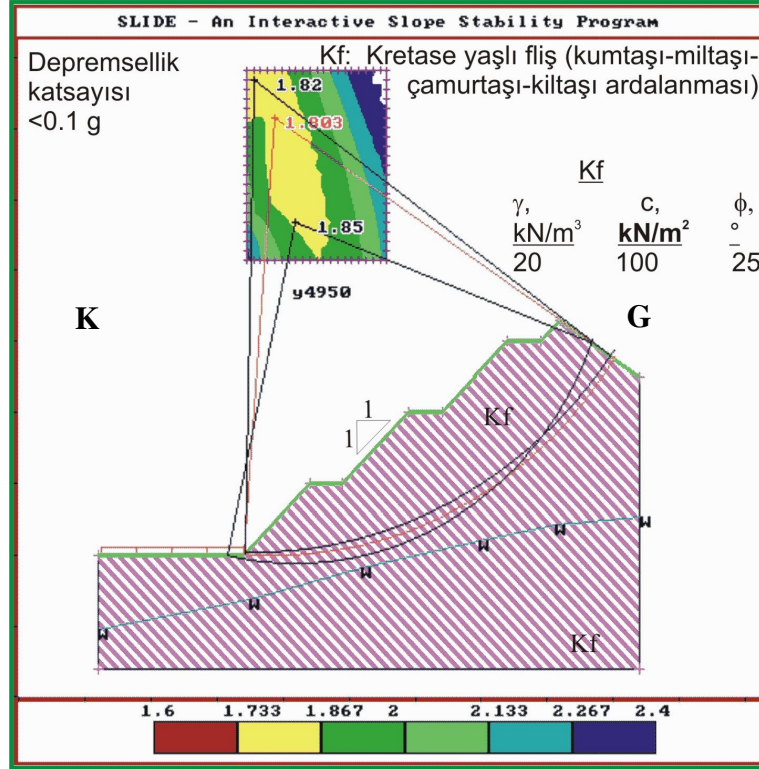
Şekil 4.4. KM31+952 dolgusunun duraylılık inceleme veri ve sonuçları.



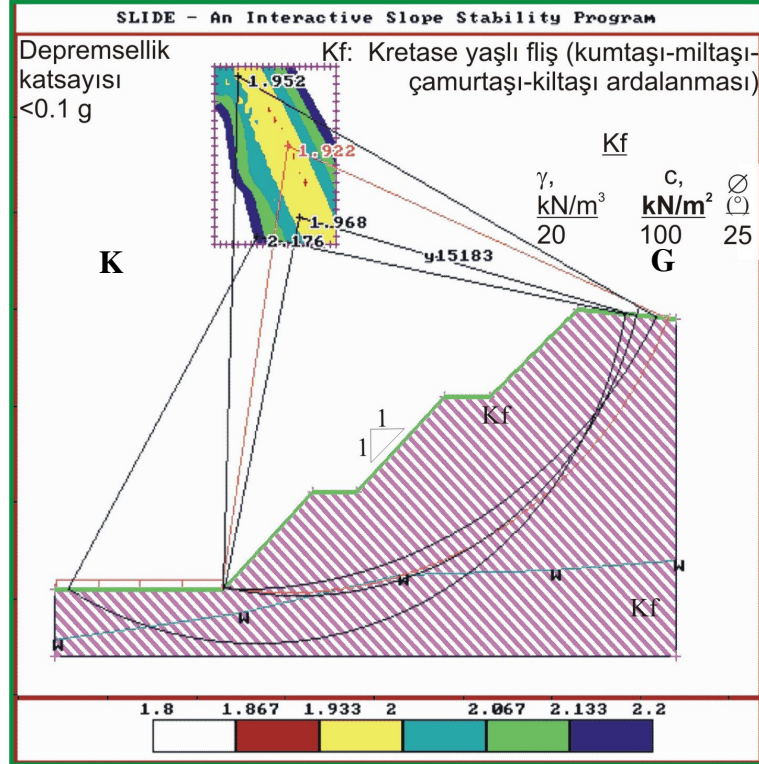
Şekil 4.5. KM36+922 dolgusunun duraylılık inceleme veri ve sonuçları.



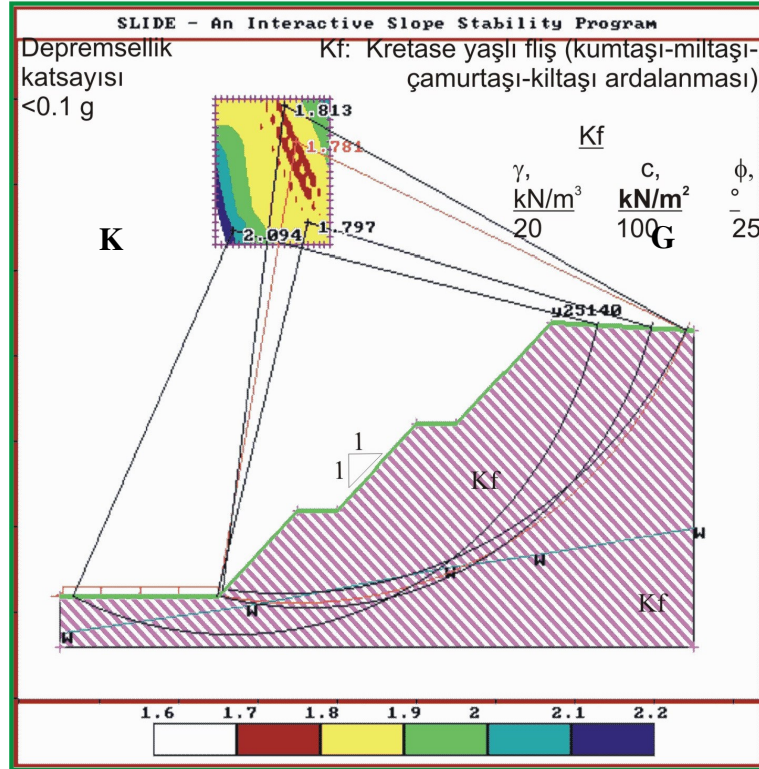
Şekil 4.6. KM37+167 dolgusunun duraylılık inceleme veri ve sonuçları.



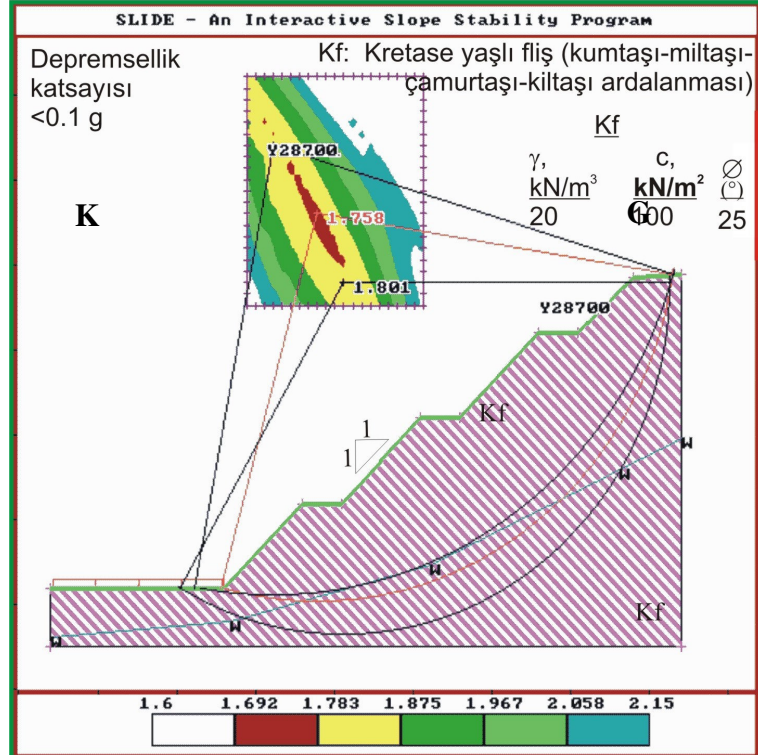
Şekil 4.7. KM4+950 Yarmasının duraylılık inceleme veri ve sonuçları.



Şekil 4.8. KM15+183 Yarmasının duraylılık inceleme veri ve sonuçları.



Şekil 4.9. KM25+140 Yarmasının duraylılık inceleme veri ve sonuçları.



Şekil 4.10. KM28+700 Yarmasının duraylılık inceleme veri ve sonuçları.

BÖLÜM BEŞ

KM 1400 KAYMA ANALİZİ YÖNTEMİ

5.1. Giriş

Belirlenmiş kayma sahalarında ayrıntılı jeolojik, hidrojeoloji, mühendislik jeolojisi ve jeoteknik çalışmalar yapılarak jeoteknik tasarım gerçekleştirilmiştir. Bu kayma sahalarına ortak çözüm olduğu için sadece KM 1400 kayması analiz edilerek çözüm yöntemi önerilmiştir. Diğer kayma sahalarında aynı yöntemin uygulanması uygundur. Kayma sahasını ve alanı belirlemek için arazide yapılan çalışmalar sonucunda kayma hareketinin gözlemlendiği bir çok yapı mevcuttur. Bunlar; (Şekil 5.1, 5.2) verilmiştir.

5.2. K1400 Kayması

K1400 kayması İnebolu – Çatalzeytin devlet yolu projesi kapsamında ele alınan birleşik kaymalardan ilkidir. K1400 kayması için model çalışmaları aşağıda verilmiştir.

5.2.1. Jeolojik Model

K1400 kayma alanında yer alan birimler 4 boyutta (x, y, z, t) dağılımı değişik ölçekli haritalarda araştırılarak belirlenmeye çalışılmıştır. Kumtaşı, miltaşı, kiltası, ardalanması temel birimi (Kf) oluşturmaktadır (Şekil 2.7, 2.8). Sık kıvrımlanma genel özelliğidir. Sık kıvrımlanmanın son aşaması olan faylanmada yaygındır. Ancak, birimin örtülü olması nedeniyle yol yarmaları ve derin dere içlerindeki sınırlı yüzleklerden birim hakkında genel bilgiler edinilmiştir. Kayma çözümünün güvenilirliği, çevresi çalışılarak gerçekleştirilen ve gerçeğe en yakın olan modellere bağlıdır.



Şekil 5.1. KM1400 Kaymasına karşı kullanılan destekleme yöntemi.



Şekil 5.2 KM1400 kayma alanı içerisinde heyelandan dolayı devrilmiş elektrik direği.

5.2.2. Hidrojeolojik Model

Temel birimi oluşturan Kf (filişel istif), genellikle düşük geçirimlidir. ($K=10^{-6}$ m/sn) killi kireçtaşı seviyeleri ve kıvrım eksenleri genellikle daha yüksek geçirimlidir. Kaymaların ana nedeni olan **su**, Aralık – Nisan ayları arasında üst düzeyde bulunmaktadır. (Şekil 2.2, 2.3, 2.4) Yağışlardan yeraltına giren **su** kayma kütlesini doygun hale getirdikten sonra Kf'nin üst kabarma kuşağında denize doğru ilerlemektedir. Haziran – Ekim ayları arasında yeraltısuyu sorunu açısından olumlu dönemdir. Su hem kiltası – kumtaşı ardalımalı filiş biriminde geçirgen kumtaşıdan geçerken geçirimsiz kiltası biriminden geçemez, böylece hem boşluk suyu basıncı oluşturur hem de ön kısma malzeme taşır. Malzeme birikmesiyle (Qk) kayma birimlerini oluşturur. Kaymanın en önemli nedeni sudur. Bu yüzden suyun kayma sahasından uzaklaştırılması gerekmektedir. Su hem dayanımı azaltmada hem de boşluk suyu basıncıyla kaymayı tetiklemektedir. Ağustos – Eylül ayları arasında kayma kütlesi içerisinde kazı çalışması yapılması uygundur.

5.2.3. Mühendislik Jeolojisi Modeli

Kayma alanında temel birim Kf (filişel istif)dir. Birim genellikle zayıf – orta dayanımlıdır. Birim içerisinde duraysızlık sorunlarını ana süreksizlik olan tabakalanma belirlemektedir. Ancak, kayma sahalarındaki güncel örtü, filiş biriminden türeyen basınçlı suyun taşıdığı malzeme tekil dönel kaymaları oluşturur. Kayma alanında son buzul çağından bugüne oluşan güncel örtü bitki artışının da katkısıyla yamaç aşağı yavaş devinim içindedir. Kalınlaşan kesimlerde hemen her yağışlı dönemde kaymalar gözlenmektedir.

5.2.4. Jeoteknik Araştırma

Özellikle temel kayaya olan derinliğin belirlenmesi, yeraltısuyu durumu ve kayma kütlesinin jeoteknik özelliklerini belirlemek için 4 adet sondaj (Ek 1.) 4 adet araştırma çukuru ve 6 adet elektrik sondaj yapılarak laboratuvar deneyleriyle jeoteknik araştırmalar yapılmıştır. Araştırma çukurları yüzey toprak katmanının

özelliklerini yansıtırken jeofizik çalışmalarla kayma derinliği saptanmaya çalışılmıştır. Elektrik sondaj çalışmaları yeraltısuyuna olan derinliğin saptanmasında da yararlanılmıştır. Tüm bu veriler ışığında jeoteknik tasarım gerçekleştirilmiştir.

5.2.4.1. Araştırma Çukurları (AÇ)

Açılan 4 adet araştırma çukuru proje çalışması sırasında (AÇ 1, 3, 4, 5) ve kayma sahasının analizi için kayma sahasını temsil edecek şekilde bir adet araştırma çukuru açılarak dayanım değişkenlerinin saptanması amacıyla örselenmemiş örnek alınmaya çalışılmıştır. Açılan araştırma çukurlarının tanımları aşağıda verilmiştir;

Araştırma çukuru AÇ – 1 KM 1+000

<u>Derinlik (m)</u>	<u>Litoloji</u>
0,0 - 0,80	Bitkisel toprak
0,80 – 2,25	Yumuşak – katı özellikli kahve renkli az çakıllı plastik KİL

Araştırma çukuru AÇ – 2 KM 1+200

<u>Derinlik (m)</u>	<u>Litoloji</u>
0,0 - 0,60	Bitkisel toprak
0,60 – 2,00	Kahve renkli az çakıllı kumlu killi SİLT

Araştırma çukuru AÇ – 3 KM 1+750

<u>Derinlik (m)</u>	<u>Litoloji</u>
0,0 - 0,50	Bitkisel toprak
0,50 – 2,00	Kahve renkli az çakıllı plastik KİL

Araştırma çukuru AÇ – 4 KM 1+970

<u>Derinlik (m)</u>	<u>Litoloji</u>
0,0 - 0,30	Bitkisel toprak
0,5 – 1,50	Ayrışmış kumtaşı, kiltası ardalanması

Araştırma çukuru AÇ – 5 KM 2+200

<u>Derinlik (m)</u>	<u>Litoloji</u>
0,0 - 0,60	Bitkisel toprak
0,50– 2,00	Yumuşak – katı özellikli az çakıllı plastik siltli KİL

5.2.4.2. Sondaj Kuyuları (SK)

Kayma sahasında 4 adet sondaj çalışması yapılmıştır. Her 1.5 m aralıklarla SPT deneyi yapılmış örselenmemiş numune alımı sondajlardan gerçekleştirilememiştir. SK 1250 ve SK 1450 sondajlarında 3.50 metre derinlikte kayaya girilmiştir. SK 1251 ve SK 1450 sondajlarında ise 9.50 metre derinlikte kayaya girilmiştir. SPT değerleri aşağıda sondaj verilerinin olduğu tabloda verilmektedir.

Çizelge 5.1 SK 1250 sondajı.

Derinlik (m)	SPT (N30) / Karot verimi	Litoloji
0,00-1,50		Dolgu malzemesi
1,50 – 1,95	14 (SPT N30)	Yeşilimsi gri renkli, çok kumlu, çakıllı KİL; orta yüksek plastisiteli
3,00 – 3,06	50/6 (SPT N 30)	Kiltaşı
3,50 – 9,50	67 (CR)	Yeşilimsi gri renkli, zayıf dayanımlı, çok ayrılmış KİLTAŞI

Çizelge 5.2 SK 1450 sondajı

Derinlik (m)	SPT (N30) / Karot verimi	Litoloji
0,00-1,50		Dolgu malzemesi
1,50 – 1,95	36 (SPT N30)	Yeşilimsi gri renkli, sert az kumlu, çakıllı KİL; yüksek plastisiteli
3,00 – 3,06	50/6 (SPT N 30)	Kiltaşı
3,50 – 9,50	39 (CR)	Yeşilimsi gri renkli, zayıf dayanımlı, çok ayrılmış KUMTAŞI – KİLTAŞI araldanması

Çizelge 5.3 SK 1251 sondajı

Derinlik (m)	SPT (N30) / Karot verimi	Litoloji
0,00-1,50		Dolgu malzemesi
1,50 – 1,95	15 (SPT N30)	Kahve renkli katı – çok katı, kumlu, çakıllı, siltli KİL yüksek plastisiteli
3,00 – 3,45	29 (SPT N30)	Yeşilimsi gri renkli, katı - çok katı seyrek kumlu az çakıllı, siltli KİL; yüksek plastisiteli
4,50 – 4,95	41 (SPT N30)	Yeşilimsi gri renkli, çok katı seyrek kumlu az çakıllı, siltli KİL; yüksek plastisiteli
6,00 – 6,45	14 (SPT N30)	Yeşilimsi gri renkli, katı - çok katı seyrek kumlu az çakıllı, siltli KİL; yüksek plastisiteli
7,50 – 7,95	32	Yeşilimsi gri renkli, katı - çok katı seyrek kumlu az çakıllı, siltli KİL; yüksek plastisiteli
9,00 – 9,40	50 /10 (SPT N30)	Yeşilimsi gri renkli, katı - çok katı seyrek kumlu az çakıllı, siltli KİL; yüksek plastisiteli
9,50 – 15,50	56 (CR)	Gri – sarı renkli zayıf dayanımlı çok ayrılmış çok kırıklı KİLTAŞI

Çizelge 5.4 SK 1400 sondajı

Derinlik (m)	SPT (N30) / Karot verimi	Litoloji
0,00-1,50		Dolgu malzemesi
1,50 – 1,95	16 (SPT N30)	Kahve renkli katı – çok katı, kumlu, çakıllı, siltli KİL yüksek plastisiteli
3,00 – 3,45	30 (SPT N30)	Kahve renkli katı – çok katı, kumlu, çakıllı, siltli KİL yüksek plastisiteli
4,50 – 4,95	26 (SPT N30)	Kahve renkli katı – çok katı, kumlu, çakıllı, siltli KİL yüksek plastisiteli
6,00 – 6,45	39 (SPT N30)	Kahve renkli çok katı, kumlu, çakıllı, siltli KİL yüksek plastisiteli
7,50 – 7,95	48 (SPT N30)	Kahve renkli çok katı, kumlu, çakıllı, siltli KİL yüksek plastisiteli
8,00 – 9,50	50/13 (SPT N30)	Yeşilimsi gri sert düşük plastisiteli KİL
9,50 – 15,50	29 (CR)	Gri – sarı renkli zayıf dayanımlı çok ayrılmış çok kırıklı KİLTAŞI

SPT N₃₀ standart penetrasyon testinin son 30 cm zemine batması için gerekli darbe sayısı CR% ise alınan karot verimi; zemin sondajında ilerlemeye karşı zeminden alınan numune. RQD% 10 cm büyük numune alınamadığından RQD% hesaplanmamıştır. Bu yüzden zayıf kaya olarak tanımlanmıştır.

5.2.4.3. Jeofizik ölçüm değerlendirmeleri

Bu çalışma, ana kaya derinliğinin ve yeraltı su seviyesinin belirlenmesi için yapılmıştır.

Projede yer alan düşey elektrik sondaj noktaları yapıldıkları sırasına göre adlandırılmışlardır. Çalışma alanında **4-12** m 'de ana kayaya rastlanmıştır. Yeraltısuyu seviyesine ise **2,5-6,5** m 'de rastlanmıştır. DES eğrilerinden de

anlaşılacağı gibi yeraltısuyu seviyesine rastlandığında eğri düşmüştür, ana kayaya rastlandığında ise eğri yükselmiştir. Dolayısıyla ana kayada özdirenç değerleri yükselmiştir.

Yaptığımız bu çalışma jeofizik yöntemlerin yer araştırmalarında sondaja göre daha ekonomik olması nedeniyle tercih edilmiş bu sayede sondaj sayısı azaltılmış, aralarda yapılan sondajlar yardımıyla jeofizik ölçüler korelasyon yapılarak doğru sonuca ulaşılmaya çalışılmıştır. Bu sayede daha derinlerden bilgi edinilmiştir.

Özdirenç ve mekanik sondaj verileri birlikte değerlendirilerek, jeoteknik boykesit ve tip enkesitlerin hazırlanmasında kullanılmıştır. Ayrıca susuzlaştırma ve akaçlama sistemlerinin oluşturulmasında temel veri alınmıştır.

5.2.4.4. Yapılan Laboratuvar Deneyleri

Araziden alınan numuneler üzerinde yapılan indeks deneylerinde sadece SK 1251 nolu sondajdan alınan numune yüksek plastisiteli killi SİLT (MH), diğer numunelerde ise ince taneli düşük plastisiteli KİL dir (Çizelge 5.5) KM 1+400 kaymasından alınan örnekler (Şekil 5.3, 5.4) üzerinde yapılan deney sonuçları Çizelge 5.6'da verilmiştir.

Çizelge 5.5 KM 1400 Kaymasında Yapılan Laboratuvar Çalışmaları

LABORATUAR DENEYLERİNİN SONUÇLARI (TOPRAK) / RESULTS OF LABORATORY TESTS (SOIL)															
Kayma no	Kuyu / Aç No BH / TP No	No	Numune No Sample No	Derinlik / Depth		Nem içeriği / Moisture Content	Doğal birim ağırlık / Bulk Density	Kuru Birim Ağırlık / Dry Density	Özgül Ağırlık / Specific Gravity	Atterberg Limit			Elek Analizi / Sieve Analysis	Hidrometre analizi	USCS
				m'den	m'ye	W_n	γ_n	γ_d		Gs	LL	PL			
				from	To	%	kN/m^3	kN/m^3	%						
K 1400	SK1251	1	SPT6	9.00	9.40	23.29	20.44	21.22	16.34	55	30	25	*		MH
	SK1400	2	SPT2	3.00	3.45	26.24	20.31	22.17	16.41	49	22	27	*	*	CL
		3	SPT6	9.00	9.43	17.72	21.20	21.20	17.60	45	21	24	*		CL
	SK1450	4	SPT2	3.00	3.45	42.60	21.88	32.90	19.08	43	19	24	*		CL



Şekil 5.3 KM 1+400 Kayma sahasında açılan araştırma çukuru çalışması.



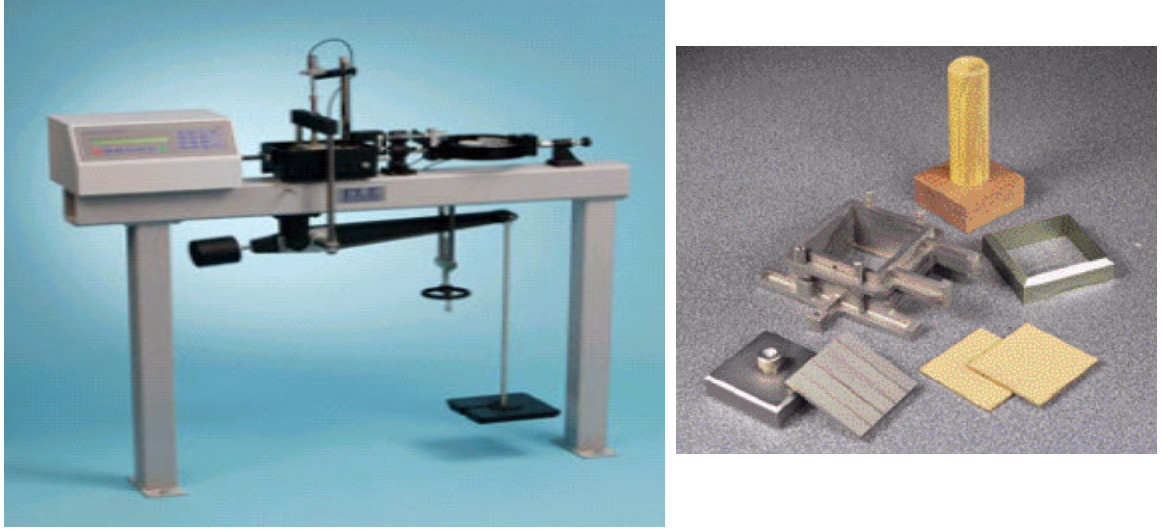
Şekil 5.4 KM 1+400 Kaymasında açılan araştırma çukuru.

Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümünde Direkt makaslama deneyi yapılarak zemin dayanım değişkenleri çıkarılmaya çalışılmıştır.

5.2.4.4.1 Direkt Makaslama Deneyi: Bu test metodu doğrudan makaslanan bir zemin numunesinin konsolidasyonlu drenajlı dayanım özelliklerinin hızlı bir biçimde elde edilebildiği testtir. Test en az üç örnek üzerine farklı normal yükler uygulanarak, zeminin o normal gerilim altında gösterdiği makaslama dayanımı deformasyon kontrollü olarak belirlenir. Seçilen normal yükler örneğin alındığı arazi koşullarını temsil etmektedir. Deformasyon hızı; drenajsız deney için 1.0-2.5 mm/dk , drenajlı makaslama ise boşluk suyu basıncının kaçmasına izin verecek ölçüde yeterli süreye ihtiyaç vardır. Bu da $5-7.5 \times 10^{-3}$ mm/dk olabilir. Dokuz Eylül Mühendislik Fakültesi İnşaat Bölümünde uygulanan direk kesme kutusu deneyinde 1×10^{-3} mm/dak olarak uygulanmıştır.

Bu deney yöntemlerinden doğrudan makaslama deneyi , konsolidasyonlu drenajlı dayanım özelliklerinin hızlı bir biçimde elde edildiği uygun bir testtir. Deney tüm

zemin numunelerine örselenmemiş ve yeniden doldurulmuş veya sıkıştırılan malzemelerin üzerine uygulanabilir. Aynı numune üzerinde çoklu kaydırma uygulanabilir ve artık (rezidüel) makaslama dayanımı parametreleri elde edilebilir. Bu nedenle de şev stabilitesi çalışmalarında çoğunlukla tercih edilen bir deney yöntemidir. Deneyler ASTM / D 3080'e göre yapılmıştır.



Şekil 5.5 kesme kutusu deney aleti ve numunenin koyulduğu kesme kutusu.

Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği laboratuvarında yapılan direkt makaslama deneyinde değişik yük kademeleri uygulanarak arazideki artık (rezidüel) değere ulaşılmaya çalışılmıştır (Çizelge 5.7). Temel amaç arazideki makaslama dayanımını erişmektir.

Çizelge 5.6 Direkt kesme deneyi sonucunda elde edilen değerler.

Yüklemeye	C (kPa)	ϕ (°)
12 kg kuru	95,56	58,0
12 kg sulu	86,6	49,9
24 kg kuru	197,09	39
24 kg sulu	17,034	58
36 kg sulu	67,9	52,5
48 kg sulu	84,64	54,8

Yapılan deneyler sonucunda değerler yüksek çıkmıştır. Bunun temel nedeni numunenin Ağustos ayında (yeraltı su seviyesinin en düşük olduğu dönem) alınması, numunenin su içeriğini kaybetmesi, numunenin içerisinde kalişin (kalsit yumrularının bulunması) bulunmasından dolayı direk kesme değerleri yüksek çıkmıştır (ϕ değeri 38 – 56 arasında değişmektedir). Kaymalar; yeraltı suyunun yükselmesi, kalişin yeraltısuyla birlikte erimesi, örnek alımı sırasında numunenin örselenmesi ve kaymalara neden olan 1-2 cm'lik kil tabakasının bulunması ve bu tabakanın numune alımında gerçekleştirilememesi temel neden olarak saptanmıştır (Şekil 3.10).

5.3. Jeoteknik Tasarım

5.3.1. Yamaç Duraylılık İncelemeleri

Enkesitler üzerinde yapılan çalışmalar sonucunda göreceli olarak en duraysız olanları üzerinde geri inceleme durağan (dingin) koşullarda yapılarak kalık c' ve ϕ' değerleri bulunmaya çalışılmıştır. Aynı değerler kullanılarak uzun dönemde duraylılık sağlayacak en etkin ve kolay çözümler üretilmiştir (Selby, 1993). KM1400 Kayma alanında 1+400 kayması hem laboratuvar hem de geri analiz yöntemiyle elde edilen değerler kullanılmıştır. Ayrıca, KM1400 kayması içinde bulunan KM1+000, KM1+200 ve KM1+600 kaymalarının geri analizleri yapılarak elde edilen değişirgeler kullanılarak susuzlaştırma sonrası güvenlik katsayıları bulunmuştur (Tomlison and Boorman, 1995).

Geri analizden elde edilen değerler laboratuvardan elde edilen değerlerden daha düşük çıkmıştır. Kayma analizlerinde geri analizin laboratuvarında elde edilen kayma değişkenlerinden daha güvenilir olduğunu ortaya koymaktadır. Bunun en temel nedeni kayma sahasında kaymaya neden olan 2- 10 cm'lik kil bantlarının kaymaya neden olması ve bunun numune alımlarında gerçekleşmemesi en önemli nedendir (Ulusay, 2002). Bu yüzden kayma sahalarında doğru ortaya konulmuş (jeolojik, hidrojeolojik ve mühendislik jeolojisi modeli ve jeoteknik model) model çalışmasından sonra ortaya konabilir.

Bu çalışmada göreceli olarak daha güvenilir yaklaşım olarak yüzey şekli yöntemi uygulanmıştır (Yılmaz ve diğ., 2003, 2000). Kayma sahaları üzerinde değişik yönlerden kesitler alıp SLIDE programı ile değerlendirilerek çok sayıda sayısal incelemeler yapılmıştır. Kesitlerin alındığı jeoloji haritası Şekil 5.6'da verilmiştir. Kayma kütlelerinin c' (kPa) ve ϕ' ($^{\circ}$) değerleri birer bilinmeyendir (Duncan, 1999). Ancak, aynı birimden türeyen bir bileşik kaymanın tekil kaymalarının c' ve ϕ' değerleri aynı olmak zorundadır. Bu yaklaşımla, bileşik kayma içerisinde en azından değişik geometrideki iki tekil kaymada aynı değerler elde edilinceye kadar geri inceleme sürdürülür (Şekil 5.7-5.18).

Deneylerden elde edilen doğal birim hacim ağırlığı, suya doymun ve kuru birim hacim ağırlıkları (γ , kPa) bilinenlerdir. Duraylılık incelemelerinde çok da belirleyici değildirlir. Belirleyici olan c' ve ϕ' değerleridir (Mitchell, 1990).

Yakın çevrede; geometrisi, γ ve su durumu kesin bilinen ve aynı birim içerisinde gelişmiş kaymaların geri-incelemelerinden elde edilen c' ve ϕ' değerleri de birleşik kayma kütlelerindeki tekil kaymalarda olduğu gibi benzerlik sunar (Byrne ve diğ., 1992). Dolayısıyla her koşulda bu yaklaşım kullanılabilir (Stark ve Poeppl, 1994).

Kayma kütleleri içerisinde değişik geometrili olmalarına karşın yaklaşık aynı en düşük güvenlik katsayıları (1.01, 1.03 ve 1.03) elde edilmiştir (Bishop, 1955) metodu analizlerde kullanılmıştır). Bu değerler elde edilinceye kadar c' ve ϕ' değerlerinde sürekli değişimler yapılarak 1.0'a doğru odaklaştırmaya çalışılmıştır. %8'lik bir aralık kabul edilebilirdir. Bu çalışmada sapma %2'nin altındadır (Gilbert, 1996). Bu yaklaşım aşağıda kısaca özetlenmiştir.

- (a) Geri incelemeler aynı model üzerinde yapılır.
- (b) Aynı kayma kütleleri içerisindeki değişik geometrili kayma kütleleri aynı anda çalıştırılarak güvenlik katsayıları elde edilir .

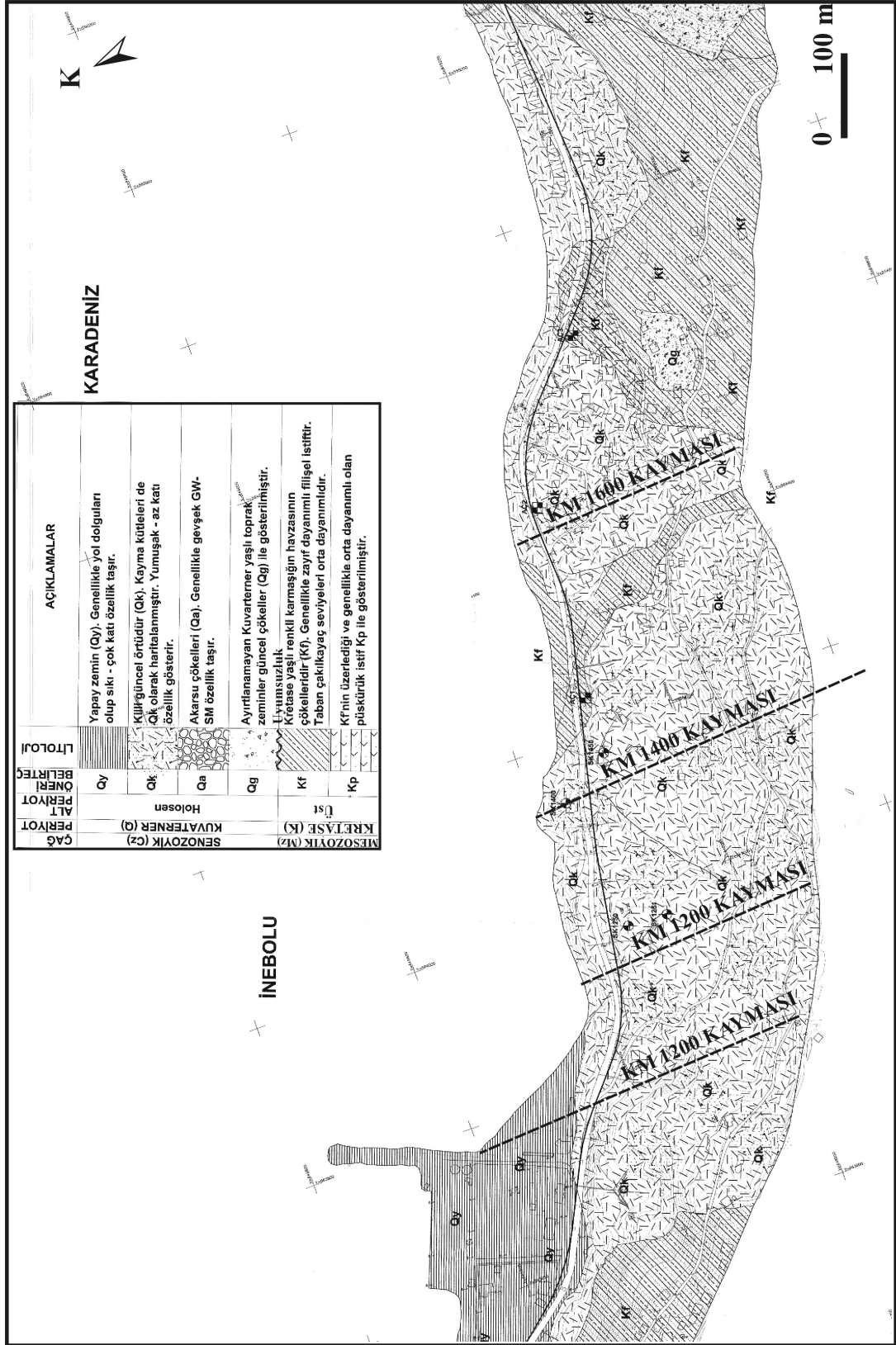
- (c) Her alt model için benzer GK (güvenlik katsayısı) elde edilinceye kadar c ve ϕ değerlerinde değişiklikler yapılır. Yukarıda da değinildiği gibi sapma %8'in altında olmalıdır.
- (d) Bu işlemde c ve ϕ değerlerinden birisi sabit tutulurken diğeri değiştirilir. Yatay düzlemlili kaymalarda " ϕ " etkin iken daha düşey düzlemlili kaymalarda " c " etkindir.
- (e) Elde edilen c' ve ϕ' değerleri kullanılarak suya doymun ortamda güvenlik katsayısı 1.0 dolaylarında bulunacaktır.
- (f) Daha sonra gerekli iyileştirmeler yapılır ve aynı değerler kullanılarak en düşük güvenlik katsayısı araştırılır. Bu çalışmada susuzlaştırmanın en etkin iyileştirme olduğu bulunmuştur. Kayma kütlesi üzerinde ve içerisindeki suların, daha aşağıya süzülmeden akaçlanması ve kayma kütlesinin özellikle üst bölümünün hava doymun veya en azından yarı doymun tutulması için; **Kuşaklama hendekleri**: direnç ve kılçık hendekleriyle hidrolik ilişkisi bulunan ve yolun kayma üzerinden geçen bölümlerini kuşaklayan bir sistemdir. Kayma kütlesi içerisinde ve yer, yer ana kaya içerisinde açılır. Dolayısıyla kayma kütlesi ve yer, yer de ana kaya içerisindeki su süzülerek kayma alanı kenarına veya dışına akaçlanmasını sağlar. **Direnç Hendekleri** : Kaya dolgulu olup kayma yönüne paralel yerleştirilmiştir. Kayma kütlesinin yamaç aşağı devinimine karşı direnç sunma özelliği de taşımaktadır. Şekil 5.7 üzerinde de görülebileceği gibi bunlar içleri kaya dolgu gereci ile doldurulmuş özel amaçlı akaçlama ve kayma dayanımını artırıcı hendeklerdir. Kayma kütlesi içerisindeki suyu almanın ötesinde kütle içindeki hareketlere karşı da direnç oluşturması amaçlanmıştır ve **Akaçlama (kılçık)**: Kayma kütlesinin etkili biçimde susuzlaştırılması için direnç hendeklerine kavuşan ikincil hendekler büyük önem taşımaktadır.
- (g) Uzun dönem GK 1,1'in üzerine çıkıncaya kadar iyileştirme sürdürülür (Şekil 5.8-17).

Kaymaların oluşabilmesi için gerekli koşullar, çok sayıda geri inceleme yapılarak, Şekil 5.6 üzerinde sunulmuştur. Bu durumda kaymanın c (kN/m^2) ve ϕ ($^\circ$) değerleri sırasıyla 33 ve 8'dir. En düşük GK da 1,01 bulunmuştur. Saha kayma sınırındadır.

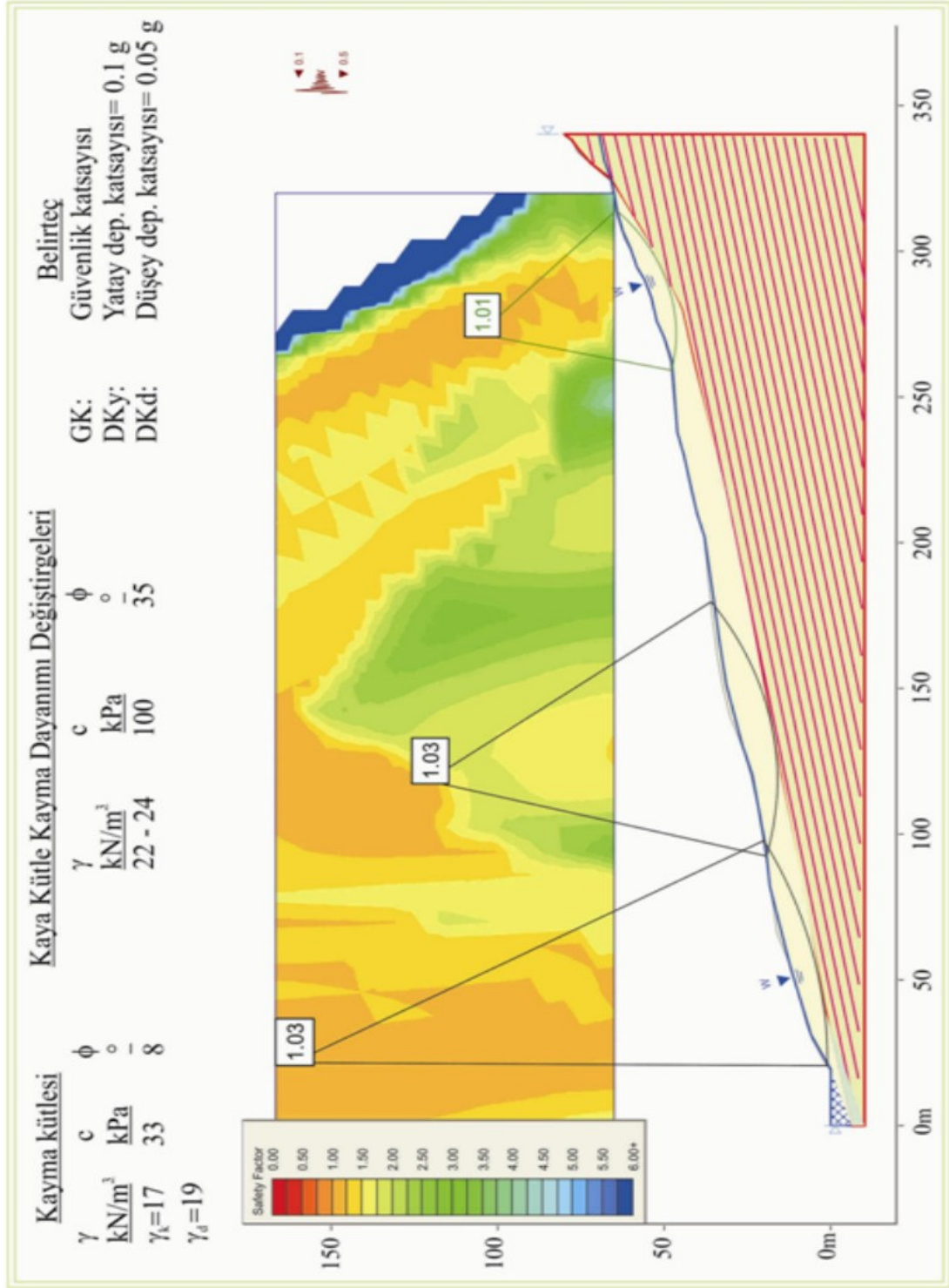
Kayma kütlesinin suya doymun ortamda yapılmış olmasının nedeni, tüm kaymalar yağışlı dönem ve bu dönemin hemen sonunda gerçekleşmektedir.

Burada göz önünde tutulması gereken en önemli konu; iyileştirme öncesi ve sonrası yapılan duraylılık incelemelerinde aynı c' (kN/m^2) ve ϕ' ($^\circ$) değerlerinin kullanılması ve aynı sismik koşulların kabulüdür.

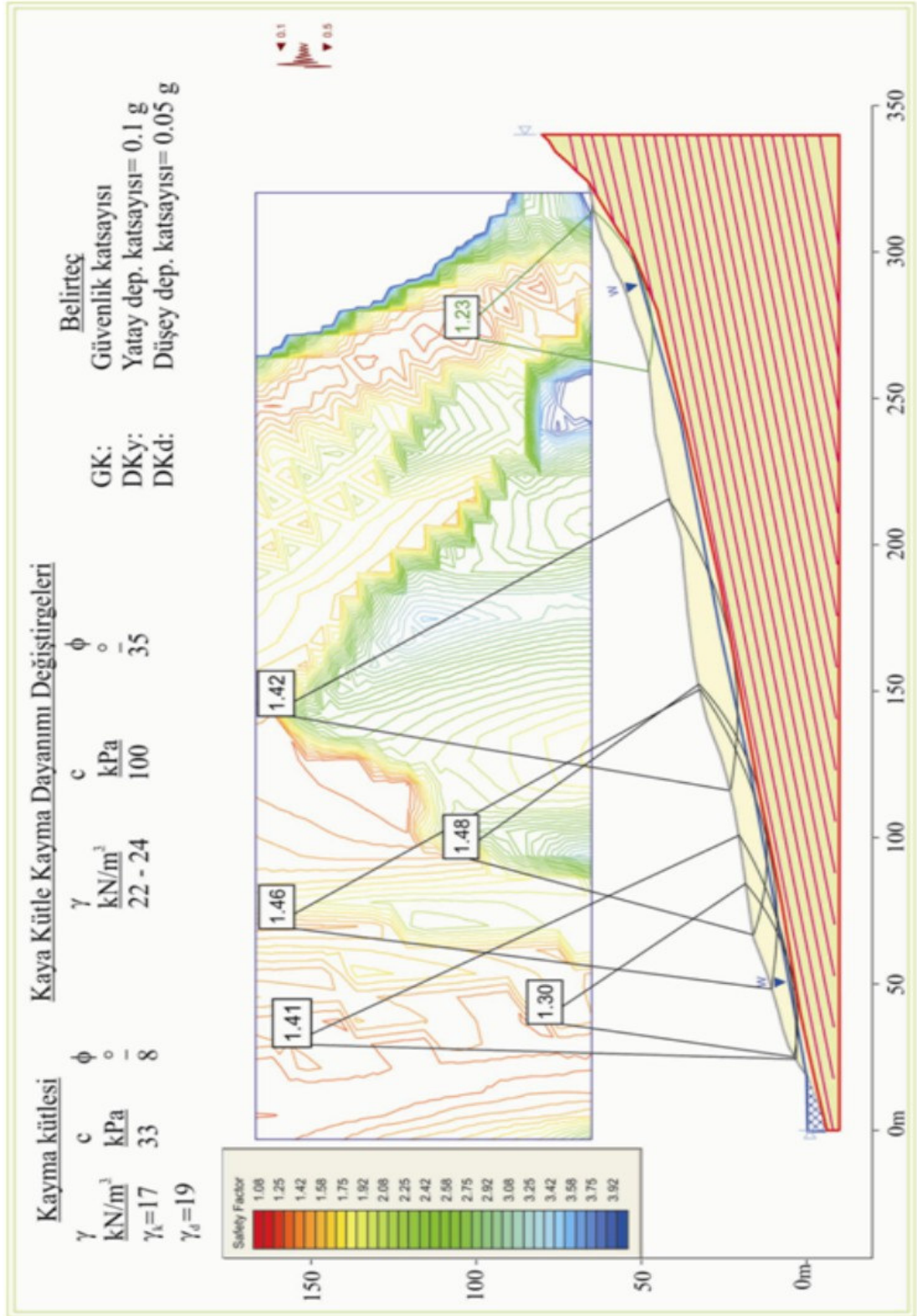
Bu çalışmada susuzlaştırmanın en etkin iyileştirme olduğu bulunmuştur. Bu nedenle yeraltısuyu seviyesi düşürülerek ve sadece su basıncı göz önünde tutularak duraylılık incelemeleri gerçekleştirilmiştir. Oysa, suya doymun olmayan ortamlarda kayma dayanımı değıştirgelerinin değerinde yadsınılmaz yükselmeler olur (Şekil 5.12 – 5.17).



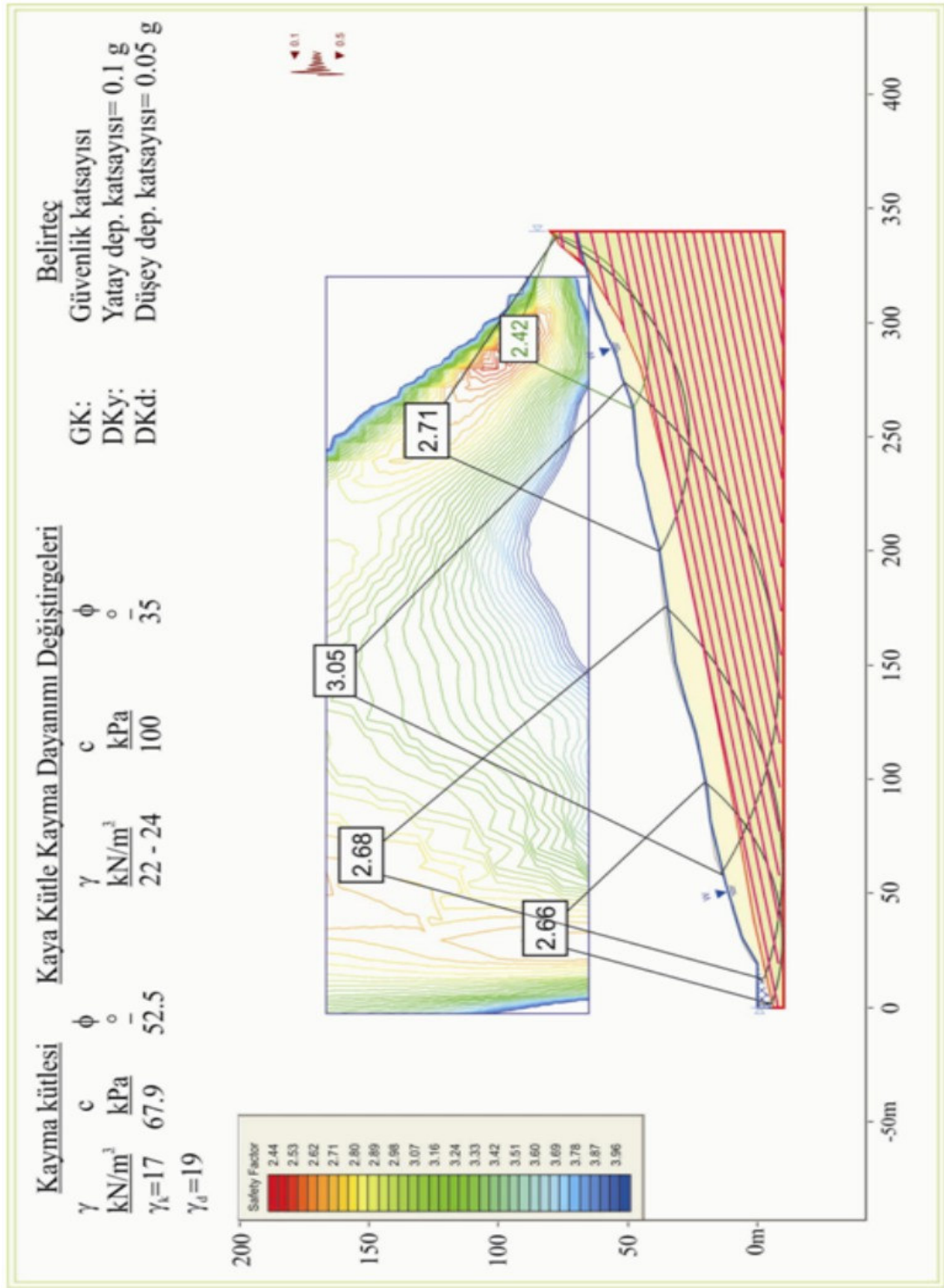
Şekil 5.6 KM 1400 kaymalarına ait genel jeoloji haritası ve kesit hatları.



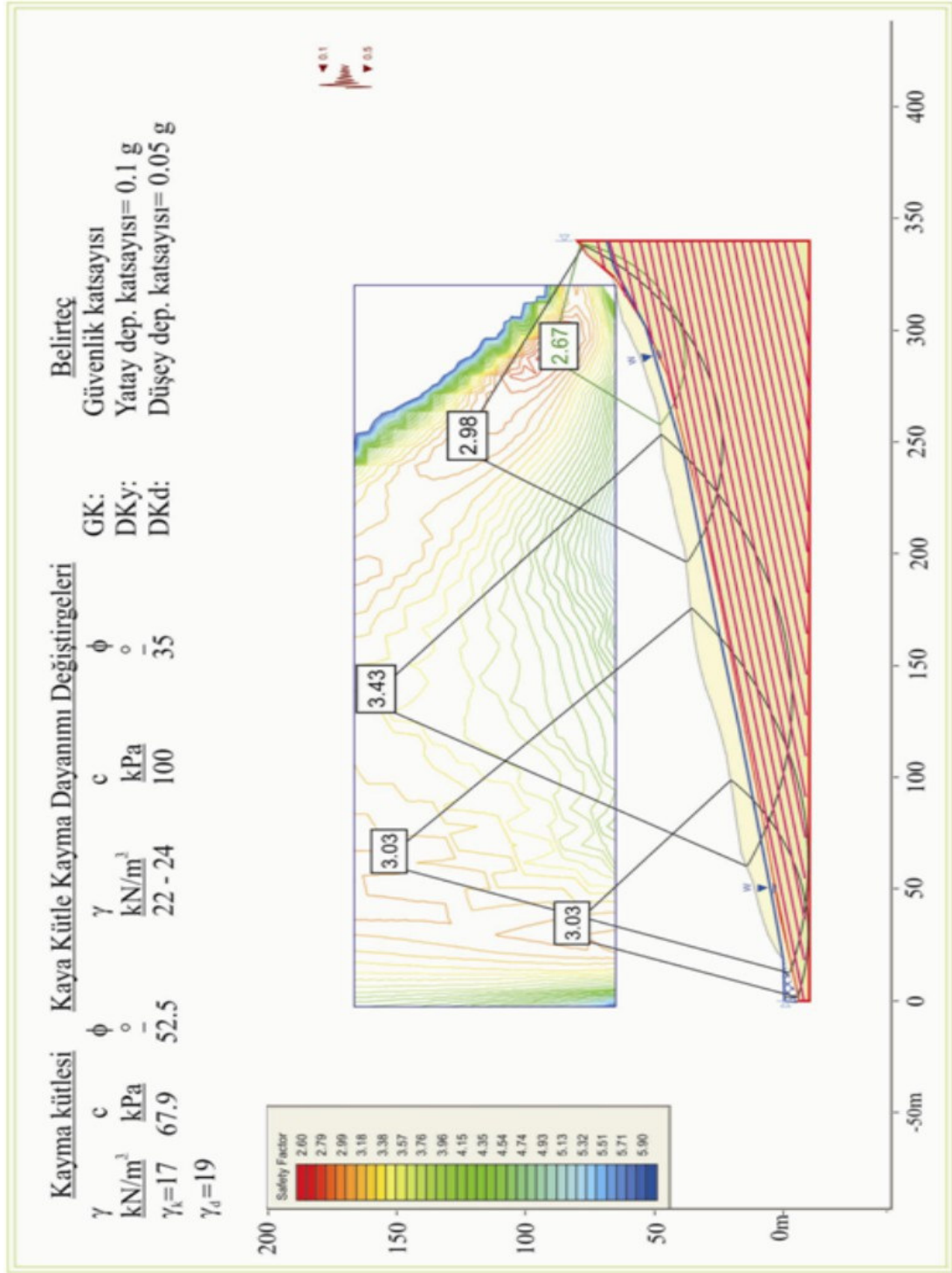
Şekil 5.7. KM 1+400 kaymasına ait geri inceleme sonucu ulaşılan kayma dayanımı değışirgeleri ile bu değışirgeler kullanılarak elde edilen değışik geometrilerdeki sulu tekil kaymalarda benzer güvenlik katsayıları.



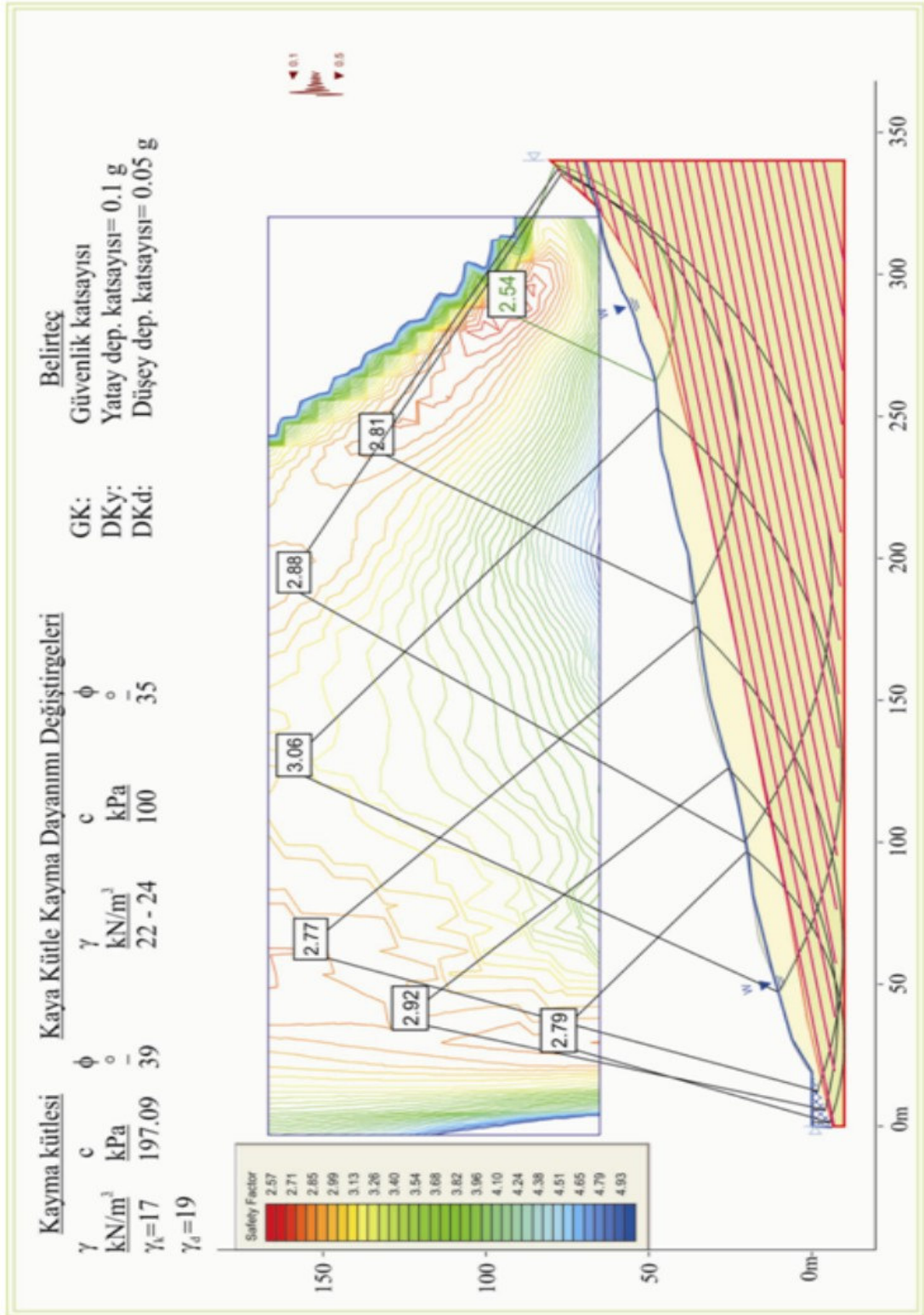
Şekil 5.8. KM 1+400 kaymasına ait geri inceleme sonucu ulaşılan kayma dayanımı değışirgeleri ile bu değışirgeler kullanılarak elde edilen değışik geometrilerdeki susuz tekil kaymalarda benzer güvenlik katsayıları.



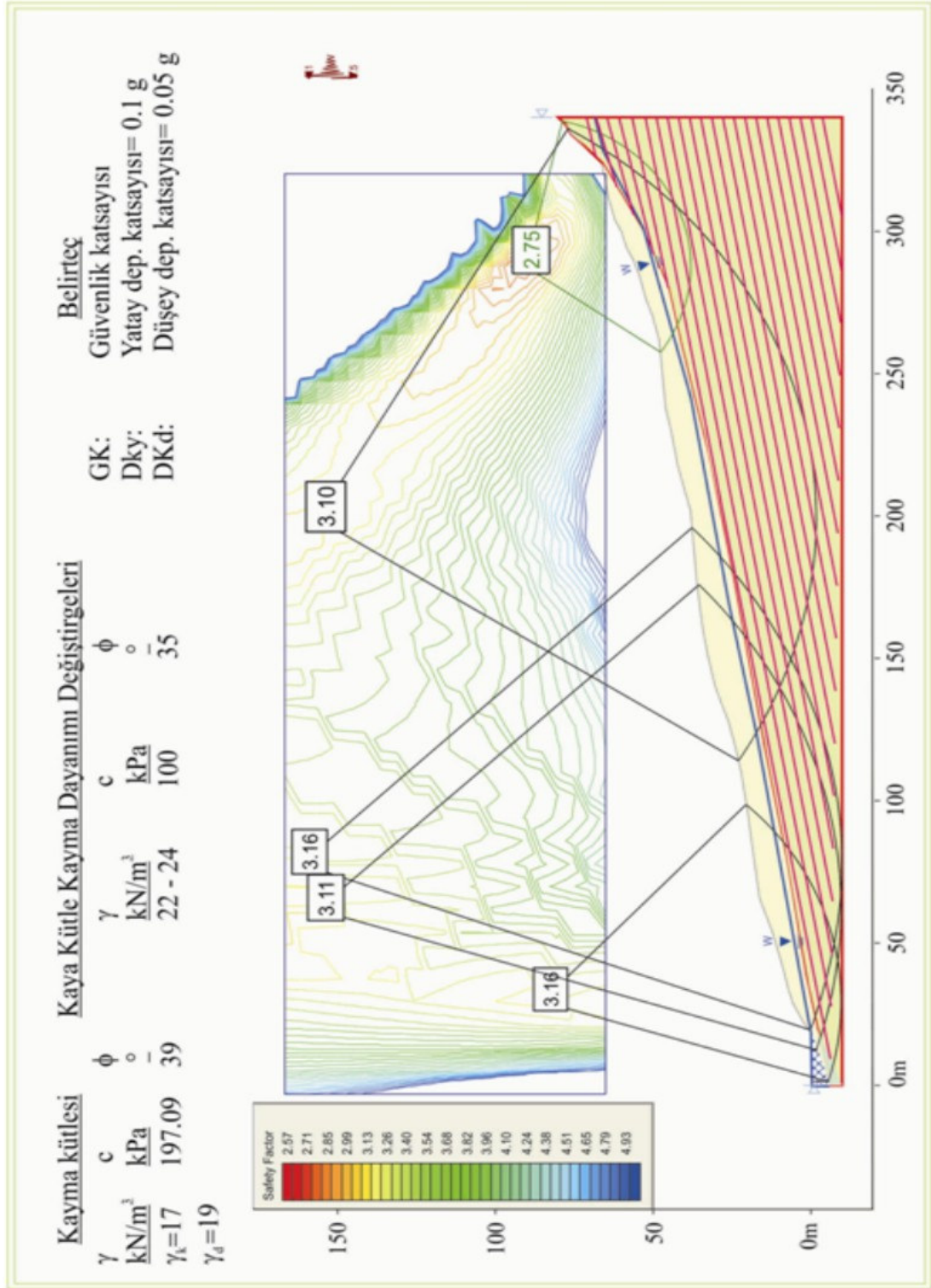
Şekil 5.9. KM 1+400 kaymasına ait laboratuvar araştırmaları sonucu ulaşılan en düşük kohezyon (c, kPa) değerine karşılık gelen kayma dayanımı değıştirgeleri kullanılarak elde edilen değışik geometrilerdeki sulu tekil kaymaların güvenlik katsayıları.



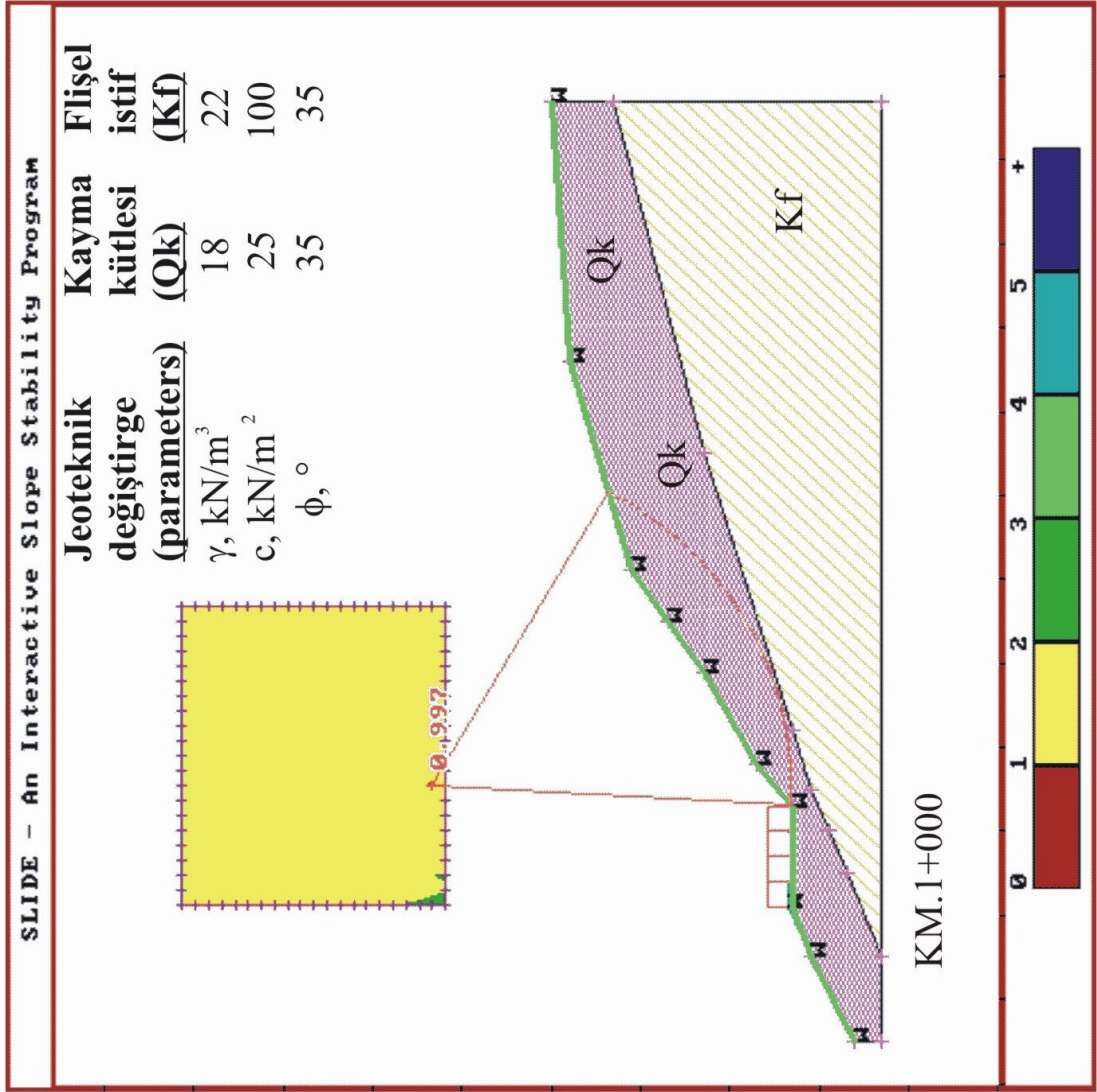
Şekil 5.10. KM 1+400 kaymasına ait laboratuvar araştırmaları sonucu ulaşılan en düşük kohezyon (c , kPa) değerine karşılık gelen kayma dayanımı değiştirgeleri kullanılarak elde edilen değişik geometrilerdeki susuz tekil kaymaların güvenlik katsayıları.



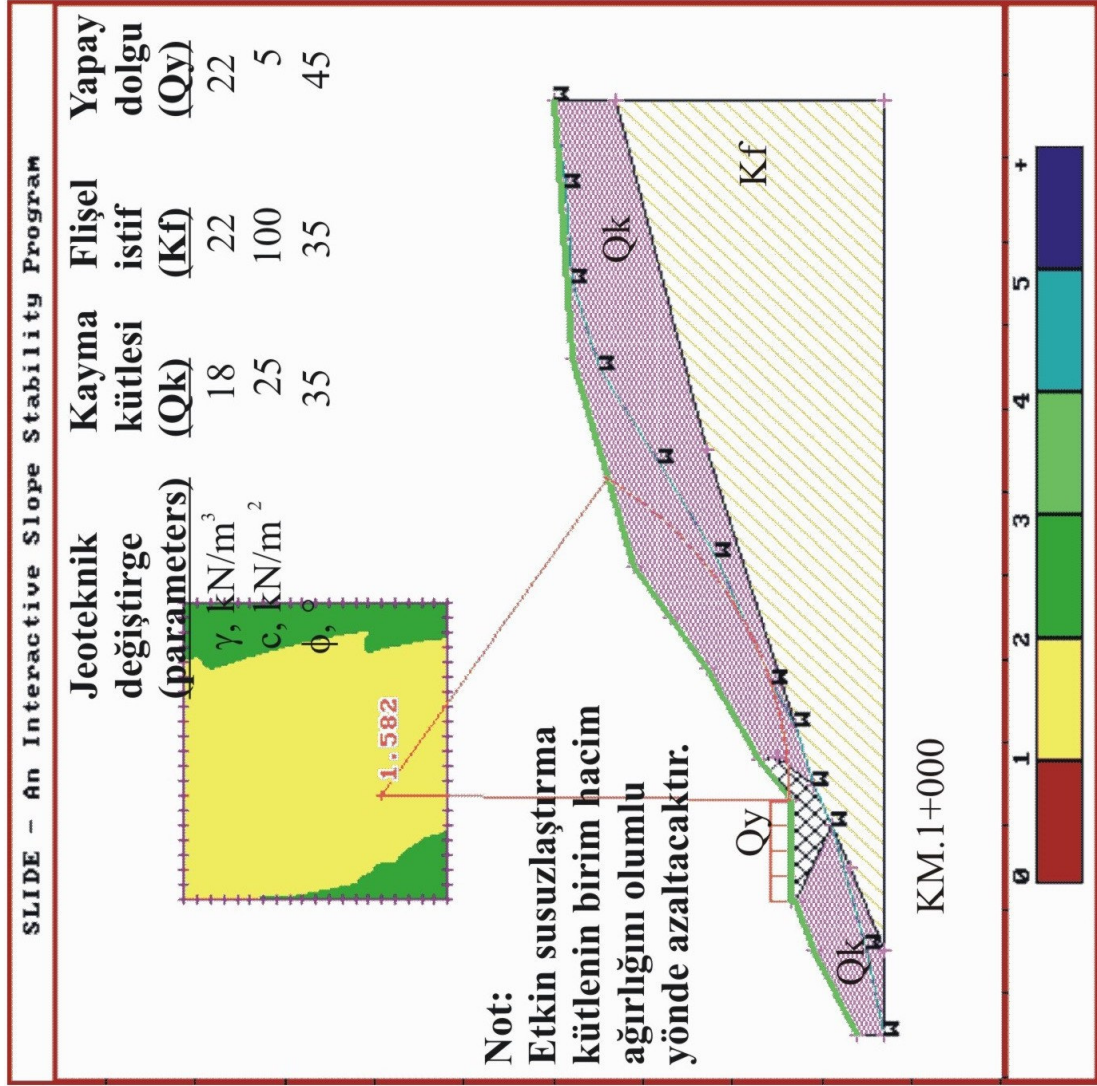
Şekil 5.11. KM 1+400 kaymasına ait laboratuvar araştırmaları sonucu ulaşılan en düşük sürtünme açısı (ϕ , $^\circ$) değerine karşılık gelen kayma dayanımı değiştirgeleri kullanılarak elde edilen değişik geometrilerdeki sulu tekil kaymaların güvenlik katsayıları.



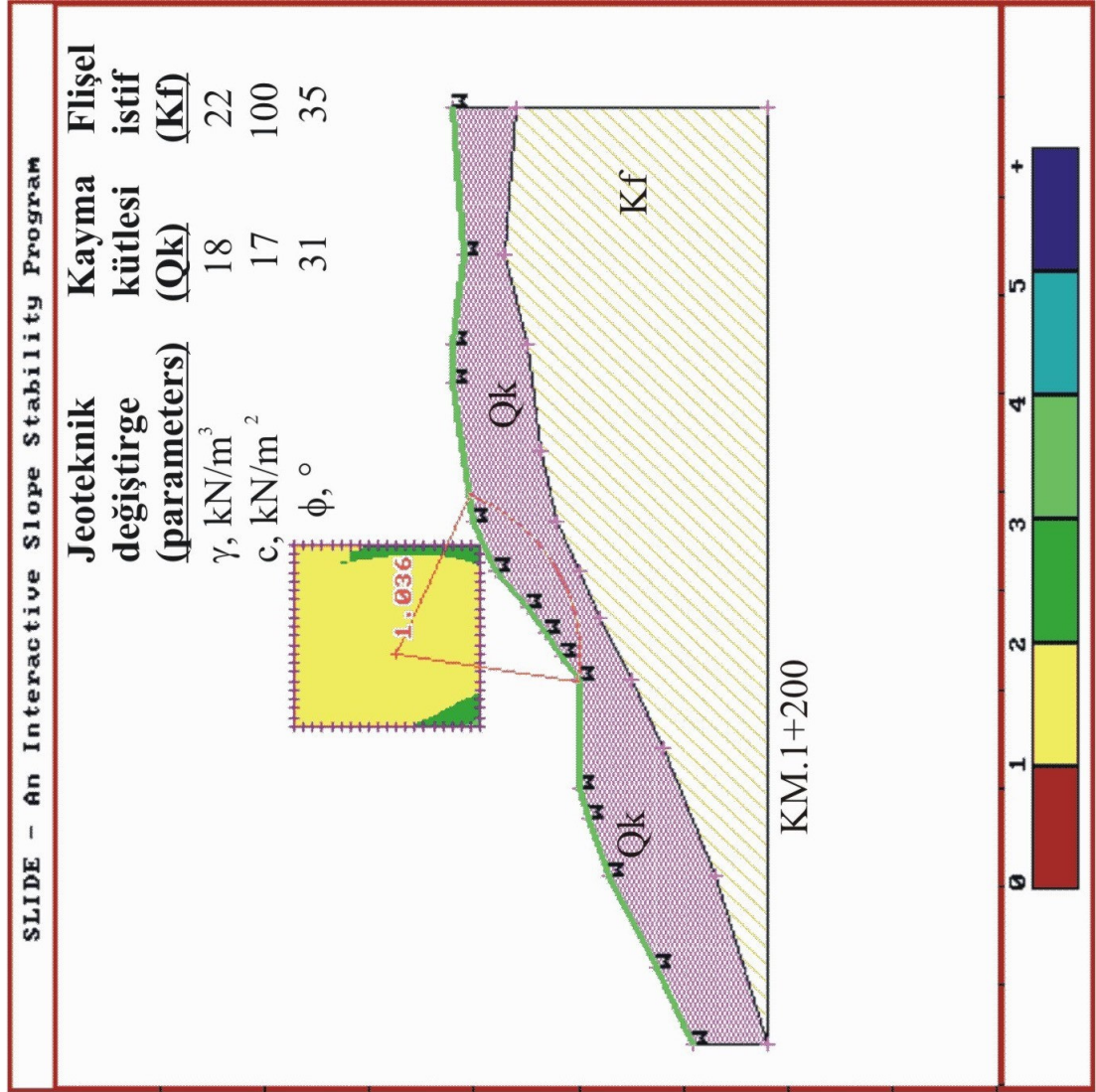
Şekil 5.12 KM 1+400 kaymasına ait laboratuvar araştırmaları sonucu ulaşılan en düşük sürtünme açısı (ϕ , $^{\circ}$) değerine karşılık gelen kayma dayanımı değiştirgeleri kullanarak elde edilen değişik geometrilerdeki susuz tekil kaymaların güvenlik katsayıları.



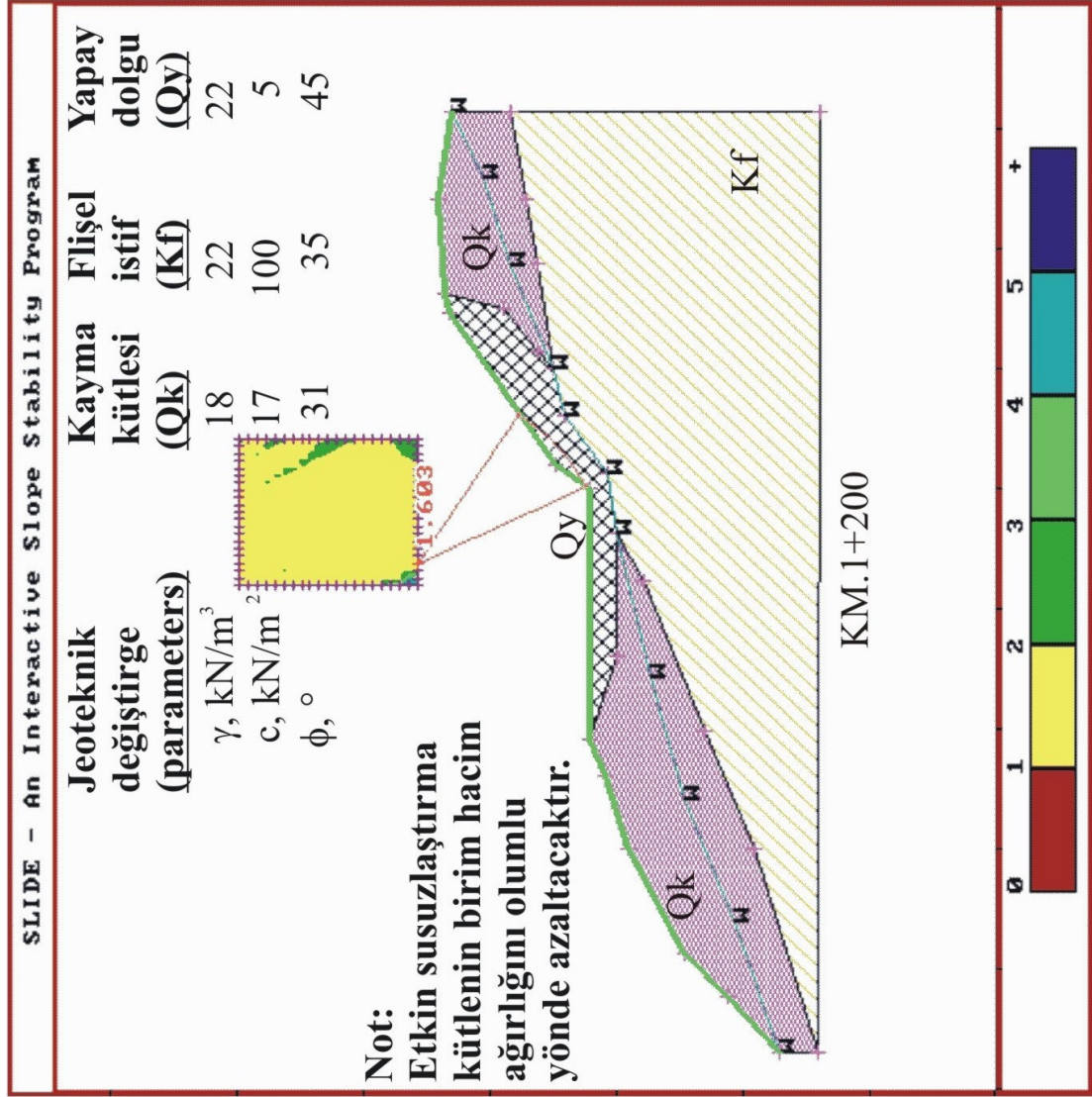
şekil 5.13 KM 1+000 Kayması için gerçekleştirilen geri inceleme sonuçları.



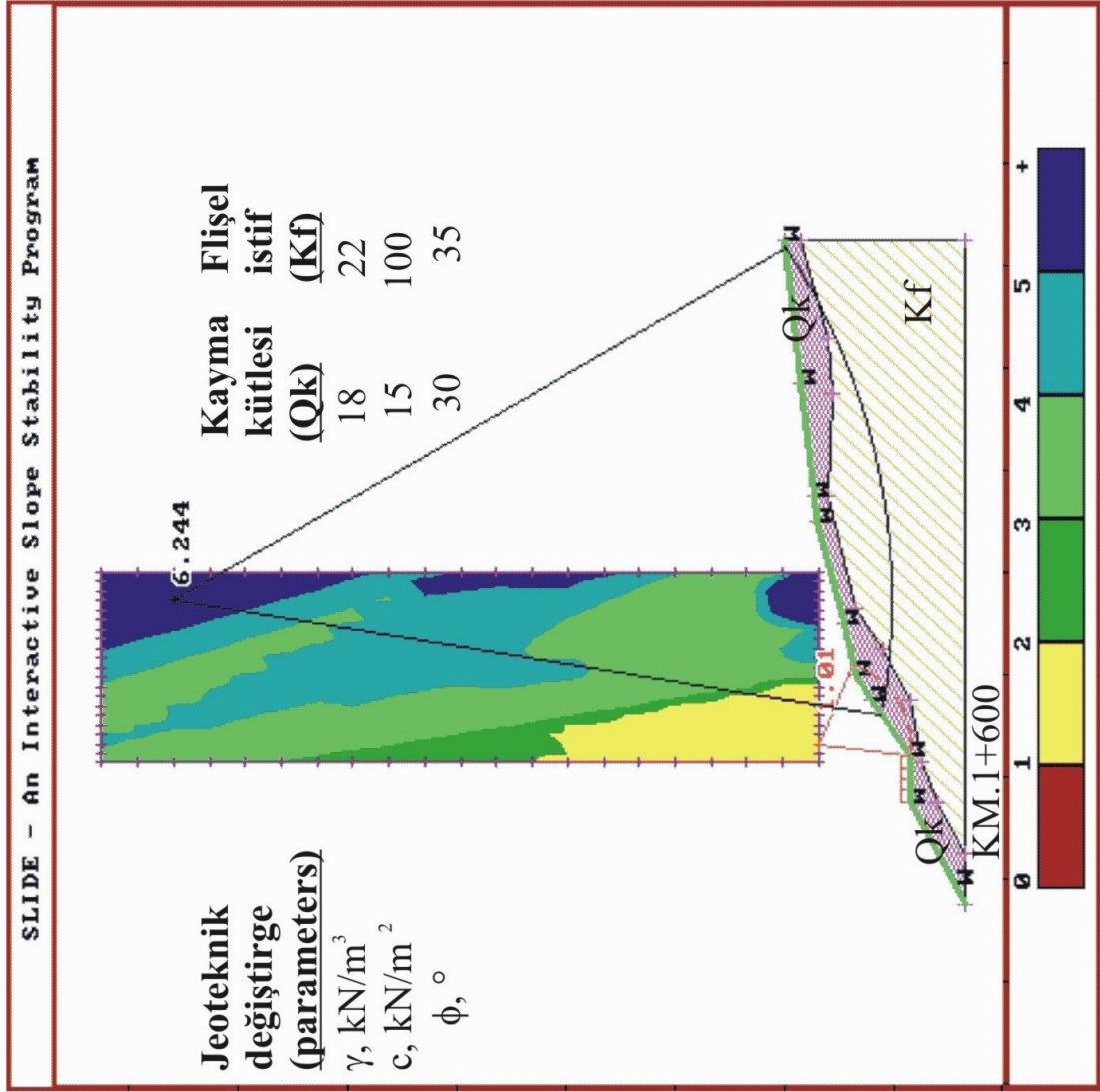
Şekil 5.14. KM 1+000 Kayması için gerçekleştirilen jeoteknik tasarım sonuçları ve ilgili veriler.



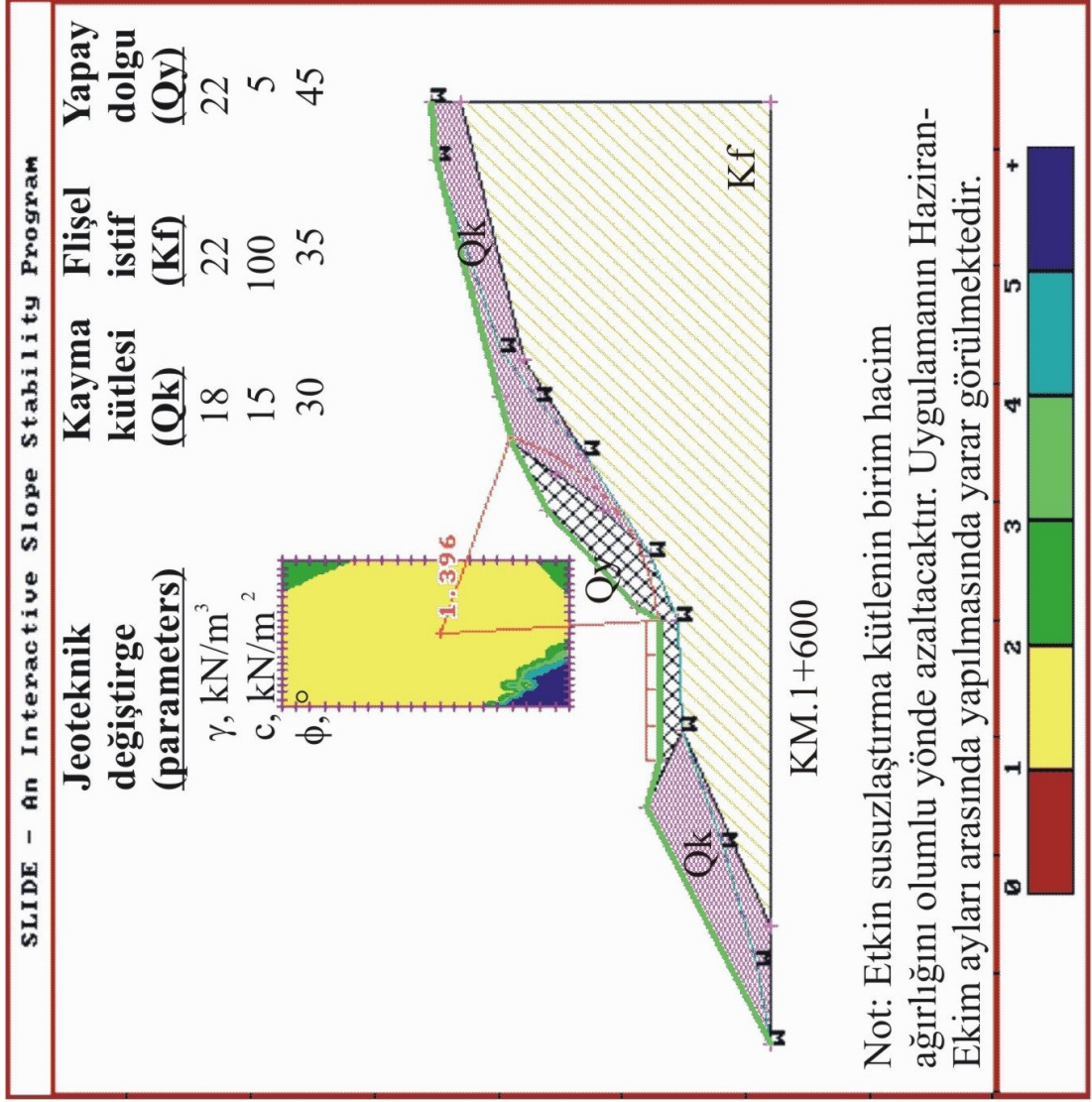
Şekil 5.15 KM 1+200 Kayması için gerçekleştirilen geri inceleme sonuçları.



Şekil 5.16 KM 1+200 kayması için gerçekleştirilen jeoteknik tasarım sonuçları ve ilgili veriler.



şekil 5.17 KM 1+600 Kayması için geręekleřtirilen geri inceleme sonuçları.



Şekil 5.18 KM 1+600 Kayması için gerçekleştirilen jeoteknik tasarım sonuçları ve ilgili veriler.

BÖLÜM ALTI

KAYMA SAHALARININ MODELLEMESİ

6.1. Giriş

Çalışma alanı içerisinde yer alan kayma sahaları 7 ayrı ana gurup altında değerlendirmeye sokulmuştur. Bölgenin özellikle Türkiye genelinden daha fazla yağış almasından dolayı oldukça sık ve büyük ölçekli kaymalar meydana gelmektedir. Inebolu – Çatalzeytin arasında yapılan devlet yolu geçkisinde (güzergahında) yapılan çalışmalar sonucunda 7 adet büyük kayma saptanmıştır. Bu kaymalar; Çizelge 6.1’de belirtilmiştir. Yol boyunca yolun değişik kısımlarında yol tahribatına ve yolun duraylılığını sağlamak amacıyla kaya dolgu malzemesinin kullanıldığı görülmektedir (Şekil 6.1).

Çizelge 6.1 Kaymaların kilometreleri.

SIRA NO	KAYMA NO	KİLOMETRESİ, KM
1	K1400	0+800 – 2+400
2	K10000	9+840 – 10 +260
3	K14000	13+700 – 15+000
4	K16000	15+300 – 16+450
5	K17000	16+450 – 18+080
6	K26000	25+240 – 26+250
7	K38000	37+800 – 38+440

Kayma sahalarının için çalışma metodu aşağıdaki şekilde belirlenmiştir.

6.2. Model Çalışması (1/25 000)

“İyi tanımlanmış karmaşık bir sorunun yalın çözümü, iyi tanımlanmamış basit bir sorunun karmaşık ve ileri çözümünden daha güvenilirdir.” Bundan dolayı öncelikle



Şekil 6.1 Yolda oluşan tahribatlar ve bu kaymaları önlemek amacıyla Karayollarının kullandığı kaya blokları.

Çalışma alanındaki kayma sorununun ana etkenleri belirlenmeye çalışılmıştır. Bu bağlamda öncelikle;

- jeoloji (4-B: x-y-z-t),
- hidrojeoloji (4-B: x-y-z-t) ve
- mühendislik jeolojisi (4-B: x-y-z-t)

modelleri oluşturulmuştur.

6.2.1. Jeolojik Model

Jeolojik model 4 boyutlu (x-y-z-t) olup jeolojik birimlerin x-y-z boyutta dağılımını (Şekil 2.6) dikme kesitte verilmiştir. Ayrıntılı arazi dağılımı EK 1. verilmektedir.

İstifsel ilişki (stratigrafi): Bölgenin genel jeolojisi, kaymanın tarihçesi ve oluşum mekanizmasını anlamak açısından önem taşımaktadır. Jeolojinin mühendislik değiştiregelerini belirlediği ve çözüm önerilerine de doğrudan kaynak olduğu gerekçesiyle bölgenin jeolojik modeli ayrıntılarıyla ele alınmıştır.

Çalışma alanını kapsayan jeolojik birimlerin istifsel ilişkileri (Şekil 2.6) 'de gösterilmiştir. Bu sahalarda gerçekleştirilen sondaj, araştırma çukuru, laboratuvar sonuçları ve jeofiziksel araştırmalar sırasıyla daha önceki sunumlarda verilmiştir. Bu kesimlerde gözlenen birimler yaşlıdan gence aşağıda verilmiştir.

Kretase yaşlı tortul kayaçlar (Kf),

Güncel çökel (Qg) ve

Killi kayma kütlesi (Qk)

çalışma alanında gözlenen birimlerin başında yer almaktadır.

Qk : Killi - milli güncel örtüdür. Kayma kütleleri Qk olarak haritalanmıştır. Yumuşak az katı özellik taşır. Yer yer blok, çakıl ve kum da içermektedir.

Qg : Killi - bloklü güncel örtüdür. Güncel örtülerin ayırtlanamadığı kesimler Qk olarak haritalanmıştır. Genellikle yumuşak az katı özellik taşır.

Kf : Batı Karadeniz bölgesinin yaygın birimlerindedir. İnceleme alanında geniş yayılım gösteren bu tortul birim kumtaşı - miltaşı – konglomera - kalkerli çamurtaşı – killi kireçtaşı ardalanmasından oluşur. Zayıftan orta dayanımlıya doğru bir ardalanma sunmaktadır.

6.2.2 Hidrojeoloji Modeli

Kayma sahalarında ve çevrelerinde gözlenen birimlerin hidrolik geçirimsizlikleri (K, m/s) yaşlıdan gence sırasıyla;

Kretase yaşlı tortullar (Kf) için $10^{-5} - 10^{-7}$,

Akarsu çökelleri (Qa) için $10^{-3} - 10^{-4}$, çel çökeller (Qg) için $10^{-5} - 10^{-6}$ ve

Güncel çökeller (Qg) için $10^{-5} - 10^{-6}$ ve

Kayma kütleleri (Qk) için $10^{-5} - 10^{-8}$ 'dır (Canik, 1998).

Yapılan sondajlı araştırmada yeraltısuyu tablasına olan derinliğin 5 m 'den daha fazla olduğu gözlenmiştir. Ancak, özellikle yağışlı dönemlerde killi örtünün tamamı doygun duruma geçebilmektedir. Dolayısıyla duraysız kütlelerin ağırlığı %50 dolaylarında artmaktadır.

6.2.3. Mühendislik jeolojisi modeli

Kf (Filişel istif) tortul biriminin yamaçdışı eğim içeren kesimleri ile ezik kuşakların geniş olduğu kesimler kaymaların oluşmasına olanak sağlamıştır. Özellikle;

- tektonik dokunaklar,

- litolojik dokunaklar,
- yapısal dokunaklar ve
- litolojik durum

ana neden olarak gösterilebilir.

6.3. Araştırma programı

Jeoloji-hidrojeoloji-mühendislik jeolojisi ön çalışma modellerine dayanarak saha ve laboratuvar araştırmaları programlanmış ve gerçekleştirilmiştir. Jeoteknik modelin oluşturulmasına geçiş için temel olan bu araştırmaların ayrıntısı aşağıda verilmiştir.

6.3.1. Saha çalışmaları

Yukarıda değinilen şekil ve haritalarda da vurgulanmaya çalışıldığı gibi, kaymaların tamamına yakını öncelikle düzlemsel başlamıştır. Daha sonra dönel olarak ilerleyip çoklu kayma (multi-slip surfaces) yüzeylerini oluşturmuşlardır.

Jeofizik araştırma verileri: Kayma sahalarında gerçekleştirilen jeofizik tutanaklar, ve değerlendirmeler ise daha önceki sunumda verilmiştir. Jeoelektrik yöntemiyle elde edilen veriler doğrultusunda kaymaların sınırları ve kayma kütlelerinin kalınlıklarının tespitinde kullanılmıştır

6.3.2. Laboratuvar çalışmaları

Tüm kayma sahaalrı ve yakın çevresinde gerçekleştirilen araştırma çukuru ve sondajlı araştırma örnekleri üzerinde gerçekleştirilen laboratuvar sonuçları sırasıyla tablo 4.1' de verilmiştir.

Çizelge 6.2'de olarak Dokuz Eylül Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümünde KM1400 kaymasından alınan numuneler üzerinde yapılan direk kesme deneyleri sonucunda elde edilen c (Kohezyon) ve ϕ (İçsel Sürtünme açısı) değerleri, geri analizden elde edilen c (Kohezyon) ve ϕ (İçsel Sürtünme açısı) değerlerden yüksek

çıkıştır. Bunun temel nedeni numunenin Ağustos ayında (yeraltı su seviyesinin en düşük olduğu dönem) alınması, numunenin su içeriğini kaybetmesi, numunenin içerisinde kalışın (kalsit yumrularının bulunması) bulunmasından dolayı ve numune alımı sırasında numude oluşan örselenmelerden dolayı direk kesme değerleri yüksek çıkmıştır (ϕ değeri 38 – 56 arasında değişmektedir). Kaymalar; yeraltı suyunun yükselmesi, kalışın yeraltısuyla birlikte erimesi ve kaymalara neden olan 1-2 cm'lik kil tabakasının bulunması ve bu tabakanın numune alımında gerçekleştirilememesi temel nedenidir (Şekil 6.2).

6.4. Jeoteknik Değerlendirme

Yukardaki bölümlerde anlatılan jeolojik, hidrojeolojik ve mühendislik jeoloji araştırmaları sonucunda kayma sahalarının temel nedeni olarak su – süreksizlik kil üçlüsünün etkin parametre olduğu saptanmıştır.

Arazide kayma alanlarının en önemli göstergesi yol üzerinde yaptığı tahribatlı alanlar olarak belirlenmiştir. Bu kayma alanlarında yapılmış olan ev, istinat duvarları ve diğer yapılar analiz edilerek kayma alanları belirlenmeye çalışılmıştır (Şekil 6.3). Yapı bulunmayan alanlarda ise bitki ve ağaçların eğilmesinden kayma sahaları çıkarılmaya çalışılmıştır (Şekil 6.4).

Jeoteknik model içerisinde jeoteknik değiştirgelerin sorunlu olduğu kesimlerde çok sayıda duraylılık incelemeleri yapılarak gerçek saha değerine ulaşılmaya özen gösterilmiştir. Saha değerlerine ulaşmak için aşağıdaki aşamalar izlenmiştir.

6.4.1. Geri analiz kullanımı

Yenilme zamanındaki koşullar için emniyet katsayısını 1,0 olarak veren kesme dayanımının değerini bulmada geriye analizden yararlanılabilir. Geriye analiz yoluyla belirlenen kesme dayanımı, şevin iyileştirme sonrası emniyet katsayısını değerlendirmede oldukça güvenilir bir temel sağlar (Bell, 1980). Geriye analiz sadece şev yenilmesi ile tutarlı kesme dayanımlarını vermekle kalmayıp, aynı zamanda yenilme ile tutarlı tam bir analitik modelde (zemin stratigrafisi, sızma

koşulları vb.) sağlar. **Yenilmeden elde edilen deneyime dayalı böyle bir model, laboratuvar deneylerine ve yeraltı suyunun idealleştirilmiş tahminlerine dayalı analitik modelden daha güvenilirdir.** Zemin dayanımları ve diğer koşullar geriye analiz yoluyla değerlendirildiği zaman, stabilize edilmiş şev için geleneksel emniyet katsayısından düşük değerler kullanma yoluna gidilir.



Şekil 6.2 Kayma alanlarında gözlenen kil.



Şekil 6.3 Kayma alanlarında gözlenen su.



Şekil 6.4 Kayma alanları içinde yapılmış ev ve istinad duvarları.



Şekil 6.5 Kayma sahalarındaki eğilmiş ağaçlar.

6.4.2 Geriye Analiz Yönteminde Kullanılacak Parametreler

Bir şev kayma şeklinde yenildiği zaman, yenilme zamanında şevdeki koşullarla ilgili olarak faydalı bilgiler sağlar ve ayrıca duraylılık analiz yöntemlerinin geçerliliğini kontrol etme fırsatı verir. Şev yenilmiş olduğundan, yenilme zamanındaki emniyet katsayısı 1,0 olarak değerlendirilir. Bu bilgiyi uygun bir analiz yöntemi ile birlikte kullanmak suretiyle, şevin yenildiği zaman için bir model geliştirmek mümkündür. Model içinde yer alan unsurlar; zeminin birim ağırlıkları ve

kesme dayanımı özellikleri, yeraltısuyu ve boşluk suyu basınç koşulları, analiz yöntemi ve yenilme mekanizmasıdır. Böyle bir model yenilmeyi daha iyi anlamaya yardımcı olabilir ve alınması gerekli önlemlerin analizi için bir temel oluşturabilir. Bir yenilme durumundan koşulları belirleme ve şev için uygun bir modelin ortaya konması işlemine geriye analiz veya geriye hesaplama denilmektedir.

6.4.3. Ortalama Kesme Dayanımının Geriye Hesaplanmasında Dikkat Edilecek Hususlar

Geriye analizin en basit şekli, bilinen şev geometrisi ve zemin birim ağırlıklarından ortalama kesme dayanımının hesaplandığı durumdur. Bu işlem, içsel sürtünme açısını sıfır kabul ederek, emniyet katsayısını 1 olarak veren bir kohezyon değeri hesaplanmak suretiyle gerçekleştirilir. Ancak, kohezyon olarak ifade edilen ortalama kesme dayanımının hesaplandığı bu uygulama şekli, kesme dayanımının hatalı temsil edilmesine ve istenmeyen sonuçlara yol açar.

- Geriye analiz işlemiyle sadece bir kesme dayanımı değiştiricileri (c , c' veya ϕ , ϕ') bulunabilir.
- Şev yenilmesi uzun dönem koşulları altında gerçekleştiği zaman, kohezyon (c') olarak ifade edilen ortalama kesme dayanımının ($\phi'=0$) geriye hesaplaması yanıltıcı sonuçlar vermektedir.

Herhangi bir şev analizinin sonuçları da dahil olmak üzere, bir şevin duraylılığı aşağıda verilenlere benzer çok sayıda değişkene bağlıdır:

- Zeminin birim ağırlığı
- Yükleme koşulları (yani, yüklemenin drenajlı veya drenajsız olması)
- Zeminin anizotrop olup olmaması veya Mohr yenilme zarfının doğrusal veya eğrisel olması da dahil olmak üzere kesme dayanımı değiştiricileri
- Drenajsız kesme dayanımında veya kesme dayanımı değiştiricilerinde yanal ve düşey değişkenlik
- Sızma koşulları ve boşluk suyu basınçları

- Hidrolik özelliklerde veya kesme dayanımı özelliklerinde büyük değişimlerin olduğu ince zemin katmanlarının varlığı da dahil olmak üzere yeraltı stratigrafisi
- Kayma yüzey şekli
- Kullanılan sınır denge yöntemlerindeki analizler de dahil olmak üzere, analiz yöntemi.

Yukarda sıralanan değişkenlerin her biri ile ilgili olarak bir miktar belirsizlik söz konusu olup, herhangi bir analizin sonunda bu belirsizlikler kendini gösteriri. Bir kesme dayanımı değiştirgesinin (c , c' , ϕ , ϕ') geriye analiz ile belirlenmesi söz konusu ise; bulunan değer, analizde kullanılan diğer tüm değişkenlerdeki belirsizliği yansıtır. Kesme dayanımı değiştirgesi belirsizliğin derecesi, duraylılık analizini etkileyen diğer tüm değişkenlerdeki belirsizlik derecesinden daha az olmayacaktır. Temel nokta geriye analiz gerçekte sadece kesme dayanımına uygulanma yerine yenilmeye uygulanabilir değişkenlerin tümünü belirlemeye yönelik bir geriye analiz olarak kullanılmalıdır.

6.4.4. Emniyet Katsayısı ve Güvenirlilik

Emniyet katsayısı şev duraylılığı hakkında nicel bilgiler verir. $F=1,0$ değeri şevin duraylılık ile duraysızlık sınırında bulunduğu işaret eder; şevi duraylı yapma eğilimindeki faktörler ile duraysız yapmaya çalışanlar arasında kesin bir denge söz konusudur. F 'in (Güvenlik katsayısı) 1.0 'en küçük olarak hesaplanan değeri, uygulanan koşullar altında şevin duraysız olduğuna ve 1.0 'den büyük değeri de duraylı olduğuna işaret eder.

Emniyet katsayısının mutlak doğrulukla hesaplanabilmesi durumunda $F=1,1$ hatta $F=1,01$ gibi bir değer kabul edilebilir. Ancak, emniyet katsayısını hesaplamada kullanılan nicelikler daima belirli bir miktar belirsizlik içerdiğinden, hesaplanan emniyet katsayıları hiçbir zaman mutlak doğru olamaz. Bir şevin duraylı olacağından emin olmak için büyük emniyet katsayılarına ihtiyaç duyulur. Emniyet katsayısını ne kadar büyük olması gerektiği; deneyim, F 'yi hesaplamada meydana gelen

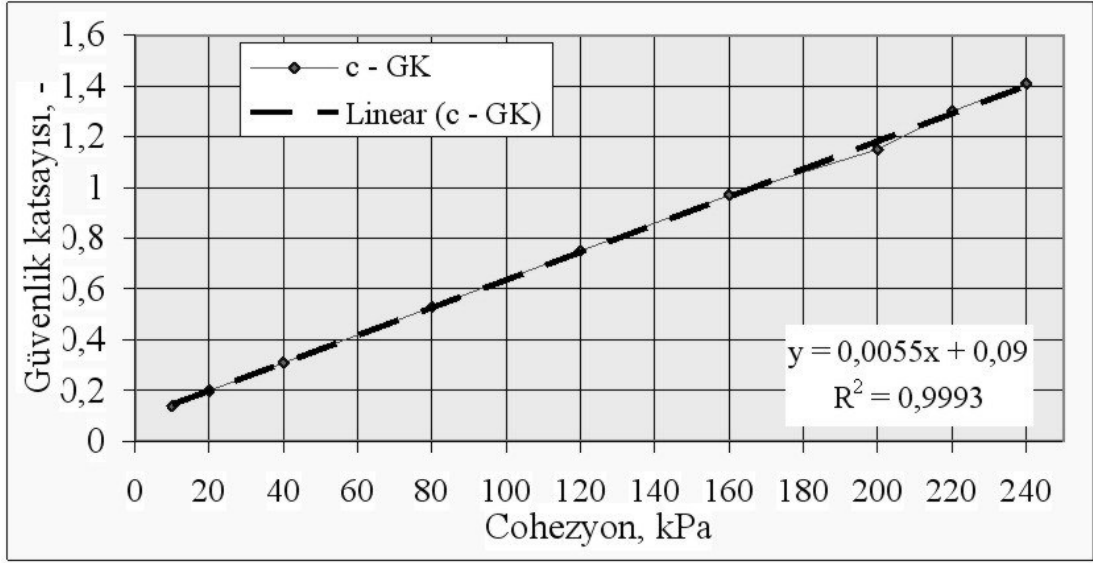
belirsizliğin derecesi ve şevin yenilmesi durumunda ortaya çıkacak sonuçlar tarafından belirlenir (Duncan ve Wright, 2005).

6.4.5. Geometrik Model Çalışması

Öncelikle harita alımı gerçekleştirilir. Çok sayıda enkesit ve boy kesit alınarak kaymanın geometrik modeli oluşturulur. Bu çalışmada kaymanın sınırları araştırma çukuru ve/veya gözlem çukuru açılarak kesinlikle ve öncelikle belirlenir. Sondajlı araştırma ve/veya jeofizik çalışmalarla da kayma kütesinin kalınlığı hakkında bilgi alınabilir. Ancak, kayma yüzeylerinin c' ve ϕ' değerleri hakkında bilgi almak olanaksızdır. Bunun için aşağıda ayrıntısı verilen geri incelemeler yapılır.

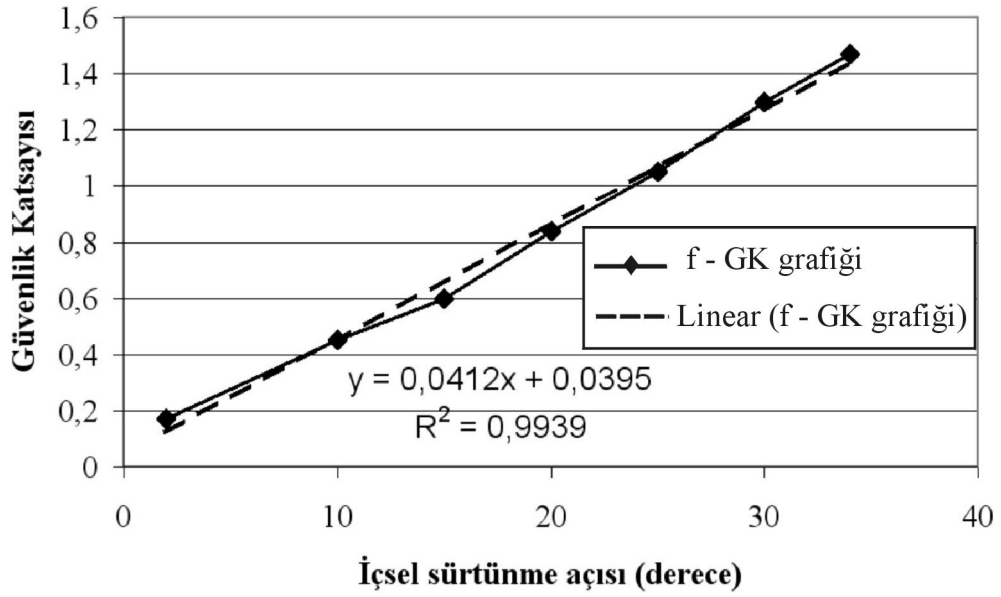
6.4.6. Geri İnceleme Çalışması

Birinci aşamada elde edilen geometrik modeller üzerinden en derin kayma olasılığı olan kesit veya kesitler seçilir. Geri incelemeler bu kesitler üzerinde yapılır. Bu tür killi tortul birimlerden türeyen kaymalarda " c " (kohezyon) değeri hiçbir zaman 10 kPa'ın altında olmaz. Benzer şekilde " ϕ " (sürtünme açısı) değeri de 2° 'nin altına düşmez. Bu sınır koşullar göz önünde tutularak; geri incelemeler paket programlar kullanılarak veya zaman kaybı olacağı bilinerek elle de yapılabilir. ϕ 'yi sabit tutup c 'yi arttırarak güvenlik katsayısı (GK) birin üzerine çıkıncaya dek (tercihen 0,6 – 1,4 arasında) geri incelemeler yapılır (Şekil 6.6).



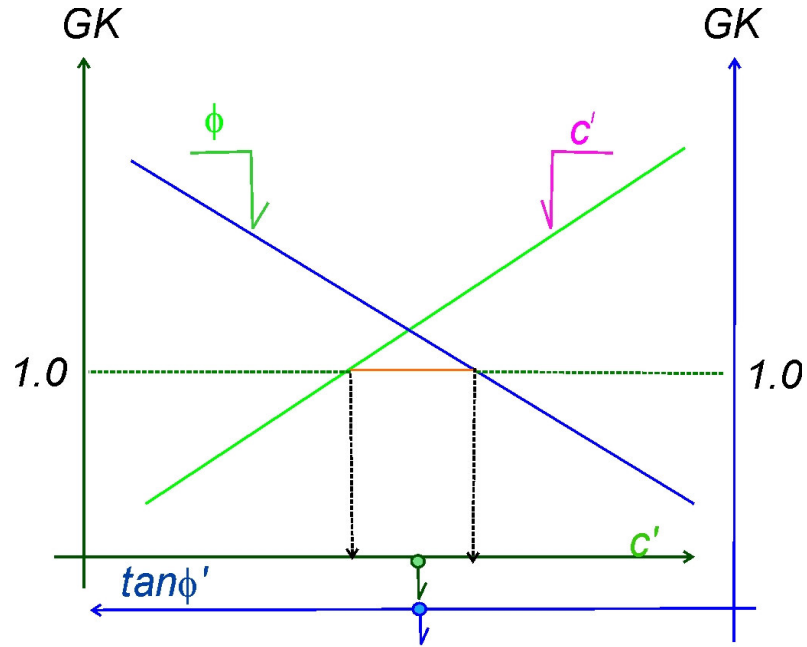
Şekil 6.6. Kohezyon – güvenlik katsayısı ilişkisi.

Daha sonra “c” yi sahip tutup “ ϕ ” arttırılarak güvenlik katsayısının 0,6 – 1,4 arasındaki değişim grafiği çizdirilir (Şekil 6.7).



Şekil 6.7. İçsel sürtünme açısı – güvenlik katsayısı ilişkisi.

Daha sonra bulunan c' ve ϕ' değerlerine karşılık bulunan güvenlik katsayısı değerlerinin c ve ϕ 'ye bağlı olarak çıkan grafikleri çakıştırılarak güvenlik katsayısı değerinin 1 olduğu çizgi taban olacak şekilde bir üçgen elde edilir (Şekil 6.8).



Şekil 6.8. Olası " ϕ " ve " c " değerlerinin anahtar eğriler yardımıyla bulunması.

Ortaya çıkan üçgenin ağırlık merkezine karşılık gelen c ve ϕ değerleri kayma yüzeyinin gerçek rakamlarına en yakın değerlerdir. Bu çalışmada kullanılan model, gerçek saha koşullarının yalınlaştırılmış kesitleri üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bulunan bu değerler enkesitteki birleşik kaymalı iki ayrı kütle için gerçekleştirilen geri incelemelerde birbirine yakın güvenlik katsayıları sunması gerekir.

6.4.7. Geri inceleme analiz modeli

Yerinde ve laboratuvar deney sonuçları kayma yüzeylerine ait değiştirgelerin belirlenmesinde arazi yapılan çalışmalarda uygun örnek alımının gerçekteşmemesi ve çoğu kez arazide meydana gelen kayma değerlerinden çok farklı çıkmasından dolayı, geri-inceleme sonuçları daha güvenilir olmaktadır.

Kayma sahaları üzerinde değişik yönlerden kesitler alıp SLIDE programı ile değerlendirilerek çok sayıda sayısal incelemeler yapılmıştır. Kayma kütlelerinin c' (kPa) ve ϕ' ($^{\circ}$) değerleri birer bilinmeyendir.

Deneylemlerden elde edilen doğal birim hacim ağırlığı (ϕ' , kPa) bilinendir.

Yakın çevrede; geometrisi, ϕ' ve su durumu kesin bilinen ve aynı birim içerisinde gelişmiş kaymaların geri-incelemelerinden elde edilen c' ve ϕ' değerleri benzerlik sunmaktadır.

Kayma kütleleri içerisinde değişik geometrili olmalarına karşın yaklaşık aynı güvenlik katsayısı (0.999 dolaylarında) koşulları geçerli kabul edilmiştir. Ana kayma kütleleri içerisinde değişik geometrili kayma kütleleri aynı model içerisinde yerleştirilir.

Geri incelemeler aynı model üzerinde yapılır.

Her alt model için benzer GK (güvenlik katsayısı) elde edilinceye kadar c' ve ϕ' değerlerinde değişiklikler yapılır.

Bu işlemde c' ve ϕ' değerlerinden birisi sabit tutulurken diğeri değiştirilir.

Kayma sahaları için yukarıda sunulan yaklaşımın ışığında aşağıda genel çizgileri verilen işlemler gerçekleştirilmiştir.

- ϕ'_s (suya doymun birim ağırlık, kN/m³) 20
- “ ϕ' ” değeri, 5-37 kabul edilip GK ‘ya karşı “ c' ” değerinin değişimi çizdirildi,
- Daha sonra “ c' ” değeri 7-45 kabul edilip GK ‘ya karşı “ ϕ' ” değerinin değişimi çizdirildi,
- Her iki grafiğin “GK=1” noktasında ve depremsiz koşulda “ c' ” ve “ ϕ' ” değerleri, birimin alabileceği en yüksek değerler olarak belirlendi,

- Bu değerler, aşağıya doğru değiştirilerek hangisinin daha etkin olduğu belirlendi,
- Ana modeller üzerindeki alt modellerde “GK=1” için odaklaşma sağlanıncaya kadar geri inceleme sürdürüldü ve
- Sonuç olarak: Geri incelemeler sonunda her kaymanın en hassas kesiti belirlenmiştir. Her şekil (a) doğal durumunda geri inceleme sonucunda jeoteknik parametreler (c' ve ϕ') elde edilmiştir.

teknik model üç boyutlu olup jeoteknik değişirgelerin (parameters) 3 boyutta dağılımını sunar. Sırasıyla hazırlanan jeoloji – hidrojeoloji – mühendislik jeolojisi modellerine dayalı olarak hazırlanan modellerin sonuçları üzerine oturur. Buna jeofizik (düşey elektrik sondajı) saha çalışmaları da katkıda bulunmaktadır.

6.5. Jeoteknik tasarım

Şevlerin iyileştirmede kullanılan yöntemler arasında en sık başvurulan yöntemdir. Şev yenilmeleri çoğu zaman yeraltısuyunun yükselimi ve boşluk basınçlarının çabuk değişimleri neticesinde meydana gelmektedir. Bu nedenle, yeraltısı seviyesinin alçaltılması ve boşluk suyu basınçlarının düşürülmesi şevleri iyileştirmede kullanılan en yaygın yöntemdir. Ayrıca, drenajla iyileştirme diğer stabilizasyon yöntemlerine göre daha ucuz olmakta, büyük hacimlerdeki zemin kütleleri çoğu zaman nispeten düşük maliyet ile stabilize edilmektedir (Hoek ve Bray, 1981).

Drenaj şev duraylılığına (stabilizasyonuna) iki şekilde katkıda bulunur: 1) Zemindeki boşluk suyu basıncını azaltmak suretiyle efektif gerilmeyi ve kesme dayanımını artırır ve 2) çatlaklardaki su basıncından ileri gelen kaydırıcı kuvvetleri azaltmak suretiyle denge için gerekli kesme gerilmesini azaltır (Duncan ve Wright , 2005).

Saha çalışmaları ışığında ve sondaj ile jeofizik araştırmaları verileri doğrultusunda ulaşılan sonuç;

- ❖ kayma kütlelerinin susuzlaştırılması,
- ❖ yüzey akaçlama sistemlerinin kurulması,
- ❖ yüzey altı akaçlama sistemlerinin kurulması,
- ❖ geri-dolgulara yer verilmesi ve
- ❖ dolguların kaya ile yapılması,

jeoteknik tasarımın temelini oluşturmaktadır. Etkin bir susuzlaştırılmanın yapılması sonucunda en azından ilk 4 m 'lik üst kısımda bir hava doymun örtü oluşturulacaktır.

Böylece kayma dayanımı artırılırken boşluk suyuna bağlı ve %30 'lara varan kayma kütlelerini iten yük artışı ortadan kalkmış olacaktır.

Çalışma alanında, duraysız görülen çok sayıda kesit üzerinde geri-incelemeler yapılarak gerekli ve yeterli çözümlerin ana dayanakları belirlenmeye çalışılmıştır. Yukarıda da değinildiği gibi kaymaların ana nedeni olan su-süreksizlik-kil (SSK) üçlüsünün "su" bileşeni en belirleyici etkidir. Kaymaların Aralık-Nisan ayları içerisinde yoğunlaşmasının da temel nedeni "su" dur. "Ru" değeri, tüm geri-incelemelerde 0.6-0.8 arasında tutulmuştur. Birimlerin litolojik özelliği, bu bağlamda sürekli göz önünde tutulmuştur.

6.5.1 Hendeklerle Susuzlaştırma ve İlgili Sistemlerin Tasarımı

Kayma kütleleri üzerinde ve içerisindeki suların, daha aşağıya süzülmeden akaçlanması ve kayma kütlelerinin özellikle üst bölümünün (upper mantle of the slide mass) hava doymun veya en azından yarı doymun tutulması için;

- ♣ kuşaklama,
- ♣ Kenar akaçlama
- ♣ direnç ve

♣ akaçlama (kılçık)

hendekleri büyük önem taşımaktadır. Hendeklerde kullanılacak doğal gercin tane boyu dağılımı Çizelge 6.2’de verilmiştir.

Özellikle, (a) Kf ’den türeyen kayma kütesinin geçirimsizliğinin az olması, (b) hendeklerin eğiminin yüksek olması, (c) her hendeğin tabanında akaçlama borularının (drainflex) varlığı ve (d) menfez aralıklarının kısa tutulması; taş ocaklarından elde edilecek gercin susuzlaştırmaya fazlasıyla yeteceğini göstermektedir. Yaygın olarak kullanılmakta olan ince ve iri taneli serbest akaçlama doğal gercin sınıflandırması (Çizelge 6.2) verilmiştir.

6.5.1.1. Kuşaklama Hendekleri

Kuşaklama hendekleri, direnç ve kılçık hendekleriyle hidrolik ilişkisi bulunan ve yolun kayma üzerinden geçen bölümlerini kucaklayan bir sistemdir. Kayma kütesi içerisinde ve yer, yer ana kaya içerisinde yaklaşık 4 m derinlikte açılacak. Dolayısıyla kayma kütesi ve yer, yer de ana kaya içerisindeki su süzülerek kayma alanı kenarına veya dışına akaçlanacaktır. Yer ve yer, **yüzey akaçlama** sistemiyle birlikte aynı yerde oluşturulacaktır. Kum-çakıl ve/veya kaya dolgulu olup tabanında akaçlama borusu (drainflex) içermektedir. Kaya dolgu yapılması durumunda, borunun zarar görmemesi için borunun 0.15 m üzerine kadar kum-çakıl katmanı oluşturulacaktır.

Çizelge 6.2 Yaygın olarak kullanılan susuzlaştırma doğal gereçleri sınıfları.

TANE BOYUTUNA GÖRE YAPI DOĞAL GEREÇ SINIFLARI											
Gereç no	mm	75	63.5	50	37.5	25	19	12.5	9.5	4.75	Düşünceler
	İnç	3	2.5	2	1.5	1	0.75	0.5	3/8	0.187	
	Elek no									4	
1						100	90-100	40-70	<15		
2		-	-	-	-	100	90-100	-	20-55	<10	
3		-	-	-	100	90-100	-	25-60	-	<10	
4		-	-	100	95-100	-	35-70	-	10-30	<5	
5		-	100	95-100	-	35-70	-	10-30	-	<5	
6		100	95-100	-	35-70	-	10-30	-	-	<5	
İnce Taneli Serbest Akaçlama Doğal Gereci											
mm						9.5	4.75	1.19	0.297	0.149	Düşünceler
inç						3/8	0.187	0.047	0.012	0.006	
Elek no							4	16	50	100	
						100	95-100	45-80	10-30	2-10	Ağırlıkça geçen, %
İri Taneli Serbest Akaçlama Doğal Gereci											
mm					25.4	19	9.5	4.75	2.38	2	Düşünceler
inç					1	3/4	3/8	0.187	0.093	0.078	
Elek no								4	8	10	
					100	100	100	95-100	45-80	10-30	Ağırlıkça geçen, %

6.5.1.2. Direnç Hendekleri

Kaya dolgulu olup kayma yönüne paralel yerleştirilmiştir. Kayma kütesinin yamaç aşağı devinimine karşı direnç sunma özelliği de taşımaktadır. Kesit üzerinde de görülebileceği gibi bunlar içleri kaya dolgu gereci ile doldurulmuş özel amaçlı akaçlama ve kayma dayanımını artırıcı hendeklerdir. Kayma kütesi içerisindeki suyu almanın ötesinde kütle içindeki hareketlere karşı da direnç oluşturması amaçlanmıştır. Kaya dolgulu olup tabanında akaçlama borusu (drainflex) içermektedir. Ayrıca, borunun zarar görmemesi için borunun 0.15 m üstüne kadar kum-çakıl katmanı oluşturulacaktır.

6.5.1.3. Akaçlama (kılçık) Hendekleri

Kuşaklama hendeklerinin yamaç aşağısında yer alır. Kayma kütesinin etkili biçimde susuzlaştırılması için direnç hendeklerine kavuşan ikincil hendeklerdir. Yapılması, kuşaklama hendeklerinde olduğu gibidir.

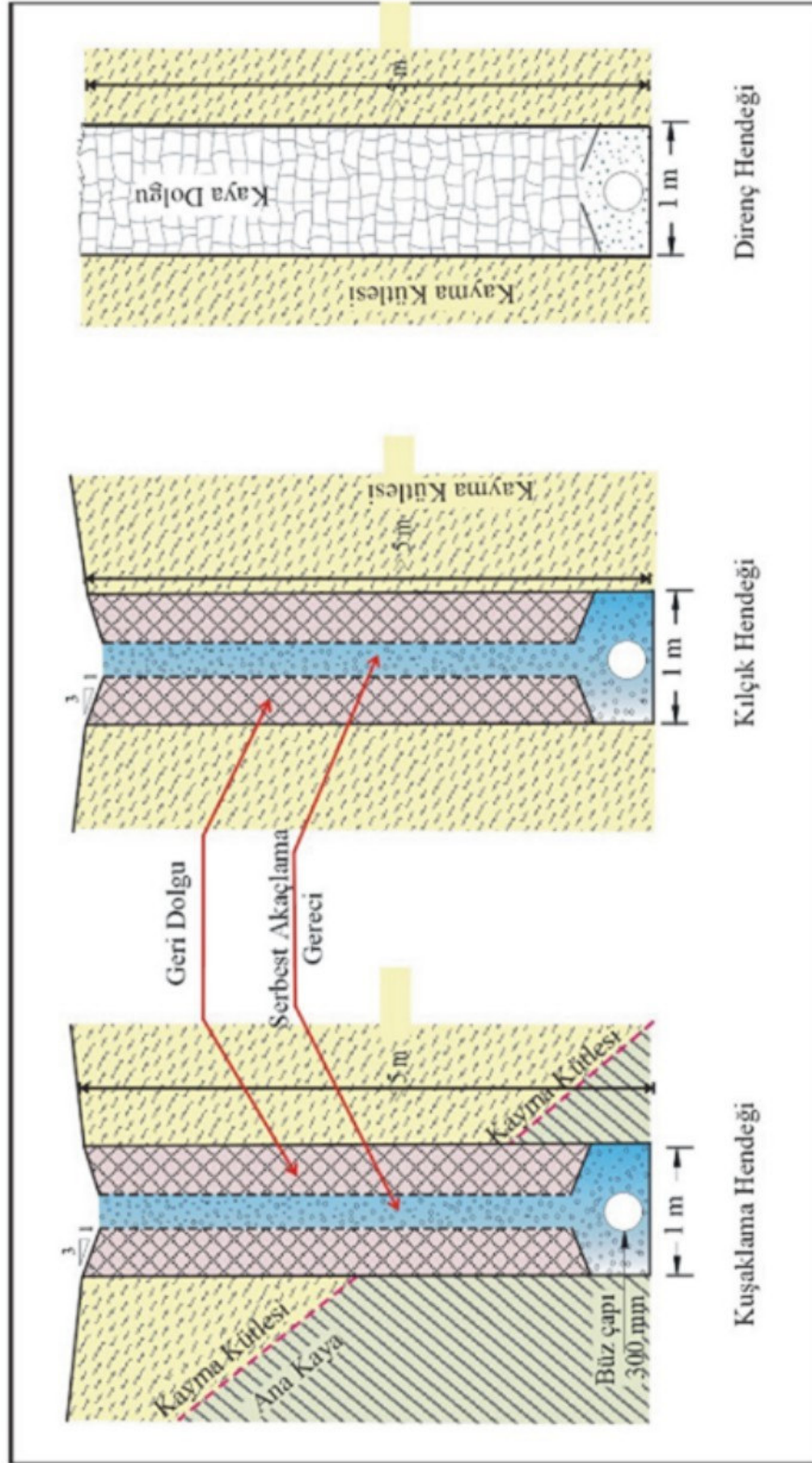
6.5.1.4. Kenar akaçlama Hendekleri

Özellikle dolgulara ait kenar hendeklerinde akaçlama borusunu koruyan kum-çakıl katmanı üzerine kaya dolgu yapılabilecekken 2 m den az derin olan yarma kenar hendeklerinde kum-çakıl katmanı yüzeye kadar doldurulabilir. Her iki durumda da tabanda akaçlama borusu (drainflex) yer almaktadır. Kaya dolgu kullanılması durumunda, borunun zarar görmemesi için kadar kum-çakıl katmanı borunun en az 0.15 m üstüne kadar yükseltilecektir.

Yarmalarda; yol eksenine 6 m dağ tarafında (yamaç yukarı kesimde) oluşturulacaktır. Dolgularda; ise yol eksenine 8 m ötede yine dağ tarafında açılacaktır. Yapılması, kuşaklama hendeklerine benzerlik sunar

6.5.1.5. Kanal ve İlgili Akaçlama Sistemlerinin Tasarımı

Hendeklerle toplanan suların ve kayma sahasında biriken suların kayma kütlesine ve varolan yapılara zarar vermeden toplanması ve alandan uzaklaştırılması gerekmektedir. Bunu yapmanın en güvenilir şekli yol kenar hendekleri ve yolun akış-aşağısı kesimlerinde oluşan yüzey sularının çevreye hasar vermeden denize ulaştırılması gerekmektedir. Bu amaçla, yapım sırasında saha jeoteknik mühendisi tarafından bire – bir gözlem yapılarak kazılar sırasında ortaya çıkabilecek suların kanal ve ilgili akaçlama sistemleriyle denize ulaştırılması sağlanacaktır (Şekil 6.9).



Şekil 6.9 İyileştirme amaçlı öneri hendek türleri (a), (b) ve hendekleri (c).

BÖLÜM YEDİ

SONUÇ VE ÖNERİLER

İnebolu – Çatalzeytin devlet yolunda (KM.0+000 – 43+830) geometrik standartlar yatayda ve düşeyde oldukça düşüktür. Ayrıca her yağışlı dönemde yolun önemli bir bölümünde kaymalar nedeni ile trafik akışı durmaktadır. Bu tez çalışması yukarıda belirtilen olumsuzlukları ortadan kaldırmak ve en uygun jeoteknik çözümleri üretmek amacıyla yapılmıştır.

Çalışma alanını içeren bölgede temel kaya türü yaşlıdan gence; Triyas yerleşim yaşlı karmaşığın başkalaşım kayaları, Kretase yerleşim yaşlı karmaşığın kırıntılı tortul kayaları ile korkayaları, Üst Kretase yaşlı kırıntılı tortul istif ve bütün bu birimleri kesen Paleosen yaşlı granit-granodiyorit sokulumlarıdır. Güncel çökellerin başında ise akarsu çökelleri, kayma kütleleri ve yamaç örtüleri gelmektedir.

Çalışma alanı, ülke ortalamasınının 3 katı daha fazla yağış almaktadır. Sıradağların kuzey yamacı boyunca ilerlediğinden zeminin ıslak kalma süresi göreceli olarak çok daha uzundur. Ayrıca ana süreksizlik türünün katmanlaşma olduğu ve killi seviyelerin egemen olduğu kırıntılı tortul istif ve ondan türeyen güncel örtü içerisinde/üzerinde ilerlenmektedir. Sonuç olarak; tüm jeoteknik sorunların ana nedeni olan su – süreksizlik - kil (SSK) üçlüsü üst düzeyde çalışmaktadır. Ancak, “İyi tanımlanmış zor bir sorunun yalın çözümü, iyi tanımlanmamış kolay bir sorunun karmaşık ve ileri çözümünden daha güvenilirdir.” İlkesi burada da geçerli olmuştur.

Yol Projelerinde Mühendislik yapıları (dolgular, yarmalar) ve yolda meydana gelen ve/veya gelebilecek kaymaların geçişleri ancak belirlenen en uygun jeoteknik çözümler; jeolojik model (JM), hidrojeolojik model (HM), mühendislik jeolojisi modeli (MHJ) hazırlanarak oluşturulur.

SSK'nın ileri derecede gelişmiş olması nedeniyle 45 km boyunca 16 büyük kayma sahası oluşmuştur. Mevcut yolda trafik her yağışlı mevsim boyunca ve bu mevsim sonunda aksamaktadır. Sorunun iyi tanımlanması için öncelikle jeoloji,

hidrojeoloji, mühendislik jeolojisi ve jeoteknik araştırmalara dayalı olarak jeoteknik modeller öncelikle oluşturulur. Her aşamanın güvenilirliği bir önceki aşamanın güvenilirliğine bağlıdır. Ayrıca son üç aşamada elde edilen bulgular bir önceki aşamanın güncelleştirilmesinde kullanılır. Bu yaklaşımların sonucunda çözümün de susuzlaştırma ve direnç hendeklerinden geçtiği gözlenmiştir.

Kayma kütleleri içerisindeki kayma yüzeylerinin kohezyon (c' , kPa) ve içsel sürtünme açısını (ϕ' , °) örnekleme ve laboratuvar yöntemiyle bulmak yerine; geri incelemelerle tespit edilmesinin daha güvenilir olduğu görülmüştür. Yeraltısuyunun itki etkisi yeraltısuyu tablasının konumuna göre değerlendirmeye sokulmuştur. Bütün incelemelerde aynı yaklaşım kullanıldığında; elde edilen değiştirgeler ve çözüm sonuçları da güvenilir olmaktadır.

Büyük ölçekli mühendislik projelerinde MEZE (maliyet, emniyet, zaman ve estetik-çevre) açısından değerlendirmeler kesinlikle zorunludur. Yol projeleri çizgisel mühendislik yapısı üzerinde çalışmaktadır. Bu nedenle de, çok değişik ortamların içerisinde/üzerinden geçmektedir. Her aşama, MEZE açısından değerlendirilerek devingen bir tasarımın gerçekleştirilmesi kaçınılmazdır. Böylece; (a) düşük yapım ve işletme maliyetli, (b) emniyetli, (c) kısa araştırma-yapım süreli, uzun faydalı ömürlü ve (d) son fakat en önemlisi çevre dostu bir projenin yaşama geçmesi sağlanır.

Bir yol projesinde jeoloji mühendisliği önemli aşamalarda katkı yapmaktadır. Bunlar; doğal yapı gereç alanları , kazı klas sınıflaması yapılan en temel çalışmalardır. Dolgu ve ayırma alanlarının analizi özellikle kaya yarma alanlarının kinematik incelemeleri sonucunda milyonlarca metreküp kayma alanlarının saptanmasını sağlamaktadır.

Yol geçkisi boyunca kayma alanlarının belirlenmesi ve bu kayma alanlarının jeolojik modeli, hidrojeolojik modeli, mühendislik jeoloji modeli ve bunun üzerine tasarlanan jeoteknik modelin hazırlanmasında önemli katkıları vardır. Yukarıda belirtilen modeller olmadan kayma analizi yapılması mümkün olmamaktadır.

Laboratuarda yapılan dayanım deneyleri sonucunda varılan sonuçlar çoğunlukla yanlış noktalara götürmekte bunun bedeli ülke tarafından ödenmektedir. KM 1400 Kayması için yapılan laboratuvar deneylerine göre geri analiz yöntemi daha uygun sonuçlar vermiştir. Kayma alanlarında Duncan ve Wright (2005) laboratuvar deneylerinden daha çok geri inceleme yönteminin kullanılması gerektiğini belirlemektedirler. Bu projede de geri analiz yöntemi daha uygun sonuçlar vermiştir Jeolojik model (süreksizlik ve kil), hidrojeolojik model, mühendislik jeoloji modeli (Süreksizlik ve Kil) ve jeoteknik model (geri analiz) uygulanarak yapılabilir. Jeoteknik model geri analiz (Back analysis) yöntemiyle yapılarak elde edilen değiştirgeler kullanılarak iyileştirme öncesi ve sonrası durumda ulaşılan güvenlik katsayıları 0.985'den 2.196'ya yükselmektedir. Yapılan iyileştirme temel olarak susuzlaştırma Yapılan iyileştirme temel olarak susuzlaştırma ve kaymanın topuk kısmının kaya dolgu ile yüklenmesi ve yüzey sularının kaplamalı kanala alınmasından oluşmaktadır.

KAYNAKÇA

- Akduman, L., 2003. *Otoyol Bileşenlerinin Seçiminde Seldağnaklık Sisteminin Önemi: Pozantı – E5 Ereğli Kavşağı Otoyolu* (doktora tezi, basılmış). ÇÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Altınlı, E., 1961. *1/500 000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası*. Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Yayınları, 129.
- American Association of State Highway Officials, 1960. A Policy on Arterial Highways in Urban Areas. Washington D.C. 558.
- Badgley, P. C., 1959, Sinop Havzasının Petrol Olanakları., Petrol İşleri Genel Müdürlüğü Arşivi (Yayınlanmamış).
- Bell, F. G., 1980. *Engineering Geology and Geotechnics*. Butterworth Inc., 497 p.
- Bishop, A.W. (1955). The use of slip circles in the stability analysis of the earth slopes, *Geotechnique*, 5(1), 7-17.
- Blumenthal, M., 1940, Gökırmak ile Karadeniz Arasındaki Pontid Silsilesinin Jeolojisi Hakkında Rapor., Rapo no: 1067, MTA Ankara (Yayınlanmamış).
- Byrne, R.J., Kendall, J. and Brown, S. (1992). Cause and mechanism of failure, Kettleman Hills landfill B-19, unit 1A, Proceedings of the ASCE Specialty Conference on Performance and Stability of Slopes and Embankments : II, Vol.2, pp.1188-1215.
- Calvi, S., 1936, Das Tertiaerbecken von Boyabat und Nord Pontischen Kreideketten Zwischen Boyabat und Sinop., Yüksek Ziraat Enstitüsü Çalışmaları, no: 27 (Yayınlanmamış).

- Canik, B., 1998. *Yeraltı Sularının Aranması, İşletilmesi ve Kimyası*. Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ankara. s.286.
- Craig R. F., 1992. *Soil Mechanics Fourth Edition* E & FN SPON, an imprint of Chapman&Hall, London, zp, 542
- Craig, R.F., 1997. *Soil Mechanics*. Sixth edition, E and FN SPON, an imprint of Chapman and Hall, London. 485.
- Deere, D.U., Deere, D.W., 1988. *The Rock Quality Designation (RQD) Index in Practice*. In *Rock classification systems for engineering purposes*, (ed. L. Kirkaldie), ASTM Special Publication 984, 91-101. Philadelphia: Am. Soc. Test. Mat.
- Deprem Araştırma Dairesi, 1987. *Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası*.
- Duncan, J.M. and Wright, S.G., 2005. “Zemin Şevlerinin Duraylılığı”, Çeviri : Kamil Kayabalı, Gazi Kitabevi, s. 299.
- Eren, R. H., 1979, *Kastamonu–Taşköprü Bölgesi Metamorfitlerinin Jeolojik ve Petrografik Etüdü.*, Doktora tezi, İTÜ. Müh. Fak.,İstanbul (Yayınlanmamış).
- Gedik, A. ve Korkmaz,S., 1984, *Sinop Havzasının Jeolojisi ve Petrol Olanakları.*, Jeoloji Mühendisliği Yayın Organı., Sayı 19, 53 – 79.
- Gilbert, R.B., Wright, S.G. and Liedtke, E. (1996). *Uncertainty in back analysis of slopes, Uncertainty in the Geologica Environment: From Theory to Practice*, Geotechnical Special Publication 58, ASCE, Reston, VA, vol.1, pp.494-517.
- Hoek, E. and Bray, J.W., 1981. *Rock Slope Engineering*. 3 rd edn. London: Institution of Mining and Metallurgy 402 pages.

Hunt, R.E., 1986. Geotechnical Engineering analysis and foundation. McGraw-Hill Company, p. 729.

Ketin, İ., Gümüş, A., 1963, Sinop – Ayancık Arasında III. Bölgeye Dahil Sahaların Jeolojisi., TPAO: Arşiv no:288, Ankara (Yayınlanmamış).

Ketin, İ., 1966, Anadolu'un Tektonik Birlikleri., MTA Dergisi, Sayı 66, Ankara.

Leventeli, Y., 2002. *Mühendislik Projelerinde Jeoloji ve Jeotekniğin Önemi: Ecemiş Fay Kuşağı, Adana – Niğde* (doktora tezi, basılmış). ÇÜ, Fenbilimleri enstitüsü, Adana.

Mitchell, J.K., Seed, R.B. and Seed, H.B. (1990). Kettleman Hills waste landfill slope failure : I. Linear system properties, ASCE, Journal of Geotechnical Engineering, 116(4), 647-668.

MTA, 1961. *1/500 000 ölçekli Türkiye jeoloji haritası.*

Saner, S., 1980, Batı Pontidlerin ve Komşu Havzaların Oluşumlarının Levha Tektoniği Kuramıyla Açıklanması., MTA Dergisi, Sayı 93/94.

Selby, M.J. (1993): Hillslope materials and processes. Oxford University Press, Oxford.

Sonel, N., Albayrak, M., Sarı, A., 1989, Bürnük (Boyabat – Sinop) Civarının Jeolojisi., Gazi Üniversitesi, Müh. Mim.Fak. Dergisi, Yıl 4, Cilt 2, Sayı 2 s: 43 – 82, Ankara.

Stark, T.D. and Poeppl, A.R. (1994). Landfill line interface strengths from torsional ring shear tests, ASCE, Journal of Geotechnical Engineering, 120(3), 597-615.

- Terzaghi, K., Peck, R. B., 1967. *Soil Mechanics in Engineering Practice*. John Wiley and Sons, New York, USA. 729p.
- Ulusay, R., 2001. *Uygulamalı Jeoteknik Bilgiler*, JMO yayınları, No:38, Ankara. 385.
- Ulusay, R., Sönmez, H., 2002. *Kaya Kütlelerinin Mühendislik Özellikleri*. TMMOB JMO Yayınları, Sayfa:243, Ankara.
- Yılmaz, İ. , 2002. Ulaşım Sorununa Kalıcı Çözüm. Kaynak (Bildiren) Yayınları, Ankara , 77 sayfa.
- Yılmaz, İ., 1995. Significance of discontinuity survey in motorway alignment selection. *Engineering Geology*. Sayfa: 40, 41–48.
- Yılmaz, İ., 1999a. Mühendislik Projelerinde Yerbilimlerinin Yeri. Örnek: Karadeniz Bölgesinde Kuşaklama Yolu İle Demiryolunu da İçeren Sahil Yolu İkilemi (Significance of earth sciences in eng. works). 52. Tür. Jeol. Kurultayı Kitabı, 11 Mayıs 1999. Ankara. 379-380.
- Yılmaz, İ., 1999b. *Tunceli Kaymasının Jeolojik ve Jeoteknik araştırması ve Özel Jeoteknik Tasarımı* (yayınlanmamış rapor). Karayolları Gen. Müd. ve Yılmaz Eğitim ve Müh. Arşivi, Ankara.
- Yılmaz, İ., Ertunç, A., Kaya, Ş., 1992. Yarma yamaç tasarımı ve kinematik inceleme (Cut slope design and kinematic analysis). 3. *Mühendislik Jeolojisi Sempozyumu*, 21–23 Mayıs 1992, Uluslararası Mühendislik Jeolojisi Türk Milli Komitesi ve Çukurova Univ. Müh.-Mim. Fak., Adana. *Mühendislik Jeolojisi Türk Milli Komitesi Bülteni*, Sayı:14–42–60.

Yilmazer, İ., Yilmazer, Ö., 2000. Assessment of landslide parameters. *Course on Natural Hazards and Disaster prevention: Earthquakes, Landslides, and Floods*. June 19-23 '00, MTA-Ankara.

Yilmazer, İ., Yilmazer, Ö., Özkök, D., Gökçekuş, H., 1999b. *Jeoteknik Tasarıma Giriş*. Yilmazer Eğitim ve Mühendislik Ltd., 210 sayfa.

Yilmazer, İ., Yilmazer, Ö., Sarac, C., 2003. Case history of controlling a major landslide at Karandu, Turkey. *Engineering Geology* 70, 47-53.

Yilmazer, I., Yilmazer, O., Dogan, U., 1997. Significance of water-discontinuity-clay (WDC). *Proceedings of the International Symposium on Engineering Geology and the Environment, sponsored by International Assoc. of Engineering Geology*, June 23–27 '97, Paper: 457–462. Athens, Greece.

Web sayfası

www.googleearth.com, Google Earth Home, 2006.

www.meteor.gov.tr, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2006.

Raporlar

İnebolu-Çatalzeytin I.Sınıf Devlet Yolu Kayma Sahaları Geçişinin Jeoteknik Tasarımı Genel Raporu, KGM, 2001.

İnebolu-Çatalzeytin I.Sınıf Devlet Yolu Mühendislik Jeolojisi Raporu, KGM, 2001.

Karayolları Mühendislik Hizmetleri Şartnamesi, 2003.

EK-1

Laboratuar Deney Sonuçları

DİREK KESME DENEYİ 12 KG KURU YÜKLEME SONUÇLARI

mm/min

Kesme hızı	0,001	Hor. Displ.	Ver. Displ.	Horizontal				Shear		Shear	
t (min)	Shear Force Dial	Dial Reading	Dial Reading	Displ. (mm)	e _h	e _h	e _v	Area (cm ²)	Shear Force (kg)	Stress (kg/cm ²)	Stress(kPa)
0,00	0,00	0,00	600	0,0000	0,00000000	0,0000	0	31,669	5,920	0,187	18,330
2,00	0,00	0,00	600	0,0020	0,00003150	0,0000	0	31,669	5,920	0,187	18,330
4,00	1,00	1,50	600	0,0040	0,00006299	0,0006	0	31,669	6,127	0,193	18,974
6,00	1,00	2,00	600	0,0060	0,00009449	0,0008	0	31,669	6,127	0,193	18,974
8,00	1,00	2,00	600	0,0080	0,00012598	0,0008	0	31,669	6,127	0,193	18,974
10,00	2,00	2,50	598	0,0100	0,00015748	0,0010	-0,00254	31,669	6,335	0,200	19,618
12,00	2,00	2,50	598	0,0120	0,00018898	0,0010	-0,00254	31,669	6,335	0,200	19,618
14,00	4,00	7,00	598	0,0140	0,00022047	0,0028	-0,00254	31,669	6,751	0,213	20,905
17,00	10,00	8,00	598	0,0170	0,00026772	0,0032	-0,00254	31,669	7,999	0,253	24,768
18,00	38,00	8,00	598	0,0180	0,00028346	0,0032	-0,00254	31,669	13,820	0,436	42,794
20,00	84,00	9,00	598	0,0200	0,00031496	0,0036	-0,00254	31,669	23,383	0,738	72,408
22,00	120,00	10,00	598	0,0220	0,00034646	0,0040	-0,00254	31,669	30,868	0,975	95,584
24,00	150,00	14,00	598	0,0240	0,00037795	0,0056	-0,00254	31,669	37,105	1,172	114,897
27,00	185,00	21,00	596	0,0270	0,00042520	0,0084	-0,00508	31,669	44,381	1,401	137,430
30,00	235,00	32,00	594	0,0300	0,00047244	0,0128	-0,00762	31,669	54,776	1,730	169,619
32,00	250,00	34,50	593	0,0320	0,00050394	0,0138	-0,00889	31,669	57,895	1,828	179,275
35,00	280,00	42,50	592	0,0350	0,00055118	0,0170	-0,01016	31,669	64,132	2,025	198,589
38,00	309,00	50,00	591	0,0380	0,00059843	0,0200	-0,01143	31,669	70,161	2,215	217,258
40,00	318,00	58,00	590	0,0400	0,00062992	0,0232	-0,0127	31,669	72,032	2,275	223,052
42,00	325,00	67,00	589	0,0420	0,00066142	0,0268	-0,01397	31,669	73,487	2,320	227,559
45,00	326,00	77,00	588	0,0450	0,00070866	0,0308	-0,01524	31,669	73,695	2,327	228,203
47,00	326,00	84,00	588	0,0470	0,00074016	0,0336	-0,01524	31,669	73,695	2,327	228,203
49,00	326,00	92,00	588	0,0490	0,00077165	0,0368	-0,01524	31,669	73,695	2,327	228,203
51,00	302,00	125,00	586	0,0510	0,00080315	0,0500	-0,01778	31,669	68,705	2,169	212,752
58,00	297,00	132,00	586	0,0580	0,00091339	0,0528	-0,01778	31,669	67,666	2,137	209,533
60,00	293,00	140,00	584	0,0600	0,00094488	0,0560	-0,02032	31,669	66,834	2,110	206,958
62,00	265,00	186,00	578	0,0620	0,00097638	0,0744	-0,02794	31,669	61,013	1,927	188,932
70,00	265,00	195,00	578	0,0700	0,00110236	0,0780	-0,02794	31,669	61,013	1,927	188,932
75,00	262,00	202,00	576	0,0750	0,00118110	0,0808	-0,03048	31,669	60,389	1,907	187,001
80,00	260,00	212,00	576	0,0800	0,00125984	0,0848	-0,03048	31,669	59,974	1,894	185,713
85,00	258,00	245,00	576	0,0850	0,00133858	0,0980	-0,03048	31,669	59,558	1,881	184,426
90,00	257,00	260,00	576	0,0900	0,00141732	0,1040	-0,03048	31,669	59,350	1,874	183,782

DİREK KESME DENEYİ 12 KG KURU YÜKLEME SONUÇLARI

100,00	246,00	304,00	574	0,1000	0,00157480	0,1216	-0,03302	31,669	57,063	1,802	176,700
105,00	244,00	329,00	574	0,1050	0,00165354	0,1316	-0,03302	31,669	56,647	1,789	175,413
110,00	242,00	342,00	574	0,1100	0,00173228	0,1368	-0,03302	31,669	56,231	1,776	174,125
115,00	240,00	360,00	574	0,1150	0,00181102	0,1440	-0,03302	31,669	55,816	1,762	172,838
120,00	235,00	385,00	574	0,1200	0,00188976	0,1540	-0,03302	31,669	54,776	1,730	169,619
125,00	234,00	406,00	573	0,1250	0,00196850	0,1624	-0,03429	31,669	54,568	1,723	168,975
128,00	234,00	418,00	573	0,1280	0,00201575	0,1672	-0,03429	31,669	54,568	1,723	168,975
130,00	233,00	422,00	573	0,1300	0,00204724	0,1688	-0,03429	31,669	54,360	1,716	168,331
132,00	233,00	430,00	573	0,1320	0,00207874	0,1720	-0,03429	31,669	54,360	1,716	168,331
134,00	231,00	436,00	573	0,1340	0,00211024	0,1744	-0,03429	31,669	53,944	1,703	167,044
136,00	230,00	444,00	573	0,1360	0,00214173	0,1776	-0,03429	31,669	53,737	1,697	166,400
140,00	227,00	465,00	573	0,1400	0,00220472	0,1860	-0,03429	31,669	53,113	1,677	164,468
145,00	226,00	475,00	573	0,1450	0,00228346	0,1900	-0,03429	31,669	52,905	1,671	163,825
150,00	221,00	510,00	573	0,1500	0,00236220	0,2040	-0,03429	31,669	51,865	1,638	160,606
155,00	220,00	517,00	573	0,1550	0,00244094	0,2068	-0,03429	31,669	51,658	1,631	159,962
160,00	220,00	545,00	573	0,1600	0,00251969	0,2180	-0,03429	31,669	51,658	1,631	159,962

DİREK KESME DENEYİ 24 KG KURU YÜKLEME SONUÇLARI

mm/min

Kesme hızı	0,001	Hor. Displ.	Ver. Displ.	Horizontal				Shear		Shear	
t (min)	Shear Force Dial	Dial Reading	Dial Reading	Displ. (mm)	e_h	e_h	e_v	Area (cm ²)	Shear Force(kg)	Stress (kg/cm ²)	Stress(kPa)
0,00	0,00	0,00	600	0,0000	0,00000000	0,0000	0,000000	31,669	5,920	0,187	18,330
2,00	5,00	0,00	596	0,0020	0,00003150	0,0000	-0,005080	31,669	6,959	0,220	21,549
4,00	36,00	-1,00	595	0,0040	0,00006299	-0,0004	-0,006350	31,669	13,404	0,423	41,506
6,00	63,00	-2,00	594	0,0060	0,00009449	-0,0008	-0,007620	31,669	19,017	0,600	58,888
8,00	64,00	-1,00	594	0,0080	0,00012598	-0,0004	-0,007620	31,669	19,225	0,607	59,532
10,00	64,00	-1,00	593	0,0100	0,00015748	-0,0004	-0,008890	31,669	19,225	0,607	59,532
12,00	64,00	-1,00	593	0,0120	0,00018898	-0,0004	-0,008890	31,669	19,225	0,607	59,532
15,00	64,00	-0,50	592	0,0150	0,00023622	-0,0002	-0,010160	31,669	19,225	0,607	59,532
20,00	76,00	1,00	592	0,0200	0,00031496	0,0004	-0,010160	31,669	21,720	0,686	67,258
25,00	110,00	1,50	592	0,0250	0,00039370	0,0006	-0,010160	31,669	28,789	0,909	89,146
30,00	197,00	11,00	588	0,0300	0,00047244	0,0044	-0,015240	31,669	46,876	1,480	145,155
35,00	268,00	26,50	587	0,0350	0,00055118	0,0106	-0,016510	31,669	61,637	1,946	190,863
40,00	296,00	37,00	586	0,0400	0,00062992	0,0148	-0,017780	31,669	67,458	2,130	208,889
45,00	323,00	48,00	584	0,0450	0,00070866	0,0192	-0,020320	31,669	73,071	2,307	226,271
50,00	323,00	63,00	580	0,0500	0,00078740	0,0252	-0,025400	31,669	73,071	2,307	226,271
55,00	321,00	77,00	576	0,0550	0,00086614	0,0308	-0,030480	31,669	72,655	2,294	224,984
60,00	320,00	95,00	575	0,0600	0,00094488	0,0380	-0,031750	31,669	72,448	2,288	224,340
65,00	315,00	120,00	570	0,0650	0,00102362	0,0480	-0,038100	31,669	71,408	2,255	221,121
70,00	313,00	157,00	570	0,0700	0,00110236	0,0628	-0,038100	31,669	70,992	2,242	219,834
75,00	311,00	167,00	568	0,0750	0,00118110	0,0668	-0,040640	31,669	70,576	2,229	218,546
80,00	311,00	190,00	568	0,0800	0,00125984	0,0760	-0,040640	31,669	70,576	2,229	218,546
85,00	311,00	215,00	568	0,0850	0,00133858	0,0860	-0,040640	31,669	70,576	2,229	218,546

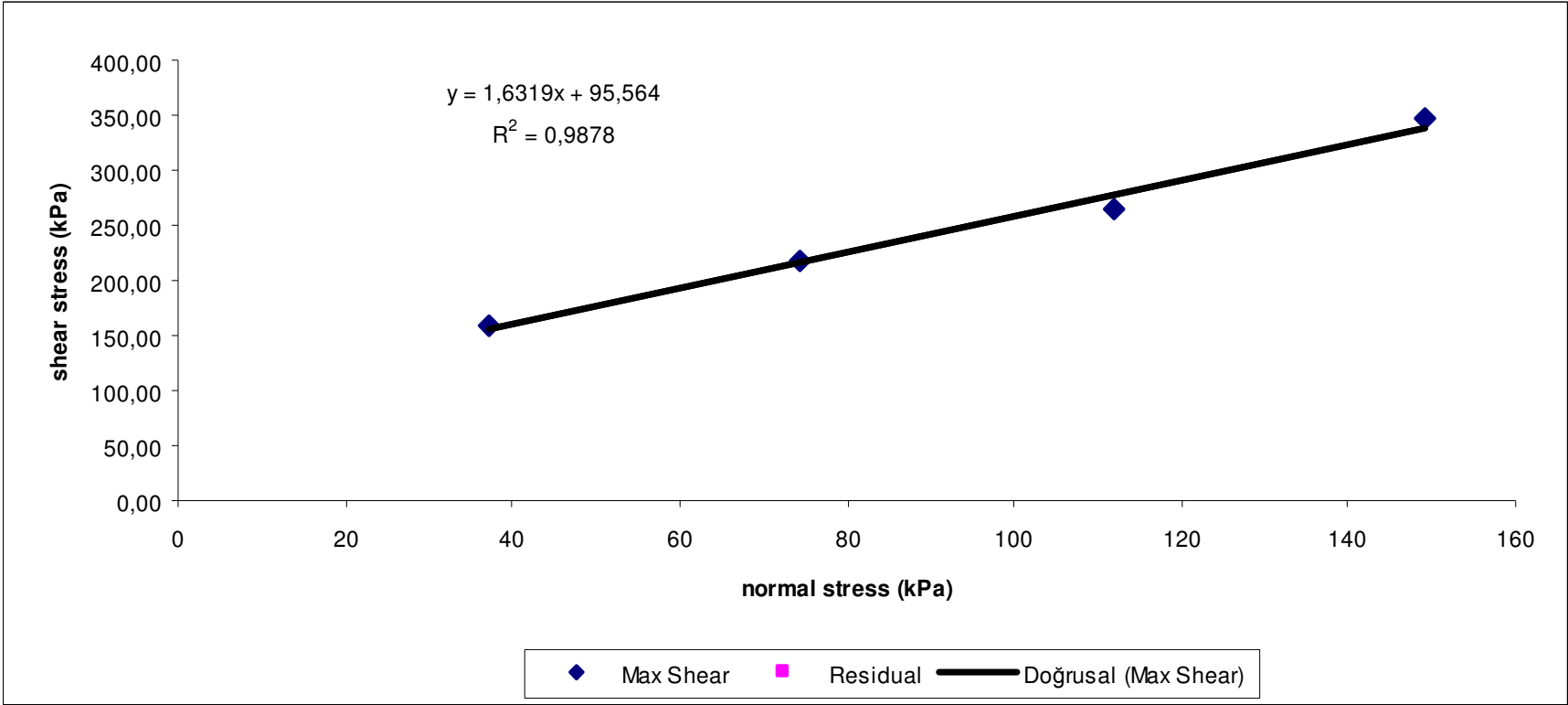
DİREK KESME DENEYİ 36 KG KURU YÜKLEME SONUÇLARI

mm/min

Kesme hızı	0,001	Hor. Displ.	Ver. Displ.	Horizontal				Shear		Shear	
t (min)	Shear Force Dial	Dial Reading	Dial Reading	Displ. (mm)	ϵ_h	ϵ_h	ϵ_v	Area (cm ²)	Shear Force(kg)	Stress (kg/cm ²)	Stress(kPa)
0,00	0,00	0,00	600	0,0000	0,00000000	0,00000	0	31,669	5,920	0,187	18,330
2,00	0,00	-0,50	596	0,0020	0,00003150	-0,00020	-0,00508	31,669	5,920	0,187	18,330
4,00	0,00	-0,50	596	0,0040	0,00006299	-0,00020	-0,00508	31,669	5,920	0,187	18,330
6,00	50,00	-0,50	593	0,0060	0,00009449	-0,00020	-0,00889	31,669	16,315	0,515	50,519
8,00	57,00	0,00	592	0,0080	0,00012598	0,00000	-0,01016	31,669	17,770	0,561	55,026
10,00	57,00	0,00	591	0,0100	0,00015748	0,00000	-0,01143	31,669	17,770	0,561	55,026
15,00	57,00	0,50	590	0,0150	0,00023622	0,00020	-0,0127	31,669	17,770	0,561	55,026
20,00	75,00	2,50	588	0,0200	0,00031496	0,00100	-0,01524	31,669	21,512	0,679	66,614
25,00	95,00	1,00	588	0,0250	0,00039370	0,00040	-0,01524	31,669	25,670	0,811	79,489
30,00	110,00	5,00	586	0,0300	0,00047244	0,00200	-0,01778	31,669	28,789	0,909	89,146
35,00	197,00	17,00	584	0,0350	0,00055118	0,00680	-0,02032	31,669	46,876	1,480	145,155
40,00	232,00	27,00	582	0,0400	0,00062992	0,01080	-0,02286	31,669	54,152	1,710	167,687
45,00	242,00	55,00	578	0,0450	0,00070866	0,02200	-0,02794	31,669	56,231	1,776	174,125
50,00	297,00	65,00	576	0,0500	0,00078740	0,02600	-0,03048	31,669	67,666	2,137	209,533
55,00	310,00	85,00	574	0,0550	0,00086614	0,03400	-0,03302	31,669	70,369	2,222	217,902
60,00	332,00	110,00	572	0,0600	0,00094488	0,04400	-0,03556	31,669	74,942	2,366	232,065
65,00	352,00	128,00	570	0,0650	0,00102362	0,05120	-0,0381	31,669	79,100	2,498	244,941
70,00	358,00	145,00	568	0,0700	0,00110236	0,05800	-0,04064	31,669	80,348	2,537	248,804
75,00	359,00	165,00	566	0,0750	0,00118110	0,06600	-0,04318	31,669	80,556	2,544	249,447
80,00	363,00	190,00	564	0,0800	0,00125984	0,07600	-0,04572	31,669	81,387	2,570	252,023
85,00	365,00	205,00	562	0,0850	0,00133858	0,08200	-0,04826	31,669	81,803	2,583	253,310
90,00	373,00	235,00	558	0,0900	0,00141732	0,09400	-0,05334	31,669	83,466	2,636	258,460
95,00	380,00	257,00	556	0,0950	0,00149606	0,10280	-0,05588	31,669	84,922	2,682	262,967
100,00	383,00	272,00	554	0,1000	0,00157480	0,10880	-0,05842	31,669	85,545	2,701	264,898
105,00	384,00	288,00	552	0,1050	0,00165354	0,11520	-0,06096	31,669	85,753	2,708	265,542
110,00	384,00	308,00	550	0,1100	0,00173228	0,12320	-0,0635	31,669	85,753	2,708	265,542
115,00	384,00	315,00	550	0,1150	0,00181102	0,12600	-0,0635	31,669	85,753	2,708	265,542

DİREK KESME DENEYİ 48 KG KURU YÜKLEME SONUÇLARI

	mm/min										
Kesme hızı	0,001	Hor. Displ.	Ver. Displ.	Horizontal				Shear		Shear	
t (min)	Shear Force Dial	Dial Reading	Dial Reading	Displ. (mm)	e _h	e _h	ev	Area (cm ²)	Shear Force(kg)	Stress(kg/cm ²)	Stress(kPa)
0,00	0,00	0,00	600	0,0000	0,00000	0,00000	0	31,669	5,920	0,187	18,330
2,00	5,00	0,00	597	0,0020	0,00003	0,00000	-0,00381	31,669	6,959	0,220	21,549
4,00	40,00	0,00	596	0,0040	0,00006	0,00000	-0,00508	31,669	14,236	0,450	44,081
6,00	45,00	0,00	595	0,0060	0,00009	0,00000	-0,00635	31,669	15,275	0,482	47,300
8,00	46,00	0,00	594	0,0080	0,00013	0,00000	-0,00762	31,669	15,483	0,489	47,944
10,00	46,00	0,00	593	0,0100	0,00016	0,00000	-0,00889	31,669	15,483	0,489	47,944
15,00	46,00	0,00	592	0,0150	0,00024	0,00000	-0,01016	31,669	15,483	0,489	47,944
20,00	75,00	0,00	590	0,0200	0,00031	0,00000	-0,0127	31,669	21,512	0,679	66,614
25,00	145,00	0,00	590	0,0250	0,00039	0,00000	-0,0127	31,669	36,065	1,139	111,678
30,00	240,00	0,00	588	0,0300	0,00047	0,00000	-0,01524	31,669	55,816	1,762	172,838
35,00	333,00	8,00	585	0,0350	0,00055	0,00320	-0,01905	31,669	75,150	2,373	232,709
40,00	392,00	20,00	582	0,0400	0,00063	0,00800	-0,02286	31,669	87,416	2,760	270,692
45,00	395,00	41,00	579	0,0450	0,00071	0,01640	-0,02667	31,669	88,040	2,780	272,624
50,00	400,00	60,00	576	0,0500	0,00079	0,02400	-0,03048	31,669	89,080	2,813	275,842
55,00	410,00	95,00	572	0,0550	0,00087	0,03800	-0,03556	31,669	91,159	2,878	282,280
60,00	415,00	110,00	570	0,0600	0,00094	0,04400	-0,0381	31,669	92,198	2,911	285,499
65,00	420,00	122,00	568	0,0650	0,00102	0,04880	-0,04064	31,669	93,238	2,944	288,718
70,00	423,00	137,00	566	0,0700	0,00110	0,05480	-0,04318	31,669	93,861	2,964	290,649
75,00	426,00	155,00	564	0,0750	0,00118	0,06200	-0,04572	31,669	94,485	2,983	292,581
80,00	430,00	189,00	560	0,0800	0,00126	0,07560	-0,0508	31,669	95,317	3,010	295,156
85,00	433,00	205,00	558	0,0850	0,00134	0,08200	-0,05334	31,669	95,940	3,029	297,087
90,00	435,00	213,00	556	0,0900	0,00142	0,08520	-0,05588	31,669	96,356	3,043	298,375
95,00	437,00	233,00	553	0,0950	0,00150	0,09320	-0,05969	31,669	96,772	3,056	299,662
100,00	442,00	265,00	550	0,1000	0,00157	0,10600	-0,0635	31,669	97,811	3,089	302,881
105,00	445,00	279,00	548	0,1050	0,00165	0,11160	-0,06604	31,669	98,435	3,108	304,813
110,00	447,00	287,00	548	0,1100	0,00173	0,11480	-0,06604	31,669	98,851	3,121	306,100
115,00	455,00	313,00	546	0,1150	0,00181	0,12520	-0,06858	31,669	100,514	3,174	311,250
120,00	459,00	326,00	539	0,1200	0,00189	0,13040	-0,07747	31,669	101,346	3,200	313,826
125,00	468,00	346,00	539	0,1250	0,00197	0,13840	-0,07747	31,669	103,217	3,259	319,620
130,00	477,00	361,00	538	0,1300	0,00205	0,14440	-0,07874	31,669	105,088	3,318	325,414
135,00	488,00	377,00	538	0,1350	0,00213	0,15080	-0,07874	31,669	107,375	3,391	332,495
140,00	500,00	405,00	537	0,1400	0,00220	0,16200	-0,08001	31,669	109,870	3,469	340,221
145,00	508,00	425,00	534	0,1450	0,00228	0,17000	-0,08382	31,669	111,533	3,522	345,371
150,00	510,00	435,00	532	0,1500	0,00236	0,17400	-0,08636	31,669	111,949	3,535	346,658
155,00	510,00	448,00	530	0,1550	0,00244	0,17920	-0,0889	31,669	111,949	3,535	346,658
160,00	510,00	462,00	530	0,1600	0,00252	0,18480	-0,0889	31,669	111,949	3,535	346,658



DİREK KESME DENEYİ 12 KG ÖN YÜKLEMELİ 12 KG SULU YÜKLEME SONUÇLARI

mm/min											
Kesme hızı	0,001	Hor. Displ.	Ver. Displ.	Horizontal				Shear		Shear	
t (min)	Shear Force Dial	Dial Reading	Dial Reading	Displ. (mm)	e_h	e_h	e_v	Area (cm ²)	Shear Force(kg)	Stress (kg/cm ²)	Stress(kPa)
0,00	0,00	0,00	600	0,0000	0,0000000	0,000000	0	31,669	5,920	0,187	18,330
2,00	4,00	-1,50	600	0,0020	0,0000315	-0,00060	0	31,669	6,751	0,213	20,905
4,00	4,00	-1,50	597	0,0040	0,0000630	-0,00060	-0,00381	31,669	6,751	0,213	20,905
6,00	12,00	-2,00	597	0,0060	0,0000945	-0,00080	-0,00381	31,669	8,414	0,266	26,056
8,00	55,00	-2,00	596	0,0080	0,0001260	-0,00080	-0,00508	31,669	17,354	0,548	53,738
10,00	85,00	-2,00	596	0,0100	0,0001575	-0,00080	-0,00508	31,669	23,591	0,745	73,052
15,00	105,00	15,00	595	0,0150	0,0002362	0,00600	-0,00635	31,669	27,749	0,876	85,927
20,00	122,00	32,00	594	0,0200	0,0003150	0,01280	-0,00762	31,669	31,283	0,988	96,871
25,00	128,00	47,00	594	0,0250	0,0003937	0,01880	-0,00762	31,669	32,531	1,027	100,734
30,00	130,00	77,00	592	0,0300	0,0004724	0,03080	-0,01016	31,669	32,947	1,040	102,022
35,00	130,00	103,00	592	0,0350	0,0005512	0,04120	-0,01016	31,669	32,947	1,040	102,022
40,00	140,00	110,00	592	0,0400	0,0006299	0,04400	-0,01016	31,669	35,026	1,106	108,460
45,00	142,00	136,00	592	0,0450	0,0007087	0,05440	-0,01016	31,669	35,441	1,119	109,747
50,00	144,00	168,00	592	0,0500	0,0007874	0,06720	-0,01016	31,669	35,857	1,132	111,035
55,00	145,00	160,00	592	0,0550	0,0008661	0,06400	-0,01016	31,669	36,065	1,139	111,678
60,00	145,00	207,00	592	0,0600	0,0009449	0,08280	-0,01016	31,669	36,065	1,139	111,678
65,00	146,00	210,00	590	0,0650	0,0010236	0,08400	-0,0127	31,669	36,273	1,145	112,322
70,00	146,00	232,00	590	0,0700	0,0011024	0,09280	-0,0127	31,669	36,273	1,145	112,322
75,00	146,00	240,00	589	0,0750	0,0011811	0,09600	-0,01397	31,669	36,273	1,145	112,322

DİREK KESME DENEYİ 12 KG ÖN YÜKLEMELİ 24 KG SULU YÜKLEME SONUÇLARI

Kesme hızı	mm/min										
	0,001	Hor. Displ.	Ver. Displ.	Horizontal				Shear		Shear	
t (min)	Shear Force Dial	Dial Reading	Dial Reading	Displ. (mm)	e_h	e_h	e_v	Area (cm ²)	Shear Force(kg)	Stress (kg/cm ²)	Stress(kPa)
0,00	0,00	0,00	600	0,0000	0,0000000	0,00000	0,0000	31,669	5,920	0,187	18,330
2,00	50,00	-2,00	600	0,0020	0,0000315	-0,00080	0,0000	31,669	16,315	0,515	50,519
4,00	58,00	-3,00	599	0,0040	0,0000630	-0,00120	-0,0013	31,669	17,978	0,568	55,670
6,00	58,00	-3,00	598	0,0060	0,0000945	-0,00120	-0,0025	31,669	17,978	0,568	55,670
8,00	59,00	-3,00	595	0,0080	0,0001260	-0,00120	-0,0064	31,669	18,186	0,574	56,313
10,00	58,00	-3,00	594	0,0100	0,0001575	-0,00120	-0,0076	31,669	17,978	0,568	55,670
15,00	68,00	-4,00	592	0,0150	0,0002362	-0,00160	-0,0102	31,669	20,057	0,633	62,107
20,00	115,00	-5,00	591	0,0200	0,0003150	-0,00200	-0,0114	31,669	29,828	0,942	92,365
25,00	168,00	-3,00	590	0,0250	0,0003937	-0,00120	-0,0127	31,669	40,847	1,290	126,485
30,00	240,00	12,00	588	0,0300	0,0004724	0,00480	-0,0152	31,669	55,816	1,762	172,838
35,00	243,00	33,00	584	0,0350	0,0005512	0,01320	-0,0203	31,669	56,439	1,782	174,769
40,00	248,00	53,00	583	0,0400	0,0006299	0,02120	-0,0216	31,669	57,479	1,815	177,988
45,00	252,00	65,00	582	0,0450	0,0007087	0,02600	-0,0229	31,669	58,310	1,841	180,563
50,00	261,00	86,00	580	0,0500	0,0007874	0,03440	-0,0254	31,669	60,181	1,900	186,357
55,00	268,00	133,00	579	0,0550	0,0008661	0,05320	-0,0267	31,669	61,637	1,946	190,863
60,00	278,00	182,00	577	0,0600	0,0009449	0,07280	-0,0292	31,669	63,716	2,012	197,301
65,00	278,00	192,00	576	0,0650	0,0010236	0,07680	-0,0305	31,669	63,716	2,012	197,301
70,00	282,00	208,00	575	0,0700	0,0011024	0,08320	-0,0318	31,669	64,547	2,038	199,876
75,00	282,00	232,00	572	0,0750	0,0011811	0,09280	-0,0356	31,669	64,547	2,038	199,876
80,00	282,00	245,00	570	0,0800	0,0012598	0,09800	-0,0381	31,669	64,547	2,038	199,876

DİREK KESME DENEYİ 12 KG ÖN YÜKLEMELİ 36 KG SULU YÜKLEME SONUÇLARI

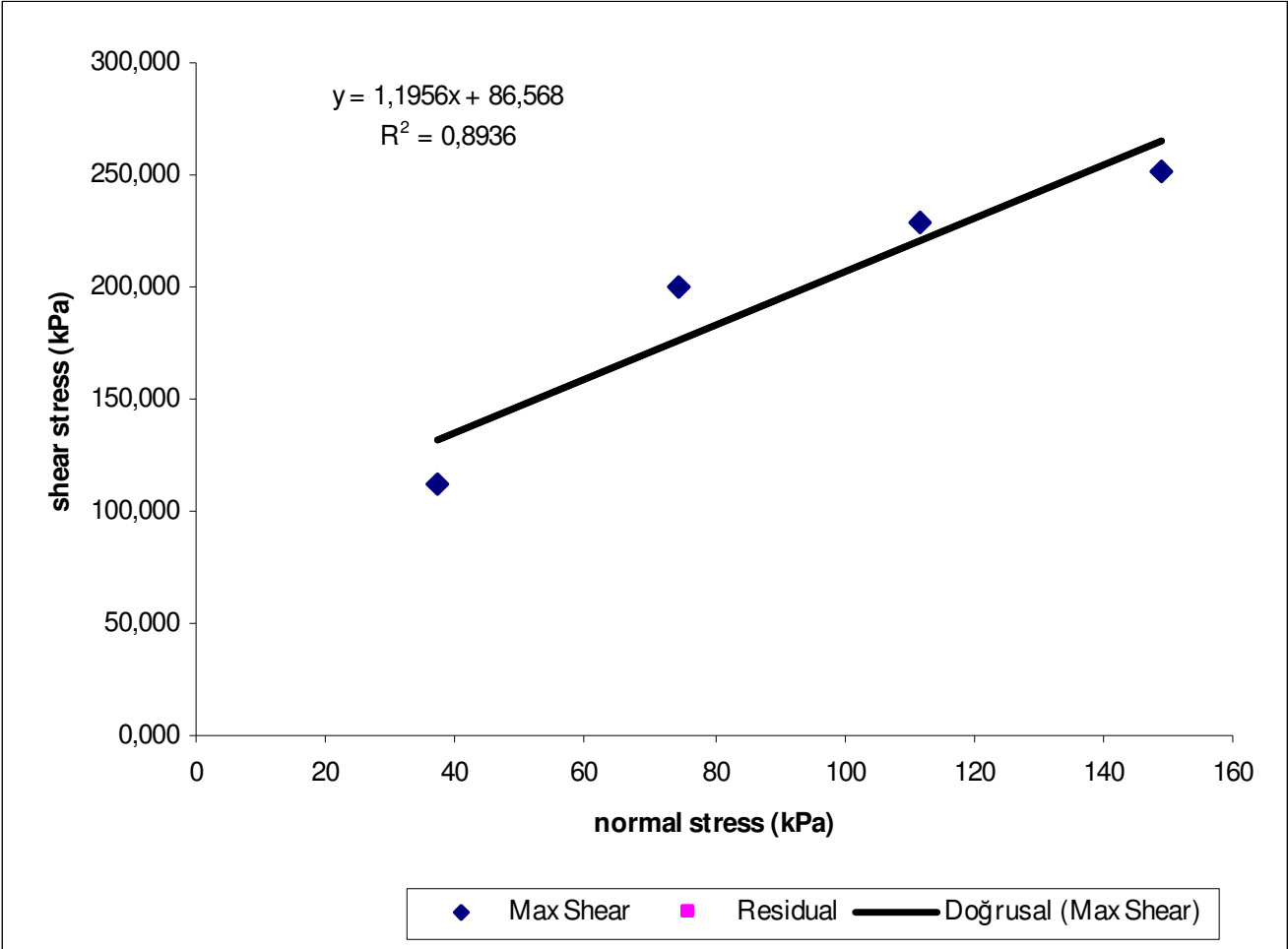
mm/min

Kesme hızı	0,001	Hor. Displ.	Ver. Displ.	Horizontal				Shear		Shear	
t (min)	Shear Force Dial	Dial Reading	Dial Reading	Displ. (mm)	e_h	e_h	e_v	Area (cm ²)	Shear Force(kg)	Stress (kg/cm ²)	Stress(kPa)
0,00	0,00	0,00	600	0,0000	0,0000000	0,000	0	31,669	5,920	0,187	18,330
2,00	13,00	-0,50	596	0,0020	0,0000315	0,000	-0,00508	31,669	8,622	0,272	26,699
4,00	14,00	-0,50	595	0,0040	0,0000630	0,000	-0,00635	31,669	8,830	0,279	27,343
6,00	14,00	-1,00	593	0,0060	0,0000945	0,000	-0,00889	31,669	8,830	0,279	27,343
8,00	14,00	-1,00	592	0,0080	0,0001260	0,000	-0,01016	31,669	8,830	0,279	27,343
10,00	15,00	-1,00	592	0,0100	0,0001575	0,000	-0,01016	31,669	9,038	0,285	27,987
15,00	44,00	-1,00	590	0,0150	0,0002362	0,000	-0,0127	31,669	15,067	0,476	46,657
20,00	71,00	-0,50	589	0,0200	0,0003150	0,000	-0,01397	31,669	20,680	0,653	64,039
25,00	170,00	8,00	587	0,0250	0,0003937	0,003	-0,01651	31,669	41,263	1,303	127,773
30,00	273,00	15,00	585	0,0300	0,0004724	0,006	-0,01905	31,669	62,676	1,979	194,082
35,00	285,00	33,00	582	0,0350	0,0005512	0,013	-0,02286	31,669	65,171	2,058	201,808
40,00	297,00	58,00	580	0,0400	0,0006299	0,023	-0,0254	31,669	67,666	2,137	209,533
45,00	305,00	68,00	578	0,0450	0,0007087	0,027	-0,02794	31,669	69,329	2,189	214,683
50,00	314,00	81,00	576	0,0500	0,0007874	0,032	-0,03048	31,669	71,200	2,248	220,477
55,00	314,00	88,00	576	0,0550	0,0008661	0,035	-0,03048	31,669	71,200	2,248	220,477
60,00	320,00	110,00	572	0,0600	0,0009449	0,044	-0,03556	31,669	72,448	2,288	224,340
65,00	322,00	140,00	571	0,0650	0,0010236	0,056	-0,03683	31,669	72,863	2,301	225,628
70,00	324,00	155,00	571	0,0700	0,0011024	0,062	-0,03683	31,669	73,279	2,314	226,915
75,00	325,00	175,00	570	0,0750	0,0011811	0,070	-0,0381	31,669	73,487	2,320	227,559
80,00	326,00	202,00	568	0,0800	0,0012598	0,081	-0,04064	31,669	73,695	2,327	228,203
85,00	326,00	233,00	566	0,0850	0,0013386	0,093	-0,04318	31,669	73,695	2,327	228,203
90,00	326,00	252,00	565	0,0900	0,0014173	0,101	-0,04445	31,669	73,695	2,327	228,203

DİREK KESME DENEYİ 12 KG ÖN YÜKLEMELİ 48 KG SULU YÜKLEME SONUÇLARI

mm/min

Kesme hızı	0,001	Hor. Displ.	Ver. Displ.	Horizontal				Shear		Shear	
t (min)	Shear Force Dial	Dial Reading	Dial Reading	Displ. (mm)	e_h	e_h	e_v	Area (cm ²)	Shear Force(kg)	Stress (kg/cm ²)	Stress(kPa)
0,00	0,00	0,00	600	0,0000	0,0000000	0,000000	0	31,669	5,920	0,187	18,330
2,00	35,00	0,00	597	0,0020	0,0000315	0,000000	-0,00381	31,669	13,196	0,417	40,863
4,00	52,00	0,00	594	0,0040	0,0000630	0,000000	-0,00762	31,669	16,730	0,528	51,807
6,00	57,00	0,00	593	0,0060	0,0000945	0,000000	-0,00889	31,669	17,770	0,561	55,026
8,00	58,00	0,00	591	0,0080	0,0001260	0,000000	-0,01143	31,669	17,978	0,568	55,670
10,00	59,00	0,00	590	0,0100	0,0001575	0,000000	-0,0127	31,669	18,186	0,574	56,313
15,00	75,00	0,00	589	0,0150	0,0002362	0,000000	-0,01397	31,669	21,512	0,679	66,614
20,00	105,00	0,00	587	0,0200	0,0003150	0,000000	-0,01651	31,669	27,749	0,876	85,927
25,00	162,00	0,00	585	0,0250	0,0003937	0,000000	-0,01905	31,669	39,599	1,250	122,623
30,00	240,00	0,00	584	0,0300	0,0004724	0,000000	-0,02032	31,669	55,816	1,762	172,838
35,00	260,00	13,00	580	0,0350	0,0005512	0,00520	-0,0254	31,669	59,974	1,894	185,713
40,00	312,00	32,00	575	0,0400	0,0006299	0,01280	-0,03175	31,669	70,784	2,235	219,190
45,00	318,00	46,00	574	0,0450	0,0007087	0,01840	-0,03302	31,669	72,032	2,275	223,052
50,00	326,00	62,00	570	0,0500	0,0007874	0,02480	-0,0381	31,669	73,695	2,327	228,203
55,00	335,00	87,00	566	0,0550	0,0008661	0,03480	-0,04318	31,669	75,566	2,386	233,997
60,00	342,00	100,00	564	0,0600	0,0009449	0,04000	-0,04572	31,669	77,021	2,432	238,503
65,00	350,00	122,00	561	0,0650	0,0010236	0,04880	-0,04953	31,669	78,685	2,485	243,653
70,00	357,00	134,00	560	0,0700	0,0011024	0,05360	-0,0508	31,669	80,140	2,531	248,160
75,00	361,00	153,00	558	0,0750	0,0011811	0,06120	-0,05334	31,669	80,971	2,557	250,735
80,00	361,00	178,00	554	0,0800	0,0012598	0,07120	-0,05842	31,669	80,971	2,557	250,735
85,00	362,00	200,00	552	0,0850	0,0013386	0,08000	-0,06096	31,669	81,179	2,563	251,379
90,00	362,00	210,00	550	0,0900	0,0014173	0,08400	-0,0635	31,669	81,179	2,563	251,379
95,00	362,00	222,00	549	0,0950	0,0014961	0,08880	-0,06477	31,669	81,179	2,563	251,379



DİREK KESME DENEYİ 24 KG ÖN YÜKLEMELİ 24 KG KURU YÜKLEME SONUÇLARI

mm/min

Kesme hızı	0,001	Hor. Displ.	Ver. Displ.	Horizontal				Shear		Shear	
t (min)	Shear Force Dial	Dial Reading	Dial Reading	Displ. (mm)	e_h	e_h	e_v	Area (cm ²)	Shear Force (kg)	Stress (kg/cm ²)	Stress(kPa)
0,00	0,00	0,00	600	0,0000	0,0000000	0,000000	0,000000	31,669	5,920	0,187	18,330
2,00	0,00	0,00	600	0,0020	0,0000315	0,000000	0,000000	31,669	5,920	0,187	18,330
4,00	25,00	0,00	599	0,0040	0,0000630	0,000000	-0,00127	31,669	11,117	0,351	34,425
6,00	50,00	0,00	596	0,0060	0,0000945	0,000000	-0,00508	31,669	16,315	0,515	50,519
8,00	55,00	0,00	593	0,0080	0,0001260	0,000000	-0,00889	31,669	17,354	0,548	53,738
10,00	56,00	0,00	593	0,0100	0,0001575	0,000000	-0,00889	31,669	17,562	0,555	54,382
15,00	56,00	0,00	592	0,0150	0,0002362	0,000000	-0,01016	31,669	17,562	0,555	54,382
20,00	73,00	0,00	590	0,0200	0,0003150	0,000000	-0,01270	31,669	21,096	0,666	65,326
25,00	93,00	0,00	592	0,0250	0,0003937	0,000000	-0,01016	31,669	25,254	0,797	78,202
30,00	113,00	0,00	585	0,0300	0,0004724	0,000000	-0,01905	31,669	29,412	0,929	91,077
35,00	141,00	0,00	580	0,0350	0,0005512	0,000000	-0,02540	31,669	35,233	1,113	109,103
40,00	198,00	12,00	575	0,0400	0,0006299	0,00480	-0,03175	31,669	47,084	1,487	145,799
45,00	226,00	22,00	572	0,0450	0,0007087	0,00880	-0,03556	31,669	52,905	1,671	163,825
50,00	258,00	38,00	569	0,0500	0,0007874	0,01520	-0,03937	31,669	59,558	1,881	184,426
55,00	305,00	63,00	566	0,0550	0,0008661	0,02520	-0,04318	31,669	69,329	2,189	214,683
60,00	377,00	75,00	564	0,0600	0,0009449	0,03000	-0,04572	31,669	84,298	2,662	261,036
65,00	400,00	98,00	560	0,0650	0,0010236	0,03920	-0,05080	31,669	89,080	2,813	275,842
70,00	398,00	118,00	558	0,0700	0,0011024	0,04720	-0,05334	31,669	88,664	2,800	274,555
75,00	393,00	135,00	556	0,0750	0,0011811	0,05400	-0,05588	31,669	87,624	2,767	271,336
80,00	378,00	155,00	554	0,0800	0,0012598	0,06200	-0,05842	31,669	84,506	2,668	261,679
85,00	369,00	174,00	552	0,0850	0,0013386	0,06960	-0,06096	31,669	82,635	2,609	255,885
90,00	360,00	194,00	551	0,0900	0,0014173	0,07760	-0,06223	31,669	80,764	2,550	250,091
95,00	354,00	214,00	549	0,0950	0,0014961	0,08560	-0,06477	31,669	79,516	2,511	246,229
100,00	348,00	247,00	548	0,1000	0,0015748	0,09880	-0,06604	31,669	78,269	2,471	242,366
105,00	344,00	255,00	546	0,1050	0,0016535	0,10200	-0,06858	31,669	77,437	2,445	239,791
110,00	340,00	280,00	545	0,1100	0,0017323	0,11200	-0,06985	31,669	76,606	2,419	237,216
115,00	336,00	303,00	545	0,1150	0,0018110	0,12120	-0,06985	31,669	75,774	2,393	234,641

DİREK KESME DENEYİ 24 KG ÖN YÜKLEMELİ 24 KG KURU YÜKLEME SONUÇLARI

120,00	335,00	320,00	545	0,1200	0,0018898	0,12800	-0,06985	31,669	75,566	2,386	233,997
125,00	333,00	334,00	545	0,1250	0,0019685	0,13360	-0,06985	31,669	75,150	2,373	232,709
130,00	330,00	360,00	543	0,1300	0,0020472	0,14400	-0,07239	31,669	74,527	2,353	230,778
135,00	330,00	376,00	542	0,1350	0,0021260	0,15040	-0,07366	31,669	74,527	2,353	230,778
140,00	330,00	390,00	540	0,1400	0,0022047	0,15600	-0,07620	31,669	74,527	2,353	230,778
145,00	330,00	413,00	539	0,1450	0,0022835	0,16520	-0,07747	31,669	74,527	2,353	230,778

DİREK KESME DENEYİ 24 KG ÖN YÜKLEMELİ 36 KG KURU YÜKLEME SONUÇLARI

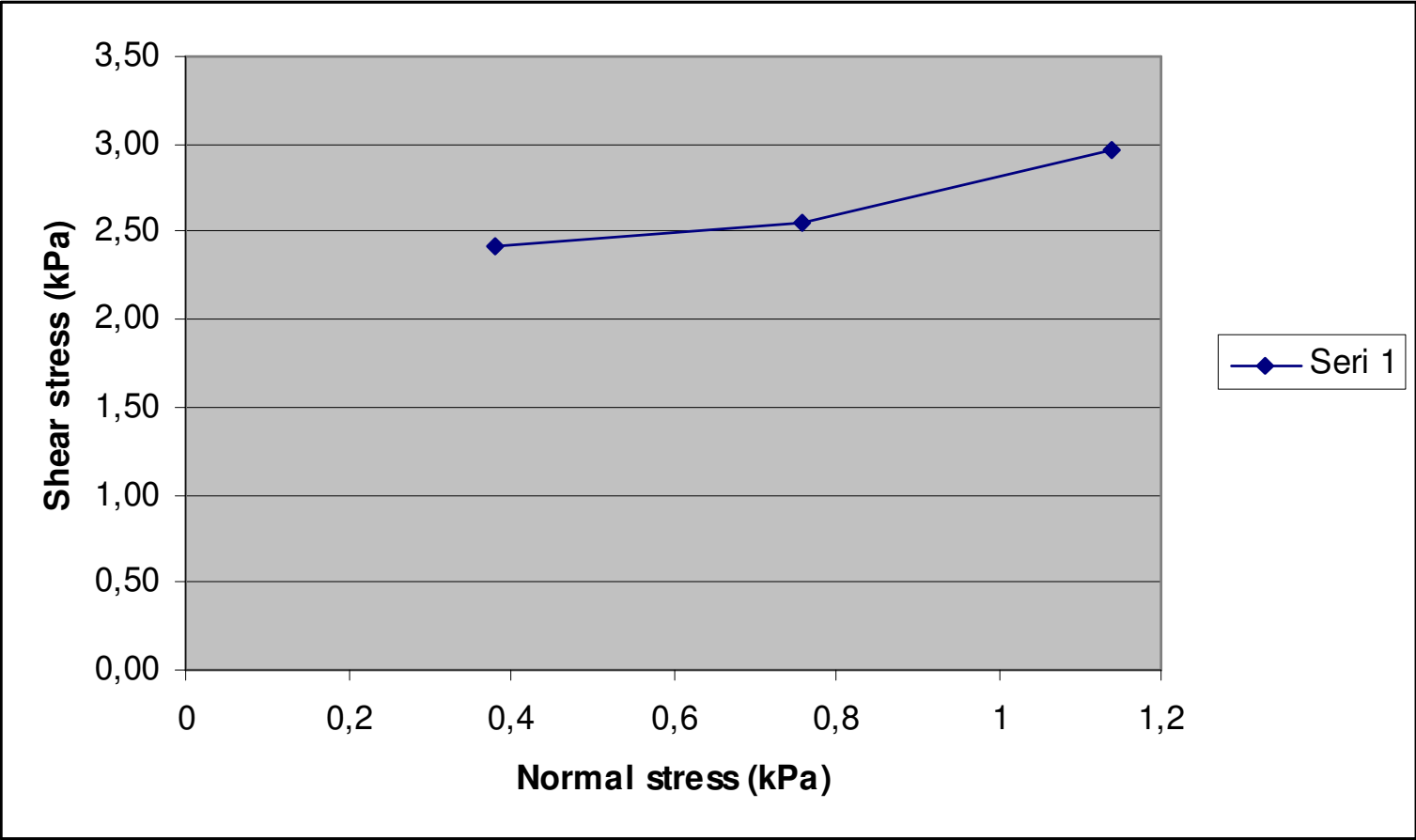
mm/min

Kesme hızı	0,001	Hor. Displ.	Ver. Displ.	Horizontal				Shear		Shear	
t (min)	Shear Force Dial	Dial Reading	Dial Reading	Displ. (mm)	e_h	e_h	e_v	Area (cm ²)	Shear Force(kg)	Stress (kg/cm ²)	Stress(kPa)
0,00	0,00	0,00	600	0,0000	0,0000000	0,00000	0	31,669	5,920	0,187	18,330
2,00	0,00	0,00	598	0,0020	0,0000315	0,00000	-0,00254	31,669	5,920	0,187	18,330
4,00	0,00	0,00	596	0,0040	0,0000630	0,00000	-0,00508	31,669	5,920	0,187	18,330
6,00	38,00	0,00	595	0,0060	0,0000945	0,00000	-0,00635	31,669	13,820	0,436	42,794
8,00	59,00	0,00	594	0,0080	0,0001260	0,00000	-0,00762	31,669	18,186	0,574	56,313
10,00	60,00	0,00	592	0,0100	0,0001575	0,00000	-0,01016	31,669	18,394	0,581	56,957
15,00	74,00	0,00	590	0,0150	0,0002362	0,00000	-0,0127	31,669	21,304	0,673	65,970
20,00	75,00	0,00	588	0,0200	0,0003150	0,00000	-0,01524	31,669	21,512	0,679	66,614
25,00	77,00	0,00	588	0,0250	0,0003937	0,00000	-0,01524	31,669	21,928	0,692	67,901
30,00	96,00	0,00	586	0,0300	0,0004724	0,00000	-0,01778	31,669	25,878	0,817	80,133
35,00	150,00	12,00	584	0,0350	0,0005512	0,00480	-0,02032	31,669	37,105	1,172	114,897
40,00	192,00	23,00	581	0,0400	0,0006299	0,00920	-0,02413	31,669	45,836	1,447	141,936
45,00	214,00	49,50	578	0,0450	0,0007087	0,01980	-0,02794	31,669	50,410	1,592	156,099
50,00	248,00	63,00	576	0,0500	0,0007874	0,02520	-0,03048	31,669	57,479	1,815	177,988
55,00	306,00	83,00	574	0,0550	0,0008661	0,03320	-0,03302	31,669	69,537	2,196	215,327
60,00	310,00	96,00	572	0,0600	0,0009449	0,03840	-0,03556	31,669	70,369	2,222	217,902
65,00	311,00	116,00	571	0,0650	0,0010236	0,04640	-0,03683	31,669	70,576	2,229	218,546
70,00	315,00	140,00	570	0,0700	0,0011024	0,05600	-0,0381	31,669	71,408	2,255	221,121
75,00	324,00	168,00	568	0,0750	0,0011811	0,06720	-0,04064	31,669	73,279	2,314	226,915
80,00	326,00	177,00	566	0,0800	0,0012598	0,07080	-0,04318	31,669	73,695	2,327	228,203
85,00	332,00	197,00	566	0,0850	0,0013386	0,07880	-0,04318	31,669	74,942	2,366	232,065
90,00	338,00	219,00	566	0,0900	0,0014173	0,08760	-0,04318	31,669	76,190	2,406	235,928
95,00	342,00	239,00	566	0,0950	0,0014961	0,09560	-0,04318	31,669	77,021	2,432	238,503
100,00	346,00	257,00	566	0,1000	0,0015748	0,10280	-0,04318	31,669	77,853	2,458	241,078
105,00	349,00	272,00	560	0,1050	0,0016535	0,10880	-0,0508	31,669	78,477	2,478	243,010
110,00	352,00	291,00	559	0,1100	0,0017323	0,11640	-0,05207	31,669	79,100	2,498	244,941
115,00	355,00	311,00	558	0,1150	0,0018110	0,12440	-0,05334	31,669	79,724	2,517	246,872
120,00	358,00	323,00	558	0,1200	0,0018898	0,12920	-0,05334	31,669	80,348	2,537	248,804
125,00	361,00	342,00	558	0,1250	0,0019685	0,13680	-0,05334	31,669	80,971	2,557	250,735
130,00	361,00	350,00	558	0,1300	0,0020472	0,14000	-0,05334	31,669	80,971	2,557	250,735

DİREK KESME DENEYİ 24 KG ÖN YÜKLEMELİ 48 KG KURU YÜKLEME SONUÇLARI

mm/min

Kesme hızı	0,001	Hor. Displ.	Ver. Displ.	Horizontal				Shear		Shear	
t (min)	Shear Force Dial	Dial Reading	Dial Reading	Displ. (mm)	\square_h	\square_h	\square_v	Area (cm ²)	Shear Force(kg)	Stress(kg/cm ²)	Stress(kPa)
0,00	0,00	0,00	600	0,0000	0,0000000	0,00000	0	31,669	5,920	0,187	18,330
2,00	0,00	0,00	599	0,0020	0,0000315	0,00000	-0,00127	31,669	5,920	0,187	18,330
4,00	33,00	0,00	598	0,0040	0,0000630	0,00000	-0,00254	31,669	12,780	0,404	39,575
6,00	72,00	0,00	597	0,0060	0,0000945	0,00000	-0,00381	31,669	20,888	0,660	64,682
8,00	85,00	0,00	596	0,0080	0,0001260	0,00000	-0,00508	31,669	23,591	0,745	73,052
10,00	110,00	0,00	595	0,0100	0,0001575	0,00000	-0,00635	31,669	28,789	0,909	89,146
15,00	122,00	0,00	593	0,0150	0,0002362	0,00000	-0,00889	31,669	31,283	0,988	96,871
20,00	135,00	0,00	592	0,0200	0,0003150	0,00000	-0,01016	31,669	33,986	1,073	105,241
25,00	158,00	0,00	591	0,0250	0,0003937	0,00000	-0,01143	31,669	38,768	1,224	120,048
30,00	170,00	0,00	590	0,0300	0,0004724	0,00000	-0,0127	31,669	41,263	1,303	127,773
35,00	222,00	0,00	590	0,0350	0,0005512	0,00000	-0,0127	31,669	52,073	1,644	161,250
40,00	332,00	32,00	586	0,0400	0,0006299	0,01280	-0,01778	31,669	74,942	2,366	232,065
45,00	339,00	53,00	583	0,0450	0,0007087	0,02120	-0,02159	31,669	76,398	2,412	236,572
50,00	346,00	71,00	581	0,0500	0,0007874	0,02840	-0,02413	31,669	77,853	2,458	241,078
55,00	350,00	83,00	580	0,0550	0,0008661	0,03320	-0,0254	31,669	78,685	2,485	243,653
60,00	358,00	100,00	578	0,0600	0,0009449	0,04000	-0,02794	31,669	80,348	2,537	248,804
65,00	364,00	117,00	577	0,0650	0,0010236	0,04680	-0,02921	31,669	81,595	2,576	252,666
70,00	373,00	136,00	575	0,0700	0,0011024	0,05440	-0,03175	31,669	83,466	2,636	258,460
75,00	383,00	156,00	573	0,0750	0,0011811	0,06240	-0,03429	31,669	85,545	2,701	264,898
80,00	393,00	179,00	572	0,0800	0,0012598	0,07160	-0,03556	31,669	87,624	2,767	271,336
85,00	398,00	196,00	570	0,0850	0,0013386	0,07840	-0,0381	31,669	88,664	2,800	274,555
90,00	405,00	219,00	569	0,0900	0,0014173	0,08760	-0,03937	31,669	90,119	2,846	279,061
95,00	408,00	230,00	568	0,0950	0,0014961	0,09200	-0,04064	31,669	90,743	2,865	280,993
100,00	411,00	245,00	568	0,1000	0,0015748	0,09800	-0,04064	31,669	91,366	2,885	282,924
105,00	415,00	268,00	566	0,1050	0,0016535	0,10720	-0,04318	31,669	92,198	2,911	285,499
110,00	418,00	285,00	565	0,1100	0,0017323	0,11400	-0,04445	31,669	92,822	2,931	287,431
115,00	421,00	310,00	564	0,1150	0,0018110	0,12400	-0,04572	31,669	93,445	2,951	289,362
120,00	424,00	325,00	563	0,1200	0,0018898	0,13000	-0,04699	31,669	94,069	2,970	291,293
125,00	424,00	340,00	563	0,1250	0,0019685	0,13600	-0,04699	31,669	94,069	2,970	291,293
130,00	424,00	305,00	562	0,1300	0,0020472	0,12200	-0,04826	31,669	94,069	2,970	291,293



DİREK KESME DENEYİ 24 KG ÖN YÜKLEMELİ 12 KG SULU YÜKLEME SONUÇLARI

	mm/min										
Kesme hızı	0,001	Hor. Displ.	Ver. Displ.	Horizontal				Shear		Shear	
t (min)	Shear Force Dial	Dial Reading	Dial Reading	Displ. (mm)	ϵ_h	ϵ_h	ϵ_v	Area (cm ²)	Shear Force(kg)	Stres(kg/cm ²)	Stress (kPa)
0,00	0,00	0,00	600	0,000	0,00000000	0,0000	0	31,669	5,920	0,187	18,330
2,00	14,00	-3,00	600	0,002	0,00003150	-0,0012	0	31,669	8,830	0,279	27,343
4,00	14,00	-1,50	599	0,004	0,00006299	-0,0006	-0,00127	31,669	8,830	0,279	27,343
6,00	14,00	-1,00	599	0,006	0,00009449	-0,0004	-0,00127	31,669	8,830	0,279	27,343
8,00	14,00	-1,00	598	0,008	0,00012598	-0,0004	-0,00254	31,669	8,830	0,279	27,343
10,00	14,00	-1,00	598	0,010	0,00015748	-0,0004	-0,00254	31,669	8,830	0,279	27,343
15,00	15,00	2,50	597	0,015	0,00023622	0,0010	-0,00381	31,669	9,038	0,285	27,987
20,00	26,00	3,50	597	0,020	0,00031496	0,0014	-0,00381	31,669	11,325	0,358	35,069
25,00	32,00	12,00	596	0,025	0,00039370	0,0048	-0,00508	31,669	12,572	0,397	38,931
30,00	48,00	26,00	595	0,030	0,00047244	0,0104	-0,00635	31,669	15,899	0,502	49,232
35,00	64,00	46,00	594	0,035	0,00055118	0,0184	-0,00762	31,669	19,225	0,607	59,532
40,00	73,00	68,00	593	0,040	0,00062992	0,0272	-0,00889	31,669	21,096	0,666	65,326
45,00	86,00	85,00	593	0,045	0,00070866	0,0340	-0,00889	31,669	23,799	0,751	73,695
50,00	98,00	105,00	593	0,050	0,00078740	0,0420	-0,00889	31,669	26,294	0,830	81,421
55,00	103,00	113,00	592	0,055	0,00086614	0,0452	-0,01016	31,669	27,333	0,863	84,640
60,00	104,00	125,00	591	0,060	0,00094488	0,0500	-0,01143	31,669	27,541	0,870	85,283
65,00	105,00	163,00	590	0,065	0,00102362	0,0652	-0,0127	31,669	27,749	0,876	85,927
70,00	106,00	210,00	590	0,070	0,00110236	0,0840	-0,0127	31,669	27,957	0,883	86,571
75,00	107,00	240,00	589	0,075	0,00118110	0,0960	-0,01397	31,669	28,165	0,889	87,215
80,00	110,00	246,00	589	0,080	0,00125984	0,0984	-0,01397	31,669	28,789	0,909	89,146
85,00	110,00	261,00	589	0,085	0,00133858	0,1044	-0,01397	31,669	28,789	0,909	89,146
90,00	110,00	278,00	588	0,090	0,00141732	0,1112	-0,01524	31,669	28,789	0,909	89,146

DİREK KESME 24 KG ÖN YÜKLEMELİ 24 KG SULU YÜKLEME SONUÇLARI

	mm/min										
Kesme hızı	0,001	Hor. Displ.	Ver. Displ.	Horizontal				Shear		Shear	
t (min)	Shear Force Dial	Dial Reading	Dial Reading	Displ. (mm)	ϵ_h	ϵ_h	ϵ_v	Area (cm ²)	Shear Force(kg)	Stress(kg/cm ²)	Stress (kPa)
0,00	0,00	0,00	600	0,0000	0,000000	0,000	0,00000	31,669	5,920	0,187	18,330
2,00	62,00	2,00	600	0,0020	0,000031	0,001	0,00000	31,669	18,809	0,594	58,245
4,00	71,00	9,00	599	0,0040	0,000063	0,004	-0,00127	31,669	20,680	0,653	64,039
6,00	76,00	16,00	598	0,0060	0,000094	0,006	-0,00254	31,669	21,720	0,686	67,258
8,00	80,00	24,00	597	0,0080	0,000126	0,010	-0,00381	31,669	22,552	0,712	69,833
10,00	84,00	34,00	597	0,0100	0,000157	0,014	-0,00381	31,669	23,383	0,738	72,408
15,00	89,00	57,00	596	0,0150	0,000236	0,023	-0,00508	31,669	24,423	0,771	75,627
20,00	94,00	74,00	595	0,0200	0,000315	0,030	-0,00635	31,669	25,462	0,804	78,846
25,00	98,00	90,00	594	0,0250	0,000394	0,036	-0,00762	31,669	26,294	0,830	81,421
30,00	102,00	108,00	593	0,0300	0,000472	0,043	-0,00889	31,669	27,125	0,857	83,996
35,00	106,00	128,00	593	0,0350	0,000551	0,051	-0,00889	31,669	27,957	0,883	86,571
40,00	110,00	148,00	592	0,0400	0,000630	0,059	-0,01016	31,669	28,789	0,909	89,146
45,00	114,00	167,00	591	0,0450	0,000709	0,067	-0,01143	31,669	29,620	0,935	91,721
50,00	118,00	189,00	591	0,0500	0,000787	0,076	-0,01143	31,669	30,452	0,962	94,296
55,00	121,00	208,00	590	0,0550	0,000866	0,083	-0,01270	31,669	31,075	0,981	96,228
60,00	124,00	228,00	590	0,0600	0,000945	0,091	-0,01270	31,669	31,699	1,001	98,159
65,00	127,00	247,00	590	0,0650	0,001024	0,099	-0,01270	31,669	32,323	1,021	100,090
70,00	130,00	267,00	590	0,0700	0,001102	0,107	-0,01270	31,669	32,947	1,040	102,022
75,00	130,00	290,00	590	0,0750	0,001181	0,116	-0,01270	31,669	32,947	1,040	102,022
80,00	132,00	303,00	590	0,0800	0,001260	0,121	-0,01270	31,669	33,362	1,053	103,309
85,00	132,00	327,00	590	0,0850	0,001339	0,131	-0,01270	31,669	33,362	1,053	103,309
90,00	132,00	344,00	590	0,0900	0,001417	0,138	-0,01270	31,669	33,362	1,053	103,309

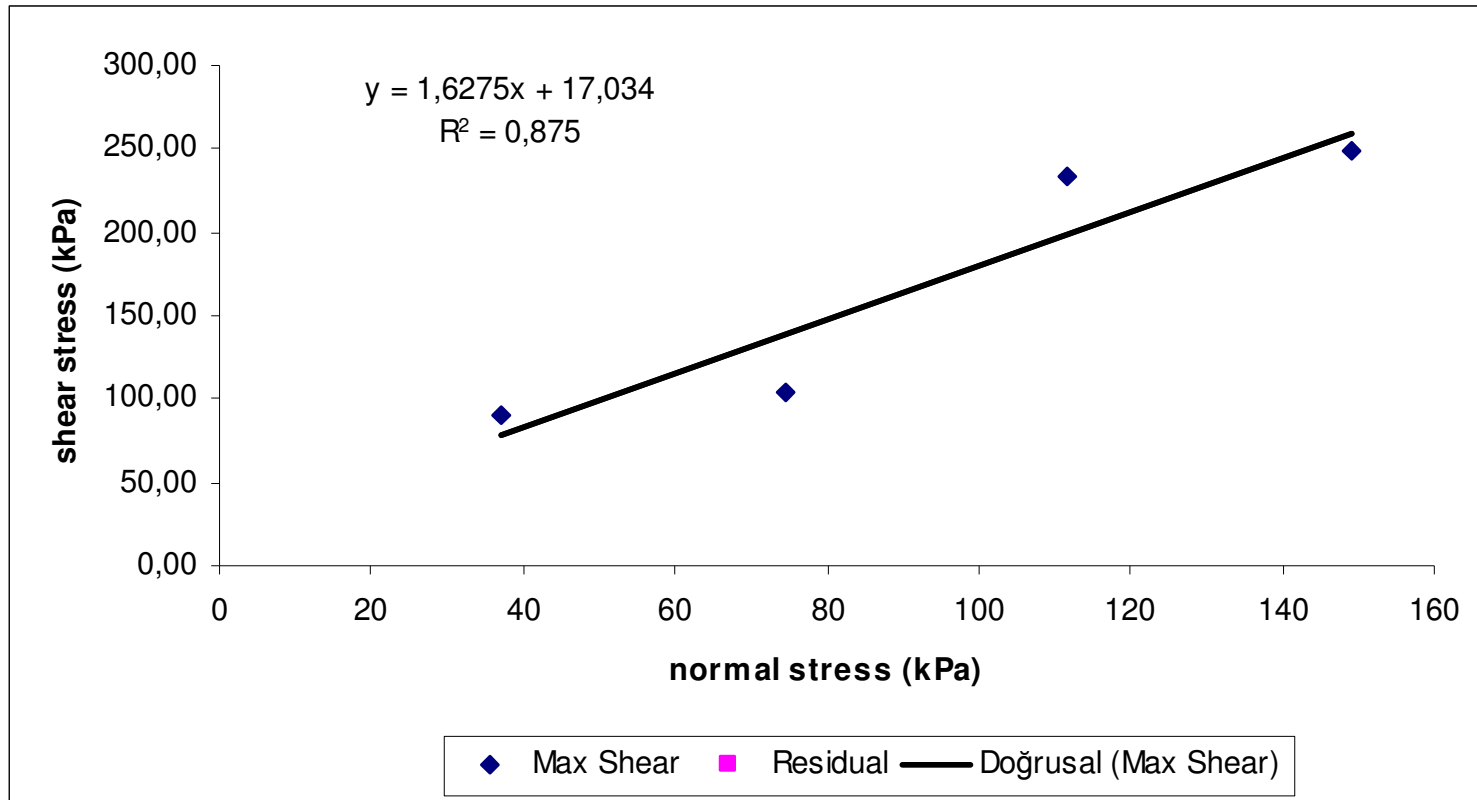
DİREK KESME 24 KG ÖN YÜKLEMELİ 36 KG SULU YÜKLEME SONUÇLARI

	mm/min										
Kesme hızı	0,001	Hor. Displ.	Ver. Displ.	Horizontal				Shear		Shear	
t (min)	Shear Force Dial	Dial Reading	Dial Reading	Displ. (mm)	e _h	e _h	e _v	Area (cm ²)	Shear Force(kg)	Stress (kg/cm ²)	Stress(kPa)
0,00	0,00	0,00	600	0,000	0,000000	0,000	0,000000	31,669	5,920	0,187	18,330
2,00	50,00	-1,00	597	0,002	0,000031	0,000	-0,00381	31,669	16,315	0,515	50,519
4,00	70,00	-2,50	596	0,004	0,000063	-0,001	-0,00508	31,669	20,473	0,646	63,395
6,00	71,00	-2,50	595	0,006	0,000094	-0,001	-0,00635	31,669	20,680	0,653	64,039
8,00	71,00	-2,50	595	0,008	0,000126	-0,001	-0,00635	31,669	20,680	0,653	64,039
10,00	71,00	-3,00	594	0,010	0,000157	-0,001	-0,00762	31,669	20,680	0,653	64,039
15,00	74,00	-3,50	593	0,015	0,000236	-0,001	-0,00889	31,669	21,304	0,673	65,970
20,00	76,00	0,00	591	0,020	0,000315	0,000	-0,01143	31,669	21,720	0,686	67,258
25,00	194,00	3,50	591	0,025	0,000394	0,001	-0,01143	31,669	46,252	1,460	143,224
30,00	287,00	13,00	589	0,030	0,000472	0,003	-0,01397	31,669	65,587	2,071	203,095
35,00	292,00	33,00	588	0,035	0,000551	0,007	-0,01524	31,669	66,626	2,104	206,314
40,00	296,00	55,00	586	0,040	0,000630	0,011	-0,01778	31,669	67,458	2,130	208,889
45,00	298,00	70,00	585	0,045	0,000709	0,014	-0,01905	31,669	67,874	2,143	210,177
50,00	302,00	90,00	584	0,050	0,000787	0,018	-0,02032	31,669	68,705	2,169	212,752
55,00	313,00	120,00	582	0,055	0,000866	0,024	-0,02286	31,669	70,992	2,242	219,834
60,00	316,00	132,00	582	0,060	0,000945	0,026	-0,02286	31,669	71,616	2,261	221,765
65,00	322,00	152,00	581	0,065	0,001024	0,030	-0,02413	31,669	72,863	2,301	225,628
70,00	328,00	177,00	581	0,070	0,001102	0,035	-0,02413	31,669	74,111	2,340	229,490
75,00	330,00	187,00	580	0,075	0,001181	0,037	-0,02540	31,669	74,527	2,353	230,778
80,00	333,00	205,00	580	0,080	0,001260	0,041	-0,02540	31,669	75,150	2,373	232,709
85,00	333,00	226,00	580	0,085	0,001339	0,045	-0,02540	31,669	75,150	2,373	232,709
90,00	333,00	240,00	580	0,090	0,001417	0,048	-0,02540	31,669	75,150	2,373	232,709

DİREK KESME 24 KG ÖN YÜKLEMELİ 48 KG SULU YÜKLEME SONUÇLARI

mm/min

Kesme hızı	0,001	Hor. Displ.	Ver. Displ.	Horizontal				Shear		Shear	
t (min)	Shear Force Dial	Dial Reading	Dial Reading	Displ. (mm)	e _h	e _h	e _v	Area (cm ²)	Shear Force(kg)	Stress(kg/cm ²)	Stress(kPa)
0,00	0,00	0,00	600	0,000	0,0000000	0,00000	0	31,669	5,920	0,187	18,330
2,00	0,00	0,00	597	0,002	0,0000315	0,00000	-0,00381	31,669	5,920	0,187	18,330
4,00	0,00	0,00	596	0,004	0,0000630	0,00000	-0,00508	31,669	5,920	0,187	18,330
6,00	30,00	3,00	596	0,006	0,0000945	0,00060	-0,00508	31,669	12,157	0,384	37,644
8,00	37,00	5,00	594	0,008	0,0001260	0,00100	-0,00762	31,669	13,612	0,430	42,150
10,00	90,00	5,00	593	0,010	0,0001575	0,00100	-0,00889	31,669	24,631	0,778	76,270
15,00	231,00	10,00	593	0,015	0,0002362	0,00200	-0,00889	31,669	53,944	1,703	167,044
20,00	260,00	5,00	593	0,020	0,0003150	0,00100	-0,00889	31,669	59,974	1,894	185,713
25,00	271,00	46,00	591	0,025	0,0003937	0,00920	-0,01143	31,669	62,260	1,966	192,795
30,00	279,00	65,00	587	0,030	0,0004724	0,01300	-0,01651	31,669	63,924	2,018	197,945
35,00	288,00	85,00	586	0,035	0,0005512	0,01700	-0,01778	31,669	65,795	2,078	203,739
40,00	300,00	110,00	584	0,040	0,0006299	0,02200	-0,02032	31,669	68,290	2,156	211,464
45,00	305,00	123,00	583	0,045	0,0007087	0,02460	-0,02159	31,669	69,329	2,189	214,683
50,00	313,00	142,00	582	0,050	0,0007874	0,02840	-0,02286	31,669	70,992	2,242	219,834
55,00	321,00	159,00	581	0,055	0,0008661	0,03180	-0,02413	31,669	72,655	2,294	224,984
60,00	324,00	170,00	581	0,060	0,0009449	0,03400	-0,02413	31,669	73,279	2,314	226,915
65,00	328,00	174,00	580	0,065	0,0010236	0,03480	-0,0254	31,669	74,111	2,340	229,490
70,00	330,00	195,00	580	0,070	0,0011024	0,03900	-0,0254	31,669	74,527	2,353	230,778
75,00	333,00	210,00	579	0,075	0,0011811	0,04200	-0,02667	31,669	75,150	2,373	232,709
80,00	338,00	220,00	578	0,080	0,0012598	0,04400	-0,02794	31,669	76,190	2,406	235,928
85,00	349,00	242,00	577	0,085	0,0013386	0,04840	-0,02921	31,669	78,477	2,478	243,010
90,00	358,00	255,00	576	0,090	0,0014173	0,05100	-0,03048	31,669	80,348	2,537	248,804
95,00	358,00	288,00	576	0,095	0,0014961	0,05760	-0,03048	31,669	80,348	2,537	248,804
100,00	358,00	296,00	575	0,100	0,0015748	0,05920	-0,03175	31,669	80,348	2,537	248,804



DİREK KESME DENEYİ 36 KG ÖN YÜKLEMELİ 36 KG SULU YÜKLEME SONUÇLARI

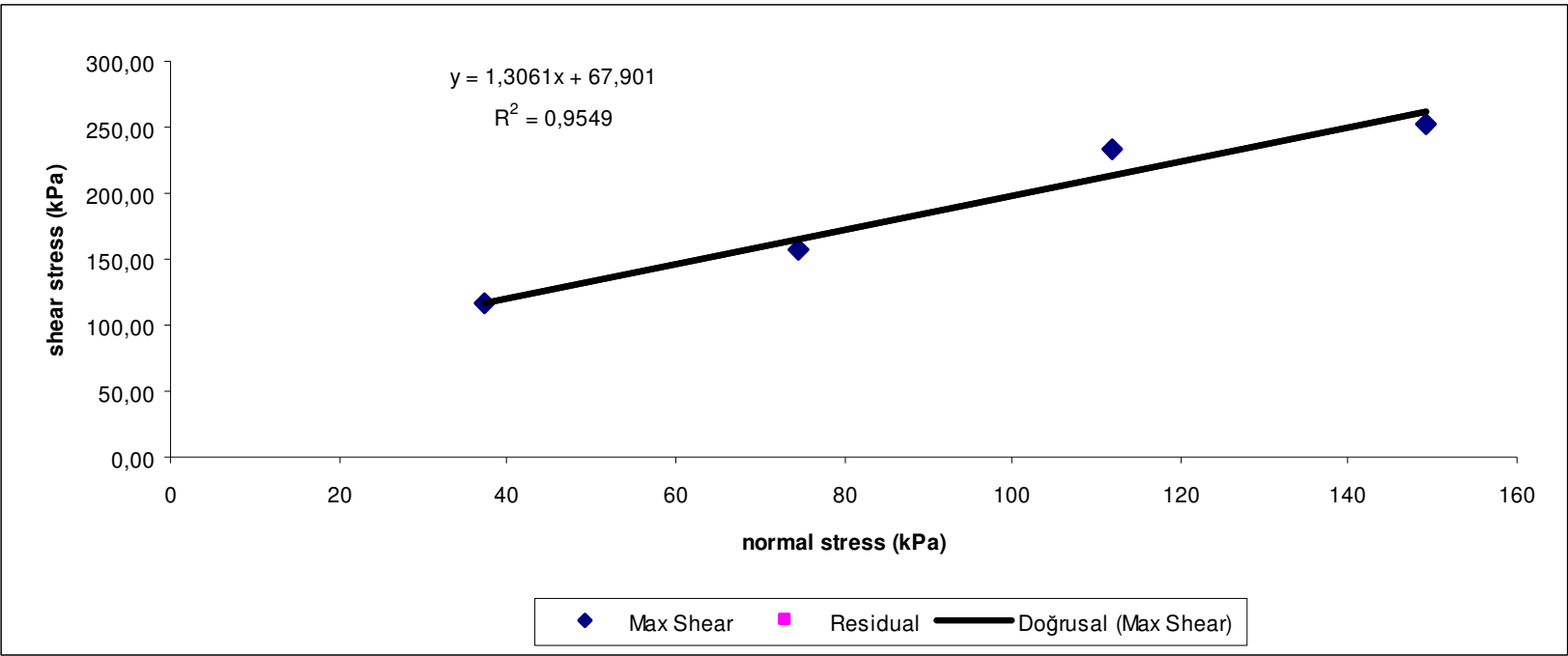
mm/min

Kesme hızı	0,001	Hor. Displ.	Ver. Displ.	Horizontal				Shear		Shear	
t (min)	Shear Force Dial	Dial Reading	Dial Reading	Displ. (mm)	e_h	e_h	e_v	Area (cm ²)	Shear Force(kg)	Stress (kg/cm ²)	Stress(kPa)
0,00	0,00	0,00	600	0,0000	0,0000000	0,000	0	31,669	7,167	0,226	22,193
2,00	6,00	3,00	602	0,0020	0,0000315	0,001	0,00254	31,669	7,167	0,226	22,193
4,00	6,00	4,00	602	0,0040	0,0000630	0,002	0,00254	31,669	7,167	0,226	22,193
6,00	6,00	5,00	602	0,0060	0,0000945	0,002	0,00254	31,669	7,375	0,233	22,837
8,00	7,00	6,00	604	0,0080	0,0001260	0,002	0,00508	31,669	7,375	0,233	22,837
10,00	7,00	6,00	604	0,0100	0,0001575	0,002	0,00508	31,669	7,375	0,233	22,837
15,00	7,00	6,00	604	0,0150	0,0002362	0,002	0,00508	31,669	25,878	0,817	80,133
20,00	96,00	10,00	612	0,0200	0,0003150	0,004	0,01524	31,669	42,302	1,336	130,992
25,00	175,00	17,00	612	0,0250	0,0003937	0,007	0,01524	31,669	56,855	1,795	176,056
30,00	245,00	32,00	610	0,0300	0,0004724	0,013	0,0127	31,669	59,974	1,894	185,713
35,00	260,00	52,00	608	0,0350	0,0005512	0,021	0,01016	31,669	62,260	1,966	192,795
40,00	271,00	70,00	606	0,0400	0,0006299	0,028	0,00762	31,669	63,924	2,018	197,945
45,00	279,00	91,00	603	0,0450	0,0007087	0,036	0,00381	31,669	65,587	2,071	203,095
50,00	287,00	107,00	602	0,0500	0,0007874	0,043	0,00254	31,669	67,250	2,124	208,246
55,00	295,00	125,00	600	0,0550	0,0008661	0,050	0	31,669	68,705	2,169	212,752
60,00	302,00	144,00	599	0,0600	0,0009449	0,058	-0,00127	31,669	69,953	2,209	216,615
65,00	308,00	163,00	598	0,0650	0,0010236	0,065	-0,00254	31,669	72,448	2,288	224,340
70,00	320,00	192,00	597	0,0700	0,0011024	0,077	-0,00381	31,669	73,695	2,327	228,203
75,00	326,00	207,00	596	0,0750	0,0011811	0,083	-0,00508	31,669	74,734	2,360	231,422
80,00	331,00	227,00	596	0,0800	0,0012598	0,091	-0,00508	31,669	74,734	2,360	231,422
85,00	331,00	240,00	595	0,0850	0,0013386	0,096	-0,00635	31,669	75,150	2,373	232,709
90,00	333,00	260,00	594	0,0900	0,0014173	0,104	-0,00762	31,669	75,358	2,380	233,353
95,00	334,00	272,00	594	0,0950	0,0014961	0,109	-0,00762	31,669	75,358	2,380	233,353

DİREK KESME DENEYİ 36 KG ÖN YÜKLEMELİ 48 KG SULU YÜKLEME SONUÇLARI

mm/min

Kesme hızı	0,001	Hor. Displ.	Ver. Displ.	Horizontal				Shear		Shear	
t (min)	Shear Force Dial	Dial Reading	Dial Reading	Displ. (mm)	e_h	e_h	e_v	Area (cm ²)	Shear Force(kg)	Stress (kg/cm ²)	Stress(kPa)
0,00	0,00	0,00	600	0,0000	0,0000000	0,000000	0	31,669	5,920	0,187	18,330
2,00	31,00	6,00	602	0,0020	0,0000315	0,00240	0,00254	31,669	12,364	0,390	38,287
4,00	40,00	10,00	602	0,0040	0,0000630	0,00400	0,00254	31,669	14,236	0,450	44,081
6,00	55,00	18,00	603	0,0060	0,0000945	0,00720	0,00381	31,669	17,354	0,548	53,738
8,00	62,00	28,00	596	0,0080	0,0001260	0,01120	-0,00508	31,669	18,809	0,594	58,245
10,00	73,00	34,00	596	0,0100	0,0001575	0,01360	-0,00508	31,669	21,096	0,666	65,326
15,00	84,00	53,00	595	0,0150	0,0002362	0,02120	-0,00635	31,669	23,383	0,738	72,408
20,00	95,00	73,00	594	0,0200	0,0003150	0,02920	-0,00762	31,669	25,670	0,811	79,489
25,00	103,00	93,00	592	0,0250	0,0003937	0,03720	-0,01016	31,669	27,333	0,863	84,640
30,00	115,00	114,00	592	0,0300	0,0004724	0,04560	-0,01016	31,669	29,828	0,942	92,365
35,00	121,00	128,00	592	0,0350	0,0005512	0,05120	-0,01016	31,669	31,075	0,981	96,228
40,00	228,00	149,00	592	0,0400	0,0006299	0,05960	-0,01016	31,669	53,321	1,684	165,112
45,00	233,00	165,00	591	0,0450	0,0007087	0,06600	-0,01143	31,669	54,360	1,716	168,331
50,00	338,00	183,00	591	0,0500	0,0007874	0,07320	-0,01143	31,669	76,190	2,406	235,928
55,00	345,00	205,00	590	0,0550	0,0008661	0,08200	-0,0127	31,669	77,645	2,452	240,435
60,00	352,00	225,00	590	0,0600	0,0009449	0,09000	-0,0127	31,669	79,100	2,498	244,941
65,00	355,00	240,00	590	0,0650	0,0010236	0,09600	-0,0127	31,669	79,724	2,517	246,872
70,00	358,00	263,00	590	0,0700	0,0011024	0,10520	-0,0127	31,669	80,348	2,537	248,804
75,00	359,00	282,00	589	0,0750	0,0011811	0,11280	-0,01397	31,669	80,556	2,544	249,447
80,00	362,00	302,00	588	0,0800	0,0012598	0,12080	-0,01524	31,669	81,179	2,563	251,379
85,00	364,00	322,00	588	0,0850	0,0013386	0,12880	-0,01524	31,669	81,595	2,576	252,666
90,00	364,00	343,00	588	0,0900	0,0014173	0,13720	-0,01524	31,669	81,595	2,576	252,666



DİREK KESME DENEYİ 48 KG ÖN YÜKLEMELİ 12 KG SULU YÜKLEME SONUÇLARI

mm/min

Kesme hızı	0,001	Hor. Displ.	Ver. Displ.	Horizontal				Shear		Shear	
t (min)	Shear Force Dial	Dial Reading	Dial Reading	Displ. (mm)	e _h	e _h	e _v	Area (cm ²)	Shear Force(kg)	Stress (kg/cm ²)	Stress(kPa)
0,00	0,00	0,00	600	0,00000	0,00000000	0,000	0	31,669	5,920	0,187	18,330
2,00	31,00	5,00	590	0,00200	0,0000315	0,002	-0,0127	31,669	12,364	0,390	38,287
4,00	41,00	12,00	584	0,00400	0,0000630	0,005	-0,02032	31,669	14,443	0,456	44,725
6,00	45,00	19,00	580	0,00600	0,0000945	0,008	-0,0254	31,669	15,275	0,482	47,300
8,00	47,00	28,00	579	0,00800	0,0001260	0,011	-0,02667	31,669	15,691	0,495	48,588
10,00	49,00	36,00	576	0,01000	0,0001575	0,014	-0,03048	31,669	16,107	0,509	49,875
15,00	153,00	54,00	570	0,01500	0,0002362	0,022	-0,0381	31,669	37,728	1,191	116,829
20,00	155,00	74,00	566	0,02000	0,0003150	0,030	-0,04318	31,669	38,144	1,204	118,116
25,00	158,00	93,00	560	0,02500	0,0003937	0,037	-0,0508	31,669	38,768	1,224	120,048
30,00	161,00	112,00	557	0,03000	0,0004724	0,045	-0,05461	31,669	39,391	1,244	121,979
35,00	165,00	130,00	554	0,03500	0,0005512	0,052	-0,05842	31,669	40,223	1,270	124,554
40,00	170,00	152,00	551	0,04000	0,0006299	0,061	-0,06223	31,669	41,263	1,303	127,773
45,00	171,00	169,00	548	0,04500	0,0007087	0,068	-0,06604	31,669	41,470	1,309	128,417
50,00	174,00	190,00	546	0,05000	0,0007874	0,076	-0,06858	31,669	42,094	1,329	130,348
55,00	177,00	210,00	544	0,05500	0,0008661	0,084	-0,07112	31,669	42,718	1,349	132,279
60,00	178,00	227,00	542	0,06000	0,0009449	0,091	-0,07366	31,669	42,926	1,355	132,923
65,00	182,00	247,00	542	0,06500	0,0010236	0,099	-0,07366	31,669	43,757	1,382	135,498
70,00	185,00	266,00	541	0,07000	0,0011024	0,106	-0,07493	31,669	44,381	1,401	137,430
75,00	187,00	283,00	541	0,07500	0,0011811	0,113	-0,07493	31,669	44,797	1,415	138,717
80,00	188,00	305,00	540	0,08000	0,0012598	0,122	-0,0762	31,669	45,005	1,421	139,361

DİREK KESME DENEYİ 48 KG ÖN YÜKLEMELİ 24 KG SULU YÜKLEME SONUÇLARI

mm/min

Kesme hızı	0,001	Hor. Displ.	Ver. Displ.	Horizontal				Shear		Shear	
t (min)	Shear Force Dial	Dial Reading	Dial Reading	Displ. (mm)	e_h	e_h	e_v	Area (cm ²)	Shear Force(kg)	Stress(kg/cm ²)	Stress(kPa)
0,00	0,00	0,00	600	0,0000	0,0000000	0,00000	0,0000	31,669	5,920	0,187	18,330
2,00	55,00	0,00	596	0,0020	0,0000315	0,00000	-0,0051	31,669	17,354	0,548	53,738
4,00	77,00	0,00	593	0,0040	0,0000630	0,00000	-0,0089	31,669	21,928	0,692	67,901
6,00	78,00	0,00	590,00	0,0060	0,0000945	0,00000	-0,0127	31,669	22,136	0,699	68,545
8,00	79,00	0,00	590	0,0080	0,0001260	0,00000	-0,0127	31,669	22,344	0,706	69,189
10,00	80,00	0,00	588	0,0100	0,0001575	0,00000	-0,0152	31,669	22,552	0,712	69,833
15,00	81,00	0,00	585	0,0150	0,0002362	0,00000	-0,0191	31,669	22,759	0,719	70,476
20,00	122,00	0,00	583	0,0200	0,0003150	0,00000	-0,0216	31,669	31,283	0,988	96,871
25,00	168,00	0,00	580	0,0250	0,0003937	0,00000	-0,0254	31,669	40,847	1,290	126,485
30,00	238,00	4,00	577	0,0300	0,0004724	0,00160	-0,0292	31,669	55,400	1,749	171,550
35,00	242,00	18,00	572	0,0350	0,0005512	0,00720	-0,0356	31,669	56,231	1,776	174,125
40,00	247,00	46,00	570	0,0400	0,0006299	0,01840	-0,0381	31,669	57,271	1,808	177,344
45,00	251,00	60,00	566	0,0450	0,0007087	0,02400	-0,0432	31,669	58,102	1,835	179,919
50,00	258,00	78,00	564	0,0500	0,0007874	0,03120	-0,0457	31,669	59,558	1,881	184,426
55,00	261,00	95,00	563	0,0550	0,0008661	0,03800	-0,0470	31,669	60,181	1,900	186,357
60,00	263,00	110,00	559	0,0600	0,0009449	0,04400	-0,0521	31,669	60,597	1,913	187,645
65,00	268,00	137,00	559	0,0650	0,0010236	0,05480	-0,0521	31,669	61,637	1,946	190,863
70,00	270,00	158,00	557	0,0700	0,0011024	0,06320	-0,0546	31,669	62,053	1,959	192,151
75,00	272,00	173,00	556	0,0750	0,0011811	0,06920	-0,0559	31,669	62,468	1,973	193,439
80,00	276,00	195,00	554	0,0800	0,0012598	0,07800	-0,0584	31,669	63,300	1,999	196,014
85,00	278,00	212,00	553	0,0850	0,0013386	0,08480	-0,0597	31,669	63,716	2,012	197,301
90,00	279,00	232,00	552	0,0900	0,0014173	0,09280	-0,0610	31,669	63,924	2,018	197,945

DİREK KESME DENEYİ 48 KG ÖN YÜKLEMELİ 36 KG SULU YÜKLEME SONUÇLARI

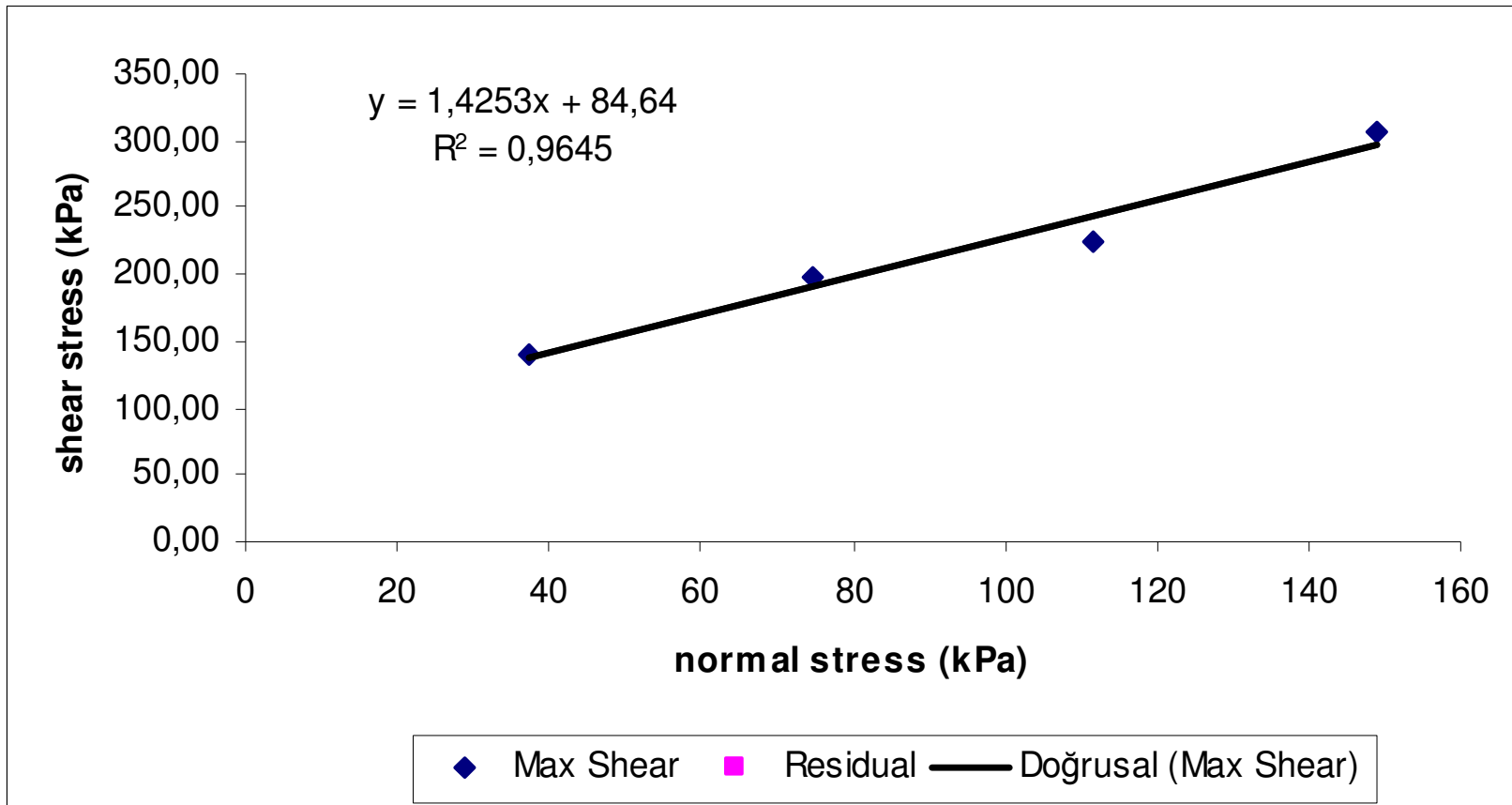
mm/min

Kesme hızı	0,001	Hor. Displ.	Ver. Displ.	Horizontal				Shear		Shear	
t (min)	Shear Force Dial	Dial Reading	Dial Reading	Displ. (mm)	e _h	e _h	e _v	Area (cm ²)	Shear Force(kg)	Stress(kg/cm ²)	Stress(kPa)
0,00	0,00	0,00	600	0,0000	0,0000000	0,000	0	31,669	18,809	0,594	58,245
2,00	62,00	0,00	596	0,0020	0,0000315	0,000	-0,0051	31,669	29,828	0,942	92,365
4,00	115,00	0,00	594	0,0040	0,0000630	0,000	-0,0076	31,669	29,412	0,929	91,077
6,00	113,00	0,00	592	0,0060	0,0000945	0,000	-0,0102	31,669	30,244	0,955	93,653
8,00	117,00	0,00	591	0,0080	0,0001260	0,000	-0,0114	31,669	30,452	0,962	94,296
10,00	118,00	0,00	590	0,0100	0,0001575	0,000	-0,0127	31,669	32,323	1,021	100,090
15,00	127,00	0,00	590	0,0150	0,0002362	0,000	-0,0127	31,669	32,531	1,027	100,734
20,00	128,00	0,00	584	0,0200	0,0003150	0,000	-0,0203	31,669	47,084	1,487	145,799
25,00	198,00	0,00	581	0,0250	0,0003937	0,000	-0,0241	31,669	48,331	1,526	149,661
30,00	204,00	0,00	578	0,0300	0,0004724	0,000	-0,0279	31,669	63,716	2,012	197,301
35,00	278,00	0,00	576	0,0350	0,0005512	0,000	-0,0305	31,669	64,963	2,051	201,164
40,00	284,00	23,00	572	0,0400	0,0006299	0,009	-0,0356	31,669	65,587	2,071	203,095
45,00	287,00	42,00	570	0,0450	0,0007087	0,017	-0,0381	31,669	66,626	2,104	206,314
50,00	292,00	58,00	569	0,0500	0,0007874	0,023	-0,0394	31,669	67,666	2,137	209,533
55,00	297,00	77,00	567	0,0550	0,0008661	0,031	-0,0419	31,669	68,705	2,169	212,752
60,00	302,00	97,00	565	0,0600	0,0009449	0,039	-0,0445	31,669	68,913	2,176	213,396
65,00	303,00	115,00	564	0,0650	0,0010236	0,046	-0,0457	31,669	69,953	2,209	216,615
70,00	308,00	140,00	562	0,0700	0,0011024	0,056	-0,0483	31,669	70,992	2,242	219,834
75,00	313,00	156,00	561	0,0750	0,0011811	0,062	-0,0495	31,669	71,616	2,261	221,765
80,00	316,00	173,00	560	0,0800	0,0012598	0,069	-0,0508	31,669	72,448	2,288	224,340
85,00	320,00	192,00	560	0,0850	0,0013386	0,077	-0,0508	31,669	72,863	2,301	225,628
90,00	322,00	212,00	560	0,0900	0,0014173	0,085	-0,0508	31,669	72,655	2,294	224,984
95,00	321,00	238,00	560	0,0950	0,0014961	0,095	-0,0508	31,669	72,655	2,294	224,984

DİREK KESME DENEYİ 48 KG ÖN YÜKLEMELİ 48 KG SULU YÜKLEME SONUÇLARI

mm/min

Kesme hızı	0,001	Hor. Displ.	Ver. Displ.	Horizontal				Shear		Shear	
t (min)	Shear Force Dial	Dial Reading	Dial Reading	Displ. (mm)	e _h	e _h	e _v	Area (cm ²)	Shear Force(kg)	Stress(kg/cm ²)	Stress(kPa)
0,00	0,00	0,00	600	0,0000	0,0000000	0,000	0	31,669	5,920	0,187	18,330
2,00	11,00	0,00	596	0,0020	0,0000315	0,000	-0,00508	31,669	8,206	0,259	25,412
4,00	70,00	0,00	594	0,0040	0,0000630	0,000	-0,00762	31,669	20,473	0,646	63,395
6,00	128,00	0,00	593	0,0060	0,0000945	0,000	-0,00889	31,669	32,531	1,027	100,734
8,00	145,00	0,00	591	0,0080	0,0001260	0,000	-0,01143	31,669	36,065	1,139	111,678
10,00	146,00	0,00	590	0,0100	0,0001575	0,000	-0,0127	31,669	36,273	1,145	112,322
15,00	147,00	0,00	588	0,0150	0,0002362	0,000	-0,01524	31,669	36,481	1,152	112,966
20,00	156,00	0,00	588	0,0200	0,0003150	0,000	-0,01524	31,669	38,352	1,211	118,760
25,00	158,00	0,00	588	0,0250	0,0003937	0,000	-0,01524	31,669	38,768	1,224	120,048
30,00	233,00	0,00	588	0,0300	0,0004724	0,000	-0,01524	31,669	54,360	1,716	168,331
35,00	264,00	0,00	588	0,0350	0,0005512	0,000	-0,01524	31,669	60,805	1,920	188,288
40,00	310,00	0,00	588	0,0400	0,0006299	0,000	-0,01524	31,669	70,369	2,222	217,902
45,00	386,00	0,00	588	0,0450	0,0007087	0,000	-0,01524	31,669	86,169	2,721	266,830
50,00	390,00	11,00	588	0,0500	0,0007874	0,004	-0,01524	31,669	87,001	2,747	269,405
55,00	394,00	30,00	588	0,0550	0,0008661	0,012	-0,01524	31,669	87,832	2,773	271,980
60,00	400,00	44,00	588	0,0600	0,0009449	0,018	-0,01524	31,669	89,080	2,813	275,842
65,00	405,00	62,00	588	0,0650	0,0010236	0,025	-0,01524	31,669	90,119	2,846	279,061
70,00	413,00	80,00	588	0,0700	0,0011024	0,032	-0,01524	31,669	91,782	2,898	284,212
75,00	416,00	98,00	588	0,0750	0,0011811	0,039	-0,01524	31,669	92,406	2,918	286,143
80,00	427,00	121,00	588	0,0800	0,0012598	0,048	-0,01524	31,669	94,693	2,990	293,225
85,00	433,00	145,00	588	0,0850	0,0013386	0,058	-0,01524	31,669	95,940	3,029	297,087
90,00	435,00	164,00	588	0,0900	0,0014173	0,066	-0,01524	31,669	96,356	3,043	298,375
95,00	442,00	176,00	588	0,0950	0,0014961	0,070	-0,01524	31,669	97,811	3,089	302,881
100,00	443,00	182,00	588	0,1000	0,0015748	0,073	-0,01524	31,669	98,019	3,095	303,525
105,00	446,00	190,00	588	0,1050	0,0016535	0,076	-0,01524	31,669	98,643	3,115	305,456
110,00	447,00	197,00	588	0,1100	0,0017323	0,079	-0,01524	31,669	98,851	3,121	306,100
115,00	448,00	215,00	588	0,1150	0,0018110	0,086	-0,01524	31,669	99,059	3,128	306,744
120,00	449,00	235,00	588	0,1200	0,0018898	0,094	-0,01524	31,669	99,267	3,134	307,388



EK-2

Mühendislik Jeolojisi Haritası

