**DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ**
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

# GRAFİTLİ ŞEYL AYRIŞMA ÜRÜNÜ KİLLER VE KAYMAYA OLAN ETKİLERİ ÖRNEK ÇALIŞMA: NARLIDERE HEYELAN BÖLGESİ

**Gökhan KÖSE**

**Eylül, 2007**
**İZMİR**

# GRAFİTLİ ŞEYL AYRIŞMA ÜRÜNÜ KİLLER VE KAYMAYA OLAN ETKİLERİ ÖRNEK ÇALIŞMA: NARLIDERE HEYELAN BÖLGESİ

**Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı**

**Gökhan KÖSE**

**Eylül, 2007**

**İZMİR**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU**

**GÖKHAN KÖSE** tarafından **Prof. Dr. M. YALÇIN KOCA** yönetiminde hazırlanan **"GRAFİTLİ ŞEYL AYRIŞMA ÜRÜNÜ KİLLER VE KAYMAYA OLAN ETKİLERİ ÖRNEK ÇALIŞMA: NARLIDERE HEYELAN BÖLGESİ"** başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

**Prof. Dr. M. Yalçın KOCA**

Yönetici

**Prof. Dr. Gültekin Tarcan**

Jüri Üyesi

**Yrd.Doç.Dr. Bayram Kahraman**

Jüri Üyesi

Prof.Dr. Cahit HELVACI

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

## TEŞEKKÜR

Çalışmalarımı yöneten ve değerlendiren değerli hocam Prof. Dr. M. Yalçın KOCA'ya saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Büro ve laboratuvar çalışmalarının çeşitli aşamalarında bana yardım eden Dr. Cem KINCAL'a, XRD çekimlerinin yapımında yardımcı olan Jeo. Müh. Evrim YAKUT'a, mikroskop çalışmalarında yardımcı olan Araş. Gör. Mehmet AKBULUT'a, XRD diyagramlarının yorumlanmasında yardımcı olan Doç. Dr. Mümtaz ÇOLAK'a ve Plaxis programının uygulanmasında ve sonuçlarının değerlendirilmesinde yardımcı olan Yrd. Doç. Dr. Gürkan ÖZDEN'e teşekkür ederim. Deprem Araştırma ve Uygulama Merkezi tarafından hazırlanmış olan DEVAK (2005a) ve DEVAK (2005b) raporlarından yararlanılmasına izin veren Prof. Dr. Zafer AKÇIĞ'a ayrıca teşekkürlerimi sunarım.

Arazi çalışmaları sırasında bana yardım eden Jeo.Yük. Müh. Yılmaz RÜZGAR`a, Jeo. Müh. Onur ALPAY`a, Jeo. Müh. Kaan ÖZGEN'e, Jeo. Müh. İlker YILMAZ'a ve araştırmalarımın her safhasında beni destekleyen aileme ve nişanlım Araş. Gör. Ülkü KARAKURT'a teşekkür ederim.

Gökhan KÖSE

# GRAFİTLİ ŞEYL AYRIŞMA ÜRÜNÜ KİLLER VE KAYMAYA OLAN ETKİLERİ ÖRNEK ÇALIŞMA: NARLIDERE HEYELAN BÖLGESİ

## ÖZ


İzmir yöresinde yaygın olarak gözlenen ve Bornova Karmaşığı'nın matriksini oluşturan kumtaşı-şeyl ardalanması, körfezin güneyinde Balçova ve Narlıdere yörelerinde şeyl baskın halde gözlenir. Sondaj bulguları, 1/1000 ölçekli mühendislik jeolojisi haritası ve bu haritadan elde olunan jeolojik kesitlerden çıkartılan zemin profillerinde 3 farklı litolojik seviyenin varlığı dikkati çeker;

1. Yapay dolgular
2. Kumtaşı ve şeyl ardalanmalarından oluşan Bornova Karmaşığı'na ait otokton kayalar
3. Gri renkli, % 7'den az karbon içeren yüksek derecede ve/veya tamamen ayrışmış bitümlü şeyller. Karmaşık içerisindeki bitümlü şeyller mercekler halinde yer alırlar.

İzmir Fayı'nın ve yüksek yamaç eğiminin bileşkesine aşırı yağışlar da eklenince bölgede potansiyel heyelan sahaları oluşmuştur. Bu çalışma sırasında Narbel (Narlıdere) ve Kabaoğlu (Balçova) bölgelerinde yeralan heyelanlar üzerinde mühendislik jeolojisi, jeoteknik çalışmalar, şev stabilitesi analizleri, petroğrafik analizler ve Xrd analizleri yapılmıştır. Bu çalışmada heyelanların kayma mekanizmaları, kaymayı oluşturabilecek zemin seviyesinin konumu, günümüz koşullarında ve/veya dinamik koşullarda yamaç stabilitesi ile ilgili sorunlar belirlenmeye çalışılmıştır.

Çalışma alanlarında yapılan arazi çalışmaları ışığında, belirlenen noktalarda karotlu zemin sondajları açılmıştır. Sondajlardan alınan örneklerin mühendislik özelliklerini belirlemek amacıyla kıvam limitleri, tek eksenli sıkışma dayanımı, nokta yükleme dayanımı ve kesme deneyleri yapılmıştır. Deneyler D.E.Ü. Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Zemin-Kaya Mekaniği laboratuvarında yapılmıştır.

Sondajlar sırasında, zemin geçilen yerlerde, Standart Penetrasyon Testleri (SPT) yapılmış ve elde edilen veriler heyelanlı sahada kayma dairesinin tesbitine yönelik, düz alandakiler ise zemin profilinin ortaya konulmasının yanısıra zeminin taşıma gücü açısından değerlendirilmesine yönelik olarak kullanılmıştır.

Heyelanların şev stabilite analizleri Plaxis yazılımı bünyesindeki doğrusal olmayan sonlu elemanlar yönteminde yapılmıştır. Plaxis programıyla yapılan şev stabilitesi çalışmaları doğrudan DEVAK (2005a)'dan alınmıştır. Bu çalışma kapsamında şev stabilitesi sonuçları mühendislik jeolojisi açısından değerlendirilmiştir.

Narbel toplu konut alanında YASS 8,0 metre ve/veya yüzeye daha yakın konumdadır. Kayma dairesi derinlikleri T80'de 32 m. ve Hasan İçyer İlköğretim sahasında 23 m. olarak belirlenmiştir. Bahsedilen alanlarda bitümlü şeyller suya doygun koşullarda yeralmaktadır. Karbon içerikleri < %7 ve sert zemin – zayıf kaya sınırında bulunan, fakat suya doygun şartlarda zemin haline dönüşebilen bitümlü şeyllerin kaymaları kontrol ettiği bu çalışmada belirlenmiştir.

Su ile uzun süreli temas sonucunda, özellikle killi ortamların su içeriği önemli ölçüde artmaktadır. Sonuçta, bu tür ortamların kayma direnci azalmakta, boşluk suyu basıncı artmakta ve zaman içinde duraysızlık sorunları gündeme gelmektedir. Her iki bölgede yapılan arazi araştırmalarında, oluşan yamaç hareketlerinin ana nedeni yapay dolguların harekete duyarlı yamaçlar üzerinde biriktirilmesi olduğu anlaşılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Narbel (Narlıdere-İzmir), Kabaoğlu (Balçova-İzmir), grafitli şeyl, heyelan

**THE WEATHERING PRODUCT CLAYS OF THE GRAPHITIC SHALES AND THEIR EFFECTS ON THE SLIDING**
**CASE STUDY: NARLIDERE LANDSLIDE AREA - IZMIR**

## ABSTRACT

Bornova Melange (flysch) composed of sandstone-shale intercalations is commonly outcrops in the Izmir area. Shales are rather widespread in Balçova and Narlıdere, south of the Izmir Bay. Presence of the three different lithological levels in the soil profiles obtained from the borehole data, 1/1000 scaled engineering geological maps and geological cross-sections has been drawn attention;

1. Artificial fills (stripping materials)
2. Autochthonous rocks belonging to the Bornova Melange which is composed of sandstone and shale intercalations.
3. Grey colored, highly and/or completely weathered bitumnious shales with carbon content (<7%). The shales in the melange are placed in as lences.

Potential landslide areas appeared due to the high angle slopes of Izmir fault and also extreme rains affected these areas. In this study, engineering geology, geotechnical investigations and slope stability analysis, petrographical and XRD analysis carried out to determine engineering properties of the materials in Narbel (Narlıdere) and Kabaoğlu (Balçova) landslide areas. Determination of sliding mechanisms of the landslides, the positions of possible sliding surfaces and soil types and slope stability problems which may occur at today and/or under the dynamic conditions are tried in this study.

Borings with cores were drilled in the field and boring locations were determined with the help of field works. Attenberg limits, uniaxial compressive strength, point load and direct shear tests were conducted to determine geotechnical parameters of the samples taken from drillings. Laboratory tests were conducted in soil-rock mechanics laboratory of the Dokuz Eylul University, Geological Engineering Department.

Standard Penetration Tests (SPT) were performed in soil levels of the soil profiles during the drillings and gathered data used to determine the locations of the sliding circles in the landslide areas. Also, SPT-values were used to calculate bearing capacity of soils and draw the soil profile in the plain areas with flat topography.

Plaxis software was used in slope stability analysis in the landslides. The method of non-linear definite elements was used during these analysis. Slope stability analysis conducted using the Plaxis Software were directly taken from DEVAK (2005a). ın this study, the results of slope stability analyses were evaluated with respect of the engineering geology.

Depth of the sliding circles of the landslides are 32 m. and 23 m. in the T80 location and Hasan Icyer Primery School garden area respectively. Bitumnious shales in the locations above mentioned are under the water saturation conditions. Bitümnious shales (percantage of carbon content < 7%) in these locations are graded as weak rock to hard soil with respect to their strength. It is determined that the shales in under the water saturation conditions are weathered to the soil material when they are affected in the weathering process, have been controlled to the slides.

They store water from precipitations and the areas become continiously wet by the seepages occurring from the fills. By the time, the water content of completely weathered bituminous shales increase and there will be a considerable reduction in shear strength parameters of this material. As a result, the lower parts of the slopes become landslide prone areas loaded also by stripping material. During the field studies, it was observed that wide areas were affected by slope movements which resulted in artificial loading and saturation of the slopes by seepage water in along time. In this study, two mass movements occurred at the slopes which are loaded by stripping materials overburden removal of the Narbel housing and Kabaoğlu landslides areas have been evaluated.

**Key words:** Narbel (Narlıdere-Izmir), Kabaoğlu (Balçova-İzmir), landslide, graphitic shale.

**İÇİNDEKİLER**

**Sayfa**

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU ..... ii
TEŞEKKÜR ..... iii
ÖZ ..... iv
ABSTRACT ..... vi

**BÖLÜM BİR – GİRİŞ ..... 1**
1. Giriş ..... 1
1.1 İnceleme Alanı ..... 1
1.2 Çalışmanın Amacı ..... 2
1.3 Coğrafi Konum ve Morfoloji ..... 7
1.4 İklim ..... 8
1.5 Su Durumu ..... 9
1.5.1 Meteorolojik Veriler ..... 9
1.5.2 Yeraltı ve Yerüstü Suları ..... 12
1.5.3 Kaya Birimlerinin Hidrojeolojik Özellikleri ..... 13
1.5.4 Kabaoğlu Çeşmesi Su Kimyası Analizi ..... 15
1.6 Deprem Durumu ..... 15
1.7 Toprak ..... 18
1.8 Bitki Örtüsü ..... 18

**BÖLÜM İKİ – GENEL JEOLOJİ ..... 19**
2.1 Giriş ..... 19
2.2 Önceki Çalışmalar ..... 19
2.3 Yapısal Jeoloji ..... 26
2.4 İnceleme Alanının Jeolojisi ..... 27

**BÖLÜM ÜÇ – MİNEROLOJİK, PETROGRAFİK VE JEOKİMYASAL ÇALIŞMALAR ..... 31**
3.1 Minerolojik ve Petrografik Çalışmalar ..... 31
3.1.1 Mikroskop Çalışmaları ..... 31

3.1.2 X – Işını Difraksiyon Çalışmaları ..... 39
3.2 Jeokimyasal Çalışmalar ..... 46

**BÖLÜM DÖRT – MÜHENDİSLİK JEOLOJİSİ ..... 48**
4.1 Narbel (Narlıdere) Heyelan Sahası ..... 49
4.1.1 İnceleme Alanının Jeolojisi ..... 49
4.1.2 Jeoteknik ..... 57
4.1.2.1 Laboratuvar Deneyleri ..... 57
4.1.3 Şev Stabilitesi Analizleri ..... 65
4.1.4 Kütle Hareketlerine Bağlı Gelişen Deformasyonlar ..... 70
4.2 Kabaoğlu Heyelan Sahası ..... 73
4.2.1 İnceleme Alanının Jeolojisi ..... 73
4.2.2 Jeoteknik ..... 74
4.2.2.1 Sondaj Loglarının Değerlendirilmesi ve Jeoteknik Kesitler ..... 74
4.2.3 Şev Stabilite Analizleri ..... 85

**BÖLÜM BEŞ – SONUÇLAR ..... 101**

**KAYNAKÇA ..... 119**

**EKLER**

# BÖLÜM BİR
# GİRİŞ

## 1. Giriş

Bu çalışma, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

İzmir yöresinde yaygın olarak gözlenen Bornova Karmaşığı Formasyonu'nun matriksini oluşturan kumtaşı-şeyl ardalanması, körfezin güneyindeki Balçova ve Narlıdere yöresinde şeyl baskın hale gelir. İzmir Fayı'nın ve yüksek yamaç eğiminin bileşkesine aşırı yağışlar da eklenince bölge potansiyel heyelan sahaları haline gelmiştir.

İzmir Körfezi'nin güneyinde yeralan Balçova ve Narlıdere ilçeleri sınırları içerisinde gözlenen Kabaoğlu ve Narbel olarak adlandırılan sahalardaki heyelanlarda gözlenen şeyl/grafitik şeyl düzeylerinden itibaren yenilmelerin geliştiği gözlenmiş ve bu gibi yenilme zonları ayrıntılı olarak incelenmiştir .

Balçova ve Narlıdere'deki heyelan sahalarından alınmış olan şeyl örnekleri üzerinde XRD, karbon analizi, birim hacim ağırlık, porozite, suya doygunluk derecesi, kıvam limitleri gibi indeks ve mühendislik deneyleri yapılmış ve ekte föyleri verilmiştir.

Bahsedilen heyelan sahalarında, heyelanın tipini belirlemek ve gerekli önlemleri planlamak amacıyla sondaj çalışmaları gerçekleştirilmiş ve bunların sonuçları ayrıca Ek-3 ve Ek-5'te verilmiştir.

## 1.1 İnceleme Alanı

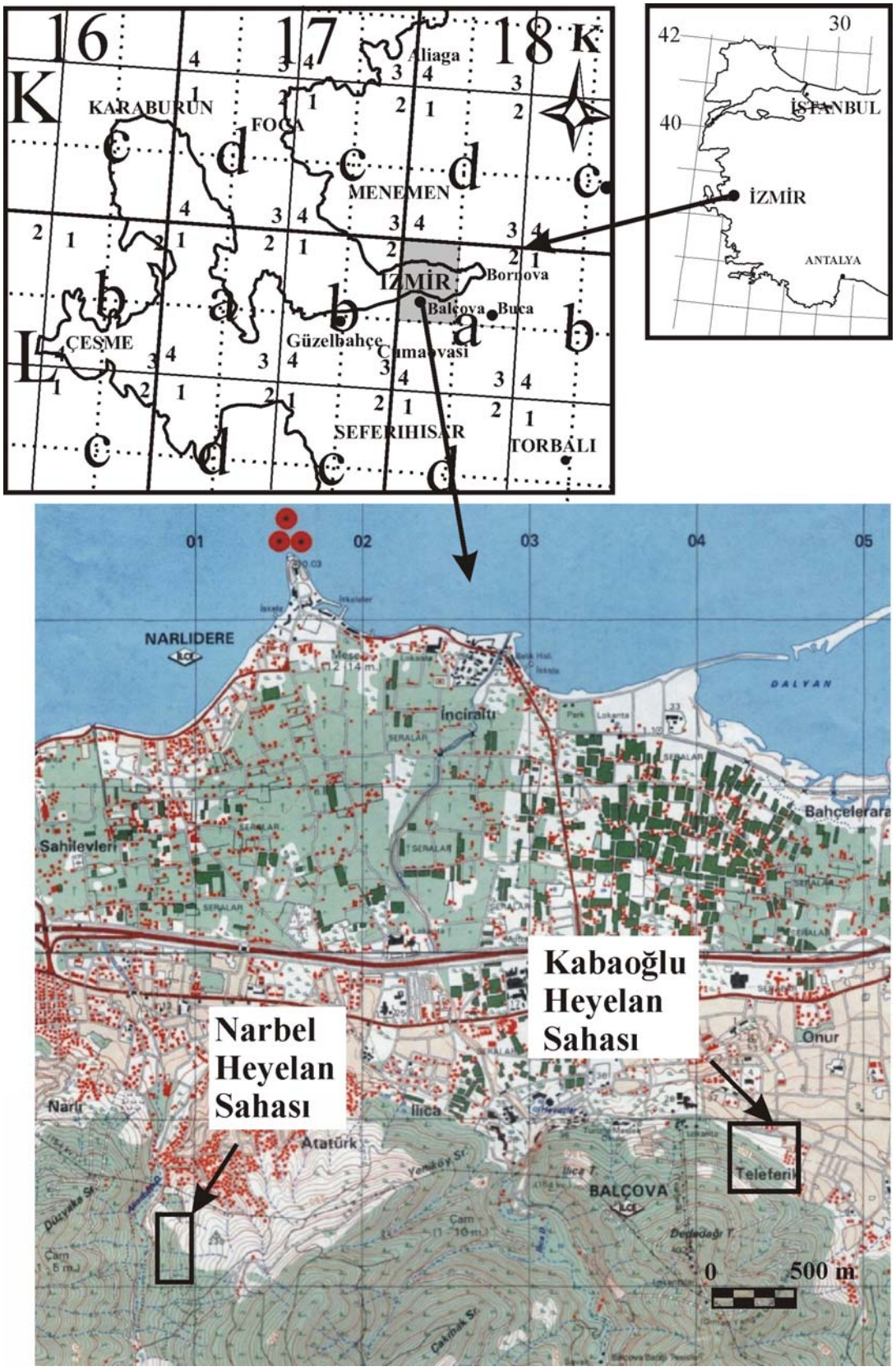
İnceleme alanı, İzmir güneyinde yer alan Narlıdere heyelan sahası ve Kabaoğlu heyalan sahasından oluşmaktadır.

Narbel (Narlıdere) heyelan sahası, 1/25000 ölçekli L18-a1 paftasının güneyinde yeralmaktadır (Şekil 1.1). İnceleme alanı Narlıdere ilçe merkezi ve II. İnönü mahallesinin güneyinde, kuzeyden ve batıdan derin vadilerle sınırlanmış oldukça sarp bir topoğrafya üzerinde yeralmaktadır (Şekil 1.2). Narbel toplu konut alanının batısından yörenin en büyük deresi olan ana dere konumundaki kuzeye akışlı Ali Onbaşı deresi geçmektedir (Şekil 1.2). İnceleme alanı yaklaşık 100000 $m^2$ olup 1/5000 ölçekli L18A-11A ve 1/1000 ölçekli L18-A-11-A-3-A ve L18-A-11-A-3-D paftalarında yeralmaktadır (Şekil 1.1).

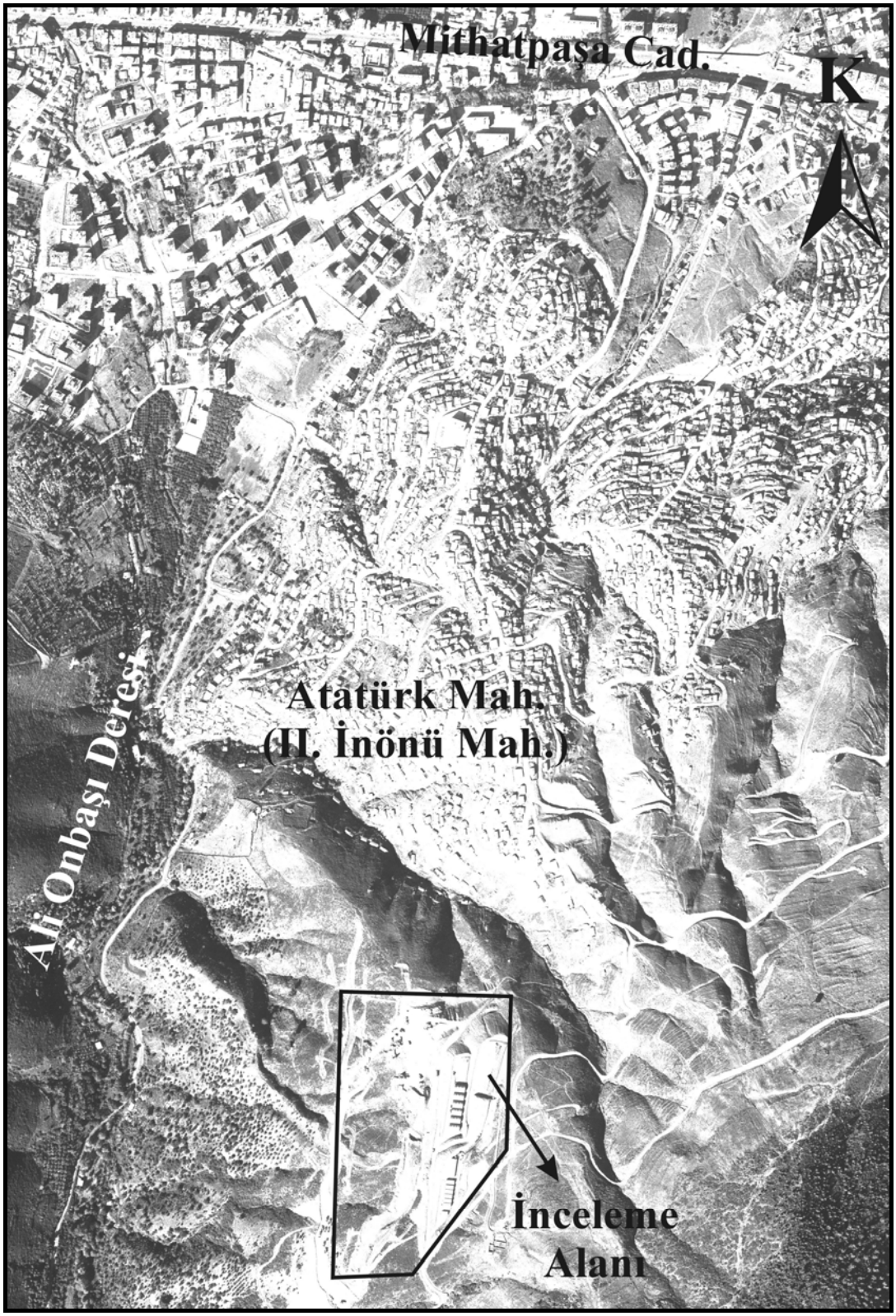
Kabaoğlu heyelan sahası ise, Balçova İlçe merkezinin güneybatısındaki, Dede Dağı'nın kuzey – kuzeydoğu yamacında yer alır (Şekil 1.1). İnceleme alanı 1/1000 ölçekli L18a-11b-2c, L18a-12a-Id, L18a-11b-3b ve L18a-12a-4a paftalarının orta kesim noktası üzerinde ve her paftada eşit alan oluşturacak şekilde yer almaktadır (Şekil 1.1). Bu alan, 1/5000 ölçekli L18a–11b ve L18A-12c paftalarının güneydoğu köşesinde, 1/25000 ölçekli L18–a1 paftasının ise orta kesimlerinde yeralmaktadır. İnceleme alanına ait 1/1000 ölçekli halihazır paftaların düzeni ve bu paftalar üzerinde inceleme alanının konumu Şekil 1.3'de sunulmuştur.

### 1.2 Çalışmanın Amacı

Bu tez çalışmasının amacı, Atıfbey ve Alionbaşı derelerinin sırasıyla kuzeyden ve batıdan sınırladığı üçgen şekilli yaklaşık 100.000 $m^2$ alana sahip Narbel Toplu Konut alanını kapsayan Narlıdere Heyelan Sahası (Şekil 1.1) ve Balçova (İzmir) ilçe merkezinin güneybatısındaki Dede Dağı'nın (425 m) kuzeydoğu yamacının etekleriyle Sakarya Caddesi arasında yer alan Kabaoğlu Heyelan Sahasında yapılan jeolojik ve jeoteknik araştırmaların sonucunda elde edilen bulguların ışığında, bahsedilen alanlarda gözlenen heyelanların oluş nedenlerinin, kayma mekanizmalarının ve stabilitelerinin sağlanması için gerekli önlemlerin neler olduğunun belirlenmesi ve kaymalarda suya doygun koşullarda etkili olan grafitli şeyllerin özelliklerinin araştırılmasıdır. Bu amaç çerçevesinde, Narbel Toplu Konut alanında 01/06/2005 ve 20/07/2005 tarihleri arasında arazi çalışmaları yapılmış ve bu çalışmaların ışığında, belirlenen 7 noktada derinlikleri 20-30 metre arasında ve toplam 165 metre derinliğe sahip karotlu zemin sondajları açılmıştır.




Şekil 1.1 İnceleme alanının yerbulduru haritası




Şekil 1.2 Narbel (Narlıdere) yöresinin 1/10000 ölçekli hava fotoğrafı




Şekil 1.3 Kabaoğlu (Balçova) heyelan sahasının hava fotoğrafından görünümü

Narbel heyelan sahasında açılan sondajlardan alınan örneklerin jeoteknik parametrelerini belirlemek üzere 4 örnek üzerinde su içeriği, 2 örnek üzerinde kıvam limitleri, 4 örnek üzerinde serbest basınç dayanımı ($q_u$), kaya örnekleri üzerinde de

tek eksenli ve nokta yükleme deneyleri ve 4 örnek üzerinde kesme deneyleri yapılmıştır. Deneyler D.E.Ü. Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Zemin-Kaya Mekaniği Laboratuvarlarında yapılmıştır.

Balçova (Kabaoğlu) heyelan bölgesinde de Mühendislik Jeolojisi çalışmaları ve Jeoteknik araştırmalar yapılmıştır. Bu araştırmaların sonucu olarak ilk aşamada inceleme alanının güney tarafındaki heyelanların kayma mekanizmaları, kaymayı oluşturabilecek zemin seviyesinin konumu, günümüz koşullarında ve dinamik koşullarda yamaç stabilitesi ile ilgili sorunlar belirlenmeye çalışılmıştır. Bu değerlendirmeler yapılırken İzmir Fayı ve Dede Dağı Fayı ile birlikte bölgenin depremsellik durumu dikkate alınmıştır. İnceleme alanı içerisinde yeralan heyelanlı kesimde 3 lokasyonda ve düzlük alanda da 3 noktada olmak üzere toplam 6 konumda karotlu zemin sondajları açılmıştır. Sondaj kuyularında yeraltısuyu derinlik ölçümleri sonucu su seviyesinin heyelanlı sahada 2,40 m. olarak (sadece bir kuyuda) ölçülebilmiştir. Ayrıca, heyelan sahasında 0-4 m. arasında kalınlıklara sahip yamaç molozları önceden meydana gelmiş kayma hareketlerinin sonucunda yer yer kalınlıkları artan sekiler oluşturmaktadır. Heyelanlı sahada yoğun bitki örtüsü nedeniyle ancak 3 noktada sondajlar yapılabilmiş ve tümünde de olası kayma dairesinin yeraldığı kotun altına inilmiştir. Sondajlar sırasında, zemin geçilen yerlerde, Standart Penetrasyon Deneyleri (SPT) yapılmış ve elde edilen veriler heyelanlı sahada kayma dairesinin tesbitine, düz alandakiler ise zemin profilinin ortaya konulmasının yanısıra zeminin taşıma gücü açısından değerlendirilmesine yöneliktir. Bahsedilen heyelan sahalarında bitümlü şeyller suya doygun koşullarda oldukça ayrışmış halde bulunurlar. Karbon içerikli şeyller (karbon içeriği < %7), sert zemin – zayıf kaya sınırında yeralırlar. Zemin haline dönüştüğü koşullarda, düşük plastisiteli kilden ibaret olan (CL) şeyller kaymayı denetleyen yumuşak zeminler olarak dikkati çekmektedirler.

Elde edilen tüm verilerin birarada yorumlanmasıyla, inceleme alanı heyelan potansiyeli ve etki sahası açısından yorumlanarak değerlendirilmiş, sonuçta her iki heyelanlı sahanın arazi kullanım haritaları elde edilmiş ve bu sahaların duraylı hale dönüştürülmesi için gerekli önlemlerin neler olabileceğine değinilmiştir.

## 1.3 Coğrafi Konum ve Morfoloji

İnceleme alanları, İzmir İç körfezinin güney kanadında yeralmakta olup, lokasyonları 1/25000 ölçekli L18-a1 paftasının güneybatısındadır. Çalışma alanı düzensiz bir morfoloji sunmaktadır. Sarp yamaçlar gözlenebildiği gibi, ova niteliğindeki sahalar da mevcuttur.

Batıda yeralan Narbel (Narlıdere) sahasının doğusundan Ali Onbaşı Deresi ve doğudaki Kabaoğlu (Balçova) sahası ile Narbel sahası arasından Ilıca Deresi geçmekte olup, güneyden kuzeye doğru mevsimsel akışa sahiptirler.

Narbel sahasının doğusunda 238 metre kotlu tepe ve Kabaoğlu sahasının güney batısında ise Teleferik'in bulunduğu Dededağı Tepe (402 m) inceleme alanının en yüksek topoğrafik yükseltilerini oluşturur.

Narbel toplu konut alanı, temel kazılarından ve/veya yüzeyden hafredilen malzemelerin kendi kademesindeki yamaçlar üzerine dökülmesi ile oluşturulmuş ve bu nedenle kademeli topoğrafyaya sahip bir alandır. Bu durum inceleme alanında hem yerli kayanın hem de sonradan doldurularak oluşturulmuş alanların varlığına işaret etmektedir.

T–80 su deposunun yeraldığı yamaçların doğal yamaç açısı 20°-22° mertebesinde olduğu önceki topoğrafik haritalardan anlaşılmaktadır. Aynı yamaç bugün 26° şev açısına sahiptir (Şekil 4.3). Hasan İçyer İlköğretim Okulu'nun batısındaki yamaçlar günümüzde 28°-30° de duraysız olarak ($F<1.0$) konumlanmışlardır. İnceleme alanı sarp topoğrafyaya sahip ($\alpha > 36,4\%$) olup kademeli bir morfoloji sunmaktadır.

Kabaoğlu heyelan sahası ise, güneyden kuzeye doğru %36,4 - %57,7 eğime sahip basamaklı sarp bir topoğrafya ile başlamakta ve bu eğimli topoğrafya 56 – 60 m. kotuna kadar devam etmekte, daha sonra düzleşerek Sakarya Caddesi'ne erişmektedir (Ek 2). İnceleme alanının tam güneybatı köşesinde 141 m. kotu, tam güneydoğu köşesinde ise 80 m. kotu yeralmaktadır (EK 2). Kabaoğlu çeşmesi eğimli

topoğrafya ile düz topoğrafyanın kesim noktasında ve 56.0 metre kotunda bulunmaktadır (EK 2).

## 1.4 İklim

İzmir'in iklimi hakkında Bornova ve Güzelyalı meteoroloji istasyonlarının verileri esas alınmıştır. İzmir bütünüyle batı rüzgarları sisteminin etkisi altındadır. Yıl boyunca bütün iklim olayları bu sisteme bağlı olarak gelişir. Kış mevsiminde Atlas Okyanusu'ndan, Orta ve Doğu Avrupa üzerinden soğuk hava (polar) kütleleri kasım ayından itibaren balkanlar üzerinden Ege Denizi'ne doğru yayılır. İzmir'i ve Batı Anadolu'yu etkisi altına alır.

İzmir'de kuzey sektörlü hava akımı etkili olur ve çevrede yaz yağışlarına imkan vermez. Bu durum Ekim ayına kadar sürer. Kısa süren Sonbahar geçiş mevsiminin şartları değişerek kasım ayında Avrupa üzerinde hızla güçlenen yüksek basınç şartlarının Batı Anadolu'yu, dolayısıyla İzmir'i etkilediği görülür (Koçman, 1991). İzmir'in iklimi ile ilgili fikir vermesi açısından aşağıda yıllık sıcaklık ve yağış değerleri verilmiştir (Tablo 1.1 ve Tablo 1.2; Koçman, 1989).

Tablo 1.1 İzmir İli Yıllık Ortalama Sıcaklık Tablosu (Koçman, 1989).

| **AYLAR** | **I** | **II** | **III** | **IV** | **V** | **VI** | **VII** | **VIII** | **IX** | **X** | **XI** | **XII** | **Ort. Yıllık °C** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ort. Sıc.°C | 8.5 | 9.2 | 11.1 | 15.4 | 20.4 | 25.0 | 27.5 | 26.7 | 22.9 | 18.5 | 14.2 | 10.2 | 17.5 |

Tablo 1.2 İzmir İli Yıllık Ortalama Yağış Tablosu (Koçman, 1989).

| **Ortalama Yağış Tutarı** | **I** | **II** | **III** | **IV** | **V** | **VI** | **VII** | **VIII** | **IX** | **X** | **XI** | **XII** | **YILLIK** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| mm | 132.1 | 96.6 | 68.8 | 46.6 | 28.3 | 8.1 | 2.8 | 2.0 | 11.2 | 40.2 | 85.7 | 154.6 | 677.0 |

İzmir, yeryüzündeki faklı özelliklere sahip coğrafi mekanlardan biri olarak atmosferik aktivitenin yüksek olduğu Akdeniz Havzası'nda yer alır. Çevresi, bitki örtüsünden yoksun, yüksek dağlarla kuşatılmış su toplama alanı durumdaki İzmir,

körfezinin kıyısında kuruludur. Kent, meteorolojik olarak, sıcaklık ve nemlilik bakımından farklı hava kütlelerinin karşılaşma, kavuşma ve karışma sahasında yer alır. Buna bağlı olarak da, bir bakıma fırtına-yağış-bulut fabrikası gibi iş gören gezici depresyonlara bağlı olarak gelişen cephe sistemlerinin güzergahı üzerinde bulunur. İzmir, sahip olduğu bu konumu gereği, Akdeniz makroklima alanı içinde yer alır. Bu iklim alanının özelliklerini taşıyan İzmir'de kışları yağışlı yazları kurak geçer (Koçman, 1989).

## 1.5 Su Durumu

Yüzey ve yeraltısularının kayaç ve zemine olan etkisi nedeniyle, inceleme alanının hidrojeolojik özelliklerinin araştırılması oldukça önem taşımaktadır. Özellikle yağış suları, yeraltı su seviyesinin değişmesine, yüzeysel sellenmelere ve erozyona sebep olmaktadır. Bu nedenle, etüd alanı ve yakın çevresiyle ilgili meteorolojik verilerin değerlendirilmesi, inceleme alanını etkileyen yüzey sularının tespit edilmesi, sondajlı zemin etüdü sırasında statik su seviyesi ölçümleri ve yeraltı su seviye tespit çalışmaları bu tez kapsamında araştırılmıştır. Ayrıca, Narbel heyelan sahasında Mühendislik Jeolojisi haritası üzerinde çamurşeyl - kumtaşı ile grafitik şeyl dokanaklarındaki su gözelerinin lokasyonları işaretlenmiştir. Diğer çalışma alanında yer alan Kabaoğlu çeşmesine ait suyun kimyasal analizleri yapılarak suyun betona olan etkisi araştırılmıştır.

### *1.5.1 Meteorolojik Veriler*

İnceleme alanı İzmir Güzelyalı Meteoroloji istasyonunun güneyinde kalmakta olup, bu istasyonun verileri inceleme alanı için geçerli olacaktır. Bu istasyona ait 1939-1995 yılları arası aylık toplam yağış miktarı (mm) Tablo 1.3'de verilmiştir.

İzmir'de maksimum yağış, sırasıyla Aralık-Ocak-Şubat aylarındadır. Minimum yağış ise yine sırasıyla Temmuz, Ağustos, Haziran aylarındadır (Şekil 1.4). İzmir'de yağışlar, aylara göre düzenli değildir. Şöyle ki, bazı aylar 30 gün hiç yağış yok iken,

Tablo 1.3**:** İzmir Meteoroloji Bölge Müdürlüğü, Güzelyalı Meteoroloji İstasyonu, 1939-1995 Yılları Arası Aylık Toplam Yağış Miktarları (mm).

| YIL/AY | OCAK | ŞUBAT | MART | NİSAN | MAYIS | HAZİRAN | TEMMUZ | AĞUSTOS | EYLÜL | EKİM | KASIM | ARALIK | TOPLAM |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **ORTALAMA** | 134.0 | 97.2 | 74.2 | 43.3 | 31.7 | 8.6 | 2.1 | 2.4 | 9.2 | 36.0 | 90.5 | 152.6 | 681.8 |

## 1971-95 YILLARI ARASI AYLIK TOPLAM YAĞIŞ MİKTARLARI (mm)

| YIL/AY | OCAK | ŞUBAT | MART | NİSAN | MAYIS | HAZİRAN | TEMMUZ | AĞUSTOS | EYLÜL | EKİM | KASIM | ARALIK | TOPLAM |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1971 | 80 | 196 | 120.6 | 32.3 | 3.9 | 2.9 | 9.4 | 18.1 | 0.4 | 22.9 | 107.1 | 131.7 | 725.3 |
| 1972 | 25.2 | 62.1 | 35.7 | 41.4 | 38.1 | 0.4 | 0.1 | 2.6 | 9.2 | 85.6 | 34 | 4.9 | 339.6 |
| 1973 | 135.3 | 186.7 | 38.6 | 44.6 | 9.5 | 20.7 | - | 0.2 | 7.6 | 29.7 | 39.7 | 111.6 | 624.2 |
| 1974 | 12.7 | 148.4 | 127.3 | 23.1 | 29.1 | 0.5 | - | 1.5 | 11.8 | 59.5 | 118.3 | 167.8 | 700 |
| 1975 | 175.1 | 76 | 53.4 | 57.8 | 16.8 | 47.5 | - | - | 5 | 31.1 | 128.1 | 123.2 | 714 |
| 1976 | 72.2 | 82.7 | 63.8 | 94.3 | 33.9 | 9.5 | 24 | 4.8 | 28.2 | 242.9 | 74.8 | 141.8 | 872.7 |
| 1977 | 73.5 | 65.4 | 24.5 | 37.8 | 2.1 | 0.7 | - | 0 | 16.8 | 72.4 | 71.7 | 103.1 | 468 |
| 1978 | 247.7 | 179.2 | 123.6 | 75 | 40.7 | 3.5 | - | - | 51.5 | 66.1 | 80.2 | 28 | 895.5 |
| 1979 | 238.8 | 77.7 | 31 | 20.6 | 63.7 | 9.3 | - | 0 | - | 38.8 | 182.7 | 126.9 | 789.5 |
| 1980 | 206.2 | 41.5 | 77.8 | 51.7 | 33 | 13.6 | - | - | - | 8.7 | 150.4 | 198 | 780.9 |
| 1981 | 337.8 | 52.4 | 83.7 | 13 | 22.7 | - | - | - | 0 | 21.1 | 170.9 | 354.6 | 1056.2 |
| 1982 | 63.7 | 53.4 | 110.1 | 98.4 | 51.8 | - | 0.7 | - | - | 77.7 | 76.2 | 129.1 | 661.6 |
| 1983 | 47.4 | 106.8 | 9.7 | 40.3 | 2.4 | 12.8 | 9.8 | 0.4 | - | 2.6 | 158.8 | 158.4 | 549.4 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1984 | 242.6 | 99.5 | 104.2 | 71.5 | 0.2 | 0 | 16.4 | 1.9 | 0.2 | - | 89.8 | 58.8 | 685.1 |
| 1985 | 145.7 | 34.6 | 104 | 6.1 | 42.5 | 1.5 | - | 0 | - | 29.8 | 142 | 20.6 | 526.8 |
| 1986 | 282.8 | 151.6 | 31.5 | 44.1 | 7.2 | 21.2 | - | - | 0.7 | 22.4 | 22.8 | 122 | 706.3 |
| 1987 | 203.8 | 55.8 | 114.9 | 46 | 5.2 | 1.5 | 1.5 | - | 0 | 1.5 | 167.3 | 149.2 | 746.7 |
| 1988 | 55.7 | 103.8 | 164.2 | 22 | 8.1 | 0 | - | - | 0 | 5.4 | 118.2 | 150.1 | 627.5 |
| 1989 | 4.6 | 11 | 128.8 | 1.8 | 30 | 38.6 | - | - | 29.2 | 44.4 | 84.7 | 146.3 | 519.4 |
| 1990 | 31.4 | 85.5 | 21.8 | 64.9 | 3.9 | 2.6 | - | 2 | 8.1 | 19.9 | 23.6 | 278.7 | 542.4 |
| 1991 | 36 | 57.9 | 24.9 | 46.9 | 100.5 | 0 | 28 | 0.1 | 0 | 14.5 | 32.8 | 123.7 | 465.3 |
| 1992 | 0 | 18 | 76.4 | 37.4 | 9.6 | 3.9 | 0 | 1.7 | - | 10.2 | 110.9 | 93.4 | 361.5 |
| 1993 | 57 | 146.6 | 91.2 | 48.4 | 30.8 | 0.1 | - | - | 2.8 | 9.1 | 108.5 | 177.8 | 672.3 |
| 1994 | 70.5 | 95.2 | 78.3 | 49.3 | 32.5 | 1.3 | - | 0.4 | 0 | 68.8 | 85 | 154.5 | 635.8 |
| 1995 | 208.6 | 28.3 | 185.8 | 38.9 | 36.1 | - | 0 | 8.9 | 21 | 3.9 | 175.7 | 82.8 | 790 |

bazen bir günlük yağış toplamı 2 veya 3 aylık yağış toplamı kadar olabilmektedir. Ayrıca, İzmir ve yakın çevresinde 1971-1995 yılları arasındaki ortalama yağış miktarları (mm) grafiği Şekil 1.5'de sunulmuştur. Kaydedilen maksimum yıllık yağış miktarı 1981 yılında toplam 1056.2 mm'dir (Şekil 1.5).

### *1.5.2 Yeraltı ve Yerüstü Suları*

Narbel heyelan sahasında açılan sondaj kuyularında ölçülen su seviyeleri heyelan sahalarına göre farklılık göstermektedir. Hasan İçyer İlköğretim Okulu heyelan sahasında şev üst yüzeyinde 6,7-8,0 metrelerde, şev tabanına yakın kesimlerde ise 4,0 metredir. T80 su deposu heyelan sahasında açılan sondajlarda (SK-2, SK-4, SK-6 ve SK-7 nolu sondajlar) ölçülen durgun su seviyeleri; SK-4'te 17,0 metre, SK-2'de ölçülememiş, SK-6'da 6,8 metre ve SK-7 de 4,7 metredir. Şev tabanına yakın kesimlerde (Muzaffer Sokağına koşut) durgun su seviyesi, 4,7 ile 5,0 metre arasında, şev üst yüzeyinde ise 17,00 metre mertebesindedir. Mevcut yamaçlarda, yamaç molozu olarak tanımlanan zemin seviyesinin belli bir bölümü ve daha alt kesimlerde yeralan ayrışmış şeyllerin bulunduğu zemin seviyeleri tamamen suya doygun durumdadır. Ayrıca, batıya akışlı küçük derelerle bölünen topoğrafyada su etkisi gözlenmektedir. Bu dereler mevsimsel akışlıdır. Yaz aylarında kuraktır. İnceleme alanının batısını sınırlayan Ali Onbaşı Deresi yaz aylarında da kısmen faaliyettedir. İnceleme alanındaki D-B yönlü tüm dereler K-G yönlü ve kuzeye akışlı Ali Onbaşı deresine kavuşmaktadır.

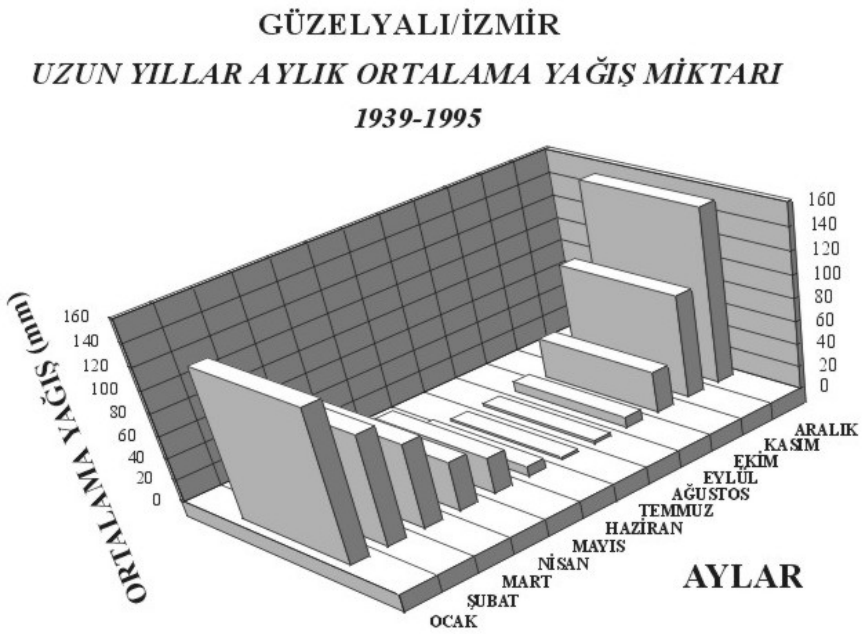
Kabaoğlu Heyelan sahasının kuzeyinde yeralan düzlük alanda (yaklaşık 20.000 $m^2$) yeraltısuyu seviyesi yüzeye yakındır. SK-1, SK-2 ve SK-3 sondaj kuyularında ölçülen yeraltısuyu derinliği 1,5-3,70 metre arasında değişmektedir. İnceleme alanının güneyi (yamaçlık kesim) heyelan etki sahası içerisinde yeralmaktadır. SK-4 sondaj lokasyonunda ölçülen yeraltı suyu derinliği 2,40 metredir. Mevcut yamaçlarda, yamaç molozu olarak tanımlanan zemin seviyesinin belli bir bölümü ve daha alt kesimlerde yeralan ayrışmış şeyllerin bulunduğu zemin seviyeleri tamamen suya doygun durumdadır. Ayrıca, kuzeye akışlı küçük derelerle bölünen topoğrafyada su etkisi

gözlenmektedir. Bu dereler mevsimsel akışlıdır. Yaz aylarında kuraktır. 58 metre kotunda yeralan Kabaoğlu çeşmesi yaz-kış faaliyettedir. Bu su yöre halkı tarafından içme suyu olarak değerlendirilmektedir. Ayrıca, birinci şev basamağının üstünde (özellikle şev basamağının doğu kesiminde) çok az miktarda su çıkışları gözlenmiştir. Mevcut yamaçlar yeraltısuyunun etkisi altındadır.

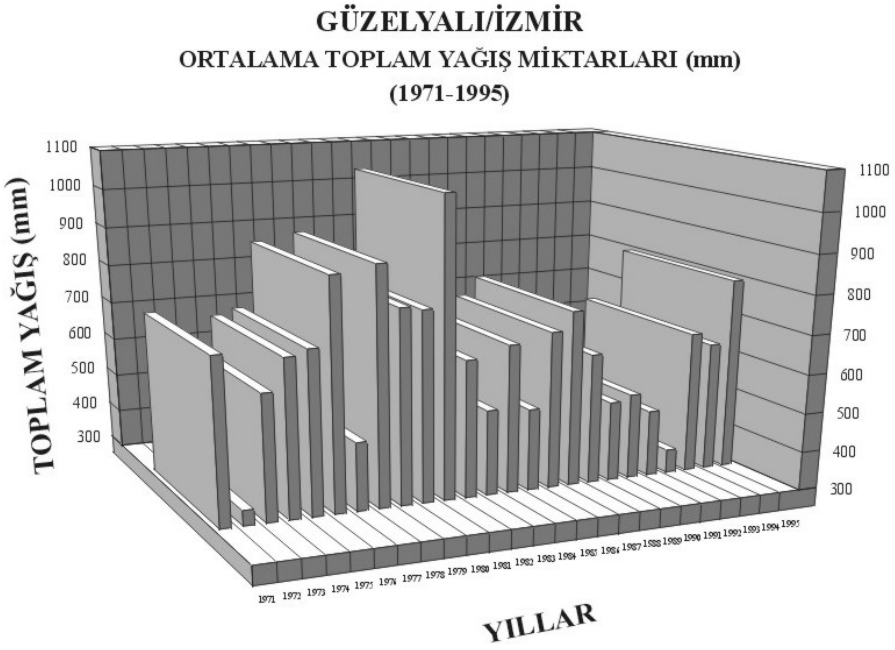
Yağışlı mevsimlerde mevcut dereler akışlı duruma geçmektedir. Bu nedenle, etüd alanının düzlük kesimine inşaa edilecek yapılarda yerüstü sularına ait doğal drenajlar ve bunların yerleşime olan etkileri önemli bir husus olarak ortaya çıkmaktadır. Özellikle, Narbel heyelan sahasında önceden faaliyette olan ve daha sonra üzerleri yapay dolgu malzemesiyle kaplanan eski dere yatakları yağışlı mevsimlerde derinden çalışmakta ve borulanma gibi mühendislik problemleri oluşturmaktadır. C-7 (Gül Apt.) ve C-6 (Doğa Apt.) apartman blokları arasında gömülü bir dere yatağı bulunmaktadır.

### *1.5.3 Kaya Birimlerinin Hidrojeolojik Özellikleri*

Kabaoğlu ve Narbel heyelan sahalarında filişe ait kumtaşları ve şeyller ardalanma şeklinde gözlenmektedir. Bu ardalanma belirli bir düzende değildir. Çamur şeyller hidrojeolojik açıdan geçirimsiz (killi) oluşuklardır. Kumtaşları ise çoğunlukla sert, silisifiye ve bol çatlaklı olup, kısmen yeraltı suyu içerebilen birimlerdir. Bazı yerlerde, kumtaşlarından süzülen sular şeyllerin yarattığı geçirimsizlik nedeniyle dokanak kaynaklarını oluşturur. İnceleme alanındaki su çıkış noktaları Şekil 4.2 ve 4.19'da gösterilmiştir. Etüd alanında geniş yayılım gösteren dolgu malzemeleri geçirgen olup, mevsimsel yağışlara bağlı olarak artabilecek yeraltı su seviyesiyle de bazı önemli jeoteknik problemlere neden olabilir.




Şekil 1.4 İzmir ve yakın çevresinde 1939-1995 yılları arasındaki ortalama yağış miktarı (mm) grafikleri (Veriler Güzelyalı Meteoroloji İsteasyonu'ndan alınmıştır).




Şekil 1.5 İzmir ve yakın çevresinde 1971-1995 yılları arasındaki ortalama yağış miktarı (mm) grafikleri (Veriler Güzelyalı Meteoroloji İstasyonu'ndan alınmıştır)

### *1.5.4 Kabaoğlu Çesmesi Su Kimyası Analizi*

Tüm iyonik türler ppm (mg/lt), Ec (elektriksel iletkenlik) = µs/cm, su tipi IAH (1979) sınıflamasına göre yapılmıştır. Sertlik Fransız sertlik derecesine göre tanımlanmıştır. SAR sulama amaçlı sodyum tehlikesini belirtir. Tarcan ve Gemici (2004)'nin verileri kullanılmıştır.

Sülfat (SO4), Magnezyum (Mg) ve pH değerleri betona zararlı olabilecek sınırların oldukça altında olduğu tespit edilmiştir (Tablo 1.4).

Tablo 1.4 Kabaoğlu Çeşmesi suyunun kimyasal analiz sonuçları ve bazı hidrokimyasal özellikleri

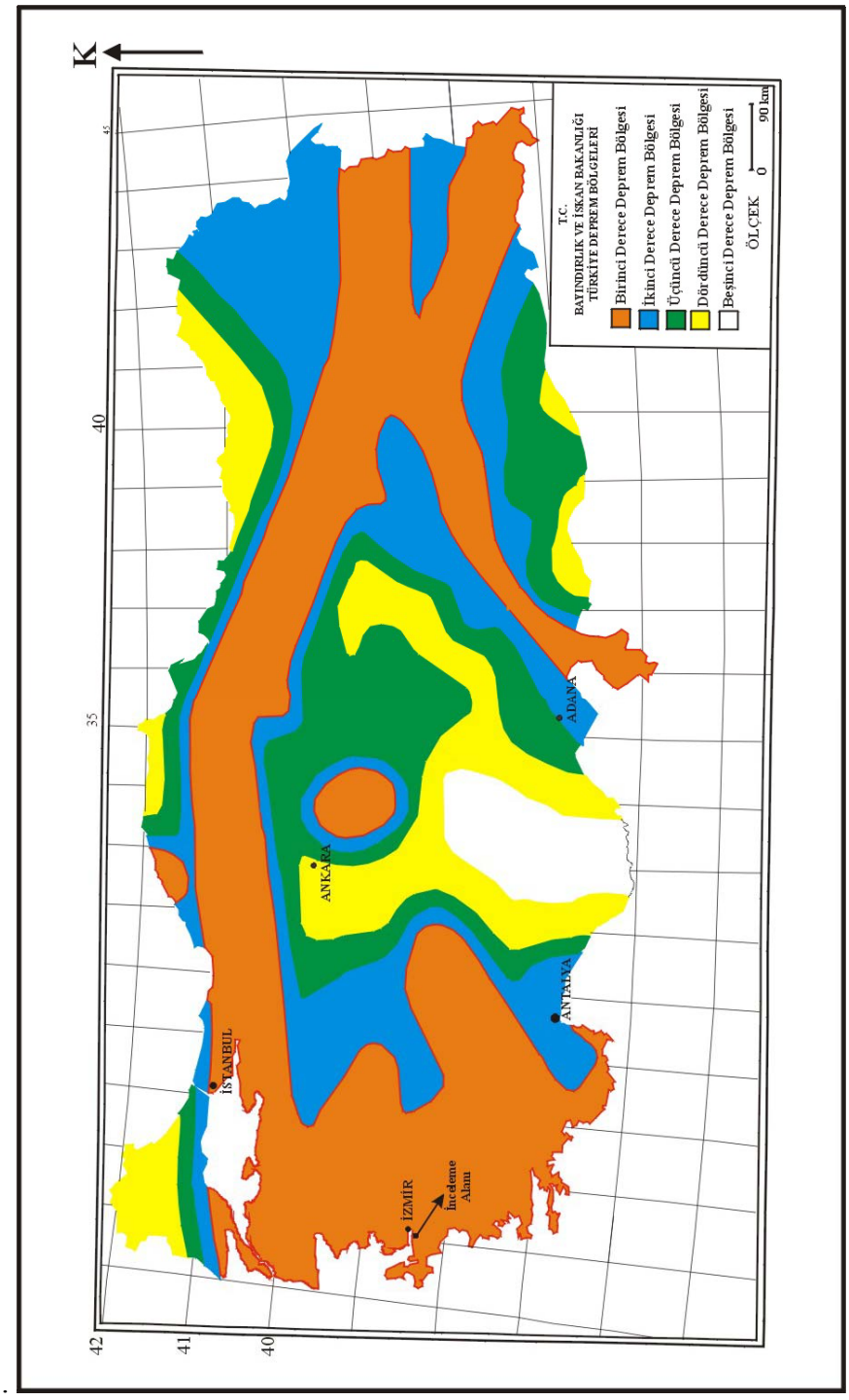
| T °C | pH | Ec | Na | K | Mg | Ca | Fe | Cl | $SO_4$ | $HCO_3^-$ | $CO_3$ | $SiO_2$ | Su tipi | Sertlik | SAR |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 20 | 6,8 | 146 | 17 | 2 | 8 | 21 | - | 29 | 20 | 65 | - | 19 | Ca-Na-Mg $HCO_3$-Cl | 85 | 0,0 |

## 1.6 Deprem Durumu

Ege graben sisteminin nerede ise tümü birinci derecede deprem bölgesinde yeralmaktadır. İzmir İli-Narlıdere İlçesi-II. İnönü Mahallesi-NARBEL Toplu Konut Alanı ve yöresi ile, Balçova İlçesi-Kabaoğlu Çeşmesi mevkii, Dededağı ve yöresi I. Derecede deprem bölgesinde yeralmaktadır. Ayrıca, İzmir Fayı (Agamemnon Fayı), Kabaoğlu heyelan sahasının yaklaşık 500 km kuzeyinden, Narbel heyelan sahasının ise 1 km kuzeyinden geçmektedir.

Narlıdere ve Balçova yöresinin depremselliğini incelemek için, çalışma alanını etkileyebilecek bir depremin, 100 km yarıçapında bir alan içinde olacağı varsayımı yapılmıştır. Bu bölge içerisindeki tarihsel depremler ve 1900-2004 yılları arasındaki aletsel depremler önceki çalışmalarda incelenmiştir (Utku, 2000; Utku ve Özyalın, 2000;

Koçyiğit, 2000). Bu tez kapsamında bahsedilen araştırıcıların yayınlarından yararlanılmıştır




Şekil 1.6 İnceleme alanında Türkiye Deprem Bölgeleri Haritasındaki Konumu

Tarihsel ve aletsel döneme ait (2000 yılına kadar) deprem verileri bahsedilen literatürlerden ve Boğaziçi Ünivesitesi, Kandilli Rasathanesi kataloğundan (BUKOERI) yararlanılmıştır. Tarihsel döneme ait deprem verileri Tablo 1.5'te sunulmuştur.

Tablo 1.5 37.30°-39.30° K enlemleri ve 26.00°-28.30° D boylamları arasında kalan bölge için tarihsel depremler (Kandilli katalog verilerinden alınmıştır).

| TARİH | SAAT | ENLEM | BOYLAM | ŞİDDET | AÇIKLAMA |
|---|---|---|---|---|---|
| BC 26 | | 37.85 | 27.85 | IX | Baf-Kıbrıs |
| BC 17 | | 38.40 | 27.50 | IX | Manisa-Aydın |
| 105 | | 38.90 | 27.00 | IX | Çandarlı Körfezi-Yunanistan |
| 177 | | 38.40 | 27.10 | X | İzmir-Sakız-Sisam |
| 253 | | 39.10 | 27.15 | IX | Bergama |
| 688 | | 38.40 | 27.00 | IX | İzmir |
| 20.03.1389 | | 38.40 | 26.30 | IX | İzmir-Khios Adası |
| 23.02.1653 | | 37.60 | 28.30 | IX | Aydın |
| 10.07.1688 | 11.00 | 38.40 | 27.20 | X | İzmir (15 000 ölü, tsunami) |
| 04.04.1739 | 04.30 | 38.40 | 27.20 | IX | İzmir |
| 07.06.1751 | | 37.75 | 27.00 | X | Sisam Adası-Ege Denizi |
| 12.10.1845 | | 39.10 | 26.20 | X | Midilli Adası |
| 21.06.1846 | | 37.75 | 27.00 | IX | Sisam Adası-Söke |
| 13.11.1856 | | 38.25 | 26.25 | IX | Rodos-Ege Denizi |
| 03.11.1862 | 03.00 | 38.40 | 27.70 | IX | Turgutlu-Manisa |
| 07.03.1867 | | 39.10 | 26.50 | IX | Midilli(500 ölü) |
| 01.02.1873 | 01.00 | 37.75 | 27.00 | IX | Sisam Adası-İzmir-Aydın |
| 29.07.1880 | 04.40 | 38.60 | 27.10 | IX | Menemen-Emiralem-İzmir |
| 03.04.1881 | 11.30 | 38.25 | 26.10 | X | Khios Adası-Ege Denizi (4000 ölü) |
| 15.10.1883 | 15.30 | 38.30 | 26.30 | IX | Çeşme-Ege Denizi (1500 ölü) |
| 25.10.1889 | 23.20 | 39.30 | 26.30 | IX | Midilli-Sakız-İzmir |
| 19.08.1895 | | 37.80 | 27.80 | IX | Aydın |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 20.09.1899 | 10.30 | 37.90 | 28.10 | IX | Nazilli-Aydın-Denizli |

## 1.7 Toprak

İzmir çevresinde çeşitli toprak tipleri gelişmiştir. Genel bir bakışla Mesozoyik ve Neojen kireçtaşları üzerinde "Kırmızı Akdeniz Toprakları (Terra Rossa)", volkanik kayalar üzerinde (andezit, dasit, tüf vs) bozulmuş kahverengi topraklar, yine Neojen kireçtaşı ve marnlar üzerinde rendzina, ova tabanı ve yamaçlar önünde alüvyal ve kolivyal topraklar gelişmiştir (Koçman, 1989).

## 1.8 Bitki Örtüsü

Araştırma alanında kışlar yağışlı ve ılık geçer. Don olayı ve kar yağışlarına nadir olarak rastlanır. Yazın sıcak ve kurak şartların hakim olduğu bu iklim bölgesinde çoğunlukla kışın yaprağını dökmeyen ve yazın kuraklığa dayanıklı olan sert ve meşin yapraklı bitkiler ile iğne yapraklılar hakim durumdadır. Ege bölümünün 1000 m.'ye kadar yükselen kısımlarında şiddetli kuraklığa dayanıklı Kızılçam (Pinus Burutia) ormanları, bu ormanların tahribi sonucu çalı ve maki formasyonu yer alır (Atalay, 1989).

Bugün, İzmir yöresinde sadece Belkahve çevresinde Nif Dağı, Çatalkaya'nın kuzeyinde maki, Yamanlar ve Kemalpaşa Dağı'ndan batıya doğru uzanan kısımlarda garig türlerine rastlanmaktadır. Bunun yanı sıra az miktarda incir, zeytin ağaçlarına da rastlanır. Bölgede turizmin önemli bir gelir kaynağı olması, kısıtlı olan tarımsal faaliyetleri iyice azaltmıştır.

# BÖLÜM İKİ
# GENEL JEOLOJİ

## 2.1 Giriş

Üst Kretase yaşlı Bornova Melanjı İzmir yöresinde temel formasyon niteliğindedir. Melanjın matriksinden daha yaşlı kireçtaşı mega-olistolitleri Bornova Melanjı'nın matriksi içinde gelişigüzel bir düzen içinde bulunurlar (Özer ve İrtem, 1982). Bornova Melanjı, kumtaşı/şeyl-kalkerli şeyl ardalanmasından oluşmuş matriks içerisinde yüzen platform türü kireçtaşı ve diyabaz bloklarından ve çakıltaşı mercek/kanal dolgularından meydana gelmiştir (Erdoğan, 1990). İzmir yöresinde, Neojen yaşlı gölsel tortullar Bornova Melanjı'nın üzerine açısal uyumsuz olarak gelir. Yamanlar volkanitleri de mevcut birimleri uyumsuz olarak örter. Kuvaterner yaşlı alüvyon ve yamaç molozu alanda mevcut tüm birimleri uyumsuz olarak üstler.

## 2.2 Önceki Çalışmalar

İzmir bölgesinin jeolojisi ile ilgili ilk çalışmalar; Chaput ve Hakkı (1930); Parejas (1940); Kalafatçıoğlu (1961); Akartuna (1962); Brinkman (1967)'dir. Bölgesel tektonik ilişkilere ait İzmir Körfezi ve civarında yapılan çalışmalar İzdar (1975); Kaya (1979); Erdoğan (1988)'dir.

SÖNMEZ, (1980); Bornova Çiçekli Köyü ve çevresinde yapmış olduğu çalışmada, Üst Kretase yaşlı masif kireçtaşları, Paleosen yaşlı litarenit-şeyl birimi ve Neojen yaşlı çakıltaşı ve killi kireçtaşından yapılı kaya birimlerinin bulunduğunu göstermiştir.

Paleosen yaşlı Litarenit-şeyl biriminin alttaki masif kireçtaşı birimini açısal uyumsuzlukla üstlediğini ve düzensiz bir iç yapı sunduğunu göstermiştir. Neojen yaşlı çökellerin tüm kaya birimlerini açısal uyumsuzlukla üstlediğini ve de Neojen

çökellerinin çakıltaşı, kumtaşı, kiltaşı ile killi kireçtaşı birimlerinden yapılı olduğunu belirtmiştir.

ÖZBEK, (1981); Mesozoyik'te en yaygın birimin Kretase yaşlı kireçtaşı olduğunu ve bunun filiş içerisinde blok konumunda olduğunu saptamıştır. Üst Kretase – Paleojen yaşlı filiş matriksin, kumtaşı - şeyl ardalanmasından oluştuğunu ve değişik kireçtaşı olistolitleri (tektaşları) içerdiğini saptamıştır. Araştırıcı, Senozoyik'te Neojen tortulların filiş ve Kretase kireçtaşları üzerine uyumsuz olarak geldiğini belirtmiştir. Kuvaterner'in ise alüvyonlardan oluştuğunu saptamıştır. İnceleme alanının Neojen öncesi ve Neojen sonrası olmak üzere iki tektonik evre geçirdiğini öne sürmüştür. Bornova çöküntü havzasının Neojen sonrası tektonik evrede oluştuğunu saptamıştır.

ERGÜÇLÜ, (1984); Altındağ - Işıklar köylerinin güneyinde filiş fasiyesinde çökelmiş olan Arapdere birimi ve içinde yer alan allokton kireçtaşlarını Bornova grubu olarak adlandırmıştır. Arapdere biriminin kumtaşı - şeyl ardalanması ve karmaşığından oluşmuş tipik bir filiş özelliğinde olduğunu saptamıştır. Bu birim içinde kalkerli şeyl ve çeşitli boyutlarda kireçtaşları gözlemiştir. Arapdere birimine Üst Kretase-Paleosen yaşı verilmiştir.

Üst Kretase yaşı verilen kireçtaşlarının, Bornova Grubu çökelim ortamına gravite kaymaları sonucu yerleşmiş bir allokton kütle oldukları yazar tarafından vurgulanmıştır. Araştırıcı, bu kireçtaşlarından türeme çakıl ve blokları Arapdere birimi içinde gözlemiştir. Birimin üzerine açısal ve stratigrafik uyumsuzlukla çakıltaşı-çamurtaşı ve kireçtaşlarının geldiğini saptamıştır. Ayrıca araştırıcı, Kuvaterner yaşlı alüvyonun bütün birimleri uyumsuzlukla üstlediğini belirtmiştir.

ERDOĞAN, (1990); araştırmacı İzmir - Ankara Zonu'nun, İzmir merkezi - Seferihisar arasında kalan bölgede yaptığı çalışmada, üç farklı tektonik kuşağın varlığından söz etmektedir. Bu kuşaklar; Menderes Masifi, İzmir - Ankara Zonu ve Karaburun Kuşağı'dır. Bölgede, Üst Kretase sırasında, Karaburun platformu ile bitişik

olan İzmir - Ankara Zonu'nun açılımı sonucunda bloklu iç yapı sunan Bornova Karmaşığı'nın çökeldiğini savunur. Araştırmacı, bu karmaşık birimin, bir filiş matriks ve içerisinde yüzen platform türü kireçtaşı bloklarından meydana geldiğini belirtmiştir. Bu bloklar yer yer 20 km boya erişmektedir. Ayrıca, birim içerisinde yer yer mafik volkanik arakatkılar, çakıltaşı ve kalkerli-şeyl merceklerine rastlanıldığı belirtilmektedir. Fosil determinasyonlarına ve birimlerin stratigrafik konumuna bağlı olarak, Bornova Karmaşığı'nın yaşı Kampaniyen ile Daniyen arasında değişmektedir. Yazar, blok yerleşiminin ardından, Bornova Karmaşığı'nın şiddetli gevrek deformasyona uğradığını ve bunun sonucunda küçük ölçekli sıyrılmaların meydana geldiğini ifade etmiştir.

ÇİL, (1991); "Kayadibi Köyü (Bornova) Çevresinin Jeolojisi" isimli bitirme projesinde, en yaşlı birimin Bornova filiş birimi olduğunu, bu birimde kumtaşı-şeyllerin, karmaşığı matriksini oluşturduğunu, çakıltaşları, kalkerli şeyl kayalarının ise matriksin içinde zaman zaman yeraldığını ve Rudistli ve Megaladon sp.'li kireçtaşı bloklarında olistolit konumunda matriks içinde yeraldığını ifade etmektedir. Bunlardan ilk üçünün otokton, son ikisinin allokton olduğunu, otokton birimlerin kendi aralarında uyumlu ve geçişli bir dokanağa sahip olduğunu ve allokton birimlerin ise Bornova filiş birimi içinde olistolit konumunda yeraldığını belirtmiştir.

Araştırıcı, Neojen yaşlı birimlerin, Üst Kretase-Paleosen yaşlı birimler üzerine uyumsuz olarak geldiğini ve bu birimlerin karasal - gölsel ortamda çökeldiğini ifade etmiştir. Neojen yaşlı birimlerin killi kireçtaşı ve andezit birimlerinden oluştuğu, Miyosen yaşlı killi kireçtaşlarının yataya yakın bir katmanlanma sunmasının ortamın tektonik hareketler altında olmadığını gösterdiğine değinmiştir. Kuvaterner yaşlı yamaç molozları, Neojen yaşlı birimleri açısal uyumsuzlukla üstlediğini belirtmiştir. Ayrıca araştırıcı, çalışma alanındaki kuvarslı Andezit lavının ekonomik olarak yol yapımında kullanılmakta olduğundan bahsetmiştir.

KAYA, (1993); İzmir Körfezi çevresini oluşturan ana kaya topluluklarının, Geç Kretase yaşlı oluşuklar, başlıca kumtaşı, şeyl ve bu kayaların içinde yüzer konumlu bir kaç km.'den büyük olabilen kireçtaşı bloklarından yapılı olduğunu belirtmiştir. Kumtaşı – şeyl iyi pekleşmiş olmakla beraber aşırı derecede kırıklıdır. Neojen yaşlı topluluk altta volkanik kayalar ve bunları üsteleyen tortul kayalardan oluşur. Çalışma alanının kuzeyinde yer alan Yamanlar dağı önemli Neojen yanardağ konilerinden biridir; etekleri Hatay, Çiğli ve Menemen'e kadar uzanır. Yanardağ konileri başlıca andezitik bileşiminde lav, lavbreşi, tüf ve lahar oluşuklarından yapılıdır. Neojen tortul kayaları altta kiltaşı, kumtaşı ve çakıltaşından; üstte kireçtaşından yapılıdır. Yersel olarak kireçtaşının üzerinde kiltaşı bulunabilir. Katmanlar genelde 0 – 30° arasında eğimlidir. Alt bölüm genelde zayıf ile ortaç arası pekleşmiş olduğundan ve bol kil içeriğinden duraysızdır. Üste gelen kireçtaşı kalın katmanlı bölümlerinde dayanımlı, ince katmanlı ve çamur kayaları ile ardalanan bolümleri oldukça dayanımsızdır.

MALLI, (1993); Altındağ-Işıklar yöresine ait stratigrafik istifin Mesozoyik, Senozoyik ve Kuvaterner yaşlı birimlerden oluştuğunu belirtmiştir. Çalışma alanında yaptığı gözlemlerde, Bornova Karmaşığı'nın, Üst Kretase–Paleosen yaşlı kumtaşı-şeyl ardalanmasından oluşan Arapdere biriminden ve Neojen yaşlı çakıltaşı–çamurtaşı ardalanmasının varlığından bahseder. Yazar, Altındağ biriminin, kireçtaşından yapılı Kalabak tepe biriminden ve Kuvaterner yaşlı alüvyondan oluştuğunu saptamıştır.

REVAN, (1994); araştırmasında çalışma alanında yaşlıdan gence doğru, Mesozoyik ve Senozoyik yaşlı birimlerin varlığından bahseder. Yazar, Mesozoyik yaşlı birimi, Üst Kretase – Paleosen yaşlı Bornova filiş birimi, Senozoyik yaşlı birimleri ise, Neojen yaşlı Sabuncubeli Birimi, Çiçekli Biriminin oluşturduğunu gözlemiştir. Araştırıcı, Üst Kretase – Paleosen yaşlı Bornova filiş biriminin kumtaşı - şeyl ardalanmasından yapılı olduğunu ve içerisinde merceksel konumlu kalkerli şeyl düzeyleri ile Üst Kretase yaşlı Kurudağ kireçtaşı bloklarının olduğunu belirtmiştir. Üst Kretase yaşlı Kurudağ kireçtaşlarının, sığ

denizel ortamda çökeldiğini ve ortamın duraysız olduğu bir anda yerçekimi kaymalarıyla allokton bir kütle olarak Bornova karmaşığı'nın çökeldiği havzaya geldiğini belirtmiştir.

DEÜ – ARAŞTIRMA RAPORU (1997); İzmir/Narlıdere Belediyesi Nar-Kent toplu konut projesi ilk etap 889 konut üretim alanı istinad duvarları ve şev tanzimi adlı raporda (İNŞ.GEO.U-Jeo.97.J041) sahanın 1/1000 ölçekli mühendislik jeolojisi haritası yapılarak mevcut şevlerin kinematik analizleri yapılmıştır. Konut üretimi kapsamında imara yeni açılan doğal arazide inşa olunan konut binaları, yollar ve otopark alanlarının güvenliği açısından saha vaziyet planına, istinad duvarları ve şev tanzimi yönlerinden güvenilirlik ve mümkün ekonomiyi de sağlayacak bir nitelik kazandırmak amacıyla bir protokol uyarınca (Narlıdere Belediyesi ve D.E.Ü. arasında) çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

YAVAŞCAN, (1997); Bornova'nın KD'sunda yapmış olduğu çalışmasında, en altta kumtaşı-şeyl ardalanmasından oluşan Arapdere birimini ayırtlamıştır. Bu birim içinde, değişik boyutlarda kireçtaşı bloklarının olistolit konumunda yeraldığını göstermiştir.

Bornova Filiş Formasyonu'nun üzerine uyumsuzlukla Neojen yaşlı tortullar ve en son olarak da volkanitlerin yerleştiğini, Neojen yaşlı birimlerin karasal ortamda çökeldiğini göstermiştir. Bu birimler, yaşlıdan gence doğru çakıltaşı, kumtaşı ve çamurtaşlarından oluşan Sabuncubeli Formasyonu ile killi kireçtaşlarından oluşan Çiçekli Birimi'nden ibaret olduğunu göstermiştir. Araştırıcı, Neojen yaşlı tortulların üzerine son olarak da yine Neojen yaşlı volkanitlerin geldiğini belirtmiştir.

ÜNVER, (1998); "Beşyol (Bornova) Çevresinin Jeolojisi" adlı bitirme projesinde, çalışma alanında en altta kireçtaşı olistolitleri, kumtaşı ve killi kireçtaşı mercekleri içeren, filiş fasiyesinde çökelmiş Bornova Filiş Formasyonu'nun yer aldığını ifade etmiştir. Bornova filiş içine gelen yabancı (allokton) Kurudere kireçtaşı bloğu açık

renkli olup *Megaladon* sp. li rekristalize, dolomitik ve oolitik kireçtaşlarından oluştuğunu belirtmiştir.

Gölsel ve karasal ortamda çökelmiş Neojen yaşlı tortul ve volkanik kayalar, uyumsuz olarak, alttaki Paleosen ve daha yaşlı filiş formasyonunu örttüğünü, alttan üste doğru sırasıyla çakıltaşı birimi, marn birimi ve pekleşmiş killi kireçtaşı biriminin geldiğine değinmiştir. Araştırıcı, killi kireçtaşı birimini, marn birimininin uyumlu olarak üstlediğini ve tüm bu birimlerin üzerine açısal uyumsuzlukla volkaniklerin yerleştiğinden bahsetmiştir.

DEVAK, (2005a); Rapor kapsamında yapılan çalışmalarda Narlıdere Belediyesi Toplu Konut Alanı (Narbel) Heyelan Sahasının yerleşime uygunluk açısından değerlendirilmesi yapılmıştır. Bu araştırmalar sırasında jeolojik ve jeoteknik çalışmalar yapılarak bölgenin heyelan alanlarının zemin profili ortaya çıkarılmıştır. Ayrıca, bölgenin iklim koşulları, bitki örtüsü, morfolojisi ve depremselliği de dikkate alınmıştır.

DEVAK, (2005b); Rapor kapsamında yapılan çalışmalarda Balçova (İzmir) Heyelan Sahası'ndaki zemin profili ortaya çıkarılmıştır. Bu araştırmalar sırasında jeolojik ve jeoteknik etüdler yapılmış, ayrıca bölgede yeralan ve İzmir fayını verevine kesen Dede Dağı Fayı'nın varlığı ilk kez ortaya çıkarılmıştır. Dede Dağı Fayı, İzmir Fayı'nın dinamik etkisinde kalmakta olup, zaman zaman bölgede yeralan heyelanları tetiklediği saptanmıştır. Çünkü Kabaoğlu Heyelan Sahasında fosil heyelan sahaların varlığı, alandaki öbek şeklindeki yükseklikler ve sonrasındaki düzlüklerle temsil edilen basamaklı morfolojiye bağlanmıştır.

KÖSE, (2006); yaptığı çalışmada, İzmir ve yöresinde meydana gelen heyelanların yerleri, arazi çalışmaları ve hava fotoğraflarından yararlanarak belirlenmiş ve toplam 30 adet heyelan alanının yerleri 1/25000 ölçekli topoğrafik haritalar üzerine işaretlenmiş ve

bu heyelanların aşağıdaki özellikleri araştırıcı tarafından tesbit edilmiş ve Tablo 2.1'de sunulmuştur.

a) Kaymanın meydana geldiği birim
b) Kayma dairesi derinliği ve kaymanın yönü
c) Kayma açısı
d) Heyelan başlangıç ve bitiş noktalarının topoğrafik kotları
e) Heyelanın etki alanı ($m^2$)

Tablo 2.1 İzmir ve yöresinde gözlenen heyelanların belirli bazı jeolojik özelikleri

| Heyelanın Numarası | Heyelanın Konumu | Kaymanın Meydana Geldiği Birim | Kayma Dairesi Derinliği – Kayma Yönü | Kayma Açısı ($^o$) | Başlangıç - Bitiş Kotu (m.) | Etki Alanı ($km^2$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Narbel | Kumtaşı-şeyl ardalanması | 30-35m. - B | 22 ˚ | 260-150 | 0,167 |
| 2 | Limontepe | Kumtaşı-şeyl ardalanması | GB | 14 ˚ | 150-90 | 0,960 |
| 3 | Uzundere | Killi kireçtaşı-Marn | K | 12 ˚ | 210-120 | 1,021 |
| 4 | Asansör | Andezitik-Bazaltik k. | K | - | 80-40 | 0,392 |
| 5 | Kadifekale | Andezitik-Bazaltik k. | 15-25m. - KB | - | 150-40 | 2,226 |
| 6 | Kozağaç | Killi kireçtaşı-Marn | GB | 10 ˚ | 230-120 | 0,828 |
| 7 | Sarnıçköy'ün 2 km KD.su | Kumtaşı-şeyl ardalanması-Killi kireçtaşı-Marn | G | 15 ˚ | 730-560 | 1,021 |
| 8 | Çamiçi'nin 1km kuzeyi | Andezitik-Bazaltik k. | GB | 17 ˚ | 610-480 | 0,310 |
| 9 | Kayadibi'nin 1 km KB.sı | Andezitik-Bazaltik k. | KD | 11 ˚ | 840-790 | 0,531 |
| 10 | Ulukent'in 2 km D.su | Kumtaşı-şeyl ardalanması_Andezitik-riyolitik k. | KB | - | 120-70 | 0,373 |
| 11 | Harmandalı | Kumtaşı-şeyl ardalanması | KB | 15 ˚ | 180-50 | 0,659 |
| 12 | 516040-516860/ 4267700-4268870 | Kumtaşı-şeyl ardalanması | KB | 12 ˚ | 400-330 | 0,497 |
| 13 | Sancaklı'nın 4 km KD.su | Andezitik-Bazaltik k. | GB | 18 ˚ | 920-580 | 0,919 |
| 14 | Sancaklı'nın 2 km GD.su | Andezitik-Bazaltik k. | GB | 12 ˚ | 470-340 | 1,280 |
| 15 | Kara Göl'ün 2 km GD.su | Andezitik-Bazaltik k. | GB | 15 ˚ | 1110-960 | 1,731 |
| 16 | MTA Heyelanı | Kumtaşı-şeyl ardalanması | 14m. - GD | 22 ˚ | 390-280 | 0,443 |
| 17 | Doğançay | Andezitik-Bazaltik k. | G | 10 ˚ | 170-120 | 0,476 |
| 18 | Çiğli-Evka-2 | Andezitik-Bazaltik k. | G | - | 120-70 | 1,476 |
| 19 | Örnekköy | Andezitik-Bazaltik k. | GD | 15 ˚ | 180-50 | 0,334 |
| 20 | Örnekköy'ün KB.sı | Andezitik-Dasitik k. | GD | 16 ˚ | 210-170 | 0,236 |
| 21 | Postacılar'ın KB.sı | Dasitik k. | GB | 24 ˚ | 190-70 | 0,523 |
| 22 | 525150-525950/ 4256230-4257160 | Kumtaşı-şeyl ardalanması | GB | 9 ˚ | 230-170 | 0,460 |
| 23 | 526560-527140/ 4257100-4257730 | Kumtaşı-şeyl ardalanması | GD | 24 ˚ | 310-260 | 0,173 |
| 24 | 527230-528000/ 4257340-4258110 | Kumtaşı-şeyl ardalanması | GD | 26 ˚ | 410-330 | 0,294 |
| 25 | Altındağ'ın 2 km GD'su | Kumtaşı-şeyl ardalanması | K | 11 ˚ | 260-220 | 0,237 |
| 26 | Altındağ'ın 1 km GD'su | Kumtaşı-şeyl ardalanması | K | 19 ˚ | 160-80 | 0,345 |
| 27 | Altındağ-Çınartepe | Killi kireçtaşı-Marn | 25-30m. - K | 15 ˚ | 360-60 | 3,203 |
| 28 | Ada Tepe'nin 2 km Dogusu | Killi kireçtaşı-Marn | B | - | 310-280 | 0,330 |
| 29 | Kocaçay | Killi kireçtaşı-Marn | GD | 19 ˚ | 910-110 | 3,957 |
| 30 | Kabaoğlu | Kumtaşı-şeyl ardalanması | 20-25m. - K | 26 ˚ | 260-50 | 0,250 |

Ayrıca araştırıcı; Bornova Karmaşığı içerisinde oldukça ayrışmış çamurşeyl baskın kumtaşı - şeyl ardalanmalı sahalarda şev yüksekliği - şev açısı ilişkisinin bozulmasına bağlı olarak heyelanların meydana geldiklerini vurgulamıştır. Diğer taraftan, heyelanların genellikle vadilerin yamaçlarındaki yüksek eğime ya da vadi tabanındaki erozyona bağlı olarak oyulmalarla yamaçların alt kısmının boşalmış olarak askıda kalması nedeni ile meydana geldiği belirtilmiştir.

## 2.3 Yapısal Jeoloji

Çalışma alanında yeralan kaya birimleri üç ana grupta toplanabilir; Bornova Karmaşığı, Yamanlar Volkanitleri ve Gölsel Tortullar.

Bornova Karmaşığı'nın yüzlekleri Bornova - Işıkkent arasındaki bölgede ve Balçova - Narlıdere yörelerinde yaygındır (EK-1). Bornova Karmaşığı'na, çeşitli yazarlar tarafından, Paleozoyik'ten Tersiyer'e kadar değişen yaşlar verilmiştir. Paleosen ve daha genç yaşta olabilecekleri son zamanlarda ağırlık kazanmıştır (Konuk, 1977; Düzbastılar, 1978). Bölgedeki kireçtaşlarının filiş topluluğu üzerine örtü tektoniği ile gelmiş olabileceği (Başarır ve Konuk, 1981) ve yaşlarının da Triyas'dan Kretase'ye kadar uzandığı belirtilmiştir (Düzbastılar, 1978; Başarır ve Konuk, 1981).

İzdar (1975); Batı Anadolu'da "Neotektonik" düşey hareketlerin ve gerilim tektoniğinin etken olmasını Üst Miyosen'den itibaren başladığını ifade etmiştir. Batı Anadolu'nun Ege kıyılarına dik graben zonlarının bu hareketler sonucu meydana geldiğini belirtmiştir. Ege Denizi'nin içindeki çöküşü de bu "Neotektonik" hareketlere bağlamak gerektiğini vurgulamıştır.

Batı Anadolu'da ve Ege Denizi çevresinde Alpin orojenik hareketlere bağlı olarak, özellikle Üst Miyosen içinde, kalk - alkali kimyasında Andezit, Dasit, Riyolit volkanizmasının varlığı saptanmaktadır.

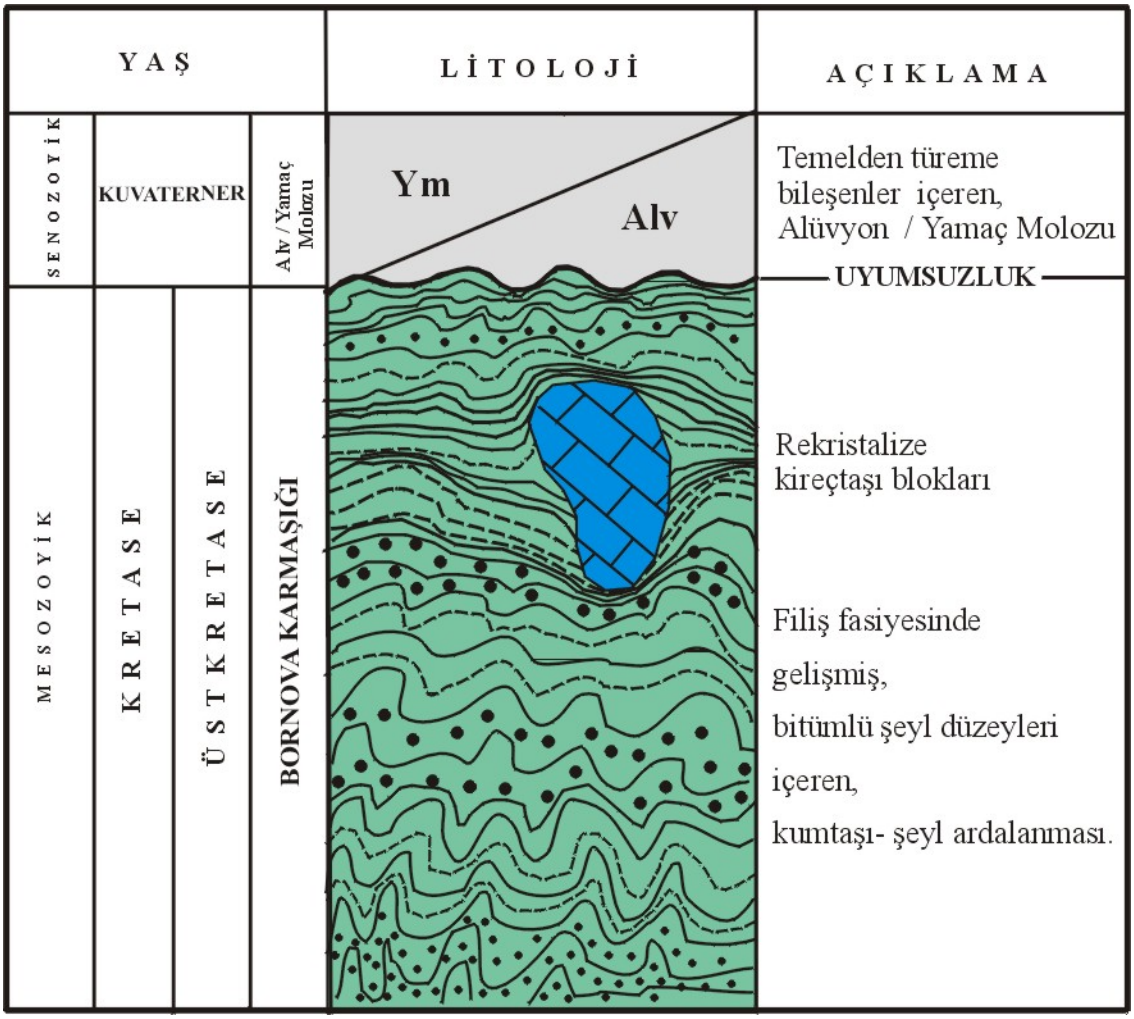
Günay (1988); "Sismik Kırılma Yönteminde Karşılıklı Atışlar ile İzmir Körfezi'nin Jeolojik Yapısının İncelenmesi" adlı lisans bitirme projesi ile, İzmir Körfezi'nde karşılıklı atışlar yapılarak elde edilen yol zaman grafiklerinden okunan zahiri hızlar ve kesişme zamanları, bilgisayar yardımıyla değerlendirilmiş ve katmanlara ait gerçek hızlar, eğim ve kalınlıklar saptanmıştır. Bu değerlendirmeye göre körfez ortasında 300-350 m kalınlığında Kuvaterner tortullar, bunun altında 200-300 m kalınlığında Neojen karasal ayrılmamış birimlerin yeraldığı, bu seviyelerin altında kalınlığı 150-350 m arasında değişen Neojen volkanikleri, daha altta da Kretase filişi bulunduğu ortaya konulmuştur.

Erdoğan ve diğ. (1988); çalışmalarında Karaburun kuşağı ile İzmir - Ankara Zonu arasındaki dokanağı incelemişlerdir. Araştırıcılar, graben tektoniği, paleotektonik kuşakları tanımlayacak ölçüde birbirinden ayırmasa da çöküntü alanlarını dolduran tortul dolgunun, birçok yerde bu sınırları örttüğünü, gizlediğini belirtmişlerdir. Özellikle, Karaburun Kuşağı ile İzmir – Ankara Zonunun arasındaki ilişkiyi, birkaç sınırlı alan dışında, Neojen tortullarının örttüğünü yazar sonraki çalışmasında belirtmiştir (Erdoğan, 1990). Yazar, Karaburun Kuşağı ile İzmir – Ankara Zonu arasındaki sınırı, birçok yerde Neojen sedimanter örtüsü altında gizlendiğini ve her türlü geçişin gözlendiği bir zon olarak tanımlamıştır. Araştırıcı, Kalecik ve Urla yüzleklerinde, karmaşık birim içerisinde serpantinit blokları bulunduğunu ve bunların Karaburun istifine tamamen yabancı allokton kütleler olduğunu ifade etmiştir.

## 2.4 İnceleme Alanının Jeolojisi

İzmir ve çevresinde, tabanda Üst Kretase sırasında oluşmuş ve filiş fasiyesinde gelişmiş "Bornova Karmaşığı" yeralır (Şekil 2.1 ve 2.2). Bu birimi, kumtaşı – şeyl türü derin deniz sedimanlarının yeraldığı ardalanmalı kayaçlar ile bu matriksten daha yaşlı olistolit konumlu kireçtaşları oluşturur (Kıncal, 2004). Filiş'in yaşı Üst Kretase – Paleosen arasında değişmekte ve bu yaş günümüzden 40 – 60 milyon yıl öncesine

karşılık gelmektedir. Birim son derece düzensiz bir iç yapı sunmakta olup katman konumları çok kısa bir aralıkta oldukça farklı olabilmektedir.

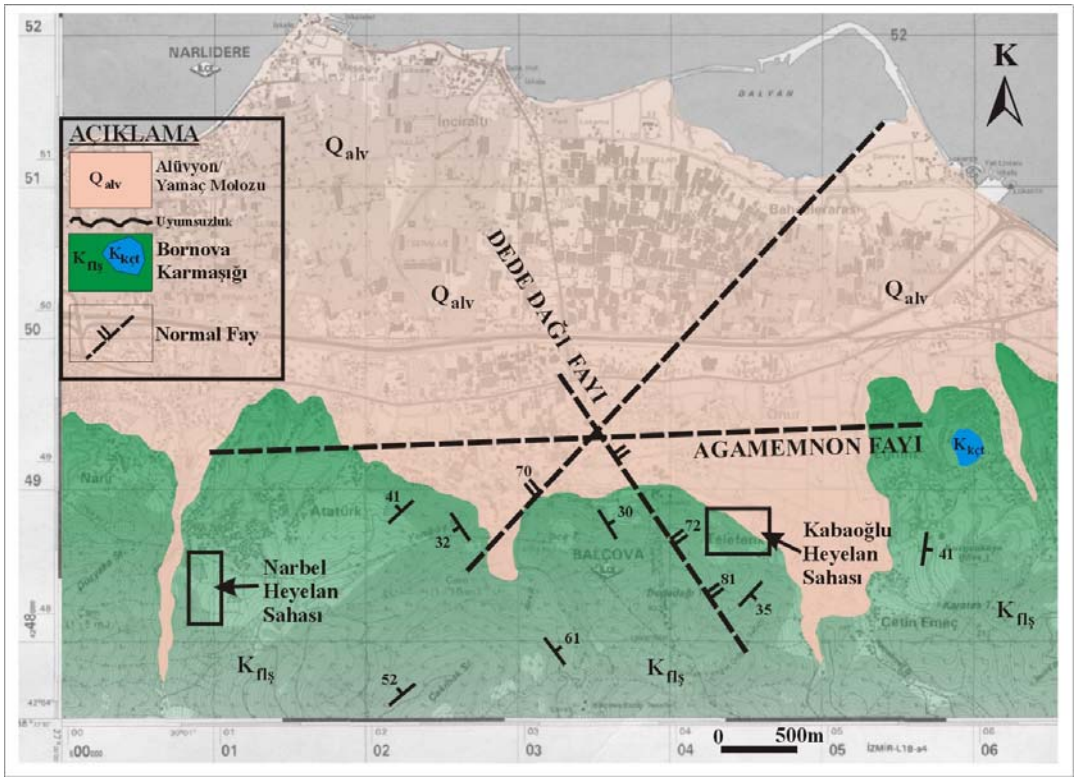



Şekil 2.1 Bölgenin Genelleştirilmiş Stratigrafik Kolon Kesiti.

Filiş olarak da adlandırılan birim içinde şeyller ince katmanlı olup kumtaşı bloklarını ya sarar konumda ya da onlarla ardalanmalı olarak bulunurlar. Şeyller, silttaşı ve çamurtaşının hafif metamorfizma geçirmesinden oluşmuş katman kalınlığı < 1 cm. olan kırıklı – kıvrımlı bir iç yapı sunar. Yer yer bitüm içeriğinin artmasına bağlı olarak şeyllerin rengi koyu yeşil, grimsi yeşilden açık gri, siyahımsı griye dönüşmektedir (Bitümlü şeyller). Narbel yerleşim alanı içerisinde şeyllerin tabaka eğim ve doğrultuları

oldukça değişkendir. İnceleme alanının ve yakın yöresinin 1/25000 ölçekli jeoloji haritası Şekil 2.2'de sunulmuştur. Narlıdere ve Balçova'da geniş alanlarda yayılımlar sunan Kuvaterner yaşlı alüvyon ve yamaç molozları tüm bu kayaçları uyumsuz olarak örter (Şekil 2.2).

İnceleme alanının kuzeyinden, alüvyon örtü ile eğimli topoğrafyaya sahip Bornova Karmaşığı'na ait tortulların dokanağından Agamemnon Fayı (İzmir Fayı) geçmektedir (Şekil 2.2). Bu fay yüksek açılı normal fay özelliğinde olup inceleme alanına olan mesafesi yaklaşık 1.0 km. kadardır (Şekil 2.2).




Şekil 2.2 İnceleme alanlarına ait genel jeoloji haritası.

# BÖLÜM ÜÇ

# MİNEROLOJİK, PETROGRAFİK VE JEOKİMYASAL ÇALIŞMALAR

## 3.1 Minerolojik ve Petrografik Çalışmalar

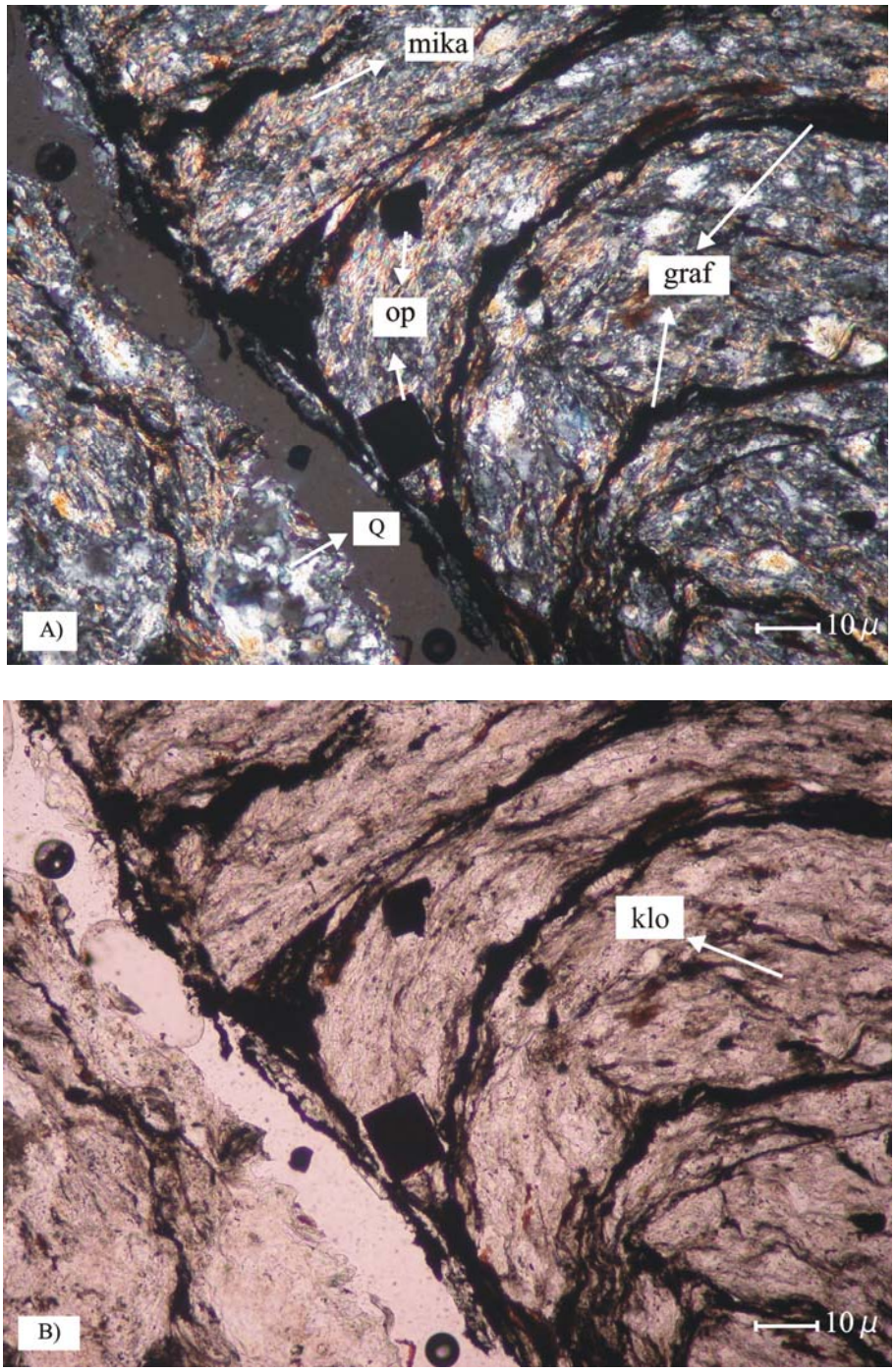
### *3.1.1 Mikroskop Calışmaları*

Çalışma alanı olan Narlıdere ve Balçova heyelan sahalarından alınan bitümlü şeyl örnekleri alttan aydınlatmalı polarizan mikroskopta incelenmiş, katmanlanmaya paralel gelişen ve ayrıca özşekilli kübik kristalli opak mineraller saptanmıştır (Şekil 3.1, 3.2).

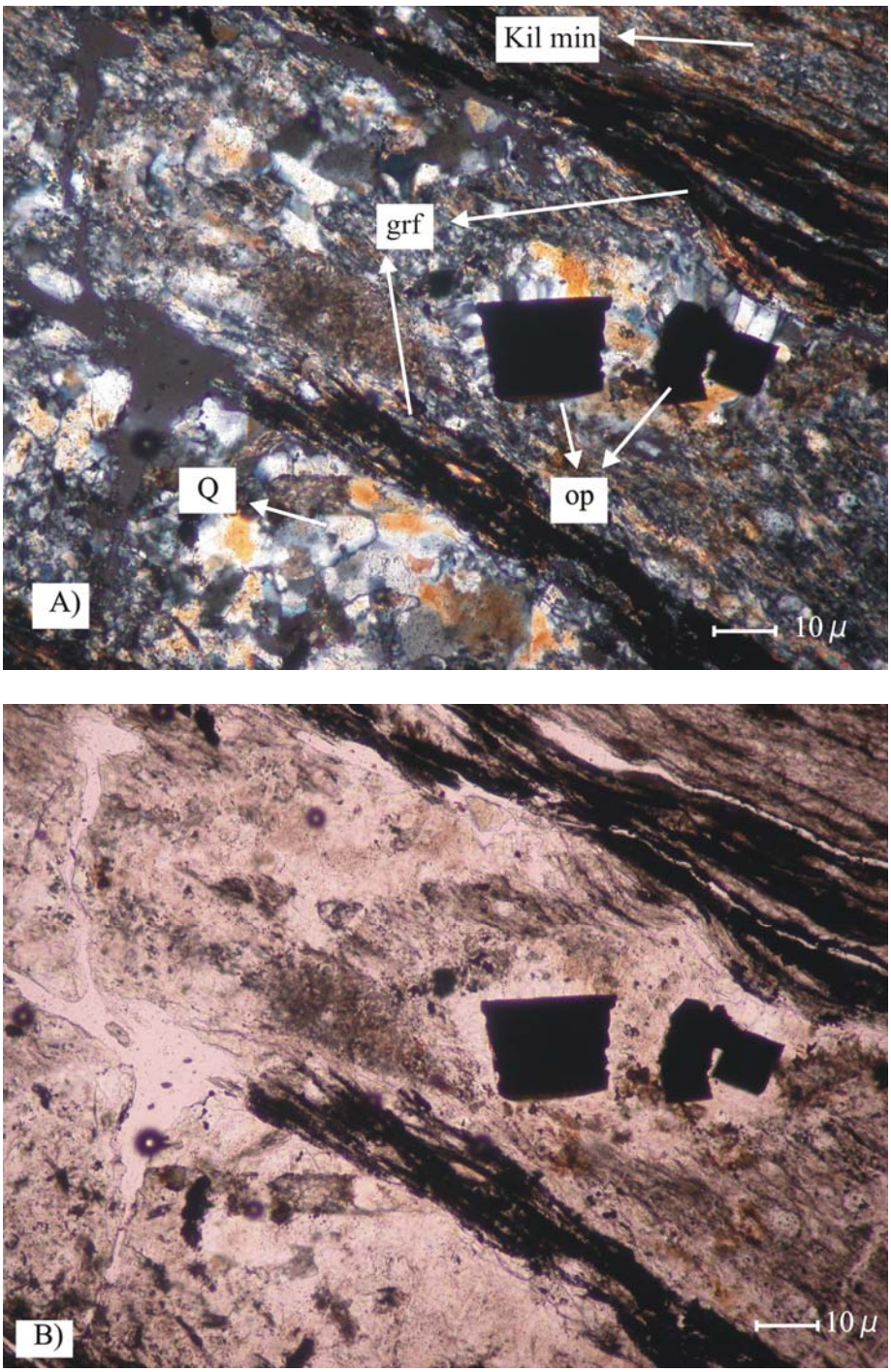
İnce kesitlerin petrografik analizlerinde şeyl örneklerinin baskın olarak kil mineralleri, kuvars, kalsit, klorit ve opak minerallerden oluştuğu saptanmıştır (Tablo 3.1).

Tablo 3.1 İnce kesitlerin petrografik analizlerinden elde edilen mineral bileşimi

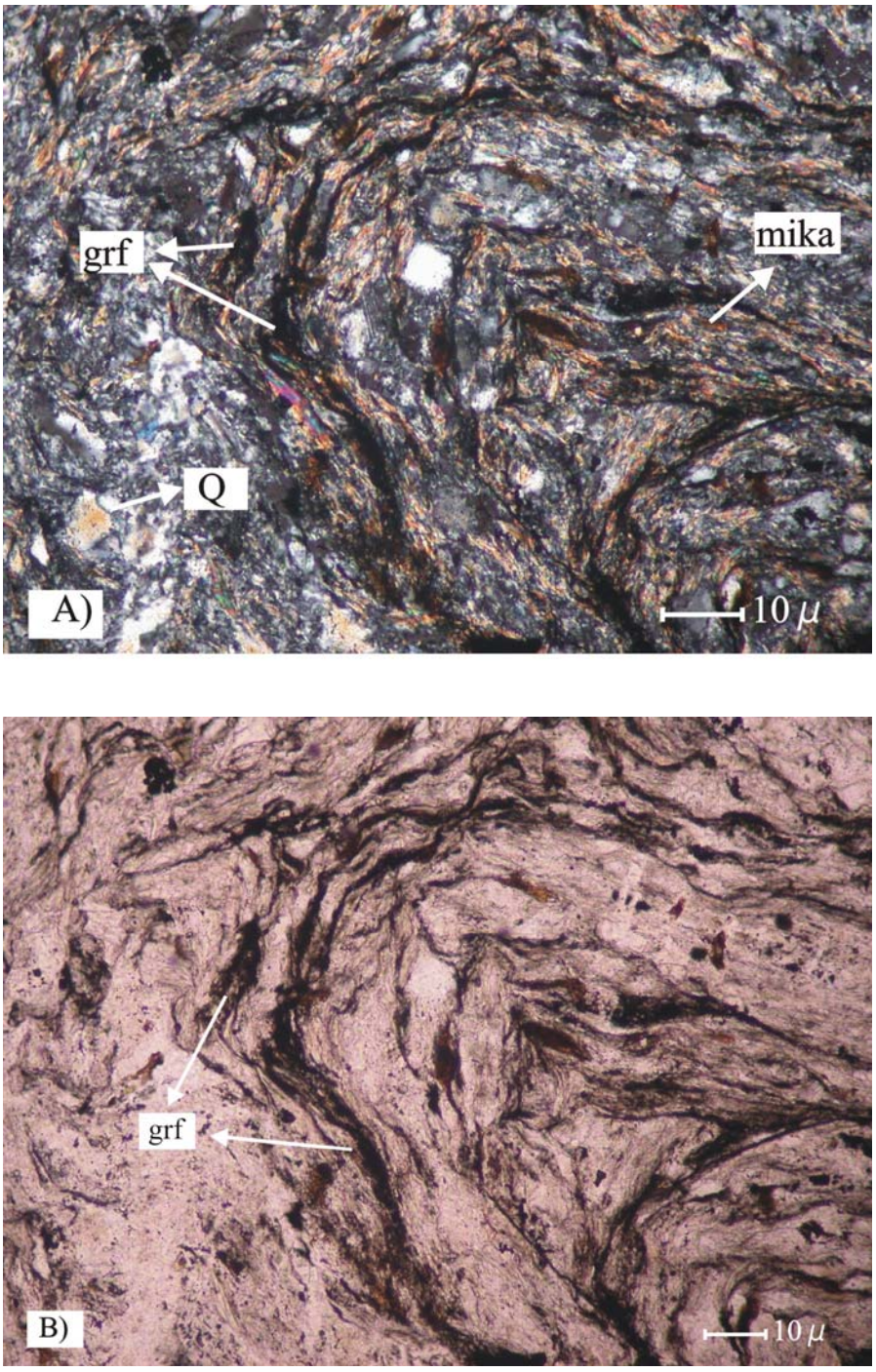
| Mineraller | Oran ( % ) |
|---|---|
| Toplam kil mineralleri | 40 – 50 |
| Kuvars | 30 – 40 |
| Mika (muskovit) | 15 – 20 |
| Diğerleri | < 10 ( %40 karbon ( C ), (%60 pirit, kalsit, klorit) |




Şekil 3.1 Balçova'da gözlenen bitümlü şeyllerden alınan LIM örneğine ait polarizan mikroskop görüntüsü, A)+ N, B) // N, op:opak mineraller




Şekil 3.2 Narlıdere'de gözlenen bitümlü şeyllerden alınan NAR (Narlıdere) örneğine ait polarizan mikroskop görüntüsü, A) + N, B) // N, op:opak mineraller

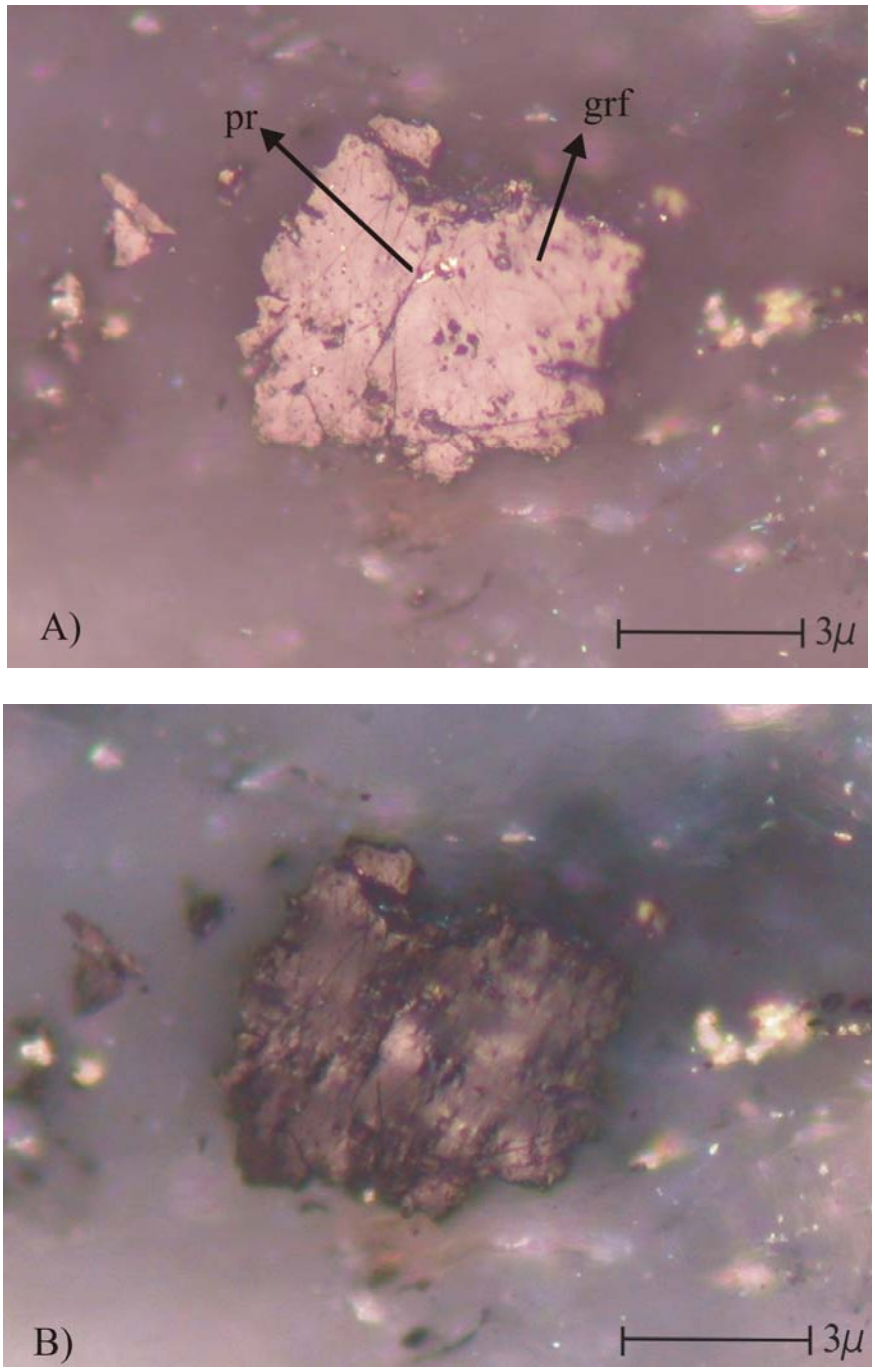



Şekil 3.3 Balçova'da gözlenen bitümlü şeyllerden alınan LIM örneğine ait polarizan mikroskop görüntüsü, katmanlanmaya paralel gelişen opak mineraller, A)+N, B)//N, op: opak mineral

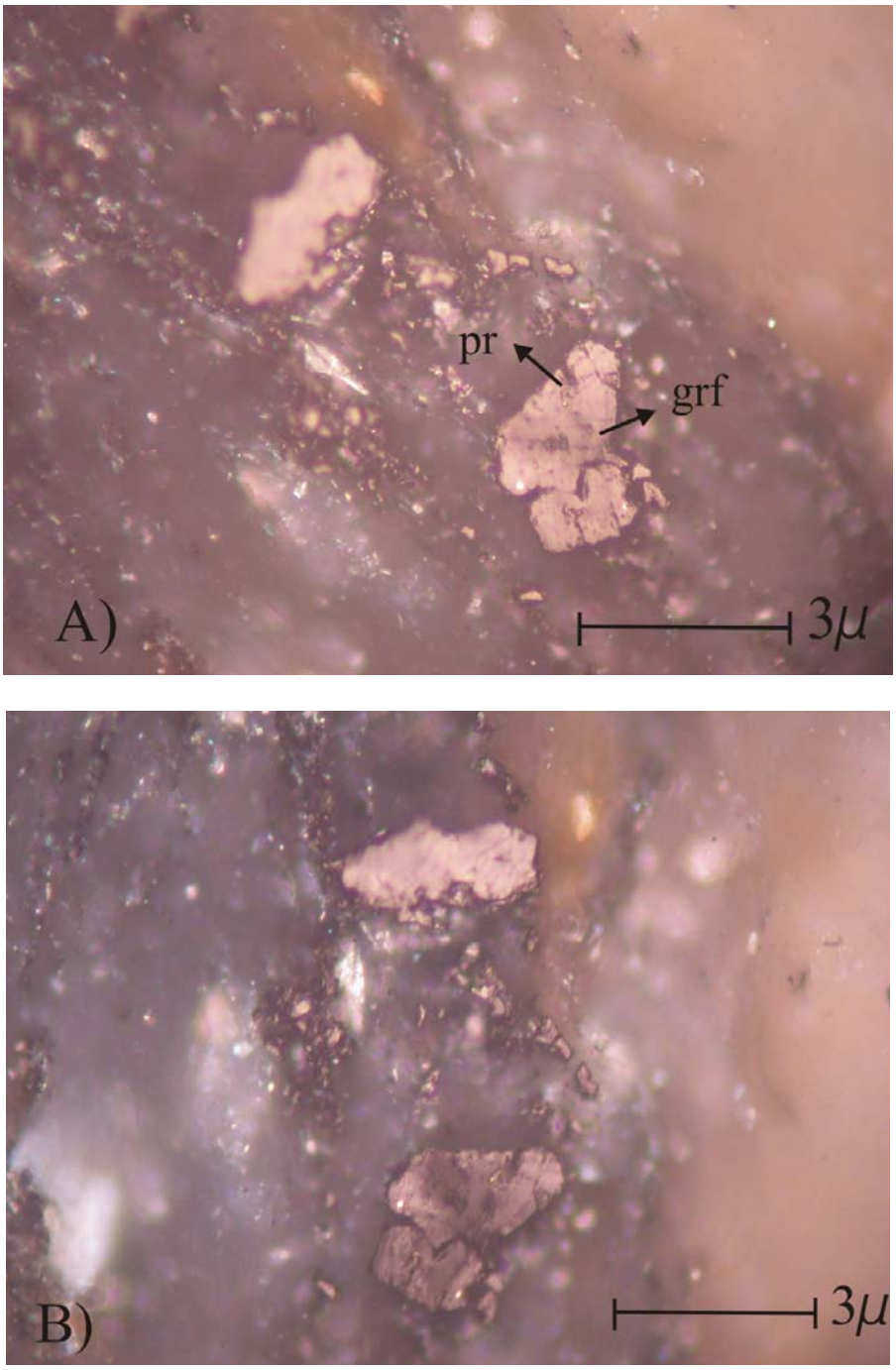
Polarizan mikroskopta saptanan opak mineralleri belirlemek amacıyla yapılan parlak kesitler üstten aydınlatmalı cevher mikroskobunda incelenmiştir (Şekil 3.4, 3.5 ve 3.6).

Grafit anizotrop bir mineral olup, tek nikolde çift yansıtma nedeniyle kahvemsi-mavimsi gri renkte görünür (Şekil 3,4). Çift yansıtma özelliğinin çok kuvvetli, mineral renginin kahvemsi-mavimsi gri renkli olduğu belirlenmiştir. Grafitin anizotropi renkleri saman sarısı-mor gri ve/veya koyu kahve renklerindedir. Küçük yassı veya prizmatik kristalleri yaprağımsı toplanımlar halinde bulunur. Kaymalar, kıvrılmalar veya dalgalı yapı çok yaygındır. Grafıtler yer yer pirit kapanımları içerebilmektedir (Pişkin, 2002) (Şekil 3.4, 3.5, 3.6). Kayaçların yönlü dokusuna uygun bir dizilim gösterirler (Erkan, 2007).

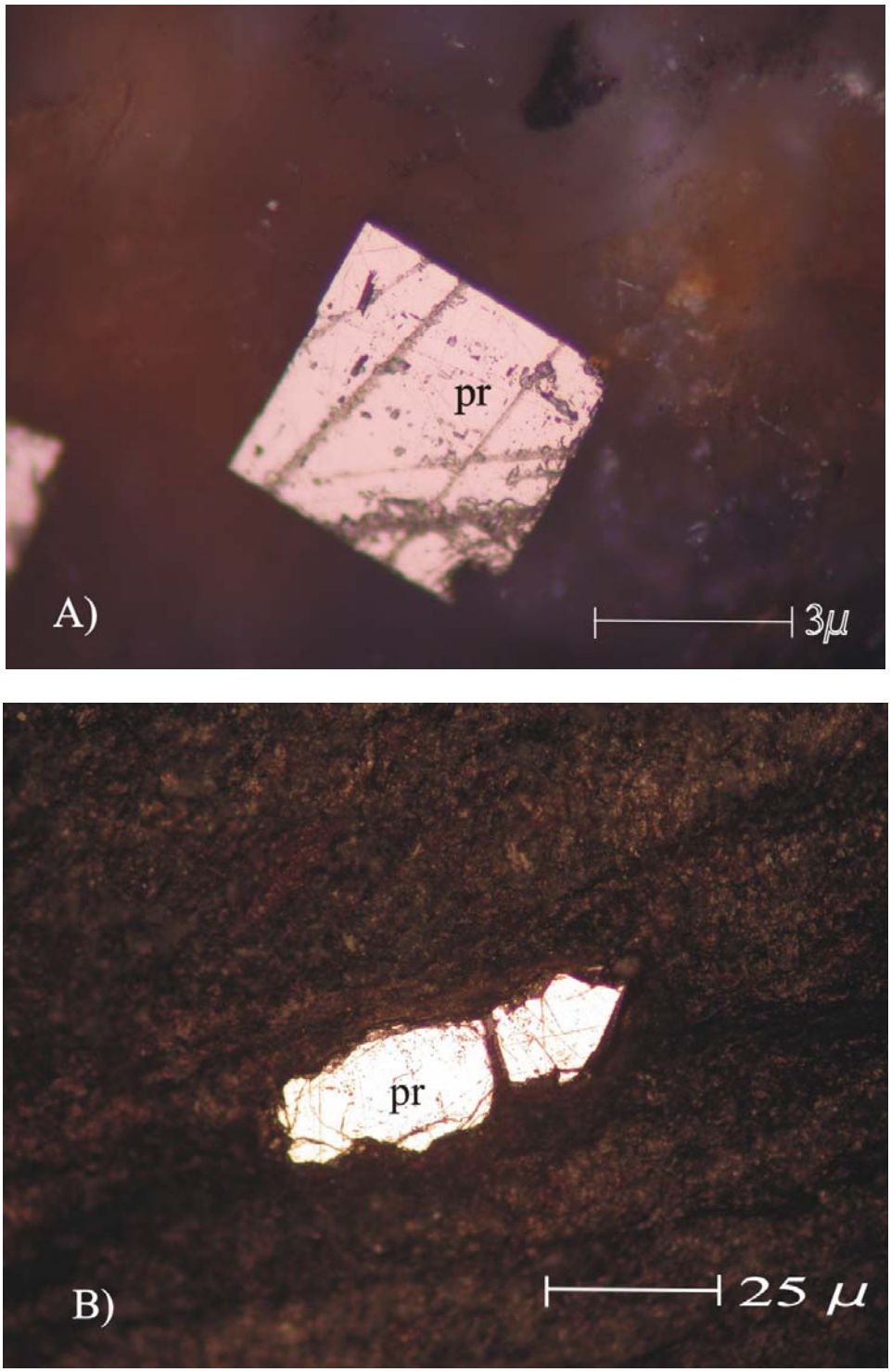
Yapılan cevher mikroskobisi çalışması sonucunda, parlak kesitlerdeki özşekilli ve yarı özşekilli opak minerallerin pirit; katmanlanmaya paralel gelişen opak minerallerin grafit ya da karbonlu tam grafitleşmemiş malzeme olabileceği söylenebilir.




Şekil 3.4 Balçova'da gözlenen bitümlü şeyllerden alınan LIM örneğine ait cevher mikroskobu görüntüsü, A) çift nikolde dikliği bozulmuş B) çift nikolde dikliği bozulmamış, 50x, yağda. (pr; pirit, grf; grafit)




Şekil 3.5 Balçova'da gözlenen bitümlü şeyllerden alınan LIM örneğine ait cevher mikroskobu görüntüsü, A) tek nikolde B) çift nikolde dikliği bozulmuş, içinde pirit kapanımları olan özşekilsiz grafitler, 50x, yağda (pr; pirit, grf; grafit)




Şekil 3.6 Balçova'da gözlenen bitümlü şeyllerden alınan LIM örneğine ait cevher mikroskobu görüntüsü , A) özşekilli pirit kristalleri, 50x, yağda; B) özşekilsiz pirit kristali 10x, havada (pr: pirit)

### *3.1.2 X-Işını Difraksiyon Çalışmaları*

X-Işını Difraksiyon çalışmaları (Xrd), katı ve toz örneklerin yapılarında bulunan çeşitli kristal formlar veya fazlar, bu fazların konsantrasyonu, kristal olmayan fazların miktarı ve kristal boyutu hakkında bilgi verir. Difraksiyon çalışmaları İzmir Yüksek Teknoloji Malzeme Araştırma Merkezi Xrd (X- Işınları Kırınım Laboratuarı)'nda PHILIPS X'PERT R-2217 marka cihazla yapılmıştır.

Heyelan sahalarından alınan örnekler yaklaşık olarak 60 mikron boyutunda öğütüldükten sonra 150 mg örnek homojen bir şekilde karıştırılır ve tutucu içerisine bastırılarak düzgün bir yüzey oluşturacak şekilde difraksiyon cihazına yerleştirilir. Elde edilen difraksiyon diyagramında sürekli spektrum üzerindeki piklerin hangi 2θ açılarına karşılık geldiği belirtildikten sonra Bragg kırınım koşuluna ($n\lambda=2d \sin\theta$) sağlayan her 2θ'ya karşılık gelen "d" mesafeleri hazırlanmış kataloglardan belirlenir. Bu parametreler Å (angstrom) boyutundadır. Bu piklerin en büyüğünün şiddeti 100 kabul edilerek diğer piklerin bu piklere göre bağıl şiddeti hesaplanır.

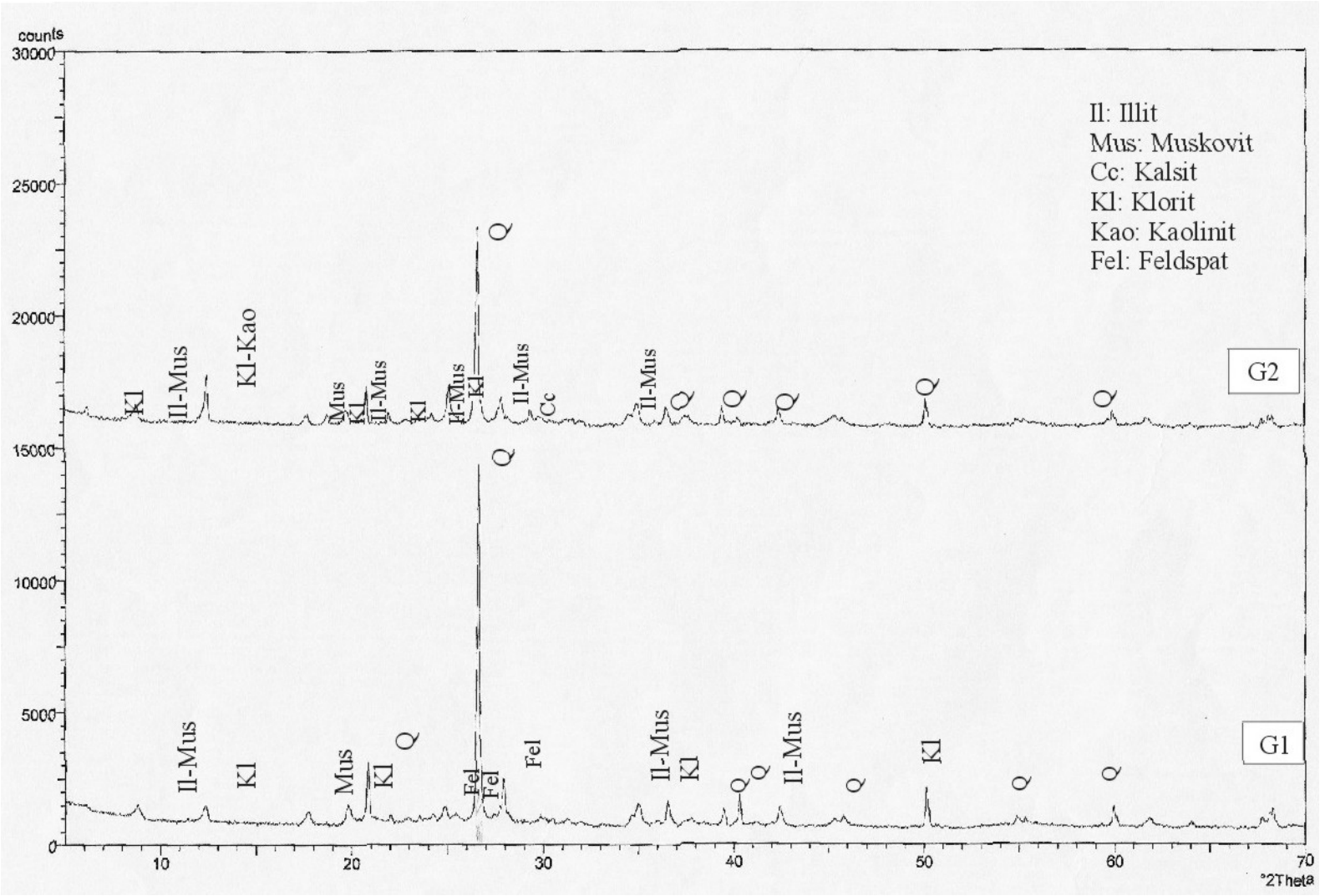
Daha sonraki aşamada bu piklerin hangi fazlara ait olduğu belirlenir. Doğadaki tüm minerallerin kendisine ait bir difraksiyon diyagramı vardır. Bu amaçla American Society for Testing Material (ASTM) tarafından oluşturulan difraksiyon indeksleri (Brindley ve Brown, 1980). kullanılır. Bu standart kartlardan yararlanılarak bir örnekteki kristalli yapıya sahip fazları belirlemek mümkündür.

Narlıdere heyelan sahasından alınan 4 adet, Balçova heyelan sahasından alınan 1 adet şeyl örneği üzerinde yapılan difraksiyon çalışması sonucunda örneklerde; kuvars, klorit, muskovit, kalsit mineralleri tespit edilmiştir. Örneklerde belirlenen mineraller Tablo 3.2'de verilmiştir.

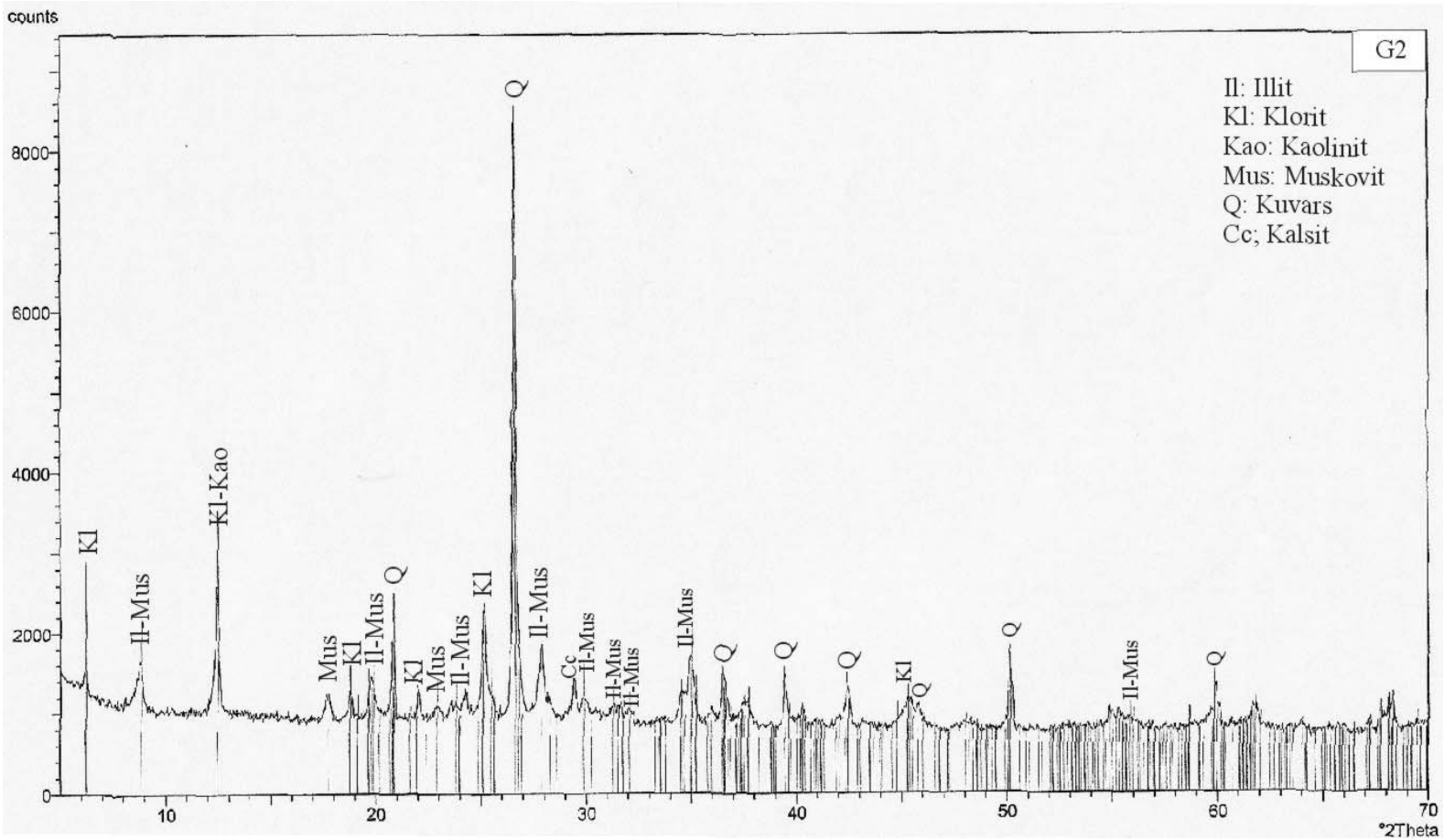
Tablo 3.2 İnceleme alanlarından alınan örneklerin mineral bileşimleri

| **Örnek No** | **Mineral İçeriği** |
|---|---|
| G1 | İllit, klorit, muskovit, kuvars, feldspat |
| G2 | İllit, klorit, kaolinit, muskovit, kuvars, kalsit |
| G3 | Simektit, muskovit, illit, feldspat, klorit |
| NAR | Klorit, illit, kuvars, feldspat, muskovit |
| LIM | İllit, klorit, muskovit, kuvars, feldspat, simektit |

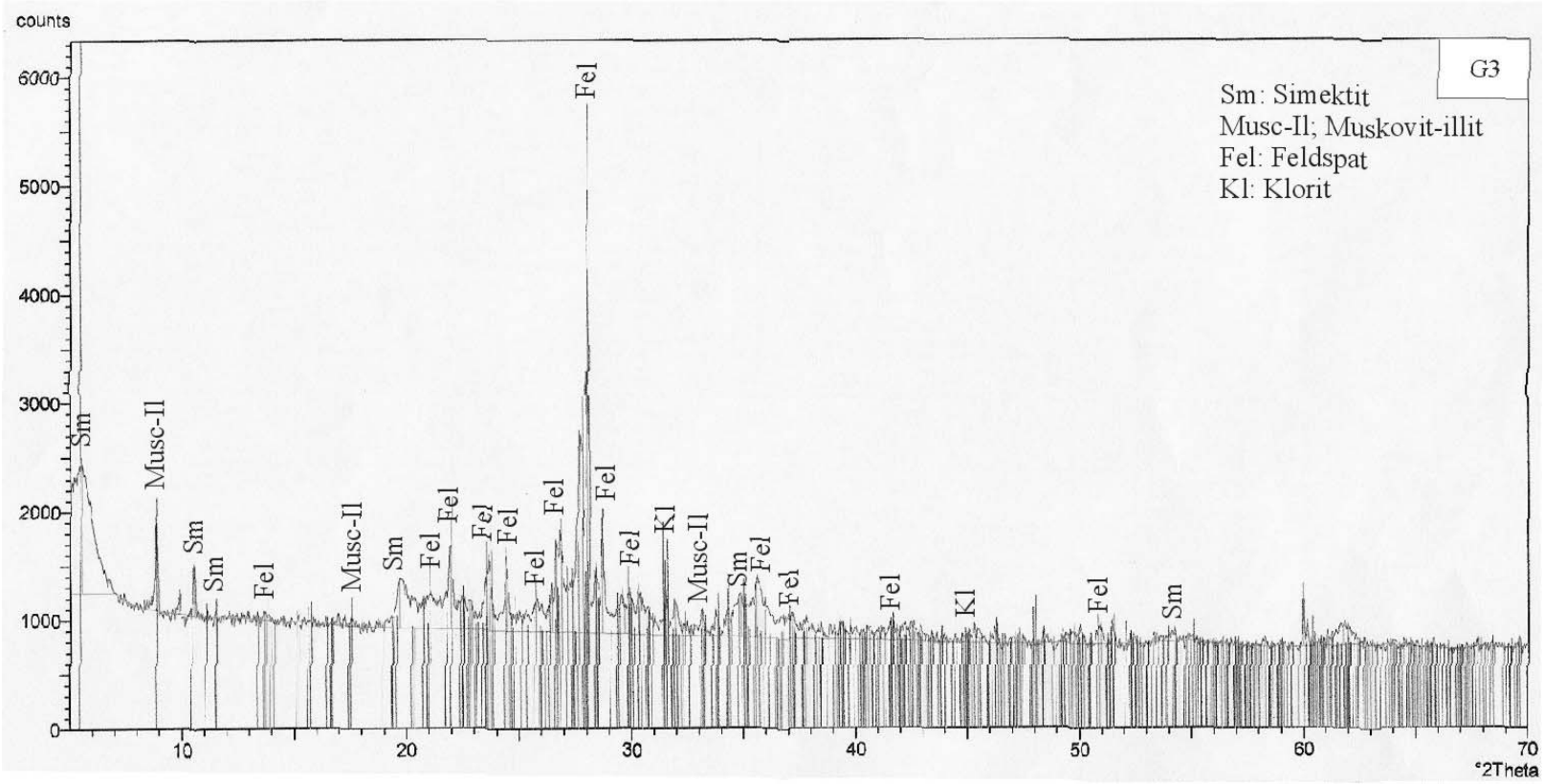
Alınan örneklerin difraksiyon diyagramları sırasıyla Şekil 3.7, 3.8, 3.9, 3.10 ve Şekil 3.11'de verilmiştir.



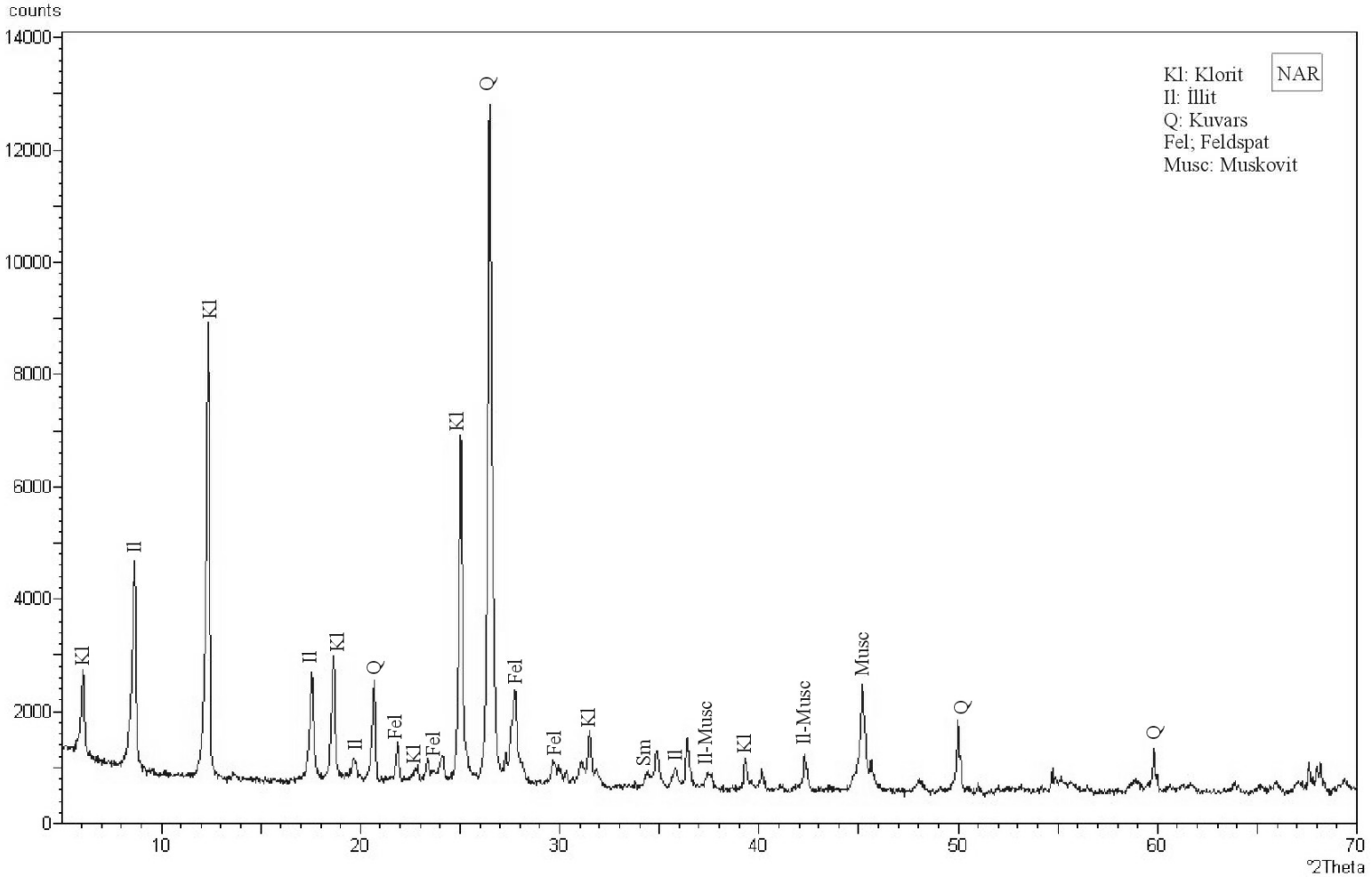

Şekil 3.7 Narlıdere heyelan sahasından alınan G1 ve G2 örneklerine ait XRD diyagramı



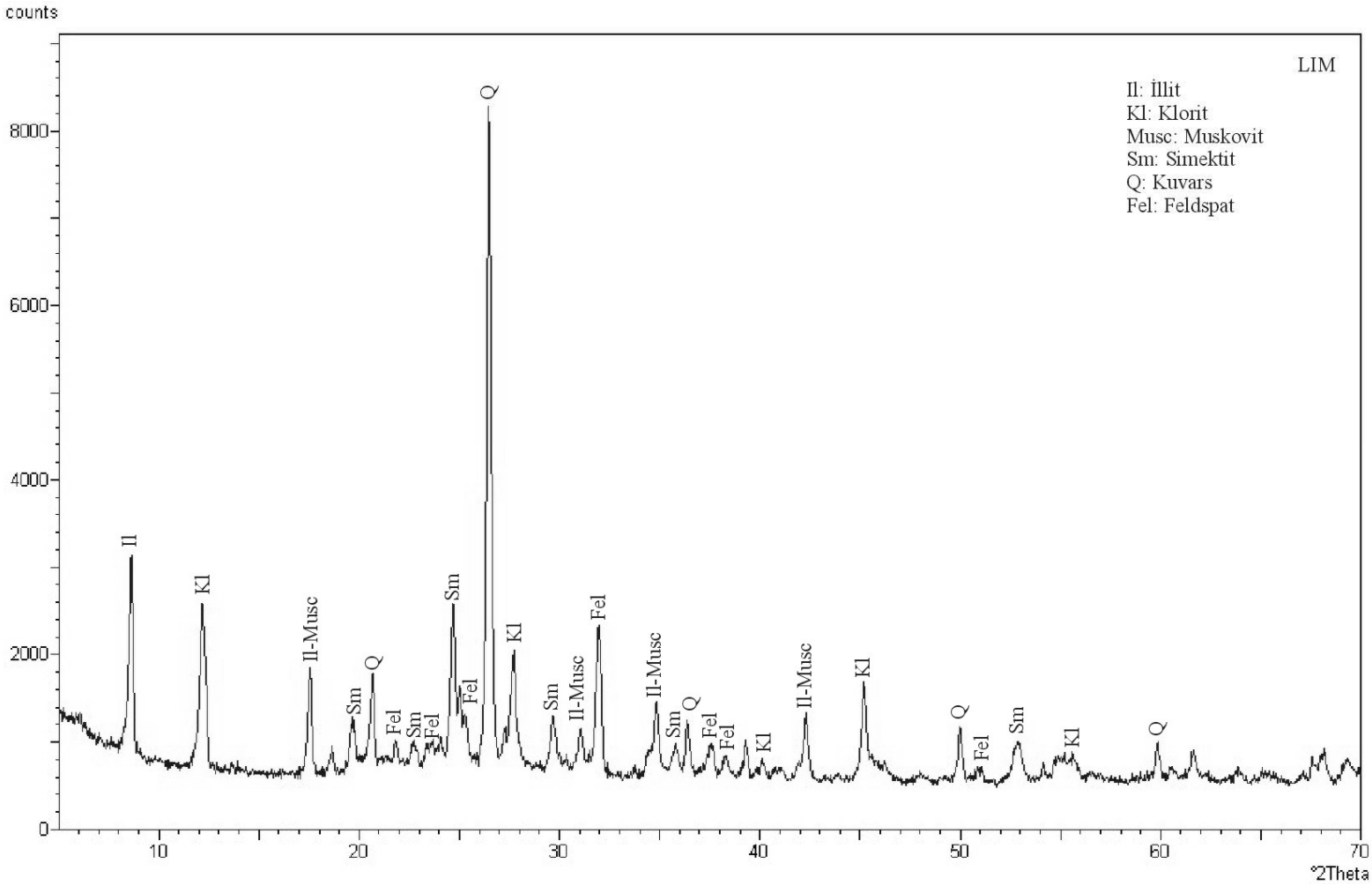

Şekil 3.8 Narlıdere heyelan sahasından alınan G2 örneğine ait XRD diyagramı




Şekil 3.9 Narlıdere heyelan sahasında gözlenen bitümlü şeyllerden alınan G3 örneğine ait XRD diyagramı



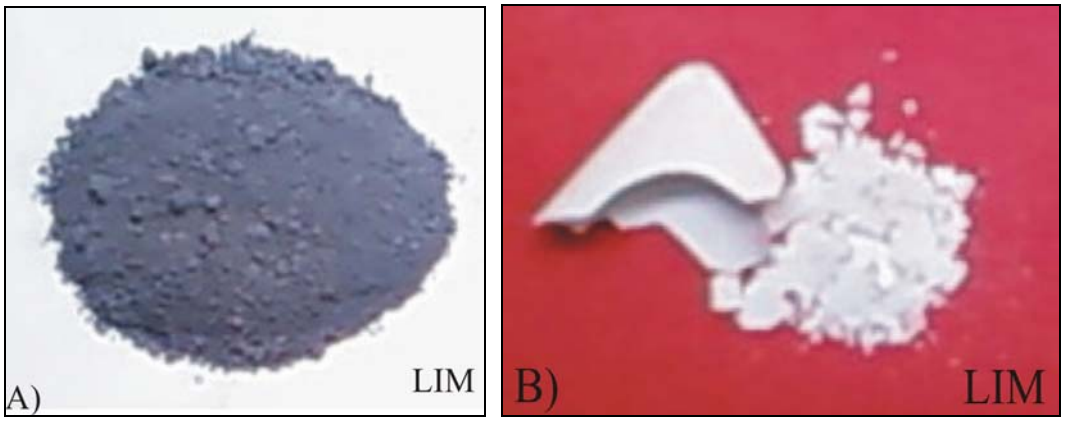

Şekil 3.10 Narlıdere heyelan sahasında gözlenen bitümlü şeyllerden alınan NAR örneğine ait XRD diyagramı




Şekil 3.11 Balçova heyelan sahasında gözlenen bitümlü şeyllerden alınan LIM örneğine ait XRD diyagramı

### 3.2 Jeokimyasal Çalışmalar

Narlıdere ve Balçova sahalarındaki şeyllerin karbon içeriklerini saptamak amacıyla Toplam Karbon Analizi yapılmıştır. Çalışma alanından alınan 3 adet numunenin Toplam Karbon Analizleri, TS ISO 10694'e göre D.E.Ü. Müh. Fak. Maden Mühendisliği Bölümü Kimya Laboratuarında yapılmıştır. Toplam Karbon Analizi için numuneler öncelikle yaklaşık 100µ boyutunda öğütülür (Şekil 3.12). Öğütülen malzeme HCl asit ile muamele edilerek bünyesindeki Ca ve Mg karbonatların uzaklaştırılması sağlanır. Asitle muamele edilen malzeme 105 °C sıcaklıkta fırınlanarak kurutulur. Kurutulan malzemeden belli bir miktar alınarak ağırlığı ölçülür. Daha sonra bu malzeme 800 °C sıcaklıkta fırınlanarak bünyesindeki organik ve serbest karbonun uzaklaştırılması sağlanır (Şekil 3.12). Fırınlanan bu malzemenin ağırlığı tekrar ölçülür. Fırınlanma öncesi ağırlık ile fırınlanma sonrası ağırlık arasındaki fark, malzemenin bünyesindeki toplam karbon miktarını vermektedir. Bu değerler Tablo 3.3'te % olarak verilmiştir.




Şekil 3.12 Toplam Karbon Analizi Sonucu Grafitli Şeyllerin Renklerinde Meydana Gelen Değişim. A) Analiz Öncesi Balçova Sahasına Ait Şeyl Örneği (LIM), B) Analiz Sonrası Balçova Sahasına Ait Şeyl Örneği (LIM).

Tablo 3.3 Şeyl Örneklerinin Toplam Karbon Analiz Sonuçları

| Örnek No | % Karbon (C%) |
|---|---|
| NAR | 3,90 |
| BAL | 4,67 |
| LİM | 6,22 |

Toplam karbon miktarı ve malzemenin kristal suyu miktarı toplamı bitümlü şeyllerin fırınlanma öncesi ve fırınlanma sonrası ağırlıkları arasındaki fark kadardır. Şeyllerin kimyasal analiz sonuçlarına bakıldığında, kızdırma kayıplarının %5 - %10 arasında olduğu görülür. Bu durum dikkate alındığında, fırınlama ile bünyeden atılamayan kristal suyunun kayda değer bir oranda olmadığı (<%1) ortaya çıkmaktadır.

# BÖLÜM DÖRT

# MÜHENDİSLİK JEOLOJİSİ

Mühendislik jeolojisi çalışmaları kapsamında inceleme alanlarının 1/1000 ölçekli mühendislik jeolojisi haritaları yapılmıştır. Ayrıca, sahada yeralan kumtaşı-şeyllerin derinlikle değişiminin ve jeolojik yapılarının kesin olarak belirlenebilmesi amacıyla bu alanlarda sondajlar yapılmış ve zemin profilleri belirlenmiştir. İncelenen heyelan sahalarının her ikisi de İzmir Körfezi'nin güneyinde, İzmir fayının denetlediği yüksek eğimli yamaçlarda yeralmaktadır. Heyelan sahaları;

1. Narbel Heyelan Sahası
    a) T80 Su Deposu sahası
    b) Hasan İçyer İlköğretim Okulu sahası
2. Kabaoğlu Heyelan Sahası'dır.

Her iki heyelanda da mevcut kayma daireleri suya doygun koşullardaki bitümlü şeyller içinde yeralmakta ve kaymaların oldukça ve/veya tamamen ayrışmış durumdaki (sert zemin) bitümlü şeyller tarafından denetlendikleri belirlenmiştir. Bu nedenle bitümlü şeyller bu çalışmada daha ayrıntılı olarak incelenmiştir.

İnceleme alanında jeolojik ve jeoteknik çalışmalar yapılmıştır. İnceleme alanında 1/1000 ölçek detayına sahip 1/2000 ölçekli mühendislik jeolojisi haritası hazırlanmış ve bu harita üzerinde litolojik birimlerin sınırları, su çıkış noktaları, heyelan etki sahaları ve kayma aynalarının yerleri, jeoteknik kesit hatlarının yerleri ve de sondaj noktalarının konumları işaretlenmiştir (Ek-1A ve Ek-1C).

Araştırmalardan elde edilen bilgilerin ışığında, heyelanların kayma mekanizmaları ve şev stabilitesi bilgisayar programları kullanılarak incelenmiştir. Bu kapsamda, derinliği 15-30 metre arasında değişen ve toplam derinliği 165 metreye ulaşan Narbel Heyelan Sahası'nda yedi noktada, Kabaoğlu Heyelan Sahası'nda ise derinlikleri 10-30 metre arasında değişen, altı noktada toplam derinliği 110 metreye erişen karotlu

zemin sondajları yapılmıştır. Sondajlar 14/05/2005 ve 02/07/2005 tarihleri arasında yapılmıştır. İnceleme alanında yapılan sondaj çalışmaları sırasında uygun zemin profili olan yerlerde Standart Penetrasyon Deneyi yapılmış ve kuyularda yeraltı suyu ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Sondajlardan elde edilen örneklerin mühendislik özelliklerini belirlemek üzere labaratuvar deneyleri yapılmıştır. Bu deneyler, birim hacim ağırlık tayini, kıvam limitlerinin tayini, tek eksenli sıkışma, nokta yükleme direnci ve kesme kutusu deneyleridir. Ayrıca, inceleme alanlarında mevcut su kaynaklarında debi ölçümleri yapılmıştır.

Labaratuvar deney sonuçları ve heyelan riskli sahaları, boyuna jeoteknik kesitleri kullanılarak şev stabilitesi analizleri doğrudan DEVAK (2005a ve 2005b) tarafından yapılmıştır. Bu analizlerde, Plaxis yazılımı bünyesinde doğrusal olmayan sonlu elemanlar yöntemi kullanılmıştır. Sonlu elemanlar analizinde şevdeki kaymaya karşı güvenlik katsayısı hesabında c - Ø analizi şeklinde tanımlanan yöntem kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar mühendislik jeolojisi açısından yorumlanmıştır.

Tüm bu araştırmaların sonucunda, Narbel Heyelan Sahası'nda yeralan Hasan İçyer İlköğretim okulu sahası ile T-80 su deposu sahası ve de gömülü eski dere yataklarının yeraldığı sahalar heyelan kayması nedeni ile yerleşim açısından sakıncalı bulunmuştur. Kabaoğlu Heyelan Sahası'nda ise suya doygun koşullarda ve düşük penetrasyon değerlerine sahip şeyl ağırlıklı zonların kayma zonları olarak ortaya çıkmakta olduğu ve bu zonların Dededağı Fayı'nın hareketlenmesine bağlı olarak tetiklenmekte olduğu saptanmıştır. Dededağı Fayı ilk kez bu çalışmada ortaya çıkarılmıştır.

## 4.1 Narbel (Narlıdere) Heyelan Sahası

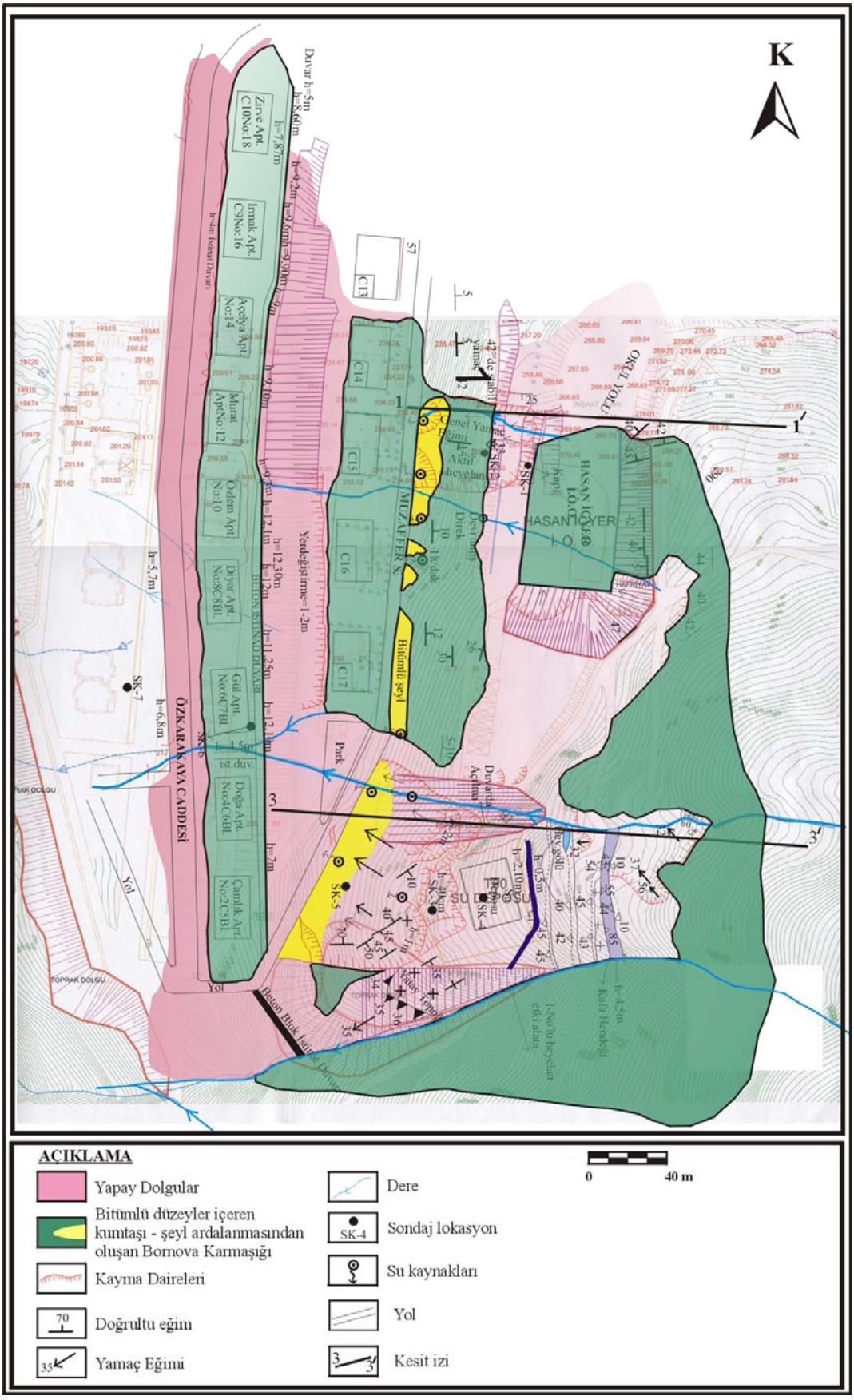
### *4.1.1 İnceleme Alanının Jeolojisi*

İnceleme alanında, Üst Kretase – Paleosen yaşlı filiş fasiyesinde gelişmiş kumtaşı – şeyl ardalanmalı birim ile Kuvaterner yaşlı yamaç molozları ve alüvyon yeralır. Bölgede geniş bir alanda yayılım sunan kumtaşı – şeyl türü kayaçlar, inceleme

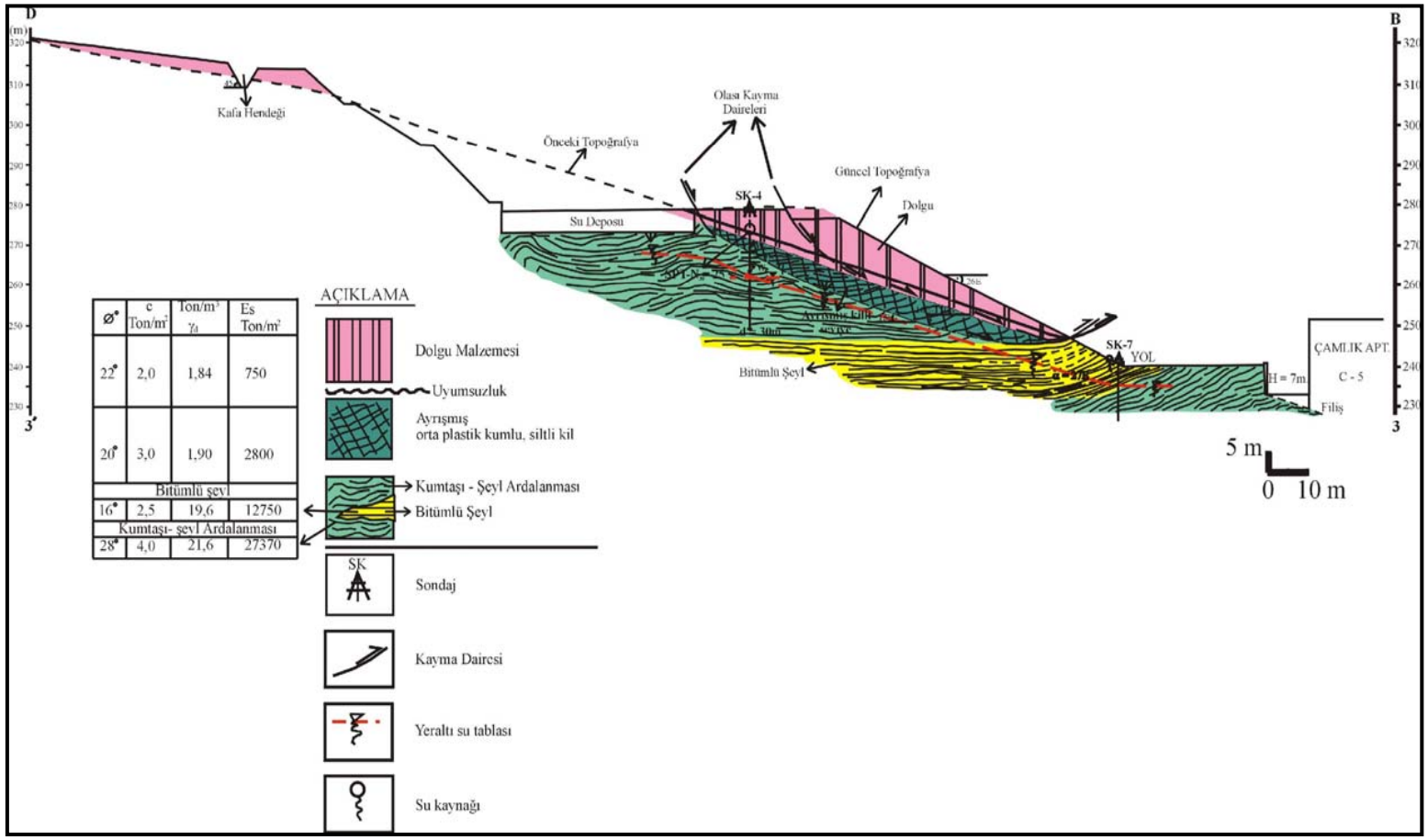
alanındaki ana kayaç türünü oluşturmaktadır (Şekil 4.1). Bu kayaçlar gerek oluşum özelliklerinden, gerekse de sonraki tektonik olaylardan etkilenerek oldukça kıvrımlı ve kırıklı bir yapı sunmaktadır. İnceleme alanı'nın 1/1000 ölçek detayına sahip 1/2000 ölçekli jeoloji haritası Şekil 4.2'de ve EK-1'de, şeyl – kumtaşı ardalanmalı birim üzerinde yeralan yapay dolgularla ana kaya arasındaki dokanak ilişkileri ve konumsal düzenleri Şekil 4.3 ve Şekil 4.4 ve EK-1'de sunulan jeolojik kesitlerde gösterilmiştir. Jeolojik harita ve kesitler incelendiğinde, inceleme alanında yayılım gösteren üç farklı seviyenin varlığı dikkat çekmektedir.



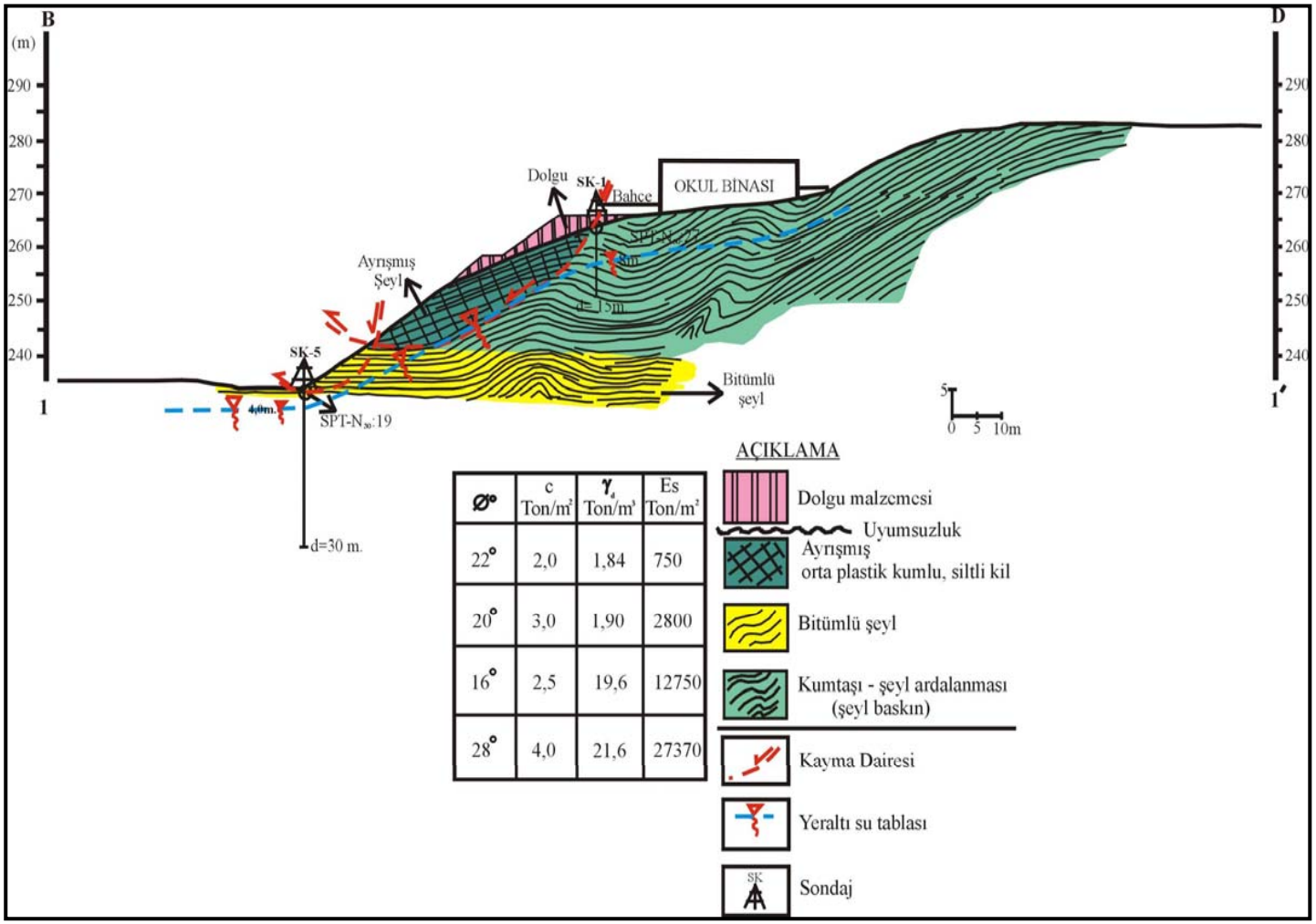

Şekil 4.1 İnceleme alanının en doğusunda 310–325 metre kotları arasında yeralan kumtaşı – şeyl ardalanmalı birimden görünüm.




Şekil 4.2 İnceleme alanının mühendislik jeolojisi haritası (DEVAK, 2005a).




Şekil 4.3 NARBEL Toplu Konut sahasından D-B yönünden alınmış, T80 su deposu heyelanına ait 3-3′ Jeoloji kesiti, (DEVAK, 2005a).




| Ø° | c Ton/m² | $\gamma_d$ Ton/m³ | Es Ton/m² |
|---|---|---|---|
| 22° | 2,0 | 1,84 | 750 |
| 20° | 3,0 | 1,90 | 2800 |
| 16° | 2,5 | 19,6 | 12750 |
| 28° | 4,0 | 21,6 | 27370 |

Şekil 4.4 NARBEL Toplu Konut sahasından D – B yönünden alınmış, Hasan İçyer İlköğretim Okulu Heyelanına ait 1-1′ Jeoloji kesiti, (DEVAK, 2005a).

**1.** Yapay dolgular (Pembe renkli) (Şekil 4.5)

**2.** Ana kaya özelliğinde kumtaşı – şeyl ardalanmasından oluşan Bornova Karmaşığı'na ait yerli kayalar (yeşil renkli).

**3.** Bornova Karmaşığı içerisinde mercek konumunda yeralan karbon içeriğine sahip, koyu gri renkli, oldukça ayrışmış bitümlü şeyller (sarı renkli).

Yapay dolgular, inceleme alanında önceden yapılmış hafriyat ve kazı çalışmaları sonucunda yerli kayadan çıkartılmış malzemelerdir (Şekil 4.5). Genel olarak kalınlıkları 3,0 – 8,0 m. kadardır. Bu dolgular, mevcut yamaçlar üzerinde alan kazanmak için gelişigüzel bir şekilde serilmiş olup çoğu kez yamaç açılarının yükselmesine neden olmuşlardır (Şekil 4.3 ve 4.4). Dolgu malzemeleri mühendislik jeolojisi haritasında da gösterildiği gibi, T80 su deposunun batı şevini tamamen kaplamış durumdadır (Şekil 4.3). Aynı durum, Hasan İçyer İlköğretim Okulu'nun çevresinde de gözlenmektedir (Şekil 4.3 ve EK-1).




Şekil 4.5 Yapay dolgular ve oluşan yeni şevler.

Dolgu malzemeleri Muzaffer Sokağın doğusunda önemli bir alanı kaplamaktadır (Şekil 4.2 ve EK-1). Ayrıca, C–14, C–15, C–16, C-17 blok apartmanların temel kazı çukurlarından hafredilen malzemeler de batısında yeralan yamaçlara dökülmüş ve yeni daha yüksek açılı şevler oluşmuştur. C–14, C–15, C–16, C-17 blok apartmanları ile Irmak, Açelya, Murat, Özlem, Diyar, (C-8), Gül (C-7), Doğa (C-6) ve Çamlık

(C-5) blok apartmanların arasında mevcut yamaçlar yapay dolgu malzemeleriyle örtülü durumdadır (Şekil 4.2 ve EK-1). Ayrıca, en batıda yer alan blok apartman binaları ile Ali Onbaşı Deresi arasındaki sarp yamaçlar da yamaç molozları ve dolgularla kaplı durumdadır.

Narbel toplu konut alanı ve yöresinde ana kayayı, Bornova Karmaşığı'na ait kumtaşı- şeyl ardalanmasından oluşan tortul birimler oluşturur (Şekil 4.2 ve EK-1). İnceleme alanında ana kayanın yüzlekleri Hasan İçyer İlköğretim Okulu'nun batısı (260 metre kotu) ile Muzaffer sokağın hem doğusu hem de batısında, Özkarakaya Caddesinin doğusunda K-G yönünde sıralanmış blok apartmanların temel çukurlarında ve inceleme alanın en doğusunda 290-320 metre kotlarının daha üst seviyelerinde gözlenir (Şekil 4.2 ve EK-1).

İnceleme alanı içerisinde kumtaşı katmanlarının 15-45 cm. arasında değişen katman kalınlıkları (orta kalın katmanlı kayaçlar) sunduğu gözlenmiştir. Kumtaşları ve şeyller kitle hareketlerinden ileri derecede etkilendikleri kesimlerde ayrışma işlevlerinin de etkisiyle (yüzeye yakın zonlarda) yer yer zemin haline gelmişlerdir. Bu durumda, iri kumtaşı blokları ve çakılları killi bir zemin içinde gözlenmekte olup örselenmeden dolayı gevşek bir doku hemen dikkati çekmektedir. Şeyller hareket etmiş kütle topoğrafyasının egemen olduğu yerlerde, tamamen ayrışarak kendilerine özgü yapılarını kaybetmişler, kahverengi ve sarımsı-yeşilimsi kahverengi renkler almışlardır. İnce katmanlı, kıvrımlı ve kırıklı bir yapı sunan şeyller, ayrışmanın da etkisiyle dayanımsız (< 1 MPa) bir hal almışlardır. Bölgede gözlenen kumtaşı ve şeyllerde katmanların doğrultu ve eğimleri çok kısa mesafede bile farklılık sunmaktadır. İnceleme alanında katmanların eğim açısı değerleri oldukça değişken olup genelde 20-70° arasında eğim değerleri almaktadır (Şekil 4.2 ve EK-1).

İnceleme alanında bitümlü şeyller, Muzaffer Sokağı' nın doğu kesiminde yer alan şevlerinde, şev tabanına yakın kesimlerde yüzlek verirler (Şekil 4.6). T80 Heyelan alanında 272-260m. kotları, Hasan İçyer İlköğretim Okulu heyelan sahasında ise 230-243m. kotları arasında şev tabanından şev üstüne doğru eğimli bir yüzey boyunca yüzlek verirler (Şekil 4.6). T80 Heyelan sahasının şev tabanına yakın

kesimlerinde yamaç içine 8-10° eğimli olarak konumlandıkları arazi çalışmaları sırasında ölçülmüştür (Şekil 4.2 ve EK-1). Hasan İçyer İlköğretim Okulu heyelan sahasında ise şev tabanına yakın kesimlerde 5-7° yamaç içine eğimli olarak konumlanmışlardır (Şekil 4.2, EK-1 ve 10).



Şekil 4.6 Muzaffer Sokağı'nın doğu yamacı boyunca gözlenen oldukça/tamamen ayrışmış zayıf kaya özelliğindeki Bitümlü Şeyller.

İnceleme alanında oldukça ve/veya tamamen ayrışmış olarak bulunan bitümlü şeyllerin üst dokanakları boyunca su kaynaklarının (gözeler) mevcut olduğu arazi çalışmaları sırasında gözlenmiştir (Şekil 4.2 ve EK-1). Bu durum, onların sert zemin-zayıf kaya sınırında ve daha sert kil özelliğinde geçirimsiz bir malzeme olduklarına işaret etmektedir. Bu cümleden olmak üzere; bitümlü şeyller suya doygun koşullarda tüm heyelan sahalarında gözlenmektedir.

### *4.1.2 Jeoteknik*

#### *4.1.2.1 Laboratuvar Deneyleri*

Arazide yeralan zemin ve kayaç türlerinin indeks ve mühendislik özelliklerinin saptanması amacıyla, inceleme alanında yapılan sondajlardan (EK-4.1) elde olunan numuneler üzerinde birim hacim ağırlık tayini, kıvam limitlerinin tayini, tek eksenli basma, nokta yükleme direnci ve kesme kutusu deneyleri yapılmıştır. Deney sonuçlarının ortalama değerleri Tablo 4.1,4.2 ve 4.3'te sunulmuştur. Ayrıca, EK 3'te de deney föyleri verilmiştir.

Tablo 4.1 Şeyl numuneleri üzerinde yapılan deney sonuçlarının ortalama değerleri (Orta-oldukça ayrışmış siltli killi şeyl).

| | | |
|---|---|---|
| Kuru birim hacim ağırlık ($gr/cm^3$) | 2,168±0,018 (21,6 $kN/m^3$) | Örnek sayısı<br>n = 10 |
| Suya doygun birim hacim ağırlık ($gr/cm^3$) | 2,32±0,012 | n = 10 |
| Porozite (% n) | 12,26±1,22 | n = 10 |
| Nokta yükleme direnci (Is, $kg/cm^2$) | 7,85±3,60 | n = 10 |

Tablo 4.2 Şeyl numuneleri üzerinde yapılan deney sonuçlarının ortalama değerleri (Orta derecede ayrışmış siltli killi şeyl).

| | | |
|---|---|---|
| Kuru birim hacim ağırlık ($gr/cm^3$) | 2,246±0,078 (22,5 $kN/m^3$) | Örnek sayısı<br>n = 8 |
| Suya doygun birim hacim ağırlık ($gr/cm^3$) | 2,331±0,064 | n = 8 |
| Porozite (%n) | 8,459±1,676 | n = 8 |

Tablo 4.3 Kumtaşı numuneleri üzerinde yapılan deney sonuçlarının ortalama değerleri

| | | |
|---|---|---|
| Kuru birim hacim ağırlık ($gr/cm^3$) | 2,645±0,048 (26,45 $kN/m^3$) | Örnek sayısı n = 18 |
| Suya doygun birim hacim ağırlık ($gr/cm^3$) | 2,661±0,035 | n = 18 |
| Porozite (% n) | 1,586±1,415 | n = 18 |
| Tek Eksenli Sıkışma Dayanımı ($kg/cm^2$) | 813,91±272,88 | n = 18 |

Kumtaşları üzerinde birim hacim ağırlık (kuru ve suya doygun birim hacim ağırlıklar), porozite ve tek eksenli sıkışma dayanımı deneyleri yapılmıştır (Tablo 4.3). Kumtaşları porozite değerleri açısından (% n = 1.586 ± 1.45) düşük poroziteli kayaçlar sınıfında, tek eksenli sıkışma dayanımı değerleri açısından (813.9 ± 272.8 $kg/cm^2$) orta dayanımlı kayaçlar sınıfında yeralmaktadır.

Şeyller orta derecede ve orta–oldukça ayrışmış olarak iki bölümde ele alınmıştır. Orta derecede ve orta–oldukça ayrışmış şeyllerde porozite değerleri sırasıyla 8.459±1.676 ve 12.26±1.22 elde edilmiştir (Tablo 4.1 ve 4.2). Her iki ayrışma derecesindeki şeyller "Orta Derecede Poroziteli" kayaçlar sınıfında yeralmaktadır. Şeyllerin nokta yükleme direnci deneyleri katmanlanmaya dik olarak yapılmıştır ($Is_{50}$ = 7.85 ± 3.60 $kg/cm^2$). Elde edilen nokta yük direnci değerlerine göre, şeyller "Çok Düşük Dirençli" kaya sınıfında yeralmaktadır. Nokta yük direnci değerleri $Is_{50}$ ≤ 1 MPa olması orta–oldukça ayrışmış siltli–killi şeyllerin sert zemin–zayıf kaya sınırında yeraldığını göstermektedir. Direnç değerleri 1 Mpa'ın hem altında hem de üstünde elde edilmiştir. Bu durum şeyllerin zayıf kaya – sert zemin sınırında yeraldığını işaret etmektedir. Çünkü sert zemin – zayıf kaya sınırı Leonards (1962)'ye göre 1 MPa'dır. Oldukça ayrışmış şeyllerin tektonik etkisiyle örselenmesinden oluşan killerin yeraldığı zonlarda sondajlar sırasında düşük penetrasyon değerleri elde edilmiştir (SK-2'de 7.5-7.95 metreler arasında SPT–$N_{30}$ = 29). Ayrıca, SK-1'de (Hasan İçyer İlköğretim okulu heyelan sahası şev üst yüzeyi) 14.0-14.45 metreler arasında SPT-$N_{30}$=14 değeri çakıllı killerde elde edilmiştir (EK 2). Tam bu derinlikten kayma dairesi geçmektedir (EK-1). Bahsedilen killer üzerinde

Atterberg Kıvam Limitleri Deneyi yapılmış ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir (Tablo 4.4).

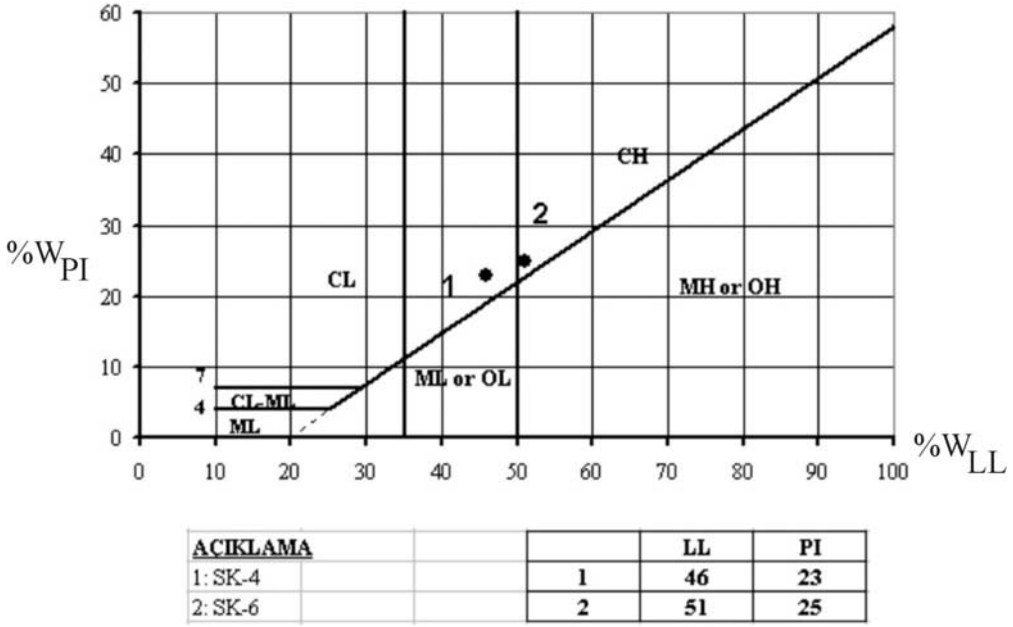
Tablo 4.4 Atterberg Kıvam Limitleri Deney sonuçları.

| Sondaj No | Numune Derinliği (m) | LL | PL | PI | Zemin Sınıfı |
|---|---|---|---|---|---|
| SK – 4 | 8 – 10 | 46 | 23 | 23 | CL |
| SK – 6 | 11 – 16.5 | 51 | 25 | 26 | CL – CH |

Şeyl ayrışma ürünü killerin likit limit değerleri $\%\varpi_{LL}$= 46–51 ve plastik limit değerleri $\%\varpi_{PL}$ = 23 – 25 arasında bulunmuştur (Tablo 4.4). Elde edilen değerler plastisite kartı üzerine yerleştirilmiştir (Şekil 4.7) ve bu zeminlerin "Düşük – Orta Plastik İnorganik Killer" olduğu belirlenmiştir. Bahsedilen bu killer üzerinde (Yoğrulmuş örnekler) kesme deneyleri yapılmış ve sonuçlar EK 3'de sunulmuştur. Deneyler konsolidasyonsuz – drenajsız (UU) olarak yapılmıştır. Hızlı deneylerden elde edilen sonuçlar Tablo 4.5'de sunulmuştur.

Tablo 4.5 Kesme deneylerinden elde edilen mukavemet parametreleri.

| Örnek No | Numune Cinsi ve Sondaj No | Derinlik (m) | $\gamma n$ (Ton/m$^3$) | $\varnothing^0$ | c (kPa) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | SK – 2 (Dolgu) | 0-8 | 1.80 | 22 | 20 |
| 2 | SK – 1 (Kil) | 7,5 | 1.90 | 20 | 30 |
| 3 | SK – 5 (Bitümlü şeyl) | 1,5-1,95 | 1,96 | 16 | 25 |
| 4 | Kumtaşı-şeyl (yarmadan) | 0,5-1 | 2,16 | 28 | 40 |




| AÇIKLAMA | | LL | PI |
|---|---|---|---|
| 1: SK-4 | 1 | 46 | 23 |
| 2: SK-6 | 2 | 51 | 25 |

Şekil 4.7 Koheziv zeminlerin Atterberg kıvam limitleri ve plastisite kartı üzerindeki yerleri

Yoğrulmuş numuneler üzerinde yapılan kesme deneyleri sonucunda en düşük sürtünme açısı değeri, sert zemin-zayıf kaya sınırında bulunan fakat, suya doygun koşullarda yumuşak bir malzeme özelliği sunan bitümlü şeyllerden elde edilmiştir (Ø=16°) (Tablo 4.5). Bitümlü şeyllerin ayrışması sonucu düşük plastik inorganik killer (CL) oluşmaktadır.

Kayma, düşük kayma direncine sahip (∅=16°, c=25 kPa) bitümlü şeyller üzerinde meydana gelmektedir. Bitümlü şeyller, hafif yamaç içine eğimli olmalarına karşın suya doygun koşullarda bulunmaktadır. Kayan malzemeler, yeraltı suyu seviyesine yakın konumda olan yarı doygun şeyl ayrışma ürünü çakıllı killer ve önceden sıyrılarak şev üstüne yerleştirilmiş (stripping material) dolgu malzemelerdir. Kil tabakası T80 su deposunda maksimum 4.5-5.0 metre, Hasan İçyer İlköğretim okulu heyelanında ise 7.0-8.0 metre kalınlıktadır. Dolgu kalınlıkları T80 su deposunda 5-8 metre, Hasan İçyer'de ise maksimum 3.0-3.5 metre kadardır. Bu veriler ışığında T80 de kayan kütle maksimum 10-13 metre kalınlığında, Hasan İçyer de ise 10-11.5 metre mertebesindedir. Diğer taraftan, T80 su deposu heyelanında yüzeyden bitümlü şeyl dokanağına kadar olan mesafe kayma derinliği olup, 32 metredir (EK-1). Aynı derinlik Hasan İçyer İlköğretim okulu heyelanında 23 metredir (EK-1). Doğal yamaçlar üzerine açılan temel çukurlarından, hendek kazılarından hafredilerek

çıkartılan çakıllı siltli kil, killi kumlu çakıl bileşimli dolgular yamaçlar üzerine dökülerek yeni şevler oluşturulmuş ve şev üst yüzeyleri genişletilerek yatay topoğrafyaya sahip düzlük alanlar elde edilmiştir. Bu işlemin sonucunda, doğal yamaçlar belli oranda eğim kazanmış ve genel şev açıları öncekinden yüksek halde yeni şevleri oluşturmuştur. İnceleme alanında yedi noktada açılmış sondajlarda kesilen dolgu kalınlıkları ve yeraltısuyu seviyeleri Tablo 1.6'da dolgu altında yeralan malzemelerin cinsleri ise EK-2'de sunulmuştur.

Tablo 4.6 Açılan sondajlarda kesilen dolgu kalınlıkları ve ölçülen yerlatısuyu seviyeleri

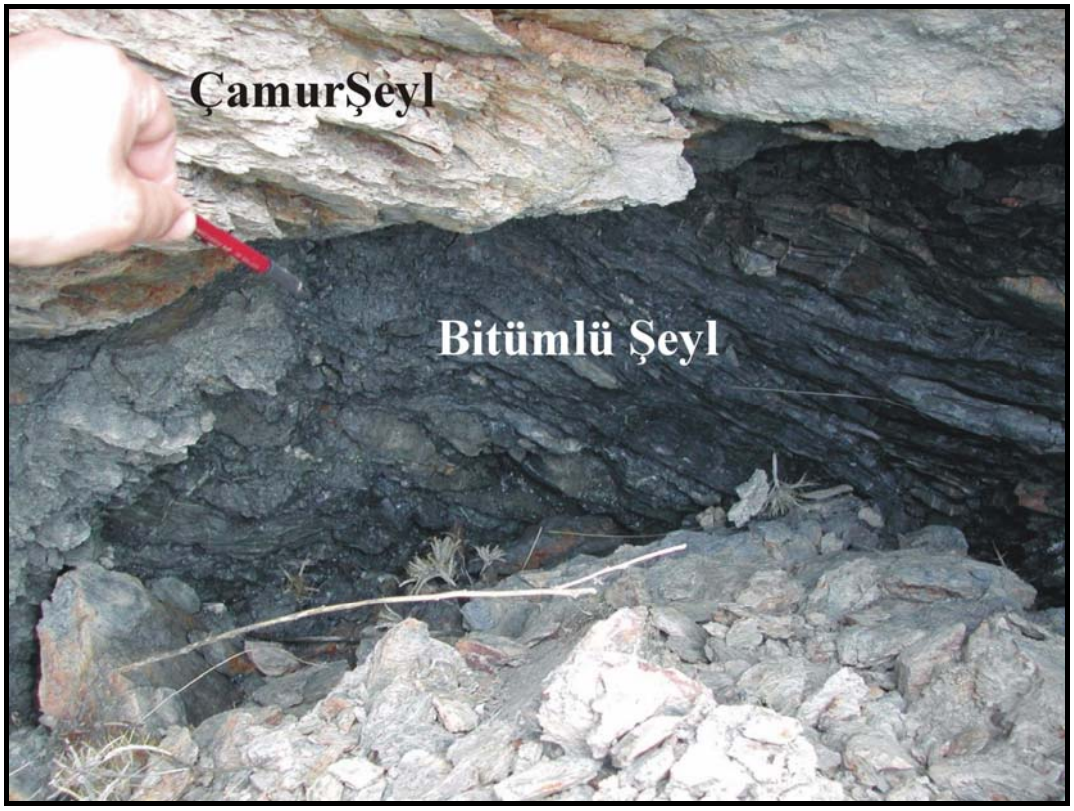
| Sondaj No | Derinlik (m) | SPT Deney Sayısı | Yeraltı Su seviyesi (m) | Dolgu kalınlığı (m) |
|---|---|---|---|---|
| SK-1 | 15,00 | 4 | 8 | 7,5 |
| SK-2 | 20,00 | 5 | - | 8,0 |
| SK-3 | 30,00 | 3 | 6,7 | 3,5 |
| SK-4 | 30,00 | 3 | 17,0 | 5,0 |
| SK-5 | 30,00 | 3 | 4 | 2,0 |
| SK-6 | 20,00 | 2 | 6,8 | 5,0 |
| SK-7 | 20,00 | 2 | 4,7 | 8,0 |

Yüzeyde yapılan arazi gözlemlerinden elde edilen bilgilere göre çamurşeyl ve bitümlü şeyl oranının kumtaşına oranla tüm yamaçlarda hakim olduğu belirlenmiştir. Ayrıca çamurşeyllerin içsel sürtünme açısı kuru malzeler için 25-30° arasında değerler almaktadır (Hoek & Bray, 1981). Islak numunelerde ise kesme direncinin 16°-20° arasında değerler aldığı laboratuvar çalışmaları ile belirlenmiştir. Özellikle gri renkli bitümlü şeyllerde sürtünme açıları daha da düşebilmektedir (∅=16°, c=25 kPa). Bu durum, şeyl baskın ayrışmış zonlarda ve/veya şeyllerin hafredilerek dolgu olarak kulanıldığı yerlerde ayrıca önem kazanmaktadır. Bu açıdan yüksek şev kesimlerinde kademelendirme ve buna göre basamak yüksekliklerinin seçimi, şev stabilitesi hesapları yapıldıktan sonra kararlaştırılması gereken bir husus olarak ortaya çıkmaktadır. Şeyllerle ilgili stabilite açısından önemli olan diğer bir husus, yüksek eğimli şevlerde sızma ve borulanmadır. Dik ve dike yakın eğim gösteren tabakalara sahip şeyllerde yüzey suları kolaylıkla derinlere sızabilmekte ve bu durum

bozunma hızını arttırmaktadır. Stabilite açısından tabakaların dik ve dike yakın eğimde olması her ne kadar olumlu görülse de, bahsedilen yüzeyler boyunca sızma ve borulanma gibi olumsuzlukları da meydana getirmektedir.

Narbel toplu konut alanında, şeylerin baskın litolojiyi oluşturduğu, yüksek şev açılarına ve sık drenaj ağına (paralel ve dendritik ağı) sahip arazi kesimlerinde çok katlı binaların (zemin+10 kat) olarak ele alınıp düşünülmesi ve uygulamaya geçilmesi gerçekçi bir yaklaşım olarak görülmemektedir. Çünkü yüksek yamaç açısına sahip şev kesimlerinde (sarp arazi sınıfına girmektedir $\alpha>20°$) kazı ve binaların inşaası, doğal şevlerin stabilitesini gerekli ve kalıcı önlemler alınmaması durumunda uzun dönemde bozmaktadır. Bu düşünceden olmak üzere, dikkate alınması gerekli en önemli parametre, inceleme alanındaki en kötü zemin özelliğine sahip bitümlü şeyllerin ve ayrışmış çamur şeyllerin stabil olarak durabileceği şev açılarının belirlenip buna göre inceleme alanındaki genel yamaç açılarının düzenlenmesi gerektiğidir.1-1′ ve 3-3′ genel şev profilleri ele alındığında (Şekil 4.10 ve 4.11), filişe ait en zayıf litolojik seviye olan ayrışmış şeyl ve/veya bitümlü şeyllerin jeoteknik özellikleri dikkate alınarak stabilite analizleri yapılmıştır. Ayrıca, şeyllerin tabaka ve eklemlerinin eğimi ve eğim yönünün ilişkisi uzun dönem stabilite değerlendirmeleri için son derece önemli olmaktadır (Kinematik analizler).

Gerek Hasan İçyer İlköğretim Okulu gerekse de T80 su deposu heyelanları birer şev heyelanlarıdır. Heriki heyelan arasındaki en yakın mesafe 145 metre olup, arada topoğrafik olarak bir sırt mevcuttur. Heriki heyelanın kayma yönü batıdır. Kaymayı denetleyen litolojik seviye oldukça-tamamen ayrışmış bitümlü şeyl ve/veya ayrışmış sarımsı kahverenkli şeyllerdir (Şekil 4.8). Suya doygun şartlarda bitümlü şeyllerde sürtünme açıları 16 ° ye düşebilmektedir. Bitümlü şeyller inceleme alanı içinde genelde suya doygun şartlarda yeralmaktadır (Şekil 4.8 ve 4.9). Ayrıca, şeyller mikro ve makro ölçekte önceden meydana gelen tektoniğin izleri olarak, kayma çiziklerinin gözlendiği ilkel makaslama yüzeylerini (slickensided) içermektedir. Bu yüzeyler suya doygun şartların oluşmasıyla birlikte kaymaya daha hassas hale gelebilmektedirler (Şekil 4.8).




Şekil 4.8 T80 su deposu batı yamacı heyelanı ve kayma dairesinin bitümlü şeyller içerisindeki yeri (260 m kotu). Kayma düzlemi : 36/10°-27°.

Heriki heyelan sahası içerisinden eski gömülü dere yatağı geçmektedir (Şekil 4.8). Bu dere yataklarının üzeri dolgularla kapatılmış durumdadır. Fakat, bu dereler özellikle yağışlı mevsimlerde çalışmaktadır. Mevcut dolgular, derinden çalışan derelere ait sularla temas ettiğinde oyularak borulanmakta ve kaymaya hassas hale gelmektedir. Ayrıca, ayrışarak kile dönüşmüş bitümlü şeyllerin yeraldığı kesimlerde su tutulmaktadır. Bitümlü şeyllerin üst dokanaklarına yakın kesimlerinde tutulan sular bahsedilen hat boyunca su gözeleri oluşturmakta (Şekil 4.9) ve bu durumda, kayma direncini azaltıcı yönde su basıncı meydana getirmektedir. Arazi çalışmaları Haziran-Temmuz 2005 aylarında yapılırken gözelerden yöre halkı tarafından su alındığı belirlenmiştir. Hasan İçyer İlköğretim okulu heyelanlarının kot olarak Muzaffer Sokağına yakın bir noktasında yeralan gözeden 1 lt/dak debiye sahip su alınabilmiştir.



Şekil 4.9 Kot olarak Muzaffer Sokağına yakın bir yerde mevcut su gözesi (Hasan İçyer İlköğretim Okulu heyelanı).

Yapılan çalışmalar heriki heyelanın iki tane oluşma nedeni olduğuna işaret etmektedir: 1. Bahsedilen sular, günümüzde üzeri dolgu malzemeleriyle örtülü eski dere yatakları boyunca yüzey altından akarak çalışmaktadır. Eski dere yatakları 300-320 metre kotlarının da doğusunda yeralan kendi vadilerinden beslenmektedir. Derelerin beslenme alanları geniştir. 2. Kile dönüşmüş bitümlü şeyllerin suya doygun şartlarda (yeraltısuyu koşullarında) yumuşamaya bağlı olarak kaymaya hassas hale gelmekte olmalarıdır ($\varnothing$=16°, c=25 kPa).

Yukarıda bahsedilen iki nedene bağlı olarak Narbel toplu konut alanında, heyelanlar meydana gelmiştir. T80 su deposu ve Hasan İçyer İlköğretim Okulu heyelanları ayrı ayrı çalışmakta ve kendine özel koşullara sahiptirler. Fakat heyelanları oluşturan nedenler aynıdır. Heriki heyelanda da derin kaymalar oluştuğu gerek sondaj verileri kullanılarak hazırlanan jeoteknik kesitlerden gerekse de stabilite

analizlerinden anlaşılmaktadır (EK-4). Kayma derinliği, T-80 su deposunda 30-32 metre, İlköğretim okulu heyelanında ise 25.0 metre mertebesindedir (EK-1).

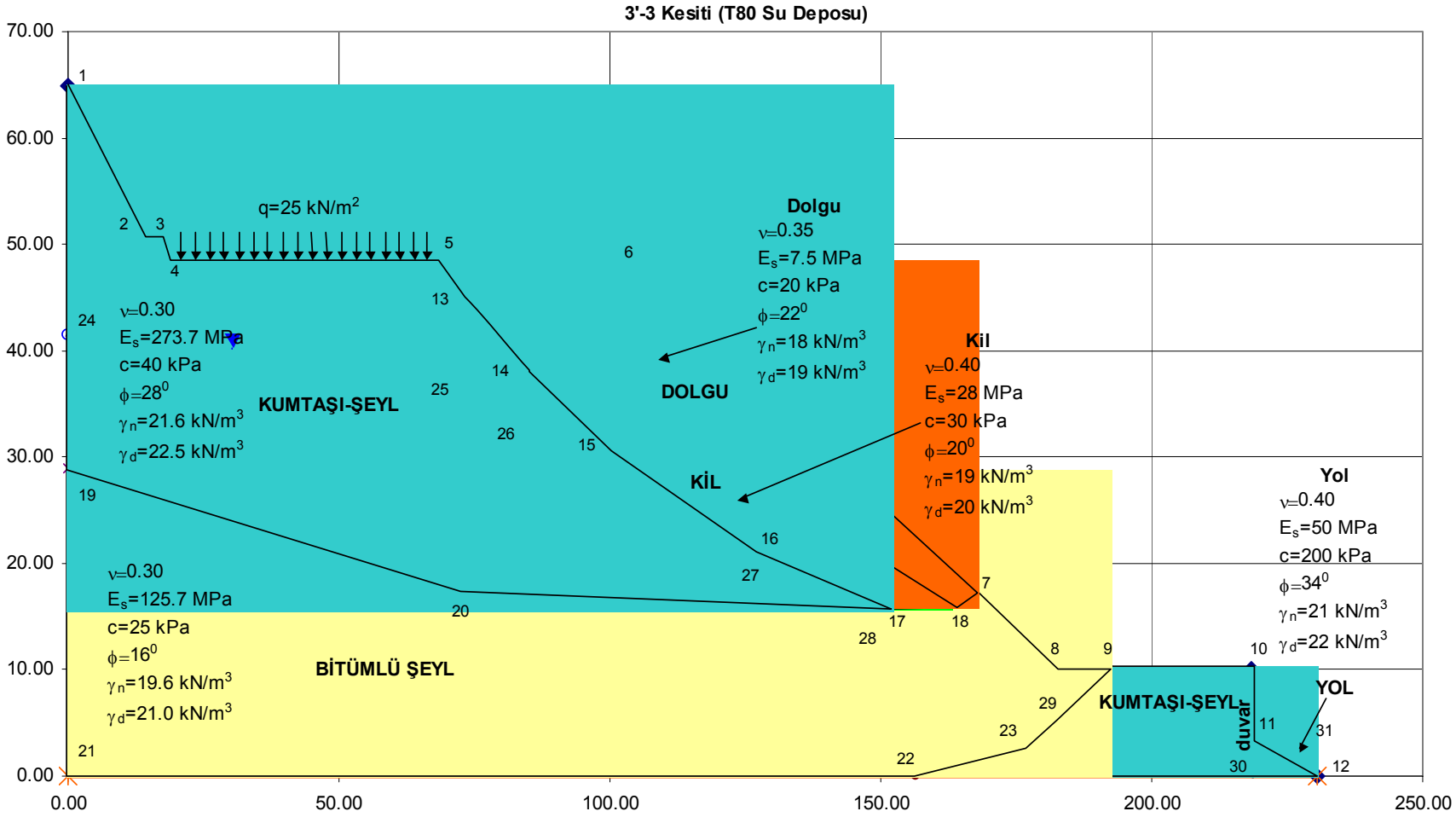
### *4.1.3 Şev Stabilitesi Analizleri*

Şev stabilitesi analizleri T80 Su Deposu ve Hasan İçyer İlköğretim Okulu konumlarından alınan iki kesit üzerinde yapılmıştır (EK-1). Bu kesitlerden 3′-3 kesiti T80 Su Deposu'na, 1-1′ kesiti ise Hasan İçyer İlköğretim Okulu'na aittir. Arazide yapılan gözlemler, sondajlar ile laboratuvar ve arazi deney sonuçlarına dayanılarak oluşturulan idealize jeoteknik kesitler Şekil 4.10 ve Şekil 4.11'de sunulmaktadır. Şekillerden görüldüğü üzere zemin profili her iki konumda da oldukça heterojen bir yapı arz etmektedir.

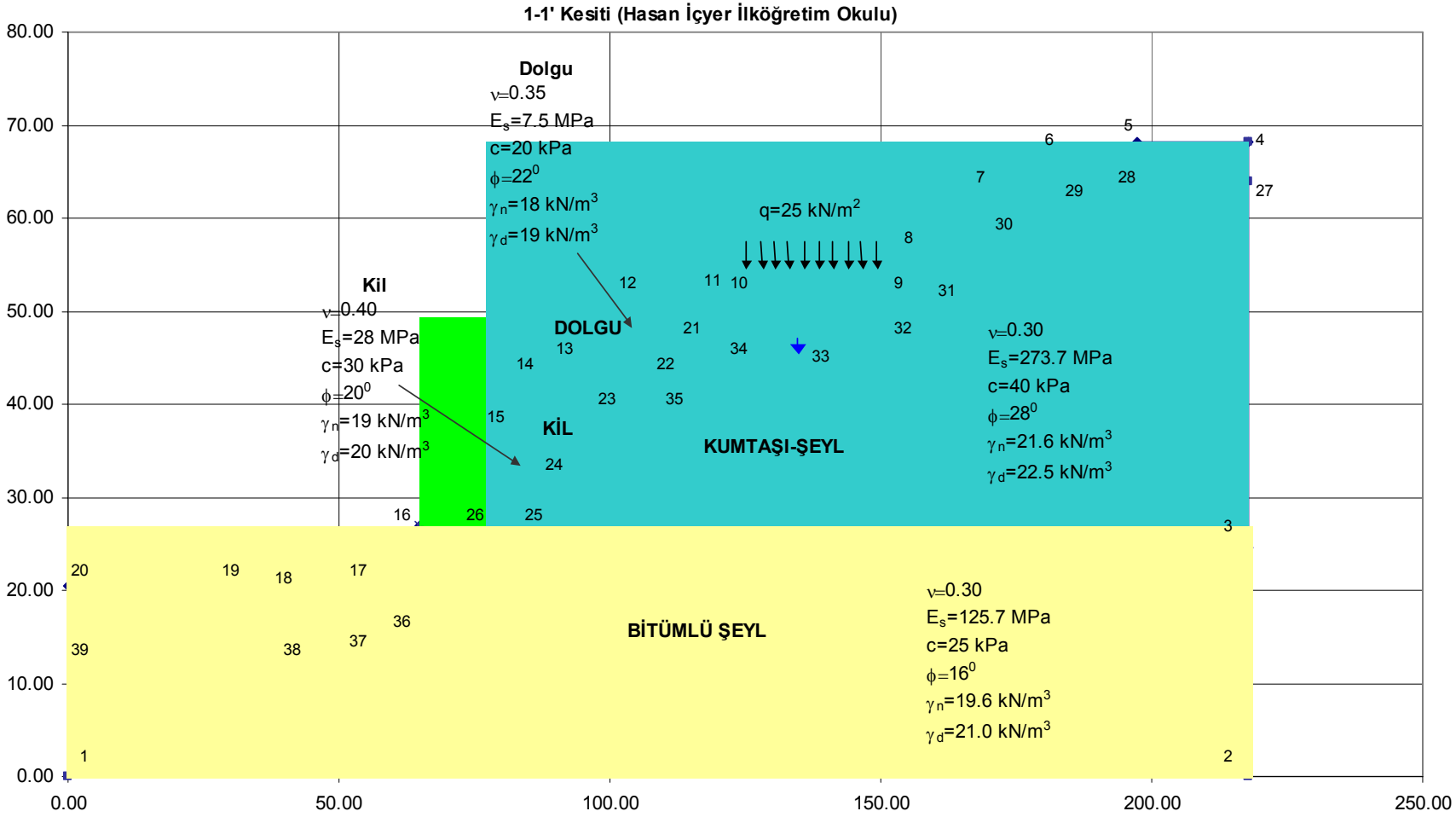
Su deposu ve ilköğretim okulundan ait oldukları şevlere aktarılan üniform temel taban gerilmesi q=25 kN/m$^2$ alınmıştır. T80 su deposunun şimdiye kadar işletmeye açılmadığı bilinmektedir. Dolayısıyla T80 konumunda üniform gerilme değerine depoda olması muhtemel su basıncı ilave edilmeyecektir.

Düzlemsel şev stabilitesi analizleri, Plaxis yazılımı bünyesinde doğrusal olmayan sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak yapılmıştır (EK-4). Doğrusal olmayan zemin davranışı elasto-plastik Mohr-Coulomb malzeme modeli yoluyla temsil edilmiştir. Sonlu elemanlar ağı gelişmiş 15 noktalı üçgen elemanlardan oluşmuştur. Analizlere esas malzeme ve sonlu elemanlar ağı ayrıntıları ilgili eklerde görülebilir.

Plaxis yazılımının bir diğer olumlu yönü sonlu elemanlar yönteminde kademeli yükleme ve dolgu-kazı aşamalarının ayrı ayrı fazlarda tanımlanabilmesidir. Her bir analizin birinci fazını jeostatik yükleme oluşturur. Diğer fazlar birinci fazı takip eder ve kademeli yükleme veya c - $\phi$ analizinden oluşabilir. Sonlu elemanlar analizlerinde şevdeki kaymaya karşı güvenlik faktörünün hesabında c - $\phi$ analizi şeklinde tanımlanan yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemde malzeme modellerinde verilen efektif kohezyon ve içsel sürtünme açısı değerleri şevde kayma oluşuncaya kadar kademe kademe azaltılmaktadır. Kaymanın oluştuğu anda modelde tanımlanan kayma direnci ile mobilize olan kayma direnci arasındaki oran kaymaya karşı güvenlik faktörünü vermektedir.

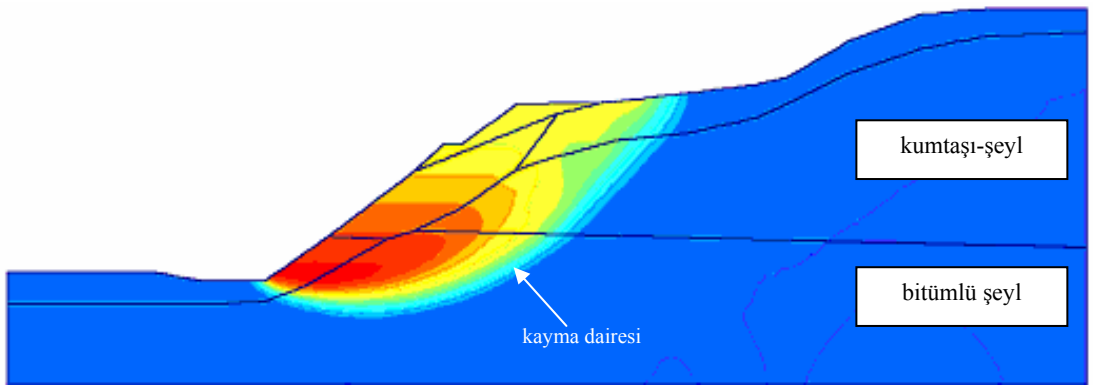



Şekil 4.10 T80 Su Deposu kesiti (3′-3 kesiti), (DEVAK, 2005a).




Şekil 4.11 Hasan İçyer İlköğretim Okulu kesiti (1-1′ kesiti), (DEVAK, 2005a).

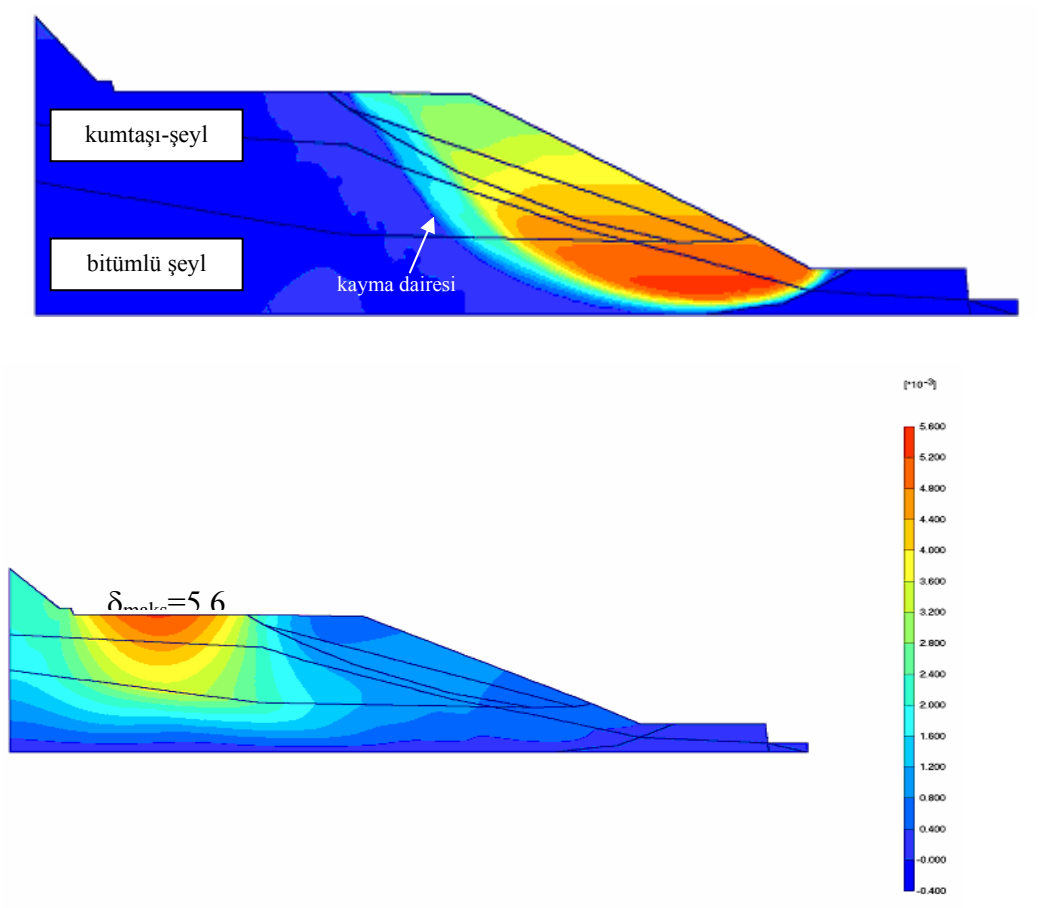
Hasan İçyer İlköğretim Okulu konumunda (Kesit 1-1′) yapılan c - ϕ analizinde kaymaya karşı güvenlik faktörü $F_s$=0,88 hesaplanmıştır (EK-4). Analizde yalnızca şevin mevcut durumu dikkate alınmış, okuldan kaynaklanan üniform temel taban gerilmesi hesaba katılmamıştır. İlgili ekte verildiği ve aşağıdaki şekilde sunulduğu üzere olası kayma dairesi yüzeyde kumtaşı-şeyl formasyonundan başlamakta, bitümlü şeyl formasyonundan geçerek derin bir kayma yüzeyi oluşturmaktadır. Bütün mekanizmayı bitümlü şeyl formasyonu kontrol etmektedir. Dolgu ve kil tabakalarının heyelan üzerinde belirgin bir etkisi mevcut değildir. Analiz bulguları arazi gözlemleri ile de uyum içindedir. Statik koşullarda dahi düşük bir güvenlik faktörü değeri hesaplandığı için deprem yükleme koşulları için analiz yapılmamıştır. Çalışma sahasının İzmir'deki aktif faylara çok yakın olduğu, tasarıma esas deprem büyüklüğünün M=6.5 şeklinde tanımlandığı dikkate alınırsa eşdeğer statik deprem analizi için sismik katsayı a=0.1 kabul edilmelidir. Bu deprem yüklemesi için statik koşullarda dahi stabil olmayan 1-1′ kesiti şevinin yüksek deformasyonlar yapması beklenir.




Şekil 4.12 Hasan İçyer İlköğretim Okulu kesiti için kayma dairesi(mevcut statik durum)

T80 Su Deposu konumunda (Kesit 3′-3) yapılan c - ϕ analizlerinde de benzer sonuçlar elde edilmiştir. Su deposunun zati ağırlığı dikkate alınmadan yapılan şev stabilite analizinde kaymaya karşı güvenlik faktörü statik koşullarda $F_s$=1.08 şeklinde ortaya çıkmıştır (EK-4). Aşağıdaki şekilde verildiği üzere T80 Su Deposu kesitinde de hareketi bitümlü şeyl formasyonu belirlemektedir. Statik koşullarda su deposu inşaatından kaynaklanan temel taban basıncı değeri hesaba katıldığında ise

kaymaya karşı güvenlik faktörü değeri değişmemektedir ($F_s$=1.079) (EK-4). Su deposu yükünden kaynaklanan gerilmelerin kumtaşı - şeyl formasyonunda kısa mesafede sönümlendiği, en yüksek yüzey oturmasının 5.6 mm hesaplandığı görülmektedir. Kesit 3′-3 statik koşullarda güvensizdir. Deprem yükleri altında bu şevde yüksek deformasyonların ortaya çıkması beklenir.




**Şekil 4.13 T80 Su Deposu kesiti için kayma dairesi (mevcut statik durum) ve depo zati yükünden oluşan deplasmanlar**

Analiz sonuçlarından gerek Hasan İçyer İlköğretim Okulu (Kesit 1-1′) gerekse T80 Su Deposu (Kesit 3′-3) şevlerinin statik koşullarda dahi doğal olarak kaymaya karşı güvensiz durumda oldukları ortaya çıkmaktadır. Her iki şevde hareketi bitümlü şeyl tabakası kontrol etmektedir. Bu formasyonun kayma mukavemeti parametrelerinin oldukça düşük olduğu, heyelana çok uygun bir ortam oluşturduğu literatürden de bilinmektedir.

### *4.1.4 Kütle Hareketlerine Bağlı Gelişen Deformasyonlar*

İnceleme alanındaki kütle hareketleri sonucunda meydana gelen deformasyonlar aşağıdaki gibi sıralanabilir;

**1.** Heyelan sahalarında meydana gelen tali ve esas kayma aynalarının oluşmasıyla meydana gelen şev bozulmaları (Şekil 4.14).

**2.** T-80 Su Deposu ve Hasan İçyer İlköğretim okulu çevresindeki istinat duvarlarındaki yıkılmalar, dönmeler ve yer değiştirmeler, bahçe çitlerinde yıkılmalar (Şekil 4.15).

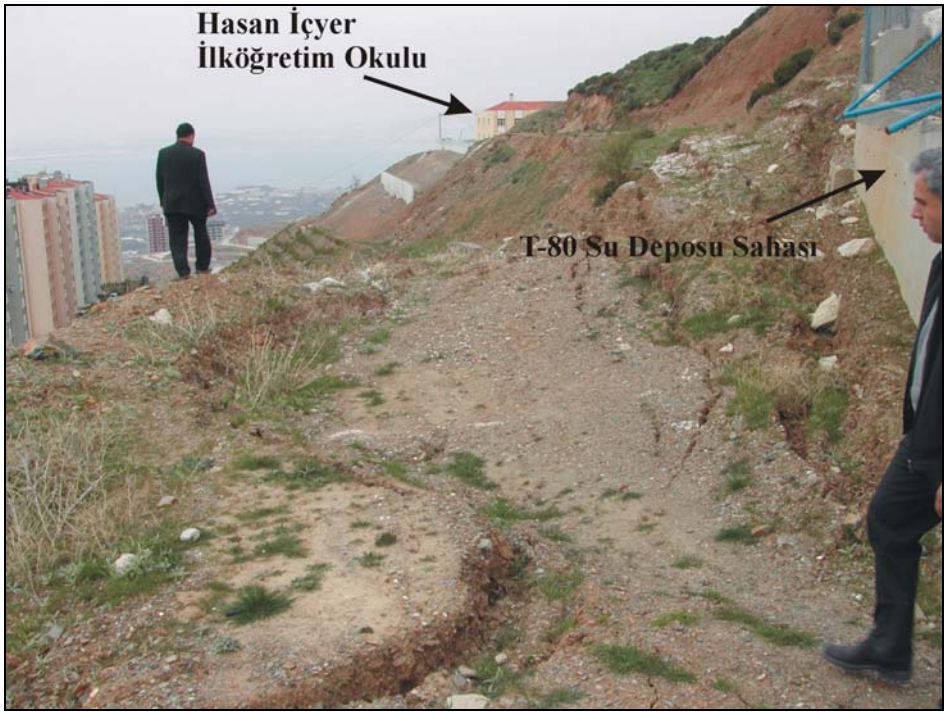
**3.** Blok apartmanlar arasında kademe şevlerinde yeralan istinad duvarlarında (H=4.5 metre) Ali Onbaşı Deresi'ne doğru yerdeğişmeler (Özkarakaya Caddesi batı kesiminde). Önceden mevcut dere yataklarının doldurulması ile bu dere yataklarının akış yönüne dik seçilmiş istinad duvarlarında ötelenme meydana gelmektedir (Şekil 4.16).

**4.** Asfalt yol ve alanlarda meydana gelen çatlaklar (Şekil 4.17).





Şekil 4.14 T-80 Su Deposu sahasında heyelan nedeniyle meydana gelen tabii kayma aynaları.







Şekil4.15 Hasan İçyer İlköğretim Okulu'nun batı yamaçlarında meydana gelmiş heyelan kaymaları



A) Özkarakaya Caddesinin batı kısmında istinad duvarında 28 cm.'ye varan deplasman.



B) Hasan İçyer İlköğretim Okulu'nun batıya bakan bahçesi içerisinde meydana gelen gerilme çatlakları

Şekil 4.16 Betonarme yapılarda meydana gelen deformasyonlar.



Şekil 4.17 Narbel sitesi yollarında meydana gelen deformasyonlar.

**4.2 Kabaoğlu Heyelan Sahası**

## *4.2.1 İnceleme Alanının Jeolojisi*

İnceleme alanında, Üst Kretase – Paleosen yaşlı filiş fasiyesinde gelişmiş, kumtaşı – şeyl ardalanmalı birim ile Kuvaterner yaşlı yamaç molozları ve alüvyon yer alır (EK 4.1). Bölgede geniş bir alanda yayılım sunan kumtaşı – şeyl türü kayaçlar, inceleme alanındaki ana kayaç türünü oluşturmaktadır. Bu kayaçlar gerek oluşum özelliklerinden, gerekse de sonraki tektonik olaylardan etkilenerek oldukça kıvrımlı ve kırıklı bir yapı sunmaktadır.

İnceleme alanı içerisinde kumtaşı katmanlarının 15 – 45 cm. arasında değişen katman kalınlıkları (orta kalın katmanlı kayaçlar) sunduğu gözlenmiştir. Kumtaşları ve şeyller kitle hareketlerinden ileri derecede etkilendikleri kesimlerde ayrışma işlevlerinin de etkisiyle yüzeye yakın zonlarda yer yer zemin haline dönüşmüşlerdir. Bu durumda, iri kumtaşı blokları ve çakılları killi bir zemin içinde gözlenmekte ve örselenmeden dolayı gevşek bir doku hemen dikkati çekmektedir (Şekil 4.18).

Şeyller hareket etmiş kütle topoğrafyasının egemen olduğu yerlerde, tamamen ayrışarak (completely weathered) kendine özgü yapılarını kaybetmişler, kahverengi ve sarımsı–yeşilimsi kahverengi renkler almışlardır (Şekil 4.18). İnce katmanlı, kıvrımlı ve kırıklı bir yapı sunan şeyller, ayrışmanın da etkisiyle dayanımsız (< 1 MPa) bir hal almışlardır. Bölgede gözlenen kumtaşı ve şeyllerde katmanların eğim ve doğrultuları çok kısa mesafede bile farklılıklar sunmaktadır. İnceleme alanında katmanların eğim açısı değerleri oldukça değişken olup, genelde 20° - 70° arasında eğim değerleri almaktadır (EK 4.1).

İnceleme alanının güneyinde 89 – 83 m. kotları arasında yeralan ($^{05}$04378/$^{42}$48765) ve doğu–batı yönünde 30 metre uzunluğundaki (I nolu doğu heyelanı) heyelan kabarma bölgesinde, heyelanlı bölgelerin özellikle çökme bölgelerinde (I ve II nolu heyelanlı sahalar) yığışmış olan yamaç molozu, filişten türeme köşeli, iyi derecelenmiş olup blok, çakıl, kum, silt ve kil boyutu malzemeden oluşmaktadır (Şekil 4.18).

### *4.2.2 Jeoteknik*

#### *4.2.2.1 Sondaj Loglarının Değerlendirilmesi ve Jeoteknik Kesitler*

Kabaoğlu Heyelan Sahası'nda olası kütle hareketlerinin boyutlarının, şeklinin ve kayma dairesi derinliğinin, sahada yer alan kumtaşı-şeyllerin derinlikle değişiminin ve jeolojik yapılarının kesin olarak belirlenebilmesi amacıyla bu alanda derinliği 10 ile 30 metre arasında değişen 6 adet sondaj kuyusu açılmıştır (SK-1, SK-2, SK-3, SK-4, SK-6, ve SK-7). Önceden planlanan SK-5, SK-8 ve SK-9 nolu sondajlar topoğrafik eğim ve yoğun bitki örtüsü nedeniyle açılması mümkün olmamıştır. Tamamlanan sondaj kuyularının koordinatları ve derinlikleri Tablo 4.7'de, sondaj lokasyonlarının konumu ise Şekil 4.19'daki haritada ve EK 4.1'de sunulmuştur.



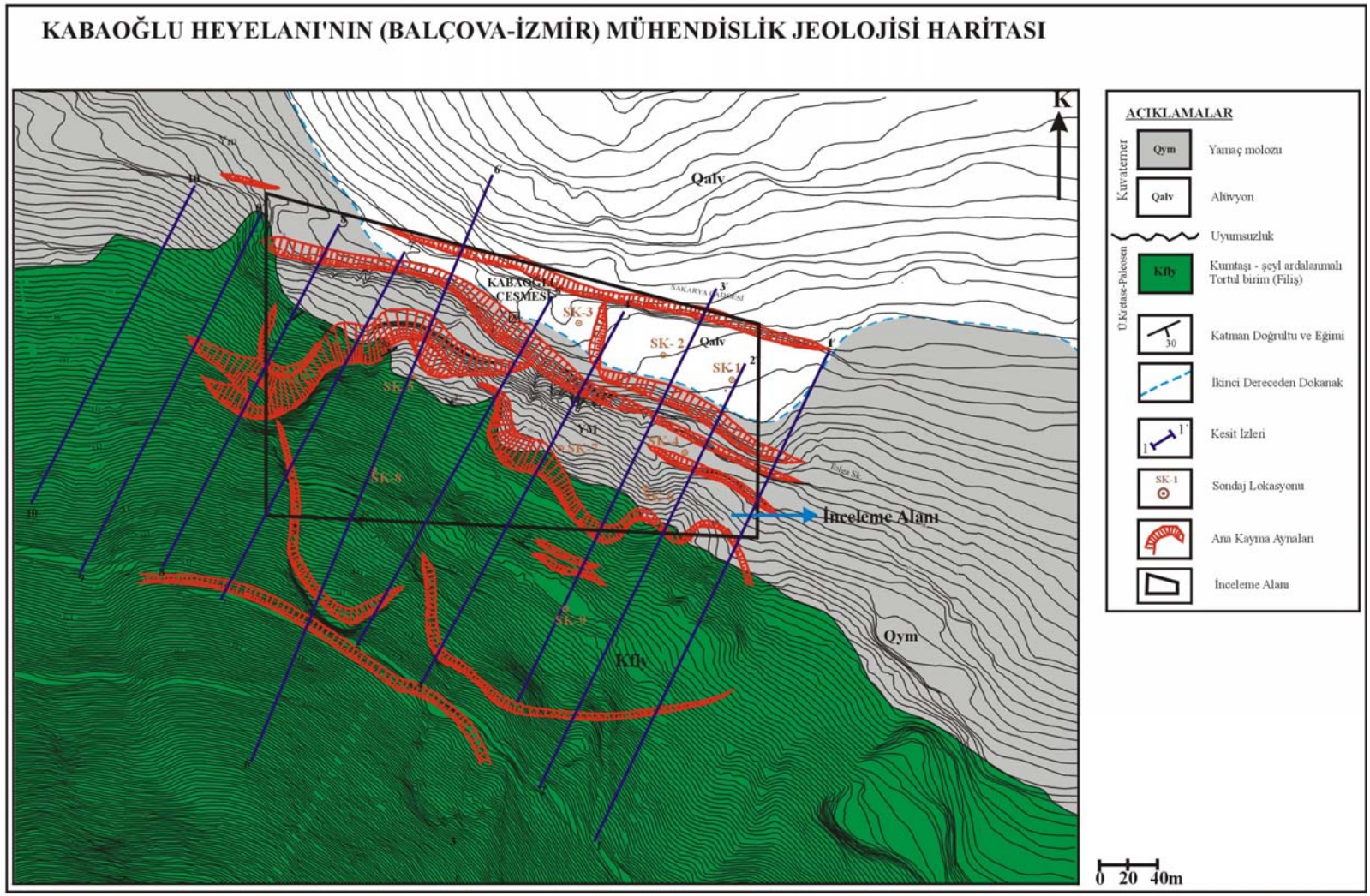
Şekil 4.18 İnceleme alanında gözlenen heyelan morfolojisi ve de çakıllı ve bloklu, kabarık ve gevşek dokulu zemin halindeki filiş.

Tablo 4.7 Açılan Sondajların Konumları, Derinlikleri ve Yeraltı Su Seviyesi Ölçümleri

| Sondaj Kuyuları | X | Y | Derinlik( m ) | YASS (m) |
|---|---|---|---|---|
| SK-1 | 504481 | 4248856 | 10 | 1.50 |
| SK-2 | 504434 | 4248872 | 10 | 3.70 |
| SK-3 | 504375 | 4248892 | 10 | 1.60 |
| SK-4 | 504451 | 4248804 | 30 | 2.40 |
| SK-6 | 504343 | 4248769 | 20 | _ |
| SK-7 | 504365 | 4248805 | 30 | _ |
| Toplam derinlik | | | 110 metre | |

SK-1, SK-2 ve SK-3 nolu sondajlar alüvyon zemin – kaya sınırının belirlenmesi, dolgu kalınlığının ortaya çıkarılması ve zeminlerin taşıma gücü analizlerinin yapılabilmesi amaçlarına yönelik olarak açılması planlanmıştır.

Yerinde yapılan Standart Penetrasyon Deneyi sonuçları kullanılarak zeminlerin mukavemet özellikleri hakkında bilgi toplamak ve elde edilecek bilgiler yardımıyla da 53 - 58 metre kotları arasında yeralan yaklaşık düz topoğrafyaya sahip alandaki zeminlerin taşıma gücüyle ilgili değerlendirmeler yapmak hedeflenmiştir. SK-1 ve SK-2'de yüzeyden itibaren 1,5 – 2,0 metrelik zon siltli-killi çakıllardan oluşan dolgudan meydana gelmiştir (EK 4.4). Bu zon, SK-3' te kesilmemiştir. Dolgu zemin altında yamaç molozu özelliğinde ve kalınlığı 1,0 – 2,6 metre arasında değişen "oldukça sıkı zemin" olarak tanımlanan bir seviye geçilmiştir (Şekil 4.19). Bu zemin seviyesi çakıllı – kumlu - killi bir malzeme özelliğindedir. Bileşenlerini kumtaşı, şeyl ve kireçtaşı kum ve çakılları oluşturur. Yamaç molozları SK-2 ve SK-3'de kesilmiştir (Şekil 4.19). En derin olarak yamaç molozları 2,60 metre ile SK-2'de kesilmiştir. SK-1'de yüzey dolgusunun hemen altında kumtaşı - şeyl ardalanmasından oluşan filişe girilirken, SK-2 ve SK-3 'de yamaç molozlarından sonra flişe girilmiştir. SK-1, SK-2 ve SK-3'de yüzeyden itibaren "çok sıkı zemin" özelliğini yansıtan yüksek penetrasyon değerleri elde edilmiştir (EK 4.4). 50 darbeye karşılık gelen maksimum penetrasyon 10 cm.'yi geçmemiştir. Sondajlarda ölçülen yeraltı suyu seviyeleri; SK-1'de 1.50 metre, SK-2'de; 3,70 metre ve SK-3' de ise 1.60 metredir (EK 4.4). Bu durumda, yüzey dolgusu olarak adlandırılan siltli-killi

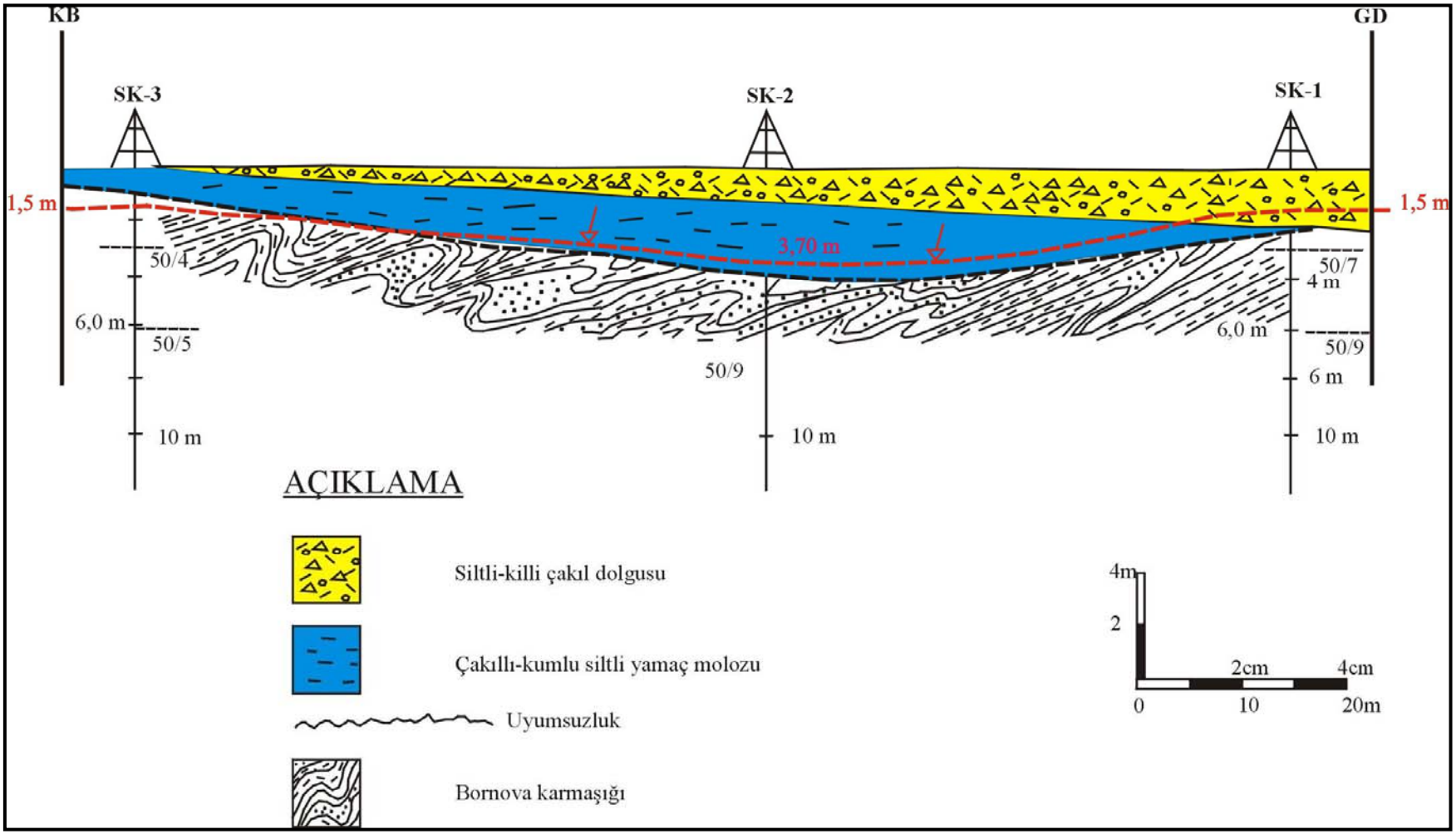



Şekil 4.19 SK-1, SK-4 ve SK-6 sondajlarını kesen kesit hattı ve jeolojik birimler, (DEVAK, 2005b).

çakılların altında yeralan tüm zemin ve kaya katmanları suya doygun zemin koşullarında yeralmaktadır.

Yaklaşık Sakarya Caddesi zemin kotunda yeralan ve düz topoğrafyaya sahip alan (İnceleme alanının İzmir L18a-12a-1d ve İzmir L18a-12a-4a paftaları üzerinde kalan kesimi), yukarıda bahsedilen zemin koşullarında (0 -10 metre'lik zemin profili) "**çok sıkı zemin"** özelliğinde olup, uzun dönemde taşıma gücü açısından bir sorun oluşturmayacaktır.

Kesit izi Şekil 4.19' de gösterilmiş olan ve SK-1, SK-4 ve SK-6' dan geçen jeoteknik kesit KD - GB yönünde alınmış olup Şekil 4.20'da sunulmuştur. 85 m. ile 71 m. kotları arasında genel yamaç açısı 16° dir (Şekil 4.10). 71 metre ile 59 metre kotları arasındaki kazı şevinin eğimi 35° olup bu noktadan sonra topoğrafya düzleşmektedir. GB'dan KD'ya doğru oldukça eğimli bir topoğrafya ($\alpha \geq 15°$) yeralmaktadır.




Şekil 4.20 SK-1, SK-2 ve SK-3 sondajlarından geçen düzlük alana ait jeoteknik kesit, (DEVAK, 2005b).

Eğimli topoğrafyanın yeraldığı arazi kesiminde (SK-4 ve SK-6 sondajlarının yeraldığı arazi kesimi) yüzeyden derinlere doğru farklı litolojilerle karşılaşılmıştır (Şekil 4.20 ve 4.21). SK-6' da 0-4 metre, SK-4'de ise 0-3 metre derinlikteki üst tabakayı yamaç molozları oluşturmaktadır (Şekil 4.20 ve 4.21). Yamaç molozları, daha üst kotlarda önceden meydana gelmiş kitle hareketlerinin sonucunda kayarak hareket etmiş ve filişten türemiş malzemelerden oluşmaktadır. Yamaç molozlarını kumtaşı çakılları ve blokları, şeyllere ait silt-kil boyutu malzemeler teşkil etmektedir. Yamaç molozları "oldukça sıkı zemin" özelliğindedir. Yamaç molozlarının altında kumtaşı - şeyl ardalanmasından oluşmuş "Bornova Karmaşığı" yeralmaktadır. Birim, bazen kumtaşı baskın kumtaşı - şeyl, bazen de şeyl baskın kumtaşı - şeyl ardalanmasından oluşmaktadır. Şeyllerin baskın olduğu, suya doygun koşullarda filişe ait malzemeler oldukça ve/veya tamamen ayrışmış durumda yeralırlar (Şekil 4.20, 4.21 ve 4.22). Özellikle, SK-4'de 8-10 metreler, SK-6'da ise 11-15 metreler arasında yeralan şeyller oldukça ayrışmış olup hareket izlerini taşırlar (Şekil 4.13). SK-4' de 9,00- 9,45 metreler arasında yapılan Standart Penetrasyon Deneyi sonuçları EK 4.4'teki sondaj loglarında görülmektedir. Bahsedilen derinlikteki SPT-$N_{30}$ = 29 olarak elde edilmiştir. 15' er santimetrelik penetrasyon darbe sayıları sırasıyla 9, 13 ve 16 olarak sayılmıştır. SK-4' de 8-10 metreler, SK-6' da ise 11-15 metreler arasındaki ve ortalama kalınlığı 2-4 metre kadar olan ve kendisinin altında ve üstünde yeralan zemin seviyelerine nazaran daha zayıf ve kırıklı özellikteki bu zon stabilite açısından dikkat edilmesi gereken bir seviye özelliği taşımakltadır (Şekil 4.23). Nispeten daha kırıklı olan bu zonda, şeyller de oldukça ve tamamen ayrışmış durumdadır. Bu zonun, suya doygun zemin koşullarında bulunması mevcut şeyl ayrışma ürünü killerin zamanla yumuşamaya bağlı olarak mukavemet parametrelerinin (Ø ve c) azalmasını sağlayacaktır. Killi zayıflık zonu (çakıllı killer) ile üzerinde yeralan filişe ait malzemelerin dokanağında düşük sürtünme nedeniyle dinamik koşullarda kritik denge oluşabilecek ($F \approx 1.0$) ve bu durumda bağlı olarak da kayma riski meydana gelecektir.



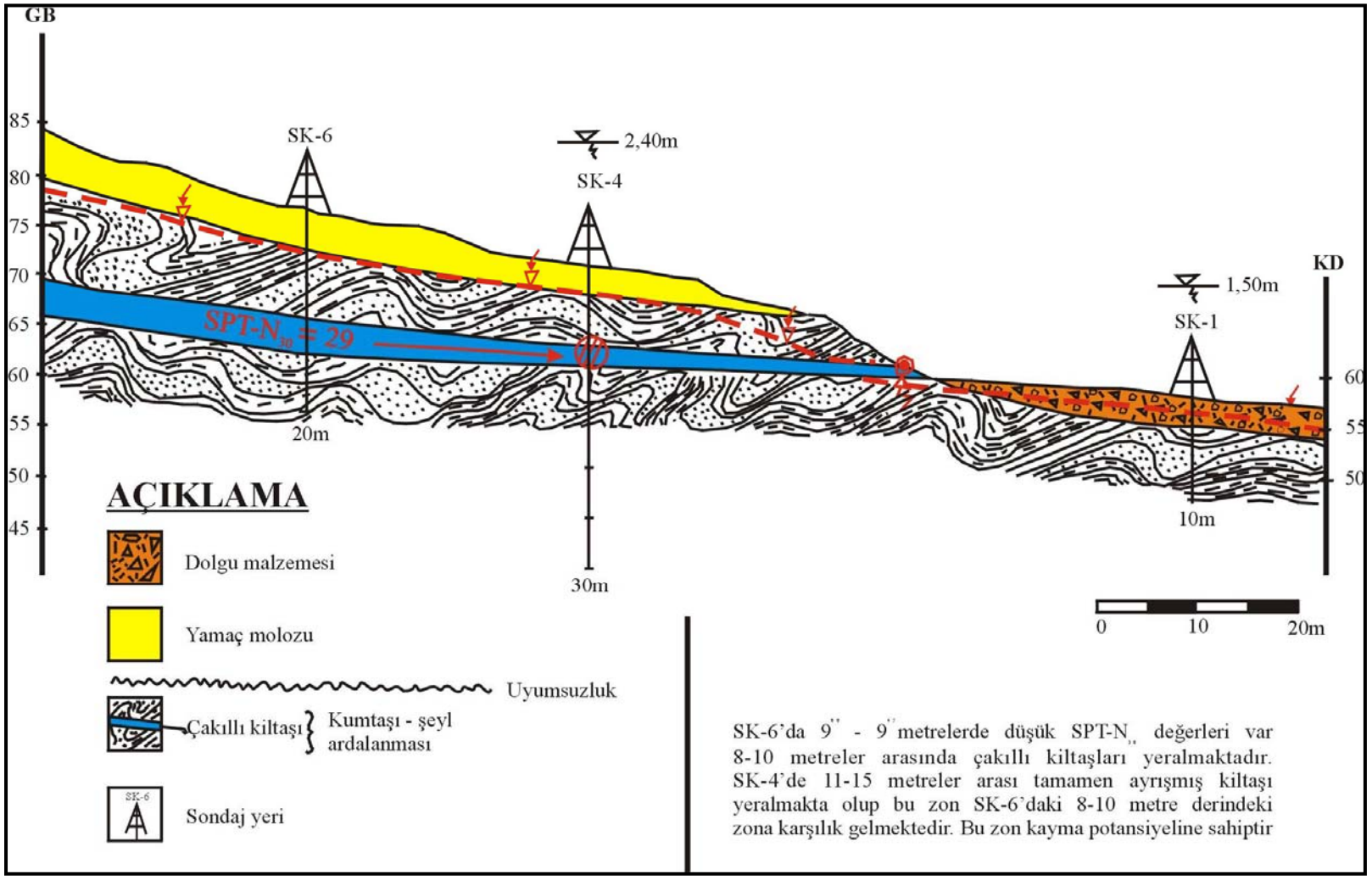

Şekil 4.21 SK-4 sondajına ait karotlarda gözlenen oksitlenme yüzeyleri ve yoğun ayrışmalar




Şekil 4.22 SK-6 sondajına ait karotlardan genel görünüm.




Şekil 4.23 SK-7 sondajına ait karotlarda ayrışmaya bağlı olarak meydana gelmiş kil oluşumları.




Şekil 4.24 SK-1, SK-4 ve SK-6 sondajlarından geçen X-X' jeoteknik kesit, (DEVAK, 2005b).

Önceki bölümlerde değinildiği üzere çalışma sahası eski bir heyelan alanıdır. "Kabaoğlu Heyelan Sahası" olarak da anılan bu arazinin heyelan durumu, hava fotoğrafları (Şekil 1.2, Şekil 1.3 ve 4.24), arazi gözlemleri ve sondaj bulgularıyla belgelenmiştir. Kabaoğlu Heyelan sahasında egemen olası kayma yönleri kuzeydoğuya (KD)'dır (Şekil 4.24). Önceden kayarak hareket etmiş heyelan malzemeleri daha alt kotlarda yeni şevler oluşturmuştur (Şekil 4.16). Üstündeki malzeme kayarak hareket ettiği için ortaya çıkmış kayma aynaları günümüzde de çok açık olarak gözlenebilmektedir (Şekil 4.24). Kayma hareketlerinin KD yönlü oluşu ve heyelanların gözlendiği yamacın da genel olarak eğim yönünün KD oluşu yöredeki morfolojiyi denetleyen Dededağı Fayı'ndan ileri gelmektedir (Şekil 4.24). Dededağı Fayı'nın konumu K40B/72-80KD'dur. Dededağı Fayı ile en yakın kayma aynasının uzaklığı yaklaşık 70 m. kadardır. Dededağı Fayı İzmir Fayı'nı keser konumda olup antitetik bir faydır.

Balçova ve yöresi sismik aktivite açısından faal olan bir bölgedir ve Türkiye deprem bölgeleri haritası üzerinde I.derece deprem bölgesinde yer almaktadır (Şekil 1.6).

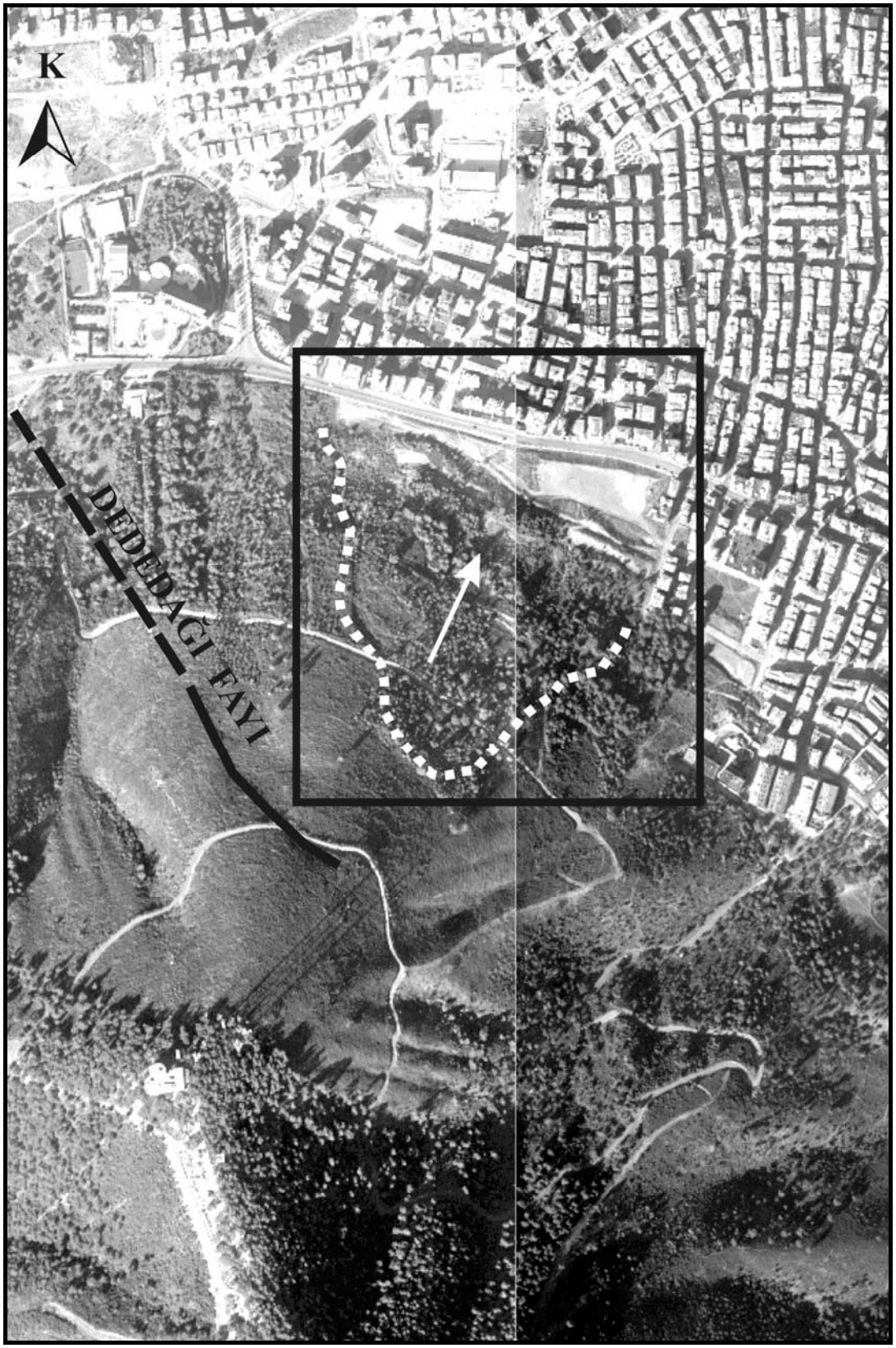
### *4.2.3 Şev Stabilite Analizleri*

İnceleme alanı ve yakın yöresinin (≈ 102500 $m^2$) 1/1000 ölçekli heyelan haritası yapılmış ve EK 1C'de sunulmuştur. Ayrıca, bu harita küçültülerek 1/1000'lik paftalardan 1/2000 ölçekli harita elde olunmuş ve üzerine kayma hareketlerinin yönleri, heyelan etki alanının sınırları, kayma aynalarının ve kaya yüzleklerinin gözlendiği alanlar ve alınan topoğrafik kesit hattının izleri işaretlenmiştir (Şekil 4.20). Heyelan haritası incelendiğinde, kuzeyden güneye doğru üç ayrı şev basamağının varlığı dikkati çekmektedir. Her bir şev basamağı, iki farklı eğim açısı değerine sahip iki kayma yüzeyinden oluşmaktadır. Ayrıca, en üst kotlar incelendiğinde, iki büyük heyelanın varlığı eğri kayma yüzeylerinin konumlarından anlaşılmaktadır. Batı heyelanında çok sıkı ağaç dokusu varlığı ve ulaşım yolu

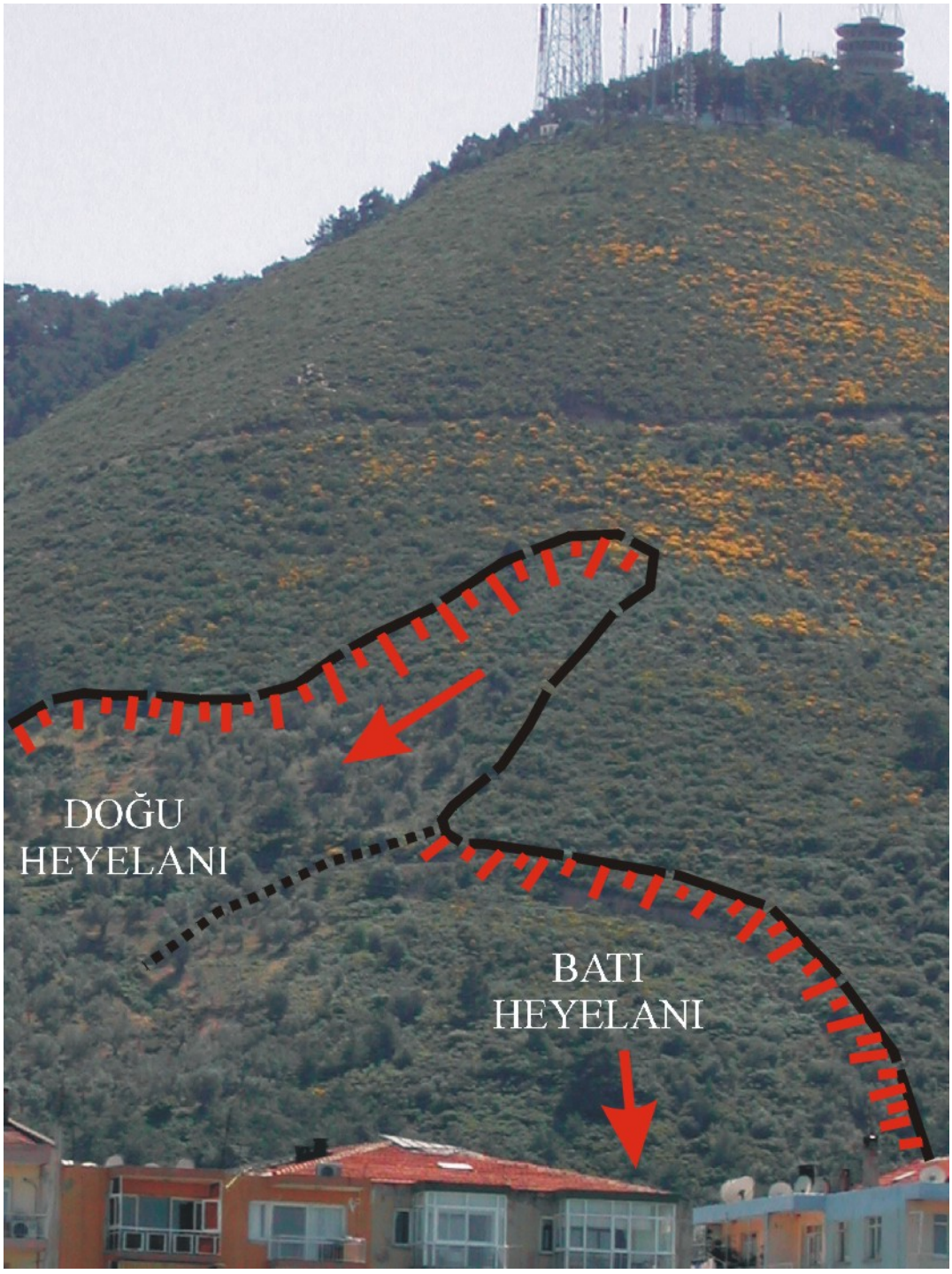
bulunamadığından sondajlı etüdler gerçekleştirilememiştir. Bu nedenle çalışmalar doğu heyelanı üzerine yoğunlaştırılmıştır.

Şev basamakları aşağıdaki kotlarda yeralmaktadır (Şekil 4.26).

1. Şev basamağı 63–65 ile 56–59 metreler arasında yer almaktadır.
2. Şev basamağı;
    a) İnceleme alanının doğusunda 85–95 metre kotları arasında,
    b) İnceleme alanının batısında 70–85 metre kotları arasında yer almaktadır.
3. Şev basamağı,
    a) İnceleme alanının doğusunda 130–165 metre kotları arasında ve yarım hilal şeklinde,
    b) İnceleme alanının batısında 145–170 metre kotları arasında ve tam hilal şeklinde yeralmaktadır.




Şekil 4.25 Dede Dağı fayı ve heyelan sahası (Dede Dağı Fayı İzmir L18a-11b-3b halihazır paftasında yeralmaktadır)



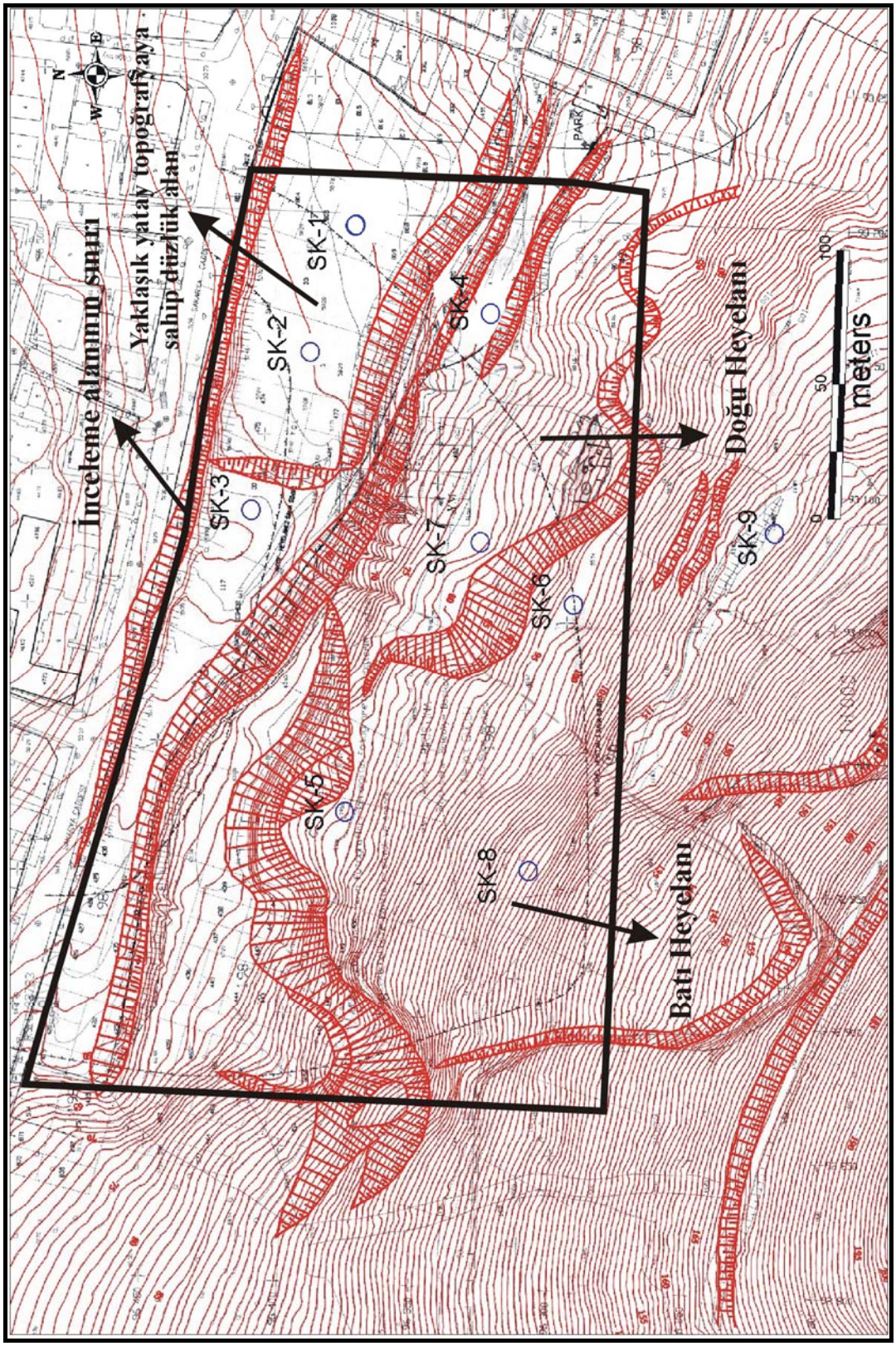

Şekil 4.26 Kabaoğlu heyelan sahası ve üzerinde yeraldığı eğimli yamaçlar

İnceleme alanının doğusunda ve batısında olmak üzere iki büyük heyelan mevcuttur (Şekil 4.26). Herbir heyelanda da iki farklı kayma çanağı vardır. Bu çanaklardan birincisi, 1.'ci ve 2.'ci şev basamakları, ikincisi ise 2.'ci ve 3.'cü şev basamakları arasında yeralmaktadır (EK 4.1). Herbir büyük heyelanda ikişer tane

olmak üzere, inceleme alanında dört adet kayma çanağı bulunmaktadır. Bu çanaklar Ek-1'de 3–3′ ve 6-6′ kesitlerinde gözlenmektedir. İnceleme alanının morfolojik durumunu açık olarak belirlemek ve yamaç açısı değişimlerini hem derece hem de % eğim cinsinden belirlemek için 50'şer metre ara ile KD – GB yönünde 10 adet topoğrafik kesit alınmıştır (Şekil 4.28). Jeoteknik amaçlı bu kesitler üzerinde, mevcut topoğrafyadaki kayma çanaklarının konumu ve günümüzde kaç derecede stabil olarak durdukları ölçülebilmektedir.

Kabaoğlu Heyelanı sahasında iki büyük heyelana ait kayma aynası saptanmıştır; I – No'lu Doğu Heyelanı (EK 2.1) ve II – No'lu Batı Heyelanı (EK 2.1). I–No'lu Doğu Heyelanı, önceki topoğrafyasında 30°-33° yamaç eğimine sahip (çok sarp arazi) ve üst kotlarda yeralan eğimli yüzey ile önceki topoğrafyasında 25° eğime sahip olan ve daha alt kotlarda yeralan diğer bir eğimli yüzeyden oluşmaktaydı. Balçova Barajı için şev topuğundan malzeme hafredildikten sonra, I–No'lu Doğu Heyelanı'nın ilk önce alt kotlardaki yamacı, daha sonra da üst kotlarda yer alan yamacı kuzeydoğuya doğru hareket etmiştir (EK 4.1). Alt kotlardaki kayma, üst kotlardaki gerilme dağılımını değiştirmiş ve altı boşalan üst kotlardaki yamaçlar da bir süre sonra heyelan başlamıştır. I–No'lu Doğu Heyelanı'nın alt kotlardaki yüzeyi, heyelan etmeden önce 25° yamaç açısına, üst kotlardaki ise 33° yamaç açısına sahiptir (Çok sarp topoğrafya)(X-X′ kesiti).

Günümüzde, gerek 33°'lik yamaç gerekse de 25°'lik yamaç (çok sarp topoğrafya), 22°'lik genel yamaç eğimi değerinde ve belli bir stabiliteyi sağlamış olarak dengede durmaktadır. Hareket eden kütle kayarak daha alt kotlarda birikmiş ve yamacın genel topoğrafyasını günümüz koşullarındaki haline dönüştürmüştür (EK 4.1). X-X′ kesit hattında önceki ve güncel topoğrafyalar ile hareket etmiş malzemelerin miktarı ve hareket yönleri gösterilmiştir (EK 4.1).



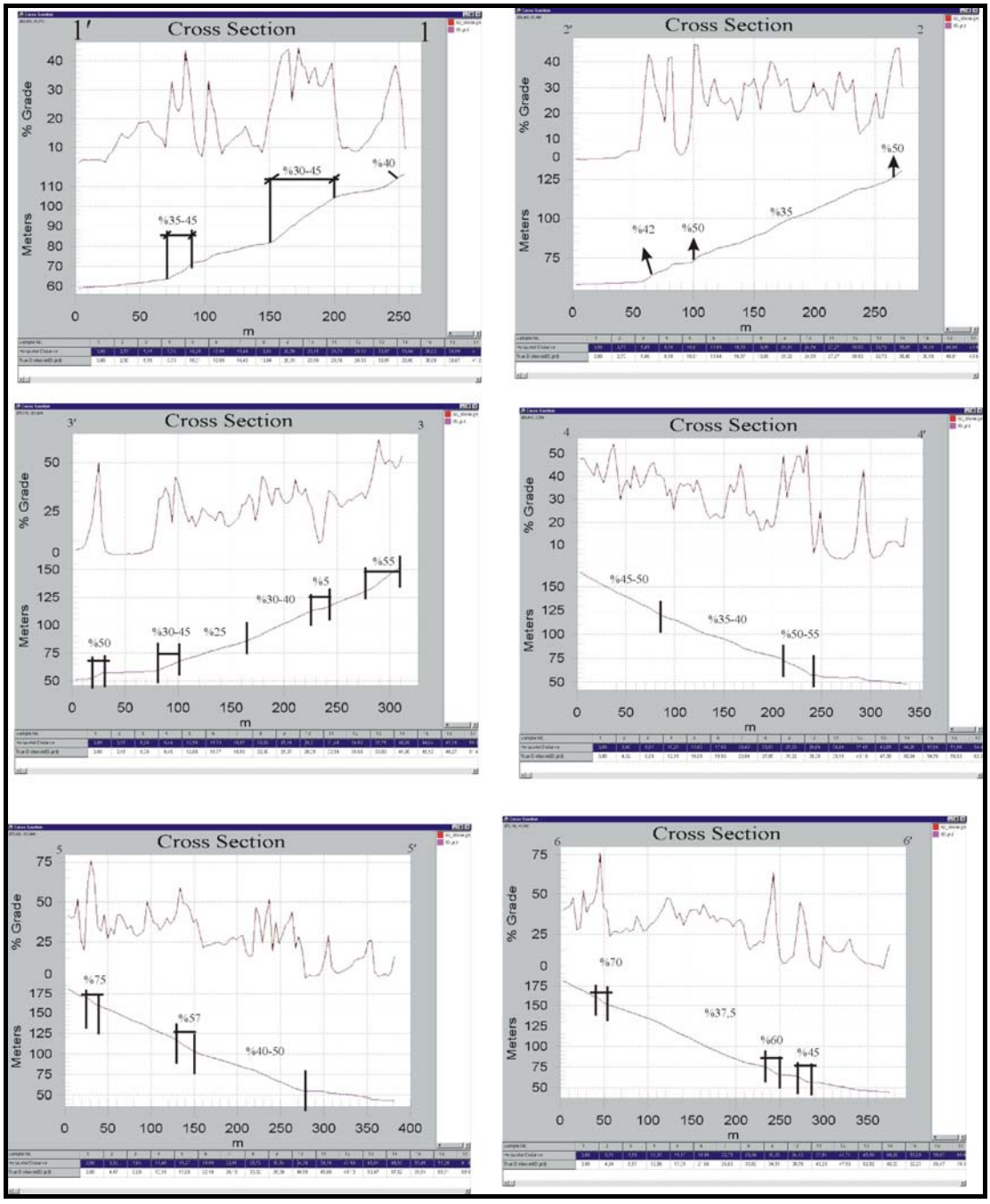

Şekil 4.27 İnceleme alanı ve yöresinin heyelan haritası ve oluşan şev basamakları, (DEVAK, 2005b).

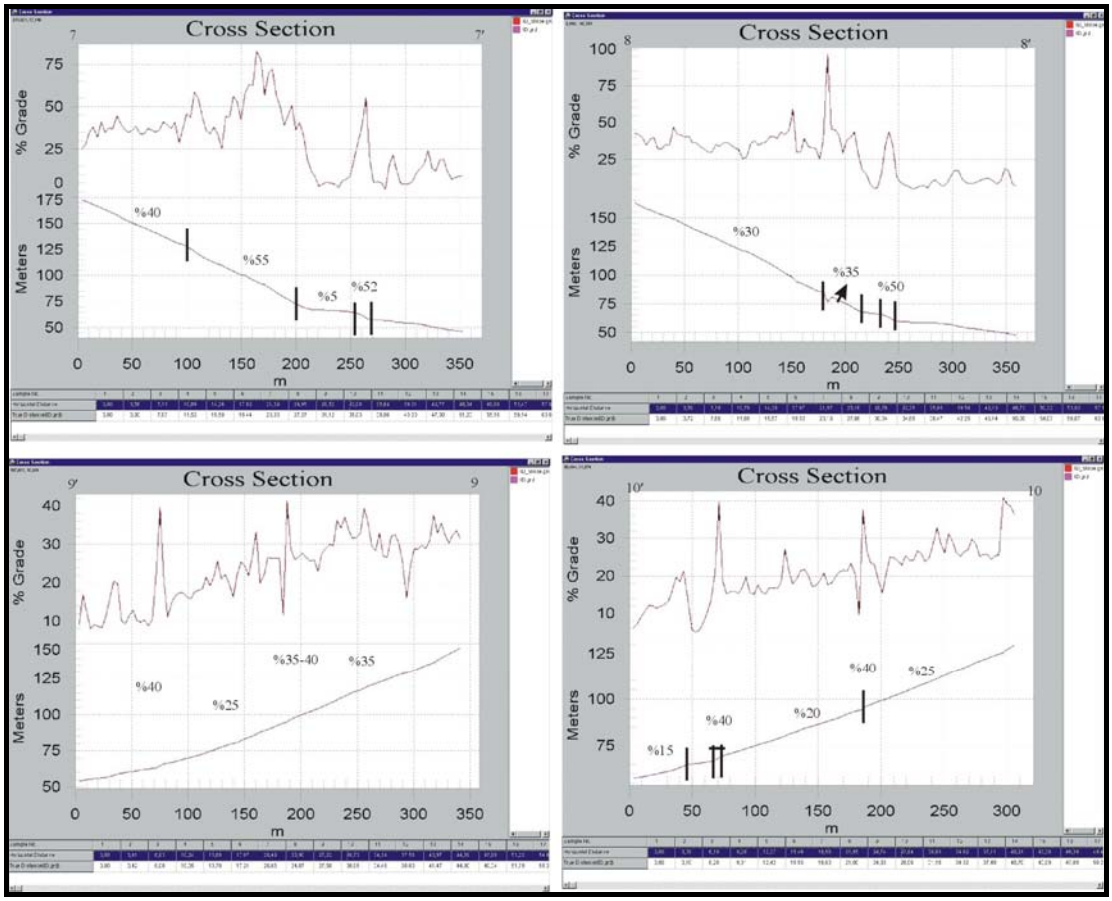
II–No'lu Batı Heyelanı da I–No'lu Doğu Heyelanı gibi ardışık iki kayma hareketinin sonucunda günümüzdeki topoğrafyasına kavuşmuştur (EK 4.1). II–No'lu Batı Heyelanı, önceki topoğrafyasında 26°-27° yamaç eğimine sahip ve alt kotlarda yeralan birinci kayma yüzeyi ile önceki topoğrafyasında 30°-32° yamaç eğimine sahip, üst kotlarda yer alan ikinci kayma yüzeyinden oluşmaktadır (çok sarp topoğrafyaya sahip yamaçlar). Gerek önceki topoğrafyasında 26°-27° yamaç eğimine sahip alt kotlardaki yüzey gerekse de önceki topoğrafyasında 30°-32° yamaç eğimine sahip üst kotlardaki yüzey, günümüz koşullarında hafif iç bükey yüzeyler şeklinde olup 22°-24°'de stabil olarak durmaktadırlar ($\alpha$>%36.4), (EK 4.1).

Jeoteknik amaçlı X-X′ kesiti incelendiğinde; kayan–heyelan eden kütlelerin kalınlıklarının (8-11 metre) boylarına göre son derece sınırlı olduğu anlaşılmaktadır (EK 4.2). Bu durum, **"Sonsuz Şev"** kabülü ile stabilite analizlerinin yapılabileceğini göstermektedir. Bu çalışmada Plaxis 8.x versiyonu şev stabilitesi bilgisayar programı analizlerde kullanılmıştır. Bu analizlerin yapılabilmesi, kayması muhtemel kütlenin kohezyon ve içsel sürtünme açılarının pik ve rezidüel değerlerini gerekli kılmaktadır (c=30 kPa, ∅=17°).

Arazi gözlemleri, haritalama, jeofizik veriler, jeoteknik amaçlı kesitler, sondaj verileri ve diğer jeolojik veriler; inceleme alanı ve daha güneyinde yeralan heyelanların derin kayma yüzeylerine sahip olmadıklarını, tam aksine kayma derinliğinin maksimum 6–7 m mertebesinde ve/veya yüzeye çok yakın hafif eğrisel–düz olduklarını göstermektedir.

İnceleme alanında gözlenen kitle hareketleri genelde şeyl oranının daha fazla olduğu zonlar boyunca gelişmiştir. Şeyllerin kumtaşlarına oranla daha kıvrımlı ve kırıklı bir yapıda olmaları, bünyelerinde bol miktarda mika ve klorit mineralleri içermeleri, ve bunların materiyal özellikler yönünden daha düşük dayanımda olmaları, şeyllerin kitle hareketleri sırasında daha kolay deforme olmalarına neden olmuştur. Şeyller yüzeysel koşullarda ayrışarak siltli – killi bir materiyale dönüşmekte ve düşük olan mukavemetini daha da azaltmakta, giderek "Sert Zemin" zayıf kaya sınırına yakın değerlere erişmektedir (c=120 kPa, ∅=17-19°).


1′ Cross Section 1
% Grade
Meters
%35-45
%30-45
%40
m
2′ Cross Section 2
% Grade
Meters
%42
%50
%35
%50
m
3′ Cross Section 3
% Grade
Meters
%50
%30-45
%25
%30-40
%5
%55
m
4′ Cross Section 4
% Grade
Meters
%45-50
%35-40
%50-55
m
5′ Cross Section 5
% Grade
Meters
%75
%57
%40-50
m
6′ Cross Section 6
% Grade
Meters
%70
%37,5
%60
%45
m

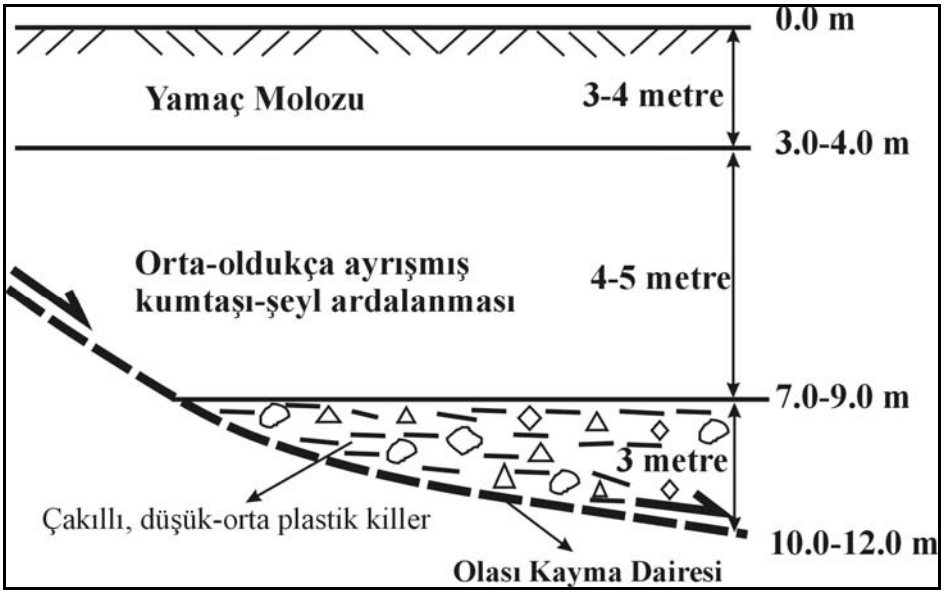



Şekil 4.28 50'şer metre ara ile kuzeydoğu-güneybatı yönünde alınmış 10 adet topoğrafik kesit ve yamaç açılarının yüzde (%) eğim değerlerindeki değişimler

Kabaoğlu Heyelanı sahası içinde K–G uzanımlı ve kıyıya akışlı dereler yeralmaktadır (EK 4.1). Bu dereler mevsimsel akışlıdır. Ayrıca, Kabaoğlu Çeşmesi filiş-alüvyon dokanağında yeralmakta ve yaz-kış suyu kesilmemektedir. Birinci şev basamağının basamak üstü düzlüğünde çeşitli noktalardan su gelişlerinin olduğu arazi gözlemleri ile tespit edilmiştir (EK 4.1). Bölgede aktif tektoniğin etkin olması ve ayrışma koşulları, şeyllerin ayrışma işlevlerini hızlandırmıştır.

İnceleme alanının dışında (güneyinde) önceden meydana gelmiş kayma hareketleri, oldukça ayrışmış ve/veya kile dönüşmüş şeyllerin (c=30 kPa, ∅=17°) üzerinde yeralan yamaç molozlarının kuzeydoğuya doğru hareket etmesiyle gelişmiştir. Kaymalar özellikle yağışlar sonrasında suya doygun hale gelen ayrışmış şeyllerin, 22°'den büyük yamaç açılarına sahip yüzeyler boyunca heyelen etmesiyle meydana gelmiştir (Şekil 4.29). Hareket nedeni, yağışlar sonrasında zeminin suya

doygun hale gelmesi, yüksek yamaç eğimi ve dinamik etkilerdir. Aynı nedenler ve ileride meydana gelebilecek olaylar (sismik, patlatma, topuktan malzeme alınması, vb.) yeni oluşacak şevleri de dinamik koşullarda kritik dengeye getirebilecektir.




Şekil 4.29 Olası kayma dairesi ve üzerinde yeralan zemin kesiti

Heyelanlı şevlerin hemen kuzeyinde yer alan ve düz bir topoğrafya sunan arazinin yerleşime açılabirliğine bu şevlerin stabilitesi incelendikten sonra karar verilebilir.

Heyelan etmiş ve mevcut haliyle denge konumuna gelmiş şevlerin stabilitesi statik ve depremli yükleme koşullarında bu rapor kapsamında incelenmiştir.

Stabilite analizlerine esas idealize edilmiş zemin kesiti SK-1, SK-4 ve SK-6 arazi sondajları boyunca alınmıştır (EK 4.2). Analizlere esas mühendislik parametreleri arazi SPT-$N_{30}$ dirençleri, arazi sismik kırılma serimleri ve zemin mekaniği laboratuvar deneyleri bulgularından yararlanılarak elde edilmiştir.

Şev stabilite analizlerinde sonlu elemanlar yöntemi tercih edilmiştir. Plaxis yazılımı bu amaçla kullanılmış, gelişmiş 15 noktalı üçgen elemanlar ile sonlu elemanlar ağı kurulmuş ve doğrusal olmayan Mohr-Coulomb malzeme modeli ile zemin davranışı modellenmiştir. Stabilite hesapları sırasıyla mevcut yer altı su

seviyesinde statik, yeraltı suyunun tam drenajı kabulü ile statik, tam drenajlı halde deprem ve bir önlem senaryosu için statik ve deprem yükleme koşulları için ayrı ayrı yapılmıştır. Yukarıda anılan analizlerden birincisi (mevcut yer altı su seviyesinde statik yükleme koşulları) arazinin hali hazır durumunu ortaya koymak amacıyla gerçekleştirilmiştir.

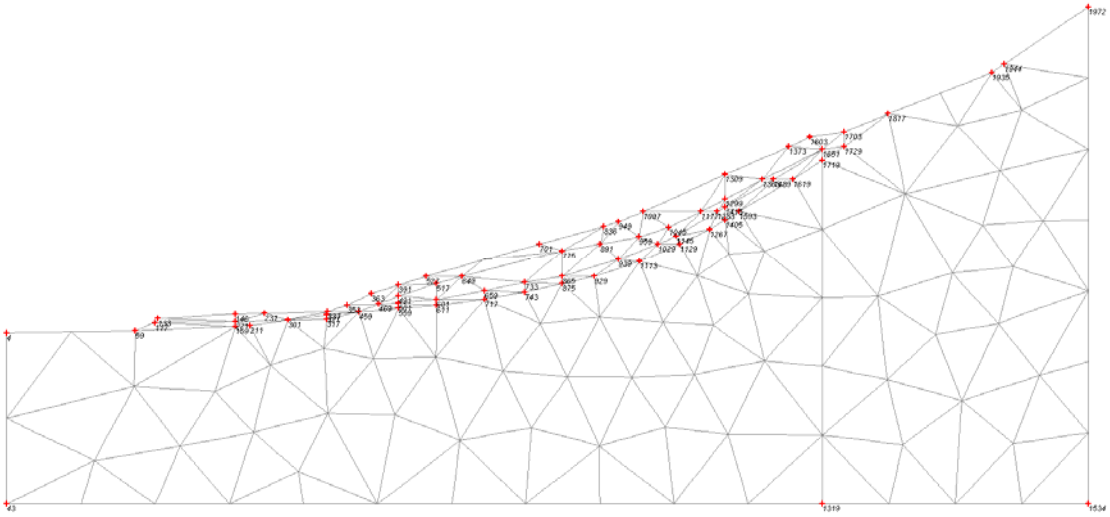
Heyelanların başlıca nedeni yeraltı su koşullarıdır. Heyelan önlemleri su drenajının da yapılması durumunda daha başarılı olmaktadır. Bu tür bir drenaj önlemi için en iyi senaryoyu yansıtmak üzere ikinci analiz yeraltı suyunun tamamen drene edildiği koşullarda statik durum için yapılmıştır. Üçüncü analiz aynı koşulda deprem yüklemesini yansıtmak üzere gerçekleştirilmiştir (DEVAK, 2005b).

Yer altı suyunun tamamen drenajı pratik olmadığı için son analiz kısmi su drenajı ile bir kazıklı iksa sisteminin birlikte bulunduğu bir senaryo önlemi için yapılmıştır. Burada amaç, incelenen kesitin olası bir büyük ölçekli depremde stabilitesinin makul önlemler ile sağlanabilirliğinin incelenmesidir.

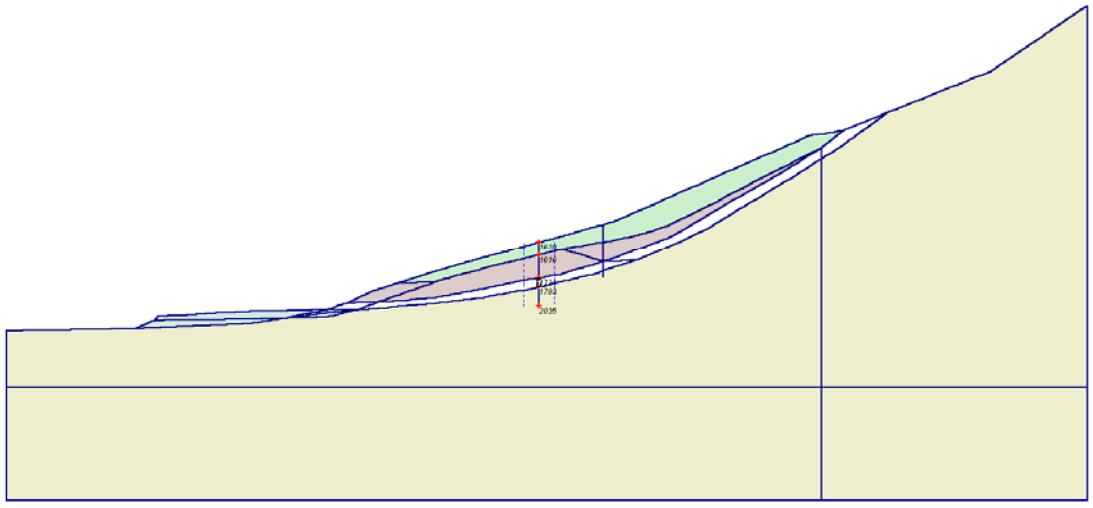
Yukarıda değinilen analizlerde başlıca üç öncelikli hedefe varılması amaçlanmıştır: Phi-c azaltma yöntemi ile kaymaya karşı güvenlik faktörünün hesabı, şevin yatay deformasyonu ve olası bir iksa sistemindeki deformasyonlar ile kesit tesirlerinin makul sınırlar içinde tutulabilirliğinin incelenmesi.

Phi-c azaltma yöntemi, Mohr-Coulomb malzeme modelinde zeminin kayma direnci parametreleri olan içsel sürtünme ve efektif kohezyon parametrelerinin adım adım azaltılması, bu sayede şevde en küçük kayma güvenlik faktörününün hesaplanması, kayma modunun ortaya çıkarılmasından ibarettir.

Oluşturulan sonlu elemanlar modeli birinci, ikinci ve üçüncü analizler için Şekil 4.30'da verilirken, sonuncu analiz Şekil 4.31'de sunulmaktadır.



Şekil 4.30 İlk üç analiz için kurulan sonlu elemanlar modeli



Şekil 4.31 Önlem senaryosu için kurulan sonlu elemanlar modeli

Yukarıdaki şekilde görüldüğü gibi Şekil 4.29'de yer alan kesit oldukça ayrıntılı bir şekilde sonlu elemanlar modeline aktarılmıştır. Şekilde kahverengi gösterilen ve profilin en altında bulunan kumtaşı için parametreler sismik serim bulguları esas alınarak seçilmiştir. Kayma dalgası hızı oldukça yüksek olan ve ortalama 559 m/s civarında bulgulanan bu tabaka için efektif kohezyon 500 kPa, efektif sürtünme açısı 38° alınmış, elastisite modülü $1.5 \cdot 10^6$ kPa değerinde atanmıştır. Poisson oranı için 0.3 değeri gerçekçi bir kabuldür.

Şev stabilitesi açısından en kritik tabaka az ayrışmış kumtaşı-şeyl ardalanmalı birime ait tabakanın hemen üzerinde bulunan ve genel özelikleri önceki bölümlerde açıklanan CL-CH kil tabakasıdır. Zemin mekaniği laboratuvar bulgularına dayanılarak bu tabaka için efektif kohezyon 30 kPa, içsel sürtünme açısı 17° değerlerinde seçilmiştir. Elastisite modülü 19 MPa kabul edilmiştir.

Kil üzerindeki ayrışmış kumtaşı ve bunun üstünde bulunan yamaç molozu ile düz arazideki dolgu tabakaları için benzeri yaklaşımlarda bulunulmuştur. Her bir tabaka için geçerli olan zemin parametreleri Tablo 4.8'de görülebilir.

Önlem senaryosunda iksa sistemi için 80 cm çapında ve 20 m boyunda betonarme sondaj kazığı öngörülmüştür. Bu eleman için ayrıntılar Tablo 4.9'de verilmiştir.

Tablo 4.8 Zemin tabakaları model parametreleri

| ***Mohr-Coulomb*** | | **1 Dolgu** | **2 kum_tasi** | **3 kil** | **4 yamac_molozu** |
|---|---|---|---|---|---|
| **Tür** | | Drained | Drained | Undrained | Drained |
| $\gamma_{unsat}$ | [kN/m³] | 17.00 | 19.62 | 17.27 | 17.85 |
| $\gamma_{sat}$ | [kN/m³] | 18.00 | 20.60 | 17.50 | 18.65 |
| $k_x$ | [m/s] | 1.000 | 1.000 | 0.000 | 1.000 |
| $k_y$ | [m/s] | 1.000 | 1.000 | 0.000 | 1.000 |
| $e_{init}$ | [-] | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| $c_k$ | [-] | 1E15 | 1E15 | 1E15 | 1E15 |
| $E_{ref}$ | [kN/m²] | 15000.000 | 26000.000 | 19000.000 | 8000.000 |
| $\nu$ | [-] | 0.350 | 0.300 | 0.330 | 0.350 |
| $G_{ref}$ | [kN/m²] | 5555.556 | 10000.000 | 7142.857 | 2962.963 |
| $E_{oed}$ | [kN/m²] | 24074.074 | 35000.000 | 28151.261 | 12839.506 |
| $c_{ref}$ | [kN/m²] | 20.00 | 200.00 | 30.00 | 20.00 |
| ∅ | [°] | 30.00 | 28.00 | 17.00 | 32.00 |
| ∅ | [°] | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| $E_{inc}$ | [kN/m²/m] | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

| *Mohr-Coulomb* | | **1 Dolgu** | **2 kum_tasi** | **3 kil** | **4 yamac_molozu** |
|---|---|---|---|---|---|
| $y_{ref}$ | [m] | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| $c_{increment}$ | [kN/m²/m] | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| $T_{str.}$ | [kN/m²] | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| $R_{inter.}$ | [-] | 1.00 | 0.67 | 0.67 | 0.67 |
| **Interface permeability** | | Neutral | Neutral | Neutral | Neutral |

| *Mohr-Coulomb* | | **5 kum_tasi_sgl** |
|---|---|---|
| **Tür** | | Drained |
| $\gamma_{unsat}$ | [kN/m³] | 20.00 |
| $\gamma_{sat}$ | [kN/m³] | 21.00 |
| $k_x$ | [m/s] | 1.000 |
| $k_y$ | [m/s] | 1.000 |
| $e_{init}$ | [-] | 1.000 |
| $c_k$ | [-] | 1E15 |
| $E_{ref}$ | [kN/m²] | 1500000.000 |
| $\nu$ | [-] | 0.305 |
| $G_{ref}$ | [kN/m²] | 574880.027 |
| $E_{oed}$ | [kN/m²] | 2046064.707 |
| $c_{ref}$ | [kN/m²] | 500.00 |
| ∅ | [°] | 38.00 |
| ∅ | [°] | 0.00 |
| $E_{inc}$ | [kN/m²/m] | 0.00 |
| $y_{ref}$ | [m] | 0.000 |
| $c_{increment}$ | [kN/m²/m] | 0.00 |

| ***Mohr-Coulomb*** | | **5 kum_tasi_sgl** |
|---|---|---|
| $\mathbf{T_{str.}}$ | [kN/m²] | 0.00 |
| $\mathbf{R_{inter.}}$ | [-] | 0.67 |
| **Interface permeability** | | Neutral |

Tablo 4.9 Kazık için veri seti parametereleri

| **No.** | **Tanım** | **EA** [kN/m] | **EI** [kNm²/m] | **w** [kN/m/m] | □ [-] | **Mp** [kNm/m] | **Np** [kN/m] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | kazik_80 | 6.164E6 | 2.4655E5 | 8.50 | 0.25 | 1E15 | 0.00 |

Sonlu elemanlar yöntemi ile yapılan şev stabilite analizleri sonucunda birinci durum için (şevin mevcut hali) kaymaya karşı statik yükleme koşulu güvenlik faktörü $F_{ks}$=1.09 hesaplanmıştır. Kayma dairesi kil tabakası ile kumtaşı ara yüzeyinden geçmektedir. Mevcut haliyle Kabaoğlu Heyelan Sahası statik koşullarda dahi kritik dengeye yakın bir durumdadır. İlave şev stabilite önlemleri alınarak EK 4.6'de gösterilen alan yapılaşmaya açılabilir.

Yer altı su drenajının olumlu etkisini görmek için yapılan analizlerde kaymaya karşı güvenlik faktörleri statik ve deprem yükleme koşulları için sırasıyla $F_{ks}$=1.41 ve $F_{kd}$=1.05 bulunmuştur. Deprem yükleme durumu analizi eşdeğer statik yükleme yöntemi ile yapılmış, ivme değeri bu tür şevler için büyük ölçekli deprem haline karşı gelen $a_{maks}$=0.1g alınmıştır (bkz. Slope Stability and Stabilization Methods, Abramson vd., shf.408-412, John Wiley, 1996). Depremli durumda şevde bir miktar yatay deformasyon meydana gelmekle birlikte şev altındaki düzlük alanı tehdit etmemektedir. Analiz sonuçlarından yer altı su drenajının stabilite açısından son derece olumlu olduğu görülmektedir. Ancak drenajın tamamen sağlanabileceğini varsaymak gerçekçi bir mühendislik yaklaşımı değildir.

Kısmi su drenajı ile birlikte iksa sistemi inşası halinde stabilitenin ne şekilde etkileneceğini araştırmak amacıyla yapılan analizlerde ise kaymaya karşı güvenlik faktörü depremli durumda dahi $F_{kd}$=1.38 hesaplanmıştır. İksa sistemi için 80 cm çapında ve 20 m boyunda betonarme sondaj kazıkları öngörülmüştür. Kazıklar arası mesafe 3B olmuştur. Analiz sonucunda kazık başı yatay deplasmanı 18.9 cm hesaplanmıştır. Kazıkların altında kalan şevde ve düzlük arazide deformasyonların büyük ölçüde sınırlandığı görülmektedir.

Kalıcı önlem projeleri sahada yapılacak kapsamlı yer altı su araştırmaları, deneme kuyuları ve analizleri sonucunda ortaya çıkacaktır. İksa kazıkları sıra ve sayıları da böylesi bir çalışma sonrası kesinleşecektir.

# BÖLÜM BEŞ
# SONUÇLAR

Narbel toplu konut alanı kademeli bir topoğrafyada iki sıra halinde ve ayrı basamaklarda konumlandırılmış, 8-10 katlı apartman bloklarından oluşmaktadır. Jeoteknik değerlendirilmesi yapılan inceleme alanı yaklaşık 100.000 $m^2$' lik bir alanı kapsamakta olup kuzeyden ve batıdan sırasıyla iki büyük dere, Atıfbey ve Alionbaşı dereleriyle sınırlandırılmıştır. "Sarp topoğrafya" ya sahip Narbel toplu konut alanı 1/1000 ölçekli L18-A-11-A-3-A ve L18-A-11-A-3-D paftaları üzerinde yer almaktadır. Jeolojik ve jeoteknik çalışmalar sonucunda inceleme alanıyla ilgili aşağıdaki bulgulara ulaşılmıştır.

1. İnceleme alanında temeli, Bornova Karmaşığı'na ait kumtaşı-şeyller oluşturur. Narbel sahasında baskın litoloji şeyl, bitümlü şeyllerdir. Bu malzemelerin inceleme alanında mevcut şevler boyunca oldukça/tamamen ayrışmış durumda oldukları belirlenmiştir. Şeyl ayrışma ürünü killerin düşük plastisiteli inorganik killer olduğu bulgulanmıştır.

2. İnceleme alanında gözlenen şeyllerin bitüm içeriği arttıkça renkleri grimsi yeşilden açık gri, siyahımsı griye dönüşmektedir (Bitümlü şeyller). İnce katmanlı, oldukça kıvrımlı ve kırıklı bir yapı sunan bitümlü şeyller ayrışmanın da etkisiyle dayanımsız (<1 Mpa) hal almışlardır Narbel Heyelan Sahası'nda şeyllerin üst dokanakları boyunca su kaynaklarının (gözeler) olduğu gözlenmiştir. Bu durum onların sert zemin-zayıf kaya sınırında ve daha sert kil özelliğinde bir malzeme olduklarını gösterir ve bu birim suya doygun koşullarda incelenen heyelan sahalarında gözlemlenir.

Bitümlü şeyller inceleme alanları için önemli zemin seviyeleridir. Suya doygun hale geldiklerinde, yüksek yamaç eğiminde yamaç duraysızlıkları meydana getirmektedirler. İnceleme alanından alınan ince kesitlerde ortalama olarak şu mineral bileşimleri saptanmıştır;

- Toplam kil mineralleri %35

- Kuvars %35
- Mika gurubu mineraller %15
- Diğerleri %8-9 (%40 karbon, %60 kalsit, klorit, feldspat)

Ayrıca, bitümlü şeyller üzerinde karbon analizleri yapılmış ve %3.90-6.22 oranında karbon içerdikleri saptanmıştır.

3. İnceleme alanındaki temel kayalar içerisinde açılan temel çukurlarından, hendeklerden ve kazı çalışmalarından hafredilen siltli kumlu çakıl ve/veya çakıllı kumlu silt özelliğindeki dolgu malzemeleri önceden mevcut yamaçlar üzerine dökülmüştür. Bunun sonucu olarak, şev üst yüzeylerinde yatay yönde alan kazanılmış (T80 su deposunun batıya bakan kesmi, Alionbaşı Deresi'nin doğu yamaçlarının üst kesimleri vs.) fakat aynı zamanda, mevcut şevlerde daha yüksek yamaç açıları da oluşturulmuştur. T80 su deposu şevinde, önceki yamaç açısı 20º iken daha sonradan bu açı 26º - 28º 'ye yükseltilmiştir. Bu durum, şev açısının arttırılmasına bağlı olarak yamaç güvenliği olumsuz etkilenmiştir. Dolgu kalınlığı, T80 su deposunda 5-8 m., Hasan İçyer'de ise maksimum 3,0-3,5 metre mertebesindedir.

4. Yeraltı su seviyesinin tüm sondajlarda (SK-4 hariç) –8,0 m. ve/veya yüzeye daha yakın konumda oldukları ölçülmüştür. Kayma derinlikleri T80'de 32 m. ve Hasan İçyer'de 23 m. olduğu gözönüne alındığında, bitümlü şeyllerin suya doygun şartlarda oldukları anlaşılmaktadır. Bitümlü şeyllerin sert zemin-zayıf kaya sınırında bulunan fakat, suya doygun şartlarda yumuşak ve düşük mukavemet değerlerine sahip bir malzeme özelliği sundukları belirlenmiştir. Islak bitümlü şeyller üzerinde yapılan kesme direnci deneylerinde $\varnothing = 16°$ ve c = 25 kPa olarak bulgulanmıştır. Heyelan sahalarında kaymaların düşük mukavemet değerlerine sahip bitümlü şeyller tarafından kontrol edildiği belirlenmiştir.

5. Şev stabilitesi analizleri, T80 Su Deposu ve Hasan İçyer İlköğretim Okulunu D-B yönünde kesen jeoteknik kesitler üzerinde ayrı ayrı yapılmıştır.

a. Hasan İçyer İlköğretim Okulu konumunda (kesit 1–1′) statik koşullarda yapılan şev stabilite analizinde kaymaya karşı güvenlik faktörü F = 0,88 hesaplanmıştır. Okuldan kaynaklanan temel taban basıncı ve deprem etkisi dikkate alınmadan dahi F<1.0 sonucu elde edilmiştir. Deprem etkisi de dikkate alınması durumunda "F" güvenlik sayısının daha da düşeceği muhakkaktır. Hasan İçyer İlköğretim Okulu Heyelanında kaymayı, suya doygun koşullarda zemin halinde bulunan bitümlü şeyllerin kontrol ettiği belirlenmiştir. Kayma dairesinin geçtiği en üst ve en alt kotlar arasındaki fark 23,0 metredir.

b. T80 Su deposu konumunda kesit (3-3') yapılan şev stabilite analizinde kaymaya karşı güvenlik faktörü statik koşullarda F=1,08 olarak hesaplanmıştır. Statik koşullarda su deposu inşaatından kaynaklanan temel taban basıncı değeri hesaba katıldığında ise güvenlik faktörü F=1,079 olarak elde edilmiştir. Su deposundan kaynaklanan etkinin güvenlik sayısını hemen hemen hiç değiştirmediği anlaşılmıştır. Bu bilgiden hareketle, T80 su deposunun mevcut kayma ile ilgisinin olmadığı ifade edilebilir. Deprem yükleri altında ise, bahsedilen şevde yüksek deformasyonların oluşacağı (F<1,0 olacağı için) kesindir.

Şev stabilitesi analiz sonuçlarından mevcut şevlerin statik koşullarda dahi doğal olarak kaymaya karşı güvensiz durumda oldukları ortaya çıkmaktadır. Her iki heyelanda da hareketi bitümlü şeyl tabakası kontrol etmektedir.

6. İnceleme alanında, önceden faaliyette olan ve daha sonra üzerleri yapay dolgu malzemeleriyle kaplanan eski gömülü dere yataklarının varlığı belirlenmiştir. Bahsedilen gömülü dere yatakları doğudan batıya doğru akışlı olup hem T80 su deposu hem de Hasan İçyer İlköğretim Okulu heyelanlarında kayma sonrası ortaya çıkmıştır (EK-1A). Ayrıca, arazinin önceki topoğrafyasında da bu derelerin yatakları bellidir. Önceden faaliyette olan ve daha sonra üzerleri yapay dolgu malzemeleriyle kaplanan gömülü dere yatakları, yağışlı mevsimlerde derinden çalışmakta ve borulanma ile birlikte şev yenilmelerine ve de Narbel sahasında farklı kotlardaki blok apartmanlar arasındaki kademe şevi önündeki istinad duvarlarında batıya doğru ötelenme, eğilme şeklinde deformasyonlara neden olmaktadır. (C-7 ve C-6 Blokları

arasından gömülü bir dere yatağı geçmekte ve bahsedilen deformasyonları oluşturmaktadır).

7. T80 Su deposu ve Hasan İçyer İlköğretim Okulu heyelanları arasındaki en yakın mesafe 145,6 metredir. İki heyelan sahası arasında yerli kayaların meydana getirdiği bir sırt mevcuttur. Bahsedilen morfoloji iki ayrı ve birbirinden bağımsız çalışan heyelan sahalarının varlığına işaret etmektedir.

8. Haziran ve Temmuz – 2005 yaz döneminde arazi çalışmaları sırasında, ekibimiz tarafından yapılan gözlemlerle, T80 su deposunun içinin boş olduğu tespit edilmiştir. Fakat, T80 su deposu ve Hasan İçyer İlköğretim Okulu ile Muzaffer Sokağı arasındaki mevcut şevler K – G yönünde uzanmakta olup şev yüzeyinde su kaynakları barındırmaktadır. Bu kaynaklar göze şeklinde olup 1 – 1,5 lt/dak'lık sular bu gözelerden alınabilmektedir.

9. Açılan sondaj kuyularında ölçülen yeraltısuyu seviyelerinin 4 – 8 metre arasında değiştiği belirlenmiştir. Yeraltısuyu seviyeleri en kurak aylarda ölçülmüştür. Yağışlı dönemlerde yeraltısuyunun yükselmesi kaçınılmazdır. Bu duruma bağlı olarak Muzaffer Sokağın doğusunda yer alan şevlerde, kitle hareketlerinin aynı noktalardan tekrar etmesi diğer bir deyişle heyelanların geriye doğru ilerlemesi sözkonusu olacağı gibi yeni heyelanların da meydana gelmesine neden olacaktır. Bu durum, bahsedilen şevlerin korunması için drenajın zorunlu olduğunu göstermektedir. Bu kapsamda, hem yüzey sularının yeraltına süzülerek boşluk suyu basıncını yükseltmesini önleyici hem de heyelan sahalarında mevcut gömülü dere yataklarının beslenme alanlarından gelen sularla debilerinin artmasını önleyici balık sırtı şeklinde çapraz konumlu drenaj hendeklerinin oluşturulması önerilir. Bu işlemler yapılıncaya dek Hasan İçyer İlköğretim Okulunun boşaltılması güvenlik açısından uygun olacaktır.

10. Heyelanların ıslahı için gerekli şev yüksekliği – şev açısı ilişkisi belirlenmeden, yeni önlemlerle şevlerin iyileştirilmesi söz konusu olmamalıdır.

Farklı litolojilerde şevler, farklı yamaç açılarında ve belirli şev yüksekliklerinde ancak duraylı kalabilmektedir.

Kabaoğlu Heyelan sahası ise 1/5000 ölçekli L18A-11b ve L18A-12a paftalarının güneydoğu köşesinde, 1/1000 ölçekli L18a-11b-2c, L18a-12a-1d, L18a-11b-3b ve L18a-12a-4a paftaları üzerinde yeralmaktadır (Şekil 1.2). Bu saha İzmir ili, Balçova ilçesi, Dede Dağı'nın kuzeydoğu etekleri ile Sakarya Caddesi arasında yeralmakta olup, 63160 $m^2$ yüzey alanına sahiptir. Bu alanın 1/4'ü Sakarya Caddesi ile Dede Dağı'nın kuzeydoğu etekleri arasında kalmakta olup, düz alan kategorisinde (14270 $m^2$), Dede Dağı'nın etekleri üzerinde kalan kısmı ise toplam alanın yaklaşık 3/4'ünü teşkil etmekte olup, "çok sarp şev kategorisinde" yeralmaktadır (%36.4<$\alpha$<%57.7).

1. Birinci derece deprem bölgesinde yeralan Kabaoğlu Heyelan sahası, Dede Dağı'nın etekleri üzerinde yeralan çok sarp topoğrafyaya sahip 3/4'lük kesimi heyelan topoğrafyasına sahiptir. Bahsedilen sahalar, önceden hareket etmiş ve daha sonradan stabilitesini kazanmış olup, günümüzde de denge durumunu korumaktadır. Bu saha, "Kabaoğlu Heyelan Sahası" olarak bilinmektedir. İmara açılmak istenen saha inceleme alanının kuzeyindeki düzlük alan olup, Kabaoğlu heyelan sahasının bitişiğinde yeralmaktadır (L18a-12a-1d ve L18a-12a-4a paftaları üzerinde yeralmaktadır).

2. Kabaoğlu heyelan sahasında şev stabilitesi açısından en kritik seviye orta-oldukça ayrışmış kumtaşı-şeyl ardalanmasına ait tabakalar arasında yeralan, SK-4'te 8-10 metreler, SK-6'da 11-15 metreler arasında kesilen ve hareket izlerini taşıyan kumtaşı çakıl ve bloklarını içeren killi bir zondur. Bu zona ait killerin düşük-orta plastik inorganik özellikte oldukları belirlenmiştir (CL-CH). Alt ve üst seviyelerinde yeralan kumtaşı - şeyl ardalanmasına ait katmanlardan daha zayıf ve daha kırıklı bir yapı sundukları sondaj verileri ile sabittir. SK-4'te 9-9.45 metreler arasında killi zonda yapılan SPT deneyinde SPT-$N_{30}$=29 olarak bulgulanmıştır. Dinamik koşullarda yamacı kritik dengeye eriştirmesi mümkün olan bu killi zon, suya doygun halde bulunmaktadır (yeraltı su seviyesi 2.60 metre olarak ölçülmüştür). Killi zonun üzerinde, kalınlığı 5-7 metre arasında değişen kumtaşı - şeyl ardalanmasından oluşan, orta - oldukça ayrışmış kaya özelliğindeki bir seviye ve bu seviyenin de

üzerinde sıkı zemin özelliğine sahip, kalınlığı 3-4 metre arasında değişen yamaç molozları yeralmaktadır. Yeraltı su seviyesi, yamaç molozu-kumtaşı/şeyl dokanağına yakın geçmektedir.

3. Düz topoğrafya sunan arazi kesiminin (L18a-12a-1d ve L18a-12a-4a paftaları üzerinde yeralan) yerleşime açılabilirliğine, bahsedilen Kabaoğlu heyelan sahası içerisinde yeralan şevlerin stabilitesi incelendikten sonra karar verilebilmiştir. Stabilite hesapları aşağıdaki farklı durumlar için yapılmış ve güvenlik sayıları her durum için ayrı ayrı elde olunmuştur.

a. Mevcut yeraltı su seviyesi dikkate alınarak statik koşullarda güvenlik sayısı F=1.09 olarak elde edilmiştir.

b. Yeraltı suyunun tam drenajı kabulüyle statik koşullarda güvenlik sayısı F=1.41 olarak elde edilmiştir.

c. Yerlatı suyunun tam drenajı kabulüyle dinamik koşullarda (depremli durum) güvenlik sayısı F=1.05 elde edilmiştir.

d. Yeraltı suyunun kısmi drenajı kabulüyle deprem yüklemeli (0.1 gal) koşullarda güvenlik sayısı F=1.38 elde edilmiştir.

Yeraltı suyunun tamamen drenajı pratik olarak mümkün olmadığı için son analiz, kısmi su drenajı ile bir kazıklı iksa sisteminin birlikte bulunduğu bir senaryo önlemi için gerçekleştirilmiştir. Bu analizdeki amaç, incelenen kesitin olası bir büyük depremde stabilitesinin makul önlemlerle sağlanabilirliğinin incelenmesi içindir (Bahsedilen iksa sistemi için 80 cm çapında ve 20 metre boyunda betonarme sondaj kazığı düşünülmüştür). Sonlu elemanlar yöntemiyle yapılan şev stabilitesi analizleri, yeraltı su drenajının son derece olumlu olduğunu göstermiştir. Ayrıca, su drenajı ile birlikte iksa kazıklarının yapılması şev stabilitesini arttırmakta olduğu belirlenmiş ve güvenlik sayısını 1.38'e kadar yükselttiği saptanmıştır. Gerekli su drenajı ve kalıcı önlem projelerinin (iksa kazıkları gibi) uygulanması durumunda düzlük alan olarak

tanımlanan saha yerleşime açılabilecektir. Bu nedenle bahsedilen alan (1/1000 ölçekli L18a-12a-1d ve L18a-12a-4a paftaları üzerinde kalmaktadır) bu çalışmada Önlemli Alan (ÖA) olarak değerlendirilmiştir.

4. İnceleme alanı içerisindeki sarp yamaç kategorisindeki heyelanlı sahalar Yerleşime Uygun Olmayan Alanlar (UOA) olarak değerlendirilmiştir (EK 1.7). Bu alanların günümüzde olduğu gibi halihazır haliyle korunması gerektiği sonucuna varılmıştır.

5. Kabaoğlu heyelan sahasında gerekli stabilite arttırıcı önlemler alındığı taktirde, bu sahanın kuzeyinde kalan ve bu etütde "Önlemli Alan" olarak değerlendirilen düzlük alanda taşıma gücü açısından herhangi bir sorunun yaşanmayacağı belirlenmiştir. SK-1 ve SK-2'de 1.5-1.95 metreler arasında yapılan Standart Penetrasyon deneyinde SPT-$N_{30}$ değerleri sırasıyla 50/9 ve 50/4 olarak elde edilmiştir. Daha alt kotlarda zeminden kayaya doğru tedrici bir geçiş vardır. 4.0 metreden sonra da flişe girilmektedir. Ortamın, sismik verilerden elde edilen zemin egemen titreşim peryodu değerleri ortalama 0.20-0.35 saniye arasında, emniyetli taşıma gücü değerleri ise 1.5-2.5 kg/cm$^2$ arasında değiştiği belirlenmiştir.

6. Bu çalışmada "Önlemli Alan" olarak değerlendirilen düzlük alanda, mevcut zemin seviyelerinin "çok sıkı zeminler" olması nedeniyle (SPT-$N_{30}$ değerleri zemin kesiti boyunca 50/4 ile 50/9 arasında değişmektedir zemin sıvılaşması problemi beklenilmemektedir.

# KAYNAKÇA

Abrahamson, L.W., Lee, T.S., Sharma, S. And Boyce, G.M. (1996), *Slope Stability and Stabilization Methods*, John Wiley & Sons, First Edition.

Akartuna, M. (1962). İzmir-Torbalı-Seferihisar-Urla Bölgesinin Jeolojisi Hakkında: MTA Dergisi No 59, s.1-19, Ankara.

Atalay, İ. (1989). *Toprak Coğrafyası*, Ege Üni. Edebiyat Fak., Yayın No 8, İzmir.

Başarır, E. ve Konuk, Y.T. (1981). Gümüldür Yöresinin Kristalin Temeli ve Allokton Birimler: Türkiye Jeo. Kur. Bül. 24, 1-6.

Boore, D. M., Joyner, W. B. And Fumal, T. E. (1997), "Equations for Estimating Horizontal Response Spectra and Peak Acceleration from Western North American Earthquakes: A Summary of Recent Work", *Seismological Research Letters*, Vol. 68, No. 1, pp. 128-153.

Brindley, G.W., Brown, G., (1980). *Crystal Structures of Clay Minerals and Their X-Ray Identification*, Mineralogical Society Monograph No:5, London, 494.

Brinkman, R. (1967). Die Sudflanken des Menderes Massivs Milas-Bodrum und Ören, Ege Üniversitesi Fen Fakültesi İlmi Raporlar Serisi No 43 p 1-12, İzmir.

Chaput, E., Akyol, İ.H. (1930). Recherches sur la structure de la Region de Smyrne. İzmir civarının bünyesine ait tetkikler. İstanbul: İ.Ü. Edebiyat Fakültesi, Coğ. Enst. No: 1.

Çil, K. (1991). *Kayadibi Köyü (Bornova) Çevresinin Jeolojisi*, D. E. Ü. Müh. Fak. Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Bitirme Projesi, İzmir.

D.E.Ü.- ARAŞTIRMA RAPORU, (1997). İzmir/Narlıdere Belediyesi Nar-Kent Toplu Konut Projesi İlk Etap 889 Konut Üretim Alanı İstinad Duvarları ve Şev Tanzimi, Zemin ve Kaya Mekaniği Etüd Raporu (İNŞ.GEO. ve UYG.JEO. 97 J041), s.17, İzmir).

DEVAK, (2005a). Narlıdere Belediyesi Toplu Konut Alanı (Narbel) Heyelan Etüd Raporu, Hazırlayanlar : Prof. Dr. Zafer AKÇIĞ (Yönetici), Prof. Dr. Rahmi PINAR, Doç. Dr. Yalçın KOCA, Doç. Dr. Mustafa AKGÜN, Doç. Dr. H. Recep YILMAZ (Proje Danışmanı), Yrd. Doç. Dr. Gürkan ÖZDEN, Dr. Şenol ÖZYALIN, Dr. Cem KINCAL, Uzm. Zülfikar ERHAN, İzmir.

DEVAK, (2005b). Balçova (İzmir) Heyelan Sahası Jeofizik-Jeolojik Etüd Raporu, Hazırlayanlar : Prof. Dr. Zafer AKÇIĞ (Yönetici), Prof. Dr. Rahmi PINAR, Doç. Dr. Yalçın KOCA, Doç. Dr. Mustafa AKGÜN, Doç. Dr. H. Recep YILMAZ (Proje Danışmanı), Yrd. Doç. Dr. Gürkan ÖZDEN, Dr. Şenol ÖZYALIN, Dr. Cem KINCAL, Uzm. Zülfikar ERHAN, İzmir.

Düzbastılar, M. K. (1978). Yamanlar Bölgesi Batı Kısmının Jeolojisi Hakkında, Ege Üniv., Fen Fak. İlmi Raporlar Serisi, No 186, Bornova, İzmir.

Erdoğan, B. (1988). İzmir-Ankara Zonu ile Karaburun Karbonat istifinin tektonik ilişkisi: *Hacettepe Üniversitesi Yerbilimlerinin 20. yılı Sempozyumu*, Bildiri Özleri, 16.

**Erdoğan, B. (1990). *İzmir-Ankara Zonu'nun İzmir ile Seferihisar Arasındaki Bölgede Stratigrafik Özellikleri ve Tektonik Evrimi*, TPJP Bülteni. c. 2/1-Aralık 1990. s.1-20.**

Erdoğan, B., Altıner, D.; Özer, S. ve Güngör, T. (1988). Karaburun Yarımadası (İzmir) karbonat istifinin stratigrafisi: *Hacettepe üniversitesi Yerbilimlerinin 20.yılı Sempozyumu*, Bildiri Özleri, 22.

Ergüçlü, F. (1984). *Işıklar ve Altındağ Köylerinin Güneyinin Jeolojisi*, D.E.Ü. Müh. Fak. Jeoloji Mühendisliği, Bitirme Tezi, İzmir, s.34.

Erkan, Y. (2007).Kayaç Oluşturan Önemli Minerallerin Mikroskobik İncelenmesi, TMMOB JMO yayınları No: 42, 438s.

Günay, C. (1988). *Sismik Kırılma Yönteminde Karşılıklı Atışlar ile İzmir Körfezinin Jeolojik Yapısının İncelenmesi*, D.E.Ü. Müh.Mim. Fak. Jeof. Böl. Bitirme Tezi.

Hoek, E., and Bray, J. W. (1981). "Rock Slope Engineering," The Institution of Mining and Metallurgy, London, England.

İzdar, E. (1975). Batı Anadolu'nun Tektonik Gelişimi ve Ege Denizine Ait Üniteler ile Karşılaştırılması, Ege Ünüversitesi Müh. Fak Yayını No 8, İzmir.

Kalafatçıoğlu, A. (1961). Karaburun Yarımadası'nın Jeolojisi, MTA Dergisi, No 56, 53-62.

Kaya, O. (1979). Ortadoğu Ege Çöküntüsünün (Neojen) Stratigrafisi ve Tektoniği. T.J.K. Bül. 22,35-58.

Kaya, O. (1993). İzmir ve çevresinin yer yapısı. 1-4.

Kıncal, C. (2004). *İzmir İç körfezi Çevresinde Yer Alan Birimlerin Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama Teknikleri Kullanılarak Mühendislik Jeolojisi Açısından Değerlendirilmesi*, D.E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İzmir, 363sayfa.

Koçman, A. (1989). Uygulamalı Fiziki Coğrafya Çalışmaları ve İzmir-Bozdağlar Yöresi Üzerinde Araştırmalar, Ege Üniv. Edebiyat Fak. Yayınları No:49, 184 s, İzmir.

**Koçman, A. (1991). İzmir'in Kentsel Gelişimi. Coğrafya Araştırmaları Sayı 3'ten Ayrı Basım, Ankara,107-111.**

**Koçyiğit, M. (2000). Güneybatı Türkiye'nin Depremselliği, Batı Anadolu'nun Depremselliği Sempozyumu (BADSEM), 30-38.**

Konuk, T. (1977). Bornova Filişinin Yaşı, Hakkında; Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Dergisi, Ser, B, 65-74.

Köse, R.Ö. (2006). *İzmir İli ve Yöresindeki Heyelanların Mühendislik Özellikleri*, D.E.Ü. Müh. Fak. Jeoloji Müh. Böl., Bitirme Tezi, İzmir.

Leonards, G. A. (Editör) (1962). *Foundation Engineering*, Mc. Graw Hill Book Comp., 1136p.

Mallı, A. (1993). *Altındağ-Işıklar (İzmir) Yöresi Taş Ocaklarının Jeolojisi ve Yapı Hammaddeleri Yönünden İncelenmesi*;, D.E.Ü. Müh.-Mim. Fak. Jeol. Müh. Böl., Bitirme Tezi, İzmir.

Özbek, D. (1981). *Altındağ Köyü (İzmir) Çevresinin Jeoloji ve Altındağ Taş Ocaklarının Mühendislik Jeolojisi*, Bitirme, Ege Üniversitesi Yerbilimleri Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Tezi, İzmir.

Özer, S. ve İrtem, O. (1982). *Işıklar-Altındağ (Bornova-İzmir) alanı Üst Kretase kireçtaşlarının jeolojik konumu, stratigrafisi ve fasiyes özellikleri*, Türkiye Jeol. Kur. Bült., 25, 41-47.

Parejas, Ed. (1940). Le Flysch Cretace des environs de Smyrne. *Pub. Inst. Geol. Univ. İstanbul.*

Pişkin, Ö. (2002). Cevher Mikroskobisi ve Petrografisi, D.E.Ü. Müh. Fak. Yayınları No:302, İzmir, 323 s.

Plaxis, (2006). Program Manual.

**Revan, M. (1994). *Altındağ-Işıklar Köyleri (Bornova-İzmir) Çevresinin Jeolojisi*; Bitirme Tezi, D.E.Ü. Müh.-Mim. Fak. Jeol. Müh. Böl. İzmir.**

Richter, C.F., (1958). Elementary Seismology. Freeman, San Francisco, Calif.

**Sezer, L. İ. (2003). İzmir'in Yağış Özellikleri; Günlük ve Standart Zamanlardaki Maksimum Yağışlarının Tekrarlanma Süreleri ve Olasılıkları, İzmir Büyükşehir Belediyesi Basın Yayın ve Halkla İlişkiler Müdürlüğü, İzmir.**

Sönmez, (1980). *Çiçekli Köyü ve Çevresinin Jeolojisi*; Bitirme ödevi , D.E.Ü. Müh. – Mim. Fak. Jeol. Müh. Böl. İzmir, 40 sayfa.

Tarcan, G., Gemici, Ü., (2004), İzmir jeotermal alanlarının hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal incelenmesi ve kabuklaşma özelliklerinin değerlendirilmesi. DEÜ Bilimsel Araştırmalar Projesi, No: 02.KB.FEN.072, Mart-2004 İzmir. 72 sayfa, 362 sayfa EK.

TS ISO 10694, (1995). Toprak Kalitesi – Kuru Yakma İşleminden Sonra Organik ve Toplam Karbon Tayini (Elemental Analiz), s.13

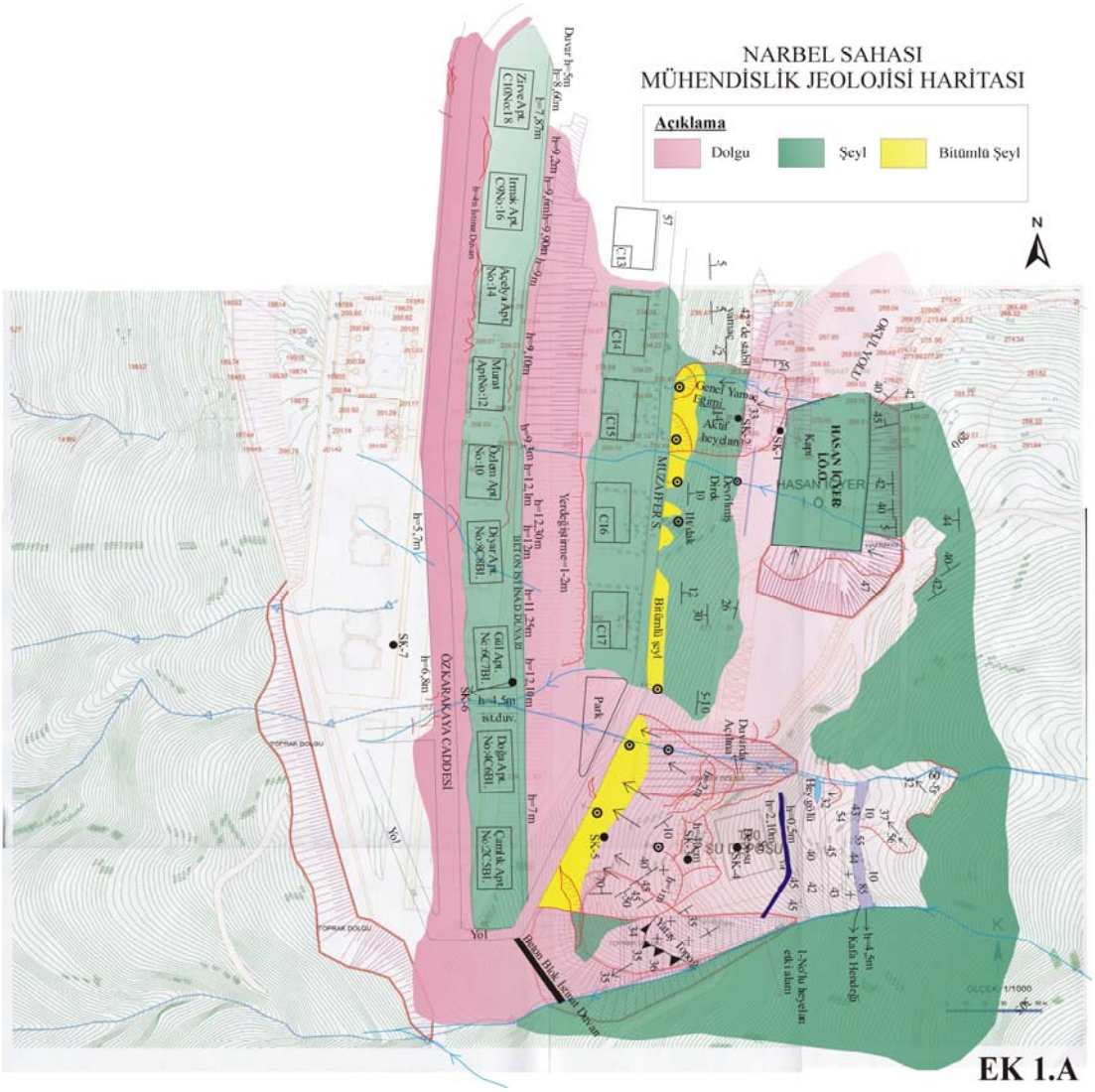
Utku, M. (2000). Batı Anadolu'nun Türkiye Depremselliğindeki Yeri, *Batı Anadolu'nun Depremselliği Sempozyumu (BADSEM)*, s.50-58.

Ünver, T. (1998). *Beşyol Köyü (Bornova) Çevresinin Jeolojisi*, D.E.Ü. Müh. – Mim. Fak. Jeol. Müh. Böl., Bitirme Tezi İzmir.

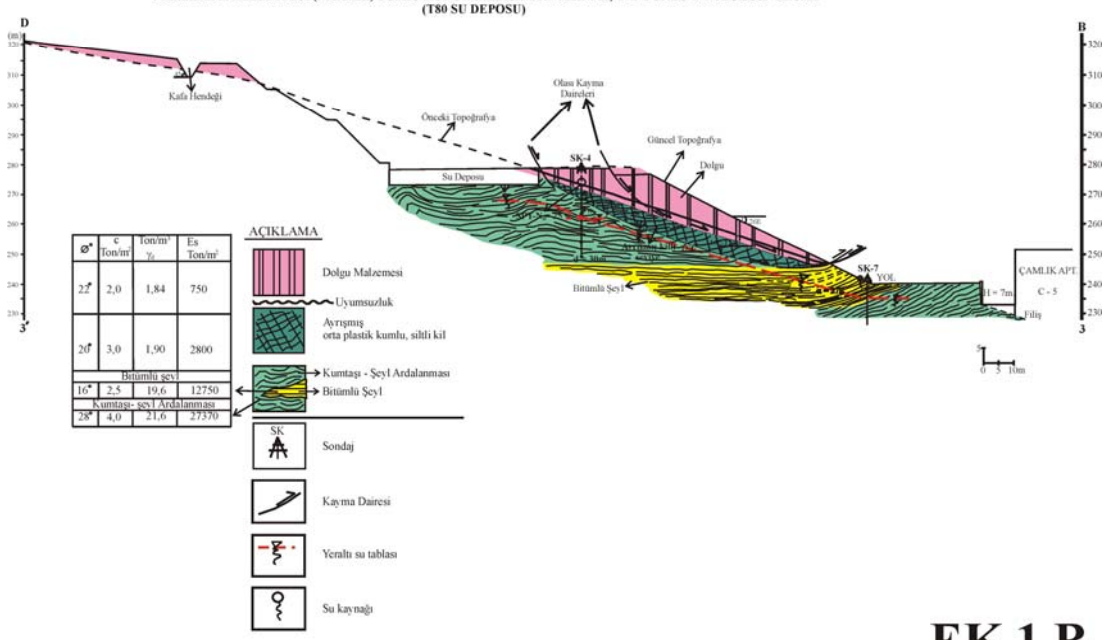
Utku, M. ve Özyalın, Ş. (2000). Q100 Yazılımı: Deprem Riski Analizi, Ulusal Jeofizik Toplantısı, Ankara, s. 46-47

WEB_1 (2004), Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Veri Bankası web sitesi, http://www.koeri.boun.edu.tr, *Boğaziçi Üniversitesi,* İstanbul, 02/12/2004.

Yavaşcan, M. (1997). Bornova Kuzeydoğusu ve Çiçekli Köyü Çevresi jeolojisi;, D.E.Ü. Müh. – Mim. Fak. Jeol. Müh. Böl., Bitirme Tezi, İzmir.


NARBEL SAHASI
MÜHENDİSLİK JEOLOJİSİ HARİTASI
Açıklama
Dolgu
Şeyl
Bitümlü Şeyl
N
ÖZKARAKAYA CADDESİ
Yol
TOPRAK DOLGU
Park
Bitümlü şeyl
Yol
Kafa Hendeği
EK 1.A

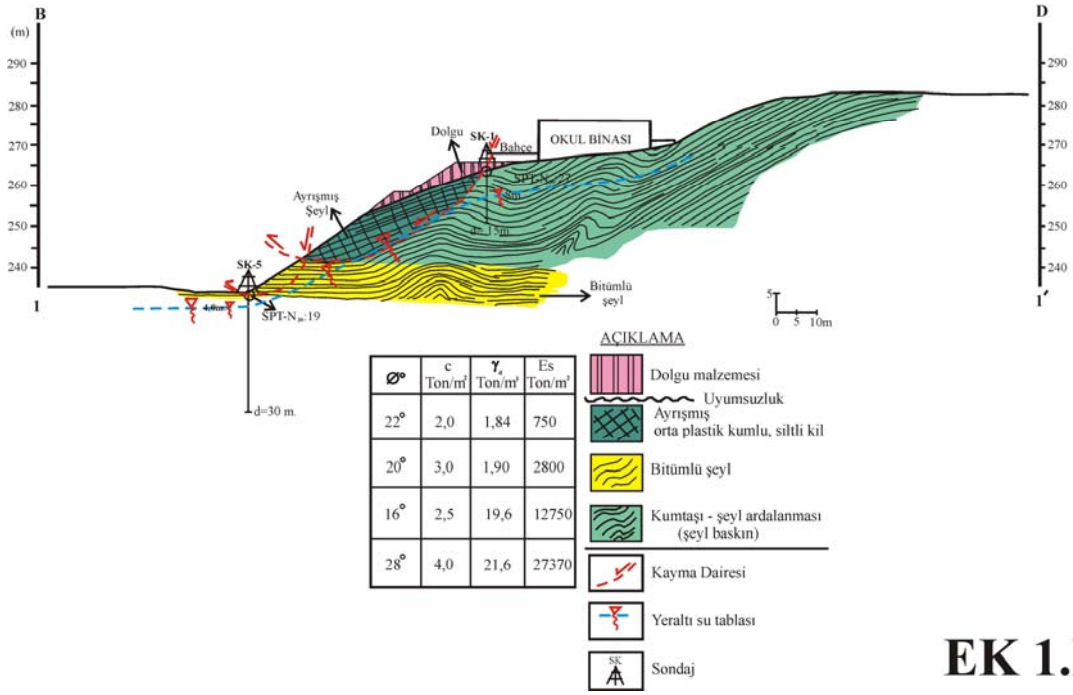
NARLIDERE BELEDİYESİ (NARBEL) TOPLU KONUT SAHASINDAN ALINMIŞ D-B YÖNLÜ 3 -3′JEOLOJİ KESİTİ
(T80 SU DEPOSU)




| Ø° | c Ton/m² | γ Ton/m³ | Es Ton/m² |
|---|---|---|---|
| 22° | 2,0 | 1,84 | 750 |
| 20° | 3,0 | 1,90 | 2800 |
| Bitümlü şeyl | | | |
| 16° | 2,5 | 19,6 | 12750 |
| Kumtaşı- şeyl Ardalanması | | | |
| 28° | 4,0 | 21,6 | 27370 |

**EK 1.B**

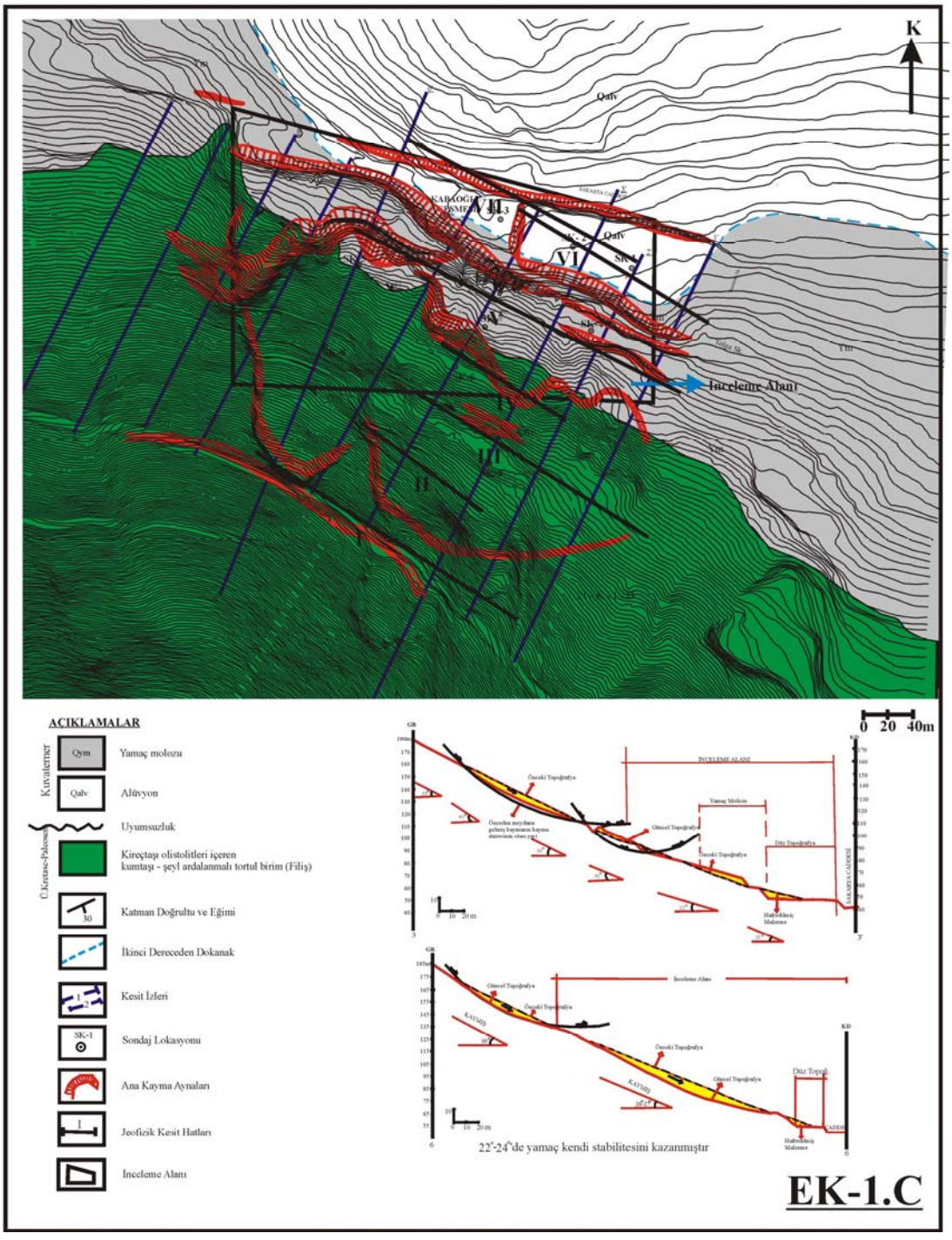
NARLIDERE BELEDİYESİ (NARBEL) TOPLU KONUT SAHASINDAN ALINMIŞ B-D YÖNLÜ 1-1′JEOLOJİ KESİTİ
(HASAN iÇYER iLKÖĞRETİM 0KULU)

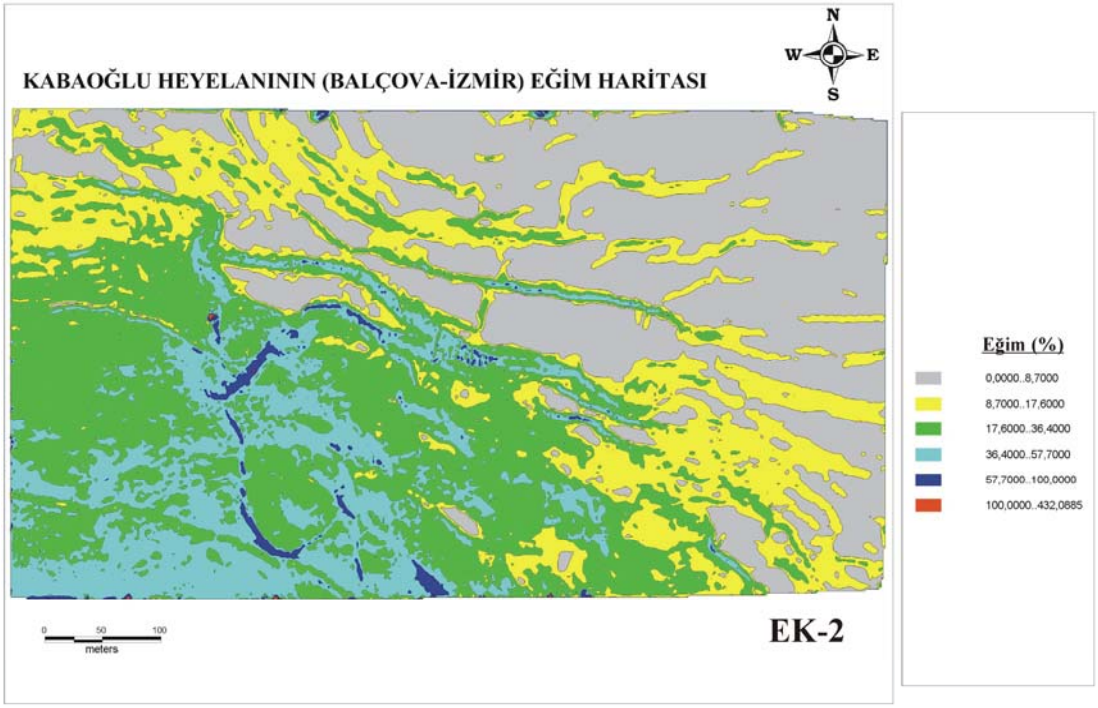



| Ø° | c Ton/m² | γ Ton/m³ | Es Ton/m² |
|---|---|---|---|
| 22° | 2,0 | 1,84 | 750 |
| 20° | 3,0 | 1,90 | 2800 |
| 16° | 2,5 | 19,6 | 12750 |
| 28° | 4,0 | 21,6 | 27370 |

**EK 1.B**

**KABAOĞLU HEYELANI'NIN (BALÇOVA-İZMİR) MÜHENDİSLİK JEOLOJİSİ HARİTASI**

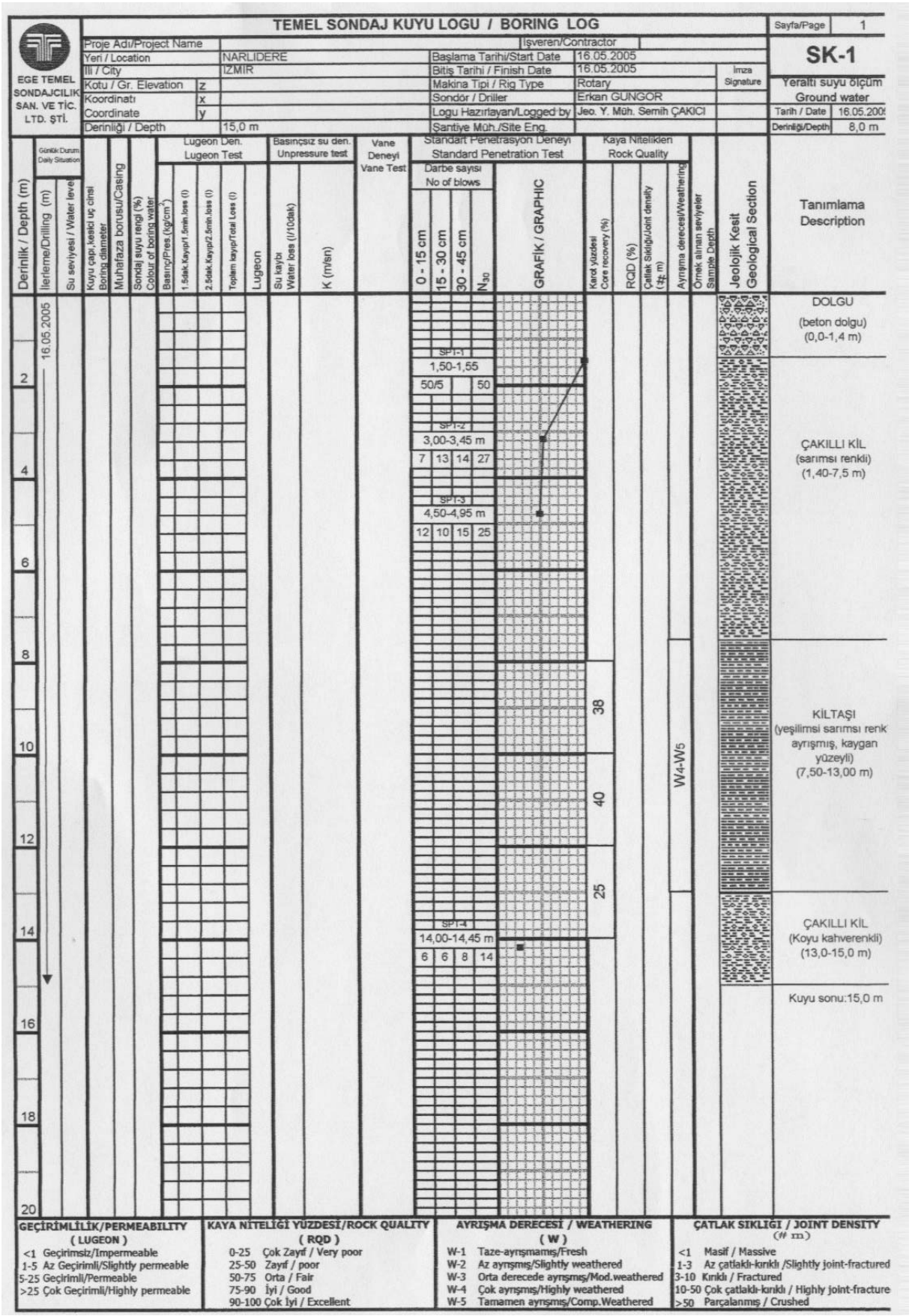



KABAOĞLU HEYELANININ (BALÇOVA-İZMİR) EĞİM HARİTASI
N
W
E
S
Eğim (%)
0,0000..8,7000
8,7000..17,6000
17,6000..36,4000
36,4000..57,7000
57,7000..100,0000
100,0000..432,0885
0
50
100
meters
EK-2

I

# EK-4.1

## NARBEL (NARLIDERE) HEYELAN SAHASI SONDAJ LOGLARI



TEMEL SONDAJ KUYU LOGU / BORING LOG

Sayfa/Page 1

EGE TEMEL SONDAJCILIK SAN. VE TİC. LTD. ŞTİ.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Proje Adı/Project Name | | İşveren/Contractor | | |
| Yeri / Location | NARLIDERE | Başlama Tarihi/Start Date | 16.05.2005 | |
| İli / City | İZMİR | Bitiş Tarihi / Finish Date | 16.05.2005 | İmza Signature |
| Kotu / Gr. Elevation | z | Makina Tipi / Rig Type | Rotary | |
| Koordinatı | x | Sondör / Driller | Erkan GUNGOR | |
| Coordinate | y | Logu Hazırlayan/Logged by | Jeo. Y. Müh. Semih ÇAKICI | |
| Derinliği / Depth | 15,0 m | Şantiye Müh./Site Eng. | | |

SK-1

Yeraltı suyu ölçüm Ground water

Tarih / Date 16.05.2005

Derinliği/Depth 8,0 m

Derinlik / Depth (m) | Günlük Durum Daily Situation | İlerleme/Drilling (m) | Su seviyesi / Water level | Kuyu çapı,kesici uç cinsi Boring diameter | Muhafaza borusu/Casing | Sondaj suyu rengi (%) Colour of boring water | Lugeon Den. Lugeon Test: Basınç/Pres.(kg/cm²) | 1.5dak.Kayıp/1.5min.loss (l) | 2.5dak.Kayıp/2.5min.loss (l) | Toplam kayıp/Total Loss (l) | Lugeon | Basınçsız su den. Unpressure test: Su kaybı Water loss (l/10dak) | K (m/sn) | Vane Deneyi Vane Test | Standart Penetrasyon Deneyi Standard Penetration Test: Darbe sayısı No of blows: 0 - 15 cm | 15 - 30 cm | 30 - 45 cm | $N_{30}$ | GRAFİK / GRAPHIC | Kaya Nitelikleri Rock Quality: Karot yüzdesi Core recovery (%) | RQD (%) | Çatlak Sıklığı/Joint density (# m) | Ayrışma derecesi/Weathering | Örnek alınan seviyeler Sample Depth | Jeolojik Kesit Geological Section | Tanımlama Description

16.05.2005

SPT-1
1,50-1,55
50/5 | 50

SPT-2
3,00-3,45 m
7 | 13 | 14 | 27

SPT-3
4,50-4,95 m
12 | 10 | 15 | 25

SPT-4
14,00-14,45 m
6 | 6 | 8 | 14

38

40

25

W4-W5

DOLGU
(beton dolgu)
(0,0-1,4 m)

ÇAKILLI KİL
(sarımsı renkli)
(1,40-7,5 m)

KİLTAŞI
(yeşilimsi sarımsı renk ayrışmış, kaygan yüzeyli)
(7,50-13,00 m)

ÇAKILLI KİL
(Koyu kahverenkli)
(13,0-15,0 m)

Kuyu sonu:15,0 m

**GEÇİRİMLİLİK/PERMEABILITY ( LUGEON )**

<1 Geçirimsiz/Impermeable
1-5 Az Geçirimli/Slightly permeable
5-25 Geçirimli/Permeable
>25 Çok Geçirimli/Highly permeable

**KAYA NİTELİĞİ YÜZDESİ/ROCK QUALITY ( RQD )**

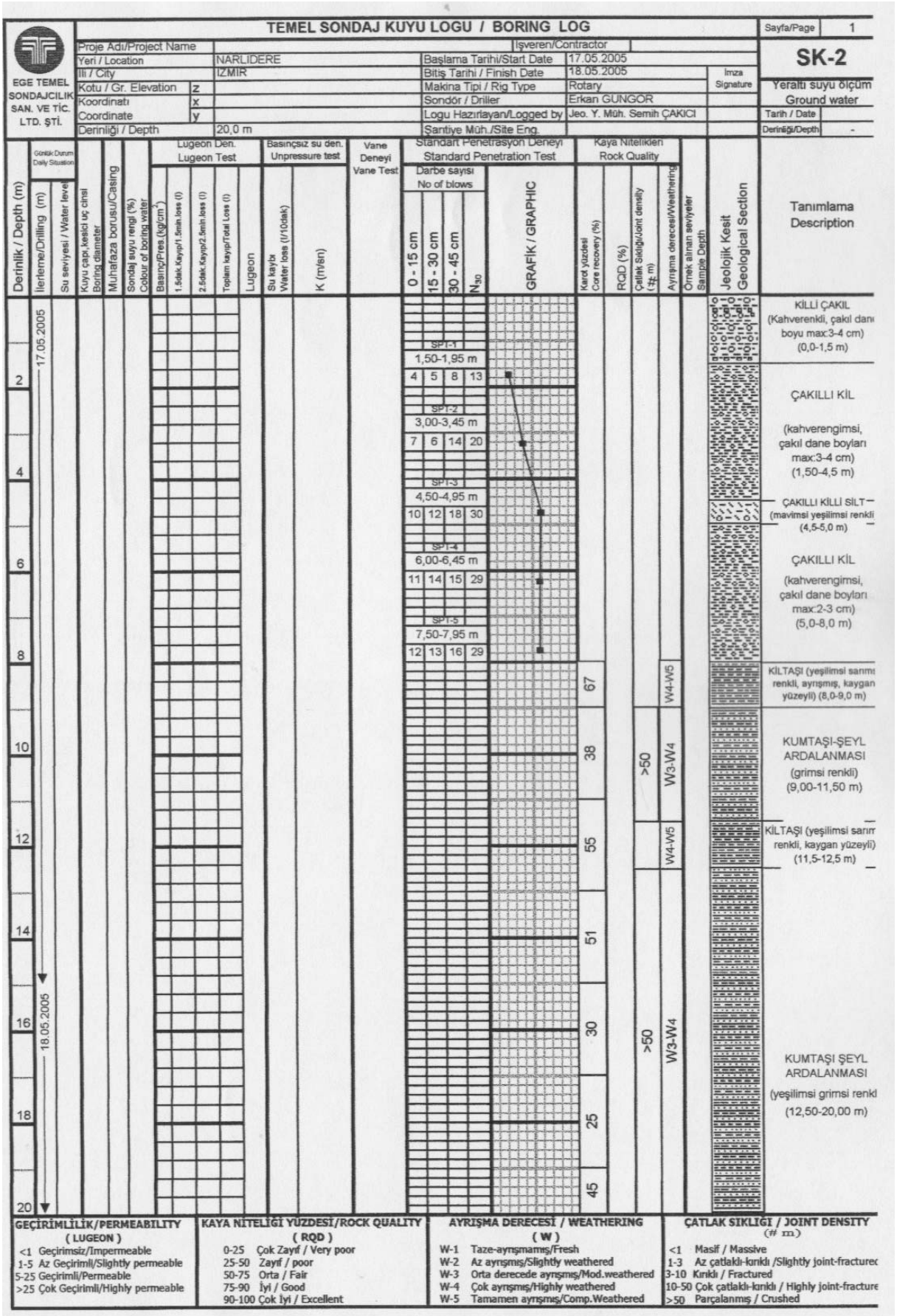
0-25 Çok Zayıf / Very poor
25-50 Zayıf / poor
50-75 Orta / Fair
75-90 İyi / Good
90-100 Çok İyi / Excellent

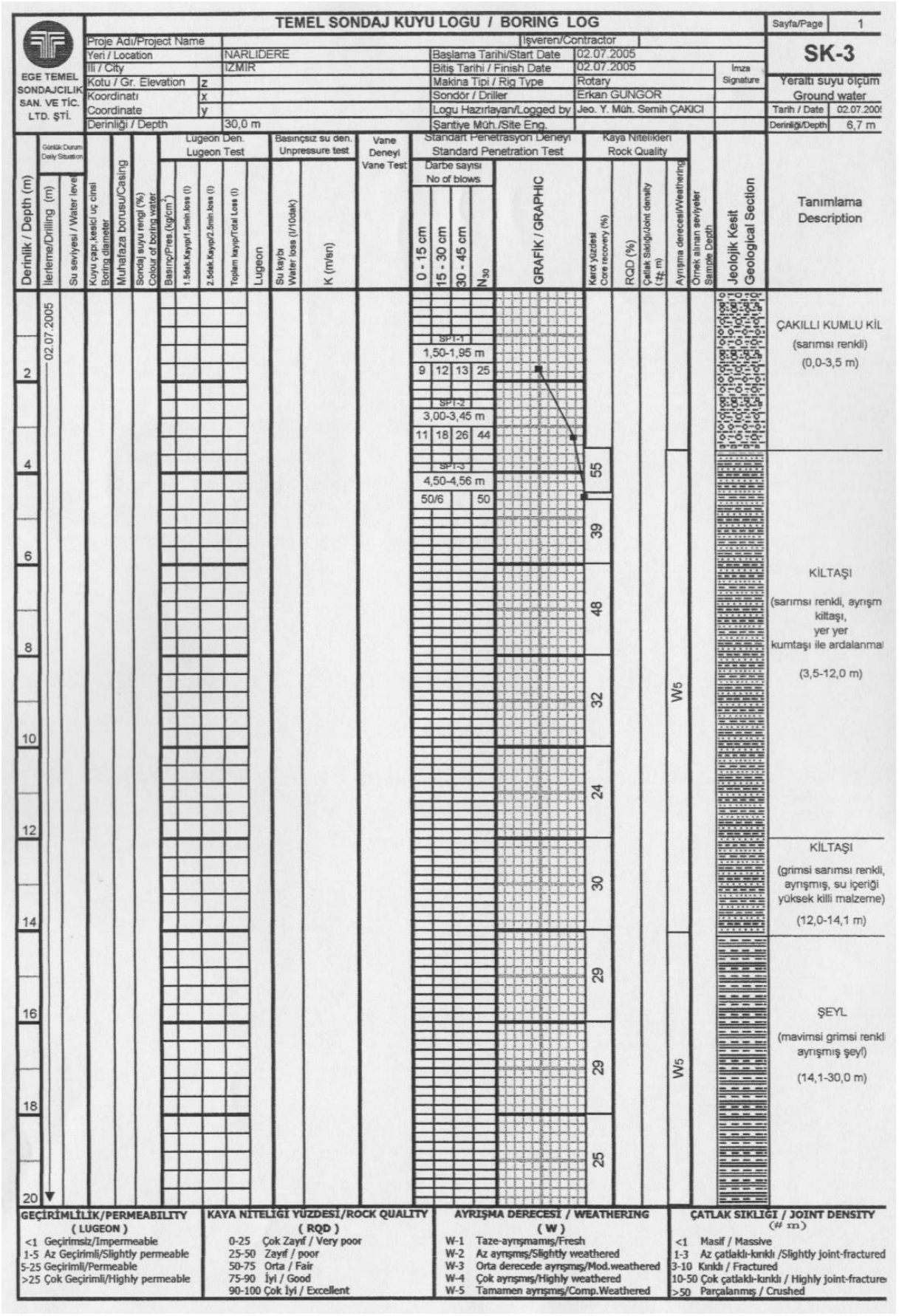
**AYRIŞMA DERECESİ / WEATHERING ( W )**

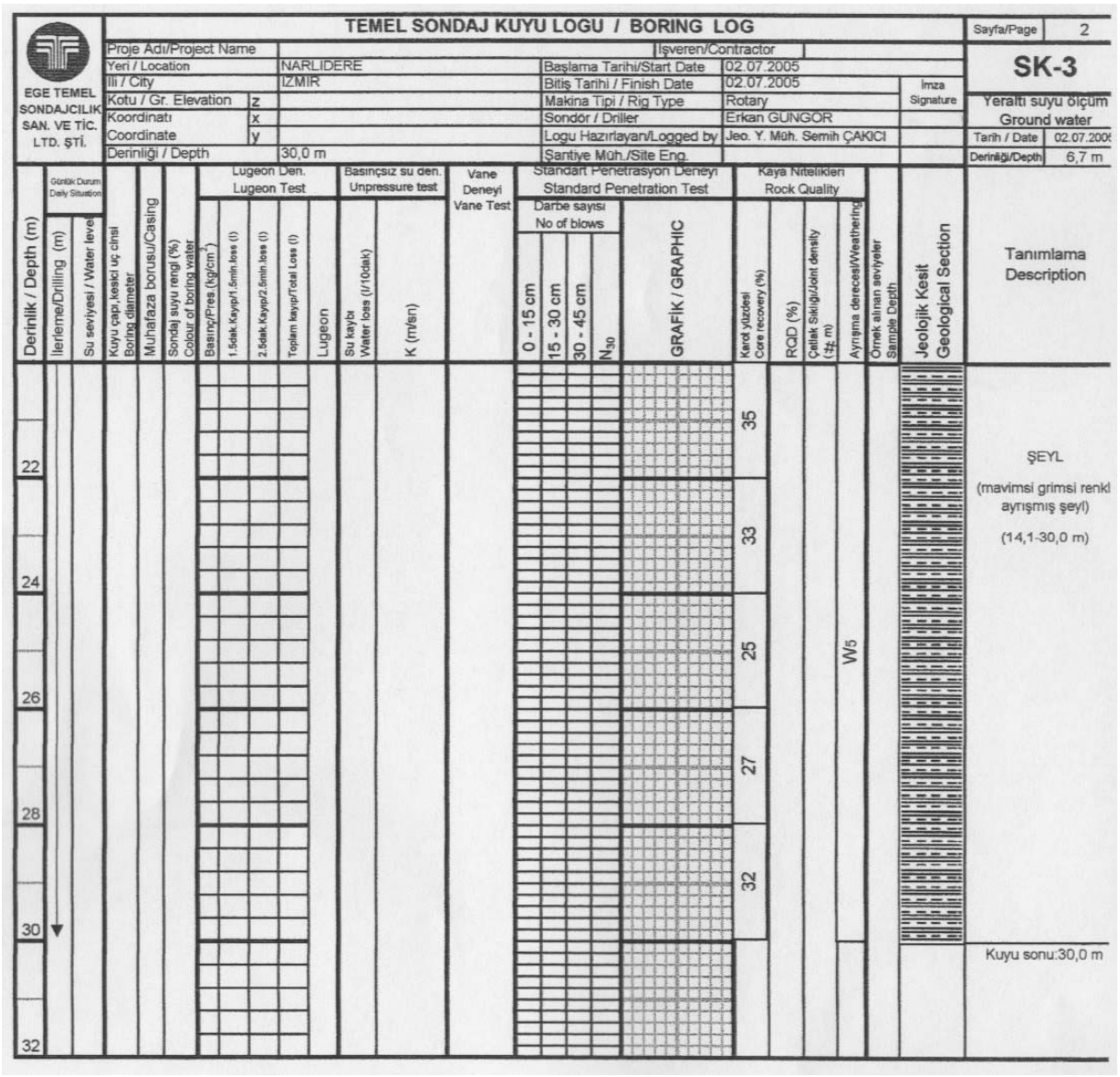
W-1 Taze-ayrışmamış/Fresh
W-2 Az ayrışmış/Slightly weathered
W-3 Orta derecede ayrışmış/Mod.weathered
W-4 Çok ayrışmış/Highly weathered
W-5 Tamamen ayrışmış/Comp.Weathered

**ÇATLAK SIKLIĞI / JOINT DENSITY (# m)**

<1 Masif / Massive
1-3 Az çatlaklı-kırıklı /Slightly joint-fractured
3-10 Kırıklı / Fractured
10-50 Çok çatlaklı-kırıklı / Highly joint-fracture
>50 Parçalanmış / Crushed


TEMEL SONDAJ KUYU LOGU / BORING LOG
Sayfa/Page 1
SK-2
EGE TEMEL SONDAJCILIK SAN. VE TİC. LTD. ŞTİ.
Proje Adı/Project Name
İşveren/Contractor
Yeri / Location NARLIDERE
İli / City İZMİR
Kotu / Gr. Elevation z
Koordinatı x
Coordinate y
Derinliği / Depth 20,0 m
Başlama Tarihi/Start Date 17.05.2005
Bitiş Tarihi / Finish Date 18.05.2005
Makina Tipi / Rig Type Rotary
Sondör / Driller Erkan GÜNGÖR
Logu Hazırlayan/Logged by Jeo. Y. Müh. Semih ÇAKICI
Şantiye Müh./Site Eng.
İmza Signature
Yeraltı suyu ölçüm Ground water
Tarih / Date
Derinliği/Depth -
Derinlik / Depth (m)
İlerleme/Drilling (m)
Günlük Durum Daily Situation
Su seviyesi / Water level
Kuyu çapı,kesici uç cinsi Boring diameter
Muhafaza borusu/Casing
Sondaj suyu rengi (%) Colour of boring water
Lugeon Den. Lugeon Test
Basınç/Pres.(kg/cm²)
1.5dak.Kayıp/1.5min loss (l)
2.5dak.Kayıp/2.5min loss (l)
Toplam kayıp/Total Loss (l)
Lugeon
Basınçsız su den. Unpressure test
Su kaybı Water loss (l/10dak)
K (m/sn)
Vane Deneyi Vane Test
Standart Penetrasyon Deneyi Standard Penetration Test
Darbe sayısı No of blows
0 - 15 cm
15 - 30 cm
30 - 45 cm
N30
GRAFİK / GRAPHIC
Kaya Nitelikleri Rock Quality
Karot yüzdesi Core recovery (%)
RQD (%)
Çatlak Sıklığı/Joint density (# m)
Ayrışma derecesi/Weathering
Örnek alınan seviyeler Sample Depth
Jeolojik Kesit Geological Section
Tanımlama Description
17.05.2005
18.05.2005
SPT-1
1,50-1,95 m
4 5 8 13
SPT-2
3,00-3,45 m
7 6 14 20
SPT-3
4,50-4,95 m
10 12 18 30
SPT-4
6,00-6,45 m
11 14 15 29
SPT-5
7,50-7,95 m
12 13 16 29
67
38
55
51
30
25
45
>50
>50
W4-W5
W3-W4
W4-W5
W3-W4
KİLLİ ÇAKIL (Kahverenkli, çakıl dane boyu max:3-4 cm) (0,0-1,5 m)
ÇAKILLI KİL (kahverengimsi, çakıl dane boyları max:3-4 cm) (1,50-4,5 m)
ÇAKILLI KİLLİ SİLT (mavimsi yeşilimsi renkli (4,5-5,0 m)
ÇAKILLI KİL (kahverengimsi, çakıl dane boyları max:2-3 cm) (5,0-8,0 m)
KİLTAŞI (yeşilimsi sarımsı renkli, ayrışmış, kaygan yüzeyli) (8,0-9,0 m)
KUMTAŞI-ŞEYL ARDALANMASI (grimsi renkli) (9,00-11,50 m)
KİLTAŞI (yeşilimsi sarımsı renkli, kaygan yüzeyli) (11,5-12,5 m)
KUMTAŞI ŞEYL ARDALANMASI (yeşilimsi grimsi renkli (12,50-20,00 m)
GEÇİRİMLİLİK/PERMEABILITY ( LUGEON )
<1 Geçirimsiz/Impermeable
1-5 Az Geçirimli/Slightly permeable
5-25 Geçirimli/Permeable
>25 Çok Geçirimli/Highly permeable
KAYA NİTELİĞİ YÜZDESİ/ROCK QUALITY ( RQD )
0-25 Çok Zayıf / Very poor
25-50 Zayıf / poor
50-75 Orta / Fair
75-90 İyi / Good
90-100 Çok İyi / Excellent
AYRIŞMA DERECESİ / WEATHERING ( W )
W-1 Taze-ayrışmamış/Fresh
W-2 Az ayrışmış/Slightly weathered
W-3 Orta derecede ayrışmış/Mod.weathered
W-4 Çok ayrışmış/Highly weathered
W-5 Tamamen ayrışmış/Comp.Weathered
ÇATLAK SIKLIĞI / JOINT DENSITY (# m)
<1 Masif / Massive
1-3 Az çatlaklı-kırıklı /Slightly joint-fractured
3-10 Kırıklı / Fractured
10-50 Çok çatlaklı-kırıklı / Highly joint-fracture
>50 Parçalanmış / Crushed


TEMEL SONDAJ KUYU LOGU / BORING LOG
Sayfa/Page 1
EGE TEMEL SONDAJCILIK SAN. VE TİC. LTD. ŞTİ.
Proje Adı/Project Name
İşveren/Contractor
Yeri / Location NARLIDERE
İli / City İZMİR
Kotu / Gr. Elevation z
Koordinatı x
Coordinate y
Derinliği / Depth 30,0 m
Başlama Tarihi/Start Date 02.07.2005
Bitiş Tarihi / Finish Date 02.07.2005
Makina Tipi / Rig Type Rotary
Sondör / Driller Erkan GÜNGÖR
Logu Hazırlayan/Logged by Jeo. Y. Müh. Semih ÇAKICI
Şantiye Müh./Site Eng.
İmza Signature
SK-3
Yeraltı suyu ölçüm
Ground water
Tarih / Date 02.07.2005
Derinliği/Depth 6,7 m
Derinlik / Depth (m)
İlerleme/Drilling (m)
Su seviyesi / Water level
Günlük Durum Daily Situation
Kuyu çapı, kesici uç cinsi Boring diameter
Muhafaza borusu/Casing
Sondaj suyu rengi (%) Colour of boring water
Lugeon Den. Lugeon Test
Basınç/Pres.(kg/cm²)
1.5dak.Kayıp/1.5min.loss (l)
2.5dak.Kayıp/2.5min.loss (l)
Toplam kayıp/Total Loss (l)
Lugeon
Basınçsız su den. Unpressure test
Su kaybı Water loss (l/10dak)
K (m/sn)
Vane Deneyi Vane Test
Standart Penetrasyon Deneyi Standard Penetration Test
Darbe sayısı No of blows
0 - 15 cm
15 - 30 cm
30 - 45 cm
N30
GRAFİK / GRAPHIC
Kaya Nitelikleri Rock Quality
Karot yüzdesi Core recovery (%)
RQD (%)
Çatlak Sıklığı/Joint density (# m)
Ayrışma derecesi/Weathering
Örnek alınan seviyeler Sample Depth
Jeolojik Kesit Geological Section
Tanımlama Description
02.07.2005
SPT-1
1,50-1,95 m
9 12 13 25
SPT-2
3,00-3,45 m
11 18 26 44
SPT-3
4,50-4,56 m
50/6 50
55
39
48
32
24
30
29
29
25
W5
W5
ÇAKILLI KUMLU KİL
(sarımsı renkli)
(0,0-3,5 m)
KİLTAŞI
(sarımsı renkli, ayrışm kiltaşı, yer yer kumtaşı ile ardalanma
(3,5-12,0 m)
KİLTAŞI
(grimsi sarımsı renkli, ayrışmış, su içeriği yüksek killi malzeme)
(12,0-14,1 m)
ŞEYL
(mavimsi grimsi renkl ayrışmış şeyl)
(14,1-30,0 m)
GEÇİRİMLİLİK/PERMEABILITY ( LUGEON )
<1 Geçirimsiz/Impermeable
1-5 Az Geçirimli/Slightly permeable
5-25 Geçirimli/Permeable
>25 Çok Geçirimli/Highly permeable
KAYA NİTELİĞİ YÜZDESİ/ROCK QUALITY ( RQD )
0-25 Çok Zayıf / Very poor
25-50 Zayıf / poor
50-75 Orta / Fair
75-90 İyi / Good
90-100 Çok İyi / Excellent
AYRIŞMA DERECESİ / WEATHERING ( W )
W-1 Taze-ayrışmamış/Fresh
W-2 Az ayrışmış/Slightly weathered
W-3 Orta derecede ayrışmış/Mod.weathered
W-4 Çok ayrışmış/Highly weathered
W-5 Tamamen ayrışmış/Comp.Weathered
ÇATLAK SIKLIĞI / JOINT DENSITY (# m)
<1 Masif / Massive
1-3 Az çatlaklı-kırıklı /Slightly joint-fractured
3-10 Kırıklı / Fractured
10-50 Çok çatlaklı-kırıklı / Highly joint-fractured
>50 Parçalanmış / Crushed



TEMEL SONDAJ KUYU LOGU / BORING LOG

Sayfa/Page 2

EGE TEMEL SONDAJCILIK SAN. VE TİC. LTD. ŞTİ.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Proje Adı/Project Name | | İşveren/Contractor | | SK-3 |
| Yeri / Location | NARLIDERE | Başlama Tarihi/Start Date | 02.07.2005 | |
| İli / City | İZMİR | Bitiş Tarihi / Finish Date | 02.07.2005 | İmza Signature |
| Kotu / Gr. Elevation z | | Makina Tipi / Rig Type | Rotary | Yeraltı suyu ölçüm Ground water |
| Koordinatı x | | Sondör / Driller | Erkan GÜNGÖR | Tarih / Date 02.07.2005 |
| Coordinate y | | Logu Hazırlayan/Logged by | Jeo. Y. Müh. Semih ÇAKICI | Derinliği/Depth 6,7 m |
| Derinliği / Depth | 30,0 m | Şantiye Müh./Site Eng. | | |

Derinlik / Depth (m) | Günlük Durum Daily Situation: İlerleme/Drilling (m) | Su seviyesi / Water level | Kuyu çapı,kesici uç cinsi Boring diameter | Muhafaza borusu/Casing | Sondaj suyu rengi (%) Colour of boring water | Lugeon Den. Lugeon Test: Basınç/Pres (kg/cm²) | 1.5dak.Kayıp/1.5min.loss (l) | 2.5dak.Kayıp/2.5min.loss (l) | Toplam kayıp/Total Loss (l) | Lugeon | Basınçsız su den. Unpressure test: Su kaybı Water loss (l/10dak) | K (m/sn) | Vane Deneyi Vane Test | Standart Penetrasyon Deneyi Standard Penetration Test: Darbe sayısı No of blows: 0 - 15 cm | 15 - 30 cm | 30 - 45 cm | $N_{30}$ | GRAFİK / GRAPHIC | Kaya Nitelikleri Rock Quality: Karot yüzdesi Core recovery (%) | RQD (%) | Çelik Sıklığı/Joint density (‡/m) | Ayrışma derecesi/Weathering | Örnek alınan seviyeler Sample Depth | Jeolojik Kesit Geological Section | Tanımlama Description

22 — 24 — 26 — 28 — 30 — 32

Karot yüzdesi: 35 (22–24 m), 33 (24–26 m), 25 (26–28 m), 27 (28–30 m), 32 (30–32 m)

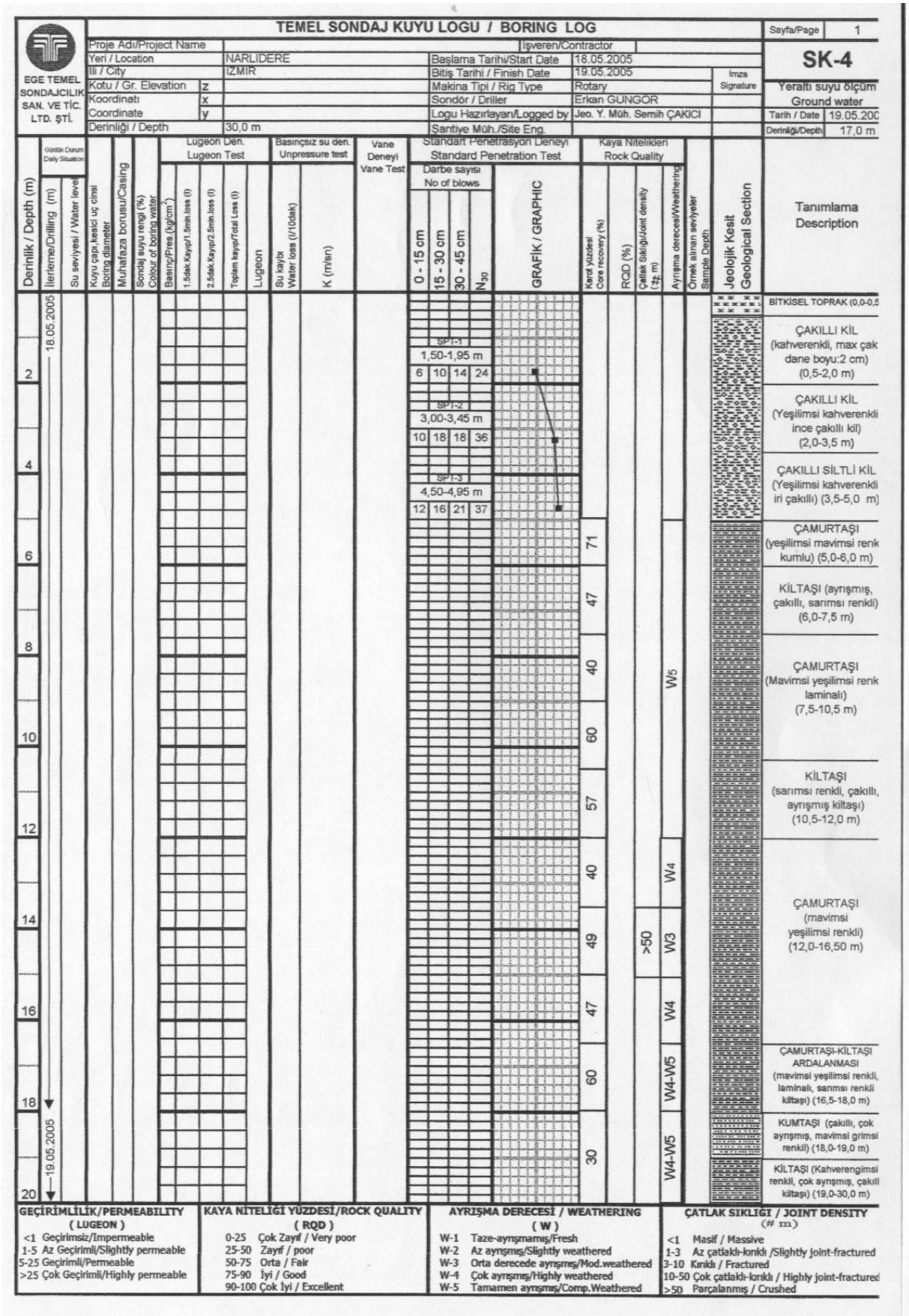
Ayrışma derecesi/Weathering: W5

ŞEYL

(mavimsi grimsi renkl ayrışmış şeyl)

(14,1-30,0 m)

Kuyu sonu:30,0 m



# TEMEL SONDAJ KUYU LOGU / BORING LOG

Sayfa/Page 1

**SK-4**

EGE TEMEL SONDAJCILIK SAN. VE TİC. LTD. ŞTİ.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Proje Adı/Project Name | | İşveren/Contractor | |
| Yeri / Location | NARLIDERE | Başlama Tarihi/Start Date | 18.05.2005 |
| İli / City | İZMİR | Bitiş Tarihi / Finish Date | 19.05.2005 |
| Kotu / Gr. Elevation | z | Makina Tipi / Rig Type | Rotary |
| Koordinatı | x | Sondör / Driller | Erkan GÜNGÖR |
| Coordinate | y | Logu Hazırlayan/Logged by | Jeo. Y. Müh. Semih ÇAKICI |
| Derinliği / Depth | 30,0 m | Santiye Müh./Site Eng. | |

İmza Signature

Yeraltı suyu ölçüm Ground water

Tarih / Date 19.05.200

Derinliği/Depth 17,0 m

| Derinlik / Depth (m) | Günlük Durum Daily Situation | İlerleme/Drilling (m) | Su seviyesi / Water level | Kuyu çapı,kesici uç cinsi Boring diameter | Muhafaza borusu/Casing | Sondaj suyu rengi (%) Colour of boring water | Lugeon Den. Lugeon Test: Basınç/Pres.(kg/cm²) | 1.5dak.Kayıp/1.5min.loss (l) | 2.5dak.Kayıp/2.5min.loss (l) | Toplam kayıp/Total Loss (l) | Lugeon | Basınçsız su den. Unpressure test: Su kaybı Water loss (l/10dak) | K (m/sn) | Vane Deneyi Vane Test | Standart Penetrasyon Deneyi Standard Penetration Test: Darbe sayısı No of blows 0 - 15 cm | 15 - 30 cm | 30 - 45 cm | $N_{30}$ | GRAFİK / GRAPHIC | Kaya Nitelikleri Rock Quality: Karot yüzdesi Core recovery (%) | RQD (%) | Çatlak Sıklığı/Joint density (± m) | Ayrışma derecesi/Weathering | Örnek alınan seviyeler Sample Depth | Jeolojik Kesit Geological Section | Tanımlama Description |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | BİTKİSEL TOPRAK (0,0-0,5 |
| 2 | | 18.05.2005 | | | | | | | | | | | | | SPT-1 1,50-1,95 m | | | 6 10 14 24 | | | | | | | | ÇAKILLI KİL (kahverenkli, max çak dane boyu:2 cm) (0,5-2,0 m) |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | | SPT-2 3,00-3,45 m | | | 10 18 18 36 | | | | | | | | ÇAKILLI KİL (Yeşilimsi kahverenkli ince çakıllı kil) (2,0-3,5 m) |
| 6 | | | | | | | | | | | | | | | SPT-3 4,50-4,95 m | | | 12 16 21 37 | | 71 | | | W5 | | | ÇAKILLI SİLTLİ KİL (Yeşilimsi kahverenkli iri çakıllı) (3,5-5,0 m) / ÇAMURTAŞI (yeşilimsi mavimsi renk kumlu) (5,0-6,0 m) |
| 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 47 | | | | | | KİLTAŞI (ayrışmış, çakıllı, sarımsı renkli) (6,0-7,5 m) |
| 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 40 | | | | | | ÇAMURTAŞI (Mavimsi yeşilimsi renk laminalı) (7,5-10,5 m) |
| 12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 60 | | | | | | KİLTAŞI (sarımsı renkli, çakıllı, ayrışmış kiltaşı) (10,5-12,0 m) |
| 14 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 57 | | | W4 | | | ÇAMURTAŞI (mavimsi yeşilimsi renkli) (12,0-16,50 m) |
| 16 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 40 | | >50 | W3 | | | |
| 18 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 49 | | | W4 | | | ÇAMURTAŞI-KİLTAŞI ARDALANMASI (mavimsi yeşilimsi renkli, laminalı, sarımsı renkli kiltaşı) (16,5-18,0 m) |
| 20 | | 19.05.2005 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 47 | | | W4-W5 | | | KUMTAŞI (çakıllı, çok ayrışmış, mavimsi grimsi renkli) (18,0-19,0 m) / KİLTAŞI (Kahverengimsi renkli, çok ayrışmış, çakıllı kiltaşı) (19,0-30,0 m) |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 60 | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 30 | | | W4-W5 | | | |

**GEÇİRİMLİLİK/PERMEABILITY ( LUGEON )**

<1 Geçirimsiz/Impermeable
1-5 Az Geçirimli/Slightly permeable
5-25 Geçirimli/Permeable
>25 Çok Geçirimli/Highly permeable

**KAYA NİTELİĞİ YÜZDESİ/ROCK QUALITY ( RQD )**

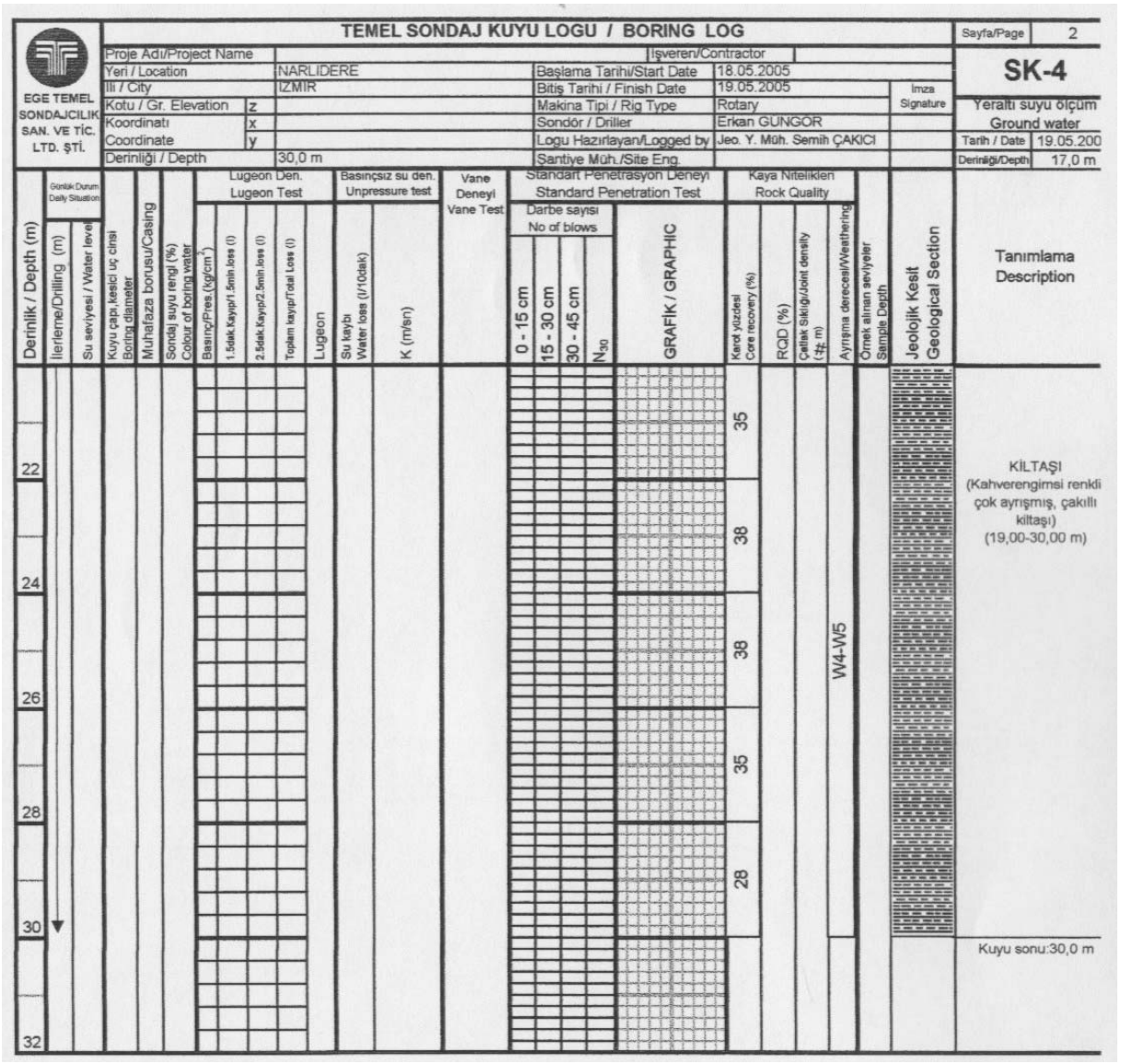
0-25 Çok Zayıf / Very poor
25-50 Zayıf / poor
50-75 Orta / Fair
75-90 İyi / Good
90-100 Çok İyi / Excellent

**AYRIŞMA DERECESİ / WEATHERING ( W )**

W-1 Taze-ayrışmamış/Fresh
W-2 Az ayrışmış/Slightly weathered
W-3 Orta derecede ayrışmış/Mod.weathered
W-4 Çok ayrışmış/Highly weathered
W-5 Tamamen ayrışmış/Comp.Weathered

**ÇATLAK SIKLIĞI / JOINT DENSITY (# m)**

<1 Masif / Massive
1-3 Az çatlaklı-kırıklı /Slightly joint-fractured
3-10 Kırıklı / Fractured
10-50 Çok çatlaklı-kırıklı / Highly joint-fractured
>50 Parçalanmış / Crushed



**TEMEL SONDAJ KUYU LOGU / BORING LOG**

Sayfa/Page 2

EGE TEMEL SONDAJCILIK SAN. VE TİC. LTD. ŞTİ.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Proje Adı/Project Name | | İşveren/Contractor | | SK-4 |
| Yeri / Location | NARLIDERE | Başlama Tarihi/Start Date | 18.05.2005 | |
| İli / City | İZMİR | Bitiş Tarihi / Finish Date | 19.05.2005 | İmza Signature |
| Kotu / Gr. Elevation z | | Makina Tipi / Rig Type | Rotary | Yeraltı suyu ölçüm Ground water |
| Koordinatı x | | Sondör / Driller | Erkan GÜNGÖR | |
| Coordinate y | | Logu Hazırlayan/Logged by | Jeo. Y. Müh. Semih ÇAKICI | Tarih / Date 19.05.200 |
| Derinliği / Depth | 30,0 m | Santiye Müh./Site Eng. | | Derinliği/Depth 17,0 m |

Derinlik / Depth (m) | Günlük Durum Daily Situation: İlerleme/Drilling (m) | Su seviyesi / Water level

Kuyu çapı, kesici uç cinsi Boring diameter | Muhafaza borusu/Casing | Sondaj suyu rengi (%) Colour of boring water

Lugeon Den. Lugeon Test: Basınç/Pres.(kg/cm²) | 1.5dak.Kayıp/1.5min.loss (l) | 2.5dak.Kayıp/2.5min.loss (l) | Toplam kayıp/Total Loss (l) | Lugeon

Basınçsız su den. Unpressure test: Su kaybı Water loss (l/10dak) | K (m/sn)

Vane Deneyi Vane Test

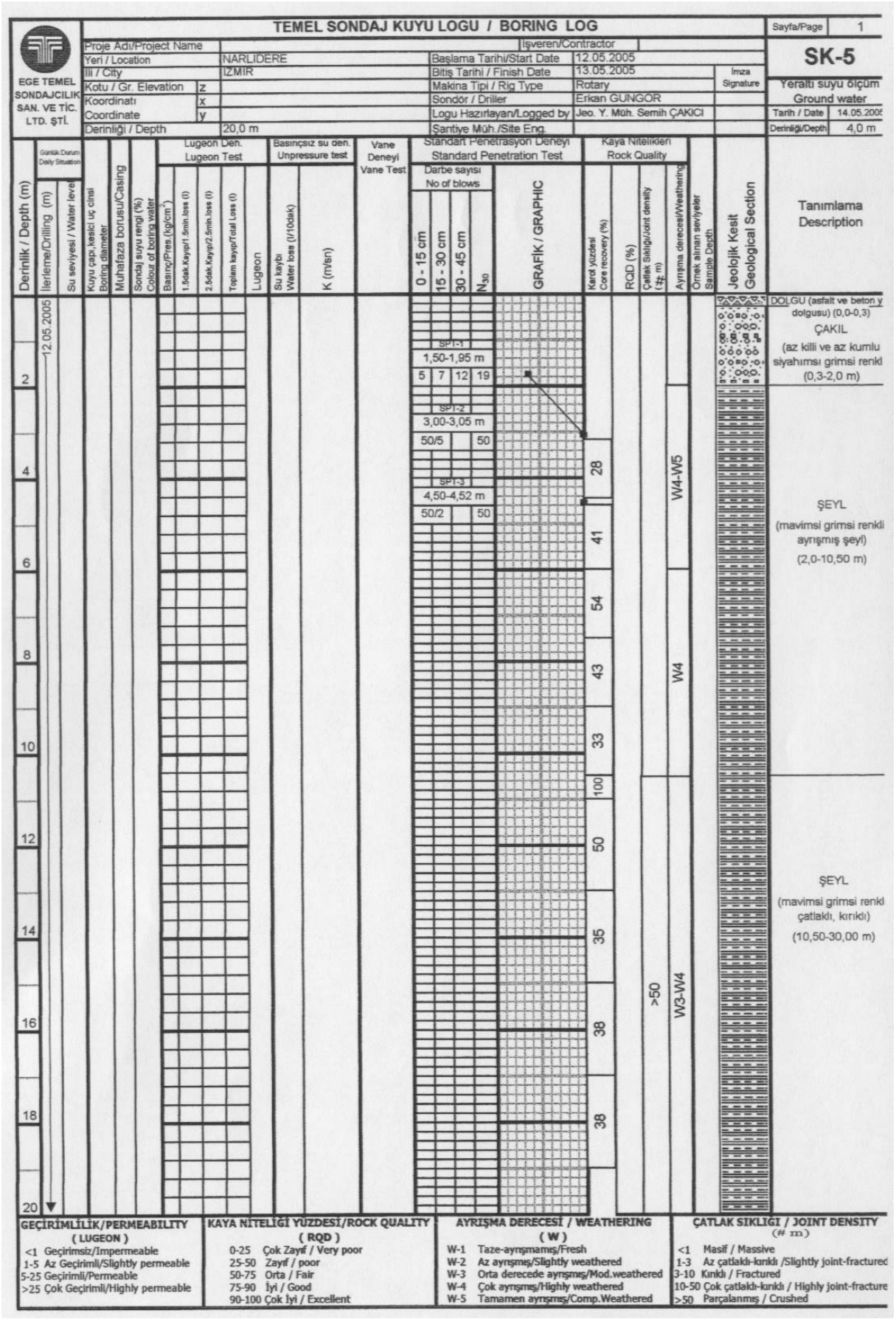
Standart Penetrasyon Deneyi Standard Penetration Test: Darbe sayısı No of blows: 0 - 15 cm | 15 - 30 cm | 30 - 45 cm | $N_{30}$ | GRAFİK / GRAPHIC

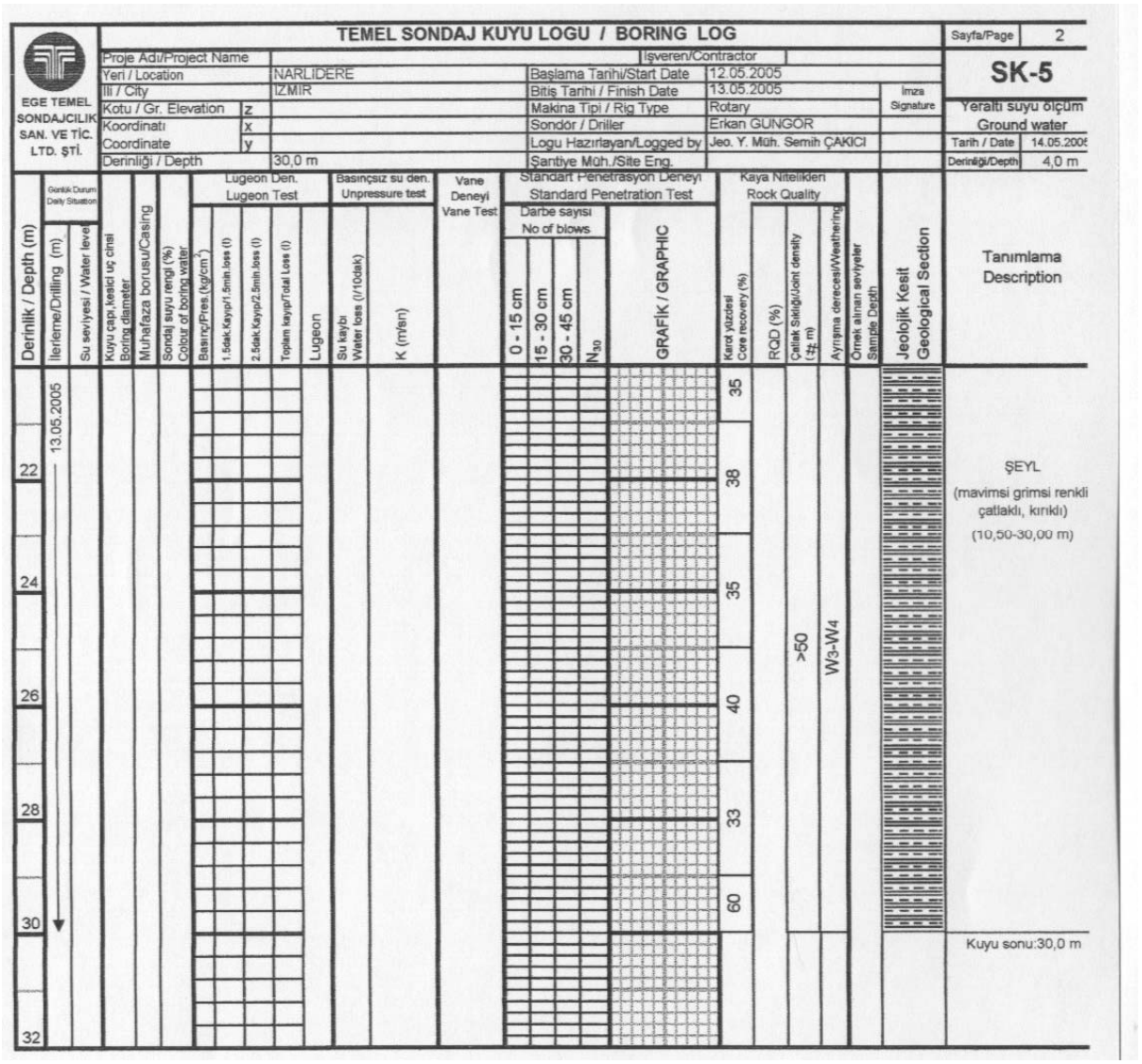
Kaya Nitelikleri Rock Quality: Karot yüzdesi Core recovery (%) | RQD (%) | Çatlak Sıklığı/Joint density (1/± m) | Ayrışma derecesi/Weathering | Örnek alınan seviyeler Sample Depth

Jeolojik Kesit Geological Section

Tanımlama Description

| Derinlik / Depth (m) | Core recovery (%) | Ayrışma derecesi/Weathering | Tanımlama Description |
|---|---|---|---|
| 22 | 35 | W4-W5 | KİLTAŞI (Kahverengimsi renkli çok ayrışmış, çakıllı kiltaşı) (19,00-30,00 m) |
| 24 | 38 | | |
| 26 | 38 | | |
| 28 | 35 | | |
| 30 | 28 | | |
| 32 | | | Kuyu sonu:30,0 m |


TEMEL SONDAJ KUYU LOGU / BORING LOG
Sayfa/Page 1
SK-5
EGE TEMEL SONDAJCILIK SAN. VE TİC. LTD. ŞTİ.
Proje Adı/Project Name
İşveren/Contractor
Yeri / Location NARLIDERE
İli / City İZMİR
Kotu / Gr. Elevation z
Koordinatı x
Coordinate y
Derinliği / Depth 20,0 m
Başlama Tarihi/Start Date 12.05.2005
Bitiş Tarihi / Finish Date 13.05.2005
Makina Tipi / Rig Type Rotary
Sondör / Driller Erkan GÜNGÖR
Logu Hazırlayan/Logged by Jeo. Y. Müh. Semih ÇAKICI
Şantiye Müh./Site Eng.
İmza Signature
Yeraltı suyu ölçüm Ground water
Tarih / Date 14.05.2005
Derinliği/Depth 4,0 m
Derinlik / Depth (m)
Günlük Durum Daily Situation
İlerleme/Drilling (m)
Su seviyesi / Water level
Kuyu çapı,kesici uç cinsi Boring diameter
Muhafaza borusu/Casing
Sondaj suyu rengi (%) Colour of boring water
Lugeon Den. Lugeon Test
Basınç/Pres.(kg/cm²)
1.5dak.Kayıp/1.5min.loss (l)
2.5dak.Kayıp/2.5min.loss (l)
Toplam kayıp/Total Loss (l)
Lugeon
Basınçsız su den. Unpressure test
Su kaybı Water loss (l/10dak)
K (m/sn)
Vane Deneyi Vane Test
Standart Penetrasyon Deneyi Standard Penetration Test
Darbe sayısı No of blows
0 - 15 cm
15 - 30 cm
30 - 45 cm
N30
GRAFİK / GRAPHIC
Kaya Nitelikleri Rock Quality
Karot yüzdesi Core recovery (%)
RQD (%)
Çatlak Sıklığı/Joint density (# m)
Ayrışma derecesi/Weathering
Örnek alınan seviyeler Sample Depth
Jeolojik Kesit Geological Section
Tanımlama Description
12.05.2005
SPT-1
1,50-1,95 m
5 7 12 19
SPT-2
3,00-3,05 m
50/5 50
SPT-3
4,50-4,52 m
50/2 50
28
41
54
43
33
100
50
35
38
38
>50
W4-W5
W4
W3-W4
DOLGU (asfalt ve beton y dolgusu) (0,0-0,3)
ÇAKIL
(az killi ve az kumlu siyahımsı grimsi renkl (0,3-2,0 m)
ŞEYL
(mavimsi grimsi renkli ayrışmış şeyl)
(2,0-10,50 m)
ŞEYL
(mavimsi grimsi renkl çatlaklı, kırıklı)
(10,50-30,00 m)
GEÇİRİMLİLİK/PERMEABILITY ( LUGEON )
<1 Geçirimsiz/Impermeable
1-5 Az Geçirimli/Slightly permeable
5-25 Geçirimli/Permeable
>25 Çok Geçirimli/Highly permeable
KAYA NİTELİĞİ YÜZDESİ/ROCK QUALITY ( RQD )
0-25 Çok Zayıf / Very poor
25-50 Zayıf / poor
50-75 Orta / Fair
75-90 İyi / Good
90-100 Çok İyi / Excellent
AYRIŞMA DERECESİ / WEATHERING ( W )
W-1 Taze-ayrışmamış/Fresh
W-2 Az ayrışmış/Slightly weathered
W-3 Orta derecede ayrışmış/Mod.weathered
W-4 Çok ayrışmış/Highly weathered
W-5 Tamamen ayrışmış/Comp.Weathered
ÇATLAK SIKLIĞI / JOINT DENSITY (# m)
<1 Masif / Massive
1-3 Az çatlaklı-kırıklı /Slightly joint-fractured
3-10 Kırıklı / Fractured
10-50 Çok çatlaklı-kırıklı / Highly joint-fracture
>50 Parçalanmış / Crushed



TEMEL SONDAJ KUYU LOGU / BORING LOG

Sayfa/Page 2

SK-5

EGE TEMEL SONDAJCILIK SAN. VE TİC. LTD. ŞTİ.

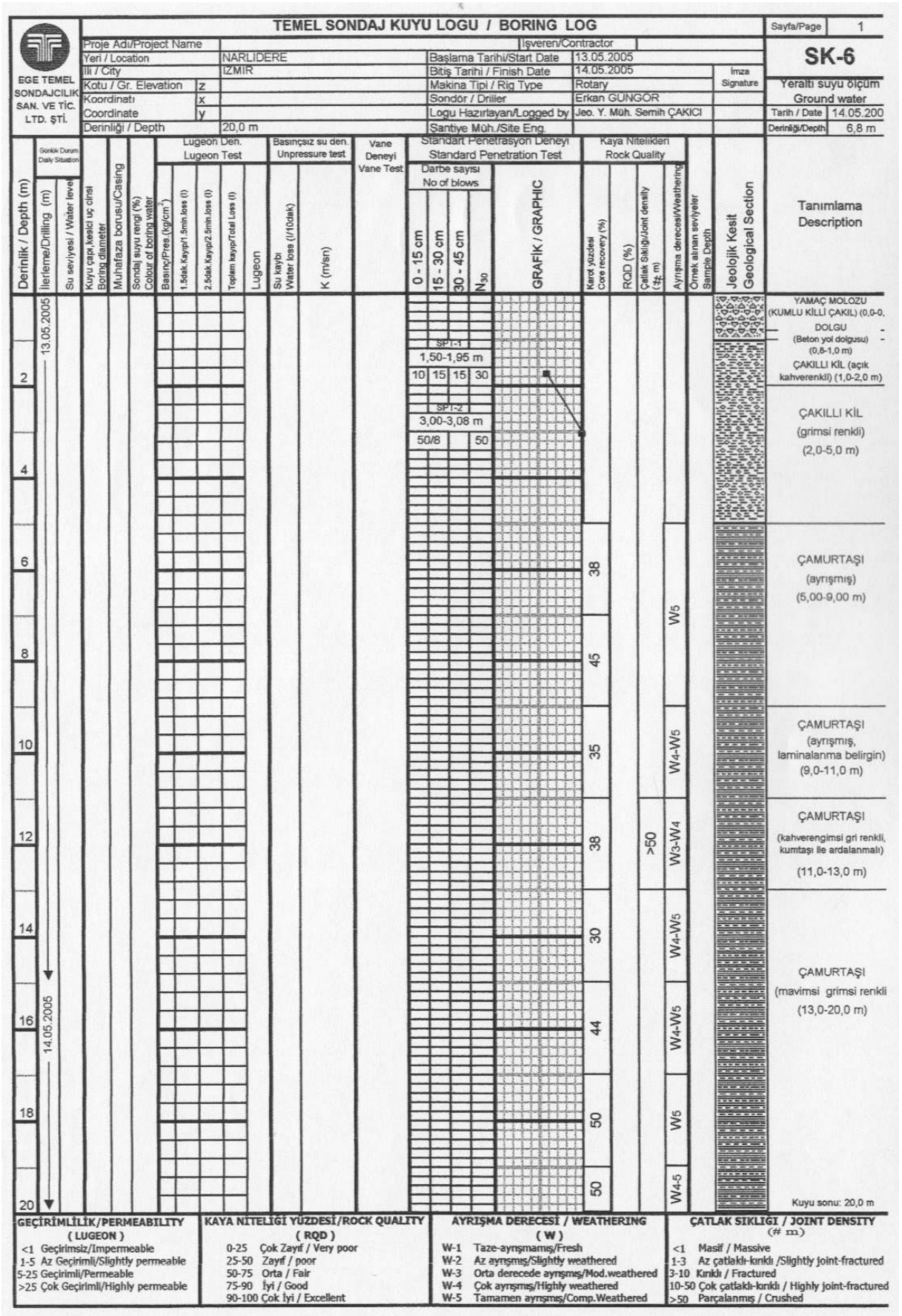
| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Proje Adı/Project Name | | İşveren/Contractor | | | |
| Yeri / Location | NARLIDERE | Başlama Tarihi/Start Date | 12.05.2005 | | |
| İli / City | İZMİR | Bitiş Tarihi / Finish Date | 13.05.2005 | İmza Signature | |
| Kotu / Gr. Elevation z | | Makina Tipi / Rig Type | Rotary | | |
| Koordinatı x | | Sondör / Driller | Erkan GÜNGÖR | | |
| Coordinate y | | Logu Hazırlayan/Logged by | Jeo. Y. Müh. Semih ÇAKICI | | |
| Derinliği / Depth | 30,0 m | Şantiye Müh./Site Eng. | | | |

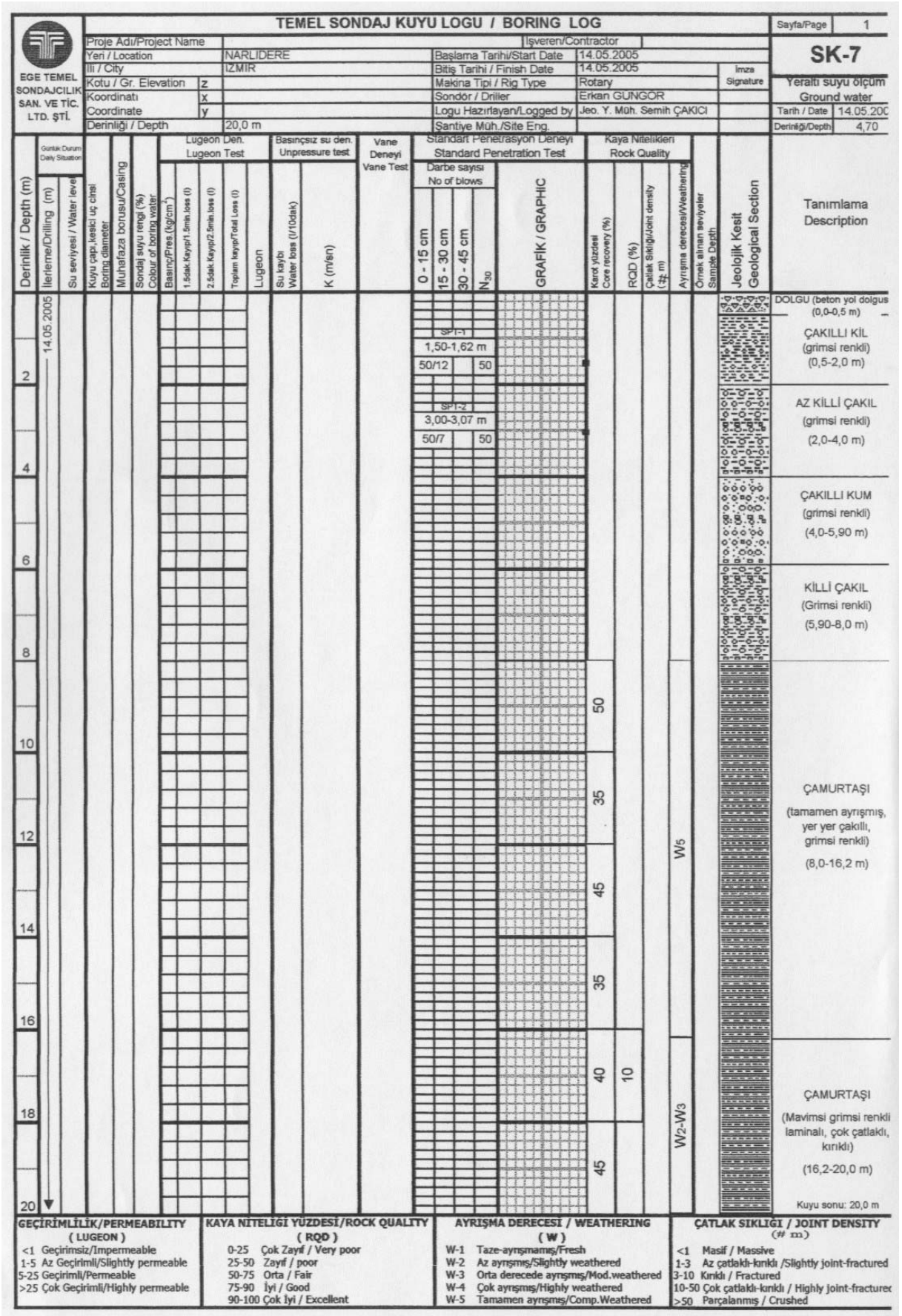
Yeraltı suyu ölçüm / Ground water

Tarih / Date 14.05.200

Derinliği/Depth 4,0 m

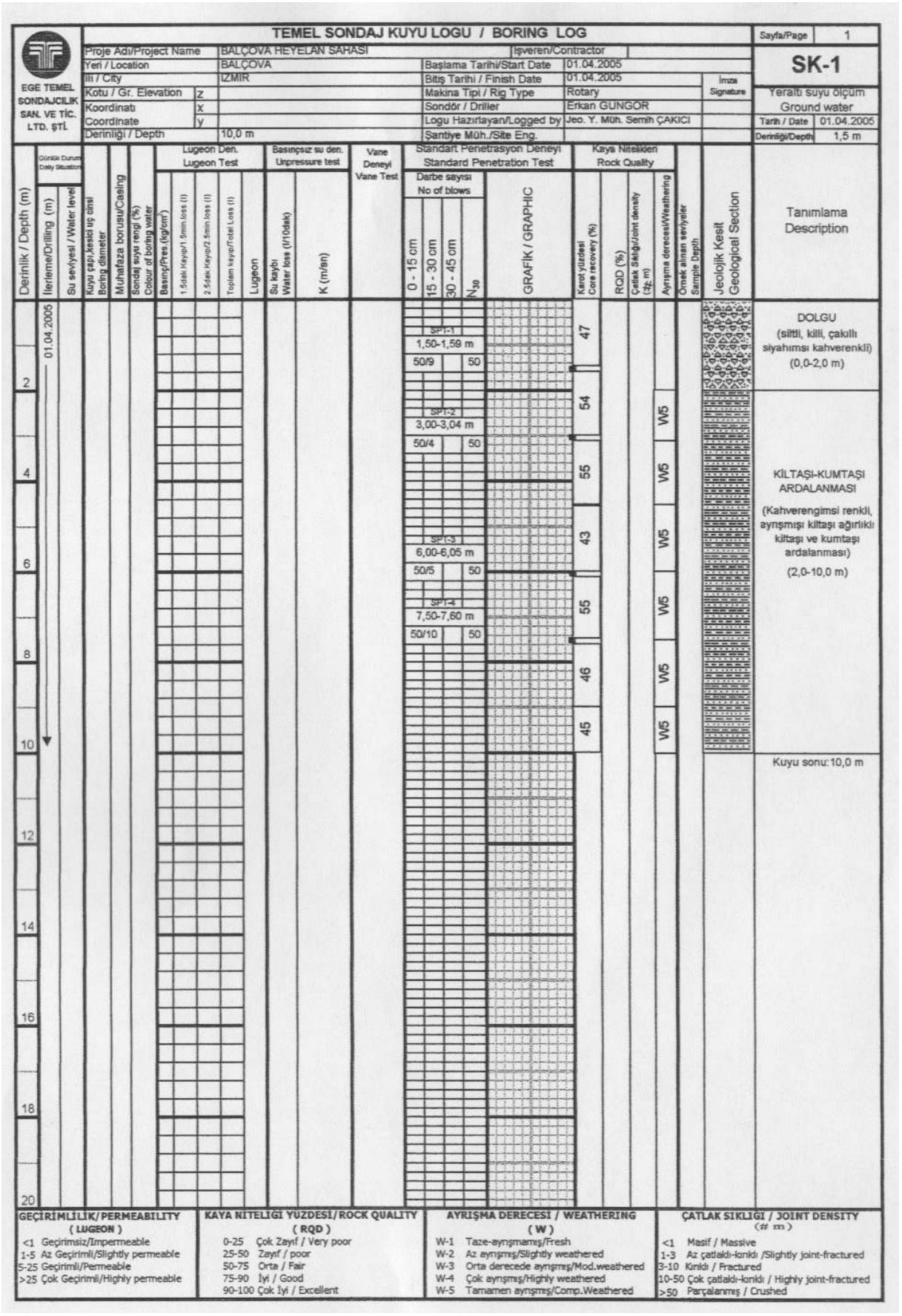
| Derinlik / Depth (m) | Günlük Durum / Daily Situation: İlerleme/Drilling (m) | Su seviyesi / Water level | Kuyu çapı,kesici uç cinsi / Boring diameter | Muhafaza borusu/Casing | Sondaj suyu rengi (%) / Colour of boring water | Lugeon Den. / Lugeon Test: Basınç/Pres.(kg/cm²) | 1.5dak.Kayıp/1.5min.loss (l) | 2.5dak.Kayıp/2.5min.loss (l) | Toplam kayıp/Total Loss (l) | Lugeon | Basınçsız su den. / Unpressure test: Su kaybı / Water loss (l/10dak) | K (m/sn) | Vane Deneyi / Vane Test | Standart Penetrasyon Deneyi / Standard Penetration Test: Darbe sayısı / No of blows: 0 - 15 cm | 15 - 30 cm | 30 - 45 cm | $N_{30}$ | GRAFİK / GRAPHIC | Kaya Nitelikleri / Rock Quality: Karot yüzdesi / Core recovery (%) | RQD (%) | Çatlak Sıklığı/Joint density (± m) | Ayrışma derecesi/Weathering | Örnek alınan seviyeler / Sample Depth | Jeolojik Kesit / Geological Section | Tanımlama / Description |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 22 | 13.05.2005 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 35 | | | | | | |
| 24 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 38 | | | | | | ŞEYL (mavimsi grimsi renkli çatlaklı, kırıklı) (10,50-30,00 m) |
| 26 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 35 | | >50 | W3-W4 | | | |
| 28 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 40 | | | | | | |
| 30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 33 | | | | | | |
| 32 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 60 | | | | | | Kuyu sonu:30,0 m |


TEMEL SONDAJ KUYU LOGU / BORING LOG
Sayfa/Page 1
SK-6
EGE TEMEL SONDAJCILIK SAN. VE TİC. LTD. ŞTİ.
Proje Adı/Project Name
İşveren/Contractor
Yeri / Location NARLIDERE
Başlama Tarihi/Start Date 13.05.2005
İli / City İZMİR
Bitiş Tarihi / Finish Date 14.05.2005
İmza Signature
Kotu / Gr. Elevation z
Makina Tipi / Rig Type Rotary
Yeraltı suyu ölçüm Ground water
Koordinatı x
Sondör / Driller Erkan GÜNGÖR
Coordinate y
Logu Hazırlayan/Logged by Jeo. Y. Müh. Semih ÇAKICI
Tarih / Date 14.05.200
Derinliği / Depth 20,0 m
Santiye Müh./Site Eng.
Derinliği/Depth 6,8 m
Günlük Durum Daily Situation
Derinlik / Depth (m)
İlerleme/Drilling (m)
Su seviyesi / Water level
Kuyu çapı, kesici uç cinsi Boring diameter
Muhafaza borusu/Casing
Sondaj suyu rengi (%) Colour of boring water
Lugeon Den. Lugeon Test
Basınç/Pres.(kg/cm²)
1.5dak.Kayıp/1.5min.loss (l)
2.5dak.Kayıp/2.5min.loss (l)
Toplam kayıp/Total Loss (l)
Lugeon
Basınçsız su den. Unpressure test
Su kaybı Water loss (l/10dak)
K (m/sn)
Vane Deneyi Vane Test
Standart Penetrasyon Deneyi Standard Penetration Test
Darbe sayısı No of blows
0 - 15 cm
15 - 30 cm
30 - 45 cm
N30
GRAFİK / GRAPHIC
Kaya Nitelikleri Rock Quality
Karot yüzdesi Core recovery (%)
RQD (%)
Çatlak Sıklığı/Joint density (# m)
Ayrışma derecesi/Weathering
Örnek alınan seviyeler Sample Depth
Jeolojik Kesit Geological Section
Tanımlama Description
13.05.2005
14.05.2005
SPT-1
1,50-1,95 m
10 15 15 30
SPT-2
3,00-3,08 m
50/8 50
YAMAÇ MOLOZU (KUMLU KİLLİ ÇAKIL) (0,0-0,
DOLGU
(Beton yol dolgusu) (0,8-1,0 m)
ÇAKILLI KİL (açık kahverenkli) (1,0-2,0 m)
ÇAKILLI KİL
(grimsi renkli)
(2,0-5,0 m)
ÇAMURTAŞI
(ayrışmış)
(5,00-9,00 m)
ÇAMURTAŞI
(ayrışmış, laminalanma belirgin)
(9,0-11,0 m)
ÇAMURTAŞI
(kahverengimsi gri renkli, kumtaşı ile ardalanmalı)
(11,0-13,0 m)
ÇAMURTAŞI
(mavimsi grimsi renkli
(13,0-20,0 m)
Kuyu sonu: 20,0 m
GEÇİRİMLİLİK/PERMEABILITY ( LUGEON )
<1 Geçirimsiz/Impermeable
1-5 Az Geçirimli/Slightly permeable
5-25 Geçirimli/Permeable
>25 Çok Geçirimli/Highly permeable
KAYA NİTELİĞİ YÜZDESİ/ROCK QUALITY ( RQD )
0-25 Çok Zayıf / Very poor
25-50 Zayıf / poor
50-75 Orta / Fair
75-90 İyi / Good
90-100 Çok İyi / Excellent
AYRIŞMA DERECESİ / WEATHERING ( W )
W-1 Taze-ayrışmamış/Fresh
W-2 Az ayrışmış/Slightly weathered
W-3 Orta derecede ayrışmış/Mod.weathered
W-4 Çok ayrışmış/Highly weathered
W-5 Tamamen ayrışmış/Comp.Weathered
ÇATLAK SIKLIĞI / JOINT DENSITY (# m)
<1 Masif / Massive
1-3 Az çatlaklı-kırıklı /Slightly joint-fractured
3-10 Kırıklı / Fractured
10-50 Çok çatlaklı-kırıklı / Highly joint-fractured
>50 Parçalanmış / Crushed


TEMEL SONDAJ KUYU LOGU / BORING LOG
Sayfa/Page 1
EGE TEMEL SONDAJCILIK SAN. VE TİC. LTD. ŞTİ.
Proje Adı/Project Name
İşveren/Contractor
Yeri / Location NARLIDERE
Başlama Tarihi/Start Date 14.05.2005
İli / City İZMİR
Bitiş Tarihi / Finish Date 14.05.2005
İmza Signature
Kotu / Gr. Elevation z
Makina Tipi / Rig Type Rotary
Koordinatı x
Sondör / Driller Erkan GÜNGÖR
Coordinate y
Logu Hazırlayan/Logged by Jeo. Y. Müh. Semih ÇAKICI
Derinliği / Depth 20,0 m
Santiye Müh./Site Eng.
SK-7
Yeraltı suyu ölçüm
Ground water
Tarih / Date 14.05.200
Derinliği/Depth 4,70
Derinlik / Depth (m)
İlerleme/Drilling (m)
Günlük Durum Daily Situation
Su seviyesi / Water level
14.05.2005
Kuyu çapı,kesici uç cinsi Boring diameter
Muhafaza borusu/Casing
Sondaj suyu rengi (%) Colour of boring water
Lugeon Den. Lugeon Test
Basınç/Pres.(kg/cm²)
1.5dak.Kayıp/1.5min.loss (l)
2.5dak.Kayıp/2.5min.loss (l)
Toplam kayıp/Total Loss (l)
Lugeon
Basınçsız su den. Unpressure test
Su kaybı Water loss (l/10dak)
K (m/sn)
Vane Deneyi Vane Test
Standart Penetrasyon Deneyi Standard Penetration Test
Darbe sayısı No of blows
0 - 15 cm
15 - 30 cm
30 - 45 cm
N30
GRAFİK / GRAPHIC
Kaya Nitelikleri Rock Quality
Karot yüzdesi Core recovery (%)
RQD (%)
Çatlak Sıklığı/Joint density (# /m)
Ayrışma derecesi/Weathering
Örnek alınan seviyeler Sample Depth
Jeolojik Kesit Geological Section
Tanımlama Description
SPT-1
1,50-1,62 m
50/12
50
SPT-2
3,00-3,07 m
50/7
50
50
35
45
35
40
10
45
W5
W2-W3
DOLGU (beton yol dolgus (0,0-0,5 m)
ÇAKILLI KİL (grimsi renkli) (0,5-2,0 m)
AZ KİLLİ ÇAKIL (grimsi renkli) (2,0-4,0 m)
ÇAKILLI KUM (grimsi renkli) (4,0-5,90 m)
KİLLİ ÇAKIL (Grimsi renkli) (5,90-8,0 m)
ÇAMURTAŞI (tamamen ayrışmış, yer yer çakıllı, grimsi renkli) (8,0-16,2 m)
ÇAMURTAŞI (Mavimsi grimsi renkli laminalı, çok çatlaklı, kırıklı) (16,2-20,0 m)
Kuyu sonu: 20,0 m
GEÇİRİMLİLİK/PERMEABILITY ( LUGEON )
<1 Geçirimsiz/Impermeable
1-5 Az Geçirimli/Slightly permeable
5-25 Geçirimli/Permeable
>25 Çok Geçirimli/Highly permeable
KAYA NİTELİĞİ YÜZDESİ/ROCK QUALITY ( RQD )
0-25 Çok Zayıf / Very poor
25-50 Zayıf / poor
50-75 Orta / Fair
75-90 İyi / Good
90-100 Çok İyi / Excellent
AYRIŞMA DERECESİ / WEATHERING ( W )
W-1 Taze-ayrışmamış/Fresh
W-2 Az ayrışmış/Slightly weathered
W-3 Orta derecede ayrışmış/Mod.weathered
W-4 Çok ayrışmış/Highly weathered
W-5 Tamamen ayrışmış/Comp.Weathered
ÇATLAK SIKLIĞI / JOINT DENSITY (# /m)
<1 Masif / Massive
1-3 Az çatlaklı-kırıklı /Slightly joint-fractured
3-10 Kırıklı / Fractured
10-50 Çok çatlaklı-kırıklı / Highly joint-fractured
>50 Parçalanmış / Crushed

# EK-4.2

## KABAOĞLU (BALÇOVA) HEYELAN SAHASI SONDAJ LOGLARI



TEMEL SONDAJ KUYU LOGU / BORING LOG

Sayfa/Page 1

SK-1

EGE TEMEL SONDAJCILIK SAN. VE TİC. LTD. ŞTİ.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Proje Adı/Project Name | BALÇOVA HEYELAN SAHASI | | İşveren/Contractor | |
| Yeri / Location | BALÇOVA | | Başlama Tarihi/Start Date | 01.04.2005 |
| İli / City | İZMİR | | Bitiş Tarihi / Finish Date | 01.04.2005 |
| Kotu / Gr. Elevation | z | | Makina Tipi / Rig Type | Rotary |
| Koordinatı | x | | Sondör / Driller | Erkan GÜNGÖR |
| Coordinate | y | | Logu Hazırlayan/Logged by | Jeo. Y. Müh. Semih ÇAKICI |
| Derinliği / Depth | 10,0 m | | Şantiye Müh./Site Eng. | |

İmza / Signature

Yeraltı suyu ölçüm / Ground water

Tarih / Date 01.04.2005

Derinliği/Depth 1,5 m

Derinlik / Depth (m) | Günlük Durum / Daily Situation | İlerlemer/Drilling (m) | Su seviyesi / Water level | Kuyu çapı,kesici uç cinsi / Boring diameter | Muhafaza borusu/Casing | Sondaj suyu rengi (%) / Colour of boring water | Lugeon Den. Lugeon Test: Basınç/Pres.(kg/cm²), 1.5dak.Kayıp/1.5min.loss (l), 2.5dak.Kayıp/2.5min.loss (l), Toplam kayıp/Total Loss (l), Lugeon | Basınçsız su den. Unpressure test: Su kaybı / Water loss (l/10dak), K (m/an) | Vane Deneyi / Vane Test | Standart Penetrasyon Deneyi / Standard Penetration Test: Darbe sayısı / No of blows (0 - 15 cm, 15 - 30 cm, 30 - 45 cm, N30), GRAFİK / GRAPHIC | Kaya Nitelikleri / Rock Quality: Karot yüzdesi / Core recovery (%), RQD (%), Çatlak Sıklığı/Joint density (# m), Ayrışma derecesi/Weathering | Örnek alınan seviyeler / Sample Depth | Jeolojik Kesit / Geological Section | Tanımlama / Description

| Derinlik (m) | Açıklama |
|---|---|
| 2 | DOLGU (siltli, killi, çakıllı siyahımsı kahverenkli) (0,0-2,0 m) |
| 4 | KİLTAŞI-KUMTAŞI ARDALANMASI (Kahverengimsi renkli, ayrışmışı kiltaşı ağırlıklı kiltaşı ve kumtaşı ardalanması) (2,0-10,0 m) |
| 6 | |
| 8 | |
| 10 | Kuyu sonu:10,0 m |
| 12 | |
| 14 | |
| 16 | |
| 18 | |
| 20 | |

01.04.2005

| Örnek alınan seviyeler / Sample Depth | Standart Penetrasyon Deneyi / Standard Penetration Test | Karot yüzdesi / Core recovery (%) | Ayrışma derecesi/Weathering |
|---|---|---|---|
| SPT-1 | 1,50-1,59 m; 50/9 50 | 47 | W5 |
| SPT-2 | 3,00-3,04 m; 50/4 50 | 54 | W5 |
| SPT-3 | 6,00-6,05 m; 50/5 50 | 55 | W5 |
| SPT-4 | 7,50-7,60 m; 50/10 50 | 43 | W5 |
| | | 55 | W5 |
| | | 46 | W5 |
| | | 45 | W5 |

**GEÇİRİMLİLİK/PERMEABILITY ( LUGEON )**

| | |
|---|---|
| <1 | Geçirimsiz/Impermeable |
| 1-5 | Az Geçirimli/Slightly permeable |
| 5-25 | Geçirimli/Permeable |
| >25 | Çok Geçirimli/Highly permeable |

**KAYA NİTELİĞİ YÜZDESİ/ROCK QUALITY ( RQD )**

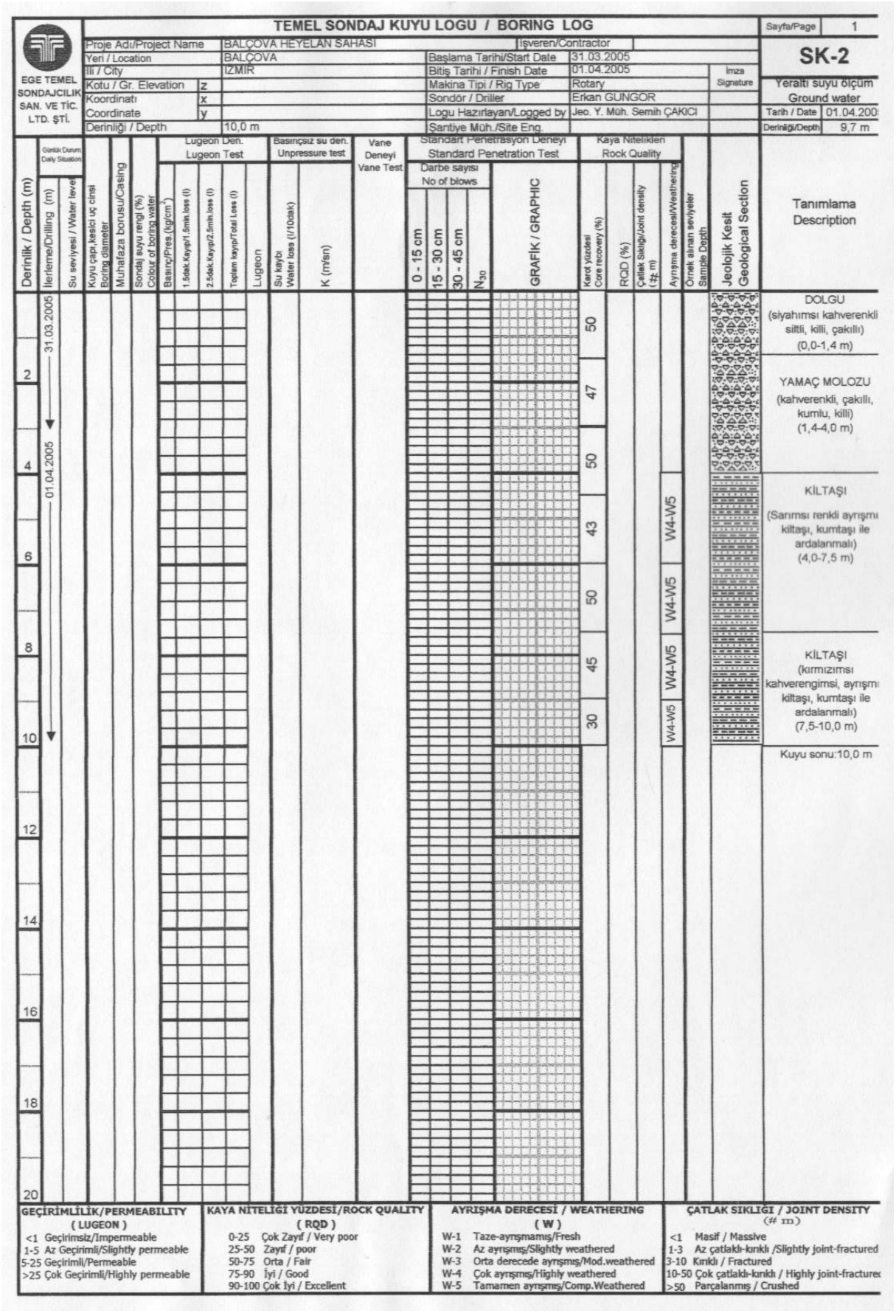
| | |
|---|---|
| 0-25 | Çok Zayıf / Very poor |
| 25-50 | Zayıf / poor |
| 50-75 | Orta / Fair |
| 75-90 | İyi / Good |
| 90-100 | Çok İyi / Excellent |

**AYRIŞMA DERECESİ / WEATHERING ( W )**

| | |
|---|---|
| W-1 | Taze-ayrışmamış/Fresh |
| W-2 | Az ayrışmış/Slightly weathered |
| W-3 | Orta derecede ayrışmış/Mod.weathered |
| W-4 | Çok ayrışmış/Highly weathered |
| W-5 | Tamamen ayrışmış/Comp.Weathered |

**ÇATLAK SIKLIĞI / JOINT DENSITY ( # m )**

| | |
|---|---|
| <1 | Masif / Massive |
| 1-3 | Az çatlaklı-kırıklı /Slightly joint-fractured |
| 3-10 | Kırıklı / Fractured |
| 10-50 | Çok çatlaklı-kırıklı / Highly joint-fractured |
| >50 | Parçalanmış / Crushed |



**TEMEL SONDAJ KUYU LOGU / BORING LOG**

Sayfa/Page: 1

EGE TEMEL SONDAJCILIK SAN. VE TİC. LTD. ŞTİ.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Proje Adı/Project Name | BALÇOVA HEYELAN SAHASI | İşveren/Contractor | |
| Yeri / Location | BALÇOVA | Başlama Tarihi/Start Date | 31.03.2005 |
| İli / City | İZMİR | Bitiş Tarihi / Finish Date | 01.04.2005 |
| Kotu / Gr. Elevation | z | Makina Tipi / Rig Type | Rotary |
| Koordinatı | x | Sondör / Driller | Erkan GÜNGÖR |
| Coordinate | y | Logu Hazırlayan/Logged by | Jeo. Y. Müh. Semih ÇAKICI |
| Derinliği / Depth | 10,0 m | Santiye Müh./Site Eng. | |

İmza / Signature

**SK-2**

Yeraltı suyu ölçüm / Ground water

Tarih / Date: 01.04.200

Derinliği/Depth: 9,7 m

Derinlik / Depth (m): 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20

Günlük Durum / Daily Situation

İlerleme/Drilling (m) — 31.03.2005 — 01.04.2005

Su seviyesi / Water level

Kuyu çapı,kesici uç cinsi / Boring diameter

Muhafaza borusu/Casing

Sondaj suyu rengi (%) / Colour of boring water

Lugeon Deneyi / Lugeon Test: Basınç/Pres.(kg/cm²); 1.5dak.Kayıp/1.5min.loss (l); 2.5dak.Kayıp/2.5min.loss (l); Toplam kayıp/Total Loss (l); Lugeon

Basınçsız su den. / Unpressure test: Su kaybı / Water loss (l/10dak); K (m/sn)

Vane Deneyi / Vane Test

Standart Penetrasyon Deneyi / Standard Penetration Test: Darbe sayısı / No of blows — 0 - 15 cm; 15 - 30 cm; 30 - 45 cm; $N_{30}$

GRAFİK / GRAPHIC

Kaya Nitelikleri / Rock Quality: Karot yüzdesi / Core recovery (%); RQD (%); Çatlak Sıklığı/Joint density (± m); Ayrışma derecesi/Weathering

Örnek alınan seviyeler / Sample Depth

Jeolojik Kesit / Geological Section

Tanımlama / Description

| Core recovery (%) | Ayrışma derecesi/Weathering | Tanımlama / Description |
|---|---|---|
| 50 | | DOLGU (siyahımsı kahverenkli siltli, killi, çakıllı) (0,0-1,4 m) |
| 47 | | YAMAÇ MOLOZU (kahverenkli, çakıllı, kumlu, killi) (1,4-4,0 m) |
| 50 | | |
| 43 | W4-W5 | KİLTAŞI (Sarımsı renkli ayrışmı kiltaşı, kumtaşı ile ardalanmalı) (4,0-7,5 m) |
| 50 | W4-W5 | |
| 45 | W4-W5 | KİLTAŞI (kırmızımsı kahverengimsi, ayrışmı kiltaşı, kumtaşı ile ardalanmalı) (7,5-10,0 m) |
| 30 | W4-W5 | |

Kuyu sonu:10,0 m

**GEÇİRİMLİLİK/PERMEABILITY ( LUGEON )**

<1 Geçirimsiz/Impermeable
1-5 Az Geçirimli/Slightly permeable
5-25 Geçirimli/Permeable
>25 Çok Geçirimli/Highly permeable

**KAYA NİTELİĞİ YÜZDESİ/ROCK QUALITY ( RQD )**

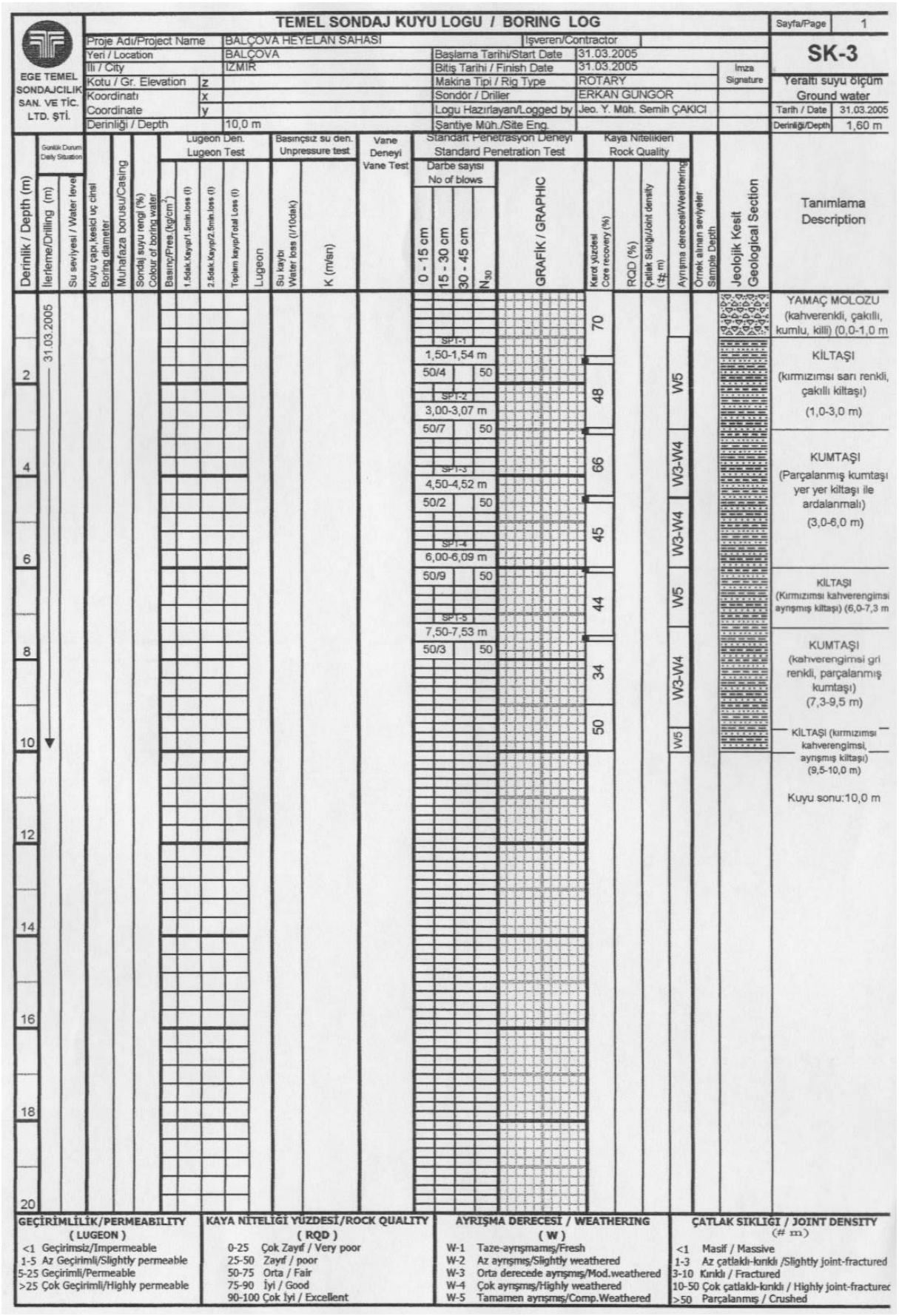
0-25 Çok Zayıf / Very poor
25-50 Zayıf / poor
50-75 Orta / Fair
75-90 İyi / Good
90-100 Çok İyi / Excellent

**AYRIŞMA DERECESİ / WEATHERING ( W )**

W-1 Taze-ayrışmamış/Fresh
W-2 Az ayrışmış/Slightly weathered
W-3 Orta derecede ayrışmış/Mod.weathered
W-4 Çok ayrışmış/Highly weathered
W-5 Tamamen ayrışmış/Comp.Weathered

**ÇATLAK SIKLIĞI / JOINT DENSITY (# m)**

<1 Masif / Massive
1-3 Az çatlaklı-kırıklı /Slightly joint-fractured
3-10 Kırıklı / Fractured
10-50 Çok çatlaklı-kırıklı / Highly joint-fractured
>50 Parçalanmış / Crushed



# TEMEL SONDAJ KUYU LOGU / BORING LOG

Sayfa/Page 1

**SK-3**

EGE TEMEL SONDAJCILIK SAN. VE TİC. LTD. ŞTİ.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Proje Adı/Project Name | BALÇOVA HEYELAN SAHASI | İşveren/Contractor | | |
| Yeri / Location | BALÇOVA | Başlama Tarihi/Start Date | 31.03.2005 | |
| İli / City | İZMİR | Bitiş Tarihi / Finish Date | 31.03.2005 | İmza Signature |
| Kotu / Gr. Elevation | z | Makina Tipi / Rig Type | ROTARY | Yeraltı suyu ölçüm Ground water |
| Koordinatı | x | Sondör / Driller | ERKAN GÜNGÖR | Tarih / Date 31.03.2005 |
| Coordinate | y | Logu Hazırlayan/Logged by | Jeo. Y. Müh. Semih ÇAKICI | |
| Derinliği / Depth | 10,0 m | Şantiye Müh./Site Eng. | | Derinliği/Depth 1,60 m |

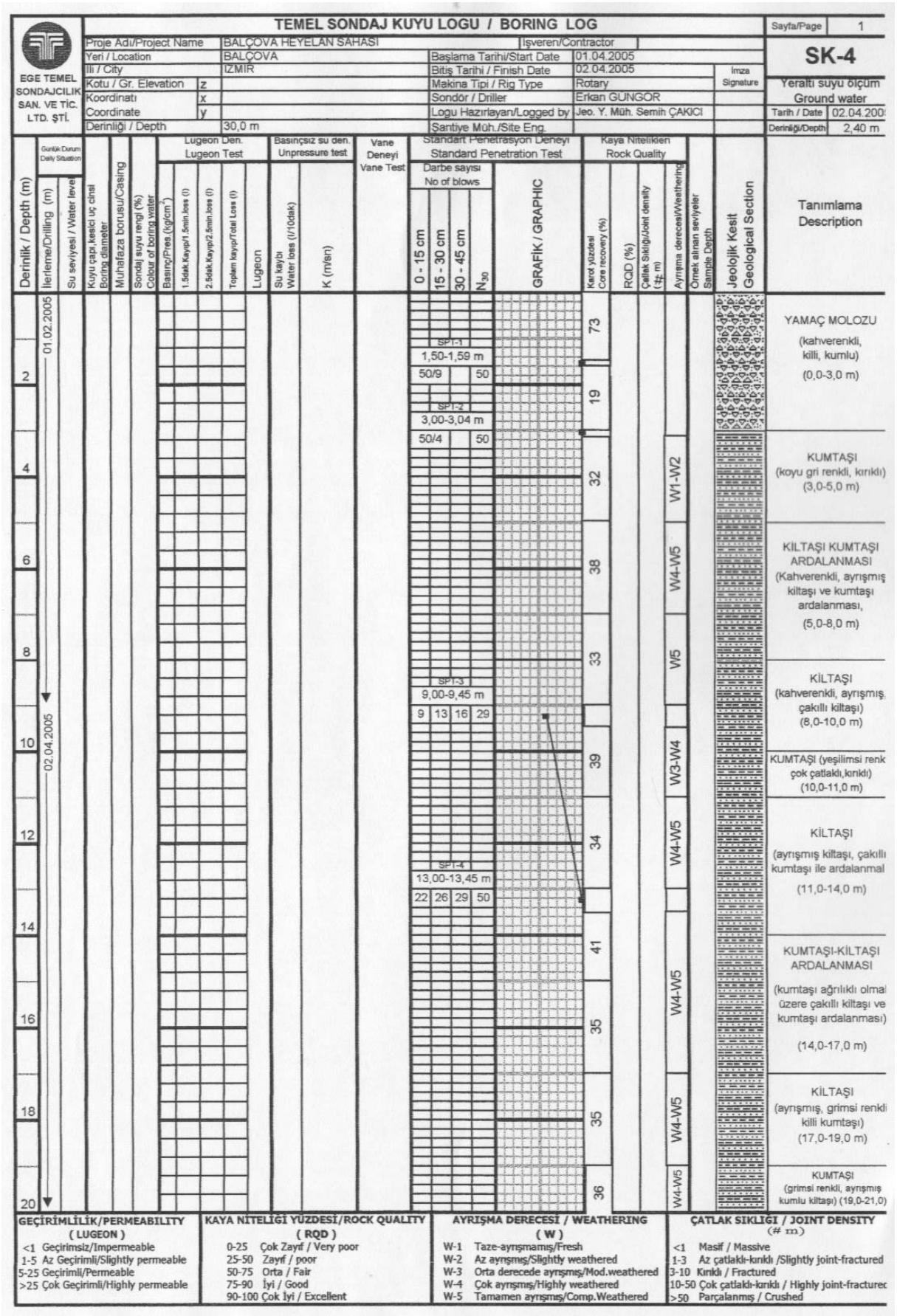
| Derinlik / Depth (m) | İlerleme/Drilling (m) | Günlük Durum Daily Situation / Su seviyesi / Water level | Kuyu çapı,kesici uç cinsi Boring diameter | Muhafaza borusu/Casing | Sondaj suyu rengi (%) Colour of boring water | Lugeon Deneyi Lugeon Test: Basınç/Pres.(kg/cm²) | 1.5dak.Kayıp/1.5min.loss (l) | 2.5dak.Kayıp/2.5min.loss (l) | Toplam kayıp/Total Loss (l) | Lugeon | Basınçsız su deneyi Unpressure test: Su kaybı Water loss (l/10dak) | K (m/sn) | Vane Deneyi Vane Test | Standart Penetrasyon Deneyi Standard Penetration Test: Darbe sayısı No of blows 0 - 15 cm | 15 - 30 cm | 30 - 45 cm | $N_{30}$ | GRAFİK / GRAPHIC | Kaya Nitelikleri Rock Quality: Karot yüzdesi Core recovery (%) | RQD (%) | Çatlak Sıklığı/Joint density (# m) | Ayrışma derecesi/Weathering | Örnek alınan seviyeler Sample Depth | Jeolojik Kesit Geological Section | Tanımlama Description |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | | 31.03.2005 | | | | | | | | | | | | SPT-1 1,50-1,54 m: 50/4 | | | 50 | | 70 | | | W5 | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | SPT-2 3,00-3,07 m: 50/7 | | | 50 | | 48 | | | | | KİLTAŞI (kırmızımsı sarı renkli, çakıllı kiltaşı) (1,0-3,0 m) |
| 6 | | | | | | | | | | | | | | SPT-3 4,50-4,52 m: 50/2 | | | 50 | | 66 | | | W3-W4 | | KUMTAŞI (Parçalanmış kumtaşı yer yer kiltaşı ile ardalanmalı) (3,0-6,0 m) |
| 8 | | | | | | | | | | | | | | SPT-4 6,00-6,09 m: 50/9 | | | 50 | | 45 | | | W3-W4 | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | | | SPT-5 7,50-7,53 m: 50/3 | | | 50 | | 44 | | | W5 | | KİLTAŞI (Kırmızımsı kahverengimsi ayrışmış kiltaşı) (6,0-7,3 m |
| 12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 34 | | | W3-W4 | | KUMTAŞI (kahverengimsi gri renkli, parçalanmış kumtaşı) (7,3-9,5 m) |
| 14 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 50 | | | W5 | | KİLTAŞI (kırmızımsı kahverengimsi, ayrışmış kiltaşı) (9,5-10,0 m) |
| 16 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Kuyu sonu:10,0 m |
| 18 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

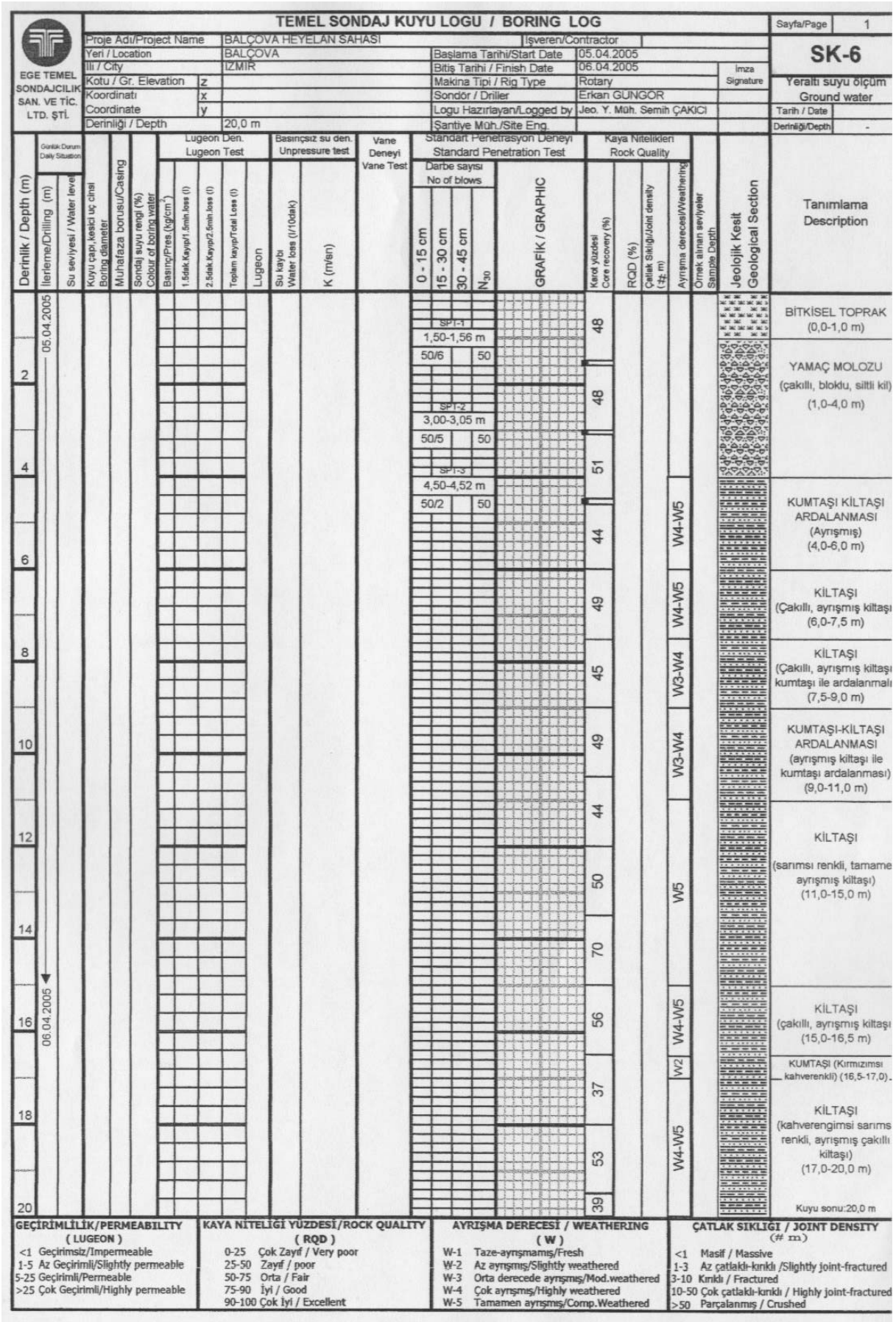
**GEÇİRİMLİLİK/PERMEABILITY ( LUGEON )**
- <1 Geçirimsiz/Impermeable
- 1-5 Az Geçirimli/Slightly permeable
- 5-25 Geçirimli/Permeable
- >25 Çok Geçirimli/Highly permeable

**KAYA NİTELİĞİ YÜZDESİ/ROCK QUALITY ( RQD )**
- 0-25 Çok Zayıf / Very poor
- 25-50 Zayıf / poor
- 50-75 Orta / Fair
- 75-90 İyi / Good
- 90-100 Çok İyi / Excellent

**AYRIŞMA DERECESİ / WEATHERING ( W )**
- W-1 Taze-ayrışmamış/Fresh
- W-2 Az ayrışmış/Slightly weathered
- W-3 Orta derecede ayrışmış/Mod.weathered
- W-4 Çok ayrışmış/Highly weathered
- W-5 Tamamen ayrışmış/Comp.Weathered

**ÇATLAK SIKLIĞI / JOINT DENSITY (# m)**
- <1 Masif / Massive
- 1-3 Az çatlaklı-kırıklı /Slightly joint-fractured
- 3-10 Kırıklı / Fractured
- 10-50 Çok çatlaklı-kırıklı / Highly joint-fractured
- >50 Parçalanmış / Crushed


TEMEL SONDAJ KUYU LOGU / BORING LOG
Sayfa/Page 1
SK-4
EGE TEMEL SONDAJCILIK SAN. VE TİC. LTD. ŞTİ.
Proje Adı/Project Name BALÇOVA HEYELAN SAHASI
İşveren/Contractor
Yeri / Location BALÇOVA
İli / City İZMİR
Başlama Tarihi/Start Date 01.04.2005
Bitiş Tarihi / Finish Date 02.04.2005
Makina Tipi / Rig Type Rotary
Sondör / Driller Erkan GÜNGÖR
Logu Hazırlayan/Logged by Jeo. Y. Müh. Semih ÇAKICI
Şantiye Müh./Site Eng.
İmza Signature
Kotu / Gr. Elevation z
Koordinatı x
Coordinate y
Derinliği / Depth 30,0 m
Yeraltı suyu ölçüm Ground water
Tarih / Date 02.04.200
Derinliği/Depth 2,40 m
Derinlik / Depth (m)
Günlük Durum Daily Situation
İlerleme/Drilling (m)
Su seviyesi / Water level
Kuyu çapı,kesici uç cinsi Boring diameter
Muhafaza borusu/Casing
Sondaj suyu rengi (%) Colour of boring water
Lugeon Den. Lugeon Test
Basınç/Pres (kg/cm²)
1.Sdak.Kayıp/1.Smin.loss (l)
2.Sdak.Kayıp/2.Smin.loss (l)
Toplam kayıp/Total Loss (l)
Lugeon
Basınçsız su den. Unpressure test
Su kaybı Water loss (l/10dak)
K (m/sn)
Vane Deneyi Vane Test
Standart Penetrasyon Deneyi Standard Penetration Test
Darbe sayısı No of blows
0 - 15 cm
15 - 30 cm
30 - 45 cm
N30
GRAFİK / GRAPHIC
Kaya Nitelikleri Rock Quality
Karot yüzdesi Core recovery (%)
RQD (%)
Çatlak Sıklığı/Joint density (1/m)
Ayrışma derecesi/Weathering
Örnek alınan seviyeler Sample Depth
Jeolojik Kesit Geological Section
Tanımlama Description
01.02.2005
02.04.2005
SPT-1
1,50-1,59 m
50/9 50
SPT-2
3,00-3,04 m
50/4 50
SPT-3
9,00-9,45 m
9 13 16 29
SPT-4
13,00-13,45 m
22 26 29 50
73
19
32
38
33
39
34
41
35
35
36
W1-W2
W4-W5
W5
W3-W4
W4-W5
W4-W5
W4-W5
YAMAÇ MOLOZU
(kahverenkli, killi, kumlu)
(0,0-3,0 m)
KUMTAŞI
(koyu gri renkli, kırıklı)
(3,0-5,0 m)
KİLTAŞI KUMTAŞI ARDALANMASI
(Kahverenkli, ayrışmış kiltaşı ve kumtaşı ardalanması,
(5,0-8,0 m)
KİLTAŞI
(kahverenkli, ayrışmış, çakıllı kiltaşı)
(8,0-10,0 m)
KUMTAŞI (yeşilimsi renk çok çatlaklı,kırıklı)
(10,0-11,0 m)
KİLTAŞI
(ayrışmış kiltaşı, çakıllı kumtaşı ile ardalanmal
(11,0-14,0 m)
KUMTAŞI-KİLTAŞI ARDALANMASI
(kumtaşı ağırlıklı olmal üzere çakıllı kiltaşı ve kumtaşı ardalanması)
(14,0-17,0 m)
KİLTAŞI
(ayrışmış, grimsi renkli killi kumtaşı)
(17,0-19,0 m)
KUMTAŞI
(grimsi renkli, ayrışmış kumlu kiltaşı) (19,0-21,0)
GEÇİRİMLİLİK/PERMEABILITY ( LUGEON )
<1 Geçirimsiz/Impermeable
1-5 Az Geçirimli/Slightly permeable
5-25 Geçirimli/Permeable
>25 Çok Geçirimli/Highly permeable
KAYA NİTELİĞİ YÜZDESİ/ROCK QUALITY ( RQD )
0-25 Çok Zayıf / Very poor
25-50 Zayıf / poor
50-75 Orta / Fair
75-90 İyi / Good
90-100 Çok İyi / Excellent
AYRIŞMA DERECESİ / WEATHERING ( W )
W-1 Taze-ayrışmamış/Fresh
W-2 Az ayrışmış/Slightly weathered
W-3 Orta derecede ayrışmış/Mod.weathered
W-4 Çok ayrışmış/Highly weathered
W-5 Tamamen ayrışmış/Comp.Weathered
ÇATLAK SIKLIĞI / JOINT DENSITY (# /m)
<1 Masif / Massive
1-3 Az çatlaklı-kırıklı /Slightly joint-fractured
3-10 Kırıklı / Fractured
10-50 Çok çatlaklı-kırıklı / Highly joint-fractured
>50 Parçalanmış / Crushed



# TEMEL SONDAJ KUYU LOGU / BORING LOG

Sayfa/Page 1

**SK-6**

EGE TEMEL SONDAJCILIK SAN. VE TİC. LTD. ŞTİ.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Proje Adı/Project Name | BALÇOVA HEYELAN SAHASI | İşveren/Contractor | | |
| Yeri / Location | BALÇOVA | Başlama Tarihi/Start Date | 05.04.2005 | |
| İli / City | İZMİR | Bitiş Tarihi / Finish Date | 06.04.2005 | İmza Signature |
| Kotu / Gr. Elevation | z | Makina Tipi / Rig Type | Rotary | |
| Koordinatı | x | Sondör / Driller | Erkan GÜNGÖR | |
| Coordinate | y | Logu Hazırlayan/Logged by | Jeo. Y. Müh. Semih ÇAKICI | |
| Derinliği / Depth | 20,0 m | Şantiye Müh./Site Eng. | | |

Yeraltı suyu ölçüm / Ground water — Tarih / Date — Derinliği/Depth -

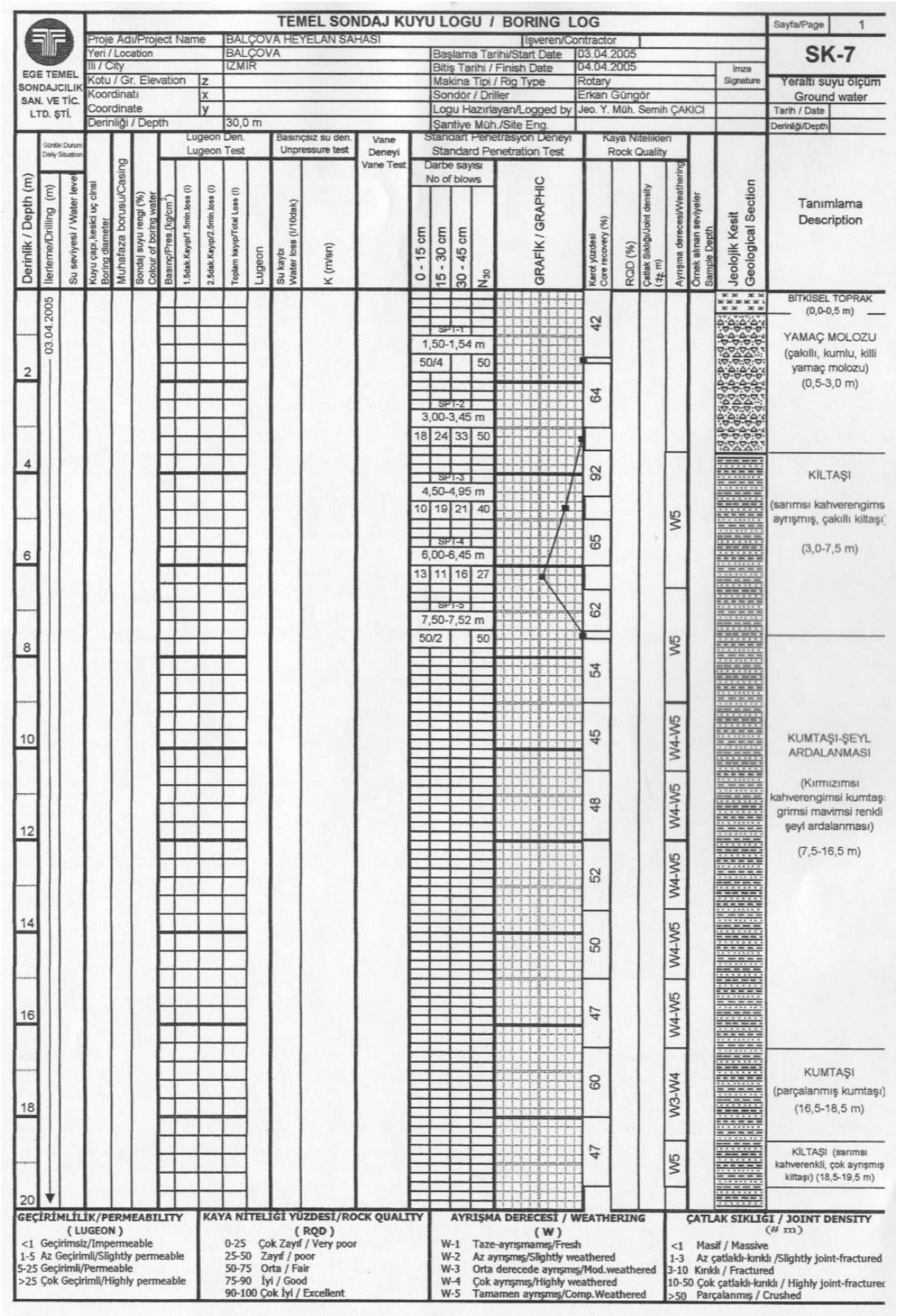
| Derinlik / Depth (m) | Günlük Durum / Daily Situation: İlerleme/Drilling (m) | Su seviyesi / Water level | Kuyu çapı, kesici uç cinsi / Boring diameter | Muhafaza borusu/Casing | Sondaj suyu rengi (%) / Colour of boring water | Lugeon Den. / Lugeon Test: Basınç/Pres. (kg/cm²) | 1.5dak Kayıp/1.5min.loss (l) | 2.5dak Kayıp/2.5min.loss (l) | Toplam kayıp/Total Loss (l) | Lugeon | Basınçsız su den. / Unpressure test: Su kaybı / Water loss (l/10dak) | K (m/sn) | Vane Deneyi / Vane Test | Standart Penetrasyon Deneyi / Standard Penetration Test: Darbe sayısı / No of blows 0 - 15 cm | 15 - 30 cm | 30 - 45 cm | $N_{30}$ | GRAFİK / GRAPHIC | Kaya Nitelikleri / Rock Quality: Karot yüzdesi / Core recovery (%) | RQD (%) | Çatlak Sıklığı/Joint density (# m) | Ayrışma derecesi/Weathering | Örnek alınan seviyeler / Sample Depth | Jeolojik Kesit / Geological Section | Tanımlama / Description |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 05.04.2005 | | | | | | | | | | | | | SPT-1 1,50-1,56 m | 50/6 | | 50 | | 48 | | | | | | BİTKİSEL TOPRAK (0,0-1,0 m) |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | SPT-2 3,00-3,05 m | 50/5 | | 50 | | 48 | | | | | | YAMAÇ MOLOZU (çakıllı, bloklu, siltli kil) (1,0-4,0 m) |
| 6 | | | | | | | | | | | | | | SPT-3 4,50-4,52 m | 50/2 | | 50 | | 51 | | | W4-W5 | | | KUMTAŞI KİLTAŞI ARDALANMASI (Ayrışmış) (4,0-6,0 m) |
| 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 44 | | | | | | KİLTAŞI (Çakıllı, ayrışmış kiltaşı (6,0-7,5 m) |
| 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 49 | | | W4-W5 | | | KİLTAŞI (Çakıllı, ayrışmış kiltaşı kumtaşı ile ardalanmalı (7,5-9,0 m) |
| 12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 45 | | | W3-W4 | | | KUMTAŞI-KİLTAŞI ARDALANMASI (ayrışmış kiltaşı ile kumtaşı ardalanması) (9,0-11,0 m) |
| 14 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 49 | | | W3-W4 | | | KİLTAŞI (sarımsı renkli, tamamen ayrışmış kiltaşı) (11,0-15,0 m) |
| 16 | 06.04.2005 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 44 | | | W5 | | | KİLTAŞI (çakıllı, ayrışmış kiltaşı (15,0-16,5 m) |
| 18 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 50 | | | W4-W5 | | | KUMTAŞI (Kırmızımsı kahverenkli) (16,5-17,0) |
| 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 70 | | | W2 | | | KİLTAŞI (kahverengimsi sarımsı renkli, ayrışmış çakıllı kiltaşı) (17,0-20,0 m) |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 56 | | | W4-W5 | | | Kuyu sonu:20,0 m |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 37 | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 53 | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 39 | | | | | | |

**GEÇİRİMLİLİK/PERMEABILITY ( LUGEON )**
- <1 Geçirimsiz/Impermeable
- 1-5 Az Geçirimli/Slightly permeable
- 5-25 Geçirimli/Permeable
- >25 Çok Geçirimli/Highly permeable

**KAYA NİTELİĞİ YÜZDESİ/ROCK QUALITY ( RQD )**
- 0-25 Çok Zayıf / Very poor
- 25-50 Zayıf / poor
- 50-75 Orta / Fair
- 75-90 İyi / Good
- 90-100 Çok İyi / Excellent

**AYRIŞMA DERECESİ / WEATHERING ( W )**
- W-1 Taze-ayrışmamış/Fresh
- W-2 Az ayrışmış/Slightly weathered
- W-3 Orta derecede ayrışmış/Mod.weathered
- W-4 Çok ayrışmış/Highly weathered
- W-5 Tamamen ayrışmış/Comp.Weathered

**ÇATLAK SIKLIĞI / JOINT DENSITY (# m)**
- <1 Masif / Massive
- 1-3 Az çatlaklı-kırıklı /Slightly joint-fractured
- 3-10 Kırıklı / Fractured
- 10-50 Çok çatlaklı-kırıklı / Highly joint-fractured
- >50 Parçalanmış / Crushed



# TEMEL SONDAJ KUYU LOGU / BORING LOG

Sayfa/Page 1

**SK-7**

EGE TEMEL SONDAJCILIK SAN. VE TİC. LTD. ŞTİ.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Proje Adı/Project Name | BALÇOVA HEYELAN SAHASI | İşveren/Contractor | | |
| Yeri / Location | BALÇOVA | Başlama Tarihi/Start Date | 03.04.2005 | |
| İli / City | İZMİR | Bitiş Tarihi / Finish Date | 04.04.2005 | İmza Signature |
| Kotu / Gr. Elevation | z | Makina Tipi / Rig Type | Rotary | |
| Koordinatı | x | Sondör / Driller | Erkan Güngör | |
| Coordinate | y | Logu Hazırlayan/Logged by | Jeo. Y. Müh. Semih ÇAKICI | |
| Derinliği / Depth | 30,0 m | Şantiye Müh./Site Eng. | | |

Yeraltı suyu ölçüm / Ground water — Tarih / Date — Derinliği/Depth

Günlük Durum / Daily Situation

| Derinlik / Depth (m) | İlerleme/Drilling (m) | Su seviyesi / Water level | Kuyu çap.,kesici uç cinsi Boring diameter | Muhafaza borusu/Casing | Sondaj suyu rengi (%) Colour of boring water | Lugeon Den. Lugeon Test: Basınç/Press (kg/cm²) | 1.5dak.Kayıp/1.5min.loss (l) | 2.5dak.Kayıp/2.5min.loss (l) | Toplam kayıp/Total Loss (l) | Lugeon | Basınçsız su den. Unpressure test: Su kaybı Water loss (l/10dak) | K (m/sn) | Vane Deneyi Vane Test | Standart Penetrasyon Deneyi Standard Penetration Test: Darbe sayısı No of blows 0 - 15 cm | 15 - 30 cm | 30 - 45 cm | $N_{30}$ | GRAFİK / GRAPHIC | Kaya Nitelikleri Rock Quality: Karot yüzdesi Core recovery (%) | RQD (%) | Çatlak Sıklığı/Joint density (# m) | Ayrışma derecesi/Weathering | Örnek alınan seviyeler Sample Depth | Jeolojik Kesit Geological Section | Tanımlama Description |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | 03.04.2005 | | | | | | | | | | | | | SPT-1 | | | | | 42 | | | | | BİTKİSEL TOPRAK (0,0-0,5 m) |
| | | | | | | | | | | | | | | 1,50-1,54 m | | | | | | | | | | YAMAÇ MOLOZU (çakıllı, kumlu, killi yamaç molozu) (0,5-3,0 m) |
| | | | | | | | | | | | | | | 50/4 | | | 50 | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | SPT-2 | | | | | 64 | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | 3,00-3,45 m | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | 18 | 24 | 33 | 50 | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | | | | SPT-3 | | | | | 92 | | | W5 | | KİLTAŞI (sarımsı kahverengimsi ayrışmış, çakıllı kiltaşı) (3,0-7,5 m) |
| | | | | | | | | | | | | | | 4,50-4,95 m | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | 10 | 19 | 21 | 40 | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | | | | | SPT-4 | | | | | 65 | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | 6,00-6,45 m | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | 13 | 11 | 16 | 27 | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | | | SPT-5 | | | | | 62 | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | 7,50-7,52 m | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | 50/2 | | | 50 | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 54 | | | | | KUMTAŞI-ŞEYL ARDALANMASI (Kırmızımsı kahverengimsi kumtaşı grimsi mavimsi renkli şeyl ardalanması) (7,5-16,5 m) |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 45 | | | W4-W5 | | |
| 14 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 48 | | | W4-W5 | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 52 | | | W4-W5 | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 50 | | | W4-W5 | | |
| 16 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 47 | | | W4-W5 | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 60 | | | W3-W4 | | KUMTAŞI (parçalanmış kumtaşı) (16,5-18,5 m) |
| 18 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 47 | | | W5 | | KİLTAŞI (sarımsı kahverenkli, çok ayrışmış kiltaşı) (18,5-19,5 m) |
| 20 | ▼ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

**GEÇİRİMLİLİK/PERMEABILITY ( LUGEON )**
- <1 Geçirimsiz/Impermeable
- 1-5 Az Geçirimli/Slightly permeable
- 5-25 Geçirimli/Permeable
- >25 Çok Geçirimli/Highly permeable

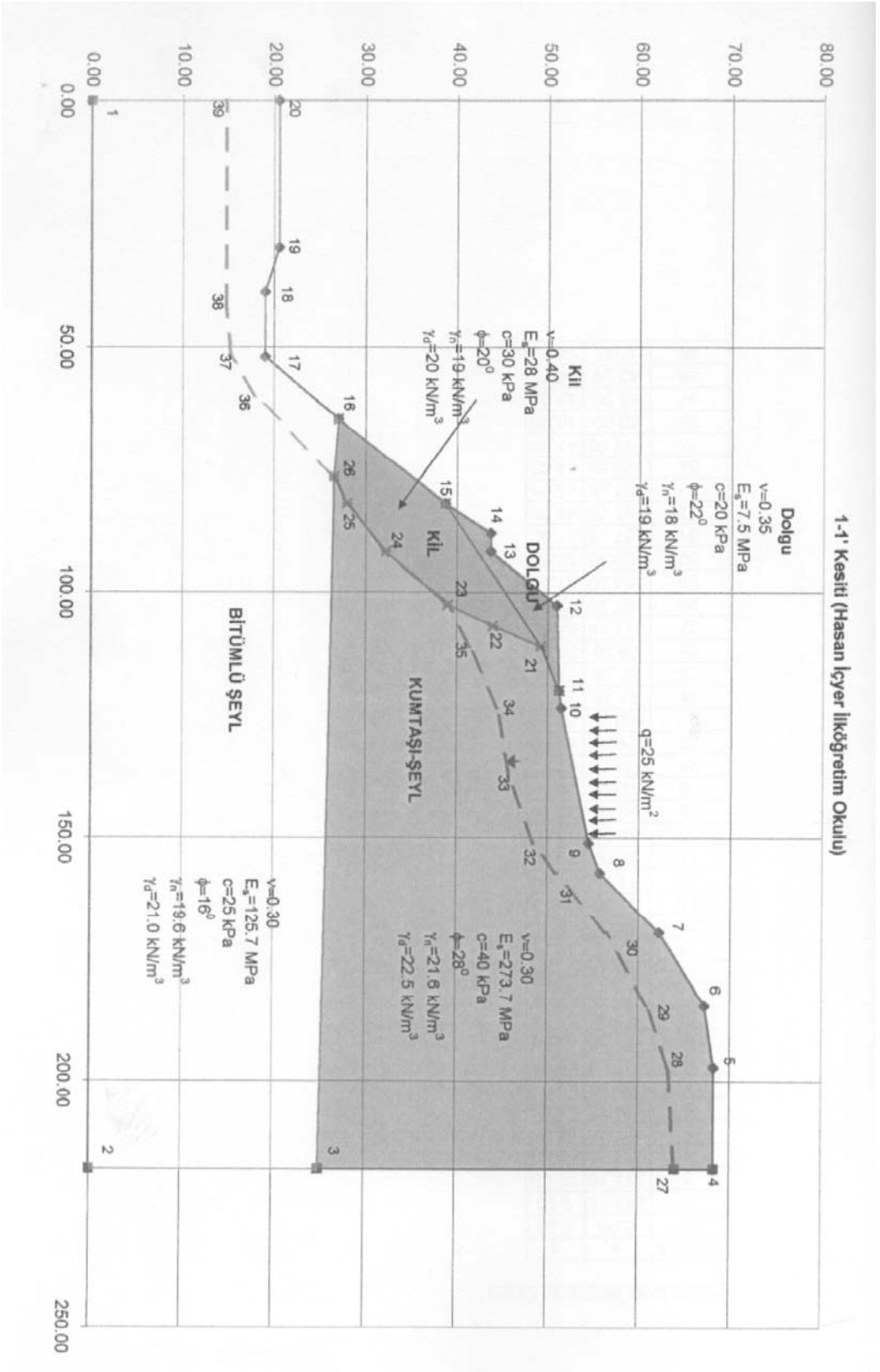
**KAYA NİTELİĞİ YÜZDESİ/ROCK QUALITY ( RQD )**
- 0-25 Çok Zayıf / Very poor
- 25-50 Zayıf / poor
- 50-75 Orta / Fair
- 75-90 İyi / Good
- 90-100 Çok İyi / Excellent

**AYRIŞMA DERECESİ / WEATHERING ( W )**
- W-1 Taze-ayrışmamış/Fresh
- W-2 Az ayrışmış/Slightly weathered
- W-3 Orta derecede ayrışmış/Mod.weathered
- W-4 Çok ayrışmış/Highly weathered
- W-5 Tamamen ayrışmış/Comp.Weathered

**ÇATLAK SIKLIĞI / JOINT DENSITY (# m)**
- <1 Masif / Massive
- 1-3 Az çatlaklı-kırıklı /Slightly joint-fractured
- 3-10 Kırıklı / Fractured
- 10-50 Çok çatlaklı-kırıklı / Highly joint-fractured
- >50 Parçalanmış / Crushed

# EK – 5

## NARBEL (NARLIDERE) HEYELAN SAHASI
## ŞEV STABİLİTE ANALİZLERİ
## PLAXİS ÇIKTILARI


1-1' Kesiti (Hasan İçyer İlköğretim Okulu)
Dolgu
ν=0.35
Es=7.5 MPa
c=20 kPa
ϕ=22⁰
γn=18 kN/m³
γd=19 kN/m³
Kil
ν=0.40
Es=28 MPa
c=30 kPa
ϕ=20⁰
γn=19 kN/m³
γd=20 kN/m³
DOLGU
Kİl
KUMTAŞI-ŞEYL
BİTÜMLÜ ŞEYL
q=25 kN/m²
ν=0.30
Es=273.7 MPa
c=40 kPa
ϕ=28⁰
γn=21.6 kN/m³
γd=22.5 kN/m³
ν=0.30
Es=125.7 MPa
c=25 kPa
ϕ=16⁰
γn=19.6 kN/m³
γd=21.0 kN/m³
80.00
70.00
60.00
50.00
40.00
30.00
20.00
10.00
0.00
0.00
50.00
100.00
150.00
200.00
250.00

Hasan İçyer İlköğretim Okulu

| Nokta # | x | y |
|---|---|---|
| 1 | 0.00 | 0.00 |
| 2 | 217.75 | 0.00 |
| 3 | 217.75 | 25.00 |
| 4 | 217.75 | 68.25 |
| 5 | 197.25 | 68.25 |
| 6 | 184.50 | 67.25 |
| 7 | 169.50 | 62.25 |
| 8 | 157.25 | 55.75 |
| 9 | 151.25 | 54.50 |
| 10 | 123.50 | 51.50 |
| 11 | 120.00 | 51.25 |
| 12 | 102.75 | 51.00 |
| 13 | 91.75 | 43.75 |
| 14 | 88.00 | 43.75 |
| 15 | 82.00 | 38.75 |
| 16 | 64.75 | 27.00 |
| 17 | 52.00 | 19.00 |
| 18 | 39.00 | 19.00 |
| 19 | 30.00 | 20.50 |
| 20 | 0.00 | 20.50 |
| 21 | 111.00 | 49.25 |
| 22 | 106.75 | 44.00 |
| 23 | 102.50 | 39.00 |
| 24 | 91.75 | 32.25 |
| 25 | 82.00 | 28.00 |
| 26 | 76.50 | 26.50 |
| 27 | 217.75 | 64.00 |
| 28 | 197.25 | 63.25 |
| 29 | 184.50 | 61.00 |
| 30 | 169.50 | 56.50 |
| 31 | 157.25 | 51.00 |
| 32 | 151.25 | 48.50 |
| 33 | 137.25 | 45.75 |
| 34 | 123.50 | 44.50 |
| 35 | 111.00 | 41.50 |
| 36 | 60.00 | 18.00 |
| 37 | 52.00 | 15.25 |
| 38 | 42.00 | 14.75 |
| 39 | 0.00 | 14.75 |

## OKUL Kesiti

**Doğru # : 1**

| Nokta # | x | y |
|---|---|---|
| 4 | 217.75 | 68.25 |
| 5 | 197.25 | 68.25 |
| 6 | 184.50 | 67.25 |
| 7 | 169.50 | 62.25 |
| 8 | 157.25 | 55.75 |
| 9 | 151.25 | 54.50 |
| 10 | 123.50 | 51.50 |
| 11 | 120.00 | 51.25 |
| 12 | 102.75 | 51.00 |
| 13 | 91.75 | 43.75 |
| 14 | 88.00 | 43.75 |
| 15 | 82.00 | 38.75 |
| 16 | 64.75 | 27.00 |
| 17 | 52.00 | 19.00 |
| 18 | 39.00 | 19.00 |
| 19 | 30.00 | 20.50 |
| 20 | 0.00 | 20.50 |

**Doğru # : 2**

| Nokta # | x | y |
|---|---|---|
| 1 | 0.00 | 0.00 |
| 2 | 217.75 | 0.00 |
| 3 | 217.75 | 25.00 |
| 27 | 217.75 | 64.00 |
| 4 | 217.75 | 68.25 |

**Doğru # : 3**

| Nokta # | x | y |
|---|---|---|
| 16 | 64.75 | 27.00 |
| 26 | 76.50 | 26.50 |
| 3 | 217.75 | 25.00 |

**Doğru # : 4**

| Nokta # | x | y |
|---|---|---|
| 15 | 82.00 | 38.75 |
| 21 | 111.00 | 49.25 |
| 11 | 120.00 | 51.25 |

**Doğru # : 5**

| Nokta # | x | y |
|---|---|---|
| 21 | 111.00 | 49.25 |
| 22 | 106.75 | 44.00 |
| 23 | 102.50 | 39.00 |
| 24 | 91.75 | 32.25 |
| 25 | 82.00 | 28.00 |
| 26 | 76.50 | 26.50 |
| 16 | 64.75 | 27.00 |

**YASS**

| Nokta # | x | y |
|---|---|---|
| 27 | 217.75 | 64.00 |
| 28 | 197.25 | 63.25 |
| 29 | 184.50 | 61.00 |
| 30 | 169.50 | 56.50 |
| 31 | 157.25 | 51.00 |
| 32 | 151.25 | 48.50 |
| 33 | 137.25 | 45.75 |
| 34 | 123.50 | 44.50 |
| 35 | 111.00 | 41.50 |
| 23 | 102.50 | 39.00 |
| 24 | 91.75 | 32.25 |
| 25 | 82.00 | 28.00 |
| 26 | 76.50 | 26.50 |
| 36 | 60.00 | 18.00 |
| 37 | 52.00 | 15.25 |
| 38 | 42.00 | 14.75 |
| 39 | 0.00 | 14.75 |

# RAPOR

| | |
|---|---|
| **Kurum** | Dokuz Eylül Üniversitesi |
| **Analiz** | Hasan İçyer Ilköğretim Okulu Kesiti (depremsiz mevcut durum) |

# İçindekiler

1. Genel bilgi ..... 3
2. Sonlu elemanlar ağı ..... 4
3. Malzeme verisi ..... 5
4. Hesaplama fazları ..... 7
5. Faz 1 için sonuçlar ..... 8
6. Faz 2 için sonuçlar ..... 9

# 1. Genel bilgi

**Table [1] Units**

| Type | Unit |
|---|---|
| Length | m |
| Force | kN |
| Time | day |

**Table [2] Model dimensions**

| | min. | max. |
|---|---|---|
| X | 0.000 | 217.750 |
| Y | 0.000 | 68.250 |

**Table [3] Model**

| Model | Plane strain |
|---|---|
| Element | 15-Noded |

## 2. Sonlu elemanlar ağı

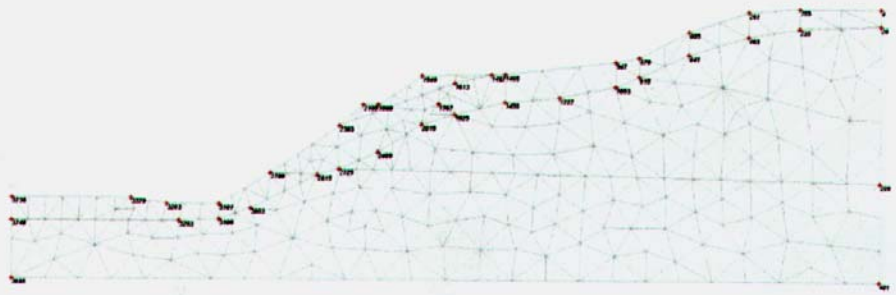


**Fig. 1 Plot of the mesh with significant nodes**

# 3. Malzeme verisi

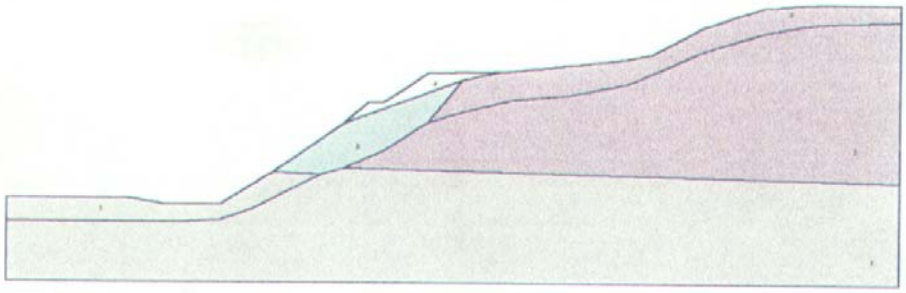


Fig. 2 Plot of geometry with material data sets

Table [4] Soil data sets parameters

| *Mohr-Coulomb* | | 1<br>bitum_seyl | 2<br>kumtasi_seyl | 3<br>kil | 4<br>dolgu |
|---|---|---|---|---|---|
| Type | | Drained | Drained | Drained | Drained |
| $\gamma_{unsat}$ | [kN/m³] | 19.60 | 21.60 | 19.00 | 18.00 |
| $\gamma_{sat}$ | [kN/m³] | 21.00 | 22.50 | 20.00 | 19.00 |
| $k_x$ | [m/day] | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| $k_y$ | [m/day] | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| $e_{init}$ | [-] | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| $c_k$ | [-] | 1E15 | 1E15 | 1E15 | 1E15 |
| $E_{ref}$ | [kN/m²] | 125700.000 | 273700.000 | 28000.000 | 7500.000 |
| $\nu$ | [-] | 0.300 | 0.300 | 0.400 | 0.350 |
| $G_{ref}$ | [kN/m²] | 48346.154 | 105269.231 | 10000.000 | 2777.778 |
| $E_{oed}$ | [kN/m²] | 169211.538 | 368442.308 | 60000.000 | 12037.037 |
| $c_{ref}$ | [kN/m²] | 25.00 | 40.00 | 30.00 | 20.00 |
| $\varphi$ | [°] | 16.00 | 28.00 | 20.00 | 22.00 |
| $\psi$ | [°] | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| $E_{inc}$ | [kN/m²/m] | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

| *Mohr-Coulomb* | | 1<br>bitum_seyl | 2<br>kumtasi_seyl | 3<br>kil | 4<br>dolgu |
|---|---|---|---|---|---|
| $y_{ref}$ | [m] | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| $c_{increment}$ | [kN/m²/m] | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| $T_{str.}$ | [kN/m²] | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| $R_{inter.}$ | [-] | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| **Interface permeability** | | Neutral | Neutral | Neutral | Neutral |

# 4. Hesaplama fazları

Table [5] List of phases

| Phase | Ph-No. | Start phase | Calculation type | Load input | First step | Last step |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Initial phase | 0 | 0 | | - | 0 | 0 |
| <Phase 1> | 1 | 0 | Plastic | Total multipliers | 1 | 5 |
| <Phase 2> | 2 | 1 | Phi/c reduction | Incremental multipliers | 6 | 105 |

Table [6] Total multipliers - input values

| Ph-No. | Displ. | Contr. A | Contr. B | Load A | Load B | Weight | Accel | Time | s-f |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.0000 |
| 1 | 1.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.0000 |
| 2 | 1.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.8837 |

Table [7] Total multipliers - reached values

| Ph-No. | Displ. | Contr. A | Contr. B | Load A | Load B | Weight | Accel | Time | s-f |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.0000 |
| 1 | 1.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.0000 |
| 2 | 1.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.8837 |

# 5. Faz 1 için sonuçlar (geostatik durum-analize hazırlık)

**Table [8] Reached multipliers phase no: 1**

| Multipliers | Incremental value | Total value |
|---|---|---|
| Prescribed displacements | 0.00 | 1.00 |
| Contraction tunnel A | 0.00 | 0.00 |
| Contraction tunnel B | 0.00 | 0.00 |
| Load system A | 0.00 | 1.00 |
| Load system B | 0.00 | 1.00 |
| Soil weight | 0.08 | 1.00 |
| Acceleration | 0.00 | 0.00 |
| Strength reduction factor | 0.00 | 1.00 |
| Time | 0.00 | 0.00 |

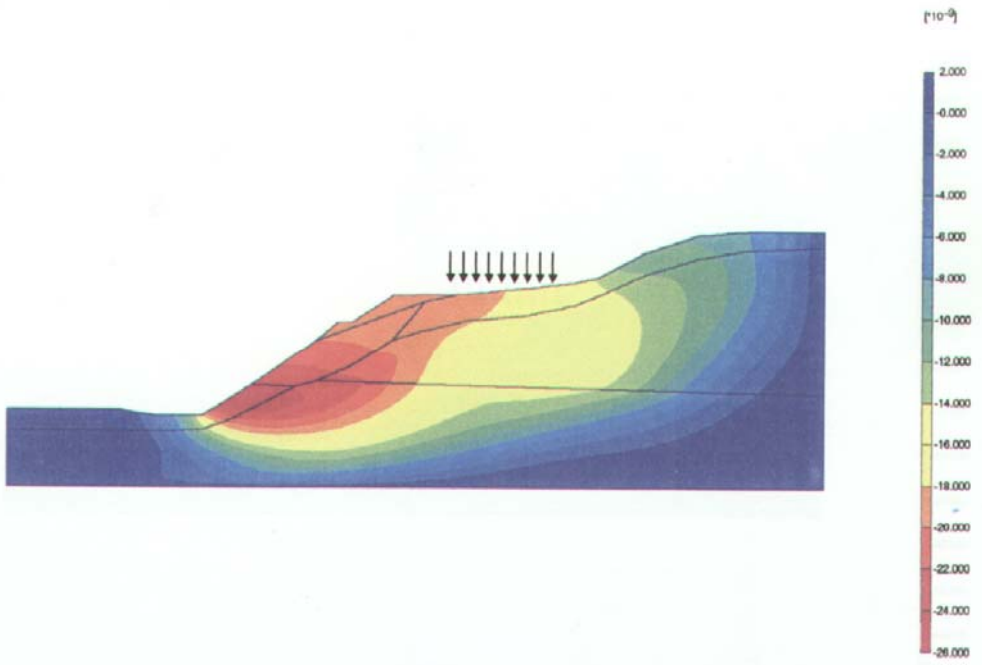



**Fig. 3 Plot of horizontal increments (shadings) - step no: 5 - ( phase: 1 )**

# 6. Faz 2 için sonuçlar (c-ϕ şev stabilitesi analizi)

**Table [9] Reached multipliers phase no: 2**

| Multipliers | Incremental value | Total value |
|---|---|---|
| Prescribed displacements | 0.00 | 1.00 |
| Contraction tunnel A | 0.00 | 0.00 |
| Contraction tunnel B | 0.00 | 0.00 |
| Load system A | 0.00 | 1.00 |
| Load system B | 0.00 | 1.00 |
| Soil weight | 0.00 | 1.00 |
| Acceleration | 0.00 | 0.00 |
| Strength reduction factor (Kaymaya karşı güvenlik faktörü) | 0.00 | **0.88** |
| Time | 0.00 | 0.00 |

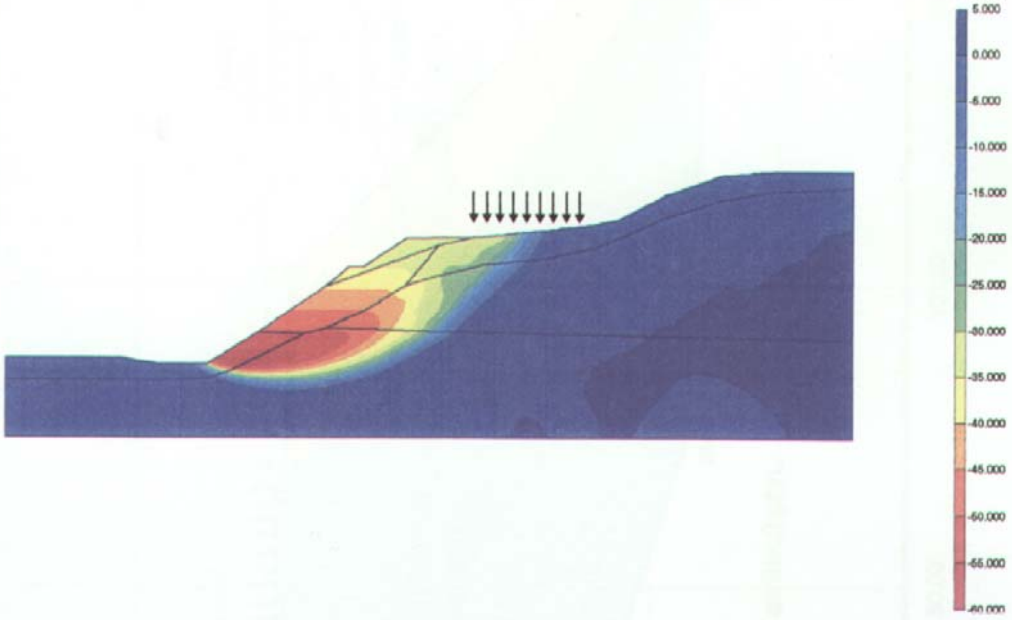
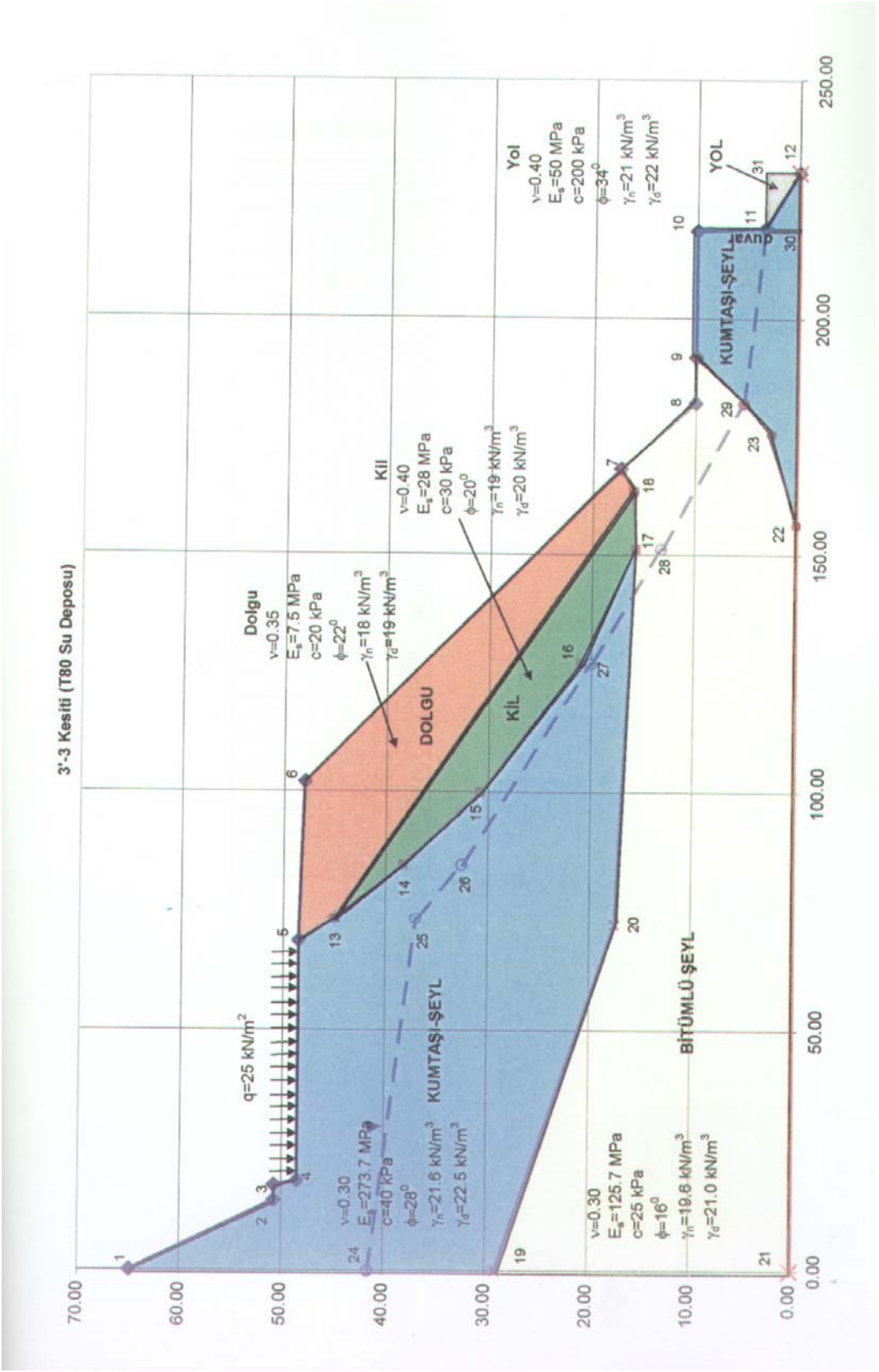


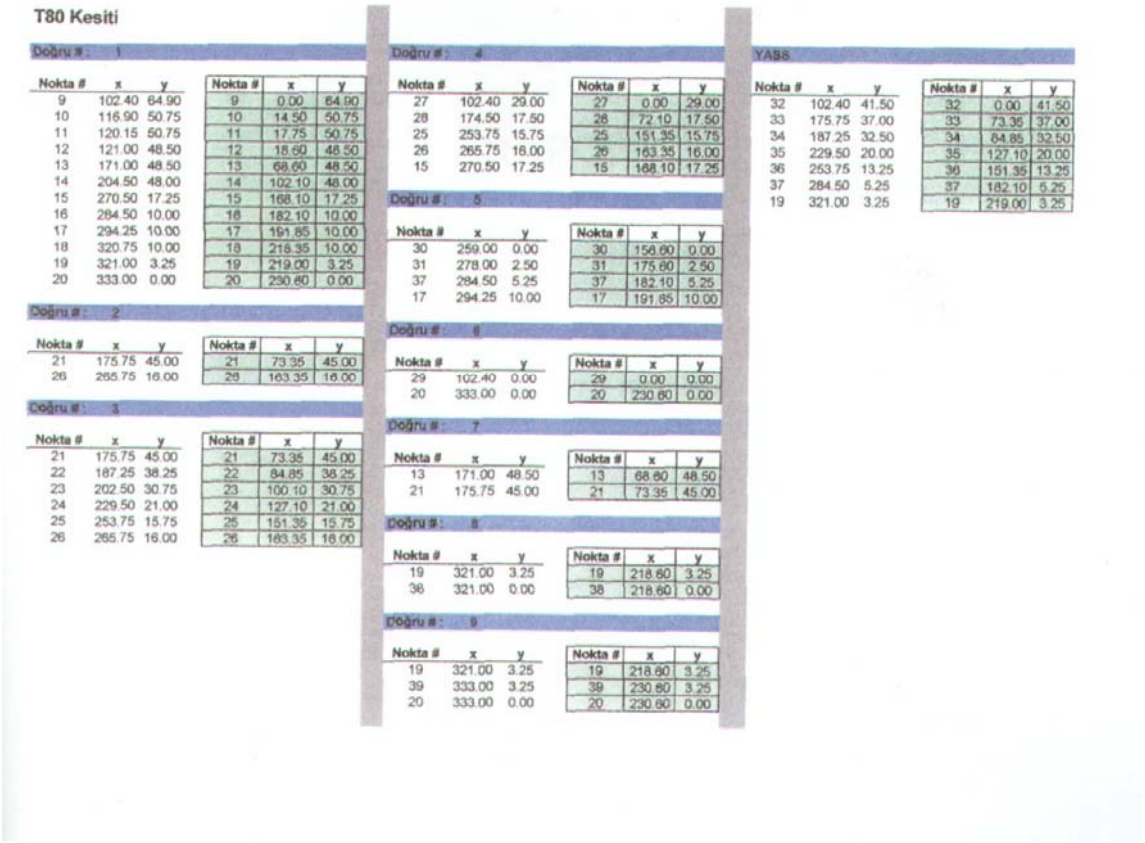

**Fig. 4 Plot of horizontal increments (shadings) - step no: 105 - ( phase: 2 )**

**(OLASI KAYMA DAİRESİ)**


3'-3 Kesiti (T80 Su Deposu)
Dolgu
ν=0.35
Es=7.5 MPa
c=20 kPa
ϕ=22⁰
γn=18 kN/m³
γd=19 kN/m³
Kil
ν=0.40
Es=28 MPa
c=30 kPa
ϕ=20⁰
γn=19 kN/m³
γd=20 kN/m³
Yol
ν=0.40
Es=50 MPa
c=200 kPa
ϕ=34⁰
γn=21 kN/m³
γd=22 kN/m³
q=25 kN/m²
DOLGU
KİL
YOL
KUMTAŞI-ŞEYL
BİTÜMLÜ ŞEYL
ν=0.30
Es=273.7 MPa
c=40 kPa
ϕ=28⁰
γn=21.6 kN/m³
γd=22.5 kN/m³
ν=0.30
Es=125.7 MPa
c=25 kPa
ϕ=16⁰
γn=19.6 kN/m³
γd=21.0 kN/m³
70.00
60.00
50.00
40.00
30.00
20.00
10.00
0.00
0.00
50.00
100.00
150.00
200.00
250.00

T-80 Koordinatları

| Nokta # | x | y |
|---|---|---|
| 1 | 0.00 | 64.90 |
| 2 | 14.50 | 50.75 |
| 3 | 17.75 | 50.75 |
| 4 | 18.60 | 48.50 |
| 5 | 68.60 | 48.50 |
| 6 | 102.10 | 48.00 |
| 7 | 168.10 | 17.25 |
| 8 | 182.10 | 10.00 |
| 9 | 191.85 | 10.00 |
| 10 | 218.35 | 10.00 |
| 11 | 219.00 | 3.25 |
| 12 | 230.60 | 0.00 |
| 13 | 73.35 | 45.00 |
| 14 | 84.85 | 38.25 |
| 15 | 100.10 | 30.75 |
| 16 | 127.10 | 21.00 |
| 17 | 151.35 | 15.75 |
| 18 | 163.35 | 16.00 |
| 19 | 0.00 | 29.00 |
| 20 | 72.10 | 17.50 |
| 21 | 0.00 | 0.00 |
| 22 | 156.60 | 0.00 |
| 23 | 175.60 | 2.50 |
| 24 | 0.00 | 41.50 |
| 25 | 73.35 | 37.00 |
| 26 | 84.85 | 32.50 |
| 27 | 127.10 | 20.00 |
| 28 | 151.35 | 13.25 |
| 29 | 182.10 | 5.25 |
| 30 | 218.60 | 0.00 |
| 31 | 230.6 | 3.25 |



**T80 Kesiti**

Doğru # : 1

| Nokta # | x | y |
|---|---|---|
| 9 | 102.40 | 64.90 |
| 10 | 116.90 | 50.75 |
| 11 | 120.15 | 50.75 |
| 12 | 121.00 | 48.50 |
| 13 | 171.00 | 48.50 |
| 14 | 204.50 | 48.00 |
| 15 | 270.50 | 17.25 |
| 16 | 284.50 | 10.00 |
| 17 | 294.25 | 10.00 |
| 18 | 320.75 | 10.00 |
| 19 | 321.00 | 3.25 |
| 20 | 333.00 | 0.00 |

| Nokta # | x | y |
|---|---|---|
| 9 | 0.00 | 64.90 |
| 10 | 14.50 | 50.75 |
| 11 | 17.75 | 50.75 |
| 12 | 18.60 | 48.50 |
| 13 | 68.60 | 48.50 |
| 14 | 102.10 | 48.00 |
| 15 | 168.10 | 17.25 |
| 16 | 182.10 | 10.00 |
| 17 | 191.85 | 10.00 |
| 18 | 216.35 | 10.00 |
| 19 | 219.00 | 3.25 |
| 20 | 230.60 | 0.00 |

Doğru # : 2

| Nokta # | x | y |
|---|---|---|
| 21 | 175.75 | 45.00 |
| 26 | 265.75 | 16.00 |

| Nokta # | x | y |
|---|---|---|
| 21 | 73.35 | 45.00 |
| 26 | 163.35 | 16.00 |

Doğru # : 3

| Nokta # | x | y |
|---|---|---|
| 21 | 175.75 | 45.00 |
| 22 | 187.25 | 38.25 |
| 23 | 202.50 | 30.75 |
| 24 | 229.50 | 21.00 |
| 25 | 253.75 | 15.75 |
| 26 | 265.75 | 16.00 |

| Nokta # | x | y |
|---|---|---|
| 21 | 73.35 | 45.00 |
| 22 | 84.85 | 38.25 |
| 23 | 100.10 | 30.75 |
| 24 | 127.10 | 21.00 |
| 25 | 151.35 | 15.75 |
| 26 | 163.35 | 16.00 |

Doğru # : 4

| Nokta # | x | y |
|---|---|---|
| 27 | 102.40 | 29.00 |
| 28 | 174.50 | 17.50 |
| 25 | 253.75 | 15.75 |
| 26 | 265.75 | 16.00 |
| 15 | 270.50 | 17.25 |

| Nokta # | x | y |
|---|---|---|
| 27 | 0.00 | 29.00 |
| 28 | 72.10 | 17.50 |
| 25 | 151.35 | 15.75 |
| 26 | 163.35 | 16.00 |
| 15 | 168.10 | 17.25 |

Doğru # : 5

| Nokta # | x | y |
|---|---|---|
| 30 | 259.00 | 0.00 |
| 31 | 278.00 | 2.50 |
| 37 | 284.50 | 5.25 |
| 17 | 294.25 | 10.00 |

| Nokta # | x | y |
|---|---|---|
| 30 | 156.60 | 0.00 |
| 31 | 175.60 | 2.50 |
| 37 | 182.10 | 5.25 |
| 17 | 191.85 | 10.00 |

Doğru # : 6

| Nokta # | x | y |
|---|---|---|
| 29 | 102.40 | 0.00 |
| 20 | 333.00 | 0.00 |

| Nokta # | x | y |
|---|---|---|
| 29 | 0.00 | 0.00 |
| 20 | 230.60 | 0.00 |

Doğru # : 7

| Nokta # | x | y |
|---|---|---|
| 13 | 171.00 | 48.50 |
| 21 | 175.75 | 45.00 |

| Nokta # | x | y |
|---|---|---|
| 13 | 68.60 | 48.50 |
| 21 | 73.35 | 45.00 |

Doğru # : 8

| Nokta # | x | y |
|---|---|---|
| 19 | 321.00 | 3.25 |
| 38 | 321.00 | 0.00 |

| Nokta # | x | y |
|---|---|---|
| 19 | 218.60 | 3.25 |
| 38 | 218.60 | 0.00 |

Doğru # : 9

| Nokta # | x | y |
|---|---|---|
| 19 | 321.00 | 3.25 |
| 39 | 333.00 | 3.25 |
| 20 | 333.00 | 0.00 |

| Nokta # | x | y |
|---|---|---|
| 19 | 218.60 | 3.25 |
| 39 | 230.60 | 3.25 |
| 20 | 230.60 | 0.00 |

YAS8

| Nokta # | x | y |
|---|---|---|
| 32 | 102.40 | 41.50 |
| 33 | 175.75 | 37.00 |
| 34 | 187.25 | 32.50 |
| 35 | 229.50 | 20.00 |
| 36 | 253.75 | 13.25 |
| 37 | 284.50 | 5.25 |
| 19 | 321.00 | 3.25 |

| Nokta # | x | y |
|---|---|---|
| 32 | 0.00 | 41.50 |
| 33 | 73.35 | 37.00 |
| 34 | 84.85 | 32.50 |
| 35 | 127.10 | 20.00 |
| 36 | 151.35 | 13.25 |
| 37 | 182.10 | 5.25 |
| 19 | 219.00 | 3.25 |

# RAPOR

**User:** Dokuz Eylül Üniversitesi

**Title:** T80 Su Deposu (depremsiz mevcut durum)

# İçindekiler

1. Genel bilgi ..... 3
2. Geometri ..... 4
3. Sonlu elemanlar ağı ..... 5
4. Malzeme verisi ..... 6
5. Hesaplama fazları ..... 8
6. Faz 1 için sonuçlar ..... 9
7. Faz 2 için sonuçlar ..... 10

# 1. Genel bilgi

**Table [1] Units**

| Type | Unit |
|---|---|
| Length | m |
| Force | kN |
| Time | day |

**Table [2] Model dimensions**

| | min. | max. |
|---|---|---|
| X | 0.000 | 230.600 |
| Y | 0.000 | 64.900 |

**Table [3] Model**

| Model | Plane strain |
|---|---|
| Element | 15-Noded |

## 2. Geometri

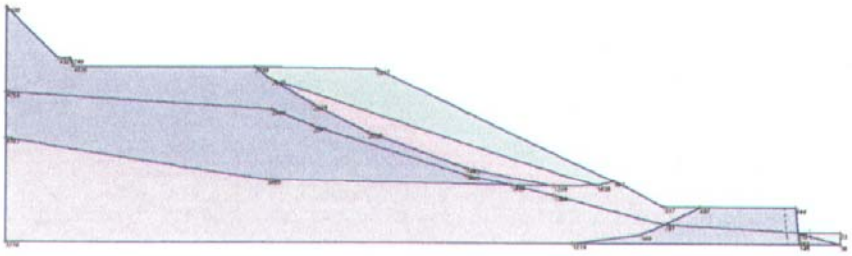


Fig. 1 Plot of geometry model with significant nodes

# 3. Sonlu elemanlar ağı

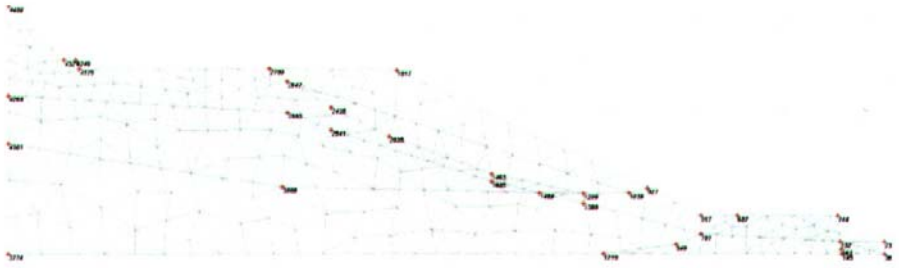


**Fig. 2 Plot of the mesh with significant nodes**

# 4. Malzeme verisi

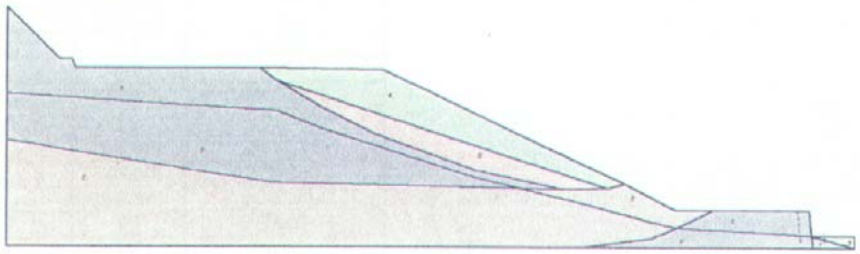


Fig. 3 Plot of geometry with material data sets

Table [4] Soil data sets parameters

| *Mohr-Coulomb* | | 1<br>kumtasi_seyl | 2<br>bitum_seyl | 3<br>kil | 4<br>dolgu |
|---|---|---|---|---|---|
| Type | | Drained | Drained | Drained | Drained |
| $\gamma_{unsat}$ | [kN/m³] | 21.60 | 19.60 | 19.00 | 18.00 |
| $\gamma_{sat}$ | [kN/m³] | 22.50 | 21.00 | 20.00 | 19.00 |
| $k_x$ | [m/day] | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| $k_y$ | [m/day] | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| $e_{init}$ | [-] | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| $c_k$ | [-] | 1E15 | 1E15 | 1E15 | 1E15 |
| $E_{ref}$ | [kN/m²] | 273700.000 | 125700.000 | 28000.000 | 7500.000 |
| $\nu$ | [-] | 0.300 | 0.300 | 0.400 | 0.350 |
| $G_{ref}$ | [kN/m²] | 105269.231 | 48346.154 | 10000.000 | 2777.778 |
| $E_{oed}$ | [kN/m²] | 368442.308 | 169211.538 | 60000.000 | 12037.037 |
| $c_{ref}$ | [kN/m²] | 40.00 | 25.00 | 30.00 | 20.00 |
| $\varphi$ | [°] | 28.00 | 16.00 | 20.00 | 22.00 |
| $\psi$ | [°] | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| $E_{inc}$ | [kN/m²/m] | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

| *Mohr-Coulomb* | | 1<br>kumtasi_seyl | 2<br>bitum_seyl | 3<br>kil | 4<br>dolgu |
|---|---|---|---|---|---|
| $y_{ref}$ | [m] | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| $c_{increment}$ | [kN/m²/m] | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| $T_{str.}$ | [kN/m²] | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| $R_{inter.}$ | [-] | 0.67 | 0.67 | 1.00 | 1.00 |
| **Interface permeability** | | Neutral | Neutral | Neutral | Neutral |

| *Mohr-Coulomb* | | 5<br>yol |
|---|---|---|
| Type | | Drained |
| $\gamma_{unsat}$ | [kN/m³] | 21.00 |
| $\gamma_{sat}$ | [kN/m³] | 22.00 |
| $k_x$ | [m/day] | 1.000 |
| $k_y$ | [m/day] | 1.000 |
| $e_{init}$ | [-] | 1.000 |
| $c_k$ | [-] | 1E15 |
| $E_{ref}$ | [kN/m²] | 50000.000 |
| $\nu$ | [-] | 0.400 |
| $G_{ref}$ | [kN/m²] | 17857.143 |
| $E_{oed}$ | [kN/m²] | 107142.857 |
| $c_{ref}$ | [kN/m²] | 200.00 |
| $\varphi$ | [°] | 34.00 |
| $\psi$ | [°] | 0.00 |
| $E_{inc}$ | [kN/m²/m] | 0.00 |
| $y_{ref}$ | [m] | 0.000 |
| $c_{increment}$ | [kN/m²/m] | 0.00 |
| $T_{str.}$ | [kN/m²] | 0.00 |
| $R_{inter.}$ | [-] | 0.67 |
| **Interface permeability** | | Neutral |

# 5. Hesaplama fazları

Table [5] List of phases

| Phase | Ph-No. | Start phase | Calculation type | Load input | First step | Last step |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Initial phase | 0 | 0 | | - | 0 | 0 |
| <Phase 1> | 1 | 0 | Plastic | Total multipliers | 1 | 11 |
| <Phase 2> | 2 | 1 | Phi/c reduction | Incremental multipliers | 12 | 111 |

Table [6] Incremental multipliers (input values)

| Ph-No. | Displ. | Contr. A | Contr. B | Load A | Load B | Weight | Accel | Time | s-f |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 1 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 2 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.1000 |

Table [7] Total multipliers - input values

| Ph-No. | Displ. | Contr. A | Contr. B | Load A | Load B | Weight | Accel | Time | s-f |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.0000 |
| 1 | 1.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.0000 |
| 2 | 1.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.0796 |

Table [8] Total multipliers - reached values

| Ph-No. | Displ. | Contr. A | Contr. B | Load A | Load B | Weight | Accel | Time | s-f |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.0000 |
| 1 | 1.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.0000 |
| 2 | 1.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.0796 |

# 6. Faz 1 için sonuçlar (geostatik durum-analize hazırlık)

**Table [9] Reached multipliers phase no: 1**

| Multipliers | Incremental value | Total value |
|---|---|---|
| Prescribed displacements | 0.00 | 1.00 |
| Contraction tunnel A | 0.00 | 0.00 |
| Contraction tunnel B | 0.00 | 0.00 |
| Load system A | 0.00 | 1.00 |
| Load system B | 0.00 | 1.00 |
| Soil weight | 0.04 | 1.00 |
| Acceleration | 0.00 | 0.00 |
| Strength reduction factor | 0.00 | 1.00 |
| Time | 0.00 | 0.00 |

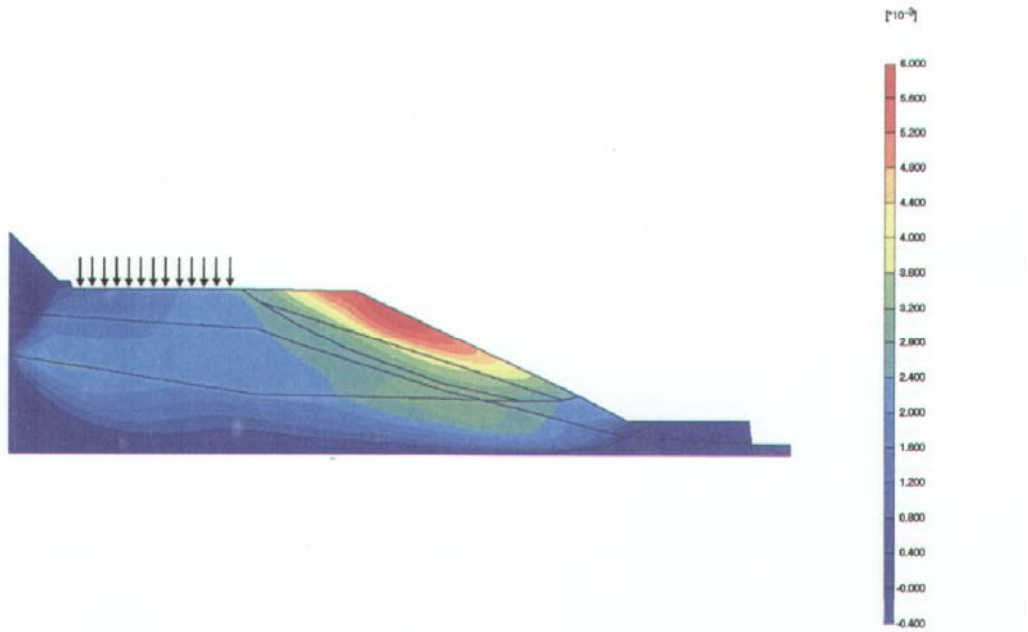



**Fig. 4 Plot of horizontal increments (shadings) - step no: 11 - ( phase: 1 )**

# 7. Faz 2 için sonuçlar (c-ϕ şev stabilitesi analizi)

**Table [10] Reached multipliers phase no: 2**

| Multipliers | Incremental value | Total value |
|---|---|---|
| Prescribed displacements | 0.00 | 1.00 |
| Contraction tunnel A | 0.00 | 0.00 |
| Contraction tunnel B | 0.00 | 0.00 |
| Load system A | 0.00 | 1.00 |
| Load system B | 0.00 | 1.00 |
| Soil weight | 0.00 | 1.00 |
| Acceleration | 0.00 | 0.00 |
| Strength reduction factor (Kaymaya karşı güvenlik faktörü) | 0.00 | **1.08** |
| Time | 0.00 | 0.00 |

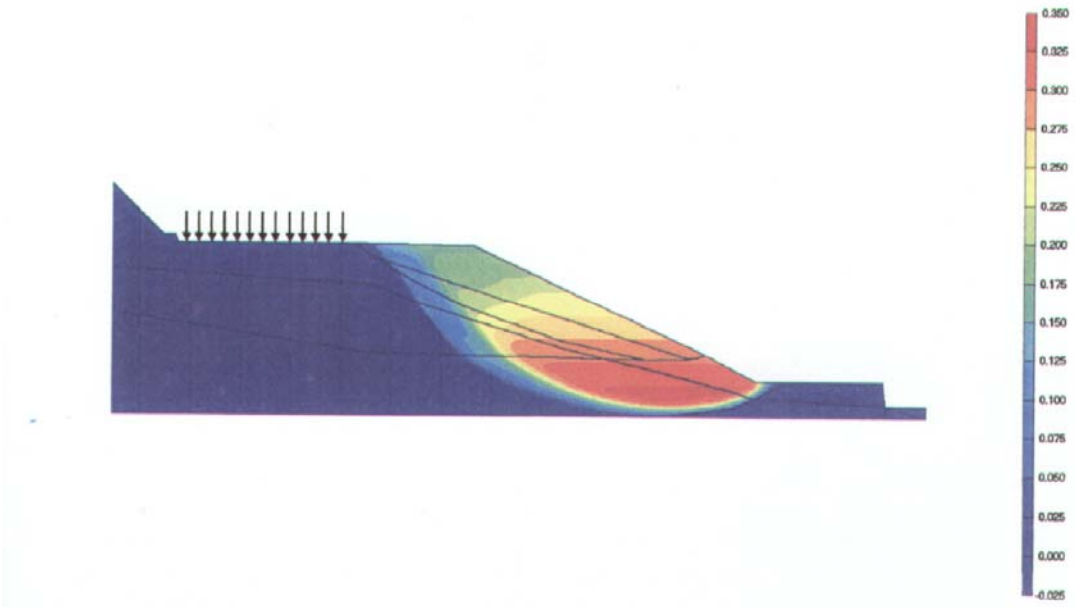



**Fig. 5 Plot of horizontal increments (shadings) - step no: 111 - ( phase: 2 )**

**(OLASI KAYMA DAİRESİ)**

# RAPOR

| | |
|---|---|
| **Kurum** | Dokuz Eylül Üniversitesi |
| **Analiz** | T80 Su Deposu Kesiti (depremsiz ve depo boş iken oluşan koşullar) |

# İçindekiler

1. Genel bilgi ..... 3
2. Geometri ..... 4
3. Yükler ve sınır koşulları ..... 5
4. Sonlu elemanlar ağı ..... 6
5. Malzeme verisi ..... 7
6. Hesaplama fazları ..... 9
7. Faz 1 için sonuçlar ..... 10
8. Faz 2 için sonuçlar ..... 11
9. Faz 3 için sonuçlar ..... 12

# 1. Genel bilgi

Table [1] Units

| Type | Unit |
|---|---|
| Length | *m* |
| Force | kN |
| Time | *day* |

Table [2] Model dimensions

| | min. | max. |
|---|---|---|
| X | 0.000 | 230.600 |
| Y | 0.000 | 64.900 |

Table [3] Model

| Model | Plane strain |
|---|---|
| Element | 15-Noded |

## 2. Geometri

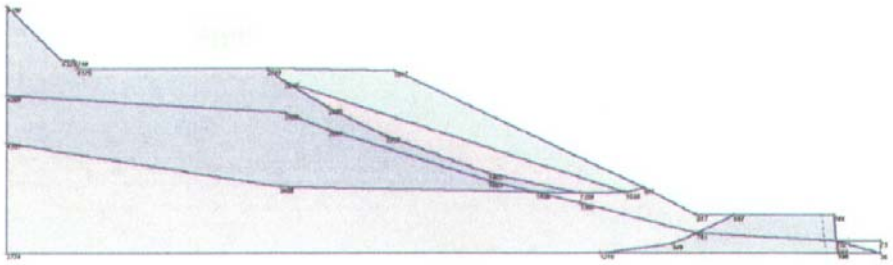


Fig. 1 Plot of geometry model with significant nodes

## 3. Yükler ve sınır koşulları

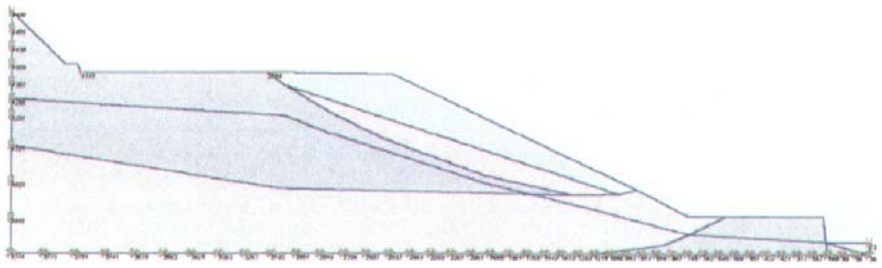


Fig. 2 Plot of geometry with loads & boundary conditions

Table [4] Distributed loads A

| Loads no. | First node | qx [kN/m/m] | qy [kN/m/m] | Last node | qx [kN/m/m] | qy [kN/m/m] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 4175 | 0.000 | 0.000 | 2789 | 0.000 | 0.000 |

## 4. Sonlu elemanlar ağı

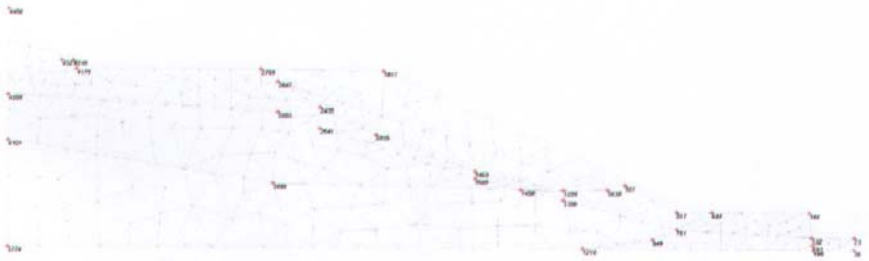


**Fig. 3 Plot of the mesh with significant nodes**

# 5. Malzeme verisi

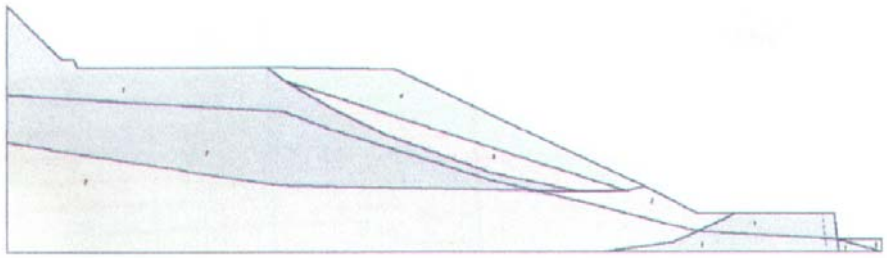


**Fig. 4 Plot of geometry with material data sets**

**Table [5] Soil data sets parameters**

| *Mohr-Coulomb* | | 1<br>kumtasi_seyl | 2<br>bitum_seyl | 3<br>kil | 4<br>dolgu |
|---|---|---|---|---|---|
| Type | | Drained | Drained | Drained | Drained |
| $\gamma_{unsat}$ | [kN/m³] | 21.60 | 19.60 | 19.00 | 18.00 |
| $\gamma_{sat}$ | [kN/m³] | 22.50 | 21.00 | 20.00 | 19.00 |
| $k_x$ | [m/day] | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| $k_y$ | [m/day] | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| $e_{init}$ | [-] | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| $c_k$ | [-] | 1E15 | 1E15 | 1E15 | 1E15 |
| $E_{ref}$ | [kN/m²] | 273700.000 | 125700.000 | 28000.000 | 7500.000 |
| $\nu$ | [-] | 0.300 | 0.300 | 0.400 | 0.350 |
| $G_{ref}$ | [kN/m²] | 105269.231 | 48346.154 | 10000.000 | 2777.778 |
| $E_{oed}$ | [kN/m²] | 368442.308 | 169211.538 | 60000.000 | 12037.037 |
| $c_{ref}$ | [kN/m²] | 40.00 | 25.00 | 30.00 | 20.00 |
| $\varphi$ | [°] | 28.00 | 16.00 | 20.00 | 22.00 |
| $\psi$ | [°] | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| $E_{inc}$ | [kN/m²/m] | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

| *Mohr-Coulomb* | | 1<br>kumtasi_seyl | 2<br>bitum_seyl | 3<br>kil | 4<br>dolgu |
|---|---|---|---|---|---|
| $y_{ref}$ | [m] | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| $c_{increment}$ | [kN/m²/m] | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| $T_{str.}$ | [kN/m²] | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| $R_{inter.}$ | [-] | 0.67 | 0.67 | 1.00 | 1.00 |
| Interface permeability | | Neutral | Neutral | Neutral | Neutral |

| *Mohr-Coulomb* | | 5<br>yol |
|---|---|---|
| Type | | Drained |
| $\gamma_{unsat}$ | [kN/m³] | 21.00 |
| $\gamma_{sat}$ | [kN/m³] | 22.00 |
| $k_x$ | [m/day] | 1.000 |
| $k_y$ | [m/day] | 1.000 |
| $e_{init}$ | [-] | 1.000 |
| $c_k$ | [-] | 1E15 |
| $E_{ref}$ | [kN/m²] | 50000.000 |
| $\nu$ | [-] | 0.400 |
| $G_{ref}$ | [kN/m²] | 17857.143 |
| $E_{oed}$ | [kN/m²] | 107142.857 |
| $c_{ref}$ | [kN/m²] | 200.00 |
| $\varphi$ | [°] | 34.00 |
| $\psi$ | [°] | 0.00 |
| $E_{inc}$ | [kN/m²/m] | 0.00 |
| $y_{ref}$ | [m] | 0.000 |
| $c_{increment}$ | [kN/m²/m] | 0.00 |
| $T_{str.}$ | [kN/m²] | 0.00 |
| $R_{inter.}$ | [-] | 0.67 |
| Interface permeability | | Neutral |

# 6. Hesaplama fazları

Table [6] List of phases

| Phase | Ph-No. | Start phase | Calculation type | Load input | First step | Last step |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Initial phase | 0 | 0 | | - | 0 | 0 |
| <Phase 1> | 1 | 0 | Plastic | Total multipliers | 1 | 11 |
| <Phase 2> | 2 | 1 | Plastic | Staged construction | 12 | 13 |
| <Phase 3> | 3 | 2 | Phi/c reduction | Incremental multipliers | 14 | 113 |

Table [7] Staged construction info

| Ph-No. | Active clusters | Inactive clusters | Active beams | Active geotextiles | Active anchors |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10. | | | | |
| 2 | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10. | | 1. | | |

Table [8] Total multipliers - input values

| Ph-No. | Displ. | Contr. A | Contr. B | Load A | Load B | Weight | Accel | Time | s-f |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.0000 |
| 1 | 1.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.0000 |
| 2 | 1.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.0000 |
| 3 | 1.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.0795 |

Table [9] Total multipliers - reached values

| Ph-No. | Displ. | Contr. A | Contr. B | Load A | Load B | Weight | Accel | Time | s-f |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.0000 |
| 1 | 1.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.0000 |
| 2 | 1.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.0000 |
| 3 | 1.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.0795 |

# 7. Faz 1 için sonuçlar) (geostatik durum-analize hazırlık)

**Table [10] Reached multipliers phase no: 1**

| Multipliers | Incremental value | Total value |
|---|---|---|
| Prescribed displacements | 0.00 | 1.00 |
| Contraction tunnel A | 0.00 | 0.00 |
| Contraction tunnel B | 0.00 | 0.00 |
| Load system A | 0.00 | 1.00 |
| Load system B | 0.00 | 1.00 |
| Soil weight | 0.04 | 1.00 |
| Acceleration | 0.00 | 0.00 |
| Strength reduction factor | 0.00 | 1.00 |
| Time | 0.00 | 0.00 |

**Table [11] Staged construction info phase no: 1**

| Staged construction | Incremental value | Total value |
|---|---|---|
| Active proportion of total area | 0.000 | 1.000 |
| Active proportion of stage | 0.000 | 0.000 |

# 8. Faz 2 için sonuçlar (T80 su deposu yükü (depo boş) altında deplasmanlar)

**Table [12] Reached multipliers phase no: 2**

| Multipliers | Incremental value | Total value |
|---|---|---|
| Prescribed displacements | 0.00 | 1.00 |
| Contraction tunnel A | 0.00 | 0.00 |
| Contraction tunnel B | 0.00 | 0.00 |
| Load system A | 0.00 | 1.00 |
| Load system B | 0.00 | 1.00 |
| Soil weight | 0.00 | 1.00 |
| Acceleration | 0.00 | 0.00 |
| Strength reduction factor | 0.00 | 1.00 |
| Time | 0.00 | 0.00 |

**Table [13] Staged construction info phase no: 2**

| Staged construction | Incremental value | Total value |
|---|---|---|
| Active proportion of total area | 0.000 | 1.000 |
| Active proportion of stage | 0.569 | 1.000 |

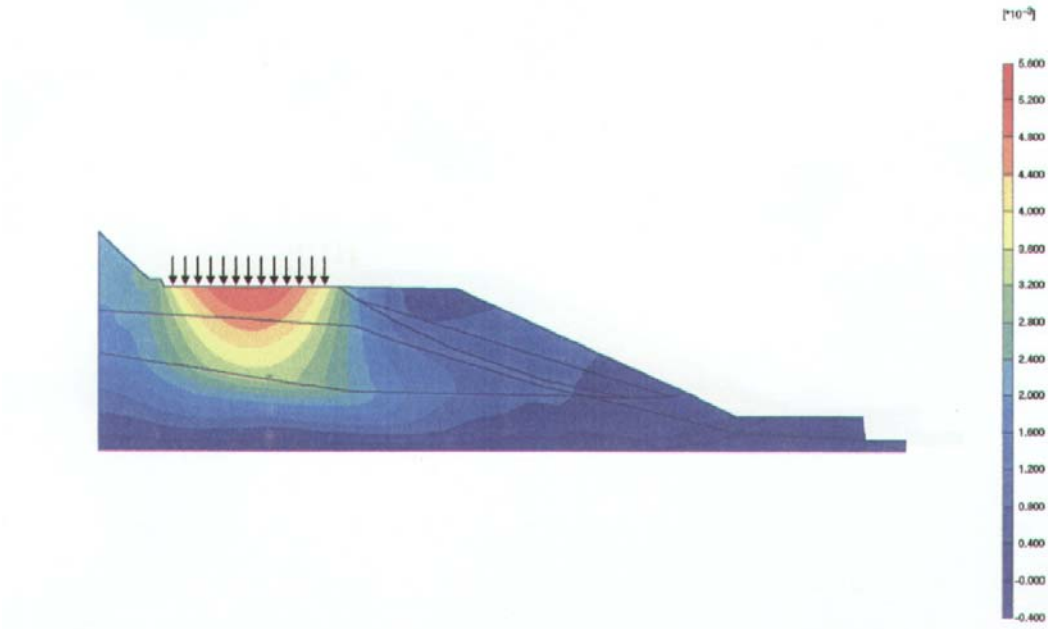



**Fig. 5 Plot of total displacements (shadings) - step no: 13 - ( phase: 2 )**

# 8. Faz 2 için sonuçlar (T80 su deposu yükü (depo boş) altında deplasmanlar)

**Table [12] Reached multipliers phase no: 2**

| Multipliers | Incremental value | Total value |
|---|---|---|
| Prescribed displacements | 0.00 | 1.00 |
| Contraction tunnel A | 0.00 | 0.00 |
| Contraction tunnel B | 0.00 | 0.00 |
| Load system A | 0.00 | 1.00 |
| Load system B | 0.00 | 1.00 |
| Soil weight | 0.00 | 1.00 |
| Acceleration | 0.00 | 0.00 |
| Strength reduction factor | 0.00 | 1.00 |
| Time | 0.00 | 0.00 |

**Table [13] Staged construction info phase no: 2**

| Staged construction | Incremental value | Total value |
|---|---|---|
| Active proportion of total area | 0.000 | 1.000 |
| Active proportion of stage | 0.569 | 1.000 |

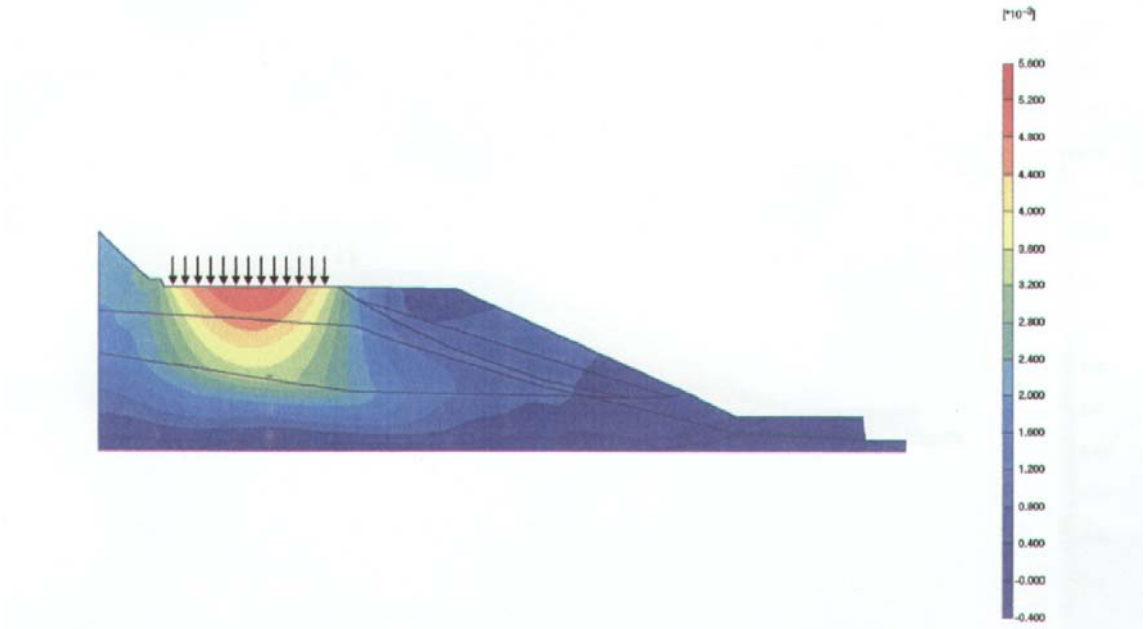



**Fig. 5 Plot of total displacements (shadings) - step no: 13 - ( phase: 2 )**

# 9. Faz 3 için sonuçlar (c-ϕ şev stabilitesi analizi)

**Table [14] Reached multipliers phase no: 3**

| Multipliers | Incremental value | Total value |
|---|---|---|
| Prescribed displacements | 0.00 | 1.00 |
| Contraction tunnel A | 0.00 | 0.00 |
| Contraction tunnel B | 0.00 | 0.00 |
| Load system A | 0.00 | 1.00 |
| Load system B | 0.00 | 1.00 |
| Soil weight | 0.00 | 1.00 |
| Acceleration | 0.00 | 0.00 |
| Strength reduction factor | 0.00 | 1.08 |
| Time | 0.00 | 0.00 |

**Table [15] Staged construction info phase no: 3**

| Staged construction | Incremental value | Total value |
|---|---|---|
| Active proportion of total area | 0.000 | 1.000 |
| Active proportion of stage | 0.000 | 0.000 |

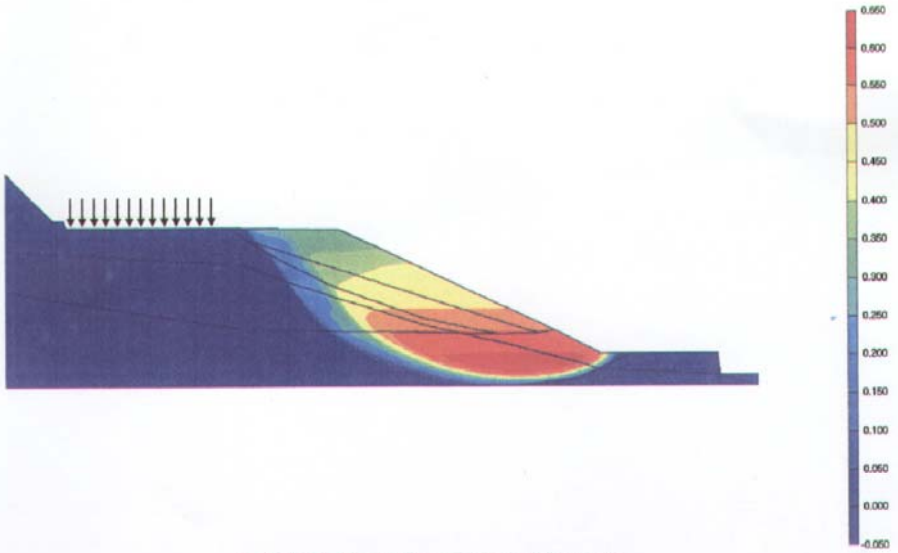



**Fig. 6 Plot of horizontal increments (shadings) - step no: 113 - ( phase: 3 )**

**(OLAŞI KAYMA DAİRESİ)**

# İZMİR VE YAKIN ÇEVRESİNDEKİ HEYELAN SAHALARI

