

8429

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI

TRABZON İLİ YERLEŞİM ALANININ MÜHENDİSLİK
JEOLOJİSİ AÇISINDAN İNCELENMESİ

Jeoloji Müh. Ali SEMERCİ

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce

"Jeoloji Yüksek Mühendisi"

Ünvanının Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 12.01.1990

Tezin Sözlü Savunma Tarihi : 02.03.1990

Tez Danışmanı : Prof.Dr. Fikret TARHAN

Jüri Üyesi : Prof.Dr. Remzi DİLEK

Jüri Üyesi : Yrd.Doç.Dr. Fikri BULUT

Enstitü Müdürü : Doç.Dr. Temel SAVAŞKAN

Fikret Tarhan
Remzi Dilek
Fikri Bulut
Temel Savaşkan

OCAK 1990

TRABZON

T. C.
Yükseköğretim Kurulu
Dokümantasyon Merkezi

ÖNSÖZ

Bu çalışmada Trabzon ili yerleşim alanında yaklaşık 14 km² lik bir alanın 1/5000 ölçekli jeolojik, eğim ve ayrışma haritaları çıkarılmıştır. Çalışma alanındaki kayaçlar ve zeminler taşıma gücü yönünden incelenmiş ve buna bağlı olarak laboratuvar ve arazide deneyler yapılmıştır. Bu çalışma arazi, laboratuvar ve büro çalışmaları olmak üzere üç aşamada gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışma sırasında yardım ve önerilerini esirgemeyen danışman Hocam Sayın Prof.Dr. Fikret TARHAN'a, Prof.Dr. Remzi DİLEK'e, Yrd.Doç.Dr. Fikri BULUT'a, Arş.Gör. İnş.Y.Müh. Adem DOĞANGÜN'e, Arş.Gör. İnş.Müh. Alemdar BAYRAKTAR'a teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca laboratuvar ve arazi çalışmalarım sırasında yardımlarını esirgemeyen laboratuvar personeli Asım ŞATIR, Ekrem ÇATALBAŞ, Kemal BAYRAM ve Yakup YAVUZ'a teşekkür ederim.

Ocak 1990

Ali SEMERCİ

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖNSÖZ	iii
ÖZET	vi
SUMMARY	viii
BÖLÜM 1. GİRİŞ	1
BÖLÜM 2. COĞRAFİ DURUM VE MORFOLOJİ	2
2.1. Giriş	2
2.2. Çalışma Alanının Konumu	2
2.3. Morfoloji	2
2.4. İklim ve Bitki Örtüsü	4
2.5. Ulaşım, Yerleşim ve Ekonomi	4
BÖLÜM 3. GENEL JEOLojİ	11
3.1. Giriş	11
3.2. Önceki Çalışmalar	11
3.3. Stratigrafi ve Petrografi	12
3.3.1. Aglomera, Volkanik Breş ve Tüfler	12
3.3.2. Bazaltlar	16
3.3.3. Tüffit ve Kireçtaşları	17
3.3.4. Kumlu Siltli Kil	19
3.3.5. Kırmızı Killer	20
3.3.6. Taraça ve Yamaç Molozları	20
3.3.6.1. Taraçalar	20
3.3.6.2. Yamaç Molozu	29
3.4. Yapısal Jeoloji	31
3.4.1. Tabakalar	31
3.4.2. Çatlaklar	32
3.4.3. Faylar	32
BÖLÜM 4. MÜHENDİSLİK JEOLojİSİ	35
4.1. Giriş	35
4.2. Kayaçların Jeomekanik Özellikleri	35
4.2.1. Jeolojik Özellikler	35
4.2.2. Kayaçların Ayırışma Durumu	37

4.2.2.1. Bazaltların Ayrışma Durumu	38
4.2.2.2. Aglomera, Volkanik Breş, Tüf, Tüffit ve Kireçtaşlarının Ayrışma Durumu	39
4.2.2.3. Ayrışma Eğim ilişkisi	39
4.2.3. Fiziksel Özellikler	40
4.2.3.1. Kayaçların Kuru Birim Hacim Ağırlıklarının Bulunması	40
4.2.3.2. Kayaçları Schmidt Çekici Geri Tepme Sayılarının Ölçülmesi	40
4.2.4. Fiziksel Özellikler Arasındaki İlişkiler	41
4.2.5. Temel Olma Özellikleri	42
4.2.5.1. Yüzeysel Temellerin Taşıma Gücü	42
4.2.5.2. Yamaçtaki Yüzeysel Temellerin Taşıma Gücü	45
4.2.5.3. Yeraltı Suyu Düzeyi İçin Düzeltme	46
4.2.5.4. Taşıma Gücünün Arazi Deneyleleriyle Ölçümü	49
4.2.5.5. Kayaçların Taşıma Gücünün Bulunması	53
4.2.5.6. Emin Taşıma Gücünün Bulunması	57
4.2.5.7. İnceleme Alanındaki Zeminlerin Taşıma Gücü Yönünden İncelenmesi	57
4.3. Mühendislik Jeolojisi Haritaları	84
4.3.1. Eğim Haritası	84
4.3.2. Ayrışma Haritası	87
4.4. Kitle Hareketleri	87
4.4.1. Genel Durum	87
4.4.2. İnönü Heyelanı	87
4.4.2.1. Jeolojik Durum	87
4.4.2.2. Deneysel Çalışmalar	88
4.4.2.3. İnklinometre Ölçümleri	88
4.4.2.4. Stabilite Analizleri	94
4.4.2.5. Stabilite Analizinin Yorumu	98
4.4.3. Kaya Şevleri	98
BÖLÜM 5. SONUÇ VE ÖNERİLER	108
5.1. Sonuçlar	108
5.2. Öneriler	110
KAYNAKLAR	112
EKLER	114
ÖZGEÇMİŞ	115

ÖZET

Bu çalışmada Trabzon ili yerleşim alanı mühendislik jeolojisi açısından incelenmiştir. Çalışma alanı yaklaşık 14 km² lik bir alanı kaplar.

Çalışma alanında litostratigrafi birimleri olarak yaşlıdan gence doğru aglomera, volkanik breş ve tüfler, bunlarla yanall geçişli olarak yer alan bazalt, tüffit ve kireçtaşları; kırmızı killler; kumlu, siltli killler, taraçalar; alüvyonlar ve yamaç molozları yer almaktadır.

Aglomera, volkanik breş ve tüflerle yanall, geçişli olarak bulunan bazalt, tüffit ve kireçtaşlarının yaşı önceki çalışmalarda aglomeralarla yanall geçişli olarak bulunan kireçtaşlarındaki fosillere göre Paleosendir. Ayrıca çalışmada aglomeraların içerdiği kireçtaşı çakıllarında Üst Kretaseyi karakterize eden Globotruncana fosilleri gözlenmiştir.

Kırmızı killler, bu volkanik serinin ayrışma ürünü olup yer yer aglomera ve tuf dokusunu korumaktadır. Yapılan analizler kırmızı killlerin illit türü kil minerallerinden oluştuğunu göstermiştir.

Kumlu, siltli killler yaklaşık 100 m kalınlıkta olup, önceki çalışmalarda, içerdikleri fosillere dayanılarak Ponsiyen yaşında oldukları belirtilmiştir.

Blok, çakıl, kum, silt ve kil boyutundaki malzemelerden oluşan taraçalar, buldukları topoğrafik yüksekliklere göre altı guruba ayrılmıştır. Taraçalar üzerinde bazı alanlarda onların devamı niteliğinde olan denizel killler yer alır.

Özellikle Değirmendere vadisinde yayılım gösteren alüvyonlar blok, çakıl, kum, silt ve kil boyutundaki malzemelerden oluşmuş olup akifer özelliğindedir.

Köşeli blok, çakıl, kum, silt ve kil boyutunda malzemelerden oluşan yamaç molozları topoğrafyanın nispeten düz olduğu alanlarda yayılım gösterirler.

Çalışma alanındaki kayaçlarda ölçülen çatlakların değerlendirilmesi sonucu bölgeyi etkileyen maksimum basınç kuvveti yönünün N10E olduğu belirlenmiştir.

Çalışma alanındaki zemin ve kayaçların taşıma güçlerini bulmak için arazi ve laboratuvarında deneyler yapılmıştır. Zeminlerin kohezyon, içsel sürtünme açısı ve birim hacim ağırlıklarını bulmak için konsolidasyonlu-drenajlı kesme kutusu deneyleri yapılmıştır. Deney sonuçları kullanılarak çeşitli temel tipleri için taşıma güçleri temel derinliği ve temel genişliğinin fonksiyonu olarak grafik şeklinde verilmiştir.

Çalışma sahasının, dayanımlılık indeksi deney sonuçlarına göre ayrışma haritası hazırlanmış ve Van Horn yöntemiyle hazırlanan eğim haritası ile karşılaştırılarak ayrışma-eğim ilişkisi ortaya konmuştur. Çeşitli ayrışma alanlarında, Schmidt çekici ile yapılan ölçümler ve kayaçların kuru birim hacim ağırlıklarından yararlanarak basınç dayanımları bulunmuştur. Basınç dayanımlarından yararlanarak kayaçların taşıma güçleri hesaplanmıştır.

Çalışma alanında kitle hareketleri olarak İnönü Mahallesi'nde yer alan heyelan ve Değirmendere Mahallesi'ndeki kaya şevleri analiz edilmiştir. İnönü heyelanında yamaç dengesinin limit dengeye yakın olduğu ve yüzeysel hareketler beklenebileceği, Kaya şevlerinde ise kaya devrilmesi ve düşmesi olabileceği ortaya konmuştur.

SUMMARY

In this research, the settlement area of Trabzon has been investigated from the Engineering Geological Point of view. The study area covers about 14 square kilometers.

In the investigated area, as stratigraphic units, from bottom to top agglomerate, volcanic breccias and tuffs as well as basalts, tuffites and limestones which are laterally transitive to the montained materials and red clays, sandy and silty clays, terraces, alluviums and slope degris have been observed.

Depending on the fossils in limestones which are laterally transitive to the agglomerates found in the easlier researches, the age of basalts, tuffites and limestones which are laterally transitive to the agglomerates, volcanic breccias and tufs has been estimated as paleocene. In addition, globotruncana fossils which characterized the uppercretaceous have been observed in the limestone gravels in the agglomerates.

Red clays, an altering product of this volcanic series, has protected the agglomerate and tuff. Analyses have shown that the red clays are made of illit type clay minerals.

Sandy and silty clays are about 100 meters in thickness and depending on fossils which they contain, in earlier researches it has been pointed out that they are at the age of Pontian.

The terraces which made of materials in the size of block gravel, sand, silt and clay have been divided into six categories with respect to their topographic elevations. In some places on the terraces, sea clays which seem to be continuation of terraces have been observed.

Especially, the alluviums on Değirmendere Valley have been made of materials in the size of block, gravel, sand, silt and clay and these alluviums are also aquifer.

In the places with relatively little slope, the slope debris made of materials in the size of angled block, greval, sand, silt and clay have been spreaded.

As a result of evaluating the measured rock joints in the studied area, it has been found that the direction of maximum compression force influenced the region is N 10 E.

In order to find the bearing capacity of the rocks and soil in the investigated area, field and laboratory exprenments and to find the cohesion, angle of internal friction and unit weight of soil, consolidated drained shear box experiments have been carried out. By using the results of the experiments, for several types of foundations, the bearing capacities have been given graphically as a function of the foundation depth and width.

By using the results of durability index experiments, the altering map of studied area have been drawn and by comparing this map with the slope map drawn by Von Horn Method, the altering-slope relation have been determined. In several altering areas, compression stresses have been found by using the measurements made by Schmidt Hammer and the dry unit weights. The bearing capacities of rocks have been found by using compression stresses.

In the studied area, landslides in İnönü region and rock slopes in Değirmendere have been analyzed as mass motions. It has determined that, in İnönü landslide, the slope stability is close to limit stability and therefore, superficial motions may be expected. In the rock slopes, toppling failure is also possible.



BÖLÜM 1

G İ R İ Ş

Bu çalışmada Trabzon ili yerleşim alanı mühendislik jeolojisi açısından incelenmiştir. İncelemede değişik mühendislik jeolojisi konularına mümkün olduğunca somut çözümler getirilmeye çalışılmıştır. Fakat bu yapılırken uygulayıcıya hitap etmekten çok, Trabzon şehir planlamasında kısa ve uzun vadede yapılacak planlamalara deneysel verilerle katkıda bulunulması amaçlanmıştır.

Bu çalışma beş bölümden oluşmaktadır.

İkinci bölümde, inceleme alanının coğrafi durum ve morfolojisine değinilmiştir.

Üçüncü bölümde, çalışma alanının genel jeolojisi incelenmiş ve yüzeylenen kayaçların stratigrafik, litolojik ve yapısal özellikleri ortaya konmuştur.

Dördüncü bölümde, zemin ve kayaçların taşıma güçlerinin bulunmasına yönelik olarak çeşitli jeolojik ve fiziksel özellikleri arazi ve laboratuvar deneyleriyle belirlenmiştir. Taşıma gücü ile ilgili teorilere kısaca değinilmiştir. Ayrıca çalışma alanındaki kitle hareketleri değişik yöntemlerle analiz edilmiştir.

Beşinci bölümde, bu çalışmada değinilen konularla ilgili elde edilen sonuçlara kısaca değinilmiş ve bunlarla ilgili öneriler sunulmuştur.

BÖLÜM 2

COĞRAFI DURUM VE MORFOLOJİ

2.1. Giriş

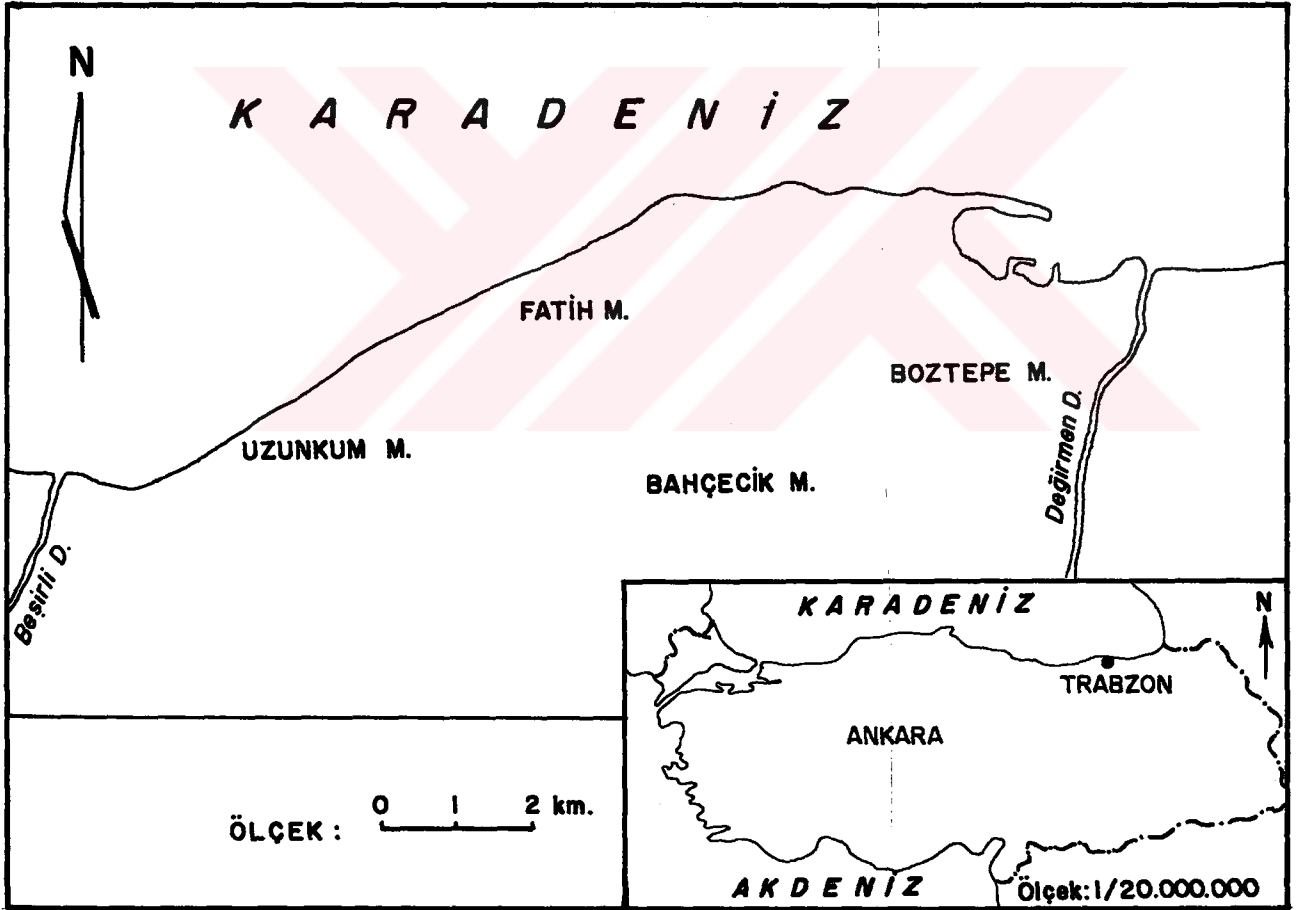
Bu bölümde, çalışma alanının konumu belirtilmiş, morfoloji, iklim ve bitki örtüsü; ulaşım, yerleşim ve ekonomi konularına kısaca değinilmiştir. Ayrıca çalışma alanına ait meteorolojik veriler değerlendirilerek Thornwaite bilançosu hazırlanmış ve aylık potansiyel buharlaşma terleme (Etp)-yağış ilişkisi ortaya konmuştur.

2.2. Çalışma Alanının Konumu

Çalışma alanı Türkiye'nin kuzeydoğusunda, Trabzon C45-a2 paftası içinde yer alır. Kuzeyi Karadeniz, batısı Hacibeşir deresi, doğusu Değirmendere, güneyi ise Trabzon cezaevinin 300 m güneyinden geçen hatla sınırlanmıştır (Şekil 1). Çalışma alanı yaklaşık 14 km² lik bir alanı kapsar.

2.3. Morfoloji

Çalışma alanı Doğu Karadeniz bölgesine özgü bir morfolojik yapı gösterir. Karadeniz sahilinden başlayarak güneye doğru topoğrafik yükseltilerde ani artışlar gözlenir. Topoğrafik yükseklik Boztepede 260 m ye kadar ulaşır. Vadiler denize dik olarak uzanır ve buna bağlı olarak kuzey-güney yönünde uzanan Tabakhane, Zağnos, Ayasofya ve Kalçıya dereleri inceleme alanındaki en önemli dereleri oluştururlar. Debileri düşük olan bu dereler genellikle yaz aylarında kurumaktadırlar. Trabzon'un içme suyunu sağlayan Değirmendere ve sulamada kullanılan Hacibeşir deresi inceleme alanını doğuda ve batıda sınırlarlar.



ŞEKİL-1 ÇALIŞMA ALANININ KONUM HARİTASI

2.4. İklim ve Bitki Örtüsü

Çalışma alanında Doğu Karadenize özgü ılıman bir iklim görülür. Yazlar orta sıcaklıkta, kışlar ise ılık olup her mevsim yağışlıdır. Bölgeye en çok yağış sonbahar ve kış mevsimlerinde düşer. Yıllık ortalama yağış 798.1 mm, yıllık ortalama sıcaklık ise 14.5°C dir.

Trabzon meteorolojik gözlem istasyonu tarafından ölçülen meteorolojik veriler Tablo 1'de verilmiştir. Bu tabloya göre bölgeye en çok yağış Ekim ve Kasım aylarında en az yağış ise Temmuz ve Ağustos aylarında düşmektedir.

Çalışma alanında, sıcaklığın ve yağışın aylara göre dağılımı grafik olarak Şekil 2 a ve b de, aylık potansiyel buharlaşma terleme (Etp) ve yağış (P) ilişkisi Tablo 2 ve 3 de hesaplanıp Şekil 3 de gösterilmiştir.

Çalışma alanınının kuzey kesimlerinde yoğun yerleşim nedeniyle Doğu Karadeniz bölgesine özgü yoğun bitki örtüsü gözlenmez, güney kesimlerinde ise genelde fındık ve çam ağaçlarına rastlanılır. Son yıllarda yoğun yerleşim nedeniyle oldukça azalmış olan ekilebilir alanlarda mısır, sebze ve tütün tarımı yapılmaktadır.

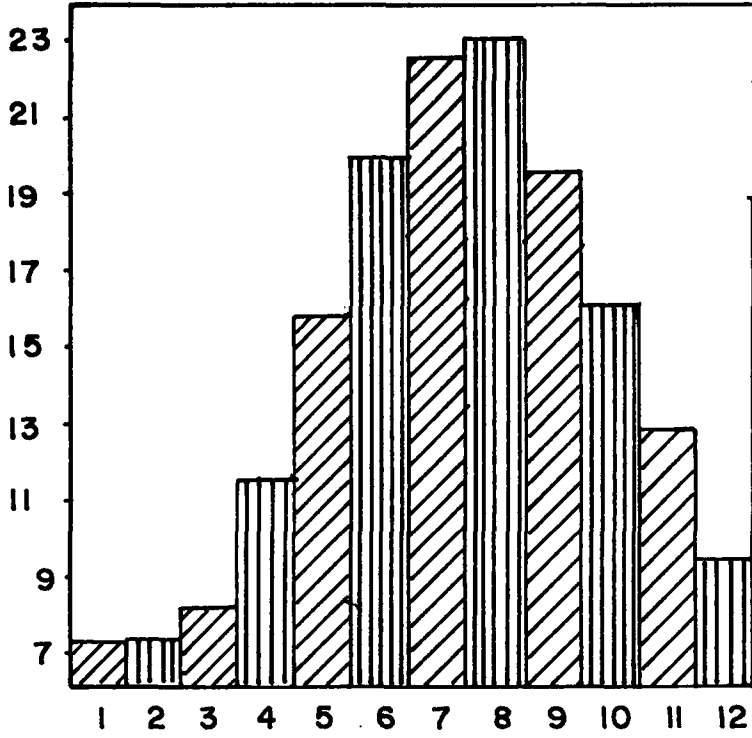
2.5. Ulaşım, Yerleşim ve Ekonomi

Bölgede ulaşım, yerleşimin çok yoğun olduğu kuzey kesimlerinde asfalt yollarla, güney kesimlerinde ise yer yer asfalt yer yer stabilize yollarla sağlanmaktadır. En önemli karayolları, Rize-Trabzon-Samsun karayolu ve Trabzon-Erzurum karayoludur. Ayrıca halen inşa halinde olan tanjant yolu tamamlandığında bölge ulaşımına büyük kolaylıklar sağlayacaktır. Deniz taşımacılığında iç ve dış ticarete ülkemiz için önem arzeden Trabzon limanı inceleme alanınının kuzeydoğusunda bulunur.

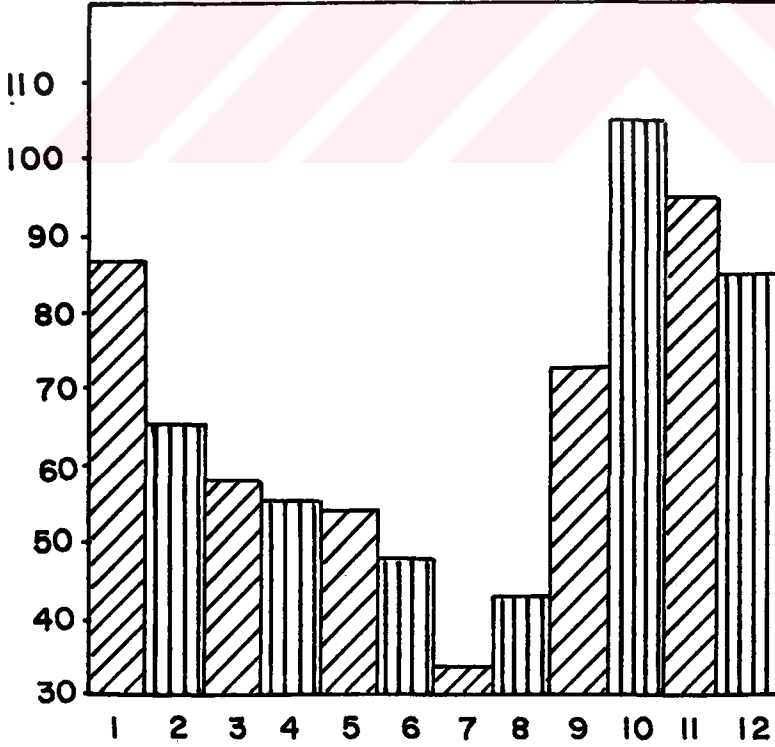
Tablo 1: Trabzon Meteoroloji Gözlem İstasyonuna Göre Ortalama Meteorolojik Veriler
(Rasat süresi 1931-1988)
(40. Enlem)

Meteorolojik Elemanlar	Rasat süresi (yıl)	A Y I L A R												YILLIK
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Ortalama sıcaklık C°	57	7.2	7.3	8.1	11.5	15.8	20.0	22.6	23.6	19.6	16.1	12.8	9.4	14.45
En yüksek sıcak- lık C°	57	25.9	28.2	35.2	37.6	38.2	36.6	32.6	36.2	33.7	33.8	32.8	26.4	33.1
En düşük sıcaklık C°	57	7.0	7.4	5.8	0.8	4.2	9.2	13.5	13.5	7.3	3.4	1.6	3.3	6.41
Ortalama nisbi nem (%)	57	69	71	73	76	79	77	75	74	75	74	72	68	73.58
Ortalama yağış (mm)	57	86.7	65.1	57.6	55.0	53.9	47.4	33.9	43.3	72.2	104.1	94.6	84.3	66.50
Enlem derecesine bağlı düzeltme faktörü (G)	-	0.84	0.83	1.03	1.11	1.24	1.25	1.27	1.18	1.04	0.96	0.83	0.81	-

Sıcaklık (C°)

AYLAR
(a)

Yağış (mm.)

AYLAR
(b)

Şekil-2 İnceleme alanındaki sıcaklık ve yağışın aylara göre dağılımı
a:Sıcaklık b:Yağış

Fatih, Yeni, Ayasofya, İnönü, Cumhuriyet, Değirmendere, Yenicuma, Boztepe, Bahçecik ve Erdoğan mahalleleri çalışma alanındaki önemli yerleşim merkezleridir.

Yerleşim merkezleri, daha çok topoğrafyanın engebesiz olduğu kuzey kesimlerde yoğunlaşır.

Çalışma alanında yaşayan kişilerin çoğunluğunu memur, esnaf ve işçiler oluşturmaktadır.

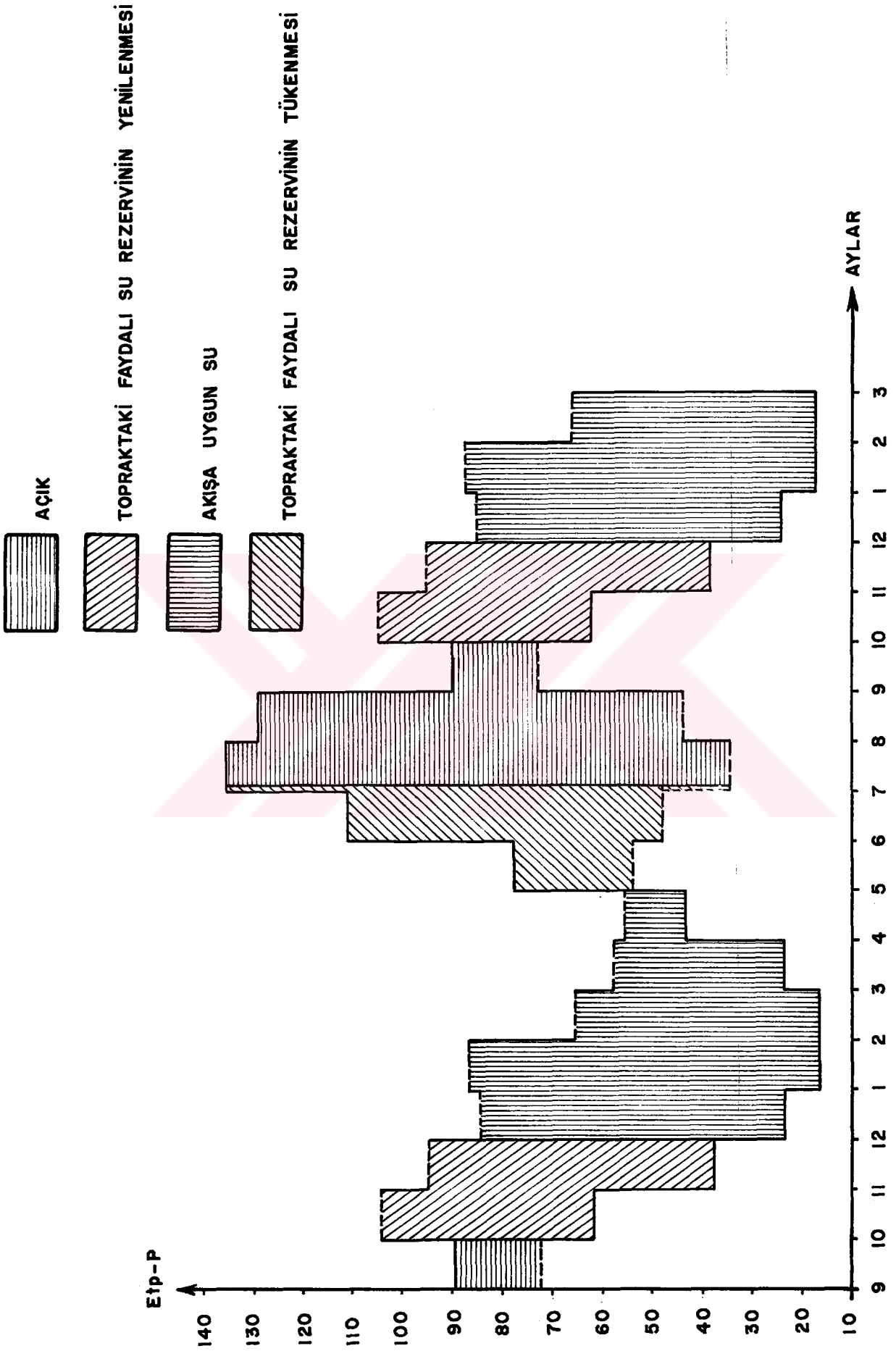


Tablo 2: Thornwaite Yöntemiyle Yıllık Potansiyel Buharlaşma Terleme Hesabı

	A Y I L A R												YILLIK
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Aylık ortalama sıcaklık (CO)	7.2	7.3	8.1	11.5	25.8	20.0	22.6	23.0	19.6	16.1	12.8	9.4	14.45
Aylık termik indis (i)	1.73	1.77	2.07	3.52	5.70	8.15	9.81	10.07	7.91	5.87	4.15	2.60	63.35
Düzeltilmemiş ETP (mm)	19.3	19.7	23.0	38.8	62.4	88.7	106.4	109.2	86.0	64.2	45.6	28.8	-
40 Enlem düzeltme faktörü (G)	0.84	0.83	1.03	1.11	1.24	1.25	1.27	1.18	1.04	0.96	0.83	0.81	-
Düzeltilmiş ETP (mm)	16.2	16.3	23.6	43.0	77.3	111.8	135.1	128.8	89.4	61.6	37.8	23.3	-

Tablo 3: Gerçek Buharlaşma-Terleme Hesabı (Thornwaite bilançosuyla)

A Y L A R	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	YILLIK
Atp (mm)	16.2	16.3	23.6	43.0	77.3	110.8	135.1	128.8	89.4	61.6	37.8	23.3	763.2
P (mm)	86.7	65.1	57.6	55.0	53.9	47.4	33.9	43.3	72.2	104.1	94.6	84.3	798.1
Toprak neminde değişimi	-	-	-	-	-23.4	-63.4	-13.2	-	-	+42.5	+56.8	+0.7	-
Ru (Faydalı su rezervi)	100	100	100	100	76.6	13.2	0	0	0	42.5	99.3	100	-
Etr (mm)	16.2	16.3	23.6	43.0	77.3	110.8	47.1	43.3	72.2	61.6	37.8	23.3	527.5
Açık	-	-	-	-	-	-	101.2	85.5	17.2	-	-	-	203.9
Fazlalık	70.5	48.8	34.0	12.0	-	-	-	-	-	-	-	61	226.3
Akış	50	50	42	27	13	7	3	2	1	1	1	30	227



ŞEKİL-3 Ortalama Yağış - Düzeltilmiş Etp ilişkisi

BÖLÜM 3

GENEL JEOLOJİ

3.1. Giriş

Bu bölümde, çalışma alanında günümüze kadar yapılmış olan belli başlı jeolojik çalışmalara kısaca değinilmiştir. Bunun yanında çalışma alanındaki birimler stratigrafik ve petrografik olarak incelenerek özellikleri ortaya konmuştur. Yapısal jeoloji kısmında yapısal özellikler değerlendirilerek, yöredeki kayaçlarda deformasyonu oluşturan basınç kuvvetleri belirlenmiştir.

3.2. Önceki Çalışmalar

Lacroix (1891); Trabzon ve çevresinde yapılmış olan ilk jeolojik çalışmalardan biridir. Bu çalışmada bölgenin lokotefrit ve tüfleri, andezit, bazalt ve labradoritten oluştuğu belirtilmiştir.

Erguvanlı (1950); Trabzon-Gümüşhane arasındaki bölgede yaptığı çalışmada, bu bölgenin denizaltı volkanizması ürünü olan lav, tüf, aglomera gibi volkanik kayaçların karmaşası ile bunlar arasında yer alan ve Glabotruncana fosillerini içeren kireçtaşlarından oluştuğu belirtilmiş ve bu kayaçlara Üst Kretase yaşı verilmiştir.

Erol (1952); Trabzon ve yakın çevresinde yaptığı çalışmada altı değişik seviyede denizel taraça bulunduğunu belirtmiştir.

Türk-Japon Ekibi (1974); Doğu Karadeniz bölgesinde yapılan çalışmalarda denizaltı volkanizması ürünü lav, tüf ve aglomeraların bölgede hakim kayaçlar olduğu ve Üst Kretase yaşındaki bu volkanik kayaçlar üzerine açısız uyumsuzlukla Tersiyer yaşlı tortul kayaçların geldiği belirtilir.

Eren (1980); Trabzon'da Kalepark ve Boztepe civarındaki bitirme ödevi çalışmasında bölgedeki aglomeralar arasındaki kireçtaşı çakılında Glabotruncana fosilleri bulunduğunu belirtmiş ve bu nedenle bölgedeki volkanizmanın bir bölümünün Alt Paleosen'den genç olabileceğini belirtmiştir.

Tokel-Mocan (1984); Akçaabat ve Trabzon arasındaki bölgenin 1/25000 ölçekli jeolojik haritasını çıkararak Kretase-Neojen volkanitlerini ayırarak jeokimyasal farklılıklarını ortaya koymuşlardır. Bu çalışmaya göre inceleme alanındaki volkanik kayaçlar Neojen yaşındadır.

Ayrıca Trabzon ve çevresinde Bakaloğlu (1976), Turgut (1976), Ersin (1980), Köse (1980), Kayaoğlu (1982), Özkan (1982), Varlık (1984), Özdemir (1985) ve Ceryan (1986) bitirme ödevi çalışması yapmışlardır.

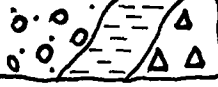
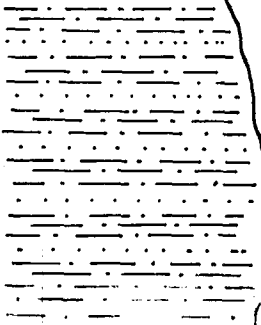

3.3. Stratigrafi ve Petrografi

Çalışma sahasında yaşlıdan gence doğru şu birimler belirlenmiştir (Şekil 4).

3.3.1. Aglomera, Volkanik Breş ve Tüfler

Aglomera, volkanik breş ve tüfler, çalışma alanında çok geniş bir yayılım gösterirler. Değirmendere mahallesinin güney kesimlerinde ve Ayasofya deresinin yamaçlarında tipik olarak görülürler.

Değişik boyutta yüzeylenmeler gösteren bazaltlarla yanal geçişli olarak görülürler. Aglomera ve volkanik breşleri oluşturan elemanlar yer yer yuvarlak yer yer köşelidir. Eleman boyutları 3 cm den 150 cm ye kadar farklılık gösterir. Aglomera ve volkanik breşlerde çimento maddesini tüfler oluşturur. Yer yer aglomeralarla yanal geçişli akıntı breşlerine rastlanmıştır. Akıntı breşleri diğer volkanik breşlerden bağlayıcı maddenin tüf yerine lav olmasıyla ayırt edilirler.

ZAMAN	DEVİR	AS DEVİR	KALINLIK(m.)	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
K O Y U N İ S E N	KUVATERNER		2-20		Denizel taraça, Kil, Yamaç molozu
	E R O S İ Y E N	NEOJEN	PLİYOSEN	100	
PALEOJEN		300			
S E N	PALEOSEN		300		Ojitli ve Feldispatoidli bazalt
	PALEOJEN	300			

Şekil-4 Trabzon ili yerleşim alanının genelleştirilmiş Stratigrafik dikme kesiti

Sarımsı, kahverengimsi gri ve gri renklerde gözlenen aglomera ve volkanik breşler çalışma alanında belirgin bir tabakalaşma göstermezler.

Aglomera ve volkanik breş elemanlarından yapılan ince kesitler üzerindeki mikroskopik incelemede çoğunlukla hyalo-mikrolitik porfirik strüktür gözlenir. Labrodor bileşiminde olan plajioklas genellikle mikrolitler halinde bol miktarda bulunur. Fenokristalleri nadiren gözlenir. Olivin ve ojit fenokristalleri bazen subtomorf bazen ise ksenomorf şekilli kristaller halinde bol miktarda bulunur. Lössit ise daha ziyade küçük ve kübik kristaller halinde gözlenir. Ayrıca bol miktarda opak mineral gözlenmiştir. İnce kesitlerdeki hamur maddesi ise volkanik cam ve bol miktarda plajioklas mikrolitlerinden oluşmuştur (Foto 1).

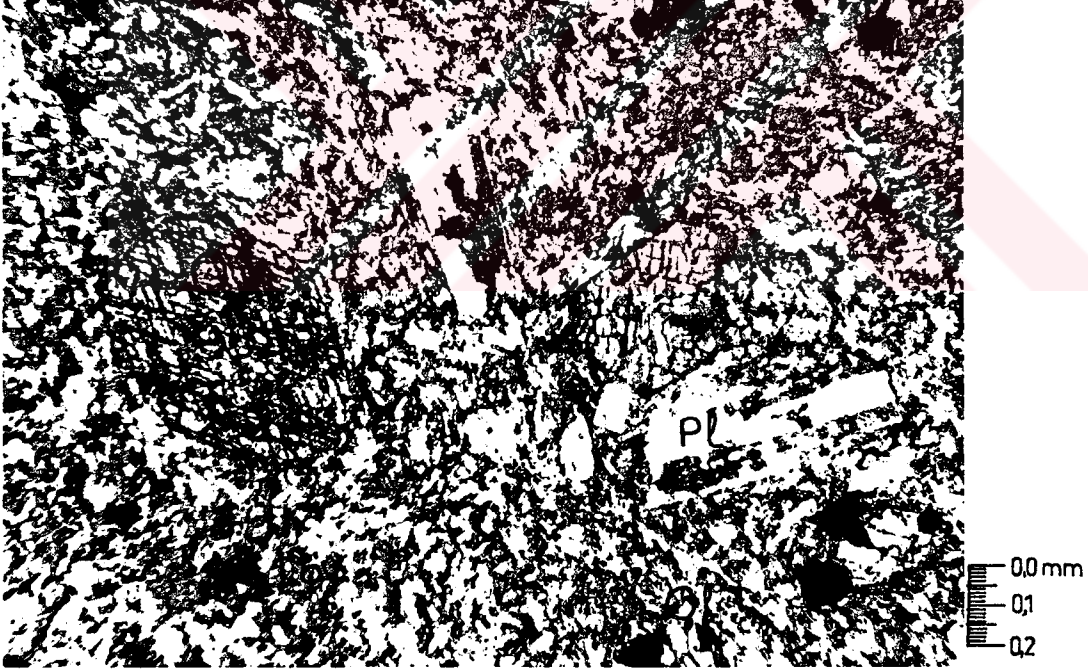


Foto 1: Bazanit (Değirmendere)
Oj:Ojit, Ol:Olivin, Pl:Plajioklas, LÖ:Lössit

Bu minerolojik bileşime göre elemanların bir kısmını bazanitlerin (olivinli ve feldispatoidli bazalt) oluşturduğunu söyleyebiliriz.

Bazı ince kesitlerde ise elemanların bazanitlerle benzer strüktürde ve minerolojik bileşim de olivin içermeyen tefritlerden (feldispatoidli bazalt) oluştuğu görülmüştür.

Aglomera ve volkanik breş elemanları içerisinde ender olarak kireçtaşı çakıllarına rastlanmıştır. Bu kireçtaşı çakıllarından yapılan ince kesitlerde Üst Kretaseyi karakterize eden Globotruncana fosilleri gözlenmiştir (Foto 2).

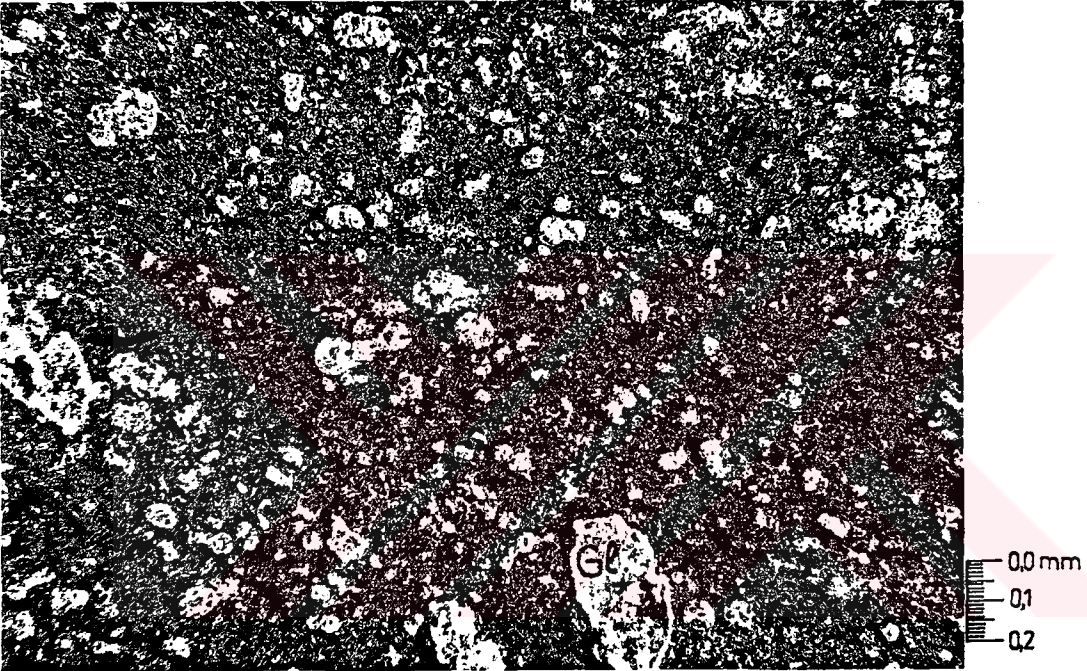


Foto 2: Kireçtaşı (Bahçecik)
G1:Globotruncana

Aglomera, volkanik breş ve bazaltlarla yanal geçişli olan tüfler arazide sarımsı kahverengi ve gri renklerde gözlenirler. Belirgin bir tabakalaşma göstermezler. Tüflerden yapılan ince kesitlerde, ojit ve plajyoklas kristal parçacıkları, biyotit lamelleri, kayaç parçacıkları ve opak mineraller volkanik candan oluşan bir hamur içinde gözlenirler.

3.3.2. Bazaltlar

Çalışma alanında, Boztepe mahallesinde, Bahçecik mahallesinin kuzey doğusunda ve Maşatlık mevkiinde tipit olarak gözlenen ve irili ufaklı birçok yüzeylenme gösteren bazaltlar; aglomera, volkanik breş ve tüflerle karmaşık halde ve yanıl geçişli olarak bulunurlar (Foto 3). Açık griden koyu griye kadar değişen renk tonlarında gözlenen bazaltlar makroskopik olarak yer yer bol miktarda piroksen kristalleri içerirler. Yer yer kompakt yer yer gözenekli bir yapı gösteren bazaltlarda, gözenekler bazen kalsit, kuvars veya zeolitle kısmen veya tamamen doldurulmuşlardır.



Foto 3: Aglomeralar arasında bazalt merceği (Beşirli)

Bazaltlardan yapılan ince kesitlerde, çoğunlukla mikrolitik porfirik veya hyalo-mikrolitik porfirik strüktür gözlenir. Plajioklaslar labrodor bileşiminde olup, mikrolitler halinde bol miktarda bulunur. Fenokristalleri nadiren gözlenir. Olivin ve ojit fenokristalleri genellikle subtomorf şekilli

kristaller halinde bulunur. Lössit ise genellikle küçük ve kübik kristaller halinde gözlenir. Ayrıca opak mineraller içerirler. İnce kesitlerde hamur maddesi volkanik cam ve bol miktarda plajioklas mikrolitlerinden oluşmuştur (Foto 4).

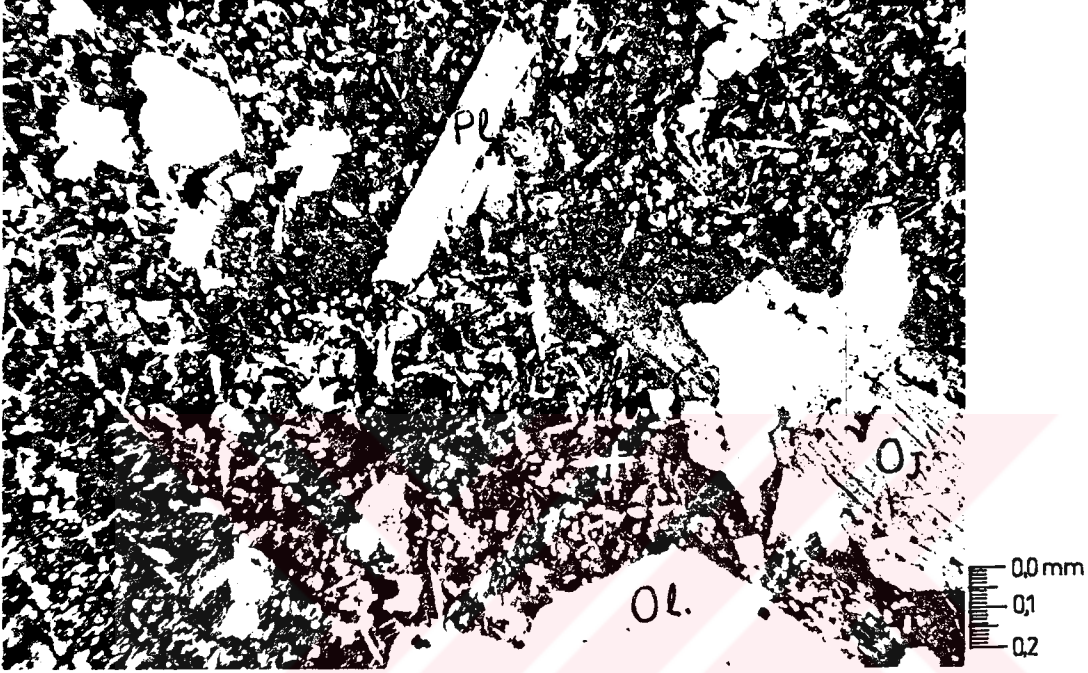


Foto 4: Bazanit (Erdogdu)
Oj:Ojit, Ol:Olivin, Pl:Plajioklas, Lö:Lössit

Bu minerolojik bileşime göre kayacı bazanit (olivinli ve feldispatoidli bazalt) olarak adlandırabiliriz.

Bazı ince kesitler ise bazanitlerle benzer strüktürde ve minerolojik bileşimde ancak olivin içermeyen tefritlerden (feldispatoidli bazalt) oluşmuştur.

3.3.3. Tüffit ve Kireçtaşları

Aglomera, volkanik breş ve tüflerle yanıl geçişli olarak gözlenen tüffit ve kireçtaşları Zağnos ve Tabakhane deresi civarında tipik olarak yüzeylenirler. Sarımsı gri, bej ve bordo renklerde gözlenen tüffit ve kireçtaşları aglomera, volkanik breş ve tuf serisi içersinde mercek şeklinde yer alırlar. Tabaka kalınlıkları 2 cm ile 50 cm arasında değişir.

Tüffitlerden yapılan ince kesitlerde plajioklas ve kayaç parçacıkları, biyolit lamelleri ve kalsit çimento gözlenir (Foto 5).

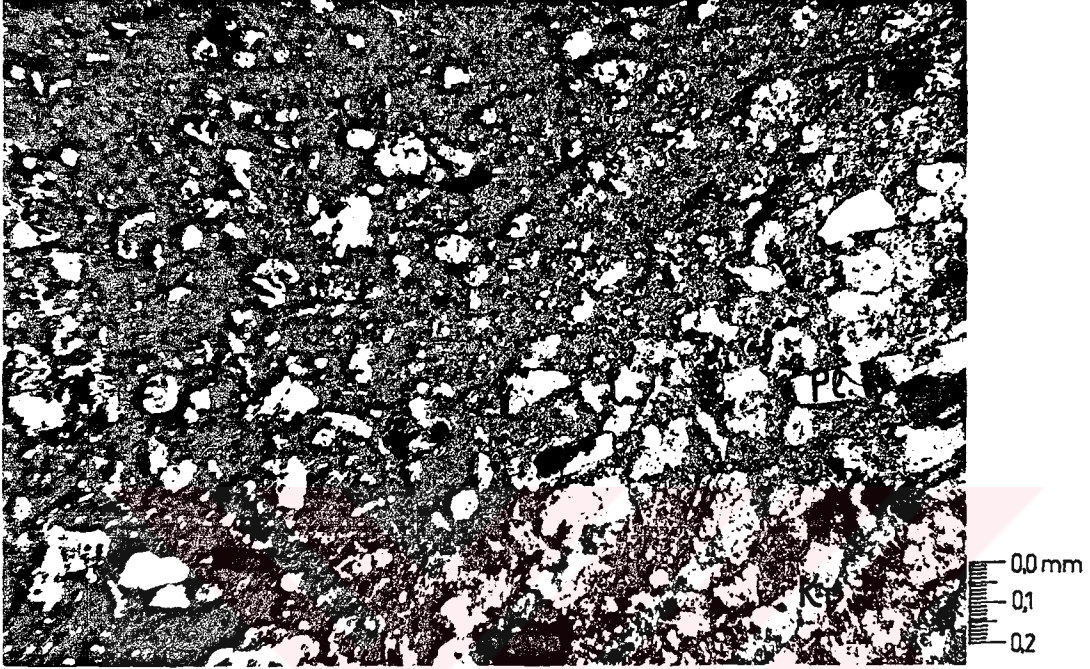


Foto 5: Tüffit (Bahçecik)
Kp:Kayaç parçası, Pl:Plajioklas

Kireçtaşlarından yapılan ince kesitlerde ise kireçtaşının genelde biyoklastlar ve mikritik çimentodan oluştuğu gözlenmiştir. Ayrıca az miktarda plajioklas ve kayaç parçacıkları içerirler.

Ceryan (1986), yapmış olduğu bitirme çalışmasında Zağnos deresinin batısında aglomeralar arasında bulunan kireçtaşlarında *Miscellanea* sp., *Lithothamnium* sp., *Glabotrotalidae*, *Lithothamnium* fosillerini, Tabakhane deresinin güneyindeki yamaçlarda yüzeyleyen tüffit ve kireçtaşlarında ise *Glabotrotalidae* ve *Glabigerinidae* fosillerinin bulunduğunu belirterek tüffit ve kireçtaşlarına, dolayısı ile içersinde buldukları volkanik seriye Paleosen yaşını vermiştir.

3.3.4. Kumlu, Siltli Kil

Çalışma alanında Değirmenderenin güney kısımlarında yüzeylenirler. Aglomera, volkanik breş ve tüfler üzerinde uyumsuz olarak bulunurlar. Sarımsı gri ve bej renginde olan bu seri esas olarak siltli killerden oluşmaktadır. Bu siltli killer arasında yer yer 3-4 cm kalınlıkta kum seviyeleri yer alır. Bu serinin kalınlığı yaklaşık 100 m dir.

Bu seri içersinde yer yer bol miktarda fosil içeren seviyeler gözlenmiştir. Bu fosiller daha önce yapılan çalışmada (Ceryan, 1986) *Prosodoemea* sp (gr *homeri*) ve *Lymnocardium subsquamulatum* (Andrussov) adlı Pontik faunasına ait fosiller olduğu belirtilerek seriye Ponsiyen (Alt Pliyosen) yaşı verilmiştir (Foto 6).

Bu killerden alınan örnekler üzerinde yapılan diferansiyel termal analiz (D.T.A.) sonuçları (Şekil 5a) killerin illit türü kil minerallerinden oluştuğunu ortaya koymuştur.

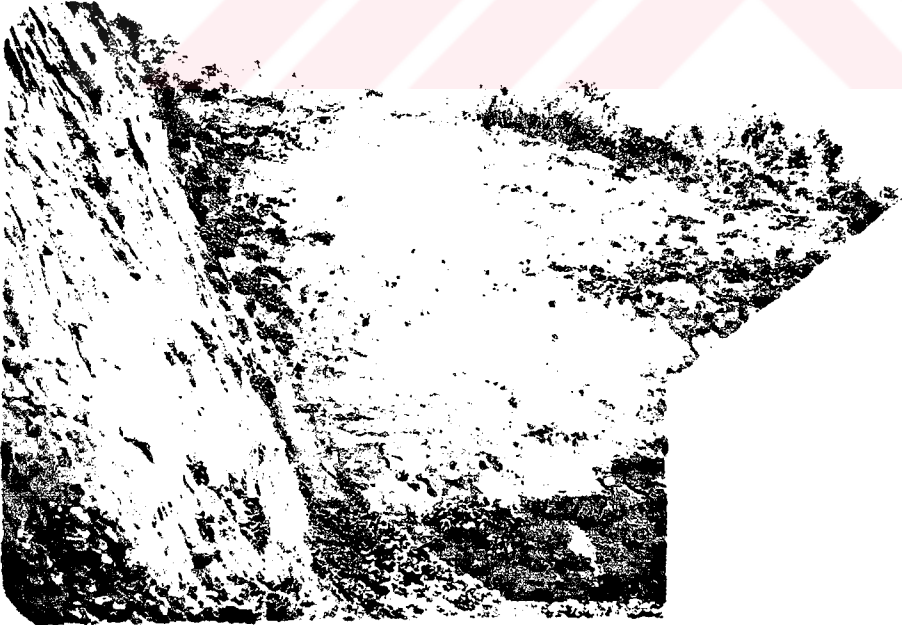


Foto 6: Kumlu, Siltli Killler (Değirmendere)

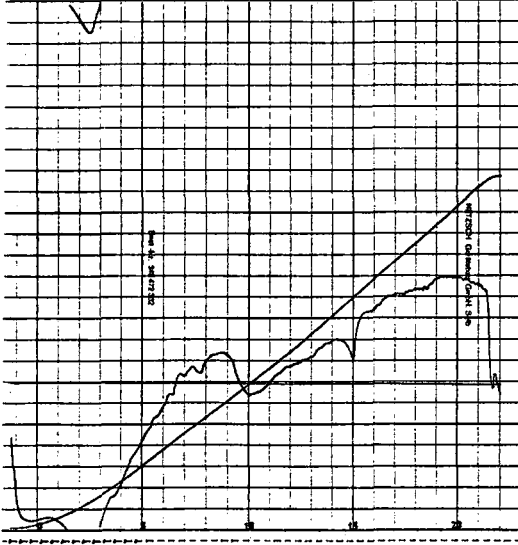
3.3.5. Kırmızı Killer

Boztepe, Erdoğdu ve Uzunkum mahallelerinin güney kesimlerinde gözlenen bu killer kırmızı rengin hakimiyetinden dolayı kırmızı killer olarak adlandırılmışlardır. Tabakalı bir yapı göstermeyen bu killer alttaki aglomera, volkanik breş ve tüflerin tamamen ayrışması sonucu oluşmuştur. Özellikle Erdoğdu ve Boztepe'de görülen kırmızı killer ve alttaki volkanik seri arasındaki ayrışma profili belirgin olarak gözlenebilir. Killer içersindeki ayrışmış kayaç parçacıkları ve aglomera, volkanik breş ve tf dokusunu korumasına rağmen elde zorlanmadan dağılabilen ayrışma ürünlerinin varlığı killerin, alttaki volkanik kayaçların ayrışma ürünü olduğunun en belirgin kanıtıdır. Bu killerden alınan örnekler üzerinde yapılan Diferensiyel termal analiz (D.T.A.) sonuçları (Şekil 5-b,c,d, 13 a) killerin illit türü kil minerallerinden oluştuğunu ortaya koymuştur.

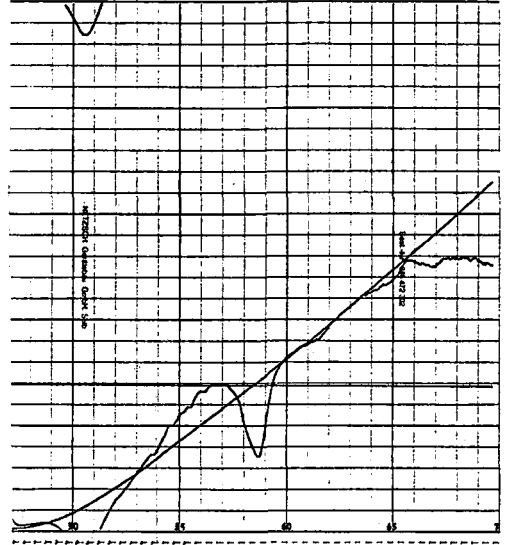
3.3.6. Taraça ve Yamaç Molozları

3.3.6.1. Taraçalar

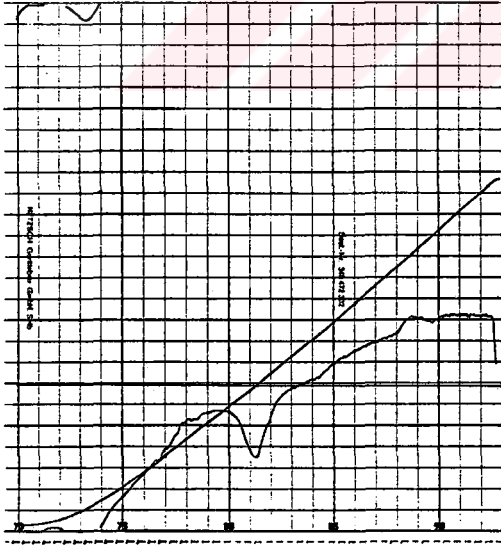
Taraçalar topoğrafik yüksekliklerine göre altı seviye halinde bulunurlar ve yaşıdan gence doğru T_1, T_2, T_3, T_4, T_5 ve T_6 sembolleriyle gösterilmişlerdir. Tüm taraçalar benzer özellikler arzederler. Blok, akıl, kum, silt ve kil boyutundaki elemanlardan oluşan taraçalarda hakim elemanları kum ve çakıllar oluşturur. Taraçalarda çakıllar bazalt, andezit ve kireçtaşı türündedir. Çakıllar genelde yassı ve elipsoid şeklindedir. akıl boyutları 2 mm-60 mm arasında değişir. Yer yer 50-60 cm ye varan değişik boyuttaki bloklara rastlanılır. Taraçaların kalınlıkları 0.5 m ile 12 m arasında değişir. Taraçalar değişik kalınlıkta ve farklı orandaki kum, çakıl ve blok karışımları içeren katmanlardan oluşmuşlardır. Bu katmanlar genelde siltli kum; ince çakıllı, siltli kum; siltli,



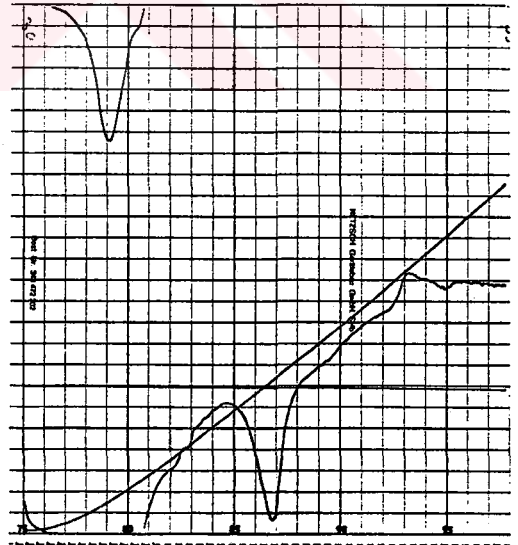
(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil-5 Killere ait D.T.A. grafikleri.

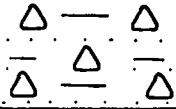
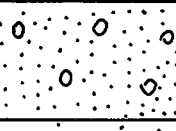
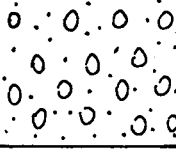
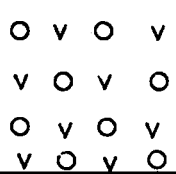
kumlu ince çakıl; siltli, kumlu çakıl bileşimindedirler. Katman kalınlıkları ve bileşimleri taraçadan taraçaya, hatta aynı taraça içersinde dahi oldukça farklılık göstermektedirler. Bu durum (Şekil 6 ve 7) de aynı taraçadan (T_6) alınmış farklı iki kesit ve (Şekil 8) de farklı bir taraça (T_2) kesiti verilerek gösterilmiştir. Ayrıca kesitleri verilen taraçalarda; seyrek çakıllı kum, kumlu çakıl ve kum olarak tanımlanan katmanlara ait granülometri eğrileri (Şekil 9,10,11) taraçaların farklı orandaki malzemelerin karışımından oluştuklarını göstermektedir.

A) T_1 Taraçası:

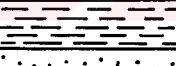

Boztepe askeri tesislerinin güneyinde, Bahçecikte ise cezaevi civarında yaklaşık 190-260 m kotları arasında, kalınlığı yaklaşık 0.5 m ile 10 m arasında değişir. Çakıl, kum, silt ve kil boyutundaki elemanların karışımından oluşan T_1 taraçasında hakim eleman kumlardan oluşur. Çakıllar bazalt, andezit ve kireçtaşı türünden olup genelde yassı ve elipsoid şeklinde dirler. Çakıl boyutları 2mm-60 mm arasında değişir. Tabakaların eğim yönleri 326° - 330° , eğim açıları ise 9° - 14° arasındadır.

B) T_2 Taraçası:



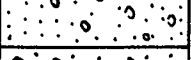
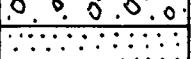
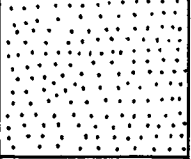

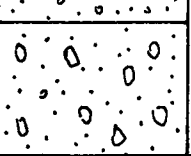
Bahçecik mahallesinin güney kısımlarında ve Boztepe Kemik Hastalıkları Hastanesi civarında yaklaşık 135-190 m kotları arasında, kalınlığı yaklaşık 0.5 m ile 6 m arasında değişir. Çakıl, kum, silt ve kil boyutundaki elemanların karışımından oluşan T_2 taraçasında hakim elemanlar kum ve çakıllardan oluşur. Çakıllar bazalt, andezit ve kireçtaşı türünden olup genelde yassı ve elipsoid şeklindedirler. Çakıl boyutları 2 mm-60 mm arasında değişir. Tabakaların eğim yönleri 337° - 345° , eğim açıları ise 6° - 13° arasındadır.

Derinlik (m.)	LİTOLOJİ	A Ç I K L A M A
1.5		MOLOZ : Köşeli blok, çakıl, kum, silt ve kil boyutunda malzemelerin karışımı
3.0		SEYREK ÇAKILLI KUM: Çok hafif derecede çimentolaşmış
5.0		KUMLU ÇAKIL : Çok hafif derecede çimentolaşmış
		AGLOMERA : Eleman boyutları 1- 35 cm. arasında olup, oldukça ayrıştırmıştır.

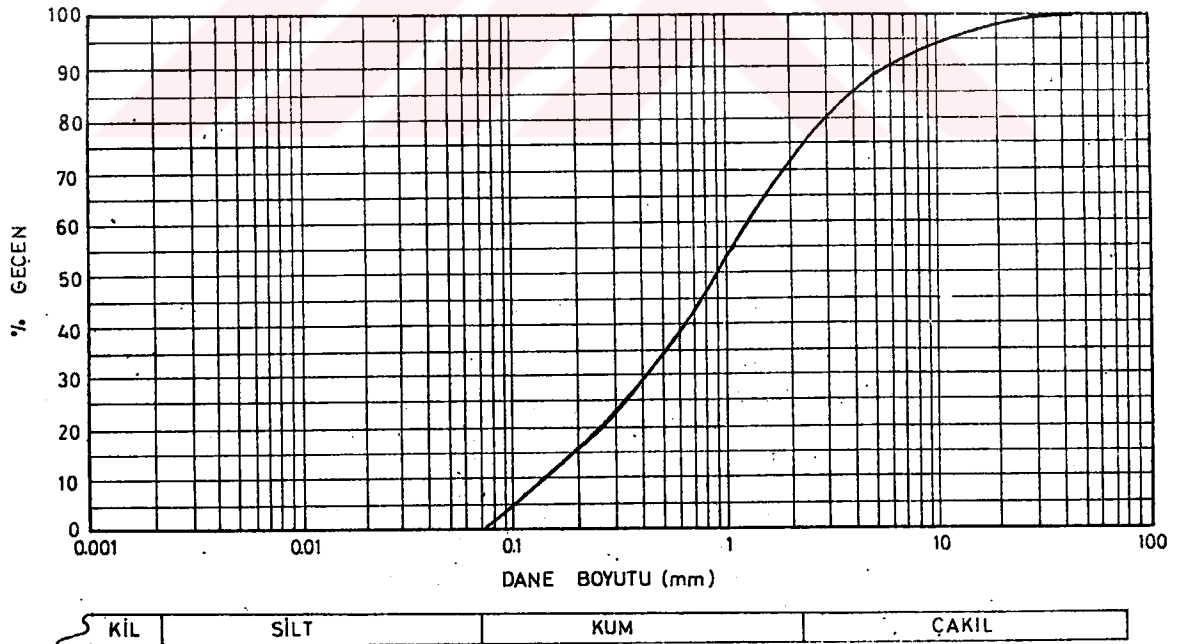
ŞEKİL-6 Uzunkumda açılan temel kazısında T6 taraçasına ait kesit

Derinlik (m.)	LİTOLOJİ	A Ç I K L A M A
0.6		BİTKİSEL TOPRAK
3.0		ÇAKILLI KUM : Yer yer oldukça iri bloklar ve değişik seviyelerde, farklı kalınlıkta ve yer yer merccek şeklinde kumlu seviyeler içerir
6.0		

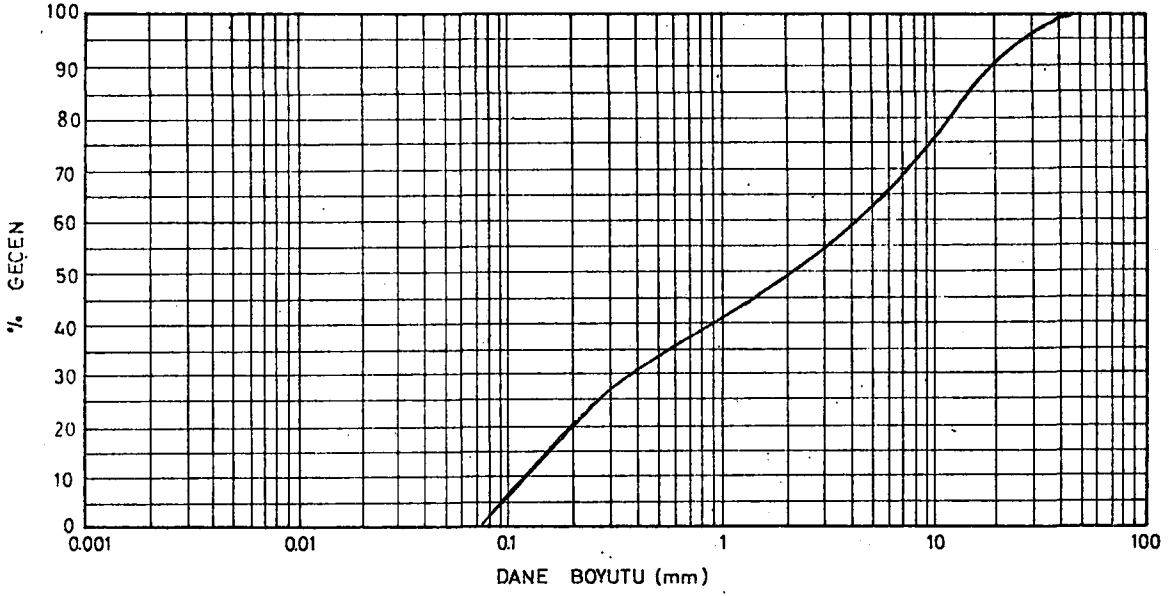
ŞEKİL -7 Uzunkumda açılan temel kazısında T6 taraçasına ait kesit

Derinlik (m.)	LİTOLOJİ	A Ç I K L A M A
0.7		BITKİSEL TOPRAK
1.2		KUM
2.2		İNCE ÇAKILLI KUM
2.7		ÇAKILLI KUM
5.2		KUM
6.3		İNCE ÇAKILLI KUM
6.3		ÇAKILLI KUM

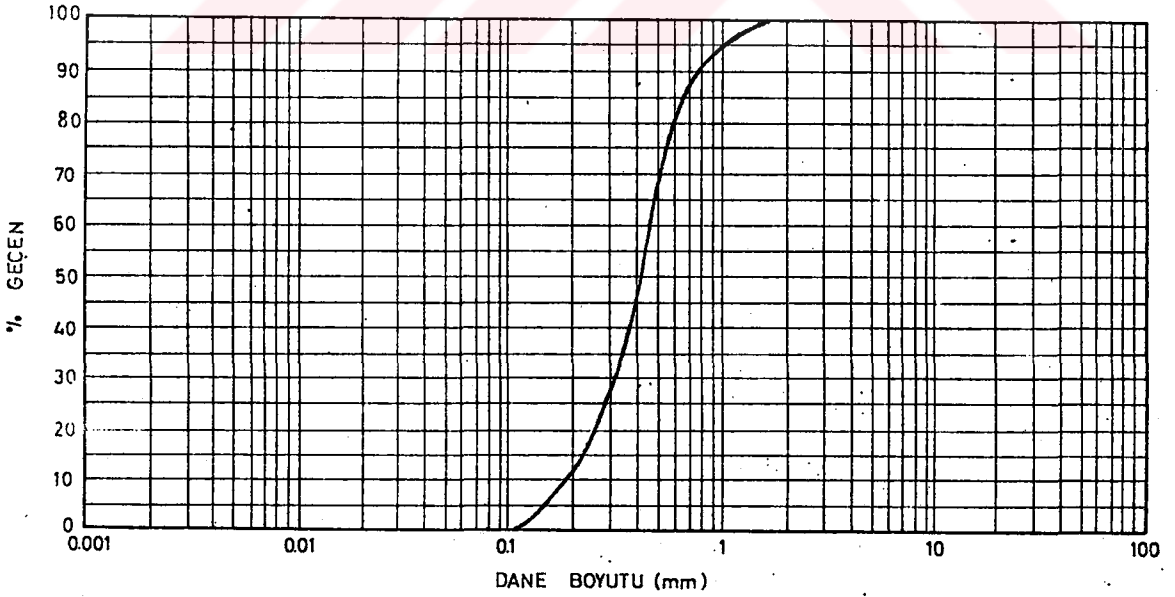
ŞEKİL-8 Bahçecikte açılan temel kazısında T2 taraçasına ait kesit



ŞEKİL-9 T6 taraçasına ait elek analiz eğrisi (seyrekleme eğrisi).



SEKİL-10 T2 taracasına ait elek analiz eğrisi (çakıllı kum)



SEKİL-11 T2 taracasına ait elek analiz eğrisi (kum).

C) T₃ Taraçası:

Bahçecik mahallesinde İmam Hatip okulu civarında 100-135 m kotları arasında, kalınlığı yaklaşık 0.5 m ile 7 m arasında değişir. Blok, çakıl, kum, silt ve kil boyutundaki elemanların karışımından oluşan T₃ taraçasında hakim elemanlar kum ve çakıllardan oluşur. Çakıllar bazalt, andezit ve kireçtaşı türünden olup genelde yassı ve elipsoid şeklindedirler. Çakıl boyutları 2 mm-60 mm arasında değişir. Tabakaların eğim yönleri 10°-13°, eğim açıları ise 7°-10° arasındadır.

D) T₄ Taraçası:

Yenicuma mahallesinde, Ataparkın güney batısında ve Yeşiltepe civarında yaklaşık 65-100 m kotları arasında, kalınlığı yaklaşık 0.5 m ile 6 m arasında değişir. Blok, çakıl, kum, silt ve kil boyutundaki elemanların karışımından oluşan T₄ taraçasında hakim elemanlar kum ve çakıllardan oluşur. Çakıllar bazalt, andezit ve kireçtaşı türünden olup genelde yassı ve elipsoid şeklindedirler. Çakıl boyutları 2 mm-60 mm arasında değişir. Tabakaların eğim yönleri 287°-330°, eğim açıları ise 5°-12° arasındadır.

E) T₅ Taraçası:

Çalışma alanınının kuzey kesimlerinde doğu-batı doğrultusunda oldukça geniş bir yayılım gösterirler. Başlıca Fatih, Ayasofya, Atapark, Meydan, Uzunkum ve Değirmendere mahalleleri civarında yaklaşık 15 m-40 m kotları arasında, kalınlığı yaklaşık 0.5 m ile 6 m arasında değişir. Blok, çakıl, kum, silt ve kil boyutundaki elemanların karışımından oluşan T₅ taraçasında hakim elemanlar kum ve çakıllardan oluşur. Çakıllar bazalt, andezit ve kireçtaşı türünden olup genelde yassı ve elipsoid şeklindedirler. Çakıl boyutları 2 mm-60 mm arasında değişir. Tabakaların eğim yönleri 291°-343°, eğim açıları ise 5°-17° arasındadır.

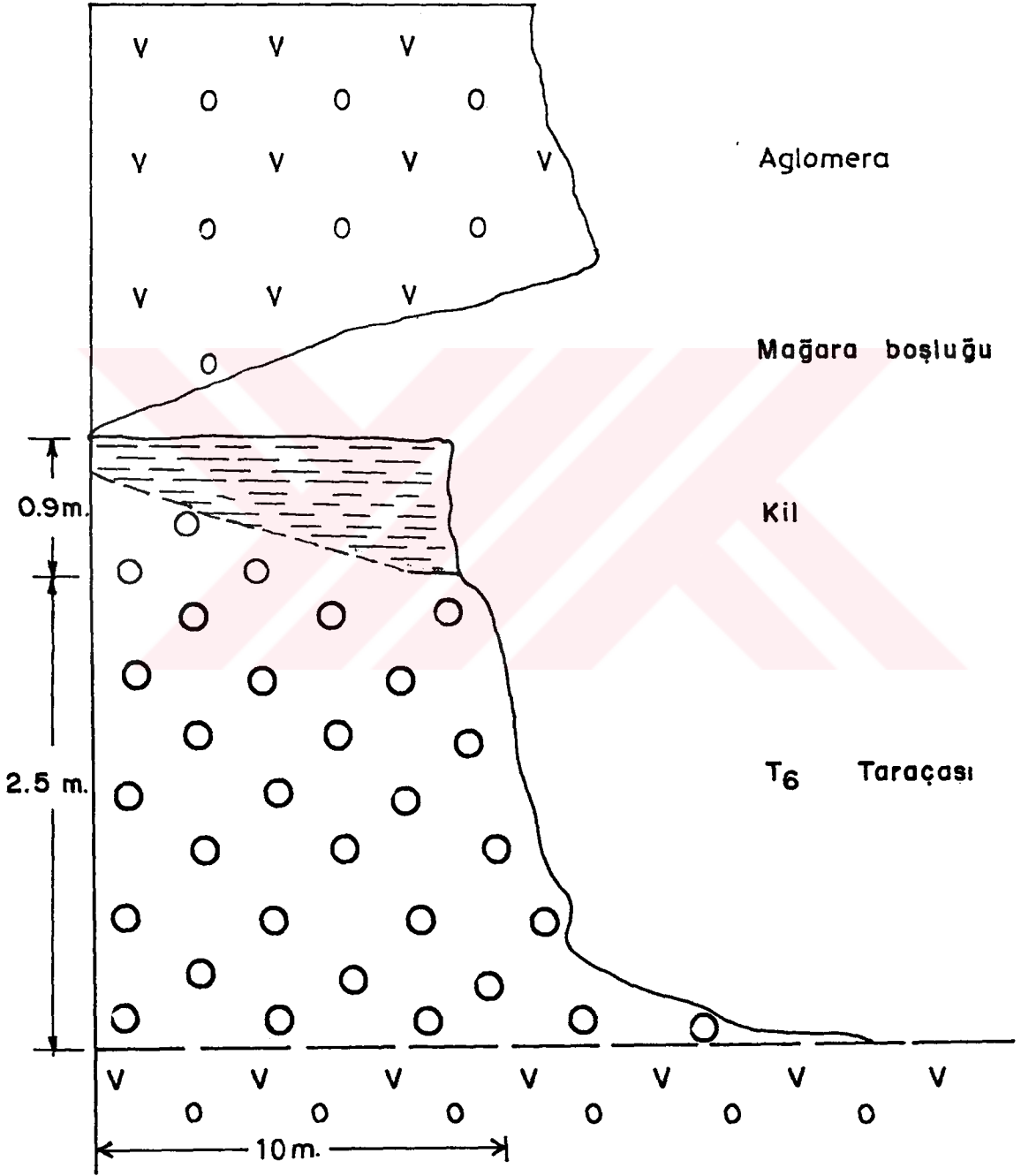
F) T₆ Taraçası:

Yenimahalle, Yalı mahallesi ve Uzunkum mahallesi civarında oldukça geniş bir alanda yayılım gösterir. T₆ taraçası yaklaşık 5 m-15 m kotları arasında yer alır ve kalınlığı yaklaşık 0.5 m ile 10 m arasında değişir. Blok, çakıl, kum, silt ve kil boyutundaki elemanların karışımından oluşan T₆ taraçasında hakim elemanlar kum ve çakıllardan oluşur. Çakıllar bazalt, andezit ve kireçtaşı türünden olup genelde yassı ve elipsoid şeklindedirler. Çakıl boyutları 2 mm-60 mm arasında değişir. Tabakaların eğim yönleri 337°-352°, eğim açıları ise 4°-8° arasındadır.

G) Uzunkum Kili:

Uzunkum mahallesinde sahilden yaklaşık 350 m içerde gözlenirler. Yeşilimsi-gri renkte gözlenen killerin kalınlığı 0.5 m ile 5 m arasında değişir. Bu killer Boztepe ve Erdoğan civarında gözlenen ayrışma killерinden farklı özellikler gösterirler. Bu alandaki killerde ayrışma ürünü olduklarını gösterecek ayrılmış kayac parçacıklarına veya ayrışma profillerine rastlanmamıştır. Bu killerin içersinde yer yer yuvarlatılmış çakıllara rastlanması ve taraçaların üzerinde yayılım göstermeleri lagüner veya denizel kökenli olabileceklerini göstermektedir.

Ayrıca Ayasofya mahallesi çıkışında sahil yolu kenarında dalga oymasıyla oluşmuş mağarada gözlenen zemin kesiti Uzunkum kilinin kökeni hakkında daha açıklayıcı bir durum ortaya koymaktadır. Bu mağarada gözlenen zemin kesiti Şekil 12 de sunulmuştur. Aglomeralar içersinde bulunan bu mağaranın tabanında 1.5 ile 2.5 m arasında değişen kalınlıkta taraça (T₆) gözlenmiştir. Bu taraça üzerinde ise ortalama kalınlığı 90 cm olan bir kil tabakası yer alır. Kil yüzeyi ile mağara tavanı arasında ise 90 cm civarında bir boşluk yer almaktadır. Yapılan saha gözlemleri bu kilin Uzunkum kili ile benzer özellikler arzettiğini göstermiştir.



Şekil -12 Mağarada gözlenen zemin kesiti

Bu killerin, gerek taraçalar üzerinde gözlenmesi gerekse mağara gibi kapalı bir ortamda karasal ortamlarda olduğu gibi yerçekimi, rüzgar vb. gibi nedenlerle taşınarak oluşması beklenemeyeceğinden lagüner veya denizel ortamda taraçalar üzerine çökeldiğini ve onların devamı niteliğinde olduğunu söyleyebiliriz.

Bu killerden alınan örnekler üzerinde yapılan diferansiyel termal analiz (D.T.A.) sonuçları (Şekil 13 b,c) killerin illit türü kil minerallerinden oluştuğunu ortaya koymuştur.

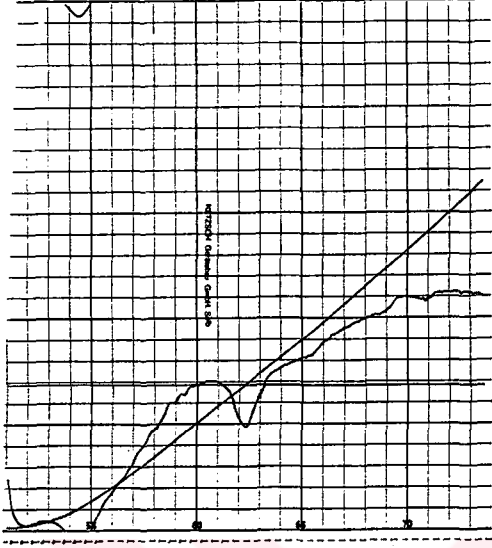
H) Sahil Kumu ve Alüvyonlar:

Sahil boyunca yayılım gösteren sahil kumu; blok, çakıl ve kum boyutundaki elemanlardan oluşmuştur. Çakıllar bazalt, andezit ve kireçtaşı türündendir.

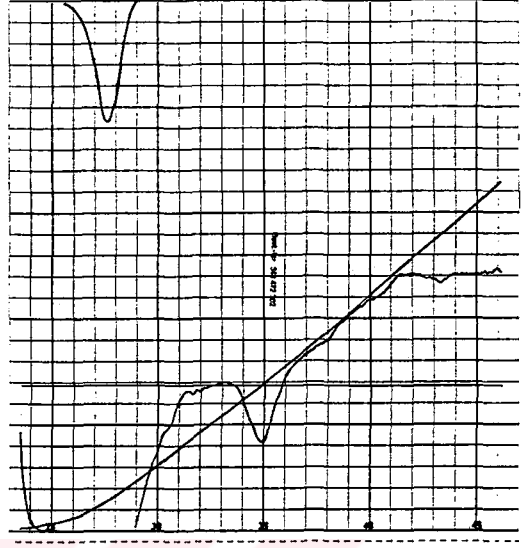
Alüvyonlar esas olarak Değirmendere vadisinde ve az miktarda Beşirli deresinde gözlenmiştir. Değirmendere vadisinde gözlenen alüvyonlar akifer özelliğindedir. Blok, çakıl, kum, silt ve kil boyutundaki malzemenin oluşmuştur.

3.3.6.2. Yamaç Molozu

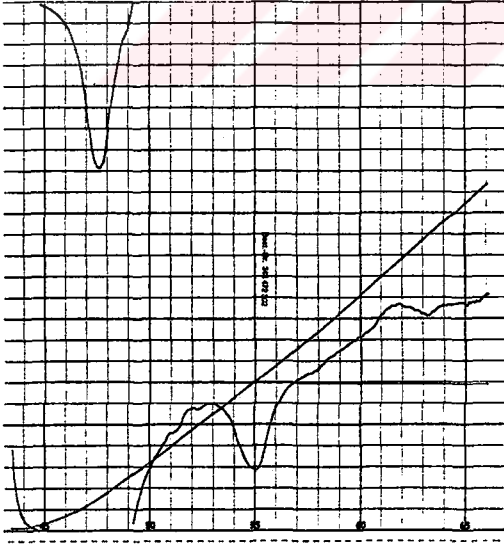
Başlıca İnönü ve Değirmendere mahallelerinde, Tabakhane ve Zağnos derelerinin yamaçları boyunca ve dere yataklarına yakın kısımlarında yayılım gösterirler. Yamaç molozları kilden bloğa kadar değişen her boyutta malzemenin karışımından oluşurlar. Yamaç molozları aglomera, volkanik breş ve tüflerin ayrışmasıyla ana kayaktan kopan her boyuttaki malzemenin özellikle yerçekimi etkisiyle yamaç eteklerinde birikmesiyle oluşmuşlardır. Yaklaşık kalınlıkları 2 m ile 15 m arasında değişmektedir. (Foto 7). Yamaç molozlarındaki killerden alınan örnekler üzerinde yapılan diferansiyel termal analiz (D.T.A.) sonuçları (Şekil 13 d) killerin illit türü kil minerallerinden oluştuğunu ortaya koymuştur.



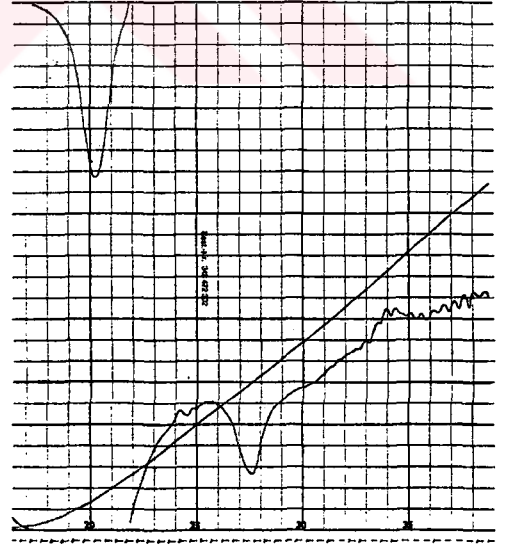
(a)



(b)



(c)



(d)

ŞEKİL-13 Killere ait D.T.A. grafikleri.

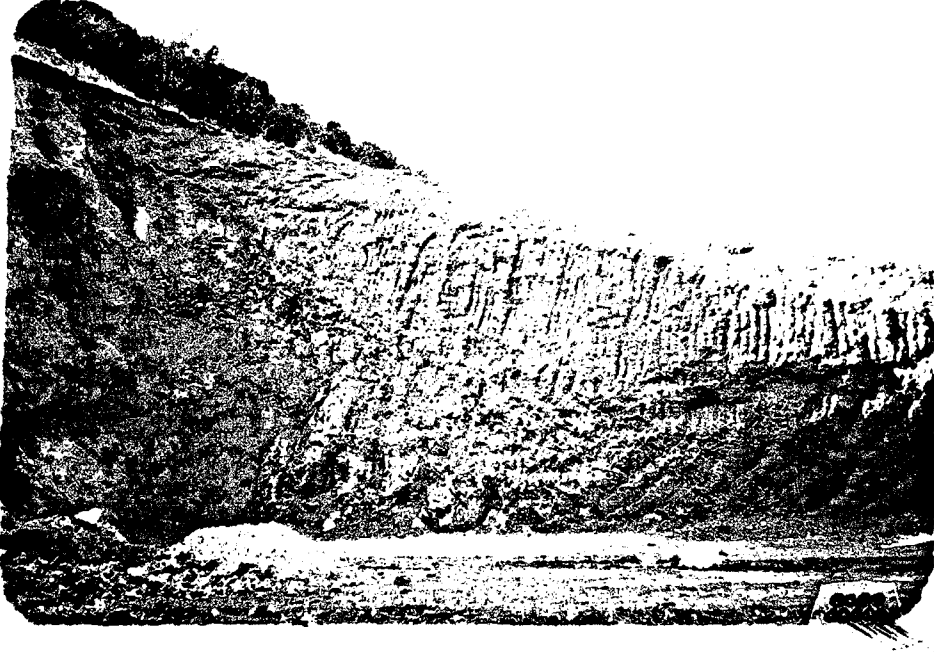


Foto 7: Aglomeralar üzerinde yamaç molozları (Uzunkum)

3.4. Yapısal Jeoloji

Çalışma sahası, Doğu Pontid'lerin kuzey zonunda yer almaktadır. Çalışma sahasında şu yapısal özellikler gözlenir.

3.4.1. Tabakalar

Aglomera, volkanik breş ve tüflerle yanal geçişli olarak gözlenen tüffit ve kireçtaşı tabakalarının doğrultu ve eğimi $N 6^{\circ}-71^{\circ} E / 15^{\circ}-43^{\circ} SW$ değerlerindedir.

Pliyosen yaşlı kumlu siltli killerde ise tabakaların doğrultu ve eğimi $N 35^{\circ}-41^{\circ} E / 12^{\circ}-16^{\circ} SW$ değerlerindedir.

Taraçalarda gözlenen tabakaların doğrultu ve eğimleri $N 15^{\circ}-73^{\circ} W / 7^{\circ}-10 NE$ ve $N 10^{\circ}-13^{\circ} E / 4^{\circ}-17^{\circ} NW$ değerlerindedir.

3.4.2. Çatlaklar

Volkanik kayalarda belirgin olarak izlenen çatlakların açıklıkları 0.5 mm-15 mm arasında değişmektedir. Çatlaklar yer yer dolgusuz yer yer de kil ya da kalsit dolguludurlar. Çatlak yüzeyleri hafif pürüzlü, pürüzlü ve ondülasyonludur. Volkanik kayalardan alınan 180 adet çatlak ölçüsüne ait çatlak kontur diyagramı Şekil 14 de sunulmuştur.

Hakim çatlak doğrultuları $N 25^{\circ}-35^{\circ} E$ ve $N 10^{\circ}-20^{\circ} W$ arasında, eğimleri ise $30^{\circ}-40^{\circ}$ ve $60^{\circ}-70^{\circ}$ arasında yoğunlaşmıştır. Çatlak kontur diyagramı göz önüne alındığında yöreyi etkileyen maksimum basınç kuvveti yönünün yaklaşık $N 10^{\circ} E$ olduğu sonucuna varılır.

3.4.3. Faylar

İnceleme alanının büyük bölümünün yerleşim alanı olması veya bitkisel toprakla kaplı olması nedeniyle belli başlı 3 adet fay gözlenmiştir.

A) F_1 Fayı:

Küçük boyutlu bir faydır. Kaleparkta yol şevinde gözlenmiştir. Doğrultu ve eğimi $N 18^{\circ} W/85^{\circ} SW$ değerindedir. Güney bloğu, kuzey bloğuna göre düşmüştür. Eğim atımlı normal faydır.

B) F_2 Fayı:

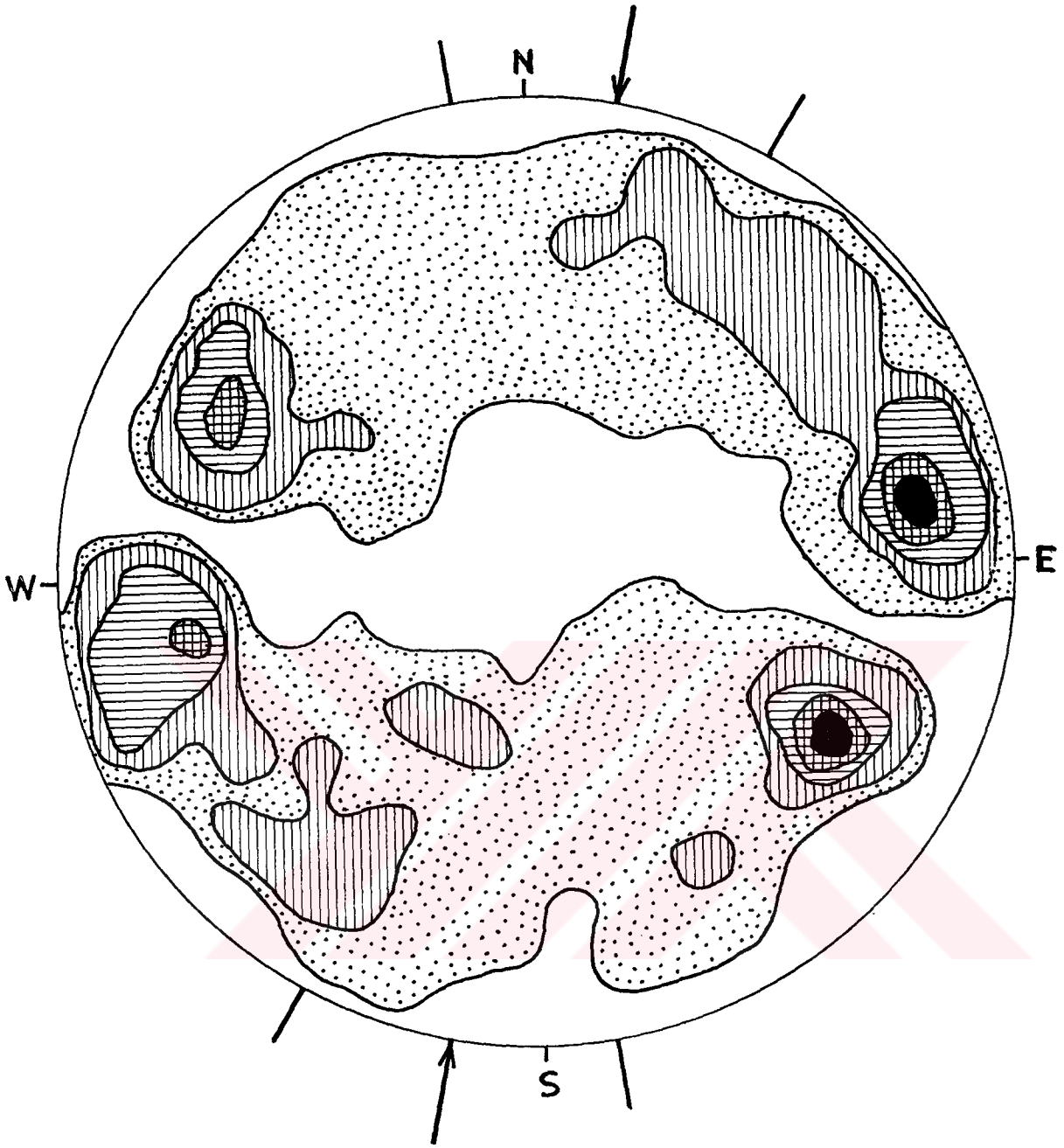
Yaklaşık Değirmende mahallesinin batısında yer alır. Doğrultusu ve eğimi $N 50^{\circ} W/ 87^{\circ} NE$ değerindedir. Güney bloğu, kuzey bloğuna göre yükselmiş olup eğim atımlı normal faydır (Foto 8).

C) F_3 Fayı:



F_2 fayının bitişiğinde ve doğusunda yer alır. Doğrultusu ve eğimi $N 62^{\circ} E/88^{\circ} NW$ değerindedir. Güney bloğu, kuzey bloğuna göre yükselmiş olup eğim atımlı normal faydır.



Foto 8: F_2 fayının görünüşü



Alt Yarıküre

İŞARETLER						
%	> 4.5	4.5-3.5	3.5-2.5	2.5-1.5	1.5-0.5	< 0.5

Şekil-14 ÇATLAK KONTUR DİYAGRAMI

BÖLÜM 4

MÜHENDİSLİK JEOLojİSİ

4.1. Giriş

Bu bölümde, çalışma alanındaki zemin ve kayalar özellikle taşıma gücü ve duraylılık açısından incelenmiştir. Bunun için gerekli olan kayaç ve zeminlere ait jeolojik ve fiziksel özellikler gerek deneysel olarak gerekse arazi gözlemlerine dayanarak belirlenmiştir. Taşıma gücü bahsinde, zeminlerin taşıma gücü temel genişliği, temel derinliği ve topoğrafik eğimden bağımsız olmadığından taşıma gücü ile ilgili teorik konulara yer verilmiştir.

Ayrıca çalışma alanının eğim haritası ve çalışma alanındaki kayaların ayrışma durumunu ortaya koymak için deneysel verilere dayanarak ayrışma haritası hazırlanmıştır.

4.2. Kayaçların Jeomekanik Özellikleri

4.2.1. Jeolojik Özellikler

a. Kaya Kalitesi Özelliği (RQD)

Çalışma sahasında ayrışmanın çok az veya hiç olmadığı alanlarda belirli uzunluktaki çatlak sayısı sayılarak buradan 1 m deki ortalama çatlak sayısı (λ) hesaplanmıştır ve

$$RQD = 100 e^{-0.1\lambda} (0.1\lambda + 1)$$

formülünden yararlanarakta kaya kalitesi özelliği (RQD) hesaplanmıştır.

Çeşitli yüzeylenmelerde sayılan çatlak sayılarından hesaplanan RQD değerleri Tablo 13'de verilmiştir.

b. Tabaka Kalınlıkları

Çalışma alanındaki aglomera, volkanik breş ve tüfler belirgin bir tabakalaşma göstermezler. Bu seri ile yanal geçişli olarak gözlenen tüffit ve kireçtaşlarındaki tabaka kalınlıkları 2 cm ile 50 cm arasında değişir. Bu verilere göre çalışma alanındaki tüffit ve kireçtaşları çok ince, ince ve orta tabakalı kayaç sınıfında yer almaktadır.

c. Çatlak Ara Uzaklığı

Çalışma alanındaki kayaçlarda gözlenen çatlak ara uzaklıkları 5 cm ile 400 cm arasında değişmekte olup, kayaçlar sık, orta, seyrek ve çok seyrek çatlaklı kayaç sınıfına girerler.

d. Çatlak Açıklığı

Kayaçlarda gözlenen çatlak açıklıkları 0.5 mm ile 15 mm arasında değişir. Bu değerlere göre çalışma alanındaki kayaçlar çatlak açıklığına göre ince, orta ve açık çatlaklı kayaç sınıfına girerler.

e. Çatlak Dolguları

Kayaçlarda gözlenen çatlaklar yer yer tam veya yarı dolgulu yer yer dolgusuzdurlar. Genelde çatlaklarda gözlenen dolgu malzemesini, birincil süreksizlik dolgusu olan ayrışma ürünü kiler oluştururlar. Bazı çatlaklarda ikincil süreksizlik dolgusu olan kalsit tarafından doldurulmuşlardır.

f. Çatlak Pürüzlülüğü

Çalışma alanındaki kayaçlarda, çatlak yüzeylerinin pürüzlülüğü arazi gözlemleriyle araştırılmıştır. Yapılan ölçümlerde çatlak yüzeylerindeki ikinci derece pürüzlülüklerde dalgalanma açıları 2° ile 4.5° arasında, birinci derece pürüzlülüklerde ise 8° ile 15° arasında değişmektedir. Saha gözlemleri ve ölçümler çatlak yüzeylerinin hafif pürüzlü, pürüzlü ve ondülasyonlu olduğunu göstermiştir.

4.2.2. Kayaçların Ayırışma Durumu

Kayaçların ayırışma durumunu belirleyebilmek için belirli noktalardan kayaç örnekleri alınarak dayanımlılık deneyleri yapılmıştır. Dayanımlılık deneyi sonuçlarından yararlanarak dayanımlılık indeksleri (Id) hesaplanmıştır. Franklin, J.A. and Chandra, R. (1972), dayanıklılık indeksine göre kayaçları altı guruba ayırmıştır (Tablo 4).

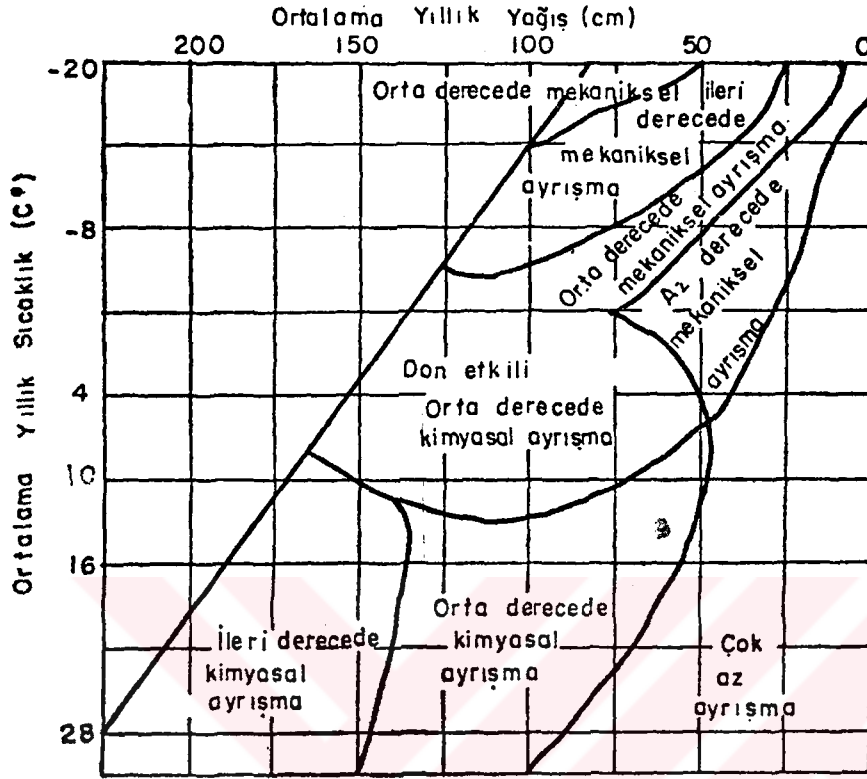
Tablo 4: Dayanımlılık İndeksine Göre Kayaçların Sınıflandırılması. Franklin, J.A. and Chandra, R. (1972).

Dayanımlılık indeksi (Id)	Kaya sınıfı
0-25	Çok düşük
25-50	Düşük
50-75	Orta
75-90	Yüksek
90-95	Çok yüksek
95-100	Fevkalade yüksek

Çalışma alanındaki kayaçlarda ayırışmanın genelde litolojiye ve topoğrafyaya bağlı olarak geliştiği deney sonuçları ve saha gözlemlerinden anlaşılmıştır.

Peltier (1950) herhangi bir bölgede oluşabilecek ayırışma türleri ortalama yıllık yağış (cm) ve ortalama yıllık sıcaklık (C°) cinsinden grafik olarak verilmiştir (Şekil 15).

Bu grafiğe göre çalışma sahasında orta derecede kimyasal ayırışma sözkonusudur.



ŞEKİL-15 Bir bölgede oluşabilecek ayrışma türleri

4.2.2.1. Bazaltların Ayrışma Durumu

Çalışma alanında gözlenen bazaltlar taze kaya niteliğinde olup çok az ayrışmışlardır. Ayrışma bazı yüzeylemelerde yüzeylemeden itibaren birkaç cm derinliğe kadar olan kısımlarda ve çatlak yüzeyleri boyunca. Bazaltlardan alınan örnekler üzerinde yapılan dayanımlılık deneylerinden bunların çok yüksek ve fevkalade yüksek kaya sınıfına girdikleri belirlenmiştir.

4.2.2.2. Aglomera, Volkanik Breş, Tüf, Tüffit ve Kireçtaşlarının Ayrışma Durumu

Çalışma alanında oldukça geniş alanda yüzeylenen bu seride ayrışma taze kayadan tamamen ayrılmış kayaya kadar her tür ayrışma sınıfını gözlemek mümkündür. Bu seriden alınan örnekler üzerinde yapılan deneylerden kaya sınıfının çok düşük, düşük, orta, yüksek, çok yüksek ve fevkalade yüksek kayaç sınıflarını içerdiği belirlenmiştir. Bu seri içersinde özellikle tüf, tüffit ve kireçtaşı mercekleri içeren alanlarda ayrışmanın daha fazla olduğu gözlenmiştir. Aglomera ve volkanik breşlerde değişik derecede ayrışma gözlenmesine rağmen genelde akıntı breşlerinin yüzeylendiği alanlarda daha az ayrışma gözlenmiştir. Aglomeralarda çimento maddesini oluşturan tüfler çakıllarına göre daha fazla ayrılmışlardır. Ayrışma derinliği çok fazla değişiklik gösterip yüzeyden itibaren birkaç metre derinliğe kadar uzanmaktadır.

4.2.2.3. Ayrışma Eğim İlişkisi

Çalışma alanında litolojiye bağlı olarak gelişen ayrışma gerçekte topoğrafik eğimlede yakından ilişkilidir. Genel olarak eğimin fazla olduğu alanlarda ayrışma daha az olarak gözlenmiştir.

Benzer litolojik özellikteki kayaçlar yaklaşık aynı eğimdeki alanlarda ayrışma bakımından farklılık göstermemelerine rağmen, farklı eğimdeki alanlarda ayrışma bakımından farklılıklar gösterirler. Bunun nedeni eğimin yüksek olduğu alanlarda ayrılan ve parçalanan malzemenin yerçekimi, rüzgar, yağmur vb. etkisi ile yer değiştirerek daha az eğimli alanlarda toplanmasıdır. Eğimin az olduğu alanlarda ise ayrılan ve parçalanan malzeme yerinde birikeceğinden ve taşınma imkanı bulamayacağından eğimi yüksek olan alanlara göre ayrışmanın bu bölgelerde daha çokmuş gibi görünmesine neden olmaktadır.

4.2.3. Fiziksel Özellikler

4.2.3.1. Kayaçların Kuru Birim Hacim Ağırlıklarının Bulunması

Schmidt çekici ile ölçüm yapılan noktalardan el örnekleri alınarak laboratuvarında kuru birim hacim ağırlıkları bulunmuştur. Bunun için kayaç örnekleri etüvde 105°C de 24 saat kurutulularak tartılmıştır. Örneklerin hacimlerini bulmak için üzerleri parafinle kaplanmış ve hacim taksimatlı cam silindire konularak hacimleri hesaplanmıştır.

$$\gamma_k = \frac{W_k}{V_T - V_p} \quad (1)$$

- γ_k : Kuru birim hacim ağırlık
 V_T : Kayaç ve parafinin toplam hacmi
 V_p : Parafinin hacmi

Dayanımlılık indeksine göre fevkalade yüksek, çok yüksek ve yüksek kaya sınıfına giren alanlardan alınan örneklere ait kuru birim hacim ağırlığı değerleri Tablo 12 de verilmiştir.

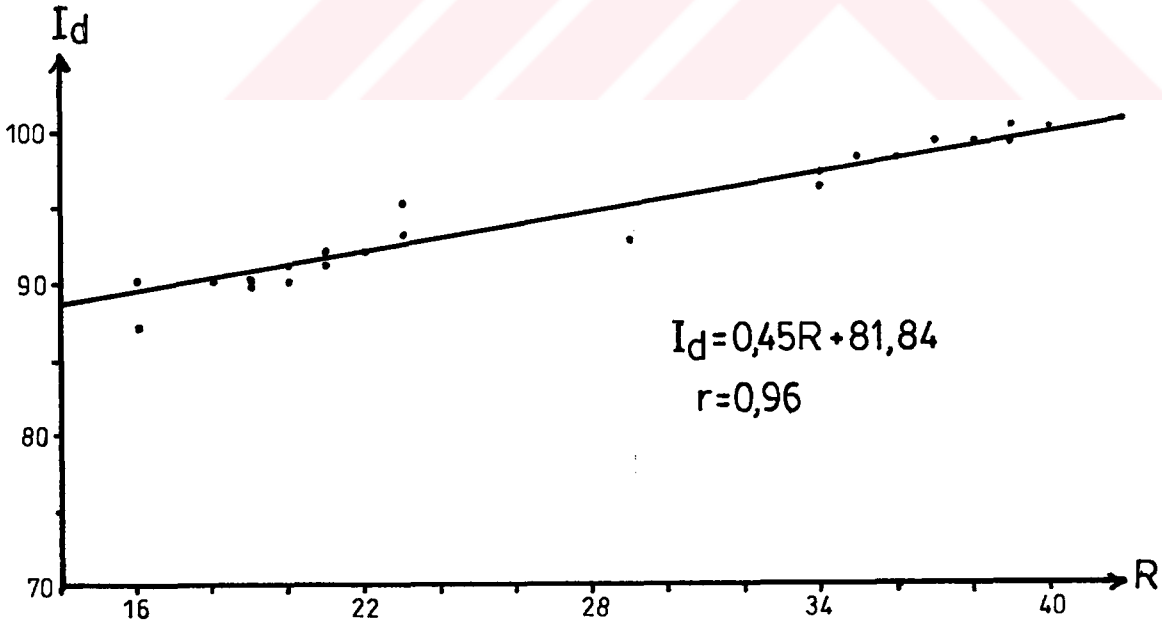
4.2.3.2. Kayaçların Schmidt Çekici Geri Tepme Sayılarının Ölçülmesi

Arazide Schmidt çekici ile kayaçların geri tepme sayılarını bulmak için ölçümler yapılmıştır. Daha önce dayanımlılık deney sonuçlarına göre çok düşük, düşük, orta, yüksek, çok yüksek ve fevkalade yüksek kaya sınıflarına ayrılan kayaçalarda, çok düşük, düşük ve orta kaya sınıfına giren alanlarda ayrışma fazla olduğundan Schmidt çekici ile ölçüm yapılamamıştır. Ölçüm yapılan alanlardaki Schmidt çekici geri tepme sayıları Tablo 12 de toplu olarak verilmiştir.

4.2.4. Fiziksel Özellikler Arasındaki İlişkiler

Volkanik kayalarda, fiziksel özelliklerden Schmidt çekici geri tepme sayısı (R) ve dayanımlılık indeksi (Id) arasında lineer artan bir ilişki vardır (Şekil 16). Dayanımlılık indeksi-kuru birim hacim ağırlık, Schmidt çekici geri tepme sayısı-emin taşıma gücü ve Schmidt çekici geri tepme sayısı-kuru birim hacim ağırlık arasında herhangi bir ilişki bulunamamıştır.

Özellikle Schmidt çekici geri tepme sayısı ve emin taşıma gücü arasında bir ilişki bulunamaması Schmidt çekici geri tepme sayısı artışına bağlı olarak kuru birim hacim ağırlığın düzenli olarak artmamasından kaynaklanmaktadır.



ŞEKİL-16 R ve Id arasındaki ilişki.

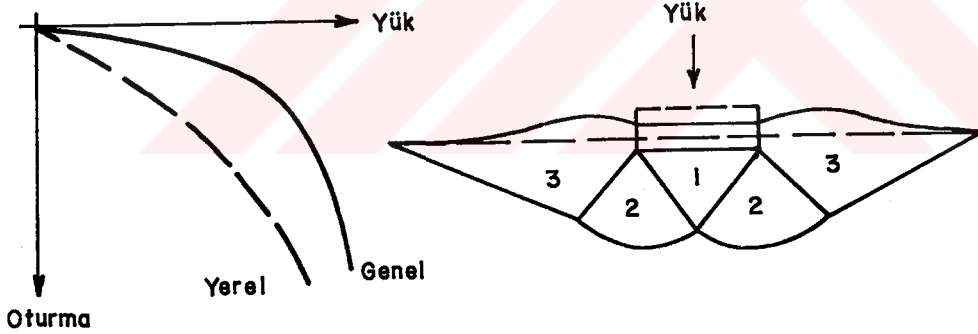
4.2.5. Temel Olma Özellikleri

4.2.5.1. Yüzeysel Temellerin Taşıma Gücü

Taşıma gücü terimi ile temelin göçmeden taşıyabileceği maksimum taban basıncı ifade edilmektedir. Temel ve zemin karşılıklı etkileşim içinde olduklarından, temel taşıma gücü zeminin taşıma gücünde içermektedir.

Temellerin taşıma gücü, zeminin birim hacim ağırlığına, kohezyon ve içsel sürtünme açısı gibi mekanik özelliklerine, zemindeki yeraltı suyunun durumuna, temelin büyüklük, derinlik, şekil ve taşıdığı yük değeri gibi geometrik ve fizik şartlarına dayanmaktadır.

Sıkı ve gevşek zeminler üzerinde oturan temellerin taşıma gücü aşıldığında farklı davranış göstermektedirler (Şekil 17).



Şekil-17 Yüklemede zeminlerin farklı davranışları

Sert ve sıkı zeminde temel plağının altındaki zemin kaması rijit ve elastik durumda kalarak (Bölge 1) 2 ve 3 nolu bölgeleri dışarı doğru itmektedir (Genel kayma kırılması). Gevşek ya da yumuşak zeminlerde ise tüm bölgeler hacim değiştirerek sıkılaştıklarından yüzey hareketi izlenmediği gibi yük-oturma diyagramında kırılma olayı kesin olarak izlenmemektedir (Yerel kayma kırılması).

q_d simgesi ile gösterilen taşıma gücünün temel taban alanı A ile çarpılması yüzeysel temellerin göçmeden taşıyabileceği maksimum yükü (Q_d) verir.

$$Q_d = q_d \cdot A \quad (2)$$

Net taşıma gücü \bar{q}_d ise taban seviyesindeki taşıma gücünden o seviyedeki zeminin ağırlığından doğan düşey basıncın çıkarılmasına eşittir.

$$\bar{q}_d = q_d - \gamma \cdot D_f \quad (3)$$

γ : Zeminin birim hacim ağırlığı

D_f : Temel derinliği

Taşıma gücü sınır değeri ifade ettiğinden dolayı, bütün mühendislik problemlerinde olduğu gibi belirli bir güvenlik sayısı (G_s) ile bölünerek emin taşıma gücü (q_s) elde edilir.

$$q_s = q_d / G_s \quad (4)$$

Yüzeysel temellerin taşıma gücünün hesabı için, araştırmacılar tarafından pek çok ampirik formül verilmiştir. Bunlardan günümüzde en çok kullanılanı Terzaghi'nin verdiği formüldür.

Terzaghi'nin formülü:

$$q_d = K_1 c N_c + \gamma_1 D_f N_q + K_2 N_\gamma B \gamma_2 \quad (5)$$

şeklindedir. Formülde yer alan simgelerin anlamları aşağıda verilmiştir.

K_1, K_2 : Temel tabanı şekline bağlı katsayılar (Tablo 5)

c : Kohezyon

ϕ : içsel sürtünme açısı

D_f : Temel derinliği

γ_1 : Temel tabanı üstündeki zeminin birim hacim ağırlığı

γ_2 : Temel tabanı altındaki zeminin birim hacim ağırlığı

B : Temel genişliği (Daire temel halinde çapı)

N_c, N_q, N_γ : Temel tabanı altındaki zeminin içsel sürtünme açısına bağlı taşıma gücü katsayıları (Tablo 6 veya Şekil 18).

Zemin özellikleri (c, ϕ, γ) temel tabanından ölçülmek üzere B derinliği boyunca ağırlıklı ortalama değeri olarak alınmalıdır.

Gevşek ve yumuşak zeminlerde bölgesel göçmeler (yerel kayma kırılması) meydana gelebileceğinden, taşıma gücü hesabında

$$\tan \phi_i = \frac{2}{3} \tan \phi \quad (6)$$

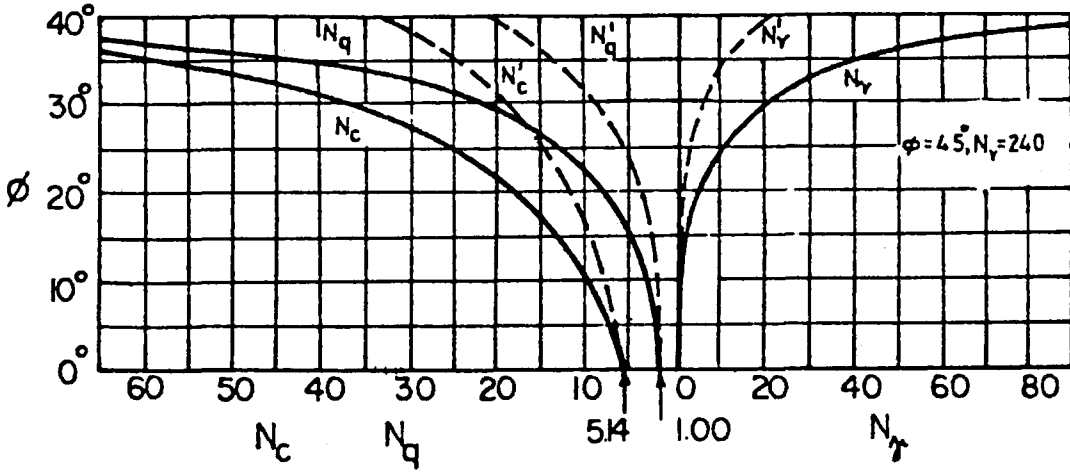
denklemden bulunan ϕ_i açısına karşılık gelen N_c', N_q', N_γ' değerleri, c yerine $\frac{2}{3} c$ değerinin alınması gerekir.

Tablo 5: Temel Taban Şekli Katsayıları

Temel tabanı şekli	Şerit $L = \infty$	Dikdörtgen $B < L$	Kare $B = L$	Daire $L = B = D$
K_1	1	$1 + 0,2 \frac{B}{L}$	1,2	1,2
K_2	0,5	$0,5 - 0,1 \frac{B}{L}$	0,4	0,3

Tablo 6: Terzaghi Taşıma Gücü Katsayıları

ϕ	N_c	N_q	N_γ	N_c'	N_q'	N_γ'
0	5.7	1.0	0.0	5.7	1.0	0.0
5	7.3	1.6	0.5	6.7	1.4	0.2
10	9.6	2.7	1.2	8.0	1.9	0.5
15	12.9	4.4	2.5	9.7	2.7	0.9
20	17.7	7.4	5.0	11.8	3.9	1.7
25	25.1	12.7	9.7	14.8	5.6	3.2
30	37.2	22.5	19.7	19.0	8.3	5.7
34	52.6	36.5	35.0	23.7	11.7	9.0
35	57.8	42.4	42.4	25.2	12.6	10.1
40	95.7	81.3	100.4	34.9	20.5	18.8
45	172.3	173.3	297.5	51.2	35.1	37.7
48	258.3	287.9	780.1	66.8	50.5	60.4
50	347.5	415.1	1153.2	81.3	65.6	87.1



ŞEKİL-18 Terzaghi taşıma gücü katsayıları.

4.2.5.2. Yamaçtaki Yüzeysel Temellerin Taşıma Gücü

Topoğrafyası dik olan bölgelerde yapıların büyük bir kısmının yamaca oturtulması zorunludur. Böyle durumlarda temelin bir tarafındaki zeminin yokluğu taşıma gücünde önemli farklar meydana getirecektir. Bu durumdaki temellerin taşıma gücü yer-altı suyu için düzeltme yapılmadan

$$q_d = c N_{cq} S_c + \frac{1}{2} \gamma B N_{q\gamma} S_\gamma \quad (7)$$

formülü ile hesaplanacaktır. Buradaki taşıma gücü faktörlerinde gömme derinliğide içerilmiştir.

Bu formülde kullanılan simgelerin anlamları aşağıda verilmiştir.

- q_d : Temelin son taşıma gücü
- c : Kohezyon
- ϕ : İçsel sürtünme açısı
- γ : Zeminin birim hacim ağırlığı

$N_{cq}, N_{\gamma q}$: Taşıma gücü katsayıları

B : Temel genişliği

S_c, S_γ : Hansen katsayıları

Hansen katsayıları şu formüllerle hesaplanır:

$$S_c = 1 + (0,2 + \tan^6 \phi) \frac{B}{L} \quad L: \text{ Temel uzunluğu} \quad (8)$$

$$S_\gamma = \frac{3 - S_c}{2} \quad (9)$$

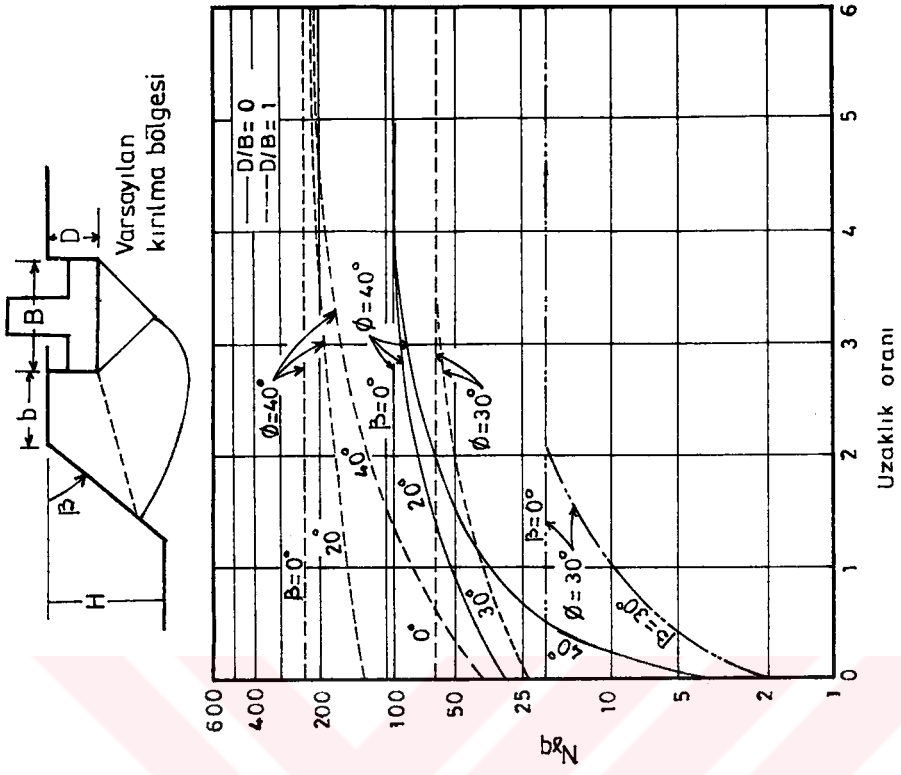
Taşıma gücü katsayıları N_{cq} ve $N_{\gamma q}$ için (Şekil 19 ve 20) de eğriler verilmiştir.

4.2.5.3. Yeraltı Suyu Düzeyi İçin Düzeltme

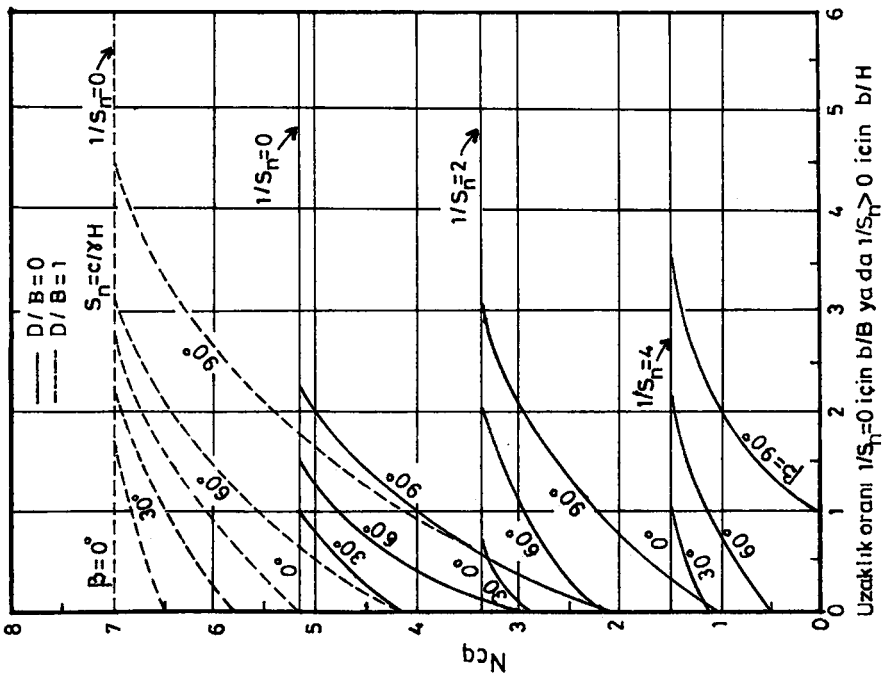
Taşıma gücü denklemlerinde yer alan zeminin birim hacim ağırlığı yeraltı suyunun durumuna göre farklılıklar arzedecektir. Bu nedenle yeraltı suyu altındaki zemin için batık birim hacim ağırlık kullanılacaktır. Eğer yeraltı suyu seviyesi temelin altında ise zemin belirli bir derinliğe kadar ıslak veya doygun, bunun altında doygun olacağından birim hacim ağırlık için tek bir değer kullanılamaz. Eğer temel su seviyesinde ise taşıma gücü %50 oranında azaltılır. Su düzeyi temel tabanından B veya daha derinde ise herhangi bir azaltma yapılmaz. Diğer durumlar için taşıma gücü denklemi

$$q_d = cN_c + C_w (\gamma D_f N_q) + C_w' (0,5 \gamma B N_\gamma) \quad (10)$$

şeklini alır ve düzeltmeler Şekil 21 ve 22 den alınacak değerlerle yapılır.

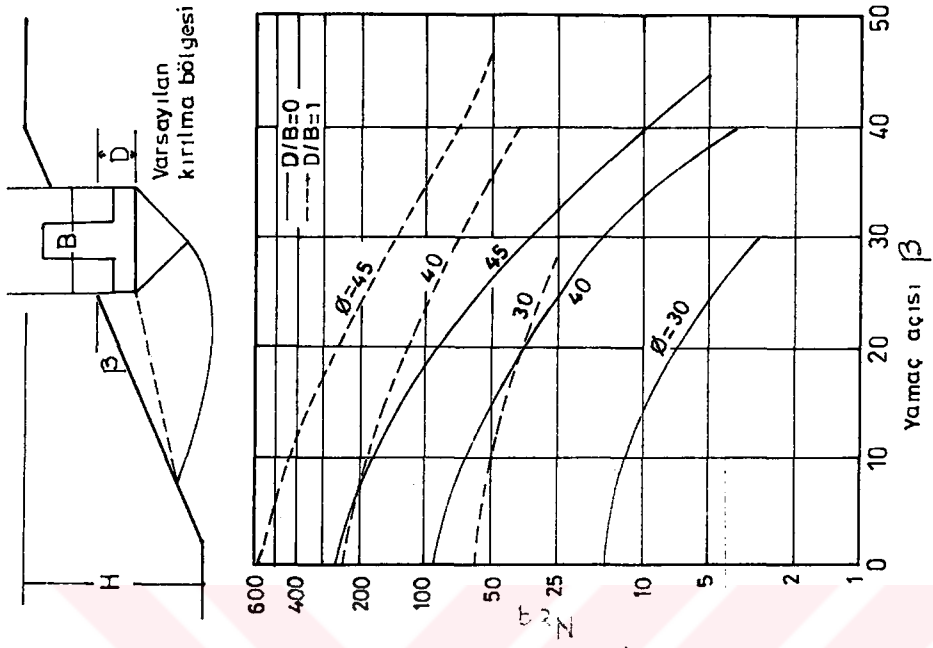


b Kohezyonsuz Zemin

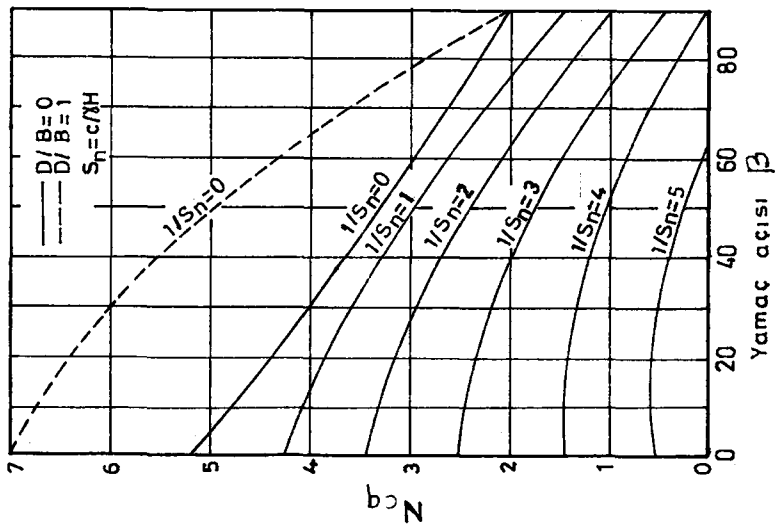


a Kohezyonlu Zemin

ŞEKİL-19 Yamaçta Taşıma Gücü Katsayıları (Önalp A.1983)

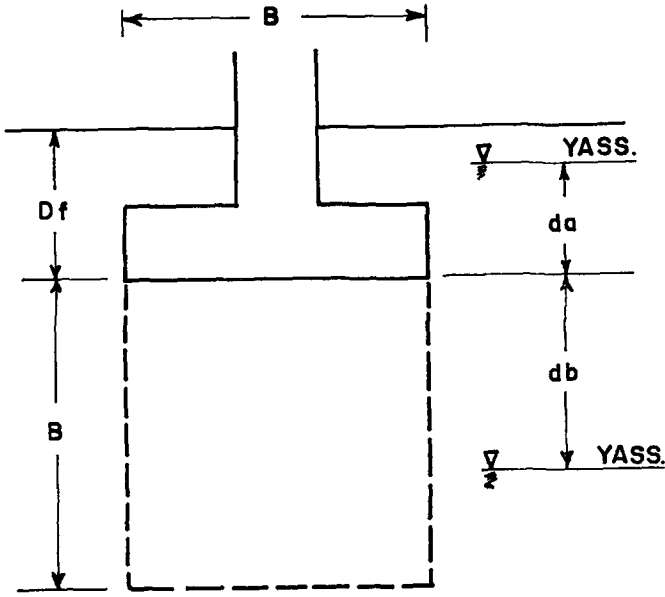


b Kohezyonsuz Zemin:

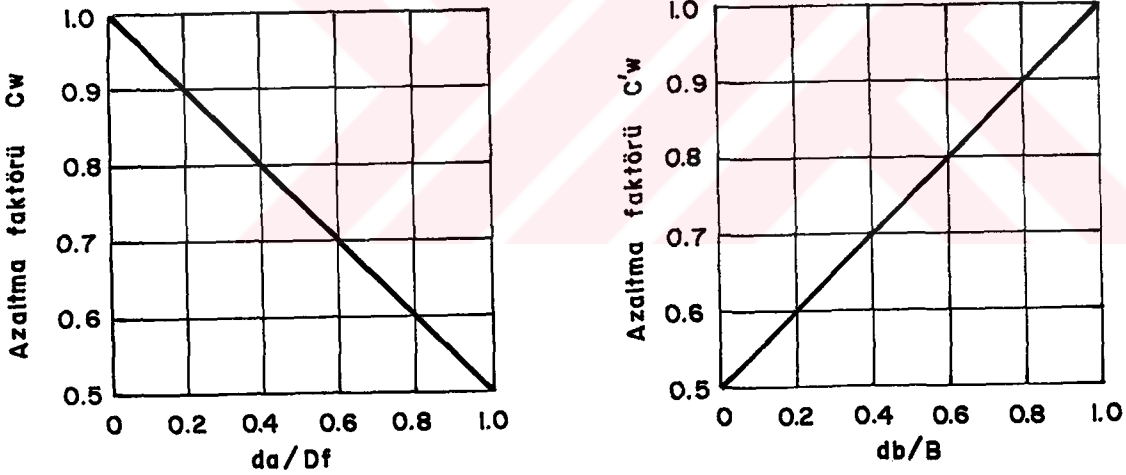


a Kohezyonlu Zemin

ŞEKİL-20 Yamaçta Tasıma Gücü Katsayıları (Önalp A. 1983)



Şekil-21 Taşıma gücünde yeraltı suyu için düzeltme (Önalp A.1983)



Şekil-22 Taşıma gücünde yeraltı suyu için düzeltme (Önalp A.1983)

4.2.5.4. Taşıma Gücünün Arazi Deneyle Ölçümü

Analitik çözümlerde taşıma gücünün bulunmasında kayma direnci parametrelerinin bilindiği varsayılmaktadır. Oysa kohezyon ve içsel sürtünme açısı değerlerinin bulunması arazi ve laboratuvarında önemli sorunlar çıkarır. Özellikle kohezyonsuz zeminlerden örselenmemiş örnek alınması hemen hemen imkansızdır. Bu nedenle taşıma gücünün yerinde deneylerle ölçülmesi gerekir.

Özellikle kumlu zeminlerde taşıma gücü hakkında fikir edinmek için standart penetrasyon deney sonuçları güvenle kullanılabilir.

a. Standart Penetrasyon Deneyi İle Taşıma Gücünün Bulunması

Standart Penetrasyon deneyinden elde edilen darbe sayısı (N) ile zeminin mekanik ve fiziksel özellikleri arasında çeşitli bağıntılar ortaya konmuştur. İçsel sürtünme açısı ve rölatif sıkılık ile darbe sayısı (N) arasındaki ilişki Şekil 23 de verilmiştir. Ayrıca darbe sayısı ile taşıma gücü katsayıları N_γ ve N_q sayıları arasındaki yaklaşık bağıntı Şekil 24 de gösterilmektedir.

Genellikle standart penetrasyon deneylerinden elde olunan darbe sayılarının düzeltilmesi gerekir. Bu düzeltmeler için farklı bağıntılar verilmiştir. Kumlar için kullanılan standart penetrasyon deneylerinden elde olunan darbe sayıları düzeltme sayısı (C_N) ile çarpılarak düzeltilmelidir. Düzeltme sayısı kg/cm^2 olarak darbe sayısının elde edildiği seviyedeki zemin ağırlığından doğan efektif düşey basınca (effektif jeolojik basınç) bağlı bir katsayı olup Şekil 25 de verilmiştir.

Eğer temel zemini ince kum veya siltli kumdan oluşuyorsa ve yeraltı suyu düzeyi altında 15 den büyük olan darbe sayısına N' dersek, düzeltilmiş darbe sayısı

$$N = 15 + \frac{1}{2} (N' - 15) \quad (11)$$

formülü ile hesaplanır.

Yeraltı suyu halinde düzeltme sayısı (C_N) nin bulunmasında efektif düşey basınçta, su tesiri dikkate alındığından ayrıca düzeltme yapılmaz.

Ayrıca standart penetrasyon deneyinden elde edilen darbe sayısı, temel derinliği ve temel genişliğinden yararlanarak taşıma gücünü veren ampirik bir bağıntı önerilmiştir.

$$q_d = \left| \frac{\gamma N_\gamma}{2} + \gamma (N_q - 1) \frac{D_f}{B} \right| B \quad (12)$$

q_d : Temelin son taşıma gücü

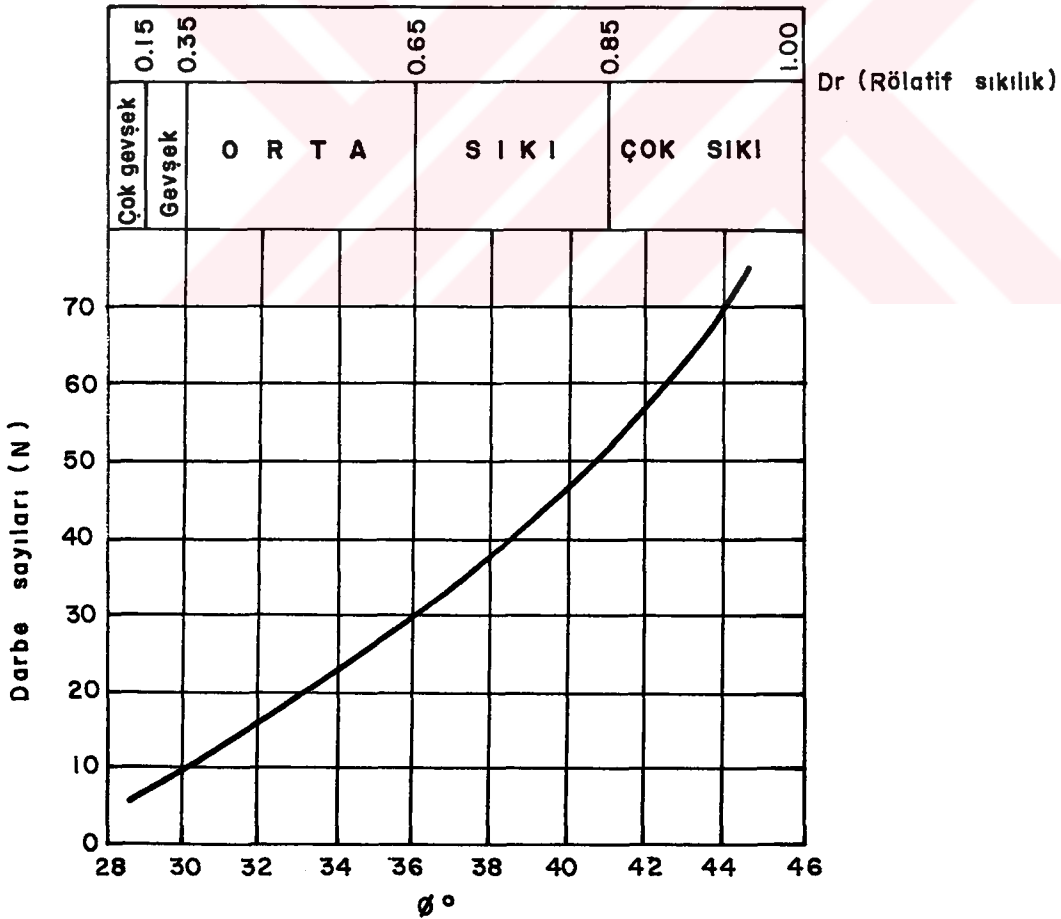
γ : Zeminin birim hacim ağırlığı

D_f : Temel derinliği

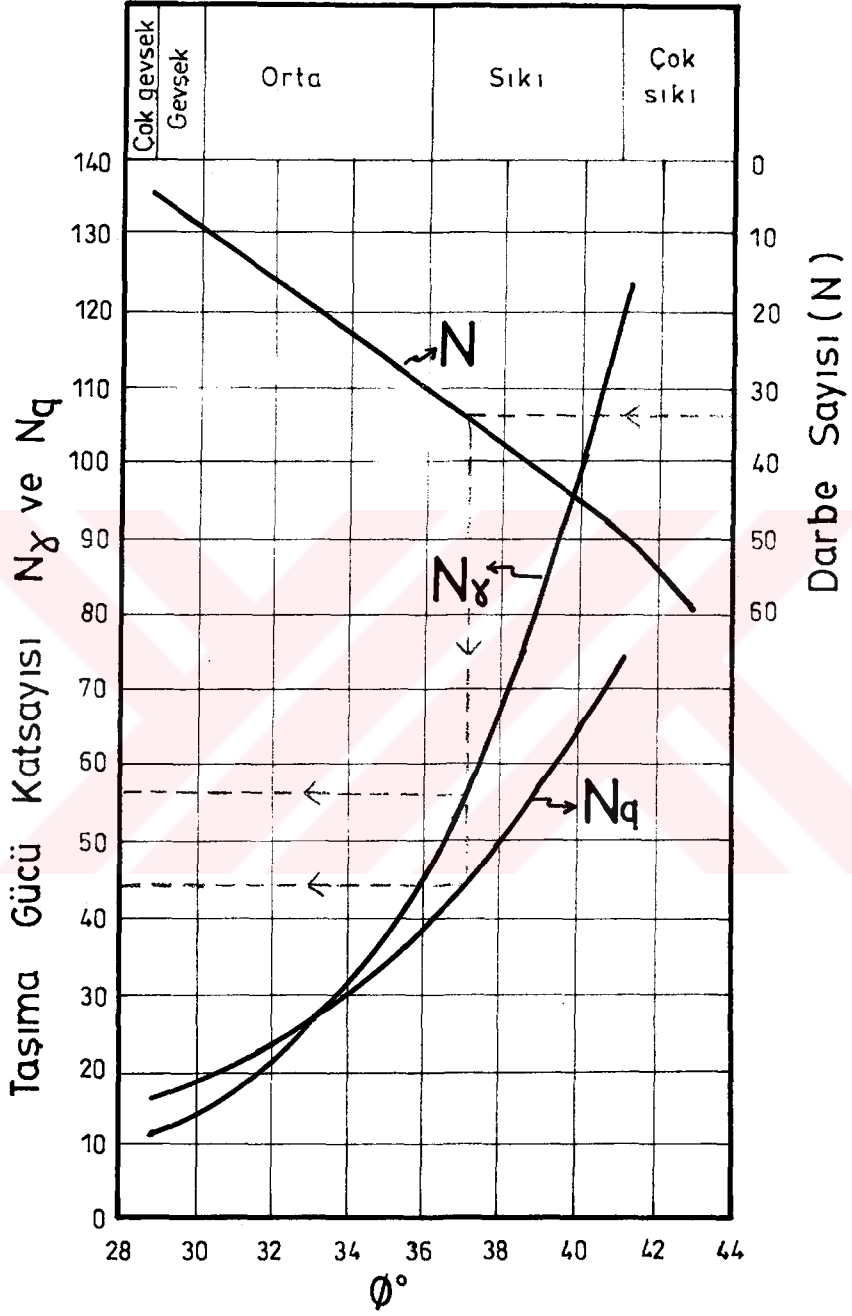
B : Temel genişliği

N_q, N_γ : Darbe sayısına bağlı taşıma gücü katsayıları

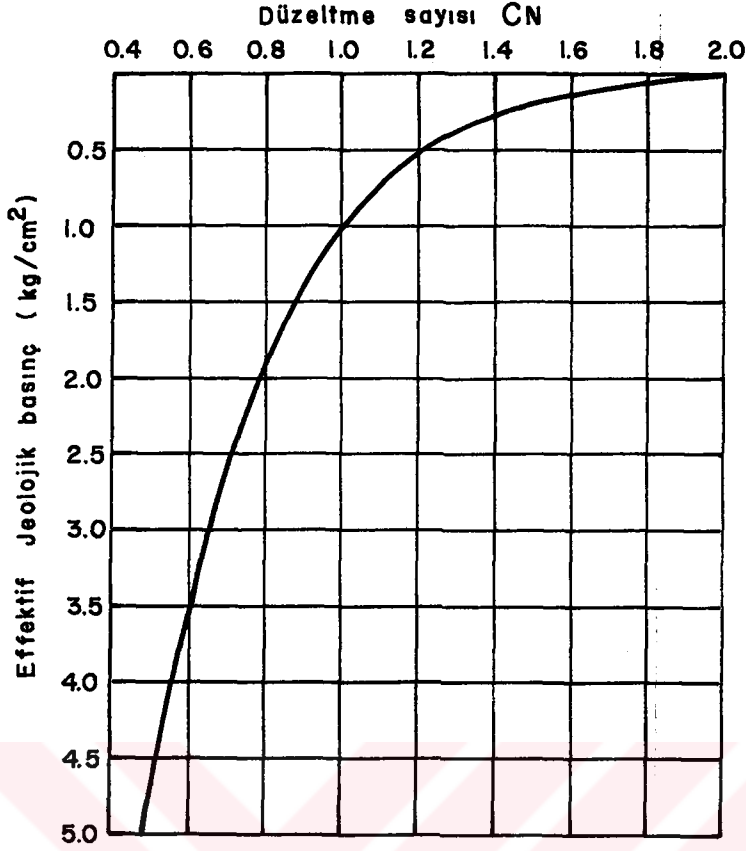
Darbe sayısı, temel genişliği ve temel derinliğinden yararlanarak taşıma gücünün bulunmasını sağlayan abaklar (Şekil 26) geliştirilmiştir.



Şekil-23 Darbe sayısı - ϕ ve D_r arasındaki ilişki (Önalp A.1983)



Şekil-24 Darbe Sayısı Ve Taşıma Gücü Arasındaki İlişki (Önalp A.1983)



Şekil-25 Effektif Jeolojik basınç ve düzeltilme sayısı arasındaki ilişki (Önalp A.1983)

4.2.5.5. Kayaçların Taşıma Gücünün Bulunması

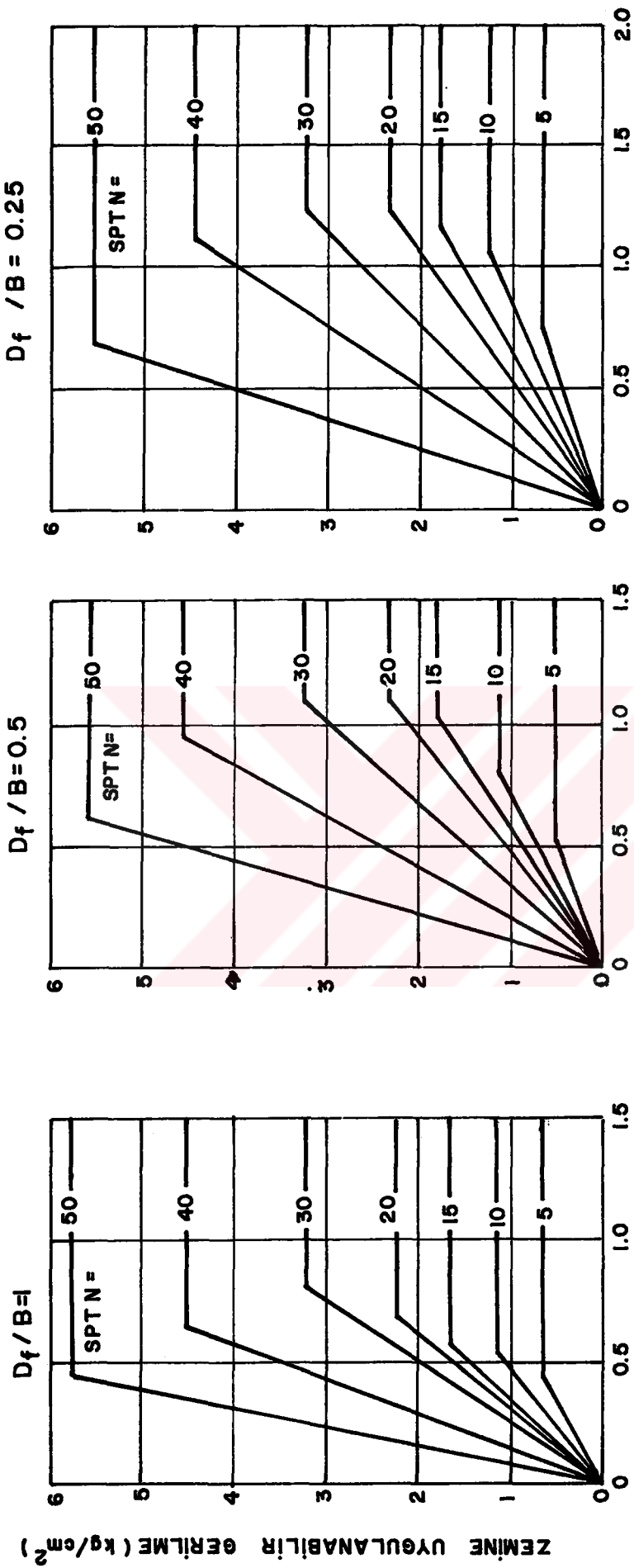
Özellikle ayrışmamış, çatlaksız veya herhangi bir süreksizlik yüzeyi içermeyen kayaçlarda taşıma gücü açısından önemli bir problemle karşılaşılmaz. Bu nedenle kayaçlarda taşıma gücünün bulunması zeminlere göre daha az karmaşıktır.

Tüm kayaçlar için serbest basınç mukavemetinden yararlanarak emin taşıma gücü (q_s)

$$q_s = 0,2 q_u \quad q_u: \text{serbest basınç mukavemeti} \quad (13)$$

formülü ile bulunabilir.

Yüzeye yakın ve belirgin çatlak sistemleri gösteren kayaçlarda ise emin taşıma gücü kaya kalite özelliğine (RQD) bağlı olarak verilmiştir (Tablo 7).



Şekil - 26 KUMDA OTURAN TEMELLERİN BOYUTLANDIRILMASI İÇİN ABAKLAR (Önalp A. 1983)

Tablo 7: Emin Taşıma Gücü RQD İlişkisi (Önalp,A.1983)

RQD (%)	100	90	75	50	25	0
q_s (kg/cm ²)	300	200	120	65	30	10

Kayaçlardaki taşıma gücünün yüksekliği, gözlemlere dayanarak kayaçların taşıma gücünü veren tablolar geliştirilmesine neden olmuştur (Tablo 8 ve 9).

Tablo 8: Kayaçların Emin Taşıma Gücü

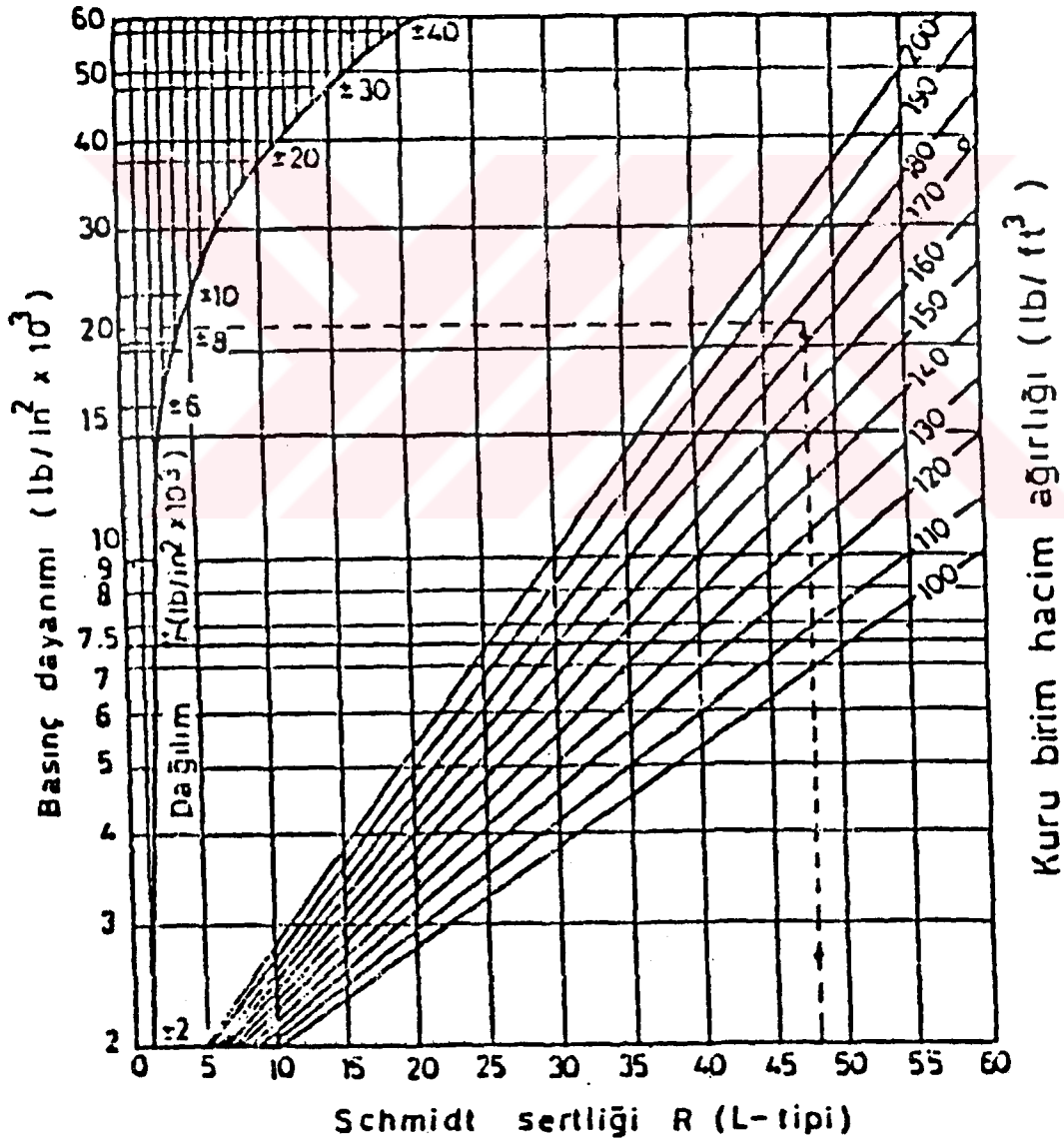
Kayaç türü	Emin taşıma gücü (ton/ft ²)		
	A	B	C
Granit,diyorit,gneys,sert kireçtaşı ve dolomit içeren masif kristalin kayaçlar	100	100	0,2 q_u
Sist veya sleyt gibi yapraklanmış sağlam kayaçlar	40	40	0,2 q_u
Yataklanmış sağlam kireçtaşı	40	15	0,2 q_u
İnce sert tabakalar içeren tortul kayaç ve kumtaşı	25	15	0,2 q_u
Yumuşak veya kırıklı kayaç ve yumuşak kireçtaşı	10	-	0,2 q_u
İnce tabakalara ayrılmış, killi çok yumuşak kayaç	4	-	0,2 q_u

A: BOCA (1968), B: National Building Code (1967), C: Uniform Building Code (1964)

Tablo 9: Kayaçların Emin Taşıma Gücü (Önalp,A.1983)

Kayaç türü	q_s (kg/cm ²)
Çatlaksız ana kayaç (volkanik)	80 -100
Yataklanmış tortul ve başkalaşım kayaçları	20 -40
Yapraklanmış kayaçlar (şist)	25 -35
Şeyller	4 -8
Tamamen ayrılmış kayaç	5

Ayrıca Schmidt çekici geri darbe sayısı ve kayacın kuru birim hacim ağırlığından yararlanarak tek eksenli basınç direnci (serbest basınç mukavemeti) ne geçen abaklar geliştirilmiştir (Şekil 27). Dolayısı ile geri darbe sayısı ve kayacın kuru birim hacim ağırlığından yararlanarak $q_s = 0,2 q_u$ formülü ile emin taşıma gücü bulunabilir.



ŞEKİL-27 Schmidt sertliği ve basınç dayanımı arasındaki ilişki (Deer ve Miller 1966)

4.2.5.6. Emin Taşıma Gücünün Bulunması

Anlatılan yöntemlerde taşıma gücü, direkt olarak emin taşıma gücünü vermiyorsa belirli bir güvenlik sayısı ile bölünerek emin taşıma gücü bulunmalıdır.

Genelde taşıma gücü düşük olan (kil, silt vb.) zeminlerde güvenlik sayısı 3, 4 veya 5 gibi yüksek değerlerde seçilir. Taşıma gücü yüksek olan (kum, çakıl vb.) zeminlerde ise 2 ve 3 gibi daha düşük güvenlik sayıları seçilir.

4.2.5.7. İnceleme Alanındaki Zeminlerin Taşıma Gücü Yönünden İncelenmesi

İnceleme alanındaki zemin ve kayaçların taşıma güçleri önceki kısımda anlatılan yöntemlerle hesaplanacaktır. İnceleme alanındaki zemin ve kayaçları taşıma gücü yönünden incelemek üzere killer, taraçalar ve kayaçlar olmak üzere üç ana gruba ayırabiliriz.

A. Killerin Taşıma Gücü

Bölüm 3 de yüzeylenme alanları ve özellikleri verilen killerin taşıma gücünün belirlenmesi için araziden örselenmemiş bloklar alınmıştır. Bu bloklardan laboratuvarında kesme kutusu numune alıcısı ile 6x6x2 cm ebatlarında örselenmemiş örnekler hazırlanmıştır. Örnekler önce tartılarak doğal birim hacim ağırlıkları belirlenmiştir.

Kilin kayma mukavemeti parametreleri kohezyon ve içsel sürtünme açısını bulmak için kesme kutusu deneyleri yapılmıştır (Foto 9). Kesme kutusu deneyleri konsolidasyonlu-drenajlı yapılarak kohezyon ve içsel sürtünme açılarının efektif gerilme cinsinden bulunması ve ayrıca deney hızı 0.109 mm/dakik düşük bir değere ayarlanarak deney sırasında oluşacak boşluk suyu basınçlarının sıfırlanması amaçlanmıştır. Deney sonuçları Tablo 10'da toplu olarak verilmiştir.

İnceleme alanındaki killer saha gözlemleri ve deney sonuçlarına göre belirli alt guruplara ayrılmıştır.

Tablo 10: İnceleme Alanındaki Killere Ait Deneysel Ortalamaları

Örneğin alındığı yer	Likit Limit (%)	Plastik Limit (%)	Plastisite İndisi PI (%)	Doğal birim hacim ağırlık γ_n (gr/cm ³)	Kohezyon C (kg/cm ³)	Kohezyon Kohezyon C' (kg/cm ³)	İçsel sürtünme açısı ϕ (°)	İçsel sürtünme açısı ϕ' (°)	Su muhtevası W (%)
Kırmızı kil (Erdogdu mah.)	80	27	53	2.03	-	0.20	-	26	24
Kırmızı kil (Boztepe mah.)	78	32	46	2.01	-	0.22	-	23	35
Kırmızı kil (Erdogdu mah. altı)	82	25	57	1.82	-	0.20	-	9	28
Uzunkum kili (Uzunkum mah.)	69	27	42	1.83	-	0.26	-	5	36
Kumlu siltli kil (Degirmendere mah.)	41	35	6	1.83	-	0.16	-	23	10
Kil (İnönü mah.)	54	31	23	1.87	0.41	0.22	16	25	33

*) Effektif gerilme cinsinden

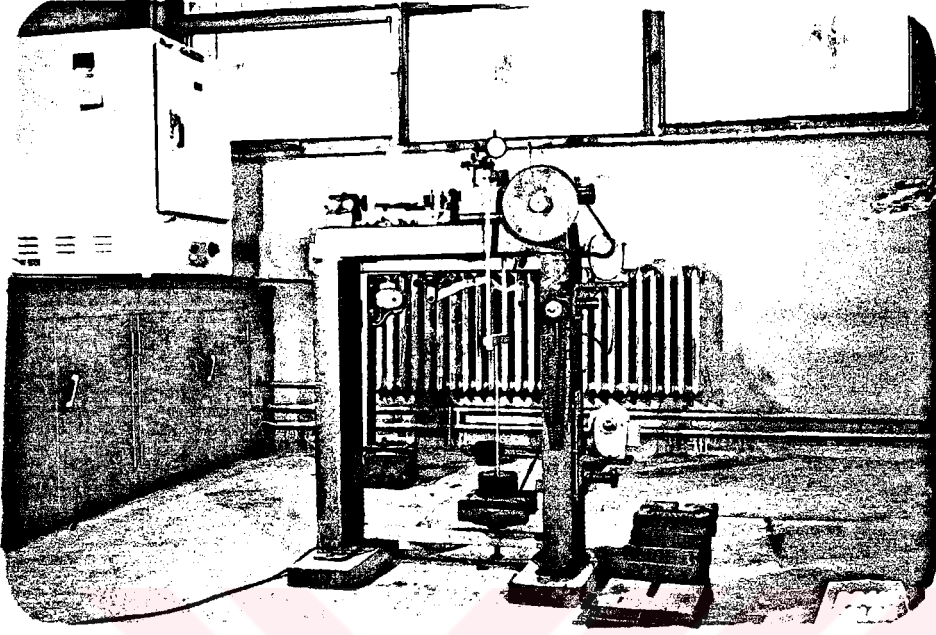
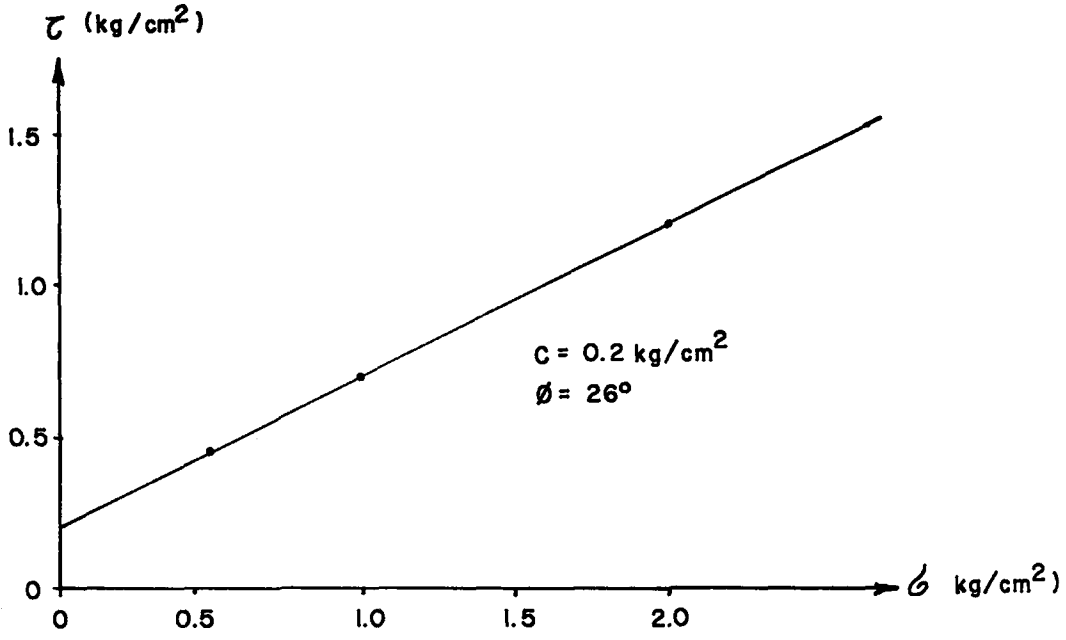


Foto 9: Kesme Kutusu Deneyi

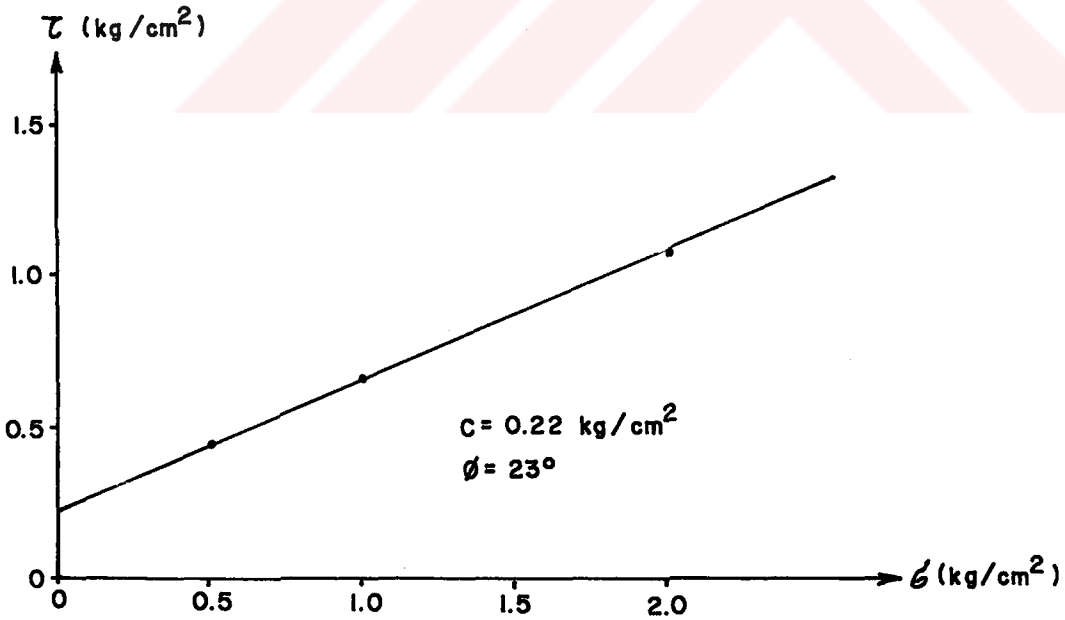
A.1. Kırmızı Killerin Mühendislik Özellikleri

Erdoğdu, Boztepe ve Uzunkumun güney kısımlarında yüzeylenen bu ayrışma sonucu oluşmuş killerde, saha gözlemlerindeki benzerlik deney sonuçlarındada görülmektedir. Laboratuvarda yapılan kesme kutusu deneylerinden killerin kohezyonu 0.2 kg/cm^2 ile 0.22 kg/cm^2 arasında, içsel sürtünme açılarının ise 23° ile 26° arasında değiştiği belirlenmiştir. Söz konusu killerin likit limitleri %78 ile %82 arasında, plastik limitleri ise %25 ile %32 arasındadır.

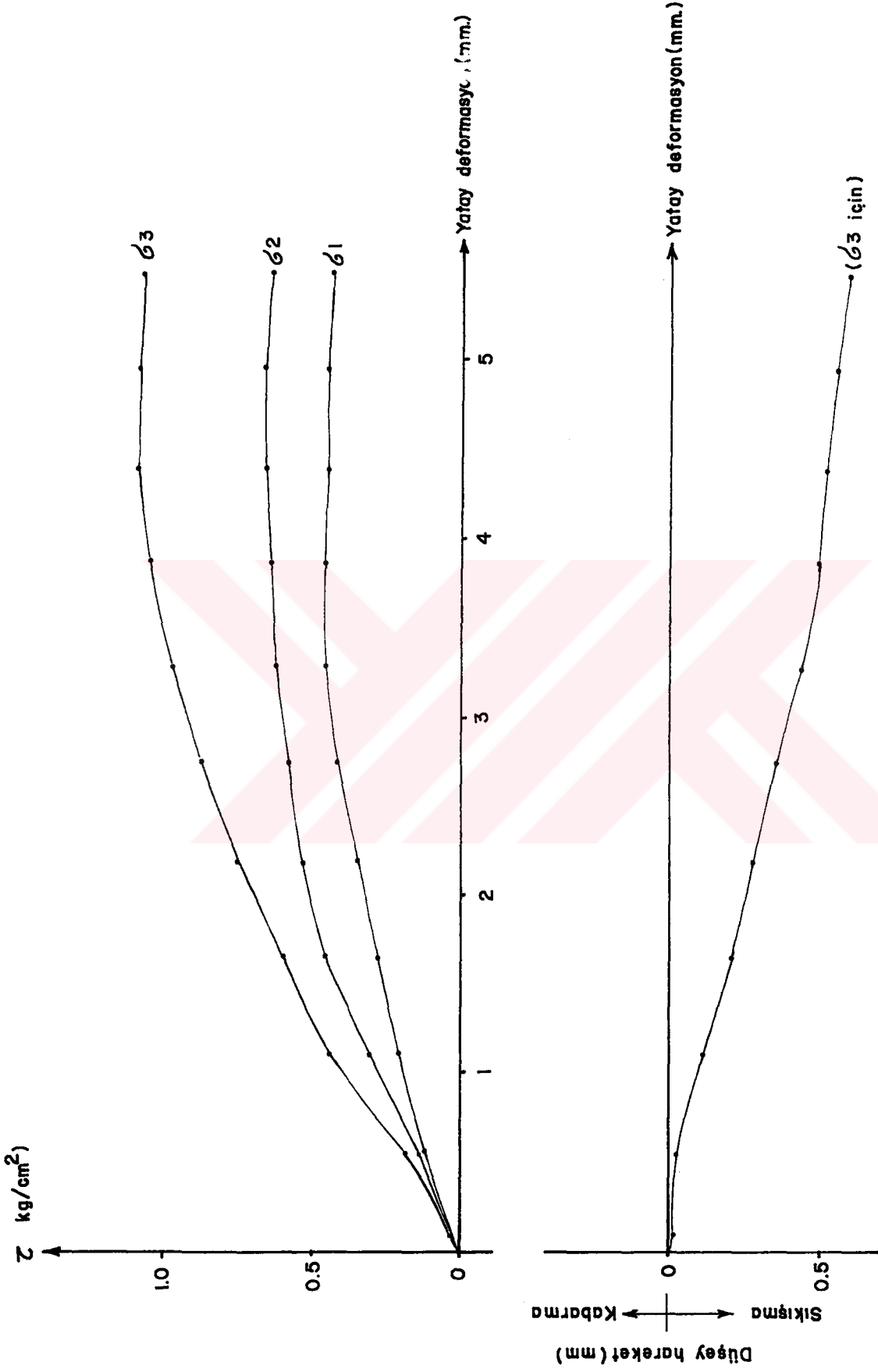
Şekil 28 ve 29 da Boztepe ve Erdoğdudan alınan kil örneklerinden ikisinin normal gerilme ve kayma gerilmesi grafikleri verilmiştir. Ayrıca Erdoğdudan alınan kil örneğine ait kayma gerilmesi-yatay deformasyon ve düşey hareket-yatay deformasyon grafikleri Şekil 30 da verilmiştir. Bu grafiklerde kayma gerilmelerinin örneğin kırılmasından sonra azalmayıp kalıcı kesme gerilmeleri şeklinde devam ettiği görülmektedir. Bu özelliğinden dolayı söz konusu killer normal konsolide killer olup geçmişte herhangi bir jeolojik yüke maruz kalmamışlardır.



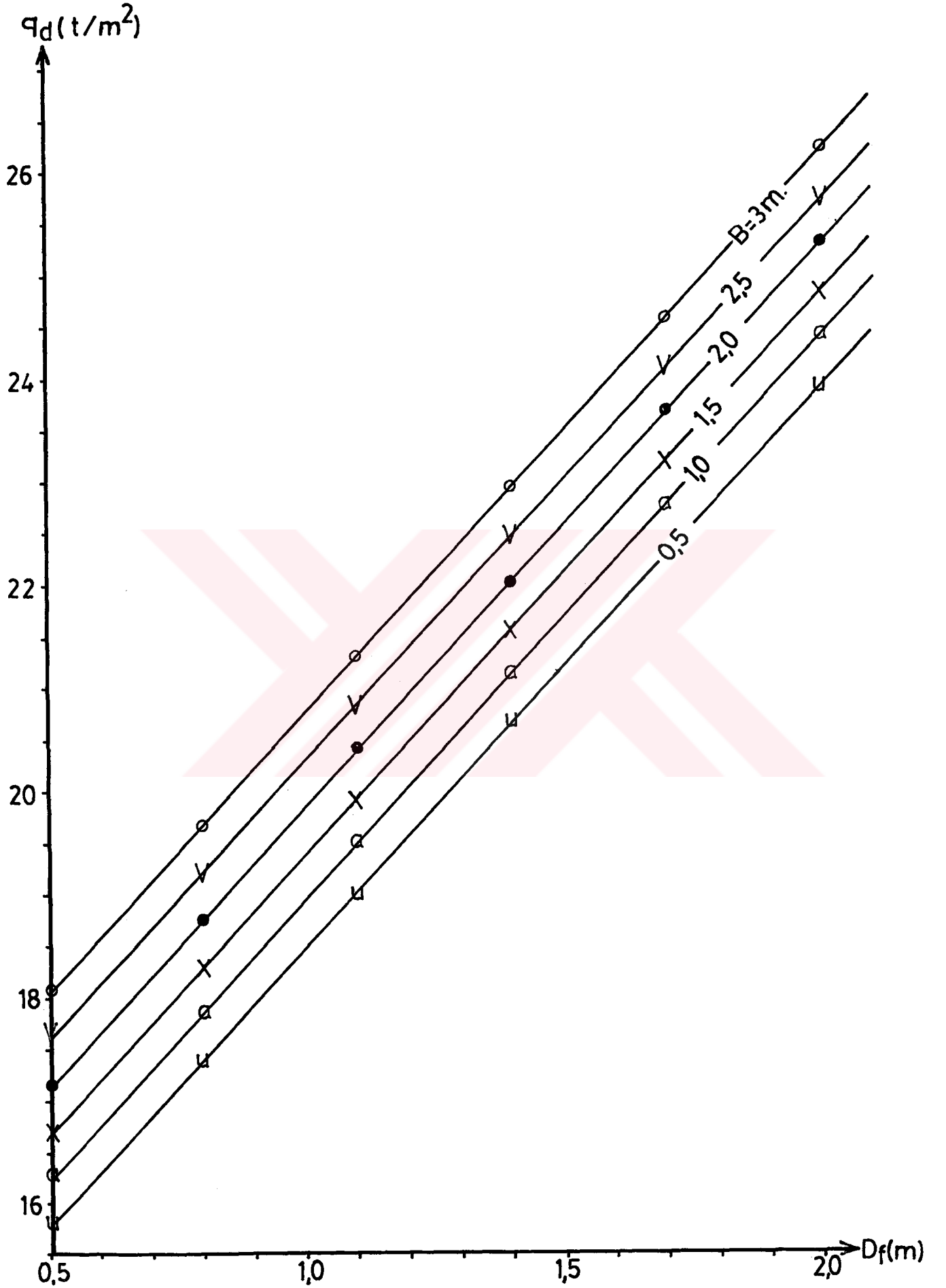
Şekil-28 Normal ve Kayma gerilmesi grafiği (Erdoğdu)



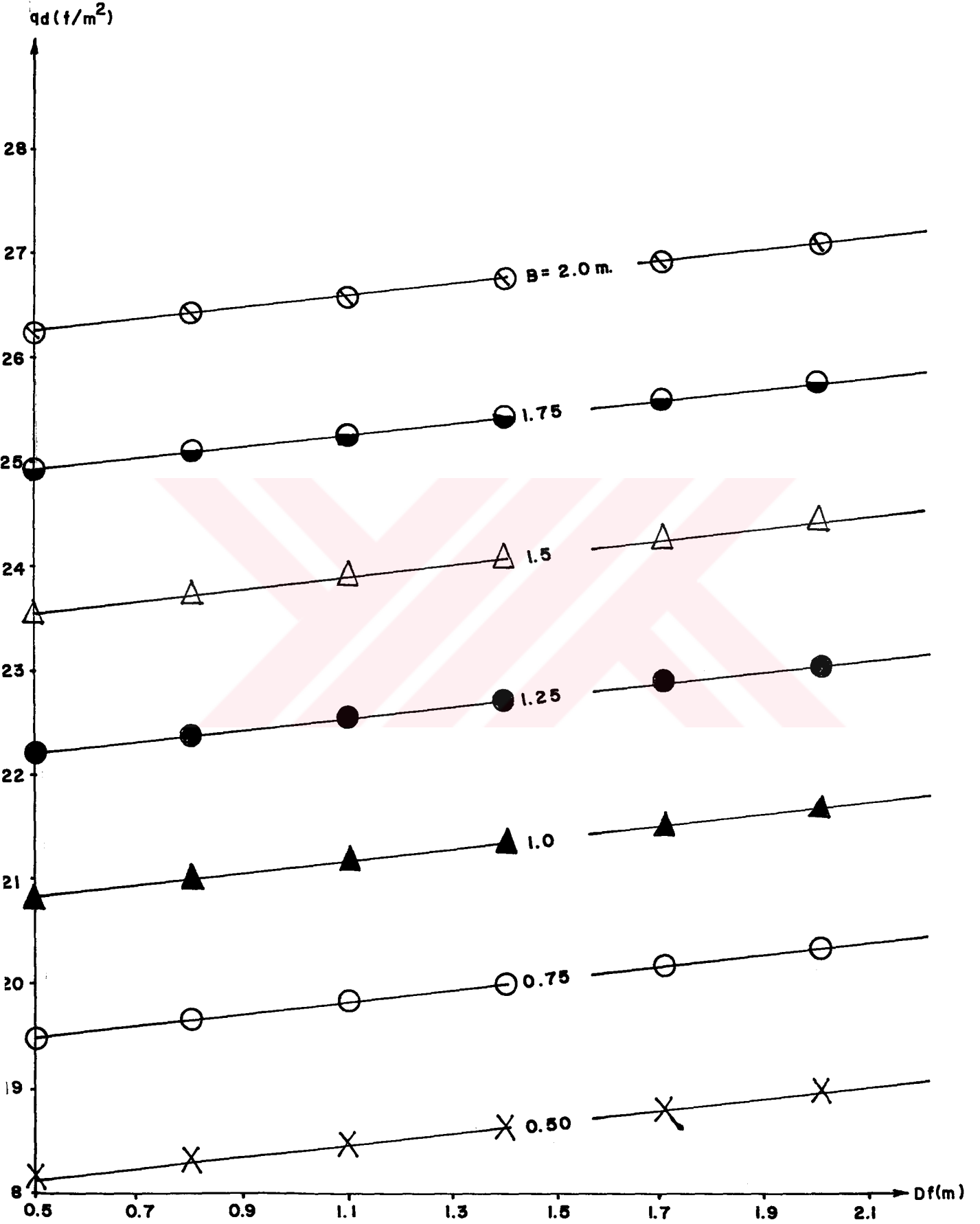
Şekil-29 Normal ve Kayma gerilmesi grafiği (Boztepe)



Şekil-30 Kayma gerilmesi- Yatay deformasyon ve Düşey hareket - Yatay deformasyon grafikleri



Şekil-31 Şerit Temellerin Taşıma Gücü



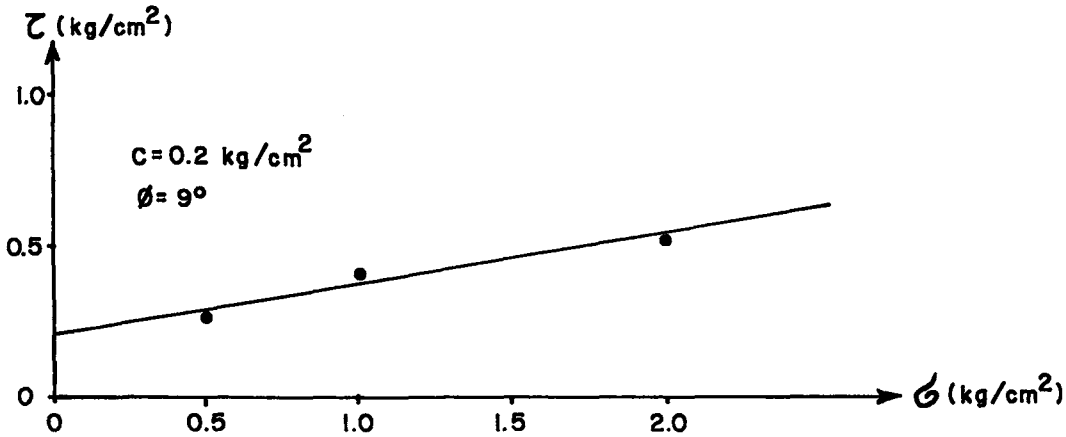
Şekil-32 Kare temellerin taşıma gücü

A.1.1. Kırmızı Killerin Taşıma Gücü Hesabı
Terzaghi Formülü ile (Formül No:5)

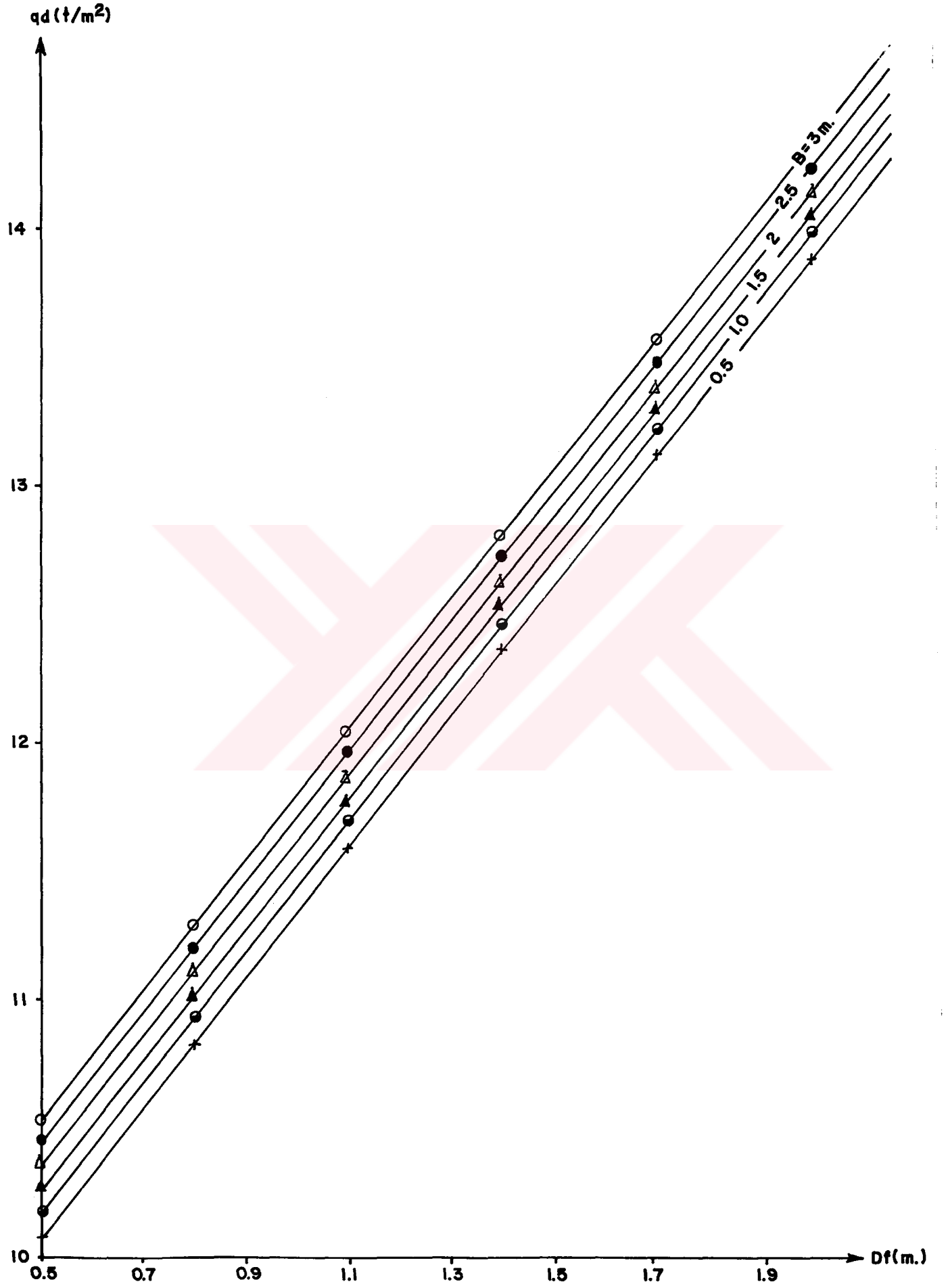
Söz konusu killerde taşıma gücü hesabında emniyetli tarafta kalmak için kohezyon ve içsel sürtünme açılarının en düşük değeri dikkate alınmıştır. Ayrıca Terzaghi taşıma gücü formülünde yer alan temel derinliği (Df) ve temel genişliği (B) için değişik değerler alınarak sonuçlar temel derinliği, temel genişliği ve temel taban şeklinin fonksiyonu olarak Şekil 31 ve 32 de grafik halinde verilmiştir.

Hesaplamalarda kohezyon ve içsel sürtünme açıları yerel kayma kırılması oluşabileceğinden düzeltilerek kullanılmıştır.

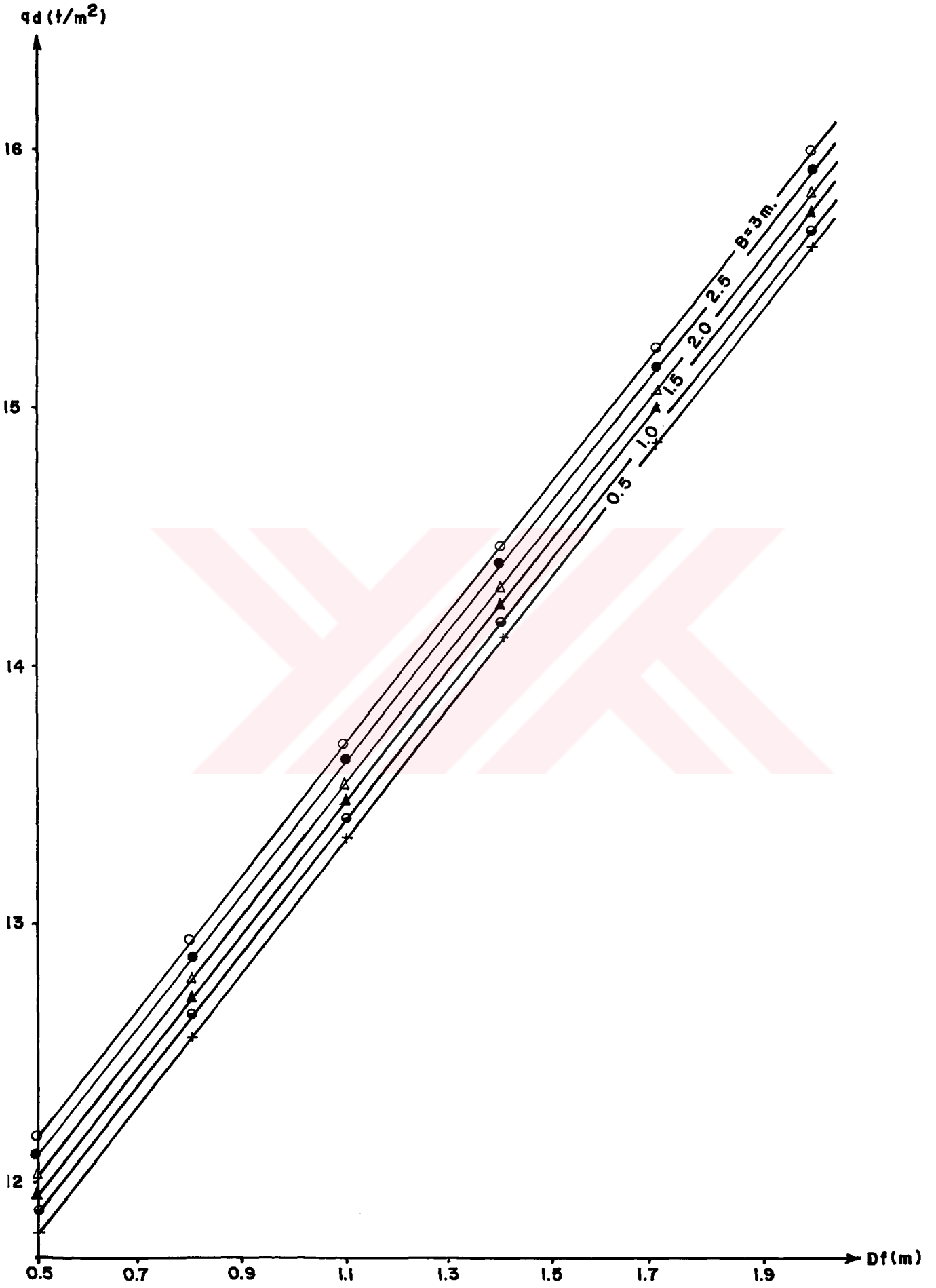
Bölüm 2 de kırmızı killerle oluşum benzerliği nedeniyle aynı kabul edilen ve Erdoğdu askeri tesislerinin yanında gözlenen kil deney sonuçlarının farklılığından dolayı taşıma gücü hesapları ayrı olarak hesaplanmıştır. Bu kilin kohezyonu 0.2 kg/cm^2 , içsel sürtünme açısı ise 9° olarak bulunmuştur (Şekil 33). Taşıma gücü değerleri ise temel derinliği ve temel genişliğinin fonksiyonu olarak Şekil 34 ve 35 de grafik halinde verilmiştir.



Şekil-33 Normal ve Kayma gerilmesi grafiği (Erdoğdu)



Şekil-34 Şerit Temellerin taşıma gücü



Şekil-35 Kare temellerin taşıma gücü

A.2. Uzunkum Kilinin Mühendislik Özellikleri

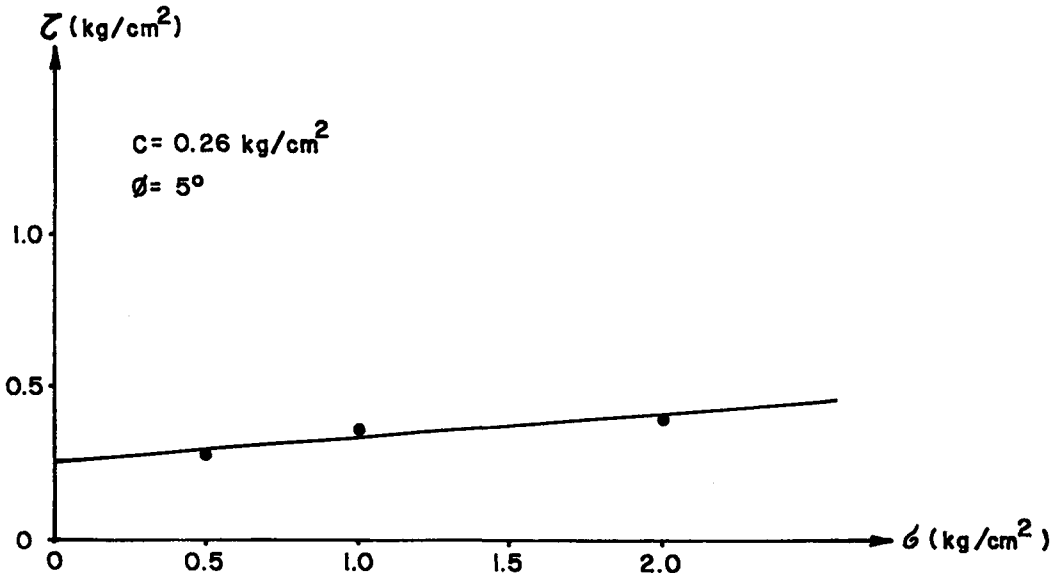
Uzunkum mahallesinde yüzeylenen bu kil gerek saha gözlemleri gerekse deney sonuçlarındaki farklılıklar nedeniyle taşıma gücü hesabında ayrı olarak ele alınmıştır.

Yapılan deneylerden bu kilin kohezyonu $c=0.26 \text{ kg/cm}^2$, içsel sürtünme açısı $\phi=5^\circ$ olarak belirlenmiştir. Sözkonusu kilin likit limiti %69, plastik limiti %27, doğal birim hacim ağırlığı ise 1.83 gr/cm^3 tür. Şekil 36 de Uzunkum kilinin normal gerilme-kayma gerilmesi grafiği, Şekil 37 de ise kayma gerilmesi-yatay deformasyon ve düşey hareket-yatay deformasyon grafikleri verilmiştir. Deney sonuçlarına göre Uzunkum kili normal konsolide kil olup geçmişte herhangi bir jeolojik yüke maruz kalmamıştır.

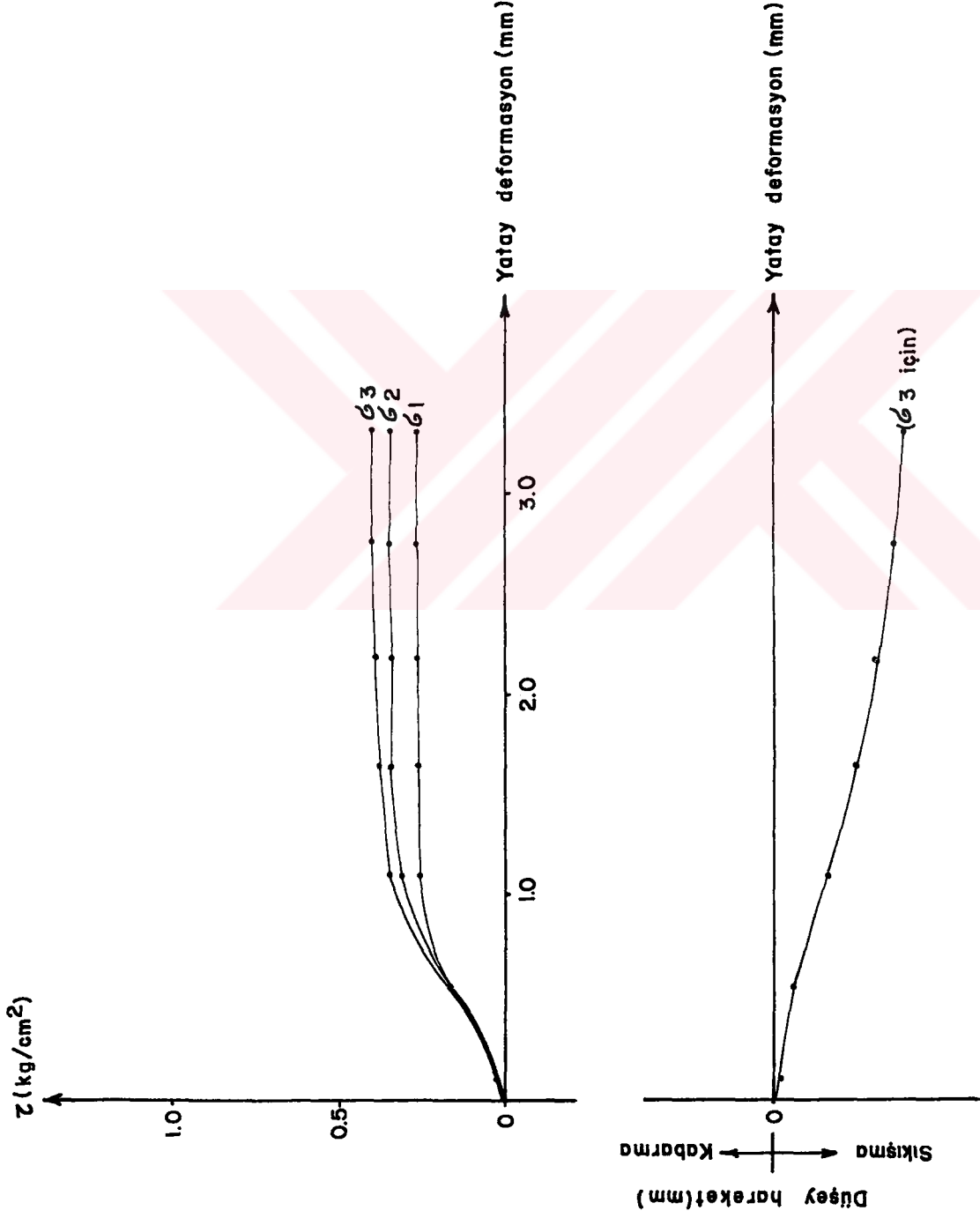
A.2.1. Uzunkum Kilinin Taşıma Gücü Hesabı

Sözkonusu kilin taşıma gücü hesabı Terzaghi taşıma gücü formülüne göre yapılmıştır. Taşıma gücü temel derinliği (Df) ve temel genişliğinin (B) fonksiyonu olarak Şekil 38 ve 39 da verilmiştir.

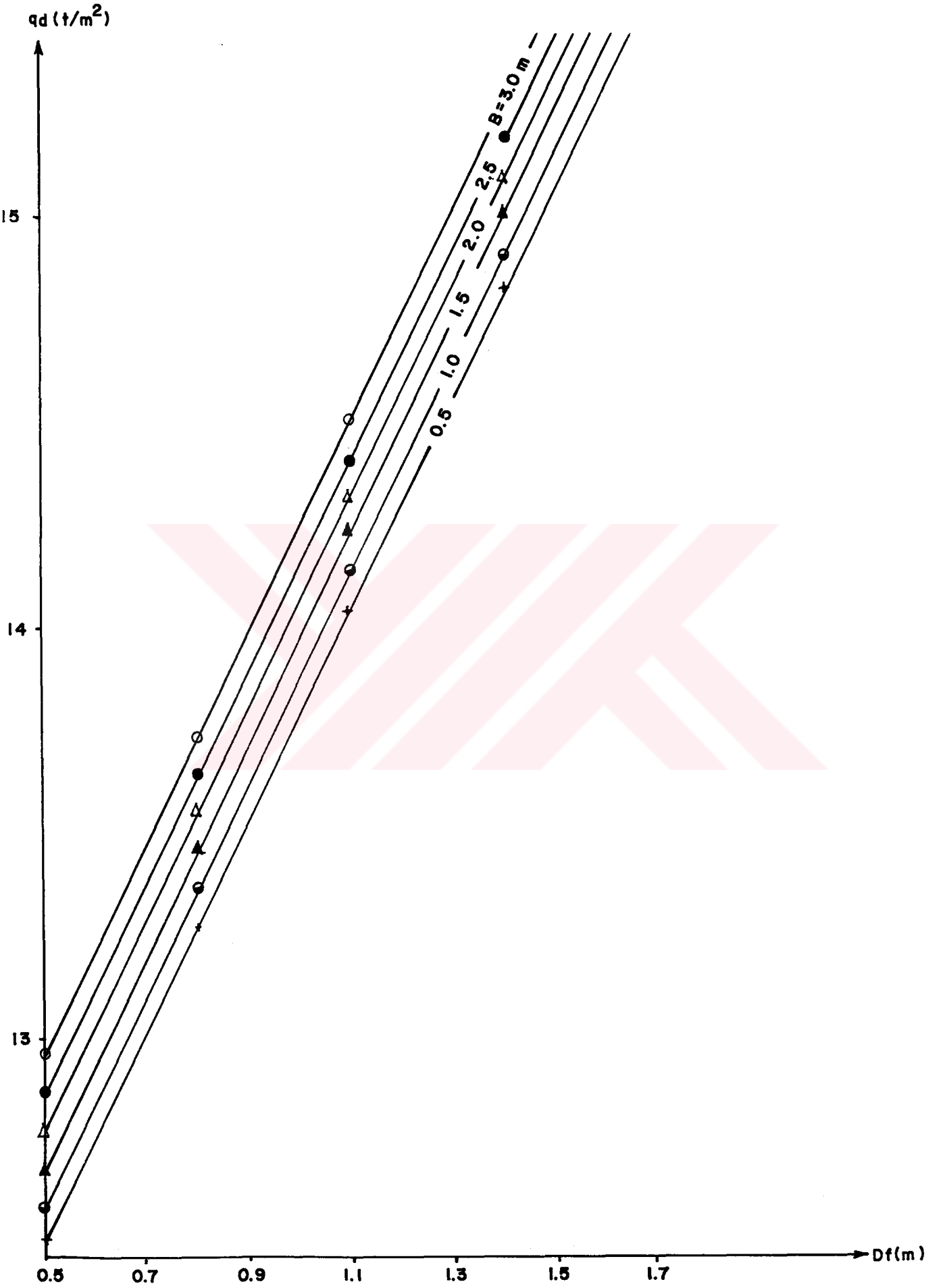
Hesaplamalarda kohezyon ve içsel sürtünme açısı değerleri yerel kayma kırılması oluşabileceğinden düzeltilerek kullanılmıştır.



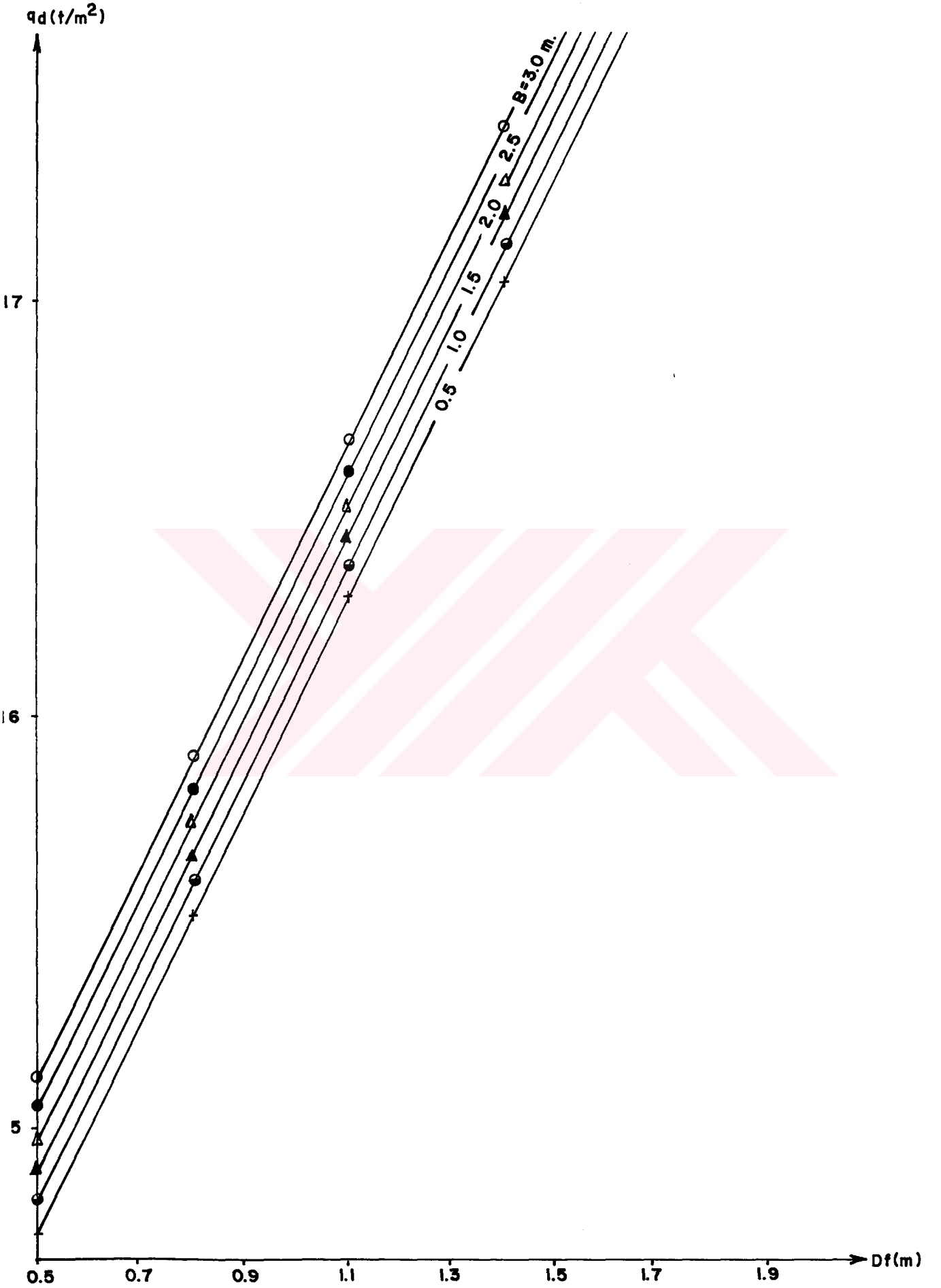
Şekil-36 Normal ve Kayma gerilmesi grafiği



Şekil - 37 Kayma gerilmesi - Yatay deformasyon ve düşey Market - Yatay deformasyon grafikleri



Şekil-38 Şerit femellerin taşıma gücü



Şekil-39 Kare temellerin taşıma gücü

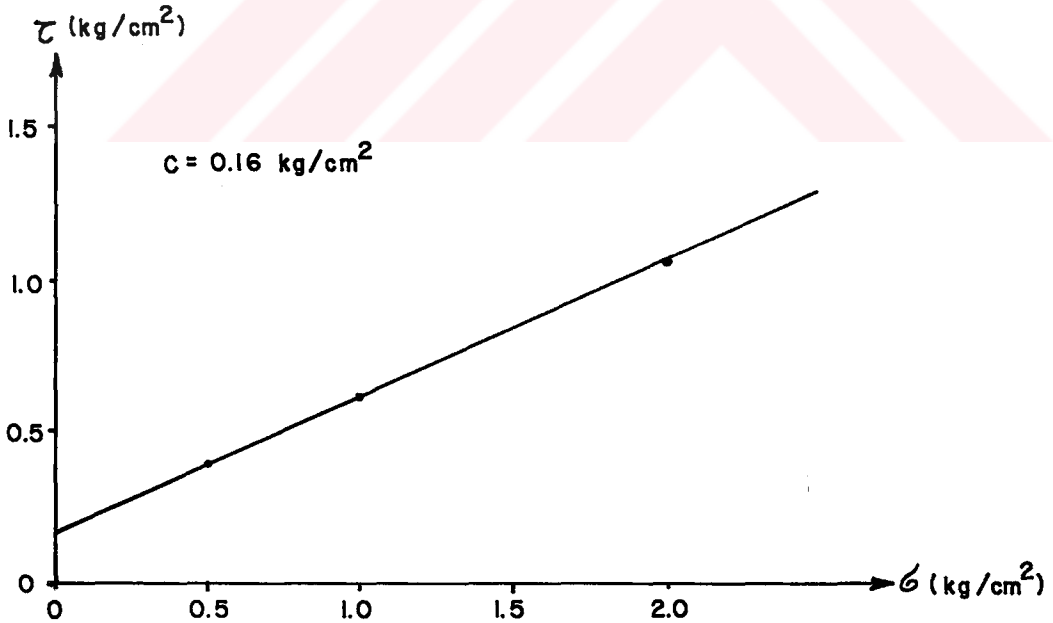
A.3. Kumlu Siltli Kilin Mühendislik Özellikleri

Yapılan deneylerden bu siltli kilin kohezyonu $c=0.16 \text{ kg/cm}^2$, içsel sürtünme açısı $\phi=23^\circ$ olarak belirlenmiştir. Söz konusu siltli kilin likit limiti %41, plastik limiti %35 doğal birim hacim ağırlığı ise 1.83 gr/cm^3 tür.

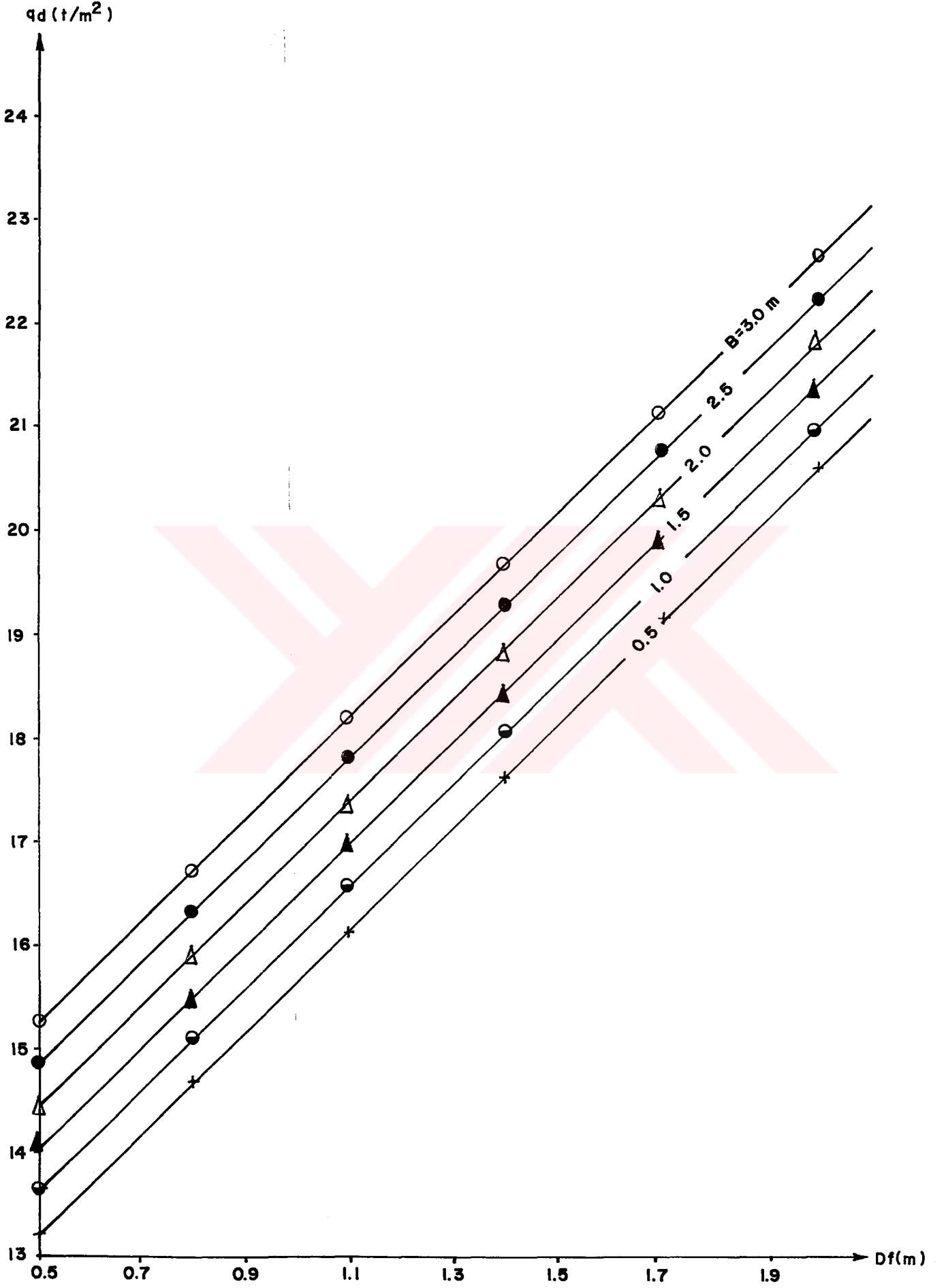
Yapılan deneylere ait normal gerilme-kayma gerilmesi grafiği Şekil 40 da verilmiştir.

A.3.1. Kumlu Siltli Kilin Taşıma Gücü Hesabı

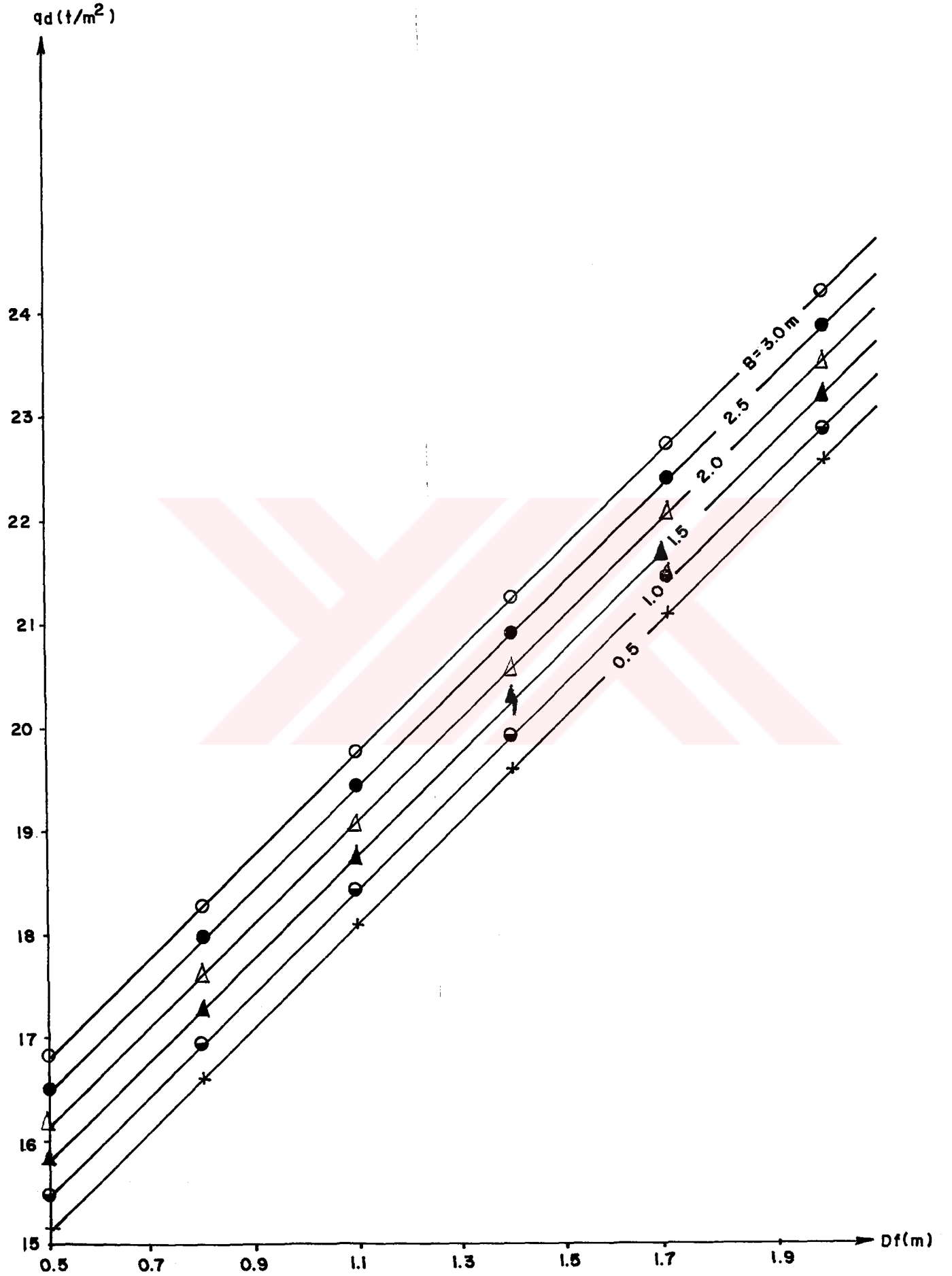
Söz konusu siltli kilin taşıma gücü hesabı Terzaghi taşıma gücü formülüne göre yapılmıştır. Taşıma gücü temel derinliği (Df) ve temel genişliğinin (B) fonksiyonu olarak Şekil 41 ve 42 de verilmiştir. Hesaplamalarda kohezyon ve içsel sürtünme açısı değerleri yerel kayma kırılması oluşabileceğinden düzeltilerek kullanılmıştır.



Şekil-40 Normal ve Kayma gerilmesi grafiği



Şekil-41 Şerit temellerin taşıma gücü



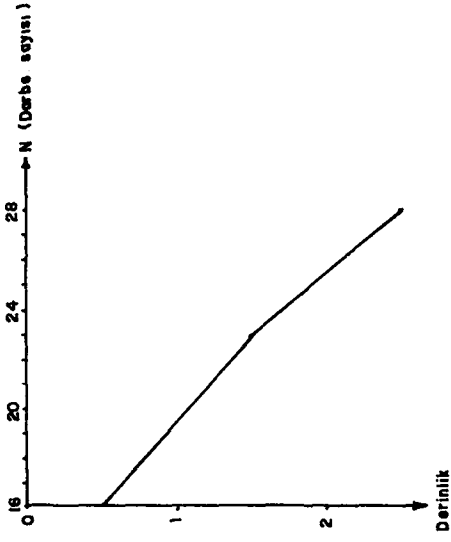
Şekil-42 Kare temellerin taşıma gücü

A. 4. Taraçaların Mühendislik Özellikleri

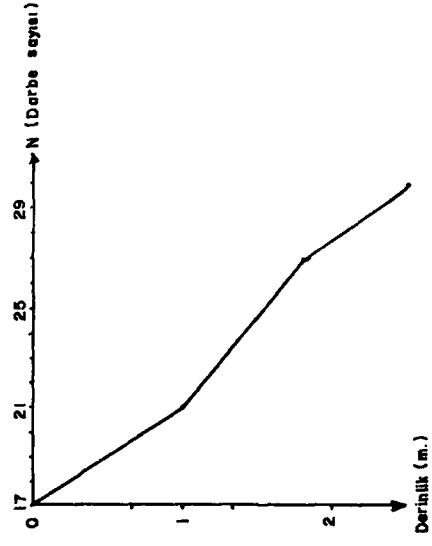
Bölüm 2'de yayılımları ve saha gözlemleri verilen taraçaların taşıma gücünün bulunabilmesi için arazide standard penetrasyon deneyi yapılmıştır. Küçüklü büyüklü pek çok alanda gözlenen taraçalarda, standart penetrasyon deneyi özellikle yayılımın fazla olduğu alanlarda yapılmıştır. Standard penetrasyon deneyleri yerinin seçiminde taraçaların homojen olmayan yapısı en önemli etken olmuştur. Taraçaların çakıllı olan kesimlerinde, çakılların standart penetrasyon darbe sayısı (N) nı artırarak yanıltıcı sonuçlar vereceği düşüncesiyle deney yapılmamıştır. Standard penetrasyon deneyleri Beşirli, Yenimahalle, Pazarkapı ve Bahçecik mahallelerinde olmak üzere dört noktada yapılmıştır (Foto 10). Deney yapılan noktaların zemin kesitleri ve deney sonucu grafikleri Şekil 43 de verilmiştir. Grafiklerdeki darbe sayıları efektif jeolojik basınca göre düzeltilmiş değerlerdir. Deney sonuçları ve deney sonuçlarına göre elde edilen zemine ait diğer özellikler toplu olarak Tablo 11 de verilmiştir.



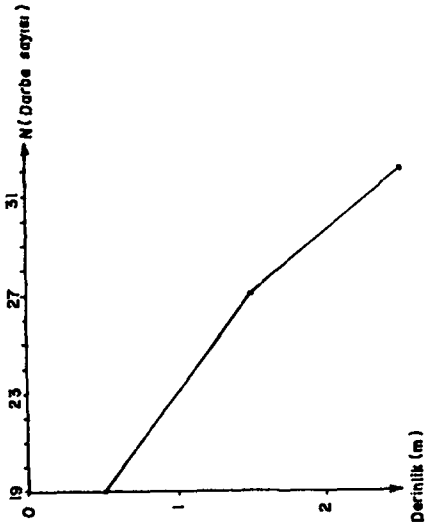
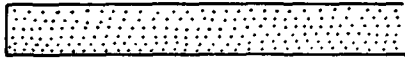
Foto 10: Standard Penetrasyon Deneyinin yapılması (Beşirli)



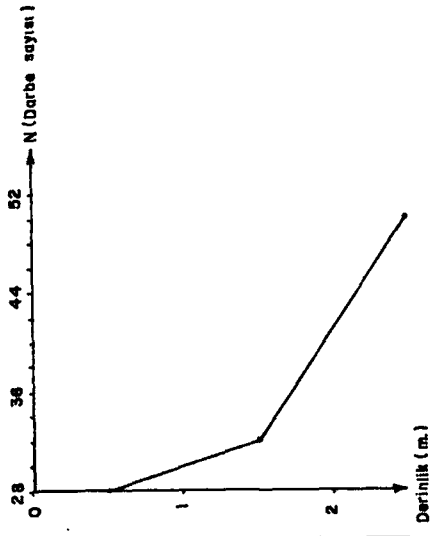
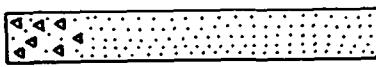
b - YENİMAHALLE



d - BEŞİRLİ



a - PAZARKAPI



c - BAĞÇECİK



ŞEKİL-43 Standard penetrasyon deney sonuçları

Tablo 11: Taraçalarda Yapılan Standart Penetrasyon Deneysel Sonuçları

Standart Penetrasyon Deneyinin Yapıldığı Yer	D E R İ N L İ K (m)																				
	Darbe sayısı (N)							Düzeltilmiş darbe sayısı							İçsel sürtünme açısı (°)						
	0.5	1.0	1.5	1.8	2.5	0.5	1.0	1.5	1.8	2.5	0.5	1.0	1.5	1.8	2.5						
Uzunkam Mahallesi	-	21	-	27	30	-	21	-	22	21	-	33	-	33	33						
Yeni Mahalle	16	-	23	-	28	19	-	20	-	19	32	-	33	-	32						
Pazarkapı Mahallesi	19	-	27	-	31	23	-	23	-	21	33	-	33	-	32						
Bahçecik Mahallesi	28	-	32	-	50	34	-	27	-	35	36	-	34	-	37						

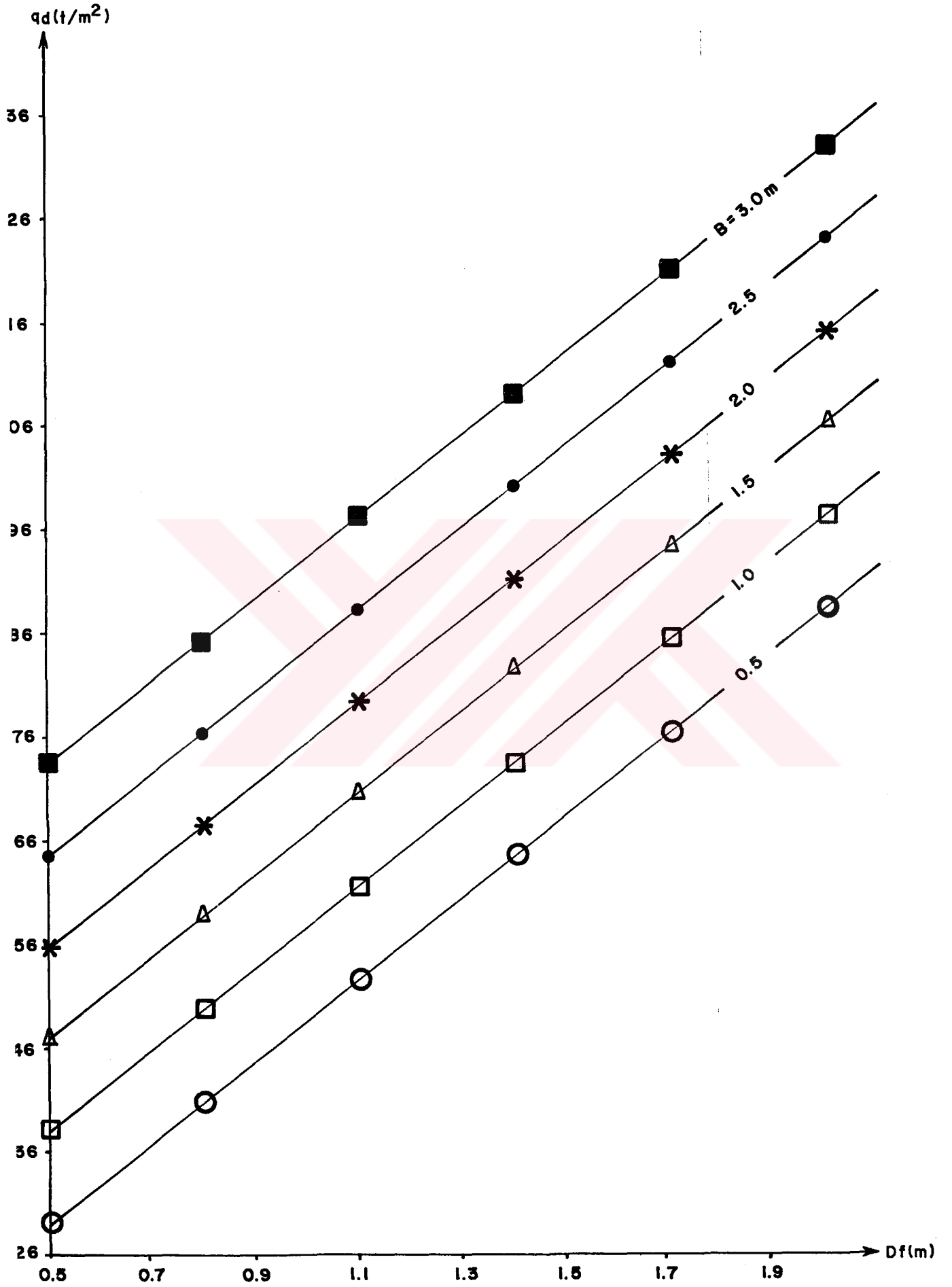
A. 4.1. Taraçaların Taşıma Gücü Hesabı

Terzaghi Formülü ile:

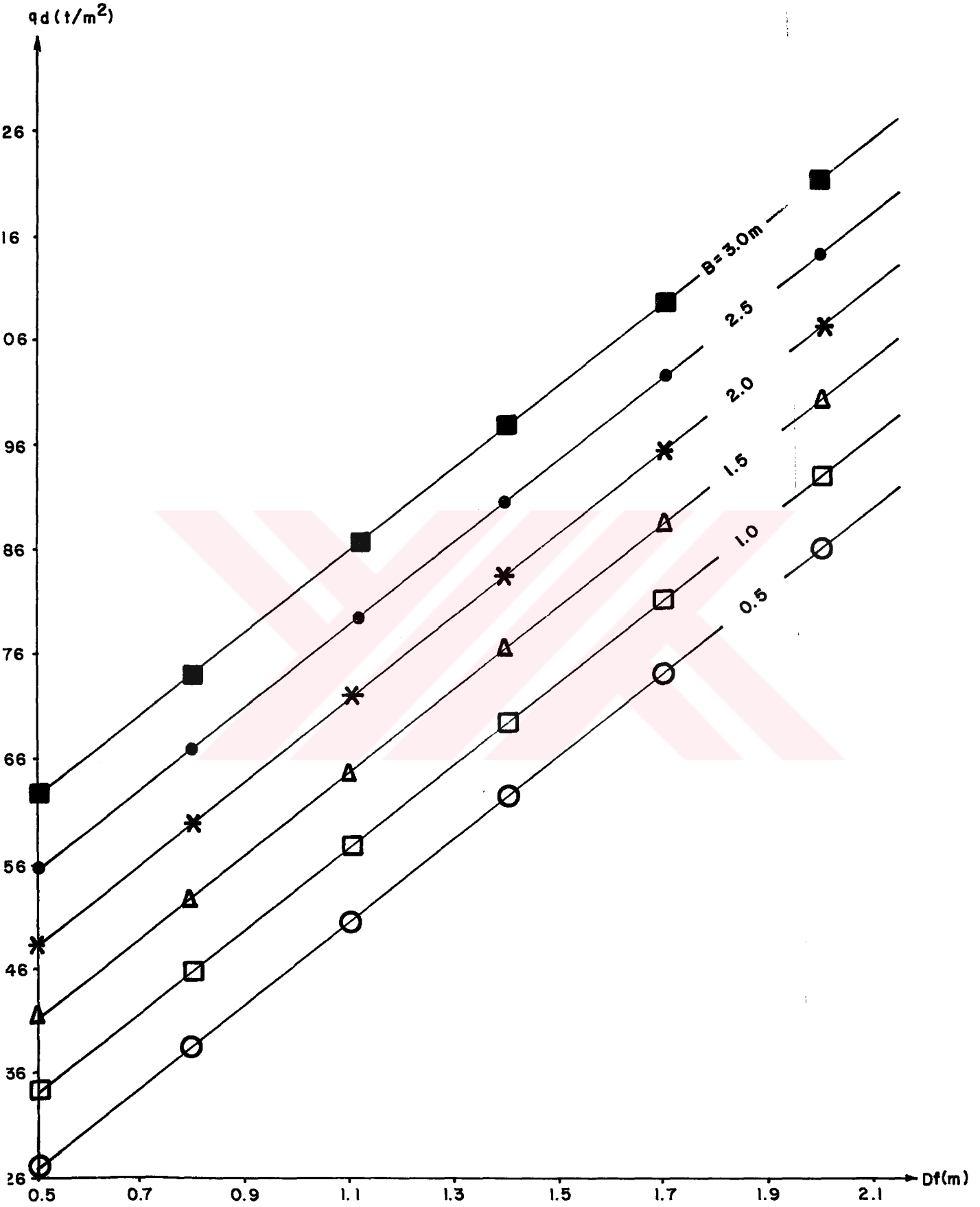
Taraçalardaki taşıma gücü hesabında kullanılacak olan içsel sürtünme açısı (ϕ) değerleri standard penetrasyon deney sonuçları dikkate alınarak Tablo 10 da verilmiştir. Taraçalardaki içsel sürtünme açısı değerleri 32° ile 37° arasında değişmektedir. Taşıma gücü hesabında emniyetli tarafta kalmak için içsel sürtünme açısının en küçük değeri olan 32° dikkate alınmıştır. Ayrıca Terzaghi taşıma gücü formülünde yer alan temel derinliği (Df) ve temel genişliği (B) için değişik değerler alınarak sonuçlar temel derinliği, temel genişliği ve temel taban şeklinin fonksiyonu olarak Şekil 44, 45 ve 46 da grafikler halinde verilmiştir.

A.5. Kayaçların Taşıma Gücünün Hesaplanması

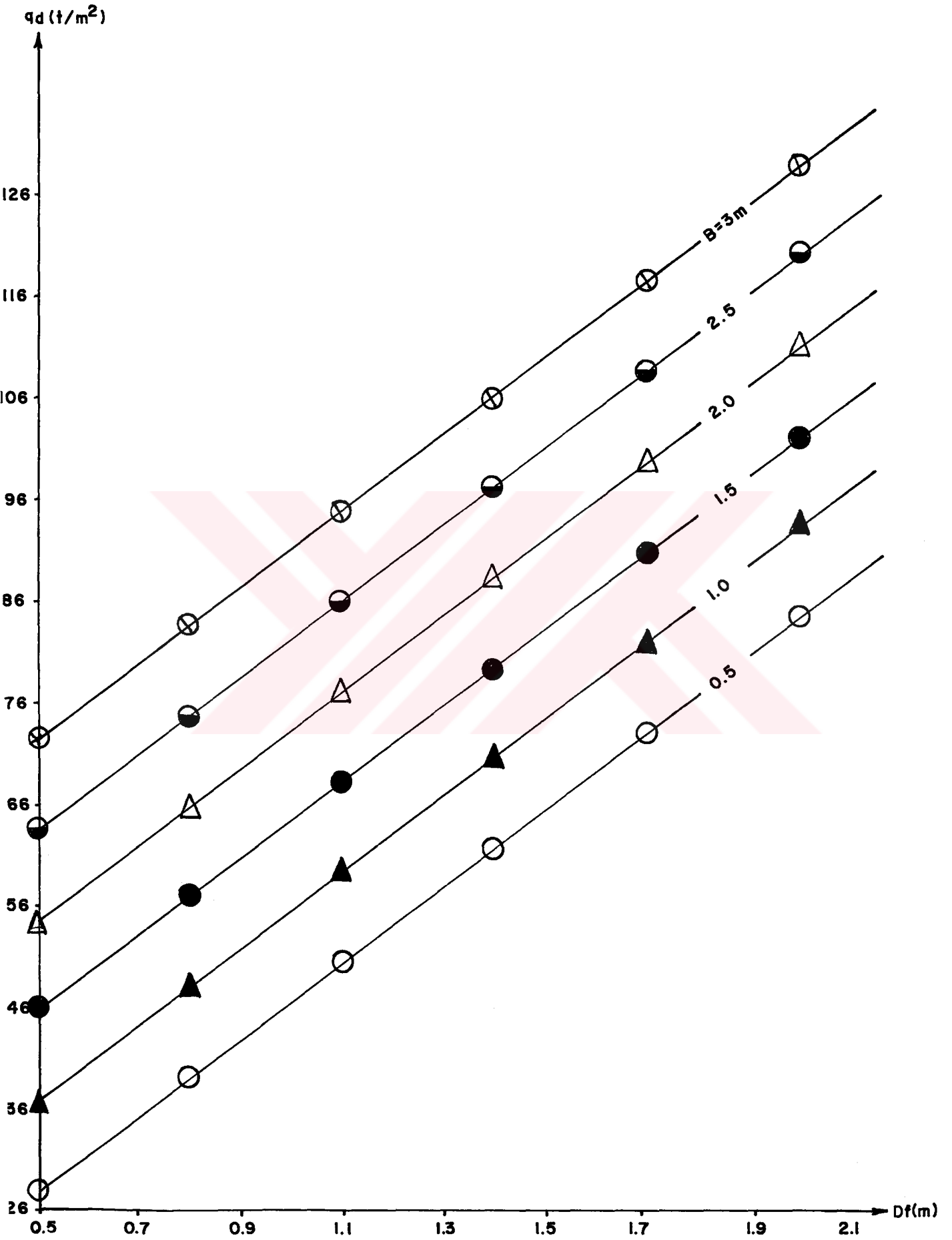
Dayanımlılık deneyi sonuçlarına göre yapılan ayrışma haritasında kayaçlar ayrışma durumuna göre 6 sınıfa ayrılmıştır. Bu sınıflandırmada çok düşük, düşük ve orta kaya sınıfına giren kayaçlarda ayrışmanın fazlalığı nedeniyle Schmidt çekici ile ölçüm yapılamadığından ayrıca taşıma gücünün bulunmasını sağlayacak herhangi bir arazi veya laboratuvar deneyide yapılamadığından dolayı bu bölgelerin taşıma gücü hakkında hazır olarak verilen tablolardan yararlanılabilir. Hazır tablolarda (Tablo 9) tamamen ayrılmış kayacın emin taşıma gücü 5 kg/cm^2 olarak verildiğinden ayrışma haritasında düşük ve orta kaya sınıfına giren alanlardaki kayaçların emin taşıma gücü olarak 5 kg/cm^2 kullanılabilir. Dayanımlılık indeksi sınıflandırmasında çok düşük kaya sınıfına giren alanlar ise toprağa yakın derecede aşırı derecede ayrılmış olduklarından ve yapılan deneylerde kohezyon ($c=0.2 \text{ kg/cm}^2$) ve içsel sürtünme açısının ($\phi=25^\circ$) Boztepe ve Erdoğan'da gözlenen killere yaklaşık olarak eşit olması nedeniyle, taşıma gücü olarak (Şekil 31 ve 32) de verilen grafikler kullanılabilir.



Şekil-44 Şerit temellerin taşıma gücü



Şekil-45 Kare temellerin taşıma gücü



Şekil-46 Bütün temeller için taşıma gücü

Dayanımlılık indeksine göre yüksek, çok yüksek ve fevkalade yüksek kaya sınıfına giren alanlardaki kayaların taşıma güçleri Schmidt çekici geri tepme sayısı ve kuru birim hacim ağırlıklarından yararlanarak bulunan serbest basınç mukavemetinden

$$q_s = 0,2 q_u$$

formülü ile bulunan emin taşıma güçleri Tablo 12 de toplu olarak verilmiştir. Tabloda görüldüğü fevkalade yüksek kaya sınıfına giren alanlarda emin taşıma gücü değerleri 7.2 kg/cm^2 ile 12.2 kg/cm^2 değerleri arasında değişir. Çok yüksek kaya sınıfına giren alanlarda 3.4 kg/cm^2 ile 5.5 kg/cm^2 değerleri arasında, yüksek kaya sınıfına giren alanlarda ise 2.4 kg/cm^2 ile 3.0 kg/cm^2 arasında değişir.

Ayrışmanın çok az olduğu veya hiç olmadığı bazalt yüzeylemelerinde 1 m deki ortalama çatlak sayısı (λ) sayılarak elde edilen RQD değerlerine karşılık gelen emin taşıma güçleri Tablo 13 de toplu olarak sunulmuştur. Tabloda görüleceği gibi emin taşıma güçleri 165 kg/cm^2 ile 248 kg/cm^2 arasında değişim gösterir.

Tablo 12: Schmidt Çekici Geri Tepme Sayısına Göre Emin Taşıma Güçleri

İd	Deney No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ortalama
Fevkalade Yüksek	Schmidt çekici geri tepme sayısı (R)	40	34	39	29	35	38	34	36	37	39	36.1
	Kuru birim hacim ağırlık γ_k (gr/cm ³)	2.22	2.09	2.36	2.17	2.15	2.24	20.7	2.35	2.26	2.21	2.21
	Tek eksenli basınç direnci q_u (kg/cm ²)	61	43	68	36	42	61	37	54	53	55	51
	Emin taşıma gücü q_s (kg/cm ²)	12.2	8.6	13.6	7.2	8.4	12.2	7.4	10.8	10.6	11.0	10.2
Çok yüksek	Schmidt çekici geri tepme sayısı (R)	21	20	18	23	21	19	23	22	20	19	20.6
	Kuru birim hacim ağırlık γ_k (kg/cm ³)	2.37	2.14	2.07	2.23	2.23	2.29	2.29	2.18	2.18	1.16	2.22
	Tek eksenli basınç direnci q_u (kg/cm ²)	28	25	17	23	20	20	24	22	20	19	22
	Emin taşıma gücü q_s (kg/cm ²)	5.5	5.0	3.4	4.6	4.0	4.0	4.8	4.4	4.0	3.8	4.3
Yüksek	Schmidt çekici geri tepme sayısı (R)	12	11	13	14	12	12	16	13	11	16	13
	Kuru birim hacim ağırlık γ_k (kg/cm ³)	2.11	2.17	2.05	2.09	2.12	2.14	2.03	2.17	2.08	2.13	2.11
	Tek eksenli basınç direnci q_u (kg/cm ²)	15	12	13	14	13	13	15	14	12	15	13
	Emin taşıma gücü q_s (kg/cm ²)	3	2.4	2.6	2.8	2.6	2.6	3	2.8	2.4	3	2.7

Tablo 13: Kaya Kalitesi Özelliği (RQD) ne Göre Emin Taşıma Güçleri

No	1 m deki ortalama çatlak sayısı λ	RQD (%)	Emin taşıma gücü (kg/cm ²)	No	1 m deki ortalama çatlak sayısı λ	RQD (%)	Emin taşıma gücü (kg/cm ²)
1	2.77	96.7	242	10	2.50	97.3	248
2	2.53	97.2	248	11	4.01	93.8	202
3	2.22	97.8	252	12	4.50	92.4	201
4	2.50	97.3	248	13	6.21	87.1	166
5	3.23	95.7	222	14	5.73	88.6	178
6	3.76	94.4	210	15	5.90	88.1	172
7	1.60	98.8	294	16	4.18	93.3	202
8	3.51	95.1	220	17	6.10	87.4	169
9	3.96	93.9	202	18	6.25	86.9	165

4.3. Mühendislik Jeolojisi Haritaları

4.3.1. Eğim Haritası

Ek 3 de sunulan orijinal ölçeği 1/5000 olan eğim haritasının oluşturulmasında Van Horn (1972) un yönteminden yararlanılmıştır.

Sözkonusu haritadaki 'eğim' kavramı Şekil 47 de geometrik olarak gösterilmiştir. Bir yüzeyin eğimi o yüzeyin yatay ile yapmış olduğu açıdır. % eğim ise iki nokta arasındaki yükseklik farkının, bu noktalar arasındaki yatay uzaklığa oranının 100 ile çarpımıdır. % eğim ile eğimin dikliği arasındaki ilişki Şekil 47 de verilmiştir.

Eğim ve eşyükseklik eğrisi aralığı arasındaki ilişkiler Şekil 48 de gösterilmiştir.

Eğim yüzdeleri, 1/5000 ölçekli topoğrafik harita üzerinde birbirini izleyen eşyükseklik eğrileri (50 m de bir) arasındaki dik uzaklıklar ölçülerek hesaplanmıştır. Örneğin, 22 mm lik aralık %3 eğime; 8.3 mm lik aralık %8 eğime; 2.2 mm lik aralık %30 eğime; 1.5 mm lik aralık ise %45 eğime karşılıktırlar.

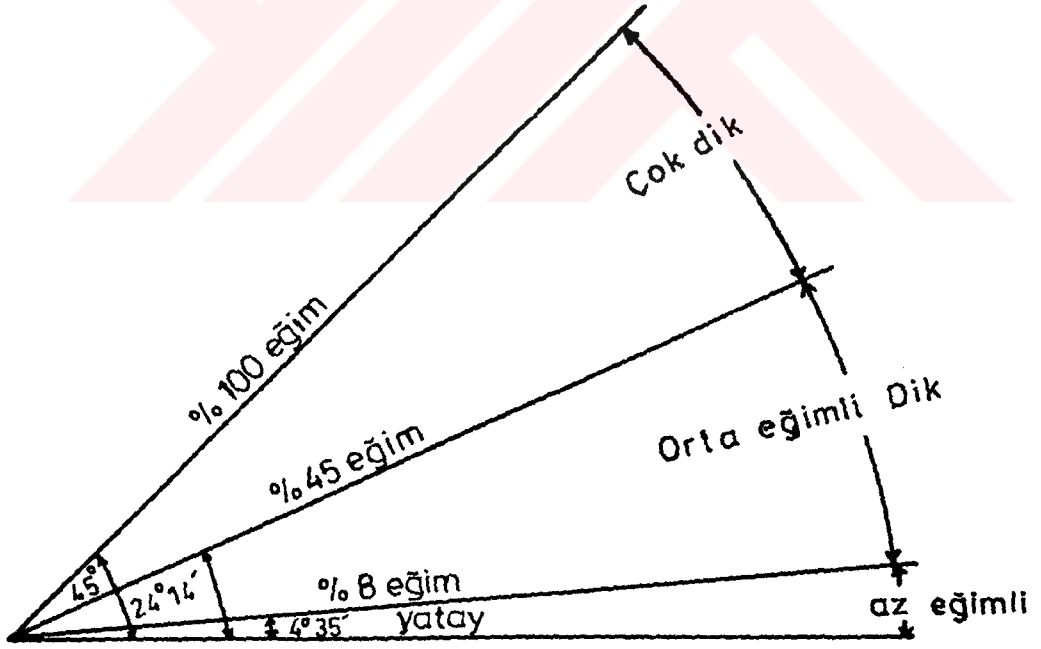
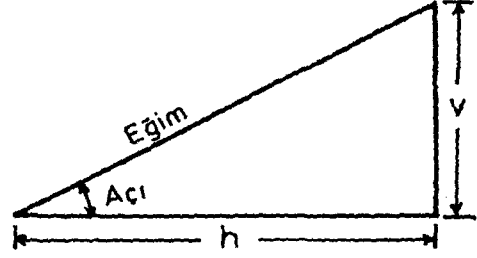
Topoğrafik haritada yerleşimin yoğun olduğu bazı alanlarda eşyükseklik eğrileri çizilmemiş olduğundan bu bölgelerdeki eğim yüzdesi takeometre ve mira yardımıyla ölçülerek bulunmuştur.

Bu şekilde oluşturulan eğim haritasında, çalışma sahasındaki alanlar, eğim yüzdelerine göre beş ayrı grupta toplanmıştır.

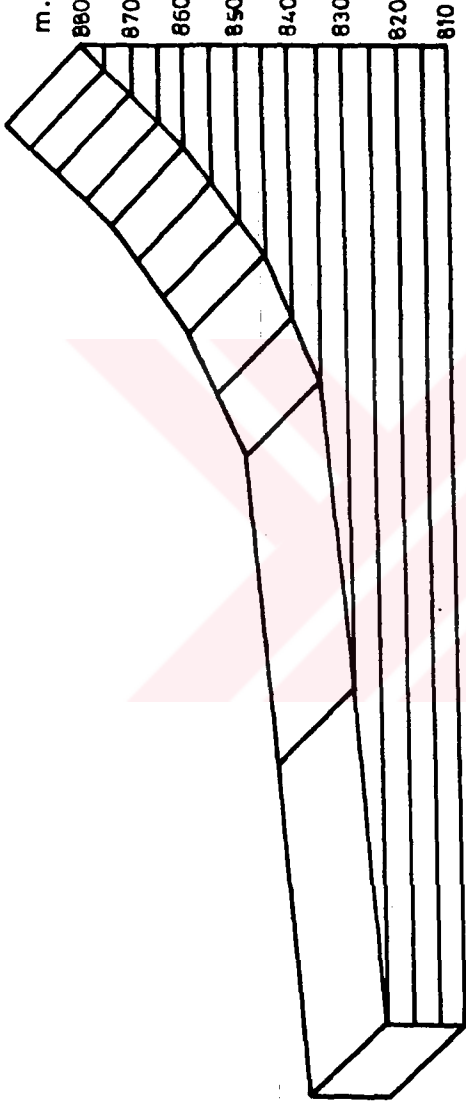
Bunlar :

1. %3 den daha az eğimli alanlar
2. %3 ile %8 arasındaki eğimler
3. %8 ile %30 arasındaki eğimler
4. %30 ile %45 arasındaki eğimler
5. %45 den daha dik eğimli alanlar.

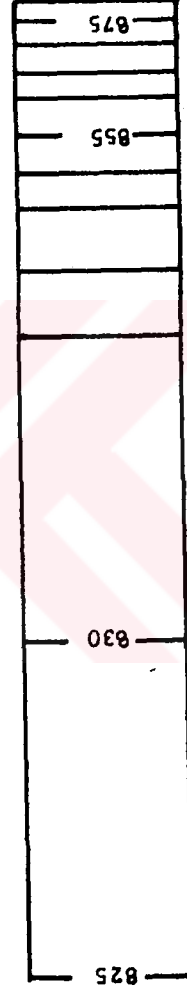
$$\% \text{ eğim} = \frac{v}{h} \times 100$$



ŞEKİL-47 % Eğim ve eğimin dikliği arasındaki ilişki



Üç boyutlu görünüm



Harita görünümü

ŞEKİL-48 EĞİM VE EŞYÜKSEKLİK EĞRİSİ ARALIĞI ARASINDAKİ İLİŞKİ

4.3.2. Ayrışma Haritası

Çalışma alanında çeşitli noktalardan alınan kayaç örneklerinin dayanımlılık indekslerine göre çizilen ve orijinal ölçeği 1/5000 olan ayrışma haritası Ek 4 de sunulmuştur.

Kayaçların dayanımlılık indekslerini bulmak için çalışma alanında her noktadan ortalama 15-20 gr ağırlığında 10 ar adet örnek alınarak dayanımlılık deneyi yapılmıştır. Deney sonuçlarından yararlanılarak dayanımlılık indeksi I_d ,

$$I_d = \frac{\text{Silindirde kalan kayacın kuru ağırlığı}}{\text{Deneyden önce kayacın kuru ağırlığı}} \times 100 \quad (14)$$

formülü ile hesaplanmıştır.

4.4. Kitle Hareketleri

4.4.1. Genel Durum

Trabzon ili yerleşim alanı genelde engebeli bir topoğrafyaya sahip olmasına rağmen, kil, silt ve yamaç molozu gibi kitle hareketlerinin yoğun olarak olduğu zemin türlerinin geniş bir yayılım göstermemesi nedeni ile fazla miktarda kitle hareketi gözlenmez.

En önemli kitle hareketleri İnönü Mahallesi'nde yer alan İnönü heyelanı ve maşatlık mevkiindeki kaya şevleridir.

4.4.2. İnönü Heyelanı

4.4.2.1. Jeolojik Durum

İnönü heyelanı ve yakın civarı aglomera ve volkanik breşlerden oluşmuştur. İnönü heyelanı bu seri üzerinde yer alan yamaç molozlarında meydana gelmiştir. Bölgenin jeolojik yapısını daha iyi ortaya koyabilmek amacı ile Trabzon Yavuz Sultan

Selim tanjant yolu önünü heyelanı projesine bağlı olarak Karayolları tarafından bölgede 22 adet sondaj yapılmıştır (Şekil 49). Bu sondajlardan bazılarında ait sondaj logları Şekil 50 de sunulmuştur. Açılan sondajlarda yamaç molozlarının kalınlığı 10,5 m ile 15.6 m arasında değişmektedir. Açılan sondajlardan bazılarında (SN-12, 13, 14, 15, 16, 25, 26) yamaç molozu altında eski deniz taraçasına rastlanmıştır. Deniz taraçası değişik kökenli kayalardan oluşmuş çakıl, kum, silt ve kil boyutundaki malzemelerden oluşmuştur. Taraça kalınlığı 0.5 m ile 6.5 m arasında değişmektedir. Çalışma alanında 19A, 19B, 20 ve 22 nolu sondajlarda yamaç molozlarından sonra aglomeralara geçildiği görülmüştür. Diğer sondajlarda (SN-12, 13, 14, 15, 16, 26) taraçaların altında genelde kumlu kireçtaşı, marn, tüffit ardalanmasından oluşmuş bir seri yer almaktadır. Bu serinin kalınlığı açılan sondajlarda belirlenmemiştir. Heyelana ait bir kesit Şekil 51 de verilmiştir.

4.4.2.2. Deneysel Çalışmalar

Heyelan sahasında yapılan sondajlardan örselenmemiş ve örselenmiş örnekler alınarak bir takım deneyler yapılmıştır.

Örselenmiş örnekler üzerinde likit limit, plastik limit ve piknometre deneyleri, örselenmemiş örnekler üzerinde ise konsolidasyonlu-drenajlı üç eksenli deney ve kesme kutusu deneyleri yapılmıştır. Deney sonuçları Tablo 14 de toplu olarak sunulmuştur. Yapılan deney sonuçlarına göre toplam gerilme cinsinden ortalama kohezyon 0.41 kg/cm^2 , içsel sürtünme açısı 16° ; efektif gerilme cinsinden ortalama kohezyon 0.18 kg/cm^2 , içsel sürtünme açısı ise 23° dir. Ayrıca ortalama doğal birim hacim ağırlığının 1.87 gr/cm^3 olduğu görülmektedir.

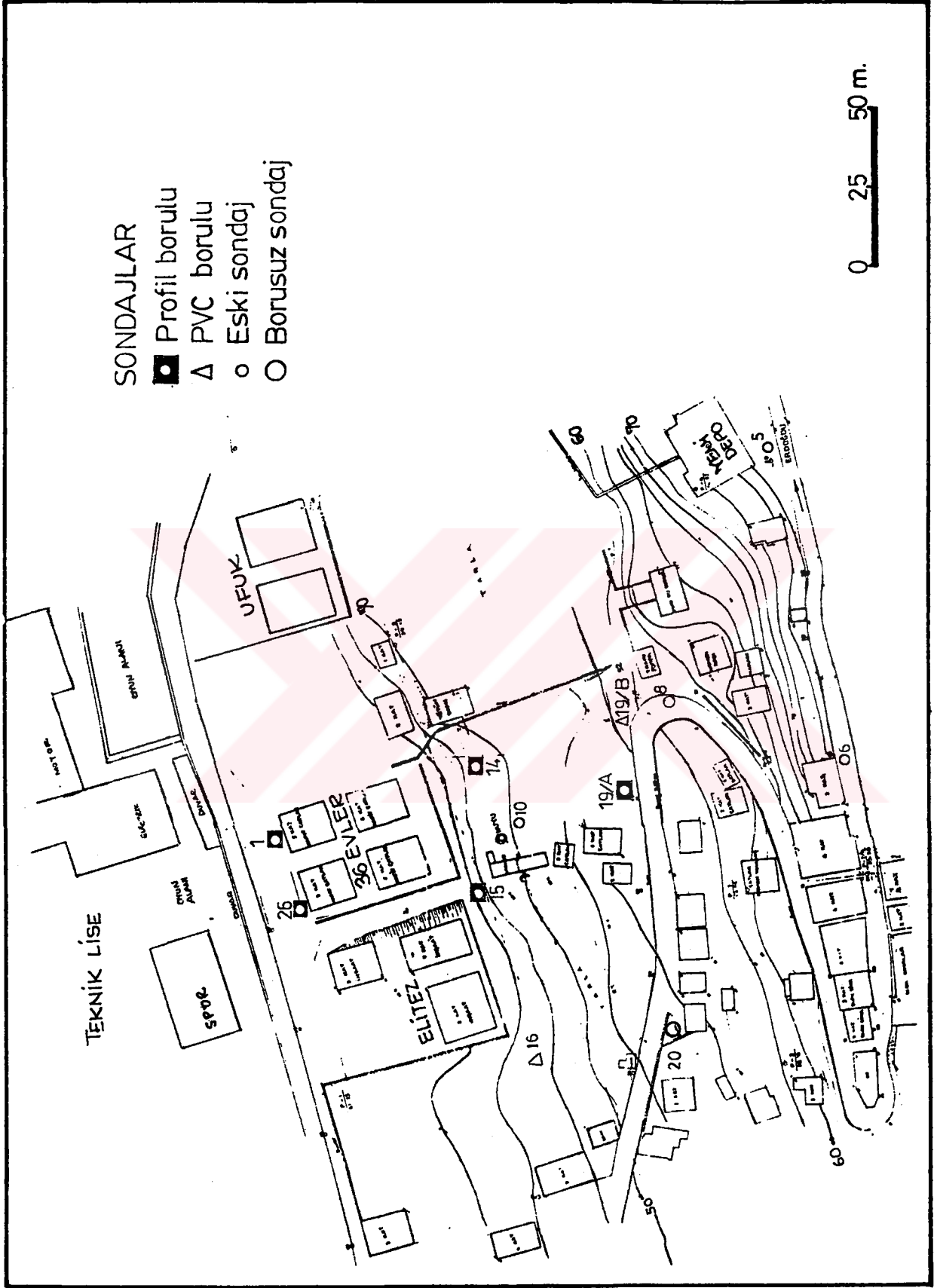
4.4.2.3. İnklinometre Ölçümleri

Yapılan sondajlar sonucu açılan sondaj deliklerinden bazılarında (SN-14, 19A, 26, 15) kare profil (40x40 mm)

Tablo 14: İnönü Heyelanına Ait Deneysel Sonuçları

Kuyu No	Derinlik (m)	Likit limit LL (%)	Plastik limit PL (%)	Plastisite indisi PI (%)	Doğal birim hacim ağırlık γ_n (gr/cm ³)	Dane birim hacim ağırlığı γ_s (gr/cm ³)	Su Muht. w (%)	Kohezyon C (kg/cm ²)	Kohezyon C' (kg/cm ²)	İçsel sürt. açısı ϕ (°)	İçsel sürt. açısı ϕ^* (°)
14	2.65	60	35	25	1.95	2.26	27	0.25	0.16	13	19
15	3.00	50	31	19	1.79	2.33	35	0.25	0.15	19	28
19A	5.50	55	31	24	1.87	2.66	27	0.75	0.25	12	24
20	3.00	-	-	-	1.87	-	35	-	0.15	-	23
26	5.50	52	27	25	-	2.24	-	-	-	-	-
26	1.50	-	-	-	1.89	-	41	-	0.42	-	7

* Effektif gerilme cinsinden



ŞEKİL-49 İnönü heyalını ve yakın çevresi.

SN 26

Muhafaza borusu	Kesici tipi	Y.A.S.S (m.)	S.P.T. sayıları	Derinlik (m)	Litoloji	AÇIKLAMA
HX	Rock bit	D-1	•	3	[Litoloji]	Yamaç molozu: Seyrek bazalt blok ve çakılları içeren koyu kahverenkli kumlu-siltli kil.
				6		
NX	Rock bit	D-1	•	9	[Litoloji]	Deniz setisi: Değişik litolojide çakıl, kum ve silt karışımı
				11,50		
NX	I. tipli Karotiyer	D-1	•	12	[Litoloji]	Kumlu kireçtaşı, marn, kil ve tüfit ardışıma
				15		
NX	I. tipli Karotiyer	D-1	•	18	[Litoloji]	

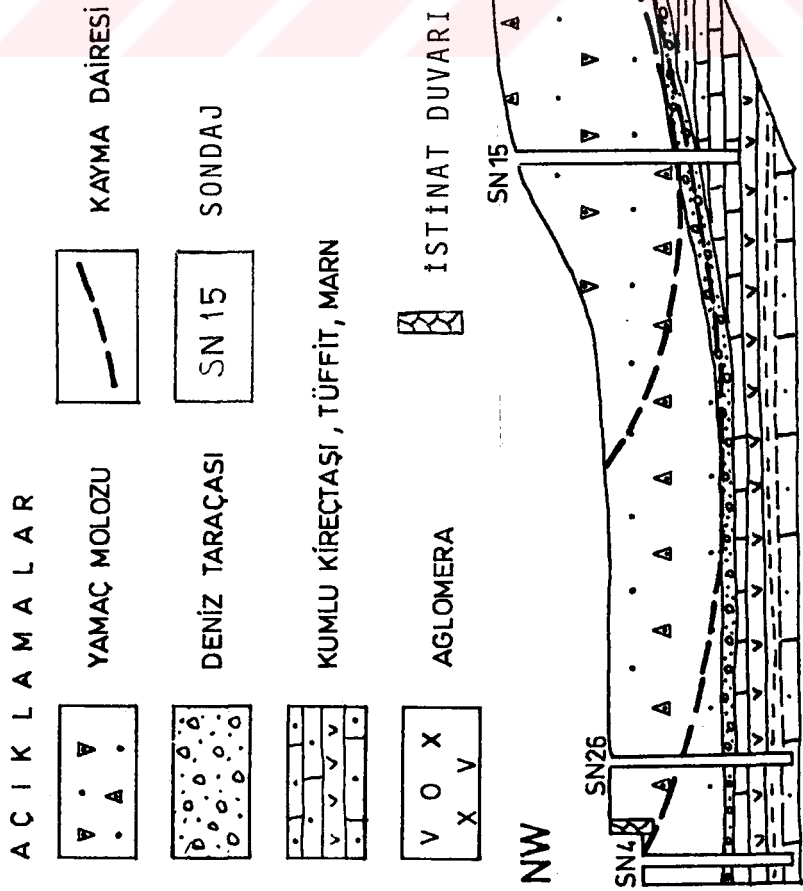
X: H>50 Blok ya da çakılla rastlayan deney

SN 15

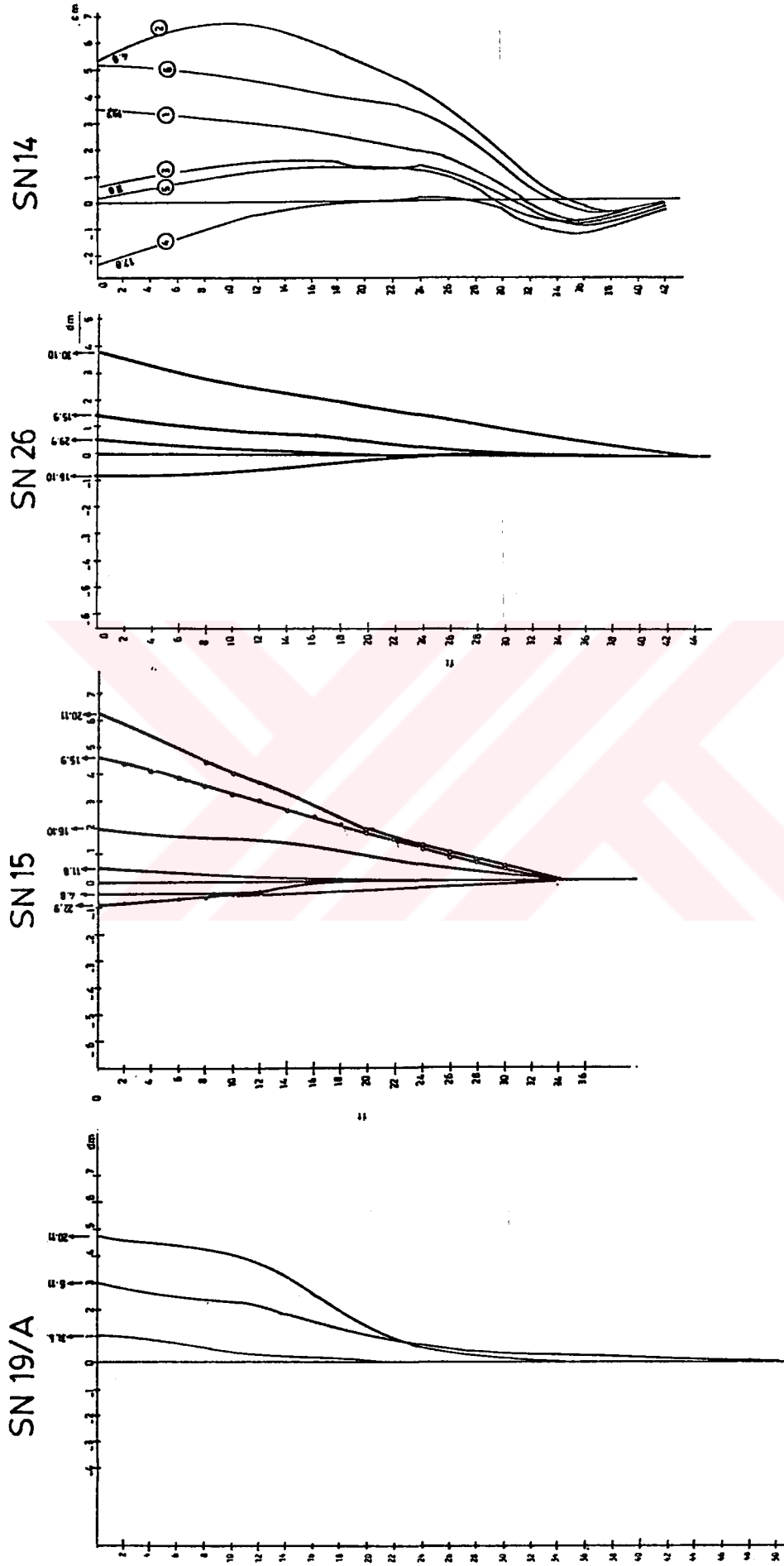
Muhafaza borusu	Kesici tipi	Y.A.S.S (m.)	S.P.T. sayıları	Derinlik (m)	Litoloji	AÇIKLAMA
HX	Rock bit	D-1	•	3	[Litoloji]	Yamaç molozu: Seyrek bazalt blok ve çakılları içeren koyu kahverenkli kumlu-siltli kil.
				6		
NX	Rock bit	D-1	•	9	[Litoloji]	Deniz setisi: Değişik litolojide çakıl, kum ve silt karışımı
				12		
NX	I. tipli Karotiyer	D-1	•	15	[Litoloji]	Kumlu kireçtaşı, marn, kil ve tüfit ardışıma
				15,60		
NX	I. tipli Karotiyer	D-1	•	17,50	[Litoloji]	
				18		
NX	I. tipli Karotiyer	D-1	•	20,50	[Litoloji]	

X: H>50 Blok ya da çakılla rastlayan deney

ŞEKİL-50 İnönü heyalanına ait sondaj logları.



ŞEKİL-51 İNÖNÜ HEYELANINA AİT JEOLOJİK KESİT



ŞEKİL-52 İnklinometre ölçüm sonuçları (İnönü Mahallesi)

yerleştirilmiştir. İnklinometre ile kare profil yerleştirildiğinde ve daha sonra belirli zaman aralıkları ile ölçümleri yapılarak, profilin dolayısı ile heyelan hareket miktarının ölçülmesi amaçlanmıştır. Değişik sondaj deliklerine yerleştirilmiş profillerin hareket miktarlarını gösteren grafikler Şekil 52 de verilmiştir. Grafiklerdende gözleneceği gibi maksimum hareket yaklaşık 38 cm (SN-26) dir. Daha sonra 15 ve 19A nolu sondajlara yerleştirilmiş bulunan profiller yaklaşık 3 m (SN-15) den ve 5 m (SN-19A) den eğilmiş ve ölçüm yapılamaz hale gelmişlerdir. Bu durum heyelandaki hareketin şimdilik yüzeysel olduğu kanısını uyandırmaktadır.

4.4.2.4. Stabilite Analizleri

Heyelanla ilgili stabilite analizlerinde İsveç Dilim Yöntemi kullanılmıştır. Dilim genişlikleri 5 m olarak seçilmiştir. Ayrıca analizlerde, bölgedeki yağış durumu düşünülerek zemin suya doymun durumda kabul edilmiştir. Heyelan alanında açılan sondajlardaki yeraltı su rasatları toplu olarak Tablo 15 de verilmiştir.

Tablo : 15 Yeraltı suyu rasat değerleri

Kuyu No	Kuyu derinliği m	Rasat süresi gün	Derinlik m.			Bugünkü durum
			Max.	Min.	Ort.	
12	30	11	0	0	0	Rasat devam
13	27	54	17.30	16.60	16.90	Kuyu tahrip edilmiş
14	21.90	52	8.53	5.93	6.94	Kuyu tahrip edilmiş
15	20.50	52	4.89	0.66	3.31	Profil eğildi
16*	19.30	49	su	yok		
19/A	21.00	25	16.91	6.37	13.92	Profil eğildi
19/B*	22.00	5	su	yok	Kuyu tahrip edilmiş
20*	15.00	15	su	yok	Kuyu tahrip edilmiş
22*	4.50	-	su	yok		
25*	17.00	35	7.55	0	3.55	
26	18.00	44				

Stabilite analizleri Şekil 51 de verilmiş olan jeolojik kesite göre değişik kritik kayma daireleri seçilerek yapılmıştır. İlk analizde kayma dairesi olarak yamaç molozları ile alttaki sağlam kayaç sınırı alınmıştır. Bu kritik kayma dairesine ilişkin hesaplamalar Tablo 16 da verilmiştir. İkinci analizde yüzeysel hareket olasılığı düşünülerek kritik kayma dairesi yamaç molozları içinde düşünülmüştür. Bu kritik kayma dairesine ilişkin hesaplamalar ise Tablo 17 de verilmiştir. Her iki kritik kayma dairesine göre stabilite analizlerinde ortalama efektif kohezyon (1.8 t/m^2) ve içsel sürtünme açısı (23°) değerleri dikkate alınmıştır.

Güvenlik sayısı F,

$$F = \frac{\sum [c' b / \cos \alpha + (W \cos \alpha - ub / \cos \alpha) \tan \phi']}{\sum W \sin \alpha} \quad (15)$$

formülü ile hesaplanmıştır.

a) A kritik kayma dairesine göre stabilite analizi

Değerler Tablo 16 dan alınıp yerine konulduğunda güvenlik sayısı F,

$$F = \frac{53.86 + (669.74 - 231.06) \cdot 0.424}{228.53}$$

F = 1.05 bulunur.

b) B kritik kayma dairesine göre stabilite analizi

Değerler Tablo 15 den alınıp yerine konulduğunda güvenlik sayısı F,

$$F = \frac{69.91 + (1069.12 - 359.12) \cdot 0.424}{298.11}$$

F = 1.24 bulunur.

Tablo 16: B Kritik Kayma Dairesi İçin Analiz Hesapları

Dilim No	b (m)	h (m)	W (ton)	α (°)	Cos α	Sin α	$\frac{b}{\text{Cos } \alpha}$	$\frac{c \cdot b}{\text{Cos } \alpha} \times 10$	W Cos α (ton)	$U = r_u \cdot h \cdot \gamma$ $r_u = 0.30$	$\frac{U \cdot b}{\text{Cos } \alpha}$	W Sin α (ton)
1	3.90	2.70	19.69	50	0.64	0.76	6.09	10.96	12.60	1.51	9.22	14.96
2	5	6.93	64.80	39	0.77	0.62	6.49	11.68	49.89	3.88	25.23	40.17
3	"	9.39	87.80	26.5	0.89	0.44	5.61	10.09	78.14	5.26	29.55	38.63
4	"	10.63	99.39	17	0.95	0.29	5.26	9.46	94.4	5.96	31.36	28.82
5	"	11.55	107.99	17	0.95	0.29	5.26	9.46	102.59	6.47	34.08	31.31
6	"	13.09	122.39	16.5	0.95	0.28	5.26	9.46	116.27	7.34	38.62	34.26
7	"	14.55	136.04	15	0.96	0.25	5.20	9.36	130.59	8.16	42.44	34.01
8	"	15.40	143.99	14	0.97	0.24	5.15	9.27	139.67	8.63	44.49	34.55
9	"	16.17	151.19	10.5	0.98	0.18	5.10	9.18	148.16	9.07	46.26	27.21
10	"	16.94	158.39	9.5	0.98	0.16	5.10	9.18	155.22	9.50	48.46	25.34
11	"	17.17	160.54	9.5	0.98	0.16	5.10	9.18	157.32	9.63	49.12	25.68
12	"	17.09	159.79	7.5	0.99	0.13	5.05	9.09	158.19	9.58	48.41	20.77
13	"	15.40	143.99	6.5	0.99	0.11	5.05	9.09	142.55	8.63	43.62	15.83
14	"	13.86	129.59	4.5	0.99	0.07	5.05	9.09	128.29	7.77	39.26	9.07
15	"	12.55	117.37	4	0.99	0.06	5.05	9.09	116.19	7.04	35.55	7.04
16	"	12.09	113.04	1.5	0.99	0.02	5.05	0.09	111.90	6.78	34.25	2.26
17	"	11.78	110.14	-1	-0.99	-0.01	-5.05	-9.09	-109.03	6.60	-33.37	-1.10
18	"	11.55	107.99	-1.5	-0.99	-0.02	-5.05	-9.09	-106.91	6.47	-32.72	-2.15
19	"	10.78	100.79	-2.5	-0.99	-0.04	-5.05	-9.09	-99.78	6.04	-30.54	-4.03
20	"	10.55	98.64	-6	-0.99	-0.10	-5.05	-9.09	-97.65	5.91	-29.88	-9.86
21	"	9.86	92.19	-7	-0.99	-0.12	-5.05	-9.09	-91.26	5.53	-27.93	-11.06
22	"	9.24	86.39	-10	-0.98	-0.17	-5.10	-9.18	-84.66	5.18	-26.43	-14.68
23	"	8.47	79.19	-12	-0.97	-0.20	-5.15	-9.27	-76.81	4.75	-24.47	-15.83
24	"	6.55	61.24	-17	-0.95	-0.29	-5.26	-9.46	-58.17	3.67	-19.32	-17.75
25	"	5.47	51.14	-18	-0.95	-0.30	-5.26	-9.46	-48.58	3.06	-16.14	-15.34
TOPLAM									1069.12		359.12	298.11

Tablo 17: A Kritik Kayma Dairesi İçin Analiz Hesapları

Dilim No	b (m)	h (m)	W (ton)	α (°)	$\cos\alpha$	$\sin\alpha$	$\frac{b}{\cos\alpha}$	$\frac{c'b}{\cos\alpha}$	W $\cos\alpha$ (ton)	U= $r_u^h \cdot r_u$ $r_u=0.30$	$\frac{U \cdot b}{\cos\alpha}$	W $\sin\alpha$ (ton)
1	5	1.62	15.15	29	0.87	0.48	5.74	10.33	13.18	0.908	5.21	7.27
2	"	3.85	36.00	27	0.89	0.45	5.61	10,0,98	32.04	2.15	12.11	16.20
3	"	5.78	54.04	26.5	0.89	0.44	5.61	10,0,98	48.09	3.24	18.19	23.77
4	"	8.09	75.64	26	0.89	0.43	5.61	10,0,98	67.31	4.53	25.46	32.52
5	"	10.40	97.24	26	0.89	0.43	5.61	10,0,98	86.54	5.83	32.73	41.81
6	"	12.86	120.24	23	0.92	0.39	5.43	9,7,74	110.62	7.21	39.17	46.39
7	"	14.25	133.24	17	0.95	0.29	5.26	9,4,68	126.57	7.99	42.04	38.63
8	"	15.40	143.99	13.5	0.97	0.23	5.15	9,2,70	139.67	8.63	44.49	33.11
9	"	16.09	150.44	11	0.98	0.19	5.10	9,1,80	147.43	9.02	46.03	28.58
10	"	15.86	148.29	8	0.99	0.13	5.05	9,0,90	146.80	8.89	44.93	19.27
11	"	15.55	145.39	5	0.99	0.08	5.05	9,0,90	143.93	8.72	44.05	11.63
12	"	13.63	127.44	-2	-0.99	-0.03	-5.05	-9,0,90	-126.16	7.64	-38.61	-3.82
13	"	10.78	100.79	-8	-0.99	-0.13	-5.05	-9,0,90	-99.78	6.04	-30.54	-13.10
14	"	7.7	72.00	-11	-0.98	-0.19	-5.10	-9,1,80	-70.56	4.31	-22.03	-13.68
15	"	5.85	54.70	-20	-0.93	-0.34	-5.37	-9,6,66	-50.87	3.28	-17.62	-18.59
16	"	3.85	36.00	-23	-0.92	-0.39	-5.43	-9,7,74	-33.12	2.15	-11.72	-14.04
17	2.73	1.54	14.40	-34	-0.83	-0.55	-3.28	-5,9,04	-11.95	0.86	-2.83	-7.92
TOPLAM							53.86	669.74	231.06	228.53		

Stabilite analizlerinde, efektif içsel sürtünme açısının en düşük anlamlı değeri olan 19° dikkate alındığında A kritik kayma dairesinin güvenlik sayısı $F=0.89$, B kritik kayma dairesinin güvenlik sayısı ise $F=1.05$ olarak hesaplanmıştır.

4.4.2.5. Stabilite Analizinin Yorumu

"A" kritik kayma dairesinde ortalama efektif kohezyon ve içsel sürtünme açıları dikkate alındığında güvenlik sayısının 1.05 değerinde olması, yamaç dengesinin limit dengeye yakın olduğunu göstermektedir. Effektiv içsel sürtünme açısının anlamlı en küçük değeri dikkate alındığında ise güvenlik sayısının 0.89 değerinde olması şevin A kritik kayma dairesi boyunca veya daha üst seviyelerde oluşabilecek ikincil kayma daireleri boyunca kayabileceğini göstermektedir. Arazi gözlemleri ve inklinometre ölçümleri bu düşüncüyü doğrulamaktadır. Sondaj 15 ve 19A'ya yerleştirilen profillerin yaklaşık 3-5 m derinlikte eğrilmesi ve şev yüzeyinde gözlenen hareketler bunun en belirgin kanıtlarıdır.

"B" kritik kayma dairesinde ise ortalama efektif kohezyon ve içsel sürtünme açıları dikkate alındığında güvenlik sayısının 1.24 değerinde olması şevin B kritik kayma dairesi açısından güvenli olduğunu göstermektedir. Ancak efektif sürtünme açısının anlamlı en küçük değeri dikkate alındığında güvenlik sayısının 1.05 değerinde olması şevin, tedbir alınmadığı takdirde gelecekte limit dengeye yaklaşmasını kolaylaştıracaktır.

4.4.3. Kaya Şevleri

A. Maşatlık şevine ait duyarlılık analizleri

A.1. Genel durum:

Trabzonun Maşatlık mevkiinde yer alan bu şevin uzunluğu yaklaşık 10 m , yüksekliği ise 7 m dir. Ortalama şev eğim yönü

ve eğim derecesi 10/70 dir. Şevdeki çatlak ara uzaklıkları 30-150 cm arasında, çatlak açıklıkları ise 1-5 mm arasında değişir. Şevdeki kayaç cinsi aglomera ve tüflerden oluşmaktadır.

Söz konusu şevde 1983 yılında meydana gelen kaymada bir ev hasar görmüş ve iki kişinin ölümüne neden olmuştur. Aralık 1989 tarihinde meydana gelen harekette ise yaklaşık 2 m³ lük bir kayaç bloğu düşmüş ve şevin altında yer alan evin bir bölümünün yıkılmasına neden olmuştur.

Şevden alınan 40 çatlak ölçüsüne ait çatlak kontur diyagramı Şekil 53 de verilmiştir. Çatlakların yoğunlaştığı merkezlerin büyük daireleri çizildiğinde (Şekil 54) 1 ve 2 nolu çatlak takımlarının kesim noktalarının tehlikeli bölgeye düştüğü ve kamasal kayma oluşturabilecekleri görülmektedir. 3 nolu çatlak sistemi ise bu şevde kaya devrilmesi veya düşmesi olabileceğini göstermektedir.

A.2. Kama tipi kayma analizi

A.2.1. Analitik yöntem

a) Sadece içsel sürtünme açısı olması halinde:

Analizde süreksizlik düzlemlerinden A=344/40, B=279/64 çatlak düzlemleri alınmıştır. Şekil 55 den $\epsilon/2=38^\circ$, $\beta=78^\circ$, $\alpha=40^\circ$, $\phi=32^\circ$ değerleri dikkate alınarak güvenlik katsayısı F,

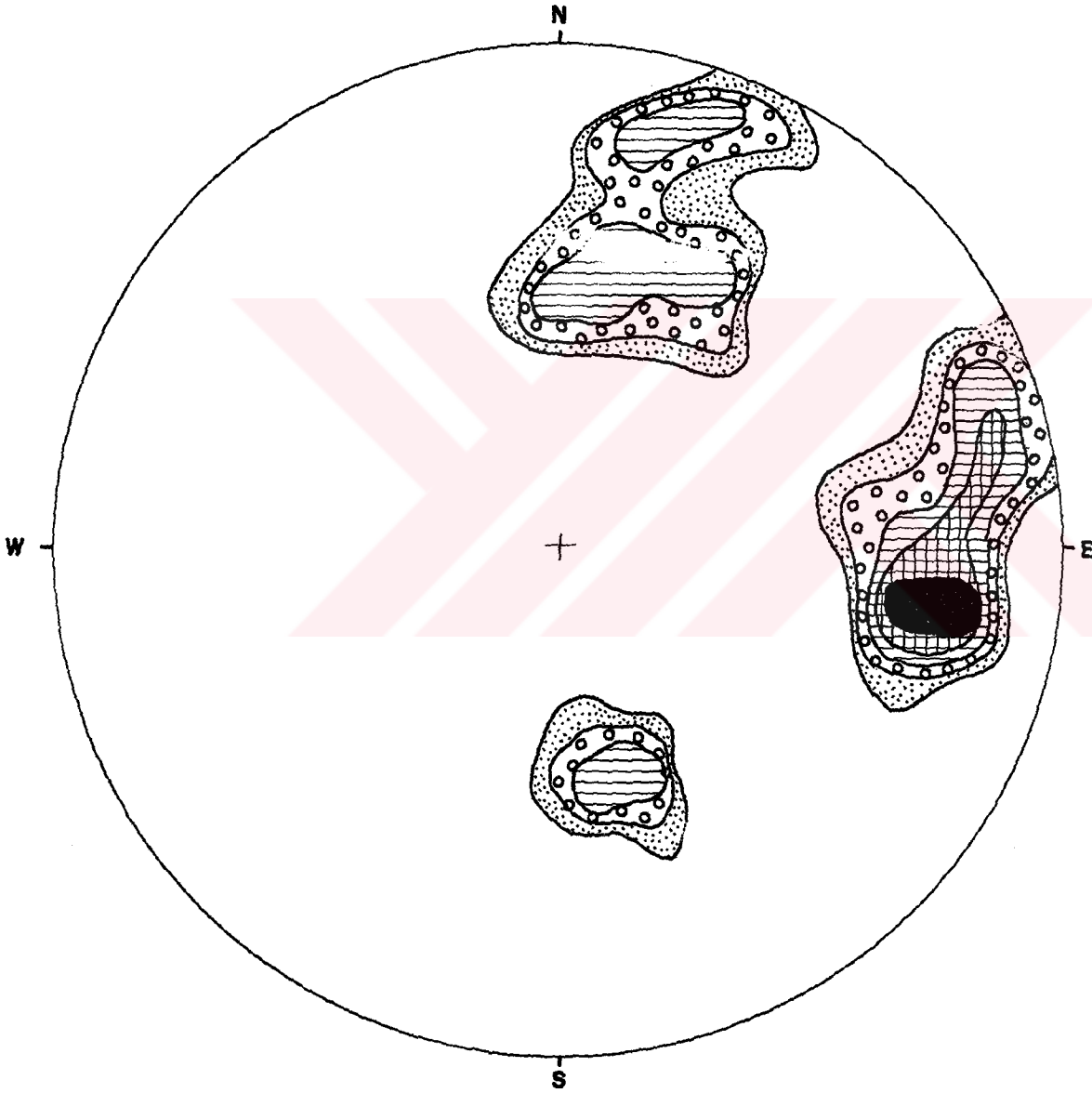
$$F = \frac{\sin\beta}{\sin\frac{\epsilon}{2}} \times \frac{\text{tg}\phi}{\text{tg}\alpha} \quad (16)$$

formülü ile hesaplanmıştır.

$$F = \frac{\sin 78}{\sin 38} \times \frac{\text{tg } 32}{\text{tg } 40}$$

$$F = 1.18$$

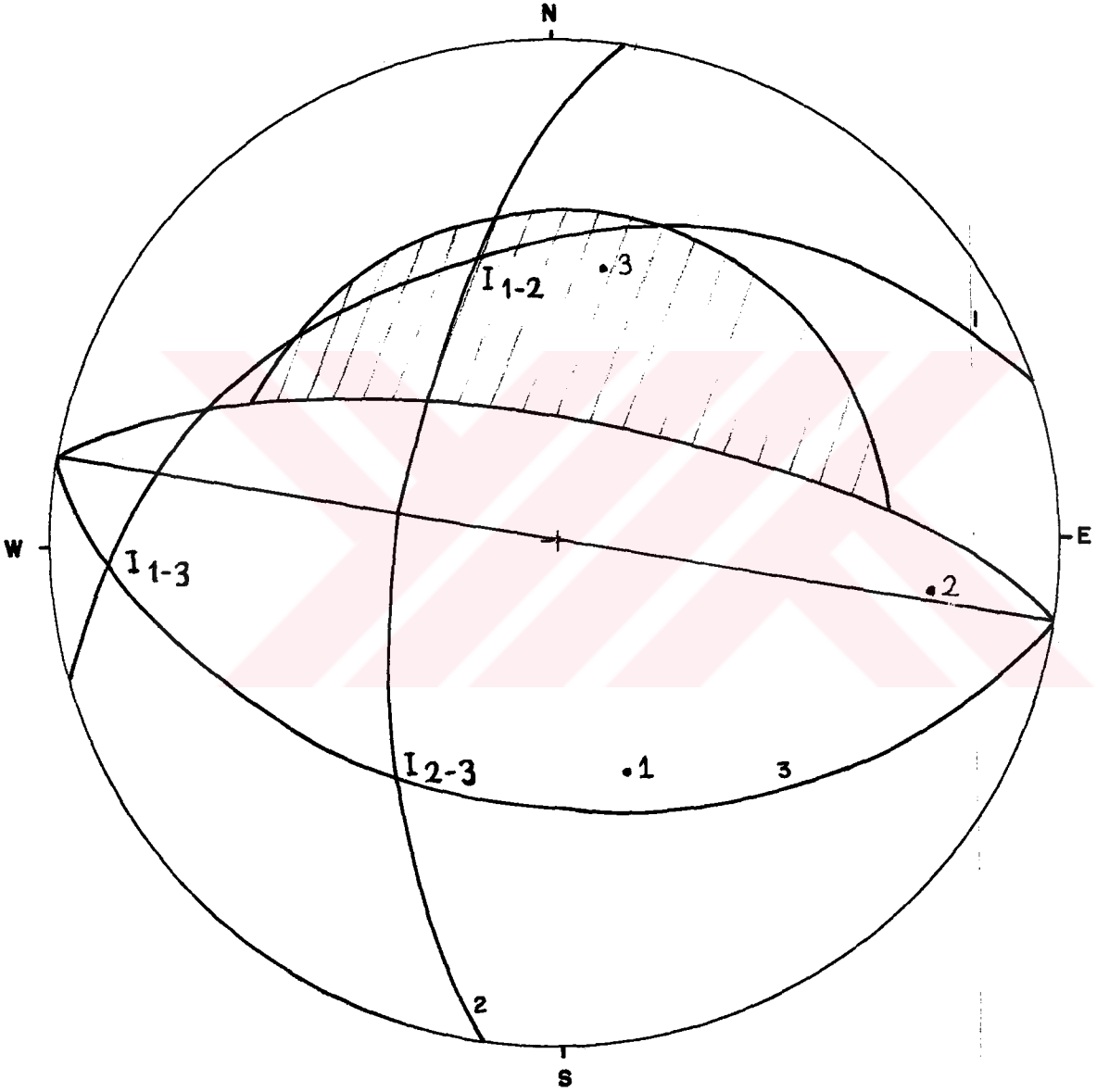
bulunur.



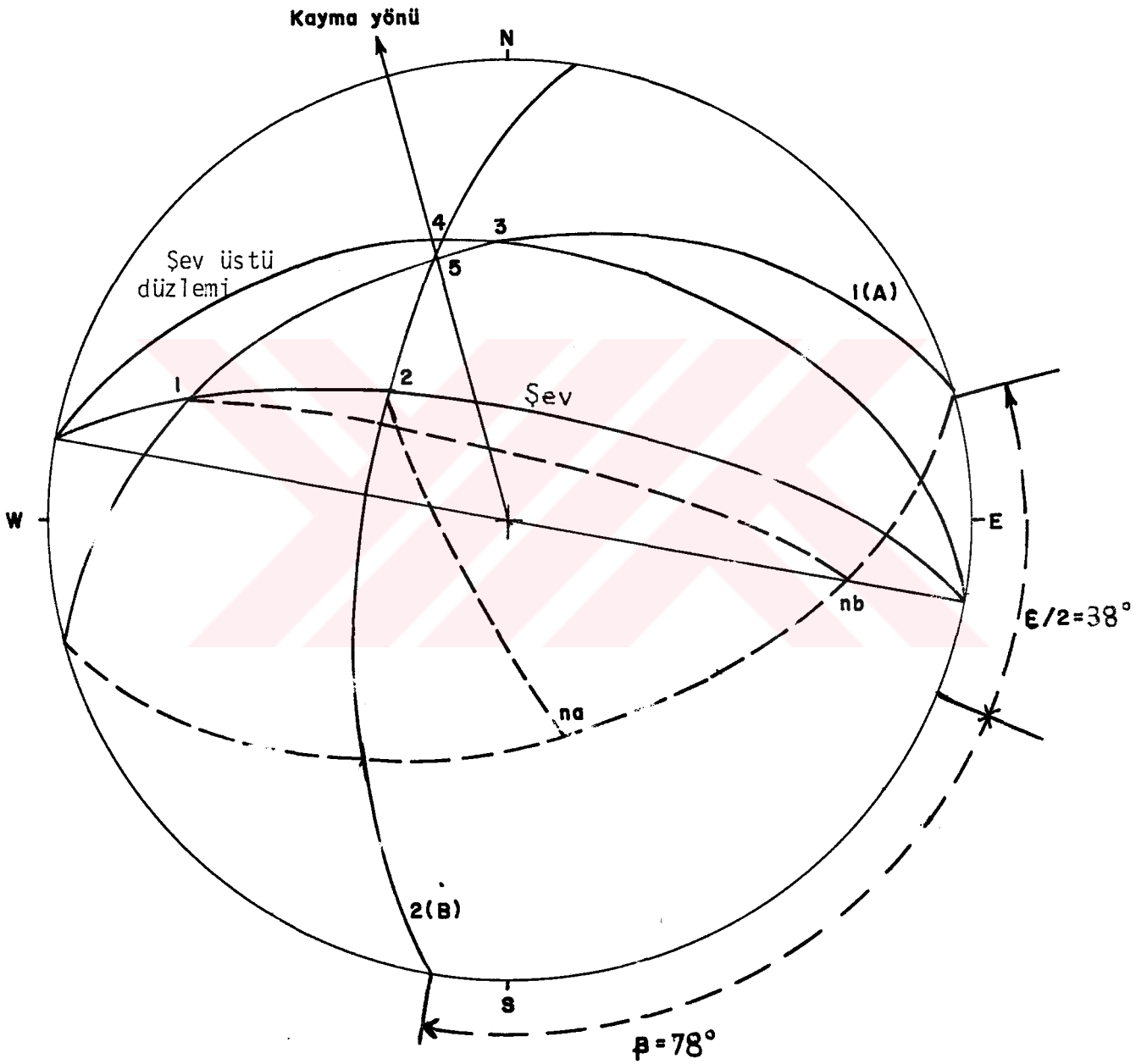
Alt Yarı Küre

%	>12.5	12.5-10	10-7.5	7.5-5	5-2.5	2.5-0
İŞARETLER						

ŞEKİL-53 Masatlık seviinde 40 çatlak ölçüsüne ait çatlak kontur diyagramı



ŞEKİL-54 Maşatlık şevine ait duraylılık analizi



ŞEKİL-55 Maşatlık sevine ait, analitik yöntemle yapılan duraylılık analizleri

b) Kohezyon, içsel sürtünme açısı ve su olması halinde:

Bu analizde süreksizlikler ve şev düzlemleri steorenet üzerine yerleştirildikten sonra, çeşitli noktalar arasındaki açılardan yararlanarak

$$F = \frac{3C_A}{\gamma H} x + \frac{3C_B}{\gamma H} y + \left(A - \frac{\gamma_w}{2\gamma} x\right) \tan \phi_A + \left(B - \frac{\gamma_w}{2\gamma} y\right) \tan \phi_B \quad (17)$$

$$A = \frac{\cos \psi_a - \cos \psi_b \cos \theta_{na.nb}}{\sin \psi_5 \sin^2 \theta_{na.nb}} \quad (18)$$

$$B = \frac{\cos \psi_b - \cos \psi_a \cos \theta_{na.nb}}{\sin \psi_5 \sin^2 \theta_{na.nb}} \quad (19)$$

$$x = \frac{\sin \theta_{2-4}}{\sin \theta_{4-5} \cos \theta_{2,na}} \quad (20)$$

$$y = \frac{\sin \theta_{1-3}}{\sin \theta_{3-5} \cos \theta_{1,nb}} \quad (21)$$

formüllerleriyle şevin güvenlik katsayısı hesaplanır.

Formül ve şekillerdeki simgelerin anlamları şöyledir:

na: A düzleminin kutup noktası

nb: B düzleminin kutup noktası

1 : Şev düzlemi ile A düzleminin kesim noktası

2 : Şev düzlemi ile B düzleminin kesim noktası

3 : Şev üst yüzeyi düzlemi ile A düzleminin kesim noktası

4 : Şev üst yüzeyi düzlemi ile B düzleminin kesim noktası

5 : A ve B düzlemlerinin kesim noktası yani arakesit doğrusu kutbu

$\theta_{na.nb}$: na ve nb noktaları arasındaki açı

$\theta_{2,na}$: 2 ile na noktaları arasındaki açı

$\theta_{1,nb}$: 1 ile nb noktaları arasındaki açı

θ_{3-5} : 3 ile 5 noktaları arasındaki açı

θ_{1-3} : 1 ile 3 noktaları arasındaki açı

- θ_{2-4} : 2 ile 4 noktaları arasındaki açı
 θ_{4-5} : 4 ile 5 noktaları arasındaki açı
 ψ_a : A düzleminin eğimi
 ψ_b : B düzleminin eğimi
 ψ_5 : A ve B düzlemlerinin kesişme noktasının açı değeri
 yani arakesit kutbunun değeri

Şekil 55 de ölçüler değerler ve kayaca ait değerler şöyledir.

$\theta_{na.nb}$	= 54°	A = 344/40	$\phi_A = 32^\circ$
$\theta_{2.na}$	= 70°	B = 279/64	$\phi_B = 32^\circ$
$\theta_{1.nb}$	= 126°	Şev düzlemi = 10/70	$\gamma = 2.25 \text{ gr/cm}^3$
θ_{3-5}	= 11°	Şev üst yüzeyi = 10/40	$\gamma_w = 1.0 \text{ gr/cm}^3$
θ_{4-5}	= 4°	$\psi_a = 40^\circ$	$C_A = 0.3 \text{ kg/cm}^2$
θ_{1-3}	= 58°	$\psi_b = 64^\circ$	$C_B = 0.3 \text{ kg/cm}^2$
θ_{2-4}	= 29°	$\psi_5 = 41^\circ$	H = 700 cm

Bu değerler 17 nolu formülde yerine konup hesaplanırsa şevin güvenlik sayısı F,

$$F = 11,58 - 4.31 - 2.08 + 1.03$$

$$F = 6.22$$

A.2.2. Grafik yöntem (sadece içsel sürtünme olması hali)

Düzlem A : 344/40

Düzlem B : 279/64

Eğim dereceleri farkı : 24°

İçsel sürtünme açısı : 32°

Eğim yönü açıları farkı: 65°

Bu analizde güvenlik sayısı F,

$$F = A \cdot \tan \phi_A + B \cdot \tan \phi_B \quad (22)$$

formülünde A ve B katsayıları eğim yönü açıları farkı ve eğim dereceleri farkından yararlanılarak grafiklerden bulunur.

Grafikten

$A = 1.21$, $B = 0.1$ değerleri okunur

$F = 1.21 \cdot 0.624 + 0.1 \cdot 0.624$

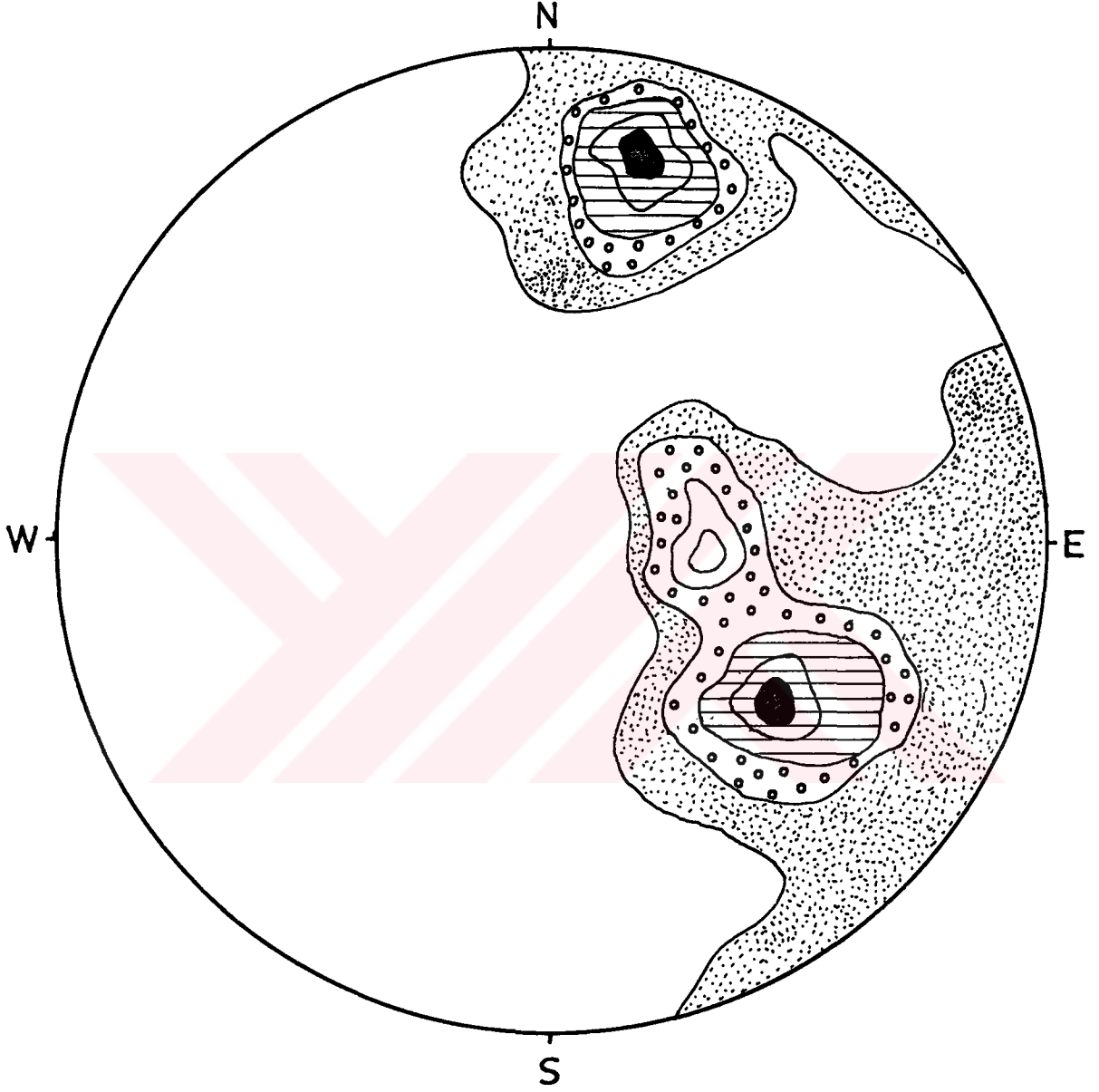
$F = 0.82$ bulunur.

Yorum : Bu şevde ait duraylılık analizlerinde, analitik yöntem (1) 'le şevin güvenlik katsayısı 1.18 olarak, analitik yöntem (2)'yle 6.22, grafik yöntemle 0.82 olarak bulunmuştur. Grafik yöntemde sadece içsel sürtünme açısı dikkate alındığından güvenlik sayısı 1'den küçük çıkmıştır. Diğer ayrıntılı yöntemlerde güvenlik sayısı 1'den büyük olduğu için şev duraylıdır. Bu şevde 3 nolu çatlak takım sisteminin doğrultusu şev doğrultusuna yakın ve eğimi ters yönde olduğundan kaya düşmesi beklenebilir.


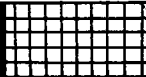

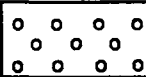
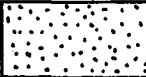

B. F_2 Fay şevine ait duraylılık analizleri

Değirmendere mahallesinde yer alan F_2 fayı şevinin uzunluğu yaklaşık 175 m, yüksekliği ise ortalama 30 m dir. Ortalama şev eğim yönü ve eğim derecesi 40/85 dir. Şevdeki çatlak aralıkları 30-200 cm arasında, çatlak açıklıkları ise 1-6 mm arasında değişir. Şevdeki kayaç cinsi bazalt, aglomera ve tüflerden oluşmaktadır.

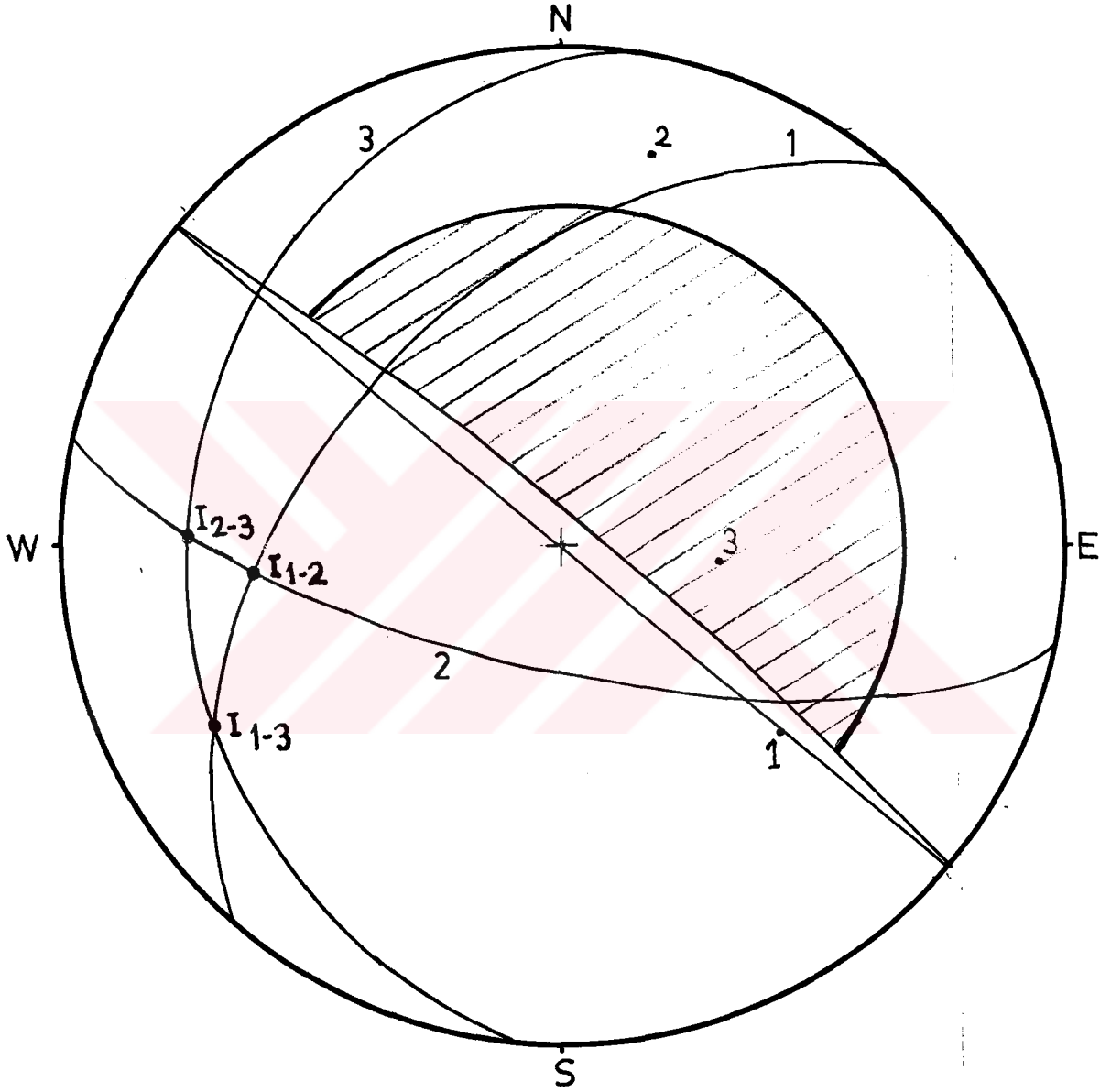
Şevden alınan 83 çatlak ölçüsüne ait çatlak kontur diyagramı Şekil 56 da verilmiştir. Çatlakların yoğunlaştığı merkezlerin büyük daireleri çizildiğinde çatlak takımlarının kesim noktalarının tehlikeli bölgeye düşmediği görülmektedir (Şekil 57). Ancak 2 nolu çatlak takımının doğrultu değeri şevin doğrultu değerine yakın ve eğim yönleri farklı istikamette olduğu için kaya devrilmesi olayı meydana gelebilir.



Alt Yarı Küre

İşaretler						
%	>10	10 - 8	8 - 6	6 - 4	4 - 2	2 - 0

Şekil-56 F₂ Fay şevinde 83 çatlak ölçüsüne ait çatlak kontur diyagramı



ŞEKİL.57 F_2 Fay seviye ait duraylılık analizi

BÖLÜM 5

SONUÇ VE ÖNERİLER

5.1. SONUÇLAR

Bu çalışmada Trabzon ili yerleşim alanında yaklaşık 14 km² lik bir alan mühendislik jeolojisi açısından incelenmiştir. Varılan sonuçlar genel jeoloji, zemin ve kayaçların taşıma gücü ve kitle hareketleri açısından üç grupta toplanmıştır.

A. Genel Jeolojik Sonuçlar

1- Trabzon ili yerleşim alanınının 1/5000 ölçekli jeoloji haritası yapılarak, çalışma sahasının birbiriyle yanall geçişli olarak bulunan aglomera, volkanik breş, tuf, bazalt, tüffit ve kireçtaşlarından oluştuğu sonucuna varılmıştır.

2- Aglomera volkanik breş, tuf, bazalt, tüffit ve kireçtaşları üzerinde yer alan taraçalar buldukları topoğrafik yüksekliklere göre daha önce yapılmış çalışmalarda olduğu gibi altı seviyeye ayrılmıştır.

3- Çalışma sahasında özellikle volkanik kayaçlar üzerinde yeralan ayrışma killlerinden başka özellikle Uzunkum mahallesinde ve taraçalar üzerinde yer alan ve onların devamı niteliğinde olan lanqüner ortamda oluşmuş kilin varlığı belirlemiştir.

B. Zemin ve Kayaçların Taşıma Gücü Sonuçları

1- Zeminlerin taşıma gücü deneysel olarak bulunan fiziksel özelliklere bağlı olmakla birlikte temel boyutundan ve gömme derinliğinden bağımsız değildir.

2- Bütün zeminlerde taşıma gücü az veya çok temel genişliği ve gömme derinliğiyle doğrusal olarak artmaktadır.

3- Ayrışmamış veya çok az ayrıışmış bazaltlarda RQD (%) değerlerinden yararlanarak bulunan emin taşıma güçleri oldukça yüksek değerlerde olup taşıma gücü açısından bir problem oluşturmazlar.

4- Diğer kayalarda taşıma gücü doğrusal olmamakla birlikte ayrışma derecesine bağlı olup, dayanımlılık indeksinin artmasıyla artmaktadır (Tablo 12).

C. Kitle Hareketleri Sonuçları

1- İnönü heyelanında A kritik kayma dairesinde ortalama zemin özellikleri dikkate alındığında yamaç dengesi limit dengeye yaklaşmakta, zemine ait düşük değerler dikkate alındığında ise yamaç duraysız olmaktadır.

2- İnönü heyelanında B kritik kayma dairesine göre, ortalama zemin özellikleri dikkate alındığında yamacın duraylı olduğu, zemine ait düşük değerler dikkate alındığında ise yamaç dengesinin limit dengeye yakın olduğu görülmektedir.

3- Maşatlıktaki kaya şevinde yapılan duraylılık analizleri, şevde kaya devrilmesi olabileceğini ve şevin duraysız olduğunu göstermektedir.

4- F_2 fayındaki kaya şevine ait duraylılık analizinde, şevde kaya devrilmesi olabileceği görülmektedir.

5.2. ÖNERİLER

A. Zemin ve kayaçların taşıma gücüne ilişkin öneriler:

Zeminlerin ve kayaçların taşıma gücü hesaplarında daha gerçekçi sonuçlar almak için mümkün olduğunca fazla noktadan alınan örnekler üzerinde deneyler yapılmıştır.

Kayaçlara ait taşıma güçleri, özellikle az ayrışmış bölgelerde yüksek değerlerde olmasına rağmen; değişik alanlarda az ayrışmış kayaçlar içerisinde daha fazla ayrışmış mercer şeklinde kısımlar ve yapılardan gelecek yüklerden etkilenebilecek süreksizliklerin varlığı özellikle büyük yapılar için zemin etüdünü gerektirmektedir. Bu nedenle zemin ve kayaçların homojen olmayan yapısı ve zeminle birkaç metre karelik bir temas alanı olan temel boyutları düşünüldüğünde taşıma gücüne ilişkin değerlerin birkaç katlı küçük yapıların haricinde ön projelendirmede ve şehircilik planlamasında kullanılması önerilir. Ancak zemin etüdünün yapılamadığı durumlarda taşıma gücü değerleri güvenlik sayısı yüksek seçilerek kullanılabilir.

B. Kitle hareketlerine ilişkin öneriler:

B.1. İnönü heyelanının limit dengeye yakın olan güvenlik sayısını yükseltmek ve daha güvenli hale getirmek için aşağıdaki önlemler alınabilir:

- a) Heyelan sahasında yamaç düzenlemesi,
- b) Yüzey ve yeraltı sularının zemine girişinin drenajla azaltılması veya önlenmesi,
- c) Heyelanın topuk kısmına mevcut yapılardan başka yapılar inşa edilerek tutucu kuvvetler artırılabilir.
- d) Yüzeysel veya fazla derin olmayan kayma daireleri ucuna istinat duvarı inşa edilebilir.

B.2. Kaya şevlerindeki duraysızlığın oluşturacağı problemler aşağıdaki önlemlerle azaltılabilir:

- a) Şevler ayrıntılı olarak incelenip kısa sürede düşebilecek bloklar, kontrollü olarak düşürülebilir.

b) Kontrollü olarak düşürülmesi mümkün olmayan ve ilerde tehlike oluşturabilecek bloklar kaya çivileri veya rock-boltlarla sağlamlaştırılabilir.

c) Şevlerde oluşabilecek blokların ve küçük parçaların düşüşünü sürekli kontrolde tutabilmek için yamaç, sağlam kısımlara tutturulan çelik hasırlarla örtülebilir.

d) Şeve yakın inşa edilecek yapılar emniyetli uzaklıktaki alanlara inşa edilebilir.



KAYNAKLAR

- Aslaner, M., Kor ve Kor Kırıntılı Kayaçlar, KTÜ Yayın No:140 Trabzon, 1989.
- Bulut, F., Çambaşı (Trabzon-Çaykara) Barajı ve Uzungöl Hidroelektrik Santral Yerlerinin Mühendislik Jeolojisi Açısından İncelenmesi, Doktora Tezi, KTÜ, Trabzon, 1988.
- Ceryan, Ş., Trabzon İli Yerleşim Alanının Mühendislik Jeolojisi ve Bazaltların Fizikomekanik Özellikleri. Bitirme Ödevi, KTÜ, Trabzon, 1986.
- Dumanoğlu, A., Tarhan, F., Bıçakçı, O. Trabzon Yavuz Sultan Selim Tanjant Yolu İnönü Mah. Heyelanı Projesi Ön Rapor, 1989.
- Demir, A., Trabzon-Kisarna Maden Suyu ve Çevresinin Mühendislik Jeolojisi Açısından Etüdü, Bitirme Ödevi, KTÜ, Trabzon, 1976.
- Dönmezer, H., Teorik ve Pratik Zemin Mekaniği, İDMMA Yayınları, 68, İstanbul, 1974.
- Gattinger, T.E., Türkiye Jeoloji Haritası, MTA Enstitüsü Yayınları, Ankara, 1962.
- İrfan, T.Y., Ayrışma ve Ayrışma Sınıflamaları, Türkiye Jeoloji Kurumu Konferans Dizisi, 19, Ankara, 1981.
- Kasapoğlu, K.E., Ankara Kenti Zeminlerinin Geo-Mühendislik Özellikleri, Doçentlik Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara, 1980.
- Ketin, İ., Genel Jeoloji, Cilt I, İTÜ Matbaası, İstanbul, 1977.
- Korkmaz, T., Maçka-Gürgenağaç (Trabzon) Yeni Yol Şevlerinin Duraylılık Açısından İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ, Trabzon, 1988.
- Kumbasar, V., Kip, F., Zemin Mekaniği Problemleri, Çağlayan Kitabevi, İstanbul, 1985.
- Lambe, T.W., Whitman, R.V., Soil Mechanics, John Wiley Sons, Inc., 1969.
- Önalp, A., İnşaat Mühendislerine Geoteknik Bilgisi, KTÜ Yayın No: 187, Cilt I-II, Trabzon, 1983.
- Özkan, C., Yalı (Moloz) Yenicuma-Boztepe ve Yakın Çevresinin Mühendislik Jeolojisi, Bitirme Ödevi, KTÜ, Trabzon, 1982.
- Paşamehmetoğlu, G.A., Öncül, K.M., Çakmak, F., Şatırlar, B.T., Kaya Şev Stabilitesi (Çeviri), Maden Mühendisleri Odası Yayını, Ankara, 1977.
- Pack, R.B., Hanson, W.E., Thornburn, T.H., Foundation Engineering, John Wiley Sons, Inc. June, 1973.
- Sağıroğlu, G., Çoğulu, E., Polarizan Mikroskopta Minerallerin Tayini, İTÜ, Matbaası Sayı 871, İstanbul, 1982.

Spangler, M.G., Soil Engineering, International Textbook Company, January, 1963.

Sürmen, E., Trabzon İli Değirmendere Çevresinin Mühendislik Jeolojisi, Bitirme Ödevi, KTÜ, Trabzon, 1981.

Tarhan, F., Mühendislik Jeolojisi Prensipleri, KTÜ, Yayın No: 145, Trabzon, 1989.

Tatar, Y., Jeolojik Haritalar, Çağlayan Basımevi, İst. 1975.

Tatar, Y., Jeolojik Harita Bilgisi, Fırat Üniversitesi, Elazığ, 1984.

E K L E R

- EK 1 : Trabzon ili yerleşim alanının jeoloji haritası
(Orijinal Ölçek 1/5000).
- EK 2 : Trabzon ili yerleşim alanının jeolojik kesitleri
- EK 3 : Trabzon ili yerleşim alanının eğim haritası
(Orijinal Ölçek 1/5000)
- EK 4 : Trabzon ili yerleşim alanının ayrışma haritası
(Orijinal Ölçek 1/5000)

ÖZGEÇMİŞ

Ali SEMERCİ 1960 yılında Akçaabat'ta doğdu. İlk ve orta öğrenimini Trabzon'da yaparak 1977 yılında Trabzon Lisesi Fen Bölümünden mezun oldu. 1982 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Yer Bilimleri Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. 1985 yılında Karadeniz Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümünde uzman olarak çalışmaya başladı. 1987 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünde Yüksek Lisans öğrenimine başladı. Evli 1 çocuk babasıdır.

T. C.
Yükseköğretim Kurumu
Dokümantasyon Merkezi