

KIRKA BORAKS İŞLETMESİ
AÇIK OCAKLARINDA
ŞEV DURAYLILIĞI

Ümit CANBULAT

Anadolu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
Maden Mühendisliği Anabilim Dalı
Maden İşletme Bilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır.

Danışman: Doç. Dr. Güner ÖNCE

Eskişehir

Ümit Canbulat'ın YÜKSEK LİSANS olarak hazırladığı "KIRKA BORAKS İŞLETMESİ AÇIK OÇAKLARINDA ŞEV DURAYLILIĞI" başlıklı bu çalışmada, jürimizce lisansüstü yönet - meliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

.12./200/1990

- Üye : Doç. Dr. Güner ÖNCE
Üye : Y. Doç. Dr. M. Gökten
Üye : Y. Doç. Dr. A. KONUK

Fen Bi limleri Enstitüsü Yönetim kurulunun 31.7.1990
gün ve ...249/1..... sayılı kararı ile onaylan-
mıştır.

Prof. Dr. Rüstem KAYA
Enstitü Müdürü

ÖZET

Bu çalışmada " Etibank Kırka Boraks İşletmesi Müessesesi Açık Ocak Heyelan Şev Etüdü " yapılarak sunulmuştur.

Heyelan bölgesindeki görülen süreksizliklerde yapılan ölçümler neticesinde süreksizliklerin yapısal kontur diyagramları ile gül diyagramları çıkarılmış, çıkarılan bu diyagramlar değerlendirilerek heyelan bölgesinde görülen kaymanın, dairesel tip kaymanın olduğu bulunmuştur. Analiz sonuçları neticesinde heyelan bölgesi altında mevcut cevherin kazanılması ve heyelanın önlenmesi, işletme açısından tehlike arz etmeyecek biçime getirilmesi önerilmiştir.

TEŞEKKÜR

Bu tezin gerçekleştirilmesi sırasında hiçbir yardımı esirgemeyen hocam sayın Doç. Dr. Güner ÖNCE başta olmak üzere sayın Yrd. Doç. Dr. Can AYDAY'a, sayın Yrd. Doç. Dr. Adnan KONUK'a, sayın Yrd. Doç. Dr. İlyas NUHOĞLU'na, Etibank Kırka Boraks İşletmesi açık ocak servisinde bütün çalışanlara, ayrıca bu tezin yazılması sırasında emeği geçen değerli isim Berrin CANBULAT'a teşekkürü bir borç bilirim.

Saygılarımla
Ümit CANBULAT

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	IV
TEŞEKKÜR	V
ŞEKİLLER DİZİNİ	VI
ÇİZELGELER DİZİNİ	VII
FOTOĞRAFLAR DİZİNİ	VIII
1. GİRİŞ	1/1
2. SAHANIN COĞRAFİK DURUMU	
2.1. Coğrafik Konum	2/1
2.2. Bitki Örtüsü	2/1
2.3. İklim	2/1
2.4. Ulaşım	2/1
2.5. Topoğrafya	2/1
3. BÖLGENİN JEOLojİSİ-CEVHER YATAĞININ OLUŞUMU	
3.1. Bölgenin Genel Jeolojisi	3/1
3.2. Kırka Boraks Açık İşletme Civarının Jeolojisi	3/4
3.2.1. Stratigrafi	3/4
3.2.2. Tektonik	3/6
3.2.2.1. Tabakalar	3/6
3.2.2.2. Çatlaklar	3/8
3.2.2.3. Faylar	3/10
3.3. Yeraltı Su Durumu	3/10
3.4. Yatağın Oluşum Şekli	3/12
4. KIRKA BORAKS AÇIK İŞLETMESİNDE ÜRETİM	
4.1. Üretim Yöntemi	4/1
4.2. Basamak Genişliği ve Yüksekliği	4/2
4.3. Basamak Şev Açısı ve Ocak Genel Şev Açısı	4/2
4.4. Dakapaj - Kazı ve Nakliyat	4/3

İÇİNDEKİLER (Devam Ediyor)

	<u>Sayfa</u>
5. ŞEV STABİLİTESİ	
5.1. Kayma Mekanizması	5/1
5.1.1. Kayma Mukavemetinin Ölçülmesi ...	5/2
5.1.2. Jeolojik Faktörler	5/11
5.2. Şev Açısı - Şev Yüksekliği İlişkisi	5/11
6. JEOLojİK VERİ TOPLAMA VE ŞEV STABİLİTE ANALİZLERİNDE KULLANILMASI	
6.1. Jeolojik Verilerin Toplanması	6/1
6.2. Süreksizliklerin Eğim yönü Ve Eğim Açıları	6/1
6.3. Jeolojik Verilerin Stereo-netlerde Gösterilmesi	6/8
6.4. Güç Diyagramlarının Değerlendirilmesi ...	6/14
7. KAYACIN MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİ	
7.1. Tane İriliği ve Cinsi	7/1
7.2. Permeabilite	7/1
7.3. Tek Eksenli Basınç ve Çekme Dayanımı	7/2
7.3.1. Testler İçin Örneklerin Hazırlanması	7/2
7.3.2. Testlerin Yapılışı	7/2
7.3.2.1. Tek Eksenli Basınç Dayanım Testi	7/2
7.3.2.2. Çekme Dayanım Testi ...	7/2
7.3.2.3. Testlerin İrdelenmesi .	7/4
8. KAYAÇLARIN KAYA MEKANİĞİ AÇISINDAN SINIFLANDIRILMASI	
8.1. R.Q.D. Kayaç Kalite Tanımlaması Metodu ..	8/1
8.2. Beirawski Kayaç Sınıflaması	8/4
9. ŞEV KAYMA TİPLERİ	
9.1. Kama Tipi Kayma	9/1
9.2. Düzlemsel Kayma	9/1

İÇİNDEKİLER (Devam Ediyor)

	<u>Sayfa</u>
10. KIRKA BORAKS İŞLETMESİ HEYELAN BÖLGESİNDE KAYMA ANALİZİ	
10.1. Kayma Cinsinin Belirlenmesi	10/1
10.2. Dairesel Tipi Kayma Analizi	10/2
10.2.1. Dairesel Kayma Yönteminin Açıklaması	10/2
10.2.1.1. Yeraltı Su Ko- şulları İçin Ya- pılan Varsayımlar	10/3
10.2.1.2. Dairesel Kayma Diyagramlarının Kullanımı	10/3
10.2.2. Yöntemin Kırka Boraks İş- letmesi Açık Ocağına Uygula- nışı	10/6
11. SONUÇ	
12. KAYNAKLAR DİZİNİ	

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Çalışma Alanına Ait Bulduru Haritası	2/2
3.1. İnceleme Alanı Civarının Bölgesel Jeoloji Haritası	3/2
3.2. Kırka Yöresindeki Kayaçların Genelleştirilmiş Stratigrafik Dikme Kesiti	3/3
3.3. Stratigrafi Çizelgesi	3/5
3.4. Çekme Çatlaklarının W-E Yönlü Bir Kesit Üzerindeki Gösterimi	3/10
4.1. Basamakların Durumu ve Şev Açılıları	4/2
5.1. Fğik Düzlem Üzerinde Duran Bir Bloğa Etki Eden Kuvvetler	5/1
5.2. Süreksizlik Düzlemleri Boyunca Kayma Olayını Meydana Getiren Kayma Gerilmesi () ile Normal Gerilme () Arasındaki İlişki	5/2
5.3. Kayalarda Kayma Gerilimi İle Normal Gerilim Arasındaki Bağntı	5/3
5.4. Kayalarda Kayma Gerilimi İle Normal Gerilim Arasındaki Bağntı	5/4
5.5. Su Basıncının Kayma Mukavemetine Etkisi ...	5/10
5.6. Drena Edilmiş Topraklar ve Çok Yumuşak Kayaçlarda Açılan Şevlerde, Kritik Şev Yüksekliğine Karşı Şev Açısı İlişkisini Gösteren Grafik	5/11
6.2. Heyelan Bölgesindeki Süreksizliklerin Yapı-Kontur Diyagramı	6/10
6.1. Jeolojik Süreksizliklere Ait Geometrik Terimler	6/1
6.3. (A) Ölçüm Bölgesindeki Sürek. Gül Diyagramı	6/11
6.4. (B) " " " " "	6/11
6.5. (C) " " " " "	6/12
6.6. (D) " " " " "	6/12
6.7. (E) " " " " "	6/13
6.8. (F) " " " " "	6/13
6.9. (G) " " " " "	6/14

ŞEKİLLER DİZİNİ (Devam Ediyor)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
7.1. Formasyonların Kohezyon Ve İç Sürtünme Açılarının Çizim Yolu İle Bulunuşu	7/6
9.1. Kama Tipi Kaymanın Üç Boyutlu Görünüşü ..	9/1
9.2. Düzlemsel Kayma Gösteren Bir Kaya Şevi ..	9/2
9.3. Dairesel Kayma Tipleri	9/3
9.4. Kaya Devrilme Şekilleri	9/4
10.1. Zemin ve Tumba Edilmiş Kaya Şevlerinde oluşan daireysel Kaymaların İncelenmesinde Kullanılan Yeraltı Su Durumlarının tanımı	10/4
10.2. Yeraltı Suyu Durumunun Şev İlişkisini Gösteren Kesitler	10/5
10.3. Kayma Diyagramı 1	10/7
10.4. " " 2	10/7
10.5. " " 3	10/8
10.6. " " 4	10/8
10.7. " " 5	10/9
10.8. Diyagramların Kullanış Yöntemi	10/9

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
5.1. Toprak ve Kayaçlar İçin Kohezyon Değerleri	5/4
5.2. Bazı Tipik Kayaçlar İçin Sürtünme Açısı Değer- leri	5/5
5.3. Kayaç ve Zeminlerin Bazı Jeoteknik Parametre- leri	5/6
5.4. Çeşitli Kayaçların Yoğunluk Değerleri	5/7
5.5. Bazı Yumuşak Kayaçların Yoğunlukları ve Sür - tünme Açıları	5/8
5.6. Kayaç Kütlelerinin Mekanik ve Yapısal Özel- liklerine Göre Saptanmış, Sürtünme Açıları ve Kohezyon Değerleri	5/8
5.7. Kayaç Bozunma Sınıflaması	5/9
5.8. Kaya ve Zeminlerde Dayanım Sınıflaması	5/9
6.1. Süreksizliklerin Eğim yönü ve Eğim Açı Değer.	6/2
6.2. Süreksizlikler Arası Mesafe	6/9
7.1. Karot Numunelerinin Tek Eksenli Basınç Daya- nımları	7/4
7.2. Karot Numunelerinin Çekme Direnç Değerleri ..	7/5
7.3. Karot Numunelerinin Kohezyon ve İç Sürtünme- Açı Değerleri	7/5
8.1. Bölgeye Ait D-38 Sondaj Karot Sandıklarında Süreksizlik Yermerinin Ölçüm Değerleri	8/2
8.2. Genel CISIR Kayaç Sınıflaması	8/4
8.4. Kırka Boraks Açık İşletmesi İçin CISIR Kayaç Sınıflaması	8/5

FOTOĞRAFLAR DİZİNİ

<u>Fotoğraf No</u>	<u>Sayfa</u>
3.1. Bölgedeki Süreksizliklerin Genel Görünüşü ...	3/7
3.2. Kuşkayasındaki Süreksizliklerin Görünüşü	3/9
3.3. Kuşkayasının Güneyindeki Süreksizliklerin Görünüşü	3/9
7.1. Tek Eksenli Basınç Dayanım Testi	7/3
7.2. Çekme Dayanım Testinin Yapılışı	7/3
10.1. Bölgedeki Kaymaların Genel Görünüşü	10/1
10.2. Heyelan Bölgesinin Genel Görünüşü	10/2

1. GİRİŞ

Yüzeğe yakın cevher rezervlerinin tüketilmek üzere olması maden işletmecilerini daha da derin işletmelerin planlanması yönünde zorlamaktadır. Fakat açık işletmeçilikte derine inildikçe, kaldırılması gereken örtü tabakası miktarı artacağından, cevheri çıkarma maliyeti de artacaktır. Şev açısı 50° olan koni şeklindeki bir açık işletmede 150 mt. derinliğe inilmesi için kaldırılması gereken malzeme hacmi 2,5 milyon m^3 iken, şev açısı 40° 'ye indirildiğinde bu rakam 5 milyon m^3 olmaktadır.

İşletmenin ekonomisi açısından nihai şevlerin oldukça önemli olmasının yanında, ayrı ayrı her basamağın stabilitesi, işletme programının uygulanmasında önemli derecede rol oynar.

Bir basamağın stabilitesini, yerel jeolojik koşullar, bölgedeki nihai şev şekli, yerel yeraltı su durumu ve uygulanan kazı tekniği kontrol eder. Bu faktörler her maden sahasında büyük farklılıklar göstereceğinden, bir basamağın stabil olması için ne kadar dik ve yüksek olacağı konusunda genel kaideler koymak imkansızdır. Bir maden işletmesinde, bir basamağın stabilitesinden şüphe edildiğinde, stabilite, jeolojik yapı, yeraltı suyu ve şevdeki diğer etkileyici faktörler açısından incelenmelidir.

Bu yazıda "Kırka Boraks Açık İşletmesi"nde basamakların stabilitesi incelenmiş olup, bu inceleme sonuçları diğer bölümlerde verilmiştir.

2. SAHANIN COĞRAFİK DURUMU

2.1. Coğrafik Konum

Etibank Kırka Boraks Açık İşletmesi, Eskişehir ili, Seyitgazi ilçesi, Kırka bucağının 4,5 km. batısında, Sarıkaya mevkiinde olup, 1/25.000 ölçekli Eskişehir J 24-b3 paftasında yer almaktadır (şekil 2.1.).

2.2. Bitki Örtüsü

Açık işletme sahasının özellikle kuzey, kuzeybatı ve güneybatısındaki alanlar ormanlarla kaplıdır. Sahanın doğu kesiminde ise pek bitki örtüsüne rastlanmamaktadır.

2.3. İklim

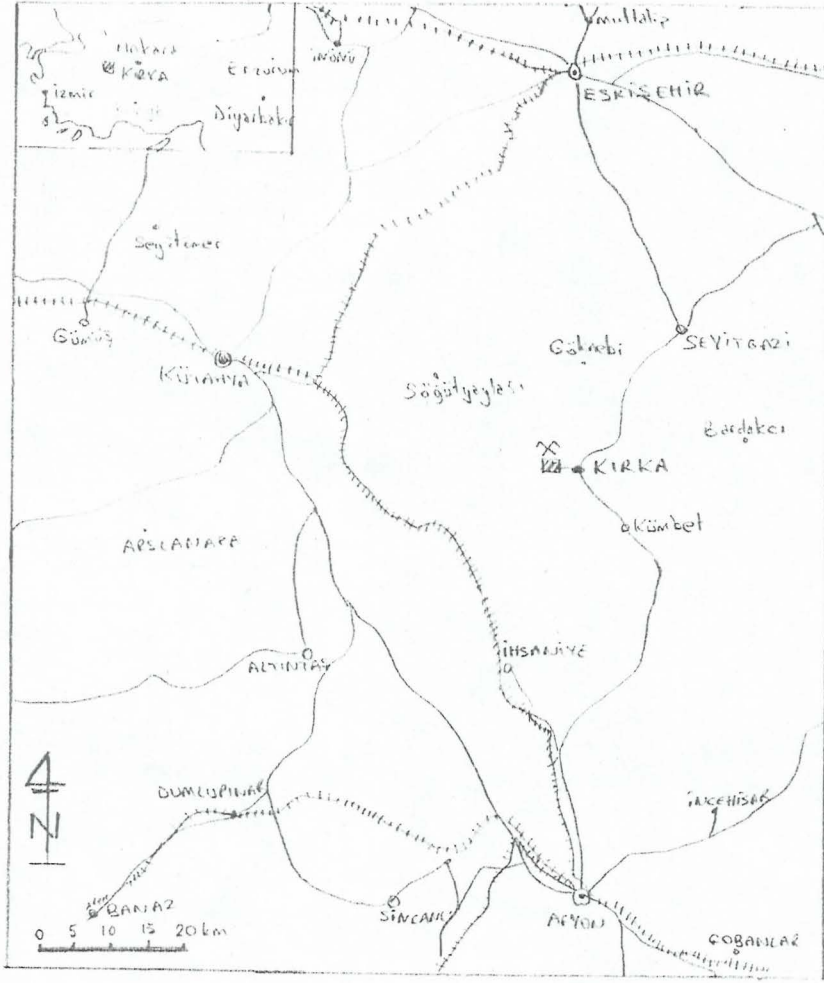
Kırka, İç Anadolu iklim bölgesinin en batı kesiminde yer almaktadır. İklimi Ege ve Marmara iklim mntıkaları geçiş şeriti içinde kalır. Onun için, Kırka yöresinde İç Anadolu'nun tipik karasal iklimi hüküm sürmez. Yörenin yıllık yağış ortalaması 430 mm. civarında olup, yağışların mevsimlere göre % dağılım oranları, kış aylarında % 16, ilkbaharda % 34, yaz aylarında % 16, sonbaharda ise % 34 şeklindedir (Etibank Kırka Boraks İşlt. Etüd Baş Müh.'liği Eskişehir).

2.4. Ulaşım

Açık işletmenin 4,5 km. doğusundan Eskişehir- Seyitgazi-Afyon karayolu geçmektedir. İşletme Eskişehir'e 74 km, Afyon'a ise 64 km uzaklıktadır (şekil 2.1).

2.5. Topoğrafya

Saha eski Sarıkaya köyü dolaylarını kapsar. Ancak bugün bu köy işletme faaliyetleri nedeniyle istimlak edilmiştir. Eski Sarıkaya köyü Kırka'ya 5 km. mesafededir. İşletme alanı üzerinde işletme faaliyetleri sırasında zarar göreceğ yerleşim merkezi tarihi kıymete sahip yapı mevcut olmayıp, orman bulunmaktadır.



Sekil 2.1 Çalışma alanına ait bulduru haritası

Açık işletme sahası SW - NE yönünden birbirine paralel uzanan belirgin üç morfolojik üniteye ayrılır. Birinci ünite sahanın batı ve kuzeyini kapsar. Kuzeyden itibaren Kızıltepe (1278 m), Kuşkayası tepesi (1286 m), Kocatepe (1007 m) ve Yakıntepe (1278 m) yükseltilerindeki sırtlarda başlar, batıya doğru geniş bir düzlük şeklinde uzanır. Kuşkaya ve Kerkiltepe sırtlarının batısından çok hafif bir meyille Eskişehir dere-sine inilir. Eskişehir dere-sinin batısında hafif meyille yükseltiler tekrar başlar ve bu yükseltiler güneyde Sığıryolu sırtları ve kuzeyde Uzunalan mevkiinde son bulur. NE'de bulunan Kırachtepe (1298 m) ve civarı birinci ünite içersinde yer alır.

İkinci ünite, kuzeyde Kıraçtepe'nin doğu yamaçlarından itibaren basamak şeklinde ve kademeli olarak tekrar yükselir. Yanıkkıran ile Kocatepe'nin doğu yamaçlarında son bulur. SE'da üçüncü üniteyi oluşturan Kırka ovası işletme sahasına doğru engebesiz bir şekilde uzanır. Ovada işletme sahasının SE sınırını oluşturan Kocadere bulunur. Kocadere'ye dökülen başlıca dereler; Koyunoğulu, Arkaç ve Eskikişla dereleridir, bu dereler yazın kurudur.

3. BÖLGENİN JEOLojİSİ - CEVHER YATAĞININ OLUŞUMU

3.1. Bölgenin Genel Jeolojisi

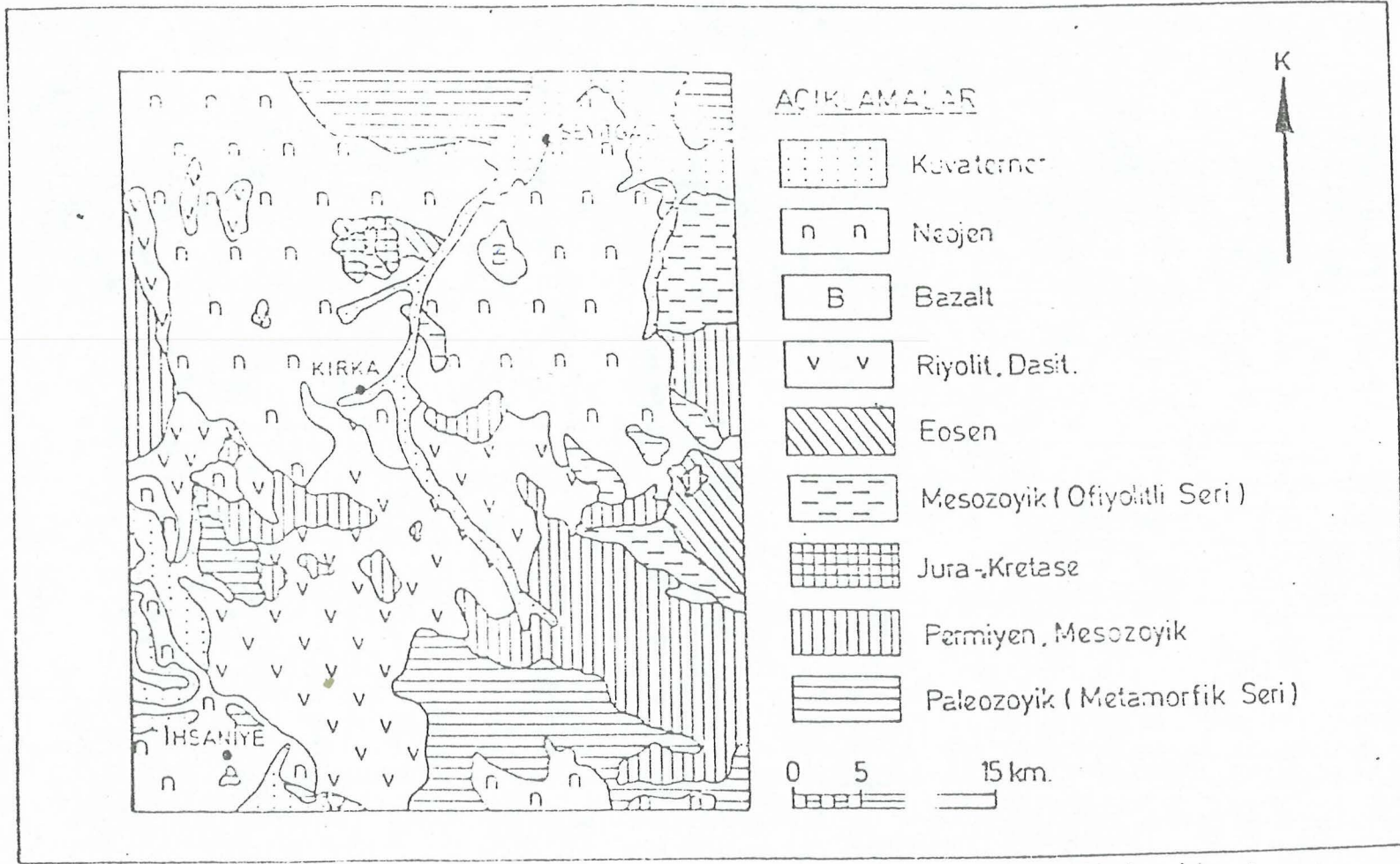
Kırka Boraks Açık İşletmesi ve civarının detay jeolojik etüdüleri, ilk kez 1968-1969 yıllarında MTA Genel Müdürlüğü tarafından yapılmış ve yörenin ekonomik potansiyeli ortaya konulmuştur. Daha sonra, yörede gerek Etibank ve gerekse çeşitli araştırmacılar tarafından değişik amaçlı jeolojik çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Şekil 3.1'de Kırka yöresinin 1/500.000 ölçekli bölgesel jeolojik haritası verilmiştir.

Yörede en son çalışmayı yapan Yalçın (1988), yaklaşık 535 km²'lik bir alanın 1/25.000 ölçekli jeolojik haritasını yapmış ve formasyon mertebesinde beş litostatigrafik birim belirlemiştir. Bu birimler alttan üste doğru, temel kayaları, İdrisyayla volkanitleri ve Karaören Formasyonu, Sarıkaya Formasyonu, Türkmendağı Bazaltı, Fetiye Formasyonu ile Kuvarterner oluşuklarıdır (şekil 3.2).

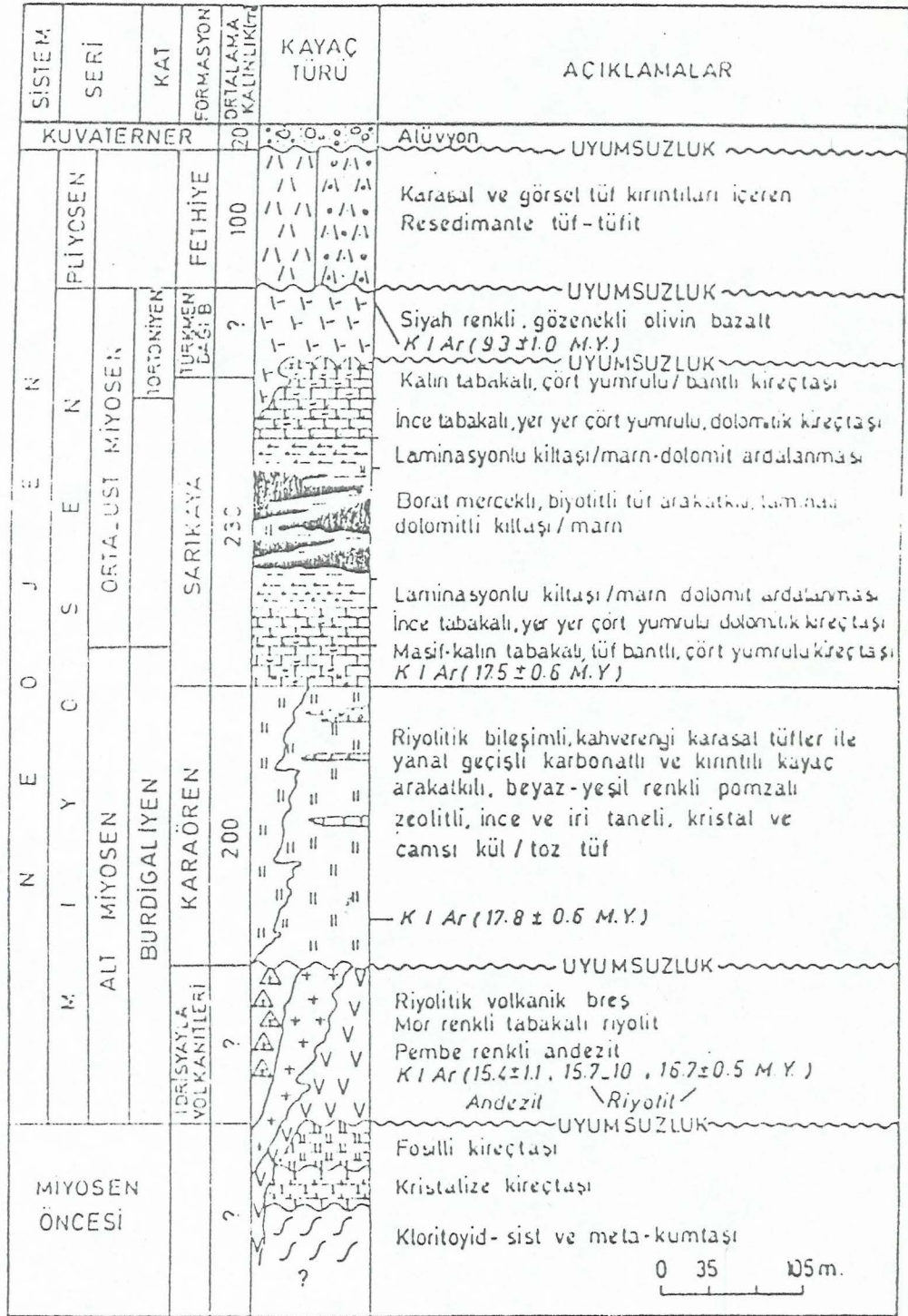
Radyometrik ve paleontolojik tayinler ile stratigrafik ilişkilere dayanılarak, İdrisyayla volkanitlerine ve Karaören formasyonuna alt Miyosen, Sarıkaya Formasyonuna Orta-Üst Miyosen, Fetiye formasyonuna Pliyosen yaşı verilmiştir.

Karaören formasyonunun egemen litolojisini, birbirleriyle yanal geçişli karasal ve gölsel fasiyeste gelişmiş riyolitit bileşimli camsı kül/toz ve kristal tüfleri oluşturmaktadır. Kıvrıntılı ve karbonat taşları ise gölsel tüflerle arakatkılı olarak bulunmaktadır. Volkanizmanın birden fazla olan patlamalı dönemlerinin ürünlerini yansıtan tüflerden, gölsel fasiyeste - kilerde dikey tane boylanması gibi sedimanter yapılar ile yaygın biçimde neoformasyon mineralleri gelişmiştir.

Sarıkaya formasyonunda egemen kayaç türleri, karbonat kayaları (Kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı, dolomit) ile dolomitli kiltası/marnlardır. Kili-karbonatlı kayalarda arakatkılı olarak kristal kül tüfleri yer almaktadır. Bu formasyonda kil mineralleri ve çok az miktardaki illit ile temsil edilmektedir,



Şekil 3.1 İncelene alanı civarının bölgesel jeolojî haritası
(1/500 000) (Yalçın 1988)



Şekil 3.2 Kirku yöresindeki kayaçların genelleştirilmiş stratigrafik dikme kesiti (Yalçın, 1988).

Alt ve üst kesimlerinden karbonat kayaçları ile sınırlandırılmış olan borat yatakları istifin orta kısmında bulunur. Yatakta bolluk sırasına göre Na-borat (boraks kernit), NaCa-borat (üleksit), Ca-borat (inyoit, meyerhofferit, kolemanit), Mg-borat (kurnakovit, inderit), Ca, Mg -borat (inderborit) ve Sr-borat (tünelit) mineralleri gözlenmektedir.

Sarıkaya formasyonunda düşey ve yahal yönde borat minerallerinde Ca-NaCa-Na borat, karbonat minerallerinde düşük Mg kalsit- kalsit+dolomit biçiminde dizilim gösteren minerolojik zonlanmalar gelişmiştir. Ayrıca boratların, özellikle illit ve simektit türü kil minerallerince zengin, şeyl benzeri sedimanter bir kayaçın kaynak malzemesini oluşturduğu bir mağmadan gelen hidrotermal getirimler ile ilişkili olduğu hipotezi ortaya atılmıştır (Yalçın 1988).

3.2 Kırka Boraks Açık İşletmesi Civarının Jeolojisi

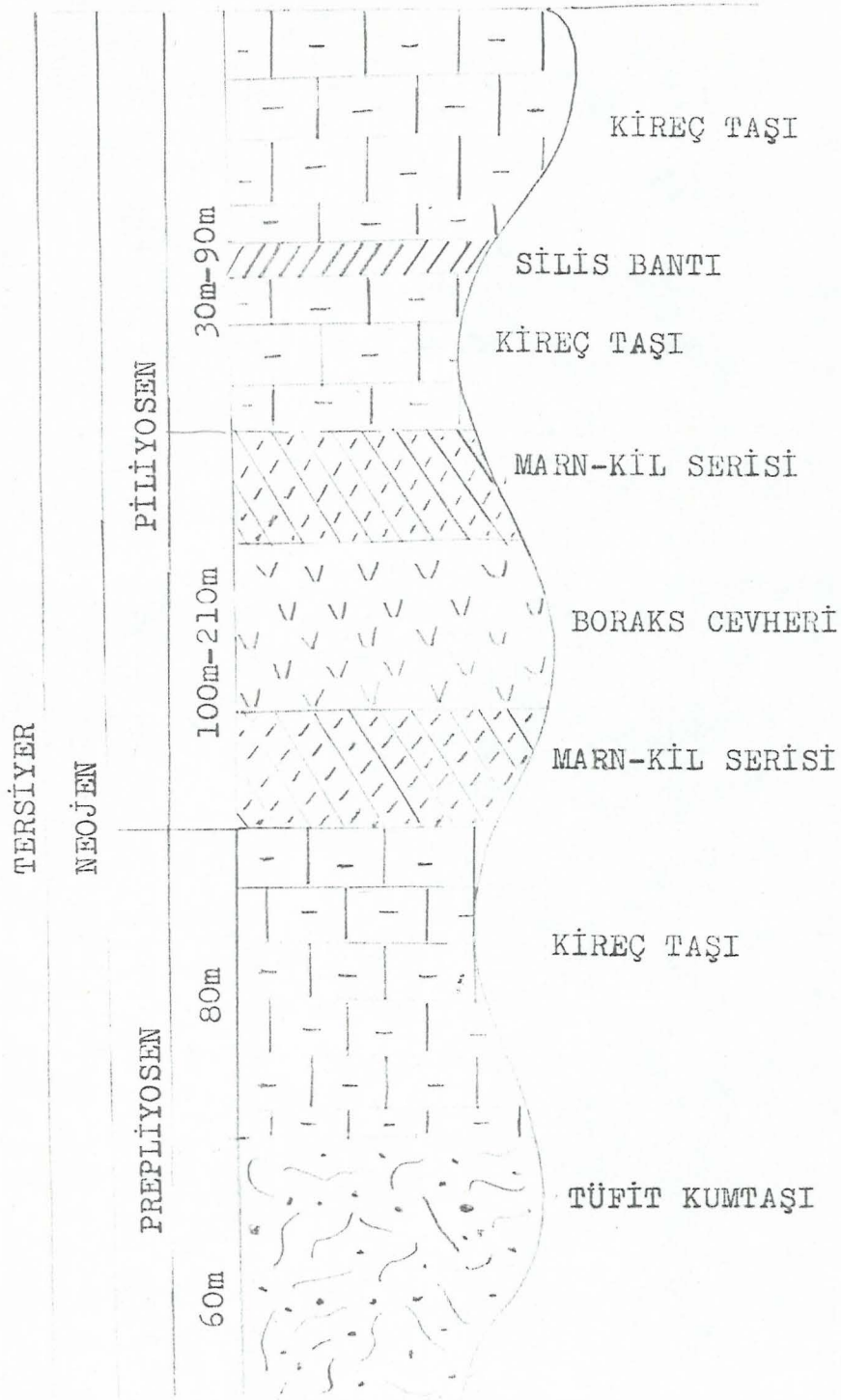
3.2.1 Stratigrafi

Açık işletme civarında bor yatağını içeren Neojen oluşumlarından Sarıkaya formasyonu, litolojik olarak birbirinden farklı özellik gösteren aşağıdaki seriler gözlenmektedir (şekil 3.3).

- Alt kalker serisi
- Marn-kil dolomit serisi
- Borat serisi
- Kil marn dolomit serisi
- Üst kalker serisi
- Resedimante tüfit
- Genç alüvyonlar

Alt kalker serisi; Açık kremden griye kadar değişen renkte gözenekli, yer yer silis içeren ve gözenekleri kalsit opal, kalsedonla dolu, kalın bir katman oluşturur. Bu seri açık ocağın güneyinde yüzeyde gözlenebilmektedir.

Marn-kil dolomit serisi: Bu seri taban kalkerlerinin hemen üstünde kireçtaşı oranı yüksek, marn olarak başlayıp, üst seviyelere doğru kil yüzdesi artarak killi marna geçiş gösterir. Ka-



Şekil 3.3 Staratigrafi Çizelgesi (ölçeksiz olarak çizildi.)

lınlığı 25 ila 35 m. arasında değişmektedir.

Borat serisi: Kalınlığı 3 ila 5 m. arasında değişen, genellikle muhtelif bor mineralleri ihtiva eden (Uleksit, kolemanit) killi sir seviye ile başlayan bu serinin üzerine kalınlığı, 2 ila 150 m. arasında değişen, yer yer ince marn-kil ve tüf arakatkılı, ana borakslı seviye gelir. Boratlı seviyede bantlı, bireşik ve camsı olmak üzere üç tip cevher gözlenmektedir.

Kil-marn dolomit serisi: Bu seri ince bir kil seviyesi ile başlayıp giderek kalker oranı artar, marnlı seviyelerle devam eder. Kalınlığı 20 ila 35 m arasında değişir. Tavan kalkerleri bu seviyenin üzerinde yer alır.

Üst kalker seviyesi: Kil-marn dolomit serisinin üstünde yer aln ve kalınlığı 3 ila 6 metre arasında bulunan bir birimdir. Bu birimin alt kısmında genellikle beyaz ve yumuşak silisli mikrokristalin kalkerler yer alır. Silis oluşumu ince bantlar veya şeritler halindedir. Bu bant ve şeritlerin kalınlıkları 20cm-1m arasında değişmektedir. Yumuşak ve silisli mikrokristalin kalkerler üst seviyelere doğru ardalanmalı olarak devam eder.

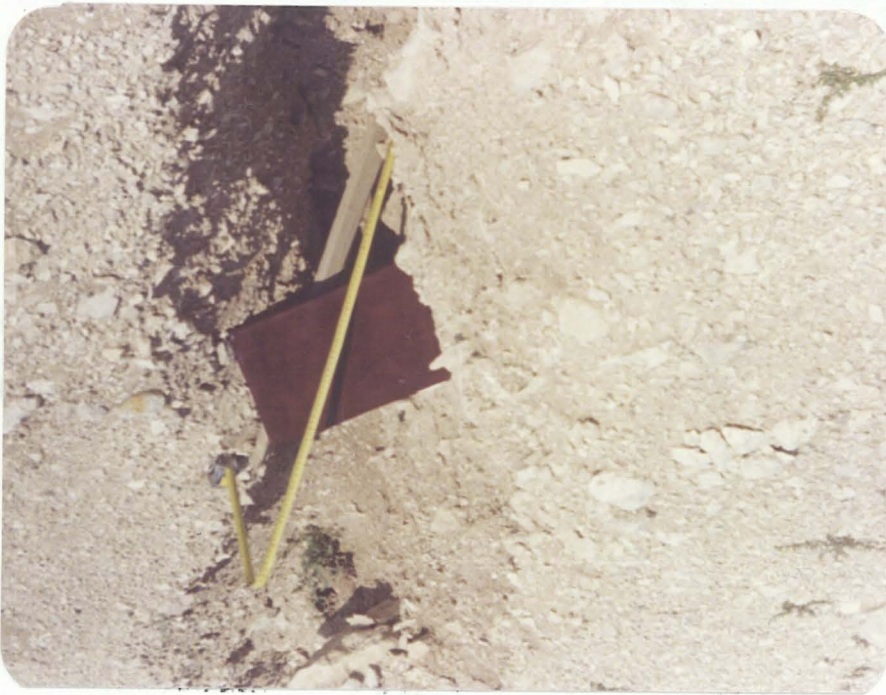
Resedimante tüfit serisi: Bu tüfitler üstteki killi marnlı ve boratlı seviyelerde, görülür ve civardaki tüflerin bu havzaya taşınıp tekrar sedimante olmasıyla meydana gelmiştir.

Genç alüvyonlar: Bunlar genelde kocadere boyunca gözlenen çökellerdir.

3.2.2. Tektonik

3.2.2.1. Tabakalar

Tabakalı yapı gösteren tortul birimlerdeki hakim katman doğrultuları yaklaşık NE-SW istikametindedir. Eğim yönleri açık ocağın batısında bulunan tabakalarda $5-10^{\circ}$ 'lik açılarla batıya, açık ocağın doğusunda kalan tabakalarda $10-20^{\circ}$ 'lik açılarla doğuya eğimlidir. Benzer şekilde ocağın kuzeyinde bulunan tabakalar kuzeye, güneydekiler ise güneye eğimlidir. E-



Fotağraf No: 3.1. Bölgedeki Süreksizliklerin Genel GörünüŖü

Ėim aılları yatay ile 20° civarındadır. Bu değerlendirmeler ışığında yatakta bir dom yapısının varlığı veya bir merceğin kavisli bir yapı gösteren st kısmının oluşturduğu deformasyon sözkonusudur. Burada, bir balık sırtı şeklinde duran cevher ve bunu saran diğer tortullar vardır. Cevherde genel olarak; N-NE doğrultulu, 10° - 15° SE eğimlidir,

3.2.2.2. Çatlaklar

Çatlak takımları genellikle düzenli, sık ve yüzeyleri çoğu kez prztl dolęusuzdur.

Çalışma alanı içersinde Kuşkayası'nın doğu yamacından itibaren gelişmiş olan çekme çatlakları ve kırıkların doç - rultuları NE, SE, N-S 'dir.

Çekme atlakları Kuşkayasına olan mesafeleri itibari ile  hat boyunca izlenir(şekil3.3). Oluşumları; esas olarak tektonizmaya bağlı olarak gelişmemiştir. Daha çok yanlış sev dizaynı ve yeşil killerin kayma hareketini destekleyici rollerinden dolaydır.

I.Hat: Kuşkayasının hemen altında tavan kireçtaşları ile kiltatı-marn dolomitlerle olan dokanakları boyunca ve doğrultuları yaklaşık N-S istikametinde gelişmiştir.

II.Hat: Kuřkayasındań ortalama 80 m mesafede ve doęrulları yaklařık NW-SE istikametindedir.

III.Hat: Bu hat tamamıyla killi kolomanit, yeşil kil-oksit içersindedir. Cevherin üzerinde geçirimsiz bir sınır oluşturur. st birimlerden gelen ve sızan yüzey suları burada birikir ve hatta belli seviyelerde hat oluştururlar. Bu durum kayma mekanizmasını harekete geçiren ve kaymayı artıran bir neden olarak ortaya çıkar.

Arazide oluşan çatlak sistemleri inelenmiş olup çatlakların eğimyn ve eğim aılları bulunmuştur.

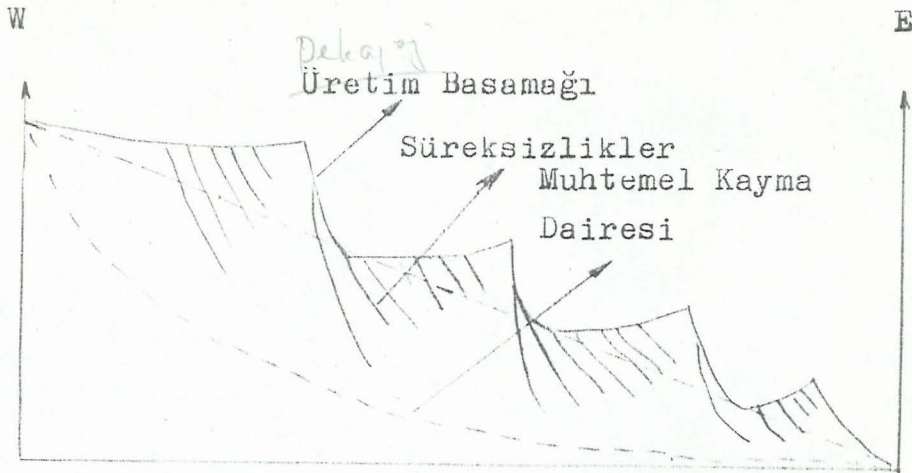
Bulunan bu değerler daha sonra belirtilcek olan bl.6.2' de "atlak sıklığı, Eğim yönü ve Eğim Aılları" başlığı altında sunulmuştur.



Fotoğraf No:3.2. Kuşkayasındaki Çatlakların (Süreksizliklerin) Görünüşü



Fotoğraf No:3.3. Kuşkayasının Güneyindeki Süreksizliklerin Görünüşü



Şekil 3.4 Çekme çatlaklarının W-E yönlü bir kesit üzerindeki gösterimi (ölçeksiz olarak çizilmiştir).

3.2.2.3. Faylar

Çalışma alanı içersindeki faylar bitki örtüsü altında saklı olduğundan bunları yüzeyden takip etmek mümkün değildir. Faylar daha çok sondaj kesitlerde yapılan çalışmalar neticesinde değerlendirilerek muhtemel faylar ortaya çıkmıştır.

Kuşkayasının doğu yamacına paralel olarak geçen fay, normal fay olup, N15E yönlü, 75m SE atımlıdır. Çalışma alanını boydan boya kateden ve tumba sahasının altından geçen ikinci fay da 110m SE atımlı, N15E yönlüdür.

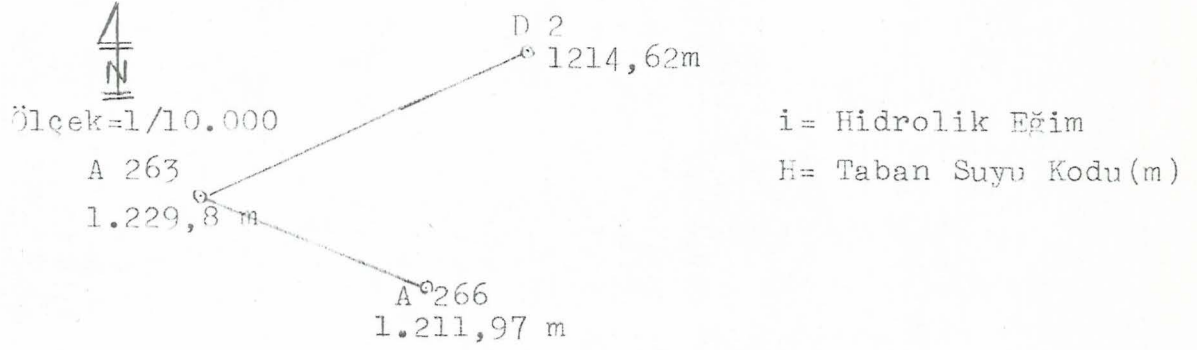
3.3. Yeraltı Su Durumu

Yeraltı su seviyesinin ölçümü ile ilgili daha önce çalışmalar yapılmış olup, Kertil tepe civarında yapılan sondaj kuyularındaki bu çalışmalar neticesinde elde edilen bilgiler aşağıda sunulmuştur.

Heyelan bölgesinden çıkan yeraltı suyu genellikle Kertil tepe ve kuskayası tepesinin batısındaki geniş alandan beslenmekte ve buradaki üst kalker tabakalarından kil/marn serisine gelmekte, özellikle bu serinin iç seviyesinde tutulmaktadır. Killi seviyelerin tuttuğu bu sular belli bir derinliği doygun hale getirdikten sonra yumuşak ve silisli kalkerlerin belirli seviyelerinde toplanmakta ve sonra be-

lirli eğimle akmaktadır.

Kertil tepenin batısında açılan üç sondaj kuyusundan yeraltı su seviyesi ölçülmüş olup bu ölçülere dayanarak yeraltı suyunun hidrolik eğimi bulunmuştur. Buna göre A 263 nolu sondajın taban suyu kodu 1.229,80 m. A 266 nolu sondajın kodu 1.211,97 m. D 2 nolu sondajın kodu ise 1.214,62 m'dir.



$$\%i = \frac{H_1 - H_2}{L} = \frac{dH}{L} \times 100$$

$$\%i = \frac{1.229,80 - 1.211,97}{310} = \frac{17,83}{310} \times 100$$

$$\%i = 5,7$$

Su halde Kertil tepenin batısındaki besleme havzasındaki taban suyunun doğuya doğru (faaliyet sahasına doğru) %5,7'lik bir eğimle akışı sözkonusudur.

Heyalan bölgesinin NW yamaçları su gelişi ile karşı karşıdır. Bu su gelişleri cevherin üst dokunağında bulunan yeşil kil cevher kantağında su birikimleri meydana gelebilir. Dolayısıyla erime boşluklarından veya zayıf zonlardan su gelişleri beklenmelidir.

İşletmenin 1128 ve 1136 kotlu cevher basamaklarında su geliri vardır. Bunların debileri çok düşüktür. Bu basamaklardan borularla işletmenin tabanında hazırlanmış su havuzlarına aktarılır. Tabanda toplanan bu sular borularla özel olarak hazırlanmış havuzlara transfer edilmektedir.

3.4. Yatağın Oluşum Şekli

İncelenen Sarıkaya bölgesinde volkanik kökenli sedimanların yaygın olması, gerek borat serisinin, gerekse tavan ve tabandaki killi kayaç serilerinin içinde sık sık tüfit arakat seviyelerinin bulunması, yatakların oluşumu ile volkanik faaliyetler arasında sıkı bir ilişkinin mevcut olduğunu ortaya çıkarmaktadır. Yatakların oluşmasını mümkün kılan bor getirmiş volkanik süreçlerle olmuştur.

Gerek deneysel araştırmalar, termodinamik ve jeokimyasal kritikler göstermiştir ki, yüzeysel sıcaklıklarda her serinin yüksek sulu boratı primer olarak çökelmektedir. Nitekim Sarıkaya borat yataklarında da, yatakların esasını teşkil eden boraks primer bir mineraldir. Boraks kristallerinin içindeki kil mineral kapanımları, bunların durgun göl sularında direk çökerek oluştuğunu kesin olarak kanıtlamaktadır.

Sarıkaya borat yataklarında uleksitin oluşumu oldukça karmaşıktır. Bunların tümünü, diğer borat yataklarında olduğu gibi primer oluşum olarak kabul etmek mümkün değildir. Yapılan gözlem ve değerlendirmeler, yataklardaki uleksit'in ayrı zamanlarda oluştuğunu ortaya çıkarmıştır.

Muhtelif boraks seviyelerinde sık sık izlenen uleksit damar ve yumruları sonradan oluşmuştur. Oluşumu sekonderdir. Damarlar genellikle boraks seviyelerini keser durumda olup hiçbir zaman çatlak dolgusu görünüşünde değildir. Uleksit damarları boraks kristallerinin marn aradolgu maddesiyle temas yerlerinde gayri muntazam şekillerde yayılmakta, zaman zaman çatallanmalar, yer yer düğümlenmeler göstermektedir. Hatta bazı yerlerde tamamen boraks kristallerinin yerini almış durumdadır.

Jeokimyasal açıdan uleksit boraks ile beraber çözeltilerden aynı anda asla çökelmez. Koşulların zaman zaman değiştiği ve mevcut uleksitin bu anlara tekabül eden oluşum evrelerinde primer çökeldiği kabul edilecek olursa, uleksit'in boraks ile birarada içiçe girmiş durumda bulunmaması, nisbe-

ten müstakil seviyeler meydana getirmesi gerekir. İşte bu nedenlerdendir ki, sözü geçen damar ve yumrulardaki uleksitler, boraks'ın çökelip yataklanmasından sonra oluşmuştur.

Yatakların tavan ve tabanlarında bulunan marn ve kil-lerin içindeki uleksit oluşumları da primer değildir. Yataklar oluşup gömüldükten sonra, mevcut litostatik, keza hidrostatik basınç nedeniyle gözeneklerde bulunan kapiler su yatağının yukarı kesimlerine, tavandaki kil ve marn seviyelerine yükselmiştir. Boraks suda kolay çözülebilen bir mineral olduğundan, kapiler su boraks çözeltisi bakımından oldukça zengindir. Bu çözeltilerin tavan kalkerlerinden sızan kalsiyumkarbonatça zengin sularla kil seviyesinde karışması neticesinde, uleksit çökelmiştir. Tabanlardaki marn-kil seviyesinde izlenen uleksit oluşumları da aynı zamanlarda oluşmuştur.

Yatakların kenarlarında bulunan uleksit'ler primer oluşmuşlardır. Marn ve kil tabakaları arasında muntazam bantlar halinde dağılımları bu yargıyı doğrulamaktadır. Ayrıca bu uleksit bantları içinde yer yer albit, anortoklas, sanidin, hornblend ve biyotit gibi mineral kapanımları da izlenmiştir. Bunlarda göstermektedir ki uleksit kristalleri göl sularından direkt çökerek oluşmuş ve albit, sanidin, Biyotit, hornblend, anortoklas gibi mineral tanelerini bünyelerine hapsetmişlerdir. Bu değişik jeokimyasal koşullar nedeniyle, göllerin derin kesimlerinde boraks çökelirken sığ kıyı kesimlerinde, bunun yerine uleksit primer olarak çökelmiştir.

İncelenen yatakta kolemanit sekonder olarak teşekkül etmiştir. Deneysel araştırmalara, termodinamik ve jeokimyasal verilere göre; kolemanit serisinin en yüksek sulu üyesi olan inyoit'ten oluşabildiği gibi, uleksit'tende meydana gelebilmektedir.

Sarıkaya yataklarının oluştuğu Neojen göl suları Na bakımından oldukça zengin, Ca bakımından fakirdir.

Sonuç olarak Sarıkaya borat yatakları şu şekilde oluşmuştur: Bir taraftan borikasit, sodyum, magnezyum içeren volkanik oluşumların fay çatlaklarından gelerek göl sularına karışması, diğer taraftan aynı süreçlerle gelen piroklastik materialin hidrolizi, keza akarsularla bazı iyonların taşınması, göl sularında B, Na, Ca elementlerin zenginleşmesine sebep olmuştur. Bu suretle, yukarda belirtilen fizikokimyasal koşullar altında başta boraks olmak üzere uleksit, inderit, inyoit primer olarak çökelmiş ve sedimanter kökenli yatakları oluşturmuştur. Yatakların gömülmesinden sonra fizikokimyasal koşullarda değişiklik olmuş ve uleksit, inderborit, tunelit, kolemanit gibi sekonder borat mineralleri teşekkül etmiştir (1).

4. KIRKA BORAKS AÇIK İŞLETMESİNDE ÜRETİM

4.1. Üretim Yöntemi

Sarıkaya köyü mevkiinin batısında yer alan açık işletme sahası 800m x 1.000m ebatlarında bir alanı kapsamaktadır. Cevher üzerini örten sedimanter kayaların kaldırılarak cevher yatağının ortaya çıkarılması için uygulanan yöntem, basamaklar teşkil ettirilerek açık işletme üretim yöntemidir.

4.2. Basamak Genişliği ve Yüksekliği

Basamak genişliği ilk planda kullanılacak olan iş makinelerin boyutlarına, tesbitzedilen genel eğim açısına ve basamak eğim açısına bağlıdır.

Kazı işleminde kullanılan kepçe, yükleyici (ekskavatör, loder)lerin bom yüksekliği ekskavatör için maksimum 12m'lik mesafeye kadar kazı ve yükleme yapabilmektedir. Ayrıca delici olarak kullanılan vağondiril delme makinasının tij boyu 9m. dir. Basamaklarda düzgün bir zemin sağlamak için şarj edileceği düşünülürse basamak yüksekliğinin 8m civarında olabileceği ortaya çıkmaktadır.

Kuşkayasının güneyinde ve kuzey batısında yapılan ölçül değerleri aşağıda verilmiştir.

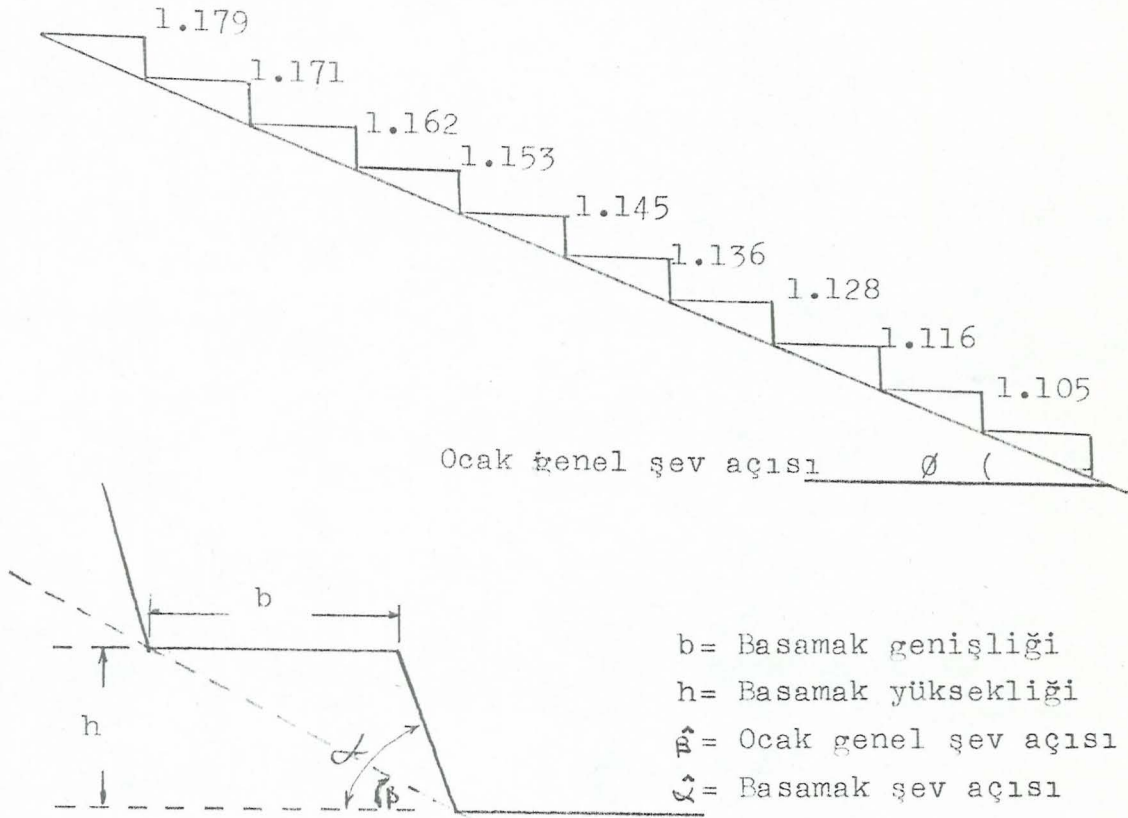
Mevkii	No	Basamak Yüksekliği m.	Basamak geniş.m
Kuş kayası	1	8.20	24.00
güneyi	2	8.50	24.30
	3	8.00	24.10
Kuş kayası	4	7.80	25.40
kuzey batısı	5	8.00	26.00
	6	7.40	25.00

Yukarıda yapılan ölçüm değerleri göz önünde alınırsa işletmede teşkil ettirilen basamak yüksekliği miktarının ortalama olarak 8m civarında olduğu, basamak genişliğinin de ortalama olarak 25m civarında olduğu bulunmuştur.

4.3. Basamak Şev Açısı ve Ocak Genel Şev Açısı

Güvenli ve iyi hesaplanmış şevlerin avantajları herkesce bilinir. Güvenli ve kesintisiz bir cevher üretimi için duraylı şevler gereklidir. Ek olarak, örtü kazı maliyetini en aza indirilmesi için dik şevler gereklidir. Ne yazık ki, en fazla duraylık ve maksimum diklik birbirleri ile ters orantılıdır. Biri yatay iken diğeri diktir. Bu yüzden bu ikisi arasında en uyumlu şekli bulmak ekonomik bir zorunluluktur.

İşletmede kazı 8 m'lik basamaklarla ortalama 80° lik basamak şev açısı ve 17° ile 20° arasında değişen ocak genel şev açısı altında yapılmaktadır.



Sekil 4.1 . Basamakların Durumu ve şev açıları

4.4. Dekapaj - Kazı ve Nakliyat

İşletmede kazı çalışmaları, dekapaj ve cevher üretimi olmak üzere farklı alanlarda iki ayrı safhada birbirine uyumlu bir şekilde yürütülmektedir.

Dekapaj işlemi genel olarak 3.300 volt gerilimle çalıştırılan 4,6 m³ kepçe kapasiteli 3 adet Rus yapısı ekskavatörle yapılmaktadır. Bu makineler marn ve kil gibi yumuşak formasyonlarda patlayıcı maddeye gerek olmaksızın kazı yapabilmektedir. Örtü formasyonlarının en üst seviyesinde yer alan ve çok sert silisyum sulu veya bantlı kreç taşlı kademelelerinde ise gevşetme işi patlayıcı madde kullanarak yapılmaktadır. Bunun için 160 mm. çapında delik delebilen 1 adet delici makina kullanılmakta olup, lağım delikleri hazırlandıktan sonra ANFO ve yemleyici dinamit şarj edilerek sıkılamayı müteakip elektrikli sistemle ateşleme yapılmaktadır.

Dekapaj sonucu kazılan malzeme ekskavatörlerle 30 ton kapasiteli belaz damperli kamyonlara yüklenerak işletme sahasının doğu kesimindeki takriben 1 km'lik mesafeye nakledilerek dökülmektedir.

Açık işletme sahasında cevher üretim faaliyeti dekapajla paralel olarak yürütülmektedir. Cevher yatağında teşkil olunan basamaklarda derin lağım makineleri ile lağım delikleri hazırlanmakta, bu deliklere ANFO ve yemleyici dinamit şarj edilip sıkılanarak elektrikli sistemle ateşlenerek cevher gevşetilmektedir. Gevşetilen cevher 4,9 m³ kepçe kapasiteli loder ile 30 tonluk kamyonlara yüklenmekte ve 800 m mesafedeki konsantratör sahasına taşınmaktadır. Ancak bresik cevher denilen gevrek yapıllı cevherlerin gevşetilmesi için ise dozerle ripperleme yapılmaktadır. Ayrıca tali ateşlemeler (patarlama vs.) için 1 adet 75mm. delik çaplı vagondrill de kullanılmaktadır.

5. ŞEV STABİLİTESİ

5.1. Kayma Mekanizması

Şevler çeşitli mühendislik amaçlar için, yapay olarak açılan, eğimli yamaçlara denir. Şev stabilitesi çalışmaları da, şevlerin bozulmadan, sağlam olarak kalabilmesi için yapılan çalışmaların tümüne verilen addır (13).

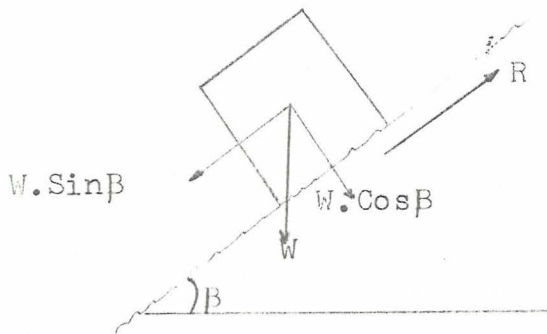
Şevlerde kayma mekanizmasına basit olarak şekil 'de görüldüğü gibi yatay ile β açısı yapan eğik düzlem üzerindeki bir bloğun hareketine benzetmek mümkündür. Kaymaya başlaması anında bloğa etki eden kuvvetler şunlardır:

W = Blok ağırlığı.

$W \cdot \sin\beta$ = Blok ağırlığının düzlem doğrultusundaki bileşeni

$W \cdot \cos\beta$ = " " düzleme dik doğrultudaki bileşeni.

R = Blok ve eğik düzlem arasındaki yüzeyin makaslama dayanımı veya kaymaya karşı koyan kuvvet.



$$R = c \cdot A + W \cos\beta \cdot \tan\phi$$

A = Bloğun taban alanı

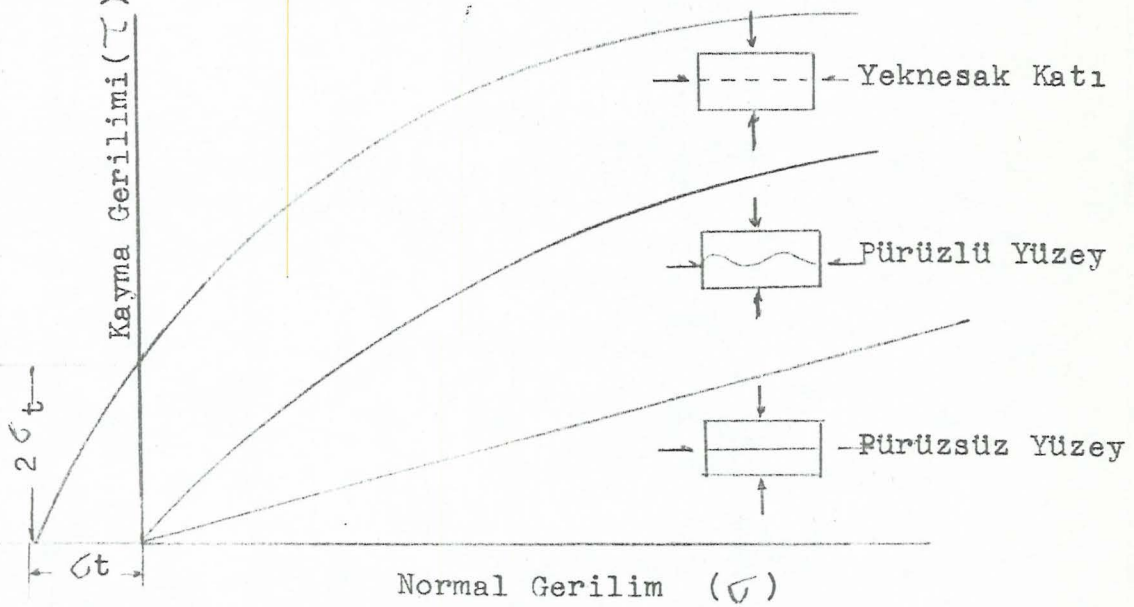
Şekil 5.1 Eğik düzlem üzerinde duran bir bloğa etki eden kuvvetler.

Şekil 5.1'den görüleceği gibi blok ağırlığının eğik düzlem doğrultusundaki bileşeni ($W \cdot \sin\beta$), bloğu kaydırmak isteyecek, fakat alanın direnci (R) buna karşı koymaya çalışacaktır (5).

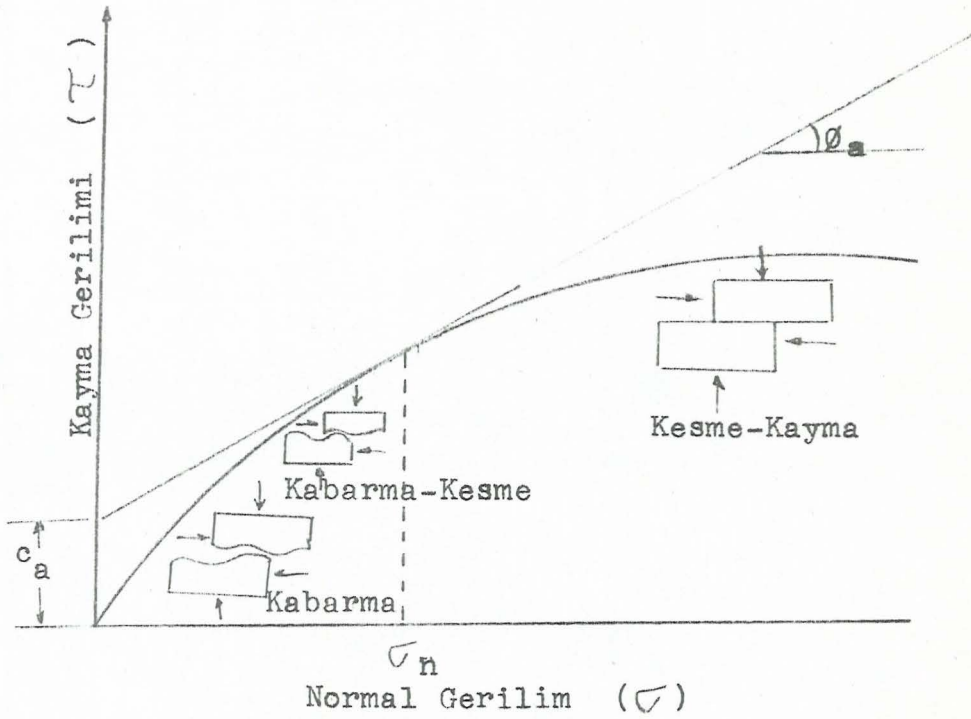
Çeşitli kayaç ve zeminlere ait bu parametrelerin değerleri çizelge 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.6' da verilmiştir. Hesaplamalarda, yüksek proziteli kayaçlar için, kayacın kuru ve nemli durumunda saptanan yoğunluklar arasında bir fark olmadığı belirtilmektedir. Toprak kum ve çakıl gibi taneli malzemelerinin yoğunluğu, malzeme kompozisyonuna, nem içeriğine ve sıkışma derecesine bağlı olarak 1.440 kg/m^3 'ten 2.080 kg/m^3 'e kadar değişim gösterir. Çizelge 5.2, 5.3, 5.5, 5.6'daki sayısal aralıklarda, genellikle bu tip etkenlerin varlığında olduğu yapılan testlerin ifadesidir(13).

Hakikatte kayma mukavemetini ölçme deneylerinden elde edilen neticeler şekil 5.2'deki gibi basit olmayıp, kayaların ve çatlakların (süreksizliklerin) cinsine göre oldukça değişmektedir.

Hoek ve boyd, üç değişik kaya yapısı için τ ve σ arasındaki münasebetin şekil 5.3'de gösterildiği gibi olduğunu açıklamıştır. Pürüzlü yüzeylerin kayma deneylerinde geçirdiği safhalar ise şekil 5.4'teki gibidir. Normal basıncın az olduğu ilk safhada kabarma, daha sonra kabarma-kesme ve belli bir σ_n değerinden sonra ise sadece kesme-kayma olayı meydana gelmektedir. Burada c ve ϕ değerleri σ_n 'nin eğriyi kestiği noktadan eğriye çizilen teğet yardımıyla bulunabilir (5).



Şekil 5.3. Kayalarda Kayma Gerilimi İle Normal Gerilim Arasındaki Bağlantı



Şekil 5.4. Kayalarda Kayma Gerilimi İle Normal Gerilim Arasındaki Bağntı

Zemin veya kayaç cinsi	c (lb/ft ²)	c (kg/ m ²)
Çok yumuşak toprak	35	170
Yumuşak toprak	70	340
Sert (pekişmiş) toprak	180	880
Çok sert toprak	1.600	7.800
Çok Yumuşak toprak	3.500	17.000
Yumuşak kayaç	11.500	56.000
Sert kayaç	35.000	170.000
Çok sert kayaç	115.000	560.000
Çok çok sert kayaç	230.000	1.000.000

Çizelge 5.1. Toprak ve kayaçlar için kohezyon değerleri

Çizelge 5.2 Bazı tipik kayalar için sürtünme açısı değerleri (Hoel, 1970)

<i>Kayaç tipi</i>	<i>Kırıklı kayalar (Ø)</i>	<i>Çatlak (Ø)</i>	<i>Reziduel (Ø)</i>
Andezit	45	31-35	28-30
Bazalt	48-50	47	
Tebecir		35-41	
Diyorit	53-55		
Granit	50-64		31-33
Groval	45-50		
Kireçtaşı	30-60		33-37
Monzonit	48-65		28-32
Porfir		40	30-34
Kuarsit	64	44	26-34
Kumtaşı	45-50	27-38	25-34
Şist	26-70		
Şeyl	45-64	37	27-32
Silttaşı	50	43	
Sleyt	45-60		
<i>Değerleri</i>		<i>Yaklaşık Ø değerleri</i>	
Kil pastası			10-20
Kalsitik makaslama zonu malzemesi			20-27
Şeyl fay malzemesi			14-22
Sert kayaç breşi			22-30
Sıkışmış sert kayaç agregası			40
Sert kayaç dolgusu			38

Çizelge 5.3 Kayaç ve zeminlerin bazı jeoteknik parametreleri (Paşamehmetoğlu, 1977)

KAYAÇ VE ZEMİN ÖZELLİKLERİ								
Tip	Formasyon cinsi	Yoğunluk (γ)		İçsel sürtünme açısı (ϕ)			Kohezyon (c)	
		kg/m ³	lb/ft ³	Malzeme	Derece	Formasyon cinsi	kg/m ²	lb/ft ²
KUM	Kuru, iri taneli kum	1 440	90	Kompakt, üniform	40-50			
	Kuru, ince taneli kum	1 600	100	Taneli, üniform				
	Sulu kum	1 840	115	Üniform, iri-orta in- celikte veya milli kum	35-40			
	Çok sulu kum	1 920	120	Gevşek, üniform ta- neli kum İnce susuz kum	35-40 30-35			
ÇAKIL	Karışık	1 760	110	Karışık	35-40			
	Nehir çakılı	2 240	140	Ufak, yuvarlak taneli çakıl	40			
	Gevşek yuvarlak taneli çakıl	1 840	115	Kumlu kompakt	40-45			
	Kumlu çakıl	1 920	120	Kumlu gevşek	35-40			
ARLIK KAYA (KIRILMIŞ)	Granit	1 600-	100	Kırılmış kaya	35-40			
		1 200	125					
	Bazalt ve dolerit	1 760-	110-					
		2 240	140	Kırılmış tebeşir	35-45			
	Kireçtaşı ve kumtaşı	1 280-	80-	Kırılmış şeyl	35-45			
		1 920	120					
	Tebeşir	1 000-	62-					
		1 280	80					
	Şeyl	1 600-	100-					
		2 000	125					
KİL	Kuru kil	1 760	110	Kuru, iri taneli kil	30	Çok sert, iri taneli kil	17 600	3 600
	Drene edilmiş kil	1 840	115	Drene edilmiş, iri taneli kil	40	Sert şeyilli kil	14 600	3 000
	Sulu kil	1 920	120	Sert kil	10-20	Sert kil	9 800	2 000
	Kumlu sulu kil	1 600	100	Yumuşak kil	5-7			
	Marn	1 760	110	Dolgu kili	10-20	Sağlam kil	4 900	1 000
	Çakılı kil	2 000	125	Makaslama bölgesi malzemesi	20-27	Yumuşak kil	2 400	500
			Fay, şeyl malzemesi	14-22				
ÖRTÜ TABAKASI	Yüzey toprağı	1 360	85					
	Kuru toprak	1 440	90	Örtü toprağı	30-35	Örtü toprağı	490-	100-
	Nemli toprak	1 600	100				4 900	1 000
	Sulu toprak	1 680	105					
KAYA KÜDESİ	Granit	2 614	164	Granit	30-50	Sert kaya (granit porfiri vb.)	9 800-	2 000-
	Kuvarsit	2 614	164	Kuvarsit	35-45		30 000	6 400
	Kumtaşı	1 950	122	Kumtaşı	30-45	Kumtaşı veya ki- reçtaşı	4 900-	1 000-
	Kireçtaşı	3 169	180	Kireçtaşı	30-50		14 600	3 000
	Porfiri	2 580	160	Porfiri	30-40	Şeyl veya yumu- şak kaya	2 400-	500-
	Şeyl	2 400	150	Şeyl	27-45		9 800	2 000
	Tebeşir	1 760	110	Tebeşir	30-40			

Çizelge 5.4 Çeşitli kayaçların yoğunluk değerleri (Öcal, 1972)

Malzeme	libre/yarda ³	t/m ³
Andezit, masif	4.660	2.759
Kül	1.110	0.657
Bazalt, parçalanmış	3.300	1.954
Masif	5.076	3.005
Volkanik kül	1.150	0.681
Kiltası		
Çıkarılmış, kuru	1.847	1.003
Çıkarılmış, nemli	3.080	1.823
Taneli, kuru	1.822	1.079
Taneli, nemli	2.700	1.598
Doğal, yerinde	2.943	1.742
Kiltası ve çakıl, kuru	2.700	1.598
Nemli	3.085	1.826
Kömür		
Antrasit; doğal, yerinde	2.546	1.507
Parçalanmış	1.857	1.069
Bitümlü; doğal, yerinde	2.268	1.343
Parçalanmış	1.413	0.836
Diyabaz, parçalanmış	4.752	2.813
Masif	3.089	1.829
Dolomit, parçalanmış	2.940	1.740
Masif	4.887	2.893
Toprak		
Kil; kuru çıkarılmış	2.100	1.243
Nemli çıkarılmış	2.430	1.439
Islak çıkarılmış	2.700	1.598
Toprak		
Yoğunluğu	3.375	1.998
Yumuşak ve gevşek çamur	2.916	1.726
Sıkışmış	2.565	1.518
Gnays, parçalanmış	3.141	1.859
Masif	4.833	2.861
Granit, parçalanmış	2.778	1.645
Masif	4.525	2.679
Çakıl		
Kuru ve gevşek	2.565	1.518
Çakıllı kum	3.240	1.918
Kuru, 1/4' -2''	2.835	1.678
Islak, 1/2''-2''	3.375	1.998
Jips, parçalanmış	3.054	1.808
Kırılmış	2.700	1.598
Masif	4.698	2.781

Çizelge 57 Kayaç bozunma sınıflaması (Bieniawski, 1973)

Sınıf	Tanımlama
1. Bozunmemiş	Gözle görülen bozunma belirtileri yok. Kayaç taze ve parlak kristalli. Süreksizlikler temiz ve kapalı.
2. Az bozunmuş	Süreksizlikler boyunca nüfuz edici bozunma, fakat kayaç taze ve orijinal dayanımını koruyor. Süreksizlikler lekeli, fakat renk bozulması kayacın içinde 1 cm den az yayılmış.
3. Orta derecede bozunmuş	Kayacın büyük bir bölümünde hafif renk bozulması, dayanımda nispeten azalma. Faldispatlar kısmen bozunmuş ve süreksizlikler lekeli veya dolmuş halde.
4. Oldukça bozunmuş	Bozunma, kayacın içinde dayanımını önemli ölçüde azaltacak biçimde yayılmış. Orijinal yapı kısmen görülmez olur, kayacın rengi bozulur ve pek çok mineral kile döner.
5. Tamamen bozunmuş	Tamamen renk ve kompozisyonun bozulması, orijinal yapının geniş çapta görülebilmesi. Kuvarstan başla pek çok mineral aliere olmuş, kayaç kırılğan, elle kolayca kırılabilir özellikte.

Çizelge 58 Kaya ve zeminlerde dayanım sınıflaması (Jennings, 1973)

Sınıf	Saha tanımlaması	Yaklaşık tek eksenli dayanım (MPa)	Yaklaşık eyleşer nokta yüklemesi (MPa)
Zemin: S1-Çok yumuşak	Parmakla kolayca yoğrulabilir	<0.03	Çep penetrometre-sinin kullanımıyle mümkün değildir
S2-Yumuşak	Basınçla yoğrulabilir	> 0.03 <0.06	
S3-Sıkı	Bıçakla kesilmeye karşı direnç gösterir	> 0.06 <0.15	
S4-Sert	Birden fazla bıçak darbesi gerektirir	> 0.15 <0.4	
S5-Çok sert	Mekanik olarak kazılmayı gerektirir	> 0.4 <1.0	
Kaya: R1-Çok zayıf	Çekiç darbeleriyle ufalanır	> 1 <20	<0.8
R2-Zayıf	Bir kazma veya çekiç darbesiyle iz meydana gelir	> 20 <50	0.8-2
R3-Orta	Bir kazma veya çekiç darbesiyle çatlatılabilir	> 50 <100	2-4
R4-Dayanıklı	Sert çekiç darbeleriyle çatlatılabilir	> 100 <200	4-8
R5-Çok dayanıklı	Devamlı çekiç darbeleriyle kırılması çok zor	> 200	> 8

Not: 10 kg/cm² = 1MPa.

5.1.2. Jeolojik Faktörler

Jeolojik faktörleri şöylece sıralayabiliriz;
Tabakalar, çatlaklar ve fayların yatımı ve devamlılık dereceleri,

Çatlakların yüzey pürüzlülük nisbeti,

Fay ve çatlaklar arasında mevcut olabilecek kil, kum vs. yabancı maddelerin miktarı ve özellikleri ,

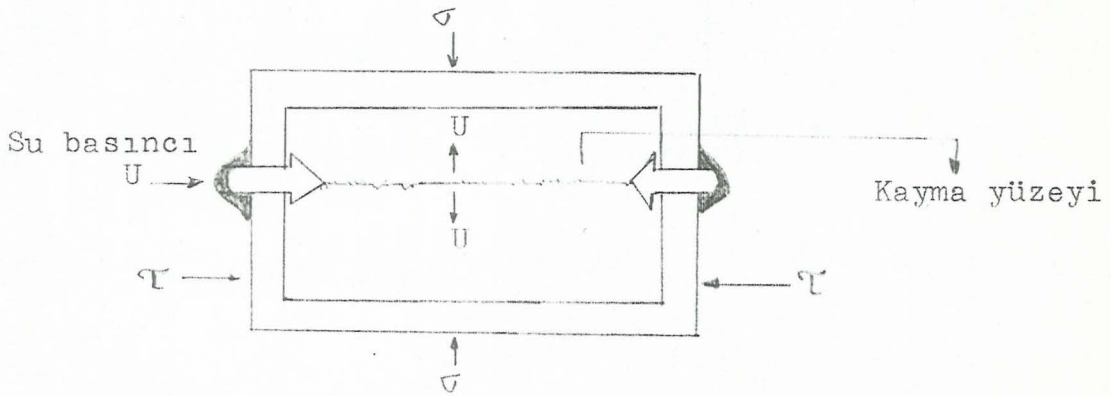
Çeşitli hava etkenlerinin tesiri ,

Hidrolojik etkenler.

Yukarıda belirtmeye çalıştığım jeolojik faktörlerin hassasiyetle tesbit edilebilmesi için son yıllarda çeşitli metodlar bulunmuş ve bulunan bu metodlar geliştirilmiştir. Bunlar arasında, yeni bir karot alma tekniğinin gelişmesi, çatlakların haritalanması, sondaj kuyularının kamera, televizyon ve akustik cihazlarla incelenmesi, şev stabilitesi çalışmalarında gittikçe tatbikat sahası bulmaktadır (5).

Heyelanlara çok sık rastlandığı Norveç'te yapılan istatistiklere göre, kayma frekansı karların eridiği Nisan ayı ile yağışın bol olduğu Ekim aylarında yükselmektedir. Yağan yağmur ve eriyen karın şev stabilitesi üzerindeki etkilerinden en önemlisi, kayaların ve çatlakların kayma mukavemetlerini azaltmasıdır. Normal gerilim kayma yüzeyleri arasında bulunan sudan dolayı $(\sigma - U)$ olacaktır. Bu değere efektif normal gerilim denilmektedir şekil 5.5. Buna göre 1 nolu denklem;

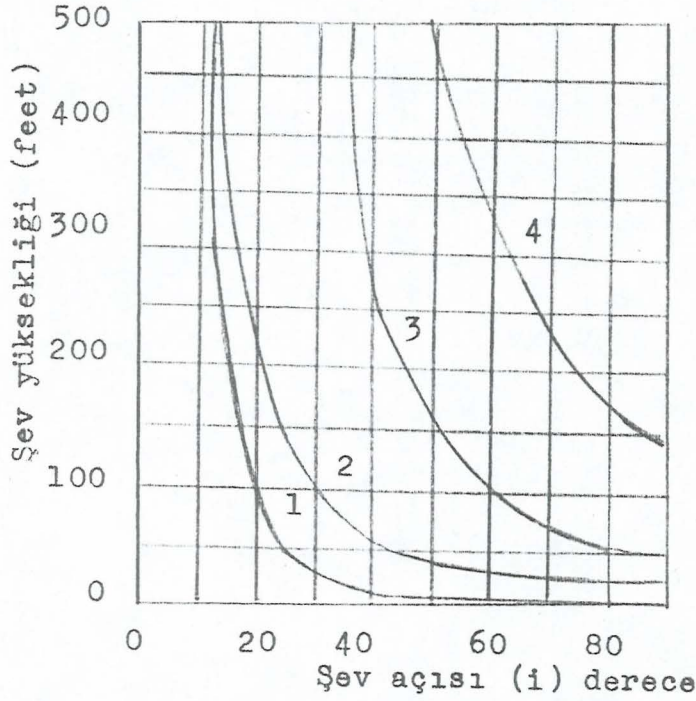
$\tau = c + (\sigma - U) \cdot \tan \phi$ (2) şeklini alacaktır.



Şekil 5.5. Su basıncının kayma mukavemetine etkisi

5.2. Şev Açısı - Şev Yüksekliği İlişkisi

Topraklarda açılan kritik şevler için ($F=1$ denge durumunda) şev yüksekliğine karşı şev açısı grafikleri Hoek tarafından hazırlanan grafiklerde gösterilmiştir (şekil 5.6).



- 1- Yumuşak toprak..... $c=100 \text{ lb/ft}^2$, $\phi=15^\circ$
 2- Sert toprak $c=500$ " , $\phi=15^\circ$
 3- Çok sert toprak $c=1.000$ " , $\phi=30^\circ$
 4- Çok yumuşak toprak .. $c=3.500$ " , $\phi=30^\circ$

Şekil 5.6. Drena edilmiş topraklar ve çok yumuşak kayalarda açılan şevlerde, kritik şev yüksekliğine karşı şev açısı ilişkisini gösteren grafik

6. JEOLojİK VERİ TOPLAMA VE ŞEV STABİLİTE ANALİZLERİNDE KULLANILMASI

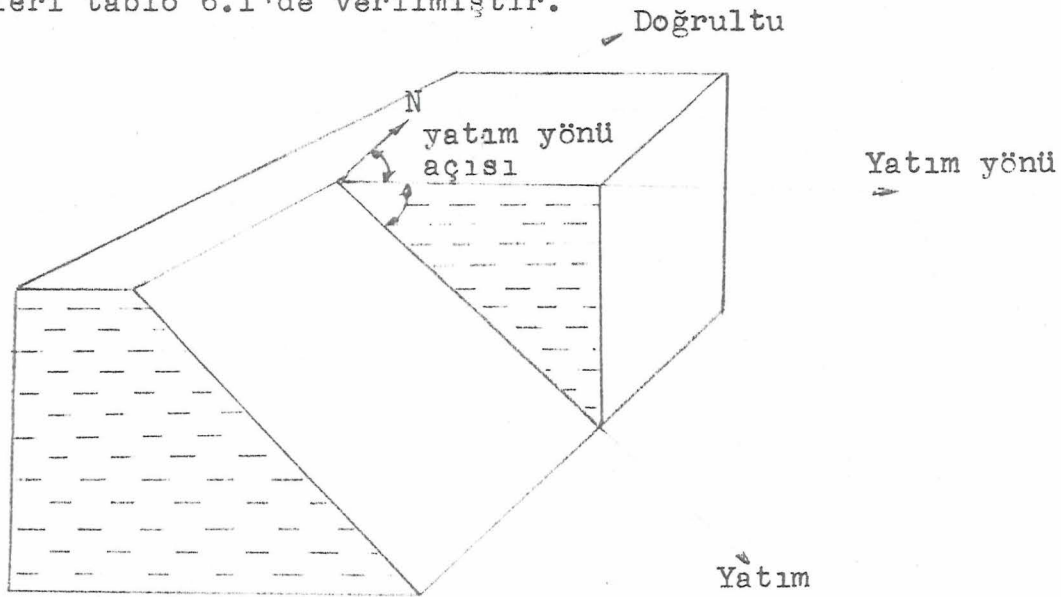
6.1. Jeolojik Verilerin Toplanması

Kaya şevlerindeki kaymalarda ve diğer hareketler ile kayan kütlede jeolojik süreksizliklerin önemli bir etkisi vardır. Süreksizliklere ait geometrik özelliklerin değerlendirilmesinde ve şev sorunlarına uygulanmasında en yaygın olan teknikler stereo-netlerin yardımıyla kullanılır.

Bilindiği gibi jeolojik süreksizliklere ait geometrik terimler; eğim açısı (yapısal bir süreksizlik düzleminin yatayla yaptığı en büyük açı) ve doğrultu (süreksizlik düzleminin yatay düzlemle arakesiti) şeklinde ifade edilirler (şekil 6.1).

6.2. Süreksizliklerin Eğim Yönü ve Eğim Açılarının Ölçülmesi

İşletmenin heyelan bölgesinde görülen süreksizliklerin eğim yönü açısı ve eğim açıları jeolog pusulası ile ölçülmüş, ölçüm bölgeleri 1:5.000'lik haritada işlenmiş, ölçüm değerleri tablo 6.1'de verilmiştir.



Şekil 6.1. Jeolojik süreksizliklere ait geometrik terimler

6.1. devamı

Süreksizlik Ölçüm		Eğim Yönü Açısı	Eğim Açısı
Bölgesi	Sıra No	Derece	Derece
(B) Bölgesi	14	115	70
	15	104	60
	16	110	60
	17	130	63
	18	100	58
	19	138	65
	20	105	53
(C) Bölgesi	1	40	55
	2	24	59
	3	35	65
	4	65	59
	5	275	58
	6	248	54
	7	35	45
	8	353	80
	9	130	60
	10	33	53
	11	89	67
	12	100	54
	13	86	74
	14	90	54
	15	166	60
	16	91	54
	17	118	63
18	28	60	
19	72	30	
20	100	66	
21	88	50	
22	111	43	
23	132	43	
24	332	66	

Tablo 6.1. devamı

Süreksizlik Ölçüm		Eğim Yönü Açısı	Eğim Açısı
Bölgesi	Sıra No	Derece	Derece
(C) Bölgesi	25	290	25
	26	145	40
	27	76	38
	28	38	33
	29	44	48
	30	56	48
	31	110	46
	32	38	22
(D) Bölgesi	1	84	27
	2	5	38
	3	105	34
	4	155	33
	5	111	44
	6	73	45
	7	58	23
	8	74	24
	9	110	26
	10	344	64
	11	310	60
	12	320	55
	13	135	31
	14	97	38
	15	125	38
	16	100	42
	17	77	40
	18	53	39
	19	13	38
	20	88	28
	21	110	30
	22	150	42
	23	190	40

Tablo
6.1. devamı

Süreksizlik Ölçüm		Eğim Yönü Açısı	Eğim Açısı
Bölgesi	Sıra No	Derece	Derece
(D) Bölgesi	24	136	38
	25	200	40
	26	230	43
	27	217	38
	28	90	38
	29	186	40
	30	146	44
	31	133	40
	32	174	34
	33	220	38
	34	194	40
(E) Bölgesi	1	160	38
	2	172	40
	3	173	40
	4	204	37
	5	10	60
	6	124	40
	7	150	41
	8	140	40
	9	142	33
	10	225	34
	11	210	36
	12	160	40
	13	232	38
	14	138	28
	15	160	36
	16	158	36
	17	140	28
	18	210	28
	19	174	22

Tablo 6.1 devamı

Süreksizliklerin Ölçüm		Eğim Yönü Açısı Derece	Eğim Açısı Derece
Bölgesi	Sıra No		
(F) Bölgesi	1	113	18
	2	160	25
	3	172	38
	4	157	36
	5	133	28
	6	238	36
	7	157	28
	8	224	48
	9	195	34
	10	170	8
	11	210	36
	12	215	33
	13	224	35
	14	224	28
	15	74	43
	16	108	33
	17	170	40
	18	0	28
	19	164	26
	20	147	30
	21	285	30
	22	280	28
	23	93	30
	24	122	32
	25	171	50
	26	182	35
	27	174	30
	28	144	30
	29	55	40
	30	160	40
	31	148	38

Tablo 6.1. devamı

Süreksizlik Ölçüm		Eğim Yönü Açısı	Eğim Açısı
Bölgesi	Sıra No	derece	derece
(F) Bölgesi	32	200	40
	33	168	34
	34	140	43
	35	228	34
	36	179	40
(G) Bölgesi	1	195	50
	2	168	55
	3	120	50
	4	200	55
	5	172	40
	6	198	50
	7	173	50
	8	227	4
	9	218	40
	10	180	50
	11	218	80
	12	195	70
	13	207	70
	14	208	60
15	210	40	
16	238	45	
17	168	38	

Tablo 6.2. Süreksizlikler Arası Mesafe

Süreksizlik Ölçüm		Bölgede Süreksizlik Sayısı	Süreksizlikler arası	
Bölgesi	Uzunluğu(mt)		Mesafe	Ort
A	10	16	0,62	0,72
B	15 KALKER	20	0,75	
E	15	19	0,79	
C	15	32	0,47	0,53
D	20 KİL	34	0,58	
F	15 KİLLİ	36	0,42	0,50
G	10 MARN	17	0,58	

6.3. Jeolojik Verilerin Stereo-netlerde Gösterilmesi

Kaya Şev stabilitesi analizlerinde jeolojik verilerin kolayca gösterilebilmesinde en uygun yöntem küresel projeksiyonların kullanılmasıdır. Wulff, Schmidt, Lambert vb. gibi araştırmacılar tarafından pek çok projeksiyon geliştirilmiştir.

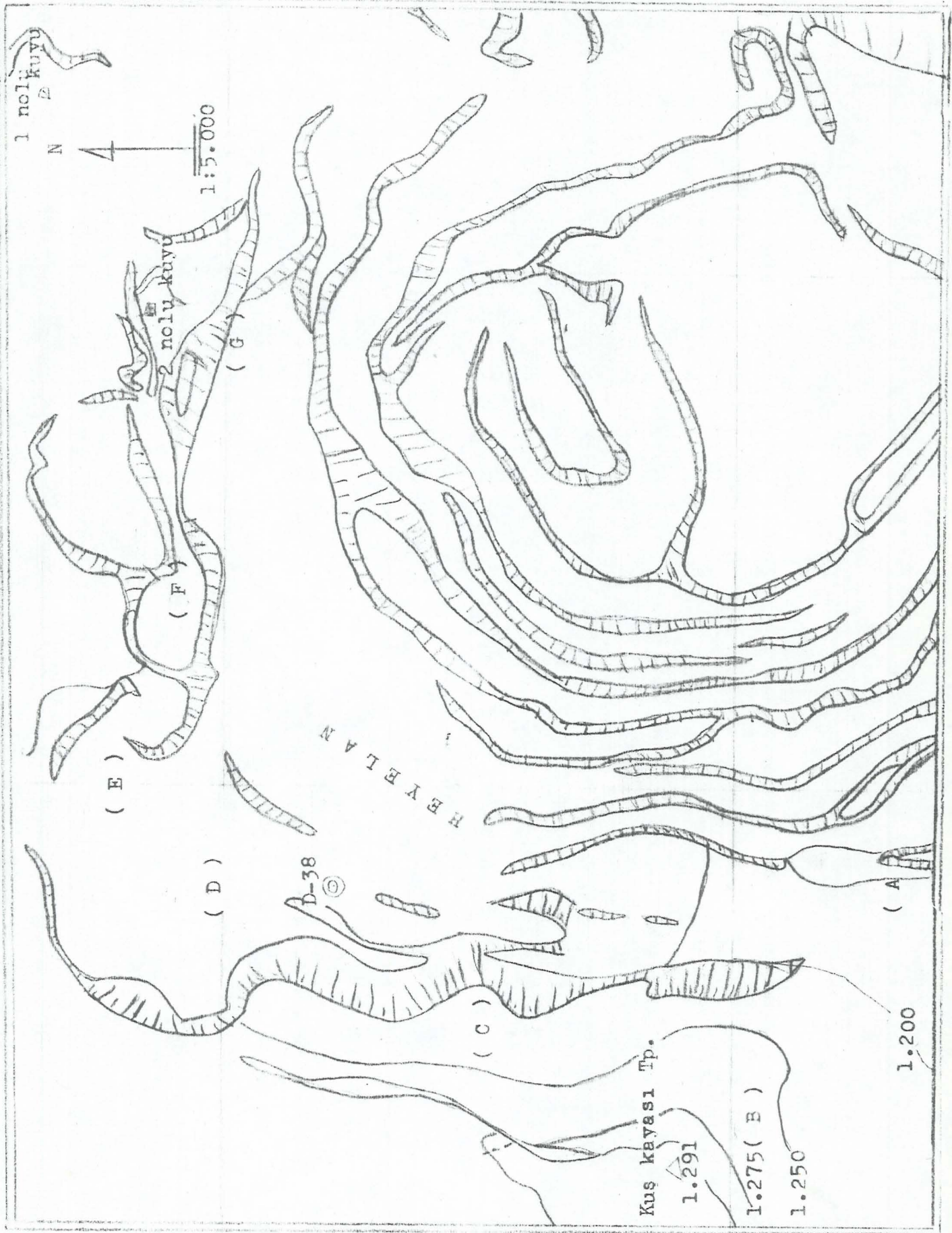
Burada sözü edilen netler, kullanımları açıdan ikiye ayrılırlar.

A)2° aralıklı eş alan stereoneti: Bu analizde süreksizlikleri büyük dairelerinin yerleştirilmesi yönünden yarar sağlar

B)2° aralıklı kutupsal eş alan stereoneti: Çok sayıda süreksizlik ölçümü söz konusu olduğunda, bundan önce anlatılan neti kullanmak oldukça vakit alacağı gibi karışıklıklara neden olacaktır. O zaman sadece kutup noktalarının işaretlenmesi işi kolaylaştırılacaktır.

Bölgede ölçülüp, değerleri bölüm 6.2'de verilen süreksizliklerin eğim yönü açıları ve eğim açıları stereo-nette işaretlendi.

İşaretlenen stereo-nette'ki bu noktalar, nokta sayıcı ile sayılarak heyelan bölgesinin yapısal kontur diyagramı çizildi (şekil 6.2.).



1 nolu kuyu

N

1:5.000

2 nolu kuyu

(G)

(F)

(E)

(D)

38

(C)

(A)

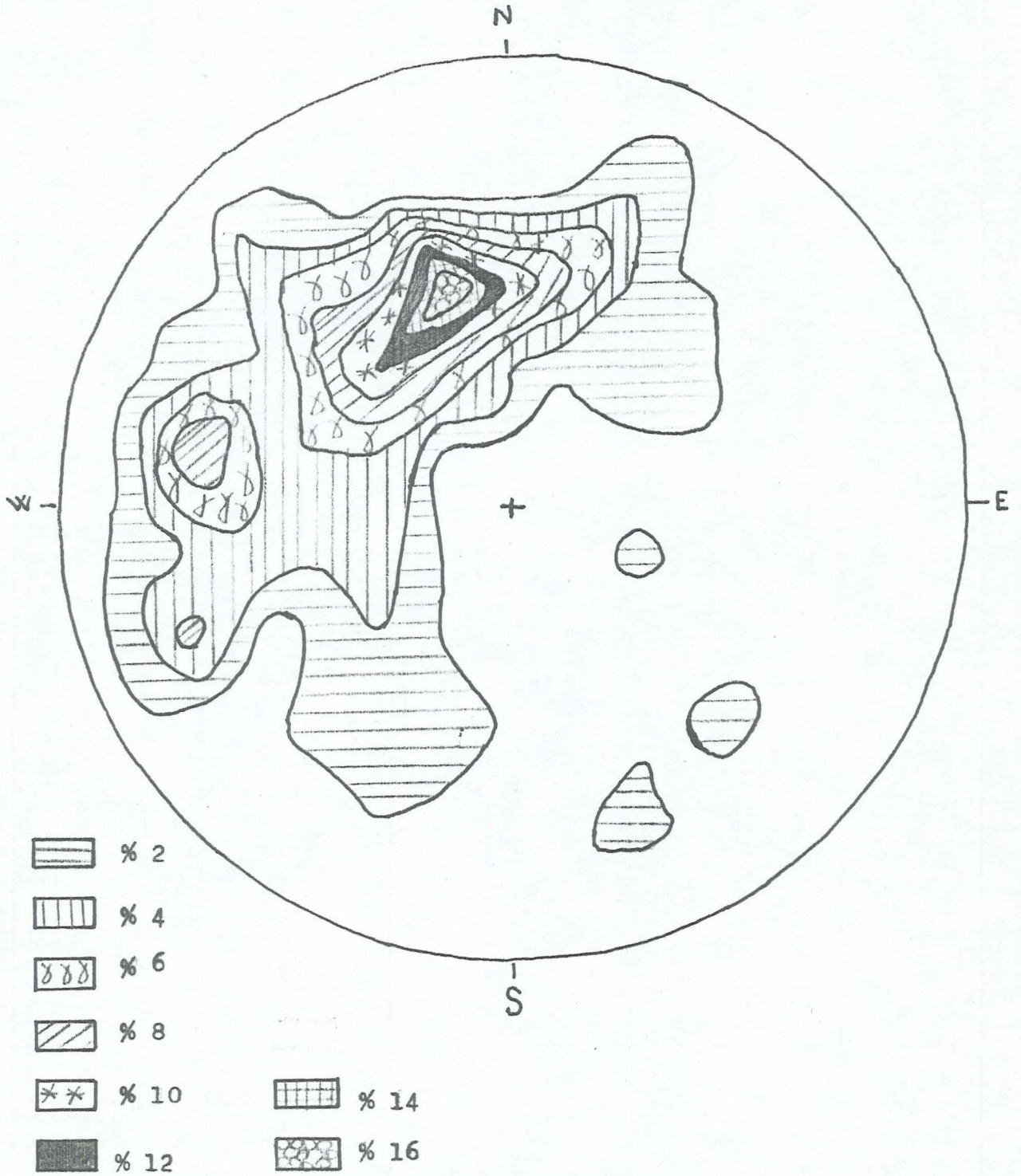
1.200

Kuş kayası Tp.

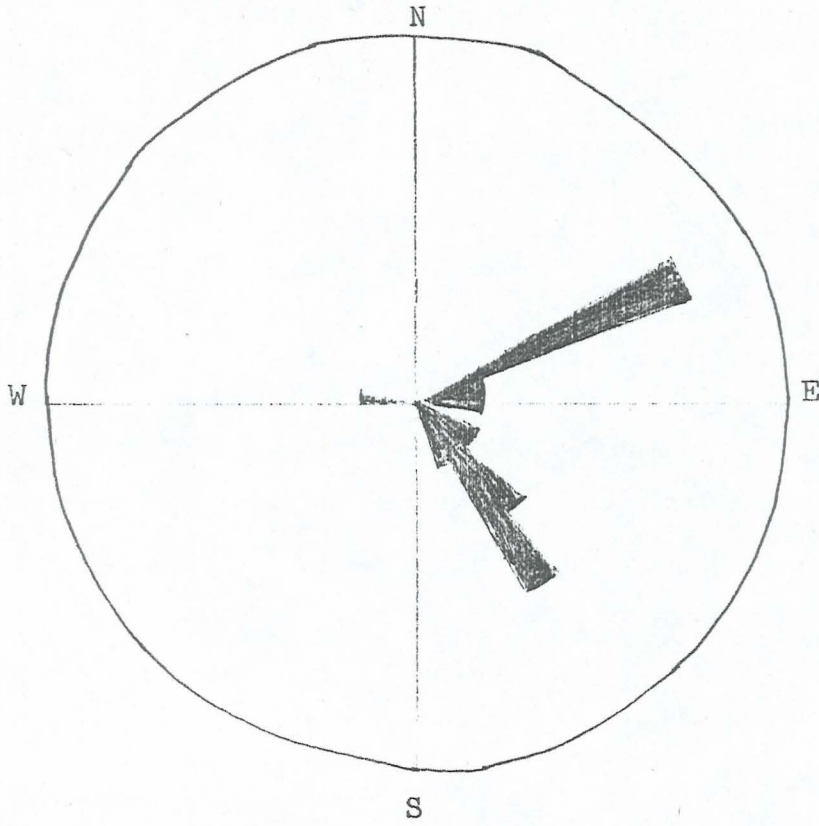
1.291

1.275 (B)

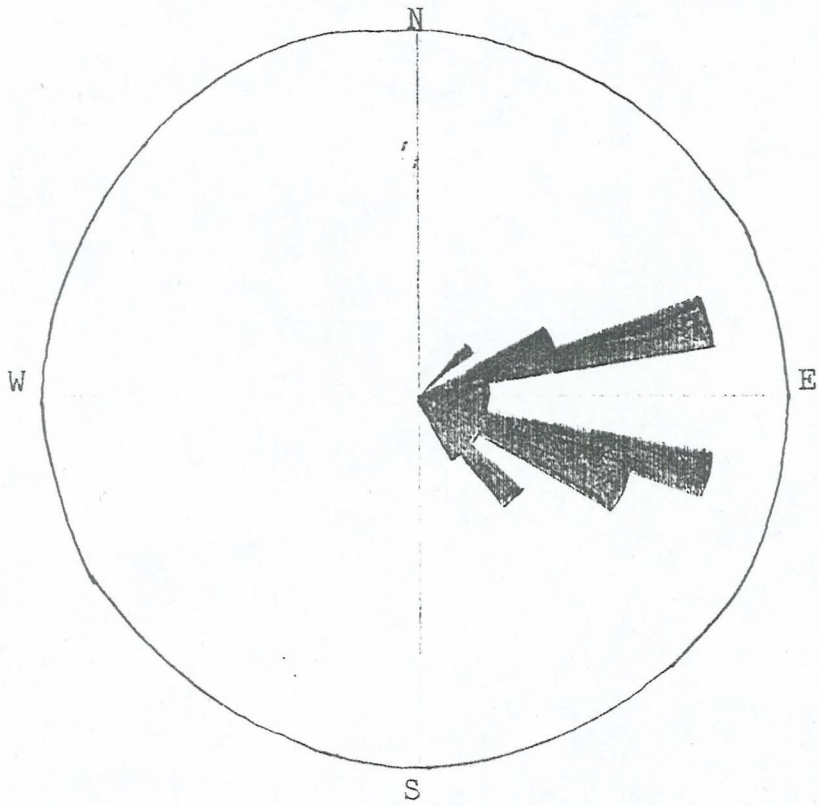
1.250



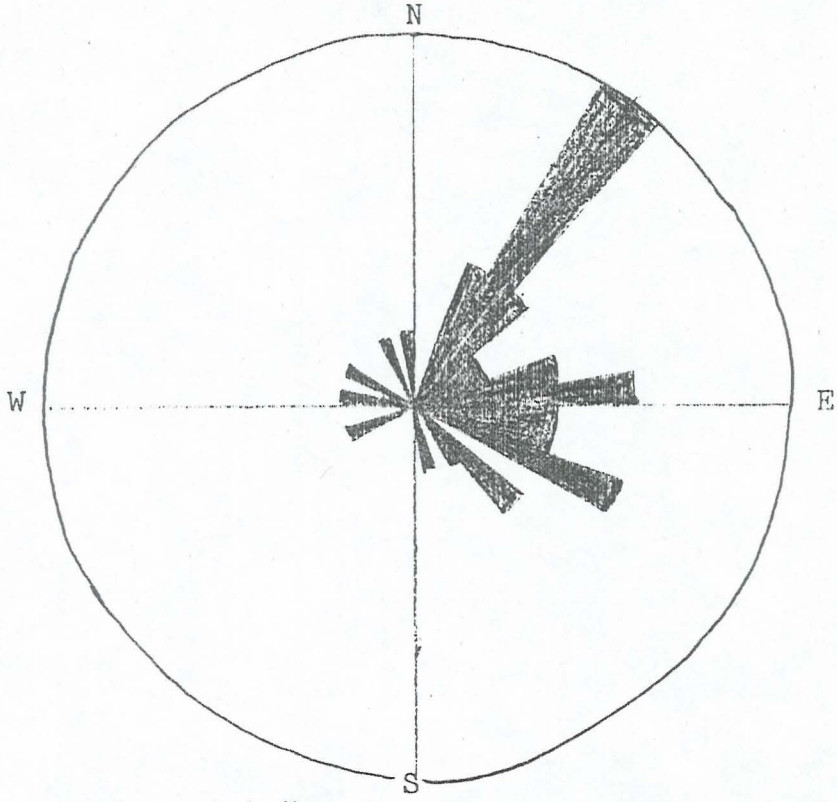
Şekil 6.2. Heyelan Bölgesindeki Süreksizliklerin Yapısal Kontur Diyagramı



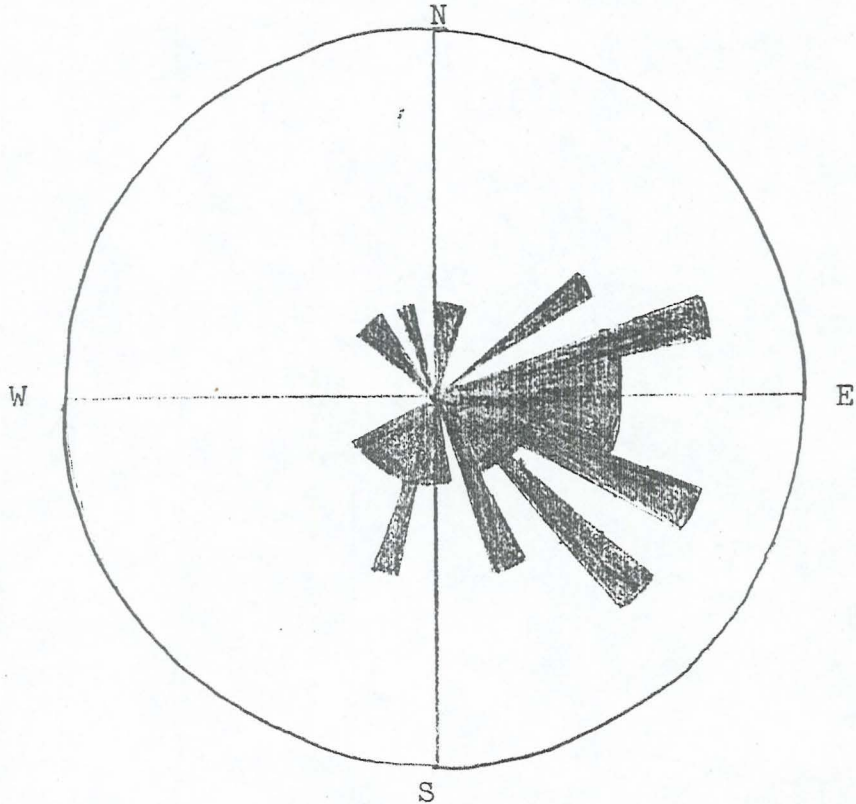
Şekil 6.3. A-Ölçüm Bölgesindeki Süreksizliklere Ait Gül Diyagramı



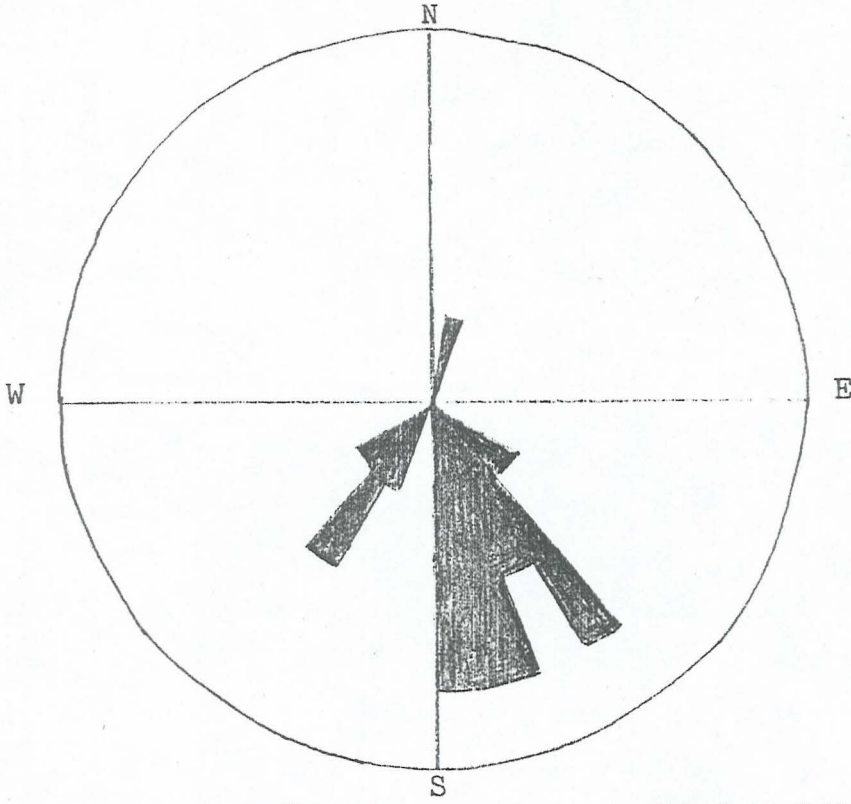
Şekil 6.4. (B) Ölçüm Bölgesindeki Süreksizliklere Ait Gül Diyagramı



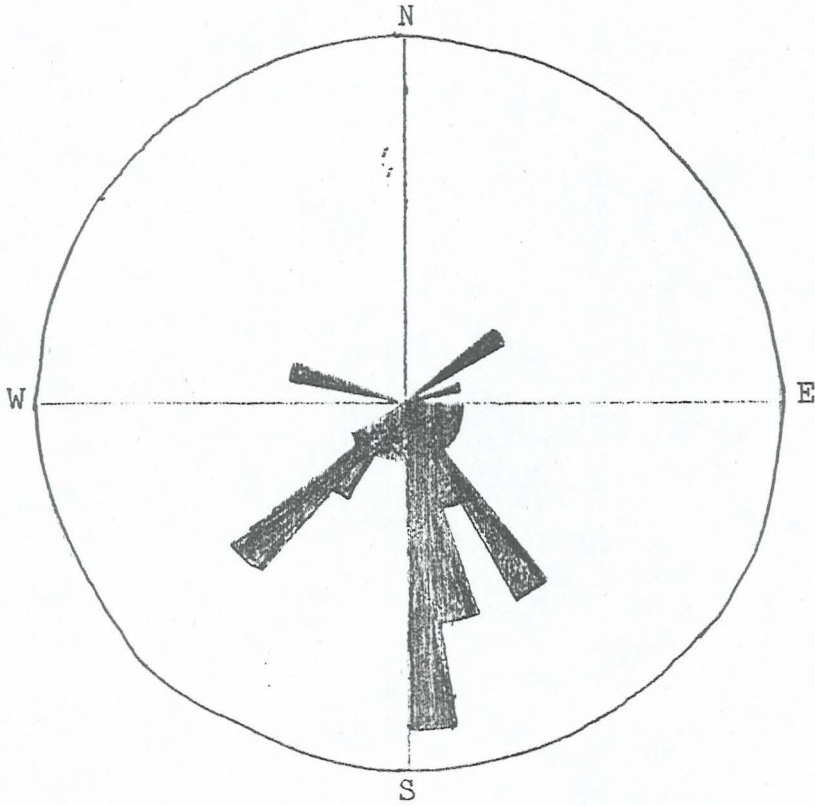
Şekil 6.5. (C) Ölçüm Bölgesindeki Süreksizliklere Ait GÜL Diyagramı



Şekil 6.6. (D) Ölçüm Bölgesindeki Süreksizliklere Ait GÜL Diyagramı



Şekil 6.7. (E) Ölçüm Bölgesindeki Süreksizliklere Ait GÜL Diyagramı

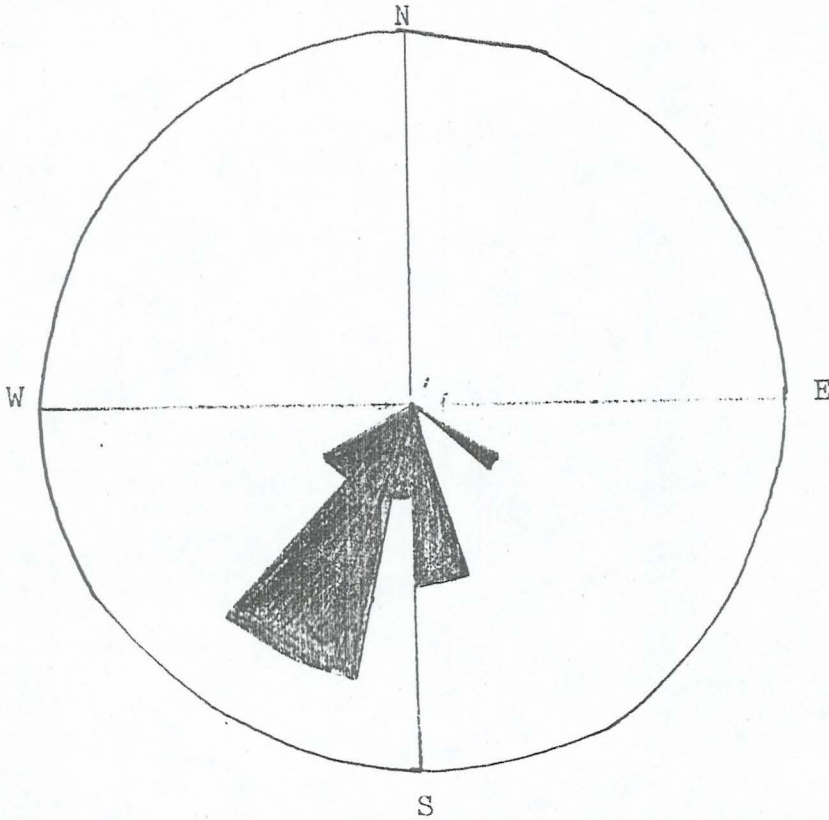


Şekil 6.8. (F) Ölçüm Bölgesindeki Süreksizliklere Ait GÜL Diyagramı

6.4. Güllü Diyagramlarının Değerlendirilmesi

Heyelan bölgesinde yapılan incelemeler ve ölçümler sonucu yedi süreksizlik bölgesi görülebilmiş, eğim açıları ve eğim yönü açıları ölçülerek, ölçüm değerleri bölüm 6.2.'de, ölçüm yerleride aşağıda verilen haritada gösterilmiştir.

Güllü diyagramları incelendiğinde süreksizlik eğim yönü açılarının kuşkayasının güney yamacından $N60^{\circ}E$ açılarla batıya doğru arttığı ve Kuş kayasında $N70^{\circ}E - S150^{\circ}E$ açılar arasında değiştiğini, nihayet Kuş kayasının kuzeyine gelindiğinde $S240^{\circ}W$ açı değerine ulaşp, yer yer yoğunlaşmalar göstererek yelpaze şekli oluştuğu görülmektedir.



Şekil 6.9. (G) Ölçüm Bölgesindeki Süreksizliklere Ait Güllü Diyagramı

7. KAYAÇIN MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİ

7.1. Tane İriliği ve Cinsi

Arazide kalker, killi marn ve kil kayaçlarının tane boyutları hakkında yapılan gözlemler neticesinde şu sonuca varılmıştır.

Kolayca su emebilme özelliğine sahip olan marn ve killi marn kayaç cinsleri sulu iken oldukça kaygan yüzeyler yaratmakta, fakat bu kayaçların kuruyup suyu atıldığı zaman kayaçta kuruma çatlakları, ince parçacıklar halinde dağılmalar gözlenmiştir.

Kalker ise su geçirgenliği özelliğine sahip olmayan ve çok az su emen bir kayaç olup iri taneli bir kayaçtır.

7.2. Permeabilite

Kayaçın su emme derecesini saptamak için yerinden alınan numuneler torbalar içersinde getirilerek 105°C de 24 saat bekledikten sonra kuru ağırlığı (P_1) bulundu. Daha sonra su dolu leğen içersine açıkta hava ile temas edecek bir yüzey kalmaksızın bırakılarak, 24 saat süre ile suda bekledikten sonra numuneler tekrar tartılarak ağırlıkları (P_2) bulundu. Tartım sonuçları aşağıda verilmiştir.

Kayaç Cinsi	Kuru Ağırlık P_1 (gr.)	Sulu Ağırlık P_2 (gr.)	Emilen su miktarı $P_2 - P_1$ (gr.)	Ağırlıkca su emme % $S = (P_2 - P_1) 100 / P_1$
Kalker	1250	1300	50	4
Killi marn	1600	2320	720	45
Kil	1400	2100	700	50

Görülebileceği üzere killi marn ve kil numuneleri oldukça fazla su emmelerine karşın, kalker numunesi az miktarda su emmiştir.

7.3 Tek Eksenli Basınç ve Çekme Dayanımları

7.3.1. Testler için Örneklerin Hazırlanması

Labaratuvar testleri için kayaç örnekleri elmaslı sondajlardan alınan karotlar üzerinde yapılır. Bu nedenle örnekler silindirik şeklinde olup, elmaslı testerelerle istenilen uzunlukta kesilirler(13).

Testlerde gerilmelerin köşelerde yoğunlaşmasını önlemek için küp yerine silindirik karotlar kullanılmaktadır. Tek eksenli basınç deneyinde önemli olan, karotlarda karot çapının karot boyuna oranınının 1/2 olması, çekme dayanım deneyinde ise bu oranın 2 olmasıdır.

7.3.2. Testlerin Yapılışı

7.3.2.1. Tek Eksenli Basınç Dayanım Testi

Karotlar uygun olan boy ve çapa göre kesilip, düzeltildikten sonra zımpara ile aşındırılarak yüzey pürüzlülüğü giderildi. Karot, sıkıştırma sisteminde yerine yerleştirilip, testin başlangıcında yavaş bir yükleme hızı verilerek karot yenilene kadar sürdürüldü. Yenileme anındaki normal yük değeri göstergeden okunup, tablo 7.1'de verildi.

7.3.2.2. Çekme Dayanım Testi

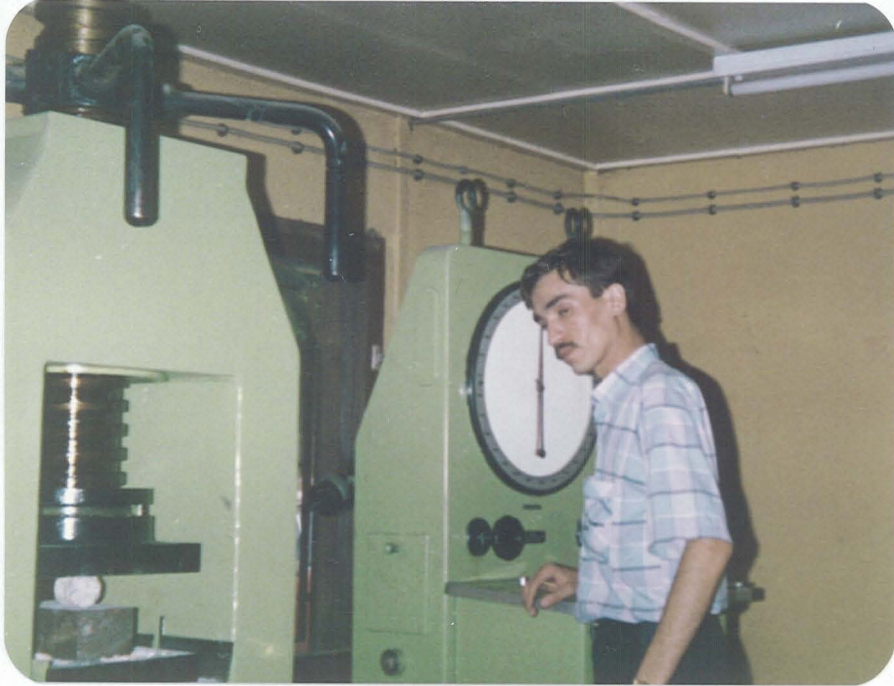
Karot boyları, çapının yarısı olacak şekilde kesilip, düzeltildi.

Deney; yükleme bıcaıkları arasına konan numuneye uygulanan yükün, numunenin çekme dayanımını yenmesi sonucu oluşan yükün skaladan okunması şeklinde yapıldı. Sözü edilen kayaç numunesinin çekme direnci $\sigma_c = 2P/D_t$ formülü ile bulundu. Bulunan bu değerler tablo 7.2'de verildi.

Yatay çekme gerilmeleri numunenin çekme direncini aştığı anda numune eksenel yükleme doğrultusunda yarılacaktır. Numunenin yarılma çatlağına çekme çatlağı, dik doğrultuda basınç uyguladığımız içinde bu deneye indirekt çekme direnç deneyi denir,



Fotoğraf 7.1. Tek Eksenli Basınc Deneyinin Yapılışı



Fotoğraf 7.2. Çekme Dayanım Testinin Yapılışı

Numune Cinsi	Boy cm	Çap cm	Taban Alanı cm ²	Yük kg	Ort P kg	$\sigma = P/A$ kg/cm ²	Ort σ kg/cm ²
KALKER	108	54	22,9	10.625	9.550	464	417
	"	"	"	10.450		456	
	"	"	"	8.380		366	
	"	"	"	8.760		382	
KİLLİ MARN	"	"	"	3.725	4.000	163	175
	"	"	"	4.480		196	
	"	"	"	4.050		177	
	"	"	"	3.750		164	
KİL	"	"	"	400	350	17	15
	"	"	"	350		15	
	"	"	"	340		15	
	"	"	"	325		14	

Tablo 7.1. Karot numunelerinin tek eksenli basınç dayanımı

7.3.2.3. Yapılan Testlerin İrdelenmesi

Yapmış olduğum deneylerde bulduğum basma direnci ve çekme direnci değerlerinden faydalanılarak, formasyonun kohezyon ve iç sürtünme açısı değerleri bulunmuştur. Bulunan bu değerler grafik yolu ile bulunacağı gibi, aynı zamanda formül yolu ile de bulunabilmektedir.

$$\text{Kohezyon Değeri } c = \sqrt{(\sigma_b \cdot \sigma_c)} / 2$$

$$\text{İç Sürtünme Açısı } \tan \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) = \sqrt{\frac{\sigma_c}{\sigma_b}}$$

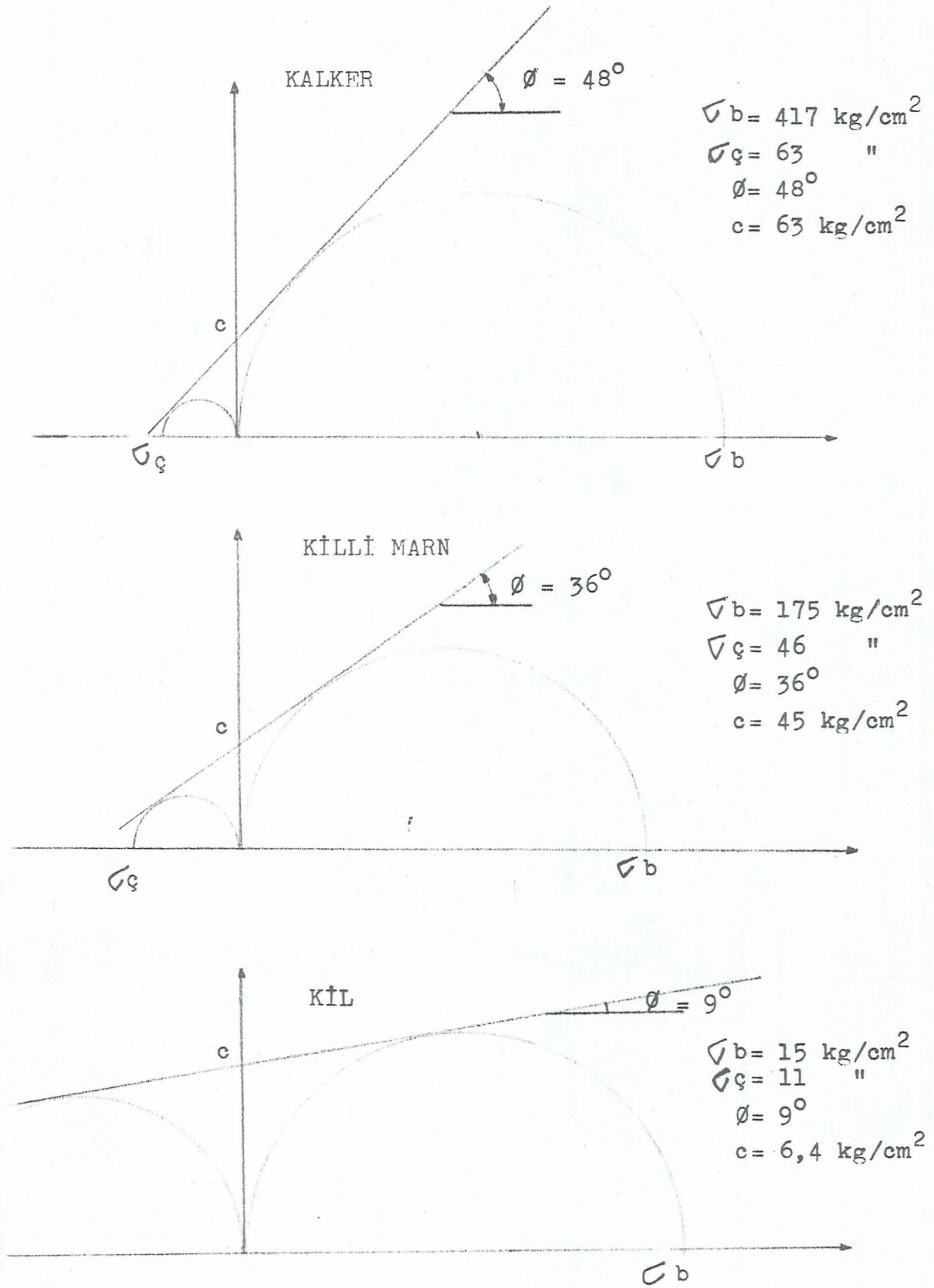
Formasyonların ayrı ayrı kohezyon ve iç sürtünme açıları bulunarak tablo 7.3'te verilmiştir.

Numune Cinsi	Boy t cm	Çap D cm	Kırma Yüğü		Çekme Direnci	
			P kg	Ort P kg	$\sigma_c = 2P \cdot A \cdot D \cdot t$ kg/cm ²	Ort σ_c kg/cm ²
Kalker	2,7	5,4	1680	1455	73	63
	"	"	1410		61	
	"	"	1400		61	
	"	"	1330		58	
Killi Marn	"	"	1200	1060	52	46
	"	"	900		39	
	"	"	1100		48	
	"	"	1050		46	
Kil	"	"	250	250	11	11
	"	"	275		12	
	"	"	230		10	
	"	"	240		10	

Tablo 7.2. Karot Numunelerinin Çekme Direnç Değerleri

Numune Cinsi	σ_b kg/cm ²	σ_c kg/cm ²	Kohezyon $c = \frac{(\sigma_b \cdot \sigma_c)}{2}$	İç sürtünme Açısı $\tan(45 - \phi/2) = \frac{\sigma_c}{\sigma_b}$
Kalker	417	63	81,04	48
Killi Marn	175	46	44,80	36
Kil	15	11	6,40	9

Tablo 7.3. Karot Numunelerinin Kohezyon ve İç sürtünme Açısı Değerleri



Şekil 7.1. Formasyonların kohezyon ve iç sürtünme açılarının çizim yolu ile bulunuşu

8. KAYAÇLARIN KAYA MEKANİĞİ AÇISINDAN SINIFLANDIRILMASI

Bir çok araştırmacı tarafından kayaçların kaya mekaniği açısından sınıflandırılması konusunda çeşitli sınıflama metodları önermişlerdir. Bunların en önemlilerinden olan RQD ve Beinafski metodları Kırka Boraks İşletmesi'ne Uygulanarak aşağıda sunulmuştur.

8.1. R.Q.D. Kayaç Kalite Tanımlaması Metodu

R.Q.D. adıyla anılan yöntem kaya mekaniği ve jeoteknik dalında geçerli olan ve işletme yönteminin seçiminde kullanılan bir parametre olup, henüz ülkemizde yaygın olarak kullanılan bir yöntem değildir. Uygulama kolaylığına göre sağladığı yararı büyüktür. Diğer bir deyişle bu yöntem karotlu ilerlemelerde, karot veriminin bir başka ifadesidir. Elde edilen sonuç, formasyonların kırık yoğunluğu ile ilgili bir fikir verir.

Deere ve diğerleri karot loglarına esaslandırılmış olan kayaç kalite tanımını (R.Q.D.) şöyle tanımlamışlardır. 10 cm. (4 inç) veya daha uzun boyda olan, sağlam karot parçalarının toplam uzunluğunun, toplam karot uzunluğuna oranı şeklinde tanımlanır. Bu tanım formül olarak şöyle verilmektedir.

$$R.Q.D. \% = 100 \cdot (L_p / L_t)$$

Burada;

L_p = Karotlu ilerlemede 10 cm'den büyük uzunluğa sahip sağlam karot parçalarının toplam uzunluğu.

L_t = Karot ilerlemesinin toplam uzunluğu.

R.Q.D. yönteminde en küçük karot çapı 53 mm (1/4 inç) olarak verilmiş olması gerekir. Bulunan %R.Q.D. değerleri kayaçların jeoteknik sınıflamasında önemli bir parametre olarak kullanılır (13).

İşletmenin Heyelan bölgesindeki D-38 sondajının logları üzerinde yapılan ölçümler sonucu süreksizlikler belirlenmiş ve ölçüm değerleri aşağıda verilmiştir.

Tablo 8.1. Karotlarda Ölçülen, Süreksizlik Ölçüm Değerleri

Sondaj No= D-38

Sondaj Metrajı=(16-18)mt.

Sondaj Yeri= Heyelan bölgesi

Formasyon= Kalker

Ölçülen Süreksizlik Metrajı (mt.)		Süreksizlik Uzunluğu (cm.)		10 cm'den Büyük Parçaların Uzunluğu	
16. mt.	17. mt.	16.mt.	17. mt.	16. mt.	17. mt.
16,12 mt.	17,14mt.	12	14	12 cm.	14 cm.
16,21 "	17,27"	9	13	--	13 "
16,36 "	17,35"	15	8	15 "	--
16,52 "	17,46"	16	11	16 "	11 "
16,59 "	17,62"	7	8	--	--
16,72 "	17,73"	13	11	13 "	11 "
16,81 "	17,82"	9	15	--	15 "
16,93 "	17,90"	12	9	12 "	--
16,99 "	17,98"	6	8	--	--

Lp=68 cm

Lp=64 cm

Sondaj No= D-38

Sondaj Metrajı=(20-22)mt.

Sondaj Yeri= Heyelan bölgesi

Formasyon= Killi Marn

Ölçülen Süreksizlik Metrajı (mt.)		Süreksizlik Uzunluğu (cm.)		10 cm'den Büyük Parçaların Uzunluğu	
20. mt.	21. mt.	20. mt.	21. mt.	20. mt.	21. mt.
20,08	21,11	8	11	-- cm	11 cm
20,21	21,20	13	9	13 ""	--
20,28	21,28	7	8	--	--
20,37	21,36	9	8	--	--
20,49	21,49	12	13	12 ""	13 ""
20,60	21,61	11	12	11 ""	12 ""
20,67	21,70	7	9	--	--
20,81	21,82	14	14	14 ""	12 ""
20,89	21,89	8	7	--	--
20,98	21,97	9	8	--	--

Lp=50 cm

Lp=48 cm

Tablo 8.1. Devamı

Sondaj No= D-38

Sondaj Metrajı=(24-26)mt.

Sondaj Yeri= Heyelan bölgesi

Formasyon= Kil

Ölçülen Süreksizlik Metrajı (mt.)		Süreksizlik Uzunluğu (cm.)		10 cm'den Büyük Parça Uzunluğu	
24. mt.	25.mt.	24.mt.	25. mt.	24.mt.	25.mt
24,08	25,09	8	9	-- cm.	--cm
24,15	25,14	7	5	--	--
24,24	25,29	9	15	--	15cm
24,35	25,37	11	8	11"	--
24,40	25,43	5	6	--	--
24,52	25,51	12	8	12"	--
24,61	25,59	9	8	--	--
24,68	25,72	7	13	--	13"
24,76	25,79	8	7	--	--
24,85	25,87	9	8	--	--
24,92	25,92	7	5	--	--
24,97	25,98	5	6	--	--

Lp=23 cm. Lp=28 cm.

$$R.Q.D \% = 100 \cdot Lp/Lt$$

Kalker İçin Toplam Lp=132 cm. Toplam Lt=200 cm.

$$R.Q.D. = 100 \cdot (132/200)$$

$$R.Q.D. = 66$$

Killi Marn Toplam Lp=98 cm. Toplam Lt=200 cm.

$$R.Q.D. = 100 \cdot (98/200)$$

$$R.Q.D. = 49$$

Kil İçin Toplam Lp=51 cm. Toplam Lt=200 cm.

$$R.Q.D. = 100 \cdot (51/200)$$

$$R.Q.D. = 25,5$$

Tablo 8.2. Beinafski Kayaç Sınıflaması

	BEİNAWSKİ KAYAÇ SINIFLAMASI		
	KALKER	KİLLİ MARN	KİL
Tek Eksenli Basınç Direnci. Derecelendirme	417 kg/cm ² 4	175 kg/cm ² 2	15 kg/cm ² 0
Kayaç Kalitesi (R. Q. D.) Derecelendirme	66 13	49 8	25,5 8
Eklem Durumu	Az kaba yüzeyler Açıklık 1mm'den küçük, yumuşak eklemli yan kayaç	Oldukca kaygan yüzey, Dolgu 5mm'den küçük, Çatlak açıklığı 1-5mm olan devamlı eklemeler	Yumuşak Dolgu, Kalınlık 5mm'den büyük, eklem açık- lığı 5mm'den büyük devamlı eklemeler
Derecelendirme	12	6	0
Yeraltı Suyu	Sadece Nemli	Normal basınç Altında	Normal basınç Altında
Derecelendirme	7	4	4
Eklemlerin doğrultu ve eğimi	Normal	Normal	Olumsuz
Derecelendirme	-25	-25	-50
Eklem Aralıkları	0,72 mt.	0.50 mt	0,53 mt.
Derecelendirme	20	20	20
TOPLAM DERECELERDİRME.....	31	15	-18
KAYAÇ SINIFLAMASI	ZAYIF KAYAÇ	ÇOK ZAYIF KAYAÇ	ÇOK ZAYIF KAYAÇ

TABLE 8.4 CSIR KAYAÇ SINIFLAMASI

A. Sınıflandırma Parametreleri ve Derecelendirilmeleri

PARAMETRE									
1	Kaya malzemesinin Tek eksenli Basınç Direnci	>8 MPa	4-8 MPa	2-4 MPa	1-2 MPa				
	Tek eksenli Basınç Direnci	>200 MPa	100-200 MPa	50-100 MPa	25-50 MPa	10-25 MPa	3-10 MPa	1-3 MPa	
	Derecelendirme	15	12	7	4	2	1	0	
2	Kayaç kalitesi (RQD)	%90-%100	%75-%90	%50-%75	%25-%50	< %25			
	Derecelendirme	20	17	13	8	3			
3	Eklemlerin aralıkları	>3 m	1-3 m	0.3-1 m	50-300 mm	< 50 mm			
	Derecelendirme	30	25	20	10	5			
4	Eklemlerin durumu	Gök kubbe yüzeyler Devamsız ayrılma yok Sert etlemler Yun kaydağ	Hacıf kubbe yüzeyler Açılıma tınmiden küçük yert etlemler Yun kaydağ	Ak kubbe yüzeyler Açıklık tınmiden küçük yun kaydağ	Oldukça kaygan yüzeyler Dolgu Saman ve küçük Güçlük açıklığı 1.5mm olan devamlı siltli tınmiler	Yumuşak dolgu kalınlık Samandan büyük Eklemler açıklığı Samandan büyük devamlı siltli tınmiler			
	Derecelendirme	25	20	12	6	0			
5	Yeraltı Suyu	10m'lik Tünel boyunca akış	Yok	< 25 lt/dk	25-125 lt/dk	> 125 lt/dk			
		Eklemlerin yerleri ve basıncı	0	0.0-0.2	0.2-0.5	> 0.5			
		Eklemlerin durumu	Tamamen kuru	Sadece nemli	Normal basınç altında ıslak	Ciddi su problemi			
		Güzel durumlar	10	7	4	0			

B. Eklemler Durumlarına göre derecelendirme

Eklemlerin Doğrultu ve eğimi		Gök olumlu	olumlu	Normal	olumsuz	Gök olumsuz
Derecelendirme	Tünelier	0	-2	-5	-10	-12
	Teneliler	0	-2	-7	-15	-25
	Şevler	0	-5	-25	-50	-60

C. Toplam Derecelendirmeden elde edilen kayaç sınıflandırılması

Derecelendirme	100-81	80-61	60-41	40-21	< 20
Sınıf No	I	II	III	IV	V
Açıklamalar	Gök sağlam kaydağ	Sağlam kaydağ	Orta sağlam kaydağ	Buyluk kaydağ	Gök Buyluk kaydağ

D. Kayaç Sınıflarının anlamları

Sınıf No	I	II	III	IV	V
Ayıklık durumu zamanı	5m'lik açıklık için 30 Yıl	4m'lik açıklık için 20 Yıl	3m'lik açıklık için 10 Yıl	1.5m açıklık için 5 Yıl	0.5m açıklık için 1 Yıl
Kayaç kütlelerinin birleşimi	>300 MPa	200-300 kPa	150-200 kPa	100-50 kPa	< 100 kPa
Kayaç kütlelerinin iç sür-15me açısı (φ)	>45°	40°-45°	35°-40°	30°-35°	< 30°

TABLE 6 - Tünel açmada eklemler, doğrultu ve eğimin etkisi

Tünel eksenine dik doğrultu				Tünel eksenine Paralel doğrultu		Eğim 0°-30° aralığında (Doğrultudan bağımsız)
Eğim yönünde tünel sürme		Eğime karşı tünel sürme				
Eğim 45°-90°	Eğim 20°-45°	Eğim 45°-90°	Eğim 20°-45°	Eğim 45°-90°	Eğim 20°-45°	
Gök olumlu	olumlu	Normal	olumsuz	Gök olumsuz	Normal	olumsuz

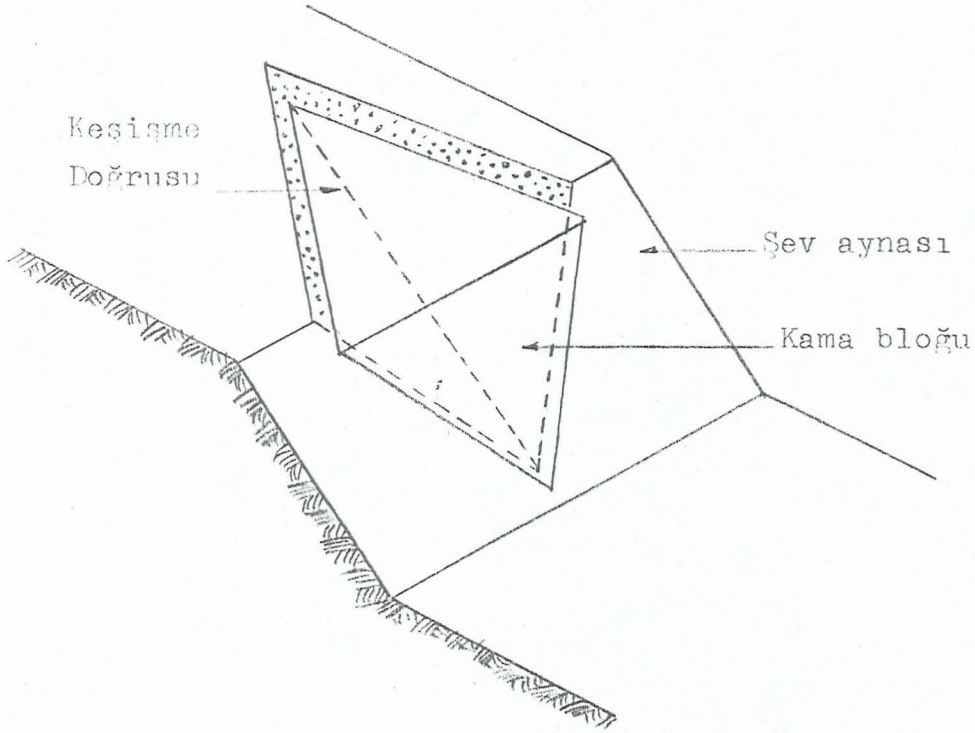
$$1 \text{ MPa} = 10 \text{ kg/cm}^2$$

9. ŞEV KAYMA TIPLERİ

Şev stabilite analizlerinde kayaçların kendilerine özgü mekanik ve yapısal özelliklerinin yanı sıra, çevre koşullarında etkisiyle farklı tipte süreksizlik düzlemleri boyunca oluşan kaymalarla karşılaşılabilir. Bu tip kaymalar şu başlıklarla sınıflandırılabilir (13).

9.1. Kama Tipi Kayma

Kama tipi kayma, tabakalanma düzlemleri, çatlaklar gibi kesişen iki süreksizlik düzleminde oluşan, kaya kamalanmalarının kaymasıdır. Düzlemsel kaymaya oranla daha çok görülür (şekil 9.1).

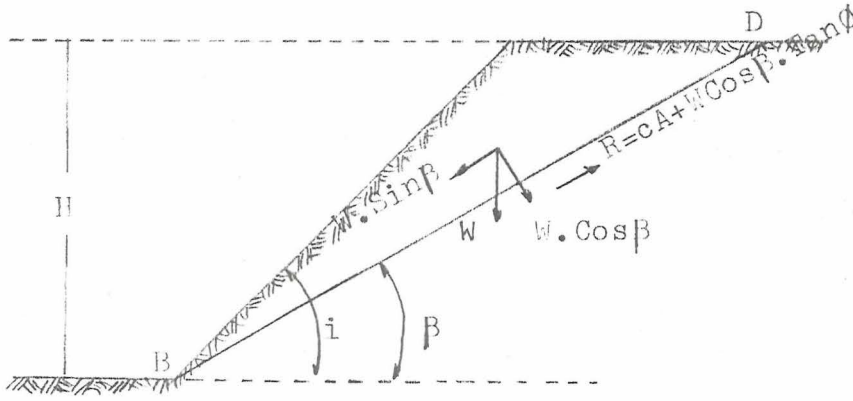


Şekil 9.1. Kama Tipi Kaymanın Üç Boyutlu Görünümü

9.2. Düzlemsel Kayma

Bu tür kaymalar şev hareketleri için gerekli tüm koşulları aynı anda içermemesi nedeniyle genellikle kaya şevlerinde az görülür. Ancak basit olduğu için diğer karmaşık tip şevle-

rin çözümünde kolaylaştırıcı bir rol oynadığı göz önüne alınarak, sık sık kullanılabilir ve çözüme yönelik yaklaşıma gidilebilir (şekil 9.2). Bu tür kaymalarda şev yüzeyi altından geçen ikinci bir eğimli süreksizlik düzlemi (BD) mevcuttur.



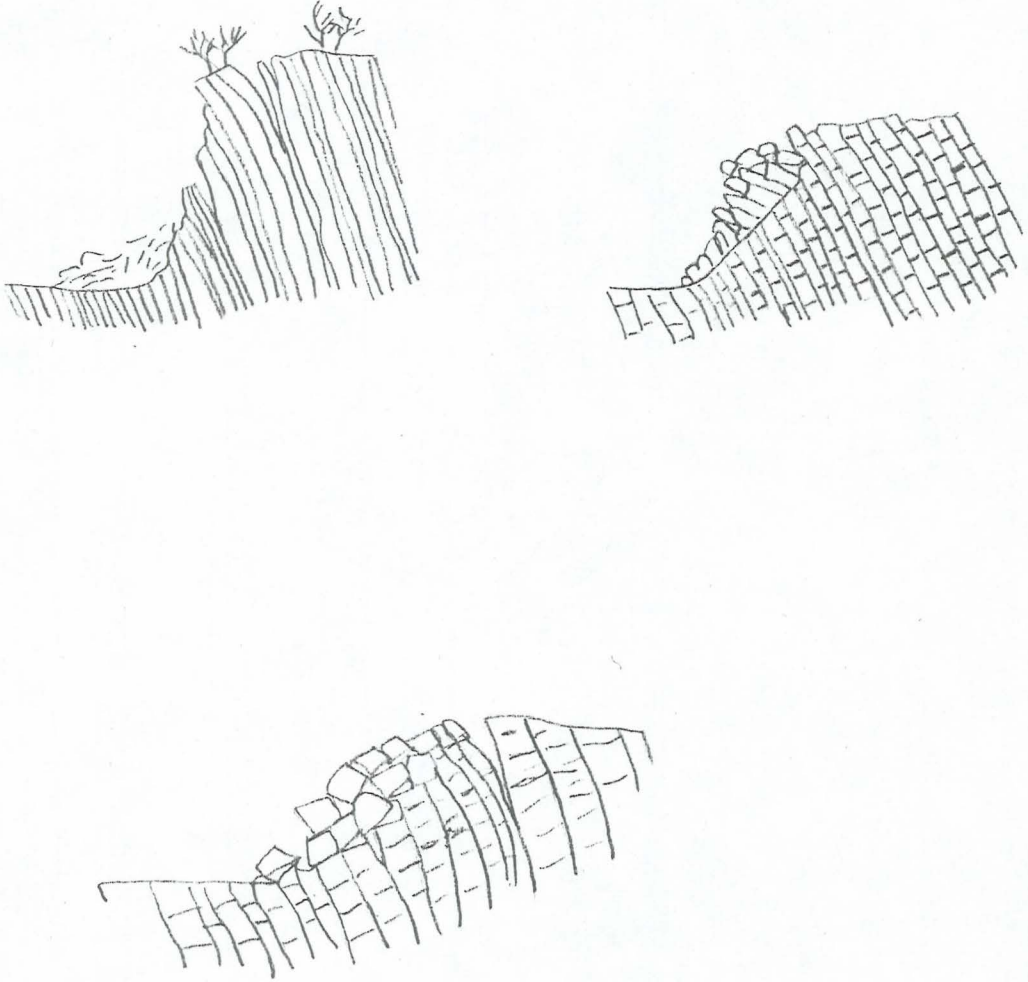
Şekil 9.2 Düzlemsel Kayma Gösteren Bir Kaya Şevi

9.3. Dairesel Kayma

Örtü tabakasının toprak çakıl ve kilden meydana geldiği veya bol kırıklı kayalardan oluşmuş sahalar ile bozulmanın fazla olduğu bölgelerde dairesel kayma görülür. Daha önceki kayma tiplerinde, bir ya da daha fazla süreksizlik düzlemi boyunca gözlenebilen kaymalar meydana gelmekteydi. Ancak dairesel kayma türünde belirgin bir yapısal süreksizlik görmek olanaksız olup kayma, açılan şevde kaymaya karşı en az dayanıklı noktalar boyunca oluşur (Hoek 1977). Bu tür kaymaların genellikle dairesel bir yüzey üzerinde cereyan ettiği görülmüştür. Şekil 9.3'de çeşitli tipteki dairesel kaymalar görülmektedir (13).

9.4. Devrilme

Vatımı şev içine doğru olan süreksizliklerin sütünsal bir yapı oluşturduğunu dik kaya şevlerinde olan bir yıkılma biçimidir. Devrilme türleri şekil 9.4'de gösterilmiştir (14).



Şekil 9.4 Kaya devrilme şekilleri

10. KIRKA BORAKS İŞLETMESİ HEYELAN BÖLGESİNDE KAYMA ANALİZİ

10.1. Kayma Cinsinin Belirlenmesi

Bölüm 6'da yapılan çalışmalar neticesinde kaymaların, cevherin üzerindeki kil formasyonlarında meydana geldiği ve kaymanın, dairesel kayma tipini gösterdiği görülmüş olup bu çalışmada dairesel tipi kayma analizi yapılarak aşağıda sunulmuştur.



Fotoğraf 10.1. Bölgedeki Kaymaların Genel Görünüşü



Fotoğraf No=10.2 Heyelan Bölgesi'nin Genel Görünüşü

10.2. Dairesel Tipi Kayma Analizi

Genellikle toprak, kil çakıl vb. gibi malzemeler ile yumuşak kayalarda açılan şevlerde, yay şeklinde bir kayma görülür. Bu tür kayma gösteren kayalarda mekanik özellikler, yapısal özellikler tarafından kontrol edilemez. Ayrıca, şevin açıldığı kayacı veya zemini oluşturan parçacıklar şevin boyutlarına göre çok küçük ve birbirlerine bağlı bulunmuyorlarsa, genel dairesel kayma koşulları ortaya çıkar. Son derece altere olmuş ve aşınmış kayalarda da bu tip kaymalar beklenir (13).

10.2.1. Dairesel Kayma Yönteminin Açıklanması

Bu yöntemin pratikte kolaylıkla kullanılabilmesini sağlamak amacı ile, aşağıda sıralanan varsayımlara dayanılarak, kayma diyagramları çizilmiştir.

a) Şevin açıldığı formasyon homojen yapıdadır.

b) Formasyonun kayma dayanımı, kohezyon c ve içsel sürtünme açısı ϕ arasında aşağıda verilen ilişki vardır.

$$\tau = c + \sigma \tan \phi$$

c) Kayma şev topuğundan geçen dairesel bir yüzeyde meydana gelir.

d) Şev aynasının üst yüzeyinde dik konumlu gerilim çatlakları oluşur.

e) Verilen şev geometrisi ve yeraltı su durumu için gerilim çatlaklarının ve kayma yüzeyinin konumları emniyet katsayısını minimum değere düşürecek şekildedir.

f) Değişik yeraltı su durumlarının analizleri yapılarak, neticeler çalışmada anlatılmıştır.

Şev stabilitesi hesaplamalarında, emniyet katsayısı aşağıdaki gibi ifade edilmektedir.

$$\text{Emniyet Katsayısı } F = \frac{\text{Kaymayı Önleyen Kuvvetler}}{\text{Kaymayı Başlatan Kuvvetler}}$$

Kaymayı başlatan kayma gerilimi τ ile gösterilerek;

$$\tau = \frac{c + \sigma \cdot \tan \phi}{F} \quad \text{olur.}$$

Kaymayı önleyici kuvvet; ile gösterilen normal gerilimin kayma yüzeyi boyunca olan dağılımına bağlıdır. Normal gerilim dağılımı bilinmediğinden, çözümü statik olarak belirsizleşen sorunun halledilebilmesi, bu dağılım için bir varsayım yaparak, bunun pratikte anlamlı neticeler verip vermediğini irdelemekle mümkün olur.

Frochlich tarafından şev emniyet katsayısına etkileri incelenen normal gerilim dağılımı, aynı araştırmacıya göre, tek bir noktaya toplanırsa; emniyet katsayısı alt sınıra ulaşır. Dağılım tek bir noktaya değil de, kayma yüzeyinin iki uç noktasına toplanırsa, bu kez emniyet katsayısı üst sınıra yaklaşır.

lambe ve Whitman yaptıkları araştırmalarda gerçek emniyet katsayısının alt sınıra yakın bir değerde olduğunu göstermişlerdir. Bu nedenle; burada normal gerilimin, kayma yüzeyi boyunca tek bir noktada toplandığı ve şev emniyet katsayısının alt sınıra yakın bir değer aldığı varsayılmıştır (10).

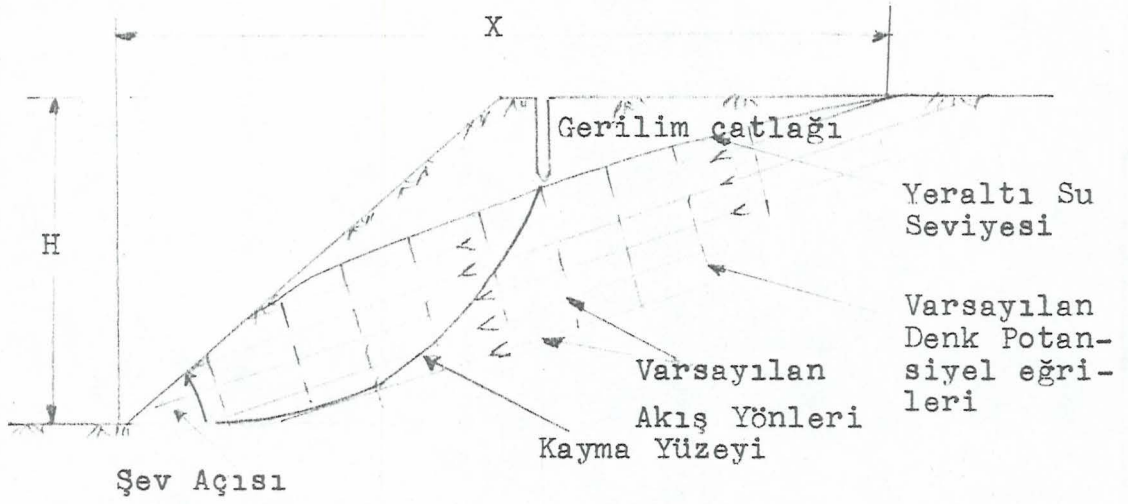
10.2.1.1. Yeraltı Su Koşulları İçin Yapılan Varsayımlar

Gerilim çatlakları ve kayma yüzeyindeki suyun kaldırıcı kuvvetini hesaplayarak, neticelerin bu çalışmada içerilmesi, ancak arazi şartlarına en uygun bir su durumunun varsayılması ile mümkün olur.

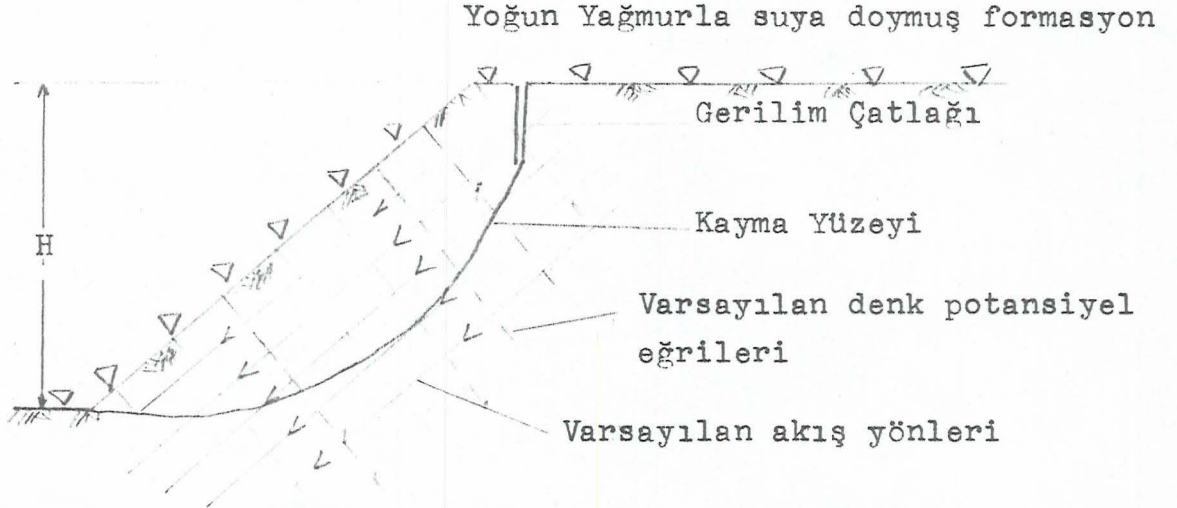
Şekil 10.1. düzenli su akış rejimi koşullarında bir şevdeki su basıncı dağılımının incelenmesinde kullanılan yaklaşımı göstermektedir. Burada göz önünde tutulması gereken nokta, yer altı su tablasının, şevin gerisinde ve şev üst yüzeyini, şev yüksekliğinin katları olarak ve şev topuğundan ölçülen belirli bir "X" uzaklığında kestiği varsayımdır. Özetle şekil 10.1 ve şekil 10.2 arazideki su akış şartlarını ve yeraltı suyunun değişik durumlarını göstermektedir.

10.2.1.2. Dairesel Kayma Diyagramlarının Kullanımı

Şekil 10.2'de 1'den 5'e kadar numaralanan yeraltı su durumu diyagramları, değişik yeraltı su koşullarını belirtmek-

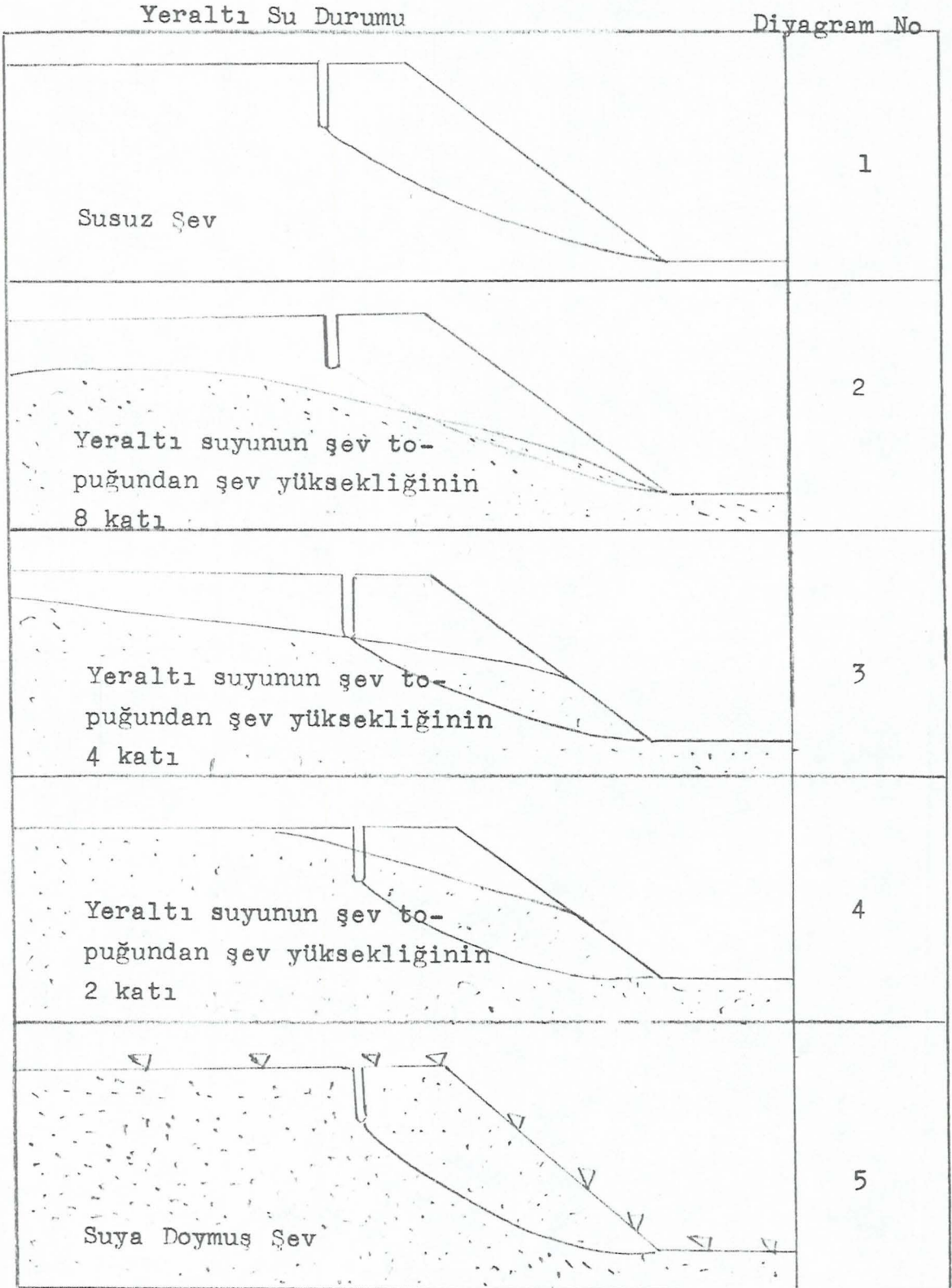


- A) Yeraltı suyunun yüzeye çıktığı durumun akım şeması Yeraltı su tablası yüzeyle, şev topuğundan X kadar uzaklıkta kesişmek ve X, şev yüksekliğinin H katı olarak tanımlanmaktadır.



- B) Yoğun yağmurla tümü ile suya doymuş bir şevde, yeraltı su akım şeması

Şekil 10.1. Zemin ve tumba edilmiş kaya şevlerinden oluşan dairesel kaymaların incelenmesinde kullanılan yeraltı su durumlarının tanımı



Şekil 10.2. Yeraltı Suyu Durumunun Şev İlişkisini Gösteren Kesitler

tedir. Sondaj çalışmaları yapılırken yeraltı suyunun davranışına ait değerler ölçülebilir. Hidrojeolojik etüt yapma olanağı yoksa, civardaki kaynaklar ve kuyular saptanarak su seviyesi konusunda bir yaklaşıma gidilebilir ve ölçekli bir kesit çizilerek şev ve su seviyesi bir arada gösterilir. Bundan sonra şu işlemler yapılır:

a) Emniyet katsayısı hesaplanacak olan şevin önceden çizilen şev geometrisi- su tablası kesitinden yararlanarak, şekil 10.2.'de hangi duruma uyduğu saptanır.

b) Formasyonun yoğunluğu " γ " ile gösterildiği

$$\frac{c}{\gamma \cdot H \cdot \tan \theta}$$

formülünde değerler yerine konarak birimsiz sonuç bulunur. Bulunan değer şekil 10.2.'deki kesit numarası ile uyuşan diyagramda şekil 10.(3-4-5-6-7)'de işaretlenir.

c) Diyagram (2)'de bulunan değer ile çalışılan şev açısına ait eğrinin kesim noktası tesbit edilir.

d) Diyagram(3)'te bulunan noktadan gidilerek $\tan \theta / F$ veya $c / (\gamma \cdot H \cdot F)$ değerleri okunur. Bu eşitlikten herhangi biri kullanılarak, emniyet katsayısı F hesaplanır. Kullanım yöntemi özet olarak şekil 10.8.'de verilmiştir.

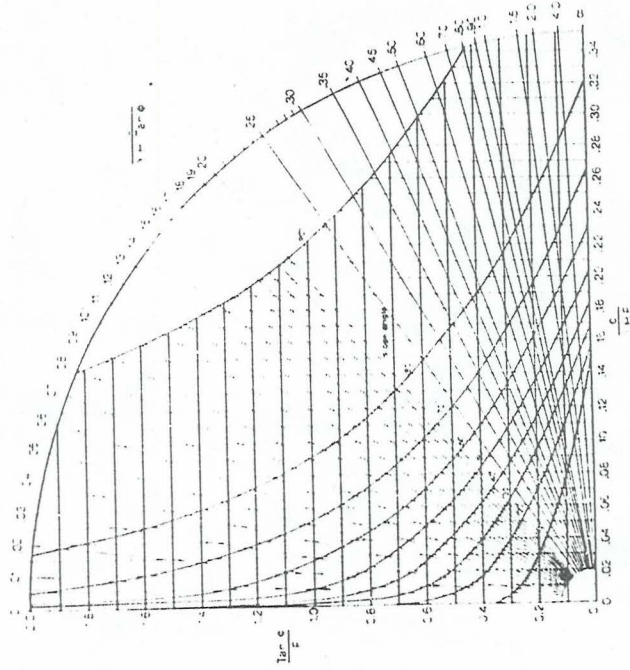
Başlangıçta F emniyet katsayısını seçerek yöntemin ters-ten kullanımıyla i şev açısı da saptanabilmektedir.

10.2.2. Yöntemin Kırka Boraks İşletmesi Açık Ocağı'na Uygulanışı

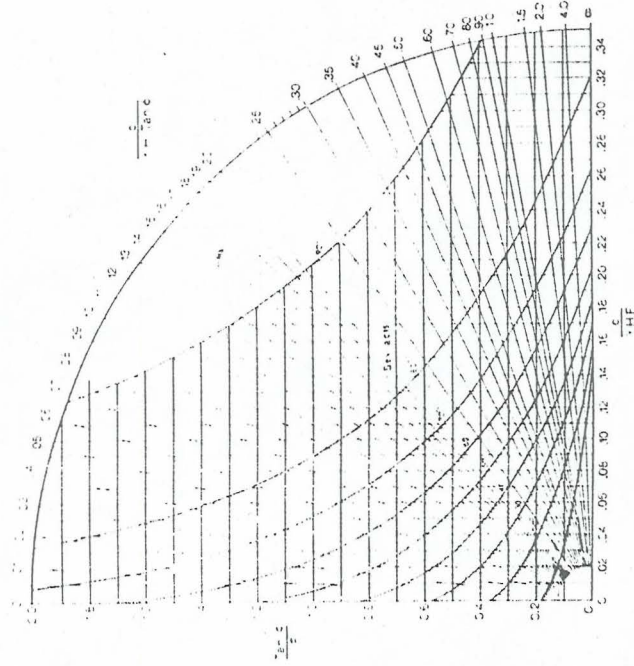
İşletme sahasının heyelan bölgesinde şev yüksekliği 20 Omt. civarında olup, bunun yaklaşık 160 mt'lik kısmı örtü, kalan kısım ise cevherli kısımdır.

1989 ve 1990 yıllarında yapılan heyelan malzemesini temizleme çalışmaları neticesinde daha önce 1160 kotundan az miktarda gelen yeraltı suyu, dekapaj çalışması ilerleyipte bir üst kotta geçildiğinde daha önce az miktarlarda olan yeraltı suyu yok denecek kadar azalma gösterip, bir üst kotta tutulabilmiştir. Dekapaj çalışmaları halen devam etmekte olup, bu çalışma-

Dairesel Kayma Diyagramı 2

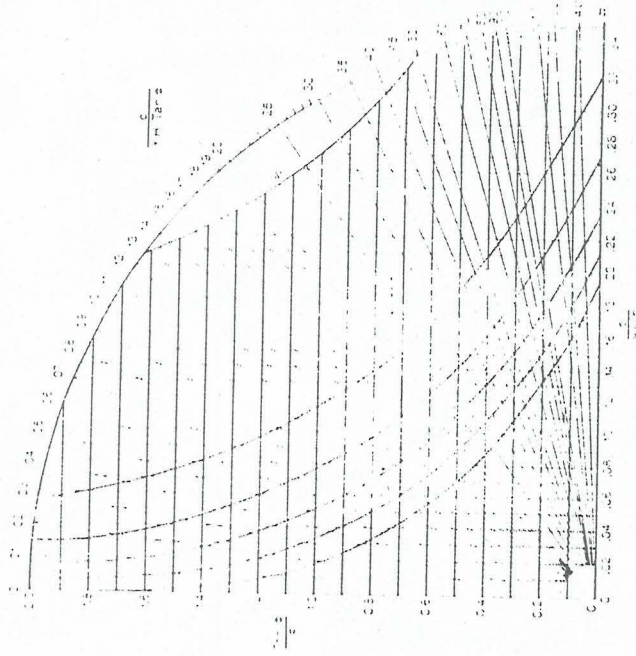


Dairesel Kayma Diyagramı 1

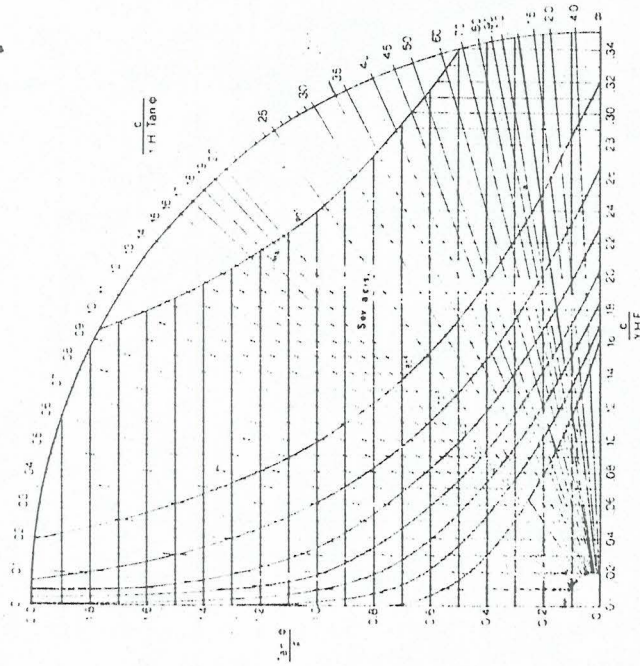


Sekil 10.3. Dairesel Kayma Diyagramı 1 Sekil 10.4 Dairesel Kayma Diyagramı 2

Dairesel Kayma Diyagramı 4



Dairesel Kayma Diyagramı 3



Sekil 10.5. Dairesel Kayma Diyagramı 3 Sekil 10.6. Dairesel Kayma Diyagramı 4

lar ilerleyip diğer üst katlara geçildiğinde yer altı suyunun bu kotlarda tutulabileceği tahmin edilmektedir. Bu gözlemler neticesinde ocak yeraltı su durumunun şekil 10.2.'de 3 no'lu diyagrama uyacağı sanılmaktadır.

Örtü tabakası olarak başlıca kalker, killi marn, ve kil formasyonları görülmüştür. Bu formasyonlar üzerinden alınan karot numunelerinin basma ve çekme dirençleri saptanıp, kohezyon ve iç sürtünme açılarına bakıldığında kil formasyonu, oldukça zayıf, dayanıksız bir malzeme olduğu görülmektedir. (Tablo 7.3.)

Formasyon : KİL

Şev Yüksekliği : 160 mt.

Kohezyon c : 6,4 kg/cm² = 64.000 kg/m²

İç sürtünme açısı: $\phi = 9^\circ$

Yoğunluk = 2.000 kg/m³

Şekil 10.2.'de 3 no'lu diyagram incelendiğinde;

$$\frac{c}{\gamma \cdot H \cdot \tan \phi} = \frac{64.000}{2000 \cdot 160 \cdot \tan 9^\circ} = 1,26 \text{ bulunur.}$$

$$\frac{c}{\gamma \cdot H \cdot \tan \phi} = 1,26 \text{ ve değişik şev açısı değerlerinin,}$$

dairesel kayma diyagramı 3'te (şekil 10.5.) bulunan $\tan \phi / F$ değeri ve ile hesaplanarak bulunan F emniyet katsayısı değerleri aşağıda tablo şeklinde verilmiştir.

Şev Açısı	$\tan \phi / F$	Hesaplanan F
20	0,10	1,58
30	0,11	1,43
40	0,12	1,32
50	0,14	1,13
60	0,15	1,05

F değeri 1,5—2 arasında bir değer alındığında şev açısının 20° nin altında bir değer olması gerektiği tavsiye edilmektedir.

11. SONUÇ

Kırka Boraks Açık İşletmesi heyelan bölgesinde yapılan şev duraylılığı analizi neticesinde F emniyet katsayısı 1,5-2 sınırları içinde emniyetli bir çalışma için gerekli olan ocak şev açısı için üst sınır 20° olarak bulunmuştur.

Ocak şev açısının 20° 'nin altında olması emniyet yönünden faydalıdır. Şevlerde kayma hareketlerinin olup olmadığı düzenli bir şekilde takip edilmesi, bunların değerlendirilmesi, kayma hareketinin arttığı ve işletme için tehlike arz ettiği zamanlarda gerekli müdahalenin yapılmasına imkan verebilir.

Açık işletmede gün geçtikçe dekapaj malzemesini dökmek için daha yaygın tumba alanlarına ihtiyaç duyulacaktır. Heyelan malzemesini alıp altında kalan cevheri kazanırken iç tumbalar yaratmak suretiyle tumba sahası elde edilebilir. Bunun için bölgeyi Doğu-Batı istikametinde panolara ayırıp, bir panoyu bitirdikten sonra diğer panonun örtüsünü cevheri alınmış olan panoya dökmek suretiyle iç tumbaların yaratılması fayda verebilir.

12. KAYNAKLAR DİZİNİ

1. BAYSAL Orhan, 1973, Kırka Borat Yataklarının Oluşumu, Türkiye Madencilik Bilimsel ve Teknik 3. Kongresi, Maden Mühendisleri Odası Yayını, 255 s.
2. ÇAKIR Orhan, Heyelanlar, G.L.İ. Yayını, 52 s.
3. ÇEÇEN Doğan, 1969, Bor Cevherleri ve Borun Çatımız ve Gelecekteki Önemi, Madencilik Dergisi Cilt VIII Sayı 1, Maden Mühendisleri Odası Yayını, 10 s.
4. ERGUVANLI Kemal, 1982, Mühendislik Jeolojisi, İ.T.Ü. Yayını, 36 - 171 s.
5. GAZENFER Sabahattin, 1973, Kaya Mekanığı ve Açık İş - letmelerde Şev Stabilitesi, Türkiye Madencilik Bilimsel Teknik 3. Kongresi, Maden Mühendisleri Odası Ya - yını, 371 s.
6. GÖKSU Ekrem, 1965, Mühendisler İçin Jeoloji, İ.T.Ü. Yayını.
7. GÖZPEKER Işık, 1973, Bor'un Kullanımı ve Tüketimi Ulu - sal Gelire Katkı Olanığı, Türkiye Madencilik Bilimsel ve Teknik 3. Kongresi, Maden Mühendisleri Odası Yayını, 313 s.
8. HALLS J.L. , 1981, Açık Ocak İşletmeciliğinin Temel E - konomisi 11, Madencilik Dergisi Özel Sayı, Maden Mühen - disleri Odası Yayını, 31 s.
9. İZDAR Erol- KÖKTÜRK Uğur, 1975, Türkiye Borat Yatakla - rının Jeolojisi ve Yeni Saha Potansiyelleri ile İlgili Bazı Görüşler, Türkiye Madencilik Bilimsel ve Teknik 4. Kongresi, Maden Mühendisleri Odası Yayını, 411 s.
10. HOEK Evert - BRAY John, 1977, Kaya Şev Stabilitesi, Maden Mühendisleri Odası Yayını.
11. ÖCAL Muammer, 1972, Açık İşletmeciliğin El Kitabı Cilt 1, Etibank Yayınları.
12. ÖCAL Muammer, 1974, Açık İşletmeciliğin El Kitabı Cilt 11, Etibank Yayınları .
13. ULUSAY Reşat, 1982 Şev Stabilitesi Analizlerinde Kulla - nılan Pratik Yöntemler ve Jeoteknik Çalışmalar, m.T.A Yayını.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam Ediyor)

14. ÖZGENOĞLU Abdurrahim, 1979, Kaya Şevlerinde Devrilme, Türkiye Madencilik Bilimsel ve Teknik 6. Kongresi, 18/1 s.
15. YALÇIN H, 1988, Kırka Yöresi Volkanosedimanter Oluşumlarının Minerolojik-Petrografik ve Jeokimyasal İncelenmesi, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 209 s.