

**ÇETİNKAYA-DİVRİĞİ (SİVAS) ARASINDAKİ TREN
YOLU GÜZERGAHI BOYUNCA ŞEV
DURAYLILIKLARININ ARAŞTIRILMASI VE
KİNEMATİK KONTROLLÜ OLASI DURAYSIZLIK
MODELİNİN ÜRETİLMESİ**

**Emek DERELİ
Yüksek Lisans Tezi**

**JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ UYGULAMALI JEOLOJİ
ANABİLİM DALI**

Temmuz 2010

T.C.
CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
SİVAS

**ÇETİNKAYA-DİVRİĞİ (SİVAS) ARASINDAKİ TREN YOLU GÜZERGAHI
BOYUNCA ŞEV DURAYLILIKLARININ ARAŞTIRILMASI VE KİNEMATİK
KONTROLLÜ OLASI DURAYSIZLIK MODELİNİN ÜRETİLMESİ**

Yüksek Lisans Tezi

Emek DERELİ

Danışman: Prof.Dr. Işık YILMAZ

Temmuz – 2010

SİVAS

Bu çalışma Cumhuriyet Üniversitesi Fen/Sağlık Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanmış ve jürimiz tarafından Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan

Prof. Dr. Işık YILMAZ

Üye

Doç. Dr. Kazım GÖRGÜLÜ

Üye

Yrd. Doç. Dr. T. Fikret SEZEN

ONAY

Bu tez çalışması, .../.../..... tarihinde Enstitü Yönetim Kurulu tarafından belirlenen ve yukarıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Sezai ELAGÖZ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

Bu tez, Cumhuriyet Üniversitesi Senatosunun 05.01.1984 tarihli toplantısında kabul edilen ve daha sonra 30.12.1993 tarihinde C.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğünce hazırlanan ‘‘Yüksek Lisans ve Doktora Tez Yazım Kılavuzu’’ adlı yönergeye göre hazırlanmıştır.

ÖZET**Yüksek Lisans Tezi****ÇETİNKAYA-DİVRİĞİ (SİVAS) ARASINDAKİ TREN
YOLU GÜZERGÂHI BOYUNCA ŞEV
DURAYLILIKLARININ ARAŞTIRILMASI VE
KİNEMATİK KONTROLLÜ OLASI DURAYSIZLIK
MODELİNİN ÜRETİLMESİ****Emek DERELİ****Cumhuriyet Üniversitesi****Fen Bilimleri Enstitüsü****Jeoloji Mühendisliği Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı****Danışman: Prof.Dr. Işık YILMAZ**

Bu çalışmada; Sivas havzasının güney kenarında Çetinkaya - Divriği arasındaki demir yolu güzergâhında yer alan kaya şevlerinin kinematik kontrollü şev duraysızlıkları açısından incelenmesi amaçlanmıştır. Amaca yönelik olarak yapılan çalışmalar; arazi, laboratuvar ve büro çalışmaları olmak üzere üç aşamada gerçekleştirilmiştir. Arazi çalışmalarında; yarmaların yer aldığı jeolojik birimler tanımlanmış, kaya kütlesi özelliklerini belirlemeye yönelik eklem ölçümleri ve tanımlanmaları yapılmış, kayaların jeomekanik özelliklerini belirleyebilmek için gerekli kaya numuneleri toplanmıştır.

Lokasyonlardaki gözlemler, söz konusu şevlerin duraylılıklarının eklemler tarafında kontrol edileceği gerçeğini göstermiştir. Bu nedenle şevlerin duraylılığı özellikle kinematik açıdan değerlendirilmiştir. Çalışma kapsamında ilk olarak inceleme alanında yer alan kaya şevlerinin de içerisinde yer aldığı kaya kütleleri süreksizlikler açısından değerlendirilmiştir. Söz konusu süreksizlikler saha çalışmaları sırasında ölçülen aralık, devamlılık, açıklık, yüzey pürüzlülüğü, dolgu malzemesi, su durumu, sürtünme açısı ve eklem yüzeyi dayanımı özellikleri bakımından incelenmiştir. Daha sonra arazi çalışmaları sırasında elde edilen süreksizlik yönelimleri stereografik izdüşüm tekniği ile değerlendirilmiştir. Elde edilen verilerin değerlendirilmesi sonucunda; kaya kütlelerinde üç hakim eklem seti belirlenmiş ve bu eklemlerin genel olarak “yakın” aralıklı, “orta” devamlı, “orta-geniş” açıklığa sahip, “dalgalı pürüzlü” ve “orta bozunmuş” özelliklere sahip oldukları tesbit edilmiştir. Eklemlerdeki dolgu malzemesi genel olarak kalınlıkları 2.5-10 mm arasında değişen kalsit dolgu olarak gözlenmiş olmakla birlikte, dolgu malzemesi özellikle bozunmanın daha fazla olduğu yüzey ve yüzeye yakın seviyelerde ise kil dolgu olarak gözlenmiştir. Süreksizliklerde elde edilen sürtünme açıları ise 20 ile 40 arasında değişen değerler olarak belirlenmiştir. RMR sınıflama sistemi kullanılarak yapılan değerlendirme sonuçlarına göre; çalışma alanındaki kaya kütleleri zayıf kayadan orta kayaya kadar değiştiği belirlenmiştir.

Çalışma alanındaki kaya şevlerinin duraylılıkları kinematik analizlerle değerlendirilmesi sonucunda, düzlemsel, kama ve devrilme gibi farklı duraysızlık türlerinin gelişebileceği olası şev yönelimleri ve lokasyonları belirlenmiştir. Gerçekleştirilen kinematik analizler, çalışma alanındaki kaya şevlerinin potansiyel duraysızlıklarının genel olarak KD-GB ve KB-GD olmak üzere iki yönde söz konusu olduğunu göstermiştir. Bu incelemelere göre düzlemsel, kama ve devrilme türü duraysızlıklar için kritik şev eğimleri sırasıyla 65° , 52° ve 50° dir. Çalışmaların son aşamasında; olası şev duraysızlığı bölgeleri haritalanarak, tren yolu güzergâhı boyunca heyelana duyarlı alanlar öngörülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Demiryolu güzergâhı, kaya kütlesi, kinematik, süreksizlik, şev duraylılığı.

SUMMARY**M. Sc. Thesis****KINEMATIC EVALUATION OF STABILITIES OF ROCK SLOPES IN ÇETİNKAYA-DİVRİĞİ
(SİVAS) RAILWAY LINE****Emek DERELİ****Cumhuriyet Üniversitesi****Graduate School of Natural and Applied Sciences****Department of Geological Engineering****Supervisor: Prof.Dr. Işık YILMAZ**

This study aims to determine the potential slope stability problems, kinematically controlled rock slopes along the railway line between Çetinkaya and Divriği at the south of Sivas basin. The investigation comprised three stages: field and office works and laboratory testing. Initially rock masses where the slopes take place were identified geologically, joints were then evaluated by means of Rock Mass Classification and kinematic slope instabilities. Thereafter, fresh rock samples were obtained from various representative locations and geo-mechanical properties of rock samples were determined by means of laboratory testing.

Field observations showed that stability of the slopes are mainly controlled by joint systems in the rock masses. That's why slope stabilities were evaluated kinematically. Discontinuities in the rock masses having slopes considered were evaluated according to their separation, aperture, continuity, roughness, fill material in it, water condition, friction angle and joint surface alteration. Orientations of discontinuities were then determined by means of stereographic projection method and three main joint sets were obtained. The results obtained from the evaluation of joints indicated that they can be classified as; moderately continuous and having tight aperture, wavy and rough surfaces, moderate-wide aperture, moderately altered surfaces. Fill materials in the joints were widespreadly calcite having a thickness of 2.5-10 mm, but fillings were observed as clay in surface and depth near to surface where the alteration is relatively high. Internal friction angle of joints varies from 20° to 40°. Rock masses were classified as; "poor-fair rocks" according to RMR Rock Mass Classification System.

Slope stabilities in the study area were evaluated by means of kinematic analyses and potential directions and locations for different instabilities such as planar, wedge and toppling were determined. Kinematic analyses showed that the potential slope instabilities of rock slopes in the study area are in two main directions of NE-SW and SW-NE. Critical slope angles for planar, wedge and toppling failure are respectively 65°, 52° and 50° for appropriate direction of slope. As a last stage of the study, potential slope instability regions were mapped, and susceptible areas to failure were proposed along the railway line.

Keywords: *Railway line, rock mass, kinematic, discontinuity, slope stability.*

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans tez çalışmalarında tez süresi boyunca değerli görüş ve yapıcı eleştirileri ile beni yönlendiren ve her aşamada bana destek olan değerli hocam Prof.Dr. Işık YILMAZ' a çok teşekkür ederim.

Ayrıca çeşitli konularda yardım ve destek aldığım; Araş. Gör. İnan KESKİN' e, arazi çalışmalarım sırasında yardımcı olan ve çeşitli konularda yardım aldığım Jeo. Yük. Müh. Mustafa YILDIRIM' a, çalışmalarım sırasında destek sağlayan C.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığı' na ve tez süresi boyunca bana maddi ve manevi desteklerini eksik etmeyen aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

Özet	i
Summary	iii
Teşekkür	iv
İçindekiler	v
Şekiller Dizini	vii
Çizelgeler Dizini	viii
1. GİRİŞ	1
1.1. Bölgenin Tanıtımı.....	2
1.2. İklim ve Bitki Örtüsü	3
1.3. Coğrafik Durum ve Ulaşım	7
1.4. Önceki Çalışmalar	9
2. JEOLJİ	12
2.1. Bölgesel Jeoloji	12
2.2. Stratigrafik Jeoloji	12
2.2.1. Görelî otokton kayalar.....	13
2.2.1.1. Munzur kireçtaşı.....	13
2.2.2. Allohton kayalar	15
2.2.2.1. Yeşiltaşayla karışığı.....	15
2.2.2.2. Güneş ofiyoliti	16
2.2.3. Örtü birimleri.....	17
2.2.3.1. Savaş formasyonu	17
2.2.3.2. Güneyevler formasyonu	18
2.2.3.3. Divriği granitoidleri.....	19
2.3. Tektonik.....	20
2.3.1. Paleotektonik dönem yapıları.....	20
2.3.2. Neotektonik dönem yapıları	21
3. ÇALIŞMA ALANINDAKİ KAYA KÜTLELERİNİN MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİ	22
3.1. Süreksizlikler ve Özellikleri	23
3.1.1. Yönelim ve eklem sayısı	23
3.1.2. Süreksizliklerin aralığı	25
3.1.3. Süreksizliklerin devamlılığı	26
3.1.4. Süreksizliklerin açıklığı.....	28
3.1.5. Süreksizliklerin pürüzlülüğü ve dalgalılığı	30
3.1.6. Süreksizlikde dolgu malzemesi	33

3.1.7. Süreksizlik yüzeyi dayanımı ve bozunma	34
3.2. RQD (Kaya kalite belirteci) Belirlenmesi	35
3.3. Kayaların Mekanik Özellikleri	36
3.4. Kaya Kütlelerinin Sınıflaması (RMR).....	38
4. KAYA ŞEVLERİNİN DURAYLILIĞININ KİNEMATİK ANALİZİ	41
4.1. Düzlemsel Duraysızlık Modeli	44
4.2. Kama Türü Duraysızlık Modeli.....	45
4.3. Devrilme Türü Duraysızlık Modeli	46
5. CBS ORTAMINDA POTANSİYEL DURAYSIZLIK HARİTALARININ ÜRETİLMESİ.....	48
5.1. Düzlemsel Yenilme Olasılığı Olan Yerler.....	49
5.2. Kama Tipi Yenilme Olasılığı Olan Yerler	49
5.3. Devrilme Türü Yenilme Olasılığı Olan Yerler.....	51
6. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR	55
7. YARARLANILAN KAYNAKLAR.....	59

Şekil 1.1. Türkiye yıllık ortalama yağış dağılımı (1960–2000) ve çalışma alanının durumu	5
Şekil 1.2. Türkiye'nin toplam buharlaşma haritası ve çalışma alanının durumu	6
Şekil 1.3. Türkiye'nin SPI Metodu ile yapılmış Meteorolojik kuraklık ve çalışma alanının durumu	6
Şekil 1.4. Çalışma alanının yer bulduru haritası	8
Şekil 2.1. İnceleme alanının genel jeoloji haritası (Yılmaz ve Yılmaz (2004)' ten denştirilerek	14
Şekil 2.2. Güneyevler formasyonuna ait marnlar	19
Şekil 3.1. Doğrultu, eğim ve eğim yönü kavramlarını gösteren blog diyagram	24
Şekil 3.2. Süreksizlik düzlemlerinin devamlılıklarını gösteren örnekler (ISRM, 2007).....	26
Şekil 3.3. İnceleme alanındaki süreksizliklerin devamlılıkları	27
Şekil 3.4. Açık ve dolgulu süreksizlikler için önerilen tanımlamaları gösteren blok diyagramlar (ISRM, 2007).....	28
Şekil 3.5. İnceleme alanındaki açıklıklar	30
Şekil 3.6. Değişik ölçekteki makaslama deneyleri için kullanılan farklı boyutlarda pürüzlülük profilleri. (ISRM, 2007)	31
Şekil 3.7. Süreksizlik yüzeyinde pürüzlülük ve dalgalılığın ölçümü (Ulusay, 2001)	32
Şekil 3.8. Tipik Pürüzlülük profilleri ve önerilen terimler. Profil uzunlukları 1-10 metre arasındadır. Düşey ve yatay ölçekler aynı alınmıştır (ISRM, 2007).....	32
Şekil 3.9. Pürüzlülük açısı ölçüm metodu.....	33
Şekil 3.10. RQD çalışması yapılan kaya kütleindeki eklemlerin durumu	36
Şekil 4.1. Eklem setlerine ait kontor diyagramı ve ana eklem setleri	43
Şekil 4.2. Düzlemsel kayma için geometrik koşullar	44
Şekil 4.3. Düzlemsel kaymanın stereonet üzerinde gösterimi (Yılmaz, 2007' den)	45
Şekil 4.4. Kama tipi kaymanın stereonet üzerinde gösterimi (Yılmaz, 2007' den)	46
Şekil 4.5. Kama tipi kaymanın geometrisi	46
Şekil 4.6. Devrilmenin gerçekleşmesi için model.....	47
Şekil 4.7. Devrilmenin stereonet üzerinde gösterimi (Yılmaz, 2007' den).....	47
Şekil 5.1. Düzlemsel yenilme olasılığı olan yerler.....	50
Şekil 5.2. Kama Tipi yenilme olasılığı olan yerler	52
Şekil 5.3. Devrilme türü yenilme olasılığı olan yerler	54

ÇİZELGELER DİZİNİ**Sayfa No**

Çizelge 1.1. Sivas bölgesinin sıcaklık, ort. Güneş alma, ort. Yağışlı gün sayısına ait istatistiki veriler..	4
Çizelge 1.2. Çalışma alanının yıllık toplam yağış verileri	5
Çizelge 3.1. Süreksizlik aralık sınıflaması (ISRM, 2007).....	26
Çizelge 3.2. Süreksizlik devamlılığının sınıflanması (ISRM, 2007).....	28
Çizelge 3.3. Süreksizliklerin açıklık sınıflaması (ISRM, 2007).....	29
Çizelge 3.4. Süreksizliklerin pürüzlülük ve dalgalılık sınıflaması (ISRM, 2007)	31
Çizelge 3.5. Schmidt çekici değerlerine göre bozunma derecesi	35
Çizelge 3.6. RQD sınıflaması (ISRM, 2007)	35
Çizelge 3.7. Kayaların tek eksenli basınç deneyleri.....	37
Çizelge 3.8. Kayaların birim hacim ağırlıkları.....	37
Çizelge 3.9. Serbest basınç sınıflaması Deer Ve Miller., (1966)	37
Çizelge 3.10. Jeomekanik kaya kütle sınıflaması (RMR) (Bieniawski, 1989'dan) Sınıflama parametreleri ve dereceleri	39
Çizelge 3.11. Çalışma alanındaki kaya kütlelerinin RMR puanlamaları	40
Çizelge 3.12. Jeomekanik kaya kütle sınıflaması (RMR) (Bieniawski, 1989'dan) kaya sınıfı	40
Çizelge 3.13. Jeomekanik kaya kütle sınıflaması (RMR) (Bieniawski, 1989'dan)	40
Çizelge 5.1. 3. - 2. eklem setine bağlı kamasal yenilmeler	49
Çizelge 5.2. 1. - 3. eklem setine bağlı kamasal yenilmeler	51

1. GİRİŞ

Demiryolları geçmişte olduğu gibi günümüzde de ulusal taşımacılık sistemlerinde önemli rol oynamaktadır. Demiryolu güzergâhlarının yer koşullarından yararlanma fırsatlarının az olduğu yerlerde jeolojik koşulların etkisi çok önemlidir. Demiryolları ile ilgili işin hayati bir yönü ray desteğidir. Başka bir ifadeyle, temel ve dolguların dinamik davranışı için zemin-yapı etkileşimi de çok önemlidir. Fakat bu tez kapsamında şevlerin demiryolu üzerine etkisi araştırılmıştır.

Bölge deprensellik açısından hareketli ise kaya malzemesindeki süreksizliklerin etkisi ile kaya düşmeleri, heyelanlar veya moloz akmaları meydana gelebilmektedir. Demiryolları boyunca bu tür tehlikelerin bulunduğu alanların belirlenmesi ve mümkün olan yerlerde stabilizasyon ya da koruma önlemlerinin alınması gerekir. Bu önlemler şev geometrisi değiştirilerek, şevler güçlendirilerek alınabileceği gibi istinat yapılarının ve bitki örtüsünün kullanılması veya yamaç yükünün azaltılması ve drenajın kullanılması gibi değişik çözümler içerebilir (Bell, 2006).

Bu çalışma; Sivas havzasının güney kenarında Çetinkaya - Divriği arasındaki demiryolu güzergâhında yer alan tehlike oluşturabilecek kırıklı ve çatlaklı kaya şevlerinin mühendislik ve süreksizlik özellikleri belirlenerek bu yamaçların kinematik kontrollü şev duraysızlıkları açısından incelenmesi amacı ile yapılmıştır. Bu amaca yönelik olarak yapılan çalışmalar; arazi, laboratuvar ve büro çalışmaları olmak üzere üç aşamada gerçekleştirilmiştir.

Arazi çalışmalarında; yarmaların yer aldığı jeolojik birimler tanımlanmış, kaya kütlesi özelliklerini belirlemeye yönelik süreksizlik ölçümleri ve tanımlanmaları yapılmış, kayaların jeomekanik özelliklerini belirleyebilmek için gerekli kaya numuneleri toplanmıştır. Zemin niteliğindeki bazı birimlerden ise ayrıca örnekleme yapılmıştır. Araziden getirilen kaya ve zemin numuneleri laboratuvarda dayanım ve indeks deneyleri yapılmak üzere hazırlanmış, zeminlerin makaslama dayanımı parametrelerini belirlemek üzere gerekli deneyler uluslararası standartlara uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın son aşamasında ise; arazi ve laboratuvar çalışmaları ile elde edilen veriler, büro çalışmaları sırasında bilgisayar programları ile değerlendirilmiş ve yol boyunca meydana gelebilecek kaya kütlesi kinematik kontrollü şev duraysızlık modelleri belirlenerek elde edilen sonuçlar tartışılmıştır.

Bölgede bulunan kaya kütlelerindeki süreksizlikler ISRM (2007)' e göre değerlendirilmiş olup; yapılan ölçüm ve gözlemlerin ışığında; süreksizliklerin yönelim ve takım sayısı, aralıkları, devamlılıkları, açıklıkları, yüzey pürüzlülükleri, dolgu malzemesinin cinsi, su durumu ve eklem yüzeyi dayanımından oluşan çeşitli parametreleri belirlenmiştir.

İnceleme alanında yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen verilere göre süreksizlikler; genellikle "yakın derecede aralıklı, Orta derecede devamlı, Ortageniş açıklıklı, dalgalı pürüzlü ve orta bozunmuş" özelliktedir. Süreksizliklerde genel olarak kalınlıkları 2,5-10 mm arasında değişen kalsit dolgu, bozunmanın fazla olduğu yüzey ve yüzeye yakın seviyelerde ise kil dolgu gözlenmektedir.

Çalışma alanındaki kaya kütlelerinin RQD (%)' lerinin belirlenmesi amacıyla söz konusu yarmalarda RQD ölçümleri yapılmıştır. Yapılan ölçümlerden elde edilen veriler Deere, (1968) tarafından önerilen RQD sınıflandırılmasına göre kaya kütleleri "Zayıf" olarak değerlendirilmiştir. Kaya kütle sınıflamasında kullanılmak üzere elde edilen bu veriler Bieniawski (1989)'e göre değerlendirilerek, RMR puanlaması yapılmış ve kaya kütleleri zayıf kayadan orta kayaya kadar değiştiği belirlenmiştir.

1.1. Bölgenin Tanıtımı

Çalışma alanı Çetinkaya'dan Divriği'ne doğru topoğrafik olarak en düşük kot olan sırasıyla Karaboğaz Çayı, Kurtler Çayı, Tatlı Çayı ve Çaltı Çayına paralel biçimde tren yolu güzergâhının iki yanındaki yarmalar boyunca devam etmektedir. Çalışma alanının içinde bulunduğu Sivas'ın Divriği ilçesi yukarı Fırat havzasının İç Anadolu sınırı yakınında Sivas İlinin güneydoğusunda yer alır. İlçe, Fırat Nehri'nin bir kolu olan Çaltı çayı vadisi kenarında dar bir ova içinde kurulmuştur. İlçenin yüzölçümü 2781,56 km² lik bir alanı kaplar. Doğusunda İliç ve Kemaliye, batısında Kangal, kuzeyinde İmranlı ve Zara, güneyinde Arğuvan, Arapkir, Hekimhan İlçeleri ile çevrilidir.

Divriği çok dağlık bir bölgeyi içine almaktadır. Dağlar arasında dik ve derin vadilerde Fırat'ın küçük kolları akmaktadır. Yüksekliği deniz seviyesinden ortalama 1225 metredir. Yüksek dağlarla çevrili olması ulaşımında zorluklar meydana getirir. İlçenin dış bağlantısı belli bazı geçit ve yollarla mümkün olmaktadır.

1.2. İklim ve Bitki Örtüsü

İlçede genellikle karasal iklim özellikleri görülür. Kışları çok karlı ve soğuk, yazları sıcak ve kurak geçer. İlçenin bazı dağlarında Meşe, Ardıç ve Çam türü seyrek orman alanları mevcuttur.

Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü' den alınan verilere göre son 33 yıldaki en yüksek sıcaklık Temmuz ayında 40°C en düşük sıcaklık ise Şubat ayında $-29,6^{\circ}\text{C}$ ölçülmüştür. Bölgeye düşen en çok yağış $58,7\text{ kg/m}^2$ ile Nisan ayında en az yağış ise $4,9\text{ kg/m}^2$ ile Ağustos ayında olmuştur. Yıllık ortalama yağış $389,3\text{ kg/m}^2$ ile Türkiye ortalamasının alt sıralarında yer almaktadır. Yıllık ortalama sıcaklık ise 8°C dir (DMİ 2010).

Çalışma alanı Sivas'a 155 km uzaklıktadır. Bölge iç Anadolu bölgesinin tipik karakteristik iklim özelliklerini yansıtmaktadır. İlçede Karasal iklim özellikleri görülür. Kışları çok karlı ve soğuk, yazları sıcak ve kurak geçmekle birlikte yaz-kış ve gece-gündüz sıcaklık farkları oldukça yüksektir.

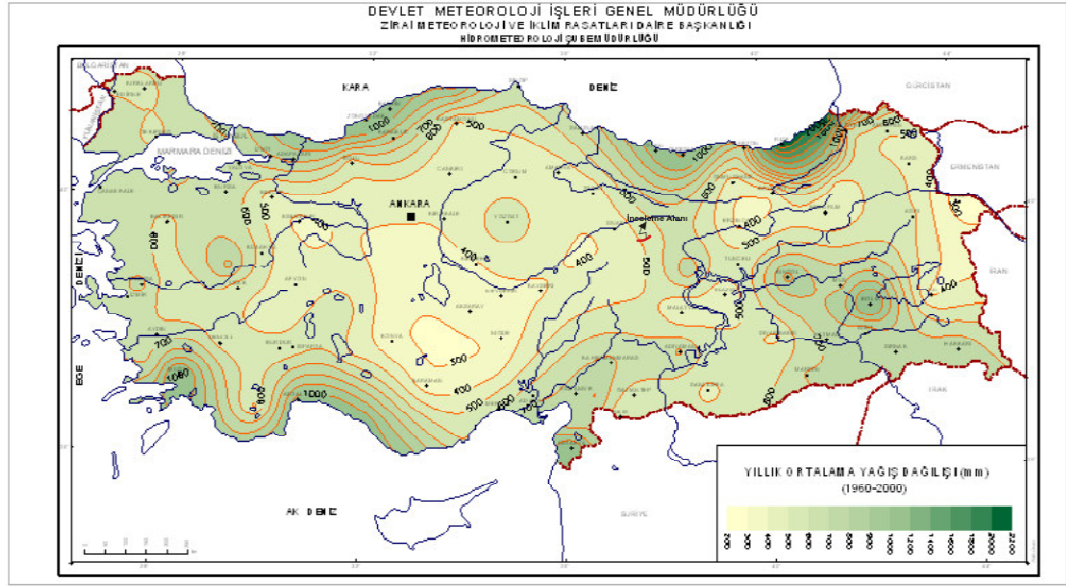
Çalışma alanı içerisinde, Meteoroloji istasyonu bulunmayıp en yakın istasyon olan Sivas istasyonu verileri kullanılarak yaklaşım yapılmıştır. Bölgede Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından 1975- 2008 yılları arasında yapılan ölçümlerin ortalamasına göre; sıcaklıklar aylara göre değişiklikler göstermekle birlikte en yüksek sıcaklık Temmuz ayında 40°C en düşük sıcaklık ise Şubat ayında $-29,6^{\circ}\text{C}$ olarak ölçülmüştür. Ortalama sıcaklıkların ise Temmuz ve Ağustos aylarında $20-21^{\circ}\text{C}$ arasında olduğu görülmektedir (Çizelge 1.1). Çalışma alanına düşen Yıllık ortalama yağış 1971-2000 yılları arasında $389,3\text{ kg/m}^2$ olmakla birlikte en çok yağış miktarı Nisan ayında $58,7\text{ kg/m}^2$ en az yağış ise $4,9\text{ kg/m}^2$ ile Ağustos ayıdır (Şekil 1.1, Çizelge 1.2).

Bölgenin Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından yapılan 29 yıllık açık yüzey buharlaşma çalışmaları verilerine göre buharlaşmanın en çok Mayıs-Ekim ayları arasında olduğu ve toplam buharlaşma miktarının ortalama 1000-1250 mm arasında değiştiği bilinmektedir (Şekil 1.2).

Çizelge 1.1. Sivas bölgesinin Sıcaklık, Ortalama güneş alma, Ortalama yağışlı gün sayısına ait istatistiki veriler.

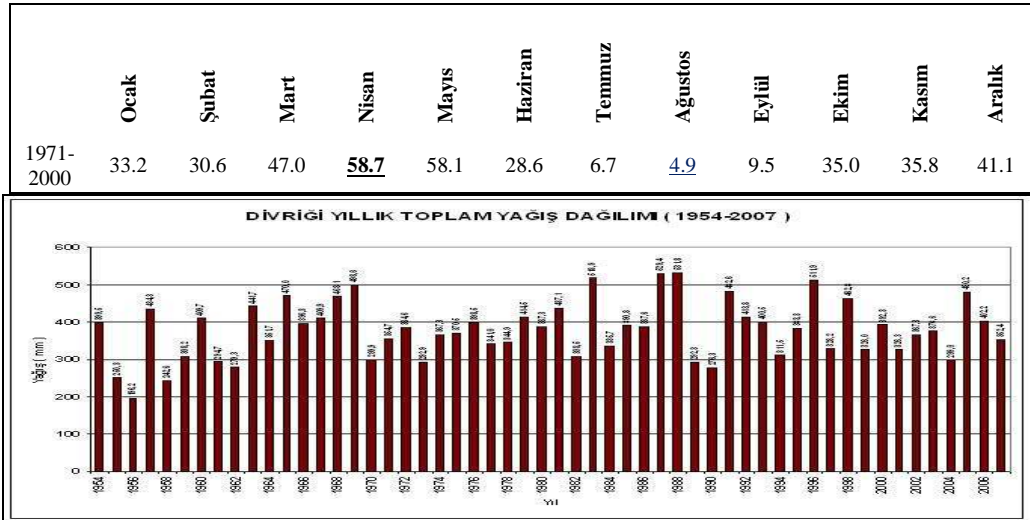
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen Ortalama Değerler (1975 - 2008)												
Ort. Sıcaklık (°C)	-3.2	-2.2	2.7	9.2	13.4	17.1	20.3	20.1	16.3	10.7	4.3	-0.7
Ort. En Yüksek Sıcaklık (°C)	0.9	2.3	7.9	15.4	19.8	23.8	28.0	28.3	24.7	18.2	10.0	3.3
Ort. En Düşük Sıcaklık (°C)	-7.0	-6.2	-2.0	3.7	7.3	10.0	12.4	12.1	8.6	4.5	-0.4	-4.2
Ort. Güneş Alma Süresi (Saat)	2.3	3.4	4.9	6.1	8.0	10.5	11.9	11.5	9.7	6.4	3.8	2.1
Ort. Yağışlı Gün Sayısı	12.5	11.9	13.3	14.4	14.4	8.5	3.4	2.6	4.6	7.8	9.6	12.3

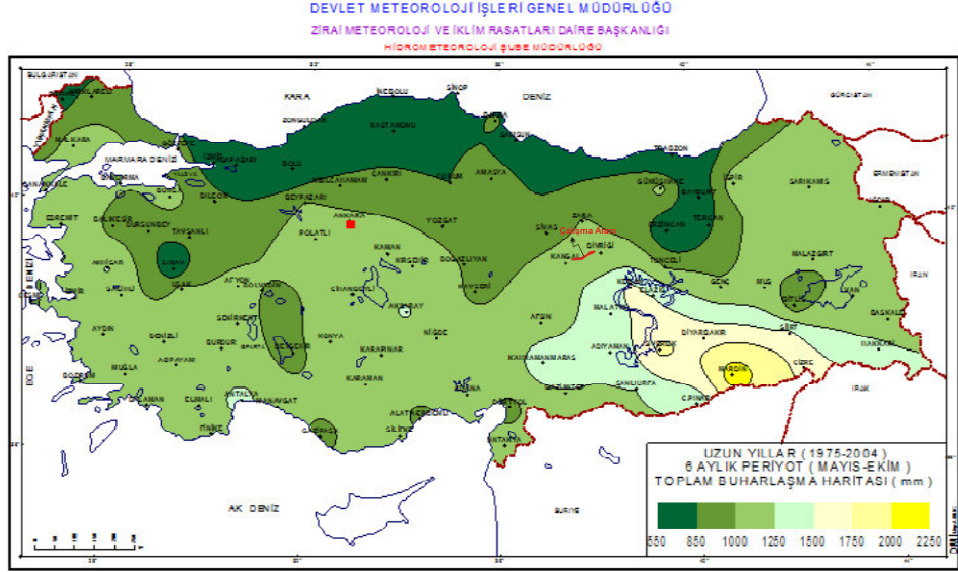
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen En Yüksek ve En Düşük Değerler (1975 - 2008)												
En yüksek Sıcaklık (°C)	14.0	17.3	24.9	27.8	32.0	33.8	40.0	38.2	34.2	30.3	22.8	16.0
En Düşük Sıcaklık (°C)	-24.8	-29.6	-27.6	-8.7	2.0	1.0	4.8	4.0	-0.6	-5.8	-21.0	-27.0



Şekil 1.1. Türkiye yıllık ortalama yağış dağılımı (1960–2000) ve çalışma alanının durumu.

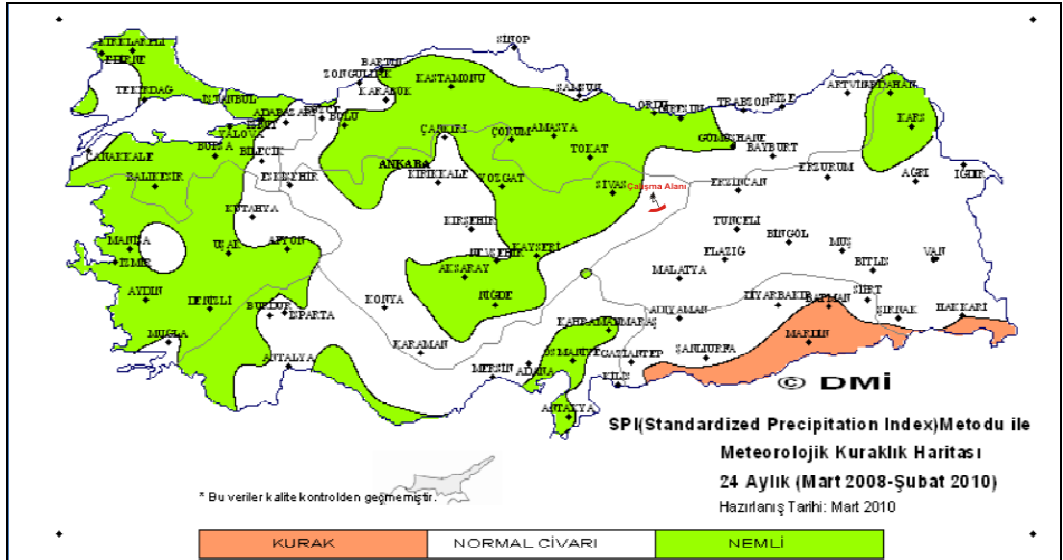
Çizelge 1.2. Çalışma alanının Yıllık toplam yağış verileri.





Şekil 1.2. Türkiye'nin toplam buharlaşma haritası ve çalışma alanının durumu.

Bölgedeki Meteoroloji Genel Müdürlüğünün SPI (Standardized Precipitation Index) Metodu ile yaptığı meteorolojik kuraklık analizi çalışmaları verilerine göre, Mart 2008-Şubat 2010 ayları arasında inceleme alanının kuraklık durumunun normal civarı olduğu bilinmektedir (Şekil 1.3).



Şekil 1.3. Türkiye'nin SPI Metodu ile yapılmış Meteorolojik kuraklık haritası ve çalışma alanının durumu.

1.3. Coğrafi Durum ve Ulaşım

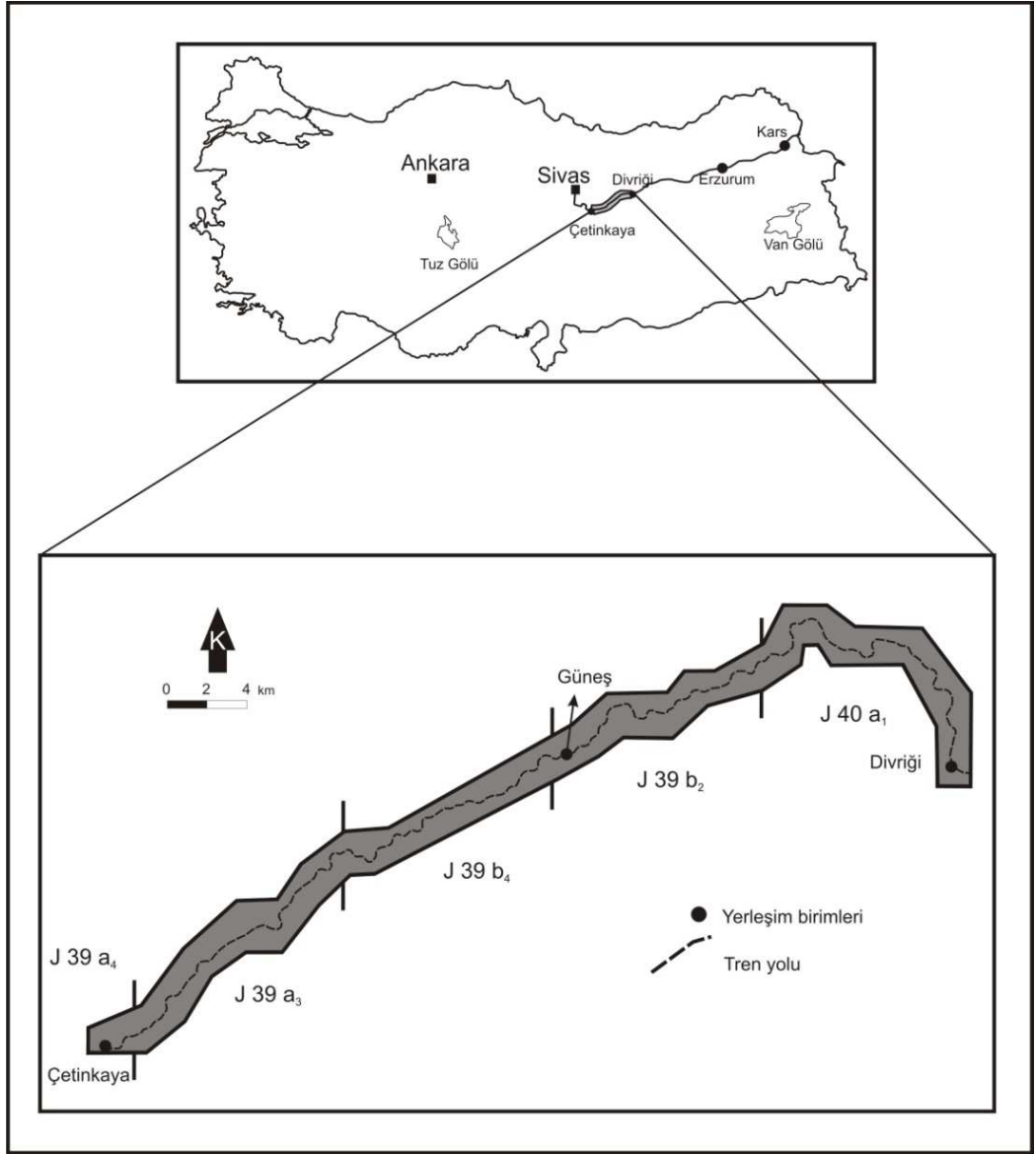
Divriği, Toroslar' ın kuzeydoğuya açılan ve Doğu Anadolu dağlarıyla birleşen kollarının belirlediği dağlık bir alanda yer alır. İlçe alanının kuzey kesimini Tecer dağlarının uzantısı olan Çengelli Dağı (2596 m), Delidağ (2150 m), Efendi, Göldağı ve Akdağ, güneyini Yama, Demirli, Geyikli Dağları, güneydoğusunu Sarıçiçek, doğusunu Iğınbat Tepesi ve batı kesimini Dumluca oluşturur. İlçenin güney sınırında volkanik kökenli Yama Dağı (2631 m) bulunmaktadır.

Başlıca yaylaları; Yama, Sarıçiçek, Göldağı, Eğrisu, Demirli ve Dumluca olmakla beraber birçok köyün kendine ait yaylaları vardır. Dağların yüksek, serin ve yaylacılığa elverişli şekilde otlaklarla kaplı olması, ayrıca toprak veriminin düşüklüğü de hayvancılığı ön plana çıkarmıştır.

Arapkir-Divriği arasında Mamahar Geçidi, Sincan Nahiyesi ile Kangal arasında Kısıkbel (Kızbeli) Geçidi, Divriği-Kangal arasında Karasar ve Karabel Geçitleri ve Eğin (Erzincan) ile Divriği arasında Sarıçiçek yaylası olarak da bilinen Ortaköy Geçidi ve Karageban (Gedikbaşı) Geçidi ile ilçeye bağlantı sağlanır.

İlçenin en önemli akarsuyu Kangal ilçesi Karagöl dağlarından doğan Çaltı Suyudur. Bu su Kemaliye ilçesi topraklarından Karasu'yla karışarak Keban Barajı Gölü'ne dökülerek Fırat Nehri'ne karışır. Sulamada fayda sağlayan bu suyun kollarıdır. Bunların en önemlileri Sincan ve Hamu Dereleri ile Nih Çayı ve Palha Çayı'dır. 1992 yılında Mursal Barajı'nın açılmasıyla birlikte ilçenin sulama olanakları artmış, böylece suya olan gereksinim büyük ölçüde giderilmiştir.

İnceleme alanı, Sivas havzasının güney kenarında, Sivas il sınırları içinde, Divriği-Çetinkaya arasındaki demir yolu hattı boyunca yer alır. Bölge 1/25 000 ölçekli Divriği J39-a4, Divriği J39-a3, Divriği J39-b3, Divriği J39-b4, Divriği J40-al ve paftaları içerisinde yer almaktadır (Şekil 1.4).



Şekil 1.4. Çalışma alanının yer bulduru haritası.

1.4. Önceki Çalışmalar

Çalışma alanı ve yakın çevresinin daha önceden mühendislik jeolojisine yönelik yapılmış geniş kapsamlı bilimsel çalışmalar olmamasına rağmen, bölgenin maden potansiyelinin yüksek olması nedeniyle madencilikle ilgili çalışmalar yapılmıştır.

Ata (2005), inceleme alanı civarında yaptığı çalışmasında belirlediği bölgelerde farklı kökensele oluşuma sahip hematitleri jeokimyasal açıdan incelemiş elde edilen majör, minör, iz element ve nadir toprak element analiz sonuçlarının birbirleriyle karşılaştırarak benzerlikler ve farklılıkları ortaya çıkarmıştır.

Durutürk (1994), çalışmasında TDÇİ Divriği Madenleri Müessesesi A-Kafa açık işletmesinde bulunan kaya birimlerinin kazılabilirliklerinin belirlenmesine yönelik olarak, delme - patlatma ve kazı - yükleme birim işlemlerini incelemiş, iş makinelerinin performans ölçümlerini gerçekleştirmiştir. Araştırmacılar çalışmalarının sonucu olarak iş makinelerinin yıpranma payı sürelerini doldurmuş olmalarının delinebilirliği ve kazılabilirliği olumsuz yönde etkilediklerini ve ayrıca operatör tecrübesinin, delme ve kazı işlemlerinin verimliliğini etkilediğini öne sürmüştür.

Koşal (1971), Divriği bölgesi demir cevheri rezervinin toplam olarak %52 demir eşdeğeri 130 milyon ton civarı olduğunu bulmuştur.

Koşal (1973), Divriği havzasındaki yataklarda en uzun ve detaylı çalışmayı yapmıştır. Araştırmacı çalışmasında bölgedeki kristalize kireçtaşlarının Mesozoyik yaşta olduklarını, serpantinleşmiş ultramafiklerin intrüzyon şeklinde Triyas- Üst Kretase arasında bölgeye yerleştiğini, Eosen'in bir taban konglomerası ile kristalize kireçtaşları ve serpantinleşmiş ultrabaziklerin üzerine geldiğini, asidik intrüzyonun Orta Eosen'de başlayıp Eosen sonlarına kadar geliştiğini belirtmiştir. Miyosen'in kalın bir taban konglomerası ile başlayarak tüm eski birimleri örttüğünü, Pliyosen'de bölgede büyük bir erozyon görüldüğünü özellikle Çaltı grabeninde demir çakıllı yüzlerce metre kalınlıkta konglomeraların oluştuğunu belirtmiştir. Ayrıca Orta-Üst Pliyosen'de bazaltik karakterli magma ürünlerinin diğer birimlerin üzerine yayıldığını, A-Kafa yatağının metasomatik-pnömatolitik, B-Kafa yatağının pnömatolitik-hidrotermal, C plaserinin A-B Kafa yataklarından Çaltı vadisine taşınan cevherle oluştuğunu belirtmiştir.

Köprübaşı (1985), Divriği granitoidinin Eosen sonu, Oligosen başı, makro ekaylanmalarla ilgili S-tipi granitoyit olduğunu, demir cevherleşmesinin ise granitoyitlerin, ultrabaziklerdeki, silika demiri çözmesiyle oluştuğunu savunmuşlardır.

Ünlü ve Stendal (1986), Divriği demir yatağının bazik ve ultrabazik kayaların serpantinleşmesi sonucu açığa çıkan demir elementinin, hidrotermal fazların etkisiyle zenginleşmesi sonucu oluştuğunu öne sürmüşlerdir.

Ünlü vd. (1989), Divriği yöresinde granitik kaya, yan kaya ilişkisine yönelik olarak çalışma yapmışlardır. Araştırmacılar serpantinleşmiş ultrabazik kayalarla kireçtaşlarının tektonik konumlu olduklarını granitik kayaların sahada üç ayrı plüton şeklinde bulduklarını, bileşimlerinin gabro-diyoritten-granite kadar değiştiğini belirtmişlerdir. Ayrıca araştırmacılar Eosen'in taban konglomerası içinde magmatik kaya çakılları gördüklerini, dolayısıyla intrüzyonun Alt Kretase 'den genç Eosen'den önce olduğunu savunmuşlardır.

Ünlü ve Stendal (1989), Divriği bölgesine ait 160 adet örnekteki 24 elemente jeoistatistik analizler yaparak kaya gruplarının sınıflandırılmasına ve birçok element beraberliklerini ortaya koymaya çalışmışlardır. Jeoistatistik yöntemler olarak önce tek değişkenli analiz, sonra çift değişkenli analiz ve son olarak da çok değişkenli analizlerden; diskriminant-cluster ve faktör analizlerini kullanarak ve element beraberliklerinin tüm örnekler içindeki çeşitli kaya gruplarının ayırtlanmasını sağlayabildiğini belirtmişlerdir. Tek başlarına kaya gruplarının element beraberliklerinin serpantinleşme ve hidrotermal değişme gibi jeolojik işlevlerin anlaşılmasına yardımcı olabileceğini, bu element beraberliklerinin Divriği ve yöresi demir yataklarının ultrabazik ve bazik kayaların serpantinleşmesi ve daha sonraki birçok hidrotermal fazın yarattığı değişmelerin birlikte etkimesi sonucunda oluşabileceğine işaret ettiğini belirtmişlerdir.

Yılmaz vd. (2003), Divriği A-B Kafa cevherleşmelerinin Murmano Plütonu, Akdağ Kireçtaşları ve Güneş Ofiyolitine ait serpantinleşmiş ultramafik kayalar ile stratigrafik ve tektonik ilişkili olduğunu belirtmektedirler. Araştırmacılar cevherleşmeyi kontrol eden magmatik- hidrotermal sistemin Geç Kretase yaşlı Murmano Plütonunun yerleşme, kristallenme ve soğuma süreçleri ile kontrol edildiğini göstermişlerdir. Ayrıca bölgedeki plütonik kayaların çok yoğun bir alkali metasomatizması ile önce skapolitleştiğini daha sonra ikincil K- feldspat oluşumları ile belirginleşen potassik alterasyona maruz kaldığını, cevherleşmenin bu tür metasomatik kayalar içinde oluştuğunu ve endoskarn özellikler gösterdiğini belirtmişlerdir.

Yılmaz ve Yılmaz (2005), Divriği – Çetinkaya dolayındaki demir yataklarının jeolojik konumlarını inceledikleri çalışmalarında Divriği A-B kafada, Dumluca ve

Ekinbaşı' nda yer alan yatağın yörede oldukça yer kaplayan ofiyolitli karmaşığın içinde yer aldığını belirtmişler. Daha sonra gelişen granitoyid magmatizmasının ofiyolit, kireçtaşı ve metamorfik kaya bloklarının arasındaki zayıf tektonik zonlardan yükseldiğini ancak demir yataklarının olası ofiyolitli dizinin üst kesimlerinde volkanizmaya ya da platformu temsil eden karbonatların oluşumuna etki ederek oluştuğunu ve daha sonra bu birimlerin ofiyolitli karışığa aktarıldığını ileri sürmüşlerdir.

2. JEOLojİ

2.1.Bölgesel Jeoloji

İnceleme alanı, Doğu Toroslar'ın kuzey kesiminde ve Sivas havzasının güney kenarında Divriği ve Çetinkaya arasındaki tren yolu güzergâhında yer almaktadır. Sivas havzasının genelde Neotetis'in kuzey kolunun Erken Tersiyerde kapanmasına bağlı olarak oluşan bir kalıntı havzayı temsil ettiği (Kelling vd., 1989; Cater vd., 1991), İç Toros Okyanusu'nun kapanmasının da havzanın gelişiminde önemli rol oynadığı (Şengör ve Yılmaz, 1981; Şengör, 1984; Koçyiğit, 1990) ya da Kuzey Anadolu Süturu'nun güneyinde gelişmiş çarpışma sonrası bir ön ülke havzasının özelliklerini yansıttığı (Yılmaz, 1998) ileri sürülmektedir.

Bayhan (1980), Divriği-Çetinkaya arasında yüzeylenen ofiyolitik kayaları ilk kez Güneş Ofiyoliti olarak adlandırmıştır. Çapan (1980), Tunç vd. (1991), Öztürk (1991), İnan vd. (1993) Gültekin (1993) ve Öztürk vd. (1996) bu alandaki ofiyolitik kayaları ya ofiyolit ya da ofiyolitli karışık olarak ve tek bir birim halinde incelemişlerdir. İlk kez Yılmaz vd. (2001) Divriği-Sincan-Çetinkaya arasındaki ofiyolitik kayaları ofiyolit (Güneş Ofiyoliti) ve ofiyolitli karışık (Yeşiltaşyayla Karışığı) olmak üzere ikiye ayırmış ve Güneş Ofiyoliti'ni de asbirimlerine ayırarak irdelemişlerdir.

2.2. Stratigrafik Jeoloji

İnceleme alanındaki birimler birbirleriyle ilişkilerine göre Görelî Otokton Kayalar, Allohton Birimler ve Örtü Birimleri olarak ayırtlayıp irdelenmiştir. Divriği-Sincan-Kangal arasındaki alanda, tabanda yer alan Paleozoyik yaşlı ve düşük metamorfizma gösteren kırıntılı kayalar ile üzerindeki Alt Karbonifer-Kampaniyen yaşlı platform kireçtaşları görelî otokton topluluğunu oluşturur. Sıra ile Kampaniyen-Maastrihtiyen yaşlı ofiyolitik karışık ve Jura yaşlı ofiyolitli diziden oluşan Allohton Birimler ise Görelî Otokton Kayaları tektonik olarak üzerlerler (Yılmaz ve Yılmaz, 2004).

2.2.1. Göreli otokton kayalar

Görelî Otoktonun en alt düzeyinde meta kırıntılı Devoniyen yaşlı Kangal Formasyonu yer alır. Bu formasyonu üste doğru uyumlu olarak rekristalize Munzur Kireçtaşı izler (Şekil 2.1).

2.2.1.1. Munzur kireçtaşı

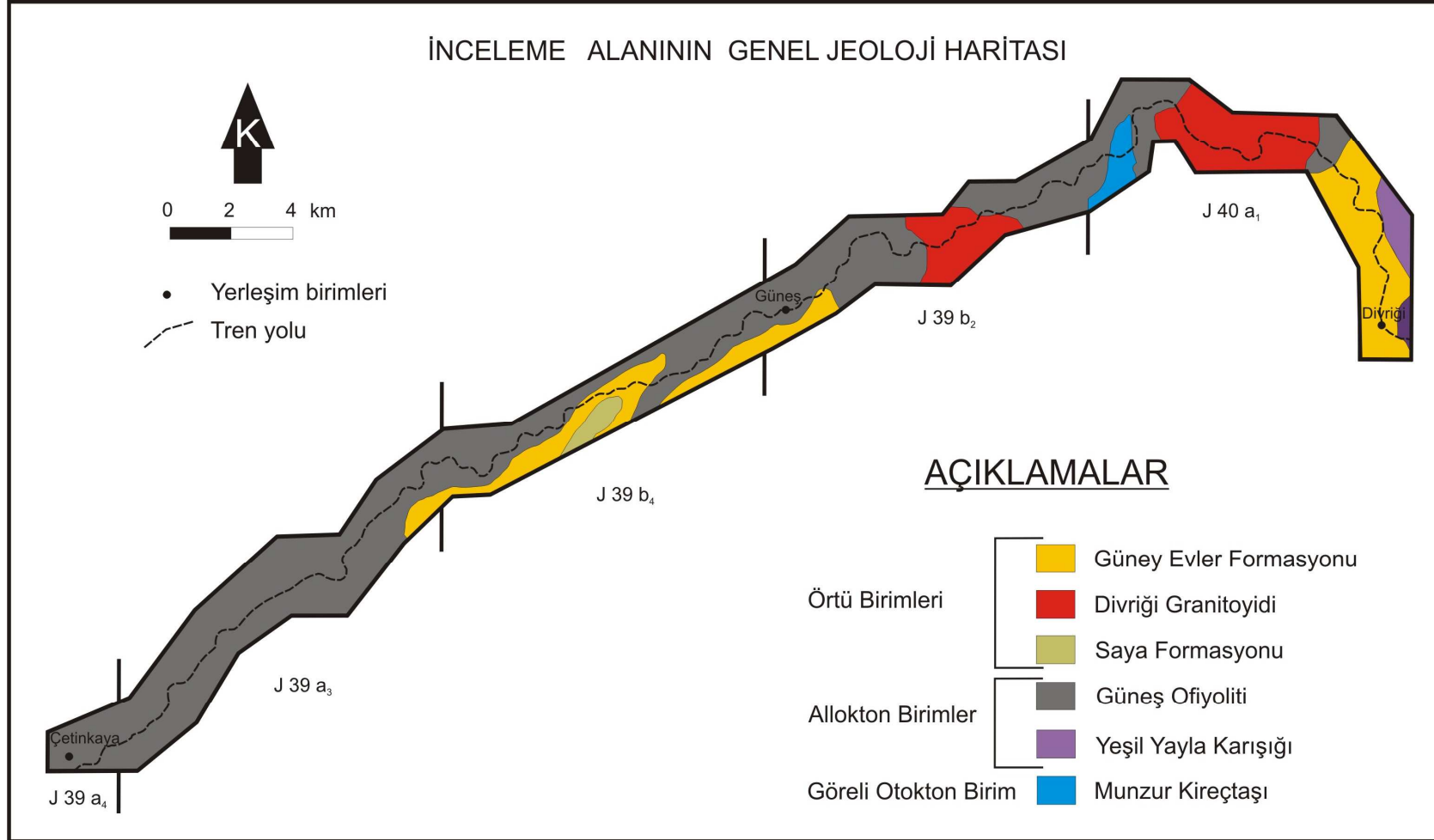
Birim Özgül vd. (1981) tarafından tanıtılmış ve Munzur Dağları'na atfen adlandırılmıştır. İnceleme alanının daha çok güneyinde yüzeyleyen birim sarp bir topoğrafik görünüm sunar. Munzur Kireçtaşı, kısmen rekristalize olmuş kireçtaşından oluştuğu için genellikle yüksek tepeleri oluşturmaktadır. Alt sınırı inceleme alanında gözlenemeyen birimin üzerine Yeşiltaşyayla Karışığı ve Güneş Ofiyoliti tektonik olarak ve daha genç birimler ise açılı uyumsuzlukla otururlar. Gültekin (1993) Çetinkaya-Kangal yakınlarındaki benzer birimleri Kıratgediği rekristalize kireçtaşı olarak adlandırmış ve bu birimin, Paleozoik yaşlı Kangal Formasyonu'nu uyumsuz olarak örttüğünü belirtmiştir.

Birimi oluşturan kireçtaşlarının ayrılmış yüzeyleri gri-açık gri, grimsi mavi ve kahverengimsi gridir. Taze kırık yüzeyleri açık grimsi bej, boz ve yer yer açık kahverengimsi gridir. Orta-kalın tabakalı, yer yer masif ve bol çatlaklıdır.

Munzur Dağları'nda alttan üste doğru algli kireçtaşı, oolitik kireçtaşı, algli ve foraminiferli kireçtaşı, çörtlü kireçtaşı, neritik kireçtaşı, rudistli biyostromal kireçtaşı ve pelajik kireçtaşından oluşan birime Özgül vd. (1981) Alt Triyas-Kampaniyen yaş aralığını vermişlerdir. Araştırmacılar ayrıca birimi oluşturan kireçtaşlarının çoğunun sığ ve duraylı bir kıta sahanlığı ortamında çökeldiğini ifade etmektedirler.

İnan vd.(1993) Ulaş-Sincan arasında Çataldağ Kireçtaşı olarak adlandırdıkları birimin çeşitli düzeylerinde *Clypenia cf. jurassica* Faure, *Psudocyclammina* sp., *protoglobigerine* sp. Ve çok sayıda mercan, mollusk ve sünger spikülleri saptayarak bu birimi, Üst Jura-Alt Kretase olarak yaşlandırmışlardır. Öztürk ve Öztunalı (1993) ise Divriği doğusundaki kireçtaşlarında saptadıkları *Endotyra* sp. Fosiline dayanarak birimin yaşının Karbonifer'e kadar indirilmesi gerektiğini belirtmişlerdir.

Bütün sunulan bilgilere dayanarak Munzur Kireçtaşı'nın genel olarak Alt Karbonifer-Kretase aralığında çökelmiş olduğu söylenebilir.



Şekil 2.1. İnceleme alanının genel jeoloji haritası (Yılmaz ve Yılmaz (2004)'ten denştirilerek).

2.2.2. Allohton kayalar

Yılmaz ve Yılmaz (2004), inceleme alanında yaptıkları çalışmada yüzeyleyen Alt Karbonifer-Kretase yaşlı Munzur Kireçtaşı görelî otokton konumunda olup, Kampaniyen-Maastrichtiyen yaşlı Yeşiltaşyayla Karışığı ve Jura yaşlı Güneş Ofiyoliti tarafından tektonik olarak üzerlendiklerini ileri sürmekle birlikte üzerleyen bu birimlerin ağırlıklı olarak okyanusal bir kabuğun kalıntılarını temsil ettiklerini belirtmişlerdir.

2.2.2.1. Yeşiltaşyayla karışığı

Birim, Bahçeli doğusunda, Maltepe yakınlarında ve Divriği kuzeyinde yüzeylenmekle birlikte alt sınırı Munzur Kireçtaşı ve üst sınırı Güneş Ofiyoliti ile tektonik dokunaklıdır. Munzur Kireçtaşı'na ait bloklar ve metamorfik kaya blokları serpantinleşmiş bir matriks içinde görülmektedir. Blokların dokunakları tektonik olup blokların arasındaki hamur kırıntılıdır.

Kireçtaşı blokları, hamura ve metamorfik bloklarına oranla sarp topoğrafik görünüm sunarlar. Bloklar birkaç metre ve birkaç kilometre arasında değişen büyüklükte dirler. Kireçtaşlarının ayrılmış yüzeyleri gri, açık gri, mavimsi gridir. Taze kırık yüzeyleri açık grimsi bejdir. Yer yer kahverengimsi gri renkler de, yer yer masif, kimi yerler de ise kalın ve orta katmanlı olup bol çatlaklıdır.

Metamorfik blokları, yayvan topoğrafik görünimleri ve yapraklı yapılarıyla arazide kolayca ayırt edilirler. Ortognays, amfibolit, metavolkanit, metakuvarsit, kalkşist, mikaşist, muskovit-kuvars şist, biyotit- feldspat-kuvars şist, biyotit-feldspat-amfibol şist saptanabilen başlıca metamorfik kaya türleridir.

Erkan vd. (1978) birimin Üst Kretase yaşlı olduğunu ileri sürmektedirler. İnceleme alanında da Yeşiltaşyayla Karışığı, Alt Karbonifer-Kampaniyen yaşlı Munzur Kireçtaşı'na ait bloklar içermekte ve Maastrichtiyen yaşlı Saya Formasyonu tarafından açılı uyumsuzlukla örtülmesi birimin Kampaniyen-Maastrichtiyen aralığında oluşmuş olduğunu gösterebilmektedir.

2.2.2.2. Güneş ofiyoliti

İnceleme alanında yüzeylenen ofiyolitik kayalar ilk kez Yılmaz vd. (2001) tarafından ofiyolitik diziyi oluşturan Güneş Ofiyoliti ve ofiyolitli karışığı oluşturan Yeşiltaşayla Karışığı olarak ayırtlanmış ve Güneş Ofiyoliti de asbirimlerine ayrılarak haritalanmış, özellikleri sunularak konumları ortaya konulmuş ve diğer birimlerle ilişkileri irdelenmiştir.

Bayhan, (1980) yaptığı çalışmasında Güneş Ofiyolitinin Munzur Kireçtaşı üzerinde tektonik dokanakla yer aldığını ve Saya Formasyonunun ise Güneş Ofiyoliti ve Munzur Kireçtaşı üzerinde açılı uyumsuz olarak izlendiğini belirtmektedir.

Güneş Ofiyoliti, Divriği-Çetinkaya arasındaki bölgede kuzeydoğu-güneybatı doğrultusunda geniş bir alanda yüzeylenir. Divriği dolayında birimin tabanında esas olarak serpantinleşmiş harzburjitlerden oluşan tektonitler gözlenir. Tektonitlerin üzerinde yer yer piroksen it düzeyleri ve dunit mercekleri içeren kümülat dokulu peridotitler yer alır. Piroksenit düzeyleri düzensiz segregasyonlar ve mercekler halinde gözlenir. Kümülat peridotitlerin üzerinde ise bazı yerlerde katmanlı gabrolar gözlenir. Bu birimin tabanındaki, gabrolar yer yer troktolit bileşi mindedir. Çetinkaya'ya doğru ağırlıklı olarak daha çok katmanlı gabrolar yüzeylenirken diğer alanlarda izotrop gabrolar egemendir. izotrop gabrolar tabanda izole diyabaz daykları ile kesilirler. Genellikle diyabaz bileşimli dayklar, üst bölümlerde sayıca giderek artar ve levha dayk karmaşığını oluştururlar. Levha dayk karmaşığının üzerinde ise yastık lavlar çok ince bir düzey oluşturur. Güneş Ofiyoliti yukarda özetlenen özellikleriyle sedimanter örtü dışında ideal ofiyolitik dizideki tüm düzeyleri kapsar. Ancak diziyi oluşturan asbirimler arasındaki sınırlar genellikle faylıdır.

Güneş Ofiyoliti, Jura-Kretase yaşlı Munzur Kireçtaşı ve Yeşiltaşayla Karışığı üzerinde tektonik konumludur. Sivas Havzası'nın Maastrichtiyen-Tersiyer yaşlı sedimanter birimleri ise Güneş Ofiyoliti, Yeşiltaşayla Karışığı ve Munzur Kireçtaşı üzerine açıl uyumsuzlukla oturur. Dolayısıyla bu tektonik birliklerin yerleşme yaşının Maastrichtiyen öncesi olduğu söylenebilir. Güneş Ofiyolitinin, Maastrichtiyen yaşlı Saya Formasyonu tarafından uyumsuz olarak örtülmüş olması birimin yerleşme yaşının en azından Maastrichtiyen öncesi olduğunu gösterebilir.

2.2.3. Örtü birimleri

İnceleme alanında Göreli Otokton Kayalar ve Allohton Birimlerin üzerinde çarpışma sonrası bir dönemde, Maastrichtiyen-Kuvaterner zaman aralığında oluşan kayatürü topluluğu açılı uyumsuzlukla yer almaktadır. Bu topluluğun Maastrichtiyen- Alt Pliyosen yaşlı kesimi Paleotektonik ile Neotektonik arasındaki geçiş dönemini, Üst Pliyosen-Kuvaterner yaşlı kesimi ise Neotektonik evreyi temsil etmektedir. Söz konusu örtünün inceleme alanına giren bölümü, Saya Formasyonu, Güneyevler Formasyonu ve Divriği Granitoidleri olarak ayırtlanabilir.

2.2.3.1. Saya formasyonu

Birim inceleme alanının batı kesimlerinde Güneş Ofiyoliti'nin üzerine uyumsuz olarak gelmektedir. Tersiyer yaşlı sedimanter kaya türü topluluğu ve Pliyo-Kuvaterner yaşlı Yamadağı Grubu volkanitleri tarafından ise uyumsuz olarak örtülür. Bu formasyon Güneş Ofiyoliti'ne oranla daha sarp bir topoğrafik görünüme sahip olmasına karşın, Tersiyer yaşlı kayalara oranla daha yumuşak bir topoğrafik görünüm sunar (Yılmaz ve Yılmaz, 2004).

Formasyon, alttan üste doğru çakıltası-kumtaşı-çamurtaşı-marn ardalanması, kireçtaşı mercekleri, aglomera, tuf ve yer yer spilitik lavlardan oluşan diziden oluşmakta olup, bu dizi Davutoğlu yakınlarında yoğun spilitik bazik dayklar tarafından kesilmektedir.

Birimin değişik düzeylerinde mercekler halinde görülen kireçtaşları, bej ve kirli sarı renkli olup orta ve kalın tabakalıdır. Tabakalanmalar yer yer belirsizlik sunmakta olup genellikle bol Rudistlidirler. Birim Rudistlerin yanısıra gastropod ve mercan fosilleri de içermektedir. Bu kireçtaşları, Gültekin (1993) tarafından Tohma resif üyesi olarak adlandırılmıştır.

Resifal kireçtaşının hemen üzerinde, gri-boz, kahve ve sarımsı renkli ince-orta katmanlı, dilinim sunan ve dağılabilen marnlar görülmektedir. Daha üste doğru gri-yeşil, yer yer bej renkli, ince-orta katmanlı ve eklemlerli marn ve killi kireçtaşlarına geçilir. Bu düzeyler pelajik foraminiferlidir. Genellikle gri-yeşilimsi, yer yer bej-krem renkli ve

bordo renkli, genellikle orta, kimi kesimlerde ise kalın katmanlı olan mikrit ve biyomikritler sert, sıkı ve konkoidal kırılma yüzeylidirler.

Birimin üst bölümlerinde koyu kahverengi renkli genellikle andezitik ve bazaltik köşeli kırıntılar içeren aglomera-tüf ve morumsu yeşilimsi gri renkli ve yer yer yastık yapılı spilitik lavlar görülür. Spilitler, ince taneli ve mikrolitik dokuludur. Alterasyon ileri derecededir. İnce kesitlerinde yaygınca oligoklas-albit bileşimli plajiyoklas, amfibole (aktinolit) dönüşmüş piroksen ve volkanik cam göze çarpar. Kayatürü genelde intersertal-hyalopilitik ve amigdaloidal dokuludur. Amigdaller, kalsit ile doldurulmuştur. Ayrıca ikincil kalsit damarları da gözlenmektedir (Yılmaz ve Yılmaz, 2004).

Saya Formasyonu' nun alt düzeyinde görülen çakıltası-kumtaşı-çamurtaşı-marn ardalanması Keçikaya Üyesi, pelajik kireçtaşlarından oluşan bölümü ise Dişbudak Üyesi olarak adlandırılmıştır. Bordo renkli, genellikle orta, kimi kesimlerde ise kalın katmanlı olan mikrit ve biyomikritler sert, sıkı ve konkoidal kırılma yüzeylidirler.

2.2.3.2. Güneyevler formasyonu

İnceleme alanının güneydoğusunda Sincan Jipsleri'yle aynı stratigrafik konumda, jips ara katkılı kırıntılı kayalar yer almaktadırlar. Bu jipsli kırıntılı kayalar en iyi görüldükleri Güneyevler köyüne atfen Güneyevler Formasyonu olarak adlandırılmış olup bu formasyona ait birimler çalışma alanı civarındaki yayvan tepeleri ve düzlükleri oluşturmaktadır.

Formasyon, Güneyevler yakınları ve Güneş'in güneyindeki alanda, tabanda sarımsı, açık yeşilimsi ince ve orta tabakalı marn-kiltaşı ardalanmasıyla başlamaktadır. Bu ardalanmanın üzerinde ince tabakalı, sarımsı bej renkli kireçtaşı ve biraz daha koyu bej renkli marn ardalanması gözlenmektedir. Bunların üzerinde 4 m kalınlığında beyaz şeffaf ve yer yer çubuksu jips düzeyi ve jipslerin de üzerinde sarımsı yeşilimsi kahverengi kumtaşı ve yeşilimsi sarımsı kahverengi marn ardalanması görülmektedir. Bu ardalanmayı sırasıyla sarımsı açık yeşil renkli, ince taneli, iyi derecelenmeli, orta tabakalı kumtaşı ve açık yeşilimsi gri renkli kiltaşı düzeyleri izlemektedir. Kiltaşı düzeyinden sonra tabandan tavana doğru sırasıyla, haki renkli orta tabakalı kumtaşı, koyu haki renkli kolaylıkla dağılan kumtaşı ve koyu yeşilimsi gri renkli orta tabakalı killi kireçtaşı düzeyleri gözlenmektedir (**Şekil 2.2**). Formasyonun üst kesimlerine doğru, koyu yeşilimsi gri renkli orta tabakalı silttaşları, sırasıyla haki renkli çakıllı kumtaşı; açık

kahverengi kalın tabakalı çakıllı kumtaşı ve sarımsı bej renkli, orta tabakalı, elemanları iyi yuvarlaklaşmış iş ve iyi pekişmiş kum- taşı ile ardalanmaktadır. Siltaşlarının egemen kaya türü olduğu bu bölümü sarımsı gri renkli, kalın tabakalı çakıllı kumtaşı ve koyu grimsi yeşil renkli fosilli marn ardalanması izlemektedir. Üçpınar köyü doğusunda birimin en üstünde açık yeşilimsi sarı renkli, orta taneli, kalın tabakalı volkanik elemanlı kumtaşı ve koyu grimsi yeşil renkli marn ardalanması gözlenmektedir (Yılmaz ve Yılmaz, 2004).



Şekil 2.2. Güneyevler formasyonuna ait marnlar.

METAG (1972) Güneyevler yakınlarında birimin tabanında görülen Ostrealarından Miyosen yaşı elde etmiştir.

2.2.3.3. Divriği granitoidleri

Birim ilk olarak Gültekin (1993) tarafından Divriği Granitoidleri olarak adlandırılmıştır. Bu birim inceleme alanında Munzur Kireçtaşı, Yeşiltaşyayla Karışığı,

Güneş Ofiyoliti ve Saya Formasyonu'na ait kayaları kesmekte olup Tersiyer yaşlı daha genç birimler tarafından da uyumsuzlukla örtülmektedir.

Kaya türüne göre pembe, pembemsi gri, gri ve koyu gri renkli olan birim siyenit, alkali feldispat siyenit, kuvars siyenit, diyorit ve monzodiyoritlerden oluşur. Çok sayıda aplit ve diyabaz dayklarıyla kesilir.

Granitoyid plütonları Maastrichtiyen yaşlı Saya Formasyonu'nu kesmektedir. Akdağ demir yatağındaki Eosen yaşlı Kozluca Formasyonu'nun taban konglomerasında ise granit çakılları görülmektedir. Buna göre granitoyid plütonları Eosen'den genç olmamalıdır. Sonuç olarak Divriği Granitoidleri'nin Maastrichtiyen sonrası ve Alt Eosen öncesinde yani Paleosen'de sokulum yaptıkları söylenebilir (Yılmaz ve Yılmaz, 2004).

2.3. Tektonik

İnceleme alanında öncelikle ofiyolitlerin ilksel konumlarından günümüzdeki yerlerine gelip yerleşmelerine kadar gerçekleşen bir süreci yansıtan unsurlar *Paleotektonik dönem yapıları* ve Üst Pliyosen- Kuvaterner aralığında oluşmuş, doğrultu atımlı rejimin egemen olduğu *Neotektonik dönem yapıları* olarak ayırt edilebilmektedir (Yılmaz ve Yılmaz, 2004).

2.3.1. Paleotektonik dönem yapıları

Toros platformunun inceleme alanında yer alan kesimi altta Devoniyen yaşlı Kangal Formasyonu üstte ise Alt Karbonifer-Kretase yaşlı Munzur Kireçtaşı ile temsil edilir. Genel olarak pasif bir kıta kenarını yansıtan bu topluluk inceleme alanının görelî otokton istifidir. Görelî otoktonun üzerinde ise sıra ile ofiyolitli karışıktan oluşan Yeşiltaşyayla Karışığı ve Güneş Ofiyoliti bindirme olarak tanımlanabilen tektonik yapılarla yer almaktadır. Gereçleri ofiyolitlerden ve ofiyolitli karışıktan oluşan bu topluluklar inceleme alanındaki okyanusal kabuğun temsilcileri olarak yorumlanmaktadır (Yılmaz ve Yılmaz, 2004).

Pasif kıta kenarı ve okyanusal ortamı olarak temsil edilen birimlerin gerek oluşum evrelerinde gerekse ilksel konumlarından ikincil konumlarına gelip yerleşmeleri

sürecinde meydana gelen tüm unsurlar paleotektonik dönem yapıları olarak yorumlanmıştır.

İnceleme alanında Paleotektonik dönem yapıları, levha dayklar olarak temsil edilmektedir. Levha daykları ise Güneş ilçesi dolayında bol oranda ölçülmüştür. Bu dayklar ağırlıklı olarak 70-80⁰ kuzeye eğimlidir. Daykların soğuma kenarları göz önüne alınırsa ofiyolitleri oluşturan okyanusal kaynağın kuzeyde olması beklenir.

2.3.2. Neotektonik dönem yapıları

İnceleme alanında Üst Pliyosen-Kuvaterner yaşlı istif içinde zamanın sınırlı olması nedeniyle özellikleri irdelenemeyen ve bu nedenle niteliği belirsiz fayların yanısıra, yaklaşık kuzey-güney doğrultulu normal faylar ve doğrultu atımın egemen olduğu faylar, neotektonik dönem yapıları olarak yorumlanmıştır (Yılmaz ve Yılmaz, 2004).

Üst Pliyosen-Kuvaterner yaşlı istif kıvrımlanmamıştır. Bunun nedeni, yörede doğrultu atımlı devinimin egemen olmasıyla ilgili olabilir. Doğrultu atımlı faylar da kuzeydoğu-güneybatı doğrultulu sol yönlü faylar ile kuzeybatı-güneydoğu doğrultulu sağ yönlü faylar olmak üzere iki grupta irdelenebilir. Bu iki fay sistemi birbirinin eşleniği olup yaklaşık kuzey güney doğrultulu bir sıkışmanın denetiminde gelişmiştir.

Divriği'nin hemen güneyindeki fay Kuvaterner yaşlı alüvyon ile Oligo-Miyosen yaşlı Güneyevler Formasyonu arasındaki dokanağı yaklaşık 500 m ötelemiştir (Yılmaz ve Yılmaz, 2004).

İnceleme alanında egemen olan neotektonik dönem yapıların, Sivas havzasında KAF ya da DAF boyunca gelişen yapılar gibi yaklaşık K-G doğrultulu bir sıkışmanın ürünü oldukları kabul edilmektedir.

3. ÇALIŞMA ALANINDAKİ KAYA KÜTLELERİNİN MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİ

Kayanın mühendisler için anlamı patlatma yapmadan kazılamayan sert ve sağlam malzeme şeklinde olup, dayanma ve kararlılığa dayalı bir tanımlamadır. Kayaların mühendislik özellikleri üzerlerine veya çevrelerine mühendislik yapıları inşa etmeye başladığımız andan itibaren önem kazanmaktadır.

Kayalar, mühendislikte kullanılan diğer maddelerin birçoğundan kökensel oluşum ve jeolojik özellikler ve buna bağlı yapı ve dokularında var olan farklılıklar gösterirler. Yeraltında veya yer üstünde kaya içerisinde herhangi bir kazı yapıldığında karşımıza çıkan madde kaya kütesidir. Kayaların değişik yükler altındaki davranışı incelenirken kaya maddesi ile kaya kütesi arasındaki fark açıkça bilinmelidir (Karpuz ve Hindistan, 2006).

Kaya maddesi süreksizlikler arasında kalan sağlam ve bütün olarak bulunan kayayı tanımlamak için kullanılan bir terimdir. Laboratuvar deneyi için hazırlanmış karot numunesi kaya maddesini simgeleyen iyi bir örnektir. Kaya kütesi ise, bloklar halindeki kaya maddesi ile bunları birbirinden kısmen veya tamamen ayıran ve tabakalaşma düzlemleri, eklem takımları, kıvrımlar, faylar ve benzeri diğer yapısal elemanlar gibi süreksizliklerden oluşan arazideki kaya ortamıdır. Kaya kütleleri devamsızdır ve çoğu kez homojen ve izotropik olmayan özellik gösterirler. Kaya kütesi ve kaya malzemelerinin tanımlanması için belli parametreler vardır.

Kaya kütlelerindeki süreksizliklerin nicel tanımlama parametreleri aşağıdaki gibi sıralanabilir (Wyllie ve Mah, 2006);

1. Kaya malzemesi tanımlanması

- a. Kaya tipi
- b. Kaya dayanımı
- c. Bozuşma

2. Süreksizlik tanımlanması

- a. Tip
- b. Yönelim
- c. Pürüzlülük
- d. Yarıklık genişliği

3. Dolgu
 - a. Dolgu tipi/genişliği
4. Kaya kütlesi tanımlanması
 - a. Açıklık
 - b. Devamlılık
 - c. Takım sayısı
 - d. Blok boyutu ve şekli
5. Yeraltı suyu
 - a. Sızma

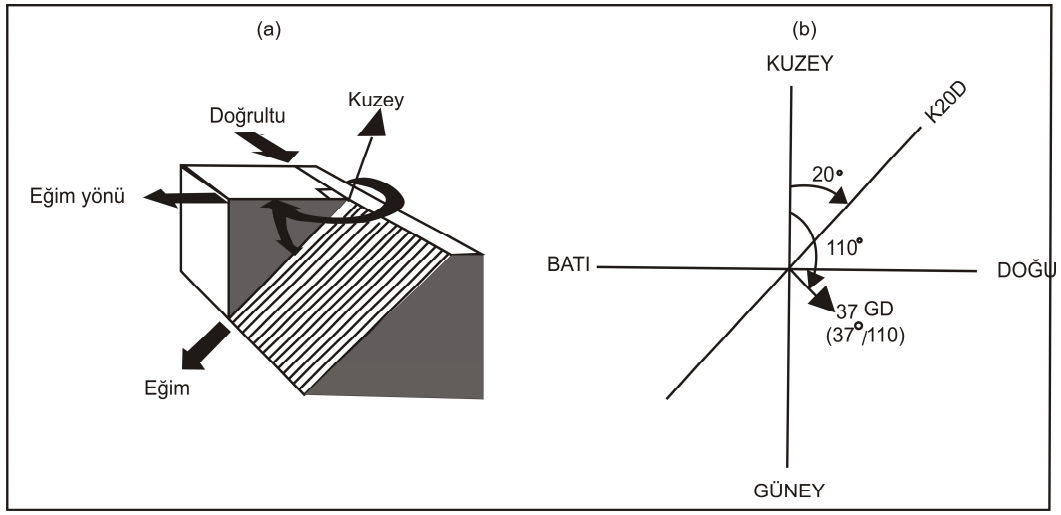
İnceleme alanında yer alan kaya birimlerinin mühendislik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla saha çalışmalarını kapsamında; kaya ortamının eklemli yapısından dolayı kaya şevlerinde özellikle kinematik kontrollü şev duraysızlıklarının olabileceği gerçeğine dayanarak, “kaya kütlesi” özelliklerini belirlemek üzere yerinde süreksizlik ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Bu amaca yönelik olarak süreksizliklerin; devamlılıkları, aralıkları, açıklıkları, dolgu durumu, setlerin sayısı, süreksizlik yüzeylerinin pürüzlülük, ayrışma ve sürtünme açıları gibi parametreler belirlenmiştir. Yamaç molozunda yer alan şevlerden ise örselenmiş zemin numuneleri alınmıştır. Laboratuar çalışmaları kapsamında ise araziden getirilen örnekler üzerinde, malzemelerin indeks ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla deneyler yapılarak şev malzemelerinin çeşitli fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenmiştir. Yine bu çalışma kapsamında elde edilen verilerden yola çıkarak şevleri oluşturan kaya kütlelerinin kaya kütle sınıflamaları yapılmıştır.

3.1. Süreksizlikler ve Özellikleri

3.1.1. Yönelim ve eklem sayısı

Jeoteknik çalışmalarda bir süreksizliğin yönelimi genellikle iki şekilde tanımlanır. Birinci yöntem, klasik yöntem olarak da bilinen, süreksizlik düzleminin gerçek kuzeyden saat yönünde *yatım (eğim) yönü* ve yataydan itibaren ölçülen *yatım (eğim) açısı* belirlenir. Yapılan okumalar, yatımın yönü/ yatım açısı şeklinde kaydedilir. Örneğin, $138^{\circ}/67^{\circ}$ veya $340^{\circ}/72^{\circ}$. Diğer yöntem ise modern yöntem olarak bilinir ve

süreksizliklerin *doğrultusu* kuzeyden itibaren dar açıyla (saat yönünde veya zıt yönde) ve *yatım açısı ile yönü* belirlenir (Şekil 3.1). Örneğin, $K48^0D/67^0GD$ veya $K70^0D/72^0KB$. Bu çalışma kapsamında kullandığımız kinematik analiz yöntemlerinde kolaylık sağlaması nedeniyle birinci yöntem kullanılmıştır.



Şekil 3.1. (a) Doğrultu, eğim ve eğim yönü kavramlarını gösteren blok diyagram ve (b) Doğrultu ve eğim yönü arasındaki ilişkiye bir örnek (Ulusay, 2001).

Süreksizlik düzleminin kazı doğrultusuna göre yöneliminin, kaya blokları düşmesi veya süreksizlikler üzerindeki kaymalar şeklinde kendini gösteren duraysızlıkların oluşma potansiyeli üzerinde büyük bir etkisi vardır. Süreksizliklerin birbirlerine göre konumları kaya kütlelerini parçalara ayıran blokların şeklini belirleyecektir. Eklem Takımı sayısı ise kaya kütlesi içerisinde birbirine yaklaşık paralel olarak gelişen kırık ve çatlak topluluklarının sayısı olarak tanımlanır. Yönelim ve takım sayısı kaya kütle sınıflamalarında kullanılan temel parametrelerden olup kaya kütleinin blok boyutlarını da belirlemektedir.

Bir kaya kütlesi içerisindeki süreksizliklerin yönelim ve takım sayıları arazide kütle üzerinde belirli sayıda yönelim ölçümünün kontur diyagramları ile analizi sonucunda belirlenebilmektedir. Bu amaç ile arazide süreksizliklerin yönelim ve takım sayıları sahada pusula yardımı ile ölçülmüş ve kontur diyagramları ile değerlendirilmiştir.

Şevlerdeki eklemler bilgisayar programı kullanılarak değerlendirilmiş ve çalışmaya konu olan eklemlerin hakim eklem yönelimleri ve set sayıları tespit edilmiştir. Buna göre çalışma alanında üç hakim eklem seti bulunmakta olup bunların yönelimleri ise; 138/67 (1. Eklem Seti), 340/72 (2. Eklem Seti), 47/55 (3. Eklem Seti) olarak belirlenmiştir. Ayrıca, bu eklem setleri ile birlikte herhangi bir ana yönelim göstermeyen gelişigüzel yönelime sahip eklemler de bulunmaktadır.

3.1.2. Süreksizliklerin aralığı

Süreksizlik aralığı komşu iki süreksizlik arasındaki dik uzaklık olarak tanımlanmakta olup genel olarak belirli eklem takımları arasındaki ortalama uzaklık olarak da belirtilmektedir. Aralık, kaya kütlelerinin blok boyutlarını ve çatlak yoğunluğunu belirleyen bir parametredir. Söz konusu parametre mostralarda hat etüdü yapılarak doğrudan ölçülebileceği gibi sondaj karotlarından da tayin edilebilir. Süreksizlik aralığı, kayaların göçebilme, parçalanabilme ve kaya kütlelerinin geçirgenliği üzerinde oldukça etkili bir parametredir. Aralıkların belirlenmesinde görünür ve gerçek uzaklıklar olmak üzere iki parametre ölçülür.

- a- Görünür uzaklık; süreksizlik etüt hattı ve sondaj eksenini boyunca ölçülen uzaklıktır.
- b- Gerçek uzaklık; Ölçülen süreksizlik takımı arasındaki dik uzaklıktır.

Bu çalışma kapsamında birimlere ait her bir kırık ve çatlak takımında yer alan aralıklar şerit metre ve cetvel kullanılarak ölçülmüştür. Saha çalışmaları sırasında ölçülen aralıklar ISRM (2007) süreksizlik aralık sınıflaması dikkate alınarak her bir kaya kütlelerinde bulunan ortalama aralık değeri göz önünde bulularak sınıflandırılmıştır (Çizelge 3.1).

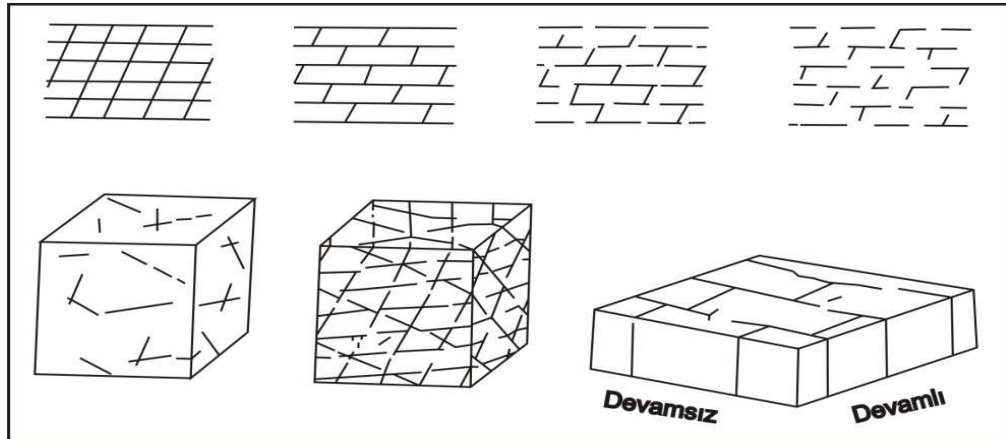
Çalışma alanında yapılan ölçümler sonucunda süreksizliklerin 60-200 mm arasında *dar aralıklı* olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1. Süreksizlik aralık sınıflaması (ISRM, 2007).

Aralık (mm)	Tanımlama
<20	Aşırı dar aralık
20–60	Çok dar aralık
<u>60–200</u>	<u>Dar aralık</u>
200–600	Orta aralık
600–2000	Geniş aralık
2000–6000	Çok geniş aralık
>6000	Aşırı geniş aralık

3.1.3. Süreksizliklerin devamlılığı

Devamlılık, bir süreksizliğin bir düzlem içindeki alan olarak genişliği veya büyüklüğüdür. Süreksizliğin devamlılığı, görünen yüzeyler üzerindeki izinin gözlenmesiyle kabaca sayısal olarak belirlenir. En önemli kaya kütlesi parametresi olmasına karşılık, belirlenmesi en güç olandır. Bir kaya kütlesi içerisinde bulunan süreksizlik düzlemlerinin devamlılığını belirlemede kullanılan yardımcı bir seri basit plan görünüşler ve blok diyagram Şekil 3.2’ de verilmektedir.

**Şekil 3.2.** Süreksizlik düzlemlerinin devamlılıklarını gösteren örnekler (ISRM, 2007).

Süreksizliklerin devamlılığının bir düzlemde gelişen makaslama dayanımına, kayaların parçalanma özelliklerine, göçebilirlik ve geçirgenlik özelliklerine çok büyük etkisi vardır (Keskin, 2006).

Çalışma alanındaki devamlılık, kırık ve çatlak düzlemlerinin eğim yönündeki uzunluklarının şerit metre ile ölçülmesi ile yaklaşık olarak belirlenmiştir. Çalışma alanındaki birimlerde ölçülen eklemlerin devamlılıklarının tanımlanmasında ISRM (2007) devamlılık sınıflaması kullanılmış olup; inceleme sahasındaki birimler *Orta derecede devamlı* olarak değerlendirilmiştir (Şekil 3.3), (Çizelge 3.2).



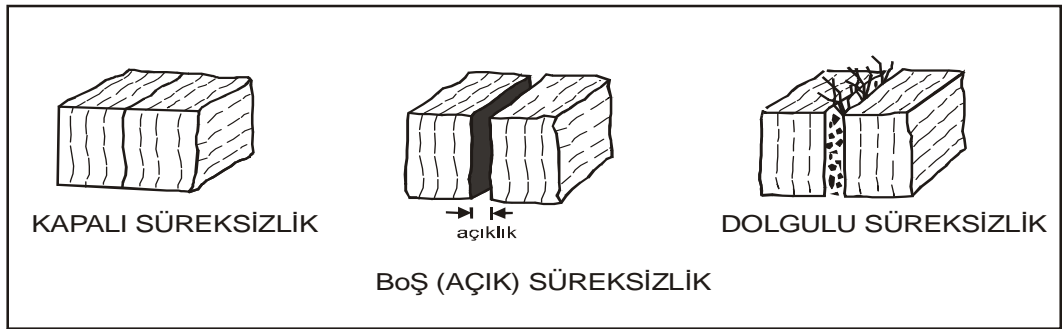
Şekil 3.3. İnceleme alanındaki süreksizliklerin devamlılıkları.

Çizelge 3.2. Süreksizlik devamlılığının sınıflanması (ISRM, 2007).

Aralık(mm)	Tanımlama
<1	Çok düşük devamlılık
1-3	Düşük devamlılık
<u>3-10</u>	<u>Orta devamlılık</u>
10-20	Yüksek devamlılık
>20	Çok yüksek devamlılık

3.1.4. Süreksizliklerin açıklığı

Açıklık, içi hava veya su ile dolu olan boşluğun yan duvarları arasındaki dik uzaklıktır. İnceleme alanında da yer yer gözlenebilen açıklık ile dolgulu bir süreksizliğin genişliği arasındaki fark Şekil 3.4 de gösterilmektedir.



Şekil 3.4. Açık ve dolgulu süreksizlikler için önerilen tanımlamaları gösteren blok diyagramlar (ISRM, 2007).

Büyük açıklıkların oluşum nedenleri; Pürüzlülükleri oldukça fazla olan süreksizlikler üzerindeki makaslama deplasmanları, dolgu maddesinin yıkanması (kil, vb.) veya reaksiyon sonucu erimesi (karbonatlı mineraller, vb.). Yer altında bulunan kaya kütlelerinde görünen açıklıkların birçoğu oldukça küçüktür (yaklaşık yarım milimetreden daha küçük).

Gerçek süreksizlik açıklıkları düzlemleri boyunca değişebilmektedir. Açıklığın ve alandaki değişmesinin süreksizliğin makaslama dayanımına, kaya kütesinin geçirgenliğine veya su iletkenliğine büyük etkisi vardır. Ayrıca şev duraylılığı üzerine de olumsuz etkisi olabilmektedir.

İnceleme alanında süreksizlik açıklığı ölçümü kaya mostralarının yüzeyi döküntülerden temizlenerek belirlenen etüt hattını kesen tüm süreksizliklerin açıklıkları cetvel yardımı ile ölçülerek yapılmıştır. İnceleme alanındaki süreksizliklerin sınıflandırılması her bir kaya kütesinde ISRM (2007)'in eklem açıklığı sınıflaması kullanılarak tanımlanmış olup bölgedeki bölgede ki kayalar *Orta-geniş* açıklıklara sahip kayalar olarak değerlendirilmiştir (Çizelge 3.3) (Şekil 3.5).

Çizelge 3.3. Süreksizliklerin açıklık sınıflaması (ISRM, 2007).

Aralık(mm)	Tanımlama
<1	Çok sıkı
0.1–0.25	Sıkı
0.25–0,5	Kısmen açık
0.5–2,5	Açık
<u>2.5–10</u>	<u>Orta derecede geniş</u>
<u>>10</u>	<u>Geniş</u>

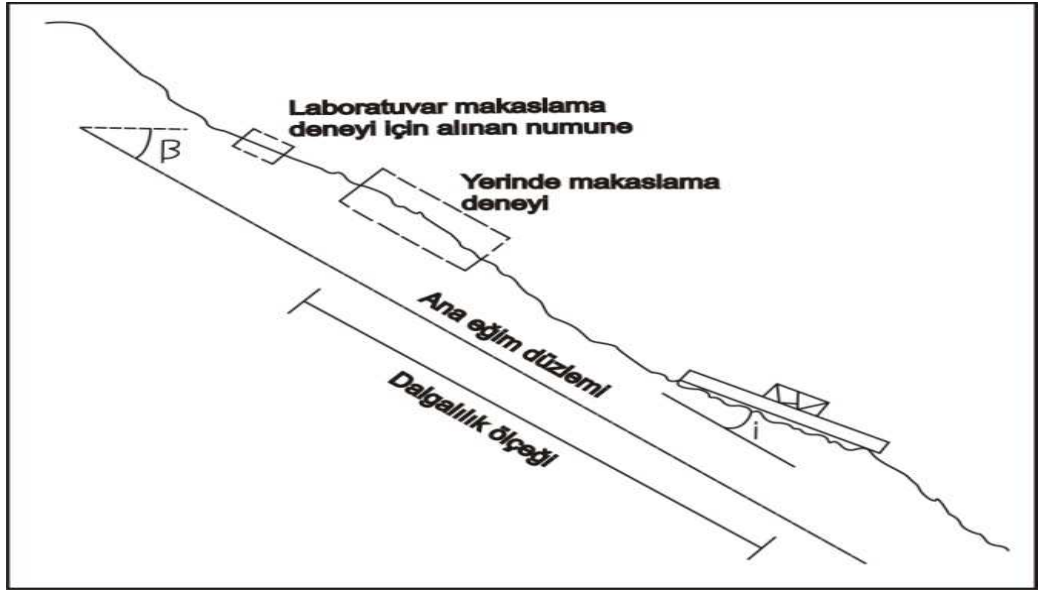


Şekil 3.5. İnceleme alanındaki açıklıklar.

3.1.5. Süreksizliklerin pürüzlülüğü ve dalgalılığı

Pürüzlülük, süreksizliklerin ana eğim düzlemlerine göre üzerindeki yüzeylerin düzlük ve dalgalılık durumunun ölçümüdür. Bir süreksizliğin pürüzlülüğünün, özellikle yer değiştirmemiş ve birbirine bağlı zayıflık düzlemlerinin (dolgusuz eklem gibi) varlığı durumunda, kendi makaslama dayanımı üzerinde önemli bir etkisi vardır. Pürüzlülüğün önemi, artan kırık açıklığı, dolgu maddesi kalınlığı veya daha önceden oluşan makaslama hareketleri (deplasman) ile azalır.

Süreksizliklerin özellikleri, karot veya arazide görünen yüzeyler üzerinde belirlenir. Bu belirleme de incelenen örnek boyutu önemlidir. Diğer bir deyişle küçük ölçekteki yüzey düzgünlükleri ile büyük ölçekteki ondülasyon veya yüzey dalgalılığını ayırt etmek gerekmektedir (Şekil 3.6). Dalgalılık açısı (i) açısı ile tanımlanabilir.

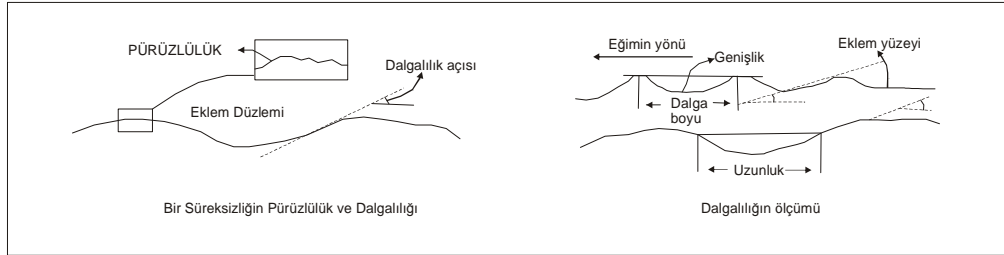


Şekil 3.6. Değişik ölçekteki makaslama deneyleri için kullanılan farklı boyutlarda pürüzlülük profilleri (ISRM, 2007).

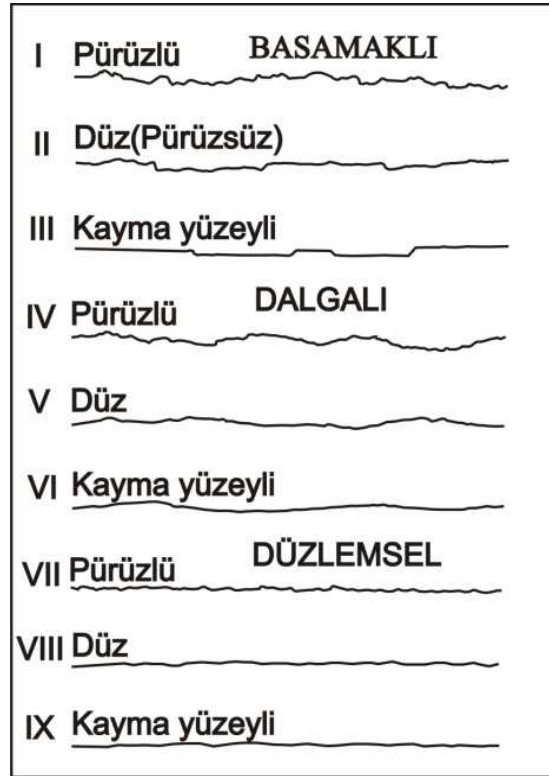
İnceleme alanındaki süreksizliklerde genellikle pürüzlü yüzey özellikleri saptanmış olup, süreksizliklerdeki pürüzlülük ve dalgalılık özellikleri I.S.R.M (2007)'e göre Pürüzlülük ve dalgalılık (Çizelge 3.4.) deki verilen terimler ve (Şekil.3.8) kullanılarak tanımlanmış olup inceleme alanındaki süreksizliklerin bu sınıflamaya göre *IV. sınıfta pürüzlü – dalgalı* olarak yer aldığına karar verilmiştir.

Çizelge 3.4. Süreksizliklerin pürüzlülük ve dalgalılık sınıflaması (ISRM, 2007).

Sınıf	Tanım
I	Pürüzlü, basamaklı
II	Düz, basamaklı
III	Kayma yüzeyli, basamaklı
IV	<u>Pürüzlü, dalgalı</u>
V	Düz, dalgalı
VI	Kayma yüzeyli, dalgalı
VII	Pürüzlü, düzlemsel
VIII	Düz, düzlemsel
IX	Kayma yüzeyli, düzlemsel



Şekil 3.7. Süreksizlik yüzeyinde pürüzlülük ve dalgallığın ölçümü (Ulusay, 2001' den).



Şekil 3.8. Tipik Pürüzlülük profilleri ve önerilen terimler. Profil uzunlukları 1-10 metre arasındadır. Düşey ve yatay ölçekler aynı alınmıştır (ISRM, 2007).

Süreksizliklerin pürüzlülük açıları da ölçülebilmektedir. Ölçüm metodu arazideki birimler üzerinde Şekil 3.9' da bir örnekle gösterilmiştir.



Şekil 3.9. Pürüzlülük açısı ölçüm metodu.

3.1.6. Süreksizliklerde dolgu malzemesi

Dolgu, bir süreksizliğin içinde yer alan ve yan duvarlarını birbirinden ayıran maddeye verilen isimdir. Süreksizlik dolgusu genellikle kalsit, klorit, kil, silt, fay dolgusu, breş, kuvars veya pirit mineral içerikli olabilir ve kil boyutundan breş boyutuna kadar malzeme içerebilirler. Dolgu malzemeleri ya süreksizliğin oluşumu esnasında ya da suların kaya süreksizliklerinde hareketi esnasında taşıdıkları malzemelerin çökmesi ile meydana gelir ve kalınlıkları farklı olabilir. Dolgu maddesinin süreksizliklerin makaslama dayanımı üzerinde çok belirgin bir etkisi vardır. Dolgulu süreksizliklerin davranışı, dolgu maddesinin özelliklerine göre değişmektedir.

Dolgu malzemesi süreksizlikler boyunca kayma gerilmesini, dolayısıyla duraylılığı etkiler. Goodman (1980) yaptığı çalışmalarda dolgu malzemesinin kalınlığının artıkça kayma gerilmesi dolayısıyla da kayma mukavemetinin düşük değerler verdiğini ortaya koymuştur.

Kaymalar genelde kalın dolgulu süreksizlik yüzeylerinde meydana gelmektedir. Yamaç ya da şevlerin duraylılığında süreksizlik dolgu malzemesinin kalınlığının etkisi ile birlikte dolgu maddesinin geçirgenlik özelliğinin önemi de unutulmamalıdır.

İnceleme alanındaki eklemlerde genel olarak kalınlıkları 2.5-10 mm arasında değişen *kalsit dolgu*, bozunmanın fazla olduğu yüzey ve yüzeye yakın seviyelerde ise *kil dolgu* gözlenmektedir.

3.1.7. Süreksizlik yüzeyi dayanımı ve bozunma

İsviçreli mühendis E. Schmidt tarafından 1948 yılında beton yüzey sertliğini ölçmek amacıyla geliştirilen Schmidt çekici, sonraki yıllarda yer bilimlerinin değişik disiplinlerindeki mühendislik projelerinde kullanılmıştır. Arazide kaya, laboratuarda blok veya silindirik örnekler üzerinde kolaylıkla kullanılabilmesi nedeniyle birçok araştırmacı tarafından tercih edilebilmektedir. Schmidt çekici sertlik ölçümü tam esnek olmayan iki cisimin çarpışması ve çarpışma anında oluşan deformasyonun tekrar eski durumuna gelmesi ile oluşan tepki prensibine dayanır. Schmidt çekici ile yapılan deneylerde I.S.R.M (2007) tarafından önerilen yöntemler kullanılmıştır.

Eklemlerin bozunma derecesi arazide yapılan Schmidt çekici deneylerine ait değerler kullanılarak, Gökçeoğlu (1997) tarafından önerilen ve

$$W_c = R_f / R_w$$

eşitliği ile belirlenen bozunma indeksine göre tanımlanmıştır. Bu eşitlikte;

R_f : Bozunmamış yüzeyin Schmidt geri sıçrama sertlik değeri

R_w : Bozunma sınıflaması yapılan eklem yüzeyinin Schmidt geri sıçrama sertlik değeridir.

Schmidt çekici geri tepme sayısına bağlı olarak süreksizlik yüzeyleri Çizelge 3.5’ de görüldüğü gibi tanımlanmış olup bozunma derecesi “*orta derece bozunmuş*” olarak değerlendirilmiştir.

Çizelge 3.5. Schmidt çekici değerlerine göre bozunma derecesi.

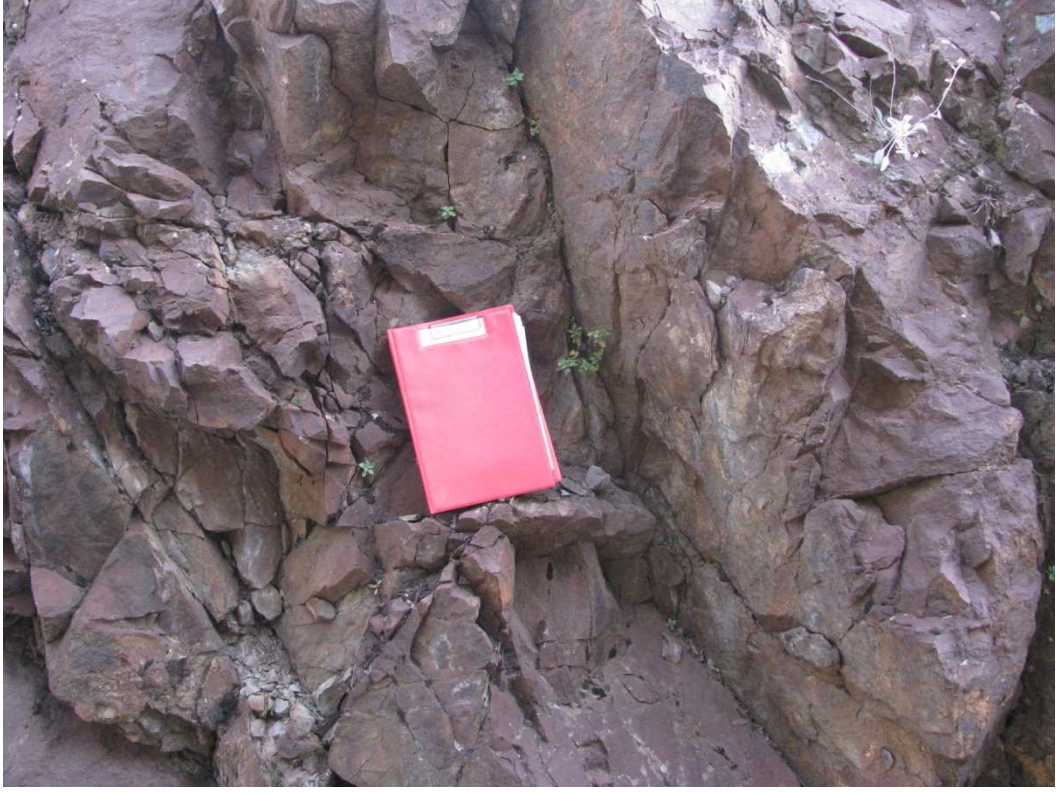
Sınır değeri (W_c)	Tanımlama
<1.1	Bozunmamış
1.1–1,5	Az bozunmuş
<u>1.5–2.0</u>	<u>Orta derecede bozunmuş</u>
>2.0	Tamamen bozunmuş

3.2. RQD (Kaya kalite belirteci) Belirlenmesi

Çalışma alanında bölgede yüzlek veren kayaların RQD' si de belirlenmiştir. Bu amaçla yarmalarda dikey olarak belirlenen zonlar boyunca şerit metreler kullanılarak önce toplam uzunluk saptanmış, ardından ölçüm hattı boyunca 10 cm ve 10 cm den büyük olan çatlaksız birimler belirlenmiştir. Son olarak belirlenen 10 cm ve 10 cm den büyük olan çatlaksız kesimlerin toplam uzunluğu toplam ölçüm uzunluğuna bölünüp yüzde olarak birimin kaya kalitesi (RQD) belirlenmiştir (Şekil 3.10). Yapılan ölçümün ortalaması % 35 olarak bulunmuştur. Bulunan bu değer ISRM (1980) RQD sınıflandırılmasına göre kayaların *zayıf* kütle kalitesinde yer aldıklarını göstermiştir (Çizelge 3.6).

Çizelge 3.6. RQD sınıflaması (ISRM, 2007).

RQD	Tanımlama
0–25	Çok zayıf
<u>25–50</u>	<u>Zayıf</u>
50–75	Orta
75–90	İyi
90–100	Çok iyi



Şekil 3.10. RQD çalışması yapılan kaya kütesindeki eklemlerin durumu.

3.3. Kayaların Mekanik Özellikleri

Çalışma alanından getirilen kaya numunelerden, şev stabilitesi analizlerinde girdi olarak kullanılacak parametrelerin belirlenebilmesi ve kayaların mekanik özelliklerini belirleyebilmek için dayanım deneylerinde kullanılmak üzere bloklardan NX (54mm çaplı) karotlar elde edilmiştir. Alınan karot numuneleri 2.5-3 boy-çap oranı göz önünde bulundurularak kesilmiş, alt ve üst yüzeyleri en fazla 0.02 mm hata ile numune eksenine diklik hassasiyeti 50 mm 0.05 mm sapmayı geçmemesine özen göstererek düzeltilmiştir. Daha sonra serbest basınç dayanım deneyleri ISRM (2007) esas alınmış numuneler, üzerine düşey olarak yük uygulayabilecek ve yükleri ölçebilecek hidrolik prese yerleştirilmiş, 0,5 MPa/dak hızla yükleme yapılmıştır. Elde edilen bu yükün numunenin ilk alanına bölünmesi ile serbest basınç dayanımı elde edilmiştir. Daha sonra, elde edilen veriler yardımıyla, kohezyon ve içsel sürtünme açıları belirlenmiştir (Çizelge 3.7).

Çizelge 3.7. Kayaların tek eksenli basınç deneyleri.

Parametre	En az	En çok	Ortalama
U.C.S (MPa)	27.7	68.0	51.0
C (MPa)	8.5	15.2	12.6
Φ	27	42	37

Serbest basınç dayanımı deneyi sonuçları Deer ve Miller' in (1966) da önerdikleri serbest basınç direncini esas alan sınıflamasına göre değerlendirilmiş ve yapılan değerlendirme sonucunda kayaların “*orta-düşük dayanımlı*” kaya sınıfında yer aldığı belirlenmiştir (Çizelge 3.9).

Kayalarda yapılan ölçümler sonucunda birim hacim ağırlık en az 2.9 gr/cm³, en fazla 3.3 gr/cm³ olarak hesaplanmış ve ortalaması ise 3.0 gr/cm³ olarak belirlenmiştir (Çizelge 3.8).

Çizelge 3.8. Kayaların birim hacim ağırlıkları.

Parametre	En az	En çok	Ortalama
Birim hacim ağırlık (γ) (gr/cm ³)	2.9	3.3	3.0

Çizelge 3.9. Serbest basınç sınıflaması Deer Ve Miller (1966).

Sınıf	Dayanım	Tek eksenli sıkışma dayanımı (kg/cm ²)
A	Çok yüksek	>2200
B	Yüksek	1100–2200
<u>C</u>	<u>Orta</u>	<u>550–1100</u>
<u>D</u>	<u>Düşük</u>	<u>275–550</u>
E	Çok düşük	<275

3.4. Kaya Kütlelerinin Sınıflaması (RMR)

Kaya kütlesi özellikleri, çalışma alanındaki kaya şevlerinin potansiyel duraylılık durumlarının saptanabilmesi amacı ile kullanılan parametrelerin tümünü kapsar. Bu çalışma kapsamında çalışma alanındaki kaya kütlelerinin sınıflaması Bieniawski (1989) tarafından önerilen RMR kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Çizelge 3.10). Bu sınıflamada aşağıda verilen 6 parametre girdi parametresi olarak kullanılmakta olup bunlar;

- a. Kayaların tek eksenli basınç dayanımı,
- b. RQD,
- c. Yeraltı suyu durumu,
- d. Eklemlerin ara uzaklığı,
- e. Eklem durumu ve
- f. Yönelim' dir.

Ancak Bieniawski, 1989 tarafından geliştirilen RMR (Rock Mass Rating) beş jeomekanik verinin değerlendirilmesi üzerine kurulmuştur. Altıncı parametre ise, mühendislik projesinin türüne bağlı olarak daha önce bulunan RMR değeri üzerinde düzeltme yapılmasında kullanılmaktadır. Bu sistemden elde edilen verilerin toplanması ile elde edilen toplam puan RMR (Kaya Kütlesi Oranı) puanı olarak değerlendirilmektedir. Bu puanlama 1 – 100 arasında değerler almaktadır. RMR = 81 – 100 arasındaki kaya kütlesi mükemmel, RMR = 61 – 80 Aralığında iyi kaya kütlesi, RMR = 41 – 61 orta kaya kütlesi, RMR = 21 – 40 kötü kaya kütlesi ve RMR < 20 ise çok kötü kaya kütlesi tanımlaması yapılır (Bieniawski, 1989).

Kaya örnekleri üzerinde uygulanan tek eksenli basınç dayanımı deneylerinde birimlerin dayanımı ortalama 51 MPa olarak belirlenmiş olup bu değer 50-100 MPa aralığında olup RMR sınıflamasında tek eksenli basınç dayanımının 7 puan almasını sağlamıştır.

Kaya kalite belirteci olan RQD ise %35 olarak ölçülmüş Bu değer RMR sınıflamasında 25-50 Aralığına ve puan karşılığı olarak da 8 puana denk gelmektedir. Eklem ara uzaklığı 60-200 mm olarak bulunmuştur. Bu sonuç RMR sınıflamasından 8 puan getirmektedir.

Eklemlerin durumu 2.5-10mm arasında olduğu için *Yumuşak fay dokusu >5mm kalınlıkla veya açık eklemler* şeklinde olması RMR sınıflamasında 0 puana karşılık gelmektedir.

Süreksizlikler yeraltı suyu değerlendirmelerinde nemli olarak tanımlanmış olup bu durum için RMR sınıflamasında 10 puan ile puanlanmaktadır. Tüm bu değerler kullanılarak elde edilen sınıflama parametresi puanları ve RMR puanı Çizelge 3.11' da Toplu olarak sunulmuştur.

Çizelge 3.10. Jeomekanik kaya kütle sınıflaması (RMR) (Bieniawski, 1989'dan) Sınıflama parametreleri ve dereceleri.

1	Sağlam kayacın dayanım	Nokta yük day.	>10MPa	4–10 MPa	2–4 MPa	1-2MPa	Küçük dereceler için T.E.B.D		
		Tek eksenli sıkışma dayanımı	>250 MPa	10–250 MPa	50–100 MPa	25–50 MPa	5.25 MPa	1.5 MPa	1 MPa
	Derecelendirme		15	12	7	4	2	1	0
2	RQD %		90–100	75–90	50–75	25–50	<2		
	Derecelendirme		20	17	13	8	3		
3	Süreksizlik aralığı		>2 m	0.6–2 m	200–600	60–200	<60 mm		
	Derecelendirme		20	15	10	8	5		
4	Süreksizlik durumu		çok kaba yüzey, ayrılma yok, sert eklem yüzeyleri, sürekli değil	Az kaba yüzeyler ayrılma <1 mm sert eklem yüzeyler	Az kaba yüzeyler ayrılma <1 mm. yumuşak eklem yüzeyleri	Sürünme izli yüz. Veya fay dokusu >5mm >5veyal-5mmaçık sürekli eklemler	Yumuşak fay dokusu >5mm kalınlıkla veya açık eklemler >5mm devamlı sür.		
	Derecelendirme		30	25	20	10	0		
5	YS	Tünelin 10'lik kısmından gelen su	Yok	10 lt/dak.	<25 lt/dak.	25-125 lt/dak.	>125 lt/dak.		
		Eklemlerde su basıncı/ana asal gerilme	0	0.0–0,1	0.1–0,2	0.2–0,5	>0.5		
		Genel koşullar	Tamamen kuru	Nemli	Islak	Damlama	Su akışı		
	Derecelendirme		15	10	7	4	0		

Çizelge 3.11. Çalışma alanındaki kaya kütlelerinin RMR puanlamaları.

Parametre	Tanımlama	Derecelendirme
Serbest basınç dayanımı (MPa)	50-100MPa	7
RQD	<40	8
Eklem aralığı	60-200 mm	8
Eklem durumu	*	0
Yer altı suyu durumu	Nemli	10
Toplam		33

*Yumuşak fay dokusu >5mm kalınlıkla veya açık eklemler.

Bieniawski (1989) jeomekanik kaya kütle sınıflamasına göre yaptığımız değerlendirmeler sonucunda çalışma alanındaki kayalar “zayıf kaya” olarak belirlenmiştir (Çizelge 3.12). Bu sınıftaki bir kaya kütesinin kohezyonu ve sürtünme açısı değerlerinin ifade edildiği Çizelge 3.13’ de sunulmuştur.

Çizelge 3.12. Jeomekanik kaya kütle sınıflaması (RMR) (Bieniawski, 1989’dan) kaya sınıfı.

Sınıflama No	I	II	III	IV	V
Kaya tanımı	Çok iyi kaya	İyi kaya	Orta kaya	Zayıf kaya	Çok zayıf kaya
Derecelendirme	100–81	80–61	60–41	40–21	<20

Çizelge 3.13. Jeomekanik kaya kütle sınıflaması (RMR) (Bieniawski, 1989’dan).

Sınıflama No	I	II	III	IV	V
Ortalama tahkimatsız açıklık	20m	10m	5m açıklık için 1 hafta	2.5m açıklık	1 m açıklık için 30dk.
Kaya kütesinin kohezyonu	>400kPa	300-400kPa	200-300kPa	100-200kPa	<100kPa
Kaya kütesinin içsel sürtünme	>45	35–45	25–35	15–25	<15

4. KAYA ŞEVLERİNİN DURAYLILIĞININ KİNEMATİK ANALİZİ

Kinematik analiz cisimlerin hareketlerini bu hareketi oluşturan kuvvetlere değinmeden inceleme yöntemine verilen addır. Sayısal çözüm yapılmamasına rağmen kinematik analiz kaya yamaçlarının duraylılık incelemesinde büyük önem taşır. Bunu nedeni kaya kütlelerinde zayıflık düzlemlerinin bulunması, ya da sürücü/devirici etkilerin varlığına karşın duraylılık kaybını getirecek hareketlerin serbestçe oluşmaması durumunda yamacın en azından koşullar değişinceye kadar duraylılığını kaybetmemesidir. Bu nedenle kinematik analize ilk kontrol işlemi gözüyle bakmak uygun olabilmektedir.

Kaya şevlerinde meydana gelen duraysızlıklar, kaya kütlelerinin içerdiği süreksizliklere bağlı olarak gelişmekte ve bu duraysızlıklar, bir veya kesişen iki süreksizlik düzlemi boyunca oluşmaktadır. Ancak, kaya kütlelerinin süreksizlik içermesi her zaman süreksizlik düzlemlerine bağlı olarak herhangi bir duraysızlığın oluşabileceğini ifade etmez. Kaya şevlerinde meydana gelen duraysızlıklar, ancak kaya kütlelerinde duraysızlığa neden olabilecek yönelime sahip süreksizlik veya süreksizliklerin varlığı ile mümkün olabilmektedir. Kaya kütlelerinde süreksizliklerin denetiminde oluşabilecek duraysızlıkların değerlendirilmesi ilkeleri Hoek ve Bray (1981) ve Goodman (1980) tarafından ortaya konulan kinematik analiz tekniği ile yapılmaktadır. Kinematik analizler, stereografik izdüşüm yöntemi kullanılarak, şev yönelimi, süreksizlik yönelimi, kesişen süreksizliklere ait kesişme noktasının dalım açısı ile süreksizlik düzleminin içsel sürtünme açısı arasındaki ilişkilerin incelenmesi esasına dayanan bir değerlendirmedir. Kinematik analiz sonucunda, oluşabileceği ortaya konulan duraysızlıklar bir olasılıktan ibaret olup, duraysızlık olasılığı varsa, bu duraysızlığın gerçekleşip gerçekleşmeyeceği ancak yapılacak olan Limit Denge Analizleri ile kesin olarak ortaya konulabilmektedir. Çünkü kinematik analizler kohezyonu, süreksizlik devamlılığını, kayma olasılığı bulunan kütlelerin ağırlığını ve su basınçlarını dikkate almaz.

Şevlerin duraylılığı, kinematik, analitik ve nümerik analiz yöntemlerinden yararlanılarak incelenir. Kinematik analiz yöntemi, duraylılığın süreksizlik sistemleri tarafından denetlendiği kaya şevlerinde duraylı ve duraysız olabilecek şevlerin ayırt edilmesi amacıyla kullanılan pratik bir yöntemdir. Bu yöntemde; düzlemsel kama ve devrilme türü duraysızlıklar incelenir ve şev ile duraysızlığa neden olabilecek

süreksizliklerin yönelimi ve süreksizlik yüzeyinin içsel sürtünme açısı (ϕ) analizlerde girdi parametresi olarak kullanılır. Kinematik analizlerin ilk aşamasında, süreksizlik setlerinin ve incelenen şevin büyük daireleri ile kutup noktaları, stereonet üzerine işaretlenir. Gerek şevin gerekse ana süreksizlik düzlemlerinin yöneliminden ortaya çıkan durum, ilgili koşullara göre değerlendirilerek, olası duraysızlık türü belirlenir.

Kayaların *kaya maddesi* olarak değerlendirilmesinde iyi ve sağlam kaya olarak sınıflandırılmış olması ve bu özelliğine de bağlı olarak, dike yakın şevlerde bile duraylı olmasına karşın, söz konusu yarmaların yer aldığı kaya kütlelerinin duraylı olacağı anlamına gelmemektedir. Arazi çalışmaları ve gözlemleri esnasında, kaya ortamlarının birçok süreksizlik setlerini içeriyor olması, süreksizlik kontrollü duraysızlık sorunlarının gerçekleşebileceği ihtimalini göstermiştir.

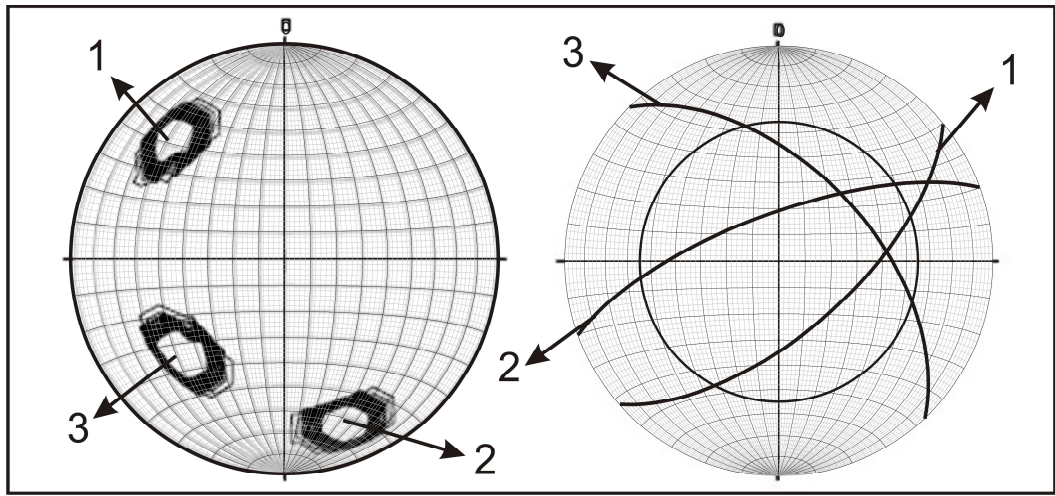
Çalışma alanındaki kayalar, tektonizmanın etkisi ile eklemli bir yapı kazanmış olup genel olarak üç eklem seti gözlenmektedir. Bazı eklemler geniş açıklığa sahip olup, genelde “Orta derecede” açıklık gözlenmektedir. Eklemlerde genel olarak kalınlıkları 2.5-10 mm arasında değişen kalsit dolgu, bozunmanın fazla olduğu yüzey ve yüzeye yakın seviyelerde ise kil dolgu gözlenmektedir. Kayalardaki bu yoğun eklemler yeraltı suyunun dolaşımına imkân vermekle birlikte, duraylılığı kritik koşullara ulaştırabilmektedir.

Hutchinson (1988) ve Goodman (1989)’ a göre; süreksizlikler ve bunların eğim yönleri, doğrultuları ve düzeyleri ile süreksizliklerin kesişimleri yamaçların duraylılıklarını etkileyen önemli faktörlerdir. Çünkü bu kesişimler daha önceki kaymalarda varolan yüzeyleri gösterebilir (Abderahman, 1998). Bu bakış ile, çalışma alanındaki potansiyel duraysızlık yönleri, süreksizliklerin kesişim noktalarının yarma doğrultuları, eğimleri ve eğim yönleri ile karşılaştırılması ile elde edilmiştir. Elde edilen bu potansiyel yenilme düzlemlerine göre; şevlerin duraylılığı temel olarak *KD-GB* ve özellikle de *KB-GD* yönünde etkilenmektedir.

İnceleme alanının, tektonik olarak oldukça aktif bir bölgede bulunması nedeniyle, yüzeylenen kaya kütleleri bu tektonizmanın etkisiyle, sistematik olarak gelişmiş eklem setleri içermektedir. Eklem setleri ISRM (2007) tarafından önerilen hat etüdü yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Bu eklemlerin mühendislik özelliklerini belirlemek amacıyla yapılan gözlem ve ölçümler, demir yolu boyunca çeşitli şevlerde her biri yaklaşık 3m’lik hatlar boyunca gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla toplam uzunluğu 210m 105 Hat etüdü yapılmıştır. Şevlerdeki eklemler Stereonet v2.46

bilgisayar programı kullanılarak değerlendirilmiş ve çalışmaya konu olan eklemlerin hakim eklem yönelimleri ve set sayıları tespit edilmiştir. Buna göre çalışma alanında üç hakim eklem seti bulunmakta olup bunların yönelimleri ise; 138/67 (1. Eklem Seti), 340/72 (2. Eklem Seti), 47/55 (3. Eklem Seti) olarak belirlenmiştir (Şekil 4.1).

Ayrıca, bu eklem setleri ile birlikte herhangi bir ana yönelim göstermeyen gelişigüzel yönelime sahip eklemler de bulunmaktadır.



Şekil 4.1. Eklem setlerine ait kontur diyagramı ve ana eklem setleri.

Kinematik kontrollü şev duraylılığı analizlerinde girdi olarak kullanılmak üzere gerekli olan süreksizliklerin içsel sürtünme açısı, kaya kütlelerinde blokların kaymaya karşı dayanımını denetleyen önemli makaslama dayanımı parametresidir. Bu parametrenin belirlenebilmesi için Barton (1973) yenilme ölçütü sıklıkla kullanılmakta olup, düşük (0-1 MPa) düşey gerilmeler altında elde edilen makaslama dayanımı değerlerine karşı normal gerilme değerlerinin çizildiği grafiklerden yenilme zarfının eğiminden elde edilen değerdir. Tez çalışmalarının öncesinde aynı sahanın belli lokasyonlarında aynı kaya kaya kütlelerindeki süreksizliklerin içsel sürtünme açısının belirlenmesi için Barton (1973) yenilme ölçütü kullanılmış ve süreksizliklerin sürtünme açısı 35° olarak saptanmış (Yılmaz, 2006) ve analizlerde girdi olarak kullanılmıştır.

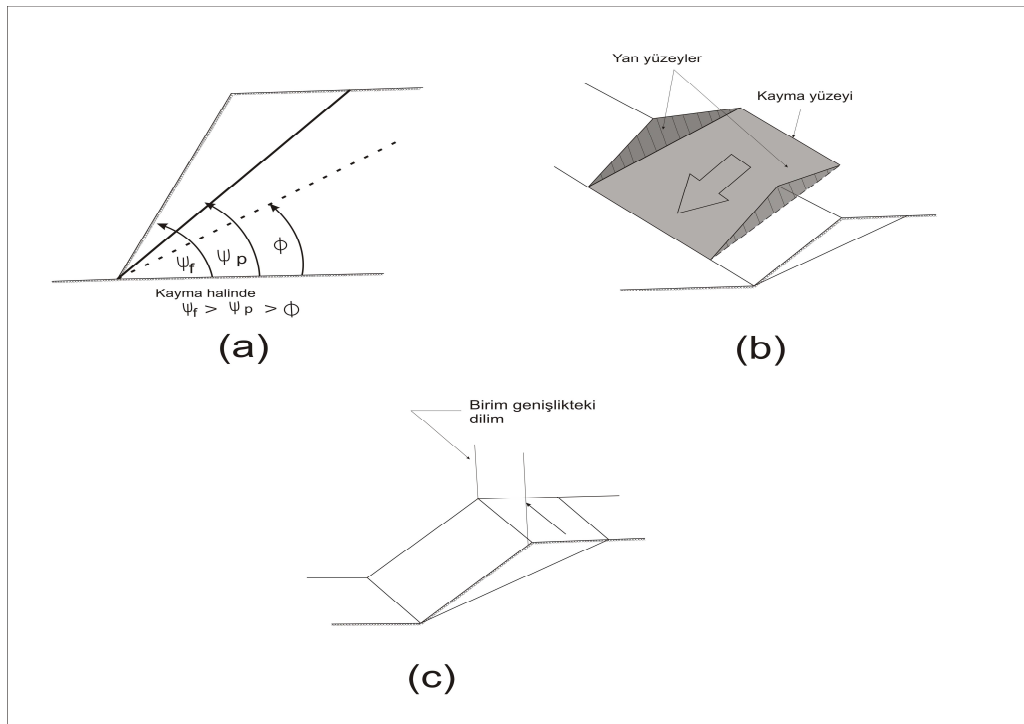
Kaya kütlelerinde süreksizliklere bağlı olarak düzlemsel, kama türü duraysızlık ve devrilme türü duraysızlık olmak üzere üç tür kinematik duraysızlık modeli mevcuttur (Hoek and Bray, 1981).

4.1. Düzlemsel Duraysızlık Modeli

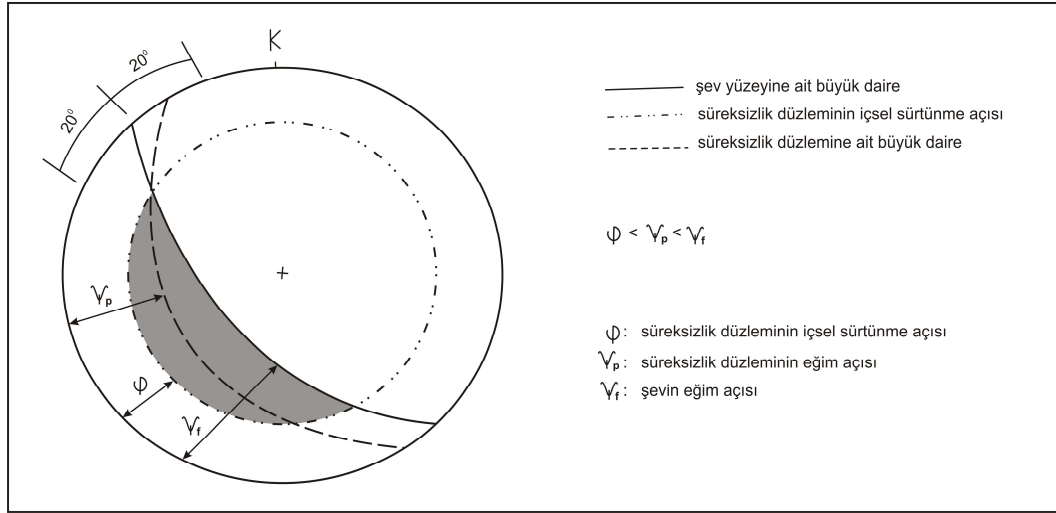
Düzlemsel bir duraysızlık, tabakalanma gibi bir süreksizlik düzleminin, şev yönünde eğimli ve sürtünme açısından daha büyük bir eğimle yer aldığı zaman meydana gelir. Düzlemsel kaymanın oluşabilmesi için birçok geometrik koşulun bir araya gelmesi gerekmektedir. Bu koşullar;

- Kayma düzleminin doğrultusu şev aynasının doğrultusuna paralel ya da paralele yakın olmalıdır (Yaklaşık $\pm 20^0$).
- Kayma düzleminin eğimi (ψ_p) şevin eğiminden (ψ_f) küçük olmalıdır, $\psi_f > \psi_p$ (Şekil 4.2.a).
- Kayma düzleminin eğimi bu yüzdeki içsel sürtünme açısından (ϕ) büyük olmalıdır, $\psi_p > \phi$ (Şekil 4.2.a)
- Kayan kütleinin iki tarafında kaymaya karşı çok az direnç gösteren yan yüzeyler bulunmalıdır (Şekil 4.2.b).

Kayma yüzeyinin genişliği bir birim olarak alınır. Bu durumda kayma alanı kayma yüzeyi boyuna, kayan kütleinin hacmi ise bu yüzeyin üzerinde kalan parçanın alanına eşittir (Şekil 4.2.c). Düzlemsel kaymanın gerçekleşebilmesi için gerekli şartlar stereonet üzerinde de gösterilmiştir (Şekil 4.3).



Şekil 4.2. Düzlemsel kayma için geometrik koşullar (Karpuz ve Hindistan, 2006).

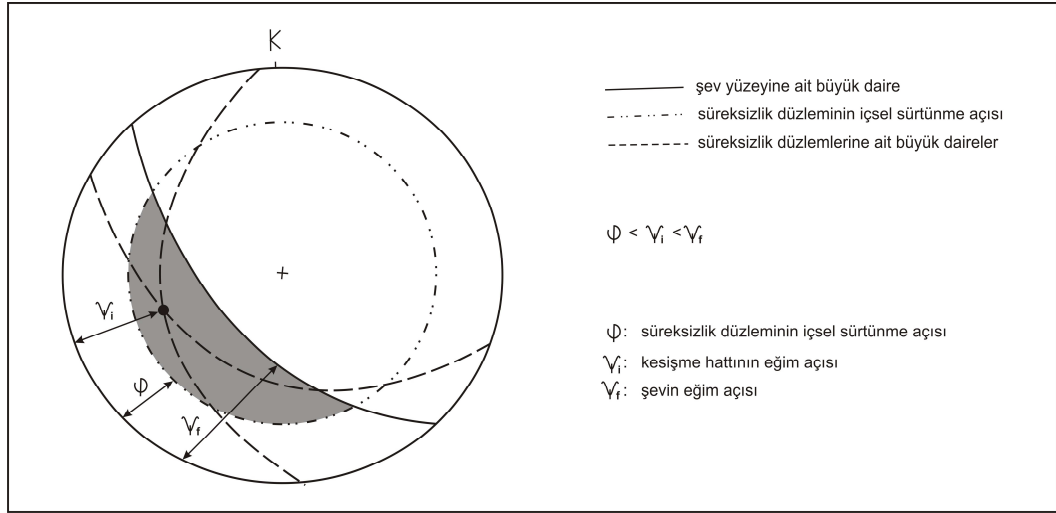


Şekil 4.3. Düzlemsel kaymanın stereonet üzerinde gösterimi (Yılmaz, 2007' den).

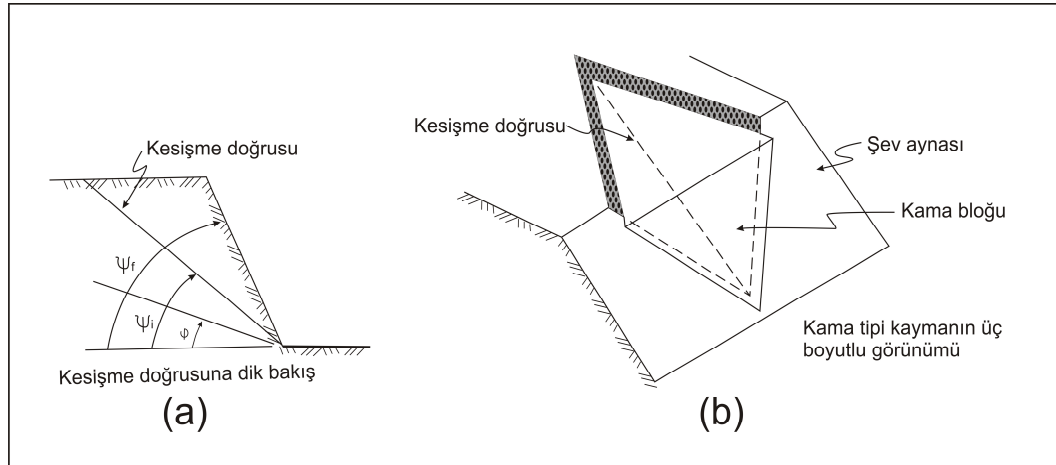
4.2. Kama Türü Duraysızlık Modeli

Kama türü duraysızlık, kesişen iki süreksizlik düzleminin oluşturduğu kamanın, bu kesişme doğrusu boyunca kayması şeklinde ortaya çıkmaktadır (Şekil 4.5.a). Ancak, kaya kütlelerinde kesişen süreksizliklerin varlığı her zaman kama türü duraysızlığa neden olmaz. Duraysızlığın oluşabilmesi için süreksizliklerin kesişme noktasının (I_{A-B}), stereografik iz düşümde içsel sürtünme açısı dairesi ile şev düzlemine ait büyük daire arasında kalan kritik bölgeye düşmesi gerekmektedir (Şekil 4.4). Kesişme noktasının kritik bölgeye düşmesi, kama türü duraysızlığın oluşabilmesi gerekli koşullar,

- İki süreksizliğe ait kesişme noktasının dalım açısı (ψ) şevin eğim açısından (γ_f) küçük olmalıdır, $\psi < \gamma_f$ (Şekil 4.5.b).
- Kesişme noktasının dalım açısı (ψ) süreksizliğin içsel sürtünme açısından (ϕ) büyük olmalıdır, $\psi > \phi$ (Şekil 4.5.b).



Şekil 4.4. Kama tipi kaymanın stereonet üzerinde gösterimi (Yılmaz, 2007' den).



Şekil 4.5. Kama tipi kaymanın geometrisi (Hoek ve Bray, 1981).

4.3. Devrilme Türü Duraysızlık Modeli

Kinematik kontrollü bir devrilme, şev yüzeyine ters yönde eğimli gelişmiş ve devamlı süreksizliklerin bulunması durumunda gerçekleşmektedir (Şekil 4.6). Devrilme şeklinde bir duraysızlığın oluşabilmesi için gerekli koşullar;

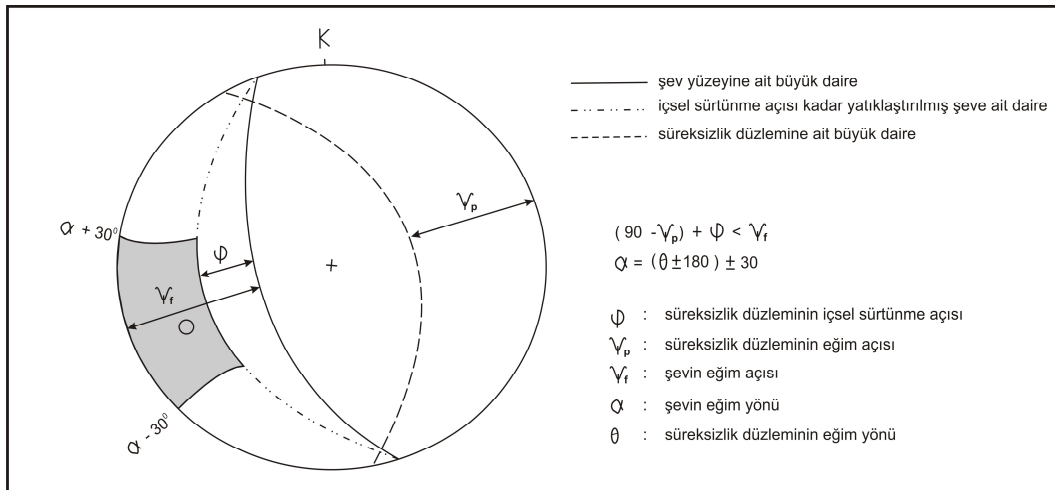
- Şevin eğim yönünün (α_β) tam tersi yönde gelişmiş olan süreksizlik (α_r) bulunması gerekir, $\alpha_\beta = (\alpha_r \pm 180^\circ)$ (Şekil 4.7).
- Süreksizliğin büyük dairesine ait kutup noktasının ($90^\circ - \psi$), şev ile süreksizlik doğrultuları arasındaki $\pm 30^\circ$ lik farka ait ve şev eğim açısı (β) ile

içsel sürtünme açısından (ϕ) daha küçük olmalıdır, $\alpha_\beta = (\alpha_f \pm 180^\circ) \pm 30^\circ$,
 $(90^\circ - \psi) + \phi < \beta$ (Şekil 4.7).

Burada en önemli konu, süreksizliğin eğim yönünün şevin eğim yönüne zıt yönde olması gerektiğidir.



Şekil 4.6. Devrilmenin gerçekleşmesi için model (Hoek ve Bray, 1981).



Şekil 4.7. Devrilmenin stereonet üzerinde gösterimi (Yılmaz, 2007' den).

5. COĞRAFİK BİLGİ SİSTEMLERİ ORTAMINDA POTANSİYEL DURAYSIZLIK HARİTALARININ ÜRETİLMESİ

Coğrafik bilgi sistemleri; karmaşık planlama ve yönetim sorunlarının çözülebilmesi için tasarlanan; mekânda ki konumu belirlenmiş verilerin kapsanması, yönetimi, işlenmesi, analiz edilmesi, modellenmesi ve görüntülenebilmesi işlemlerini kapsayan donanım, yazılım ve yöntemler sistemidir. Coğrafi bilgi sisteminde x, y koordinatlarına bağlı (sayısal format) verilerin sisteme aktarılmasında farklı yöntemler uygulanır. Mevcut farklı ölçeklerdeki haritalar, uydu görüntüleri, hava fotoğrafları ve yersel ölçmeler ile elde edilen koordinat bilgileri ile açı mesafe değerleri veri kaynakları olarak tanımlanabilir. ArcGIS bu özellikleri bünyesinde toplamış vektörel bazda çalışan bir çizim programıdır. Çalışma alanının koordinatları ve yükseklik değerleri hassas bir şekilde programda kullanılarak çalışma alanının sayısallaştırılmış haritası çıkarılmıştır. Bu sayısallaştırmış harita yardımıyla programın başka özelliklerinden yararlanarak arazinin üç boyutlu görüntüleri oluşturulmuştur. Ayrıca programdaki “*calculation*” ara yüzünde kinematik kontrollü duraysızlıkların sınır koşullarını ifade eden formüller ve kullanılarak tren yolu boyunca şevlerde oluşması muhtemel kinematik yenilme türleri ayrı ayrı ortaya konulmuş olup inceleme alanında meydana gelebilecek olası kinematik yenilmeler düzlemsel, kamasal ve devrilme türü duraysızlıklar şekline olabileceği belirlenmiştir.

Çalışma alanındaki meydana gelebilecek kinematik yenilmeler düzlemsel, kamasal ve devrilme şeklinde gözlenmektedir. ArcGIS programından ürettiğimiz formüller yardımıyla bu yenilmelerin hangi doğrultu ve eğim değerleri arasında gerçekleşebileceği hesaplanmıştır.

Formül : (Aspect \geq veya Aspect \leq) ve (Slope \geq ve Slope \leq)

Ayrıca harita üzerinde yenilmelerin gerçekleşeceği şevlerde gözlenebilmektedir.

5.1. Düzlemsel Yenilme Olasılığı Olan Yerler

1. Eklem seti olan **138/67'** ye bağlı olarak yönelim (doğrultu)' in 118^0 den büyük ve eşit 158^0 ye eşit ve küçük olan, eğiminde 67^0 den büyük olduğu şevlerde düzlemsel yenilmeler meydana gelebilmektedir (Şekil 5. 1).

2. eklem seti olan **340/72'** ye bağlı olarak doğrultunun 320^0 den büyük ve eşit 360^0 ye eşit ve küçük olan, eğiminde 72^0 den büyük olduğu şevlerde düzlemsel yenilmeler meydana gelebilmektedir (Şekil 5. 1).

3. eklem seti olan **47/55'** ye bağlı olarak doğrultunun 27^0 den büyük ve eşit 67^0 ye eşit ve küçük olan, eğiminde 72^0 den büyük olduğu şevlerde düzlemsel yenilmeler meydana gelebilmektedir (Şekil 5. 1).

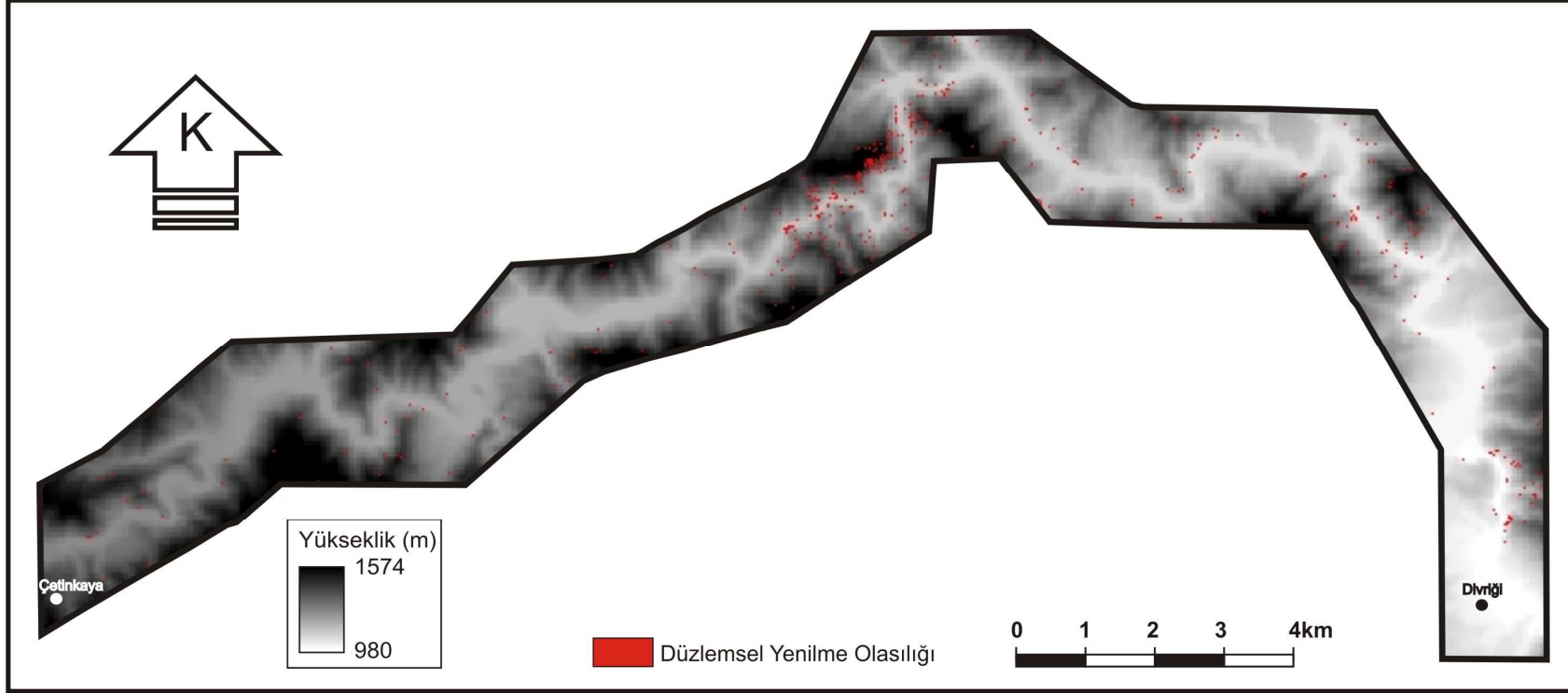
Çalışma alanında 514214 tane noktadan sadece **4138** tanesinde düzlemsel yenilme meydana gelebilmektedir.

5.2. Kama Tipi Yenilme Olasılığı Olan Yerler

Çalışma alanındaki kamasal kaymaları değerlendirirken arazi şartlarından dolayı kesişen 3. - 2. Eklem setlerinin kesişme noktasının yenilme meydana getirmesi için 55^0 den büyük olan şevler beşer derecelik aralıklar ile doğrultuların değişimleri değerlendirilmiş ve yenilmenin meydana gelebileceği eğim değerleri ve doğrultu aralıkları verilmiştir (Çizelge 5. 1).

Çizelge 5. 1. 3. - 2. eklem setine bağlı kamasal yenilmeler.

Yamaç eğimi (Slope)	Yönelim / Doğrultu (Aspect)
55^0	$34 - 36^0$
60^0	$06 - 74^0$
65	$353 - 0 - 89^0$
70^0	$342 - 0 - 98^0$
75^0	$334 - 0 - 108^0$
80^0	$325 - 0 - 105^0$
85^0	$318 - 0 - 123^0$



Şekil 5. 1. Düzlemsel yenilme olasılığı olan yerler.

3. - 2. eklem setine bağı gelişebilecek yenilmeler 5146633 noktadan sadece **3719** noktada gerçekleşebilecektir (Şekil 5. 2).

1. - 3. Eklem setlerinin kesişme noktasının yenilme meydana getirmesi için 50^0 den büyük olan şevler beşer derecelik aralıklar ile doğrultuların değişimleri değerlendirilmiş ve yenilmenin meydana gelebileceği eğim değerleri ve doğrultu aralıkları verilmiştir (Çizelge 5. 2).

Çizelge 5. 2. 1. - 3. eklem setine bağı kamasal yenilmeler.

Yamaç eğimi (Slope)	Yönelim / Doğrultu (Aspect)
50^0	84 – 86^0
55^0	47 – 109^0
60	34 – 123^0
65^0	24 – 132^0
70^0	14 – 142^0
75^0	08 – 149^0
80^0	0 – 156^0
85^0	355 – 0 – 162^0

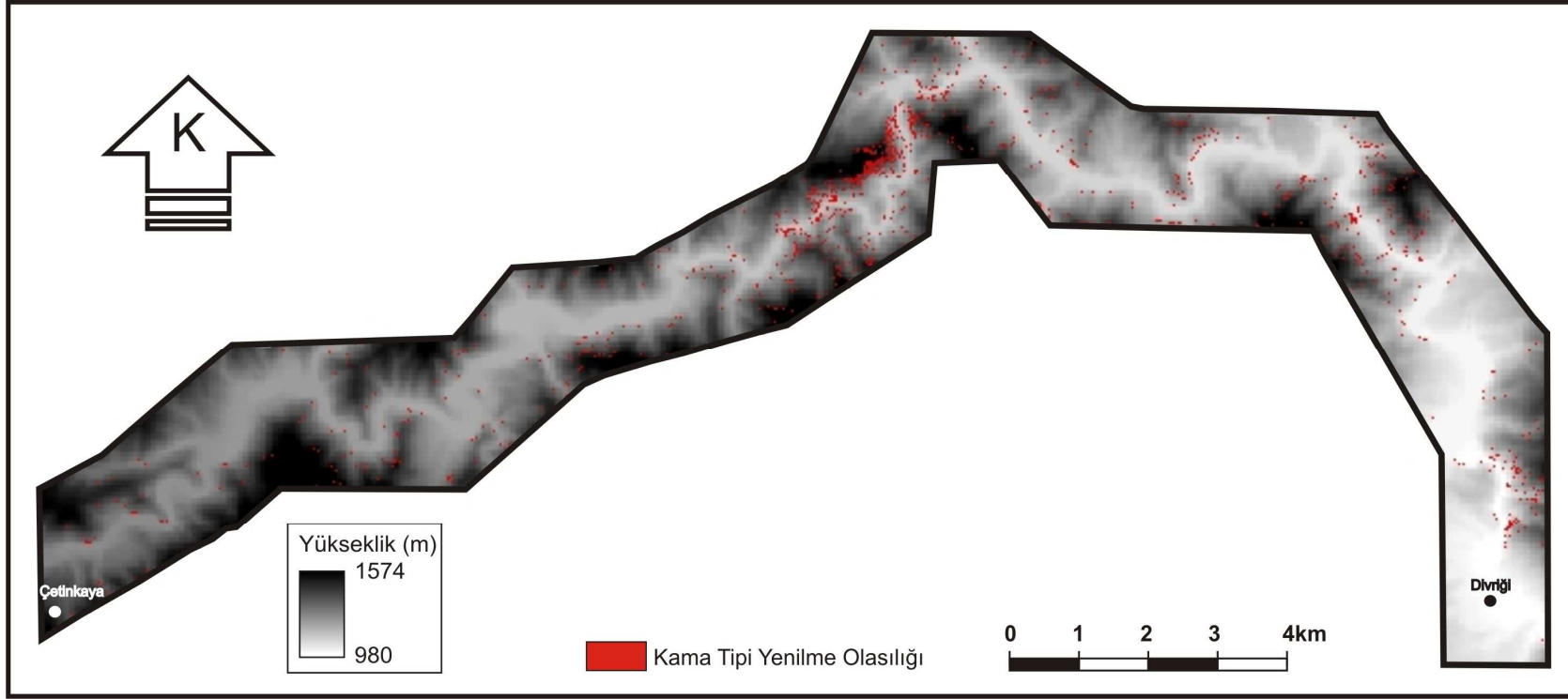
1. - 3. eklem setine bağı gelişebilecek yenilmeler 510238 noktadan sadece **8114** noktada gerçekleşebilecektir (Şekil 5. 2).

Çalışma alanındaki en yüksek eğim değeri 85^0 dir. Bu yüzden 85^0 den daha büyük değerler için hesaplama yapılmamıştır.

5.3. Devrilme Türü Yenilme Olasılığı Olan Yerler

Çalışma alanındaki meydana gelebilecek devrilme türü yenilmeler ise ürettiğimiz formüller yardımıyla 1. eklem, 2. eklem ve 3. eklem için hesaplanmıştır.

1. Eklem seti olan **138/67'** ye bağı olarak doğrultunun 288^0 den büyük ve eşit 348^0 ye eşit ve küçük olan, eğiminde içsel sürtünme açısı kadar yatıklaştırılmış şevin eğimi olan 58^0 den büyük olduğu şevlerde devrilme türü yenilmeler meydana gelebilmektedir (Şekil 5. 3).

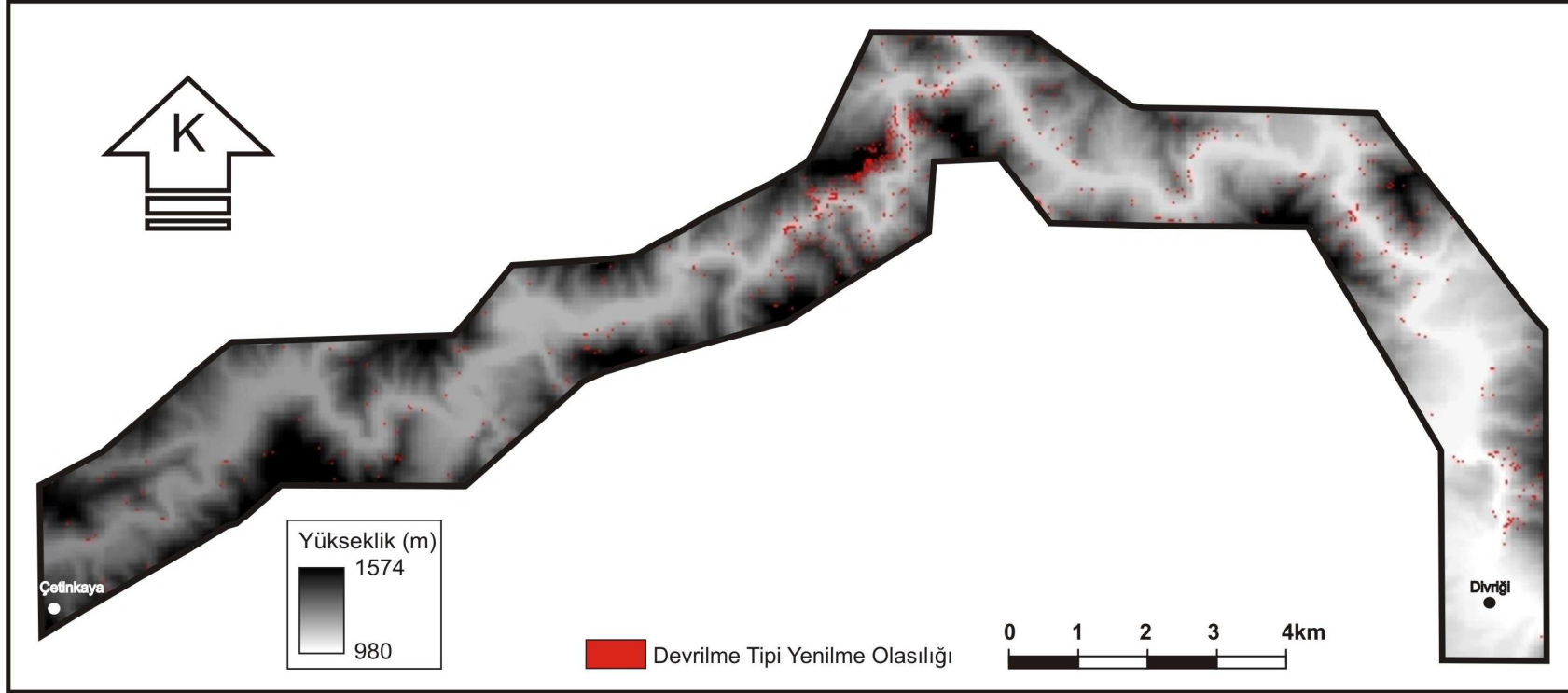


Şekil 5. 2. Kama Tipi Yenilme olasılığı olan yerler.

2. Eklem seti olan **340/72'** ye bağlı olarak doğrultunun 130^0 ' den büyük ve eğit 190^0 ye eğit ve kkk olan, eğiminde içsel sürtünme açısı kadar yatıklağtırılmığ Şevin eğimi olan 53^0 ' den büyük olduğu Şevlerde devrilme türü yenilmeler meydana gelebilmektedir (Şekil 5. 3).

3. Eklem seti olan **47/55'** ye bağlı olarak doğrultunun 197^0 ' den büyük ve eğit 257^0 ye eğit ve kkk olan, eğiminde içsel sürtünme açısı kadar yatıklağtırılmığ Şevin eğimi olan 70^0 ' den büyük olduğu Şevlerde devrilme türü yenilmeler meydana gelebilmektedir (Şekil 5. 3).

Çalışma alanında 512621 tane noktadan sadece **5731** tanesinde devrilme türü yenilme meydana gelebilmektedir.



Şekil 5. 3. Devrilme türü yenilme olasılığı olan yerler.

6. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR

1. İnceleme alanının temeli, Torosların görelî otoktonunu oluşturan Alt Paleozoik yaşlı kırıntılı kayalar, Üst Paleozoik-Mezozoyik yaşlı platform türü karbonatlar, allokton konumlu Üst Kretase yaşlı ofiyolitli karışık ve Jura yaşlı ofiyolit topluluğundan oluşan bir mozaikle temsil edilmektedir. Bu mozaığın üzerine Maastrichtiyen-Kuvaterner aralığında oluşmuş bir örtü, açılı uyumsuzlukla gelmektedir. Örtünün en alt düzeyi polijenik çakıtaşı ile başlayan Maastrichtiyen yaşlı volkano-tortul diziden oluşmaktadır.

2. Çalışma alanındaki kaya birimlerinde bulunan süreksizliklerin özellikleri incelenmiş süreksizlik yönelimleri stereografik projeksiyon tekniği ile değerlendirilmiş ve yönelimleri 138/67, 340/72, 47/55 olan üç ana hakim eklem seti belirlenmiştir.

3. Çalışma alanındaki kaya birimlerinde bulunan süreksizliklerin yönelim ve takım sayısı, aralıkları, devamlılıkları, açıklıkları, yüzey pürüzlülükleri, dolgu malzemesinin cinsi, su durumu, RQD (%) ve eklem yüzeyi dayanımından oluşan parametreler ISRM (1981)'e göre belirlenmiştir. Çalışma alanında yapılan gözlemler sonucunda; eklemler "yakın derecede aralıklı, Orta derecede devamlı, Orta-geniş açıklıklı, dalgalı pürüzlü ve orta bozunmuş" özelliktedir. Eklemler genel olarak kalınlıkları 2,5–10 mm arasında değişen kalsit dolgu, bozunmanın fazla olduğu yüzey ve yüzeye yakın seviyelerde ise kil dolgu gözlenmektedir.

4. İncelenen şevlerin kaya kütleleri RQD sınıflandırılmasına göre "Zayıf" kütle kalitesinde, RMR sınıflama sistemine göre ise "zayıf kaya" sınıfında yer almaktadır.

5. İnceleme alanındaki yönelimlerin ortalama 200m de bir değiştiği belirlenmiştir.

6. İnceleme alanındaki yönelimlerin % 20.69 'u 45-67.5⁰, % 18.23 'ü 67.5-90⁰, %17.24 'ü 90-112.5⁰, % 13.30 'u 22.5-45⁰, % 8.87 'si 0-22.5⁰, % 7.88 'i 112.5-135⁰, % 7.39 'u 135-157.5⁰, % 6.4 'ü 157.5-180⁰ arasında değiştiği belirlenmiştir.

7. İnceleme alanındaki tren yoluna paralel güzergâhların uzunluklarının % 50.82 'si 100 – 200 m arasında, % 18.82 'si 200 – 300 m arasında, % 10.69 'unun 300 – 400 m arasında olduğu belirlenmiştir. Ve % 8.08 'inin 0 – 100 m arasında, % 3.89 'u 400 – 500

m arasında, % 3.18 'i 500 – 600 m arasında, % 2.36 'sı 800 – 900 m arasında, % 2.16 'sı 700 – 800 m arasında değişmekte olduğu belirlenmiştir.

9. İnceleme alanına Bölgeye düşen en çok yağış 58,7 kg/m² ile Nisan ayında en az yağış ise 4.9 kg/m² ile Ağustos ayında olmuştur. Yıllık ortalama yağış 389,3 kg/m² ile Türkiye ortalamasının alt sıralarında yer almaktadır. Yıllık ortalama sıcaklık ise 8 °C dir.

10. Şevlerdeki eklemeler bilgisayar programı kullanılarak değerlendirilmiş ve çalışmaya konu olan eklemelerin hâkim eklem yönelimleri ve set sayıları tespit edilmiştir. Buna göre çalışma alanında üç hâkim eklem seti bulunmakta olup bunların yönelimleri ise; 138/67 (1. Eklem Seti), 340/72 (2. Eklem Seti), 47/55 (3. Eklem Seti) olarak belirlenmiştir.

11. Tek eksenli basınç deneyleri sonucunda kayaların mekanik özellikleri hesaplanmış olup bunlar, serbest basınç dayanımı 51 MPa, kohezyonu 12,6 MPa, içsel sürtünme açısı 37⁰ olarak belirlenmiştir.

12. Serbest basınç dayanımı deneyi sonuçları Deer ve Miller (1966)' nın serbest basınç direncini esas alan sınıflamasına göre değerlendirilmiş ve yapılan değerlendirme sonucunda kayaların "orta-düşük dayanımlı" kaya sınıfında yer aldığı belirlenmiştir.

13. Kaya kütlelerinin RMR puanlaması; serbest basınç dayanımından 7 puan, RQD' den 8 puan, eklem aralığından 8 puan, eklem durumundan 10 puan, yer altı suyu durumundan 10 puan olarak toplamda 43 puan alıyor ve Bieniawski (1989)'un Jeomekanik kaya kütlesi sınıflamasında "orta kaya" olarak yerini almaktadır.

14. Çalışma alanında lokasyonlardaki gözlemler, söz konusu şevlerin duraylılıklarının eklemeler tarafında kontrol edileceği gerçeğini göstermiştir. Dolayısıyla yerinde yapılan çalışmalarla kaya kütlesi bazında değerlendirmelerle Kinematik Kontrollü Şev Duraylılıkları her lokasyon için ayrı ayrı analiz edilmiştir.

a. Düzlemsel yenilme olasılığının meydana gelebilmesi için gerekli şartlar;

1. eklem seti olan **138/67'** ye bağlı olarak yönelim (doğrultu)' nun 118^0 ' den büyük ve eşit 158^0 ' ye eşit ve küçük olan, eğiminde 67^0 ' den büyük olduğu şevlerde,

2. eklem seti olan **340/72'** ye bağlı olarak doğrultunun 320^0 ' den büyük ve eşit 360^0 ' ye eşit ve küçük olan, eğiminde 72^0 ' den büyük olduğu şevlerde,

3. eklem seti olan **47/55'** ye bağlı olarak doğrultunun 27^0 ' den büyük ve eşit 67^0 ' ye eşit ve küçük olan, eğiminde 72^0 ' den büyük olduğu şevlerde düzlemsel yenilme olasılığının meydana gelebileceği belirlenmiştir.

Ayrıca çalışma alanında 514214 tane noktadan sadece **4138** tanesinde düzlemsel yenilme olasılığının varlığı ortaya konmuştur.

b. Kamasal yenilme olasılığının meydana gelebilmesi için gerekli şartlar;

Çalışma alanındaki kamasal kaymaları değerlendirirken arazi şartlarından dolayı kesişen 3. - 2. Eklem setlerinin kesişme noktasının yenilme meydana getirmesi için 55^0 den büyük olan şevler beşer derecelik aralıklar ile doğrultuların değişimleri değerlendirilmiş ve yenilmenin meydana gelebileceği eğim değerleri ve doğrultu aralıkları verilmiştir.

Yamaç eğimi (slope)	Yönelim / Doğrultu (aspect)
55^0	$34 - 36^0$
60^0	$06 - 74^0$
65	$353 - 0 - 89^0$
70^0	$342 - 0 - 98^0$
75^0	$334 - 0 - 108^0$
80^0	$325 - 0 - 105^0$
85^0	$318 - 0 - 123^0$

3. - 2. eklem setine bağlı gelişebilecek yenilmeler 5146633 noktadan sadece **3719** noktada gerçekleşebileceği belirlenmiştir.

1. - 3. Eklem setlerinin kesişme noktasının yenilme meydana getirmesi için 50^0 den büyük olan şevler beşer derecelik aralıklar ile doğrultuların değişimleri değerlendirilmiş ve yenilmenin meydana gelebileceği eğim değerleri ve doğrultu aralıkları verilmiştir.

Yamaç eğimi (slope)	Yönelim / Doğrultu (aspect)
50^0	$84 - 86^0$
55^0	$47 - 109^0$
60	$34 - 123^0$
65^0	$24 - 132^0$
70^0	$14 - 142^0$
75^0	$08 - 149^0$
80^0	$0 - 156^0$
85^0	$355 - 0 - 162^0$

1. - 3. eklem setine bağlı gelişebilecek yenilmeler 510238 noktadan sadece **8114** noktada gerçekleşebileceği belirlenmiştir.

c. Devrilme türü yenilme olasılığının meydana gelebilmesi için gerekli şartlar;

1. Eklem seti olan **138/67'** ye bağlı olarak doğrultunun 288^0 den büyük ve eşit 348^0 ye eşit ve küçük olan, eğiminde içsel sürtünme açısı kadar yatıklaştırılmış şevin eğimi olan 58^0 den büyük olduğu şevlerde,

2. Eklem seti olan **340/72'** ye bağlı olarak doğrultunun 130^0 den büyük ve eşit 190^0 ye eşit ve küçük olan, eğiminde içsel sürtünme açısı kadar yatıklaştırılmış şevin eğimi olan 53^0 den büyük olduğu şevlerde,

3. Eklem seti olan **47/55'** ye bağlı olarak doğrultunun 197^0 den büyük ve eşit 257^0 ye eşit ve küçük olan, eğiminde içsel sürtünme açısı kadar yatıklaştırılmış şevin eğimi olan 70^0 den büyük olduğu şevlerde düzlemsel yenilme olasılığının meydana gelebileceği belirlenmiştir.

Ayrıca çalışma alanında 512621 tane noktadan sadece **5731** tanesinde devrilme türü yenilme olasılığının varlığı ortaya konmuştur.

7. KAYNAKLAR

Abderahman, N. B., 1998, Landslides at km 56.4 along the Irbid-Amman Highway, Northern Jordan. AAPG, Division of Environmental Geosciences, 5 (3), 103-113.

Ata, E., 2005, Divriği - Pınargözü (Sivas), Hekimhan (Malatya), Attepe (Kayseri) ve Feke (Adana) demir cevherleşmelerindeki hematitlerin karşılaştırmalı jeokimyasal incelenmesi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enst., Yüksek Lisans Tezi, 95 s.

Barton, M.R., 1973, Review of a new shear strength criterion for rock joints. Engineering Geology, 7, 287-332.

Bayhan, H., 1980, Güneş-Soğucak (Divriği-Sivas) yöresinin jeolojik, mineralojik ve metalojenik incelenmesi: H.Ü. Yerbilimleri Enst., Doktora Tezi, 206 s, yayınlanmamış.

Bell, F. G., 2006, Mühendislik Jeolojisi ve İnşaat, Gazi Kitabevi, 393, 395.

Bieniawski, Z. T., 1989, Engineering Rock Mass Classification: Mc Graw Hill, New York, NK, 237 p.

Cater, J.M.L., Hana, S.S., Ries, A.C., Turner, P., 1991, Tertiary evolution of the Sivas basin, Central Turkey. Tectonophysics, 195, 29-46.

Çapan, U., 1980, Toros kuşağı ofiyolit masiflerinin (Marmaris, Mersin, Pozantı, Pınarbaşı ve Divriği) içyapılan, petroloji ve petrokimyasallarına yaklaşımlar. Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara, 400s,(yayımlanmamış).

Coduto, D. P., 2006, Geoteknik Mühendisliği İlkeler ve Uygulamalar, Gazi Kitabevi, 520.

Deere, D. U., and Miller, R.p., 1966, Engineering Classification and index properties for intact rock. Technical Report No. AFNL-TR-65-116, Air Force Weapons Laboratory, New Mexico.

Durutürk Y.S., 1994, T.D.Ç.İ. Divriği Madenleri Müessesesi Açık İşletmesinde Kazılabilirlik Tayini ve İş Makinalarının Performans Çalışmaları, Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enst., Yüksek Lisans Tezi, Sivas, 143 s.

Erkan, E.N., Özer, S., Sümengen, M. ve Terlemez, İ., 1978, Sarız, Şarkışla, Gemerek, Tomarza arasının temel jeolojisi. MTA Rapor No: 5641, Ankara (yayımlanmamış).

Gültekin, A.S., 1993, Alacahan-Çetinkaya-Divriği (Sivas) arasında kalan alanın jeolojisi. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, 180s, (yayımlanmamış).

Goodman, R. E., 1989, Introduction to Rock Mechanics, New York, John Wiley and Sons., 362 p.

Goodman, R. E., 1980, Introduction to Rock Mechanics, 2nd Edition, New York, John Wiley and Sons.

Gökçeoğlu, C., 1997, Killi, yoğun süreksizlik içeren ve zayıf kaya kütlelerinin mühendislik sınıflamalarında karşılaşılan güçlüklerin giderilmesine yönelik yaklaşımlar. Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği, 214 s.

Hoek, E., and Bray, J. W., 1981, Rock Slope Engineering. The Institution of Mining and Metallurgy, Stephen Austin and Sons Ltd., London, 3rd edition, 358 p.

Hutchinson, J. N., 1988, General report: Morphological and geotechnical parameters of landslides in relation to geology and hydrogeology. Landslides, 1, 3-35.

ISRM, 2007, The Complete ISRM Suggested Methods For Rock Characterization, Testing And Monitoring:1974–2006 Editor: Ulusay R And Hudson J.A 628 P.

İnan, S., Öztürk, A. ve Gürsoy, H., 1993, Ulaş-Sincan (Sivas) yöresinin stratigrafisi. Doğa-Türk Yerbilimleri Dergisi, 2, 1-15.

Karpuz, C. Ve Hindistan, M. A., 2006, Kaya Mekanığı ilkeleri, Uygulamaları, TMMOB Maden Mühendisleri Odası, 346 s.

Kelling, G., Gökçen, N.S., Gökten, E., Bromley, A.J., 1989, Tectono-sedimentary evolution of a Neo- Tethyan Collisinal trough: Sivas- Refahiye Basin, Central Turkey, 28 th International Geological Congress, Washington D.C., USA, Abstract, 2, 171-172.

Keskin, İ., 2006, Şebinkarahisar (Giresun) yöresindeki kaya şevlerinin duraylılığının kinematik analizi ve yapısal yaklaşım, Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enst., Yüksek Lisans Tezi, Sivas, 80 s.

Koçyiğit, A., 1990, Üç Kenet Kuşağı'nın Erzincan batısındaki (KD Türkiye) yapısal ilişkileri: Karakaya, iç Toros ve Erzincan Kenetleri. Türkiye 8. Petrol Kongresi, Bildiriler, Ankara, 152-160.

Koşal, C, 1971, Divriği A-B kafası demir yataklarının sondaj aramalar jeolojik raporu. M.T.A. R.ap'. No.: 4304, Ankara.

Koşal, C, 1973, Divriği A-B-C Demir yataklarının jeolojisi ve oluşumu üzerinde çalışmalar: M.T.A. Dergisi, 81, Ankara, 1-22.

Köprübaşı, N., 1985, Cürek (Divriği) granitoidinin petrolojik ve jenetik incelemesi. Yüksek lisans tezi, KÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 61 s, (yayınlanmamış).

McKenzie, W. S. and Guildorf, C., 1980, Atlas of Rock Forming Minerals in Thin Section. John Wiley and Sons, New York.

Metag Müh. Ltd. Şti., 1972, Nikel projesi, Çetinkaya - Divriği bölgesi arama raporu : Devlet Planlama Teşkilatı, Ankara, yayınlanmamış.

Moorhouse, W. W., 1969, The Study of Rocks in Thin Section. Harper and Row, New York, 514 p.

Önalp, A. ve Arel, E., 2004, Geoteknik Bilgisi II Yamaç ve Şevlerin Mühendisliği, Birsen Yayınevi, 414 s.

Özgül, N. ve Turşucu, A., Özyardımcı, N., Şenol, M., Bingöl, İ. ve Uysal, Ş., 1981, Munzur dağlarının jeolojisi. MTA Rapor No: 6995 Ankara, (yayımlanmamış).

Öztürk, H., Öztunalı, Ö., 1993, Divriği demir yatakları üzerinde genç tektonizma etkileri ve sonuçları. Türkiye Jeoloji Bülteni, 8, 97-106.

Öztürk, H., 1991. Sivas-Divriği-Taşlıtepe Demir Plaserinin Jeolojisi ve Oluşumu Üzerine Bir Görüş. MTA Dergisi 113, 133-139 s.

Şengör, A.M.C. and Yılmaz, Y., 1981, Tetyan evolution of Turkey, A plate tectonic approach, Tectonophysics, 75, p. 181 — 251.

Şengör, A.M.C., Satır, M. and Akkök R., 1984, Timing of tectonic events in the Menderes Massif, western Turkey: Implications for tectonic evolution and evidence for Pan-African basement in Turkey. Tectonics, 3, 693-707.

Tunç, M., Özçelik, O., Tutkun, S. Z., Gökçe, A., 1991, Divriği – Yakuplu – İliç – Hamo(Sivas) Yöresinin Temel Jeoloji özellikleri. Doğa, Tr. J. of Engineering and Environmental Sciences 15, 225 – 245 TÜBİTAK.

Ulusay, R., 2001, Uygulamalı Jeoteknik Bilgiler TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, 38 s.

Ünlü, T., ve Stendal, H., 1986, Divriği Bölgesi demir yataklarının element korelasyonu ve jeokimyası: Orta Anadolu, Türkiye (Geochemistry and element correlation of iron deposits in the Divriği Region, Central Anatolia, Turkey): Jeo. Müh., 28, Ankara, 5-19, (İngilizce özet).

Ünlü, T. ve Stendal, H., 1989, Divriği Bölgesi Demir Cevheri Yataklarının Nadir Toprak Element (REE) Jeokimyası. Türkiye Jeoloji Bülteni, Cilt:32, Sayı: 1-2, 21-39 s.

Yılmaz, H. ve Yılmaz, A., 2004, Divriği (Sivas) yöresinin jeolojisi ve yapısal evrimi. Türkiye Jeoloji Bülteni, 47 (1), 13-46.

Yılmaz, H., ve Yılmaz, A., 2005, Divriği- Çetinkaya Dolayındaki Demir Yataklarının Bölgesel Jeolojik Konumu. 58. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri Kitabı, s 84.

Yılmaz, I., 2006, Çetinkaya-Divriği demiryolu hattı 20 adet yarma ıslahı şev duraylılıkları analizleri Raporu, T.C.D.D Genel Müdürlüğü Yarma Islahı İşi, 23 s. (yayımlanmamış).

Yılmaz, E., Kuşçu, İ., Demirela, G., 2003, Divriği A-B Kafa Cevherleşmeleri: Alterasyon Zonlanması ve Zonlanma Süreçleri. Türkiye Jeoloji Bülteni, 46/1, 17–35 s.

Yılmaz, I., 2007, Mühendislik Jeolojisi İlkeler ve Temel Kavramlar, Teknik Yayınevi, 155-157.

Wyllie, D. C. Ve Mah, C. W., 2006, Kaya Şev Mühendisliği, 4. Baskı, Gazi Kitabevi, 383.

ÖZGEÇMİŞ

1981 yılında Edremit’de doğdum. İlköğretim eğitimimi Akçay’ da, orta ve lise eğitimimi Manisa’da tamamladım.2004 yılında Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü’nde lisans eğitimime başladım. 2008 yılında Jeoloji Mühendisi unvanı ile mezun olduktan sonra yine 2008 yılında Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisansa başladım.