

# **Şırnak İli Yerleşim Alanındaki Heyelanlar, Jeoteknik Analizi, Olası Heyelan Tehlike Değerlendirmesi ve Haritalaması**

**DEVLET CİRAGOĞLU<sup>a</sup>, YILDIRIM İ.TOSUN<sup>b</sup>, CİHAT YILDIRIM<sup>c</sup>**

<sup>a</sup> Şırnak Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendislik Bölüm Başkanı, 73000, Merkez-Şırnak

<sup>b</sup> Şırnak Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Müh. Bölümü, 73000, Merkez-Şırnak

<sup>c</sup> Şırnak Özel İl İdare Danışman Yüksek İnşaat Mühendisi, Merkez-Şırnak

**dciragolu@sirnak.edu.tr, yildirimtusun@sirnak.edu.tr,**

**cihatnur73@hotmail.com**

## **ÖZET**

Kentsel yerleşim alanlarında oluşan yeryüzü hareketleri yaşayan nüfus için, can kaybı ve maddi hasara yol açabilen önemli bir jeorisk oluşturur. Bu sebeple, aktif ve pasif heyelan alanları belirlenmeli, bu alanların jeoteknik incelemeleri ve duraylılık analizleri gerçekleştirilerek alınacak önlemler tespit edilmelidir. Ayrıca arazi üzerinde imar kararları verilirken heyelanlı sahalara, özellikle yüksek riskli alanlara kentsel yapılaşma izni verilmemelidir. Bu nedenle Şırnak ilinin çeşitli semtlerindeki potansiyel ve aktif heyelan sahalarının, jeoteknik açıdan incelemesi ve duraylılık analizleri yapılmıştır. Çalışma alanı ve çevresindeki 7 km<sup>2</sup> lik bir alanın 1/10.000 ölçekli mühendislik jeolojisi haritası yapılmış, ayrıca yapılan sondaj ve laboratuvar geoteknik deneyleri ile malzemelerin mühendislik özellikleri belirlenmiştir. S1, S2, S3 ve S4 no'lu heyelanların geliştiği yamaçların 1/1000 ölçekli topoğrafik haritaları arazi çalışmalarıyla hazırlanmış ve jeolojik birimler hazırlanan harita üzerine işlenerek jeolojik kesitler çıkarılmıştır. Araziden alınan zemin örnekleri üzerinde yapılan laboratuvar deneyleri ile yamaç molozunun fiziksel ve mekanik özellikleri; Efektif içsel sürtünme açısı ( $\phi^{\circ}$ ) 7°-12.5°, Efektif kohezyonu (c') 5-18 kg/cm<sup>2</sup>, maksimum kuru birim hacim ağırlık 1.87-2.25 g/cm<sup>3</sup>, doymuş birim hacim ağırlık 1.78-2.43 g/cm<sup>3</sup>, Doğal birim hacim ağırlık 1.9-2.35 g/cm<sup>3</sup>, Kuru birim hacim ağırlık 1.97-2.40 g/cm<sup>3</sup>, Tane birim hacim ağırlığı ( $\gamma_s$ ) 2.47-2.60 g/cm<sup>3</sup>, Permeabilite katsayısı  $4 \times 10^{-4}$  -  $5.5 \times 10^{-4}$  cm/s, olarak belirlenmiş ve ayrıca tane dağılım testleri yapılmıştır. Yamaçların hazırlanan jeolojik kesitlerinde, geçirilen deneme kayma yüzeylerine göre malzemenin belirlenen jeoteknik özellikleri de kullanılarak Fellenius, Bishop, Janbu ve Hoek-Bray yöntemleri aracılığı ile güvenlik katsayıları belirlenmiş ve hesaplanan değerlere göre S1, S2 ve S4 no'lu yamaçların duraysız oldukları K3 no'lu yamaçın ise duraysızlığa yakın durumda olduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Kent heyelenları, Şırnak Kenti Heyelanları, jeoteknik analiz, yamaç duraylılık risk haritalama

## **Şırnak Province Resettlement Site landslides, Geotechnical Analysis, Potential Landslide Hazard Assessment and Mapping**

### **ABSTRACT**

Earth movements of the highly populated living in urban residential areas, can lead to high loss of life and greatly damage to buildings and other

property forms at an important geological risk. For this reason, active and passive landslide areas should be identified, required measures to be taken of these areas must be determined by performing geotechnical investigations and stability analyses. Also landslide in making decisions on land development fields, especially in high-risk areas should not be allowed in urban construction. For this reason, the various districts of the province of Şırnak, active and potential landslide areas, mining and geotechnical stability analyses were conducted. An area of near 7 km<sup>2</sup> study area and the surrounding area has been 1/10.000 scale engineering geological map, as well as the drilling and laboratory geotechnical engineering properties of materials are determined by experiments. S1, S2, S3 and S4 hillsides to develop landslide slopes 1/1000 scale topographic maps and geological field studies prepared by processing units on the map the geological cross-sections were prepared. By laboratory experiments carried out on soil samples taken from fields of physical and mechanical properties of slope debris; effective angle of internal friction ( $\phi$ ) 7° -12.5°, effective cohesion (c') 5-18 kg/cm<sup>2</sup>, the maximum dry unit weight 1.87 -2.25 g/cm<sup>3</sup> 1.78-2.43 g/cm<sup>3</sup> saturated unit weight, unit weight 1.9-2.35 g/cm<sup>3</sup> 1.97-2.40 g/cm<sup>3</sup> dry unit weight, unit weight ( $\gamma_s$ ) 2.47-2.60 g / cm<sup>3</sup>, permeability coefficient of  $4 \times 10^{-4}$  -  $5.5 \times 10^{-4}$  cm / s, the particle distribution were determined and also tested. Geological sections prepared slopes, the geotechnical properties of the material is passed by the trial slip surfaces using the Fellenius, Bishop, and Hoek-Bray methods Janbu safety factors were determined and calculated according to the values via the S1, S2 and S4 are unstable hillsides S3 If the condition has been found that the slope close.

**Key words:** Urban landslides, Şırnak City Landslide, geotechnical characteristics, slope stability analysis.

## 1. GİRİŞ

Şırnak ili ve çevresindeki alanların jeolojik haritası yapılarak, yüzey birimlerin mühendislik jeoteknik özellikleri belirlenmiştir[1]. Yamaçların, büyük ölçekli topografik haritalar üzerine jeoloji haritası işlenmesi bölgedeki ilk heyelan çalışmalarından biri olmuştur. Yamaçların mühendislik özelliklerinin belirlenmesiyle, gelecekte belediye imar planlarının yapılandırılmasında önemi ve alanın jeoteknik kritiğine dikkat çekilmesi amaçlanmıştır.

Heyelan, dağlık bölgelerde eğimli yamaçlardaki büyük toprak kütlelerinin veya kayaların yerçekimi, eğim, su, iklimsel faktörler, tektonizma, ayrışma gibi olayların etkisiyle yamaç aşağı kaymasıdır [2].Kitle hareketlerini tetikleyen başlıca faktörler yerçekiminin yanı sıra, kayan malzemenin jeolojisi, yağışlar, erozyon, deprem ve bitki örtüsü yoksunluğu olarak sıralanabilir. Heyelan tehlikesinin belirlenmesinde ve gelecekte oluşabilecek heyelanların tahmin edilebilmesinde limit gerilme ve denge analizleri doğru sonuçlar vermektedir [2].

Yüksek tehlike içeren alanlarda, artan nüfus yoğunluğu ile, heyelan ve ilişkili olaylar oransal olarak artacaktır. Bu heyelanların süreçlerinden doğan riskleri elimine etmek ve azaltmak çok zordur. Bu gibi doğal olayların karakterini daha iyi anlamaya ve daha tahmin edici araçlar geliştirmeye acil ihtiyaç vardır.

Yoğun yağışlar, sismik, yer altı su seviyesinde yaşanan değişimler, erozyon, iklim, ayrışma gibi süreçler, topografyası keskin alanlarda heyelanları tetikleyici doğal

parametreleri oluşturur. Bu etkiler kayma gerilmesini artırır veya yamaç malzemesinin kayma direncini düşürür [3]. Heyelanı tetikleyen diğer önemli parametre kentsel faaliyetlerdir. Nüfusun artması ve yeni yaşam alanları oluşturmak insanları jeolojik tehlike arz eden yamaçlara yerleşmeye zorlamıştır. Yamaçlarda gelişen kentleşmenin getirdiği, konut, ticaret, sosyal alanların yaratılması ve alt yapı faaliyetleri gerçekleştirilmesi gibi kentsel kullanımların hayata geçirilmesi duraylılığı bozabilmekte ve heyelanları tetikleyen insan aktivitelerini oluşturmaktadır.

Özellikle gelişmekte olan ülkelerde, dağlık alanlardaki arazi topolojiye uygun olarak kullanılmamakta ve yanlış arazi kullanımı heyelan gelişme olasılığını arttırmaktadır. Heyelan riskli alanların fiziksel çevresi, değişimi ve verimliliği açısından sürdürülebilirlik sağlanamamaktadır.

Her yıl çok ağır yaşam kayıplarına sebep olan, yarattıkları maddi hasar ise milyonlarca lirayı bulan heyelanlar dünyada olduğu gibi Türkiye’de de en önemli jeoteknik tehlikelerden birisidir[3]. Ülkede son yıllarda gelişen önemli heyelanlar, araştırmacılar [4] tarafından farklı yöntemler ile araştırılmakta ve jeoteknik karakterleri ve oluşum süreçleri belirlenmektedir. Benzer jeoteknik şartlara sahip alanlar için araştırmacıların iki temel teorisi vardır [5]. Birisi, heyelanlar, geçmişte olduğu gibi aynı jeolojik, jeomorfolojik, hidrojeolojik, iklimsel şartlarda oluşurlar. Bir diğeri ise, heyelanların tipleri ve özellikleri de aynı olacaktır. Bundan dolayı geçmiş heyelanların mekanizmasını ve özelliklerini bilmek, gelecekte, komşu bölgelerde veya jeoteknik olarak benzer alanlarda gelişebilecek heyelanları değerlendirmek için önemli bir temel bilgi oluşturmaktadır. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde, dağlık alanlardaki arazi topolojiye uygun olarak kullanılmamakta ve yanlış arazi kullanımı heyelan gelişme olasılığını arttırmaktadır. Bu sebeple, ilgili alanın fiziksel çevresi, değişimi ve verimliliği açısından sürdürülebilirlik sağlanamamaktadır.

Heyelanların sebep olduğu veya olabileceği ekonomik ve sosyal kayıpların, can kayıplarının en aza indirilebilmesi için yamaçların jeolojik ve jeoteknik analizlerinin yapılması gerekir. Bu yönde, Şırnak ili (Şekil 1) alanı içerisinde, kentin güneyinde ve merkeze 2-4 km mesafede olan semtlerde oluşan heyelanların bulunduğu yamaçların jeoteknik özellikleri incelenerek duraylılık analizleri farklı yöntemlerle GEO5 programıyla gerçekleştirilmiştir. Bu proje kapsamında kentsel kullanıma açılacak olan çalışma alanı ve çevresini kapsayan 7 km<sup>2</sup>'lik alanda 1/5.000 ölçekli mühendislik jeolojisi haritası arazi ve laboratuvar çalışmaları sonucunda hazırlanmış ayrıca kutupsal koordinat sistemi kullanılarak arazi çalışmalarıyla her dört yamaca ait topoğrafik harita oluşturulmuştur.



Şekil 1. Şırnak İli Uydu Haritası 1/5000.

## 2. ŞIRNAK İLİ JEOLJİSİ

Güneydoğu Anadolu Bölgesi tektonik yapısı ve stratigrafisi itibariyle jeotermal enerji için gerekli hazne kaya ve örtü kaya özelliklerine sahip olmasının yanında, bölgede oluşan fay sistemleri ve özellikle gerilme çatlakları boyunca yerin derinliklerine kadar inen sular jeotermal enerji için gerekli akışkanın oluşmasını sağlayabilecek konumdadır (İmamoğlu, 2009). Bölge genelinde kuzey-güney yönlü sıkışmanın etkisiyle yer kabuğu doğu-batı yönünde bir gerilmeye tabi olmuş ve oluşan gerilme çatlakları boyunca astenosferden olivinli bazaltik magma yükselmiştir.

Diyarbakır-Şanlıurfa-Mardin arasında kalan Karacadağ bölgesinde, Gaziantep Yavuzeli yöresinde ve İdil-Cizre yöresinde yüzeye kadar çıkan bazaltik magma birkaç evre halinde akarak geniş alanları lav akıntıları altında bırakmıştır. Batman'ın kuzeyinde olduğu gibi, yeryüzüne ulaşmayan magma birkaç yerde sokulumlar yaparak sıcak alanlar meydana getirmiştir. Bu durum MTA Genel Müdürlüğü tarafından yapılan, bölgenin jeolojik haritasında açıkça görülmektedir. İnceleme alanındaki 4 litostratigrafi birimi yaşlıdan gence Mardin Volkanitleri (Üst Miyosen) [6], Eski Alüvyon (Kuvaterner) [7], Yeni Alüvyon (Kuvaterner) ve Yamaç Molozu (Kuvaterner) olarak ayırtlanmıştır [8]. Volkanitleri, Tüf, aglomera ve andezitik bazaltik lavlardan oluşmaktadır (İmik, Timur ve Kocamanlı). İnceleme alanının büyük bir bölümünü oluşturan spilitik bazalt lavları, çalışma alanında kadar yüzeylenme gösterirler.

Son yıllarda gerek üniversitemizin ilimizde açılması gerekse de kırsaldan illere doğru olan göç hareketi Şırnak'ı da etkilemiştir. Şırnak ilindeki bina üretimi büyük bir hızla artmaya devam etmiştir. Aşırı göç nedeniyle konut talebi de artmıştır. Bu talep artışı yapı üretimi konusunda ehil olmayan kişilerin yapı sektörüne girmesine, denetim mekanizmasının yoğun yapı üretimini denetleyememesine, imar planına dâhil olmayan alanların hızla imara açılmasına neden olmuştur. Ülkemizdeki binaların büyük çoğunluğu yeterli zemin araştırması yapılmadan inşa edilmektedir. Şırnak merkezinde genelde bitişik nizamlı konut binaları bulunmaktadır. Şırnak'ta tür yeni yapılaşmaların, komşu parsel zemin kayması ve bazen de mevcut bina varsa yıkılması ( veya yapı temelinin dönmesi ile yapısal hasar verilmesi ) veya temel ve temel zemini problemleri nedeni ile yıkıldığı zannedilmektedir. Son olarak Uğur

Spor Tesisi Halı Saha faciası -2013, Şırnak Tarım İl binası -2012 ( Yenimahalle Cizre caddesi 458 ada-16 parseldeki) heyelanı ve komşu parsel temel kazı çalışması esnasında meydana gelen birçok yapı temelinin dönmeye uğraması olarak sıralayabiliriz. Bu nedenler çerçevesinde, ilimizde yapılacak olan yeni binalar ve imara açılacak yeni bölgelerin, bölgesel ve parsel bazında zemin durumunun araştırılması artık elzem hale gelmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Tarım Lojman Binası Kazı sonrası Heyelan

Şırnak ili için diğer bir konu; olası bir depremlerde meydana gelebilen hasarlarının nedenleri mimari ve mühendislik hataları yanında denetim mekanizmasının eksikliği ve imalat sürecindeki yapım kusurlarından kaynaklanacaktır. Şırnak ili 2. Derece deprem bölgesinde bulunmaktadır ve yukarıda saydığımız bu yetersizlikler ilimizde de görülmektedir. Şekil 3 de görüleceği üzere 1 Beytüşşebap ilçesinin deprem riskine karşılık Uludere Ortabağ ilçeleride risk 1 derecede olmaktadır. Cizre ve Merkez 2 derece riskli alandır.

Şırnak İli Deprem Bölge Tablosu	
İL İLÇE ADI	
SIRNAK (M)	2
Kızılsu	2
Beytüşşebap	1
Cizre	2
Dicle	2
Güçlükonak	2
Fındık	2
İdil	2
Haberli	3
Ozalı	3
Silopi	2
Uludere	1
Ortabağ	1



Şekil 2. Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası

Şekil 3. Şırnak İli Deprem Risk Haritası

Örnek olarak;

Ağır çıkmalı bina yapıları,

Depreme dayanıksız (perdesiz) asmolen türü yapılar,

Gerçek manada bodrumu olmayan yüksek katlı bina türü yapılar

Zemin koşullarına dikkat edilmeden tasarlanmış konutlar dikkatten kaçmamıştır.

Bölgesel ve/veya parsel bazında meydana gelebilecek zemin hareketleri

### 3. ZEMİNİN JEOTEKNİK ÖZELLİKLERİ

#### 3.1. Arazi Çalışmaları

Şırnak il merkezinin güneye eğimli bir topoğrafya üzerinde bulunduğu gözlenmiştir.

Arazide genel olarak kiltası ve silt taşından oluşmuş formasyonlar gözlenmiştir.

Şırnak ili merkezinin Germav Formasyonunda olduğu bilinmektedir. Germav

Formasyonu, aşınmaya karşı dayanımsızlığı nedeniyle hızlı bir şekilde aşınarak,

yüksek eğime sahip bir topografya oluşturduğundan yer yer heyelan oluşmasına sebep olmaktadır. Bu nedenle özetle Şırnak il merkezi genellikle eski heyelanlar sebebiyle kumlu, karbonatlı, killi, siltli birimlerin karışmasından oluşan örselenmiş Germav Formasyonu üzerinde yer almaktadır.

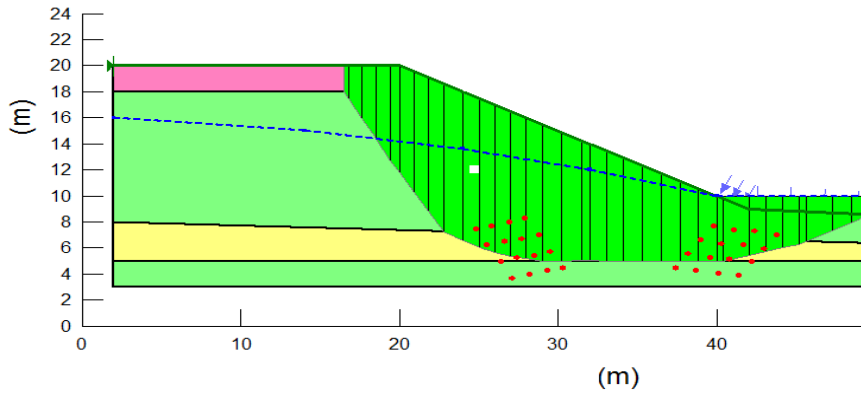
(Yılmaz ve Duran, 1997). Yamaç molozları, derenin güneyinden (Şekil 2) çalışma alanı sınırına kadar uzanır. Arazi gözlemleri ile yamaç molozlarının miyosen kireçtaşlarından oluştuğu belirlenmiştir. Kalınlıkları son derece değişkendir [11]. Arazide yamaç eğiminin azaldığı yerlerde nispeten daha az mostra verirler [12].

İnceleme alanında Mahallesi'nden başlayıp Cumhuriyet Mahallesi (Şekil 3) güneyine kadar gözlenen yeni alüvyon birikintilerinin yüzeylemeleri gri marn şeyldir. Bu kısım genel olarak siltli toprak ile kaplı olup bazı kesimleri ise kumlu ve killi zonlardan ibarettir. İl Özel İdaresi tarafından 35 m' ye kadar yapılan sondajlarda yeni alüvyonun devam ettiği belirlenmiştir [1]. Yamaç Molozları, inceleme alanında Deresinin güneyine doğru, yerleşmiştir.

Tane boyları ince kil ile iri kum arasında değişir. Boylanma ve derecelenme görülmeyen molozların kalınlıkları 10-35 cm arasında değişir [9]. Yamaç molozlarında görülen aktif ve potansiyel heyelan sahaları ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir.

### 3.1. Jeoteknik Özellikler (Geotechnical Properties)

Heyelan alanlarında yüzeylenen zeminlerin jeoteknik özelliklerini belirlemek amacıyla yapılan deneylerde Türk Standartları (TS 1900) [8] ve Amerikan Standartları (ASTM 3080) [11] esas alınmıştır. İnceleme alanındaki heyelanların ve burada yapılan sondajların içeriklerinin gösterimi Şekil 3 te verilmiştir. 1343 nolu kuyu 1958 de, 58135 nolu kuyu 2003'de 60574 nolu kuyu ise 2009 yılında açılmıştır.



Şekil 4. İnceleme alanının yamaç kesiti GEO5 ve duyarlılık analizi.

İnceleme alanındaki heyelanlı bölgelerde yamaç molozunun ince taneli kısımlarından örselenmemiş ve örselenmiş örnekler alınmıştır. Örselenmiş örnekler üzerinde yapılan deneylerde dane dağılım eğrileri, dane birim ağırlık ve kıvam limitleri elde edilmiştir.

Örselenmemiş örnekler üzerinde ise kesme kutusu deneyleri yardımı ile örneklere ait efektif kohezyon ( $c'$ ) ve efektif kayma direnci açısı ( $\phi^\circ$ ) bulunmuştur.

Kesme Kutusu deneyinde kullanılan örselenmemiş zemin örnekleri TS 1901 [12] e göre alınmıştır.

Ayrıca bu deneylerin yapımı esnasında malzemenin birim hacim ağırlığı, sıkışma miktarı ve boşluk oranı belirlenmiştir.

Plastik ve likit limit deneylerinde elde edilen sonuçlar her bir örnek için Tablo 1'de verilmiştir. Leonard(1962)'in [17] sınıflamasına göre S1 ve S4 no'lu heyelanın içinde olduğu yamaç molozu az plastik ve plastik değil grubundadır, S2 ve S3 nolu heyelanın olduğu yamaç molozunun ise aynı değerlendirmeye az plastik olduğu belirlenmiştir.

**Tablo 1.** Heyelanlı yamaçlardan alınan örnekler üzerinde yapılan jeoteknik testlerden elde edilen sonuçlar.

Örnek no	S3	S2	S1
Örneklerin alındığı Kot (m)	1227	1221	1225
Wopt,%	15,9	12,9	10,8
c'(kg/cm <sup>2</sup> )	1,37	1,10	1,30
φ'	20	22,5	32,5
L1 (%)	28,0	15,0	26,0
P1 (%)	18,0	14,0	18,0
Ip (%)	10,0	10,0	8,0
γs g/cm <sup>3</sup>	2,37	2,5	2,49
Birleştirilmiş Zemin sınıflaması	SP(Kum ve çakıllı)	SP(Kum çakıllı) ve	SP(Kum çakıllı,siltli kum)
γdoygung/cm <sup>3</sup>	1,92	1,92	2,09
	1,68	1,67	1,89
γkurug/cm <sup>3</sup> Kum ve çakıllı	1,58	1,57	1,82

**Tablo 2.** Proktor ve permeabilite deney sonuçları

Örnek no	S11	S12	S13	S21	S22	S31	S32	S41	S42
γk max g/cm <sup>3</sup>	1,68	1,89	1,93	1,93	1,67	2,05	1,98	1,90	1,69
wopt %	15,9	12,9	10,8	19,0	15,8	12,3	13,8	13,0	15,9
Permeabilite (k) (cm/s)	5,63*10 <sup>-4</sup>	13,0*10 <sup>-4</sup>	5,65*10 <sup>-4</sup>	16*10 <sup>-4</sup>	31,8*10 <sup>-4</sup>	13,0*10 <sup>-4</sup>	13,3*10 <sup>-4</sup>	5,6*10 <sup>-4</sup>	13,1*10 <sup>-4</sup>

Zemindeki su içeriği, kil oranından önemli ölçüde etkilenecektir. Zeminin içindeki kil yüzdesine göre değerlendirildiğinde zemin örnekleri kohezyonsuz veya az kohezyonlu özellik göstermektedir.

Heyelanların bulunduğu sahalardan alınan örnekler üzerinde yapılan deneylerle elde edilen tane birim hacim ağırlıkları Tablo 1’de gösterilmiştir. Tane boyutuna göre zemin cinslerinin belirlenebilmesi için, dane dağılım deneyi gerçekleştirilmiş ve sonuçları değerlendirilerek birleştirilmiş zemin sınıflamasındaki adları ve yerleri Tablo 1’de verilmiştir.

Zeminin geçirgenliğini tespit etmek amacıyla sabit seviyeli geçirimsizlik deney aleti kullanılmıştır. Deney sonuçlarının değerlendirilmesiyle zeminin geçirimsizlik derecesi tespit edilmiştir (Tablo 2). Tablo 2 incelendiğinde S1, S2, S3 nolu yamaçların geçirimsiz zemin sınıfına girdiği görülmektedir.

Heyelanlı sahalardan alınan zemin örnekleri üzerinde yapılan Proktor deneyleri sonucunda elde edilen  $\gamma_k$  ve  $w_{opt}$  değerleri Tablo 2 de verilmiştir. Bu deneyle birlikte zemindeki optimum su muhtevası ve maksimum kuru birim hacim ağırlık belirlenerek, yamaçların duraylılık hesaplamalarında kullanılmaktadır. Doğal bir şevin stabilitesini sıkıştırma parametreleri etkilemez. Çünkü bu parametreler istenilen şekilde sıkıştırılan zemine ait parametrelerdir. Yapay şevlerde sıkıştırma parametreleri doğrudan kullanılır. Doğal bir şevde heyelan tehlikesi varsa, sıkıştırma yapılması durumunda bu parametreler kullanılarak stabilize analizleri karşılaştırılır. Heyelan tehlikesine karşı alınacak önlemlerde şev önüne sıkıştırılmış dolgu yapılabilir veya şevde kademeli şev eğimi yapılabilir. Aynı zamanda doğal zemin bir miktar kazılarak tekrar sıkıştırma parametrelerine göre sıkıştırılır. Bu durumda stabilize analizlerinde sıkıştırılmış zemine ait parametreler kullanılabilir.

Dört ayrı yamacın farklı noktalarından alınan örneklerin, kayma direnci parametrelerini belirleyebilmek için kesme kutusu deneyi gerçekleştirilmiştir. Yapılan deneyler sonunda  $c'$  ve  $\phi'$  değerleri bulunmuştur. Ayrıca Tablo 3 de Heyelanların güvenlik katsayısı değerlerinin Fellenius, Bishop ve Jambu ya göre hesaplanması verilmiştir. Fellenius yöntemi; Bu metod da kayma yüzeyi dairesel silindirikdir. Kayan kütle mümkün olduğu kadar eşit aralıklarda dilimlere ayrılır [13].

Dilimler arası kuvvetlerin aynı doğrultuda fakat zıt yönde ve birbirine eşit olduğu kabul edilirse, bunlar analizde hesaba girmezler [13]. Geride sadece dilim ağırlığı, zemin reaksiyonu, kohezyon, sürtünme mukavemeti ve varsa, sızıntı kuvvetleri ile dilim dengededir. Kısmen suya doygun zeminlerde drenajsız koşullarda yapılan dayanım testleriyle tayin edilen kırılma zarfı bir noktadan sonra normal gerilim eksenine paralel olmaz ve zemin hem kohezyonlu hem de içsel sürtünmeli olarak davranır. Toplam gerilim analiz yöntemi, bu koşulda kapsayacak şekilde ve kayan kütle belirli sayıda düşey dilimlere ayrılarak stabilitenin incelenmesi amacıyla uygulanabilmektedir.

Bishop metodu; Bütün stabilize problemlerinde olduğu gibi bu metod ta’ da başlangıç kayması bir postular olarak alınmakta ve şev limit dengedeymiş gibi kabul edilerek denge denklemleri çıkartılmaktadır, Bishop, toplam gerilme yerine efektif gerilmelerle analizi yapmaktadır. Bu metod Taylor ve Fellenius’un getirdiği metodlardan daha ileridir [14]. Janbu Metodu; Bu yöntem dairesel olsun olmasın her tipteki kayma yüzeyi için kullanılabilir [15]. Şev stabilize analizlerinde homojen yarma ve dolgularda meydana gelen dairesel kaymalarla, dairesel olmayan daha genel tipteki kaymaların stabilize analizleri için dilimler arası kuvvetleri de göz önüne alan bir metottur [16].

Herhangi bir şevdeki zeminin, çok zayıf kaya kütesinin veya pasa malzemesinin özellikleri şev boyunca çok sık olarak değişkenlik gösteriyorsa, ayrıca zemin-kayaç dokunağı gibi yapısal bir özellikten dolayı veya kütle içinde, düşük makaslama dayanımlı düzlemsel seviyelerin varlığı halinde dairesel kayma analiz yöntemlerinin uygulanabilirliği ortadan kalkmaktadır [17]. Bu tür koşullarla kaymalar; dairesel olmayan veya şev tepesine yakın kesimlerde dairesel olarak başlayan derinlerde

düzlemsel olarak devam eden yüzeyler boyunca gelişmektedir [18]. Duraysızlıkların bu tür kayma yüzeyleri boyunca geliştiği veya gelişebileceği şevlerin stabilitesinin incelenmesi amacıyla kullanılan bir yöntemdir.

### 3.2. Heyelanların Yamaç Haritalarının Alımı Şev Analizleri

Jeolojik ve heyelanla ilgili verilerin değerlendirilebilmesi için yamaçların 1/1000 ölçekli topoğrafik haritaları arazi çalışmalarıyla hazırlanmıştır. Harita yapımında kutupsal koordinat sistemi esas alınmış ve Topcon GTS 702 elektronik aleti kullanılmıştır. Yükseklikler 1200 m kotlu tepedeki nirengi noktasına göre verilmiştir. İnceleme alanındaki söz konusu 4 yamaç için hazırlanan topoğrafik haritalar Şekil 1 de verilmiştir. Bu 4 yamaçta, duraylılık açısından aktif ve potansiyel alanlar, arazide heyelan üzerinde yapılan yüzey çalışmaları sonucunda ayırtlanmıştır.

Yapılan çalışmalara göre heyelanın geliştiği bölgeler ve çevresindeki göreceli hareketlerin gözlemlendiği alanlar aktif heyelan sahası olarak belirlenmiştir.

Göreceli hareketler yüzeydeki gerilme çatlaklarından yararlanılarak belirlenmiştir.

Potansiyel heyelan alanları ise söz konusu aktif sahaların çevresindeki gerilme çatlaklarının bulunduğu ancak göreceli hareketlerin şu an gözlenemediği alanlara karşılık gelmektedir. İnceleme alanında 4 ayrı yamaçtan alınan topoğrafik kesitler üzerine jeolojik yüzeylemeler işaretlenerek jeolojik kesitler hazırlanmıştır.

Yamaçlara ait güvenlik katsayıları limit denge prensibine göre çizilen değişik kayma yüzeyleri için Bishop, Janbu ve Fellenius yöntemleri ile dairesel kayma diyagramları GEO5 programı kullanılmıştır. Güvenlik katsayıları sınırlamalarında TS 8853 [19,20] esas alınmıştır. Yapılan laboratuvar deneylerinde  $c'$  ve  $\phi'$  efektif ve maksimum direnç parametrelerine göre bulunmuştur. Arazide görülen gerilme çatlaklarında zaman içerisinde hareketlerin meydana geldiği bilinmektedir. Bu durumda kayma yüzeylerindeki içsel parametrelerin laboratuvarlarda bulunanlardan daha küçük çıkacağı başka deyişle kalıcı değerlere daha yakın olacağı açıktır [20]. Bu açıdan sınır güvenlik katsayısı olarak 1.35 değeri alınmıştır.

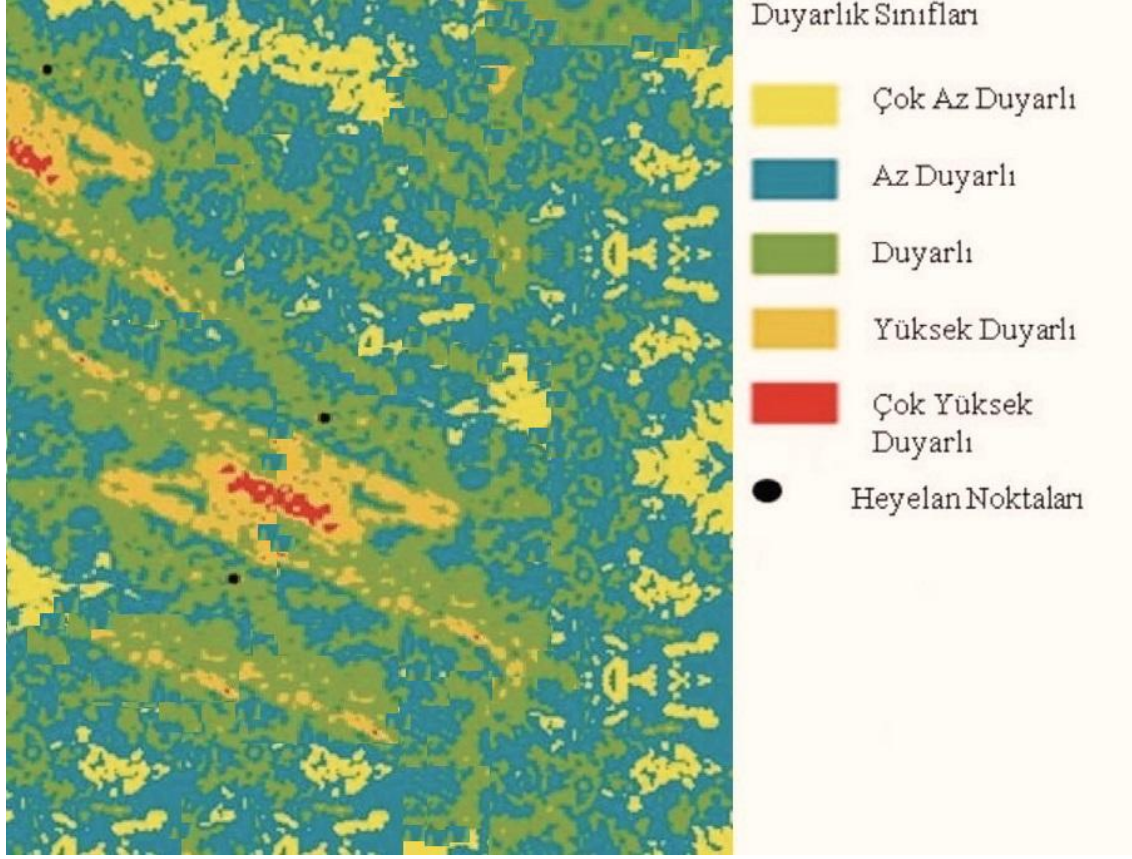
### 4.1. S1 Nolu Heyelan

Şırnak Fen Lisesi tepe eteğinde bulunan ve birleştirilmiş zemin sınıflamasına (USCS) göre, SP, SW ve SW-SC grubu zeminlerden oluşan S1 nolu heyelanda hareketler kayma ile başlamış olup sonra derenin yol açtığı topuk erozyonu ile sürmüştür. Bölgede meydana gelen tektonik olaylar da, hareketleri tetikleyerek günümüze kadar sürmesine yol açmıştır. Günümüzde yağışlar sonrasında yamaçta küçük boyutlu hareketlerin olduğu yapılan arazi çalışmalarında gözlenmiştir. S1 no'lu heyelanın geliştiği yamaç, yamaç molozu ile kaplıdır (Şekil 9). S1 nolu heyelanın tepe ve topuk noktası arasındaki maksimum kot farkı 75 m, Yamacın maksimum yüksekliği 110 m, Yamaç yüzeyi eğim açısı ise  $38^\circ$  dir.

İl özel İdare tarafından gerçekleştirilen sondajlardan elde edilen bilgiye göre yamaç molozu kalınlığı 11-20 m değişmektedir. Yapılan incelemelerde S1 nolu heyelanın bulunduğu yamaçta yer altı su seviyesi 15 m tabanda gözlenmiştir. S1 nolu heyelanın geliştiği yamaçta yapılan duraylılık hesaplamalarında  $c'=9 \text{ kg/cm}^2$ ,  $\phi'=12^\circ$ ,  $\gamma_{doğal}=1.97 \text{ g/cm}^3$  ve  $\gamma_{kuru}=2.27 \text{ g/cm}^3$  değerleri kullanılmıştır.  $\gamma_{kuru}$  ve  $\gamma_{doğal}$  a göre ayrı ayrı hesaplanan olası kayma yüzeylerine ait güvenlik katsayısı değerleri Tablo 3' de görülmektedir. Hoek-Bray' a göre güvenlik katsayısı değeri ise 1.25 olarak belirlenmiştir. Tablo 3 incelendiğinde sınır güvenlik katsayısı 1.25 olarak alındığı için 1 ve 2 nolu kayma yüzeylerinin duraysız oldukları kolayca görülebilmektedir. 3 ve 4 nolu kayma yüzeyleri ise  $\gamma_{kuru}$  ya göre yapıldığında sınır değere çok yakın olduğu,  $\gamma_{doğal}$  a göre incelendiğinde ise duraysız olduğu görülmektedir.

Arazi çalışmaları boyunca bu yamaçta yapılan gözlemlerde dere de meydana gelen malzemeyi alıp götürdüğü ve yağış sonrası da ufak kopmaların, akmaların meydana

geldiği gözlenmiştir. Yamaca ait jeolojik harita ve heyelan kesiti ile hesaplamaların yapıldığı yüzeyler Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 5. Şırmak Heyelan Risk Haritası

## 5. SONUÇLAR (RESULTS)

Şırmak kentsel alan sınırları içerisinde yer alan yerleşim birimindeki 4 ayrı yamacın duraylılıkları ve yamaçlardan alınan zemin örneklerinin jeolojik ve jeoteknik özellikleri arazi çalışmaları ve laboratuvar deneyleriyle araştırılmıştır.

İnceleme alanını oluşturan jeolojik birimler yaşlıdan gence doğru, Volkanitleri ( Üst Miyosen ), Eski Alüvyon ( Kuvaterner ), Yeni alüvyon ( Kuvaterner) ve Yamaç Molozları ( Kuvaterner ) olarak sıralanırlar.

Zemin örnekleri üzerinde gerçekleştirilen laboratuvar deneyleri sonucunda yamaç malzemesinin geçirimli olduğu, kohezyon değerinin 0.1 - 0.38, içsel sürtünme açısının 17.5 – 22.4 arasında değiştiği, birleştirilmiş zemin sınıflamasına göre yamaç malzemesinin genelde SP, SW ve SC grubu zeminlerden oluştuğu belirlenmiştir. Bu bilgiler ışığında gerçekleştirilen duraylılık analizlerinden, S1, S2 ve S4 nolu yamaçların duraysız olduğu, S3 nolu yamacın ise duraylı olduğu sonucuna varılmıştır.

Yapılan arazi incelemeleri sonucunda özellikle mayıs ve haziran aylarında karların erimesiyle tepe de görülen debi artışının yamaçların topuğunda şiddetli erozyon oluşturduğu ve bu etkiyle yamaç duraylılığına olumsuz etki yaptığı belirlenmiştir. 1, 3 ve 4 nolu yamaçlarda etkili olan bu durumun önüne geçilebilmesi için topuğa akarsuyun taşıyamayacağı boyutlarda kaya malzemesinin yığılması veya dere nin ıslah edilmesi gerekmektedir.

Şırnak Kenti ve çevresi, Türkiye Deprem Bölgeleri Haritasına göre birinci derecede tehlikeli bölge içerisinde yer almaktadır. Bu bölge Güney Doğu Anadolu Fayı etki alanında kaldığı için yörede sık depremler meydana gelmekte ve bu depremlere bağlı olarak da bazı tektonik hareketler oluşmaktadır. Bu hareketler neticesinde de yamaçların duraylılığı tehlikeye girmektedir. Bu sebeple kentsel kullanıma açılacak yamaçların duraylılıklarının araştırılması gereği vardır.

Bitkiler, yağış sularının kitle içine süzülmesini kolaylaştırmakta ve yüzeysel akışı yavaşlatmakta ve azaltmaktadır. Bu ise kütlelerin erozyona uğramasına engel olmaktadır. Kökleri derine ulaşan bitkilerin kökleri mekanik olarak kitlelerin dengesini artırır.

Ayrıca yer altı sularını absorbe ederek kütlelerin kurumasına sebep olurlar bir başka deyişle kayaçların su içeriğini azaltırlar. Çalışma alanının bitki örtüsünden yoksun olması duraylılık açısından olumlu olan bu etkilerden faydalanmayı engellemekte ve dolayısıyla yamaçları dengede tutan tutucu kuvvetlerde azaltma olmaktadır. Bu sebeple bitki örtüsü bakımından zenginleştirilmesi yörede heyelan önleyici önemli bir parametredir. Ancak derinliği 30 m ye varan kayma yüzeyleri için bitki örtüsünün duraylılığa etkisi minimal olacaktır. Ayrışma kayaçların büyük ölçüde değişikliğe uğramasına, taneler arasındaki bağın zayıflamasına ve tamamen yok olmasına neden olmaktadır. Çalışma alanında ayrışma sonucu zayıflayan kayaçlar kolayca erozyona uğramakta yamaç ve şevlerin eğim açıları ile yüksekliklerini değiştirmektedir. Çalışma alanındaki kayaçlarda görülen ayrışma da duraylılık problemlerine olumsuz katkı sunmaktadır.

Çalışma alanında gerçekleştirilen jeoteknik analiz neticesinde, gelecekte çok büyük boyutlu heyelanların beklenmeyeceği sonucuna varılmıştır. Ancak bu sonuç, kentsel kullanım alanları ve kentsel gelişme alanları için heyelan tehlike olasılığını bertaraf etmemektedir. Bu nedenle özellikle nazım imar planı ve uygulama imar planı gibi büyük ölçekli plan kararlarında yöredeki jeolojik tehlike değerlendirilmeli ve sahaya uygun heyelan önleme yöntemleri belirlenmelidir. Ayrıca çalışma alanının projesi kapsamında kentsel kullanıma açılacak olması sebebiyle de bölgede duraysızlığı önleyici yöntemler araştırılması ve geliştirilmesi ayrı bir önem arz etmektedir.

#### **SEMBOLLER**

$c'$   $\text{kg/cm}^2$  : Efektif Kohezyon

$c$   $\text{kg/cm}^2$  : Kohezyon

$\Phi^o$  : Efektif içsel sürtünme açısı

$\Phi_o$  : İçsel sürtünme açısı

$\tau$   $\text{kg/cm}^2$  : Kesme gerilmesi

$\sigma$   $\text{kg/cm}^2$  : Normal gerilme

$I_p$  : Plastisite indeksi

$L_1$  : Likit limit

$P_1$  : Plastik limit

$W_{opt}$  : Optimum su muhtevası

$\gamma_{doğal}$   $\text{g/cm}^3$  : Doğal birim hacim ağırlık

$\gamma_{doygun}$   $\text{g/cm}^3$  : Doygun birim hacim ağırlık

$\gamma_{kuru}$   $\text{g/cm}^3$  : Kuru birim hacim ağırlık

$\gamma_{kmax}$   $\text{g/cm}^3$  : Maksimum kuru birim hacim ağırlık

$\gamma_s$   $\text{g/cm}^3$  : Tane birim hacim ağırlık

$k$  : Permeabilite katsayısı

S1,S2,S3,S4: 1, 2, 3, 4 nolu heyelanlar

S11 : 1 nolu heyelanın 1 nolu bölgesinden alınan örnek

SP : Birleştirilmiş zemin sınıflamasında; kötü derecelenmiş kum, çakıllı kum, ince malzeme çok az veya hiç yok

SW : Birleştirilmiş zemin sınıflamasında; iyi derecelenmiş kum, çakıllı kum, ince malzeme çok az veya hiç yok

SC : Birleştirilmiş zemin sınıflamasında ;killi kum, kum-kil karışımı  
GW : Birleştirilmiş zemin sınıflamasında; iyi derecelenmiş çakıl, çakıl-kum karışımı, ince malzeme çok az veya hiç yok

#### **Kaynaklar**

1. Anonim,2010,Şırnak İl Özel İdare Raporu.
2. **Anbalagan, R.**, 1992, Landslide hazard evaluation and zonation mapping in mountainous terrain” **Engineering Geology**, 32:269–277,
3. Kılıç, R.,Ulamış, K., “Gölbaşı (Ankara) Güneyindeki Kütle Hareketlerinin İncelenmesi”, Mühendislik Jeolojisi Bülteni, **Bulletn Of Engineering Geology**, Sayı: 20 (75-86).
4. Hutchinson, JN.,”Landslide hazard assessment. Keynote paper. In: Bell DH (ed) Landslides, Proceeding of 6th international symposium on landslides”, **Christchurch, New Zealand**, vol 1. Balkema, Rotterdam, pp 1805–1841, 1995
5. MTA, “Stratigrafi Sınıflama ve Adlama Kuralları” **Türkiye Stratigrafi Komitesi**, MTA matbaası, Ankara, 1986.
6. Altınlı, E. İ., “Uluslararası Stratigrafi Kılavuzu” **TPAO Yerbilimleri Yayınları**, Ankara, Nuray Matbaası, 1978.
7. Şaroğlu, F. , Güner, Y , “Doğu Anadolu’nun Jeomorfolojik Gelişimine Etki Eden Ögeler Jeomorfoloji, Tektonik Volkanizma İlişkileri” **Türkiye Jeoloji Bülteni**, 24-39.1981.
8. TSE, “**İnşaat Mühendisliğinde Zemin Laboratuvar Deneyleri**”, TS 1900, UDK 624.131, 1. Baskı, Ankara, Nisan 1987.
9. ASTM, “**Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Condition**”, D3080-90, 1990.
10. TSE, “İnşaat Mühendisliğinde Sondaj Yolları İle Örselelenmiş ve Örselelenmemiş Numune Alma Yöntemleri”, **TS 1901, UDK 622.233- 624.131.36**, 1. Baskı, Ankara, Nisan 1975.
11. Ulusay, R., “Uygulamalı Jeoteknik Bilgiler”, **JMO yayınları**, Ankara, 1989.
12. Wiley, I., “**Slope Stability Geotechnical Engineering and Geomorphology**”, England, 1987.
13. Utku, T., “Teori ve Tatbikatta Heyelanlar”, **Karayolları Genel Müdürlüğü Matbaası**,Ankara, 1975.
14. Ulusay, R., “Şev Stabilite Analizlerinde Kullanılan Pratik Yöntemler ve Geoteknik Çalışmalar”, **MTA Yayınları, Eğitim Serisi**, 25, 1982.
15. Güz, H ., “Geoteknikte Gelişmeler”, **DSİ Yamaç ve Şevlerin Stabilitesi ve Dayanma Yapıları Semineri**, Samsun, 1987.
16. TSE, “Yamaç ve Şevlerin Dengesi ve Hesap Metodları-Zeminde”, **TS 8853**, UDK 624.137- 624.131, 1. Baskı, Ankara, Şubat 1991.
17. Paşamehmetoğlu, A.G., Özgenoğlu, A., Karpuz, C, Kaya Şev Stabilitesi, 2. Baskı ,**T.M.M.O.B Maden Müh. Odası Yayınları**, Ankara, Mayıs, 1991.
18. Dramis, F., Sorriso-Valvo, M., “Deep-Seated gravitational slope deformations, related landslides and tectonics”, **Engineering Geology** 38, 231- 243, 1994.
19. Erguvanlı, K, ve Erdoğan, Y., “**Yeraltı Suları Jeolojisi**”, İ.TÜ yayınları No: 23, Maçka İstanbul, Nisan 1987.
20. Özmen ve diğerleri, “Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası”, **Afet işleri Genel Müdürlüğü**, Ankara