

Ermenek İlçesindeki (Karaman) Kaya Düşmelerinin Oluşum Mekanizmalarının Jeolojik ve Topoğrafik Özellikler Açısından Değerlendirilmesi

Assessment of Rock Fall Hazard Mechanisms at Ermenek (Karaman) Settlement Area in Terms of Geological and Topographical Properties

H. Tağa, K. Zorlu

Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Çiftlikköy, MERSİN

ÖZ: Kaya düşmeleri büyük ölçüde jeolojik, morfolojik ve fiziksel faktörlerin etkisiyle gelişirler. Depremler, yağışlar, donma-çözülme süreci, kimyasal-fiziksel ayrışma, ağaç kökleri ve kaya kütlelerinde yer alan süreksizliklerin etkisiyle oluşurlar ve insan yaşamını olumsuz etkilerler. Kaya düşmeleri nedeniyle Ermenek ilçesinde bugüne kadar 500'e yakın konut kullanılamaz hale gelmiş ve bazı vakalar ölümle sonuçlanmıştır. Bu çalışmanın amacı, düşen bloğun başlangıç hızı, ağırlığı, şekli, boyutu, şevin eğimi ile şevin ve kaya bloğunun litolojisinin kaya düşmelerindeki etkilerini belirlemektir. Ermenek yerleşim yerinde Tersiyer yaşlı litostratigrafi birimleri yer almaktadır. Tabanda marnlar ile beyaz killi kireçtaşları ve kumtaşlarından oluşan Yenimahalle formasyonu bulunmaktadır. Bu formasyonu uyumsuz olarak, birbirleri ile yanall ve düşey geçiş gösteren Köşelerli ve Mut formasyonları üzerler. Marn-killi kireçtaşı ardışıklı Köşelerli formasyonunu bol kavkılı ve masif yapıllı resifal nitelikli Mut formasyonu (Eğim Açısı/Eğim Yönü Açısı, 5/214) izler. Bu formasyonun görüldüğü Ermenek yerleşim yerinin kuzey-kuzey doğu kesimlerinde, yükselti 1250 m'den 1850 m'ye çıkmakta ve şevin eğim 90°'ye ulaşmaktadır. 300 m'ye varan dik şevlerin oluştuğu bu alanlar kaya düşmelerinin etkin olduğu kısımlardır. Mut formasyonunda; kireçtaşı, kiltası-marn, killi kireçtaşı ardışıklı şeklinde fasiyes değişimleri gözlenmektedir. İki farklı profil boyunca birimin fasiyes değişimleri (tabandan tavana), tek eksenli sıkışma dayanımı değerleri (kiltası-marn seviyeleri 22 MPa, killi kireçtaşı seviyeleri 36 MPa, fosilli kireçtaşı seviyeleri 48 MPa ve kireçtaşı seviyeleri 55 MPa) ve indeks özellikleri belirlenmiştir. Fasiyes değişimleri ile kaya kütlelerinde yer alan süreksizlikler (Eğim Açısı/Eğim Yönü Açısı olarak, 86/154, 85/210, 87/173, 84/077 ve 55/155), blok boyutunda ve kaya düşmesinde etkin rol oynamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Ermenek, kaya düşmesi, litoloji, topoğrafya

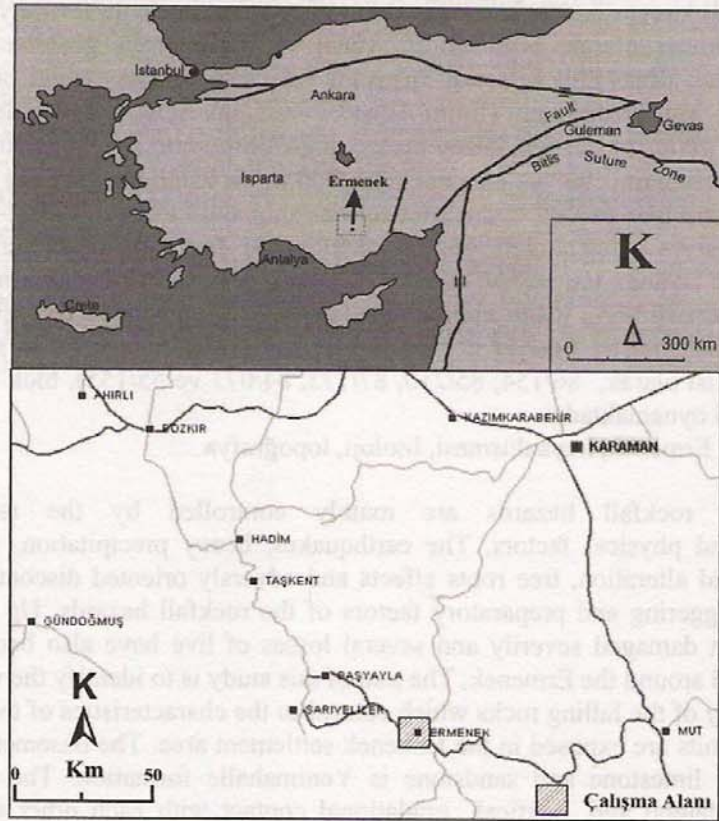
ABSTRACT: The rockfall hazards are mainly controlled by the regional geological, geomorphological and physical factors. The earthquakes, heavy precipitation, freeze-thaw process, physical and chemical alteration, tree roots effects and adversely oriented discontinuities of the rock masses are major triggering and preparatory factors of the rockfall hazards. Up to now almost 500 residences have been damaged severely and several losses of live have also been recorded by the rockfall events in and around the Ermenek. The aim of this study is to identify the weight, shape, slope gradient and lithology of the falling rocks which control to the characteristics of the rockfalls. Tertiary aged litostigraphic units are exposed in the Ermenek settlement area. The basement unit consisting of marl, white clayey limestone and sandstone is Yenimahalle formation. The Mut and Köşelerli formations have a lateral and vertical gradational contact with each other and disconformably overlain by Yenimahalle formation. Köşelerli formation consists of gravelly sandstone, marl and sandy limestone alternation. Mut formation is a typical reefal limestone (bedding 5/214) that consists of limestone-marl-clayey limestone layers. The slopes in the northern-northeastern part of Ermenek settlement have a rugged topography with altitudes ranging from 1250 m to 1850 m. The slope angle is almost 90 degrees where the Mut formation outcrops. The height of the slope is approximately 300 m in this region. Rockfall hazard takes place in cliffs of the Mut formation. Facies change (from bottom to top), uniaxial compression value (Marl-claystone 22 MPa, clayey limestone 36 MPa, reefal

limestone 48 MPa and limestone 55 MPa) and index properties of the unit have been determined at the two different profiles lengthwise. Different facies and discontinuities (sets 86/154, 85/210, 87/173, 84/077 and 55/155) within in the rock mass playing active role to the block dimension and rockfall hazard phenomenon.

Keywords: Ermenek, rockfall, litology, topography

1.GİRİŞ

Ermenek, kuzeyden Karaman - Hadim, doğudan Gülnar- Mut , güneyden Anamur-Gazipaşa, batıdan Sarıveliler ve Başyayla ilçeleri ile çevrili, $32^{\circ} 53'$ Doğu boylamı, $36^{\circ} 58'$ Kuzey enlemi arasında yer alan 1230 km^2 'lik bir ilçedir (Şekil 1). Akdeniz'in ılıman ve İç Anadolu'nun karasal ikliminin ortak etkisi altındaki bir iklime sahip ilçedeki sıcaklık değişimi -8°C ile 28°C ' dir (sırasıyla Ocak ve Temmuz ayı ortalaması). Ermenek ilçesinin kuzey-kuzeydoğu kesimlerinde topoğrafya keskin bir biçimde 1250 m 'den 1850 m 'lere çıkmaktadır. İlçe yerleşiminin kuzey ve kuzeydoğu kesimlerinde görülen kaya düşmeleri, bu ani yükselti, dolayısıyla eğim değişimine de bağlı olarak birimlerin jeolojik ve mühendislik özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Doğal olaylar (depremler, çığ, sel, kaya düşmesi vb) yerleşim alanlarını ve insan yaşamını etkilediğinde afete dönüşmektedir. Ermenek yerleşim alanını etkileyen kaya düşmeleri 1950'li yıllardan itibaren afet bölgesi oluşturma kapsamında Bayındırlık ve İskan Bakanlığı'nca çeşitli tarihlerde incelenmiştir. İlçe merkezinde bugüne kadar kaya düşmelerinden yaklaşık 500 konut etkilenmiş ve ölümlerle sonuçlanan vakalar meydana gelmiştir (Günay vd., 1988 ve Günay vd., 1990).

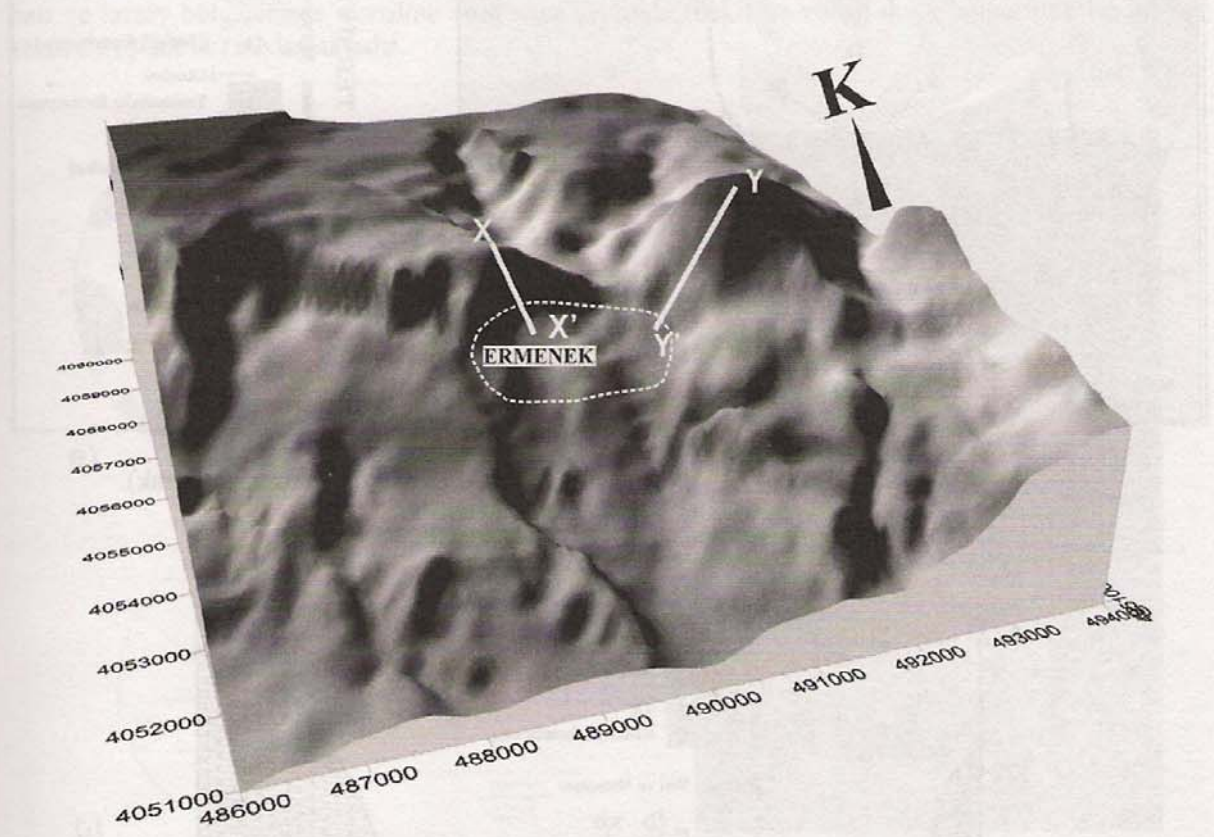


Şekil 1.Yerbulduru haritası.

Kökene jeolojik faktörlere dayanan ve insan yaşamını olumsuz etkileyen doğal afetlerden birisi olan kaya düşmeleri depremler, yağışlar, donma-çözülme süreci, kimyasal-fiziksel ayrışma ve kaya kütlelerinde yer alan süreksizliklerin etkisiyle gelişirler. Şevin şekline bağlı olarak, kaya düşmeleri; serbest düşme, sıçrama ve yuvarlanma olarak gelişebilmektedir (Ritchie, 1936; Topal vd., 2006 ve

Topal vd., 2007). Profilin değişmesiyle, uç ya da daha fazla düşme biçimi de gözlenebilir. Bunun yanı sıra, başlangıç hızı, blok ağırlığı ve şekli, ayrıca, şevi oluşturan malzeme de kaya düşmesi olayını kontrol eden faktörlerdir.

Bu çalışma ile topoğrafik ve jeolojik faktörlerin inceleme alanındaki kaya düşmelerine olan etkileri araştırılmıştır. 250 m'lik bir hat boyunca topoğrafya 1250 m'den 1850 m'lere çıkmakta ve topoğrafik eğim 90°'ye ulaşmaktadır (Şekil 2). Ani yükselti değişiminin görüldüğü resifal nitelikli Mut formasyonunun masif kireçtaşı yapılı kısımlarında falezler oluşmaktadır. Mut formasyonu killi kireçtaşı, marn ve kireçtaşı gibi fasiyes değişimlerine sahiptir (Gedik vd., 1979). Formasyonun killi seviyeleri atmosferik etkilerin de etkisiyle ayrışarak masif kireçtaşı seviyeleri üzerinde askıda kalmakta ve kaya düşme olayı gerçekleşmektedir. Mut formasyonundaki litofasiyes değişimlerinin yanında kaya kütleindeki süreksizlikler ve donma-çözülme süreci de bölgedeki kaya düşme olayını kontrol eden ana faktörlerdir.

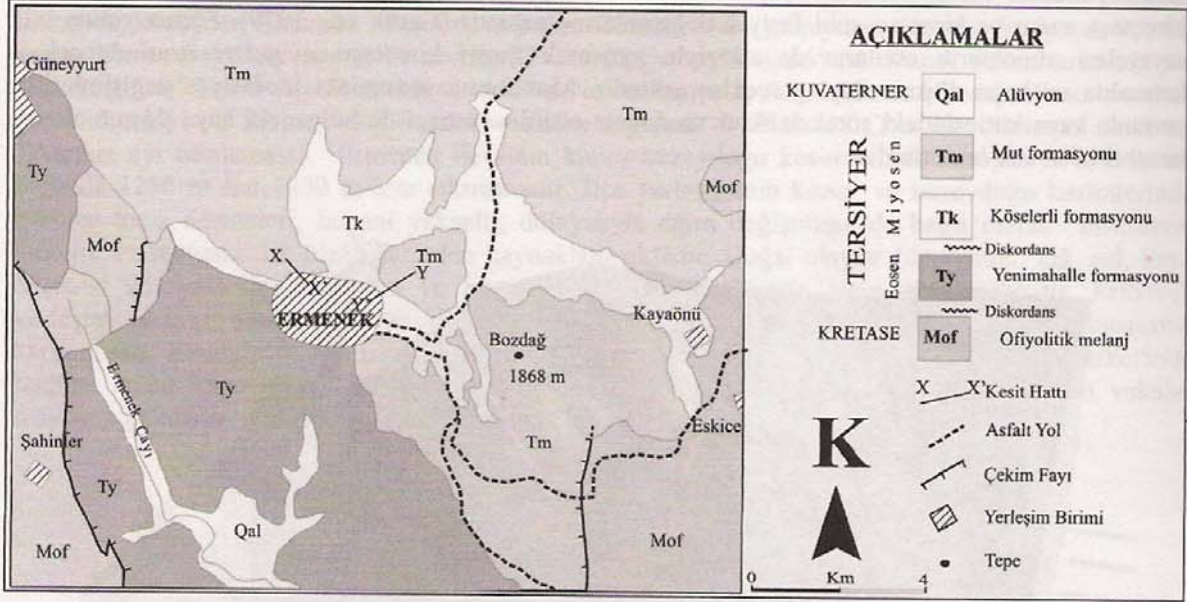


Şekil 2. Çalışma alanının üç boyutlu sayısal arazi modeli ve kesit hatları.

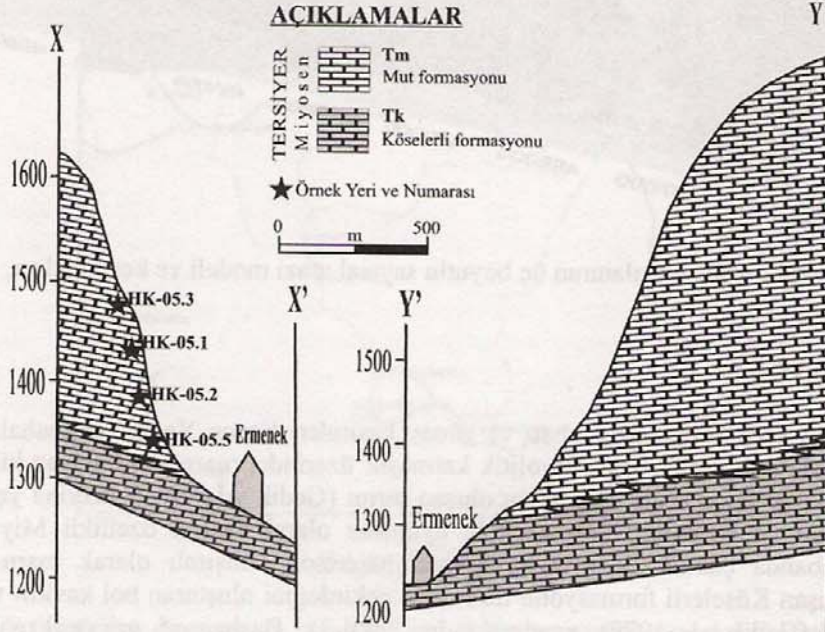
2. GENEL JEOLJİ

Ermenek yerleşim yerinin batı, güneybatı ve güney kesimleri Eosen Yaşlı Yenimahalle formasyonu üzerinde yer almaktadır. Tabandaki ofiyolitik karmaşık üzerinde, marnlar ile beyaz killi kireçtaşları, gri-yeşil kumlu kireçtaşı ve kumtaşlarından oluşan birim (Gedik vd., 1979) üzerine yerleşim yerinin kuzey, kuzeydoğu ve kuzeybatı kesimlerinde uyumsuz olarak resifal özellikli Miyosen birimleri gelmektedir. Tabanda çakıllı bir seviye ve onun üzerinde ardışıklı olarak marn-killi kireçtaşı ardışımından oluşan Köşelerli formasyonu ile resifin çekirdeğini oluşturan bol kavkılı ve masif yapılı Mut formasyonu (Gedik vd., 1979) yer almaktadır (Şekil 3). Başlıca gri, gri-yeşil renkli marnlar ile killi kireçtaşından oluşan Köşelerli formasyonu ilçenin kuzey-kuzey batı kısımlarında Yenimahalle formasyonu üzerine uyumsuz olarak gelmektedir. Köşelerli formasyonu ile yanal ve düşey geçiş gösteren resifal özellikte kireçtaşı, killi kireçtaşı, marn ve yer yer kumtaşı bantları içeren Mut

formasyonu (Gökten, 1976; Gedik vd., 1979; Demirel ve Köksoy, 1992 ve Şafak vd., 2005) çalışma alanının kuzey ve batı kısımlarında mostra vermektedir. Köselimli formasyonu yumuşak bir topoğrafya sunmakta olup topoğrafyanın eğim açısı yaklaşık 20°'dir. Mut formasyonu ise çalışma alanında dik bir topoğrafyaya sahip olup topoğrafyanın eğim açısı 90°'ye ulaşmaktadır (Şekil 2 ve 4). İnceleme alanında Mut formasyonu fosilli kireçtaşı, kiltası-marn, killi kireçtaşı ve kireçtaşı şeklinde fasiyes değişimi göstermektedir. Birimdeki kiltası-marn seviyeleri atmosferik etkilerden etkilenerek ayrışmakta ve ortamdaki erozyonla uzaklaşmaktadır (Şekil 5c).



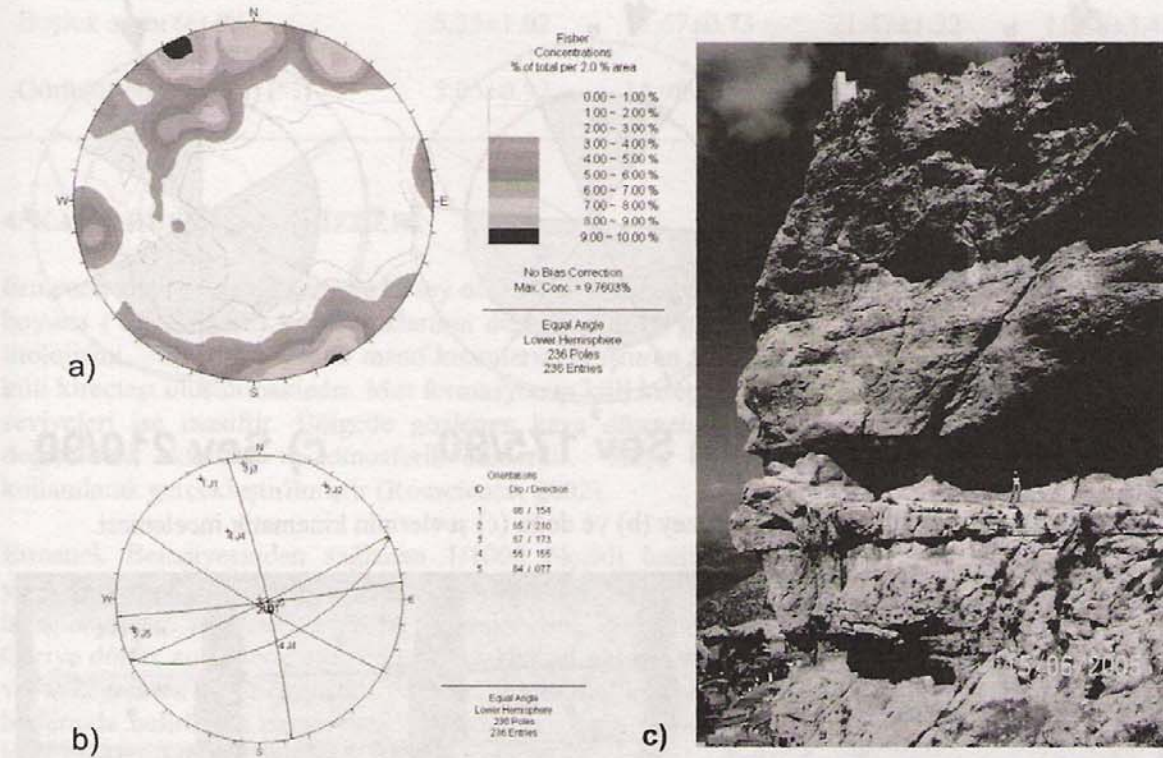
Şekil 3. Ermenek ve civarının jeoloji haritası (Gedik vd., 1979'dan yalınlaştırılarak).



Şekil 4. X-X' ve Y-Y' hatlarından alınmış stratigrafik kesit.

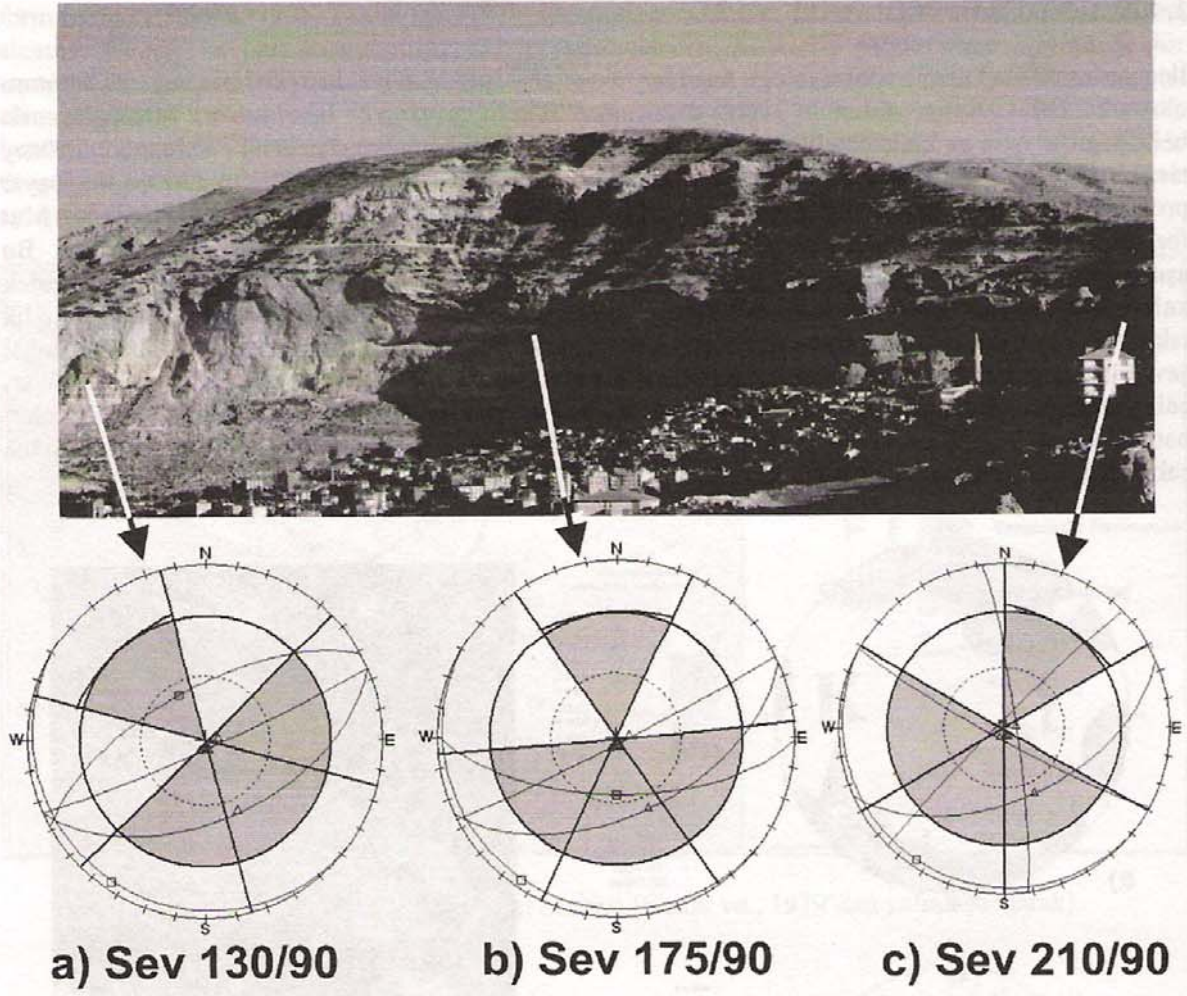
3. MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ

İlçe yerleşiminin kuzey ve kuzey doğu kısımlarında yüzeyleyen ve kaya düşmelerinin kaynak alanını oluşturan Mut formasyonunun mühendislik özellikleri, arazi ve laboratuvar çalışmaları ile belirlenmiştir. Kaya kütle özelliklerinin belirlendiği arazi çalışmaları Priest (1993)'e göre yüzey tarama ve çizgi tarama şeklinde gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler DIPS 5.1 (2006) bilgisayar programı ile değerlendirilerek hakim süreksizlikler ve konumları belirlenmiştir (Şekil 5). Mut formasyonundaki kiltası-marn seviyeleri atmosferik etkiler ile ayrımakta ve aşınmaktadır. Bu aşınmanın etkisi ile süreksizlikler tarafından sınırlandırılmış kaya bloklarının altındaki destek kalkmakta ve kaya düşmeleri meydana gelmektedir (Şekil 5c). Kaya kütlelerinde yer alan süreksizlik takımlarının sayısı blok boyutunu etkilemektedir. Belirlenen hakim süreksizlikler, tabaka ve doğal şevin konumu kullanılarak kinematik inceleme gerçekleştirilmiştir (Şekil 6). Kinematik incelemeler, çalışma alanının batı, kuzey ve doğu lokasyonları için gerçekleştirilmiştir. Buna göre kaya düşmeleri batı ve kuzey bölgelerinde devrilme ve kayma şeklinde (Şekil 6a ve b); doğu bölgesinde ise kayma şeklinde (Şekil 6c) başlamaktadır.

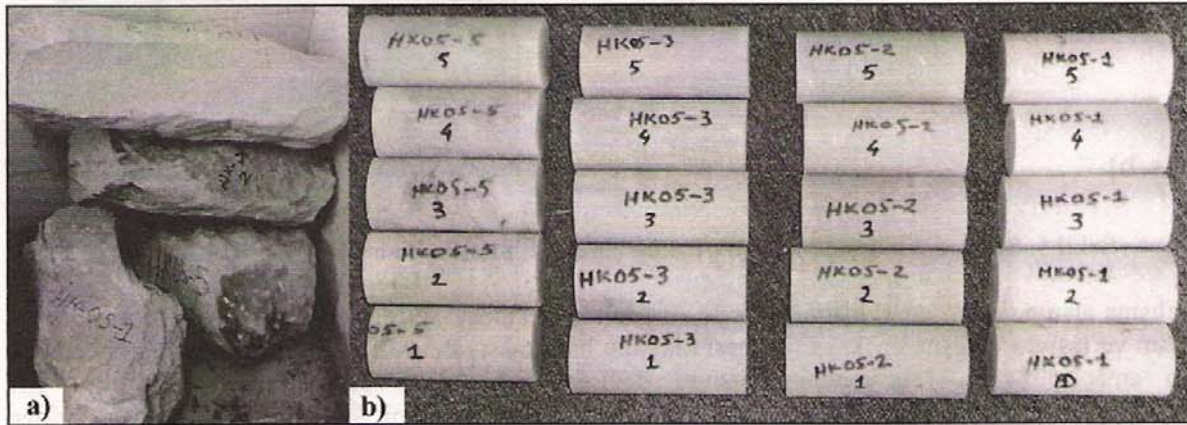


Şekil 5. Süreksizliklerin kontur (a), hakim süreksizlikler (b) ve araziden bir görünüm (c).

Çalışma alanında, Akdeniz'in ılıman ve İç Anadolu'nun karasal ikliminin ortak etkisi görülmektedir. İklim ve fasiyes değişimleri kaya düşmesi olayının başlamasında etkin rol oynadığı düşünülmektedir. Bu amaçla; Mut formasyonunun fasiyes değişimlerine uygun olarak alınan 30x30x30 cm boyutlarındaki bloklardan (Şekil 4, Şekil 7a) laboratuvarda BX çaplı karatoyerle silindirik örnekler alınmıştır (Şekil 7 b). Örnekler üzerinde indeks ve tek eksenli sıkışma dayanımı deneyleri gerçekleştirilmiştir (Çizelge 1). Kaya kütlelerinin tanımlanması ve laboratuvar deneyleri Anon (1977), BSI (1981) ve ISRM (1981)'e göre gerçekleştirilmiştir. Mut formasyonunun fasiyes değişimine bağlı olarak elde edilen tek eksenli sıkışma dayanımı dağılımı değerleri kiltası-marn seviyeleri için 22 MPa, killi kireçtaşı seviyeleri için 36 MPa, fosilli kireçtaşı seviyeleri için 48 MPa ve kireçtaşı seviyeleri için 55 MPa olarak belirlenmiştir (Çizelge 1).



Şekil 6. İnceleme alanının batı (a), kuzey (b) ve doğu (c) şevlerinin kinematik incelemesi.



Şekil 7. İndeks ve tek eksenli sıkışma dayanımının belirlendiği örneklerden bir görünüm.

Çizelge 1. Mut Formasyonundaki fasiyes değişimlerinin indeks ve tek eksenli sıkışma dayanımı değerleri.

Örnek No/Fasiyes Adı	HK05-1	HK05-2	HK05-3	HK05-5
	Kireçtaşı	Killi kireçtaşı	Kiltası-marn	Fosilli kireçtaşı
Örnek Sayısı	13	11	11	10
Tek eksenli sıkışma dayanımı (MPa)	55.35±3.4	36.12±2.52	22.20±2.42	48.11±3.02
Ağırlıkça su emme (%)	2.07±0.40	6.80±0.27	8.48±0.44	4.70±1.41
Hacimce su emme (%)	5.05±0.91	14.98±0.53	17.67±0.082	10.47±2.58
Birim hacim ağırlık (kN/m ³)	23.95±0.3	21.57±0.21	20.44±0.18	22.28±0.99
Boşluk oranı (e) (%)	5.33±1.02	17.67±0.73	21.47±1.22	11.88±3.40
Görünür porozite (n) (%)	5.05±0.92	14.98±0.53	17.67±0.82	10.47±2.69

4. KAYA DÜŞME ANALİZLERİ

Ermenek kuzey batısı, kuzey ve kuzey doğusu civarında gerçekleştirilen arazi çalışmalarına göre farklı boyutta (10^2 - 10^3 m³) kaya bloklarının düşmüş olduğu gözlenmiştir. Düşmüş olan kaya bloklarının litolojisini Mut formasyonun masif kısımlarını oluşturan fosilli kireçtaşı, kireçtaşı ve seyrek olarak killi kireçtaşı oluşturmaktadır. Mut formasyonun killi kireçtaşı seviyeleri orta-kalın tabakalı, kireçtaşı seviyeleri ise masiftir. Bölgede gözlenen kaya düşmelerinin başlıca nedenleri birimdeki fasiyes değişimleri, eklemler ve atmosferik etkilerdir. Kaya düşme analizleri, Rocfall (V4.0) yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Rocscience, 2002).

Ermenek Belediyesinden sağlanan 1/1000 ölçekli haritalar üzerine düşmüş olan kaya blokları yerleştirilmiştir. Her bir bloğun ağırlığı yaklaşık blok hacmi ve birim hacim ağırlığı değerlerine göre hesaplanmıştır. İnceleme sahasına ait geri verme katsayıları geriye dönük analizlerle elde edilmiştir. Geriye dönük analizlerle elde edilen kayalara ait normal ve teğetsel geri verme katsayı değerleri 0.39 ve 0.72 olarak belirlenmiştir. Ermenek ilçesinin kuzey batı ve kuzey doğusunda seçilen kesit hatlarında belirlenen parametreler kullanılarak kaya düşme analizleri gerçekleştirilmiş (Çizelge 2); kaya blokların düşme mesafesi, sıçrama yüksekliği, kinetik enerji ve hız değerleri belirlenmiştir (şekil 4 ve 8).

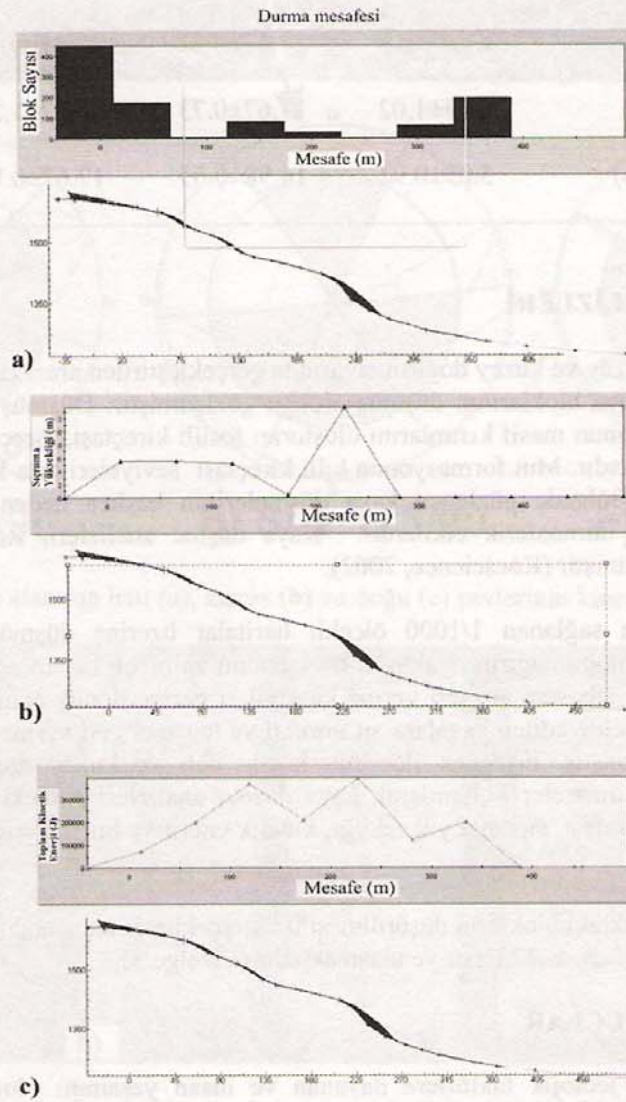
X-X' hattında farklı ağırlıktaki blokların düşürülmesi ile gerçekleştirilen analizlere göre, bloklar 360-350 m 'de ve blokların hızları da 42 m/sn'ye ulaşmaktadır (Çizelge 3).

5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Kaya düşmeleri, kökeni jeolojik faktörlere dayanan ve insan yaşamını olumsuz etkileyen doğal afetlerden birisidir. Kaya düşmelerinin oluşumuna neden olan jeolojik faktörler; depremler, yağışlar, donma-çözülme süreci, kimyasal-fiziksel ayrışma ve kaya kütlelerinde yer alan süreksizliklerdir. Şevim şekline bağlı olarak, kaya düşmeleri; serbest düşme ve yuvarlanma olarak gelişebilmektedir (Ritchie, 1936). Profilin değişmesiyle, iki ya da daha fazla düşme biçimi de gözlenebilmektedir. İnceleme alanındaki kaya düşmeleri önce devrilme ve kayma şeklinde gelişmekte ve topoğrafyaya bağlı olarak yuvarlanma ve zıplama şeklinde devam etmektedirler.

Çizelge 2. Kaya düşme analizlerinde kullanılan parametreler.

Parametreler	Değer
Kaya düşürme sayısı	1000
Sürtünme Açısı (derece)	38
Şev pürüzlülüğü	2
Normal geri verme katsayısı	0.39
Teğetsel geri verme katsayısı	0.73
Başlangıç Hızı (m/sn)	0.1



Şekil 8. X-X' hattında blokların durma mesafeleri (a), Sıçtama yüksekliği (b) ve kinetik enerjisi (c).

İlçenin kuzey batı kısımlarında Mut formasyonunun oluşturduğu falezlerden (yaklaşık 200 m yüksekliğinde) sonra topoğrafik eğim yaklaşık olarak 30° olarak devam ederken, orta ve batı kısımlarında falezlerden sonra topoğrafyanın eğimi 10° 'nin altına düşmektedir.

Çizelge 3. X-X' hattında gerçekleştirilen kaya düşmesi analiz sonuçları.

Kaya bloğu ağırlığı (kg)	Düşme mesafesi (m)	En yüksek sıçrama yüksekliği (m)	En yüksek kinetik enerji (J)	En yüksek hız (m/sn)
10	25	7	3000	27
100	365	21	10000	27
1000	360	17	650000	42
10000	350	15	5800000	42

Batı kısımlarında serbest düşme olarak başlayan kaya düşmeleri zıplama ve yuvarlanma şeklinde devam ederken orta ve doğu kesimlerinde serbest düşme ve zıplama olarak gerçekleşmektedir. Bunun yanı sıra, başlangıç hızı, blok ağırlığı ve şekli, ayrıca, seviye oluşturan malzeme de kaya düşmesi olayını kontrol eden önemli faktörlerdir. Bölgede görülen kaya düşmeleri Rochet (1987)'un sınıflamasına göre tekli kaya düşmeleri ($10^{-2} - 10^2 \text{ m}^3$) niteliğindedir.

Resifal nitelikli Mut formasyonundaki fasiyes değişimleri bölgedeki kaya düşme olayını denetleyen önemli özelliklerden biridir. Formasyonun farklı fasiyeslerinden alınan örnekler üzerinde yapılan laboratuvar çalışmaları (Çizelge 1) ve arazi gözlemlerinden de görüldüğü gibi (Şekil 5c) (örneğin kilitaşı-marn seviyeleri) litoloji değişimi ve süreksizlikler bölgedeki kaya düşmesi olayını kontrol eden önemli bir etmendir. Mut formasyonundaki kilitaşı-marn fasiyesinin hacimce ve ağırlıkça su emmesi, boşluk oranı ve görünür porozitesi diğer fasiyeslerden fazladır. Bu seviyeler aşınarak kaya düşmesinin gelişmesine yol açmaktadır. Kaya düşmeleri ile kayanın petrografik ve mineralojik özellikleri arasındaki ilişkiyi belirlemeye yönelik çalışmalar devam etmektedir.

Kaya düşme analizlerinde görgül ve deneysel teknikler ya da modelleme yöntemi kullanılmaktadır (Giani 1992; Ulusay vd., 2006; Topal vd., 2006 ve Topal vd., 2007). Bilgisayar programları ile yapılan kaya düşmesi modellerinde; blokların izleyeceği yolu ve mesafeyi, hızını, sıçrama yüksekliğini ve blokların kinetik enerjisini tahmin etmek mümkündür (Schweigl vd., 2003). Bu tahminin gerçekçi olabilmesi için düşecek bloğun konumunun ve blok boyutunun belirlenmesi önemlidir.

Akdeniz'in ılıman ve İç Anadolu'nun karasal ikliminin ortak etkisi altındaki çalışma alanındaki sıcaklık değişimi -8 C° ile 28 C° ' dir (sırasıyla Ocak ve Temmuz ayı ortalaması). Bölge uzun süre don etkisi altında kalmaktadır. Ayrıca Mut formasyonu oldukça eklemli bir yapıda göstermektedir. Formasyonun kilitaşı-marn seviyelerinin su ile etkileşimleri ve donma-çözülme sürecinin kaya düşmelerine olan etkilerinin belirlenmesine yönelik çalışmalar devam etmektedir.

6. KATKI BELİRTME

Bu çalışma TÜBİTAK tarafından 107Y071 nolu proje olarak desteklenmektedir. Çalışmanın arazi çalışmalarına katkı koyan Ermenek Belediye Başkanlığına ve özellikle Fen İşleri Müdürü Vekili İsmail DOĞAN'a teşekkür ederiz.

7. KAYNAKLAR

- Anon, 1977. The description of rock masses for engineering purposes. Quarterly Journal Of Engineering Geology, 10, 355-389.
BSI, 1981. Code of practice for site investigations-BS 812: Part 2, London.

- DIPS 5.1, 2006. DIPS-computer program for graphical and statistical analysis of orientation data. Rocscience Inc., Canada.
- Demirel, İ. H., ve Köksoy, M., 1992. Ermenek yöresinin Litostratigrafisi ve Jeoloji Evrimi. Türkiye 9. Petrol Kongresi, 198-2006, Ankara.
- Gedik, A., Birgili, Ş., Yılmaz, H. Ve Yoldaş, R., 1979. Mut-Ermenek-Silifke Yöresinin Jeolojisi ve Petrol Olanakları. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, v.22, 7-26.
- Giani, G.P., 1992. Rock slope stability. A. A. Balkema, Rotterdam.
- Gökten, E., 1976. Silifke yöresinin temel kaya birimleri ve Miyosen stratigrafisi. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildirileri, 19, 117-126.
- Günay, M., Berber, K. ve Sipahioğlu, E., 1988. Ermenek ilçesi (Konya) Kaya Düşmesi Kaya İslah Raporu. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü Rapor, yayınlanmamış.
- Günay, M., Dilmen, H., Toprak, F., Benliay, E. ve Bilge, M., 1990. Kebendibi-Keçipazarı-Akçamescit-Gülpınar-Başpınar mahalleleri Kaya Düşmesi Jeolojik Etüd raporu. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü Rapor, yayınlanmamış.
- ISRM, 1981. Rock characterization, testing and monitoring ISRM suggested methods. Pergamon Press, Oxford.
- Priest, S.D., 1993. Discontinuity analysis for rock engineering. Chapman & Hall, London.
- Ritchie, A. M., 1963. Evaluation of Rockfall and Its Control. Highway Research Record, No.17, pp. 3-28.
- Rochet L., 1987. Application des modèles numériques de propagation al'étude des éboulements ocheux. Bull Liaison Pont Chaussée, 150/151:84-95 [in French].
- Schweigl, J., Ferretti, C. and Nössing, L., 2003. Geotechnical characterization and rockfall simulation of a slope: a practical case study from South Tyrol (Italy). Engineering Geology, 67, 281-296.
- Şafak, Ü., Kelling, G., Gökçen, N. S. and Gürbüz, K., 2005. The mid-Cenozoic succession and evolution of the Mut basin, southern Turkey, and its regional significance. Sedimentary Geology, 173, 121-150.
- Topal, T., Akın, M. ve Özden, A.U., 2006. Afyonkarahisar Kalesi çevresindeki kaya düşme tehlikesinin analizi ve değerlendirilmesi. Mühendislik Jeolojisinde Çağdaş Uygulamalar Sempozyumu, 91-99, 25-27 Mayıs 2006, Denizli.
- Topal, T., Akın, M. and Özden, A.U., 2007. Assesment of rockfall hazard around Afyon Castle, Turkey. Environmental Geology, online.
- Ulusay, R., Gokceoğlu, C., Topal, T., Sonmez, H., Tuncay, E., Erguler, Z.A. and Kasmer, O., 2006. Assessment of environmental and engineering geological problems for the possible re-use of an abandoned rock-hewn settlement in Urgüp (Cappadocia), Turkey. Environmental Geology, 50 (4), 473-494.