

# HASANKEYF VE YÖRESİNDEKİ KAYAÇLARDAKİ AYRIŞMA VE BU AYRIŞMANIN YERLEŞİM ALANINA OLAN ETKİSİ

Ali Bilgin<sup>1\*</sup>, Sönmez Arslan<sup>2</sup>, Yeliz Şenay<sup>3</sup>, Süleyman Polat<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Batman Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Bölümü, Batman

<sup>2</sup>Batman Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, Batman

<sup>3</sup>Mevlanalı Öğretim Okulu, Batman

\*[ali.bilgin@batman.edu.tr](mailto:ali.bilgin@batman.edu.tr)

**Özet:** Bu çalışmada Hasankeyf ve civarında yüzeyleme veren, tarihi binalarda yapı taşları olarak da kullanılan kireçtaşlarının ayrışmasına etki eden faktörler tartışılmaktadır. Kireçtaşları atmosferik şartlarda yavaşça küçük parçalara ayrılmaktadır. Kireçtaşlarının hava, su ve organizmaların etkisi altında parçalanmasına ayrışma adı verilmektedir. Kayaçlar ısınca genişmekte, soğuyunca da büzülerek kimyasal olarak değişmeden fiziksel olarak parçalanarak ayrışmaktadır. Yağmur suları havanın CO<sub>2</sub>'ini alarak zayıf karbonik asidi oluşturur. Bu zayıf karbonik asit karbonatlı kayaçlarla etkileşerek kalsiyum bikarbonatı oluşturur. Bu şekilde Hasankeyf civarındaki kireçtaşlarının ve tarihi binalardaki yapıtaşlarının kötüleşerek ayrışmasına neden olur. Ayrıca bu çalışmanın konusu olan tarihi mağaralar da, Hasankeyf'in kültür zenginlikleri arasında önem taşımaktadır. Öte yandan, çevredeki litolojiler ve tarihi yapıtlar; tektonik olaylardan ve yağmur sularından olumsuz etkilenecek kaya düşmelerine ve ayrışmalara neden olmaktadır. Ayrışma konusunda neden ve gerekçelere dayalı olarak, bu çalışmada ayrıntılı açıklamalar verilmektedir. Hasankeyf'in bulunduğu yöre jeomorfolojik konumu itibariyle genç ve derin vadilerle bölünmüştür. Vadi yamaçları topoğrafik konumu itibariyle dike yakındır. Vadinin iki yakasını oluşturan masif görünümü, kalın tabakalı kireçtaşları pekleşme açısından zayıf konumda olup, kaya düşmelerine karşı duraysızdır. İklim itibariyle, kışın ılık ve yağışlı, yazın ise sıcak ve kurak, Akdeniz iklimine yakın bir iklim Hasankeyf yöresinde etkinliğini sürdürmektedir. Sonuç olarak, bu çalışmada yöredeki kalıntıların korunması açısından, bu kalıntılara etki eden fiziksel ve kimyasal ayrışmanın mağaralarda ve diğer kalıntılar üzerindeki etkileri ayrıntılı tartışılarak, mağaraların ve tarihi kalıntıların korunması için alınması gereken önlemler üzerinde durulmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Hasankeyf, Ayrışma, Mağara, Kireçtaşı, Litoloji.

## **Rock-Decomposition in Hasankeyf District and Its Effect on Residential Area**

**Abstract:** This paper discusses weathering of limestone exposed around Hasankeyf and the factors worsening of natural stones which are used as construction materials in older historical buildings. When the limestone exposed to the atmosphere rocks slowly break down. These breaking down termed as weathering is occasionally by contact of the limestone with water, air and organisms. Rocks expands when heated and contracts when cooled result in physical weathering by breaking down without changing their chemical composition. Rainfall is acidic because atmospheric CO<sub>2</sub> dissolves in the rainwater producing weak carbonic acid. This acid reacts with calcium carbonates (limestone) and forms calcium bicarbonate. This process speeds up with decrease in temperature, since colder water holds more CO<sub>2</sub> gas producing H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> dissolves limestone and produce Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>. Carbonation on the surface of well jointed limestone of Hasankeyf produces weathering along the joints lithologies and historical works around the Hasankeyf have been adversely affected by tectonic activities and meteoric waters result in rock falling and rock decompositions. In this study, the detailed information on rock decomposition based on causes and reasons are being given. Hasankeyf location is divided by young and deep valleys with respect to geomorphologic position. The Hasankeyf Valley hillsides are more likely steep in terms of topographic position. The massive looking limestone which form both sides of the valley are tick-layers and weak with respect to hardening and unstable to rock-falling. With respect to climate, Hasankeyf is cool and rainy in winter and hot and arid in summer. Mediterranean type of climate takes place Hasankeyf district. As a result, the vital measures are being mentioned on conservation of caves, historical remnants, physical and chemical decomposition effects upon these remnants and the caves are being discussed in detail.

**Keywords:** Hasankeyf, Decomposition, Cave, Limestone, Lithology.

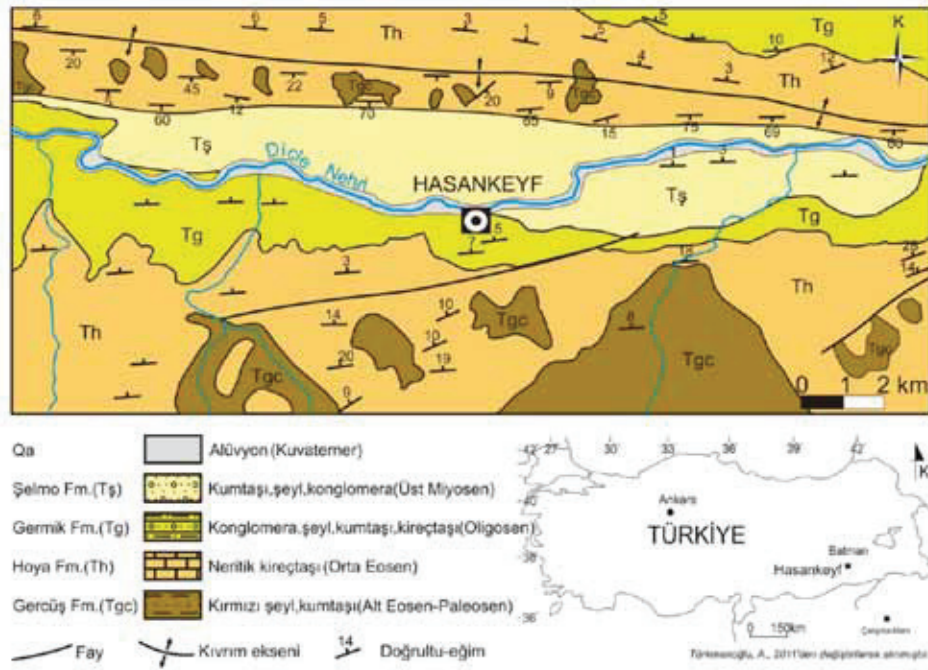
## 1. GİRİŞ

Hasankeyf, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde Batman'ın Güneydoğu'sunda yer alan tarih boyunca önemli bir yerleşim alanı ve kültür merkezi olan bir yerleşim yeridir (Şekil-1). Hasankeyf'in geçmişi Asurlulara kadar inen, 10 000 yıllık bir tarihe sahip olan bir yerleşim alanıdır. M.S. Sasaniler ve Bizanslılar arasında egemenlik ve yönetim açısından yer değiştirmiştir. Bizans hakimiyeti, VII. yüzyıla kadar, Müslümanların Hasankeyf'i ele geçirmesine kadar sürmüştür. Daha sonra Artuklular kenti ele geçirerek, Hasankeyf'i ortaçağın en görkemli bir kenti konumuna getirmiştir. Üzülerek ifade etmek gerekirse, 1232 yılında, Moğol işgaliyle Hasankeyf'te yapılmış olan tüm kültür varlıkları yok edilmiştir. 1516 yılında Hasankeyf, Osmanlı İmparatorluğu'nun sınırları içerisinde yer almıştır. Cumhuriyet döneminde, Hasankeyf'te dikkati çeken önemli kalıntılar arasında; tarihi kale, tarihi köprü, camiler, Zeynel Bey Türbesi, Küçük ve Büyük saraylar vardır. Ayrıca bu çalışmanın konusu içerisinde yer alan mağaralar da, Hasankeyf'in en değerli kültür varlıkları arasında önem taşıyan ve Hasankeyf'i ziyaret eden turistlerin dikkatini çeken başlıca kalıntılardır.

Antik kentteki kayalar, tektonik ve yağmur sularından olumsuz etkilenerek jeolojik tehlikelerden kaya düşmelerine neden olmaktadır. Bu konu üzerinde neden ve gerekçelere dayalı olarak, bu çalışmada ayrıntılı açıklamalar yapılacaktır. Yine antik kentin bulunduğu yerleşim alanı jeomorfolojik konumu itibarıyla genç ve derin vadilerle bölünmüştür. Vadi yamaçları topoğrafik konumu itibarıyla dike yakındır. Vadinin iki yakasını oluşturan masif görünümlü, kalın katmanlı kireçtaşları pekleşme açısından oldukça zayıf olup, kaya düşmelerine karşı çok duraylı değildir. İklim itibarıyla karasal bir iklim bölgede hüküm sürmektedir. Kışın ılık ve yağışlı, yazın ise sıcak ve kurak, Akdeniz iklimine yakın bir iklim Hasankeyf ve yöresinde özelliğini sürdürmektedir.

## 2. JEOLÖJİK KONUM

Hasankeyf antik kentinin jeolojisiyle alakalı olarak günümüze kadar pek çok çalışmalar yapılmıştır [1-5]. Bu çalışmalara göre bölgede yer alan litolojiler ilgili jeolojik haritada sunulmuştur (Şekil-1). Çalışma alanında yer alan litolojileri; Gercüş Formasyonu, Hoya Formasyonu, Germik Formasyonu, Şelmoformasyonu ve alüvyonlar oluşturmaktadır.



Şekil-1. Çalışma alanının basitleştirilmiş jeolojik haritası ve yer bulduru haritası.

## 2.1. Gercüş Formasyonu

Gercüş Formasyonu, içerisinde farklı birimler yer almaktadır. Bunlardan en baskın olanı ve geniş yayılım sunanı Midyat Grubudur. Ortalama 150-200 m lik kalınlığa sahip olan formasyon inceleme sahasında beyaz masif ve sert kireçtaşlarından oluşur. İnceleme alanı ve çevresinde geniş bir alanda yüzeyleme vermektedir.

## 2.2. Hoya Formasyonu

Hoya Formasyonu Hasankeyf'in kuzeyinde geniş bir alanda mostra vermektedir. Formasyonun ortalama kalınlığı 50 ile 600 m arasındadır. Formasyonu meydana getiren litolojiler; tebeşirli kireçtaşları, biyomikrit ve dolomitik kireçtaşları, killi kireçtaşları ve fosilli kireçtaşlarıdır. Kayaçların renkleri; sarı, pembe, kırmızı, beyaz, kirli beyaz ve gridir. Formasyon sığ deniz-şelf kenarında oluşmuş ve yer yerde resifalkarakterli bir özellik sunmaktadır. Formasyonun yayılımı Mardin Diyarbakır-Siirt-Adıyaman

(Hoyaformasyonu) ve Kilis-Gaziantep (Gaziantep formasyonu) yörelerinde ise Havra Taşı ismini almaktadır. Hoyaformasyonu ile yatay yönde geçişlidir. Mardin ve yöresinde yapıtaşı olarak kullanılan doğal taşlarda Hoyaformasyonundan üretilen doğal taşlardır. Mardin doğal taşları Alt Eosen, Alt Oligosen yaşlı resifal kökenli Hoya Formasyonu içinden çıkarılmaktadır.

### 2.3. Germik Formasyonu

İnceleme alanında Hasankeyf'in güneyinde Dicle vadisi sağ sahili boyunca geniş bir alanda Germik Formasyonu yüzeyleme vermektedir. Germik Formasyonu Orta Eosen yaşlı olup, genelde krem renkli killi kireçtaşı ve beyaz renkli tebeşirli kireçtaşı seviyelerinden oluşmaktadır. Tebeşirli kireçtaşları masif, krem renkli; killi kireçtaşları ise genellikle orta ve kalın tabakalıdır. Tabakalar kuzeye doğru 5-7° eğimlidir. İnceleme alanının kuzeyindeki Germik Formasyonu krem renkli düzgün tabakalıdır. İnceleme alanı ve çevresinde ise Germikformasyonu çok kalın katmanlı beyaz-krem renkli tebeşirli, ikincil karbonat yumruları (kalsit) içeren kireçtaşlarından oluşmuştur.

İlgili kireçtaşı, pekleşme açısından çok sağlam değildir. Taşlaşma sürecini henüz istenilen düzeyde tamamlamamıştır. Üzerine çekiçle vurulduğunda hemen kolayca parçalanarak dağılmaktadır. Dolayısıyla büyük yükleri taşıyabilecek nitelikte değildir. Kayaç içerisinde oluşan küçük mikro düzeydeki süreksizlikler boyunca kolayca kırılabilmektedir. Hasankeyf ve yöresinde yamaç eğimleri dikkate alındığında yamaçlar, dike yakın bir konumdadır. Bu nedenle, yerçekiminin etkisiyle bu zayıflık düzlemleri boyunca kaya düşmelerine yol açmaktadır (Şekil-2a). Ayrışma konusunda ilgili kireçtaşlarında zayıflık düzlemlerinin nasıl ortaya çıktığı ve alınması gereken önlemler üzerinde ayrıntılı bir şekilde durulmaktadır.

### 2.4. Şelmo Formasyonu

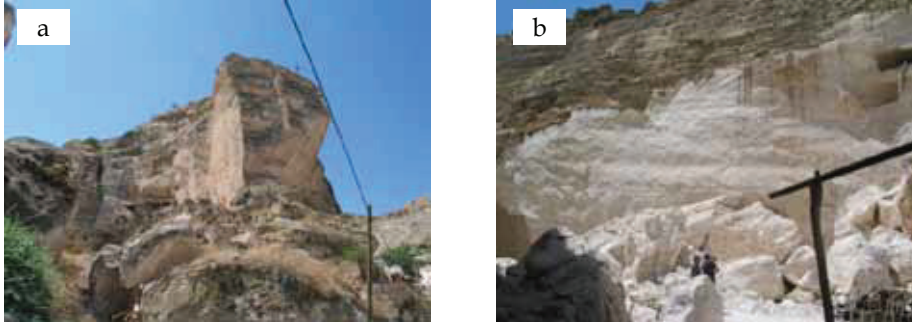
Şelmo Formasyonu inceleme alanımızda Hasankeyf'in hemen kuzeyinde geniş bir alanda yüzeyleme vermektedir. Şelmo Formasyonu yer yer marn ara tabakaları içeren kırmızımsı kahve-gri renkli, çapraz tabakalı konglomera ve kumtaşlarından oluşan bir kayaç topluluğudur.

### 2.5. Yamaç Molozu

İnceleme alanında, Tarihi Kale ve Darphane bölgesi çevresinde kaya düşmesi şeklinde gelişen iri kireçtaşı bloklarından oluşmuştur. Yamaç molozlarının yanında çakıl, kum, silt ve kil boyutunda malzemeler yamaç molozlarının diğer bileşenlerini meydana getirmektedir. Bu kireçtaşı blokları, kaya düşmelerinin ürünüdür. Yukarıda da anlatıldığı üzere, geçmişte olduğu gibi günümüzde ve ileride süreksizlik düzlemleri boyunca kaya düşmeleri görülecektir.

### 3. AYRIŞMA

Yeryuvarını oluşturan kayaçların, dış yüzeyinde fiziksel ve kimyasal etkiler sonucu, yer değişimi olmaksızın ortaya çıkan bozunmalara ayrışma adı verilir. Kayaçlardaki bu ayrışma sıcaklık değişimi, don olayı ve mekanik etkiler sonucu fiziksel olarak ortaya çıkabileceği gibi, oksitlenme, redüklenme ve zayıf karbonik asitli yağmur sularının etkisiyle kimyasal olarak ve bozunma şeklinde renk değişimi olarak da dikkati çekmektedir. Bu iki ayrışma türü birlikte gözenekleri ve süreksizlik düzlemleri boyunca kayaçları yapısal olarak etkilemektedir. Bu etki ise arazinin topoğrafik konumuna bağlı olarak birtakım kütle hareketlerine zemin hazırlamaktadır. Nitekim, Hasankeyf'te 2010 yılında hem fiziksel ve hem de kimyasal ayrışma sonucu, bir kaya düşmesi olayı yaşanmış ve olayın sonucunda can kaybına neden olan bir doğal felaket meydana gelmiştir (Şekil-2b). Fiziksel parçalanmada kayaç, tektonik hareketlerinin etkisiyle mekanik olarak süreksizlik düzlemleriyle birbirinden ayrılan küçük parçalara ayrılmaktadır. Böylece mekanik olarak kayaçta yukarıda sözü edilen çatlakların sıcaklık değişimi, donma ve çözülme sonucu genişlemesi yeni süreksizlikleri tetiklemektedir. Süreksizliklerin oluşması ve bunlara ilave olarak tane dokunakları ve taneler boyunca çatlamalarla parçalanır. Hasankeyf civarındaki kireçtaşlarının boşluk oranı (% 34-38) oldukça fazladır. Bu boşluklar birbirleriyle irtibatlı olup, yağmur sularının buralarda dolaşım yapmasını kolaylaştırmaktadır (Çizelge-1). Yağmur sularının bu gözenekleri doldurması ve kışın donması sonucu gözeneklerin çeperlerine yapılan basınç 400 kg/cm<sup>2</sup>'ye kadar çıkarak kayacı küçük parçalara ayırmaya yetmektedir. Öte yandan havanın CO<sub>2</sub>'ini alan yağmur suları zayıf bir asit olan H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>'ü oluşturmakta ve kimyasal yolla kireçtaşlarının ayrışmasını sağlayarak fiziksel ayrışmaya önemli miktarda katkı sağlamaktadır. Açık kahve renkli kireçtaşları içerisinde yer alan dolomitlerdeki Mg, Fe ile yer değiştirerek oksitlenir. Bunun sonucunda kireçtaşlarında kirli beyazın bir nüansı olan Ürgüp beyazı bir renkte kimyasal ayrışma gerçekleşmektedir.



Şekil-2. a) Germik Formasyonu'na ait kireçtaşları içerisinde (sağ üst köşede) dikkati çeken bir süreksizlik düzlemi. b) Yağmur sularının Midyat kireçtaşında gelişen kopma düzlemi boyunca süreksizlikleri çözmesi sonucu ortaya çıkan kaya düşmesi.

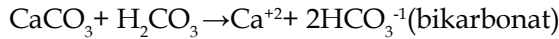
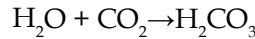
Kayaçlar genişleme oranları farklı olan minerallerden yapılmış olmaları nedeniyle, sıcaklık değişimi sonucu kolayca parçalanırlar. Özellikle polimineralli kayaçlardan, koyu renkli mineral içerenler açık renkli olanlara göre ısıyı daha fazla yutarlar. Dolayısıyla ilgili kayaca stres uygulayarak kayacın ayrışmasına neden olurlar. Yörenin iklim şartlarında yaz aylarında Batman ve civarında sıcaklık artışı 45 °C'e kadar yükselmektedir. Bu olay sonucu Hasankeyf ve dolayındaki kireçtaşları ayrışarak kaya düşmelerine yol açmaktadır.

Çizelge-1. Hasankeyf kireçtaşlarının fiziksel test sonuçları (DSİ Ilısu Barajı Raporu).

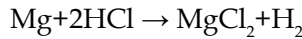
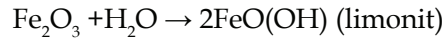
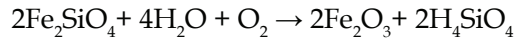
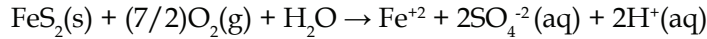
Kaya Fiziksel Test Sonuçları						
Sondaj	Örnek	Birim Ağırlığı		Su emiciliği		Gözeneklilik
		(gr/cm <sup>3</sup> )		(%)		
		Kuru	Doğgun	Ağırlık	Hacim	
T-1	1	1.59	1.96	23.5	37.3	37.4
	2	1.65	2.00	20.7	34.3	34.3
	3	1.61	1.99	23.2	37.4	37.4
T-2	1	1.75	2.10	19.5	34.3	34.3
	2	1.70	2.05	20.7	35.1	35.1
	3	1.69	2.05	22.5	38.1	38.1

Yağmur, dolu ve kar suları, kayaçların gözeneklerinde donduklarında, % 9 oranında genişirler ve çevreye 400 kg/cm<sup>2</sup>lik bir basınç uygulayarak kayaçların parçalanmasını hızlandırır [6]. Böylece kayaçlar kolayca ayrışır. Kışın uzun sürdüğü, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde bu tür fiziksel ayrışmalar oldukça yoğundur. Kışın donma sonucu kireçtaşlarının gözeneklerine nüfuz eden yağmur suları kayacın içinde yer alan süreksizliklerin de yardımıyla

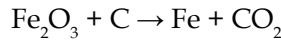
bunların fiziksel ayrışmasını hızlandırmaktadır. 2012kışının çok yoğun geçmesi sonucu Mardin Artuklu Üniversitesi yerleşkesinde bina kaplamasında kullanılan yapıtaşları gözenekli ve geçirimli kireçtaşları olması nedeniyle şubat ayı içinde ayrışarak duvarlardan yerlere dökülmüştür. Kayaçların kimyasal işlemler sonucu bozunmasına, kimyasal ayrışma adı verilir. Kimyasal ayrışma sonucu feldspatlar, kil minerallerine, mafik mineraller deserpantinitlere dönüşürler. Kayaçların kimyasal yollarla ayrışması **sırasında** oksitlenme, karbonatlaşma, hidratlanma, redüklenmegibi kimyasal işlemler gerçekleşir. Karbonatlı kayaçları oluşturan minerallere kimyasal olaylar sonucu suyun ilave edilmesiyle (mineral su etkileşimi sonucu)hidratlı oksitler ve hidratlı yeni minerallerin oluşmasına da hidratlanma denilmektedir. Aşağıda verilen tepkimelerde de görüldüğü üzere su ile atmosferdeki oksijen birleşerek zayıf bir asit olan karbonik asidi oluşturur. Bu zayıf asitte karbonatlı kayaçları etkileyerek onların çözünmesini hızlandırır.



Karbonatlı kayaçlarda aksesuar oranda yer alan pirit mineralleri de ayrışma olayından etkilenmektedir. Pirit oksitlenerek demir sülfat ve sülfürik aside vücut verir. Oksitlenme sonucu kayacın rengi değişmektedir Pirit aşağıda görüldüğü şekilde oksitlenerek ayrışmaktadır.



Redüklenme, oksitlenmenin tam karşısı olan bir olaydır. Oksitlenme sırasında madde elektron kaybederken, redüklenmede ise elektron kazanır. Hematit redüklenerek nativ (doğal) demire dönüşür.



Hasankeyf civarında yer alan kayaçların kimyasal bileşiminde aksesuar oranda demir dikkati çekmektedir. Kaya düşmesi olan yerde sızıntılar şeklinde aynada demir oksitler görülmektedir.



Yağmur sularına atmosferdeki CO<sub>2</sub>'in eklenmesi sonucu zayıf bir asit olan karbonik asit oluşmaktadır. Karbonik asitli sular, karbonatlı kayaların yarık ve çatlakları arasında dolaşım yaparken onları çözmekte ve bozunmalarını sağlamaktadır. Ca, Mg, Na ve K gibi katyonlara CO<sub>2</sub> ilavesiyle ortaya çıkan yeni bileşiklere de karbonatlı bileşikler adı verilir. Karbonik asit kireçtaşlarını çözererek karstik yüzey şekillerini ve karbonatları çökeltirerek de travertenleri oluşturmaktadır. Hasankeyf dolayındaki kireçtaşlarında hem karstik mağaralar ve hem de çökme yoluyla ortaya çıkan karbonatlı travertenler dikkati çekmektedir. Hasankeyf'te karstlaşma sonucu ortaya çıkan mağaralar günümüzde serinliği nedeniyle de kışın gıda maddelerinin saklanması için kullanılmaktadır. Hasankeyf kaya düşmesinin yaşandığı yörede yüzeyleme veren kireçtaşlarının gözeneklilik oranı % 35.1 ile % 37.4 arasında değişmektedir [3]. Bu rakam kireçtaşı dayanırlığını azaltan önemli bir veridir. Yine aynı kayalardan alınan 12 örnek üzerinde ASTM D 5731-02 kullanılarak yapılmış olup, yapılan testlerde nokta yükü değerlerinin de 1.6 kgf/cm<sup>2</sup> ile 5.1 kgf/cm<sup>2</sup> arasında değiştiği ve kireçtaşlarının düşük dirençli kayalar arasında yer aldığı anlaşılmıştır [3].

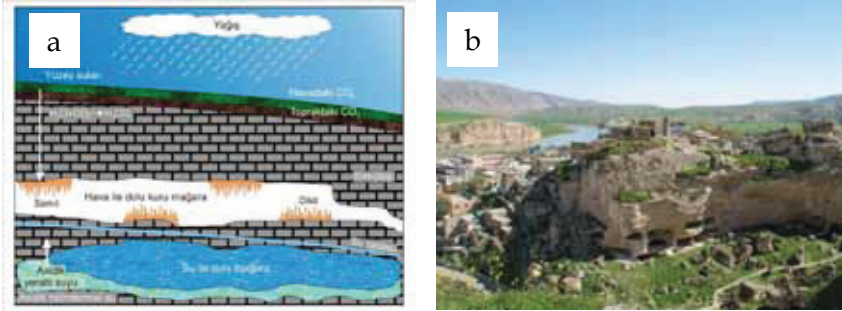
Kayaların basınç dayanımı, esneklik katsayısı ve Poisson oranı gibi özelliklerini belirlemek için iki sondajdan elde edilen altı kaya örneği Türk Deney Standartlarına göre test edilmiştir. Test edilen kayalar doymuş halde de düşük basınç dayanımına sahiptir. Bu nedenle basınç dayanımına göre kireçtaşları düşük dirençli kaya tipi olarak sınıflandırılmışlardır [3].

#### 4. MAĞARA OLUŞUMLARI

Hasankeyf ve dolayındaki mağaralar kireçtaşları içerisinde zayıf karbonik asitli yağmur sularının bunları çözmesi sonucu oluşmuştur (Şekil-3a). Ayrıca anılan kireçtaşlarının gözenekliliği de oldukça fazladır. Kireçtaşlarının gözeneklilik oranı % 35.1 ile % 37.4 arasında değişmektedir. Bu gözeneklilik mağara oluşumu için son derece uygundur. Hasankeyf ve civarındaki kireçtaşlarında bu şekilde oluşmuş olan yüzlerce mağara dikkati çekmektedir. Hasankeyf'in hemen kuzeyinden Dicle Nehri geçmektedir. Dicle Nehri Hasankeyf'in üzerinde yer aldığı kireçtaşlarını derin vadilerle keserek akışını sürdürmektedir. Mevsimsel olarak yöredeki kireçtaşları kışın bol miktarda yağış alırken, yaz mevsimi yüksek sıcaklığın tesiri ile kurak geçmekte ve durum tersine dönmektedir. Bu durum yeraltı su tablasının daha aşağılara düşmesine ve süreksizlik düzlemleri boyunca ortaya çıkan açıklıkların genişlemesine neden olmaktadır. Dolayısıyla anılan kireçtaşları içerisinde açılan boşluklar giderek genişlemektedir. Bu mağaralar tarih boyunca farklı uygarlıklar tarafından barınak ve gıdaların saklanması için kullanılmıştır (Şekil-3b).

## 5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Bu çalışmanın konusu olan tarihi mağaralar da, Hasankeyf'in kültür zenginlikleri arasında önem taşımaktadır. Bu mağaralar kireçtaşlarının çözünmesi sonucu zayıf karbonik asit karbonatlı kayalarla etkileşerek kalsiyum bikarbonatı oluşturur. Dicle Vadisi'nin iki yakasını oluşturan masif görünümlü, kalın tabakalı kireçtaşları pekleşme açısından zayıf konumda olup, kaya düşmelerine karşı son derece duraysızdır. İnceleme alanındaki en önemli jeolojik tehlike fiziksel ayrışma sonucu ortaya çıkan kaya düşmeleridir. Kaya düşmelerinin başlıca nedenleri; depremsellik, yamaç eğiminin yüksek olması, kayaların pekleşmesinin zayıf olması, mevcut mağaralar üzerinde insan eliyle oluşturulan bir takım yapay düzenlemeler olmak üzere sıralanabilir. Hasankeyf'te 1900-2000 yılları arasında Rihter ölçeğine göre şiddeti 3.5 ile 4.9 arasında değişen 4 adet deprem olmuştur [2]. Dolayısıyla yeni oluşabilecek depremlerde pekleşmesi iyi olmayan kireçtaşlarının duraysızlık düzlemleri boyunca onları olumsuz olarak etkileyerek, yeni kaya düşmelerini tetikleyerek, tehlikeler sunabilecektir.



Şekil- 3a)Mağara oluşumunun şematik anlatımı. b) Hasankeyf'te mağara oluşumları.

Kaya düşmelerini kontrol edentopoğrafik etkenin yamaç eğimi olduğu söylenebilir. Yamaç eğimi 30°nin üzerinde olan topografyalarda, tabandan yamaça doğru kayaların düşmesi ile düzensiz bir dağılım sunan yamaç molozları meydana gelmektedir. İnceleme alanında genellikle kaya düşmelerinin görüldüğü bölümlerde yamaç eğimi 70°-80° derece veya üzerinde olup, neredeyse dike yakın konumdadır. Böyle durumlarda kireçtaşlarının basınç dayanımı, esneklik katsayısı ve poisson oranlarının düşük olması nedeniyle, her an kaya düşmesi tehlikesiyle karşılaşmak olasıdır (Çizelge-2). Bu nedenle ivedi olarak buraların mühendislik önlemleriyle korunmaya alınması gerekmektedir.Kayaç cinsi genellikle, kaya düşmesini denetlemektedir. Pekleşme-

si yüksek derecede ve ayrışmaya karşı dayanıklı olan granit, konglomera ve gnays türü kayalarla kaplı alanlarda, yörenin yamaç eğimi çok yüksek değilse, kaya düşmesine ender rastlanmaktadır. İnceleme alanı ve çevresinde ise yukarıda da ayrıntılı açıklandığı üzere, pekleşmesi zayıf olan, tebeşir niteliğindeki kireçtaşları yüzeyleme vermektedir. Bu kayacın taşıma gücü ve basınç dayanımı oldukça düşüktür (Çizelge-3). Ayrıca, kireçtaşlarının yüksek porozitesi de, ayrışmada etken olan fiziksel ve kimyasal faktörlerden sıcaklık değişimi, donma ve çözülme gibietkenleri hızlandırarak, bu kayaların sürekizlik düzlemleri boyunca kolayca parçalanmalarını hızlandırmaktadır. Nitekim ölümlü kaya düşmesinin olduğu yerde, yağmur sularının, kopma sonucu açığa çıkan aynada izler bıraktığı gözlenmiştir.

Çizelge-2. Hasankeyf kireçtaşlarına ait nokta yükü deney sonuçları [3].

Sondaj	Örnek	Test Edilen Örneklerin Nokta Yük Değeri			Nokta yük değerine göre örnek sınıflandırması
		Test Tipi	Çap	Nokta Yükü (kgf/cm <sup>2</sup> )	
T-1	1	a	3.60	3.2	Düşük direnç
	2	a	3.85	3.0	
	3	a	3.35	1.6	
	4	a	3.40	2.9	
	5	d	5.00	3.8	
	6	d	5.00	2.6	
	7	d	5.00	1.9	
T-2	1	a	3.55	3.8	Düşük direnç
	2	a	4.65	4.2	
	3	d	5.00	5.1	
	4	d	5.00	4.2	
	5	d	5.00	4.2	

Yöre, jeomorfolojik konumu dikkate alınarak değerlendirildiğinde, dik olarak konumlanmış derin vadilerden oluşmakta ve dolayısıyla vadinin iki yanında yer alan kayaç kütleleri pekleşme ve tektonik konumları nedeniyle oldukça duraysızdır. Dolayısıyla, bu alanda her zaman kaya düşmesi olasılığı oldukça yüksektir. Kaya düşmelerinin yer aldığı alanlar, ilgili basitleştirilmiş krokide sunulmuştur (Şekil-4). Bu kısımlarda acil bir takım önlemlerin alınması gerekmektedir. Bu önlemler aşağıda ana çizgileriyle sunulmuştur. Benzer kaya düşmelerine karşı karayollarında ve yerleşim alanlarında pek çok benzer önlemler alınmaktadır. Bunlardan en önemlisi kaya düşmesine

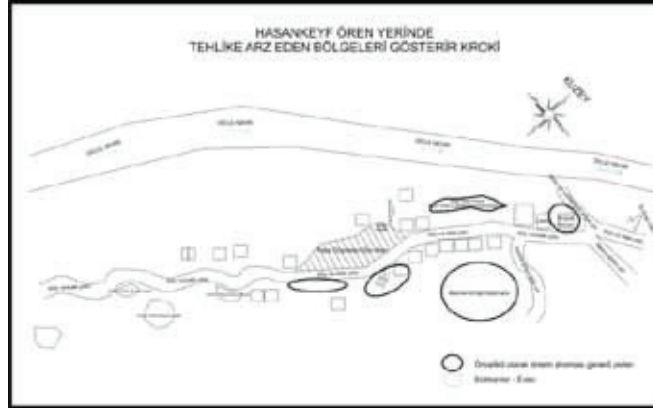
maruz kalacak bölümlerin tehlike alanı olarak Hasankeyf halkına duyurulmasıdır. Diğer taraftan kaya düşmesi olasılığı olan alanlar, farklı alternatif yöntemlerin dikkate alınarak, konunun uzmanlarınca projelendirilerek ivedi ve kalıcı önlemler alınmalıdır. Bu önlemlerden bazıları;

**Çizelge-3. Hasankeyf kireçtaşlarının basınç dayanımı, esneklik katsayısı ve poisson oranı [3].**

Basınç Dayanımı, Esneklik Katsayısı ve Poisson Oranı							Dayanıma
Sondaj	Örnek			Basınç	Esneklik	Poisson	Göre
		Çap	Yükseklik	Dayanımı	Katsayısı	Oranı	Örnek
		(cm)	(cm)	(kgf/cm <sup>2</sup> )	(kgf/cm <sup>2</sup> )		Sınıflandırması
Havayla kurutulan örnekler							
	1	4.92	9.53	70	0.131	0.368	
	2	4.93	9.34	40	0.026	0.441	
	3	4.92	9.60	70	0.065	0.442	
T-1	Doymun örnekler						
	1	4.91	7.38	50	-	-	
	2	4.91	7.25	45	-	-	
	3	4.93	6.87	35	-	-	
Havayla kurutulan örnekler							
	1	4.94	9.61	120	0.411	-	
	2	4.93	9.59	170	0.210	-	
T-2	3	4.92	10.03	135	0.107	-	Düşük direnç
Doymun örnekler							
	1	4.94	8.89	155	-	-	
	2	4.95	6.08	100	-	-	

- Tehlikeli olarak işaretlen alanların çelikten yapılmış gözlü kafes tellerle projelendirilip, ankrajlanmalıdır,
- Tehlike sunan bölümlerin, istinat duvarı ve benzeri destekleyici yapılarla korunarak kaya düşmesinin önüne geçilmelidir,
- Hasankeyf'teki mağaraları yapay yollarla barınak olarak kullanılmak amacıyla insan eliyle genişletilmektedir. Bu mağara genişletilme işlemine kesinlikle izin verilmemelidir.
- Daha önce açılmış olan benzer mağaraların içinin doldurularak, yaşam ve ticari amaçlı olarak kullanılmasının hemen yasaklanması gerekmektedir.
- Kale üstü ve civarında her türlü yağmur sularının drene edilerek toplanması ve tehlike arz eden bölümlere sızması önlenmelidir,

- f) Zorunlu haller dışında, yörenin her türlü araç trafiğine kapatılması gerekmektedir.
- g) Tarihi Kale civarında patlatma yoluyla taşocağı işletmesi önlenmelidir,
- h) Tarihi yapıların üzerinde yer aldığı kayalara sarsıntı etkisini önleyebilmek için yöre ve yakın civarında yüksek frekanslı ses üretebilecek, konser veya düğünlerin engellenmesi; bu tür etkinliklerin daha uygun alanlarda yapılmasının özendirilmesi gerekmektedir.
- i) Hasankeyf'te yaşayan vatandaşlar dar geliri olup, turizmden ekonomilerine önemli katkılar sağlanmaktadır. Bu nedenle, alınan tedbirler, turizm ekonomisine zarar vermeyecek nitelikte olmalıdır.



Şekil-4. Hasankeyf'e ait tarihi yerlerin bulunduğu alanda kaya düşmesine maruz kalabilecek olan bölümler[5].

## 6. KAYNAKLAR

- [1]Akgün, H., 2003, Remediation of the geotechnical problems of the Hasankeyf historical area, southeastern Turkey. *Environmental Geology*, 44, 522-529.
- [2]Akgün, H., Koçkar, M. K., 2004, Design of anchorage and assessment of the stability of openings in silty, sandy limestone: a case study in Turkey. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 41, 37-49.
- [3]DSİ, 2009, Hasankeyf-Yukarı Şehir İçin Jeoloji ve Laboratuar Çalışması Raporu. 32 s., Ankara.
- [4]Karakuş, A., Keskin, S. ve Tümmür, Ş., 2010, Hasankeyf Tarihi Ören Yeri'nde Yapılan Gözlem ve İnceleme Raporu. *Dicle Üniversitesi*, 3 s., Diyarbakır.
- [5]Bilgin, A., Beyaz, T., Küçük, K., Çelebi, A., Altun, A., Ekmen, A.F., 2010, Batman İli Hasankeyf İlçesi tarihi kale mevkiinde meydana gelen kaya düşmesi olayına ait inceleme raporu, Batman Üniversitesi, Batman.
- [6]Bilgin, A., 2009, Sedimenter kayak petrografisi ders notlar, SDÜ, Müh. Mim. Fak. Jeoloji Müh. Bölümü Ders Notları, Isparta.