

Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi

Journal of Geomorphological Researches

© Jeomorfoloji Derneği

www.dergipark.gov.tr/jader

E - ISSN: 2667 - 4238



Araştırma Makalesi / Research Article

KAYA YÜZEYİ SERTLİĞİ İLE AYRIŞMA VE KAYA EROZYONUNUN TAHMİN EDİLMESİ: AVŞA ADASI GRANİT FORMASYONLARI ÜZERİNE BİR ÖRNEK ÇALIŞMA

Forecasting weathering and rock erosion through rock surface hardness: A case study on the Avşa Island granite formations

Hüseyin TUROĞLU

İstanbul Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, İstanbul - Türkiye

turogluh@istanbul.edu.tr  <https://orcid.org/0000-0003-0173-6995>

Makale Tariğesi

Geliő 07 Mayıs 2018

Düzenleme 22 Haziran 2018

Kabul 28 Eylül 2018

Article History

Received 07 May 2018

Received in revised form 22 June 2018

Accepted 28 September 2018

Anahtar Kelimeler

Kaya yüzey sertliği, Granit, ayrışması, Kaya erozyonu, Schmidt çekici

Keywords

Rock surface hardness, Granite, weathering, Rock erosion, Schmidt hammer

Atıf Bilgisi / Citation Info

Turoğlu, H. (2018). Kaya yüzeyi sertliği ile ayrışma ve kaya erozyonunun tahmin edilmesi: Avşa adası granit formasyonları üzerine bir örnek çalışma, *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi*, 2018 (1): 1-12

ÖZET

Kaya erozyonu ve onun şiddeti ayrışmanın şiddeti ile doğru orantılıdır. Ayrışmanın şiddetli olduğu kayalarda erozyon hızlı ve etkili olarak gelişme gösterir. Kaya yüzey sertliğindeki değişkenlik ise kayalardaki ayrışma seviyesinin göstergesidir. Ayrışmaya uğrayan kayalarda "Kaya yüzey sertliği" azalma yönünde değişim gösterir. Kaya yüzey sertliği Schmidt çekici ile ölçülebilir ve sayısal olarak ifade edilebilir, sınıflandırılabilir.

Bu çalışmada; Avşa Adası'nda (Marmara Denizi, Türkiye), Schmidt çekici kullanılarak Granit Kaya yüzey sertliği ölçümü yapılması, sonuçların Avşa Adası için ayrışma ve erozyon göstergesi olarak değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Avşa Adası granitlerinde, 100 farklı lokasyonda, Schmidt çekici kullanılarak kaya yüzey sertliği ölçümü yapılmıştır. Ölçüm verilerinin istatistiksel analizleri yapılmış, analizler ile elde edilen yeni verilerin arazi kontrolleri gerçekleştirilmiştir. İlk sonuçlar; Avşa Adası için sertlik tanımlamaları açısından sınıflandırılarak, aşınma derecesi ve erozyon potansiyeli göstergesi olarak değerlendirilmiştir.

Sonuçlar Avşa Adası'nın Granit kayalarının 3 temel grup olarak sınıflandırılabileceğini göstermektedir. Granitlerin % 40 ı "Sert" ve henüz şiddetli ayrışmaya uğramamış, erozyona karşı dirençlidir. % 10 oranındaki 2. Grup; "Orta ve Zayıf" sertliktedir. %50 oranındaki 3. Grup granitler ise "Çok Zayıf" olarak tanımlanmıştır. 3. Grup granitler şiddetli ayrışma ile deforme olan ve yüksek erozyon potansiyeline sahip kayalardır.

ABSTRACT

Rock erosion and its severity are directly proportional to the severity weathering. Erosion develops rapidly and effectively in rocks where the weathering is severe. The variations in the rock surface hardness values are indication of the weathering level of rocks. Rock surface hardness values tend to decrease on the weathered rocks. Rock surface hardness itself can be measured and classified easily using a Schmidt hammer.

The purpose of this study is to asses and analyse the rock hardness across Avşa Island (in the Marmara Sea, Turkey) using the Schmidt hammer methodology.

Rock surface hardness measurements were made on Avşa Island granites at 100 different locations using the Schmidt hammer. A statistical analysis of the measurement data was carried out followed by field controls of the new data obtained from the analysis. The results were used to create a rock surface hardness classification for Avşa Island, and were also assessed as indicators of weathering rate and erosion potential.

This new classification indicates that Avşa Island's Granite rocks can be segmented into 3 basic groups. 40% of the granites are "Hard", without serious weathering and resistant to erosion. The second group, represents 10% of the of Avşa Island's granite and is classified as

"Medium to Weak". The remaining 50% Group 3 granites in the Avşa Island fall into the "Very weak" class. Group 3 granites are rocks deformed by weathering, and have high erosion potential.

© 2018 Jeomorfoloji Derneği. Tm hakları saklıdır. All rights reserved.

GİRİŐ

Yeryz; kaya ve ayrışma rn allokton ya da otokton rt malzemelerden oluşur. Kaya ya da rt yüzeylerde; aşınma ve aşınan malzemenin taşınmasıyla gerçekleşen eksilme ve bu yolla meydana gelen fiziksel değişim, genel anlamda erozyon olarak tanımlanır. Kaya yüzeylerde meydana gelen erozyon ise ayrışmaya indeksli olup, anakaya yüzeyindeki ayrışmaya bağlı olarak gelişme gösterir. Ayrışma ise basit tanımı ile kaya yüzeyinden itibaren dış etken ve süreçlere bağlı olarak gelişme gösteren kimyasal ve fiziksel değişimi tanımlar. Kaya yüzeylerindeki ayrışma derecesi ile kaya yüzey erozyonu arasında doğrudan ilişki vardır. Hatta kaya yüzeylerindeki ayrışma derecesi; erozyon şiddetini ve gelişim seviyesini belirleyici temel faktörlerden, göstergelerden biridir. Burada meydana gelen ayrışma, kaya yüzey sertliğinin değişmesine neden olur. Ayrışma şiddeti arttıkça kaya yüzey sertliği de azalır. Kaya yüzey sertliğindeki azalma; kaya yüzeyinin aşınıma karşı direncinin azalması, kaya yüzey erozyonunun şiddetlenmesi anlamına gelmektedir.

Kaya yüzey sertliği ile kaya yüzey ayrışma derecesi arasında ters orantı vardır. Kaya ne kadar sertse, bu kayanın ayrışma derecesi ve gelişen erozyon şiddeti o oranda zayıftır. Bu ilişki nedeni ile kaya yüzey sertliğinin sayısal değeri, kaya yüzeyi ayrışma derecesinin göstergesi olarak kullanılmaktadır (Mol, 2014; Moses, vd. 2014). Bu yaklaşımdan hareketle, kaya yüzey sertliğindeki değişimin llmesi; kaya yüzeyinde meydana gelen ayrışma ve kaya yüzey erozyonu için sayısal öngörülere imkn vermektedir.

Schmidt çekici, 1948 yılında Ernst Schmidt tarafından tasarlanmış olup, özellikle inşaat sektöründe betonun yüzey sertliğinin yerinde test edilmesi için kullanılmakta olan bir lme aracıdır (Web 1; Web 2; Web 3; Web 4). lme yöntemi çok basit bir mekanizma ile çalışmakta

olup, uygulanan yüzey sertliğine bağlı bir geri tepme değerinin elde edilmesi prensibine dayanır (Basu ve Aydın, 2004; Aydın ve Basu 2005). Kaya yüzey sertlik lmleri Schmidt çekici ile yaygın olarak yapılmaktadır (Day ve Goudie 1977; Day 1980; Colman 1981; Augustinus 1992; Yılmaz ve Sendir 2002; Ericson 2004; Yaşar ve Erdoğan 2004; Goudie, 2006; Saptonoa vd. 2013; Mol, 2014; Moses vd., 2014). Bu veri; niteliği nedeni ile jeomorfoloji araştırmalarında da kullanılmaktadır (McCarroll, 1991; Goudie, 2006; Aoki ve Matsukura, 2007; Day 2010; Shobe vd., 2017).

Bu çalışmada, bir rneklemeye uygulaması olarak; Avşa Adası'nda (Marmara Denizi), granit kaya yüzey sertliği değişiminin llp, sonuçların çalışma sahasına ait olmak üzere, ayrışma ve erozyon amaçlı değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Kaya yüzey sertlik lmleri; Schmit ekici (Geohammer rock test hammer, Classic N type) kullanılarak, Avşa Adası'nda, deniz seviyesinden 0-70m yükselti aralığında, farklı lokasyonlarda 100 adet rneklemeye yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar ile ölçüm yapılan granit yüzeylerdeki erozyon ve ayrışma özellikleri, arazide kontrol edilerek doğruluk testleri uygulanmıştır. Araştırma; Avşa Adası'nda (Doğu 27° 29' – 27° 33' ve Kuzey 40° 28' – 40° 32'), 0-70m yükselti aralığında, bakı ayırımı yapılmaksızın, doğal ya da yapay örtüden yoksun, atmosferik koşullara açık, yılın Temmuz-Ağustos döneminde, temiz ve kuru granit yüzeyleri üzerinde gerçekleştirilmiştir. lm sonuçları; istatistiksel veri analizleri uygulanarak, meknsal temsil özellikleri anlamlandırılmış, daha sonra da kaya ayrışma seviyesi ve erozyon indikatörü perspektifinde ilişkilendirilerek çıkarımlar yapılmıştır.

Kaya Yüzey Sertliği-Ayrışma-Erozyon İlişkisi

Kayaların ayrışması ile kaya erozyonu birbirinden farklı ancak birbiri ile yakın ilişkisi olan gelişmelerdir ve ayrışma ile erozyon

arasında doğru orantı vardır. Kayadaki ayrışma ne kadar güçlüyse, erozyon o kadar şiddetli olarak gelişir.

Ayrışma; kayanın parçalanmasını, parçalanma/dağılma direncinin ve sertliğinin azalmasını ifade eden temel süreçtir. Kayanın erozyona doğal süreçlerle hazırlanması aşamasıdır. Ayrışmanın etkisiyle sert kaya, giderek sertliğini kaybeder. Örtüden yoksun kaya yüzeylerinin atmosferik etkiler ile karşılaşmasıyla; iklim ve çevresel koşulların etkisi altında, mekanik(fiziksel), kimyasal ve/veya biyolojik yollarla, kaya yüzeyinden itibaren ayrışma başlar. Bu gelişme; kayanın doğal sertliğini, azaltacak şekilde değiştirir ve aşınımına karşı kayanın direncini zayıflatır (Hall vd., 2012; Mol, 2014; Moses, vd. 2014; Goudie, 2016).

Erozyon ise ayrışma ürünü kaya malzemelerinin, sedimentlerin akarsu, rüzgâr, gravite, dalga-akıntılar hatta buzul tarafından

taşınarak başka yerlere götürülmesi olarak tanımlanır (Sharma, 2010; Huggett, 2011; Moses, vd. 2014).

Kaya yüzey sertliği ve onun atmosferik ve çevresel koşullardan kaynaklanan değişimi ölçülebilir sayısal değerler ile ifade edilebilir, tanımlanabilir, sınıflandırılabilir (Goudie, 2006; Viles vd. 2011; Mol, 2014; Moses vd. 2014; Goudie, 2016). Önceki bazı çalışmalarda (Selby 1980; Goudie, 2006; Placek ve Migoń 2007), Schmidt çekici kaya yüzey sertliği ölçümü sonuçları sınıflandırılarak her sınıfa ait kaya yüzey sertlik tanımlaması yapılmıştır (Tablo 1). Dolayısıyla kaya yüzey sertliği ile ayrışma ve erozyon arasında doğrudan bir ilişki olup, bu yakın ilişkinin korelasyonu yapılabilir (Day,1980; Goudie, 2016). Bir başka ifadeyle; kaya yüzey sertliği değeri, kayanın ayrışma derecesinin güvenilir tanımlayıcı sayısal göstergesidir.

Tablo 1: Schmidt çekici test sonuçlarının kaya yüzey sertliği amaçlı sınıflaması (Selby 1980; Placek ve Migoń 2007).

Schmidt Çekici Geri Tepme Değeri	Kaya yüzey sertlik tanımı	Derece
100-60	Çok sert	1
60-50	Sert	2
50-40	Orta	3
40-35	Zayıf	4
35-10	Çok zayıf	5

VERİ ve YÖNTEM

Arazi Ölçümleri

Schmidt çekiçi (Şekil 1); kaya yüzeylerin mekanik özelliklerini belirlemek için yaygın olarak kullanılan, güvenilir, hızlı ve ucuz bir yüzey sertliği ölçüm aletidir (ISRM, 1978). Uygulanması ve verilerinin kullanılması da son derece kolaydır. Bu çalışmada klasik N tipi Schmidt çekici kullanılmıştır. Schmidt çekici kaya yüzey sertliği ölçümü; kaya yüzeyine yapılan enerji vuruşuna bağlı gerçekleşen geri tepme seviyesi sayısal tespiti esasına dayanmaktadır (ISRM 1978; Aydın, 2008).

Sonuçların güvenilir olması için ölçüm yapılacak olan kayanın ölçüm koşulları önemlidir (Aydın ve Basu, 2005; Aydın, 2008). Bu çalışmada, Avşar Adası'nda, toplam 100 farklı lokasyonda, Granit kaya yüzey sertlik

testi yapılmıştır. Kaya yüzey sertlik testleri için lokasyonlar; deniz seviyesinden 0-70m yükselti aralığında seçilmiştir. Ölçümler genel kabul görmüş prosedür (ISRM, 1978; Basu ve Aydın, 2004; Aydın ve Basu, 2005; Aydın, 2008) esas alınarak; bakı ayırımı yapılmaksızın, doğal ya da yapay örtüden yoksun, atmosferik koşullara açık, Temmuz-Ağustos döneminde, temiz ve nemden yoksun kuru granit yüzeyleri üzerinde, Şekil 1 de gösterilen ve aşağıdaki paragrafta özetlenen prensipler esas alınarak gerçekleştirilmiştir.

Test edilecek kaya yüzeyi düz, temiz ve kuru olmalıdır. Genellikle tercih edilen uygulama; test yapılacak kaya yüzeyinde 30 cm x 30 cm lik bir alanın belirlenmesi ve bu alan içinde sistematik olarak 10-25 arasında test vuruşu

yapılması ile tamamlanır. Bu çalışmada yapılan ölçümler; kaya yüzeyinde belirlenen 30 cm x 30 cm lik bir alanda, 5 cm lik ereve boşluğu bırakılarak ve 5 cm lik karelay yapılarak (4 cm x 4 cm=16 hücre), her hücreye tek vuruş olmak üzere, sistematik 16 vuruş ile

gerçekleştirilmiştir (şekil 1). Her vuruştan sonra geritepme seviyesini gösteren bir “R değeri” okunarak, bu R değerinin deniz seviyesinden yükseltisi ve koordinatları birlikte kayıt edilmiştir.



şekil 1: Kaya yüzey sertlik ölçümleri için bu çalışmada kullanılan “DRC ECTHA 1500 Kaya Test çekici” ve ölçüm şablonu.

“R değeri” okumaları tamamlandıktan sonra, R değerinin aritmetik ortalaması hesaplanmıştır. Bulunan “Geritepme Aritmetik Ortalama Değeri (Ro)” test edilen kaya yüzey sertliği olarak kabul edilmiştir. “Aritmetik Ortalama” değerinin yanı sıra ayrıca her ölçüm seti için “Açıklık”, “Standart Sapma Varyansı” ve “Standart Sapma” değerleri hesaplanmıştır.

Sonuçlar gruplandırılıp, kaya yüzey sertlik geritepme değeri derecelendirmesi ve tanımlamaları yapılmıştır. Daha sonra, sonuçların doğruluk kontrolleri, ölçüm yapılan kayaların ayrışma ve erozyon özelliklerinin arazideki kontrolleri ile tamamlanmıştır.

İstatistiksel Analizler

Schmidt çekici kullanılarak, granitler üzerinde yapılan bazı kaya yüzey sertliği ölçüm çalışmalarında ortalama geri tepme değeri; Sierra Nevada granitlerinde $Ro=48-53$ aralığında (Ericson, 2004), İsveteki granitlerde $Ro= 55-56$ aralığında (Ericson, 2004), İngiltere’de Shap granitlerinde $Ro=59.4-61.1$ aralığında (Day ve Goudie, 1977), Niğde çevresindeki granitler üzerinde yapılan çalışmada $Ro=55.7-62.5$ aralığında (Kahraman vd., 2002) bulunmuştur.

Avşa Adası’nda, her ölçüm verisi için örnekleme başına 16 vuruş yapılarak, 100 ayrı ölçüm lokasyonunda gerçekleştirilen bu çalışmada; ölçümlerin aritmetik ortalamalarına ait gruplama yapılmıştır. Schmidt çekici ölçümlerinin %40 ının aritmetik ortalamasının $Ro= 50.75 - 57.13$ aralığında, ölçümlerin %10 unun aritmetik ortalamasının $Ro= 36.25 - 40.19$ aralığında, ölçümlerin %50 sinin aritmetik ortalamasının $Ro= 17.06 - 33.63$ aralığında olduğu görölmüştür.

Kaya yüzeyinin belli bir bölümünden, tek lokasyon için 16 R değeri ölçümünün yapılması; tek bir R değerinin ölçüm yüzeyinin tamamını temsil etmesinin mümkün olmayacağı gerçeğinden dolaydır. 16 vuruş; 30x30 cm lik bir alan içinde yapılmıştır ve Aritmetik Ortalama (Ro) tek bir “Geri Tepme değeri” olarak kabul edilir. Ancak bu Ro değerinin, gerçekte ölçüm yapılan alanın tamamını ne derece doğrulukta temsil ettiği ise şüphelidir. Zira birbirine çok yakın olan R değerleri ve birbirinden çok farklı olan R değerleri, aynı aritmetik ortalamayı verebilir. Bu iki farklı durumu temsil eden kaya yüzeylerinin ayrışma derecesi ve erozyon potansiyeli de farklı karakterler gösterir.

Ölçülen kaya yüzeyi R değerlerinin; Aritmetik Ortalama (Ro) ile benzeşen değerler olup olmadığı, aritmetik ortalamadan ne kadar uzaklaşan değerlerden oluştuğu ya da Aritmetik Ortalama (Ro) ya göre dağılımlarının belirlenebilmesi için; Açıklık (A), Standart Sapma Varyansları (S) ve Standart Sapma (P) istatistiksel analizlerin açıklamaları Tablo 2

Tablo 2: Schmidt çekici Geri Tepme (R) değeri sonuçlarının kaya yüzey sertlik özelliklerinin tanımlanması amaçlı olarak yapılan istatistiksel analizler.

Aritmetik Ortalama (Ro)	$= (R_1+R_2+R_n)/R_n$	(1)
Açıklık (A)	$= (R_{max} - R_{Min})$	(2)
Standart Sapma Varyansı (S)	$= ((R_1 - O)^2 + (R_2 - O)^2 + \dots + (R_n - O)^2) / (R_n - 1)$	(3)
Standart Sapma (P)	$= \sqrt{S}$	(4)

Aritmetik Ortalama (Ro); 16 R değeri toplamının R sayısına (ölçüm sayısına) bölünmesi ile bulunan sayısal değerdir (Tablo 2).

Açıklık (A); 16 R değeri içinde yer alan Maksimum ve Minimum R değerlerinin farkıdır (Tablo 2). Bu farkın büyük olması; Aritmetik ortalamadan aynı oranda uzaklaşılan R değerlerinin var olduğunu gösterir. Bir başka ifadeyle ölçüm alanı içinde birbirinden farklı sertlik değerlerine sahip bölümlerin var olduğunu söyleyebiliriz.

Varyans (S); bir sayı kümesindeki sayıların, o sayıların ortalamasına olan yakınlığı-uzaklığını sayısal değer ile gösterir (Tablo 2). Tablo 3 de; her lokasyonda yapılan 16 vuruş değerinin "Standart Sapma Varyansı" hesaplanmıştır. Standart Sapma Varyans (S) değerinin yüksek olması; 16 vuruşa ait her bir R değerinin aritmetik ortalama değerinden çok farklı ya da uzak değerler olduğunu gösterir. Bunun anlamı; S değeri arttıkça kaya yüzeyindeki farklı sertlik alanlarının sertlik derece farklılıklarının büyük olduğu anlaşılmaktadır.

Standart Sapma (P); her bir ölçüm lokasyonunda elde edilen 16 R değerinin ne kadarının Aritmetik Ortalamaya (Ro) yakın olduğunu, bir anlamda aritmetik ortalamaya göre dağılımı gösterir (Tablo 2). P değerinin küçük olması R değerlerinin dağılımının O değerine yakın olduğunu, P değerinin büyük olması ise R değerlerinin dağılımının O değerinden uzak olduğunu göstermektedir. Bir başka ifadeyle; P değerinin yüksek olması kaya yüzeyinde farklı sertlik alanlarının yaygın olduğunu, kaya yüzey sertliğinin homojen

deki gibidir. Bu analizlerin sonuçları kaya yüzeyinin sertlik değışkenliği ve dolayısıyla ayrışma derece çeşitliliği ve erozyon indikatörü hakkında anlamlı çıkarımlar yapma imkânı verir. 100 lokasyonda yapılan, 16'şar vuruşun R değeri için Aritmetik Ortalama (Ro), Açıklık (A), Standart Sapma Varyansları (S) ve Standart Sapma (P) değerleri hesaplanmıştır (Tablo 3).

olmadığının, P değerinin düşük olması ise kaya yüzeyindeki aşınımaya karşı direnç homojenliğinin göstergesidir.

BULGULAR

Çalışma sahasında Schmidt çekici kullanılarak gerçekteştirilen granit kaya yüzeyi sertlik ölçümü R değerleri ve bunların istatistiksel analiz sonuçları, Tablo 3 de R değeri oransal dağılımı esas alınarak, R aralığı; Sertlik tanım ve dereceleri perspektifinde gruplandırılmıştır. Schmidt Çekici Geri Tepme değeri Aritmetik Ortalaması; Ro=50-60 arasında olan yüzeyler genel olarak aşınımaya karşı dirençli "sert kaya yüzeyleri" olup, sertlik derecesi 2 (Sert) dir ve yapılan ölçümlerin %40'ı Ro=50,75-57,13 aralığındadır (Tablo 3) (Foto 1).

Bu grup içinde yer alan Ro=53.81-55.50 örneklemlerin aritmetik ortalamaları sert granit yüzeyleri tanımlamasına karşın, A=26-28 arasında olması R_{Max} ve R_{Min} arasında çok önemli farklılıkların olduğunu göstermektedir. Bu gösterge; ölçüm alanı içinde R_{Max} ve R_{Min} değerlerinin Ro dan uzaklaşan sapmalarına işaret etmektedir. Standart Sapma Varyansının (S= 38,70-50,93) ve Standart Sapma (P= 6,22-7,14) değerlerinin de diğerlerine göre çok yüksek çıkması; bu sonuçların alındığı ölçüm yapılan 30x30 cm lik alan içinde kaya sertlik değerinin ve bölgelerinin belirgin şekilde çeşitlilik gösterdiğine, kaya yüzey sertliğinin homojen olmadığına işaret etmektedir (Tablo 3). Buna karşın, A değerinin 20 den az olduğu, yüksek R değerlerine ait ölçümler; ölçüm yapılan kayanın sertliğindeki homojenliğin

göstergesidir.

Tablo 3: Schmidt çekici Geri Tepme (R) değeri sonuçlarının kaya yüzey sertlik özelliklerinin istatistiksel analizleri ve sınıflamaları.

Dağılış	Toplam (M)	Aritmetik Ortalama (Ro)	Açıklık (A)	Standart Sapmanın Varyansı (S)	Standart Sapma (P)	Ro Aralığı	Sertlik Tanım	Sertlik Derecesi
40%	914	57,13	14,00	19,18	4,38	50-60	Sert	2
	889	55,56	15,00	20,80	4,56			
	888	55,50	28,00	50,93	7,14			
	876	54,75	26,00	60,47	7,78			
	867	54,19	27,00	46,30	6,80			
	861	53,81	26,00	38,70	6,22			
	856	53,50	20,00	33,87	5,82			
	812	50,75	14,00	23,40	4,84			
5%	643	40,19	22,00	32,30	5,68	40-50	Orta	3
5%	580	36,25	34,00	118,87	10,90	35-40	Zayıf	4
50%	538	33,63	20,00	40,12	6,33	10-35	Çok zayıf	5
	512	32,00	10,00	10,13	3,18			
	388	24,25	8,00	5,80	2,41			
	360	22,50	14,00	17,87	4,23			
	355	22,19	9,00	6,43	2,54			
	343	21,44	8,00	3,46	1,86			
	337	21,06	8,00	7,26	2,69			
	319	19,94	11,00	7,13	2,67			
	308	19,25	8,00	5,80	2,41			
	273	17,06	4,00	1,53	1,24			



Foto 1: Schmidt çekici Geri Tepme değeri R= 50 - 60 aralığında olan ölçümlerin yapıldığı, Tablo 1 de sertlik derecesi 2 (sert) olarak tanımlanan granit kaya yüzey örnekleri.

Schmidt çekici geri tepme değeri aritmetik ortalaması $R_o=40-50$ arasında olan ölçümler, kaya yüzeyi sertlik sınıflamasında, sertlik derecesi 3 (Orta) ile tanımlanan, $R=35-40$ arasında olanlar da sertlik derecesi 4 (Zayıf) ile tanımlanan gruplar olup, bu her iki grup; çalışma sahasında yapılan ölçümler içinde, genel dağılımın sadece %5lik dilimleri ile temsil edilmektedir (Tablo 3) (Foto 2).

Tor topografyasının geliştiği granit yüzeylerde (Foto 3) yapılan ölçümlerde; Geri Tepme

değerleri $R_o=36,25-40,19$ aralığında, Standart Sapma ($P=5,68-10,90$) ve Standart Sapma Varyansı ($S=32,30-118,87$), R_{max} ve R_{min} değerleri ise $A=22,00-34,00$ aralığında ölçülmüştür. Bu sayısal sonuçlar, ait oldukları arazide ölçüm yapılan sahalarda kontrol edildiğinde; Standart Sapma ve Varyans değerlerinin yüksek ve değişkenlik göstermesinin, çatlak yoğunluğu değişkenliği ve blok boyutları ile ilişkili olduğu görülmüştür.



Foto 2: Schmidt çekici Geri Tepme değeri R: 40-50 aralığında olan ölçümlerin yapıldığı, Tablo 1 de sertlik derecesi 3 (orta) olarak tanımlanan granit kaya yüzey örnekleri.



Foto 3: Avşa Adası granitlerinde gelişen tor topografyasına ait Schmidt çekici ölçümleri yapılan örnekler.



Foto 4: Bu fotodaki örnekte de olduğu gibi eksfoliasyon gözlemlenen granit yüzeylerde; geri tepme değeri düşük, A, S, P değerleri ise yüksek çıkmıştır.



Foto 5: Likenli granit yüzeylerde $R_o = 32,00-33,63$ arası çıkması; bu durumdaki kaya yüzeylerinin aşınma karşı direncin "Zayıf-Çok Zayıf" sınırına işaret etmektedir.

Eksfoliasyon gözlemlenen tor topografyasının geliştiği granit yüzeylerde (Foto 4) ise Geri Tepme değerleri $R_o=33,63-36,25$ aralığında, Standart Sapma $P=6,33-10,90$ ve Standart Sapma Varyansı $S=40,12-40,12$ aralığında, R_{max} ve R_{min} değerleri ise $A=20,00-34,00$ olarak ölçülmüştür (Tablo 3). R_o değerlerinin düşük çıkmasına karşın, aynı zamanda A, P, S değerlerinin yüksek çıkması dikkat çekicidir.

Granit kaya yüzeylerindeki liken varlığı ve yoğunluğunun R değeri ile olan ilişkisi de dikkat çekicidir. Yüzeyinde likenlerin yaygın olarak yer aldığı granit yüzeylerinde (Foto 5); düşük R değerleri ($R_o = 32,00-33,63$), düşük Standart Sapma ($S = 3,18-6,33$) ve yüksek Varyans değerleri ($V = 10,13-40,12$) ölçülmüştür. Ölçüm öncesinde granit yüzeyinden mevcut likenler temizlenmiş ve ölçüm için uygun koşullar sağlandıktan sonra ölçüm yapılmıştır. Tablo 1 deki sınıflar itibarıyla; sertlik derecesi 4-5 arası

olan bu örneklemelerin arazi gözlemlerinde belirlenen ortak özelliği; kaya yüzeyinin yaygın olarak likenlerle kaplı olmasıdır. Liken ile kaplı yüzeyler standart sapmayı ve varyansı yükselterek, aritmetik ortalamayı düşürmektedir.

Çalışma sahasında yapılan ölçümler içinde, genel dağılımın %50 lik oranı; $R= 10-35$ arası olan ve sertlik derecesi 5 (Çok zayıf) ile tanımlanan kaya yüzeyleriyle temsil edilmektedir. Gerçekleştirilen 100 örnekleme içinde, bu grup; $R_o= 17,06-33,63$ aralığındadır (Tablo 3). Bu grup içindeki ölçümlerin dikkat çekici ortak özelliği; Açıklık (A), Standart Sapma Varyansının (S) ve Standart Sapma (P) değerlerinin, birkaç örnek haricinde ($R_o=33,63$, $R_o=32,00$ gibi), genel olarak düşük çıkmasıdır (Tablo 3) . Bir başka ifadeyle; her bir ölçüm lokasyonunda yapılan 16 ölçüm, Aritmetik Ortalamaya yakın değerler göstermekte olup,

bu durum kaya yzey sertliğinin aşınımaya karşı dirençsiz olduğuna ve tım kaya yzeyinin

homojen olduğuna işaret etmektedir.



Foto 6: Geri tepme değeri R: 17-25 aralığında olan olçümlerin yapıldığı, Tablo 1 de sertlik derecesi 5 (çok zayıf) olarak tanımlanan grubun alt sınır örneklerine ait az eğimli yamaçlara ait granit kaya yzeyleri. Yarıntı erozyonunun yaygınlığı ve derin yarıntı kanallarındaki arena birikimleri dikkat çekici şekilde yaygındır.

Hem R değerlerinin dışük (R=17-25) hem de Standart Sapma (S=1,24-2,41) ve Varyansın da dışük (V=1,53-5,80) olması kimyasal ayrışmanın şiddetli ve kaya yzeyindeki yaygın etkisini göstermektedir. Bu yzeylerde yarıntı

erozyonu ileri derecededir. Arena oluşumu çok gelişmiştir. Kaya diplerinde ve erozyonal yarıntılar içinde kuvars kumları yaygındır (Foto 6, Foto 7).



Foto 7: Geri tepme değeri R: 17-25 aralığında olan ölçümlerin yapıldığı, Tablo 1 de sertlik derecesi 5 (çok zayıf) olarak tanımlanan grubun alt sınır örneklerine ait dik yamaç granit kaya yüzeyleri. Geri tepme değeri R: 17-25 aralığında olan dik yamaçlarda ayrışma çok ileri düzeyde gelişmiştir. Yamaç eteklerinde ve eğim kırığı bölümlerinde farklı tane boyutlardaki döküntüler şeklinde granit kırıntıları ve arena oluşumları çok yaygındır.

SONUÇLAR

Yukarıda özetlenen bulgular ve aşağıda elde edilen sonuçlar; temel olarak, Avşa Adası örneklemelerine ait elde edilen Schmidt Çekici Geri Tepme ölçüm verileri ve bu ölçümler sırasında arazideki gözlem ve doğrulama tespitlerine aittir. Granitler üzerinde daha önce yapılmış ve yayınlanmış, metin içinde atıfları yapılan çalışmaların sonuçları bu araştırmanın ölçüm ve değerlendirmeleri ile çok büyük oranda benzeşmektedir.

Schmidt çekici geri tepme değeri aritmetik ortalamasının yüksek olması; genel anlamda altere olmamış, sert, aşınımaya karşı dirençli granit yüzeyi temsil etmektedir. Ancak A, P, S, değerlerindeki yüksek değişkenlikler bu genel durum içindeki problemlere işaret etmektedir.

Yüksek Ro değerleri, aynı zamanda düşük A, P, S değerlerine sahipse; 16 ölçüm sonucunun birbirine yakın R değerlerine sahip olduğunu, ölçüm alanının her tarafının aynı kaya yüzey sertliğine sahip olduğunu, granit kayasının bütün olarak doğal sertliğini halen koruduğunu, henüz ayrışma gelişiminden

korunduğunu, erozyona karşı dirençli granit yüzeyler olduğunu gösterir.

Yüksek Ro değerine rağmen; A değerinin yüksek çıkmasının; aritmetik ortalamadan çok ciddi şekilde uzaklaşan ölçümleri ile derin çatlakların varlığına, P, S değerlerinin yüksek çıkması kayanın özellikle yüksek çatlak yoğunluğuna sahip olduğuna, dolayısıyla fiziksel parçalanma süreci içinde olduğuna işaret etmektedir. Arazi gözlemlerinde; farklı boyutlardaki kenarlı köşeli anakaya kırıntılarının bu ölçüm lokasyonlarında yaygın olarak yer alması fiziksel parçalanmanın kanıtları olarak kabul edilebilir. Bu ölçümlere ait kayalarda fiziksel parçalanma delilleri kayadaki çatlaklardır. Bunlar kayayı erozyona hazırlar, erozyon tehlikesinin riski bu kayalardaki ayrışma derecesine bağlıdır.

Ro değerleri itibarıyla sertlik derecesi 3 (Orta) ve 4 (Zayıf) civarında ölçülen örneklemelerin; genellikle üzerinde likenlerin yaygın olarak yer aldığı, eksfoliasyon şeklindeki ayrışma gelişimine sahip, genel anlamda tor topografyası granit yüzeylere denk geldiği görülmüştür. Bu grup ölçüm veren granitler

üzerinde kimyasal ve fiziksel ayrışma etkisi çok belirgindir. Kaya yüzeyinde erozyonal gelişim formları gözle görülebilir (makro ölçekte) ve tanımlanabilir niteliktedir. Erozyonun şiddetini ise likenlerin yaygınlığı ve exfoliasyonun gelişimi denetlemektedir.

Sadece %10 luk dilim ile temsil edilen Orta (3) ve Zayıf (4) sertlik derecesine sahip granit örneklerinde A, P ve S değerlerinin yüksek çıkması; çatlak yoğunluğunun ve fiziksel parçalanma gelişiminin ölçüm alanı içinde ileri derecede olduğuna (granit yüzey sertliğinin azalması) işaret etmektedir. Bu durum; kimyasal ayrışmanın da katkısıyla, kayanın ayrışma derecesinin yükselmesine ve erozyona karşı direncinin zayıflamasına işaret etmektedir. Arazi kontrollerinde, bu tür granitler üzerinde başlangıç aşamasındaki yarıntı erozyonunun oldukça yaygın olduğu görülmüştür.

Ro, A, S ve P değerleri ile arazi kontrolleri birlikte değerlendirildiğinde; Likenlerin örnekleme alanındaki kapladıkları alanının oranı ile kaya yüzey sertliği derecesi arasında ters orantı olduğu anlaşılmıştır. Liken alanı büyüdükçe kaya yüzey sertliği azalmakta ve kaya sertliği zayıftan çok zayıfa doğru değişim göstermektedir. Bu durum, biyolojik ayrışmanın kaya yüzeyindeki bozuşma etkisini göstermektedir.

Düşük Ro değerleri; düşük A, P, S değerlerine sahipse granit kayasının doğal sertliğini koruyamadığına, özellikle kimyasal ayrışmanın baskın bir süreç olduğuna ve ölçüm yapılan tüm alanın benzer sertliğe, homojen bir kaya direncine, dolayısıyla ayrışma derecesi ve erozyon şiddetine sahip olduğuna işaret etmektedir.

Homojen ve çok zayıf (5) sertlik derecesine sahip, Schmidt çekici Geri Tepme (R) değerinin her birinin birbirine çok yakın olduğu, Avşa Adası'ndaki ölçüm lokasyonlarında yapılan arazi gözlemlerinde; arena oluşumu ve özellikle az eğimli yamaçlarda yaygın olarak şiddetli yarıntı erozyonunun gelişmiş olduğu görülmüştür. Granitin kimyasal ayrışması ile altere olması, sertliğini dolayısıyla aşınımına karşı direncini kaybedip dağılması ve erozyona uğramasının doğal sonucudur.

KAYNAKÇA

- Aoki, H. & Matsukura, Y. (2007) A new technique for non-destructive field measurement of rock-surface strength: an application of the Equotip hardness tester to weathering studies. *Earth Surface Processes and Landforms*, 32/ 12: 1759–1769, DOI: 10.1002/esp.1492.
- Augustinus, P.C. (1992) Rock resistance to erosion: some further considerations. *Earth Surface Processes and Landforms*, 16: 563-569.
- Aydın, A. ve Basu, A. (2005) The Schmidt Hammer in rock material characterization. *Engineering Geology*, 41: 1211-1214.
- Aydın, A. (2008) ISRM Suggested Method for Determination of the Schmidt Hammer Rebound Hardness: Revised Version. R. Ulusay (Ed.), *The ISRM Suggested Methods for Rock Characterization, Testing and Monitoring: 2007–2014*: 25-33. DOI: 10.1007/978-3-319-07713-0.
- Basu, A. & Aydın, A.A. (2004) Method for normalization of Schmidt hammer rebound values. *International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences*, 41:1211-1214.
- Colman, S.M. (1981) Rock-weathering rates as functions of time. *Quaternary Research*, 15: 250-264
- Day, M.J. (1980) Rock hardness: field assessment and geomorphic importance. *Professional Geographer*, 32: 72-81.
- Day, M.J. (2010) Rock hardness: field assessment and geomorphic importance. *The Professional Geographer*, 32:1, 72-81, DOI: 10.1111/j.0033-0124.1980.00072.x
- Day, M.J. & Goudie, A.S. (1977) Field assessment of rock hardness using the Schmidt test hammer. *BGRG Technical Bulletin*, 18: 19-29.
- Ericson, K. (2004) Geomorphological surfaces of different age and origin in granite landscapes: an evaluation of the Schmidt hammer test. *Earth Surface Processes and Landforms*, Volume 29, Issue 4, Pages 495–509, DOI: 10.1002/esp.1048, <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/esp.1048/full>
- Hall, K., Thorn, C., Sumner, P. (2012) On the persistence of 'weathering'. *Geomorphology*, 149–150: 1–10.
- Huggett, R.J. (2011) *Fundamentals of Geomorphology*, Third Edition. Routledge, 270 Madison Avenue, New York, NY 10016, ISBN 0-203-86008-X Master e-book ISBN.
- ISRM (1978) Suggested Methods for Determining Hardness and Abrasiveness of Rocks, International Society for Rock Mechanics, International Journal Rock Mechanics and Mining Sciences, *Geomechanics Abstracts*, 15: 89-97
- Goudie, A.S. (2006) The Schmidt Hammer in geomorphological research. *Progress in Physical Geography*, 30: 703 – 718.
- Goudie, A.S. (2016) Quantification of rock control in geomorphology. *Earth-Science Reviews*, 159:

- 374–387.
- Kahraman, S., Fener, M. & Günaydin, O. (2002) Predicting the Schmidt Hammer values of in-situ rock from core sample values. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 39: 395–99.
- McCarroll, D. (1991) The schmidt hammer, weathering and rock surface roughness. *Earth Surface Processes and Landforms*, 16/5, 477–480, DOI: 10.1002/esp.3290160510
- Mol, L. (2014) Measuring rock hardness in the field. British Society for Geomorphology, ISSN 2047-0371, *Geomorphological Techniques*, Chapter 1, Section 3.2, pages 1- 8.
- Moses, C., Robinson, D., Barlow, J. (2014) Methods for measuring rock surface weathering and erosion: A critical review. *Earth-Science Reviews*, 135: 141 – 161.
- Placek, A. ve Migoń, P. (2007) Rock–landform relationships in the Sudetes in the light of rock strength assessment using the Schmidt hammer. In: Goudie, A. S., Kalvoda, J. (Eds): *Geomorphological Variations*. Nakladatelstvi P3K, Prague, Pages 287-311.
- Saptonoa, S., Kramadibratab, S., Sulistantob, B. (2013) Using the Schmidt Hammer on Rock Mass Characteristic in Sedimentary Rock at Tutupan Coal Mine. *Procedia Earth and Planetary Science*, 6: 390 – 395.
- Selby, M.J. (1980) A rock-mass strength classification for geomorphic purposes: with tests from Antarctica and New Zealand. *Zeitschrift fur Geomorphologie*, Neue Folge, 24: 31–51.
- Sharma, V.K. (2010) *Introduction to Process Geomorphology*. CRC Press, Taylor & Francis Group, 6000 Broken Sound Parkway NW, Suite 300, Boca Raton, FL 33487-2742. International Standard Book Number-13: 978-1-4398-0338-7 (Ebook-PDF).
- Shobe, C.M., Hancock, G.S., Eppes, M.C., Small, E.E. (2017) Field evidence for the influence of weathering on rock erodibility and channel form in bedrock rivers. *Earth Surface Processes and Landforms*, 42: 1997–2012. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/esp.4163>
- Viles, H.A., Goudie, A.S., Grab, S., Lalley, J. (2011) The use of the Schmidt Hammer and Equotip for rock hardness assessment in geomorphology and heritage science: A comparative analysis. *Earth Surface Processes and Landforms*, 36(3):320-333. DOI10.1002/esp.2040
- Yaşar, E. & Erdoğan, Y. (2004) Estimation of rock physicomechanical properties using hardness methods. *Engineering Geology*, 71/3-4: 281-288.
- Yılmaz, I. & Sendir, H., (2002) Correlation of Schmidt hardness with unconfined compressive strength and Young's modulus in gypsum from Sivas (Turkey). *Engineering Geology*, 66: 211–19. Web 1 <https://www.proceq.com/compare/schmidt-rebound-hammers/>
- Web 2 <https://www.corrosionpedia.com/definition/5963/schmidt-hammer>
- Web 3 <https://www.gardco.com/pages/hardness/schmidt-hammer.cfm>
- Web 4 <http://www.controls-group.com/eng/rock-mechanics-testing-equipment/rock-classification-hammer.php>