



## Burdur ve Isparta arasında kalan bölgedeki toprak örneklerinin nadir yer elementi içerikleri, jeokimyası ve kökensel değerlendirilmesi

### *Rare earth element contents, geochemistry of soil samples between Burdur and Isparta region and assessment of their origin*

Ebru TAT<sup>a\*</sup> ve Mustafa Gürhan YALÇIN<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Kahramanmaraş Valiliği İl Afet ve Acil Durum Yönetimi Müdürlüğü, Kahramanmaraş.

<sup>b</sup>Akdeniz Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Antalya

*Araştırma Makalesi*

Anahtar Kelimeler:

Nadir yer elementi,  
Jeokimya, Köken, Gölcük  
Volkanizması, Burdur,  
Isparta.

**ÖZ**

Bu çalışma, Isparta Büklümü'nün iç güney kesimlerinde, Burdur ve Isparta arasında yer alan 5 farklı lokasyonda gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın amacı, araziden alınan toprak örneklerinin nadir yer elementi (NYE) konsantrasyonlarının belirlenmesi ve tespit edilen yüksek konsantrasyonların kökeninin yorumlanmasıdır. Bu kapsamda çalışma sahasından; Çanaklı Köyü (19 örnek), Çobanisa Köyü (34 örnek), Kuyubaşı Köyü (17 örnek), Kuzca Köyü (17 örnek) ve Yılanlı Köyü (17 örnek) olmak üzere toplam 104 örnek toplanmıştır. Toplanan örneklerin ortalama  $\sum$ NYE (La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu) konsantrasyonları sırasıyla; Çobanisa (821,88 ppm) > Yılanlı (723,39 ppm) > Kuzca (692,54 ppm) > Çanaklı (583,46 ppm) > Kuyubaşı (484,04 ppm) şeklindedir. Tüm lokasyonlardan alınan örneklerin hafif nadir yer elementi (HNYE) konsantrasyonu (La 229 ppm, Ce 378 ppm gibi), yer kabuğu nadir yer elementi konsantrasyonundan fazladır. Kondrite normalize edilmiş nadir yer elementi diyagramına göre bu 5 farklı lokasyonun nadir yer elementi dağılımları birbirine çok benzer olup tespit edilen yüksek konsantrasyonların benzer koşullarda olduğu ya da benzer kaynaktan geldiği düşünülmektedir. Bu bağlamda yüksek konsantrasyonların kaynağı olabileceği düşüncesi ile bölgenin kuzeybatısında yer alan Gölcük Volkanizması'na ait nadir yer elementi konsantrasyonları çalışma alanından alınan örneklerle karşılaştırılmış ve değerlerin birbiri ile uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Geliş Tarihi: 15.05.2019

Kabul Tarihi: 11.02.2020

Keywords:

Rare Earth Element,  
Geochemistry, Origin,  
Gölcük Volcanism,  
Burdur, Isparta.

**ABSTRACT**

This study was carried out in 5 locations between Burdur and Isparta in the inner southern part of Isparta Bend. The study aims to determine the rare earth element (REE) concentrations in the soil samples collected from the field and to interpret the origin of the high concentrations detected. In this context, a total of 104 samples were collected from Canakli Village (19 samples), Cobanisa Village (34 samples), Kuyubasi Village (17 samples), Kuzca Village (17 samples), and Yilanli Village (17 samples) in the study field. The average  $\sum$ REE (La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu) concentration values of the samples by their locations were determined to be Çobanisa (821,88 ppm) > Yılanlı (723,39 ppm) > Kuzca (692,54 ppm) > Çanaklı (583,46 ppm) > Kuyubaşı (484,04 ppm). The average light rare earth element (LREEs) concentration (such as La 229 ppm, Ce 378 ppm) of the samples collected from all locations is higher than the average rare earth element concentration in the Earth's crust. According to the Chondrite-normalized Rare Earth Elements

Atf bilgisi: Tat, E., Yalçın, M. G. 2020. Rare earth element contents, geochemistry of soil samples between Burdur and Isparta region and assessment of their origin. Bulletin of the Mineral Research and Exploration 162, 95-104.

<https://doi.org/10.19111/bulletinofmre.687929>

\* Başvurulacak yazar: Ebru TAT, [ebrupaksu@gmail.com](mailto:ebrupaksu@gmail.com)

*diagram, the distributions of the rare earth elements in these 5 locations were determined to be very similar and the high concentrations were considered to occur under similar conditions or originated from similar sources. In this context, based on the idea that Gölcük Volcanism may be the source of high concentrations, the rare earth element concentrations of Gölcük Volcanism in the northwest of the zone were compared to those taken from the study area and the values were found to be consistent with each other.*

## 1. Giriş

Nadir yer elementleri aslında bahsedildiği kadar nadir olmayıp, 18-19. yüzyıllar arası tanımlandıkları ve kalsiyum oksit, magnezyum oksit gibi yer elementlerine kıyasla nadir oldukları için bu şekilde isimlendirilmiştir (US Geological Survey, 2002). Periyodik tabloda atom numaraları 57'den (Lantanyum) 71'e (Lutesyum) kadar olan nadir yer elementleri (NYE), benzer fiziksel ve kimyasal özellik göstermektedir. Bu benzerlik, özellikle +3 yüklü olmaları ve elektronik dizilimleri ile ilgilidir (Verplanck vd., 1999). Nadir yer elementleri atomik ağırlıklarına göre genellikle Hafif Nadir Yer Elementleri (HNYE) ve Ağır Nadir Yer Elementleri (ANYE) olarak ikiye ayrılır (Şen vd., 2012). Yer kabuğu göreceli olarak hafif nadir yer elementlerince (HNYE) zenginleşmiştir (Alfaro vd., 2018).

Jeokimyasal çalışmalarda nadir yer elementlerine duyulan büyük ilgi, bu elementlerin kimyasal özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Çünkü nadir yer elementleri sahip oldukları kimyasal özelliklerden dolayı belirli alanlarda zenginleşmektedir (Budakoğlu vd., 2015). Bu sayede, tekil veya çoğul olarak çok düşük konsantrasyonlarında bile kesin sonuçlu analizleri yapılabilen bu elementler, kaya kökeni hakkında ipucu da verebilmektedirler (Henderson, 1984).

Nadir yer elementleri genellikle birincil olarak alkali kayaç kompleksleri, karbonatitler ve plaserler, ikincil olarak ise pegmatitler ve farklı metamorfik kayalar ile ilişkilidir. Bu nedenle, nadir yer elementleri aranırken genellikle bu jeolojik kaya grupları dikkate alınır. Volkanik arazilerde ise yapılmış az sayıda bilimsel çalışma bulunmaktadır (Price ve Taylor, 1973; Joron vd., 1991; Fulignati vd., 1999; Möller vd., 2003; Roy vd., 2010; Şen vd., 2012; Kaçmaz, 2016; Rahimi vd., 2016; Bragin vd., 2017; Inguaggiato vd., 2017; Carvalho vd., 2019). İnceleme alanı ve Toroslar ile ilgili farklı disiplinlerde bilimsel çalışmalar bulunmaktadır (Blumenthal 1963; Dumont, 1976;

Gutnic, 1977; Poisson, 1977; Koçyiğit, 1981; Koçyiğit, 1983; Poisson vd., 1984; Şenel vd., 1992; Karaman, 1994; Görmüş ve Özkul, 1995; Yağmurlu vd., 1997; Savaşın ve Oyman, 1998; Francalanci vd., 2000; Piper vd., 2002; Poisson vd., 2003; Elitok ve Görmüş, 2011; Platevoet vd., 2014; Budakoğlu vd., 2015). Ancak nadir yer elementleri ile ilgili olarak, Simandl (2014) tarafından "Nadir yer elementlerinin pazarı"na yönelik hazırlanan bilimsel çalışmada, sadece bir çizelge içerisinde, Çanaklı bölgesi ile ilgili nadir yer elementlerinin 100-1.000 ton ve ağırlıkça %10-100 aralığında olduğu bilgisi verilmiş olup, bunun dışında bir ayrıntı bulunmamaktadır.

Nadir yer elementleri, hammadde olarak kullanım alanları (elektronik aygıtlar, yeşil enerji, tıbbi teknoloji, telekomünikasyon ve savunma sanayi, ileri teknoloji ürünler üretilmesi gibi) göz önüne alındığında, bu konuda yapılacak çalışmalar büyük önem arz etmektedir. Bu kapsamda çalışmanın amacı, daha önce bilimsel anlamda çalışılmamış olan Burdur ve Isparta arasında belirlenen 5 farklı lokasyondan alınan örneklerde NYE içeriklerinin ve zenginleşme durumlarının incelenmesi şeklindedir. Ayrıca, bu NYE'lerin kökensel yorumlamaları da yapılmıştır. Farklı lokasyonlardan alınan örneklerin analiz sonuçları, kendi aralarında ve yüksek konsantrasyonların kaynağı olabileceği düşünülen Gölcük Volkanizması verileri ile karşılaştırılmış, bunlar arasındaki ilişki istatistiksel olarak değerlendirilmiştir.

## 2. Genel Jeolojik Özellikler

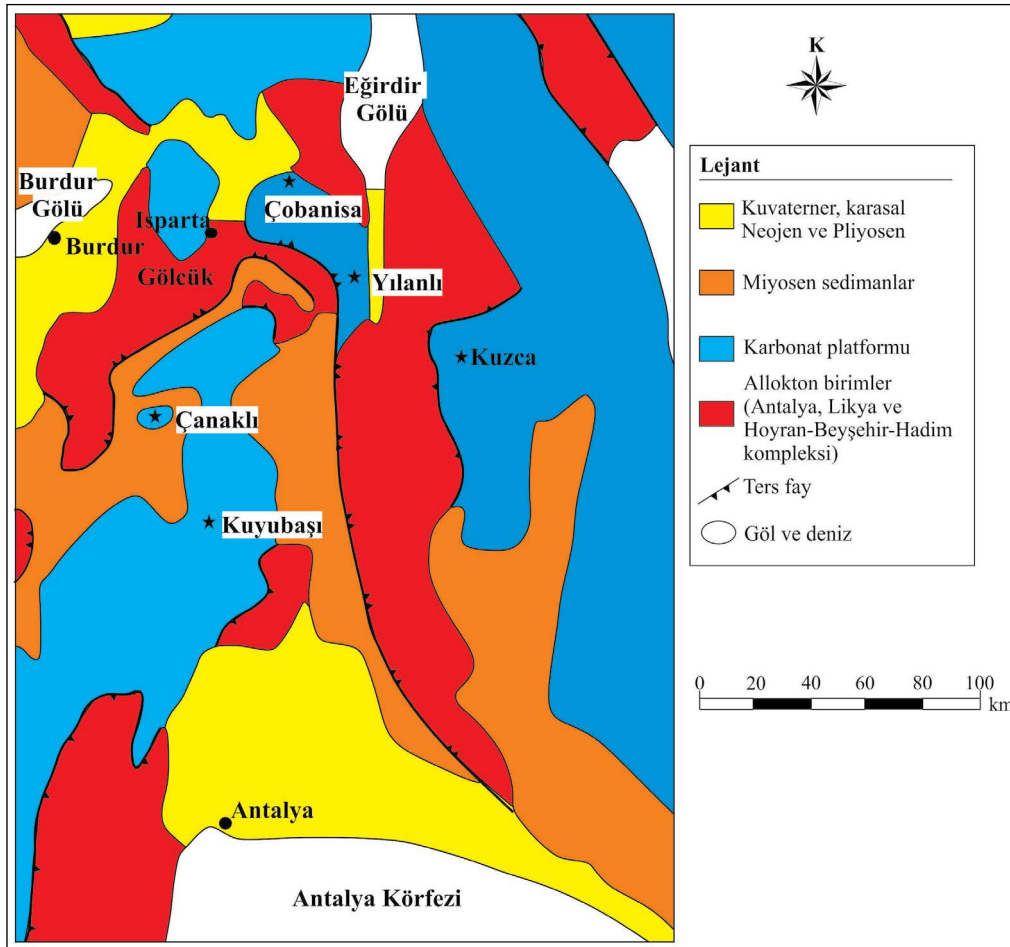
Isparta-Burdur illeri arasında yer alan çalışma alanında kapsamlı jeolojik çalışmalar yapılmıştır (Blumenthal, 1963; Dumont, 1976; Gutnic, 1977; Koçyiğit, 1981; Koçyiğit, 1983; Poisson vd., 1984; Karaman, 1994). Antalya körfezinin kuzey kısmında bulunan, batıda Burdur Fayı, doğuda Aksu bindirmesi ile sınırlanmış bölge, Blumenthal (1963) tarafından Isparta Büklümü olarak tanımlanmıştır. Bu büklümün kökeni uzun bir süre tartışma konusu olmuş

ancak daha sonraları Permiyen-Triyas döneminin ilk başlarında, Gondwana'nın kuzeydoğu kısmının parçalanması ile kopan bir parçayı temsil ettiği ve Gondwana Süper Kratonu'nun bir parçası olduğu ileri sürülmüştür (Piper vd., 2002; Poisson, 2003).

İnceleme alanı ve yakın bölgesi, genel anlamda dört ana birim içerisinde değerlendirilmiştir. Çalışma alanını temsil eden bu dört ana birimden en yaşlı olanı Permiyen yaşlı karbonat ve Triyas-Kretase aralığında çökelmiş radyolarit ve çört içeren kireçtaşları, neritik kireçtaşları, bazalt, tüf, tüfit, gabro, diyabaz, harzburjit bloklarından oluşan birimdir (Şenel, 1997; Cox vd., 2013). Bölgede en geniş yayılım alanı Mesozoyik yaşlı Beydağları karbonat birliğine aittir. Bölgede en genç birim ise Aksu formasyonuna (Poisson, 1977) ait Tortoniyen yaşlı (Dumont, 1976; Şenel vd., 1992; Şenel vd., 1996) molas karakterli birimdir. Kuvaterner çöküntülerin çoğunda yer alan alüvyonlar, konsolide olmamış tüfler ile temsil edilmektedir (Cox vd., 2013)

(Şekil 1). Örnek alınan malzemelerin tüf niteliğinde olmadığı, yer yer tüflerden türemiş alüvyon veya toprak örtüsü olduğu anlaşılmıştır. Genel anlamda alınan örneklerin tüf kırıntıları içeren alüvyonlar olduğu belirtilebilir.

Bölgenin jeomorfolojisini ve jeokimyasal yapısını etkileyen önemli unsurlardan bir tanesi de Gölcük Volkanizması'dır. Isparta ve çevresini kapsayan geniş alan, Üst Miyosen dönemine kadar sıkışma, daha sonraki dönemlerde ise çekme tektonizmasının etkisi altında kalmıştır (Karaman, 1994). Bu bağlamda, Miyosen sonrası gerilme rejiminden etkilenen Gölcük Volkanizması, tektonizmaya bağlı bir volkanizmadır (Elitok ve Görmüş, 2011). Pliyosen yaşlı (Savaşçın ve Oyman, 1998) Gölcük Volkanizması'na ait ürünler, traki-andezitik bileşimde olup (Görmüş ve Özkul, 1995; Yağmurlu vd., 1997; Nemec ve Kazancı, 1999; Francalanci vd., 2000) Isparta ilinde ve çevresinde gözlemlenmektedir.



Şekil 1- Çalışma alanının jeolojik haritası (Cox vd., 2013'den alınmıştır).

### 3. Materyal ve Metot

Çalışma alanı, Isparta ve Burdur il sınırları içerisinde yer alan 5 farklı alanı kapsamaktadır. Bu alanlar; Çanaklı, Çobanisa, Kuyubaşı, Kuzca ve Yılanlı'dır. Bu lokasyonlardan; Kuyubaşı 17, Kuzca 17, Yılanlı 17, Çanaklı 19, Çobanisa 34 adet olmak üzere toplam 104 örnek alınmıştır. Örnekler birbirine benzer şekilde yaklaşık 10-15 cm derinlikten alınmıştır. Alınan örnekler 0,125 mm aralıklı elekten geçirilerek kaba tanelerinden arındırılmıştır. Araziden alınan numuneler, Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Maden Yatakları ve Jeokimya Laboratuvarı'na getirilerek kimyasal analize hazırlanmıştır. Örnekler 17'şerli gruplara ayrılarak, 105°C sıcaklıktaki etüvde 24 saat bekletilmiştir. Numuneler etüv işlemi öncesi ve sonrasında tartılmış ve numunelerin ateşte kayıpları (LOI) hesaplanmıştır. Etüvden çıkarılan örnekler öğütülmüş ve yapay kirlenmelere karşı her örnek öğütme işlemi öncesi havan saf su ile yıkanarak temizlenmiştir. Öğütücüden çıkarılan numuneler 0,063 mikron elekten geçirilmiş ve numunelerden paketlere ortalama 25 gr kadar konularak analize gönderilmiştir. Öğütülüp paketlenen numunelerin jeokimyasal analizinde İndüktif Eşlenik Plazma - Kütle Spektrometresi (ICP-MS)

yöntemi kullanılmış olup analizler ACME Analitik Laboratuvarları'nda gerçekleştirilmiştir.

### 4. Bulgular

#### 4.1. Jeokimyasal Analizler

Bu çalışmada, Burdur ve Isparta bölgesinde yer alan, beş farklı lokasyondan toplanan örneklerin nadir yer elementleri jeokimyası incelenmiştir. Örnekler, üst horizontan alınmıştır. Örneklerin ortalama nadir yer içerikleri çizelge 1'de gösterilmiştir. Lokasyonların konsantrasyon değerleri birbirine yakındır. Ortalama toplam nadir yer elementi konsantrasyon değerlerine bakıldığında sırasıyla; Çobanisa (822,82 ppm) > Yılanlı (736,45 ppm) > Kuzca (692,14 ppm) > Çanaklı (584,21 ppm) > Kuyubaşı (483,82 ppm) şeklindedir.  $\Sigma$ HNYE konsantrasyonu en yüksek lokasyon Çobanisa, en düşük olduğu lokasyon ise Kuyubaşı'dır. Kuzca ve Yılanlı lokasyonları nispeten ANYE'lerce zenginleşmiştir.

Çalışma alanındaki ortalama konsantrasyon değerleri yer kabuğundaki nadir yer elementi konsantrasyon değerlerinden oldukça yüksektir. Çalışma alanı içerisinde yer alan bu lokasyonlarda nadir yer elementi zenginleşmelerinden söz edilebilir.

Çizelge 1- Çalışma alanından alınan örneklerin, yer kabuğunun ve Gölcük Volkanizması (GV) örneklerinin ortalama nadir yer elementi konsantrasyonları (ppm).

	Çanaklı	Çobanisa	Kuyubaşı	Kuzca	Yılanlı	Ortalama	Kabuk (USGS 2014)	Gölcük Volkanizması (GV) (Platevo vd., 2014)
<b>La</b>	161	229	123	176	181	174	39	192,78
<b>Ce</b>	270	378	210	312	340	302	66,5	341,82
<b>Pr</b>	25,8	38,1	23,3	33,2	33,6	30,8	9,2	33,9
<b>Nd</b>	86,4	128	82,2	115	117	105,72	41,5	117,67
<b>Sm</b>	12,4	17,6	12,9	17,4	17,2	15,5	7,05	16,45
<b>Eu</b>	3,05	4,24	3,01	4,02	4,04	3,672	2	4,25
<b>Gd</b>	9,07	11,4	10	12,5	11,9	10,974	6,2	9,16
<b>Tb</b>	1,17	1,3	1,38	1,6	1,5	1,39	1,2	1,09
<b>Dy</b>	6,27	6,62	7,56	8,79	7,81	7,41	5,2	4,98
<b>Ho</b>	1,18	1,13	1,4	1,54	1,41	1,332	1,3	0,75
<b>Er</b>	3,46	3,24	4,01	4,42	4	3,826	3,5	2,09
<b>Tm</b>	0,51	0,48	0,6	0,66	0,6	0,57	0,52	0,29
<b>Yb</b>	3,38	3,22	3,86	4,35	3,89	3,74	3,2	1,95
<b>Lu</b>	0,52	0,49	0,6	0,66	0,6	0,574	0,8	0,3
$\Sigma$ HNYE	558,65	794,94	454,41	657,62	704,74	631,69	165,25	706,87
$\Sigma$ ANYE	25,56	27,88	29,41	34,52	31,71	29,82	21,92	20,61
$\Sigma$ NYE	584,21	822,82	483,82	692,14	736,45	661,51	187,17	727,48

Yakın çevrede yer alan ve bu zenginleşmenin muhtemel kaynağı Gölçük Volkanizması'na (GV) ait ürünler olup; bu volkanizmanın nadir yer elementi konsantrasyonu (Platevoet vd., 2014) ile Burdur ve Isparta arasında kalan bölgedeki örneklerin aynı element konsantrasyonları birbirine oldukça yakındır.

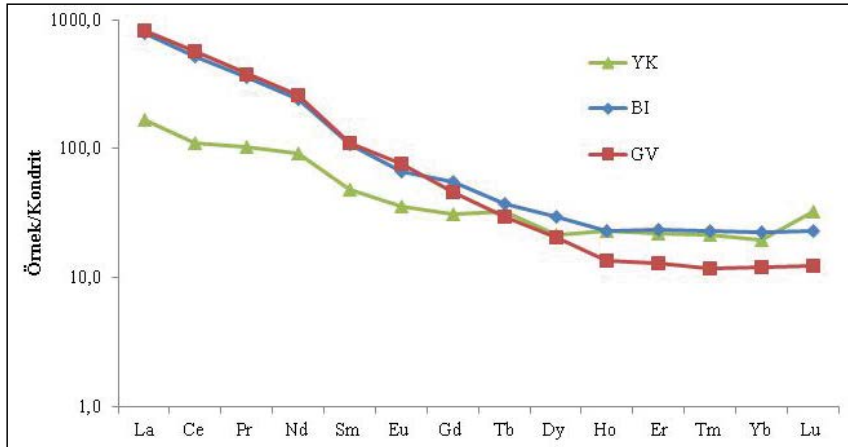
Yer kabuğu, Burdur - Isparta ve Gölçük Volkanizması örneklerinin NYE değerleri, Anders ve Grevesse (1989) tarafından belirlenen kondrit değerlerine göre normalize edilmiştir (Şekil 2). Burdur ve Isparta'dan alınan örnekler, Gölçük Volkanizması örnekleri ile hemen hemen aynı trendi göstermektedirler. Ancak, Burdur ve Isparta'dan alınan örnekler Gölçük Volkanizması örneklerine göre ağır nadir yer elementlerince (ANYE) zenginleşmişlerdir. Burdur-Isparta örneklerinin ve Gölçük Volkanizması örneklerinin, yer kabuğuna göre hafif nadir yer elementlerince (HNYE) zenginleştiği söylenebilir.

Burdur ve Isparta arasından alınan örneklerin NYE içeriklerinin, yer kabuğu ve Gölçük Volkanizması örnekleri ile karşılaştırıldığı grafikler şekil 3'te gösterilmiştir. Burdur-Isparta topraklarının hepsinde NYE konsantrasyon değerleri yer kabuğundaki konsantrasyon değerinden fazladır (Lu ve Ho hariç). La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu konsantrasyonları yer kabuğundaki konsantrasyondan ve diğer örneklerdeki konsantrasyonlardan önemli ölçüde fazladır. Bu

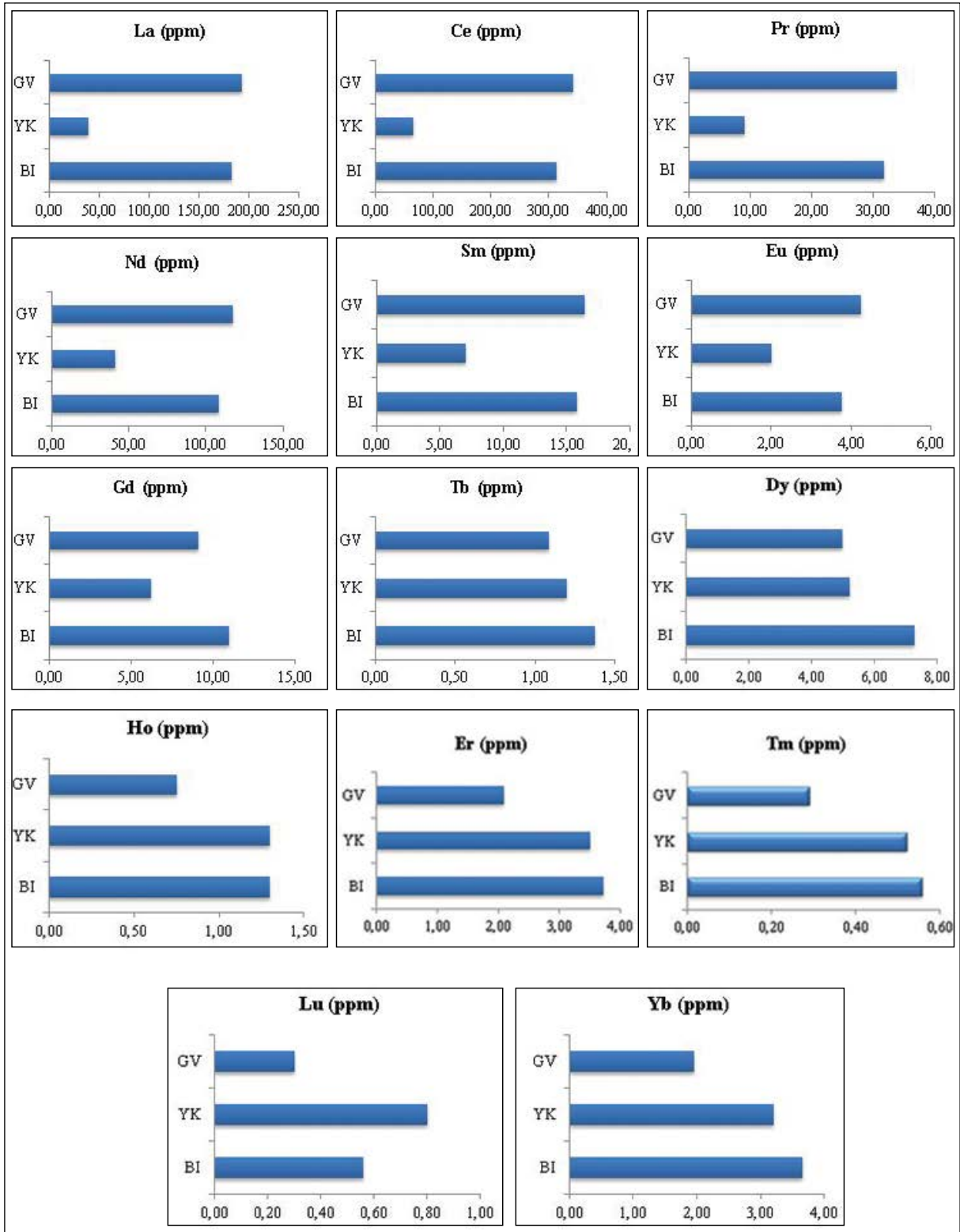
örneklerin hafif nadir yer elementlerince zenginleşme gösterdikleri söylenebilir. Bu grafikler kondrite normalize edilmiş değerlerin karşılaştırıldığı diyagram ile de uyumludur.

Burdur ve Isparta arasında kalan bölgeden alınan örneklerin alındıkları lokasyonların kondrite göre normalize edilmiş NYE diyagramı şekil 4'te verilmiştir. Bunların, bölgedeki NYE dağılımları oldukça benzerdir. Aynı ana kayaç üzerinde gelişen bu toprakların benzer koşullardan geçtiği söylenebilir. Tüm lokasyonlarda hafif nadir yer elementleri (HNYE), ağır nadir yer elementlerinden (ANYE) daha yüksek konsantrasyondadır.

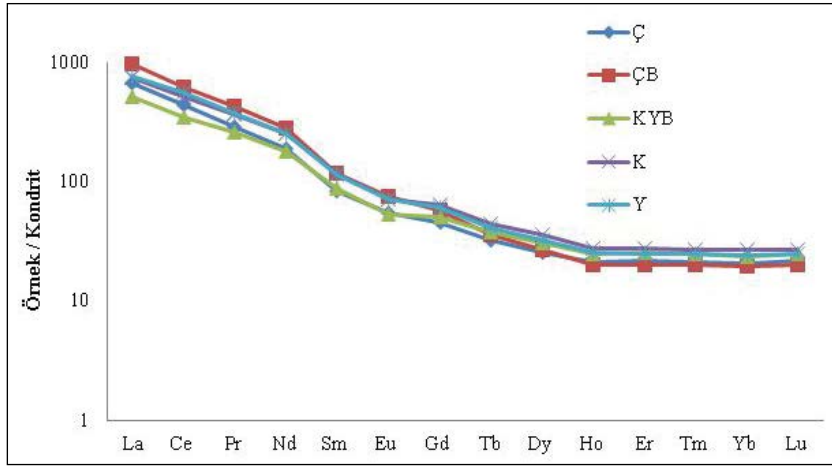
Çanaklı, Çobanisa, Kuyubaşı, Kuzca ve Yılanlı örneklerinin iz elementleri değerleri McDonough ve Sun (1995) tarafından belirlenen kondrit değerlerine göre normalize edilmiştir (Şekil 5). Nadir yer elementleri, HNYE>ANYE eğilimdedirler. Bu eğilim toprak örnekleri için karakteristiktir (Aide ve Aide, 2012). Kondrite normalize edilen bu diyagramda bütün bölgelere ait örneklerde hafif nadir yer elementlerin dikkat çekici bir biçimde zenginleştiği görülmektedir. Ayrıca bu diyagramda, tüm örnekler benzer şekilde Rb, Nb, Sr, Zr ve Y elementlerinin keskin pozitif anomalilerini göstermektedirler.



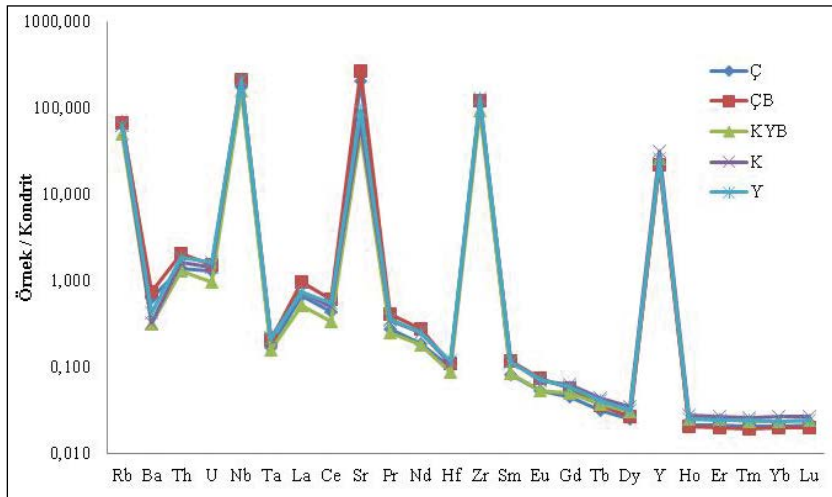
Şekil 2- Yer kabuğu (YK), Burdur-Isparta (BI), ve Gölçük Volkanizması (GV) örneklerinin kondrite Anders ve Grevesse (1989)'e göre normalize edilmiş NYE diyagramı.



Şekil 3- Yer kabuğu (YK), Burdur-Isparta (BI) ve Gölcük Volkanizması (GV) örneklerinin nadir yer elementlerinin grafiksel dağılımları.



Şekil 4- Çanaklı (Ç), Çobanisa (ÇB), Kuyubaşı (KYB), Kuzca (K) ve Yılanlı (Y) örneklerinin kondrite göre normalize edilmiş nadir yer elementi diyagramı.



Şekil 5- Çanaklı (Ç), Çobanisa (ÇB), Kuyubaşı (KYB), Kuzca (K) ve Yılanlı (Y) örneklerinin kondrite (McDonough ve Sun, 1995) göre normalize edilmiş iz ve NYE diyagramı.

## 5. Tartışma

Burdur ve Isparta arasında kalan bölgede konsolide olmamış tüfler yer almaktadır (Cox vd., 2013). Ancak, incelenen beş farklı alandaki örtülü birimlerden oluşan alüvyonların, üstünde bulunduğu karbonatlı kayaçlar dışında bulunan tüflerden, bunlara ait kırıntılardan ve onlardan bozularak veya ayrılarak taşınmış alüvyonlar olduğu düşünülmüştür. Genel anlamda, tüf kırıntısı içeren alüvyon plaserler olarak tanımlanabilir. İnceleme alanında, birbirleri ile uzak mesafelerde yer alan çalışma alanlarının, temel kayaç özellikleri, coğrafik yapı ve havza içerisinde yerleşimleri bakımından oldukça benzer oldukları

gözlenmiştir. Bu özelliklerin benzer olması, ikincil olarak yerleşen NYE'lerini zenginleştiren koşulların benzer ortam koşullarını yansıttığını göstermektedir.

Bununla beraber, NYE konsantrasyon değerlerinin dağılımında bölgesel farklılık olduğu anlaşılmıştır. Örneklerin bu elementlere ait konsantrasyonları karşılaştırıldığında, çalışma sahasının kuzey kesiminin daha yüksek değerler içerdiği ve güney kesimlerinde ise daha düşük değerler gösterdiği görülmektedir. Bu durum, NYE zenginleşmesine sebep olan kaynağın, çalışma alanının kuzey kesimlerinde olduğuna işaret etmektedir. İnceleme alanındaki örneklerin element içerikleri kuzeyden güneye doğru azalan bir özellik

sunması bu zenginleşmenin kaynağının çalışma alanının kuzeybatısında yer alan Gölcük Volkanizması olduğunu düşündürmektedir.

Çanaklı (Burdur) bölgesinde yer alan plaserlerdeki nadir yer elementlerinin kökeninin, bu alanın yaklaşık 8 km batısında yer alan Pliyosen Gölcük alkalin volkanizması olduğu belirtilmiştir (<http://www.eurare.eu/countries/turkey.html>).

## 6. Sonuç

Burdur il sınırları içerisinde yer alan Kuyubaşı ve Çanaklı bölgeleri ile Isparta il sınırları içerisinde yer alan Çobanisa, Kuzca ve Yılanlı bölgeleri NYE içerikleri, ilk kez bu çalışma ile önem kazanmıştır. NYE'lerin konsantrasyon değerleri dikkate alındığında Çanaklı, Çobanisa, Kuyubaşı, Kuzca ve Yılanlı bölgelerinin anomali değerlerine sahip olduğu anlaşılmıştır. Element içerikleri ve anomali durumları belirlenen bu 5 farklı lokasyonda en yüksek konsantrasyon değeri Çobanisa örneklerinde belirlenmiştir. Bununla beraber en düşük konsantrasyon değerleri ise Kuyubaşı örneklerinde belirlenmiştir. Bu örneklerde, hafif nadir yer elementleri (HNYE), ağır nadir yer elementlerinden (ANYE) daha yüksek konsantrasyon değerlerine sahiptir. Bu durum toprak örnekleri için karakteristiktir.

Kondrit'e göre normalize edilen iz element diyagramında Rb, Nb, Sr, Zr ile Y elementleri keskin pozitif anomalilerini göstermektedir. Çalışma yapılan bölgedeki tüm örnekler için aynı elementlerin pozitif korelasyonu, birbirlerine benzer anomaliler göstermektedir. Karbonatlı kayaların üzerinden alınan örneklerin pozitif korelasyonu ve uyumsuz elementlerin benzer anomali sunması, Fe ve Mn gibi hidroksitli minerallerle reaksiyona girmesi sonucunda ve minerallerin ayrışması sonrasında meydana gelmiş olabilir. Minerallerden ayrılan bu elementlerin çözünürlüğü ile ilişkili termodinamik koşullar, elementlerin anomalisini ve pozitif korelasyonu açığa çıkarmış olabilir.

Çalışma alanından alınan örnekler ile Gölcük Volkanizması'na ait NYE değerlerinin birbirleri ile uyumlu olduğu tespit edilmiştir. Örneklerin toplandığı alüvyonlarda gözlenen tüf kırıntıları ve ayrılmış malzemelerinin bir kısmının Gölcük Volkanizması'nın ürünü olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle, çalışma

alanında gözlenen NYE'nin kaynağının birincil yatak türünde olmadığı ve bunların ikincil olarak alüvyal plaserlerde oluştuğu söylenebilir.

## Değinen Belgeler

- Aide, M.T., Aide, C. 2012. Rare earth elements: their importance in understanding soil genesis. ISRN Soil Science 2012.
- Alfaro, M.R., do Nascimento, C.W.A., Biondi, C.M., da Silva, Y.J.A.B., da Silva, Y.J.A.B., de Aguiar Accioly, A.M., Montero, A., Ugerto, O. M., Estevez, J. 2018. Rare-earth-element geochemistry in soils developed in different geological settings of Cuba. *Catena* 162, 317-324.
- Anders, E., Grevesse, N. 1989. Abundances of the elements: Meteoritic and solar. *Geochimica et Cosmochimica acta* 53(1), 197-214.
- Blumenthal, M. 1963. Le systeme structural du Taurus sud-anatolien, In *Livre a'memoire du Professeur P. Fallot. Mem Soc Geol Fr* 2, 611-662.
- Bragin, I.V., Chelnokov, G.A., Chudayev, O.V., Kharitonova, N.A. 2017. Fractionation of rare-earth elements in surface streams of Baransky volcano (Etorofu, Southern Kuriles). *Procedia Earth and Planetary Science* 17, 45-48.
- Budakoğlu, M., Abdelnasser, A., Karaman, M., Kumral, M. 2015. The rare earth element geochemistry on surface sediments, shallow cores and lithological units of Lake Acıgöl basin, Denizli, Turkey. *Journal of Asian Earth Sciences* 111, 632-662.
- Carvalho, L., Monteiro, R., Figueira, P., Mieirol, C., Pereira, E., Magalhães, V., Pinheiro, L., Vale, C. 2019. Rare earth elements in mud volcano sediments from the Gulf of Cadiz, South Iberian Peninsula. *Science of The Total Environment* 652, 869-879.
- Cox, J.J., Masun, K.M., Fayram, T. 2013. Technical report on the Aksu Diamas rare earth element and minor metals, Isparta district, Southwest Turkey. AMR Technical Report No: 43-101, Canada
- Dumont, J.F. 1976. La Courbure D'Isparta Et L'origine Des Nappes D'Antalya; Hypothese D'un Decrochement Majeur, L'accident Trans-Taurique, Qui A Dedouble Le Dispositif Structural Taurique Etabli Par La Tectogenese Du Cretace Superieur. *Bulletin of the Mineral Research and Exploration* 86, 56-67.
- Elitok, Ö., Görmüş, M. 2011. Isparta ve Jeoloji; Gölcük volkanizması (Isparta) ve çevresel sorunlar. *SDUGEO Dergi* 2 (1), 32-43.

- Francalanci, L., Innocenti, F., Manetti, P., Savaşçın, M.Y. 2000. Neogene alkaline volcanism of the Afyon-Isparta area, Turkey: petrogenesis and geodynamic implications. *Mineralogy and Petrology* 70(3-4), 285-312.
- Fulignati, P., Gioncada, A., Sbrana, A. 1999. Rare-earth element (REE) behaviour in the alteration facies of the active magmatic-hydrothermal system of Vulcano (Aeolian Islands, Italy). *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 88(4), 325-342.
- Görmüş, M., Özkul, M. 1995. Gönen-Atabey (Isparta) ve Ağlasun (Burdur) Arasındaki Bölgenin Stratigrafisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 1, 43-64.
- Gutnic, M. 1977. Géologie du Taurus Pisidien au nord d'Isparta (Turquie).(Principaux résultats extraits des notes de M. Gutnic entre 1964 et 1971 par O. Monod.). Univ. Paris-Sud, Faculté des Sciences Centre d'Orsay.
- Henderson, P.A.U.L. 1984. General geochemical properties and abundances of the rare earth elements. In *Developments in Geochemistry* 2, 1-32.
- <http://www.eurare.eu/countries/turkey.html>, REE Mineralisation in Turkey. (n.d.). Retrieved January 22, 2020, from <http://www.eurare.eu/countries/turkey.html>
- Inguaggiato, C., Burbano, V., Rouwet, D., Garzón, G. 2017. Geochemical processes assessed by Rare Earth Elements fractionation at "Laguna Verde" acidic-sulphate crater lake (Azufral volcano, Colombia). *Applied Geochemistry* 79, 65-74.
- Joron, J.L., Schiano, P., Turpin, L., Treuil, M., Gisbert, T., Leotot, C., Brousse, R. 1991. Exceptional rare earth element enrichments in Tahaa volcano (French Polynesia). *Comptes Rendus Académie des Sciences* 523-530.
- Kaçmaz, H. 2016. Major, trace and rare earth element (REE) characteristics of tuffs in the Yenice-Saraycık area (Demirci, Manisa), Western Anatolia, Turkey. *Journal of Geochemical Exploration* 168, 169-176.
- Karaman, M.E. 1994. Isparta-Burdur arasının jeolojisi ve tektonik özellikleri. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni* 37(2), 119-134.
- Koçyiğit, A. 1981. Isparta Büklümü'nde (Batı Toroslar) Toros Karbonat Platformunun Evrimi. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni* 24, 15-23.
- Koçyiğit, A. 1983. Hoyran gölü (Isparta Büklümü) dolayının tektoniği. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni* 26, 1-10.
- McDonough, W.F., Sun, S.S. 1995. The composition of the Earth. *Chemical Geology* 120(3-4), 223-253.
- Möller, P., Dulski, P., Morteani, G. 2003. Partitioning of rare earth elements, yttrium, and some major elements among source rocks, liquid and vapor of Larderello-Travale Geothermal Field, Tuscany (Central Italy). *Geochimica et Cosmochimica Acta* 67(2), 171-183.
- Nemec, W., Kazancı, N. 1999. Quaternary colluvium in west-central Anatolia: sedimentary facies and palaeoclimatic significance. *Sedimentology* 46(1), 139-170.
- Piper, J.D., Gürsoy, H., Tatar, O., İşseven, T., Koçyiğit, A. 2002. Palaeomagnetic evidence for the Gondwanian origin of the Taurides and rotation of the Isparta Angle, southern Turkey. *Geological Journal* 37(4), 317-336.
- Platevoet, B., Elitok, Ö., Guillou, H., Bardintzeff, J.M., Yağmurlu, F., Nomade, S., Poisson, A., Deniel, C., Özgür, N. 2014. Petrology of Quaternary volcanic rocks and related plutonic xenoliths from Gölcük volcano, Isparta Angle, Turkey: Origin and evolution of the high-K alkaline series. *Journal of Asian Earth Sciences* 92, 53-76.
- Poisson, A. 1977. Recherches géologiques dans les Taurides occidentales (Turquie). Université de Paris-Sud (Centre D'orsay). 795 p.
- Poisson, A., Akay, E., Dumont, J. F., Uysal, Ş. 1984. The Isparta Angle (western Taurides-Turkey): a Mesozoic paleorift. *Geology of Taurus Belt: Proceedings Int. Sym.* 26-29.
- Poisson, A., Yağmurlu, F., Bozcu, M., Şentürk, M. 2003. New insights on the tectonic setting and evolution around the apex of the Isparta Angle (SW Turkey). *Geological Journal* 38(3-4), 257-282.
- Price, R.C., Taylor, S.R. 1973. The geochemistry of the Dunedin volcano, east Otago, New Zealand: Rare earth elements. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 40(3), 195-205.
- Rahimi, E., Maghsoudi, A., Hezarkhani, A. 2016. Geochemical investigation and statistical analysis on rare earth elements in Lakehsiyah deposit, Bafq district. *Journal of African Earth Sciences* 124, 139-150.
- Roy, P.D., Morton-Bermea, O., Hernández-Álvarez, E., Pi, T., Lozano, R. 2010. Rare earth element geochemistry of the Late Quaternary tephra and volcano-clastic sediments from the Pachuca sub-basin, north-eastern Basin of Mexico. *Geofisica Internacional* 49(1), 3-15.
- Savaşçın, M.Y., Oyman, T. 1998. Tectono-magmatic evolution of alkaline volcanics at the Kırka-

- Afyon-Isparta structural trend, SW Turkey. Turkish Journal of Earth Sciences 7(3), 201-214.
- Simandl, G.J. 2014. Geology and market-dependent significance of rare earth element resources. Mineralium Deposita 49(8), 889-904.
- Şen, P., Kuşcu, E., Ak, S. 2012. Nadir toprak elementler, özellikleri, cevherleşmeleri ve Türkiye nadir toprak element potansiyeli. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Doğal Kaynaklar ve Ekonomi Bülteni 13: 1-9.
- Şenel, M. 1997. Türkiye Jeoloji Haritaları Isparta K12 Paftası, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü No: 2, Ankara.
- Şenel, M., Dalkılıç, H., Gedik, İ., Serdaroğlu, M., Bölükbaşı, A.S., Metin, S., Esentürk, K., Bilgin, A.Z., Uğuz, F., Korucu, M., Özgül, N. 1992. Eğirdir Yenişarbademli-Gebiz ve Geriş-Köprülü (Isparta/Antalya) Arasında Kalan Alanların Jeolojisi: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Rapor No: 9390, 559 s., Ankara (yayımlanmamış).
- Şenel, M., Gedik, İ., Dalkılıç, H., Serdaroğlu, M., Bilgin, A. Z., Uğuz, M. F., Bölükbaşı, A.S., Korucu, M., Özgül, N. 1996. Isparta büklümü doğusunda, otokton ve allokton birimlerin stratigrafisi (Batı Toroslar). Bulletin of the Mineral Research and Exploration 118, 111-160.
- US Geological Survey, 2002. Rare Earth Elements: Critical Resources for High Technology. USGS Fact Sheet 087-02.
- US Geological Survey, 2014. Rare Earth Elements – Vital to Modern Technologies and Lifestyles USGS Fact Sheet 3078.
- Verplanck, P.L., Nordstrom, D.K., Taylor, H.E. 1999. Overview of rare earth element investigations in acid waters of US Geological Survey abandoned mine lands watersheds. US Geol. Surv. Wat. Resourc. Invest. Rep. 83-92.
- Yağmurlu, F., Savaşın, Y., Ergün, M. 1997. Relation of alkaline volcanism and active tectonism within the evolution of the Isparta Angle, SW Turkey. The Journal of Geology 105(6), 717-728.