

## Salanda Fay Zonu (SFZ) ile İlişkili Traverten Oluşumlarının Paleoklimsel Önemi Paleoclimatic Significance of Travertine formations associated with the Salanda Fault Zone (SFZ)

### Paleoclimatic Significance of Travertine Formations Associated with the Salanda Fault Zone (SFZ)

<sup>1</sup>Ismail KOÇAK  <sup>2</sup>Uğur TEMİZ  <sup>3</sup>Nursel ÖKSÜZ 

<sup>1</sup>Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, 10200, Bandırma/Balıkesir, Türkiye

<sup>2</sup>Yozgat Bozok Üniversitesi, Mühendislik- Mimarlık Fakültesi, 66900, Yozgat, Türkiye

<sup>1</sup>ikocak@bandirma.edu.tr, <sup>2</sup>ugur.temiz@bozok.edu.tr,

<sup>3</sup>nursel.oksuz@bozok.edu.tr

Araştırma Makalesi/Research Article

#### ARTICLE INFO

##### Article history

Received : 7 July 2021

Accepted : 4 August 2021

##### Keywords:

Travertine, Salanda Fault Zone, Paleoclimate

#### ABSTRACT

In this study, the U-series ages of the Balkayası and Sarıhıdır travertine formations associated with the Salanda Fault Zone (SFZ) located in the Central Anatolian Volcanic Region (CAVP) were compared with global and regional paleoclimate records. It was determined that the age of the travertines exposed in the study area varies between 9-55 thousand years according to the U-series age analysis data.  $\delta^{13}\text{CPDB}$  values were determined between 10.97 and 13.16, and  $\delta^{18}\text{OPDB}$  values were determined between -12.01 and -8.66. Age dates obtained from the travertines reveal that they were formed in MIS 3 (marine isotope layer) and MIS2, representing very cold (dry) periods, and in the initial period of MIS 1. In connection with the age data obtained from the travertine formations, it is interpreted that the strike-slip transition on the SFZ dates back to the Late Pleistocene.

© 2021 Bandırma Onyedi Eylül University, Faculty of Engineering and Natural Science. Published by Dergi Park. All rights reserved.

#### MAKALE BİLGİSİ

##### Makale Tarihleri

Gönderim : 7 Temmuz 2021

Kabul : 4 Ağustos 2021

##### Anahtar Kelimeler:

Traverten, Salanda Fay Zonu, Paleoklim

#### ÖZET

Bu çalışmada, Orta Anadolu Volkanik Bölgesi (OAVB) içerisinde yer alan Salanda Fay Zonu (SFZ) ile ilişkili Balkayası ve Sarıhıdır traverten oluşumlarının U-serisi yaşları küresel ve bölgesel paleoklim kayıtları ile karşılaştırılmıştır. İnceleme alanında yüzeyleyen travertenlerin yaşları, U serisi yaş analizi verilerine göre 9-55 bin yıl arasında değiştiği gözlenmiştir. Bunun yanında  $\delta^{13}\text{CPDB}$  10.97 ile 13.16 arasında ve  $\delta^{18}\text{OPDB}$  değerleri ise -12.01 ile -8.66 arasında belirlenmiştir. Travertenlerden elde edilen yaş verileri, çok soğuk (kuru) dönemleri temsil eden MIS (deniz izotop tabakası) 3'te ve MIS 2'de ve MIS 1'in başlangıç periyodunda oluştuklarını ortaya koymaktadır. Traverten oluşumlarından elde edilen yaş verileriyle bağlantılı olarak, SFZ üzerindeki doğrultu atımlı geçişin Geç Pleyistosen'e kadar uzandığı yorumlanmaktadır.

© 2021 Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi. Dergi Park tarafından yayınlanmaktadır. Tüm Hakları Saklıdır.

ORCID ID: <sup>1</sup>0000-0002-4519-4561

<sup>2</sup>0000-0002-4151-2972

<sup>3</sup>0000-0001-7371-3202

## 1. GİRİŞ

Travertenler, yeryüzünde çeşitli şekil ve boyutlarda gözlenen aktif veya yakın zamanda aktif tektonik, volkanik ve jeotermal alanlarda kalsiyum ve bikarbonat bakımından zengin sıcak jeotermal kaynaklarla ilişkili karbonat birikintileridir [1, 2]. Jeolojik amaçlı çalışmalarda genellikle travertenleri tektonik, mineralojik ve jeokimyasal açıdan konu edinen birçok çalışma söz konusudur. [3-12].

Türkiye’de yüzeyleyen traverten oluşumlarından paleoiklimsel amaçlı yapılan çalışmaların çoğu, Denizli, Afyon (Batı Anadolu), Kırşehir ve Nevşehir’de (Orta Anadolu) yüzeyleyen travertenler üzerinde yoğunlaşmıştır [13-18]. Uysal vd. [14] tarafından yapılan çalışmada, Kırşehir ve Pamukkale travertenlerinden elde edilen U-serisi yaş verileri karşılaştırılarak bölgesel iklimsel değişimler incelenmiştir. Tagliasacchi ve Kayseri-Özer [18], Orta-Geç Pleyistosen dönemindeki Yarıkkavak (Afyon-Türkiye) traverten oluşumlarında paleoklimatik değişikliklerin belirlenmesine yönelik çalışmıştır. Bunun yanında Temiz et al., [19] ise çalışmasında Balkayası (Avanos-Nevşehir) bölgesinde paleoklim verilerini değerlendirmiştir.

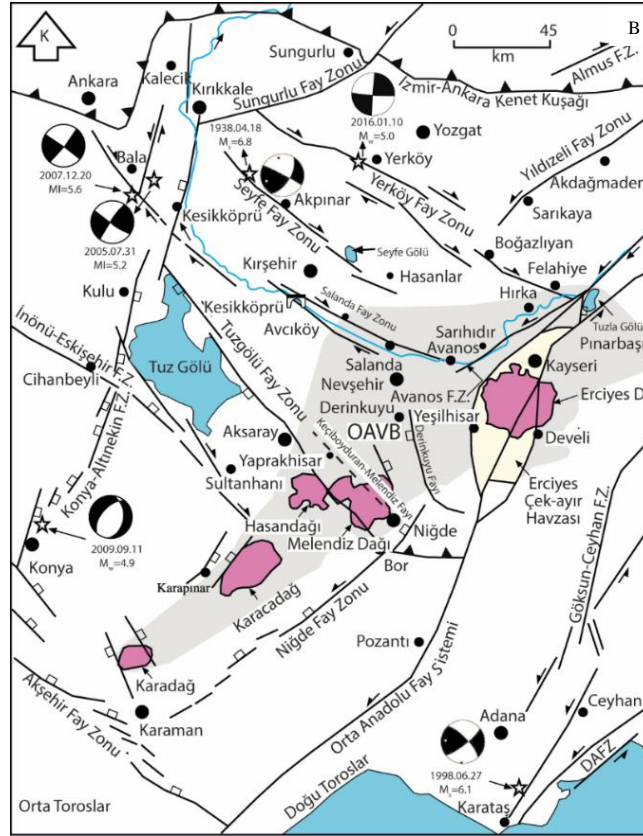
Bu çalışmanın amacı Orta Anadolu Volkanik Provensi’nde (OAVP) yer alan Salanda Fay Zonu’nun evrimiyle bağlantılı olarak oluşan çatlak sırtı traverten oluşumlarının (Balkayası ve Sarıhıdır) U-serisi tarihlendirme yöntemiyle yaşının ve mineralojisinin ortaya konulmasını sağlamaktır. Bunun yanında U serisi yaş verileri ile küresel ve bölgesel iklim olaylarının zamanlaması ile ilişkilendirilmesi de çalışmanın bir diğer amacıdır.

## 2. ÇALIŞMA ALANININ JEOLJİSİ

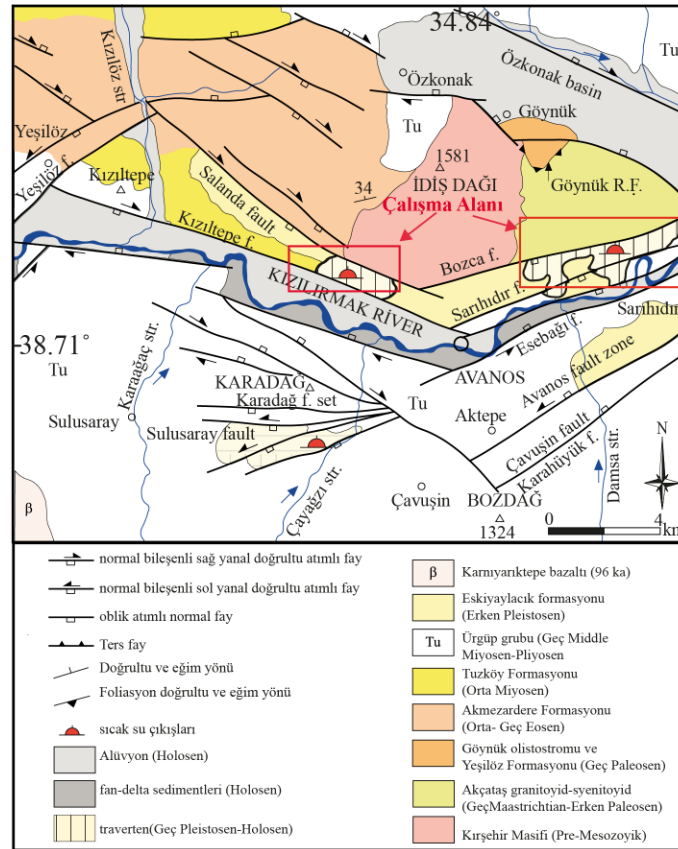
Çalışma alanı, Türkiye’nin neotektonik sınıflandırmasında Kuzeydoğu ve Güneydoğu Anadolu doğrultu atımlı neotektonik bölgesinin doğrultu atımlı ve genişleme bileşenli fayların etkin olduğu bölgededir. Aynı zamanda Avanos ilçesinin yaklaşık 9 km Kuzeydoğusunda bulunan çalışma alanı, Anatolid Kuşağı’ndaki Orta Anadolu Kristalen Kompleksi (OAKK) ve Orta Anadolu Volkanik Bölgesi (OAVB) [20] olarak bilinen bölgede yer almaktadır (Şekil 1; [20-23]). Bölgedeki en önemli neotektonik yapılar, KB-GD uzanımlı Tuzgözü Fay Zonu ve KD-GB uzanımlı Orta Anadolu Fay Zonu’dur. Bunların dışında ikinci öneme sahip olan zonlar ise Salanda, Seyfe ve Niğde fay zonlarıdır.

OAKK içinde yer alan Kırşehir masifi, çalışma alanının temelini oluşturmaktadır (Şekil 2). Bu birim masif mermerler, amfibol şistler ve amfibolit bantlı mermerlerden oluşmaktadır [24]. Kırşehir masifi’nin üzerine Geç Maastrichtiyen-Erken Paleosen yaşlı Akçataş granitoid-siyenitoid gelmektedir [23]. Bu birimi stratigrafik olarak, trakit, latit ve andezit bileşiminde olan Göynük volkanoklastik olistostromu [24] ile çakıltaşı, kumtaşı ve çamurtaşı ardalanmasından oluşan Yeşilöz Formasyonu [25] takip eder. Bu birimin üzerine ise sırasıyla çakıltaşı, kumtaşı, siltaşı ve kireçtaşıdan oluşan Orta-Geç Eosen yaşlı Akmezardere Formasyonu ile kumtaşı, siltaşı, kıltaşı, marn, kireçtaşı, halit ve tüffitten oluşan Orta Eosen yaşlı Tuzköy formasyonu üzerler [25]. Tuzköy formasyonunu lav, ignimbrit ve altere piroklastik kayalar ve fluviolacustrine sedimanter fasiyelerden oluşan Miyosen-Pliyosen yaşlı Ürgüp grubu izler [23]. Ürgüp grubunun üzerinde ise sırasıyla Geç Pleyistosen yaşlı pembemsi-gri olivin içeren Karnıyarık bazaltı, Geç Pleyistosen-Holosen yaşlı Sarıhıdır travertenleri, Holosen yaşlı fan-delta birikimleri ve alüvyon gelmektedir [23] (Şekil 2). Balkayası travertenleri morfolojik olarak, aşınmış örtü tipi ve çatlak sırtı traverten olarak iki farklı tipte tanımlanmıştır. Sarıhıdır travertenleri ise orta kalın tabakalı ve bunları kesen çatlak sırtı travertenlerden oluşmaktadır. Bu travertenlerin Salanda fay zonunun farklı zamanlardaki tektonik aktivitesine bağlı olarak oluştuğu düşünülmektedir.





Şekil 1. A- Türkiye'nin başlıca tektonik unsurlarını gösteren harita, kesikli çizgiler kenet bölgelerini temsil eder (Okay ve Tüysüz, [21]'dan değiştirilmiştir). B- Orta Anadolu bölgesindeki aktif faylar ve Orta Anadolu Volkanik Bölgesi (OAVB) konumu [20-23]



Şekil 2. Çalışma alanının jeoloji haritası (Koçyigit ve Doğan, [23]'dan değiştirilerek alınmıştır)

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma alanından derlenen 10 adet traverten örneği mineralojik analizler için ayrılmıştır. Bu örnekler Bozok Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde (BİLTEM) PANalytical – Empryan Çok Amaçlı X-Işını Diffraktometresi (MP-XRD) cihazı ile analiz edilmiştir. U-serisi yaşlandırma analizleri ise Bozok Üniversitesi Jeokronoloji Laboratuvarı'nda yapılmıştır. Karbonatlara ait  $d^{18}O$  ve  $d^{13}C$  değerleri için Sarıhıdır travertenlerinde Koçak [12] ve Balkayası travertenlerinde Temiz et al. [19] çalışmalarındaki verilerden yararlanılmıştır. Karbonatlara ait  $d^{18}O$  ve  $d^{13}C$  değerleri KIEL-III cihaz ile hazırlanıp, bir gaz-oranlı kütle spektrometresine (Finnigan MAT 252) bağlı otomatik bir karbonat kullanılarak Arizona Üniversitesi Çevre İzotop Laboratuvarı'nda ölçülmüştür. Yaşlandırma çalışması için ise Sarıhıdır travertenlerinden 4 adet numune alınmıştır. Bu numuneler 100 mesh'e kadar öğütülmüştür ve iki adet traverten örneğinde  $^{230}Th/^{234}U$  yaşlandırma yöntemi ile analiz yapılmıştır [26-27]. Ayrıca Sarıhıdır travertenlerinin üç adet yaş verisi de Koçak [12]'dan alınmıştır. Balkayası travertenlerinin yaş değerleri için Temiz et al. [19] çalışmasından yararlanılmıştır.

### 4. BULGULAR

#### 4.1. Mineraloji

Balkayası ve Sarıhıdır bölgesinde yüzeyleyen traverten örneklerinde yapılan XRD incelemelerinde tüm örneklerde kalsit ve eser miktarda kuvars minerali belirlenmiştir.

#### 4.2. $^{13}C$ and $^{18}O$ izotop İçerikleri

Bölgede  $\delta^{13}C_{PDB}$  ve  $\delta^{18}O_{PDB}$  izotop analizi Sarıhıdır ve Balkaayası travertenleri için ayrı ayrı hesaplanmıştır. İlk olarak 10 adet Sarıhıdır traverten örneğinin  $\delta^{13}C_{PDB}$  değerleri, 10.97 ‰ ile 12.90‰ arasında (ort. 12.24‰) dağılım gösterirken  $\delta^{18}O_{PDB}$  verileri ise -9.77‰ ile -12.01‰ arasındadır (ort. -10.87‰). Son olarak  $\delta^{18}O_{SMOW}$  değerleri ise 18.53‰ ile 20.83‰ arasında (ort. 19.71‰) değişmektedir (Tablo 1) [12].

İkinci olarak ise Balkayası travertenlerine ait 14 örnekte  $\delta^{13}C_{PDB}$  ve  $\delta^{18}O_{PDB}$  izotop analizi yapılmıştır. Buna göre  $\delta^{13}C_{PDB}$  değerleri 11.36 ile 13.16 (ort. 12.14),  $\delta^{18}O_{PDB}$  ise -10.41 ile -8.66 (ort -9.58) aralığında değişmektedir. (Tablo 2) [19].

**Tablo 1.** Sarıhıdır travertenlerinden alınan örneklerin  $\delta^{13}C_{PDB}$ ,  $\delta^{18}O_{PDB}$  and  $\delta^{18}O_{SMOW}$  değerleri [12]

Örnek No	$\delta^{13}C_{PDB}$	$\delta^{18}O_{PDB}$	$\delta^{18}O_{SMOW}$
Analitik hassasiyet (1 sigma)	$\pm 0.08$	$\pm 0.10$	
SM-2	12.8	-9.77	20.83
SM-3	10.97	-11.65	18.9
SM-4	11.32	-12.01	18.53
SM-5	12.65	-11.07	19.5
SM-6	12.44	-10.57	20.02
SM-7	12.29	-11.06	19.51
SM-8	12.29	-10.15	20.44
SM-9	12.78	-9.94	20.66
SM-11	12.56	-11.07	19.49
SM-13	12.3	-11.38	19.18
<b>Max.</b>	<b>12.9</b>	<b>-12.01</b>	<b>20.83</b>
<b>Min.</b>	<b>10.97</b>	<b>-9.77</b>	<b>18.53</b>
<b>Ave.</b>	<b>12.24</b>	<b>-10.87</b>	<b>19.71</b>

#### 4.3. U/Th Yaş Verileri

Çalışma alanında yer alan karbonatlardan tarihlendirme çalışmaları için kristalen kalsit örnekleri seçilmiştir. Sarıhıdır bölgesinden iki örnek üzerinde tarihlendirme çalışması yapılmış ancak sadece bir örnekte yaş verisi elde edilebilmiştir (Tablo 3). Koçak [12] çalışması ile birlikte elde edilen yaş verilerine göre, Sarıhıdır traverten oluşumunun yaklaşık 37- 53 bin yıl olduğu belirlenmiştir.

Balkayası travertenlerinde Temiz et al. [19] çalışmasına göre alınan 11 örnek üzerinde yapılan U serisi yaş analizi sonucunda ise 7 örnekte yaş verisi elde edilebilmiştir (Tablo 3). Yaşlı traverten oluşumlarından alınan örneklerde  $^{232}Th$  kontaminasyonu gözlemlendiğinden bu travertenlerde yaş verisi elde edilememiştir. Elde edilen yaş verilerinin ise 9-55 bin yıl arasında değiştiği görülmüştür.



**Tablo 2.** Balkayası travertenlerinden alınan örneklerin  $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ ,  $\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$  and  $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$  değerleri [19]

Örnek No	$\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$
Analitik hassasiyet (1 sigma)	$\pm 0.08$	$\pm 0.10$	
B-13	12.25	-10.41	20.18
B-12	12.14	-8.66	21.98
B-11	12.22	-8.78	21.86
B-10	13.16	-9.83	20.78
B-9M	12.34	-9.49	21.13
B-9K	12.08	-9.92	20.68
B-8	12.41	-9.47	21.15
B-7	12.48	-9.99	20.61
B-6	11.83	-10.32	20.27
B-5	12.31	-9.84	20.77
B-3	12.31	-8.83	21.80
B-2	11.5	-9.26	21.36
B-1K	11.57	-9.17	21.45
B-1M	11.36	-10.13	20.46
<b>Max</b>	<b>13.16</b>	<b>-8.66</b>	<b>21.98</b>
<b>Min</b>	<b>11.36</b>	<b>-10.41</b>	<b>20.18</b>
<b>Ave.</b>	<b>12.14</b>	<b>-9.58</b>	<b>21.04</b>

**Tablo 3.** Balkayası ve Sarıhıdır travertenlerinden alınan örneklerin U-serisi yaş verileri \*[12], \*\* [19]

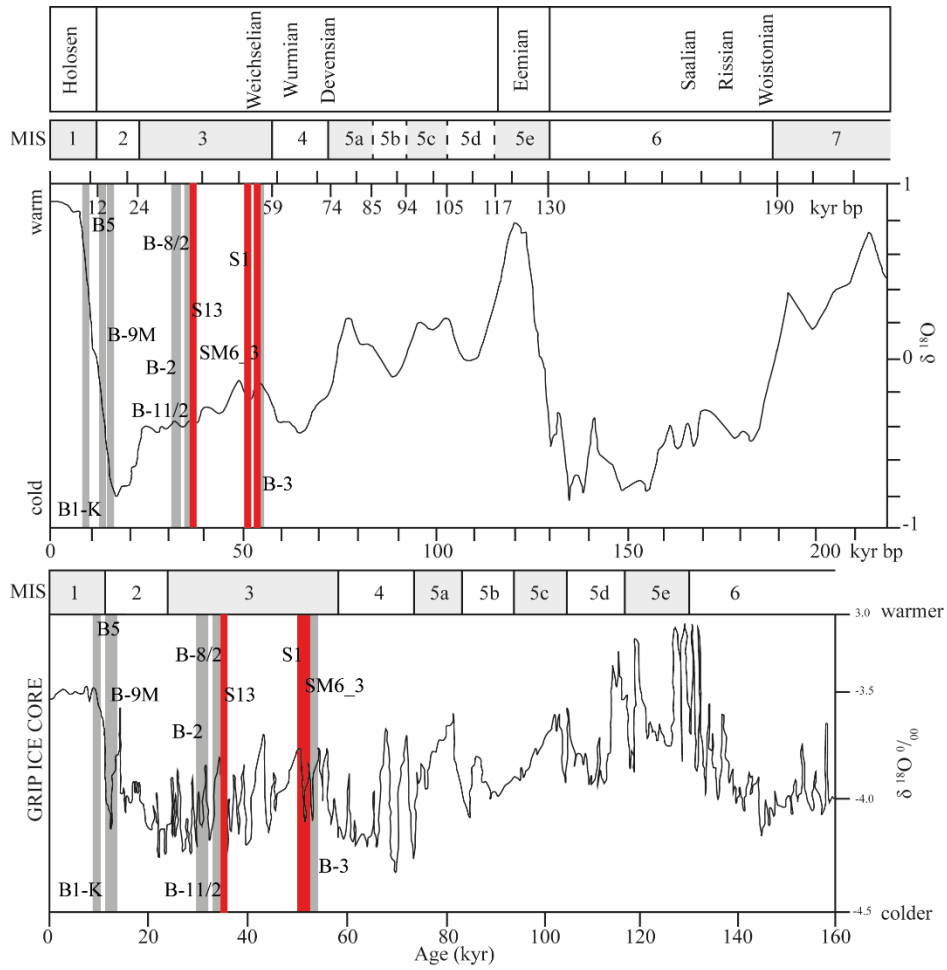
Örnek No:	$^{232}\text{Th}$ [Bq/g]	$^{230}\text{Th}$ [Bq/g]	$^{238}\text{U}$ [Bq/g]	$^{234}\text{U}$ [Bq/g]	$^{230}\text{Th}(\text{aut})$ [mBq/g]	$^{234}\text{U}(\text{aut})$ [mBq/g]	$\left(\frac{^{234}\text{U}}{^{238}\text{U}}\right)_m$	$\left(\frac{^{230}\text{Th}}{^{232}\text{Th}}\right)_m$	$\left(\frac{^{234}\text{U}}{^{235}\text{Th}}\right)_m$	$\left(\frac{^{230}\text{Th}}{^{234}\text{U}}\right)_{\text{aut}}$	$^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ age [y]	Error on age [y] (in years, uncertainties: $2\sigma$ , i.e. 95% confidence interval)
SM6-2	0.6489	1.2978	-	-	0.065	-	7.67	2	-	-	-	-
SM6_3*	0.4198	1.3644	2.02	2.87	0.094	0.24	1.42	3.25	6.83	0.386	52988	26934
SM9*	0.2836	2.8358	1.06	1.73	0.264	0.15	1.64	10	6.11	1.718	-	-
S1*	0.1307	1.6994	3.31	4.36	0.157	0.42	1.32	13	33.33	0.371	50466	19743
S13	0.2305	3.6881	9.17	12.08	0.346	1.18	1.32	16	52.39	0.292	37546	11062
B1-K**	0.1629	0.6517	8.04	6.32	0.049	0.62	0.79	4	38.78	0.079	8999	$\pm 3660$
B-2**	0.1794	2.2122	4.78	8.35	0.209	0.82	1.75	12.33	46.53	0.254	31850	$\pm 8135$
B-3**	0.4913	2.8073	4.62	6.33	0.232	0.58	1.37	5.71	12.89	0.396	54914	$\pm 16971$
B-5**	0.6794	1.2909	7.63	6.23	0.061	0.55	0.82	1.9	0.82	0.110	12702	$\pm 3563$
B-7**	0.7548	1.5095	0.27	1.64	0.075	0.09	6.2	2	2.18	0.849	-	-
B-8/2**	0.0914	0.5487	1.78	2.01	0.048	0.19	1.13	6	21.99	0.249	31133	$\pm 18148$
B-10**	7.9801	3.4541	4.08	5.76	-0.453	-0.22	22.3	0.43	0.72	2.037	-	-
B-9M**	1.4545	3.2322	17.25	16.01	0.178	1.46	16.7	2.22	11.01	0.122	14171	$\pm 2855$
B-9K**	2.6366	4.2687	4.79	4.46	0.163	0.18	0.93	1.62	1.69	0.895	-	-
B-12**	0.3762	3.6993	2.76	4.17	0.344	0.39	1.51	9.83	11.08	0.880	-	-
B-11/2**	0.9983	3.0574	0.1	8.56	0.206	0.76	82	42.9	43.2	0.272	34585	$\pm 8881$

## 5. TARTIŞMA

Türkiye’de U-serisi yaş verileri ile global ve lokal ölçekte paleoklim incelemeleri yapılan çalışmalar mevcuttur. Bunlardan biri Uysal vd. [14] tarafından Türkiye’nin iki farklı bölgesinde yer alan Kırşehir ve Pamukkale travertenlerinde yaptıkları çalışmadır. Araştırmacılar bu çalışmada yüksek çözünürlüklü U-serisi yaş verileri ile global ve lokal ölçekte paleoklim karşılaştırması yapılmıştır.

Bu çalışmada ise Balkayası ve Sarıhıdır travertenlerinden alınan yaş verileri ile elde edilen paleoklim verilerinin karşılaştırılması yapılmıştır (Şekil 3). Kırşehir travertenlerinde yapılan çalışmada, elde edilen 11.3 bin yıl ve 10.6 bin yıl aralığı için kuru/soğuk döneme karşılık geldiği belirtilmektedir [14]. Bu saha Balkayası traverten sahasının yaklaşık 70 km Kuzeybatısında yer almaktadır. Çalışma alanındaki traverten örneklerinde yapılan U-serisi yaşlandırma yöntemi ile 9-12 bin yıl değerleri elde edilmiş olup bu yaşların Uysal vd.’nin [14] çalışması ile uyumlu olduğu, çalışma alanındaki travertenlerin de kuru/soğuk dönemde oluştuğu düşünülmektedir. Öte

yandan, Kırşehir travertenlerinden elde edilen 15.7 bin yıl yaş verisiyle aşırı soğuk ve kurak bir dönemi temsil eden Heinrich Event One (H1) adlı büyük iklim değişikliği ile benzerlik sunmakta olduğu da düşünülebilir [14]. Balkayası travertenlerinden elde edilen 12-14 bin yıl aralığındaki yaş verilerinin de bu dönem ile uyumlu olduğu görülmektedir. Uysal vd. [14] yaptıkları çalışmada Pamukkale ve Kırşehir jeotermal sahaları için 44-27 bin yıl aralığındaki travertenlerden yaş verisi elde edilemediğini buna rağmen, bu zaman aralığında soğuk/kurak bir dönemin yaşandığı şeklinde yorumlamıştır. Sarıhıdır örneklerinde 37 bin yıl, Balkayası örneklerinde ise 31 ve 32 bin yıl yaşları elde edilmiş olup bu travertenlerin kesin olmasa da soğuk/kuru dönemde çökdikleri söylenebilir (Şekil 3). Van Andel ve Tzedakis [28]'a göre 39-36 bin yıl ve 32 bin yıl zamanları ılımanlaşma dönemlerine karşılık gelmekte olup çalışma alanı ile uyumludur. Bunun yanında Bar-Matthews vd, [29] çalışmasında bölgenin 17- 60 bin yıl arasında meydana gelen en sıcak ve en yağışlı koşulları temsil ettiğini söylemiştir. Ayrıca 36 ve 54 bin yıllık dönemin sıcak ve yağışlı iklimdeki  $\delta^{18}O$  değerleri ile benzer olduğunu belirtmiştir. Bar-Matthews vd, [29] çalışmasında yaklaşık 36 ve 54 bin yıl yaşların Kuvaterner dönemindeki sıcak zirvelere karşılık geldiğini belirtmiştir [30]. Bu travertenlerden 50-55 bin yıl arasında değişen yaşlar tespit edilmiştir. SPECMAP ve Grönland'da yapılan buzul sondajlarından elde edilen GRIP Projesindeki çalışmalara göre MIS-3'e karşılık gelmektedir (Şekil 3). Bu dönemin soğuk/kurak dönem ile uyumlu olduğu düşünülebilir. Öte yandan 31-54 bin yıl arasındaki dönemde Kırşehir ve Pamukkale'de traverten çökelişi oluşmamasına rağmen aynı dönemde Sarıhıdır ve Balkayası'nda traverten çökelişi gerçekleşmiştir. Bunun sebebinin her bir bölgenin tektonik aktivitesindeki farklılıktan olduğu düşünülmektedir.



**Şekil 3.** SPECMAP deniz paleoiklimsel  $\delta^{18}O$  kaydı [31] ve GRIP: Grönland Buz Projesi [32] ile karşılaştırıldığında Balkayası ve Sarıhıdır travertenlerinin U/Th yaş verilerine göre karşılaştırılması (Balkayası-gri çizgiler, Sarıhıdır-kırmızı çizgiler)

## 6. SONUÇ

- Sarıhıdır ve Balkayası traverten örneklerinin mineralojik bileşiminin büyük oranda kalsitten ve eser miktarda da kuvarstan oluştuğu belirlenmiştir.
- Bölgeden alınan örneklerin U serisi yaş verilerine göre traverten çökelişlerinin 9 ile 55 bin yıl arasında oluştuğu ortaya konulmuştur.

- Travertenlerden elde edilen yaş verilerine ve izotop sonuçlarına göre karbonat kayaçların global ve bölgesel ölçekte yapılan çalışmalara uygun olduğu ve genel olarak kuru/soğuk dönemde çökeldiği düşünülmektedir.

## Yazar Katkıları

Yazarlar çalışmaya eşit oranda katkı sunmuştur.

## Çıkar Çatışması

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

## KAYNAKÇA

- [1] U. Temiz, İ. Koçak, N. Öksüz, and S. Akbay "U-series dating and origin of Yaprakhisar (Guzelyurt-Aksaray) travertines in Central Anatolian Volcanic Province, Turkey" Arab J Geosci, vol. 11, pp. 699 2018.
- [2] A. Brogi, and E. Capezzuoli "Travertine deposition and faulting: the fault-related travertine fissure-ridge at Terme S. Giovanni, Rapolano Terme (Italy)" Int J Earth Sci, vol. 98, no. 4, pp. 931-947 2009.
- [3] H.S. Chafetz, and R.L. Folk "Travertines - Depositional Morphology and the Bacterially Constructed Constituents" J Sediment Petrol, vol. 54, no. 1, pp. 289-316 1984.
- [4] H.S. Chafetz, and S.A. Guidry "Bacterial shrubs, crystal shrubs, and ray-crystal shrubs: bacterial vs. abiotic precipitation" Sediment Geol, vol. 126, no. 1-4, pp. 57-74. 1999.
- [5] W. D'Alessandro, S. Glammanco, S. Bellomo, and F. Parello "Geochemistry and mineralogy of travertine deposits of the SW flank of Mt. Etna (Italy): Relationships with past volcanic and degassing activity" J Volcanol Geoth Res, vol. 165, no.1-2, 64-70, 2007.
- [6] B.W. Fouke, J.D. Farmer, D.J. Des Marais, L. Pratt, N.C. Sturchio, P.C. Burns, and M.K. Discipulo. "Depositional facies and aqueous-solid geochemistry of travertine-depositing hot springs (Angel Terrace, Mammoth Hot Springs, Yellowstone National Park, USA)" J Sediment Res, vol. 70, no.3, 565-585 2000.
- [7] M. Ozkul, S. Kele, A. Gokgoz, C.C. Shen, B. Jones, M.O. Baykara, I. Forizs, T. Nemeth, Y.W. Chang, and M.C. Alcicek "Comparison of the Quaternary travertine sites in the Denizli extensional basin based on their depositional and geochemical data" Sediment Geol, vol. 294, pp. 179-204 2013.
- [8] S.M. Ritter, M. Isenbeck-Schroter, A. Schroder-Ritzrau, C. Scholz, S. Rheinberger, B. Hofle, and N. Frank "Trace element partitioning in fluvial tufa reveals variable portions of biologically influenced calcite precipitation" Geochim Cosmochim Acta, vol. 225, pp. 176-191 2018.
- [9] P.A. Teboul, C. Durlet, E.C. Gaucher, A. Virgone, J.P. Girard, J. Curie, B. Lopez, and G.F. Camoin "Origins of elements building travertine and tufa: New perspectives provided by isotopic and geochemical tracers" Sediment Geol, vol. 334, pp. 97-114 2016.
- [10] U. Temiz, and F. Savas "Relationship between Akhuyuk fissure ridge travertines and active tectonics: their neotectonic significance (Eregli-Konya, Central Anatolia)" Arab J Geosci, vol. 8, no.4, pp. 2383 2015.
- [11] I.T. Uysal, Y. Feng, J.X. Zhao, E. Altunel, D. Weatherley, V. Karabacak, O. Cengiz, S.D. Golding, M.G. Lawrence, and K.D. Collerson "U-series dating and geochemical tracing of late Quaternary travertine in co-seismic fissures" Earth Planet Sc Lett, vol. 257, no. 3-4, 450-462 2007.
- [12] İ. Koçak "Sarıhıdır manganese mineralization related to travertine, Central Anatolian Volcanic Province, Turkey" Geodin Acta, vol. 32, no. 1, pp. 11-24 2020.
- [13] M. Vermoere, P. Degrysen, L. Vanhecke, Ph. Muchez, E. Paulissend, E. Smetsa, and M. Waelkense "Pollen analysis of two travertine sections in Basköy (southwestern Turkey): implications for environmental conditions during the early Holocene" Rev Palaeobot Palynol, vol. 105, no.1-2, pp. 93-110, 1999.
- [14] I.T. Uysal, Y. Feng, J. Zhao, V. Işık, P. Nuriel, and S. D. Golding "Hydrothermal CO2 degassing in seismically active zones during the late Quaternary" Chem Geol, vol. 265, no.3-4, pp.442-454 2009.
- [15] L. De Filippis, C. Faccenna, A. Billi E. Anzalone M. Brilli, M. Soligo, and P. Tuccimeia "Plateau versus fissure ridge travertines from Quaternary geothermal springs of Italy and Turkey: interactions and feedbacks between fluid discharge, paleoclimate, and tectonics" Earth Sci Rev, vol. 123, pp.35-52 2013.
- [16] S. Kele, M. Özkul, A. Gökgöz, M. O. Baykara, M. C. Alçiçek and N. Tibor "Stable isotope geochemical and facies study of Pamukkale travertines: new evidences of low-temperature non-equilibrium calcite-water fractionation" Sediment Geol, vol. 238, pp.191-212 2011.
- [17] E. Toker, M.S. Kayseri-Özer, M. Özkul and S. Kele "Depositional system and palaeoclimatic interpretations of middle to late Pleistocene travertines: Kocabaş, Denizli, SW Turkey" Sedimentology, vol. 62, pp.1360-1383 2015.
- [18] E. Tagliasacch, and M.S. Kayseri-Özer "Multidisciplinary approach for palaeoclimatic signals of the non-marine carbonates: the case of the Sarıkavak tufa deposits (Afyon, SW-Turkey)" Quat Int, vol. 544, pp. 41-56. 2020.

- [19] U. Temiz, İ. Koçak, N. Öksüz, and S. Akbay “Significance of neotectonic and paleoclimatic Late Pleistocene–Holocene travertine and origins: Balkayası, Avanos—Nevşehir, Central Anatolia/Turkey” *Int J Earth Sci (Geol Rundsch)*, 2021 <https://doi.org/10.1007/s00531-021-02065-1>
- [20] V. Toprak, and M. C. Göncüoğlu, “Tectonic Control on the Development of the Neogene Quaternary Central Anatolian Volcanic Province, Turkey” *Geol J*, vol. 28, pp. 357-369 1993.
- [21] A.I. Okay, and O. Tüysüz “Tethyan sutures of northern Turkey” *Geological Society Special Publications*, vol. 156, pp. 475–515 1999.
- [22] Koçyiğit, A., “Orta Anadolu’nun genel Neotektonik Özellikleri ve Depremselliği (The general neotectonic properties and seismicity of Central Anatolia). Haymana-Tuzgölü-Ulukışla Basenleri Uygulamalı Çalışma” *TPJD, Special Issue 5*, pp. 1-26. 2000.
- [23] A. Kocyiğit, and U. Dogan “Strike-slip neotectonic regime and related structures in the Cappadocia region: a case study in the Salanda basin, Central Anatolia, Turkey” *Turk J Earth Sci*, vol. 25, no. 5, pp. 393-417 2016.
- [24] S. Köksal, and C. Göncüoğlu “Geology of the İdiş Dağı - Avanos Area (Nevşehir - Central Anatolia)” *Bull Min Res Exp*, vol. 119, no. 119, pp. 41 - 58 1997.
- [25] R. Demircioğlu “Geology and Structural Features of the Kırşehir Massif and Cover Units In The Gülşehir-Özkonak (Nevşehir) Region” PhD thesis, Geological Engineering, Selçuk University, Konya, 2014.
- [26] J. Eikenberg, G. Vezzu, I. Zumsteg, S. Bajo, M. Ruethi, and G. Wyssling “Precise two chronometer dating of Pleistocene travertine: The Th-230/U-234 and Ra-226(ex) /Ra-226(0) approach” *Quaternary Sci Rev*, vol. 20 no.18, pp. 1935-1953 2001.
- [27] M. Ivanovich and R.S. Harmon (Eds.). “Uranium-series Disequilibrium: Applications to Earth, Marine, and Environmental Sciences” 2th ed. United Kingdom: Clarendon Press, 1992.
- [28] T.H. Van Andel, and P.C. Tzedakis “Palaeolithic landscapes of Europe and environs, 150,000-25,000 years ago: An overview” *Quaternary Sci Rev*, vol. 15, no. 5–6 pp. 481-500 1996.
- [29] M. Bar-Matthews, A. Ayalon, A. Kaufman, and G.J. Wasserburg “The Eastern Mediterranean paleoclimate as a reflection of regional events: Soreq cave, Israel” *Earth Planet Sci Lett*, vol. 166, pp. 85–95 1999.
- [30] L. De Filippis, C. Faccenna, A. Billi, E. Anzalone, M. Brilli, M. Soligo, and P. Tuccimei “Plateau versus fissure ridge travertines from Quaternary geothermal springs of Italy and Turkey: Interactions and feedbacks between fluid discharge, paleoclimate, and tectonics” *Earth-Sci Rev*, vol. 123, pp. 35-52 2013.
- [31] D. Martinson, N.G. Pisias, J.D. Hays, J. Imbrie, T. C. Moore Jr., and N.J. Shackleton “Age dating and the orbital theory of the Ice Ages: development of a high-resolution 0 to 300,000 year chronostratigraphy” *Quat Res*, vol. 27, pp.1–29 1987.
- [32] Grip (Greenland Ice-core Project) Members “Climate instability during the last interglacial period recorded in the GRIP ice core” *Nature*, vol. 364 pp. 203–207 1993.