T.C. PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

GÖKPINAR (DENİZLİ) TUFALARININ SEDİMANTOLOJİK-JEOKİMYASAL İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GAMZENUR ÇAĞDAŞ

DENİZLİ, KASIM - 2020

T.C. PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI



GÖKPINAR (DENİZLİ) TUFALARININ SEDİMANTOLOJİK-JEOKİMYASAL İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GAMZENUR ÇAĞDAŞ

DENİZLİ, KASIM - 2020

Bu tez çalışması Pamukkale Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından 2018FEBE060 nolu proje ile desteklenmiştir.

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim.

GAMZENUR ÇAĞDAŞ G. Cargatoz

ÖZET

GÖKPINAR (DENİZLİ) TUFALARININ SEDİMANTOLOJİK-JEOKİMYASAL İNCELEMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ GAMZENUR ÇAĞDAŞ PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI (TEZ DANIŞMANI:PROF. DR. MEHMET ÖZKUL)

DENİZLİ, KASIM - 2020

Denizli il merkezinin 15 km güneydoğusunda, güneydoğudan kuzeybatıya doğru akan Gökpınar Çayı vadisi boyunca tufa çökelleri yüzeylemiştir. Çalışmanın amacı, Gökpınar tufa çökellerinin sedimantolojisini ve depolanma mimarisini ortaya koymaktır. Bu amaçla arazi çalışmaları sırasında tufalarda ve tufalara eşlik eden diğer kırıntılı çökellerde kaba çakıltaşı, stromatolitik tufa, onkolitik tufa, kırıntılı tufa, yosun tufa ve kamış tufa olmak üzere altı adet fasiyes tanımlanmıştır. Kalınlığı 70 m'nin üzerinde olan tufa istifi, zamanla yatak eğiminin azalıp yatak genişliğinin arttığı bir akarsu sisteminde çökelmiştir.

Günümüzde Gökpınar Vadisi içinde yer alan karstik kaynağın δ^{18} O ve δ D değerlerine göre kaynak suları "Küresel Meteorik Su Doğrusu" (KMSD) ile daha yakın olarak "Akdeniz Meteorik Su Doğrusu" (AMSD) arasında yer alır. Buna göre Gökpınar kaynak suyu meteorik kökenli olup, Akdeniz kaynaklı nemin oluşturduğu yağışlardan beslenir. Kaynak suyu kalsit, aragonit, barit ve kuvars gibi mineraller bakımından doygundur.

Tufa çökellerinin duraylı izotop değerleri δ^{13} C için -7.46 ile +2.65 (‰V-PDB), δ^{18} O için -9.07 ile -6.47 (‰V-PDB) arasında değişmektedir. δ^{13} C ve δ^{18} O değerleri arasında R²=0.78'lik yüksek bir kovaryans vardır. Bu değerler bölgedeki ve Güney Avrupa'daki diğer bazı tufa oluşumlarının duraylı izotop bileşimleri ile uyumludur. Tufaların ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr izotop değerleri 0.70832±22-0.70838±16 arasındadır. Bu değerler dikkate alındığında, tufa çökelten suların Triyas karbonatlı kayaç birimleri içinde dolaştığı düşünülür.

ANAHTAR KELİMELER: Akarsu tufası, sedimantoloji, jeokimya, Gökpınar, Denizli

ABSTRACT

SEDIMENTOLOGICAL AND GEOCHEMICAL INVESTIGATION OF GÖKPINAR (DENİZLİ) TUFAS MSC THESIS GAMZENUR ÇAĞDAŞ PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE GEOLOGICAL ENGINEERING (SUPERVISOR:PROF. DR. MEHMET ÖZKUL)

DENIZLİ, NOVEMBER 2020

In 15 km southeast of the Denizli, city center, tufa deposits exposed along the Gökpinar stream valley flowing towards northwest. Aim of the study is to carry out sedimentology and depositional architecture of Gökpinar tufa deposits. For this aim, facies were described such as coars pebblei stromatolitic, tufa, onkolitik tufa, moss tufa and reed tufa during field studies. Tufa sequence with a thickness of over 70 m was deposited in a fluvial system where the bed slope decreased and widened over time.

According to the δ^{18} O and δ D values of the current karstic spring located in Gökpinar Valley, was located between the "Global Meteoric Water Line" (KMSD) and more closely the "Mediterranean Meteoric Water Line " (AMSD). Consequently, the Gökpinar spring water is of meteoric origi and is fed by the precipitation caused by the moisture originating from the Mediterranean. The spring water is saturated with minerals such as calcite, aragonite, barite and quartz.

Stable isotope values of the tufa deposits are -7.46 to +2.65 (‰V-PDB) for δ^{13} C and -9.07 to -6.47 (‰V-PDB) for δ^{18} O. There is a high covariance of R² = 0.78 between δ^{13} C and δ^{18} O values. These values are compatible with stable isotope compositions of some other tufa formations in the region and southern Europe. The ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr isotope values of the tufas are between 0.70832 ± 22 and 0.70838 ± 16. When these values are taken into account it is considered that tufa precipitating waters circulate in the Triassic carbonate rock units..

KEYWORDS: Fluvial tufa, sedimentology, geochemistry, Gökpınar, Denizli

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	. iii
ŞEKİL LİSTESİ	V
TABLO LİSTESİ	vii
SEMBOL LİSTESİ	viii
ÖNSÖZ	. ix
1. GİRİŞ	1
1.1 Çalışmanın Amacı	3
1.2 Çalışma Alanı	3
1.3 Literatür Özeti	5
1.4 Metod	6
1.4.1 Su Analizleri	6
1.4.2 Arazi Çalışmaları	7
1.4.3 Büro Çalışmaları	7
1.4.4 Laboratuvar Çalışmaları	7
2. STRATIGRAFI	.11
2.1 Yılanlı Formasyonu	.11
2.2 Zeybekölen Tepe Formasyonu	.12
2.3 Çatalca Tepe Kireçtaşı	.15
2.4 Mortuma Formasyonu	.17
2.5 Kolonkaya Formasyonu	.18
2.6 Kuvaterner	.18
2.6.1 Gökpınar Tufası	.19
2.6.2 Yamaç Molozu	.20
2.6.3 Alüvyon	.21
3. YAPISAL JEOLOJÍ	.22
3.1 Tabaka Duruşları	.22
4. KÜTLE HAREKETLERİ	.23
5. HÍDROJEOLOJÍ	.24
5.1 Gökpınar Kaynağı	.24
5.2 Hidrokimya	.25
5.2.1 Gökpınar Kaynağının Kimyasal Kompozisyonu	.25
5.2.1.1 Gökpınar Kaynağı Suyunun Kimyasal Sınıflaması	.26
5.2.1.1.1 Çözünmüş Toplam Katı Madde Miktarına Göre Sınıflama	.26
5.2.1.1.2 Piper Sınıflaması	.26
5.2.1.1.3 Schoeller Sınıflaması	.27
5.2.1.1.4 Uluslararası Hidrojeologlar Birliği (IAH) Sınıflaması	.27
5.2.2 Kaynak Kaya	.28
5.2.3 Gökpınar Kaynağının İzotop (¹⁸ O, D Ve T) Kompozisyonu	.29
5.3 Gökpınar Kaynağının Mineral Doygunluk Durumu	.29
6. GÖKPINAR TUFASI'NIN SEDİMANTOLOJİ	.31
6.1 Fasiyes Tanımlamaları	.31
6.1.1 Kaba Çakıltaşı Fasiyesi	.31
6.1.2 Stromatolitik Tufa	.32

6.1.3	Onkolitik Tufa	35
6.1.4	Kırıntılı Tufa Fasiyesi	
6.1.5	Yosun Tufa Fasiyesi	
6.1.6	Kamış Tufa Fasiyesi	
6.2 İs	tiflenme Gelişimi Ve Fasiyes Birliktelikleri	40
7. JEOKİ	MYA	44
7.1 El	ement Bilesimi	44
7.2 D	uraylı İzotop Bilesimi	44
7.3 St	ronsiyum İzotop Analizleri	47
8. TARTI	\$MA	48
8.1 D	uraylı İzotoplar	48
8.2 St	· İzotopları	
9. SONUC	C VE ÖNERİLER	
10.KAYN	AKLAR	53
11. ÖZGE (CMİS	61

ŞEKİL LİSTESİ

Şekii 1.1. Çalışına alanının yen ve Konunu4
Şekil 2.1: Gökpınar yöresinin jeoloji haritası (Okay, 1989 ve 2016 yılı kamp
stajı haritalama çalışmalarından yararlanılmıştır)11
Şekil 2.2: Çalışma alanı ve çevresinin tektonostratigrafik dikme kesiti (Okay,
1989'dan yararlanılarak hazırlanmıştır)
Şekil 2.3: Zeybekölen Tepe Formasyonu'nun arazi görünümü. Çalışma
alanının doğusu, Murtat Çeşmesi yakını. Bakış doğuya
Şekil 2.4: Zeybekölen Tepe Formasyonu'ndan alınan bordo renkli pelajik
kireçtaşı örneğinin ince kesit görüntüleri. a) Kısmen rekristalize
olmuş mikritik doku (m) ve açık renkli iri sparikalsit (sk) ile
doldurulmuş mikro çatlak. b) Mikritik doku içinde gelişmiş stilolit
yapısı (s)14
Şekil 2.5: Çatalca Tepe Kireçtaşı'nın arazi görünümü. E-87 karayolundan
batıya bakış15
Şekil 2.6: Çatalca Tepe Kireçtaşı biriminin yakından görünümü ve birimin
doğuya bakan yüzeylerinde lapya (=karen) türü karstik erime
şekilleri16
Şekil 2.7: Çatalca Tepe Kireçtaşı'ndan alınan el örneğin yakından görünümü16
Şekil 2.8: Çatalca Tepe Kireçtaşı birimi'nden bir ince kesit görüntüsü17
Şekil 2.9: Çalışma alanının kuzeybatısında Kolonkaya Formasyonu'nun arazi
görünümü18
Şekil 2.10: Gökpınar vadisi ve vadi yamaçlarında görülen tufa oluşumları.
Bakış: GD'ya (vadi yukarı).,
, 5 , 5 , 7
Şekil 2.11: Kırıntılı tufa seviyelerinde eski dönemlerde barınma amaçlı açılmış
Şekil 2.11: Kırıntılı tufa seviyelerinde eski dönemlerde barınma amaçlı açılmış mağaralar.
 Şekil 2.11: Kırıntılı tufa seviyelerinde eski dönemlerde barınma amaçlı açılmış mağaralar. Şekil 3.1: Gökpınar tufalarının doğrultu, eğim miktarı ve eğim yönü gül
 Şekil 2.11: Kırıntılı tufa seviyelerinde eski dönemlerde barınma amaçlı açılmış mağaralar
 Şekil 2.11: Kırıntılı tufa seviyelerinde eski dönemlerde barınma amaçlı açılmış mağaralar
 Şekil 2.11: Kırıntılı tufa seviyelerinde eski dönemlerde barınma amaçlı açılmış mağaralar
 Şekil 2.11: Kırıntılı tufa seviyelerinde eski dönemlerde barınma amaçlı açılmış mağaralar
 Şekil 2.11: Kırıntılı tufa seviyelerinde eski dönemlerde barınma amaçlı açılmış mağaralar
 Şekil 2.11: Kırıntılı tufa seviyelerinde eski dönemlerde barınma amaçlı açılmış mağaralar. 20 Şekil 3.1: Gökpınar tufalarının doğrultu, eğim miktarı ve eğim yönü gül diyagramları. a) Doğrultu gül diyagramı, b) Eğim miktarı gül diyagramı, c) eğim yönü gül diyagramı. 22 Şekil 4.1: Gökpınar tufa biriminde gelişmiş bir kütle hareketi. Bakış kuzeydoğuya. 23 Şekil 5.1: Gökpınar Kaynağı. 24 Şekil 5.2: Piper Diyagramı 27 Sakil 5.3: Gökpınar kaymağının Ça HCO, diyagramı
 Şekil 2.11: Kırıntılı tufa seviyelerinde eski dönemlerde barınma amaçlı açılmış mağaralar. 20 Şekil 3.1: Gökpınar tufalarının doğrultu, eğim miktarı ve eğim yönü gül diyagramları. a) Doğrultu gül diyagramı, b) Eğim miktarı gül diyagramı, c) eğim yönü gül diyagramı. 22 Şekil 4.1: Gökpınar tufa biriminde gelişmiş bir kütle hareketi. Bakış kuzeydoğuya. 23 Şekil 5.1: Gökpınar Kaynağı. 24 Şekil 5.2: Piper Diyagramı 27 Şekil 5.3: Gökpınar kaynağının Ca-HCO₃ diyagramı. 28 Sakil 5.4: Gökpınar kaynağı sularının δD δ¹⁸O diyagramı.
 Şekil 2.11: Kırıntılı tufa seviyelerinde eski dönemlerde barınma amaçlı açılmış mağaralar. 20 Şekil 3.1: Gökpınar tufalarının doğrultu, eğim miktarı ve eğim yönü gül diyagramları. a) Doğrultu gül diyagramı, b) Eğim miktarı gül diyagramı, c) eğim yönü gül diyagramı. 22 Şekil 4.1: Gökpınar tufa biriminde gelişmiş bir kütle hareketi. Bakış kuzeydoğuya. 23 Şekil 5.1: Gökpınar Kaynağı. 24 Şekil 5.2: Piper Diyagramı 27 Şekil 5.3: Gökpınar kaynağının Ca-HCO₃ diyagramı. 28 Şekil 5.4: Gökpınar kaynağı sularının δD-δ¹⁸O diyagramı. 29 Sakil 6.1: Kaba Cakultaşı Fasiyaşi, Gökpınar Vadiçi, kuzeydoğu yamaçı, yol
 Şekil 2.11: Kırıntılı tufa seviyelerinde eski dönemlerde barınma amaçlı açılmış mağaralar. 20 Şekil 3.1: Gökpınar tufalarının doğrultu, eğim miktarı ve eğim yönü gül diyagramları. a) Doğrultu gül diyagramı, b) Eğim miktarı gül diyagramı, c) eğim yönü gül diyagramı. 22 Şekil 4.1: Gökpınar tufa biriminde gelişmiş bir kütle hareketi. Bakış kuzeydoğuya. 23 Şekil 5.1: Gökpınar Kaynağı. 24 Şekil 5.2: Piper Diyagramı 27 Şekil 5.3: Gökpınar kaynağının Ca-HCO₃ diyagramı. 28 Şekil 5.4: Gökpınar kaynağı sularının δD-δ¹⁸O diyagramı. 29 Şekil 6.1: Kaba Çakıltaşı Fasiyesi. Gökpınar Vadisi, kuzeydoğu yamacı, yol sevivesi
 Şekil 2.11: Kırıntılı tufa seviyelerinde eski dönemlerde barınma amaçlı açılmış mağaralar. 20 Şekil 3.1: Gökpınar tufalarının doğrultu, eğim miktarı ve eğim yönü gül diyagramları. a) Doğrultu gül diyagramı, b) Eğim miktarı gül diyagramı, c) eğim yönü gül diyagramı. 22 Şekil 4.1: Gökpınar tufa biriminde gelişmiş bir kütle hareketi. Bakış kuzeydoğuya. 23 Şekil 5.1: Gökpınar Kaynağı. 24 Şekil 5.2: Piper Diyagramı
 Şekil 2.11: Kırıntılı tufa seviyelerinde eski dönemlerde barınma amaçlı açılmış mağaralar
 Şekil 2.11: Kırıntılı tufa seviyelerinde eski dönemlerde barınma amaçlı açılmış mağaralar
 Şekil 2.11: Kırıntılı tufa seviyelerinde eski dönemlerde barınma amaçlı açılmış mağaralar. 20 Şekil 3.1: Gökpınar tufalarının doğrultu, eğim miktarı ve eğim yönü gül diyagramları. a) Doğrultu gül diyagramı, b) Eğim miktarı gül diyagramı, c) eğim yönü gül diyagramı. 22 Şekil 4.1: Gökpınar tufa biriminde gelişmiş bir kütle hareketi. Bakış kuzeydoğuya. 23 Şekil 5.1: Gökpınar Kaynağı. 24 Şekil 5.2: Piper Diyagramı 27 Şekil 5.3: Gökpınar kaynağının Ca-HCO₃ diyagramı. 28 Şekil 5.4: Gökpınar kaynağı sularının δD-δ¹⁸O diyagramı. 29 Şekil 6.1: Kaba Çakıltaşı Fasiyesi. Gökpınar Vadisi, kuzeydoğu yamacı, yol seviyesi. 32 Şekil 6.2: Stromatolitik tufa fasiyesinin arazi görünümleri. Gökpınar vadisi, kuzeydoğu yamacı, yol seviyesi. 33 Şekil 6.3: Stromatolitik tufa fasiyesinin, (a) ince kesit görüntüsü, (b) SEM görüntüsü (GP-4 nolu örnek)
 Şekil 2.11: Kırıntılı tufa seviyelerinde eski dönemlerde barınma amaçlı açılmış mağaralar. 20 Şekil 3.1: Gökpınar tufalarının doğrultu, eğim miktarı ve eğim yönü gül diyagramları. a) Doğrultu gül diyagramı, b) Eğim miktarı gül diyagramı, c) eğim yönü gül diyagramı. 22 Şekil 4.1: Gökpınar tufa biriminde gelişmiş bir kütle hareketi. Bakış kuzeydoğuya. 23 Şekil 5.1: Gökpınar Kaynağı. 24 Şekil 5.2: Piper Diyagramı 27 Şekil 5.3: Gökpınar kaynağı nu Ca-HCO₃ diyagramı. 28 Şekil 5.4: Gökpınar kaynağı sularının δD-δ¹⁸O diyagramı. 29 Şekil 6.1: Kaba Çakıltaşı Fasiyesi. Gökpınar Vadisi, kuzeydoğu yamacı, yol seviyesi. 32 Şekil 6.2: Stromatolitik tufa fasiyesinin arazi görünümleri. Gökpınar vadisi, kuzeydoğu yamacı, yol seviyesi. 33 Şekil 6.3: Stromatolitik tufa fasiyesinin, (a) ince kesit görüntüsü, (b) SEM görüntüsü (GP-4 nolu örnek). 34
 Şekil 2.11: Kırıntılı tufa seviyelerinde eski dönemlerde barınma amaçlı açılmış mağaralar. 20 Şekil 3.1: Gökpınar tufalarının doğrultu, eğim miktarı ve eğim yönü gül diyagramları. a) Doğrultu gül diyagramı, b) Eğim miktarı gül diyagramı, c) eğim yönü gül diyagramı. 22 Şekil 4.1: Gökpınar tufa biriminde gelişmiş bir kütle hareketi. Bakış kuzeydoğuya. 23 Şekil 5.1: Gökpınar Kaynağı. 24 Şekil 5.2: Piper Diyagramı 27 Şekil 5.3: Gökpınar kaynağı sularının δD-δ¹⁸O diyagramı. 28 Şekil 5.4: Gökpınar kaynağı sularının δD-δ¹⁸O diyagramı. 29 Şekil 6.1: Kaba Çakıltaşı Fasiyesi. Gökpınar Vadisi, kuzeydoğu yamacı, yol seviyesi. 32 Şekil 6.2: Stromatolitik tufa fasiyesinin arazi görünümleri. Gökpınar vadisi, kuzeydoğu yamacı, yol seviyesi. 33 Şekil 6.3: Stromatolitik tufa fasiyesinin, (a) ince kesit görüntüsü, (b) SEM görüntüsü (GP-4 nolu örnek). 34 Şekil 6.4: Onkolitik tufa fasiyesi (a), onkolit tanelerinin yakından görünümü (b) Onkolit tanelerine CaCO₂ kaplı bitki kırıntıları eslik etmektedir.
 Şekil 2.11: Kırıntılı tufa seviyelerinde eski dönemlerde barınma amaçlı açılmış mağaralar
 Şekil 2.11: Kırıntılı tufa seviyelerinde eski dönemlerde barınma amaçlı açılmış mağaralar. 20 Şekil 3.1: Gökpınar tufalarının doğrultu, eğim miktarı ve eğim yönü gül diyagramları. a) Doğrultu gül diyagramı, b) Eğim miktarı gül diyagramı, c) eğim yönü gül diyagramı, b) Eğim miktarı gül diyagramı, c) eğim yönü gül diyagramı. 22 Şekil 4.1: Gökpınar tufa biriminde gelişmiş bir kütle hareketi. Bakış kuzeydoğuya. 23 Şekil 5.1: Gökpınar Kaynağı. 24 Şekil 5.2: Piper Diyagramı 27 Şekil 5.3: Gökpınar kaynağı sularının δD-δ¹⁸O diyagramı. 28 Şekil 5.4: Gökpınar kaynağı sularının δD-δ¹⁸O diyagramı. 29 Şekil 6.1: Kaba Çakıltaşı Fasiyesi. Gökpınar Vadisi, kuzeydoğu yamacı, yol seviyesi. 32 Şekil 6.2: Stromatolitik tufa fasiyesinin arazi görünümleri. Gökpınar vadisi, kuzeydoğu yamacı, yol seviyesi. 32 Şekil 6.3: Stromatolitik tufa fasiyesinin, (a) ince kesit görüntüsü, (b) SEM görüntüsü (GP-4 nolu örnek). 34 Şekil 6.4: Onkolitik tufa fasiyesi (a), onkolit tanelerinin yakından görünümü (b). Onkolit tanelerine CaCO₃ kaplı bitki kırıntıları eşlik etmektedir. 36 Şekil 6.5: Onkolit tanelerinin optik mikroskop altında görünümü. 37 Şekil 6.6: Kırıntılı tufa fasiyesinin arazi fotoğrafi ve fotoğraftan vanılmıs
 Şekil 2.11: Kırıntılı tufa seviyelerinde eski dönemlerde barınma amaçlı açılmış mağaralar. 20 Şekil 3.1: Gökpınar tufalarının doğrultu, eğim miktarı ve eğim yönü gül diyagramlar. a) Doğrultu gül diyagramı, b) Eğim miktarı gül diyagramı, c) eğim yönü gül diyagramı. 22 Şekil 4.1: Gökpınar tufa biriminde gelişmiş bir kütle hareketi. Bakış kuzeydoğuya. 23 Şekil 5.1: Gökpınar Kaynağı 24 Şekil 5.2: Piper Diyagramı 27 Şekil 5.3: Gökpınar kaynağının Ca-HCO₃ diyagramı. 28 Şekil 5.4: Gökpınar kaynağı sularının δD-δ¹⁸O diyagramı. 29 Şekil 6.1: Kaba Çakıltaşı Fasiyesi. Gökpınar Vadisi, kuzeydoğu yamacı, yol seviyesi. 32 Şekil 6.2: Stromatolitik tufa fasiyesinin arazi görünümleri. Gökpınar vadisi, kuzeydoğu yamacı, yol seviyesi. Ölçek: Çekiç (32 cm). 33 Şekil 6.3: Stromatolitik tufa fasiyesinin, (a) ince kesit görüntüsü, (b) SEM görüntüsü (GP-4 nolu örnek). 34 Şekil 6.4: Onkolitik tufa fasiyesi (a), onkolit tanelerinin yakından görünümü (b). Onkolit tanelerine CaCO₃ kaplı bitki kırıntıları eşlik etmektedir36 Şekil 6.5: Onkolit tanelerinin optik mikroskop altında görünümü. 37 Şekil 6.6: Kırıntılı tufa fasiyesinin arazi fotoğrafi ve fotoğraftan yapılmış cizim. 38

Sekil 6.7: Yosun tufa fasiyesinin arazi görünümü	39
Sekil 6.8: Kamış tufa fasiyesi (görüntünün genişliği: ~1 m)	40
Sekil 6.9: (a) Ölçülü stratigrafik kesiti – 1 (ÖSK-1), (b) Ölçülü stratigrafik	afi
kesiti – 2 (ÖSK-2).	41
Sekil 6.10: ÖSK'larda kullanılan simgeler (Lejand)	42
Sekil 6.11: (a) Ölçülü stratigrafi kesiti – 1 (ÖSK-1), (b) Ölçülü stratigrafi kes	iti
– 2 (ÖSK-2)	43
Sekil 7.1: Gökpınar Tufa'sının δ^{13} C - δ^{18} O dağılım grafiği	46
Sekil 8.1: Gökpınar, Honaz, Güney ve Sakızcılar tufalarının δ^{13} C ve δ^{13}	³ O
dağılımı	50

TABLO LÍSTESÍ

<u>Sayfa</u>

Tablo 5.1: Gökpınar kaynağının iyon, δ^{18} O, δ^{2} H ve trityum analiz sonuçları25
Tablo 5.2: Gökpınar kaynağının element analiz sonuçları (S ppm, diğerleri
ppb)25
Tablo 5.3: Gökpınar kaynağındaki majör iyonların mek/l ve %mek/l değerleri25
Tablo 5.4: Gökpınar kaynağının bazı minerallere göre doygunluk durumu30
Tablo 7.1 : Gökpınar tufalarının element analiz bileşimleri
Tablo 7.2: Gökpınar Tufasının duraylı izotop analiz sonuçları. 46
Tablo 7.3: Gökpınar sahasından alınan kayaç örneklerinin ⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr izotop
analiz sonuçları47
Tablo 8.1: Gökpınar, Honaz, Sakızcılar ve Güney Şelalesi tufalarının duraylı
izotop bileşimleri49

SEMBOL LİSTESİ

Ts	:	Laminalı/Stromatolit tufa fasiyesi
Tph	:	Fitoklast fasiyesi
Tf	:	Tufa Kumu fasiyesi
Tbr	:	Yosun tufafasiyesi
Ti	:	İntraklast fasiyesi
Т	:	Sıcaklık
S_y	:	Yamaç Molozu – Kuvaterner
St	:	Gökpınar Tufası – Kuvaterner
$\mathbf{Sp}_{\mathbf{k}}$:	Kolankaya Formasyonu – Üst Miyosen, Pliyosen
Som	:	Mortuma Formasyonu – Oligosen, Alt Miyosen
Sez	:	Zeybekölen Formasyonu – Paleosen, Eosen
Sa	:	Alüvyon – Kuvaterner
pН	:	Hidrojen İyon Konsantrasyonu
$\mathbf{Mk}_{\mathbf{c}}$:	Çatalca Tepe Kireçtaşları – Jura, Kretase
Mty	:	Yılanlı Formasyonu – Triyas, Kretase
Μ	:	Metre
K	:	Kuzey
Ec	:	Elektriksel İletkenlik
Eh	:	Ortamın Yükseltgen Derecesi
G	:	Güney
D	:	Doğu
CaCO ₃	:	Kalsiyum karbonat
В	:	Batı
°C	:	Santigrad Derece
0	:	Derece

ÖNSÖZ

Batı Anadolu'da yer alan Denizli Grabeni'nin farklı kesimlerinde traverten, tufa gibi Kuvaterner dönemi karasal karbonat çökelleri oldukça yaygındır. Bunların çoğu hidrotermal kökenli travertendir, buna karşılık tufa oluşumlarına daha az rastlanır. Havzada yer alan traverten ve tufalar son yıllarda farklı araştırmacılar tarafından farklı amaçlarla çalışılmış, ancak, havzanın güneyinde yeralan Gökpınar tufaları üzerinde şimdiye kadar kayda değer bir çalışma yapılmamıştır. Bu eksikliği gidermek amacıyla Gökpınar vadisi içinde yer alan tufalar tez konusu olarak seçilmiştir.

Gökpınar (Denizli) Tufalarının Sedimantolojik-Jeokimyasal İncelemesi konulu tezimin, her aşamasında bana destek olan danışmanım Prof. Dr. Mehmet Özkul'a teşekkür ederim. Çalışmalarım sırasında Gökpınar kaynak suyundan örnek alınması, analiz sonuçlarının değerlendirilmesinde destek olan Doç. Dr. Ali Gökgöz'e saygı ve teşekkürlerimi sunarım. Yüksek Lisans derslerini veren ve güler yüzleriyle karşılayan, diğer tüm hocalarıma teşekkür ederim.

Arazi çalışmalarına katılarak destek olan yüksek lisans öğrencisi Gürcan Elçi' ye ve lisans öğrencisi Oğulcan Şimşir'e teşekkür ederim. Ayrıca Antalya tufalarında yaptığı tez çalışmalarından edindiği deneyimleri paylaşan Mustafa Selman Arsay'a da teşekkür ederim. Tez süresince bana sabırla yaklaşan aileme teşekür ederim.

1. GİRİŞ

Karasal karbonatlar (Örneğin, gölsel kireçtaşları, traverten, tufa, sarkıt, dikit, akmataş ve kalkrit) depolandıkları ortamlar ve zaman aralıkları (Emeis ve diğ. 1987; Burger 1990; Ford ve Pedley 1996; Glover ve Robertson 2003; Pentecost 2005; Andrews 2006; Pedley 2009; Özkul ve diğ. 2010, Arenas ve diğ. 2010, 2014a, b; Koşun 2012; Arenas ve Jones 2017), eski iklim (Sancho ve diğ. 2015), tektonik (Altunel ve Hancock 1993; Van Noten ve diğ. 2013, 2019) ve depremsellikle (Uysal ve diğ. 2007, 2009; Gradzinski ve diğ. 2014) ilgili verileri içlerinde barındırırlar. Pamukkale, Yellowstone gibi bilimsel ve görsel açıdan eşsiz bazı traverten-tufa alanları ulusal veya uluslararası düzeyde doğa parkı, jeosit ya da jeopark olarak düzenlenmiştir. (Fouke 2011; Özkul ve diğ. 2013; Migoń ve diğ. 2017). Son yıllarda Güney Atlantik ve Batı Afrika olduğu gibi Dünya'nın bazı yerlerinde traverten ve tufa benzeri kayaçların hidrokarbon hazne kaya (rezervuar kaya) özelliği tasıdığı anlaşılmıştır (Sant-Anna ve diğ. 2004; Volery ve diğ. 2010; Wright 2012; Bahniuk ve diğ. 2015; Della Porta 2015). Türkiye ve bazı ülkelerde olduğu gibi, mermerdoğal taş sektörü, karasal karbonat kayaç grubunun önemli birer üyesi olan traverten ve tufa sahalarında işlettikleri ocaklardan elde ettikleri blokları ve bunların fabrikalarda işlenmiş ürünlerini iç ve dış pazarlara sunmaktadırlar (Çobanoğlu ve Çelik 2012; Çelik ve diğ. 2014). Bu gelişmelere bağlı olarak son yıllarda karasal kaynak çökelleri üzerinde oldukça ayrıntılı bilimsel ve teknik çalışmalar yapılmaktadır.

Tufa, su sıcaklığı günlük sıcaklık değerleri üzerine çıkmayan CaCO₃ bakımından zengin karstik kaynaklar çevresinde organik ve inorganik süreçlerin denetiminde depolanan karasal karbonat çökelidir. Bünyesinde belirgin bir şekilde mikro ve makro boyutta canlı kalıntıları (hayvan, bitki, alg, diyatom ve bakteri gibi) içerirler (Ford ve Pedley 1996; Pedley ve diğ. 2003; Arenas ve diğ. 2000; Özkul ve diğ. 2010). Buna karşılık traverten, jeotermal sahalarda derin dolaşımlı hidrotermal kaynak suları tarafından çökeltilir. (Chafetz ve Folk 1984; Guo ve Riding 1998; Minissale ve diğ. 2002; Kele ve diğ. 2011; Özkul ve diğ. 2013, 2014).

Tufa çökelleri için birkaç depolanma modeli önerilmiştir (Ford ve Pedley 1996; Pedley 2009). Bunlardan aşağıda kısaca söz edilmiştir.

- 1) Tünemiş kaynak dizisi tufaları,
- 2) Fluvyal tufalar,
- 3) Gölsel tufalar,
- 4) Paludal tufalar.

1) Tünemiş kaynak dizisi tufaları

Dağlık alanlardaki vadi yamaçlarında yer alan karstik kaynak önlerinde oluşurlar. Denizli'nin Güney ilçesi yakınlarında Menderes Nehri Vadisi'nin doğu yamacında yer alan Güney Şelalesi, bu tip tufa oluşumlar için güzel bir örnektir (Ceylan 2000; Horvatinčić ve diğ. 2005; Özkul ve diğ. 2010).

2) Flüvyal tufalar (akarsu tufaları)

Bu tufa modeli, karstik bir vadi boyunca yer alan bir ya da birkaç kaynak tarafından beslenen bir sistemdir. Karstik vadi içinde yer yer tufa setleri (bariyerleri/barajları) ve bu setlerin gerisinde irili ufaklı göller gelişebilir. Dünya'da güncel akarsu tufa sistemine en iyi örneklerden birisi, Hırvatistan'ın Dinarik karst bölgesinde bulunan Plitvice Ulusal Parkı'dır (Emeis ve diğ., 1987; Horvatinčić ve diğ., 2006). Çalışma konusunu oluşturan Gökpınar tufa çökelleri de bu grupta yer alır.

3) Gölsel (lacustrine) tufalar

Gölsel tufalar, göllerin sığ kenar kısımlarında bakteri, alg ve makro bitkilerin yığışımı sonucu ortaya çıkar. Gölün sığ suları yaz aylarında ısındığında bu organik yığışımlarda artış gözlenir ve kalsiyum karbonat doygunluk düzeyi artar. Makrobitki yığışımlarının sualtında kalmış kısımları üzerinde kalsiyum karbonat çökelir ve stromatolitik tümsekler (mounds) / mikrohermler ve büyük fitoherm resifleri gelişir (Ford ve Pedley 1996; Pedley 2009).

4) Paludal tufalar

Paludal tufalar, düşük eğimli ve drenajı kötü olan vadi tabanlarında kaynak dizisi tufaları olarak rastlanır. Tufa çökelleri vadi tabanının tamamını kaplayabilir ve vadi boyunca kilometrelerce uzanabilir (Pedley 2009).

1.1 Çalışmanın Amacı

Çalışmanın amacı, Denizli Havzası'nın güneydoğusunda il merkezine 15 km kadar uzaklıkta, Gökpınar Çayı vadisi boyunca yer alan tufa oluşumlarının fasiyes özelliklerini, depolanma mimarilerini, jeokimyasal özelliklerini de dikkate alarak incelemektir.

Denizli Havzası traverten - tufa gibi karbonat kaynak çökelleri (çoğunlukla traverten) bakımından oldukça zengindir. Bu çökeller havzanın değişik kesimlerinde (örneğin: Pamukkale-Karahayıt, Ballık, Aşağıdağdere, Yenice, Güney Şelalesi; Honaz – Karateke ve Gökpınar) irili ufaklı yüzeylemeler şeklinde gözlenir. Bugüne kadar bu yörelerde traverten-tufa çökelleri üzerinde değişik amaçlarla birçok çalışma yapılmıştır. Ancak Gökpınar yöresindeki tufa çökelleri üzerinde yapılmış herhangi bir ayrıntılı çalışma (lisansüstü tez ya da yayın) yoktur. Bu çalışma ile Gökpınar tufa çökellerinin ayrıntılı olarak çalışılması ve Denizli Havzası'ndaki diğer tufa çökelleri ile olan benzerlik ve farklılıklarının ortaya konulması hedeflenmiştir.

1.2 Çalışma Alanı

Çalışma alanı Ege Bölgesi'nin güneyinde, Denizli il merkezinin güneydoğusunda, Denizli-Muğla karayolu (E-87) üzerinde, Gökpınar–Cankurtaran yöreleri arasında yer almaktadır (Şekil 1). Çalışma alanı 1/25000 ölçekli topoğrafik haritalardan DENİZLİ M22-a3 paftasında yer almakta ve yaklaşık 25 km² lik bir alanı kapsamaktadır.



Şekil 1.1: Çalışma alanının yeri ve konumu

Çalışma alanının iklimi, yazları sıcak ve kurak, kışları ise ılık ve yağışlı Akdeniz iklimi ile yazları sıcak ve kurak kışları yağışlı ve soğuk olan karasal İç Anadolu iklimi arasında bir geçiş oluşturmaktadır. Denizli'de en fazla yağış 77 mm ile 06.02.1936'da, en yüksek sıcaklık 41.3°C ile 20.07.1973'de ve en düşük sıcaklık -11.6°C ile 09.02.1965 tarihinde kaydedilmiştir.

Denizli'de 1950-2010 yılları arasını kapsayan dönemde yapılan sıcaklık ve yağış ölçümlerine göre yıllık ortalama yağış 564,76 mm'dir; dönemde kaydedilen en düşük yağış Ağustos (8,95 mm), en fazla yağış Aralık (92,78 mm) ayında gerçekleşmiştir. Çalışma alanının yıllık ortalama sıcaklığı 14,4°C olup, en sıcak ay Temmuz (24,45°C), en soğuk ay Ocak (5,17°C) ayıdır. 1950-2010 yıllarında ait aylık sıcaklık ve toplam yağış ortalamaları, aynı dönem için yıllık toplam 1990'lı yılların başından itibaren yağış değerlerinin ortalamanın üzerinde sürekli olarak artış gösterdiği söylenebilir (Tabancalı 2020).

1.3 Literatür Özeti

Batı Anadolu'da Erken Miyosen'den bu yana genişleme tektoniği denetiminde gelişmiş olan Denizli Havzası Kuvaterner dönemi traverten ve tufa oluşumlarının (özellikle traverten) yaygın olduğu bir havzadır. Günümüzde Pamukkale'de ve havzanın diğer bazı kesimlerinde devam eden traverten ve tufa çökelimi en azından 1 milyon yıldan fazla bir zaman öncesi başlamıştır (Lebatard ve diğ. 2014). Havzanın farklı kesimlerindeki traverten ve tufa oluşumları farklı amaçlarla birçok çalışmaya konu olmuştur. Denizli travertenleri üzerindeki çalışmalardan bir kısmı neotektonik-aktif tektonik ve depremsellik açısından ele alınmıştır (Altunel 1996; Altunel ve Hancock 1993a, b; Çakır 1999; Altunel ve Karabacak 2005; Brogi ve diğ. 2014; Van Noten vd. 2013, 2019). Bazı çalışmalar ise sedimantoloji, traverten depolanmasında etkili olan süreçler, jeokimya, petrofizik ve yaşlandırma konuludur (Kele ve diğ. 2011, Özkul ve diğ. 2002, 2013; Claes ve diğ. 2015).

Denizli Havzası dışında Türkiye'de tufalar üzerinde yapılan çalışmalara bakıldığında; Antalya tufalarında yapılmış birkaç çalışma göze çarpmaktadır (Burger 1990; Glover ve Robertson 2003; Koşun 2012 ve Koşun ve diğ. 2019) 'dur. Tufalarla ilgili son zamanlarda yapılan Türkiye kaynaklı diğer çalışmalar, Mersin ili Aydıncık ilçesi yakınlarında Orhan ve Kalan (2015) tarafından yapılan çalışma ile Delikan ve Mert (2019)'un Konya güneyinde Göksu Irmağı (Yerköprü) üzerinde gelişmiş güncel tufalar üzerinde yaptıkları çalışmadır.

Denizli Havzası'nda tufa oluşumları traverten oluşumlarına kıyasla daha sınırlıdır. Havzadaki başlıca tufa alanları Güney Şelalesi (Özkul ve diğ. 2010), Honaz ilçesi yakınlarındaki Kayaaltı-Değirmenler-Emizazizli ve Colassae yöreleri (Horvatinčić ve diğ. 2005), kuzeyde Ağlayankaya (Horvatinčić ve diğ. 2005) ve Denizli il merkezi yakınlarındaki Gökpınar tufalarıdır. Ancak bu tez çalışmasından önce Gökpınar tufalarını konu alan ayrıntılı bir çalışma yapılmamıştır.

1.4 Metod

Tez çalışmalarında kullanılan metodlar tufalarda ve Gökpınar Kaynağı'nda yapılan arazi çalışmaları, ölçülü kesitlerin çizimi, büro çalışmaları, ince kesit hazırlanması ve incelenmesi, XRD, SEM, XRF, ICP-MS element analizleri, duraylı izotop (δ^{13} C ve δ^{18} O) analizlerinden oluşmaktadır. Bunlar aşağıda sırasıyla açıklanmıştır.

Gökpınar Kaynağı'ndan boşalan suyun kimyasal ve izotopik bileşimini belirlemek için 27.11.2019 tarihinde su numuneleri alınmış; yerinde ölçümler (su sıcaklığı -T°C, pH, EC ve Eh) yapılmıştır. Söz konusu ölçümlerde HACH-LANGE HQ40D model multimetre kullanılmış; ölçümlerden önce, her parametre için cihaz standart çözeltilerle kalibre edilmiştir. Serbest CO₂ miktarı NaOH, CO₃ ve HCO₃ miktarları da H₂SO₄ titrasyonu ile (mikrotitratör, HACH-LANGE kimyasalları ve H₂SO₄ şırıngalarının kullanımıyla) belirlenmiştir.

1.4.1 Su Analizleri

Majör iyon (Na⁺, K⁺, Ca⁺², Mg⁺², Li⁺, NH₄⁺, Cl⁻, SO₄⁻², F Br⁻, NO⁻², NO₃⁻) analizleri için örnek 250 ml lik çift tıpalı HDPE (yüksek yoğunluklu polietilen) şişeye filtre edilerek (0.45 µm) alınmış ve laboratuvara ulaştırılıncaya kadar soğuk ortamda (+4°C'nin altında) saklanmıştır. Element analizi için örnek 100 ml lik HDPE şişelere filtre edilerek alınmış ve daha sonra ultra saf HNO₃ ilave edilerek örneğin pH'1 2 veya altına indirilmiştir. ¹⁸O ve ²H analizi için ise örnekler, 500 ml lik çift tıpalı HDPE şişelere, hava kabarcığı bırakmadan alınmıştır. ¹³C analizleri için örnek 100 ml lik çift tıpalı kahverengi cam şişeye filtre edilerek alınmış ve laboratuvara ulaştırılıncaya kadar soğuk ortamda (+4°C'nin altında) saklanmıştır. Örneklemelerin tamamında yeni şişeler kullanılmış, örnekleme öncesi, örneklenecek suyla, filtreleme gerektiren örneklemelerde filtrelenmiş suyla üç kez çalkalanmıştır.

Su örneğinin iyon ve trityum analizleri Hacettepe Üniversitesi Su Kimyası ve Çevresel Trityum Laboratuvarları'nda, element analizleri Bureau Veritas'ta (Kanada), ¹⁸O ve D (2H, döteryum) duraylı izotop analizleri DSİ TAKK (Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Teknik Araştırma ve Kalite Kontrol Daire Başkanlığı İzotop Laboratuvarı'nda yapılmıştır. ¹³C izotop analizi için su numunesi ODTÜ MERLAB'a gönderilmiş, ancak bu laboratuvardaki sorun nedeniyle analiz henüz yapılamamıştır.

1.4.2 Arazi Çalışmaları

Arazi çalışmalarının ilk birkaç gününde Gökpınar Vadisi boyunca oluşmuş tufa çökellleri ve çevredeki yaşlı temel kayalarda gözlemler yapılmış, ayrıntılı stratigrafik-sedimantolojik kesit ölçüm yerleri ve gözlem noktaları belirlenmiştir. Bu sırada çalışma alanının jeolojik haritası gözden geçirilmiş, Kolankaya Formasyonu ve Gökpınar tufalarında tabaka eğim-doğrultuları ölçülmüştür. İlk birkaç gün içinde belirlenen kesit ölçüm yerlerinde daha sonraki günlerde ayrıntılı kesit ölçümleri gerçekleştirilmiş, kesit ölçümleri sırasında sistematik örnek alımı yapılmıştır. Temel birimlerden de az sayıda örnek alınmıştır. Arazide yapılan gözlemleri kayıt altına almak amacıyla dijital kamera ile fotoğraflar çekilmiştir.

1.4.3 Büro Çalışmaları

Büro çalışmaları kapsamında mevcut literatür araştırılmış ve derlenmiş, daha önce yapılmış jeoloji haritaları gözden geçirilmiş; değişik bilgisayar programları kullanılarak şekil, grafik ve tablolar kullanıma hazır hale getirilmiştir.

1.4.4 Laboratuvar Çalışmaları

Labotatuvar çalışmaları kapsamında, araziden alınan örnekler üzerinde gerçekleştirilen incelemeler - analizler aşağıdaki paragraflarda verilmiştir.

Optik mikroskop çalışmaları

Tufa ve temeli oluşturulan kaya birimlerinin minerolojik-petrografik ve dokusal özelliklerini belirlemek için hazırlanan ince kesitler Leica-DM750P model polarizan mikroskopta incelenmiş ve mikroskop görüntüleri alınmıştır.

XRD analizleri

Gökpınar tufası'ndan ve yakın çevredeki temel kaya birimlerinin mineralojik bileşimlerini belirlemek için alınan örnekler arasından seçilmiş on adet kayaç örneği Pamukkale Üniversitesi İleri Teknoloji Araştırma Merkezi'nde (PAÜ - İLTAM) bulunan XRD (X-ray powder diffraction) cihazı ile analiz edilmiştir. XRD ölçümleri 45 kV ve 35 mA koşullarında CuKα ışımalı Philips PW 1710 cihazı ile yapılmıştır.

Taramalı elektron mikroskobu çalışmaları

Taramalı Elektron Mikroskopu (SEM) yüksek çözünürlüklü ve yüksek büyütmeli görüntü elde etmek için vakum ortamında oluşturulan ve aynı ortamda elektromanyetik merceklerle inceltilen elektron demeti ile incelenecek malzemeyi analiz etme imkânı sunar.

Mikroskopta elde edilen görüntüler, elektron demetinin malzeme ile olan etkileşiminden ortaya çıkan ışımalar veya geri yansıyan elektronlar sayılarak oluşturulur.

Analiz için, seçilen örneklerden alınan küçük parçalar (birkaç mm ile 1.0-1.5 cm'ye kadar) preparatlara yapıştırılmış, daha sonra üzerleri iletkenliği sağlamak amacıyla altınla veya karbonla kaplanmış ve vakum altında analiz edilir. 100 mikrondan 50000 mikrona kadar büyütülen örneklerden minerallerin morfolojisi ve kayaçların genel dokuları incelenmektedir.

Bu çalışmada, Taramalı Elektron Mikroskopu (SEM) ile seçilmiş Gökpınar tufa örneklerinin, yüksek büyütmelerde dokusal özellikleri incelenmiştir. Analizler, Pamukkale Üniversitesi İleri Teknoloji ve Araştırma Merkez (İLTAM) Laboratuvarı'nda FESEM SUPRA 40 VP marka alan emisyonlu taramalı elektron mikroskobu ile yapılmıştır. İnceleme öncesi tufa örneklerinden koparılan birkaç mm - cm çapındaki küçük kıymıklar/parçalar Au- Pd ile iki kez kaplanmıştır.

Element analizleri

Tufa örneklerinin element analizleri, ODTÜ Merkez Laboratuvarları Kimyasal Analiz Laboratuvarı'nda (KAL) Endüktif Eşleşmiş Plazma Kütle Spektrometresi (ICP-MS) ve Endüktif Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektrometresi (ICP-OES) ile yapılmıştır.

Duraylı izotop analizleri

Tufa örneklerinin duraylı karbon (δ^{13} C) ve oksijen (δ^{18} O) analizleri ODTÜ Merkez laboratuvarında Duraylı İzotop Laboratuvarı'nda (DİL) yapılmıştır.

Karbonat numunelerinde δ^{13} C ve δ^{18} O izotop oranı tayini deneyi Gas Bench Sürekli Akış İzotop Oranı Kütle Spektrometresi (Delta Plus XP Isotope Ratio Mass Spectrometer - ThermoFinnigan) tekniği kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Karbonat numuneleri 0.2-0.4 mg arasında hassas terazide tartılıp numune haznelerine verleştirilmiştir. Her numune Ortho-Phosphoric acid-%99 (MERCK) (yaklaşık 0.1 ml) ile yaklaşık 70°C'de tutulan otomatik örnekleyici tablada bir süre (yaklaşık 2 saat) tepkimeye bırakılmıştır. Bu tepkime sonucu açığa çıkan CO₂ gazı Gas Bench ara birimi tarafından saflaştırıldıktan sonra izotoplarına ayrılması için kütle spektrometresine yollanmştır. CO2 gazına ait iyon oranları ISODAT software tarafından ham izotopik oranlara dönüştürülmüştür. Analizlerde ana standart olarak "NBS19 Limestone (NIST)" (δ^{13} C: ‰1.95 ve δ^{18} O: ‰ -2.20) standardı numuneler ile birlikte her deney setinde analiz edilmiş ve cihaz tarafından belirlenen numunelere ait ham izotop oranlarının gerçek izotop değerlerine dönüştürülmesinde kullanılmıştır. Sonuçlar binde (‰) VPDB (Vienna Pee Dee Belemnite)'ye göre belirlenmistir. δ^{13} C ve δ^{18} O izotop oranlarına ilişkin sigma (σ) hata payları ‰ 0.2'yi aşmamaktadır.

Sr izotop analizleri

Sr izotop analizleri ODTÜ Merkez Laboratuvarı Radyojenik İzotop Laboratuvarı'nda, Köksal ve diğ. (2017)'de ayrıntıları ve koşulları verilen metodları baz alan laboratuvar içi deney talimatları uygulanarak yapılmıştır. Tartım, kimyasal çözme ve kromotografi işlemleri 100 temizlik standardında, temiz laboratuvar koşullarında ultra saf su ve kimyasalları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Numunelerden yaklaşık 100'er miligram tartılarak PFA şişelere aktarılmıştır. Numuneler sırasıyla De-iyonize su, 14 N HNO₃ ve 6 N HCl ile birer gün süreyle >100°C'lik ısıtıcı tabla üzerinde çözülmüştür. Isıtıcı tabla üzerinde buharlaşmaya yakın kurutulan örnekler 1 ml 2.5 N HCl içine alınmış ve kromatografiye hazır hale getirilmiştir. Sr elementi 2.5 N HCl asitle 2 ml hacimde Bio Rad AG50 W-X8, 100-200 mesh reçine kullanılarak teflon kolonlarda ayrılmıştır. Sr'un toplanmasından sonra 6 N HCl ile nadir toprak elementleri fraksiyonu toplanmıştır. Stronsiyum, tek Re-filamenti üzerine Ta-aktivatör ve 0.005 N H₃PO₄ kullanılarak yüklenmiş ve statik modda ölçülmüştür. ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr verileri ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr =0.1194'e normalize edilmiştir. Ölçümler sırasında Sr NBS 987 standardı 0.710255±5 (n=2) olarak ölçülmüştür. Stronsiyum izotop oranı ölçüm sonuçları üzerinde herhangi bir bias düzeltmesi yapılmamıştır. Ölçümler, Triton Termal İyonizasyon Kütle Spektrometresi (Thermo-Fisher) kullanılarak çoklu-toplama ile yapılmıştır. Analitik belirsizlikler 2σ düzeyindedir.

2. STRATİGRAFİ

Bu bölümde çalışma alanı ve yakın çevresinde yüzeyleyen kaya birimlerinin (Şekil 2.1 ve 2.2) bölgesel jeoloji içindeki konumları, yayılımları, kalınlıkları, dokanak ilişkileri ve yaş konakları tektonostratigrafik ilişkilerine göre aşağıda ayrıntılı olarak verilmiştir.



Şekil 2.1: Gökpınar yöresinin jeoloji haritası (Okay 1989 ve 2016 yılı kamp stajı haritalama çalışmalarından yararlanılmıştır).

2.1 Yılanlı Formasyonu

Menderes Masifi'nin örtü birimlerinden olan gri-açık gri renkli, kalın tabakalı ve yer yer masif sığ denizel (neritik) kireçtaşları Meşhur ve Akpınar (1984) tarafından daha önce Yılanlı Formasyonu olarak adlandırılmıştır (Okay 1989).

Birim çalışma alanının doğusunda Honaz Dağı'nın batıya bakan yamaçlarında yüzeyler (Şekil 2.1). Kalınlığı 1500 m'ye kadar çıkan birim olası bir uyumsuzlukla Pınarlar Formasyonu üzerine gelir. Serinhisar batısında, istifin en üst kesimlerinde rastlanan rudist kırıntılarına göre birimin yaş konağı, diğer bölgelerde olduğu gibi, Triyas'tan Alt Kretase'ye kadar çıkar (Şekil 2.2).

Batı Anadolu'da, Denizli-Bafa arasında Yılanlı Formasyonu'nda yer yer boksit oluşumları gözlenir. Ancak Denizli GB'sında Menderes Masifi'nin ana kütlesi içinde boksit oluşumlarına rastlanmamıştır. Bu durum, karbonat platformunun bu bölgede göreceli derin olmasıyla açıklanmıştır (Okay 1989).



Şekil 2.2: Çalışma alanı ve çevresinin tektonostratigrafik dikme kesiti (Okay 1989'dan yararlanılarak hazırlanmıştır).

2.2 Zeybekölen Tepe Formasyonu

1000 m'den fazla kalınlığa sahip birim, rekristalize pelajik kireçtaşı ve şeylden oluşur. Yılanlı Formasyonu'nun sığ denizel kireçtaşlarını uyumlu olarak üzerler (Şekil 2.2). Çalışma alanında stratigrafik olarak Menderes Masifi'nin en üst kesimini oluşturan bu birim, masifin ana kütlesi içindeki karşılığından önemli kalınlık ve litoloji farklılıkları gösterdiği için ayrı bir formasyon olarak tanımlanmıştır. Formasyon ismini Tavas'ın doğusundaki Zeybekölen Tepe'den alır (Okay 1989). Zeybekölen Tepe Formasyonu yaygın olarak Tavas doğusunda ve Honaz Dağı yamaçlarında yüzeyler. Birim hafif metamorfizma geçirmiş, gri-açık gri, kırmızı ince-orta tabakalı, kireçtaşlarından oluşur ve yer yer çört yumrulu şeylli kireçtaşı, gevrek ince taneli açık yeşil şeyllerle ardalanır. Formasyon, Honaz Dağı'nda, 2-3 cm kalınlığında beyaz çört bantları içeren ince-orta tabakalı, gri pelajik kireçtaşları ile başlar (Okay 1989).

Çalışma alanında Zeybekölen Tepe Formasyonu, sahanın doğusunda Murtat Çeşmesi çevresinde gözlenmiştir (Şekil 2.3). Bu alanda birim laminalı-ince-orta tabakalı, pembe-bordo, yer yer gri renkli ve oldukça kırıklıdır. Mikroskop altında mikritik doku yaygındır (Şekil 2.4a,b). Mikro çatlaklar açık renkli sparikalsitle doldurulmuştur (Şekil 2.4a) ve mikro çatlaklar boyunca yer yer stilolit oluşumları gözlenir. Stilolitler kahverengi demir oksit boyamaları ile belirgindir (Şekil 2.4b)



Şekil 2.3: Zeybekölen Tepe Formasyonu'nun arazi görünümü. Çalışma alanının doğusu, Murtat Çeşmesi yakını. Bakış doğuya.



Şekil 2.4: Zeybekölen Tepe Formasyonu'ndan alınan bordo renkli pelajik kireçtaşı örneğinin ince kesit görüntüleri. a) Kısmen rekristalize olmuş mikritik doku (m) ve açık renkli iri sparikalsit (sk) ile doldurulmuş mikro çatlak. b) Mikritik doku içinde gelişmiş stilolit yapısı (s).

Bu çörtlü kireçtaşları üste doğru ince tabakalı pembe kireçtaşlarına, şeylli kireçtaşlarına ve şeyllere geçer. Sandak biriminin (Alt Eosen-Alt Kretase) Gereme Formasyonu (Alt Triyas-Liyas), Zeybekölen Tepe şeyllerini bir nap dokanağı ile üzerler. Menderes Masifi'nin (Mesozoyik) ana kütlesi içindeki pelajik kireçtaşları ve Paleosen-Eosen yaşlı fliş Zeybekölen Tepe Formasyonuna eşdeğer olup, Bafa Gölü'nden Denizli'ye kadar masifin en üst kısmını tanımlayan bir kılavuz seviye olarak izlenir.

2.3 Çatalca Tepe Kireçtaşı

Çatalca Tepe Kireçtaşı birimi, çalışma alanının güneyinde Ortaca Dağı'nda yüzeyler. Birim ismini Çatalca Tepe'den alır (Şekil 2.1). Çatalca Tepe'de birimin maksimum kalınlığı Okay (1989) tarafından 750 m olarak bildirilmiştir (Şekil 2.2). Çatalca Tepe Kireçtaşı, Honaz Ofiyoliti ile tektonik dokanaklıdır. Bu tektonik dokanak Honaz Dağı'nın kuzeydoğusunda Kale Tepe çevresinde gözlenir (Okay, 1989). Gri-koyu gri, masif-kalın tabakalı kireçtaşı biriminin (Şekil 2.5) dış yüzeylerinde lapya (karen) türü karstik erime şekilleri gelişmiştir (Şekil 2.6). Kireçtaşları mikro çatlaklı ve çatlaklar beyaz kalsit dolguludur. Gri renkli kireçtaşı biriminden alınan örneklerden (Şekil 2.7) yapılan ince kesitlerde mikritik dokunun egemen olduğu gözlenmiştir (Şekil 2.8).



Şekil 2.5: Çatalca Tepe Kireçtaşı'nın arazi görünümü. E-87 karayolundan batıya bakış

Önceki çalışmalarda Çatalca Tepe Kireçtaşı'nın hafifçe rekristalize olmuş 'mikrit-dismikrit' ya da 'seyrek paketlenmiş biyomikrit' dokusu gösterdiği ve toplanan örneklerde Ostracoda, Milliolidae, Opthalmidiidae, Gastropoda, Brachiopoda, *Clodocoropsis* sp. gibi fosillerin tayin edildiği belirtilmiştir (Erakman vd., 1986). Bunlar arasında *Clodocoropsis* sp. Geç Jura-Erken Kretase yaş aralığını işret etmektedir (Erakman ve diğ. 1986). *Clodocoropsis* sp. fosil bulgusu ve Sandak biriminin genel stratigrafik konumu göz önüne alındığında, Çatalca Tepe kireçtaşının yaş konağı Dogger-Geç Kretase'dir. Ancak bu çalışmada birimden alınan bir örnekten (GP-19 nolu örnek) Geç Triyas'ı işaret eden 0.70823 ± 18 'lik bir Sr izotop yaşı elde edilmiştir



Şekil 2.6: Çatalca Tepe kireçtaşı biriminin yakından görünümü ve birimin doğuya bakan yüzeylerinde lapya (=karen) türü karstik erime şekilleri.



Şekil 2.7: Çatalca Tepe kireçtaşından alınan el örneğin yakından görünümü.



Şekil 2.8: Çatalca Tepe kireçtaşı biriminden bir ince kesit görüntüsü.

2.4 Mortuma Formasyonu

Mortuma Formasyonu, GB Anadolu'da yaygın olarak görülen post tektonik molas fasiyesini temsil eden bir birimdir. Birim Çukurköy, Tavas ve Kale dolaylarında yüzeylemeler verir. Çukurköy çevresinde, birim altta iyi yuvarlaklaşmış serpantinit çakıllarının egemen olduğu ve önceki çalışmalarda 'Karadere Formasyonu' olarak adlandırılmış kırmızımsı yeşil konglomeralarla başlar. Konglomera seviyeleri kırmızı çamurtaşları ile ardalanmalıdır.

Üst kesimlerinde kahverengi-yeşil; yer yer gri kumtaşı, silttaşı, çamutaşı, kiltaşı ve devamlı olmayan kömürlü seviyelerden oluşur. Toplam kalınlığı 800 m olan birim, üstten Kolonkaya Formasyonu (veya Yatağan Formasyonu) tarafından uyumsuz olarak örtülür. Çukurköy'ün 4 km güneyinden toplanan makrofosillere göre birime Rupeliyen-Helvesiyen (Erken Oligosen)-Orta Miyosen yaşı öngörülmüştür (Becker-Platen 1970; Okay 1989). Daha sonra Kale ilçesi (Denizli) çevresinden derlenen fosil bulgularına göre birimin üst yaş konağı Akitaniyen (Erken Miyosen) olarak bildirilmiştir (Becker-Platen 1970, Gökçen 1978). Kale ilçesi civarında birim, Geç Akitaniyen - Geç Burdigaliyen yaşlı sığ denizel kireçtaşları (Kale Formasyonu) tarafından uyumsuz olarak üzerlenir (Özcan ve diğ. 2008; Büyükmeriç 2017). Bu çalışmada birimin yaş konağı Oligosen-Alt Miyosen olarak kabul edilmiştir.

Çalışma alanında birim Honaz Dağı'nın batıya bakan yamaçlarının alt kesimlerinde ve Gökpınar vadisi tabanında sınırlı alanlarda izlenir. Gri kumtaşı, silttaşı ve çamurtaşları ile temsil edilir.

2.5 Kolonkaya Formasyonu

Denizli Grubu olarak adlandırılan Neojen istifinde alttan üste doğru, stratigrafik olarak Kızılburun, Sazak, Kolonkaya ve Tosunlar Formasyonları yer alır (Taner 1974a, 1974b, 1975; Alçiçek ve diğ. 2007). Denizli Grubu'nun toplam kalınlığı 1300 m'dir (Alçiçek ve diğ. 2007; Alçiçek 2010). İstife erken Orta Miyosen - Alt Miyosen yaşı atfedilmiştir (Erten ve diğ. 2014). Kolonkaya Formasyonu (Erten ve diğ. 2014) ilk defa Şimşek (1984) tarafında tanımlanmıştır. Kumtaşı, silttaşı, kiltaşı ve gölsel kireçtaşından oluşan istif (Şekil 2.9), Sazak Formasyonu'nu uyumlu olarak üzerler. Havza içinde formasyonun kalınlığı 75–600 m arasında değişir ve kalınlık kuzeyden güneye artış gösterir.



Şekil 2.9: Çalışma alanının kuzeybatısında Kolonkaya Formasyonu'nun arazi görünümü.

2.6 Kuvaterner

Çalışma alanında Kuvaterner birimleri Gökpınar tufası, yamaç molozu ve alüvyonlarla temsil edilir. Bu birimler aşağıda sırasıyla açıklanmıştır.

2.6.1 Gökpinar Tufası

Gökpınar tufası, stratigrafik olarak Mesozoyik ve Neojen temel birimleri üzerine açısal uyumsuzlukla gelir (Şekil 2.2), ancak tufa istifinin tabanı net olarak gözlenememiştir. Tufa oluşumları, Gökpınar vadisinin her iki tarafında (Şekil 2.10), Kanlıdüz, Şahin Tepesi ve Gökpınar kaynağı çevresinde gözlenir. KB-GD doğrultusunda yaklaşık 3 km uzanıma sahiptir. Ölçülen 2 stratigrafik kesite göre kalınlık 70 m'nin üzerindedir. Kesitler tabanda kalın bir çakıltaşı seviyesi ile başlar. Çakıltaşlarının üzerine gelen kırıntılı tufa seviyelerinde eski dönemlerde barınma amaçlı mağaralar açılmıştır (Şekil 2.11).



Şekil 2.10: Gökpınar vadisi ve vadi yamaçlarında görülen tufa oluşumları. Bakış: GD'ya (vadi yukarı).



Şekil 2.11: Kırıntılı tufa seviyelerinde eski dönemlerde barınma amaçlı açılmış mağaralar.

2.6.2 Yamaç Molozu

İnceleme alanında Gökpınar Tufası dışında diğer Kuvaterner oluşumları yamaç molozu, kolüvyon ve dere yataklarının gevşek alüvyonlarından ibarettir. Blok, çakıl, kum, silt ve kil boyutundaki oldukça köşeli ve heterojen malzemeden oluşan yamaç molozları, fay zonuna bağlı olarak gelişen tuturulmamış düzensiz yapılardır. İnceleme alanındaki fay düzlemlerinden ve yamaçlardaki kaya bloklarının fiziksel ve kimyasal ayrışmalarıyla kopan farklı boyutlardaki parçaların yamaç üzerinde birikmeleri sonucu oluşmuşlardır.

Yamaç molozları (kolüvyonlar) Honaz Dağı'nın batı yamaçlarında yaygındır. Yamaçların yüksek kesimlerindeki karbonatlı birimlerden türemiş irili ufaklı, köşeli, parçalar yamaçların eteklerinde birikmişlerdir. Yer yer kolüvyal yelpaze gelişimleri gözlenir.

Yamaç molozunu oluşturan malzemenin cinsi koptukları, ana kayanın cinsine bağlı olarak değişmektedir. İnceleme alanındaki breşik kireçtaşları da bu şekilde

mostranın üst seviyelerinde bulunan ana kayadan yani kireçtaşlarından koparak oluşmuştur.

2.6.3 Alüvyon

•

İnceleme alanının özellikle topoğrafik eğimin azaldığı alanlarda yayılım gösterir. Gökpınar Çayı vadi yatağı boyunca gözlenen alüvyonlar gevşek, siltten çakıl ve blok boyutuna kadar değişen tutturulmamış kırıntılı genç tortullardır. Çakıl boyu kırıntılar genellikle kireçtaşı ve ofiyolitik kayaç grubuna (peridotit, serpantinit vb) aittir.

3. YAPISAL JEOLOJİ

Bu bölümde Gökpınar tufalarından ölçülen tabaka duruşları doğrultu, eğim yönü ve eğim miktarı gül diyagramları hazırlanarak değerlendirişmiştir.

3.1 Tabaka Duruşları

Arazi çalışmaları sırasında Gökpınar tufalarından tabaka duruşları ölçülmüştür (Şekil 3.1). Tufa tabakaları çoğunlukla KD-GB doğrultulu (Şekil 3.1a) ve genellikle 10-30° ile GD'ya eğimlidir (Şekil 3.1b, c).



Şekil 3.1: Gökpınar tufalarının doğrultu, eğim miktarı ve eğim yönü gül diyagramları. a) Doğrultu gül diyagramı, b) Eğim miktarı gül diyagramı, c) eğim yönü gül diyagramı.

4. KÜTLE HAREKETLERİ

Gökpınar vadisi sağ sahilinde tufa kütlesinin, altında yer alan Kolonkaya Formasyonu'nun kiltaşı, marn türü ince taneli çökellerinin dere suları tarafından aşındırılmasına bağlı olarak dairesel bir kütle hareketi gelişmiştir (Şekil 4.1). Kütle hareketi sonucu tufa biriminde güney-güneybatı yönünde vadi tabanına doğru çökmeler ve kaymalar meydana gelmiştir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1: Gökpınar tufa biriminde gelişmiş bir kütle hareketi. Bakış kuzeydoğuya.
5. HİDROJEOLOJİ

5.1 Gökpinar Kaynağı

Gökpınar karst kaynağı Denizli il merkezinin yaklaşık 15 km güneydoğusunda yer alır. Kaynak Jura-Kretase yaşlı Çatalca Tepe kireçtaşlarından yaklaşık 600 m kodundan boşalır (Şekil 5.1). Bu birim bol çatlaklı, kırıklı ve karstik bir yapıya sahip olup, verimli bir akifer özelliği taşır. 1900-1993 dönemi ölçümlerine göre Gökpınar kaynağının debisi 0,774 ile 1,21 m³/s arasında değişmiş, ortalama değer 1,136 m³/s olmuştur (Özler 1999). Kaynağın suyu bir iletim hattı aracılığıyla cazibe ile Denizli il merkezine ulaştırılmaktadır. Kaynak, kentin içme suyu ihtiyacının karşılanmasında önemli bir yer tutmaktadır.



Şekil 5.1: Gökpınar Kaynağı.

5.2 Hidrokimya

Bu bölümde Gökpınar kaynak suyunun kimyasal ve izotopik bileşimi, kimyasal sınıflaması ve kaynak kaya özellikleri verilmiştir.

5.2.1 Gökpinar Kaynağının Kimyasal Kompozisyonu

Gökpınar kaynak suyunda yerinde (=insitu) ölçümlerde suyun sıcaklığı (T°C) 14.6°C, elektriksel iletkenlik (EC) değeri 531 μ s/cm ve pH=7.50 olarak belirlenmiştir (Tablo 5.1). Kaynağın kimyasal ve izotop analiz sonuçları Tablo 5.1 ve 5.2'de verilmiştir.

Tablo 5.1: Gökpınar kaynağının iyon, $\delta^{18}O$, $\delta^{2}H$ ve trityum analiz sonuçları (Anyon ve katyonlar mg/l, δ^{O} ve $\delta^{2}H$ ‰V-SMOW cinsindendir).

Т	pН	EC	Ca^{+2}	Mg^{+2}	Na ⁺	\mathbf{K}^+	Cl	SO ₄ ⁻²	HCO ₃ -	F	Br⁻	NO ₃ ⁻	Li ⁺	$\delta^{18}O$	$\delta^2 H$	T (TU)
14.6	7.5	531	98,2	18,1	3,8	0,6	3,7	84,2	298,9	0,11	0,015	7,8	0,002	-8,92	- 55,95	0,16 ±0,41

Tablo	5.2:	Gökpınar	kaynağının	element	analiz sonu	ıcları	(S ppm	, diğerleri ppt).
			J U			,	11	, , , , , , , , , , , , , , , , , , , ,	

Ag	Al	As	Au	В	Ba	Be	Bi	Br	Cd	Ce	Co	Cr	Cs	Cu	Dy
< 0.0	<1	1,4	< 0.0	12	57,8	< 0.0	< 0.0	15	< 0.0	0,02	<0,0	5,4	0,18	2,4	< 0.0
Er	Eu	Fe	Ga	Gd	Ge	Hf	Hg	Ho	In	La	Lu	Mn	Мо	Nb	Nd
< 0.0	< 0.0	<10	< 0.0	< 0.0	<0,0	< 0.0	< 0.1	< 0.0	< 0.0	0,02	< 0.0	0,83	0,4	< 0.0	<0,0
Ni	Р	Pb	Pd	Pr	Pt	Rb	Re	Rh	Ru	S	Sb	Sc	Se	Si	Sm
<0,2	26	<0,2	< 0.0	< 0.0	< 0.0	0,76	< 0.0	0,03	< 0.0	33	0,20	<1	<0,5	5552	< 0.0
Sn	Sr	Та	Tb	Те	Th	Ti	Tl	Tm	U	V	W	Y	Yb	Zn	Zr
<0,0	855,	< 0.0	< 0.0	< 0.0	< 0.0	<10	< 0.0	< 0.0	0,86	1,1	<0,0	<0,0	< 0.0	1,2	0.02

Tablo 5.3: Gökpınar kaynağındaki majör iyonların mek/l ve %mek/l değerleri.

Ca ⁺²	Mg^{+2}	Na ⁺	\mathbf{K}^{+}	Toplam	Cl	SO_4^{-2}	HCO ₃ ⁻	Toplam	Su Tipi		
	mek	/1				mek/l					
4,90	1,49	0,17	0,02	6,58	0,11	1,75	4,90	6,76	Ca-Mg-		
	% me	k/l				% mek	/1		SO ₄		
74,47	22,64	2,58	0,31	100	1,63	25,89	72,48	100			

5.2.1.1 Gökpinar Kaynağı Suyunun Kimyasal Sınıflaması

Gökpınar kaynağı suyu aşağıda katı madde miktarına göre, Piper ve Schoeller diyagramlarına göre ve Uluslararası Hidrojeologlar Birliği (IAH) standartlarına göre sınıflandırılmıştır.

5.2.1.1.1 Çözünmüş Toplam Katı Madde Miktarına Göre Sınıflama

Bu sınıflamada toplam iyon miktarları 1000 mg/l'den düşük sular "tatlı sular" sınıfına girer. Buna göre, toplam iyon miktarı 515,54 mg/l olan Gökpınar suyu "tatlı sular" sınıfına girer.

5.2.1.1.2 Piper Sınıflaması

Piper üçgen diyagramlarla suları sınıflandırmıştır. Bu sınıflamaya göre her bir üçgende, anyon ve katyonların kimyasal özelliklerini saptamak mümkündür. İnceleme alanındaki suların içerdiği iyonlar % mek/l cinsinden Piper diyagramına yerleştirilmiştir (Şekil 5.2). Buna göre, inceleme alanı sularında

- Toprak alkali elementler (Ca+Mg), alkali elementlerden (Na+K) fazladır,
- Zayıf asit kökleri (HCO₃+CO₃), güçlü asit köklerinden (Cl+SO₄) fazladır ve bu sular karbonat sertliği %50'den fazla olan sulardır (CaCO₃ ve MgCO₃'lü sular).



5.2.1.1.3 Schoeller Sınıflaması

Schoeller, suları klorür, sülfat ve bikarbonat miktarlarına göre sııflamıştır. Bu sınıflamaya göre Gökpınar suyu olağan klorürlü (rCl<15 mek/l), olağan sülfatlı (SO₄<6 mek/l) ve "olağan karbonatlı" (2 mek/l< $HCO_3+CO_3<7$ mek/l) sular sınıfına girmektedir (Tablo 5.3).

5.2.1.1.4 Uluslararası Hidrojeologlar Birliği (IAH) Sınıflaması

Suları adlandırmak, birbiri ile karşılaştırmak, kaya-su etkileşimlerini araştırmak ve kökeni ile ilgili yorum yapabilmek amacıyla suların türünün belirlenmesine yönelik çeşitli yöntemler önerilmiş olup, bu çalışmada Uluslararası Hidrojeologlar Birliği (IAH) sınıflaması kullanılmıştır. Buna göre suda çözünmüş başlıca anyon ve katyonlar ayrı ayrı olmak üzere mek/l olarak hesaplanmış, %20'den fazla çözünmüş bulunan iyonlar, önce katyonlar sonra anyonlar yazılarak su türünü belirlemektedir (IAH 1979).

Gökpınar suyunun IAH sııflaması Tablo 5.3'de verilmiştir. Buna göre Gökpınar suyu hdrokimyasal olarak Ca-Mg-HCO₃-SO₄ tipindedir.

5.2.2 Kaynak Kaya

Gökpınar suyu Çatalca Tepe kireçtaşlarından boşalmaktadır. Rosen (2001) kalsitçe zengin karbonatlı kayalardan gelen suların mek/l olarak çizilen Ca-HCO₃ diyagramında 1:1 çizgisi üzerine düşeceğini belirtmiştir. Gökpınar suyunun Ca ve HCO₃ değerleri eşit olup, 4.90 mek/l'dir (Tablo 5.3). Bu durumda Gökpınar suyu Ca-HCO₃ diyagramında 1:1 çizgisi üzerine düşmüştür (Şekil 5.3). Buradan, Gökpınar suyunun kalsitçe zengin Çatalca Tepe kireçtaşlarından geldiği anlaşılmaktadır. Bunun dışında suyun diğer iyon ve element derişimlerinde bir anomali yoktur.



Şekil 5.3: Gökpınar kaynağının Ca-HCO₃ diyagramı.

5.2.3 Gökpınar Kaynağının İzotop (¹⁸O, D Ve T) Kompozisyonu

Gökpınar kaynağının δ^{18} O değeri -8.92 (‰SMOW) ve δ D değeri -55.95 (‰ SMOW)'dir (Tablo 2). δ^{18} O- δ D grafiğinde Gökpınar kaynağı "Küresel Meteorik Su Doğrusu" (KMSD) (Craig 1961) ile daha yakın olarak "Akdeniz Meteorik Su Doğrusu " (AMSD) (Gat ve Carmi 1970) arasında kalmaktadır (Şekil 5.4). Bu da Gökpınar kaynağından boşalan suyun meteorik kökenli olduğunu ve Akdeniz kökenli nemin oluşturduğu yağışlardan beslendiğini göstermektedir.



Şekil 5.4: Gökpınar kaynağı sularının $\delta D - \delta^{18}O$ diyagramı.

5.3 Gökpinar Kaynağının Mineral Doygunluk Durumu

Suların mineral doygunluklarının bilinmesi, suların sondaj yoluyla çıkarılması ve iletimi veya kaynak sularının işletme ve iletimi sırasında ortaya çıkabilecek kabuklaşma sorunları hakkında bilgi vermesi nedeniyle önemlidir. Sondaj ve iletim borularında meydana gelecek kabuklaşma probleminin giderilmesi işletme giderlerine ek bir maliyet getirir. Bu nedenle sularda kabuk oluşturabilecek minerallerin denge durumlarının incelenmesi ve çökelme eğiliminde olan minerallerin belirlenmesi önem taşımaktadır.

Gökpınar kaynak suyunda çeşitli minerallerin örnekleme sıcaklığındaki doygunlukları PhreeqCi programı (Parkhurst ve Appelo 1999) ile hesaplanmış ve

değerler verilmiştir (Tablo 5.4). Bu tablolardaki negatif değerler doygunluk altı değerler olup, minerali çözücü özellikte, pozitif değerler ise doygunluk üstü yani o minerali çökeltmeye eğilimli olarak değerlendirilmektedir. Buna göre, Gökpınar kaynağı jips, sölestin ve kalsedon çözündürme ve kalsit, aragonit, dolomit, barit ve kuvars minerallerini çökeltme eğilimindedir (Tablo 5.4). Kaynak suyunun kısmi CO₂ gazı basıncı 10^{-2.11}atm olup, bu değer atmosferdeki kısmi CO₂ gazı basıncı olan 10^{-3.5} atm değerinden büyüktür. Bu durumda da suyun karbonat çökeltmesi beklenir.

Tablo 5.4: Gökpınar kaynağının bazı minerallere göre doygunluk durumu

Kalsit	Aragonit	Dolomit	Barit	Jips	Sölestin	Kalsedon	Kuvars
0,31	0,16	0,09	0,21	-1,55	-1,93	-0,03	0,43

6. GÖKPINAR TUFASI'NIN SEDİMANTOLOJİ

Bu bölümde Gökpınar tufasında yapılan arazi ve laboratuvar çalışmalarının sonuçları verilmiştir

6.1 Fasiyes Tanımlamaları

Arazi çalışmaları ve kesit ölçümleri sırasında yapılan fasiyes tanımlamaları ve yorumları aşağıda verilmiştir.

6.1.1 Kaba Çakıltaşı Fasiyesi

Bu fasiyes Gökpınar vadisinin kuzeydoğusunda stabilize yol seviyesinin hemen üzerinde, tufa istifinin tabanında (alt seviyelerinde) gözlenmiştir (Şekil 6.1). Kaba çakıltaşı düzeyleri merceksi geometrili, alttan ve üstten laminalı stromatolitik tufa fasiyesi ile ilişkilidir. Kaba tanelerin boyları yer yer 30 cm'yi aşmaktadır. Uzun ve yassı çakıllar akış yukarı kiremitlenme gösterir. Taneler arası boşluklar kum-silt boyu hamur malzeme ile doldurulmuştur. İyi yuvarlaklaşmış çakılların yanı sıra, büyük parça ve bloklar köşeli-yarı köşelidir. Organize olmamış, tane destekli çakıllar çoğunlukla Çatalça Tepe kireçtaşı, serpantin, radyolarit, Oligosen kumtaşı ve Kuvaterner tufalarından türemiştir.

Ortamsal yorum: Kaba çakıltaşı fasiyesi, yağışlı dönemlerde yüksek boşalımlar sırasında akarsu kanallarında depolanmış çakıl birikimleridir (Arenas ve diğ. 2014).



Şekil 6.1: Kaba Çakıltaşı Fasiyesi. Gökpınar Vadisi, kuzeydoğu yamacı, yol seviyesi.

6.1.2 Stromatolitik Tufa

Bu fasiyesin Gökpınar tufa istifinde yapılan ölçülü kesitlerdeki oranı % 23-32 arasında değişir. Kalınlığı 75 cm'ye kadar çıkan fasiyesin, alttan ve üstten çakıltaşı fasiyesi ile ilişkili olduğu gözlenmiştir (Şekil 6.2). Yatay-yarı yatay ve dike yakın konumda düz ve dalgalı laminalardan oluşmuştur (Şekil 6.2a, b). Optik ve taramalı elektron mikroskopunda laminaların iç yapısında yukarı doğru ışınsal büyümeler gözlenir (Şekil 6.3a, b).



Şekil 6.2: Stromatolitik tufa fasiyesinin arazi görünümleri. Gökpınar vadisi, kuzeydoğu yamacı, yol seviyesi. Ölçek: Çekiç (33 cm).



Şekil 6.3: Stromatolitik tufa fasiyesinin, (a) ince kesit görüntüsü, (b) SEM görüntüsü (GP-4 nolu örnek).

Ortamsal yorum: Stromatolitik tufalar akarsu yatağının yüksek eğimli kesimlerinde, şelale ve benzeri alanlarda çökelir. Oluşuma siyanobakteri, bakteri ve algler de değişik oranlarda eşlik eder (Arenas-Abad ve diğ. 2010).

6.1.3 Onkolitik Tufa

Onkolitik tufa fasiyesi (Şekil 6.4), Gökpınar tufa istifinin daha çok orta ve üst kesimlerinde yaygındır. Tabular ve merceksi geometrili tekçe onkolit tabakaları, birkaç desimetre ile 1.5 m arasında değişen kalınlıklar sunar. Bazı onkolit seviyeleri çapraz tabakalıdır. Tabaka tabanları yer yer aşınmalıdır. Kanal eksenleri yaklaşık KB-GD gidişlidir. Onkolit tabaka grupları 20 cm - 2 m'lik kalınlıkta yukarı doğru incelen istifler şeklinde depolanmışlardır. Genellikle laminalı tufalarla ve CaCO₃ ile kaplanmış bitki kırıntıları ile birlikte bulunurlar.

Onkolit taneleri genellikle küresel, oval ve çubuk şekillidir, çapları 10 cm'ye kadar çıkmaktadır (Şekil 6.4a, b). Tanelerin çekirdeklerinde fitoklast kırınları, diğer karbonat kırıntıları ve bazan da silisiklastikler yer alır. İnce kesitlerde konsantrik lamina kalınlıkları düzensiz ve oldukça değişken olup (Şekil 6.5), mikroskopik olarak mikrometrik-milimetrik ölçekte ardalanan, mikritik ve sparitik laminalardan oluşur (Şekil 6.5). Onkolit taneleri arasında peloid, mikritik tane kümeleri ve intraklastlar yer alır. Bazı laminaların iç yapılarında siyanobakteriyel filamentler korunmuştur. Mikrobiyal bileşenler çeşitli morfolojik görünümler sergiler.



Şekil 6.4: Onkolitik tufa fasiyesi (a), onkolit tanelerinin yakından görünümü (b). Onkolit tanelerine CaCO₃ kaplı bitki kırıntıları eşlik etmektedir.



Şekil 6.5: Onkolit tanelerinin optik mikroskop altında görünümü.

Ortamsal yorum: Onkolit ve benzeri zarflı taneler sığ kanallarda ve akıntıdan etkilenen, makrofitlerle sınırlandırılmış sığ havuzlarda ya da su birikintilerinde oluşur. Bu alanlar bazı dönemlerde durgun su birikintileriyle bağlantılıdır (Arenas vd., 2000).

6.1.4 Kırıntılı Tufa Fasiyesi

Kırıntılı tufa fasiyesi, aşınıp tekrar depolanmış kırıntılı tufalardır. Tufa kırıntılarının tane boyları silt-kum ve ince çakıl arasında değişir. Siltli-kumlu bazı düzeylerde yabani arı yuvalarına rastlanmıştır. İstifin alt kesimindeki 3-3.5 m kalınlığındaki kırıntılı tufa seviyesinde antik dönemde yan yana 3 adet mağara kazılmıştır (Şekil 2.11). Mağaraların yükseklikleri 2.2-3.3 m, genişlikleri: 3.7- 22 m ve derinlikleri 4.2-3.9 m arasında değişir. Çoğunlukla tufa kökenli kırıntılar arasında az da olsa çevredeki temel birimlerden taşınmış kayaç kırıntıları da gözlenir. Mağara duvarlarını oluşturan kırıntılı tufalarda batı-kuzeybatı yönünde (270°-330°) yer yer düzlemsel çapraz tabakalanmalar gelişmiştir (Şekil 6.6).



Şekil 6.6: Kırıntılı tufa fasiyesinin arazi fotoğrafi ve fotoğraftan yapılmış çizim.

Ortamsal yorum: Daha önce çökelmiş tufaların ara sıra ortaya çıkan sellenmelerle aşındırılması ve aşınma sonucu ortaya çıkan kırıntıların yeniden taşınıp depolanması sonucu meydana geldikleri düşünülür (Arenas-Abad ve diğ. 2010).

6.1.5 Yosun Tufa Fasiyesi

Yosun tufa fasiyesi, herbirinin kalınlığı 8-10 cm olan 80°'ye kadar eğimli yosun düzeylerinin birbiri üzerinde gelişmesi sonucu oluşmuş paketler halinde gözlenir (Şekil 6.7). Eğimli yosun düzeyleri GB'ya (225° yönünde) eğimlidir. Çoğunlukla stromatolitik tufa ve kamış tufalarla yanal ve düşey ilişkilidir.



Şekil 6.7: Yosun tufa fasiyesinin arazi görünümü.

6.1.6 Kamış Tufa Fasiyesi

Bitki sapı kalıplarının fazla olduğu tufa oluşumları genel olarak *'kamış tipi tufa'* olarak adlandırılır. Kamış kalıpları çoğunlukla dik büyüme konumundadır (Şekil 6.8), bazan da eğik ve yatay konumda gözlenir. Bitki sapları ve köklerinin bıraktığı kalıpların çapları en fazla 2-3 cm'dir. Tufa istifinin orta ve üst kesimlerinde gözlenir. Kamış tufa fasiyesi diğer tufa fasiyeslerine göre daha fazla boşluk içerir. Bu boşluklar değişik oranlarda mikrit ya da sparikalsit ile doldurulmuştur.



Şekil 6.8: Kamış tufa fasiyesi (görüntünün genişliği: ~ 1 m).

Ortamsal yorum: Karstik kaynak sularının aktığı sığ çukur alanlarda bol miktarda kamış, saz ve değişik sucul bitkileri yetişir. Bitki saplarının yoğunlaşması yer yer su akışını engeller.

6.2 İstiflenme Gelişimi Ve Fasiyes Birliktelikleri

Arazi çalışmaları sırasında 2 adet ölçülü stratigrafik kesit (ÖSK) alımı yapılmıştır. Ölçülü stratigrafi kesitlerine göre Gökpınar tufa istifinin ilk metreleri (ÖSK-1'de 12.5 m, ÖSK-2'de 7.5 m) çakıllı-bloklu kaba kırıntılardan oluşmaktadır (Şekil 6.9a, b). Çakıl ve blokların çoğu çevredeki daha yaşlı birimlerden türemiştir. Ancak bu seviyeler çapları 105 cm'ye kadar çıkan köşeli-yarı köşeli tufa blokları da içermektedir.



Şekil 6.9: (a) Ölçülü stratigrafik kesiti – 1 (ÖSK-1), (b) Ölçülü stratigrafi kesiti – 2 (ÖSK-2).

No.	Tufa - T	8	Tufa parçası
The second	Yosun Tufa- Tbr	000	Çakıltaşı - G
		::::	Kırıntılı Tufa - TSb
	Çapraz tabakalı tufa - Tç	~	Bibki Sapı - Tphrí
	Tabaka		
	Kireçt a şı - Kçt	B.P	Fitoklast Tufa Tph
\square	Mağara		
00	Ari yuvalari - Tph, Tphf		
90	Onkoolit-To		
	Laminalı Tufa / Stromolitik Tufa - Ts	5	

Şekil 6.10: ÖSK'larda kullanılan simgeler (Lejand)

Çakıllı-bloklu kaba kırıntılı bölümden sonra üste doğru 3.5 m kadar kırıntılı tufa ve onkolitik tufa fasiyesleri gelişmiştir. Kırıntılı-onkolit taneli tufalarda yer yer düzlemsel çapraz tabalar görülür. Bu düzlemsel çapraz tabakalarda 330/19, 305/35, 305/24, 295/20, 280/25, 270/34 gibi kuzeybatıya akıntı yönleri ölçülmüştür. 3.5 m'lik kırıntılı seviyede tarihi dönemlerde açılmış birkaç mağaraya rastlanmıştır (Şekil 2.11). Mağaralı düzeylerin üzerine, aşağı doğru sarkmış bitki saplarının yoğun olduğu bir bölüm (şelale) gelir. Yüzeyleme şartları çok iyi olmasa da, istif yukarı doğru yoğun onkolit düzeylerinin yanı sıra stromatolit ve yosun tufa ardalanmaları ile devam eder. Laminalı stromatolitik tufalar, çoğunlukla, boyutları 0.5-1.0 m arasında değişen kanal tabanlarını ve duvarlarını kaplamıştır ya da sıvamıştır.



Şekil 6.11: (a) Ölçülü stratigrafi kesiti – 1 (ÖSK-1), (b) Ölçülü stratigrafi kesiti – 2 (ÖSK-2)

7. JEOKİMYA

Bu bölümde Gökpınar Tufası'nın jeokimyasal özellikleri (element, duraylı izotop ve stronsiyum izotop bileşimleri) incelenmiştir.

7.1 Element Bileşimi

Gökpınar tufalarından alınan 10 örneğin element analiz sonuçları Tablo 7.1' de verilmiştir. Tufalarda en bol element, 410000 ppm ile Ca'dur (Tablo 7.1). Gökpınar tufalarının MgCO₃ içeriği % mol cinsinden 0.29 ile 0.53 arasında değişmektedir. Bu değerler tufalardaki kalsitin düşük mağnezyumlu kalsit olduğunu gösterir.

Sr içerikleri Gökpınar tufalarında 240-800 ppm, Güney Şelalesi tufalarında 222-322 ppm (Özkul ve diğ., 2010; Tablo 2) ve Honaz tufalarında 439-1053 ppm (Özkul vd., 2013; Tablo 4). Görüldüğü gibi Honaz tufalarında Sr miktarı daha yüksektir. Diğer taraftan, Gökpınar tufalarının Ba değerleri (21-78 ppm), Güney şelalesi tufalarının Ba değerlerinden (33-192 ppm; Özkul ve diğ. 2010; Tablo 2) daha düşüktür.

7.2 Duraylı İzotop Bileşimi

Gökpınar tufa çökellerinin duraylı izotop analiz sonuçları Tablo 7.2'de ve Şekil 7.1'de verilmiştir. δ^{13} C değerleri +2.65 ile -7.46 (‰V-PDB) arasında, buna karşılık, δ^{18} O değerleri -6.47 ile -9.07 (‰V-PDB) arasındadır. R²=0.778'dir. Buna göre δ^{13} C değerleri ile δ^{18} O değerleri arasında pozitif bir ilişki söz konusudur.

Tablo 7.1: Gökpınar tufalarının element analiz bileşimleri

Örnek No	Si (ppm)	Al (ppm)	Fe (ppm)	Mg (ppm)	Ca (ppm)	Sr (ppm)	Ba (ppm)	Mn (ppm)	Th (ppm)	U (ppm)	MgCO ₃ (% mol)
GP-2	6000	2800	2300	3800	360.000	290	53	196	0.38	0.34	0.49
GP-4	8800	3000	2800	4100	360.000	540	78	90	0.38	0.49	0.53
GP-8	4200	1600	1300	3500	370.000	390	48	28	0.20	0.71	0.44
GP-13	6800	970	850	3300	380.000	350	52	82	0.107	0.50	0.41
GP-14	7500	1600	1100	3500	380.000	470	60	26	0.20	0.52	0.43
GP-15	2100	850	790	2600	390.000	470	57	23	0.096	0.52	0.31
GP-21	1050	520	390	3200	400.000	800	21	14	0.049	0.39	0.38
GP-22	1990	1800	3000	3800	370.000	800	21	148	0.27	0.28	0.48
GP-23	2300	860	950	3300	390.000	240	38	52	0.11	0.29	0.40
GP-25	1300	520	480	2300	410.000	510	54	38	0.073	0.69	0.29

Örnek	$\delta^{13}C \delta^{18}C$						
No	(‰F	PDB)	Açıklama				
GP-2	-4.52	-8.88	Tufa – Kahverengi, boşluklu				
GP-4	-7.31	-8.17	Tufa – Laminalı (stromatolitik)				
GP-6	-7.03	-8.36	' ufa – Onkolitik.				
GP-7	-7.26	-8.16	Tufa – 3. Mağara alt seviyedeki açık renkli kısımdan				
GP-8	-5.93	-7.48	Tufa – Kırıntılı. 3. Mağara üst seviyedeki kaba taneli, çapraz				
GP-10	-6.47	-7.81	Tufa – Laminalı (stromatolitik).				
GP-12	-6.88	-8.25	Γufa – Laminalı (stromatolitik).				
GP-13	-6.71	-8.26	Tufa – Onkolitik.				
GP-14	-4.54	-6.47	Tufa _ Yosun tufa (moss tufa)				
GP-15	-6.48	-7.85	Tufa – Onkolitik, kaba taneli (7-8 cm çapında) kırılarak alındı.				
GP-21	2.65	-9.03	Tufa – Kuzöğürt Tepe				
GP-22	-0.51	-8.09	Tufa – krem renkli, seyrek gastropodlu				
GP-23	-4.74	-9.07	Tufa – Gökpınar Çayı'nın tabanı.				
GP-24	-7.46	-8.95	Tufa – Laminalı (stromatolitik)				
GP-25	-7.42	-8.5	Tufa – Laminalı (stromatolitik)				
GP-27	-7.4	-8.44	Tufa – Laminalı (stromatolitik)				
GP-28	-5.96	-8.06	Tufa – Kaba kırıntılı (1-2 cm çapında tufa kırıntıları içerir)				
GP-29	-5.08	-7.68	Tufa – İnce kırıntılı tufa				

Tablo 7.2: Gökpınar Tufasının duraylı izotop analiz sonuçları.



Şekil 7.1: Gökpınar tufasının $\delta^{13}C$ - $\delta^{18}O$ dağılım grafiği

7.3 Stronsiyum İzotop Analizleri

Beş adet kayaç örneğinin ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr izotop analizi yapılmıştır (Tablo 7.3). Analizlerin üç adedi temel birimlerden, iki adedi tufa örneklerinden yapılmıştır. ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr izotop değerleri kalkşistlerde 0.70799, pembe-gri renkli Zeybekölen kireçtaşında 0.70806, gri renkli Çatalca Tepe kireçtaşı biriminde 0.70823 ve Gökpınar tufasında 0.70832-0.70838 olarak ölçülmüştür.

Örnek Sta ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr hata Açıklama No GP-1 0.70799 ±12 Gri kalkşist - yamacın tabanındaki döküntülerden alındı. Zeybekölen Formasyonu. Kırmızı-pembe, yer yer gri, pelajik GP-3 0.70806 ± 11 (plaketli), ince-orta tabakalı-laminalı kireçtaşı Çatalca Tepe kireçtaşı). Gri-koyu gri, masif-kalın tabakalı, bol **GP-19** 0.70823 ±18 çatlaklı kireçtaşı. GP-10 0.70832 ± 22 Gökpınar Tufası – Laminalı tufa. **GP-23** 0.70838 Gökpınar Tufası. Gökpınar Çayı tabanından alınan örnek. ± 16

Tablo 7.3: Gökpınar sahasından alınan kayaç örneklerinin ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr izotop analiz sonuçları.

8. TARTIŞMA

Bu bölümde Gökpınar tufalarının Denizli Havzası'ndaki ve literatürdeki diğer tufa oluşumları ile jeokimyasal olarak benzer ve farklı yönleri tartışılmıştır.

8.1 Duraylı İzotoplar

Tufaların δ^{13} C ve δ^{18} O duraylı izotop bileşimleri sıcaklık, nem, toprak ve bitki örtüsü gelişimi, karbonat çökeliminde rol oynayan CO2'nin kaynağı ve beslenme alanı hakkında bilgi sağlayarak, oluştukları ortamlar hakkında yorum yapmamıza yardımcı olur (Andrews, 2006; Araenas-Abad ve diğ. 2010; Deocampo 2010). Özel sedimanter ve diyajenetik sartlar dışında, tufaların δ^{13} C değerleri, δ^{18} O değerlerine kıyasla daha geniş bir aralıkta dağılır. Denizli Havzası'nda Gökpınar Tufası dışında Güney Şelalesi, Sakızcılar ve Honaz Kayaaltı, Değirmenler ve Colassae antik kenti yakınlarında da tufa oluşumlarına rastlanır (Horvatinčić ve diğ., 2005; Özkul ve diğ. 2010, 2013). Güney Şelalesi ve Sakızcılar tufa oluşumlarının duraylı izotop bileşimleri, Gökpınar tufaları ile benzerlik gösterir (Tablo 8.1, Şekil 8.1). Buna karşılık, doğu-batı uzanımlı Honaz fayının tavan bloğu üzerinde gelişmiş Kayaaltı-Değirmenler ve Colassae tufaları daha yüksek δ^{13} C değerleri (+3,45 ile -0,40 ‰ V-PDB arasında) ile ayrı bir grup oluşturur (Sekil 8.1). Honaz grubu tufalar ve bu yörede tufa çökelten kaynak sularının (Pınarbaşı kaynağı) kimyası ile Güney, Sakızcılar ve Gökpınar grubu tufa oluşumları ve kaynak suları arasında kimyasal olarak farklılıklar gözlenir. Honaz grubu tufa çökellerinin nispeten daha derin dolaşımlı sulardan çökeldikleri düşünülmektedir (Horvatinčić ve diğ. 2005; Özkul ve diğ. 2010).

x 1		Ö. I.N.	$\delta^{13}C$	$\delta^{18}O$	IZ a sa 1
Lokasyon	Alt Lokasyon	Ornek No	‰V	PDB	Каупак
		GP-2	-4.52	-8.88	
		GP-4	-7.31	-8.17	
		GP-6	-7.03	-8.36	
		GP-7	-7.26	-8.16	
		GP-8	-5.93	-7.48	
		GP-10	-6.47	-7.81	
		GP-12	-6.88	-8.25	
		GP-13	-6.71	-8.26	
C #1		GP-14	-4.54	-6.47	Du salvana
Gokpinar		GP-15	-6.48	-7.85	Bu çanşma
		GP-21	2.65	-9.03	
		GP-22	-0.51	-8.09	
		GP-23	-4.74	-9.07	
		GP-24	-7.46	-8.95	
		GP-25	-7.42	-8.5	
		GP-27	-7.4	-8.44	
		GP-28	-5.96	-8.06	
		GP-29	-5.08	-7.68	
	Colassea	Z-3414	2,93	-8,09	
	Colassea	Z-3415	3,45	-7,7	
Hener	Değirmenler	Z-3416	0,87	-9,38	
Honaz	Degimenter	Z-3417	-0,40	-9,23	Horvatinčić ve diğ. 2005
		Z-3418	1,78	-10,0	
	Kayaaltı	Z-3419	0,09	-8,25	
		Z-3420	0,94	-8,53	
		Z-3421	-9,13	-8,44	
		Z-3422	-7,71	-8,16	
		Z-3423	-7,69	-7,90	
		Z-3424	-7,85	-8,10	
		Z-3425	-6,25	-8,14	
Güney		Z-3426	-6,00	-7,40	Ö-11 dix 2010
Guiley		Z-3427	-7,99	-7,59	Ozkul ve díg. 2010
		Z-3428	-8,36	-8,11	
		Z-3429	-7,69	-8,12	
		Z-3430	-8,19	-8,03	
		Z-3431	-6,53	-7,65	
		Z-3432	-6,93	-7,88	
Sakızcılar		Z-3433	-9,61	-8,23	Horvatinčić ve diž 2005
Jakizellal		Z-3434	-5,69	-7,06	1101 valificite ve uig. 2005

Tablo 8.1: Gökpınar, Honaz, Sakızcılar ve Güney Şelalesi tufalarının duraylı izotop bileşimleri



Şekil 8.1: Gökpınar, Honaz, Güney ve Sakızcılar tufalarının δ^{13} C ve δ^{18} O dağılımı

8.2 Sr İzotopları

Kaynak çökellerinin (traverten-tufa) Sr izotop kayıtları doğrudan onları çökelten akışkanın izotopik bileşimini yansıtır. Prensip olarak, kaynak çökellerini depolayan akışkanlar, onların izotop kayıtlarını içinde dolaştıkları ya da etkileşimde bulundukları karbonat kayalarından elde ederler (El Desouky ve diğ. 2015; Claes ve diğ. 2015).

Akışkanın diğer kaya birimleri içerisinde, aşağı ve yukarı doğru göçü de Sr izotop kayıtlarına katkıda bulunabilir. Sr deniz suyu eğrisinin büyük bir kısmı ile örtüşen Ballık travertenlerinin homojen Sr izotop kayıtları (Claes ve diğ. 2015) karbonat kaynak kayaların o bölgenin yerel birimleri olduğunu işaret eder (Pentecost 2005). Denizli Havzası'nda yapılan önceki çalışmalara göre, traverten-tufa oluşumu için kaynak kaya görevi yapabilecek 3 ana karbonat kayaç grubu bulunur. Bunlar Menderes Masifi'nin mermerleri, Likya napları ve melanjı içinde yer alan karbonatlı kayaçlar ve Neojen yaşlı Denizli Grubu içinde yer alan Sazak Formasyonu'nun gölsel kireçtaşı ve marnlarıdır (Alçiçek ve diğ. 2007; Özkul ve diğ. 2013).

Honaz Dağında Likya Napları içinde yer alan Geç Triyas yaşlı denizel evaporitlerinden alınan dört jips örneğinin Sr izotop değerleri (0.70776 - 0.70777) (Gündoğan ve diğ. 2008'de Şekil 10B) bu çalışmada temelde yeralan kireçtaşı birimlerinden elde edilenlerle uyumludur. Ayrıca, Likya Napları içinde yer alan Triyas kireçtaşları ve breşik kırıntılardaki rekristalize kalsitlerin 0.70793 ile 0.70826 arasında Sr izotop değerleri verdiği belirlenmiştir (Uysal vd. 2007, 2011) Buna karşılık, literatürde Menderes Masifi'nin mermerlerinden elde edilmiş ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr değerleri henüz yoktur (El Desouky ve diğ. 2015).

Gökpınar Vadisi'nde ve çevresinde yüzeyleyen karbonatlı temel kaya birimleri ve tufaların ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr izotop değerleri yaklaşık 0.7080 – 0.7084 arasındadır (Tablo 7.3). Bu değerler, Ballık travertenlerinde olduğu gibi (El Desouky ve diğ. 2015; Claes ve diğ. 2015), Fanerozoyik Sr deniz suyu eğrisinde Triyas dönemine denk düşmektedir. Bu nedenle, Gökpınar tufalarını çökelten kaynak sularının yeraltında Triyas yaşlı karbonat temel kayaçları ile etkileşimde olduğu düşünülebilir.

9. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışması ile aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

• Gökpınar Çayı vadisinin her iki tarafında uzanan tufa oluşumaları 70 m'nin üzerinde bir kalınlığa sahiptir. Tufa istifi tabanda kaba kırıntılı bir seviye ile başlar.

• Arazi çalışmaları kapsamında kaba çakıltaşı fasiyesi, stromatolitik tufa, onkolitik tufa, kamış tufa ve kırıntılı tufa olmak üzere beş adet tufa fasiyesi tanımlanmıştır.

• Tufa istifi, akarsu yatak eğiminin zaman içinde giderek azaldığı ve genişlediği bir akarsu sisteminde çökelmiştir.

• Gökpınar vadisinde tufa kütlesinin tabanda akarsu faaliyetleri ile aşındırılması sonucu, güney-güneybatıya doğru dairesel bir kütle hareketi ortaya çıkmıştır.

• Gökpınar kaynağı δ^{18} O ve δ D değerlerine göre "Küresel Meteorik Su Doğrusu" (KMSD) ile daha yakın olarak "Akdeniz Meteorik Su Doğrusu" (AMSD) arasında yer alır. Buna göre Gökpınar kaynak suyu meteorik kökenli olup, Akdeniz kaynaklı nemin oluşturduğu yağışlardan beslenir. Kaynak suyu kalsit, aragonit, barit ve kuvars gibi mineraller bakımından doygun olup, tuda çökeltme eğilimindedir.

• Tufa çökellerinin δ^{13} C duraylı izotop değerleri -7.46 ile +2.65 (V-PDB) arasında, δ^{18} O değerleri ise -9.07 ile -6.47 (V-PDB) arasında değişir. δ^{13} C ve δ^{18} O değerleri arasında yüksek bir kovaryans vardır. Bu değerler bölgedeki Güney Şelalesi tufalarının duraylı izotop bileşimleri ile uyumludur.

• Tufaların ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr izotop değerleri 0.70832±22 ile 0.70838±16 arasında bulunmuştur. Bu değerler tufa oluşturan akışkanın (kaynak sularının) Triyas yaşlı temel kayalarla etkileşimde olduğuna işaret etmektedir.

10. KAYNAKLAR

Alçiçek, H., "Stratigraphic correlation of the Neogene basins in southwestern Anatolia: regional palaeogeographical, palaeoclimatic and tectonic implications", *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 291, 297–318, (2010).

Alçiçek, H., Varol, B. and Özkul, M., "Sedimentary facies, depositional environments and palaeogeographic evolution of the Neogene Denizli Basin, SW Anatolia, Turkey", *Sedimentary Geology*, 202, 596–637, (2007).

Altunel, E., "Pamukkale travertenlerinin morfolojik özellikleri, yaşları ve neotektonik önemleri", *MTA Dergisi*, 118, 47-64, 1996.

Altunel, E. and Hancock, P. L., Morphology and structural setting of Quaternary travertines at Pamukkale, Turkey. *Geological Journal*, 28, 335–346, (1993a).

Altunel, E. and Hancock, P. L., "Active fissuring, faulting and travertine deposition at Pamukkale, western Turkey", In: Stewart, I. S., Vita-Finzi, C., Owen, L. A. (Eds.), Neotectonics and Active Faulting: *Zeitschrift für Geomorphologie*, Supplement, 94, pp. 285–302, (1993b).

Altunel, E. and Karabacak, V., "Determination of horizontal extension from fissureridge travertines: a case study from the Denizli Basin, southwestern Turkey", *Geodinamica Acta*, 18, 333–342, (2005).

Andrews, J.E., "Paleoclimatic record from stable isotopes in riverine tufas: synthesis and review", *Earth-Science Reviews*, 75, 85–104, (2006).

Arenas, C. and Jones, B., "Temporal and environmental significance of microbial lamination: Insights from Recent fluvial stromatolites in the River Piedra, Spain". *Sedimentology*, 64, 1597–1629, (2017).

Arenas, C., Gutiérrez, F., Osácar, C. and Sancho, C., "Sedimentology and geochemistry of fluvio-lacustrine tufa deposits controlled by evaporite solution subsidence in the central Ebro Depression, NE Spain", *Sedimentology*, 47, 883–909, (2000).

Arenas-Abad, C., Vázquez-Urbez, M., Pardo-Tirapu, G. and Sancho-Marcén, C., 2010, "Fluvial and associated carbonate deposits". (Eds: Alonso Zarza,

A.M., and Tanner, L.H.), *Carbonates in Continental Settings: Facies, Environments, and Processes: Development in Sedimentology*, 61, 133–175.

Arenas C., Vázquez-Urbez, M., Pardo, G. and Sancho, C., "Sedimentology and depositional architecture of tufas deposited in stepped fluvial systems of changing slope: Lessons from the Quaternary Añamaza valley (Iberian Range, Spain)", *Sedimentology*, 61, 133–171, (2014a).

Arenas, C., Vázquez-Urbez, M., Auqué, L., Sancho, C., Osácar, C. and Pardo, G., "Intrinsic and extrinsic controls of spatial and temporal variations in modern fluvial tufa sedimentation: A thirteen-year record from a semi-arid environment", *Sedimentology*, 61, 90–132, (2014b).

Bahniuk, A.M., Anjos, S., Franca, A.M., Matsuda, N., Eiler, J., McKenzie, J.A. and Vasconcelos, C., "Development of microbial carbonates in the Lower Cretaceous Codo Formation (north-east Brazil): Implications for interpretation of microbialite facies associations and palaeoenvironmental conditions", *Sedimentology*, 62, 155-181, (2015).

Becker-Platen, J.D., "Lithostratigraphische Unterschungen im Kanozoikum Südwest Anatoliens (Türkei)-(Kanozoikum und Braunkohlen der Turkei)"-Beihefte zum Geologischen Jahrbuch 97. Hannover, p. 244. (1970).

Brogi, A., Capezzuoli, E., Alçiçek, M. C. and Gandin, A., "Evolution of a fault-controlled fissure-ridge type travertine deposit in the western Anatolia extensional province: the Çukurbağ fissure-ridge (Pamukkale, Turkey)", *J. Geol. Soc. London.*, 171, 3, 425–441, (2014).

Burger, D., "The Travertine Complex of Antalya/Southwest Turkey". *Zeitschrift für Geomorphologie*, Neue Forschung, Suppl. Bd. 77: 25–46, (1990).

Büyükmeriç, Y., "Kale-Tavas ve Acıpayam Havzaları'nda Erken Miyosen Çökellerinin Mollusk Biyostratigrafisi (Denizli, GB Türkiye)", *M.T.A. Dergisi*, 155, 49–73, (2017).

Ceylan, M.A., "The recreational importance of the Güney waterfall. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 3, 61–76, (2000).

Chafetz, H.S. and Folk, R.L., "Travertines: depositional morphology and their bacterially constructed constituents", *Journal of Sedimentary Petrology*, 54, 289–316, (1984).

Claes, H., Soete, J., Van Noten, K., El Desouky, H., Marques Erthal, M., Vanhaecke, F., Özkul, M. and Swennen, R., "Sedimentology, threedimensional geobody reconstruction and carbon dioxide origin of Pleistocene travertine deposits in the Ballık area (south-west Turkey)", *Sedimentology*, 62, 1408–1445, (2015).

Craig, H., "Isotopic variation in meteoric waters", *Science*, 133, 1702–1703, (1961).

Çakır, Z., "Along-strike discontinuity of active normal faults and its influence on Quaternary travertine deposition: examples from western Turkey", *Turkish Journal of Earth Sciences*, 8, 67–80, (1999).

Çelik, S. B., Çobanoğlu, İ. and Atatanır, L., "General material properties of Denizli (SW Turkey) travertines as a building stone", *Bull. Eng. Geol. Environ.*, 73, 825–838, (2014).

Çobanoğlu, İ. and Çelik, S., "Determination of strength parameters and quality assessment of Denizli travertines (SW Turkey)", *Engineering Geology*, 129-130, 38–47, (2012).

Della Porta, G., 2015, "Carbonate build-ups in lacustrine, hydrothermal and fluvial settings: comparing depositional geometry, fabric types and geochemical signature". (Eds: Bosence, D.W.J., Gibbons, K.A., Le Heron, D.P.,Morgan, W.A., Pritchard, T. and Vining, B.A.). *Microbial Carbonates in Space and Time: Implications for Global Exploration and Production.* Geological Society, London, Special Publications, 418, 17–68.

Deocampo, D.M., 2010, "On the geochemistry of continental carbonates". (Eds: Alonso-Zarza, A.M. and Tanner, L.H.), *Carbonates in Continental Settings: Geochemistry, Diagenesis and Applications. Developments in Sedimentology*, Vol. 62. Elsevier, Amsterdam, pp. 1260.

Delikan, A. and Mert, M., "Depositional and geochemical characteristics of geomorphologically controlled recent tufa deposits on the Göksü River in Yerköprü (Konya, southern Turkey)", *Carbonates and Evaporates*, 34, 441–459, (2019).

El Desouky, H., Soete, J., Claes, H., Özkul, M., Vanhaecke, F. and Swennen, R., "Novel applications of fluid inclusions and isotope geochemistry in unravelling the genesis of fossil travertine systems", *Sedimentology*, 62, 1, 27–56, (2015).

Emeis, K.C., Richnow, H.H. and Kempe, S., "Travertine formation in Plitvice National Park, Yugoslavia: chemical versus biological control", *Sedimentology*, 34, 595–609, (1987).

Erakman, B., Meşhur, M., Gül, M.A., Alkan, H., Öztaş, Y. and Akpınar, M., 1986, "Fethiye-Köyceğiz-Tefenni-Elmalı-Kalkan arasında kalan alanın jeolojisi" (Eds: Güven, A., Dinner, A. and Derman, A.S.), *Sixth Petrol Congr. of Turkey, Geology Section*, 23–32, Ankara-Turkey.

Erten, H, Sen, S. and Görmüş, M., "Middle and Late Miocene Cricetidae (Rodentia, Mammalia) from Denizli Basin (Southwestern Turkey) and a new species of Megacricetodon", *Journal of Paleontology*, 88, 3, 504–518, (2014).

Ford, T.D. and Pedley, H.M., "A review of tufa and travertine deposits of the World", *Earth-Science Reviews*, 41, 117–175, (1996).

Fouke, B.W., "Hot-spring Systems Geobiology: abiotic and biotic influences on travertine formation at Mammoth Hot Springs, Yellowstone National Park, USA", *Sedimentology*, 58, 170–219, (2011).

Gatt, J.R. and Carmi, I., "Evolution of the isotopic composition of atmospheric waters in the Mediterranean Sea", *J. Geophys. Res.*, 75, 3032–3048, (1970).

Glover, C.P. and Robertson, A.H.F., "Origin of tufa (cool-water carbonate) and related terraces in the Antalya area, SW Turkey", *Geological Journal*, 38, 329–358, (2003).

Gökçen, N., "Denizli-Muğla çevresi Neojen istifinin stratigrafisi ve paleontolojisi", Doçentlik tezi, Hacettepe Üniversitesi, 154 s. 8 Levha, 2 Ek, Ankara (yayımlanmamış), (1982).

Gradzinski, M., Wroblewski W., Duliński M. and Hercman, H., "Earthquakeaffected development of a travertine ridge". *Sedimentology*, 61, 238–263, (2014).

Guo, L. and Riding, R., "Hot-spring travertine facies and sequences, Late Pleistocene Rapolano Terme, Italy", *Sedimentology*, 45, 163–180, (1998).

Gündoğan, İ., Helvacı, C. and Sözbilir, H.,. "Gypsiferous carbonates at Honaz Dağı (Denizli): first documentation of Triassic gypsum in western Turkey and its tectonic significance", *Journal of Asian Earth Sciences*, 32, 49–65. (2008).

Horvatinčić, N., Özkul, M., Gökgöz, A., Barešić, J., 2005. "Isotopic and geochemical investigation of tufa in Denizli province, Turkey", (Eds: Özkul, M., Yağız, S., Jones, B.) *Proceedings of 1st International Symposiumon Travertine*, Kozan Ofset Matbaacılık. San. ve Tic. Ltd. Std, Ankara, pp. 162–170.

Horvatinčić N., Briansó J. L., Obelić B., Barešić J. and Krajcar B. I., "Study Of Pollution of the Plitvice Lakes by water and sediment analyses", *Water, Air and Soil Pollution: Focus*, 6, 475–485, (2006).

IAH, Map of mineral and thermal water of Europe. Scale 1:500.000. International Association of Hydrogeologists, United Kingdom, (1979).

Kele, S., Özkul, M., Gökgöz, A., Fórizs, I., Baykara, M. O., Alçiçek, M. C. and Németh, T., "Stable isotope geochemical and facies study of Pamukkale travertines: new evidences of low-temperature non-equilibrium calcite-water fractionation", *Sedimentary Geology*, 238, 191–212, (2011).

Kosun, E., "Facies characteristics and depositional environments of Quaternary tufa deposits, Antalya, SW Turkey", *Carbonates and Evaporates*, 27 (3-4), 269–289, (2012).

Koşun, E., Varol, B. and Taşkıran, H., 2019. "The Antalya Tufas: Landscapes, Morphologies, Age, Formation Processes and Early Human Activities", (Eds: C. Kuzucuoğlu et al. *Landscapes and Landforms of Turkey, World Geomorphological Landscapes*, 207–218.

Lebatard, A.E., Alçiçek, M.C., Rochette, P., Khatib, S., Vialet, A., Boulbes, N., Bourlès, D.L., Demory, F., Guipert, G., Mayda, S., Titov, V.V., Vidal, L. and de Lumley, H., "Dating the Homo erectus bearing travertine from Kocabaş (Denizli, Turkey) at at least 1.1 Ma", *Earth and Planetary Science Letters*, 390, 8–18, (2014).

Migoń, P. and Pijet-Migoń, E., "Interpreting Geoheritage at New Zealand's Geothermal Tourist Sites–Systematic Explanation Versus Story telling" *Geoheritage*, 9, 83–95, (2017).

Minissale, A., Kerrick, D. M., Magro, G., Murrell, M. T., Paladini, M., Rihs, S., Sturchio, N. C., Tassi, F. and Vaselli, O., "Geochemistry of Quaternary travertines in the region north of Rome (Italy): structural, hydrologic and paleoclimatologic implications", *Earth and Planetary Science Letters*, 203, 709–728, (2002).

Okay, A., "Denizli'nin Güneyinde Menderes Masifi ve Likya Napları'nın Jeolojisi". *MTA Dergisi*, 109, 45–58, (1989).

Orhan, H. and Kalan, F., "Sedimentological characteristics of Quaternary Aydıncık tufa (Mersin-Türkiye)", *Carbonates and Evaporites*, 30, 451–459, (2015).

Özcan, E., Less, G., Báldi-Beke, M., Kollányı, K. and Acar, F., "Oligo-Miocene foraminiferal record (Miogypsinidae, Lepidocyclinidae and Nummulitidae) from the Western Taurides (SW Turkey): Biometry and implications for the regional geology". *Journal of Asian Earth Sciences*, 34, 740–760, (2008).

Özkul, M., Varol, B. and Alçiçek, M.C., "Depositional environments and petrography of the Denizli travertines". *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, 125, 13–29, (2002).

Özkul, M., Gökgöz, A. and Horvatinčić, N., 2010, "Depositional properties and geochemistry of Holocene perched springline tufa deposits and associated spring waters: a case study from the Denizli Province, Western Turkey" (Eds: Pedley, H.M. and Rogerson, M.), *Tufas and Speleothems: Unravelling the Microbial and Physical Controls,* Geological Society, London, Special Publications, 336 (1), 245–262,

Özkul, M., Kele, S., Gökgöz, A., Shen, C.C., Jones, B., Baykara, M.O., Fórizs, I., Nemeth, T., Chang, Y.-W. and Alçiçek, M.C., "Comparison of the Quaternary travertine sites in the Denizli Extensional Basin based on their depositional and geochemical data", *Sedimentary Geology*, 294, 179–204, (2013).

Özkul, M., Gökgöz, A., Kele, S., Baykara, M.O., Shen, C.-C., Chang, Y.-W., Kaya, A., Hançer, M., Aratman, C., Akın, T. and Örü, Z., "Sedimentological and geochemical characteristics of a fluvial travertine: a case from the eastern Mediterranean region", *Sedimentology*, 61, 291–318, (2014).

Özler, H.M., "Water Balance and Water Quality in the Çürüksu Basin in Western Turkey", *Hydrogeology Journal*, 7, 4, 405–418, (1999).

Parkhurst, D.L. and Appelo, C.A.J., "User's guide to PHREEQC (Version 2)-A computer program for speciation, batch-reaction, one-dimensional transport, and inverse geochemical calculations", U.S. Geological Survey Water-Resources investigations Report 99–4259, 312 pp., (1999). Pedley, H.M., "Tufas and travertines of the Mediterranean region: a testing ground for freshwater carbonate concepts and developments", *Sedimentology*, 56, 221–246, (2009).

Pedley, H.M., Ordonez, S., Gonzales-Martin, J.A. and Garcia Del Cura, M.A.. Sedimentology of Quaternary perched springline and paludal tufas: criteria for recognition, with examples from Guadalajara Province, Spain. *Sedimentology*, 50, 23–44, (2003).

Pentecost, A., Travertine. Springer Verlag (446 pp.), 2005.

Rosen, M.R., 2001, Hydrochemistry of New Zealand's aquifers. (Eds: Rosen, M.R. and White, P.A. *Groundwaters of New Zealand*, New Zealand Hydrological Society Inc., Wellington, pp 77–110.

Sant'Anna, L.G., Riccomini, C., Rodrigues-Francisco, B.H., Sial, A.N., Carvalho, M.D., Moura, C.A.V., "The Paleocene travertine system of the Itabora basin, Southeastern Brazil", *Journal of South American Earth Sciences*, 18, 11–25, (2004).

Sancho, C., Arenas, C., Vázquez-Urbez, M., Pardo G., Lozano, M.V., José Luis Peña-Monné c, John Hellstromd, José Eugenio Ortiz e, Osácar, M.C., Auqué, L. and Torres, T., "Climatic implications of the Quaternary fluvial tufa record in the NE Iberian Peninsula over the last 500 ka", *Quaternary Research*, 84, 398–414, (2015).

Tabancalı, Y., "Böceli ve Kazanpınar kaynaklarının (Denizli) hidrokimyasal özelliklerindeki mevsimsel değişimlerin incelenmesi", (Yüksek Lisans Tezi) *Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Denizli, 62 sayfa, (2020).

Van Noten, K., Claes, H., Soete, J., Foubert, A., Özkul, M. and Swennen, R., "Fracture networks and strike-slip deformation along reactivated normal faults in Quaternary travertine deposits, Denizli Basin, western Turkey", *Tectonophysics*, 588, 154–170, (2013).

Van Noten, K., Topal, S., Baykara, M.O., Özkul, M., Claes, H., Aratman, C., and Swennen, R., "Pleistocene-Holocene tectonic reconstruction of the Ballık travertine (Denizli Graben, SW Turkey): (De) formation of large travertine geobodies at intersecting grabens" *Journal of Structural Geology*, 118, 114–134, (2019).

Volery, C., Davaud, E., Foubert, A. and Caline, B., "Lacustrine microporous micrites of the Madrid Basin (Late Miocene, Spain) as analogues for shallow-
marine carbonates of the Mishrif reservoir Formation (Cenomanian to Early Turonian, Middle East)", *Facies*, 56, 385–397, (2010).

Wright, P.V., "Lacustrine carbonates in rift settings: The interaction of volcanic and microbial processes on carbonate deposition", *Geological Society London*, Special Publications, 370, 1–39, (2012).

Uysal, I.T., Feng, Y., Zhao, J., Altunel, E., Weatherley, D., Karabacak, V., Cengiz, O., Golding, S.D., Lawrence, M.G. and Collerson, K.D., "U-series dating and geochemical tracing of late Quaternary travertine in co-seismic fissures", *Earth and Planetary Science Letters*, 257, 450–462, (2007).

Uysal, I.T., Feng, Y., Zhao, J., Işık, V., Nuriel, P. and Golding, S.D., "Hydrothermal CO₂ degassing in seismically active zones during the late Quaternary", *Chemical Geology*, 265, 442–454, (2009).

11. ÖZGEÇMİŞ

Ocak 1993 tarihinde Denizli'de doğdum. İlk ve ortaokulu Osman Manisalı İlköğretim okulunda okudum. Liseyi Acıpayam Lisesi'nde tamamladım. Üniversite eğitimi için ilk olarak Ege Üniversitesi Matematik bölümüne kaydımı yaptırdım. Bir senelik hazırlık döneminden sonra, bu süreç içerisinde tekrar sınava girerek, memleketimde devam etmem gerektiği için üniversiteden kaydımı sildirerek, tekrar sınav puanımla Pamukkale Ünivertitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'ne kaydımı yaptırdım ve burada üniversite eğitimimi tamamladım.

Adı Soyadı	: Gamzenur ÇAĞDAŞ
Doğum Yeri ve Tarihi	: Denizli - 01.01.1993
Lisans Üniversite	: Pamukkale Üniversitesi
Elektronik posta	: gcagdas_@hotmail.com
İletişim Adresi	:Acıpayam