

## ILGIN SAHASI (KONYA) BİTÜMLÜ KILTAŞI ÇÖKELİMİ HAVZASINDA PALEO-HİDROTERMAL ÇÖKELME KOŞULLARI, PALEO-HİDRODİNAMİK OLAYLAR VE PALEO-İKLİM İNCELEMELERİ

Ali SARI<sup>1</sup>, Kamal ISMAYILZADA<sup>2</sup>, Elif AKISKA<sup>3</sup>, Fuat EROL<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 06830, Gölbaşı, ANKARA

ORCID No : <http://orcid.org/0000-0001-6289-3332>

<sup>2</sup> Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 06100, Tandoğan, ANKARA

ORCID No : <http://orcid.org/0000-0002-0960-0286>

<sup>3</sup> Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 06830, Gölbaşı, ANKARA

ORCID No : <http://orcid.org/0000-0002-6180-4710>

<sup>4</sup> Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu Genel Müdürlüğü, Yenimahalle, ANKARA

ORCID No : <http://orcid.org/0009-0008-5830-3860>

Anahtar Kelimeler	Öz
Hidrotermal Çökeltme Paleo-Hidrodinamik Olay, Paleo-İklim Bitümlü Kilitaşı Ilgın (Konya)	<i>Hidrotermal akışkan faaliyetleri kilitaşı ve şeyl gibi bitümlü sedimanter kayaçlardaki Mo, U, Cu, Ni ve Zn gibi iz elementlerin zenginleşmesinin yanı sıra organik maddenin korunma derecesini de önemli ölçüde etkiler. İncelenen örneklerinin Fe/Ti (ort: 126,34) ve (Fe+Mn)/Ti (ort: 126,79) oranları Ilgın paleo-göl havzasının hidrotermal bir sıvıdan etkilendiğini göstermektedir. Zr/Rb oranı çeşitli araştırmacılar tarafından, sedimanter havzalarda paleo-hidrodinamik kuvvetle ilişkili olarak su derinliğinin değişmesinin belirlenmesi amacıyla kullanılmıştır. İncelenen örneklerinin Zr/Rb oranlarına göre; istifin tabanında "zayıf paleo-hidrodinamik bir kuvvet" (0,71) etkili olmuşken, üste doğru ise ardışıklı olarak "güçlü paleo-hidrodinamik (2,06-2,86) ile zayıf paleo-hidrodinamik kuvvetler (1,78-1,80) etkili olmuşlardır. Ilgın paleo-göl havzasının su derinliği 21,02 metre olup, bitümlü kilitaşı örnekleri "yarı derin bir gölde" çökelmişlerdir. Ilgın havzası bitümlü kayaç örneklerinin Bileşimsel Değişkenlik İndeksi" (ICVort= 14,31) değerlerine göre örnekler çok yüksek kil içeriğine sahip olup, enerjisi çok düşük su koşullarında çökelmişlerdir. İncelenen örneklerde, Sr/Cu (ort: 37,10), Rb/Sr (ort: 0,106), Th/U (ort: 0,34), Sr/Ba (ort:3,2), Fe/Mn (ort: 596,33) oranlarına ait paleo-iklim göstergelerine göre Ilgın paleo-göl havzasında oldukça sıcak ve kurak iklim etkili olmuştur.</i>

## PALEO-HYDROTHERMAL DEPOSITION CONDITIONS, PALEO-HYDRODYNAMIC EVENTS AND PALEO-CLIMATE STUDIES IN ILGIN FIELD (KONYA) BITUMINOUS CLAYSTONE DEPOSITION BASIN

Keywords	Abstract
Hydrothermal Deposition, Paleo-Hydrodynamic Event, Paleo-Climatc, Bituminous Claystone, Ilgın (Konya)	<i>Hydrothermal fluid activities significantly affect the degree of preservation of organic matter as well as the enrichment of trace elements like Mo, U, Cu, Ni and Zn in bituminous sedimentary rocks such as claystone and shale. The examined samples' Fe/Ti ratio (mean: 126.34) and (Fe+Mn)/Ti ratio (mean: 126.79) ratios of the examined samples show that the Ilgın paleo-lake basin is affected by a hydrothermal fluid. The Zr/Rb ratio suggests that the Ilgın paleo-lake basin has been influenced by hydrothermal fluid. According to the Zr/Rb ratios of the examined samples; While a "weak paleo-hydrodynamic force" (0.71) was effective at the base of the sequence, towards the top, "strong paleo-hydrodynamic forces (2.06-2.86) and weak paleo-hydrodynamic forces (1.78-1, 80) were effective. The water depth of the Ilgın paleo-lake basin is 21.02 meters, and bituminous claystone samples were deposited in a "semi-deep lake". Based on the "Compositional Variability Index" (ICVort= 14.31) values of the Ilgın basin bituminous rock samples, these samples contain a high clay content and were deposited under very low energy water conditions. Considering the paleoclimate indicators derived from Sr/Cu (average: 37.10), Rb/Sr (average: 0.106), Th/U (average: 0.34), Sr/Ba (average: 3.2) and Fe/Mn (average: 596, 33) ratios in the examined samples, a very hot and arid climate prevailed in the Ilgın paleo-lake basin.</i>

Araştırma Makalesi

Research Article

Başvuru Tarihi : 16.03.2024

Submission Date : 16.03.2024

Kabul Tarihi : 16.09.2024

Accepted Date : 16.09.2024



Bu eser, Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) hükümlerine göre açık erişimli bir makaledir.

This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

\* Sorumlu yazar: [egunen@eng.ankara.edu.tr](mailto:egunen@eng.ankara.edu.tr)  
<https://doi.org/10.31796/ogummf.1438395>

## 1. Giriş

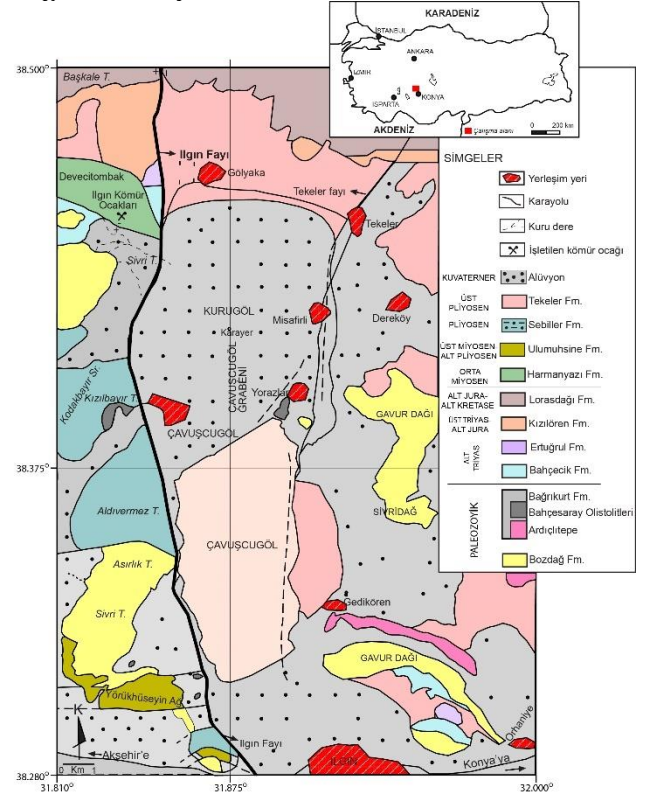
İnceleme alanı Konya ilinin kuzeybatısında yer alan Ilgın kömür sahasında bulunmaktadır (Şekil 1). Sahada halen işletilmekte olan kömür kalınlığı 0,60-21,55m arasında değişmektedir. Havzada Miyosen boyunca iklimsel koşullara bağlı olarak turbalık bataklıklarının gelişmesine bağlı olarak kömür damarları ve farklı kalınlıklarda ara kesmeler meydana gelmiştir. Sahanın kuzeybatı ve kuzeydoğu kesimlerinde kömürler arasındaki ara kesmeler daha ince iken sahanın kuzey ve güney kesimlerinde ise daha kalındır. Havzadaki kömür oluşumun tamamlanması ve gölün yavaş yavaş derinleşmeye başlamasıyla göldeki oksijen yanında, fosfat ve nitrat gibi mikro canlılar için besin maddelerinin çoğalması ile birlikte gölde fitoplankton algal yaşam başlamış olup, çok sıcak ve kurak bir iklim süreciyle birlikte bitümlü kilaşı çökelişi gerçekleşmiştir.



Şekil 1. İnceleme Alanına Ait Yer Bulduru Haritası (Harita Verisi: Google, ©2013 / Landsat / Copernicus).

Bu makalede kullanılan stratigrafik istif "General Topics in Geology and Earth Sciences 1 (Chapter II)" (Sarı, İsmayılzade, Pehlivanlı ve Erol, 2023) kitap bölümünden alınmıştır. Bölgede Paleozoyik ve Mesozoyik yaşlı birimler üzerinde Alpin tektonik hareketleri kuvvetli bir şekilde etkili olmuş ve bu birimler yoğun deformasyon geçirmişlerdir. Çalışma alanında Paleozoyik bir temel üzerinde bulunan Mesozoyik yaşlı stratigrafik birimler açılı uyumsuzlukla bulunurlar (Hüseyinca ve Eren, 2007). Stratigrafik olarak Mesozoyik yaşlı birimler açılı uyumsuz olarak alttan üste doğru; Alt Triyas yaşlı metakırıntılılar ve

fillitlerden oluşan Bahçecik formasyonu ile başlar, yine Alt Triyas yaşlı metakarbonat-metakırıntılı ardalardan oluşan Ertuğrul formasyonu ve üzerlerinde de Üst Triyas-Alt Jura yaşlı bitüm kokulu dolomitlerden oluşan Kızılören formasyonu yer alır. Bu birim üzerinde Alt Jura-Alt Kretase yaşlı dolomit ve kalsitik dolomitlerden oluşan Lorasdağı formasyonu oturur. Mesozoyik yaşlı bu birimlerin üzerine yine açılı uyumsuz olarak Neojen yaşlı formasyonlar bulunmaktadır. Bu birimler stratigrafik olarak alttan üste doğru; bitümlü kilaşı, marn ve kömürlerden meydana gelen Orta Miyosen (Orta Serravaliyen) yaşlı (Karayığit, Akgün, Gayer ve Temel, 1999) Harmanyazı formasyonu, onun üzerinde tabanında konglomera ile başlayan ve üst seviyelerde de kireçtaşlarından oluşan Üst Miyosen-Alt Pliyosen yaşlı Ulumuhsine formasyonu gelir. Ulumuhsine formasyonu üzerine genellikle kilaşı, konglomera ve değişik boyutlu kırıntılılardan oluşan Pliyosen yaşlı Sebiller formasyonu ile onunda üzerinde karbonat ve demir çimentolu, kireçtaşı ve dolomitik kayaç parçalarının oluşturduğu Üst Pliyosen-Kuvaterner yaşlı Tekeler formasyonu yer alır (Hüseyinca ve Eren, 2007). Neojen yaşlı birimler üzerinde ise en genç çökeller olan güncel alüvyonlar yer alır (Şekil 2 ve 3).



Şekil 2. İnceleme Alanına Ait Jeolojik Harita (Hüseyinca ve Eren, 2007).

ÜST SİSTEM		SERO		FORMASYON		KALINLIK-m		SİMGELER		LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
SİSTEM		SERİ		FORMASYON		KALINLIK-m		SİMGELER			
MESOZOYİK	NEOJEN	ALTYÖN	ALTYÖN	20	Qal	Qal	Qal	Qal	Qal	Kahve- gri renkli çok çeşitli boyutlu tutturulmuş malzeme	-Açısal uyumsuzluk
		MİYÖSEN	MİYÖSEN	110	Tb	Tb	Tb	Tb	Tabanda çakıl, blok ve fillit parçalı konglomera içeren, sarı, krem renkli kireçtaşı	Beyaz, gri, sarı, turuncu, kahve renkli kilitaşı, marn, kireçtaşı ve kömür	
											-Açısal uyumsuzluk
		ORTA-ALTYÖN	ORTA-ALTYÖN	250	Tr-k	Tr-k	Tr-k	Tr-k	Koyu mavi -lacivert renkli orta-kalın tabakalı, bitüm kokulu, dolomit mermer	Sarı, pembe renkli, orta-kalın tabakalı mermer ve fillit.	
											-Açısal uyumsuzluk
	ALTYÖN	ALTYÖN	350	Tb	Tb	Tb	Tb	Merceksi geometri, beyaz renkli, masif, dış kökenli rekristalize kireçtaşı	Gri, yeşil, kahve renkli orta- kalın tabakalı metakonglomera, metakumtaşı ve fillit		
										Kalmı tabakalı, siyah renkli, dolomitik mermer üyesi	Beyaz, mavimsi gri ve siyah renkli, orta kalın tabakalı, masif görümlü, bitüm kokulu mermer
	DEVONİYEN - ALT PERMYEN	DEVONİYEN - ALT PERMYEN	800	D-Pb	D-Pb	D-Pb	D-Pb	Beyaz, mavimsi gri ve siyah renkli, orta kalın tabakalı, masif görümlü, bitüm kokulu mermer			
										S-Cb	S-Cb
	ÜST SİLURİYEN - ALT KARBONFER	ÜST SİLURİYEN - ALT KARBONFER	1000	S-Cb	S-Cb	S-Cb	S-Cb	S-Cb			

Şekil 3. İnceleme Alanının Genelleştirilmiş Kolon Kesiti (Hüseyinca ve Eren, 2007)

Sedimanter havzalarda hidrotermal akışkan faaliyetleri oldukça yaygın olarak görülür ve bu faaliyetler özellikle killi sedimanter kayaçlar olan kilitaşı ve şeyllerde zenginleşen iz element miktarları ile bu tür killi kayaçlarda organik madde korunma derecesi ve termal olgunluğu olumlu yönde etkilemektedir. Yine, sedimanter havzalardaki paleo-hidrokinamik olaylar killi sedimanter kayaçlarda zenginleşen örneğin Zr ve Rb gibi iz elementlerin aktif kimyasal özellikleri nedeniyle sıg su koşullarında veya yüksek enerjili derin sularda biriktirilmelerine olanak sağlar. Bu nedenle, Zr/Rb oranı, suyun derinliğinin değişmesinin belirlenmesi amacıyla uygulanabilir. Paleo-su hidrokinamiği ise sedimanter havzalardaki killi sedimanter kayaçlar olan kilitaşı ve şeyllerde zenginleşen iz element miktarları ile bu tür killi kayaçların organik madde miktarlarının olumlu yönde etkilenip etkilenmediğini belirlemek açısından son derece kullanışlıdır. Bu amaçla, paleo-su hidrokinamiğinin belirlenmesi için kilitaşı ve şeyllerde "Bileşimsel Değişkenlik İndeksi (ICV)" hesaplamaları yapılmaktadır. Bu indeks ile kayaçların orijinal bileşiminde yer alan kil minerallerinin depolanmaları esansında; ya sakin ve enerjisiz su koşullarında daha az tortu yeniden dolaşımına maruz kaldıklarını ya da daha fazla tortu geri dönüşümüne maruz kalarak, güçlü hava koşullarından oldukça fazla etkilendiğini ifade eder.

Paleo-iklim şartları ise göl türü sedimanter havzalardaki bitümlü kilitaşı ve bitümlü şeyl türü killi sedimanter kayaçların birincil verimliliğini etkilemesinin yanı sıra, göl sularının alkalilik, asitlik ve tuzluluk oranına, oksidasyon ve redüksiyon gelişimlerine ve bütün bunların yanı sıra da birincil organik madde üretimini ve zenginleşmesini de doğrudan etkilemektedir. Ayrıca, paleo-iklim genellikle kayaçların alterasyonunu, sediment taşınmasını ve kaynak kayaların bileşimi de etkileyebilir (Zhang, Gao, Liu, Huang, Yang ve Zhang, 2011).

## 2. Materyal ve Yöntem

Bu makaleye konu olan kayaç materyalleri Ilgın (Konya) sahasındaki taban kömürlerinin üzerinde çökelemeye başlayan (KI-1 no'lu örnek) ancak daha sonra gölün sığlaşması ile tavan kömürlerinin çökmesinden itibaren sürekli şekilde derinleşen göl ortamında çökelmiş olan, organik madde içerikleri çok yüksek bitümlü kilitaşı seviyelerinden tabandan tavana kadar sistematik şekilde alınan bitümlü kilitaşı (KI-2-KI-14) örnekleri ile iki adet de kömür (KI-Alt Linyit ve KI-Ara Linyit) örneği oluşturmaktadır. Bitümlü kilitaşı ve kömür örneklerinde Ana ve İz element analizleri Ankara Üniversitesi YEBİM Araştırma Merkezi laboratuvarında ICP-OES (Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry) model cihaz kullanılarak yapılmıştır.

Çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

## 3. Jeokimyasal İncelemeler

Bu çalışmada Jeokimyasal yönden incelenen Ilgın (Konya) sahası Miyosen yaşlı Harmanyazı Formasyonun organik madde içerikleri yönünden oldukça zengin olan bitümlü kilitaşlarına ait iz ve ana elementler ile %TOC değerleri Tablo 1'de verilmiştir.

### 3.1. Paleo-hidrotermal Çökeltme Koşulları

Hidrotermal akışkanlarla ilişkili olarak depolanmış olan tortullar hidrotermal biriktirmeler olarak adlandırılır (Zhong, Jiang, Guo ve Sun, 2015). Hidrotermal akışkan faaliyetleri sedimanter havzalarda oldukça yaygındır ve bu süreçlerin killi sedimanter kayaçlarda zenginleşen iz elementler ile kilitaşı ve şeyl gibi killi kayaçların organik madde miktarlarını etkilediği açıkça görülebilir (Chu, Chen, Zhang, Shi, Jiang ve Yang, 2016). Fe/Ti ve (Fe+Mn)/Ti oranları hidrotermal akışkanlarla ilişkili olarak depolanmış olan hidrotermal kaynaklı çökeltilerin gösterge indeksleri olabilir. Killi kayaçlardaki Fe/Ti değeri > 20.0'nin üzerinde olduğunda veya kayaçlardaki (Fe+Mn)/Ti değeri 20 ± 5'in üzerinde olduğunda, sedimanların hidrotermal bir akışkandan etkilendiği kabul edilir (Boström, 1983).



Tablo 1. Ilgın Sahası Bitümlü Kilitaşı Örneklerine ait İz ve Ana elementler ile %TOC değerleri.

Örnek No	KI-14	KI-13	KI-12	KI-11	KI-10	KI-9	KI-8	KI-7	KI-6	KI-5	KI-4	KI-3	KI-3/2	KI-2	KI-Ara Linyit	KI-1	KI-Alt Linyit
TOC %	14,52	34,32	21,00	41,52	26,50	23,33	37,69	44,44	16,29	40,99	28,93	37,12	34,51	31,07	51,19	36,41	47,26
S ppm	17698,1	91794,6	36797,9	82943,5	43614,4	59754,6	37050,2	52345,3	35207,9	93156,3	28603,7	116665,7	59314	77897,2	84225,1	100165,1	26577,1
Sr ppm	498,8	99,4	495,7	94,7	177	227,8	300,8	277,3	292,7	151,2	148,2	72,1	167,8	202,5	113,9	67	273,8
Cu ppm	1,5	16,2	9,8	7,5	11,0	6,9	14,0	14,0	5,9	14,9	28,0	21,0	16,1	8,0	9,5	16,1	15,1
Rb ppm	11,6	24,6	18,3	9,5	13,3	17,0	37,2	28,2	13,5	10,5	45,0	10,6	6,0	11,7	5,1	21,1	3,3
U ppm	7,3	13,2	6,8	6,0	6,0	13,5	13,1	5,9	7,5	6,3	5,8	6,3	12,9	10,1	4,2	7,0	12,4
Th ppm	3,0	5,6	5,1	1,1	2,9	5,0	6,8	4,9	3,6	3,8	11,1	1,1	2,1	3,5	3,1	6,4	1,2
Zr ppm	31,2	50,7	33	16,9	30,2	48,6	73,4	50,8	23,4	17,4	36,9	20,7	14,4	32,7	8,5	15,0	29,9
Mn ppm	1107,5	100,9	556,0	81,9	196,0	271,0	335,3	220,8	546,0	137,1	322,1	59,2	126,7	363,2	85,1	184,3	197,7
Ba ppm	139,9	70,3	94,6	29,1	59,6	89,6	115,0	77,9	75,6	45,5	112,0	52,5	39,8	67,8	27,4	83,0	32,5
Fe ppm	23219,9	109633,5	43162,3	87269,0	64715,7	93068,4	72048,3	61260,5	53927,9	110266,8	41795,8	150207,2	97812,4	129542,6	75614,6	153762,4	14776,3
Ti ppm	441,2	1017,3	620,4	603,6	529,9	1411,8	2556,8	1606,0	890,25	601,8	1074,9	458,0	293,7	806,3	366,8	949,6	511,3
Fe2O3 %	2,09	9,868	3,885	7,855	5,825	8,377	6,485	5,514	4,854	9,925	3,762	13,52	8,804	11,66	6,806	13,84	1,33
K2O %	0,2451	0,4364	0,2905	0,1797	0,236	0,4253	0,8048	0,6308	0,342	0,1894	0,7549	0,1973	0,1428	0,2441	0,0778	0,3303	0,0641
Na2O %	0,051	0,078	0,053	0,071	0,052	0,064	0,057	0,063	0,053	0,083	0,047	0,1	0,065	0,083	0,062	0,088	0,037
MgO %	0,343	0,321	0,606	0,16	0,206	0,248	0,439	0,406	0,369	0,226	0,831	0,028	0,222	0,198	0,192	0,025	0,398
Al2O3 %	0,931	3,09	2,608	0,845	1,747	2,656	6,356	4,624	1,67	1,718	5,867	0,923	0,2646	2,334	0,985	3,496	1,184
CaO %	42,83	1,355	28,97	1,519	12,52	16,21	21,58	15,67	19,81	2,499	2,655	1,13	7,409	18,17	1,827	5,811	6,981
TiO2 %	0,0736	0,1697	0,1035	0,1007	0,0884	0,2355	0,4265	0,2679	0,1485	0,1004	0,1793	0,0764	0,049	0,1345	0,0612	0,1584	0,0853
MnO %	0,143	0,01303	0,0718	0,01058	0,02531	0,0351	0,0433	0,02852	0,0705	0,01771	0,0416	0,00765	0,01636	0,0469	0,01099	0,0238	0,02553
Fe/Ti	1107,53	100,91	556,09	81,94	196,02	271,85	335,35	220,88	546,02	137,16	38,88	327,95	332,97	160,65	206,03	161,92	28,89
(Fe+Mn)/Ti	55,14	107,86	70,46	144,69	122,48	66,11	28,31	38,28	61,19	183,43	39,18	328,08	333,40	161,11	206,00	162,12	29,00

Ilgın sahasına ait bitümlü kilitaşı örneklerinin paleo-hidrotermal çökeltme koşulları Fe/Ti ve (Fe+Mn)/Ti oranlarına göre değerlendirilmiştir. İncelenen örneklerde Fe/Ti oranları 28,18-183,20 (ort: 126,34) oldukça yüksek olup bitümlü kilitaşı çökeltimi sırasında göl havzasının hidrotermal bir sıvıdan etkilendiğini işaret eder. Yine, örneklerdeki (Fe+Mn)/Ti oranlarının da 28,31-333,40 (ort: 126,79) oldukça yüksek olması bitümlü kilitaşılarının çökeltimi sırasında hidrotermal bir sıvıdan etkilendiğini desteklemektedir (Tablo 1).

### 3.2. Paleo-Hidrokinamik Olaylar

Zirkon mineralinde bulunan Zr elementi tipik olarak karasal kaynaklı terrijen bir elementtir ve güçlü paleo-hidrokinamik kuvvetle ilişkili olan sığ su koşullarında birikmektedir. Bu nedenle, Zr elementinin zenginleştiği killi kayaçlar organik madde birikimi ve korunması açısından uygun değildir. Bu özellikleri nedeniyle Zr'ca

zengin killi kayaçlar petrol kaynak kayaları olamazlar (Dana, Klein ve Hurlbut, 1985; Nesse, 2000). Rubidyum elementi ise aktif kimyasal özelliği nedeniyle, yer değiştirme veya taşınma eğilimindedir ve bu nedenle zayıf paleo-hidrokinamik kuvvetle ilişkili olan daha derin sularda çökeltme killi sedimanlarda biriktirmektedir. Zr ve Rb elementlerinin bu özellikleri dikkate alınarak Zr/Rb oranı çeşitli araştırmacılar tarafından, sedimanter havzalarda paleo-hidrokinamik kuvvetle ilişkili olarak su derinliğinin değişmesinin belirlenmesi amacıyla kullanılmıştır. Zr/Rb'nin <2.0 küçük değerleri zayıf paleo-hidrokinamik kuvveti gösterirken, Zr/Rb oranının 2.0-5.0 arasındaki değerleri ise güçlü paleo-hidrokinamik kuvveti gösterir (Teng, Hui, Xu ve Chen, 2005; Zhao, Li, Wang, Wu, Wang, Qin, Cheng ve Li, 2016).

Ilgın sahasına ait bitümlü kilitaşı örneklerinin Zr/Rb oranları incelendiğinde önce istifin tabanında (KI-Alt Linyit ve KI-1 no'lu örnek) "zayıf paleo-hidrokinamik bir kuvvetin" (0,71) etkili olduğu görülmektedir. Ancak,

bundan sonra üste doğru KI-Ara Linyit damarının çökelim sürecinin başlamasıyla birlikte “güçlü bir paleo-hidrokinamik kuvvetin (2,40-2,79) etkili olmaya başladığı görülmektedir. Ancak, sonrasında ise göl havzası KI-3 no’lu örnekten başlayarak üste doğru KI-8 no’lu örneğin çökeli mi tamamlanana kadar (0,82-1,97) “zayıf bir paleo-hidrokinamik kuvvetin” etkisi altında kalmıştır. Daha sonrasında ise, KI-8 no’lu örnekten başlayarak KI-14 no’lu örneğin çökeli mi sonuna kadar ise gölün ardışıklı olarak “güçlü paleo-hidrokinamik (2,06-2,86) ile zayıf paleo-hidrokinamik kuvvetlerin (1,78-1,80) etkisi altında kaldığı görülmektedir (Tablo 2).

Tablo 2. Ilgın Sahası Bitümlü Kıltaşı Örneklerinin Zr/Rb Oranları ve Paleo-Hidrokinamik Etki

Örnek No	Zr/Rb	Paleo-Hidrokinamik Olaylar
KI-14	2,69	Güçlü paleo-hidrokinamik kuvvet
KI-13	2,06	Güçlü paleo-hidrokinamik kuvvet
KI-12	1,80	Zayıf paleo-hidrokinamik kuvvet
KI-11	1,78	Zayıf paleo-hidrokinamik kuvvet
KI-10	2,27	Güçlü paleo-hidrokinamik kuvvet
KI-9	2,86	Güçlü paleo-hidrokinamik kuvvet
KI-8	1,97	Zayıf paleo-hidrokinamik kuvvet
KI-7	1,80	Zayıf paleo-hidrokinamik kuvvet
KI-6	1,73	Zayıf paleo-hidrokinamik kuvvet
KI-5	1,66	Zayıf paleo-hidrokinamik kuvvet
KI-4	0,82	Zayıf paleo-hidrokinamik kuvvet
KI-3	1,95	Zayıf paleo-hidrokinamik kuvvet
KI-3/2	2,40	Güçlü paleo-hidrokinamik kuvvet
KI-2	2,79	Güçlü paleo-hidrokinamik kuvvet
KI-Ara Linyit	9,06	Güçlü paleo-hidrokinamik kuvvet
KI-1	0,71	Zayıf paleo-hidrokinamik kuvvet
KI-Alt Linyit	1,66	Zayıf paleo-hidrokinamik kuvvet

### 3.3.Paleo-Su Derinliği

Paleo-göl ortamlarında depolanmış olan bitümlü sedimanter killi kayalar için paleo-su derinliği, gölün üst su kolonundaki birincil organik üretkenlik ile göl tabanında da organik madde korunması ve zenginleşmeleri ile gölün depolanma redoks koşullarıyla çok yakından ilişkilidir. Wu ve Zhou (2000), tarafından Co elementinin incelenen bitümlü sedimanter killi kayalardaki zenginliği, göl havzasının paleo-su derinliğini nicel olarak hesaplamak için aşağıdaki formülle uygulanmıştır.

$$\text{Paleo-su derinliği} = 3.05 \times 105 / [V_o \times N_{co} / (S_{co} - t \times T_{co})]^{1.5}$$

### Paleo-su derinliği (m);

**Vo:** Normal göl sedimanlarının birikme hızı (150 ila 300 m/Ma);

**Nco:** Normal gölsel sedimanlarının Co bolluğu (20 ppm);

**SCO:** Örnekteki Co bolluğu;

**t:** Co'ın provenanstan numunelere katkı değeri [(Örnekteki La)/(terrijen detritiklerde La (38.99 ppm))],

**Tco:** kaynağın Co bolluğu (4.68 ppm).

Genellikle, Li, Hinnov, Huang ve Ogg (2018) tarafından yapılan araştırmalarında 20,0 metrenin üzerindeki göller “yarı derin-derin göl” olarak tanımlanırken, 10,0 – 20,0 m arasındaki göl derinlikleri ise “sığ bir göl” olarak tanımlanmıştır. Bu araştırmacılara göre, normal bir gölün sediment depolanma oranı 150,0 ila 300m/Ma arasında değişmektedir. Zhang ve Zhao (2002)’ye göre de göl suyu derinliği 10,0 ila 20,0 m arasında ise “sığ bir göl” ve >20,0 metrenin üzerindeki göl derinlikleri ise “yarı derin - derin göl” olarak tanımlanır. Zhang ve Zhao (2002) bitümlü şeyllere ait yaptıkları örnek bir çalışmada Wu ve Zhou (2000) tarafından geliştirilen formülde geçen Vo değerini ortalama 200 m/Ma olarak dikkate almışlardır. Bu çalışmada da Vo değeri ortalama 200 m/Ma olarak dikkate alınmıştır.

Bu veriler ışığında Ilgın paleo-göl havzasının su derinliği, paleo-su derinliği =  $3.05 \times 105 / [V_o \times N_{co} / (S_{co} - t \times T_{co})]^{1.5}$  eşitliği kullanılarak hesaplanmış ve 21,02 metre olarak bulunmuştur. Bu sonuca göre Ilgın sahasına ait bitümlü kıltaşı örneklerinin “yarı derin-derin bir gölde” çökelmiş olduğunu söyleyebiliriz.

### 3.4.Paleo-Su Hidrokinamiği

Kayaların orijinal bileşiminin, sirkülasyon yatağından alınan ince taneli kırıntılı kayalar üzerindeki değişimi göz önüne alındığında, ilk önce devri daim birikiminin yaşanıp yaşanmayacağına karar vermek için “Bileşimsel Değişkenlik İndeksi (ICV)” uygulanmalıdır (Li, Li, Zhu, Wu, Cheng, Liu ve Zhao, 2017; Cullers ve Podkovyrov, 2000). Bu amaçla, tüm oksit konsantrasyonu, moleküler oranlarda hesaplanır. Formüller:

$$ICV = (Fe_2O_3 + K_2O + Na_2O + CaO^* + MgO + MnO + TiO_2) / Al_2O_3.$$

CaO \* silikat içinde CaO'yu temsil eder ve aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$CaO^* = CaO - (10/3) \times P_2O_5$$

Normal olarak, “Bileşimsel Değişkenlik İndeksi” (ICV)’nin >1.0’den yüksek olması örneklerin daha fazla kil mineraline sahip olduğunu ve bu örneklerin daha az tortu yeniden dolaşımına maruz kaldıklarını gösterir. ICV’nin <1.0’den küçük olması ise incelenen kayalar örneklerinin daha kaba kırıntılı malzemeden oluştuğunu, daha az kil mineraline sahip olduğunu ve kayaların daha fazla tortu geri dönüşümüne maruz kaldıkları ve güçlü hava koşullarından fazlaca

etkilendiği anlamına gelir (Li ve diğ., 2017; Cullers ve Podkovyrov, 2000).

İlgın sahası bitümlü killi kayaç örneklerinin ICV (ICVort= 14,31) değerleri beklendiği üzere >1.0'den çok yüksektir. İncelenen örneklerin ICV değerlerine göre çok yüksek kil içeriğine sahip oldukları, sakin ve durağan, enerjisi çok düşük su koşullarında çökeldiği anlaşılmaktadır (Tablo 3).

Tablo 3. İlgın Sahası Bitümlü Kayaç Örneklerinin ICV Değerlerine Göre Kil İçeriği ve Ortam Enerjisi Değerlendirmesi

Örnek Numarası	ICV	Kil İçeriği ve Ortam Enerjisi
KI-14	48,84	Yüksek kil içeriği ve enerjisi düşük su ortamı
KI-13	3,86	Yüksek kil içeriği ve enerjisi düşük su ortamı
KI-12	12,91	Yüksek kil içeriği ve enerjisi düşük su ortamı
KI-11	11,34	Yüksek kil içeriği ve enerjisi düşük su ortamı
KI-10	10,67	Yüksek kil içeriği ve enerjisi düşük su ortamı
KI-9	9,52	Yüksek kil içeriği ve enerjisi düşük su ortamı
KI-8	4,65	Yüksek kil içeriği ve enerjisi düşük su ortamı
KI-7	4,82	Yüksek kil içeriği ve enerjisi düşük su ortamı
KI-6	15,17	Yüksek kil içeriği ve enerjisi düşük su ortamı
KI-5	7,41	Yüksek kil içeriği ve enerjisi düşük su ortamı
KI-4	1,36	Yüksek kil içeriği ve enerjisi düşük su ortamı
KI-3/2	61,97	Yüksek kil içeriği ve enerjisi düşük su ortamı
KI-3	15,98	Yüksek kil içeriği ve enerjisi düşük su ortamı
KI-2	12,95	Yüksek kil içeriği ve enerjisi düşük su ortamı
KI-Ara Linyit	8,86	Yüksek kil içeriği ve enerjisi düşük su ortamı
KI-1	5,71	Yüksek kil içeriği ve enerjisi düşük su ortamı
KI-Alt Linyit	7,27	Yüksek kil içeriği ve enerjisi düşük su ortamı

### 3.5.Paleo-iklim Değerlendirmeleri

Ülkemizde son yıllarda Tersiyer boyunca paleo-iklimdeki değişimlerin belirlenmesi ve paleo-coğrafik yaklaşımlarla bu iklimsel değişimlerin ilişkilendirilmesi amacıyla pek çok bilimsel çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalar genellikle Miyosen süresince değişiklikler gösteren paleo-iklimsel ve paleo-ortamsal sorunların çözümüne yönelik olarak yapılmıştır (Akgün, Kayseri ve

Akkiraz, 2007; Akgün, Akkiraz, Üçbaş, Bozcu, Yeşilyurt ve Bozcu, 2013; Akkiraz, Akgün, Utescher, Bruch ve Mosbrugger, 2011; Akkiraz, 2011; Akkiraz, Akgün, Utescher, Wilde, Bruch, Mosbrugger ve Üçbaş, 2012; Kayseri, 2014). Ancak, Türkiye'de paleo-iklimdeki değişimlerin belirlenmesi amacıyla en kapsamlı paleo-bitkisel ve paleo-iklimsel çalışma ise ilk kez Akgün ve diğ., (2007) tarafından ortaya konulmuştur. İlgın (Konya) linyitlerinin yaşı palinolojik verilere dayanarak Karayiğit ve diğ. (1999) tarafından Orta Miyosen olarak belirlenmiştir. Yapılan bilimsel çalışmalara göre Erken Miyosen dönemi buzul dönemi olarak anılır ve Erken Miyosen'de ısı değerlerinde belirgin bir düşüş tanımlanmıştır. Erken Miyosen'den Orta Miyosen'e doğru ısı değerlerinde düzenli bir artış gözlenmiş ve bu artış Orta Miyosen'de (geç Burdigaliyen-Langiyen) maksimum değerine ulaşmış olup Orta Miyosen dönemi de sıcak iklim dönemi olarak adlandırılmıştır. Bu sıcak iklim koşullarının ısı değerlerinde Geç Miyosen'den Pliyosen'e doğru ise düzenli bir şekilde düşüş belirlenmiştir. (Kayseri ve Akgün, 2010). Strömberg, Werdelin, Friis ve Saraç (2007) Orta Türkiye'de Erken Miyosen'de nispeten açık otların hakim olduğu habitatların etkili olduğunu ileri sürmüşlerdir. Araştırmacılara göre, açık habitat otlarının ekolojik hakimiyetinin artmasının sonucunda Türkiye'de Miyosen boyunca ağaç örtüsünde genel bir azalma meydana gelmiş ve bu durumun ise yarı nemli hatta kuru ve sıcak iklim koşullarını gösterdiğini ileri sürmüşlerdir.

#### 3.5.1.Sr/Cu Oranına Göre Paleo-iklim

Sedimentteki artan Sr miktarı dolomitik çamurtaşlarının meydana geldiği durumlar haricinde, Sr miktarındaki artış dolomitik faz ile değil fosfatik nodüllerin ortaya çıkışıyla ilişkilidir. Fosfat biriktirme dönemi de, fosfat nodüllerinin oluşumu ile ilişkilidir; öte yandan denizel ortam koşullarında ise genellikle upwelling (deniz suyunun dipten yukarıya doğru yükselişi) koşullarının göstergesidir. Sr çoğunlukla bozmuş ve altere olmuş kayaçlarda çok yüksek aktivite gösteren bir elementtir, bu nedenle altere ve bozmuş kayaçlarda kolaylıkla çözülür. Sr'un bu özellikleri ve sedimentteki çok yüksek içeriği genellikle, deniz suyu girişi olmayan gölsel çökme ortamındaki sıcak ve kurak bir iklimden kaynaklanan göl suyunun tuzlanmasına işaret eder (Couch, 1971). Bakır ise sülfüfil elementlerden biridir, Cu<sup>2+</sup> indirgen ortamlarda Cu<sub>2</sub>S'ye indirgenebilir ve organik maddece zengin ortamlarda çökler. Buna ilave olarak, bir organizmadaki Cu zenginleşmesi belirli bir miktarı geçince, sıcak ve nemli bir iklimde depolanan organik maddece zengin killi kayaçlarda genellikle birikme ve zenginleşme eğilimindedir. Kayaçlardaki Sr ve Cu konsantrasyonları göl havzasının ölçeği, açık denize olan mesafesi ve gölün su derinliği tarafından etkilenecektir. Bununla birlikte, yüksek Sr/Cu

oranlarının sıcak ve kurak bir iklimi yansıttığı ve düşük Sr/Cu oranının da sıcak ve nemli bir iklimi işaret ettiği değerlendirilmektedir (Tablo 4). Çeşitli araştırmacılar tarafından Sr, Cu ve Rb gibi elementlerin oranları genellikle paleo-iklim yeniden yapılandırmalarında kullanılmaktadır. Sr/Cu ve Sr/Ba, Rb/Sr oranları paleo-iklimi yeniden yapılandırmak ve iklimi eski haline getirmek için çok yaygın olarak kullanılır (Chen, Zheng, Tu ve Zhu, 1999; Lerman, Imboden, Gat ve Chou, 1995; Liang, Xiao, Xiao ve Lin, 2015; Fu, Li, Xu ve Niu, 2018; Wang, Fu, Feng, Song, Wang, Che ve Zeng, 2017). Düşük Sr/Cu oranlarına sahip çökeltiler, sıcak ve nemli iklim koşullarını temsil ederken, yüksek Sr/Cu oranları, sıcak, kurak ve düşük ayrışma oranlı iklim koşullarını göstermektedir. (Lerman ve diğ., 1995; Hu, Liu, Liu, Sun, Hu, Meng ve Liu, 2012; Jia, Liu, Bechtel, Strobl ve Sun, 2013). Sr/Cu oranı 1.3-5.0 arası sıcak ve nemli iklimi ve genel olarak da Sr/Cu oranı >5.0'den büyükse de sıcak ve kurak bir iklimi göstermektedir (Lerman, 1978, Abraham, Kautz, Tillmanns ve Walenta, 1978). Xu, Shan, Lin, Hao, Liu, Wang, Shen, Rexiti, Li ve Li (2022)'ye göre ise, Sr/Cu oranlarının 1,3-5,0, 5,0-10,0 ve >10,0 değerleri genellikle sırasıyla sıcak ve nemli iklimi, yarı nemli-yarı kurak iklimi ve sıcak ve kurak bir iklimi gösterir.

Tablo 4. Sr/Cu Değerlerine Göre İklim Koşulu (Wignall ve Twitchett, 1996; Wang ve diğ., 2017; Fu ve diğ., 2018)

Sr/Cu Değeri	Paleo-iklim Koşulu
>10.0	Sıcak ve Kurak iklim
5.0 -10.0	Yarı kurak ve yarı nemli iklim
<5.0	Sıcak ve nemli iklim

İlgın sahası paleo-göl ortamında Sr/Cu (ort: 37,10) oranlarının sistematik olarak tabandan tavana doğru bir artış gösterdiği görülmektedir. İlgın sahasından alınan bitümlü kiltası örneklerinin Sr/Cu oranlarına göre paleo-iklim değerlendirmelerinde bitümlü kiltası çökelişi başladığında havzanın "sıcak ve nemli bir iklim koşulunda olduğunu görmekteyiz. Ancak, üste doğru KI-4 numaralı örneğin çökelişine kadar geçen sürede havzada "sıcak ve nemli iklim ile sıcak ve kurak iklim" koşulları arasında iklimde salınımların olduğu görülmektedir. KI-4 numaralı örneğin çökelişi esnasında ise iklim kısmen daha yağışlı bir dönem içerisine girmiş olup, havzada "yarı kurak ve yarı nemli iklim" koşulları hüküm sürmüştür. KI-5 numaralı örnekten itibaren KI-13 numaralı örneğin çökelişine kadar geçen sürede ise havzada "sıcak ve kurak iklim" koşulları etkili olmuştur. KI-13 numaralı örneğin çökelişi esnasında ise yine "yarı kurak ve yarı nemli iklim" koşulları hüküm sürmüştür ve devamında ise yine havzada "çok sıcak ve kurak iklim" koşulu hakim olmuştur (Tablo 5, Şekil 4).

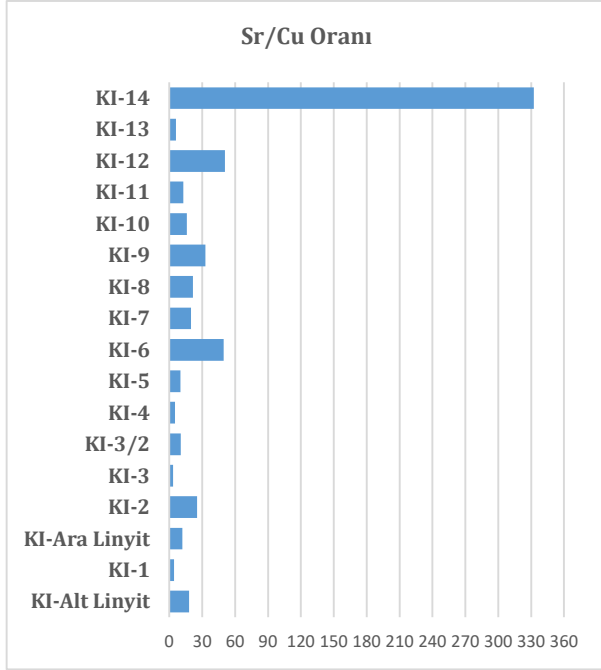
Tablo 5. İlgın Sahası Bitümlü Kiltası Örneklerinin Sr/Cu Oranlarına Göre Paleo-İklim Değerlendirmesi

Örnek No	Sr/Cu	Paleo-iklim Koşulu
KI-14	332,53	Sıcak ve kurak iklim
KI-13	6,14	Yarı kurak ve yarı nemli iklim
KI-12	50,58	Sıcak ve kurak iklim
KI-11	12,63	Sıcak ve kurak iklim
KI-10	16,09	Sıcak ve kurak iklim
KI-9	33,01	Sıcak ve kurak iklim
KI-8	21,49	Sıcak ve kurak iklim
KI-7	19,81	Sıcak ve kurak iklim
KI-6	49,61	Sıcak ve kurak iklim
KI-5	10,15	Sıcak ve kurak iklim
KI-4	5,29	Yarı kurak ve yarı nemli iklim
KI-3/2	10,42	Sıcak ve kurak iklim
KI-3	3,43	Sıcak ve nemli iklim
KI-2	25,31	Sıcak ve kurak iklim
KI-Ara Linyit	11,98	Sıcak ve kurak iklim
KI-1	4,16	Sıcak ve nemli iklim
KI-Alt Linyit	18,13	Sıcak ve nemli iklim

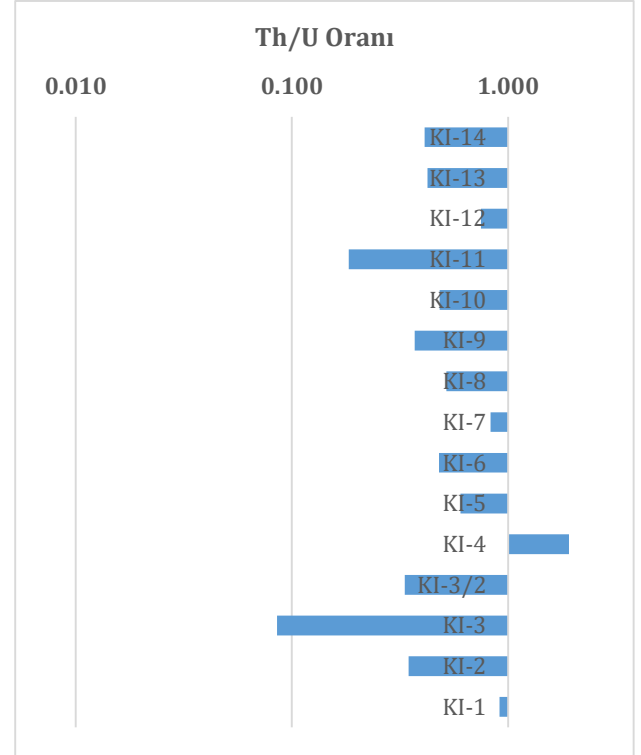
### 3.5.2.Th/U Oranına Göre Paleo-iklim

Th/U oranının düşük değerleri sıcak ve kurak iklim değerlerini gösterirken, yüksek Th/U oranları sıcak-nemli bir iklime işaret eder ve sürekli paleo-iklim gelişiminin belirlenmesine yardımcı olarak paleo-iklim dalgalanmalarının yüzeysel olarak anlaşılmasını sağlar (Xu, Wang, Ma, Meng, Bi ve Jiang, 2021).

İlgın sahasından alınan bitümlü kiltası örneklerinin Th/U oranı (Th/Uort: 0,34) ortalaması çok düşük olup, Th/Uort değerlerine göre genel olarak İlgın havzasında bitümlü kiltası çökelişi sırasında hüküm süren paleo-iklimin oldukça sıcak ve kurak olduğuna işaret eder (Tablo 6, Şekil 5). İlgın havzasında Th/U oranına göre paleo-iklim değerlendirmelerinde, KI-4 numaralı örneğin çökelişine kadar geçen sürede havzada oldukça sıcak ve kurak bir iklimin hüküm sürdüğü görülmektedir. KI-4 numaralı örneğin çökeliş sürecinde ise iklimin kısmen nemli ve yağışlı olduğu anlaşılmaktadır. Ancak, KI-4 numaralı örneğin çökeliş sürecinden sonra iklim tekrar oldukça sıcak ve kurak bir döneme girmiştir.



Şekil 4. Ilgın Sahası Bitümlü Kiltası Örneklerinin Sr/Cu Oranlarına Göre Paleo-İklim Değerlendirmesi



Şekil 5. Ilgın Sahası Bitümlü Kiltası Örneklerinin Th/U Oranlarına Göre Paleo-İklim Değerlendirmesi

Tablo 6. Ilgın Sahası Bitümlü Kiltası Örneklerinin Th/U Oranlarına Göre Paleo-İklim Değerlendirmesi

Örnek No	Th/U Oranı	Paleo-İklim Koşulu
KI-14	0,410	Sıcak ve Kurak iklim
KI-13	0,424	Sıcak ve Kurak iklim
KI-12	0,750	Sıcak ve Kurak iklim
KI-11	0,183	Sıcak ve Kurak iklim
KI-10	0,483	Sıcak ve Kurak iklim
KI-9	0,370	Sıcak ve Kurak iklim
KI-8	0,519	Sıcak ve Kurak iklim
KI-7	0,830	Sıcak ve Kurak iklim
KI-6	0,480	Sıcak ve Kurak iklim
KI-5	0,603	Sıcak ve Kurak iklim
KI-4	1,913	Nemli iklim
KI-3/2	0,333	Sıcak ve Kurak iklim
KI-3	0,085	Sıcak ve Kurak iklim
KI-2	0,346	Sıcak ve Kurak iklim
KI-Ara Linyit	0,738	Sıcak ve Kurak iklim
KI-1	0,914	Sıcak ve Kurak iklim
KI-Alt Linyit	0,096	Sıcak ve Kurak iklim

### 3.5.3. Rb/Sr Oranına Göre Paleo-iklim

Rb/Sr ve Ba/Sr oranları gibi eser element indeksleri de iklim değişikliğinin temsili göstergeleri olarak kullanılmıştır. Bu oranlar paleo-iklimsel değişimlere manyetik alınganlık ve tane boyutundan daha hassastır (Chen ve diğ., 1999; Ding, Valkiers, Kipphardt, De Bievre, Taylor, Gonfiantini ve Krouse, 2001) ve bu nedenle paleo-iklim değişikliklerinin belirlenmesi için güvenilir bir parametre olmaktadır (Yang, Cui, Yi, Zhang ve Liu, 2004). Rb/Sr oranı, Rb'nin ilişkili olduğu karbonatların hava koşullarına karşı direncindeki farklılıklara dayanan bir katsayıdır (Gallagher ve Sheldon, 2013). Lerman ve diğ. (1995)'e göre, yüksek Rb/Sr oranlarına sahip çökeltiler, sıcak ve nemli iklim koşullarını temsil ederken, düşük Rb/Sr oranları, sıcak, kurak ve düşük ayrışma oranlı iklim koşullarını göstermektedir. Rb/Sr ve Ba/Sr oranlarının yüksek değerleri daha yüksek çökelmeyi ve bu durum da liç ve kil yıkama oranının arttığını gösterir. Örneğin, Rb/Sr oranları, kimyasal ayrışma derecesini ve jeolojik zaman ölçeklerinde iklim koşullarındaki değişiklikleri yeniden yapılandırmak için kullanılmıştır (Chen ve diğ., 1999; Fu ve diğ., 2018; Jin ve Zhang 2002; Meyer, Davies ve Stuut, 2011). Çevresel araştırmalarda, göl sedimanlarındaki genellikle daha düşük Rb/Sr oranlarının daha yüksek ayrışma dereceleriyle ilişkili olduğu ifade edilmektedir (Chen ve diğ., 1999; Jin, Li, Cao, Wang ve Yu, 2006). Sr kimyasal ayrışma yoğunluğu arttırıldığında tortulardan kolayca çıkarılabilirken, Rb ise ayrışma sırasında inert davranış sergiler. Daha

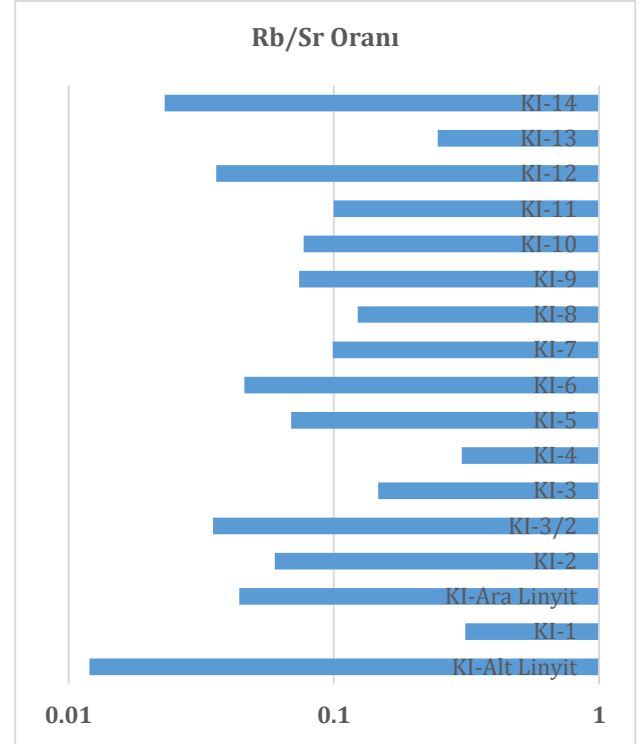


yüksek Sr içeren ayrışma çözeltileri göl sedimanlarında birikerek Sr'un Rb'na göre göreceli olarak zenginleşmesine neden olur. Bu nedenle, göl sedimanlarındaki Rb/Sr oranlarındaki büyük değişkenlik, kaynak alandaki kimyasal ayrışma yoğunluğu ile negatif bir korelasyona işaret etmektedir (Chen ve diğ., 1999; Jin ve diğ., 2006). Kalsiyum içeren mineraller, K-içeren minerallere kıyasla kolayca alterasyona uğradığından, kimyasal ayrışmayla Ca ve Sr kolayca mobil olabilmektedir. Sonuç olarak, Sr çözeltiliye geçer ve tercihen otojenik karbonatlara dahil edilerek göle taşınır (Chen ve diğ., 1999). Bu nedenle, nemli bir iklimde, daha fazla yağış ve güçlü hava koşulları nedeniyle, Sr'nin yıkanması kolaydır ve bu da göl sedimanlarında daha yüksek bir Rb/Sr oranıyla sonuçlanır. Aksine, kurak bir iklimde ise, Rb/Sr oranı nispeten düşüktür. Bu nedenle, sıcak-kurak iklim dönemlerinde Rb/Sr oranının düştüğü ifade edilmektedir (Jin ve Zhang 2002; Meyer ve diğ., 2011). Rb/Sr değerinin yüksek olması nemli bir iklimi, düşük olması ise kurak bir iklimi gösterir (Chen ve diğ., 1999; Fu ve diğ., 2018).

İlgün havzasından derlenen bitümlü kayaç örneklerinin tamamında tabandan tavana kadar Rb/Sr oranlarının çok düşük olduğu görülmektedir (Tablo 7, Şekil 6). İncelenen örneklerinin Rb/Sr oranı ortalaması da (Rb/Srort: 0,106) oldukça düşük olup, bu durum, İlgün havzasında bitümlü kilitaşlarının çökelişi sırasında paleo-iklimin oldukça "sıcak ve kurak" olduğuna işaret etmektedir.

Tablo 7. İlgün Sahası Bitümlü Kilitaş Örneklerinin Rb/Sr Oranlarına Göre Paleo-İklim Değerlendirmesi

Örnek No	Rb/Sr Oranı	Paleo-İklim Koşulu
KI-14	0,02	Sıcak ve Kurak iklim
KI-13	0,24	Sıcak ve Kurak iklim
KI-12	0,03	Sıcak ve Kurak iklim
KI-11	0,10	Sıcak ve Kurak iklim
KI-10	0,07	Sıcak ve Kurak iklim
KI-9	0,07	Sıcak ve Kurak iklim
KI-8	0,12	Sıcak ve Kurak iklim
KI-7	0,09	Sıcak ve Kurak iklim
KI-6	0,04	Sıcak ve Kurak iklim
KI-5	0,06	Sıcak ve Kurak iklim
KI-4	0,30	Sıcak ve Kurak iklim
KI-3/2	0,03	Sıcak ve Kurak iklim
KI-3	0,14	Sıcak ve Kurak iklim
KI-2	0,06	Sıcak ve Kurak iklim
KI-Ara Linyit	0,04	Sıcak ve Kurak iklim
KI-1	0,31	Sıcak ve Kurak iklim
KI-Alt Linyit	0,01	Sıcak ve Kurak iklim



Şekil 6. İlgün Sahası Bitümlü Kilitaş Örneklerinin Rb/Sr Oranlarına Göre Paleo-İklim Değerlendirmesi

### 3.5.4. Sr/Ba Oranına Göre Paleo-iklim

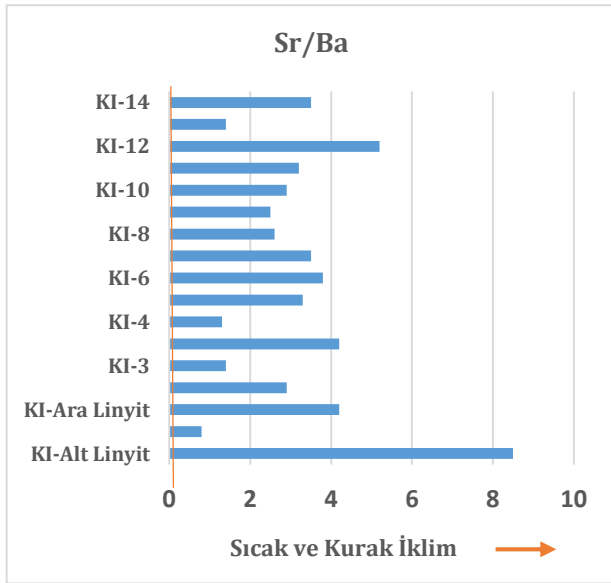
Sr/Ba oranlarının > 1.0 büyük olduğu değerler kurak ve sıcak iklimi gösterirken, < 1.0'den küçük olduğu değerlerde nemli iklim koşullarını gösterir (Dai, Bechtel, Eble, Flores, French, Graham, Hood, Hower, Korasidis ve Moore, 2020). İncelenen örneklerinin Sr/Ba oranı değerlerine göre tabandaki KI-Alt Linyit kömür çökelişi sırasında iklim oldukça kurak ve sıcak iken, daha sonra KI-1 numaralı bitümlü kilitaş örneğinin çökelişi sırasında değişerek nemli iklim koşullarına girmiştir. Ancak, daha sonra ise iklim süratli bir şekilde tekrar değişerek tüm bitümlü kilitaş istifinin çökelişi sırasında oldukça kurak ve sıcak bir sürece dönüşmüştür. İlgün havzasında bitümlü kilitaş örneklerinin Sr/Ba oranı ortalaması (Sr/Ba ort:3,2) oldukça yüksek olup, Sr/Ba ort. değerlerine göre bitümlü kilitaş çökelişi sırasında İlgün havzasında paleo-iklimin oldukça sıcak ve kurak olduğunu söyleyebiliriz (Tablo 8, Şekil 7).

İlgün sahasında Sr/Ba oranlarına göre yapılan paleo-tuzluluk incelemelerinde de Sr/Ba oranı değerlerinin 0,81-5,24 arasında değiştiği belirlenmiştir. Yapılan paleo-tuzluluk değerlendirmelere göre tabanda kömür çökelişi sırasında gölün başlangıçta acı su (Sr/Ba:0,81) özelliğinde olduğu ancak gölün gittikçe derinleşmesiyle birlikte bitümlü kilitaş çökelişi sırasında ise tamamen tuzlu su (Sr/Ba:1,32-5,24) özelliği kazandı. Ancak İlgün linyitlerinin feldspat minerallerinin varlığı dikkate alındığında incelenen

örneklerindeki kısmen yüksek Sr/Ba oranlarının yüksek çıkmasına neden olabileceği de göz önüne alınmalıdır (Karayiğit ve diğ., 1999).

Tablo 8. Ilgın Sahası Bitümlü Kiltası Örneklerinin Sr/Ba Oranlarına Göre Paleo-İklim Değerlendirmesi

Örnek No	Sr/Ba oranı	Paleo-İklim Koşulu
KI-14	3,5	Sıcak ve Kurak iklim
KI-13	1,4	Sıcak ve Kurak iklim
KI-12	5,2	Sıcak ve Kurak iklim
KI-11	3,2	Sıcak ve Kurak iklim
KI-10	2,9	Sıcak ve Kurak iklim
KI-9	2,5	Sıcak ve Kurak iklim
KI-8	2,6	Sıcak ve Kurak iklim
KI-7	3,5	Sıcak ve Kurak iklim
KI-6	3,8	Sıcak ve Kurak iklim
KI-5	3,3	Sıcak ve Kurak iklim
KI-4	1,3	Sıcak ve Kurak iklim
KI-3/2	4,2	Sıcak ve Kurak iklim
KI-3	1,4	Sıcak ve Kurak iklim
KI-2	2,9	Sıcak ve Kurak iklim
KI-Ara Linyit	4,2	Sıcak ve Kurak iklim
KI-1	0,8	Nemli iklim
KI-Alt Linyit	8,5	Sıcak ve Kurak iklim



Şekil 7. Ilgın Sahası Bitümlü Kiltası Örneklerinin Sr/Ba Oranlarına Göre Paleo-İklim Değerlendirmesi

### 3.5.5. Fe/Mn Oranına Göre Paleo-iklim

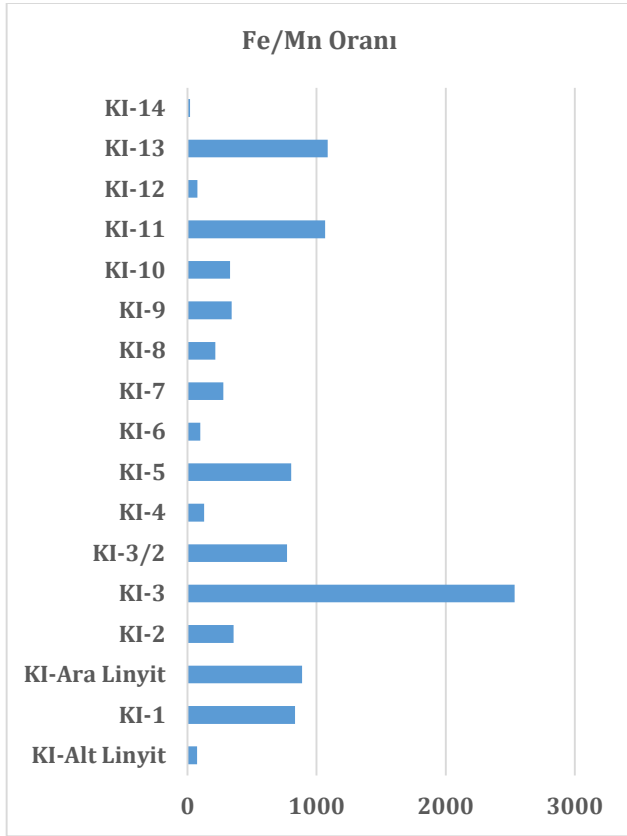
Kuru-sıcak iklimlerdeki su ortamlarında Manganez konsantrasyonu genellikle yüksektir, demir'in koloidal demir hidroksitlerden hızla çökelmiş olduğu nispeten ılık-nemli iklim ortamlarında ise Mn içeriği düşüktür (Yan, Wang, Mischke, Wang, Shen, Yu ve Meng, 2021). Reheis'e (1990) göre, Fe/Mn ve Mg/Ca oranları paleo-iklim koşullarını yeniden yapılandırmak için temsili olarak kullanılabilir, ancak Fe/Mn oranlarının aynı zamanda su sütunu redoks koşullarından etkileneceğini de unutmamak gerekir. Mn, kuru-sıcak iklim koşulları altında biriken

çökeltilerde yüksek kalma eğilimindeyken, nispeten ılık-nemli iklim koşulları altında biriken çökeltilerde ise daha düşük olabilir. Buna karşılık, ılık-nemli iklim koşulları altında biriken çökeltilerde daha yoğun kimyasal ayrışma ile Fe, ayrılmış çökeltiler içinde tutulur (Poulton ve Raiswell, 2002). Bu nedenle, daha yüksek Fe/Mn oranı sıcak ve nemli bir iklime işaret ederken, daha düşük Fe/Mn oranı da genellikle soğuk ve kurak bir iklimle ilişkilidir (Reheis, 1990). Yan ve diğ., (2021)'ne göre ise şeyllerde >1.0'in üzerindeki yüksek Fe/Mn oranları sıcak ve nemli iklimlerle ilişkilendirilirken, <1.0'in altındaki Fe/Mn oranları ise sıcak ve kurak iklimlerle ilişkilidir.

İncelenen bitümlü kayaç örneklerinin Fe/Mn oranı ortalaması ( $Fe/Mn_{ort}$ : 596,33) çok yüksek olup, bu değerlere göre Ilgın havzasında bitümlü kiltası çökelimi sırasında hüküm süren paleo-iklimin oldukça sıcak ve nemli olduğunu söyleyebiliriz (Tablo 9, Şekil 8).

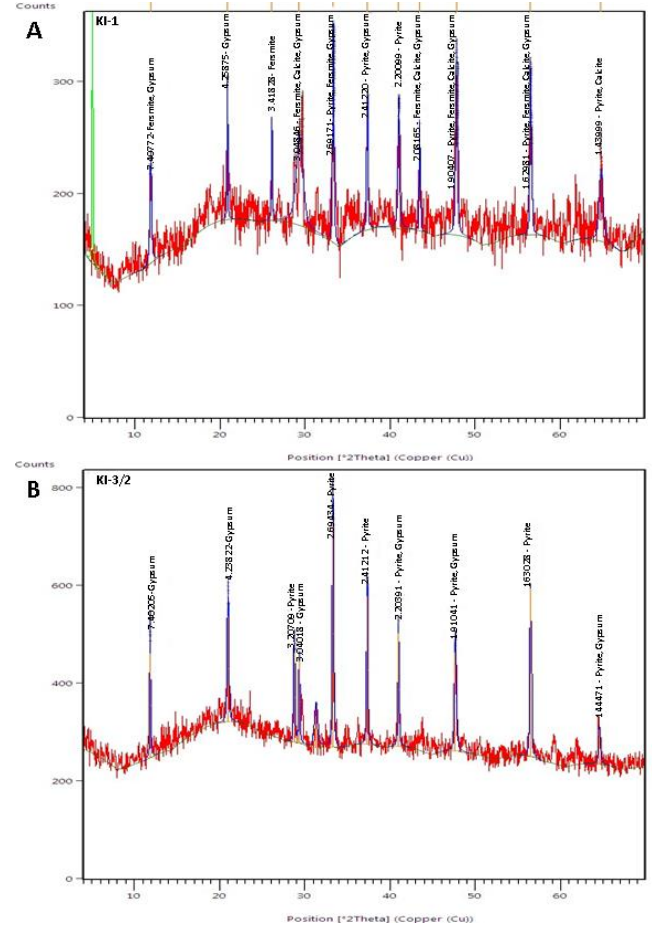
Tablo 9. Ilgın Sahası Bitümlü Kiltası Örneklerinin Fe/Mn Oranlarına Göre Paleo-İklim Değerlendirmesi

Örnek No	Fe/Mn Oranı	Paleo-İklim Koşulu
KI-14	20,96	Sıcak ve Nemli iklim
KI-13	1086,36	Sıcak ve Nemli iklim
KI-12	77,61	Sıcak ve Nemli iklim
KI-11	1065,00	Sıcak ve Nemli iklim
KI-10	330,13	Sıcak ve Nemli iklim
KI-9	342,35	Sıcak ve Nemli iklim
KI-8	214,83	Sıcak ve Nemli iklim
KI-7	277,33	Sıcak ve Nemli iklim
KI-6	98,765	Sıcak ve Nemli iklim
KI-5	803,90	Sıcak ve Nemli iklim
KI-4	129,72	Sıcak ve Nemli iklim
KI-3/2	771,95	Sıcak ve Nemli iklim
KI-3	2535,17	Sıcak ve Nemli iklim
KI-2	356,63	Sıcak ve Nemli iklim
KI-Ara Linyit	888,00	Sıcak ve Nemli iklim
KI-1	834,16	Sıcak ve Nemli iklim
KI-Alt Linyit	74,00	Sıcak ve Nemli iklim



Şekil 8. Ilgın Sahası Bitümlü Kiltası Örneklerinin Fe/Mn Oranlarına Göre Paleo-İklim Değerlendirmesi

İlgün sahasında bitümlü kiltası örneklerindeki Feort: 81299,06 iken, Mnort: 287,78'dir. İncelenen örneklerde Mnort ortalaması her ne kadar yüksek olsa da havzada bitümlü kiltası örneklerinin çökelişi sırasında göl suyunda çok fazla miktarda çözünmüş halde Fe'in var olduğunu görmekteyiz. Bitümlü kayaçlara ait incelenen KI-1 numaralı örneğin tüm kayaç XRD grafiği paterninde Jips:  $\text{Ca}(\text{SO}_4) \cdot 2(\text{H}_2\text{O})$ ; Kalsit:  $(\text{CaCO}_3)$  ve Pirit:  $(\text{FeS}_2)$  minerallerinin hakim oldukları görülmektedir (Şekil 9a). Yine, incelenen KI-3/2 numaralı bitümlü kiltası örneğinin tüm kayaç XRD grafiği paterninde de piritin hakim mineral olduğu görülmektedir (Şekil 9b). Yapılan XRD incelemelerinde piritin  $(\text{FeS}_2)$  yaygın mineral olarak bulunması havzadaki bitümlü kiltası çökelişi sırasında göl suyunda oldukça fazla miktardaki Fe'in varlığını gösterir. Bu da bize Ilgın havzasında bitümlü kiltası çökelişi sırasında ya iklimin oldukça sıcak ve nemli olduğunu ya da havzada ana kayalardan veya havzaya yan kayaçlardan gelen Fe miktarının oldukça yüksek olduğuna işaret eder. Yine, bu durum bize havzada etkili olmuş olan iki farklı ikliminin de var olabileceği çağrıştırır ki; bunlar, ya diğer iklim göstergelerinin işaret etmiş olduğu oldukça sıcak ve kurak bir iklimi ya da Fe/Mn oranına göre oldukça sıcak ve nemli bir iklimin hüküm sürmüş olduğudur.



Şekil 9a, b: Tüm Kayaç XRD Grafiği Paterni.

Ancak, Sr/Cu, Th/U, Rb/Sr ve Sr/Ba gibi paleo-iklim parametrelerinin hepsinin oldukça sıcak ve kurak bir iklimi işaret etmesi Ilgın havzasında bitümlü kiltası çökelişi sırasında hüküm süren paleo-iklimin oldukça sıcak ve kurak olma ihtimalini kuvvetlendirmektedir.

### 3.6.Organik Madde Zenginleşmesinde Kükürt'ün etkisi

Genellikle organik madde birikimi yönünden sülfidik anoksik su kütlesi altında bulunan killi çökeltiler oksijenli su kütlesi altında bulunan çökeltilerden daha zengindirler. Çünkü, oksijenlenmiş tortullardaki ölü organik maddeler biyotürbasyona bağlı olarak anoksik çevrede olanlardan daha uzun süre oksijenlenmeye maruz kalır. Sülfidik anoksik oksijensiz sulu ortam, neredeyse bütün canlı hareketliliğinin sona erdiği ve su kolunun karşılayabileceği oksijen miktarının yetersiz olduğu yerlerde ortaya çıkar. Anoksik su kolunun altında oksijen azalması,  $\text{H}_2\text{S}$  gazının bulunması ve biyotürbilasyonun yokluğu killi katmanların organik maddece zenginleşmesiyle sonuçlanır. Ilgın havzasında redoksa duyarlı iz elementlerin: V, U, Mo, Zn, Ni, Cu ve Co'nun jeokimyasal davranışlarının incelenmesi ve havzanın redoks koşulunun organik madde

birikimindeki etkisi üzere yapılan bilimsel çalışmada çökeltme ortamının sülfidik suboksik/anoksik şartlarda olduğu belirlenmiştir (Sarı, A., İsmayılzade, K., Akıska, S. ve Erol, F. 2024b). Yine, XRD incelemesi yapılan KI-1 ve KI-3/2 numaralı bitümlü kilitaşı örneklerinin tüm kayaç XRD grafiği paternlerinde de pirit ( $FeS_2$ ) mineralinin yaygın olarak bulunması redoks koşulunun organik madde korunumu ve zenginleşmesi açısından çok elverişli olan sülfidik anoksik koşullarda olduğuna işaret eder. İncelenen bitümlü kilitaşlarına ait %TOC değerleri %14,52-44,44 arasında değişirken kükürt değerleri ise 17698,1-116665,7 ppm arasında değişmektedir (Tablo 1). Bitümlü kilitaşı örneklerinde görülen çok yüksek organik madde varlığının sebebi yukarıda da açıklandığı üzere, örneklerin çökeltimi sırasında ortamdaki çok yüksek kükürt ve  $H_2S$  varlığıdır. Çok yüksek kükürt ve  $H_2S$  ortamın redoks koşulunun sülfidik anoksik şartlarda olmasına yol açar. İncelenen örneklerinin tüm kayaç XRD grafiği paternlerinde pirit ( $FeS_2$ ) mineralinin bulunması da bunun bir sonucudur.

#### 4. Tartışma ve Sonuçlar

Hidrotermal akışkan faaliyetleri sedimanter havzalarda oldukça yaygındır ve bu süreçlerin killi sedimanter kayaçlarda zenginleşen iz elementler ile kilitaşı ve şeyl gibi killi kayaçların organik madde miktarlarını etkilediği açıkça görülebilir (Chu ve diğ., 2016). Genel olarak, paleo-iklim ve su tuzluluğu arasındaki ilişkiye göre; ılık-nemli iklimlerin tatlı su, kuru-sıcak iklimlerin tuzlu su ve hafif kuru-sıcak iklimlerinde acı su ortamlarına karşılık geldiği söylenebilir. Okyanus suyu sıcaklığında Geç-Orta Miyosen geçişi boyunca (geç Burdigaliyen-Langiyen zaman aralığında) belirgin bir artış tanımlanmış ve dünya ölçeğinde tanımlanan bu sıcaklık artışı "Orta Miyosen sıcak iklim dönemi" olarak adlandırılmıştır (Mosbrugger, Utescher ve Dilcher, 2005; Zachos, Pagani, Sloan, Thomas ve Billups, 2001). Kayseri ve Akgün (2010) ile Strömberg ve diğ., (2007)'ye göre de Miyosen dönemi Orta Türkiye'de oldukça sıcak bir döneme işaret eder. Akkiraz ve diğ. (2011)'in polen analizlerine dayanarak yaptıkları bilimsel çalışmaya göre de Erken-orta Serravaliyen (Orta Miyosen) dönemi Orta Türkiye'de oldukça sıcak koşullardadır. Ancak, daha sonra Erken-orta Serravaliyen'deki sıcak koşullar yerini Tortoniyen'deki (Geç Miyosen) ılıman koşullara bırakmıştır. Bu çalışmada, Ilgın (Konya) havzasında gözlenen bitümlü kilitaşlarının çökeltimi sırasındaki paleo-iklimin belirlenmesinde Sr/Cu, Th/U, Rb/Sr, Sr/Ba ve Fe/Mn oranları kullanılmış olup, belirlenen paleo-iklimin başta Akkiraz ve diğ. (2011) olmak üzere diğer araştırmacıların kullandıkları polen incelemelerine göre buldukları sonuçlarla benzerdir. Gerek bu çalışmadaki element analizleri ile yapılan paleo-iklim çalışmaları ve gerekse daha önceki araştırmacıların palinolojik incelemelerine göre yaptıkları paleo-iklim çalışmalarının her ikisi de Ilgın (Konya) havzasında

bitümlü kilitaşlarının çökeltimi sırasındaki paleo-iklimin oldukça sıcak ve kurak olduğunu göstermektedir.

Ilgın havzasında yapılan paleo-iklim ve su tuzluluğu çalışmalarında Sr/Cu, Sr/Ba ve Fe/Mn oranları benzer değişim eğilimleri göstermektedir. Ilgın sahasında gerek Sr/Ba, Rb/K oranları ve gerekse de %TOC/%S oranlarına göre yapılan paleo-tuzluluk çalışmalarında göl havzasının oldukça tuzlu olduğu belirlenmiş olup, tuzluluğun da temel olarak sıcak ve kurak iklim tarafından kontrol edildiğini göstermektedir. Çalışma alanında kuru ve sıcak iklim nedeniyle gölün yoğun bir şekilde buharlaşması tuzluluğun artmasının ana nedenidir. Çeşitli araştırmacılar tarafından göl tortul tarihçesinin en iyi taşıyıcıları olarak element oranları çeşitli havzaların paleo-iklim göstergelerinde, kıtasal paleo-iklim evrim süreçlerinin yeniden yapılandırması için önerilmiştir (Zhang, Liu, Liu ve Li, 2021; Xu ve diğ., 2022). Paleo-iklim, jeolojik tarihte belirli bir evrenin iklimi olup, kaynak alan araştırması içinde büyük önem taşımaktadır (Ramachandran, Madhavaraju, Ramasamy, Lee, Rao, Chawngthu ve Velmurugan, 2016; Mondal, Wani ve Mondal, 2012; Madhavaraju, Hussain, Ugeswari, Nagarajan, Ramasamy ve Mahalakshmi, 2015a; Madhavaraju, Scott, Lee, Bincy, González-León, ve Ramasamy, 2015b; Madhavaraju, Loser, Lee, Lozano-Santacruz ve Pi-Puig, 2016). Göl ortamına yüksek miktarda tatlı su akışı, fosfat ve nitrat gibi suda çözülmüş besin maddelerinin göle terrijen tortullarla birlikte taşınmasına, gölde artan besin miktarıyla birlik çözülmüş oksijeninde artışına neden olur. Bu durum göldeki planktonik algal yaşamın artışına olanak sağlar. Daha sonraki süreçte ise göl seviyesinin yükselmesi, su sütunundaki çözülmüş oksijenin ve besinin planktonlar tarafından hızlı bir şekilde tüketimi, havzanın çökmesi ve sedimantasyon oranının artışıyla tabanda oluşan indirgen şartlarda da OM'nin korunması artar. Bütün bu süreçler palaeo-iklim koşullarından doğrudan etkilenmektedir (Jia ve diğ., 2013; Sun, Xie, Shi, Zhang, Lin, Shang, Wang, Li, Liu ve Chu, 2013). Petrol kaynak kayası olarak değerlendirilen kayaçlar genel olarak organik maddece (OM) zengin, kil içeriği çok yüksek olan kilitaşı veya şeyl türü kayaçlardır. Ilgın sahası bitümlü kilitaşı örneklerinde yapılan organik jeokimyasal çalışmalarda örneklerin çok yüksek organik madde içeriğine, %TOC ortalaması (ort:31,24), sahip olduğu belirlenmiştir (Tablo 1). Çünkü, OM'in tabana adsorp şeklinde yapışarak tabana hızlıca düşmesine yardımcı olur, uzun süre su yüzeyinde kalan OM hem oksijen tarafından hem de suda yaşayan diğer canlılar tarafından tüketilir. Öte yandan tabana düşen OM'nin üzeri yine kil mineralleri tarafından hızlıca sarılarak/örtülerek yine tabanı eşeleyeyen çöp/leş yiyici organizmaların saldırısından korunurken diğer taraftan da oksijen ile temasını keserek korunmasını sağlar. Organik maddece zengin killi kayaçların özellikle Mo, Cu, Ni, Zn, U gibi iz elementlerce çok zengin oldukları



bilinmektedir. Bu elementler çoğunlukla OM ile ilişkili olarak kilitli veya şeyl türü killi kayalarda ya organik yapıya absorp olarak ya da indirgen koşullarda sülfidik minereller şeklinde zenginleşirler. Dolayısıyla, bütün göstergeler İlgın havzasında etkili olmuş olan paleo-hidrotermal akışkan faaliyetleri, gölün yoğun bir şekilde buharlaşması tuzluluğun artmasının ana sebebinin havzada etkili olmuş olan kuru ve sıcak iklim nedeniyle olduğu anlaşılmaktadır. İlgın havzasında bitümlü killi kayaların organik madde bollukları onların depolandığı ortamın; hidrotermal akışkan faaliyetleri ile paleo-su hidrodinamiği çalışmalarına göre havzada kilitli çökelimine uygun zayıf bir paleo-hidrodinamik kuvvetin etkili olduğunu ve su derinliğinin de yine bitümlü kilitli çökelimine uygun olan, çok sakin ve durğan, enerjisi çok düşük yarı derin-derin tuzlu göl suyu koşullarında çökeldiğini göstermektedir. Ulaşılan bütün bu sonuçlarda havzada etkili olmuş olan çok sıcak ve kurak paleo-iklim koşullarıyla yakından ilişkilidir.

### Teşekkür

Yazarlar, bu makaleyi eğitim-öğretimindeki 90. yıl münasebetiyle (1934-2024) Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'ne (Ankara Jeoloji) ithaf ederler. Bitümlü kilitli örneklerinde Majör ve Minör element analizleri Ankara Üniversitesi YEBİM laboratuvarında ICP-OES (Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry) model cihaz kullanılarak yapılmış olup kendilerine teşekkür ederiz.

### Araştırmacıların Katkısı

Ali SARI: çalışmayı planlamış, tasarlamış, veri toplanmasına yardımcı olmuş, verileri yorumlamış ve makalenin yazılmasına katkıda bulunmuştur. Kamal ISMAYILZADA: Çalışma hakkında verileri toplamış, analiz etmiş, yorumlamış ve makalenin yazımına katkıda bulunmuştur. Elif AKISKA: Sonuçları yorumlamış ve makalenin yazımına katkıda bulunmuştur. Fuat EROL: Sonuçları yorumlamış ve makalenin yazımına katkıda bulunmuştur.

### Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

### Kaynaklar

Abraham, K., Kautz, K., Tillmanns, E. & Walenta, K. (1978). Arsenbrackebuschite,  $Pb_2(Fe,Zn)(OH, H_2O)[AsO_4]_2$ , a new arsenate mineral. *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Monatshefte*, 193-196.

Akgün, F., Kayseri, M.S. & Akkiraz, M.S. (2007). Palaeoclimatic evolution and vegetational changes during the Late Oligocene-Miocene period in Western and Central Anatolia (Turkey).

Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 253, 56-90.

Akgün, F., Akkiraz, M.S., Üçbaş, S.D., Bozcu, M., Sevinç Kapan-Yeşilyurt, S. & Bozcu, A. (2013). Vegetation and Climate Characteristics of the Oligocene in Northwest Turkey: Data from the Southwestern Part of the Thrace Basin, Northwest Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 22, 277-303.

Akkiraz, M.S. (2011). Vegetation and climate in the Miocene deposits of southern side of the Büyük Menderes Graben, Şahinali-2 core, SW Turkey. *Bulletin of Geosciences*, 86(4), 859-878.

Akkiraz, M.S., Akgün, F., Utescher, T., Bruch, A.A. & Mosbrugger, V. (2011). Precipitation gradients during the Miocene in Western and Central Turkey as quantified from pollen data. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 304(3-4), 276-290.

Akkiraz, M.S., Akgün, F., Utescher, T., Wilde, V., Bruch, A.A., Mosbrugger, V. & Üçbaş, S.D. (2012). Palaeoflora and Climate of Lignitebearing Lower-Middle Miocene Sediments in the Seyitömer and Tunçbilek Sub-basins, Kütahya Province, Northwest Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 21, 213-235.

Boström, K. (1983). Genesis of ferromanganese deposits-diagnostic criteria for recent and old deposits. *Hydrothermal Processes at Seafloor Spreading Centers*, Springer, Berlin, pp 473-489.

Chen, H.M., Zheng, C.R., Tu, C. & Zhu, Y.G. (1999). Heavy metal pollution in soils in China: Status and countermeasures. *Ambio*, 28, 130-134.

Chu, C.L., Chen, Q.L., Zhang, B., Shi, Z., Jiang, H.J. & Yang, X. (2016). Influence on formation of Yuertusi Source Rock by hydrothermal activities at Dongergou section, Tarim Basin. *Acta Sedimentol Sin* 34(4):803-810 (in Chinese with English abstract).

Couch, E.L. 1971. Calculation of paleosalinities from boron and clay mineral data. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 55, 1829-1837. doi: <https://doi.org/10.1306/819A3DAC-16C5-11D7-8645000102C1865D>

Cullers, R.L. & Podkovyrov, V.N. (2000). Geochemistry of the Mesoproterozoic Lakhanda Shales in Southeastern Yakutia, Russia: Implications for Mineralogical and Provenance Control, and Recycling. *Precambrian Research*, 104, 77-93. doi: [https://doi.org/10.1016/S0301-9268\(00\)00090-5](https://doi.org/10.1016/S0301-9268(00)00090-5)

Dai, S., Bechtel, A., Eble, C.F., Flores, R.M., French, D., Graham, I.T., Hood, M.M., Hower, J.C., Korasidis V.A. &

- Moore, T.A. (2020). Recognition of peat depositional environments in coal: a review. *Int. J. Coal Geol.*, 219, 103383. doi: <https://doi.org/10.1016/j.coal.2019.103383>
- Ding, T., Valkiers, S., Kipphardt, H., De Bievre, P., Taylor, P. D. P., Gonfiantini, R. & Krouse, R. (2001). Calibrated sulfur isotope abundance ratios of three IAEA sulfur isotope reference materials and V-CDT with a reassessment of the atomic weight of sulfur. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 65(15), 2433-2437. doi: [https://doi.org/10.1016/S0016-7037\(01\)00611-1](https://doi.org/10.1016/S0016-7037(01)00611-1)
- Fu, J., Li, S., Xu, L. & Niu, X. (2018). Paleo-sedimentary environmental restoration and its significance of Chang 7 Member of Triassic Yanchang Formation in Ordos Basin, NW China. *Petrol. Explor. Develop.*, 45(6): 998-1008. doi: [https://doi.org/10.1016/S1876-3804\(18\)30104-6](https://doi.org/10.1016/S1876-3804(18)30104-6)
- Gallagher, T.M. & Sheldon, N.D. (2013). A new paleothermometer for forest paleosols and its implications for Cenozoic climate, *Geology*, 41, 647-650. doi: <https://doi.org/10.1130/G34074.1>
- Hu, X.F., Liu, Q.J., Liu, R., Sun, P.C., Hu, S.C., Meng, Q.T. & Liu, S.Y. (2012). Clay mineral and inorganic geochemical characteristics of Eocene Huadian Formation in Huadian basin and their paleoenvironment implications. *J China Coal Soc.* 37(3):416-23 (in Chinese).
- Dana, J.D., Klein, C. & Hurlbut, C.S. (1985). *Manual of Mineralogy*. Wiley. 596p. ISBN 047 182 1829. 978047 1821823.
- Hüseyinca, M.Y. ve Eren. Y. (2007). Ilgın (Konya) kuzeyinin stratigrafisi ve tektonik evrimi. *S.Ü. Müh.-Mim. Fak. Derg.*, c.23, s.1-2.
- Jia, J., Liu, Z., Bechtel, A., Strobl, S.A.I. & Sun, P. (2013). Tectonic and climate control of oil shale deposition in the Upper Cretaceous Qingshankou Formation (Songliao Basin, NE China). *International Journal of Earth Sciences*, 102, 1717-1734. doi: <https://doi.org/10.1007/s00531-013-0903-7>
- Jin, Z., Li, F., Cao, J., Wang, S. & Yu, J. (2006). Geochemistry of Daihai Lake sediments, Inner Mongolia, north China: Implications for provenance, sedimentary sorting, and catchment weathering. *Geomorphology*, 80(3-4), 147-163. doi: <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2006.02.006>
- Jin, Z. & Zhang, E. (2002). Paleoclimate Implications of Rb/Sr Ratios from Lake Sediments. *Sci. Technol. Eng.* 2, 20-22.
- Karayiğit, A.I., Akgün, F., Gayer, R.A. & Temel, A. (1999). Quality, Palynology, And Paleoenvironmental Interpretation of the Ilgın Lignite, Turkey. *International Journal of Coal Geology*, 38, pp.219-236. doi: [https://doi.org/10.1016/S0166-5162\(98\)00015-9](https://doi.org/10.1016/S0166-5162(98)00015-9)
- Kayseri, M.S. ve Akgün, F. (2010). Türkiye'de Geç Burdigaliyen-Langiyen Periyodu ve Avrupa ile Paleortamsal ve Paleoklimsel Karşılaştırma: Muğla-Milas (Kultak) Geç Burdigaliyen-Langiyen Palinoflorası ve Paleoklimsel Özellikleri. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 53, 1.
- Kayseri-Özer, M.S. (2014). Spatial distribution of climatic conditions from the Middle Eocene to Late Miocene based on palynoflora in Central, Eastern and Western Anatolia. *Geodinamica Acta*, 28, 1-36.
- Lerman, A. (1978). *Lakes: Chemistry, Geology, Physics*. Springer-Verlag, New York, Heidelberg, Berlin, 363p.
- Lerman, A., Imboden, D.M., Gat, J. & Chou, L. (1995). *Physics and Chemistry of Lakes*. Springer-Verlag, 761 Physics and chemistry of lakes. Springer-Verlag. Berlin.
- Li, D., Li, R., Zhu, Z., Wu, X., Cheng, J., Liu, F. & Zhao, B. (2017). Origin of organic matter and paleo-sedimentary environment reconstruction of the Triassic oil shale in Tongchuan City, southern Ordos Basin (China). *Fuel*, 208, 223-235. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2017.07.008>
- Li, M., Hinnov, L.A., Huang, C. & Ogg, J.G. (2018). Sedimentary Noise and Sea Levels Linked to Land-Ocean Water Exchange and Obliquity Forcing. *Nat. Commun.*, 9, 1004 <https://doi.org/10.1038/s41467-018-03454-y>
- Liang, W.J., Xiao, C.T., Xiao, K. & Lin, W. (2015). The relationship of Late Jurassic paleoenvironment and paleoclimate with geochemical elements in Amdo Country of northern Tibet. *Geol China* 42(4):1079-1091 (in Chinese with English abstract).
- Madhavaraju, J., Hussain, S.M., Ugeswari, J., Nagarajan, R., Ramasamy, S. & Mahalakshmi, S. (2015a). Paleo-redox conditions of the Albian-Danian carbonate rocks of the Cauvery Basin, South India: Implications for Chemostratigraphy, in Ramkumar, M. (ed.), *Chemostratigraphy: Concepts, Techniques and Applications: Elsevier Special Volume*, 247-271.
- Madhavaraju, J., Scott, R.W., Lee, Y.I., Bincy, K.S., González-León, C.M. & Ramasamy, S. (2015b). Facies, biostratigraphy, diagenesis, and depositional environments of Lower Cretaceous strata, Sierra San

- José section, Sonora (Mexico): Carnets de Géologie (Notebooks on Geology), 15, 103-122.
- Madhavaraju, J., Loser, H., Lee, Y.I., Lozano-Santacruz, R. & Pi-Puig, T. (2016). Geochemistry of Lower Cretaceous limestones of the Alisitos Formation, Baja California, Mexico: Implications for REE source and paleo-redox conditions: *Journal of South American Earth Sciences*, 66, 149-165. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2015.11.013>
- Meyer, I., Davies, G. R. & Stuut, J.B.W. (2011). Grain size control on Sr-Nd isotope provenance studies and impact on paleoclimate reconstructions: an example from deep-sea sediments offshore NW Africa. *Geochem. Geophys. Geosyst.* 12, 14. doi: <https://doi.org/10.1029/2010GC003355>
- Mondal, M.E.A., Wani, H. & Mondal, B. (2012). Geochemical signature of provenance, tectonics and chemical weathering in the Quaternary flood plain sediments of the Hindon River, Gangetic plain, India: *Tectonophysics*, 566, 87-94. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2012.07.001>
- Mosbrugger, V., Utescher, T. & Dilcher, D.L. (2005). Cenozoic continental climatic evolution of Central Europe. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)* 102 (42).
- Nesse, W.D. (2000). *Introduction to Mineralogy*, Oxford University Press, 442p.
- Poulton, S.W. & Raiswell, R. (2002). The low-temperature geochemical cycle of iron: from continental fluxes to marine sediment deposition. *American Journal of Science*, 302(9), 774-805. doi: <https://doi.org/10.2475/ajs.302.9.774>
- Ramachandran, A., Madhavaraju, J., Ramasamy, S., Lee, Y.I., Rao, S., Chawngthu, D.L. & Velmurugan, K. (2016). Geochemistry of the Proterozoic clastic rocks of Kerur Formation of Kaladgi-Badami Basin, Northern Karnataka, South India: Implications for paleoweathering and provenance. *Turkish Journal of Earth Sciences* 25, 126-144. doi: <https://doi.org/10.3906/yer-1503-4>
- Reheis, M.C. (1990). Influence of climate and eolian dust on the major-element chemistry and clay mineralogy of soils in the northern Bighorn Basin, U.S.A. *Catena* 17 (3), 219-248. [https://doi.org/10.1016/0341-8162\(90\)90018-9](https://doi.org/10.1016/0341-8162(90)90018-9)
- Sarı, A., Ismayılzada, K., Pehlivanlı, B.Y. & Erol, F. (2023). The Relationship between Depositional Processes and Biological Productivity of Bituminous Claystones: Ilgın (Konya) Field. *General Topics in Geology and Earth Sciences 1. Chapter II.* p.23-40.
- Sarı, A., Ismayılzada, K., Akıska, E. & Erol, F. (2024a). Ilgın (Konya) bitümlü kıltaşı çökeli mi havzasında paleo-tuzluluk incelemeleri: Diyatome türü alglerle tuzluluk arasındaki ilişki. *KSÜ Mühendislik Bilimleri Dergisi* (baskıda)
- Sarı, A., Ismayılzada, K., Akıska, S. & Erol, F. (2024b). Ilgın (Konya) Havzası Miyosen Yaşlı Bitümlü Kıltaşlarındaki Redoksa Duyarlı Element Davranışları ve Redoks Koşulları Arasındaki İlişki. *Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi* (baskıda)
- Sun, Q., Xie, M., Shi, L., Zhang, Z., Lin, Y., Shang, W., Wang, K., Li, W., Liu, J. & Chu, G. (2013). Alkanes, compound-specific carbon isotope measures and climate variation during the last millennium from varved sediments of Lake Xiaolongwan, northeast China. *J Paleolimnol* 50, 331-344. <https://doi.org/10.1007/s10933-013-9728-4>
- Strömberg, C.A.E., Werdelin, L., Friis, E.M. & Saraç, G. (2007). The spread of grass-dominated habitats in Turkey and surrounding areas during the Cenozoic: phytolith evidence. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 250, 18-49.
- Teng, G.E., Hui, L.W., Xu, Y.C. & Chen, J.F. (2005). Correlative study on parameters of inorganic geochemistry and hydrocarbon source rocks formative environment. *Adv Earth Sci* 20(2):193-200. doi: <https://doi.org/10.11867/j.issn.1001-8166.2005.02.0193>
- Wang, Z.W., Fu, X.G., Feng, X.L., Song, C.Y., Wang, D., Che, W.B. & Zeng, S.Q. (2017). Geochemical features of the black shales from the Wuyu Basin, southern Tibet: implications for palaeoenvironment and palaeoclimate. *Geol. J.* 52, 282-297. doi: <https://doi.org/10.1002/gj.2756>
- Wignall, P.B. & Twitchett, R.J. (1996). Oceanic anoxia and the end Permian mass extinction. *Science*, 272, 1155-1158. doi: <https://doi.org/10.1126/science.272.5265.1155>
- Wu, Z.P. & Zhou, Y.Q. (2000). Using the characteristic elements from meteoritic dust in strata to calculate sedimentation rate. *Acta Sedimentol Sin* 18(3):395-399 (in Chinese with English abstract).
- Xu, Q., Wang, Y., Ma, L., Meng, T., Bi, J. & Jiang, C. (2021). The character and origin of sequence architecture in the arid climate zone: A case of the Lower Submember of the Fourth Member of Shahejie Formation in the Bonan Sub-Sag. Published under licence by IOP Publishing Ltd 6th International

- Conference on Energy Science and Applied Technology IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 804. 022033 IOP Publishing.
- Xu, C., Shan, X.L., Lin, H.M., Hao, G.L., Liu, P., Wang, X.D., Shen, M.R., Rexiti, Y., Li, K. & Li, Z.S. (2022). The formation of early Eocene organic-rich mudstone in the western Pearl River Mouth Basin, South China: Insight from paleoclimate and hydrothermal activity. *Int. J. Coal Geol.* 253, 103957. doi: <https://doi.org/10.1016/j.coal.2022.103957>
- Yan, K., Wang, C., Mischke, S., Wang, J., Shen, L., Yu, X. & Meng, L. (2021). Major and trace-element geochemistry of Late Cretaceous clastic rocks in the Jitai Basin, southeast China. *Sci. Rep.*, 11, 13846. doi: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-93125-8>
- Yang, J., Cui, Z., Yi, C., Zhang, W. & Liu, K. (2004). Glacial Lacustrine Sediment's Response to Climate Change since Holocene in Diancang Mountain, *Acta Geographica Sinica*, 4, 525-533 (in Chinese with English abstract).
- Zachos, J., Pagani, M., Sloan, L., Thomas, E. & Billups, K. (2001). Trends, rhythms, and aberrations in global climate 65 Ma to present. *Science* 292, 686-693.
- Zhang, X.H. & Zhao, Z.Y. (2002). Definition of Milankovitch cycles for Yangchang formation of the upper triassic in Ordos Basin. *Oil Gas Geol* 23(4):372-375 (in Chinese with English abstract).
- Zhang, C.L., Gao, A.L., Liu, Z., Huang, J., Yang, Y.J. & Zhang, Y. (2011). Study of character on sedimentary water and Palaeoclimate for Chang oil layer in Ordos Basin. *Nat Gas Geosci* 22(4):582-587 (in Chinese with English abstract).
- Zhang, K., Liu, R., Liu, Z.J. & Li, L. (2021). Geochemical characteristics and geological significance of humid climate events in the Middle-Late Triassic (Ladinian-Carnian) of the Ordos Basin, central China. *Mar. Pet. Geol.*, 131, 105179. doi: <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2021.105179>
- Zhao, B.S., Li, R.X., Wang, X.Z., Wu, X.Y., Wang, N., Qin, X.L., Cheng, J.H. & Li, J.J. (2016). Sedimentary environment and preservation conditions of organic matter analysis of Shanxi formation mud shale in Yanchang exproation area, Ordos Basin. *Geol Sci Technol Inf* 35(6):103-111 (in Chinese with English abstract).
- Zhong, D.K., Jiang, Z.K., Guo, Q. & Sun, H.T. (2015). A review about research history, situation and prospects of hydrothermal sedimentation. *J Palaeogeogr* 17(3):285-296 (in Chinese with English abstract).