

EJONS

Uluslararası Matematik, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Dergisi
International Journal on Mathematic, Engineering and Natural Sciences

Research Article

e-ISSN: 2602 - 4136

<https://doi.org/10.5281/zenodo.16885334>

Şarkikaraağaç (Isparta) Kömürlerinde Petrografik Verilerle Paleoortam Koşullarının Değerlendirilmesi

Neslihan ÜNAL KARTAL ¹, Orhan ÖZÇELİK ²

¹ Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Yüksekokulu, Tapu Kadastro Bölümü, Burdur, Türkiye

² Akdeniz Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Antalya, Türkiye

Sorumlu Yazar Email: nunal@mehmetakif.edu.tr

Makale Tarihçesi

Geliş: 28.07.2025

Kabul: 20.08.2025

Anahtar Kelimeler

Paleoortam,
Tersiyer Kömürleri,
Petrografi,
Maseral İndisleri

Özet: Bu çalışmada, Şarkikaraağaç kömür damarının maseral bileşimi ve çökeltme ortamı ayrıntılı olarak incelenmiştir. Sonuçlar, kömür örneklerinde en bol bulunan maseral grubunun %25 ile %75 arasında değişen oranlarda hüminit olduğunu göstermektedir. Bunu %1–36 arasında liptinit ve %4–15 arasında inertinit izlemektedir. Yüksek mineral madde içeriği ve bol miktarda framboidal pirit varlığı dikkat çeken özellikler arasındadır. Havza genelinde gözlemlenen göreceli olarak düşük ve homojen hüminit yansıma değerleri, tutarlı ve homojen bir kömürleşme sürecine işaret etmektedir. Maseral dağılımı ve üçlü diyagram değerlendirmelerine göre, kömürlerin ağırlıklı olarak sıg, alkali ve anoksik bataklık ortamlarında, özellikle limnik ile limnotelmatic karakterde oluştuğu sonucuna varılmıştır. Şarkikaraağaç kömürlerinin petrografik bileşimine göre, kömür damarları büyük ölçüde durgun su koşullarında oluşmuş olup, bitkisel katkıların çoğunlukla otsu bitkilerden sağlandığı ve odunsu bitkilerin katkısının sınırlı olduğu anlaşılmaktadır.

Evaluation of Paleoenvironmental Conditions Using Petrographic Data in Şarkikaraağaç (Isparta) Coals

Article Info

Received: 28.07.2025

Accepted: 20.08.2025

Keywords

Paleoenvironment,
Tertiary Coals,
Petrography,
Maceral Indices

Abstract: In this study, the maceral composition and depositional environment of the Şarkikaraağaç coal seam were examined in detail. The results show that huminite is the most abundant maceral group in the coal samples, ranging from 25% to 75%. This is followed by liptinite (1–36%) and inertinite (4–15%). Notably high mineral matter content and abundant framboidal pyrite are among the features that stand out. The relatively low and uniform huminite reflectance values across the basin indicate a consistent and homogeneous coalification process. Based on the maceral distribution and ternary diagram evaluations, it is inferred that the coals predominantly formed in shallow, alkaline, and anoxic wetland environments, specifically of limnic to limnotelmatic character. According to the petrographic composition of the Şarkikaraağaç coals, the coal seams were formed mostly under stagnant water conditions, with the dominant plant input being herbaceous and limited contributions from woody plants.

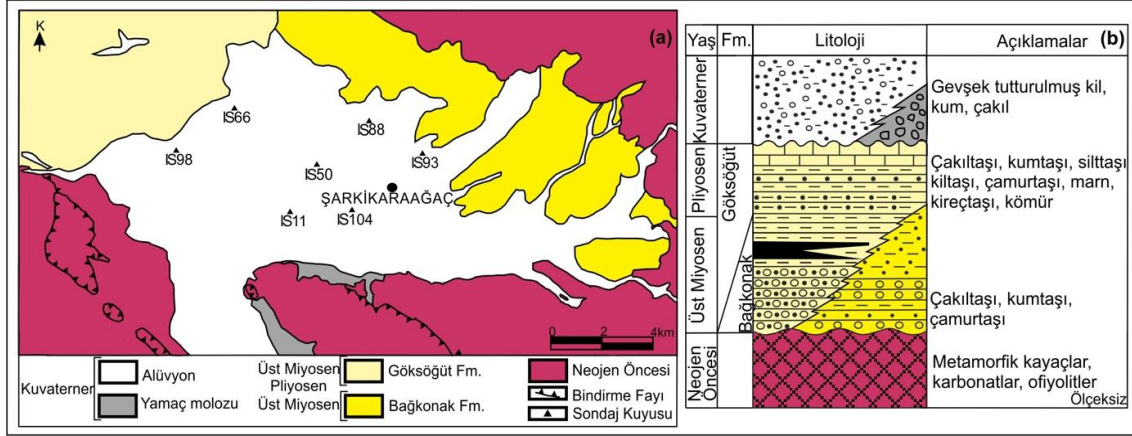
1. Giriş

Çalışma alanı, güneybatı Türkiye’de yer alan ve Kıbrıs ile Ege yaylarının birleşim noktasında bulunan Isparta Açısı çevresinde konumlanmaktadır. İlk olarak Blumenthal (1963) tarafından tanımlanan bu üçgen biçimli karmaşık yapı, yaklaşık 120 km uzunluğunda ters V şeklinde bir morfolojik kuşaktır (Dilek ve Rowland, 1993; Glover ve Robertson, 1998; Koçyiğit ve ark., 2012; Şahin ve ark., 2019). Isparta Açısı’nın tektonik evrimi üzerine birçok

çalışma yapılmış ve çeşitli modeller önerilmiştir (örn. Dilek ve Rowland, 1993; Yağmurlu ve ark., 1997; Flecker ve ark., 1998; Glover ve Robertson, 1998; Poisson ve ark., 2003; Robertson ve ark., 2003; Koçyiğit ve ark., 2012; Koç ve ark., 2014; Üner ve ark., 2015; Koçyiğit ve ark., 2024; Çiçek ve Koçyiğit, 2025). Isparta Açısı'nın kökeni Geç Kretase'ye dayanmakta olup, bölge Orta Miyosen sonuna kadar sıkışmalı tektonizmaya maruz kalmıştır (Glover ve Robertson, 1998; Robertson ve ark., 2003). Ardından bölge kademeli olarak genişlemeli ve doğrultu atımlı faylanma rejimine geçmiştir (Glover ve Robertson, 1998; Poisson ve ark., 2003; Üner ve ark., 2015). Bu dönemde Isparta Açısı çevresinde Neojen-Kuvaterner yaşlı havzalar oluşmuştur (Yağmurlu, 1991a; 1991b; Flecker ve ark., 1998; Koç ve ark., 2014; Wasoo ve ark., 2020; Gürbüz, 2021). Çalışma alanının da içinde yer aldığı bu çöküntü havzası, Neojen'de başlayan aşınma ve taşınma süreçleri sonucunda Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı karasal tortullar ve alüvyonlarla doldurulmuş olup, bu tortullar içerisinde yer alan Neojen yaşlı birimler kömürleşme açısından önem taşımaktadır.

Çalışma alanı ve çevresinde bugüne kadar çeşitli araştırmacılar tarafından jeoloji, stratigrafi, tektonik, sedimantoloji, mineral kaynaklar ve hidrojeoloji gibi farklı disiplinlerde çalışmalar yapılmıştır. Brunn ve ark. (1971) ve Haude (1972), Batı ve Orta Toroslar'ın yapısal ilişkilerini irdelemiş, bölgedeki temel ve örtü birimleri ile nap sistemlerini ortaya koymuşlardır. Demirkol (1977, 1981), bölgenin stratigrafisini detaylı biçimde inceleyerek birimleri otokton ve allohton olarak sınıflandırmıştır. Yağmurlu (1991a; 1991b), Yalvaç-Yarıkkaya Havzası'nın stratigrafisini, depolanma ortamlarını ve tektono-sedimenter evrimini ayrıntılı şekilde değerlendirmiş; bu havzanın tipik bir dağ arası havza niteliği taşıdığını ve Neojen yaşlı istiflerde linyitli seviyelerin bulunduğunu ortaya koymuştur. Ayhan ve Karadağ (1985) ile Cengiz ve Kuşcu (1993), bölgedeki boksit ve barit gibi maden yataklarının kökenlerini araştırmış, Elitok (2000), Şarkikaraağaç ve çevresinin jeoloji, mineraloji ve petrografisini irdelemiş, Elmas ve Suner (2006) ise Dinek çevresindeki barit oluşumlarının sedimenter karakterini vurgulamıştır. Örmeci (2005), hidrojeolojik özellikler açısından Şarkikaraağaç Havzası'nı değerlendirmiş; Tuncer ve ark. (2017) ve Tuncer ve ark. (2023), bölgedeki linyitlerin çökeldiği ortam koşullarını kömür petrolojisi ve mikropaleontoloji yöntemleriyle incelemiştir. Bu çalışmada kömür petrografisi ayrıntılı olarak irdelenecek; böylece söz konusu kömürlerin organik bileşimi ve çökeldiği ortam koşulları daha net bir şekilde ortaya konularak değerlendirilecektir.

Çalışma alanı, kuzey ve doğuda Sultandağları, güney ve batıda ise Anamasdağları ile sınırlanmıştır. Temel kayalar Sultandağları'nda metamorfik kayalar ve karbonatlar, Anamasdağları'nda Beydağları kireçtaşı ve Beyşehir-Hoyran napının ofiyolitlerinden oluşur (Boray ve ark., 1985). Neojen öncesi temel kayaları üzerleyen ve Demirkol (1977) tarafından tanımlanan Bağkonak Formasyonu, köşeli-yarı köşeli çakıldaşları, kumtaşı ve çamurtaşından oluşur. Zayıf ya da güçlü karbonat çimento içerebilir. Üst kısımlarda ince kireçtaşı ve kömür mercekleri görülür ve Göksöğüt Formasyonu ile yanal geçişlidir (Şekil 1). Paleontolojik bulgu bulunmasa da stratigrafik konumuna göre Üst Miyosen yaşlıdır (Demirkol, 1977; 1981). Akarsu (Demirkol, 1977) ya da göl kenarı alüvyal fan ortamlarında çökeldiği düşünülmektedir (Yağmurlu, 1991a; Topak, 2006). Kumtaşı, kıltaşı, silttaşı, marn ve kireçtaşından oluşan Göksöğüt Formasyonu (Demirkol, 1977) linyit seviyeleri içermektedir. Yaşı Üst Miyosen (Yağmurlu, 1991a) ve Pliyosen (Demirkol, 1977) olarak değerlendirilmiştir. Tatlı su gölü ya da taşkın ovası ortamlarında çökeldiği düşünülmektedir. Neojen istifi içerisinde yer alan ve çalışmanın ana konusunu oluşturan kömürler, ince, orta ve yer yer kalın tabakalanmalar şeklinde izlenmektedir. Kömür katmanlarının sayısı lokal değişimler göstermektedir. Bu katmanlar genellikle yatay ya da hafif eğimli, kahverengi-siyah renkte ve yumuşak-orta sertliktedir.



Şekil 1. Çalışma alanı ve çevresine ait; a) Genelleştirilmiş jeoloji haritası (Cengiz ve Kuşcu, 1993; Elitok, 2000; Örmeci, 2005; Kanbur, 2006'dan değiştirilerek alınmıştır), b) Genelleştirilmiş stratigrafik kesit (Elitok, 2000 ve Kanbur, 2006'dan değiştirilerek alınmıştır)

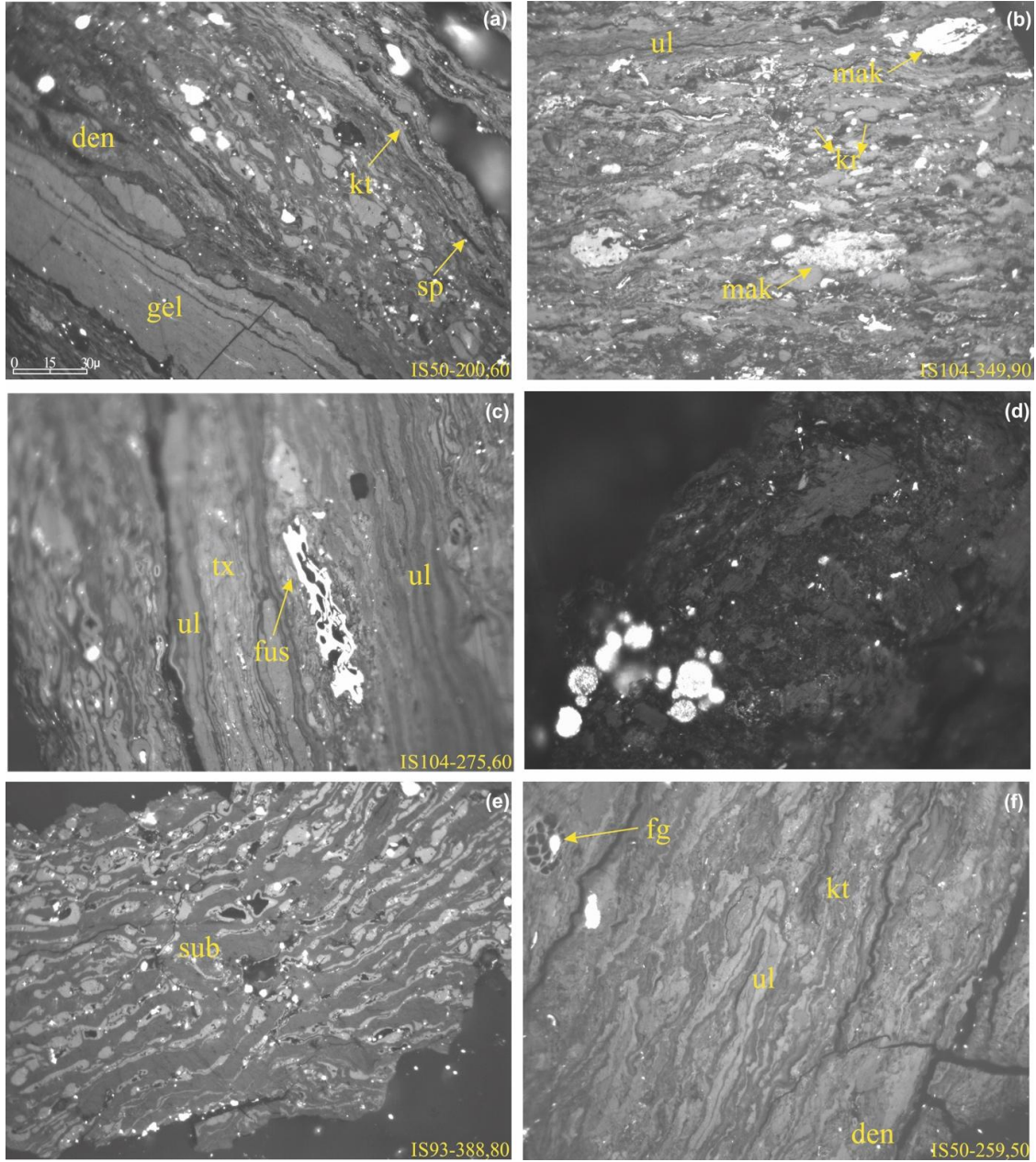
Çalışma alanı ve çevresinde, Kuvaterner öncesine ait kaya birimlerinin aşınması sonucu oluşmuş, kötü boyanmalı ve gevşek tutturulmuş sedimanlar yaygın olarak gözlenmektedir. Bu birimler, kil, silt, kum, çakıl ve blok boyutunda malzemelerden oluşan heterojen bir yapı sergilemektedir. Alüvyal örtü, bölgedeki birimleri açısız uyumsuzlukla örterek geniş bir yayılım gösterirken, yamaç molozu özellikle güney kesimlerde Kızıldağ ofiyolitlerinin yakın zonlarında yoğunlaşmıştır. Bu molozlar, ofiyolit karmaşıklardan türeyen köşeli çakıl ve bloklardan oluşmaktadır.

2. Materyal ve Yöntem

Havzayı temsil edecek şekilde seçilmiş toplam 7 adet sondaj kuyusundan, farklı derinliklerden toplam 31 adet karot numunesi alınmıştır. Bu sondaj kuyularının konumları Şekil 1'de sunulmuştur. Organik petrografik analizler, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Kömür örneklerinin hazırlanmasında, Stach ve ark. (1982) ile ASTM (1983) tarafından belirlenmiş kömür petrografisi standartları esas alınmıştır. Analiz öncesinde örnekler kurutularak 1 mm'den ince tane boyutuna öğütülmüş ve polyester reçine ile silindirik kalıplarda konsolide edilmiştir. Sertleşen numuneler, aşamalı olarak ince taneli parlatma tozları ve sıvılar kullanılarak yüzeyleri optik incelemeye uygun hale getirilmiştir. Maserale analizleri, üstten aydınlatmalı polarizan mikroskopta 32x büyütme ölçeği ile yapılmış olup, her örnekte en az 500 nokta sayımı gerçekleştirilerek kantitatif değerlendirme sağlanmıştır. Yansıma ölçümleri için %0,548 yansıma değerine sahip safır standardı kullanılmış ve GEOR yazılımı yardımıyla her örnekte minimum 100 ölçüm alınmıştır. Bu yöntemle numunelerin ortalama rastgele hüminite yansıma değerleri (Rr) hesaplanmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

İncelenen örneklerde baskın maserale grubunu, %25 - %75 aralığında değişen oranlarla hüminitler oluşturmaktadır (Tablo 1). Liptinitlerin oranı %1 - %36 arasında değişirken, inertinitler ise %4 - %15 oranlarında tespit edilmiştir. Tüm örneklerde mineral madde içeriği yüksek olup %13 - %49 arasında değişmektedir. Pirit içeriği tüm örneklerde %3'ün üzerindedir ve büyük çoğunlukla framboidal yapıda gözlenmiştir (Şekil 2d). Hüminite grubu maserallerin dağılımı havzanın merkezinden kenarlarına doğru azalma göstermektedir. Detaylı maserale analizi, çoğu numunede jelinitin (%13 - %32 ve ardından densinit (%5 - %24) ve ulminitin (%2 - %26) baskın olduğunu ortaya koymaktadır (Şekil 2a-f). Bu grubun diğer maseralleri arasında korpohüminite (%1 - %7), tekstinit (%0 - %3) ve atrinit (%0 - %3) bulunur.



Şekil 2. Şarkikaraağaç kömürlerine ait seçilmiş mikrofotograflar (den: densinit, kt: kütinit, sp: sporinit, gel: jelinit, ul: ülminit, mak: makrinit, kr: korpohüminit; tx: tekstinit, fus: füzinin, sub: süberinit, fg: funginit)

Tablo 1. Şarkikaraağaç kömür örneklerine ait maseral içerikleri (tüm bazda, hacimsel %) ve hüminit yansıma değerleri (%)

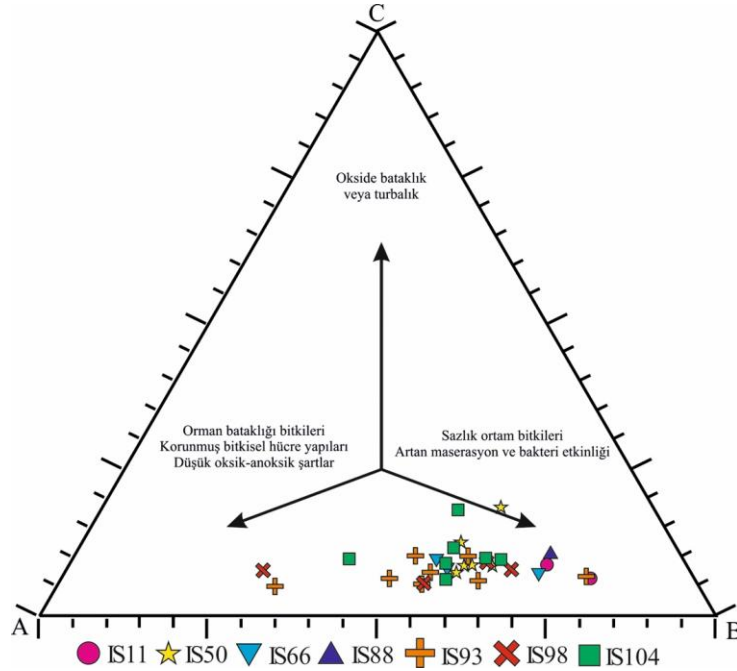
Örnek No	Derinlik	Tx	Ul	Den	At	Gel	Kr	H	Kt	Sub	Sp	Rz	L	Fz	Mk	Fg	Id	İ	Pir	MM	Rr
IS11-1	280,80	-	7	20	3	32	1	63	1	-	2	-	3	1	2	-	2	5	5	29	0,36
IS11-2	281,80	-	12	22	-	26	2	62	1	-	1	-	2	1	2	-	2	5	4	31	0,36
IS50-1	200,60	-	10	24	-	22	2	58	1	-	2	-	3	3	4	-	4	11	4	28	0,36
IS50-2	259,50	2	18	18	-	29	1	68	3	-	2	-	5	1	2	1	2	6	4	21	0,33
IS50-3	262,30	2	17	24	-	31	1	75	3	-	2	-	5	-	3	1	2	6	5	14	0,36
IS50-4	266,50	-	17	12	-	30	1	60	2	-	1	-	3	-	1	2	1	4	7	33	0,35
IS50-5	280,20	-	13	10	-	32	2	57	3	-	2	-	5	1	2	3	3	9	4	29	0,36
IS50-6	283,10	-	15	18	1	24	1	59	2	-	1	-	3	1	2	1	2	6	4	32	0,34
IS66-1	136,00	-	17	10	-	26	1	54	1	-	1	-	2	-	2	2	2	6	4	38	0,36
IS66-2	140,30	-	17	14	-	20	1	52	3	-	1	-	4	2	-	-	3	5	4	39	0,35
IS66-3	155,40	-	10	16	-	24	1	51	1	-	1	-	2	-	1	1	2	4	4	43	0,35
IS88-1	160,00	-	8	20	2	14	1	45	-	-	1	-	1	2	1	-	2	5	5	49	0,33
IS93-1	365,50	-	10	23	-	29	1	63	1	-	1	-	2	1	-	1	2	4	5	31	0,35
IS93-2	367,00	1	18	20	-	22	2	63	-	1	2	-	3	1	2	1	3	7	4	27	0,33
IS93-3	369,90	2	26	16	-	24	1	69	1	-	1	1	3	2	2	1	3	8	5	20	0,37
IS93-4	372,30	1	14	17	-	28	2	62	1	-	1	-	2	-	2	1	1	4	4	32	0,37
IS93-5	374,40	-	21	12	-	23	1	57	1	-	2	-	3	2	-	1	2	5	4	35	0,34
IS93-6	387,00	-	17	15	-	20	3	55	1	10	1	2	14	1	3	-	1	5	4	26	0,35
IS93-7	388,80	-	9	12	-	16	7	44	1	28	2	-	31	1	-	-	3	4	3	21	0,36
IS93-8	391,30	-	18	16	-	24	3	61	1	7	2	-	10	2	1	-	1	4	4	24	0,36
IS98-1	71,70	-	15	16	-	24	2	57	1	12	1	-	14	1	1	-	2	4	4	25	0,33
IS98-2	73,20	-	15	16	2	30	1	64	2	-	2	-	4	1	1	1	2	5	4	27	0,33
IS98-3	75,40	-	2	5	-	13	5	25	1	34	1	-	36	1	1	-	2	4	6	35	0,34
IS98-4	84,45	1	5	10	-	24	2	42	1	4	2	-	7	2	2	1	-	5	5	46	0,34
IS104-1	275,60	3	16	12	2	19	7	59	2	12	2	-	16	1	2	2	1	6	4	19	0,35
IS104-2	277,00	2	14	19	1	27	1	64	2	3	2	-	7	2	2	1	2	7	3	22	0,33
IS104-3	278,40	1	21	18	2	27	2	71	3	-	2	1	6	3	3	1	3	10	3	13	0,35
IS104-4	346,60	-	24	17	3	26	2	72	2	2	1	-	5	2	3	1	1	7	4	16	0,34
IS104-5	349,90	-	18	22	-	21	2	63	3	1	2	-	6	4	4	3	4	15	4	16	0,35
IS104-6	369,95	-	18	22	2	22	5	69	1	5	1	-	7	2	-	1	2	5	4	19	0,35
IS104-7	371,00	-	14	23	2	28	2	69	2	-	1	-	3	1	2	2	2	7	4	21	0,34

Tx-tekstinit, Ul-Ülmunit, Den-Densinit, At-Atrinit, Gel-Jelinit, Kr-Korpohüminit, H-Toplam hüminit, Kt-Kütinit, Sub-Suberinit, Sp-Sporinit, Rz-Rezinit, L-Toplam liptinit, Fz-Füzinit, Mk-Makrinit, fg-Funginit; Id-Inertodetrinit, İ-Toplam inertinit, Pir-Pirit, MM-Toplam mineral madde, R-Ortalama rastgele hüminit yansıması.

Liptinit grubunun maseralleri arasında süberinit (%0 - %34), kütinit (%0 - %3), sporinit (%1 - %2) ve rezinit (%0 - %2) bulunur. Suberinit (Şekil 2e) havza kenarındaki kuyulardan alınan örneklerde en yüksek değerler sergilerken, havza ortasındaki kömürlerde tespit edilememiştir. Rezinit ise sadece havzanın batısındaki birkaç örnekte belirlenmiştir. İnertinit maseralleri füzinit (%0 - %4), makrinit (%0 - %4), inertodetrinit (%0 - %4) ve funginit (%0 -

%3) ile temsil edilir. İnertinit grubu maserallerinde havzanın doğusuna doğru artış gözlenmektedir.

Kömürdeki maserallerin türleri ve oranları, bataklık ortamında biriken organik maddelerin özellikleri ile turbalaşma sürecine etki eden çevresel koşullar (bitki örtüsü, iklim, su seviyesi, pH, bakteri faaliyetleri vb.) hakkında bilgi verir (Dai ve ark., 2020). Ayrıca, bitkisel materyalin turba oluşumundan önce veya sonra uğradığı taşınma, parçalanma ve oksidasyon gibi süreçler de maserallerin bileşimine yansır (Taylor ve ark., 1998; Teichmüller ve ark., 1998). Şarkikaraağaç kömürlerinin Mukhopadhyay (1989) diyagramındaki konumları irdelendiğinde tüm örneklerin diyagramın alt kesimlerinde yer aldığı görülmektedir (Şekil 3). Bu durum anoksik koşulları işaret eder. Kömür örneklerin üçgenin A ve B köşeleri arasında, B'ye daha yakın konumda bulunması jelinit baskınlığını vurgularken, oluşum ortamının sıg, alkali ve sürekli su altı koşullarında olduğunu gösterir. Örneklerdeki framboidal pirit bolluğu da bu durumu desteklemektedir (Şekil 2d). Diyagrama göre bitki kompozisyonunda sazluk ortam bitkileri baskınken, odunsu bitki katkısı daha azdır. Bu da ortamın çoğunlukla durgun sularla kaplı, sınırlı ağaç gelişimine sahip bir alan olduğunu işaret eder (Mukhopadhyay, 1989; Taplor ve ark., 1998).



Şekil 3. Mukhopadhyay (1989)'un üçgen diyagramında Şarkikaraağaç kömürlerinin konumu

Hüminit yansıma değerleri (0,33-0,37) tüm havzada benzer olup, düşük dereceli kömürleşmeyi işaret etmektedir. Ancak, havzanın doğusundaki IS93 kuyusu ve güneydoğusundaki IS104 kuyusunda daha derin örnekler alınmasına rağmen yansıma değerleri benzerdir. Bu durum, havza genelinde termal olgunluğun homojen dağıldığını göstermekle birlikte, doğu kesimlerde gözlenen artmış inertinit içeriği farklı paleoortam koşullarının varlığına işaret etmektedir. Bu kesimde, derin gömülmeye rağmen hüminit yansıma değerlerinin artmaması, bu bölgedeki su seviyesi dalgalanmaları veya periyodik kuruma dönemlerinin organik maddenin kısmi oksidasyonuna yol açtığını düşündürmektedir. Bu koşullar, inertinit oluşumunu artırmış olabilir. Ayrıca, bölgedeki olası tektonik aktivite veya yangın olayları da inertinit artışına katkıda bulunmuş olabilir. Sonuç olarak, doğu kesimdeki yüksek inertinit içeriği, daha ileri kömürleşme derecesi beklentisine rağmen hüminit yansıma

değerlerinin artmamasıyla birlikte değerlendirildiğinde, bu bölgenin geçmişte daha oksik ve dinamik paleoortam koşullarına maruz kaldığını göstermektedir.

Farklı araştırmacılar, çökelim ortamlarını yorumlamak amacıyla çeşitli petrografik indeksler geliştirmiştir (Diessel, 1986; 1992; Kalkreuth ve ark., 1991; Petersen, 1993; Mavridou ve ark., 2003). Bu indeksler, su seviyesi, oksidasyon durumu, pH, jelleşme düzeyi, organik maddenin kökeni, biyokütle miktarı, bitkisel katkı ve çökelim ortamı hakkında bilgi vermek amacıyla kullanılmaktadır. Bu parametrelere dayanarak çeşitli diyagramlar geliştirilmiş olup, bunlar arasında en yaygın kullanılanı Diessel (1986) tarafından oluşturulan doku koruma indeksi (TPI) - jelleşme indeksi (GI) diyagramıdır. Diessel (1986), Avusturya'daki Permiyen kömürlerine yönelik petrografik çalışmalarından elde ettiği verilerle bu indeksleri tanımlamış ve formüle etmiştir. TPI, kömürleşme sürecinde bitkisel dokuların korunma derecesini, yani korunmuş dokuların bozulmuşlara oranını yansıtırken; GI, jelleşmiş maserallerin oranına dayanarak turba birikimi ve su tablası değişimleri hakkında bilgi verir. Diessel'in formülleri Kalkreuth ve ark. (1991) ve Kalaitzidis ve ark. (2004) tarafından Tersiyer yaşlı kömürler için uyarlanmıştır. Bu çalışmada da TPI ve GI değerlerinin hesaplanmasında Kalaitzidis ve ark. (2004) tarafından modifiye edilen formüller kullanılmıştır. Elde edilen veriler Tablo 2'de verilmiş olup, yorumlamalar Diessel (1992) tarafından oluşturulan diyagram yardımıyla yapılmıştır (Şekil 4). Calder ve ark. (1991), Pensilvanya yaşlı Kanada kömürlerini temel alarak, paleoortamdaki yer altı su seviyesi, turbayı oluşturan bitki toplulukları, maserallerin korunumu ile mineral madde taşınımı gibi süreçleri değerlendirebilmek amacıyla yeraltı suyu etkisi indeksi (GWI) ve vejetasyon indeksi (VI) parametrelerini geliştirmiştir. GWI, ortamda yer altı suyunun etkisini; VI ise odunsu bitkilerin, su kenarındaki otsu bitkilere göre görece baskınlığını yansıtmaktadır. Bu çalışmada GWI ve VI hesaplamaları için Kalaitzidis ve ark. (2004) tarafından revize edilen formüller kullanılmış, yorumlamalar Calder ve ark. (1991) tarafından oluşturulan diyagram yardımıyla yapılmıştır (Şekil 5).

GI-TPI ve GWI-VI diyagramlarına göre Şarkikaraağaç kömürleri çoğunlukla limnik-limnotelmatic bataklık zonlarında oluşmuştur. GI değerlerinin 4,20-15,75 aralığında değişmesi, kömürlerin su altı ortamında oksitlenmeden biriktiğini göstermektedir. Öte yandan GI değerlerinin farklı seviyelerdeki değişimi, su seviyesindeki dalgalanmalara işaret etmektedir (Ünal-Kartal ve Karadirek, 2024). Havza kenarlarında orta kesimlere göre daha yüksek GI değerleri ve jelinit içeriği gözlenmiştir. Bu durum, havza kenarlarında daha yoğun jelleşme olduğunu ve ortamın limnikten limno-telmatice geçiş yaptığını işaret etmektedir.

TPI değerleri 0,16-0,79 arasında değişmekte olup seviyeler arasında çok belirgin bir değişim göstermemektedir. Bu değerler havza genelinde otsu bitkilerin hâkim olduğunu göstermektedir. Özellikle havza ortasındaki IS50 kuyusunda düşük TPI değerleri bu bölgede bitki dokularının korunumunun zayıf olduğunu veya düşük çökelme oranı olduğunu düşündürmektedir. Jelinit maseralinin fazlalığı ve fromboidal kükürt varlığı, organik maddenin alkali koşullarda bozunduğunu desteklemektedir.

Tablo 2. Şarkikaraağaç kömürlerine ait fasiyes diyagram parametreleri

Örnek No	GI	TPI	GWI	VI
IS11-1	7,50	0,16	8,20	0,39
IS11-2	12,40	0,30	6,75	0,58
IS50-1	5,27	0,30	7,60	0,52
IS50-2	8,25	0,45	3,45	1,04
IS50-3	9,13	0,35	3,68	0,77
IS50-4	15,00	0,42	4,47	1,25
IS50-5	6,33	0,36	5,62	1,06
IS50-6	8,29	0,38	4,69	0,79
IS66-1	9,00	0,47	4,41	1,36
IS66-2	10,40	0,54	4,35	1,10
IS66-3	12,75	0,26	8,40	0,60
IS88-1	6,14	0,29	8,40	0,44
IS93-1	15,75	0,22	8,40	0,48
IS93-2	7,75	0,49	3,74	0,92
IS93-3	6,70	0,72	2,18	1,57
IS93-4	12,20	0,37	5,27	0,85
IS93-5	11,40	0,65	3,38	1,53
IS93-6	11,00	0,58	3,76	1,78
IS93-7	11,00	0,55	6,22	2,28
IS93-8	15,25	0,56	3,72	1,50
IS98-1	14,25	0,43	4,47	1,50
IS98-2	8,86	0,34	4,35	0,83
IS98-3	6,25	0,40	29,00	4,33
IS98-4	6,83	0,29	13,67	1,15
IS104-1	4,91	0,79	2,71	1,89
IS104-2	6,10	0,39	4,06	0,96
IS104-3	5,23	0,54	2,50	1,11
IS104-4	6,90	0,60	2,26	1,29
IS104-5	4,20	0,51	3,39	0,90
IS104-6	9,57	0,52	3,40	0,96
IS104-7	7,44	0,31	4,63	0,60

TPI=(Tekstinit+Ülminit+Korpohüminit+Füzinit)/(Atrinit+Densinit+Jelinit+İnertodetrinit),

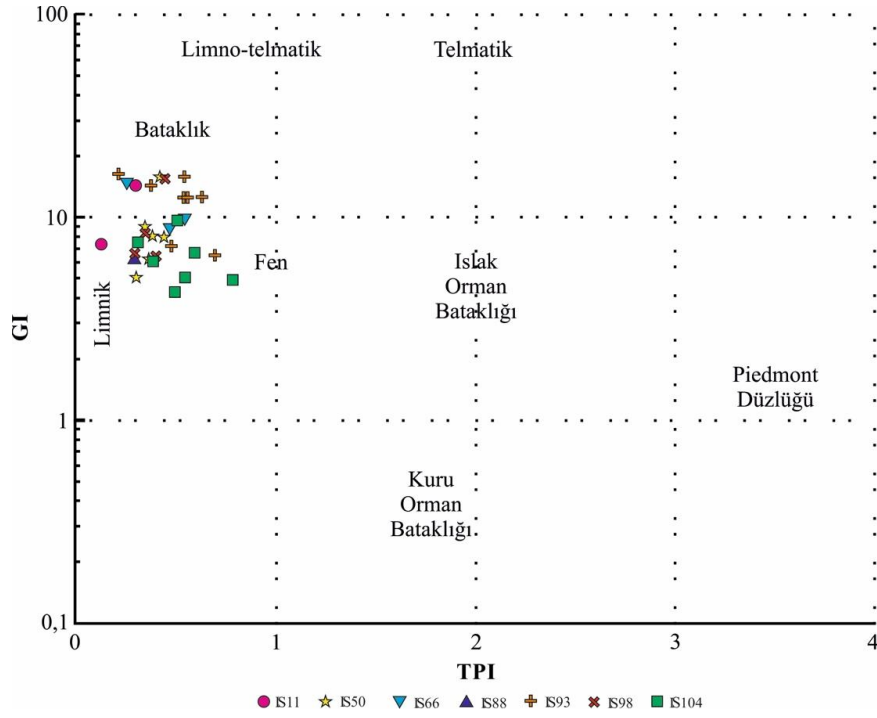
GI=(Ülminit+Jelinit+Korpohüminit+Densinit)+(Tekstinit+Atrinit+İnertinit),

Madde)/(Tekstinit+Ülminit+Atrinit),

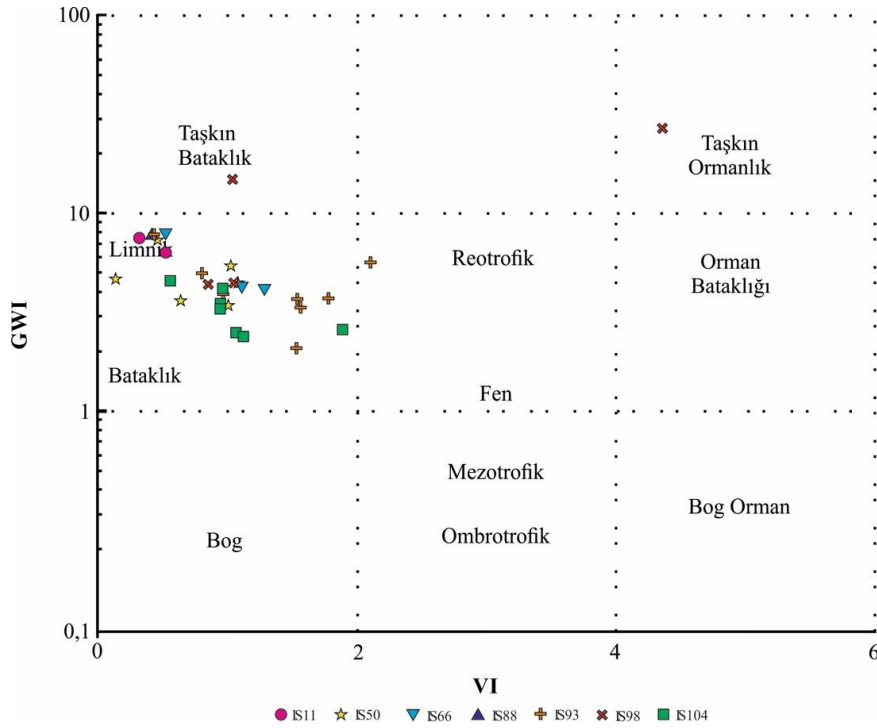
VI=(Tekstinit+Ülminit+Füzinit+Semifüzinit+Kütinit+Sporinit+Süberinit+Rezinit)/(Atrinit+ Densinit+İnertodetrinit+Diğer liptinitler)

GWI=(Jelinit+Korpohüminit+Densinit+Mineral

GWI değerleri 2,18-29,00 arasında değişirken havzanın güneybatısında belirgin artış göstermiştir. VI değerleri ise 0,39-4,33 aralığında olup, havza ortasında düşüş eğilimindedir. Bu dağılım, havza kenarlarında organik madde birikiminin yanı sıra mineral madde girişinin de yoğun olduğunu ortaya koymaktadır.



Şekil 4. Şarkikaraağaç kömürlerinin GI-TPI diyagramındaki konumu (Diessel (1992)'den değiştirilerek alınmıştır)



Şekil 5. Şarkikaraağaç kömürlerinin GWI-VI diyagramındaki konumu (Calder ve ark. (1991)'den değiştirilerek alınmıştır)

4. Sonuçlar

Şarkikaraağaç havzasına ait kömürlerin petrografik verileri, kömürlerin çoğunlukla limnik-limnotelmatic ortam koşullarında oluştuğunu ortaya koymaktadır. Maserale analizleri, jelinit zenginliği ve yüksek mineral madde içeriği ile karakterize birikim ortamlarını göstermektedir. Elde edilen bulgular, kömürlerin alkali ve anoksik bataklık ortamlarında oluştuğunu ve havza genelinde homojen bir kömürleşme süreci geçirdiğini göstermektedir. Hüminit yansıma değerlerinin düşük ve benzer düzeyde olması da, havza genelinde termal olgunluğun homojen dağıldığını gösterir. Bununla birlikte, havzanın doğu kesimlerinde gözlenen artmış inertinit içeriği, bu bölgede periyodik olarak oksik koşulların hâkim olduğunu ve muhtemelen tektonik aktivitenin etkili olduğunu düşündürmektedir. Havza kenarlarında tespit edilen yüksek jelinit içeriği ve GI değerleri, bu kesimlerde jelleşme sürecinin daha yoğun yaşandığını ortaya koymaktadır. Tüm bu bulgular ışığında, çalışma alanının geçmişte farklı mikro-ortam koşullarına sahip bir sulak alan sistemi olduğu anlaşılmaktadır. Şarkikaraağaç kömürlerinin petrografik özellikleri, damarların ağırlıklı olarak durgun su ortamlarında oluştuğunu ve organik girdinin büyük ölçüde otsu bitkilerden, daha az oranda ise odunsu bitkilerden kaynaklandığını göstermektedir.

Yazarların Katkı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit katkıda bulunduklarını, makalenin yayına hazır son halini gördüklerini/okuduklarını ve onayladıklarını beyan ederler.

Çıkar Çatışması Beyanı

Tüm yazarlar, bu çalışma için herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

Finansman

Bu çalışma, Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından FDK-2016-1624 nolu proje ile desteklenmiştir.

Açıklama

Bu çalışma ilk yazarın doktora tezinden üretilmiştir.

Kaynaklar

- ASTM (American Society For Testing And Materials), 1983. Annual book of ASTM standards, Gaseous Fuels; Coal and Coke (D- 388, D-2798- 79, D-3172-73, D-2799-72, D-3174-82, D-3175-82): 1916 Race Street, Philadelphia, PA.
- Ayhan, A., Karadağ, M., 1985. Şarkikaraağaç (Isparta) güneyinde bulunan boksitli demir ve demirli boksit yataklarının jeolojisi ve oluşumu. *TJK Bülteni*, 28: 137-146.
- Blumenthal, M., 1963. Le systeme structural du Taurus sud-anatolien, in Livre a'memoire du Professeur P. Fallot. *Memoire de la Societe Geologique de France*, 2: 611-662.
- Boray, A., Şaroğlu, F., Emre, Ö., 1985. Isparta bölümünün kuzey kesiminde doğu - batı daralma için bazı veriler. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 9-20.
- Brunn, J.H., Dumont, J.F., Graciansky, P.C., Gutnic, M., Juteau, T., Marcoux, J., Monod, O., Poisson, A., 1971. Outline of the Geology of the Western Taurids. In: Campbell A.S. (Ed.), *Geology and History of Turkey*. Petroleum Exploration Society of Libya, Tripoli, pp. 225-255.

- Calder, J., Gibling, M., Mukhopadhyay, P., 1991. Peat formation in a Westphalian B piedmont setting, Cumberland Basin, Nova Scotia, Nova Scotia: implications for the maceral-based interpretation of rheotrophic and raised paleomires. *Bulletin de la Societe Geologique de France*, 162(2): 283-298.
- Cengiz, O., Kuşcu, M., 1993. Çarıksaraylar (Şarkikaraağaç-Isparta) kuzeyinin jeolojisi ve kurşunlu barit yatakları. *TJK Bülteni*, 1(36): 63-64.
- Çiçek, A., Koçyiğit, A., 2025. Episodic evolution and active tectonics of the Karamık Graben in the apex of Isparta Angle, SW Türkiye. *Mediterranean Geoscience Reviews*, 1-4.
- Dai, S., Bechtel, A., Eble, C., Flores, R., French, D., Graham, I., Hood, M., Hower, J., Korasidis, V., Moore, T., Püttmann, W., Wei, Q., Zhao, L., O'Keefe, J., 2020. Recognition of peat depositional environments in coal: A review. *International Journal of Coal Geology*, 219: 103383.
- Demirkol, C., 1977. Yalvaç-Akşehir dolayının jeolojisi. Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Demirkol, C., 1981. Sultandağı kuzeybatısının jeolojisi ve Beyşehir-Hoyran Napı ile ilişkisi. TÜBİTAK projesi, No: TBAK-382, 56s.
- Diessel, C.F.K., 1986. On the correlation between coal facies and depositional environments. *Proceeding of 20th Symposium of Department of Geology*, University Newcastle, NSW, pp. 19- 22.
- Diessel, C.F.K., 1992. Coal-Bearing Depositional Systems. Springer Verlag, Berlin.
- Dilek, Y., Rowland, J., 1993. Evolution of a conjugate passive margin pair in Mesozoic southern Turkey. *Tectonics*, 12: 954-970.
- Elitok, Ö., 2000. Şarkikaraağaç (Isparta) ve çevresinin jeoloji, mineroloji ve petrografisi. Doktora tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Elmas, N., Suner, F., 2006. Dinek (Şarkikaraağaç-Isparta) ve çevresindeki barit cevherleşmeleri. *İstanbul Teknik Üniversitesi Dergisi*, 5(3): 267-277.
- Flecker, R., Ellam, R., Muller, C., Poisson, A., Robertson, A., Turner, J., 1998. Application of Sr isotope stratigraphy and sedimentary analysis to the origin and evolution of the Neogene basins in the Isparta Angle, southern Turkey. *Tectonophysics*, 298: 83-101.
- Glover, C., Robertson, A., 1998. Neotectonic intersection of the Aegean and Cyprus tectonic arcs: extensional and strike-slip faulting in the Isparta Angle, SW Turkey. *Tectonophysics*, 298: 103-132.
- Gürbüz, A., Kazancı, N., Hakyemez, H., Leroy, S., Roberts, N., Saraç, G., Ergun, Z., Boyraz-Arslan, S., Gürbüz, E., Koç, K., Yedek, Ö., Yücel, T., 2021. Geological evolution of a tectonic and climatic transition zone: the Beyşehir-Suğla basin, lake district of Turkey. *International Journal of Earth Sciences*, 110: 1077 - 1107.
- Haude, H., 1972. Stratigraphie und tectonic des Sudlichen Sultandağ (SW Anatolien). *Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft*, 123: 411-421.
- Kalaitzidis, S., Bouzinos, A., Papazisimou, S., Christanis, K., 2004. A short-term establishment of forest fen habitat during Pliocene lignite formation in the Ptolemais Basin, NW Macedonia, Greece. *International Journal of Coal Geology*, 57(3-4): 243-263.

- Kalkreuth, W.D., Kotis, T., Papanicolaou, C., Kokkinakis, P., 1991. The geology and coal petrology of a Miocene lignite profile at the Meliadi Mine, Katerini, Greece. *International Journal of Coal Geology*, 17: 51-67.
- Koç, A., Kaymakçi, N., Hinsbergen, D., Vissers, R., 2014. A Miocene onset of the modern extensional regime in the Isparta Angle: constraints from the Yalvaç Basin (southwest Turkey). *International Journal of Earth Sciences*, 105: 369-398.
- Koçyiğit, A., Gürboğa, Ş., Kalafat, D., 2012. Nature and onset age of neotectonic regime in the northern core of Isparta Angle, SW Turkey. *Geodinamica Acta*, 25: 52 - 85.
- Koçyiğit, A., Doğan, U., Gürboğa, Ş., Kalafat, D., 2024. Quaternary tensional neotectonics of the southwestern flank of the Isparta Angle, Antalya, Türkiye. *Mediterranean Geoscience Reviews*, 6(4): 589-613.
- Mavridou, E., Antoniadis, P., Khanaqa, P., Riegel, W., Gentizis, T., 2003. Paleoenvironmental interpretation of the Amynteon-Ptolemaida lignite deposit in northern Greece based on its petrographic composition. *International Journal of Coal Geology*, 56: 253-268.
- Mukhopadhyay, P., 1989. Organic petrology and organic geochemistry of Texas Tertiary coals in relation to depositional environment and hydrocarbon generation. The University of Texas at Austin, Bureau of Economic Geology, Report of Investigations, No:188, Texas.
- Örmeci, S., 2005. Şarkikaraağaç Havzası'nın (Isparta) hidrojeoloji incelemesi. Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Petersen, H.I., 1993. Petrographical facies analysis of Lower and Middle Jurassic coal seams on the island of Bornholm, Denmark. *International Journal of Coal Geology*, 22: 189-216.
- Poisson, A., Yağmurlu, F., Bozcu, M., Şentürk, M., 2003. New insights on the tectonic setting and evolution around the apex of the Isparta Angle (SW Turkey). *Geological Journal*, 38(3-4): 257-282.
- Robertson, A., Poisson, A., Akinci, Ö., 2003. Developments in research concerning Mesozoic–Tertiary Tethys and neotectonics in the Isparta Angle, SW Turkey. *Geological Journal*, 38(3-4): 195-234.
- Stach, E., Mackowsky, M.T.H., Teichmüller, M., Taylor, G.H., Chandra, D., Teichmüller, R., 1982. Stach's Textbook of Coal Petrology, Gebrüder Borntraeger, Berlin.
- Şahin, Ş., Abubakar, I., Özçelik, M., Abdelwahed, M., Oksum, E., 2019. Neotectonic structures imaged by seismic velocity along the Isparta Angle. *Arabian Journal of Geosciences*, 12: 1-20.
- Taylor, G.H., Teichmüller, M., Davis, A., Diessel, C.F.K., Littke, R., Robert, P., 1998. Organic Petrology. Gebrüder Borntraeger, Berlin, Stuttgart.
- Teichmüller, M., Taylor, G.H., Littke, R., 1998. The Nature of Organic Matter - Macerals and Associated Minerals. In: Taylor, G.H., Teichmüller, M., Davis, A., Diessel, C.F.K., Littke, R., Robert, P. (Eds.), Organic petrology, Gebrüder Borntraeger, Berlin.
- Topak, Y., 2006. Yukarıtirtar-Aşağıtirtar Köyleri (Isparta Kuzeydoğusu) arasında gözlenen manyezit yatağının oluşumu ve kökeni. Doktora tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Tuncer, A., Karayiğit, A., Oskaya, R.G., Bulut, Y., Tunoğlu, C., 2017. Şarkikaraağaç sahasında kömür içeren istifin kömür petrolojisi ve mikropaleontolojisiyle ilgili ön sonuçlar, Isparta (GB Anadolu). 70. Türkiye Jeoloji Kurultayı, 10-14 Nisan, Ankara, s. 268.

- Tuncer, A., Karayigit, A.I., Oskay, R.G., Tunoğlu, C., Kayseri-Özer, M.S., Gümüş, B.A., Akbulut, A., 2023. A multi-proxy record of palaeoenvironmental and palaeoclimatic conditions during Plio-Pleistocene peat accumulation in the eastern flank of the Isparta Angle: A case study from the Şarkikaraağaç coalfield (Isparta, SW Central Anatolia). *International Journal of Coal Geology*, 265: 104149.
- Ünal-Kartal, N., Karadirek, S., 2024. Paleoenvironmental reconstruction and hydrocarbon potential of the westphalian-a kozlu formation hard coal in the zonguldak basin: insights from organic geochemistry and petrology. *Minerals*, 14(10): 971.
- Üner, S., Özsayın, E., Kutluay, A., Dirik, K., 2015. Polyphase tectonic evolution of the Aksu Basin, Isparta Angle (Southern Turkey). *Geologica Carpathica*, 66: 157-169.
- Wasoo, M., Özkaptan, M., Koç, A., 2020. New insights on the neogene tectonic evolution of the aksu basin (SE Turkey) from the anisotropy of magnetic susceptibility (AMS) and paleostress data. *Journal of Structural Geology*, 139: 104137.
- Yağmurlu, F., 1991a. Yalvaç - Yarıkkaya Neojen Havzasının stratigrafisi ve depolama ortamları. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 34: 9-19.
- Yağmurlu, F., 1991b. Yalvaç- Yarıkkaya Neojen Havzasının tektono-sedimanter özellikleri ve yapısal evrimi. *MTA Dergisi*, 112: 1-12.
- Yağmurlu, F., Savaslıcin, Y., Ergün, M., 1997. Relation of alkaline volcanism and active tectonism within the evolution of the Isparta angle, Sw Turkey. *The Journal of Geology*, 105: 717 - 728.