

Çilhoroz (Çayırılı-Erzincan) Kömürlerinin Paleo-Çökelim Ortamı ve Kömürleşme Süreci Özellikleri

Nazan Yalçın ERİK^{1*}, Faruk AY²

^{1*} Cumhuriyet Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, nyalcin@gmail.com

² Cumhuriyet Üniversitesi, Antropoloji Bölümü, ay.faruk@gmail.com

Özet

Bu çalışma Erzincan havzasında, Çilhoroz civarındaki kömürlü istiflerin paleo-ortam özellikleri ve kömürleşme süreçlerinin belirlenmesi amacıyla petrografik yöntemlerle gerçekleştirilmiştir. Kömürlü istif, kömür ve ardalı tabakalardan (başlıca kil, karbonatlı şeyl, kireçtaşı) oluşur ve Çayırılı sahasında Miyosen yaşlı Neftlik Formasyonu taban seviyelerinde bulunur. Çilhoroz kömür damarı egemen olarak mat, bantlı mat litotiplerini göstermektedir. Kömür ksilitik/detritik litotipler ve hüminit maseralleri, ikinci olarak da inertinit maseralleri ile çok düşük miktarda liptinitlerden oluşmaktadır. Densinit, attrinit, ulminit ve korpohüminit sırasıyla en bol bulunan hüminit grubu maseralleridir. Inertodetrinit ve makrinit inertinit grubunda egemenken, liptinit grubunda da sporinit ve resinitle baskın maserallerdir. Mineral madde içeriği (kil ve pirit gibi) ise genellikle değişken ve düşük (%1-7 arasında) olup, çoğunlukla kuvars, kalsit, kil mineralleri ve piritten oluşur. Kısa ve elementer analiz verilerine göre kömür düşük kül (ort. %27), nem (ort. %18) ve kükürt içeriklidir (ort. % 7.7). Uçucu madde ve karbon bileşimi ortalama değerlerde iken, hidrojen ve azot içeriği düşüktür. Ortalama hüminit yansıma değerleri (Ro, %) 0.42-0.50 arasında değişmektedir ve ASTM sınıflamasına göre bitümlü B/C tipi kömürdür. GI-TPI, VI-GWI fasiyes diyagramlarına göre Çilhoroz kömür damarı limnik ortamda, başlıca bitkisel maddelerin birikimi ile retrofik-mesotrofik şartlarda oluşmuştur.

Anahtar Kelimeler: Tersiyer kömürleri, paleo-ortam, petrografi, Çayırılı kömürü, Erzincan Havzası.

Paleo-Depositional Environment and Coalification Characteristics Of Çilhoroz (Çayırılı - Erzincan) Coals

Abstract

This study has done by petrographic methods in order to determine the paleo-depositional features and coalification process characteristics of coal deposits around Çilhoroz in Erzincan basin. Coal bearing units consists of coal and alternating layers (mainly clay, carbonate shale, limestone) and it located at the Miocene aged Neftlik Formation at Çayırılı area. Çilhoroz coal seam demonstrate a dominance of dull and banded dull lithotypes. The coal is predominated by combined xylitic/attrital lithotypes and by huminite macerals with inertinite and minor liptinite macerals. Densinite, attrinite, ulminite and corpohuminite were the most abundant huminite group macerals, respectively. Inertodetrinite and macrinite were the dominant inertinite macerals, while sporinite and resinite were the predominant liptinite macerals. The content of mineral matter (such as clay, pyrite) is variable but generally low (varying from 1% to 7%), it consists mostly of quartz, calcite, clay minerals, and pyrite. According to the proximate and ultimate analyses data indicate that the coal is describe by and in proportion to low ash (avg. 27%), moisture ingredient (avg. 18%) and total sulphur content (avg. 7.7). The volatile matter yields and carbon contents are relatively high, while fixed carbon, sulphur and oxygen contents are average and hydrogen and nitrogen contents are low. The mean huminite reflectance values of samples (Ro, %) ranged from 0.42 to 0.50, and these coals are bituminous B/C coal according to ASTM classification. Based on the GI-TPI, VI-GWI facies diagrams, the Çilhoroz coal formed in the limnic environment, with the accumulation of dominated vegetable matter and conditions up to rheotrophic to mesotrophic.

Keywords: Tertiary coals, paleo-environment, petrography, Çayırılı coal, Erzincan basin.

1. Giriş

Bilindiği gibi ülkemizdeki fosil yakıt rezervlerinin önemli bölümü Tersiyer yaşlı, düşük kalorili linyit ve alt bitümlü kömürlerden (<2500 Kcal/kg) oluşmaktadır. Bahsedilen bu kömürler Batı Anadolu başta olmak üzere (Soma, Tunçbilek, Yatağan, Seyitömer gibi) yaklaşık 230.000 km² lik geniş bir yayılım alanına sahiptir ve kömür damarlarının kalınlığı 0.05-87 m arasında değişmektedir [Toprak, 2009; Tuncalı vd., 2002]. Göncüoğlu vd., (2000), Lutrig & Steffens (1976) ve Şengör (1980) tarafından da belirtildiği gibi Alpin orojenezi etkisinde kalan Türkiye'deki Tersiyer yaşlı havzalar Tetis kalıntısı olup, genellikle dağ arası göllerde, uygun bataklık şartları fiziksel ve kimyasal olarak geliştiğinde bu kömür oluşumlarını gerçekleştirmiştir. Neojen döneminde, Arap ve Anadolu levhaları arasında gelişen büyük bölgesel tektonik hareketler özellikle Orta Anadolu'daki Neojen öncesi önülke havzalarının yükselmesine neden olmuş [Görür vd., 1998], bunun sonucunda Geç Miyosende etkin bir regresyon süreci ile Geç Miyosen ve Pliyosen süresince karasal koşullar egemen olmaya başlamıştır. Bu yeni paleoortam özellikleri, Erken Miyosendeki ılıman-yağışlı bir iklim sayesinde [Akgün vd., 1995] gelişen bitkisel çeşitlilik ve bolluk ile birleştiğinde birçok kömür oluşum sürecinin de başlangıcını oluşturmuştur. Ülkemizde bulunan Tersiyer yaşlı kömür sahaları genellikle Miyosen ve Eosen yaşlı olup, başlıca jeolojik değerlendirmeler olmak üzere, birçok bilimsel araştırmaya konu olmuştur [Akgün vd., 1995; Ay & Yalçın Erik, 2015; Bechtel vd., 2014; Gürdal & Bozcu, 2011; Hoş Çebi & Korkmaz, 2013; Hökerek & Özçelik, 2015; Karayığit vd., 2017; Kara-Gülbay, 2015; Oskay vd., 2016; Toprak, 2009; Yalçın Erik, 2011; Yalçın Erik & Ay, 2013; Yalçın Erik & Sancar, 2010].

Kömür jeolojisi çalışmalarında önemli bir yere sahip olan organik petrografi ise sedimanter havzalardaki kömür oluşumunu sedimantasyon ve diyajenez süreci ile birlikte değerlendirerek, organik malzeme birikiminden itibaren geçirdiği değişim aşamalarını incelemeyi ve kömürlü istifin paleojeotermal tarihçesinin belirlemeyi

amaçlayan bir araştırma yöntemidir ve birçok araştırmacı tarafından uzun yıllardır yaygın olarak kullanılmaktadır [Bechtel vd., 2005; Daivd., 2007; Stock vd., 2016; Suárez-Ruiz vd., 2012; Zdravkov, 2011]. Ancak, sadece petrografik veriler kullanılarak oluşturulan çökelim ortamı ve/veya süreç modellenmesi ve bahsedilen yöntemin doğruluğu üzerindeki görüş farklılıkları günümüzde de devam etmektedir [Crosdale, 1993; Dehmer, 1995; Moore & Shearer, 2003; Scott, 2002; Sen vd., 2016; Wüst vd., 2001]. Bu çalışmanın da temel prensibini oluşturan paleoortam-paleoçökelim süreci modellenmesi, başlıca kömür örneklerinde yapılan kantitatif maseral analizi verileri ile yapılmaktadır. Maseral tipleri, birlik-telikleri ve bulunuş oranları, turba oluşum ortamının fiziksel ve kimyasal özelliklerini yansıtırken, vitrinit/hüminite yansıma değerleri de turbanın jeotermal gelişimini, dolayısıyla kömürleşme sürecini petrografik ve palinolojik veri sınırları dahilinde ifade etmektedir [Taylor vd., 1998; Teichmüller vd., 1998]. Elbette hiçbir yöntem bir jeolojik sorunun çözümü için tek başına yeterli olmaz. Bu yöntemin de şüphe ile karşılanan ve sorulara neden olan kısımları olsa bile [Stock vd., 2016] yeterince bol ve doğru şekilde yorumlanan veri, ayrıca farklı alanlardan edinecek (organik jeokimya, palinoloji, mineraoloji gibi) destekleyici parametre ile oldukça gerçekçi çökelim ve kömürleşme süreci kurgularının yapılmasına olanak sağlamaktadır.

Bu çalışma sırasında incelenen Çilhoroz kömürleri de Doğu Anadolu Bölgesi sınırlarında yerel kömür ihtiyacını karşılayan tek kömür sahasıdır ve oluşum süreci, kömürlerin ekonomik özellikleri hakkında detaylı herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Geçmiş yıllarda MTA tarafından yapılan çalışmalarda [Türkiye Linyit Envanteri, 2003] Çilhoroz sahasında üretim faaliyeti devam eden kömürlerin Miyosen yaşlı birimler içinde olduğu, kömür kalınlıklarının 1.16-6.00 metre arasında değiştiği, mostralarda görülen damarların 172 metre derinlikte izlenebildiği ve görünür+muhtemel+mümkün rezerv toplamının 1.516.800 ton olduğu belirtilmiştir [Türkiye Linyit Envanteri, 2003].

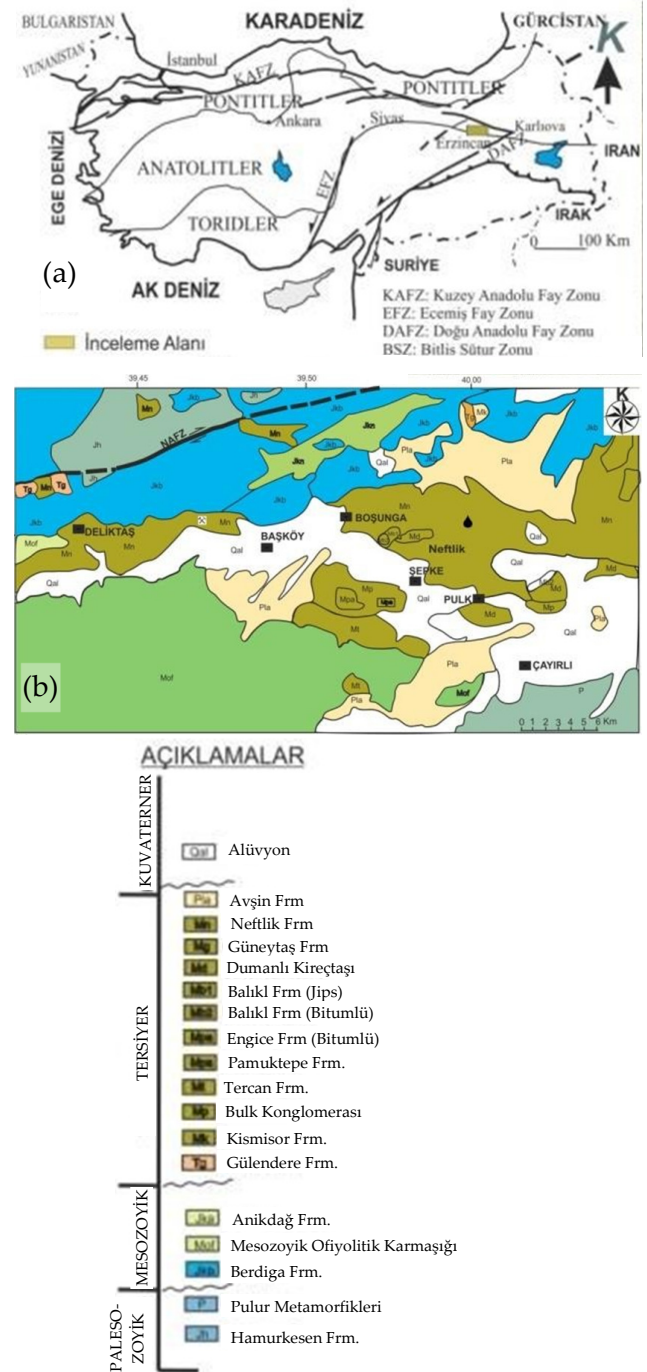
Bu çalışma ile özellikle Türkiye'nin depremsellik açısından en aktif bölgelerinden biri olan ve çek ayır havza özelliğindeki Erzincan Havzasındaki kömürlerin, çökelim ortamı özellikleri ve turba oluşumundan itibaren geçirdikleri muhtemel değişim süreçleri, petrografik ve kömürün kimyasal, elementer verileri ile yorumlanmaya çalışılmıştır.

1.1. Bölgesel Jeoloji ve İnceleme Alanının Stratigrafik

İnceleme alanı, Pontidler ve Anatolitlerin kenet kuşağında (İzmir-Ankara-Erzincan kenet zonu) bulunmakta olup [Okay & Tüysüz, 1999], Kuzey Anadolu fay zonu (KAFZ) ve Doğu Anadolu fay zonu (DAFZ) gibi iki önemli fay sisteminin etkisiyle tektonik faaliyetleri geçmişten günümüze aktif olan ve bu nedenle jeolojik açıdan karmaşık özellikler taşıyan bir bölgedir (Şekil 1.a, b). Günümüzde Kuzey Anadolu fayı ve Ovacık fayı gibi önemli kırıkların kesişme noktasında bulunması nedeniyle, güncel olarak tektonik aktivitesi devam eden, yaklaşık 50 km uzunluk ve 10 km genişlikte bir çek ayır havzadır. Bu nedenle bölgede başlıca genel jeoloji ve tektonizma özelliklerini araştıran pek çok çalışma yapılmıştır [Akkuş, 1964; Akpınar vd., 2016; Aktimur, 1986; Aktimur vd., 1995; Akyol, 1968; Akyol & Birgili, 1966; Arpat, 1964; Birgili & Yurdakul, 1971; Bulut, 1965; Bulut & Akyol, 1966; Demirmen, 1965; Deveciler vd., 1993; Gedik, 1976; Gedik, 2008; Ketin, 1950; Kurtman, 1962; Tekin, 2002; Palmer vd., 2004; Roothan, 1940; Stchepinsky, 1940; Tatar vd., 2013; Temiz, 2004].

İnceleme alanının temelini Paleozoyik yaşlı metamorfik kayaçlar (Pülür metamorfikleri ve Hamurkesen Formasyonu) oluşturur. Kömür oluşumunun bulunduğu, Çayırılı ilçesi ve civarında metamorfiklerin üzerinde Berdiga kireçtaşı, tektonik olarak yerleşen ve oldukça kalın bir istif olan Kretase yaşlı ofiyolitli karmaşık ve Üst Kretase yaşlı Anıkdağ Formasyonu bulunur. Bu

birimleri uyumsuz olarak Tersiyer yaşlı kırıntılı ve karbonatlı çökeller üzerler [Gedik, 2008] (Şekil 1 ve Şekil 2).



Şekil 1. (a) İnceleme alanı yerbulduru ve Türkiye'nin tektonik birlikleri içindeki yerine ait harita ve (b) genel jeoloji haritası [Türkiye Linyit Envanteri, 2003].

Tersiyer yaşlı istif, türbiditik fliş özelliğindeki Alt-Orta Eosen (Lütesiyen) yaşlı Gülandere Formasyonu ile başlar [Gedik, 2008]. Kumtaşı, konglomera, şeyl, tuf ve aglomera ardalanmasından oluşan birimde andezitik ve bazaltik lavlar ile olistostromal düzeyler de izlenir [Aktimur ve diğ., 1995]. Bu birimin üzerinde ise kırmızı ve mor renkli kil, marn, kumtaşı ve konglomeralardan oluşan Miyosen yaşlı Kismisor Formasyonu uyumsuzlukla bulunur [Arpat, 1964]. Açık sarı, grimsi beyaz renkli, bol fosilli kireçtaşlarından oluşan, Burdigaliyen-Erken Miyosen yaşlı Tercan kireçtaşı Çayırılı güneyinde, metamorfitle ve ofiyolitler üzerine açılmal uyumsuzlukla gelmektedir [Deveciler vd., 1993; Gedik, 2008; Pisoni, 1965]. Bunu Erken Miyosen (Burdigaliyen) yaşlı Pamuktepe Formasyonu kireçtaşları ile aynı yaştaki Pülk konglomerası üzerler [Arpat, 1964]. Pamuktepe kireçtaşı; altta açık gri renkli, sert, iyi tabakalanmalı, kumlu kireçtaşları; bol fosilli kumlu ve killi kireçtaşlarından ibarettir ve Engice Formasyonu kireçtaşları ile benzer litolojik özellikler gösterir. Aynı yaştaki Balıklı Formasyonu ise kil, bitümlü marn, klastik bileşenli kireçtaşı seviyeleri ve jipslerden oluşmaktadır [Arpat, 1964; Gedik, 2008]. Dumanlı kireçtaşının litolojisi ise alt seviyeleri konglomera ve kavkı kırıntılı, yaklaşık 500 m kalınlıktaki kireçtaşlarıdır. Üzerine nispeten ince (100 m) Güneytaş Formasyonu kil, kumtaşı ve marn düzeyleri gelir [Gedik, 2008]. Bu birimi ise inceleme alanında geniş yüzlekler sunan konglomera, kumtaşı, kilitaşı ve kumlu marn ardalanması ve taban düzeylerinde kömür damarları bulunan Miyosen yaşlı Neftlik Formasyonu alt düzeylerinde sert çimentolu konglomera ile iri ve orta taneli kumtaşı ardalanmasından oluşan Pliyosen yaşlı Avşin Formasyonu [Arpat, 1964; Deveciler vd., 1993], üstte ise marn, kömürlü kil, kömür ve tüfler üzerler [Akkuş, 1964]. Tüm bu birimleri ise Kuvaterner yaşlı alüvyonlar uyumsuzlukla örter (Şekil 2).

2. Kömür Jeolojisi Değerlendirmeleri

2.1. Erzincan ili kömür potansiyeli

Erzincan il sınırlarında özellikle MTA tarafından yapılan çalışmalar ile genellikle ekonomik olmayan ve günümüzde işletilmeyen bazı sahalar belirlenmiştir [Türkiye Linyit Envanteri, 2003]. Bunlar;

Refahiye-Alakilise; Kömürler Miyosen yaşlı birimlerin hemen üzerinde bulunmakta olup, bunlar muhtemelen Pliyosen yaşlı Afşin Formasyonu içindeki oluşumlardır ve kalınlıkları 0.08-4.00 m arasında değişmektedir. Yayılım alanı 0.25-1 km² ve rezerv miktarı toplam 3 450 000 ton olup, ısıl değer Biçer sahası için 1199-2499 Kcal/kg, Karasu sahası kömürleri için ise 1800 Kcal/kg arasında değişir [Türkiye Linyit Envanteri, 2003]. Kemaliye-Başpınar; Neftlik Formasyonu içinde gözlenen kömürlerin kalınlıkları 0.70-3.00 m arasında olup, yaklaşık yayılım alanları 5 km² dir. Kömür yaklaşık 200-400 m derinlikte ve alt ısıl değer ortalama 3000 Kcal/kg dir. Görünür+muhtemel rezervi 663.000 tondur [Türkiye Linyit Envanteri, 2003].

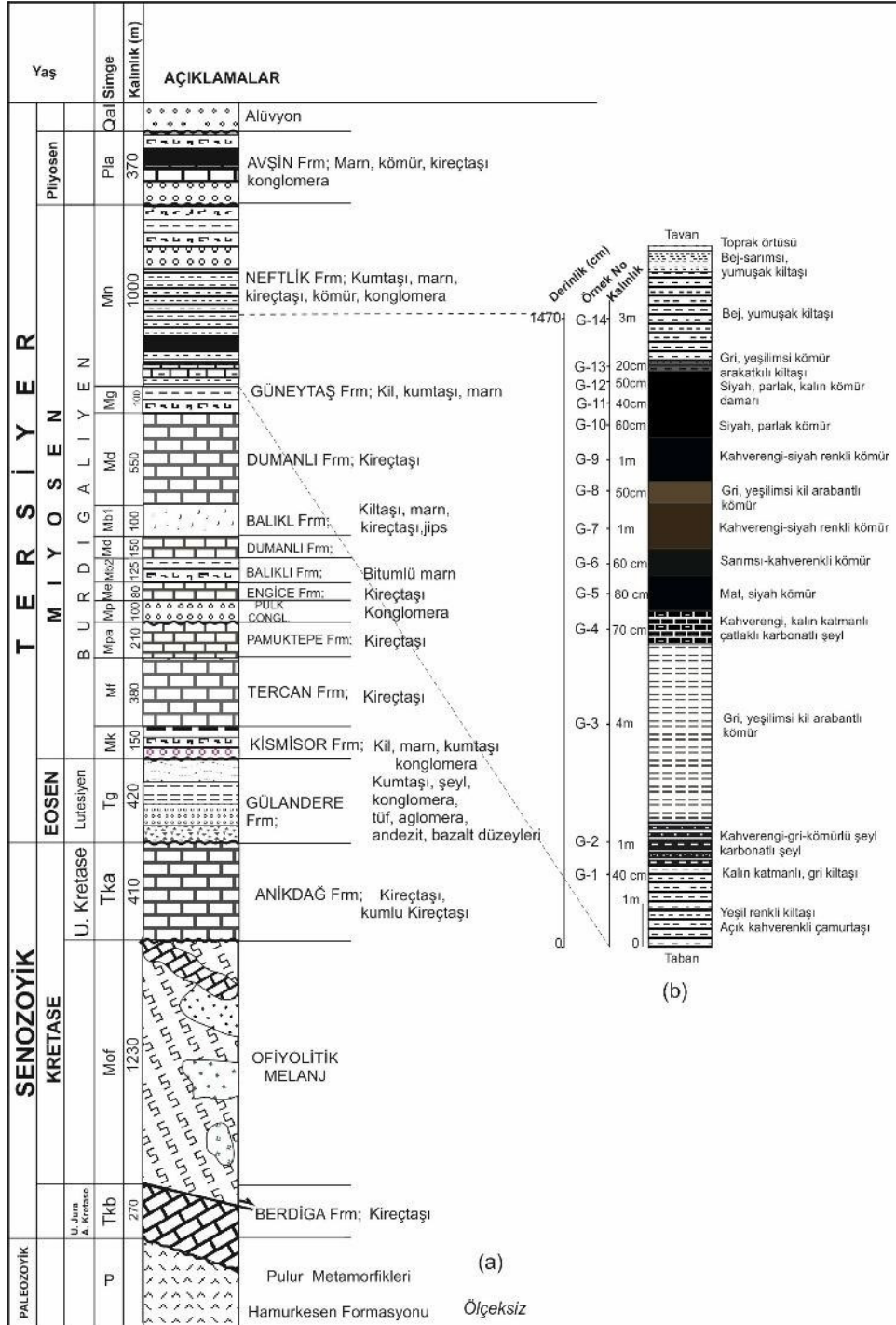
Kemah (Karadağ); Bu alanda MTA tarafından yapılan değerlendirmeler ile yüzey mostralarda ve 800 m derinlikte, 0.73-1.00 m kalınlıkta belirlenen 7 adet kömür zonundan sadece iki tanesinin ekonomik öneme sahip olduğu belirtilmiştir. Karadağ sahasında 6.007.065 ton kaynak rezerv ve alt ısıl değerinin de ortalama 5591 Kcal/kg olduğu belirtilmekle birlikte herhangi bir üretim faaliyeti bulunmamaktadır [Türkiye Linyit Envanteri, 2003].

2.2. Çilhoroz kömürlerinin jeolojik özellikleri

Erzincan civarındaki yerel kömür ihtiyacını karşılayan tek kaynak olan Çilhoroz Kömür sahası, Çilhoroz Köyü, Deliktaş mezrasında, Çayırılı ilçesine 38 km, Erzincan il merkezine 50 km mesafede olup (Şekil 1), özel bir şirket tarafından işletilmektedir. Üretilen kömürün büyük kısmı genellikle Aşkale Çimento Fabrikasına satılmakla

birlikte, civardaki tuğla fabrikalarına ve ısınma amaçlı torba kömür olarak da yerel piyasaya verilmektedir. MTA ve işletme tarafından son yıllarda yapılan sondajlara dayanarak ortalama kalınlığı 4 m olan kömür damarının K40 D

yöneliminde ve 2 km mesafede bulunduğu, sahada 1.980.000 ton mümkün rezerv olduğu belirtilmiş [Türkiye Linyit Envanteri, 2003], bu çalışma sırasında da herhangi bir rezerv değerlendirmesi yapılmamıştır.



Şekil 2. (a) İnceleme alanı stratigrafik dikme kesiti (Türkiye Linyit Envanteri, 2003' den değiştirilerek), (b) Çilhoroz kömürlü istifine ait ölçülü dikme kesit ve örnekleme seviyeleri.

3. Materyal ve Metod

Çilhoroz kömür sahasında Neftlik formasyonu alt düzeylerindeki kömürlü istiftin (kömür, kömürlü kıltaşı, killi kömür ve karbonatlı düzeylerin araldanması) yapılan 1.5 metrelik ölçülü stratigrafik dikme kesitten (ÖSK) 14 adet sistematik örnek derlenmiştir (Şekil 2.b). 7 adet kömür ve 3 adet karbonatlı şeyl örneğinin kimyasal ve elementer analizi M.T.A. Maden Analizleri ve Teknolojisi Dairesi (MAT) laboratuvarlarında ASTM 1983 ve 1991 [D 7582, D 3175, D 4239, D 5865]'e göre yapılmıştır. Kömür kalite verileri (toplam nem, kül, uçucu madde, sabit karbon, üst ısıl değer) IKA 4000 adiabatic kalorimetre; elementer bileşimi ise (C, H, O, N, S) LECO analizatörü ile belirlenmiştir.

Petrografik analizler için kömür örnekleri ISO 7404-2, 2009; ISO 7404-3 (2009), Sykorova vd., (2005) ile ICCP (1998) tarafından belirtilen işlem süreçlerine göre hazırlanmış ve yorumlanmıştır. Petrografik değerlendirmeler Leitz MPV- SP yansımali ışık mikroskopunda ve 50X objektif ile yapılmıştır. Rastgele hüminite/vitrinite yansıma ölçümleri için Leica DM2500 P ile MSP200 windows tabanlı program kullanılmış, ICCP (1998), ISO 7404-5 (2009)'a uygun olarak değerlendirilmiştir. Yansıma ölçümlerinde özel yağlar (kırılma indisi - n : 1.518) ile yansıma değerleri için de safir (R= % 0.589) ve cam (R=%1.23) standartlarından yararlanılmıştır. Liptinit maserallerinde ayrıca 621059 nolu Leica standartı ile floresans incelemesi yapılmıştır. Bu ölçümlerde TIDAS CCD UV-NIR düzeneği kullanılmıştır. Çökelim ortamı yorumu için gereken GI, TPI, WI, GWI, WI, TI parametreleri ise Calder vd., (1991) ve Diessel (1986) tarafından hazırlanan, Kalaitzidis vd., (2004) tarafından Tersiyer yaşlı linyitler için düzenlenen formüllere göre belirlenmiş ve ilgili grafiklerde (GWI-VI ve GI-TPI) örneklerin değerlendirmesi sağlanmıştır.

4. Analiz ve Test Sonuçları

2.1. Kömürün Makroskobik Özellikleri

İnceleme alanındaki kömürler başlıca marn, kumtaşı, kumlu marnlardan oluşan Miyosen yaşlı Neftlik Formasyonu'nun taban seviyesinde, orta-kalın damar kalınlıklı (1.5-4.0 m), ince kil, kömürlü kil, karbonatlı şeyl bantlı ve yanal olarak karbonatlara geçişli olarak yer almaktadır. Kömürlü istifte, mat siyah renkli kömür bantları, gri-koyu gri ve kahverenkli kömürlü düzeyler ve daha ince parlak siyah kömür bantları araldanmalı olarak görülür. Kömürler prizmatik kırılma yüzeyleri ile karakteristik olup, bazı düzeylerde mineralojik ve petrografik özelliklerden dolayı dağınık ve mat özellik gösterir. Kömürde egemen litotip vitren, klaro-düren ve düren araldanmasıdır. Bechtel ve diğ., (2014)'de belirtildiği gibi Türkiye'deki Tersiyer yaşlı kömürlerin karakteristik özelliklerinden biri de gastropod kavkı düzeyleridir. Bu kömürlerde de mat ve dağınık düzeylerde bitki parçaları ve bazı gastropod kavkuları görülmekle birlikte, bu özellik Kangal kömürlerindeki gibi düzgün bir kılavuz seviye oluşturmayan, kömürlü kıltaşı veya gri renkli kıltaşı düzeylerinde saçınmış olarak görülmektedir [Yalçın Erik, 2010; Yalçın Erik & Sancar, 2010].

2.2. Kömürün Makroskobik Özellikleri

Kömür bileşimindeki maserallerin türleri ve bulunuş oranları, turba oluşumu sırasında bataklık ortamında biriken organik maddelerin (bitkisel ve/veya diğer organizmalara ait parçalar) fiziksel/kimyasal özellikleri ve turbalaşma koşulları (flora, fauna, iklim, su seviyesi yüksekliği, pH, bakteri etkinliği ve bunlara ilişkin bozunma süreci ile turba oluşumu öncesinde ve/veya sonrasında bitkilerin geçirmiş olduğu taşınma, parçalanma, oksidasyon/redüksiyon etkileri) hakkında bilgi vermesi bakımından önemlidir [Taylor vd., 1998; Teichmüller vd., 1998].

İncelenen kömürlerin kömürleşme sürecinin değerlendirilebilmesi için öncelikle Tablo 1'de

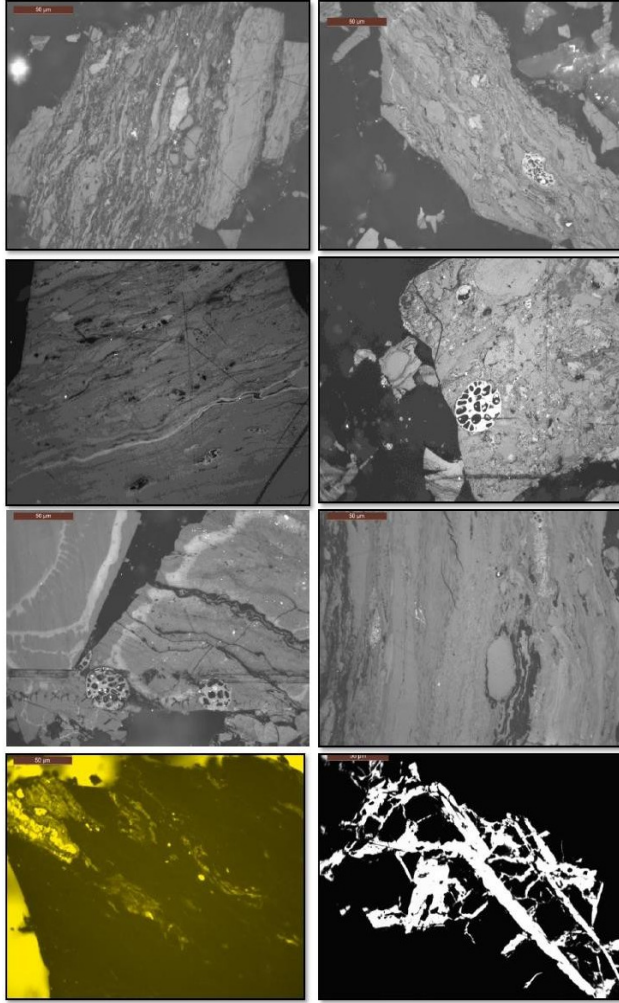
görüldüğü gibi maseral bileşimlerinin oransal dağılımı belirlenmiştir. Kömürlerde egemen maseral grubu vitrinitler olup (hüminit) %36-47, (ortalama %46.3) arasında değişmektedir. Hüminitler, başlıca telohüminit (tekstinit, ulminit), detrohüminit (atrinit, densinit) ve jelohüminitlerden (jelinit, korpohüminit ve phlobaphinit) oluşmaktadır (Şekil 3.a, b). Ülminit ve densinitler bu maseral grubu içinde en bol bulunan bileşenlerdir (Tablo 1) (Şekil 3.c, d). Gelohüminit alt grubu ise toplam hüminit bileşiminde nispeten daha düşük oranda olup (%6-16), gelinit, korpohüminit ve phlobaphinit maserallerinden oluşur (Şekil 3.c, d, e). Bileşimde %1-6 arasında bulunan korpohüminitler odunsu parçaların bakteriyel aktivite ve yüksek oranda su seviyesi olan ortamlardaki değişim süreçleri ile oluşmaktadır. İncelenen kömürlerde phlobaphinit oranı ise oldukça düşüktür (%1-6)

Bunun yanı sıra liptinit %13-20 (ortalama %15.8) ve %33-42 oranında (ortalama %39.2) da inertinitler bulunmaktadır. Liptinitlerde sporinitler egemen bileşen olup (%8-14), füzinitler gibi normal mikroskop şartlarından daha net olarak floresan ışıkta izlenebilmiştir (Şekil 3.f, g). Suberinitler, korpohüminitlerle ilişkili hücre duvarı yapısı olarak görülür ve yansıyan ışıkta koyu renkli, floresans ışıkta ise açık sarı renklidirler (Şekil 3.g, h). İncelenen örneklerde resinit, kütnit maseral oranları oldukça düşüktür ve alginit maserali belirlenememiştir (Tablo 1). Sporinit maseralleri ise bileşimde %8-14 arasında değişmektedir. İntertinit maseral grubu liptinit maserallerine oranla daha bol olup (%33-42), başlıca bataklık şartlarında gelişen yangınlar, çökelim sırasında ve/veya sonrasındaki oksidasyon ve taşınma gibi faktörlere bağlı olarak zenginleşirler. %14-21 arasında değişen oranlarda bulunan makrinitler ise oksidasyon sonucunda oluşan "jelimsi" bileşenler olarak tanımlanmaktadır ve inertinit grubu içindeki en bol bulunan maseraldir (Şekil 3.f) [Scott, 2002; Taylor vd., 1988].

İkincil en bol bulunan maseral olan inertodetrinitler de "yeniden çökelmiş organik yağışım" olarak ifade edilebilir (Şekil 3.c, d, e). Ayrıca füsinit, semifüsinit ve funginitlerde bileşimde bulunan diğer maserallerdir (Şekil 3.h). İncelenen örneklerde inorganik madde oranı (kil vb.) yüksek değildir (%2-7) ve oranca en fazla olan bileşen piritler ve killer, daha sonra karbonatlı (kalsit), sülfatlı (jips) minerallerdir (Tablo 1).

Tablo 1: İncelenen kömürlerin petrografik bileşim özellikleri ve paleo-ortam parametreleri.

Maseral/ Örnek	G-5	-7	-8	-9	-11	-10
<i>Tüm kömür bileşiminde (%)</i>						
Textinite	2	1	4	3	2	2
Ulminite	15	14	12	10	16	11
Telohüminit	17	15	16	13	18	12
Attrinit	2	3	4	1	0	1
Densinit	14	16	11	12	14	10
Detrohüminit	16	19	15	13	14	11
Gelinit	4	3	4	7	7	5
Corpohüminit	2	1	2	3	4	6
Phlobaphinit	1	2	2	6	4	2
Gelohüminit	7	6	8	16	15	13
Toplam Hüminit	38	40	39	42	47	36
Sporinit	10	11	12	8	13	14
Resinit	1	1	3	2	1	2
Cutinit	1	1	3	2	1	2
Suberinit	2	1	2	3	2	1
Toplam Liptinit	14	13	20	14	15	19
Füsinit	2	0	2	2	0	1
Semi-füsinit	1	1	3	4	4	2
Inertodetrinit	14	15	12	12	8	19
Funginit	4	5	5	6	3	4
Macrinit	20	21	17	16	18	14
Toplam İntertinit	41	42	39	40	33	40
<i>Tüm kömür bileşimindeki mineral madde oranlar (%)</i>						
Kil	3	1	-	1	1	1
Karbonat	2	1	-	1	1	0
Kuvars	1	1	1	-	1	1
Pirit	1	2	1	2	2	3
Toplam	7	5	2	4	5	5
Ort.Ro (%)	0.59	0.58	0.56	0.55	0.53	0.57
<i>Paleo-ortam parametreleri</i>						
TP ₁	0.62	0.43	0.65	0.56	0.76	0.54
G ₁	0.78	0.74	0.62	0.73	1.17	0.74
GW ₁	1.56	1.49	1.40	2.36	1.58	2.48
V ₁	0.56	0.39	0.62	0.74	0.69	0.39
W ₁	0.59	0.63	0.57	0.9	0.72	0.71
T ₁	1.38	1.13	1.53	1.62	1.79	1.91



Şekil 3. Kömürlerin petrografik bileşim mikrofotoğrafları (a), (b); telohüminit (tekstinit, ulminit), atrinit, densinit ve jelinit, korpohüminit ve framboidal pirit (c), (d); Ülminit ve densinitler ile funginit, e; Korpohüminit, gelinit, funginit ve inertodetrinit, (f); Gelinit ve makrinit, (g), (h); Ultraviyole ışık altında tekstinit ve telohüminit mase-rallerinin görünümü.

2.3. Kömürlerin Kimyasal Özellikleri

Çilhoroz kömür sahası kömür ve karbonatlı şeyl örneklerinin kimyasal (proximate) ve elementer (ultimate) analiz sonuçları ile üst ısıl değerleri Tablo 2' de verilmiştir. İnceleme alanına ait kömür örneklerinin nem değerleri %8.35-12.67 (ortalama %10.38) aralığında değişmektedir. Karbonatlı şeyl örneklerinde ise nem değeri

kömürlere göre daha düşüktür (ortalama %8.4) (Tablo.2).

Bilindiği gibi kömür bileşimindeki mineraller, turba oluşum ortamına taşınarak gelir veya ortam ürünleridir. Bunlara çoğunlukla organizma kavrıkları veya iskeletsel parçalar da eşlik eder. Ayrıca ikincil süreçler sonucunda oluşan mineraller de kırık ve çatlaklar içinde izlenebilir. Özellikle kömürün ekonomik değerini etkilemekle birlikte, ortamsal yorum ve kömürleşme sürecinin değerlendirilmesi için de önemli olan kül içeriği, kömürlerde %6.9-22.38 (ortalama %17.01) arasında iken karbonatlı şeyl örneklerinde oldukça yüksektir (>% 50).

Uçucu madde oranı kömürlerde %36.45–46.77 aralığında (ortalama %40.40), sabit karbon değerleri % 36.07-52.05 (ortalama %42.59) aralığında, üst ısı değerleri ise 5649-9630 Kcal/kg arasında değişmektedir (Tablo 2).

2.4. Kömürlerin elementer özellikleri

Kömür örneklerinin kuru külsüz bazda; karbon değerleri %69.26–82.11 (ortalama %78.28), hidrojen değerleri %2.98-4.23 (ortalama %3.95), azot %1.16-1.44 (ortalama %1.47), oksijen %10.19-23.98 (ortalama %17.03) aralığında değişmektedir (Tablo 2). İncelenen kömürlerin kükürt oranı ise düşüktür. Toplam kükürt değerleri kömürlerde %1.17- 2.08 arasında iken, (ortalama %1.5), karbonatlı şeyllerde %0.92-2.01 (ortalama %1.39) arasında değişir (Tablo 2). Bu da bataklıkta ya düşük sülfür getirmesi veya turba oluşumu sırasında sülfat indirgeyici bakterilerin asidik koşullarda yaşamaması ile ilgilidir [Amijaya & Littke, 2005; Cameron vd., 1984; Gruber & Sachsenhofer, 2001]. Bilindiği gibi başlıca sülfür kaynağı deniz suyudur ve bu nedenle incelenen kömürlerin deniz suyundan fazla etkilenmediği, deniz etkisinden uzak (limnik), yükselmiş bataklıklarda çöktüğü söylenebilir [Sia & Abdullah, 2012]. Bu durum sinjenetik pirit oluşumlarının kömürde az miktarda (%1-3) gözlenmesini de açıklamaktadır.

Tablo 2. Çayırli-Çilhoroz kömürlerinin kimyasal ve elementer analiz sonuçları.

Örnek No	Toplam Nem <i>kkb</i> (%)	Kül İçeriği <i>kkb</i> (%)	Uçucu Madde <i>kkb</i> (%)	Sabit C <i>kkb</i> (%)	S <i>kkb</i> (%)	C <i>kkb</i> (%)	H <i>kkb</i> (%)	N <i>kkb</i> (%)	O <i>kkb</i> (%)	H/C	O/C	Üst Isıl Değer	
												Kcal/kg	MJ/kg
G-2	0.92	56.05	27.54	16.41	0.92	41.23	0.63	2.66	54.56	0.18	0.99	882	3.69
G-4	6.82	53.53	32.4	14.07	2.01	49.99	1.5	2.58	43.92	0.36	0.66	1128	4.72
G-5	10.16	19.32	38.5	42.18	1.42	69.26	3.98	1.36	23.98	0.69	0.26	6232	26.09
G-6	11.46	54.26	28.27	17.47	1.24	46.81	0.87	2.69	48.39	0.22	0.78	974	4.08
G-7	9.77	13.7	46.77	39.53	1.28	78.52	3.93	1.44	14.83	0.60	0.14	5701	23.87
G-8	11.26	22.1	36.45	41.45	1.38	80.37	2.98	1.46	13.81	0.44	0.13	5649	23.65
G-9	8.69	22.14	39.53	38.33	1.17	79.93	3.69	1.58	13.63	0.55	0.13	9630	40.32
G-10	8.35	22.38	41.55	36.07	1.47	76.41	3.42	1.53	17.17	0.54	0.17	9477	39.68
G-11	12.67	6.9	41.05	52.05	2.08	82.11	4.23	1.39	10.19	0.62	0.09	6664	27.90
G-12	11.16	12.53	38.97	48.5	1.98	81.37	4.01	1.16	11.48	0.59	0.11	6487	27.16
Standart	ASTM D 7582	ASTM D 7582	ASTM D 3175		ASTM D 4239	ASTM D 5373				ASTM D 5865			

4.5. Kömürlerin elementer özellikleri

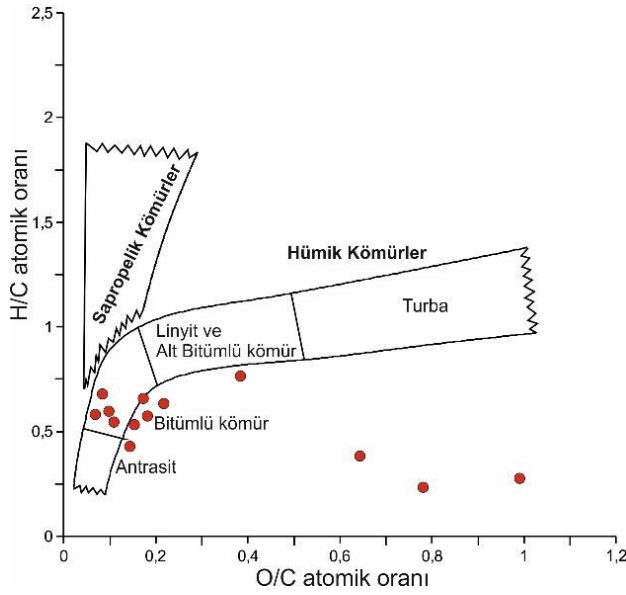
İncelenen kömür örneklerinde ölçülen ortalama hüminit (vitrit) yansıma değerleri Tablo 1’de verilmiştir. Rort değerleri %0.53-0.59 aralığındadır (ortalama %0.56). Bu değerler incelenen örneklerin henüz olgunlaşmadığı ve diyajenez aşamasında olduğunu göstermektedir.

Kömürlerin sınıflandırılmasında ve organik maddece zengin kayaçların kerojen tiplerinin belirlenmesinde yaygın olarak kullanılan Van Krevelen diyagramında [Tissot & Welte, 1984] incelenen örneklerin H/C ve O/C değerlerine göre dağılımları Şekil 4’de görülmektedir. Elementer analiz sonuçlarından hesaplanan H/C oranları 0.44-0.69 ve O/C oranları ise 0.11-0.26 dir (Tablo 2). Bu değerler incelenen kömür örneklerinin “Bitümlü kömür” kömürleşme aşamasında olduğuna işaret etmektedir (Şekil 4). Kömürün kimyasal özelliklerini ve üst ısıl değerlerini esas alan UN-ECE ve Alman DIN sınıflamalarına göre “Bitümlü kömür alt bitümlü kömür”, ISO (2009)

sınıflamasına göre “Kahverengi Kömür”, ASTM. (1991) sınıflamasına göre ise “Yüksek uçuculu A bitümlü kömür” düzeyindedir.

Petrografik bileşim özelliklerine göre incelenen kömürlerde hüminit maseral grubunun ve bunlardan ise detrohüminit ve telohüminitlerin egemen oluşu, detritik linyitler olarak tanımlanmasını sağlamaktadır (Şekil 5.a). Başlıca textinit ve ulminit içeren kömürler (telohüminit alt grubu) ise genellikle ksilitik kömürler olarak tanımlanmaktadır [Teichmüller, 1989]. Çilhoroz kömürlerinde tekstinit oranları ulminitlere göre daha azdır (Tablo 1). Bu özellik bataklıkta jelleşme derecesi artışı ile birlikte ulminit oranının artması veya birincil organik maddenin otsu özellikleri ile ilişkilidir. Ancak jelleşme oranı (GI) bu kömürlerin oluşumu sırasında çok yüksek olmadığı için (0.62-1.17), bitkisel malzemelerin başlıca otsu veya düşük selüloz oranlı odunsu bileşenlerden olduğu söylenebilir. Mineral madde oranlarının da detritik kömürlere göre düşük

olmasından dolayı (%2-7) Çilhoroz kömürlerini “detritik bileşen içeren ksilitik kömür” olarak adlandırmak daha doğru olacaktır.



Şekil 4. İncelenen kömürlerin kömürleşme tipini gösterir Van Krevelen diyagramı.

5. Paleo Çökelim Ortamı ve Fasiyes Özellikler

Tüm kömür oluşumlarının başlangıç aşaması olan turbalaşma süreci başlıca, oluşum sırasındaki çökelim ortamının topografyası, fiziko-kimyasal özellikleri ve biriken organik maddelerin tipi ile ilgili bilgiler kullanılarak modellenmektedir [Calder vd., 1991; Diessel, 1986-1992; Kalkreuth vd., 1991; Kalaitzidis vd., 2004; Stach vd., 1982; Taylor vd., 1998; Teichmüller vd., 1989]. Kömür fasiyesi ise, başlıca turbanın oluştuğu çökelim şartlarına bağlı olup, maseral ve mineral madde tipleri ile bunlara ait oranlar bu kapsamda değerlendirilmesi gereken parametrelerdir [Flores, 2002; Stach vd., 1982; Suarez-Ruiz vd., 2012; Taylor vd., 1998].

Çilhoroz kömür örneklerinin detaylı maseral bileşim özellikleri Mukhopadhyay vd., (1989) ve Kalkreuth vd., (1991) tarafından oluşturulan üçgen diyagramlara göre yorumlandığında limnik ve kısmen limno-telmatik ortam şartlarında

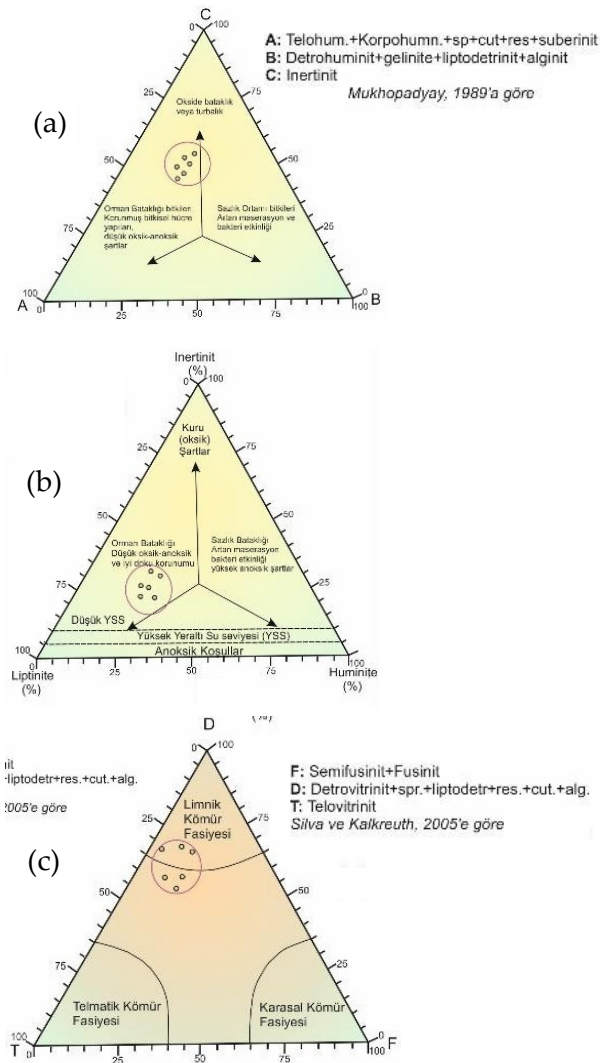
çökeldiğini göstermektedir (Şekil 5.a, b, c). İncelenen kömür örneklerinin ABC diyagramındaki dağılımına göre limno-telmatik turba oluşumunun düşük değerli anoksik ve genellikle de suboksik-oksik şartlarda geliştiği söylenebilir (Şekil 5.a). Makrinit ve inertinit maserallerinin örneklerdeki bolluğu ise bu sonucu doğrularken, turbalaşma sırasındaki havza için hareketler ve organik yığılmanın parçalanıp, tekrar kömürleşme sürecine katılmış olabilir. Bileşimde ülnit maserallerinin tekstinitlere göre daha bol olması (ortalama %13) anoksik şartlardaki jelleşmenin artışı ile açıklanabileceği gibi, bataklık ortamında çökelen bitkilerin birincil özelliklerini de yansıyor olabilir [Cameron vd., 1984]. Bileşimde gelinit maseralinin düşük oranda bulunması (Tablo 1) jelleşme etkisinden ziyade bitkisel bileşimi düşündürmüştür. Özellikle, kozalaklı ağaç ormanlarından itibaren oluşan kömürlerde gymnospermler, angiospermlere göre daha iyi korunur, bu nedenle de daha bol telohüminit maserali görülür [Dehmer, 1995]. Sazlık turbalı ve bunlardan itibaren oluşan kahverengi kömürler ise daha zayıf ligninli doku ve selüloz içerirler [Cameron vd., 1984; Teichmüller vd., 1998] ve bu da yapısız maseraller (Detrohüminit) şeklinde petrografik bileşimde izlenir. İncelenen örneklerde olduğu gibi detrohüminit maseral alt grubunda densinitlerin atrinitlere göre daha bol oluşu, odunsu bileşenlerin kök parçaları veya yapraklarının turbalaşma sürecindeki aerobik şartlarda biyokimyasal değişimleri ile gerçekleşebileceği gibi, kömürleşme sırasında atrinitlerin densinite dönüşümü ile de açıklanabilir. Ayrıca atrinit ve densinit maseralleri turba ve kahverengi kömürlerin ağaçsız bataklık ortamını yansıtan başlıca bileşenler olarak tanımlanmaktadır [Gürdal, 2011; Iordanidis & Georgokapoulos, 2003; Sykorova vd., 2005; Teichmüller vd., 1998].

Bahsedilen bu özellikler ortamdaki jelleşme veya bitkisel malzemenin birincil özelliğini yansıtmaktadır. Mavridou vd., (2003) vır Teichmüller (1989)'in de belirttiği gibi korpohüminit maserallerinin düşük oranlarda bile olsa bulunuşu,

odunsu malzemelerin turbalaşmaya katıldığıını gösterir [Cohen vd., 1984; Georgakopoulos & Valceva, 2000; Taylor vd., 1998]. Örneğin, orman bataklığında çökelen kömürlerde belirlenen lip-tinitlerde kütinit, süberinit, liptodetrinit, resinit, sporinit ve flourinit görülmektedir ve Çilhoroz kömürleri için de aynı durum söz konusudur (Tablo 1) [Flores, 2002]. Sporinitler ise bileşimde %8-14 arasında değişmektedir ve bu tip kömür-lerin sadece orman bataklıkları değil, sazlık alan-lardaki bitkisel yığılımlar ile de ilgili olduğu bi-linmektedir [Stach vd., 1982]

Maseral birliktelikleri ve oranlarına göre bu kö-mürlerin oluşum ortamları; açık orman-sazlık bataklığıdır. Buradaki ortamsal özellikler su ge-lişi/korunumu ve mevsimsel etkiler nedeniyle geçişli olarak bulunmaktadır (Şekil 5.b). Silva ve Kalkreuth vd. (1991) tarafından hazırlanan TDF üçgen diyagramına göre de incelenen kömürler "Limnik ortam" özelliklerine daha yakın görün-mektedir (Şekil 5.c).

Fasiyes analizinde en yaygın kullanılan paramet-relerden olan ve Avustralya'daki Permiyen yaşlı kömürler için Diessel (1986) tarafından geliştirilen jelleşme indeksi (GI) ve doku koruma indeksi (TPI) diyagramı jelleşmiş ve korunmuş bitkisel malzeme oranı, malzeme cinsi, basen gömülme tarihçesi ve hümfikasyon derecesi ile bitkisel dokuların korunma derecesini göstermektedir. Ancak, bazı araştırmacılar tarafından belirtildiği gibi [Amijaya & Littke, 2005; Crosdale, 1993; Mo-re & Shearer, 2003; Scott, 2002; Wüst vd., 2001] Tersiyer yaşlı kömürler Permiyen kömürlerine göre farklı çökelim ortam özellikleri ve bitkisel özelliğe sahiptir ve Diessel (1986, 1992) tarafın-dan önerilen bu formüller Tersiyer yaşlı kömür-lerin paleo-çökelim ortamı yorumu için genel-likle yeterli ve uygun değildir [Sen vd., 2016]. Bu nedenle Tersiyer yaşlı kömürler için birçok araş-tırmacı tarafından farklı formüller ve değerlen-dirme sistemleri uygulanmaktadır [Bechtel vd., 2005; Flores, 2002; Kalaitzidis vd., 2004; Kalkre-uth vd., 1991; Lamberson vd., 1991; Sen vd., 2016; Sing vd., 2017; Stock vd., 2016]



Şekil 5. İncelenen kömürlerin çökelim şartlarını ifade eden üçgen diyagramlar.

Çilhoroz kömür sahası örneklerinin Doku Ko-ruma İndeksi (TPI) değerleri 0.43-0.76 arasında değişmektedir. İncelenen örneklerde jelleşme in-deksi (GI) değerleri 0.62-1.17 arasında iken, ye-raltısuyu etki indeksi (GWI) değerleri %1.40-2.48, bitkisel indeks (VI) değerleri de %0.39-0.74 arasında değişir (Tablo 1, Şekil 6, 7)

Doku koruma indeksinin düşük olması ya bitkisel malzemenin tipine (gymnospermlere göre daha bol angiosperm oranı, yüksek otsu malzeme), bataklıktaki düşük doku korunma şartlarına (yüksek bakteriyal aktivite, yüksek pH, yavaş sübidans oranı) veya yavaş ilerleyen hümfikasyona bağlı olarak gelişmiştir [Jordanidis & Georgakopoulos, 2003; Kolcon & Sachsenhofer, 1999; Singh vd., 2017]. Ancak, özellikle incelenen örneklerde de olduğu gibi bazı yüksek TPI değerleri (>0.60) kömürlerin turba çökelişi sırasında su miktarı veya akış rejimindeki değişim veya geçiş ortam şartlarından etkilendiğini göstermektedir [Diessel, 1992; Singh vd., 2017]. GI indeksi ise su seviyesi ve bataklığın ıslak veya kuru oluşu, bunun devamlılığı ile ilgilidir. Yüksek jelleşme indeksi genellikle yüksek su seviyesini, asidik olmayan ortam, bakteriyal faaliyetler ve jelleşmeyi belirtirken, düşük GI değeri (<1) düşük su içeriği veya bitkisel malzemenin odunsu özelliği ile ilgilidir. İncelenen örneklerdeki GI değerleri çökeliş sırasında su kolonundaki kısa süreli değişime işaret etmektedir. Genel olarak, düşük TPI (<1) ve yüksek GI değerine sahip kömürler orman bataklığı veya ağaçsız-otsu-bitkilerin yoğun olduğu sazlık alanlardaki bataklıklardan oluşmaktadır [Diessel, 1992; Singh vd., 2017]. Ayrıca, yüksek detrohüminit oranları, düşük VI değerleri de çoğunlukla bataklıkta biriken malzemenin sazlık alanlardaki bitkileri belirtir [Bechtel vd., 2005; Karayiğit vd., 2017; Singh vd., 2017]. Düşük oranlarda belirlenen resinit, süberinit, ve kütinitler de bataklıktaki bitkilerin daha düşük selüloz oranına sahip olduğunu gösterirler [Singh ve diğ., 2017].

GI ve TPI fasiyes diyagramlarına göre de incelenen kömürler açık orman bataklığı ve limnik ortam şartlarında oluşmuştur (Şekil 7). Özellikle turbalıkta otsu bitkilerin (sazlık alanlarda) egemen olduğu söylenebilir. Bu ortamsal özelliklere destek olabilecek veriler Petersen & Ratanasthien (2011) tarafından önerilen iki yeni fasiyes oranı olan Islaklık İndeksi (WI) ve doku İndeksi (TI). Bu araştırmacılara göre hücrenel

dokularının yapısal özelliklerinin korunması sadece odunsu bitkileri işaret etmez, aynı zamanda yeraltısuyu tablası, ortamın fiziko-kimyasal özellikleri, oksidasyon-redüksiyon şartları ile bitkisel bileşenin özelliklerini de kapsar. İncelenen örneklerin TI değerleri 1.13-1.91 ve WI değerleri ise 0.57-0.90 aralığındadır. Yüksek TI ve düşük-orta WI değeri, paleobataklıktaki düzensiz su rejimini belirtmektedir. Ancak bataklığa gelen ve biriken bitkisel malzeme özellikleri (otsu, sazlık ortamı tipi bitkiler) bu veriyi daha çok etkilemiştir. Dahası, düşük WI ile düşük mineral madde oranı ve kömür damarı içinde homojenliği birikim sırasında nispeten durağan bataklık koşullarını da işaret etmekte olup [Calder vd., 1991], Çilhoroz kömürlerinin işletilen düzeyleri nispeten az ara kesmeli, homojen bir sekans özelliği göstermektedir. Kömür damarı içinde killi, karbonatlı bant oranı oldukça düşüktür ve bu da kömürlerin oluşumu sırasında su enerjisinin fazla değişmediği, dışardan inorganik malzemenin gelebileceği koşulların oluşmadığı ve tekdüze bir bitkisel yığılma olduğunu gösterir

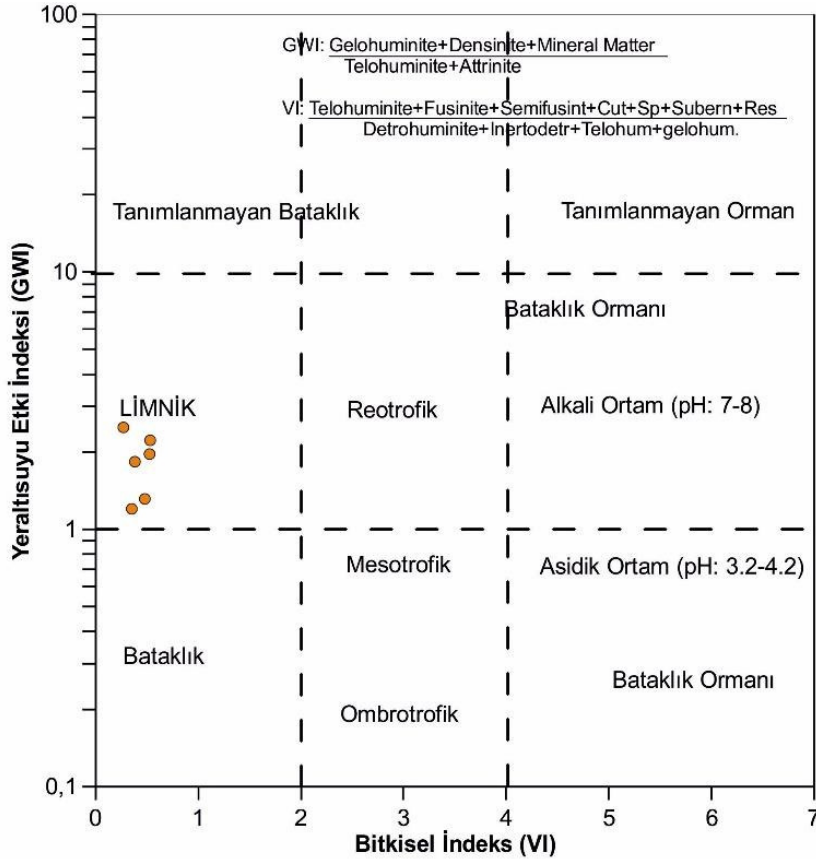
Kömür fasiyes değerlendirmesi için ayrıca VI-GWI diyagramı da yaygın olarak kullanılmaktadır. Calder vd. (1991) tarafından Nova Scotia Westafaliyen kömürleri için geliştirilen bitkisel indeks (VI) ve yeraltısuyu indeksi (GWI) parametreleri kömür oluşum ortamındaki özellikleri ifade etmektedir [Calder vd., 1991]. Bu diyagramda Çilhoroz kömür örnekleri limnik ortam alanına düşmektedir (Şekil 6). Düşük VI değerleri, yüksek telohüminit, yüksek detrohüminit oranları ve düşük TPI değerlerine göre otsu organik madde varlığına işaret etmekte olup, düşük oranda textinit, semifüzinit ve füsinit bileşenleri de daha az oranda odunsu bileşenin turbalaşmaya katkıda bulunduğunu gösterir. Turba oluşumu sırasında asidik olmayan koşullar kömürler ve kömürlü kilaşları ile karbonatlı-killi kömür düzeylerindeki iyi korunmuş kalsiyum karbonat bileşimli fosil kavkılarının bulunuşu ile de izlenir [Diessel, 1992; Teichmüller vd., 1998].

Kömür damarı alt düzeylerinde gözlenen gastropod kavkılı kömürlü killer de alkalın ortam şartlarını destekleyen bir diğer veridir.

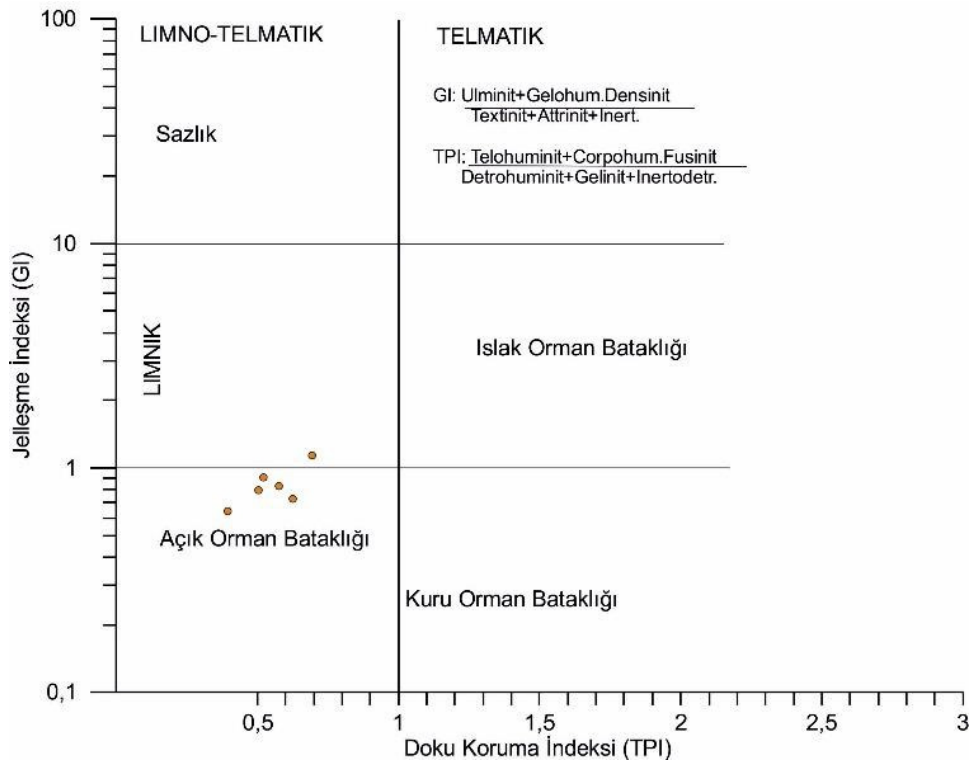
Kömürlerde düşük-orta kükürt içeriği çökelim sırasındaki deniz suyunun etkisine dair bir veridir [Stach vd., 1982]. Diğer taraftan, deniz etkisi olmasa da tatlı sulu ortamlarda yüksek kükürt oranı görülebilmektedir [Bechtel vd., 2005; Gürdal & Bozcu, 2011; Hoş- Çebi, 2017]. Bileşimde düşük oranda pirit, kül, kükürt olması ortamın deniz suyundan veya bataklık dışından taşınan inorganik bileşenlerden fazla etkilenmediğini, alkali bir gösel ortam olduğunu gösterir [Amijaya & Littke, 2005; Cameron vd., 1984; Diessel, 1992; Gruber & Sachsenhofer, 2001; Taylor vd., 1998]

İncelenen kömürlerin paleoçökelim ortamında bataklık egemen olarak otsu bitkiler tarafından doldurulmuştur ve çökelim ortamı çoğunlukla tatlı su ile kaplı bir bataklık (Şekil 6, 7). Petrografik ve mineralojik verilere göre bu ortam açık su orman bataklığı-sazlık bataklığı özelliğinde olup, mevsimsel değişimlerin de etkisi ile su düzeyinin zaman zaman değişimi, bataklıktaki çökelimle eş zamanlı gelişen yapısal hareketler veya kütle hareketleri nedeniyle özellikle makrinit ve densinit gibi bileşimdeki egemen maseraleri oluşturmuştur. Tüm organik petrografik değerlendirmelere göre hümodetrinitçe zengin kömürlerin, turbalaşma sırasında kolaylıkla parçalanabilen (lignince fakir ve selülozca zengin) otsu bitkiler ve angiosperm kaynağı odunlardan oluştuğu söylenebilir. Ayrıca çökelim ortamı atmosferik yağışlara bağlı su seviyesi değişimi gösteren ombrojenik koşullar ile ılıman iklim şartlarının hakim olduğu (bol fusinit maserali nedeniyle) bir ortamdır [Silva vd., 2008]. Kömürleşme genellikle suboksik-anoksik, alkalın ortam, yüzeysel akış etkisinin yeraltısuyuna göre yüksek olduğu ve yavaş gömülme oranıyla, otoktondan hipotoktona kadar değişen şartlarda

meydana gelmiştir [Singh vd., 2017; Sykorova vd., 2005; Yalçın Erik, 2011]. Kömürün bileşiminde azot oranı (ortalama %1.47) ve kükürt oranı düşüktür, bu da deniz suyu etkisinin az olduğuna işaret eder [Chou, 2012]. Doku koruma indeksi değerleri ve düşük kül oranları otsu-sazlık ortamları ve selülozik organik bileşimi gösterir ki bu domlaşmış (yükselmiş) turbanın merkezi kısımlarında ve düşük hızla çökelen atmosferik yağışlarla beslenen bataklıklarda oluşmuştur (Şekil 6). Bu tip ortamlarda turbalaşma ve hümfikasyon düşük hızlı gelişmektedir [Amijaya & Littke, 2005; Diessel, 1992; Gruber & Sachsenhofer, 2001; Sia & Abdullah, 2012; Taylor vd., 1998]. Düşük TPI ve düşük kül içeriği özellikle Tanjung Enim kömürleri (Sumatra Baseni, Endonezya) ve Maryville kömürlerinde de (Yeni Zelanda) benzer şekilde tanımlanmıştır [Amijaya & Littke, 2005; Crosdale, 1993; Kalkreuth vd., 1991]. Çilhoroz kömürleri petrografik ve kimyasal bileşim olarak, çek-ayır havza özelliğinde olan ve Miyosen yaşlı kömürlerin bulunduğu Mur-Mürz fay sistemi (Doğu Alpler, Avusturya) kömürlerine de benzerlik göstermektedir [Sachsenhofer vd., 2003]. Genel anlamda Çilhoroz kömürleri Türkiye'deki Tersiyer yaşlı kömürlere mineralojik ve petrografik olarak benzerlik göstermekle birlikte [Gürdal & Bozcu, 2011; Karayığit vd., 1999; Karayığit vd., 2015; Palmer vd., 2004; Toprak, 2009; Tuncalı vd., 2002; Yalçın Erik & Ay, 2013] volkanik aktivite olmayan ve denizden etkilenmeyen, çek ayır havzalarındaki kalıntı dağ arası göllerde yüzeysel su kaynaklarından itibaren oluşan bir limnik kömür özelliği sunar.



Şekil 6. İncelenen kömürlerin paleoortam parametreleri ile çökelim şartlarını gösteren GWI-VI diyagramı.



Şekil 7. İncelenen kömürlerin GI-TPI diyagramı.

5. Sonuçlar

Bu çalışmada incelenen kömürler Erzincan İline bağlı Çayırılı ilçesinin kuzey doğusunda, Çilhoroz köyü civarında olup, bu bölge dahilinde yerel yakıt ihtiyacını karşılayan tek kömür sahasıdır. İnceleme alanındaki kömürler başlıca marn, kumtaşı, kumlu marnlardan oluşan Miyosen yaşlı Neftlik Formasyonu'nun taban seviyesinde, orta-kalın damar kalınlıklı (1.5-4 m), ince kil, kömürlü kil, karbonatlı şeyl bantlı ve yanal olarak karbonatlara geçişli olarak yer almaktadır. Kömürlü istifte, mat siyah renkli kömür bantları, gri-koyu gri ve kahverenkli kömürlü düzeyler ve daha ince parlak siyah kömür bantları ardalı olarak görülür. Kömürler prizmatik kırılma yüzeyleri ile karakteristik olup, bazı düzeylerde mineralojik ve petrografik özelliklerden dolayı dağılgan ve mat özellik gösterir. Kömürde egemen litotip vitren, klaro-düren ve düren ardalıdır. Egemen maseral grubu hüminit (ortalama %42.5) olmakla birlikte liptinit ve inertinit maseralleri de bulunmaktadır. Kömürlerin en önemli bileşeni inertinit maseral grubunun en baskın türü olan 'makrinit' lerdir. Liptinit grubu içinde sporinit'ler, hüminit grubunda ülminit ve densinitler, inertinit grubunda ise makrinit ve inertodetrinitler en bol bulunan maserallerdir. İncelenen kömürler özellikle orta-yüksek kalori değerli (havada kuru bazda üst ısıl değer ortalama 6920.1 Kcal/kg), düşük-orta oranda kül, içerikli (ortalama %14.43), düşük mineral madde içeriği (ortalama % 3.33) ve düşük nem (ortalama %10.4) ile düşük olgunlaşma derecesinden (ortalama Rmax %0.61) dolayı "düşük-orta kaliteli kömürler" olarak değerlendirilirken, elementer verilere göre "Bitümlü kömür", UN-ECE ve Alman DIN sınıflamalarına göre "Bitümlü kömür-alt bitümlü kömür", ISO sınıflamasına göre "Kahverengi Kömür", ASTM (1991) sınıflamasına göre ise "Yüksek uçuculu A bitümlü kömür" düzeyindedir. Petrografik bileşim özelliklerine göre de "detritik bileşen içeren ksilitik kömür" olarak tanımlanmıştır. İncelenen

örneklerde inorganik madde oranı oldukça düşük olup, oranca en fazla olanlar pirit ve killer, daha sonra ise karbonat (kalsit) ve sülfatlı (jips) minerallerdir. Paleoçökelim ortamında bataklık egemen olarak otsu bitkiler tarafından doldurulmuştur ve çökelim ortamı çoğunlukla tatlı su ile kaplı bir bataklık (limnik). Petrografik ve mineralojik verilere göre bu ortam açık su orman bataklığı-sazlık bataklığı özelliğinde olduğu sonucuna varılmıştır.

Katkı Belirtme

Bu çalışma M-509 nolu CÜBAP projesi kapsamında desteklenmiştir.

Kaynakça

- Akgün, F., Olgun, E., Kuşçu, İ., Toprak, V., Göncüoğlu, M.C., (1995), New evidence on the stratigraphy, depositional environment and age of 'Oligo-Miocene' cover rocks of the Central Anatolian Crystalline Complex. *Bull. Turkish Assoc Petr Geol.*, 6: 51-68.
- Akkuş, M., (1964), Erzincan-Tercan Bölgesi Detay Petrol İstikşaf Etüdü Raporu. *MTA Raporu*, No: 4041, Ankara.
- Akpınar, Z., Gürsoy, H., Tatar, O., Büyüksaraç, A., Koçbulut, F., Piper, J., (2016), Geophysical analysis of fault geometry and volcanic activity in the Erzincan Basin, Central Turkey: Complex evolution of a mature pull-apart basin, *Journal of Asian Earth Sciences* 116, 97-114.
- Aktimur, H.T., (1986), Erzincan, Refahiye ve Kemah Dolayının Jeolojisi. *MTA Raporu*, No: 7932, Ankara.
- Aktimur, H.T., Sarıarslan, M., Keçer, M., Turşucu, A., Örcen, S., Yurdakul, M. E., Mutlu, G., Aktimur, S. ve Yıldırım, T., (1995), Erzincan Dolayının Jeolojisi. *MTA Raporu*, No:9792, Ankara.
- Akyol, Z. & Birgili, Ş., (1966), Neftlik-2 Kuyu Bitirme Raporu. *MTA Raporu*, No: 4387, Ankara.
- Akyol, Z., (1968), Neftlik-3 Kuyu Bitirme Raporu. *MTA Raporu*, No: 4388, Ankara.
- Amijaya, H., & Littke, R., (2005), Microfacies and depositional environment of Tertiary Tanjung Enim low

- rank coal, South Sumatra Basin, *Indonesia. Int. J. Jour. Of Coal Geol.*, 261, (3-4), 197-221.
- Arpat, E., (1964), Erzincan'ın Çayırılı ilçesinin Civarının ve Uzak Kuzeyinin Genel Jeolojisi ve Petrol İmkanları. *MTA Raporu*, No: 4046, Ankara.
- ASTM, (1983), *Annual book of ASTM standards*. Gaseous Fuels; Coal and Coke (D-388-82, D-2798-79, D-3172-73, D-2799-72, D-3174-82, D-3175-82): 1916 Race Street, Philadelphia, PA 19103, 05.05, 520p.
- ASTM, (1991), *Annual book of ASTM standards*, Gaseous Fuels; Coal and Coke, 1916 Race Street, Philadelphia, PA 19103, 05.05, 520p.
- Ay, F., & Yalçın Erik, N., (2015), Fulvic and Humic Acid Substances And Potential Raw Material Of Some Tertiary Turkish Coals From Anatolia, Turkey. *The World Multi disciplinary Earth Sciences Symposium – WMESS*, 2015, Prag-Çek Cumhuriyeti.
- Bechtel, A., Saschenhofer, R.F., Zdravkov, A., Kostova, I., and Gratzner, R., (2005), Influence of floral assemblage, facies and diagenesis on petrography and organic geochemistry of the Eocene Bourgas coal and the Miocene Maritza-East lignite (Bulgaria). *Org. Geochem.*, 36, 1498-1522.
- Bechtel, A., Karayığit, A.İ., Sachsenhofer, R.F., İnaner, H., Christanis, K., Gratzner, R., (2014), Spatial and temporal variability in vegetation and coal facies as reflected by organic petrological and geochemical data in the Middle Miocene Çayırhan coal field (Turkey). *Int. J. Coal Geol.*, 134-135, 46-60.
- Birgili, Ş., & Yurdakul, M., (1971), Çayırılı Neftlik-4 kuyu bitirme raporu. *MTA Raporu* No: 4822, Ankara.
- Bulut, C., (1965), Erzincan İ43 b3, İ44d1, 143 c2 paftalarını kapsayan bölgenin detay petrol etüdü raporu. *MTA Raporu* No: 4140, Ankara.
- Bulut, C. & Akyol, Z., (1966), Çayırılı Neftlik-1 kuyu bitirme raporu. *MTA Raporu* No: 4386, Ankara.
- Calder, J.H., Gibling, M.R., and Mukhopadhyay, K., (1991), Peat formation in a Westphalian B piedmont setting, Cumberland basin, Nova Scotia: implications for the maceral-based interpretation of rheotrophic and raised paleomires. *Bulletin de la Societe Geologique de France*, 162, 283-298.
- Cameron, A.R., Kalkreuth, W.D., Koukouras, C., (1984), The petrology of Greek brown coals. *Int. J. Coal Geol.*, 4(3), 173-207.
- Chou, C.L., (2012), Sulfur in coals: a review of geochemistry and origins. *Int. J. Coal Geol.*, 100, 1-13.
- Cohen, A.D., Spackman, W., Deben, P., (1984), Occurrence and distribution of sulfur in peat forming environment of southern Florida. *Int. J. Coal Geol.*, 4, 73-96.
- Crosdale, P.J., (1993), Coal maceral ratios as indicator of environment of deposition: do they work for ombrogenous mires? An example from the Miocene of New Zealand. *Org. Geochem.*, 20, 797-809.
- Dai, S., Ren, D., Li, S., Zhao, L., Zhang, Y., (2007), Coal facies evolution of the main minable coal-bed in the Heidaigou Mine, Jungar Coalfield, Inner Mongolia, northern China. *Science in China D. Earth Sci. Rev.*, 50 (suppl. II), 144-152.
- Dehmer, J., (1995), Petrological and organic geochemical investigation of recent peats with known environments of deposition. *Int. J. Coal Geol.*, 28, 111-138.
- Demirmen, F., (1965), Çayırılı ilçesi (Erzincan civarı) genel jeolojisi ve petrol olanakları. *MTA Raporu* No: 4845, Ankara.
- Deveciler, E., Canpolat, M., Küçükkefe, Ş., Karabıyık, N., Kar, H., Ayaz, E., Ünay, E., Tuzcu, S., Karabıyıkkoğlu, M., Örcen, S., Genç, S. ve Erdoğan, K., (1993), Çayırılı dolayının (Erzincan ili) jeolojisi. *MTA Raporu* No: 9672, Ankara.
- Diessel, C.F K., (1986), The correlation between coal facies and depositional environments. *Advances in the Study of the Sydney Basin, Proceedings of 20th Symposium*, The University of Newcastle, pp: 19-22
- Diessel, C.F.K., (1992), *Coal-Bearing Depositional Systems*, Springer Verlag, Berlin.
- Flores, D., (2002), Organic facies and depositional palaeoenvironment of lignites from Rio Maior Basin (Portugal). *Int. J. Coal Geol.*,
- Gedik, A., (1976), Doğu Anadolu'da açılan stratigrafik istikşaf (açınsama) sondajları, *Yeryuvarı ve İnsan*, 3, 3, 31-35.
- Gedik, A., (2008), Kemah-Erzincan Çayırılı yöresi Tersiyer Birimlerinin Jeolojisi ve Petrol Kaynak Kaya Özellikleri, *MTA Dergisi*, 137, 1-26.
- Georgakopoulos, A. & Valceva, S., (2000), Petrographic characteristics of Neogene Lignites from the

- Ptolemais and Servia basins, *Northern Greece. Energy Sources*, 22, pp. 587–602.
- Göncüoğlu, M.C., Turhan, N., Şentürk, K., Özcan, A., Uysal, S. ve Yalınız, M.K., (2000), A geotraverse across northwestern Turkey: tectonic units of the Central Sakarya region and their tectonic evolution. In: *Bzkurt, E., Winchester, J.A. & Piper, J.D. (eds.) Tectonics and Magmatism in Turkey and the Surrounding Area. Geological Society, London, Special Publications*. 173, 139–162.
- Görür, N., Tüysüz, O., Şengör, A.M.C., (1998), Tectonic evolution of the central Anatolian Basins. *Int. Geol. Rev.*, 40, 831-850.
- Gruber, W., Sachsenhofer, R.F., (2001), Coal deposition in the Noric Depression (Eastern Alps): raised and low-lying mires in Miocene pull-apart basins. *Int. J. Coal Geol.*, 48, 89–114.
- Gürdal, G., &Bozcu, M., (2011), Petrographic characteristics and depositional environment of Miocene Çan coals, Çanakkale-Turkey, *Int. J. Coal Geol.*, 85, 143-160.
- Hoş-Çebi, F., & Korkmaz, S., (2013), Organic geochemistry and depositional environments of Eocene coals in northern Anatolia, *Turkey. Fuel*, 113, 481-496.
- Hoş-Çebi, F., (2017), Organic geochemical characteristics and paleoclimate conditions of the Miocene coals at the Çan- Duralı (Çanakkale), *Journal of African Earth Sciences*, 129, 117-135.
- Hökerek, S., & Özçelik O., (2015), "Organic facies characteristics of the Miocene Soma Formation (Lower Lignite Succession-KM2), Soma Coal Basin, western Turkey", *Energy Procedia*, vol.76, 27-32.
- I.C.C.P., (1998), International Committee for Coal and Organic Petrology, The new vitrinite classification. *Fuel* 77, 349–358.
- Iordanidis, A. & Georgakopoulos, A., (2003), Pliocene lignites from Apofysis mine, Amynteo basin, Northwestern Greece: petrographical characteristics and depositional environment. *Int. J. Coal Geol.*, 54, 57-68.
- ISO 7404-2, (2009), Methods for the Petrographic Analysis of Bituminous Coal and Anthracite—Part 2: Methods of Preparing Coal Samples. *International Organization for Standardization*, ISO, Geneva 8 pp
- ISO 7404-3, (2009), Methods for the Petrographic Analysis of Bituminous Coal and Anthracite—Part 3: Methods of Determining Maceral Group Composition. *International Organization for Standardization*, ISO, Geneva 4 pp.
- ISO 7404-5, (2009). Methods for the Petrographic Analysis of Bituminous Coal and Anthracite—Part 5: Methods of Determining Microscopically the Reflectance of Vitrinite. *International Organization for Standardization*, ISO, Geneva 11 pp.
- 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, Int. J. Coal Geol.*, 57, 243– 263.
- Kalkreuth, T., Kotis, T., Papanicolaou, C., Kokkinakis, P., (1991), The geology and coal petrology of a Miocene lignite profile at Meliadi Mine, Katerini, *Greece. Int. J. Coal Geol.*, 17 (1), 51–67.
- Kara-Gülbay, R. (2015) Organic geochemical and petrographical characteristics of coal bearing Oligo- Miocene sequence in the Oltu-Narman Basin (Erzurum), NE Turkey. *Int. J. Coal Geol.*, 149, 93-107.
- Karayiğit, A.İ., Akgün, F., Gayer, R.A., Temel, A., (1999), Quality, palynology, and palaeoenvironmental interpretation of the Ilgin lignite, Turkey. *Int. J. Coal Geol.*, 38, 219–236.
- Karayiğit, A.İ., Littke, R., Querol, X., Jones, T., Oskay, R.G., Christanis, K., (2017), The Miocene coal seams in the Soma Basin (W. Turkey): Insights from coal petrography, mineralogy and geochemistry, *Int. J. Coal Geol.*, 173, 110–128.
- Karayiğit, A.İ., Oskay, R.G., Christanis, K., Tunoğlu, C., Tuncer, A., Bulut, Y., (2015), Palaeoenvironmental reconstruction of the Çardak coal seam, SW Turkey. *Int. J. Coal Geol.*, 139, 3–16.
- Ketin, İ. (1950) Erzincan ile Aşkale arasındaki sahanın (1/100.000)'lik 46/4 ve 47/3 paftalarının jeolojisine ait memuar. *MTA Raporu*, 1950, Ankara.
- Kolcon, I, & Sachsenhofer, R.F., (1999), Petrography, palynology and depositional environments of the Early Miocene Oberdorf lignite seam (Styrian Basin, Austria). *Int. J. Coal Geol.*, 41: 275–308.

- Kurtman F., (1962), Kemah Kömür Tuzlası bölgesinin petrol istikşaf etüdüne ait rapor. *MTA Raporu* No. 4849, Ankara.
- Lamberson, M.N., Bustin, R.M., Kalkreuth, W., (1991), Lithotype (maceral) composition and variation as correlated with paleowetland environments, Gates Formations, Northeastern British Columbia, Canada. *Int. J. Coal Geol.*, 18, 87-124.
- Luttig, G. & Steffens, P., (1976), Türkiye Oligosen-Paleosen paleocoğrafya atlasının açıklaması, *MTA radyoaktif mineraller ve kömür dairesi bilimsel yayın çevirileri*. Tercüme no.53, Ankara.
- Mavridou, E., Antoniadis, P., Khanaqa, P., Riegel, W., Gentzis, T., (2003), Paleoenvironmental interpretation of the Amynteon-Ptolemedia lignite deposit in northern Greece based on its petrographic composition. *Int. J. Coal Geol.*, 56(3-4), 253-268.
- Moore T., Shearer, J., (2003), Peat/coal type and depositional environment - are they related? *Int. J. Coal Geol.*, 56 (3-4), 233-252.
- Mukhopadhyay, P.K., (1989), Organic petrography and organic geochemistry of Texas Tertiary coals in relation to depositional environment and hydrocarbon generation. *Tex. Bur. Econ. Geol. Rep. Invest.*, 188, 68-78.
- Okay, A.I. & Tüysüz, O., (1999), Tethyan Stures of Northern Turkey. In: Durand B., Jolivet G., Horvath F., Serrane M (eds) *The Mediterranean Basins: Tertiary Extension Within the Alpine Orogen*, *Geol. Soc., Lond. Spec. Publ.*, 156, 475-515.
- Oskay, R.G., Christanis, K., Inaner, H., Salman, M., Taka, M., (2016), Palaeoenvironmental reconstruction of the eastern part of the Karapınar-Ayrancı coal deposit (Central Turkey), *Int. J. Coal Geol.*, 163, 100-111.
- Palmer, C.A., Tuncalı, E., Dennen, K.O., Coburn, T.C., Finkelman, R.B., (2004), Characterization of Turkish coals: a nationwide perspective, *Int. J. Coal Geol.*, 60, 85-115.
- Petersen, H.I., & Ratanasthien, B., (2011), Coal facies in a Cenozoic paralic lignite bed, Krabi Basin, southern Thailand: Changing peat-forming conditions related to relative sealevel controlled watertable variations. *Int. J. Coal Geol.*, 87, 2-12.
- Pisoni, C., (1965), Tercan bölgesinin jeolojisi ve petrol olanakları. *MTA Raporu* No: 4446, Ankara.
- Roothan, Ph.J., (1940), Erzurum ve Erzincan vilayetlerindeki petrol jeolojisi araştırma raporu. *MTA Raporu* No:1248, Ankara.
- Sachsenhofer, R.F., Bechtel, A., Reischenbacher, D. Weiss, A., (2003), Evolution of lacustrine systems along the Miocene Mur-Murz fault system (Eastern Alps, Austria) and implications on source rocks in pull-apart basins, *Marine and Petroleum Geology*, 20 83-110.
- Scott, A.C., (2002), Coal petrology and the origin of coal macerals: a way ahead? *Int. J. Coal Geol.*, 50 (1-4), 119-134.
- Sen, S., Naskar, S., Das, S., (2016), Discussion on the concepts in paleoenvironmental reconstruction from coal macerals and petrographic indices, *Marine and Petroleum Geology*, 73, 371-391.
- Sia, S.G., & Abdullah, W. H., (2012), Enrichment of arsenic, lead, and antimony in Balingian coal from Sarawak, Malaysia: Modes of occurrence, origin, and partitioning behaviour during coal combustion, *Int. J. Coal Geol.*, 101, 1-15.
- Silva, M.B., Kalkreuth, W., Holz, M., (2008), Coal petrology of coal seams from the Leão- Butiá Coalfield, Lower Permian of the Paraná Basin, Brazil: implications for coal facies interpretations. *Int. J. Coal Geol.*, 73, 331-358.
- Singh, V.P, Singh, BD, Singh, A., Singh, M.P., Mathews, R.P., Dutta, S., Mahesh, V.A., Mishra, S.S., (2017), Depositional palaeoenvironment and economic potential of Khadsaliya lignite deposits (Saurashtra Basin), western India: Based on petrographic, palynofacies and geochemical characteristics, *Int. J. Coal Geol.*, 171-184.
- Stach, E., Mackowsky, M.-Th., Teichmüller, M., Taylor, G.H., Chandra, D. ve Teichmüller, R., (1982), *Stach's textbook of coal petrology*, *Gebrüder Borntraeger, Berlin*, 535p,
- Stchepinsky, V., (1940), Erzincan muntkası linyitleri ve hidrokarbürleri hakkında rapor. *MTA Raporu* No:1004, Ankara.
- Stock, A.T., Littke, R., Lücke, A, Zieger, L., Thielemann, T., (2016), Miocene depositional environment and climate in western Europe: The lignite deposits of the Lower Rhine Basin, Germany, *Int. J. Coal Geol.*, 157, 2-18

- Súarez-Ruiz, I., Flores, D., Filho, J.G.M., Hackley, P.C., (2012), Review and update of the applications of organic petrology: Part 1, Geological Applications, *Int. J. Coal Geol.*, 99, 54–112.
- Sykorova, I., Pickel, W., Christanis, K., Wolf, M., Taylor, G.H., Flores, D. (2005) Classification of huminite-ICCP system 1994. *Int. J. Coal Geol.*, 62 (1–2), 85–106.
- Şengör, A.M.C., (1980), Türkiye' nin neotektoniğinin esasları *Türkiye Jeoloji Kurumu yayını*, 40
- Tatar, O., Akpınar, Z., Gürsoy, H., Piper, J.D.A., Koçbulut, F., Mesci, B.L., Polat, A., Roberts, A.P., (2013), Palaeomagnetic evidence for the neotectonic evolution of the Erzincan Basin, North Anatolian Fault Zone, Turkey. *J. Geodynam.*, 65, 244– 258.
- Taylor, G.H., Teichmüller, M., Davis, A., Diessel, C.F.K., Littke, R., Robert, P., (1998), *Organic Petrology*. Gebrüder Borntraeger, Berlin. 704 pp.
- Teichmüller, M., (1989), The genesis of coal from the viewpoint of coal petrology. *Int. J. Coal Geol.*, 12 (1–4), 1–87.
- 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, 704 p.
- Temiz, H., (2004), The role of thrust ramp reactivation in pull- apart mechanism of the Erzincan basin, North Anatolian Fault Zone, Turkey. *Geodinam. Acta*, 17 (3), 219–228.
- Tekin, T., (2002), Source rock potential and organic facies properties of the Oligo-Miocene deposits in the Pasinler- Horasan, Tercan-Aşkale basins (East-Anatolia), ODTÜ, *Doktora Tezi*, 297 s., Ankara.
- Tissot, B.P.&Welte, D.H., (1984), Petroleum Formation and Occurrence: *Springer-Verlag, Berlin*, 699 p.
- Toprak, S., (2009), Petrographic properties of coal seams in Turkey and their formation, *Int. J. Coal Geol.*, 78, 263-275.
- Tuncalı, E., Çifci B., Yavuz N., Toprak S., Köker A., Aycık H., Gençer A., Şahin N., (2002), Chemical and Technological Properties of Turkish Tertiary Coals, *MTA Yayınları*, Ankara.
- Türkiye Linyit Envanteri, (2003), *MTA yayınları*, 356 s.
- Wüst, R., Hawke, M., Bustin, R., (2001), Comparing maceral ratios from tropical peatlands with assumptions from coal studies: do classic coal petrographic interpretation methods have to be discarded?. *Int. J. Coal Geol.*, 48, 115–132.
- Yalçın Erik, N., (2010), Kangal (Sivas) Kömürlerinin Organik Jeokimyasal, Organik Petrografik ve Hidrokarbon Türüm Potansiyelleri, *TÜBİTAK Hızlı Destek Projesi*; Proje No:108Y111.
- Yalçın Erik, N., & Sancar, S., (2010), Relationship between coal-quality and organic-geochemical parameters: a case study of the Hafik Coal Deposits (Sivas Basin, Turkey), *Int. J. Coal Geol.*, 83, 396-414.
- Yalçın Erik, N., (2011), Hydrocarbon generation potential and Miocene–Pliocene paleoenvironments of the Kangal Basin (Central Anatolia, Turkey) *Journal of Asian Earth Sciences*, 42, 1146–1162
- Yalçın Erik, N., & Ay, F., (2013), Coal Petrography and Depositional Environments Relationship of the Tertiary Coals from Anatolides (Tokat Region-Turkey). *Geod Schmidt 2013*, Floransa-İtalya.
- Zdravkov, A., Bechtel, A., Sachsenhofer, R.F., Kortenski, J., Gratzer, R., (2011), Vegetation differences and diagenetic changes between two Bulgarian lignite deposits – insights from coal petrology and biomarker composition. *Org. Geochem.*, 42, 237–254.