



T.C.
KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
BİLİMSEL ARAŞTIRMA PROJELERİ
KOORDİNASYON BİRİMİ

**Barma Yaylası (Trabzon/Çaykara) Turbalığı'nın Jeolojik Gelişimi ve
Paleoiklimi**

Proje No: FHD-2023-10611

Proje Türü: Hızlı Destek

SONUÇ RAPORU

Proje Yürütücüsü:
Doç. Dr. Fatma HOŞ ÇEBİ
Mühendislik Fakültesi/Jeoloji Mühendisliği Bölümü

Mart 2024

TRABZON

T.C.
KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
BİLİMSEL ARAŞTIRMA PROJELERİ
KOORDİNASYON BİRİMİ

Barma Yaylası (Trabzon/Çaykara) Turbalığı'nın Jeolojik Gelişimi ve Paleoiklimi

Proje No: FHD-2023-10611

Proje Türü: Hızlı Destek

SONUÇ RAPORU

Proje Yürütücüsü:
Doç. Dr. Fatma HOŞ ÇEBİ
Mühendislik Fakültesi/Jeoje Mühendisliği Bölümü

Mart 2024
TRABZON

ÖNSÖZ

Bu çalışmada, Türkiye’de nadir olarak bulunan yüksek rakımlı (2000 m) turbalıklardan olan Barma Yaylası (Çaykara /Trabzon) Turbalığı’nın organik jeokimyasal özelliklerinin araştırılması, *n*-alkan ve C izotop verilerine dayalı pale-oiklim yorumlanması amaçlanmıştır.

“Barma Yaylası (Trabzon/Çaykara) Turbalığı’nın Jeolojik Gelişimi ve Paleoiklimi” isimli bu çalışma Karadeniz Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir. Proje numarası: FHD-2023-10611’dir. KTÜ BAP Koordinasyon Birimi’ne desteğinden dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Arazi çalışmaları sırasında yardımlarını esirgemeyen mesai arkadaşlarım Prof. Dr. Reyhan Kara Gülbay ve Prof. Dr. Gülten Yaylalı Abanuz’a teşekkürlerimi sunarım.

Fatma HOŞ ÇEBİ

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ.....	III
İÇİNDEKİLER.....	IV
ÖZET.....	V
ABSTRACT.....	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VII
TABLolar DİZİNİ.....	VIII
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	4
2.1. <i>n</i> -alkan Verilerine Dayalı Yorumlar.....	4
2.1.1. Gaz Kromatografi Analizi.....	4
2.2. İzotop Yorumlamaları.....	6
3. GEREÇ ve YÖNTEM.....	10
3.1. Piroliz (Rock-Eval)/TOC Analizleri.....	11
3.2. Gaz Kromatografi (GC) Analizi.....	11
3.3. İzotop Analizleri.....	12
4. BULGULAR	13
4.1. Barma (Çaykara-Trabzon) Yaylası Turbalığı.....	13
4.2. Genel Jeoloji.....	13
5. TARTIŞMA ve SONUÇ.....	17
5.1. Barma Yayla Turbalarının Organik Jeokimyasal Özellikleri.....	17
5.1.1. TOC ve Rock-Eval Analizleri.....	17
5.2. Moleküler Bileşim.....	17
5.2.1. <i>n</i> -alkanlar ve izoprenoidler.....	17
5.2.3. Barma Yayla Turbalığının CPI, TAR _{HC} , P _{wax} , P _{aq} , ACL, δ ¹³ C değerleri ve paleoiklim şartları.....	19
5.3. Organik Madde Tipi.....	24

5.4.Ortamsal Yorum.....	25
6. KAYNAKLAR.....	27

ÖZET

Bu çalışmada, Türkiye’de nadir olarak bulunan yüksek rakımlı (2000 m) turbalıklardan olan Barma Yaylası (Çaykara /Trabzon) Turbalığı’nın organik jeokimyasal özellikleri araştırılmış, *n*-alkan ve C izotop verilerine dayalı pale-oiklim yorumlanması yapılmıştır. Yaklaşık 9000 yıl yaşında ve canlı turbalık olan Barma Yaylası Turbalığı Kasım 2019’da "kesin korunacak hassas alan" olarak tescil ve ilan edilmiştir. Turbalık; yağışlı, sisli ve yüksek nemliliğe sahip olup besince zengin yeraltı sularından etkilenmeyen ombrotrofik turbalık grubundadır. Barma Yaylası Turbalığı asidik özellikte, ayrışması düşük, yosunsu ve odunsu turbalık karakterindedir.

Barma Yaylası turbalarının ortalama toplam organik karbon (TOC), Hidrojen İndeksi (HI) ve Oksijen İndeksi (OI) değerleri sırasıyla % 42.24, 272.20 mgHC/gTOC ve 114.20 mgCO₂/gTOC olarak tespit edilmiştir. Bu değerler turba ortamındaki yarı oksik çökeltme şartlarını göstermektedir. HI-T_{max}, S₂-TOC sınıflama diyagramlarında organik maddenin Tip II ve Tip II-III karışımı kerojenden oluştuğu ve olgunlaşmadığı görülmüştür. Gaz kromatogramlarında, yüksek ve tek karbon numaralı *n*-alkanların baskın olduğu bir dağılım gözlenmekte olup böyle bir dağılım baskın olarak karasal organik madde ve az miktarda da algal katkıyı işaret etmektedir.

$\delta^{13}\text{C}$ verileri ‰ -29.70 ve -30.28 aralığında ölçülmüş olup bu veriler soğuk ve nemli ortam bitkileri olan damarlı C3 bitkilerinin ve CO₂ kullanan kırmızı alglerin varlığını işaret etmektedir. Turba örneklerinin karbon tercih indeksleri ortalama CPI₂₂₋₃₀ 6.5 ve CPI₂₆₋₂₈ 5.9 olarak hesaplanmıştır. TAR_{HC} (Terrigenous/aquatic ratio) ve ATR_{HC} (aquatic/terrigenous ratio) hidrokarbon oranları sırasıyla 10.21 ve 0.09 olarak hesaplanmış olup karasal organik maddeyi yansıtmaktadır. Sucul makrofitlerin, karasal ve su yüzeyine çıkmış makrofitlere oranını belirleyen P_{aq} değerleri ortalama 0.7 olarak hesaplanmıştır. 0.4-1 aralığındaki bu değerler su altı/yüzücü makrofitlerin baskınlığını göstermektedir. P_{wax} (ort. 0.5) değeri turbadaki mumsu hidrokarbonların toplam hidrokarbonlara oranı olup nemli iklim şartlarını işaret etmektedir. TAR_{HC} (16.74), P_{wax} (0.7) ve C₂₃/C₂₉ (0.34) değerlerine göre; turbalıkta istifin orta kesimlerinde iklim değişmiş, daha soğuk koşullarda odunsu ve damarlı bitki girdisi artmış, sucul bitki girdisi azalmıştır. C₂₃/(C₂₇+C₃₁) oranlarına göre, genel olarak çukur alanda yetişen nemli ortam yosunları (*spagnum*) baskındır. Turbalıkta Q_{wood/grass}, Q_{wood/plant} ve Q_{grass/plant} oranlarına göre, yosunsu ve karasal sucul organik maddenin baskın, paleoiklimin orta düzeyde soğuk, yağışlı ve nemli olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Turba, paleoiklim, GC (Gaz Kromatografi), C izotop

ABSTRACT

In this study, organic geochemical characteristics of the Barma Plateau (Trabzon/Çaykara) Peatland, which is one of the rare high altitude (2000 m) peatlands in Turkey, were investigated and a paleoclimate interpretation was made based on n-alkane and C isotope data. The Barma Plateau peatland, which is approximately 9000 years old and a living peatland, was registered and declared as a "sensitive area to be strictly protected" in November 2019. The peatland is in the ombrotrophic peatland group, which is rainy, foggy and has high humidity and is not affected by nutrient-rich groundwater. Barma Plateau Peatland is acidic, has low decomposition, mossy and woody peat character.

The average total organic carbon (TOC), Hydrogen Index (HI) and Oxygen Index (OI) values are 42.24%, 272.20 mgHK/gTOC, and 114.20 mgCO₂/gTOC, respectively. These values reflect the semi-oxic environmental conditions in the peat environment. In the HI- T_{max} , S₂-TOC classification diagrams, it was observed that the organic matter consisted of Type II and Type II-III mixture kerogen and is immature. In the gas chromatograms, a distribution dominated by *n*-alkanes with high and odd carbon numbers is observed, and such a distribution indicates predominantly terrestrial organic matter and a small amount of algal contribution. $\delta^{13}C$ data were measured on between -29.70 and -30.28‰, and these data indicate the existence of vascular C₃ plants, which are plants in cold and humid environments, and red algae that use CO₂. Average CPI₂₂₋₃₀ and CPI₂₆₋₂₈ values were calculated as 6.5 and 5.9, respectively. TAR_{HC} (Terrigenous/Aquatic Ratio) and ATR_{HC} (Aquatic/Terrigenous Ratio) hydrocarbon ratios are calculated as 10.21 and 0.09, respectively, and reflect terrestrial organic matter. P_{aq} values, which determine the ratio of aquatic macrophytes to terrestrial and emergent macrophytes, were calculated as 0.7 on average. These values in the range of 0.4-1 indicate the dominance of submerged/floating macrophytes. P_{wax} values (average 0.5) are the ratio of waxy hydrocarbons in peat to total hydrocarbons and these values indicate humid climate conditions. TAR_{HC} (16.74), P_{wax} (0.7) and C₂₃/C₂₉ (0.34) values indicate that the climate in the middle parts of the peat unit changed and the input of woody and vascular plants increased and the input of aquatic plants decreased in the colder climate conditions. According to C₂₃/(C₂₇+C₃₁) ratios, humid environment mosses (*spagnum*) growing in hollow area are generally dominant. According to the Q_{wood/grass}, Q_{wood/plant} and Q_{grass/plant} ratios in the peatland, it was concluded that mossy and terrestrial aquatic organic matter was dominant and the paleoclimate was moderately cold, rainy and humid.

Keywords: Peat, paleoclimate, GC (Gas Chromatography), C isotope

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1. Barma Yaylası (Çaykara/Trabzon) yer bulduru ve sit alanı haritası.....	2
Şekil 2. Barma Yaylası (Çaykara) Turbalığından görüntüler.....	3
Şekil 3. Barma Yayla Turbalığı örnek katman kesiti ve fotoğrafı.....	10
Şekil 4. Turba bataklığının Barma Yayla ve civarında yayılımını gösteren uydu görüntüsü fotoğrafı.....	13
Şekil 5. Sakarya Zonu, Çaykara vadisinin genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesiti ve Barma Turbalıklarının stratigrafik konumu.....	14
Şekil 6. Çalışma alanının jeoloji haritası (Güven, 1998'den değiştirilmiştir).....	15
Şekil 7. Barma Yayla Turbalığı B-1 örneğine ait Gaz Kromatografisi.....	18
Şekil 8. Barma Yayla Turbalığı B-2 örneğine ait Gaz Kromatografisi.....	18
Şekil 9. Barma Yayla Turbalığı B-3 örneğine ait Gaz Kromatografisi.....	19
Şekil 10. Barma Yayla Turbalığı B-4 örneğine ait Gaz Kromatografisi.....	20
Şekil 11. Barma Yayla Turbalığı B-5 örneğine ait Gaz Kromatografisi	20
Şekil 12. Turba örneklerinin S ₂ ve toplam organik karbon (TOC) grafiği üzerindeki dağılımı.....	25

TABLÖLAR DİZİNİ

Sayfa No

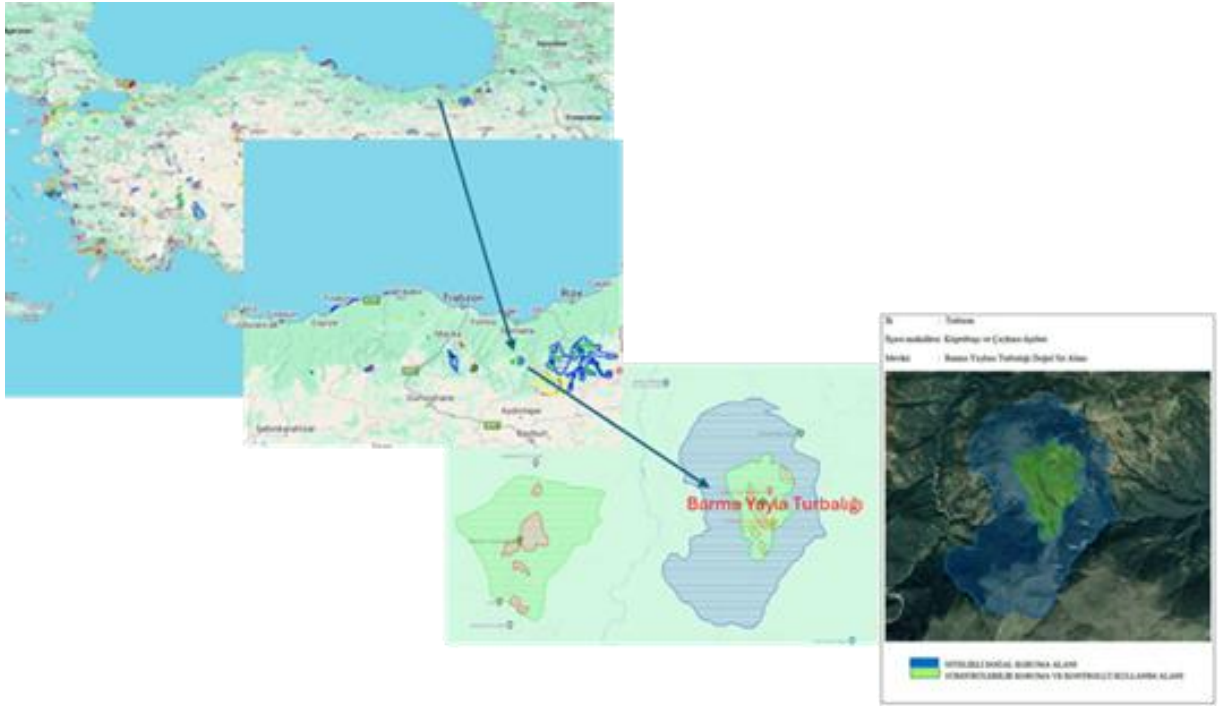
Tablo 1. <i>n</i> -alkan verilerinden hesaplanan paleoiklim parametreleri.....	5
Tablo 2. TOC / Rock-Eval analiz sonuçları ve hesaplanan parametreler.....	17
Tablo 3. GC analiz sonuçları ve paleoiklim yorumlamalarında kullanılan parametreler.....	22

1. GİRİŞ

Turbalar iklimsel, çevresel ve tarihi arşiv özelliğine sahip ekosistemlerdir. Dünya üzerinde 5 milyon km² alan kaplarlar ve küresel sulak alan kaynaklarının en az üçte birini oluştururlar. Doğal turbalıkların ana karakteristik özellikleri sürekli su tutmalarının yanı sıra, turba oluşumu ve depolama ile yüzeyin devamlı olarak yukarıya doğru gelişmesidir. Yerel olarak yüksek oranda farklılık göstermekle birlikte, doğal turbalıklarda turba yılda 0.5-1 mm birikmekte ve km²'de yaklaşık 10-40 bin ton karbon depolanmaktadır. Yüksek derecede su tutma kapasitesine sahip olmaları nedeniyle sızan suyu ve besin maddelerini bir böbrek gibi zararlı maddelerden temizlerler. Turbalıklar içerisindeki nemli, oksijensiz ve asidik ortama rüzgârla, yağmurlarla taşınarak gelmiş olan her şeyi bir konserve gibi saklayarak çürümelerinin önüne geçerler. İçlerine giren iz elementler ve ağır metalleri depolarlar. İklimsel değişikliklere ışık tutmalarının yanı sıra, doğa tarihini ve insanoğlunun çevre kirliliğine olan katkısının delillerini barındırırlar. Aynı zamanda turbalar, dünyadaki en önemli karbon yataklarıdır ve atmosferik CO₂'i büyük ölçüde yakalayıp küresel sera gazı dengelerinde önemli bir rol oynarlar. Tahrip edildiklerinde ise tam tersi depoladıkları karbonu atmosfere geri bırakırlar ve sera gazı emisyonuna önemli ölçüde katkı sağlarlar. Türkiye sınırlı sayıda turbalığa sahiptir ve bu turbalıklar büyük ölçüde tahrip edilmişlerdir.

Barma yayla turbalığı National Wetlands Working Group 1988 sınıflamasına göre; Bogs sınıfında olup, yüzey ya da yüzey yakınında su tablası vardır. Turba yüzeyi mineral topraklardan gelen besince zengin yer altı sularından etkilenmez (ombrotrofik). Baskın turba içeriği asidik; ayrışması düşük, yosun ve odunsu turba özelliğindedir. Ülkemizde birçok canlı turbalık alan bulunmakla birlikte, dünya geneline bakıldığında kapladıkları alan fazla değildir.

Çalışma alanı olan Barma Yaylası (Çaykara/Trabzon) (Şekil 1.) Turbalığı ve Ağaçaşlı Yaylası (Sürmene/ Trabzon) dünyada nadir olarak bulunan yüksek rakımlı turbalık alanlardan olup Türkiye Milli Parklar Teşkilatı tarafından korunma altına alınmış ve turbalık alanın tahribatı yasaklanmıştır. 2019 yılında 1300 hektarlık alan doğal sit alanı olarak koruma altına alınmıştır (Şekil 1.) Turbanın çıkarılarak kullanımı nedeniyle nedeniyle bölgede büyük çukurlar oluşmuş, bu çukurlar tehlike arz ettiği için sonrasında buraya toprak doldurulmuş ve turbanın kullanımı durmuştur (Şekil 2.).



Şekil 1. Barma Yaylası (Çaykara/Trabzon) yer bulduru ve sit alanı haritası

Türkiye'deki nadir yüksek turbalıklardan biri olan Barma Yaylası Turbalığı Kasım 2019'da "kesin korunacak hassas alan" olarak tescil ve ilan edilmiştir. Bu çalışmada Barma Yaylası (Trabzon/Çaykara) Turbalığı'nın organik jeokimyasal özellikleri ortaya konmuş, *n*-alkan ve $\delta^{13}\text{C}$ izotop verilerine dayalı paleoklim yorumlanması yapılmıştır.

Dünya tarihi boyunca, yaklaşık 4,5 milyarlık bir süreçte iklim sisteminde, birçok zaman diliminde doğal olarak değişiklik olmuştur. Jeolojik devirler boyunca iklimsel değişiklikler, ısınma-soğuma ve yağışlı-kurak şeklinde birbirini takip eden ya da birbiriyle etkileşim halinde olan atmosferik olaylar seyrini izlemiştir. Bölgesel olarak yapılan paleo-iklimsel araştırmalar, geleceğe yönelik iklimsel tahminler yapmamızı ve aynı zamanda da tarihsel bir iklim arşivi elde etmemize sağlar. Günümüzde paleoklim çalışmalarında turbalık alanlardan elde edilen veriler kullanılabilir. Turbalar yağmurla, rüzgarla ya da başka yollarla taşınarak gelen her şeyi saklayıp, oluşumlarından günümüze kadarki zaman diliminde bitki türleri ve iklim tarihi hakkında önemli bilgiler verirler.

Yıllarca yakılıp yıkılan ve insanoğlu tarafından tahrip edilen turbalıkların önemi geç de olsa anlaşılmaya başlanmıştır. Turbalıklar oldukça yüksek su tutma kapasitesine sahip olup, su taşkınlarını önler ve içine sızan suyu bir filtre gibi temizleyerek yeraltı suyunu temizlenmiş olarak verirler. Turbalıklar, tüm ormanların depoladığı karbon miktarından daha fazlasını yıllık yaklaşık olarak 150-250 milyon ton CO_2 depolamaktadırlar. Tahrip edilmeleri halinde ise karbon üreten çevre kirleticileri durumuna

dönüşmektedirler. Günümüzde tahrip edilerek gerek ziraatte kullanılan gerekse kurutulup yakılan turbalıklar, sera gazı emisyonlarına oldukça fazla katkıda bulunmaktadır. Kuraklık artar ve turbalıklar kurursa, atmosfere fazla miktarda karbondioksit yayılacak ve iklim değişimi daha da hızlanacaktır.

Turbalıkların çevreye oldukça fazla katkısı olmasının yanında içerisinde bulunan bitki florasının geçmişi ve gelişimi iklimsel yorumlamalar yapmamıza olanak sağlarken, yağışlarla turbalık alana taşınan ağır metaller ve iz elementler insanlık tarihine ve çevresel kirlenmenin aydınlatılmasına da katkı sağlamaktadır.

Bu çalışma kapsamında turbalık alandan sistematik olarak alınan örnekler, analizler için hazırlanarak TOC/Piroliz, GC ve izotop analizleri yaptırılmıştır. Gaz kromatografi analizi ile örneklerin *n*-alkan dağılımı tespit edilmiş ve *n*-alkanlardan çeşitli parametreler hesaplanarak paleoiklim yorumlamaları yapılmıştır. İzotop verileri ile de iklimsel değişimler hesaplanarak GC verileri ile karşılaştırılarak ve yaklaşık 10.000 yıllık bir paleo iklim belirlenmiştir.



Şekil 2. Barma Yaylası (Çaykara) Turbalığından görüntüler

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Ülkemizde ve dünyada nadir olarak bulunan, yüksek rakımlı ve canlı turbalıklardan biri olan Barma Yaylası (Trabzon/Çaykara) Turbalığında yapılan bu çalışma konusu ile ilgili literatürde şimdiye kadar yapılmış herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Çalışmada turbalık alanının paleo-iklimsel gelişimi araştırılmış ve yaklaşık 9 bin yıl öncesinden günümüze değin geçirdiği iklimsel değişimler *n*-alkan ve izotop verilerine dayanılarak yorumlanmıştır.

Günümüzde paleoiklim çalışmalarında turbalık alanlardan elde edilen veriler kullanılabilir. Turbalar yağmurla, rüzgarla ya da başka yollarla taşınarak gelen her şeyi saklayıp, bitki türleri ve iklim tarihi hakkında önemli bilgiler verirler.

Son yıllarda yapılan çalışmalar, küresel iklim değişikliklerini daha iyi anlayabilmek için bölgesel paleoiklim çalışmalarının ne kadar önemli olduğunu ortaya çıkarmıştır. Bölgesel olarak yapılan paleoiklimsel araştırmalar, geleceğe yönelik iklimsel tahminler yapmamızı sağlayarak tarihsel iklim değişikliklerine ait verileri elde etmemize yardımcı olmaktadır. Geçmişe yönelik iklim değişimlerini belirleyebilmek için birçok farklı yöntem kullanılmaktadır. Türkiye’de son yıllarda birçok paleoiklim çalışmaları yapılmış ve birçok yöntem kullanılmış olsa da turbalık alanlarda ve *n*-alkan ve izotop verilerine dayalı paleoiklim çalışmaları nadir olarak yapılmaktadır.

Türkiye’de bulunan canlı turbalıklar; Abdülharap gölü (Çelikhan/Adıyaman), Ağaçbaşı Yaylası (Sürmene/ Trabzon), Barma Yaylası (Çaykara/Trabzon), Akgöl (Yunak/Konya), Buldan Yaylagölü (Denizli), Çameli (Denizli), Danamandıra (Çatalca/İstanbul), Elmalı (Korkuteli)/ Söğüt (Antalya) Söğütlü, Ferizli (Sakarya), Gavur gölü (Kahramanmaraş), Gölbaşı-Azaplı-İnekli (Adıyaman), Göle-Ağılyolu (Ardahan), Gölhisar (Burdur), Karaçoban-Binpınar (Köşk/Erzurum), Merkez (Kahramanmaraş), Özalp (Van), Saray (Van), Yeniçağa Gölü (Bolu) Turbalığı’dır.

2.1. *n*-alkan Verilerine Dayalı Yorumlar

2.1.1. Gaz Kromatografi Analizi

Gaz kromatografisi de, öteki kromatografi dalları gibi, bir karışımda bulunan maddeleri ayırmaya yarar. Hareketli ve sabit olmak üzere iki faz vardır ancak diğerlerinden farklı olarak hareketli fazın görevi sadece maddeleri taşımaktır. Yani diğer kromatografi dallarında olduğu gibi ayrılması istenen maddelerle hareketli faz arasında hiçbir etkileşme olmaz. Hareketli faz olarak kullanılan başlıca gazlar He, Ne, Ar, N₂ ve CO₂’dir. Sadece

gazlar değil, düşük sıcaklıkta gaz haline dönüşebilen sıvı ve katı tüm maddelerin analizi de bu metot ile yapılabilir.

Gaz kromatografi analizi sonucunda *n*-alkan verileri elde edilmekte ve bu verilerle bazı parametreler hesaplanmaktadır. Elde edilen sonuçlara göre de olgunluk, organik madde tipi ve çökelme ortamları hakkında yorumlar yapılabilir (Tablo 1.)

CPI: GC analizinden elde edilen *n*-alkanlardan yararlanılarak karbon tercih indeksi (CPI) hesaplanır. Bu değer kullanılarak ısısal olgunluk ile ilgili yorumlamalar yapılabilir. CPI değerinin 1 olması istenir eğer bu değer birin altında veya üstünde çıkarsa bu bize örneğin olgun olmadığını gösterir. Yüksek CPI değerleri organik maddenin çökelme ortamındaki kuru ve soğuk paleoiklimi yansıtmakla birlikte, tek karbon numaralı *n*-alkanların çift karbon numaralı *n*-alkanlara olan baskınlığını da göstermektedir (Waples,1985; Xie vd., 2004; Zhou vd., 2005).

ACL (orta zincir uzunluklu *n*-alkanlar): Turba oluşumu esnasındaki paleoiklimin yorumlanmasında kullanılmaktadır (Yamamoto vd., 2010). Yüksek ACL değerleri kuru ve soğuk iklim şartlarındaki damarlı bitki girdisinin baskınlığını yansıtmaktadır.

Tablo 1. *n*-alkan verilerinden hesaplanan paleoiklim parametreleri

Parameters
$CPI_{1(26-28)} = [2C_{27}/C_{26} + C_{28}]$
$CPI_{2(22-30)} = [2(C_{23} + C_{25} + C_{27} + C_{29})/C_{22} + 2(C_{24} + C_{26} + C_{28}) + C_{30}]$
$ACL = \frac{\sum_{n=22}^{30} (C_n/n)}{\sum_{n=22}^{30} C_n}$
$P_{aq} = (C_{23}+C_{25})/(C_{23}+C_{25}+C_{29}+C_{31})$
$P_{wax} = (C_{27}+C_{29}+C_{31})/(C_{23}+C_{25}+C_{27}+C_{29}+C_{31})$
$TAR_{HC} = (C_{27} + C_{29} + C_{31})/(C_{15} + C_{17} + C_{19})$
$Q_{wood/grass} = C_{27}/C_{31}$
$Q_{wood/plant} = (C_{27}+C_{29})/ (C_{27}+C_{29}+C_{31})$
$Q_{grass/plant} = C_{31}/(C_{27}+C_{29}+C_{31})$
C_{23}/C_{25}
C_{23}/C_{29}
C_{23}/C_{31}
C_{29}/C_{27}

P_{aq} : Bu oran su altı veya sucul bitkilerin, karasal ve su yüzeyine çıkmış bitki girdisine oranını tahmin edebilmek amacıyla kullanılmaktadır (Ficken vd., 2000). C_{23} ve C_{25} n -alkanlar sualtı ve yüzücü bitkilerde yayginken, C_{29} ve C_{31} n -alkanlar tipik olarak karasal bitkilerde yaygındır. $P_{aq} < 0.1$ olduğu durum karasal bitki girdisini yansıtırken, 0.1-0.4 aralığındaki P_{aq} değerleri su yüzeyine çıkmış bitkileri, 0.4-1 aralığındaki P_{aq} değerleri ise su altı / yüzücü bitkileri yansıtır.

P_{wax} : bu değer karasal bitkiler ve su yüzeyine çıkmış bitkiler için, turbadaki mumsu hidrokarbonların toplam hidrokarbonlara oranı baz alınarak oluşturulmuş bir parametredir. Yüksek P_{wax} değerleri genellikle kuru iklim şartlarındaki güçlü bir damarlı bitki girdisini işaret eder. Düşük değer ise göreceli olarak nemli iklim şartlarını yansıtır (Zheng vd., 2007). $P_{wax} > 0.7$ olduğu durumlar soğuk-kuru kış iklimini yansıtmaktadır. $P_{wax} < 0.7$ olduğu durumlar ise nemli-sıcak iklim şartlarını yansıtır.

TAR_{HC} : Bu indeks karasal organik maddeden türeyen n -alkanların, sucul alglerden türeyen n -alkanlara oranını yansıtmaktadır (Cranwell vd., 1987; Goossens vd., 1989; Meyers ve Ishiwatari, 1993).

C_{23}/C_{25} : Bu oran, göreceli olarak daha nemli çukur alanlardaki bataklık yosun (*Spagnum*) türlerinin daha az nemli olan yüksek alanlarda büyüyen türlere oranını, göstermektedir (Bingham vd., 2010).

C_{23}/C_{29} : Bu oran, sucul bitki girdisinin damarlı bitki girdisine oranını yansıtmaktadır.

C_{29}/C_{27} : C_{29} homologları iğne yapraklı ve yaprak dökmeyen ağaçlarda baskınken, C_{27} homologları geniş yapraklı ağaçlarda baskındır (Long vd., 2011).

C_{23}/C_{31} : Bu oran, çoğu yosun türünde baskın n -alkan olan C_{23} 'ün, vasküler kara bitkilerini daha fazla temsil eden C_{31} n -alkan'ın oranını yansıtmaktadır (Ficken vd., 2012; Nott vd., 2000; Nichols vd., 2006; Naafs vd., 2019).

2.2. İzotop Yorumlamaları

Toprakta yapılan izotop çalışmalarında, geçmiş vejetasyondan (bitki örtüsü) kalan kararlı karbon izotop analiz sonuçları kullanılmaktadır. Karbon izotopları; $\delta^{12}C$ ve $\delta^{13}C$ radyoaktif olmayan kararlı izotoplar, $\delta^{14}C$ ise radyoaktif bir izotopdur. Burada $\delta^{13}C / \delta^{12}C$ oranları değerlendirilmektedir. $\delta^{12}C$ suda, havada ve bitkilerde %99'luk bir orana sahip olup, geri kalan kısmı ise $\delta^{13}C$ 'ün oluşturduğu kabul edilmektedir ($C-14$ çok çok küçük bir kısmı oluşturmaktadır). Toprakta, yüksek $\delta^{13}C$ tespit edilen yerler zengin bir bitki örtüsüne

işaret eder. $\delta^{13}\text{C}$ miktarının artmasının nedeni, fotosentez yoluyla olağandan daha fazla $\delta^{13}\text{C}$ 'ü bünyelerine katabilecek sayıdaki bitkilerin varlığıdır. Yüksek karasal bitkilerin $\delta^{13}\text{C}$ değerleri ‰ -20 ve -35 aralığında iken, diğer karasal bitkilerin $\delta^{13}\text{C}$ değerleri ‰ -10 ve -20 aralığında değişmektedir. Sucul bitkiler arasında da $\delta^{13}\text{C}$ değerleri arasında farklılıklar söz konusudur. Örneğin göl bitkilerinin $\delta^{13}\text{C}$ değerleri denizel bitkilerinkinden biraz daha düşüktür (Bordenave, 1993).

Önceki çalışmalarda karasal kaynaklı organik maddeden elde edilen *n*-alkanların $\delta^{13}\text{C}$ değerlerinin, su kaynaklı organik maddeden elde edilen *n*-alkanlara oranla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Clayton, 1991; Chang et al., 1994).

Bitki örtüsünün niteliğinin yorumu ise, gerçekleştirdiği fotosentez kimyasının toprakta bıraktığı ize bağlı olarak yapılmaktadır. Bitkiler fotosentez esnasında gerçekleşen kimyasal reaksiyonlarda kullandıkları karbon mekanizmalarına bağlı olarak C3 bitkileri ve C4 bitkileri olarak ikiye ayrılmaktadır. Kabaca C4 bitkilerine sıcak, kurak ve düşük karbondioksit koşullarına, C3 bitkilerine ise soğuk büyüme mevsimlerine ve gölgeye uyum sağlamış bitkilere işaret eder. Bu iki kategorinin $\delta^{13}\text{C}/\delta^{12}\text{C}$ oranlarının dağılımı birbirleriyle örtüşmediği için, yapılan hesaplamalar ile bölgenin geçmişte sıcak ve kuru bir iklime mi yoksa soğuk ve nemli bir iklime mi sahip olduğu konusunda fikir sahibi olunabilmektedir.

$\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ için -23.5‰ kuru iklimi, -25‰ ortalama iklimi, -26 -27 -28‰ nemli iklimi yansıtmaktadır.

Barma Yaylası Turbalık alanında *n*-alkan ve izotop verilerine dayalı herhangi bir iklimsel çalışmaya rastlanmamıştır. Literatürde paleoiklim ile ilgili yapılan önceki çalışmalardan bazıları aşağıda sıralanmıştır.

Aytuğ ve Görcelioğlu (1996) yılında yaptığı çalışmada seçilmiş belirli periyotlar için Anadolu'da orman, orman-step ve step dağılımını gösteren genelleştirilmiş bazı paleo-vejetasyon haritalarının yeni araştırmalar ışığında gözden geçirilmiş versiyonları verilmiştir. Bu haritalar, Anadolu'da orman örtüsünün ve ağaçlık alanların günümüzden 12000 yıl öncesi ile 4000 yıl öncesi arasındaki dönemde giderek genişlediğini açıkça göstermektedir. Çalışmada ayrıca son 2000 yılda ormanlarda ve ağaçlık alanlarda, insanın doğal çevreye aşırı müdahalesi ve doğal kaynakları acımasızca sömürmesi nedeniyle ciddi bir gerileme meydana geldiği ve bu gerilemenin özellikle son 500 yılda çok belirgin olduğu belirtilmiştir.

Bechtel vd. (2003) Pliyosen Velenje linyit katmanında biyomarker ve kararlı izotop araştırmalarından elde edilen verileri çevresel etkilerin yorumlanmasında kullanmışlardır.

Akgün vd. (2007) yaptıkları çalışmada Batı ve Orta Anadolu'da Geç Oligosen-Miyosen iklimi evrimini, yayınlanmış literatürlerden ve devam eden çalışmalardan elde edilen palinofloraların “Birlikte Var Olma Yaklaşımı” ile kantitatif olarak yeniden yorumlamışlardır.

Widodo vd. (2009) yaptıkları çalışmada Kutai Havzası, Mahakam Deltası, Doğu Kalimantan, Endonezya'dan Miyosen yaşlı Embalut kömürünün, aromatik hidrokarbon bileşimi ve organik maddenin kararlı karbon izotop oranlarından yararlanılarak, çökelişi sırasındaki floral değişikliklerin yeniden yorumlanması üzerine çalışmışlardır.

Hossain vd. (2012) çalışmada NE Bengal Havzasındaki (Bangladeş) Himalaya yükselmesi sırasındaki kaynak ve paleoiklim koşullarını belirleyebilmek için, Geç Eosenden Erken Pleistosen'e kadar olan Sylhet dizisinin çamurtaşlarına ait polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH) üzerine çalışmışlardır.

Şenkul (2014) yılında yapmış olduğu çalışmada, polen analizleri konusunda Anadolu ve yakın çevresinde yapılan çalışmaların neler olduğu, mekânsal dağılışı nasıl gerçekleştiği, zamansal olarak hangi periyotları kapsadığı ve bu çalışmaların Türkiye Kuvaterner Paleocoğrafyası ortam koşullarının yeniden yapılandırılmasına yönelik konularda hangi yönlerden katkıları olduğu sorularına yanıtlar aranmıştır.

Zhang vd. (2014) yılında yaptıkları çalışmada Kuzeydoğu Çin'in Muson marjında son 800 yıldaki bitki örtüsü ve iklim değişikliğini, Büyük Hinggan Dağı ombrotrofik turba bataklığından elde edilen n-alkanlar verilerinden yararlanarak yeniden yorumlamışlardır.

Hoş-Çebi ve Korkmaz (2015) Organic Geochemistry of Ağaçbaşı Yayla Peat Deposits Köprübaşı/Trabzon, NE Turkey isimli çalışmalarında; Ağaçbaşı Yayla Turbalığı'nın göreceli olarak soğuk ve nemli iklim şartlarında, baskın olarak yüksek bitki kaynaklı organik maddenin asidik, oksik veya yarı oksik ortamsal şartlarda çökeldiğini belirtmişlerdir.

Sarıkaya ve Çiner (2015) yaptıkları çalışmada Geyik Dağın'da Geç Kuvaterner buzul çökelleri incelenmiş, önceleri sadece göreceli olarak yaşlandırılan buzullaşma evreleri, kozmojenik izotoplar kullanılarak nicel olarak tarihlendirilmiştir. Proje kapsamında yapılan çalışmalar sonucunda Türkiye'de ilk defa olarak tanımlanan bir buzul

türü olan dağ önu buzullaşması tanımlanmıştır. Toplam 4 vadide yanal, cephe ve tümseksi morenler tespit edilmiş ve kozmojenik yüzey yaşlandırması metodu ile yaşlandırılmıştır.

Li vd. (2016) yılında yapmış oldukları çalışmada sediman ve topraklarda bitki balmumu *n*-alkanlarının paleo çevresel özelliklerinin yorumlanmasını geliştirmek için, C3 bambu *Dendrocalamus ronganensis* ve C4 çim *Setaria viridis* (L.) Beauv yapraklarından bireysel *n*-alkanların büyüme koşulu değişimi, moleküler dağılımları ve $\delta^{13}\text{C}$ değerleri arasındaki bağlantıları çalışmışlardır.

Hoş Çebi (2016) yılında yapmış olduğu çalışmada Muğla ili Milas ilçesinin güneydoğusunda yer alan Ekizköy sahası kömürlerinin organik jeokimyasal özellikleri, çökelme ortamı ve paleoiklim şartları ortaya konmuştur.

Hoş Çebi (2017) yılında yapmış olduğu çalışmada Çanakkale ili Çan ilçesinde bulunan Miyosen yaşlı kömürlerin *n*-alkan ve izoprenoid, doymuş ve aromatik biyomarker dağılımları araştırılmış ve bu kömürlerin organik jeokimyasal özellikleri, çökelme ortamları ve hidrokarbon potansiyeli ortaya konmuştur.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

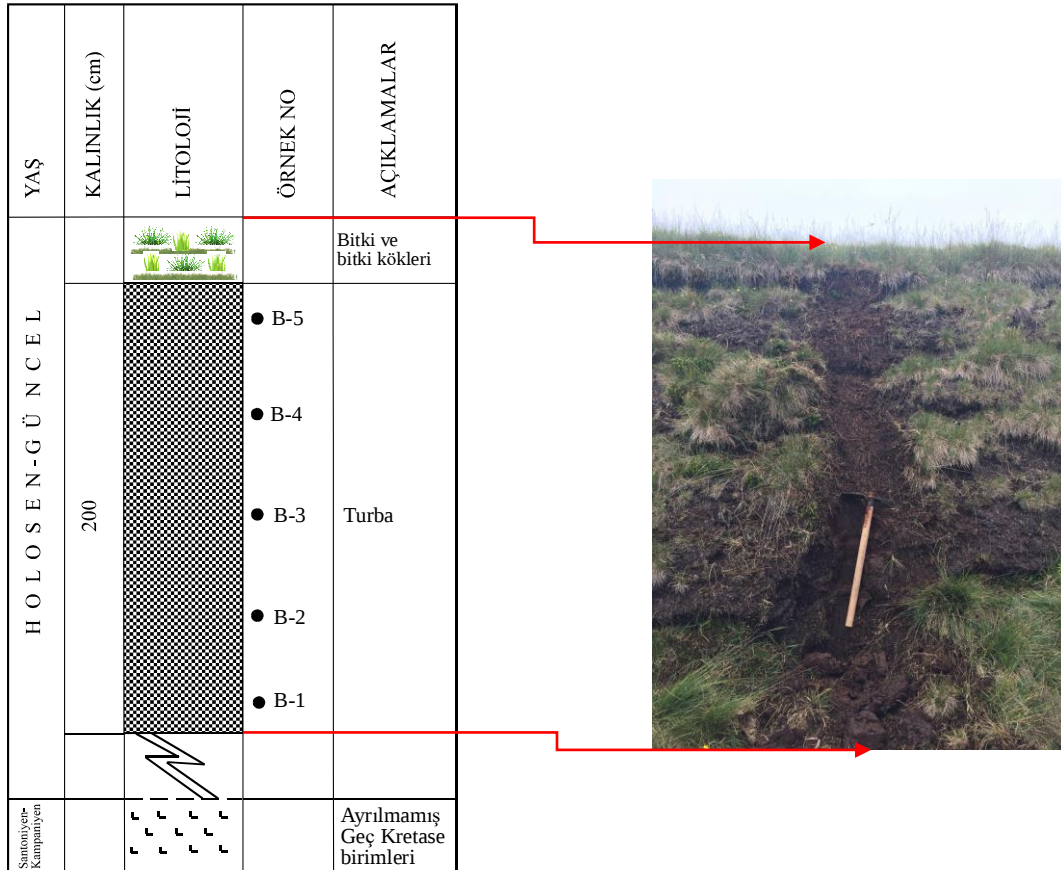
Bu çalışmada, Türkiye’de başka hiçbir yerde bulunmayan taksonlardan oluşan, nadir olarak bulunan yüksek rakımlı turbalıklardan olan Barma Yaylası (Trabzon/Çaykara) Turbalığı’nın jeolojik ve jeokimyasal özelliklerinin araştırılması ve *n*-alkan ve izotop verilerine dayalı paleoiklim yorumlanmasının yapılması amaçlanmıştır. Bu amaçlar doğrultusunda yapılan çalışmalar 4 aşamada gerçekleştirilmiştir.

1-Arazi çalışması kapsamında turbalık alanın yayılımı ve kayaçlarla olan ilişkisi gözlemlenmiş ve Barma Yayla Turbalığı’ndan sistematik olarak turba örnekleri alınmış (Şekil 3.),

2-Alınan turba örnekleri laboratuvarında yapılacak analizler için hazır hale getirilmiş,

3-Hazırlanan örneklerin TPAO’da Piroliz (Rock-Eval) /TOC, Gaz Kromatografi(GC) ve izotop analizleri yaptırılmış,

4-Piroliz (Rock-Eval)/TOC, GC ve izotop verileri ile organik jeokimyasal ve paleoiklimsel yorumlamalar yapılmıştır.



Şekil 3. Barma Yayla Turbalığı örnek katman kesiti ve fotoğrafı

3.1. Piroliz (Rock-Eval)/TOC Analizleri

Piroliz ve TOC analizleri Rock-Eval IV cihazıyla yapılmış, TOC değerleri cihazda mevcut olan bir TOC modülü ile otomatik olarak elde edilmiştir.

Analiz 100 mg öğütülmüş turba örneğinin helyum atmosferinde 3 dakika boyunca ısıtılmasıyla yapılır. Cihaz 3 kısımdan oluşmaktadır, piroliz ölçü birimi, oksidasyon ölçü birimi ve örneği önce S₁, S₂, S₃'ü hesaplamak için piroliz ölçü birimine, sonra da buradan oksidasyon ölçü birimi içerisine yerleştiren otomatik bir örnek taşıyıcı içermektedir.

Rock-Eval IV cihazının piroliz ölçü birimi sadece helyum atmosferinde çalışıp, bir mikro fırın içermektedir. Bu mikro fırın ayrılan hidrokarbonların yoğunlaşmasına engel olarak, 500° de tutan bir ayırıcı tarafından takip edilmektedir. Bu ayırıcı piroliz ürünlerinin bir bölümünü S₁ ve S₂'yi hesaplayabilmek için FDI (Flame Ionisation dedector)'e, bir bölümünü de kerojenin parçalanmasıyla açığa çıkan CO₂ (S₃)'i ölçmek için TCD (Thermal conductivity dedector)'ye göndermektedir.

Cihazın oksidasyon ölçü birimi iki mikro fırından meydana gelmektedir. Bunlardan biri örneğin okside olmasını sağlayan oksijen atmosferinde 600°C'de ısıtılan izoterm mikro fırın öteki, CO/CO₂ karışımının CO₂'e dönüştüğü az oranda CuO içeren 400°C de ısıtılan bir mikro fırındır. Meydana gelen CO₂ 5 angstromluk moleküler elekte kaplanmakta ve kapan ısıtıldığında CO₂ bir TCD dedektörüne iletilmektedir.

3.2. Gaz Kromatografi (GC) Analizi

Gaz kromatografi analizi petrol ve bitüm örnekleri içerisindeki hidrokarbon bileşiklerinin genel olarak dağılımlarını görmek amacıyla yapılmaktadır.

Bu analiz yöntemiyle doygun hidrokarbon bileşenleri, bir flame fotometrik dedektör (FPD) ve bir flame ionization dedektör (FID) ile donatılmış bir Varian 3400 gaz kromatografi kullanılarak analiz edilmişlerdir.

Bir gaz kromatografi cihazı üç ana bölümden oluşur. Bunlar; enjeksiyon bölümü, kolon ve dedektördür. Belirli bir konsantrasyonda hazırlanan örnekler, cihaza bir enjektörle enjeksiyon bölümünden verilir. Gaz kromatografilerde yapılacak analiz yöntemindeki amaca uygun olmak üzere çeşitli kolon tipleri vardır. Bu çalışmadaki analizler için kolon olarak, cross-linked dimetilpolisiloxane (J8N, film kalınlığı 0.25µm) ile kaplanmış bir fused capillary kolon (60 m x 0.25 mm) kullanılmıştır. Kolon kısmı gaz kromatografilerin önemli bir bölümüdür. Çünkü verilen petrol ve bitüm örnekleri içerisindeki bileşiklerin

ayrışması kolon içinde olmaktadır. Fırın sıcaklığı 40°C’de 8 dakika bekletilip dakikada 4°C artarak 270°C’ye ulaşacak ve bu sıcaklıkta 60 dakika bekletilecek şekilde ayarlanmıştır. Taşıyıcı gaz olarak helyum kullanılmıştır. Kolona uygulanan sıcaklık programı ile kolona verilen örnek içerisindeki moleküllerin kaynama noktalarının farklı olmasından dolayı ayrılma sağlanmaktadır. Kolon içerisinde ayrılan moleküller dedektör bölümünde ölçülerek, bilgiler sinyaller halinde bilgisayara ulaşır ve gaz kromatogramlar elde edilir.

GC analizi sonunda elde edilen kromatogramlardaki pik dağılımları ve boylarına bakılarak organik maddenin tipi ve olgunlaşması hakkında bilgi sağlanır. Ayrıca kromatogramda tespit edilen n-alkanlardan hesaplanan bazı parametreler ile paleo iklimsel yorumlamalar yapılır.

3.3. İzotop Analizleri

Karbon izotop ölçümleri, bir Thermo-Finnigan Mat 253 spektrometresine bağlı bir Flash Elemental Analizörü – 1112 ile gerçekleştirilmektedir. İzotopik analizler için karbonat, hidroklorik asit (%10) ile uzaklaştırılır. Nötral olana kadar damıtılmış su ile durulanır ve son olarak kalay kapsüllere yüklenir. Sistem USGS-24 saf grafit standardı kullanılarak Pee Dee Belemnite (PDB) ölçeğinde $\delta^{13}\text{C}$ değeri ‰15,99 olacak şekilde kalibre edilir. Sonuçlar PDB standardına göre raporlanır.

Bu çalışmada İzotop analizleri kapsamında tüm turbadan alınmış olan özütün doygun hidrokarbonlarına ait $\delta^{13}\text{C}$ değerleri elde edilmiş ve elde edilen bu veriler özellikle turbalık alanda yetişen bitkilerin sucul veya karasal olup olmadığının anlaşılmasına, buna bağlı olarak da iklimin nasıl geliştiği konusunda yorumlamalar yapılabilmesine ışık tutmuştur.

4. BULGULAR

4.1. Barma (Çaykara-Trabzon) Yaylası Turbalığı

Çalışma alanı, Trabzon İlinin Çaykara İlçesinin güneyinde bulunan yüksek rakımlı bir turbalıktır. Barma Yaylası Turbalığı 1/25000 ölçekli haritada G44-d2 paftası içinde yer almakta olup (Şekil 1, 4) Çaykara-Sultanmurat yolunun yaklaşık 17. kilometresinde bulunmaktadır. Barma Yaylası Turbalığı 2000 m yükseltiye sahip, yüksek miktarda yağış alan (yıllık ort 1300-1500 mm), sisli ve nemli olan, eğimli bir platoda bulunur. Barma Turba Bataklığının en önemli özellikleri endemik türleri barındırması, bölgenin ekolojik gelişimi ve paleo-iklimsel geçmişi ile ilgili yaklaşık olarak 9.000 yıllık bir tarih arşivi niteliğinde bilgileri barındırmasıdır.

Turbalık alan Vizera (2073 m) ve Harmantepe'nin (2044 m) batı kısmında hafif geniş bir vadide yer alır. Yaklaşık 15 hektarlık bir alan yaklaşık 2,5-3 m derinliğinde çok kaliteli turbadan oluşmaktadır (Kırmacı vd., 2019).



Şekil 4. Turba bataklığının Barma Yayla ve civarında yayılımını gösteren uydu görüntüsü fotoğrafı

4.2. Genel Jeoloji

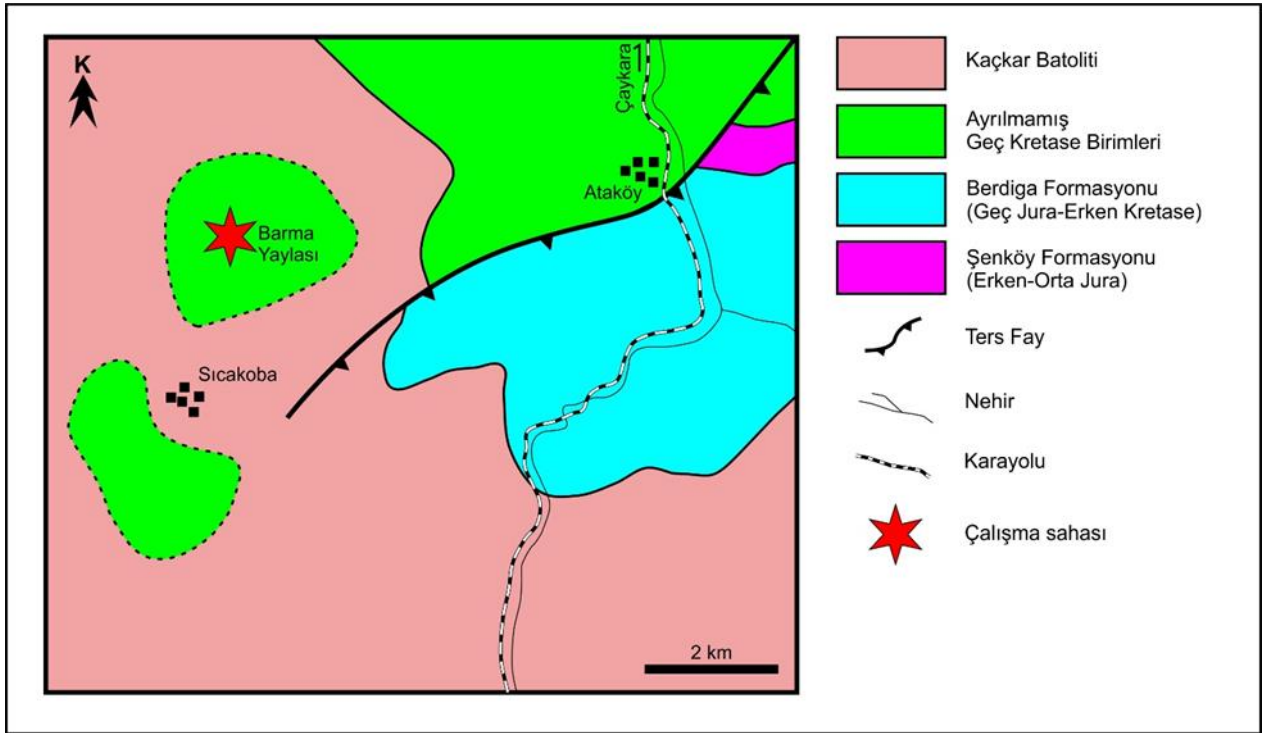
Çaykara'ya bağlı Barma Yaylasında yer alan Barma Yayla Turbalığı, Sakarya Zonu tektonik birliğinin Doğu Karadeniz Dağları kısmında yer almaktadır (Okay ve Tüysüz, 1999) (Şekil 5, 6).

SERİ	FORMASYON	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
Kuv.			Alüvyon
Eosen			BARMA-AĞAÇBAŞI TURBALIKLARI Bazaltik-andezitik volkanitler ve piroklastitler
Alt Kamp Paleosen	TONYA		Kalsiklastik türbiditler
Üst Santoniyen-Alt Kampaniyen	TİREBOLU		KAÇKAR BATOLİTİ Granit, granodiyorit, tonalit, diyorit Kırmızı pelajik kireçtaşı ara seviyeleri içeren riyolit ve piroklastları
Üst Santoniyen	ÇAĞLAYAN		Killi kireçtaşı ve kırmızı pelajik kireçtaşı ara seviyeleri içeren andezit-bazalt ve piroklastları
Koniasiyen-Alt Santoniyen	KIZILKAYA		Kırmızı pelajik kireçtaşı ara seviyeleri içeren riyolit-dasit ve piroklastları
Turoniyen	ÇATAK		Kumtaşı-marn ve pelajik kireçtaş ara seviyeleri içeren andezit-bazalt ve piroklastları
Üst Jura-Alt Kre.	BERDİGA		Gri renkli, kalın masif tabakalı, kireçtaşı-dolomit

Şekil 5. Sakarya Zonu, Çaykara vadisinin genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesiti ve Barma Turbalıklarının stratigrafik konumu (Aydın ve diğ., 2016'den değiştirilmiştir)

İnceleme alanındaki kayaçlar; Doğu Karadeniz Dağları'nın kuzey zonundaki magmatik aktivitenin en yoğun şekilde gözlemlendiği, Kretase yaşlı volkano-tortul kayaçlar, granitik kayaçlar ve Paleojen yaşlı magmatik kayaçların dik bir rölyef oluşturduğu yüzeylemelerden oluşmaktadır. Barma Turbalığının içerisinde yer aldığı bölgede en yaşlı kayaçları Şenköy Formasyonu'na (Kandemir, 2004) ait, çoğunlukla tortul ara seviyeli

bazalt, andezit ve piroklastları oluşturmaktadır. Sahada Şenköy Formasyonu üzerine gri, koyu gri renkli, kalın masif tabakalı kireçtaşları ve dolomitlerden oluşan Berdiga Formasyonu (Pelin, 1977) uyumlu olarak gelmektedir. Berdiga Formasyonu Geç Kretase yaşı birimler tarafından uyumlu olarak üzerlenmektedir. Geç Kretase dönemini, Doğu Karadeniz Dağları'nın kuzey zonunda gelişen aktif volkanizma sonucu bazik ve asidik kökenli volkanik kayaçların düzenli ardalanmasının oluşturduğu kalın bir volkano-tortul istif karakterize etmektedir (Güven, 1993, Güven, 1998). Bu volkano-tortul istif tabandan tavana kadar dört farklı formasyona ayrılmıştır (Şekil 6). Bunlar tabandan tavana doğru Çatak Formasyonu, Kızılkaya Formasyonu, Çağlayan Formasyonu ve Tirebolu Formasyonlarıdır (Şekil 6). Çatak Formasyonu (Güven, 1993) başlıca bazalt, andezit ve piroklastları ile kumtaşı, silttaşı, marn, şeyl ve kırmızı bordo renkli killi kireçtaşı tabaka ve seviyelerinin ardalanmasından oluşmaktadır.



Şekil 6. Çalışma alanının jeoloji haritası (Güven, 1998'den değiştirilmiştir)

Volkanik kayalar genel olarak kırıklı, çatlaklı ve boşluklu olup etkin şekilde ayrılmış ve kloritleşmiştir. Breş ve aglomeralar içinde tortul kaya çakıl ve blokları bulunabilir. Kurşuni gri renkli kumtaşı, marn ve şeyller düzenli ince tabakalanmalıdır. Bazı yerlerde kırmızı-bordo renkli mikritik kireçtaşları ile rekristalize kireçtaşları yaygındır. Tirebolu Formasyonu, Tonya Formasyonu tarafından uyumlu olarak üzerlenmektedir (Şekil 5). Tonya Formasyonu (Korkmaz, 1995), beyaz, açık gri, sarımsı renkli kireçtaşı, killi kumlu kireçtaşı ve marn ardalanmasından oluşan türbiditik karakterli kireçtaşlarından

oluşmaktadır. Tonya Formasyonu'nun yaşı Kampaniyen-Daniyen olarak belirtilmiştir (Korkmaz, 1995). Doğu Karadeniz Dağları'nın kuzey kesiminde kalın bir gövde oluşturan bu volkano-tortul dizi Kaçkar Batolitine ait granitik kayaçlar tarafından kesilmektedir. Kaçkar Batoliti'ne ait bu granitik kayaçlar çalışma alanının güney kesimlerinde yüzeyleme vermektedir (Şekil 6). Geç Kretase yaşlı birimleri kesen ve Eosen yaşlı birimler tarafından örtülen bu granitoidik kayaçlar Güven vd. (1998) tarafından Kaçkar Batoliti olarak adlandırılmıştır. Granitler, yeşilimsi, grimsi bej ve pembe renkli, sert, masif yapılı, çoğu yerde ise arenalaşmış olarak gözlenmektedir. Birim genelde, granit, granodiyorit, diyorit, tonalit ve monzonitten oluşmaktadır. Tüm bu birimler üzerine uyumsuz olarak Kabaköy Formasyonu'na (Güven, 1993) ait kırıntılı çökellerle başlayıp üst kısımlara doğru volkanik karakterde olan volkano tortul bir istif gelmektedir.

Çalışma sahasında bu stratigrafik birimler üzerine Holosen (yaklaşık 9000 yıl) yaşlı Barma Yayla Turbalıkları gelmektedir (Şekil 6). Barma Yayla Turbalığı'nın batısında yer alan Ağaçbaşı Turbalığı ile aynı dönemde çökelmiş olduğu düşünülmektedir.

Bütün bu birimlerin üzerinde ise çalışma sahasındaki derelerin kenarlarında Holosen yaşlı alüvyonlar uyumsuz olarak yer almaktadır.

5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

5.1. Barma Yayla Turbalarının Organik Jeokimyasal Özellikleri

5.1.1. TOC ve Rock-Eval Analizleri

Barma Yayla turbalığında alınan 5 adet örneğin TOC ve Piroliz analizleri yapılmış, elde edilen sonuçlar ve bu sonuçlardan hesaplanan parametreler Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. TOC / Rock-Eval analiz sonuçları ve hesaplanan parametreler

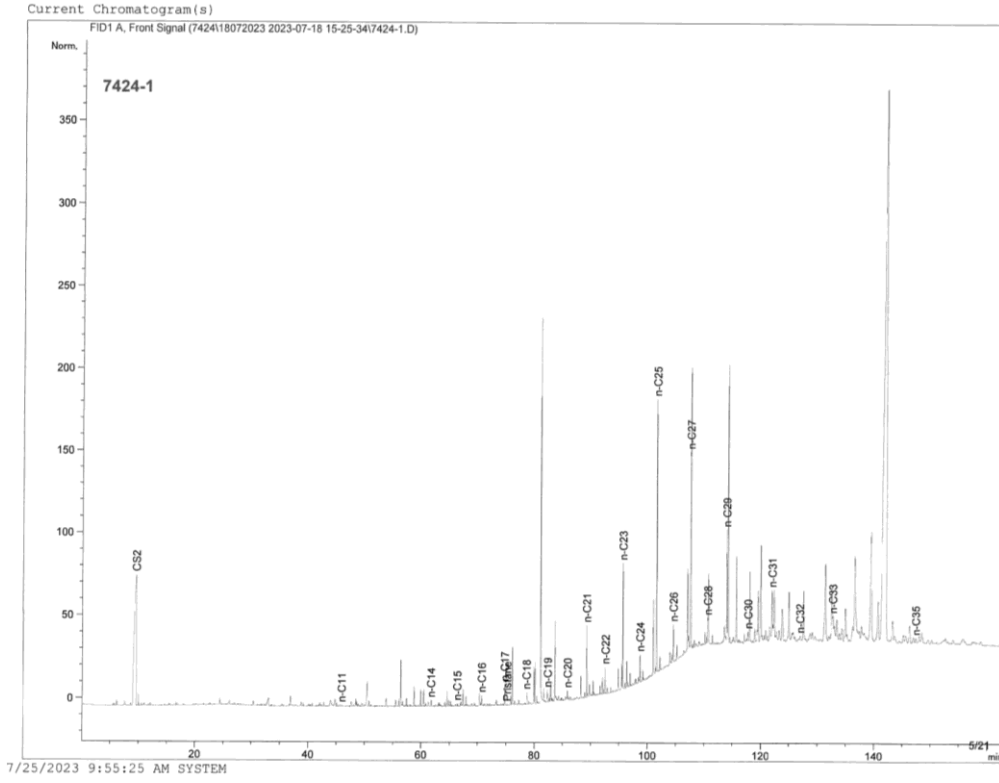
Örnek No	TOC (%)	S ₁ (mgHC /gkaya)	S ₂ (mgHC /gkaya)	S ₃ (mgCO ₂ /gkaya)	S ₂ /S ₃	PÜ (S ₁ +S ₂) (mgHC /gkaya)	Üİ S ₁ /(S ₁ +S ₂)	T _{max} (°C)	Hİ (mgHC /gTOC)	Oİ (mgCO ₂ /gTOC)	KC (%)	PC (%)	MINC (%)
B-1	44.87	8.77	120.08	56.46	2.13	128.85	0.07	431.00	268.00	126.00	31.06	13.81	1.63
B-2	40.61	8.81	129.24	46.19	2.80	138.05	0.06	433.00	318.00	114.00	26.71	13.90	1.46
B-3	40.22	8.80	108.12	46.21	2.34	116.92	0.08	433.00	269.00	115.00	27.92	12.30	1.68
B-4	41.74	8.86	106.29	43.86	2.42	115.15	0.08	430.00	255.00	105.00	29.58	12.16	1.35
B-5	43.76	8.79	109.66	48.78	2.25	118.45	0.07	432.00	251.00	111.00	31.06	12.70	1.77
Ortalama	42.24	8.81	114.68	48.30	2.39	123.48	0.07	431.80	272.20	114.20	29.27	12.97	1.58

Turba örneklerine ait TOC değerleri % 40.22 ve % 44.87 arasında değişmekte olup, ortalama % 42.24 olarak hesaplanmıştır (Tablo 1). Rock-Eval analizlerinden hesaplanan Hİ (Hidrojen İndeksi) değeri ortalama 272.20 mgHC/gTOC, Oİ (Oksijen İndeksi) değeri ise 114.20 mgCO₂/g TOC’tur. Turba örneklerinin ortalama T_{max} değerleri 431.80 C° ile, olgunlaşmamış organik maddeyi işaret etmektedir. S₂/S₃ kerojen tipi parametresi ortalama 2.39 olarak hesaplanmıştır. Ortalama potansiyel ürün değeri (PÜ) 123.48 mgHC/gkaya ve ortalama üretim indeksi (Üİ) 0.07 olarak hesaplanmıştır. 0.1’den küçük bir üretim indeksi değeri olgunlaşmamış organik maddeyi göstermektedir (Merrill, 1991)

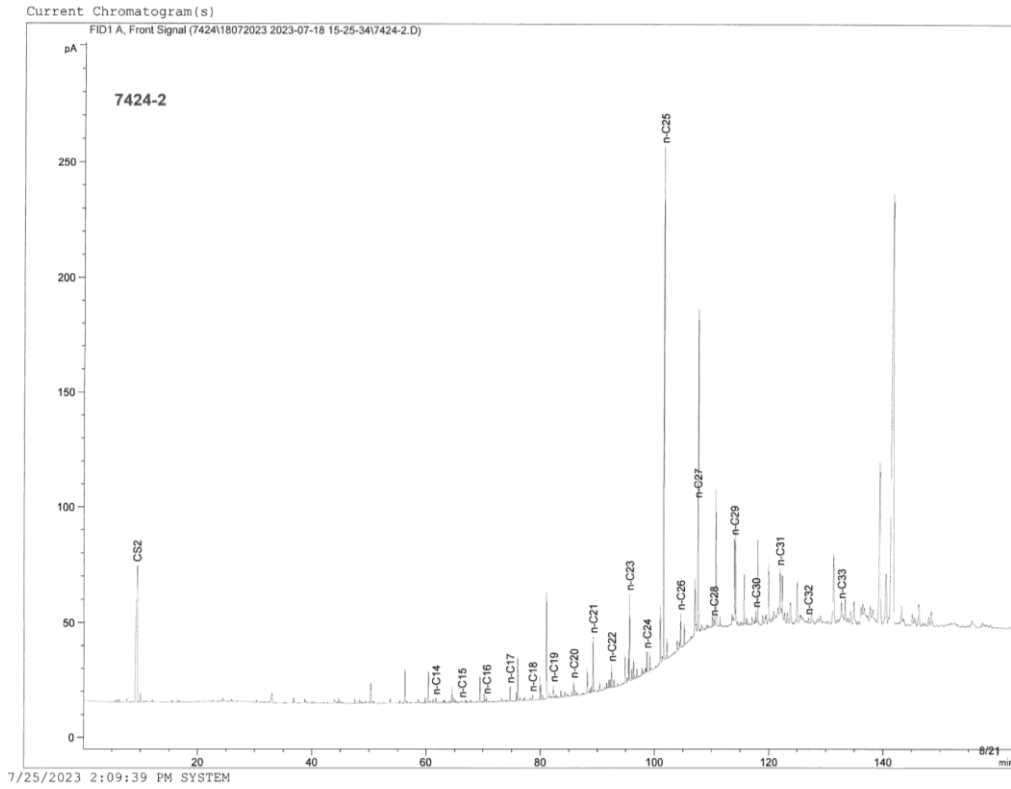
5.2. Moleküler Bileşim

5.2.1. *n*-alkanlar ve izoprenoidler

GC analiz sonuçları incelendiğinde; B-1 nolu örneğin GC kromatogramında *n*-alkanların C₁₁-C₃₅, B-2 nolu örneğin C₁₄-C₃₃, B-3 nolu örneğin C₁₄-C₃₃, B-4 nolu örneğin C₁₃-C₃₃, B-5 nolu örneğin ise C₁₃-C₃₃ aralığında kaydedildikleri görülmüştür (Şekil 7, 8, 9, 10, 11) Tüm örneklerin kromatogramlarında yüksek ve tek numaralı *n*-alkanların baskın olduğu bir dağılım gözlenmektedir. GC kromatogramlarında, karasal organik maddenin baskınlığında, zayıf algal-bakteriyel (<C₂₀) katkının da olduğu dağılımlar gözlenmektedir. *n*-alkanlardaki uzun zincir baskınlığı olgunlaşmamış kömürlerde yüksek karasal bitkiler ve kütiküllü organik maddelerden kaynaklanmaktadır (Eglinton ve Hamilton, 1967; Wang ve Simoneit, 1990; Stout, 1992; Zhang vd., 1993; Petersen vd., 2001; Bechtel vd., 2003).

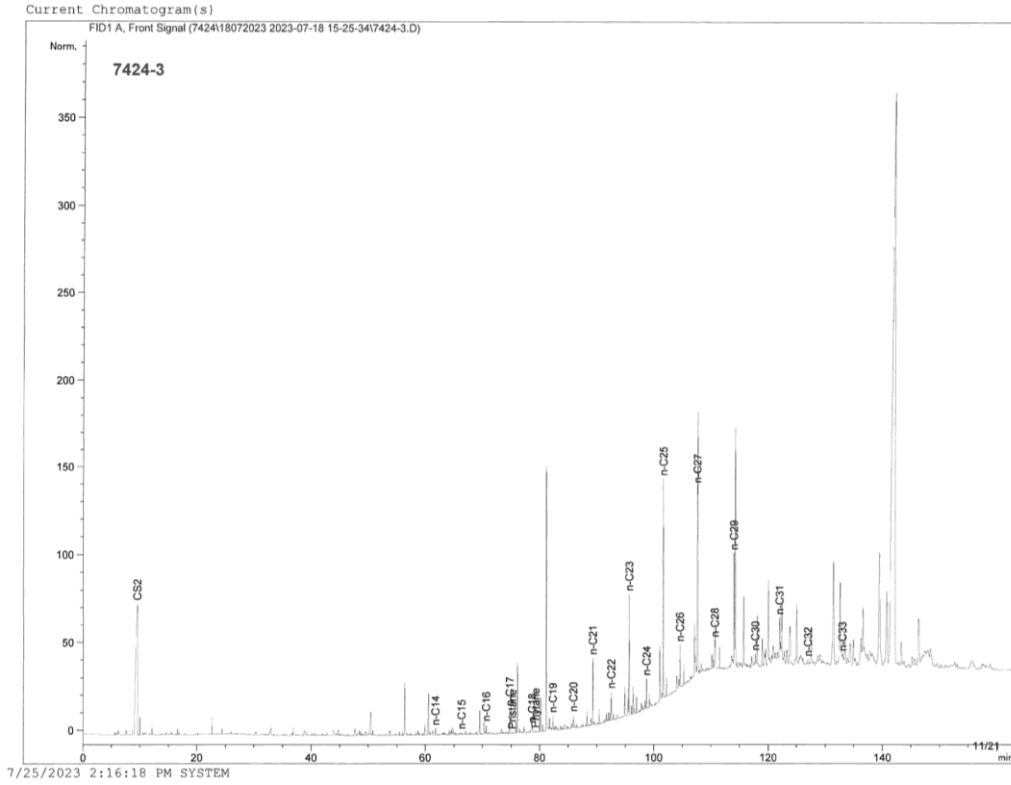


Şekil 7. Barma Yayla Turbalığı B-1 örneğine ait Gaz Kromatografisi



Şekil 8. Barma Yayla Turbalığı B-2 örneğine ait Gaz Kromatografisi

Gaz kromatogramlarında tüm örneklerde, izoprenoidlerden C₁₉ karbonlu ve oksitleyici ortam belirteci olan Pristan (Pr) ve C₂₀ karbonlu ve indirgeyici ortam belirteci olan Fitan (Ph) kaydedilmemiştir ve dolayısıyla Pr/Ph ve Pr/n-C₁₇, Ph/C₁₈ oranları tespit edilememiştir. Turbanın tabanından alınan B-1 nolu örnekte yalnızca Pr kaydedilmiş olup Pr/C₁₇ oranı 0.002 olarak hesaplanmıştır. B-2 nolu örnekte Pr ve Ph kaydedilmemiştir. B-3 nolu örnekte Pr/Ph, Pr/C₁₇, Ph/C₁₈ oranları sırasıyla 0.2, 0.02, 0.33 olarak hesaplanmıştır. B-4 nolu örnekte aynı oranlar sırası ile 1, 0.07, 0.33 olarak, B-5 nolu örnekte ise 0.05, 0.02, 2 olarak hesaplanmıştır.

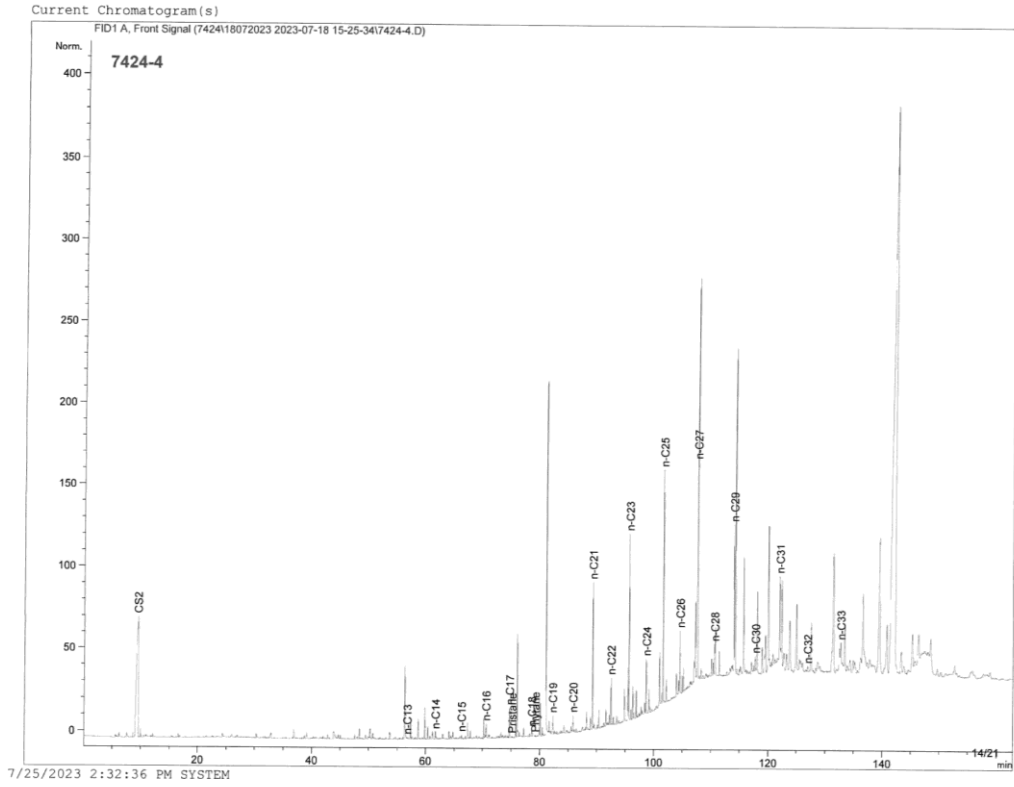


Şekil 9. Barma Yayla Turbalığı B-3 örneğine ait Gaz Kromatografisi

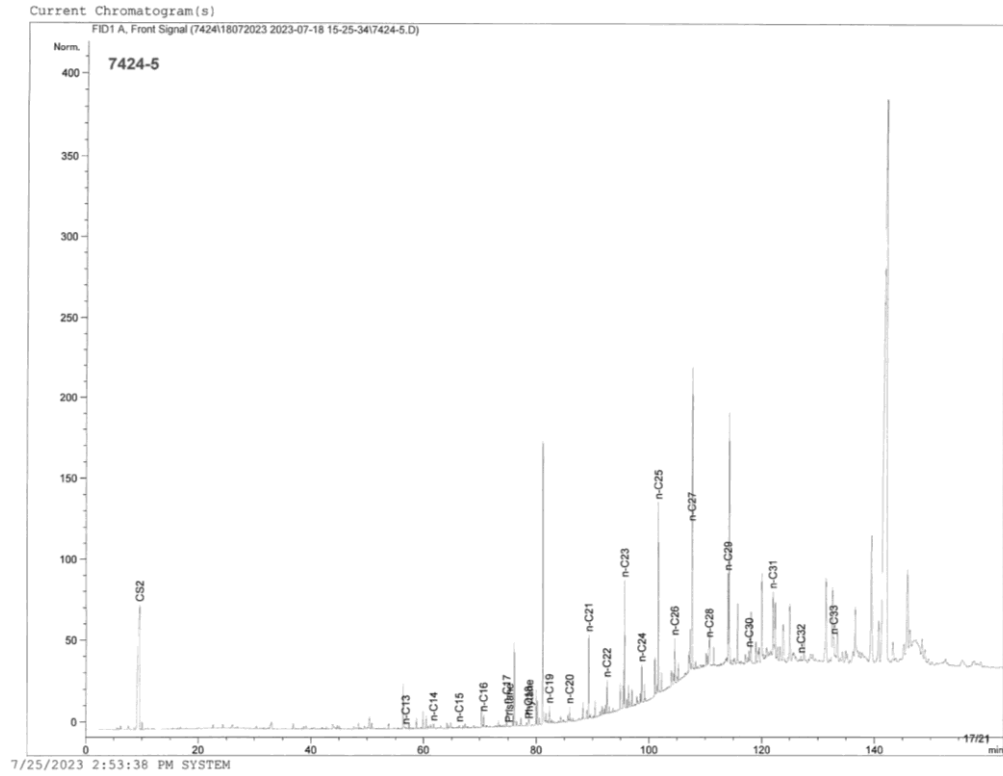
5.2.3. Barma Yayla Turbalığının CPI, TAR_{HC}, P_{wax}, P_{aq}, ACL, δ¹³C değerleri ve paleoiklim şartları

B-1, B-2, B-3, B-4 ve B-5 nolu turba örneklerinin C₂₆-C₂₈ aralığında CPI₁ değerleri sırasıyla 6.55, 6.2, 7.6, 5.09 ve 4.12, C₂₂-C₃₀ aralığında CPI₂ değerleri sırasıyla 4.61, 10.6, 8.1, 5.07 ve 4.3 olarak hesaplanmıştır (Tablo 2.) (Peters vd., 2005). CPI değerlerinin yüksek değerlerde hesaplanması organik maddenin çökelindiği ortam şartlarında iklimin soğuk ve kuru olmasının yanı sıra tek karbon numaralı *n*-alkanların çift karbon numaralı *n*-alkanlara baskınlığını yansıtmaktadır (Waples, 1985; Xie vd., 2004; Zhou vd., 2005).

Karasal organik maddeden türeyen *n*-alkanların, sucul alglerden türeyen *n*-alkanlara oranını yansıtan TAR_{HC} (Terrigenous/Aquatic Ratio) indeks değeri B-1, B-2, B-3, B-4



Şekil 10. Barma Yayla Turbalığı B-4 örneğine ait Gaz Kromatografisi



Şekil 11. Barma Yayla Turbalığı B-5 örneğine ait Gaz Kromatografisi

ve B-5 turba örneklerinde sırasıyla 8.7, 9.4, 16.74, 9.2 ve 7 olarak hesaplanmış olup B-3 nolu örneğin alındığı zaman periyodunda karasal organik madde yoğunluğunun diğer zamanlara göre oldukça arttığı gözlenmiştir (Tablo 2.) (Cranwell vd., 1987; Goossens vd., 1989; Meyers ve Ishiwatari, 1993). ATR_{HC} değerlerinin oldukça düşük olarak (0.06-0.13) hesaplanması da bu yorumu desteklemektedir.

Sualtı veya sucul bitkilerin karasal ve su yüzeyine çıkmış bitki girdisine oranını tahmin edebilmek amacıyla kullanılan P_{aq} oranı (Ficken vd., 2000) B-1, B-2, B-3, B-4 ve B-5 turba örneklerinde sırasıyla 0.73, 0.82, 0.47, 0.69 ve 0.69 olarak hesaplanmıştır (Tablo 3). C_{23} ve C_{25} *n*-alkanlar su altı ve yüzücü bitkilerde yaygınken, C_{29} ve C_{31} tipik olarak karasal bitkilerde yaygındır. $P_{aq} < 0.1$ olduğu durum karasal bitki girdisini yansıtırken, 0.1-0.4 aralığındaki P_{aq} değerleri su yüzeyine çıkmış makrofitleri, 0.4-1 aralığındaki P_{aq} değerleri ise su altı/yüzücü makrofitleri yansıtır. Barma Yayla turba örneklerinin P_{aq} değerleri 0.4-1 aralığındaki su altı/yüzücü makrofitleri yansıtmakla birlikte B-3 nolu örneğin su yüzüne çıkmış makrofitleri de oldukça bol olarak bulundurduğu söylenebilir. Turba örneklerinin genel olarak yüksek düzeydeki P_{aq} değerleri su seven bitkilerin varlığını ve göreceli olarak yağışlı ve nemli bir iklimi, aynı zamanda da yüksek bir su seviyesini işaret etmektedir.

Karasal bitkiler ve su yüzeyine çıkmış bitkiler için, turbadaki mumsu hidrokarbonların toplam hidrokarbonlara oranını yansıtan bir parametre olan P_{wax} 'ın yüksek değerleri genellikle kuru iklim şartlarındaki güçlü bir damarlı bitki girdisini işaret ederken, düşük P_{wax} değerleri ise göreceli olarak nemli iklim şartlarını yansıtır (Zheng vd., 2007). Barma Yayla turba örneklerinin (B-1, B-2, B-3, B-4 ve B-5) P_{wax} değerleri sırasıyla 0.46, 0.3, 0.7, 0.47 ve 0.48 olarak hesaplanmıştır. (Tablo 2.). $P_{wax} > 0.7$ olduğu durumlar soğuk-kuru kış iklimini yansıtmaktadır. Barma Yayla turbalarının çökeldiği dönemde genellikle iklimin nemli olduğu söylenebilir. B-3 nolu örneğin alındığı zaman periyodunda iklimin diğer dönemlere göre göreceli olarak daha soğuk ve kuru olduğu, damarlı bitki girdisinin daha yoğun olduğu gözlenmiştir.

Orta zincir uzunluklu *n*-alkanları temsil eden $ACL_{27-33ALK}$ değeri turba oluşumu esnasındaki iklim şartlarının yorumlanmasında yaygın olarak kullanılmaktadır (Yamamoto vd., 2010; Zhou vd., 2010). $ACL_{27-33ALK}$ 'nin yüksek değeri kuru ve soğuk iklim şartlarındaki damarlı bitki girdisinin baskınlığını yansıtmaktadır. $ACL_{27-33ALK}$ değerleri B-1, B-2, B-3, B-4 ve B-5 turba örneklerinde sırasıyla 28.23, 28.72, 28.33, 28.52 ve 28.67

olarak hesaplanmıştır. Bu değerin, orta düzeyde nem ve yağışı karakterize ettiği düşünülebilir (Hoş-Çebi ve Korkmaz, 2015).

C₂₉ homologları iğne yapraklı ve yaprak dökmeyen ağaçlarda baskınken, C₂₇ homologları geniş yapraklı ağaçlarda baskındır (Long vd., 2011). Tüm turba örneklerinin (B-3 nolu örnek hariç) GC kromatogramında C₂₇'nin C₂₉'a göre baskın pik verdiği gözlenmiştir. B-1, B-2, B-3, B-4 ve B-5 nolu örneklerde C₂₉/C₂₇ oranları sırasıyla 0.55, 0.65, 1.32, 0.64 ve 0.6 olarak bulunmuştur. Turba bataklığında iğne yapraklı her mevsim yeşil ve yaprak dökmeyen ağaçlar olmakla birlikte çok daha yaygın olarak geniş yapraklı ağaçların baskınlığı, B-3 nolu örneğin alındığı zaman periyodunda iğne yapraklı ağaçların baskın olduğu bir dönem söz konusudur (Tablo 3).

Tablo 3. GC analiz sonuçları ve paleoiklim yorumlamalarında kullanılan parametreler

Örnek No	Toplam Özüt (ppm)	Bitüm/TOC (%)	Pr/Ph	Pr/C ₁₇	Ph/C ₁₈	CPI ₁₍₂₆₋₂₈₎ , CPI ₂₍₂₂₋₃₀₎	ACL	P _{aq}	P _{wax}	TAR
B-5	84927	0.2	0.05	0.02	2	4.12, 4.3	28.67	0.69	0.48	7
B-4	33374	0.08	1	0.07	0.33	5.09, 5.07	28.52	0.69	0.47	9.2
B-3	32665	0.08	0.2	0.02	0.33	7.6, 8.1	28.33	0.47	0.7	16.74
B-2	33341	0.08	-	-	-	6.2, 10.6	28.72	0.82	0.3	9.4
B-1	30900	0.07	-	0.002	-	6.55, 4.61	28.23	0.73	0.46	8.7
	Q _{wood/grass}	Q _{wood/plant}	Q _{grass/plant}	C ₂₃ /C ₂₅	C ₂₃ /C ₂₉	C ₂₃ /C ₃₁	C ₂₉ /C ₂₇	ATR _{HC}	δ ¹³ C _{org} (‰)	
B-5	2.5	0.8	0.2	0.64	1.43	2.14	0.6	0.13	-29.91	
B-4	2.95	0.83	0.17	1.14	1.86	3.42	0.64	0.10	-29.70	
B-3	8.13	0.95	0.05	0.55	0.34	3.63	1.32	0.06	-29.97	
B-2	2.82	0.82	0.18	0.17	1.05	1.9	0.64	0.10	-30.28	
B-1	4.75	0.9	0.12	0.45	1.15	3	0.6	0.08	-29.79	

$CPI_1 = 2 \cdot nC_{27} / nC_{26} + nC_{28}$ (Peters et al., 2005),
 $CPI_2 = 2(C_{23} + C_{25} + C_{27} + C_{29}) / C_{22} + 2(C_{24} + C_{26} + C_{28}) + C_{30}$ (Peters and Moldowan, 1993)
 $ACL = \frac{\sum_{n=27}^{33} C_{n,n}}{\sum_{n=27}^{33} C_n}$, (Yamamoto et al., 2010; Zhou et al., 2010)
 $TAR = (C_{27} + C_{29} + C_{31}) / (C_{15} + C_{17} + C_{19})$ (Bourbonniere and Meyers, 1996)
 $P_{aq} = (C_{23} + C_{25}) / (C_{23} + C_{25} + C_{29} + C_{31})$ (Ficken et al., 2000),
 $P_{wax} = (C_{27} + C_{29} + C_{31}) / (C_{23} + C_{25} + C_{27} + C_{29} + C_{31})$ (Ficken et al., 2000)
 $Q_{wood/grass} = C_{27} / C_{31}$, $Q_{wood/plant} = (C_{27} + C_{29}) / (C_{27} + C_{29} + C_{31})$, $Q_{grass/plant} = C_{31} / (C_{27} + C_{29} + C_{31})$
 $ATR_{HC} = (C_{15} + C_{17} + C_{19}) / (C_{15} + C_{17} + C_{19} + C_{27} + C_{29} + C_{31})$ (Wilkes et al., 1999)

Turba bataklığının su seviyesini yükselten yerel yağışlardaki eş zamanlı artışlar, esas olarak submerged (batık)/floating (yüzten) bitkilerden türetilen C₂₃ ve C₂₅ n-alkanların oranlarındaki artışlarla kaydedilmiştir. C₂₃ ve C₂₅ yüksekse iklimin yağışlı ve bataklık ortamındaki su tablasının yüksekliği söz konusudur. C₂₃/C₂₅ oranı göreceli olarak daha nemli çukur alanlardaki bataklık yosun (Spagnum) türlerinin daha az nemli olan yüksek alanlarda büyüyen türlere oranını göstermektedir (Bingham vd., 2010). Bu oran B-1, B-2, B-3, B-4 ve B-5 turba örneklerinde sırasıyla 0.45, 0.17, 0.55, 1.14 ve 0.64 olarak hesaplanmıştır. Tüm örneklerde (B-4 hariç) nispeten daha az nemli spagnum türleri

baskınken B-4 nolu örneğin alındığı dönemde yağışların artmış ve turbalıkta su seviyesinin yükselmiş olduğu ve daha nemli alanda büyüyen spagnum türlerinin baskın olduğu düşünülebilir.

C_{23}/C_{31} *n*-alkan oranı *n*- C_{23} 'ün çoğu yosun türünde baskın *n*-alkan olmasına rağmen *n*- C_{31} 'in vasküler kara bitkilerini daha fazla temsil etmesine dayanmaktadır (Ficken vd., 2012; Nott vd., 2000; Nichols vd., 2006; Naafs vd., 2019). Barma Yayla turba örneklerinde (B-1, B-2, B-3, B-4 ve B-5) C_{23}/C_{31} *n*-alkan oranı sırasıyla 3, 1.9, 3.63, 3.42 ve 2.14 olarak hesaplanmıştır. Barma Yayla turbalığında yapılan önceki çalışmalarda, bölgede 10 Sphagnum taksonunun bulunduğu ve *S. subsecundum* türünün baskın su altı türü olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca *S. Centrale*, *S. nemoreum* ve *S. Compactum*'un bölgedeki en yaygın türler olduğu belirtilmiştir (Kırmacı vd., 2019).

C_{23}/C_{29} oranı sucul bitki girdisinin damarlı bitki girdisine oranını yansıtmaktadır. Bu oran B-1, B-2, B-3, B-4 ve B-5 turba örneklerinde sırasıyla 1.15, 1.05, 0.34, 1.86 ve 1.43 olup B-3 nolu örnek hariç tüm örneklerde sucul bitki girdisinin damarlı bitki girdisine baskın olduğunu, B-3 nolu örnekte ise damarlı bitki girdisinin egemen olduğunu göstermektedir. Aynı örneklere ait P_{aq} ve P_{wax} değerleri de bu yorumu desteklemektedir.

Su altında kalan ve yüzen bitkiler, deniz altı bitkilerine göre belirgin şekilde daha yüksek C_{23}/C_{31} oranları (4,2–6,8), daha düşük ACL değerleri (24,9–25,2) ve daha yüksek P_{aq} değerleri (0,8–1,0) ile karakterize edilir. Ayrıca, damarlı bitki türleriyle karşılaştırıldığında, karayosunları genel olarak nispeten yüksek C_{23}/C_{31} oranlarına (4,2–6,8), düşük ACL değerlerine (25,1–28,7) ve yüksek P_{aq} değerlerine (0,3–0,7) sahiptir. Buna karşılık, çalılar ve sazlar gibi damarlı kara bitkileri belirgin şekilde daha düşük C_{23}/C_{31} oranlarına (0,02–0,05), daha yüksek ACL değerlerine (28,2–31,1) ve daha düşük P_{aq} değerlerine (0,01–0,04) sahiptir (Meyers ve Ishiwatari, 1993). Barma Yayla turbaları karayosunları grubundaki nispeten yüksek C_{23}/C_{31} oranlarına (1.9-3.63), düşük ACL değerlerine (28.23-28.72) ve yüksek P_{aq} (0.47-0.82) sahiptir.

Turba örneklerinin $Q_{wood/grass}$ (C_{27}/C_{31}) oranları 2.5 ile 8.13 arasında değişmekte olup yüksek değerler vermiştir. Bu da ağaçsı organik madde girdisinin otsu organik maddeye baskınlığını yansıtmaktadır.

$Q_{wood/plant}$ ($C_{27}+C_{29}$) ($C_{27}+C_{29}+C_{31}$) oranları 0.8 ile 0.95 arasında değişmektedir. Bu oranın 1'den küçük değerler vermesi bitkisel organik maddenin ağaçsı organik maddeye göre turba bataklığında daha yaygın olduğunu göstermektedir.

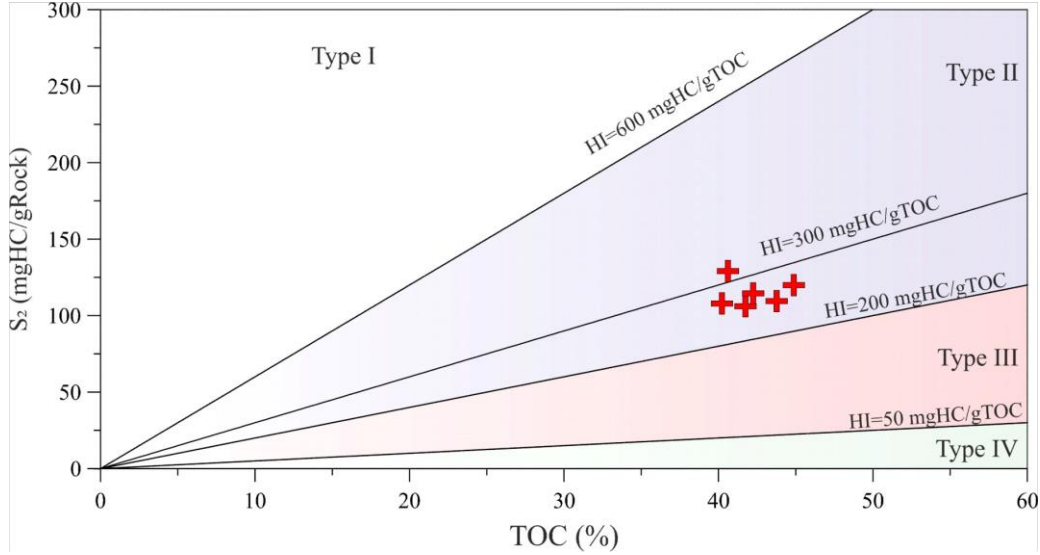
$Q_{grass/plant} [C_{31}/(C_{27}+C_{29}+C_{31})]$ oranları 0.05 ile 0.18 arasında değişmektedir ve oldukça düşük değerler vermektedir. Bu da otsu organik maddenin bitkisel organik madde girdisine nispetle oranının çok düşük olduğunu yansıtmaktadır.

$\delta^{13}C_{org}$ bölgesel yağışın göstergesidir ve organik açıdan zengin çökeller çok nemli ve yağışlı bölgelerde yaygındır. $\delta^{13}C_{org}$ için -23.5‰ kuru iklimi, -25‰ ortalama iklimi, -26, -27, -28‰ nemli iklimi yansıtmaktadır. C3 bitkileri -33‰ ile -24‰ arasında değerler göstermektedir. Nem artışı $\delta^{13}C_{org}$ değerlerinin azalmasına ve daha negatif değerler vermesine yol açar. Barma Yayla Turbalığı örneklerinin $\delta^{13}C_{org}$ değerleri B-1, B-2, B-3, B-4 ve B-5 örnekleri için sırasıyla -29.79‰, -30.28‰, -29.97‰, -29.70‰ ve -29.91‰ olarak ölçülmüştür. Bu değerler soğuk ve nemli iklim koşullarını yansıtmaktadır. Bu değerler algal grup sınıflamasında da CO₂-kullanan kırmızı alg grubunun baskınlığını göstermektedir.

Paleoiklim parametreleri yorumlanırken sedimanter, palinolojik, organik jeokimyasal, izotop ve iz element verilerinin birlikte kullanılması çok daha sağlıklı veriler elde etmemize olanak sağlayacaktır. Bu analizlerin birlikte yapılması oldukça pahalı olup yüksek bütçeli projeler gerektirmektedir. Bu proje kapsamında proje bütçesi olanakları değerlendirilmiştir.

5.3. Organik Madde Tipi

Bu çalışmada turba örneklerindeki organik madde tipini belirlemek için S₂-TOC (Langford ve Blanc-Valleron, 1990) kerojen tip diyagramından yararlanılmıştır. Tüm örneklerin Tip II kerojen alanında yer aldığı görülmüştür (Şekil 12). Tip I (turbadaki algal ve bakteriyel madde) ve Tip III (karasal organik madde) organik madde karışımı Tip II kerojeni sonuçlayabilmektedir. Ayrıca Tip II kerojenin spor, polen ve kara bitkilerinin yaprak ve dallarındaki kütiküllerden kaynaklanmış olabileceği ihtimali de düşünülebilir.



Şekil 12. Turba örneklerinin S_2 ve toplam organik karbon (TOC) grafiği üzerindeki dağılımı

5.4. Ortamsal Yorum

Turbalıklar özellikle tür ve canlı toplumları açısından oldukça zengin biyolojik çeşitliliğe ve farklılıklara sahiptir. Çevrelerinden daha yüksekte bulunan ve esas olarak yağışlarla beslenen ve besin maddesi bakımından fakir yüksek turbalıklar “ombrotrofik turbalıklar” olarak adlandırılırlar. Ombrotrofik turba grubunda yer alan Barma Yayla Turbalığı yüksek ve nemli iklimlerde hakim olan turbalıklara çok iyi bir örnek teşkil etmekte olup nadir görünen turbalıklardandır. Alçak turbalıklar ise “mineotrofik turbalıklar” olarak adlandırılırlar, besin maddesi açısından zengindirler ve her yerde bulunabilmektedirler. (Çolak ve Günay, 2011).

Nispeten kuru ve soğuk paleo-iklim koşulları, turba çökelişi esnasında organik maddenin su sütunundaki bakteri aktivitesinden ve mikrobiyal işleyişinden daha az etkilenmesine neden olur. Nemli ve sıcak iklim şartları bakteriyel bozunmayı hızlandırır ve TOC içerikleri düşük olur. Barma Yayla Turba örneklerinin yüksek TOC içerikleri (ortalama % 42,24), tüm turbalık alanında nispeten kuru ve soğuk paleo-iklim koşullarındaki organik madde korunumunu göstermektedir (Zhou vd., 2005).

Soğuk ve kuru koşullar mikrobiyal ayrışma ve organik maddenin diyajenezini durdurur (Kuder ve Krueger, 1998). Bu koşullar altında yüksek CPI değerleri görülmektedir (Xie vd., 2004). Diğer yandan sıcak ve nemli koşullar mikrobiyal organik maddenin ayrışması ve diyajenezini hızlandırır ve CPI değerini düşürür (Zhou vd., 2005). Turba örneklerinin C_{26} – C_{28} ve C_{22} – C_{30} aralığındaki CPI değerleri CPI_1 ve CPI_2 denklemlerinden sırasıyla ortalama

6 ve 6.5 olarak hesaplanmıştır. CPI_1 ve CPI_2 değerlerinin yüksek olması paleo-iklim koşullarının nispeten kuru ve soğuk olduğunu göstermekle beraber, karasal organik madde içeren kömürlerde yüksek ve tek numaralı *n*-alkanların baskınlığı yüksek CPI değerleri vermektedir. Ayrıca olgunlaşmamış kömürlerde uzun zincirli *n*-alkanların kısa zincirli *n*-alkanlara baskınlığı karasal bitkiler ile kütiküler waxlardan kaynaklanmaktadır (Wang ve Simoneit, 1990; Bechtel vd., 2003; Eglinton ve Hamilton, 1967). CPI_1 ve CPI_2 değerlerinin her iki örnekte de 1'den büyük olması, Barma Yayla turbalarının olgunlaşmamış düzeyde olduğunu göstermektedir.

Turbaların $Q_{wood/grass}$, $Q_{wood/plant}$ ve $Q_{grass/plant}$ oranları baskın organik maddenin bitkisel ve odunsu olduğu, B-3 nolu örneğin alındığı periyotta odunsu ve damarlı bitki baskınlığının diğer seviyelere göre daha arttığını göstermektedir. $\delta^{13}C_{org}$ değerleri soğuk ve nemli ortam şartlarındaki C3 bitkilerini yansıtmaktadır.

Barma Yayla Turbalığında P_{aq} P_{wax} C_{23}/C_{29} , C_{23}/C_{31} , $Q_{wood/grass}$, $Q_{wood/plant}$ ve $Q_{grass/plant}$ oranlarına göre, yosunsu ve karasal sucul organik maddenin baskın, paleoiklimin orta düzeyde soğuk, yağışlı ve nemli olduğu sonucuna varılmıştır. Turbalık güncel olarak yosun ve saz bataklığı şeklinde gelişimine devam etmektedir.

6. KAYNAKLAR

- Akgün, F., Kayseri, M.S., Akkiraz M.S. 2007.” Palaeoclimatic evolution and vegetational changes during the Late Oligocene–Miocene period in Western and Central Anatolia (Turkey)”, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 253 56–90
- Aydin, F., Şen, C., Dokuz, A., Kandemir, R., Sarı, B. 2016. “Kuzeydoğu Türkiye Geç Kretase Volkanizmasının Petrolojisi ve Kökeni: Doğu Pontidler Geç Mesozoyik Jeodinamik Evrimi İçin Yeni Bulgular” 112Y365 Nolu TÜBİTAK Projesi. 148 sy.
- Aytuğ, B., Görcelioğlu. 1996. “Tarih Öncesi Dönemde Kuzey Anadolu'da Tarım , Otlatma ve Mevsimlik Göçlerin Bitki Örtüsüne Etkileri”, *İ.Ü.Orman Fakültesi Dergisi*, Seri B, Cilt 46, Sayı 1-2-3-4, 1996, Sayfa 1-14.
- Bechtel, A., Sachsenhofer, R. F., Markic, M., Gratzer, R., Lücke, A., Püttmann, W. 2003. “Palaeoenvironmental implication from biomarker and stable isotope investigations on the Pliocene Velenje lignite seam (Slovenia)”, *Organic Geochemistry*, 34, 1277-1298.
- Bingham, E. M., McClymont E. L., Välranta M., Mauquoy D., Roberts Z., Chambers F. M., Pancost R. D., Evershed R. P. 2010. “Conservative composition of n-alkane biomarkers in Sphagnum species: implications for palaeoclimate reconstruction in ombrotrophic peat bogs”, *Organic Geochemistry*, 41, 214-220.
- Bordenave ML, Espitalie J, Leplat P, Oudin JL, Vandenbroucke M. 1993. “Screening techniques for source rock evaluation” In: Bordenave ML, editor. *Applied Petroleum Geochemistry*, Paris; p. 217–78.
- Chang, P., Wang, B., Li, T., Ji L. 1994. “ Interactions between the seasonal cycle and the Southern Oscillation-Frequency entrainment and chaos in a coupled ocean-atmosphere model”, *Geophysical Research Letters*,
- Cranwell, P. A., Eglinton G., Robinson, N. 1987.”Lipids of aquatic organisms as potential contributors to lacustrine sediments-2”, *Organic Geochemistry*, 11, 513-527.
- Clayton C. 1991. “Carbon isotope fractionation during natural gas generation from kerogen”, *Marine and Petroleum Geology*, 8, 2, 232-240.
- Eglinton, G., Hamilton, R.J. 1967. “Leaf epicuticular waxes” *Science*, 156, 1322–1335.
- Ficken, K. J., Li, B., Swain, D. L., Eglinton, G. 2000. “An n-alkane proxy for the sedimentary input of submerged/floating freshwater aquatic macrophytes”, *Organic Geochemistry*, 31, 745– 749.
- Goossens, H., Duren, C., De Leeuw, J. W., Schenck, P. A. 1989. “Lipids and their mode of occurrence in bacteria and sediments-2. Lipids in the sediment of a stratified, freshwater lake” *Organic Geochemistry*, 14, 27-41.
- Güven, İ.H., 1993. Doğu pontidlerin 1/250.000 ölçekli komplikasyonu, Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, Ankara
- Güven, İ.H., 1998. 1/100.000 Ölçekli Açınısama Nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları Trabzon F44-G44 Paftaları. Maden Tetkik Arama Jeoloji Etüdları Dairesi, No:59, 9
- Hossain, H.M.Z., Sampei, Y., Roser B.P. 2012. “Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in late Eocene to early Pleistocene mudstones of the Sylhet succession, NE

- Bengal Basin, Bangladesh: Implications for source and paleoclimate conditions during Himalayan uplift”, *Organic Geochemistry*, 56, 25–39.
- Hoş-Çebi, F., Korkmaz S. 2015. “Organic Geochemistry of Ağaçaş Yayla Peat Deposits, Köprübaşı/Trabzon, NE Turkey”, *International Journal of Coal Geology*, 146, 155-165. 135.
- Hoş Çebi, F. 2016. “Ekizköy (Muğla-Milas) Erken-Orta Miyosen Kömürlerinin Organik Jeokimyası ve Paleoiklim Şartları”, *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 40 (2) ,
- Hoş Çebi, F., 2016 Organic geochemical characteristics and paleoclimate conditions of the Miocene coals at the Çan-Durali (Çanakkale) , *Journal of African Earth Sciences* 129 (2017) 117-135.
- Kandemir, R., 2004. Gümüşhane ve Yakın Yörelerindeki Erken-Orta Jura Yaşlı Şenköy Formasyonu’nun Çökel Özellikleri ve Birikim Koşulları. KTÜ Fen Bilimleri Ens. 204 s.
- Kırmacı, M., Semiz, A., Filiz, T., & Çatak, U. 2019. “Turkish Blanket Bogs and Sphagnum (Bryophyta) Diversity of These Blanket Bogs”, *Acta Biologica Turcica*, 32(4): 211-219.
- Korkmaz, S., Tüysüz, N., Er, M., Musaoğlu, A., and Keskin, İ. 1995. “Stratigraphy of the eastern Pontides, NE Turkey. In: *Geology of the Black Sea Region*, Erler, A., Ercan, T., Bingöl, E., and Örcen, S. (Eds.). Ankara: MTA and JMO, pp. 59–68
- Kuder, T., Kruege, M.A. 1998. “Preservation of biomolecules in sub-fossil plants from raised peat bogs - a potential paleoenvironmental Proxy”, *Org. Geochem.* 29, 1355–1368.
- Langford, F. F., Blanc-Valleron, M. M. 1990. “Interpreting rock-eval pyrolysis data using graphs of pyrolyzable hydrocarbons vs. total organic carbon”, *AAPG Bulletin*, 74, 799-804.
- Li, R., Meyers, P.A., Fan, J., Xue, J. 2016. “Monthly changes in chain length distributions and stable carbon isotope composition of leaf n-alkanes during growth of the bamboo *Dendrocalamus ronganensis* and the grass *Setaria viridis*”, *Organic Geochemistry*, 101, 72–81.
- Long, L., Fang, X. M., Miao Y. F., Bai Y., Wang, Y. L. 2011. “Northern Tibetan Plateau cooling and aridification linked to Cenozoic global cooling: Evidence from n-alkane distributions of Paleogene sedimentary sequences in the Xining Basin”, *Chinese Science Bulletin*, 56, 1569-1578.
- Merrill, R.K., 1991. *Source and Migration Processes and Evaluation Techniques* (R.K. Merrill, ed.), Oklahoma, 213 p.
- Meyers, P. A., Ishiwatari, R. 1993. “Lacustrine organic geochemistry-an overview of indicators of organic matter sources and diagenesis in lake sediments”, *Organic Geochemistry*, 20, 867-900.
- Naafs B.D.A., Inglis, G.N., Blewett, J., McClymont, E.L., Lauretano, V., Xie, S., Evershed, R.P., Pancost, R.D. 2019. “The potential of biomarker proxies to trace climate, vegetation, and biogeochemical processes in peat: A review”, *Global and Planetary Change*, 179, 57-79.
- National Wetlands Working Group, 1988. *Wetlands of Canada. Ecological Land Classification Series*, No. 24. Sustainable Development Branch, Environment Canada. Ottawa and Polyscience Publications Inc., Montreal (452 pp.)

- Nichols J. E., Booth R. K., Jackson S. T., Pendall E. G. and Huang Y. 2006 "Paleohydrologic reconstruction based on n-alkane distributions in ombrotrophic peat", *Org. Geochem.*, 37, 1505–1513.
- Nott C. J., Xie S., Avsejs L. A., Maddy D., Chambers F. M. And Evershed R. P. 2000. " n-alkane distribution in ombrotrophic mires as indicators of vegetation change related to climatic variation", *Org. Geochem.* 31, 231–235
- Okay, A.I. ve Tüysüz, O. 1999. Tethyan sutures of northern Turkey. In "The Mediterranean Basins: Tertiary extension within the Alpine orogen" (eds. B. Durand, L. Jolivet, F. Horváth and M. Séranne), Geological Society, London, Special Publication 156, 475-515.
- Peters, K. E., Walters, C. C., Moldowan, J. M., 2005. *The Biomarker Guide: Biomarkers and Isotopes in Petroleum Exploration and Earth History*. Cambridge University Press, 1155 p.
- Petersen, H. I., Andersen, C., Anh, P. H., Bojesen Koefeld, J. A., Nielsen, L. H., Nytoft, H. P., Rosenberg, P., Thanh, L. 2001. "Petroleum potential of Oligocene lacustrine mudstones and coals Ot Dong Ho, Vietnam - an outcrop analogue to terrestrial source rocks in the greater Song Hong Basin", *Journal of Asian Earth Sciences*, 19, 135-154.
- Pelin, S. 1977. "Alucra (Giresun) Güneydoğu Yöresinin Petrol Olanakları Bakımından Jeolojik İncelenmesi. Karadeniz Teknik Üniversitesi Yer Bilimleri Dergisi, 13, 38-42.
- Sarıkaya M.A., Çiner, A. 2015. "Türkiye geç pleistosen buzullaşması ve paleoklimi", *MTA Dergisi*, 151, 111-132.
- Stout, S. A. 1992. "Aliphatic ve aromatic triterpenoid hydrocarbons in a Tertiary angiospermous lignite", *Organic Geochemistry*, 18, 51-66.
- Şenkul Ç. 2014. "Anadolu ve Yakın Çevresindeki Polen Analizleri ve Anadolu'nun Kuvaterner Paleocoğrafyasına Katkıları" *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi* 7 (1): 07-17.
- Wang, T. G., Simoneit, B. R. T. 1990. "Organic geochemistry and coal petrology of Tertiary brown coal in the Zhoujing Mine, Baise Basin, South China", *Fuel*, 69, 12-20.
- Waples, D. W. 1985. *Geochemistry in Petroleum Exploration: International Human Resources Development Corporation*, Boston, 232 p.
- Widodo, S., Bechtel, A., Anggayana K., Püttmann, W. 2009. "Reconstruction of floral changes during deposition of the Miocene Embalut coal from Kutai Basin, Mahakam Delta, East Kalimantan, Indonesia by use of aromatic hydrocarbon composition and stable carbon isotope ratios of organic matter", *Organic Geochemistry*, 40, 206–218.
- Xie, S., Nott, C. J., Avsejs, L. A., Maddy, D., Chambers, F., Evershed, R. P. 2004. "Molecular and isotopic stratigraphy in an ombrotrophic mire for palaeoclimate reconstruction", *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 68, 2849-2862.
- Yamamoto, S., Kawamura, K., Seki, O., Meyers, P. A., Zheng, Y., Zhou, W. 2010. Environmental influences over the last 16 ka on compound-specific $\delta^{13}C$ variations of leaf wax n-alkanes in the Hani peat deposit from northeast China", *Chemical Geology*, 277, 261–268.

- Zhang, E., Hatcher, P. G., Davis, A. 1993. "Chemical composition of pseudophlobaphinite precursors: Implications for the presence of aliphatic biopolymers in vitrinite from coal", *Organic Geochemistry*, 20, 721-734.
- Zhang, Z., Liu, X., Lin, Q., Gao, C., Wang, J., Wang, G. 2014. "Vegetation and climate change over the past 800 years in the monsoon margin of northeastern China reconstructed from n-alkanes from the Great Hinggan Mountain ombrotrophic peat bog", *Organic Geochemistry* 76 128–135.
- Zheng, Y., Zhou, W., Meyers, P. A., Xie, S. 2007. "Lipid biomarkers in the Zoigê-Hongyuan peat deposit: Indicators of Holocene climate changes in West China", *Organic Geochemistry*, 38, 1927–1940.
- Zhou, W., Xie, S., Meyers, P. A., Zheng, Y. 2005. "Reconstruction of late glacial holocene climate evolution in southern China from geolipids and pollen in the Dingnan peat sequence", *Organic Geochemistry*, 36, 1272-1284.
- Zhou, W., Zheng, Y., Meyers, P. A., Jull, A. J. T., Xie, S. 2010. "Postglacial climate-change record in biomarker lipid compositions of the Hani peat sequence, northeastern China", *Earth and Planetary Science Letters*, 294, 37–46.