

Suluova Havzasındaki (Amasya, K-Türkiye) Gömülü Sedimanter Birimlerin Jeolojik, Mineralojik ve Jeokimyasal Özellikleri

Tülay ALTAY^{1,*}, Murat ŞENTÜRK²

¹Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar

²Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Isparta

*Sorumlu yazar e-posta: taltay@aku.edu.tr

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-3526-6717>

e-posta: muratsenturk@sdu.edu.tr ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-3526-3021>

Geliş Tarihi: 15.02.2022

Kabul Tarihi: 28.06.2022

Öz

Suluova Havzası, başlıca D-B yönlü faylar denetiminde gelişmiş asimmetrik bir çöküntü alanıdır. Bu çalışmada havzadaki birimlerin jeolojik, mineralojik ve jeokimyasal özellikleri incelenerek, yanal ve düşey devamlılıkları, mineral oluşumları ve paleoortamsal koşulları araştırılmıştır. Bu amaçla, yapılan arazi gözlemleri ile birlikte bölgede Türkiye Kömür İşletmeleri (TKİ) tarafından kömür arama amaçlı yapılan 5 adet derin (206.5-870.4m arasında) sondajdan faydalanılmıştır. Suluova havzası, tektonik etkilere bağlı sübsidans ve sürekli kırıntı girdisiyle oldukça kalın bir tortul istifinden oluşmaktadır. Sondajlar karşılaştırıldığında bölgedeki tektonik hareketlerin varlığına bağlı olarak birimlerin yanal ve düşey yönde fasiyes değişimleri ile kuzeye doğru kalınlaştığı görülmüştür. Havzada genel olarak altta akarsu-lagüner birimlerden meydana gelen Eosen istif, üste doğru akarsu ve gölsel birimlerden meydana gelen Kuvaterner istifin varlığı belirlenmiştir. Sondajlarda aluviyal ortam çökellerini genelde çakıtaşı seviyeleri içeren kumtaşı ve çamurtaşından oluşan kırıntılı tortullar oluşturmaktadır. Gölsel birimler karbonatlı kilaşı, kumtaşı ve çamurtaşı araldanmasından oluşur. Akarsu-lagüner birimler genelde çamurtaşı, kumtaşı ile kanal dolgusu çakıtaşlarından oluşur. Tortul istif yarı kurak/kurak iklim koşullarında depolanmıştır. Yapılan XRD analizleri ile kil mineralleri, feldspat, kuvars, kalsit, dolomit, aragonit, jips ve pirit belirlenmiştir. Kil içeriği yüksek örneklerde yapılan kil fraksiyonu XRD analizlerinde Ca-simektit, illit, klorit ve kaolinit tespit edilmiştir. Yapılan jeokimyasal analiz sonuçları değerlendirildiğinde kayaçların aynı kökenden kaynaklandığı ve yaygın olarak asidik-ortaç bileşimli birimlerden oluştuğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler

Suluova Havzası;
Amasya; K-Türkiye;
Kil; Jeokimya.

Geological, Mineralogical and Geochemical Properties of Burried Sedimentary Units in the Suluova Basin (Amasya, N-Turkey)

Abstract

The Suluova Basin is an asymmetric depression area that primarily developed under the control of E-W directional faults. In this study, the geological, mineralogical and geochemical features of the units were examined and the lateral and vertical continuity of the units, mineral formations and paleoenvironmental conditions were investigated. For this aim, together with the field observations made, 5 deep drillings (between 206.5-870.4m) for coal exploration performed by Turkish Coal Enterprises (TKİ) in the region were used. Suluova basin consists of a very thick sedimentary sequence with subsidence due to tectonic effects and continuous clastic input. The units thickened towards the north with lateral and vertical facies changes due to the presence of tectonic movements. The presence of the Eocene sequence consisting of fluvio-lagoonal units at the bottom and a Quaternary sequence consisting of fluvial and lacustrine units towards the upper was determined. The sediments of the alluvial environment are generally composed of sandstone and mudstone containing conglomerate levels. Lacustrine units consist of intercalation of carbonated claystone, sandstone and mudstone. Fluvio-lagoonal units consist of mudstone, sandstone and channel fill conglomerate. The sedimentary sequence was deposited under semi-arid/arid climatic conditions. Clay minerals, feldspar, quartz,

Keywords

Suluova Basin; Amasya;
N-Turkey; Clay;
Geochemistry.

calcite, dolomite, aragonite, gypsum and pyrite were determined by XRD analysis. In the clay fraction XRD analysis, Ca-smectite, illite, chlorite and kaolinite were detected. When the results of the geochemical analysis are evaluated, it was determined that the rocks originate from the same origin and are commonly composed of the units with acidic-intermediate composition.

© Afyon Kocatepe Üniversitesi

1. Giriş

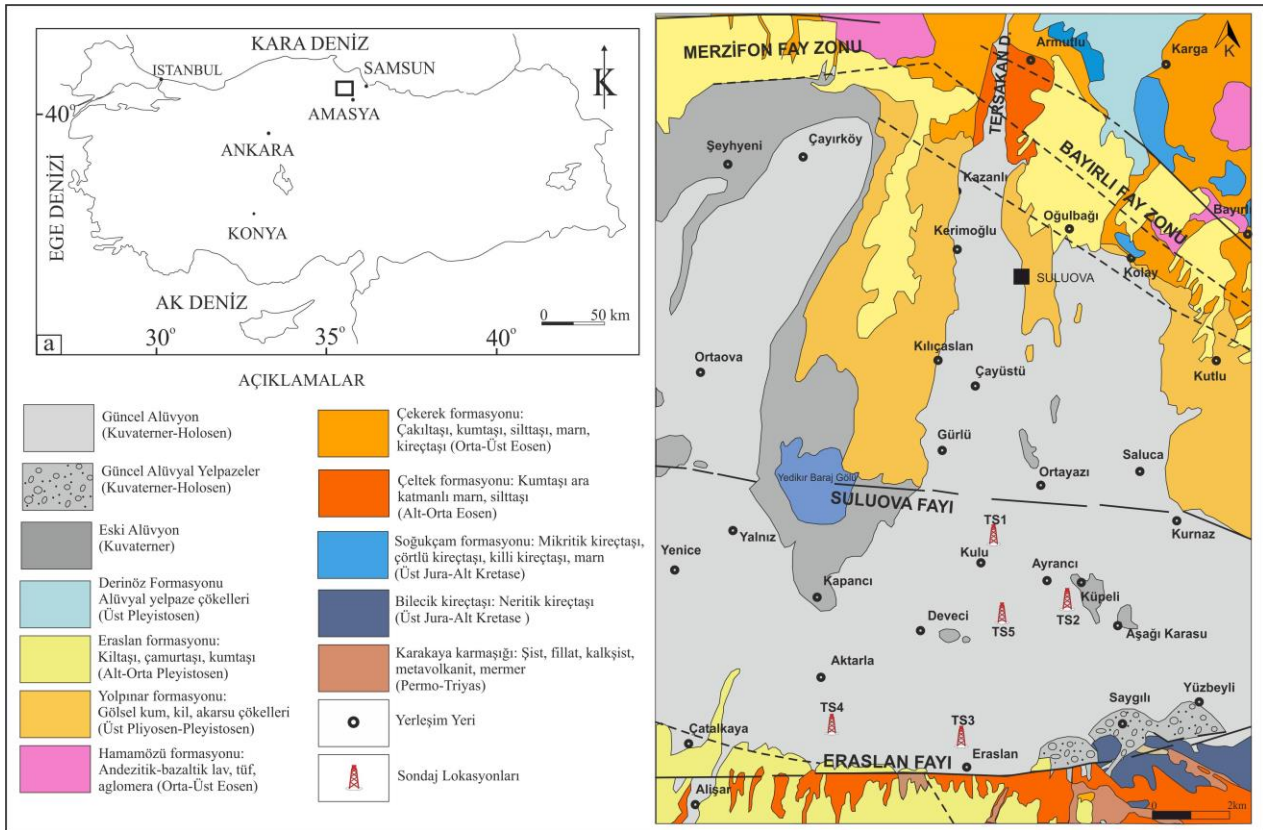
Suluova havzası Kuzey Anadolu'da Amasya'nın kuzeybatısında bulunur (Şekil 1a). Bölgede D-B doğrultusunda uzanım gösteren Kuzey Anadolu Fayı Havza segmenti, Suluova havzasının yaklaşık 15 km kuzeyinden geçer. Suluova havzası akarsu, gölsel ve sığ denizel birimlerden oluşan fay kontrollü asimetric bir havza özelliği gösterir. Havzayı güneydeki karbonat temel kayalardan ayıran sınırlar çoğu yerde faylıdır. Yörede D-B yönünde uzanım gösteren Merzifon-Esençay fayı Suluova segmenti, Suluova havzasını güneyden sınırlayan normal fay sistem(ler)ini oluşturur. Suluova havzası; genişliği kuzey-güney doğrultusunda 22 km'ye, uzunluğu ise doğu-batı doğrultusunda 45 km'ye ulaşan, geniş bir alana yayılmış romboidal-mercek biçimli bir çöküntü alanıdır (Erturaç 2009). Havzada fay sistemi kuzey doğuya doğru gençleşmiş (Bayırlı Fay zonu), batıya doğru ilerlemiş ve güneyde oluşan yeni faylar (Eraslan Fayı) ile birlikte havza genişleyerek büyük bir göl (Suluova gölü) halini almıştır. Günümüzde Suluova Fayı kontrolünde gençleşen havzada yeni depolanma alanları oluşmuştur ve havza içerisinde güncel sedimantasyon bu alanlar içerisinde devam etmektedir (Erturaç 2009).

Çalışma alanında eski yıllardan beri çok sayıda jeolojik çalışma yapılmıştır (Blumental 1950, Alp 1972, Gümüşsu 1980, Tokay 1973, Genç vd. 1991, Rojay 1993, Karayığit ve Eriş 1994, Eriş 1996, Tüysüz 1996, Karayığit vd. 1997, Atalay 2001, Sarı 2008, Keskin vd. 2008, Erturaç 2009, Erturaç ve Tüysüz 2010, Rojay ve Koçyiğit 2012, Sevin ve Uğuz 2013, Canbolat 2014, Erturaç vd. 2019, Başeğmez 2020). Bu çalışma ile havzada bulunan gömülü sedimanter birimlerin jeolojik, mineralojik ve jeokimyasal özellikleri incelenmiş, bölgedeki tektonik hareketlerin varlığına bağlı olarak birimlerin yanal ve düşey devamlılıkları ve minerallerin kökensel özelliklerinin araştırılması amaçlanmıştır. Bu amaçla havzada TKİ (Türkiye Kömür İşletmeleri) Genel

Müdürlüğü ruhsatında bulunan kömür arama ve rezerv amaçlı yapılan derin sondajlardan faydalanılmıştır, sondaj karotlarından uygun örnekler alınarak havza bir bütün olarak değerlendirilmeye çalışılmıştır.

2. Materyal ve Metot

İnceleme alanında çalışmanın amacına uygun olarak beş sondajdan sistematik olarak örnek alınmıştır (TS1: 870.4m, TS2: 497m, TS3:206.5m, TS4: 211.1m ve TS5:666.6m) (Şekil 1b, Çizelge 1). Derlenen örnekler her sondaja ve alındığı metreye göre adlandırılmıştır. Öncelikle seçilen örnekler kurutulduktan sonra Afyon Kocatepe Üniversitesi Maden Mühendisliği Cevher Hazırlama Laboratuvarında halkalı değirmen yardımı ile -100 µm boyutuna kadar öğütülmüştür. Öğütülen örneklerin tüm kaya mineralojik analizi AKU TUAM laboratuvarında $2\theta=2^{\circ}-70^{\circ}$ aralığında yapılmıştır. XRD grafiklerinin incelenmesi ile kil oranı yüksek olan örneklerin kil ayırma işlemi (silikat ve karbonatlardan) yapıldıktan sonra kil minerallerinin türlerinin belirlenmesi için normal, etilen glikollü ve 550°C de fırınlanmış örnekler üzerinde $2\theta=2^{\circ}-30^{\circ}$ aralığında çekim yapılmıştır. Analizler Shimadzu 6000 ve Bruker D8 Advance model X-ışınları difraktometre (XRD) aletleri ile yapılmıştır. XRD grafiklerinden mineral adlamaları JCPDS (1993) kartları kullanılarak yapılmıştır. Minerallerin örnek içerisindeki % oranları kütle absorpsiyon katsayıları ile belirlenmiştir (Gündoğdu 1982). Bu kullanılan metodun nispi doğruluğu $\pm 15\%$ dir. Mineralojik analizler tamamlandıktan sonra seçilen örneklerden jeokimyasal analizler Acme Laboratuvarlarında (Kanada) yaptırılmıştır. Majör oksit, minör oksit, iz ve nadir toprak element, ateşte kayıp (AK) analizleri ICP-MS ve OES, toplam C (TOT/C) ve toplam S (TOT/S) analizleri ise Leco cihazı ile yaptırılmıştır (Acme Laboratuvarı analiz kodu: LF200).



Şekil 1. (a) İnceleme alanının yer bulduru, (b) inceleme alanının jeoloji haritası ve sondaj lokasyonları (Sevin ve Uğuz 2013, Erturaç 2009 ve Erturaç vd. 2019'dan faydalanılarak hazırlanmıştır).

3. Genel Jeoloji

İnceleme alanında bulunan en yaşlı birim Tokat metamorfiteridir (Şekil 1b). Sakarya Kıtası'nın temelini oluşturan Permo-Triyas yaşlı Karakaya karmaşığı (Bingöl 1975, Okay vd. 1991, 1996) içerisine dahil edilen bu kayaçlar (Tüysüz 1996) çeşitli şist, fillit, kalkışist, mermer ve metavolkanit kayaçlarla temsil edilir ve Blumental (1950) tarafından tanımlanmış ve adlandırılmıştır. Birimlerin Karakaya okyanusu içerisinde ve kapanma sürecinde geliştiği ve kapanmasından sonra gömülüp metamorfizmaya uğradığı düşünülmektedir (Yılmaz vd. 1997a ve 1997b). Birim çalışma alanında Eraslan güneyinde yayılım göstermektedir. Birimin üzerine alttan üste doğru kumlu kireçtaşı, yoğun alg-mercan içeren kireçtaşları ile mikritik kireçtaşlarından oluşan Üst Jura-Alt Kretase yaşlı Bilecik kireçtaşı uyumsuz olarak gelmektedir. İlk kez Altınlı (1973) tarafından adlandırılan Bilecik kireçtaşı çalışma alanının güneyinde yayılım göstermektedir. Birim yanıl yönde Soğukçam formasyonu ile ilişkilidir. Üst Jura-Alt Kretase yaşlı Soğukçam formasyonu ince taneli

kireçtaşları ve marn(lar)dan oluşur. İnceleme alanının kuzeydoğusunda yayılım gösteren birimi ilk kez Altınlı (1973) tanımlamıştır. Paleosen boyunca süren aşınım ortamından sonra birim üzerine doğu-batı uzanımlı olduğu düşünülen karasal (fan-delta, akarsu ve göl) havzalarda gelişen, ekonomik linyit seviyeli ve kırıntılı birimler içeren Alt-Orta Eosen yaşlı Çeltek Formasyonu gelmektedir (Erturaç 2009). Birim inceleme alanının güneyinde ve kuzeyinde yayılım gösterir. İlk kez Blumenthal (1937) tarafından tanımlanan birim üzerine uyumlu olarak Orta-Üst Eosen yaşlı Çekerek formasyonu gelmektedir. Birim havzada gelişen transgresyon sonucu çökelen sığ denizel kırıntılılar ve kireçtaşlarını içerir (Tüysüz vd. 1998) ve inceleme alanının kuzeyinde ve güneyinde yayılım gösterir. Tüm bu sedimanter istifi örten/kesen sığ denizel başlayıp hızla kara ortamında depolanan kalkalkalin karakterdeki andezitik ve bazaltik volkanitlerden oluşan Hamamözü formasyonu inceleme alanının kuzeyinde yüzeyleir (Keskin vd. 2008). Eosen yaşlı birimler üzerine aşmalı ve uyumsuz olarak Rojay (1993) tarafından isimlendirilen Yolpınar formasyonu gelmektedir. Bayırlı fayı kontrolünde

gelişen birim Suluova Havzası'nın kuzeydoğu, kuzey ve orta kesimlerinde geniş bir alanda yüzeyleyen kırıntılı bir istifden oluşur. Tabanda yüksek enerjili ortamı yansıtan kaba taneli çökel seviyeleri ile başlar, faydan uzaklaştıkça önce menderesli akarsu, daha sonra da taşkın ovası ve gölssel fasiyese geçer. Oluşumunun ilk safhasında kuzeydoğudan beslenen formasyonun yayılım ve güncel dalım yönü batı-kuzeybatıdır. Üst Pliyosen-Alt Pleyistosen yaşlı Yolpınar formasyonu Erken Pleyistosen'de havza ortasında oluşmaya başlayarak zamanla havzanın geneline yayılan Suluova Gölü'nün çökelleri (Eraslan formasyonu) ile örtülmüştür (Erturaç 2009). Tüysüz (1992) tarafından adlandırılan Eraslan formasyonu, hakim özellikleri ile yer yer çimentolanmış çapraz ve yatay laminalı ince kum ve koyu renkli siltli killerden oluşmaktadır. Tabanda kaba çakıllarla başlayan istifin devamında çapraz ve yatay laminalanma ile yer yer çimentolanma gösteren ince kum, siltli kum ve kil ile yer yer paleosol seviyeleri ardalanması gözlenir. Fosil çeriği ve birimin stratigrafik pozisyonu göz önüne alınarak Eraslan formasyonuna Alt-Orta Pleyistosen yaşı verilmiştir. Üst Pleyistosen'den itibaren havza dışında gelişen yeni faylar kontrolünde yüksek enerjili akarsu rejimleri belirgin alüvyal yelpazeler oluşturmuştur. Havzanın kuzeybatısındaki Derinöz vadisi önünde yaygın bir alanda bulunmakta olan bu çökeller Derinöz formasyonu olarak tanımlanmıştır ve havzada Eraslan formasyonunu üzerler (Erturaç 2009). Tüm bu birimlerin üzerine alüvyon ve alüvyon yelpaze ortamında çökelen çakıltaşı ve çamurtaşından oluşan çökeller gelir (Şekil 1b).

4. Bulgular

4.1. Sondajların Litolojik Özellikleri

Çalışma alanı akarsu, gölssel ve lagüner tortullardan oluşan fay kontrollü asimetrik bir çöküntü havzası özelliği gösterir. İnceleme alanında TKİ tarafından yapılan beş adet derin sondajın derinliği 206.5m ile 870.40m arasında değişmektedir. En derin sondaj (TS1) havzanın ortasında Suluova fayına yakın olarak yapılırken, en sığ sondajları (TS3 ve TS4) güneyde havza kenarında Eraslan fayına yakın yapılmıştır (Şekil 1b). Sondajlar incelendiğinde altta fluyivo-

lagüner birimlerden meydana gelen Eosen istif, üste doğru akarsu ve gölssel birimlerden meydana gelen Kuvaterner istifin varlığı belirlenmiştir (Şekil 2).

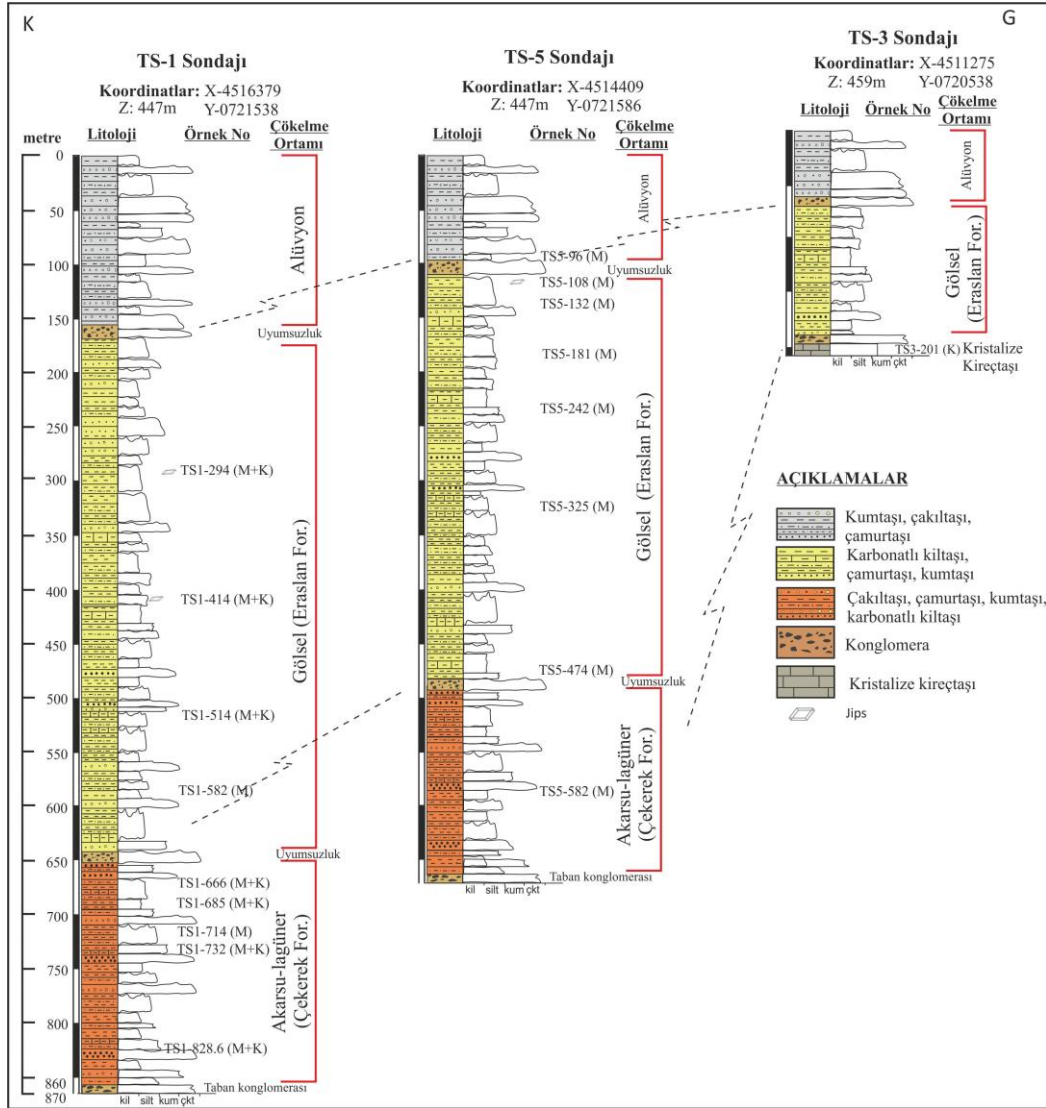


Şekil 2. Karot fotoğrafları a) TS1 sondajına ait grimsi yeşil renkli kuruma çatlaklı kilaşı seviyeleri, b) TS1 sondajına ait yer yer koyu grimsi-koyu kahverengi arasında değişen organik maddece zengin kilaşı ve çamurtaşları, c) TS2 sondajına ait sarımsı kahve renkli karbonatlı çamurtaşı, kumtaşı seviyeleri, d) TS2 sondajına ait andezit ve dasit bileşimli, porfirik dokulu ayrılmış Kretase yaşlı volkanitler, e) TS3 sondajına ait kristalize kireçtaşı.

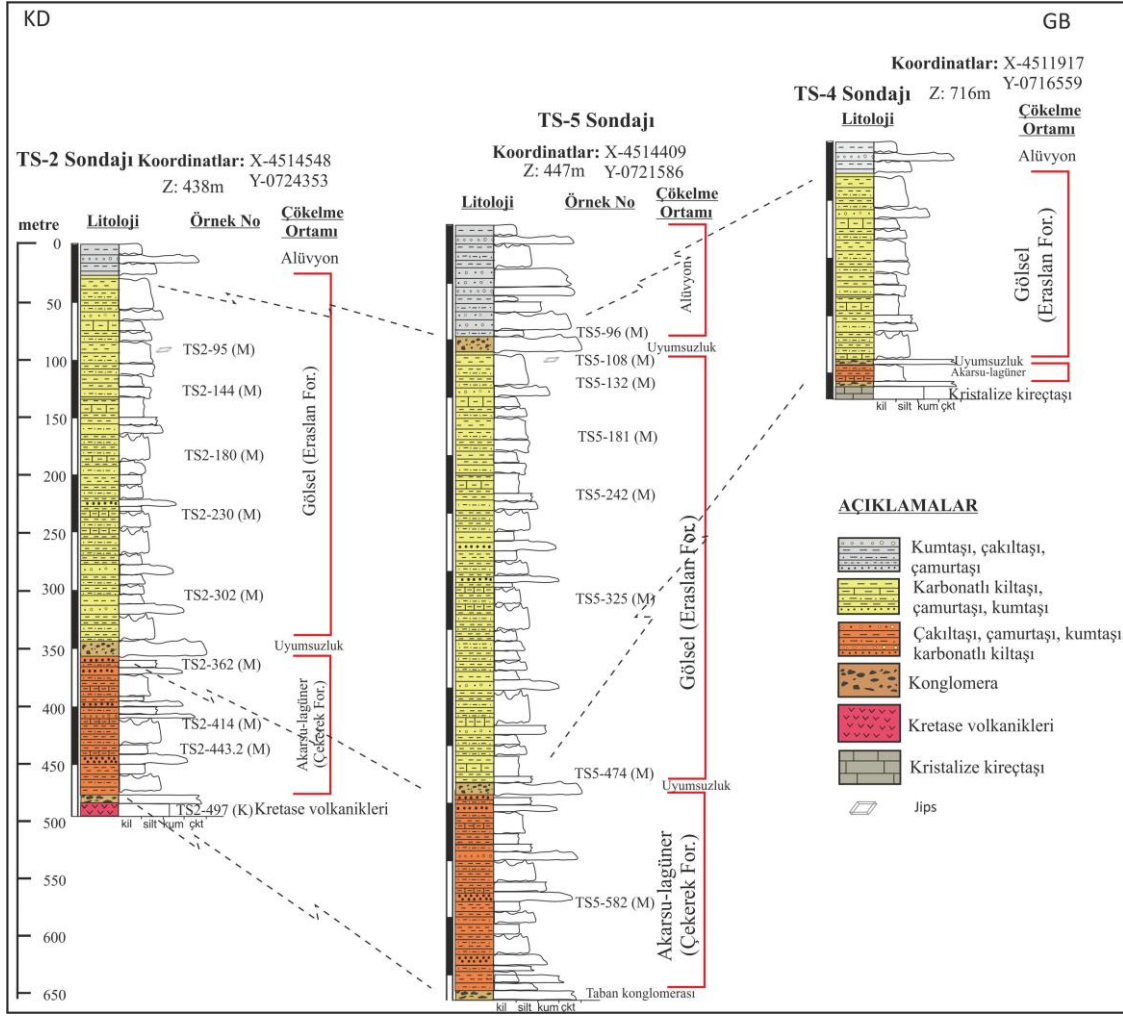
Havzanın merkezinde yapılan TS-1, TS-2 ve TS-5 sondajlarında ana çizgilerde akarsu, gölssel ve lagüner ortamda çökelmiş kalın bir istif kesilmiştir (Şekil 3 ve Şekil 4). TS1 sondajında 154m ye kadar yeşil, kahve ve sarı renklerde, yer yer çakıltaşı seviyeleri içeren kumtaşı, çamurtaşından oluşan alüvyonlar kesilmiştir. 154m den 650m ye kadar çoğunlukla orta ile zayıf pekleşmiş, yeşilimsi gri kilaşı-çamurtaşı ardalanmasından oluşan ince taneli gölssel ortamı karakterize eden sedimanter

istif bulunmaktadır. Kalkerli kilitaşı ve kumtaşıdan oluşan arakatmanlar istifin farklı seviyelerinde gözlenir. Varv benzeri laminalanma, siltaşıdan oluşan arakatlılar ve yersel gözlenen biyoturbasyon izleri bu istif içinde gözlenen olağan tortul yapılarıdır (Şekil 2a). TS1 sondajında 650m den sonra bej, kahve renkli kumtaşı, çamurtaşı, kilitaşı ve kanal dolgusu çakilttaşlarından oluşan akarsu-lagüner ortam çökelleri kesilmiştir. Çakilttaşını oluşturan taneler orta ile iyi yuvarlaklaşmış olup, egemen olarak Mesozoyik yaşlı kireçtaşlarının yanısıra ofiyolitlerden ve metamorfik temel kayalarından türemiş bileşenler içerir. Yer yer koyu grimsi-koyu kahverengi arasında değişen organik maddece zengin kilitaşı ve çamurtaşları yer alır (Şekil 2b). TS1

sondajı 870.40 metrede, kırmızımsı-kahve renkli ofiyolit bileşenli taban çakilttaşına ulaşıldığı için son verilmiştir. TS2 sondajında 28.5m ye kadar yeşil ve sarı renklerde kumtaşı, çamurtaşıdan oluşan alüvyonlar kesilmiştir. 28.5m den 350m ye kadar yeşil, bej renkli kalkerli kilitaşı, çamurtaşı ardalanmasından oluşan gösel istif kesilmiştir. Yer yer kumtaşıdan oluşan ara katmanlar bulunur. 350m den sonra bej, kahve renkli çakilttaş, kumtaşı ve çamurtaşıdan oluşan akarsu-lagüner birimler kesilmiştir (Şekil 2d). Yer yer kilitaşı, kireçtaşı ara katkıları bulunur. Sondaja 497 metrede, ayrılmış andezit ve dasitlerden oluşan porfirik dokulu ileri derecede ayrılmış Kretase yaşlı volkanitlere girildiği için son verilmiştir (Şekil 2d).



Şekil 3. Çalışma alanında yapılan sondajlarının K-G doğrultulu korelasyonu (Kesit üzerinde Mineralojik (M), Kimyasal analizi (K) yapılan örnek numaraları ve yerleri gösterilmiştir, sondajların lokasyonu için Şekil 1b'ye bakınız).



Şekil 4. Çalışma alanında yapılan sondajlarının KD-GB doğrultulu korelasyonu (Kesit üzerinde Mineralojik (M), Kimyasal analizi (K) yapılan örnek numaraları ve yerleri gösterilmiştir, sondajların lokasyonu için Şekil 1b'ye bakınız).

TS5 sondajında 94.55m ye alüvyon kesilmiştir. 94.55m den 472m ye kadar gölşel ortamı karakterize eden orta ile zayıf pekleşmiş, yeşilimsi gri ile açık-orta grimsi olabilen kalkerli kiltası-çamurtaşı araldanmasından oluşan ince taneli sedimanter istif kesilmiştir. Kumtaşından oluşan arakatmanlar istifin farklı seviyelerinde gözlenir. Ayrıca varv benzeri laminalanma, siltaşıdan oluşan arakatıklar gözlenir. Gölşel ortamı karakterize eden bu birimler üzerine 472m den sonra bej, kahve renkli çakıltaşı, kumtaşı ve çamurtaşından oluşan kırıntılı birimler kesilmiştir. TS-5 sondajında, 666.60 metrede, sarımsı-yeşilimsi renkli ince taneli volkanoklastik çakıltaşlarına ve bunlara eşlik eden taban oluşuklarına ulaşıldığı için son verilmiştir.

Havzanın kenarında yapılan TS3 sondajında 64.5 m ye kadar alüvyonlar ve sonra 192.5 m ye kadar göl ortamını karakterize eden ince taneli birimler kesilmiştir. 206.50 m de, grimsi, bej renkli mikritik

dokulu kireçtaşları (Jura-Kretase) kesildiğinden dolayı sondaj bitirilmiştir (Şekil 2e). Çalışma alanının güneyinde havza kenarında yapılan TS4 sondajında 29 m ye kadar alüvyonlar ve sonra 187 m ye kadar yeşilimsi gri ile sarımsı gri olabilen kalkerli çamurtaşı, marn, kiltası ve killi kireçtaşı araldanmasından oluşan ince taneli birimler kesilmiştir. 211.10 m de, koyu grimsi, mikritik dokulu, ikincil kalsit dolgulu kireçtaşları (Jura-Kretase) kesildiğinden dolayı sondaj bitirilmiştir. TS4 sondajında ana çizgilerde, akarsu ve gölşel ortamda çökeltmiş istif kesilmiştir. Sondajlar karşılaştırıldığında lagüner, akarsu ve gölşel birimlerin yanal ve düşey yönde fasiyes değişimleri ile kuzeye, havza merkezine doğru giderek kalınlaştığı görülmüştür (Şekil 3 ve Şekil 4).

4.2. Mineralojik İncelemeler

XRD analizi ile havza merkezinde bulunan ve oldukça kalın istif içeren üç adet sondaja ait (TS1, TS2 ve TS5)

25 adet karbonat ve kil içeriği yüksek örneğin mineralojik bileşimi ve oranları Çizelge 1 de verilmiştir. Mineralojik analizler için seçilen sondajlar ve karot örnekleri çalışma amacına uygun olarak çalışma alanını karakterize edecek şekilde belirlenmiştir. Örneklerde kil mineralleri, kuvars, feldispat, kalsit, dolomit, aragonit, jips ve pirit tespit edilmiştir. İllit, Ca-simektit, klorit ve kaolinit tespit edilen kil mineralleridir. Kil mineralleri, kuvars, feldispat ve kalsit sondaj loglarının hemen her seviyesinde gözlenmiştir. Sondaj loglarının birçok seviyesinde kil ve karbonat içeriğinin oldukça yüksek olduğu belirlenmiştir. Buna karşın kuvars ve feldispat düşük oranlarda gözlenmiştir (Şekil 5, Çizelge 1). Jips ve piritin sondajın orta seviyelerinde düşük oranlarda bulunduğu tespit edilmiştir. İnceleme alanında en yaygın bulunan karbonat minerali kalsittir. Kalsite oranla dolomitin daha az olduğu belirlenmiştir. Aragonit ise TS1 ve TS2 sondajlarında bir iki seviyede tespit edilmiştir.

Dolomit minerallerinin Ca/Mg oranı XRD grafikleri incelenerek tespit edilebilir (Goldsmith and Graf 1958). XRD diyagramları incelendiğinde dolomitlerin yaygın olarak Ca-dolomit (2.90 Å) olduğu belirlenmiştir.

Havzadaki sondaj örneklerinden kil içeriği yüksek olanlarda yapılan kil boyu XRD normal çekimlerinde 14.46 A°, 13.90 A° da, etilen glikol uygulanan çekimlerinde 17.83 A°, 17.41 A° da pik veren Ca-Simektit mineralleri gözlenmiştir (Şekil 6). Bu minerallerin yanında klorit, illit ve kaolinit mineralleri belirlenmiştir. Klorit normal ve fırınlı çekimlerde 14.46 A°, 13.95 A° da pikleri belirlenmiştir (Şekil 6a). İllit normal ve etilen glikollü çekimlerde 10.20 A°, 10.11 A°, 10.02 A° da pikleri gözlenmiştir (Şekil 6). Kaolinit ise etilen glikollü ve normal çekimde de 7.17 A° ve 3.56 A° da, 550 °C de 3.56 A° daki pikleri ile belirlenmiştir (Şekil 6).

Çizelge 1. Sondajlardan seçilen örneklerin mineralojik bileşimleri.

Örnek No	Kil	Kuvars	Feldispat	Kalsit	Dolomit	Aragonit	Jips	Pirit
TS1-294.00	*****	*	*	**	acc		acc	
TS1-414.00	*****	*	*	*	*	*	*	acc
TS1-514.00	*****	*	*	**	**			
TS1-582.00	*****	*	*	*	acc	*		
TS1-666.00	*****	**	*	*	acc			
TS1-685.00	*****	*	*	***	acc	acc		
TS1-714.00	*****	*	acc	*	acc			
TS1-732.00	****	*	*	****				
TS1-828.00	*****	**	*	*				
TS2-95.00	****	*	*	*	***		*	
TS2-144.00	*****	*	*	*	acc			
TS2-180.00	*****	*	*	*	acc			
TS2-230.00	*****	acc	acc	**	acc			acc
TS2-302.00	*****	*	*	*	*			
TS2-362.00	**	***	****	**	acc			
TS2-414.00	*****	*	**	*				acc
TS2-443.20	*****	*	acc	**		*		acc
TS5-96.00	*****	*	*	*	acc			
TS5-108.00	*****	*	*	**	acc		acc	acc
TS5-132.00	*****	*	*	*	acc			
TS5-181.00	*****	*	*	**	acc			
TS5-242.00	*****	*	*	***	*			
TS5-325.10	*****	*	**	*	acc			
TS5-474.00	*****	*	*	**	acc			
TS5-582.00	*****	*	**	**	acc			

Not: Minerallerin nispi bollukları ^{*}^{**} işareti ile belirtilmiştir. acc: aksesuar

4.3. Jeokimyasal İncelemeler

İnceleme alanında mineralojik analiz sonuçlarına göre TS1 sondajından 8, TS2 ve TS3 sondajlarından

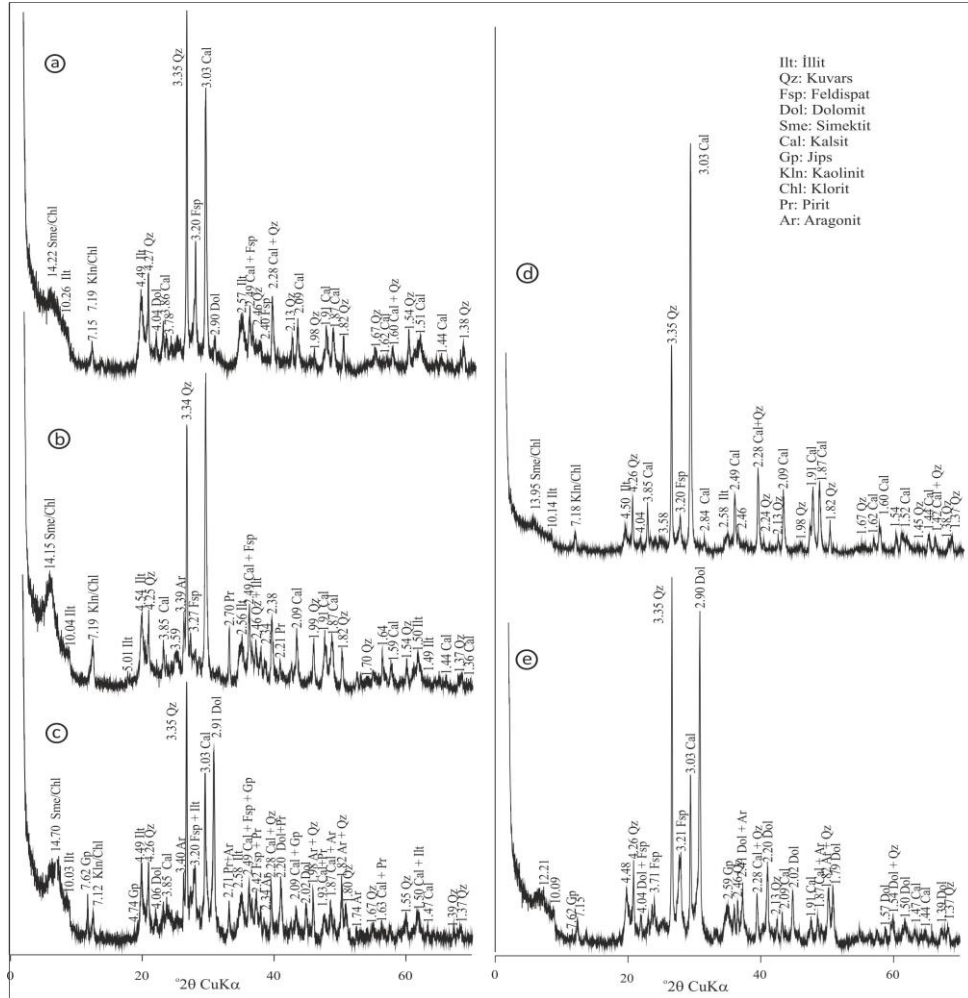
seçilen birer adet örnekten ana element oksit, iz ve nadir toprak element, ateşte kayıp (AK), toplam C (TOT/C) ve toplam S (TOT/S) analizleri yaptırılmıştır. TS1 sondajından seçilen örnekler kil ve karbonatça

zengindir. TS2 sondajından seçilen örnek (TS2-497) Kretase volkanitlerine aittir. Kretase volkanitleri inceleme alanı dışında Amasya boğazının doğu ve kuzey kesimlerinde yüzylemektedir. TS3 sondajından seçilen örnek (TS3-201) ise kristalize kireçtaşıdır. Kimyasal analizi yapılan örneklerin ana element oksit, ateşte kayıp, toplam C ve toplam S içerikleri Çizelge 2' de verilmiştir.

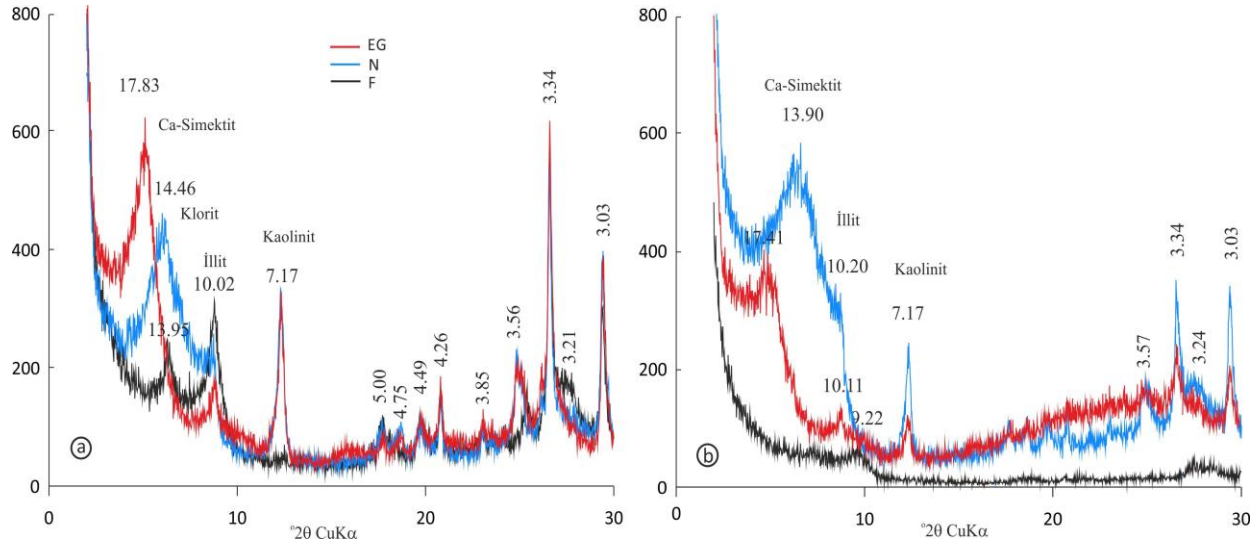
Havza merkezi kesiminde bulunan TS1 sondajında kimyasal analizi yapılan kil içeriği yüksek olan örneklerde SiO₂ içeriği yüksektir (%39.95-52.64). Al₂O₃ içeriğine bakıldığında SiO₂ içerikleri ile genelde paralel hareket ettiği belirlenmiştir. CaO içeriklerinin özellikle karbonat içeriği yüksek örneklerde yüksek olduğu tespit edilmiştir. CaO içeriği TS1 sondaj örneklerinde %5.49 ile 24.38 arasında değişmektedir. TS1 sondaj örneklerinde TOT/C (toplam C) içeriği %1.20-5.87 arasında değişmektedir. Kristalize kireçtaşı örneğinde (TS3-

201) CaO ve toplam C içeriği en yüksek değerde olduğu tespit edilmiştir (CaO:%55.59, toplam C:12.42). Toplam S içeriği jips mineral içeriğine bağlı olarak iki örnekte (TS1-294, TS1-414) belirgin tespit edilmiştir (Çizelge 2). Kimyasal analizi yapılan TS1 nolu sondaj örneklerinin paleoiklimsel oluşum ortamını gösteren SiO₂-(Al₂O₃+K₂O+Na₂O) grafiğinde (Suttner and Dutta 1986) genellikle kurak/yarı kurak koşullarda olduğu belirlenmiştir (Şekil 7).

TS1 sondajında Sr içeriği 347.5 ve 732 ppm arasında, Ba; 260 ve 401 ppm arasında, Rb; 41.9 ve 105 ppm arasında, Zr; 73.6 ve 151.3 ppm, V; 76 ve 161 ppm, Ni; 33 ve 65 ppm arasında değişmektedir. Kil içeriği yüksek örneklerde karbonat içeriği yüksek örneklere göre daha fazla Cs, V, Cr, Sc, Ni, Ta, Zr içerikleri belirlenmiştir. Saf kristalize kireçtaşı örneğinin (TS3-201) en düşük iz ve nadir toprak element içeriğine sahip olduğu görülmüştür (Çizelge 2 ve Çizelge 3).



Şekil 5. a) TS5-582 nolu, b) TS2-443.2 nolu, c) TS1-414 nolu, d) TS1-732 nolu, e) TS2-95 nolu örneklerin tüm kayaç XRD grafikleri.



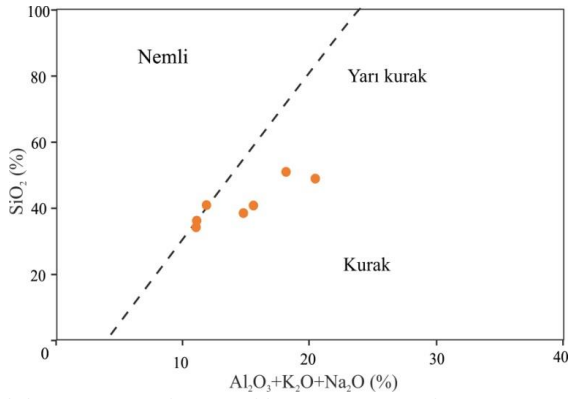
Şekil 6. a) TS2-443.2 nolu örneğin kil boyu XRD grafiği, b) TS5-582 nolu örneğin kil boyu XRD grafiği.

Çizelge 2. Sondajlardan seçilen örneklerin ana element oksit, AK, Toplam C, Toplam S (%) ve iz element (ppm) içerikleri.

Örnek No	TS1-294	TS1-414	TS1-514	TS1-666	TS1-685	TS1-732	TS1-828	TS2-497	TS3-201
SiO ₂	39.95	37.15	31.83	50.05	40.15	34.25	52.64	45.9	0.21
Al ₂ O ₃	12.03	11.26	8.02	16.41	8.96	8.64	14.58	12.86	0.02
Fe ₂ O ₃ ^T	7.6	5.73	3.52	7.71	3.88	3.92	6.75	11.04	0.08
MgO	4.04	5.42	5.85	3.21	4.64	1.9	2.22	7.34	0.42
CaO	13.17	15.19	21.28	5.49	18.45	24.38	6.24	8.79	55.59
Na ₂ O	1.54	1.62	1.45	1.25	1.3	0.89	1.23	3.84	<0.01
K ₂ O	1.92	1.81	1.49	2.7	1.53	1.48	2.25	1.44	<0.01
TiO ₂	0.57	0.51	0.37	0.76	0.39	0.46	0.76	0.98	<0.01
P ₂ O ₅	0.19	0.17	0.15	0.18	0.16	0.14	0.15	0.43	<0.01
MnO	0.13	0.16	0.07	0.14	0.17	0.23	0.13	0.18	<0.01
Cr ₂ O ₃	0.015	0.013	0.009	0.014	0.013	0.01	0.012	0.013	0.002
AK	18.6	20.8	25.8	11.9	20.2	23.5	12.8	7	43.6
Top	99.83	99.84	99.84	99.83	99.88	99.87	99.84	99.82	99.96
Toplam C	3.83	4.3	5.87	1.25	4.06	5.47	1.2	0.09	12.42
Toplam S	1.47	1.22	0.03	<0.02	<0.02	0.05	<0.02	<0.02	<0.02
Ba	401	330	356	294	260	260	360	344	8
Ni	65	57	35	46	33	29	45	30	<20
Sc	15	14	9	21	14	11	19	37	<1
Be	2	2	1	1	<1	2	3	1	<1
Co	16.3	17.7	10.8	21	12.1	15.3	20.9	40	<0.2
Cs	5.4	5.1	3.2	8.2	2.8	3.3	6	7.9	0.1
Ga	12.2	11.7	8	18.7	8.2	8.5	15.2	12.4	<0.5
Hf	2.7	2.5	1.8	3.8	1.9	2.4	3.8	3.3	0.1
Nb	8.8	7.3	5.2	10.6	4.6	6.4	11.1	8.4	<0.1
Rb	68.1	63.7	44.7	105	41.9	54.1	81.9	67.8	0.3
Sr	610	603.6	732	347.5	444.1	363.3	355.5	282.7	175
Ta	0.5	0.5	0.3	0.7	0.3	0.4	0.7	0.5	<0.1
Th	7.7	6.7	4.8	10.2	3.8	5.9	9.7	7.8	<0.2
V	114	112	78	161	76	93	143	287	10
W	1.3	1.5	1.3	1.9	0.9	0.8	1.5	1.5	<0.5
Zr	110	100.5	73.6	145.1	74.1	96.1	151.3	121	7.8
Y	16.9	15.4	10.1	26.9	12.1	19.2	24.6	23.8	0.5

Sr içeriğinin karbonat ve sülfat içeren örneklerde kilce içeriği yüksek olan örneklere göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Kalsit ve dolomit içeriği yüksek olan örnek de (TS1-514) Sr içeriği en yüksek

değerdedir (732ppm). Safa yakın kil içeren örneklerde ise (TS1-666 ve TS1-828) Sr içeriği sırası 347.5ppm ve 355.5ppm dir.



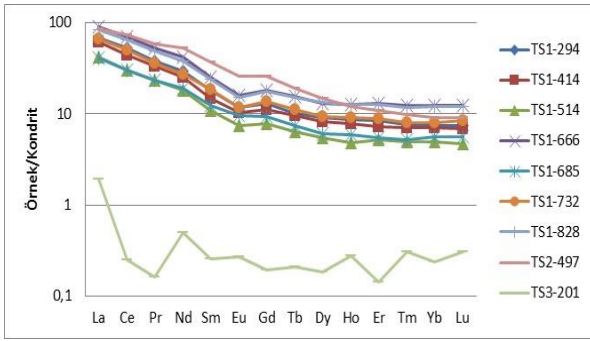
Şekil 7. TS1 sondaj örneklerinin SiO₂ - Al₂O₃+K₂O+Na₂O diyagramı.

TS1 sondaj örneklerinin toplam NTE içerikleri 61.02ppm ile 139.98 ppm arasında değişmektedir. Karbonatça zengin örneklerin NTE miktarının kilce zengin örneklerle göre oldukça düşük olduğu belirlenmiştir. Dolomit ve kalsit içeriği yüksek olan örnek de (TS1-514) toplam NTE miktarı en düşük değerde iken (61.02 ppm), safa yakın kil içeren örneklerde ise (TS1-666 ve TS1-828) toplam NTE içeriği sırası 139.98ppm ve 130.22ppm içerikleri ile en yüksek değerlerdedir. TS2-497 nolu Kretase volkanitlerine ait örnekler ise kil ve karbonatça zengin örneklerden daha yüksek NTE miktarı içermektedir (Çizelge 3).

Çizelge 3. Sondajlardan seçilen örneklerin NTE içerikleri (ppm), anomali ve oranları.

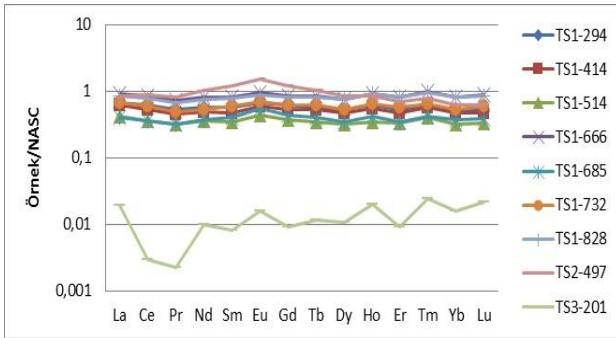
Örnek No	TS1-294	TS1-414	TS1-514	TS1-666	TS1-685	TS1-732	TS1-828	TS2-497	TS3-201
La	21.1	19.2	13.1	28.3	12.8	20.8	26.2	26.7	0.6
Ce	42.6	35.9	24.6	57.1	24.5	40.3	52.8	59.3	0.2
Pr	4.68	4.08	2.85	6.49	2.86	4.35	5.99	7.2	<0.02
Nd	17.8	15.2	10.9	25.4	11.4	16.4	23	31.4	<0.3
Sm	3.53	2.88	2.12	4.88	2.42	3.61	4.69	7.27	<0.05
Eu	0.86	0.76	0.55	1.18	0.7	0.87	1.12	1.92	<0.02
Gd	3.38	2.92	2.04	4.74	2.41	3.51	4.53	6.79	<0.05
Tb	0.48	0.45	0.3	0.73	0.35	0.53	0.71	0.9	<0.01
Dy	2.92	2.66	1.78	4.19	1.95	3.00	4.28	4.8	0.06
Ho	0.62	0.56	0.35	0.91	0.42	0.65	0.91	0.86	<0.02
Er	1.77	1.54	1.1	2.7	1.15	1.86	2.68	2.31	<0.03
Tm	0.25	0.23	0.16	0.4	0.17	0.26	0.38	0.32	<0.01
Yb	1.56	1.47	1.02	2.56	1.18	1.67	2.54	1.91	<0.05
Lu	0.24	0.22	0.15	0.4	0.18	0.27	0.39	0.29	<0.01
NASC'a göre									
Eu/Eu*	1.14	1.20	1.21	1.13	1.33	1.12	1.11	1.25	1.84
Ce/Ce*	1.06	1.01	1.00	1.05	1.01	1.05	1.05	1.06	0.45
Kondrit'e göre									
Eu/Eu*	0.76	0.80	0.81	0.75	0.89	0.75	0.74	0.84	1.22
Ce/Ce*	1.03	0.98	0.97	1.01	0.97	1.02	1.01	1.03	0.44
HNTE/ ONTE	7.31	7.27	7.21	7.05	6.25	6.73	6.65	5.53	5.33
HNTE/ ANTE	22.56	21.50	21.17	19.35	19.24	20.16	18.03	25.80	11.20
NTE	101.79	88.07	61.02	139.98	62.49	98.08	130.22	151.97	1.43

Not: Eu/Eu*=Eu_N/[Sm_NGd_N]^{1/2}, Ce/Ce*=Ce_N/[La_NPr_N]^{1/2}, NTE (Nadir Toprak Element)=La-Lu, HNTE (Hafif Nadir Toprak Element)=La-Nd, ONTE (Ortalama Nadir Toprak Element)=Sm-Ho, ANTE (Ağır Nadir Toprak Element)=Er-Lu



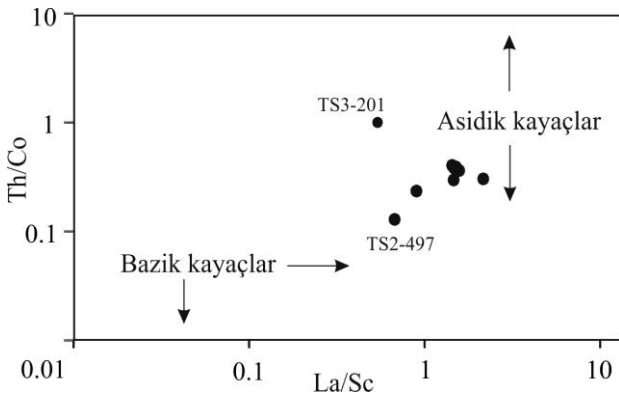
Şekil 8. Sondaj örneklerinin NTE'nin Kondrit'e göre değişimini gösteren diyagram.

Sondaj örneklerinin HNTE/ONTE (hafif NTE /ortalama NTE) oranları 5.33 ve 7.31 arasında değişmektedir. Sondaj örneklerinin HNTE/ANTE (Hafif NTE/ağır NTE) oranları 11.20 ve 25.80 arasında değişmektedir. HNT elementlerin ONT ve ANT elementlere göre zenginleşme gösterdiği tespit edilmiştir (Çizelge 4).



Şekil 9. Sondaj örneklerinin NTE'nin NASC'a göre değişimini gösteren diyagram.

Kil ve kireçtaşı örneklerinin köken kayaları hakkında bilgi veren Th/Co-La/Sc grafiğine (Cullers 2002) bakıldığında sondaj örneklerinin genellikle asidik ve ortaç kayaç bölgesine düştüğü belirlenmiştir (Şekil 10).



Şekil 10. Sondaj örneklerinin Th/Co-La/Sc diyagramı.

5. Tartışma ve Sonuç

Suluova havzası genişliği kuzey-güney doğrultusunda 22 km'ye, uzunluğu ise doğu-batı doğrultusunda 45 km'ye ulaşan, geniş bir alana yayılmış romboidal-mercek biçimli bir çöküntü alanıdır (Erturaç 2009). Havzada TKİ Genel Müdürlüğü ruhsatında bulunan derinlikleri 206m ile 870m arasında değişen beş adet kömür arama ve rezerv amaçlı yapılan derin sondajlardan faydalanılmıştır. Sondaj logları ayrıntılı olarak ele alınmış ve karşılaştırılmıştır. Sondajlar incelendiğinde genel olarak altta akarsu-lagüner birimlerden meydana gelen Eosen istif, üste doğru akarsu ve gösel birimlerden meydana gelen Kuvaterner istifin varlığı belirlenmiştir. Sondajlarda yaygın olarak aluvial ortam çökellerini genelde yeşil, kahve ve sarı renklerde, yer yer çakıtaşı seviyeleri içeren kumtaşı, çamurtaşından oluşan kırıntılı tortullar oluşturmaktadır. Gösel ortam çökelleri çoğunlukla yeşil ve gri renklerde kiltası ve çamurtaşı aralanmasından oluşan ince taneli bir istiftir. Karbonatlı kil ile kumtaşından meydana gelen arakatmanlar farklı seviyelerinde gözlenir. Laminalanma özelliği gösteren kiltası, siltaşından oluşan arakatıklar, yersel gözlenen biyoturbasyon izleri, organik madde içeren çamurtaşı arakatmanları bu istif içinde yer yer gözlenir (Şekil 2a). Bölgenin jeolojisi değerlendirildiğinde kuzeye, havza merkezine doğru giderek kalınlaşan gösel birimin Kuvaterner yaşlı Eraslan formasyonu olduğu düşünülmektedir (Şekil 3 ve Şekil 4). Akarsu-lagüner birimler genelde sarı, kahve renklerde olabilen çakıtaşı, kumtaşı, çamurtaşı ile kanal dolgusu çakıtaşlarından oluşur (Şekil 2b ve c). Karbonatlı kiltasından oluşan ara katmanlar yer yer gözlenir. Çakıtaşını oluşturan taneler orta ile iyi yuvarlaklaşmış olup, egemen olarak Mesozoyik yaşlı kireçtaşlarının yanısıra ofiyolitlerden, volkanitlerden ve metamorfik temel kayalarından türemiş bileşenler içerir. Bu birimlerde yer yer koyu grimsi-koyu kahverengi arasında değişen organik maddece zengin kiltası, yer yer killi kireçtaşı ve çamurtaşları yer alır. Bu birimlerin Eosen yaşlı (Çekerek formasyonu) olduğu düşünülmektedir.

Sondajlar karşılaştırıldığında bölgedeki tektonik hareketlerin varlığına bağlı olarak lagüner, akarsu ve

gösel birimlerin yanal ve düşey yönde fasiyes değişimleri ile Suluova fayına doğru giderek kalınlaştığı görülmüştür. Eldeki veriler bütün olarak değerlendirildiğinde Suluova havzası tektonik etkilere bağlı sübsidans ve sürekli akarsularla kırıntı girdisiyle oldukça kalın bir tortul istifinden oluşmaktadır. Kumtaşı, silttaşı, çamurtaşı gibi kırıntılı birimler su seviyesinin yüksek olduğu dönemlerde çökelmiş olup bunları yarı kurak/kurak iklim koşullarını yansıtan karbonat oluşumlarının çökeli takip etmiştir.

XRD grafiklerinde değerlendirilen tüm kayaç örneklerinde başlıca kuvars, feldispat, kil mineralleri, kalsit, dolomit, aragonit, jips ve pirit mineralleri tespit edilmiştir. Kil ve karbonat mineralleri her seviyede bulunmaktadır ve havzada en yaygın bulunan karbonat minerali kalsittir. Dolomit kalsite oranla daha az bulunmaktadır. İnceleme alanındaki dolomitlerin yaygın olarak Ca-dolomit (2.90 Å) olduğu belirlenmiştir. Kil minerallerinden Ca-simektit, illit, klorit ve kaolinit tespit edilmiştir.

Gittikçe tuz oranı artan sulardan itibaren oluşan karbonat çökelimleri Mg/Ca oranlarına bağlı olarak oluşur. Çökelen ilk mineral genelde aragonittir. Aragonit normal sıcaklık ve basınçta duraysızdır ve Mg/Ca oranının artmasıyla kolayca kalsite ve dolomite dönüşür. İncelenen örneklerde aragonit ve kalsitin egemen olduğu evreler, kalsitin çökeli sırasında tuzluluğun düşük olduğunu gösterir. Ortam tuzluluğunun ve alkalinitesinin kısmen artması ve Mg'ca zenginleşme dolomitin çökeliğini sağlamıştır (Eugster and Hardie 1978).

Havzada karbonat çökeliğinden sonra, sülfat mineralleri çökelmeye başlar. Sondaj örneklerinde az miktarda jips bulunmuştur. Jips gösel birimlerden oluşan Eraslan formasyonu içerisinde tespit edilmiştir. Havzada jips çökeliğinin başlayabilmesi için çözeltinin evaporasyonla belirgin bir doygunluğa ulaşması gerekir (Magee 1991). Eardley ve Stringham (1952), jipsin çökeliğinin başlaması için yükselen pH ve sıcaklıklara ihtiyaç duyulduğunu belirtmiştir. Diğer evaporit mineralleri havzada tespit edilmemiştir.

Çözülü halde bulunan HNTE, düşük tuzluluk koşullarında çözeltiden ayrılırken, yüksek tuzluluk koşullarında ise ANTE çözeltiden ayrılmaktadır (Sholkovitz and Szymezak 2000). Kalsitin dolomite dönüşümü esnasında yapıdaki NT elementleri çözeltiye geçer. Analizi yapılan örneklerin normalize edilmiş NT element diyagramlarında karbonat ve kil içeriği yüksek olan örneklerin NTE dağılımının benzer olduğu görülmüştür. Bu durum kayaçların aynı kökenden kaynaklandığına işaret eder.

HNTE'nin, ONTE ve ANTE'ne göre zenginleşmesi ve Eu* anomalilerinin varlığı sondajlardaki kilin ve feldispatın bozuluşu ile oluştuğunu göstermektedir. Pozitif anomali gözlenmesi volkanit bir köken kayacı gösterir. Eu⁺³ diyajenetik koşullarda Eu⁺² ye indirgenerek oluşan şartlarda yeni çökelen minerallerde pozitif Eu anomalisine neden olmuştur (Toulkeridis et al. 1998).

Genel olarak örneklerin NTE eğilimlerinin Kretase volkanitlerine ait olan örneğe (TS2-497) benzediği görülmüştür. Sondaj örneklerinin Th/Co-La/Sc diyagramına bakıldığında örneklerin asidik, orta köken kayaç bölgesine düştüğü belirlenmiştir. Bu durum havzadaki sedimanter kayaçların kaynağının havzayı çevreleyen, yaygın olarak dasit, andezit bileşimli Kretase volkanitlerinden oluşan temel birimler olduğunu göstermektedir.

Teşekkür

Bu araştırmaya 18.FEN.BİL.26 numaralı proje ile maddi destek veren Afyon Kocatepe Üniversitesi BAP Koordinatörlüğüne, arazi ve sondaj çalışmalarındaki desteklerinden dolayı TKİ Genel Müdürlüğü'nün kömür aramaları proje ekibine teşekkür ederiz.

6. Kaynaklar

- Alp, D., 1972. Amasya ve Çevresinin jeolojisi, Doktora tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi Monografileri (Tabii İlimler Kısmı), 22, 101.
- Altınlı, İ. E., 1973. Bilecik Jurasığı, 50. Yıl Yerbilimleri Kongresi, *Tebliğler Dergisi*, Maden Tetkik ve Arama Yayını, 112-113.
- Atalay, Z., 2001. Amasya Yöresi'ndeki Linyitli Çeltik formasyonunun Stratigrafisi, Fasiyes ve Çökeli Ortamı Özellikleri. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 44, 2, 1-22.

- Başığmez, A., 2020. Kaleboğazı (Amasya) Eosen Havzasında bulunan sedimanter birimlerin mineralojik, petrografik ve jeokimyasal özelliklerinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar, 76.
- Bingöl, E., 1975. Batı Anadolu'nun jeotektonik evrimi, *M.T.A. Dergisi*, **86**, 14-34.
- Boynton, W.V., 1984. Geochemistry of rare earth elements: meteorite studies. Pp. 63–114 in: Rare Earth Element Geochemistry (P. Henderson, ed.). Elsevier, Amsterdam.
- Blumenthal, M.M., 1937. Merzifon ve Suluova (Amasya), kömür havzasının jeolojisi. *MTA derleme raporu*, No:7063, Ankara.
- Blumenthal, M.M., 1950. Beitrage zur Geologie des Landschaften am Mittleren und Unteren Yeşilirmak (Tokat, Amasya, Havza, Erbaa, Niksar): *Maden Tetkik ve Arama Enst. Yayını*, seri D, no.4, Ankara
- Canbolat, M. Y., 2014. Amasya yöresindeki Mesozoyik yaşlı birimlerin stratigrafisi ve paleontolojisi, Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas, 63.
- Condie, K.C., 1993. Chemical Composition and Evolution of the Upper Continental Crust; Contrasting Results from Surface Samples and Shales. *Chemical Geology*, **104**, 1-37.
- Cullers, R.L., 2002. Implications of elemental concentrations for provenance, redox conditions, and metamorphic studies of shales and limestones near Pueblo, CO, USA. *Chemical Geology*, **191** (4), 305-327.
- Eardley, A.J. and Stringham, B., 1952. Selenite crystal in the clays of Great Salt Lake. *Journal of Sedimentary Petrology*, **22**, 234-238.
- Eriş, E., 1996. Eosen yaşlı Çeltik (Amasya) kömürlerinin kimyasal-petrografik özellikleri, oluşum ortamı ve ekonomik potansiyelinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 73.
- Erturaç, M. K., 2009. Amasya ve çevresinin depremselliği ve deterministik deprem tehlike analizi. Doktora tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 136.
- Erturaç, M. K. ve Tüysüz, O., 2010. Amasya ve çevresinin depremselliği ve deterministik deprem tehlike analizi. *İTÜ Dergisi Seri d*, **9(3)**, 121-123.
- Erturaç, M. K., Erdal, O., Sunal, G., Tüysüz, O. and Şen, Ş., 2019. Quaternary evolution of the Suluova Basin: Implications on tectonics and palaeoenvironments of the central North Anatolian Shear Zone. *Canadian Journal of Earth Sciences*, **56(11)**, 1239-1261.
- Eugster, H. P., and Hardie, L.A., 1978. Saline Lakes, in A. Lerman, ed., Lakes; chemistry, geology, physics: New York, NY, Springer-Verlag, 237-293.
- Genç Ş, Kurt Z. Küçümen, Ö. Cevher, F. Saraç, G. Acar, Ş. Bilgi, C. Şenay, M. ve Poyraz, N., 1991. Merzifon (Amasya) dolayının jeolojisi, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Rapor No: 9529, Ankara.
- Goldsmith, J. R. and Graf, D.L., 1958. Relations between lattice constants and compositions of the Ca-Mg carbonates. *American Mineralogist*, **43**, 84-101.
- Gromet, L. P., Dymek, R. F., Haksin, L. A. and Korotev, R. L., 1984. The „North American Shale Composite“: its compilation, major and trace element characteristics. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **48**, 2469-2482.
- Gümüşsu, M., 1980. Amasya İli Merzifon ve Suluova ilçeleri kömür jeolojisi, MTA Rap. No.7063, Ankara.
- Gündoğdu, N.M., 1982. Neojen yaşlı Bigadiç sedimanter baseninin jeolojik, mineralojik ve jeokimyasal incelenmesi. Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 386.
- JCPDS, 1993. Mineral Powder Diffraction File Databook, Joint Committee on Powder Diffraction Standards, Swarthmore, Pennsylvania, 781.
- Karayigit, A. İ. and Eris, E., 1994. Geological setting and petrology of Celtek Eocene coals (Amasya), & the influence of the North Anatolian Fault and volcanism on the coal rank. In *International Conference & Short Course on Coalbed Methane and Coal Geology*. University of Wales Cardiff.
- Karayigit, A.İ., Gayer, R.A., Cicioğlu, E. and Eriş, E., 1997. Mineralogy and Petrography of the Two Lower Eocene Lacustrine Coals, Sorgun and Suluova. *International Journal of Coal Geology*, **34**, 111-130.
- Keskin, M., Genc, S.C. and Tüysüz, O., 2008. Petrology and geochemistry of postcollisional Middle Eocene volcanic units in North-Central Turkey: Evidence for magma generation by slab breakoff following the closure of the Northern Neotethys Ocean. *Lithos*, **104**, 267-305.
- Magee, J.W., 1991. Late Quaternary lacustrine, groundwater, aeolian and pedogenic gypsum in the Prungle Lakes, Southeastern Australia,

- Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **84**, 3-42.
- Okay, A.I., Siyako, M. and Bürkan, K.A., 1991. Geology and tectonic evolution of the Biga Peninsula. Special Issue on Tectonics (ed. J.F. Dewey), *Bulletin of the Technical University of Istanbul*, **44**, 191-255.
- Okay, A.I., Satır, M., Maluski, H., Siyako, M., Monie, P., Metzger, R. and Akyüz S., 1996. Paleo- and Neo-Tethyan events in northwest Turkey: geological and geochronological constraints. in Tectonics of Asia (ed. A. Yin & M. Harrison), *Cambridge University Press*, 420-441.
- Rojay, B., 1993. Tectonostratigraphy and Neotectonic Characteristics of the Southern Margin of Merzifon-Suluova Basin. (Central Pontides, Amasya). *Unpublished Phd Thesis*, METU, Ankara, 214.
- Rojay, B. and Koçyiğit, A., 2012. An active composite pull-apart basin within the central part of the North Anatolian Fault System: The Merzifon-Suluova Basin, Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, **21(4)**, 473-496.
- Sarı, I., 2008. Armutlu (Suluova-Amasya) linyitlerinin bazı özellikleri, rezerv hesabı ve ekonomik önemi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 83.
- Sevin, M. ve Uğuz, M. F., 2013. Türkiye Jeoloji Haritası 1/500000, Çorum - G35 Paftası, MTA Yayınları, Ankara, 26.
- Sholkovitz, E. and Szymezak, R., 2000. The estuarine chemistry of rare earth elements: comparison of the Amazon, Fly, Sepik and Gulf of Papua systems. *Earth and Planetary Science Letters*, **178**, 299-309.
- Sun, S.S. and McDonough, W.F., 1989. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications or mantle composition processes. Pp. 313-345 in: Magmatism in the Ocean Basins (A.D. Saunders and M.J. Norry, editors). *Special Publication 42, Geological Society*, London.
- Suttner, L.J. and Dutta, P.K., 1986. Alluvial sandstone composition and paleoclimate, I. Framework mineralogy. *International Journal of Sediment Research*, **56**, 329-345.
- Taylor, S.R. and McLennan, S.M., 1985. The continental Crust: Its Composition and Evolution. Blackwell, London, 312.
- Tokay M., 1973. Kuzey Anadolu Fay Zonunun Gerede ile Ilgaz arasındaki kısmında jeolojik gözlemler [Geologic observations on the North Anatolian Fault Zone in then area between Gerede and Ilgaz], Kuzey Anadolu Fayı ve Deprem Kuşağı Sempozyumu, Mineral Research and Exploration Institute of Turkey Special Publication, 12-29.
- Toulkeridis, T., Podwojewski, P. and Clauer, N., 1998. Tracing the source of gypsum in New Caledonian soils by REE contents and S-Sr isotopic compositions. *Chem. Geol.* **145**, 61-71.
- Tüysüz O., 1992. Çorum G-35-c ve G-35-d 1/50.000 paftalarının jeolojisi. *Yayınlanmamış TPAO raporu*.
- Tüysüz, O., 1996. Amasya ve Çevresinin Jeolojisi, *Türkiye 11. Petrol Kongresi Kitabı*, 32-48. Ankara.
- Tüysüz, O., Yiğitbaş, E., Genç, T. ve Tarı, U., 1998. Batı Karadeniz bölgesinin tektonik birliklerinin ayırıcı ve 1: 500.000 ölçekli jeoloji haritasının hazırlanması. Proje No: YDABÇAG-17. *TÜBİTAK Raporu*, 92.
- Yılmaz, Y., Serdar, H.S., Genc, C., Yiğitbaş, E., Gürer, Ö.F., Elmas, A., Yıldırım, M., Bozcu, M. and Gürpınar, O., 1997a. The geology and evolution of the Tokat massif, South-Central Pontides, Turkey. *International Geology Review*, **39**, 365-382.
- Yılmaz, Y., Tüysüz, O., Yiğitbaş, E., Genç, Ş.C. and Şengör, A.M.C., 1997b. Geology and tectonic evolution of the Pontides. In: Robinson, A.G. (Ed.), *Regional and Petroleum Geology of the Black Sea and Surrounding Region. Memoir, American Association of Petroleum Geologists*, **68**, 183-226.