



Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/yyufbed>



Araştırma Makalesi

Lice Formasyonu Yapılar Üyesi (Siirt Batısı) Sedimanter Kayaçlarının Mineralojik Özellikleri ve Ekonomik Önemi

Türker YAKUPOĞLU^{*1}, Nihat SÜLÜNOĞLU², Çetin YEŞİLOVA¹

¹Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 65080, Van, Türkiye

²Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği ABD, 65080, Van, Türkiye

*Sorumlu yazar e-posta: turkery@yyu.edu.tr

Öz: Siirt ilinin batısında, yaklaşık 90 km²'lik bir sahada gerçekleştirilen bu çalışmada Lice Formasyonunun Yapılar Üyesi'nden alınan çamurtaşı, jips, kumtaşı ve çakıltası örnekleri çalışmanın malzemesini oluşturmuştur. Örneklerin uygun olanlarından ince kesitler yaptırılmış, polarizan mikroskop yardımıyla incelenerek sınıflandırılmıştır. Çamurtaşlarının içerdikleri mineralleri saptamak üzere X-Işını kırınımı (XRD) analizleri gerçekleştirilmiştir. Örneklerin tüm kayaç bileşiminde saptanan mineraller; kil, mika, jips, kuvars, feldspat, kalsit, dolomit ve bassanittir. Kil kısmı analizlerinde ise klorit ve smektit belirlenmiştir. X-Işını floresans (XRF) analizlerinden elde edilen majör element ve minör element sonuçları XRD verileriyle karşılaştırılmıştır. Taramalı elektron mikroskop (SEM) ve enerji saçınımlı X-ışını (EDX) çalışmaları sürecinde, prizmatik, özşekilli-yarı özşekilli jips mineralleri belirlenmiştir. Ekonomik yorum yapabilmek amacıyla beş örneğin pişirme deneyleri ve özgül yüzey alanı testleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, dokuz killi kayaç örneğinin de silika, alüminyum ve toplam alkali modülleri hesaplanmış ve bir örneğin çimento üretimi için uygun olduğu belirlenmiştir. Mineralojik ve jeokimyasal özelliklerine göre, jipslerin yüksek kaliteli alçı hammaddesi olarak değerlendirilebileceği, killi kayaçların ise çimento üretimi açısından sınırlı potansiyele sahip olduğu yorumu yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Ekonomi, Lice formasyonu, Mineraloji, Siirt, X-Işını kırınımı

Mineralogical Characteristics and Economic Importance of Sedimentary Rocks of Yapılar Member of Lice Formation (West of Siirt)

Abstract: In this study, conducted in an area of approximately 90 km² in the west of Siirt province, mudstone, gypsum, sandstone, and conglomerate samples taken from the Yapılar Member of the Lice Formation constituted the study material. Thin sections were cut from suitable samples, and they were examined and classified using a polarizing microscope. X-ray diffraction (XRD) analyses were performed to determine the minerals contained in the mudstones. The minerals identified in the whole rock composition of the samples were clay, mica, gypsum, quartz, feldspar, calcite, dolomite, and bassanite. Chlorite and smectite were identified in the clay fraction analyses. The major and minor element results obtained from X-ray fluorescence (XRF) analyses were compared with the XRD data. Prismatic, euhedral, and subhedral gypsum minerals were identified during scanning electron microscope (SEM) and energy dispersive X-ray (EDX) studies. To provide an economic assessment, firing experiments and specific surface area tests were conducted on five samples. Additionally, the silica, aluminum, and total alkali moduli of nine clayey rock samples were calculated, and one sample was determined suitable for cement production. Based on their mineralogical and geochemical properties, gypsum can be considered a high-quality gypsum raw material, while clayey rocks have limited potential for cement production.

Keywords: Economy, Lice formation, Mineralogy, Siirt, X-Ray diffraction

Gönderilme Tarihi: 05.03.2025

Kabul Tarihi: 18.07.2025

Nasıl atıf yapılır: Yakupoğlu, T., Sülünoğlu, N., & Yeşilova, Ç. (2025). Lice formasyonu yapılar üyesi (Siirt Batısı) sedimanter kayaçlarının mineralojik özellikleri ve ekonomik önemi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 30(2), 798-814. <https://doi.org/10.53433/yyufbed.1651862>

1. Giriş

Türkiye'nin jeolojik yapısı çok sayıda okyanusal ve kıtasal mikro plakanın (Şengör ve Yılmaz, 1981) veya terranların (Okay ve Tüysüz, 1999; Göncüoğlu, 2010) birbirine eklenmesiyle oluşmuştur. Neotetisin farklı kollarının kapanmasıyla ilgili son ana orojenik olay olan Alp orojenezi, jeolojik özellikleri değişik olan bu katmanların mevcut dağılımını doğrudan kontrol etmiştir (Göncüoğlu, 2010). Çalışma alanının (Şekil 1) içinde bulunduğu Güneydoğu Anadolu Bölgesi, Güney Neotetis olarak bilinen Mesozoyik-Erken Senozoyik Tetis Okyanusu'nun kapanmasıyla ilgili jeolojik süreçleri anlamak için önemli bir bölgedir (Robertson ve ark., 2016). Güneydoğu Anadolu bölgesinde Robertson ve ark. (2016) tarafından tektonizma, magmatizma ve çökeltme temelli üç önemli jeolojik dönem ayrılmıştır: Geç Kretase (Ofiyolitlerin ve Arap ön ülkesindeki yığılma kamasının itilmesi), Geç Kretase-Erken Eosen (bölgesel yükselme, kıvrımlanma ve yüzeylenme) ve Erken-Orta Miyosen (Güney Neotetis Okyanusu'nun kapanması, oblik kıta-kıta çarpışması). Oblik kıta-kıta çarpışması, Miyosen havzasının şekillenmesini ve sedimantasyonunu aktif olarak kontrol etmiştir (Robertson ve ark., 2004 ve 2016; Darbaş & Gül 2006, 2017; Akıncı ve ark., 2016; Yılmaz, 2019; Gül ve ark., 2024). Bu çalışmada Yapılar üyesi incelenmiş olan Lice Formasyonu, Miyosen havzasında gelişen sedimantasyonun ürünlerinden biridir.

Önceki çalışmalarda Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ndeki birimler allokton ve otokton olmak üzere iki ayrı başlıkta incelenmiştir (Şekil 2). Bitlis Masifi, Ofiyolitli Karmaşık, Baykan Karmaşığı ve Çüngüş Formasyonu güneydeki otokton üniteler üzerine bindirme faylarıyla taşınmalarından dolayı allokton üniteler olarak tanımlanmıştır. Germav, Gercüş, Hoya, Germik, Fırat, Lice, Şelmo, Lahti Formasyonları ile Kıradağ Bazaltı ve alüvyonlar ise otokton birimler içinde değerlendirilmiştir. Güneydoğu Anadolu Bölgesinin otokton litostratigrafi birimlerinden olan Lice formasyonu, Tuna (1973) tarafından belirtildiği üzere, ilk defa Schmidt (1961) tarafından tanımlanmış fakat tip yeri ve tip kesiti verilmemiştir (Koyuncu, 2018). Koaster (1963) ve Stratum (1963) tarafından hazırlanan bölgesel korelasyonlarda, Diyarbakır civarındaki Orta-Üst Miyosen kayaçları için Lice Formasyonu ismi kullanılmıştır (Yeşilova, 2012). Duran ve ark. (1988) birimin yaygın ve tipik mostralarının Ergani-Dicle-Hani-Lice-Kulp hattının kuzeyinde ve Kahramanmaraş'ın kuzey alanlarında görülebileceğini ifade etmişlerdir. Lice formasyonu Yeşilova (2012) tarafından Yapılar ve Sulha Üyeleri olarak iki farklı litostratigrafi birimine ayrılmış, Siirt ilinin merkez ilçesine bağlı Akyamaç, Aktaş, Doluharman köyleri ile Siirt ilinin Kurtalan ilçesine bağlı Uluköy ve Yanarsu Köyleri çevresinde yüzeylenen ve çamurtaşı, jips, kumtaşı ve çakıltısından meydana gelen kısmı Yapılar üyesi olarak tanımlanmıştır (Şekil 2, 3). Yapılar üyesi, ismini Yanarsu, Uluköy ve Tütün köyleri boyunca uzanan Yapılar Dere'sinden almaktadır. Birim, Yanarsu, Uluköy ve Aktaş Köyleri'nde Sulha üyesi üzerinde uyumludur. Aktaş, Doluharman ve Akyamaç Köyleri'nin bulunduğu hat boyunca ise Germik Formasyonu'nun üzerine aşılmalı uyumsuzlukla gelmektedir. Yapılar üyesi olarak tanımlanan kayaçlar karasaldan denizele doğru değişen (sırasıyla akarsu-taşkın ovası-sığ deniz) çökeltme ortamlarının ürünüdür (Yeşilova, 2012).

Bu çalışmanın yapıldığı Siirt ilinde önemli bazı metalik madenler ve endüstriyel hammaddeler bulunmaktadır. Türkiye'nin önemli masif sülfür bakır yataklarından biri Şirvan ilçesindeki Madenköy bakır yatağıdır. Baykan ilçesinde krom cevheri bulunmakla birlikte küçük boyutlarda olmaları nedeniyle önemli bir potansiyele sahip değildir (MTA, 2010). Batman-Siirt arasında Türkiye'nin önemli alçıtaşı sahalarından biri bulunmaktadır. Birinci kalite olan alçıtaşları her sektörde kullanılmaya uygun özelliklere sahiptir. Baykan ilçesinde blok alınabilme özelliğinde önemli mermer rezervi bulunmaktadır. Kurtalan ilçesindeki önemli miktarda kireçtaşı ve kil rezervlerinin de çimento yapımına uygun olduğu tespit edilmiştir (MTA, 2010). Yeşilova & Helvacı (2012b), Lice formasyonunun Baykan, Kurtalan ve Şirvan yörelerinde yüzeylenen kesimini çalışmış, killi ve tuzlu kayaçlarının ekonomik önemini ortaya koymuşlardır.

Bu çalışma kapsamında Lice formasyonunun Yapılar üyesine ait sedimanter kayaçlarının mineralojik, petrografik, jeokimyasal özellikleri ile ekonomik potansiyelinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

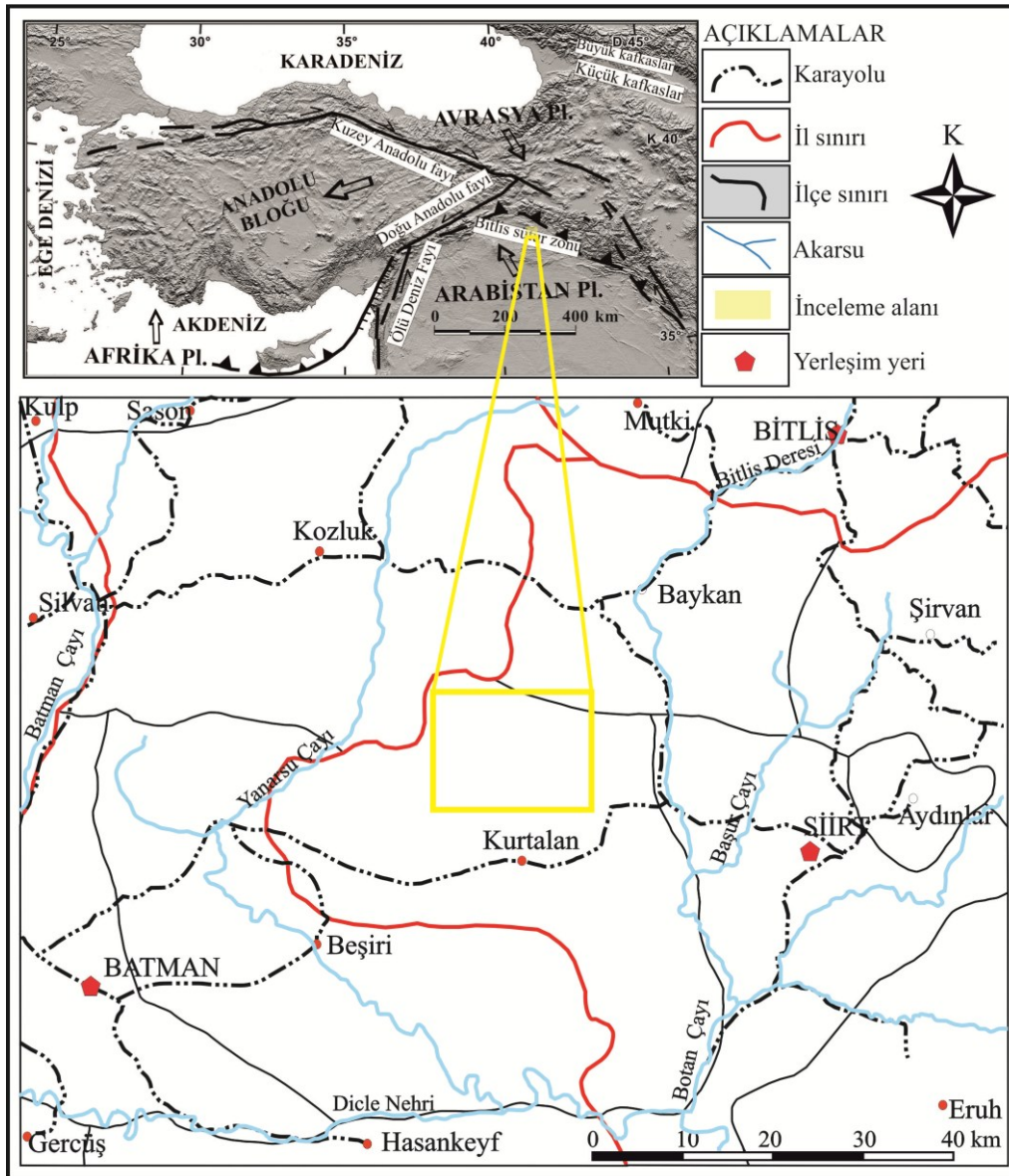
Lice formasyonunun Yapılar üyesi olarak tanımlanmış (Yeşilova, 2012) birimden arazi çalışmalarında 3 stratigrafi kesiti ölçülmüş ve toplam 45 örnek alınmıştır (Şekil 3,4). SRV ve NY kodlu

kesitler Uluköy'ün batısında; STA kodlu kesit Uluköy'ün doğusunda, Kayabağlar köyünün kuzeydoğusunda ölçülmüştür. STA kesiti Yapılar üyesinin alt kesimini (akarsu çökelleri), SRV kesiti orta kesimini (taşkın ovası çökelleri), NY kesiti üst kesimini (sığ deniz çökelleri) temsil etmektedir (Şekil 4).

STA kesitinde kumtaşı baskın kayaç türüdür. Tabanda kırmızı renkli, kalın katmanlı, kaba kumtaşı tabakaları bulunur. Kumtaşlarının kalınlıkları ve tane boyları istifin üst kesimlerine doğru azalmaktadır. Bu kesimde açık kırmızı renkli ince-orta tabakalı çamurtaşları, jips ve killi jips ile ardalanmalıdır. İstifin en üstündeki jipsler çamur oyukları içermektedir.

SRV kesitinde jips baskındır. İstifin tamamı jips ve killi jipslerle ardalanmalı kırıntılı kayaçlardan (kumtaşı, çamurtaşı, silttaşı ve kiltası) oluşmuştur. Kayaçların tümü ince tabakalıdır. İstifin üst kesimine doğru kumtaşlarının oranı artmaktadır.

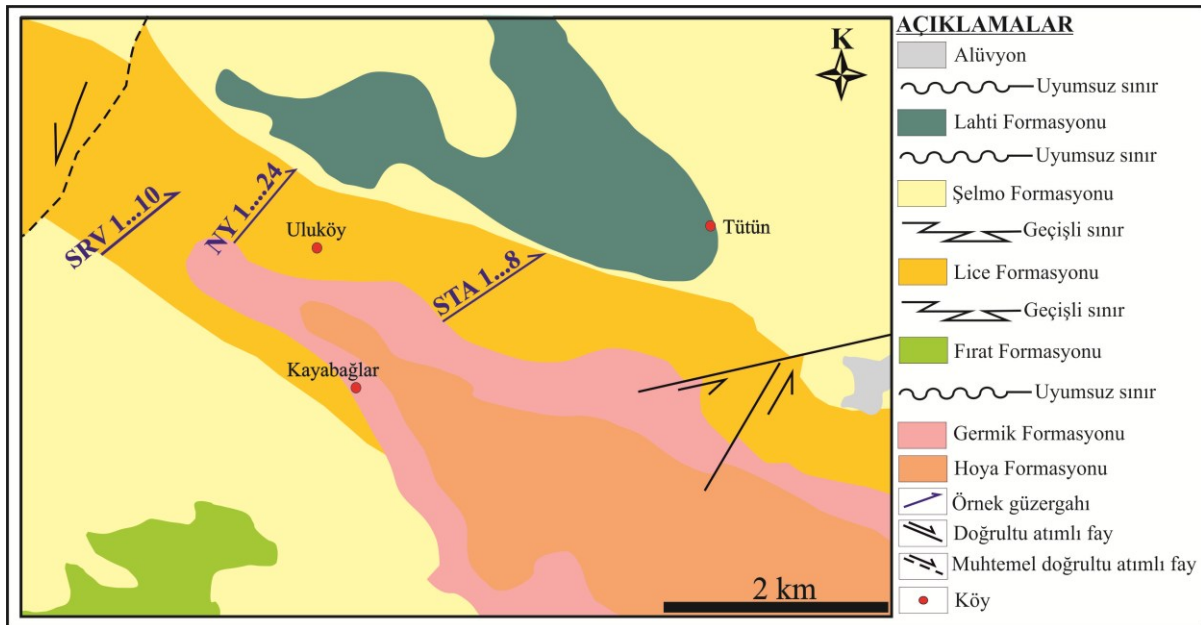
NY kesiti ince taneli-orta tabakalı kumtaşlarıyla başlar. Kumtaşlarının üzerine, yer yer jips nodülleri içeren, açık kırmızı renkli, ince-orta tabakalı çamurtaşları gelmektedir. Çamurtaşları, kuruma çatlakları içermektedir. Bu çatlakların içinde lifsi jipsler bulunmaktadır. İstifin üst kesimine doğru ince kumtaşı ve çamurtaşı tabakaları ve normal derecelenmeli, orta-kalın tabakalı açık kırmızı renkli çakıltaşları gözlenmektedir. Başlıca bileşeni kireçtaşı çakılı olan bu konglomeraların, bağlayıcı malzemesi karbonat çimentodur. İstif, ince-orta tabakalı kireçtaşları ile sonlanmaktadır.



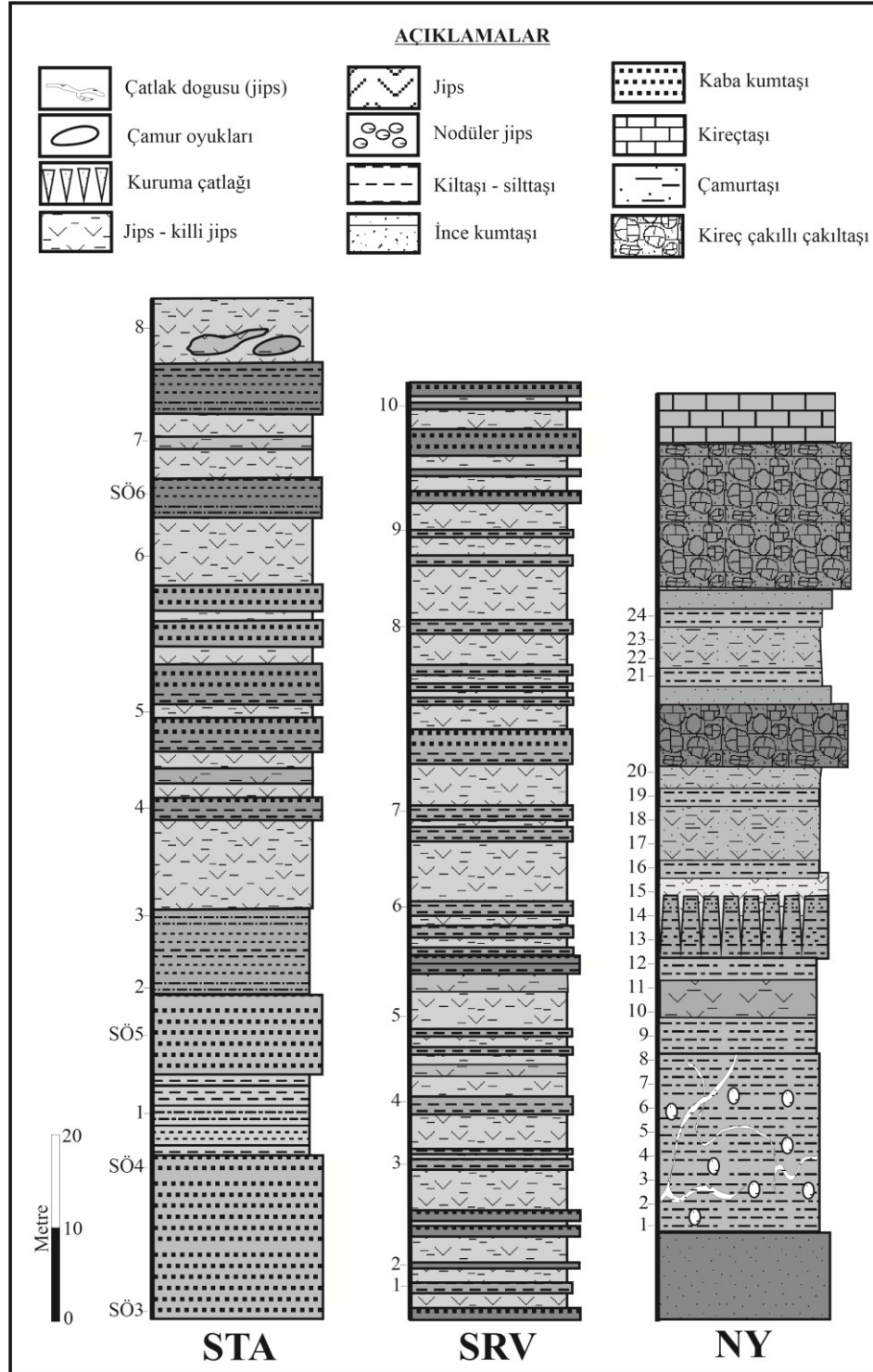
Şekil 1. Çalışma alanının yer bulduru haritası (Yeşilova (2012)'den yararlanılarak çizilmiştir).

YAŞ	FORMASYON/KALINLIK	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
SENOZOYİK	KUVATERNER	ALÜVYON	25 m Alüvyon, tıraça, traverten ile pekişmemiş kum, çakıl, silt ve çok az blok boyutu malzeme
	PLİYOSEN	LAHTİ FORMASYONU	800 m Orta-iyi pekişmiş kum, çakıl, silt ve blok boyutu malzeme
	NEOJEN	ŞELMO FORMASYONU	1200 m İyi pekişmiş kum, çakıl, silt ve blok boyutu malzeme
		LİCE FORMASYONU	1250 m Kırmızı - grimsi renkte çamurtaşı ve kumtaşı
			350 m Lice Formasyonu Sulha üyesi Yeşil-bordo renkli, jips aratabakalı kilitaşı, silttaşı ve tuzlar
			Lice Formasyonu Yapılar üyesi Pembe renkli, çamurtaşı, jips, kumtaşı ve çakiltası
		FIRAT FORMASYONU	250 m Krem-bej renkli, fosilli, sert, orta-kalın tabakalı kireçtaşı
		GERMİK FORMASYONU	600 m Beyaz-gri renkli iyi pekişmiş jips, anhidrit ve dolomit Sarı - sütlü kahve renkli, çok gözenekli altere olmuş kireçtaşı ve marn
			Hoya Formasyonu Orta-kalın tabakalı, sert, krem bej renkli, bol mikro fosilli, erime boşluklu dolomitik kireçtaşı
	PALEOJEN	HOYA FORMASYONU	700 m İyi pekişmiş karbonat çimentolu taban çakiltası

Şekil 2. Çalışma alanı ve civarının genelleştirilmiş sütun kesiti (Yeşilova (2012)'den değiştirilmiştir).



Şekil 3. Jeoloji ve örnek lokasyon haritası (Yeşilova (2012)'den yararlanılmıştır).



Şekil 4. Ölçülü stratigrafi kesitleri.

Ölçülü stratigrafi kesitleri boyunca alınan 45 adet sedimanter kayaç örneği çalışmanın malzemesini oluşturmuştur. Van YYÜ Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Sedimentoloji ve Tektonik Laboratuvarında hazırlanan örnekler MTA Genel Müdürlüğü'ne gönderilmiştir.

MTA Genel Müdürlüğü MAT Daire Başkanlığı laboratuvarlarında bu örneklerden 40 tanesi üzerinde XRD analizi, 14 örneğin XRF analizi, 5 örneğin özgül yüzey alanı tayini testi ve pişirme deneyi ile 5 örneğin ince kesiti yaptırılmıştır.

Araziden ince kesiti yapılmak üzere alınmış en az 5x5x5 cm boyutlarındaki masif ve mümkün olduğunca altere olmamış örnekler, kayaç kesme cihazı ile uygun boyutlarda kesilerek 28x48x1 mm ebatlarındaki lam üzerine araldit ile yapıştırılmıştır. Hazırlanan örnekler uygun incekesit boyutu olan 30 µm boyutuna Struers Discoplan marka vakumlu incekesit cihazı kullanılarak inceltirilmiştir. İnceltilen kesitin üzeri lamel ile kapatılarak petrografik analize hazır hale getirilmiştir. MTA’da yaptırılan beş ince kesit Van YYÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümü’nde Leica marka polarizan mikroskop altında incelenerek fotoğrafları çekilmiştir. Örneklerin tane boyları [Wentworth \(1922\)](#) tane boyu ölçeğine göre değerlendirilmiş, ince kesit petrografisi çalışmalarında [Adams ve ark. \(1984\)](#)’ten yararlanılmıştır. Kumtaşları [Dott \(1964\)](#)’e göre sınıflandırılmıştır.

XRD analizi yapılacak örnekler öncelikle etüvde kurutulmuştur. Kurutulan örnekler çeneli kırıcılarla parçalandıktan sonra öğütücüde < 0.062 mm tane boyutuna gelene kadar öğütülmüş ve 325 lik mesh aralıklı elek kullanılarak elenmişlerdir. Elek üstünde kalan taneler elekten geçecek boyuta gelene kadar öğütülmüş ve alınan örneğin tümü elekten geçtikten sonra elde edilen toz örnek, daha önce kullanılmamış, kapaklı numune saklama kabına alınmıştır. Kabin üstüne örnek numarası ve işareti yazılarak XRD analizine hazır hale getirilmiştir. Toz örneklerin XRD analizleri Cu X-ışın tüplü, LynxEye Xe-T algılayıcılı ve 90 numune yükleyiciye sahip Bruker D8 Advance cihazı ile 4-70 2θ açıları arasında, 0.040 basamak boyu, 40 s adım başına süre katsayıları ile 40 kV-40 mA voltaj altında yapılmıştır. XRD detay kil analizleri için örneklerden süspansiyon yöntemi ile kil mineralleri zenginleştirilerek cam üzerine dört adet preparat hazırlanmıştır. Bu preparatlar havada kurutulmuş, etilen glikol ile 4 saat 70 °C’lik etüvde doyurulmuş, 350°C’de 4 saat ve 550°C’de 4 saat fırınlanmış şekilde hazırlanarak XRD cihazında 4°-30° 2θ aralığında, 0.039° adım aralığında, 0.0030 s adım başına ölçüm zamanı şartlarında çekimler gerçekleştirilmiştir. Elde edilen tüm kırınım grafiklerinin ham verileri, X’Pert HighScore programı yardımıyla birleştirilmiş, Hanawalt yöntemi kullanılarak değerlendirmiştir. [Hanawalt ve ark. \(1938\)](#) tarafından geliştirilen bu yöntemde göre öncelikle piklerin 2θ açıları d(Å)’ya çevrilir. Şiddeti en fazla olan desenden başlanarak, en şiddetli üç pik değerlendirilir ve indeks kitabından yararlanılarak uygun mineralle eşleştirilir. Tüm pikler değerlendirilene kadar işleme devam edilir. Bu çalışmada mineral tayinleri [Brown & Brindley \(1980\)](#) ile [Çelik-Karakaya \(2006\)](#)’dan yararlanılarak yapılmıştır. Kırınım grafikleri üzerinde gösterilen minerallerin simgeleri için [Whitney & Evans \(2010\)](#) ile [Warr \(2020 ve 2021\)](#) çalışmalarından yararlanılmıştır.

XRF analizleri için örnekler 75 mikrona kadar öğütülmüş, 105 santigrat derecede kurutulmuş, belli oranda bağlayıcı (selüloz) ile homojen bir şekilde karıştırılmıştır. Daha sonra 40 ton basınç altında sıkıştırılarak tablet haline getirilen örnekler Thermo ARL Performx Advanced WD-XRF (4200) spektrometresi kullanılarak analiz edilmiştir. Analizlerde ticari bir yarı-kantitatif program olan UniQant programından yararlanılmıştır. Ateş yayıatı analizleri 1100 santigrat derecede yapılmıştır. Tüm sonuçlar %100 normalize edilmiştir.

Arazi çalışmaları sürecinde endüstriyel testleri yapılmak üzere alınan kilce zengin 5 örnek üzerinde pişirme testi ve özgül yüzey alanı tayini deneyi yapılmıştır. Pişirme deneyi için 500-1000 g arasında ağırlığa sahip örnekler üzerinde, 1600 °C’ye kadar ısıtma kapasiteli etüvde 5 °C/dk ısıtma hızı uygulanmıştır. Örnekler farklı sıcaklık koşullarında 10’ar dakika bekletilmiştir.

Özgül yüzey alanı tayini deneyleri yaklaşık 100 g ağırlığındaki örnekler üzerinde yapılmıştır. Deneyler, Brunauer, Emmett ve Teller (BET) yöntemiyle gerçekleştirilmiş; 100 °C sıcaklıkta, 6 saat 20 dakika süreli gaz giderme işlemi yapılmıştır.

Van YYÜ Bilim Uygulama ve Araştırma Merkezi (BUVAM) SEM laboratuvarında 5 örneğin SEM ve EDS araştırmaları yapılmıştır. SEM analizinde morfolojik özellikler hakkında daha geniş bilgiler sunan İkincil Elektron (SE) algılayıcısı tercih edilmiştir. Mikrokimyasal analizler ise FE-Sem cihazına bağlı AMETEK EDAX marka EDX algılayıcısı ile yapılmıştır. SEM ve EDX çalışmaları [Welton \(1984\)](#)’ten yararlanılarak yorumlanmıştır.

3. Bulgular

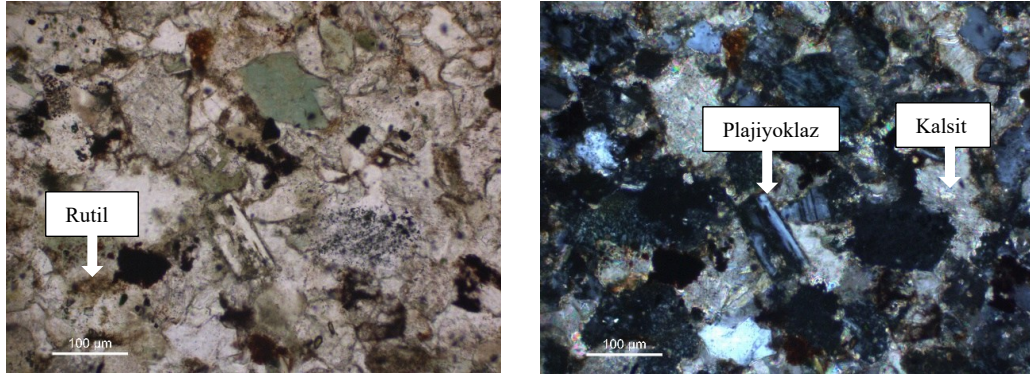
3.1. Optik mikroskop çalışmaları

İnce kesiti yaptırılan 5 örnek polarizan mikroskop altında incelenerek petrografik çalışma yürütülmüştür (Şekil 5-9). İnce kesitleri yaptırılan 5 örneğin petrografik çalışmaları sonucunda 4 örnek kumtaşı olarak tanımlanmıştır. [Dott \(1964\)](#) sınıflamasına göre 3 örnek litik arenit (litarenit) ve 1 örnek

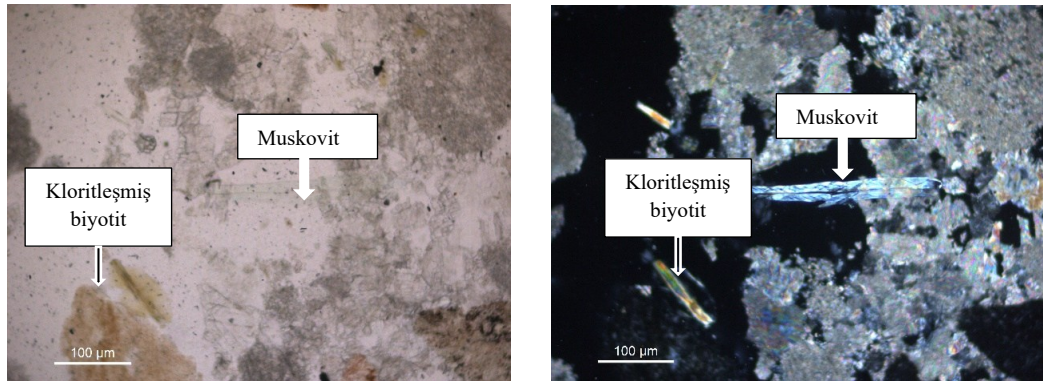
litik vake olarak sınıflandırılmıştır. İnce kesit petrografisi çalışmalarında kloritleşmiş biyotit minerallerine rastlanması kloritlerin orjinini açıklamıştır. Ayrıca kumtaşı örneklerinde rutil minerallerinin belirlenmiş olması, XRF ve EDX analizlerinde belirlenen titan oksitin rutil mineraliyle ilişkili olduğunu göstermiştir. Bileşenlerin çoğunlukla köşeli-az köşeli olmaları nedeniyle yakın bir kaynaktan taşındıkları yorumu yapılmıştır.

Jips ince kesitinde jips ve anhidrit düzensiz kristaller halinde gözlenmiştir. Buna karşın dolomit özşekli kristaller şeklindedir. Ayrıca feldispat grubu minerallerden plajiyoklaz polisentetik ikizlenmesiyle ayırt edilmiştir. Ayrıca plajiyoklazlarda killeşme nedeniyle kirli bir görüntü mevcuttur.

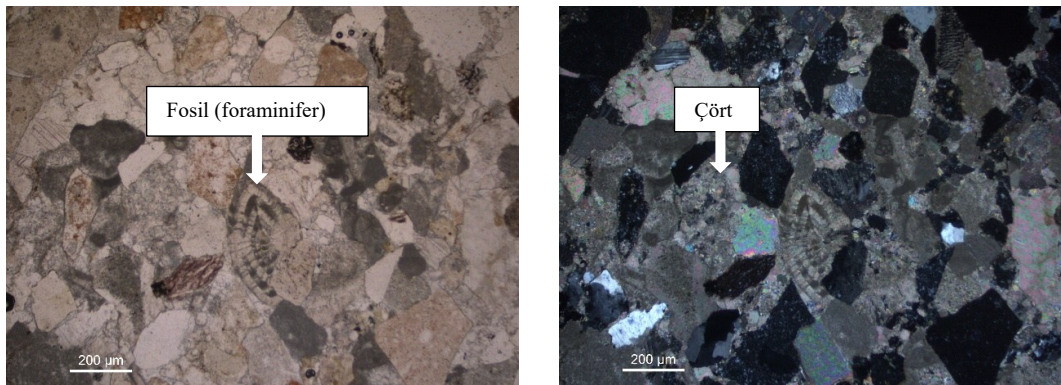
Optik mikroskop çalışmalarında elde edilen sonuçlar Çizelge 1’de sunulmuştur.



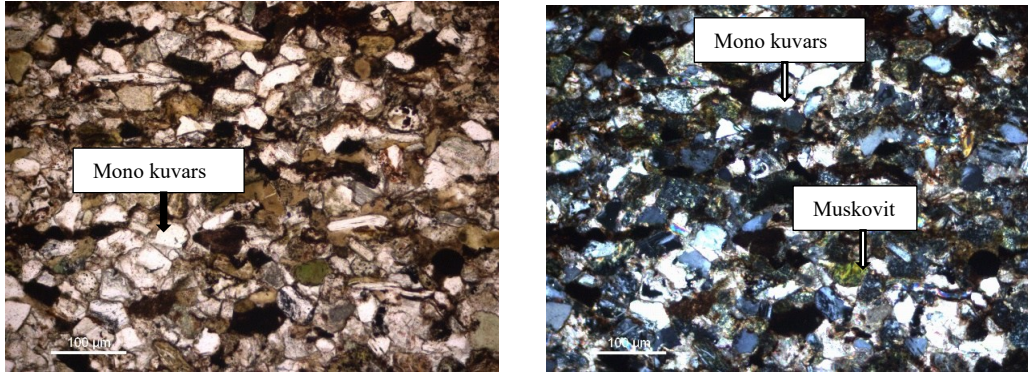
Şekil 5. Siirt örnek (SÖ) 3 numunesinin birinci nikol ve ikinci nikol mikrofotografı.



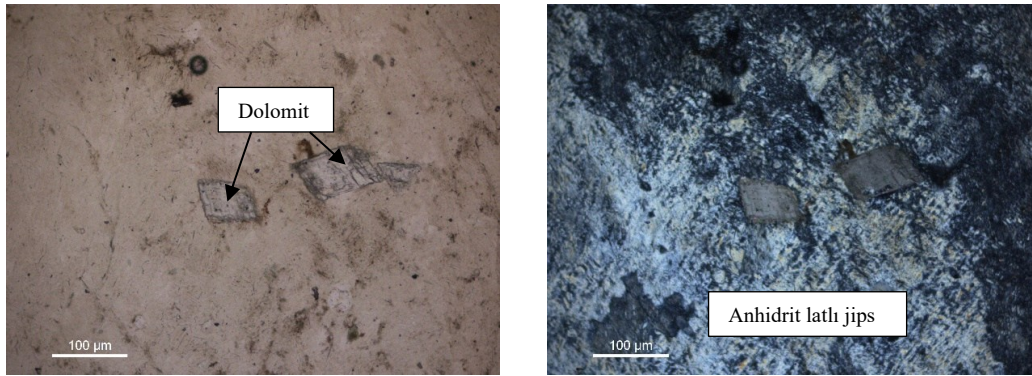
Şekil 6. Siirt örnek (SÖ) 4 numunesinin birinci nikol ve ikinci nikol mikrofotografı.



Şekil 7. Siirt örnek (SÖ) 5 numunesinin birinci nikol ve ikinci nikol mikrofotografı.



Şekil 8. Siirt örnek (SÖ) 6 numunesinin birinci nikol ve ikinci nikol mikrofotografı.



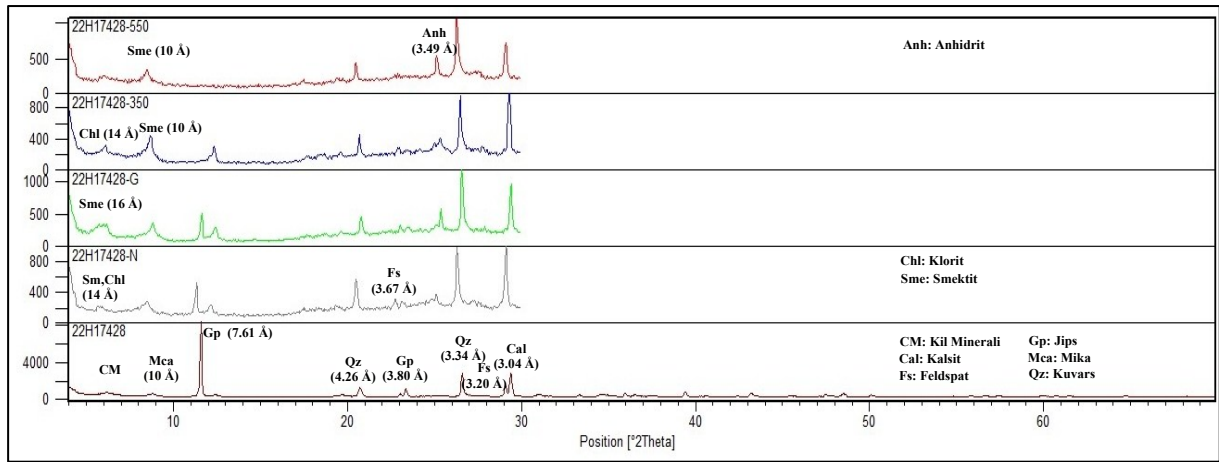
Şekil 9. SRV-5 İnce Kesit numunesinin birinci nikol ve ikinci nikol mikrofotografı.

Çizelge 1. Petrografi çalışmalarının sonuçları

Sıra No	Örnek No	Genel Görünüm	Bağlayıcı malzeme	Mineralojik Bileşim	Bozunma	Dokusal Olgunluk	Mineralojik Olgunluk	Sınıflandırma
1	Siirt örnek (SÖ) 3	Taneler az yuvarlak-az köşeli olup küresellikleri düşüktür	Kalsit çimento	Kuvars (monokristalin), sedimanter kayaç parçaları, feldispat mineralleri (plajiyoklaz), mika mineralleri, klorit ve demir oksit mineralleri	Feldispatlarda killeşme	Olgun değil	Olgun değil	Feldispatlı litarenit
2	Siirt örnek (SÖ) 4	Bileşenler çoğunlukla köşeli-az köşeli olup küresellikleri düşüktür	Kalsit çimento	Sedimanter kayaç parçaları (fösil, çört), mika mineralleri (muskovit ve biyotit)	Biyotitlerde kloritleşme	Olgun değil	Olgun değil	Litarenit
3	Siirt örnek (SÖ) 5	Bileşenler köşeli ve az köşeli olup küresellikleri değişkendir	Kalsit çimento	Sedimanter kayaç parçacıkları (özellikle fosiller) ve feldispat (plajiyoklaz)	Feldispatlarda killeşme	Olgun değil	Olgun değil	Litarenit
4	Siirt örnek (SÖ) 6	Bileşenler yassı olup küresellikleri değişkendir	Kil matriks	Kuvars (Monokristalin), feldispat ve mika mineralleri (Muskovit)	Feldispatlarda killeşme	Olgun değil	Olgun değil	Litik vake
5	SRV-5	Jips ve anhidrit düzensiz kristalli, dolomit mineralleri öz şekilli kristaller halinde gözlenmektedir	-	Feldispat (plajiyoklaz), dolomit ve anhidrit latları	Feldispatlarda killeşme	-	-	Jips

3.2. XRD analizleri

XRD analizi yapılan her bir örneğe ait kırınım grafikleri birleştirilerek (Şekil 10) değerlendirilmiştir. Birleştirilmiş kırınım grafiklerinde en altta tüm kayaç kırınım grafiği bulunmaktadır. Örneklerin kil kısmı kırınım grafikleri ise aşağıdan yukarıya doğru; havada kurutulmuş (N), etilen glikollü (EG), 350°C’de fırınlanmış (350) ve 550°C’de fırınlanmış (550) şekilde sunulmuştur. Minerallerin karakteristik yansıma pikleri (Çizelge 2) kullanılarak örneklerin mineralojik bileşimleri belirlenmiştir (Çizelge 3). Numunelerin tüm kayaç bileşimlerindeki mineraller kil, kuvars, mika, feldspat, kalsit, dolomit, jips ve bassanit olarak saptanmıştır. Jips ve bassanit aynı örneğin toz kırınım grafiklerinde birarada bulunmamaktadır. Gerek tüm kayaç gerekse kil kısmı normal çekimlerinde jips ya da bassanit saptanmış örneklerin 350 °C’de ve 550 °C’de fırınlanmış çekimlerinde anhidrit tespit edilmiş; jips ve bassanit belirlenmemiştir. Bu durum jips/bassanit minerallerinin fırınlama işlemi sırasında sularını kaybederek anhidrit minerallerine dönüşümünü göstermektedir. Kil kısmı analizlerinin çoğunda klorit minerali saptanmıştır. Klorit mineralinin biyotit mineralinin bozunmasıyla oluştuğu değerlendirilmiştir. SRV kesitinin kıltaşı örneklerinde smektit belirlenmiştir.



Şekil 10. SRV-1 nolu örneğin birleştirilmiş XRD grafikleri.

Çizelge 2. XRD analizleriyle belirlenen minerallerin karakteristik yansıma değerleri.

Karakteristik yansıma değerleri					
Mineral	Tüm kayaç	Havada kurutulmuş (N)	Etilen Glikollü (EG)	Fırınlanmış (350°C)	Fırınlanmış (550°C)
Kuvars			3.34 Å, 4.26 Å, 2.46 Å		
Feldspat			6.39 Å, 3.67 Å, 3.20 Å		
Mika			9.9-10.1 Å, 4.9-5.0 Å		
Kalsit			3.04 Å, 3.86 Å, 2.28 Å		
Dolomit			2.89 Å, 2.67 Å, 2.19 Å		
Jips		7.61 Å, 3.80 Å, 3.07 Å			
Bassanit		6.01 Å, 3.0 Å, 3.46 Å			
Anhidrit				3.49 Å, 2.85 Å, 2.33 Å	3.49 Å, 2.85 Å, 2.33 Å
Smektit		14 Å	16 Å	10 Å	10 Å
Klorit		14.0-14.4 Å	14.0-14.4 Å	14.0-14.4 Å	13.8-13.9

Çizelge 3. Örneklerin mineralojik bileşimleri.

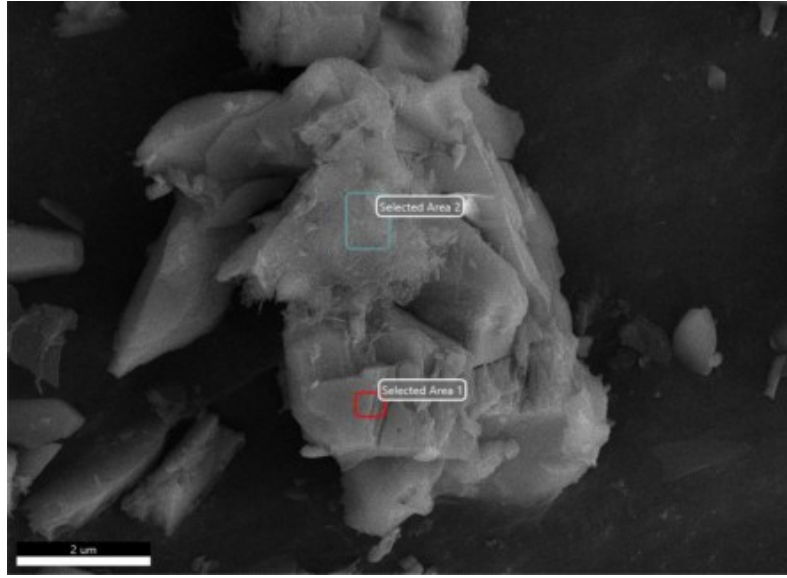
Örnek No	Kayaç Türü	Kuvars	Feldspat	Mika	Tüm Kayaç Jips	Bassanit	Kalsit	Dolomit	Kil	Klorit	Smektit
SRV- 1	Kiltaşı	+	+	+	+	-	+	-	+	+	+
SRV- 2	Kiltaşı	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+
SRV- 3	Kiltaşı	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+
SRV- 4	Kiltaşı	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+
SRV- 6	Kiltaşı	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+
SRV- 7	Kiltaşı	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+
SRV- 8	Kiltaşı	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+
SRV- 9	Kiltaşı	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+
SRV- 10	Kiltaşı	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+
NY- 1	Çamurtaşı	+	+	+	-	-	+	+	+	+	-
NY- 2	Çamurtaşı	+	+	+	+	-	+	+	+	+	-
NY- 3	Çamurtaşı	+	+	+	-	+	+	+	+	+	-
NY- 4	Çamurtaşı	+	+	+	+	-	+	+	-	-	-
NY- 5	Çamurtaşı	+	+	+	+	-	+	+	-	-	-
NY- 6	Jips	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-
NY- 7	Çamurtaşı	+	+	+	+	-	+	+	+	+	-
NY- 8	Çamurtaşı	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-
NY- 9	Çamurtaşı	+	+	+	+	-	-	-	+	+	-
NY- 10	Jips	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-
NY- 11	Jips	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-
NY- 12	Çamurtaşı	+	+	+	+	-	-	-	+	+	-
NY- 13	Çamurtaşı	+	+	+	+	-	+	+	+	+	-
NY- 14	Jips	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-
NY- 16	Çamurtaşı	+	+	+	+	-	+	+	-	-	-
NY- 17	Jips	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-
NY- 18	Jips	+	+	+	+	-	+	+	+	+	-
NY- 19	Çamurtaşı	+	+	+	-	-	+	+	+	+	-
NY- 20	Jips	+	+	+	+	-	+	+	-	-	-
NY- 21	Çamurtaşı	+	+	+	-	-	+	+	+	+	-
NY- 22	Çamurtaşı	+	+	+	+	-	+	+	+	+	-
NY- 23	Jips	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-
NY- 24	Çamurtaşı	+	+	+	-	+	+	+	+	+	-
STA- 1	Çamurtaşı	+	+	+	+	-	+	+	+	+	-
STA- 2	Çamurtaşı	+	+	+	+	-	+	+	+	+	-
STA- 3	Çamurtaşı	+	+	+	+	-	+	+	+	+	-
STA- 4	Çamurtaşı	+	+	+	+	-	+	+	+	+	-
STA- 5	Jips	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-
STA- 6	Jips	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-
STA- 7	Jips	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-
STA- 8	Jips	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-

3.3. SEM-EDX çalışmaları

SEM ve EDX çalışmaları NY-1, NY-2, NY-3, NY-21 ve NY-24 nolu örnekler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bu 5 örneğin bileşenlerinin mikromorfolojik özellikleri incelenirken ikincil elektron (SE) algılayıcısı tercih edilmiştir. Mikrokimyasal analizler ise FE-Sem cihazına bağlı EDX algılayıcısı ile yapılmıştır. NY-3 nolu çamurtaşı örneğinde belirlenmiş olan jips mineraline ait mikrofotograf ve mikrokimyasal analiz sonucu Şekil 11’de sunulmuştur. Jips mineralleri genellikle prizmatik, özşekilli-yarı özşekilli gözlenmektedir.

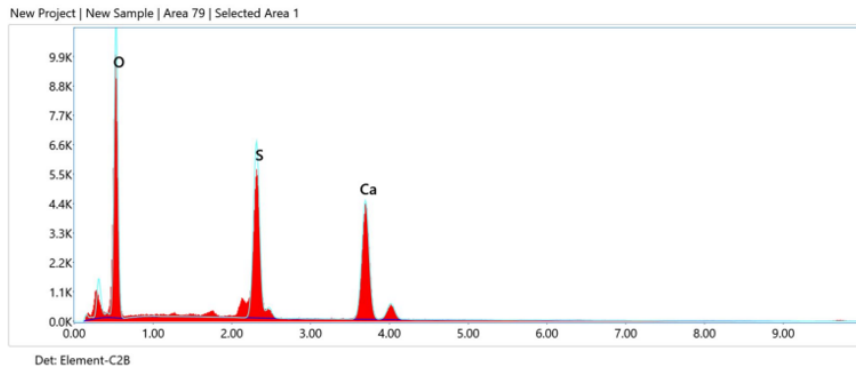
3.4. XRF analizleri

XRF yöntemiyle 14 örneğin kimyasal bileşimi belirlenmiştir. Örneklerden 5 tanesi kiltası, 4 tanesi çamurtaşı ve 5 tanesi jips’tir. XRF majör oksit sonuçları Çizelge 4’te, minör oksit sonuçları Çizelge 5’te (element simgelerinin alfabetik sırasıyla) sunulmuştur.



(a)

kV:15 Mag: 9807 Takeoff: 36.2 Live Time(s): 30 Amp Time(µs): 3.84 Resolution:(eV) 129.9



Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	R	A	F
O K	57.52	75.49	2266.64	10.07	0.9056	0.1573	1.0000
S K	17.20	11.27	2085.25	3.21	0.9394	0.8718	1.0206
CaK	25.27	13.24	1691.24	2.83	0.9526	0.9341	1.0114

(b)

Şekil 11. NY-3 nolu örnekte belirlenen jips mineralinin a) SEM mikrofotografı b) EDX analiz sonucu.

Çizelge 4. XRF majör oksit sonuçları

Sıra No	Örnek No	Kayaç Türü	Al ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	K ₂ O (%)	MgO (%)	MnO (%)	Na ₂ O (%)	P ₂ O ₅ (%)	SiO ₂ (%)	TiO ₂ (%)	Ateş Zayılatı (%)	Toplam (%)
1	SRV- 1	Kiltaşı	9.9	17.0	5.5	2.9	6.3	0.1	0.9	0.1	32.6	0.4	11.60	87.3
2	SRV- 2	Kiltaşı	9.4	16.7	5.0	2.6	6.3	0.1	0.3	0.1	30.8	0.4	12.60	84.3
3	SRV- 4	Kiltaşı	10.9	14.4	6.1	3.2	7.2	0.1	0.3	0.1	35.8	0.5	13.20	91.8
4	SRV- 7	Kiltaşı	9.4	15.2	4.9	2.8	8.0	0.2	0.4	0.1	31.4	0.4	15.40	88.2
5	SRV- 9	Kiltaşı	11.0	13.3	6.1	3.1	7.8	0.1	0.3	0.1	35.1	0.5	11.60	89.0
6	NY- 6	Jips	0.3	32.3	0.2	<0.1	0.5	<0.1	<0.1	<0.1	1.5	<0.1	17.70	52.5
7	NY- 7	Çamurtaşı	4.5	19.9	3.4	0.8	8.5	<0.1	<0.1	0.1	24.0	0.4	19.70	81.3
8	NY- 10	Jips	0.7	31.6	0.4	0.1	1.4	<0.1	<0.1	<0.1	3.1	0.1	17.00	54.4
9	NY- 11	Jips	0.2	32.8	0.1	<0.1	0.4	<0.1	<0.1	<0.1	0.7	<0.1	17.50	51.7
10	NY- 13	Çamurtaşı	5.9	17.5	4.3	0.9	8.9	0.1	<0.1	0.1	32.4	0.5	20.30	90.8
11	NY- 14	Jips	0.5	32.4	0.3	0.1	1.0	<0.1	<0.1	<0.1	2.5	0.1	14.80	51.7
12	NY- 16	Çamurtaşı	5.9	18.3	4.5	1.2	8.5	0.1	<0.1	0.1	36.3	0.5	18.70	94.1
13	NY- 18	Çamurtaşı	5.6	13.2	5.7	1.0	10.5	0.1	<0.1	0.1	45.0	0.5	17.40	99.1
14	NY- 20	Jips	1.6	27.2	1.3	0.3	0.22	0.2	<0.1	<0.1	8.3	0.1	17.30	56.5

Çizelge 5. XRF minör oksit sonuçları

Sıra No	Örnek No	Kayaç Türü	BaO (%)	Bi ₂ O ₃ (%)	CdO (%)	CO ₃ O ₄ (%)	Cr ₂ O ₃ (%)	CuO (%)	F (%)	NiO (%)	PbO (%)	Rb ₂ O (%)	SO ₃ (%)	SnO ₂ (%)	SrO (%)	V ₂ O ₅ (%)	Y ₂ O ₃ (%)	ZnO (%)	ZrO ₂ (%)
1	SRV-1	Kiltaş	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.03	0.01	<0.01	0.03	<0.01	<0.01	11.60	<0.01	0.04	0.02	<0.01	0.01	0.01
2	SRV-2	Kiltaş	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	0.02	<0.01	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	15.50	<0.01	0.08	0.02	<0.01	0.01	0.01
3	SRV-4	Kiltaş	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	0.03	0.01	<0.01	0.03	<0.01	0.01	7.84	<0.01	0.03	0.02	<0.01	0.01	0.01
4	SRV-7	Kiltaş	0.03	<0.01	<0.01	0.01	0.03	<0.01	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	11.20	<0.01	0.19	0.02	<0.01	0.01	0.01
5	SRV-9	Kiltaş	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	0.03	0.01	<0.01	0.02	<0.01	0.01	10.80	<0.01	0.05	0.02	<0.01	0.01	0.01
6	NY-6	Jips	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	47.40	<0.01	0.03	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
7	NY-7	Çamurtaş	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.03	<0.01	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	18.30	<0.01	0.25	0.02	<0.01	<0.01	0.01
8	NY-10	Jips	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	45.50	<0.01	0.07	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
9	NY-11	Jips	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	48.20	<0.01	0.06	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
10	NY-13	Çamurtaş	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	0.01	<0.01	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	8.74	<0.01	0.23	0.01	<0.01	0.01	0.01
11	NY-14	Jips	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	48.20	<0.01	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
12	NY-16	Çamurtaş	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	0.21	0.01	<0.01	0.03	<0.01	<0.01	2.21	<0.01	3.24	0.03	<0.01	0.01	0.08
13	NY-18	Çamurtaş	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	0.30	<0.01	<0.01	0.03	<0.01	<0.01	0.31	<0.01	0.02	0.03	<0.01	0.01	0.01
14	NY-20	Jips	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	43.30	<0.01	0.04	0.01	<0.01	<0.01	<0.01

XRF analizlerinde; jips minerallerini içeren numunelerde CaO (en düşük %18.3, en yüksek %32.8, ortalama %29.1) ve SO₃ oranları (en düşük %43.3, en yüksek %48.2, ortalama 46.52) yüksektir. MgO (en düşük %6.3, en yüksek %10.5, ortalama %8.0), Al₂O₃ (en düşük %4.5, en yüksek %11.0, ortalama %8.1), Fe₂O₃ (en düşük %3.4, en yüksek %6.1, ortalama %5.1) ve SiO₂ (en düşük %24.0, en yüksek %45.0, ortalama %33.7) içeriklerinin yüksek olduğu kilaşı ve çamurtaşı numunelerinde özellikle kloritin varlığı dikkat çekicidir. Tüm örneklerde belirlenen kuvars minerali SiO₂ yüzde oranlarının genel olarak yüksek olmasını sağlamıştır. Ateşte kayıp oranlarının normalin üzerinde tespit edildiği örnekler karbonat içermektedir.

Terzibaşoğlu (1995), Duda (1988) çalışmasını esas alarak, killerin çimento sanayiinde kullanılabilirliğinin, kimyasal analiz sonuçlarından yararlanılarak hesaplanacak üç ayrı parametrenin birlikte değerlendirilmesi yoluyla saptanabileceğine işaret etmiştir. Bunlar; Silika Modülü (S.M.), Alüminyum Modülü (A.M.) ve Toplam Alkali Modülüdür (T.A.M.). Silika Modülü,

$$S.M. = SiO_2 / (Al_2O_3 + Fe_2O_3) \quad (1)$$

eşitliğiyle tanımlanmaktadır. Silika modülünün 2.2- 2.6 arasında olması istenmekte, bu değerlerden yüksek olması, klinkerin zor pişmesine, aşırı yakıt kullanımına, sinterleşme güçlüğüne neden olmaktadır. Bu durum çimentonun donmaya başlama süresini geciktirirken çimentonun dayanım kazanma sürecini sekteye uğratmaktadır (Terzibaşoğlu, 1995).

$$A.M. = Al_2O_3 / Fe_2O_3 \quad (2)$$

eşitliği Alüminyum Modülünü hesaplamak için kullanılmaktadır. Alüminyum modülü değerlerinin düşüklüğü klinkerleşme ısısının düşmesini ve yakıt tasarrufunu sağlamaktadır. Alüminyum modülü değerlerinin yüksekliği durumunda ise hızlı donabilen ve ilksel direnci yüksek çimento üretimi mümkün olmaktadır. Bu sebeple alüminyum modülü değerlerinin 1.5 ile 2.5 arasında yer alması istenmektedir (Terzibaşoğlu, 1995). Toplam Alkali Modülünü hesaplamak için,

$$T.A.M. = Na_2O + K_2O \quad (3)$$

eşitliği kullanılır. T.A.M. miktarının yüksek olması çimento yapımında istenmemektedir. Alkali miktarının çok olması olumsuzluk yaratmakta, agregaların içerdiği çözülebilir silisle birleşmesi alkali reaktivitesi meydana getirebilmektedir. Bu sebepten alkali oranının en çok %2 olması istenmektedir. Bununla birlikte yüzde dörde kadar T.A.M. miktarı değerlerine sahip killerin çimento hammaddesi olarak işletilebileceği kabul edilmektedir (Terzibaşoğlu, 1995).

XRF analizleri yapılan dokuz kil numunesinin silika, alüminyum ve toplam alkali modülleri hesaplanarak Çizelge 6'da sunulmuştur. Hesaplanan sonuçlar SRV-7 örneğinin çimento üretimine uygun değerlere sahip olduğunu göstermiştir.

Çizelge 6. Örneklerin S.M., A.M. ve T.A.M. değerleri ve çimento üretimi için uygunluğu

Sıra No	Örnek No	Silika Modülü	Alüminyum Modülü	Toplam Alkali Modülü	Çimento Üretimine Uygunluk
1	SRV-1	2.1	1.8	3.8	Uygun değil
2	SRV-2	2.1	1.9	2.9	Uygun değil
3	SRV-4	2.1	1.8	3.5	Uygun değil
4	SRV-7	2.2	1.9	3.2	Uygun
5	SRV-9	2.1	1.8	3.4	Uygun değil
6	NY-7	3	1.3	0.8	Uygun değil
7	NY-13	3.2	1.4	0.9	Uygun değil
8	NY-16	3.5	1.3	1.2	Uygun değil
9	NY-18	4	1	1	Uygun değil

3.5. Endüstriyel testler

Seçilmiş 5 örnek üzerinde gerçekleştirilen pişirme testlerinin sonuçları Çizelge 7’de, özgül yüzey alanı tayini deney sonuçları Çizelge 8’de sunulmuştur.

Pişirme testleri sırasında ısıtma hızı 5 °C/dk uygulanmış, örnekler farklı sıcaklık koşullarında 10’ar dakika bekletilmiştir.

Çizelge 7. Pişirme testi sonuçları

Pişme Sıcaklığı	NY--1		NY--2		NY--3		NY--21		NY--24	
	Pişme Rengi	Pişme Durumu	Pişme Rengi	Pişme Durumu	Pişme Rengi	Pişme Durumu	Pişme Rengi	Pişme Durumu	Pişme Rengi	Pişme Durumu
1150 °C	Kahve	Pişme	Kahve	Pişme	Açık kahve	Pişme	Koyu kahve	Pişme	Kahve	Pişme
1200 °C	Koyu kahve	Sinterleşme	Koyu kahve	Sinterleşme	Koyu kahve	Sinterleşme	Koyu kahve	Sinterleşme	Koyu kahve	Sinterleşme
1300 °C	Koyu kahve +yeşilimsi	Erime ve gaz çıkışı	Koyu kahve +yeşilimsi	Erime ve gaz çıkışı	Koyu kahve +yeşilimsi	Erime ve gaz çıkışı	Koyu kahve +yeşilimsi	Erime ve gaz çıkışı	Koyu kahve +yeşilimsi	Erime ve gaz çıkışı

Pişirme testi sonuçları 1150 °C’deki pişme renginin açık-koyu kahverengi arasında değiştiğini gösterirken; 1200 °C’de koyu kahve, 1300 °C’de koyu kahverengi ve yeşilimsi renk tonları elde edilmiştir. Numunelerde kaolen grubu kil bulunmaması ve açık renk tonlarında pişme rengi vermemelerinden dolayı seramik endüstrisinde kullanılamayacakları yorumu yapılmıştır. Kaolen grubu kil minerallerini içermemelerinin yanı sıra, karbonatlı ve tuzlu mineralleri içermeleri numunelerin kiremit-tuğla hammaddesi olarak değerlendirilemeyeceği sonucunu doğurmaktadır.

Özgül yüzey alanı tayini Brunauer, Emmett ve Teller (BET) yöntemiyle yapılmış, örneklerde 100 °C sıcaklıkta, 6 saat 20 dakika süreli gaz giderme işlemi gerçekleştirilmiştir. Çizelge 8’de görüleceği üzere örneklerin özgül yüzey alanı değerleri 60.2 m²/g - 34.3 m²/g arasında değişmektedir. Değerlerin nispeten düşük çıkması, örneklerin tamamına yakınında yüzey alanı değerleri yüksek olan simektit grubuna ait kil minerallerinin yokluğu ile ilişkilendirilmiştir.

Çizelge 8. Yüzey alanı tayini deney sonuçları

Örnek No	Yüzey Alanı (m ² /g)
NY-1	34.322
NY-2	60.272
NY-3	50.039
NY-21	57.144
NY-24	46.957

4. Tartışma ve Sonuç

İnceleme alanının içinde yer aldığı bölge, Orta Eosenden itibaren yavaş yavaş sığlaşmaya başlamıştır (Yeşilova & Helvacı 2012a; 2012b). Sığlaşmayla birlikte, bölgede evaporasyon hız kazanmıştır, karbonatlı kayaçlardan oluşan Hoya Formasyonu üzerine, evaporitlerden oluşan Germik ve Lice Formasyonları çökelmiştir (Yeşilova & Helvacı 2012a; 2012b). Yapılan arazi gözlemleri, mineralojik ve jeokimyasal çalışmalarda belirlenen evaporit ve kil mineralleri, önceki çalışmalarda belirtilen bu sığlaşmayı ve sığlaşma ile birlikte Neotetisin kapanmaya başladığı verisini desteklemektedir. Aynı zamanda, inceleme alanı ve yakın çevresine ait, benzer mineral parajenezlerinin gözlemlendiği bir çok çalışmada da benzer durumlar gözlemlenmekte ve evaporit çökelleri mevcut denizin son ürünleri olarak öne çıkmaktadır (Güngör-Yeşilova ve Tekin, 2007; Güngör-Yeşilova ve ark., 2020; Smirnov ve ark., 2022; Güngör-Yeşilova, 2020; 2024).

Optik mikroskop çalışmaları sonucunda Yapılar Üyesi’nde tanımlanan kumtaşlarının genellikle litarenit ve litik vake özellikleri taşıdığı, bileşenlerin köşeli ve az yuvarlak tanelerden oluştuğu, kalsit

çimentonun yaygın olduğu ve feldispatlarda yaygın killeşmenin gözlemlendiği belirlenmiştir. Bu litolojik bileşim ve dokusal olgunluk, taşınım mesafesinin kısa, sedimantasyon sürecinin ise hızlı gerçekleştiğini düşündürmektedir. Söz konusu bulgular, Yeşilova & Helvacı (2012a; 2012b) tarafından Siirt–Baykan–Kurtalan sahasında tanımlanan akarsu–taşkın ovası–sığ deniz geçişli çökellerin dinamikleriyle uyumludur. Özellikle kloritleşmiş biyotit varlığı ve muskovit-feldispat içerikleri, sedimanter ortamın detritik karakterini ortaya koymaktadır. Bu minerallere, Bitlis Masifine ait kayaçların kaynaklık ettiği düşünülmektedir. Bununla birlikte, kloritli kil mineralojisi, yüzeylenmiş feldispatların ayrışmasıyla oluşmuş olup, post-tektonik diyajenez süreçlerinin aktifliğini vurgulamaktadır.

XRD analizlerinde jips ve bassanit minerallerinin belirlenmiş olması, Yapılar Üyesi içerisinde evaporitik fasiyeslerin varlığını kanıtlamaktadır (Yeşilova & Helvacı, 2012a). Yapılar Üyesi’nin içindeki evaporit minerallerinin yayılımı ve evrimi, birimin olduğu ortamın periyodik olarak denizel su giriş-çıkışlarıyla değişen, yarı kapalı ve sıcak/kurak iklim koşullarına sahip sığ deniz-lagün ortamları olduğunu göstermektedir. Bölgedeki ortam geçişleri, Güngör-Yeşilova (2024) tarafından geç Oligosen–erken Miyosen yaşlı Erzincan yöresi evaporitlerinde tanımlanan transgresif-regresif döngüsel istiflerle jeodinamik açıdan paralellik göstermektedir.

XRF analizleri, jips örneklerinde yüksek CaO (%27–33) ve SO₃ (%43–48) içerikleriyle sanayi tipi alçı taşı karakterini doğrulamaktadır. Bu kimyasal bileşim, Yeşilova ve Helvacı (2012b) tarafından tanımlanan Siirt–Şirvan–Baykan yöresindeki yüksek kaliteli jips seviyeleri ile niceliksel ve mineralojik olarak örtüşmektedir.

Çamurtaşı ve kilaşı örneklerinde belirlenen yüksek SiO₂, Al₂O₃ ve Fe₂O₃ içerikleri, örneklerin çimento sektörü için hammadde niteliği taşıyabileceğini düşündürmektedir. Ancak, Terzibaşioğlu (1995)’nin önerdiği modül hesaplamaları (Silika Modülü, Alüminyum Modülü ve Toplam Alkali Modülü) ışığında yalnızca SRV-7 örneğinin çimento üretimi açısından uygun değer aralıklarında olduğu belirlenmiştir. Bu durum, Yeşilova & Helvacı (2012b) tarafından belirtilen, Lice Formasyonu’na ait killi ve tuzlu birimlerin yüksek alkali içeriği nedeniyle sınırlı ekonomik değer taşıdığı yönündeki değerlendirmelerle tamamen uyumludur.

Pişirme testlerinde örneklerin 1150–1300 °C arasında kahverengi ve yeşilimsi tonlarda renk verdiği ve sinterleşme sonrası erimeye eğilimli oldukları görülmüştür. Bu bulgu, örneklerin kaolen grubu kil minerallerinden yoksun olduğunu ve seramik/kiremit üretimi açısından uygun olmadığını göstermektedir. Benzer sonuçlar, Muş Havzasındaki jipsli ve killi birimleri için de belirtilmektedir (Güngör-Yeşilova, 2020).

Yapılar Üyesi’nin mineralojik ve litolojik özellikleri, Güneydoğu Anadolu’daki Miyosen sonrası molas havzalarının tipik ürünleriyle benzerlik göstermektedir. Jips, dolomit, klastik ve karbonat birliktelikleri; Güngör-Yeşilova (2020; 2024) tarafından Muş ve Erzincan yöresinde tanımlanan Neotetis sonrası gelişen çökeltme ortamlarının doğrudan karşılığı olarak yorumlanabilir.

Sonuç olarak;

1. Yapılar Üyesi, içerdiği evaporitik mineraller, klastik bileşenler ve karbonatlı kayaçlarıyla, sığ denizel çökeltme ortamının ürünüdür.
2. Mineralojik bileşimin yanı sıra jeokimyasal özellikler dikkate alındığında, jipslerin yüksek kaliteli alçı hammaddesi olarak değerlendirilebileceği, killi kayaçların ise çimento üretimi açısından sınırlı potansiyele sahip olduğu belirlenmiştir.
3. Gelecekte, Yapılar Üyesi’ne ait farklı lokasyonlardan alınacak örneklerle izotop analizleri ($\delta^{34}\text{S}$, $\delta^{18}\text{O}$, Sr izotopları) ve detaylı diyajenez modelleri yapılması önerilmektedir.

Teşekkür

Bu makale Nihat SÜLÜNOĞLU’nun “Lice Formasyonu Yapılar Üyesi (Siirt Batısı) Sedimanter Kayaçlarının Mineralojik Özelliklerinin ve Ekonomik Önemlerinin Araştırılması” başlıklı yüksek lisans tezinden üretilmiştir. Tez, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir (FYL-2022-10024 No’lu proje). Yazarlar Van YYÜ Rektörlüğü’ne ve ilgili birime teşekkür ederler.

Kaynakça

- Adams, A. E., Mackenzie W. S., & Guilford, C. (1984). *Atlas of sedimentary rocks under the microscope*. Longman: Essex, UK.
- Akıncı, A. C., Robertson, A. H., & Ünlügenç, U. C. (2016). Late Cretaceous–Cenozoic subduction–collision history of the Southern Neotethys: new evidence from the Çağlayanerit area, SE Turkey. *International Journal of Earth Sciences*, 105(1), 315-337.
- Brown, G., & Brindley, W. G. (1980). X-ray diffraction procedures for clay mineral identification. In: *Crystal structures of clay minerals and their X-ray identification* (pp. 411-438). Mineralogical Society of London Publication.
- Darbaş, G., & Gül, M. (2006). Alacık formasyonuna (Kahramanmaraş havzası) ait kömürlü seviyelerin paleontolojisi. *KSÜ. Fen ve Mühendislik Dergisi*, 9(2), 71-81.
- Darbaş, G., & Gül, M. (2017). New observations of planktonic foraminifera from the Burdigalian-Langhian deposits (Kilisecik Formation) of Kahramanmaraş/Turkey. *Journal of African Earth Sciences*, 134, 457-465. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2017.07.010>
- Dott, R. H. (1964). Wacke, graywacke and matrix; what approach to immature sandstone classification?. *Journal of Sedimentary Research*, 34(3), 625-632. <https://doi.org/10.1306/74D71109-2B21-11D7-8648000102C1865D>
- Duda, W. H. (1988). *Cement Data Book Volume 3: Raw material for cement production*. French & European Publications. Berlin, Germany.
- Duran, O., Şemşir, D., Sezgin, İ., & Perinçek, D. (1988). Güneydoğu Anadolu’da Midyat ve Silvan gruplarının stratigrafisi, sedimantolojisi ve petrol potansiyeli. *TPJD Bülteni*, 1(2), 99-126.
- Göncüoğlu, M. C. (2010). *Introduction to the Geology of Turkey: Geodynamic evolution of the pre-Alpine and Alpine terranes*. Ankara: General Directorate of Mineral Research and Exploration.
- Gül, M., Gürbüz, K., Cronin, B. T., & Darbaş, G. (2024). Miocene marine successions in the northeast of Kahramanmaraş basin (SE Türkiye). *Mediterranean Geoscience Reviews*, 6(4), 571-588.
- Güngör Yeşilova, P. (2020). Bulanık (Muş) Paleojen evaporitlerinin petrografik-mineralojik incelemesi ve diyajenetik tarihçesi Petrographic-mineralogical examination and diagenetic history of the Paleogene evaporites in Bulanık (Muş), Turkey. *Maden Teknik ve Arama Dergisi*, 162, 85-94.
- Güngör Yeşilova, P., Yeşilova, Ç., Açlan, M., & Gündoğan, İ. (2020). Geochemical characteristics of gypsum lithofacies in northeastern of Muş (Eastern Anatolia-Turkey): an indication of the Neotethys closure. *Carbonates and Evaporites*, 35(4), 112. <https://doi.org/10.1007/s13146-020-00648-8>
- Güngör Yeşilova, P. (2024). Genesis of sulfate lithofacies between Erzincan-Divriği Basin with sedimentologic and geochemical evidences: an example from the Paleogene basins of Eastern Turkey. *Carbonates and Evaporites*, 39(4), 103. <https://doi.org/10.1007/s13146-024-01021-9>
- Hanawalt, J. D., Rinn, H. W., & Frevel, L. K. (1938). Chemical analysis by X-ray diffraction. *Industrial & Engineering Chemistry Analytical Edition*, 10(9), 457-512.
- Karakaya, M. Ç. (2006). *Kil minerallerinin özellikleri ve tanımlama yöntemleri*. Bizim Büro: Ankara, Türkiye.
- Koaster, E. A. (1963). *Petroleum geology of District V, Turkey with special reference to license no. 649 of Aladdin Middle East Ltd (AME Report No:4)*. Petrol İşleri Genel Müdürlüğü Teknik Arşivi.
- Koyuncu, E. H. (2018). *Beşiri (Batman) ile Kurtalan (Siirt) arasında gözlenen jipslerin jeolojik özellikleri*. (YL tezi). Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Batman, Türkiye.
- MTA (2010). Siirt ili maden ve enerji kaynakları. Erişim tarihi: 27.05.2025 https://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/bilgi-merkezi/maden_potansiyel_2010/siirt_madenler.pdf
- Okay, A. I., & Tüysüz, O. (1999). Tethyan sutures of northern Turkey. *Geological Society, London, Special Publications*, 156(1), 475-515. <https://doi.org/10.1144/GSL.SP.1999.156.01.22>
- Robertson, A., Ünlügenç, Ü. C., İnan, N., & Taşlı, K. (2004). The Misis–Andırın Complex: a Mid-Tertiary melange related to late-stage subduction of the Southern Neotethys in S Turkey. *Journal of Asian Earth Sciences*, 22(5), 413-453. [https://doi.org/10.1016/S1367-9120\(03\)00062-2](https://doi.org/10.1016/S1367-9120(03)00062-2)
- Robertson, A., Boulton, S. J., Taşlı, K., Yıldırım, N., İnan, N., Yıldız, A., & Parlak, O. (2016). Late Cretaceous–Miocene sedimentary development of the Arabian continental margin in SE Turkey

- (Adıyaman region): Implications for regional palaeogeography and the closure history of southern Neotethys. *Journal of Asian Earth Sciences*, 115, 571-616. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2015.01.025>
- Schmidt, G. C. (1961). *Stratigraphy and petroleum possibilities of central district VI, Turkey*. Petrol İşleri Genel Müdürlüğü Rapor no:4 (TPAO Arama Grubu. Rapor no: 767): Ankara.
- Smirnov, P., Yeşilova, P. G., Trubin, Y., Deryagina, O., Novoselov, A., Batalin, G., Garaev, B., & Minnebayev, K. (2022). Gypsum in diatomaceous strata of the trans-urals region: Morphology, lithogeochemistry, and genetic link to global warming at the paleocene-eocene boundary. *Sedimentary Geology*, 442, 106295. <https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2022.106295>
- Stratum, A. (1963). *General geological report on the petroleum district V with reference to the areas Ar/A.M.E./648, 649, AR/C.M.E./657, 660, AR/P.E.R./650, 659* (Aladdin Middle East Ltd. report no:7). Petrol İşleri Genel Müdürlüğü teknik arşivi.
- Şengör, A. C., & Yılmaz, Y. (1981). Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach. *Tectonophysics*, 75(3-4), 181-241. [https://doi.org/10.1016/0040-1951\(81\)90275-4](https://doi.org/10.1016/0040-1951(81)90275-4)
- Terzibaşioğlu, N. (Nisan, 1995). *Bir kil sahasının çimento hammaddesi olarak kalite açısından incelenmesi*. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, İzmir, Türkiye.
- Tuna, D. (1973). *VI. Bölge litostratigrafi birimleri adlamasının açıklayıcı raporu*. TPAO Rapor No: 813: Ankara.
- Warr, L. N. (2020). Recommended abbreviations for the names of clay minerals and associated phases. *Clay Minerals*, 55(3), 261-264. <https://doi.org/10.1180/clm.2020.30>
- Warr, L. N. (2021). IMA–CNMNC approved mineral symbols. *Mineralogical Magazine*, 85(3), 291-320. <https://doi.org/10.1180/mgm.2021.43>
- Welton, J. E. (1984). *SEM petrology atlas*. AAPG. Tulsa, USA.
- Wentworth, C. K. (1922). A scale of grade and class terms for clastic sediments. *The Journal of Geology*, 30(5), 377-392. <https://doi.org/10.1086/622910>
- Whitney, D. L., & Evans, B. W. (2010). Abbreviations for names of rock-forming minerals. *American Mineralogist*, 95(1), 185-187.
- Yeşilova, Ç. (2012). *Baykan – Kurtalan – Şirvan (Siirt) arasındaki tuz içeren birimlerin stratigrafik – sedimentolojik incelenmesi ve ekonomik önemi*. (Doktora tezi), Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Van, Türkiye.
- Yeşilova, P. G., & Tekin, E. (2007). Polatlı-Sivrihisar neojen havzası üst miyosen evaporitlerinin jeokimyasal ve jeostatistiksel incelemesi (Demirci Köyü, KD Sivrihisar-İç Anadolu). *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 50(2), 71-94.
- Yeşilova, Ç., & Helvacı, C., (2012a). Batman-Siirt kuzeyi stratigrafisi ve sedimentolojisi, Türkiye. *Türkiye Petrol Jeologları Dergisi*, 23, 7-49.
- Yeşilova, Ç., & Helvacı, C., (2012b). Lice Formasyonu evaporitleri ve killerin ekonomik önemi: Baykan – Kurtalan – Şirvan Bölgesi (Siirt). *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 17(2), 72-83.
- Yılmaz, Y. (2019). Southeast anatolian orogenic belt revisited (geology and evolution). *Canadian Journal of Earth Science*, 56(11), 1163-1180. <https://doi.org/10.1139/cjes-2018-0170>