

SİVRİHİSAR-ESKİŞEHİR YÖRESİNDE BULUNAN FARKLI ŞEKİLLERDEKİ JİPS OLUŞUMLARININ ÖZELLİKLERİ VE OLUŞUM KOŞULLARI

T. ALTAY^a, M.Ç. KARAKAYA^a ve Y. ERKAN^b

^aSelçuk Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Müh., 42031 KONYA

^bHacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Müh., 06800 ANKARA

ÖZET: Çalışma alanı Sivrihisar (Eskişehir, İç Anadolu)'ın güneydoğusunda yer alır. İnceleme alanında yüzeyleyen Neojen yaşlı birimler İlyaspaşa formasyonu (Alt-Orta Miyosen) ve Sakarya formasyonu (Üst Miyosen-Pliyosen) olmak üzere iki litostratigrafik birime ayrılır. Sakarya formasyonu Jips, Alt Kireçtaşı, Killi Dolomit ve Üst Kireçtaşı olmak üzere dört üyeye ayrılmaktadır. Jipsler arazide diskoidal, mercek şekilli, jips gülü ve kırlangıçkuyruğu gibi çeşitli kristal şekilleri sergilemektedir. Jips kristalleri inceleme alanında masiv seviyeler, tabakalı, dolomit içerisinde çatlak dolgusu ve serbest büyümeli olarak gözlenir. Dolomit ile ardalanmalı olan masiv ve tabakalı jipsler, yalnızca mercek şekilli ve diskoidal şekilli jipslerden oluşmuştur. Bunlar beyaz renkli ve küçük kristaller halinde (kil-kum boyu) bulunur. Diğer jips kristalleri ise mavimsi gri ve açık kahverengi gibi değişik renkler sergilerler. X-ışınları verilerine göre tüm kesitler; başlıca dolomit, jips, kalsit, yerel olarak sepiyolit ve nadir olarak taligorskit, simektit, illit ve kaolinit içerir. İri diskoidal, kırlangıç kuyruğu ve gül biçimli jips kristallerini içeren örneklerde, kil mineral içeriğinin kil-kum boyu jipslerden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Çalışma alanında tatlı su, zayıf alkalın ve alkalın koşulların etkili olduğu belirlenmiştir. Kil kum boyu jips oluşumlarının SO_3^{2-} içerikleri diğer jips oluşumlarından daha düşük bulunmuştur.

Anahtar kelimeler: Jips, dolomit, gösel, Sivrihisar, Eskişehir

Formation Condition and Properties of The Various Types Of Gypsum Occurrences At Sivrihisar (Eskişehir, Turkey)

Abstract: The study area is located in southeast of the town of Sivrihisar (Eskişehir, Central Anatolia). The rocks (Neogene Age) located in the study area is divided into two lithostratigraphic units, namely İlyaspaşa (Lower-Middle Miocene) and Sakarya (Upper Miocene-Pliocene) formations. Sakarya formation is the subdivided into four members namely Gypsum, Lower Limestone, Clayey Dolomite and Upper Limestone. Gypsums show different crystal habit as lenticular, discoidal, rosette and swallow-tail in the field. Gypsum crystals are seen as massive levels, bedded gypsum, fracture filling and scattered within dolomite. Massive and bedded gypsum which interbedded with dolomite layers consist of only lenticular and discoidal gypsum crystals. These are white colored and finely crystalline (clay to sand sized). Also other gypsum crystals show different colors as bluish-grayish colored and light brown. Based on X-ray powder diffraction data, the mineralogical associations of all sections comprise mainly dolomite, gypsum, calcite, locally sepiolite, and in a few cases, palygorskite, smectite, illite and kaolinite. Coarse crystalline gypsum occurrences (discoidal, swallow-tail, rosette) contain a higher percentage of clay minerals than the smaller gypsum crystals. The study area has been influenced by freshwater, weak alkaline and alkaline conditions. The SO_3^{2-} contents of clay-sand sized gypsum occurrences are found to be lower than in other gypsum occurrences.

Key words: gypsum, dolomite, lacustrine, Sivrihisar, Eskişehir, Turkey.

GİRİŞ

Orta Anadolu Neojen Havzası, incelenen alan dahilinde Miyosen-Pliyosen gösel serileri içermektedir. Sivrihisar (Eskişehir) bölgesinde gösel oluşumlu sedimanter kayalar geniş bir yayılım göstermektedir (Şekil 1, 2). Bu bölgede endüstriyel kullanım alanları da olan kireçtaşı, dolomit, sepiyolit, manyezit ve jips oluşumları bulunmaktadır.

Sivrihisar gösel sedimanları değişik evaporit mineralleri, bazı alkalın karasal karbonatları, sülfatlar, sepiyolit ve paligorskitle bazı zeolit mineralleri (analsim, klinoptilolit) içermektedir (Ece ve Çoban, 1994; Karakaş ve Varol, 1994; Akdağ, 2005). İnceleme alanında farklı renk, şekil ve boyutlara sahip jips kristalleri bulunmaktadır. Jips oluşumlarının sedimantolojik ve mineralojik özellikleri farklı depolanma ortamları ile ilişkili olabilir. Farklı jips şekilleri depolanma ortamlarının fiziksel ve kimyasal özellikleri hakkında bilgi vermektedir. Su tuzluluğu, sıcaklık, pH, büyüme hızı, büyüme periyodu, ilave iyonlar ve organik bileşiklerin türü ve miktarı jips kristal şekillerini kontrol eden faktörlerdir (Magee, 1991). Daha önce inceleme alanında jips oluşumlarının özellikleri ve oluşum koşulları ile ilgili kapsamlı bir çalışma yapılmamıştır. Ece ve diğ. (2003) inceleme alanındaki jips oluşumlarını depolanma ortamlarına bağlı olarak üç tipe ayırmıştır.

Bu çalışmada farklı jips oluşumlarının özellikleri ve oluşum koşullarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca jips oluşumlarının farklı tipleri ile onların karbonat ve kil mineralleri ile olan ilişkileri açıklanmıştır.

MATERYAL VE METOD

İnceleme alanında çalışmanın amacına uygun nokta örneklemeler ve Kuşaklıbayır, Ömerağlı, İlyaspaşa ve Akbayır da ölçülü kesitler (sırasıyla S, SI, SII ve SIII) alınmıştır. Arazi gözlemleri sonrası yürütülen laboratuvar çalışmalarında ilk olarak, araziden alınan örneklerin X-ışını difraktometresi yardımıyla mineralojik bileşimi belirlenmeye çalışılmıştır. Örnekler toz haline getirildikten sonra tüm kayac analizi ve kil boyu

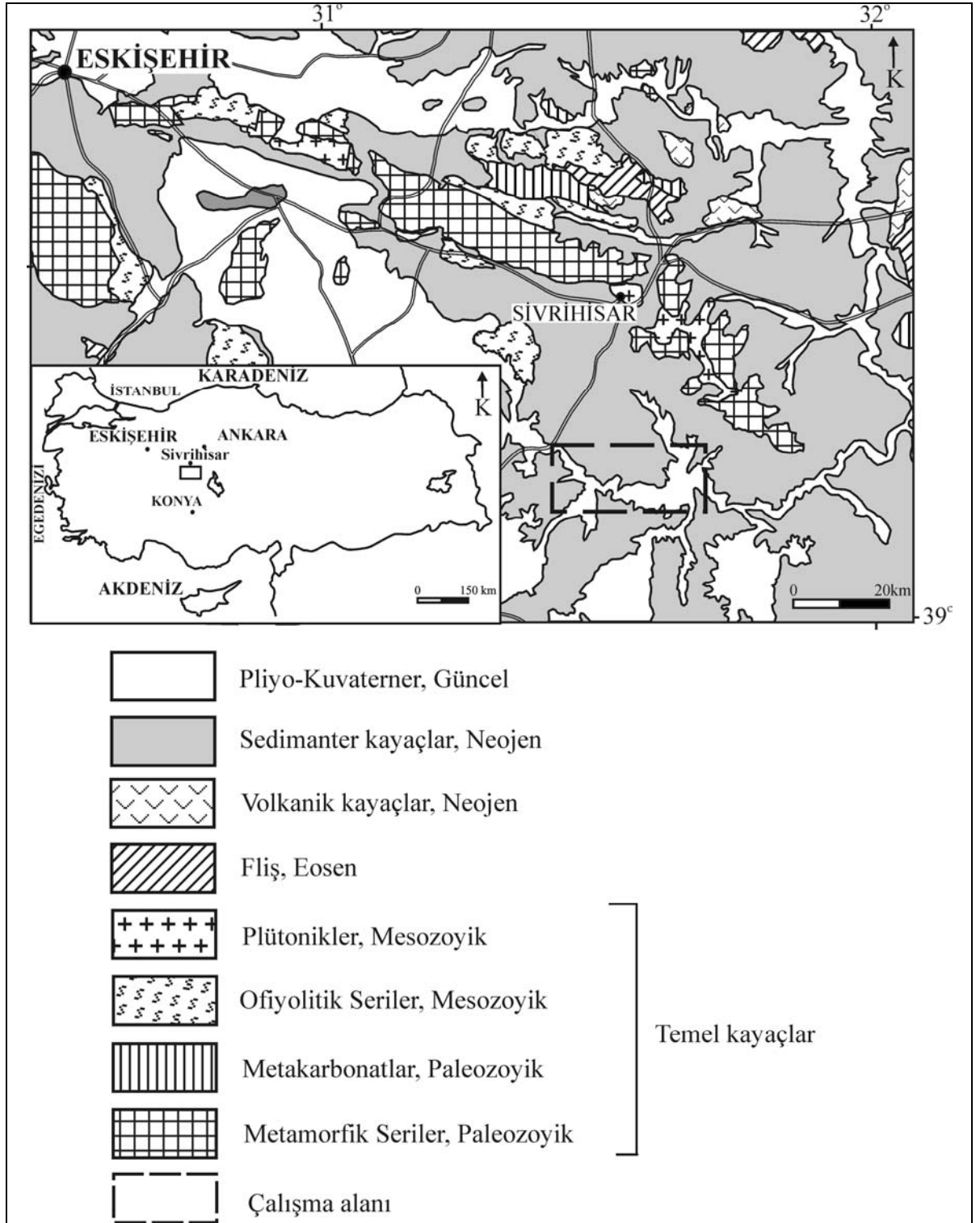
fraksiyonu Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü X-ışınları laboratuvarında yapılmıştır. X-ışınları çözümlenmeleri, Philips PW 1140 model X-ışınları difraktometresi ile CuK α radyasyonu kullanılarak $2\theta=2-40^\circ$ aralığında yapılmıştır. Minerallerin % içerikleri Gündoğdu (1982) tarafından verilen kütle absorpsiyon katsayıları kullanılarak belirlenmiştir. Bu metodun nispi doğruluğu $\pm 15\%$ dir. Örneklerin kimyasal analizleri Kanada'da Acme Analitik Laboratuvarlarında yapılmıştır. Ana element oksit içerikleri ICP-ES ile ölçülmüştür. C ve S analizleri Leco analizi ile yapılmıştır. Ateşte kayıp 2g numunenin 1000°C de 2 saat ısıtılması sonrası oluşan ağırlık kaybından elde edilmiştir.

pH analizleri pH metre ile Selçuk Üniversitesi Laboratuvarlarında Keller ve Matlack (1990) yöntemi kullanılarak yapılmıştır. pH ölçümleri yapılırken tane boyu 2-3 mikrona kadar öğütülerek indirgenen örneklerden 10 gr alınmış üzerine 50 ml tridistile su ilave edilmiştir. Normal oda sıcaklığında muhafaza edilen örneklerde sırası ile 2, 4, 24, 48 saat aralıklarında pH değeri sabit bir değere ulaşıncaya kadar pH metre kullanılarak ölçümler sürdürülmüştür. Ölçümler sırasında pH= 4 ve pH=7 standartları kullanılarak ayarlanan pH metre ile ölçümler yapılmıştır.

Kristal morfolojileri ve mikrodokusal ilişkileri taramalı elektron mikroskop (SEM) ile incelenmiştir. Analizler Kırıkkale Üniversitesi Laboratuvarlarında Leon 5600 model taramalı elektron mikroskop kullanılarak yapılmıştır.

STRATİGRAFİ

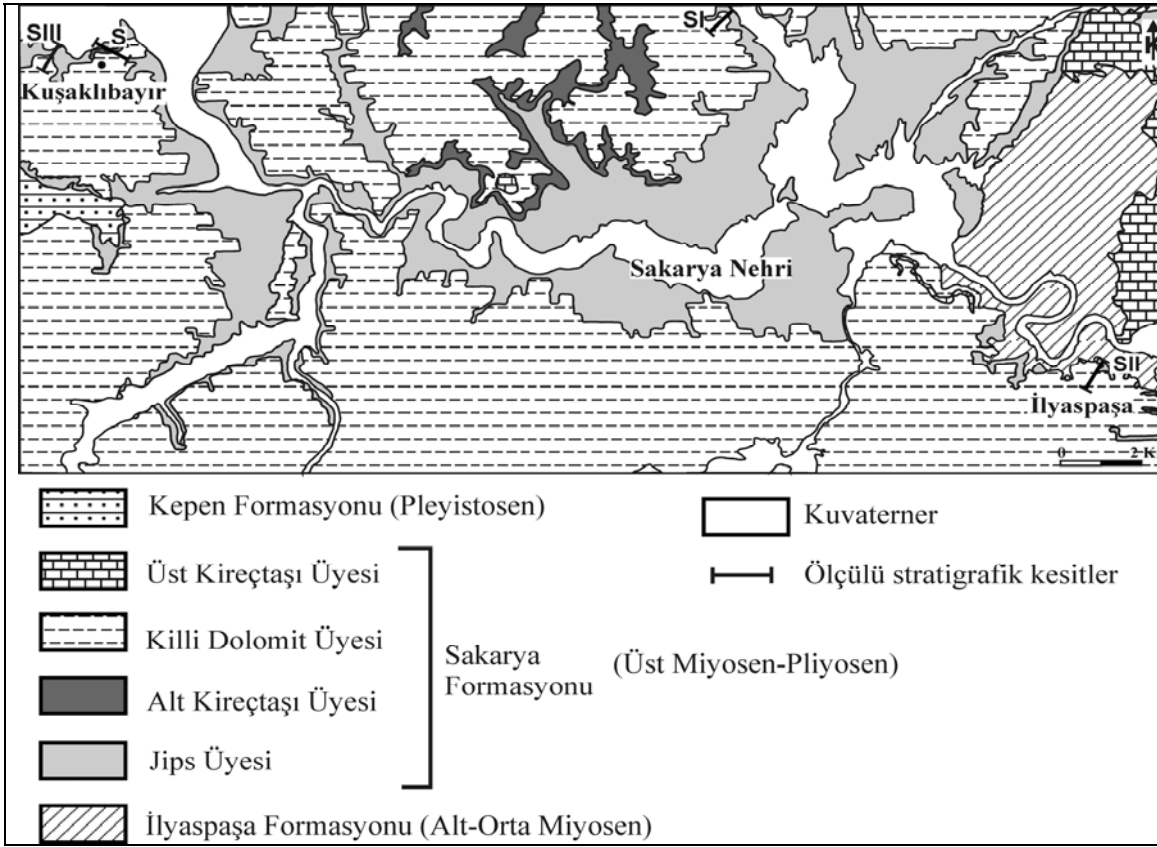
Orta-Üst Miyosen yaşlı gösel, volkanik, volkanosedimanter birimler tarafından örtülen Paleozoyik yaşlı metamorfik kayalar ve Mesozoyik yaşlı ofiyolitik kayalardan oluşan temel birimler inceleme alanında gözlenmemektedir (Kadir ve diğ., 2002; Yurteri, 1989) (Şekil 1, 2). Paleozoyik metamorfik kayaları mermer, kristalin kireçtaşı, mikaşist, kalkşist, fillit ve metakumtaşından oluşmaktadır. Üst Kretase yaşlı plütonik kayalar başlıca kuvars, feldispat, mika ve amfibol içerir ve genellikle asidik ortaç bileşimdedir.



Şekil 1. İnceleme alanının bölgesel jeoloji haritası.

Figure 1. Generalized map of the study area.

(http://www.mta.gov.tr/mta_web/harita500.asp)



Şekil 2. İnceleme alanının jeoloji haritası (not: Stratigrafik kesitlerin hatları beş kez büyütülmüştür).

Figure 2. Geological map of study area (note: location line of stratigraphic sections were magnified at about five times).

Çalışma alanında Neojen gölsel sedimanları, tektonik kontrollü volkano-sedimanter bir ortamda çökelmiştir (Şekil 1, 2). Volkanosedimanter kayaçlar başlıca klastik, killi, dolomitik, tüfitik, evaporitik ve silisli sedimanter kayaçlardan oluşmaktadır. Volkanik kayaçlar bazaltik lav akıntıları ve bazaltik volkanoklastik malzemelerden oluşmaktadır. Temel ve diğ. (2001) volkanik aktivitenin Miyosen boyunca geliştiğini ve volkanik kayaçların bazaltik ve trakitik bileşimde olduğunu belirtmişlerdir. Bu volkanik kayaçlar inceleme alanının kuzeyinde yüzeylenmektedir (Şekil 1).

İnceleme alanındaki birimler daha önce çeşitli araştırmacılar tarafından incelenmiş ve Neojen birimleri İlyaspaşa ve Sakarya formasyonu olmak üzere iki litostratigrafik birime ayrılmıştır (Umut ve diğ., 1991; Karakaş, 1992 ve Ece ve Çoban, 1994) (Şekil 3). Beyaz, gri, ince-orta-kalın kötü katmanlı kireçtaşı, çörtlü kireçtaşı, marn, ince kıltaşı, çamurtaşı ardalımlı, yer yer turba arakatlı olan birim İlyaspaşa formasyonu

olarak tanımlanmıştır (Karakaş, 1992). İlyaspaşa formasyonunun alt sınırı inceleme alanı içerisinde gözlenememiştir. Üst sınırında ise çok düşük açılı bir uyumsuzlukla Sakarya formasyonunun Jips üyesi yer almaktadır.

Sakarya formasyonu inceleme alanında geniş bir alan kaplamaktadır. Bu birim yeşil-beyaz renkli kil ile yer yer jips arakatlı marn, dolomit ve kireçtaşıdan oluşmuştur. Bu formasyon Sakarya nehrinin iki yakasında geniş bir yayılım sunar ve adını Sakarya nehrinden almıştır. Sakarya formasyonu Jips, Alt Kireçtaşı, Killi Dolomit ve Üst Kireçtaşı olmak üzere dört üyeye ayrılmıştır (Karakaş, 1992). Jips üyesi yeşil, beyaz, kahve renkli kil, marn, dolomit ve jips ardalımlıdır. Tabanda kil, marn ve jips ardalımlıdır. Birim içinde bulunmaktadır. Çalışma konusunu oluşturan değişik şekilli jips kristalleri bu birimde bulunmaktadır.

ÜST SİSTEM	SİSTEM	SERİ	FORMASYON	ÜYE	KALINLIK (m)	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR	FOSİL İÇERİĞİ	ORTAM
					125	Kıvrımlı, çörtlü kireçtaşı, marn ardalı, turba arakatlı kireçtaşı		Planor. corneus (Linnaeus) Stag. (stagnicola) palustris	
				Jips	55	Yeşil-beyaz renkli killi dolomit, masiv, tabakalı, çatlak dolgu ve serbest jips kristalli dolomit ardalı			sığ göl, çamur düzlükleri
				Alt Kireçtaşı	30	Bol kök izli Gastropod ve Ostrakodlu jipsli kireçtaşı		Bulimus sp., Coretus Sulekianus BRUSINA Gyraulus sp., Valvata sp. Ostracodae kavkısı	sığ göl
				Killi Dolomit	214	Beyaz renkli dolomit, yeşil renkli kil, yeşil-beyaz renkli killi dolomit, kahverenkli sepiyolit, beyaz renkli sepiyolitli dolomit ve manyezit ardalı		Cyp. cf. seminulum (REUSS) Cyp. cf. heterostigma (REUSS) Cyp. sp. Chara sp. Operkula Cyp. salinus (BRADY) Can. cf. neglecta (SARS) Pseudocandona sp. Can. cf. compressa (KOCH) Ilyoc. cf. gibba (RAMDOHR) Ilyoc. sp. Compositae tip polen. Tricoporopollenites spp.	açık göl, çamur düzlükleri
				Üst Kireçtaşı	70	Gastropod ve ostrakodlu kireçtaşı		Gyraulus sp. Coretus sp. Hydrabia sp. Valvata sp. Cyprideis torosa (JONES) Bakunella sp. Ilyocypris sp. Chara sp.	tatlı su girişiminin yoğun olduğu açık göl
						Kırmızı renkli çakıltı, kumtaşı, çamurtaşı			
						Alüvyon, taraça			

Şekil 3. İnceleme alanının genelleştirilmiş dikme kesiti, Umut ve diğ. (1991), Karakaş (1992) ve Ece ve Çoban (1994)'dan faydalanılarak hazırlanmıştır (Ölçeksiz).

Figure 3. Generalized stratigraphic section of study area (after from Umut et al., 1991, Karakaş, 1992 ve Ece and Çoban (1994) (No scale).

Jips üyesi çalışma alanının doğusu ve batısı arasında farklılıklar sunar. Batıda beyaz renkli marn ve beyaz, gri renkli ince orta katmanlı kil ile jips arakatlılarından oluşmuştur. Doğuda ise yeşil, sarı, kahve renkli kil ve beyaz renkli marn ardalını ile serbest jips kristallerinden oluşur. Bu jips üyesi ince bantlar halinde sepiyolit seviyeleri de içermektedir.

Bu jips üyesi Alt-Orta Miyosen yaşlı İlyaspaşa formasyonu üzerine çok düşük açılı bir uyumsuzlukla gelmektedir. Üst sınırında ise, Alt Kireçtaşı üyesi uyumlu ve dereceli geçişli olarak yer almaktadır.

Alt Kireçtaşı üyesi arazide beyaz, kirli beyaz, bej ve sarı renkli olarak gözlenmektedir ve masiv, orta kalın katmanlı, bol Gastropod fosilli

kireçtaşları ile beyaz renkli yumuşak dolomitlerden oluşmaktadır, yer yer jips içermektedir. Birim genelde boşluklu yapıdadır. İçerisinde bol miktarda bitki kök izleri bulunmaktadır. Bu birim üzerine Killi-Dolomit üyesi uyumlu olarak gelmektedir.

Killi-Dolomit üyesi beyaz renkli dolomit, yeşil renkli kil, yeşil-beyaz renkli killi dolomit, kahve renkli sepiyolit, beyaz renkli sepiyolitli dolomit ve manyezit ardalından oluşmaktadır. Killi-dolomit üyesi üzerinde Üst Kireçtaşı üyesi uyumlu olarak yer almaktadır.

Üst Kireçtaşı üyesi Gastropodlu ve Ostrakodlu kireçtaşından oluşmaktadır. Yer yer marn ve dolomit içermektedir. Ayrıca yer yer yumru kireçtaşından oluşan birim boşlukludur

ve kavkı kalıpları içermektedir. Bu birim içinde Kuşaklıbayır yöresinde Alt Kireçtaşlarında izlenen evaporitik malzeme bulunmamaktadır.

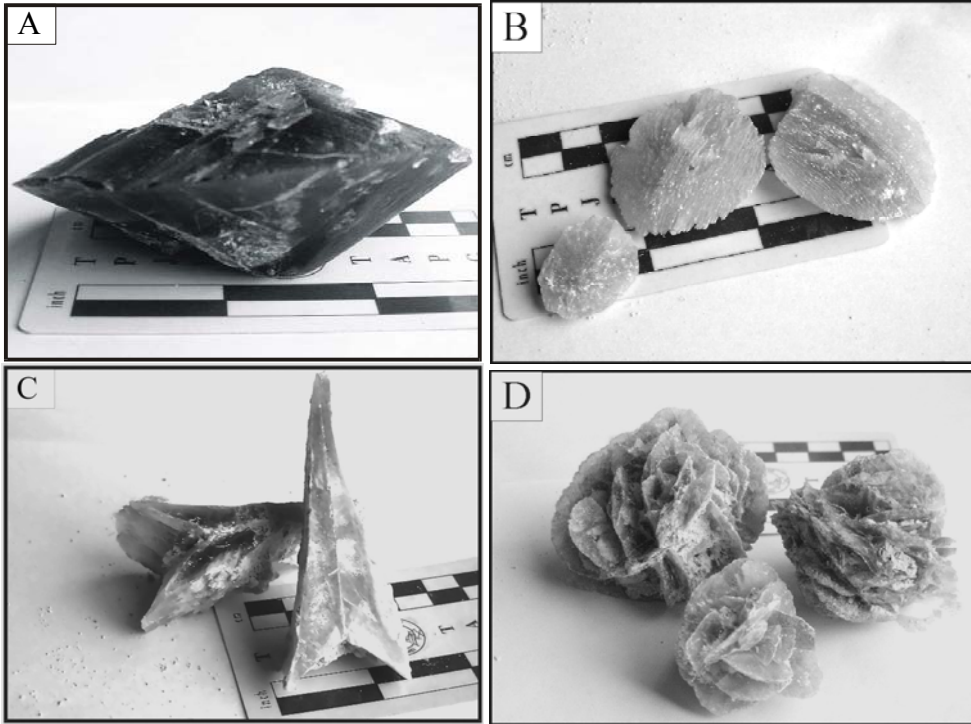
Killi-dolomit üyesi üzerine uyumlu olarak gelen bu birimin üzerinde açısız uyumsuzlukla Pleyistosen yaşlı Kepen formasyonu bulunmaktadır (Karakas, 1992). Kepen formasyonu kırmızı renkli çakıltası, kumtaşı ve çamurtaşından oluşur. Sakarya formasyonu ile yanal düşey geçişlidir.

Sakarya Formasyonundaki Jips Oluşumlarının Özellikleri

İnceleme alanındaki jips oluşumları Sivrihisar Neojen göl baseninde oldukça geniş bir alanda yayılım sunarlar. Sakarya formasyonunun Jips üyesi içerisinde bulunan jipsler farklı türden birkaç seviye içinde bulunmaktadır. Bunlar masiv seviyeler halinde bulunan jipsler, tabakalı ve dolomitli jipsler, serbest büyümelili (kovucu büyümelili) ve çatlak dolgusu jipsleridir (Karakas, 1992). Masiv seviyeler halinde bulunan jipsler ve tabakalı ve dolomitli jipsler beyaz renkli, kil-kum boyutunda kristallerden meydana gelmiş olup birimin tabanında yer almaktadır. Serbest

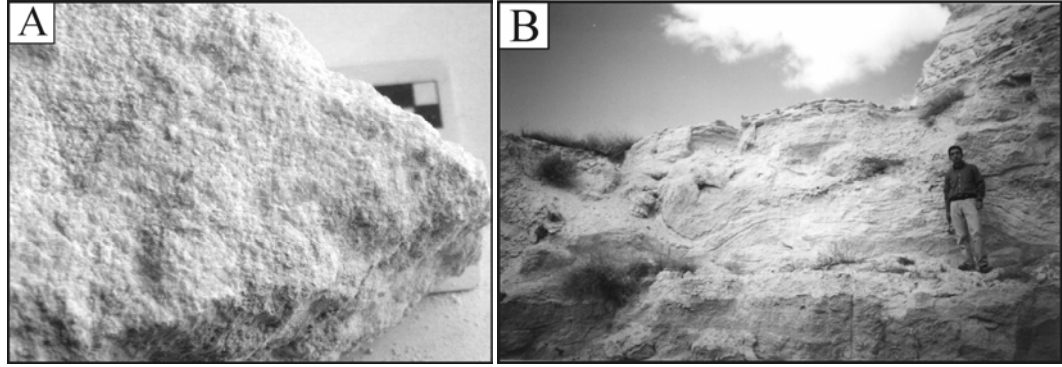
büyümelili (kovucu büyümelili) ve çoğunlukla da çatlak dolgusu oluşturan iri jips oluşumları (1-10cm) masiv ve tabakalı jipslerin üzerinde bulunmaktadır. Bunlar gri-yeşil, açık-koyu kahve renkli olup değişik boyutlarda diskoidal, mercek şekilli, kurlangıçkuyruğu ve jips gülü gibi çeşitli görünümüne sunarlar (Şekil 4). Bunlar kil, marn ve dolomitlerin içerisinde bulunurlar.

Jips üyesinde bulunan masiv ve tabakalı jipsler inceleme alanında yalnız Kuşaklıbayır Tepe'de gözlenmiştir. Burada jips üyesinin tabanı masiv jipsle başlar. Bu birimin kalınlığı yaklaşık 10m dir. İçlerinde mikro kıvrımlar yaygındır (Şekil 5A ve B). Bu masiv jips üst tarafa doğru daha ince kristalli olan tabakalı jips birimine geçer. Bunlar ince tabakalı dolomitlerle ardalanmalıdır. Toplam kalınlığı 6m dir. Jips üyesinin orta seviyelerinde izlenen saf dolomitler yukarıya doğru açık-koyu kahverengi, jips gülü ve diskoidal şekilli iri jips kristalleri bulunduran dolomit birimine geçer. Ayrıca jipsli dolomit seviyeleri, saf dolomit, masiv ve tabakalı jips düzeyleri ile ardalanmalı olarak birkaç kez tekrarlanmaktadır (Şekil 6).



Şekil 4. Çalışma alanındaki farklı jips kristalleri A: merceksi, B: diskoidal, C: kurlangıç kuyruğu, D: jips gülü.

Figure 4. Different types of gypsum crystals in the study area; lenticular (A), discoidal (B), swallow-tail (C), rosetta gypsum (D).



Şekil 5. A: Beyaz renkli, kil-kum boyu masiv jips B: Masiv jipslerde gelişen tabaka içi düzensiz kıvrımlı yapılar (Kuşaklıbayır Tepe, KB)

Figure 5. (A: white coloured, clay-sand sized massive gypsum, B: irregular folded structure in massive gypsum, NW).



Şekil 6. Kuşaklıbayır Tepe Jips ve Alt Kireçtaşı Üyesinin saha görünümü, KB.

Figure 6. Field appearance of Gypsum and Lower Limestone Member in Kuşaklıbayır, NW.

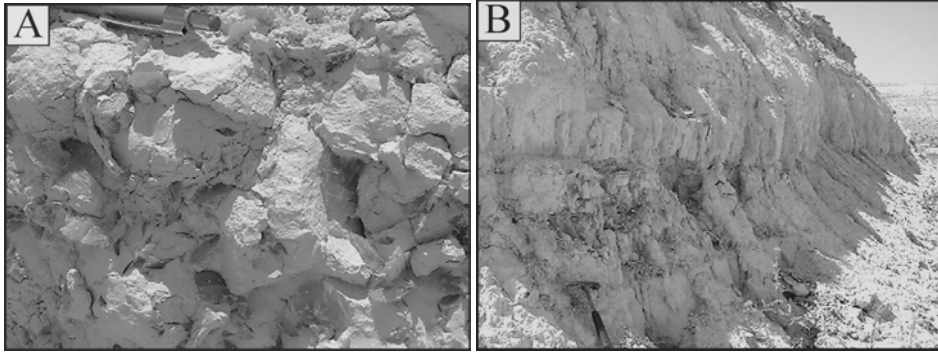
X: Beyaz renkli, masif ve tabakalı jipsler (white colored, massive and bedded gypsum)

Y: Beyaz renkli dolomit içerisinde açık-koyu kahve renkli gül ve diskoidal şekilli jipsler (Brown colored rosette and discoidal gypsum in dolomit white colored)

F: Jipsler içerisinde gelişen düşey atımlı fay (fault in gypsum)

İnceleme alanı içerisinde bulunan jipsler marnlı, killi dolomitler ve kireçtaşı içerisinde bulunurlar. Kireçtaşı ve dolomitlerle birlikte bulunan jipsler çoğunlukla kahve renklidirler ve diskoidal ve jips güllü formundadırlar. Jips üyesi içerisinde bulunan jips gülleri de masif ve tabakalı jipslerde olduğu gibi yalnız Kuşaklıbayır Tepe de gözlenir. Diskoidal şekilli

jips kristalleri ise inceleme alanında yaygın olarak bulunur. Yeşil marnlı dolomitler içerisinde oluşan jipsler ise daha çok mavimsi grimsi renk gösterirler ve kırlangıçkuyruğu ile mızrak ucu şekillidirler (Şekil 7A ve B). Bu tip serbest jips kristalleri İlyaspaşa civarında gözlenir (Şekil 2).



Şekil 7 A. İnceme alanında yaygın olarak bulunan dolomitler arasında saçılmış şekildeki (kovucu büyümelili) diskoidal jips kristalleri, **B.** İlyaspaşa civarında yeşil marnlı dolomitler içerisinde bulunan kırlangıçkuyruğu şekilli jipsler

Figure 7 A. scattered discoidal gypsum crystals (displacive grown) among common dolomites in study area, **B.** swallow-tail gypsum in dolomite with green marn in İlyaspaşa vicinity.

Tablo 1. Ölçülü kesitlere ait örneklerin yarı nicel mineralojik bileşimleri (%).

Table1. Semiquantitative mineralogical composition of section samples (%).

ÖN	Tüm kaya					ÖN	Tüm kaya				
S-21	JK= 55	D= 40	K= 5			SI-10	D= 95	Se= 5			
S-20	JK= 60	D= 25	Ka=10 K= 5			SI-9	D= 95	Se= 5			
S-19	JK= 95	D= 5				SI-8	JK= 10	D= 80	Se= 10		
S-18	J= 78	D= 22				SI-7	JK= 18	D= 57	Se= 22 Q=3		
S-17	J= 56	D= 44				SI-6	JK= 65	D= 30	Se= 5		
S-16	J= 58	D= 29	Ka=13			SI-5	JK= 84	D= 10	Se=6		
S-15	Ka= 80	F= 5	S= 5	A= 6	K=4	SI-4	JK= 82	D= 15	Q=3		
S-14	JK= 55	D= 40	K= 5			SI-3	JK= 90	D= 10			
S-13	JK= 50	D= 22	Ka=16 Q= 6 K= 6			SI-2	JK= 95	D= 5			
S-12	JK= 60	D= 29	K= 5 Q= 6			SI-1	JK= 95	D= 5			
S-11	J= 75	D= 15	Se=6 Q=4								
S-10	J= 80	D= 17	Se=3			SII-9	D= 60	K=35	Q=5		
S-9	J= 77	D= 23				SII-8	D= 40	JK= 20	K= 40		
S-8	J= 6	D= 80	Q= 6 Se=8			SII-7	D= 38	K= 35	JK= 17	Ka= 15	
S-7	J= 10	D= 90				SII-6	JK= 65	D= 20	K=15		
S-6	J= 75	D= 25				SII-5	JK= 70	D= 25	K= 5		
S-5	JK= 95	D= 5				SII-4	JK= 84	D= 5	F=3	K=4 Q=4	
S-4	J= 78	D= 22				SII-3	JK= 90	D= 5	Ka=5		
S-3	J= 82	D= 12	Se=6			SII-2	JK= 91	D= 3	Q=3 C=3		
S-2	J= 78	D= 22				SII-1	JK= 85	D= 10	Q= 5		
S-1	J= 57	D= 30	A= 10 Q=3								
						SIII-9	JK= 70	D= 25	K= 5		
						SIII-8	JK= 67	D= 33			
						SIII-7	JK= 78	D= 16	K= 6		
						SIII-6	JK= 80	D= 8	K= 7	Q=5	
						SIII-5	JK= 70	D= 25	K= 5		
						SIII-4	JK= 50	D= 40	Ka= 5	K= 5	
						SIII-3	JK= 73	D= 20	K=7		
						SIII-2	JK= 80	D= 20			
						SIII-1	JK= 60	D= 40			

Not: ÖN=Örnek Numarası, S=Kuşaklıbayır kesiti, SI=Ömerağlı kesiti, SII=İlyaspaşa kesiti, SIII=Akbayır kesiti, JK=Büyük jips kristalleri, J=Jips, D=Dolomite, Ka=kalsit, K=Kil, A=Aragonit, Q=Kuvars, F=Feldispat, S=Sölestin, Se=Sepiyolit. (Note: ÖN=Samples number, S=Kuşaklıbayır section, SI=Ömerağlı section, SII=İlyaspaşa section, SIII=Akbayır section, JK=Big gypsum crystals, J=Gypsum, D=Dolomite, Ka=Calcite, K=Clay, A=Aragonite, Q=Quartz, F=Feldispar, S=Celestine, Se=Sepiolite).

MİNERALOJİ

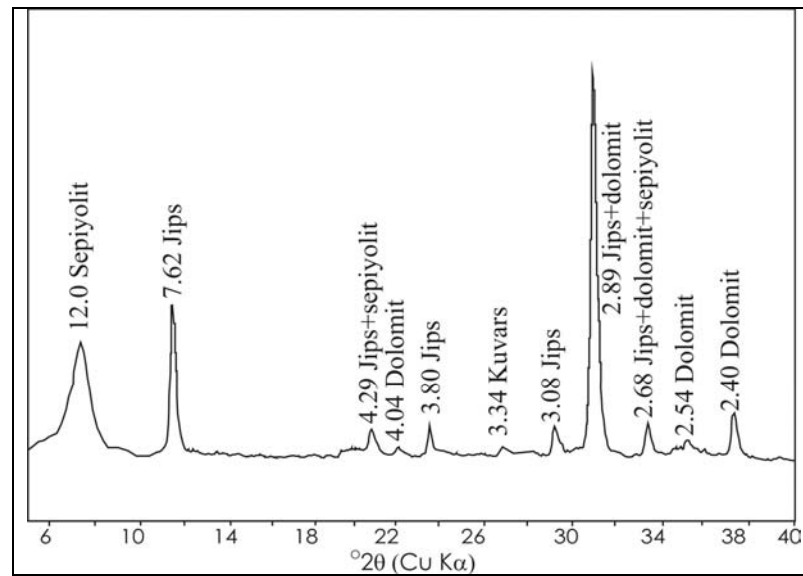
Örneklerin mineralojik bileşimleri (tüm kaya ve kil boyu) X-ışını difraktometresi yardımı ile belirlenmiştir. X-ışını tüm kayaç analizinden minerallerin yarı nicel bileşimleri hesaplanmıştır (Tablo 1). Tüm kaya X-ışınları çekimlerinde jips minerali ile birlikte başlıca dolomit, kalsit ve kil minerallerinin pikleri gözlenmiştir (Şekil 8). Jips minerali ile birlikte bulunan kil mineralleri yaygın olarak sepiyolit, bunun yanında Ca-simektit, paligorskit ve nadiren illit ve kaolinitir. Örneklerin kil boyu çekimlerinde simektitlerin Ca-simektit türünde ve zayıf kristaliniteye sahip olduğu belirlenmiştir. Sepiyolit kil boyu çekimlerinde 12.28 Å (110) da maksimum piki gözlenmiştir. Sepiyolit ısı ile muamele edildiğinde (110) piki 12.28 Å dan 10.84 Å a ve sonra da 8.2 Å a çöker. Etilen glikolle muamele edildiğinde sepiyolitte 12.28 Å'dan 12.69 Å'a hafif bir şişme gözlenmiştir.

Jips kristallerinin boyutu arttıkça kil mineral içeriğinin arttığı belirlenmiştir. Küçük jips kristallerini içeren örneklerde (masiv jipsler) kil mineral içeriği çok düşüktür. Kil minerallerinin özellikle iri kristalli jips oluşumları ile ilişkili olduğu gözlenmiştir.

S kesitinde (Kuşaklıbayır) jips ile birlikte dolomit, aragonit, kalsit, feldispat, sölestin, kil ve

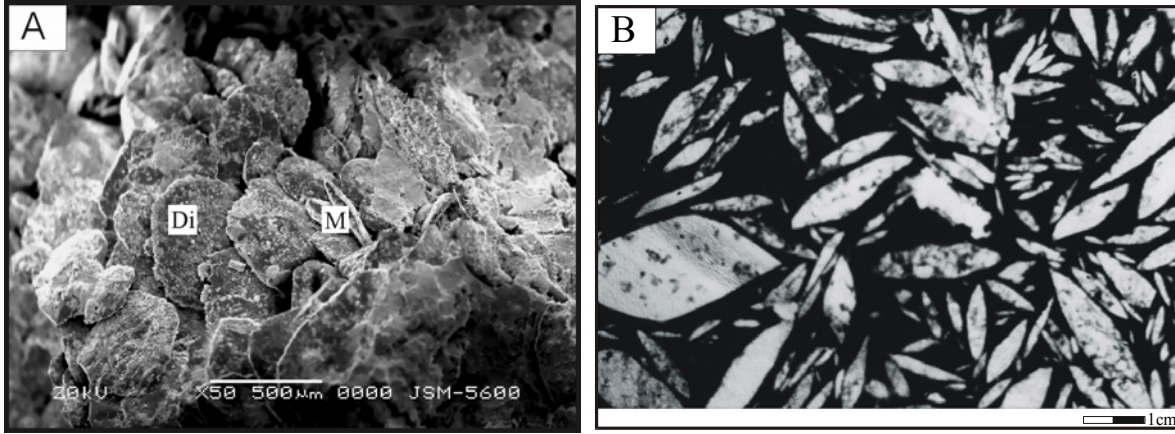
kuvars bulunmaktadır. Bu kesitte jips içeriği kesit SII den daha yüksektir ve ana mineral jipstir. Tabandan tavana jips içeriği değişmektedir. Dolomit, jips, sepiyolit ve kuvars orta seviyelerde bulunurken; kalsit, kuvars, feldispat, aragonit ve sölestin üst seviyelerde bulunur (Tablo 1). Masiv seviyeler halinde bulunan kil-kum boyu jips kristalleri kesitin alt seviyelerinde bulunmaktadır. Kil-kum boyu jipsler, kahve bal renkli jips gülleri ve sölestin minerali yalnız bu kesitte gözlenmiştir. S-1, S-2, S-3, S-4, S-6, S-9, S-10 ve S-11 örnekleri %58-85 kil-kum boyu jips kristalleri içerir. Bu örneklerde kil mineral içeriği çok düşüktür. S-12, S-13 ve S-14 örnekleri iri (5-10cm), kahve, merceksi ve gül şekilli jips kristalleri içermektedir. Bu örnekler yaklaşık % 6 oranında kil minerali içermektedir. Kil mineralleri başlıca sepiyolit ve illit, simektitdir.

SI kesitinde (Ömerağlı) mineral parajenezleri jips, dolomit ve sepiyolittir. Kesitte tabanda en bol bulunan mineral jips iken tavan kesimde ise dolomittir. SII (İlyaspaşa) kesitinde jips, dolomit, kalsit ve kil mineralleri (Tablo 1) bulunmaktadır. Kil mineralleri başlıca sepiyolit ve bunun yanında simektit, kaolinit ve paligorskitten oluşmaktadır. Sepiyolit İlyaspaşa civarında oldukça yaygın bulunmaktadır. Bu kesitin tavadan tabana dolomit içeriği azalmaktadır.



Şekil 8. (SI-7) örneğinin tüm kaya X-ışını örgüsü.

Figure 8. Whole-rock XRD pattern of the non-oriented SI-7 sample.



Şekil 9. Kil-kum boyu masif jipslerin SEM analizi (A) ve incekesit görüntüsü (çift nikol) (B) (Not: M:merceksi, Di: diskoidal jips) (S-21 örneği).

Figure 9. SEM analysis (A) and optic microscopic examination (B) of clay-sand sized massive gypsums, S-21 sample

SIII kesitinde (Akbayır) jips mineralinin yanında dolomit, kalsit ve kil mineralleri bulunmaktadır. Tabandan tavana mineral bolluklarında önemli bir değişim gözlenmemiştir.

Karakaş (1992) tarafından prizmatik jipslerden oluştuğu iddia edilen masiv seviyeler halinde bulunan jipsler üzerinde yapılan SEM ve incekesit çalışmalarında, jipslerin kil kum boyu, renksiz, mercek şekilli ve diskoidal jipslerden oluştuğu belirlenmiştir (Şekil 9). Şekil 9B deki incekesit görüntüsünde karbonatlı bir matriks (siyah renkli kesim) içerisinde yüzer konumda bulunan açık renkli mineraller merceksi (mercek şeklinde) ve diskoidal jips kristalleridir. Bu durum masiv seviyeler halinde bulunan kil-kum boyu bu jips kristallerinin karbonat (dolomit) içerisinde serbest büyümeli (kovucu büyümeli) oluşan jips kristalleri olduğunu gösterir.

JEOKİMYA

Seçilen 17 örneğin ana element analizi yapılmıştır (Tablo 2). Analiz sonuçlarına göre ateşte kayıp kil-kum boyu merceksi-diskoidal jipslerde diğer jipslere oranla daha yüksektir (Tablo1). Bazı jips örneklerinde (S-5, SII-4 ve T-2) CaO değerleri ideal değerden (%32.6) düşük bulunmuştur. Bir örnekte (T-23) CaO içeriği hafif yüksek iken SII-2 örneğinde ise jips minerali için ideal CaO değerinden oldukça yüksektir. Tüm

örneklerdeki SO_3^{2-} değerleri ideal değerden (%46.5) belirgin bir şekilde düşüktür. İdeal jipste H_2O içeriği %20.9 iken, jips örneklerinde özellikle masiv kil-kum boyu merceksi-diskoidal jipslerde ateşte kayıp değeri ideal değerden daha yüksektir. Bu durum jipsin kil mineralleri gibi farklı minerallerle birlikte bulunduğunu gösterir. Jips kristal boyutu ve şekilleri ortamdaki SO_3^{2-} , CaO ve AK değerlerinin ideal değerlerden sapması ile yakından ilişkilidir. Ayrıca pH, organik madde ve sıcaklık değişik jips kristallerinin oluşumunda önemli rol oynar (Cody, 1979). Örneklerin Sr içeriğinin ortalama değerden daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Tablo 2). Kil-kum boyu merceksi ve diskoidal jipslerin Sr içerikleri 300-8000ppm arasında değişirken, diğer jips kristallerinde 300-3000ppm arasında değişmektedir.

Kimyasal analiz sonuçlarına göre dolomitçe zengin örneklerin (~%85) C içeriği diğer örneklerden (%10.92) daha yüksektir. Genellikle toplam C ve S arasında negatif doğrusal bir ilişki vardır.

Renksiz-kahve merceksi ve kahve-yeşil kırlangıç kuyruğu ve gül şekilli jipsler hemen hemen aynı toplam C içeriğine sahiptir (% 0.12-0.5). Merceksi-diskoidal jipslerde (kil- kum boyu) toplam C değerleri diğer jipslerden daha yüksektir (%1.33-4.02). Çünkü kil-kum boyu jipsler yaklaşık % 15-90 arasında dolomit içerir.

Tablo 2. Bazı ölçülü kesit ve nokta örneklerin tüm kaya ana element oksit bileşimleri (%).
Table 2. Major element oxide composition (%) of some whole rock samples of some sections and some random samples).

	JT	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	Sr (ppm)	AK	Top	TOT/C	TOT/S
S-1	M-D	2.22	0.31	0.09	6.74	29.51	0.09	0.04	0.01	0.01	0.01	4024	28.8	67.8	4.02	11.04
S-3	M-D	4.97	1.02	0.34	3.04	29.18	0.13	0.22	0.04	0.01	0.01	3241	23.4	62.3	1.48	14.43
S-5	M	0.26	0.03	0.04	0.47	31.99	0.03	0.04	0.01	0.01	0.01	746	21.2	54	0.25	16.76
S-8	M-D	9.98	1.8	0.65	19.22	25.46	0.28	0.42	0.08	0.02	0.02	1402	41.9	99.8	10.92	0.52
S-10	M-D	2.51	0.52	0.17	1.88	30.28	0.06	0.16	0.02	0.01	0.01	7413	22.9	58.5	1.33	14.72
S-12	G	7.38	1.71	0.7	5.43	26.64	0.12	0.37	0.08	0.02	0.01	929	27.1	69.5	3.36	11.62
S-15		7.77	0.59	0.24	2.33	47.47	0.04	0.13	0.03	0.03	0.01	3436	37.2	95.8	9.58	1.46
SI-4	M	1.31	0.11	0.07	3.46	33.27	0.1	0.04	0.01	0.01	0.01	828	25.2	63.5	1.99	14.24
SI-5	M	3.6	0.89	0.36	1.88	29.87	0.06	0.21	0.04	0.02	0.01	3970	23.1	60	1.38	15.99
SI-7	M	18.63	3.07	1.22	13.04	20.26	0.28	0.65	0.13	0.04	0.02	997	33	90.3	6.57	3.58
SII-2	KK	0.61	0.09	0.06	0.52	34.06	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01	867	21.3	56.7	0.3	16.76
SII-4	KK	3.68	0.9	0.56	1.34	31.87	0.06	0.17	0.05	0.01	0.01	2852	21.4	60	0.5	16.18
SII-9		16.32	0.75	0.34	22.11	20.37	0.7	0.12	0.04	0.01	0.01	2434	39.5	99.6	9.58	0.04
SIII-3	M	5.41	0.95	0.36	4.04	29.76	0.1	0.21	0.04	0.02	0.01	2698	24.9	65.8	2.42	13.75
SIII-6	M	3.12	0.83	0.35	2.05	32.19	0.07	0.17	0.04	0.03	0.01	848	22.3	61.1	1.17	14.82
T-2	M	0.36	0.04	0.04	0.13	31.05	0.06	0.02	0.01	0.01	0.01	349	21.2	52.8	0.12	15.21
T-23	G	0.81	0.21	0.1	0.47	32.83	0.05	0.05	0.01	0.02	0.01	755	21.4	55.9	0.45	16.08

Not: T numaralı örnekler nokta örneklerdir, T-2 merceksi ve T-23 jips gülü, AK:Ateşte kayıp, TOT/C: toplam C, TOT/S: toplam S, JT:örnekler içerisindeki jips türü, M-D: kil-kum boyu merceksi-diskoidal, M: Merceksi, KK: Kırangıç kuyruğu, G:jips gülü. (Note: T numbered samples are random samples T-2 is lenticular and T-23 rosetta shaped gypsum. AK: loss in ignition, TOT/C: Total C, TOT/S: Total S, JT: gypsum type in samples, M-D: clay-sand size lenticular-diskoidal, M:Lenticular, KK:swallow-tail, G: rosetta).

Tüm kesitlerde Ca/SO₄²⁻ oranı jipsçe zengin örneklerde düşüktür. Jips içermeyen dolomitçe zengin örneklerde bu oran kil kum boyu jipslere oranla oldukça yüksektir. Bu jipslerin dolomit içeriği yüksektir (%15-90). Kil kum boyu jips kristallerinin Ca²⁺ içeriği iri jips kristallerinden düşüktür. Kil-kum boyu merceksi-diskoidal jips kristallerinin Ca²⁺ içeriği %20.85-21.64 arasında iken iri jips kristallerinin %22.19-24.34 dür.

Kesitlere bakıldığında jips içeriği arttıkça örneklerin Ca/Mg oranları artmaktadır. Dolomit içeriği fazla olan örneklerde ise bu oran düşüktür (S-8, SII-9). Ca/Mg oranı küçük jips kristallerinde (kil kum boyu) iri jips kristallerinden (S-5, SII-2, SII-4, T-2 ve T-23) çok

düşük bulunmuştur. Fakat aynı ilişki jips gülüce zengin olan bir örnekte (S-12) gözlenmemiştir.

Dolomit içeriği arttıkça numunelerin Mg içeriğinin arttığı görülmüştür. Sepiyolit içeren örneklerde Mg ve Si içeriği daha yüksektir.

Yapılan pH ölçümlerine göre inceleme alanında zayıf alkalın ve alkalın koşulların egemen olduğu görülmüştür. S kesitindeki örneklerin ortalama pH değerleri 7.57-8.09, SI kesitindeki 7.52-7.83, SII kesitindeki 7.76-8.32 ve SIII kesitindeki ise 7.78-7.85 dir. Küçük jips kristalleri içeren örneklerin pH değerleri 7.79-8.09, jips gülü içeren örneklerin 7.90-7.97, kırangıç kuyruğu şekilli jips içeren örneklerin 7.98-8.16 arasında değişmektedir. En düşük pH değerine kahverengi merceksi jipsler sahiptir.

TARTIŞMA

Çalışmada Sakarya formasyonu içerisinde bulunan jips kristal tipleri ve özellikleri ile oluşum koşulları incelenmiştir. Sakarya formasyonu jips ile ilişkili dolomit, dolomit içeren sepiyolit, kalsit ve nadiren paligorskite içerir. Sakarya formasyonu içerisinde gelişen farklı renk, boyut ve şekle sahip jips oluşumları belirlenmiştir. Bu jips oluşumları merceksi, diskoidal, jips gülü ve kırlangıçkuyruğu gibi şekillere sahiptir (Şekil 4). İnceleme alanında en yaygın olarak bulunan jips oluşumları diskoidal ve mercek şekilli jips kristalleridir. Diskoidal ve mercek şekilli jips kristalleri inceleme alanında masiv seviyeler halinde, tabakalı, serbest büyümeli (kovucu büyümeli) ve çatlak dolgusu olarak ve değişen boyutlarda bulunur. Dolomitte araldanmalı olarak bulunan tabakalı jipslerin beyaz renkli, küçük kristaller halinde (kil-kum boyu) ve yalnız merceksi diskoidal şekilli jipslerden oluştuğu belirlenmiştir. Masiv seviyeler halinde bulunan kil-kum boyu jips oluşumlarının yapılan SEM ve incekesit çalışmaları sonucunda dolomit matriks içerisinde kovucu büyüme ile oluştuğu belirlenmiştir. İri mercek şekilli ve diğer jips kristalleri ise, dolomitler içerisinde çatlak dolgusu ve serbest (kovucu büyümeli) olarak gözlenir ve masiv ve tabakalı jipslerin üzerinde yer alır. Kırlangıçkuyruğu jipsler renksiz veya yeşil ve kahve renklidir. Gül şekilli jips kristalleri ise açık-koyu kahverengidir (Şekil 4). Kristallerin boyutları değişkendir (1-10cm). Diskoidal-merceksi jips kristalleri ve jips gülleri, kireçtaşı ve dolomitlerle birlikte bulunurken, kırlangıçkuyruğu şekilli jips oluşumları yeşil marnlı dolomitler içerisinde bulunur. Masiv jipslerde depolanma sonrası dış etkileri yansıtan aşınma ve taşınma yapılarına rastlanılmamıştır. Masiv ve tabakalı jipslerde laminalanma ve dalgalı tabakalanma gözlenmiştir. Tüm bunlar zayıf su enerjisi ile etkilenen göl düzlüğünü işaret etmektedir. Çatlak dolgusu ve serbest büyümeli iri jips oluşumları masiv ve tabakalı jipslerden kökensel olarak farklıdır. Çatlak dolgusu ve serbest büyümeli (kovucu büyümeli) jipslerin, tabaka yüzeylerinde ve çatlaklar boyunca izlenmesi bu kristallerin artan buharlaşma sonucu sülfatça doymuş göl

ve/veya zemin suyu ile bağlantılı olduğunu gösterir. Çatlak dolgusu şeklinde gelişen jipsler büyük olasılıkla gölün çekilme ve kuruma evrelerinde yüzeye çıkan geniş dolomit düzlüklerinin, kuruma çatlakları şeklinde parçalanmalara uğraması ile bu çatlaklara hücum eden ve çatlaklar boyunca yükselen zemin suyu jips için doymuş hale geldiğinde çatlaklarda jips çökelişi şeklinde oluşmuştur. Serbest büyümeli (kovucu büyümeli) kristaller ise dolomit çamurundaki tuzlu su veya zemin suyu kaynaklı jips oluşumlarıdır.

SI ve SII kesitlerinin üst seviyelerinde ana mineral dolomittir. SII kesitinde iri jips kristalleri çoğunlukla dolomit ve az miktarda kalsitle birlikte bulunur. Genellikle jipse eşlik eden ana mineral dolomittir. Bunun yanında kalsit, kuvars, feldispat ve kil mineralleri de bulunur.

CaO ve MgO değerleri arasında S, SI ve SII kesitlerinde genellikle belirgin negatif bir ilişki vardır. Bu durum dolomit oluşumunun CaO içeriği ile kontrol edilmediğini açıklar. Yüksek SO₃ ve organik madde içeriği, uzun kurak mevsim şartları ve duraylı ortamsal koşullar iri jips kristallerinin oluşumunu destekler. Kristallenmenin yavaş olması daha iri jips kristallerini oluşturmaktadır (Cody ve Cody, 1988). İri kristalli jips oluşumları (jips gülü, kırlangıçkuyruğu, diskoidal) küçük jips kristallerinden (kil-kum boyu) daha fazla kil mineral yüzdesi içermektedir. Bu durum kil minerallerinin iri jips kristallerinin oluşumunu desteklediğini gösterir. Sakarya formasyonunun tabanında organik madde içeriği yüksektir. Formasyonun alt seviyelerinde organik madde ile sepiyolit geçişlidir. pH 7.5 dan yüksek olduğu koşullarda organik madde değişik jips kristallerinin oluşumunda belirgin olarak etkilidir (Cody ve Cody, 1988). pH ölçümlerinde pH değerleri 7.50-8.30 arasında değişmektedir. Yüksek pH değerleri sepiyolitçe zengin seviyelerde bulunmuştur.

Kil-kum boyu merceksi-diskoidal jipsler zayıf alkalın koşullar altında oluşmuştur. Ortamın asiditesinin artması ile (artan Ca ve SO₃ ve azalan pH koşullarında), daha büyük jips kristalleri ve penetrasyon ikizlenmeleri gelişir. Toplam C ve dolomit içeriği arasında doğrusal bir ilişki vardır. Toplam C organik C'ye içerir. Cody ve Cody (1988) tuzlu karasal ortamlara eş

deneysel koşullarda jips kristallerini oluşturmuştur. Çalışmada düşük organik madde konsantrasyonlarında hemi-bipiramidal jips kristali oluşmuş, organik maddenin giderek artması ile mercek şekilli ve daha sonra da penetrasyon ikizlenmeleri oluşmuştur. Son olarak ise gül ve gül şekline benzer agregatlar oluşmuştur. Kimyasal analiz sonuçlarımıza göre merceksi jipslerde toplam C, kırılmaçkuyruğu ve jips güllerinden daha düşüktür. Merceksi jipslerin toplam C oranları %0.12-0.25 arasında iken, kırılmaçkuyruğu %0.3-0.5 arasında ve jips gülünün ise %0.45 dir.

İnceleme alanında mercek şekilli, jips gülü şeklindeki kristallerin bulunması ortamda çözülmüş organik bileşiklerin zenginliğini gösterir. Tüm kristal formlarından iri merceksi jipslerin inceleme alanında baskın olması Aref (1998) ve Cody ve Cody (1988) tarafından iki etkene bağlanmıştır: (1) karasal kökenli organik bileşiklerce zengin sulardan kristallenmenin gerçekleşmesine ve (2) organik maddenin daha fazla adsorbsiyonuna ve c-ekseni yönünde düşük büyüme hızına yol açan, Ca^{2+} iyonuna oranla SO_4^{2-} nin yetersiz olması ile ilişkilendirilmiştir. Organik emülsiyonun jips kristal yüzeyinde seçimli olarak adsorbe edilmesi c-ekseni boyunca kristal büyümesine engel olur (Jianquan vd., 2007). İnceleme alanında mercek şekilli ve diskoidal jips kristallerinin değişik boyutlarda olması (2 μ -10 cm) sıcaklık ve tuzluluktaki küçük değişimlerle ilişkilidir. Tuz, merceksi büyümeyi desteklemekte ve jips oluşumu süresince ortama tuz ilavesi daha düzgün yüzeyli ve daha büyük kristallerin gelişimine neden olmaktadır. Yüksek sıcaklıklarda daha düzgün ve daha büyük kristaller oluşmaktadır. Mercek şekilli jips kristalleri bipiramidal jips kristallerinden daha yüksek sıcaklıklarda oluşmuşlardır ($\geq 35^\circ C$) (Cody ve Cody, 1988; Aref, 1998).

Sonuçlar

Çalışma alanında farklı boyut, şekil ve renge sahip jips oluşumları bulunmaktadır. Bu jips oluşumları merceksi (mercek şekilli), diskoidal, jips gülü ve kırılmaçkuyruğu gibi şekillere sahiptir. İnceleme alanında en yaygın bulunan jips kristali diskoidal ve mercek şekilli jips

kristalleridir. Bunlar masiv seviyeler halinde, tabakalı ve dolomitli ve serbest büyümeli (kovucu büyümeli) ve çatlak dolgusu şeklinde oluşmuştur. Masiv ve tabakalı jipsler kil-kum boyu merceksi, diskoidal jipslerden oluşurken, serbest büyümeli ve çatlak dolgusu şeklinde oluşan iri jips oluşumları (1-10cm) değişik boyutlarda merceksi, diskoidal, jips gülü ve kırılmaçkuyruğu gibi jips kristallerinden oluşmaktadır. Masiv ve tabakalı jipsler göl düzlüğünde oluşmuşken, iri jips kristalleri evaporasyonun artması ile sülfatça doymuş olan göl ve/veya zemin suyu ile bağlantılı olarak serbest büyümeli ve çatlak dolgusu şeklinde oluşmuşlardır.

Kil-kum boyu merceksi-diskoidal jips oluşumları iri jips kristallerinden daha alkalın koşullar altında oluşmuştur. Ortamın asiditesinin artması ile (artan SO_3 ve azalan pH koşullarında) jipslerin kristal boyutu artmakta ve penetrasyon ikizlenmeleri gelişmektedir.

XRD incelemelerinde S kesitinde dolomit±jips±kalsit, SII kesitinde dolomit±jips±sepiyolit±kalsit, SI ve SIII kesitlerinde dolomit±jips±kalsit minerallerinden oluşan bir mineral parajenezlerinin varlığı belirlenmiştir.

Özellikle iri diskoidal ve gül biçimli jips kristallerini içeren örneklerde kil mineral içeriği daha yüksektir. Kil mineralleri iri jips kristallerinin oluşumuna destek sağlamaktadır. Kil minerallerinden sepiyolit yaygın olarak görülmektedir. Bunun yanı sıra az miktarda illit, simektit ve kaolinit bulunmaktadır.

Jips kristal boyutu ve SO_3 içeriği arasında belirgin pozitif doğrusal bir ilişki varken C ve S arasında da negatif doğrusal bir ilişki vardır. İnceleme alanında merceksi, jips gülü gibi kristallerin bulunması ortamda çözülmüş organik bileşiklerin zenginliğini gösterir. C içeriğinin (organik madde) artması ile sırası ile merceksi-diskoidal, kırılmaçkuyruğu ve son olarak da gül ve gülümsü jips kristalleri oluşmuştur. İri jips kristallerinde Ca^{2+} içeriğinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu durum, Ca^{2+} ile jips kristal boyutu arasında pozitif bir ilişki olduğu şeklinde yorumlanmıştır. Örneklerin Sr içeriğinin ortalama değerden daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

- Akdağ, N. (2005) Polatlı yöresindeki Neojen yaşlı sedimanter birimlerin mineralojik ve jeokimyasal incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 72 s.
- Aref, M. A. M. (1998) Holocene stromatolites microbial laminites associated with lenticular gypsum in a marine dominated environment, Ras El Shetan area, Gulf of Aqaba, Egypt. *Sedimentology*, v. 45, p. 245-262.
- Cody, R.D. (1979) Lenticular gypsum: occurrences in nature, and experimental determinations of effects of soluble green plant material on its formation. *Journal of Sedimentary Petrology*, v. 49, p. 1015-1028.
- Cody, R.D. and Cody, A.M. (1988) Gypsum nucleation and crystal morphology in analog saline terrestrial environments. *Journal of Sedimentary Petrology*, v. 58, p. 247-255.
- Drever, I.J. (1982) *The geochemistry of natural waters*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Ece, Ö. I. ve Çoban, F. (1994): Geology, occurrence, and genesis of Eskişehir sepiolites, Turkey, *Clay and Clay Minerals*, v. 42/1, p. 81-92.
- Ece, Ö. I., Suner, F. and Çoban, F. (2003) Varying depositional environment of gypsum succession in the Upper Miocene Eskişehir-Sivrihisar lacustrine basin, NW Turkey. *Neues Jahrbuch Mineralogie Monatshefte*, v. 11, p. 481-502.
- Gündoğdu, N.M. (1982) Neojen yaşlı Bigadiç sedimanter baseninin jeolojik, mineralojik ve jeokimyasal incelenmesi. Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, 386 s.
- Jianquan, L., Guozhong, L. and Yanzhen, Y. (2007): The influences of gypsum water-proofing additive on gypsum crystal growth. *Material Letters*, v. 61, p. 872-876.
- Kadir, S., Baş, H. and Karakaş, Z. (2002) Origin of sepiolite and loughlinitite in a Neogene volcano-sedimentary lacustrine environment, Mihaliçcik-Eskişehir, Turkey. *Canadian Mineralogist*, v. 40, p. 1091-1102.
- Karakaş, Z. (1992) Ballıhisar-İlyaspaşa (Sivrihisar-Eskişehir Güneyi) yöresinin jeolojik ve mineralojik incelenmesi. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, 184 s.
- Karakaş, Z. ve Varol, B. (1994) Sivrihisar Neojen basenindeki gölsel dolomitlerin petrografisi ve oluşum koşullarının duraylı izotoplar ($\delta^{18}O$; $\delta B_{13B}C$) yardımıyla yorumlanması. *MTA Dergisi* s. 116, s. 81-95.
- Keller, W. D. and Matlack, M. (1990) The pH of clay suspensions in the field and laboratory and methods of measurements of their pH. *Applied Clay Science*, v. 5, p. 123-133.
- Magee, J.W. (1991) Late Quaternary Lacustrine, groundwater, aeolian and pedogenic gypsum in the Prungle Lakes, southeastern Australia. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 84, p. 3-42.
- Temel, A., Varol, E., Yürür, T., Alıcı, P. ve Gourgau, A., 2001. Ankara'nın GB'sında yer alan volkaniklerin kökeni ve tektonikle ilişkisi. Hacettepe Üniversitesi Araştırma Fonu Projesi, Proje No: 9901602007.
- Umut, M., Acarlar, M., Gedik, İ., Güner, E., Saçlı, L. ve Şen, A.M., 1991. Çifteler-Holanta (Eskişehir ili), Çeltik (Konya ili) ve dolayının jeolojisi. MTA Raporu No. 9204 Ankara, 39 s.
- Yurteri, E., 1989 Geology, petrology and geochemistry of the Kanarakaya basalts, Polatlı, Ankara. M.S. Thesis, Middle East Technical University, Ankara, 67s.