



Polatlı-Sivrihisar Neojen Havzası Üst Miyosen Evaporitlerinin Jeokimyasal ve Jeostatistiksel İncelemesi (Demirci Köyü, KD Sivrihisar-İç Anadolu)

Geochemical and Geostatistical Investigation of Upper Miocene Evaporites in the Polatlı-Sivrihisar Neogene Basin (Demirci Village, NE Sivrihisar; Central Anatolia, Turkey)

Pelin GÜNGÖR YEŞİLOVA Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 65080 Kampüs, Van / pelingungor@yyu.edu.tr
Erdoğan TEKİN Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 06100 Tandoğan, Ankara

ÖZ

Polatlı-Sivrihisar Neojen Havzasındaki Üst Miyosen yaşlı Sakarya formasyonu Jips Üyesi, beş farklı alt litofasiyesle temsil olur. Bunlar; a) masif yapıları ikincil jipsler, b) laminalı birincil anhidritler, c) breşik-nodüler yapıları ikincil jipsler, d) kırıntılı jipsler (jipsarenitler) ve e) şevron yapıları selenitik jipsler'dir. Bunlardan masiv jipslerdeki demirli-manganlı ara bantlar ile seyrek elementer kükürt kristallenmeleri ve laminalı birincil anhidritlerdeki stromatolitik alg yaygıları oluşum mekanizmaları açısından oldukça önemlidirler. Bu alt fasiyeslere ait farklı mineralleşme tiplerini karakterize eden jips-anhidrit örneklerinin jeokimyasal ve jeostatistiksel açıdan değerlendirilmesi, bunların oluşumlarına kökensel bir ön yaklaşım sağlamıştır. Bunun için 24 adet farklı tipteki örneğin 13 adet ana oksit, 15 adet eser element ve 13 adet nadir toprak elementi analizi sonuçları üzerinde; element çiftlerine özgü korelasyon katsayı hesaplamaları ile istatistiksel grafik çizimleri yapılmıştır. Bu jeostatistiksel çalışmalar sonucunda üç ana grup element birlikteliği belirlenmiştir. Bunlardan birinci grup; SiO₂, Al₂O₃, K₂O, Rb, ΣFe₂O₃, MgO, MnO, As, V, TiO₂, P₂O₅, Zr, Zn, Ni, Co ve Cu ile ikinci grup; Ba, Sr, Mo, Pb, W, F, Au ve Na₂O ve üçüncü grup; CaO ve SO₃ element birliktelikleridir. Bu birlikteliklere göre, evaporitler içerisinde yoğun diyajenetik kil mineral sıvamaları ve/veya dolguları ile karbonatlaşmaların bulunduğu saptanmıştır. Diğer yandan jeokimyasal analizlerdeki eser element değerlerinin, evaporitik playa göl çökeltme ortamı jeokimyası değerlerinden yüksek olduğu gözlenmiştir. Bunun nedeni olarak; Üst Miyosen paleo gölünün evaporitleşme sırasında zemin-tatlı su girişlerine, kısa periyotlarla değişebilen iklimsel şartlara (kuraklık ve yağış gibi), gölün izole olmuş alanlarında gelişen sınırlı indirgeyici ortam koşullarına ve depolanma sonrası etkin olan hidrotermal çözeltilere bağlı olduğu düşünülmektedir.

Üst Miyosen yaşlı Sakarya Formasyonu Jips Üyesine ait evaporitlerin jeokimyasal ve jeostatistiksel değerlendirmesinde bunların; paleo iklimsel koşulların, dönemsel karasal volkanizmanın, depolanmayla eş zamanlı tektonizmanın ve farklı litolojilere (silisiklastik ve karbonatik gibi) sahip depolanma sistemlerinin etkin olarak geliştiği playa gölü kompleksinde çöktüğü belirlenmiştir.

Anahtar Sözcükler : Jips, Anhidrit, Ana ve Eser Elementler, Cluster Analizi, Polatlı-Sivrihisar, Türkiye.

ABSTRACT

The gypsum member of the upper Miocene aged Sakarya formation in the Polatlı-Sivrihisar Neogene basin is represented by five different sub-lithofacies. These are: a) secondary massive gypsums b) primary laminated anhydrite c) secondary laminated brecciated-nodular gypsum d) clastic gypsum (gypsum arenite) and e) chevron selenitic gypsum. Among these, massive gypsum with iron-manganese bands separated by sparse sulphur crystals and primary laminated anhydrite with algal stromatolithic structures are important in respect of their formation mechanisms. The geochemical and geostatistical evaluation of different minerallization types from gypsum-anhydrite samples of these sub-facies provide evidence of their possible source of origin. For this purpose 24 samples of different types including 13 major oxides, 15 trace elements and 13 rare earth elements were analyzed and from these results the correlation coefficient values for couple elements were determined and statistical graphics were prepared. After these geostatistical studies, three main groups of elements were identified. Among these: Group-I comprised SiO_2 , Al_2O_3 , K_2O , Rb, $\Sigma \text{Fe}_2\text{O}_3$, MgO, MnO, As, V, TiO_2 , P_2O_5 , Zr, Zn, Ni, Co and Cu, Group II comprised Ba, Sr, Mo, Pb, W, F, Au and Na_2O and Group III comprised CaO and SO_3 combinations. These combinations commonly show excessive vug-filling diagenetic clay minerals and/or carbonization within evaporites. On the other hand, the results of geochemical analysis of trace elements show higher values than the chemistry of evaporitic playa lake sedimentary environments. The reasons for these high values are considered to be: the fact that during the evaporation process the upper Miocene paleolake was under the influence of fresh ground water input, variation in climatic conditions for a short period of time (like dryness and wetness), limited reducing environmental conditions in isolated parts of the lake and post depositional hydrothermal dissolution.

The geochemical and geostatistical evaluation of upper Miocene evaporites of the gypsum member of Sakarya formation have identified that these evaporites were deposited in a playa lake complex with different depositing lithologies (siliciclastics and carbonates) which were affected by paleoclimatic conditions, periodic terrestrial volcanism and syn-sedimentary tectonics.

Keywords: Gypsum, Anhydrite, Major and Minor elements, Cluster Analyze, Polatlı-Sivrihisar, Turkey.

GİRİŞ

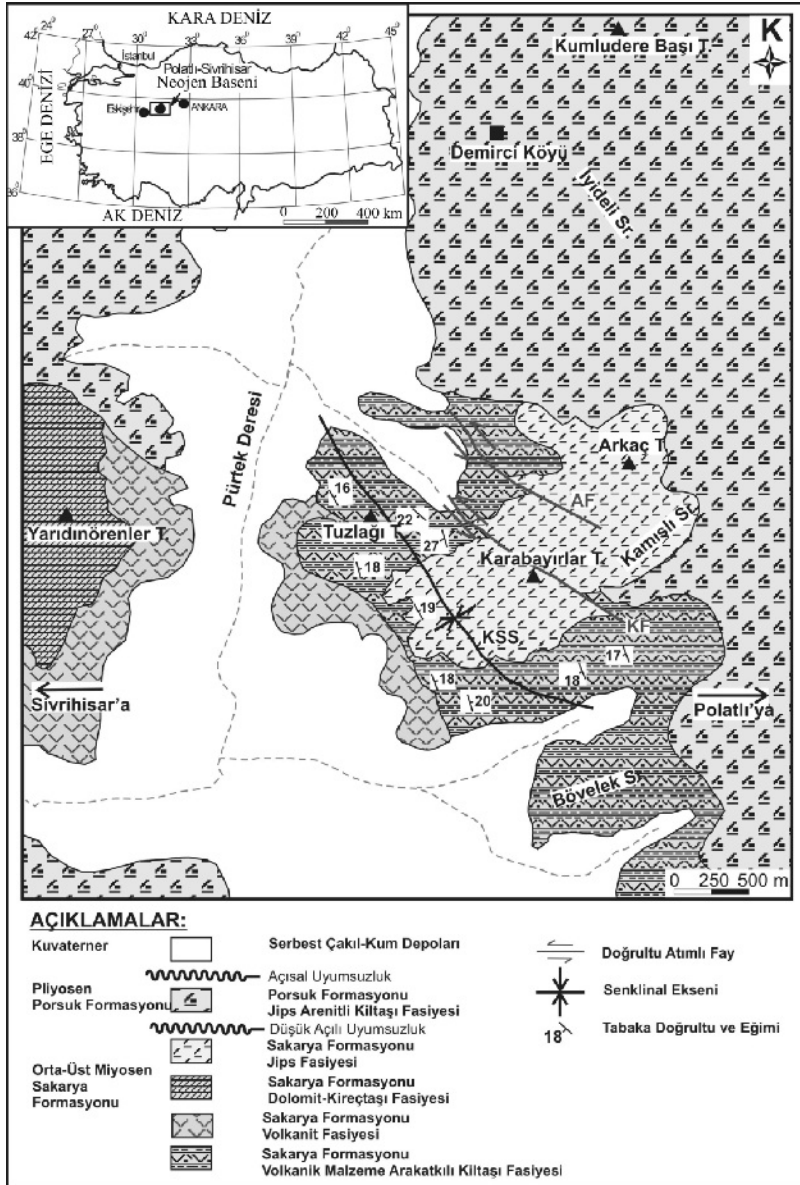
Akdeniz kuşağı ülkelerinde özellikle Tersiyer döneminde yaygın evaporit oluşumları vardır (Hsü vd., 1973; Playa vd., 2000; Rouchy ve Caruso, 2006). Ülkemizde ise bilhassa İç Anadolu Tersiyer havzalarında (Sivas, Çankırı-Çorum, Ereğli-Ulukışla, Tuzgölü, Haymana-Polatlı ve Beypazarı gibi) denizel ve gölsel kökenli yaygın evaporit mostraları bulunmaktadır (Baysal and Ataman, 1980; Derman, 1980; Karadenizli, 1995; Karakaş ve Varol, 1994; Oktay, 1982; Palmer et al., 2004; Tekin, 1995; Varol vd., 2000 ve Varol vd., 2002 vb. gibi). Dünyada gölsel havzaların stratigrafisi, sedimentolojisi ve jeokimyası üzerine çok sayıda çalışma yapılmıştır. Bilhassa bu alanlardaki birimlerin depolanma özellikleri, yanal ve düşey fasiyes değişimleri, diyajenez özellikleri ve buna bağlı olarak oluşan evaporit ve karbonat mineral oluşumları ayrıntılı olarak pek çok çalışmada incelenmiştir (Bain, 1990; Calvo vd., 1989; Cody, 1991; Cody ve Cody, 1998; Hardie ve Eugster, 1971;

Hardie, 1984; Holiday, 1970; Krauskopf ve Bird 1995; Magee, 1991; Ogniben, 1955; Orti, 1976; Orti vd., 2002; Orti et al., 2007; Palmer vd., 2004; Sinha ve Raymahashay, 2004; Sonnenfeld; 1984; Usdowski, 1973; Yağmurlu ve Helvacı, 1994; vb. gibi).

Orta Anadolu Neojen havzaları içerisinde oldukça geniş bir yayılıma sahip olan Polatlı-Sivrihisar havzası; Miyosen öncesi temel kayalar (mağmatik ve metamorfik) üzerinde gelişen Miyos-Pliosen evaporitik gölüne ait oldukça kalın klastik, karbonat ve evaporitik bir istif ile temsil olunur. Bu istifin Orta-Üst Miyosen devrini temsil eden bölümü Sakarya Formasyonu olarak adlandırılır ve alttaki birimlerle uyumsuz ilişkilidir (Gözler vd., 1996). İnceleme alanında bu formasyonun evaporitik karakterli bölümü Varol vd., (2003 ve 2005) tarafından Sakarya Formasyonu Jips Üyesi olarak adlandırılmış olup; yaklaşık kalınlığı 100 metre civarında ve olası yaş konağı da Üst Miyosen'dir (Şekil 1). Bölgedeki evaporitler ve ekonomik kil

mineralleşmeleri uzun yıllardır endüstriyel amaçlı kullanımlar için işletilmektedirler. Bu nedenle havzadaki evaporitli gölsel serilerin ayrıntılı sedimentolojik ve jeokimyasal özellikleri henüz tam olarak aydınlatılmamıştır. Çünkü yapılan önceki çalışmalar; Orta Sakarya bölgesinin jeolojik evrimi, stratigrafisi ile çalışma alanı ve yakın çevresinde açığa çıkan kil ağırlıklı endüstriyel minerallerin jeolojisine ve ekonomik potansiyeline yöneliktir (Gençoğlu ve İrkeç, 1994; Gençoğlu, 1996; Gözler vd., 1996; Karakaş, 1992; Karakaş ve Varol, 1994; Temel, 2001;

Umut ve Acarlar, 1991; ve Weingart ve Erol, 1954; gibi). Bu çalışma ise; arazi gözlemleri, petrografik ve mineralojik bulgular çerçevesinde seçilen jips ve anhidritlerin ana oksit, eser element ve nadir toprak element analizi çalışmalarını kapsayan ve sonuçların da jeostatistiksel açıdan değerlendirildiği bir çalışmadır. Böylece bu çalışmayla; güneydeki Haymana-Polatlı ve kuzeydeki Beypazarı Tersiyer havzaları ile aynı çökel sistemlerinin ürünü olan evaporitlerin, oluşum koşulları kökensel açıdan yorumlanacaktır.



Şekil 1. Çalışma alanının yer bulduru ve 1/25.000 ölçekli sadeleştirilmiş jeoloji haritası (Gözler vd.1996'dan değiştirilmiştir).
Figure 1. Location map and 1/25000 scaled simplified map of the study area (Modified from Gözler et al. 1996)

MATERYAL VE YÖNTEM

İnceleme alanındaki Üst Miyosen yaşlı Sakarya formasyonu Jips Üyesini temsil eden beş farklı alt litofasiyese ait evaporit kayaç örneklerinin öncelikle petrografik incelemeleri yapıldı. Bunun için evaporitlere yönelik özel ince kesit hazırlama teknikleri olan peel-asetat ve araldit ile soğuk yapıştırma tarzındaki yöntemler (Mandado ve Tena, 1985) kullanıldı (A.Ü. Müh. Fak. Jeo. Müh. Böl. İnce Kesit Lab.). Daha sonra masiv jipslerin mineralojik karakterlerinin tayini için tüm kayaç X-ışınları difraktometresi (XRD) çalışmaları Rigaku Gelgerflex D/D Max-Q/2QWC model cihazda (MTA MAT Analizleri Lab.da) gerçekleştirildi. Elde edilen diyagramlar A.S.T.M (1972) tablolarına göre değerlendirildi. Bu ayrıntılı petrografik ve mineralojik çalışmalar sonucu belirlenen farklı tipteki jips-anhidrit örneklerinden 24 tanesi, agat havanda öğütülerek 250 mesh'lik elekten geçirilip toz haline getirildi. Daha sonra bunların jeokimyasal analizleri (ana oksit, eser element ve nadir toprak elementi analizi) Kanada Acme Lab. da, ICP-ES (Inductively Coupled Plasma-Emission Spectroscopy) ve XRF (X-ışınları Floresans) analizi yöntemi 0200 rm Sample By Liboz Fusion cihazıyla Norrish ve Chappel (1977)'e göre yanmadaki yitim hesaplanarak yapıldı. Böylece elde edilen jeokimyasal verilerin jeostatistiksel değerlendirmesinde bilgisayarda faktör analizleri için "Stratigraphics 5.1" ve cluster analizleri için ise "Minitab 14" paket programları kullanıldı ve gerekli grafikler hazırlandı.

JEOLJİK KONUM

Polatlı-Sivrihisar Neojen Havzası istifleri göl ortamında çökelen; volkanik, volkaniklastik silisiklastik, karbonat ve evaporitik kayaçlar ile temsil olur. Tektonizma, eski iklimsel değişimler, volkanizma ve paleocoğrafya gibi faktörler bu kayaç gruplarının bir veya birkaçının göl ortamında istifler içerisinde ardalınlı şekilde depolanmasını sağlamıştır. Alt-Orta Miyosen'de etkili olan volkanizma; bazaltik-andezitik lav, volkaniklastik ve volkanik malzemenin alterasyon ürünü olan kiltaşlarının oluşumuna kaynak sağlamıştır. Buna karşın Üst Miyosen-Pliyosen zaman sürecindeki evaporit ağırlıklı göl çökelleri; yer yer çeşitli kalınlıkta çamurtaşı, kireçtaşı, dolomit ve silisiklastik kayaçlarla birlikte depolanmıştır. Bu istif Gözler vd.,

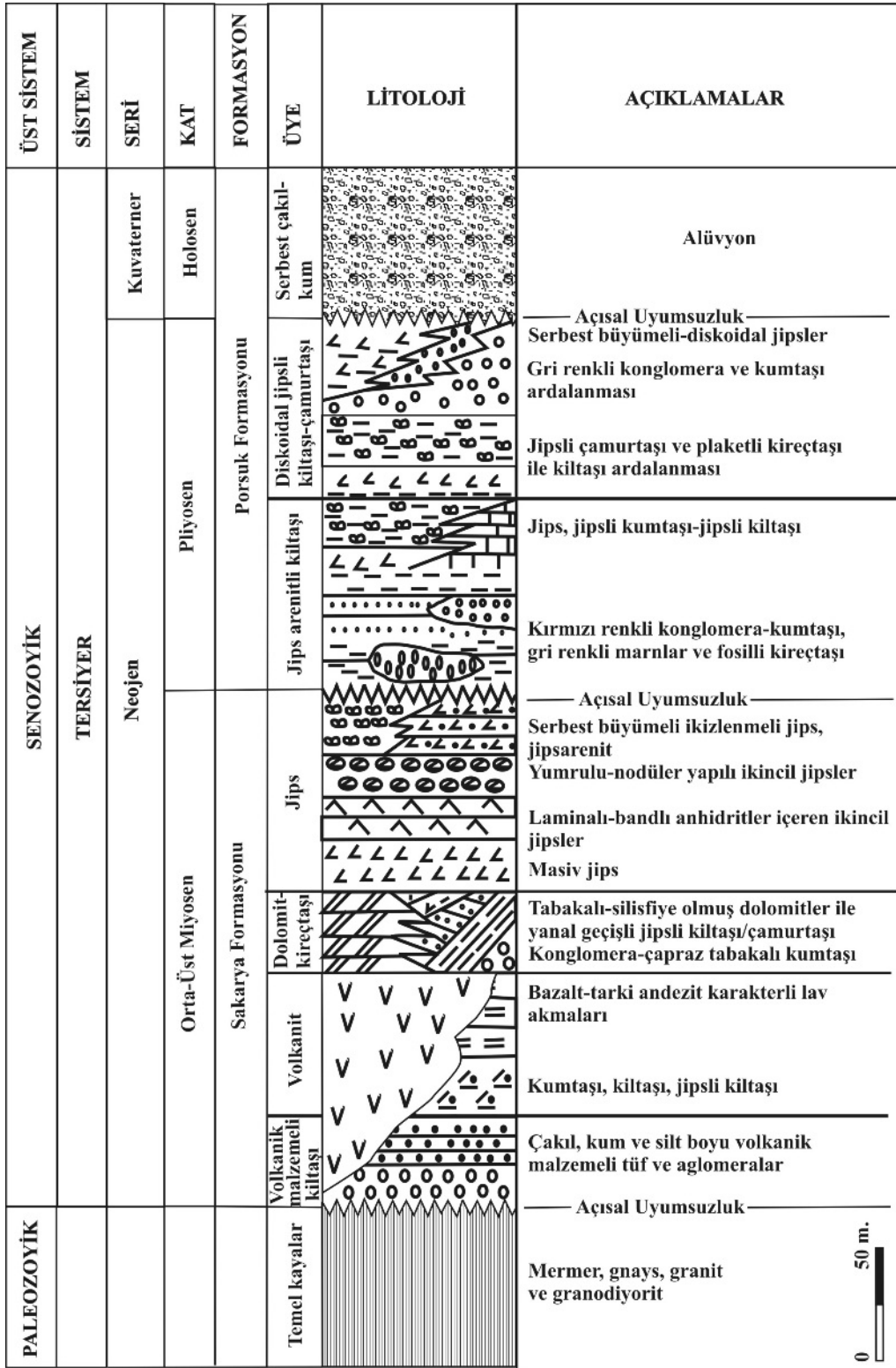
(1996) tarafından Sakarya formasyonu (Orta-Üst Miyosen) ve Porsuk formasyonu (Pliyosen) olarak adlandırılmıştır. Demirci Köyü güneyi (KD Sivrihisar) Karabayırlartepe tip kesiti bu istifin depolanma modelinin en iyi görüldüğü yerlerden biridir. Bu zaman süreci içerisinde alttan üste doğru kalınlıkları, litolojik ve sedimentolojik karakteristikleri farklı dört depolanma paketi oluşmuştur (Aydoğdu, 2004; Varol vd., 2003 ve 2005) (Şekil 2). Bunlar, aşağıda sırasıyla tanımlanmıştır.

a) Volkanik-volkaniklastik taban seviyesi üzerine düşük açılı bir uyumsuzlukla gelen ve ilk depolanma paketini oluşturan toplam 15 metre kalınlığındaki istif; kalın kanallı konglomera, çapraz tabakalı kumtaşı - çamurtaşı ve ince jips ara bantlı olup, bunlar silisiklastik göl ortamında depolanmışlardır.

b) Bunu üzerleyen 2. depolanma paketi istif toplam 12 metre kalınlıklı olup; paketi diğer litolojik birimleri ise bireysel jipsli (diskoidal ve kıvrımlı kuyruğu ikizlenmeli serbest büyümlü jipsler), karbonat çamurtaşı, dolomit kireçtaşı ve çok iri (10-30 cm boyunda) selenit kristalli çamurtaşıdır. Bu depolanma paketi kurusığ göl ortamı koşullarını yansıtır.

c) 3. depolanma paketi 60 metre kalınlıklı olup; yer yer tabakalı silisifiye olmuş dolomit, dolomit kireçtaşı, jipsarenit, bireysel jips kristalli çamurtaşı ardalınlıktan oluşmuştur. Diğer depolanma paketlerine göre göreceli olarak daha derin göl ortamı yansıtır.

d) Bu çalışmaya konu olan ve jeokimyasal çalışmaların yapıldığı toplam 80 metre kalınlığındaki 4. depolanma paketi; orta-kalın tabakalı, orta-iri kristalli ve genellikle saf jipsli seviyelerden meydana gelir. Sakarya formasyonunun en üst seviyelerini oluşturan bu istif; yanal ve düşey yönde fasiyes değişimleri gösterir ve yer yer de kil-karbonat matriksli ara bantlar ile stromatolitik laminalı birincil anhidrit ara zonları içerir. Bunların inceleme alanında en iyi görüldüğü yer ise, Karabayırlar Sırtı Tepe ile bu tepenin civarında bulunan jips ocağı yarımlarıdır. Buradaki jipsler beyaz, gri, kahverengi renkli; bazı yerlerde taneli/kırıntılı yapıda (kum boyutunda oldukları için "jipsarenitler" olarak adlandırılır; Warren, 1999), çapraz tabakalı ve yer yer de yumrulu-breşik yapıda görülmektedir. Yumruların çapı yaklaşık 50-70 cm arasında değişmektedir. Tüm bu evaporitik depolanma paketi tipik olarak göl ortamı karakterize eder.



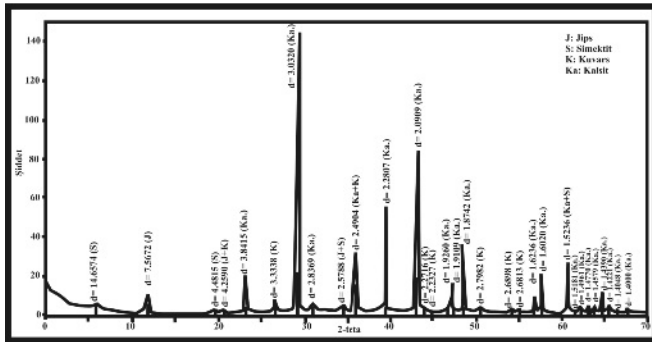
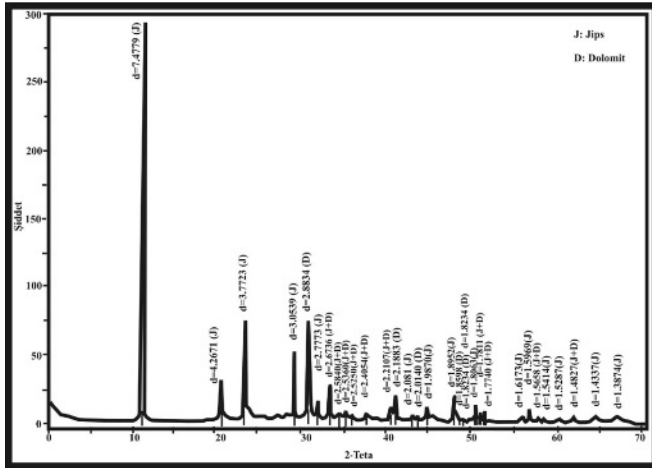
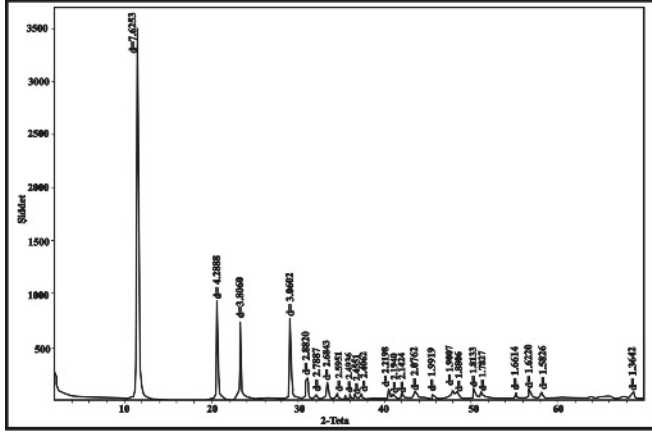
Şekil 2. İnceleme Alanının Genelleştirilmiş Stratigrafik Dikme Kesiti (Gözler vd., 1996 ile Aydoğdu, 2004' den değiştirilmiştir)
Figure 2. Generalized columnar section of study area (Modified from Gözler et al., 1996 and Aydoğdu, 2004)

MİNERALOJİK ÇALIŞMALAR

Çalışma alanındaki Sakarya Formasyonu Jips Üyesinin önemli bir bölümünü oluşturan ve arazide geniş yayılma sahip masiv jipslere ait toz örneklerin X-Işınları Difraktometresindeki (XRD) tüm kayaç analizleri sonucu bunların; i) saf jips, ii) karbonatlı jips ve iii) killi jips olmak üzere başlıca üç mineralojik

bileşim sergilediği belirlenmiştir. Sonuçta saf jips örneklerinin X-Işınları Difraktogramlarında 7.625 Å olan çok şiddetli bir piki gözlenmiştir (Şekil 3a). Bununla birlikte jips minerali için tipik olan diğer pikler de 4.288 Å, 3.806 Å, 3.069 Å'daki (021), (130, 040), (041), (150, 220) yansıma yüzeylerine aittir. Karbonatlı jipslerin mineralojik tanımlamalarında ise dolomit mineralleri gözlenmiştir. Dolomite ait piklerin en şiddetlisi 2.88 Å'dır. Diğer dolomit pikleri ise 2.188 Å, 2.014 Å, 1.858 Å'dır. Ayrıca bazı difraktogramlarda jips+dolomit ve saf jips veren pikler de bir arada bulunmaktadır (Şekil 3b). Çalışma alanındaki bu karbonatlı jipsler Sakarya Formasyonu Jips Üyesi (Sj) içerisinde açılan "Batı Yarması"nda yoğun olarak görülmektedir. Diğer yandan Karabayırlar tepe "Güney Yarması"ndaki masiv jipslerde yaygın kil sıvımları ve/veya dolguları izlenmiştir. Bunların mineralojik tanımlamaları için çekilen difraktogramda 14.657 Å, 4.481 Å'lardaki simektit türü killerin olduğu gözlenmiştir. Bununla birlikte 3.841 Å, 2.280 Å, 2.090 Å, 1.926 Å, 1.874 Å'lardaki kalsit minerali için tipik olan diğer pikler de bu grup içerisinde belirlenmiştir (Şekil 3c).

Tüm kayaç XRD çalışmalarına ilaveten evaporitlerin mineralojisine yönelik olarak; Karabayırlartepe jips ocağının Batı ve Güney yarmasında tipik olarak izlenen masiv jipslerdeki hidrotermal alterasyon ara zonlarından alınan örneklerin parlatma kesit incelemelerinde olası 50-80°C arası sıcaklık koşullarını işaretleyen (Dr. Y.K. Kadioğlu ile sözlü görüşme, 2005) limonit, bakteriyel kökenli pirit, detritik mangan ve hematit mineral parajenezleri de saptanmıştır.



Şekil 3a. Saf jipse ait XRD
Figure 3a. XRD of pure gypsum

Şekil 3b. Karbonatlı jipslerin XRD
Figure 3b. XRD of carbonaceous gypsums

Şekil 3c. Jipsli çamurtaşının XRD
Figure 3c. XRD of gypsum with mudstone

JEOKİMYA

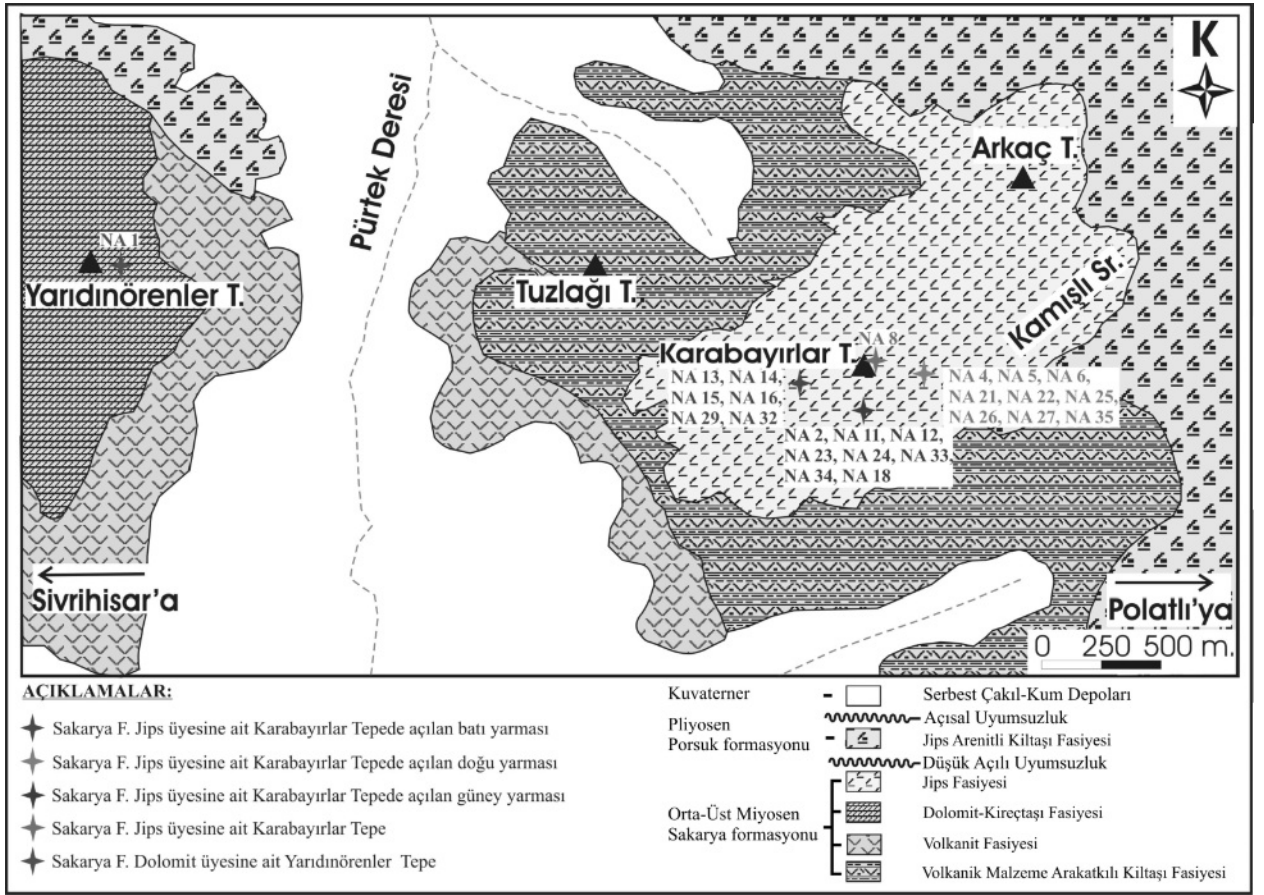
Orta-Üst Miyosen yaşlı Sakarya formasyonu Jips Üyesi alt fasiyeslerinin tipik olarak izlendiği Karabayırlartepe'de açılan jips ocağı yarmalarından petrografik-mineralojik çalışmalarla seçilen ve farklı mineralleşme tiplerini (merceksi-yumru, mikrokristalen dokulu masiv ve hidrotermal alterasyonlu jips gibi) karakterize eden 24 adet evaporit (jips-anhidrit) numunesi üzerinde ana oksit, eser element ve nadir toprak element analizleri yapılmıştır. Bu analizler 13 ana oksit, 15 eser element ve 13 nadir toprak elementinden oluşmaktadır.

Evaporitlerin Kimyasal Analizleri

Amaca yönelik olarak seçilen değişik türdeki 24 adet jips-anhidrit örneğinin analizleri sonucunda ana

oksitler; SiO_2 , $\Sigma\text{Fe}_2\text{O}_3$, MgO , MnO , CaO , Na_2O , K_2O , TiO_2 ve P_2O_5 , eser elementler; Ba, Co, Ni, Rb, Sr, V, W, Zr, Mo, Cu, Pb, Zn, As, Au ve F, nadir toprak elementleri; La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm ve Yb olarak belirtilmiştir. Jeokimyasal analizler için seçilen kayaç örneklerinin ayrıntılı litolojik tanımlamaları ile bu kayaç örneklerinin çalışma alanında alındığı yerlere ait örnek dağılım haritası Çizelge 1 ve Şekil 4'te gösterilmiştir. Bunlarla beraber ana elementlerin değerleri % de olarak, eser elementler ve nadir toprak element değerleri ise ppm. cinsinden verilmiştir (Çizelge 2, 3 ve 4). Ayrıca ana oksit, eser ve nadir toprak elementlerine ait minimum-maksimum değerler, ortalama değerler ve standart sapmalar Çizelge 5'te gösterilmiştir.

Sülfatlı örneklerin ana oksitleri nicel açıdan değerlendirildiğinde SO_3^{2-} içeriğinin hemen hemen



Şekil 4. Çalışma alanına ait jeokimyasal analizi yapılan kayaçların örnek dağılım haritası
Figure 4. Sample distribution map of geochemically analysed rocks of study area

bütün örneklerde birbirine yakın değerlere sahip bir alan içinde dağılım sergilediği gözlenmektedir (Çizelge 2). Jips ve anhidrit örneklerinde SiO_2 ve Al_2O_3 değerlerinin Çizelge 2'deki miktarlarda ve birbirleriyle uyum halinde olması ortamda diyajenetik kil mineral dolguları veya sıvamaları olabileceğini işaretlemektedir. $\Sigma\text{Fe}_2\text{O}_3$ miktarının bazı jips-anhidrit örneklerinde deteksiyon limitinin altında çıkması Ünlü ve Stendal, (1989)'a göre, bu jips anhidrit örneklerinin hidrotermal çözeltilerden etkilenmemiş olabileceğini düşündürmektedir. MgO içeriğinin de $\Sigma\text{Fe}_2\text{O}_3$ 'teki gibi aynı örnekler için birbirine benzer fakat daha yüksek miktarda değiştiği gözlenmiş olup, bu durum evaporitler içerisinde yer yer karbonatlaşma-dolomitleşmelerin olduğuna işaret etmektedir. MgO ve Na_2O değerlerinin K_2O 'ya göre yüksek değerlerde olması, Emelyanov and Shimhus (1986)'a göre hidrotermal çözeltilerin kaynak kayacının kısmen nötr-bazik karakterli bir volkanik kayaç olduğuna işaret etmektedir.

Eser elementlerden olan Sr, Ba, Cu, Pb, Zn, Ni, Au, Zr, V, As ve F element değerleri özellikle bazı jips-anhidrit kayaç örneklerinde oldukça yüksek değerlerde çıkmıştır. Bu yüksek anomaliler; evaporitleşme sırasında göl suyunun mineralojik-jeokimyasal karakterlerinin farklı bölgelerde (göl kıyısı, göl düzlüğü ve derin göl alanı gibi) değişik faktörlerin (hidrotermal eriyiklerin, zemin-yüzey suyunun ve sınırlandırılmış-kapalı indirgeyici ortam koşullarının vb. gibi) kontrolü altında olduğunu işaretlemektedir. Ayrıca As'nin bu kadar geniş aralıklarda yayılması ve yüksek değerlerde olması izole olmuş indirgeyici bataklık ortamı koşullarını temsil etmektedir (Emelyanov and Shimhus, 1986, Tekin ve Varol 1993, Tekin vd. 1994). Buna göre arazi çalışmalarında izlenen stromatolitik yapıli birincil ince anhidrit laminaları-bantları ile yüksek değerdeki As arasında ortamsal açıdan doğrudan bir ilişki vardır. Ayrıca jips-anhidrit örneklerinin Sr içeriklerinin 178,10 ppm ile 3336,30 ppm arasında yüksek oranlarda değişmesi, göl ortamlardaki evaporit

oluşumlarının Sr içeriklerine göre oldukça dikkat çekicidir. Normalde karasal evaporit ortamlarında Sr değerleri en fazla 50-500 ppm'i geçmemekte (Krauskopf ve Bird 1995); denizel ortamlarda ise genelde yaklaşık 1000 ile 5000 ppm arasında değişmektedir (Emelyanov ve Shimhus 1986, Hasselöv vd. 1999). Bu değerler bize denizel ortamı işaretlese de, arazi çalışmalarındaki stratigrafik fasiyes ilişkileri ile jips-anhidritlerin petrografik ve mineralojik özellikleri inceleme alanının flüvyal-gölsel sistemde depolanan istifleri içeren bir evaporit ortamı olduğunu açıkça göstermektedir. Böylece Sr değerlerinin 3336 ppm'e kadar yüksek olmasının nedeni Tekin vd., (1998)'e göre; volkanik faaliyetten dolayı aktif olan hidrotermal eriyiklerin çevredeki temel ve karbonat-evaporitik kayaçları yıkaması ile anhidrit-jips (dehidratasyon-rehidratasyon) dönüşümleri sonucu açığa çıkan Sr'ca zengin eriyiklerin, evaporitlerin kristal kafesleri içerisinde muhtelemeden sölestin mineral kapanımlarını veya stronsiyanit mineralleşmelerini oluşturmasıdır. Bu elementlerin dışındaki F iz elementi sadece 6 örnek için yapılmış ve 10 ppm ile 70 ppm arasında önemli ve yüksek değerlerde çıkmıştır. F elementi Baysal ve Ataman (1979)'a göre, göl ortamlarındaki evaporitlerde 50 ppm değerini geçmemektedir. Ancak NA.34 örneğinde 50 ppm'in üstünde (70 ppm gibi) olması bu anomalinin yine Baysal and Ataman (1979)'ın çalışmasına göre hidrotermal eriyiklerin varlığını yansıtmaktadır.

Diğer yandan jeokimyasal çalışmalarda La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm ve Yb gibi nadir toprak elementlerinin örneklerin yaklaşık tamamında deteksiyon limitinin altında çıktığı; yalnızca birkaç örnekte çok küçük değerler sergilediği görülmüştür. Bunun nedeni inceleme alanının batısında bulunan Yunusemre ilçesi civarındaki ofiyolitik kayaçlarda çok fazla bulunan nadir toprak elementlerinin yüzey sularıyla taşınarak bölgedeki evaporitlerin içerisine yerleşmiş olabileceğidir.

Sıra No	örnek no	Tanımlaması	Alındığı yer
1	NA 1	Disköoidal jips kristal kapanması içeren dolomit	Dolomit üyesine ait Yarıdnörenele: T.
2	NA 2	Laminah Anhidrit	Güney Yarması
3	NA 4	Jips kristal kapantlı anhidrit	Doğu Yarması
4	NA 5	Beyaz renkli masiv jips	Doğu Yarması
5	NA 6	Hidrotermal alterasyonlu anhidrit	Doğu Yarması
6	NA 8	Sevror yapılı jips	Güney Yarması
7	NA 11	Beyaz renkli masiv jips	Güney Yarması
8	NA 12	Masiv anhidrit	Güney Yarması
9	NA 13	Masiv anhidrit	Batı Yarması
10	NA 14	Laminah anhidrit	Batı Yarması
11	NA 16	Anhidritleşmiş jips	Batı Yarması
12	NA 18	Elementer kükürt kristalli masiv jips	Batı Yarması girişi
13	NA 21	Masiv jips	Doğu yarması
14	NA 22	Bağırsağmsı yapılı anhidrit	Doğu Yarması
15	NA 23	Serbes: büyümeli iri jips kristalleri	Güney Yarması
16	NA 24	Masiv anhidrit	Güney Yarması
17	NA 25	Stramatolitik yapılı bandlı anhidrit	Doğu Yarması
18	NA 26	Nedüler jips-anhidrit	Doğu Yarması
18	NA 27	Arenitik yapılı masiv jips	Doğu Yarması
20	NA 29	Masiv anhidrit	Batı Yarması
21	NA 32	Beyaz renkli masiv jips	Batı Yarması
22	NA 33	Jipsarenit	Güney Yarması
23	NA 34	Hidrotermal alterasyonlu jips	Güney Yarması
24	NA 35	Hidrotermal alterasyonlu jips	Doğu Yarması

Çizelge 1. Örnek tanımlamaları ve alındıkları yerler
Table 1. Sample definitions and locations

Ö No	SiO ₂	Al ₂ O ₃	ΣFe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	CO ₂ ⁻	SO ₃ ⁻
NA1	6,37	1,26	5,07	10,47	35,20	0,13	0,29	0,06	0,05	0,07	28,90	*
NA2	1,19	0,19	0,19	1,01	35,10	0,10	0,05	0,01	0,01	0,01	*	41,70
NA4	0,22	0,03	0,05	0,15	34,23	0,12	0,02	0,01	0,01	0,01	*	42,90
NA5	0,05	0,03	0,04	0,02	34,10	0,05	0,02	0,01	0,01	0,01	*	43,50
NA6	0,39	0,03	0,70	0,05	34,70	0,05	0,02	0,01	0,01	0,01	*	42,90
NA8	0,39	0,07	0,28	0,09	34,40	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01	*	42,71
NA11	0,14	0,03	0,04	0,04	33,60	0,05	0,02	0,01	0,01	0,01	*	42,90
NA12	0,80	0,20	0,14	0,06	34,40	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	*	41,50
NA13	0,91	0,3	0,13	0,33	35,20	0,01	0,05	0,01	0,01	0,01	*	43,60
NA14	1,05	0,22	0,20	0,07	35,40	0,03	0,07	0,01	0,01	0,01	*	43,50
NA16	0,22	0,03	0,04	0,02	32,62	0,04	0,02	0,01	0,01	0,01	*	45,25
NA18	0,14	0,03	0,04	0,01	33,33	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	*	44,66
NA21	0,27	0,03	0,04	0,41	34,21	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	*	42,22
NA22	0,68	0,08	0,08	0,87	35,58	0,04	0,03	0,01	0,01	0,01	*	41,26
NA23	0,48	0,11	0,05	0,50	32,49	0,05	0,02	0,01	0,01	0,01	*	43,46
NA24	0,17	0,16	0,09	0,08	32,65	0,08	0,04	0,01	0,01	0,01	*	42,99
NA25	0,70	0,10	0,11	1,25	35,21	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	*	41,84
NA26	0,42	0,09	0,14	0,05	32,70	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	*	44,40
NA27	1,57	0,28	0,15	1,69	31,90	0,07	0,06	0,02	0,02	0,01	*	40,89
NA29	2,28	0,50	2,26	3,39	31,31	0,12	0,11	0,03	0,03	0,01	*	36,14
NA32	0,25	0,06	0,04	0,02	34,78	0,04	0,02	0,01	0,02	0,01	*	42,48
NA33	0,86	0,26	0,13	0,10	33,86	0,01	0,04	0,01	0,01	0,01	*	43,00
NA34	0,02	0,03	0,12	0,01	34,81	0,1	0,02	0,01	0,01	0,01	*	42,69
NA35	0,46	0,09	0,16	0,30	35,41	0,01	0,04	0,01	0,01	0,01	*	41,12

Çizelge 2. Farklı tipteki jips-anhidrit örneklerinin ana oksit (%) kimyasal analiz sonuçları
Table 2. Major element (%) chemical analysis results of different type gypsum-anhydrite samples

Ö.No	Sr	Ba	Zn	Cu	Pb	Au ppb	Ni	Co	Rb	Mo	Zr	V	W	As	F
NA1	1204,4	77	97	7,5	2,4	1,2	94,1	4,20	13,7	2,40	25,6	52,0	0,30	605,3	-
NA2	618,4	41	3	1,1	1	0,5	1,70	<0,5	1,80	0,50	2,40	6,00	0,10	1,90	-
NA4	658,7	<5	2	0,6	0,1	1,5	0,80	<0,5	<0,5	0,10	0,60	∇	0,10	<0,5	--
NA5	551,2	<5	1	0,5	<0,1	1,5	0,40	<0,5	<0,5	0,20	<0,5	∇	<0,1	<0,50	20
NA6	691,9	5	14	3,3	3,1	3,0	0,90	<0,5	<0,5	4,10	<0,5	5,00	<0,1	<2,10	20
NA8	178,1	<5	3	1,8	3,7	2,9	13,4	1,30	0,70	3,50	0,80	∇	<0,1	27,50	-
NA11	212,4	<5	1	0,8	<0,1	2,8	1,30	<0,5	<0,5	0,20	0,80	∇	<0,1	2,60	-
NA12	1407,8	67	2	1,3	1,5	0,5	2,80	0,80	1,00	0,20	2,40	∇	0,10	10,60	-
NA13	3191,1	59	2	1,2	1,9	3,2	3,70	<0,5	2,70	2,10	3,30	∇	0,20	<7,40	-
NA14	1289,4	36	1	1,3	0,5	3,4	1,40	<0,5	3,40	4,60	2,50	∇	1,40	10,50	-
NA16	519,9	<5	1	0,4	0,1	0,8	0,30	<0,5	<0,5	<0,1	<0,5	∇	0,10	6,70	-
NA18	506	<5	1	0,5	<0,1	1,4	0,80	<0,5	<0,5	0,40	<0,5	∇	<0,1	0,50	10
NA21	1752,6	25	1	0,5	0,1	1,3	0,10	<0,5	<0,5	0,10	<0,5	∇	<0,1	<0,5	-
NA22	1382,4	49	2	0,8	1,6	1,3	1,60	<0,5	0,60	1,80	1,30	∇	<0,1	1,90	-
NA23	2151,6	43	2	1	0,2	4,0	0,80	<0,5	1,00	0,20	0,60	∇	<0,1	1,60	-
NA24	1832,5	29	2	0,7	1	1,1	1,80	<0,5	1,80	1,80	1,70	∇	<0,1	35,30	-
NA25	3336,3	14	3	1,8	1,8	0,7	1,60	0,60	0,60	4,30	1,40	∇	0,10	5,20	30
NA26	3519,3	85	1	1	1,5	1,1	2,10	<0,5	<0,5	0,50	1,20	∇	<0,1	7,10	-
NA27	1018,7	87	3	1	1	1,8	2,20	<0,5	2,40	0,50	4,50	7,00	0,20	1,20	-
NA29	2088,1	99	6	2,9	3,1	3,0	2,60	0,50	3,30	0,80	5,80	14,0	0,20	196,2	-
NA32	744,7	<5	<1	0,10	<0,1	1,0	0,40	<0,5	0,60	<0,1	1,20	∇	<0,1	<0,5	-
NA33	479,5	104	3	0,90	0,9	0,5	2,10	<0,5	2,10	0,20	3,20	∇	<0,1	1,60	-
NA34	252,9	<5	1	0,40	<0,1	4,5	0,50	<0,5	1,30	0,60	1,60	∇	0,10	15,50	70
NA35	462,4	21	5	0,20	2,3	<0,5	1,10	<0,5	1,80	2,70	2,60	∇	<0,1	84,10	30

Çizelge 3. Farklı tipteki jips-anhidrit örneklerinin eser element kimyasal analiz sonuçları

Table 3. Trace element chemical analysis results of different types of gypsum anhidrite samples

Ö.No	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb
NA1	5,3	9,10	0,98	3,70	0,90	0,22	0,93	0,15	0,98	0,19	0,66	0,08	0,64
NA2	0,70	1,10	0,14	0,60	0,10	<0,05	0,13	0,03	0,10	<0,05	0,06	<0,05	0,05
NA4	<0,50	<0,50	0,03	<0,40	0,10	<0,05	<0,05	0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
NA5	<0,50	<0,50	0,02	<0,40	0,10	<0,05	<0,05	0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
NA6	<0,50	<0,50	0,04	<0,40	0,10	<0,05	<0,05	0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
NA8	<0,50	<0,50	0,04	<0,40	0,10	<0,05	<0,05	0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
NA11	<0,50	<0,50	0,03	<0,40	0,10	<0,05	<0,05	0,01	0,07	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
NA12	0,60	1,10	0,20	0,50	0,10	<0,05	0,09	0,02	0,07	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
NA13	0,70	1,10	0,12	0,50	0,10	<0,05	<0,05	0,01	0,07	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
NA14	0,70	1,20	0,12	0,50	0,10	<0,05	<0,05	0,02	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
NA16	<0,50	<0,50	0,06	<0,40	0,10	<0,05	<0,05	0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
NA18	<0,50	<0,50	0,02	<0,40	0,10	<0,05	<0,05	0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
NA21	<0,50	<0,50	0,05	<0,40	0,10	<0,50	<0,05	0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
NA22	0,50	0,70	0,08	<0,40	0,10	<0,50	<0,05	0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
NA23	<0,50	0,60	0,07	0,40	0,10	<0,05	<0,05	0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
NA24	<0,50	0,60	0,09	<0,40	0,10	<0,05	<0,05	0,01	0,07	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
NA25	<0,50	0,80	0,07	<0,40	0,10	<0,05	<0,05	0,01	0,06	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
NA26	0,50	0,70	0,07	<0,40	0,10	<0,05	0,08	0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
NA27	0,80	1,40	0,14	0,70	0,10	<0,05	<0,05	0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
NA29	1,70	2,80	0,31	1,30	0,10	<0,05	<0,05	0,03	0,22	<0,05	0,11	<0,05	<0,05
NA32	<0,50	<0,50	0,02	<0,40	0,10	<0,05	<0,05	0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
NA33	0,70	1,40	0,13	0,50	0,10	<0,05	<0,05	0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
NA34	0,50	0,90	0,09	0,60	0,10	<0,05	<0,05	0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
NA35	0,50	0,80	0,09	<0,40	0,10	<0,05	<0,05	0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05

Çizelge 4. Farklı tipteki jips-anhidrit örneklerinin nadir toprak element (ppm) kimyasal analiz sonuçları

Table 4. Rare earth element chemical analysis results of different types of gypsum-anhidrite samples

ANA OKSİTLER (%)											
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	ΣFe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	SO ₄ ²⁻
Minimum Değer	0,02	0,03	0,04	0,01	23,20	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	36,13
Maksimum Değer	6,37	1,26	5,07	10,47	35,42	0,13	0,29	0,06	0,05	0,07	45,25
Standart Sapma	0,83	0,26	1,08	2,18	2,33	0,04	0,05	0,01	0,009	0,01	1,83
Ortalama Değer	1,29	0,17	0,43	0,87	33,13	0,04	0,04	0,01	0,01	22,44	42,58

ESER ELEMENTLER (ppm)															
	Sr	Ba	Zn	Cu	Pb	Au	Ni	Co	Rb	Mo	Zr	V	W	As	F
Minimum Değer	178,1	4,00	1,00	0,10	0,10	0,40	0,10	0,40	0,40	0,10	0,40	0,40	0,10	0,40	10,0
Maksimum Değer	3519	144	97,0	7,50	3,70	4,50	94,1	4,20	13,7	4,30	25,6	52,0	1,40	605,3	70,0
Standart Sapma	995,6	40,3	19,4	1,53	1,12	1,21	19,1	0,78	2,72	1,50	5,06	10,0	0,26	126,4	21,0
Ortalama Değer	1252	41,7	6,58	1,32	1,18	1,81	6,40	0,62	1,75	1,33	2,72	6,36	0,17	46,10	30,0

NADİR TOPRAK ELEMENTLERİ (ppm)														
	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
Minimum Değer	0,40	0,40	0,02	0,30	0,10	0,05	0,05	0,01	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,01
Maksimum Değer	5,30	9,10	0,98	3,70	0,90	0,22	0,93	0,15	0,98	0,19	0,66	0,08	0,64	0,08
Standart Sapma	1,00	1,77	0,19	0,70	0,16	0,12	0,23	0,02	0,19	0,02	0,12	0,01	0,12	0,01
Ortalama Değer	0,75	1,16	0,12	0,56	0,13	0,09	0,16	0,01	0,10	0,05	0,07	0,05	0,07	0,01

Çizelge 5. Tüm elementlere özgü maksimum-minimum değerler, standart sapmalar ve ortalama değerler
Table 5. Maximum-minimum rates, standard deviations and average rates for all elements

JEOİSTATİSTİK

Jeostatistiksel çalışmaların esası jeokimyasal analizlerle belirlenen 28 elemente özgü değerler yardımıyla hazırlanan değişim diyagramlarında element çiftleri arasındaki dağılım ve gidişlerin izlenmesidir. Bunun için değişim grafiklerinin nicel açıdan değerlendirilmesinde ortaya çıkan ve çoğunlukla da nokta dağılımlarında izlenmiş olan uyumlu ilişki, jeostatistiksel parametreler açısından oldukça önemlidir. Buradan hareketle öncelikle

Çizelge 5'te minimum/maksimum değerler, standart sapma ve ortalama değerler elde edildi. Sonra dağılım ve gidişlerin daha anlaşılır hale gelebilmesi için elementlerin, değişim diyagramlarının ardından korelasyon katsayıları hesaplandı (Çizelge 6). Ayrıca element çiftlerine özgü korelasyon katsayılarının grafiksel olarak karşılaştırılması sonucu element çiftlerinin birbirleriyle olan ilişkileri yani birbirlerine göre nasıl hareket ettikleri belirlendi. Böylece hazırlanan tüm grafikler içinden “dağılım-uyumlu ilişkiler” parametresi dikkate alınarak evaporitlerin

kökensel yorumlamalarında yardımcı olabilecek 6 adet değişim diyagramı Şekil 5'te sunuldu. Sonuçta seçilen bazı önemli esas oksitlerin birbirleriyle ve bazı eser elementlerle yaptıkları yönelimler açık olarak bu değişim diyagramlarında izlendi. Örneğin SiO_2 'nin, Al_2O_3 'le nokta dağılımlarının gidişlerindeki çizgiselliğe özdeş gidişten dar açınımlı dağılımları dikkate değerdir. Rb ile olan değişim diyagramı ise çizgisel gidişli dar açınımlı artan ilişkili uyumlu bir dağılım sergilemektedir. Aynı şekilde $\Sigma\text{Fe}_2\text{O}_3$ 'le As'in ilişkisine bakıldığında çizgisele yakın doğru orantılı olduğu gözlenmekte, TiO_2 ve P_2O_5 ile yine benzer şekilde doğru orantılı olarak artmaktadır.

Diğer yandan; elementlerin korelasyon katsayı değerlerini kümeleme veya gruplama çalışmasında öncelikle artan ve eksilen korelasyon katsayısı değerlerinin yüzdeleri elde edildi ve grafiksel biçimde gösterildi (Çizelge 7 a, b), (Şekil: 6 a, b). Ayrıca Çizelge 7 a, b'den yararlanılarak hazırlanan korelasyon katsayısı kümülatif yüzde dağılımları ve grafiksel sunumları da verildi (Çizelge 8), (Şekil 7 a, b). Şekil 7a, b incelendiğinde, artan korelasyon katsayılarının 3 grup, eksilen korelasyon katsayılarının da 3 grup şeklinde kümelendiği gözlenmektedir. Pozitif korelasyon için 1. grup $r < +0,53$; 2. grup $+0,53 < r < +0,85$ ve 3. grup ise $r > +0,85$ değerlerini göstermektedir. Negatif korelasyon için ise 1. grup $r > -0,28$; 2. grup $-0,28 > r > -0,68$ ve 3. grup ise, $r < -0,68$ değerleri ile özgünleşmektedir. Bu sınır değerler sırasıyla zayıf, orta ve iyi pozitif ile zayıf, orta ve iyi negatif korelasyon katsayısı gruplarına karşılık gelmektedir.

Korelasyon katsayılarının bu alt disiplinlere Çizelge 9'a göre gruplanmış bulunan element çifti kombinasyonları nicel biçimde Çizelge 10 ve 11'de sunulmuştur. Bunların sentezlenmesi sonucu ortaya konulan iyi ve orta korelasyon alt disiplinine özgü artan ve eksilen element grup ve birliktelikleri ise Çizelge 12'de verilmiştir. Ayrıca Çizelge 12'nin geliştirilmesi ve bir çok element bileşeninden oluşan büyük bir küme içindeki birlikte ve karşıt hareket eden elementlerin somutlaştırılıp kümenin daha da

daraltılması açısından elementlerin tümüne "Cluster" analizi de uygulanmıştır (Şekil 8). Bunlara göre $r > +0,85$ (yüksek pozitif korelasyonlu) değerli artan korelasyonlu tek bir grup ortaya çıkmaktadır. Bu grup SiO_2 , K_2O , Rb, Zr, Al_2O_3 , MgO, TiO_2 , V, $\Sigma\text{Fe}_2\text{O}_3$, As, MnO, Zn, Ni, Co, P_2O_5 , Cu elementleri ile temsil olunmaktadır. Bu birliktelikte her element birbirleri ile beraber hareket etmekte, yani bir element artarken diğer bir elementte artmakta veya biri azalırken diğeri de azalmaktadır. İkinci grup $+0,53 < r < +0,85$ değerleri arasında olup; Ba, Sr, Mo, W, Pb, F, Au ve Na_2O elementleri ile temsil edilmektedir. Üçüncü bir grupta CaO ve SO_3 elementleri ile temsil olunmaktadır. Burada en önemli unsur, her iki grup birbiriyle artan korelasyon ilişkisi, ancak 3. grupta eksilen korelasyon ilişkisi göstermektedir. Yani 1. ve 2. grubun elementleri artarken 3. grubun elementleri azalmakta veya 1. ve 2. grubun elementleri azalırken 3. grubunki azalmaktadır. Ayrıca kökensel ve ortamsal yorumlamalara katkı sağlaması bakımından söz konusu bu 3 ana grubu kendi içinde de şu şekilde alt gruplara ayırabiliriz:

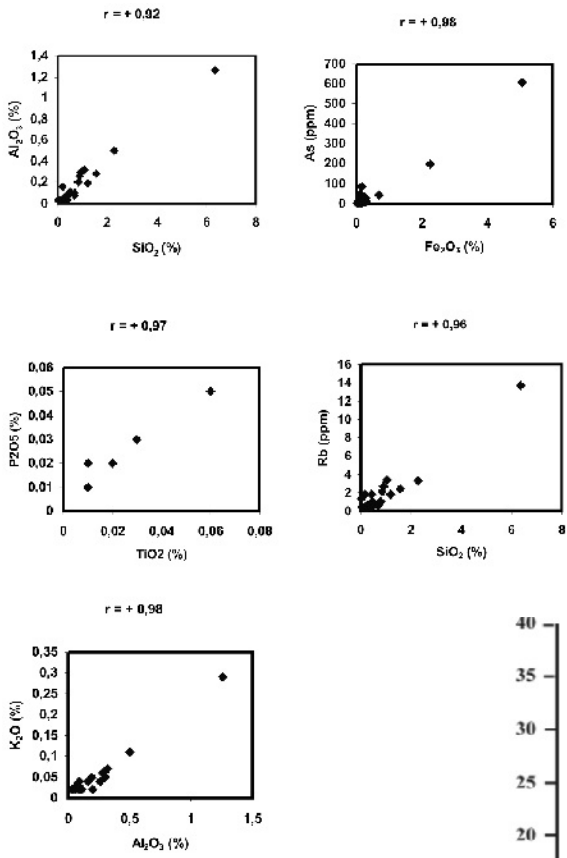
1. grupta olan SiO_2 , Al_2O_3 , K_2O , $\Sigma\text{Fe}_2\text{O}_3$, MgO, MnO, V, TiO_2 , P_2O_5 , Zr, Zn, Ni, Co, Cu'yu:

- a- SiO_2 , Al_2O_3 , K_2O , Rb
- b- Fe_2O_3 , MgO, MnO, As
- c- V, TiO_2 , P_2O_5
- d- Zr, Zn, Ni, Co, Cu şeklinde,

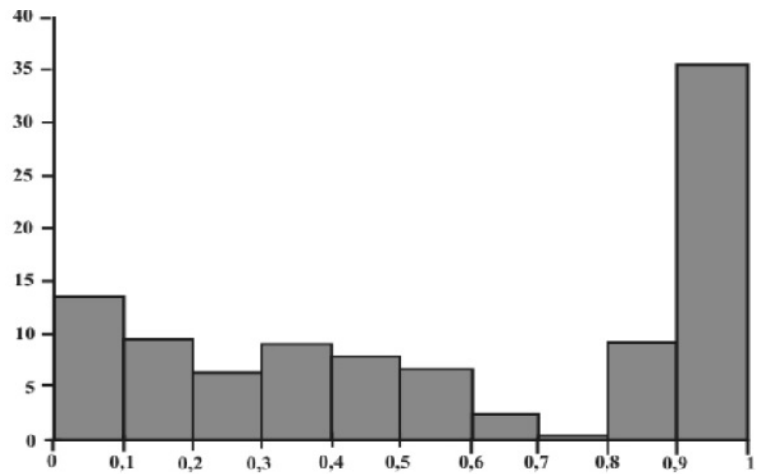
2. grupta olan Ba, Sr, Mo, Pb, W, F, Au, Na_2O 'yu

- a- Ba, Sr, Pb, F, Au
- b- W, Mo
- c- Na_2O şeklinde, ve

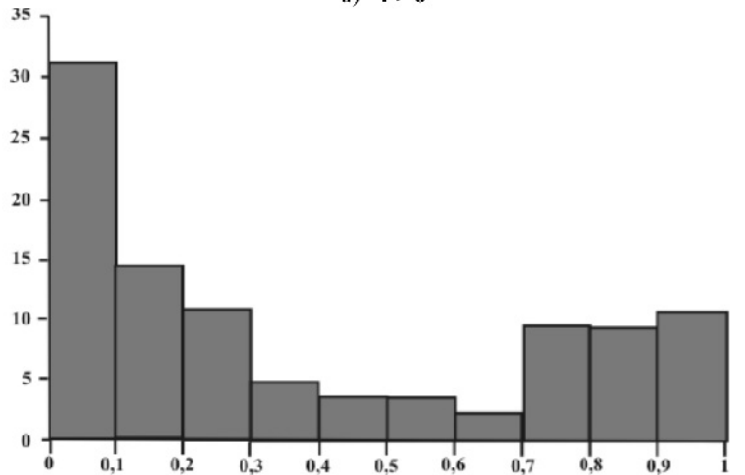
3. grupta olan CaSO_4 'da CaO+ SO_3 olarak ayırmak mümkündür. Bu şekilde Cluster analizi çalışması sonucu, bir çok element bileşeninden oluşan büyük bir küme içindeki birbirleri ile birlikte ve karşıt hareket eden elementler somutlaştırılmış, küme daha da daraltılmış ve jeokimyasal açıdan bu bileşenlerin birlikte hareket davranışları istatistiksel olarak şekillendirilmiştir



Şekil 5. Elementlerin birbirlerine göre değişim diyagramları
Figure 5. Change comparison diagrams of elements



a) $r > 0$



b) $r < 0$

Şekil 6. Korelasyon katsayılarının yüzde dağılımı
Figure 6. Percent distribution of correlation coefficients