

ÖNSÖZ

Yerbilimleri/Geosound'un 47. sayısını da çoğu zaman olduğu gibi yine geciktirerek yayınlayabildik. Bundan önceki yayınlanan sayılarımızda da belirtildiği gibi gönderilen makalelerin önemli bir oranı olumsuz hakem görüşleri sebebiyle yayınlanamamaktadır. Mevcut doçentlik yönetmeliğinin SCI'e giren makaleleri esas alması, ilk yıllara göre dergimize gelen makale sayısı ve kalitesinde etkili olmuştur. Ayrıca dergimizi omuzlayan bir avuç akademik personelin de artık iyice yorulduğu ve bu sebeple istemiyerek de olsa gecikmelere sebep olduğu bir gerçektir.

Bu sayımızda 11 makaleye yer verilmiş olup, hepsinin dili Türkcedir. Bu arada Yerbilimleri/Geosound'da yabancı dilde makale yayınlanmasının mümkün olup, tercih edildiğini bir kez daha hatırlatalım.

Yayın hayatımı südürebilmemiz için reklam logoları ile bize destek veren şirket ve kuruluşlara, makale göndererek yayın hayatımıza devam etmemizi sağlayan herkese teşekkürlerimizi sunuyor, 48. sayımızda buluşmayı ümit ediyoruz.

Saygılarımla,

Yayın Kurulu Adına
Mesut ANIL
Baş Editör



GEOSOUND



YERBİLİMLERİ

İÇİNDEKİLER / CONTENTS

Başmakçı Kireçtaşının (Niğde) Beton Agregası Olarak Değerlendirilmesi <i>Assesment of Basmakçı Limestone for Concrete Aggregate (Nigde, Turkey)</i>	1
Mustafa FENER, Osman GÜNEYDIN, Yusuf TOPAK	
Subalkalen Baranadağ (Kaman-Kırşehir) Plütonunun Petrojenezi ve Jeokimyasal Özellikleri / <i>Petrogenesis and Geochemical Characteristics of the Subalkalen Baranadağ Pluton (Kaman-Kırşehir)</i>	13
Nurdane İLBEYLİ, Yusuf URAS	
İstanbul-Tuzla İçmeler Mineralli Suyu ile Organize Deri Sanayi Bölgesi’nde Gözlenen Bir Jeotermal Suyun Jeokimyasal Özellikleri ve Mevsimsel Değişimleri <i>Geochemical Properties and Seasonal Changes of the İçmeler Mineralized Water and a Geothermal Water Observed in the Organized Leather Industry Zone Tuzla -İstanbul</i>	29
Tolga YALÇIN, Yüksel ÖRGÜN	
Handere Kilinin Konsolidasyon Özellikleri Üzerine Bir Değerlendirme <i>An Evaluation on Consolidation Properties of the Handere Clay</i>	49
İbrahim ÇOBANOĞLU, İsmail DİNÇER, Şaziye BOZDAĞ, Altay ACAR	
Anayatak (Maden – Elazığ) Bakır Cevherleşmesinin Jeolojik, Mineralojik ve Jeokimyasal Özellikleri / <i>Geological, Mineralogical and Geochemical Features of the Anayatak (Maden – Elazığ) Copper Mineralization</i>	63
Mehmet ALTUNBEY, Sema ÇELİK	
Elazığ Kuzeyindeki Dere Kumlarında Cu, Pb, Zn, As ve Cd Dağılımı <i>Distribution of Cu, Pb, Zn, As and Cd in Stream Sediments in the North of Elazığ</i>	91
Cemal BÖLÜCEK, Leyla KALENDER	
Gildirli ve Kaplankaya Formasyonları Geçişindeki Kırıntılı Sedimanların Özellikleri ve Ortamsal Etkileri (Adana Havzası G Türkiye)/ <i>Environmental Effects and Properties of the Clastic Sediments in the Ransition of the Gildirli and Kaplankaya Formations (Adana Basin– S Turkey)</i>	103
Murat GÜL, Kemal ZORLU, Hayati KOÇ ve Özgür KALELİOĞLU	

1 Ekim 1995 Dinar Depremi'nin Sismotektonik Özellikleri ve Yerel Zemin Koşullarının Hasar Dağılımına Etkisi / <i>Seismotectonic Characteristics of October 1, 1995 Dinar Earthquake and Effects of the Local Soil Condition on the Damage Distribution</i>	121
Şakir ŞAHİN, Ömer ALPTEKİN	
Ege Linyitleri İşletmesi (ELİ) Soma Bölgesi Işıklar-Batı Kısrankdere-Örtükazı Çalışmalarında Ekskavatör-Mobil Kırcı-Bant Konveyör Yönteminin Uygulanabilirliğinin Araştırılması/ <i>The Investigation of Applicability of Excavator- Mobile Crusher -Belt Conveyor Method in ELİ Soma District Işıklar-Batı Kısrankdere Stripping Operations</i>	131
Sabit GÜRGÜN, Ahmet Hamdi DELİORMANLI	
Sert Linyit Kok Tozundan Oksitlenme Yöntemi ile Formkok Üretilimi <i>Formcoke Production from Char Fines of Hard Brown Coals by Air-Curing</i>	141
Hakan CENGİZLER, Mevlüt KEMAL	
Üst Kretase Yeşli Tohma Kireçtaşı'nın (Malatya Güneyi) Yapı ve Kaplama Taşı Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması <i>Investigation of Utilization as Building and Cladding Stone of Upper Cretaceous age Tohma Limestone (Malatya Southern)</i>	155
Didem EREN, Mehmet ÖNAL	

**BAŞMAKÇI KIREÇTAŞININ (NİĞDE) BETON AGREGASI OLARAK
DEĞERLENDİRİLMESİ****Mustafa FENER, Osman GÜNEYDİN, Yusuf TOPAK***Ç. Ü., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Adanal Türkiye*

ÖZET: Bu çalışmaya Niğde il sınırları içerisinde geniş bir yayılım gösteren Çamardı Formasyonunun Başmakçı Üyesini oluşturan kireçtaşlarının beton agregası olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bu amaçla Başmakçı Kireçtaşlarından alınan temsili örnekler laboratuvara TS (1987), ISRM (1981) standartlarına göre incelenmiştir. Kireçtaşlarının; doğal birim ağırlığı 26.38 kN/m^3 , kuru birim ağırlığı 26.48 kN/m^3 , özgül ağırlığı 26.38 , görünür gözenekliliği % 0.71, hacimce su emme oranı % 0.75, kütlece su emme oranı % 0.24, çekme dayanımı 8.84 MPa , nokta yük dayanımı 4.20 MPa , tek eksenli basma dayanımı 83.62 MPa , içsel sürtünme açısı 39° , kohezyonu 21 MPa , Los Angeles aşınma kaybı % 23.33 (500 devir), Schmidt çökici değeri 61, darbe dayanım katsayısı %75.66, jeokimyasal analizlere göre; sodyum sülfat çözeltisi içerisindeki donma-çözünme kaybı % 3.45, alkali silis reaksiyonu yönünden çözünmüş silis konsantrasyonu (Sc) 17.3 mmol/l , alkali azalması ise 116 mmol/l dir. Başmakçı Kireçtaşı ilgili standartlara göre değerlendirildiğinde beton agregası olarak kullanılabilir nitelikte olduğu sonucuna varılmıştır.

**ASSESSMENT OF BASMAKCI LIMESTONE FOR CONCRETE
AGGREGATE (NIGDE, TURKEY)**

ABSTRACT: In this study, we have tried to investigate the usability of limestones from the Başmakçı Limestone member of Çamardı Formation, which widely crop out in the vicinity of Niğde, as concrete aggregate. For this reason, Başmakçı limestone samples that were collected in the field were examined according to TS (1987) and ISRM (1981) standards. Some index properties that were found as a result of the laboratory studies were: natural unit weight: 26.38 kN/m^3 , dry unit weight: 26.48 kN/cm^3 , specific gravities: 26.38 , apparent porosity: 0.71 %, water suction ratio (volumetrically): 0.75 %, water suction ratio (weight): 0.24 %, indirect tensional strength: 8.84 MPa , point load index: 4.20 MPa , uniaxial compressive strength: 83.62 MPa , internal friction angle: 39° , cohesion: 21 MPa , Los Angeles abrasion loss: 23.33 % (500 cycle), Schmidt hammer value: 61, coefficient of compact strength: 75.66 %. According to geochemical analyses; freeze loss in sodium sulphate: 3.45 %, silis concentration in the alkali silis reaction (Sc): 17.3 mmol/l , decrease of alkali: 116 mmol/l were found. It was found that the Başmakçı limestone is suitable for the concrete aggregate usage.

1.GİRİŞ

İçinde bulunduğuuz 21. Yüzyılda değişen teknolojik şartlar, buna paralel olarak nüfusun önemli ölçüde artması Dünyada ve Ülkemizde yapı sektöründe önemli ölçüde değişikliğe sebep olmuştur. Önceleri kullanılan tek katlı evler yerini çok katlı binalara bırakmış, dolayısıyla çok katlı binaların çekirdeğini oluşturan betonlarda yapı malzemesi olarak kullanılan çimento ve agregat gereksinimi doğmuştur. Bu gereksinime cevap verebilmek amacıyla, doğada mevcut bulunan kaya birimleri kırılıp, beton agregası (kırma taş) olarak kullanılması yoluna gidilmiştir.

Bu çalışmada Çamardı Formasyonu üyesi Başmakçı Kireçtaşlarının beton agregası olarak kullanılıp kullanılmayacağının ortaya konması amaçlanmıştır. Bu amaçla kireçtaşlarının jeokimyasal analizleri ile birlikte alkali silis reaktivitesi değerlendirilmesi yapılmıştır. Fiziksel özelliklerinden; birim hacim ağırlığı, özgül ağırlığı, gözeneklilik, görünür gözeneklilik, boşluk oranı, hacimce ve külece su emme oranları, doluluk oranı ve donma çözünmeye karşı duyarlılık derecesi belirlenmiştir. Mühendislik özelliklerinden çekme dayanımı, Los Angeles aşınma kaybı, darbe dayanımı, tek eksenli basma dayanımı, üç eksenli basma dayanımı, Schmidt sertlik dayanımı ve ultrasonik hız ölçümleri yapılmıştır.

Laboratuvara özellikleri incelemek amacıyla 40x40x20 boyutunda 5 adet blok numune alınmıştır. Bloklardan 5.40 cm ve 3.77 cm çaplarında, değişik boylarda

toplam 40 adet karot numunesi alınmış, karotların uçları taş kesme makinesinde kesilip parlatılarak standartlara uygun hale getirilmiştir.

Başmakçı kireçtaşının mühendislik ve indeks özelliklerini belirleyebilmek için yapılan laboratuvar çalışmalarında ISRM 1981, TSE 699/OCAK 1987, TS 706/1980 , TS 706 EN 12620/Nisan 2003, TS 707/ Aralık 1980, TS EN 932-2/Nisan 1999, TS EN 1097-6/Mart 2002, TS EN 1367-1/Kasım 2001, TS EN 1367-2/Kasım 2001, TSE 2028, TS 2516, TS 3526/Aralık 1980, TS 3529/Aralık 1980, TS 3694/Aralık 1981, TS 10088 EN 932-3, standartlarına göre incelenmiştir.

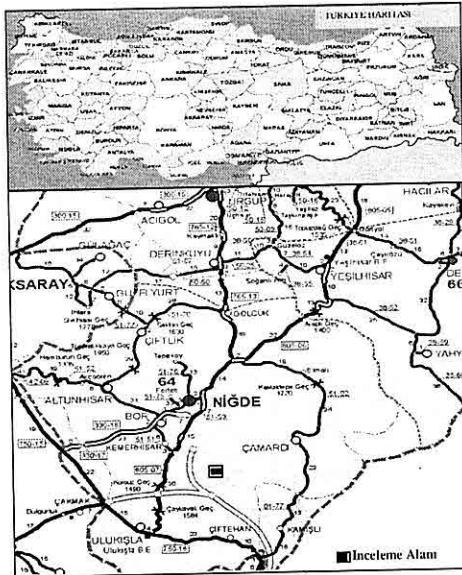
2. BAŞMAKÇI KIREÇTAŞININ KONUMU VE KAYA BİRİMLERİNİN JEOLOJİK ÖZELLİKLERİ

Kaya birimini temsil eden kireçtaşları Başmakçı Köyünde, Çamardı Karamavraş Tepede, Kavlak Tepenin doğusunda Şarlak Dere civarında ve Hüsnîye Eminlik Köyleri arasında yer almaktadır (Şekil 1).

Niğde ve yakın dolayı tortul, magmatik ve metamorfik kaya birimlerinden meydana gelmiştir. Metamorfikler en yaşlı kaya birimi olup, temel birimi oluşturmaktadır. Bu temel üzerinde Alt Tersiyer'den itibaren günümüze kadar havzada denizel, gölsel tortullar oluşurken bir yandan da volkanizma faaliyetleri ile volkanik kayalar meydana gelmiştir.

Başmakçı Kireçtaşları adını Başmakçı Köyünden alır (Blumenthal, 1956). Birimi Demirtaşlı, Turhan, Bilgin, Selim (1975), Ulukışla Formasyonu içinde bir

BAŞMAKÇI KIREÇTAŞININ (NİĞDE) BETON AGREGASI OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ



Şekil 1. İnceleme alanının yer bulduru haritası (TCK, 2004).

üye olarak değerlendirirken, Oktay (1982) ise Sereyankaya Formasyonu içinde bir arakatkı olarak ele almıştır. Kireçtaşları beyaz, beyazımsı mavi, orta-kalın tabakalı, ender volkanit çakılıdır. İstifin en üst sınırında lavların pişirmesine bağlı pembeleşmeler görülmektedir. Altındaki Ünlükaya ve üstündeki Güney Formasyonu ile geçişli olup, en çok 240 m kalınlığındadır. Birim; fosil içeriğine göre olasılıkla dalga tabanının içerisindeki bir ortamda çökelmiştir Çevikbaş A. ve dig. (1992). Çalışma alanının jeolojik haritası ve stratigrafik dikme kesiti Şekil 2'de verilmiştir.

Başmakçı Kireçtaşının arazide yapılan gözlemleri ve ölçümleri sonucu yapısal ve mekanik özellikleri açısından iyi gelişmiş, açık ve yumuşak malzeme

dolgulu, bloklu ve yer yer masif kaya kütlesi özelliğinde, eklemlı bir süreksizlik türüne sahip olduğu, düşük derecede süreksizlik devamı gösterdiği, süreksizlik yüzeylerinin açıklığına göre kapalı süreksizlik özelliğinde ve süreksizlik yüzeylerinin az bozunmuş olduğu belirlenmiştir.

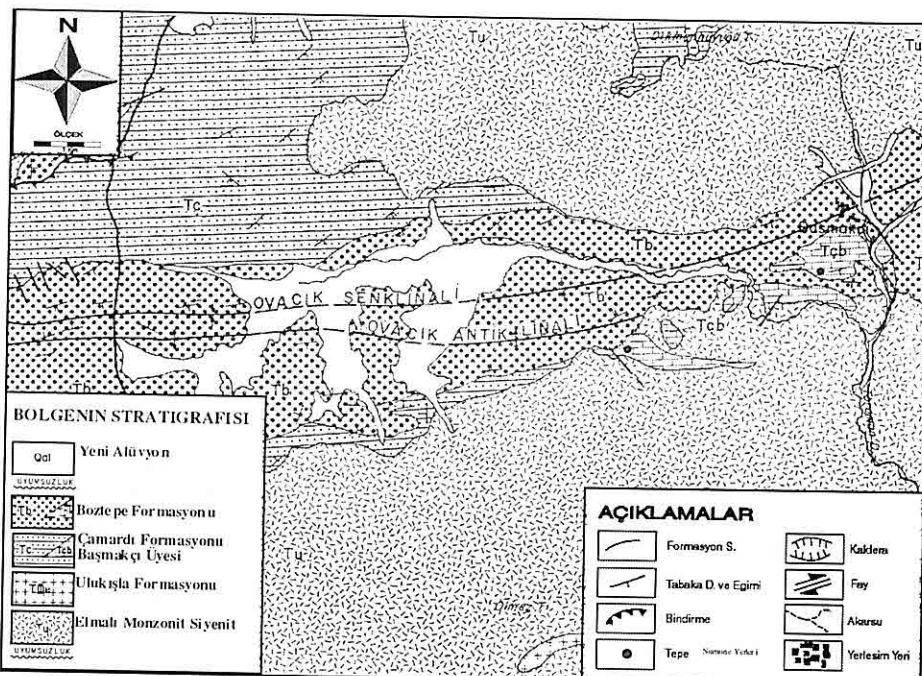
3. BAŞMAKÇI KIREÇTAŞININ MINERALOJİK-PETROGRAFİK VE JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

Kireçtaşları makroskopik olarak beyaz, beyazımsı mavi, orta-kalın tabakalı, yer yer volkanik arakatkıdır. Kireçtaşlarına ait örneklerin mineralojik bileşimi, doku, boşluk oranı ve ayrışma özelliklerini belirleyebilmek amacıyla ince kesitler hazırlanmış ve polarizan mikroskop incelemeleri yapılmıştır.

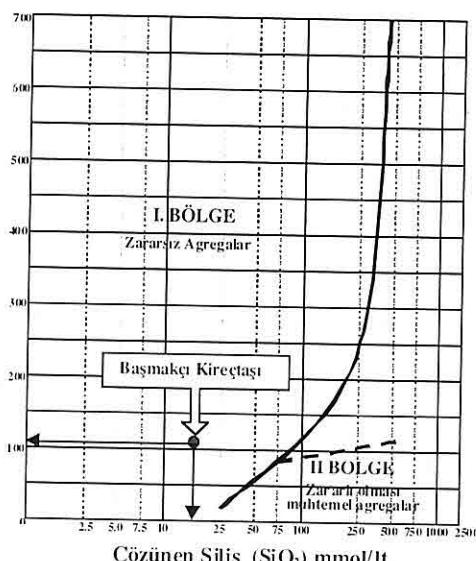
Kireçtaşlarındaki fosillerin betonun sertleşmesinde olumsuz etkisi olması durumu göz önünde bulundurularak sodyum hidroksit deneyi yapılmıştır. Hazırlanan çözeltinin rengi agregayla temas ettiğinde açık sarı geçmediğinden tehlike sınırının altında olduğu anlaşılmıştır.

Kireçtaşları üzerinde yapılan alkali-silis reaktivitesi deney sonuçlarına göre; çözünmüş silis konsantrasyonu (Sc) 17.3 mmol/lit, alkali azalması (Rc) ise 116 mmol/lit dir. Bu değerlerin Şekil 3'deki konumları incelendiğinde söz konusu kireçtaşlarının zararsız aggrega sınıfına girdiği gözlenmektedir.

Kireçtaşlarına ait kimyasal analiz sonuçlarının ortalaması Çizelge 1'de verilmiştir. Bu sonuçlara göre, % 30 SiO₂,



Şekil 2. Çalışma alanının jeolojik haritası ve stratigrafisi (Atabey (1989)).



Şekil 3. Başmakçı kireçtaşının alkali azalması (Rc) ve çözünmüş silis oranı (Sc)'nin diyagram üzerinde gösterilmesi TS (2516).

% 17 Al₂O₃, % 2.32 Fe₂O₃, % 1.15 MgO, % 2.10 K₂O, % 0.97 Na₂O, % 63.3 CaCO₃ bulunmuştur.

4. BAŞMAKÇI FORMASYONU'NUN MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİ

Kireçtaşlarının fiziksel ve mekanik özellikleri, Niğde Üniversitesi Mühendislik - Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünün Zemin ve Kaya Mekanığı laboratuvarlarında ISRM (1981), TSE 699 (1987), TS 706 (1980), TS 706 EN 12620 (2003), TS 707 (1980), TS EN 932-2 (1999), TS EN 1097-6 (2002), TS EN 1367-1 (2001), TS EN 1367-2 (2001), TSE 2028, TS 2516, TS 3526 (1980), TS 3529 (1980), TS 3694 (1981), TS 10088 EN 932-3, standartlarına göre incelenmiştir.

**BAŞMAKÇI KİREÇTAŞININ (NİĞDE) BETON AGREGASI OLARAK
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Çizelge 1. Başmakçı kireçtaşlarının kimyasal analiz sonuçları.

Oksit Elementler	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	CaCO ₃	Tp.
Yüzde Dağılımı	30	0.17	2.31	1.15	2.10	0.97	63.3	100

Bloklarından alınan karotlar etüvde 105°C de 24 saat kurutulup saf suda 48 saat bekletildikten sonra ağırlıkları belirlenmiştir. Bulunan kuru ve doygun ağırlık değerleri kullanılarak kireçtaşlarının doğal birim ağırlığı (γ_n), kuru birim ağırlığı (γ_d), doygun birim ağırlığı (γ_s), özgül ağırlığı, gözeneklilik (n), doluluk oranı (k) , kütlece su emme (H_w), hacimce su emme (A_w), belirlenmiş ve bu özellikler Çizelge 2'de verilmiştir.

değerleri okunup bu değerlerin en küçük olan 10 tanesi atılmıştır ISRM (1981). Deney 5 kaya kütlesi üzerinde tekrarlandıktan sonra bulunan değerlerin ortalaması Schmidt çekici sertliği olarak kabul edilmiştir (Evan and Pomeroy, 1966) . Deney sonucunda kireçtaşlarının Schmidt sertlik değerinin 61 olduğu belirlenmiştir.

Na₂SO₄ Çözeltisinde Don Kaybı

Blok taşlar konkasör yardımıyla kırılarak standarta uygun elek

Çizelge 2. Kireçtaşlarının fiziksel özellikleri

Özellikler	Değerler	Standart Sapma
Doğal Birim Ağırl. (γ_n) kN/m ³	26.38	± 0.014
Kuru Birim Ağırlığı (γ_d) kN/m ³	26.48	± 0.004
Özgül Ağırlığı	26.38	± 0.014
Gözeneklilik (n) %	0.75	± 0.175
Hacimce Su emme Oranı (A_w) %	0.71	± 0.129
Kütlece Su Emme Oranı (H_w) %	0.24	± 0.127
Doluluk Oranı (k) %	99.25	-

Kireçtaşlarının gözenekliliği Moos-Quervain'ının yaptığı sınıflandırma sistemine göre "çok kompakt" kaya sınıfındadır (Tarhan, 1996)'dan.

Schmidt Çekici Sertliği

Arazi çalışmaları sırasında kaya blokları yüzeyinde N tipi Schmidt çekici yatay düzleme dik kullanılarak sertlik ölçümü yapılmıştır. Belirlenen bir blok üzerinde farklı 20 noktadan geri tepme

aralıklarında ve istenen miktarlarda numune hazırlanmıştır. Hazırlanan numuneler 30 °C'deki 1 litre suya 750 gr kristal Na₂SO₄.H₂O ilave edilerek tamamen çözünunceye kadar karıştırılmıştır. Çözelti oda sıcaklığında 48 saat süreyle dirlendirildikten sonra 10 devir için kullanılmıştır. Farklı elek aralıklarındaki numuneler ayrı ayrı kaplarda hazırlanmış çözeltilerin

içerisinde 16-18 saat arasında bekletildikten sonra, çözelti içerisindeki çıkarılıp 110°C 'ye ayarlı hava dolaşımı etüvde 4 saat süreyle kurutulmuştur. Aynı işlem 5 defa yapıldıktan sonra deney numuneleri temizlenip yıkanmış ve etüvde kurutulmuştur. Her grup numune kendi alt eleğinden geçecek şekilde elenerek sodyum sülfat don kaybı (K_d) aşağıdaki eşitlik kullanılarak belirlenmiştir (TS 706 EN 12620/2003).

$$K_d = [(G_0 - G_1)/G_0] * 100 \quad (1)$$

Burada; K_d : Sodyum sülfat çözeltisindeki don kaybı (%), G_0 : Başlangıçtaki numune kütlesi (g), G_1 : Deney sonundaki numune kütlesi (g)

Kireçtalarının sodyum sülfat çözeltisi içerisindeki don kaybının % 3.45'lik değerle TS 706/1980 [3]'de belirtilen % 4'lük sınır değerinin ve % 0.75'lük su emme oranıyla TS 706 EN 12620 (2003)'te belirtilen % 1'lük sınır değerlerin altında kaldığı gözlenmiştir. Bu sonuçlara göre kireçtaşlarının donma - çözünme açısından beton agregası olarak kullanılabilir olduğu anlaşılmıştır.

Dolaylı Çekme (Brazilian) Dayanımı

Kireçtaşlarının çekmeye karşı dayanımı dolaylı yöntemlerden Brazilian deneyi ile boyu çapının iki katı olan 10 örnek üzerinde yapılmıştır. Çekme dayanımı 2 nolu eşitlik ile hesaplanmış ve sonuçlar Çizelge 3'de verilmiştir.

$$\sigma_c = 0.636 (P/D_t) \quad (2)$$

Burada; P: Örneğe yenilme anında uygulanan yük (kN), σ_c : Çekme dayanımı (MPa), D: Örnek çap (mm), t: Örnek kalınlığı (mm)

Nokta Yükü Dayanım İndeksi

Kireçtaşlarının alınan boyu çapının 1.2 katı olan numunelerin nokta yük dayanım indeksi, iki konik uç arasında yenilme yükü göstergeden okumak sureti ile belirlenmiştir (ISRM 1981). Hesaplamalarda nokta yükleme deneyinden elde edilen (P) ve örnek çapı (D_e) kullanılarak düzeltilmiş nokta yükleme dayanımı (I_s) aşağıdaki eşitlik ile hesaplanmıştır.

$$I_s = P/D_e^2 \quad (3)$$

Burada; I_s : Düzeltilmiş nokta yük indeksi (MPa), P: Yenilme yükü (kN), D_e : Çapsal deneyler için numune çapı (mm)

Hesaplanan nokta yük dayanım indeksi (I_s) sonuçları Çizelge 3'de verilmiştir. I_s 'nin eş değer karot çapına göre düzeltilmesinde bu amaç için hazırlanmış nomogram kullanılmıştır. Nokta yük dayanım indeksine göre sınıflandırmada kayacın "yüksek dirençli kaya" sınıfında olduğu belirlenmiştir (Bieniański, 1975).

Tek Eksenli Basınç Dayanımı

Tek eksenli basınç deneyi bloklardan 3.77 cm çapında 8 cm uzunluğunda alınan karotlar üzerinde yapılmıştır. Toplam 10 numune üzerinde yapılan deneylerde örnekler kırılincaya kadar kuvvet uygulanmıştır. Deney sırasında kırılmalar genelde ani ve şiddetli olmuştur. Bazı örnekler üzerinde yapılan deneylerdeki kırılmalar süreksizlik ve çatlak düzlemi boyunca olduğundan bu deneylerin sonuçları tek eksenli basınç dayanımı hesaplamalarında kullanılmamıştır. Tek eksenli basınç dayanımı 4 ve 5 nolu Eşitlikler yardımıyla hesaplanmış ve Çizelge 3'de gösterilmiştir.

BAŞMAKÇI KİREÇTAŞININ (NİĞDE) BETON AGREGASI OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ

$$\sigma_c = F/A \quad (4)$$

$$A = \pi \cdot (R/2)^2 \quad (5)$$

Burada: σ_c : Tek eksenli basınç dayanımı (MPa), F: Yenilme anındaki yük (kN), A: Örnek kesit alanı (cm^2), R: Örnek çapı (mm).

Tek eksenli basınç dayanımına göre yapılan sınıflamada kireçtaşlarının "orta dirençli kaya" sınıfındadır (Deer ve Miller, 1966).

Üç Eksenli Basınç Direnci

Başmakçı kireçtaşlarının sahip oldukları içsel sürtünme açısı (θ) ve kohezyon (C) üç eksenli basınç deneyi ile belirlenmiş ve çizilen Mohr Kırılma Zarfı Şekil 4'de verilmiştir. Deneyler blok kayadan çıkartılan 5.44 cm çaplı ve 11.00 cm boyundaki karotlar üzerinde 10 MPa, 20 MPa ve 30 MPa'luk hücre basıncı altında gerçekleştirilmiştir. Elde edilen deney sonuçları Çizelge 3'de verilmiştir.

Deney sırasında örneklerin kırılması standartlarda belirtilen sürelerde olmuştur. Tek eksenli basınç dayanımı ve üç eksenli basınç dayanım değerleri kullanılarak bilgisayar programında yenilme zarfları elde edilmiştir (Şekil 4). Kireçtaşlarının içsel sürtünme açısı 39° ve kohezyonu 21 MPa'dır.

Darbe Dayanım Oranı

Darbe dayanım oranını TS 3694'de belirtilen ağırlığı yaklaşık 30 kg, alt çapı dairesel ve 300 mm metal tabanlı, iç çapı 102 mm, iç derinliği 50 mm, et kalınlığı 6 mm silindir biçimli, çekici ağırlığı 14 kg olan standart darbe dayanım aleti kullanılmıştır. 14 mm ile 10 mm çaplı eleklerin arasında kalan 750 gr kırılmış numune (Mb) aletin içerisine konarak 14

kg ağırlık 38 cm yükseklikten 15 defa bırakılmıştır. Çıkarılan numune 2,36 mm çaplı kare gözülü elekten elenerek, üzerindeki ağırlık (Ms) Eşitlik 6 da yerine yazılarak darbe dayanım kaybı % olarak belirlenmiştir. Darbe dayanımı kaybı deney sonucu Çizelge 3'de verilmiştir.

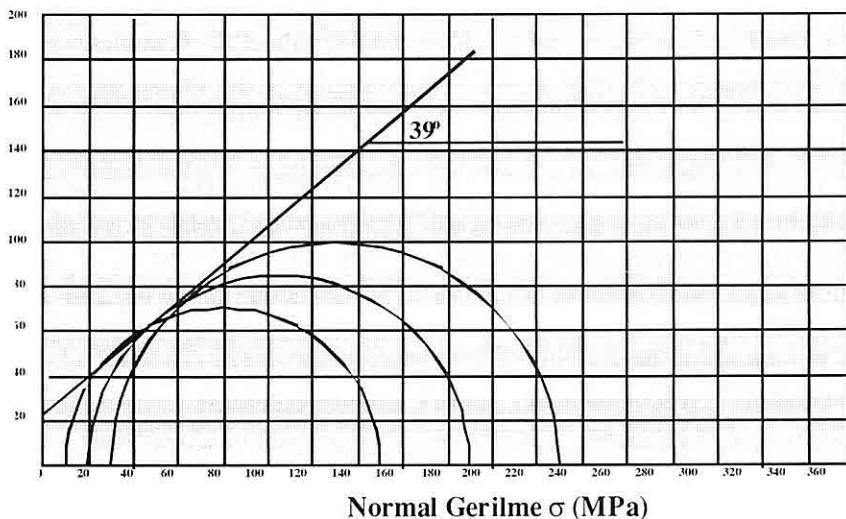
$$Dk = [Ms/Mb] * 100 \quad (6)$$

Burada; Dk: Darbe dayanım oranı (%), Ms: 2.36 mm açıklı elek üzerinde kalan malzeme kütlesi (g), Mb: Başlangıçtaki numune kütlesi (g).

Los Angeles Aşınma Oranı

Kireçtaşlarının aşınma dayanımı TSE 3694 (1981)'e göre incelenmiştir. Sonuçlar TSE 706 EN 12620 (2003) "Beton Agregatları" standartlarına göre değerlendirilmiştir.

Kireçtaşı 5 mm ile 2.5 mm aralıklı elekten geçecek şekilde kırılmış, D sınıfına giren bu elek aralıklarından toplam 5000 g alınmıştır. Deney iki aşamada gerçekleştirilmiş, kırılan ve değişmez kütleye kadar kurutulan numune iki tarafı çelik, silindir biçiminde ve iç çapı 710 mm boyu 508 mm olan kapalı silindir içinde iki rafı bulunan dakikada 30 devir yapabilen Los Angeles Aşınma cihazına toplam ağırlığı 2500 gr olan 6 adet çelik bilye ile birlikte konulmuştur. 100 devir sonunda çıkarılan numune elek aralığı 1.6 mm olan kare gözülü elekten geçecek şekilde elenmiştir. Elek üzerinde kalan kısmı yıkanıp kurutulduktan sonra hassas terazide ağırlığı (G_{100}) belirlenmiştir. Aynı işlem cihazda 400 devir için yapıldıktan sonra G_{500} değeri belirlenmiştir TS 3694 (1981). Bulduğumuz bu değerler kireçtaşlarının



Şekil 4. Kireçtaşlarına ait Mohr kırılma zarfı.

100 devir ve 500 devir için aşınma kayıplarını vermiştir. Bu sonuçlara göre 100 devir sonundaki aşınma kaybı K_{100} % 4.04 ve K_{500} , devir sonundaki aşınma kaybı ise % 23.33 olarak belirlenmiştir. Aşınma kayıpları 7 ve 8'nolu eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır. Deneylerle ilgili sonuçlar Çizelge 3'de verilmiştir.

$$K_{100} = [(G_0 - G_{100})/G_0] \cdot 100 \quad (7)$$

$$K_{500} = [(G_0 - G_{500})/G_0] \cdot 100 \quad (8)$$

Burada; K_{100} : 100 devir sonunda; aşınma kaybı (%), G_0 : Başlangıçtaki numune kütlesi (g), G_{100} : Yüz devir sonunda elek üzerinde kalan numune kütlesi (g), G_{500} : Beşyüz devir sonunda elek üzerinde kalan numune kütlesi (g).

Dinamik Elastisite Modülü

Kuru örnekler üzerinde dinamik elastisite modülü, elastik boyuna ses dalgasının karot örneklerini kat etme zamanı ölçülerek hesaplanır.

Boyuna titreşim rezonans frekansı Eşitlik (9) yardımıyla bulunmuştur (Yuash 1970) .

$$F = (1/2)t \quad (9)$$

Burada; F: Boyuna dalganın titreşim frekansı t: Elastik dalganın örneği kat etme zamanı (μ s)

Alt ve üst yüzeyleri yağlanan karot örnekleri ultrasonik deney aletinin metalden yapılmış olan alıcı-verici kafalar arasında yerleştirilmiş ve elastik dalganın karottan geçiş süresi mikrosaniye cinsinden ölçülmüştür. Dinamik elastisite modülü aşağıdaki eşitlik yardımı ile hesaplanmış ve sonuçlar Çizelge 3'te verilmiştir.

$$E_d = 1.29 \cdot (L/R^2) \cdot (W/12) \cdot 10^6$$

$$(Youash, 1970) \quad (10)$$

Burada; Ed: Dinamik elastisite modülü, W: Örneğin kütlesi (gr), L: Örneğin boyu (mm), d: Örneğin çapı (mm), t: Elastik dalganın örneği kat etme süresi (μ s)'dır.

**BAŞMAKÇI KİREÇTAŞININ (NİĞDE) BETON AGREGASI OLARAK
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Çizelge 3. Kireçtaşlarının mekanik ve elastik özelliklerini.

Özellikler	Değerler	St. Sap.
Schmidt çekici sertliği	61	± 2.30
Dolaylı çekme dayanımı (σ_c), MPa	8.84	± 1.145
Nokta yük dayanımı (I_s), MPa	4.20	± 0.986
Tek eksenli basınç dayanımı (σ_1), MPa	83.62	± 2.554
Kohezyon (c), Mpa	20	-
İçsel sürtünme açısı (\emptyset)	39°	-
Darbe dayanım kaybı, %	75.66	± 3.1
Los Angeles aşınma dayanımı (K_{100})	4.04	-
Los Angeles aşınma dayanımı (K_{500})	23.33	-
Dinamik elastisite modülü (MPa)	8.90*105	± 1.27

5. SONUÇLAR

Başmakçı Kireçtaşlarının mineralojik-petrografik, jeokimyasal ve mühendislik özellikleri incelenmiş ve elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

- Gri, açık gri ve beyaz renklerde, taze yüzeyi beyazımsı, değişik yönlerde gerilme çatlakları olan, konkoidal kırılma özelliğine sahip kireçtaşları eş boyutlu kalsit kristallerinden oluşmuş ve yer yer silislesmiş fosil kavaklıları içermektedir.

- Mikroskopta gözlenen fosillerin sodyum hidroksit deney sonucuna göre betonun sertleşmesine olumsuz bir etkisinin olmayacağı anlaşılmıştır.

- Alkali silis reaksiyonu yönünden çözünmüş silis konsantrasyonu (Sc) 17.3 mmol/lt, alkali azalması (Rc)'nin ise 116 mmol/lt değeri ile zararsız agregalar sınıfında yer aldığı ve bu sonuca göre alkali - silis reaksiyonu yönünden beton agregası olarak kullanılmasında bir sakınca yoktur.

- Doğal birim ağırlığı 26.38 kN/m³,

kuru birim ağırlığı 26.48 kN/m³, özgül ağırlığı 26.38 dir.

- Kütlece su emme oranı % 0.24, hacimce su emme oranı % 0.75, görünür gözenekliliği % 0.71, gözenekliliği % 0.71 olup, "çok kompakt" kaya sınıfındadır.

- Schmidt Sertliğine göre "fevkalade sert kaya" sınıfındadır.

- Na_2SO_4 çözeltisi içerisindeki % 3.45'lik donma-çözünme kaybının % 4'lük sınır değerinin altında olduğu ve sahip olduğu % 0.75'lik su emme oraniyla % 1'lük en büyük sınır değerlerin altında kaldığı gözlenmiştir.

- Tek eksenli basınç dayanımı, nokta yük dayanımı ve endirekt çekme dayanımlarına göre "orta dirençli kaya" sınıfındadır.

- Birbirine dik olarak alınan örnekler üzerinde yapılan deney sonuçlarına göre Kireçtaşları izotropik malzeme sınıfına girmektedir.

- Los Angeles aşınma deneyi sonucuna göre 500 devir sonunda aşınma kaybının

% 23.33 olduğu, bu değerde TCK şartnamesinde belirtilen % 40'lık sınır değerinin altındadır.

- Darbe dayanım katsayısının % 75.66 olduğu belirlenmiştir.

Bu özellikler ISRM 1981, ilgili TS standartları ve TCK/1986 Fenni Şartnamesinde belirtilen özelliklere uygun olduğundan kireçtaşlarının beton agregası olarak kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

6. TEŞEKKÜR

Yazarlar "Niğde Bölgesindeki Kaya Birimlerinin Jeolojik ve Mekanik Özellikleri ile Bu Birimlerin Alternatif Beton Agregası Olarak Kullanımıma Uygunluğunun Araştırılması" adlı projeye sağladığı maddi destekten dolayı Niğde Üniversitesi Rektörlüğüne ve Araştırma Fonuna teşekkür ederler.

7. KAYNAKLAR

Atabey E., "Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi", Kayseri İl9 Paftası.

Bieniavski., (1975)'den Koçal F., 1999. "Trabzon-Maçka Taş Ocağındaki Kireçtaşlarının Agrega Olma Aşısından İncelenmesi", Türkiye 16. Maden Kongresi, S:282.

Blumenthal M.N., 1956. "Yüksek Bokalarların Kuzey kenar Bölgesinin ve Batı Uzantılarının Jeolojisi", MTA Yayınları, Seri D., No:7, Ankara.

Çevikbaş A., ve Diğ., 1992. "Ulukışla-Çamardı (Niğde) Mestrihyen Sonrası Çökel Havzasının Jeolojisi", MTA Dergisi No:114, S:155-172.

Demirtaşlı E., Turhan N., Bilgin A.Z., Selim M., 1975, "Boklar Dağlarının Jeolojisi: Cumhuriyetin 50. Yılı Yer Bilimleri Kongresi Tebliğleri, MTA Yayl., 42-47.

Deere, D. U., Miller R., P., 1966. "Classification and Index Properties of Intact Rock Tech", AF Speacial wapons Center, Kirtland Air Force Base, Report AFWL-TR S:65-116, New Mexico.

Evans., Pomroy C.D., 1966 "The Strength, Fracture and Workability of Coal Permagon Pres. London.

ISRM 1981, "ISRM Suggested Methods", Rock Caracterization

Okay F., 1982. "Ulukışla ve Çevresinin Stratigrafi ve Jeolojik Evrimi" TJK Bülteni, C:25, S:15-27.

Tarhan F., 1996, "Mühendislik Jeolojisi Prensipleri", Karadeniz Teknik Üniversitesi Basımevi, Trabzon. S: 56.

TSE 699/OCAK 1987, "Tabi Yapıtaşları Muayene ve Deney Metotları", Ankara.

TS 706/1980, "Beton Agregaları", Ankara.

TS 706 EN 12620/Nisan 2003, "Beton Agregaları", Ankara.

TS 707/ Aralık 1980 "Beton Agregalarından Numune Alma ve Deney Numunesi Hazırlama Yöntemi" Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS EN 932-2/Nisan 1999, "Agregaların Genel Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 2-Laboratuvar Numunelerin Azaltılması Metodu", Ankara.

TS EN 1097-6/Mart 2002, "Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri İçin Deneyler - Bölüm 6: Tane Yoğunluğu ve Su Emme Oranının Tayini", Ankara.

**BAŞMAKÇI KİREÇTAŞININ (NİĞDE) BETON AGREGASI OLARAK
DEĞERLENDİRİLMESİ**

- TS EN 1367-1/Kasım 2001, TS 3529/Aralık 1980, "Beton Agregaların Termal ve Bozunma Agregalarının Birim Ağırlık Tayini", Özelliğleri İçin Deneysel- Bölüm 1: Ankara
- TS 3694/Aralık 1981, "Beton Agregalarında Aşınmaya Dayanıklılık Aşınma Oranı Tayinim Metodu", Ankara .
- TS 10088 EN 932-3, "Agregaların Genel Özellikleri İçin Deneysel Kısımlar- 3: Basitleştirilmiş Petrografik Tanımlama İçin İşlem ve Terminoloji", Ankara .
- TSE 2028, "Kayaçların Tek Eksenli Basınç Dayanımlarının Tayini", UDK 622.02, Ankara.
- TCK 1986. Kaya Mekanığı İlkeleri. Seminer No:6, Sayfa: 62-63 ODTÜ Maden Mühendisliği Bölümü Ankara.
- TSE 2516, "Alkali Silis Reaktivitesinin Kimyasal Yolla Tayini", Ankara.
- Yuash, (1970)'den Koçal F., 1999. "Trabzon-Maçka Taş Ocağındaki Kireçtaşlarının Agrega Olma Açısından İncelenmesi", Türkiye 16. Maden Kongresi, S:282.
- TS 3526/Aralık 1980, "Beton Agregalarında Özgül Ağırlık ve Su Emme Oranı Tayini", Ankara.

**SUBALKALEN BARANADAĞ (KAMAN-KİRŞEHİR) PLÜTONUNUN
PETROJENEZİ VE JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ****Nurdane İLBEYLİ***M.K.Ü., İnşaat Mühendisliği Bölümü, Hatay/Türkiye***Yusuf URAS***Ç.Ü., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye*

ÖZET : *Orta Anadolu Kristalen Kompleksi'nde kalk-alkalenden alkalene kadar değişen farklı bileşimli kayaçlar bulunmaktadır. Bunlardan bir tanesi de, monzonit ve kuvars monzonit bileşimli Baranadağ plütonudur. Plüton, subalkalen ve metalümin karakterde olup, mafik magmatik anklav ve potasyumlu feldispat megakristalleri içerir. Baranadağ plütonu, aplitik, pegmatitik ve mikrosyenitik dayklar tarafından kesilmiştir. Baranadağ intrusive kayaçları arazi, petrografik ve jeokimyasal özellikleri ile I-tipi granitlere benzerlik göstermektedirler. Baranadağ plutonik kayaçlarının toplam alkali (Na_2O+K_2O) ve Rb değerleri yüksektir. Bu kayaçlar ayrıca HFSE'e nazaran, LILE ve LREE bakımından zenginleşmiştir. Th/Yb-Ta/Yb dağılımı, intrusive kayaçlar için kaynak bölgesinin çarpışma öncesi dalma-batma ile zenginleşmiş olan manto olduğunu göstermektedir.*

**PETROGENESIS AND GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF THE
SUBALKALEN BARANADAĞ PLUTON (KAMAN-KİRŞEHİR)**

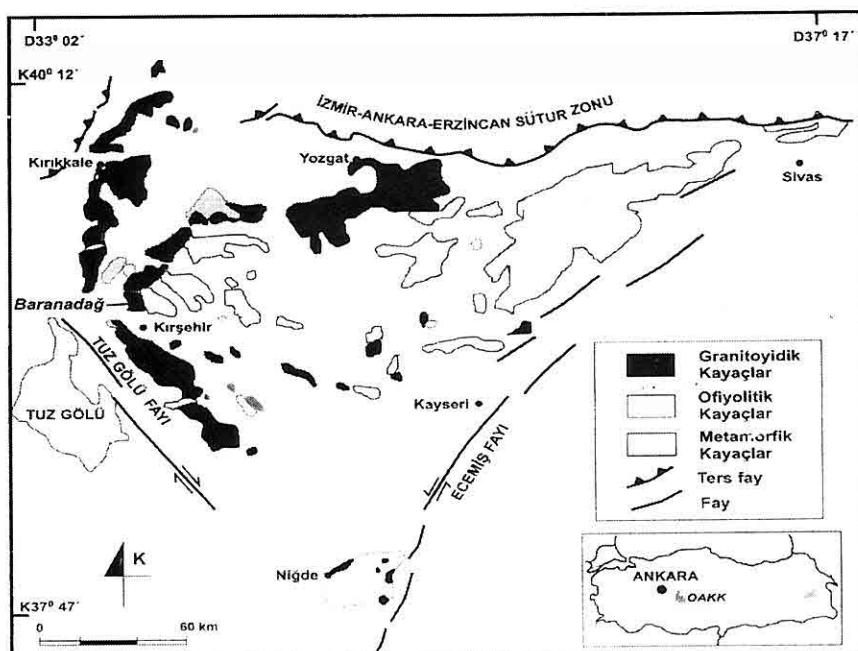
ABSTRACT : *Within the Central Anatolian Crystalline Complex different rock types in composition from calc-alkaline to alkaline are found. One of these is the Baranadağ pluton containing monzonite and quartz monzonite. This pluton has subalkaline and metaluminous characteristics, and includes mafic igneous enclaves and potassium feldspar megacrysts. The Baranadağ pluton is cut by aplitic, pegmatitic and microsyenitic dykes. The Baranadağ intrusive rocks show comparable field, petrographic and geochemical characteristics with I-type granites. The Baranadağ plutonic rocks have high total alkali (Na_2O+K_2O) and Rb values. In addition, these rocks show enrichment in LILE and LREE relative to HFSE. The Th/Yb versus Ta/Yb plot displays that the intrusive rocks formed from an enriched mantle source region carrying a subduction component inherited from pre-collision subduction events.*

1. GİRİŞ

Orta Anadolu Bölgesi’nde, Kırşehir, Akdağmadeni ve Niğde üçgeni içerisinde çeşitli derecelerde metamorfizma ve deformasyona maruz kalmış olan metamorfik kayaçlar ile bileşimi asidikten baziğe kadar değişen magmatik kayaçların tamamı Ketin (1955, 1963) tarafından Orta Anadolu Masifi, Göncüoğlu ve diğ. (1991) tarafından ise Orta Anadolu Kristalen Kompleksi olarak adlandırılmıştır. Örtü kayaçlar ile izole olmuş bir dağılım gösteren bu kayaçların Kırşehir civarındaki yüzeylemeleri Kırşehir Masifi, Akdağmadeni yöresindeki Akdağmadeni veya Akdağ Masifi (Ketin 1959), Niğde ilinin doğusundakiler ise Niğde Masifi olarak tanımlanmıştır (Göncüoğlu 1977).

Çalışma konusunu oluşturan Baranadağ plutonu, Orta Anadolu Kristalen Kompleksi içerisinde yer almaktadır (Şekil 1). Kompleks, kuzeyde İzmir-Ankara-Erzincan Sütür Zonu, batıda Tuz Gölü Fayı ve doğuda ise Ecemis Fayı ile çevrilmiştir (Şekil 1). Kompleksin tabanını, Paleozoik-Mesozoik yaşı, orta-yüksek dereceli metamorfik kayaçlar oluşturur (Seymen 1982). Bu kayaçlar, Üst Kretase yaşı ofiyolitik birimler tarafından üzerlenmiştir ve tüm bu kayaç birimleri Üst Maestrichtiyen yaşı intrüzif kayaçları tarafından kesilmiştir (Şekil 1).

Kompleks’de yer alan intrüzif kayaçlar ise üç grup içerisinde incelenebilir (Şekil 1): (i) Kompleks’ın batı kenarı boyunca; kuzeyde Kırıkkale’nin kuzeydoğusundan - güneyde Niğde’ye kadar uzanan kayaçlar.



Şekil 1. Orta Anadolu Kristalen Kompleksi'nin jeoloji haritası (Bingöl 1989).

SUBALKALEN BARANADAĞ (KAMAN-KİRŞEHİR) PLÜTONUNUN PETROJENEZİ VE JEOKIMYASAL ÖZELLİKLERİ

Bu kuşak boyunca yeralan kayaçlar 200 km uzunluğunda olup, kuzeyde kuzeydoğudan-güneybatıya, güneyde ise kuzeybatıdan-güneydoğuya doğru uzanır; (ii) Kompleks'in doğu kenarı boyunca; kuzeyde dar bir alan içerisinde yer almaktadır kayaçlar, kuzeyde Sivas'tan-güneyde Niğde'ye kadar uzanır; ve (iii) Kompleks'in kuzey kenarı boyunca; Yozgat civarında dağılım gösteren granitoyid mostrası.

Orta Anadolu Kristalen Kompleksi içerisinde yeralan bu intrüzif kayaçlar araştırmacılar tarafından oldukça fazla çalışılmışmasına rağmen, kökenleri hakkında tartışmalar sürmektedir (Akıman ve diğ. 1993, Aydin ve Önen 1999, İlbeyle ve diğ. 2004). Bu çalışmada, Kompleks'de bulunan subalkalen karakterli Baranadağ plütonun arazi, petrografik ve jeokimyasal özelliklerini verilmiştir. Ayrıca bu makalede sunulan yeni ana ve iz element sonuçlarından yararlanarak plütonun ve dolayısı ile Kompleks'de bulunan diğer intrüzif kayaçların kökenlerinin açığa çıkartılması amaçlanmıştır.

Bayhan (1986, 1987), Orta Anadolu Kristalen Kompleksi içerisinde yeralan Çelebi, Cefalıkdağ ve Baranadağ plütonlarını incelemiştir. Çelebi plütonun kıtasal kabuk±mantonun kısmının ergimesinden olduğunu; Cefalıkdağ plütonik kayaçlarının subalkalen, ve Baranadağ intrüziflerinin ise alkalen karakterde olduğunu tanımlamıştır. Yazan ayrıca, subalkalen kayaçların monzonitik-I tipi; alkalen kayaçların ise siyenitik-A tipi granitlere benzerlik gösterdiğini belirtmiştir. Bayhan (1986, 1987)'a göre,

bu her iki kayaç grubu aynı kaynağı farklı safhalarda kısmi ergimesi ile oluşmuştur.

Erlер ve diğ. (1991) Kompleks'in batı (Kaman) ve kuzey kenarı (Yozgat) boyunca yeralan granitoyidleri incelemiştir. Petrografik ve jeokimyasal değerlerin sonuçlarına göre bu kayaç türlerinin I-tipi granit karakterinde olduğunu ve bölgedeki kayaçların aynı kökenden olduğunu belirtmişlerdir.

Akıman ve diğ. (1993) göre ise, Kompleks'in batısında yeralan intrüzif kayaçları metalümin (I-tipi) ve peralümin (S-tipi) granit karakterine benzerlik gösterirler ve bu kayaçlar kıtasal kabuğun kısmının ergimesinden meydana gelmişlerdir. İz element sonuçlarına göre, bu granitoyidler çarpışma ve çarpışma sonrası granit özelliklerine sahiptirler (Akıman ve diğ. 1993).

Otlu (1998) ve Otlu ve Boztuğ (1998) Kortundağ ve Baranadağ Plütonları üzerinde incelemede bulunmuşlardır. Yazarlara göre Kompleks içerisinde yeralan alkalen kayaçlar iki grupta incelenebilir: (i) silisce doygun (ALKOS); ve (ii) silisce doygun olmayan (ALKUS). Otlu ve Boztuğ (1998)'a göre bu kayaç grupları iki farklı alkalen magmadan türemiştir.

Kompleks içerisinde yer alan Baranadağ plütonunu inceleyen Aydin ve Önen (1999) ise bu kayaçların H-tipi (hibrid) ve çarpışma sonrası granitlere benzer özellik gösterdiklerini belirtmiştir.

İlbeyli (1999) ve İlbeyle ve diğ. (2004)

ise Orta Anadolu Kristalen Kompleks'i içerisinde yer alan farklı bileşimli intrüzif kayaçların kökenlerinin farklı olmasını, çarışma öncesi kaynak bölgesinin heterojenliğine bağlı olarak açıklamışlardır. Ayrıca bu intrüzif kayaçların, çarışma öncesi dalma-batma olayı ile zenginleşmiş olan manto kaynaklı olduğunu belirtmişlerdir.

Kompleks'deki intrüziflerin yerleşim mekanizması ve yaşları ise hâlâ tartışımalıdır. Intrüzif kayaçlar üzerinde yapılan radyometrik yaşı (tüm kaya Rb/Sr ve tüm kaya-mineral K/Ar) tayinlerinde elde edilen sonuçlar şöyledir: 71 ± 1 Ma (Cefalıdağ granodiyorit-Ataman 1972), 70.7 ± 1.1 Ma (Bayındır feldispatoyidli siyenit-Gündoğdu ve diğ. 1988), 95 ± 1 Ma (Üşkapılı granodiyorit-Göncüoğlu 1986), 110 ± 5 Ma (Murmano plüton-Zeck ve Ünlü 1987), 110 ± 14 Ma (Ağaçören granitoyid-Güleç 1994) ve (79.5 ± 1.7 , 66.6 ± 1.1 , 76.4 ± 1.3 Ma) (Behrekdağ granit, Cefalıdağ kuvars monzonit, Baranadağ monzonit-İlbeyli 1999, İlbeylei ve diğ. 2004).

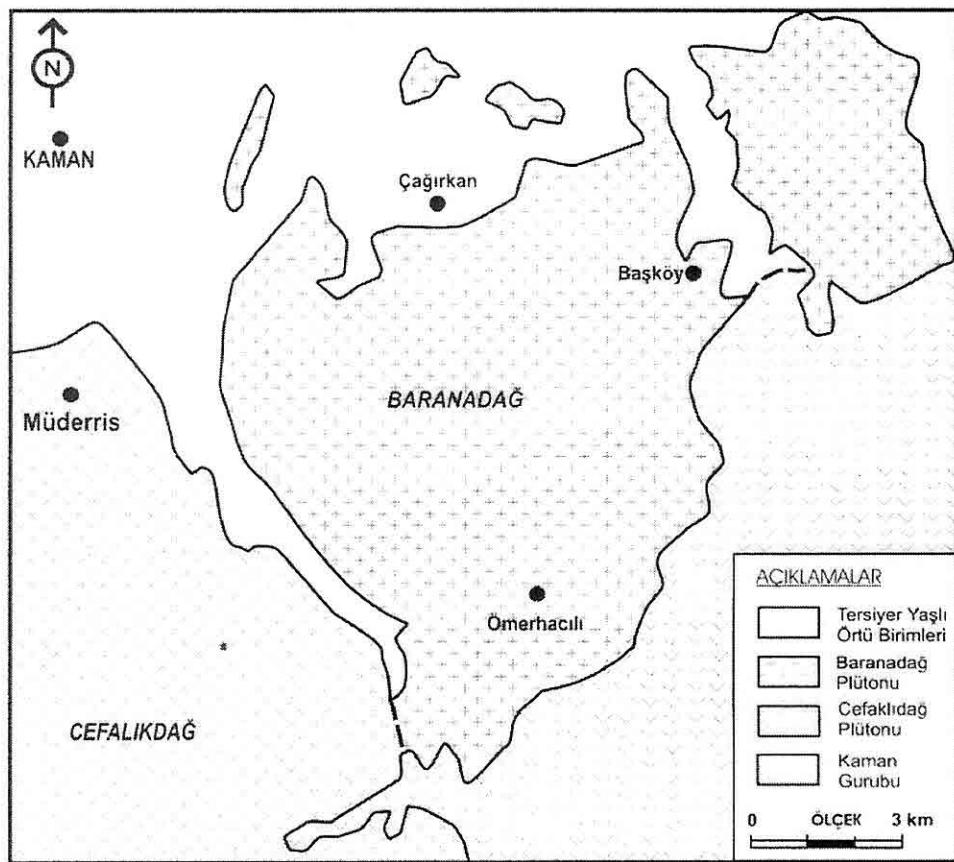
2. GENEL JEOLOJİ VE PETROGRAFİ

Plüton, ilk defa Seymen (1982) tarafından Baranadağ plütonik kompleksinin bir parçası olarak tanımlanmıştır. Lünel (1985) ise bu intrüzif birimi Baranadağ monzoniti olarak isimlendirmiştir. 65 km^2 'den daha fazla bir alanı kaplayan Baranadağ plütonu, çok dik bir topografyaya sahiptir. Plütonun, kuzey ve kuzeydoğusunda Tersiyer yaşılı örtü birimleri, doğusunda Kaman Grubu,

batı ve güney batısında ise Cefalıdağ plütonu yer almaktadır (Şekil 2). Monzonit ve kuvars monzonitinden oluşan plütonda (Çizelge 1, Şekil 3); monzonitik kayaçlar genellikle plütonun kuzeyinde (Çağırkan köyü) kuvars monzonitik kayaçlar ise plütonun güneyinde (Ömerhacılı köyü) yer almaktadır (Şekil 2). Arazide, monzonit ve kuvars monzonit arasında sınır ilişkisi gözlenmemiştir (İlbeyli 1999). Koyu gri-gri renkli kayaç birimleri, orta-iri taneli ve yer yer porfirik dokuludur. Plütonda, feldispat tanelerin büyülüklüğü 5 cm'ye kadar ulaşır. Her iki kayaç birimi, birbirinden ancak megakristal mineralleri ile ayırt edilir (İlbeyli 1999). Monzonit, prizmatik, beyaz renkli plajiyoklas megakristalleri, kuvars monzonit ise açık pembe renkli K-feldispat megakristalleri ile tanımlanır. Plütondaki K-feldispat megakristalleri, yer yer tercihli yönlenme gösterir. Hem monzonit hem de kuvars monzonit, mafik mineral olarak amfibol ve biyotit içerir. Plütonda, mafik magmatik anklavlarda bol orandadır. Baranadağ plütonu, aplistik, pegmatitik ve mikrosiyenitik dayklar tarafından kesilir.

Petrografik olarak monzonit ve kuvars monzonit benzer özellikler göstermelerine rağmen (Çizelge 2), kuvars monzonitde kuvars oranı monzonite nazaran daha fazladır. Her iki kayaç birimi, orta-iri tanelidir. Kayaçlar, hipidiyomorfik tanelidir. Kayaçlar, hipidiyomorfik tanelidir. Kayaçlar, hipidiyomorfik tanelidir. Kayaçlar, hipidiyomorfik tanelidir. Modal bileşimi %39-%46 K-feldispat, %31-%39 plajiyoklas, %3-%15 amfibol, %2-%17 kuvars, %8'e varan oranlarda klinopiroksen ve <%2 biyotitten oluşur. Mikropertitik K-feldispat, ortoklas

SUBALKALEN BARANADAĞ (KAMAN-KIRŞEHİR) PLÜTONUNUN PETROJENEZİ VE JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ



Şekil 2. Baranadağ plütonun genelleştirilmiş jeoloji haritası.

bileşimlidir ve nadiren mikroklin içerir. K-feldispat megakristalleri (1.5 cm'ye kadar ulaşır) yarı özçekilli ve/veya özsekilsizdir. Plajiyoklas, amfibol, biyotit, apatit ve magnetit mineralleri inklüzyon olarak içerir. K-feldispat içindeki plajiyoklas inklüzyonları yönlenme gösterirler. Bu inklüzyonlar, genellikle ana kristalin kenar zonlarında yoğunlaşmıştır. Plajiyoklas (An_{39-17} ; İlbeyleli 1999) megakristalleri yarı özçekillidir ve genellikle zonludur. Kristal

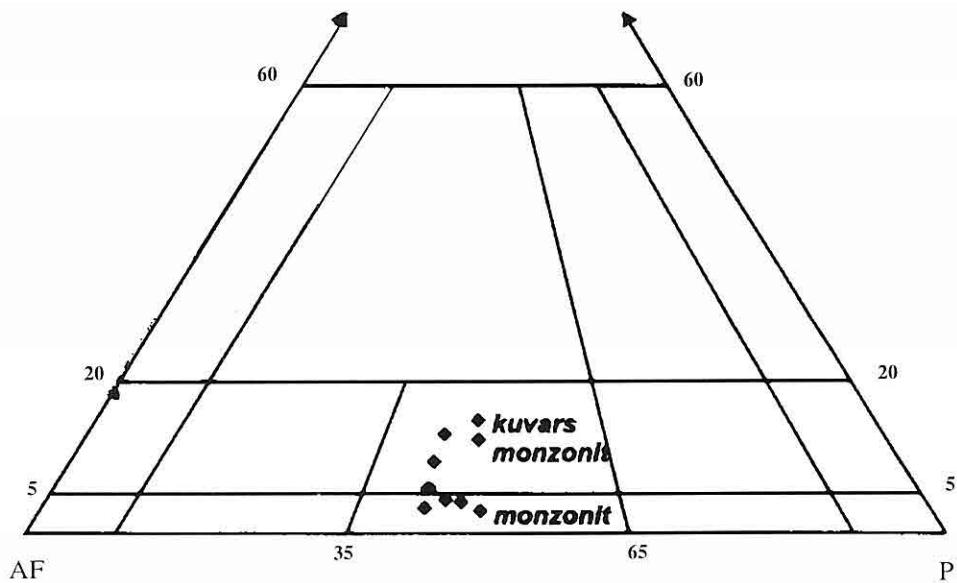
kenarlarında mirmikitik dokuya rastlanır. Kuvars genellikle geç kristallenmeyi gösterir şekilde diğer minerallerin arasını doldurur. Ayrıca grafik doku gösteren kuvars, dalgalı sönme özelliğine sahiptir. Ana mafik mineral, yarı özkekilli amfiboldur. Sarımsı kahve ve yeşilimsi kahve renkli olan amfiboller, edenit ve magnesio-hastingsit bileşimlidir (İlbeyli 1999). Plajiyoklas, titanit, apatit ve magnetit mineralleri inklüzyon olarak içerir. Salit bileşimli klinopiroksen

Çizelge 1. Temsili Baranadağ intrüzif kayaçlarının modal analiz sonuçları (%).

Kısaltmalar: mz-monzonit, kmz-kuvars monzonit.

Örnek no Kayaç türü	N13 mz	N27 mz	N138 kmz	N158 kmz	N143 kmz	N144 kmz	N135 kmz	N26 mz	N304 mz	N297 mz	N28 mz	N309 mz
Kuvars	2.3	2.6	13.4	14.1	16.2	17.2	15.8	2.1	2.8	3.0	3.4	4.2
Alkali Feldispat	39.7	38.6	42.6	42.4	45.6	46.0	39.3	40.1	41.6	42.0	42.2	42.7
Plajiyoklas	32.2	36.6	36.8	38.3	33.9	31.2	34.9	39.2	35.2	34.4	35.8	38.9
Amfibol	14.0	12.3	5.4	4.1	3.4	5.1	7.3	8.8	10.5	15.0	13.0	9.8
Biyotit	0.2	1.4	1.0	0.8	0.5	0.2	1.9	1.1	3.4	0.6	0.2	0.4
Klinopiroksen	8.0	7.4	0.4	0.2	0.2	iz	0.1	6.6	5.8	4.0	4.2	3.4
Titanit	1.1	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	1.2	0.3	0.6	0.9	0.4
Apatit	0.7	0.3	0.1	iz	iz	iz	0.2	0.2	0.1	0.2	0.1	iz
Zirkon	-	-	iz	-	-	-	-	-	-	iz	iz	-
Epidot	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Allanit	-	-	iz	iz	iz	iz	0.1	-	-	-	-	-
Opak mineral	1.7	0.5	0.2	0.1	0.1	0.3	0.2	0.6	0.2	0.2	0.3	0.2
Digerleri								0.1				

K

**Sekil 3.** Kuvars-alkali feldspat-plajiyoklas (K-AF-P) üçgen diyagramında (Streckeisen 1976) örneklerin modal dağılımları.

*SUBALKALEN BARANADAĞ (KAMAN-KIRŞEHİR) PLÜTONUNUN PETROJENEZİ VE
JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ*

Çizelge 2. Baranadağ intrüzif kayaçlarının genel petrografik özelliklerı.

Plüton	Baranadağ
Kayaç birimi	monzonit (1), kuvars monzonit (2)
Doku	hipidiyomorfik (1, 2)
Tane büyülüğu	orta - iri (1, 2)
Mafik mineral	amfibol, klinopiroksen, biyotit (1, 2)
Plajiyoklas	oligoklas, andezin (1, 2)
Amfibol	edenit, magnesio-hornblend
Klinopiroksen	salit
Aksesuar mineral	titanit, opak mineral, apatit, zirkon, allanit (1, 2)
Kuvars ve feldispat dokusu	mikropertit, zonlanma, mirmekit, grafik (1, 2)
Alterasyon	serisit, klorit (1, 2)

(İlbeyli 1999), prizmatik ve yarı özşekillidir. Klinopiroksenlerin monzonit içindeki oranı kuvars monzonitden daha fazladır. Her iki kayaç biriminde de, biyotit oranı, amfibol ve klinopiroksene göre daha düşüktür. Titanit, apatit, magnetit, zirkon ve allanit aksesuar minerallerdir. Serisit ve klorit, feldispat ve biyotit minerallerinin bozulması ile ortaya çıkmıştır. Amfibol ise biyotit ile yer değiştirmiştir.

3. JEOKİMYA

Tüm kaya ana ve bazı iz element analiz sonuçları Çizelge 3'de verilmiştir. Bu verilere göre çizilen toplam alkali ve silika diyagramında (Irvine ve Baragar 1971) (Şekil 4a), Baranadağ intrüzif kayaçları subalkalen ve alkalen alanı arasında yer almırken, AFM diyagramında (Şekil 4b) ise Baranadağ kayaçları kalkalkalen trendi takip eder. Shand (1951) alüminyum doygunluk diyagramında, bu intrüzif kayaçlar metalüminin alanında bulunur (Şekil 4c). Baranadağ intrüzif örneklerin, I-tipi granitlere benzer özellik

gösterdikleri Çizelge 4' de verilmiştir.

Şekil 5'de intrüzif kayaç örneklerinde SiO_2 artarken, TiO_2 , Al_2O_3 , MgO ve P_2O_5 içeriklerinde azalma görülür. Bu değişimler klinopiroksen, amfibol, biyotit minerallerinin kristalleşmesiyle belirtmektedir. Ayrıca Sc, Ni, Rb ve Sr diyagramlarında (Şekil 6) ise intrüzif kayaçlarda artan silika değerleri ile Sc, Ni ve Sr azalmakta, Rb da ise artış görülmekte olup, yukarıda belirtilen minerallerin kristalleştiğini doğrulamaktadır.

Kondritlere göre normalize edilmiş REE dağılımları, Şekil 7'de görüldüğü gibi LREE zenginleşmiş bir dağılım ($\text{La}_N/\text{Yb}_N=15.98-22.83$) gösterir. Kayaçlar negatif Eu anomali değerlerine sahiptir ($\text{Eu}/\text{Eu}^*=0.66-0.82$). Baranadağ örneklerinin LREE/MREE (La/Eu^*_N) değerleri ise 7.60-11.98 arasındadır.

Kayaç örnekleri ORG'a göre normalize edildiğinde ise, tüm örneklerin HFSE ye (Ta, Nb, Hf, Zr, Y ve Yb) göre LILE (K, Rb, Ba, Th) ve LREE (Ce, Sm) zenginleşmiş olduğu görülmektedir (Şekil

Çizelge 3. Temsili Baranadağ intrüzif kayaçlarının tüm kayaç ana (% ağırlık) ve iz element (ppm) sonuçları. Kısalmalar: mz-monzonit, kmz-kuvars monzonit.

Örnek no Kayaç türü	N13 mz	N300 mz	N26 mz	N297 mz	N30 mz	N301 mz	N298 mz	N19 mz	N18 kmz	N155 kmz	N16 kmz	N152 kmz
SiO ₂	55.78	58.20	58.44	58.64	59.29	59.98	60.51	60.93	61.33	61.93	62.62	62.67
TiO ₂	0.77	0.68	0.59	0.55	0.51	0.53	0.49	0.51	0.51	0.46	0.44	0.42
Al ₂ O ₃	17.45	16.94	17.62	17.63	17.63	17.25	17.60	17.39	17.35	17.35	17.77	17.63
Fe ₂ O ₃ t	6.52	6.34	5.42	5.15	4.88	4.85	4.65	4.81	4.59	4.38	4.25	3.73
MnO	0.15	0.16	0.13	0.12	0.11	0.11	0.11	0.12	0.11	0.10	0.10	0.09
MgO	2.30	2.19	1.85	1.77	1.65	1.78	1.47	1.74	1.67	1.57	1.34	1.33
CaO	6.46	6.80	5.95	5.58	5.36	5.17	4.50	4.16	4.24	3.94	3.94	3.93
Na ₂ O	3.59	4.50	3.73	3.76	3.70	3.66	3.61	3.81	3.88	3.85	3.79	3.63
K ₂ O	5.69	3.32	5.52	5.79	5.87	5.77	5.85	5.37	5.33	5.33	5.39	5.48
P ₂ O ₅	0.41	0.32	0.24	0.24	0.22	0.23	0.22	0.22	0.21	0.19	0.19	0.16
L.O.I	0.27	0.42	0.58	0.52	0.46	0.64	0.43	0.38	0.65	0.62	0.41	0.56
TOPLAM	99.11	99.45	99.48	99.23	99.23	99.32	99.01	99.06	99.22	99.10	99.83	99.07
Sc	12.8	8.2	11.8	7.6	4.0	4.8	5.0	9.0	9.6	8.2	8.6	5.2
V	122.8	117.1	102.0	88.5	82.8	83.2	75.7	73.8	63.9	69.0	57.8	49.2
Cr	4.6	12.1	5.1	9.2	4.0	5.3	5.4	9.8	11.2	11.6	7.7	7.1
Co	17.3	11.2	11.8	13.2	12.1	8.1	8.3	11.4	9.2	11.0	7.2	6.6
Ni	13.8	8.7	14.1	6.4	5.6	9.7	7.9	4.9	8.9	6.3	7.5	10.2
Cu	30.2	7.0		10.0	7.9	10.7	8.3	5.9	2.0	6.9	2.3	4.9
Zn	88.9	100.7	90.6	80.8	78.0	77.8	75.2	89.0	82.8	80.5	71.9	64.2
Ga	18.5	21.6	21.6	19.2	17.7	18.5	18.7	23.5	22.9	21.6	21.4	24.7
Rb	173.3	120.5	193.4	209.5	215.7	216.1	239.5	213.7	215.4	225.2	203.6	205.5
Sr	1088.5	522.0	911.0	827.4	817.7	740.6	790.4	582.7	575.5	598.5	579.2	539.6
Pb	38.8	39.8	39.7	42.9	43.7	51.6	44.6	53.6	52.2	52.1	50.5	49.6
Th	22.5	34.1	27.7	29.6	27.5	28.2	31.3	39.0	36.2	29.2	21.4	23.1
U		8.2		5.7	4.9	8.1	7.0			3.8		5.5
Y	37.3	42.2	35.9	38.6	37.5	39.5	35.7	34.4	32.9	12.0	30.8	26.9
Zr	297.8	352.6	276.8	237.7	235.1	231.9	216.6	256.5	249.1	228.6	226.2	200.4
Nb	29.0	29.8	25.8	22.4	21.3	22.6	21.5	20.4	20.2	15.8	19.5	15.7
Ba	854.4	337.0	933.0	1034.2	969.6	963.8	963.7	964.5	939.5	1013.6	903.9	884.2
La	78.4	90.4	79.1	67.2	59.1	55.6	55.2	72.1	74.1	55.7	56.8	48.0
Ce	153.4	154.1	139.0	129.1	110.7	96.7	98.2	117.9	103.9	99.0	91.4	78.4
Nd	60.8	54.7	54.2	36.0	34.5	31.7	34.3	44.8	48.4	29.3	32.4	22.5
Yb				2.64				2.43	2.29		2.41	

8). HFSE'ye nazaran LILE ve LRE elementlerinde zenginleşme, AFC (kabuk kirlenmesi ve fraksiyonel kristalleşme) (Hildreth ve Moor bath 1988) ve/veya manto bölgesinin kabuk malzemesi ile zenginleşmesi (Gill 1981, Sun ve McDonough 1989) olaylarıyla ilişkili olabilir.

Kayaç örnekleri (>%5 modal kuvars içeren örnekler) Nb-Y tektonik ortamı ayırtan diyagramda (Şekil 9a) (Pearce ve

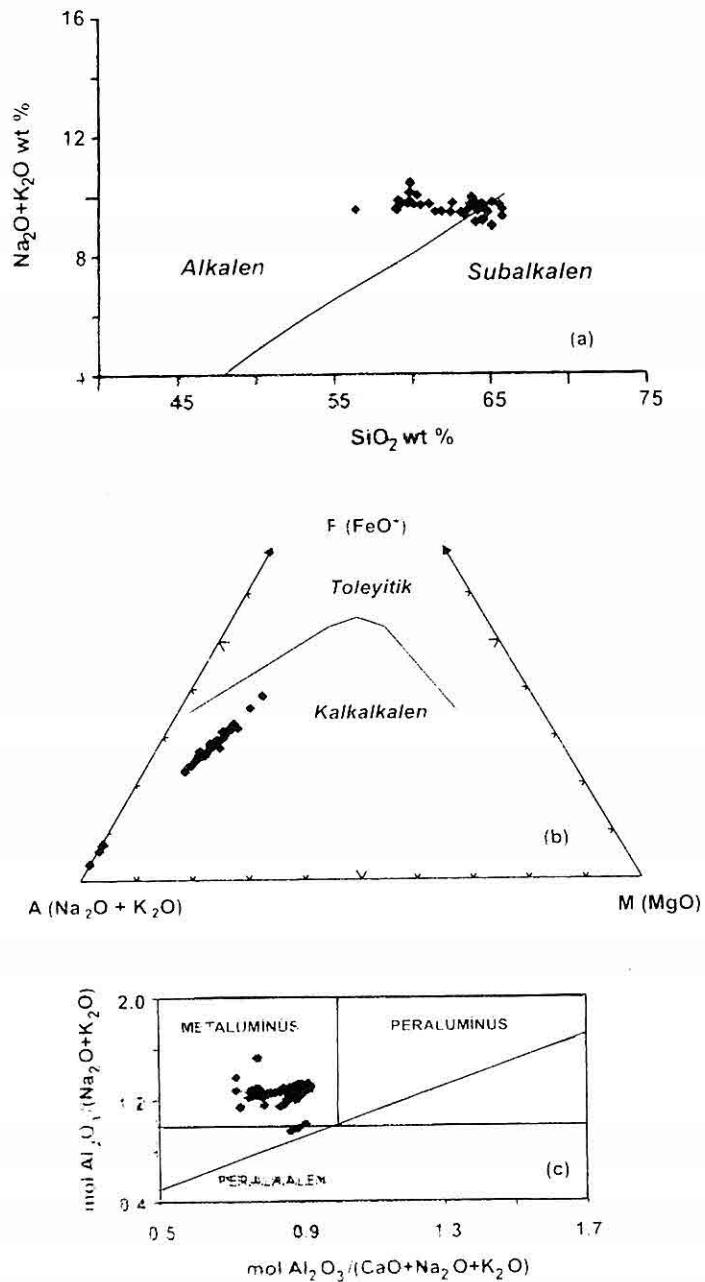
diğ. 1984) hem WPG hem de VAG+syn-COLG alanlarında içerisinde yer almaktır. Rb-(Y+Nb) diyagramında (Şekil 9b) ise VAG alanı içerisinde yer almaktır.

4. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

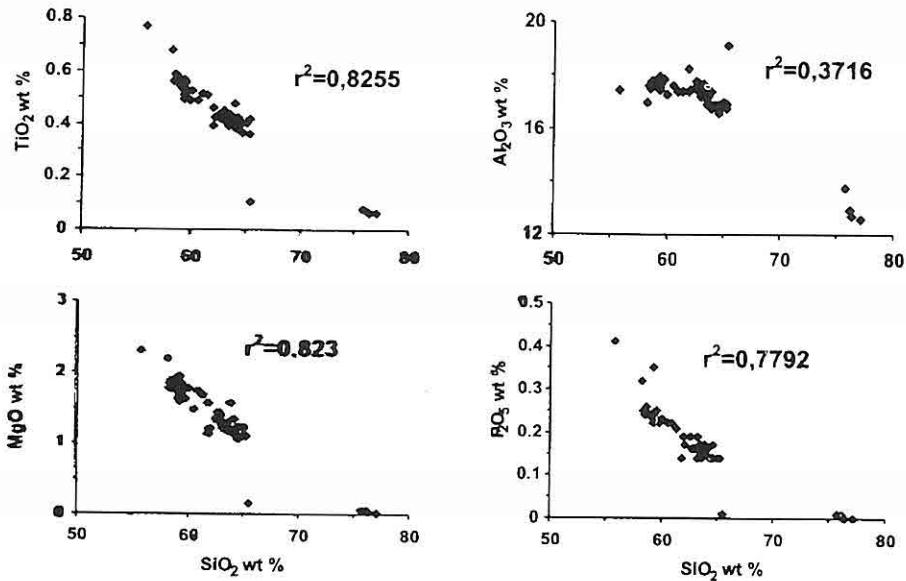
Orta Anadolu Kristaljen Kompleksi'ndeki intrüzif kayaçların kökeni hakkında ortaya atılan teorilere göre:

1. model: kayaçlar kıtasal kabuğun

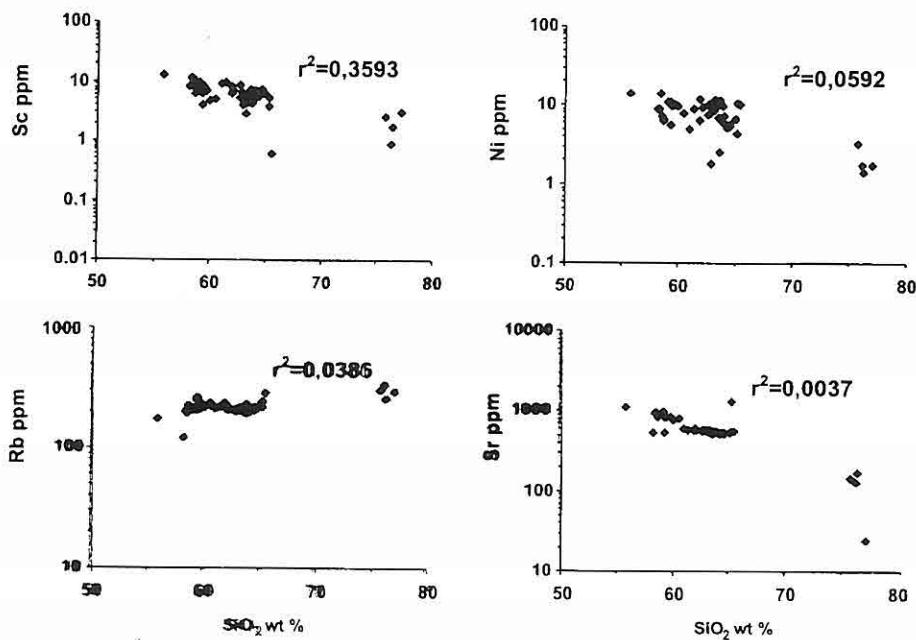
SUBALKALEN BARANADAĞ (KAMAN-KİRŞEHİR) PLÜTONUNUN PETROJENEZİ VE
JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ



Şekil 4. (a) toplam alkali-silika diyagramı (Irvine ve Baragar 1971);
(b)AFM diyagramı (Irvine ve Baragar 1971); (c) alümina saturasyon
diyagramı (Shand 1951).

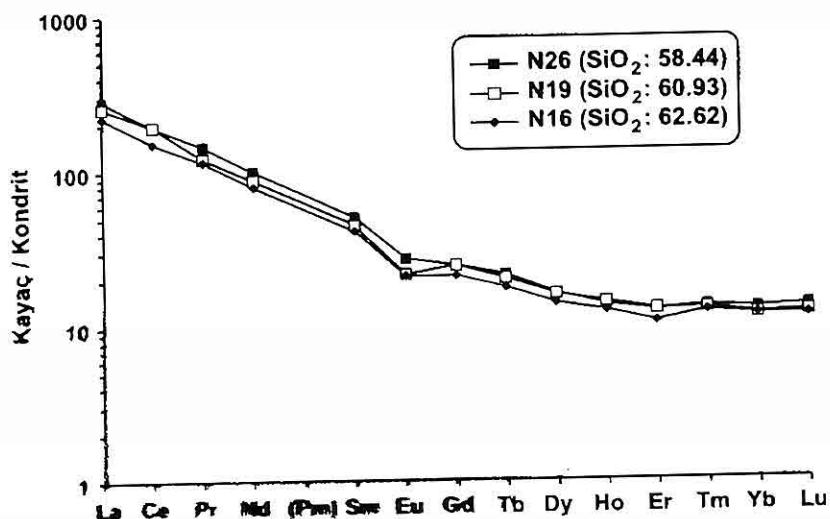


Şekil 5. Baranadağ intrüziflerinin TiO_2 , Al_2O_3 , MgO ve P_2O_5 Harker diyagramları.

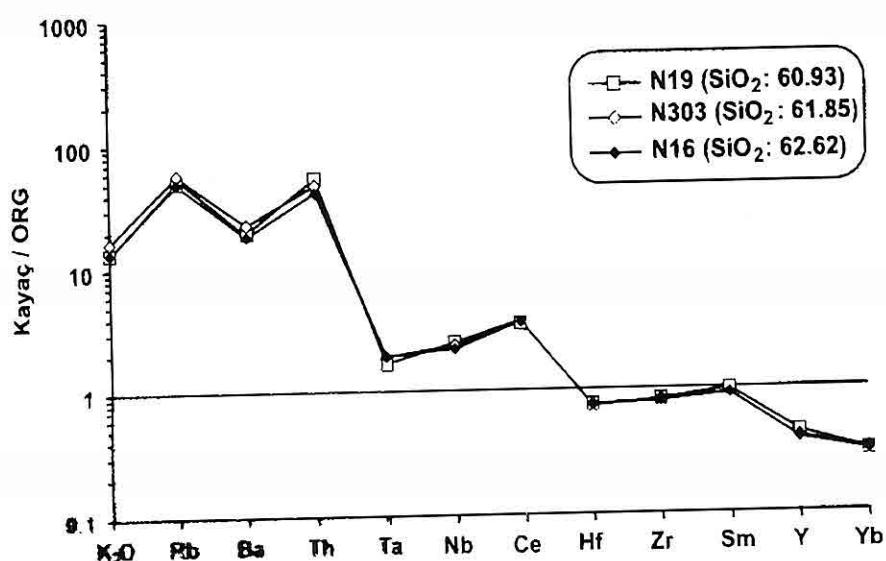


Şekil 6. Baranadağ intrüziflerinin Sc, Ni, Rb ve Sr Harker diyagramları.

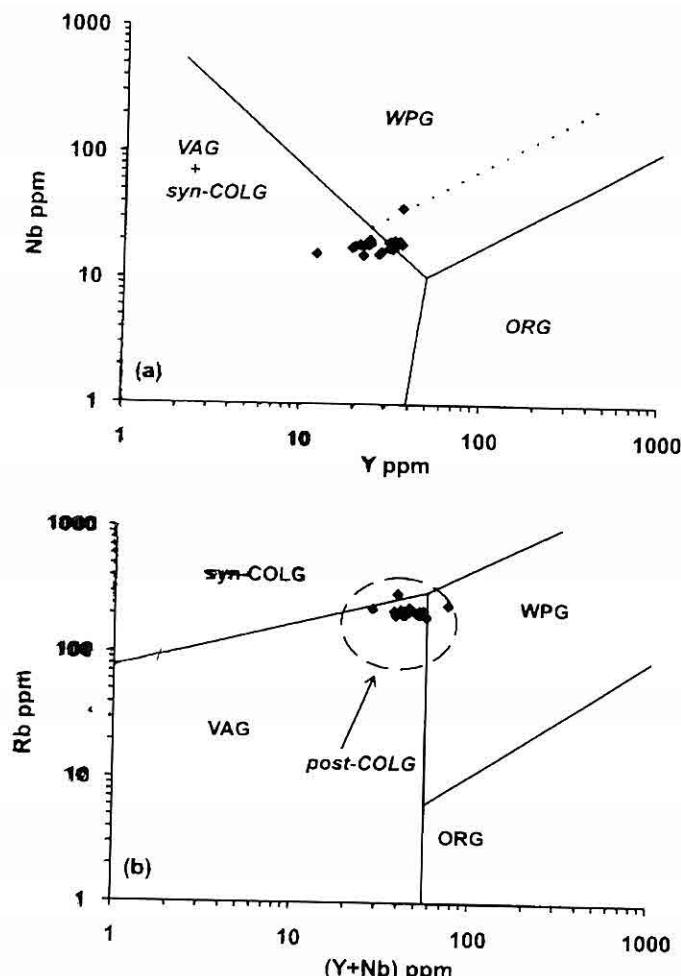
SUBALKALEN BARANADAĞ (KAMAN-KİRŞEHİR) PLÜTONUNUN PETROJENEZİ VE
JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ



Şekil 7. Baranadağ intruzif kayaçlarının Kondrit'e göre normalize edilmiş REE paternleri (normalize değerleri Boynton 1984).



Şekil 8. ORG'a normalize edilmiş Baranadağ intruzif kayaçlarının paternleri (normalize değerleri Pearce ve dig., 1984).



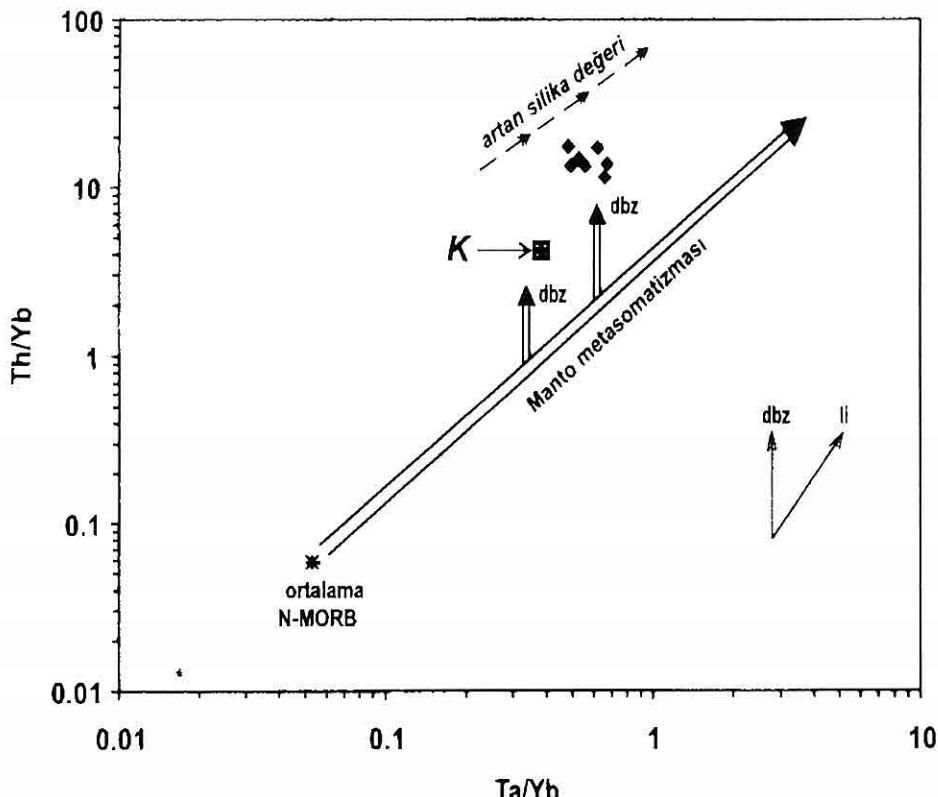
Şekil 9. (a) Nb-Y; (b) Rb-(Y+Nb) diyagramları (Pearce ve dig. 1984). Kısaltmalar: VAG-volkanik yay granitleri, syn-COLG-çarpışma eş-zamanlı granitleri, WPG-levha içi granitleri, ORG-okyanus ortası sırt granitleri, post-COLG-çarpışma sonrası granitleri.

kısmi ergimesi ile (Akıman ve dig. 1993);

2. model: kıtasal kabuk±mantonun kısmi ergimesi ile (Bayhan 1986, 1987) ile oluşmuştur.

Bu kayaçların kökenini sadece 1. ve 2. modelle açıklamak; iz element

değerlerinin diğer çarpana kökenli kayaçlara göre yüksek olmasını tam olarak açıklığa kavuşturamayacaktır. Baranadağ intrüzif kayaçlarının LILE ve LREE'ce zenginleşmesinin nedeni nedir? Mafik magmatik anklavlari ve megakristallerin



Şekil 10. Th/Yb-Ta/Yb diyagramı (Pearce 1983). Kısalmalar: dbz= dalma-batma zonu, K: Kabuk kompleksten meta sediman kaya örneği.

bol olmasının nedenleri nelerdir?

Bu soruları açıklamak için bir üçüncü modele ihtiyaç vardır:

3. model: iz element zenginleşmeleri (i) kaynak bölgesinin dalma-batma ile zenginleşmesi sonucu (Gill 1981, Sun ve McDonough 1989); ve/veya (ii) AFC sonucunda gelişebilir.

Her iki koşulun da Baranadağ intrüzifleri üzerindeki etkisini tespit etmek amacıyla örnekler Th/Yb-Ta/Yb diyagramına (Pearce 1983) yerleştirilmiştir (Şekil 10). Bu diyagramda kabuksal kontaminasyonunu göstermek için ayrıca

Kompleks içerisinde bulunan bir sedimanter kayaç örneği de (İlbeyli 1999) yerleştirilmiştir. Şekil 10'da, tüm kayaçlar manto metasomatizması aralığına paralel yer alırlar. Ayrıca örnekler, yüksek Th/Yb oranına doğru yer almışlardır (Şekil 10). Bu da ya dalma-batmayla ilişkili esnasında manto kaynağının zenginleşmiş olduğunu yada fraksiyonel kristalizasyon+kabuk kontaminasyonu (AFC) işlemlerini göstermektedir. Şekil 10'da görüleceği üzere tüm örnekler kabukdan–mando aralığına doğru bir trend oluşturmazlar; bu kayaçların oluşumunda AFC'nin tek bir

faktör olamayacağını, beraberinde kaynak bölgесinin dalma-batma olayı ile zenginleşmiş olabileceğini kanıtlamaktadır.

Ayrıca plütonda mafik magmatik anklavların ve feldispat megakristallerinin bulunduğu, bu intrüzyonun kökeninde önemli oranda mafik magmanın rol oynadığını belirtmektedir (Aydın ve Önen 1999; İlbeysi 1999).

Orta Anadolu Kristalен Kompleksi içerisinde yer alan intrüzyif kayaçlar, 27000 km²'den daha fazla bir alan kaplar ve bu alanda bulunan Baranadağ plütonu petrografik ve kimyasal olarak homojen bir özellik göstermekte olup, monzonit ve kuvars monzonitinden meydana gelir. Bu kayaçlar aplit, pegmatit ve mikrosiyenit kayaçlar tarafından kesilirler. Metalümin karakterli kayaçlar, I-tipi granitlere benzerlik gösterirler. Baranadağ plütonik kayaçlarının subalkalen özellik de olduğu Pearce diyagramlarında (Şekil 9) ve toplam alkali ve Rb değerlerinin yüksek oranlarda oluşlarından da anlaşılmaktadır. Bu kayaçların Pearce diyagramlarında (Şekil 9) post-COLG alanda yer almazı ise çarpışma veya çarpışma sonrası kökenli olduğunu doğrulamaktadır.

5. KAYNAKLAR

Akman, O., Erler, A., Göncüoğlu, M.C., Güleç, N., Geven, A., Türel, T.K., Kadıoğlu, Y.K., "Geochemical characteristics of granitoids along the western margin of the Central Anatolian Crystalline Complex and their implications" *Geol J* 28: 371-382, 1993.

Ataman, G., "Ankara'nın

güneydoğusundaki granodioritik kütlelerden Cefalik Dağının radyometrik yaşı hakkında ön çalışma" *HÜ Fen Müh Bil Dergi* 29: 27-36, 1972.

Aydın, S. N., Önen, A. P., "Field, petrographic and geochemical features of the Baranadağ quartz monzonite of the Central Anatolian granitoids, Turkey" *Turkish J Earth Sci* 8: 113-123, 1999.

Bayhan, H., "İç Anadolu granitoyid kuşağındaki Çelebi sokulumunun jeokimyası ve kökensel yorumu" *Jeoloji Müh Dergi* 29: 27-36, 1986.

Bayhan, H., "Cefalikdağ ve Baranadağ plütonlarının (Kaman) petrografik ve kimyasal-mineralojik özellikleri" *Jeoloji Müh Dergi* 30-31: 11-16, 1987.

Bingöl, E., "Geological map of Turkey, 1:2 000 000" Maden ve Tetkik Arama Enstitüsü, Ankara, 1989.

Boynton, W.V., "Geochemistry of the rare earth elements: meteorite studies". In: Henderson, P. (ed), *Rare Earth Element Geochemistry*. Elsevier, 63-114, 1984.

Chappell, B.W., White, A.J.R., "Two contrasting granite types" *Pacific Geology* 8: 173-179, 1974.

Erler, A., Akman, O., Unan, C., Dalkılıç, B., Geven, A., Önen, P., "Kaman (Kirşehir) ve Yozgat yörelerinde Kirşehir Masifi mağmatik kayaçlarının petrolojisi ve jeokimyası" *Doğa-Türk Yerbilim Dergi* 15: 76-100, 1991.

Gill, J.B., "Orogenic Andesites and Plate Tectonics" Springer-Verlag, Berlin, 1981.

Göncüoğlu, M.C., "Geologie des westlichen Niğde Massivs. University of

**SUBALKALEN BARANADAĞ (KAMAN-KİRŞEHİR) PLÜTONUNUN PETROJENEZİ VE
JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ**

- Bonn, Germany" Doktora Tezi TJK Bült VI: 1-28, 1955.
- (yayınlanmamış), 1977.
- Göncüoğlu, M.C., "Orta Anadolu Masifinin güney ucundan jeokronolojik yaş bulguları" MTA Dergi 105-106: 111-124, 1986.
- Göncüoğlu, M.C., Toprak, V., Kuşcu, I., Erler, A., Olgun, E., "Orta Anadolu Masifinin Batı Kesiminin Jeolojisi, Bölüm I: Güney Kesim" TPAO No:2909, 134 s, 1991.
- Güleç, N., "Rb-Sr isotope data from the Agacoren granitoid (east of Tuz Gölü): geochronological and genetical implications" Turkish J Earth Sci 3: 39-43, 1994.
- Gündoğdu, N., Bros, R., Kuruç, A., Bayhan, H., "Bayındır feldispatoyidli siyenitlerinin Rb-Sr tüm kayaç sistematığı (Kaman-Kırşehir)" H.Ü. Yerbilimi 20. Yılı Sempozyum, Bildiri Özetleri, 55, 1988.
- Hildreth, W., Moorbath, S., "Crustal contribution to arc magmatism in the Andes of southern Chile" Contr Min Petr 98: 455-489, 1988.
- Irvine, T.N., Baragar, W.R.A., "A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks" Can J Earth Sci 8: 523-548, 1971.
- İlbeyli, N., "Petrogenesis of Collision-Related Plutonic Rocks, Central Anatolia (Turkey)" University of Durham, Durham, UK, Doktora Tezi (yayınlanmamış), 1999.
- İlbeyli, N., Pearce, J.A., Thirlwall, M.F. ve Mitchell, J.G., 2004., "Petrogenesis of Collision-Related Plutonics in Central Anatolia, Turkey" Lithos 72, 163-182.
- Ketin, İ., "Yozgat Bölgesinin Jeolojisi ve Orta Anadolu Masifinin tektonik durumu" TJK Bült VI: 1-28, 1955.
- Ketin, İ., "Türkiye' nin orojenik gelişmesi" MTA Dergi 53: 73-86, 1959.
- Ketin, İ., "1:500 000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası, Kayseri Paftası" MTA Yayımları, 1963.
- Lünel, A.T., "An approach to the naming, origin and age of Baranadag monzonite of the Kirsehir intrusive suite" METU J Pure Applied Science 18: 385-404, 1985.
- Otlu, N., "Kortundağ-Baranadağ arası (D. Kaman, KB Kırşehir) plütonik kayaçlarının petrolojik incelenmesi" Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas, Doktora Tezi, 187 s (yayınlanmamış), 1998.
- Otlu, N., Boztuğ, D., "The coexistence of the silica oversaturated (ALKOS) and undersaturated alkaline (ALKUS) rocks in the Kortundağ and Baranadağ Plutons from the Central Anatolian Alkaline Plutonism, E Kaman/NW Kırşehir, Turkey" Turkish J Earth Sci 7: 241-257, 1998.
- Pearce, J.A., "Role of the sub-continental lithosphere in magma genesis at active continental margins". In: Hawkesworth, C.J. ve Norry, M.J. (eds), Continental Basalts and Mantle Xenoliths, Shiva, 230-249, 1983.
- Pearce, J.A.; Harris, N.B.W., Tindle, A.G., "Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks" J Petr 25: 956-983, 1984.
- Seymen, İ., "Kaman Dolayında Kırşehir Masifi'nin Jeolojisi" İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, İstanbul, Doçentlik Tezi (yayınlanmamış), 1982.

- Seymen, İ., "Kırşehir Masifi metamorfitlerinin jeolojik evrimi" TJK Ketin Sempozyumu, 133-148, 1985.
- Shand, S.J., "Eruptive Rocks" John Wiley, New York, 1951.
- Streckeisen, A., "To each plutonic rock its proper name" *Earth-Science Reviews* 12: 1-33, 1976.
- Sun, S.S., McDonough, W.F., "Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes". In: Saunders, A.D. ve Norry, M.J. (eds), *Magmatism in the Ocean Basins*. Geological Society Special Publications 42: 313-345, 1989.
- White, A.J.R., Chappell, B.W., "Granitoid types and their distribution in the Lachlan Fold Belt, southeastern Australia". In: Roddick, J.A. (ed), *Circum-Pacific Plutonic Terranes*. Geol Society America Memoir 159: 21-34, 1983.
- Zeck, H.P., Ünlü, T., "Parallel whole-rock isochrons from a composite, monzonitic pluton, Alpine belt, central Anatolia, Turkey" *Neues Jahrbuch für Mineralogie Abch 5*: 193-204, 1987.

**İSTANBUL-TUZLA İÇMELER MİNERALLİ SUYU İLE ORGANİZE DERİ
SANAYİ BÖLGESİ'NDE GÖZLENEN BİR JEOTERMAL SUYUN
JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ VE MEVSİMSEL DEĞİŞİMLERİ**

Tolga YALÇIN, Yüksel ÖRGÜN

İTÜ, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İstanbul/Türkiye

ÖZET: Tuzla İçmeler'de bulunan su kaynakları, suyun içerdiği kimyasal özellikler nedeniyle şifa amaçlı kullanılmaktadır. Bu kaynakların jeokimyasal özellikleri geçmiş yıllarda birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir. Bu kaynakların 7 km kuzeydoğusunda Aydınlı köyü yakınlarında kurulan Organize Deri Sanayi Bölgesi'nde çalışan işyerlerinden bazıları su ihtiyacını karşılamak üzere su kuyuları açmış ve bunlardan bir tanesi 37°C sıcaklıkta suya rastlamıştır. Burada rastlanan su bu çalışmadan önceki yıllarda hiç incelenmemiştir. Bu çalışma, bu iki farklı su kaynağının 1 yıl boyunca ölçülmüş jeokimyasal özelliklerini, mevsimsel değişikliklerin olup olmadığını kapsamaktadır. Bu amaçla, 2001 Temmuz ayından başlayıp 2002 yılının Temmuz ayına kadar süren aylık periyodik ölçümler yapılmıştır. Tuzla İçmeler'deki ve Organize Deri Sanayindeki su kaynaklarının mevsimsel değişimleri değerlendirildiğinde yaz başından kış başına kadar kimyasal özelliklerinin dalgalanma gösterdiği, kış ve bahar ayları boyunca ise fazla değişmediği gözlenmektedir. Bu durum doğal mevsimsel değişiklikten çok yazın kuyularдан su çekiminin daha fazla artması dolayısıyla, mineralize olan suya normal yeraltı sularının karışması dolayısıyla suyun seyrelmesi ile açıklanabilir. Su çekiminin artması kaynağın doğal boşalımının üzerine çıktığında, basıncın azalması yeraltı sularının bölgeye doğru hareketini hızlandırmakta ve suların tuzluluğunun azalmasına neden olmaktadır.

**GEOCHEMICAL PROPERTIES AND SEASONAL CHANGES OF THE
İÇMELER MINERALIZED WATER AND A GEOTHERMAL WATER
OBSERVED IN THE ORGANIZED LEATHER INDUSTRY ZONE, TUZLA -
İSTANBUL**

ABSTRACT: The spring water of Tuzla-İçmeler (mineral spring) is consumed for therapeutic purposes attributed to its chemical properties. The geochemical properties of these springs were investigated by several researchers in the past. The Organized

Leather Zone was constructed at the 7 km northeastern side of the Tuzla-İçmeler, near Aydınılı village. One of the water supply wells installed by a factory owner in this zone encountered a geothermal water resource having a temperature of 37°C, which had never been investigated previously. This study comprises geochemical properties of both water resources by measurements performed a year long whether the seasonal changes occur. For this purpose monthly periodic measurement were performed between July 2001- July 2002. The seasonal evaluation of Tuzla-İçmeler (mineral spring) and geothermal water Organized Leather Zone shows that the chemical properties fluctuate from the beginning of summer until the beginning of winter. This indicates that the overdraft of water during the summer season causes the movement and mix of normal groundwater with the mineralized groundwater. As a result, mixing of less mineralized groundwater decreases the salinity of mineralized groundwater.

1. GİRİŞ

Çalışma alanı olarak seçilen Tuzla İçmeler ve çevresi, İstanbul'un Tuzla ilçesinde yer almaktadır (Şekil 1, 2 ve 3). İlçe, Marmara Bölgesi'nde Kocaeli Yarımadası'nın güneybatısında yer alır. İstanbul'un Anadolu yakasındaki son noktasıdır ve Haydarpaşa'ya 32 km uzaklıktadır. Kuzeyinde ve batısında Pendik İlçesi, doğusunda Gebze İlçesi (İzmit), güneyinde Marmara Denizi bulunur. Türkiye 1/25000 ölçekli topoğrafya haritasının Bursa G22-b1 ve G22-b4 paftalarında yer almaktadır.

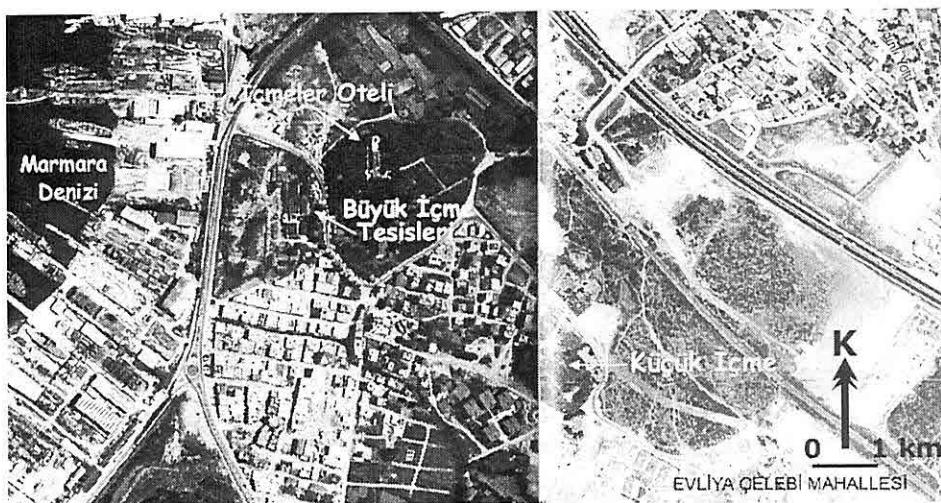
İlçede genellikle Akdeniz-Karadeniz geçiş iklimi hakimdir. Yazlar sıcak ve kurak, kışlar yağışlı ve serindir. Kartal Devlet Meteoroloji İstasyonu'nda yapılan ölçümlere göre 1984-1993 yılları arasında yağış ortalaması 614,3 mm/yıl'dır. En yüksek yağış 100,8 mm ile Kasım ayında, en düşük yağış 11,9 mm ile Eylül ayındadır. Ekim ayında başlayan yağışlı dönem, Nisan ayından itibaren yerini daha kurak bir döneme bırakır. Penman

yöntemi kullanılarak meteoroloji verileri irdelendiğinde, yıllık yağışın %60'ının buharlaşlığı, geri kalan 251 mm'lik yağışın bir kısmının akışa geçtiği anlaşılmaktadır ve bu akışa geçen suyun bir kısmı süzülerek yeraltı sularını oluşturmaktadır. 1984-1993 döneminde ölçülen yıllık sıcaklık ortalaması yaklaşık 14,6 °C'dir. En sıcak aylar Temmuz 23,9°C ve Ağustos 23,8°C, en soğuk aylar ise Ocak 7,3°C ve Şubat 6,1°C'dir.

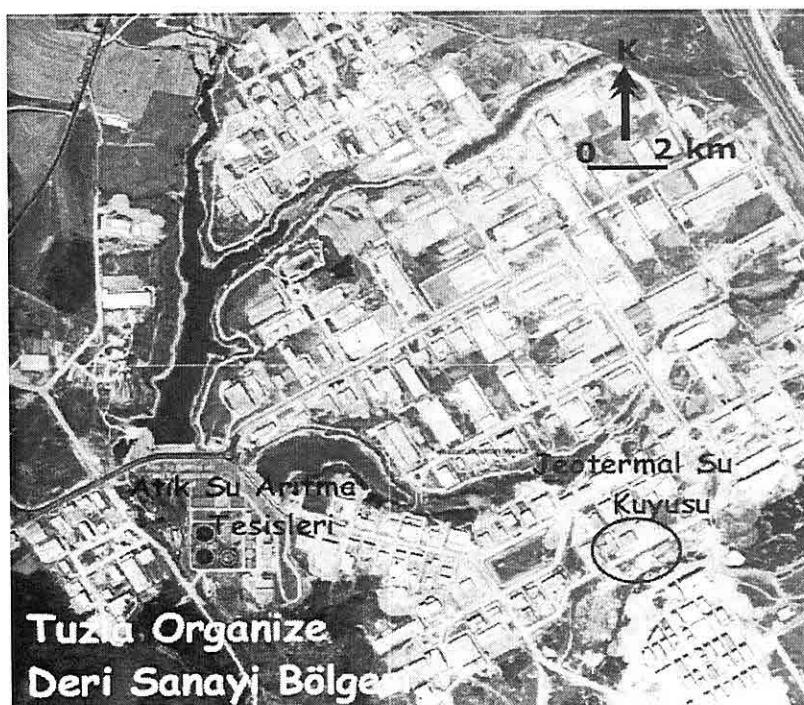
Bu çalışmanın amacı, Tuzla İçmelerde bulunan suların jeokimyasal olarak yıllar içerisinde ve mevsimsel olarak değişimini incelemektir. Ayrıca, bu suların kuzeyinde Tuzla Organize Deri Sanayi Bölgesi içerisinde bir kuyudan çıkan ve sıcaklığı 37°C olan jeotermal suyun jeokimyasal özelliklerini inceleyip, bu iki su noktası arasında olası bir ilişkinin varlığını araştırmaktır.

Marmara Denizi'nin güneyinde (ör. Yalova, Gönen, Armutlu vb.) birçok jeotermal su kaynağı bulunurken, Marmara Denizi'nin kuzeyinde bir

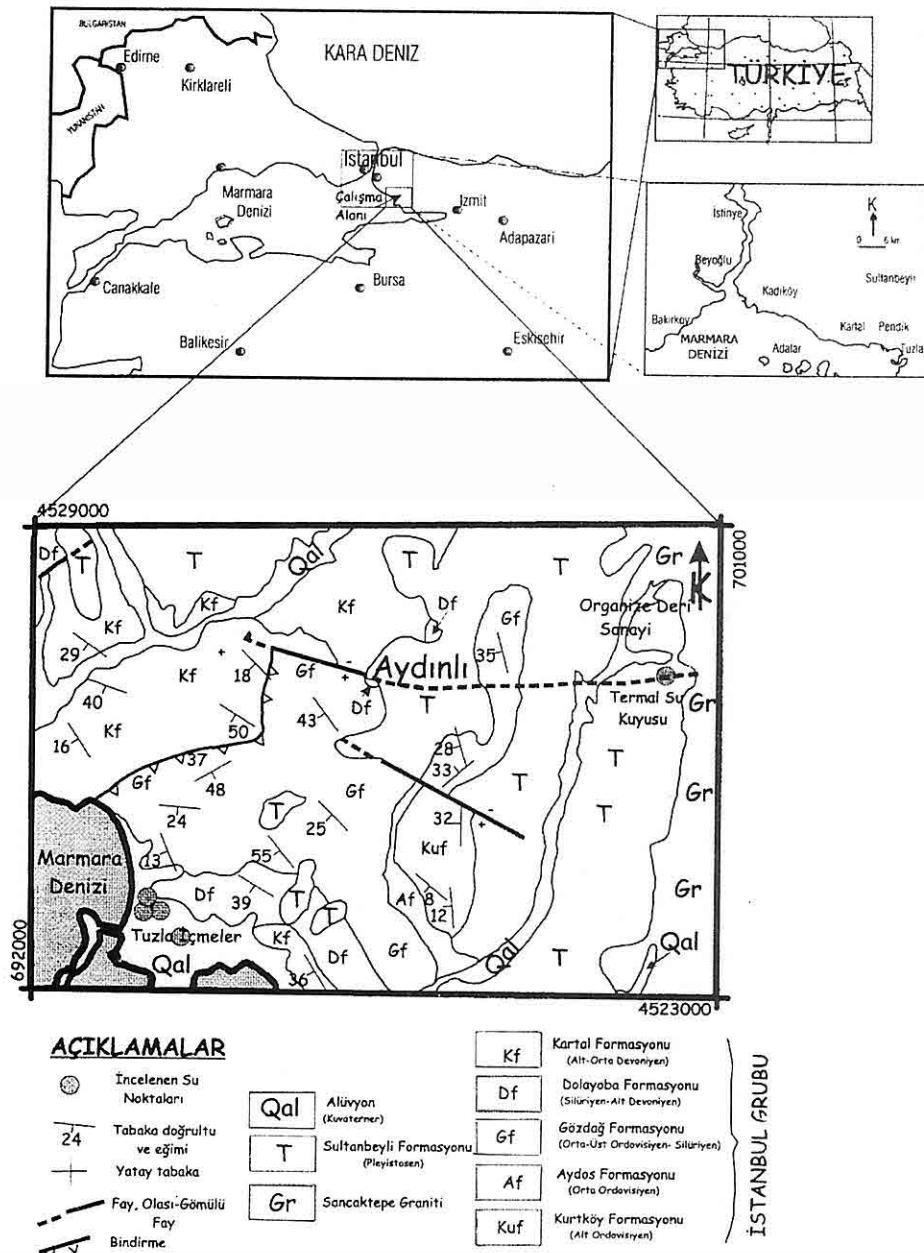
İSTANBUL-TUZLA İÇMELER MİNERALLİ SUYU İLE ORGANİZİ DERİ SANAYİ BÖLGESİ'NDE GÖZLENEN BİR JEOTERMAL SUYUN JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ...



Şekil 1. Tuzla Büyük İçme ve Küçük İçme civarının hava fotoğrafları ve kaynak lokasyonları



Şekil 2. Tuzla Organize Deri Sanayinin hava fotoğrafı ve jeotermal su kuyusunun lokasyonu.



Şekil 3. Çalışma alanının yer bulduru ve jeoloji haritası (Önalan, 1982; Barut, 1993; Seymen, 1995 ve Canberk, 1997'den derlenmiştir; incelenen su noktalarının ayrıntılı lokasyonları ve isimleri Şekil 5'te verilmiştir.)

İSTANBUL-TUZLA İÇMELER MİNERALLİ SUYU İLE ORGANİZÉ DERİ SANAYİ BÖLGESİ'NDE GÖZLENEN BİR JEOTERMAL SUYUN JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ...

jeotermal su kaynağı henüz kayıtlara geçmemiştir. Tuzla Organize Deri Sanayi Bölgesi içerisinde bulunan su Marmara Denizi'nin kuzeyinde bulunan ilk su kaynağı olması nedeniyle incelenmesi gereken bir kaynaktır.

Tuzla İçmeleri Evliya Çelebi tarafından kayıtlara geçirilmiş oldukça eski bir içmecedir. Civara sondaj kuyuları açılmadan önce sadece Büyük İçme ve Küçük İçme olarak ayrılmış iki kaynak grubundan oluşmaktadır. Her iki içmece de tıbbi açıdan hipotermal (20°C civarı) ve hipotonik (80-145 mmol/l) olarak sınıflandırılmaktadır. İdrar söktürücü (diüretik) ve müşil etkisi yapan özelliklere sahiptir (İÜ Tıp Fakültesi, 1971). Evliya Çelebi bu suyun kür şeklinde şöyleden anlatmıştır; (Reman, 1942) "İçen kimse evvela 3 gün asla tuzlu ve ziruh (canlı) kısmı yemeyüp dördüncü sabah ve akşam birer fincan su içер amma kenduyu (kil çanağı) sıcak tutar. Üç gün halile vücudunu haberdar edüp sonra 3 gün dahi 3 nöbet sudan içüp tuzsuz piliç suyu içe, tamam 15 gün amel ettikten sonra fevkani (üst kisma ait) ve tahtani (alt kisma ait) faydalar görür. Ehli derd olup ahlâti faside (safra, idrar ve balgam ile ilgili hastalıklar) marazına müptela olanlar burada 3 gece içme suyundan nuşederler." Ayrıca Evliya Çelebi burada eğlence türü etkinliklerin devamlı yapıldığını ve tesislerde bir Kireçcibaşı (kaynak idarecisi) ve asayıle ilgili olarak Bostancıbaşı, Korucu ve Kırağalarının görevli olduklarını yazmıştır. Günümüzde de içmeler civarı bir tür piknik ve mesire yeri olarak da

kullanılmakta ve uzun süreli tedavi görmek isteyenler ve tatil gelenler için konaklama yerleri bulunmaktadır.

2. JEOLOJİ VE HİDROJEOLOJİ

2.1. Stratigrafi

İnceleme alanı ve çevresinde genel olarak Paleozoyik yaşı birimler görülür. Temeli oluşturan bu birimler aynı havza içinde olmuş, farklı fasiyelerin ürünüdürler. Bu formasyonlar oluşum bakımından aynı grup içinde bulunduklarından, çoğu araştırmacılar bu sedimanter istife İstanbul Grubu adını vermişlerdir (Oktay ve Eren, 1994). Genelde Ordovisiyen-Karbonifer zaman aralığı içerisinde gelişmiş bir pasif kıta kenarı çökelleri ile gelişen okyanusun kapanma evresinde depolanmış fliş istifini kapsar.

İstanbul Grubu Alt Ordovisiyen yaşı mor renkli arkozlarla başlar (Şekil 3 ve 4). Kurtköy Formasyonu (Kuf) olarak bilinen arkozlar karasal fasiyeste meydana gelmiştir. Önalan (1982)'ye göre Kurtköy Formasyonu'nun üst kesimlerinde kıyı ovası fasiyesi içine açılmış kanal dolgularıdır. Kalınlığı tam olarak bilinmemektedir. Kurtköy Formasyonu üstten uyumlu olarak kuvarsitlerden oluşan Orta Ordovisiyen yaşı Aydos Formasyonuna (Af) geçer. Aydos Formasyonu açık beyaz, beyaz tonlarında olup, orta kalın tabakalanmalıdır. Bu formasyon kuvars arenitlerle başlar. Petrografik açıdan %95 ya da daha fazla oranda kuvars tanelerinden oluşmuştur. Aydos Formasyonunda killi ve kısmen kumlu materyalin artması ve havzanın

kısmen derinleşip denizel ortama dönüşmesi ile Orta-Üst Devoniyen yaşı Gözdağ Formasyonu oluşmaya başlar. Gözdağ Formasyonu (Gf) baskın olarak gri koyu yeşil, kısmen kahverengi şeyllerden oluşur. Formasyon, alt kesimde ince ve dalgalı paralel laminasyonlu ve yeşilimsi koyu gri şeyllerden, üst seviyelerinde ise açık beyaz renkli kuvarsit merceklerinden oluşmuştur. Formasyonun stratigrafik kalınlığı 700 m. civarındadır (Önalan, 1982). Gözdağ Formasyonunun üzerine yatay ve düşey geçişli olarak Alt Silüriyen-Alt Devoniyen yaşı Dolayoba Formasyonu gelir. Dolayoba Formasyonu (Df) masif, bazen kaba kireçtaşı tabakalarından oluşmaktadır. Dolayoba Formasyonu üzerine killi, kumlu ve karbonatlı materyalin türbiditik akıntılarla gelmesiyle Alt-Orta Devoniyen yaşı Kartal Formasyonu (Kf) oluşur. Kartal çevresinde yaklaşık 750 m. kalınlıkta, silttaşısı ve seyrek kumtaşısı aratabakalı, laminali-ince tabaklı şeyller şeklindedir. Paleozoyik yaşı bu istifin üzerinde çok daha genç tortul bir istif (T) gelir. İnceleme alanında İstanbul Grubu üzerine örtü olarak gelen bu formasyon, genç faylarla belirlenmiş havzalarda gelişmiştir ve bloklu çakıl-kum-kilden oluşur. İnceleme alanı içerisinde topografiyanın yüksek olduğu yerlerde gözlenmektedir. Birim 30 m'den daha kalın olup, genel geometrisi örtü şeklindedir. Formasyon fosil içermemektedir. Oluşumuna neden olan tektonik aktiviteye, içerdikleri malzeme ve diyajene derecesine bağlı olarak Pleystosen yaşı olduğu kabul

edilmiştir ve bu formasyon en tipik bir şekilde çalışma alanı dışında yer alan Sultanbeyli İlçesi ve çevresinde izlendiğinden Sultanbeyli Formasyonu adlaması uygun görülmüştür (Oktay ve Eren, 1994). Alüvyonlar (Qal) bölgede izlenen son birimdir (Şekil 3 ve 4).

Şekil 4. Çalışma alanının genelleştirilmiş stratigrafik kesidi

Dolayoba Formasyonu hidrojeolojik açıdan karstik yapısı nedeniyle akifer niteliğinde olabilecek ve derin dolaşımı sularla ilişkisi olabilecek tek birim olarak görülmektedir. Önalan (1982) tarafından Dolayoba Formasyonu olarak ayrıltılan

*İSTANBUL-TUZLA İÇMELER MİNERALLİ SUYU İLE ORGANİZE DERİ SANAYİ
BÖLGESİ'NDE GÖZLENEN BİR JEOTERMAL SUYUN JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ...*

birim inceleme alanında özellikle İçmeler çevresinde yüzeylenmekte olup su bu kayaç içerisinde çıkmaktadır. Birim, Gözdağ Formasyonu ile geçiş bölgelerinde genelde mercan parçaları, krinoid sapları ve brakyopod kavkı ve parçalarından oluşan bir tane taşı ile başlar. Mavimsi gri-pembe renkli olan bu fasiyes genelde birkaç metre kalınlıktadır. Bu fasiyes üzerinde, tablalı mercanlardan oluşan ve kalınlığı bölgesel olarak farklılıklar gösteren; kısmen yama, baskın olarak da set resifi türünde resiflerden yapılmıştır. Koloniler arasında ise, çeşitli bentik fosil içeren karbonat çamurtaşlarından ibaret bir fasiyes bulunur. Bu fasiyes içinde yalnızca karbonat çamurtaşlarında tabakalaşma özellikleri belirgindir. Resif çekirdekleri ise masiftir. Fasiyesin kalınlığı Dolayoba çevresinde 50 m. kadardır. Resif fasiyesi üzerinde bazı bölgelerde kalınlığı 500 m.'nin üzerinde olan ince şeyl aratabakalı koyu mavimsi gri-pembemi gri renklerde balık sırtı çapraz laminalı, dalgalmacı ve tabaklı kireçtaşları gelir. Gelgit etkisindeki bir karbonat platform koşullarını yansitan bu fasiyes içinde yoğun çeşitli organizma parçalarının karbonat cimento ile cimentolanmasından oluşmuş aratabakalar da yaygındır. Bir diğer deyişle, bu ortam gelgit etkisinde bir resif önü platformu şeklindedir. Formasyon içinde gözlenen değişik türde kireçtaşları ileri derecede diyajenez ile bazen tümüyle yeniden kristallenmesi ve dolayısıyla, birincil dokusal özelliklerini geniş ölçüde yitirmiştir. Daha sonra gelişen karstlaşma ile birim bazı yerlerde

ileri derecede tahrip olmuştur. Formasyonun genel geometrisi örtü tipindedir. Alt ve üst birimlerle sınırları uyumludur. Alttaki Gözdağ Formasyonu ile girik, üstteki Kartal Formasyonu ile dikey geçişlidir. Formasyon doğudan batıya doğru transgresif aşmalıdır. Bir diğer deyişle, Kartal-Pendik yöresinde Venlokiyen Jediniyen (Alt Silüriyen-Alt Devoniyen); İstinye yöresinde ise, Ludloviyen ve Sigeniyen (Üst Silüriyen-Alt Devoniyen) yaşındadır (Oktay ve Eren, 1994).

2.2. Mağmatizma

Çalışma alanının doğu kesiminde yeralan Sancaktepe granit plütonu (Gr) Paleozoyik birimlerin içerisinde Hersiniyen orojenezi döneminde sokulmuş $12 \times 18 \text{ km}^2$ boyutlarında elips bir plütondur (Ketin, 1983). Yaşı 255 ± 5 milyon yıldır (Yılmaz, 1977). Yüzeyde fazla ayrılmış ve arenalaşmıştır. Çevresinde bulunan Gözdağ formasyonunun şeyllerini başkalaştırp, aplit ve kuvarsit damarları şeklinde apofizler oluşturmuştur. Literatürde Pelitli yada Balçık granitoyidi olarak da adlandırılan sokulum, biyotitli kuvars monzonit-monzogranit olarak isimlendirilmiştir. Ancak sokulumun içinde diyoritik kısımların da olduğu ifade edilmiştir. İri taneli ortoklaz, kuvars, plajiyoklaz ve biyotitin ana mineralojik bileşimi oluşturduğu sokulumda, SiO_2 oranı % 70-78 arasında değişmektedir. Sokulumun mineralojik bileşimine paralel olarak Al_2O_3 içeriği %11.62-12.52, Fe_2O_3 %0.60-1.29, CaO

%0.40-0.89, Na₂O %3.46-3.73, K₂O %4.67-4.81 arasında değişmektedir (Yılmaz, 1977). Sokulumun iz element bileşimine ait sınırlı sayıdaki veriden bazıları da şunlardır. Mn 127 ppm (tek analiz), beş analiz bazında Ba 79-437 ppm, Cu 10 ppm, Sr 20-80 ppm.

Tuzla organize deri sanayi bölgesinde oluşan jeotermal suyun derin sayılabilen dolaşımında bu mağmatizmanın yarattığı süreksızlıkların etkili olduğu düşünülebilir.

2.3. Yapısal Jeoloji

İnceleme alanının kuzeyinde, Tuzla Organize Deri Sanayi Bölgesi'nde, az bir kısmını gözlenen bir bindirme ve bu bindirme zonunu kesen kırık ve çatlaklar vardır. Bölgede yeralan kumtaşı, kuvarsit ve arkoz gibi kayaçlar da kırık zonlarıyla bloklanarak hareket etmişlerdir. Paleoyozik'te yaygın olarak görülen sokulum kayaçları da genellikle büyük çatlak ve fay zonlarına paralel olarak gelişmişler ve süreksızlıklar boyunca hidrotermal alterasyonun etkili olmuştur. Özellikle inceleme alanının kuzeyi tektonik ve hidrotermal ayırmaların en ileri olduğu kesimlerdir. Şeyl ve ince tabaklı kireçtaşlarında çok aşırı kıvrımlı yapılar izlenir (Oktay ve Eren, 1994).

3. HİDROJEOLÖJİ

3.1. Su noktaları

Tuzla İçmeler'de iki doğal kaynak ve iki sondaj kuyusu bulunmaktadır. Bu kaynaklardan biri Büyük İçme (UTM 0693451-4524069), diğer ise Küçük İçmedir (UTM 0693904;4523797) (Şekil

5). Kaynaklar kireçtaşından (Df) boşalmakta olup, önceki çalışmalara göre debinin 2-10 l/s arasında değiştiği belirlenmiştir (Canberk, 1997).

İnceleme alanında bulunan sondaj kuyusundan biri, İçmeler Otelinin içinde, Çamlık Restoranı'nın hemen yanında bulunan ve çalışmalar sırasında K1 olarak isimlendirilen birinci kuyudur (UTM 0693621;4524083). Diğer kuyu ise, Büyük İçmenin yaklaşık 20 m. batısında yer almaktadır. Bu kuyu çalışmalar sırasında K2 olarak isimlendirilen ikinci kuyudur (UTM 0693427;4524084). Ayrıca inceleme alanının kuzeybatısında Tuzla Organize Deri Sanayi Bölgesi içindeki bir fabrikanın bahçesinde bu çalışma kapsamında incelemeye alınan bir adet sondaj kuyusu bulunmaktadır (UTM 0699555-4527871). Bu kuyu (K3) tamamen fabrikanın su ihtiyacını karşılamak amacıyla açılmış ancak 37°C sıcaklıkta suya rastlanmıştır (Şekil 5).

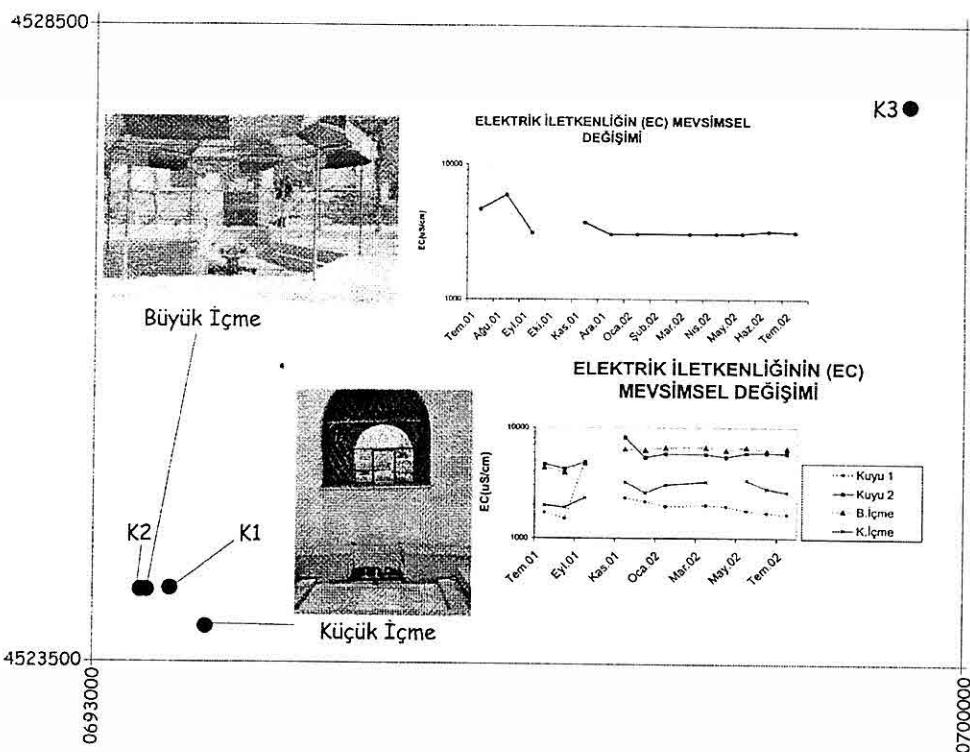
3.2. Akiferler

İnceleme alanı içerisinde litolojik ve yapısal özellikleri açısından ele alınan birimler, boşluk bulundurma, bu boşlukların boyutları, boşluklar arası ilişkiler gibi yeraltısu geçirebilme ve iletebilme yeteneklerini tanımlayan özelliklerine göre bölgede farklı hidrojeolojik ortamlara ayrılmışlardır.

3.2.1. Geçirimli Taneli Akifer (Gçt)

İnceleme alanında yayılım gösteren Pleyistosen yaşılı bloklu çakıl, kum, kil karışımı ve Kuvaterner yaşılı alüvyon birimleri "geçirimli taneli ortam" olarak

*İSTANBUL-TUZLA İÇMELER MİNERALLİ SUYU İLE ORGANİZE DERİ SANAYİ
BÖLGESİ'NDE GÖZLENEN BİR JEOTERMAL SUYUN JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ...*



Şekil 5. İncelenen su noktaları ve elektrik iletkenliğin (EC, $\mu\text{S}/\text{cm}$) mevsimsel değişimi

adlandırılmıştır. Ortam, geçirimlilik özelliğini; esas olarak gevşek tutturulmuş değişik boyutlu kayaç elemanları arasındaki taneler arası boşlukların açık ve bağlantılı olması nedeniyle kazanmıştır. Çakıl ve kum boyutunun yoğun olduğu kısımlarda iyi bir akifer özelliği taşır. Killi düzeylerin bulunduğu kısımlarda geçirimsizdir. Geçirimli taneli ortam inceleme alanında geçirimsiz ortam üzerinde yer almaktadır. Kalınlığının çok fazla olmaması sebebiyle büyük miktarlarda su içermemektedir.

3.2.2. Çataklı ve Karstik Akiferler (Gçk)

Alt Ordovisiyen Kurtköy Formasyonu (arkoz), ve Sancaktepe Graniti hidrojeolojik ortam sınıflamasında "çataklı akifer", Silüriyen yaşlı Dolayoba Formasyonu (kireçtaşısı) ise "karstik akifer" olarak adlandırılmıştır.

DSİ (İstanbul)'dan elde edilen yayınlanmamış kuyu loglarına göre kuyulara ait bilgiler Çizelge 1'de sunulmuştur. Çizelgede görülen özgül debi değerlerine göre formasyonlar zayıf-çok zayıf akifer niteliğindedir.

3.2.3. Geçirimsiz Ortamlar

İnceleme alanında bulunan Ordovisiyen yaşlı Gözdağ Formasyonu ve Devoniyen yaşlı Kartal Formasyonu "geçirimsiz ortam" şeklinde adlandırılmıştır. Kartal Formasyonu inceleme alanında Paleozoyik istifin en üstünde bulunur. Birimde, kil oranının yüksek oluşu, litolojik olarak birimin geçirimsiz özellik göstermesine neden olmaktadır. Birim, şeyl ve grovak düzeylerinden oluşmaktadır. Fissür ve çatlak sistemleri iyi gelişebildiği halde, mevcut süreksizliklerin kil dolgu olması ve çatlak aralıklarının birbiriyle bağlantılı olmaması, bu birimlere geçirimsiz ortam özelliği kazandırılmıştır.

Çizelge 1. Çalışma alanındaki akiferlere ait bazı bilgiler (Kuyu bilgileri yayınlanmamış DSİ arşivinden alınmıştır)

Kuyu Derin. (m)	Açıldığı Formasyon	Özgül Debi (l/s/m)	İletimlilik (m ² /gün)
130	Kurtköy	0,07	11,5
112	Dolayoba	0,1	15
130	Dolayoba	0,1	15
162	Sancaktepe Graniti	0,021	3,4
300	Sancaktepe Graniti	0,022	3,6
240	Sancaktepe Graniti	0,0196	3,2
120	Sancaktepe Graniti	0,007	1,2

4. SU KİMYASI

Tuzla İçmeleri içerisinde bulunan Büyük İçme ve Küçük İçme kaynakları ile İçmeler sahası içerisinde bulunan iki adet kuyunun (K1 ve K2) mevsimsel

değişimlerini incelemek amacıyla 1 yıl boyunca aylık ölçümler alınmış; sonuçlar Çizelge 2,3,4 ve 5'de verilmiştir. Tuzla Organize Deri Sanayi içerisinde bulunan sondaj kuyusuna (K3) ait 1 yıl boyunca alınan su örneklerine ait ölçüm sonuçları Çizelge 6'da, yine bu kaynağa ait 24.11.2001 tarihinde alınmış su örneğinin ACME Lab.(Kanada) tarafından yapılmış analiz sonuçları Çizelge 7'de sunulmuştur. Yukarıda sözü edilen su noktaları toplu halde Şekil 5'te sunulmuştur. Suların kimyasal açıdan sınıflandırılması ve anyon-katyon yüzdelerinin toplu halde gösterilmesi amacıyla Piper diyagramı kullanılmıştır (Şekil 8). Büyük içme kaynağına ait suyun Cl⁻ ve SO₄²⁻ değerlerinin Küçük İçme kaynağının ait sudan oldukça farklı olduğu kolaylıkla görülecektir. Diğer taraftan, Büyük İçme Kaynağının yaklaşık 20 metre batısında açılan kuyunun (K2) suyu, hem incelenen parametreler bazında hem de yıl içindeki değişimiyle bu kaynağa büyük benzerlik göstermektedir (Çizelge 3). Büyük kaynağın yaklaşık 50 metre doğusunda açılan kuyunun (K1) suyu ise bu iki sudan farklı olarak kısmen Küçük kaynağın suyuna benzemektedir.

Bu dört su örneğinin Cl⁻ ve SO₄²⁻ değerleri, normal suların değerlerinden çok yüksektir. Bu yükseklik, gerek kaynakların gerekse de kuyuların deniz suyundan ciddi oranda etkilendiğini yansımaktadır. Ancak Çizelge 2,3,4 ve 5 de verilen değerler Şekil 3, 5 ve 10' da verilen örnek lokasyonlarıyla birlikte değerlendirildiğinde, deniz suyundan etkilenmenin, sahile daha yakın olan

*İSTANBUL-TUZLA İÇMELER MINERALLİ SUYU İLE ORGANİZE DERİ SANAYİ
BÖLGESİ'NDE GÖZLENEN BİR JEOTERMAL SUYUN JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ...*

Çizelge 2. Kuyu 1'e ait arazide ve laboratuvara ölçülen değerler.

Tarih	EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	pH	Alkalinitet (mmol/l)	Asidite (mmol/l)	Sic. ($^{\circ}\text{C}$)	Nitrat (mg/l)	Nitrit (mg/l)	Cl^- (mg/l)	SO_4^{2-} (mg/l)	HCO_3^- (mg/l)
19.07.2001	1703	7,4	8,8	1,8	16,8	4	0	269,2	140	536,8
27.08.2001	1501	7,6	8,0	1,6	17,0	1	0	269,9	130	488,0
27.09.2001	4900	7,4	7,7	1,3	21,3	-	-	1148,0	290	469,7
27.10.2001	-	7,6	7,4	1,2	19,3	-	-	1085,9	230	451,4
24.11.2001	2310	7,4	8,1	1,5	16,9	-	-	297,2	195	494,1
29.12.2001	2150	7,4	8,2	1,2	16,9	-	-	312,7	225	500,2
31.01.2002	1946	6,9	7,9	1,3	16,9	1	0	283,1	180	481,9
02.03.2002	1990	-	8,1	1,5	17,0	2	0	412,8	195	494,1
09.04.2002	1940	-	8,0	1,4	16,7	0	0	-	-	488,0
11.05.2002	1780	-	8,5	1,7	16,6	1	0	328,2	115	515,5
24.06.2002	1690	-	8,5	1,3	-	-	-	-	-	503,3
29.07.2002	1640	-	-	-	16,9	-	-	296,2	110	-

Çizelge 3. Kuyu 2'ye ait arazide ve laboratuvara ölçülen değerler.

Tarih	EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	pH	Alkalinitet (mmol/l)	Asidite (mmol/l)	Sic. ($^{\circ}\text{C}$)	Nitrat (mg/l)	Nitrit (mg/l)	Cl^- (mg/l)	SO_4^{2-} (mg/l)	HCO_3^- (mg/l)
19.07.2001	4660	7,6	7,8	1,6	20,0	1	0	1170,5	250	475,8
27.08.2001	4220	7,5	8,1	1,5	19,2	-	-	1024,6	220	494,1
27.09.2001	4880	7,4	7,9	1,3	19,0	-	-	1157,6	255	481,9
27.10.2001	-	7,5	7,3	1,2	19,1	-	-	1116,9	235	445,3
24.11.2001	8130	7,5	7,7	1,2	19,1	-	-	1087,3	200	469,7
29.12.2001	5390	8,1	7,0	1,0	18,9	-	-	1276,1	265	427,0
31.01.2002	5800	6,9	7,9	1,1	19,1	2	0	1989,7	290	481,9
02.03.2002	5750	-	7,2	1,0	19,1	1	0	2112,8	330	439,2
09.04.2002	5420	-	7,6	1,0	18,9	1	0	1956,4	310	463,6
11.05.2002	5890	-	7,2	1,0	19,1	1	0	2126,9	315	439,2
24.06.2002	5930	-	7,9	1,6	-	-	-	2075,6	280	481,9
29.07.2002	5860	-	-	-	19,3	-	-	2253,8	260	-

Çizelge 4. Büyük İçme Kaynağına ait arazide ve laboratuvara ölçülen değerler

Tarih	EC (µS/cm)	pH	Alkalinite (mmol/l)	Asidite (mmol/l)	Sic. (°C)	Nitrat (mg/l)	Nitrit (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	HCO ₃ ⁻ (mg/l)
19.07.2001	4350	7,6	7,0	1,8	19,6	1	0	1157,7	265	427,0
27.08.2001	3930	7,4	7,0	1,3	19,8	1	0	1144,2	225	427,0
27.09.2001	4800	7,6	7,4	1,1	19,5	-	-	1378,2	235	451,7
27.10.2001	-	7,5	7,3	1,1	19,2	-	-	1121,1	225	445,3
24.11.2001	6430	7,4	8,5	1,0	19,5	-	-	1102,8	220	518,5
29.12.2001	6300	6,9	7,3	1,1	19,4	-	-	1539,4	270	445,3
31.01.2002	6620	6,9	6,9	1,1	19,3	0	0	1461,5	300	420,9
02.03.2002	6660	-	7,0	1,0	19,5	0	0	2469,2	360	427,0
09.04.2002	6290	-	7,2	1,1	19,5	0	0	2444,9	305	439,2
11.05.2002	6690	-	7,3	0,9	19,4	0	0	2152,6	300	445,3
24.06.2002	6240	-	7,1	1,2	-	-	-	-	-	-
29.07.2002	6530	-	-	-	19,9	-	-	2423,1	230	433,1

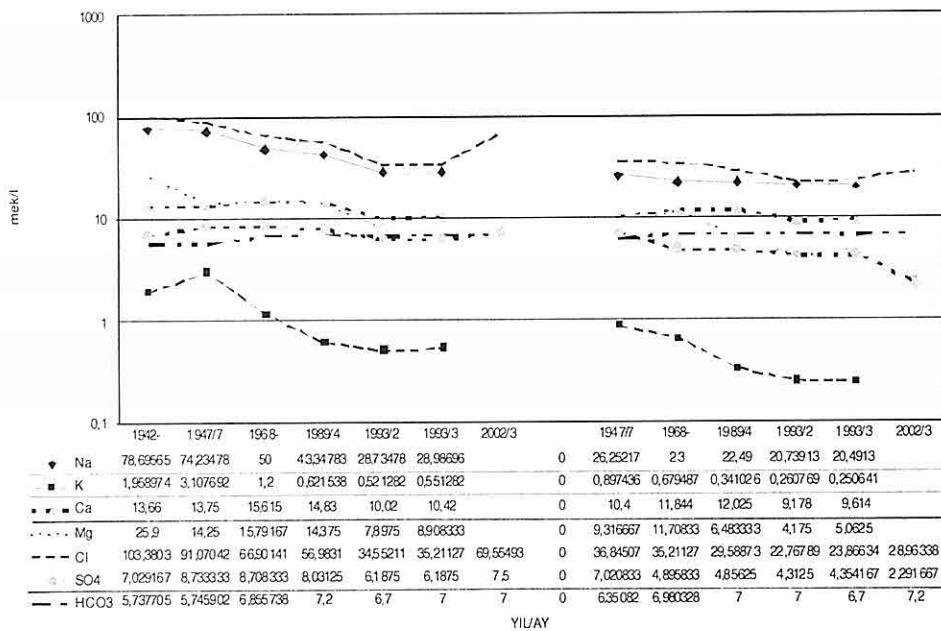
Büyük İçme Kaynağı ve K2 kuyusunda, özellikle yılın Ocak-Temmuz döneminde, çok daha etkili olduğu görülecektir. Ancak K2' ye çok yakın olmasına rağmen K1 kuyu suyunun Cl⁻ ve SO₄²⁻ değerlerinin K2 den bu kadar çok düşük olması, deniz suyundan etkilenmenin sahil çok yakın kesimlerle sınırlı olduğu ve Şekil 10' da gösterilen olası fay zonunun kontrolünde gerçekleşmekte olduğunu düşünülebilir.

Şekil 6'da Büyük İçme Kaynağı ve Küçük İçme Kaynağının, 1942 yılından 2002 yılına kadar aralıklarla yapılan ana anyon ve katyon analiz sonuçları gösterilmiştir. Şekilden görüldüğü gibi yıllar içinde özellikle Büyük İçme Kaynağında Na ve Cl değerlerinde biraz bir azalma görülmektedir. Ancak, iyonların miktarı azalmakla birlikte, rNa / rCl oranlarında bir değişiklik olmamıştır ve oranlar deniz suyu değerine çok yakındır (Şekil 7). Çizelge 2,3,4 ve 5 de

verilen Cl değerleri incelendiğinde görülecektir ki, değerler yazın azalmakta, kışın ise artmaktadır. Tuzla İçmeler bölgesi, İstanbul'un en önemli turizm bölgelerinden biridir. Haziran-Eylül döneminde bölgeye aşırı bir talep olmaktadır. Bu da doğal olarak bölgede su tüketimini artırmaktadır.

Çalışma kapsamında incelenen bir diğer örnek de Organize Deri Sanayinde açılan kuyudan alınan sudur (K3). Örneğe ait analiz sonuçları Çizelge 6 ve 7' de verilmiştir. Onceki bölgümlerde de belirtildiği gibi, suyun yıl içinde ortalama sıcaklığı yaklaşık 37 °C dir ve Marmara Denizinin kuzeyinde bu tür yüksek sıcaklığa sahip bir su kayıtlara geçmemiştir. Bu su, gerek sıcaklık değerleri gereksiz de sergilediği fizikokimyasal parametreleriyle (Çizelge 6, 7). Tuzla İçmeler bölgesindeki sulardan tamamiyle farklıdır. Kuyu, biyotitli kuvars

*İSTANBUL-TUZLA İÇMELER MİNERALLİ SUYU İLE ORGANİZİ DERİ SANAYİ
BÖLGESİ'NDE GÖZLENEN BİR JEOTERMAL SUYUN JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ...*



Şekil 6. Tuzla Büyük İçme Kaynağı'nın (solda) ve Küçük İçme Kaynağı'nın (sağda) yıllar içinde kimyasal özelliklerinin değişimi (Kaynaklar: Reman, 1942; Çağlar, 1948; İÜ, 1969; Gürdal, 1991; Barut, 1993 ve bu çalışmada Çizelge 4,5)

monzonit-monzogranit bileşimli Sancaktepe granitik sokulumu ile çakıl-kum-kil birimlerinden oluşan Sultanbeyli Formasyonu kontak zonunda açılmıştır (Şekil 3). Çizelge 6 ve 7 de verilen değerler incelendiğinde, hemen dikkat çeken aşırı yüksek SO₄²⁻, Cl⁻, Na⁺ ve pH değerlerine karşın, düşük alkalinitdeğerleridir. Bunların yanı sıra, suyun sergilediği K, Li, B, Cu, Mn, Pb, Rb, Sr, Zn ve benzeri iz element değerleri de (Çizelge 7) oldukça yüksektir. Bu iz element değerleri, örneğin Hıdırlar İliçası (Çanakkale) dolayındaki termal suların değerleriyle karşılaştırıldığında, (Çağlar, 1948; Bakır, 2005), bu suya ait örneğin B

değerinin yaklaşık 6 kez, Cu değerinin 2 kez, Pb değerinin 30 kez, Zn değerinin de 200 kez yüksek olduğu görülecektir.

Sedimanter havzalarda, sedimanların depolanması sırasında önemli miktarda su sedimanlar içinde hapis kalmakta, gömülmeye birlikte basınç artışına bağlı olarak bu sular, sedimanların bünyesinden atılmakta ve ortamda bulunan boşluklarda birikmektedir (Evans, 1993). Tortul havzalarda, bu şekilde oluşan ve fosil sular olarak adlandırılan sular, jeotermal gradyana bağlı olarak zamanla isınmaktadır, bünyelerindeki bir miktar metal elementine ilaveten, içinden geçtikleri kayaçların mineralojik ve kimyasal

Çizelge 5. Küçük İçme Kaynağına arazide ve laboratuvara ölçülen değerler

Tarih	EC (µS/cm)	pH	Alkalinite (mmol/l)	Asidite (mmol/l)	Sıcaklık (oC)	Nitrat (mg/l)	Nitrit (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	HCO ₃ ⁻ (mg/l)
19.07.2001	1987	7,5	7,2	1,4	17,9	2	0	388,1	95	439,2
27.08.2001	1900	7,6	7,7	1,5	18,0	1	0	409,3	105	469,7
27.09.2001	2320	7,5	7,5	1,6	18,2	-	-	453,3	130	457,5
27.10.2001	-	7,5	6,9	1,2	18,2	-	-	392,9	105	420,9
24.11.2001	3200	8,1	7,5	1,0	18,1	-	-	391,5	100	457,5
29.12.2001	2590	8,1	6,9	1,5	18,3	-	-	490,1	155	420,9
31.01.2002	3020	6,9	7,0	1,0	18,3	-	-	910,2	175	427,0
02.03.2002	3220	-	7,2	1,2	18,2	0	0	1028,2	110	439,2
09.04.2002	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11.05.2002	3320	-	7,7	1,1	18,0	0	0	-	-	-
24.06.2002	2810	-	7,1	1,5	-	-	-	941,1	110	469,7
29.07.2002	2620	-	-	-	18,1	-	-	769,2	140	433,1

Çizelge 6. Organize Deri Sanayi Bölgesi'ndeki Sıcak Su Kuyusuna (K3) ait arazide ve laboratuvara ölçülen değerler

Tarih	EC (µS/cm)	pH	Alkalinite (mmol/l)	Asidite (mmol/l)	Sıcaklık (°C)	Nitrat (mg/l)	Nitrit (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	CO ₃ ⁻ (mg/l)
19.07.2001	4590	9,0	1,6	0	36,8	0	0	221,1	1140	96
27.08.2001	5910	9,2	1,1	0	37,0	-	-	224,6	1220	66
27.09.2001	3090	9,1	0,7	0	38,0	-	-	228,9	1160	42
27.10.2001	-	9,1	1,7	0	33,7	-	-	228,1	1080	102
24.11.2001	3680	9,2	1,3	0	39,1	-	-	249,3	1120	78
29.12.2001	3010	9,9	0,7	0	36,9	-	-	242,2	1240	42
31.01.2002	3020	9,9	1,1	0	38,5	0	0	311,5	1212	66
02.03.2002	3030	-	0,8	0	37,0	0	0	361,5	1100	48
09.04.2002	3040	-	1,5	0	39,2	0	0	-	-	90
11.05.2002	3050	-	1,1	0	38,0	0	0	-	-	66
24.06.2002	3170	-	1,6	0	-	-	-	455,1	1080	96
29.07.2002	3120	-	-	-	39,9	-	-	357,7	1140	-

*İSTANBUL-TUZLA İÇMELER MİNERALLİ SUYU İLE ORGANİZE DERİ SANAYİ
BÖLGESİ'NDE GÖZLENEN BİR JEOTERMAL SUYUN JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ...*

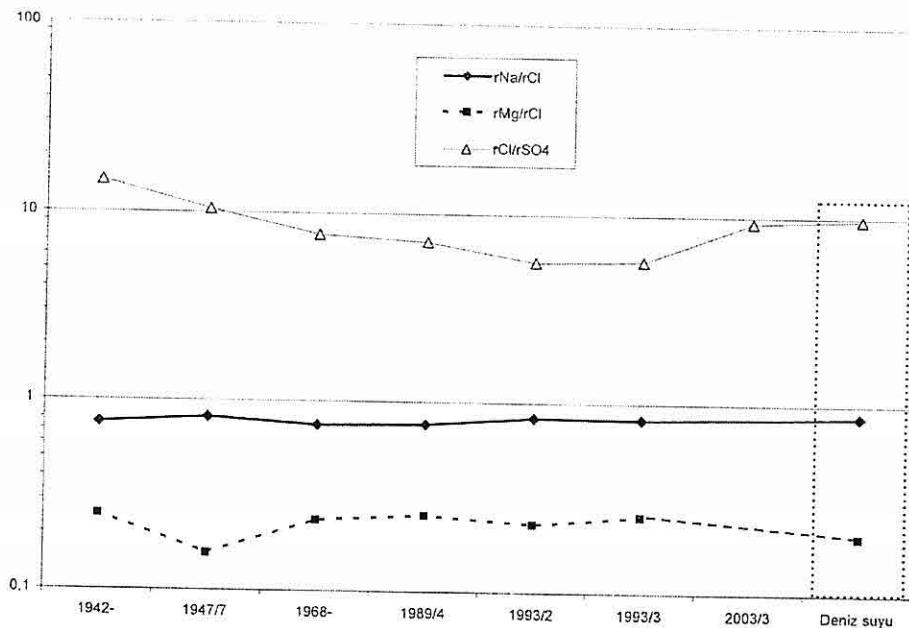
Çizelge 7. Organize Deri Sanayi Bölgesi’ndeki Sıcak Su Kuyusuna (K3) ait 24.11.2001 tarihinde alınan su örneğinde ACME Lab. tarafından ölçülen değerler (ppb)

B	Br	Ca	Cd	Cl	Co	Cr	Cs	Cu	Fe	Ge	Hg	K	Li	Mg
1106	442	179906	0,08	246000	0,03	1,0	9,55	4,8	<10	3,05	<0,1	12442	531	401
Mn	Mo	Na	Ni	Pb	Rb	S	Se	Si	Sn	Sr	U	V	W	Zn
29,84	15,9	522961	0,05	3,3	103,97	423000	1,9	34237	0,2	4548,43	<0,02	1,2	28,45	101,5

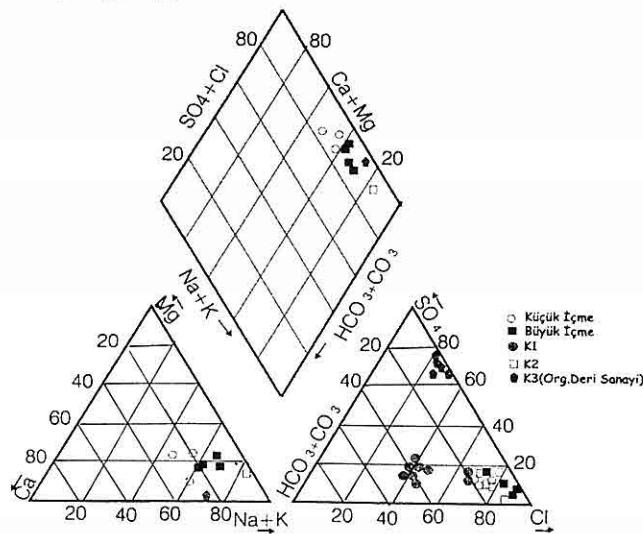
bileşimine bağlı olarak onlardan söküp aldıları metallerle de zenginleşmekte dirler (Bischoff ve diğ., 1981; Moritz ve diğ., 1990, Evans, 1993).

Dolayısıyla, cevher oluşturucu özellikleri de olabilen bu fosil suların en karakteristik özellikleri doğal olarak yüksek Cl, Na ve SO₄ içerikleri, yüksek sıcaklık değerleri ve normal sulara göre zenginleşmiş iz element içerikleridir. Yoğunluk ve tuzluluk açısından deniz suyu ile karşılaşırıldıkları bu tip suların fizikokimyasal bileşimi, akifer kayaçın/kayaçların jeolojik tarihiyle birlikte değişmektedir (Skinner, 1979). Bu bilgiler ışığında K3 kuyusuna ait ana ve iz element analiz sonuçları değerlendirildiğinde, suyun, Paleozoyik yaşılı sedimanter birimlerin depolanması sırasında, tortullar içinde hapis kalan ve havzanın sonraki jeolojik süreçlerinde, birimler içinden sürünlerek K3 kuyusunun açıldığı lokasyonda toplanmış bir fosil su kaynağı olduğu söylenebilir. Suyun zengin iz element bileşiminin zaman içinde değişip, zenginleşmesinde özellikle Sancaktepe granitik sokulumunun çok büyük katkısı olmuştur. Zira, bilindiği gibi Mo, W, Pb, Zn gibi metaller, Sancaktepe monzonit-monzogranitinin mineralojik ve

kimyasal yapısına benzer özelliklere sahip granitik sokulumlarda zenginleşme eğilimindedir. Dolayısıyla bu sokulumlarda temas içinde olan yeraltı suları da doğal olarak bu elementle açısından zenginleşecektir. Benzer şekilde sokulumun zengin feldispat bileşimine bağlı olarak, suyun K, dolayısıyla Rb ve Sr içeriği de yüksektir (Çizelge 7). Sr değerinin yüksek olması, aynı zamanda suyun Ca içeriğinin de yüksek olmasıyla da ilişkilidir. K3 kuyusunda suyun sıcaklığı 33,7°C ile 39,9 °C arasında değişmektedir (ortalama 37,65 °C) (Çizelge 6). K3 kuyusunun yaklaşık 3 km. güney batısında K1 kuyusu bulunmaktadır. Çizelge 2’den de görülebileceği gibi K1 kuyusunda sıcaklık 16,6 °C –21,3 °C arasında değişmektedir (ortalama 17,41 °C). Arada yaklaşık 20 °C fark vardır. Bilindiği gibi, jeotermal gradyan 30 m de 1 °C artmaktadır. Buna göre K3 kuyu suyunun yaklaşık 600 m derinden geldiği söylenebilir. Şekil 3’den de görüleceği gibi fosil kaynak, fay zonu içinde yer almaktadır. Bu fay zonun boyunca kolayca sızan meteorik kökenli suların, fosil suyu zaman içinde seyrelterek, sıcaklığını da düşürmüştür. Olasılığı dikkate alınırsa, suyun çok daha



Şekil 7. Tuzla Büyük İçme Kaynağı'nın yıllar içinde $r\text{Na}/r\text{Cl}$, $r\text{Mg}/r\text{Cl}$, $r\text{Cl}/r\text{SO}_4$ oranlarının değişimi ve deniz suyu ile karşılaştırılması (Kaynaklar: Reman, 1942; Çağlar, 1948; İÜ, 1969; Gürdal, 1991; Barut, 1993 ve bu çalışmada Çizelge 4,5).

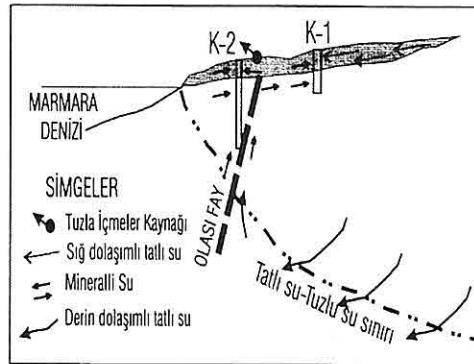


Şekil 8. Piper diyagramı (Piper, 1944) (Kaynaklar: Reman, 1942; Çağlar, 1948; İÜ, 1969; Gürdal, 1991; Barut, 1993 ve bu çalışmada Çizelge 2,3,4,5,6,7).

İSTANBUL-TUZLA İÇMELER MİNERALLİ SUYU İLE ORGANİZÉ DERİ SANAYİ BÖLGESİ'NDE GÖZLENEN BİR JEOTERMAL SUYUN JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ...

derin konumlu olduğu iddia edilebilir.

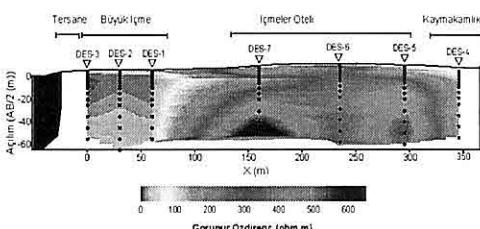
Sergilediği tüm fizikokimyasal özelliklerini, sıcaklık değerleri ve ileri sürülen oluşum modeliyle, Tuzla İçmeler bölgesindeki yeraltı sularından tamamiyle farklı olan su kimyasal açıdan Na^+ - SO_4^{2-} türü sular sınıfında yer almaktadır. Litrede 1 gr dan fazla erimiş madde içerdiginden dolayı da, 24 temmuz 2001 tarihinde yürürlüğe giren Kaplıcalar Yönetmeliği'ne göre termal ve termomineral su özelliğindedir.



Şekil 10. Tuzla İçmeler bölgesinin yeraltı su dolaşım modeli

5. HİDROJEOLOJİK MODELLEME

Bölgede 1942 yılından beri yapılan kimyasal analizler ve jeofizik yöntemlerle elde edilen özdirenç haritasına göre (Şekil 9) Tuzla İçmeler bölgesi için öngörülen hidrojeolojik modelleme Şekil 10'da verilmiştir.



Şekil 9. Tuzla İçmeler görünür özdirenç kesidi (Recep,2005).

Tuzla İçmeler'de çıkan Büyük ve Küçük İçme kaynaklarının yıllar içerisindeki değişimi irdelendiğinde suların özellikle sodyum ve klor konsantrasyonlarının 1947-1993 yılları arasında sürekli azaldığı (Şekil 6), halbuki Şekil 7 incelendiğinde $r\text{Na}/r\text{Cl}$ oranının neredeyse sabit kaldığı ve bu oranın deniz

suyu ile aynı olduğu görülmektedir. Bu durum da suyun kullanımının yıllar içinde artmasının ve suyun erimiş madde miktarını azalttığı, $r\text{Na}/r\text{Cl}$ oranının sabit kalmasının suyun yeraltı suyu gibi az mineralize bir su ile seyreltiliği görününü desteklemektedir. Su çekimi nedeniyle oluşan tuzluluk dağılımı ve bunun oluşturduğu özdirenç değişimi Şekil 9'da kolayca izlenebilmektedir. Özdirençin düşük olduğu bölgelerin suyun tuzu olduğu yerleri gösterdiği dikkate alındığında, İçmeler Oteli'ne doğru oluşan yanal ve düşey kamalanmalar büyük bir olasılıkla İçmeler Oteli'nin bahçesinde bulunan K1 kuyusundan su çekimi dolayısıyla olmaktadır. Su çekiminin artması kaynağı doğal boşalımının üzerine çıktığında, basıncın azalması yeraltısularının bölgeye doğru hareketini hızlandırmakta ve suların tuzluluğunun azalmasına neden olmaktadır (Şekil 10).

6. SONUÇLAR

Bu çalışmanın ana amacını oluşturan

Tuzla İçmeler'deki ve Organize Deri Sanayindeki su kaynaklarının mevsimsel değişimleri değerlendirildiğinde yaz başından kış başına kadar kimyasal özelliklerinin dalgalanma gösterdiği, kış ve bahar ayları boyunca ise fazla değişmediği gözlenmektedir. Yaz ayları boyunca suyun EC ve anyon-katyon değerleri azalma göstermektedir (Şekil 5). Bu durum doğal mevsimsel değişiklikten çok yazın kuyulardan su çekiminin daha fazla artması dolayısıyla, mineralize olan suya normal yeraltı sularının karışması dolayısıyla suyun seyrelmesi ile açıklanabilir. Su çekiminin artması kaynağın doğal boşalımının üzerine çıktıığında, basıncın azalması yeraltı sularının bölgeye doğru hareketini hızlandırmakta ve suların tuzluluğunun azmasına neden olmaktadır. Organize Deri Sanayi'nde bulunan termal su (K3) kimyasal açıdan sodyum sülfatlı özellikledir (Şekil 8). Özellikle Biga Yarımadası içerisinde rastlanan suların birçoğu da bu karakterdedir. Suyun sıcaklığı 33,7-39,9°C arasında değişmekte olup ağırlıklı olarak 37°C'dir. Su, 20°C'nin üzerinde ve içerisindeki erimiş madde miktarı litrede 1 gramdan fazla olduğundan, 24 Temmuz 2001 tarihinde Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren Kaplıcalar Yönetmeliği'ne göre termal ve termomineral sudur.

Yukarıdaki yönetmeliğe göre Büyük İçme suyu tuzlu ($\text{NaCl} > 1\text{ gram/litre}$), sodyumlu ($\text{Na} > 500 \text{ mg/l}$), 1993'den önceki yıllarda magnezyumlu ($\text{Mg} > 150 \text{ mg/l}$) olarak sınıflandırılmakta olup, K3 ise sodyumlu ($\text{Na} > 500 \text{ mg/l}$), bazı aylarda

ise sülfatlı ($\text{SO}_4 > 1200 \text{ mg/l}$) olarak sınıflandırılır.

K3 kuyusuna ait ana ve iz element analiz sonuçları değerlendirildiğinde, suyun, Paleozoyik yaşılı sedimanter birimlerin depolanması sırasında, tortullar içinde hapis kalan ve havzanın sonraki jeolojik süreçlerinde, birimler içinden süzülerek K3 kuyusunun açıldığı lokasyonda toplanmış bir fosil su kaynağı olduğu söylenebilir. Suyun zengin iz element bileşiminin zaman içinde değişip, zenginleşmesinde özellikle Sancaktepe granitik sokulumunun çok büyük katkısı olmuştur.

7. KAYNAKLAR

Bakır, A. 2005. *Hıdırlar İlçesi (Çanakkale-Yenice) ve Dolayının Termal Hidrojeolojisi*. Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Barut, İ., 1993. "İstanbul Tuzla İçmelerinin Hidrojeolojik İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği, İstanbul, s.90-95.

Bischoff J.L., Radtke A.S., & Rosenbauer R.J. 1981. *Hydrothermal alteration of greywacke by brine and seawater: roles of alteration and chloride complexing on metal solubilization at 200 o and 350 oC*. Econ. Geol., 76, 659-676.

Canberk, M., 1997. "Tuzla İçmeler Şifali Su Kaynaklarında Kirlenme", Bitirme Çalışması, İ.T.Ü. Maden Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İstanbul, s.48-54.

Çağlar, K.Ö., 1948. *Türkiye Maden Suları ve Kaplıcaları Fasikül 2*, M.T.A.

*İSTANBUL-TUZLA İÇMELER MINERALLİ SUYU İLE ORGANİZE DERİ SANAYİ
BÖLGESİ'NDE GÖZLENEN BİR JEOTERMAL SUYUN JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ...*

- Yayınları Seri B No:11, Ankara, , s.234-236.
- Evans, A.M.,1993. *Ore Geology and Industrial Minerals, An Introduction*, 3th edition, Blackwell Scientific Publications
- Gürdal, H., 1991, Tuzla içmelerinin bugünkü durumu, II. Balneoloji ve Türk Biyometeoroloji Kong., Tibbi Ekoloji ve Klimatoloji Derisi, s.126-132.
- İ.Ü Tip Fakültesi, 1969, Türkiye Maden Suları 2 Marmara Bölgesi, Hidro-Klimatoloji Kürsüsü, İstanbul, s. 32-37.
- Ketin İ., 1983, Türkiye Jeolojisine Genel Bir Bakış, İTÜ Matbaası, s.332-333
- Moritz R.P., Crocket J.H. & Dickin A.P. 1990. Source of lead in the gold-bearing quartz-fuchsite vein at the Dome Mine, Timmins Area, Ontario, Canada. *Miner. Deposits*, 25, 272-280.
- Oktay, F., Eren, R.H., 1994. İstanbul Megapol Alanının Jeolojisi. Basılmamış rapor, İstanbul Büyükşehir Belediyesi İmar Daire Başkanlığı, Şehir Planlama Müdürlüğü, 32s.
- Piper, A. M., 1944, A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analysis, *Trans. Amer. Geophys. Union*, 25, s. 914-928.
- Önalan, M., 1982, "Pendik Bölgesi ve Adaların Jeolojisi", Doçentlik Tezi, İ.Ü. Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği, İstanbul.
- Recep, M., 2005, İstanbul-Tuzla İçmeler Bölgesinde Tuzlu su yayılıminin jeofizik Yöntemlerle Araştırılması, İTÜ Y.Lisans Tezi,68s.
- Resmi Gazete 2001, Kaplıcalar Yönetmeliği, Sayı : 24472, s.164 -174
- Reman, R, 1942, Şifalı suları kullanmak ilmi Balneologî ve şifalı kaynaklarımız, s.379-382.
- Seymen, İ., 1995, İzmit Körfezi ve çevresinin jeolojisi (Geology of the İzmit Gulf region-NW Turkey), in E.Meriç (ed.) İzmit Körfezinin Kuvaterner İstifî, s.1-21, İstanbul.
- Skinner, B.J.,1979, *The many origins of hydrothermal mineral deposits*. In Barnes H.L. (ed.), *Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits*, 2nd edn, 1-2. Wiley, New York
- Yılmaz, İ., 1977. Sancaktepe granitinin (Kocaeli yarımadası) mutlak yaşı ve jenezi, *TJK Bül.*20/1, s.17.

HANDERE KİLİNİN KONSOLIDASYON ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE BİR DEĞERLENDİRME

İbrahim ÇOBANOĞLU

PA.Ü., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Denizli /Türkiye

İsmail DİNÇER, Şaziye BOZDAĞ, Altay ACAR

Ç.Ü., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Adana /Türkiye

ÖZET : Özellikle üzerinde yapışmanın olduğu killi zeminlerde yapışma ile ilgili olarak karşılaşılan sorunların en önemlilerinden biri, bu zeminlerin konsolidasyon davranışlarıdır. Zeminde meydana gelebilecek oturma miktarlarının belirlenmesini sağlayan laboratuvar deneylerinin uzun ve zaman alıcı işlemleri gerektirmesi, kimi zaman konuya gereken ilginin gösterilmemesine neden olmaktadır. Handere kili, yüksek plastisiteli, katı-sert kil grubunda yer alan bir zemin türüdür. Bu çalışmada, Adana ili yerleşim alanı içinde yer alan Handere Formasyonu'nun killi seviyelerinden oluşan toplam 11 örnekleme grubu ele alınmıştır. Farklı su içeriklerine sahip örselenmemiş örnekler üzerinde konsolidasyon deneyleri yapılarak konsolidasyon parametreleri belirlenmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen değerler ile birimin diğer fiziksel özellikler arasındaki ilişkiler literatürdeki çalışmalarla karşılaştırılmıştır.

İnceleme alanında yer alan ve Handere Kili olarak adlandırılan ince taneli zeminler CH, MH, CL ve ML zemin grubunda yer almaktadır. Zeminlerin likit limit değerleri % 34.5 – 60.0, plastik limit değerleri ise % 22.0 - 35.5 arasında değişmektedir.

Aşırı konsolidasyon oranları 1.20 – 3.13 arasında olan bu killer aşırı konsolide zemin grubunda yer almaktadırlar. Hacimsel sıkışma katsayıları ise, 0.010 – 0.041 değerleri arasında değişmektedir. Laboratuvar çalışmalarında elde edilmiş olan en küçük önkonsolidasyon basıncı 1.116 kg/cm^2 'dir.

Gerilme kademelerine bağlı olarak, hesaplanan hacimsel sıkışma ve sıkışma (a_v ve m_v) katsayıları arasında ortaya konmuş ilişkiler ile Handere kiliinde konsolidasyon deneyi öncesinde konsolidasyon parametrelerinin hızlı bir şekilde hesaplanabilmesi amaçlanmıştır. Hacimsel sıkışma katsayıları ve sıkışma katsayıları arasındaki ilişki ile yüksek regresyon katsayılı bir eşitlik elde edilmiştir.

AN EVALUATION ON CONSOLIDATION PROPERTIES OF THE HANDERE CLAY

ABSTRACT : One of the most serious construction-related problems encountered in urbanized areas is the consolidation behaviour of clayey soils. The fact, that the oedometer tests produring calculation of possible settlement ratios of the soil, require

long and time-consuming procedures frequently causes lack of due attention to this issue. The Handere Clay falls into a high plasticity and solid-hard clay group. In this study, a total of 11 location groups of clayey levels of the Handere Formation in the Adana settlement area were examined. The consolidation parameters were determined through the consolidation tests on undisturbed samples with different water contents. The values obtained and the relationship among the other physical properties of the samples were also studied in the light of the previous literature.

The fine grained soils called Handere clay, which takes place in the investigation area, fall into CH, MH, CL and ML soil groups. Liquid limits of the soils range between 34.5 % and 60.0 %, and plastic limits vary from 22.0 % to 35.5 %.

The over-consolidation ratios of these clay range between 1.20 and 3.13, and it is an over-consolidated soil. The volume compressibility coefficient (m_v) vary between 0.010 and 0.041. The minimum pre-consolidation pressure obtained from the laboratory tests is 1.116 kg/cm².

In this study, it was aimed to easily estimate the consolidation parameters of the Handere clay without carrying out any consolidation test by using the equations between volume compressibility coefficient calculated according to pressure levels and compression index (a_v). An equation with a high regression coefficient was also developed between volume compressibility coefficient and compression index.

1. GİRİŞ

Handere kili, Seyhan baraj gölü güney kıyısı boyunca, doğu-batı uzanımında ve Adana ili yerleşim alanı içerisinde geniş bir alan kaplamaktadır. Yeni yapışmanın da geliştiği kuzey Adana bölgesinin bir kısmı bu litoloji üzerinde kurulu bulunmaktadır. İnceleme alanı içerisinde yaygın ince taneli zemin olarak gözlenen söz konusu birim, bu çalışma kapsamında konsolidasyon özellikleri açısından değerlendirilmiştir. Özellikle sıkışma indisinin (Cc) belirlenmesinde kullanılan çok sayıda empirik bağıntının olduğu bilinmektedir (Carter ve Bentley, 1996, Koppula, 1986, Rendon-Herrero, 1980). Bu çalışmada, incelenen örnekler üzerinde yapılan yüklemeli ve boşaltmalı konsolidasyon deneyleri ile belirlenmiş

sıkışma indisi değerlerinin empirik bağıntılar içerisindeki yeri sorgulanmıştır. Aynı zamanda pratikte bu birim için kullanılması önerilen sıkışma katsayısı (a_v), hacimsel sıkışma katsayısı (m_v) ve uygulanan gerilme kademeleri arasında bazı anlamlı ilişkiler elde edilmiştir.

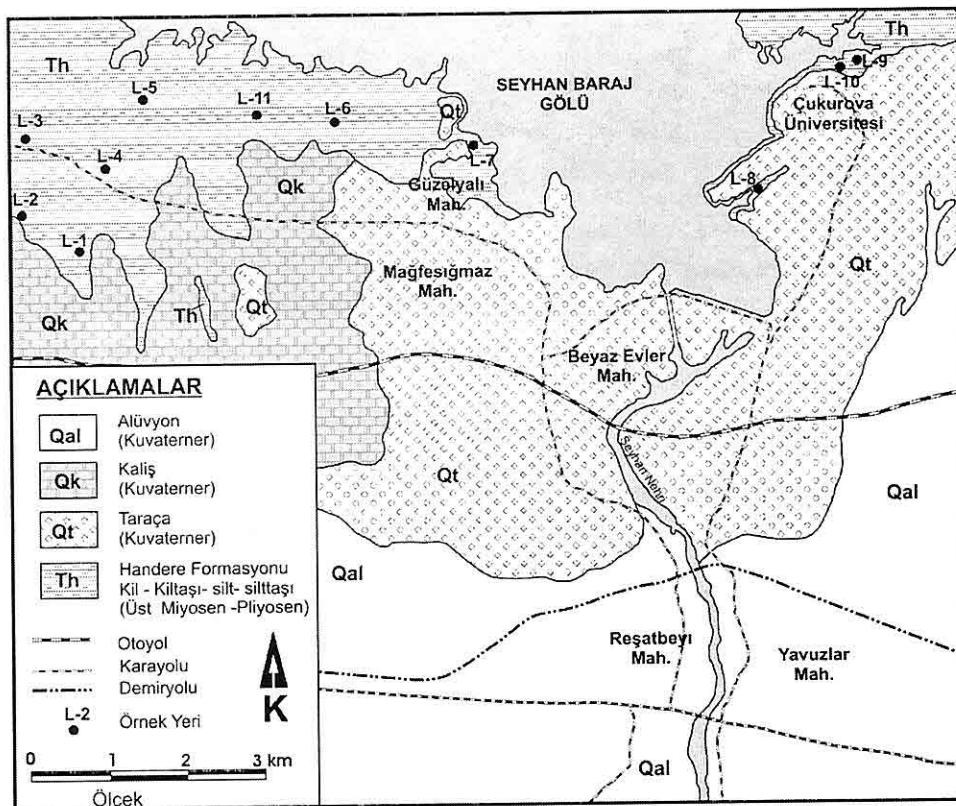
2. GENEL JEOLOJİ

Formasyon niteliğinde ilk olarak Schmidt (1961) tarafından adlandırılan birim, Adana ili yerleşim alanı kuzeyinde geniş bir yayılım sunmaktadır (Şekil 1).

Formasyonun yaşı Üst Miyosen – Pliyosen olarak verilmiştir (Schmidt, 1961). Formasyon, başta kıltaşısı ve marn olmak üzere, kumtaşısı, çakıllı kumtaşısı, silttaşısı litolojilerinden oluşmaktadır.

Formasyonun tabandan tavana doğru

*HANDERE KİLİNİN KONSOLIDASYON ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE BİR
DEĞERLENDİRME*

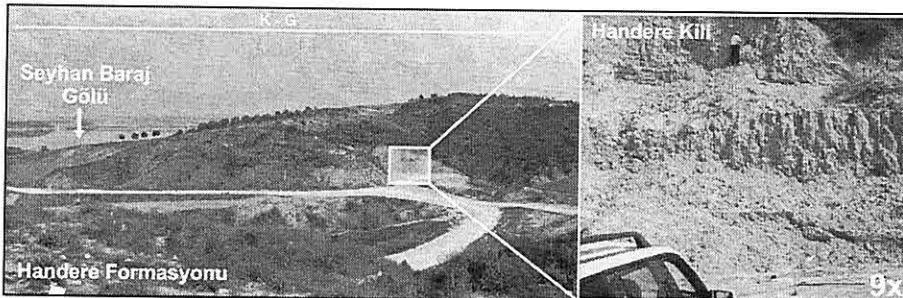


Şekil 1. İnceleme alanının genel jeoloji haritası ve örneklemeye yerleri (Çobanoğlu, 2005'den).

sığ deniz, akarsu ve göl ortamlarını karakterize eden istifler sunduğu bilinmektedir (Yetiş ve Demirkol, 1986). Birimin kalınlığı, Yetiş ve Demirkol (1986) tarafından 120 – 700 m olarak bildirilmiştir. Formasyon genel olarak Seyhan ilçesinde yeni yapılışmanın olduğu kuzey Adana bölgesinde, Seyhan baraj gölünün güney sahili boyunca ve doğu-batı uzanımında geniş bir yayılım sunmaktadır (Şekil 2).

Birden fazla litolojik birimi içeren Handere Formasyonu'nun inceleme alanı

îçerisinde baskın olarak yüksek ve düşük plastisiteli kil grubundaki ince taneli malzemelerdenoluştugu saptanmıştır. Bu bakımından, çeşitli araştırmacılarca "Handere Kili" şeklindeki tanımlamanın özellikle Adana ili yerleşim alanı için daha uygun olacağı düşünülmüştür. Zira inceleme alanında yayılım sunan birimin geneline yakını kıl, kilitası ve silt türündeki ince taneli malzemelerden oluşmaktadır. Bu bakımından Handere Formasyonu'na ait mühendislik özelliklerinin incelenmesinde birim için bu adın kullanılması tercih

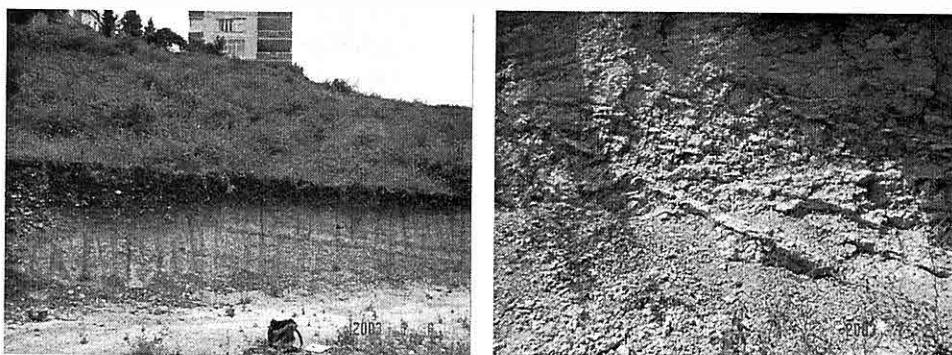


Şekil 2. Handere Formasyonu'nun (Handere kili) inceleme alanındaki genel görünümü ve incelenen bir yarma.

edilmiştir. Birim, açık kahverengi, beyaz ve sarımsı renklidir. Birimin sarımsı renkte görünüm sunan kısmı içerisinde kum ve silt boyutundaki malzeme miktarı daha fazla olup kil miktarı oldukça azalmaktadır. Birim inceleme alanında 80 ile 120 metre kotları arasında yükseltilere sahip topografayı oluşturmaktır ve bu özelliği ile daha yüksek rakımdaki alanları kaplamaktadır. Handere Formasyonundaki tabakalanmanın genel olarak $5-10^\circ$ ile GD'ya eğimli olduğu belirlenmiştir. Ancak kaliş ile dokanaklı olduğu kesimlerde ve bazı yerlerde mercek ve kama şekilli tabakalar nedeniyle eğimlerde değişiklikler olabilmektedir (Şekil 3).

3. ÖRNEKLEME

Çalışma alanında yeni yapışmanın sürdürül>mekte olduğu alanlar gözetilerek örneklemenin de kolay yapılabileceği bir lokasyon düzeni oluşturulmuştur. Bu amaçla, birimin farklı özelliklere sahip olduğu 11 yer belirlenmiştir (Şekil 1). Her örnek yerinden sayısal koordinatlar alınmış ve örnekler bu koordinatlara göre haritada gösterilmiştir. Her örneklemeye yerinde derinliğe bağlı olarak özelliklerdeki farklılığı belirleyebilmek amacıyla aynı örnek yerinde değişik derinliklerden örselenmemiş (blok) ve örselenmiş örnekler alınmıştır. Örnek alım



Şekil 3. Handere Formasyonu'na ait kilitaşları içerisinde gözlenen eğimli tabakalar ve kama şekilli çapraz tabakalar.

HANDERE KİLİNİN KONSOLIDASYON ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE BİR DEĞERLENDİRME

işlemlerinde TS 1901 (1975) standardı esas alınmıştır.

4. HANDERE KİLİNİN İNDEKS ÖZELLİKLERİ

Alınan örnekler üzerinde temel indeks özelliklerini belirlemeye yönelik deneyler TS 1900 (1987) standardına göre yapılmıştır. Laboratuvar deneylerinden tayin edilen özgül ağırlık, doğal birim hacim ağırlık, doygunluk derecesi, boşluk oranı ve porozite değerlerinin örneklemeye yerlerine göre değişimleri, değişim aralıkları ile birlikte Çizelge 1'de verilmiştir.

Zemin sınıflarını belirlemeye yönelik olarak yapılan kıvam limiti (likit limit, "LL" ve plastik limit, "PL") ile zemin

sınıfları, kıvam indisisi (I_L) ve ortalama su içeriği deney sonuçları değerleri ise Çizelge 2'de sunulmuştur. Bu çizelge, zemin tanımlaması yapılmış örneklerin CH, MH, CL ve ML zemin sınıflarında yer aldıklarını göstermektedir.

Kıvam limitleri kullanılarak, incelenen zeminler için geçerli olabilecek anlamlı bir likit limit – plastisite indisini ilişkisi belirlenmiştir ($PI=1.075 LL - 31.971, \sqrt{R^2} = 0.85$) (Şekil 4).

5. HANDERE KİLİNİN KONSOLIDASYON ÖZELLİKLERİ

Çalışma alanındaki zeminlerin konsolidasyon özelliklerini belirlemek için araziden alınan blok numuneler 50 mm çapında ve 20 mm yüksekliğindeki

Çizelge 1. İncelenen örnek yerleri için elde edilmiş özgül ağırlık ve doğal birim hacim ağırlığı değerleri.

Örneklemme Yeri	Özgül Ağırlık	Birim Hacim Ağırlık (kN/m^3)	Doygunluk Derecesi S (%)	Boşluk Oranı e (%)	Porozite n (%)
L1	2.58	17.3-18.4	71.83	0.75	42.97
L2	2.68	16.1-16.7	60.22	1.00	50.05
L3	2.60	20.0-20.2	83.72	0.50	33.47
L4	2.68	16.6 -17.2	30.30	0.71	41.65
L5	2.63	15.6 -16.0	48.63	0.96	48.98
L6	2.60	16.7 -16.9	79.89	1.04	51.08
L7	2.50	17.5 -17.8	84.59	0.90	47.32
L8	2.68	17.1 -17.6	64.64	0.86	46.22
L9	2.58	16.1-16.9	25.44	0.67	39.99
L10	2.61	17.1 -17.3	61.92	0.81	44.71
L11	2.65	18.1 -20.0	84.32	0.71	41.51
Değer Aralığı	2.50 - 2.68	16.0-20.2	25.4-84.5	0.50 – 1.04	33.5-51.1

Çizelge 2. Örnekler ait kıvam limiti parametreleri ve zemin sınıfları.

Örnek No	Derinlik (m)	wn (%)	LL (%)	PL (%)	PI	I_L	Zemin Sınıfı
L1 - SM2	3	19.81	59.1	26.88	32.22	- 0.219	CH
L1 - SM3	4	15.53	52.0	25.10	26.90	- 0.355	CH
L1 - SM4	5	20.98	59.5	27.51	31.99	- 0.204	CH
L1 - SM5	6	19.84	56.8	28.76	28.04	- 0.318	CH
L2 - SM1	1	20.50	56.5	27.04	29.46	- 0.221	CH
L2 - SM2	2	22.52	50.0	23.50	26.50	- 0.215	CH
L2 - SM3	3	21.76	51.0	28.00	23.00	- 0.462	CH
L3 - SM2	3	16.20	44.5	33.97	10.53	- 1.687	ML
L4 - SM2	2	8.07	34.5	25.74	8.76	- 2.017	ML
L5 - SM2	3	9.37	47.5	28.72	18.78	- 1.030	ML
L5 - SM3	4	17.75	48.7	28.83	19.87	- 0.557	ML
L5 - SM5	7	7.09	41.0	27.93	13.07	- 1.594	ML
L6 - SM1	2.5	24.35	60.0	30.60	29.40	- 0.212	CH
L6 - SM2	3.5	32.08	58.0	35.47	22.53	- 0.150	MH
L7 - SM3	3	29.22	45.0	33.92	11.08	- 0.424	ML
L8 - SM2	5	20.73	51.2	26.31	24.89	- 0.224	CH
L9 - SM3	3	6.57	40.0	19.75	19.35	- 0.681	CL
L10 - SM3	4	19.18	41.5	22.00	25.30	- 0.111	CL
L11 - SM1	9	20.22	57.25	26.32	30.93	- 0.197	CH
L11 - SM2	10	22.58	55.88	26.30	29.58	- 0.125	CH
Değer Aralığı	1-10	6.5-32.08	34.5-60	22-35.47	8.76-32.22		

w_n : Doğal su içeriği; LL: Likit limit; PL: Plastik limit; PI: Plastisite indisi; I_L : Likitlik indisi

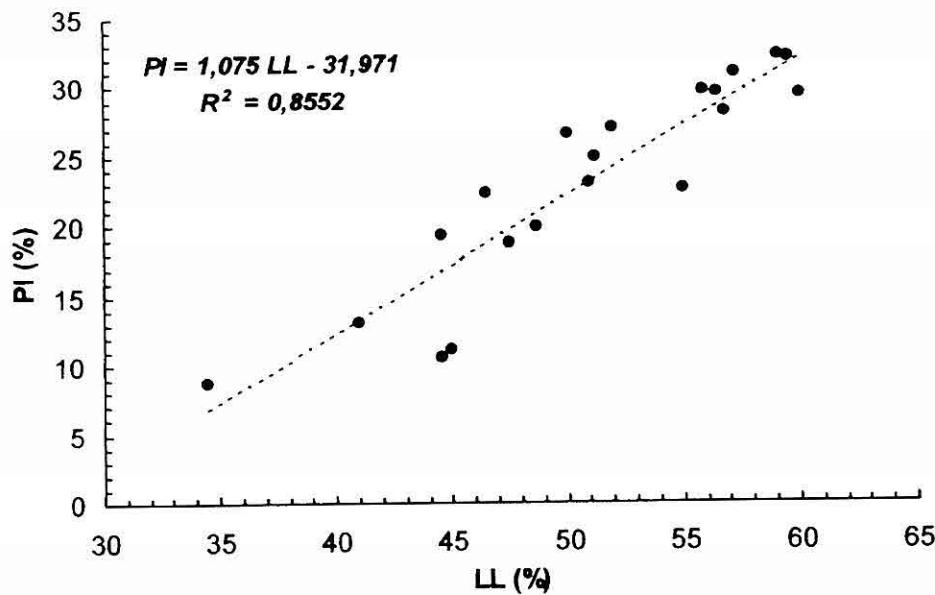
konsolidasyon halkasının içerisine alınarak yüklemeli ve boşaltmalı konsolidasyon deneyleri yapılmıştır.

Tüm deneyler için TS 1900 (1987) standartı esas alınmıştır.

Her deney 12 gün sürmüş ve deney aşaması toplam 132 günde tamamlanmıştır. Örnekler ait ön konsolidasyon basınçları Casagrande Yöntemi kullanılarak bulunmuştur. Bu amaçla her örnek için çizilen "boşluk

oranı – log gerilme" grafikleri bir arada Şekil 5'de verilmiştir. Elde edilen sıkışma ve kabarma eğrilerinden ön konsolidasyon basınçları, aşırı konsolidasyon oranları, sıkışma ve şişme indisleri belirlenmiş ve Çizelge 3'de sunulmuştur. Aşırı konsolidasyon oranlarının 1.20-3.13 değerleri arasında değişiyor olması killerin aşırı konsolide olduğunu göstermektedir.

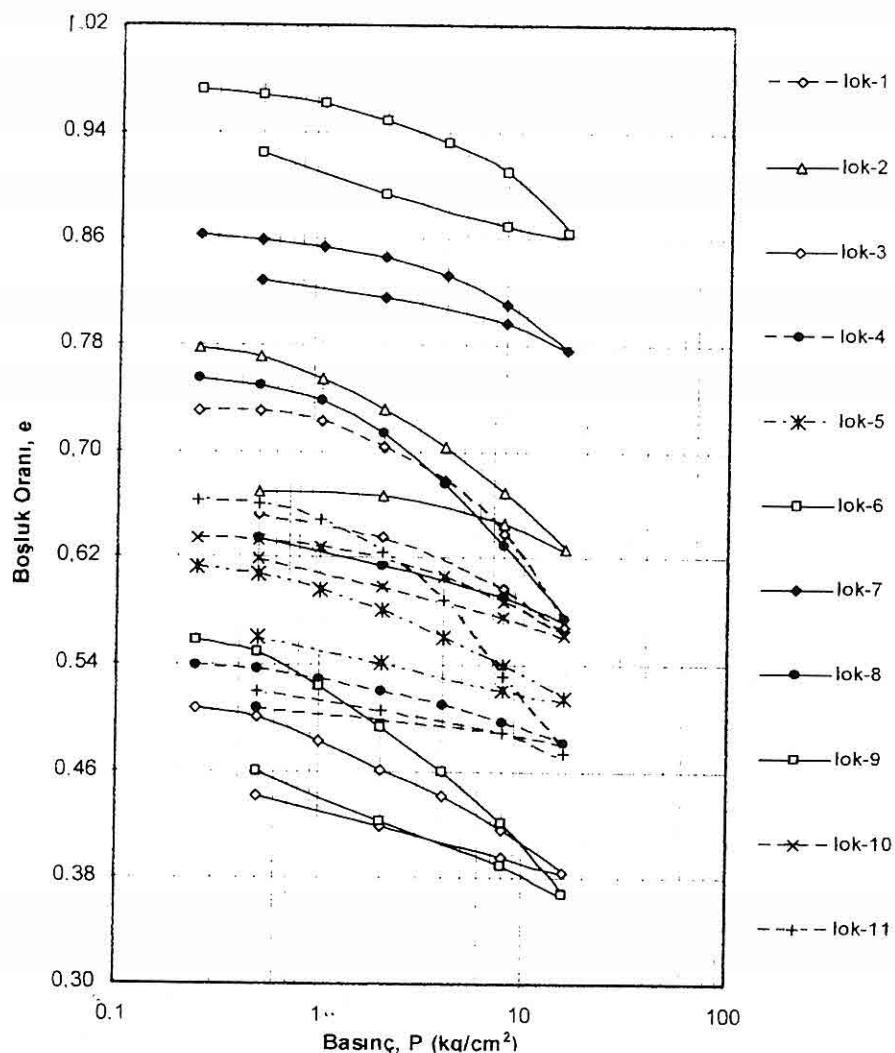
*HANDERE KİLİNİN KONSOLIDASYON ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE BİR
DEĞERLENDİRME*



Şekil 4. Kıvam limiti deney sonuçlarına göre likit limit - plastisite indisi ilişkisi.

Çizelge 3. Konsolidasyon deneylerinden elde edilmiş sıkışma indisi (C_C), şişme indisi (C_S) ön konsolidasyon basıncı (P^c) ve aşırı konsolidasyon oranı (OCR) değerleri.

Örnekleme Yeri	Örtü Yükü (kg/cm^2)	P_C (kg/cm^2)	OCR	C_C	C_S	Zemin Türü
L1	1.038	2.000	1.926	0.142	0.05	CH
L2	0.498	1.410	2.831	0.132	0.035	CH
L3	0.900	1.118	1.242	0.065	0.036	ML
L4	0.516	1.116	2.162	0.040	0.017	ML
L5	1.326	1.360	1.025	0.066	0.034	ML
L6	0.760	1.720	2.263	0.076	0.042	CH
L7	0.875	2.740	3.130	0.079	0.031	ML
L8	1.710	1.775	1.038	0.139	0.047	CH
L9	0.501	1.520	3.033	0.126	0.050	CL
L10	0.855	2.020	2.360	0.073	0.039	CL
L11	1.818	2.200	1.210	0.149	0.038	CH
Değer Aralığı	0.50-1.82	1.10 - 2.74	1.20-3.13			



Şekil 5. Örnekleme yerlerine göre konsolidasyon eğrileri.

Literatürde C_c sıkışma indisiinin dolaylı yoldan belirlenmesi amacıyla önerilmiş bir çok empirik ilişki mevcuttur (Çizelge 4). Bu çalışmada elde edilen sıkışma indisi değerleri literatürdeki ilişkiler kullanılarak da elde edilmiş ve deneyle belirlenen değerlerle karşılaştırılmıştır. Bu ilişkilere göre, Handere kilinin C_c

parametresinde örnekleme yerine bağlı değişim, laboratuvara tayin edilen değerlerle birlikte Şekil 6'da karşılaştırılmış olarak gösterilmiştir. Şekilde farklı araştırmacıların önerdikleri bağıntılar kullanılarak elde edilen sıkışma indisi değerlerinin de geniş bir aralıktaki yayılım sundukları görülmektedir. Ancak,

*HANDERE KİLİNİN KONSOLIDASYON ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE BİR
DEĞERLENDİRME*

Çizelge 4. Sıkışma indisinin belirlenmesi amacıyla farklı araştırmacılar tarafından önerilmiş bağıntılar.

İlişki No	İlişki	Kaynak
1	$C_C = 1.766 w_n^2 + 0.593 w_n - 0.0135$ (Chicago killeri)	Peck (1943)*
2	$C_C = 0.009 (w_L - 10)$	Terzaghi ve Peck (1967)
3	$C_C = 0.37*(e_o + 0.003 w_L + 0.0004 w_n - 0.34)$	Azzouz vd. (1976 a)*
4	$C_C = 1.15 (e_o - 0.35)$	Azzouz vd. (1976 b)*
5	$C_C = 0.156 e_o + 0.0107$	Azzouz vd. (1976 c)*
6	$C_C = 0.01 w_n$ (Chicago killeri)	Azzouz vd. (1976 d)*
7	$C_C = \left(\frac{1+e_o}{G_s} \right)^{2.4}$ ($e_o \leq 0.8$)	Rendon-Herrero (1980)
8	$C_C = -0.0997 + 0.0009 w_L + 0.0014 I_p + 0.0036 w_n + 0.1165 e_o + 0.0025 c_p$ (c_p : kil yüzdesi)	Koppula (1981)*
9	$C_C = 0.2343 e_o$	Nagaraj ve Murthy (1985)
10	$C_C = 0.009 w_n + 0.005 w_L$	Koppula (1986)
11	$C_C = 1/2 * \pi * G_s$	Wroth ve Wood (1978)
12	$C_C = \left(\frac{1+e_o}{G_s} \right)^{2.38}$	Rendon-Herrero (1983)
Açıklama		
w_n , doğal su içeriği; w_L , likit limit; G_s , özgül ağırlık; e_o , başlangıç boşluk oranı; PI, plastisite indisı * Carter ve Bentley (1996'dan alınmıştır)		

bu çalışmada elde edilen parametrelerin Azzouz vd. (1976; Carter ve Bentley, 1996'dan) ile tarafından önerilen ilişkilerden elde edilen sonuçlara daha yakın olduğu dikkati çekmektedir. Bu çalışmada elde edilen değerlerin daha düşük olmasının nedeni, birimin geçirdiği diyajenez aşamasına bağlı sıkışma artışının olması şeklinde yorumlanmıştır.

Konsolidasyon deney verileri kullanılarak elde edilmiş olan m_V hacimsel sıkışma katsayıları ve a_V sıkışma katsayıları değerleri arasındaki ilişki Şekil 7'deki gibi ortaya konulmuştur. Bu parametrelerin deney sırasında uygulanan

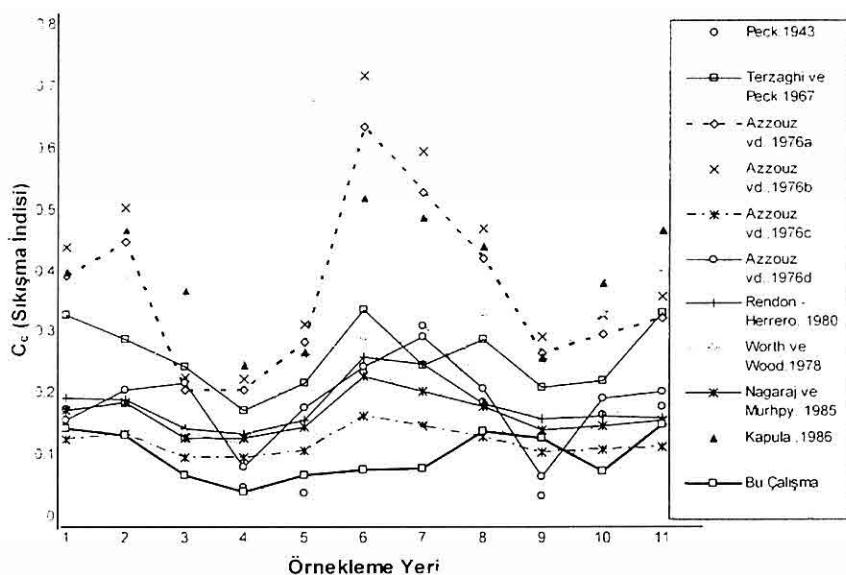
gerilme kademelerine bağlı olarak değişim ilişkileri de Şekil 8 ve Şekil 9'da görüldüğü gibi elde edilmiştir. Bu ilişkilerin öncelikle inceleme alanında yayılım sunan Handere Formasyonu'nun killi birimleri için kullanılabilecek geçerlilikte olacakları unutulmamalıdır.

Konsolidasyon deney verilerinden m_V hacimsel sıkışma katsayısı ve a_V sıkışma katsayısı değerleri arasındaki doğrusal ilişkisi;

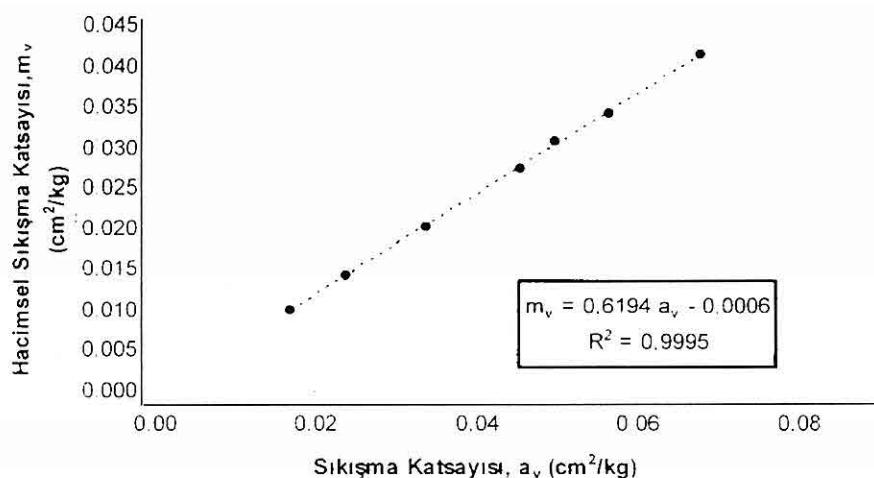
$$m_V = 0.6194 a_V - 0.0006$$

bağıntısıyla ortaya konulmuştur ($r = 0.999$).

Benzer şekilde, deneyde uygulanan

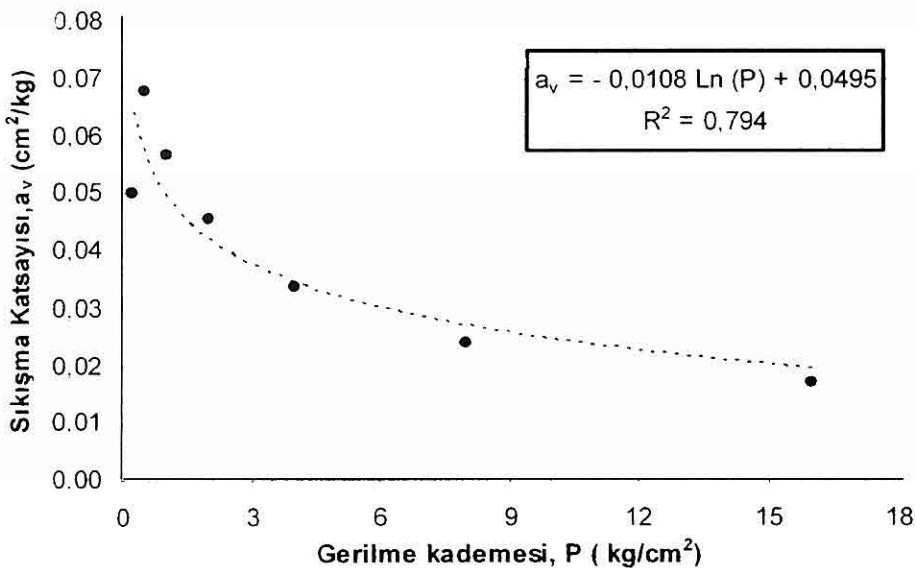


Şekil 6. Farklı araştırmacılar tarafından önerilen empirik ilişkilere göre tahmin edilen ve bu çalışmada Handere kili için elde edilen sıkışma indisi değerlerinin örnek yerlerine göre karşılaştırılması.

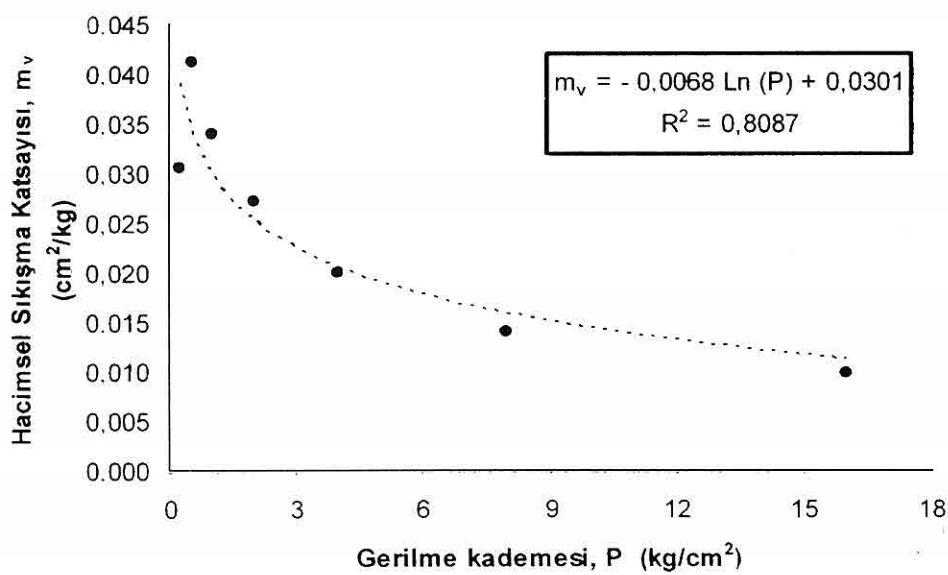


Şekil 7. Bu çalışmada Handere kili için elde edilmiş $m_v - a_v$ ilişkisi.

*HANDERE KİLİNİN KONSOLIDASYON ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE BİR
DEĞERLENDİRME*



Şekil 8. Bu çalışmada Handere kili için elde edilmiş $a_v - P$ (gerilme) ilişkisi.



Şekil 9. Bu çalışmada Handere kili için elde edilmiş $m_v - P$ (gerilme) ilişkisi.

gerilme kademelerine bağlı olarak a_V ve m_V değerlerinin değişimlerine göre elde edilen ilişkiler aşağıdaki eşitliklerin ortaya konulmasını sağlamıştır.

$$a_V = -0.0108 \ln(P) + 0.0495 \quad (1)$$

($r=0.891$)

$$m_V = -0.0068 \ln(P) + 0.0301 \quad (2)$$

($r = 0.899$)

İncelenen Handere Formasyonu killi birimlerinin konsolidasyon özelliklerinin hızlı bir şekilde değerlendirilmesine olanak sağlayacak olmalarından dolayı, bu ilişkiler önem kazanmaktadır. Yapılan konsolidasyon deneylerinde, gerilme seviyelerinin yüksek tutulmuş olması, yapı yüklerinin fazla olması durumunda ($> 0.5 \text{ kg/cm}^2$) önerilen ilişkilerin geçerli olmalarını sağlayacaktır.

yapılmaksızın konsolidasyon parametreleri tahmin edilebilir.

5- Hacimsel sıkışma katsayısı ile sıkışma katsayıları arasındaki ilişki ile yüksek korelasyon katsayılı bir bağlantı oluşturulmuştur.

6- Laboratuvar çalışmalarında elde edilmiş olan en küçük ön konsolidasyon basıncı 1.116 kg/cm^2 'dir.

7- Elde edilen sonuçların özellikle Adana ili yerleşim alanının içinde yer alan Handere Formasyonunun killi birimleri için kullanılması doğru sonuçlar vermesi açısından uygun olacaktır. Bu konuda yapılacak farklı çalışmalarla kılın makaslama dayanımı da konsolidasyon ve diğer fiziksel özelliklerine bağlı olarak ayrıca araştırılabilir.

6. SONUÇLAR

Bu çalışmada varılan başlıca sonuçlar aşağıda verilmiştir;

1- İnceleme alanında yer alan ve Handere Kili olarak adlandırılan ince taneli zeminler CH, MH, CL ve ML zemin grubunda yer almaktadırlar.

2- Zeminlerin likit limiti % 34.5 – 60.0, plastik limiti ise % 22.0 - 35.5 değerleri arasında değişmektedir.

3- İncelenen zeminlerin aşırı konsolidasyon oranları 1.20 – 3.13 arasında olup, aşırı konsolide zemin grubunda yer almaktadırlar. Hacimsel sıkışma katsayıları 0.010 – 0.041 değerleri arasında değişmektedir.

4- Gerilme kademelerine bağlı olarak hesaplanan a_V ve m_V değerleri arasında ortaya konmuş ilişkiler kullanılarak Handere kilinde konsolidasyon deneyi

7. KATKI BELİRTME

Bu araştırma, TÜBİTAK ÇYDABAG 103Y004 ve Ç.Ü. Araştırma Fonu FBE2002D183 no'lu projeler kapsamında desteklenmiş olan çalışmanın bir kısmını oluşturmaktadır. Verdikleri destekten dolayı adı geçen kurumlara teşekkür borç biliyoruz. Uzun süren deney aşamasında yardımını esirgemeyen Ç.Ü. Müh. Fak. Jeoloji Bölümü Araştırma Görevlisi Sn. Yusuf URAS'a da ayrıca teşekkür ederiz.

8. KAYNAKLAR

Carter, M., Bentley, S.P., 1996. *Correlations of Soil Properties*, Pentech Press, 128 s., London.

Çobanoğlu, İ., 2005. Adana ili ve yakın çevresinin jeoteknik koşullarının statik yesimisk durumlar için coğrafi bilgi sistemi ile değerlendirilmesi, Doktora

**HANDERE KİLİNİN KONSOLIDASYON ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE BİR
DEĞERLENDİRME**

- Tezi, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana (yayınlanmamış).*
- Koppula, S.D., 1986. Discussion: Consolidation Parameters Derived From Index Tests, Geotechnique, Vol 36, No. 2, pp. 291-292.*
- Nagaraj, F., Murthy, B.R.S., 1985. Prediction of preconsolidation pressure and recompression index of soils, Geo. Tech. Journal, ASTM, Vol 8, No. 4, pp. 199-202.*
- Rendon-Herrero, O., 1980. Universal compression index equation, JGE Division, ASCE, Vol 106, No. GT 11, 1179-1200.*
- Rendon-Herrero, O., 1983. Universal compression index equation, Discussion, JGE, ASCE, Vol 109, No. 10, 1349.*
- Schmidt, G.C., 1961. Stratigraphic Nomenclature For The Adana Region Petroleum District, 7. Petroleum Administration Bull., 6, Ankara, s. 47-63.*
- Terzaghi, K., Peck, R.B., 1967. Soil Mechanics in Engineering Practice, Wiley, 729 s. New York.*
- TS 1900, 1987. İnşaat Mühendisliğinde Zemin Laboratuvar Deneysleri, TSE yayımı, 153 s., Ankara.*
- TS 1901, 1975. İnşaat Mühendisliğinde Sondaj Yolları İle Örseleme ve Örseleme Memiş Numune Alma Yöntemleri, TSE yayımı, 74 s., Ankara.*
- Wroth, C.P., Wood, D.M., 1978. The correlation of index properties with some basic engineering properties of soils. Canadian Geotechnical Journal, 15, 137-145.*
- Yetiş, C., Demirkol, C., 1986. Adana Basenİ Batı Kesiminin Detay Jeoloji Etüdü, MTA Derleme Rapor No. 8037, Ankara, 187s. (yayınlanmamış).*

**ANAYATAK (MADEN – ELAZIĞ) BAKIR CEVHERLEŞMESİNİN
JEOLOJİK, MÍNERALOJİK VE JEOKÍMYASAL ÖZELLİKLERİ****Mehmet ALTUNBEY, Sema ÇELİK***F.Ü., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Elazığ/Türkiye*

ÖZET: Maden (Elazığ) ilçe merkezinin yaklaşık 1 km güneybatısında bulunan Anayatak çevresinde, Jura - Alt Kretase yaşılı Guleman Grubu ve Orta Eosen yaşılı Maden Karmaşığı yüzeylemektedir. Guleman Grubu serpentinit ve gabrolarla, Maden Karmaşığı ise diyabaz ve karbonatlı çamurtaşlarıyla temsil edilmektedir. Anayatak cevherleşmesi, Maden Karmaşığı'na ait diyabazların içerisinde mercekler şeklinde gelişmiş ve üstten itibaren masif, ağısı - saçınımlı ve saçınımlı cevher, en altta ise manyetit kütlesinden oluşmaktadır. Anayatak cevherleşmesinde ekonomik olarak yaranan bakır taşıyıcı tek mineral kalkopirittir. Kalkopirite değişik oranlarda pirit, manyetit, pirrotin, kromit, hematit, pentlandit, kübanit, markazit, sfalerit ve limonit eşlik etmektedir. Özşekilliden özşekilsize kadar değişen cevher minerallerinde kataklastik, kuş gözü, mozaik, ornatma, kolloidal ve kolloform gibi farklı doku türleri izlenmektedir. Cevherleşmeyi içerisinde bulunduran Maden Karmaşığı'na ait diyabazlarda yapılan jeokímyasal çalışmalar, bunların toleyitik karakterli bir ada yayı ürünü olduğunu göstermektedir. Bazık volkanitlerle ilişkili Anayatak cevherleşmesinin, volkanitlerin içerisindeki konumları, mineral parajenezi ve dokusal özellikleri bu yatağın; Kıbrıs Tipi bir masif sülfid yatağı olabileceğini göstermektedir. Anayatak cevherleşmesinin içerisinde geliştiği diyabaz bileşimli bazık volkanik kayaçların, Zr/Y - Ti/Y ve Ti - Cr dağılımları, Kıbrıs Tipi masif sülfid yataklarının oluşuada yayı veya ilişkili kenar çanak ortamlarını vermektedir.

**GEOLOGICAL, MINERALOGICAL AND GEOCHEMICAL FEATURES
OF THE ANAYATAK (MADEN – ELAZIG) COPPER MINERALIZATION**

ABSTRACT: Anayatak is placed 1 km SE of Maden (Elazığ) town center. Two groups of lithologies make up the rocks of Anayatak. These are Jurassic - Lower Cretaceous Guleman Group and Middle Eocene aged Maden Complex. The Guleman Ophiolites represented by serpentinite and gabbro and Maden Complex by diabase and carbonate mudstone. Anayatak ores occur as lensoid bodies in diabases of the Maden Complex and show zoning as (from top to bottom); massive, stockwork - disseminated, disseminated and magnetite ores. The sole economic Cu mineral of the Anayatak mineralizations is chalcopyrite, other ore minerals are; pyrite, magnetite, pyrrhotite, chromite, hematite, pentlandite, cubanite, marcasite, sphalerite and limonite. The grain

shapes vary between euhedral to unehedral. The ore minerals exhibit several textures; cataclastic, bird eye, mosaic, replacement, colloidal and colloform. Geochemistry on diabases of the ore bearing Maden Complex indicate that the diabases are of tholeiitic nature. Relationships with basic volcanics, the location of the ore bodies, mineral paragenesis and textural nature of the ores point to Cyprus type massive sulphide origin for the deposits. Zr/Y - Ti/Y and Ti - Cr plots of ore bearing diabases show close resemblance with those of Cyprus type ore bearing island arc and marginal basins.

1. GİRİŞ

İnceleme alanı, Elazığ ilinin yaklaşık 75 km güneydoğusunda Maden ilçesi sınırları içerisinde yer almaktadır (Şekil 1). Maden ilçe merkezinin 1 km güneybatısında bulunan Anayatak cevherleşmesi, Türkiye'nin işletme ve incelemeye konu olmuş önemli bir Cu yatağıdır.

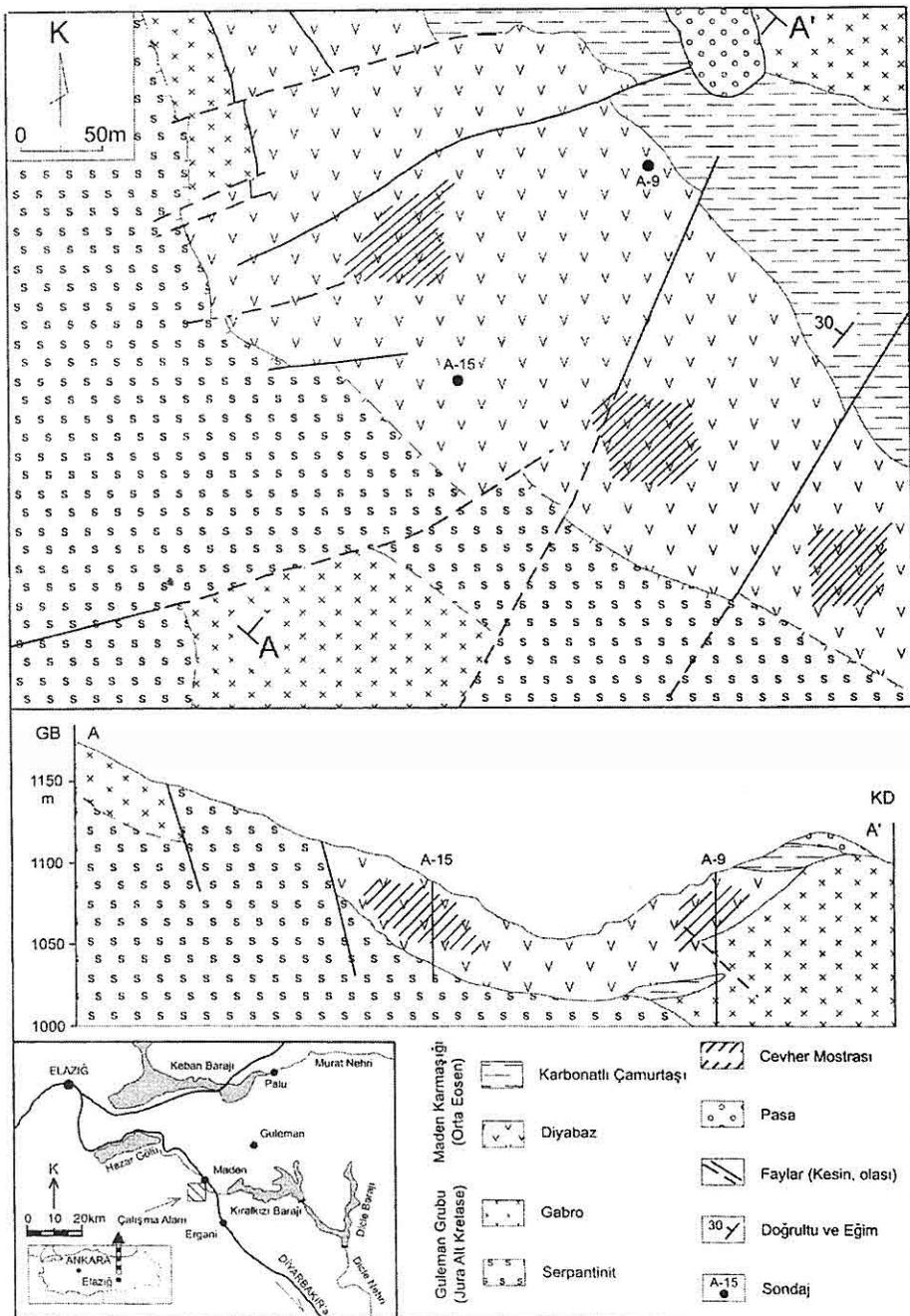
Maden ilçesinin 1927 yılına kadar Diyabakır'a bağlı olması nedeniyle söz konusu yatak, eski çalışmalarında "Ergani – Maden Cu Yatağı" olarak tanıtılmıştır. MÖ 2000 yılından beri bakır üretiminin yapıldığı bilinen Anayatak, 1939 yılından itibaren Etibank tarafından işletilmeye başlanmıştır. Etibank, 1939 – 1990 yılları arasında Cu tenörü % 14'lere varan 20 milyon ton cevherden 500000 ton blister bakır elde etmiştir (Koptagel vd., 1998). Yatağın ekonomik rezervlerinin büyük bölümünün tükenmesi ve tesislerin de eskimesi nedeniyle Etibank, 1995 yılında yatağı işletmek üzere özel sektöré devretmiştir. Çelik (1997) yapmış olduğu rezerv hesaplamalarında yatağın % 1.24 Cu tenörlü 4.7 milyon ton cevher ihtiyaç ettiğini belirtmiştir.

Anayatak cevherleşmesi; uzun işletme tarihi ve ekonomik önemi nedeniyle çok yönlü incelenmiştir. Çalışmaların büyük

bir bölümü (Romieux, 1941; Sirel, 1950; Borchert, 1952; Schneiderhöhn, 1954; Wijkerslooth, 1954; Helke, 1964; Bamba ve Tin, 1972; Griffitts vd., 1972; Bamba, 1976; İleri vd., 1976; Özkaya, 1978; Erdoğan, 1982; Erler, 1984; Bannert, 1986; Karul vd., 1990) genel jeoloji, madencilik ve maden arama ağırlıklı olmuştur. Buna karşın mineralojik çalışmalar çok eski çalışmalarla (Göymen ve Aslaner, 1969; Çağatay, 1977), jeokimyasal çalışmalar ise Erdoğan (1977), Çelebi ve Peker (1994), Ulu vd. (1995), Koptagel vd. (1998), Bal ve Çelebi (2000) ile sınırlı kalmıştır. Jeokimyasal çalışmalar (Çelebi ve Peker, 1994; Ulu vd., 1995; Bal ve Çelebi, 2000) daha çok bazı elementlerin istatistiksel değerlendirilmesi şeklinde yürütülmüştür.

Önceki çalışmalarında kökene ilişkin farklı görüşler bulunmaktadır. Romieux (1941) Anayatak cevherleşmesinin değişik fazlarda oluşan hidrotermal bir yatak olduğunu belirtmiştir. Sirel (1950) mikroskopik çalışmalarla dayanarak, cevherleşmenin sinjenetik – sedimanter bir cevherleşme olması gerektiğini ileri sürmüştür. Borchert (1952) Anayatak cevherleşmesinin eksalatif – sedimanter ve Schneiderhöhn (1954) sinjenetik tipte gelişmiş olabileceğini belirtmiştir.

**ANAYATAK (MADEN – ELAZIĞ) BAKIR CEVHERLEŞMESİNİN JEOLOJİK,
MINERALOJİK VE JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ**



Şekil 1. İnceleme alanının yer bulduru ve jeoloji haritası (Karul vd. 1990'dan değiştirilerek).

Wijkerslooth (1954) cevherleşmenin pnömatolitik – hidrotermal geçiş sürecinde oluştuğunu ileri sürerken, buna karşın Göymen ve Aslaner (1969) cevherleşmenin oluşumunu ve yankayaç ilişkilerini inceleyerek yatağın eksalatif – sedimanter bir yatak olduğunu belirtmişlerdir. Bamba ve Tin (1972) cevherleşmenin birkaç hidrotermal fazda oluşmuş olabileceğini ileri sürmüştür. Griffitts vd. (1972) cevherleşmenin ornatma tipinde, Bamba (1976) metasomatik, Çağatay (1977) ise cevherleşmenin bindirme zonu ile ilişkili olduğunu ve hidrotermal - metasomatik tipte olmuş olabileceğini vurgulamıştır. Erdoğan (1977) Anayatak cevherleşmesinin Maden Formasyonu'na ait bazaltlarla eş oluşumlu volkanojenik masif sülfid yatağı olduğunu belirtmektedir. İleri vd. (1976) Anayatak'ı plaka tektoniği çerçevesinde inceleyerek yatağın, deniz dibi yayılma alanında olduğunu ve üst yayılma ile bugünkü konumunu almış Kıbrıs Tipi bir yatak olarak yorumlamaktadır. Güleç ve Erler (1983) sedimanter, damar tipi ve masif sülfid yataklarının ayrimında kullanılan Co – Ni diyagramından yararlanarak Anayatak'ın, bir masif sülfid yatağı olduğunu ortaya koymustur. Erler (1984) Anayatak cevherleşmesinin Maden Karmaşığı'na ait bazik volkanitlerin içerisinde yer aldığı ve yay ardi yayılma zonunda Kıbrıs Tipi masif sülfid yatağı şeklinde gelişliğini belirtmektedir. Koptagel vd. (1998) yataktaki kükürt izotop çalışmaları yaparak, yatağın oluşumunda hidrotermal çözeltilerden çok, deniz

suyunun etkili olduğunu ortaya koymuşlardır.

Anayatak cevherleşmesinin kökeniyle ilgili farklı görüşler yanında diğer bir problem de cevherleşmenin hangi kayaç grubuya ilişkili olarak geliştiğidir. Araştırmacıların bir kısmı cevherleşmenin Guleman Grubu'na ait ofiyolitlerle (Bamba, 1976; Bamba ve Tin, 1972; İleri vd., 1976), bir kısmı ise Maden Karmaşığı'na ait volkanitlerle (Erdoğan, 1977; Erler, 1984; Karul vd., 1990; Çelik, 1997) ilişkili olduğunu belirtmektedir.

Anayatak cevherleşmesinin kökeni, oluşum ortamı ve hangi kayaç grubu ile ilişkili olarak geliştiği konusunda farklı görüşler bulunmaktadır. Bu çalışmada Anayatak'ta devam eden üretim çalışmalarına paralel olarak elde edilen jeolojik, mineralojik ve jeokimyasal veriler değerlendirilip, cevherleşmenin kökeni, oluşum ortamı ve ne tür kayaçlarla ilişkili olarak geliştiğinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla inceleme alanında yüzeyleyen Guleman Grubu (serpentinit, gabro) ve Maden Karmaşığı'na (diyabaz ve karbonatlı çamurtaş) ait kayaçlar incelenerek; cevher – yan kayaç ilişkisi, cevherleşmenin konumu ve geometrik şekilleri ortaya konulmaya çalışılmıştır. Cevher ve yan kayaçlarından sistematik olarak alınan örneklerden 85 adet parlak kesit, 72 adet ince kesit yapılarak cevherleşmenin ve yan kayaçlarının mineralojik ve dokusal özelliklerini belirlenmeye çalışılmıştır. Cevherleşmenin ve yan kayaçlarının jeokimyasal özelliklerini yorumlamak amacıyla

**ANAYATAK (MADEN – ELAZIĞ) BAKIR CEVHERLEŞMESİNİN JEOLOJİK,
MİNERALOJİK VE JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ**

cevherleşmeden 17, diyabazdan 5 adet örnek Kanada Acme Analytical Laboratuarları'nda ICP - MS ve ICP - ES yöntemleriyle analiz edilmişlerdir. Analiz sonuçları Çizelge 1 ve 2'de verilmiştir.

Çizelge 1. Maden Karmaşığı'na ait diyabazın ana oksit ve bazı eser element analizleri.

Örn. No Ana Oksitler (%)	R64	R68	R77	R79	R81	Ort.
SiO ₂	42.03	50.97	54.15	49.65	36.34	46.63
TiO ₂	0.36	0.50	0.59	0.59	0.24	0.46
Al ₂ O ₃	12.00	16.46	15.63	14.85	19.10	15.61
FeO*	16.68	10.96	12.06	19.30	16.02	15.00
MnO	0.16	0.21	0.14	0.10	0.16	0.15
MgO	18.85	8.65	6.24	8.66	16.29	11.74
CaO	0.33	1.75	3.42	0.08	0.42	1.20
Na ₂ O	0.02	4.41	3.00	0.40	0.08	1.58
K ₂ O	0.03	0.17	0.16	0.10	0.97	0.29
P ₂ O ₅	0.03	0.03	0.05	<.01	<.01	<0.03
LOI	9.30	5.80	4.50	6.20	10.30	7.22
Toplam	99.79	99.91	99.94	<99.94	<99.93	<99.90
S (%)	<.01	0.31	1.02	0.10	0.06	<0.30
Eser Elementler (ppm)						
Sc	32.00	36.00	34.00	31.00	30.00	32.60
V	202.00	265.00	293.00	307.00	143.00	242.00
Cr	1115.25	95.79	82.10	143.68	280.52	343.47
Co	47.30	34.70	48.20	36.10	60.20	45.30
Ni	309.20	39.30	40.30	75.80	76.30	108.18
Cu	5.90	110.40	33.50	1.40	32.00	36.64
Zn	86.00	56.00	66.00	56.00	172.00	87.20
Pb	<.10	0.80	0.40	0.20	<.10	<0.32
Mo	0.40	0.70	1.20	1.80	0.20	0.86
Ag	<.10	<.10	<.10	<.10	<.10	<0.10
Au(ppb)	<.50	<.50	<.50	0.50	<.50	<0.50
Hg	<.01	<.01	<.01	<.01	<.01	<0.01
Tl	<.10	<.10	<.10	<.10	<.10	<0.10
As	<.50	0.80	0.80	<.50	<.50	<0.62
Ga	10.80	14.00	14.70	13.60	11.30	12.88
Cs	0.30	0.40	0.20	0.20	1.20	0.46
Rb	0.70	1.40	1.30	1.70	11.10	3.24
Sr	8.30	161.90	139.50	15.00	12.50	67.44
Ba	<5.00	193.00	31.00	41.00	174.00	<88.80
Y	9.70	12.00	18.20	15.30	10.50	13.14
Zr	16.40	20.10	29.20	22.50	7.10	19.06
Nb	<.50	<.50	0.60	0.70	<.50	<0.56
Hf	0.80	0.80	1.10	0.90	<.50	<0.82
Ta	<.10	<.10	<.10	<.10	<.10	<0.10
Th	0.20	<.10	0.20	0.20	0.10	<0.16

Çizelge 2. Anayatak cevherleşmesinin ana oksit ve bazı esen element analizleri ve örneklerin mineralojik bileşimi. Py : kalkopirit, Cr: kromit, Hm: hematit, Kb: kükürt, Lm: limonit, Mk: markazit, Mn: manyetit, Pld: pentlandit, Po : pirorotin, Py: pirit, Slk: silikat mineraleri.

Ör. No	M32	M113	M125	M154	M24	M44	M46	M51	M129	M146	M26	M31	M49	M59	M48	M52	M72
Manyetitçe Zengin Örnekler																	
Mineral Mn-Py Mn-Hm Mn-Cpy Mn-Slk Bileşimi Sil-Py Cr-Po İ.m. Cr-Po																	
Ana Oksitler (%)																	
SiO ₂ 7,48																	
TiO ₂ 0,45																	
Al ₂ O ₃ 7,19																	
FeO* 79,17																	
MnO 0,02																	
MgO 0,80																	
CaO 0,53																	
Na ₂ O 0,01																	
K ₂ O 0,68																	
P ₂ O ₅ < 0,01																	
LoI 10,90																	
Toplam < 99,54																	
S (%) 16,55																	
Eser Elementler (ppm)																	
Sc < 1,00																	
V 11,00																	
Cr 2360,49																	
Co 200,00																	
Ni 224,50																	
Cu 2319,60																	
Zn 7,00																	
Pb 0,70																	
Mo 2,10																	
Ag 1,00																	
Au (ppm) 195,10																	
Hg 0,11																	
Tl 0,50																	
As 10,00																	
Ga 8,10																	
Cs 0,80																	
Rb 3,40																	
Sr 4,80																	
Ba 9,00																	
Y 10,00																	
Zr < 50																	
Nb < 50																	
Hf < 50																	
Ta < 10																	
Th < 10																	
Bazi Element Oranları (ppm)																	
Cu Oranı 99,70																	
Zn Oranı 90,91																	

ANAYATAK (MADEN – ELAZIĞ) BAKIR CEVHERLEŞMESİNİN JEOLOJİK, MINERALOJİK VE JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

Maden Karmaşığı ise diyabaz ve karbonatlı çamurtaşları ile temsil edilmektedir.

2.1. Guleman Grubu

Elazığ'ın Guleman ilçesinde tipik yüzeylemelerini sunan Jura (?) – Alt Kretase yaşı Guleman Grubu; Özkan (1984), Özkan ve Öztunalı (1984) ve Bingöl (1986)'e göre tektonit ve kümülatlardan oluşan eksik bir ofiyolitik istiftir. Bingöl (1986) Guleman Ofiyolitleri'nin Üst Triyas - Alt Kretase aralığında Keban Masifi ile Bitlis - Pütürge masifleri arasında gelişen okyanus tabanı ürünü olduğunu ve Alt Kretase sonunda güneyde bulunan Bitlis - Pütürge masiflerinin üzerine bindirdiğini belirtmektedir. Erdoğan (1982) Ergani - Maden yöresindeki çalışmasında, Guleman Grubu'nu tabanda dünit, harzburjit, lerzolit ve piroksenit yığışmlarından oluşan peridotit, ortada bantlı gabro ve en üstte bazalt, bazaltik yastık lav ve diyabaz dayklarından oluşan bazalt olmak üzere birbirileyle geçişli üç birime ayırmıştır. Özkan ve Öztunalı (1984) ise, Guleman Grubu'nun tabanında 0,5 - 10 m kalınlığında dünit ve podiform kromit içeren harzburjitlerden oluşan tektonitlerden, dünit - verlit - klinopiroksenit ardalanması ve gabrolardan oluşan kümülatlardan ve ofiyolitlerle arazide ilişkisi görülmeyen, ancak jenetik olarak ilişkili olduğunu düşündükleri volkanitlerden oluştuğunu belirtmektedirler.

Guleman Grubu; inceleme alanında yukarıda belirtilen birimlerden sadece

serpentinit ve gabro ile temsil edilmektedir (Şekil 1).

Serpantinit: Guleman Grubu'nun en yaşlı ve en yaygın litolojisi konumundaki serpentinit, arazide gri, grimsi - yeşil, sarımsı - yeşil, koyu yeşil ve mavimsi - yeşil renk tonlarında izlenmektedir. Yoğun tektonizma nedeniyle serpentinitte kayma yüzeyleri ve yapraklanmalar ortaya çıkmıştır. Peridotitlerin yoğun alterasyonuyla ortaya çıkan serpentinit, dayanımsız bir yapı sunmaktadır.

Serpantinit; esas olarak antigorit ve krizotil ile temsil edilmektedir. Bu mineralere az oranlarda kalsit, piroksen, kuvars ve opak mineraller (manyetit, pirrotin, pirit ve kromit) eşlik etmektedir. Antigorit kristallerinin içerisinde olivin kalıntılarının görülmesi, serpentin minerallerinin olivinin alterasyonu ile ortaya çıktığını işaret etmektedir. Antigorit, göz benzeri bir yapı sunarken, genellikle antigoritin kristal sınırlarında ve çatlak sistemlerinde yoğunlaşan krizotil ağsı bir yapı sunmaktadır.

Gabro: Serpentinite oranla daha sınırlı gözlenen gabro, arazide açık yeşil, grimsi - yeşil ve yeşilimsi - gri renklerde izlenmektedir. Orta ve iri taneli kristallerden oluşan gabro, serpentiniti intrüzif olarak kesmektedir. Bölgedeki etkin tektonizma, serpentinit ile gabro arasında keskin ve faylı dokanakların oluşumuna neden olmuştur (Şekil 1). Serpentinite oranla daha az altere olan gabro, serpentinit içerisinde dayanıklı sarp çıkışlıklar oluşturmaktadır.

Esas olarak granüler dokulu gabro nadiren de olivinli gabro bileşimindedir.

Ana bileşenlerini çoğunlukla plajiyoklas ve piroksen, daha az oranlarda da kuvars ($< 5\%$) oluşturmaktadır. Kuvars, klorit, kalsit, epidot ve zeolit ikincil bileşenler; opak mineraller (manyetit, hematit, pirit, kalkopirit ve pirrotin) ve apatit ise tali bileşen şeklinde bulunmaktadır. Olivinli gabro, bu mineralojik bileşime ek olarak olivin de içermektedir.

Plajiyoklaslar; serizitleşme, karbonatlaşma, sosurtleşme ve silisleşme türü alterasyonlar göstermektedir. Albit ikizlerinde ölçülen $28^\circ - 32^\circ$ 'lik sönme açılarına göre plajiyoklas türü, An_{50-56} bileşimine sahip labradordur. Piroksenler, tek yönlü dilinimli ve eğik sönümeli olup, $47^\circ - 48^\circ$ 'lik sönme açılarıyla esas olarak ojıt bileşimlidir. Yer yer daha düşük sönümeli (37°) pijonit bileşimli piroksen kristallerine de rastlanmaktadır. Piroksenlerde yoğun kloritleşme, silisleşme, uralitleşme ve karbonatlaşma türünde alterasyonlar görülmektedir. Olivin ise yer yer serpantinleşme göstermektedir.

2.2. Maden Karmaşığı

Elazığ'ın Maden ilçesi ve çevresinde en yaygın ve tipik yüzeylemelerini sunan Orta Eosen yaşı Maden Karmaşığı, Jura - Alt Kretase yaşı Guleman Grubu'nun üzerine genellikle uyumsuz olarak gelmektedir. Ancak yoğun tektonizma nedeniyle iki birimin arasında faylı dokanaklara da rastlanmaktadır (Şekil 1).

Karmaşının tektonik yönden aktif bir ortamda oluşması ve yoğun volkanik faaliyetlerin sedimentasyona eşlik etmesi nedeniyle birim bölgesel ölçekte; volkanik

(bazalt, andezit, andezitik bazalt, bazaltik andezit, bazaltik - andezitik yastık lav, aglomera, tuf ve diyabaz), volkanosedimanter (yer yer kireçtaşları blokları içeren ve volkanitlerle arakatkılı çamurtaşları - kumtaşı - şeyl ardalanması) ve sedimanter (gri ve pembe renkli kireçtaşları) olmak üzere farklı kayaç grupları ile temsil edilmektedir (Erdoğan, 1982; Erdem, 1987; Üstüntaş, 1988; Altunbey ve Sağıroğlu, 1995).

Bölgesel ölçekte farklı litolojilerle temsil edilen Maden Karmaşığı, inceleme alanında sadece diyabaz ve karbonatlı çamurtaşından meydana gelmektedir.

Diyabaz: Genellikle yeşil renkli ve kloritleşmeye bağlı olarak yeşilin farklı tonlarında izlenmektedir. Tektonizma nedeniyle kırıkkılı ve çatlaklı bir yapı kazanan diyabaz, Guleman Grubu'na ait serpentinit üzerinde yer almaktadır. Ancak, serpentinitle yer yer faylı dokanak da oluşturmaktadır. Diyabazla Guleman Grubu'na ait gabro birbirleriyle tektonik dokanaklıdır (Şekil 1). Diyabazlar, cevherli ve cevhersız diyabaz olmak üzere iki farklı şekilde görülmektedir. Anayatak cevherleşmesi, cevherli diyabaz içerisinde yer almaktadır. Cevherli diyabaz üste doğru, cevhersız diyabaz ve karbonatlı çamurtaşına geçmektedir.

Diyabaz; intersertal, intergranüler, subofitik ve ofitik olmak üzere değişik doku türleri göstermektedir. Diyabazın esas bileşenlerini plajiyoklas, piroksen ve kuvars; ikincil bileşenlerini klorit, kuvars, kalsit ve epidot oluşturmaktadır. Tali bileşen olarak opak mineraller ve apatit bulunmaktadır. Cevherli diyabaz

ANAYATAK (MADEN – ELAZIĞ) BAKIR CEVHERLEŞMESİNİN JEOLOJİK, MINERALOJİK VE JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

cevheresiz diyabazdan yoğun klorit, opak mineral ve kuvars içermesi ile ayrılmaktadır.

Plajiyoklas taneleri; karbonatlaşma, serizitleşme, silisleşme ve sosuritleşme türünde alterasyonlar göstermektedir. Alterasyon, cevherli diyabaza doğru artmaktadır. Albit ikizlerinde sönme açısı 20° - 24° arasında olup, plajiyoklas türü % 39 - 44 anortit içeren andezin bileşimindedir. Piroksen taneleri ise; kloritleşme, silisleşme ve uralitleşme türü alterasyonlar göstermektedir. Diyabazda az oranlarda izlenen esas bileşen durumundaki kuvars, genellikle diğer esas bileşenlerin mineral sınırlarında yoğunlaşmıştır.

Diyabazın kırık ve çatlak sistemleri ile ana bileşenlerin tane sınırları; genellikle klorit, kuvars, kalsit ve yer yer de epidot gibi ikincil bileşenler tarafından doldurulmuştur. Cevherli diyabaza doğru klorit ve kuvars oranlarında artış gözlenmektedir. Cevherli diyabazda yoğun olarak izlenen opak mineralere (pirit, kalkopirit, pirrotin, manyetit yer yer kromit, hematit, pentlandit ve kübanit) genellikle klorit ve kuvars, daha az oranlarda ise kalsit eşlik etmektedir.

Karbonatlı Çamurtaşı: Maden Karmaşığı'nın en genç litolojisi konumundaki karbonatlı çamurtaşının, diyabazla yanal ve düşey yönde geçişlilik arzederken, iki litoloji arasında yer yer faylı dokanaklara da rastlanmaktadır (Şekil 1). İnce taneli, kıraklı – çatlaklı, yarı belirgin tabakalanmalı ve yer yer laminalı bir görünümü olan karbonatlı çamurtaşının, arazide kırmızımsı, yeşilimsi ve gri

renkler sunmaktadır. Volkanizmanın yaygın olduğu yerlerde demiroksit oluşumlarından dolayı kırmızının değişik tonlarında, volkanik arakatkıların izlenmediği yerlerde ise yeşilimsi ve gri renkli olarak izlenmektedir.

Karbonatlı çamurtaşında Nummulit ve Discocyclina fosilleri saptanmıştır. Bu fosiller, Maden Karmaşığı'nın oluşum yaşı olarak bilinen Orta Eosen yaşıını vermektedir. Perinçek (1979), Yazgan (1981), Aktaş ve Robertson (1984), Sungurlu vd. (1985) de Maden Karmaşığı'na ait değişik litolojilerde saptadıkları fosillere dayanarak birimin Orta Eosen yaşlı olduğunu belirtmektedirler.

İnceleme alanında Anayatak cevherleşmesini içerisinde bulunduran ve üsteki doğru karbonatlı çamurtaşına geçen diyabaz, bazı araştırmacılar tarafından Guleman Grubu'na dahil edilmektedir. Ancak; Guleman Grubu, tipik yüzeylemelerinin tamamında eksik bir ofiyolitik istif niteliğinde olup, sadece tektonit ve kümülatlarla temsil edilmektedir. İnceleme alanında diyabazın Orta Eosen yaşıını veren karbonatlı çamurtaşı ile yanal ve düşey geçişlilik göstermesi, yer yer diyabaza ait arakatkılar içermesi, diyabazın Maden Karmaşığı'na ait olduğuna işaret etmektedir.

Turan vd. (1995) bölgesel anlamda yaptıkları çalışmada Maden Karmaşığı'nın oluşum ortamını ve Guleman Grubu ile ilişkisini açıklamaya çalışmışlardır. Araştırmacılar, Geç Triyas'tan itibaren Bitlis - Pütürge

masiflerinin güneyinde Neotetis Okyanusu'nun ana güney koluunu açıldığını ve bu kolu Geç Kretase'den itibaren kuzeye doğru dalmaya başladığını, Geç Maestrihtyen - Geç Paleosen aralığında ise Pütürge Metamorfitleri ve bunun üzerinde tektonik olarak bulunan ofiyolitlerin (Guleman Grubu) blok faylanmaya uğramasıyla yay ardi bir havza olarak Hazar Havzası'nın gelişmeye başladığını belirtmektedirler. Turan vd. (1995) bu havzanın Orta Eosen'de bir yandan alanını genişletirken diğer yandan da etkin bir denizaltı volkanizmasına sahne olduğunu ve Maden Karmaşığı'nın, Neotetis Okyanusu'nun güney koluunu kapanmasıyla ilişkili olarak meydana gelen Bitlis - Pütürge gerilmeli yayının yay arındaki havzada oluştuğunu savunmaktadır.

Bu çalışmada da Anayatak cevherleşmesini içerisinde bulunduran Maden Karmaşığı'nın, Pütürge Metamorfitleri ve bunun üzerinde tektonik olarak bulunan ofiyolit karakterli Guleman Grubu'nun blok faylanması sonucu gelişen yay ardi havzadaki volkanizmayla ilişkili olabileceğini göstermektedir.

3. CEVHERLEŞME

3.1. Cevherleşmenin Saha Özellikleri

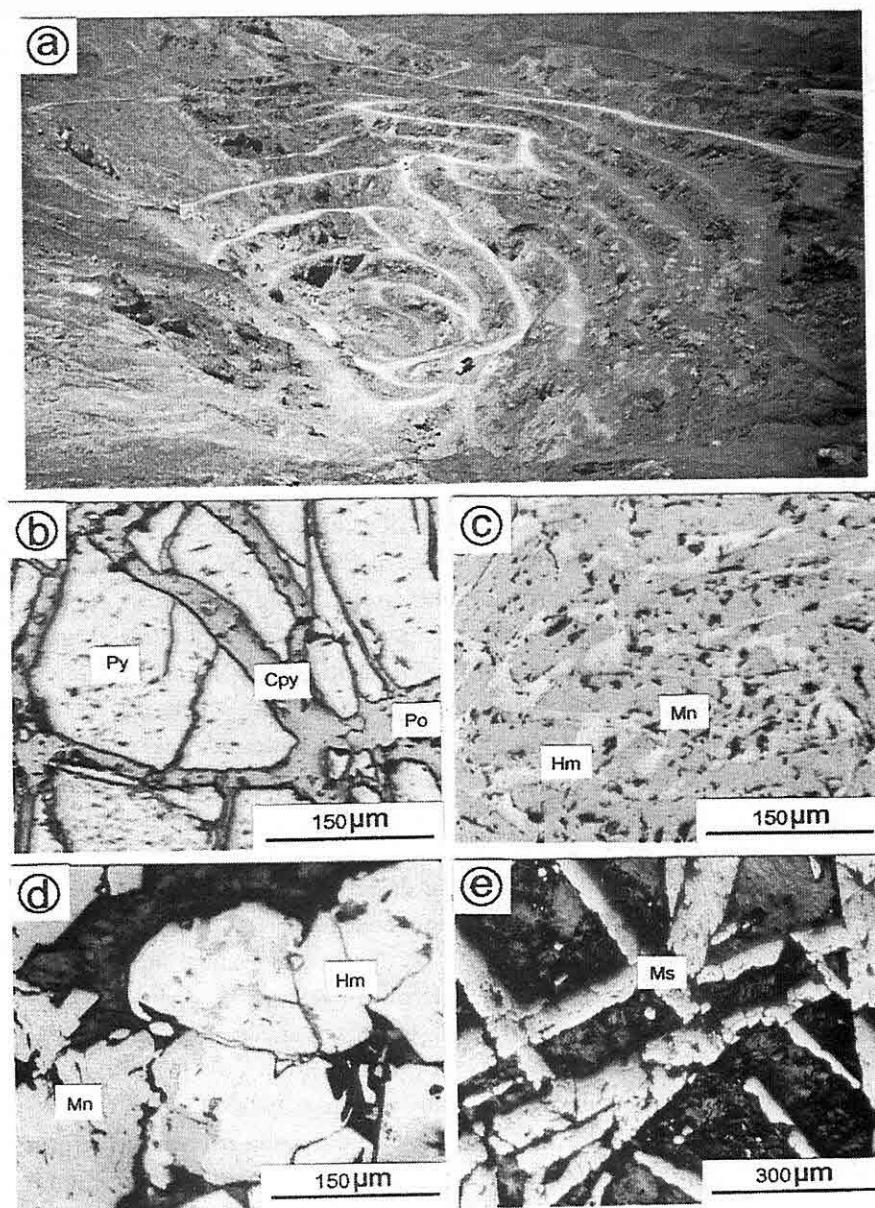
Elazığ'ın Maden İlçe merkezinin 1 km güneybatısında yer alan Anayatak cevherleşmesinde cevher, açık işletme yöntemiyle alınmaktadır. Açık işletme sınırları, harita alanının tamamını kapsamaktadır. Yatak; kuzeybatı - güneydoğu uzanımlı, yaklaşık 1 km uzunluğunda, 500 m genişliğinde ve 180

m derinliğinde bir elipsoid şeklindedir (Şekil 1 ve 2a).

Cevherleşme, Maden Karmaşığı'na ait diyabazın içerisinde yer almaktadır. Diyabazın cevherleşme içeren kesimlerinde yoğun olarak kloritleşme ve silisleşme görülmektedir. Mercek şeklinde gelişen Anayatak cevherleşmesi; üstten alta doğru masif cevher, ağsı - saçınımlı cevher, sülfid mineral damar ve damarcıkları tarafından kesilen saçınımlı cevher ve manyetit kütlesi şeklinde bir dizilim sunmaktadır. Bu özellikleri cevherleşmenin Kıbrıs Tipi masif sülfid yatağına benzediğine işaret etmektedir. Bilindiği gibi Kıbrıs Tipi masif sülfid yatakları, üstte çoğulukla merceğimsi veya bazik volkanitlerle uyumlu tabaka şeklinde bir masif cevher kütlesi ile altta bazik volkanitler ve volkanoklastitler içinde ağsı ve saçınımlı cevher kütelerinden oluşmaktadır (Hutchinson, 1983). Masif sülfid yatakları % 90'ın üzerinde demir sülfid (çoğulukla pirit) içerirler. Bazı yataklarda pirrotin de baskın olarak izlenebilmektedir. Manyetit oranının artmasıyla cevher, manyetit ve veya hematitin masif oksit cevherine geçer (Evans, 1993). Anayatak cevherleşmesinde de masif sülfid yataklarındakine benzer özellikler görülmektedir.

Masif cevher, yoğun şekilde kalkopirit, pirit ve pirrotin içermesi nedeniyle sarının değişik tonlarında izlenmektedir. Ağsı - saçınımlı cevherde cevher mineralleri koyu yeşilimsi - siyahımsı renkli yoğun şekilde kloritleşmiş diyabazda ağsı ve saçınımlı bir yapı sunmaktadır. Saçınımlı

ANAYATAK (MADEN – ELAZIĞ) BAKIR CEVHERLEŞMESİNİN JEOLOJİK,
MINERALOJİK VE JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ



Şekil 2. a: Anayatak açık işletmesinin genel görünümü, b: Piritlerde kataklastik doku. Piritlerin (Py) çatlaklarındaki kalkopirit (Cpy) ve pirrotin (Po) (T.N. x 200), c: Manyetitlerdeki (Mn) hematit (Hm) ayrılımları (T.N. x 200), d: Manyetitlerdeki (Mn) martitleşme (Hm) (T.N. x 200), e: Muşketofit (Ms) kristallerinin mikroskopik görünümü (T.N. x 100).

cevher de cevher mineralleri ağsı - saçınımlı cevherde olduğu gibi koyu yeşilimsi - siyahımsı renkli kloritleşmiş diyabazın içerisinde saçınımlı olarak gözlenmektedir. Saçınımlı cevherin altında bulunan manyetit kütlesi baskın olarak manyetitten oluşması nedeniyle siyahımsı rengiyle dikkat çekmektedir. Çağatay (1977) manyetit kütlesinin en iyi, açık işletmenin bugün göçmuş halde bulunan 1143 m galerisinde gözlendiğini belirtmiştir. Bugünkü konumuyla manyetit kütlesi, esas olarak Anayatak'ın orta kısımlarında 1145 m'nin altında bulunmaktadır.

Anayatak'ta serpentinit - diyabaz ve diyabaz - gabro dokanağında kuzeybatı - güneydoğu doğrultulu faylar izlenmektedir (Şekil 1). Bu faylara dik olarak gelişen kuzeydoğu - güneybatı doğrultulu faylar, bölgedeki bütün litolojileri ve cevherleşmeyi kesmektedir.

3.2. Cevherleşmenin Mineralojik Özellikleri

Üretim çalışmalarına paralel olarak yürütülen jeolojik ve mineralojik incelemeler Anayatak cevherleşmesinin; üstten alta doğru masif cevher, ağsı - saçınımlı cevher, saçınımlı cevher ve manyetit kütlesinden olduğunu göstermektedir.

Anayatak'ta masif cevher esas olarak pirit, kalkopirit ve pirrotin daha az oranlarda ise manyetit, kromit, pentlandit, kübanit, markazit, sfalerit ve limonit içermektedir.

Masif cevherden ağsı - saçınımlı cevhere doğru sülfid minerallerinde

kışmen azalma gözlenirken, pirit yine en fazla görülen opak mineral konumundadır. Ağsı - saçınımlı cevherde; pirit, pirrotin, manyetit, kalkopirit daha az oranlarda kromit, pentlandit, kübanit ve hematit görülmektedir.

Saçınımlı cevher, masif cevherde gözlenen minerallere ilave olarak yer yer hematit de içermektedir. Saçınımlı cevherde cevher mineralleri, genel olarak klorit içerisinde ve kloritleşmiş silikat minerallerinin kristal sınırlarında yoğunlaşmıştır. Masif sülfid yataklarının başlıca gang minerallerini kuvars, klorit ve kalsit oluşturmaktadır (Evans, 1993). Saçınımlı cevherde de cevher mineralleriyle birlikte klorit dışında yer yer kuvars ve kalsitin görülmesi, Anayatak cevherleşmesinin masif sülfid yatağı olabileceğine işaret etmektedir.

Manyetit kütlesinde manyetitten sonra en yaygın cevher minerali hematittir. Bu minerallere daha az oranlarda kromit, pirit, kalkopirit, pirrotin, pentlandit ve kübanit ile ikincil oluşum konumundaki limonit eşlik etmektedir.

Pirit: Cevher mineral topluluğunun en yaygın bileşeni olan pirit, özşekilliden özşekilsize kadar değişen şekillere sahip olup, tane boyu çok ince taneliden 3 mm'ye kadar çıkmaktadır. Genellikle kataklastik dokuda izlenen piritlerin kırık ve çatlaklarına masif, ağsı - saçınımlı ve saçınımlı cevherde genellikle silikat mineralleri (kuvars, klorit ve kalsit), pirrotin ve kalkopirit yerleşmiştir (Şekil 2b). Masif cevherde yer yer tesbih taneleri şeklinde bir dizilim sunan ince taneli ve kolloform yapılı piritler, melnikovit - pirit

ANAYATAK (MADEN – ELAZIĞ) BAKIR CEVHERLEŞMESİNİN JEOLOJİK, MİNERALOJİK VE JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

olarak düşünülmektedir. Saçınımılı cevherden manyetit kütlesine geçişte piritlerin içerisinde kapanım halinde manyetit yer yer de kromit kristallerine rastlanmaktadır.

Manyetit: Esas olarak manyetit kütlesinde daha az oranlarda ise diğer cevher türlerinde izlenmektedir. Cevher türlerinin tamamında genellikle özsekilli ve yarı özsekilli kristaller halinde izlenen manyetitlerin tane boyu, çok ince taneliden 1000 µm'ye kadar ulaşmaktadır.

Manyetit kütlesinde genellikle masif yapıda izlenen manyetit, manyetit kütlesinde yer yer de mozaik dokuda izlenebilmektedir. Manyetitlerin mineral sınırları ile kırık ve çatlak sistemlerine silikat mineralleri (kuvars, klorit ve kalsit), kalkopirit, pirit ve pirrotin nadiren de ikincil oluşumlardan limonit yerleşmiştir. Manyetit kütlesinde manyetitler yer yer silikat minerallerini (piroksenleri) ornatır şekilde de izlenmektedir. Manyetit kütlesinde ve saçınımılı cevherde manyetitler kromit kapanımları içерdiği gibi yer yer de kromitlerin kırık ve çatlak sistemlerine yerleşmiştir. Manyetitlerin bir kısmında hematit ayrımları (Şekil 2c) izlenirken, bir kısmında kenarları boyunca martitleşme (Şekil 2d) görülmektedir. Hematit ayrımları içeren manyetitler yoğun olarak manyetit kütlesinde ve saçınımılı cevherde bulunmaktadır. Manyetit kütlesinde işinsal - çubuksu kristaller halinde bulunan muşketofit kristalleri kafes yapısı oluşturmaktadır (Şekil 2e).

Pirrotin: Pirrotin esas olarak masif cevherde azalan oranlarda ağsı – saçınımılı

ve saçınımılı cevher ile manyetit kütlesinde bulunmaktadır. Pirrotin cevher türlerinin tamamında genellikle özsekilsiz masif yığışımlar halindedir. Masif, ağsı - saçınımılı ve saçınımılı cevherde görülen pirrotin, iki farklı şekilde izlenmektedir. Bunların bir kısmı yoğun dönüşüm ürünleri şeklinde görülürken, bir kısmı da dönüşümlerden etkilenmemiş şekilde izlenmektedir. Yoğun dönüşüm ürünlerinin gözlendiği pirrotinler, kenarları boyunca pirite merkezi kısımlarında ise markazite dönüşmüştür (Şekil 3a). Bazı dönüşümler oldukça ince taneli olması nedeniyle isimlendirilememektedir. İnce taneli bu ürün, "Ara Ürün" olarak tanımlanmaktadır (Ramdohr, 1980). Pirrotinlerin pirite dönüsürü kesimlerde genellikle kuş gözü dokusu gelişmiştir (Şekil 3a). Dönüşüm ürünlerinin görüldüğü pirrotinlerin çatlak sistemlerinde ve tane sınırlarında genellikle kalkopirit (Şekil 3a) kısmen de dönüşümlerden etkilenmemiş pirrotinler görülmektedir. Dönüşümlerden etkilenmemiş pirrotinlerin içerisinde ara ürün, pirit, manyetit yer yer de pentlandit ve kromit kapanımları izlenmektedir.

Kalkopirit: Anayatak cevherleşmesinin bakır taşıyıcı ana minerali olan kalkopirit, esas olarak masif cevherde, azalan oranlarda ağsı - saçınımılı cevher, saçınımılı cevher ve manyetit kütlesinde görülmektedir. Kalkopirit masif cevherde çoğulukla tek mineral olarak masif şekilde izlenmektedir. Diğer cevher türlerinin tamamında çoğulukla özsekilsiz görüñümlü ve bir nevi cimento malzemesi görevi gören kalkopirit; esas

olarak pirit, pirrotin ve manyetit (Şekil 3b) kısmen de kromit, markazit ve hematit kapanımları içermektedir. Kalkopirit, yer yer manyetit, pirrotin ve piritleri ornatır şekilde de izlenmektedir (Şekil 3c, 3d). Saçınımı ve ağısı - saçınımı cevherde genellikle silikat minerallerinin içerisinde özsekilsiz saçınımı kristaller halinde izlenen kalkopirit, saçınımı cevherde kenarları boyunca yer yer kovellin ve kalkozine dönüşmüştür.

Kromit: Esas olarak manyetit kütlesinde yoğunlaşan kromit, genellikle manyetit yer yer silikat mineralleri (kuvars, klorit ve kalsit), pirit, kalkopirit ve pirrotin, nadiren de markazit içerisinde saçınımı taneler halinde izlenmektedir. Kromit kristalleri özsekilli ve yarı özsekilli olup yer yer kırıklı ve çatlaklıdır. Tane boyu çok ince taneliden 1000 µm'ye kadar çıkmaktadır. Masif ve saçınımı cevher ile manyetit kütlesinde kromitler, kenarları ve çatlakları boyunca yer yer manyetite dönüşerek manyetitlerin içerisinde kalıntı kristaller halinde kalmıştır (Şekil 3b). Çağatay (1977), yer yer kromit kalıntısı içeren bu tür manyetitlerin kısmen de olsa kromitten hidrotermal alterasyonla dönüşerek oluştularını belirtmektedir. Kromitin manyetite dönüşümyle birlikte ortaya çıkan Cr'un manyetit ve klorit gibi minerallerde Fe'in yapısına girdiği düşünülmektedir. Cr⁺³, bilindiği gibi benzer iyon yarıçapları nedeniyle daima Ti⁺⁴, Al⁺³, Fe⁺², Fe⁺³ ve Mg⁺²'nin yerine geçmektedir (Wedepohl, 1978).

Hematit: Manyetit kütlesinde yoğun olarak izlenen hematit, manyetitlerin ayırmaları ve manyetitten dönüşümüler

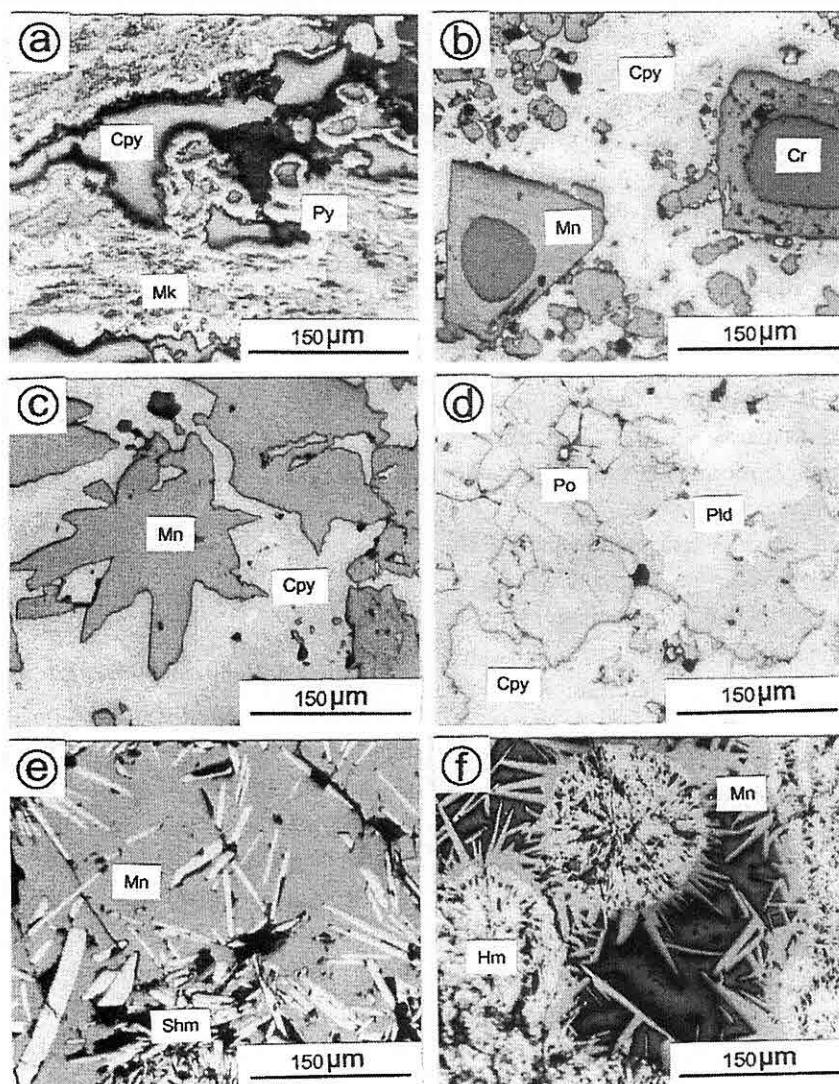
şeklinde veya silikat minerallerinin içerisinde ve manyetit kristallerinin arasında özsekilli - ıshıksal çubuklar şeklinde bir görünüm sunan spekülar hematit (Şekil 3e) niteliğindedir. Hematitler genellikle ince, uzun çubuksu kristaller halindedir. Hematitlerin bir kısmı özsekilsiz görünen olup, büyük çoğunluğu manyetitten dönüşmüştür. Saçınımı cevherde hematitler yer yer manyetitlerle ardalanmalı yuvarlaşmış veya elips şeklinde kolloform doku oluşturmaktadır (Şekil 3f). Kolloform dokunun merkezi kısmında manyetit veya hematit bulunmaktadır. Manyetit - hematitler arasında ve piritlerde gelişen kolloform doku, masif sülfid yataklarında yaygın olarak izlenen kolloidal çökelmeyi göstermektedir.

Pentlandit ve Kübanit: Pirrotinler içerisinde saçınımı taneler halinde izlenen pentlandit (Şekil 3d) ve kübanitin tane boyları, çok ince taneliden 200 mm'ye kadar çıkmaktadır. Pentlandit, kübanite oranla daha iri kristalli olup ve daha yaygındır. Genellikle yarı özsekilli ve özsekilsiz bir görünüme sahip bu mineraller, yer yer çubuksu biçimde de izlenirler. Masif cevherde pentlanditler yer yer manyetit kapanımları içermektedir.

Markazit: Masif ve saçınımı cevherde izlenen markazit, pirrotinlerin dönüşümü sonucu ortaya çıkış olup, genellikle lamelli bir yapı sunmaktadır. Pirrotin, merkezi kısımlarında markazite dış kısımlarında ise pirite dönüşmüştür (Şekil 3a).

Sfalerit: Anayatak cevherleşmesinde nadiren gözlenen sfalerit, daha çok masif

ANAYATAK (MADEN – ELAZIĞ) BAKIR CEVHERLEŞMESİNİN JEOLOJİK,
MINERALOJİK VE JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ



Şekil 3. a: Pirrotinlerin (Po) alterasyonuyla oluşan pirit (Py) ve markazit (Mk) ile piritlerdeki kuş gözü dokusu (T.N. x 200), b: Kalkopirit (Cpy) içinde manyetit (Mn) kapanımları ve kromitlerin (Cr) kenarları boyunca manyetite dönüşümü (T.N. x 200), c: Kalkopirit (Cpy) tarafından ornatılan manyetitler (Mn) (T.N. x 200), d: Kalkopirit (Cpy) tarafından ornatılan pirrotin (Po) ve pirrotin içindeki pentlandit (Pld) (T.N. x 200), e: Manyetit (Mn) içindeki spekülar hematit (Shm) (T.N. x 200), f: Manyetit ve hematit arasında gelişen kolloform doku (T.N. x 200).

ve saçınımlı cevherde izlenmektedir. Tane boyu, çok ince taneliden 600 mm'ye kadar ulaşmaktadır. Silikat minerallerinin içerisinde genellikle özsekilsiz saçınımlı taneler halinde gözlenen sfalerit, küçük kristaller halinde kalkopirit ve pirrotin kapanımları içermektedir.

Limonit: İkincil oluşum konumundaki limonit, masif ve saçınımlı cevherde genellikle pirrotin ve kalkopiritin kırık ve çatlak sistemlerinde görülmektedir. Manyetit kütlesinde ise çoğunlukla speküler hematitlerin tane sınırlarına yer yer de manyetitlerin tane sınırlarıyla çatlak sistemlerine yerleşmiştir.

Masif sülfid yataklarında genellikle kolloidal, kolloform, bantlı, özsekilli ve yarı özsekilli, kataklastik ve jelimsi cevher dokularına sıkça rastlanmaktadır (Edwards ve Atkinson, 1986). Benzer dokulara Anayatak cevherleşmesinde de sıkça rastlanması, cevherleşmenin; masif sülfid yatağı niteliğinde olabileceğini göstermektedir.

4. JEOKİMYA

Jeolojik ve mikroskopik incelemeler, Anayatak cevherleşmesinin Maden Karmaşığı'na ait diyabazın içerisinde yeraldığını ve kökensel olarak bunlarla ilişkili olabileceğini göstermektedir. Cevherleşmenin ve yan kayaçlarının jeokimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla cevherleşmelerden 17, diyabazdan 5 adet örnek analiz edilmiş ve sonuçlar Çizelge 1 ve 2'de verilmiştir.

4.1. Yan Kayaç Jeokimyası

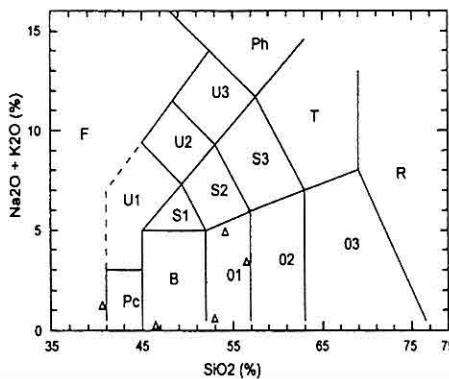
Yan kayaç durumundaki diyabazda

SiO_2 içeriği, ortalama % 46,63'tür (Çizelge 1). Bu, diyabazın bazik bileşimli olduğuna işaret etmektedir. Diyabazda ortalama % 15,61 Al_2O_3 , % 15,00 FeO^* , % 11,74 MgO , % 1,20 CaO ve % 1,58 Na_2O bulunmaktadır. Diyabazın ana oksit içerikleri, mineralojik bileşimleriyle (piroksen, plajiyoklas ve kuvars) tamamen uyum içindedir. Diğer ana oksitler ise, daha düşük oranlarda izlenmektedir (Çizelge 1). Eser elementlerden Sc, V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Rb, Sr, Ba, Y ve Zr, diğer eser elementlere (Pb, Mo, Ag, Au, Hg, Tl, As, Cs, Nb, Hf, Ta, Th) oranla yüksek değerlerdedir (Çizelge 1). Pb, Mo, Ag, Au, Hg, Tl, As, Cs, Nb, Hf, Ta ve Th ise düşük veya deteksiyon limitinin altında değerlere sahiptir.

Kayaç isimlendirme diyagramlarında ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ - SiO_2 ve K_2O - SiO_2) değerlendirilen diyabaz örnekleri genel olarak bazaltik andezit alanında yoğunlaşmaktadır (Şekil 4 ve 5). R64 ve R81 nolu örnekler düşük SiO_2 , Na_2O ve K_2O içeriği nedeniyle diğer örneklerden farklı olarak $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ - SiO_2 diyagramında R64 nolu örnek bazalt alanına, R81 nolu örnek ise pikrobazalt - foidit sınırlına düşerken; R64 nolu örnek K_2O - SiO_2 diyagramında bazalt - bazaltik andezit alanlarının dışında konumlanmıştır (Şekil 4 ve 5). Yüksek potasyumlu - orta potasyumlu ve düşük potasyumlu magma serilerinin ayrıldığı K_2O - SiO_2 diyagramında diyabazın düşük potasyumlu karakterde olduğu görülmektedir (Şekil 5).

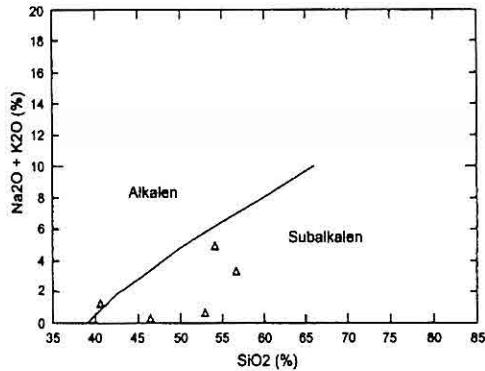
Maden Karmaşığı'na ait magmatik kayaçların seri karakterlerini belirlemek

**ANAYATAK (MADEN – ELAZIĞ) BAKIR CEVHERLEŞMESİNİN JEOLOJİK,
MİNERALOJİK VE JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ**

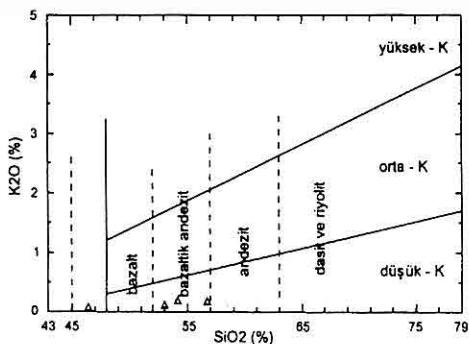


Şekil 4. Maden Karmaşığı'na ait diyabaz örneklerinin $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ - SiO_2 diyagramındaki (Le Maitre, 1989) dağılımı. Pc: Pikrobazalt, B: Bazalt, 01: Bazaltik andezit, 02: Andezit, 03: Dasit, R: Riyolit, T: Trakit - Trakidasit, S1: Trakibazalt, S2: Bazaltik trakiandezit, S3: Trakiandezit, U1: Tefrit - Bazanit, U2: Fonotefrit, U3: Tefrifonolit, Ph: Fonolit, F: Foidit.

amacıyla $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ - SiO_2 ve FeO^* - $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ - MgO diyagramları kullanılmıştır (Şekil 6 ve 7). Analiz sonuçları, $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ - SiO_2 diyagramında değerlendirilerek, R81 nolu örnek hariç diğer örneklerin subalkaleni alanda yer aldığı görülmüştür (Şekil 6).



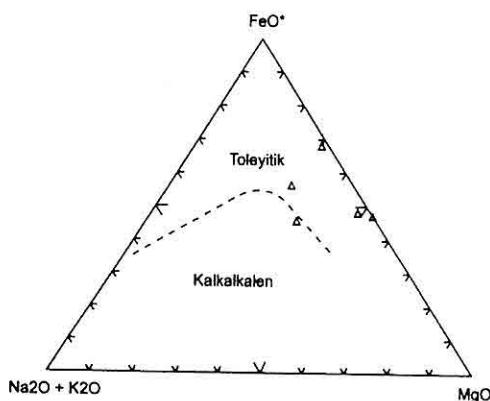
Şekil 6. Maden Karmaşığı'na ait diyabaz örneklerinin $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ - SiO_2 diyagramındaki (Irvine ve Baragar, 1971) dağılımı.



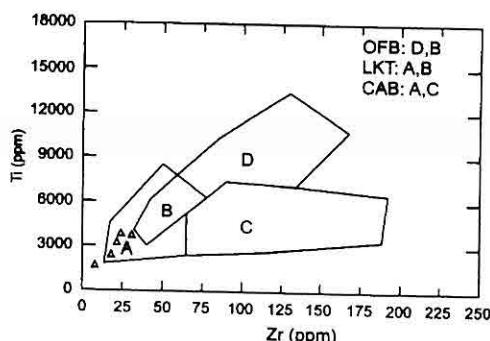
Şekil 5. Maden Karmaşığı'na ait diyabaz örneklerinin K_2O - SiO_2 diyagramındaki (Le Maitre, 1989) dağılımı.

Düşük SiO_2 içeriğine sahip R81 nolu örnek, alkalen - subalkalen sınırına düşmektedir. Subalkalen karakterli bu kayaçlar, $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ - FeO^* - MgO diyagramında R68 nolu örnek dışındaki örnekler toleyitik alanda yoğunlaşmıştır (Şekil 7).

Maden Karmaşığı'nın oluşturduğu jeotektonik ortamı belirlemek amacıyla analiz sonuçları; $\text{Ti} - \text{Zr}$, $\text{V} - \text{Ti}/1000$ ve $\text{Zr/Y} - \text{Zr}$ diyagramlarında değerlendirilmiştir. Diyabaz örnekleri $\text{Ti} - \text{Zr}$ diyagramında değerlendirildiğinde Zr ve Ti bakımından fakir R81 nolu örnek

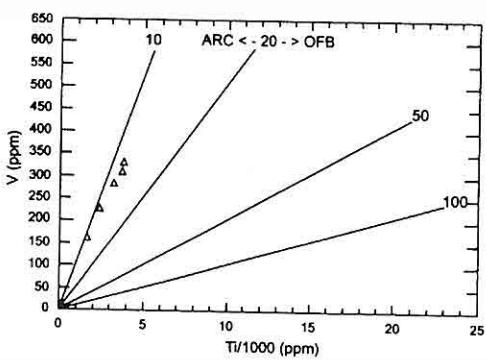


Şekil 7. Maden Karmaşığı'na ait diyabaz örneklerinin $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ - FeO^* - MgO diyagramındaki (Irvine ve Baragar, 1971) dağılımı.



Şekil 8. Maden Karmaşığı'na ait diyabaz örneklerinin $\text{Ti} - \text{Zr}$ diyagramındaki dağılımı (Pearce ve Cann, 1973). OFB: Okyanus tabanı bazaltları, LKT: Düşük potasyum toleyitleri, CAB: Kalkalkalen bazaltları, A: Ada yayı toleyitleri, B: MORB, ada yayı toleyitleri ve kalkalkalen bazaltları, C: Kalkalkalen bazaltları, D: MORB.

hariç diğer örneklerin ada yayı toleyitik alana düşüğü görülmüştür (Şekil 8). $\text{V} - \text{Ti}/1000$ diyagramda ise Maden Karmaşığı'na ait diyabaz örnekleri yay alanına düşmektedir (Şekil 9). Diyabaz örnekleri, $\text{Ti} - \text{Zr}$ ve $\text{V} - \text{Ti}/1000$ diyagramlarında olduğu gibi $\text{Zr}/\text{Y} - \text{Zr}$ diyagramında da ada yayı bazalt alanında dağılım göstermektedir (Şekil 10). R64 nolu diyabaz örneği diğer örneklerden farklı olarak ada yayı bazalt alanının dışına düşmüştür.

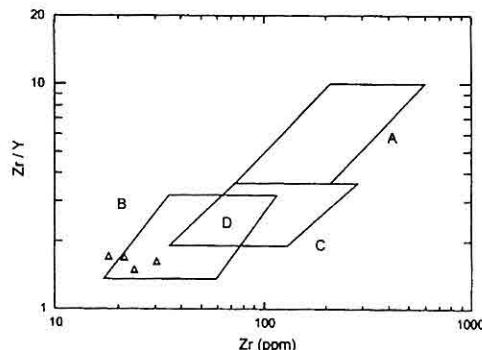


Şekil 9. Maden Karmaşığı'na ait diyabaz örneklerinin $\text{V} - \text{Ti}/1000$ diyagramındaki (Shervais, 1982) dağılımı. OFB: Okyanus tabanı bazaltları.

Jeokimyasal değerlendirmeler, Maden Karmaşığı'na ait diyabazın toleyitik karakterli bir ada yayı ürünü olduğunu göstermektedir. Maden Karmaşığını ait diyabazın bu tür özellikler göstermesi, diyabazın Guleman Grubu Ofiyolitleri ile doğrudan veya dolaylı olarak ilişkili olabileceğine işaret etmektedir. Pütürge

ANAYATAK (MADEN – ELAZIĞ) BAKIR CEVHERLEŞMESİNİN JEOLOJİK, MINERALOJİK VE JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

Metamorfitleri ve bunun üzerinde tektonik olarak bulunan ofiyolitlerin Geç Maestrihtyen - Geç Paleosen aralığında blok faylanmaya uğramasıyla yay ardi bir havza oluşup, bu havzada Orta Eosen yaşı Maden Karmaşığı'nın oluşumuna neden olan etkin bir denizaltı volkanizması gelişmiştir (Turan vd., 1995). Maden Karmaşığı'nın tabanında ensialik karakterli Pütürge Metamorfitleri'nin ve ensimatik karakterli Guleman Grubu Ofiyolitleri'nin bulunması, Maden Karmaşığı'na ait volkanik malzemenin bileşiminin her iki temel kayaç grubundaki kirlenmeye bağlı olarak kısmen okyanusal kabuk bileşimli olabileceği düşünülmektedir. Ensimatik ve ensialik temellerden kirlenerek meydana gelen Maden Karmaşığı'na ait bazik volkanik kayaçların bu nedenle, toleyitik karakter gösterdikleri düşünülmektedir.



Şekil 10. Maden Karmaşığı'na ait diyabaz örneklerinin Zr/Y - Zr diyagramındaki (Pearce ve Nory, 1979) dağılımı. A: Levha içi bazaltlar, B: Ada yayı bazaltlar, C: MORB, D: MORB ve ada yayı bazaltlar.

4.2. Cevher Jeokimyası

Maden Karmaşığı'na ait diyabazın içerisinde gelişen Anayatak cevherleşmesine ait 17 örneğin analiz sonuçları ve mineral parajenezleri Çizelge 2'de verilmiştir. Jeokimya kapsamında cevherleşmenin ana oksit ve eser element içerikleri mineral parajeneziyle birlikte tartışılmış, cevherleşmenin Cu ve Zn oranları ile Au ve Ag içeriklerine göre Anayatak cevherleşmesinin ne tür bir yatak olduğu belirlenmiştir. Çizelge 2'de verilen Cu ve Zn oranları aşağıdaki formüllerle hesaplanmaktadır (Solomon, 1976):

$$\text{Cu oranı} = 100 \times \text{Cu} / (\text{Cu} + \text{Zn}),$$

$$\text{Zn oranı} = 100 \times \text{Zn} / (\text{Zn} + \text{Pb}).$$

Çizelge 2'deki M32, M113, M125, M154 nolu örnekler manyetit; M24, M44, M46, M51, M129, M146 nolu örnekler pirit; M26, M31, M49 nolu örnekler kalkopirit; M29, M48, M52 ve M72 nolu örnekler ise pirrotince zengin cevheri temsil etmektedir

Ana oksitlerden FeO* ve SiO₂ yüksek değerlerde izlenirken daha az oranlarda ise Al₂O₃, MgO ve CaO izlenmektedir (Çizelge 2). Yüksek Fe içeriği, cevherleşmede yoğun olarak izlenen manyetit, pirit, kalkopirit, pirrotin ve kromitten kaynaklanırken; Si içeriği, cevher mineral parajenezine eşlik eden kuvars ve kloritten ileri gelmektedir. Artan Fe miktarına karşılık Si miktarı azalmaktadır (Çizelge 2). Manyetitçe zengin örneklerde yüksek Fe içeriğine oranla S içeriği diğer örneklerle göre oldukça düşüktür. Diğer örneklerdeki yüksek S içeriği esas olarak; pirit,

kalkopirit ve pirrotinden ileri gelmektedir. M24, M46 ve M113 nolu örneklerde cevher mineral parajenezine eşlik eden klorit, Si dışında Al ve Mg miktarını da artırmaktadır. Buna bağlı olarak Mg ve Al arasında pozitif bir korelasyon izlenmektedir. M125, M154, M129, M146 ve M72 nolu örneklerdeki nispeten yüksek Ca ise benzer şekilde cevher mineralleriyle birlikte bulunan kalsitten ileri gelmektedir (Çizelge 2).

Anayatak cevherleşmesine ait manyetit kütlesinde Fe; masif cevher, ağsı - saçılımlı cevher ve saçılımlı cevherde ise Cu ekonomik olarak değerlendirilecek elementlerdir. Cevherleşmede Cu yüksek oranlarda gözlenirken, buna daha az oranlarda Cr, Co, Ni, Zn, V, Mo ve As eşlik etmektedir. Çizelge 2'de görülen diğer eser elementler bunlara göre oldukça düşük değerlerde veya deteksiyon limitinin altında izlenmektedir.

Anayatak cevherleşmesinde oldukça geniş bir aralılda dağılım gösteren Cu, manyetitce zengin örneklerde 26 ppm - % 3,2, piritçe zengin örneklerde 29 ppm - % 7 ve pirrotince zengin örneklerde ise 1251 ppm - % 8 arasında içeriğe sahiptir. Kalkopiritçe zengin örneklerde Cu içeriği (> % 10), diğer örneklerde göre oldukça yüksektir (Çizelge 2). Kalkopiritçe zengin örneklerdeki yüksek Cu içeriği, esas olarak kalkopiritten ileri gelmektedir. Cu; S, Co, Zn, Pb, Au, Hg, Tl, As, Cu oranı ve Zn oranıyla pozitif bir korelasyon göstermektedir (Çizelge 2).

Cr; 185 ppm - % 1,6 arasında bir dağılım sunmaktadır (Çizelge 2). Cr içeriği, esas olarak cevher mineral

parajenezindeki kromitten kaynaklanmaktadır. Bilindiği gibi Cr^{+3} ($0,70 \text{ \AA}^0$, 1,6 V); Fe^{+3} ($0,73 \text{ \AA}^0$, 1,9 V) ve Mg^{+2} ($0,80 \text{ \AA}^0$, 1,2 V)'nin yerini alabilmektedir (Wedepohl, 1978). Cr, diyadoh olarak benzer iyon yarıçap ve aynı valans değerinde olması nedeniyle Fe^{+3} 'ü Mg^{+2} 'ye tercih etmektedir. Cr'un Fe ile pozitif, Mg ile negatif korelasyonlu olması da (Çizelge 2) Cr'un Fe'in yapısına girdiğini göstermektedir. Buna göre Cr zenginleşmesinin bir kısmı da Fe'in yapısına giren Cr'dan kaynaklanmış olmalıdır.

Cevher örneklerindeki Co içeriği, 86 - 2698 ppm, Ni içeriği ise 97 - 1269 ppm arasında değişmektedir (Çizelge 2). Co ve Ni, manyetitçe zengin örneklerden ziyade pirit, kalkopirit ve pirrotince zengin örneklerde yoğunlaşmıştır. Mineralojik incelemelerde pentlanditin de manyetit kütlesinden ziyade sülfür minerallerince (pirit, kalkopirit ve pirrotin) zengin cevherli örneklerde yoğunlaşmış olması, Co ve Ni zenginleşmelerinin pentlanditten kaynaklanmış olabileceğini göstermektedir. Bilindiği gibi Co^{+2} ($0,83 \text{ \AA}^0$, 1,8 V) iyonik yarıçap ve elektronegativite değerlerinin benzerliği nedeniyle Ni^{+2} ($0,77 \text{ \AA}^0$, 1,8 V)'nın girdiği tüm minerallerin yapısına girebilir. Ayrıca, Co ve Ni; iyon yarıçaplarının yakınlığı nedeniyle kolayca birbirlerinin yerlerini de alabilirler (Wedepohl, 1978).

Zn, 7 - 813 ppm arasında bir dağılım sunmaktadır. Cevherleşmedeki Zn zenginleşmesi, manyetitçe zengin örneklerden çok, esas olarak kalkopiritçe zengin örneklerde, daha az olarak da pirit

***ANAYATAK (MADEN – ELAZIĞ) BAKIR CEVHERLEŞMESİNİN JEOLOJİK,
MINERALOJİK VE JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ***

ve pirrotince zengin bazı örneklerde (M44, M48) izlenmektedir (Çizelge 2). Zn zenginleşmesi bu örneklerde sfaleritten ileri gelmiş olmalıdır. Zn; S, Cu, Au, Hg, Tl, As ve Zn oranıyla ile pozitif korelasyon göstermektedir (Çizelge 2).

Cevher örneklerinde ppb oranında gözlenen Au, esas olarak kalkopirit daha az oranlarda ise bazı pirit (M44, M46, M51, M129), pirrotin (M48, M52) ve nadiren de manyetit (M32) örneklerinde izlenmektedir. Sülfid minerallerince zengin zonlarda zenginleşen Au, benzer jeokimyasal özellikleri nedeniyle (Rose vd., 1979) As ile pozitif korelasyon göstermektedir (Çizelge 2).

- Zn grubuna girmektedir (Çizelge 3).

5. CEVHERLEŞMENİN KÖKENİ

Anayatak cevherleşmesinin kökenine ilişkin farklı görüşler ileri sürülmüştür. Giriş bölümünde de濂ilen bu görüşlerin bir bölümü (Romieux, 1941; Sirel, 1950; Borchert, 1952; Schneiderhohn, 1954; Wijkerslooth, 1954; Bamba ve Tin, 1972; Griffitts vd., 1972; Bamba, 1976; Çağatay, 1977) eski çalışmalar olup, günümüz köken sınıflamalarını ve yatağın kökenini tam olarak yansıtmadır. Bunun yanında daha önce yapılan bazı çalışmalar (Göymen ve Aslaner, 1969; Erdoğan, 1977; İleri vd., 1976; Güleç ve

Çizelge 3. Cu - Zn oranları ve Au - Ag konsantrasyonlarına göre masif sülfid yataklarının sınıflandırılması (Solomon, 1976) ve Anayatak cevherleşmesinin sınıflamadaki yeri.

Yatak Tipi	Cu Oranı	Zn Oranı	Au gr/t	Ag ppm
Cu	>60	>60	0.5-2	<50
Cu-Zn	<60	>90	<0.1	0-200
Cu-Zn-Pb	<60	60-90	0.5-3.4	50-200
Anayatak Cevherles.	91.74	94.23	0.16	2.80

Anayatak cevherleşmesi; jeolojik, mineralojik ve jeokimyasal özellikleriyle masif sülfid yatağı olabileceğine işaret etmektedir. Solomon (1976), masif sülfid yataklarını Cu ve Zn oranları ile Au ve Ag içeriklerine göre Cu, Zn - Cu ve Zn - Pb - Cu yatakları olmak üzere üç gruba ayırmıştır. Añayatak cevherleşmesi, Solomon (1976) tarafından geliştirilen yatak sınıflamasında Cu oranına göre, Cu; Zn oranına göre, Cu veya Cu - Zn; Au ve Ag içeriklerine göre de kabaca Cu veya Cu

Erler, 1983; Erler, 1984), üretim çalışmalarına paralel olarak yürütülen bu çalışmada elde edilen sonuçları destekler niteliktedir.

Maden Karmaþığı'na ait bazik volkanik kayaçlar içerisinde yer alan Anayatak cevherleşmesi, üst kesimlerde bazik volkanitler üzerinde tabakamsı veya merceğiimsi masif cevher kütlesi şeklinde izlenirken, alta doğru bazik volkanik kayaçlar içerisinde aþsı - saçınımlı ve saçınımlı cevher, en altta ise manyetit

cevher kültlesi şeklinde gözlenmektedir. Cevher mineral parajenezi; pirit, manyetit, pirrotin, kalkopirit, kromit, hematit, pentlandit, kübanit, markazit, sfalerit ve limonit şeklindedir. Cevherleşmeye ait mineraller genellikle özçekilli veya yarı özçekilli, kolloform, koloidal ve kataklastik dokuda izlenebilmektedir. Anayatak cevherleşmesinin bazik volkanitlerle ilişkili olması, volkanitler içerisindeki konumları, mineral parajenezi ve dokusal özellikleri cevherleşmenin; volkanitlerle ilişkili Kıbrıs Tipi masif sülfid yatağı olabileceği işaret etmektedir.

Benzer görüşleri önceki çalışmalarında da görmek mümkündür: Erdoğan (1977) Anayatak cevherleşmesinin Maden Formasyonu'na ait bazaltlarla eş oluşumlu volkanojenik masif sülfid yatağı olduğunu belirtmiştir. İleri vd. (1976) Anayatağı plaka tektoniği çerçevesinde inceleyip yatağı, deniz dibi yayılma alanında olduğunu ve üst yayılma ile bugünkü konumunu alan Kıbrıs Tipi bir yatak olarak yorumlamaktadır. Güleç ve Erler (1983) sedimanter, damar tipi ve masif sülfid yataklarının ayrimında kullanılan Co – Ni diyagramından yararlanarak Anayatak'ın, bir masif sülfid yatağı olduğunu ortaya koymuştur. Erler (1984) Anayatak cevherleşmesinin Maden Karmaşığı'na ait bazik volkanitler içerisinde yer aldığı ve yay arası yayılma zonunda Kıbrıs Tipi masif sülfid yatağı şeklinde gelişğini belirtmektedir.

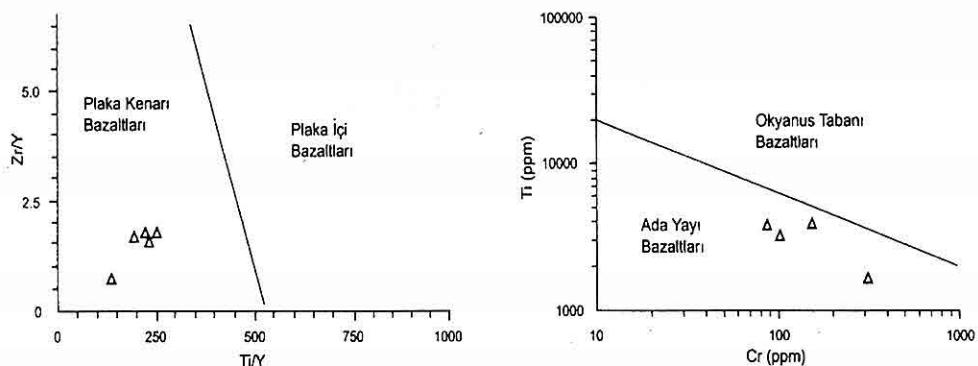
Pearce ve Gale (1977) Kıbrıs'taki Troodos Masifi'ne ait volkanik kayaçlar içerisinde gelişen Kıbrıs Tipi masif sülfid

yataklarına ait yan kayaçları Zr/Y - Ti/Y ve Ti - Cr diyagramlarında değerlendirerek yatakların ada yayı veya ilişkili yay arası havza ortamlarında olduğunu ortaya koymuştur. Anayatak cevherleşmesine ait yan kayaçlarda yapılan jeokimyasal değerlendirmeler, cevherleşmeyi içerisinde bulunduran Maden Karmaşığı'na ait volkanik kayaçların ada yayı karakterli olduğunu göstermiştir. Ancak, Anayatak cevherleşmesine ait yan kayaçların Pearce ve Gale (1977)'de olduğu gibi Zr/Y - Ti/Y ve Ti - Cr diyagramlarında değerlendirilmesi sonucu, Anayatak cevherleşmesinin de Kıbrıs Tipi masif sülfid yataklarının olduğu ada yayı veya yay arası havza ortamlarını gösteren alanlara düşüğü görülmüştür (Şekil 11).

Maden Karmaşığı'nın jeotektonik ortamı konusunda araştırmacıların bir kısmı Maden Karmaşığı'nın ada yayı (Erdoğan, 1977 - 1982; Özçelik, 1985) bir kısmı ise yay arası havza ürünü (Rigo de Righi ve Cortesini, 1964; Erler, 1984; Yiğitbaş vd., 1993; Turan vd., 1995; Erdem vd., 2005) olduğunu belirtmektedir. Perinçek ve Özkaya (1981) ise, Maden Karmaşığı'nın ada yayı veya yay arası havza ürünü olduğunu ileri sürmektedirler.

Turan vd. (1995) Geç Triyas'tan itibaren Bitlis - Pütürge masiflerinin güneyinde Neotetis Okyanusu'nun ana güney kolu açıldığını ve bu kolu Geç Kretase'den itibaren kuzeye doğru dalmaya başladığını, Geç Maestriyyen - Geç Paleosen aralığında ise Pütürge Metamorfitleri ve bunun üzerinde tektonik olarak bulunan ofiyolitlerin blok faylanmaya uğramasıyla yay arası bir

**ANAYATAK (MADEN – ELAZIĞ) BAKIR CEVHERLEŞMESİNİN JEOLOJİK,
MINERALOJİK VE JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ**



Şekil 11. Maden Karmaşığı'na ait diyabaz örneklerinin Zr/Y - Ti/Y (Pearce ve Gale, 1977) ve Ti – Cr (Pearce, 1975) diyagramlarındaki dağılımı.

havzanın gelişmeye başladığını belirtmektedirler. Araştırmacılar bu havzanın Orta Eosen'de etkin bir denizaltı volkanizmasına sahne olduğunu ve Maden Karmaşığı'nın, Neotetis Okyanusu'nun güney koluun kapanmasıyla ilişkili olarak meydana gelen Bitlis - Pütürge gerilmeli yayının yay arındaki havzada olduğunu ileri sürmüşlerdir.

Adayayı volkanitleri ile ilişkili oluşumlar, daha çok "Primitif Tip Yataklar" olarak adlandırılırken, genellikle ofiyolit bünyesindeki volkanitlerle ilişkili, okyanus ortası veya yay gerisinde açılmakta olan sırtlarda oluşan yataklar, "Kıbrıs Tipi Yataklar" olarak adlandırılmaktadır (Evans, 1993). Aynı araştırmacı Kıbrıs Tipi masif sülfid yataklarının deniz suyu ile ilişkili olduğunu belirtmektedir. Koptagel vd. (1998) Anayatak'ta yaptıkları kükürt izotop çalışmalarında yatağın, hidrotermal çözeltilerden çok, deniz suyu ile ilişkili

olarak gelişliğini ortaya koymışlardır. Gerek önceki çalışmalar (Rigo de Righi ve Cortesini, 1964; Erler, 1984; Yiğitbaş vd., 1993; Turan vd., 1995; Erdem vd., 2005), gerekse cevherleşmeye ait yan kayaçların Zr/Y - Ti/Y ve Ti - Cr diyagramlarındaki değerlendirmeleri, Maden Karmaşığı'nın yay arası havza ürünü olduğunu ortaya koymaktadır. Önceki çalışmalar ve elde edilen jeolojik, mineralojik ve jeokimyasal veriler; Anayatak cevherleşmesinin, yay arası havza ürünü olarak ortaya çıkan Maden Karmaşığı'nın bazik volkanik kayaçları ile ilişkili olarak, Kıbrıs Tipi masif sülfid yatağı şeklinde gelişğini göstermektedir.

6. SONUÇLAR

Cevherleşme bölgesinde Jura - Alt Kretase yaşlı Guleman Grubu ve Orta Eosen yaşlı Maden Karmaşığı yüzeylemektedir. Maden Karmaşığı, Guleman Grubu üzerine genellikle

uyumsuz olarak gelirken, yoğun tektonizma nedeniyle iki birim arasında yer yer faylı dokanaklar bulunmaktadır. Guleman Grubu serpentinit ve gabroyla, Maden Karmaşığı ise diyabaz ve karbonatlı çamurtaşı ile temsil edilmektedir. Karbonatlı çamurtaşı, diyabazla yanal ve düşey yönde geçiş arzederken iki litoloji arasında yer yer faylı dokanaklara da rastlanmaktadır. Anayatak cevherleşmesini içerisinde bulunduran diyabazlar, cevherli ve cevhersız diyabaz olmak üzere iki şekilde izlenmektedir. Cevherli diyabaz, cevhersız diyabazdan yoğun klorit, kuvars ve opak mineral içermesi ve yaygın kloritleşme, silisleşme, karbonatlaşma türünde alterasyonlar göstermesiyle ayrılmaktadır.

Anayatak, kuzeybatı - güneydoğu uzanımlı yaklaşık 1 km uzunlığında 500 m genişliğinde ve 180 m derinliğinde elipsoid şeklinde bir görünümü sahiptir. Maden Karmaşığı'na ait diyabaz içerisinde mercekler şeklinde gelişen Anayatak cevherleşmesi; üstten alta doğru masif cevher, ağısı – saçınımlı cevher, saçınımlı cevher ve manyetit kütlesinden oluşmaktadır.

Anayatak cevherleşmesi genel olarak; pirit, manyetit, pirrotin, kalkopirit, kromit, hematit, pentlandit, kübanit, markazit, sfalerit ve limonit gibi minerallerle temsil edilmektedir. Özçekilliden özsekilsize kadar değişen cevher mineralleri; kataklastik, kuş gözü, mozaik, ornatma, kolloidal ve kolloform gibi farklı doku türlerinin gelişimine neden olmuştur.

Anayatak cevherleşmesinin diyabaz bileşimli bazik volkanitler içerisinde yer

alması, volkanitler içerisindeki konumları, mineral parajenezi ve dokusal özelliklerini, cevherleşmenin; volkanitlerle ilişkili Kıbrıs Tipi masif sülfid yatağı olabileceğine işaret etmektedir. Kayaç isimlendirme diyagramlarında değerlendirilen diyabaz örnekleri, bazaltik andezit alanında yoğunlaşıp, düşük potasyumlu serilere karşılık gelmektedir. Jeotektonik konum belirleyen diyagramlarda aynı örnekler, Maden Karmaşığı'nın toleyitik karakterli bir ada yayı ürünü olduğunu göstermektedir. Ancak, cevherleşmenin içerisinde geliştiği bazik volkanik kayaçların Zr/Y - Ti/Y ve Ti - Cr diyagramlarında değerlendirilmesi sonucu, Anayatak cevherleşmesinin Kıbrıs Tipi masif sülfid yataklarının olduğu ada yayı veya ilişkili yay ardı havza ortamlarını gösteren alanlara düşüğü görülmüştür. Bölgesel jeolojik çalışmalar (Turan vd., 1995) da Maden Karmaşığı'nın, Neotetis Okyanusu'nun ana güney kolumnun kapanmasıyla ilişkili Bitlis - Pütürge gerilmeli yayının yay ardı havzasında meydana gelmiş olduğunu ortaya koymaktadır.

Çalışmada elde edilen jeolojik, mineralojik ve jeokimyasal veriler, önceki çalışmalar ve literatür ışığında değerlendirilerek, Anayatak cevherleşmesinin; yay ardı havza ürünü olarak ortaya çıkan Maden Karmaşığı'nın bazik volkanik kayaçlarıyla ilişkili Kıbrıs Tipi masif sülfid yatağı olduğunu göstermektedir.

Anayatak cevherleşmesi, Cu ve Zn oranları ile Au ve Ag içeriğine göre yapılan yatak sınıflamasında Cu oranına

ANAYATAK (MADEN – ELAZIĞ) BAKIR CEVHERLEŞMESİNİN JEOLOJİK, MİNERALOJİK VE JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

göre, Cu; Zn oranına göre, Cu veya Cu - Zn; Au ve Ag içeriklerine göre de kabaca Cu veya Cu - Zn grubuna girmektedir.

7. KATKI BELİRTME

Bu çalışma Fırat üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi tarafından FÜBAP - 586 nolu proje ile desteklenmiştir. Yazarlar, çalışmanın yürütülmESİ esnasında değerli görüş ve katkılarını esirgemeyen Sn. Prof. Dr. Ahmet SAĞIROĞLU'na ve çalışmayı maddi olarak destekleyen FÜBAP yetkililerine teşekkür ederler.

8. KAYNAKLAR

Aktaş, G., and Robertson, A.H.F., 1984. *The Maden Complex, SE Turkey: evolution of a Neotethyan active margin.* In: *The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean*, J. E. Dixon and A.H.F. Robertson (Eds.): Geological Society of London Special Publication, Edinburgh, 17, 375-402.

Altunbey, M. ve Sağiroğlu, A., 1995. Koçkale - Elazığ manganez cevherleşmelerinin özelliklerini ve kökeni. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 117, 139-148.

Bal, D. ve Çelebi, H., 2000. Ergani - Maden ve Madenköy - Siirt bakır yatakları Cu, Zn ve S elementlerinin istatistiksel analizlerle karşılaştırılması. *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 12 (1), 155-165.

Bamba, T., 1976. Güneydoğu Anadolu Ergani - Maden Bölgesi ofiyolit ve ilgili bakır yatağı. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 86, 35-49.

Bamba, T. ve Tin, A., 1972. Ergani Maden bölgesinin bakır yatakları, Güneydoğu Türkiye. *Maden Tetkik ve Arama Rapor No: 4968*, 17 s (yayınlanmamış).

Bannert, V., 1986. *Der Grubenbetrieb des Kupferwerkes Ergani der Ergani Bakır İşletmeleri Müessesesi in Maden, Provinz Elazığ (Türkei)*. Erzmetall 39 (1), 45-48.

Bingöl, A.F., 1986a. *New findings on the structural setting of the chromites in the Guleman ophiolitic massive (Eastern Taurus). Jour. Fırat Univ. Sci. and Tech. I (1)*, 37-46.

Bingöl, A.F., 1986b. *Petrographic and petrologique characteristics of the Guleman Ophiolite (Eastern Taurus - Turkey)*. Geosound / Yerbilimcinin Sesi, 13 (14), 41-57.

Bochert, H., 1952. *Ergani bakır cevher yataklarında yapılan jeolojik tatbikata ait rapor*. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Rapor No: 2083, 22 s (yayınlanmamış).

Çağatay, A., 1977. Güneydoğu Anadolu bakır yatakları ve zihurlarının jeolojik - mineralojik etüdü sonunda elde edilen jenetik bulgular. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 89, 46-69.

Çelebi, H. ve Peker, İ., 1994. Ergani - Maden (Elazığ) bakır yatağı cevherlerinin Bi, La, Ce, Th ve U eser elementleri. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 37 (2), 149-154.

Çelik, N., 1997. Ergani - Maden (Elazığ) bakır yatağında 1991 sondaj programına göre rezerv hesaplaması ve ekonomik irdelenmesi. *Fırat Üniversitesi*

- Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, Yüksek Lisans Tezi, 114 s (yayınlanmamış).
- Edwards, R. and Atkinson, K., 1986. *Ore deposit geology*. Chapman and Hall, London, 466 pp.
- Erdem, E., 1987. *Elazığ Kartaldere Gölardı (Hazar Gölü KD'su) yöresi magmatik kayaçların petrografik incelenmesi*. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, Yüksek Lisans Tezi, 72 s (yayınlanmamış).
- Erdem, E., Beyarslan, M. ve Kılıç, A. D., 2005. Maden Karmaşığı'na ait volkanitlerin petrografik ve petrolojik özellikleri. *Geosound / Yerbilimleri*, 46, 1-17.
- Erdoğan, B., 1982. Ergani - Maden yöresindeki Güneydoğu Anadolu Ofiyolit Kuşağının jeolojisi ve volkanik kayaları. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 25, 49-59.
- Erdoğan, B., 1977. *Geology, geochemistry, and genesis of the sulphide deposits of the Ergani - Maden region, SE Turkey*. The University of New Brunswick, Ph. D. Thesis, 289 pp (unpublished).
- Erler, A., 1984. Tectonic setting of the massive sulfide deposits of the Southeast Anatolian thrust belt. In: *The Geology of the Taurus Belt, International Symposium Proceedings*, O. Tekeli and M.C. Göncüoğlu (Eds.), Ankara - Turkey, 309-316.
- Evans, A.M., 1993. *Ore geology and industrial minerals, An Introduction*. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 390 pp.
- Göymen, G. ve Aslaner, M., 1969. Doğu Anadolu'da bulunan Ergani Maden Bakır yatağının ve bilhassa yantaşlarının maden mikroskopik incelenmesi. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 72, 176-188.
- Griffitts, W.R., Albers, J.P. ve Öner, Ö., 1972. *Massive sulfide copper deposit of the Ergani - Maden area, South - Eastern Turkey*. *Econ. Geol.*, 67, 701-716.
- Güleç, N. ve Erler, A., 1983. *Masif sulphide yataklarındaki piritlerin karakteristik iz element içerikleri*. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 26, 145-152.
- Helke, A., 1964. *Die kupferlagerstätte Ergani Maden in der Türkei*. N. Jhb. Miner. Abh., 101, 233-270.
- Hutchinson, C., 1983. *Economic deposits and their tectonic setting*. Macmillan press London, 365 pp.
- İleri, S., Salancı, B., Bitem, M. ve Doğan, R., 1976. Ergani (Maden) bakır yatağı ve plaka tektoniği. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 19, 133-142.
- Irvine, T.N., and Baragar, W.R.A., 1971. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Can. Jour. Earth Sci.*, 8, 523-548.
- Karul, B., Pehlivanoglu, H., Teşrekli, M., Demiray, B., Aydemir, İ.T., Özçicek, H., Çevikbaş, A., Yıldırım, R., Oygür, V., Tüzin, D., Bingöl, N., Sarman, E., Cengiz, R., 1990. Ergani bakır aramaları projesi hedef sahaları jeoloji raporu. *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü*, 228 s (yayınlanmamış).
- Koptagel, O., Efe, A., Ulusoy, U. and Fallick, A. E., 1998. *Sulfur – isotope study of the Ana Yatak massive sulfide deposit, Southeastern Turkey*. *International Geology Review*, 40, 363-374.
- Le Maitre, R.W., 1989. *A classification*

ANAYATAK (MADEN – ELAZIĞ) BAKIR CEVHERLEŞMESİNİN JEOLOJİK
MİNERALOJİK VE JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

- of igneous rocks and glossary of terms. *Petrogenetic implications of Ti, Zr, Y and Nb variations in volcanic rocks, Contributions to Mineralogy and Petrology*. 69, 33-47.
- Recommendations of the international union of geological sciences subcommission on the systematics of igneous rocks. *Blackwell Scientific Publications, Oxford*, 193 pp.
- Özçelik, M., 1985. Malatya güneydoğuundaki Maden magmatik kayaclarının jeolojisi ve tektonik ortamına jeokimyasal bir yaklaşım. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 28, 19-34.
- Özkan, Y.Z., 1984. Guleman ofiyolitinde metamorfizma etkileri. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 101 (102), 47-58.
- Özkan, Y.Z., and Öztunalı, Ö., 1984. Petrology of the magmatic rocks of Guleman Ophiolite. In: *The Geology of the Taurus Belt, International Symposium Proceedings, 26-29 September 1983*, O. Tekeli and M.C. Göncüoğlu (ed), Ankara - Turkey, 285-293.
- Özkaya, İ., 1978. Ergani - Maden Yöresi Stratigrafisi. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 21, 129-139.
- Pearce, J.A., 1975. Basalt geochemistry used to investigate past tectonic environments on Cyprus. *Tectonophysics*, 25, 41-67.
- Pearce, J.A., and Cann, J.R., 1973. Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analyses. *Earth and Planet. Sci. Lett.*, 19, 290-300.
- Pearce, J.A., and Gale, G.H., 1977. Identification of ore deposition environment from trace element geochemistry of associated igneous host rocks. *Geol. Soc. Spec. Publ.*, 7, 14-24.
- Pearce, J.A., and Norry, M.J., 1979. Perinçek, D., 1979. *The geology of Hazro - Korudağ - Çüngüş - Maden - Ergani - Hazar - Elazığ - Malatya region. Guide Book, Türkiye Jeoloji Kurumu Yayımı*, 33 s.
- Perinçek, D. ve Özkaya, İ., 1981. Arabistan levhası kuzey kenarı tektonik evrimi. *Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Enstitüsü Bülteni*, 8, 91-101.
- Ramdohr, P., 1980. *The ore minerals and their intergrowths*. Pergamon Press, Oxford-New York, 1207 pp.
- Rigo de Righi, M.R., and Cortesini, A., 1964. Gravity tectonics in foothills structure belt of Southeast Turkey. *American Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, 48, 1911-1937.
- Romieux, J., 1941. *Report d'ensemble géologique et minier sur les gisements d'Ergani - Maden et des environs. Maden Tetkik ve Arama Rapor No: 1441*, 188 s (yayınlanmamış).
- Rose, A.W., Hawkes, H.E., and Webb, J.S., 1979. *Geochemistry in mineral exploration*. Academic Press. London. 657 pp.
- Schneiderhöhn, H., 1954; Ergani bakır yatağı. *Etibank Genel Müdürlüğü maden arama raporu*, No: 812, 48 s (yayınlanmamış).
- Shervais, J.W., 1982. *Ti - V plots and the petrogenesis of modern and ophiolitic lavas*. *Earth and Planet. Sci. Lett.*, 59, 101-118.
- Sirel, M.A., 1950. *Die*

- Kupferlagerstätte Ergani Maden in der Türkei. N.Jhb. Miner, Abh. 80 Abt. A, 36-100.*
- Solomon, M., 1976. "Volcanic" massive sulfide deposits and their host rocks - a review and an explanation. In Wolf, K.A., ed., Handbook of strata-bound and stratiform ore deposits: Amsterdam, Elsevier, 6, 21-50.*
- Sungurlu, O., Perincek, D., Kurt, G., Tuna, E., Dülger, S., Çelikdemir, E. ve Naz, H., 1985. Elazığ - Hazar - Palu alanının jeolojisi. Petrol İşleri Genel Müdürlüğü Dergisi, 29, 83-191.*
- Turan, M., Aksoy, E. ve Bingöl, A.F., 1995. Doğu Torosların jeodinamik evriminin Elazığ civarındaki özellikleri. Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 7 (2), 177-199.*
- Utlu, F., Çelebi, H., and Peker, I., 1995. Die Spurenelemente Cd, Sb, Pb und Zn Der Cu-Erze aus der Massivsulfidlagerstätte Ergani - Maden, Provinz Elazığ / Osttürkei. Chemie der Erde Geochemistry, 55, 189-204.*
- Üstińtaś, A., 1988. Zahuran - Maden - Elazığ piritik Cu cevherleşmeleri. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, Yüksek Lisans Tezi, 58 s (yayınlanmamış).*
- Wedepohl, K.H., 1978. Handbook of geochemistry. V: II-1, 2, 3, 4, 5. K.H. Springer Verlag, New York.*
- Wijkerslooth, P., 1954. Über das Alter und die Genese der Kupferlagerstätte Ergani - Maden. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 5, 190-198.*
- Yazgan, E., 1981. Doğu Toroslarda etkin bir paleo-kıtak kenarı etüdü (Üst Kretase - Orta Eosen) Malatya - Elazığ, Doğu Anadolu. Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Enstitüsü Bülteni, 7, 83-104.*
- Yiğitbaş, E., Genç, Ş. C. ve Yılmaz, Y., 1993. Güneydoğu Anadolu Orojenik Kuşağı'nda Maden Grubu'nun tektonik konumu ve jeolojik önemi. Suat Erk Jeoloji Sempozyumu, Bildiriler, Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi, 251-264.*

ELAZIĞ KUZEYİNDEKİ DERE KUMLARINDA Cu, Pb, Zn, As VE Cd DAĞILIMI

Cemal BÖLÜCEK, Leyla KALENDER

F.Ü, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Elazığ/Türkiye

ÖZET: Bu çalışma, Elazığ kuzeyindeki Elazığ Magmatitleri ile ilişkili Pb-Zn ve Cu cevherleşmeleri civarındaki drenaj jeokimyası çalışmalarını kapsamaktadır. Bu amaçla, akım yönünde dere kumu örneklemesi yapılarak farklı fraksiyonlardaki ($105-177 \mu$; $74-105 \mu$; $<74 \mu$ ile $<177 \mu$) Cu, Pb, Zn, As ve Cd dağılımı incelenmiştir. Cu, Pb, Zn, As ve Cd'a ait veriler istatistiksel olarak değerlendirilerek bu elementlerin cevherleşme bölgesinde kaba taneli, cevherleşmeden uzaklaşıkça kil-silt ($<74 \mu$) boyutunda zenginliği belirlenmiştir. As ile Pb arasındaki pozitif korelasyonun ($r= 0, 67$) varlığı ve As'in, bazı örnek noktalarında (CS 8 ve CS 14) diğer metallerden farklı dağılım göstermesi, dere yatağının üst kısımlarında muhtemel Pb cevherleşmelerinin olabileceğini düşündürmektedir.

DISTRIBUTION OF Cu, Pb, Zn, As AND Cd IN STREAM SEDIMENTS IN THE NORTH OF ELAZIĞ

ABSTRACT: This research is about the results of a drainage geochemistry survey in an area of the Pb, Zn and Cu mineralizations related to Elazığ Magmatite in the north of Elazığ. In this regard, samples were collected downstream to study the distribution of Cu, Pb, Zn, As and Cd in different size fractions ($105-177 \mu$; $74-105 \mu$; $<74 \mu$ ile $<177 \mu$). The results of Cu, Pb, Zn, As ve Cd analysis were evaluated statistically. It was shown that the metal values concentrated in coarser size fractions near the mineralizations and in fine size fraction away from the mineralizations. Cu, Pb, Zn As and Cd content of the stream sediments indicated some local anomalies especially in the fine size fractions. There is a good correlation ($r= 0, 67$) between As and Pb which may be an important indicator for Pb mineralizations (especially in samples CS 8 and CS 14) around the studied area.

1. GİRİŞ

İnceleme alanı Elazığ K42-b4 paftasında yer almaktadır. Elazığ'ın kuzeyinde geniş yüzeylemeler sunan Elazığ Magmatitleri ile ilişkili damar tipi Pb, Zn ve Cu cevherleşmeleri birçok araştırmacı tarafından (Sağıroğlu 1986; Sağıroğlu and Preston, 1987; Şaşmaz and Sağıroğlu 1990, 1999, 2004) ayrıntılı olarak incelenmiştir. İnceleme alanı içerisinde irili ufaklı birçok bakırlı Pb-Zn damarı izlenir. Kızıldağ, Ekinli ve Köprücük cevherleşmeleri bunlardan bazılarıdır. Pb, Zn ve Cu cevherleşmeleri küçük rezervli olduğundan ekonomik öneme sahip bulunmamıştır (Sağıroğlu ve Preston, 1987; Şaşmaz ve Sağıroğlu, 1999). Daha sonra bu bölgede yapılması planlanan çevre jeokimyası çalışmalarına ışık tutmak amacıyla, bu çalışmada bölgedeki cevherleşmelerden yola çıkılarak drenaj jeokimya çalışması yapılmıştır. İnceleme alanından alınan dere kumu örneklerinde farklı tane boyu fraksiyonlarından ($105-177 \mu$, $74-105 \mu$, $< 74 \mu$) Cu, Pb, Zn, As ve Cd metalleri için anomali kontrasını en iyi yansitan tane boyu fraksiyonu bulunarak, jeokimyasal arama çalışmaları için uygun kum boyutunun belirlenmesi de amaçlanmıştır.

Sediman terimi, fiziksel, kimyasal, biyolojik özellikleri bakımından heterojen olan, organik ve inorganik kırıntılarından oluşan karışık malzeme olarak tanımlanmaktadır (Üşenmez, 1996). Ancak sedimanlardaki ağır metaller ve organik maddeler zenginleşme sınırını aşıklarında jeokimyasal prospeksiyon

çalışmalarına yön vermekte ve çevre kirliliğine neden olabilmektedir. Bu nedenle değişen çevresel koşullarda depolanma ve nehir yatağı boyunca taşınma sürecini değerlendirek sedimanlar içerisindeki metal içeriğini anlamak, metal kaynaklarının anlaşılması bakımından oldukça önemli olmaktadır. Sedimanlardaki ağır metal kirliliklerini belirlemek için özel indeksler geliştirilmiş ve yeryüzünde ortalama dağılımları belirlenmiştir (Hakanson 1980, 1984; Wedepohl, 1978). Bu çalışmada materyal ayrimı yapılmadığından bölgedeki granitik kayaçlardaki ortalama metal değerleri (Sağıroğlu ve Şaşmaz, 2004) kullanılmıştır.

2. JEOLOJİ

İnceleme alanında farklı litolojik birimler bulunmaktadır. Bu birimler yaşıdan gence doğru; Üst Kretase (Senonyen) yaşı Elazığ Magmatitleri, Orta Eosen – Oligosen yaşı Kırgeçit Formasyonu ve Üst Miyosen–Pliyosen yaşı Karabakır Formasyonundan oluşturmaktadır. Elazığ Magmatitleri gabro, diorit, monzonit, tonalit, granodiorit, granit, diyabaz ile bazalt, andezit ve piroklastitlerinden oluşan bir litolojiyle temsil olunur (Bingöl, 1988, Turan ve dig., 1995, Beyarslan, 2000). Kırgeçit formasyonu birçok araştırmacı (Perinçek, 1979; Aksoy, 1993; İnceöz ve Tatar, 1995) tarafından ayrıntılı olarak çalışılmıştır. İnceleme alanında en geniş yayılımı sunan birimdir. Bu birim Kurt Dere boyunca altta konglomeralarla başlayıp üste doğru kumtaşısı ve marna

ELAZIĞ KUZEYİNDEKİ DERE KUMLARINDA Cu, Pb, Zn, As VE Cd DAĞILIMI

geçmektedir. Harita alanı içerisinde en genç birim olan Karabakır Formasyonu ise Harput ve Serince'nin doğusunda ve Kızıldağ'ın batısında yüzeylemeler vermekte ve kendisinden daha yaşlı olan birimleri açısal uyumsuzlukla örtmektedir (İnceöz ve Tatar, 1995) (Şekil 1). Kızıldağ Cu, Pb, Zn ve Köprücük Pb-Zn damarları, garanitik kayaçlar; Ekinli Pb-Zn damarları ise diyoritik kayaçlar içerisinde yer almaktadır (Sağıroğlu, 1986; Şaşmaz ve Sağıroğlu, 1999).

Kızıldağ'daki Pb-Zn ve Cu cevherleşmeleri hem damarlar halinde, hem de fay breşlerinin matriksi olarak oluşmuştur. Gözlenen birincil mineraller; galen, sfalerit, pirit, kalkopirit ve sülfitozlardır. İkincil mineraller ise simitsonit, limonit, serüzit-anglesit ve kovellin-kalkozin'dir (Sağıroğlu ve Preston, 1987). İnceleme alanında malakit ve jipsin güncel oluşumu da gözlemlenmektedir. Bölgede genellikle iki değişik mineral topluluğu gözlendiğinden bahsedilmektedir (Sağıroğlu, 1986): Bunlar; spekülarit cevherleşmeleri ve pirit (\pm kalkopirit) cevherleşmeleridir. Spekülarit zonlarının yan kayaçlarında görülen alterasyon genel olarak serizitleşmedir. Pirit-kalkopirit cevherleşmelerine eşlik eden alterasyon tipi, yaygın olarak gözlenen silisleşme ve kaolenleşmedir.

3. MATERİYAL METOD

Kızıldağ Dere, Karacalar Dere ve Kurt Dere'den yaklaşık 5 km boyunca 19 adet kum örneği toplanmış ve örnek noktaları harita üzerine işaretlenmiştir (Şekil 2a).

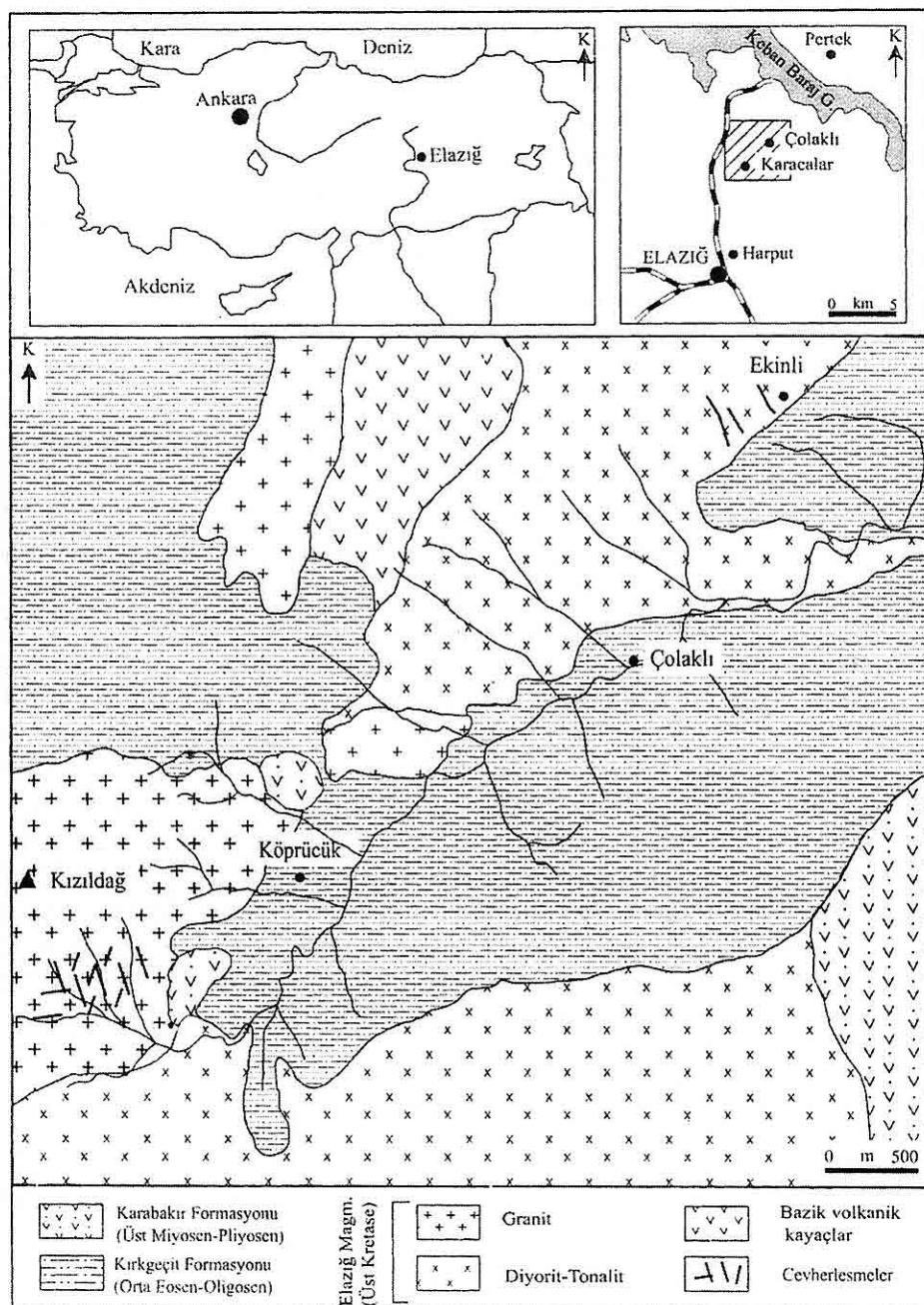
Yüzeysel kirlenmenin etkilerinin berteraf edilmesi için örnekler yaklaşık 10–15 cm derinden mümkün olduğunca aktif dere yatağından birkaç noktadan alınmıştır. Örnek alım noktasında 2 mm'lik plastik elekten geçirilerek alınan örnekler polietilen örnek torbalarına konularak numaralandırılmışlardır. Örnekler laboratuarda polietilen sergiler üzerine serilerek oda sıcaklığında kurutulmuştur. Bu çalışmanın ön hazırlık aşamasında beş farklı elek boyutundaki (500 – 850 μ , 177 – 500 μ , 105 – 177 μ , 74 – 105 μ , < 74 μ) örnekler analiz edilmiş ve Cu, Pb, Zn, As ve Cd metallerinin 105 – 177 μ , 74 – 105 μ , < 74 μ boyuttunda yüksek konsantrasyon sundukları görülmüş ve örnekler bu üç elekten geçirilerek bu boyutların analizleri yapılmıştır.

15 gram kum örneği, 90 ml 2-2-2 HCl-HNO₃-H₂O ile 90 Co'de 1 saat bekletilerek çözülmüş ve 300 ml'ye seyreltilerek ACME (Kanada) laboratuarlarında ICP-MS yöntemiyle farklı elek boyutlarındaki tüm örneklerin analizleri yapılmıştır. Analizi yapılan elementlerin dedektör limitleri Cu: 0,1 ppm, Pb: 0,1 ppm, Zn: 1 ppm, As: 0,5 ppm, Cd: 0,1 ppm'dir. Analiz sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir.

4. JEOKİMYASAL İNCELEMELER

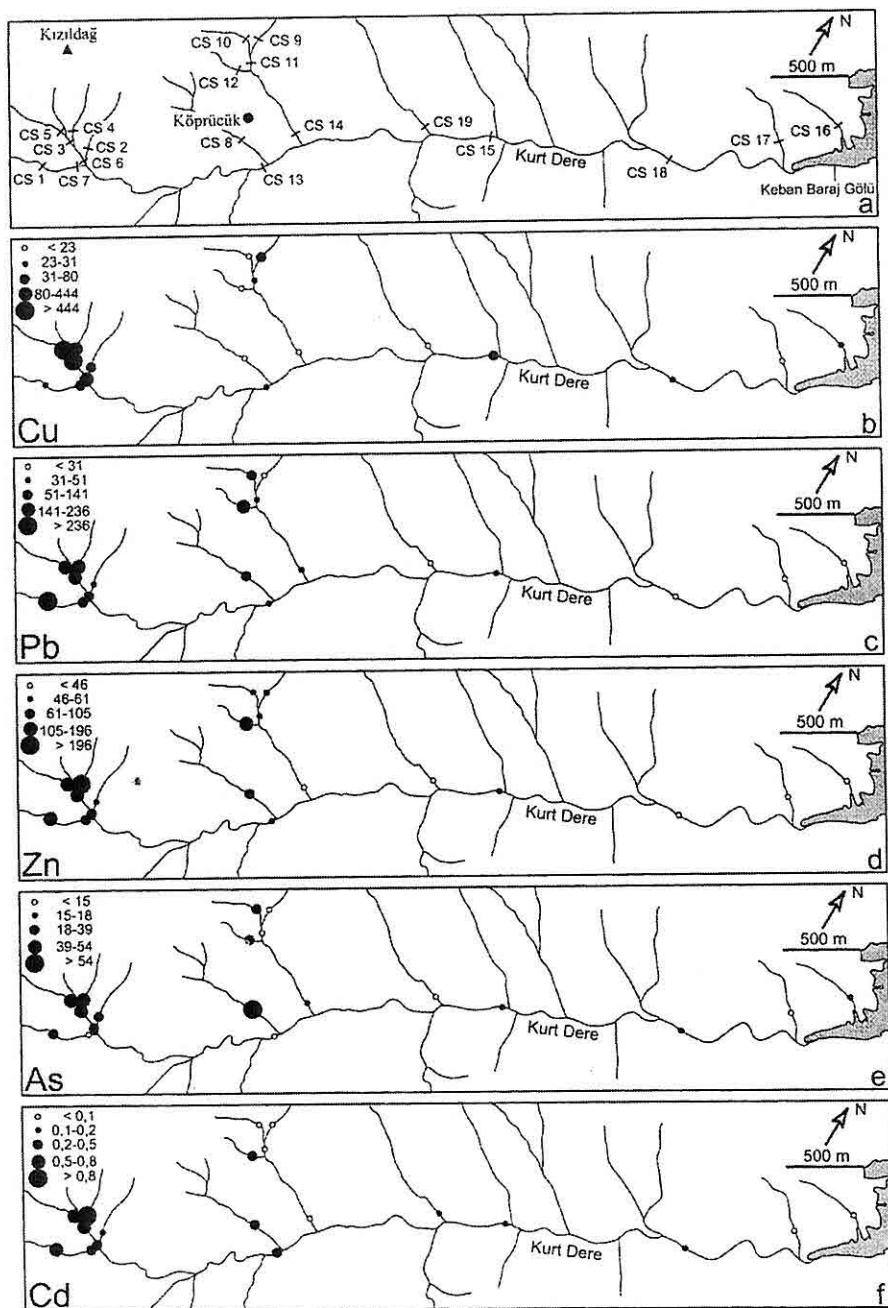
Çizelge 1'de çalışma alanından toplanan dere kumu örneklerinin farklı fraksiyonlardaki Cu, Pb, Zn, As ve Cd değerleri, Çizelge 2'de ise bu verilere ait bazı istatistiksel değerler görülmektedir.

19 adet örneğin 4 faktörlü tane boyunda toplam 76 örnekde yapılan dere kumu



Şekil 1. İnceleme alanının yerbelduru ve jeoloji haritası (Şaşmaz ve Sağıroğlu, 1999'dan yeniden düzenlenerek alınmıştır).

ELAZIĞ KUZEYİNDEKİ DERE KUMLARINDA Cu, Pb, Zn, As VE Cd DAĞILIMI



Şekil 2. Dere kumu örnekleme noktaları (a) ve jeokimyasal dağılım haritaları. b: Bakır (Cu), c: Kurşun (Pb), d: Çinko (Zn), e: Arsenik (As), f: Kadmiyum (Cd).

analizi sonucunda, cevherli damarların yoğunlaştığı alanlarda (CS 2, CS 3, CS 4, CS 5, CS 6, CS 7, CS 12, CS 18) Cu, Pb, Zn ve As değerleri 105 – 177 μ ile 74 – 105 μ boyutunda zenginleşirken, cevherli kollardan uzaklaşıkça (CS 8, CS 9, CS10, CS 11, CS 13, CS 15, CS 16, CS 17) bu elementlerin kil-silt boyutuna geçiş gösterdiği gözlenmektedir. Kaynakta kadmiyumun eser miktarda bulunması veya çözünmenin az olması kum örneklerinde Cd değerlerinin düşük çıkışının nedeni olarak düşünülebilir (Çizelge 1).

Cu, Pb, Zn, As ve Cd'un ortalama ve medyan değerleri dikkate alındığında tüm metallerin < 74 μ boyutunda yüksek konsantrasyon sundukları görülmektedir (Çizelge 2). Yani tane boyu azaldıkça metal içeriği artmaktadır. İnceleme konusunu oluşturan her bir elementin anomali kontrast değeri; Melo ve Fletcher (1999) tarafından önerildiği gibi, verilerin en yüksek beş değerinin, en küçük beş değere oranı ile hesaplanmıştır. Cu, Pb ve Zn 105 – 177 μ boyutunda; As < 74 μ boyutunda yüksek kontrasta sahiptir. Bu durum incelenen örneklerde temel değerlerin yüksekliğini ve Cu, Pb, Zn'nun kaba taneli malzemede cevher mineralleri içerisinde mekanik olarak taşınmış olabileceğini yansımaktadır.

Cu, Pb, Zn, As ve Cd değerleri inceleme alanında Kızıldağ Dere ve Köprücük civarında yüksek derişimler sunmaktadır. As değerlerinin, CS 8 numaralı örnek noktasında ince taneli kum ve kil boyutunda (< 74 μ) zenginleşmiş olması dikkat çekicidir (Şekil 2e; Çizelge

1). Farklı elek boyutlarındaki ortalama değerler medyan değerlerinden büyüktür (Çizelge 2) ve tüm boyutlardaki elementler log-normal bir dağılım sunmaktadır.

Bakır: Dere kumlarındaki bakır içeriği 105 – 177 μ fraksiyonunda ortalama 92,42 ppm; -74 – 105 μ fraksiyonunda 103,84 ppm ve (< 74 μ) fraksiyonunda 110,44 ppm'dir (Çizelge 2). Kil boyutundaki Cu değeri bu bölgedeki granitik kayaçların Cu içeriği (10 ppm) ile karşılaştırıldığında ortalama değerin yaklaşık 11 katı olduğu görülmektedir (Çizelge 2). Cu diğer metaller gibi en yüksek derişimi <74 μ fraksiyonunda göstermektedir (Çizelge 2). Kızıldağ dan kaynaklanan dereler ve Köprücük civarında Cu zenginleşmesi görülmekte ve Kurt Dere boyunca seyrelerek kaybolmaktadır (Şekil 2a). Cu ile Pb, Zn, As ve Cd arasında zayıf bir korelasyon görülmektedir (Çizelge 3).

Kurşun: Dere kumlarındaki ortalama Pb değeri 105 - 177 μ fraksiyonunda 81 ppm, 74 - 105 μ fraksiyonunda 87 ppm ve < 74 μ fraksiyonunda 88 ppm' dir (Çizelge 2). En yüksek Pb değeri ile bu bölgedeki granitik kayaçların ortalama kurşun değeri (< 100 ppm) benzerdir. Pb değerleri de bakırda benzer bir şekilde < 74 μ boyutunda yüksek konsantrasyon sunmaktadır (Çizelge 2). CS 13' ten Kızıldağ'a doğru gidildikçe derelerin yüksek derişimde Pb içerdikleri görülmektedir. Köprücük civarında da Pb konsantrasyonunun arttığı ancak dere aşağı gittikçe basit seyrelme yoluyla Pb değerlerinin azlığı izlenebilmektedir (Şekil 2c). Pb ile Zn, As ve Cd arasında

ELAZIĞ KUZEYİNDEKİ DERE KUMLARINDA Cu, Pb, Zn, As VE Cd DAĞILIMI

Çizelge 1. Her bir örnek noktasındaki Cu, Pb, Zn, As ve Cd'un farklı elek boyutlarındaki dağılımı. < işaretî o elementin dedeksyon limitinin altında bir değere sahip olduğunu göstermektedir.

Örnek No	Cu (ppm)				Pb (ppm)				Zn (ppm)				As (ppm)				Cd (ppm)			
	Elek aralığı (μ)																			
	105-177	74-105	<74	<177	105-177	74-105	<74	<177	105-177	74-105	<74	<177	105-177	74-105	<74	<177	105-177	74-105	<74	<177
CS 1	29	31	36	18	230	252	278	243	187	196	207	192	35	36	36	35	0,9	0,8	0,8	0,9
CS 2	67	60	62	33	39	38	42	39	52	47	55	52	31	29	30	30	0,3	0,2	0,3	0,3
CS 3	397	444	377	178	205	226	188	207	131	147	135	134	46	53	46	47	0,5	0,7	0,6	0,6
CS 4	194	232	346	238	180	141	146	164	172	206	289	207	52	44	54	51	1,0	1,2	2,2	1,3
CS 5	456	567	596	308	190	236	224	209	119	162	166	142	32	40	38	35	0,6	0,8	0,6	0,6
CS 6	224	228	214	221	104	100	96	101	88	97	100	93	38	36	41	39	0,4	0,3	0,4	0,4
CS 7	43	39	42	42	76	65	65	71	76	65	72	73	11	11	10	11	0,2	0,3	0,3	0,3
CS 8	9	12	15	22	47	60	78	57	75	92	134	92	58	64	78	64	0,4	0,5	0,5	0,4
CS 9	70	80	84	76	19	24	29	23	46	52	58	50	12	15	23	15	0,1	0,1	0,1	0,1
CS 10	15	19	20	16	47	53	66	51	49	61	71	55	17	20	25	19	0,1	0,1	0,1	0,1
CS 11	21	25	35	27	32	36	54	40	42	48	76	55	13	14	22	17	0,1	0,1	0,2	0,1
CS 12	21	22	24	22	172	224	186	185	115	105	111	112	38	37	35	37	0,4	0,4	0,4	0,4
CS 13	54	57	53	54	39	36	40	38	61	66	73	65	14	14	15	14	0,3	0,3	0,3	0,3
CS 14	22	22	27	23	43	51	65	50	35	37	56	41	15	18	22	17	0,1	0,1	0,2	0,1
CS 15	41	36	43	41	36	34	38	36	58	47	62	57	16	16	17	16	0,2	0,2	0,2	0,2
CS 16	29	31	42	33	12	13	17	13	32	33	43	35	15	16	19	16	<0,1	0,1	0,1	<0,1
CS 17	16	20	28	251	15	17	20	17	21	26	36	26	11	13	16	13	<0,1	0,1	0,1	<0,1
CS 18	32	31	36	248	36	30	33	34	48	46	55	50	17	16	17	17	0,2	0,2	0,2	0,2
CS 19	15	18	19	16	23	22	19	22	33	38	39	35	11	11	9	11	0,2	0,2	0,2	0,2

belirgin pozitif korelasyon bulunmaktadır (sırasıyla 0,65; 0,67 ve 0,53).

Çinko: Dere kumu örneklerinde Zn içeriğinin ortalama değerleri 105 - 177 μ fraksiyonunda 76 ppm, 74 - 105 μ fraksiyonunda 83 ppm ve < 74 μ fraksiyonunda 97 ppm'dir (Çizelge 2). En yüksek ortalama Zn değeri (97 ppm) bölgedeki granitik kayaçların Zn değerinden (193 ppm) daha küçüktür

(Çizelge 2). Zn değerleri, tipki Cu ve Pb değerleri gibi < 74 μ boyutta zenginleşmiştir. (Çizelge 2). Çinko da bakır ve kurşuna benzer bir dağılım göstermektedir (Şekil 2d). Zn ile Cd arasında kuvvetli pozitif ($r= 0,89$) korelasyon görülmektedir.

Arsenik: Tüm örneklerde arsenik içeriğinin ortalama değerleri 105 – 177 μ fraksiyonunda 25 ppm, 74 – 105 μ

Çizelge 2. Dere kumu örneklerinde farklı elektrotip boyutunda Cu, Pb, Zn, As ve Cd' a ait bazı istatistiksel değerler. Anomali kontrastı maximum değerli 5 örnek ortalamasının minimum değerli 5 örnek ortalamasına bölümyle elde edilmiştir.

* : Sağıroğlu ve Şaşmaz, 2004 . Bütün değerler ppm cinsinden verilmiştir.

Elek Aralığı (μ)	Cu	Pb	Zn	As	Cd
<105-177					
Aritmetik Ortalama	92.42	81.22	75.79	25.26	0.33
Medyan	32.00	42.70	10,98	25	0.20
St Sapma	131.72	73.91	47.88	15.28	0.27
Maximum	456.30	205	187	51.21	0.9
Minimum	0.10	9.40	21	10.8	0.1
Kontrast	27,4	13,6	5,7	4,7	0,3
<74-105					
Aritmetik Ortalama	103.84	87.27	82.68	26.40	0.35
Medyan	31.00	50.90	61.00	17.90	0.20
St Sapma	156.59	83.79	55.84	15.86	0.31
Maximum	444.20	251.50	206.00	63.80	1.20
Minimum	18.10	12.60	26.00	10.60	0.10
Kontrast	25,6	13,2	5,7	4,8	0,3
<74					
Aritmetik Ortalama	110.44	88.56	96.74	29.17	0.42
Medyan	41.90	65.00	72.00	22.60	0.30
St Sapma	159.29	77.59	65.41	17.23	0.48
Kontrast	24,5	10,6	5,3	5,0	0,3
Bölgelerdeki granitoyitik kayaçlardaki ortalama değer*	10	<100	193	12	<10

fraksiyonunda 26 ppm ve < 74 μ fraksiyonunda 25 ppm'dir (Çizelge 2). Orta boyuttaki (74 – 105 μ) fraksiyonda ortalama As içeriği (26 ppm) granitik kayaçların As içeriği (12 ppm) ile karşılaştırıldığında yaklaşık 2,2 kat fazla olduğu belirlenmiştir. Farklı tane boyalarındaki medyan değerlerini (25, 18, 23 ppm) yüksek As derişimini yansıtmaktadır (Çizelge 2). İncelenen

diğer elementlerde olduğu gibi arsenik de Kızıldağ Dere ve Köprücük civarında yüksek derişimler sunmakta ve kısa mesafede normal fon değerlerine inmektedir (Şekil 2e). Ancak As diğer elementlerden farklı olarak CS 8 nolu örenk noktasında en yüksek konsantrasyon sunmaktadır (Şekil 2e). Bu noktada varlığı önceden bilinmeyen bir baz metal cevherleşmesinin olabileceği

ELAZIĞ KUZEYİNDEKİ DERE KUMLARINDA Cu, Pb, Zn, As VE Cd DAĞILIMI

Çizelge 3. İncelenen elementler arası Sperman korelasyon katsayıları. Bold olanlar % 95 ve % 99 güvenilirlikte anlamlı olan katsayıları göstermektedir.

Kırkgeçit formasyonundan türeyen malzemelerin dereye katılması ile ani bir seyrelme gözlenmekte ve dolayısıyla metallerin uzun mesafelerde devamlılıkları takip edilememektedir.

	Cu	Pb	Zn	As
Cu				
Pb	0,06			
Zn	0,11	0,65		
As	0,16	0,67	0,29	
Cd	0,12	0,53	0,89	0,23

düşünülmektedir. As ile Pb arasındaki ($r=0,67$) kuvvetli pozitif korelasyon bu fikri desteklemektedir (Çizelge 3).

Kadmiyum: Çalışma alanındaki dere kumu örneklerinde Cd içeriğinin aritmetik ortalama değerleri 105 - 177 μ fraksiyonunda 0,33 ppm, 74 - 105 μ fraksiyonunda 0,35 ppm ve < 74 μ fraksiyonunda 0,42 ppm'dir. Dere kumlarındaki ortalama Cd değeri ile granitik kayaçlarla uyumlu bir dağılım sunmaktadır (Çizelge 2). Cd, <74 μ da en yüksek değeri vermektedir ve incelenen diğer elementlere benzer dağılım sunmaktadır (Şekil 2f).

Bütün örneklerin element içerikleri ve elementlerin dağılımları karşılaştırıldığında (Çizelge 1, Çizelge 2 ve Şekil 2) Kızıldağ çevresindeki tüm element içeriklerinin yüksek olduğu ve dere kumlarının burada varlığı bilinen cevherleşmeleri işaret ettiği anlaşılmaktadır. Kurt Dere boyunca Keban baraj gölüne kadar olan kısımda incelenen elementler bakımından fakir

6. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada Elazığ Kuzeyinde yer alan damar tipi Pb-Zn ve Cu cevherleşmelerinde drenaj jeokimyası çalışmaları yapılarak, farklı fraksiyonlardaki dere kumlarında Cu, Pb, Zn, As ve Cd'un dağılımı incelenmiştir. Bu amaçla dağılım haritası yapılmıştır. Bilindiği gibi dere kumları büyük miktarda iyi kristalleşmemiş demir oksihidroksitler ile az miktarda fillosilikatlardan (başlıca illit/muskovit ve kaolinit), kuvars ve cevher minerallerinden oluşmaktadır (Galan, 2003). Dere kumları içerisindeki demir sülfidlerin oksidasyonla ayrışması ile Fe-oksidi-hidroksitler ve sülfatlar oluşmakta ve bunlar alüvyonlar içerisinde toksik metallerin depolanmasına neden olmaktadır (Bigham, 1994). Newman (1987), kil minerallerinin ve Fe oksihidroksitlerin metalleri emerek taşıdığını belirtmektedir. Bu nedenle, dere kumlarının metal içeriklerinin tane boyu dağılımları ile oldukça yakından ilgili olduğu görülmektedir. Li ve diğ., (2000) Cu'ın dere sedimanlarında kalıntı malzeme içerisinde en yüksek değere ulaşlığını, daha sonra organizmalar tarafından tutulduğunu ve az miktarda ise Fe-Mn oksitler ve karbonatlar içerisinde bulunduğuunu belirtmektedir. Bu çalışmada, Cu'ın kaba taneli kumlarda

muhtemelen kalkopiritlerde veya pirit içerisinde yani sülfid fazları içerisinde zenginleştiği; ince taneli boyutta ise kil mineraleri ve Fe-oksitler tarafından absorbe edilerek tutulduğu söylenebilir. Hematit (spekularit), manyetit ve pirit bakımından zengin kısımlardaki yüzeysel bozusma nedeniyle Fe oksit hidroksitler yoğun olarak oluşmaktadır. Yüksek demir içeriğine sahip örneklerde Zn değerlerinin yüksek olduğu bilinmektedir. Bu durum Fe minerallerinin Zn'yu absorbe etmelerinden kaynaklanmaktadır. Ancak inceleme alanında Zn ile Pb ($r= 0,65$) ve Zn ile Cd arasındaki ($r= 0,89$) kuvvetli pozitif ilişkinin varlığı bu iki elementin birlikte zenginleştiğini göstermektedir.

As'in ince taneli dere kumlarında zenginleşmesi, bu elementin killer ve Fe-oxsi-hidroksidler tarafından tutulduğunu ve kaynak kayaçtan uzakta zenginleştiğini göstermektedir. As'in akım yönünde CS 8 noluörnekte en yüksek değerler vermesi ve As ile Pb arasındaki ($r= 0,67$ $p= 0,002$) pozitif korelasyonun varlığı bu bölgede As'in baz metal yatakları için iz bulucu olarak kullanılabileceğini düşündürmektedir (Şekil 2e).

Yukarıdaki bilgiler ışığında, elementlerin tane boyuna göre dağılımları incelendiğinde, kaba taneli kumlar içerisindeki Cu, Pb ve Zn'nun sülfid fazlar (galen, kalkopirit ve sfalerit) içerisinde mekanik olarak taşınarak zenginleşmiş olabileceğini, ince taneli dere kumlarında ise hidromorfik taşınmaya bağlı olarak kil mineraleri (kaolenler) ve Fe oksitler tarafından emilerek zenginleşmiş olabileceği

sanılmaktadır.

Jeokimyasal prospeksiyon amaçlı çalışmalarla akım yönünde kaynağa yakın yerlerde hareketliliği az elementlerin iz sürücü element olarak kullanılabileceği, kaynaktan daha uzaklarda ise ince taneli sedimanlarda daha hareketli elementlerin zenginleştiği bilinen bir gerçektir. Ancak inceleme alanında kaynağa yakın örneklerde (CS 1, CS 4, CS 5, CS 7) ince taneli sedimanlardaki metal içerikleri, bu alanlarda yoğun olarak gözlenen kaolenleşme, serizitleşme ve floritleşme (Sağıroğlu, 1986) ile ilişkili olabilir. Bu çalışmada 105-177 μ ve 74-105 μ boyutundaki Cu, Pb, Zn ve As zenginleşmelerinin kaynağa yakınlığı ifade ettiği, 74 μ (kil-silt) boyutundaki zenginleşmenin ise malzemenin uzun mesafeye taşındığını ya da kil mineraleri ve Fe-Mn oksit-hidroksitler tarafından absorbe edildiğini işaret edebilir.

7. KATKI BELİRTME

Bu çalışma FÜBAP 911 nolu projenin desteği ile yapılmıştır. Bu nedenle Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimine katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

8. KAYNAKLAR

Aksoy, E. 1993. Elazığ batı ve güneyinin genel jeolojik özellikleri. *Doğa Türk Yerbil. Derg.*, 1,1,113-125.

Bingöl, A. F. 1988. Petrographical and petrological features of intrusive rocks of Yüksekova Complex in the Elazığ region (Eastern Taurus, Turkey). *Jour. Firat.Univ. Sci. and Tech.* 3/2,1-17, 1988.

ELAZIĞ KUZEYİNDEKİ DERE KUMLARINDA Cu, Pb, Zn, As VE Cd DAĞILIMI

- Beyarslan, M. 2000. Serince-Harput (Elazığ) çevresindeki Granitik Kayaçlar ve Kökeni. *Geosound/Yerbilimleri*, 37, 105-117.
- Bigham, J.M., 1994. Mineralogy of ochre deposits formed by sulfide oxidation In: Jambor, J. L., Blowes, D.W. (Eds.), *Environmental Geochemistry of Sulfide Mine Wastes*. Mineralogical Association of Canada, 27, 103-132.
- Galan, E., Gomez-Ariza, J.L., Gonzalez, I., Fernandez-Caliani, J.C., Morales, E. ve Giraldez, I., 2003. Heavy metal partitioning in river sediments severely polluted by acid mine drainage in the Iberian Pyrite Belt. *Applied geochemistry*. 18, 409-421.
- Hakanson, L., 1980. An ecological risk index for aquatic pollution control-a sedimentological approach. *Water Res.*, 14, 975-1001.
- Hakanson, L., 1984. Sediment sampling in different aquatic environments: Statistical aspects. *Water Resources Res.* 20, 1, 41-46.
- İnceöz, M. ve Tatar, Y. 1995. Harput (Elazığ) yakın kuzeyi ve doğusunun jeolojik özellikleri, F. Ü. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi. 7(1), 113-130.
- Li, X. D., Shen, Z.G., Wai, O.W.H., ve Li, Y.S., 2000. Chemical partitioning of heavy metal contaminants in sediments of the Pearl River Estuary. *Chemical Speciation and Bioavailability*. 12, 17-25.
- Melo, G. Jr., Fletcher, W.K., 1999. Dispersion of gold and associated elements in stream sediments under semi-arid conditions, northeast Brazil. *J. Geochem. Explor.* 67, 235-243.
- Newman, A.C.D., 1987. The interaction of water with clay mineral surfaces . In Newman, A.C.D. (Ed.) *Chemistry of Clay Minerals*. Mineralogical Society. 18, 237-234.
- Perinçek, D. 1979. *The Geology of Hazro- Korudağ- Çüngüş-Maden-Ergani-Hazar-Elazığ-Malatya area: Guide Book*, Tur.Jeo.Kur. Yayınu, 33s.
- Sağiroğlu, A., 1986. *Kızıldağ-Elazığ cevherleşmelerinin özellikleri ve kökeni*, Jeoloji Mühendisliği, 29, 5-13.
- Sağiroğlu, A. ve Preston, M. F.R., 1987. Ore mineralogy of Kızıldağ Pb-Zn veins-with a special emphasis on the composition of the tetrahedrites. *The Journal of Firat University*, 2/2, 83-94.
- Şaşmaz, A. ve Sağiroğlu, A., 1990. The features and origin of Billurik Dere (Elazığ) mineralizations. *Bull. Miner. Res. Explor.* 110, 45-54.
- Şaşmaz, A. ve Sağiroğlu, A., 1999. The geology of the Çolaklı (Harput-Elazığ) vein type Pb-Zn mineralizations. *Geological Bulletin of Turkey*. Vol.42, No:2, 17-24.
- Şaşmaz, A.ve Sağiroğlu, A., 2004. Mineralogy and geochemistry of the argentiferous Pb-Zn and Cu veins of the Çolaklı area, Elazığ, Eastern Turkey. *Journal of Asian Earth Sciences*, 23, 37-45.
- Turan, M., Aksoy, E., Bingöl, A.F., 1995. *Doğu Torosların Jeodinamik Evriminin Elazığ Civarındaki Özellikleri*. F.Ü Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi. 7(2), 177-199.
- Üşenmez, Ş., 1996. *Sedimentoloji ve sedimanter kayaçlar*. Erciyes Üniversitesi. Yozgat, 378s.
- Wedepohl, K. H., 1978. *Handbook of Geochemistry*, vol. 5. Springer, Berlin.

**GİLDİRLİ VE KAPLANKAYA FORMASYONLARI GEÇİŞİNDEKİ
KIRINTILI SEDİMANLARIN ÖZELLİKLERİ VE ORTAMSAL ETKİLERİ
(ADANA HAVZASI- G TÜRKİYE)**

Murat GÜL, Kemal ZORLU, Hayati KOÇ ve Özgür KALELİOĞLU
Mersin Ü., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Mersin/ Türkiye

ÖZET : Güney Türkiye'de yer alan önemli Neojen yaşı havzalardan biri de Adana Havzasıdır. Bu havza içinde, Alt Miyosen döneminde, Tersiyer öncesi birimleri, uyumsuzlukla üzerleyen taban çakıltıları ve akarsu çökellerinden oluşan Gildirli formasyonu, sıg denizel birimlerden oluşan Kaplankaya formasyonu ile geçişli bir ilişkiye sahiptir. Bu ilişki Mersin ili kuzeyindeki Soğucak-Bekiralanı köylerinde belirgin bir şekilde izlenebilmektedir.

Bu alanda ofiyolitik karışık üzerine uyumsuzlukla gelen, Kaplankaya formasyonu resifal ürünleri normal gelişimlerini tamamlayamadan, Gildirli formasyonu kirintiliğini ile kesilmiştir. Kırmızı renkli çakılı ve kumlu akarsu çökelleriyle başlayan kirintili çökeller havza içine doğru incelmektedir ve pelesipodu, ekinidli, Ostrea'lı, karbonat çimentolu birimlere (Kaplankaya formasyonu) geçiş göstermektedir. Kirintili malzemenin etkisini yitirmesiyle ve ortamın sakinleşmesiyle, resifal kireçtaşları tekrar gelişmeye başlamıştır.

**ENVIRONMENTAL EFFECTS AND PROPERTIES OF THE CLASTIC
SEDIMENTS IN THE TRANSITION OF THE GİLDİRLİ AND KAPLANKAYA
FORMATION (ADANA BASIN – S TURKEY)**

ABSTRACT : One of the important Neogene basins in the southern Turkey is the Adana Basin. Gildirli formation contains basal conglomerate and fluvial deposits, unconformably overlies the pre-Tertiary units and has a transitional relation with shallow marine deposits of Kaplankaya formations in this basin during the Lower Miocene time. This relation is significantly observed in Soğucak-Bekiralanı villages at the north of Mersin.

The Kaplankaya formation unconformably overlies the ophiolitic complex and was ceased by the Gildirli formations clastics without completing their normal development. The deposition starts with red colored gravelly and sandy fluvial deposits and is thinning towards the basin interior and passing into pelecypoda, echinoid, Ostrea bearing and carbonate cemented units (the Kaplankaya Formation). The reef limestone was started to develop again, after the clastics lose their effect and calm down of the environment.

1. GİRİŞ

Resifler uygun sıcaklık, ışık, besin seviyesi, su derinliği ve tuzluluk gibi koşullarının sağlandığı ortamlarda gelişebilen özel sedimentolojik ortamlardır. Çeşitli ekonomik değere sahip mineralleri barındırması, petrol ve doğalgaz depolanması için uygun rezervuar kayaları olması, geçmiş dönemlere ait paleo-ortam koşullarının belirlenmesindeki önemleri nedeniyle çok sayıda çalışmaya konu olmaktadır. Bu çalışmalar sonucu elde edilen bilgiler, günümüz ekolojik dengelerinde önemli paya sahip resiflerin incelenmesinde önemli katkılara sağlamaktadır.

Alt Miyosen döneminde başlayan küresel ölçekteki transgresyon Akdeniz'i çevreleyen alanlarda irili ufaklı bir çok sedimanter havza gelişimine neden olmuştur (Esteban, 1979, 1996; Kelling ve dig., 2005). Bunlardan en önemlileri veya üzerinde en fazla çalışma yapılmış olanlar İspanya'da; Sorbas havzası (Braga ve Martin, 1998), Nijar havzası, Almeria (Dabrio ve dig., 1981; Franseen ve Mankiewicz, 1991), Fortuna havzası (Mankiewicz, 1995), Mallorca (Pomar, 1991); Orta İtalya (Brandano ve Corda, 2002), Montagna della Maiella (Vecsei ve Sanders, 1999). Bu havzalar güney Türkiye'de oldukça yaygın bir dağılım göstermektedirler (Kelling ve dig., 2005). Antalya ve civarında (Hayward, 1982, 1984; Hayward ve dig., 1996; Karabiyikoğlu ve dig., 2005), Mut (KB Mersin) havzası (Gökten, 1976; Gedik ve dig., 1979; Atabay, 1999; Bassant ve dig., 2001; Gül, 2001; Gül ve Eren, 2003;

104

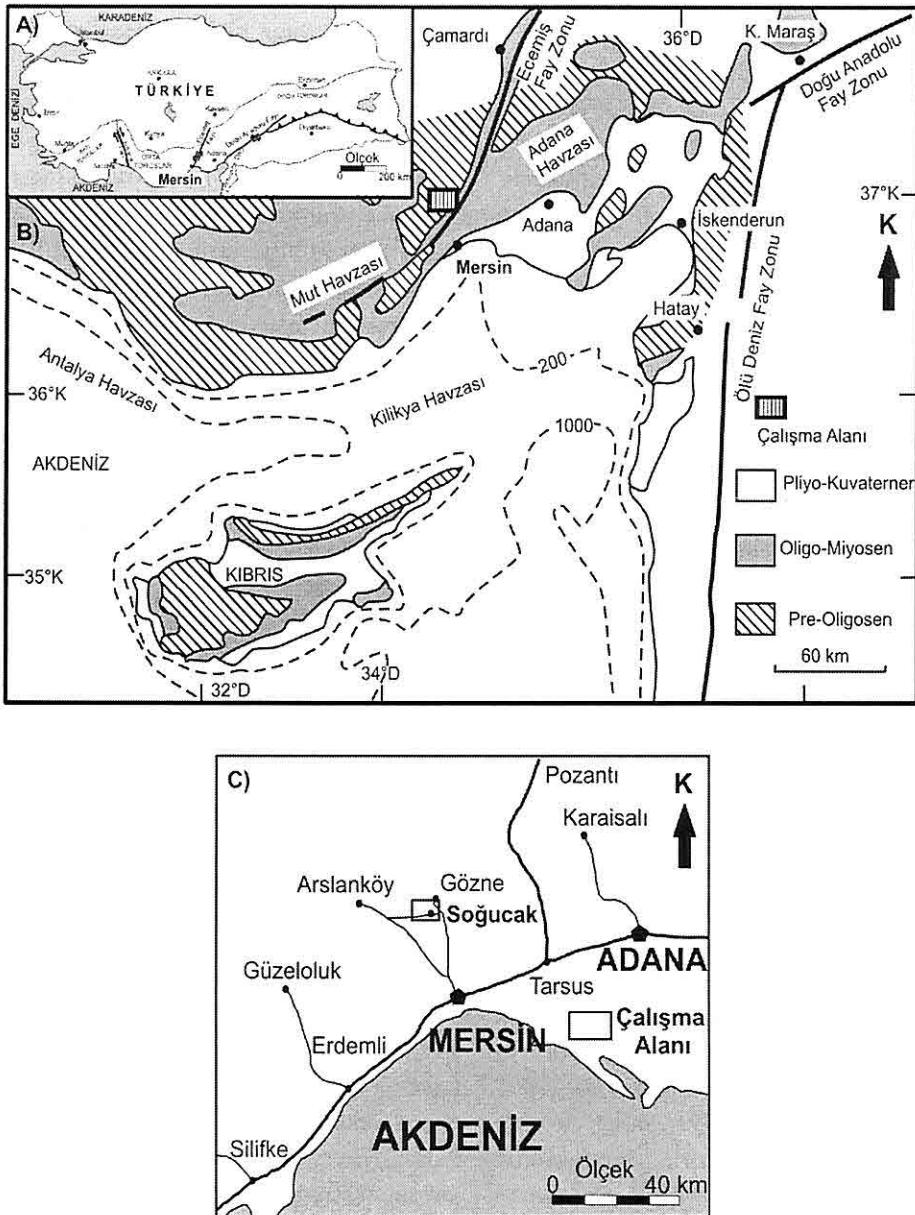
Şafak ve dig., 2005), ve Adana Havzası (Görür, 1979, 1980; Yetiş, 1988; Yetiş ve dig., 1995; Gül ve Koç, 2003) ile ilgili olarak bir çok çalışma yapılmıştır.

Bu çalışmaya konu olan alan, Adana Havzasının, Orta Toroslarda güney batıya doğru uzanan, dar uç kısmında yer almaktadır (Özgül, 1976). Bu alan havza kenarına oldukça yakın bir alanda bulunmaktadır. Bu nedenle resif gelişimini etkileyen tektonizma, deniz seviyesi salınımları ve taban topografyası gibi etkiler çok belirgin bir şekilde izlenebilmektedir. Bu etkilerden biri de karalardan kaynaklanan kırıntılı beslenimidir (Şekil 1). Soğucak-Bekiralanı köylerinin güneyi (K Mersin) (Şekil 1) kırıntılı malzemelerin resif gelişimi üzerine etkilerinin en belirgin olarak gözlendiği bir alan olup, kırıntılı malzeme yanal ve düşey yönde belirgin bir şekilde takip edilebilmektedir. Bu amaçla 3 adet sedimentolojik kesit ölçülmüş ve deneştirilmiştir. İnceleme alanı ve yakın civarıyla ilgili olarak yapılan çalışmalar sınırlı olsa da (Pampal, 1984; Yaman, 1991; Nazik, 1993; Gül ve Koç, 2003; Özer ve dig., 2004) Adana havzası ile ilgili bir çok çalışma yapılmıştır (Schmidt, 1961; Görür, 1979, 1980; Yetiş, 1988; Ünlügenç ve dig., 1990; Gürbüz, 1993; Yetiş ve dig., 1995; Gürbüz, 1999; Sevimli, 2003).

2. STRATİGRAFİ

Adana havzasının geneline bakıldığına Paleozoyik'ten günümüze dekin uzanan yaş aralığında çok sayıda jeolojik birim ayırtlanmıştır. Bunların

**GİLDİRLİ VE KAPLANKAYA FORMASYONLARI GEÇİŞİNDEKİ KIRINTILI
SEDİMANLARIN ÖZELLİKLERİ VE ORTAMSAL ETKİLERİ (ADANA HAVZASI- G TÜRKİYE)**



Şekil 1. A) İnceleme alanı güney Türkiye'de orta Toroslar bölgesinde yer almaktadır (Özgül (1976)). B) Güney Türkiye'de yer alan Neojen havzalar ve önemli tektonik elemanlar (Şafak ve diğ., 2005 değiştirilerek alınmıştır). C) İnceleme alanı yer bulduru haritası.

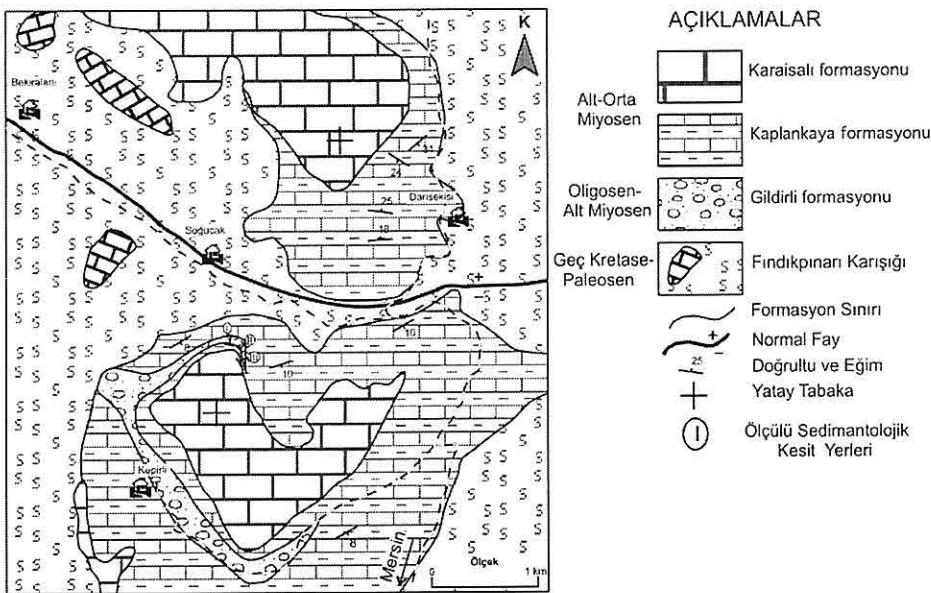
büyük bir kısmı inceleme alanımızda yüzeylenmemektedir (Yetiş ve Demirkol, 1986; Ünlügenç ve diğ., 1990), (Şekil 2 ve 3).

Adana Havzasının temelinde kireçtaşı, kumtaşı, silttaşısı ve şeyl ardalanmalarından oluşan Orta-Üst Devoniyen yaşlı Yerköprü formasyonu ile kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı ve dolomitlerden oluşan Permo-Karbonifer yaşlı Karahamzauşağı formasyonu yer almaktadır (Yetiş ve Demirkol, 1986; Ünlügenç ve diğ., 1990). Paleozoyik yaşlı birimler üzerine uyumsuz olarak gelen Demirkazık formasyonu Üst Triyas-Alt Kretase yaşlı olup inceleme alanının dışında kuzey ve kuzeybatıda yüzeylenmektedir (Pampal, 1984; Demirtaşlı ve diğ., 1984; Yetiş ve Demirkol, 1986; Ünlügenç ve diğ., 1990). Bunların üzerine küçük açısal uyumsuzlukla Senonyien yaşlı kireçtaşları gelmektedir (Özer ve diğ., 2004). Sonrasında uyumlu olarak planktonik foraminiferli, kalsitürbiditli Kampaniyen-Maastrichtiyen yaşlı Yavca formasyonu gelir (Pampal, 1984; Demirtaşlı ve diğ., 1984; Yetiş ve Demirkol, 1986; Ünlügenç ve diğ., 1990). Mesozoyik yaşlı bu sedimanter istif üzerine tektonik olarak serpantinleşmiş gabro, diyabaz, peridotit ve piroksenitli Mersin ofiyoliti gelir (İşler, 1989/1990; Yaman, 1991; Parlak ve diğ., 1995). Ofiyolitin üzerine yine tektonik olarak Fındıkpinarı Karışığı gelmektedir (İşler, 1989/1990; Yaman, 1991; Özer ve diğ., 2004). İnceleme alanındaki en yaşlı birim olan Fındıkpinarı Karışığı içerisinde oldukça bozunmuş serpantinleşmiş ofiyolitik kayaçları ile bol miktarda, daha

yaşlı birimlere ait yer yer dağ büyülüğüne varan blokların varlığı tespit edilmiştir (Şekil 2 ve 3).

Senozoyik birimler Adana Havzasında Oligosen-Alt Miyosen yaşlı gölsel Karsanti formasyonu ile başlamaktadır. İnceleme alanımızda yüzeylenen ve bu çalışmanın konusunu oluşturan Gildirli formasyonu kırmızı-kahve renkli kırıntılı çökellerden oluşmakta ve Karsanti formasyonu üzerine gelmektedir (Schmidt, 1961; Yetiş ve Demirkol, 1986; Ünlügenç ve diğ., 1990). Önceki çalışmalarında Oligosen-Alt Miyosen yaşlı olduğu ifade edilen Gildirli formasyonunun, inceleme alanında Kaplankaya formasyonu ile yanal ve düşey geçişli bir ilişki sergilemesi nedeniyle Alt Miyosen yaşlı olması gerekmektedir. Miyosen'de başlayan transgresyonla yer yer Gildirli formasyonu ile geçişli bulunan, çakıllı kumtaşı, kumtaşı, kumlu kireçtaşı, silttaşısı, kiltaşı ve kireçtaşından oluşan Kaplankaya formasyonu ile, resifal kireçtaşlarından oluşan Karaaisalı formasyonu çökelmektedir. Bu birimlerin yaşı inceleme alanımıza yakın alanda çalışan Nazik (1993) tarafından ostrakod içeriğine dayanarak, Kaplankaya formasyonu için Burdigaliyen-Erken Langiyen, Karaaisalı formasyonu için, Langiyen-Serravaliyen olarak önerilmiştir. Bunlar üzerine gelen Adana Havzasının diğer kısımlarında yaygın olarak bulunan Cingöz formasyonu (denizaltı yelpazesı çökelleri), Güvenç formasyonu (derin deniz kiltaşları), Kuzgun formasyonu (çakıllı, kumlu, kireçtaşlı sığ denizel çökeller) ve Handere formasyonu (sığ denizel çökeller ve

**GİLDİRLİ VE KAPLANKAYA FORMASYONLARI GEÇİŞİNDEKİ KIRINTILI
SEDİMANLARIN ÖZELLİKLERİ VE ORTAMSAL ETKİLERİ (ADANA HAVZASI- G TÜRKİYE)**



Şekil 2. İnceleme alanının genel jeoloji haritası.

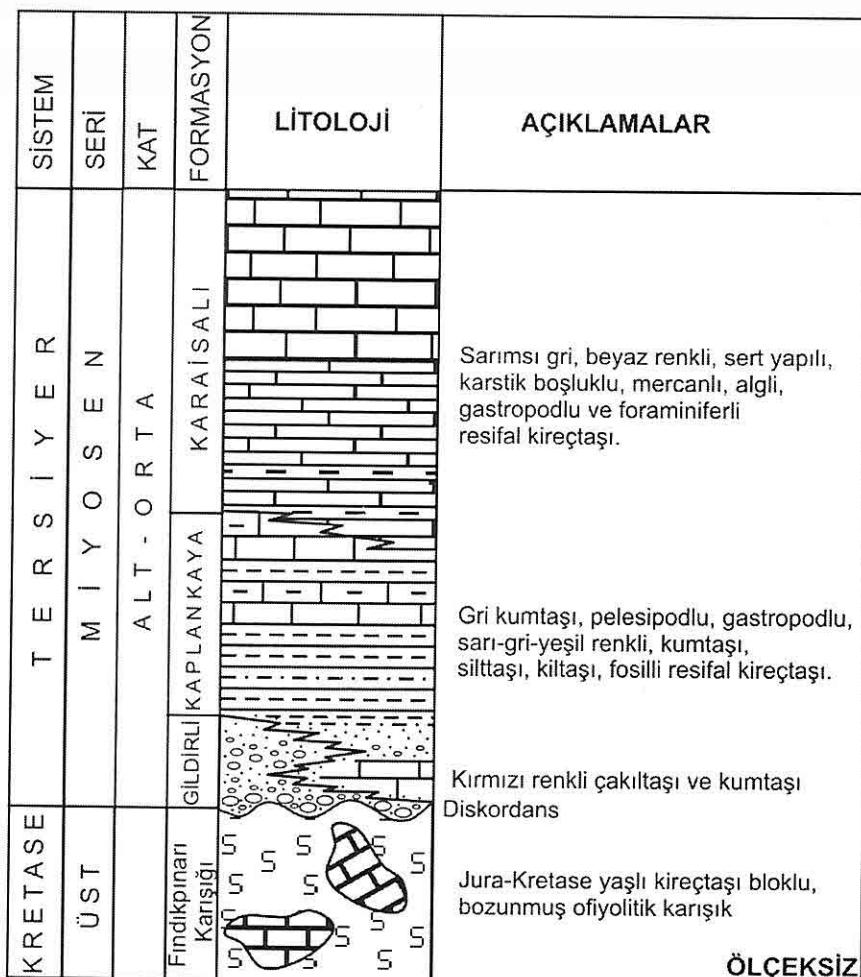
evaporitler) inceleme alanımızda gözlenmemiştir (Şekil 2 ve 3).

3. YAPISAL EVRİM

Menderes-Toros Bloğunu çevreleyen Neotetis Denizin kuzey ve güney kollarının kapanması sonucunda, inceleme alanında ve diğer bir çok bölgede, ofiyolitik dizi ve ofiyolitik melanja ait birimlerin Mesozoyik birimler üzerine tektonik olarak bindirdikleri gözlenmiştir. Bu çarpışma özellikle K.Maraş ve İskenderun gibi alanlarda Eosen-Miyosen'e kadar devam etmiştir (Kelling ve diğ., 2005).

Ünlügenç ve diğ. (1990), Miyosen öncesi gelişen karasal dönem sonrası, Adana havzasının açılma havzası olarak oluşmaya başladığını ve kenar ön ülke havzası karakterinde olduğunu

belirtmiştir. Denizin Alt Miyosen'deki hızlı transgresyonu öncesi karasal dönemde gölsel çökellerden oluşan Karsanti formasyonu ve akarsu ortamında çökelmiş Gildirli formasyonu gelişmiştir. Daha sonra hızlı transgresyon sonucu oluşan sıçan denizel ortamda, yersel olarak Gildirli formasyonuna ait çökeller ile Kaplankaya formasyonuna ait kumlu, çakılı kireçtaşları, silttaşları gelişmeye başlamıştır. Uygun ortam koşullarında ise resifal kireçtaşlarından oluşan Karaisali formasyonu çökelmiştir (Schmidt, 1961; Yetiş ve Demirkol, 1986; Ünlügenç ve diğ., 1990; Yetiş ve diğ., 1995). Transgresyonun ilerlemesiyle resifler kuzeyde oluşmaya başlarken, daha güney kesimlerde yer yer derin deniz yelpaze çökelleri (Cingöz formasyonu) (Gürbüz, 1993, 1999) ve derin denizel kiltaşları



Şekil 3. İnceleme alanının genel stratigrafisi.

(Güvenç formasyonu) gelişmeye başlamıştır. Sonrasında gelişmeye başlayan regresyon sonucu bölgede sıçan denizel ve deltalik çökeller (Kuzgun formasyonu) ile evaporitler (Handere formasyonu) çökelmıştır. Miyosen sonrası dönemde Alpin orojenezinin etkisiyle inceleme alanı ve çevresi yükseliş aşınarak bugünkü görünümünü

kazanmıştır (Yetiş ve Demirkol, 1986; Ünlügenç ve diğ., 1990; Yetiş ve diğ., 1995). İnceleme alanında Cingöz, Güvenç, Kuzgun ve Handere formasyonlarının olmayışı, Orta Miyosen'in başında inceleme alanının hızlı bir şekilde yükseldiğini veya bu formasyonların aşındığını göstermektedir.

**4. SOĞUCAK-BEKİRALANI (K
MERSİN) CİVARINDAKİ
KARASAL BESLENİMİN
K U Z E Y B A T I D A N
GÜNEYDOĞUYA DOĞRU
YANAL YÖNDEKİ DEĞİŞİMİ**

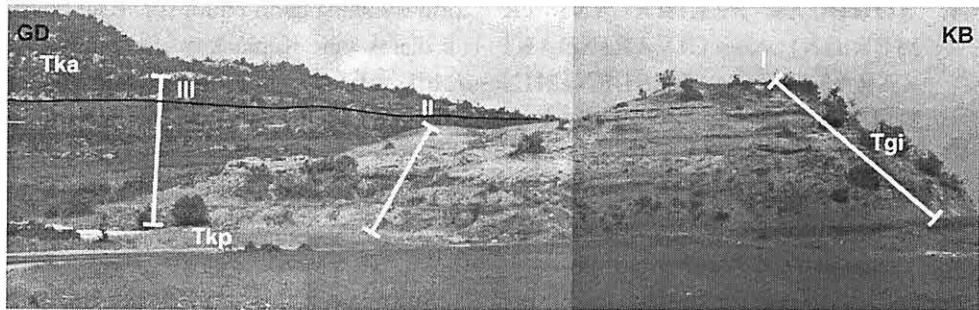
İnceleme alanının kuzeyinde yer alan yol yarmalarında, Fındıkpinarı Karışığı üzerinde ilk olarak, sıg denizel fosilli, bol ofiyolit çakıllı kumtaşları ve çakıltaşlarının varlığı tespit edilmiştir. Kalınlığı fazla olmayan, yayılımı haritalanamayacak ölçüde küçük olan bu seviye önceki çalışmalarda da bahsedilen (Schmidt, 1961; Yetiş, ve dig., 1995) Gıldırılı formasyonuna karşılık gelmektedir. Bu çökeller, Kaplankaya formasyonuna dahil edilen birimlerce uyumlu olarak üzerlenmektedir. Soğucak-Bekiralanı güneyindeki (K Mersin) alanda ise; Fındıkpinarı Karışığı üzerinde ilk olarak yaklaşık 20-25 m kalınlığa sahip genelde masif görünümü, kalın tabakalı, kırmızı alaklı, mercanlı, ekinidli, pelesipodlu, yer yer Ostrea'lı genelde vaketaşı (Dunham, 1962), yer yer de bağıtaşı (Dunham, 1962) mikrofasiyelerinde oluşan Kaplankaya formasyonu yer almıştır. Bunların üzerine kırmızı, kırmızımsı sarı renkli konglomera ve kumtaşlarından oluşan Gıldırılı formasyonu gelmektedir. İnceleme alanının batısına doğru ilerledikçe birim iri pelesipodlu, gri renkli, yer yer bol Ostrea yiğisimleri içeren karbonat çimentolu kumtaşlarına ve az miktarda çakıltaşlarına geçiş göstermektedir. Bu kısım ve bu kırtılı bölümün üzerindeki kumtaşı bölümünde küresel bozunmalar ve formasyon içi (intraformasyonel)

formasyonuna dahil edilmiştir. Üste doğru ilk olarak yine Kaplankaya formasyonuna dahil edilmiş pelesipod, ekinit ve gastropod içeren vaketaşları ile Kırmızı alg, mercan, bentik foraminifer, pelesipod ve gastropod içeren masif kireçtaşlarından oluşan Karaialı formasyonu gelmektedir (Şekil 2, 4, 5 ve 6).

Soğucak-Bekiralanı köylerinin güneyinde (K Mersin) (Şekil 1) kırtılı malzeme girdisinin sıg denizel sedimentasyonu etkilediği belirgin şekilde izlenmiştir. Bu alanda karasal çökellerden oluşan Gıldırılı formasyonu ile sıg denizel ortam ürünü olan Kaplankaya formasyonu yanal ve düşey geçişli bir ilişki sunmaktadır. Bu ilişkiye açıklamak amacıyla, Belen tepenin eteklerinde kuzeybatıdan güneydoğuya doğru sırasıyla 22.0 m, 28.0 m, 50.0 m'lik olmak üzere 3 adet kesit ölçülmüştür (Şekil 4, 5 ve 6). Bunun yanı sıra havzanın Miyosen öncesi ve Miyosen dönemi evrimini gösteren şematik blok diyagramlar çizilmiş ve Surfer 8.0 bilgisayar programı yardımıyla güncel durumunu gösteren üç boyutlu blok diyagramı hazırlanmıştır.

4.1. I. Kesit (KB)

İlk on metrelık seviye gri-yeşil renkli çakıllı, iri pelesipodlu, gastrapodlu, Ostrea'lı ince tabakalı kumtaşları içermektedir (Şekil 7A). Bu bölümün orta seviyelerinde maksimum 40 cm kalınlığında, tabanı erozyonel, sıg denizel fosilli konglomeratik kanal çökelii bulunmuştur. Bu seviyenin üzerindeki kumtaşı bölümünde küresel bozunmalar ve formasyon içi (intraformasyonel)



Şekil 4. Ölçülü sedimentolojik kesitlerin genel arazi görünümü (Tgi: Gildirli formasyonu; Tkp: Kaplankaya formasyonu; Tka: Karaisalı formasyonu).

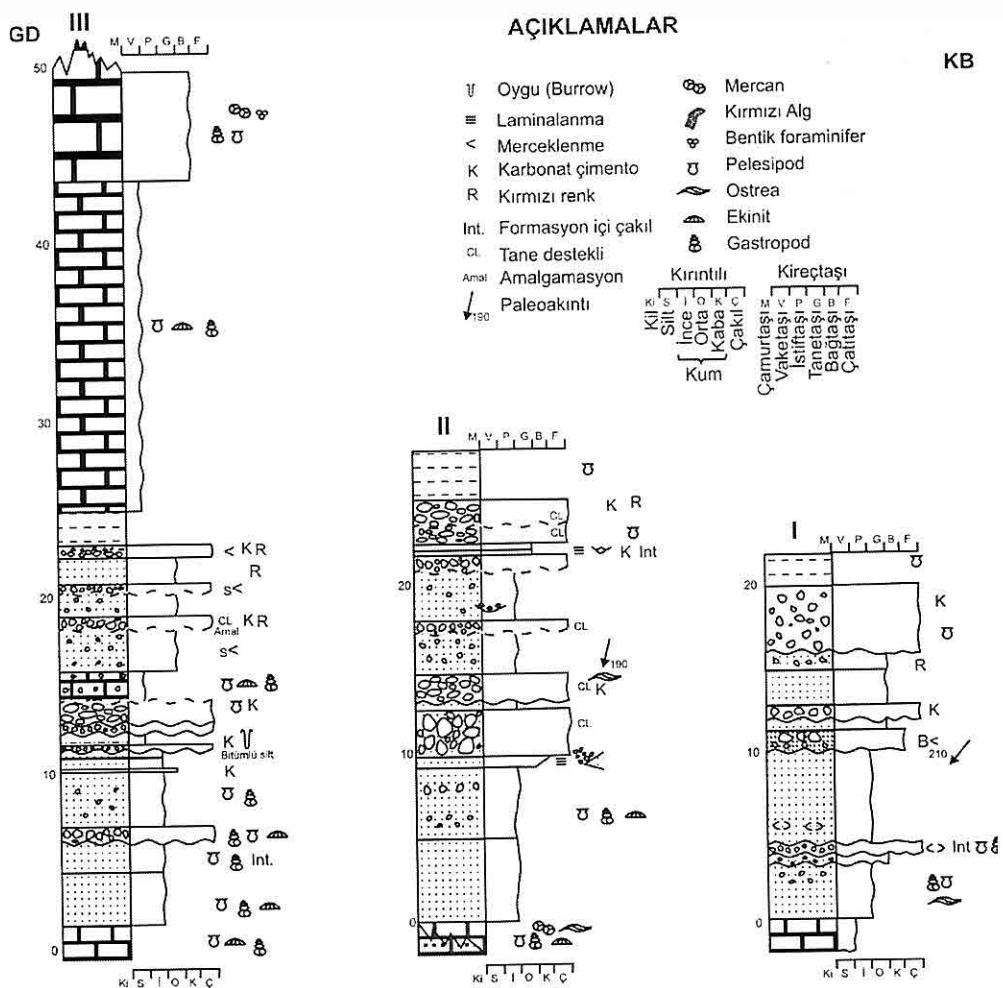
çakıllar bulunmuştur. Sonraki 3 m kalınlığındaki seviye iki farklı kanal çökelinden oluşmaktadır. Her iki kanal çökelinde yer alan çakıllar, mikrogabro, gabro, bazalt, serpantin ve benzeri ofiyolit gurubu kayaçlarından türemiştir. Altı tane bağlayıcı kaba taneli kumken (Şekil 7B) ikinci kanalda bağlayıcı kalsit çimentodur. Bu seviye üzerine 3 m'lik orta taneli kumtaşları çökelmiştir. Kumtaşlarının alt seviyesinde bağlayıcı karbonat çimento iken, ikinci seviye bol çakılı ve kırmızı renkli ve bağlayıcısı ince kum boyundadır. Kesitin üst seviyelerinde 2 m kalınlığında iri pelesipodlu kilit taşı seviyesi öncesi 4 m kalınlığında pelesipodlu, bol ofiyolit çakılı, tabanı erozyonel kanal çökelimi gelişmiştir (Şekil 7C).

Bu kesitte kırmızı renkli, fosilsiz ve bağlayıcının kum olduğu iki seviye, karasal ortam ürünü olup, Gildirli formasyonuna dahil edilmiştir. Kesitin geri kalan kısımlarında bulunan fosilli ve karbonat çimentolu seviyeler, sığ denizel ortam ürünü olup Kaplankaya formasyonuna dahil edilmiştir (Şekil 5,6).

4.2. II. Kesit (Orta)

28 metrelük kesitin tabanında genelde kalın tabaklı vaketaşları ve yersel olarak bağıtaşı oluşumları bulunmaktadır. Tabandaki ilk sekiz metrelük seviyede bol pelesipodlu, ekinidili, açık yeşil ve gri renkli ince taneli kumtaşları yer almaktadır. Sonrasında birinci kesitteki benzer olarak, iki farklı seviyede gelişmiş yaklaşık 6 metre kalınlığında kanal çökelleri gelişmiştir. İlk seviyede bağlayıcı ince taneli kumken, ikinci seviye *Ostrea*'lı ve karbonat çimentoludur. Sonraki 6 metrelük formasyon içi (intraformasyonel) çakılı ince taneli kumtaşı seviyesinin orta kısmında, 50 cm'lik tabanı erozyonel yanal yönde merceklenmeli kanal çökelii yer almaktadır. Bu seviyenin üzerindeki 35 cm kalınlığındaki kanal seviyesi güneye doğru çatallanmaktadır. En üstte yer alan 2,5 metrelük kanal çökelii karbonat çimentoludur, altındaki 35-40 cm kalınlığındaki çakılı orta taneli kumtaşı seviyesi teknemsi çapraz tabakalı olarak gelişmiştir (Şekil 8A). En üstte 3,0 metre kalınlığında pelesipodlu kilittaşları yer

**GİLDİRİ VE KAPLANKAYA FORMASYONLARI GEÇİŞİNDEKİ KIRINTILI
SEDİMANLARIN ÖZELLİKLERİ VE ORTAMSAL ETKİLERİ (ADANA HAVZASI- G TÜRKİYE)**



Şekil 5. Gildirli ve Kaplankaya formasyonları geçişli bölgelerinden alınmış sedimentolojik kesitler.

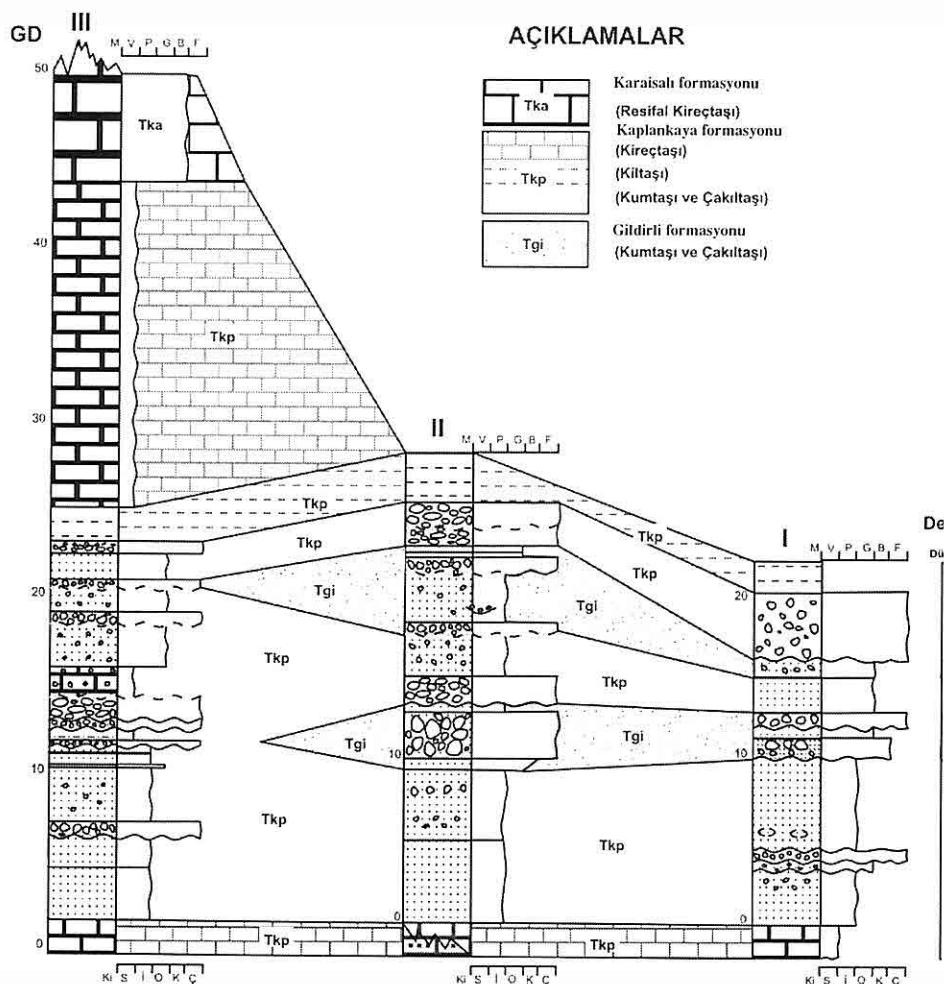
almaktadır.

I. kesittekine benzer olarak bu kesitte de Gildirli formasyonuna dahil edilmiş fosilsiz, kırmızı renkli birimler ile karbonat çimentolu, fosilli Kaplankaya birimlerinin 2 kez ardalandığı tespit edilmiştir. I. kesite nazaran Gildirli formasyonuna dahil edilen çökellerin

kalınlaşlığı ve daha güçlü enerjilerin etkisinde oluşmuş tane destekli ve tabanı erozyonel hale geldiği gözlenmiştir (Şekil 5 ve 6).

4.3. III. Kesit (GD)

Pelesipodlu, ekinidli, gastropodlu kumlu kireçtaşları üzerine gelen 10

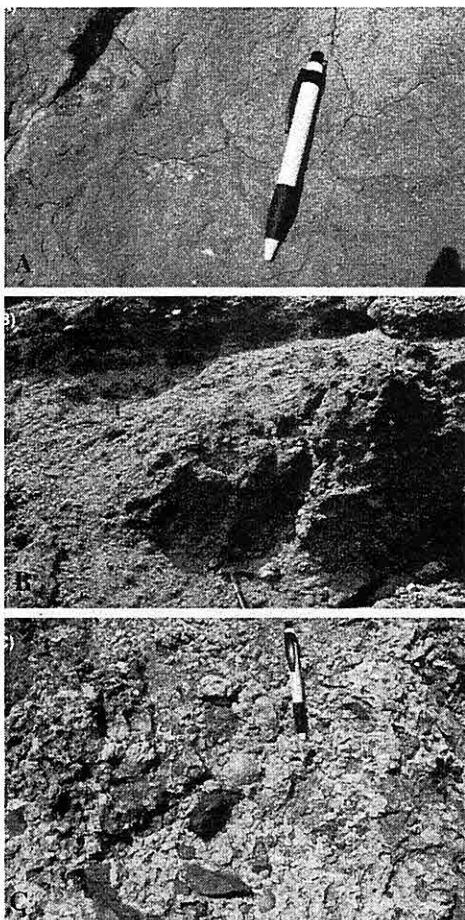


Şekil 6. Sedimentolojik kesitlerin deneştirilmesi, Gildirli (Tgi) ve Kaplankaya (Tkp) formasyonlarının yanal ve düşey değişimlerinin belirlenmesi (Tka: Karaasali Formasyonu).

metrelilik kumtaşları diğer kesitler gibi sığ denizel fosilli olup daha az çakılıdır. Orta seviyelerinde 30-40 cm kalınlığında tabanı erozyonel yanal yönde merceklenmeli kanal çökelleri bulunmuştur. Sonraki 3 metrelilik seviye genelde tabanı erozyonel kanal çökelleri içermektedir.

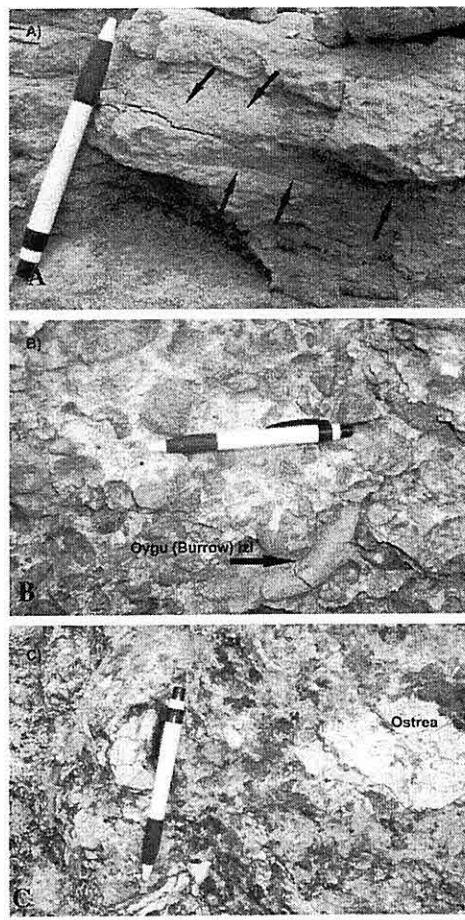
Bu bölümünün tabanında bitümlü siltler, üst seviyesinde oygulu (burrow) çakıltaşları (Şekil 8B), üzerinde bol Ostrea yiğisimli (Şekil 8C), pelesipodlu, ekinidili ve gastrapodlu kumlu ve çakılı kireçtaşları gelmektedir. Sonraki 8 metrelilik orta taneli kumtaşı 3 adet

*GİLDİRLİ VE KAPLANKAYA FORMASYONLARI GEÇİŞİNDEKİ KIRINTILI
SEDİMANLARIN ÖZELLİKLERİ VE ORTAMSAL ETKİLERİ (ADANA HAVZASI- G TÜRKİYE)*



Şekil 7. A) Birinci kesit tabanında yer alan pelesipodlu ince taneli, gri renkli kumtaşlarının arazi görünümü. B) Orta taneli kum boyu bağlayıcı ile bağlanmış Gildirli formasyonu çakıllarının arazi görünümü. C) I. Kesitin üst seviyesinde yer alan karbonat cimentolu çakıltashlarının arazi görünümü.

kalınlığı 70 cm'yi geçmeyen tabanı erozyonel çakıllı kanal çökelleri gelişmiştir. Bunlardan sadece ortadaki kısımda bağlayıcı olarak kum boyu



Şekil 8. A) İkinci kesitin üst seviyelerinde yer alan kırmızı renkli teknemsi çapraz tabaklı kumtaşlarının arazi görünümü. B) III. Kesitin orta seviyelerinde yer alan oygu (burrow) izli çakıltashlarının yakından görünümü. C) Oygulu seviyelerin üzerinde yer alan *Ostrea*'lı yığışmların yakından görünümü.

malzeme tespit edilmiştir. Geri kalanlarının kalsit cimentolu olduğu gözlenmiştir. Bu kirintılı seviye güneye

doğru merceklenen, 1,5 m kalınlığında, pelesipodlu kıltaşları ile sona ermiştir. Sonrasında 20 metre kalınlığında, ince-orta kalınlıkta tabakalı vaketaşları gelişirken, kesit masif görünümlü resifal kireçtaşlarının gelişimi ile son bulmaktadır.

Bu kesitte diğerlerinden farklı olarak sadece tek bir seviyede Gildirli formasyonuna dahil birimler tespit edilmiştir. Geri kalan kısımlar sıç denizel ortam ürünü olup Kaplankaya formasyonuna dahil edilmiştir (Şekil 5 ve 6).

5. TARTIŞMA

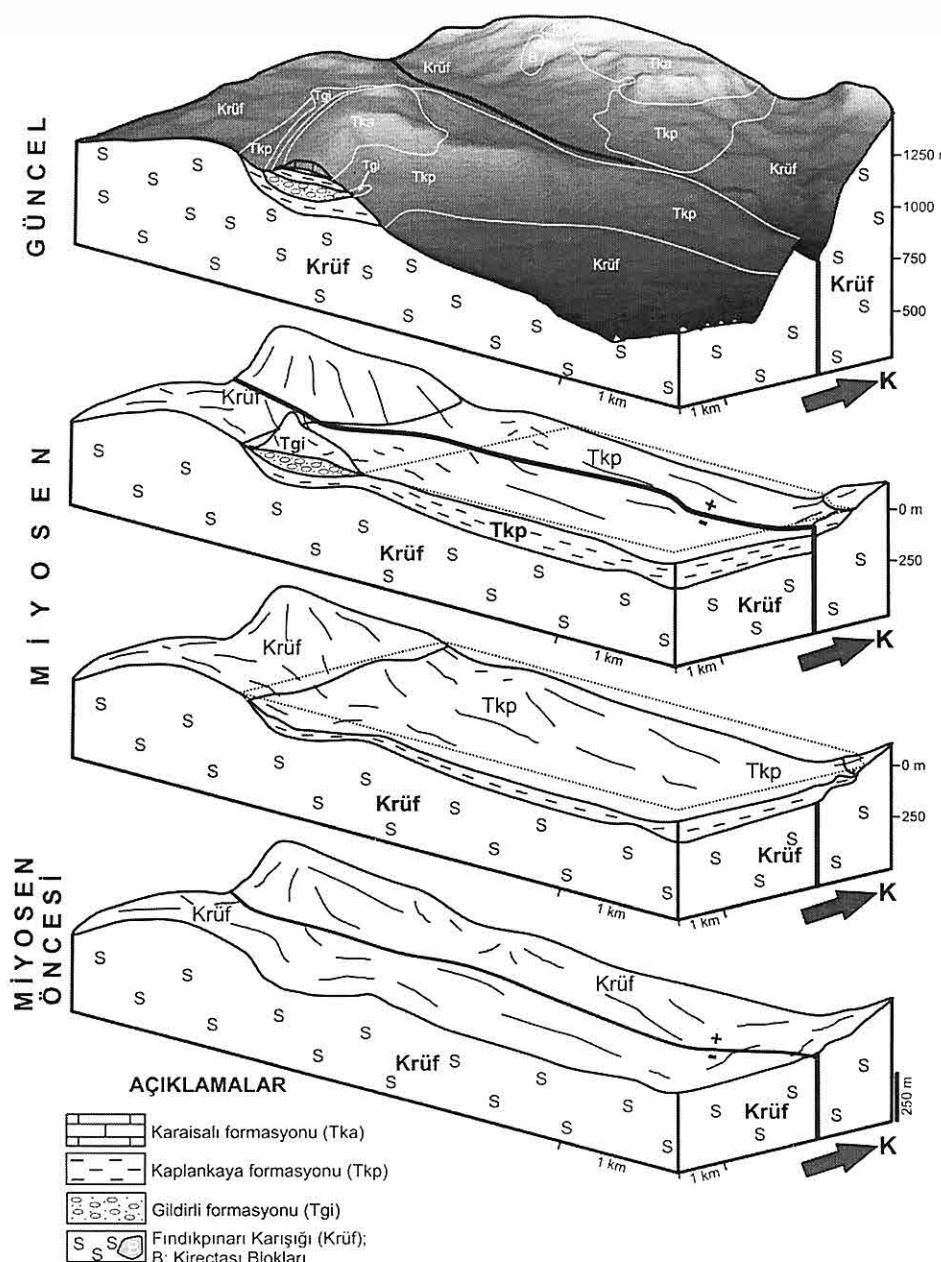
Adana Havzasında, Tersiyer öncesi birimler üzerine, ya aşınmalı uyumsuzlukla Gildirli formasyonu kırıntıları (taban konglomerasi ve akarsu çökelleri, sıç denizel fosilli çakıltaları), ya da Kaplankaya formasyonuna ait iri pelesipodlu, ekinidli, Ostrea'lı, gri ve yeşil renkli, kumlu, çakılı kireçtaşları gelmektedir (Yetiş ve Demirkol, 1986; Ünlügenç ve diğ., 1990; Yetiş ve diğ., 1995). Tersiyer birimleri, inceleme alanının kuzeyinde Gildirli formasyonu ile başlarken, güneyinde Kaplankaya formasyonu ile başlamaktadır. Alt Miyosen sonrası sedimentasyon, deniz seviyesi salınımları ve kırıntılı malzeme girdisinden güclüce etkilenmektedir (Şekil 9). Bu çalışma kapsamında, bu durum ölçülen kesitlerle belirgin bir şekilde gösterilmiştir. Detaylı inceleme yapılan bölgenin batı ve kuzeybatısında, kırmızı renkli çakılı ve kumtaşlı tipik akarsu çökellerinden oluşan Gildirli formasyonu,

paleoakıntı yönünde güney, güneybatı ve güneydoğuya doğru incelmekte, sıç denizel fosilli (pelesipodlu, ekinidli ve yer yer Ostrea'lı) karbonat çimentolu çakıltası ve kumtaşlarına geçiş göstermektedir. Tektonizmaya ve/veya yersel küçük ölçekli deniz seviyesi değişimlerine bağlı olarak Gildirli formasyonu adı altında değerlendirilen fosilsiz çakıltası ve kumtaş seviyelerinin, güney, güneybatı ve güneydoğuya doğru kamalar oluşturarak uzandıkları ve sıç denizel birimlere geçiş gösterdikleri tespit edilmiştir. II. kesitin üst seviyelerinde teknemsi çapraz tabakalı kumtaşları, bol pelesipodlu ve ekinidli sıç denizel kumtaşları içerisindeki dağıtım kanallarına karşılık geldiği düşünülen çakılı, taban erozyonel kanal çökelleri, III kesitin alt seviyelerinde gözlenen bitümlü siltler, oygulu (burrow) çakıltaları ve Ostrea yığışımı kireçtaşları, karasal ortamın sıç denizel deltyak istife geçişli olduğunu göstermektedir (Şekil 9).

Benzer kırıntılı çökeller Antalya civarındaki havzalarda da gözlenmiştir (Hayward 1982, 1984; Hayward ve diğ., 1996). Aksu ve Köprü havzalarında bu çökeller alüvyal yelpaze veya yelpaze deltası olarak yorumlanmıştır (Karabiyikoğlu ve diğ., 2005).

Leinfelder (1997) resif gelişim ortamlarında karasal kırıntılı malzemelerin pozitif ve negatif etkileri olduğunu belirtmiştir. Reinhold (1999) resif gelişiminin ve resif topluluklarındaki düşük çeşitliliğin karasal malzeme gelimi ile kontrol edildiğini vurgulamıştır. Perry ve Lacombe (2003) mercan resiflerinde mercan gelişiminin türbid tabana ihtiyaç

*GİLDİRLİ VE KAPLANKAYA FORMASYONLARI GEÇİŞİNDEKİ KIRINTILII
SEDİMANLARIN ÖZELLİKLERİ VE ORTAMSAL ETKİLERİ (ADANA HAVZASI- G TÜRKİYE)*



Şekil 9. İnceleme alanının paleocoğrafik evrimini gösteren blok diyagramlar.

duyduğunu ortaya koymuştur. Kirintılı malzemenin pozitif etkileri; mercanların gelişimi için uygun taban morfoloji hazırlaması ve besin konsantrasyonunu artırmıştır. Kirintılı malzemenin negatif etkileri; tatlı su girimi, oksijen konsantrasyonunu azaltması, aydınlığı azaltması, sert tabanın kaybolmasına neden olması, resif organizmalarını kirletmesi ve gömmesidir (Leinfelder, 1997).

Bu etkiler inceleme alanında açıkça izlenebilmektedir. Miyosen öncesi dönemde ait kayaçların oluşturduğu düzensiz topoğrafya Miyosen sedimentasyonunu etkileyen önemli faktörlerden biridir (Şekil 9). Bu düzensiz topoğrafya üzerinde, Alt Miyosen transgresyonu sonucunda, sıç kesimlerde, kesitlerin tabanında olduğu gibi resifal kireçtaşları oluşumları gözlenirken, nispeten derin denizel alanlarda marnlar ve kiltaşları gözlenmektedir. Daha sonra havzada yer alan fayın yeniden harekete geçmesi, inceleme alanının kuzey bölgelerinin yükselmesini sağlamıştır. Bu yükselme deniz seviyesinin yersel olarak alçalmasına, havza kenarındaki sedimanların hareketine neden olmuştur (Şekil 9). Havza içine doğru kirintılı malzeme hareketi bu bölgedeki organizma çeşitliliğini azaltmıştır. Başlangıçta gözlenen sıç denizel kireçtaşlarının yerine fosilli kumtaşları gözlenmiştir. Bu durumun tektonizma ve yersel deniz seviyesi salinimlarına bağlı olarak 2 kez tekrarlandığı tespit edilmiştir. Daha sonra ortamın durağanlaşması, sakinleşmesi ve temizlenmesi, bol ışıklı ve besinli hale

gelmesi, organizma çeşitliliğini arttırmış, yeniden kireçtaşları oluşumlarına olanak sağlamıştır (Şekil 9). Miyosen sonrası gelişen orojenik hareketlerin etkisiyle, havza yükselmiş, atmosferik koşullar altında erozyona uğrayarak günümüzdeki görünümünü kazanmıştır (Şekil 9).

6. SONUÇLAR

Bu çalışma ile daha önce çeşitli çalışmalarla geçişli olduğu vurgulanmış olan Kaplankaya ve Gildirli formasyonları arasındaki ilişki detaylı bir şekilde ortaya konmuştur. Başlangıçta kırmızı renkli, fosilsiz, çakıltaşı ve kumtaşları içeren akarsu çökelleri ile başlayan Gildirli formasyonu yanal yönde kamalanmakta, tane boyu incelmekte, karbonat çimentolu hale gelmekte ve pelesipod-gastropod-ekinit-Ostrea gibi sıç denizel fosilli, oygulu (burrow) yoğunlukla kumtaşı ve çakılı dağıtım kanal çökellerinden oluşan Kaplankaya formasyonuna geçiş göstermektedir.

Havzada yer alan fayın harekete geçmesi ile inceleme alanının kuzey kesimleri yükselmeye başlamış buna bağlı olarak havza kenarında biriken kirintılı malzemeler duraysızlaşarak deniz içeresine doğru hareket etmişlerdir. Bunun sonucunda ilk olarak sıç denizel fosilli kumtaşları, masif-kalın tabakalı resifal kireçtaşları üzerinde gelişmiştir. Deniz seviyesinin daha fazla düşümü ile ortam karasal hale gelmiş kırmızı, kırmızımsı sarı fosilsiz karasal çakıltaşları-kumtaşları gelişmiştir. Deniz seviyesinin göreceli küçük yükselimi ile sıç denizel fosilli, karbonat çimentolu çakıltaşları ve kumtaşları

GİLDİRİLİ VE KAPLANKAYA FORMASYONLARI GEÇİŞİNDEKİ KIRINTILI SEDİMANLARIN ÖZELLİKLERİ VE ORTAMSAL ETKİLERİ (ADANA HAVZASI- G TÜRKİYE)

gelişim göstermiştir. Bu birimleri ikinci karasal çökel seviyesi gelişmiştir. Deniz seviyesinin yükselimine bağlı olarak karbonat çimentolu, sıç denizel fosilli çakıltaları ve kumtaşları ve iri pelesipodlu kilittaşları gelişim göstermiştir. Kırıntılı malzemeler başlangıçta, ortam aydınlığının azalmasına, sert tabanın kaybolmasına, resif organizmalarının kirlenmesine ve gömülmesine neden olarak sıç denizel ortamda fosilli kireçtaşlarının oluşumunu durdurmuştur. Ortam koşullarının sakinleşmesi, duraylılaşması sonucunda, ortamın aydınlığı, besin konsantrasyonu artmış ve uygun taban hazırlanmış, bunun sonucunda resif organizma toplulukları bollaşmış ve resifal kireçtaşları yeniden gelişmeye başlamıştır.

7. KAYNAKLAR

Atabey E., 1999, *Mut Havzasında Orta Miyosen karbonat yığışımlarının litofasiyes özellikleri ve evrimi, Orta Toroslar, 52. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiriler Kitabı*, 295-309.

Bassant, P., Lomando, A. and Buchem, F. V., 2001, *The Lower Miocene of the Mut Basin, South Central Turkey: an excellent analogue for the sub-surface Miocene carbonate platforms of the Pearl River Mouth Basin, China. Fourth International Turkish Geology Symposium, Adana*, 293.

Braga, J. C. and Martin, J. M., 1998, *Geometries of reef advance in response to relative sea level changes in a Messinian (uppermost Miocene) fringing reef (Cariatiz reef, Sorbas Basin, SE Spain).*

Sedimentary Geology, 118, 1-4, 37-54.

Brandano, M. and Corda, L., 2002, *Nutrients, sea level and tectonics: constraints for the facies architecture of a Miocene carbonate ramp in central Italy. Terra Nova*, 14, 257-262.

Dabrio, C. J., Esteban, M. and Martin, J. M., 1981, *The coral reef of Nijar, Messinian (uppermost Miocene), Almeria Province, S. E. Spain. Journal of Sedimentary Research (JSR)*, 51, 2, 521-539.

Demirtaşlı, E., Turhan, N., Bilgin, A. Z. and Selim, M., 1984. *Geology of the Bolkar Mountains, International Symposium on the Geology of the Taurus Belt, Ankara*, 125-141.

Dunham, R. J., 1962. *Classification of carbonate rocks according to depositional texture. In Ham, W. G. (ed.) Classification of Carbonate Rocks; Amer. Assoc. Petroleum Geologists Mem. 1*:108-121.

Esteban, M., 1979. *Significance of the Upper Miocene coral reefs of the Western Mediterranean. Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology* 29, 169-188.

Esteban, M., 1996. *An overview of Miocene reefs from Mediterranean area: general trends and facies models. In: Fransen, E.K., Esteban, M., Ward, W.C., Rouchy, J.-M. (Eds.), Models for carbonate stratigraphy from Miocene reef complexes of the Mediterranean regions. SEPM (Soc. Sediment. Geol.) Spec. Publ., 3 -53.*

Franseen, E.K. and Mankiewicz, C., 1991, *Depositional sequences and correlation of middle (?) to late Miocene*

- carbonate complexes, Las Negras and Níjar areas, southeastern Spain: *Sedimentology*, 38, 871-898.
- Gedik, A., Birgili, Ş., Yılmaz, H. ve Yoldaş, R., 1979, Mut-Ermenek-Silifke yöresinin jeolojisi ve petrol olanakları. *TJK Bülteni*, 22; 7-26, Ankara.
- Gökten, E., 1976, Silifke yöresinin temel kaya birimleri ve Miyosen stratigrafisi. *Türkiye Jeoloji Bülteni*. 19-2, 117-126.
- Görür, N., 1979, Karaisalı Kireçtaşının (Miyosen) Sedimentolojisi. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 22: 227-232.
- Görür, N., 1980, Karaisalı Kireçtaşının (Miyosen) diyajenetik evrimi. *Türkiye 5. Petrol Kongresi Bildirileri*, Ankara, 123-128.
- Gül, M., 2001, Mut formasyonu (Orta Miyosen, Mut-Mersin) resifal kireçtaşlarının fasıyes özelliklerinin incelenmesi. *Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 101 s. (yayınlanmamış).
- Gül, M. and Eren, M. 2003, The sedimentary characteristics of Dagpazarı patch reef (Middle Miocene, Mut-İçel/Turkey). *Carbonates and Evaporites*, 18, 1, 51-62.
- Gül, M. ve Koç, H. 2003, Karaisalı Kireçtaşı Gözne resifinin (Gözne-Mersin) sedimentolojik özellikleri. *Geosound*, 42, 53-59.
- Gürbüz, K., 1993, Identification and evolution of Miocene submarine fans in the Adana Basin, Turkey. Ph D Thesis. Keele University (UK). 327 p. (unpublished).
- Gürbüz, K., 1999, Regional implications of structural and eustatic controls in the evolution of submarine fans: an example from the Miocene Adana Basin, Southern Turkey. *Geological Magazine*, 136, 3, 311-319.
- Hayward, A.B., 1982, Reefs in coarse clastic sedimentary environments. *J. Coral Reefs* 1, 109-114. Full Text via CrossRef.
- Hayward, A.B., 1984, Miocene clastic sedimentation related to the emplacement of the Lycian Nappes and the Antalya Complex, SW Turkey In: J.E. Dixon and A.H.F. Robertson (Eds), *The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean*, Spec. Publ.-Geol. Soc. Lond, 17, 287-300.
- Hayward, A.B., Robertson A.H.F. and Scoffin, T.P., 1996, Miocene patch reefs from a Mediterranean marginal terrigenous setting in southern Turkey In: E.K. Franseen, M. Esteban, W.C Ward and J.M. Rouchy (Eds), *Models for Carbonate Sequence Stratigraphy from Miocene Reef Complexes of Mediterranean Regions. Concepts in Sedimentology and Paleontology*, Spec. Publ.-SEPM, 5, 160-173.
- İşler, F., 1989/1990, Fındıkpinarı ofiyolitlerinin (Mersin) jeolojisi. *Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi Seri A, Yerbilimleri*, 6-7, 1-2, 45-53.
- Karabiyikoğlu, M., Tuzcu, S., Çiner, A., Deynoux, M., Örçen S. and Hakyemez, A., 2005, Facies and environmental setting of the Miocene coral reefs in the late-orogenic fill of the Antalya Basin, western Taurides, Turkey: implications for tectonic control and sea-level changes. *Sedimentary Geology*, 173, 1-4, 345-371.
- Kelling, G., Robertson, A. H. F. and

GİLDİRİLİ VE KAPLANKAYA FORMASYONLARI GEÇİŞİNDEKİ KIRINTILI
SEDİMANLARIN ÖZELLİKLERİ VE ORTAMSAL ETKİLERİ (ADANA HAVZASI- G TÜRKİYE)

- Buchem, F. V., 2005, Cenozoic sedimentary basins of southern Turkey: an introduction. *Sedimentary Geology*, 173, 1-4, 1-13.
- Leinfelder, R., 1997, Coral reefs and carbonate platforms within a siliciclastic setting general aspects and examples from the late Jurassic of Portugal. *Proc 8th Int. Coral Reef Sym* 2:1737-1742.
- Mankiewicz, C., 1995, Response of reef growth to sea-level changes (Late Miocene Fortuna Basin, Southeastern Spain). *Palaeos*, 10, 322-336.
- Nazik, A., 1993, Gözne (Mersin) Bölgesindeki kırıntıları istifin ostrakot biyostratigrafisi ve ortamsal yorumu. *Doğa-Türk Yerbilimleri*, 2, 167-173.
- Özer, E., Koç, H., Taşlı, K. and Zorlu, K. 2004, Origin of the Fındıkpinarı Melange (S Turkey). 5th International Symposium on Eastern Mediterranean Geology, Thessaloniki, Greece, 150-152.
- Özgül, N., 1976, Torosların bazı jeolojik özellikleri. *Türkiye Jeoloji Bülteni*. 19-1, 65-78.
- Pampal, S., 1984, Arslanköy-Tepeköy (Mersin) yörəsinin jeolojisi. *Selçuk Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi Dergisi*, 247-258.
- Parlak, O., Delaloye, M. and Bingöl, E., 1995, Origin of sub-ophiolitic metamorphic rocks beneath the Mersin Ophiolite, Southern Turkey. *Ophioliti*, 20-2, 97-110.
- Perry, C. T. and Lacombe, P., 2003, Marginal and non-reef building coral environments. *Coral reefs*, 22, 427-432.
- Pomar, L., 1991, Reef geometries, erosion surfaces and highfrequency sea-level changes, upper Miocene Reef Complex, Mallorca, Spain. *Sedimentology*, 38, 243-269.
- Reinhold, C., 1999, Guild structure and aggradation pattern of Messinian porites patch reefs: ecological succession and external environmental control (San-Miguel de Salinas Basin, SE Spain). *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 153, 1-4, 17-40.
- Schmidt, G. C., 1961, Stratigraphic nomenclature for the Adana region petroleum district VII. *Petroleum Administration Bulletin*, 6., 47-63 (in Turkish).
- Sevimli, U. İ., 2003, Demirhisar (KD Mersin) Bölgesinin jeolojik ve sedimentolojik özellikleri. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 55 s. (yayınlanmamış).
- Şafak, Ü., Kelling, G., Gökcen N.S. and Gürbüz, K., 2005, The mid-Cenozoic succession and evolution of the Mut basin, southern Turkey, and its regional significance. *Sedimentary Geology*, 173, 1-4, 121-150.
- Ünlügenç, U. C., Kelling, G. and Demirkol, C., 1990, Aspects of basin evolution in the Neogene Adana Basin, SE Turkey. In: Savaşçın, M. Y., Eronat, A. H. (eds), *Proc. Int. Earth Science Cong. On Aegean Region*, İzmir, 1, 353-370.
- Vecsei, A. and Sanders, D.G.K., 1999, Facies analysis and sequence stratigraphy of a Miocene warm-temperate carbonate ramp, Montagna della Maiella, Italy. *Sedimentary Geology* 123, 103-127.
- Yaman, S., 1991, Mersin Ofiyolitin Jeolojisi ve Metallojenisi. Ahmet Acar

- Jeoloji Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, s. 255-267, Adana.*
- Yetiş, C., 1988, Reorganization of the Tertiary stratigraphy in the Adana Basin, southern Turkey. Stratigraphy Newsletters, 20, 43-58.*
- Yetiş, C. ve Demirkol, C., 1986, Adana Basenİ Batı Kesiminin Detay Jeolojik Etüdü: MTA Raporu derleme no. 8037-8037a (yayınlanmamış), 187 s.*
- Yetiş, C., Kelling, G., Gökcen, S. L. and Baroz, F., 1995, A revised stratigraphic framework for Later Cenozoic sequences in the northeastern Mediterranean region. Geologische Rundschau, 84, 794-812.*

**1 EKİM 1995 DINAR DEPREMİ'NİN SİSMOTEKTONİK ÖZELLİKLERİ
VE YEREL ZEMİN KOŞULLARININ HASAR DAĞILIMINA ETKİSİ****Şakir ŞAHİN***S.D.Ü., Jeofizik Müh. Bölümü, Isparta/Türkiye***Ömer ALPTEKİN***I. Ü., Jeofizik Müh. Bölümü, İstanbul/Türkiye*

ÖZET: *1 Ekim 1995 yerel saat ile 17.57'de Afyon'un Dinar ilçesinde orta büyüklükte ($Mw=6.2$) bir deprem meydana gelmiştir. Deprem 55-60 km uzunluğundaki KB-GD doğrultulu Dinar fayının 14 km'lik kısmını aktif hale getirmiştir ve fay boyunca ortalama 20-50 cm arasında düşey ve 5-10 cm arasında sağ yanal atımlar oluşturmuştur. P dalgası ters çözümünden edinilen tespitlere göre deprem 6 sn aralıklarla iki şoktan oluşmaktadır. İlk şokun odak derinliği 8 km, fay düzleminin doğrultusu K 136° D, eğimi 35° GB'dir; ikinci şok ilk şoktan 6 sn sonra başlamış olup, odak derinliği ise 12 km ve fay düzleminin doğrultusu K 135° D, eğimi 62° GB'dir. Her iki olayda da düşey atım etkindir ve kaynak mekanizması küçük bir yanal atım bileşeni olan normal faylanmadır. Menderes nehri boyunca küçük ölçekte birkaç kum volkanı gelişmiştir. Deprem 90 kişinin ölümüne, 200'den fazla kişinin yaralanmasına yol açmıştır, 4340 bina ağır hasar görerek oturulamaz hale gelirken, 3712 bina orta derecede ve 6104 bina hafif derecede hasar görmüştür. $Mw = 6.2$ büyülüüğündeki bu depremde, beklenenin üzerinde hasar meydana gelmiştir. Bunda da ilçenin yerleşim alanındaki yerel zemin koşullarının büyük etkisi olmuştur. Yapılan incelemede özellikle şehrin ova kesiminde yeraltı suyunu doygun yumuşak gevşek zeminde yapıların bulunduğu ve depreme dayanıklı yapı tasarımında üzerinde durulmadığı görülmüştür.*

**SEISMOTECTONIC CHARACTERISTICS OF OCTOBER 1, 1995 DINAR
EARTHQUAKE AND EFFECTS OF THE LOCAL SOIL CONDITIONS ON
THE DAMAGE DISTRIBUTION**

ABSTRACT: *A moderately strong earthquake ($Mw = 6.2$) occurred in the province of Dinar, Afyon, in southwestern Turkey, at 5.57 p.m. local time on October 1, 1995. The earthquake ruptured a 14 km segment of the NW-SE trending Dinar fault of 55-60 km in length. The earthquake has produced 20-50 cm vertical and 5-10 cm right lateral displacements along the fault. Waveform inversion of P waves indicated two shocks at the 6 sec interval. The first shock occurred at 8 km depth on a fault striking N 136° E, dipping 35° SW, the second shock occurred 6 sec later at 12 km depth on a fault striking*

N 135° E, dipping 62° SW. Both shocks have normal faulting mechanism with a small lateral component of displacement. A few small sand volcanos occurred along the Menderes river. 90 people died and more than 200 injured, 4340 buildings heavily, 3712 moderately and 6104 slightly were damaged in the earthquake. For a moderately ($M_w = 6.2$) earthquake, the damage was much larger than the expected. This is attributed to the local soil conditions of the city. From the investigations, it was found that the buildings were located at the plain part over the water saturated loose soils and unsufficient engineering applications were effective.

1. GİRİŞ

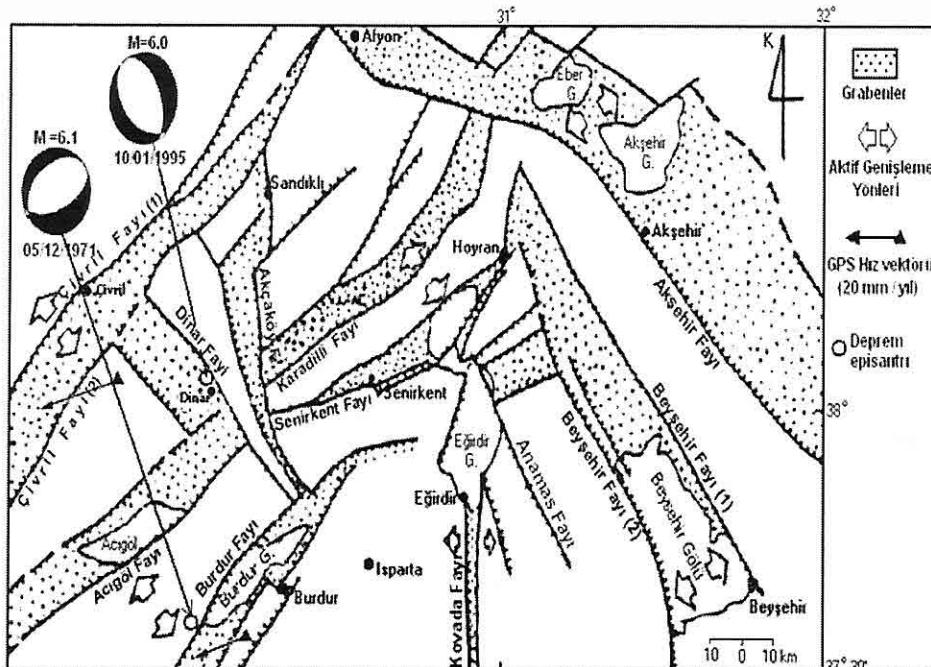
Tektonik açıdan aktif bir bölge olan Güneybatı Anadolu'da yer alan Dinar, tarihsel ve aletsel dönemde bir çok depremden etkilenmiştir. 1 Ekim 1995 tarihinde $M_w = 6.2$ büyüklüğünde ve yerel saat ile 17:57'de meydana gelen depremin episancı Dinar ilçesinin yakınında olup (38.13 K-30.08 D), 90 kişinin ölümüne ve 200 den fazla kişinin yaralanmasına neden olmuştur. Deprem oluşum mekanizması, normal fay bileşenli ve küçük oranda doğrultu atım bileşeninden oluşmaktadır. Orta büyülükte bir deprem olmasına rağmen, 4340 bina ağır hasar görerek oturulamaz hale gelmiş, 3712 bina orta derecede ve 6104 bina hafif derecede hasar görmüştür. Dinar'da yaşamı sağlayan sistemlerin tamamı depremden etkilenmiştir (Demirtaş ve diğ., 1995). Hasarın bu boyutta yüksek olmasının esas nedeni zemin koşullarının yerlesime uygun olmamasından kaynaklanmaktadır. Bu makalede Dinar depreminin sismotektonik özellikleri ve zemin koşullarının hasar dağılımına olan etkisi irdelenmiştir.

2. DİNAR VE ÇEVRESİNİN

TEKTONİĞİ VE SİSMİSİTESİ

Dinar ve çevresinde biri KD-GB doğrultulu Burdur Fayı, diğer ise KB-GD doğrultulu Dinar fayı olmak üzere iki tektonik yapı mevcuttur. Acıgöl ve Çivril fayları Burdur Fayı'na paralel uzanır ve sol yanatım ve düşey atım bileşenleri vardır. Dinar ve yakın çevresinde bu açılma rejiminin etkisi ile oluşan deformasyonlar sonucu horst ve graben yapıları meydana gelmiştir. Price ve Scott (1994) Dinar Fayı'nın Burdur, Acıgöl ve Çivril fayı (1) (Koçyiğit, 1984) için bir kaçma fayı olabileceğini, ancak yapısal ve sismolojik kanıtların bu fayın bölgede büyük çaplı bir kaçma fayı özelliği taşımadığını belirtmişlerdir. Burdur Fay zonu ile Dinar Fay zonu Burdur çevresinde birleşmektedirler (Şekil 1). Dinar'ın kuzeybatısında ise Menderes ve Gediz grabenleri uzanmaktadır (Şaroğlu ve diğ., 1991). Bölgede GPS ölçümleri Anadolu levhasının 20 mm/yıl oranında batıya doğru hareket ettiği ve tek bir blok gibi saatin tersi yönünde döndüğünü göstermektedir (Reilinger ve diğ., 1995). Birinci derece deprem kuşağında bulunan Dinar ve çevresinde tarihsel dönemde

1 EKİM 1995 DİNAR DEPREMİ'NİN SİSMOTEKTONİK ÖZELLİKLERİ VE YEREL ZEMİN KOŞULLARININ HASAR DAĞILIMNA ETKİSİ



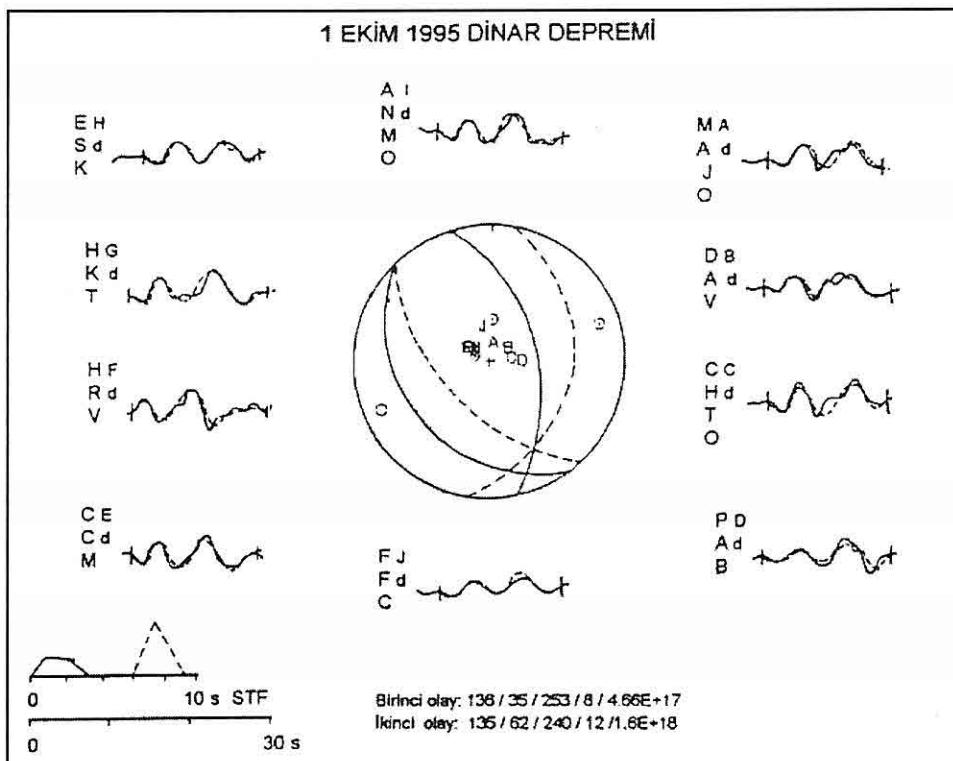
Şekil 1. Dinar-Baklan-Burdur bölgesinin tektonik haritası (Koçyiğit, 1984). Burada 1 Ekim 1995 Dinar depremi (Şahin, 1997) ve 1971 Burdur depreminin kaynak mekanizması çözümü (Taymaz ve Price, 1992) görülmektedir. Kayma vektörleri 1988-1994 döneminde Reilinger ve diğ., 1995 tarafından yapılan GPS çalışmalarından alınmıştır.

toplum 17 tahripkar ($Io > VI$) deprem meydana gelmiştir. Aletsel dönemde 04.07.1918 ($M=5.4$, $Io=VI$), 07.08.1925 ($M=5.9$, $Io =VII$), 07.02.1927 ($M=5.4$, $Io =VI$) Dinar ve 19.07. 1933 Dinar-Dazkırı Depremleri oluşmuştur. Bu durum bölgenin sismotektonik açıdan oldukça aktif olduğunu göstermektedir.

3. 1 EKİM 1995 DİNAR DEPREMİ KAYNAK MEKANİZMASI VE PARAMETRELERİ

1 Ekim 1995 Dinar depreminin odak

mekanizması P dalgası şekli ters çözümüyle belirlenmiştir. Bu amaçla IASPEI (International Association of Seismology and Physics of the Earth's Interior) tarafından yayımlanan SYN4 (Synthetic4) ters çözüm programı kullanılmıştır (McCaffrey ve diğ., 1991). 30° den 90° ye kadar olan WWSSN (World Wide Standardized Seismograph Network) istasyonlarında (Şekil 2) kayıt edilen uzun periyotlu P dalgasının ters çözümü ile kaynak şiddeti (seismic moment), kaynak geometrisi (fay



Şekil 2. 1 Ekim 1995 Dinar Depremi için P dalga şekillerinin ters çözümünden bulunan faylanma mekanizması (Şahin, 1997).

düzleminin doğrultusu, eğimi ve kayma açısı), odak derinliği ve uzak alan için geçerli olan kaynak zaman fonksiyonu aynı anda saptanmaya çalışılmıştır. Bu uzaklıklarda P ve SH dalgaları kaynak ve alıcıının altındaki kabuk ve manto yapısından etkilenirler (Langston ve Helmberger, 1975). Ters çözümde kaynağıın yarı sonsuz bir yerkabuğu içerisinde olduğu kabul edilmiş, bu deprem için sismik hızlar $V_p = 6.0 \text{ km/sn}$, $V_s = 3.7 \text{ km/sn}$ ve $\rho = 2.8 \text{ gr/cm}^3$ olarak alınmıştır. Ters çözümünden elde edilen

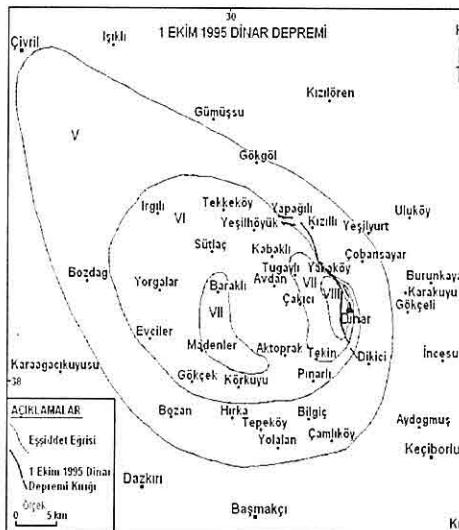
kaynak modeline göre, 1 Ekim 1995 Dinar depremi önce ufak bir şokla başlamış ve bunu 6 sn sonra izleyen daha büyük olan ikinci şok ile devam etmiştir. Depremin toplam süresi 10 sn'dır. Bu kaynak modeline göre ilk depremin fay düzlem doğrultusu K 136° D, eğimi 35° GB, odak derinliği 8 km ve sismik momenti $4.66E+17 \text{ Nm}$ olarak bulunmuştur. İkinci depremin fay düzlemi doğrultusu K 135° D, eğimi 62° GB, derinliği 12 km ve sismik momenti $1.6E+18 \text{ Nm}$ olmuştur. Şekil 2'de Dinar depreminde normal atım

1 EKİM 1995 DINAR DEPREMİ'NİN SİSMOTEKTONİK ÖZELLİKLERİ VE YEREL ZEMİN KOŞULLARININ HASAR DAĞILIMINA ETKİSİ

bileşeninin etkin olduğu görülmektedir. Sağ yönlü yanal atım bileşeni ise küçütür. Yüzey faylanması, Anadolu levhasının D-B ve Afrika levhasının K-G yönlü sıkıştırması sonucu gelişmiş KD-GB yönlü çekme rejimi ile meydana gelmiş normal faylanma ile uyumluluk göstermektedir. Aynı zamanda 1 Ekim 1995 Dinar depreminin oluşturduğu KB-GD Dinar-Çivril arasındaki 14 km'lik deprem kırığı boyunca ortalama 20-50 cm arasında düşey ve 5-10 cm arasında sağ yanal atımlar meydana geldiği (Koral ve diğ., 1997) görülmüştür. Bu durum odak mekanizması çözümü ile uyuşmaktadır. Pınar (1996)'a göre de deprem 6 saniye aralıklla meydana gelen iki şoktan oluşmuştur. İlk şokun fay doğrultusu K 135° D, eğimi 59° GB ve sismik momenti $M_o = 0.48E+18$ Nm ($M_w=5.8$) dir. İkinci şokun fay doğrultusu K 130° D, eğimi 52° GB ve sismik momenti $M_o = 1.76E+18$ Nm ($M_w=6.1$) dir. Eyidoğan ve Barka (1996)'ya göre ise ilk şokun sismik momenti $0.38E+18$ Nm, ikinci şokun sismik momenti ise $1.64 E+18$ Nm'dir. 1 Ekim 1995 Dinar depremi fay çözümleri NEIS, EMSC, Harvard ve ERI tarafından da yapılmıştır. Bu çözümlerde de normal faylanma bileşeni tespit edilmiştir.

4. ZEMİN KOŞULLARININ HASAR DAĞILIMINA ETKİSİ

1 Ekim 1995 Dinar depremi, başta Dinar merkez ve Tekke, Sütlâç, Baraklı, Tugaylı, Çakıcı, İrgili, Tekin, Kabaklı köyleri olmak üzere bir çok yerleşim biriminde tahribat yapmıştır. (Şekil 3). Dinar merkezde sismik şiddet VIII olarak



Şekil 3. 1 Ekim 1995 Dinar depremi Eş-şiddet haritası (Gündoğdu ve diğ., 1996 ve Demirtaş ve diğ., 1995'ye göre çizilmiştir).

gerçekleştiği görülmektedir (Demirtaş ve
diğ., 1995 ve Gündoğdu ve diğ., 1996).
Dinar yerleşim biriminden uzaklaşıkça
fay doğrultusu boyunca sismik şiddetin
VII ve VI olarak gerçekleştiği tespit
edilmiştir (Şekil 3). Yapısal hasar,
alüvyon zeminde çok daha fazla olmasına
rağmen, dağ eteğinde nispeten sağlam
zemin üzerindeki yapılarda daha az
görülmüştür.

Hasarın fazla olduğu yerleşim birimleri fayın düşen bloğu ve Kuvaterner yaşlı birim üzerinde yer almaktadır. Deprem kırığı üzerinde, kireçtaşlarından oluşan sert zemin üzerinde yer alan Yakaköy, Kızıllı ve Yapağılı köylerinde hasar oluşmamıştır (Demirtaş ve diğ., 1995). Kırık hattının Güneydoğu uzanımında yer

alan Bülüçalan ve Dikici köyleri ile kuzeydoğusunda yer alan Çobansaray köyünde hafif derecede hasarlar meydana gelmiştir.

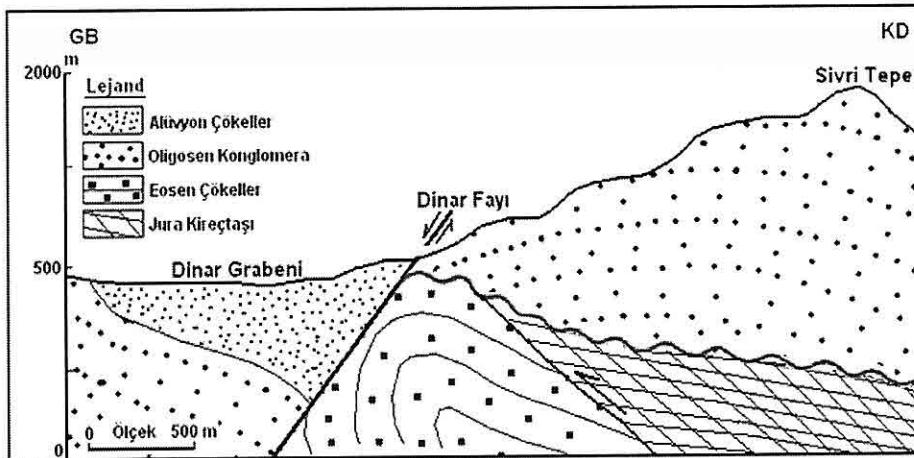
Dinar yerleşim birimi bir kesimi çökel, bir kesimi ise kayalık olan zemin üzerinde yer alır (Temiz ve diğ., 1997). Ayrıca, bazı kesimleri de ana bileşeni kazılardan çıkan hafriyat malzemesinden oluşan dolgu teşkil eder. Çökel zemin, kil, kum, çakıl ve bunların değişik oranlardaki karışımı ile eski bataklık çökellerinden meydana gelmektedir (Demirtaş ve diğ., 1995, temiz ve diğ., 1997). Kayalık olan kesim ise kumtaşı, marn, kilitaşı, kireç taşı, yer yer de breşlerden oluşmaktadır (Şekil 4). Depremde, fayın tavan bloğu ve düşük seviyelerini oluşturan graben içerisinde depolanmış bulunan Kuvaterner yaşılı birim üzerinde yer alan bölgeler ağır derecede hasar görmüşlerdir. Üstteki bu birim gevşek tutturulmuş kil, kum, silt, kil türü akarsu ortamının içerisinde depolanmış olan materyallerden oluşmaktadır (Erdem, 1982; Özaydın, 1982). Yeraltı suyunu doygun olan alüvyonlarda, su seviyesi zemin yüzeyine çok yakındır. Bina temellerinde yeraltı suyu seviyesinin 2 m'den sıçr olduğu görülmüştür. Hatta bazı kesimlerde yüzeye kesişerek kaynaklar oluşturmuştur. Dinar'da yer yer sıvılaşma görülmüştür. Sıvılaşma olayında mekaniksel olarak viskoz bir davranış gösteren zemin aşırı ölçüde deform olur. Bu tür zeminler üzerinde yer alan yapılar da bundan etkilenerek aşırı ölçüde hasar görür. Dinar'da zeminin gevşek taneli ve suya doygun olması nedeniyle

titreşimlerin yol açtığı sıvılaşma neticesinde oturmalar meydana gelmiştir. Dinar İlçe merkezinin, hemen hemen tümüyle aynı teknik ve türde yapılmış binalardan oluşmasına karşın, gevşek zemin üzerindeki kesimi ağır hasara uğramışken, daha sağlam olan zemin üzerinde kurulu bulunan kesiminin hiç hasara uğramaması, (Demirtaş ve diğ., 1995) deprem zararlarının azaltılmasında zemin türünün ve jeolojik yapının (aktif fayların) ne denli önemli olduğunu göstermektedir. Aynı zamanda hasarın en aza indirilmesinde yerleşim yerlerinin seçiminin ne derece önemli olduğunu ortaya koymaktadır. Açılan gözlem ve örnek çukurlarından faydalananlarak yapılan değişik derinliklere ait haritalar incelendiğinde, geçmişte Dinar yerleşim biriminin büyük bir kısmının göl olduğu anlaşılmaktadır (Demirtas ve diğ., 1995). Kuzeye doğru çekilerek kaybolan bu göle ait kalıntılar bataklık olarak tanımladığımız zemini oluşturmaktadırlar. Killi çökeller ise, bugünkü yüksek olan yer altı su seviyesinin filisten oluşan temel kayayı ayırtılması sonucu oluşmuştur (Şekil 4). Bütün bu oluşumların içinde değişik seviyelerde bant ve mercek şeklinde yer alan kum-çakıl karışımı, Menderes nehrini besleyen yan kolların çeşitli zamanlarda değişik yataklardan aktığını göstermektedir (Demirtaş ve diğ., 1995; Temiz ve diğ., 1997). Çökel zemin ile kayalık zemin sınırlında gözlenen faylar, çökel zeminin bir çöküntü ovası olduğunu göstermektedir. Bu durum yukarıda belirtilen hasar açısından son derece olumsuz bir durum

1 EKİM 1995 DINAR DEPREMİ'NİN SİSMOTEKTONİK ÖZELLİKLERİ VE YEREL ZEMİN KOŞULLARININ HASAR DAĞILIMNA ETKİSİ

oluşturmaktadır. Devlet Su İşleri (DSI) Genel Müdürlüğü Yer altı Suları Dairesi Başkanlığı Dinar-Çivril grabeni içerisinde açılan su sondajlarında 100 m ile 200 m arasında değişen derinliklerde Oligosen yaşı konglomeratik birime rastlanmıştır (Şekil 4). Ayrıca topografik ve jeolojik etkilerin en iyi gözlemediği yer sismik şiddetinin VII olduğu Avdan ve Çakıcı köylerinin bulunduğu alandır (Demirtaş ve dig., 1995).

edilmiştir. Dinar'daki ivme değerleri, orta büyülükte bir deprem için oldukça yüksektir. Bu durum zemin koşulları ile açıklanabilir. Aynı zamanda Estava (1970)'nın bağıntısına göre Dinar'da olacak maksimum yer hareketi hızı 16.09 cm/sn'dır (Şekil 6). Zemin koşullarının olsuzluğu yanında, mühendislik hizmetinden yoksun yapıların çokluğu hasarı artırılmıştır.

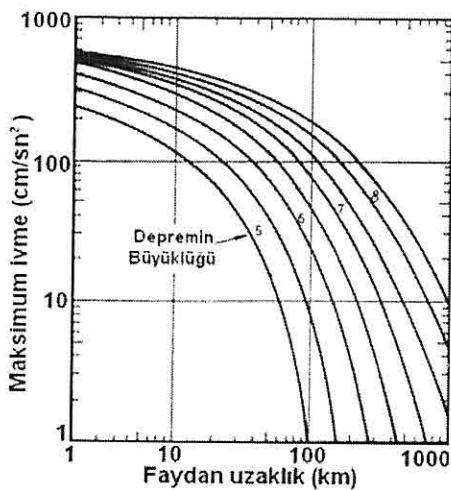


Şekil 4. Dinar Afet Bölgesinden alınan jeolojik kesit ve Dinar fayının tektonik deformasyon biçimini (Temiz ve diğ., 1997).

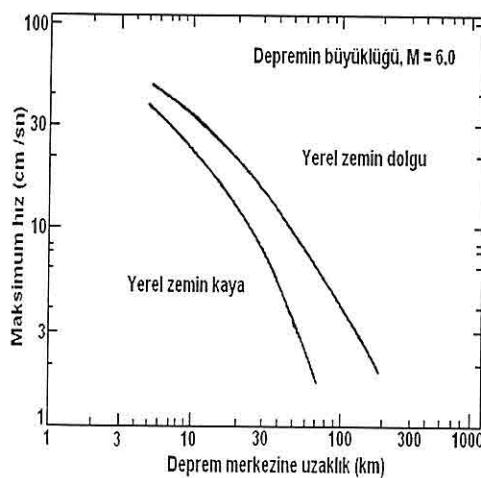
Depremde 177*1018 erg'luk bir enerji açığa çıkmıştır. Herhangi bir alandaki deprem etkisi genellikle maksimum yer ivmesi ile ifade edilmektedir. Estava (1970) bağıntıları kullanılarak Dinar ilçesi yerleşim alanının bir kısmının içinde bulunduğu sağlam zeminde zemin ivmesi $a = 0.0941 \text{ g}$, alüvyon zemin için hesaplanan maksimum zemin ivmesi 0.13 g dir (Şekil 5). Bu arada deprem odağında oluşan ivme değerinin 0.43 g olduğu tespit

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

1 Ekim 1995 Dinar Depremi, Dinar-Çivril fayının 14 km'lik kısmını aktif hale getirmiştir. Sahada gözlenen bu kırık üzerinde 20-50 cm arasında düşey ve 5-10 cm sağ yanal atımlar tespit edilmiştir. Uzun periyotlu P dalgalarının ters çözümünden elde edilen odak mekanizması çözümü, normal faylanma göstermekte ve bu gözlemleri doğrulamaktadır. Deprem 6 sn aralıklla



Şekil 5. Depremin Maksimum ivmesinin faydan olan uzaklığa bağlı olarak değişimi (Celep ve Kumbasar, 1996).



Şekil 6. Maksimum partikül hızının depremin merkezine olan uzaklığa bağlılığı (Celep, 1991).

meydana gelen 8 ve 12 km derinliklerdeki iki şok ile oluşmuştur. Odak mekanizması

çözümüne göre depremin odağında düşey hareketlerin daha baskın olduğu görülmüştür. Sağ yönlü yatay hareket bileşeni ise küçüktür. Dinar ilçe merkezinin büyük bir kısmı ve çevresindeki köylerin çoğunuğu, Dinar grabeni içindeki gevşek zemin üzerine kurulmuş olduğundan depremde, bu derece ağır hasar görmüşlerdir. Bölgede zeminin gevşek taneli ve suya doygun olması nedeniyle depremde yer yer zemin sıvılaşmaları gözlenmiştir. Zemin ivmesi çökel zeminde 0.13 g, yerleşim alanının doğusunda kalan sırtların bulunduğu sert dayanıklı zeminde ise 0.0941 g olarak tespit edilmiştir. Dinar'da, maksimum yer hareketi hızının da 16.09 cm/sn olduğu belirlenmiştir. 1 Ekim 1995 Dinar depreminden beklenenden çok fazla hasar ve can kaybının olması bölgedeki yerleşim yerlerinin doğru seçilmediğini ve yapılaşmada önemli yanlışlıklar yapıldığını göstermektedir. Bölgede çok sayıda, deprem potansiyeli yüksek, diri fayların var olması bu çalışmaların önemini ortaya koymaktadır. Gelecekte olabilecek bir depremde daha büyük boyutlarda can ve mal kayıplarına uğraniılmaması için bölgenin tektonik özelliklerini ve diri fayların daha iyi bir şekilde tanımlanması ve bölgedeki deprem etkinliğinin bu amaçla oluşturulacak yerel bir sismograf ağı ile sürekli izlenmesi gereklidir.

6. KAYNAKLAR

Celep, Z. (1991), *Deprem Mühendisliğine Giriş*, İ.T.Ü. Yayımları, Sema Matbaacılık, İstanbul.

I EKİM 1995 DİNAR DEPREMİ NİN SİSMOTEKTONİK ÖZELLİKLERİ VE YEREL ZEMİN KOŞULLARININ HASAR DAĞILIMNA ETKİSİ

- Celep, Z. ve Kumbasar, N. (1996), *Yapı Dinamiği ve Deprem Mühendisliğine Giriş*, İ.T.Ü. Yayımları, Sema Matbaacılık, İstanbul
- Demirtaş, R., Karakısa, S., Demir, M., Iravul, Y., Baran, B., Bağcı, G., Yatman, A., Zünbül, S. ve Yılmaz, R. (1995): *1 Ekim 1995 Dinar depremi ön raporu, Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi Başkanlığı Sismoloji Şube Müdürlüğü*, Ankara.
- Erdem, N.P. (1982): *Mühendislik Jeolojisi*, Yıldız Üniversitesi Yayımları, İstanbul.
- Esteva, L. (1970): *Seismic Risk and Seismic Design Desisions in Seismic Design For Nuclear Power Plants: The M.I.T. Press, New York.*
- Eyidoğan, H. ve Barka, A. (1996): *1 Ekim 1995 Dinar Depremi: Kaynak Özellikleri ve Sismotektonik Yorum*. Süleyman Demirel Üniversitesi, IX. Mühendislik Sempozyumu, s. 51-56.
- Gündoğdu, O., Altınok, Y. ve Ersoy, Ş. (1996), *1 Ekim 1995 Dinar Depremi Gözlem ve Değerlendirmeleri*, Süleyman Demirel Üniversitesi, IX. Mühendislik Sempozyumu, s. 83-89.
- Koral, H., Laçin, D. ve Şahin, Ş. (1997), *1 Ekim 1995 Dinar Depreminin Yüzey Çatıtlakları, Türkiye Jeolojisi Müh. Dergisi*, 50, 52-58.
- Koçyiğit, A. (1984), *Güneybatı Türkiye ve yakın dolayının Levha içi tektonik gelişimi*, T.J.K.B. c: 27, sayı 1, ANKARA.
- Langston, C.A. and Helmberger, D.V. (1975): *A Procedure for Modeling Shallow Dislocation Sources*, Geophys. J.R. Ast.Soc. 42, 117-130.
- McCaffrey, R. Abers, G. and Zwick, P. (1991): *Inversion of Teleseismic Body Waves*, In: *Digital Seismogram Analysis and Waveform Inversion* (ed) Lee, W.H.K., JASPEI Software Library, Volume 3, 81-166.
- Medvedev, S.V. (1965): *Engineering Seismology*, Israel Program for Scientific Translations. IPTS Catalogue No. 1382 Jerusalem 1965.
- Özaydm, K. (1982): "Zemin Dinamigi" İstanbul Teknik Üniversitesi Maçka İnşaat Fakültesi, Deprem Mühendisliği Milli Komitesi Yayınları No.1.
- Pınar, A. (1996): *Uzun Periyotlu Telesismik Cisim Dalgalarından 1 Ekim 1995 Dinar Depreminin Kinematik ve Dinamik Kaynak Parametreleri*. Süleyman Demirel Üniversitesi, IX. Muhendislik Sempozyumu, s. 90-96.
- Price, S. and Scott, B. (1994): *Fault-Block Rotations at the Edge of A Zone of Continantal Extention; Southwest Turkey*. J.Struct. Geog 16, 381-392.
- Reilinger, R., Toksoz, N., King, R., McClusky, S., Oral, B., Kmik, I., Lenk, O., Sanlı, I., Barka, A., Prilepin, M., Mishin, A., Balassanien, S., Veis, G., Paradissis, D., Tealeb, A., Melzer, Y., Normandeau, J. And Mencin, D. (1995). *1994 GPS measurments in Turkey and surrounding areas of the E. Mediterranean/Middle East*, Abstract. IUGG, Boulder, USA.
- Şahin, Ş. (1997). *1 Ekim 1995 Dinar Depremi ve Göller Bölgesinin Sismotektoniğinin incelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeofizik Mih. Anabilim Dalı.

- Sarıoglu, F., Kuşçu, İ., ve Emre, Ö. (1991): *Turkiye'nin Diri Fay Haritasi*, MTA, Ankara.
- Taymaz, T. and Price, S. (1992): *The 1971 May 12 Burdur Earthquake Sequence, SW Turkey: A Synthesis of Seismological and Geological Observations*, Geophys. J. Int. 108, 589-603.
- Temiz, H., Poisson, A, Andrieux, J. and Barka, A. (1997), *Kinematics of the Plio-Quaternary Burdur-Dinar cross-fault system in SW Anatolia (Turkey)*, Annales Tectonics, vol. XI-N-1-2, 102- 113.

**EGE LİNYİTLERİ İŞLETMESİ (ELİ) SOMA BÖLGESİ İŞİKLAR-BATI
KISRAKDERE-ÖRTÜKAZI ÇALIŞMALARINDA EKSКАVATÖR-MOBİL
KIRICI-BANT KONVEYÖR YÖNTEMİNİN UYGULANABILİRLİĞİNİN
ARAŞTIRILMASI**

Sabit GÜRGÜN, Ahmet Hamdi DELİORMANLI

Dokuz Eylül Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, İzmir/Türkiye

ÖZET: Bu çalışmada, Soma Linyit Havzası'nın İşiklar-Batı Kisrakdere Panosu'nda uzun süreden beri uygulanmakta olan ekskavatör-kamyon örtükazı yöntemi, avantaj ve dezavantajları ile birlikte açıklanmış, yöntemin olumsuzluklarını gidermek amacıyla önerilen ve dünyada pek çok olsa da benimsenmiş olan ekskavatör-mobil kirici-bant konveyör yöntemi üzerinde durulmuştur. Ayrıca, olsa da kamyonların tamamen atıl hale gelmesini önleyebilmek için ekskavatör-mobil kirici-kamyon-bant konveyör yöntemi de ikinci alternatif olarak ele alınmıştır. Sonuç olarak, her üç yöntemin işletme giderlerinden sağladığı tasarruf ve gelir gözüne alınarak ekonomik değerlendirme yapılmış, ekskavator-mobil kirici-bant konveyör yönteminin diğer yöntemlere göre daha avantajlı olduğu görülmüştür.

**THE INVESTIGATION OF APPLICABILITY OF EXCAVATOR-MOBILE
CRUSHER-BELT CONVEYOR METHOD IN ELİ SOMA DISTRICT İŞİKLAR-
BATI KISRAKDERE STRIPPING OPERATIONS**

ABSTRACT: In this study, general properties at Soma Lignite Deposit have been given, the advantages and disadvantages of excavator-truck combined stripping method, which has been applied for along period in İşiklar-West Kisrakdere Open Pit Mine Panel is explained. Excavator-mobile crusher-belt conveyor method that adopted in many open pit mines in the world is pointed out in order to solve problems of excavator-truck method. Additionally, a new method of excavator-mobile crusher-truck-belt conveyor combination has been introduced to prevent the truck idleness and also to combine the best properties of truck-belt conveyors. Finally, economical analysis of three methods has been conducted the proposed method of excavator-mobile crusher-belt conveyor has important advantages over the other methods due to production cost saving and also gain the biggest income with respect to other methods.

1.GİRİŞ

Teknolojinin hızla ilerlemesi, günümüzde, otomasyona dayalı sistemlerin gelişmesini sağlamış, birçok sanayi sektörü de yoğun iş gücüne dayanan çalışma biçimlerini değiştirmiştir. Sanayide ilerlemek isteyen ülkeler, piyasa ekonomisinin temelini oluşturan rekabet gücünün artırılması gerektiğini, bunun da ancak üretimecek mal ve hizmetlerin üretim giderlerinden sağlanacak tasarruf ile gerçekleştirilebileceğini belirtmektedir. Tasarruf ise, günümüz koşullarında ancak son teknolojik gelişmelerin kullanılması ölçüsünde sağlanabilecektir. Üretim sektörünün devlet tekelinden çıkarılmaya çalışıldığı ülkemizde, özellikle madencilik açısından ham madde ve kömür pazarlarının rekabet edebilme gücü, ithal edilen ürünlere göre oldukça zayıflaşmış ve ülke kaynaklarının kullanılmaması sonucu büyük ölçüde döviz kayipları meydana gelmiştir. Bu olumsuz durumu etkileyen en önemli faktörlerden biri, kamyon taşımacılığına dayalı giderlerin her geçen gün daha da artmasıdır.

Ülkemiz linyit madenciliğinde, açık işletmeciliğin ekonomikliği açısından örtü malzemesi nakli büyük önem taşımaktadır. Çünkü, her geçen gün daha derine inen ocaklarda taşınan örtü malzemesi, kamyon işletme giderlerini artırrarak ocakbaşı tüvenan kömür maliyetinin artmasına sebep olmaktadır.

Açık işletmelerde üretim maliyetini belirleyen en önemli etkenin örtükazı oranı, dolayısıyla örtükazı maliyeti olduğu bilinmektedir.

Açık işletmeciliğin en önemli

aşamasını, ayrıntılı ve gerçekçi verilere dayanarak yapılan teknik ve ekonomik değerlendirme sonucu, uygun bir örtükazı yönteminin seçimi oluşturmaktadır.

Kazı giderlerinin yanı sıra, nakliye giderlerinin de düşürülmeye çalışılması gerekmektedir. Bunun sonucu olarak ta, kazılan örtü malzemesinin ocak içerisinde kaba kırma işlemlerini de kapsayan ekskavatör-mobil kırıcı-bant konveyör yönteminin değerlendirilmesi gereği ortaya çıkmaktadır.

Bu yazında, Işıklar - Batı Kısrakdere Panosu Açık Ocak örtükazı çalışmalarında uygulanan ekskavatör-kamyon yöntemine alternatif olarak düşünülen ekskavatör-mobil kırıcı-bant konveyör yöntemi ile ekskavatör -mobil kırıcı-kamyon-bant konveyör yöntemlerinin uygulanabilirliği teknik yönden irdelenerek, ekipman seçimi ile birlikte tasarımları gerçekleştirilmiş ve üç yöntemle ilgili ekonomik değerlendirme yapılmıştır.

2. İŞIKLAR - BATI KISRAKDERE PANOSU ÖRTÜKAZISINDA HALEN UYGULANMAKTA OLAN EKS KAVATÖR-KAMYON YÖNTEMİ

ELİ havzasında üretim yöntemi olarak, tabaka doğrultusu boyunca mostradan başlayarak derine doğru ilerleyen, genellikle "Çift taraflı geri manevralı", nadiren de "Tek taraflı geri manevralı" yüklemenin kullanıldığı "Ekskavatör-Kamyon" yöntemi uygulanmaktadır (...2001).

EGE LİNYİTLERİ İŞLETMESİ (ELİ) SOMA BÖLGESİ İŞIKLAR-BATI KISRAKDERE-ÖRTÜKAZI ÇALIŞMALARINDA EKSKAVATÖR-MOBİL KİRİCI-BANT KONVEYÖR.....

2.1. Işıklar – Batı Kırakdere

Panosunun Tanıtımı

Işıklar ve Batı Kırakdere sahalarının bitişik olması bu iki sahanın birlikte değerlendirilmesini gerektirmiştir. Bu panoda, 30 yd³ kepçe kapasiteli elektrikli ekskavatör ile 170 s.ton'luk kamyonlar öngörülmüş ve yılda 31×10^6 m³ örtü kazısı planlanmıştır. Şu andaki örtükazı oranı $10.3 \text{ m}^3/\text{ton}$ 'dur ve yılda 3×10^6 ton kömür üretilmektedir. Sahanın örtü döküm alanına uzaklıği ortalama 4500 m'dir.

2.1.1. Ekskavatör-Kamyon Yöntemi

Panoda halen uygulanmakta olan ekskavatör-kamyon yöntemi, genel şevisi 30° - 35° ve basamak yüksekliği 15 metre olacak şekilde planlanmıştır. Ekskavatör-kamyon yöntemi, panodaki örtü malzemesinin delme-patlatma yapılarak iri parçalar halinde halatlı ekskavatörler ile kamyonlara doğrudan yüklenmesi, engebeli arazi koşullarına uyum sağlayarak panolar arasında kolayca yer değiştirebilmesi gibi üstünlükleri nedeniyle seçilmiştir. Bu yöntemde, ocak içi ve ocak dışı taşımada kamyon kullanılmaktadır.

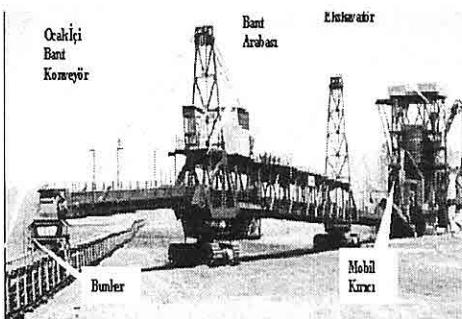
Tüm bu üstünlüklerine rağmen ocağın derinleşmesiyle artan taşıma uzaklıklarına bağlı olarak, kamyon nakliyatının en büyük dezavantajını, başta akaryakıt olmak üzere artan işletme giderleri oluşturmaktadır(Köse, vd 1987). Aynı zamanda, çok sayıda hareketli araç kullanılması sonucu oluşan toz ve egzoz gazları çevreyi olumsuz yönde etkilemektedir.

3. PANODA UYGULANMASI

DÜŞÜNÜLEN EKSKAVATÖR-MOBİL KİRİCI-BANT KONVEYÖR YÖNTEMİNE GENEL BAKIŞ

3.1. Yöntemin Tanıtımı

Bu yöntemde, örtü malzemesi ya ekskavatör ile kazılarak doğrudan ya da patlatılıp gevsetilerek ekskavatör-kamyon ile mobil kırıcıya verilmekte, burada bant konveyörün taşıyabileceği boyuta (kırıcıda maksimum 35cm) indirildikten sonra, bir bant arabası ya da kırıcıya ait boşaltma bandı ile mobil ocak içi bandına verilmektedir. Kırılmış malzeme, daha sonra mobil ocak içi bandından sabit ocak dışı bandına aktarılmaktadır. Aktarılan örtü malzemesi, mobil aktarıcı ve dökücü yardımı ile ya kömürü alınmış ocak çukuruna (uç döküm) ya da ocak dışına (dış döküm) dökülmektedir(Parlak,1988). Şekil 1'de gösterildiği gibi, kırıcıdan gelen malzemeyi ocak içi bandına hem daha rahat bir şekilde aktarmak hem de basamak yüksekliklerini daha fazla seçebilmek (25-30 m) için, kırıcı ile ocak içi bandı arasında bant arabası kullanılmaktadır.



Şekil 1. Ekskavatör - Mobil Kırıcı –Bant Konveyör Yöntemi (Krupp Fördertechnik Co. 2001).

Bu sistemde çalıştırılacak ekipmanların çalışma koşullarının iyi bilinmesi, kapasitelerinin de birbirine uyumlu olması gerekmektedir.

3.2. Halatlı Ekskavatör

Halatlı ekskavatör, günümüzde, açık işletmecilikte yaygın olarak kullanılan kamyon taşımacılığının değişmez nitelikteki tamamlayıcısıdır. Kapasiteleri 300 tona ulaşan maden kamyonlarını bile en düşük maliyet ve maksimum verimle yükleyebilmektedir. Halatlı ekskavatörler, son zamanlarda, ocak içi kırma sisteminin uygulandığı açık ocaklarda, büyük kapasiteli mobil kırcıları besleme amacıyla da kullanılmaktadır.

3.3. Mobil Kırcı

Mobil kırcılar, bir yükleme ünitesi tarafından beslenir ve sıklıkla bu ünitenin hareket ettiği yerlerde kullanılır. Kırma ünitesinin ana parçaları; besleme silosu, besleyici sistem, kırcı, boşaltma sistemi, toz bastırma sistemi, elektrik modülü, ana şasi ve konveyör sistemi ile kırcı tesisini hizaya getirmeyi kolaylaştmak ve hızlandırmak için kullanılan kayıcı (hareketli) banttır(Singhal,1986). Mobil kırcı tesisleri, elde bulunan çok sayıdaki yüreme sistemlerinden birini kullanabilir. Bunlar paletli, hidrolik yüreme ayaklı, lastik tekerlekli veya ray üzerine monteli olabilir. Mobil kırcılar, elektrik, dizel veya dizel/elektrik güç kaynağı ile çalıştırılır. Kazı aranından doğrudan yükleme yaptıkları ve sürekli nakliye işlemine yardımcı oldukları için, açık ocak mobil kırcı tesisleri, patlatma sırasında

tehlikeli bölgenin dışına çıkarılmalıdır. Patlatma sıklığı ve kazı aranındaki değişiklikler, açık ocakta, mobil kırcı seçimini doğrudan etkilemektedir (Kempas,1994).

Kırcı seçiminde, kırılacak malzemenin fiziksel özellikleri, boşaltılan yükün ve nakliye ekipmanın büyüklüğü ve çeşidi, besleme oranı ve yöntemi, nihai ürünün boyutu rol oynamaktadır (Krupp Fördertechnik Co. 2001).

3.4. Bant Konveyör Sistemi

Günümüzde, bant konveyör sistemini popüler hale getiren en önemli unsurlar, işletme giderlerinin düşüklüğü ve çevreye olan duyarlılığıdır. Finlandiya'da, Teknoloji Üniversitesi Mekanik Mühendisliği Bölümü'nde yapılan çalışmalar, açık ocakta yapılan kamyon nakliyatının kaldırılmasından sonra, kırma sistemi ile birlikte kullanılan bant konveyör taşımacılığının aşağıda belirtilen avantajlarını gözönüne sermektedir (Kempas,1994).

* Yükleyici makineler daha küçük birimler haline gelir.

* Mobil ekipman sayısının azalması nedeniyle işçilik ve tamir-bakım maliyetleri düşer.

* Daha az yardımcı ekipmana gereksinim duyulur.

* Akaryakıt giderleri azalır.

* Bant konveyör sistemi daha uzun ekonomik ömre sahip olur.

Bant konveyör taşımacılığında kamyonların atıl hale geçmesi nedeniyle araç hareketlerindeki önemli düşüş, gürültü, toz ve egzoz gazları gibi çevresel

EGE LİNYİTLERİ İŞLETMESİ (ELİ) SOMA BÖLGESİ İŞIKLAR-BATI KISRAKDERE-ÖRTÜKAZI ÇALIŞMALARINDA EKSKAVATÖR-MOBİL KIRICI-BANT KONVEYÖR.....

problemlerin azalmasına yardımcı olmakta ve çevre güvenliği için dikkate değer bir yarar sağlamaktadır.

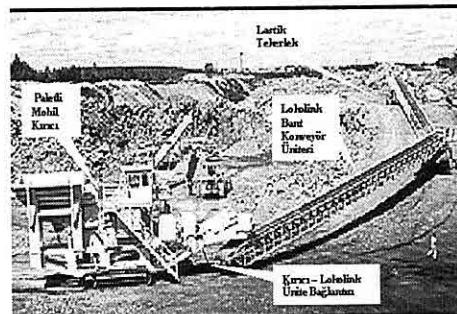
Özel taşıma gerektiren sistemlerde de kullanılabilen bant konveyörler, amaca yönelik olarak geliştirilmiştir. Bunlardan bazları;

- * Prefabrik üretime dayanan standart bant konveyör,
- * Arazi üzerinde çekici tarafından yanal olarak hareket ettirilen kaydırılabilir bant konveyör,
- * Eğimli bant konveyör uygulamalarında yukarı ya da aşağıya doğru yapılan taşıma işlemleri sırasında gerekli gücü üreten bant konveyör,
- * Ondülasyonlu arazide hem baş hem de kuyruk bölümündeki tahrik tamburlarıyla güçlendirilen çok bölümlü karmaşık bant konveyör,
- * Hareket ettirici gücün taşıma bantı yerine çelik halatlarla sağlandığı çelik halatlı bant konveyör,
- * Ve ocak içi kırma sistemine yardımcı olması için geliştirilen ve mobil kırıcıya bağlanan Lokolink mobil bant konveyör (Şekil 2) üniteleridir.

Kamyon nakliye sisteminin yerini alan Lokolink serisi mobil bant konveyör sistemleri ile işletme giderlerinde önemli tasarruflar sağlanmaktadır.

3.5. Malzeme Özellikleri ve Döküm Sahalarının Belirlenmesi

İşiklar-Batı Kısrankdere Panosu'nda uygulanması düşünülen ekskavatör – mobil-kırıcı–bant konveyör sisteminin örtü döküm alanları ve yol uzunlukları Çizelge 1'de verilmektedir. Malzemenin



Şekil 2. Mobil Kırıcıyı İzleyen Lokolink Mobil Bant Konveyör Sistemi (Kempas, 1994).

yerinde yoğunluğu 2.5 t/m^3 , doğal nem içeriği %13, patlatma sonrası ortalama parça boyutu 30 cm olarak belirlenmiştir(Bahar, vd., 1997). Örtü döküm alanlarının hacmi, Batı harmanları için $570 \times 10^6 \text{ m}^3$, Çiftlikköy harmanları için ise $700 \times 10^6 \text{ m}^3$, tür. Ocakta 550-170 kotları arasında toplam $262 \times 10^6 \text{ m}^3$ yerinde örtükazısı yapılacaktır. Dökülmesi gereken örtü malzemesi hacmi 1.35 kabarma faktörüne göre yaklaşık $354 \times 10^6 \text{ m}^3$ olup, %20 oranında sıkışacağı dikkate alındığında, toplam $283.200.000 \text{ m}^3$ örtü kütlesi seçilen döküm alanına doldurulacaktır.

Cizelge 1. Gidiş Yönü Harman Yolları

Güzergah No	Döküm Harmanları	Toplam Yol Uzunluğu (m)
I	İşiklar-Batı	5378
II	İşiklar-Batı	5120
III	İşiklar-Batı	5470
IV	Çiftlik köy	2929
V	Çiftlik köy	3047

Açık ocaklarda kamyon nakli için işletme giderleri açısından 1.5 km'lik yol uzunluğu ekonomik olmasına rağmen (Cummins & Give, 1973; Köse vd., 1996; Pfleider, 1972), Çizelge 1'de görüldüğü gibi toplam yol uzunlıklarının, bu değerin çok üzerinde olması bant konveyör nakliyatına olan gereksinimi göz önüne sermektedir.

4. EKSKAVATÖR – MOBİL KIRICI-KAMYON-BANT KONVEYÖR YÖNTEMİ

Yöntem, ekskavatörlerin örtü malzemesini mobil kırıcılarla beslemesi ve boyut küçültme işleminden sonra, kırıcının ön tarafından uzanan bir boşaltma bandı ile kamyonlara yüklenmesi ve kamyonlarla ocak çıkışındaki silolara, silolardan ocak dışı bant konveyörler ile döküm sahalarına taşınması şeklidindedir. Bu yöntem, kamyon taşımacılığının esnekliğiyle, mobil kırıcı-bant konveyör sisteminin sürekli ve yüksek kapasiteli taşıma avantajlarını birleştirmektedir (Bahar, vd., 1997). Mobil kırıcının, örtü malzemesini kirip kamyon'a yüklemesi için harcamlı olduğu enerji, kamyonun kısa mesafede taşıma yapmış olmasına rağmen sistemde olumsuz bir durum yaratmaktadır. Çünkü kamyon nakli, taşınacak örtü malzemesinin şekil ve büyülüğüne (yükleyici kapasitesi ile orantılı) bağlı bir nakliye sistemi değildir.

5. EKONOMİK ANALİZ

Ekonominde ve yatırımlarda ana hedef, kaynakların en verimli şekilde

kullanılmasıdır. Yatırım alternatiflerinin arasından en ekonomik olanının seçilmesi gerekir. Yatırım projelerinde işletme kararları, basit, kolay ve anlaşılabilir olması nedeniyle, belirlilik varsayıma göre alınır. Belirlilik, gelecekte işletmenin iç ya da dış çevrelerinde pek önemli değişiklikler olmayacağı ifade eder. Belirlilik durumunda, geleceğin açıklıkla görülebilmesi, sermaye piyasasının tam ve kesin olması, sermaye maliyetinin belli olması gibi bir takım varsayımlarla hareket edilir.

Proje değerlendirmelerinde kullanılan başlıca yöntemler statik ve dinamik yöntemlerdir. Statik yöntemler paranın zaman değerini dikkate almadığından gerçekçi sonuçlara ulaşamamaktadır. Dinamik yöntemlerde ise, projenin tüm ekonomik ömrü esas alınır. Geleceğe ait gelir ve gider akımları bugünkü değere indirgenir ve zaman faktörü göz önünde bulundurulmuş olur. Dinamik yöntemler içinde yer alan net bugünkü değer, iç karılık oranı (gerçek verim) ve yıllık eşdeğer gider yöntemleri proje değerlendirmelerinde öne çıkar. Bu yöntemler, daha gerçekçi sonuçlara ulaşmasını sağlar.

Bir yatırım projesinin net bugünkü değeri, o yatırımın gelecekte sağlayacağı nakit girişlerinin bugünkü değeriyle yatırım maliyetinin arasındaki fark olarak tanımlanır ve daha gerçekçi sonuçlar verir. Bir projenin net bugünkü değeri aşağıda verilen eşitlik yardımıyla hesaplanır (Köse, vd., 1997).

$$NBD = 0 = \sum_{k=1}^n [NG_n / (1+i)^k] - Y \quad (1)$$

EGE LİNYİTLERİ İŞLETMESİ (ELİ) SOMA BÖLGESİ İŞKLAR-BATI KISRAKDERE-ÖRTÜKAZI ÇALIŞMALARINDA EKSKAVATÖR-MOBİL KIRICI-BANT KONVEYÖR.....

Burada;

NBD: Net bugünkü değer

NG_n : n yılındaki nakit girişi

i : Seçilen faiz oranı

n : Zaman (Dönem sayısı)

Y : Yatırım değeri(Bugünkü değer)

Net bugünkü değer yönteminin uygulanmasında en büyük güçlük, gelecekteki gelirlerin hangi faiz oranıyla bugünkü değerine indirgeneceğine karar vermektedir. Uygulamada en çok kullanılan oranlar aşağıda verilmektedir;

* Piyasada geçerli olan faiz oranı

* Yatırımcı tarafından kabul edilebilir bir karlılık oranı

Yatırımcı tarafından kullanılan sermayenin ortalama maliyeti

Projenin net bugünkü değerinin mümkün olduğu kadar büyük olması gereklidir. Tersi durumda, parasal gelirdeki düşmeler farkın negatif olmasına neden olabilir. Faiz oranı seçimi yapıldıktan sonra NBD hesabının sonucu ile proje değerlendirilmesi yapılır.

$NBD > 0$ ise proje, öngörülen faiz oranının üzerinde gelir sağlar.

$NBD = 0$ ise proje, öngörülen faiz oranı kadar gelir sağlar

$NBD < 0$ ise proje, öngörülen faiz oranından daha az gelir sağlar.

Buna göre, değerlendirmede tek bir proje söz konusu olduğunda $NBD > 0$ ise proje kabul, tersi durumda red edilir. Birden fazla proje arasında seçim yapılması gerekiğinde, ilk aşamada $NBD > 0$ olanlar seçilir ve aralarında sıralama yapılarak NBD'i en yüksek olan

proje seçilir.

İç karlılık oranı (gerçek verim) yöntemi, projenin gelecekteki net nakit girişlerinin bugünkü değerini yatırım maliyetine eşit kılan faiz oranının bulunmasına yönelik bir yaklaşımındır. Bir başka deyişle, $NBD=0$ yapan faiz oranını bulmak hedefdir(Köse, vd,1997).

$$NBD = 0 = \sum_{k=1}^n [NG_k / (1+r)^k] - Y \quad (2)$$

r : İç karlılık (verim) oranı

Denklemdeki r tek bilinmeyendir. Bunun değeri ancak deneme yanlış yoluya bulunabilir. Bu oran, piyasa faiz oranının yada kabul edilebilir karlılık oranının üzerinde ise proje kabul, değilse red edilir. Birden fazla proje arasında seçim yapılırken, ilk aşamada gerçek verim oranları, piyasa faiz oranının yada ortalama sermaye maliyetinin üzerinde olanlar seçilir. İkinci aşamada ise, iç verim oranı en yüksek olan proje, seçimde ilk sırayı alır.

Yıllık eşdeğer gider yönteminde, projelerin yıllık gelirleri yerine, yıllık giderleri göz önünde bulundurulur. Değerlendirme sonucu, yıllık gideri en düşük olan proje kabul görür(Köse, vd,1997).

$$A = Y[i(1+i)^n / (1+i)^n - 1] \quad (3)$$

A : Yıllık eşdeğer gider

Y : Yatırım gideri

i : Piyasa faiz oranı

n : Projenin ekonomik ömrü

Bu yöntem, piyasa faiz oranının yüksek

olduğu durumlarda; yatırım gideri düşük ve yıllık işletme giderleri yüksek olan yatırım projelerinin seçimini sağlar. Piyasa faiz oranının düşük olduğu durumlarda ise, yatırım gideri yüksek fakat işletme giderleri düşük projelerin seçilmesine olanak sağlar. Bu durum, yatırımcıların sermaye maliyeti düşük olduğu durumlarda büyük yatırımlar yapmasını, tersi durumda daha küçük yatırımlar yapmasını mümkün kılar ve yatırımcı için riski azaltır. Yöntemin olumsuz yanı, projenin yalnızca giderlerini değerlendirmeye almasıdır.³

Panoda gerçekleştirilen $30.9 \times 10^6 \text{ m}^3$ örtükazı miktarı için, üç taşıma yöntemi (kamyon yöntemi, mobil kırıcı-bant yöntemi, mobil kırıcı-kamyon-bant yöntemi) gözöne alınarak yatırım ve işletme giderleri hesaplanmış ve ekonomik analiz aşağıda belirtilen nakit akış formatına göre yapılmıştır.

- * Proje gelirleri
- *Proje giderleri
- * İşletme giderleri (amortisman hariç)
- Yıllık nakit akışı
- * Yatırım tutarları
- * Geliştirme ve yenileme yatırımları
- Yıllık net nakit akışı

Hesaplamalarda piyasa faiz oranı olarak hedeflenen enflasyon oranı (%35) ve $1\$=1.400.000 \text{ TL}$ (2002 yılı)

Kömür satış fiyatı $55.000.000 \text{ TL/ton}$, Üretilen kömür miktarı $3.000.000 \text{ ton/yıl}$ olarak alınmıştır.

Panonun üç yöntem için aşağıdaki programa göre çalışacağı kabul edilmiştir.
*3 vardiyaya/gün

- * 20 saat/gün
- * 300 gün/yıl
- *6000 saat/yıl
- * İş yeri verimi=%80
- *Saatlik verim=50/60
- *Proje ömrü= 10 yıl

Çizelge 2. üç ayrı yöntem için makine parkını göstermektedir. Yöntemlerde kullanılan ekskavatörler aynı sayı ve kapasitede olup, örtü malzemesinin dökümünde kullanılan araç parkı ile yardımcı araç ve işgücü değerleri de eşit olarak alınmıştır.

Çizelge 2. Makine Parkı

Taşıma yöntemi	Kamyon (170 s.ton) (adet)	Mobil kırıcı (2165 t/h)	Bant konveyör uzunluğu (m)
Kamyon	45	-	-
Mobil kırıcı - bant konveyör		6	19744
Mobil kırıcı kamyon bant konv.	22	6	13628

Yöntemlerin yatırım dönemece ait giderleri;

Yöntemlerin yatırım giderleri;

Kamyon nakli : 145 696 156 \$

Mobil kırıcı-bant konveyör: 86 181 816 \$

Mobil kırıcı – kamyon-bant konveyör : 110 473 035 \$

Yöntemlerin yıllık toplam eşdeğer giderleri;

EGE LİNYİTLERİ İŞLETMESİ (ELİ) SOMA BÖLGESİ İŞIKLAR-BATI KISRAKDERE-ÖRTÜKAZI ÇALIŞMAALARINDA EKSKAVATÖR-MOBİL KIRICI-BANT KONVEYÖR....

Kamyon nakli: 261 352 733 \$
Mobil kırıcı –bant konveyör:179 439
924 \$
Mobil– kırıcı–kamyon–bant konveyör :
224 922 616 \$
Yöntemlerin net bugünkü değerleri;
Kamyon nakli: 15 698 598 \$
Mobil kırıcı – bant konveyör: 96 620
841 \$
Mobil– kırıcı–kamyon–bant konveyör
: 49 297 114 \$
Yöntemlerin iç verim oranları;
Kamyon nakli: % 41
Mobil kırıcı – bant konveyör: % 92
Mobil–kıricı–kamyon–bant konveyör:
% 58

Üç yöntem için yapılan hesaplamalarda net bugünkü değerler pozitiftir. İç verim oranları da seçilen piyasa faiz oranının (%35) üzerinde gelir sağlamaktadır. Bu değerlendirmede, kâr getirişi diğer yöntemlere göre en yüksek olan yöntem ekskavatör – mobil kırıcı –bant konveyör yöntemidir.

6. SONUÇ

Yapılan çalışmalar sonucunda adı geçen üç taşıma yönteminin pano için uygulanabilirlikleri araştırılarak en uygun ve en ekonomik yöntemin seçilmesine çalışılmıştır. Panoda, yıllık 30.9×10^6 m³ örtükazısı yapılacak ve bu miktara karşılık olarak $10.3 \text{ m}^3/\text{ton}$ örtükazı oranına göre 3×10^6 ton kömür üretilecektir. Örtü malzemesi, uygulanması düşünülen ekskavatör-mobil kırıcı-bant konveyör yöntemiyle Batı ve Çiftlikköy harmanlarına taşınacaktır. Halen uygulanmakta olan ekskavatör-kamyon

yönteminin yerini alması düşünülen mobil kırıcı-bant konveyör yöntemi, tüm kamyon filosunu eleyerek başta akaryakıt olmak üzere yedek parça, tamir-bakım ve yoğun iş gücü giderlerinden önemli tasarruflar sağlayacak ve maliyetlere yansayan düşüş ile de, panoda üretilen kömürün piyasa koşullarında ithal ürünlerle karşı rekabet gücünü artıracaktır. 2002 yılı hedeflenen enflasyon oranı % 35 ve 10 yıllık proje ömrüne göre yapılan ekonomik analiz sonucu iç verim oranı(%92), bir başka deyişle getirişi yüksek olan yöntem, ekskavatör-mobil kırıcı–bant konveyör yöntemidir.

7. TEŞEKKÜR

Bu çalışmalar sırasında ilgi ve yardımlarını esirgemeyen ELİ çalışanlarına ve özellikle baş mühendis Hüsnü ERTİLAV'a teşekkürü borç biliriz.

8. KAYNAKLAR

-, 2001; *ELİ Bölge Müdürlüğü Çalışma Raporları. 2001. Soma, Manisa.*
Bahar,D., Özçelik,Y., Kulaksız,S., (1997); "ELİ Soma Güney İşıklar Açık Ocak İşletmesinde Örtü Külesi Taşımacılığında Alternatif Sistemlerin İncelenmesi", *Türkiye 15. Madencilik Kongresi Ankara, s. 101 – 108.*
Cummins, A.B., Given, I.A. (1973), "SME Mining Engineering Handbook, Vol:2", New York, Section:17.
Kempas, J., 1994," Mobile Crushers – The Way Ahead For In – Pit Crushing", *World Mining Equipment, s. 24-25.*
Köse, H., Aksöz, İ., Kahraman, B. (1997). *Yatırım Projelerinin*

GÜRGÜN, DELİORMANLI

- Değerlendirilmesi. D.E.Ü. Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü Maden İşletme Ekonomisi Ders Kitabı. İzmir, s. 225 - 254.*
- Köse, H., Çebi Y. (1987), Örtü kazı Yöntemlerinin Ekonomik Açıdan Değerlendirilmesi, Türkiye Madencilik Bilimsel ve Teknik 10. Kongresi, s. 65-84, Ankara.*
- Köse, H., Yalçın, E., Şimşir, F., Konak, G., Onargan, T., Kızıl, S. (1996), "Açık İşletme Tekniği", DEÜ Müh. Fak. Basım Ünitesi, İzmir, No:256, s. 343-344.*
- Krupp Fördertechnik Company, 2001; "Crushing Plants", Mineral Processing, s. 6 -17.*
- Parlak, T., 1988;" Kömür Açık İşletmeciliğinde Uygulamalı Örtü-Kazı Yöntemleri", TKİ Marmara Linyitleri İşletmesi Müessesesi Yayımı, Bursa, s. 19-20, 35-36.*
- Pfleider, E.P. (1972), "Surface Mining", The American Inst. of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers, New York, s. 574.*
- Singhal, K.R.,1986;" Surface Mining Feature", World Mining Equipment, s. 24 - 25.*

SERT LINYİT KOK TOZUNDAN OKSİTLENME YÖNTEMİ İLE FORMKOK ÜRETİMİ

Hakan CENGİZLER

Celal Bayar Üniversitesi, TMYO, Turgutlu/Türkiye

Mevlüt KEMAL

D.E. Ü., Maden Mühendisliği Bölümü, İzmir/Türkiye

ÖZET: Bu çalışmanın amacı parlak sert linyit kömürlerinden, oksitleme yöntemi ile formkok üretilmesi olanaklarının araştırılmasıdır. Soma kömürü, 500 (SK500), 600 (SK600), 700 (SK700), 800 (SK800) ve 900 (SK900) °C'de karbonize edilmiş ve elde edilen kok tozuna, %12 zift ilave edilerek biriketler üretilmiştir. Bu biriketler, %16 O₂ içeren gaz atmosferinde (hava+N₂), 270 °C'de 120 dakika süreyle oksitlenmiş ve formkok üretilmiştir. Oksitlenmiş biriketlerin (formkokların) sağlamlıklarının ham biriket sağlamlıklarından %10-40 daha fazla olduğu saptanmıştır. Deney koşulları altında, formkok sağlamlıklarıyla, ham biriketlerin ve formkokların görünür özgül ağırlıkları, yükselen karbonizasyon sıcaklığı ile artmış ve 800 °C'de maksimuma ulaşmıştır. SK800 formkoklarının M40 (+40 mm elek üstü), M10 (-10 mm elek altı) değerleri ve kırılma sağlamlıklarını klasik kok fırınlarında üretilen kok kömürü sağlamlıklarına benzer olarak sırası ile %92.3, %7.7 ve 23.5 MPa olarak saptanmıştır. Optimum oksitleme koşulları (zift içeriği, oksitleme süresi ve sıcaklığı) TK800 semikoku kullanılarak tespit edilmiştir. TK800 biriketleri için 220 °C'de optimum oksitleme süresi 90 dakika olarak saptanmıştır. 220 °C'de oksijensiz ortamda ıslık işleme tabi tutulan TK800 biriketlerinin sağlamlıklarını aynı sıcaklıkta oksitlenen biriketlere göre daha düşük çıkmıştır. TK800 biriketlerinin (%10 zift içeren ve %16 O₂ bulunan gaz atmosferinde oksitlenmiş) optimum oksitleme sıcaklığı, formkok sağlamlığına bağlı olarak 285 °C olarak saptanmıştır. TK800 biriketlerinin M40, M10 ve kırılma sağlamlıklarını sırası ile %91, %8.1 ve 19.6 MPa olarak tespit edilmiştir. Deneysel sonuçlar, üretilen formkokların çeşitli metalürjik işlemler ve dumansız yakıt tüketimi için uygun özelliklere sahip olması nedeni ile uygulanan metodun avantajlı olduğunu göstermektedir. Karbonizasyon işlemi sırasında elde edilen katran ve gaz da çeşitli amaçlar için kullanılacak ilave ürünlerdir.

FORMCOKE PRODUCTION FROM CHAR FINES OF HARD BROWN COALS BY AIR-CURING

ABSTRACT: The purpose of this study was to explore the technical feasibility of formcoke production from non-coking bright hard brown coals and pitch as a binder by air-curing. The briquettes obtained from the chars of Soma coals carbonized at 500

(SK500), 600 (SK600), 700 (SK700), 800 (SK800) and 900 °C (SK900), with 12% pitch addition, were air-cured in a streaming gas (air + N₂) containing 16% O₂ for 120 minutes at 270 °C and the formcoke strengths were found to be 10-40% higher than those of raw briquettes. Under the prevailing conditions, the formcoke strengths, the apparent specific gravity of the green and formcoke briquettes increased as the carbonization temperature increased reaching a maximum at the optimum carbonization temperature of 800 °C. M40 (+40 mm oversize), M10 (-10 mm undersize) and the compressive strengths of SK800 formcoke were determined as %92.3, %7.7 and 23.5 MPa respectively being similar to those of conventional cokes produced in coke ovens. The optimum curing conditions (pitch content, curing time and temperature) were determined employing TK800 char. The optimum curing time for TK800 briquettes at 220 °C was determined as 90 minutes. The formcoke strengths of TK800 briquettes subjected to pyrolysis at 220 °C were lower than those of the briquettes air-cured at the same temperature. The optimum curing temperature for TK800 briquettes (with 10% pitch and cured in a gas stream containing %16 O₂) with respect to formcoke strength was determined as 285°C. M40, M10 and the compressive strengths of TK800 formcoke were determined as 91%, 8.1% and 19.6 MPa respectively. The experimental results reveal the advantages of the method since the formcoke produced possess suitable properties for various metallurgical processes and smokeless fuel consumption. The gas and the tar obtained during the carbonization of raw coal are the added benefits.

1. GİRİŞ

Koktozunun ziftle biriketlenmesiyle elde edilen biriketlerin, metalurjik işlemelerde veya dumansız yakıt olarak kullanılabilmeleri için, biriket içindeki ziftin yanma esnasında çevreye ve sağlığa zararlı emisyonlar vermeyecek kimyasal yapıya getirilmesi gerekmektedir. Biriketlerin sertleştirilmesi olarak tanımlanan böyle bir işlem için ilk akla gelen yöntem, şüphesiz ziftli biriketlerin koklaştırılmasıdır. Ancak, koklaştırma neticesinde sağlam biriketler elde edilebilmesi için, koklaştırmanın yüksek sıcaklıklarda yapılması (en az 800 °C) gerekmekte ve bu da sertleştirme maliyetini önemli ölçüde artırmaktadır.

Diger taraftan zift, yüksek oranda ucuçu madde içerdiginden, koklaşma sonunda koktozu tanelerini bağlamaya yetecek zift kokunun oluşabilmesi için, zift oranının çok yüksek (%20-25 oranında) tutulması gerekmektedir.

Ziftli biriketlerin hem düşük sıcaklıkta ve hem de sağlam sertleştirilmesi, oksitleme yöntemi ile mümkün olmaktadır. Oksitleme yöntemi ile sertleştirilen biriketler, tamamen koklaştırılmış biriket özelliğine sahip olmakta ve her türlü metalurjik işlemlerde ve dumansız yakıt olarak kullanılabilmektedir.

Zift oksitlendiğinde kondenzasyon ve polimerizasyon reaksiyonları neticesinde

SERT LINYİT KOK TOZUNDAN OKSİTLENME YÖNTEMİ İLE FORMKOK ÜRETİMİ

yumuşama özelliğini kaybetmekte ve kokumsu bir yapı kazanmaktadır (Peters, 1967; Mazumdar, 1968 ve Zielinski, 1972). Bunun sonucu olarak, oksitlenen biriketler hem dumansız yanmakta ve hem de ham birikete göre daha sağlam bir yapı kazanmaktadır (Mayoral vd., 2001). Bağlayıcı miktar ve özellikleri (Rubio vd., 1999; Paul vd., 2002; Sharma vd., 2002), oksitleyici gazın oksijen miktarı (Plancher vd., 2002), oksitleme sıcaklığı (Blesa vd., 2003) ve oksitleme süresi (Blesa vd., 2003) ayarlanarak, oksitleme yöntemi ile sağlam formkok üretimi mümkün olmaktadır.

Ziftin bu özelliğinden yararlanılarak, metalurjik kok ve dumansız yakıt üretimine yönelik birçok çalışmalar yapılmış ve endüstriyel uygulama bulan bazı işlemler geliştirilmiştir (Zielinski, 1972; Reering, 1965 ve Schinzel, 1981). Bu işlemler incelendiğinde iki ayrı yol izlendiği görülmektedir. Çalışmaların bir kısmında antrasit gibi ileri kömürleşmeye uğramış kömürlerden dumansız yakıt üretimi amaçlanmıştır. Antracine ve İnicar işlemleri, bu yönde geliştirilen işlemlerdir (Reering, 1965). Metalurjik kok üretimine yönelik diğer çalışmalar ise, yüksek uçucu madde içeren taşkömürleri önce belirli sıcaklıkta karbonize edilmiş ve zifte biriketlenerek oksitleme yolu ile sertleştirilmiştir.

Kömür karbonize edilince, sıcaklığa bağlı olarak uçucu madde oranı düşmekte ve verdiği kokun yapısal sağlamlığı (mikro sağlamlığı) artmaktadır. Bu nedenle, genç taşkömürleri ve hatta linyit kömürlerinden de oksitleme yolu ile

formkok üretimi mümkün olmaktadır. Nitekim Polonya'da, yüksek uçucu madde içeren ve kükürt oranı düşük olan taşkömüründen İCHPW yöntemi adı altında, oksitleme yolu ile dökümhane koku elde edilmektedir (Zielinski, 1972). Laboratuvar deneyleri aşamasında kalmış olsa bile, oksitleme yolu ile linyitlerden de formkok elde edilmesi konusunda çalışmalar eksik olmamıştır (Lissner, 1958 ve Welz, 1971).

Bu çalışmada, oksitleme yöntemi ile formkok üretimi, Tunçbilek ve Soma kömürleri gibi iki sert linyit kömürü üzerinde denenmiştir. Koktozu elde ediliş sıcaklığı, zift oranı, oksitleme atmosferinin O₂ -oranı ve sıcaklığı, oksitleme süresi gibi faktörlerin, formkok özelliğine etkileri incelenmiştir.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1. Numunelerin Hazırlanması

Bu araştırmada kullanılan numuneler yikanmış Soma (SK) ve Tunçbilek (TK) kömürlerinden alınmış olup analiz değerleri Çizelge 1'de görülmektedir. Deneylerde bu kömür numunelerinden değişik sıcaklıklarda elde edilen semikok ve kok tozları ile bağlayıcı olarak zift kullanılmıştır. Soma ve Tunçbilek kömürlerinden semikok eldesi için, havada kurutulan ve 20 mm altına kırılan 1,2 kg Soma ve Tunçbilek kömürü ayrı ayrı Jenkner retortuna doldurulmuştur (Jenkner, 1934; de Vries, 1967). Kömür numunesini içinde bulunduran retort öngörülen sıcaklığa kadar ısıtılan fırna yerleştirilerek karbonize edilmiştir. Toplam karbonizasyon süresi 210 dakika

olarak alınmış ve soğutma işleminden sonra elde edilen semikok biriketlemede kullanılan uygun tane iriliği olan 2 mm altına kırılmıştır. Bu numuneler Çizelge 2'de gösterildiği gibi sembolize edilmişlerdir

Çizelge 1. Soma ve Tunçbilek kömür numunelerinin bazı analiz değerleri.

	TK	SK
Nem	11.8	22.6
Kül	12.7	11.3
Uçucu madde	33.2	31.4
Sabit karbon	42.3	34.7

Çizelge 2. Farklı karbonizasyon sıcaklıklarında elde edilen semikoklar.

Tunçbilek 800°C	semikoku	TK800
Soma 500 °C	semikoku	SK500
Soma 600 °C	semikoku	SK600
Soma 700 °C	semikoku	SK700
Soma 800 °C	semikoku	SK800
Soma 900 °C	semikoku	SK900

Deneylerde kullanılan zift numunesi kok fırını katranının distilasyonu ve içinden hava geçirilmesi sonucu elde edilen yan ürün olan ticari zifttir. Yumuşama sıcaklığı 60 °C'dir. Çizelge 3 semikokların ve ziftin analizlerini ve bazı özelliklerini göstermektedir. Katı zift numunesi laboratuar haçlı kırıcısında 0.5 mm'nin altına kırılmış ve daha sonra semikok numunelerine istenilen miktarlarda ilave edilmiştir. Toplam nem tayini TS 690'a göre 105 °C'deki etüvde 2

saat süre ile numuneyi tutmak ve ağırlık kaybının saptanmasıyla yapılmıştır. Kül tayinleri TS 330 and TS 1042'ye göre, uçucu madde tayini ise TS 711'e göre yapılmıştır.

2.2. Deneysel Yöntem

Soma kömüründen elde edilen kok tozları 2 mm altına kırılmış ve öngörülen oranlardaki zift ile 5 lt'lik bir karıştırıcıda karıştırılmış (Lödige M5G) ve karışım 90 °C'e kadar ısıtılmıştır. Zift tamamen ergiyip kömür yüzeyine yayıldıktan sonra, karışım silindirik çelik bir kalıba konulmuş ve hidrolik preste (Paul Weber PW 40 E) 58.9 MPa basınç uygulanarak 4 cm çap ve 2.5-3 cm yüksekliğinde silindirik biriketler üretilmiştir.

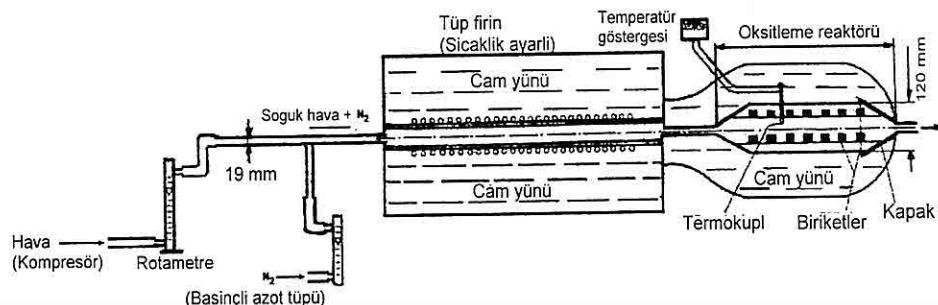
Biriketler dış ortama karşı izole edilmiş bir oksitleme kutusuna yerleştirilmiş (Şekil 1) ve kutuya belirli sıcaklık ve O₂ içerisinde (hava + N₂ karışımı ve debisi 10 lt/dakika) gaz karışımı gönderilerek, oksitleme işlemi gerçekleştirilmiştir (Şekil 2). Oksitlenen biriketler, içine 90° aralıklla genişliği 60 mm olan demir kanatıklar yerleştirilmiş bir laboratuvar tamburunda ufanma (çap = 500 mm, genişlik = 200 mm ve 5x30 = 150 devir) ve hidrolik test presinde de (VEB universal strength testing machine EU 40) kırılma sağlamlığı testlerine tabi tutulmuştur. Yukarıda sözü edilen laboratuvar tamburu (çap= 500 mm), çapı 1000 mm olan Micum tamburunun benzeri olup, elde edilen M10 ve M40 değerleri modifiye değerlerdir. Gerek kırılma ve gerekse tambur testlerinde 10'ar adet biriket kullanılmıştır. Elde edilen kırılma sağlamlığı değerlerinin %10, M40

SERT LİNYİT KOK TOZUNDAN OKSİTLENME YÖNTEMİ İLE FORMKOK ÜRETİMİ

ve M10 değerlerinin de %5 hata ile farklı özelliklere sahiptirler. Özellikle tekrarlanabilir olduğu tespit edilmiştir. yüksek uçucu madde içeren kömürler,

Çizelge 3. Oksitleme yöntemi ile formkok üretiminde kullanılan kok tozları ve zifte ait bazı analiz değerleri.

	TK 800	SK 500	SK 600	SK 700	SK 800	SK 900	Zift
Nem(1) (%)	1.2	0.4	0.1	0.9	0.1	1.3	-
Kül(1) (%)	15.4	22.2	21.1	23.1	22.8	24.9	0.5
Uçucu madde(1) (%)	3.2	13.9	8.1	4.8	2.7	2.1	74.8
Benzende çözülen (%)							87
Yumuşama sıcaklığı (°C)							60
Hardgrove indeksi		46.5	49	51.7	49.7	48.5	
Özgül yüzey (m ² /g)		10.7	23.4	41	40.7	32.3	
(1) Orijinal bazda							



Şekil 1. Biriketlerin oksitemeye tabi tutulduğu düzenek.

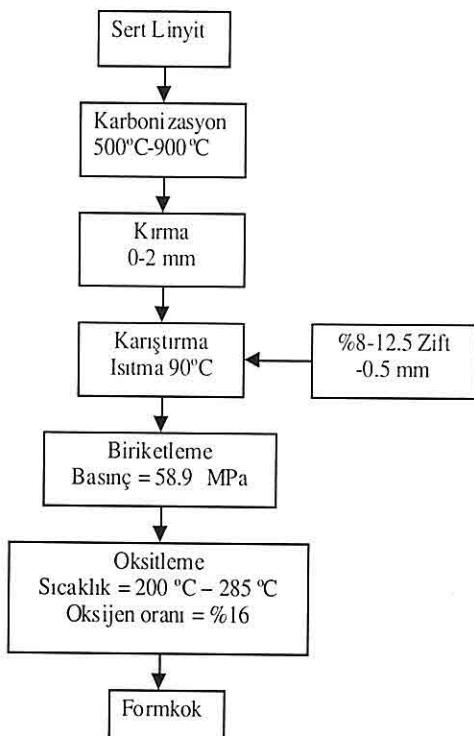
3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

3.1. Karbonizasyon Sıcaklığının

Formkok Sağlamlığına Etkisi

Oksitleme yolu ile formkok üretiminde kok sağlamlığına tesir eden faktörleri, kullanılan kömür ile ziften özelliklerini ve oksitleme şartları olarak sayabiliriz. Bilindiği gibi değişik kömür türleri çok

250-300 °C'ler arasında ıslık işleme tabi tutulduklarında bile, kimyasal parçalanmaya uğramakta ve bunun sonucu olarak gaz çıkışıyla büzülme olayları meydana gelmektedir. Örneğin Tunçbilek sert linyiti ile yapılan büzülme testlerinde 300 °C'de %3'lük bir büzülme oranı tespit edilmiştir (Kemal, 1982).



Şekil 2. Oksitleme yöntemi ile formkok üretimi deneyi akım şeması.

Oksidasyon işleminin başarılı olabilmesi için, kullanılacak kömürün, oksidasyon sıcaklığında kimyasal parçalanmaya uğramaması ve fiziksel özelliklerinin değişmemesi gerekmektedir. Bu düşünceden hareketle, Soma sert linyit kömürü oksitleme işlemi öncesi değişik sıcaklıklarda karbonize edilmiş ve oksidasyon işlemi için en uygun karbonizasyon sıcaklığının saptanmasına çalışılmıştır. Çalışmaların bu bölümünde, Soma sert linyit kömüründen 500-600-700-800 ve 900°C sıcaklıklarda 5 ayrı kok tozu elde edilmişdir. Elde edilen kok tozları 2.0 mm altına kırlarak %12.5 zifte

biriketlenmiş ve biriketler 270 °C sıcaklığı olan ve %16 O₂ içeren gaz (hava + N₂) atmosferinde 120 dakika süreyle oksitlenmiştir. Deney sonunda elde edilen oksitlenmiş biriketlere (formkoklara) ait sağlamlık değerleri ve ham biriketlerin kırılma sağlamlıklarını Çizelge 4’ de verilmiştir. Kok tozu elde ediliş sıcaklığını formkok özelliğine etkilerine geçmeden önce, ham ve oksitlenmiş biriket sağlamlıklarına kısaca bir göz atıldığında, formkok kırılma sağlamlığının, ham biriket kırılma sağlamlığına göre %10-40 daha fazla olduğu görülmektedir. Bu sonuç, oksitleme ile zift kimyasal bileşiminin değiştiğini ve daha sağlam bir yapı kazandığını göstermektedir (Schinzel, 1981; Zielinski, 1972; Reerink vd., 1965).

Kok tozu elde ediliş sıcaklığına bağlı olarak, formkok kırılma ve tambur test değerleri incelendiğinde, kok tozu elde ediliş sıcaklığı yükseldikçe bu değerlerinde arttığı görülmektedir. Bu artış 700-750 °C'e kadar bılıhassa kırılma ve ufalanma sağlamlıklarında çok belirgin bir şekilde devam etmekte ve 800 °C civarında maksimuma erişmektedir. Kok tozu elde ediliş sıcaklığı 900 °C'e yükseltiliğinde ise, formkok sağlamlığında önemli bir değişim görülmemektedir.

Kok tozu elde ediliş sıcaklığı ile, ham biriket ve formkok görünür yoğunlukları arasında da, sağlamlık değerlerinde tespit edilen aynı ilişki mevcuttur. Artan kok tozu elde ediliş sıcaklığı ile, kömürün kütte kaybı ve dolayısıyla da büzülme miktarı ve hakiki yoğunluğu artmaktadır.

SERT LINYİT KOK TOZUNDAN OKSİTLENME YÖNTEMİ İLE FORMKOK ÜRETİMİ

Çizelge 4. Soma kömürünün değişik sıcaklıklardaki karbonizasyon ürünü kok tozlarına %12.5 zift ilavesiyle elde edilen biriketlerin ham ve oksitlenmiş hallerindeki sağlamlık ve yoğunluk değerleri (Oksitleme atmosferi: %16 oksijen, Oksitleme sıcaklığı: 270 °C ve Oksitleme süresi: 120 dakika).

Karışım komponent ve oranları						Biriketlerde		Formkoklarda			
SK500	SK600	SK700	SK800	SK900	Zift	Kırılma kg/cm ²	Yoğ. g/cm ³	Kırılma kg/cm ²	M40 %	M10 %	Yoğ. g/cm ³
87.5	-	-	-	-	12.5	70	1.108	95	88.3	11.7	1.085
-	87.5	-	-	-	12.5	84	1.125	116	79.8	15.5	1.097
-	-	87.5	-	-	12.5	151	1.195	207	93.2	6.8	1.161
-	-	-	87.5	-	12.5	161	1.192	240	92.3	7.7	1.157
-	-	-	-	87.5	12.5	192	1.204	234	93.6	6.4	1.171

Bu nedenle, formkok sağlamlığındaki artışı da semikokun bütünlüğe ile kazandığı stabilizasyona ve hakiki yoğunluğunun artışı ile gelen hacimsel zift oranı artışına bağlamak mümkündür. 800-900 °C karbonizasyon sıcaklığı aralığında bütünlük oranı çok düşük olduğundan yukarıda bahsedilen etkisi de azalmaktır ve dolayısıyla 900 °C'de elde edilen koktozundan üretilen formkokların sağlamıklarında bir değişim olmamaktadır. Mat sert linyitlerle yapılan başka bir çalışmada 800 °C'nin üzerinde elde edilen koktozu ile üretilen formkokların sağlamıkları düşmüştür (Kemal, 1978). Bu durum mat sert linyitlerin 800 °C üzerinde karbonize edilmeleri durumunda yüzey ıslanma özelliğinin azalması (Kemal vd., 1989) ve zift + semikok bağının zayıflaması ile izah edilmiştir. Parlak sert linyitle yapılan şimdiki çalışmada ise semikok yüzey ıslanma özelliğinin olumsuz etkisi gözlenmemiştir.

Formkok sağlamlık değerlerinin gösterdiği en önemli hususlardan bir diğeri de, sert linyit kok tozundan oksitleme yöntemi ile yüksek sağlamılıkta formkok üretilebilmesidir. Nitekim, 800 °C 'ta Soma kömüründen elde edilen SK800 ile üretilen formkokun ufalanma (-10 mm) değeri %7.75 ve parçalanma (+40 mm) sağlamlığı %92.3 olarak tespit edilmiştir. Kırılma sağlamlığı ise, 23.5 MPa olarak ölçülmüştür. Aynı laboratuvar test düzeneği ile, kok fırınlarında üretilmiş metalurjik koklarda da benzer sağlamlık değerleri ölçüldüğünü belirtmekte faydalıdır (Kemal, 1990).

Çizelge 5'de de, ham ve oksitlenmiş biriketlerin nem, kül ve uçucu madde oranları verilmiştir. Oksitlenmiş biriketlerin analizleri 1 hafta bekleme süresinden sonra yapıldığından, az da olsa nem alıkları görülmektedir. Oksitleme esnasında ziftte kimyasal parçalanma da meydana gelmiş ve uçucu madde oranlarında belirgin bir azalma tespit

Çizelge 5. Soma kömürünün değişik sıcaklıklarda karbonizasyonu ürünü kok tozlarına %12.5 zift ilavesiyle elde edilen biriketlerin ham ve oksitlenmiş hallerindeki nem, kül ve uçucu madde değerleri (Oksitleme atmosferi: %16 oksijen, Oksitleme sıcaklığı: 270 °C ve Oksitleme süresi: 120 dakika)

Karışım	Ham biriketlerde (1)			Oksitlenmiş biriketlerde (1)		
	Nem%	Kül %	Uçucu	Nem%	Kül%	Uçucu %
%87.5 SK500 + %12.5 Zift	1.8	18.2	19.0	0.6	18.6	16.7
%87.5 SK600 + %12.5 Zift	1.2	19.9	13.8	0.5	20.2	11.8
%87.5 SK700 +%12.5 Zift	1.8	20.4	11.6	1.2	20.4	8.4
%87.5 SK800 + %12.5 Zift	1.8	19.5	9.6	0.8	20.1	6.0
%87.5 SK900 + %12.5 Zift	1.6	19.4	9.7	0.4	20.4	6.1
(1) Orijinal bazda						

edilmiştir.

altında ve %10 olarak seçilmiştir (Çizelge 7).

3.2. Oksitleme Sıcaklığı ve Süresinin

Formkok Sağlamlığına Etkisi

Parlak sert linyit türü olan Soma kömürü ile, oksitleme işlemi için uygun karbonizasyon sıcaklığını tespit ettikten sonra, deneylere aynı özellikte olan Tunçbilek kömürü ile devam edilmiştir. Yukarıda elde edilen sonucun ışığında, Tunçbilek kömüründen 800 °C'de kok tozu TK800 elde edilmiş ve 2.0 mm altına kırılan bu kok tozu ile oksitleme sıcaklığı ve süresinin formkok sağlamlığına etkileri incelenmiştir. Ham biriketler üzerinde yapılan araştırma, optimal zift oranının %12 civarında olduğunu göstermesine rağmen (Çizelge 6), bu deneylerde zift oranı %10 olarak alınmıştır. Bir taraftan fazla ziftin işlemin ekonomisini olumsuz yönde etkilemesi ve diğer yandan da, formkok sağlamlığı değişimini daha açık görebilmek gayesiyle, zift oranı optimalin

Çizelge 6. TK800 kok tozuna değişik oranlarda zift ilavesiyle elde edilen ham biriketlerin sağlamlık değerleri.

Karışım oranı		Biriket	Sağlamlık değerleri	
TK800 %	Zift %	M40 %	M10 %	Kırılma kg/cm ²
93	7	0	76.7	130
92	8	20.5	50.4	136
91	9	61.3	38.7	184
90	10	85.9	14.1	185
89	11	88.9	11.1	203
88	12	91.6	8.4	226

Oksitleme süresinin formkok sağlamlığına etkilerinin incelenmesinde, biriketler 220 °C sıcaklığındaki hava akımı

SERT LINYİT KOK TOZUNDAN OKSİTLENME YÖNTEMİ İLE FORMKOK ÜRETİMİ

altında, 30, 60, 90, 120 ve 150 dakika süreyle oksitlemeye tabi tutulmuştur. Deney neticeleri (Çizelge 7), 4 cm çap ve 2.5-3 cm uzunluğundaki silindirik biriketlerin oksitlenmesi için 90 dakikanın yeterli olduğunu göstermektedir. Kok sağlamlığı tespitinde en geçerli kriter olan tambur sağlamlık artışı ancak bu süreye kadar devam etmekte ve 120 dakikadan sonra, az da olsa sağlamlık değerlerinde bir düşme eğilimi gözlenmektedir.

Çizelge 7. TK 800 kokundan %10 ziftle yapılan biriketlerin, ıslık işlem ve oksitleme sürelerine göre, sağlamlık ve uçucu madde değerleri.

Oksitl. Süresi: dakika	220 °C 'de ıslık işleme tabi tutulan biriketlerde				220 °C 'de oksitlenen biriketlerde			
	Uçucu %	M40 %	M10 %	Kırılma kg/cm ²	Uçucu %	M40 %	M10 %	Kırılma kg/cm ²
30	7.9	26.2	30.5	80	6.6	61.3	19.6	100
60	7.4	39.5	26.6	92	7.3	68.8	18.7	111
90	8.2	24.4	33.4	96	6.3	85.8	14.2	121
120	6.9	26.2	28.2	88	7.4	84.7	15.3	132
150	7.2	26.4	23.3	130	7.3	69.2	17.2	121

Burada oksitleme deneylerine paralel olarak, biriketler yine 220 °C sıcaklıkta ve bu defa kapalı ve izole edilmiş bir kutu içinde, yani oksijen olmayan bir atmosferde, aynı sürelerle ıslık işleme tabi tutulmuştur. ıslık işlem gören biriketlerin sağlamlık değerleri incelendiğinde, bunların oksitlenmiş biriketlerin (formkokların) sağlamlık değerlerinden küçük oldukları görülmektedir. Bu da, oksitleme işleminin zift mikro yapısına sağlamlık kazandırdığını göstermektedir. Oksidasyon sürecinde oksijenin varlığı,

zift fazının kondenzasyon ve polimerizasyon reaksiyonlarını destekleyip ilerlemesini sağlamakta ve böylece formkok sağlamlığının önemli ölçüde artmasını beraberinde getirmektedir. Halbuki, inert bir atmosfer, biriket iç yapısında yumuşak ve zayıf merkezler oluşturmaktakta, böylece dayaniksız biriketlerin oluşumuna yol açmaktadır (Paul vd., 2002).

Literatürde, düşük kömürleşme

derecesindeki kömürlerden iyi mekanik özelliklere sahip biriketler elde etmek için optimum zift katkısının %18'in üzerinde olması gereği ileri sürülmüştür (Rubio, 1999). Bu tavsiye göz önüne alındığında, şimdiki araştırmada %10 zift ilavesi ile ulaşılan formkok sağlamıkları oldukça olumludur.

Oksitleme süresinin formkok sağlamlığına etkileri araştırıldıktan sonra oksitleme sıcaklığının formkok sağlamlığına etkileri incelenmiştir. Bunun için yine %10 zift ilavesi ile elde edilen

TK800 biriketleri %16 O₂ içeren atmosferde 203, 227, 258 ve 285 °C sıcaklıklarda oksitlenmeye tabi tutulmuştur. Oksitleme sıcaklığının formkok sağlamlığına etkileri, Çizelge 8'de görülmektedir. Çizelge 8 incelendiğinde, oksitleme sıcaklığı yükseldikçe formkok sağlamlık değerlerinin de arttığı görülmektedir. Ancak, kırılma sağlamlığındaki bu artış oksitleme sıcaklığındaki artış ile 285 °C'ye kadar lineer bir ilişki gösteriyorsa da, M40 (parçalanma) ve M10 (ufalanma) sağlamlık değerlerinde 250 °C'tan sonra bu trend hızını kaybetmektedir. Kok tozu tanelerinin bağlanma sağlamlığını gösteren ufalanma M10 değeri ne kadar düşükse, formkokun taşıma ve kullanım anında tozlanması ve dağılması o derece az olmaktadır. Bu bakımdan, TK800 biriketlerinin %16 O₂ içeren atmosferde oksitlenmeleri için 280-285 °C sıcaklığın optimal olduğunu söylemek mümkündür. Daha yüksek sıcaklıklara çıkıldığında, atmosferin O₂ oranına bağlı olarak yanma olayı başlayacak ve formkok sağlamlığı düşecektir. Diğer taraftan 285 °C sıcaklık ve %16 O₂ içeren atmosferde oksitlenen biriketlerin (formkokların) %8.1 ufalanma değerine (M10) ve 19.6 MPa kırılma sağlamlığına sahip oldukları görülmektedir. Bu değerler, Soma kömürü kok tozundan elde edilen formkokta olduğu gibi, Tunçbilek kok tozundan elde edilen formkokunda yeterli derecede sağlam olduğunu ve çeşitli metalurjik ve diğer işlemlerde kullanılabileceğini göstermektedir.

Çizelge 8. TK800 kokundan %10 zift ilavesiyle elde edilen biriket sağlamlığının, oksitleme sıcaklığı ile değişimi (Oksitleme atmosferi: %16 O₂, Oksitleme süresi: 90 dakika)

Oksitleme sıcaklığı °C	Oksitlenen biriketlerin Sağlamlık değerleri		
	M40 %	M10 %	Kırılma kg/cm ²
203	9.6	36.5	97
227	80.0	20.0	130
258	77.1	16.7	117
285	91.0	8.1	200

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, parlak sert linyit kömürleri olan Tunçbilek ve Soma kömürlerinden oksitleme yöntemi ile formkok üretimi araştırılmıştır. Koktozu elde ediliş sıcaklığı, zift oranı, oksitleme atmosferinin O₂ oranı ve sıcaklığı, oksitleme süresi gibi faktörlerin, formkok özelliğine etkileri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Soma sert linyit kömüründen 500, 600, 700, 800 ve 900 °C karbonizasyon sıcaklıklarında elde edilen kok tozlarına %12.5 zift ilavesi ile üretilen biriketler, %16 O₂ içeren gaz (hava + N₂) atmosferinde ve 270 °C'de 120 dakika süreyle oksitlenmiştir. Elde edilen oksitlenmiş biriketlerin kırılma sağlamlıklarının, ham biriket kırılma sağlamlığına göre %10-40 daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

- Yukarıda belirtilen deney koşullarında,

SERT LİNYİT KOK TOZUNDAN OKSİTLENME YÖNTEMİ İLE FORMKOK ÜRETİMİ

karbonizasyon sıcaklığı yükseldikçe, biriketlerin formkok kırılma, parçalanma (M40) ve uفالanma (M10) sağlamlıklarını artmaktadır. Bu artış, 800 °C civarında maksimuma ulaşmakta ve mat sert linyitler ile yapılan araştırmadan farklı olarak (Kemal vd., 1989), karbonizasyon sıcaklığı 900 °C'ye yükseltildiğinde de formkok sağlamlığında önemli bir değişim görülmemektedir.

- Karbonizasyon sıcaklığı arttıkça semikok yoğunluğundaki artış nedeniyle, ham biriket ve formkok görünür yoğunlukları da artmaktadır.

- 800 °C'de Soma kömüründen elde edilen SK800 kok tozu ile üretilen formkokun parçalanma (M40) ve uفالanma (M10) sağlamlıklarını %92.3 ve %7.7 olarak tespit edilmiştir. Aynı formkokun kırılma sağlamlığı 23.5 MPa olarak ölçülmüştür. Aynı laboratuvar test düzeneği ile, kok fırınlarında üretilmiş metalurjik koklarda da benzer sağlamlık değerleri ölçülmüştür (Kemal, 1990).

- Soma kömürü ile yapılan deneylerde, kırılma sağlamlığı açısından optimum karbonizasyon sıcaklığının 800 °C olduğu belirlenmiştir.

- TK800 kok tozundan elde edilen ham biriketlerin M40 (91.6%), M10 (8.4%) ve kırılma sağlamlıklarını (22.2 Mpa) %12 zift oranı civarında maksimuma ulaşmaktadır.,

- TK 800 kokundan %10 zift ilavesi ile elde edilen biriketlerin 220 °C'deki optimum oksitleme süresi 90 dakika olarak tespit edilmiştir. Formkok sağlamlık artışı bu süreye kadar devam etmekte ve 120 dakikadan sonra, az da

olsa sağlamlık değerlerinde bir düşme eğilimi gözlenmektedir.

- 220 °C'de ıslık işlem gören biriketlerin sağlamlık değerlerinin, aynı sıcaklıkta oksitlenmiş biriketlerin (formkoklarının) sağlamlık değerlerinden küçük oldukları tespit edilmiş ve ıslık işlem süresiyle sağlamlık değerleri arasında bir bağlantı kurulamamıştır.

- TK800 kokundan %10 zift ilavesi ile elde edilen biriketlerin %16 O₂ içeren atmosferde oksitlenmesi ile yapılan deneylerde formkok sağlamlık değerleri açısından optimum oksitleme sıcaklığının 285 °C civarında olduğu tespit edilmiştir.

- TK800 kokundan %10 zift ilavesi ile elde edilen biriketlerin 285 °C'de ve %16 O₂ içeren atmosferde oksitlenmesi ile üretilen formkokların M40, M10 ve kırılma sağlamlıklarının sırasıyla %91, %8.1 ve 19.6 MPa olduğu tespit edilmiştir. Bu değerler, Soma kömürü kok tozundan elde edilen formkokta olduğu gibi, Tunçbilek kok tozundan elde edilen formkokunda sağlam olduğunu ve sağlamlık açısından metalurjik ve diğer işlemlerde (yüksek aktivitesi nedeniyle yüksek fırın kullanımı hariç) kullanılabileceğini göstermektedir.

Yukarıda özetlenen laboratuvar araştırması sonuçları, parlak sert linyit türünden olan Soma ve Tunçbilek kömürlerinin, uygun sıcaklıklarda karbonize edildikten sonra oksitleme yöntemi ile formkok üretiminde kullanılabileceğini göstermiştir. Bu yöntemle elde edilen formkoklar, yüksek fırın dışı metalurjik işlemlerde kullanılabilecek özelliklere sahiptirler.

Ayrıca, ön karbonizasyon ile linyitin uçucu madde sorunu ortadan kaldırıldığı ve oksitleme ile de zifte kokumsu yapı kazandırıldığı için, formkoklar dumansız yanmaktadır.

Eser'in laboratuvar ölçüğinde yaptığı deneyler (Eser, 1978), Tunçbilek kömürünün 800 °C sıcaklıkta karbonize edilmesi halinde, 320 m³ gaz / ton kömür elde edildiğini ve bu gazın ısı değerinin de 3900 kcal / m³ civarında olduğunu ortaya koymuştur. Öte yandan Zonguldak taşkömürü, 1000 °C sıcaklıkta karbonize edildiğinde ise, ısı değeri 3600 kcal/m³ civarında olan 354 m³ gaz/ton kömür elde edilmiştir (Eser, 1978). Dolayısı ile Tunçbilek kömürü 1000 °C'de karbonize edildiğinde taşkömürüne göre daha yüksek ısı değerli gaz elde edilecektir. Ayrıca, kömürlerin karbonizasyonu esnasında, belirli miktarda katran da elde edilmektedir. Bu nedenle koklaşma özelliği olmayan sert parlak linyit kömürlerinden oksitleme yöntemi ile metalürjik işlemlerde ve özellikle dumansız yakıt olarak kullanılabilcek özelliklerde formkok üretimi taşkömürü rezervinin kısıtlı olduğu ülkelerde avantajlı bir yöntem olarak ortaya çıkmaktadır.

5. KAYNAKLAR

Blesa, M.J., Miranda, J.L., Moliner, R. and Izquierdo, M.T., 2003. Curing temperature effect on smokeless fuel briquettes prepared with molasses and H₃PO₄, *Fuel*, Vol. 82, p. 1669-1673.

Blesa, M.J., Miranda, J.L., Izquierdo, M.T. and Moliner, R., 2003. Curing

temperature effect on mechanical strength of smokeless fuel briquettes prepared with molasses, Fuel, Vol. 82, p. 943-947.

Blesa, M.J., Miranda, J.L., Izquierdo, M.T. and Moliner, R., 2003. Study of the curing temperature effect on binders for smokeless briquettes by Fourier transform infrared spectroscopy, *Vibrational spectroscopy*, Vol. 31, p. 81-87.

Blesa, M.J., Miranda, J.L., Izquierdo, M.T. and Moliner, R., 2003. Curing time effect on mechanical strength of smokeless fuel briquettes, *Fuel Processing Technology*, Vol. 80, p. 155-167.

Eser, S., 1978. *Pyrolysis of lignites and similar materials, M.Sc. thesis, Middle East Technical University, Ankara, Turkey*.

Jenkner, A., Kühlwein, F.L. und Hoffman, E., 1934. *Prüfung der Verkokungseignung von Kohlen im Laboratorium, Glückauf*, Vol. 70, p. 473-481.

Kemal, M., 1982. *Der einfluss einer hartbraunkohle auf die plastizität und auf das schrumpfungsverhalten einer kokskohle, Glückauf-Forschungshefte*, Vol. 43, p. 115-119.

Kemal, M. Saracoğulları, M. and Erben, H.S., 1978. *The feasibility of expanding the coal base suitable for metallurgical coke production, Proceedings of the 1st National Coal Congress, Zonguldak, Turkey, 23 -27 January, The chamber of Turkish Mining Engineers*, p. 659-683.

Kemal, M., Klose W. und Yıldırım, K.E., 1989. *Einfluss der schweltemperatur auf das benetzungsverhalten der*

SERT LINYİT KOK TOZUNDAN OKSİTLENME YÖNTEMİ İLE FORMKOK ÜRETİMİ

- braunkohlenoberfläche, Braunkohle*, Vol. 41, p. 200-204.
- Kemal, M., 1990. *The optimization of raw materials properties for blast furnaces in Karabük and İskenderun iron and steel works, Departmental Research Report, Dokuz Eylül University, Eng. Faculty, The Department of Mining Engineering, Turkey.*
- Lissner, A. and Rammel, E., 1958. *Edelkoks aus Braunkohlen, Freiberger Forschungshefte*, Vol. A 119, p. 47-60.
- Mayoral, M.C., Izquierdo, M.T., Blesa, M.J. , Andres, J.M., Rubio, B. and Miranda, J.L., 2001. *DSC study of curing in smokeless briquetting, Thermochemical Acta*, , Vol. 371, p. 41-44.
- Mazumdar, B.K., Sanyal, J.M., Bose, B.N. and Lahiri, A. 1968. *Mechanismus und kinetik der oxydativen härtung von schwelkok-teer-briketts, Freiberger Forschungshefte*, A. 453, p. 147-164.
- Paul, S.A., Hull, A.S., Plancher, H. and Agarwal, P.K., 2002. *Use of asphalts for formcoke briquettes, Fuel Processing Technology*, Vol. 76, p. 211-230.
- Peters, W., Lanhoff, J., Schinzel, W. and Schmeling, G., 1967. *Ein verfahren zum herstellen oxydierter koksgrusbriketts als gieserei-formkoks, Glückauf-Forschungshefte*, Vol. 28, p. 101-109.
- Plancher, H., Agarwal, P.K. and Severns, R., 2002. *Improving form coke briquette strength, Fuel Processing Technology*, Vol. 79, p. 83-92.
- Reerink, W. and Peters, W., 1965. *Leitgedanken für die entwicklungneuer verfahren zur thermischen kohlenveredelung, Brennstoff-Chemie*, Vol. 46, p. 330-343.
- Rubio, B., Izquierdo, M.T. and Segura, E., 1999. *Effect of binder addition on the mechanical and physicochemical properties of low rank coal char briquettes, Carbon*, Vol.37, p. 1833-1841.
- Schinzel, W., 1981. *Briquetting, in Chemistry of Coal Utilization*, (ed. M. A. Elliott), Second supplementary volume, New York, Wiley-interscience publication, p. 609-664.
- Sharma, A.K., Das, B.P. and Tripathi, P.S.M., 2002. *Influence of properties of bituminous binders on the strength cf formed coke, Fuel Processing Technology*, Vol. 75, p. 201-214.
- Welz, E., 1971. *Die brikettierung von BHT-koksgrus mit braunkohlenweichpeck als bindemittel zur herstellung grosstückigen formkoks, Freiberger Forschungshefte*, Vol. A491, p. 57-91.
- Zielinski, H., 1972. *Present methods of coke manufacture, Foreign Scientific Publications, Department of the National Center, Technical and Economic Information, Warsaw*.

**ÜST KRETASE YAŞLI TOHMA KİREÇTAŞI'NIN (MALATYA GÜNEYİ)
YAPI VE KAPLAMA TAŞI OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİNİN
ARAŞTIRILMASI**

Didem EREN, Mehmet ÖNAL

İnönü Ü., Maden Mühendisliği Bölümü, Malatya/Türkiye

ÖZET: *Malatya güneyinde yüzlekleri bulunan Tohma kireçtaşı en fazla 120 m kalınlığa sahiptir. Kireçtaşı Üst Kretase transgresyonunun tabanında bulunur ve resifal özellik taşır.*

Kireçtaşının jeomekanik özellikleri arazi ve laboratuvar çalışmaları ile belirlenmiştir. Kireçtaşı tekyönlü, içi genelde boş ve geniş aralıklı çatlaklar içerir.

Laboratuvara kaya bloklarından elde edilen küp örnekler üzerinde TSE ve ASTM standartlarına göre deneyler yapılmıştır. Çalışılan kireçtaşının katman kalınlığı, birim hacim ağırlığı, özgül ağırlığı, su emme özelliği, porozite değeri, tek eksenli basınç dayanımı ve don kaybı TSE, su emme ve tek eksenli basınç dayanımı ASTM standartlarına göre uygun sınırlar içindedir.

Deney sonuçlarına göre, Tohma kireçtaşı'nın yapı ve kaplama taşı olarak kullanılabilir olduğu belirlenmiştir.

**INVESTIGATION OF UTILIZATION AS BUILDING AND CLADDING
STONE OF UPPER CRETACEOUS AGE TOHMA LIMESTONE
(MALATYA SOUTHERN)**

ABSTRACT: *Tohma limestone has up to 120 m thick, which is widely apperences in the southern part of Malatya. The limestone is placed at the base of Upper Cretaceous transgression and has reefal feature.*

The geomechanic features of the Tohma limestone were determined with area and laboratory studies. Limestone includes single directed, generally empty and wide spaced cracks.

In the laboratory, on the cubical formed samples from the rock blocks were done experiments as to TSE and ASTM standarts.

Accordindg to TSE standarts; bed thickness, unit weight, specific gravity, water absorbtion, porosity, uniaxial compressive strength and frost action values were found to be suitable for marble industries. According to ASTM standarts uniaxial compressive strength, water absorbtion values are suitable for marble industries. As the result of the experiments Tohma limestone may be used for building and cladding stone.

1.GİRİŞ

Günümüzde mermerlerin kullanım alanının belirlenmesi sırasında mühendislik özellikleri olarak tanımlanan fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikler büyük önem taşımaktadır. Çünkü mermerlerin özelliklerinin belirlenmesi; kullanım alanlarının bu özelliklere göre tespit edilmesi ve iç ve dış pazar imkanlarının gelişmesinin sağlanması açısından önemlidir.

Yapılan çalışmada Malatya güneyinde bulunan Üst Kretase yaşı Tohma kireçtaşının fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikleri belirlenerek mermer, yapı ve kaplama taşı olarak kullanılabilirliği tespit edilmeye çalışılmıştır.

Çalışma alanı ve yakın çevresinde yapılmış olan çalışmalar genel jeoloji, petrol jeolojisi ve mühendislik jeolojisiğırlıklıdır (Gözübol ve Önal, 1986; Önal ve Gözübol, 1992; Demir, 1997). Çalışmanın konusunu oluşturan Tohma kireçtaşı Üst Kretase transgresyonunun başlangıcında ve taban çakıltaşının üstünde oluşmuş bir kıyı resifi tipindedir (Gözübol ve Önal, 1986; Demir, 1997; Alkan, 1997).

Çalışmada Tohma kireçtaşının en iyi görüldüğü yer olan Yeşilyurt ilçesi İnekpinarı dolaylarında bulunan mostralalar tipik yerler olarak seçilmiştir. Belirlenen tipik yerlerden seri ve nokta örnekler derlenmiş, kesit ölçümleri ile sistemli ve sistemzs çatlak ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

Tohma kireçtaşı'nın fiziksel ve mekanik özelliklerini belirlemek amacıyla TS 2513' de (TSE,1977) belirtilen

prosedüre uygun olarak araziden 10x20x30cm boyutunda blok örnekler alınmış ve alınan blok örneklerden taş kesme makineleri ile 7x7x7 cm ve 5x5x5 cm.lik kübik örnekler hazırlanmıştır. Hazırlanan kübik örnekler üzerinde TS 699 (TSE, 1987), TS 1910 (TSE,1977), TS 6809 (TSE,1989) ve ASTM standartlarına göre deneyler yapılmıştır.

Hazırlanan 7x7x7 cm lik kübik örneklerle yapılan deneyler sonucunda birim hacim ağırlığı, özgül ağırlık, su emme, doluluk oranı, görünüp porozite, hakiki porozite, sertlik ve renk gibi fiziksel özellikler; 5x5x5 cm' lik kübik örneklerle yapılan deneyler sonucunda da tek eksenli sıkışma dayanımı, don kaybı gibi mekanik özellikler saptanmıştır.

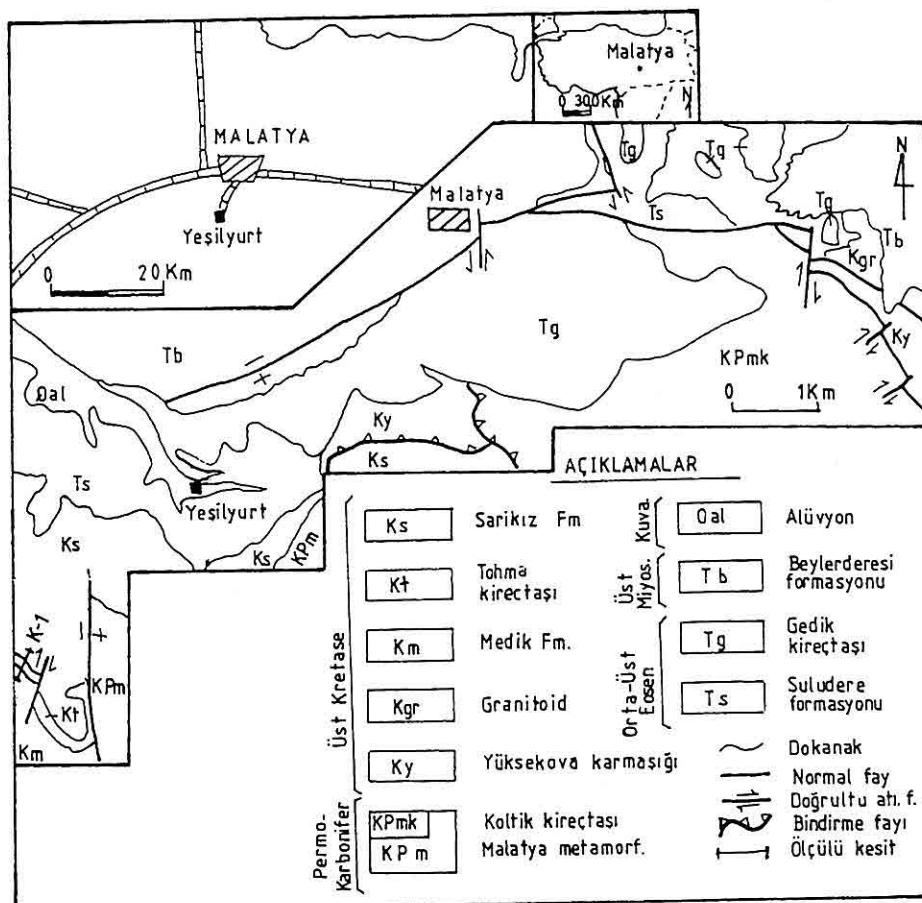
Kimyasal.özelliklerden yaş kimya, XRD, pas tehlikesi, asit etkilerine dayanıklılık ve açık hava etkilerine dayanıklılık analizleri TS 699'a (TSE, 1987) göre yapılmıştır.

Çalışmada Tohma kireçtaşının fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikleri bulunarak yapı ve kaplama taşı olarak kullanılabilirliğinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu çalışma, bir yüksek lisans tezinin (Eren, 2002) bir bölümünü içermektedir.

2. STRATİGRAFİ

Çalışma alanının yer bulduru ve basitleştirilmiş jeoloji haritası Şekil 1'de ve genelleştirilmiş stratigrafi istifî Şekil 2'de verilmiştir. Çalışmanın konusunu oluşturan Tohma kireçtaşı aşağıda tanıtılmıştır.

**ÜST KRETASE YAŞLI TOHMA KIREÇTAŞI'NIN (MALATYA GÜNEYİ) YAPI VE KAPLAMA
TAŞI ÖLARAK KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**



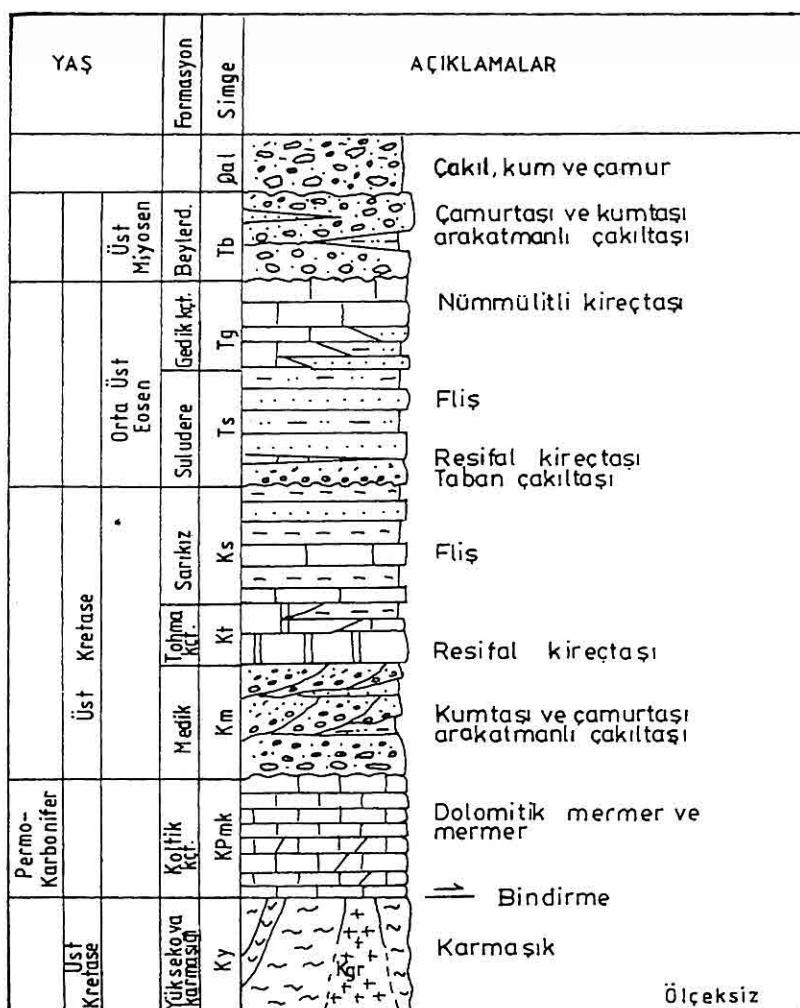
Şekil 1. Çalışma alanının yer bulduru ve basitleştirilmiş jeoloji haritası.

2.1. Tohma kireçtaşı

Tohma kireçtaşı Malatya havzasının kuzey ve güneyinde yaygın alanlarda yüzeylenir. Güneyde İnekpinarı doğu ve kuzeylerinde, İsmetpaşa ilçesi güneybatısında, kuzey kesimlerde ise Yazihan-Hekimhan yolunda ve Hekimhan civarında ince düzeyler şeklinde yaygın olarak yüzlekler verir. Birim adını tip kesiti ve tipik görünümlerinin bulunduğu

Tohma çayından almıştır (Akkuş, 1971).

Bu çalışmanın yapıldığı, Malatya havzasının güneyindeki birim İnekpinarı doğusundaki sırtlar boyunca yanal yönde incipit kalınlaşan merkezsel dizilim gösterir. Tohma kireçtaşı bu kesimde bol rudist, mercan, alg ve foraminifer fosilleri kapsar ve tipik resifal niteliklidir. Birimin alt düzeyleri bütünüyle rudist yığışımından



Şekil 2. Çalışma alanının genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesiti.

oluşur. Kireçtaşı bu kesimlerde 120 m olup en fazla kalınlığa ulaşır.

Seyituşağı köyü doğusunda Kandiltepe ve Meşeliktepe güneydoğusundaki tepelerde, birim tabanında Medik formasyonu olmaksızın Malatya Metamorfitleri üzerine açısal uyumsuz olarak gelir. Tohma kireçtaşı üzerine

ortamın giderek derinleşmesiyle yanal ve düşey yönde geçişli olarak karbonat filişiinden oluşan Sarıkız formasyonu gelir. İsmetpaşa – İnekpinarı yolunda birim yer yer silttaşları ve şeyl katkıları içerir. Birim bazen bitümlüdür, bazen de Hekimhan güneybatısında olduğu gibi canlı petrol emareleri içerir.

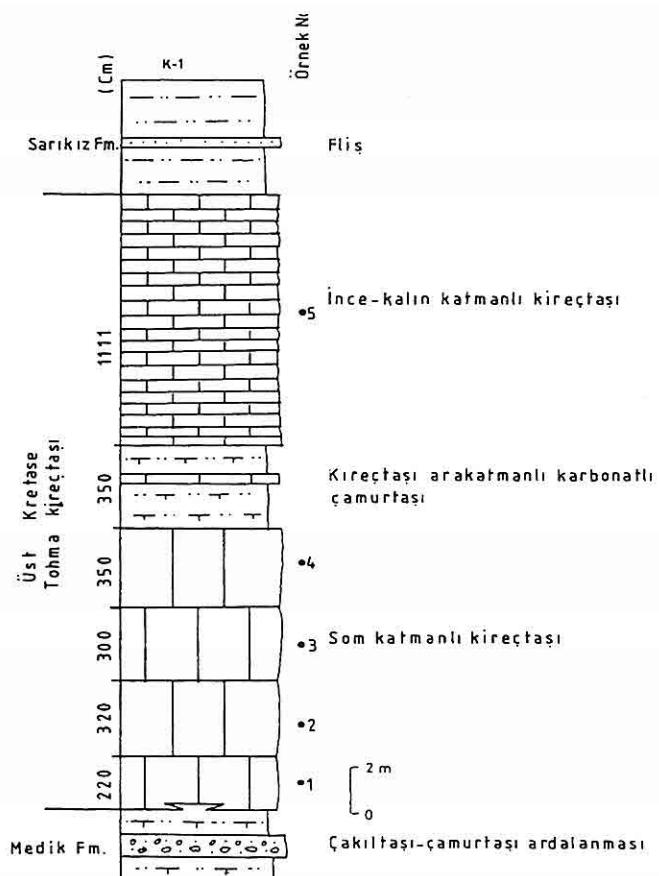
ÜST KRETASE YAŞLI TOHMA KIREÇTAŞI'NIN (MALATYA GÜNEYİ) YAPI VE KAPLAMA TAŞI OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

Tohma kireçtaşı, alttaki ve üstteki birimlerle konkordan ilişkili içerisinde yanal ve düşey geçişler gösterir. Kalınlığı 10 – 120 m arasında değişir. Tip kesitin bulunduğu alan dışındaki yerlerde ince ve eşitsiz yayılımlıdır. Birimin referans kesiti Yeşilyurt – İnekpınarı yol yarasında ölçülmüştür (Şekil 3).

fosil kapsamı ve sedimentolojik özelliklerine göre, resifal niteliklidir (Önal ve Gözübol, 1986).

3. YAPISAL JEOLOJİ

Tohma kireçtaşı Kampaniyen'de başlayan transgresyon ile oluşan Üst Kretase istifinin resifal kireçtaşı düzeyini



Şekil 3. Tohma Kireçtaşı'nın ölçülü referans kesiti.

Birimden derlenen mikro ve makro fosillere göre birimin Mestriştiyen yaşında olduğu anlaşılmıştır (Gözübol ve Önal, 1986; Demir, 1997). Kireçtaşı bileşimi,

icerir. Çalışma alanının güneyinde yüzlek veren birim altlayan Medik formasyonu ve üstleyen Sarıkız formasyonu ile yanal ve düşey geçişlidir. Ancak birimin

Malatya Metamorfitleri'nin Koltik kireçtaşı ile olan dokanağı normal faylidir. Tohma kireçtaşı'nda oldukça seyrek gözlenen çatlakların doğrultuları KD-GB yönüdür. Birimde ölçülen katman doğrultuları genelde KB-GD doğrultulu olup 85° KD'ya eğimlidir.

4. MÜHENDİSLİK JEOLOJİSİ

4.1. Petrografik Özellikler

Tohma kireçtaşı'nın Gözübol ve Önal (1986) tarafından yapılan mikroskop incelemelerinde karbonatlı çamurtaşı, karbonatlı istiftası, karbonatlı tanetaşı ve bağlamtaşından yapılı olduğu tespit edilmiştir.

4.2. Çatlak Sistemleri

Tohma kireçtaşı'nda egemen çatlak doğrultuları KD-GB yönüdür. Diğer yönlerde hemen hemen hiç çatlak sistemleri gözlemlenmemiştir. Bu çatlakların içeriği kısmen kalsit minerali ile doludur. Genç çatlak sistemlerinin aynı yaşı olması mermer işletmeciliği açısından iyi bir özellik olarak değerlendirilebilir. Çatlaklar arası mesafe ortalama 3 m dir. ISRM (1981)'e göre değerlendirildiğinde çatlaklar çok geniş aralıklı çatlak sınıfına ve açık, boşluklu yapılar sınıfına girer.

4.3. Katman Kalınlığı

Tohma kireçtaşı'nda ölçülen referans kesit şekil 3'de verilmiştir. Buna göre Kireçtaşının katman kalınlığı en az 10 cm en fazla 350 cm' dir. İnekpinarı yol yamasında, Tohma kireçtaşı'nda ölçülen referans kesitte 220, 320, 300 ve 350 cm.

kalınlıkta som katmanlı kireçtaşı, üst düzeylerde ise 80 cm kalınlığında ince-kalın katmanlı kireçtaşı bulunmaktadır. TS 1910'a göre minimum katman kalınlığı 10 cm'den TS 10449'a ve TS 11137'e göre 30 cm den büyük olmalıdır. Ölülü kesitte görüldüğü gibi Tohma kireçtaşı 2-3 km kadar yanal devamı bulunan, kalınlıkları 30-350 cm olan mermer işletmesi bakımından uygun 5 düzey içermektedir

4.4. Fiziksel, Kimyasal ve Mekanik Özellikler

Tohma kireçtaşı'nın mühendislik özelliklerini belirlemek amacıyla yapılan deneyler sonucunda elde edilen bulgular Çizelge 1'de topluca verilmektedir. Kireçtaşının index özelliklerinden birim hacim ağırlığı değeri TS 1910 (TSE,1977) ve TS 11137 (TSE,1993) , özgül ağırlık TS 2513 (TSE,1977) ve su emme değeri TS 2513 (TSE, 1977), ASTM C97, doluluk oranı değeri TS 10449 (TSE,1992) ve porozite değeri TS1910 (TSE,1977) standartlarında belirtilen değerlere uygundur. Kireçtaşı Mohs sertlik değerine göre orta sert kayaçlar sınısına girer. Kireçtaşı'nın cila alma kapasitesi iyidir.

Mekanik özelliklerinden tek eksenli basınç dayanımı değeri TS 2513 (TSE, 1977), ASTM C170, don kaybı TS 2513 (TSE,1977) ve TS 1910 (TSE,1977) standartlarında belirtilen değerlere uygundur.

Tohma kireçtaşı'nda %52,14 CaO, %1,91 MgO ve %1,28 SiO₂ bulunmaktadır. Diğer oksitlerin oranları

*ÜST KRETASE YAŞLI TOHMA KIREÇTAŞI'NIN (MALATYA GÜNEYİ) YAPI VE KAPLAMA
TAŞI OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI*

Çizelge 1. Tohma kireçtaşının fiziksel, kimyasal ve mekanik özelliklerı

TOHMA KIREÇTAŞI			
Fiziksel özellikler	Bulunan Değerler	Standart Değerler	Kimyasal Özellikler
Doğal birim hacim ağırlığı Kuru birim hacim ağırlığı Doygun birim hacim ağırlığı	2,69 (gr/cm ³) 2,69 (gr/cm ³) 2,70 (gr/cm ³)	>2,55 (TS 1910) >2,16 (TS11137)	Kimyasal bileşim
Özgül Ağırlık	2,73	>2,55 (TS 2513)	SiO ₂ 1,28 Al ₂ O ₃ 0,57 Fe ₂ O ₃ 0,732 MgO 1,91 CaO 52,14 Na ₂ O 0,038 K ₂ O 0,102 TiO ₂ Eser SrO 0,803 MnO 0,017 Kızd. Kaybı 43,04
Ağırlıkça su emme Hacimce Su Emme	0,24 (%) 0,41 (%)	< 0,75 (TS1910)	
Doluluk Oranı	98,1 (%)	>98 (TS10449)	
Görünür Porozite Gerçek Porozite	0,41 (%) 1,5 (%)	< %2 (TS 1910)	
Sertlik (Mohs) Shore sertlik indexi	4,5 61		
Renk	açık gri, balpeteği		
Cila alma durumu	iyi	-	
Mekanik Özellikler			CaCO ₃ 93,10 MgCO ₃ 3,97
Tek eksenli basınç dayanımı	658,5 (kgf/cm ²)		Mineralojik Bileşim: Kalsit
Don Kaybı	0,03 (%)	<0,05 (TS2513)	

ise % 1 den azdır (Çizelge1). Kireçtaşı %93,10 CaCO₃ ve %3,97 MgCO₃ içermektedir. Kireçtaşı'nın CaCO₃ miktarı TS 11137'de (TSE, 1993) istenilen asgari (minimum) değerin üzerindedir.

Yapılan XRD analizlerinde Tohma kireçtaşı'nın kalsit minerali içерdiği saptanmıştır. Pas tehlikesi tayini neticesinde kireçtaşında özellikle çatlakların civarında sarımtrak kahverengimsi renk değişimleri gözlenmiştir. Bu renklerin demirli bileşiklerden (%0,732 oranındaki hematit-limonit mineralleri) kaynaklandığı düşünülebilir. Bu paslanma çok yersel olup kaliteyi etkiler nitelikte değildir. Asit

etkilerine dayanıklılık deneyi neticesinde kireçtaşının yüzeyinde sarımtrak renk oluşumları gözlenmiştir. Renk değişimleri beyaz renkli damarlarda yoğundur. Deneyin ilerleyen safhalarında ayrışmalar ve kopmalar meydana gelmiştir. Açık hava etkilerine dayanıklılık deneyi neticesinde kireçtaşı'nın parlatılmış yüzeylerinde hafif tahribat ve renk değişimleri gözlenmiştir. Bu tahribat kaliteyi etkiler düzeyeğde değildir.

5.TOHMA KIREÇTAŞI'NIN KULLANIM ALANLARI

Tohma kireçtaşı blok alımına elverişli düzeyler içermektedir. Sertliği Mohs'a göre 4-5 arasında olduğundan orta

sertlikteki mermer sınıfına dahil edilebilir. Bal peteği, pembe, açık gri renkleri ve iyi cila alma özellikleri dikkate alındığında duvar kaplamacılığı için uygundur. Fissürlü, kısmen onarılabilir kireçtaşları grubuna giren kireçtaşı Vardar (1990) sınıflamasına göre; parke taşı, doğal plaka, duvar kaplaması, merdiven ve taban döşemeciliğinde kullanılabilir.

6. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

- Tohma kireçtaşında çatlakların düşey ve aralıklarının 2 m den büyük olması blok alımı ve işletmecilik açısından pozitif, çatlakların içlerinin kısmen boş olması ise levha alımı sırasında negatif özellik olarak değerlendirilebilir.
- Kireçtaşı işletmeye uygun beş düzey içerir.
- Yapılan XRD analizlerinde kireçtaşının %93 oranında kalsit (CaCO_3) minerali içerdiği saptanmıştır.
- MgCO_3 içeriği %3,97 dir.
- Kireçtaşının index özelliklerinden birim hacim ağırlığı TS 1910 (TSE,1977) ve TS 11137 (TSE,1993), özgül ağırlığı TS 2513 (TSE,1977), su emme oranı TS 2513 (TSE, 1977), ASTM C97, doluluk oranı TS 10449 (TSE,1992) ve porozitesi TS 1910 (TSE,1977) standartlarında belirtilen değerlere uygundur.
- Mohs sertlik değerine göre orta sert kayaçlar sınıfına girer.
- Kireçtaşı'nın cila alma kapasitesi iyidir.
- Mekanik özelliklerinden tek eksenli basınç dayanımı TS 2513 (TSE, 1977), ASTM C170, don kaybı TS 2513 (TSE,1977) ve TS 1910 (TSE,1977)

standartlarında belirtilen değerlere uygundur.

7. TEŞEKKÜR

2000/40 nolu projeyi destekleyen İnönü Üniversitesi Araştırma Fonu'na teşekkürü bir borç biliriz.

8. KAYNAKLAR

- Akkuş, F.,1971, Darende, Balaban Havzasının (*Malatya ESE Anadolu jeolojik ve stratigrafik incelemesi: MTA dergisi, No76*, Ankara.
- Alkan, H., 1997, *Malatya Baseninin Jeolojisi ve petrol olanakları: TPAO Rapor No: 3766, 52 s.*, Ankara.
- ASTM., 1986, *Marble and stone slab veneer: ISBN 0-940 116-15-4, C 503-2-9, P.103, MIA, Los Angles, California.*
- Demir, O., 1997, *Malatya-İsmetpaşa-Akçadağ-Kürecik-Hekimhan-Arguvan-Karakaya baraj gölü arasındaki alanın jeolojisi ve hidrokarbon olanakları (Akçadağ Faylı-Malatya-Karakaya Baraj Gölü Arası): TPAO Rap. No: 3781, 30 s.*, Ankara.
- Eren, D., 2002, *Malatya güneyindeki Permo-Karbonifer, Üst Kretase ve Eosen yaşlı kireçtaşlarının mermer olarak kullanılabılırliğinin araştırılması: İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 97 s.
- Gözübol, A.M. ve Önal, M., 1986, Çat barajı isale tünelinin mühendislik jeolojisi ve kaya mekaniği incelemesi ve Malatya-Çelikhan alanının jeolojisi: *TÜBİTAK, TBAG-647,131s.*
- Gözübol, A.M., ve Önal, M., 1992, *Malatya metamorfitleri üstündeki örtü birimlerinin stratigrafisi, yaşı, sedimenter*

*ÜST KRETASE YAŞLI TOHMA KİREÇTAŞI'NIN (MALATYA GÜNEYİ) YAPI VE KAPLAMA
TAŞI ÖLARAK KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI*

*fasiyesleri, depolanma ortamları ve
tektonik evrimi: TPJD Bülteni, c 4, no:1,
s. 119-127.*

*ISRM.,1981, Suggested Method:Rock
karacterization, testing and monitoring,
E.T. Brown(ed.),, Pergamon press,
London, 211 p.*

*TSE.,1977, Doğal yapı taşları: TS2513
UDK 691-2:620.1, TSE., Ankara*

*TSE.,1977, Kaplama olarak kullanılan
doğal taşlar: TS1910 UDK 691.215, TSE,
Ankara*

*TSE.,1987, Tabii yapı taşları muayene
ve deney metodları: TS699 UDK 691.2,
TSE, Ankara*

*TSE.,1989, Mohs sertlik cetveline göre
sertlik tayini: TS6809 UDK35:691.4, TSE.
Ankara.*

*TSE., 1992, Mermer-Kalsiyum
Karbonat esaslı-yapı ve kaplama taşı
olarak kullanılan: TS 10449 UDK
691.214.8, TSE, Ankara*

*TSE, 1993, Kireçtaşı (Kalker) –Yapı ve
Kaplama Taşı Olarak Kullanılan: TS
11137 UDK 552.54:691.215,TSE.,
Ankara.*

*Vardar, M., 1990, Nerede, niçin, nasıl,
hangi mermer: Mermer Yapı ve
Dekorasyon Dergisi, Sayı:13, İstanbul.*

GEOSOUND / YERBİLİMLERİ YAZIM KURALLARI

Yerbilimleri / Geosound, yerbilimleri dalında teorik veya araştırma sonuçlarını içeren ve özgün sonuçları olan Türkçe, İngilizce, Fransızca ve Almanca makaleleri kabul eder. Dergide ayrıca tanınmış bilim adamlarının güncel yenilikleri içeren tercüme yazılarına da yer verilebilir.

Makalelerin Türkçe olanlarına İngilizce, yabancı dillerde olanlarına da Türkçe özetler konulmalıdır. Makaleler şekil, çizelge veya tablo, fotoğraflı levhalar dahil 8 sayfayı geçemez. Ancak yazarları tarafından ısrar edilen ve kısaltılamayacak makaleler her yıl sayfa başına tesbit edilen katkı payı miktarı kadar ödeme yapılarak yayınlanabilir. Yazılar A4 ebadındaki kağıtların bir yüzüne çevresine 2.5 cm boşluk bırakılarak yazılmalı, harita, kesit ve levhalar da aynı boyutta hazırlanmalıdır. Yazılar Macintosh bilgisayarda herhangi bir program dilinde hazırlanarak makale ekinde yazı disketi ile verilmelidir. Macintosh imkanı olmayan yazarlar ücret ödeyerek yazılarını yayın sekreterliğine yazardırabilirler.

Makaleler Türkçe başlık; Yazar adı soyadı ve kısa adresi; Özeti; İngilizce başlık; Abstract; Giriş; Bölümler ve alt bölümler; Sonuçlar veya Tartışmalar ve sonuçlar; Teşekkür; Kaynaklar şeklinde olmalı, ayrıca Bölümler ve Alt Bölümler 1., 1.1., 2., 2.1., vs. şeklinde numaralanmalıdır.

Kaynaklara metin içerisinde yazar soyadı ve tarih sırasıyla atıfta bulunulmalı, bunlarla ilgili bilgiler ise Kaynaklar başlığında "Soyadı, Adının ilk harfi veya harfleri, Tarih, Makalenin başlığı, Derginin kısaltılmış adı, Cilt No, Başlangıç ve Bitiş sayfası" şeklinde verilmelidir.

Dergide yayınlanmayan yazılar geri gönderilir. Yayınlananlardan yazarlarına 20'şer adet ayrı baskı verilir. Çok yazarlı makalelerde bu sayı yazarlar arasında bölüstürülür. Yayınlanan yazılar için telif hakkı ödenmez.

Şekiller, haritalar, grafikler aydinger üzerine çini mürekkep kullanılarak, koyu bir şekilde çizilmeli, fotoğraflar ve levhalar 13x19 cm boyutundaki çerçeve dışına çıkarılmadan hazırlanmalıdır. Yerbilimleri / Geosound offset metoduyla basıldığı için yazıların mizanpajı yazarlar tarafından yapılmalı, şekilleri, tablolar, fotoğraflar metin içine yerleştirilmeli ve alt yazılar tek dilde yazılmalıdır.

Makaleler, biri orjinal olmak üzere 3 nüsha halinde aşağıdaki adrese disketiyle birlikte gönderilmelidir.

Yerbilimleri / Geosound Editörlüğü
Çukurova Maden ve Jeoloji Mühendisleri Derneği
01330 - Balcalı / ADANA / TÜRKİYE
Tel (Fax) : (322) 338 67 11
e-mail: yerbilimleri2004@hotmail.com

INSTRUCTION TO CONTRIBUTORS

Yerbilimleri / Geosound accepts theoretical work or results of a research together with original articles written in Turkish, English, French and German. Translated papers of any article written on the latest developments of a specific subject by known authors can also be accepted.

Turkish articles English, English, French and German articles should have a Turkish summary. Papers to be submitted should not exceed 8 pages including figures, tables, plates and photographs. The ones which are insisted by their authors not to be shortened can be published by charging for each additional page on the amount defined by editorial committee. Papers should be written on one side of A4 sheets leaving a blank space of 2.5 cm at each side of the sheet and maps, plates, cross sections must be prepared in the same form. Any wordprocessor compatible with Macintosh computer system should be used to type the papers and diskets including articles should be attached to the papers. It is possible for the editorial committee to get the articles written with an available Macintosh system but this has to be charged.

The papers should be organised as follows: Title in Turkish; Author's name and address; Summary; Title in English; Abstract; Introduction; Sections and Sub-sections; Conclusions or Discussions and Conclusions; Acknowledgement; References; Appendices. Sections and Sub-sections should be enumerated in the form of 1., 1.1., 2., 2.1., etc.

References in the main text should be cited on the basis of Author's name and date. The information related to these should be given in the References section as: "Surname, Initial(s), Date, Title of Article, Abbreviated Name of the Journal, Volume No, First page-Last page".

Articles which are not published in the Journal are returned. 20 copies of the published papers are sent to the authors. In the joint papers this number is divided between the authors. Copy right is not paid for the published papers.

Figures, maps, graphics should be drawn by black Indian ink on transparent drawing paper, photographs and plates should be prepared such that they can be placed in the frame of 13x19 cm. Yerbilimleri / Geosound is printed with offset printing method that's why coordination of the articles should be done by their authors; figures, tables and photographs should be organised in the text and all explanations about these should be written in one language.

Papers should be sent in three copies, one being the original, to the following address together with the disket containing the article.

Yerbilimleri / Geosound Editörlüğü
Çukurova Maden ve Jeoloji Mühendisleri Derneği
01330 - Balcalı / ADANA / TÜRKİYE
Tel (Fax) : (322) 338 67 11
e-mail: yerbilimleri2004@hotmail.com