

## DURAYLI İZOTOPLARA ( $\delta^{18}\text{O}$ , $\delta^{13}\text{C}$ ) DAYALI ORTAMSALYORUMLARDA KAVKILARIN KULLANILMASINA SİNOP MİYOSEN İSTİFİNDEN BİR ÖRNEK

Baki VAROL'

ÖZ.- Sinop Bölgesi Miosen istifi içerisinde Çokrak ve Sarmasiyen yaşlı birimlerin çeşitli seviyelerini temsil eden Mollusk kavkılarıdaki izotopik değerler, sırasıyla  $\delta^{13}\text{C}=-0.32$  arası  $0.78\text{‰}$  ve  $\delta^{18}\text{O}=-2.18$  arası  $-2.38\text{‰}$ ;  $\delta^{13}\text{C}=-2.61$  arası  $0.79\text{‰}$  ve  $\delta^{18}\text{O}=-6.46$  arası  $-0.10\text{‰}$  olarak ölçülmüştür. Bunlar, günümüz Karadeniz Mollusk faunasından ( $\delta^{13}\text{C} = -0.99$  arası  $0.39\text{‰}$  ve  $\delta^{18}\text{O}=-2.32$  arası  $-0.41\text{‰}$ ) ve Karadeniz yüzey sularından ( $\delta^{13}\text{C} = 0$  arası  $1\text{‰}$   $\delta^{18}\text{O} = -2.84\text{‰}$  ort.) elde edilen değerlerle birlikte karşılaştırıldığında, Çokrak denizinin izotopik karakterler açısından, bugünkü Karadeniz'e benzediği ; Sarmasiyen denizinin ise normal denizden acısuya kadar uzanan bir aralıkta değişkenliğe sahip olduğu açığa çıkmaktadır.

### GİRİŞ

Eski denizlerdeki tuzluluk ve sıcaklık değişimlerinin ortaya çıkartılmasında o ortamlarda yaşamış olan canlıların kavkı bileşimini oluşturan aragonit veya kalsit minerallerinin duraylı izotop ( $\delta^{18}\text{O}$  ve  $\delta^{13}\text{C}$ ) değerlerinden yararlanılması oldukça eskiye dayanmaktadır (Epstein ve Lowenstom, 1953). (Bu uygulamada temel prensip, organizma içinde yaşadığı suyun izotop değerlerini bu ortamda oluşturduğu kabuğunun bileşimine yansıtmış olmasıdır.) Fakat, bu basit bir gelişim olmayıp, bir dizi karmaşık olaylardan etkilenebilmektedir. Bu nedenle bu çalışmalarda elde edilen bilgilerin kullanılması ve yorumlanmasında aşağıdaki hususların da göz önüne alınması gereklidir. Bir kavkının mineralojik bileşimini teşkil eden aragonit ve kalsitin kökeninin organik veya inorganik oluşu, izotopik bileşimde de farklılaşmaya yol açabilmektedir. Örneğin, inorganik olarak  $25\text{°C}$ 'de kristallenmiş olan aragonitin inorganik kalsite göre oksijen izotopları açısından yaklaşık  $0.6\text{‰}$  oranında bir artış gösterdiği tespit edilmiştir. Buna

karşın biyojenik olarak kristallenmiş olan aragonit kavkıdaki duraylı izotoplar, biyojenik kalsite göre daha pozitif veya negatif değerler kazanabilmektedir (Arthur ve diğerleri, 1983)

Grosman ve Ku (1986) benzer şekilde foraminifera ve mollusk kavkılarında aragonitin kalsite göre  $\delta^{18}\text{O}$  izotopuna göre kaydedilen artış oranının suyun sıcaklığına bağlı olmadığını ortaya koymuştur. Bununla birlikte, bu araştırmacılar biyojenik aragonit ile çözümlü inorganik karbon arasındaki  $\delta^{13}\text{C}$  farklılığının sıcaklığın azalması ile arttığını tespit etmişler ve eski denizlerin sıcaklık ölçümlerinde bu ilişkinin kullanılmasını önermişlerdir.

İklimsel ve hidrolojik döngüler ile oluşan etkileşimler ile kontrol edilen izotopik değişimler, araştırmacıların üzerinde en fazla durdukları konulardan birisidir. Okyanus sularındaki izotopik salınımlar, önemli ölçüde buzullaşma, yağış ve sellenme gibi doğa olayları ile kontrol edilmektedir. Örneğin, Tersiyer'de gelişen kıtasal buzullaşmanın izleri, Tersiyer yaşlı derin deniz sediman-

larında  $d^{18}O$  izotopunda açığa çıkan önemli ölçüdeki değişimlerle desteklenmiştir (Shackleton ve Kennett, 1975). Çok büyük sellenme evreleri düşük tuzluluğa neden olarak yüzey sularını besince zenginleştirir. Bu şekilde artan organik üretim Akdeniz baseninde görüldüğü gibi sapropel oluşumlarına neden olur (Calvert, 1983; Abrojen ve diğerleri, 2002). Bu oluşumun izleri, organikçe zengin taban sedimanları hafif izotoplarca ( $^{12}C$ ) zenginleşmesine karşın, yüzey suları ve karbonatların ağır izotop  $^{13}C$  açısından zenginleşmesi şeklinde açığa çıkar. Bu süreçte yüzey suları daha düşük  $d^{18}O$  değerine karşın daha yüksek  $d^{13}C$  değeri kazandığı görülür (Abrojen ve diğerleri, 2002)

Küresel veya mevsimsel ısınma periyotlarında yani buharlaşmanın arttığı kuraklaşma evrelerinde ise,  $^{16}O$  hafif oksijen izotopunun tercihli olarak ortamı terk etmesi,  $^{18}O$  ağır izotopunu zenginleşmesine yol açmaktadır (Craig ve diğerleri, 1963). Bu nedenle evaporitik sahil fasiyesleri, ılıman kuşaklara göre göreceli olarak daha yüksek  $d^{18}O$  değerine sahip sedimanlarla karakterize edilmektedir (Arthur ve diğerleri, 1983).

Diyajenez; izotoplara dayalı ortamsal çalışmalarda sonuçlan en fazla etkileyen faktörlerden bir tanesidir. Özellikle kavkılının izotop çalışmalarında, diyajenezin her aşamasında gözenek suyunun kimyasına bağlı olarak oluşabilen ikincil kalsit, birincil kalsitin (kavkının) izotopik karakterini değiştirerek yanıltıcı yorumlara neden olabilmekte veya elde edilen değerleri kullanılmasını engellemektedir (Geary ve diğerleri, 1989). Bu nedenle duraylı izotop çalışmalarında, gözenek suyu ile sediman arasında bir denge oluştuğu ve kapalı bir diyajenez ortamı özelliği sergileyen derin deniz sediman-

larındaki plankton organizma kavkıları daha çok tercih edilmektedir (Rosales ve diğerleri, 2001). Bununla birlikte bu yazarlar, bu tür ortamlarda organik maddenin bakteri etkisi ile parçalanmasının veya diyajenez ortamına girebilecek volkanik tanelerin kil minerallerine dönüşümü gibi faktörlerin dikkatle izlenmesi gerekliliğini ortaya koymakta ve duraylı izotoplarda beklenmeyen anormal eksilmeleri bu faktörlere bağlamaktadırlar.

Yukarıda kısaca özetlenmeye çalışılan olaylar, bir karbonat topluluğun veya kavkının yaşadığı ortamdan kazandığı izotopik karakterini etkileyen en önemli etmenler arasında yer almaktadır. Bununla birlikte yaşamsal faaliyet türü (vital effect), yaşam evresi (ontogenetic factor) gibi birçok faktör de kavkılının izotopik karakteri üzerinde etkili olabilmektedir. Örneğin, metabolik faaliyetin ve büyümenin hızlı olduğu gençlik evrelerinde kabuk yapısında  $d^{13}C$  ağır izotopunda belirgin bir artış kaydedilmektedir (Romanek ve Grossman, 1989). Benzer şekilde kavkı yapısına girebilecek metabolik karbonat, kavkının  $d^{12}C$  hafif izotopça zenginleşmesine ve göreceli olarak da  $d^{13}C$  ağır izotop değerinin düşmesine neden olmaktadır. Bu açıdan bakıldığında etkili bir solunum sistemine sahip olan organizmalar (arthropods, mollocs, annelids) iskeletlerinde metabolik  $CO_2$  içermemeleri nedeniyle, izotopik açıdan yukarıdaki değişimin etkilerini yansıtmazlar (Weber, 1968).

Bu çalışmada, Çokrak ve Sarmasiyen yaşlı birimleri temsil eden kavkılardan elde edilen izotop değerleri, güncel Karadeniz faunası ve bunun içinde yaşadığı deniz suyunun izotop değerleriyle karşılaştırılmıştır. Böylece, bu zaman süreçlerindeki (Çokrak ve Sarmasiyen) denizlerin izotoplar açısından bugünkü Karadeniz ile benzerlikleri

veya farklılıkları ortaya konularak, buradan elde edilen veriler ile ortamsal yorumlara gidilmiştir. . Bu tür çalışmaların ülkemizdeki uygulamaları oldukça az sayıdadır. Çanakkale Boğazı Romaniyen-Çavda çağına ait paleosıcaklık bulgular (Taner,1996) , Hekimhan civarı Kampaniyen-Mestrihtiyen yaşlı planktonik foraminiferli çökellerin izotopik karakteri (Yıldız ve Özdemir,1999) ve Batı Karadeniz İç platform pelajik çökellerinde izotoplara dayalı deniz seviyesi değişimlerinin belirlenmesi, bugüne kadar yapılmış ve yayınlanmış çalışmalardır. Bu araştırmaya konu olan Sinop Miyosen istifinin sedimantolojik ve paleontolojik olarak oldukça iyi incelenmiş olması bu tür çalışmaya önemli bir kolaylık sağlamıştır. Sinop Bölgesi Miyosen istifinin Doğu Tethis Kronostratigrafisine göre detaylanmış paleontolojik ve sedimantolojik tanımı çerçevesinde birbirinden oldukça farklı depolanma ortamlarına sahip Çokrak ve Sarmasiyen çökelleri bu çalışmaya en uygun birimlerdir. Çokrak faunasının büyük bir bölümünün bugünkü Karadenizin tuzluluk değerlerine oldukça yakın bir özellik sergilediği önceki çalışmalarda rapor edilmiştir (Özsayar, 1977). Buna karşın Sarmasiyen'in ise çok tuzludan acı suya kadar değişen tuzluluk değerlerine sahip geniş bir ortamsal yelpaze içerisinde depolandığı ve bunu yansıtan fauna toplulukları içerdiği belirlenmiştir (Görür ve diğerleri, 2000; Varol ve diğerleri, 2001).

## MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışma , organizma kavkılarında elde edilen izotop değerlerinin ortamsal yorumlarda kullanılabilirliğini test etmeye yönelik bir ön araştırma olarak hazırlanmıştır. İzotop analizlerinin getirdiği maddi yük nedeniyle, bu aşamada zorunlu olarak kısıtlı

sayıda örnek kullanılmıştır. Bu nedenle, elde edilen sonuçların daha kesin olarak ifade edilebilmesi ancak, ilerde örnek sayıları arttırarak yapılan çalışmalarla mümkün olacaktır. Örneklemeler, önceden sedimantolojik olarak tanımlanmış birimler içerisindeki kavkıca zengin seviyelerden, tek tip organizma grubu (Mollusk) alınmasına özen gösterilmiştir. Anakayaçtan çıkartılması ve temizlenmesi kolay bütünsel kavkılar tercih edilmiş, bunlar, vibrasyonlu kaplarda damıtık su ile temizlenmiş ve binoküler mikroskop altında bu temizlenme işlevinin (kil. okside maddeler, vb.) sonuçları kontrol edilmiştir. Yalnızca, Sarmasiyen'in üst kısmında kireçtaşları içerisindeki kavkılar kayacın ileri diyajenezi nedeniyle parçalar halinde çıkartılabilmiştir. Bunlar arasından analiz için diyajenetik değişim izlerini taşımayan ve taban kayacı kalıntılarından iyice arındırılmış örnek seçimine özen gösterilmiştir Fossil örneklerin izotop değerlerinin yorumlanmasında yardımcı olacak referans örnekler, güncel Karadeniz faunasından sağlanmış ve bu amaç doğrultusunda Dış Liman bölgesindeki kıyı plaj kumlarından birkaç farklı tür seçilmiştir. Tüm izotop analizleri, Tübingen Üniversitesi Jeokimya Bölümü laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Örneklerin tümünde SMOW ve PDB değerleri birlikte ölçülmüştür. Çalışmalarımızda, eski denizlerin sıcaklık ve tuzluluk değerlendirmelerinde daha hassas sonuçlar vermesi nedeniyle PDB değerleri kullanılmıştır.

## SEDİMANTOLOJİ

Sinop bölgesi Miyosen istifinin sedimantolojisi ve paleocoğrafyası Görür ve diğerlerinin (2000) çalışmasında çok detaylı olarak verilmiştir. Alttan üste doğru Tarkan, Çokrak Karagan ve Sarmasiyen yaşlı Paratetis katlarıyla temsil edilen bu istif içe-

risinde yer yer düşük açılı yerel uyumsuzluklar gözlenir. Bu makalede yalnızca bu çalışmaya konu olan Çokrak ve Sarmasiyen çökellerinin örnekleme bölgelerindeki sedimantolojik özellikleri tanıtılmıştır. Sinop Yarımadasının Miyosen kaya birimlerinin genelleştirilmiş jeoloji haritası ve dikme kesiti Yukarıda belirtilen çalışmacılardan yararlanarak hazırlanmış olan, Sinop Yarımadası Miyosen birimlerinin genelleştirilmiş jeoloji haritası ve dikme kesiti şekil 1, 2'de verilmiştir.

### Çokrak

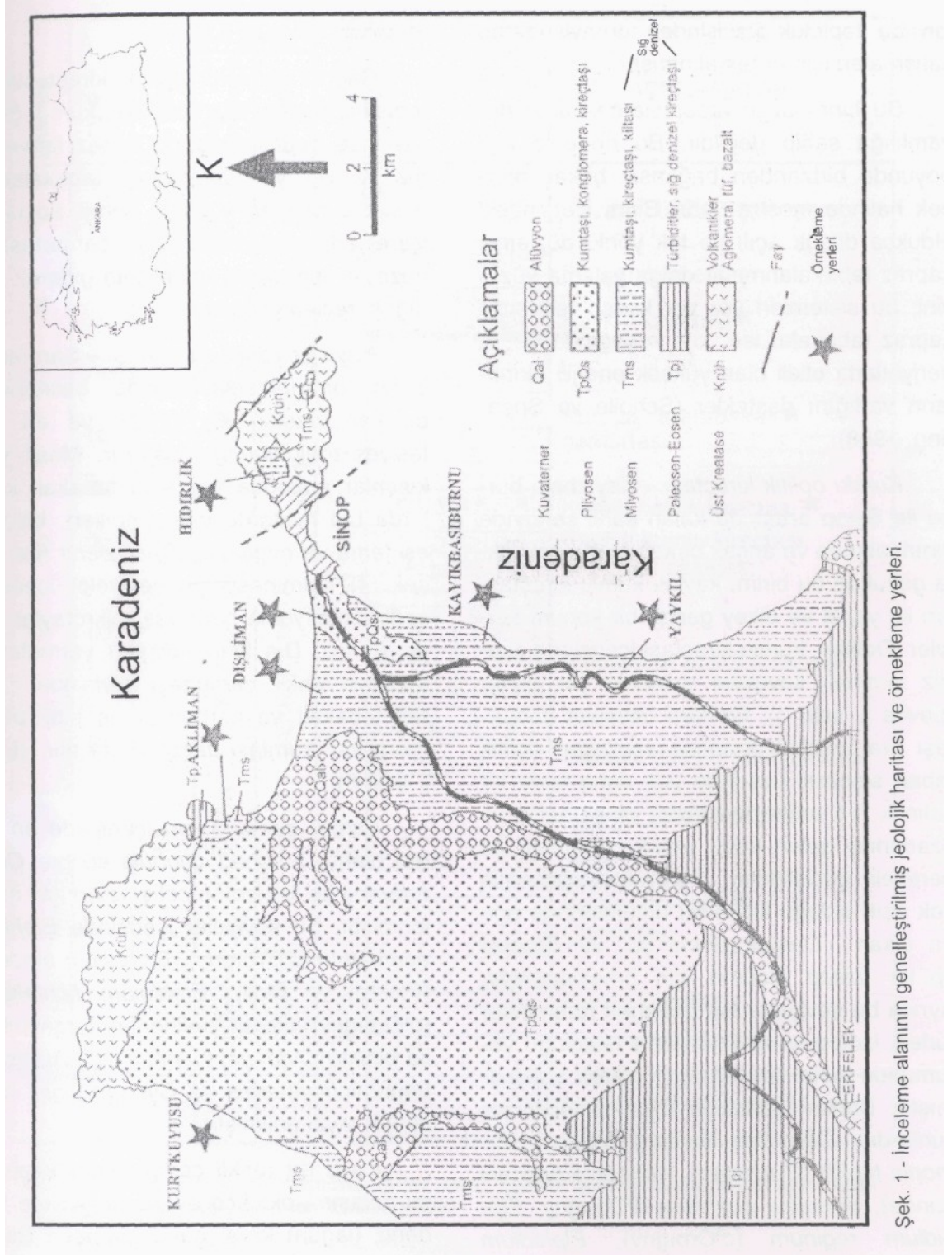
Bu zaman aralığını temsil eden birimlerin en iyi izlendiği alan Sinop Yarımadasının batısında Kurtkuyusu civarındadır. Kalınlığı 20-50 metre arasında değişen bu istif, tabanda koyu renkli ve karbonlaşmış bitki parçaları içeren organik madde ve piritçe zengin çamurtaşı, orta ve üst kısımlarında ise sarı renkli gevşek dokulu dalga ripilli ve yer yer de dev çapraz tabakalı masif kumtaşı, silttaşı ve kumlu kireçtaşları ile karakterize edilir (Levha I, şek. 1). Tabanda, kısmen kapalı anoksik koşulların egemen olduğu organik maddece zengin depolanma özelliği, orta-üst kısımlarda yüksek oranda kum depolayan yüksek enerjili sahil koşullarına dönüşmüştür. Çokrak istifinin bir bölümünü temsil eden büyük ölçekli çapraz tabakalı kalın kumtaşları, yüksek enerjili bir kum yığılmasını gösterir. İstif içerisinde yer yer korunmuş dev ripillar da bu ortamsal gelişimin bir yansımasıdır. İzotop çalışmaları için kavkı örnekleri, Çokrak istifinin önemli bir bölümünü temsil eden kalın kumtaşı seviyelerinde yaygın olarak bulunan "*Carbula sp.*" ile bu birim içerisinde ara seviyeler oluşturan siltli-kumlu çamurtaşlarında yoğunlaşan "*Acteocina sp.*"lerden alınmıştır.

### Sarmasiyen

Sinop Yarımadasının güneybatısında Yaykıl ve Kayıkbaşburnu civarında denize bakan yamaçlarda ve falezlerde mostra veren bu topluluğun ölçülebilir kalınlığı 40-600 metre arasında değişmektedir. Bununla birlikte bölgede Sarmasiyen için 1300 metreden fazla kalınlık verilmiş olup, Kayıkbaş Burnu ve Yaykıl Formasyonları olmak üzere ikiye ayrılarak incelenmiştir (Görür ve diğ.leri, 2000). Bu çalışma da ise hedeflenen amaç doğrultusunda Sarmasiyen istif fasyes tiplerine göre tanımlanmış ve örneklemeler de bu çerçevede yapılmıştır. Aşağıda, bu fasyeslerin özellikleri ve örnekleme seviyeleri sırasıyla verilmiştir.

*Merceksi çakıltaşı.* - Sinop Yarımadasında Sarmasiyen oluşuklarının taban seviyesinde yerel olarak açığa çıkan çakıltaşları yer yer blok boyutunda malzemeli, kötü boylanmalı ve tane destekli özelliğe sahiptir. Bileşiminde kireçtaşı çakılları ile birlikte tabandaki çamur taşlarından kopartılmış iri parçalar bulundurur. İç yapısı ile kütle akmasını Karakterize eden bu konglomeraların merceksi yayılımı havza kenarı depolanma sistemini desteklemektedir.

*Kavkılı kumlu kireçtaşı.* - Yaykıl ve Kayıkbaş burnu arasında deniz seviyesine yakın kotta mostra veren bu birim, düzlemsi ve tekneksi çapraz tabakalı ve kavkı yığılımlı bir özellik gösterir (Levha I şek. 2). Kavkılar, yer yer kumtaşı, kumlu çakıltaşı seviyeleri içerisinde bütünsel ve kırılmış taneler şeklinde karışmış ve yoğun bir karbonat çimentoyla bağlanmış şekildedir. *Cardium sp.* ve *Dreissena sp.*'lerce karakterize edi-



Şek. 1 - İnceleme alanının genelleştirilmiş jeolojik haritası ve örnekleme yerleri.

len bu topluluk içerisinde duraylı izotop çalışmaları için örnek alınmıştır.

Bu birim uzun mesafelerde yanal devamlılığa sahip değildir. Bu nedenle kıyı boyunda birbirinden bağımsız birkaç mercer halinde mostra verir. Birim içerisindeki oldukça düşük açılı ve tek yönlü düzlemsi çapraz tabakalanmalar dalga yalama yüzeyini; bu sistemleri yer yer kesen teknesi çapraz tabakalar ise, kıyı kuşağında geçici periyotlarla etkili olan yüksek enerjili akıntıların varlığını destekler (Scholle ve Spearing, 1988).

*Kumlu oolitik kireçtaşı.*- Kayıkbaşı burunu ile Sinop arasında kalan sahil şeridinde sınırlı alanda ve ancak birkaç metre kalınlıkta gözükken bu birim, kavkılı kumlu kireçtaşları ile yanal ve dikey geçişli bir konum sergiler. Oolitler, kumlu kireçtaşı içerisinde çapraz laminalı seviyeler şeklinde yer alırlar (Levha I, şek. 3). Oolitleri üstleyen çamurtaşı ara tabakalı kumtaşı seviyeleri oolitik taban seviyesi üzerinde çok daha fazla bir kalınlık (15 metreden fazla) oluştururlar ve üzerlerine gelen koyu renkli çamurtaşı ile dereceli geçişlidirler. Fasiyes geçişlerinin çok açık olduğu istifin bu bölümlerinde açığa çıkan *Cerastoderma* sp. ve *Gibbula* sp.'ler izotop ölçümü için örneklenmiştir. Ayrıca bu seviyelerden derlenen foraminifer türleri, izotop verileri ile deniz tuzluluğu yorumunda ikinci bir referans olarak kullanılmıştır. Bunlar içerisinde tayin edilebilenler şunlardır: *Dentritina haueri* d'Orbigny, *Ammonia tepida* (Cushman), *Ammonia beccarii* (Linne), *Spirolina austriaca* d'Orbigny; *Elphidium reginum* (d'Orbigny), *Elphidium hauerinum* (d'Orbigny), *Elphidium rugosum* (d'Orbigny); *Elphidium macellum* (Fichtel et Moll), *Sinuloculina mayeriana* (d'Orbigny), *Sinuloculina cyclostoma* (Reuss). *Quinque-*

*loculina seminula* (Linne).

Çapraz laminalı oolitik kireçtaşları ile temsil edilen bu kıyı çökelleri, kum sığılıkları üzerinde depolanmıştır. Çapraz laminalanma ve yer yer de çapraz tabakalanmalı oolitik seviyeler yüksek enerji koşullarını işaret eder. İnce kumlu-siltli çamurtaşı ara düzeyler ise ortam enerjisinin giderek azaldığı süreçleri yansıtır.

*Koyu gri renkli çamurtaşı.*- Sarmasiyen istifinin orta-üst seviyelerinde belirginleşen bu çamurtaşları en yaygın ve en kalın fasiyes topluluğunu oluşturur. Masif yapıları kısımlar arasında yer alan tabakalı kısımlarda bol miktarda dalga ripilları, biyojenik eşeleme ve uygulu yapıları izlenir (Levha I, şek. 4). Laminasyonlu seviyeler içerisinde sedimantasyonla hem yaş mikrofaylar tipiktir. Ayrıca, Dış liman plajları yarmalarında bu koyu renkli çamurtaşı içerisinde çapraz tabakalı ve karbonlaşmış bitki parçalı merceksi kumtaşı depoları yer alır (Levha I, şek. 5).

Esmer çamurtaşları içerisinde en yaygın olarak bulunan *Gibbula* sp. ve *Cerastoderma* sp.'ler izotop çalışmaları için örneklenmiştir. Bu seviyeler içerisinde *Elphidium aculeatum* (d'Orbigny), *Elphidium macellum* (Fichtel ve Moll), *Elphidium fichtelianum* (d'Orbigny) olarak belirlenen foraminiferler ile birlikte *Cyamocytheridea* sp., *Auralia* sp. Leguminocythereis ve Cytherett gibi ostrakodlar tayin edilmiştir.

Koyu gri renkli çamurtaşları kapalı ve su dolaşımı oldukça sınırlı ve gittikçe bir iç deniz (lagün) karakterine dönüşen Sarmasiyen havzasında çökeltmiştir. Karbonlaşmış bitki parçaları bataklık koşullarını yansıtır. Genellikle sığ ve sakin ortamsal koşulların ürünü olan çamurtaşları içerisinde yer alan

ZAMAN	DEVİR	AS DEVİR	KAT		KALINLIK (m)	SİMGE	AÇIKLAMALAR	
			Doğu Karadeniz	Akdeniz				
SENOZOYİK	TERSİYER	PLİYOSEN					Kuvars kumtaşı-çakıltaşı	
							Biyojenik kireçtaşı	
		MİYOSEN	SARMASİYEN	TORTONİYEN		40-		Kavkılı kireçtaşı★
							Kömür	
					Kumtaşı aratabakalı★ çamurtaşı			
					Kumlu oolitik kireçtaşı★			
			SERRAVALİYEN	20-40		Kavkılı kumlu kireçtaşı		
						Merceksi çakıltaşı		
				20-50		Biyoklastik oolitik kireçtaşı		
						Gevşek dokulu siltli kumtaşı		
TARKAN	ÇOKRAK	LANGİYEN	10-15		Çapraz tabakalı kumtaşı			
					Kumtaşı			
						Kumlu kireçtaşı★		
						Çamurtaşı		
						Kumlu kireçtaşı		
						Biyoklastik kireçtaşı		
						Neojen öncesi temel birimleri		

Şek. 2 - Miyosen istifinin genelleştirilmiş dikme kesiti ; işaretler örnekleme seviyelerini göstermektedir ( Özsayar, 1977'den düzenlenmiştir)

çapraz tabakalı kumtaşları, bu ortamlardaki enerji yükselmelerini ifade eden mevsimsel periyotlara bağlı fırtına veya gelgit akıntıları ile oluşturulmuş olabilir (Clifton, 1988).

*Çamurtaşı ardalı kömürlü kireçtaşı.* - Bu fasiyes topluluğu Sarmasiyenin en üst düzeylerini temsil eder. İnce kömür bantları çamurtaşı ara katkılı kireçtaşları

ile ardaşanmalar oluşturur (Levha I, şek. 6). Bu istifi çok sert dokulu ve olduğa kırılmış (? *Mactra* sp.) kavkılar içeren kireçtaşları ile son bulur. Kayatan soklebilen bu kavkı parçaları izotop lumnde kullanılmıştır.

Fasiyesin st bölümünü oluşturan kireçtaşlarında ise yalnızca birkaç ostrakoda kırığı dışında bir paleontolojik bir katılım içermez. Bu düzeylerin kömürlü seviyeleri ile üstlenmesi, Sarmasiyen denizel alanlarında tatlı su etkinliğinin arttığını ve kıyı bataklık alanlarına dönüşmeye başladığını gösterir

#### DURAYLI İZOTOPLAR

İnceleme örneklerinde kullanılan kavkılara ait elde edilen değerler izelge l'de verilmiştir. Bunlar, aşağıdaki şekilde üç grup içerisinde toplanmıştır:

Güncel kavkılar:  $d^{13}C = -0.99$  ile  $0.48$  ‰ arası;  $d^{18}O = -2.32$  ile  $-0.41$  ‰ arası ;

Sarmasiyen kavkıları:  $d^{13}C = -2.61$  ile  $0.79$  ‰ arası;  $d^{18}O = -6.46$  ile  $-0.10$  ‰, arası;

okrak kavkıları:  $d^{13}C = -0.32$  ile  $-0.84$  ‰ arası;  $d^{18}O = -2.18$  ile  $-2.38$  ‰ arası

Bunlara ilveten günümüz Karadeniz yüzey suları için değerler ise ( $\delta^{13}C = 0$  arası  $1$  ‰;  $\delta^{18}O = -2.84$  ‰) olarak ölçülmüştür ( Deuser,1972 ; Rank ve diğerleri,1999 ).

Yukarıdaki izotoplar bir diyagram üzerinde karşılaştırıldığında, Sarmasiyen için elde edilen değerlerin, Güncel Karadeniz havzası ve Çokrak kavkılarını temsil edenlere göre çok daha geniş bir alan içerisinde yayılmış oldukları görülür (izelge 1; şek., 3). Buna karşın günümüz Karadeniz havzasını temsil eden kavkıların izotop değerleri ile Çokrak denizine ait olanlar birbirlerine

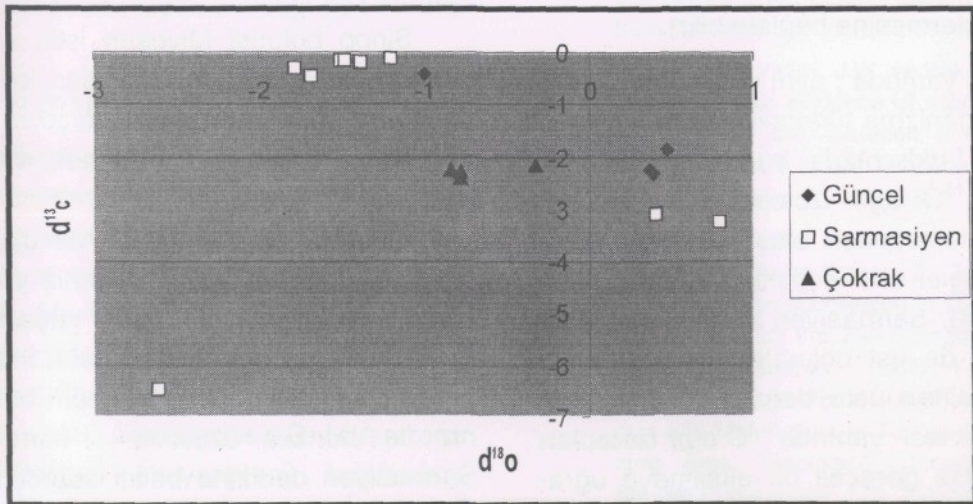
olduğa yakın bir alan yayılımı gösterirler. Bu nedenle Çokrak denizini temsil eden örneklerin izotoplarında bir kümelenme Sarmasiyen'inkiler ise bir saçılma oluşturacak şekilde yayılmıştır. Bu dağılımda Sarmasiyen'e ait örneklerden ancak bir tanesi, bugünkü Karadeniz'i temsil eden izotopik içerisinde yer alır, diğerleri ise olduğa geniş bir aralıkta yayılmışlardır.

Bu izotopik salınımları gösteren seviyelerin sedimantolojik özelliklerine bakıldığında, Sarmasiyen taban çakıltaşları üzerine gelen bol kavkı yığışımlı çapraz tabakalı kumlu-çakıllı kireçtaşları içerisinde yer alan kavkıların izotop değerleri ( $\delta^{18}O = -3.24$  ile  $-3.07$  ‰) kendilerini üstleyen oolitik kireçtaşı ve çamurtaşlarına göre  $^{18}O$  ağır oksijen izotopu açısından belirgin bir eksilmeyi işaretler. Denizel ortamlarda açığa çıkan bu tür ağır oksijen izotopunun ( $^{18}O$ ) azalması, deniz suyuna tatlı suları veya yüzey sularının karışmasının bir sonucudur. Daha önceden de ifade edildiği gibi karadan kaynaklanan hafif oksijen izotopunca ( $^{16}O$ ) zengin tatlı sular, deniz suyundaki ağır oksijen izotopunun ( $^{18}O$ ) eksilmesine neden olmaktadır (Matyas ve diğerleri,1996). Sarmasiyen istifinin alt bölümlerinin sedimantolojik çalışmalarda tatlı suların boşaldığı körfez tipi sahil okelleri olarak tanımlanmış olması (Varol ve diğerleri, 2001), bu birimlerdeki kavkılarda izlenen bu izotopik değişimi açık olarak destekleyen bir veridir. Sarmasiyen'in orta-st kısımlarına karşılık gelen ikinci istif paketi kumtaşı, oolitik kumtaşı ve çamurtaşı ağırlıklı olup, sedimantolojik olarak sahil ve sahil gerisi okelleri olarak tanımlanmışlardır (Görür ve diğerleri, 2000 ; Varol, 2001) . Bu seviyeler içerisinden derlenen mollusk kavkılarının duraylı izotopla-



Çizelge 1 - Güncel Karadeniz , Sarmasiyen ve Çokrak faunalarında ölçülen  $\delta^{18}\text{O}$  ve  $\delta^{13}\text{C}$  değerleri tablosu.

Örnek no	Türü	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{18}\text{O}$	Yaşı
1	<i>Mytilus</i> sp.	-0,99	-0,41	Karadeniz (Güncel)
2	<i>Cerastoderma</i> sp.	0,48	-1,87	Karadeniz (Güncel)
3	<i>Dona</i> sp.	0,37	-2,26	Karadeniz (Güncel)
4	<i>Chlayms</i> sp.	0,39	-2,32	Karadeniz (Güncel)
5	<i>Mactra</i> sp. (parçaları)	-2,61	-6,46	Sarmasiyen
6	<i>Gibbula</i> sp.	-1,5	-0,16	Sarmasiyen
7	<i>Cerastoderma</i> sp.	-1,38	-0,2	Sarmasiyen
8	<i>Cerastoderma</i> sp.	-1,2	-0,1	Sarmasiyen
9	<i>Gibbula</i> sp.	-1,48	-0,16	Sarmasiyen
10	<i>Gibbula maotica</i>	-1,78	-0,31	Sarmasiyen
11	<i>Cerastoderma</i> sp.	-1,69	-0,47	Sarmasiyen
12	<i>Dreissena</i> sp.	0,41	-3,07	Sarmasiyen
13	<i>Cardium</i> sp.	0,79	-3,24	Sarmasiyen
14	<i>Corbula</i> sp.	-0,78	-2,38	Çokrak
15	<i>Corbula</i> sp.	-0,78	-2,27	Çokrak
16	<i>Acteocina</i> sp.	-0,84	-2,26	Çokrak
17	<i>Acteocina</i> sp.	-0,32	-2,18	Çokrak



Şek. 3 - Güncel Karadeniz yüzey suları, Sarmasiyen ve Çokrak faunasının  $\delta^{18}\text{O}$  ve  $\delta^{13}\text{C}$  değerlerine göre ile karşılaştırılma diyagramı.

rında oksijen ağır izotopu ( $^{18}\text{O}$ ) değeri, bir önceki düzeylere göre bir artış gösterir. Bu da ortama tatlı su girişinin kesildiğini ve olasılıkla normal denizel koşullara dönülmüş olduğunun bir işaretçisidir. Bununla birlikte  $d^{18}\text{O} = -0.1$  ile  $-0.47\text{‰}$  arasında yoğunlaşan bu izotop değerleri, bugün Karadeniz'de yaşayan *Mytilus* sp, ( $d^{18}\text{O} = -0.41 \text{‰}$ ) haricinde kalan ( $d^{18}\text{O} = -0.41 \text{‰}$ ) diğer türlerden ( $d^{18}\text{O} = -232$  ile  $-187$  arası) ve günümüz Karadeniz deniz suyunda ölçülenden ( $^{18}\text{O} = -2.84\text{‰}$ ) biraz daha yüksek  $d^{18}\text{O}$  değeri içermektedir. Ayrıca, fosil kavkı örneklerinin bir kısmının alındığı oolitleli ara katkılı kumlu kireçtaşlarında yoğunlaşan *Dentritina* sp. ve *Spirolina* sp.lerin normal deniz tuzluluğunun biraz üzerinde bir yaşam ortamına sahip canlı topluluğu olduğu bilinmektedir (Poignant 2000: sözlü görüşme). Bu paleontolojik ve izotopik veriler birleştirildiğinde bu seviye erde göreceli olarak ağır oksijen izotopunun ( $^{18}\text{O}$ ) artışı Sarmasiyen denizinin bu süreçlerde günümüz Karadeniz sularına göre, sedimentolojik çalışmalarda da belirtildiği gibi biraz daha fazla tuzlu ve kısmen de kapalı bir deniz özelliği göstermesine bağlanabilir.

Bunun yanında, aynı ortamda yaşayan değişik organizma türlerinin  $\text{CaCO}_3$ 'ü deniz suyundan farklı hızda bağlama özellikleri nedeniyle  $^{18}\text{O}$  ağır izotopu açısından bu izotopik farklılanmayı oluşturabileceği hakkında görüşler de mevcuttur (Arthur, 1983, Varol, 2004). Sarmasiyen istifinin alt - orta ve kısmen de üst bölümlerini temsil eden kavkılarının alttan üste doğru  $^{18}\text{O}$  açısından artış göstermesi yanında  $^{13}\text{C}$  ağır izotopları açısından ise göreceli bir eksilmeye uğraması ortama giren organik karbonun göreceli artışına bağlanabilir (Parker ve diğerleri, 1972). Bu katılım, Sarmasiyen'in bu seviyeleri içerisinde yer yer önemli kalınlıklar

oluşturan organik madde içeren çamurtaşı depolanmalarıyla de desteklenir.

Sarmasiyen zaman sürecindeki en şiddetli izotopik değişim, istifin en üst düzeylerinde ortaya çıkmaktadır. Kömürlü çamurtaşlı ve kireçtaşı ardalı seviyelerden toplanan kavkı kırıklarında (? *Mactra* sp.) hem  $d^{18}\text{O}$  hem de  $d^{13}\text{C}$  açısından çok önemli azalmalar ( $-6.46$  ve  $-2.61 \text{‰}$ ) tespit edilmiştir. Karasal alandan denizlere taşınan tatlı suların hafif izotopları birlikte taşıyarak deniz sularındaki ağır izotop değerlerini düşürdüğü bir çok çalışmacı tarafından gözlenmiştir (Arthur ve diğerleri, 1983; Matyas ve diğerleri, 1996). Örneklerimizde açığa çıkan  $^{12}\text{C}$  hafif izotoplar açısından zenginleşme, bu zaman sürecinde havzanın giderek tatlı su karakteri kazandığını gösteren önemli bir bulgudur. Bu seviyelerdeki ince kömür damarları ile belirginleşen bataklık koşulları da, izotoplarla ifade edilen bu ortamsal değişimi destekleyen sedimentolojik bulgulardır.

## SONUÇLAR

Sinop bölgesi Miosen istifi içerisinde Çokrak ve Sarmasiyen çökelleri içerisinde alınan mollusk kavkılarında ölçülen izotop değerleri ( $d^{18}\text{O}$  ve  $d^{13}\text{C}$ ), bu zaman süreci için ortaya konulan sedimentolojik ve paleocoğrafik verilere büyük bir uyum göstermektedir. Bugünkü Karadeniz yüzey suları ile birlikte, bu ortamda yaşamış olan kavkılarının izotop değerleri referans alındığında, Çokrak denizinin, günümüz Karadeniz ile benzer özellikte; buna karşın Sarmasiyen denizine belirli süreçlerde tatlı su karışımları olduğu, zaman zaman da bir iç denize dönüştüğü, bu ortamlarda yaşamış olan mollusk kavkılarındaki izotopik değişimlerle desteklenmiştir.

Kavkılara dayalı izotop çalışmalarının, eski denizlerin sıcaklık ve tuzluluklarının yorumlanmasında önemli bir dayanak teşkil ettiği bilinen bir gerçektir. Bununla birlikte, bu tür çalışmalarda seçilen ve kullanılan örnek tipi ve sayısı sonuçların güvenilirliği açısından çok önemli bir faktördür. Bu çalışmada elde edilen sonuçların sınırlı sayıda örnekten alınması bir risk faktörü olarak düşünürse de, bunların , Çokrak ve Sarmasiyen birimlerinin önceden belirlenmiş olan sedimantolojik özelliklerine uyum göstermesi bu faktörü önemli ölçüde azaltmaktadır.

Molluskların, kabukları için salgıladıkları CaCO<sub>3</sub>'ün izotopik karakterini içinde yaşadıkları suyun oksijen izotop değerleriyle dengeleme özelliğine sahip olması, bunları , bu tür çalışmalar için ideal organizma topluluğu haline getirmektedir. Bunun dışında sedimantolojik çatısı tam olarak kurulmamış ortamlarda ve izotopik parçalanma faktörleri iyi bilinmeyen organizma kavkuları kullanılarak yapılacak izotop çalışmaları ile elde edilecek sonuçların daha yüksek risk faktörü taşıyabileceği göz önüne alınmalıdır.

#### KATKI BELİRTME

Bu çalışma TÜBİTAK 198Y069 no'lu proje çalışmalarının bir bölümünü içermektedir. Bu makalede izotopik ölçümleri yapılan kavkuların tayini Dr. Sevinç Yeşilyurt Kapan (18 Mart Çanakkale Üniversitesi) foraminiferler tanımları Dr. Armella Pognant (Laboratoire De Micropaleontologie, Paris) ve duraylı izotop analizleri ise Dr. Muharrem Satır (Tübingen Üniversitesi) tarafından gerçekleştirilmiştir. Yazarlar bu değerli katkıları sağlayan kurum ve kişilere içten teşekkür ederler.

*Yayına verildiği tarih, 10 Eylül 2003*

#### DEĞİNİLEN BELGELER

- Abrajon, T.; Aksu, A.E.; Hiscott, R.N. ve Mudie, P.J., 2002, Aspect of carbon isotope biogeochemistry of late Quaternary sediments from the Marmara Sea and Black Sea: Marine Geology, 190, 151-164.
- Arthur, M.A.; Anderson, T.F.; Kaplan, I.R.; Veizer, J. ve Land, L.S., 1983, Stable isotopes in Sedimentary Geology: SEPM Short Course No.10, Dallas.
- Calvert, S.E., 1983, Geochemistry of Pleistocene sapropels and associated sediments from the Eastern Mediterranean : Oceanologica Acta, 6, 255-267.
- Clifton, H.E., 1988, Eustarine Deposits. Scholle, P.A., ve Spearing, D., (eds.): Sandstone and Depositional Environments: The American Association of Petroleum Geologists Tulsa, Oklahoma 74101, USA 179-181.
- Craig, H.; Gordon, L.I. ve Horibe, Y., 1963, Isotopic exchange effects in the evaporation of water: Low temperature results : Jour. Geophys. Res., 68, 5079-5087.
- Deuser, W.C., 1972, Late-Pleistocene and Holocene history of the Black Sea as indicated by stable isotope studies: Jour. Geophys. Res., 77, 1071-1077.
- Epstein, S. ve Lowenstom, H.A.; 1953, Temperature-shell growth relations of recent and interglacial Pleistocene shoal-water biota from Bermuda: Jour. Geol., 61, 424-438.
- Geary, D.H.; Rich, J.; Valley, J.W. ve Baker, K., 1989, Stable isotopic evidence of salinity change: influence on the evolution of melanopsid gastropods in the late Miocene Pannonian basin. Geology : 17, 981-985.
- Görür, N.; Çağatay, N.; Sakıncı, M.; Akkök, R.; Tchapyalga, A. ve Natalin, B., 2000, Neogene Paratethyan succession in Turkey and its implications for the paleogeography of the Eastern Paratethys: Bozkurt, E., Winchester, J.A. and Piper, J.D.A. (eds). Tectonics and Magmatism in Turkey and surrounding Area. Geological Society, London, Special Publications. 173, 251-269.
- Grossman, E. ve Ku, T.L., 1986, Oxygen and carbon isotope fractionation in biogenic aragonite: Temperature effects: Chemical Geology, 59, 59-74.

- Matyas, J.; Burns, J.J.; Müller, P. ve Magyer, I., 1996, What can stable isotopes say about salinity ? An example from the Late Miocene Pannonian Lake : *Palaios*, 11, 31-40.
- Özsayar, T., 1977, Karadeniz kıyı bölgesinde Neojen formasyonları ve bunların mollusk faunasının incelenmesi : KTÜ yayını, no.79 . 80s.
- Parker, P.L.; Behrens ,E.W.; Calder,I .A. ve Shultz.D., 1972, Stable carbon isotope ratio variations in the organic carbon from Gulf of Mexico sediments: *Contrib. Mar. Sci.*, 16,139-147.
- Rank,D.; Özsoy., E. ve Salihoğlu, İ., 1999, Oxygen-18, deuterium and tritium in the Black Sea and the Sea of Marmara: *J. Environ. Radioactivity* 43,231-245.
- Romanek, C.S. ve Grossman, E.L., 1989, Stable isotope profiles of *Tridacna maxima* as environmental indicators : *Palaios*, 4, 402-413.
- Rosales, I.; Ouesada, S. ve Robles.S.; 2001, Primary and diagenetic isotopic signals in fossils and hemipelegic carbonates. The Lower Jurassic of northern Spain : *Sedimentology*, 48, 1149-1169.
- Shacleton, N.J. ve Kennett, J.P.; 1975, Late Cenozoic oxygen and carbon isotopic changes at DSP site 284: Implication for glacial history of the Northern Hemisphere, in Kennett J.P.; Houtz.R.E.; et.al., (eds). *Report of the Deep Sea Drilling Project : V. 29 U.S.Government Office. P.801-807.*
- Sholle, P.A. ve Spearing, D., 1988, Sandstone Depositional Environments. The American Association of Petroleum Geologists Tulsa, Oklahoma : 74101, USA. 410 s.
- Taner,G., 1996, Mollusk kavkılarında <sup>18</sup>O izotopu araştırma metodu ile Çanakkale Boğazı'nın Romaniyen-Çavda ( =Baküniyen) çağına ait Paleosıcaklık bulguları: KTÜ 30. Yıl Sempozyum Bildirileri Kitab, 576-582.
- Varol.B.; Gökten, E. ve Kazancı, N.; 2001, Doğu Karadeniz Bölgesi (Sinop) Miosen-Pliosen istifinin jeolojisi ve sedimantolojisi : TÜBİTAK Proje No. 198Y069. Ankara.
- Varol,B., 2004, Mollusk kavkıları büyüme evrelerinde oksijen ağır izotopunda (<sup>18</sup>O) izlenen değer farklılıkları (yayına hazırlanıyor).
- Weber, J.N. 1968, Fractionation of the stable isotopes of carbon and oxygen in calcereous marine invertebrate the Asteroidea, Ophuroidea and Crinoidea. *Geochim. Cosmochim. Acta* 32, 33-70.
- Yıldız, A. ve Özdemir., Z., 1999, Biostratigraphic and isotopic data on the Çörekli Member of the Hekimhan Formation (Campanian-Maastrichtian) of SE Turkey and their paleoenvironmental significance. *Cretaceous Research* .20, 107-117
- Yılmaz,İ.Ö.; Vennemann., T.; Altmer.A., ve Satır., M., 2004, The first stable isotope evidences for metre-scale sea level changes in lower Cretaceous inner platform and pelagic carbonate succession of Turkey. *Geologica Carpathica* (baskıda)

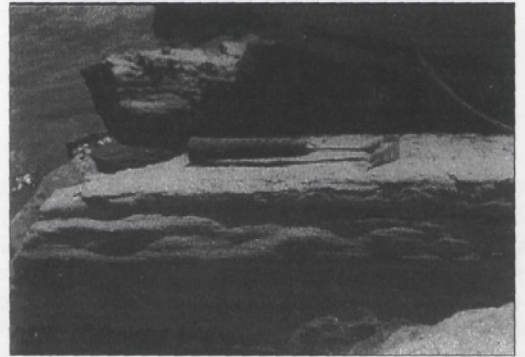
**LEVHA**

#### LEVHA-I

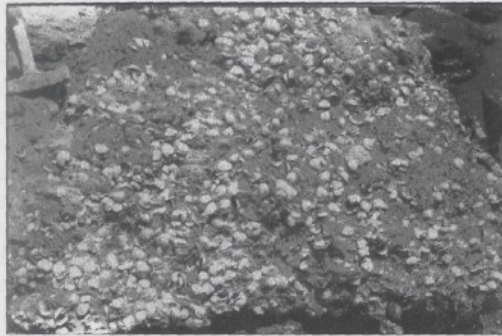
- Şek. 1- Çokrak istifii içerisinde sarı renkli kalın kumtaşı-kumlu çamurtaşı istifii (Cartaburnu)
- Şek. 2- Sarmasiyen istifinin taban bölümlerini karakterize eden kavkı yığışimli çakıllı-kumlu kireçtaşları (Kayıkbaşiburnu) .
- Şek. 3- Sarmasiyen istifii içerisindeki kumlu oolitik kireçtaşı (Sinop GB'sı Gelincik Mahallesi).
- Şek. 4- Sarmasiyen istifinin orta-üst bölümünü karakterize eden koyu gri renkli dalga ripilli siltli çamurtaşları (Yaykıl sahili)
- Şek. 5- Esmer çamurtaşları arasında yüksek enerjili periyotları temsil eden çapraz laminalı kumtaşları (Dışlıman plajlar mvk.)
- Şek. 6- Sarmasiyen istifinin en üst düzeylerini oluşturan kömür ara seviyeli marnlı kireçtaşları ile ardalanmış sarı renkli kavkılı kumtaşı ve kireçtaşları (Dışlıman plajlar mvk.)



Şek. 1



Şek. 4



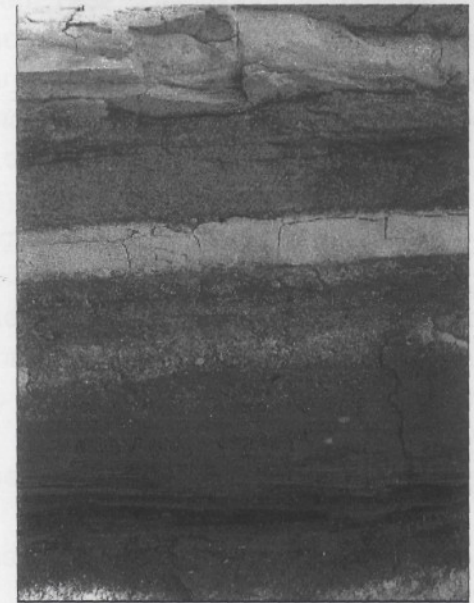
Şek. 2



Şek. 5



Şek. 3



Şek. 6