



Gülbahçe Körfezindeki hidrotermal aktivitenin yüksek ayrımlıklı sığ sismik ve palinolojik çalışmalar ile belirlenmesi

High-resolution shallow seismic and palynological studies in determining hydrothermal activity in Gülbahçe Bay

Bade PEKÇETİNÖZ¹, Mine Sezgül KAYSERİ², Mustafa EFTELİOĞLU¹ ve Erdeniz ÖZEL¹

¹ Dokuz Eylül Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü, 35340, İnciraltı-İZMİR
(bade.pekcetinoz@ogr.deu.edu.tr)

² Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 35160 Buca-İZMİR

ÖZ

Gülbahçe Körfezi çevresindeki karasal alanlarda termal sıcak su kaynakları bilinmektedir. Bu çalışmanın temel amacını, bu sıcak su kaynaklarının Gülbahçe Körfezi içindeki varlığının sorgulanması oluşturmaktadır. Bu amaçla jeotermal aktivitenin yüksek olduğu bölgenin tespit edilebilmesi için yüksek ayrımlı sığ sismik yöntemi (3.5 kHz) ile birlikte palinolojik analizler için 14 noktada gravite tipi sediman örnekleyicisi ile örnek alımı gerçekleştirilmiştir. Örnekleme noktalarından elde edilen palinolojik bulgular, termal ortam koşullarının belirlenebilmesi ve ortamın termal özelliklerinin değişkenliği nedeni ile, çalışma alanı dışındaki bir ‘Referans Örneği’ ile karşılaştırılmıştır.

Körfez’de gerçekleştirilen sismik çalışmada, deniz tabanı üzerinde gözlenen taban yükseltilerinin, sıcak su ortamlarında yaygın olarak gözlemlendiği belirtilen mercan formlarının kümelenmesi sonucunda oluştuğu düşünülmektedir. Bu yükseltilerin 16 km²’lik bir alan içinde kaldığı belirlenmiştir. Gülbahçe Körfez’inden derlenen sediman örneklerinden belirlenen palinolojik bulgulara göre, Geç Holosen dönemi için karasal ve denizel ortama ait palaeoortamsal koşullar belirlenmiştir. Gülbahçe Körfezi çevresinde yüksek topoğrafyalı alanların *Pinus*, *Castanea*, ve *Quercus*, ova alanlarının Oleaceae, *Ulmus*, Cyrillaceae ile örtülü olduğu, *Nyssa*, Taxodiaceae ve Cupressaceae bitkilerini içeren nispeten dar tatlı su bataklık alanlarının ve bu alanların arasında Asteraceae, Cichorioideae, Greniaceae, *Artemisia*, Ephedraceae ve Chenopodiaceae ile kaplı, fazla geniş olmayan açık alanların varlığı belirlenmiştir. Gülbahçe Körfez’inde çeşitli denizel dinoflagelat formlarının nadir varlıkları (*Lingulodinium machaerophorum*, *Cymatiosphaera globulosa*, *Spiniferites ramosus* ve *Spiniferites* spp.), Geç Holosen döneminin varlığını desteklemektedir. Ayrıca bu palynomorflara, sıcak su koşullarında çoğalan Pseudoschizaea düşük ve denizel mikroforaminifer astar formlarının yüksek yüzdeli eşlik etmeleri Geç

Kuvaterner döneminde körfez içerisinde sıcak su çıkışlarının varlığını düşündürmektedir. Mikroforaminifer astar ve çeşitli palinomorfların üzerinde gözlenen demir oksit oluşumlarının, körfez içindeki termal aktiviteye bağlı olduğu söylenebilir. Bu çalışmada tanımlanan palinofloraya göre, bölgede nemli ve sıcak iklim koşullarının varlığından söz edilebilir. Ayrıca, Gülbahçe Geç Holosen palinomorf topluluğuna “coexistence approach” analizi uygulanmış ve sayısal iklimsel değerler elde edilmiştir. Bu değerler, Türkiye’de bazı Holosen palinofloralara ait değerler ile karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: İzmir Körfezi, Gülbahçe Körfezi, Hidrotermal, Palinoloji, Paleoekoloji, Mercan

ABSTRACT

Thermal hot waters are known in the terrestrial areas in the vicinity of Gülbahçe Bay. The main target of this study is to examine the presence of these hot water sources. A high-resolution shallow seismic study (3.5 kHz) was used to determine the high potential hydrothermal area in Gülbahçe Bay and sediment samples were collected by gravity corer at 14 points for palynological analysis. The palynological findings obtained from these core samples were confronted with a ‘Reference sample’, which came from outside the study area and is thought to be able to change with the thermal features of environment.

. Concerning the seismic profiles obtained from Gülbahçe Bay, it has been suggested that the highs on the sea bottom were formed from clustered corals, and this has been observed to be common in hot water conditions. In the bay these highs cover an area of approximately 16km². The palynological results obtained from the sediment samples in Gülbahçe Bay determined terrestrial and marine paleoenvironmental conditions for the Late Holocene period. High palaeotopographic and lowland areas surrounding the Gülbahçe Bay are covered by Pinus, Castanea, Quercus and Oleaceae, Ulmus, and Cyrillaceae. Nyssa, Taxodiaceae and Cupressaceae are grown in the narrow areas of freshwater marsh, and between these areas there are constricted open vegetation areas which are characterized by Asteraceae, Cichorioideae, Greniaceae, Artemisia, Ephedraceae and Chenopodiaceae. Due to the rare presence of the some dinoflagellat cyst (Lingulodinium machaerophorum, Cymatiosphaera globulosa, Spiniferites ramosus and Spiniferites spp.), the Late Holocene period dating is supported. Additionally, these palynomorphs are accompanied by Pseudoschizaea (seldom) and microforaminiferal test (abundantly), and this cooperation could suggest the presence of a hot water outlet in Gülbahçe Bay during the Late Holocene period.

It can be said that the iron oxide that formed on the microforaminiferal test and various palynomorphs is related to the thermal activity in Gülbahçe Bay. According to the palynoflora defined in this study, there could have been humid and hot palaeoclimatic conditions in the study area. Additionally, the “coexistence approach” analysis was used on the palynoflora of the Late Holocene, and numerical palaeoclimatic values were obtained. These results are compared with results from some palynoflora of the Late Holocene.

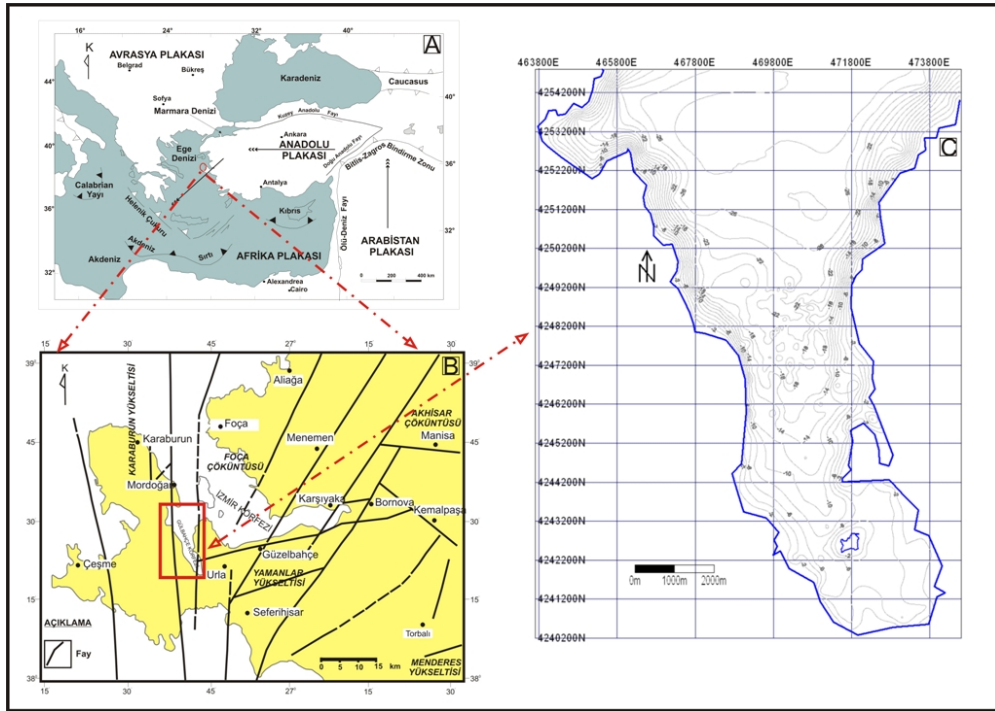
Key Words: İzmir Bay, Gülbahçe Bay, Hydrothermal, Palynology, Paleoecology, Coral

GİRİŞ

Batı Anadolu'nun neotektonik aktivitesi Avrasya plakasına karşı Arabistan plakasının kuzeye doğru olan hareketiyle ilişkilidir. Anadolu plakası sismik olarak aktif zonlar arasında çok sayıdaki sıcak çıkışlarla pek çok küçük parçadan oluşmaktadır (Şekil 1A) (McKenzie, 1972; Şengör, 1976; Dewey ve Şengör, 1979). Batı Anadolu, gerek horst–graben yapılarının varlığı gerekse de aktif volkanizma'nın etkisinden dolayı, jeotermal ve hidrotermal aktivitelerin varlığı konusunda farklı bir konuma sahiptir.

İzmir Körfez'inin batısında K–G doğrultulu bir iç körfez özelliğinde olan Gülbahçe Körfezi,

coğrafi olarak İzmir Körfezinin bir iç Körfezi konumunda olup yaklaşık 17 km uzunlukta; kuzeyde yaklaşık 11 km, güneye doğru 6.5 km genişliktedir. Körfezin en derin yeri yaklaşık 35 m civarındadır (Şekil 1B, 1C). Gülbahçe Körfezi, tektonik olarak Miyosen öncesi Ege'de egemen kuzey–güney (KG) yönlü sıkışma sonucu oluşmuş olup, orta doğu Ege çöküntüsünü oluşturan ve batıdan doğuya doğru genelleştirilmiş sıra ile Karaburun yükseltisi, Foça çöküntüsü, Yamanlar yükseltisi, Akhisar çöküntüsü ve Menderes yükseltisi çizgisel basamaklarından Karaburun yükseltisi ile Foça çöküntüsü arasındaki yapısal eşiği oluşturmaktadır (Şekil 1C) (Kaya, 1979).

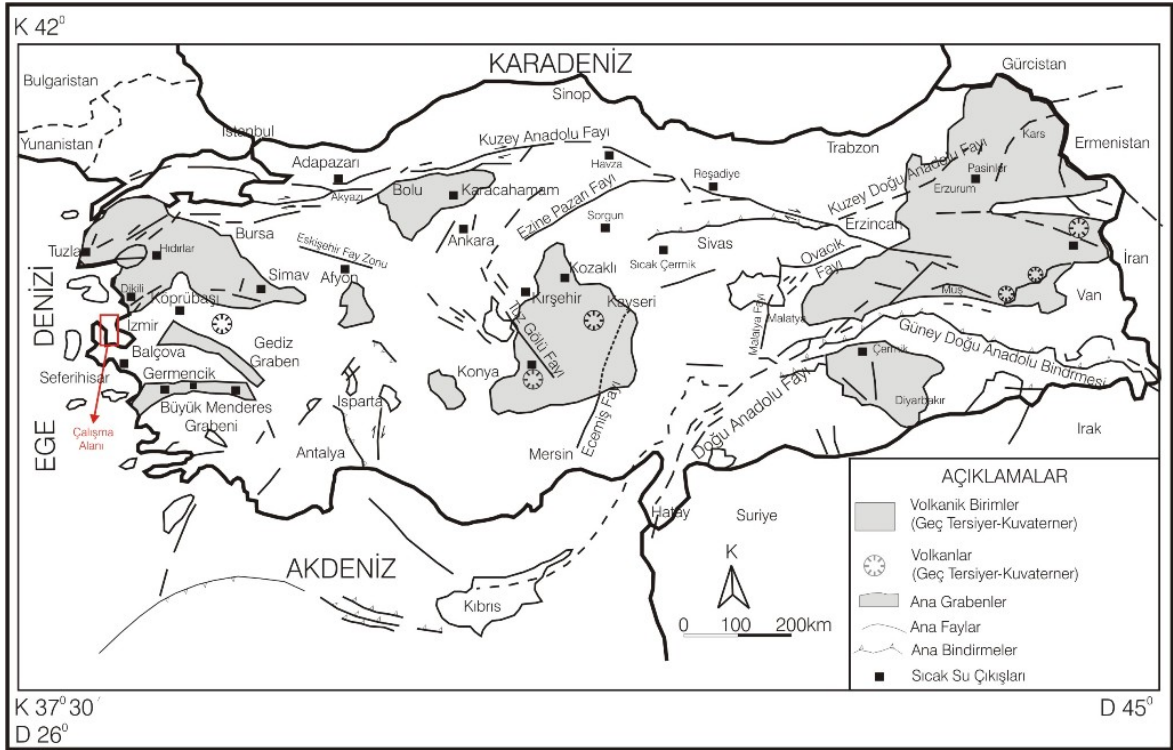


Şekil 1. (A) Türkiye'nin aktif tektonik haritası (Okay ve diğ., 2000), (B) Doğu Ege Çöküntüsü'nün Yapısal-Statigrafik Basamakları (Kaya, 1979), (C) Gülbahçe Körfezi'nin Batimetri (Derinlik) Haritası.

Figure 1. (A) The active tectonic map of Turkey (Okay et al., 2000), (B) Structural–stratigraphic segment of the Middle Eastern Aegean depression (Kaya, 1979), (C) The bathymetry map of Gülbahçe Bay.

Batı Anadolu graben sisteminin bir parçası olan İzmir ve çevresi tektonik açıdan oldukça aktif olup, jeotermal potansiyeli yüksek olan bir bölgedir. İzmir Körfezini çevreleyen kara parçası ve özellikle Karaburun yarımadası üzerindeki birçok yerde sıcak su çıkışları bulunmaktadır (Şekil 2). İzmir Körfezinin batı kesiminde yer alan Gülbahçe Körfezi çevresi mevcut konumuyla bir sıcak su kaynak alanıdır. Yapılan çeşitli karasal araştırmalar, termal alanda depolanma havzası olan rezervuarların denize doğru kalınlaştığını ortaya koymaktadır. Bu nedenle İzmir Körfezi ve İç körfezlerin termal potansiyelinin araştırılması önem kazanmaktadır. Karadeniz, Marmara ve Ege denizinde jeofizik ve palinolojik bulguların birlikte yorumlandığı

birçok çalışma yapılmıştır (Mudie ve diğ., 2004; Aksu ve diğ., 2002). Bu çalışmalarda palinolojik bulgulara dayalı olarak ayrıntılı ortamsal yorumlamalar gerçekleştirilmiştir. Son 20 yıldır Gülbahçe Körfezi'nin kara kısmında yapılmış genel jeolojisi, hidrojeolojisi ve özellikle de jeotermal etkinliğine ilişkin çok sayıda çalışma yapılmış olmasına karşın, (Eşder ve Şimşek, 1975, 1977; Filiz, 1982; Yılmaz, 1984; Canbolat, 1986; Eşder, 1990; Filiz ve Tarcan, 1993; Eşder ve diğ., 1995; Filiz ve diğ., 1997; Conrad ve diğ., 1997; Tarcan ve diğ., 1999; Yılmaz, 2001) sıcak su çıkışlarının belirlendiği körfezin içinden jeofizik ve palinolojik bulgulara dayalı bir çalışma gerçekleştirilmemiştir.



Şekil 2. Türkiye'nin tektonik ve jeotermal aktivitesi (Şimşek ve Yıldırım, 2000).

Figure 2. The tectonic and geothermal activity of Turkey (Şimşek and Yıldırım, 2000).

Doğu Akdeniz havzalarında gerçekleştirilmiş Geç Kuvaterner dönemine ait palinolojik çalışmalar, son buzul dönemi sonrasındaki bitki örtüsünün gelişimini anlamamıza yardımcı olmaktadır. Kuzey yarı kürede yüksek enlemlerde gözlenen buzul dönemlerinin, düşük enlemlerdeki pluvial (özellikle pleistosen dönemi için gerçekleşen, uzun bir zaman aralığında ve çok yağışlı bir dönem) dönemlerle ilişkili olduğunu göz önünde bulundurmak gerekmektedir. Yaklaşık 10.500 yıl önce, yakın doğuda geniş alanların *Artemisia* ve *Chenopodiaceae* bitkileri ile kaplanması ve odunsu arboreal polenlerin (AP) birçok palinospektarda düşük yüzdeleri olarak kayıt edilmesi, soğuk ve kurak iklim koşullarının sonucu olarak yorumlanmaktadır (van Zeist ve Bottema 1988, 1991). Bu iklim dönemi, ormanların yayılabildiği sıcak ve nemli iklim koşullarının gözlendiği Erken Buzul ve Geç Buzul sonrası zamanlara kadar devam etmiştir (Atalay, 1992). Ayrıca, Doğu Akdeniz bölgesinde AP yüzde bolluklarından elde edilen değerlendirmelerde, ormanların gelişme miktarı, kompozisyonu ve oranında belirgin farklılıklar vardır (van Zeist ve Bottema, 1991). Örneğin Suriye’de en yüksek AP yüzde bolluğu Geç Buzul döneminde gözlenmiş, bu yüksek AP değerleri Batı Anadolu’da Erken Holosen’de kayıt edilirken (örneğin; Abant, Yeniçağ), bu değerler Doğu Anadolu’da Orta Holosen’e kadar ulaşmamıştır (örneğin; Zeribar, Mirabad–batı İran; van Zeist ve Bottema, 1991; Roberts ve Wright, 1993).

Gülbağçe Körfezi çevresi sekiz jeolojik birimden oluşmaktadır (Şekil 3). Bu birimler sırasıyla, Jurasik–Erken Kretase İçmeler Kireçtaşı, Geç Kretase Demircili Melanjı, Neojen

Yağcılar birimi, Kızıltepe ve Gülbağçe Volkanikleri, Orta Tepe bazaltları, Kuvaterner Ballıkaya Konglomerası ve alüvyondan oluşmaktadır (Tarcan, 2001). Alandaki akifer, İçmeler Kireçtaşını; Demircili Melanjın’da ki konglomera, silisli şist, kireçtaşı ve serpantinitle; Yağcılar birimindeki konglomera, kumtaşı ve gölsel kireçtaşlarını; Gülbağçe ve Kızıltepe volkaniklerini ve son olarak alüvyonlu konglomeraları ve kumları içerir (Tarcan, 2001).

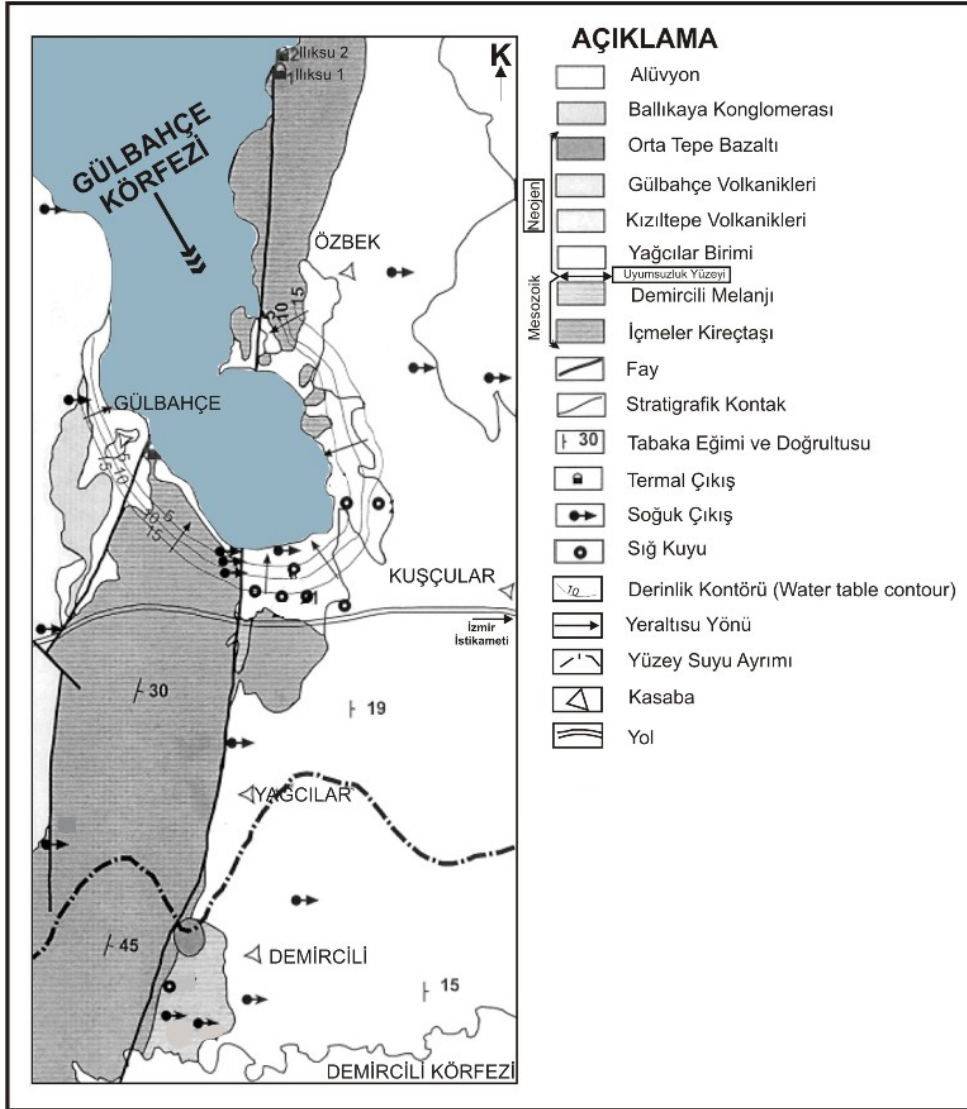
Bu çalışmada, Gülbağçe Körfezi içinde Holosen yaşlı çökellerin palinolojik içeriğine dayanılarak; 1) tortullaşma sırasındaki egemen bitki örtüsü ve iklim belirlenmiş, 2) bitki örtüsünün yansıttığı paleoiklimsel bulgular ile yaş yaklaşımında bulunulmuş, 3) İstanbul çevresi ve Marmara’da genç tortullar üzerinde yapılan diğer çalışmalardaki palinostratigrafik bulgular karşılaştırılmış ve 4) çalışma alanının hidrotermal aktivitesinin varlığına yönelik sonuçlar tartışılmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEMLER

Gülbağçe Körfezi’nin sedimentolojik ve genç tektonik özelliklerini belirleyebilmek amacı ile yüksek ayrımlıklı sığ sismik çalışma (3.5 kHz) yapılmıştır. Çalışmalar körfezin Kuvaterner özelliklerini belirlemeye yetecek sayıda profiller üzerinde alınmıştır. Bölgede yapılan yüksek ayrımlı sığ sismik çalışmada, 3.5 kHz Yüksek Ayrımlı Sismik Seabed–Model 3010 MP model sismik sistemi ve sayısal Triton veri iyileştirme sistemi kullanılmıştır. Sığ sismik çalışmada, gidiş–geliş zamanı (Two way travel time–TWT) olarak 1/4 ve 1/8 saniyeler seçilmiştir. Elde edilen veriler çalışma sırasında analog ve sayısal kayıtçılara kayıt edilmiştir. Bu çalışma

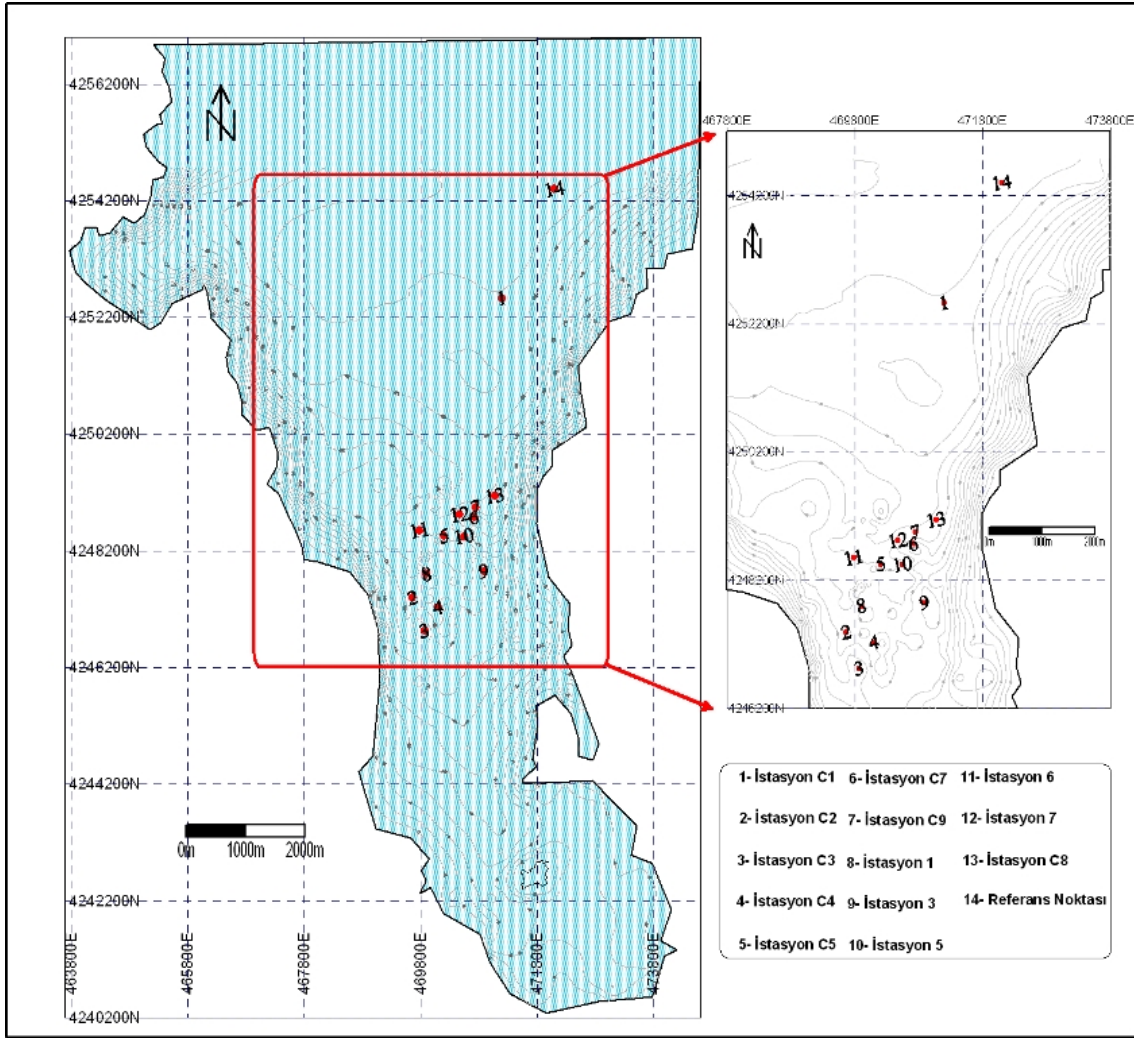
kapsamında, Dokuz Eylül Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsüne bağlı K. Piri Reis araştırma gemisi ile Dokuz Eylül-1 araştırma gemisinden yararlanılmıştır. 3.5 kHz yüksek ayrımlılıklı sismik profillere dayalı olarak tespit edilen (körfez içerisinde 13 nokta ve körfez dışında 1 adet “referans noktası”) toplam 14 noktadan sediman örnekleyicisi yardımıyla

sediment örneği alımı sağlanmıştır (Şekil 4 ve Çizelge 1). Sediman örnekleyicisinin uzunluğu 3.5m olup, kullanılan ağırlık 50 kg’ dır. Örnekler taban yapısına bağlı olarak 0.96 ile 2.00 m uzunluğundadır (Çizelge 1). Tüm çalışmalarda konum belirleme (navigasyon) sistemi olarak DGPS (garmin 270 C) kullanılmıştır.



Şekil 3. Gülbahçe Körfezi ve çevresine ait jeoloji haritası (Tarcan, 2001).

Figure 3. The geologic map of Gülbahçe bay and its surroundings (Tarcan, 2001).



Şekil 4. Gravite örnekleyicisiyle alınan deniz tabanı örnek lokasyonları.

Figure 4. Sediment sample locations collected by gravity corer.

Çalışma, Gülbahçe Körfezi içinden 14 noktadan elde edilen sediman örneklerinden palinolojik çalışmaya uygun olan 41 adet kiltası örneğinden 40 adedinin palinolojik çalışmaya uygun olduğu belirlenmiştir. Örneklerin her birinin mikroskopik incelemeye hazırlanması için önce öğütülmüş ve sonra sırasıyla, sediman örneklerinin karbonat ve silis içerikli

malzemelerini uzaklaştırmak için HCl ve HF asit aşamalarından geçirilmiştir. Her örnekten hazırlanan lamlardan 100'er birey sayımı gerçekleştirilmiştir. Tanımlanan palinomorfaların bağıl bollukları, ait oldukları bitkiler dikkate alınarak Tilia (2.0.2) programa aktarılmıştır ve spor ve polenlere ait resimler levhalar haline getirilmiştir (Levha I-IV). Yüzdelenen 'AP'

oranı otsul, ‘NAP’ oranı ağaçsıl palinomorflara aittir.

Çizelge 1. Örnekleme noktaları ve örnek sayısı

Table 1. Core samples and sample locations.

ÖRNEKLEME NOKTALARI	SU DERİNLİĞİ (m)	KAROT UZUNLUĞU (m)	ÖRNEK SAYISI
1	18.00	1.30	Taban, orta ve yüzey =3 adet
3	20.00	1.45	Taban, orta ve yüzey =3 adet
6	19.50	0.96	Taban, orta ve yüzey =3 adet
5	18.80	1.50	Taban, orta ve yüzey=3 adet
7	18.50	1.38	Taban, orta ve yüzey =3 adet
C8	20.00	1.20	Taban, orta ve yüzey =3 adet
C1	27.00	1.55	Taban, orta ve yüzey =3 adet
C2	15.00	1.45	Taban, orta ve yüzey =3 adet
C3	13.50	2.00	Taban, orta ve yüzey =3 adet
C4	16.80	1.45	Taban, orta ve yüzey =3 adet
C5	19.20	1.45	Taban, orta ve yüzey =3 adet
C7	19.50	1.05	Taban, orta ve yüzey =3 adet
C9	21.00	1.90	Taban, orta ve yüzey =3 adet
REFERANS NOKTASI	29.50	1.85	Taban, orta ve yüzey =3 adet

Bu çalışmada, palinoflorayı temel alan sayısal iklimsel değerlendirmeler, Mosbrugger ve Utescher (1997) tarafından geliştirilen “Coexistence Approach” analiz yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. “Yaşayan en yakın akraba” yaklaşımı ile tanımlanan ve Tersiyer ve Kuvaterner’de yaşamış olan bitkilerin iklimsel gereksinimleri, onların günümüzde yaşayan en yakın akrabalarının iklimsel gereksinimlerine benzerdir fikrine dayanmaktadır. Bu çalışmaya ait palinoflora ve Türkiye’de bazı bölgelerden Holosen dönemi

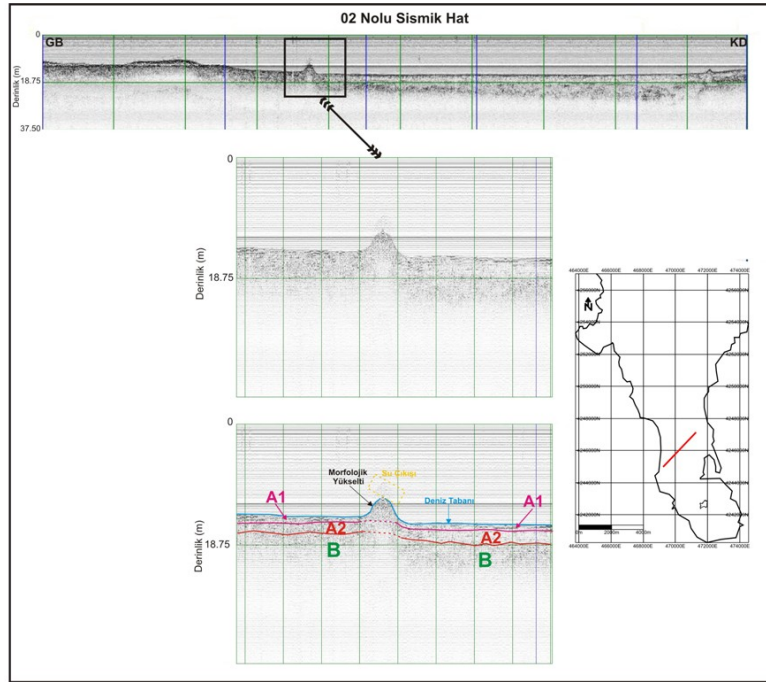
çökellerine ait palinofloralardan elde edilen sayısal iklimsel değerler “Coexistence Approach” analiz yöntemiyle değerlendirilmiş ve birbiriyle karşılaştırılmıştır. Bu değerlendirmeler, Türkiye’de ilk kez Holosen yaşlı tortullarda gerçekleştirilmiştir.

YÜKSEK AYRIMLILIKLI SIĞ SİSMİK ÇALIŞMA (3.5 kHz)

Gülbağçe Körfezi içinde, sismik çalışma sonucunda, sismik kesitlerde akustik özelliklerine

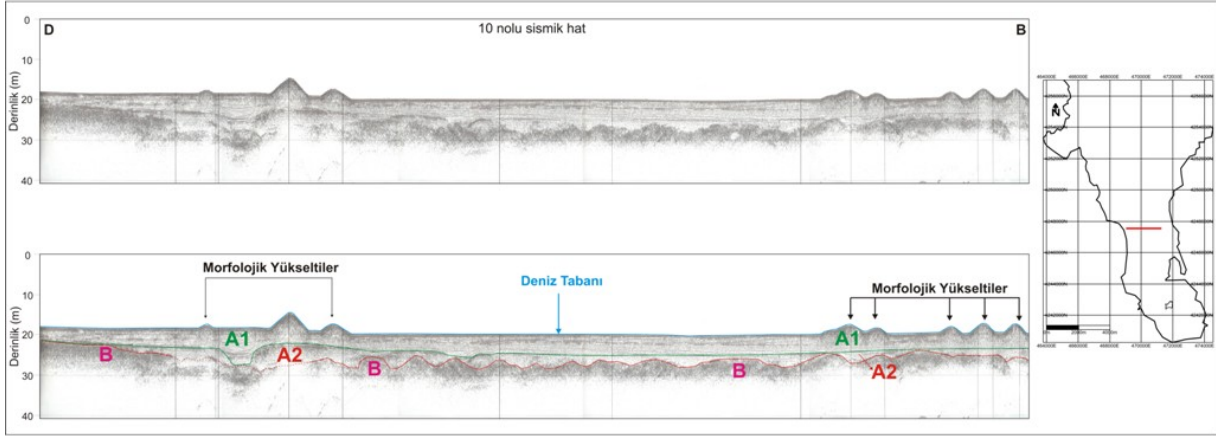
bağlı iyi reflekte olmuş iki stratigrafik birim ayrırtlanmıştır. Bu birimler kesitlerde A birimi ve B birimi olarak gösterilmiştir. A birimi, birbirine paralel ince tabakalanma göstermektedir. Bu birim akustik özelliğe bağlı olarak A1 ve A2 birimi şeklinde yorumlanmıştır. En geç birim olan A1 birimi sürekli yansıma yüzeyi ile zayıf düzenli bir yansıtıcı pakettir. A1 birimi körfezin orta kesimlerinde yaklaşık olarak 4–5 m'ye kalınlaşmakta olup körfezin kıyı kesimlerine doğru 0.5–1 m kalınlığa kadar incelmektedir. A2 birimi ise düzensiz, girintili çıkıntılı bir yüzeye sahip B biriminin'den ayrılmaktadır. A ve B birimi kuvvetli bir reflektörle birbirinden ayrılmaktadır. Bölgedeki kara jeolojisi verilerine dayanarak, A birimi kendi arasında ince ve düzgün

tabakalaşma gösteren Kuvaterner yaşlı alüvyonel yumuşak sediment paketi olup, akustik olarak geçirgen özellik göstermektedir. Daha altta, akustik temel olarak yorumlanan B birimi, üstündeki birime nazaran saçılımlı bir yansıma etkilenmesine sahip olup pürüzlüdür. Ondülasyonlu bir görünüm veren akustik temel niteliğindeki B biriminin de bölge jeolojik verilerine dayanılarak karstik yapıya sahip kireçtaşlarından oluştuğu düşünülmektedir (Şekil 5 ve 6). Ondülasyonlu üst yüzey yapısının muhtemelen son buzul döneminde şekillenmiş olduğu düşünülmektedir ve Körfez genelinde Kuvaterner yumuşak sedimentlerin derinlikleri kıyıya yakın kesimlerde artmaktadır.



Şekil 5. 02 nolu sismik hat.

Figure 5. Seismic line 02.



Şekil 6. 10 nolu sismik hat.

Figure 6. Seismic line 10.

Sismik kesitlerde en dikkat çeken özellik deniz tabanı üzerinde gözlenen taban yükselimleri olup, taban morfolojisi üzerinde ani kümelenmeler oluşturmaktadırlar (Şekil 5 ve 6). Bu yükseltiiler 'Morfolojik Yükselti' olarak adlandırılmıştır. Morfolojik yükseltiiler akustik sinyalin yayılımını etkilemektedir. Zaman zaman da sinyalin derine nüfus etmesine izin vermektedir. Bu durum ve kümelerin altında deniz tabanı reflektörünün izlenebilmesi, yükseltiilerin taban üzerinde oluştuğunu göstermektedir. Sediman örneklerinden, deniz tabanı üzerinde oluşan bu kümelenmenin mercanların birikerek yığılmasından kaynaklandığı anlaşılmıştır. Konik yayılım gösteren bu yükseltiilerin boyutlarının 0.4 ile 7.5 metre arasında yükseklik ve 1.26 ile 101 metre arasında genişlik olduğu tespit edilmiştir. Morfolojik yükselti yapıları yaklaşık olarak 16 km²'lik bir alanda yayılım göstermektedir.

PALİNOLOJİK ÇALIŞMA ve BULGULAR

Palinolojik bulgular, yüksek ayrımlı sismik kesitlerde, deniz tabanında görülen morfolojik

yükseltiilerin üzerinde ve yakın çevresinden alınan sediman örneklerinde palinolojik incelemeler yapılmıştır (Şekil 5 ve 6). Sediman örnekleri sismik kesitlerde, en üst birim olan A biriminden alınmıştır. Sismik kesitlerde saptanan Morfolojik yükseltiilerin üst kesimlerinde bir takım mercan türleri tespit edilmiştir (Şekil 7). Yapılan incelemelerde (sözlü görüşme, Prof. Dr. Bülent Cihangir, Doç. Dr. Ferah Koçak ve Dr. Aydın Ünlüoğlu) bu mercan türünün *Cladocora caespitosa* olabileceği belirlenmiştir. *C. caespitosa*, Faviidae ailesine ait bir koloni olup gerek jeolojik dönemlerde gerekse günümüzde Akdeniz sularında bol miktarda bulunan hayvansal kökenli bir mercan türüdür (Zibrowius, 1980; Morri ve diğ., 2001). Hem canlı hem de fosil olarak büyük boyutlarda ve ara sıra küme şeklinde gelişen kolonilerin, Akdeniz'in bir çok bölgesinde yer aldığı gözlenmektedir (Peirano ve diğ., 1998). *C. caespitosa* geniş fosil kümelerinin varlığı Erken Pleyistosen'den beri bilinmektedir (Bernasconi ve diğ., 1997). Fosil olarak *C. caespitosa*, Orta'dan Geç Pleyistosen'e kadar olan çökellerde sık sık gözlenmektedir. Bu bulgu

C. caespitosa'nın daha ılıman iklim dönemlerinde çoğaldığı ve yayıldığı şeklinde yorumlanmaktadır (Morri ve diğ., 2001). *C. caespitosa* Akdeniz organizmaları arasındaki önemli bir karbon üreticisidir (Peirano ve diğ., 2001) ve pek çok, bağımsız, küresel kolonilerin yataklarını oluşturan sığ sularda (4–10 m) ve su derinliğinin 10 m den 25 m'ye çıktığı alanlarda bulunurlar. Deniz tabanından 1m yukarıya kadar gelişerek kümelenmekte olup, yüzey alanındaki birkaç metre kareyi örtmektedirler (Peirano ve diğ., 2004).

Çalışma alanında ve kalınlığı 4–5m'ye ulaşan Holosen yaşlı çökellerin palinostratigrafisi

ve palaeovejetasyonun belirlenmesi için derlenen 1 adet örneğin (C1 orta) ya hiç palinomorf içermediği ya da palinomorfların iyi korunmamış olduğu gözlenmiştir. Diğer örneklerde yapılan sayısal ve simgesel inceleme sonucunda 40 adet örnekte 30 polen, 7 spor, 4 dinoflagellat ve 2 silisli alg taksası tanımlanmıştır (Levha I–IV).

Gülbahçe Körfezinde bir adet referans olmak üzere toplam 14 adet örnek derlenmiş ve her istasyondan alınan karotlarda taban, orta ve yüzey olmak üzere 3 farklı örnek incelenmiştir. Karotların alındığı su derinlikleri 13.50 ile 21.00 m arasında olup, referans noktasındaki su derinliğide 29.50 m'dir (Çizelge 1).



Şekil 7. Sediment örneklerinde tespit edilen mercanlar (*Cladocora caespitosa*).

Figure 7. The corals (*Cladocora caespitosa*) observed in sediment samples.

“İstasyon 1”

“Taban” örneğinde palinomorf içeriği çeşitliliği azdır ve Poypodiaceae, Davaliaceae, Sterculiaceae, *Pinus haploxyton* tip, *Pinus diploxyton* tip, *Podocarpus*, *Ostrya*, *Quercus*, Mikroforaminiferal astar, Pseudoschizaea ve *Sipiniferites* sp. palinomorfları tanımlanmıştır. “Orta” örneğinde palinomorf içeriği oldukça zengindir. Örnekte düşük yüzdeli olarak çeşitli spor formları (Osmundaceae, Sterculiaceae, Davaliaceae ve Polypodiaceae) ve gymnosperm polenlerden *Pinus haploxyton* tip, *Pinus diploxyton* tip yüksek yüzdeli, *Abies*, *Podocarpus*, Ephedraceae ve Poaceae düşük yüzdeli olarak belirlenmiştir. Bu polenlere yüksek yüzdeli olarak çeşitli angiosperm polenler (*Quercus*, *Salix*, *Castanea*, Cyrillaceae, *Asphodelus* sp., Asteraceae, Cichorioideae ve Chenopodiaceae) eşlik etmektedir. “Orta” örneğinde Pseudoschizaea formu az bol ve mikroforaminifer astar formu bol olarak tanımlanmıştır. “Yüzey” örneğinde spor formlarının düşük yüzdeli varlığı gözlenmiştir (Osmundaceae, Polypodiaceae ve *Reticulatisporites* sp.). Bu formlara gymnosperm polenlerden *Pinus haploxyton* tip yüksek yüzdeli olarak eşlik etmektedir. Ayrıca, *Pinus diploxyton* tip, *Abies*, *Cedrus* ve *Podocarpus* düşük yüzdeli olarak tanımlanmıştır. “Yüzey” örneğinde, angiosperm polenler (*Alnus*, *Zelkova*, *Quercus*, *Castanea*, Cyrillaceae, *Nyssa*, Oleaceae, Apiaceae “Umbelliferae” ve Chenopodiaceae) az bol olarak gözlenmiştir. Bu örnekte de “Orta” örneğine benzer şekilde mikroforaminifer astar formu yüksek yüzdeli ve Pseudoschizaea düşük yüzdeli olarak kayıt edilmiştir. Ayrıca, *Spiniferites mirabilis* ve *Spiniferites* spp.

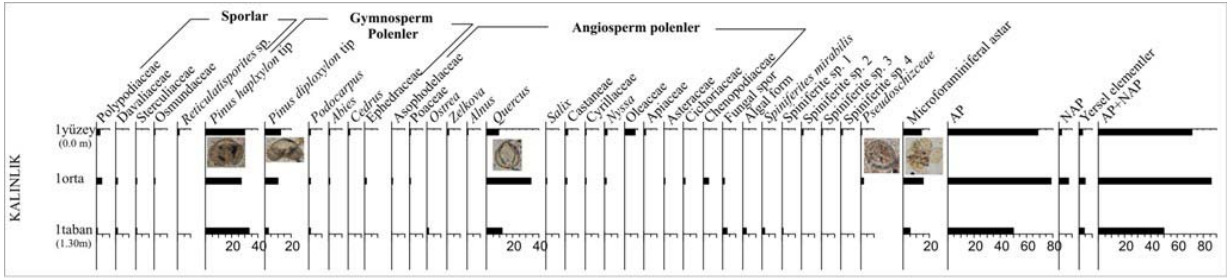
dinoflagellat formları tanımlanmıştır (Şekil 9 ve Levha II).

“İstasyon 3”

“Taban” örneğinde spor formlarından yalnızca Davaliaceae ve Polypodiaceae formları düşük yüzdeli olarak tanımlanmıştır. *Pinus diploxyton* ve *Pinus haploxyton* tip gymnosperm polenler bol olarak varlığı belirlenmiş ve bu polenlere *Podocarpus*, Poaceae polenleri düşük yüzdeli olarak eşlik etmiştir. Angiosperm polenlerde *Ulmus*, *Quercus* ve Sapotaceae düşük yüzdeli olarak tanımlanırken, bu örneğe ait palinospektra içinde mikroforaminifer astar formları oldukça yüksek bir yüzdeye sahip oldukları belirlenmiştir. “Taban” örneğinden farklı olarak “Orta” örneğinde palinomorf içeriğinde fakirleşme gözlenmiştir. Örnekte, spor formlarından Davaliaceae ve Polypodiaceae ve gymnosperm polenlerden *Pinus haploxyton* tip, *Podocarpus*, Taxodiaceae ve Poaceae düşük yüzdeli olarak tanımlanmıştır. Angiosperm polenlerden *Alnus*, *Quercus* ve Oleaceae az bol olarak palinospektra içinde yer alırken, Mikroforaminifer astar formlarının yüzde bolluğunda dikkat edici bir azalış gözlenmektedir. “Yüzey” örneğinde spor formlarında yalnızca Polypodiaceae tanımlanmış ve gymnosperm polenlerin yüzde bolluğu artmış, ancak çeşitliliği azalmıştır (*Pinus haploxyton* ve *diploxyton* tipleri). Bu örnekte mikroforaminifer astar formunun yüzdesinde artış belirlenmiştir (Şekil 10).

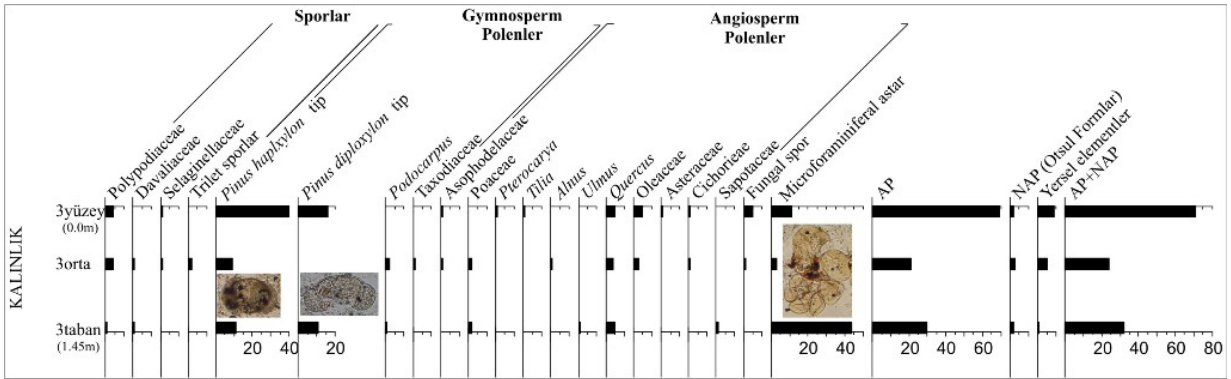
“İstasyon 5”

5 noktasının “Yüzey” örneği incelenebilecek kadar palinomorf içermemektedir. “Orta” ve “Taban” örneklerinin her ikisinde spor



Şekil 9. “1” noktasına ait olan polen diyagramı.

Figure 9. Polen diagram of location “1”.



Şekil 10. “3” noktasına ait olan polen diyagramı.

Figure 10. Polen diagram of location “3”.

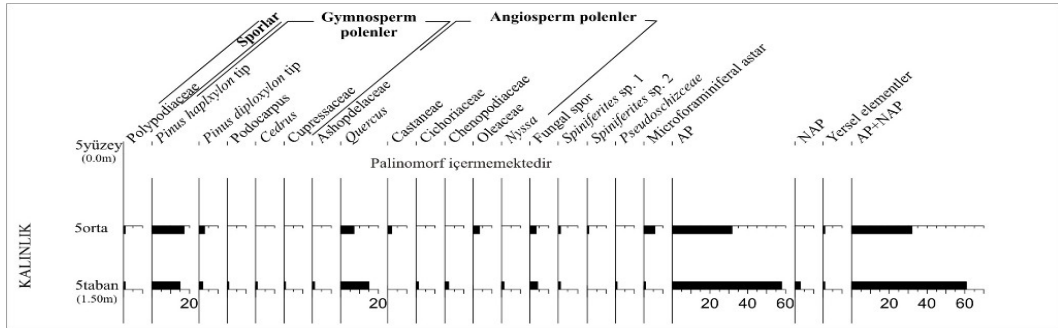
formlarından yalnızca Polyodiaceae spor formları nadiren belirlenmiştir. “Taban” örneğinde palinomorf çeşitliliğin daha fazla olduğu gözlenmiştir. Gymnosperm polenlerden *Pinus haploxylyon* tip bol, *Pinus diploxylyon* tip, *Podocarpus*, *Cedrus*, *Cupressaceae* polenler seyrek olarak palinospektra içinde yer almaktadır. Angiosperm polenlerden *Quercus* yüksek yüzdeli, *Ashopdelaceae*, *Castanea*, *Chenopodiaceae* ve *Nyssa* düşük yüzdeli olarak tanımlanmıştır. Örnekte mikroforaminifer astar, *Spiniferites* sp. 1

ve *Pseudoschizaea* formları nadiren gözlenmiştir. “Orta” örneğinde gymnosperm polenlerden *Pinus haploxylyon* tip bol, *Pinus diploxylyon* tip seyrek olarak gözlenmiştir. Örnekte Angiosperm polenlerden *Quercus* yüksek yüzdeli, *Castanea*, *Oleaceae* düşük yüzdeli olarak belirlenmiştir. Mikroforaminifer astar formunun yüzde bolluğunda belirgin bir artış izlenmiş ve *Spiniferites* sp. 1 ve 2 formlarının nadir varlığı tanımlanmıştır (Şekil 11).

“İstasyon 6”

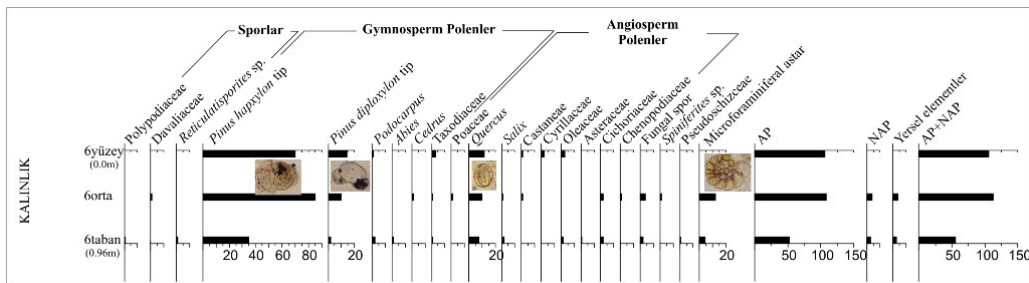
“Taban” örneğinde spor formları (Polypodiaceae, Davaliaceae ve *Reticulatisporites* sp.) düşük yüzdeli olarak tanımlanmıştır. *Pinus haploxylo*n tip çok bol ve *Pinus diploxylo*n tip bol olarak palinospektra içinde yer almaktadır. Diğer gymnosperm polenlerden *Abies*, *Podocarpus* ve Taxodiaceae düşük yüzdeli olarak belirlenmiştir. Örnekte angiosperm polenlerden *Quercus*, *Salix*, Oleaceae, Asteraceae ve Cichorioideae düşük yüzdeli olarak tanımlanmıştır. Ayrıca palinospektra içinde Mikroforaminifer astar formu seyrek olarak gözlenmiştir. “Orta” örneğinde gymnosperm polenlerin (*Pinus haploxylo*n tip, *Pinus diploxylo*n tip, *Cedrus*, Taxodiaceae, Poaceae) yüzdesinde artış ve

çeşitlenme gözlenmiştir. Angiosperm polenlerden *Quercus* bol olarak gözlenirken diğerleri (*Salix*, *Castanea* ve Cichorioideae) düşük yüzdeli olarak belirlenmiştir. Mikroforaminifer astar formunun yüzde bolluğunda bir artış gözlenmiş ve örnekte nadiren *Spiniferites* sp. formu tanımlanmıştır. “Yüzey” örneğinde spor formları belirlenmemiştir. *Pinus haploxylo*n tip çok bol ve *Pinus diploxylo*n tip bol olarak palinospektra içinde yer almış ve bu polenlere diğerleri gymnosperm polenler (*Podocarpus* ve Taxodiaceae) düşük yüzdeli olarak eşlik etmiştir. Örnekte, *Quercus* formu bol olarak gözlenmiş ve *Castanea*, Cyrillaceae, Oleaceae polenleri düşük yüzdeli olarak belirlenmiştir (Şekil 12).



Şekil 11. “5” noktasına ait olan polen diyagramı.

Figure 11. Polen diagram of location “5”.



Şekil 12. “6” noktasına ait olan polen diyagramı.

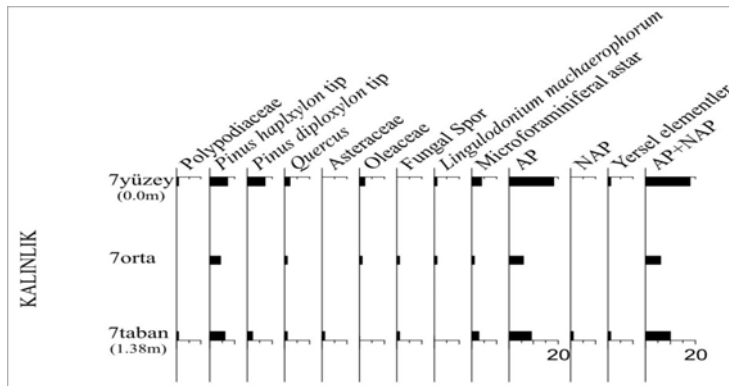
Figure 12. Polen diagram of location “6”.

“İstasyon 7”

Derlenen örneklerde palinomorf içeriğinin fakir olduğu gözlenmiştir. Spor formlarından yalnızca Polypodiaceae formlarının varlığı söz konusudur. “Taban” örneğinde *Pinus haploxyton* ve *Pinus diploxyton* tip gymnosperm polenler bol olarak tanımlanmıştır. Angiosperm polenlerden *Quercus*, Asteraceae, Oleaceae ve mikroforaminifer astar formlarının düşük yüzdeli olarak palinospektra içinde yer almaktadır. “Orta” örneğinde gymnosperm polenlerden *Pinus haploxyton* tip polen düşük yüzdeli olarak kayıt edilmiştir. *Quercus*, Oleaceae, mikroforaminifer astar ve *Lingulodinium machaerophorum* düşük yüzdeli olarak gözlenmiştir (Şekil 13). “Yüzey” örneğinde, spor formlarından Polypodiaceae düşük yüzdeli olarak tanımlanmıştır. Gymnosperm polenlerden *Pinus haploxyton* ve *Pinus diploxyton* tip bol, angiosperm polenlerden *Quercus* ve Oleaceae seyrek olarak gözlenmiştir. Örnekte, dinoflagellat formlarından *Lingulodinium machaerophorum* nadiren ve mikroforaminifer astar az bol olarak belirlenmiştir.

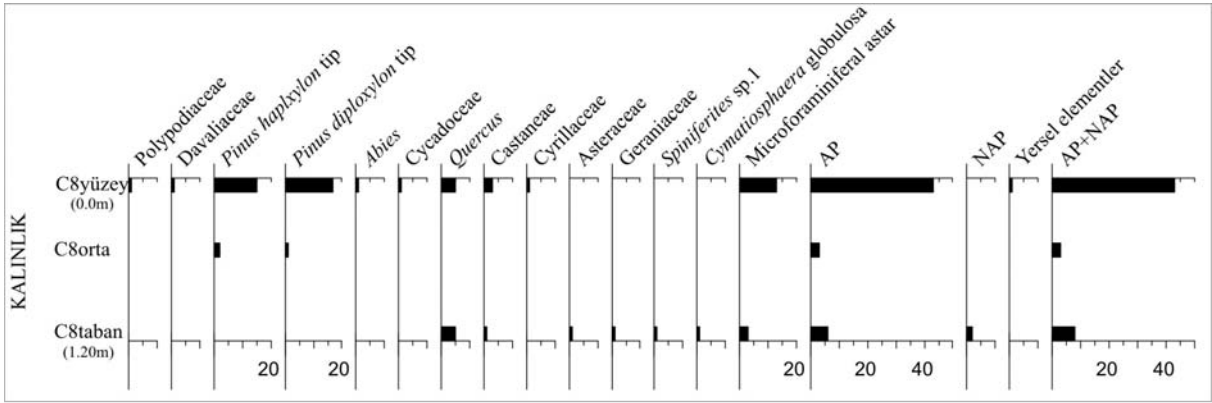
“İstasyon C8”

Derlenen örneklerde palinomorf çeşitliliği azdır. “Taban” örneğinde spor ve gymnosperm polenler tanımlanmamıştır. Angiosperm polenlerden *Quercus*, *Castanea*, Asteraceae, Geraniaceae düşük yüzdeli olarak palinospektra içinde yer almaktadır. Örnekte *Cymatiosphaera globulosa*, *Spiniferites* sp. 1 nadiren, mikroforaminifer astar formları seyrek olarak tanımlanmıştır. “Orta” örneğinde yalnızca gymnosperm polenlerden *Pinus haploxyton* ve *Pinus diploxyton* tip polenler düşük yüzdeli olarak gözlenmiştir. “Yüzey” örneğinde palinomorf çeşitliliğinde artış belirlenmiştir. Spor formlarından Polypodiaceae ve Davaliaceae formları nadiren tanımlanmıştır. Gymnosperm polenlerin (*Pinus haploxyton* tip ve *Pinus diploxyton* tip) yüzde bolluğunda belirgin bir artış gözlenmiştir. *Abies*, Cycadaceae düşük yüzdeli olarak bu polenlere eşlik etmektedir. *Quercus* bol, *Castanea* ve Cyrillaceae seyrek olarak tanımlanmıştır. Bu örnekte mikroforaminifer astar formlarının yüzde bolluğunda belirgin bir artış dikkat çekmektedir (Şekil 14).



Şekil 13. “7” noktasına ait olan polen diyagramı.

Figure 13. Polen diagram of location “7”.



Şekil 14. “C8” noktasına ait olan polen diyagramı.

Figure 14. Polen diagram of location “C8”.

“İstasyon C1”

C1 noktasının “Orta” örneği incelenebilecek kadar palinomorf içermemektedir (Şekil 15). “Taban” örneğinde nadir olarak spor formları (Osmundaceae, Davaliaceae ve Polypodiaceae) gözlenmiştir. Gymnoperm polenlerden *Pinus haploxyton* tip çok bol olarak gözlenirken, diğerleri (*Pinus diploxyton* tip ve Taxodiaceae) az bol olarak tanımlanmıştır. Angiosperm polenlerden *Quercus* bol, diğerleri ise Myricaceae, *Quercus-robur* tip, Oleaceae, Asteraceae, Cichorioideae, Chenopodiaceae, Apiaceae “Umbelliferae” düşük yüzdeli olarak gözlenmiştir. Bu örnekte mikroforaminifer astar formları bol ve dinoflagellat formlarından *Lingulodinium machaerophorum*, *Spiniferites* sp.1 ve 2 formları düşük yüzdeli olarak kayıt edilmiştir. “Yüzey” örneğinde, spor formlarında yalnızca Schizaceae formu düşük yüzdeli olarak tanımlanmıştır. Bu örnekte, *Pinus haploxyton* tip gymnosperm polenlerin yüzdesinde belirgin bir artış gözlenmiş ve Taxodiaceae, Cupressaceae formları düşük yüzdeli olarak kayıt edilmiştir. Aynı örnekte, angiosperm polenlerin (*Quercus*, *Salix*, Cyrillaceae, Asteraceae, Cichorioideae,

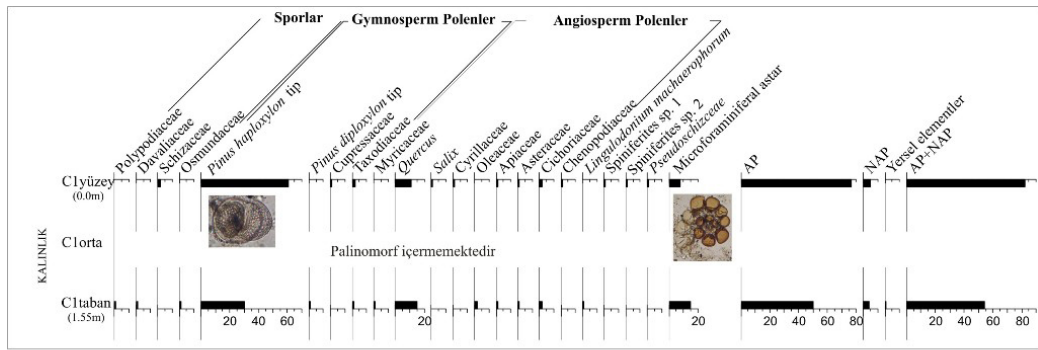
Chenopodiaceae, Apiaceae “Umbelliferae” ve Chenopodiaceae) çeşitliliğinde artış gözlenmiş ve az bol olarak varlıkları belirlenmiştir. “Yüzey” örneğinde *Pseudoschizaea* az bol ve mikroforaminifer astar formları bol olarak tanımlanmıştır. “Taban” örneğinde olduğu gibi, *Lingulodinium machaerophorum* ve *Spiniferites* spp. formları düşük yüzdeli olarak “Yüzey” örneğinde de belirlenmiştir.

“İstasyon C2”

“Taban” örneğinde spor ve polen içeriğinin daha çeşitli olduğu dikkat çekmektedir ve örnekte spor formlarından, Polypodiaceae ve Davaliaceae düşük yüzdeli olarak tanımlanmıştır. Gymnosperm polenlerden *Pinus haploxyton* tip polenlerin yüzdesini *Pinus diploxyton* tip polenlere göre çok daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Angiosperm polenlerin düşük yüzdeli çeşitliliği (Myricaceae, Oleaceae, Asophodelaceae, Asteraceae, Cichorioideae ve Apiaceae, *Quercus robur* tip) tanımlanırken, *Quercus* formunun yüksek yüzdeli varlığı dikkat çekmektedir (Levha III). Bu örnekte, denizel ortamı karakterize eden mikroforaminifer astar

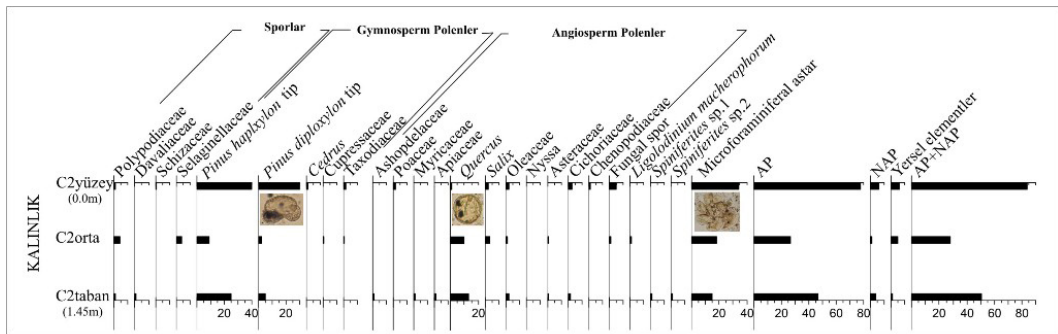
formları yüksek yüzdeli, *Spiniferites* sp. 1 ve 2 formları ise düşük yüzdeli olarak palinospektra içinde yer almaktadır. “Orta” örneğinde, spor ve polen içeriğinde azalma belirlenmiştir. Spor formlarından yalnızca Polypodiaceae ve Selaginellaceae tanımlanmıştır. Gymnosperm polenlerden *Pinus haploxyton* tip polen bol ve *Pinus diploxyton* tip, Taxodiaceae, Cupressaceae formları düşük yüzdeli olarak belirlenmiştir. Angiosperm polenlerden Asteraceae, *Salix*, Oleaceae ve fungal sporlar düşük yüzdeli ve nadiren gözlenirken, *Quercus* formları yine bol olarak tanımlanmıştır. “Orta” örneğinde denizel mikroforaminifer astar formlar bol olarak

tanımlanırken, *Lingulodinium machaerophorum* dinoflagellat türünün nadir varlığı belirlenmiştir (Şekil 16). “Yüzey” örneğinde Polypodiaceae ve Schizaceae formları düşük yüzdeli olarak gözlenmiştir. Bu spor formlarına, *Pinus haploxyton* tip ve *Pinus diploxyton* tip çok bol, Taxodiaceae ve Poaceae düşük yüzdeli olarak eşlik etmektedir. Angiosperm polenlerin (*Quercus*, *Salix*, Oleaceae, Cichorioideae ve Chenopodiaceae) yüzde bolluğunda azalış belirlenmiştir. “Yüzey” örneğinde mikroforaminifer astar formunun yüzde bolluğunda belirgin bir artış izlenmiştir (Şekil 16).



Şekil 15. “C1” noktasına ait olan polen diyagramı.

Figure 15. Polen diagram of location “C1”.



Şekil 16. “C2” noktasına ait olan polen diyagramı.

Figure 16. Polen diagram of location “C21”.

“İstasyon C3”

C3 örneklerinde spor formlarının (Polypodiaceae ve Davaliaceae) yüzde bolluğunun düşük ve çeşitliliğin fazla olmadığı dikkat çekmiştir (Şekil 17). “Taban” örneğinde gymnosperm polenlerden *Pinus haploxyton* tip ve *Pinus diploxyton* tip bol, *Podocarpus*, *Cedrus*, Taxodiaceae, Cupressaceae düşük yüzdeli olarak tanımlanmıştır. Angiosperm polenlerden *Quercus* yüksek, Apiaceae, *Castanea*, Betulaceae, Oleaceae, Asteraceae ve Chenopodiaceae düşük yüzdeli olarak palinospektra içinde yer almaktadır. Bu örnekte mikroforaminifer astar formları yüksek yüzdeli, denizel fungal spor, *Spiniferites* sp. 1 ve 2 formları düşük yüzdeli olarak tanımlanmıştır. “Orta” örneğinde gynosperm polenlerin yüzde bolluğunda ve çeşitliliğinde azalış gözlenmiştir (*Pinus haploxyton* tip, *Pinus diploxyton* tip ve Cupressaceae). Bu örnekte angiosperm polenlerden *Alnus* ve *Quercus* bol, *Castanea*, Cyrillaceae ve Oleaceae seyrek olarak tanımlanmıştır. Örnekte mikroforaminifer astar formları yüksek yüzdeli, *Spiniferites* sp. 1 formu düşük yüzdeli olarak belirlenmiştir. “Yüzey” örneğinde *Pinus haploxyton* tip ve *Pinus diploxyton* tip bol, Taxodiaceae, Poaceae düşük yüzdeli olarak gözlenmiştir. Örnekte, *Quercus* formun yüzde bolluğunda azalış gözlenirken ve *Castanea*, Cyrillaceae, *Nyssa*, Oleaceae, Asteraceae, Cichorioideae, *Artemisia* seyrek olarak palinospektra içindeki diğer formlara eşlik etmektedir. Örnekte mikroforaminifer astar formları bol olarak tanımlanmıştır.

“İstasyon C4”

Derlenen örneklerde spor (Polypodiaceae, Davaliaceae ve Schizaceae) çeşitliliğinin az ve

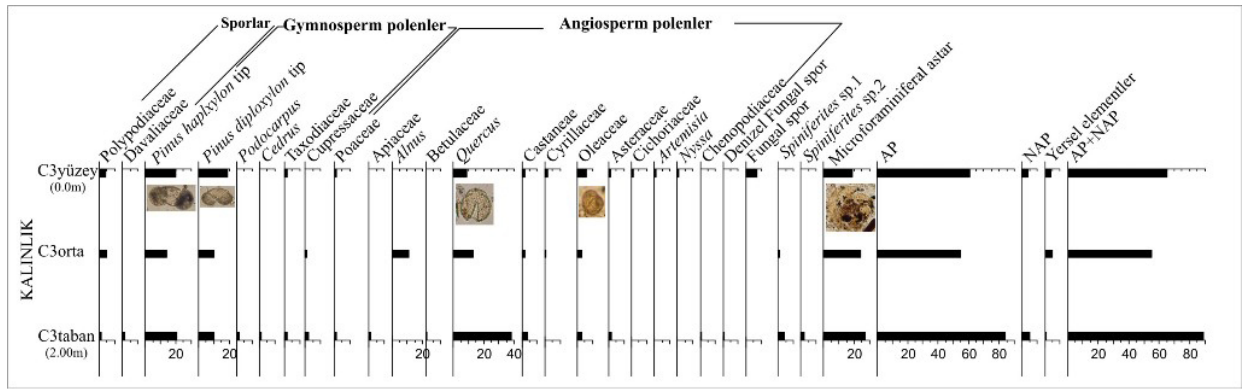
yüzde bolluğunun düşük olduğu gözlenmiştir (Şekil 18). “Taban” örneğinde gymnosperm polenlerin (*Pinus haploxyton* tip) yüzde bolluğunun ve çeşitliliğinin çok düşük olduğu dikkat çekmektedir. Örnekte *Quercus*, bol ve *Castanea*, Oleaceae, Geraniaceae, Chenopodiaceae düşük yüzdeli olarak tanımlanmıştır. “Taban” örneğinde mikroforaminifer astar, *Cymatiosphaera globulosa*, *Spiniferites* sp. 1 ve 2, Pseudoschizaea formları düşük yüzdeli olarak palinospektra içinde yer almaktadır. “Orta” örneğinde gymnosperm polenlerden *Pinus haploxyton* tip’in yüzde bolluğunda artış gözlenmiştir. Angiosperm polenlerin (*Ulmus*, *Zelkova*, *Ostrya*, *Quercus*, *Castanea*, Oleaceae, Asteraceae ve Cichorioideae) yüzde bolluğunun az, ancak çeşitliliğinin arttığı belirlenmiştir. Örnekte nadiren *Lingulodinium machaerophorum* ve mikroforaminifer astar formlarına rastlanmıştır. “Yüzey” örneğinde *Pinus haploxyton* ve *Pinus diploxyton* tip gymnosperm polenler bol olarak tanımlanmış ve angiosperm polenlerin (*Quercus*, Oleaceae, Cichorioideae ve Chenopodiaceae) çeşitliliğinde ve bolluğunda azalış izlenmektedir. Mikroforaminifer astar ve Pseudoschizaea formları düşük yüzdeli olarak gözlenmiştir.

“İstasyon C5”

Örnekte spor çeşitliliğinin düşük olduğu dikkat çekmektedir. “Taban” örneğinde gymnosperm polenlerden *Pinus haploxyton* tip bol, *Pinus diploxyton* tip seyrek olarak tanımlanmıştır. Angiosperm polenlerden *Quercus*, Asteraceae, Cichorioideae ve *Nyssa*, düşük yüzdeli olarak belirlenmiştir. *Lingulodinium machaerophorum*, *Spiniferites* sp. 1 ve 2, mikroforaminifer astar formları az bol

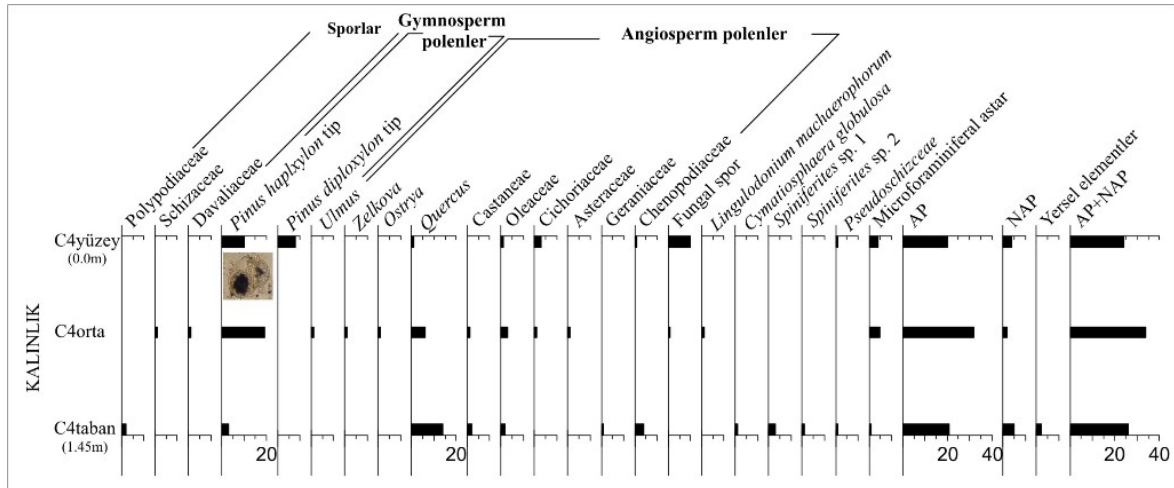
olarak palinospektra içinde yer almaktadır. “Orta” örneğinde gymnosperm polenlerin çeşitliliğe karşın yüzde bolluğunda azalış izlenmektedir (*Pinus haploxyton*, *Pinus diploxyton*, Taxodiaceae ve Poaceae). Angiosperm polenlerden Myricaceae, *Quercus*, Asteraceae, Oleaceae az bol olarak tanımlanmıştır. Bu örnekte *Pseudoschizaceae* ve mikroforaminifer astar formları düşük yüzdeli olarak belirlenmiştir. “Yüzye” örneğinde *Pinus*

haploxyton ve *Pinus diploxyton* tip polenlerin yüzdesinde belirgin bir artış izlenmiştir. Angiosperm polenlerin içeriği “Orta” örneğine benzerdir, ancak *Quercus*’un yüzde bolluğunda artış izlenmiştir. Bu örnekte, *Lingulodinium machaerophorum*, *Spiniferites* sp.1, *Pseudoschizaceae* ve mikroforaminifer astar formları seyrek olarak tanımlanmıştır (Şekil 19 ve Levha IV).



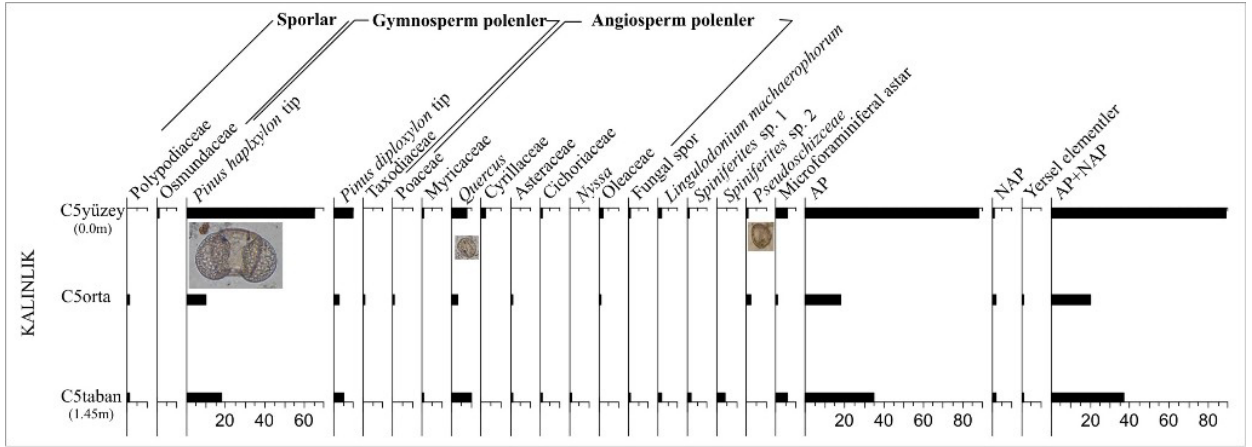
Şekil 17. “C3” noktasına ait olan polen diyagramı.

Figure 17. Polen diagram of location “C3”.



Şekil 18. “C4” noktasına ait olan polen diyagramı.

Figure 18. Polen diagram of location “C4”.



Şekil 19. "C5" noktasına ait olan polen diyagramı.

Figure 19. Palynological assemblage of location "C5".

"İstasyon C7"

Örneklerde spor formlarından yalnızca Polypodiaceae düşük yüzdeli olarak tanımlanmıştır. "Taban" örneğinde *Pinus haploxydon* tip çok bol, *Pinus diploxydon* tip bol olarak gözlenmiştir. Bu polenlere *Abies* ve *Cathaya* nadiren varlıklarıyla eşlik etmektedir. Örnekte angiosperm polenlerden Poaceae, *Catanea*, *Arecaceae*, *Cyrillaceae*, *Oleaceae* ve *Asteraceae* düşük yüzdeli gözlenirken, *Quercus* yüksek yüzdeli olarak tanımlanmıştır. *Spiniferites* sp. 1, *Pseudoschizaceae* az bol ve mikroforaminifer astar formları yüksek yüzdeli olarak belirlenmiştir. "Orta" örneğinde gymnosperm polenlerden *Pinus haploxydon* tip çok bol, *Pinus diploxydon* tip bol olarak tanımlanırken, bu polenlere *Ephedraceae* nadiren eşlik etmektedir. Örnekte *Quercus* yüksek yüzdeli olarak gözlenirken, *Castanea*, *Oleaceae*, *Asteraceae*, *Cichorioideae*, *Chenopodiaceae* seyrek olarak tanımlanmıştır. *Spiniferites* sp. 1 formun yüzdesinde az da olsa bir artış, mikroforaminiferal astar formunun yüzde

bolluğunda azalış izlenmektedir. "Yüzey" örneğinde *Pinus haploxydon*, *Pinus diploxydon* tip gymnosperm polenlerin yüzde bolluğu, "Orta ve Taban" örneklerinkine benzerdir. Bu polenlere *Sequoia* nadiren eşlik etmektedir. "Yüzey" örneğinde, Poaceae, *Quercus*, *Oleaceae* ve *Chenopodiaceae* az bol olarak tanımlanmıştır. *Pseudoschizaceae* nadir ve mikroforaminifer astar bol olarak palinospektra içinde yer almaktadır (Şekil 20).

"İstasyon C9"

Örneklerin palinomorf içeriğinin az olduğu gözlenmiştir. "Taban" örneğinde spor ve gymnosperm polenler tanımlanmamıştır. Angiosperm polenlerden *Quercus*, *Oleaceae*, *Asteraceae* nadiren belirlenmiştir. "Orta" örneğinde spor formlarından yalnızca *Schizaceae* nadir olarak tanımlanmıştır. Gymnosperm polenlerden *Pinus haploxydon*, *Pinus diploxydon* tip polenler seyrek olarak gözlenmektedir. Örnekte *Quercus* ve *Pseudoschizaceae* seyrek

PALİNOSTRATİGRAFİK KARŞILAŞTIRMA ve YAŞ TARTIŞMASI

Türkiye’de Holosen yaşlı tortullarda sınırlı sayıda palinolojik çalışma gerçekleştirilmiştir (örneğin, van Zeist ve Bottema, 1991; Kutluk, 1994; Akgün, 1995; Aksu ve diğ., 1995a; Meriç ve diğ., 2000; Kerey ve diğ., 2004). Bu çalışmalardaki bulgular genel olarak değerlendirildiğinde, dinoflagellat ve sporomorf topluluklarını temel alarak yaş konusunda yaklaşımda bulunmak mümkün olmaktadır. Wall ve Dale (1973) ve Wall ve diğ. (1973), Karadeniz tortullarında iki yeni dinoflagellat türü tanımlamışlardır. Yazarlar, tanımlanan *Tectatodinium psilatatum* ve *Spiniferites cruciformis* formlarının tatlı su veya düşük tuzlulukta ki ortam koşullarında bol olarak gözleendiğini ve bu türlerin Son Buzul–Erken Holosen zaman aralığında (23.000–7.000 yıl arası) Karadeniz dışındaki bölgelerde gözlenmediğini belirtmişlerdir. Ancak 7000 yıldan sonra (7000–3500 yıl arasında) çift yönlü akıntının başlaması sonucunda tuzluluğun artması, tatlı su koşullarında gözlenen bu formların yok olmasını ve acı su koşullarında gelişen *Lingulodinium machaerophorum* ve *Cymatiosphaera globulosa* formlarının çoğalmasına neden olduğu belirlenmiştir.

Yaklaşık 8.000 yıl önce (Erken Holosen) Abant, Yaniçağ ve Ladik çevresinde soğuk iklim koşullarında gelişebilen, yaprak dökken ve her zaman yeşil iğne yapraklı karışık orman topluluğu ve konifer ormanlarından (*Abies*, *Pinus*, *Fagus*, *Quercus*, *Juniperus*) oluştuğu belirtilmektedir. Daha düşük topoğrafyalı alanlarda ise *Fagus*, *Corylus*, *Carpinus*, *Ostrya*, *Castane* ve *Quercus*’un oluşturduğu yamaç ormanlarının varlığından söz edilmektedir (van

Zeist ve Bottema, 1988, 1991; Atalay, 1992; Meriç ve diğ., 2000). 6000 yıl önce ise serin iklim koşullarını karakterize eden ve yaprak dökken ormanların (yüksek kesimlerde *Quercus*, *Juniperus*, *Pinus* ve yamaçlarda *Fagus*, *Corylus*, *Carpinus*, *Ostrya*, *Castanea*, *Quercus*) yaygınlaştığı belirtilmiştir. İklimsel değişimlere bağlı olarak, Erken Holosen’de *Betula* ve *Pinus* taksonlarının bolluğunu yerini, Orta Holosen’de *Quercus*, *Alnus*, *Ulmus*, *Tilia* taksonlarının bolluğuna bırakmaktadır. Orta Holosen’de geniş yayılım gösterdiği belirtilen bu bitki topluluğunun oluşumu, Holosen’in en ılık bölümünde gözlenen iklimsel optimum döneminde (7.000–4.000 yıl arası) geliştiği belirtilmektedir (Erol, 1979; Traverse, 1988). Serin ve nemli iklim koşullarında yetişebilen *Abies*, Orta Holosen’de bol olarak varlığı gözlenirken, Geç Holosen’de nemin azalması ve sıcaklığın artmasının sonucunda *Pinus*’ların yaygınlaştığından söz edilmektedir (van Zeist ve Bottema, 1991; Kutluk, 1994).

Meriç ve diğ., (2000) Anadolu Hisarı Küçüksu kasrı çevresinde gerçekleştirdikleri biostratigrafik çalışmada, palinolojik bulgular yardımıyla Holosen döneminde Anadolu Hisarı çevresindeki bitki örtüsü ve iklim koşullarını belirlemeye çalışmışlardır. Ayrıca palinomorf topluluklarını temel alarak, Anadolu Hisarı tortullarının çökme yaşı hakkında yaklaşımda bulunmuşlardır. Yazarlar, Anadolu Hisarı’ndan derledikleri örneklerde *Lingulodinium machaerophorum*’u bol ve *Cymatiosphaera* sp. nadiren tanımlamışlar ve örneklerin derlendiği tortul istifin 7.500–3.500 yılları arasındaki Mesoholosen döneminde kıyı yakınında acı su koşullarında oluştuğunu belirtmişlerdir. Çalışmada tanımlanan polen ve sporlar, Anadolu

Hisarı'nın 5.000–4.000 yıl önce nemli serin iklim koşullarında *Pinus*, *Podocarpus*, Juglandaceae, *Ostrya*, *Carpinus*, *Corylus*, *Carya*, *Tilia*, *Alnus*, *Ulmus*, *Quercus*, *Fagus*, *Castanea*, Oleaceae'den oluşan ormanın örtüsüyle kaplı olduğunu ve bu bitki topluluğuna Taxodiaceae, Cupressaceae, *Liquidambar*, Myricaceae, Myrtaceae, *Engelhardia*, Cyrillaceae, Gramineae, Chenopodiaceae, Compositae, Ericaceae, Umbelliferae'nin eşlik ettiğini belirlemiştir. Tanımlanmış bitki örtüsünün, çevrede yüksek palaeotopoğrafik alanları kapladığını ve otlarla kaplı açık alanların az olduğuna işaret ettiği tanımlanmıştır.

Adapazarı çevresinde yapılmış olan sondajlara ait palinolojik bulgular Kerey ve diğ., (2004) tarafından elde edilmiştir. Adapazarı bölgesine ait palinomorf topluluğunda, *Pinus*, *Fagus*, *Quercus*, *Alnus*, *Carpinus* çok bol, *Corylus*, *Juglans*, *Ulmus*, Chenopodiaceae, Compositae (=Asteraceae ve Cichorioceae) ve Gramineae (=Poaceae) az bol olarak tanımlanmıştır. Adapazarı örneklerinde denizel dinoflagelat formlarının gözlenmediği belirtilmiştir. Yazarlar, Erken–Orta Holosen çökellerinde gerçekleştirdikleri çalışmada, sucül polenlerin Cyperaceae, Sparganiaceae, Polypodiaceae ve otsul formlardan Chenopodiaceae ve Compositae'nin yüzde bolluklarında zaman zaman artış gözlenmesinin, çalışma alanında yersel sığ göl bataklığının varlığı şeklinde yorumlanmıştır. Ayrıca, egemen olarak belirlenen gymnosperm ve angiosperm polenlerden *Pinus*, *Abies*, *Fagus*, *Quercus*, *Alnus*, *Carpinus*, *Corylus*, *Juglans*, *Ulmus*, Myricaceae ve *Tilia* varlığı çevrede yüksek palaeotopoğrafyalı alanların varlığına işaret edebileceği belirtilmiştir. Çalışmada, bu bitki örtüsünün Erken Holosen'de az nemli soğuk, Orta Holosen'de nemli nispeten serin iklim

koşulları altında geliştiği belirtilmiştir. Ayrıca, Orta Holosen'de gözlenen iklim koşullarına bağlı olarak *Liquidambar* ve *Castanea*'lerin geliştiği belirtilmiştir. *Abies*'in Orta Holosen'de gözlenen serin iklim koşullarına bağlı olarak yayılım gösterdiği, Geç Holosen'de (4.000 yıl önce) ise nemin azalması ve sıcaklığın artışına bağlı olarak yerini *Pinus*'lara bıraktığı açıklanmıştır. Adapazarı–Evrenköy örneklerinde, *Pseudoschizaea* formları tanımlanmıştır ve bu formun tatlı su algal kisti olduğu, yarı tropikal (subtropikal) sığ bataklık ortamlarında çoğaldığı belirtilmiştir (Kerey ve diğ., 2004).

Akgün (1995) İzmit Körfezi dip tortullarından sondaj boyunca derlediği örneklerle ait palinoflorayı tanımlamıştır. Palinolojik verilere bağlı olarak 1.000.000 yıl ile 6.000 yıl arasında palaeovejetasyonun İzmit Körfezi ve çevresinde değişmediğini konifer ve meşe ormalarının (*Pinus*, *Quercus* ve *Abies*) yayılım gösterdiğini vurgulamıştır. Yazar, İzmit Körfezi genç tortullarında Plüviyal devrin iklim koşullarının (nemli–serin) altında geliştiğini ve denizel etkinin sonucunda bu iklim koşullarının etkisinin uzun bir süre değişmeden kaldığını belirtmiştir.

Van Zeist ve Bottema (1998) palinolojik bulgulara dayalı olarak Güneybatı Asya'nın Kuvaterner dönemine ait palaeovejetasyon haritalarını oluşturmuştur. Türkiye'nin büyük bir bölümünün de yer aldığı bu çalışmada, 50–14 bin yıllık dönem içinde soğuk ve kurak iklim koşullarını varlığını ve step palaeovejetasyonun geliştiğini, 14–10 bin yıllık dönem içinde kurakçılığının koruyan orman ve step palaeovejetasyonuna dönüştüğünü ve 8.000–4.000 yıl öncesinde ise nemin artışına bağlı olarak ormanlık alanların genişlediğini ve günümüzdeki orman step dağılımına ulaştığı

belitilmiştir. Bu çalışmada ayrıca, Abant Gölü çevresinde, günümüzden 10.320 yıl kadar önce, son buzulaşma öncesinde gelişen otsul formlardan *Artemisia* ve Compositae ve ova ve yamaç alanlarını kaplayan bitkilerin (*Pinus*, *Cedrus*, *Juniperus*, *Betula*) yerini *Abies*, *Carpinus*, *Quercus* ve *Betula*'ya bıraktığı açıklanmıştır. Yazarlar, İç anadolu'da kıyı bölgelere doğru step vejetasyonun ormanlık alanlara değişim gösterdiğini belirtmişlerdir.

Tüm bu palinolojik bulgular göz önünde bulundurulduğunda, Gülbahçe Körfezi genç tortullarında;

1. *Pinus* ve *Quercus* formlarının yüksek yüzdeli, *Abies* formlarının nadiren palinospektra içinde yer alması,
2. *Tectatodinium psilatatum* ve *Spiniferites cruciformis* formlarının gözlenmemesi ancak, *Lingulodinium machaerophorum* ve *Cymatiosphaera globulosa* formlarının düşük yüzdeli veya nadir varlıkları,
3. Otsul angiosperm formlarının çeşitli ancak düşük yüzdeli olarak palinospektra içinde yer almaları temel alınarak, tortul istifin Geç Holosen döneminde çökeldiğini düşündürmektedir.

PALAEOVEJETASYON ve PALAEOİKLİM

Örneklerin derlendiği düzeylerin oluşumu sırasında Gülbahçe Körfezi ve çevresine ait ortam ve vejetasyonun belirlenebilmesi için polenlere dayalı olarak ayırtılan bitki taksası ve palinomorlar yaşam ortamları açısından incelenmiştir. Taksonların ortamsal koşullara bağlı özellikleri aşağıda verilmiştir.

Bataklık Ormanı: Taxodiaceae, Cyrillaceae, Schizaceae, Osmundaceae, *Nyssa* ve Myricaceae.

Karışık Mezofitik Orman (iğne apraklı ve her daim yeşil karışık orman): *Pinus haploxyylon tip*, *Pinus diploxyylon tip*, *Abies*, *Cathaya*, *Podocarpus*, *Cedrus*, *Quercus*, Fagaceae, *Ulmus*, *Zelkova*, Sapotaceae, *Alnus*, *Tilia*, Oleaceae, *Carpinus*, *Ostrya*, *Salix* ve *Castanea*.

Otsul ve Çalılık Karasal Alanlar (Zemini kuru açık alanlar): Chenopodiaceae, Asteraceae, Cichorioideae, Umbelliferae, *Artemisia*, Asophadelaceae, Poaceae ve Geraniaceae.

Orman altı Örtüsü (Eğreltiler): Polypodiaceae.

Denizel Formlar: *Lingulodinium machaerophorum*, *Cymatiosphaera globulosa*, *Spiniferites ramosus*, *Spiniferites* spp. Mikroforaminiferal astar, sucul fungal spor (Ingoldian tip) ve Pseudoschizaea.

Gülbahçe Körfezi çevresine ait Geç Holosen dönemine ait ortamlar karasal ve denizel ortam için ayrı bölümler halinde açıklanmıştır.

Gülbahçe Körfezinde Karasal Ortam: Otsul formların hemen her karotta notalarına ait örneklerde gözlenmesi, Gülbahçe Körfezi çevresinde otsul alanların varlığını düşündürmektedir. Egemen olarak *Pinus*, *Quercus*, Fagaceae, Oleaceae ve *Castanea* oluşan konifer ve angiosperm ormanı ile örtülü orta yükseklikte paleotopoğrafik alanların varlığı söylenebilir. Ayrıca, orman altı bitki örtüsü oldukça az yaygındır. Bataklık ortamını tanımlayan formların düşük yüzdeli varlığı ve bu formlara otsul alan formlarının eşlik etmesi, Gülbahçe Körfezi çevresinde yersel bataklık alanların zaman zaman yerini kurak alanlara bıraktığını düşündürmektedir. *Nyssa* ve Pseudoschizaea tatlı su formlarının ve denizel ortamı yansıtan dinoflagellat formlarının bir

arada varlıkları, körfez çevresinde gözlenen bataklık ortamının iklimsel koşullara bağlı olarak tatlı su ile beslendiği şeklinde yorumlanabilir.

Gülbahçe Körfezinde Denizel Ortam: Körfez tortullarından derlenen hemen her örnekte denizel dinoflagellat formlarının seyrekde olsa varlığı (*Spiniferites* spp. *Lingulodinium machaerophorum*, *Cymatiosphaera globulosa*, *Spiniferites ramosus*), Mikroforaminiferal astar, sucul fungal spor (Ingoldian tip) ve *Pseudoschizacaea* gözlenmesi, örneklerin derlendiği tortul istifin oluşumu sırasında sıcak su koşullarının varlığını göstermektedir (Meriç ve diğ., 2000). Özellikle mikroforaminifer astar ve *Pseudoschizacaea* gözlenmesi körfez içinde Geç Holosen zamanında sıcak su koşullarının varlığını güçlendirmektedir. Ayrıca, günümüzde körfez tabanında oluşan yükseltilerden belirlenen, sıcak sığ su koşullarında çoğalan ve geniş yayılım gösterdiği belirtilen *Cladocora caespitosa* mercan formunun tanımlanması, Geç Holosen döneminden günümüze kadar ortamda sıcak su etkisinin sürekliliği şeklinde yorumlanabilir. Mikroforaminifer astar formunun örneklerde yüksek yüzdeli olarak tanımlanması ve birçok palinomorfta gözlenen demir oksit oluşumu. Gülbahçe Körfezi suyu içindeki mineral yoğunlaşmasının termal aktivite sonucunda geliştiği söylenebilir.

Körfez tortullarından tanımlanan palinomorf toplulukları temel alınarak, karasal ortamda, egemen olarak *Quercus* ve *Pinus*' tan oluşan orman alanlarının varlığı ve bu orman alanlarında *Abies*'in nadiren gözlenmesi, Geç Holosen sıcaklık artışı ile ilişkilendirilebilir. Körfez totullarından tanımlanan palinofloraya ait sayısal ısı değerleri sırasıyla; yıllık ortalama ısı değeri (MAT)= 23 Taxa [17.0°C (*Cathaya*)–18.4°C

(*Pinus sylvestris*); en soğuk ayın yıllık ortalama ısısı (CMT)= 23 Taxa [6.2°C (*Cathaya*)–12.5°C (*Pinus sylvestris*; en sıcak ayın yıllık ortalama ısısı (WMT)= 17 Taxa [26.5°C (*Cathaya*), 27.9 °C (*Pinus sylvestris*); Yıllık ortalama yağış miktarı (MAP)= 17 Taxa [1146 mm (*Cathaya*), 1281 mm (*Taxodium*)] olarak hesaplanmıştır. MAT değerinin ortalama 17.7°C ve CMT değerinin ortalama 9.35 °C olması, palinofloraya bağlı olarak tanımlanan sıcaklık artışını desteklemektedir. MAP değerlerinin yüksek olması, geç Holosen'de gözlenen denizel etkinin nemli iklim koşullarının gelişmesine neden olduğu şeklinde yorumlanabilir.

Diğer Holosen yaşlı genç tortullardan tanımlanan palinofloralar “Coexistence approach” analizinde değerlendirilmiş ve ısı değerleri aşağıda verilmiştir.

Adapazarı

Yıllık ortalama ısı değeri = 17 Taxa [10.0°C (*Olea* sp.)–20.8°C (*Tilia* sp.)]

En soğuk ayın yıllık ortalama ısısı = 17 Taxa [–2.7°C (*Taxodiaceae*)–13.3°C (*Tilia* sp.)]

En sıcak ayın yıllık ortalama ısısı = 17 Taxa [21.6°C (*Castanea* sp.)–28.1°C (*Tilia* sp.)]

Yıllık ortalama yağış miktarı = 17 Taxa [735 mm (*Carpinus*)–1355 mm (*Carpinus*)]

Anadolu Hisarı

Yıllık ortalama ısı değeri = 19 Taxa [15.6°C (*Engelhardtia* sp.)–20.8°C (*Tilia* sp.)]

En soğuk ayın yıllık ortalama ısısı = 19 Taxa [5.0°C (*Engelhardtia* sp.)–13.3°C (*Tilia* sp.)]

En sıcak ayın yıllık ortalama ısısı = 19 Taxa [24.7°C (*Engelhardtia* sp.)–28.1°C (*Tilia* sp.)]

Yıllık ortalama yağış miktarı = 19 Taxa [1122 mm (*Lygodium* sp.)–1281mm (*Taxodium*)]

İzmit Körfezi

Yıllık ortalama ısı değeri = 24 Taxa [15.6°C (*Engelhardtia* sp.)–20.8 °C (*Tilia* sp.)]

En soğuk ayın yıllık ortalama ısı = 24 Taxa [5.0 °C (*Engelhardtia* sp.)–13.3 °C (*Tilia* sp.)]

En sıcak ayın yıllık ortalama ısı = 24 Taxa [25.4 °C (*Gleichenia* sp.)–28.1 °C (*Tilia* sp.)]

Yıllık ortalama yağış miktarı = 24 Taxa [1183 mm (*Gleichenia* sp.)–1281mm (*Taxodium*)]

Bu bölgelere ait ısı değerleri ile Gölbahçe Körfezinden hesaplanan ısı değerleri karşılaştırıldığında, Adapazarı bölgesinde, Gölbahçe Körfezi çevresine göre daha serin ve kurak iklim koşullarının geliştiği söylenebilir. Sayısal iklim değerleri, Anadolu Hisarı ve İzmit Körfezi bölgelerindeki iklim koşullarının Gölbahçe Körfezi ve çevresinin iklim koşullarına benzer olduğu şeklinde yorumlanabilir. Her üç bölgenin denizel etkiye açık olması, benzer iklimsel koşullardan etkilenerek, benzer vejetasyonların gelişimi desteklenmiş olmalıdır.

SONUÇLAR

Gölbahçe Körfezi içindeki termal sıcak su kaynaklarının varlığının sorgulanması amacıyla gerçekleştirilen yüksek ayrımlı sığ sismik çalışma (3.5 kHz) ile palinolojik çalışmaların değerlendirilmesi sonucunda aşağıdaki bulgular elde edilmiştir.

- Sismik kesitlerde iki stratigrafik birim tespit edilmiştir. Bu birimler A birimi ve B birimi olarak gösterilmiştir. A birimi, birbirine paralel ince tabakalanma göstermekte olup akustik özelliğe bağlı olarak A1 ve A2 alt birimlerine ayrılmaktadır. En geç birim olan

A1 birimi sürekli yansıma yüzeyi ile zayıf düzenli bir yansıtıcı pakettir. A1 birimi körfezin orta kesimlerinde yaklaşık olarak 4-5 m kalınlıkta olup körfezin kıyı kesimlerine doğru 0.5-1 m kalınlığa kadar incelmektedir. A2 birimi ise düzensiz, girintili çıkıntılı bir yüzeye sahip B biriminden ayrılmaktadır. Ondülasyonlu bir görünüm veren akustik temel niteliğindeki B biriminin de bölge jeolojik verilerine dayanarak karstik yapıya sahip kireçtaşlarından oluştuğu düşünülmektedir. Ondülasyonlu üst yüzey yapısının karasal erozyon etkisinde şekillenmiş olduğu sonucuna varılmıştır.

- Yüksek ayrımlı sığ sismik profillerde (3.5 kHz), deniz tabanı üzerinde tespit edilen morfolojik yükseltilerinin, sıcak su koşulları için göstergelerden biri olan “*Cladocora Caespitosa*” mercan türünün deniz tabanı üzerinde birikmesi sonucunda deniz tabanı üzerinde gözlenen bu yükselti yapılarını oluşturduğu düşünülmektedir. Bu yükseltilerin 16 km²’lik bir alanda yayılım gösterdiği, yaklaşık 0.4 ile 7.5 metre yükseklikde ve 1.26 ile 101 metre genişlikde olduğu tespit edilmiştir.
- Günümüzde morfolojik yükseltilerin bulunduğu alanlardan ve bu çalışmada tanımlanan A birimden derlenen ve sıcak su ortamlarında yaygın olarak gözlemlendiği belirtilen mercan formlarının varlığı, Geç Kuvaterner’den günümüze kadar sıcak su koşullarının (termal aktivite) devam ettiğini düşündürmektedir.
- Ortalama 0.96 ile 2.00 m uzunluğundaki örnekleme noktalarından palinolojik amaçlı örnekler derlenmiş ve her karotta yüzey, orta ve taban olmak üzere 3 örnekte çalışılmıştır. Çalışılan toplam 41 örnekten spor, polen,

dinoflagellat, silisli alg ve fungal sporlar tanımlanmıştır. uzunluğundadır

- Palinolojik çalışmalara göre Geç Holosen’de Gülbahçe Körfezi çevresinde orta ve düşük paleotopoğrafyalı alanların ve bu alanların arasında yer yer otsul açık bölgelerin varolabileceği belirlenmiştir.
- Gülbahçe Körfezi’nde Geç Holosen’de sıcak su koşullarının varlığı (termal aktivite), çeşitli denizel dinoflagelat, *Pseudoschizace* ve mikroforaminifer astar formlarının palinospektra içinde varlıkları gözönünde bulundurularak belirlenmiştir.
- Mikroforaminifer astar ve çeşitli palinomorfaların içinde gözlenen demir oksit oluşumları, deniz suyunda mineral yoğunlaşmasının varlığını göstermektedir. Bu mineral yoğunluğunun ise termal aktivite nedeniyle geliştiği düşünülmektedir.
- Gülbahçe Körfezi çevresinde denizel etkiye bağlı olarak nemli ve sıcak iklim koşullarının varlığı gözlenirken, körfez içinde deniz suyu sıcaklık değerinin yüksek olduğu söylenebilir. Bu yüksek deniz suyu sıcaklığının bölgede gözlenen termal aktivite ile ilişkilendirilebileceği düşünülmektedir.
- Derlenen örnekler “Coexistence Approach” analizi yöntem ile değerlendirilmiştir ve Yıllık ortalama ısı değeri (MAT)= 23 Taxa [17.0°C (*Cathaya*)–18.4°C (*Pinus sylvestris*)]; En soğuk ayın yıllık ortalama ısısı (CMT)= 23 Taxa [6.2°C (*Cathaya*)–12.5°C (*Pinus sylvestris*); En sıcak ayın yıllık ortalama ısısı (WMT)= 17 Taxa [26.5°C (*Cathaya*), 27.9 °C (*Pinus sylvestris*)]; Yıllık ortalama yağış miktarı (MAP)= 17 Taxa [

1146 mm (*Cathaya*), 1281 mm (*Taxodium*)] olarak hesaplanmıştır.

KATKI BELİRTME

Bu çalışma, Bade PEKÇETİNÖZ’ün doktora çalışmasının bir bölümünü içermektedir. Hazırlanan palinolojik örnekler, Dokuz Eylül Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği bölümü laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Tilia programına örneklerin aktarılmasında yardımcı olan Sariye Duygu ÜÇBAŞ’a, sismik verilerin toplanmasında yardımlarını esirgemeyen Dr. Cem GÜNAY’a, gravite kor çalışmasında büyük emeği geçen Gamze KORDACI’ya, sismik verilerin yorumlanmasında değerli bilgi ve deneyimlerini esirgemeyen Dr. Muhammed DUMAN’a, deniz çalışmalarında bizlere her konuda yardımcı olan Piri Reis araştırma gemisi ile Dokuz Eylül–1 araştırma gemisinin değerli kaptanlarına ve mürettebatına ve Piri Reis Uluslararası Deniz Araştırma Hizmetleri İnş. San. ve Ltd. Şti’ ye teşekkür ederiz. Makaleye verdikleri görüş ve önerilerden dolayı Dr. Funda AKGÜN, Dr. Doğan YAŞAR ve Türkiye Jeoloji Bülteni editörü Dr. Cemal TUNOĞLU’na teşekkür ederiz.

EXTENDED SUMMARY

To indentify the presence of the thermal hot water sources in Gülbahçe Bay, high resolution seismic and palynological studies were evaluated and the following findings were obtained:

- *High-resolution seismic profiles obtained from Gülbahçe Bay indicate two distinct stratigraphic units. These units are A and B. A unit has parallel and thin layers. It consists of subunits A1 and A2 depending on*

its acoustic features. The youngest unit A1, which overlies A2, is characterized by continuous parallel reflectors. Unit A1 reaches a thickness up to 4-5 m in the middle part of Gülbahçe Bay and becomes thin to 0.5-1 m towards the shoreline of the bay. A2 unit is separated from unit B, which shows discontinuous chaotic and chaotic to chaotic wavy reflectors. According to geological data from the vicinity of Gülbahçe Bay, it is suggested that unit B, with its acoustic basement characteristics, is composed of carstic limestones. It is proposed that this chaotic structure of unit B may have been formed by terrestrial erosion.

- In high-resolution shallow seismic analysis (3.5 kHz), the morphological highs on the sea bottom are suggested to have been formed in the conclusion of a clustering of coral forms, which have been pointed out to be an important indicator for hot water conditions. It was observed that these highs, which cover an area of approximately 16 km², are 0.4-7.5 m long and 1.26-101 m wide.
- The presence of coral forms, which was compiled from morphological highs and the term unit A and is also observed to be common in hot water conditions (thermal activity), suggests that hot water conditions have continued from the late quaternary to the present day.
- The samples were compiled from cores of about 0.96 and 2.00 long for palynological analysis and three samples from each core were studied. Spores, pollen, dinoflagellat cysts, diatoms and fungal spores were defined from the 41 samples collected.

- According to the palynological study, high and low topographic areas and open vegetational regions between these areas surrounding the Gülbahçe Bay during the Late Holocene could be determined.
- The presence of the hot water conditions (hydrothermal activity) in Gülbahçe Bay during the Late Holocene period is defined, based on the existence of various dinoflagellat cysts, Pseudoschizacea and microforaminiferal test in the palynospectra.
- Iron oxide that has formed on the microforaminiferal test and various palynomorphs indicates the mineral concentration of the sea water. This is related to the geothermal activity in Gülbahçe Bay.
- Humid and hot palaeoclimatic conditions are observed in the surroundings of Gülbahçe Bay. When the hot sea water conditions in the bay, are also considered, a geothermal activity can be proffered as an explanation.

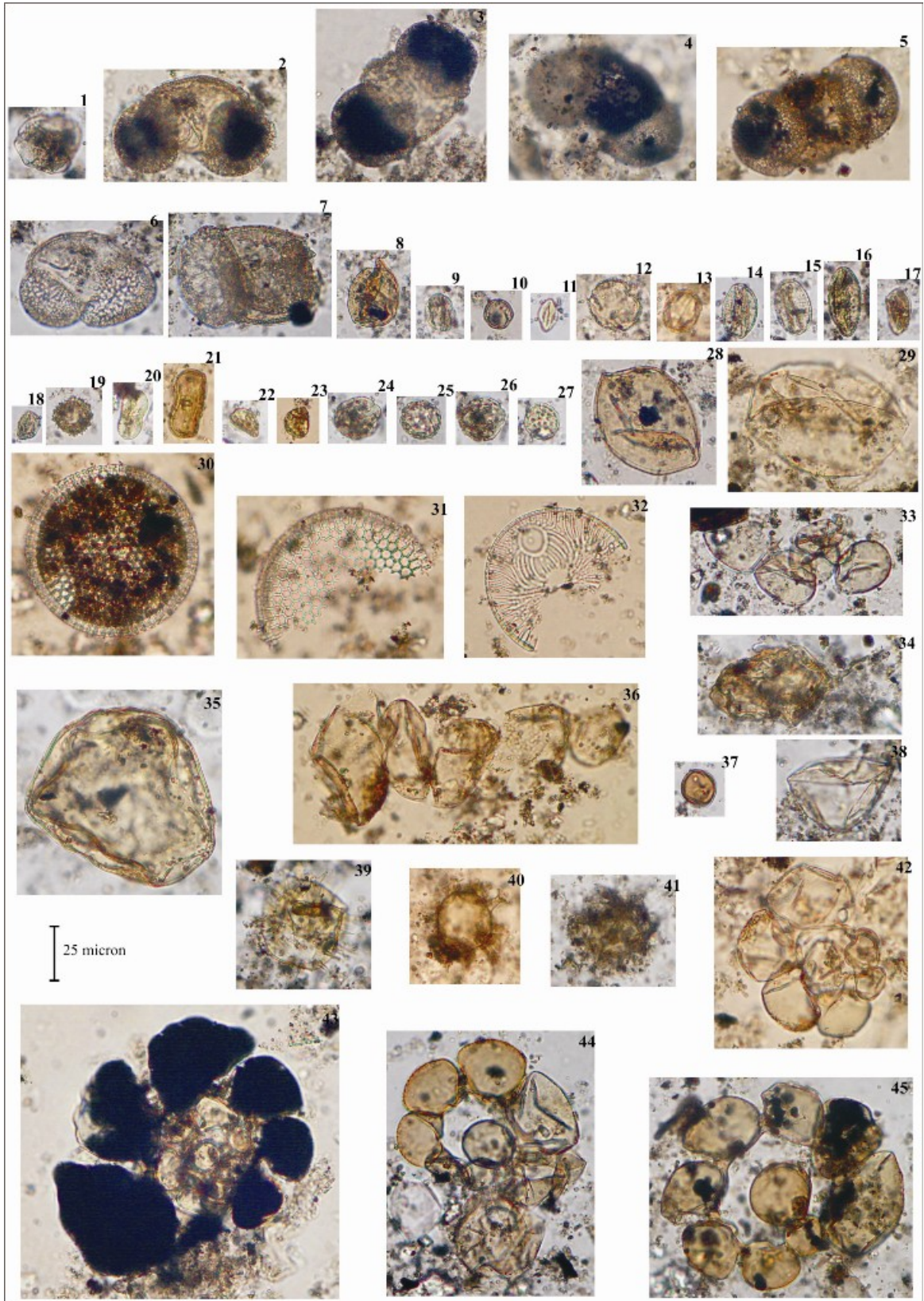
Palynoflora of the Late Holocene was analyzed with the Coexistence Approach analysis method using the CLIMSTAT program. The climatic parameters discussed here are the mean annual temperature (MAT), the mean temperature of the coldest month (CMT), the mean temperature of the warmest month (WMT) and the mean annual precipitation (MAP). The calculations are between 17.0°C (Cathaya)–18.4°C (Pinus sylvestris) for the MAT, 6.2°C (Cathaya)–12.5°C (Pinus sylvestris) for the CMT, 26.5°C (Cathaya), 27.9°C (Pinus sylvestris) for the WMT and 1146 mm (Cathaya), 1281 mm (Taxodium) for the MAP.

LEVHALAR

PLATES

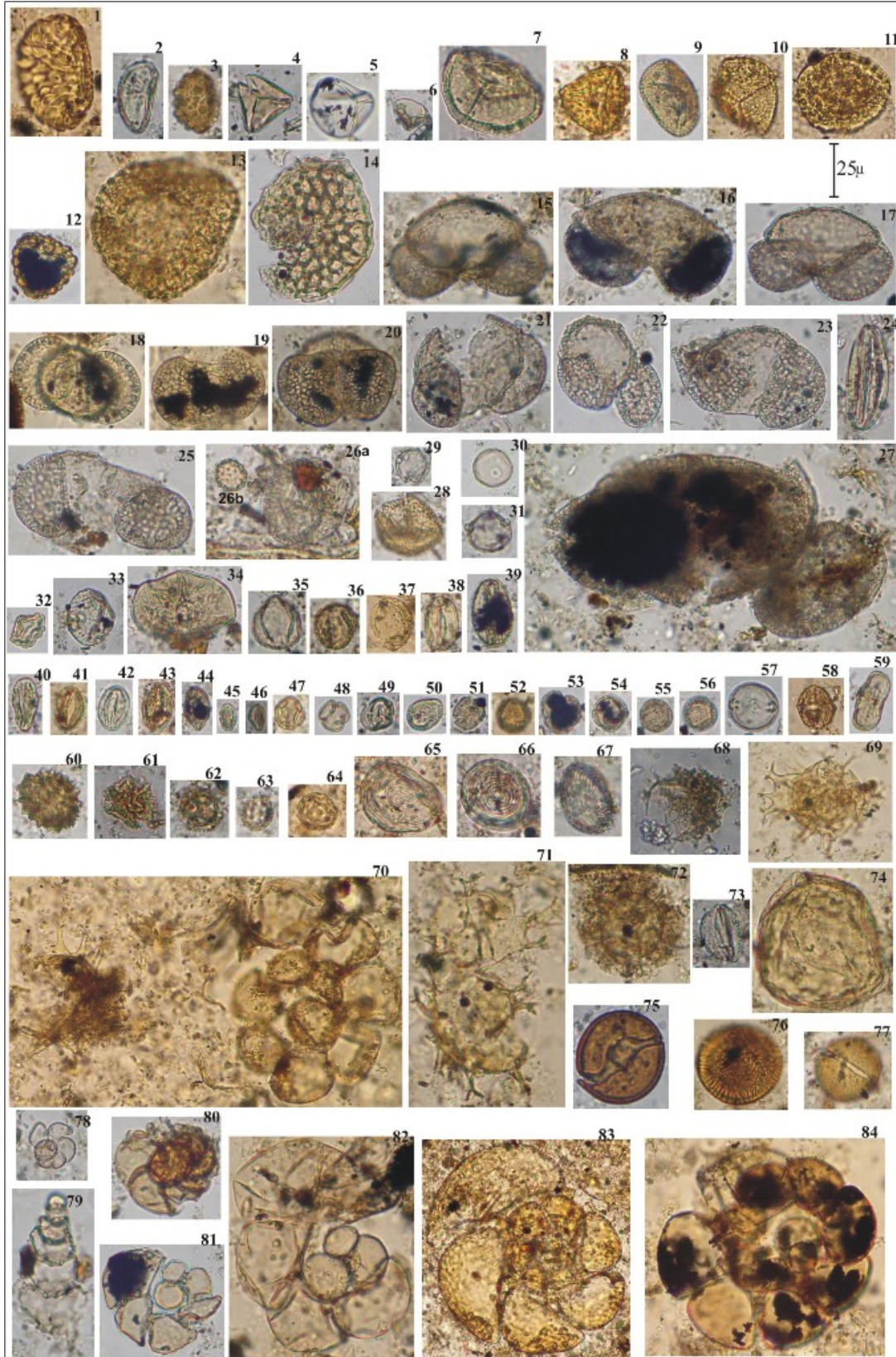
Levha I (Referans Noktası) *Plate I (Reference Point)*

1. Schizaceae
- 2–6. *Pinus diploxylon* tip
7. *Pinus haploxylon* tip
8. Cupressaceae
- 9–16. *Quercus* spp.
- 17,18. *Castanea*
19. Asteraceae
- 20,21. Apiaceae
- 22–27. Chenopodiaceae
- 28,29. Taxodiaceae
- 30,31. *Coscinodiscis nodulifer*
32. *Auliscus punctatus*
- 33,34;36–38 Fungal Spor
35. Tanımlanayan form
39. *Lingulodinium* sp.
- 40,41. *Spiniferites* sp.
- 42–45. Mikroforaminifer astar



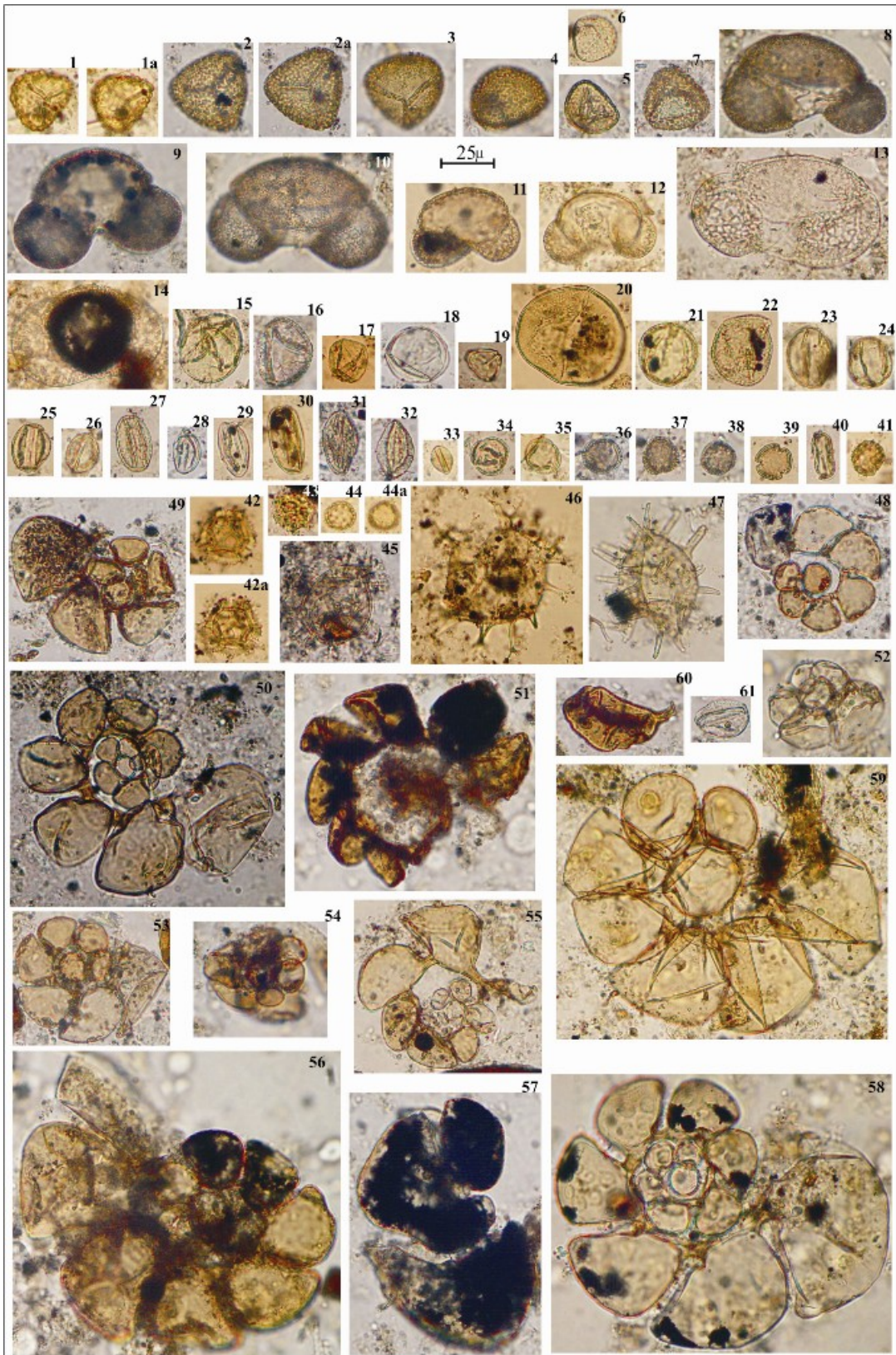
Levha II (1)
Plate II (1)

- 1, 3. Davaliaceae
2, 8, 11, 12. Polypodiaceae
4. Schizaceae
5–7. Sphagnaceae
9,10. *Punctatisporites* spp.
13,14. *Lycopodium* sp.
15–17. *Pinus diploxylon* tip
18, 20–23, 26a. *Pinus haploxylon* tip
19. *Podocarpus* sp.
24. Ephedraceae
28. Cupressaceae
30. Poaceae
31. *Ostrya* sp.
32. *Alnus* sp.
33. *Zelkova* sp.
34. Ashopdelaceae
35–44. *Quercus* spp.
45,46. *Castanea*
47,48. Cyrillaceae
49. *Tricolporopollenites* sp.
50–56. Oleaceae
57,58. *Nyssa* sp.
59. Apiaceae
60. Asteraceae
61,62. Cichorioideae
63, 64, 26b. Chenopodiaceae
65–67. *Pseudoschizaceae*
68. *Lingulodinium* sp.
69. *Spiniferites mirabilis*
70–72. *Spiniferites* sp.
73,74. Tanımlanayan form
75–77. Fungal Spor
78–84. Mikroforaminifer astar



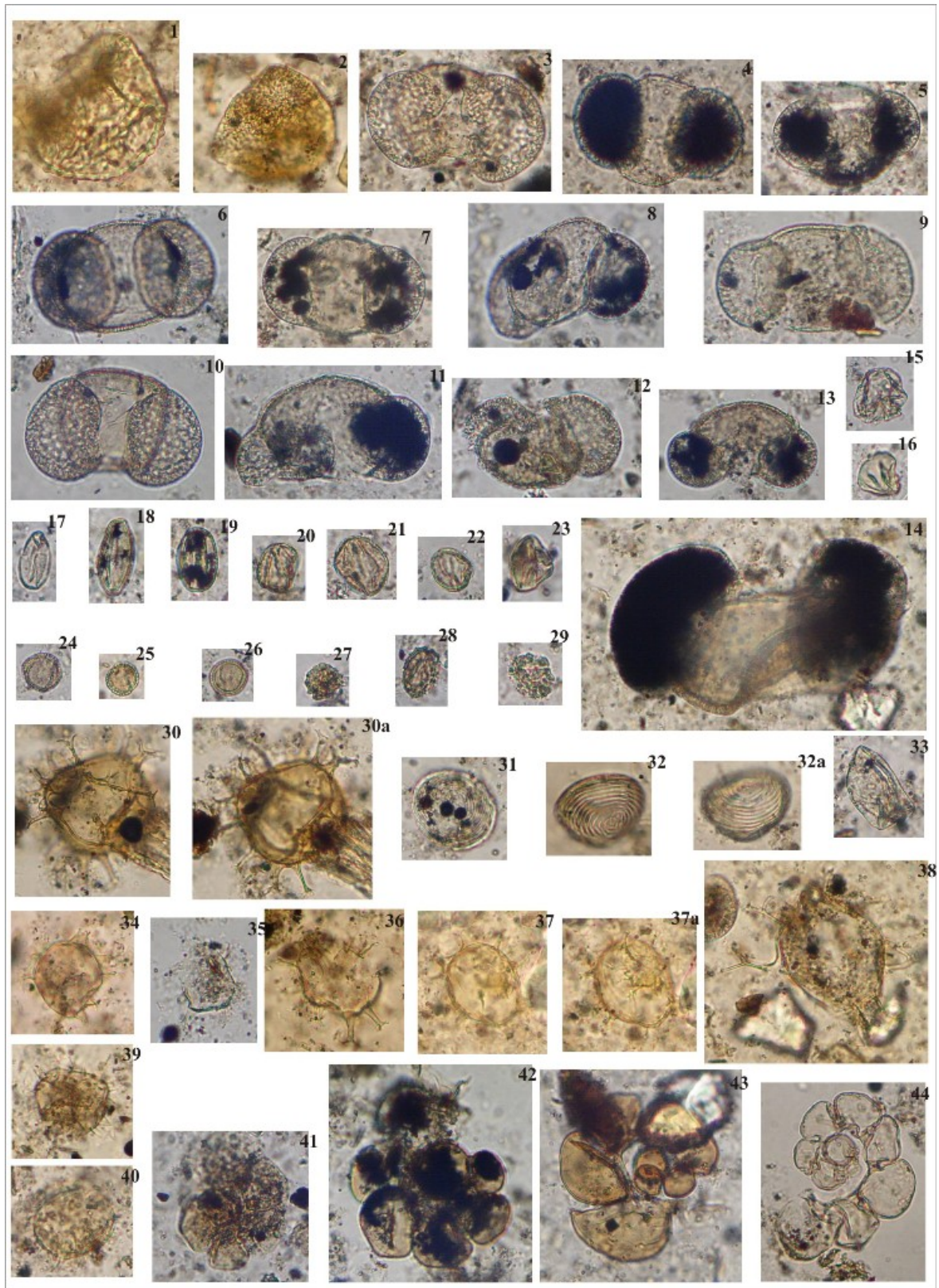
Levha III (C2)
Plate III (C2)

1. Polypodiaceae
- 2-7. *Punctatisporites* spp.
- 8-13. *Pinus diploxylon* tip
14. *Pinus haploxylon* tip
- 15,16. Cupressaceae
- 17,18. Poaceae
19. Myrtaceae
20. Ashopdelaceae
- 21-32. *Quercus* spp.
33. *Tricolpopollenites* sp.
- 34-38. Oleaceae
39. *Artemisia* sp.
40. Apiaceae
41. Asteraceae
- 42,43. Cichorioideae
44. Chenopodiaceae
- 45,47. *Lingulodinium machaerophorum*
46. *Spiniferites* sp.
- 48-59. Mikroforaminifer astar
60. Fungal Spor
61. Tanımlanayan form



Levha IV (C5)
Plate IV (C5)

1. Polypodiaceae
2. Osmudaceae
- 3–12. *Pinus haploxyton* tip
13. *Pinus diploxyton* tip
14. Pinaceae *Abies* sp.
15. Poaceae
16. Myricaceae
- 17–21. *Quercus* spp.
- 22,23. Cyrillaceae
- 24–26. Oleaceae
- 27–29. Asteraceae
- 30, 34–37, 38. *Spiniferites* spp.
- 31,32. *Pseudoschizaceae*
- 39,40. *Lingulodinium* sp.
- 41–44. Mikroforaminifer astar



DEĞİNİLEN BELGELER

- Akgün, F., 1995, İzmit Körfezi (Hersek Burnu – Kaba Burun) Kuvaterner İstifinin Palinolojik İncelemesi. *In: Meriç, E. (ed.), İzmit Körfezi'nin Kuvaterner İstifi.* 179–199.
- Aksu, A.E., Yaşar, D., Mudie, P.J., 1995a. Paleoclimatic and paleoceanographic conditions leading to development of sapropel layer S1 in the Aegean Sea basins. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 116, 71-101.
- Aksu, A.E., Yaltrak, C. ve Hiscott, R.N., 2002. Quaternary paleoclimatic–paleoceanographic and tectonic evolution of the Marmara Sea and environs, *Marine Geology* 190, 9–18
- Atalay, İ., 1992, The Paleogeography of the Near East (From Late Pleistocene to Early Holocene) and Human Impact. Ege Univ. Press, 38 p.
- Bernasconi, M.P., Corselli, C. ve Carobene, L., 1997. A bank of the scleractinian coral *Cladocora caespitosa* in the Pleistocene of the Crati valley (Calabria, Southern Italy): growth versus environmental conditions. *Boll. Soc. Paleontol. Ital.* 36 (1–2), 53–61.
- Canbolat, A., 1986. Seferihisar jeotermal sondajları bitirme raporları (Tuzla 1, G–2A, G–3, G3A, G12A, G17A (in Turkish). *MTA rap.* JI43, İzmir.
- Cihangir, B., 2007. Kişisel Görüşme. D.E.Ü. Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü, İzmir.
- Conrad, M. A., Hipfel, B. ve Satır, M., 1997. Chemical and stable isotopic characteristics of thermal waters from the Çeşme–Seferihisar area, İzmir (W. Turkey). *In: Piksin, Ö., Savaşçın, M. Y., Ergün, M. ve Tarcan, G. (Eds.), Proceedings International Earth Sciences Colloquium on the Aegean Region, 9–14 oct. 1995, vol. 2, pp. 669–679.*
- Dewey, J. F. ve Şengör. A.M.C., 1979. Aegean and surrounding regions: complex multi–plate and continuum tectonics in a convergent zone, *Geol. Soc. America Bull. Part 1.* 90., 84–92 p.
- Erol, O., 1979, Anadolu'da Kuvaterner'de pluvial ve interpluvial koşullar ve özellikle güney ve iç Anadolu'da son buzul çağından bu güne kadar olan çevresel değişimler. *Coğ. Araşt. Derg.*, 9, 5-12.
- Eşder, T., Ölmez, E., Aydın, H. ve Gür, Ş., 1995. Doğanbey Ilicası (Seferihisar–İzmir) jeotermal enerji kuyusunun bitirme raporu (in Turkish). *MTA report* No. JT–134.
- Eşder, T., 1990. The crust structure and convection mechanism of geothermal fluids in Seferihisar geothermal area. *In: Savaşçın, M. Y., Eronat, H. (Eds.) Proceedings International Earth Sciences Congress on Aegean Regions, İzmir, Turkey, vol. 1, pp. 135–147.*
- Eşder, T. ve Şimşek, Ş., 1977. İzmir–Seferihisar alanı Çubukludağ Grabeni ile dolayımın jeolojisi ve jeotermal enerji olanakları.

- MTA yayınlanmamış rapor 5842, Ankara.
- Eşder, T. ve Şimşek, Ş., 1975. Geology of İzmir–Seferihisar geothermal area, Western Anatolia of Turkey, determination of reservoirs by means of gradient drilling. In: *Proc. 2nd UN Symp. on the Development and Use of Geothermal Resources*, San Francisco, CA, pp. 349–360.
- Filiz, Ş., Tarcan, G. ve Gemici, Ü., 1997. Seferihisar (İzmir) jeotermal alanındaki sıcak suların Hidrojeokimyasal incelenmesi (in Turkish). In: *Su ve Çevre Sempozyumu 97*, 2–5 Haziran 1997, İstanbul, pp. 117–128.
- Filiz, Ş. ve Tarcan, G., 1993. Seferihisar (İzmir) jeotermal alanının hidrojeolojisi (in Turkish). *TPJD Bül.* 5/1, pp. 97–112.
- Filiz, Ş., 1982. Ege Bölgesindeki önemli jeotermal alanların ^{18}O , ^2H , ^3H , ^{13}C izotoplarıyla incelenmesi (in Turkish). *Assoc. Prof. Thesis. E.Ü.Y.B.F.*, İzmir.
- Kaya, O., 1979. Ortadoğu Ege çöküntüsünün (Neojen) stratigrafisi ve tektoniği, Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 22, 35–58.
- Kerey, E., Meriç, E., Nazik, A., Tunoğlu, C., Avşar, N., Kapan-Yeşilyurt, S., Akgün, F., Uludağ, M., Agasi, N., Tıraş, M., Çil, E. ve Akkiraz, M.S., 2004, İzmit Körfezinin Doğusu, Adapazarı, Sakarya Deltası ve çevreleri Geç Kuvaterner (Holosen) çökellerinin özellikleri, Yerbilimleri, S. 29, s: 55-76, Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Bülteni, Ankara.
- Koçak, F., 2007. Kişisel Görüşme. D.E.Ü. Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü, İzmir.
- Kutluk, H., 1994, Haliç Holosen polenleri. Doktora Tezi. Ü. Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, 384 s., İstanbul.
- McKenzie, D.P., 1972. Active tectonics of the Mediterranean regions, *Geophys. J. R. Astr. Soc.*, 30, 109–185 p.
- Meriç, E., Kerey, İ. E., Avşar, N., Tunoğlu, C., Taner, G., Kapan-Yeşilyurt, S., Ünsal, İ. ve Rosso, A., 2000, Geç Kuvaterner (Holosen)'de İstanbul Boğazı yolu ile Marmara Denizi-Karadeniz bağlantısı hakkında yeni bulgular. *TJB*, 43(1), 73-118,
- Mosbrugger, V. ve Utescher, T., 1997. The coexistence Approach—a method for quantitative reconstructions of Tertiary terrestrial Palaeoclimate data using the plant fossils. *Palaeogeography Paleoclimatology Paleocology* 134, 61–86.
- Morri, C., Peirano, A. ve Bianchi, C.N., 2001. Is The Mediterranean Coral Cladocora Caespitosa An Indicator Of Climatic Change? *Archo Oceanogr. Limnol.* 22 (2001), 139–144.
- Mudie, P. J., Rochon A., Aksu A.E., Gillespie H., 2004, Late glacial, Holocene and modern dinoflagellate cyst assemblages in the Aegean–Marmara Black Sea corridor: statistical analysis and re–interpretation of the early Holocene Noah 's Flood hypothesis, *Review of Palaeobotany and Palynology* 128, 143–167
- Okay, A .İ., Kaslılar–Özcan, A., İmren, C., Boztepe–Güney, A., Demirbağ, E.,

- Kuşçu, İ., 2000. Active faults and evolving strike-slip basin in the Marmara Sea, Northwest Turkey: a multichannel seismic reflection study. *Tectonophysics*, 321, pp. 189–218.
- Peirano, A., Morrib, C., Bianchia, C.N., Aguirrec, J., Antoniolid, F., Calzettae, G., Carobeneb, L., Mastronuzzif, G. ve Orrù, P., 2004. The Mediterranean coral *Cladocora caespitosa*: a proxy for past climate fluctuations?. *Global and Planetary Change*, p. 195–200.
- Peirano, A., Morri, C., Bianchi, C.N. ve Rodolfo-Metalpa, R., 2001. Biomass, carbonate standing stock and production of the Mediterranean coral *Cladocora caespitosa* (L.). *Facies* 44, 75–80.
- Peirano, A., Morri, C., Mastronuzzi, G. ve Bianchi, C.N., 1998. The coral *Cladocora caespitosa* (Anthozoa, Scleractinia) as a bioherm builder in the Mediterranean Sea. *Mem. Descr. Carta geol. D'Italia*, 52 (1994): 59–74.
- Roberts, N. ve Wright, 1993, Vegetational, lake level and climatic history of the Near East and Southwest Asia. In H. E. Wright, Jr., J. E. Kutzbach, T. Webb III W. F. Ruddiman, F. A. Sreet-Perott, & P. J. Bartlein (eds.), *Global climates since the last glacial maximum*, 53-67. Minneapolis: University of Minnesota Press. (COHAMP volume).
- Şengör, A. M. C., 1976. Collision of irregular continental margins: implications for foreland deformation of Alpine-type orogens. *Geology* 4, 779–782.
- Şimşek, Ş. and Yıldırım, N., 2000. Geothermal Activity at 17 August and 12 November 1999 Eastern Marmara Earthquake Region ,Turkey. *IGA Meeting 6–7 March 2000* p.1–9 Antalya.
- Tarcan, G., 2001. Hydrogeology and Hydrogeochemistry of the Gülbahçe Bay Hydrothermal Karst System, İzmir, Turkey. Proceedings of the 6th International Symposium and Field Seminar on “Present State and Future Trends of Karst Studies”17–26 Sept.2000, Marmaris–Turkey. (eds.) Günay, Ford, Johnson & Johnson, *International Hydrological Programme–UNESCO*, 515–524.
- Tarcan, G., Filiz, Ş. ve Gemici, Ü., 1999. Balçova–Seferihisar (İzmir) jeotermal alanlarında karşılaştırılmalı hidrojeokimyasal incelemeler ve jeotermometre uygulamaları (in Turkish). 1. *Batı Anadolu Hammadde Kaynakları Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, 8–14 Mart, İzmir, pp. 346–358.
- Traverse, A., 1988, *Paleopalynology*. London, Unwin Hyman, 600 p.
- Ünlüoğlu, A., 2007. Kişisel Görüşme. D.E.Ü. Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü, İzmir.
- Wall, D. ve Dale, B., 1973. Palaeosalinity relationships of dinoflagellates in the late Quaternary of the Black Sea - A summary. *Geosciences Man VII*, 95–102.
- Wall, D., Dale, B. ve Harada, K., 1973. Description of new fossil dinoflagellates from the Late Quaternary of the Black Sea. *Micropaleontology* 19(1), 18–31.
- Van Zeist, W. ve Bottema, S., 1988, Late Quaternary vegetational and climatic

- history of southwest Asia. Proc. Indian Nat. Sci. Acad., 84, A, 3, 461-480.
- Van Zeist, W. ve Bottema, S. , 1991, Late Quaternary vegetation of the Near East. Beihefte Zum Tübinger Atlas Des Vorderen Orients, Reihe A (Naturwissenschaften) Nr. 18. Dr. Ludwig Reichert Verlag. Wiesbaden, 156 p.
- Yılmaz, S., 1984. Ege Bölgesi'ndeki bazı sıcak su kaynaklarının hidrojeolojisi ve jeokimyasal incelemeleri (in Turkish). *D.E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, M.Sc. Thesis, İzmir.
- Yılmaz, S., 2001. Kıyı Ege ve İzmir İlin'deki Jeotermal kaynakların değerlendirilmesi (In Turkish). Yer altı Suları ve Çevre Sempozyumu, 21-23 Mart 2001, İzmir, *Bildiriler*, pp. 371-379.
- Zibrowius H., 1980. Les Scléactiniaires de la Méditerranée et de l'Alantique nordoriental. *Mém.Inst.océanogr.*, 11:1-284.
-
- Makale Geliş Tarihi : 08 Temmuz 2009
Kabul Tarihi : 01 Ekim 2009
- Received* : July 08, 2009
Accepted : October 01, 2009

