



DOI: 10.26650/JGEOG2019-0021













COĞRAFYA DERGİSİ
JOURNAL OF GEOGRAPHY
2020, (40)

http://jgeography.istanbul.edu.tr



Akgöl'de (Sakarya) Fosil Polen Analizine Dayalı Paleovejetasyon Araştırmaları: İlk Bulgular

Paleovegetation Researches Based on Fossil Pollen Analysis in Akgöl (Sakarya): Preliminary Results

Nurgül KARLIOĞLU KILIÇ¹ , Rüya YILMAZ DAĞDEVİREN¹ , Dursun ACAR² ,
 Melda KÜÇÜKDEMİRCİ³ , Özlem MAKAROĞLU³ , M. Ömer KARAÖZ⁴ , Damla ŞAHİN ALTUN⁴ ,
 Ahmet TUTAR⁵ , Ayhan HORUZ⁶ , Ali GÜREL⁷ , Zahidul ISLAM⁵ , M. Namık ÇAĞATAY² 

¹İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Orman Fakültesi, Orman Botaniği Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

²İstanbul Teknik Üniversitesi, Doğu Akdeniz Oşinoğrafi ve Limnoloji Merkezi (EMCOL), İstanbul, Türkiye

³İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

⁴İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Orman Fakültesi, Toprak İlimi ve Ekoloji Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

⁵Sakarya Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, Sakarya, Türkiye

⁶Öndokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Samsun, Türkiye

⁷Marmara Ormancılık Araştırma Enstitüsü, İstanbul, Türkiye

ORCID: N.K.K. 0000-0002-6255-6819; R.Y.D. 0000-0003-1209-5257; D.A. 0000-0003-3336-1534; M.K. 0000-0002-2937-1855;

Ö.M. 0000-0001-7629-5747; M.Ö.K. 0000-0001-6292-4119; D.Ş.A. 0000-0003-0464-2361; A.T. 0000-0001-5524-8001; A.H. 0000-0002-8338-3208;

A.G. 0000-0001-5189-7346; Z.I. 0000-0002-6221-0682; M.N.Ç. 0000-0003-4677-3802

ÖZ

Fosil polen analizleri göl çökelleri, turbalıklar, akarsu ve deniz sedimanları, buzullar, linyitler ve taş kömürleri gibi çeşitli ortamlardan elde edilen polenlerin araştırılmasını kapsamaktadır. Kuvaterner dönemine ait palinolojik çalışmaların önemli veri kaynaklarından biri de göllerdir. Araştırma alanı olarak seçilen Akgöl, Sakarya ilinde, Ferizli ilçesinin Gökent mahallesinde bulunmaktadır. Gölün yüzölçümü 3,5 km² ve maksimum derinliği 8 m'dir. Bu çalışmanın amacı: gölün dip sedimanlarında fosil polen analizleri yaparak gölün çevresinde son 1000 yılda meydana gelen vejetasyon değişimlerini ortaya çıkarmaktır. Akgöl'den karot alımında İTÜ EMCOL Araştırma Uygulama Merkezi'nin 4x4 m. platformlu piston karotiyeri kullanılmıştır. İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Orman Fakültesi Orman Botaniği Anabilim Dalında bulunan Palinoloji Laboratuvarı'na getirilen karot üzerinde her 5 cm'de bir 2 cm³ lük sediman örnekleri alınmıştır. Bu örneklerde "klasik yöntem" göre fosil polen analizi yapılmıştır. Hazırlanan polen preparatlarında her bir bitki taksonu için polen yüzdesi değerleri hesaplanmış, odunsu ve otsu taksonlara ait yüzde grafikleri TILIA adlı programda çizilmiştir. Polen diyagramından elde edilen ilk bulgulara göre; Akgöl ve çevresinde son 1000 yılda yaprak döken orman vejetasyonu hâkimdir. Bu doğal orman varlığının içine son yıllarda Gymnospermae taksonlarından sahil çamları da dikim yoluyla getirilmiştir.

Anahtar kelimeler: Akgöl, Polen Analizi, Vejetasyon Değişimi

ABSTRACT

Fossil pollen analyzes include research of pollen grains from various environments such as lake sediments, peatland, river and marine sediments, glaciers, lignite and coal. Lakes are one of the important data sources for Quaternary palynological studies. Akgöl, which is selected as a research area, is located in

Başvuru/Submitted: 16.07.2019 • **Revizyon Talebi/Revision Requested:** 19.07.2019 • **Son Revizyon/Last Revision Received:** 27.11.2019

• **Kabul/Accepted:** 05.02.2020 • **Online Yayın/Published Online:** 24.06.2020

Sorumlu yazar/Corresponding author: Nurgül KARLIOĞLU KILIÇ / nurgulk@istanbul.edu.tr

Atıf/Citation: Karlioglu Kilic, N., Yilmaz Dagdeviren, R., Acar, D., Kucukdemirci, M., Makaroglu, Ö., Karaoz, M. Ö., ... Çagatay, M. N. (2020). Akgöl'de (Sakarya) fosil polen analizine dayalı paleovejetasyon araştırmaları: İlk bulgular. *Coğrafya Dergisi*, 40, 219-230. <https://doi.org/10.26650/JGEOG2019-0021>



Gölkent district of the Ferizli township in the provincial city of Sakarya. Its surface area is 3.5 km² and its maximum depth is 8 meters. The aim of this study was to investigate vegetation changes around Akgöl in the last 1000 years using fossil pollen analysis in the bottom sediments of the lake. The Piston corer of ITU EMCOL Research Centre was used for recovering sediment cores from Akgöl. Sediment samples of 2 cm³ were collected every 5 centimeters on one of the cores at the Palynology Laboratory of IUC. Fossil pollen analysis was performed according to the "classical method". The pollen percentage values were calculated for each plant taxa and relative abundance graphs were plotted in the TILIA program. According to preliminary results of the pollen diagram; deciduous forest vegetation has been predominant in the last 1000 years around Akgöl. Maritime pine was introduced into this natural forest by plantation in the recent years.

Keywords: Akgöl, Pollen Analysis, Vegetation Change

EXTENDED ABSTRACT

Many research methods are used to determine Quaternary environmental changes. Fossil pollen analysis is one of the most frequently used research methods applied in illuminating past environmental conditions in multidisciplinary studies. With pollen diagrams obtained by this method, the changes in plant assemblages related to climate change and human impact on vegetation structure were determined in detail.

Lakes are one of the important data sources of Quaternary palynological studies. Akgöl, which was selected as a research area, is located in Gölkent district of the Ferizli township in the Sakarya provincial city. The lake is 39 kilometers from Sakarya city center and 13 kilometers from Ferizli town center. Its surface area is 3.5 km² and its maximum depth is 8 meters. The average height above sea level is 60 meters. Akgöl, which is located at the crossing point of the Marmara and West Black Sea regions, is under the influence of the West Black Sea climate. Summers are hot and winters are rainy (Yiğit, 2009). *Fagus orientalis*, *Quercus petraea*, *Quercus cerris*, *Corylus avellana*, *Fraxinus angustifolia*, *Alnus glutinosa* and *Carpinus orientalis* are in the vicinity of the lake. The aim of this study was to investigate changes in the vegetation around the lake in the last 1000 years by fossil pollen analysis in the bottom sediments of the lake.

For recovering sediment cores from Akgöl, a piston corer of İTÜ EMCOL Core Analysis Laboratory was used over a 4 x 4-meter platform. Core AG-22, selected for palynological studies, was brought to the Palynology Laboratory of the Forest Botany Department of Faculty of Forestry, Istanbul University- Cerrahpaşa for fossil pollen analysis. The base of the 1.21-meter long core dates back to 1000 calibrated years BP according to AMS radiocarbon analysis. The core was sampled for fossil pollen analysis according to the classical method, and sediment samples of 2 cm³ every 5 centimeters were collected. Before starting the analysis, one *Lycopodium* spore tablet was added for each sediment sample. Counting and identification of pollen grains and *Lycopodium* spores in the pollen preparations were performed on a computer-assisted Leica DM750 light microscope using x40, x100 immersion objective and 10x ocular. Pollen atlases were used together with reference pollen preparations in the Palynology Laboratory for pollen identification. At least 50 *Lycopodium* spores and 250 pollen grains were counted in the preparation of each sample. The pollen diagram was drawn in the program TILIA.

The pollen grains of arboreal and herbaceous plants belonging to the genus/family of two Gymnospermae and 22 Angiospermae were identified in the Akgöl core. Pollen belonging to *Pinus* sp. and Cupressaceae family were found in Gymnospermae. *Alnus* (alder) sp., *Betula* (birch) sp., *Carpinus* (hornbeam) sp., *Castanea* (chestnut) sp., *Corylus* (nut) sp., Ericaceae, *Fagus* (beech) sp., *Fraxinus* (ash) sp., *Juglans* (walnut) sp., *Quercus cerris* type (deciduous oak), *Salix* (willow) sp., *Tilia* (linden) sp. and *Ulmus* (elm) sp. pollens were detected in Angiospermae arboreal plant genus and families (AP). Angiospermae herbaceous plant pollen grains belonging to Apiaceae, Asteraceae, Caryophyllaceae, Chenopodiaceae and Poaceae families and *Artemisia* sp., *Ambrosia* sp., *Plantago* sp. and *Euphorbia* sp. were also identified. According to the pollen percentage data of arboreal and herbaceous plants, the pollen diagram was divided into two zones (LPAZ-01 and LPAZ-02).

Arboreal plant species are dominant in both zones. Although the percentage of pollen of *Pinus* was quite low, it showed an increase to the present day in the LPAZ-01 zone of the pollen diagram. However, the percentage of pollen of *Fagus*, *Ulmus* and *Carpinus*, one of the important arboreal plant taxa, tended to decrease and the percentage of pollen of *Quercus* increased upwards. The pollen percentage of the herbaceous plant taxa such as *Ambrosia* sp. and Poaceae showed an increase to the present day.

At the top level of the pollen diagram of the Akgöl core, the reason for the increase in the pollen percentage of *Pinus*, in particular, was the increase in *Pinus pinaster* in and around the lake. The percentage of pollen of the herbaceous taxa belonging to Poaceae, Chenopodiaceae and *Ambrosia* sp. was high in the upper part of the pollen diagram. The high percentage of pollen of *Ambrosia* from herbaceous taxa was due to the fact that it is an invasive plant. There are three species of *Ambrosia* in our country: *Ambrosia maritima*, *Ambrosia tenuifolia* and *Ambrosia artemisiifolia* (Kupicha, 1975; Byfield and Baytop, 1998; Behçet, 2004). *Ambrosia artemisiifolia* was first recorded on the side of the road in Trabzon in 1997 (Byfield and Baytop, 1998), and other records of this species from the Black Sea region have also been identified (Önen et al., 2014; Serbes et al., 2008; Aksoy et al., 2010; Aslan et al., 2013). High seed yield, high germination percentage of seeds, long-term seed viability, contamination with agricultural seeds due to small seeds, strong root system, resistance to floods, high tolerance to temperature, soil moisture and light are the invasive characteristics of this species (Kazinczi et al., 2008a; 2008b; 2008c; Buttenschon and Bohren, 2010; Dickerson and Sweet, 1971; Basset and Crompton, 1975; Fumanal et al., 2007).

According to data obtained from the fossil pollen diagram; deciduous forest vegetation was predominant in the last 1000 years around Akgöl. Maritime pine (*Pinus pinaster*) from Gymnospermae taxa was introduced by plantation into this natural forest in recent years.

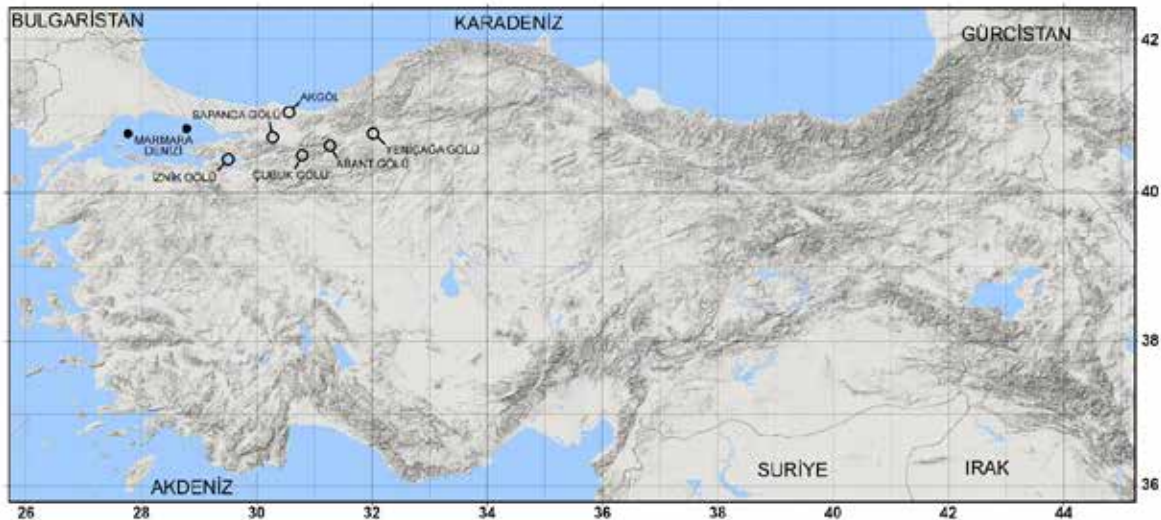
1. GİRİŞ

Kuvaterner çalışmalarında ortamsal değişimleri belirlemek için pek çok araştırma yöntemine başvurulmaktadır. Çok disiplinli çalışmalarda geçmiş dönem ortam koşullarının aydınlatılmasında uygulanan ve sıklıkla kullanılan önemli araştırma yöntemlerinden biri de fosil polen analizleridir. Bu yöntemle elde edilen polen diyagramları ile Holosen'deki iklim değişimleriyle birlikte bitki kompozisyonunda görülen değişimler, tarımsal faaliyetlerin yayılması ve vejetasyon yapısı üzerindeki insan etkisi ayrıntılı olarak belirlenmektedir (Bradley, 1999; Wilmschurst ve McGlone, 2005; Wirtz vd., 2010; Roberts, 2014).

Polenlerin sayılarının fazlalığı, ekzinlerinin (zarlarının) çok dayanıklı olması nedeniyle hava olmayan ortamlarda milyonlarca yıl özelliklerini yitirmeden kalabilmeleri, her bitki cins veya türüne özgü karakteristik morfolojik özelliklere sahip olmaları ve dağıldığı zamana ait doğal vejetasyonu yansıtmalarını içeren dört temel özellik, polen analizleriyle geçmiş dönemlerin vejetasyon yapısı ile iklimi hakkında bilgi sahibi olmamıza ve paleoiklimsel saptamalar yapmamıza olanak sağlamaktadır (Akyol, 1964; Aytuğ vd., 1971; Bradley, 1999).

Fosil polen analizleri göl çökelleri, turbalıklar, akarsu ve deniz sedimanları, buzullar, linyitler ve taş kömürleri gibi çeşitli ortamlardan elde edilen polenlerin araştırılmasını kapsamaktadır. Kuvaterner dönemine ait palinolojik çalışmaların önemli veri kaynaklarından olan göller, kapalı bir sistem olmaları nedeniyle hem lokal ve hem de global iklim değişimlerini daha hassas yansıtmaktadır. Anadolu'daki bitki örtüsünün gelişim ve

değişimini araştıran ilk polen analiz çalışmaları Aytuğ tarafından Konya-Süberde (Aytuğ, 1967a) ve Beug tarafından Abant ve Yeniçağa göllerinde gerçekleştirilmiştir (Beug, 1967). Bu çalışmaların ardından Anadolu'nun çeşitli bölgelerinde van Zeist ve Bottema'nın yaptığı çalışmalarla polen analizlerinin sayısı artmaya devam etmiştir (Bottema vd., 1986; Bottema ve Woldring, 1990). Yürütülen araştırmaların büyük çoğunluğu Anadolu'daki farklı göl (Söğüt gölü, Gölhisar gölü, Van gölü, Nar gölü) ve bataklık (Gravgaz) alanlarında gerçekleştirilmiştir (van Zeist vd., 1975; Eastwood vd., 1999; Eastwood vd., 2007; England vd., 2008; Litt vd., 2009; Pickarski vd., 2015; Pickarski ve Litt, 2017; Vermoere ve Smets, 2000). Araştırma alanı yakınında bölgesel ölçeğe sahip çalışmalar Batı Karadeniz Bölgesinde (Bottema, 1993-1994; İzdebski, 2012) ve Marmara Denizi'nde (Mudie vd., 2002; Mudie vd., 2007; Caner ve Algan, 2002) yapılmıştır. Yerel ölçekte yapılan çalışmalar ise Sapanca Gölü (Leroy vd., 2009; Leroy ve Albay, 2010; Leroy vd., 2010), İznik Gölü (Miebach vd., 2016) ve Çubuk Gölünde (Ocakoğlu vd., 2016) gerçekleştirilmiştir (**Şekil 1**). Bu çalışmalarda, zamansal süreçteki bitki örtüsünün değişimi polen diyagramlarıyla ortaya konulmuştur. Marmara ve Batı Karadeniz Bölgesi'nden birçok karot çalışılmış olmasına rağmen Akgöl'de detaylı bir fosil polen analizi yapılmamıştır. Batı Karadeniz Bölgesinin vejetasyon tarihinin daha doğru belirlenebilmesi için Akgöl'ün bulunduğu yer, coğrafya açısından önem arz etmektedir. Bu araştırmanın amacı; fosil polen analizleri ışığında Akgöl ve çevresinde son 1000 yılda meydana gelen vejetasyon değişimini ortaya koymaktır. Bu çalışmayla birlikte, bölgesel ölçekte de vejetasyonun geçirdiği değişim diğer kayıtlarla kıyaslanabilir hale gelecektir.



Şekil 1: Çalışma alanına yakın yerlerden alınan karotların haritadaki konumu.
Figure 1: Location of the cores on the map taken from the places close to the study area.

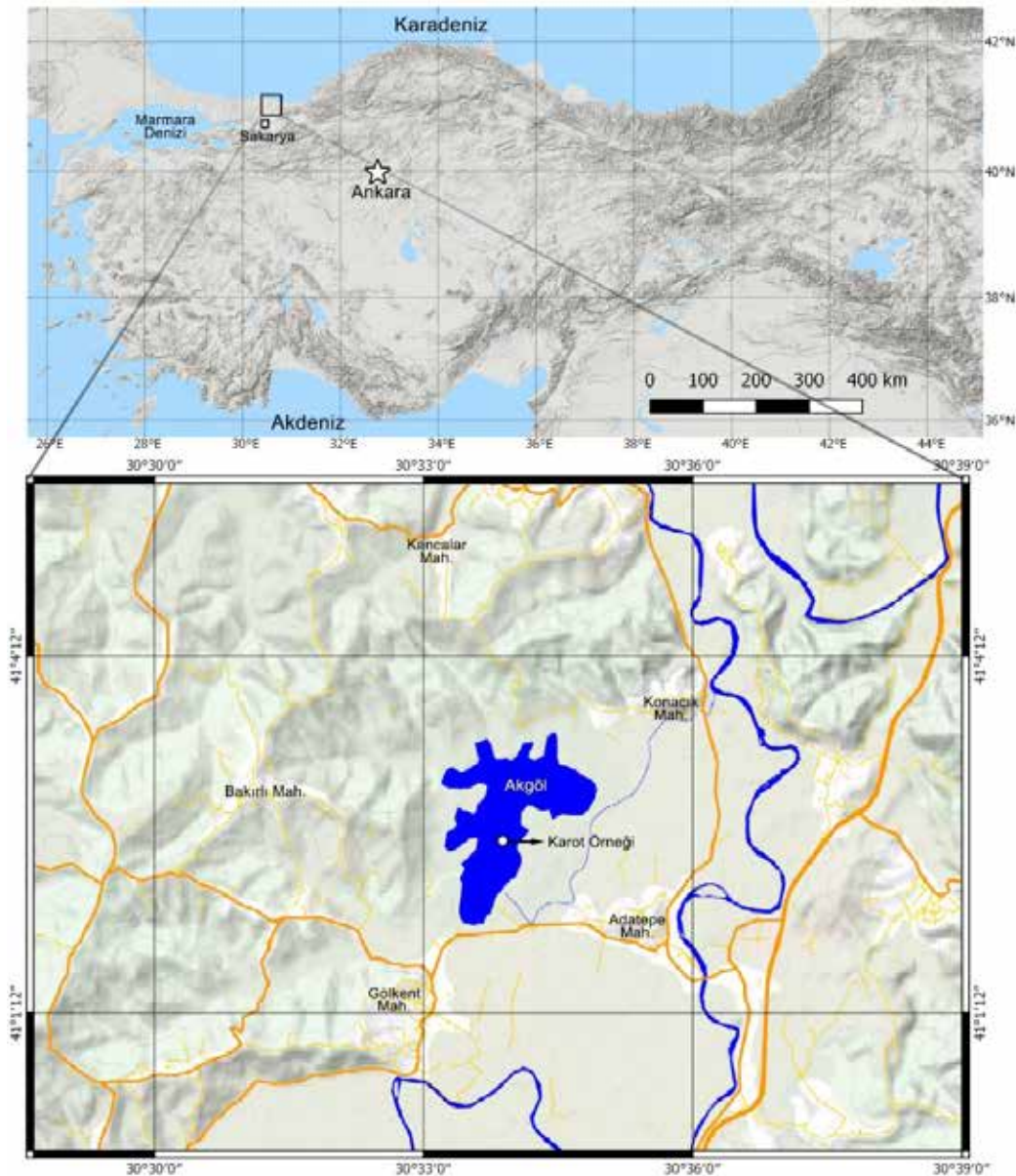
2. VERİ VE YÖNTEM

2.1. Çalışma Alanı

Araştırma alanı olarak seçilen Akgöl, Sakarya ilinde, Ferizli ilçesinin Gökent mahallesinde bulunmaktadır (Şekil 2). Sakarya şehir merkezine 39 km, Ferizli ilçe merkezine 13 km uzaklıktadır. Sakarya Nehri alüvyonlarının meydana getirdiği set neticesinde meydana gelmiş bir göldür. Gölü besleyen herhangi bir akarsu bulunmamakla birlikte, göl yer altı suyu ile beslenmektedir (İnandık, 1965). Yüzölçümü 3,5 km², maksimum derinliği 8 m'dir. Deniz seviyesinden ortalama yüksekliği 60 m'dir (Akyüz Şahin vd, 2013; Altan, 2017) Gölün Karadeniz'e uzaklığı 8 km,

Sakarya Nehri'ne uzaklığı ise 2,5 km'dir (Şekil 1). Gölün su seviyesi mevsimlere göre değişmektedir. Kış ve ilkbahar aylarında yağan yağmurlarla ve Sakarya Nehri'nin taşmasıyla dolan gölün su seviyesi yükselerek gölün yüzey alanı büyümektedir. Yaz aylarında suların çekildiği yerlerin tamamında tarımsal faaliyetler yapılmakta ve gölün yüzey alanı bu mevsimde daralmaktadır. Göl çevresinde yoğun olarak şeker pancarı, buğday, mısır ve tütün yetiştirilmektedir (Yiğit, 2009).

Marmara ve Batı Karadeniz bölgelerinin geçiş noktasında bulunan Akgöl, Batı Karadeniz iklimi etkisi altındadır. Yazları sıcak, kışları ise bol yağışlıdır (Yiğit, 2009). Göl ve yakın çevresinde *Fagus orientalis* (Doğu kayını), *Quercus petraea*



Şekil 2: Çalışma alanı lokasyon haritası.
Figure 2: The location map of the study area.

(Sapsız meşe), *Quercus cerris* (Saçlı meşe), *Corylus avellana* (Fındık), *Fraxinus angustifolia* (Sivri meyveli dişbudak), *Alnus glutinosa* (Kızılağaç) ve *Carpinus orientalis* (Doğu gürgeni) bulunmaktadır.

2.2. Polen Analizleri

Akgöl'den karot alımında İTÜ EMCOL Karot Analiz Laboratuvarı'nın 4x4 m. platformlu piston karotiyeri kullanılmıştır. Gölden alınan AG-22 no'lu karot, fosil polen analizleri için İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Orman Fakültesi Orman Botaniği Anabilim Dalı Palinoloji Laboratuvarı'na getirilmiştir. Karot uzunluğu 121 cm'dir. Her 5 cm'de bir 2 cm³lük sediman örnekleri alınmış, toplam 24 adet sediman örneğinde "klasik yöntem (Erdtman, 1954; Moore vd., 1991)" göre fosil polen analizi yapılmıştır. Analize başlamadan önce her sediman örneği için 1 adet *Lycopodium* spor tablet, 10 ml saf su içerisine 0,5 ml %10'luk HCl yardımıyla eritilmiştir. Her bir spor tablet 9666 adet spor içermektedir. *Lycopodium* sporlar, morfolojik yapısı itibarıyla polenlerle karışmadan kolayca tanımlanabilmektedir. Bilinen sayıda sporun karışıma eklenmesi, preparat yapımı sırasında preparatta yer almayan diğer polenlerin tahmin edilmesinde ve birim alana düşen polen yoğunluğunun hesaplanmasında kullanılmaktadır (Hicks vd., 1996; Hicks vd., 2001; Tonkov vd., 2001). Toplam 24 sediman örneğinden hazırlanan fosil polen preparatlarından sadece 3 farklı derinliğe (0, 40 ve 100 cm) ait olanların polen ve *Lycopodium* sayımları ile teşhisleri bitirilmiştir. Polen preparatlarındaki polen ve *Lycopodium*'ların sayım ve teşhisi bilgisayar destekli Leica DM750 marka ışık mikroskopunda, x40, x100 immersiyon objektifi ve 10x oküleri kullanılarak yapılmıştır. Polen teşhisleri için Palinoloji Laboratuvarındaki referans polen preparatları ile birlikte polen atlasları kullanılmıştır. (Wodehouse, 1935; Erdtman, 1952; Erdtman, 1957; Faegri ve Iversen, 1964; Aytuğ, 1967b; Aytuğ vd., 1971; Iwanami vd., 1988; Moore vd., 1991; Hesse vd., 2009). Polenler familya ve cins düzeyinde teşhis edilmiştir. Üç farklı derinliğe ait preparatlarda en az 50 *Lycopodium* spor ve 250 adet polen sayılmıştır. Polen diyagramı TILIA (Grimm, 2015) adlı programda çizilmiştir. Polen toplulukları değişimlerinin sınırlarının belirlenmesi, uyum mesafesi benzersizliği ölçümü ve karekök dönüşümü tabanlı CONISS kümeleme analizleri (Grimm, 2015) kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Polen diyagramları, farklı stratigrafik aralıklarla geniş ölçüde benzer polen içeriği ile karakterize edilen bir dizi polen zonuna ayrılır. Bu polen zonlarına "Yerel Polen Topluluk Zonu (Local Pollen Assemblages Zones: LPAZ)" denir ve çizilen fosil polen

diyagramı bu şekilde polen topluluk zonlarına ayrılmıştır. Her polen topluluk zonu, baskın taksonlara ve polen verilerinin önemli değişiklik yaptığı yerlere göre sınıflandırılmıştır. Bu zonlar palinolojik verilerin daha iyi anlaşılabilmesini sağlayan, bitki örtüsü içerisindeki değişimi gösteren ve polenlerin biriktiği ve korunduğu çevrenin özelliklerini yansıtan bir araçtır (Tweddle ve Edwards, 2010; Lowe ve Walker, 2015).

2.3. AMS Radyokarbon (14C) Tarihlendirmesi

Karotun organik madde bakımından zengin olan 2 farklı derinliğe (22 cm ve 94 cm) ait sediman örneklerinde toplam organik madde TÜBİTAK-MAM'da Accelerator Mass Spectrometry (AMS) yöntemi ile tarihlendirilmiştir. Örneklerde asitle ön işlem yapılarak karbonat uzaklaştırılmıştır. Örneklerin ¹⁴C yaşlarının takvim yılına kalibrasyonu OxCal v4.2 programı ile yapılmıştır.

3. BULGULAR

Çalışmanın verileri odunsu ve otsu bitki taksonlarına ait polen yüzdesi ve AMS radyokarbon tarihlendirmesi verilerinden oluşmaktadır.

3.1. Odunsu(AP) ve Otsu (NAP) Bitki Taksonlarına Ait Polen Yüzdeleri

Akgöl'den alınan karotta 2 Gymnospermae (Açık tohumlular) ve 22 Angiospermae (Kapalı tohumlular) cins/familyasına ait odunsu ve otsu bitkilerin polenleri teşhis edilmiştir. Gymnospermae içerisinde *Pinus* (çam) sp. ve Cupressaceae (servigiller) familyasına ait polenler bulunmuştur. Angiospermae odunsu bitki cinsleri ve familyaları (AP) içerisinde ise; *Alnus* (kızılağaç) sp., *Betula* (huş) sp., *Carpinus* (gürgen) sp., *Castanea* (kestane) sp., *Corylus* (findık) sp., Ericaceae, *Fagus* (kayın) sp., *Fraxinus* (dişbudak) sp., *Juglans* (ceviz) sp., *Quercus deciduous* (yaprak dökme meşe), *Salix* (söğüt) sp., *Tilia* (ıhlamur) sp. ve *Ulmus* (karaağaç) sp. polenleri tespit edilmiştir (**Şekil 3**).

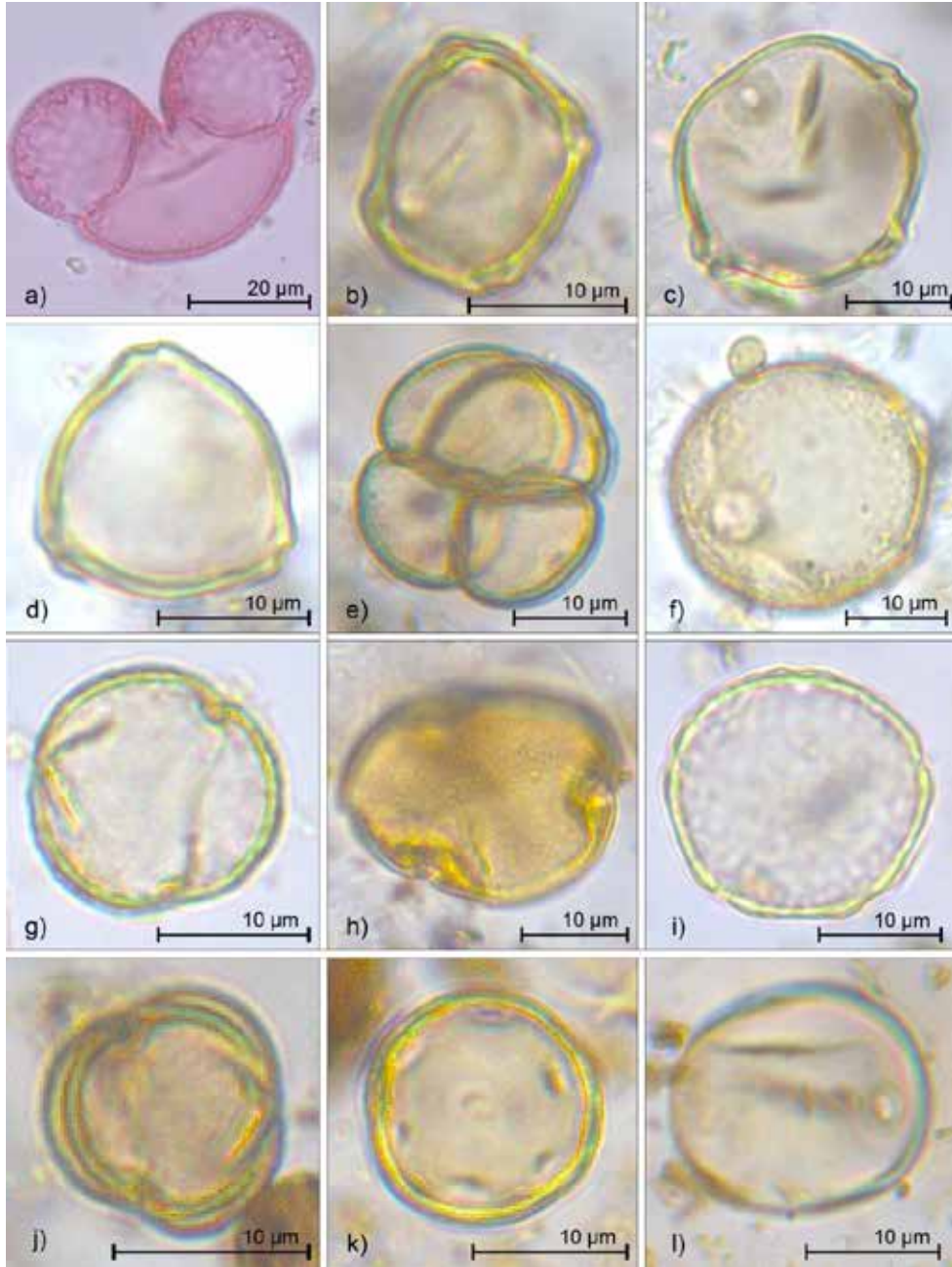
Angiospermae otsu bitki polenlerinden (NAP); Apiaceae, Asteraceae, Caryophyllaceae, Chenopodiaceae ve Poaceae familyaları ile *Artemisia* sp., *Ambrosia* sp., *Plantago* sp. ve *Euphorbia* sp. cinsleri teşhis edilmiştir (**Şekil 3**).

Odunsu ve otsu bitkilerin polen yüzdesi verilerine göre, polen diyagramı LPAZ-01 (40-100 cm) ve LPAZ-02 (0-40 cm) iki zona ayrılmıştır (**Şekil 4**).

3.1.1. LPAZ-01 (Birinci Polen Topluluk Zonu): Bu zon karotun 40-100 cm'lik kısmını kapsamaktadır. Bu zonda odunsu bitki polenlerinin (AP) hâkim olduğu görülmektedir. Odunsu bitkilerin polen yüzdesine bakıldığında en fazla yüzdeye sahip olan *Fagus* (%21)'tur. Onu sırasıyla *Alnus* (%15), *Quercus deciduous* (%13), *Carpinus* (%13) ve *Ulmus* (%12) takip etmektedir. Bu odunsu taksonların polen yüzdesi bu zonun sonlarına doğru çıkıldıkça *Alnus* hariç azalma göstermiştir. *Castanea*'nın polen yüzdesi oldukça az olup bu zonun sonlarına

doğru ortadan kaybolmuştur. *Corylus*, *Fraxinus*, *Ericaceae*, *Juglans* ve *Salix* polen diyagramının bu zonunda düşük polen yüzdesi ile temsil edilmektedir. Gymnospermae taksonlarından *Pinus* (%8) ve Cupressaceae (%1)'nin polen yüzdesi ise bu zonda oldukça az çıkmıştır (**Şekil 4**).

Otsu bitkilerin polen yüzdesi (NAP) bu zonda oldukça düşüktür. En fazla polen yüzdesine sahip Asteraceae (%6) ve *Plantago* (%4)'dur. Bu zonun sonlarına doğru Asteraceae ve

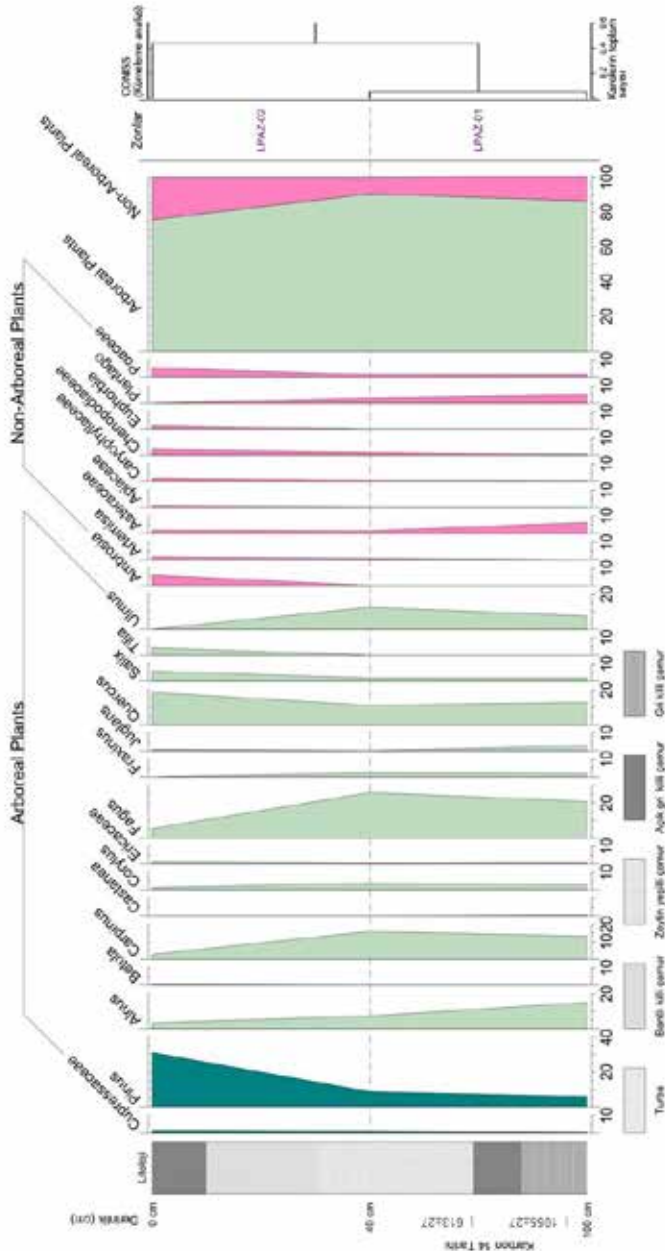


Şekil 3: Preparatlarda teşhis edilen önemli odunsu ve otsu bitki polenlerinin fotoğrafları (a-*Pinus*, b-*Alnus*, c-*Carpinus*, d-*Corylus*, e-*Ericaceae*, f-*Fagus*, g-*Quercus*, h-*Tilia*, i-*Ulmus*, j-*Artemisia*, k-*Caryophyllaceae*, l-*Poaceae*).

Figure 3: Photographs of important arboreal and non-arboreal pollen grains identified in the preparations.

Plantago'nun polen yüzdeleri azalma göstermiştir. Diğer otsu bitki polenlerinden *Artemisia*, Caryophyllaceae, Chenopodiaceae ve Poaceae'nin polen yüzdeleri oldukça düşük çıkmıştır (**Şekil 4**).

3.1.2. LPAZ-02 (İkinci Polen Topluluk Zonu): Bu zon, karotun 0-40 cm'lik kısmını kapsamaktadır. Bu zonun sonlarına doğru odunsu bitki taksonlarından *Quercus deceduous* (%19)'un polen yüzdesi gittikçe artmıştır. Diğer Angiospermae taksonlarından *Alnus* (%3), *Carpinus* (%3), *Fagus* (%5'e) ve *Ulmus* (%1) polen yüzdesi bu zonun sonlarına doğru azalmıştır.



Şekil 4: AG-22 karotundaki odunsu (AP) ve otsu bitki (NAP) polen yüzdeleri.

Figure 4: Percentage pollen diagram of arboreal and non-arboreal taxa in AG-22 core.

Corylus, Ericaceae ve *Juglans* bu zonda varlığını korumuştur. *Tilia* ilk kez bu zonda ortaya çıkmış ve bu zonun sonlarına doğru hafif bir artış göstermiştir. *Salix*'in polen yüzdesi bu zonun sonuna doğru %5'e kadar çıkmıştır. Gymnospermae taksonlarından *Pinus*'un polen yüzdesi %31'e çıkarak bu zonda keskin bir artış göstermiştir. Cupressaceae familyası düşük polen yüzdesi ile varlığını sürdürmüştür (**Şekil 4**).

Bu zondaki otsu bitki taksonlarından Asteraceae familyasının polen yüzdesi %2'ye kadar düşmüştür. Caryophyllaceae, Chenopodiaceae ve Poaceae familyalarının polen yüzdeleri bu zonun üst kısımlarına doğru artış göstermiştir. *Ambrosia* ilk kez bu zonda ortaya çıkmış ve bu zonun sonlarına doğru polen yüzdesi %6'ya ulaşmıştır. Apiaceae ve *Euphorbia* ilk kez bu zonda ortaya görülmüştür. *Plantago* bu zonun sonlarına doğru ortadan kaybolmuştur (**Şekil 4**).

3.2. AMS Radyokarbon Tarihlendirmesine Ait Bulgular

Karotun 69. ve 94. cm'lerinden alınan sediman örneklerinin kalibre edilmiş AMS tarihlendirmeleri sırasıyla M.S. 1296-1401 ve M.S. 949-1024 olarak tespit edilmiştir (**Tablo 1**).

Tablo 1: Akgöl sedimanlarından elde edilen AMS radyokarbon yaşları.
Table 1: AMS radiocarbon ages obtained from sediments of Akgöl.

Laboratuvar Kodu	Derinlik (cm)	d13C (‰)	Karbon 14 Yaşı (G.Ö.)	Takvim Yılı
TÜBİTAK-673	69	-30,0±0,5	613±27	M.S. 1296-1401
TÜBİTAK-674	94	-30,9±0,9	1055±27	M.S. 949-1024

4. TARTIŞMA

Akgöl'de yapılan fosil polen analizleri sonucunda elde edilen polen yüzdesi değerlerine göre polen diyagramı iki zona ayrılmıştır. Her iki zonda da odunsu bitki türlerinin hâkim olduğu görülmektedir. Polen diyagramı günümüze yaklaşık 1000 yıl öncesine tarihlendirilmiştir. Polen diyagramının LPAZ-01 zonunda *Pinus*'un polen yüzdesi oldukça az olmasına rağmen günümüze doğru artış göstermiştir. Bununla birlikte önemli odunsu bitki taksonlarından *Fagus*, *Ulmus* ve *Carpinus*'un polen yüzdesi günümüze doğru azalma eğilimi göstermiş, *Quercus*'un polen yüzdesinde artış meydana gelmiştir. Otsu bitki taksonlarından *Ambrosia* ve Poaceae'nin polen yüzdesi günümüze doğru artmıştır.

Çalışma alanına yakın konumda bulunan Abant, Yeniçağa ve Melen göllerinden alınan karotların polen diyagramlarına bakıldığında; günümüze doğru odunsu bitki polen yüzdesinde artış

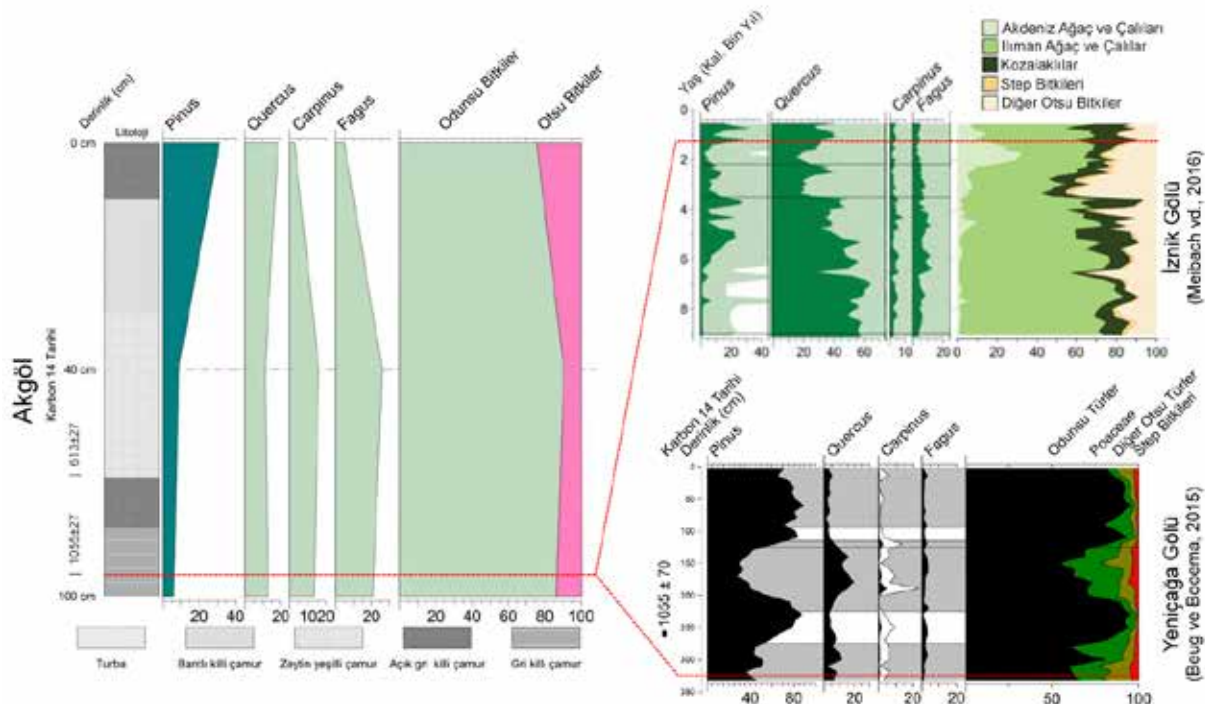
görülmüştür (Bottema vd., 1993-1994; Beug ve Bottema, 2015). Abant ve Yeniçağa göllerinin polen diyagramlarının en üst zonunda *Pinus* polen yüzdesi artarken, Melen gölünden elde edilen polen diyagramının en üst zonunda *Pinus*'un polen yüzdesi azalmıştır. Angiospermae taksonlarından *Quercus deciduous*'un polen yüzdesi Abant gölünde artarken, Yeniçağa gölünde polen yüzdesi son 1000 yılda giderek azalmıştır (Beug ve Bottema, 2015). *Fagus*'un polen yüzdesi ise, Yeniçağa gölünden elde edilen fosil polen diyagramının üst zonuna doğru azalış göstermiştir (Beug ve Bottema, 2015). Bottema vd. (1993-1994), Akgöl'den karot almış, bu çalışmada alınan karotun sadece 275 ve 470 cm'deki polen yüzdesi verileri sunulmuştur. Bu verilere bakıldığında; *Alnus*, *Carpinus*, *Fagus*, *Quercus cerris* type ve *Pinus*'un polen yüzdesi 470 ile 275 cm arasında azalış göstermiştir. İlgili çalışmada karotun 275 cm ile 0 cm'sine ait polen yüzde verisi bulunmamaktadır. Yapılan bu çalışmada ise AG-22 nolu karotun polen yüzdesi verileri incelendiğinde; *Pinus*'un polen yüzdesinin günümüze doğru artış göstermesi Abant ve Yeniçağa göllerindeki polen diyagramının üst zonuyla benzerlik göstermiştir (Bottema vd., 1993-1994; Beug ve Bottema, 2015). *Fagus*'un polen yüzdesinin üst zonda azalması, Abant ve Melen göllerinden elde edilen polen diyagramından farklılık göstermektedir (Bottema vd., 1993-1994; Şekil 5). İznik gölünden alınan karotun en üst seviyesine bakıldığında *Carpinus* ve *Fagus*'un polen yüzdesi azalış gösterirken, *Pinus* ve *Quercus*'un polen yüzdesi son 1000 yılda artış yapmıştır (Miebach vd., 2016; Şekil 5).

Marmara Deniz'inde yapılan çalışmadan elde edilen polen diyagramının üst zonunda *Quercus* polenlerinde artış görülmüş, *Pinus*'un polenleri ise bir miktar azalıp günümüze doğru artmıştır (Caner ve Algan, 2002). Sapanca gölünde yapılan çalışmada ise, günümüze doğru *Pinus*'un arttığı görülürken, *Alnus*, *Fagus* ve *Carpinus*'un polenlerinde azalma görülmüştür (Leroy, 2009). Tüm bu polen diyagramı verilerinde odunsu bitki taksonlarının polen yüzdesi günümüze doğru artmış ve bu veri Akgöl'den elde edilen polen diyagramında da aynı şekilde tespit edilmiştir (Şekil 5).

Akgöl'den elde edilen polen diyagramına göre; son 1000 yıldan günümüze özellikle ılıman ağaçların (*Alnus*, *Carpinus*, *Fagus* ve *Ulmus*) polen yüzdesi gittikçe azalmıştır. Önceki çalışmalarda otsu taksonlardan step bitkileri 32.000 yıl önce daha fazla iken, günümüzde polen yüzdesi %1'e kadar düşmüştür (Miebach vd., 2016; Ülgen vd., 2012; Valsecchi vd., 2012; Shumilovskikh vd., 2014). Akgöl'de de diyagramın en üst zonunda otsu bitki polen yüzdesi oldukça az çıkmıştır.

5. SONUÇ

Akgöl'den elde edilen polen diyagramının ilk bulgularına göre; en üst zonda özellikle *Pinus*'un polen yüzdesinin (%31) artış göstermesinin nedeni, göl ve çevresinde *Pinus pinaster* (Sahil çamı) ağaçlandırılmalarının yapılmasıdır. Polen diyagramının en üst seviyesinde otsu taksonlardan Poaceae, Chenopodiaceae ve



Şekil 5. Akgöl'den elde edilen polen yüzdesi diyagramının Yeniçağa ve İznik Gölleri ile kıyaslanması.
Figure 5. Comparison of pollen percentage diagram obtained from Akgöl with Yeniçağa and İznik Lakes.

Ambrosia'nın polen yüzdesi fazla çıkmıştır. Otsu taksonlardan *Ambrosia*'nın polen yüzdesinin fazla çıkması, istilacı bir bitki olmasından kaynaklanmaktadır. Yüksek tohum verimliliği, tohumların çimlenme yüzdesinin yüksek olması, uzun süreli tohum canlılığı, küçük tohumları sayesinde tarımsal tohumlarla kontamine olması, güçlü kök sistemi, sellere dayanıklılık, sıcaklık, toprak nemi ve ışığa karşı yüksek derecede tolerans göstermesi bu türün istilacı özelliklerini oluşturmaktadır (Kazinczi vd., 2008a; 2008b; 2008c; Buttenschon vd., 2010; Dickerson ve Sweet, 1971; Basset ve Crompton, 1975; Fumanal vd., 2007).

Sonuç olarak; Akgöl ve çevresinde son 1000 yılda yaprak dökken orman vejetasyonu hâkimdir. Bu doğal orman varlığının içine son yıllarda Gymnospermae taksonlarından sahil çamları alana dikim yoluyla getirilmiştir.

Teşekkür: Karotun alınımında her türlü desteği sağlayan İTÜ EMCOL Koordinatörü Prof. Dr. Kürşad Kadir ERİŞ'e teşekkürlerimizi sunarız.

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Çıkar Çatışması: Yazarlar çıkar çatışması bildirmemiştir.

Finansal Destek: Bu çalışma TÜBİTAK 1001 programı kapsamında 1170627 numaralı "Marmara Bölgesi Canlı (Ana) Turbalıklarının Oluşum Süreçlerinin Polen Analizleri ve Hümk Madde Yapılanmaları Yönünden Araştırılması" adlı proje tarafından desteklenmiştir.

Acknowledgement: We would like to thank Prof. Dr. Kürşad Kadir ERİŞ (ITU EMCOL Coordinator), who provided all kinds of support in the recovering sediment cores of this study
Peer-review: Externally peer-reviewed.

Conflict of Interest: The authors have no conflict of interest to declare.

Grand Support: This study was supported by the project entitled "Investigation of Marmara Region Live (Main) Petlands Formation Process in terms of Pollen Analysis and Structure of Humic Substances" numbered 1170627 under TUBITAK 1001 programme.

KAYNAKÇA/REFERENCES

- Aksoy, N., Kaplan, A., Özkan, N. G., Aslan, S. (2010). Some invasive plants in the Western Black Sea region of Turkey and their monitoring possibilities. 2nd International Workshop on Invasive Plants in Mediterranean Type Regions of the World. Book of Abstract p.72, Trabzon.
- Akyol, E. 1964. Palinoloji Nedir ve Tatbikatı, Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni, IX, 1-2, 63 70, Ankara.
- Akyüz Şahin, P., Morkoyunlu Yüce, A., Soylu, E., (2013). Büyük Akgöl (Sakarya) Fitoplankton Kompozisyonu ve Mevsimsel Değişimleri. *Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 9(2), 14–21.
- Altan, A., (2017). Büyük Akgöl (Sakarya-Gölkent)'de Tahta Balığı (Blicca Bjoerkna)'nın Parazit Komunitesinin Kompozisyon ve Yapısının Belirlenmesi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Aslan, S., Şahin, B., Vural, M. (2013). Kızılırmak deltasından bazı nadir türler ve önemli kayıtlar. *Biyçeşitlilik Sempozyumu Bildiri Kitabı*. Muğla, 202–207.
- Aytuğ, B. (1967a). Konya-Süerde Dolaylarında Neolitik Çağ Florasının İncelenmesi, I. Bilim Kongresi, Bildiri Kitabı, Ankara.
- Aytuğ, B. (1967b). *Polen Morfolojisi ve Türkiye'nin Önemli Gymnospermleri Üzerinde Palinolojik Araştırmalar*. İstanbul: Kutulmuş Matbaası.
- Aytuğ, B., Aykut, S., Merev, N., Edis, G. (1971). *İstanbul Çevresi Bitkilerinin Polen Atlası*. İstanbul: İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları No: 174, Kurtulmuş Matbaası.
- Basset, I. J., Crompton, C. W. (1975). The biology of Canadian weeds. 11. *Ambrosia artemisiifolia* L. And *A. psilostachya* DC. *Can J Plant Sci*, 55, 463–476.
- Behçet, L.A. (2004). New Record for the Flora of Turkey: *Ambrosia tenuifolia* Spreng. (Compositae). *Turk J Bot*, 28, 201–203.
- Beug, H. J. (1967). *Contributions to the postglacial vegetational history of northern Turkey*. In: *Cushing EJ, Wright HE (eds). Quaternary paleoecology*, New Haven: Yale University Press.
- Beug, H. J., Bottema, S. (2015). Late Glacial and Holocene vegetation history at Lake Yeniçağa northern Turkey. *Veget Hist Archaeobot*, 24, 293–301.
- Bottema, S., Woldring, H. (1990). *Anthropogenic indicators in the pollen record of the Eastern Mediterranean*. In: *Bottema S, Entjes-Nieborg G, van Zeist W (eds) Man's role in the shaping of the Eastern Mediterranean landscape*. Balkema, Rotterdam.
- Bottema, S., Woldring, H., Aytuğ, B. (1986). Palynological investigations on the relation between prehistoric man and vegetation in Turkey: The Beyşehir occupation phase. In: *Proceedings of 5th Optima meeting*, İstanbul, pp 315–326.
- Bottema, S., Woldring, H., Aytuğ, B. (1993-1994). *Late Quaternary Vegetation History of Northern Turkey*, *Palaeohistoria* 35/36, Netherlands: University of Groningen Press.
- Bradley, R. S. (1999). *Quaternary Paleoclimatology*, London: Chapman & Hall.
- Buttenschon R. M., Bohren, C. (2010). Guidelines for management of common ragweed, *Ambrosia artemisiifolia*. *Euphresco Project Ambrosia*, 47.
- Byfield, J. A., Baytop, A. (1998). Three Alien Species New to the Flora of Turkey. *Turk J Bot*, 22, 205–208.
- Caner, H., Algan, O. (2002). Palynology of sapropelic layers from the Marmara Sea. *Marine Geology*, 190(1-2), 35–46.
- Dickerson, Jr C.T., Sweet, R. D. (1971). Common ragweed ecotypes. *Weed Sci*, 19, 64–66.
- Eastwood, W. J., Roberts, N., Lamb, H.F., Tibby, J. C. (1999). Holocene environmental change in southwest Turkey: a palaeoecological record of lake and catchment-related changes. *Quaternary Science Reviews* 18, 671-695.
- Eastwood, W. J., Leng, M. J., Roberts, N., Davis, B. (2007). Holocene climate change in the eastern Mediterranean region: a comparison of stable isotope and pollen data from Lake Gölhisar, southwest Turkey". *Journal of Quaternary Science*, 22(4), 327–341.
- England, A., Eastwood, W. J., Roberts, C. N., Turner, R., Haldon, J. F. (2008). Historical landscape change in Cappadocia (central Turkey): a palaeoecological investigation of annually laminated sediments from Nar Lake. *The Holocene*, 18(8), 1229–1245.

- Erdtman, G. (1952). *Pollen Morphology and Plant Taxonomy-Angiosperms*. The Chronica Botanica Company, Waltham, Mass., U.S.A.
- Erdtman, G. (1957). *Pollen and Spore Morphology / Plant Taxonomy - Gymnospermae, Pteridopyhta, Bryophyta*. Stockholm.
- Erdtman, G. (1954). *An Introduction to Pollen Analysis*, The Chronica Botanica.
- Fægri, K., Iversen, J. (1964). *Textbook of Pollen Analysis. II Edition*, Munksgaard, Copenhagen, Denmark.
- Fumanal, B., Chauvel, B., Bretagnolle, F. (2007). Estimation of pollen and seed production of common ragweed in France. *Ann Agric Environ Med*, 14, 233–6.
- Grimm, E. (2015). Tilia Software. Illinois State Museum, Springfield.
- Hesse, M., Zetter, R., Halbritter, H., Weber, M., Buchner, R., Frosch-Radivo, A., Ulrich, S. (2009). *Pollen Terminology an illustrated handbook*. Austria, Springer Wien New York.
- Hicks, S., Ammann, B., Latalowa, M., Pardoe, H., Tinsley, H. (1996). European Pollen Monitoring Programme: Project Description and Guidelines. University of Oulu, 28 pp.
- Hicks, S., Tinsley, H., Huusko, A., Jensen, C., Hattestrand, M., Gerasimides, A., Kvavadze, E. (2001). Some comments on spatial variation in arboreal pollen deposition: First records from the Pollen Monitoring Programme (PMP). *Review of Palaeobotany and Palynology*, 117, 183–194.
- Iwanami, Y., Sasakuma, T., Yamada, Y. (1988). Pollen: Illustrations and Scanning Electronmicrographs. Kodonsha-Tokyo.
- İnandık, H. (1965). *Türkiye Gölleri (Morfolojik ve Hidrolojik Özellikleri)*. İstanbul Üniversitesi Yayınları, No:44: 11-55.
- İzdebski, A. (2012). The Changing Landscapes of Byzantine Northern Anatolia. *Archaeologia Bulgarica*, 16, 47–66.
- Kazinczi, G., Beres, I., Novak, R., Biro, K., Pathy, Z. (2008a). Common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*): a review with special regards to the results in Hungary: I. Taxonomy, origin and distribution, morphology, life cycle and reproduction strategy. *Herbologia*, 9, 55–91.
- Kazinczi, G., Beres, I., Novak, R., Biro, K., Pathy, Z. (2008b). Common Ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.): a review with special regards to the results in Hungary: II. Importance and harmful effect, allergy, habitat, allerpathy and beneficial characteristics. *Herbologia*, 9, 93–118.
- Kazinczi, G., Novak, R., Pathy, Z., Beres, I. (2008c). Common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.): a review with special regards to the results in Hungary: III. Resistant biotypes, control methods and authority arrangements. *Herbologia*, 9, 119–44.
- Kupicha, F. K. (1975). *Ambrosia* L. In: Davis PH (ed). *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*, Vol. 5, 46-47. Edinburgh: Edinburgh Univ Press.
- Leroy, S. A. G., Schwab, M. J., Costa, J. M. P. (2010). Seismic influence on the last 1500-year infill history of Lake Sapanca (North Anatolian Fault, NW Turkey). *Tectonophysics*, 486, 15–20.
- Leroy, S. A. G., Albay, M. (2010). Palynomorphs of brackish and marine species in cores from the freshwater Lake Sapanca, NW Turkey, *Review of Palaeobotany and Palynology*, 160, 181–188.
- Leroy, S. A. G., Boyraz, S., Gürbüz A. (2009). High-resolution palynological analysis in Lake Sapanca as a tool to detect recent earthquakes on the North Anatolian Fault, *Quaternary Science Reviews*, 28, 2616–2632.
- Litt, T., Krastel, S., Sturm, M., Kipfer, R., Örcen, S., Heumann, G., Franz, S.O., Ülgen, U.B., Niessen, F. (2009). PALEOVAN, International Continental Scientific Drilling Program (ICDP): site survey results and perspectives. *Quaternary Science Reviews* 28, 1555–1567.
- Lowe, J., Walker, M. (2015). *Reconstructing Quaternary Environments*, Third Edition, Routledge, Oxon and New York.
- Miebach, A., Niestrath, P., Roeser, P., Litt, T. (2016). Impacts of climate and humans on the vegetation in northwestern Turkey: palynological insights from Lake Iznik since the Last Glacial. *Clime of the Past*, 12, 575–593.
- Moore, P., Webb, J. A., Collinson, M. E. (1991). *Pollen Analysis*, 2nd Edition. Blackwell, Oxford, 216 pp.
- Mudie, J., Marret, F., Aksu, A. E., Hiscott, R. N., Gillespie, H. (2007). Palynological evidence for climatic change, anthropogenic activity and outflow of Black Sea water during the late Pleistocene and Holocene: Centennial- to decadal-scale records from the Black and Marmara Seas, 168-167, 73–90.
- Mudie, J., Rochon, A., Aksu, A. E. (2002). Pollen stratigraphy of Late Quaternary cores from Marmara Sea: land–sea correlation and paleoclimatic history. *Marine Geology*, 190, 233–260.
- Ocañoğlu, F., Dönmez, E. O., Akbulut, A., Tunoğlu, C., Kın, O., Açıkalin, S., Erayık, C., Yılmaz, İ. Ö., Leroy, S.A.G. (2016). A 2800-year multi-proxy sedimentary record of climate change from Lake Çubuk (Göynük, Bolu, NW Anatolia). *The Holocene*, 26(2), 205–221.
- Önen, H., Günal, H., Özcan, S. (2014). Pelinimsi *Ambrosia (Ambrosia artemisiifolia* L.)’nın Türkiye’deki Mevcut Yayılma Durumu. Türkiye V. Bitki Koruma Kongresi, 3-5 Şubat 2014, Antalya.
- Pickarski, N., Kwecien, O., Djmalı, M., Litt, T. (2015). Vegetation and environmental changes during the last interglacial in eastern Anatolia (Turkey): a new high-resolution pollen record from Lake Van. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 435, 145–15.
- Pickarski, N., Litt, T. (2017). A new high-resolution pollen sequence at Lake Van, Turkey: insights into penultimate interglacial–glacial climate change on vegetation history. *Climate of the Past*, 13, 689–710.
- Roberts, N. (2014). “The Holocene: an environmental history”, Blackwell, Oxford. 3rd Edition, 364 p.
- Serbes, A. B., Kaplan, A., Aksoy, N., Özdoğan, Y., Güneş, N. (2008). Düzce ili atmosferinin polen analizi. Ulusal Hava Kalitesi Sempozyumu Bildiri Kitabı. Konya, 567–578.
- Shumilovskikh, L. S., Fleitmann, D., Nowaczyk, N. R., Behling, H., Marret, F., Wegwerth, A., Arz, H. W. (2014). Orbital- and millennial-scale environmental changes between 64 and 20 ka BP recorded in Black Sea sediments, *Clime Past*, 10, 939–954, doi:10.5194/cp-10-939-2014.

- Tonkov, S., Hicks, S., Bozilova, E., Atanassova, J. (2001). Pollen monitoring in the Central Rila Mts., Southwestern Bulgaria: case studies from pollen traps, surface samples for the period 1994-1999. *Review of Palaeobotany Palynology* 117, 167–182.
- Tweddle, J.C., Edwards, K.J. (2010). Pollen preservation zones as an interpretative tool in Holocene palynology, *Review of Palaeobotany and Palynology*, 161, 59–76.
- Ülgen, U. B., Franz, S. O., Bıltekin, D., Çagatay, M. N., Roeser, P. A., Doner, L., Thein, J. (2012). Climatic and environmental evolution of Lake Iznik (NW Turkey) over the last 4700 years, *Quaternary International*, 274, 88–101, doi:10.1016/j.quaint.2012.06.016.
- Valsecchi, V., Sánchez-Goñi, M. F., and Londeix, L. (2012). Vegetation dynamics in the Northeastern Mediterranean region during the past 23 000 yr: insights from a new pollen record from the Sea of Marmara. *Climate Past*, 8, 1941–1956, doi:10.5194/cp-8-1941-2012.
- Van Zeist, W., Woldring, H., Stapert, D. (1975). *Late Quaternary Vegetation and Climate of Southwestern Turkey*, Palaeohistoria 17, Netherlands: University of Groningen Press.
- Vermoere, M., Smets, E. (2000). Late Holocene Environmental Change and the Record of Human Impact at Gravgaz near Sagalassos, Southwest Turkey. *Journal of Archaeological Science* 27, 571–595.
- Wilmshurst, J.M., Mcglone, M., (2005). Origin of pollen and spores in surface lake sediments: Comparison of modern palynomorph assemblages in moss cushions, surface soils and surface lake sediments, *Review of Palaeobotany and Palynology*, 136(1-2): 1.
- Wirtz, K. W., Lohmann, G., Bernhardt, K., Lemmen, C., (2010). Mid-Holocene regional reorganization of climate variability: Analyses of proxy data in the frequency domain. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 298(3-4), 189–200.
- Wodehouse, R. P. (1935). *Pollen Grains*. Hafner Publishing Company, New York, 574 pp.
- Yiğit, H. (2009). *Sakarya İli Göllerinin Balıkçı Profili (Yüksek Lisans Tezi)*. Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.