

## PAPER DETAILS

TITLE: Bafa Gölü Sedimentinde Kronolojik Agir Metal Birikiminin 210Pb Sediment Yas Tayini ile Belirlenmesi

AUTHORS: Ramazan MANAV

PAGES: 22-28

ORIGINAL PDF URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/2502949>

# Bafa Gölü Sedimentinde Kronolojik Ağır Metal Birikiminin <sup>210</sup>Pb Sediment Yaş Tayini ile Belirlenmesi

Ramazan MANAV<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu, Elektrik ve Enerji Bölümü, Isparta, Türkiye, [ramazanmanav@isparta.edu.tr](mailto:ramazanmanav@isparta.edu.tr)

(İlk Geliş Tarihi 23.06.2022 ve Kabul Tarihi 23.09.2022)

(DOI: 10.35354/tbed.1134712)

**ATIF/REFERENCE:** Manav, R. (2023). Bafa Gölü Sedimentinde Kronolojik Ağır Metal Birikiminin <sup>210</sup>Pb Sediment Yaş Tayini ile Belirlenmesi. *Teknik Bilimler Dergisi*, 13 (1), 22-28.

## Öz

Bafa gölünde yapılan çalışmada alınan kor örneğinde <sup>210</sup>Pb tekniği ile sediment yaş tayini yapılmıştır. Sediment yaş tayini için akının sabit kabul edildiği sucul ortamlarda kullanılan sabit sedimentasyon hızı modeli (CRS, Constant Rate Sedimentation) ve sediment akümülyasyon hızının <sup>210</sup>Pb akısını etkilemediği diğer bir yaş tayin yöntemi olan sabit akı (CF, Constant Flux) modelleri kullanılmıştır. Kor örneğinden belli aralıklar ile alınan sediment örneklerinde Pb, Cd, Fe, Mn, Zn, Ni ve Cr ağır metallerinin konsantrasyonları yıllara göre saptanmıştır. Tarihleme çalışması ve ağır metal sonuçları eşleştirildiğinde gölü besleyen büyük menderes üzerindeki sanayileşme ve tarımsal değişimlerin göl sedimenti üzerindeki etkisi saptanmıştır. 1960 yıllarında sanayi ve tekstil sektörlerinde başlayan kalkınma ve gelişme adımları ile birlikte örnekleme havzasında yapılan ağır metal birikimlerinin değişim gösterdiği saptanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Sediment, Pb-210, Ağır metal,

## Determination of Chronological Heavy Metal Accumulation in Lake Bafa Sediment by <sup>210</sup>Pb Sediment Aging Methodology

### Abstract

Sediment age determination was made with <sup>210</sup>Pb technique in the core sample taken in the study conducted in Bafa Lake. For the determination of sediment age, the constant sedimentation rate model (CRS, Constant Rate Sedimentation), which is used in areas where the flux is accepted as constant, and the constant flux (CF, Constant Flux) models, which are another age determination method in which the sediment accumulation rate does not affect the <sup>210</sup>Pb flux, were used. The concentrations of heavy metals Pb, Cd, Fe, Mn, Zn, Ni and Cr in the sediment samples taken from the core sample at regular intervals were determined according to years. When the dating study and heavy metal results were matched, the effect of industrialization and agricultural changes on the lake sediment on the great meander feeding the lake was determined. With the development plans after 1960, it was observed that the accumulation of some heavy metals used in the textile and metal industry sectors in the basin increased.

**Keywords:** Sedimentation, Pb-210, Heavy metal,

## 1. Giriş

Hem küresel enerji rekabetinin artışı, hem de enerji kaynaklarının tükenme eğilimde olması, kombine güç çevrimlerinin en alternatif çözüm olarak karşımıza çıkarmıştır. Birçok enerji kaynağı, başta buhar ve gaz türbinlerinden enerji üretimde olmak üzere (güneş, bio-kütle, jeotermal, bio-gaz) birincil kaynak olmuştur. Gelişen teknoloji atık ısıdan yararlanma teknolojilerini geliştirerek kombine sistemlerle alt çevrimler eklenerek enerji sistemlerinin verimini arttırmaya olanak sağlamıştır. Özellikle bu çevrimler güneş kule teknolojisi ve tehlikeli atık giderme sistemleri ile uyumlu teknolojilerdir. Wicks [1], e göre cıvalı bir kombine çevrim santralinin ilk patentin 1914

Hızla artan dünya nüfusu ile su kaynaklarımızın değeri daha da artırmaktadır. Bununla beraber artan nüfusumuzun gereksinimleri sanayileşmemizi hızlandırmakta ve su kaynaklarının güvenliğini tehlikeye sokmaktadır. Kullanılabilir su kaynaklarımız, kıyı şeridinde ve akarsu yataklarına kurulan endüstriyel yapılar ve bu alanlardaki kentsel yapılaşmalar ile kirlenmektedir. Bu alanlarda kullanılan fosil yakıt, deterjan ve pestisit... vb ürünlerinin tüketimindeki artış doğal radyonüklid ve ağır metal konsantrasyonlarını ise hızla artırmaktadır [1].

Doğada belli aşama ve döngüler halinde hareket eden ağır metaller, yapıları gereği çökelmeye uğrarlar. Doğal olarak üretilen metaller akarsu ve erozyon etkisi ile akuatik ortamda çökerek birikirler bunun yanında yapay olarak üretilenler birikim miktarını artırmaktadırlar. Ağır metaller akuatik (sucul) ortamda iyonize halde bulunurlar ve sucul ortamın zehirlilik oranını artımına sebep olurlar. Sanayileşme, madencilik, rafineri ve arıtma tesislerinin sayısındaki artış, fosil yakıtların tüketim miktarının artması ve metal ürünlerinin tarımda kullanımı ağır metallerin akuatik ortamda birikimine katkı sağlamaktadır. Bu metallerin bazıları canlılar tarafından alınırken bir kısmı sediment yüzeyine absorbe olur [2]. Canlı organizmalar molibden, kobalt, vanadyum, bakır, çinko, manganez, stronsiyum ve demir gibi bazı ağır metallerin eser miktarlarına gereksinim duyar. Fakat bu metallerin organizma bünyesindeki artışı organizmada toksik etkiye sebep olur. Yaşam için gerekli olanların yanı sıra Hg, Ni, Cd, Zn, Pb, Cu, Cr, gibi elementler canlı organizmalarda toksik etkiye sebep olmaktadır. Bakırın vücutta birikimi vücut gelişimini yavaşlatırken aynı zamanda beyin hasarlarına sebep olmaktadır. Civa ve kurşunun vücuttaki yüksek miktarı ise böbrek yetmezliğine, sinir sistemi tahribatına ve embriyo düşmelerine yol açmaktadır. Çinko ile krom akciğer ödemi, solunum yolları tahrişini tetiklemekte, kadmiyum ise kemik dokularına zarar verip erimeye sebep olmakta, aynı zamanda akciğer ve prostat kanserine neden olmaktadır. Nikel ise karaciğer ve böbrek tahrişine sebep olurken alerjik reaksiyonların ortaya çıkmasında da rol oynamaktadır [3]. Bu toksik etkiler ise besin piramidinde yukarı çıkıldıkça organizmalar arası geçiş sağlamakta ve artmaktadır. Bu sebep ile besin kaynağı olan canlılardaki ağır metal konsantrasyonları önem kazanmaktadır [4,5].

Evsel ve endüstriyel atıklar ile sucul ortama ulaşan ağır metaller sülfat sülfür ve karbonat olarak katı bileşik oluşturarak sediment tabakasının adsorpsiyon özelliği ile zemine çöker ve birikim oluştururlar. Akuatik ortamı oluşturan su kaynakları ve bölgenin iklim koşulları, sucul ortamdaki sediment birikimin miktarında ve muhteviyatındaki metaller üzerinde önemli etkiye sahiptir. Doğal yollar ile kirlenen göller bu seviyedeki kirlenmeye karşı doğal süreçte önlemini alırken, yapay yollardan (tarımsal drenaj suları, endüstriyel ve evsel atıklar) gelen kirlilik ile

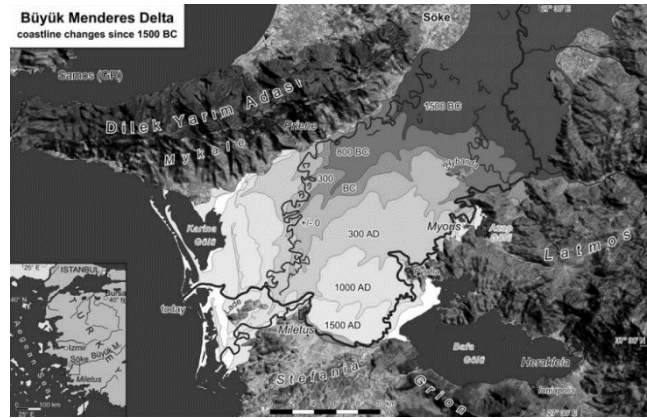
*e-ISSN: 2148-2683*

mücadele edemeyip bünyesinde biriktirmek zorunda kalmaktadır [6].

Varoluştan günümüze kadar uzanan doğal radyonüklitlerin oluşum aşamaları ve doğadaki birikimleri ekosistemimizi anlamada önem kazanmaktadır [7]. Doğal radyoaktif element olan Uranyumun bozunum serisi basamağının son ürünlerinden olan 210Po ( $t_{1/2}=138$  gün, 5.304 MeV enerjili  $\alpha$  yayımlar) ile bilgi edinmek radyoaktif birikimleri öğrenmemize olanak sağlamaktadır. Akuatik ortama girişim yapan radyonüklitler, sucul ortamda asılı olarak (süspansiyon) belli bir süre kalır ve organizmalar tarafından alınır. Organizmalar tarafından alınmayan radyonüklitler sonrasında dibe çökerek sediment yüzeylerine depo olurlar [8]. Akuatik ortamdaki kontamine olmuş sedimentlerin taşınımında hava değişimleri ve erozyon çeşitliliği önemlidir. Bu özelliklerinden dolayı kontamine sedimentler, sediment birikimi yaş tarihlemesinde ve toksik maddelerin tarihsel birikiminde önem arz etmektedir [9].

## *Gölün Konumu ve Önemi*

Bafa Gölü Aydın ili Söke ilçesi ile Muğla ili Milas ilçesi arasında 37° 30' N, 27° 25' E koordinatlarında yer almaktadır (Şekil 1). Antik çağlarda Ege Denizi'nin bir parçasıdır. Bafa Gölü geçmiş altı bin yılda Büyük Menderesten gelen alüvyonların birikimi ile geçmişte Latmian Körfezi olarak anılan kıyı şeridinden ayrılmış ve içerde kalmıştır. (Şekil 1) [10]. Göl birçok kuş türüne ev sahipliği yapmaktadır ve dünya kuş yaşam alanları arasında önemli yere sahiptir.



*Şekil 1 Bafa gölünün kronolojik oluşumu [10].*

Bafa gölü büyük menderes nehrinin alüvyonları ile oluşmasından dolayı menderes nehrine giriş yapan elementlerin toplanma yeri niteliğindedir. Nehir ile gelen materyaller parçacıklar göl sedimenti yüzeyine tutunup çökelti oluşturmaktadır. Dolayısı ile göl sedimentlerinde yapılan çalışmalar büyük menderes nehri hakkında bilgiyi içermektedir.

Bafa Gölü kenarındaki turistik tesisler, yağ üretim fabrikaları, balık işletme tesisleri ve çevre köylerin tarım arazileri yer almaktadır. Büyük Menderes Nehri'nden gelen atıklar ile göl çevresindeki tesis ve tarımsal alanlardan gelen kirleticiler gölün su kalitesini etkilemektedir. Tarımsal alanlardan gelen kirleticiler göle artırılmadan girişim yapmaktadır. 2011 yılında Yabancı ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada [11] göl suyu kalitesinin sınır değerler aralığında artış gösterdiğini belirtmişlerdir ( Tablo 1 ).

Tablo 1. Baa gl suyunun kimyası [11]

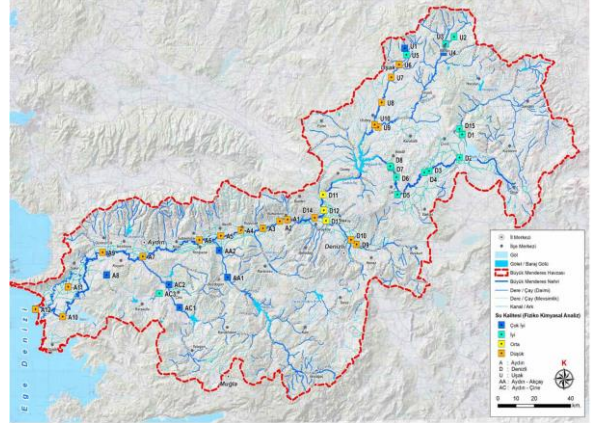
| Parametre     | Sonuç     | Beklenen Değer | Tehlikeli Seviye |
|---------------|-----------|----------------|------------------|
| Sıcaklık      | 23  C     | 22-28          |                  |
| pH            | 7,7       | 7-8            |                  |
| Tuzluluk      | 16,2 ‰    |                |                  |
| Amonyak Azotu | 0,1mg/L   |                | 0,05 -0,4 mg/L   |
| Nitrit Azotu  | 0,013mg/L |                | 0,01-0,02 mg/L   |

Bölge ekonomisinde yapılan incelemeye göre havzadaki kurulan ve sektörel atak olarak kabul edilebilecek sanayileşme atakları Tablo 2 de verilmiştir [12], bunun yanı sıra tüm bu sanayileşmeler ile birlikte zamanla nehir suyu kalitesi düşmüştür. Havzadaki Büyük Menderes nehri suyundaki kimyasal ve organik bileşen kalitesi Şekil 2 ve Şekil 3 de görülmektedir.

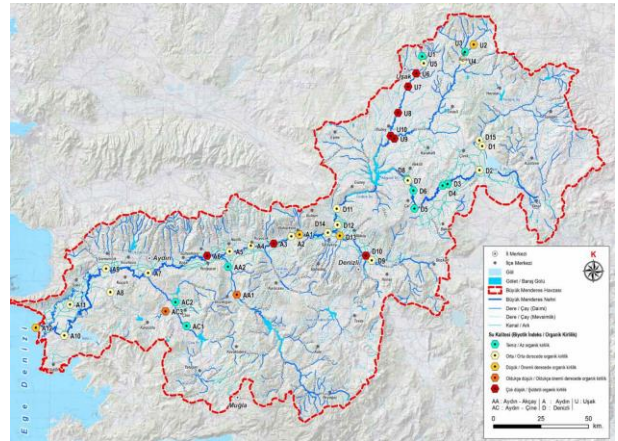
Tablo 2. Büyük Menderes havzasındaki sanayi gelişmeleri [12].

| Tarih | Yerleşim Alanı  | Çalışma Alanı       |
|-------|-----------------|---------------------|
| 1937  | Nazilli         | Pamuk-Dokuma        |
| 1938  | Çine            | Otomotiv            |
| 1950  | Çine            | Triko               |
| 1950  | Çivril          | Maden-Kuyumculuk    |
| 1955  | Denizli         | Dokumacılık         |
| 1955  | Söke            | Çimento             |
| 1957  | Denizli         | Otomotiv            |
| 1958  | -----           | Şeker               |
| 1958  | Bekilli         | Bağcılık            |
| 1960  | İmamköy         | Zeytinyağı-Sabun    |
| 1960  | Aydın           | Maden               |
| 1960  | Kuşadası        | Turizm              |
| 1965  | Çine            | Maden               |
| 1968  | Denizli         | Dokumacılık         |
| 1968  | Pamukkale       | Şarapçılık          |
| 1969  | Denizli         | Kablo               |
| 1970  | Uşak            | Seramik             |
| 1970  | Didim           | Turizm              |
| 1971  | Sarayköy        | Dokumacılık         |
| 1972  | Denizli         | Bobin               |
| 1972  | Kazlıçeşme      | Deri İşleme         |
| 1976  | Nazilli         | Tekstil             |
| 1982  | Yataęan         | Enerji              |
| 1990  | Denizli         | Giyim               |
| 1997  | Çorlu, Menemen  | Deri                |
| 2000  | Manisa, Denizli | Teknoloji           |
| 2007  | Denizli         | Jeotermal Seracılık |

Devlet Su İşleri (DSİ) istatistiklerinden elde edilen bilgilerden büyük Menderes Nehri üzerinde 165 adet belediyenin olduğu tespit edilmiştir. Nehir boyunca yapılan çalışmalar sonucu nehir kirlilik oranının gl havzasına doğru artmakta olduğu belirtilmiş olup aynı zamanda göldeki kirlilik kaynağının organik (evsel atıklar, zirai atıklar veya anoksik sulardaki bakteriler tarafından nitrit ve nitratın redüksiyonu) ya da inorganik (havagazı fabrikası endüstriyel atık suları, enerji üretim tesisleri) kökenli olduğu belirtilmiştir [12].



Şekil 2. Büyük Menderes Havzası kimyasal su kalitesi haritası [12]



Şekil 3. Büyük Menderes Havzası organik bileşen su kalitesi haritası [12]

Nehir ve gl suyunun tuzluluk oranının artmasının, çözünmüş oksijen miktarının düşük olmasının, nitrit ve amonyak miktarları gl ekosistemindeki canlılarında sublethal etkilere (maruz kalanın etkinin sürekli olması halinde hücre yapısında kalıcı hasar meydana getirme) sebep olduğu bilinmektedir. Baa Gölü'nde 2006 yılında toplu balık ölümleri görülmüş olup gln ekosisteme geri kazanımı için ıslah çalışmaları başlatılmıştır. Yapılan bu çalışma ile gl sedimentlerdeki depolanan 210Pb iz elementleri ile yaş tayini ve Pb, Fe, Mn, Zn, Cd, Ni ve Cr ağır metallerin yıllık birikim konsantrasyonları saptanmış ve gölü besleyen Büyük Menderes nehrinden ve çevredeki yerleşim alanlarındaki tarımsal faaliyetlerden gln nasıl etkilendiği hakkında bilgi edinilmiştir.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1 <sup>210</sup>Pb ile Tarihleme

Akuatik ortamlardaki sedimentolojik tarihleme çalışmalarında 22,3 yıl yarı ömürlü radyoaktif <sup>210</sup>Pb 20. yüzyılın sonlarına doğru önem kazanmış ve yaş tayinlerinde izleyici olarak kullanılmaya devam edilmektedir. Radyoaktif bozunmalar sonucu denge ve denge üstü olarak belirlenen <sup>210</sup>Pb konsantrasyonları kullanılarak sediment katman yaşı hesaplanabilmektedir [6, 8].

Sedimentlerdeki <sup>210</sup>Pb aktivitesinin profil dağılımı ile matematiksel sabit akı modeli (CF) ve sabit sedimentasyon hızı modeli (CRS) modeller kullanılarak sedimentlerin katman yaşı belirlenmiştir.

Her iki modelde kullanılan denklem

$$A_{Pb-210ex(t)} = (F_{Pb-210}/w) e^{-\lambda t} \quad (1)$$

şeklindedir

Burada,

$A_{Pb-210ex(t)}$  = t zamanında radyoaktif dengenin üzerindeki <sup>210</sup>Pb aktivitesi (dpm/g veya Bq/g)

$F_{Pb-210}$  = sediment-su ara yüzeyinde <sup>210</sup>Pb akısı ( dpm cm<sup>-2</sup> y<sup>-1</sup>)

w = sediment akümülayon hızı (g cm<sup>-2</sup> y<sup>-1</sup>)

$\lambda$  = <sup>210</sup>Pb'nun radyoaktif bozunum sabiti (0,0311 y<sup>-1</sup>)

t = zaman (y)

olarak tanımlanmıştır.

Sabit akı modelinde sediment katmanının başlangıç denge üstü <sup>210</sup>Pb aktivitesinde sabit alınır ve kor yüzeyindeki denge üstü <sup>210</sup>Pb aktivitesi başlangıç katmanına eşit kabul edilir. Sabit sedimentasyon hızı modelinde ise akuatik ortamdaki sedimentasyon hızı sabit kabul edilerek birikimin meydana geldiği kabul edilmektedir [8].

### 2.2 Örneklem

Göl sedimentindeki çalışma için göl zemininden kor örnekleri alınmış ve tarihleme için en uygun olan 40 cm lik core (37°29'5.86"N, 27°27'1.97"E) örneği incelenmiştir. Kor örneklemesi "core-sampler" kor alıcı sistem ile yapılmıştır. Alınan kor örneği laboratuvarda ilk 10 cm e kadar 6 mm 10 cm'den sonrası için ise 12 mm' lik tabakalar halinde ayrılarak 28 örnek numune hazırlanmıştır. Yaş ağırlıkları belirlenen sediment örnekleri 80oC de etüvde kurutulmuş ve kuru ağırlıkları saptanmıştır. Ögütülerek tanecik boyutu küçültülen kurutulmuş örnekler 250 µm'lik elekten geçirilmiştir. <sup>210</sup>Po tayini için öğütülen örneklerden 1 g alınarak teflon beherde 6 mL konsantre HF ve 6 mL konsantre HNO<sub>3</sub> eklenerek bir gece bekletilmiştir. Isıtıcı tablada 55 oC sabit sıcaklıkta buharlaşmaya bırakılan çözelti tam kuruluğa ulaşmadan içerisine 20 mL konsantre HCl eklenip buharlaştırılmış ve bu işlem iki defa daha tekrarlanmıştır. Daha sonra 10 mL konsantre HCl eklenerek buharlaştırılma işlemi sonuçlandırılmıştır [13].

### 2.3 Ağır Metal Analizi

Çalışma bölgesinden alınan kor örneğinde ağır metal konsantrasyonlarını belirlemek için ilk 10 cm e kadar olan örnekler 1,2 cm lik derinlik bir örnek oluşturacak şekilde birleştirilmiş 10 cm den sonrası ise 1,2 cm olarak birleştirilmeden

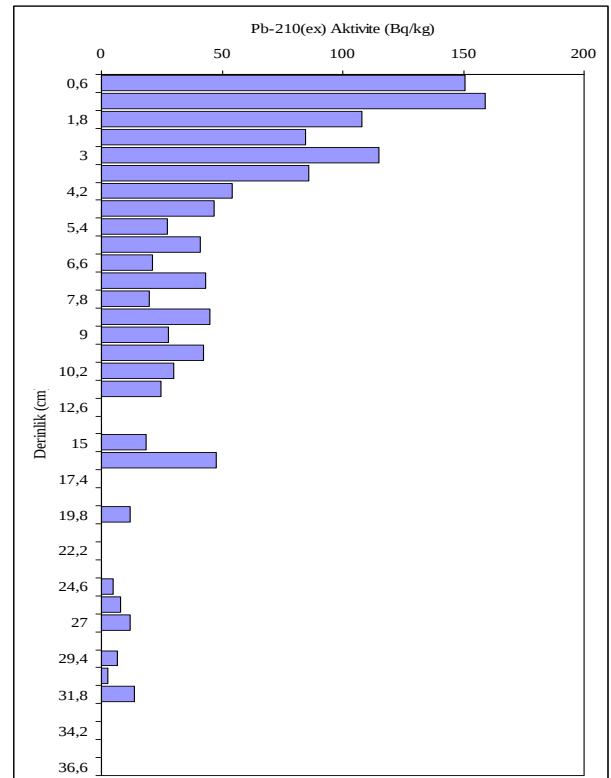
örneklendirilmiştir Örnek numunelerinde Pb, Fe, Mn, Zn, Cd, Ni ve Cr konsantrasyonları indüktif eşleşmiş plazma optik emisyon spektrometresi, (Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometer, ICP-OES) cihazı ile tespit edilmiştir. Sediment örnekleri ağır metal analizleri için plastik ambalajlarda saklanmış ve 48 saat boyunca 85 0C'de kurutulup homojenize hale getirilmiştir. Daha sonra 63 µm'lik elekten geçirilmiş ve küçük tane boyutuna ayrıştırılmıştır [4]. Kurutulan örneklerden 0,05 gr alınarak mikrodalga çözündürme işlemi için %37 7,5 mL HCl ve %65'lik 2,5 mL HNO<sub>3</sub> eklenerek çözündürülmüş ve 15 ml'ye seyreltilmiştir [14].

## 3. Bulgular

### 3.1 <sup>210</sup>Pb Yaş Tayini

Kor örneğinde denge üstü <sup>210</sup>Pb'un en yüksek aktivitesi 1,2. cm'de 159±18 Bq kg<sup>-1</sup> olarak tespit edilmiş denge derinliği ise 12,6 cm olarak belirlenmiştir. Kor örneğinde saptanan <sup>210</sup>Pb konsantrasyonları derinlik ile düzgün azalış göstermiştir (Şekil 4). Bu düzgün azalış göl sedimentdeki <sup>210</sup>Pb akısının sabit olduğunu göstermektedir. Bu sayede akının sabit kabul edildiği alanlarda kullanılan CRS modeli ile sediment katmanlarının yaşı tayin edilirken CRS modeli ile saptanan yaş analizini desteklemek için sediment akümülayon hızının, <sup>210</sup>Pb akısını etkilemediği diğer bir yaş tayin yöntemi olan CF modeli ile de yaş tayini yapılmıştır. Yapılan yaş tayinleri ile bulunan sonuçlar ve kor örneğinden elde edilen % kuru ağırlık, porozite ve kütle derinliği gibi veriler Ek-A da verilmiştir.

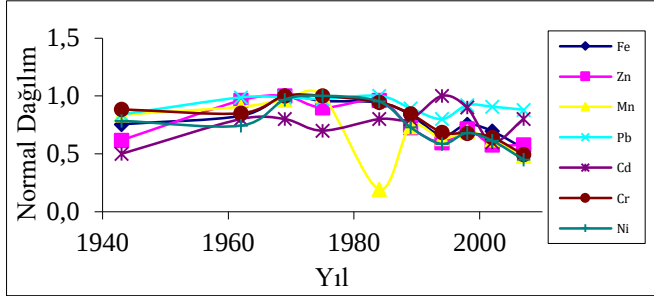
Ortalama kuru sediment yoğunluğu 3,69 g cm<sup>-3</sup> olarak belirlenmiştir. Su yoğunluğu, göl suyunun tuzluluk yoğunluğunun deniz suyu tuzluluk yoğunluğuna yakın olmasından dolayı, denizler için kullanılan değer olan 1,02 g cm<sup>-3</sup> olarak alınmıştır [8].



Şekil 4. Denge üstü <sup>210</sup>Pb aktivitesinin derinliğe bağlı değişimi

### 3.2 Ağır Metal Sonuçları

Çalışma bölgesinden alınan kor örneğinden 1,2 cm aralıklarla alınan numunelerdeki Pb, Fe, Mn, Zn, Cd, Ni ve Cr konsantrasyonlarının normal dağılımları biriken sedimentlerin birikim yıl aralıkları ile eşleştirilmiş ve Şekil 5 de verilmiştir.



Şekil 5. Kor örneğindeki ağır metal konsantrasyonları normal dağılımı

Kor örneğindeki ağır metal konsantrasyonları incelendiğinde tekstil, dokuma ve deri işleme sanayilerinin hammaddesi olan Zn ve Pb; ve çelik kaplama sanayisinde ana metal element olarak kullanılan Fe, Ni, Cr metallerinin konsantrasyon dağılımlarının yıllar bazında korelasyon içerisinde olduğu saptanmıştır.

Ülkemizde 1940'lı yılların sonuna doğru başlayan Marshall destekleri sayesinde tarımsal sanayileşme hız kazanmış ve dolayısı ile tarıma endekslili yan sanayi olan tekstil, zeytincilik, dokuma ve sabun gibi dallarda gelişim göstermiştir. Yıllar içindeki gelişim ile 1980 yıllarında ihracata yönelik sanayileşme hız kazanmıştır. Bu gelişmeler ışığında kurulan tesislerin sayısı artmış ve artan işletmelerin atıkları tarımı olumsuz yönde etkilemiş ve arıtım tesislerinin önemini arttırmıştır [12]. Bu yıllarda tarımın azalması ile tahıl, çay gibi birçok gıdada iz element olan Mn konsantrasyonundaki değişimde azalım görülmüştür. Elektroliz yolu ile kaplama işlemlerinde teknolojik ürünlerde tercih edilen Cd konsantrasyonundaki 1990 – 2000 yılları arasındaki dalgalanma ise menderes nehri üzerine kurulan teknolojik tesislerin çoğalması ile pozitif uyum göstermiştir.

Durdu ve arkadaşlarının Güney Ege Kalkınma Ajansı (GEKA) için 2012 yılında Büyük Menderes nehriindeki su kalitesi ve kirliliğini saptamak için yaptıkları çalışmada [15] su kirliliğinin artmakta ve dolayısı ile kalitesinin azalmakta olduğunu saptamışlardır. Aynı çalışmada yapılan nehir suyundaki ağır metal ölçümlerinde, metal konsantrasyonlarının zaman içinde dalgalanma gösterdiğini belirtmişlerdir.

### 4. Tartışma ve Sonuç

Bafa gölünden alınan kor örneklerinde yapılan tarihleme çalışması ile ağır metal tayinleri eşleştirildiğinde 1960 yılı sonrası tarım ve sanayi kalkınma atakları ile havzada metal, tekstil ve teknoloji sanayisi sektörlerinde kullanılan bazı ağır metallerin muhteviyatının zaman içinde artış gösterdiği saptanmıştır. Bu ağır metallerinin sanayileşme ile olan birikim ilişkisi havzada yapılacak olan düzenli çalışmalar ile daha da anlamlılık kazanacaktır.

Bafa gölünün kendini besleyen akarsu ve nehirlerinden gelen sedimentlerin birikim noktası olması bu çalışmadaki tarihsel sediment birikiminin önemini artırmaktadır. Yapılan çalışmamız

ile elde edilen sonuçlar ışığında gölün kirlilik düzeyinin kritik seviyelerde olduğu belirlenmiştir. Göl ve kaynakları üzerinde yapılan çalışmalardan çıkartılan sonuçlar göstermektedir ki Büyük Menderes nehri ve havzasında girdi kaynağı olarak bulunan sanayi alanları ve yerleşim bölgelerinin düzenli atık kontrolleri sağlanmalıdır. Bunun yanı sıra havzadaki küçük veya büyük tarımsal faaliyetlerin daha bilinçli yapılması ile nehir ve göl ekosistemine olan karasal girdilerin daha da azalacağı düşünülmektedir.

### Teşekkür

Bu çalışma bilimsel araştırma projesi olarak Ege Üniversitesi tarafından (BAP Protokol No: 11 NBE 009) desteklenmiştir.

### Kaynakça

- [1] Topçuoğlu, S., 2005, Denizlerin radyoaktif kirliliği (VI. Bölüm), Deniz Kirliliği, Tüdev Yayınları, İstanbul, No: 21, 313-355s.
- [2] Aktop, Y., & Çağatay, İ. T., 2020, Ağır metallerin balıklarda birikimi ve etkileri. Menba Kastamonu Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dergisi, 6(1), 37-44.
- [3] Yerli, C., Çakmakçı, T., Sahin, U., & Tüfenkçi, Ş., 2020, Ağır metallerin toprak, bitki, su ve insan sağlığına etkileri. Türk Doğa ve Fen Dergisi, 9(Özel Sayı), 103-114.
- [4] Aközcan, S. and Uğur, A., 2013, Activity levels of <sup>210</sup>Po and <sup>210</sup>Pb in some fish species of the Izmir Bay (Aegean Sea), Marine Pollution Bulletin, 66, 234-238p.
- [5] Egemen, Ö., 2000, Çevre ve Su Kirliliği, Ege Üniversitesi Yayınları, Su Ürünleri Fak., Yayın No:42, 116s.
- [6] Yıldız, N., & Yener, G. 2010. Dating of the sediment accumulation rate, radioactive and heavy metal pollution in the Van Lake. *Ekoloji*, 19(77), 80-87.
- [7] Hameed, P. S., Shaheed, K., Somasundaram, S. S. N. and Iyengar, M. A. R., 1997. A study of polonium-210 distribution aspects in the riverine ecosystem of Kaveri, Tiruchirappalli, India. *Environmental Pollution*, Vol. 95, No. 3, 371-377p
- [8] Uğur, A., 1998, Gökova Körfezi Deniz Sediment Korlarında Radyoaktif Pb, Po, Ra, Cs, Am ve Pu İzotoplarının Dağılımının İncelenmesi, Sedimentasyon Hızı ve Tarihleme Çalışmalarında Kullanılması, EÜ Fen Bil. Ens. Nükleer Bil. ABD, Doktora tezi,
- [9] Saçan, S., 2004, İzmir Körfezi Yüzey Sedimentlerinde ve Kara Midye (*Mytilus galloprovincialis* L.1758)'de <sup>210</sup>Pb ve <sup>210</sup>Po Birikiminin Periyodik Araştırılması, Ege Ün., Fen Bil. Ens., Nükleer Bilimler Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- [10] Müllenhoff, M., Handl, M., Knipping, M. and Brückner H., 2004, The evolution of Lake Bafa (Western Turkey) – Sedimentological, microfaunal and palynological results *Coastline Reports*, 1, 55-66p.

- [11] Yabanlı M., Türk N., Tenekecioğlu E. ve Uludağ R., 2011. Bafa Gölü'ndeki toplu balık ölümleri üzerine bir araştırma, SAÜ. Fen Bilimleri Dergisi, 15. Cilt, 1. Sayı, 36-40s.
- [12] Büke, A., Gültekin M. ve Aksoy, A., Dıvrak B.B., Göcek Ç., Berke M.Ö., Çeşmeci H., 2012. Büyük Menderes Havza Atlası, 167s.
- [13] IAEA, 2006, 210Po and 210Pb in Marine Ecosystem of Aegean Sea Turkish Coast, IAEA- Research Contract No: 302-K4.00.24- TUR-12641, B5-TUR-31834.
- [14] Berghof Speed-wave mikrodalga çözündürme işlemi. <https://www.berghof-instruments.com/en/applications/applications-by-segments/environment-geology/>
- [15] Durdu Ö.E., Karataş B. S. and Tunalı S. P., 2012, Büyük Menderesi Kirlenmek Geleceğini Kirlenmektir, Güney Ege Kalkınma Ajansı Proje Raporu, 800s.

## Ekler

Ek A. Kor örneğinden elde edilen % kuru ağırlık, porozite, kütle derinliği ve CF ile CRS yöntemine göre yaş tayini verileri

| Derinlik<br>(cm) | % Kuru<br>ağırlık | Porozite | Kütle<br>Derinliği    | Pb <sub>ex</sub><br>(Bq kg <sup>-1</sup> ) | CF      |       | CRS     |       |
|------------------|-------------------|----------|-----------------------|--------------------------------------------|---------|-------|---------|-------|
|                  |                   |          | (g cm <sup>-2</sup> ) |                                            | Yaş (y) | Tarih | Yaş (y) | Tarih |
| 0,6              | 47,67             | 0,8      | 0,74                  | 150,66                                     | 2,33    | 2011  | 2,17    | 2011  |
| 1,2              | 42,82             | 0,83     | 0,63                  | 158,91                                     | 4,95    | 2008  | 4,59    | 2008  |
| 1,8              | 43,26             | 0,83     | 0,64                  | 107,75                                     | 7,05    | 2006  | 6,65    | 2006  |
| 2,4              | 43,97             | 0,82     | 0,66                  | 84,74                                      | 8,94    | 2004  | 8,5     | 2005  |
| 3                | 46,35             | 0,81     | 0,71                  | 114,96                                     | 11,46   | 2002  | 10,72   | 2002  |
| 3,6              | 45,49             | 0,81     | 0,69                  | 85,9                                       | 13,66   | 1999  | 12,91   | 2000  |
| 4,2              | 46,55             | 0,81     | 0,72                  | 54,1                                       | 15,42   | 1998  | 14,76   | 1998  |
| 4,8              | 46,44             | 0,81     | 0,71                  | 46,8                                       | 17,13   | 1996  | 16,43   | 1997  |
| 5,4              | 45,69             | 0,81     | 0,7                   | 27,5                                       | 18,54   | 1994  | 17,93   | 1995  |
| 6                | 45,6              | 0,81     | 0,69                  | 40,77                                      | 20,3    | 1993  | 19,49   | 1994  |
| 6,6              | 41,54             | 0,84     | 0,61                  | 21,3                                       | 21,71   | 1991  | 21,03   | 1992  |
| 7,2              | 43,88             | 0,82     | 0,66                  | 43,2                                       | 23,72   | 1989  | 22,69   | 1990  |
| 7,8              | 45,43             | 0,81     | 0,69                  | 19,75                                      | 25,26   | 1988  | 24,44   | 1989  |
| 8,4              | 43,15             | 0,83     | 0,64                  | 44,8                                       | 27,56   | 1985  | 26,26   | 1987  |
| 9                | 41,36             | 0,84     | 0,6                   | 27,77                                      | 29,53   | 1983  | 28,36   | 1985  |
| 9,6              | 42,69             | 0,83     | 0,63                  | 42,26                                      | 32,09   | 1981  | 30,5    | 1983  |
| 10,2             | 42,64             | 0,83     | 0,63                  | 29,81                                      | 34,44   | 1979  | 32,91   | 1980  |
| 11,4             | 41,67             | 0,84     | 0,61                  | 24,48                                      | 36,78   | 1976  | 35,2    | 1978  |
| 12,6             | 43,9              | 0,82     | 0,66                  | 0                                          | 38,33   | 1975  | 37,26   | 1976  |
| 13,8             | 42,79             | 0,83     | 0,63                  | 0                                          | 39,93   | 1973  | 38,8    | 1974  |
| 15               | 39,93             | 0,84     | 0,57                  | 18,61                                      | 42,47   | 1971  | 40,63   | 1972  |
| 16,2             | 40,38             | 0,84     | 0,58                  | 47,66                                      | 46,64   | 1966  | 43,5    | 1970  |
| 17,4             | 39,85             | 0,85     | 0,57                  | 0,26                                       | 48,81   | 1964  | 47,13   | 1966  |
| 18,6             | 39,35             | 0,85     | 0,56                  | 0                                          | 50,23   | 1963  | 49,11   | 1964  |
| 19,8             | 38,46             | 0,85     | 0,54                  | 11,96                                      | 53,37   | 1960  | 50,85   | 1962  |
| 21               | 37,85             | 0,86     | 0,53                  | 0                                          | 55,8    | 1957  | 53,82   | 1959  |
| 22,2             | 38,84             | 0,85     | 0,55                  | 0                                          | 58,2    | 1955  | 56,2    | 1957  |
| 23,4             | 39,45             | 0,85     | 0,56                  | 0                                          | 61,14   | 1952  | 58,65   | 1954  |
| 24,6             | 39,56             | 0,85     | 0,57                  | 4,75                                       | 65      | 1948  | 61,68   | 1951  |
| 25,8             | 40,38             | 0,84     | 0,58                  | 8,11                                       | 69,73   | 1943  | 65,58   | 1947  |
| 27               | 39,43             | 0,85     | 0,56                  | 11,73                                      | 75,72   | 1937  | 70,35   | 1943  |
| 28,2             | 40,32             | 0,84     | 0,58                  | 0                                          | 77,63   | 1935  | 75,9    | 1937  |
| 29,4             | 38,67             | 0,85     | 0,55                  | 6,73                                       | 84,68   | 1928  | 78,19   | 1935  |
| 30,6             | 40                | 0,84     | 0,57                  | 2,78                                       | 92,89   | 1920  | 85,2    | 1928  |
| 31,8             | 41,05             | 0,84     | 0,6                   | 13,46                                      | 107,26  | 1906  | 93,53   | 1919  |
| 33               | 39,05             | 0,85     | 0,56                  | 0                                          | 121,34  | 1892  | 107,67  | 1905  |