



Determining The Concentration Level of Some Elements Caused by Geological Period in The Sediments of Lake Hazar

Özgür Canpolat^{1,a,*}, Kürşad Kadir Eriş^{2,b}, Eyyüp Önder Akkoyun^{1,c}

¹Faculty of Fisheries, Firat University, 23119 Elazığ, Turkey

²Department of Geological Engineering, Mining Faculty, Istanbul Technical University, 34467 Istanbul, Turkey

*Corresponding author

| ARTICLE INFO | ABSTRACT |
|--|---|
| <p><i>Research Article</i></p> <p>Received : 11/01/2020 Accepted : 06/04/2020</p> <p>Keywords: Element Geological period Core Lake Hazar Elazığ</p> | <p>In this study, it was aimed to determine the concentrations of some elements in sediment along depth profile in core collected at the Lake Hazar (Elazığ) and to compared the results according to recent geological periods. For this purpose, the levels of arsenic (As), mercury (Hg), molybdenum (Mo), barium (Ba), uranium (U), tin (Sn), titanium (Ti), lanthanum (La) and beryllium (Be) on every 5 cm of the piston core samples taken as part of a TÜBİTAK project (No: 111Y045) from Lake Hazar were detected. The lowest concentrations of Ba, Hg, La, Ti and U were found (111 ppm, 0.01 ppm, 4.4 ppm, 1190 ppm and 0.6 ppm respectively) at 81-83 cm in depth. It was determined that it belonged to 10 000 B.P. and to Holocene Period (10.5 thousand B.P.). The highest concentrations of As, Ba, Hg, Sn, La, Mo, Ti and U were found different depth in the core in Lake Hazar. The highest concentrations of Hg in the core were detected between 4-6 cm that this depth was determined corresponds to present day. The highest levels of As and Ba found that it belonged to Pre-Glacial Period/ Late Pleistocene Period (10.5 thousand B.P.). The highest concentration of other elements (Sn, La, Mo and Ti) determined that it belonged to Last Glacial Maximum Period/Late Pleistocene Period (between 23-16 thousand B.P.). The geological structure of the basin where the lake ecosystem is located, biological and hydrological processes, climatic and anthropogenic factors can be cited as the reasons for these differences.</p> |

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 8(4): 1001-1011, 2020

Hazar Gölü Sedimentinde Jeolojik Dönemlere Bağlı Olarak Bazı Elementlerin Konsantrasyonlarının Belirlenmesi

| MAKALE BİLGİSİ | ÖZ |
|---|--|
| <p><i>Araştırma Makalesi</i></p> <p>Geliş : 11/01/2020 Kabul : 06/04/2020</p> <p>Anahtar Kelimeler: Element Jeolojik dönem Karot Hazar Gölü Elazığ</p> | <p>Bu çalışmada Hazar Gölü (Elazığ)'nden alınan karotta derinlik profili boyunca sedimentte bazı elementlerin konsantrasyonlarının belirlenmesi ve sonuçların son jeolojik dönemlere göre karşılaştırması amaçlanmıştır. Bu amaca yönelik Hazar Gölü'nde tamamlanmış olan 111Y045 Nolu TÜBİTAK projesi kapsamında alınmış piston karotlarından her 5 cm'de bir örnekler alınarak, arsenik (As), civa (Hg), molibden (Mo), baryum (Ba), uranyum (U), kalay (Sn), titanyum (Ti), lantan (La) ve berilyum (Be) elementlerinin düzeyleri belirlenmiştir. Ba, Hg, La, Ti ve U elementlerinin en düşük konsantrasyonları (sırasıyla 111 ppm, 0.01 ppm, 4.4 ppm, 1190 ppm and 0.6 ppm) 81-83 cm derinlikte bulunmuştur. Bu derinliğin G.Ö. 10 000 yıl önceye ve Holosen Döneme (günümüzden 10,5 bin yıl öncesi) denk geldiği belirlenmiştir. As, Ba, Hg, Sn, La, Mo, Ti ve U elementlerinin en yüksek konsantrasyonları farklı derinliklerde bulunmuştur. En yüksek Hg konsantrasyonu 4-6 cm derinlikte belirlenmiş olup, bu derinliğin günümüze denk geldiği tespit edilmiştir. As ve Ba elementlerinin en yüksek konsantrasyonlarının Buzul Öncesi Dönem/Geç Pleyistosen Döneme (günümüzden 10,5 bin yıl önce) denk geldiği bulunmuştur. Diğer elementlerin (Sn, La, Mo ve Ti) en yüksek konsantrasyonlarının ise Son Maksimum Buzul Öncesi Dönem/Geç Pleyistosen Döneme (günümüzden 23-16 bin yılları arası) denk geldiği belirlenmiştir. Bu farklılıkların nedeni olarak, göl ekosisteminin bulunduğu havzanın jeolojik yapısı, biyolojik ve hidrolojik süreçler, iklimsel faktörler ve göl havzasındaki antropojenik faktörler gösterilebilir.</p> |

^a ocanpolat@firat.edu.tr

^b <https://orcid.org/0000-0001-7498-600X>

^c erisku@itu.edu.tr <https://orcid.org/0000-0002-7440-8709>

^c eyyuponder90@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-9950-0616>



Giriş

Metaller çevreye ve sucul ekosistemlere doğal yollarla ve insan faaliyetlerinden kaynaklanan sebeplerle olmak üzere iki şekilde girer. Doğal yollar; maden yatakları, toprak ve kayaların erozyonu, rüzgarın sebep olduğu tozlar, volkanik faaliyetlerdir. Evsel ve endüstriyel atıklar, tarımsal faaliyetler vb. ise insan kökenli kirletici kaynaklarıdır (Sarı ve Çağatay, 2001; Türkmen ve Akbulut, 2015; Kurnaz ve ark., 2016; Mutlu ve Emin Güzel, 2019; Emin ve ark., 2020).

Toksik olmaları, biyolojik parçalanmaya dayanıklı olmaları, taşınma sonucu emisyonu uğradıkları yerlerden çok uzaklarda da birikerek çevredeki derişimlerinin artması gibi özelliklere sahip olan iz elementler biyoakümülyasyonla doğrudan ya da dolaylı yollarla besin zincirine dâhil olurlar (Başkan, 2010). Eser miktarlarda bile toksik etkiye sahip olan elementler arasında en önemlilerini; Ag, As, Be, Cd, Cr, Pb, Hg, Ni, S ve V gibi elementler oluşturmaktadır. Önemli bir kirletici grubu oluşturan iz elementlerin toksik ve kanserojen etkilerinin yanı sıra canlılarda birikme özelliği de göstermektedirler (Mutluay ve Demirak, 1996;).

Sucul ekosistemlerde sediment bir çevresel "takometre" gibi, çevresel bilginin kaydının tutulduğu bir veri bankası olarak kabul edilebilir. Sediment örnekleri bölgenin kirlilik derecesini ve düzeyini ortaya koymasının yanı sıra tarihi gelişimini göstermesi bakımından da önem arz etmektedir. Sedimentolojik çalışmalar göl ve nehirlerde meydana gelen kompleks hidrokimyasal etkileşimlerin açığa çıkarılmasında anahtar rol oynayabilir. Sedimentin jeokimyasal olarak incelenmesi aynı zamanda sucul ekosistemlerin kirlilik değerlendirmesi, iklim koşullarının değişimi ve sedimentasyon hızı gibi bilgileri de verir (Ayaz, 2010).

Göller hem kendi tabanındaki ve hem de buldukları havzadaki sedimentleri kronolojik olarak biriktirir ve genellikle düşük oksijen ve sıcaklık koşulları altında bu materyalleri korurlar (Schindler, 1987). Daha derinde olan çökeller geçmiş jeolojik tarihlerdeki kirliliğin kaydını tutarken, çökel üzerindeki birkaç santimetrelük kısım sürekli değişen güncel kirliliği yansıtmaktadır (Seshan ve ark., 2010).

Sedimentler, sucul ekosistemlerde pestisitler ve iz elementler gibi çeşitli kirleticiler için önemli rezervuar yeridir. Yalnızca su örneklerinde iz element analizleri yeterli olmayabilir. Bu nedenle sedimentte de iz elementlerin tespit edilmesi gerekir. Sucul ekosistemlerden alınan karot örnekleri sedimentte iz metal birikimiyle ilgili tarihi kayıtlar elde edilmesini sağlar (Leopold ve ark., 2012).

Sedimentte iz metal birikim düzeyi sedimentin karakteristiğine, özellikle içerdiği organik madde tipi ve miktarına, tane büyüklüğüne, katyon değiştirme kapasitesine ve mineral içeriğine göre değişim göstermektedir (Vertacnik ve ark., 1995).

Bu çalışmada Türkiye'nin en büyük ikinci tektonik gölü olan ve alkalın göl karakterine sahip olan hem ekonomik hem turistik bir öneme sahip olmasının yanı sıra, içerisinde barındırdığı endemik balık türü ile ekolojik öneme de sahip olan Hazar Gölü'nden alınan karot örneğinde;

1. Derinlik profili boyunca arsenik (As), civa (Hg), baryum (Ba), uranyum (U), kalay (Sn), berilyum (Be), titanyum (Ti), lantan (La) ve molibden (Mo) konsantrasyonlarının belirlenmesi,

2. Jeolojik devirler boyunca bu elementlerin konsantrasyonlarının değişiminin ortaya konulması amaçlanmıştır.

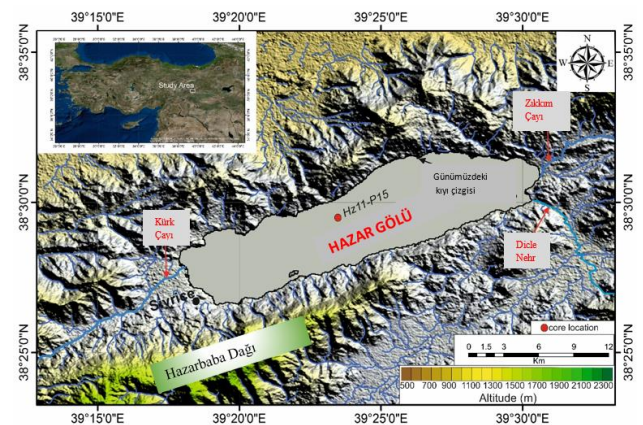
Materyal ve Metot

Çalışma Alanı

Türkiye'nin önemli göllerinden biri olan Hazar Gölü, deniz seviyesinden 1248 m yükseklikte, Güneydoğu Toros Dağları arasında tektonik bir çukurluk içerisinde yerleşmiş olup Doğu Anadolu Fay kuşağı üzerinde oluşmuştur. Kuzeyden Çelemlik-Mastar sıra dağları, güneyden Hazar Dağı-Yaylım Dağları arasında yer alan Hazar Gölü, 38° 31' N enlem ve 39° 25' E boylamlarında, Elazığ il merkezine 22 km, Diyarbakır il merkezine 100 km uzaklıktadır. En uzun eksenli Doğu Güneydoğu-Batı Kuzeybatı doğrultusunda 20 km, ortalama genişliği 4 km'dir. En geniş yeri (5,4 km) doğu, en dar yeri (3,8 km) ise batı kısmındadır. Gölün derinliği tam olarak bilinmemekle birlikte en derin noktası için 80–300 m arasında değişen rakamlar verilmektedir. Göl alanı, 1238 m seviyesinde planimetre ile yapılan ölçümlere göre 80 km², havzası ise 273 km²'dir (Yiğit, 1994a; Yiğit, 1994b; Tatar ve ark., 1995; Tonbul ve Yiğit, 1995).

Karot Çalışmaları

Hazar Gölü tabanından sediment örneği alımı 2011 yılında TÜBİTAK 111Y045 Nolu 'Geç Pleyistosen-Holosen Dönemi Yüksek Çözünürlü İklim ve Su Seviyesi Değişimleri' projesi kapsamında gerçekleştirilmiştir (Şekil 2). Hazar Gölü'nden alınan Hz11-P15 karotu 534971.08 D 4260296.97 K koordinatlarında yer alan lokasyondan yüzen bir platform ile çakmalı piston sistemiyle alınmıştır.



Şekil 1. 111Y045 nolu TÜBİTAK projesi kapsamında Hazar Gölü (Elazığ)'nden alınan karot lokasyonunu gösteren uydu haritası (Eriş ve ark., 2017'den revize edilmiştir)

Figure 1. A satellite map (revised after Eriş et al. 2017) showing the studied the sediment core (red dots) retrieved from Lake Hazar

Radyokarbon Yaş Analizleri

Bu araştırmada kullanılan karotta yaş tayini, TÜBİTAK 111Y045 Nolu ‘Geç Pleyistosen-Holosen Dönemi Yüksek Çözünürlü İklim ve Su Seviyesi Değişimleri’ projesi kapsamında gerçekleştirilmiştir. Karotlarda belirli litostratigrafik birimler ayırt edildikten sonra bu seviyelerin yaşlandırılması için radyokarbon (^{14}C) yaşlandırma tekniği kullanılmıştır. ^{14}C yaş tayinleri Accelerator Mass Spectrometry (AMS) yöntemi ile Woods Hole Oceanographic Enstitüsü NOSAMS laboratuvarında yapılmıştır. Karottan seçilen Ostrakod, bivalv ve bitki/odun parçaları gibi örnekler çökel malzemesinden yıkanarak arındırılmış ve yaş tayini için hazır hale getirilmiştir. Örneklerin taşınmamış olmasına ve AMS yaşlandırmalarında tek kavkı olmasına dikkat edilmiştir. Kavkılar dikkatli bir şekilde su altında fırça ile temizlenerek binoküler mikroskop altında diyajenetik alterasyona uğrayıp uğramadıkları incelenmiştir (Eriş ve ark., 2017). Yaşlar, ^{13}C düzeltilmesi yapıldıktan sonra hesaplanmış ve günümüzden önce ^{14}C yılını (G.Ö.yıl) vermiştir (Reimer ve ark., 2013). Diğer çalışmalardaki tarihlerle karşılaştırabilmek için, yaşlarda rezervuar yaşı düzeltilmesi ve takvim yılına kalibrasyon yapılmamış ve hata payı $\pm 1\sigma$ (1 standart sapma) olarak hesaplanmıştır. Karotlarda radyokarbon (^{14}C) yaşlandırma analizi sayesinde farklı çökel birimlerinin ^{14}C analiz sınırları içerisinde kalan kronolojik dizilimleri hakkında bilgi elde edilmiş ve bu sayede karot çökellerinin hassas kronostratigrafik çalışmaları yapılmıştır (Eriş ve ark., 2017).

Element Analizleri

Element analizi yapılacak karot boyunca her 5 cm’de bir numuneleme yapılmıştır. Alınan numunelerde gerekli analizlerin yapılabilmesi için 10 g kurutulmuş numune gerektiğinden karotta alınan her numune etüvde yaklaşık 120°C ’de birkaç gün bekletilip tamamen kurutulduktan sonra, seramik havanda tamamen toz haline gelinceye kadar övütülme işlemi yapılmıştır. Toz halindeki numuneler hassas terazide tartılarak 10 g numune alınmış ve şeffaf numune kaplarında numuneleme yapılmıştır. Karotlarda numuneleme yapılırken karot çökelleri içerisindeki bitki ve organik bazı maddeler temizlenmiştir (Eriş, 2013).

Element analizleri TÜBİTAK 113Y586 Nolu ‘‘Hazar Gölü (Elazığ) Sedimentlerinde Jeolojik ve Antropojenik Ağır Metal Kirliliğinin Belirlenmesi’’ başlıklı proje kapsamında yaptırılmıştır. Analizler akredite olmuş özel bir laboratuvarda hizmet alımı şeklinde gerçekleştirilmiş olup, element analizleri ICP-MS (Endüktif Eşleşmiş Plazma)’da yapılmıştır. Sediment örnekleri numune kapları içerisinde analizlerin yapılacağı laboratuvara gönderilmiştir. Sediment örneklerinde arsenik (As), civa (Hg), baryum (Ba), uranyum (U), kalay (Sn), berilyum (Be), titanyum (Ti), lantan (La) ve molibden (Mo) konsantrasyonları belirlenmiştir.

Bulgular ve Tartışma

H11-P15 karot örneklerinde derinliğe bağlı olarak, analizi yapılan elementlerin değişimi ayrı başlıklar halinde açıklanmıştır.

Arsenik (As)

Karot örneğindeki As konsantrasyonunda çok ani azalma ve artışlar tespit edilmiştir (Şekil 2). As konsantrasyonunda, 362-364 cm derinlikten itibaren 4-6 cm’lik derinliğe kadar bütün derinlik profiline düzensiz artış ve azalmalar kaydedilmiştir. 362-364 cm derinlikte 2,6 ppm olan As konsantrasyonu, 314-316 cm derinlikte 2,1 ppm ile en düşük değerine ulaşmıştır. Bu derinliğin G.Ö. 25000 yıl önceye ve Buzul Öncesi Dönem/Geç Pleyistosen Döneme (günümüzden 30-23 bin yılları arası) denk geldiği belirlenmiştir. Tüm derinlik profili boyunca en yüksek As değeri 108-110 cm derinlikte 50,9 ppm olarak kaydedilmiş olup, bu derinliğin G.Ö. 11 bin yıl önceye ve Holosen Öncesi-Buzul Sonrası Döneme (10,5 bin ila 16 bin yılları arası) denk geldiği tespit edilmiştir.

Baryum (Ba)

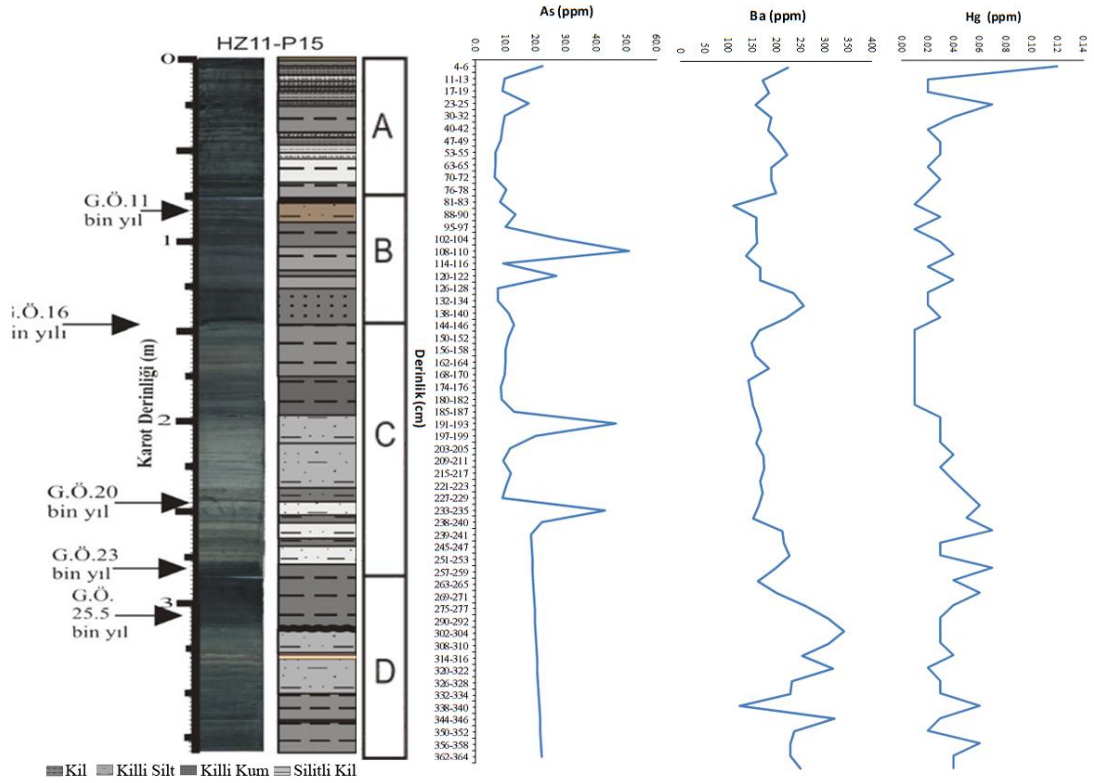
Karot örneğindeki Ba konsantrasyonunda 362-364 cm derinlikten itibaren 4-6 cm’lik derinliğe kadar bütün derinlik profili boyunca düzensiz artış ve azalmalar olduğu belirlenmiştir (Şekil 2). 362-364 cm derinlikte 250 ppm olan Ba konsantrasyonu, 4-6 cm derinlikte 225 ppm olarak kaydedilmiştir. En düşük Ba konsantrasyonu (111 ppm) 81-83 cm derinlikte tespit edilmiştir. Bu derinliğin G.Ö. 10000 yıl önceye ve Holosen Döneme (günümüzden 10,5 bin yıl öncesi) denk geldiği bulunmuştur. Tüm derinlik profili boyunca en yüksek Ba değeri ise 290-292 cm derinlikte 342 ppm olarak kaydedilmiş olup, bu derinliğin G.Ö. 25,5 bin yıl önceye ve Buzul Öncesi Dönem/Geç Pleyistosen Döneme (günümüzden 30-23 bin yılları arası) denk geldiği belirlenmiştir.

Civa (Hg)

Karot örneğindeki Hg konsantrasyonunda da As ve Ba’da olduğu gibi 362-364 cm derinlikten itibaren 4-6 cm’lik derinliğe kadar bütün derinlik profili boyunca düzensiz artış ve azalmalar tespit edilmiştir (Şekil 2). 362-364 cm derinlikte 0,04 ppm olan Hg konsantrasyonu, 4-6 cm derinlikte 0,12 ppm olarak belirlenmiştir. En düşük Hg konsantrasyonu (0,01 ppm) 81-83, 95-97, 144-146, 150-152, 156-158, 162-164, 168-170, 174-176 ve 180-182 cm derinliklerde bulunmuştur. Bu derinliğin G.Ö. 11000 yıl önceye ve Holosen Döneme (günümüzden 10,5 bin yıl öncesi) denk geldiği bulunmuştur. Bütün derinlik profili boyunca en yüksek Hg değeri ise 4-6 cm derinlikte 0,12 ppm olarak belirlenmiş olup, bu derinliğin günümüze denk geldiği belirlenmiştir.

Kalay (Sn)

Sn konsantrasyonunda diğer elementlerde (As, Ba ve Hg) olduğu gibi 362-364 cm derinlikten itibaren 4-6 cm’lik derinliğe kadar bütün derinlik profiline düzensiz artış ve azalmalar kaydedilmiştir (Şekil 3). 362-364 cm derinlikte 1,1 ppm olan Sn konsantrasyonu, 150-152 cm derinlikte 0,4 ppm ile en düşük değerine ulaşmıştır. Bu derinliğin G.Ö. 16000 yıl önceye ve Son Maksimum Buzul Öncesi Dönem/Geç Pleyistosen Döneme (günümüzden 23-16 bin yılları arası) denk geldiği belirlenmiştir. Tüm derinlik profili boyunca en yüksek Sn değeri 227-229 cm ve 245-247 cm derinlikte 1,3 ppm olarak kaydedilmiş olup, bu derinliğin G.Ö. 20000 yıl önceye ve Son Maksimum Buzul Öncesi Dönem/Geç Pleyistosen Döneme (günümüzden 23-16 bin yılları arası) denk geldiği tespit edilmiştir.



A: Holosen (Günümüzden 10,5 bin yılı öncesi)

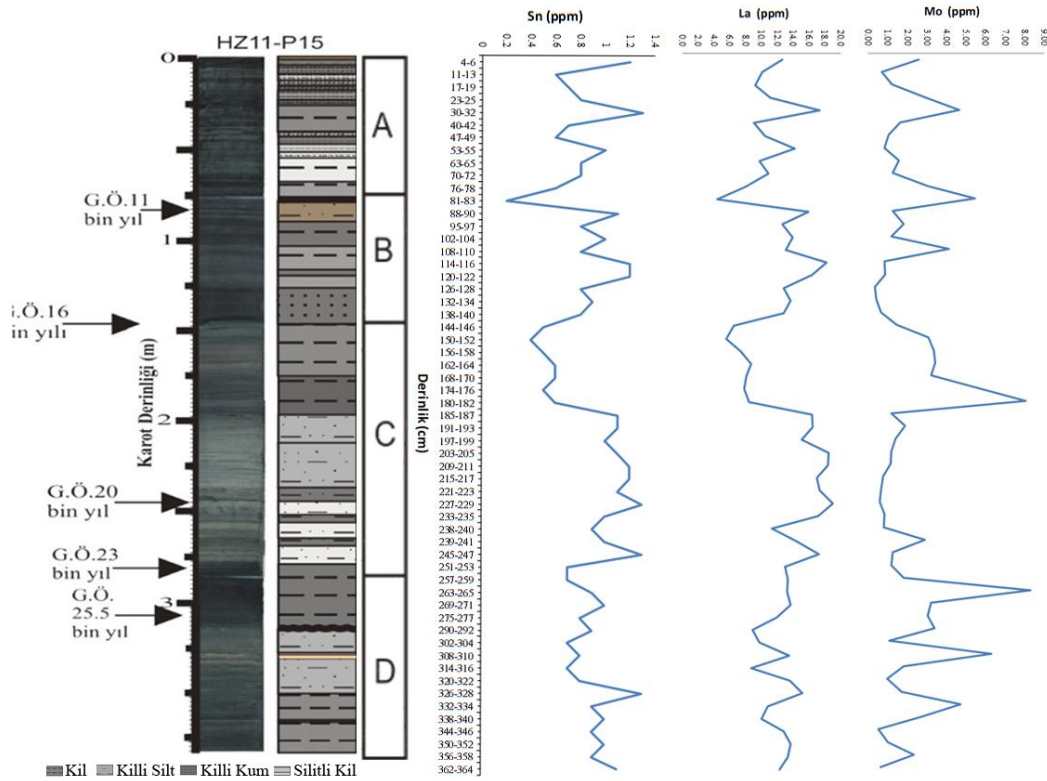
B: Holosen öncesi – buzul sonrası (10,5 - 16 bin yılları arası)

C: Son Maksimum Buzul Dönemi/Geç Pleyistosen (23-16 bin yılları arası)

D: Buzul öncesi dönem/Geç Pleyistosen (30-23 bin yılları arası)

Şekil 2. Hazar Gölü'nden alınan Hz11-P15 karot örneğinde As, Ba ve Hg konsantrasyonlarının derinliğe, jeolojik devirlere ve yaşa bağlı olarak değişimi

Figure 2. Variation of As, Ba and Hg concentrations depending on depth, geological cycles and age in Hz11-P15 core sample taken from Lake Hazar



A: Holosen (Günümüzden 10,5 bin yılı öncesi)

B: Holosen öncesi – buzul sonrası (10,5 - 16 bin yılları arası)

C: Son Maksimum Buzul Dönemi/Geç Pleyistosen (23-16 bin yılları arası)

D: Buzul öncesi dönem/Geç Pleyistosen (30-23 bin yılları arası)

Şekil 3. Hazar Gölü (Elazığ)'nden alınan Hz11-P15 karot örneklerinde Sn, La ve Mo konsantrasyonlarının derinliğe, jeolojik devirlere ve yaşa bağlı olarak değişimi

Figure 3. Variation of Sn, La and Mo concentrations depending on depth, geological cycles and age in Hz11-P15 core samples taken from Lake Hazar

Lantan (La)

Karot örneğindeki La konsantrasyonunda bütün derinlik profilince çok ani azalma ve artışlar tespit edilmiş olup, 362-364 cm derinlikte 12,3 ppm olan La konsantrasyonu, 81-83 cm derinlikte 4,4 ppm ile en düşük değerine ulaşmıştır. (Şekil 3). Bu derinliğin G.Ö. 10000 yıl önceye ve Holosen Döneme (günümüzden 10,5 bin yıl öncesi) denk geldiği kaydedilmiştir. Tüm derinlik profili boyunca en yüksek La değeri 227-229 cm derinlikte 19,0 ppm olarak belirlenmiş olup, bu derinliğin G.Ö. 20000 yıl önceye ve Son Maksimum Buzul Öncesi Dönem/Geç Pleyistosen Döneme (günümüzden 23-16 bin yılları arası) denk geldiği bulunmuştur.

Molibden (Mo)

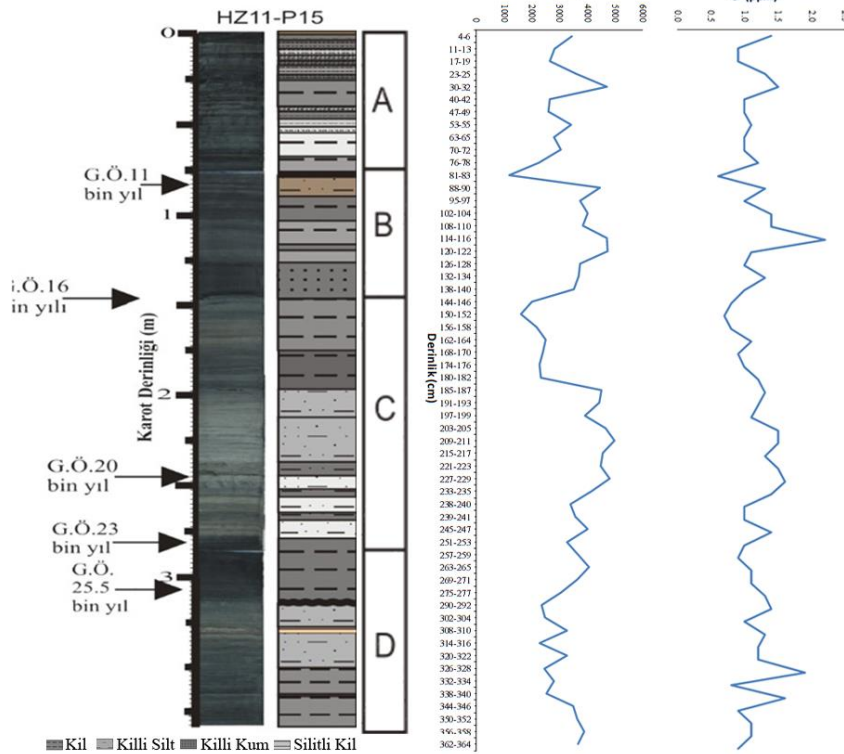
Karot örneğindeki Mo konsantrasyonunda diğer elementlerde olduğu gibi bütün derinlik profilince düzensiz artış ve azalmalar kaydedilmiştir (Şekil 3). Mo konsantrasyonu 362-364 cm derinlikte 0,61 ppm olarak belirlenmiş olup, 126-128 cm derinlikte 0,34 ppm ile en düşük değerine ulaştığı belirlenmiştir. Bu derinliğin G.Ö. 14000 yıl önceye ve Holosen Öncesi-Buzul Sonrası Döneme (günümüzden 10,5 bin ila 16 bin yılları arası) denk geldiği tespit edilmiştir. Bütün derinlik profili boyunca en yüksek Mo değeri 263-265 cm derinlikte 8,29 ppm olarak kaydedilmiş olup, bu derinliğin G.Ö. 23000 yıl önceye ve Buzul Öncesi Dönem/Geç Pleyistosen Döneme (30-23 bin yılları arası) denk geldiği belirlenmiştir.

Titanyum (Ti)

Hız11-P15 karot örneğindeki Ti konsantrasyonunda da diğer elementlerde olduğu gibi bütün derinlik profili boyunca düzensiz artış ve azalmalar tespit edilmiştir (Şekil 4). 362-364 cm derinlikte 3650 ppm olan Ti konsantrasyonu, 4-6 cm derinlikte 3430 ppm olarak kaydedilmiştir. En düşük Ti konsantrasyonu (1190 ppm) 81-83 cm derinlikte belirlenmiştir. Bu derinliğin G.Ö. 10000 yıl önceye ve Holosen Döneme (günümüzden 10,5 bin yıl öncesi) denk geldiği bulunmuştur. Tüm derinlik profili boyunca en yüksek Ti değeri 209-211 cm derinlikte 4980 ppm olarak belirlenmiş olup, bu derinliğin G.Ö. 18000 yıl önceye ve Son Maksimum Buzul Öncesi Dönem/Geç Pleyistosen Döneme (günümüzden 23-16 bin yılları arası) denk geldiği kaydedilmiştir.

Uranyum (U)

Karot örneğindeki U konsantrasyonunda analizi gerçekleştirilen diğer elementlerde olduğu gibi bütün derinlik profili boyunca düzensiz artış ve azalmalar kaydedilmiştir (Şekil 4). U konsantrasyonu 362-364 cm derinlikte 0,9 ppm, 4-6 cm derinlikte ise 1,4 ppm olarak belirlenmiştir. En düşük U konsantrasyonu (0,6 ppm) 81-83 cm derinlikte tespit edilmiş olup, bu derinliğin G.Ö. 10000 yıl önceye ve Holosen Döneme (günümüzden 10,5 bin yıl öncesi) denk geldiği bulunmuştur. Bütün derinlik profili boyunca en yüksek U değeri ise 114-116 cm derinlikte 2,2 ppm olarak kaydedilmiştir. Bu derinliğin G.Ö. 12000 yıl önceye ve Holosen Öncesi-Buzul Sonrası Döneme (günümüzden 10,5 bin ila 16 bin yılları arası) denk geldiği belirlenmiştir.



A: Holosen (Günümüzden 10,5 bin yılı öncesi)

B: Holosen öncesi – buzul sonrası (10,5 - 16 bin yılları arası)

C: Son Maksimum Buzul Dönemi/Geç Pleyistosen (23-16 bin yılları arası)

D: Buzul öncesi dönem/Geç Pleyistosen (30-23 bin yılları arası)

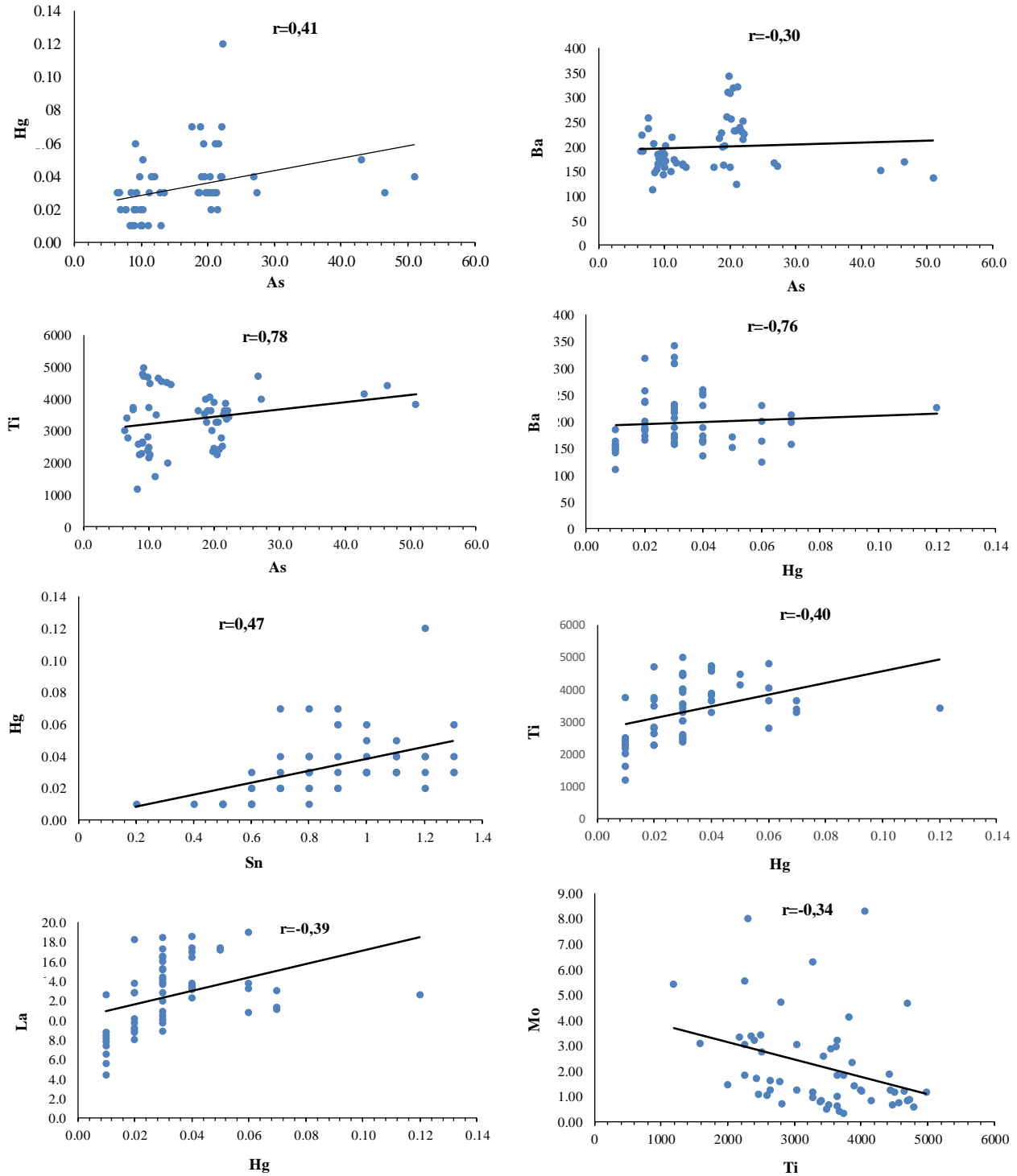
Şekil 4. Hazar Gölü (Elazığ)'nden alınan Hz11-P15 karot örneklerinde Ti ve U konsantrasyonlarının derinliğe, jeolojik devirlere ve yaşa bağlı olarak değişimi

Figure 4. Variation of Ti and U concentrations depending on depth, geological cycles and age in Hz11-P15 core samples taken from Lake Hazar

Çizelge 1. Karot örneğinde bazı metal konsantrasyonlarının birbiriyle olan korelasyon değerleri

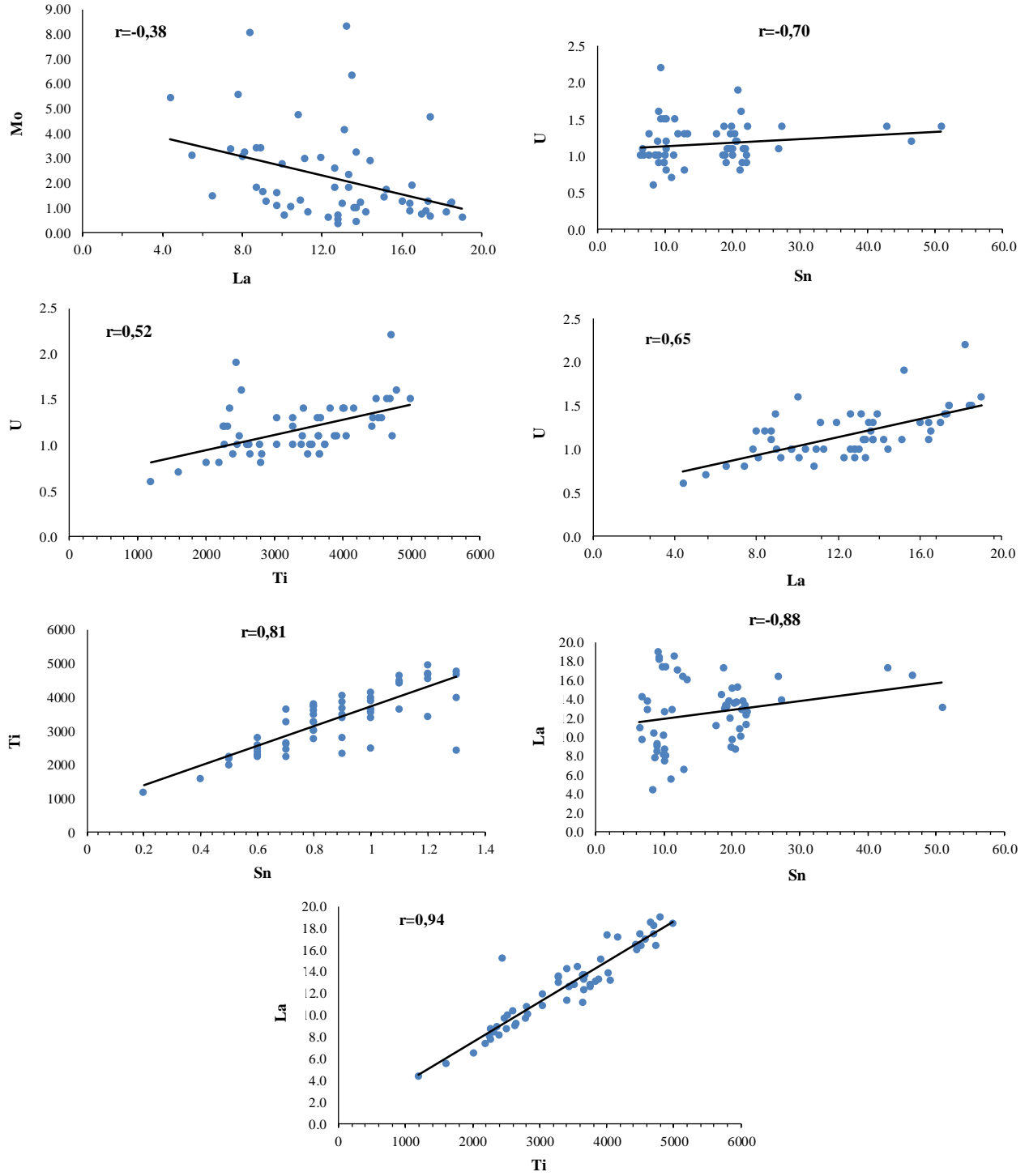
Table 1. Correlation values between some elements in core sample

| | | | | | | | | | |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|--|
| | As | | | | | | | | |
| As | 1,00 | | | | | | | | |
| Hg | 0,41 | 1,00 | | | | | | | |
| Mo | 0,13 | -0,04 | 1,00 | | | | | | |
| Ba | -0,30 | -0,76 | -0,02 | 1,00 | | | | | |
| U | -0,2 | 0,23 | -0,14 | -0,17 | 1,00 | | | | |
| Sn | 0,11 | 0,47 | -0,30 | 0,15 | -0,70 | 1,00 | | | |
| Ti | 0,78 | -0,40 | -0,30 | -0,14 | 0,52 | 0,78 | 1,00 | | |
| La | 0,14 | -0,39 | -0,38 | -0,05 | 0,65 | 0,81 | 0,94 | 1,00 | |



Şekil 5a. Karot örneğinde bazı element konsantrasyonlarının birbiriyle olan korelasyon grafikleri

Figure 5a. Correlation graphics between some elements in core sample



Şekil 5b. Karot örneğinde bazı element konsantrasyonlarının birbiriyle olan korelasyon grafikleri
Figure 5b. Correlation graphics between some elements in core sample

Berilyum (Be)

Karot örneğindeki Be konsantrasyonu cihazın ölçüm duyarlılığının altında kaldığından tespit edilememiştir.

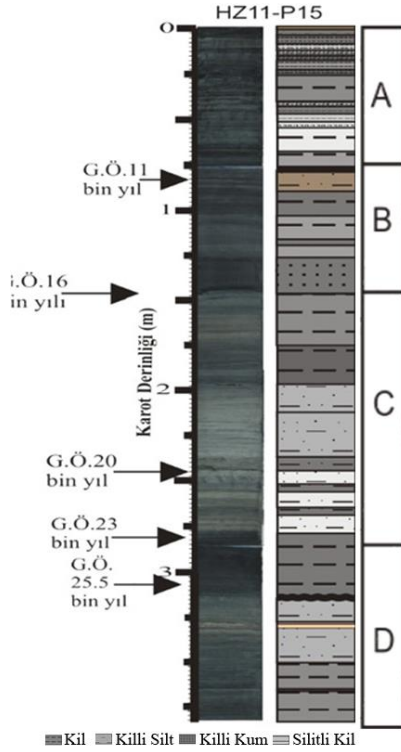
Elementlerin Değişiminin İstatistiksel Yorumu

Analizi yapılan elementlerin derinliğe bağlı olarak değişiminin istatistiksel olarak korelasyonu göz önüne alındığında; derinlik ile As konsantrasyonu arasında orta derecede pozitif bir korelasyon ($r=0.35$) olduğu, derinlik ile diğer elementlerin konsantrasyonu arasında ise anlamlı bir korelasyon olmadığı saptanmıştır (Çizelge 1, Şekil 5a, b).

Değişkenlerin birbirleriyle olan ilişkilerini belirlemek için yapılan korelasyon testi sonuçlarına göre ise birçok metalin birbiriyle ilişkili olduğu tespit edilmiştir. Ba'un sadece As ile orta derecede korelasyonu saptanmıştır. Ti, Hg, Sn, La, Sn ve U arasında ise birbirleriyle orta ve güçlü derecede korelasyon olduğu belirlenmiştir (Çizelge 1, Şekil 5a, b).

Hızlı-P15 karotu ön değerlendirmesi

Şekil 6'da Hızlı-P15 karotunun derinlik profili, jeolojik devirler ve sediment yaşı verilmiştir. Hızlı-P15 karotuna ait yorumlar aşağıda açıklanmıştır.



A: Holosen (Günümüzden 10,5 bin yılı öncesi)
 B: Holosen öncesi – buzul sonrası (10,5 - 16 bin yılları arası)
 C: Son Maksimum Buzul Dönemi/Geç Pleyistosen (23-16 bin yılları arası)
 D: Buzul öncesi dönem/Geç Pleyistosen (30-23 bin yılları arası)
 Şekil 6. Hz11-P15 karotuna ait yorumlar (TÜBİTAK 111Y045 Nolu Projesi)

Figure 6. Comments of Hz11-P15 core (from TUBITAK Project No. 111Y045)

D: Buzul öncesi dönemde başlarda nispeten yüksek değerlerde olan Ti elementi bu dönemin sonuna doğru karotta oldukça düşük değerler göstermektedir. Bu durum, gölde detritik kırıntı girdisinin buzul dönemi öncesinde yaklaşık G.Ö. 30 bin yıllarında yüksek iken daha sonra G.Ö. 23 bin yıllarına yaklaştıkça iklimin nemli daha kurak bir duruma dönüşmesi sonucunda göle olan kırıntı girdisinin azaldığını göstermektedir. Ba elementindeki yüksek değerlerin bu zamanda gölde canlı üretiminin de yüksek olabileceğini düşündürmektedir. (TÜBİTAK 111Y045 Nolu Projesi).

C: Buzul dönemi karotta G.Ö. 23 bin ila 16 bin yılları arasını kapsamaktadır. Bu dönem tüm dünyada ve de Avrupa'da bilinen Son Maksimum Buzul (Last Glacial Maximum) dönemidir ve bu dönem Sibiryada, Antartika'da ve Görland'da buzulların ilerlediği zamana karşılık geldiği bilinmektedir. Hz11-P15 karotunda bu döneme karşılık gelen elementlerden Ti değerlerinin yüksek gözlenmesi bu dönemde karasal detritik girdinin yüksek olduğunu göstermektedir. Bu durum, Hazar Gölü'nde Son Maksimum Buzul döneminde iklimin nispeten daha yağışlı olduğunu göstermektedir. Buna göre, bu dönemde göl seviyesi yükselmiş olmalıdır. (TÜBİTAK 111Y045 Nolu Projesi).

B: Buzul sonrası dönem, G.Ö. 16-10,5 bin yılları arasında yaşanmıştır. Bu dönemin özellikle ortalarına doğru Ti değerlerinin yüksek gözlenmesi yine karasal detritik girdinin yüksek olduğunu göstermektedir. Ancak, bu dönemin sonuna doğru bu elementlerdeki dereceli düşüş

ise Holosen başına doğru iklimin daha kurak bir hale dönüştüğünü göstermektedir. Holosen öncesinde G.Ö. 11,5-10,5 bin yılları arasında yaşanan bu kurak döneme Genç Kurak dönem (Younger Dryas) denilmektedir (TÜBİTAK 111Y045 Nolu Projesi).

A: Holosen dönemi G.Ö. 10,5 bin yılında başlamıştır. Karotta bu döneme karşılık gelen bu seviyede Ti değerleri üste doğru, Holosen döneminin sonlarına doğru dereceli olarak artış gösterdiği gözlenmektedir. Bu durum, gölde Holosen başından sonuna doğru artan detritik kırıntı girdisini gösterdiğinden iklimin de giderek daha ılıman bir hale geldiğini göstermektedir. Holosen dönemi özellikle tüm Avrupa'da sıcak bir iklimin başlangıcı olarak da bilinmektedir. Buna göre, Hazar Gölü'nde G.Ö. 10,5 bin yılında başlayan sıcak ve ılıman iklimin etkilerini detritik kırıntı girdisinin de artmasından anlamaktayız. Bu elementlerde bu dönemin sonunda yeniden azalan değerler ise Holosen sonunda kırıntı girdisinin azaldığını gösterdiğinden iklimin de nispeten daha kurak bir hale dönüştüğü düşünülmelidir. Holosen başında artış gösteren Ba elementi daha sonra bu dönemin sonuna doğru azaldığı gözlenmektedir. Buna göre, gölde organik üretim Holosen başında nispeten yüksek iken bu dönem sonuna doğru azaldığı ortaya çıkmaktadır. Organik üretimin yüksek olduğu Holosen başında yüksek canlı üretiminin bir neticesi olduğu düşünülmelidir (TÜBİTAK 111Y045 Nolu Projesi).

1: Orta Holosen sonu, G.Ö.2500 yılına kadar dayanmaktadır. Karotta bu seviyede detritik kırıntı girdisini gösteren Ti elementinde bu dönemin sonuna doğru dereceli olarak bir azalma gözlenmektedir. Buna göre, Orta Holosen sonuna doğru iklimin daha kurak olmaya başladığını gösterir. Ba elementi oldukça yüksek değerler gösterdiğinden Orta Holosen sonuna doğru organik üretimin arttığını göstermektedir (TÜBİTAK 111Y045 Nolu Projesi).

2: Karotta Geç Holosen başı G.Ö. 2500 yılında başlamaktadır. Karotta G.Ö. 2500 ila 2000 yılları arasında karotun bu seviyesinde Ti elementindeki yüksek değerler bu dönemde kırıntı girdisinin yüksek olduğunu göstermektedir. Karotta bu seviyenin başlarında da çökellerin genelde kumlu-silt veya silt boyutunda olması zaten yüksek kırıntı girdisini de göstermektedir (TÜBİTAK 111Y045 Nolu Projesi).

3: Geç Holosen sonu karotta G.Ö. 2000 yılı ile başlar ve karotun en üst kısmına yani günümüze kadar uzanır. Bu seviyede Ti elementi yüksek değerler gösterse de üste doğru zaman zaman değerlerin yüksek sıklıkta azalıp yükseldiği gözlenmektedir. Bu durum bu dönemde gölde genel olarak ılıman bir iklimin hüküm sürdüğü anlaşılrsa da daha kısa periyotlarda kurak dönemlerin, yani kırıntı girdisinin az olduğu dönemleri temsil etmektedir (TÜBİTAK 111Y045 Nolu Projesi).

İklimsel şartlar (yağmur, kar, donma, çözünme) topografyanın eğimi ve kayaç türleri, çevrenin dağılıma olan etkilerini belirler. Metaller erozyonla taşınan kaya parçalarıyla, rüzgarın taşıdığı tozla, volkanik aktivitelerle, ormanların yanmasıyla ve bitki örtüsüyle sulara taşınır. Hazar Gölü ve çevresi, Doğu Anadolu Bölgesi'nin diğer kesimlerine oranla daha az karasal olan iklim ile Güneydoğu Anadolu'nun bozulmuş Akdeniz iklimi arasında bir geçiş sahasında yer almaktadır (Güneş ve Yiğit, 1995). Çalışma alanı bir taraftan ana çizgileriyle

kuzeyinde ve güneyinde yer alan bu iklimlerin özelliklerini taşıırken, bir taraftan da kendine özgü iklim şartlarıyla dikkati çekmektedir. Klimagram yöntemi ile yapılan iklim sınıflamasına göre Hazar Gölü havzası soğuk karasal özellik göstermektedir. Elazığ meteoroloji istasyonu 2000 yılı verilerine göre çalışma alanının içerisinde bulunduğu bölgede yıllık ortalama sıcaklık değeri 12,9°C ve yıllık ortalama yağış 551,7 mm'dir. Yine aynı alan içerisinde bulunan Sivrice'nin yıllık ortalama sıcaklık değeri 11,8°C derecedir ve yıllık ortalama yağış değeri 600,7 mm'dir. Havzada ölçülen en düşük sıcaklıklar ocak ayında, en yüksek sıcaklıklar temmuz ayında görülmektedir. Havza en fazla yağışı nisan ayında alırken, en yağışsız geçen ay ağustos ayıdır (Arslan, 2014). Bu açıklamalar göz önüne alındığında Hazar Gölü sedimentinde birikim gösteren element konsantrasyonlarının değişimi üzerinde iklimsel faktörlerin de etkili olmaktadır.

Turekian ve Wedephol (1961) ile Krauskoph (1985) arseniğin (As) ortalama bulunış miktarının yer kabuğunda 1,3 ppm, derin deniz killlerinde ve şeyllerde ise 13 ppm olduğunu rapor etmişlerdir. Arsenik açısından çevre kirliliğine sebep olan kaynaklar arasında antropojenik kökenli olarak ise tarımda kullanılan insektisit, herbisit ve pestisitler ile endüstriyel atık sular yer almaktadır (Vural, 1993; Şener, 2010). Bu çalışmada As konsantrasyonunun 2,1-50,9 ppm arasında değişim gösterdiği belirlenmiş olup, Turekian ve Wedephol (1961) ile Krauskoph (1985) tarafından belirtilen değerin oldukça üstünde olduğu belirlenmiştir. Bu durum karot örneği alınan bölgede antropojenik kökenli kirliliğin söz konusu olabileceğini düşündürmektedir. Demir olmayan metallerin dökümü ve fosil yakıtlardan enerji üretimi işlemleri hava, toprak ve sudaki arsenik kirliliğinin en önemli iki nedenidir. Döküm faaliyetleri ise insan kaynaklı kirliliğin en önemli sebebi olarak kabul edilmektedir (Yavuz ve Sarıgül, 2016).

Byrne ve DeLeon (1987), Pontchartrain Gölü'nde sedimentte bazı iz elementlerin kaynaklarını araştırdıkları çalışmada, Gölün kuzey ve güney kesimlerinden alınan sediman örneklerinde Ba, Cu, Ni, Pb ve Zn konsantrasyonlarını belirlemişlerdir. Göl sedimanından alınan örneklerde gölün batısından doğusuna doğru iz element konsantrasyonunun arttığını ve bu durumun bu hat boyunca nüfusun ve kentleşmenin artmasından kaynaklandığını rapor etmişlerdir. İz elementlerin en önemli kaynaklarının kentsel bölgelerden gelen yüzeysel akış ve atık su deşarjları olduğunu belirtmişlerdir. Hazar Gölü çevresinde de yoğun yerleşim yerleri ve tarım arazileri yer almaktadır. Dolayısıyla Hazar Gölü'ne de yüzey akışlar vasıtasıyla iz elementlerin taşınması söz konusudur.

Lavilla ve ark. (2006), Respomuso Gölü (İspanya)'nde derinlik profili boyunca bazı elementlerin (As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Rb, Sr, V, Zn, Si, Al, Fe, Mn, Na, K, Mg, Ca, Ti, C, P, N ve S) birikim düzeylerini belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda As konsantrasyonunun 15,3-339,5 µg/g, Ba konsantrasyonunun 387-456 µg/g ve Hg konsantrasyonunun 0,016-0,067 µg/g arasında değişim gösterdiğini belirlemişlerdir. En düşük As konsantrasyonunu 48 cm derinlikte, en düşük Ba konsantrasyonunu 30 cm derinlikte ve en düşük Hg konsantrasyonunu 57; 58,5 ve 60 cm derinliklerde tespit etmişlerdir. En yüksek As, Ba ve Hg konsantrasyonlarını ise sırasıyla 7,5 cm; 43,5 cm ve 49,5 cm derinlikte

bulmuşlardır. Bu çalışmada en düşük As konsantrasyonu 2,1 ppm olarak 314-316 cm derinlikte, en yüksek As konsantrasyonu 116,6 ppm olarak 332-334 cm derinlikte tespit edilmiştir. En düşük Ba konsantrasyonu 111 ppm ile 81-83 cm derinlikte, en yüksek Ba konsantrasyonu 342 ppm ile 290-292 cm derinlikte belirlenmiştir. En düşük Hg değerleri 0,01 ppm olarak 81-83, 95-97, 144-146, 150-152, 156-158, 162-164, 168-170, 174-176 ve 180-182 cm derinliklerde bulunmuştur. Tüm derinlik profili boyunca en yüksek Hg değeri ise 0,12 ppm olarak 4-6 cm derinlikte kaydedilmiştir. Bu çalışmada bulunan değerler Lavilla ve ark. (2006) tarafından Respomuso Gölü'nde bulunan elementlerin konsantrasyonlarından daha yüksek olduğu ortaya çıkmıştır.

Tang ve ark. (2010), Doğu Çin'de bulunan Chaohu Gölü çevresinde göl kıyısına yakın belirlenen 10 istasyonda tarım faaliyetlerinden kaynaklanan ve yüzeysel akışlar ile göle taşınan bazı iz elementlerin sedimanda birikimini araştırmışlardır. Bölgede tarımda kullanılan gübrelerin As, Cd, Hg, Ni, Pb ve Zn içerdiğini, bu metallerin göle taşınması ile bütün istasyonlarda özellikle Cd, Pb ve Zn konsantrasyonunun arttığını tespit etmişlerdir. Bu çalışmada ise As değerlerinin 2,1-50,9 ppm, Hg değerlerinin 0,01-0,12 ppm arasında değiştiği belirlenmiş olup, bu değerler antropojenik kökenli kirliliğin olabileceğini göstermektedir. Hazar Gölü çevresinde tarımsal faaliyetler yoğun olup, bu bölgelerde kullanılan tarım ilaçları ve gübrelerde bulunan As ve Hg'nin yüzeysel akışlarla Hazar Gölü'ne taşınmış olabileceğini düşündürmektedir. Hg içeren kaya ve minerallerin ayrışması, kömür ve yağların yanması ile de Hg açığa çıkmaktadır (Okcu ve ark., 2009). Hazar Gölü Havzası'ndaki kayaçların yüzyıllar boyunca ayrışmasının yanı sıra, Hazar Gölü ve çevresinde uzun yıllar boyunca fosil yakıt kullanılmış olabileceği göz önüne alındığında atmosferik depozisyon da bu iz elementlerin kaynağı olarak gösterilebilir.

Thevenon ve ark. (2011), İsviçre'deki Lucerne ve Meidsee Gölleri'nden alınan sedimanlarda bazı iz elementlerin birikimini tarih öncesi dönemlerden günümüze kadar değişimini incelemişlerdir. Bronz çağında bölgedeki madencilik faaliyetlerinin Pb ve Hg birikimini arttırdığını ancak insan kaynaklı birikimin doğal birikim ile karşılaştırıldığında çok büyük bir etkisinin olmadığını tespit etmişlerdir. Antropojenik kaynaklı Pb ve Hg birikiminin özellikle Roma İmparatorluğu (M.Ö. 300-M.S. 400), orta çağ dönemi (M.S. 1400), erken modern Avrupa (M.S. 1600) dönemlerinde artan madencilik faaliyetlerine bağlı olarak arttığını tespit etmişlerdir. Ancak en önemli etkinin 1850'lerdeki sanayi devrimi ile gerçekleştiğini ve 20. yüzyıl sanayi faaliyetlerinin göllere Pb ve Hg taşınımını doğal taşınım oranla 10 kat arttırdığını belirlemişlerdir. Bu çalışmada da Hg'nin sedimentte (0,01-0,12 ppm) yüksek değerlerde tespit edilmesi bu iz elementin Hazar Gölü'ne yüzeysel akışlarla taşınmış olabileceği kanaatini oluşturmuştur.

Barros de Oliveira ve ark. (2012), Brezilya'nın güneydoğusunda bulunan Lagoa Vermelha Gölü sedimanının dikey profilinde bazı iz elementlerin konsantrasyonunu araştırmışlardır. Sedimanda yapılan ¹⁴C analizi sonucunda sediman örneğinin yaşını 2430 olarak belirlemişlerdir. Özellikle son 180 yılda iz element konsantrasyonlarının önemli derecede değiştiğini rapor

etmişlerdir. İz elementlerden özellikle Pb, Zn, Ag, Hg ve Ni birikiminin son 50 yılda arttığını ve bunun sebebinin gölün uzak çevresindeki madencilik ve taşımacılık faaliyetleri sonucu atmosfere salınan metallere taşınım ile göle ulaşması olduğunu tespit etmişlerdir. Bu çalışmada Hazar Gölü sedimentinde tespit edilen iz elementlerin, tarım arazilerinden yüzeysel akışlarla taşınmış olabileceğini ve gölün çevresinde bulunan alanlarda antropojenik faaliyetlerin etkili olduğunu göstermektedir.

Guo ve ark. (2015), Çin'in kuzey bölgesinde bulunan Baiyangdian Gölü'nde yaptıkları çalışmada 210Pb izotop tekniğini kullanarak sedimanın yaşını belirlemişler ve sedimandaki bazı iz elementlerin konsantrasyonlarının 1859-2011 yılları arasındaki değişimini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda, sedimandaki As konsantrasyonunun 1900-1910 ve 1960-1970 yılları arasında önemli derecede arttığını rapor etmişlerdir. Bunun sebebinin ise, bölgede açılan demir-çelik sanayi ve As içeren pestisitlerin kullanımı olabileceğini ifade etmişlerdir. Sedimandaki Cd, Pb ve Hg konsantrasyonlarının da sırasıyla 1970, 1990 ve 1958'den itibaren arttığını belirlemişlerdir. Bunun sebebinin ise bölgede açılan makine endüstrisi, kömür ile çalışan termik santral ve kurşunlu benzinin kullanımı ile ilgili olabileceğini rapor etmişlerdir. Bu çalışmada Hazar Gölü sedimentinde Hg konsantrasyonunun yüksek olduğu (0,01-0,12 ppm) bulunmuştur. Hazar Gölü çevresinde endüstri kuruluşu olmayıp, tarımsal faaliyetler fazladır. Bu nedenle Hazar Gölü sedimentinde tespit edilen Hg'nin kaynağı tarımsal alanlarda kullanılan tarım ilaçları ve gübreler olabilir.

Tarım ilaçları ve gübreler yüksek oranda nitrit, fosfat, arsenik ve civa içerirler. Toprak bu iz elementlerce zenginleşir ve toprak erozyonuyla bu sedimentler nehir, göl ve denizlere taşınırlar (Yıldır, 2009). Zheng ve ark. (2008); gübreleme ve tarımsal ilaçlama uygulanan alanlarda yapmış oldukları çalışma bu alanlardaki toprakta 0,777 ppm'e ulaşan yüksek Hg derişimleri saptamışlardır.

Yapılan çalışmalardaki farklılıkların nedeni olarak, göl ekosisteminin bulunduğu havzanın jeolojik yapısı, biyolojik ve hidrolojik süreçler, iklimsel faktörler ve göl havzasındaki endüstriyel ve tarımsal faaliyetler vb. gösterilebilir.

Sonuç

Sucul ekosistemlerde sediment tabakası kirleticiler için bir rezervuar görevi yapmaktadır. Dayanırlılık gösteren inorganik ve organik kökenli kirletici maddeler sedimentte birikebilir ve uzun yıllar bu maddelerin birikmesi, sucul organizmalar ve insan sağlığı için toksik etkiye sebep olabilir. Sediment kalitesinin korunması, sucul yaşam, insan yaşamı ve ekolojik dengenin korunmasının yanı sıra, ulusal sınırdaki su kütlelerinin biyolojik olarak korunması ve tekrar iyileştirilmesi için de önemlidir. Sediment kirleticileri ya doğrudan etkilerle veya sürdürülebilir popülasyonların ihtiyacı olan besin zincirini etkileyerek, rekreasyonel, genel veya ekolojik önemi olan türlerin azalmasına ve/veya ortamdaki kaybolmasına neden olabilir. Ayrıca, bazı sediment kirleticileri, fiziksel, kimyasal ve biyolojik süreçlerin bir sonucu olarak besin zinciri boyunca birikebilir veya serbest kalarak sediment üzerindeki su tabakasına geçiş yapabilir (USEPA, 2001).

Ülkemizde sediment kalitesini belirlemeye yönelik çalışma sayısı genel olarak az olup, yapılan çalışmalar genelde belirli bir bölge ile sınırlı kalmaktadır. Sediment kalitesini korumak ve iyileştirmek için yapılacak çalışmalar ve alınacak önlemler bir bütün içerisinde düşünüldüğü ve değerlendirildiği zaman sucul ekosistemlerin sürdürülebilir kullanımında etkili olabilmektedir. Bu çalışmanın Hazar Gölü'nün sürdürülebilir kullanımı konusunda şu anda ülkemizde söz sahibi bulunan ilgili birimlerin alacağı kararlarda fikir oluşturması ve sürdürülebilir ekosistem yönetim modellerinin tasarlanmasına ve diğer göllerde yapılacak olan çalışmalara katkı sağlayacağını düşünmekteyiz.

Teşekkür

Bu çalışmayı 111Y045 ve 113Y586 Nolu proje olarak destekleyen TÜBİTAK'a teşekkürlerimizi sunarız. Bu çalışma yüksek lisans tezinden türetilmiştir.

Kaynaklar

- Arslan TN. 2014. Hazar Gölü'nde (Elazığ) Geç Pleyistosen Holosen Dönemi İklimsel Değişimlerin Sedimantolojik ve Jeokimyasal Bulgular ile Saptanması, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Ayaz S. 2010. Havza Koruma Eylem Planlarının Hazırlanması Projesi: Susurluk Havzası. Proje kodu: 5098115. Proje Sonuç Raporu, Cilt I, Kocaeli.
- Barros de Oliveira SM, Ruiz Pessenda LC, Teixeira Favaro DI, Babinski M. 2012. A 2400-year record of trace metal loading in lake sediments of Lagoa Vermelha, Southeastern Brazil. *J. South American Earth Sci*, 33(1): 1-7.
- Byrne CJ, DeLeon IR. 1987. Contributions of heavy metals from municipal runoff to the sediments of Lake Pontchartrain, Louisiana, *Chemosphere*, 16(10-12): 2579-2583.
- Emin N, Mutlu E, Emin Güzel A. 2020. Determination of the Effectiveness of the Cytotoxic Analysis on the Water Quality Assessments. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 8(2): 478-483.
- Eriş KK. 2013. Late pleistocene holocene sedimentary records of climate and lake-level changes in Lake Hazar, Eastern Anatolia, Turkey. *Quaternary Int*, 302: 123-134.
- Eriş KK, Arslan TN, Sabuncu A. 2017. Influences of climate and tectonic on the middle to late holocene deltaic sedimentation in Lake Hazar, Eastern Turkey. *Arabian J. for Sci. Eng*, 43:3685-3697.
- Guo W, Huo S, Ding W. 2015. Historical record of human impact in a Lake of Northern China, magnetic susceptibility, nutrients, heavy metals and OCPs, *Ecological Indicators*, 57: 74-81.
- Günek H, Yiğit A. 1995. Hazar Gölü Havzasının Hidrografik Özellikleri, 1. Hazar Gölü ve Çevresi Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Sivrice Kaymakamlığı Yayınları, 2: 91-105.
- Krauskopf KB. 1985. Introduction to Geochemistry, 2.nd Edition, McGraw-Hill International Sreisin the Earth and Planetary Sciences. 617p.
- Kurnaz A, Mutlu E, Uncumusaoğlu AA. 2016. Determination of water quality parameters and heavy metal content in surface water of Çiğdem Pond (Kastamonu/Turkey). *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 4(10): 907-913.
- Lavilla P, Filgueiras AV, Valverde F, Millos J, Palanca A, Bendicho C. 2006. Depth profile of the elements in a sediment core of a high-altitude lake deposit at the Pyrenees, Spain. *Water, Air and Soil Pollut*, 172: 273-293.

- Leopold EN, Baussand P, Emmanuel EG. 2012. Heavy metals accumulation in sediment cores of the Municipal Lake of Yaounde, Cameroon, *Global J. Environ. Res.*, 6(3): 100-110.
- Mutlu E, Emin Güzel A. 2019. Evaluation of Some Physicochemical Water Quality Parameters of Gümüşsuyu Pond (Sinop-Erfelek). *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 7(sp3): 72-77.
- Mutluay H, Demirak A. 1996. *Su Kimyası*, Beta Basım Yayın Dağıtım, İstanbul, 140s.
- Okcu M, Tozlu E, Kumlay AM, Pehlivan M. 2009. Ağır Metallerin Bitkiler Üzerine Etkileri. *Alınleri Zirai Bilimler Dergisi*, 17 (B):14-26
- Reimer PJ, Bard E, Bayliss A et al. 2013. IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves 0-50,000 years Cal bp. *Radio-carbon* 55: 1869-1887.
- Sarı E, Çağatay MN. 2001. Distributions of heavy metals in the surface sediments of the Gulf of Saros, NE Aegean Sea. *Environment International*, 26: 169-173.
- Schindler DW. 1987. Detecting ecosystem responses to anthropogenic stress, *Aquatic Sci*, 44, 6-25.
- Seshan BRR, Natesan U, Deepthi K. 2010. Geochemical and statistical approach for evaluation of heavy metal pollution in core sediments in Southeast Coast of India, *Int. J. Environ. Sci. Technol.*, 7(2): 291-306.
- Şener Ş. 2010. Eğirdir Göl Suyu ve Dip Sedimanlarının Hidrojeokimyasal Özellikleri, Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 348s.
- Tang W, Shan B, Zhang H, Mao Z. 2010. Heavy metal sources and associated risk in response to agricultural intensification in the estuarine sediments of Chaohu Lake Valley, East China, *J. Hazard. Mat*, 176: 945-951.
- Tatar Y, Turan M, Aksoy E. 1995. Hazar Gölü'nün oluşumu ve jeolojik özellikleri. I. Hazar Gölü ve Çevresi Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Sivrice Kaymakamlığı Yayınları, Yayın No: 2: 1-15.
- Thevenon F, Guedron S, Chiaradia M, Loizeau JL, Pote J. 2011. (Pre-) historic changes in natural and anthropogenic heavy metals deposition inferred from two contrasting Swiss Alpine lakes, *Quaternary Sci. Rev.* 30(1-2): 224-233.
- Tonbul S, Yiğit A. 1995. Pleistosen'den Günümüze Hazar Gölü'ndeki Seviye Değişimleri, Çevresel Etkileri ve Hatunköy Kapması. I. Hazar Gölü ve Çevresi Sempozyumu Bildiriler, Sivrice Kaymakamlığı Yayın No:2: 41-68.
- Turekian KK, Wedepohl KH. 1961. Distribution of the elements in some major units of the Earth's Crust, *Geol. Soc. America Bull.* 72: 175-192.
- Türkmen A, Akbulut S. 2015. Giresun sahilindeki bazı derelerin denize deşarj olduğu noktalardaki su ve sedimentte ağır metal kirliliği. *Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 3(9): 707-714.
- USEPA, 2001. Methods for collection storage and manipulation of sediments for chemical and toxicological analyses: Technical Manual: EPA 823-B-01-002; US. Environmental Protection Agency, Office of Water, Washington, D.C.
- Valley, East China. *J. Hazardous Materials*, 176(1-3): 945-951.
- Vertacnik A, Prohic E, Kozar S, Juracic M. 1995. Behaviour of some trace elements in alluvial sediments, Zagerb Water-Well Field Area, Croatia, *Water Res.* 29: 237-246.
- Vural H. 1993. Ağır Metal İyonlarının Gıdalarda Oluşturduğu Kirlilikler, *Çevre Dergisi*, 8:3-8.
- Yavuz O, Sarıgül N. 2016. Toprak ve Sucul Ortamlardaki Ağır Metal Kirliliği ve Ağır Metal Dirençli Mikroorganizmalar. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 7(1): 44-51.
- Yıldırım A. 2009. Büyük Menderes Nehri Çökellerindeki Ağır Metal Kirliliği ve Deltaya Olan Etkileri, Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 106s.
- Yiğit A. 1994. Sivrice-Maden yöresinin mevzii coğrafyası, Fırat Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, 210s.
- Zheng YM, Liu YR, Hu HQ, He JZ. 2008. Mercury in soils of three agricultural experimental stations with long-term fertilization in China. *Chemosphere*, 72: 1274- 1278.