

TÜRKİYE'DEKİ BARAJ GÖLLERİ: SU ve SEDİMENTTE AĞIR METAL ÇALIŞMALARI

Dam Lakes in Turkey: Heavy Metal Studies in Water-Sediment

Arzu BİNİCİ

Su Ürünleri Yüksek Mühendisi
Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi
Su Ürünleri Mühendisliği Bölümü, ANKARA
arzubinici@hotmail.com
ORCID: 0000-0002-8212-3615

Prof. Dr. Serap PULATSÜ

Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi
Su Ürünleri Mühendisliği Bölümü, ANKARA
ORCID : 0000-0001-5277-417X

Gönderilme Tarihi: 23 Ekim 2018
Kabul Tarihi : 30 Ekim 2018

ÖZET

Sucul ekosistemlerin ağır metallerle kirlenmesi, sediment ve yüzey sularındaki birincil üretimi, nitrojen fiksasyonunu, karbon, azot, fosfor mineralizasyonu ile enzim sentez ve aktivitelerini önlemektedir. Bu bağlamda ağır metaller gerek toksik etkileri gerekse sedimentte ve besin zinciri boyunca birikme potansiyelleri nedeniyle özellikle iç su ekosistemlerinin sürdürülebilirliği açısından önem taşımaktadır. Ekosistemin önemli bir bileşeni olan sedimentte, antropojenik kaynaklı metal girdisinin belirlenmesine ilişkin farklı yöntemler bulunmaktadır. Türkiye'de su-sedimentteki ağır metal seviyelerine ilişkin çalışmalar, deniz ve göllerde yoğunlaşmış olup baraj göllerinde konuya yönelik nispeten sınırlı sayıda çalışma mevcuttur. Bu derleme çalışmasında, ülkemizdeki baraj göllerinde su- sedimentte ağır metal kirlenmesi odaklı 2000'li yıllardan sonraki güncel araştırmaların özetlenerek bir araya getirilmesi ve araştırmalar ışığında genel bir değerlendirmenin yapılması amaçlanmıştır. Özellikle içsularda kafeslerde balık yetiştiriciliğinin yaygınlaşması

nedeniyle de konuya dikkat çekilmek istenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Baraj gölleri; ağır metaller; su-sediment

Abstract: Pollution of aquatic ecosystems due to heavy metals prevents primary production in sediment and surface water, fixation of nitrogen, mineralization of carbon, nitrogen, phosphorus, and enzyme synthesis and its activities. In this context, heavy metals are crucial for the sustainability of inland water ecosystems in terms of both their toxic effects and their potential to accumulate in the sediment and along the food chain. There are different methods for determining the anthropogenic metal input in the sediment, an important component of the ecosystem. In Turkey, studies on heavy metal levels in the water-sediment are centered on sea and lakes and there are relatively limited number of studies focusing on dam lakes in the subject matter. In this study of compilation, recent researches which have conducted after 2000s regarding water and sediment of dam lakes in our country were summarized and compiled. In the light of the researches, an overall evaluation is aimed by this study, which also wants to raise a concern over fish cage culturing that becomes widespread particularly in inland waters.

Key Words: Dam lakes; heavy metals; water-sediment

GİRİŞ

Ağır metallerin alıcı ortamlardaki konsantrasyonları; deniz dibindeki volkanik hareketler, atmosferik taşınım, nehirler veya erozyon gibi doğal kaynaklardan ve madenciliğin, arıtma ve rafine sistemlerinin hızlı artışı, fosil yakıtların aşırı tüketimi, metal ürünlerinin tarımda kullanımı (arsenikli pestisitler gibi) gibi yapay kaynaklardan oluşmaktadır. Sedimentteki insan kaynaklı ağır metal birikiminin doğru şekilde ortaya konması, sucul ekosistemlerdeki inorganik kirliliğin anlaşılmasında rol oynamaktadır. Sulara taşınan ağır

metallerin bir bölümü suda seyrelmekte, bir bölümü de karbonat, sülfat, sülfür olarak katı bileşik halinde su tabanına çökerek sedimentte birikmektedir (1). Sedimentte doğal veya antropojenik yollarla depolanan ağır metaller suda tekrar çözülerek, sudaki ağır metal derişimlerinin daha da artmasına yol açabilmektedir.

Su ve sedimentte ağır metallerin su kütlesi içindeki konsantrasyonları; alıcı ortama giren kirletici miktarına ve kirleticilerin çeşitli şekillerde sudan uzaklaştırılmasına (alınmasına) bağlı olarak değişmektedir. Ağır metaller, balıklar tarafından solunum yoluyla (solungaç ve deri yüzeyi), vücut yüzeyine tutunma (adsorbsiyon) veya besin yoluyla alınabilmektedir. Sucul ekosistemlerde ağır metallerin alınması ve organizmada birikimini; ortama giren metal miktarındaki değişiklik, organizmanın durumu ve organizmanın içinde bulunduğu su ortamının fiziksel ve kimyasal özellikleri (sıcaklık, tuzluluk, pH, çözünmüş oksijen) etkilemektedir. Su ürünleri yetiştiriciliğinde potansiyel zehirli etkileri nedeniyle önem taşıyan ağır metallerin alınması ve besin zincirinde biyolojik olarak birikime uğrayan ağır metalleri yüksek düzeyde içeren su ürünlerinin tüketilmesi, insan sağlığı açısından risk oluşturmaktadır. (2).

Sucul ekosistemlerdeki kirletici konsantrasyonlarının, kabul edilebilir limitlerini belirlemek için kullanılan kalite kriterleri (SQG), ağır metal, PAH ve PCB gibi birçok toksik madde için geliştirilmiştir. Örneğin USEPA (United States Environmental Protection Agency) SQG'e göre sediment; "kirli olmayan", "kısmen kirli" ve "aşırı kirli" olarak sınıflandırmış; SQG için TEL (Eşik etki seviyesi) ve PEL (Olası etki seviyesi) değerleri belirlenmiştir. TEL değeri, bu konsantrasyonun altında kötü etkilerin görünmesinin nadir; PEL değeri ise bu konsantrasyonun üzerinde kötü etkilerin görünmesinin sıklıkla olacağını ifade etmektedir (3,4). Sedimentte ağır metal kirliliğini ifade etmek amacıyla farklı indeksler de (potansiyel risk indeksi-RI, jeoakümülyasyon indeksi-Igeo vb) kullanılmaktadır.

Türkiye’de sucul ekosistemlerin önemli bir bileşeni olan baraj göllerinin sürdürülebilirliği kapsamında su-sedimentin ağır metal seviyelerine ilişkin çalışmalar önemli bir paya sahiptir. Ayrıca baraj göllerimizde ağ kafeslerde gittikçe yaygınlaşan su ürünleri yetiştiricilik faaliyetleri dikkate alındığında, sedimentten ağır metallerin olası salınımı da yetiştiricilik faaliyetini olumsuz etkileyecektir. Bu derleme çalışmasında, Türkiye’deki baraj göllerinde 2000’li yıllardan sonra su-sedimente ilişkin ağır metallerin tespiti ve kaynaklarının belirlenmesine yönelik araştırmaların mümkün olduğunca bir araya getirilerek sunulması amaçlanmıştır. Bulguların genel bir değerlendirme yapılmasında ve ortak paydaların ışığında çözüm yollarının netleştirilmesinde yararlı olacağı düşünülmektedir.

KONU YA İLİŞKİN BİLDİRİŞLER

Fırat Nehri üzerinde kurulu ve sulama-elektrik üretimi amaçlı inşa edilmiş Türkiye’nin en büyük baraj gölü olan Atatürk Baraj Gölü’nde yürütülen bir araştırmada (5), su, sediment ve bazı balık türlerinde ağır metal düzeyleri saptanmıştır. Araştırma kapsamında, su, sediment ve balıklarda Cd, Co, Hg, Mo ve Pb belirlenemezken, sedimentte Cu, Fe, Mn, Ni ve Zn tespit edildiği, en fazla biriken metalin ise Fe olduğu bildirilmiştir. Araştırmacılar, baraj gölünde ağır metaller açısından bir kirlenme sorunu olmadığını ve saptanan metal konsantrasyon değerlerinin jeolojik kökenli olabileceğini belirtmişlerdir.

Demirköprü ve Avşar Baraj Gölleri’nde su ve sediment örneklerinde ağır metal birikimleri tespit edilmiş; ağır metal düzeylerinin sıralanışı suda $Fe>Pb>Cu>Ni>Cr>Cd$, sedimentte ise $Fe>Ni>Cu>Cr>Pb>Cd$ olarak bildirilmiştir (6).

Gediz Nehri üzerinde yer alan ve tarımsal sulama için önem arz eden Demirköprü Baraj Gölü’nün su ve sedimentinde ağır metal konsantrasyonlarının belirlenmesinin amaçlandığı çalışmada (7); konsantrasyon değerleri yüzey suyunda; $Fe>Pb>Cu>Ni>Cr>Cd$, sedimentte;

$Fe>Ni>Cu>Cr>Pb>Cd$ olarak tespit edilmiştir. Gediz Nehri üzerinde kurulu bir diğer baraj gölünde de (Avşar) su, sediment ve sazının bazı dokularındaki ağır metal birikimi mevsimsel olarak araştırılmıştır (8). Göl suyu örneklerinde Fe değerinin Demirköprü Baraj Gölü suyunda olduğu gibi, farklı düzenlemeler kapsamındaki standart değerlere göre daha düşük olduğu belirlenmiştir. Avşar Baraj Gölü sedimentinde en fazla Fe bulunduğu bunu sırasıyla Ni (19.8–39.4 mg/L), Cu (18.2 – 38.4 mg/L), Cr (9.41–19.9 mg/L), Pb (0.64–6.35mg/ L) ve Cd (0.34–1.23 mg/L)’un izlediği bildirilmiştir. Göle ilişkin sediment ağır metal değerlerinin Demirköprü Baraj Gölü’nde olduğu gibi Gediz Nehri sedimentine ilişkin bulgulardan daha düşük seviyede olduğu saptanmıştır. Her iki baraj gölünün de tarımsal sulamada kullanılması nedeniyle, belirli dönemlerde kirlilik araştırmaları yapılmasının halk ve çevre sağlığı açısından önem taşıdığı vurgulanmıştır (7, 8).

Seyhan Baraj Gölü’nde yürütülen bir çalışmada, sedimentte mevsimsel olarak ağır metallerin birikimi belirlenmiştir (9). Sedimentte ortalama metal düzeyleri sırasıyla $Ca>Fe>K>Mn>Na>Cr>Zn>Cu>Cd$ olarak tespit edilmiş ve çalışma kapsamında sedimentte belirlenen metal konsantrasyonlarından; ortalama kadmiyum konsantrasyonunun eşik etki değerini (TEL), ortalama krom konsantrasyonunun ise hem eşik etki değerini (TEL) hem de olası etki konsantrasyon değerini (PEC) aştığı bildirilmiştir. Sedimentteki metal konsantrasyonları ile sedimentin kil ve organik madde düzeyi arasında pozitif korelasyon tespit edilmiş; sedimentte tespit edilen Cd ve Cr elementlerinin artan konsantrasyonlarının ana kaynağının tarımsal faaliyetler ve krom madeni kaynaklı olabileceği kanaatine varılmıştır.

Geyik Baraj Gölü (Milas) 1988 yılında sulama ve endüstriyel su temini amacıyla Sarıçay üzerinde kurulmuştur. Baraj Gölü’nde yaşayan *Cyprinus carpio* ve *Carassius carassius* ile göl suyu ve sedimentinde ağır metal konsantrasyonları belirlenmiştir (10). Su örneklerinde Cu kışın, Fe yazın yüksek, Co ise her

iki mevsimde de düşük düzeyde tespit edilmiştir. Sediment örneklerinde Fe yaz ve kış mevsimlerinde en yüksek iken Cd ve Pb yaz, Co ve Cu kış mevsiminde düşük seviyede saptanmıştır. Zn ve Cu'nun yüksek konsantrasyonlarına antropojenik kaynaklı etkilerin neden olduğu özellikle tarımda kullanılan pestisitlerin bu riski körüklediği, Fe konsantrasyonlarının ise zengin metamorfik kayalardan oluşan jeokimyasal yapıdan meydana geldiği bildirilmiştir.

Kütahya'da kentleşme ve sanayileşme faaliyetleri nedeni ile oldukça kirli bir tatlı su kaynağına dönüşen Enne ve Porsuk Baraj Gölleri sedimentinde ağır metal (Hg, Cd, Pb, Cu, Zn, Mn, Ni, Fe, Cr, B, Ag ve Se) konsantrasyonları araştırılmıştır (11). Araştırmacılar tarafından; Enne Baraj Gölü sediment örneklerinde, ağır metal düzeyleri sırasıyla Fe>Mn>Zn>Ni>Pb>Cr>Cu>Cd>Se, Porsuk Baraj Gölü sediment örneklerinde ise Fe>Zn> Mn>Ni>Pb>Cr>Cu>Cd>Se>Ag olarak bildirilmiştir. Her iki baraj gölü sedimentinde Hg ve B elementleri tespit edilmezken, ağır metal konsantrasyonları arasında (Zn hariç) istatistiksel fark bulunmamıştır. Ağır metal konsantrasyon değerleri, uluslararası kriterlere ve Türk standartlarına göre (Ni hariç) izin verilen maksimum seviyelerden önemli derecede düşük saptanmıştır.

Atatürk Baraj Gölü'nde, baraj gölü su ve sedimentinde eser element seviyelerini belirlemek amacıyla bir çalışma yürütülmüştür (12). Sudaki eser elementlerin birikim sırası Fe>Zn>Cu>Se olarak, sediment örneklerinde ise Fe>Mn>Ni>Zn>Cu>Se şeklinde bulunmuştur. Sediment örneklerinde en yüksek konsantrasyon değeri Fe elementi için, en düşük konsantrasyon değeri Se elementi için tespit edilmiştir. Araştırma ile Atatürk Baraj Gölü'ndeki tüm eser element düzeyleri genel olarak düşük bulunmuşsa da gelecekte yerel atıklara ve bölgedeki tarım-sanayi faaliyetlerine bağlı olarak potansiyel bir tehlikenin ortaya çıkabileceği, baraj gölünün en azından mevcut durumunun korunmasının önem arz ettiği belirtilmiştir. Karasu Nehri üzerinde kurulu Akkaya Baraj Gölü (Niğde) sedimentinde ağır metal kirlenmesi

zenginleşme faktörü kullanılarak tayin edilmiştir (13). Zenginleşme faktör değerleri Cu, Pb, Zn, Ni, Co, Mn, As, V, Cr ve Cd için sırayla, 3, 5.4, 7, 2.7, 2.2, 3.4, 42.3, 2.1, 1.8 ve 7.2 olarak bulunmuştur. Belirlenen yüksek ağır metal konsantrasyonları, göl çevresindeki antropojenik kaynaklı kontaminasyona işaret etmiş ve ağır metal kirliliğinin düzenli olarak izlenmesi gerektiği bildirilmiştir.

Karacaören-II Baraj Gölü'ndeki (Burdur) su, sediment ve sazan örneklerinde bazı ağır metal birikimlerinin incelenmesine yönelik yürütülen araştırma kapsamında; suda Cr, Cd ve Hg değerleri tayin limitlerinin altında belirlenmiştir. Çalışmada Fe, Zn, Al ve Sr tüm örnekleme dönemlerinde tespit edilirken en yüksek değer Sr için saptanmıştır. Sedimentte tüm mevsimlerde Fe, Zn, Mn, Al, Sr ve Cr belirlenmiş, Fe ise en yüksek seviyede ölçülmüştür (14).

Anadolu'nun merkezinde en önemli sucul ekosistemlerden biri olan Seydisuyu Deresi, önemli tarım arazilerini ve Türkiye'nin en önemli bor yataklarını kapsamaktadır. Seydisuyu deresi üzerinde yer alan Çatören Barajı'nda (Eskişehir) yapılan bir çalışmada (15); baraj suyunun arsenik seviyesine göre 3. sınıf, bor seviyesine göre 4. sınıf su kalitesine sahip olduğu tespit edilmiştir. Baraj çıkışında sedimente ilişkin Zn, Mn, As and B düzeylerinin, giriş bölümüne göre daha yüksek bulunduğu; en yüksek As ve Zn değerlerinin ise sırasıyla 12.4 mg/kg ve 32 mg/kg olduğu bildirilmiştir. Çatören Barajı'nda tespit edilen abiyotik ve biyotik verilerin analizi ışığında, havzanın jeolojik yapısının, bor madeninin ve tarımsal faaliyetlerin ekosistem üzerinde en etkili kirlilik kaynaklarından olduğu bildirilmiştir.

Kapulukaya Baraj Gölü'nde (Kırıkkale) Mayıs 2007- Kasım 2007 döneminde üç farklı örnekleme noktasından alınan sediment örneklerinde 13 element (Al, Fe, Mn, Cr, Ni, n, Co, As, Pb, Cu, Mo, Hg, and Cd) tespit edilmiştir (16). Hesaplanan zenginleşme faktörü değerleri, Hg ve Pb hariç ağır metallerin büyük bir bölümünde (Mn, As, Ni, Cu, Zn, Cr, Co, Mo, Cd) insan-kaynaklı faaliyetleri işaret etmektedir. Tüm

örnekleme noktalarında maksimum EF değerleri (ort. 36.60) As, minimum değerler ise Hg (ort. 0.70) için saptanmıştır. Bulgulara dayanarak seçilen istasyonlara ilişkin Cr, Ni ve Hg değerlerinin ekolojik ve biyolojik risk açısından kabul edilebilir değerlerin üzerinde olduğu bildirilmiştir.

Tarımsal sulama ve taşkın koruma amacıyla kullanılmasının yanı sıra bölgesinde tatlı su balıkçılığı açısından da büyük öneme sahip olan Altınyazı Baraj Gölü'nde (Edirne) yaşayan bazı balık türlerinin farklı dokularında, baraj gölü suyu ve sedimentinde ağır metal birikimleri araştırılmıştır (17). Baraj gölü suyunda yalnızca Fe analiz sınır değerlerinin üzerinde tespit edilmiştir. Sedimentte ise tüm metaller tespit edilmiş olup, konsantrasyon değerleri Fe> Mn> Cr> Pb> Zn> Cu> Cd şeklinde sıralanmıştır. Çalışmada, su ve sedimentte ölçülen değerler kabul edilebilir limit değerlerin altında bulunmuştur.

Sakarya Nehri üzerinde bulunan hidroelektrik enerji üretmek amacı ile inşa edilen Gökçekaya Baraj Gölü'ndeki (Ankara) gökkuşağı alabalığı kafes işletmesinde yürütülen bir çalışmada, üretim öncesi ve sonrası sediment örnekleri alınmıştır (18). Ağır metal düzeyleri Fe>Mn>Zn>Ni>Cr>Cu>Pb olarak belirlenmiştir. Çalışmada Zn ve Pb konsantrasyonları sırasıyla 0.262 ± 0.015 – 0.491 ± 0.034 µg/g KA ve 0.066 ± 0.003 – 0.100 ± 0.002 µg/g KA arasında değişim göstermiştir. Sedimente ilişkin ağır metal seviyelerinin üretim döneminde arttığı ancak sucul organizmalar açısından tehlikeli düzeyde olmadığı bildirilmiştir.

Artvin ilinde bulunan Çoruh Nehri üzerinde enerji üretmek amacı ile inşa edilmiş olan Borçka Baraj Gölü'nde, yürütülen çalışma ile doğal ve antropojenik kaynaklı toksik metal kirlenmesinin yersel ve mevsimsel değişimlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır (19). Çalışma bulguları baraj gölünün Cu, Zn ve As açısından orta-düzeyde, Pb ve Ni açısından ise yüksek düzeyde kontamine olduğuna işaret etmektedir. Baraj gölünde en yüksek potansiyel ekolojik risk indeksi (RI) ve jeoakümülyasyon indeksi (I_{geo}) değerleri sonbaharda,

bakır ve kurşun için belirlenmiştir. Araştırmacılar, gölün doğal minerolojik yapısının yanısıra etrafındaki Cu maden işletmeleri kökenli atık sular nedeniyle antropojenik baskının da önemli risk oluşturduğuna dikkat çekmişlerdir.

Seyhan Baraj Gölü'nün su ve sedimentinde Ekim 2014-Temmuz 2015 tarihleri arasında yürütülen bir çalışmada; bazı ağır metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Se, Pb ve Zn) konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi tespit edilmiştir (20). Cd, Cr, Mo, Pb ve Se'un göl suyundaki konsantrasyonları kabul edilebilir değerlerin altında bulunurken, Fe ve Zn miktarlarının tehlikeli seviyelere ulaştığı tespit edilmiştir. Sediment örneklerinde tüm metallerin her mevsimde tespit edildiği, sedimentte en fazla biriken metalin demir, en az biriken metalin ise kadmiyum olduğu saptanmıştır. Su ve sedimentteki ağır metallerin kış mevsiminde azalış göstermesinin kış durgunluğu ile birlikte sudaki metallerin dibe çökmesinden, yaz mevsimindeki artışın ise gübre ve ofiyolit kayaçlarından taşınan metallerin de yine dibe çökmesinden kaynaklanabileceği bildirilmiştir.

Atatürk Baraj Gölü'nden (Fırat Nehri) alınan su ve sediment örneklerinde bazı ağır metal düzeyleri (Fe, Cu, Pb, As, Hg, Cr, Mn, Cd, Co, Zn ve Ni) mevsimsel olarak tespit edilmiştir (21). Su örneklerindeki metal konsantrasyonları; Fe>Zn>Cu>Mn>Ni>Pb>Co>As>Cr>Cd>Hg şeklinde sıralanmış, ortalama konsantrasyonlar ise Fe, Zn, Cu, Mn, Ni, Pb, Co, As, Cr, Cd ve Hg için sırasıyla 24.66, 4.38, 4.26, 2.95, 1.60, 1.078, 0.745, 0.51, 0.311, 0.16, 0.015 mg/L olarak tespit edilmiştir. Sediment örneklerindeki ağır metal konsantrasyonlarına ilişkin sıralama ise Mn>Ni>Fe>Cr>Zn>Cu>Co>Hg>As>Pb>Cd şeklinde bulunmuştur. Araştırmacılar özellikle yaz aylarında belirlenen su-sediment ağır metal konsantrasyonlarındaki artışların tarımsal aktivitelerle ilişkili olabileceğini bildirmişler ve metallerin biyolojik birikim ile biyolojik deriştirme açısından izlenmesi gerektiğini vurgulamışlardır. Araştırmacılar, göl su-sedimentinde oldukça yüksek metal konsantrasyonları

belirlenmesine karşın, toplanan midye (*Unio mancus*) örneklerinde insan sağlığını tehdit edici düzeyde ağır metal tespit etmediklerini bildirmişlerdir.

Büyük Menderes Nehri üzerinde bulunan ve tarımsal sulama, enerji üretimi, taşkın koruma amaçlı inşa edilen Adıgüzel Baraj Gölü'nde (Denizli) bir çalışma yapılmıştır (22). Baraj suyunda, bor 0.016-1.316 mg/L, bakır 0.0004-0.0049 mg/L, nikel 0.0043-0.0396 mg/L, krom 0.0009-0.0196 mg/L, kurşun 0-0.0004 mg/L değerleri arasında değişim göstermiştir. Gölde fosfat, bor ve ağır metal konsantrasyonlarının kritik değerlerden düşük olmasının, gölün endüstri bölgesine ve termal suların çıktığı bölgeye uzak olmasından kaynaklandığı ve göl sularının özellikle tarımsal amaçlı sulama kullanımına uygun olduğu bildirilmiştir.

SONUÇ

Yukarıda özetlenmeye çalışılan çalışmalar ışığında; Türkiye'de baraj gölleri su-sedimentine ilişkin yüksek ağır metal düzeylerinde rol oynayan ana kaynaklar, diğer ekosistemler üzerinde de etkili olabilen kirletici kaynaklardan çok farklı gözükmemekte ve önem derecesine göre; kentsel, tarımsal ve endüstriyel faaliyet atık suları ile bölgesel jeolojik özellikler olarak sıralanmaktadır.

Bu çalışma kapsamında dikkate alınan bildirişler doğrultusunda, Seyhan, Geyik, Akkaya, Kapulukaya, Borçka Baraj Gölleri'nin tarımsal ve evsel atık sularla kirlenmiş durumda olduğu görülmektedir. Su-sedimentteki ağır metal düzeylerinin artışında antropojenik kaynakların dışında, doğal kaynakların (havzanın jeokimyasal kompozisyonu) payının oldukça fazla olabildiği baraj gölleri de bulunmaktadır (Atatürk, Geyik, Çatören, Borçka, Seyhan Baraj Gölleri gibi). Bunun yanı sıra örneğin Atatürk Baraj Gölü'ne ilişkin önceki ve sonraki bildirişler (5, 12, 21) ele alındığında; gölde yürütülen ilk çalışmalarda yalnız jeolojik kökenli ağır metal kirlenmesinden söz edilirken, son dönemlerde endüstriyel ve evsel atıkların da kirlenme açısından önemli unsurlar olduğu belirtilmektedir.

Havzadaki madencilik faaliyetleri de su-sedimentte ağır metal artışı ile sonuçlanmaktadır; Seyhan Baraj Gölü havzasında bulunan krom madenleri, Çatören Baraj Gölü için civardaki bor işleme tesisleri atık suları sözü edilen konuya ilişkin belirgin örneklerdir.

Kafeslerde gökkuşağı alabalığı yetiştiriciliğinin yapıldığı baraj göllerimizde ise, sedimentin ağır metaller açısından bir tuzak oluşturması yetiştiricilik faaliyetini olumsuz yönde etkileyebilecektir. Özellikle yetiştiriciliğin çevresel etkilerinin izlenmesinde sediment kalitesindeki olası değişimlerin tespiti ve izlenmesi, su kalitesine göre daha sağlıklı ve güvenilir sonuçlar vermektedir (23).

Sonuç olarak, Türkiye'de baraj göllerinin etkin yönetimi için araştırma amaçlı çalışmalar dışındaki girişimler de büyük önem taşımaktadır. Ağır metal düzeylerinin su-sedimentte genelde düşük tespit edildiği baraj göllerinde mevcut durumun korunmasına yönelik girişimler yeterli iken, çevre ve halk sağlığını tehdit eder düzeyde ağır metal içeren baraj gölleri için potansiyel kirleticileri esas alan lokal-bölgesel bazda yönetim planları devreye sokulmalıdır.

Yürürlükte olan "Yüzeysel Sular ve Yeraltı Sularının İzlenmesine Dair Yönetmeliğin" amacı, ülke genelindeki bütün yüzeysel sular ve yeraltı sularının miktar, kalite ve hidromorfolojik unsurlar bakımından mevcut durumunun ortaya konulması, suların ekosistem bütünlüğünü esas alan bir yaklaşımla izlenmesi, izlemede standardizasyonun ve izleme yapan kurum ve kuruluşlar arasında koordinasyonun sağlanmasına yönelik usul ve esasları belirlemektir (24). Yönetmelik kapsamında yüzeysel sularla izlenmesi gereken -diğer tehlikeli maddeler kategorisinde- Se, As, Zn, Cu, Sn, Co, Fe, Mn, Cr, Al, B gibi elementler yer almaktadır. Ayrıca uygulanacak -Havza Yönetim Planlarında- sedimentte de ağır metal düzeylerinin rutin bir şekilde izlenmesi gereği baraj göllerinin sürdürülebilirliği açısından olumlu girişimler olarak gözükmektedir.

KAYNAKLAR

- 1- Topçuoğlu, S. (2005) Denizel Biyota Örneklerinde Ağır Metal Kontaminasyonu. Deniz Kirliliği. In: Güven, K.C. and Öztürk, B., Eds., TÜDAV Yayınları, İstanbul, 205-225.
- 2- Pulatsü, S., Topçu, A. (2012) Balık Üretiminde Su Kalitesi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No:1591, Ders Kitabı: 543. 90 s.
- 3- MacDonald, D.D., Ingersoll, C.G., Berger, T.A. (2000) Development and Evaluation of Consensus-Based Sediment Quality Guidelines for Freshwater Ecosystems. Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 39, 20-31.
- 4- Pulatsü, S., Topçu, A. 2015. Review of 15 Years of Research on Sediment Heavy Metal Contents and Sediment Nutrient Release in Inland Aquatic Ecosystems, Turkey. Journal of Water Resource and Protection, 7: 85-100.
- 5- Karadede, H, Ünlü, E. (2000) Concentrations of Some Heavy Metals in Water, Sediment and Fish Species from the Atatürk Dam Lake (Euphrates), Turkey. Chemosphere, 41, 1371-1376.
- 6- Özözen, G. (2005) Demirköprü ve Avşar Barajlarından Alınan Balık, Su ve Sediment Örneklerinde Bazı Ağır Metal Konsantrasyonlarının Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Manisa, Türkiye.
- 7- Öztürk, M., Özözen, G., Minareci, O., Minareci, E. (2008) Determination of Heavy Metals in of Fishes, Water and Sediment from the Demirköprü Dam Lake (Turkey). Journal of Applied Biological Sciences, 2, 99-104.
- 8- Öztürk, M., Özözen, G., Minareci, O., Minareci, E. (2009) Determination of Heavy Metals in Fish, Water and Sediments of Avsar Dam Lake in Turkey. Iran. J. Environ. Health. Sci. Eng., 6 (2):73-80.
- 9- Çevik, F., Göksu, L., Derici, B., Fındık, Ö. (2009) An Assessment of Metal Pollution in Surface Sediments of Seyhan Dam by Using Enrichment Factor, Geoaccumulation Index and Statistical Analyses. Environmental Monitoring and Assessment, 152, 309-317.
- 10- Özdemir, N., Yılmaz, F., Levent Tuna, A., Demirak, A. (2010) Heavy Metal Concentrations in Fish (Cyprinus carpio and Carassius carassius) Sediment and Water Found in the Geyik Dam Lake, Turkey. Fresenius Environmental Bulletin, 5, 798-804.
- 11- Uysal, K., Özden, Y., Çiçek, A., Köse, E. (2010) Bioaccumulation Ratios of Sediment-Bound Heavy Metals of Porsuk and Enne Dam Lakes (Kütahya/Turkey) to Different Tissues of Common Carp (Cyprinus carpio). İstanbul University Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 25, 1-10.
- 12- Ural, M., Uysal, K., Çiçek, A., Köse, E., Koçer, M.A.T., Arca, S., Örnekeçi, G.N., Demirel, F., Yüce, S. (2011) Determination of Trace Element Concentrations in Water, Sediment and Fish Species from the Atatürk Dam Lake (Euphrates), Turkey. Fresenius Environmental Bulletin, 20, 2036-2040.
- 13- Keskin, Ş. (2012) Distribution and Accumulation of Heavy Metals in the Sediments of Akkaya Dam, Niğde, Turkey Environ Monit Assess., 184:449-460.
- 14- Kır, İ., Tumantozlu, H (2012) Karacaören-II Baraj Gölü'ndeki Su, Sediment ve Sazan (Cyprinus carpio) Örneklerinde Bazı Ağır Metal Birikiminin İncelenmesi. Ekoloji Dergisi, 21 (82):65-70.
- 15- Çiçek, A., Tokatlı, C., Emiroğlu, Ö., Köse, E., Başkurt, S., Sülün, Ş. (2013) Macro and Micro Element Concentrations in Water, Sediment and Commercial Fishes of Çatören Dam (Eskişehir). Journal of Research in Ecology, 2, 91-99.
- 16- Kankılıç, GB., Tüzün, İ., Kadioğlu, YK (2013) Assessment of Heavy Metal Levels in Sediment Samples of Kapulukaya Dam Lake (Kırıkkale) and

Lower Catchment Area. Environ Monit Assess., 18
5(8): 6739-50.

- 17- Çetin, E., Güher, H., Gürsoy Gaygusuz, Ç. (2016) Altinyazı Baraj Gölü'nde (Edirne-Türkiye) Yaşayan Bazı Balık Türlerinde Ağır Metal Birikimlerinin İncelenmesi. Turkish Journal of Aquatic Sciences, 31(1): 1-14.
- 18- Karakoca, S., Topçu, A. (2017) Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Cage Culture: Preliminary Observations of Surface Sediment's Chemical Parameters and Phosphorus Release in Gökçekaya Reservoir, Turkey. Journal of Geoscience and Environment Protection, 5, 12-23.
- 19- Özşeker, K., Eruz, C. (2017) Pollution Assessment of Toxic Metals in Representative Limnetic Ecosystem Sediments in the Southeastern Black Sea, Turkey. CLEAN - Soil Air Water 45 (10).
- 20- Güldiren, O., Tekin-Özan, S. (2017) Seyhan Baraj Gölü (Adana)'nın Suyunda ve Sedimentindeki Bazı Ağır Metallerin Mevsimsel Değişimi. Süleyman Demirel Üniversitesi Yalvaç Akademi Dergisi, 2 (1): 99-111.
- 21- Uçkun, A. A., Yoloğlu, E., Uçkun, M. (2017) Seasonal Monitoring of Metals in Water, Sediment and Mussel (*Unio mancus*) from Atatürk Dam Lake (Euphrates River). Van Veterinary Journal, 28 (2): 75-83.
- 22- Minareci, O., Çakır, M. (2018) Determination of Detergent, Phosphate, Boron and Heavy Metal Pollution in Adıgüzel Dam Lake (Denizli/Turkey). Iğdır Univ. J. Inst. Sci. & Tech., 8 (1): 61-67.
- 23- Kaya, D., Pulatsü, S. (2017) Sediment-Focused Environmental Impact of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) Cage Farms: Almus Reservoir (Tokat). Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 17 (2): 345-352.
- 24- Anonim (2014) Yüzeysel Sular ve Yeraltı Sularının İzlenmesine Dair Yönetmelik. 11 Şubat 2014 Tarih ve 28910 Sayılı Resmi Gazete.