



Türkiye'nin Sucul Ortamlarında Ağır Metal Üzerine Yapılan Araştırmaların Tarihsel İncelemesi ve Bibliyometrik Analizi (2000-2020)

Ayşenur BASMACI Zeynep BOSTAN V. Zülal SÖNMEZ* Nüket SİVRİ
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Avcılar, İstanbul, Türkiye

Geliş/Received: 29.06.2021

Kabul/Accepted: 11.11.2021

Yayın/Published: 31.12.2021

Atıf yapmak için: Basmacı, A., Bostan, Z., Sönmez, V.Z. & Sivri, N. (2021). Türkiye'nin Sucul Ortamlarında Ağır Metal Üzerine Yapılan Araştırmaların Tarihsel İncelemesi ve Bibliyometrik Analizi (2000-2020). *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 6(4), 567-577.

How to cite: Basmacı, A., Bostan, Z., Sönmez, V.Z. & Sivri, N. (2021). A Historical Review and Bibliometric Analysis of Research on Heavy Metal in Aquatic Environments of Turkey (2000-2020). *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 6(4), 567-577.

<https://orcid.org/0000-0003-0911-4146>
 <https://orcid.org/0000-0002-3310-053X>
 <https://orcid.org/0000-0002-7488-2996>
 <https://orcid.org/0000-0002-4269-5950>

***Sorumlu yazarın:**

V. Zülal SÖNMEZ
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa,
Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği
Bölümü, Avcılar, İstanbul, Türkiye
✉: zulal.sonmez@iuc.edu.tr

Öz: Su kalitesinin korunması ve kirliliğin önlenmesi amacıyla, fizikokimyasal ve biyolojik parametrelerin izlenmesi ve denetlenmesi gerekmektedir. Bu hedef doğrultusunda yürütülen bilimsel çalışmalar, yapılacak diğer çalışmalar için de temel teşkil etmektedir. Bu çalışmada amaç, Türkiye’de tatlı su (göl, nehir, akarsular, haliç gibi) ve deniz suyu karakteri taşıyan yüzey sularında, 2000-2020 yılları arasında yayınlanan “ağır metal” ile ilgili araştırmaların bibliyometrik analizinin yorumlanmasıdır. Su kalitesinde fizikokimyasal ve biyolojik değişimlere neden olan “ağır metal”ler ile ilgili uluslararası araştırma eğilimleri dikkate alınarak, “deniz suyu” ve “tatlı su” anahtar kelimeler olarak seçilmiştir. Sadece yıl sınırı konulan bu çalışmada, küresel araştırma eğilimleri dikkate alındığında, uluslararası bilimsel dergilerde yayımlanan toplamda 1661 bilimsel çalışma tespit edilmiştir. Bu çalışmalardan “Türkiye” sucul alanlarında yapılmış, 112 orjinal çalışma incelenmiştir. Anahtar kelime olarak “deniz suyu”, “ağır metal” ve “Türkiye” için 58 adet; “tatlı su”, “ağır metal” ve “Türkiye” kullanıldığında ise, 56 adet makale sonuçları alınmıştır. Sonuç olarak, sucul alanlarda yapılan su kalitesi içerikli çalışmalarda, yerinde örnekleme ve analiz yöntemlerine dayalı ağır metal izleme araştırmalarının önemi ve takip çalışmalarına yer verilmesi gerekliliği belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Bibliyometrik analiz, ağır metal, deniz suyu, tatlı su, Türkiye.

A Historical Review and Bibliometric Analysis of Research on Heavy Metal in Aquatic Environments of Turkey (2000-2020)

Abstract: In order to protect water quality and prevent pollution, it is necessary to monitor and control physicochemical and biological parameters. Scientific studies carried out in line with this goal constitute the basis for other studies to be carried out. This study aims to interpret the bibliometric analysis of the studies carried out on "heavy metal" published between 2000-2020 in freshwater (such as lakes, rivers, streams, estuaries) and surface waters with seawater characteristics in Turkey. Taking into account the international research trends on "heavy metals" that result in physicochemical and biological changes in water quality, "seawater" and "freshwater" were chosen as keywords. Considering the global research trends, a total of 1661 scientific studies published in international scientific journals were identified in this study with a year limit. Among these studies, 112 original studies, which were carried in the aquatic areas of "Turkey," were examined. When "seawater," "heavy metal," and "Turkey" were used as keywords, 58 articles results were found. When the "freshwater," "heavy metal," and "Turkey" were used as keywords, 56 article results were obtained. As a result, it was determined that heavy metal monitoring research based on on-site sampling is important, and analysis methods and follow-up studies are necessary for studies carried out on water quality.

***Corresponding author's:**

V. Zülal SÖNMEZ
İstanbul University-Cerrahpaşa
Engineering Faculty, Environmental
Engineering Department
Avcılar, İstanbul, Turkey
✉: zulal.sonmez@iuc.edu.tr

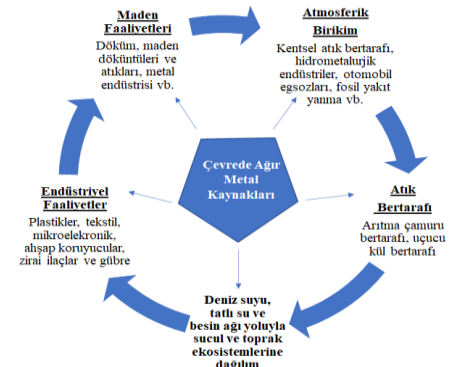
Keywords: Bibliometric analysis, heavy metal, seawater, freshwater, Turkey.

GİRİŞ

Sucul ekosistemlerin kirlenmesi, çevre kirliliğinin en temel konu başlıklarından birisidir. Bu kirliliğin alt başlıklarından olan ağır metal kirliliği sebebiyle, gerek doğal gerekse de yapay sucul ortamlarda canlıların hayatları tehlikeye girmektedir (Karadavut vd., 2012a). Ağır metalin spesifik bir tanımı olmamasına rağmen literatürde, yüksek atom ağırlığına ve sudan beş kat daha fazla olan yüksek yoğunluğa sahip doğal olarak oluşan bir element olarak tanımlanmıştır (Banfalvi, 2011). Özgül ağırlığı 3 mg/cm^3 ya da 5 g/cm^3 'ten fazla olan metaller ağır metal olarak adlandırılmaktadır. Buna karşın, arseniğin özgül ağırlığı bu değerlerden az olmasına rağmen ağır metaller gibi toksik etki gösterdiğinden, ağır metallerin arasında yer almaktadır (Aslam vd., 2013).

Ağır metaller genellikle yer kabuğunda doğal olarak, doğal sulara eser miktarlarda bulunan, ancak çoğu çok düşük konsantrasyonlarda bile toksik olan yapılardır (Şekil 1) (Herawati vd., 2000; Masindi & Muedi, 2018). Buldukları ortamlarda kolaylıkla bozulmaz ve yok edilemez özelliklere sahiptirler. Uzun süre deformasyona uğramadan alıcı ortamda kalabilmeleri, buldukları ortamdaki canlıların bünyesinde birikerek besin ağı yoluyla diğer canlılara aktarılabilmesi, doğal kaynakların yanı sıra artan antropojenik baskılar (kentsel ve endüstriyel baskılar, yayılı kaynaklı baskılar, jeotermal kaynaklı baskılar) ile kolaylıkla sucul ekosistemlere ulaşabilmeleri bu problemin önemini tanımlar niteliktedir (Aras vd., 2017). Sucul alanda veya sedimende var olan kirliliğin mekansal ve zamansal değişimini anlamak; çevre bilimcileri, sucul alan yöneticileri, atık su çalışanlarının olduğu kadar halkın da ilgisini çekmektedir (Karadavut vd., 2012b; Vane vd., 2020). Çünkü tek başına veya bir arada olan metaller ilaveten bileşikler halinde de bulunabilen metalik yapıların, ekosistem sağlığı üzerinde olumsuz etkileri, yapılan birçok çalışmada ortaya konmuştur (Kalıpcı vd., 2017). Sadece insan sağlığı açısından düşünülmesi gereken ekosistemleri etkileyen ağır metal kirliliğinin, sürekli izlenmesi, sonuçların değerlendirilmesi ve yorumlanması gerekmektedir.

Genellikle, antropojenik aktivitelerden kaynaklı önemli olan ağır metallerin başında kadmiyum (Cd), krom (Cr), bakır (Cu), demir (Fe), kurşun (Pb), civa (Hg), nikel (Ni), gümüş (Ag), kalay (Sn), çinko (Zn) ve arsenik (As) gelmektedir (Yücel & Yücel, 2013; Vane vd., 2020). Ancak doğada tek başlarına bulunmalarından ziyade, genelde hidroksitler, oksitler, sülfidler, sülfatlar, fosfatlar, silikatlar ve organik bileşikler şeklinde karşılaşmaktadır. Sucul kaynaklarımızda artan ağır metal miktarı şu anda daha büyük bir endişe konusudur ve bilinen odur ki, çok sayıda endüstri, metal içeren atık sularını yeterli olmayan arıtma ile tatlı sulara deşarj etmektedir.



Şekil 1. Ağır metal kaynakları ve doğada dağılımları (Çelebi & Gök (2018)'den uyarlanmıştır).

Figure 1. Heavy metal sources and their distribution in environment (adapted from Çelebi & Gök (2018)).

Her ülkede olduğu gibi ülkemizde de su kalitesinin korunması ve su kirlenmesinin önlenmesi amacıyla yönetmelikler oluşturulmakta ve denetimler yönetmeliklerde belirtilen esaslar doğrultusunda yapılmaktadır. Yer altı ve yerüstü su kaynakları potansiyelinin kullanım amacı gözetmeksizin korunmasını ve su kirliliğinin önlenmesini sağlamak amacıyla tüm kurum ve kuruluşlar, ilgili yönetmeliklerde belirlenen hükümlere uymak ve bunları uygulamakla yükümlüdür (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2017). Bu amaçla, akademik çalışmaların takibi ve değerlendirilmesi, tüm ülkelerde önem arz etmektedir (Cole, 2003).

Akademik yayınların çeşitli unsurlarının sayısal analizler ve istatistikler yardımıyla incelenmesi ve bu incelemelerin sunum yöntemleri ile ilgilenen "Bibliyometri", tanımlama, değerlendirme ve araştırmanın izlenmesi şeklinde de ifade edilebilmektedir (Ellegaard & Wallin, 2015). Esas olarak bibliyometri, bilimsel çalışmaların, yazar, basılan dergi, konu, anahtar kelimeler, atıf yapılan yazar, atıf yapılan kaynaklar gibi verilerin istatistiksel olarak incelenmesi ile elde edilen sonuçlar doğrultusunda belirli bir disipline ait genel yapının ortaya konmasını mümkün kılmaktadır (Zan, 2012). Değerlendirme yöntemi olarak kullanıldığında, teknolojinin etkisi veya bir yazarın, organizasyonun araştırmanın etkinliğini belirlemeye yardımcı olmaktadır (Van Raan, 2014). Aynı zamanda, izleme aracı olarak işlev görür ve zaman içerisinde araştırma alanının etkinlik düzeyini izleyebilmek için kullanılabilir (Levac vd., 2010).

Bu çalışmada amaç, Türkiye'de tatlı su (göl, nehir, akarsular, halıç gibi) ve deniz suyu karakteri taşıyan yüzey sularında, 2000-2020 yılları arasında yayınlanan "ağır metal" ile ilgili araştırmaların bibliyometrik analizini yapmaktır. Bu amaçla, uluslararası nitelikli bilimsel dergilerde yayınlanmış, Türkiye sucul alanlarında "yerinde örnekleme" ardından yapılan ağır metal analizlerini içeren çalışmalar bibliyometrik yöntemle ağ analizleri kullanılarak yorumlanmıştır.

METODOLOJİ

Bu çalışmada, 5.000'den fazla yayıncının yayınladığı 20.000'den fazla hakemli dergiyi kapsayan ve akademik dergi makalelerinin bibliyografik veri tabanı olan Scopus arama motoru kullanılmıştır (Blettler vd., 2018). Scopus arama motorunda, 2000-2020 yılları arasında sucül ortamlarda ağır metal çalışmaları adına yapılan araştırmalar incelenmiştir. Arama yapılırken kullanılan anahtar kelimeler, “*sea water* (TR: *deniz suyu*)”, “*freshwater* (TR: *tatlı su*)”, “*heavy metal* (TR: *ağır metal*)”, “*Turkey* (TR: *Türkiye*)” olarak sıralanmıştır. Kullanılan anahtar kelimeler arama motoru dilinden dolayı İngilizce olup, çalışmada bundan sonra Türkçe karşılıkları ile ifade edilmiştir. Yüzeysel su ortamlarında, kısıtlayıcı anahtar kelimeleri kullanarak 2 farklı sınırlı arama yapılmıştır. Bu farkı, çalışılan yüzeysel su ortamları oluşturmaktadır. Buna göre; yapılan ilk arama “*deniz suyu*”, “*ağır metal*”, “*Türkiye*” anahtar kelimelerinden, ikinci arama ise, “*tatlı su*”, “*ağır metal*”, “*Türkiye*” anahtar kelimelerinden oluşmaktadır. Tatlı su ortamlarında yürütülen ağır metaller ile ilgili çalışmalar için göl, lagün, akarsu, dere, nehir anahtar kelimeleri ile kategorizasyon yapılmıştır.

Bu çalışma kapsamında, uluslararası nitelikte dergilerde yayınlanan her araştırma makalesi, (i) çalışıldığı ortam (deniz, göl, nehir, yeraltı suyu, rezervuar suyu, baraj vb.), (ii) ağır metal analiz metodu, (iii) analizi yapılan ağır metaller, (iv) makalenin yayınlandığı dergi, (v) basım yılı ve (vi) araştırma yapılan bölgeye göre kategorilere ayrılmıştır. Bibliyometrik analizler ile çalışmadan elde edilen sayısal veriler, Microsoft Excel programı kullanılarak yorumlanmış ve VOSViewer üzerinden yapılan sosyal ağ analizi haritaları ile görselleştirilmiştir.

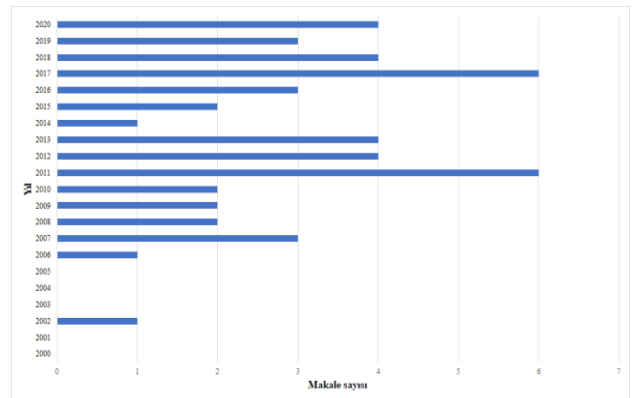
SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, 2000-2020 yılları arasında, ağır metal ile ilgili Türkiye'deki sucül alanlarda, yerinde örnekleme ardından yapılan araştırmalar kategorize edilmiş ve bibliyometrik analizlerden elde edilen bulgular, tablo ve şekillerle görselleştirilmiştir. Elde edilen bulgular öncelikle, (i) yayın ölçütleri (basım yılı, makalenin yayınlandığı dergi ve araştırmanın yapıldığı yer (bölge)), (ii) metodoloji ölçütleri (ağır metalin çalışıldığı sucül ortam, ağır metal analiz metotları ve analizi yapılan ağır metaller) ve (iii) makalelerin iş birlik ilişkileri (VOSviewer) başlıkları altında irdelenmiştir.

Çalışmalarda Tercih Edilen Yayın Ölçütleri: Scopus veri tabanında yapılan araştırmalarda, sadece son 20 yılda (2000-2020), su kalitesinin önemli başlıklarından biri olan, “ağır metal” ile ilgili küresel araştırma eğilimleri dikkate alındığında, toplamda 1661 doküman bilimsel

çalışma tespit edilmiştir. Anahtar kelime olarak “*deniz suyu*”, “*ağır metal*” ve “*Türkiye*” seçildiğinde, anabilim dalı ayırt etmeksizin tüm başlıklara ait veri sonuçlarında toplam 58 doküman görüntülenmektedir. Anahtar kelime olarak “*tatlı su*”, “*ağır metal*” ve “*Türkiye*” kullanıldığında ise, sucül alanlarda yapılan çalışmalara ait toplam 56 doküman belirlenmiştir. Ayrıca, iki dokümanda yerinde örnekleme sonrası ağır metal tayini yapılmış (1 adet makale Kuzey Kıbrıs, 1 adet makale Hindistan’da olmak üzere), ancak Türkiye sucül alanlarında çalışmadığı için değerlendirmeye alınmamıştır. Bu dokümanlardan bir tanesinin konferansta sunulan bildiri olduğu, bir makalede de her iki anahtar kelime (“*deniz suyu*” ve “*tatlı su*”) içeren ortak çalışma olduğu tespit edilmiştir. İki farklı sucül alan araştırmasına ait toplamda 111 doküman incelenmiştir. İncelenen dokümanların arasında ancak 48 adet araştırma makalesinin, sucül alandan örneklenerek alınan su örneklerinde ağır metal tayini gerçekleştirildiği tespit edilmiştir. “*Deniz suyu*” ve “*tatlı su*” sucül alanlarında yerinde alınan su örneklerinde ağır metal tayini gerçekleştirilen çalışmalar sırasıyla Tablo 1 ve Tablo 2’de verilmiştir. Çalışma alanı sütununda incelenen makalelerde tespit edilen anahtar kelimeler, aslına uygun olarak özellikle İngilizce terimlerle sunulmuştur.

Sucül alandan alınan su örneklerinde ağır metal tayini gerçekleştirilen araştırma makalelerinin, yıllara göre dağılımı Şekil 2’de verilmiştir. 2006 yılından itibaren bu konuya artan bir eğilimin olduğu görülmektedir. 2013’ten 2020 yılına kadar toplam makale sayısı 27’ye ulaşmıştır. 2006-2013 ve 2014-2020 periyotları araştırmacıların yayınladıkları makale sayıları benzer karakteristiğe sahiptir. Bu periyotlarda 2011 ve 2017 yıllarında makale sayısı maksimum değere ulaşmıştır. Ancak 2006 ve 2014 yıllarında sadece birer adet makaleye rastlanmıştır.



Şekil 2. 2000-2020 yılları arasında yayınlanan toplam makale sayısı.

Figure 2. Total number of articles published between 2000-2020.

Türkiye özelinde, 2000-2020 yılları arasında sucül alandan alınan su örneklerinde ağır metal tayini gerçekleştirilen makalelerin en çok yayınlandığı dergiler,

disiplin alanları ve dergilerin çeyrek kategorileri (Q değeri) Tablo 3'te verilmiştir. Bilimsel dergilerin değerlendirmesinde, yararlanılan çeyrek kategorisi dört kategoriden oluşmakta ve Q1 en yüksek kategoriye, Q4 ise en düşük kategoriye ifade etmektedir. Makalelerin daha çok düşük dilimli, Q3 ve Q4 çeyrek dilimlerinde dergilerde

yayınlandığı görülmektedir. Dergiler arasında, “*Environmental Monitoring and Assessment*” ilk sırada yer almakta olup, “*Marine Pollution Bulletin*” ve “*Fresenius Environmental Bulletin*” dergileri bu sıralamayı takip etmektedir.

Tablo 1. “Deniz suyu” anahtar kelimesi kullanılarak yayınlanan makaleler (Çalışma alanı, arama yapılan dilde sunulmuştur).

Table 1. Manuscripts published using the keyword “seawater” (Study area presented in searched language).

Yıl	Şehir	Makalenin Yayınlandığı Dergi	Referans	Çalışma Alanı
2019	Kastamonu-Bartın	Indian Journal of Geo-Marine Sciences	Gokkus & Berber, 2019	Port (seawater), sediment, organism (<i>Mytilus galloprovincialis</i>)
2019	Hatay - Adana	Fresenius Environmental Bulletin	Duysak, 2019	Bay
2018	Samsun - Sinop - Ordu	Global Nest Journal	Ustun vd., 2018	Seawater
2017	Muğla	Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology	Genç & Yılmaz, 2017	Seawater - lagoon system, sediment, Organism (<i>Callinectes sapidus</i> , <i>Mugil cephalus</i> and <i>Anguilla anguilla</i>)
2017	Giresun - Trabzon - Rize - Artvin	Marine Pollution Bulletin	Baltas vd., 2017a	Seawater, sediment, organism (<i>Mytilus galloprovincialis</i> , <i>Rapana venosa</i>)
2017	İzmir	Environmental Science and Pollution Research	Aydın-Önen & Öztürk, 2017	Seawater -bay, harbour, sediment, organism (<i>Patella caerulea</i> , <i>Cystoseira barbata</i> and <i>Liza aurata</i>)
2016	Giresun	Fresenius Environmental Bulletin	Polat & Akkan, 2016	seawater
2015	Antalya	Indian Journal of Geo-Marine Sciences	Tekin-Özan, 2015	Seawater, bay, sediment
2013	Mersin	Jeoloji Mühendisliği Dergisi	Demir & Özdemir, 2013	Water -stream, sea, wells, soil, plant
2013	Kocaeli	Marine Pollution Bulletin	Bingöl vd., 2013	Seawater -stream, bay
2013	Kocaeli	Marine Pollution Bulletin	Ergül vd., 2013	Seawater -gulf
2012	Antalya	Journal of Animal and Plant Sciences	Aktan & Tekin-Özan, 2012	Seawater -bay -organism (<i>Scomber japonicus</i> , <i>scomber scombrus</i>)
2011	Çanakkale, İzmir, Muğla	Marine Pollution Bulletin	Akcalı & Kucuksezgin, 2011	Seawater, sediment, organism (<i>macroalgae species</i>)
2011	İzmir - Aydın	Marine Pollution Bulletin	Aydın Onen vd., 2011	Seawater, sediment, organism (<i>Amphibalanus amphitrite</i>)
2011	Çanakkale	Environmental Monitoring and Assessment	Ustunada vd., 2011	Seawater, organism (<i>U. rigida</i>)
2011	Çanakkale	Environmental Monitoring and Assessment	Yılmaz & Sadikoglu, 2011	Seawater -strait-
2010	Muğla	Environmental Monitoring and Assessment	Balkis vd., 2010	Seawater -bay, sediment
2009	İstanbul	Environmental Monitoring and Assessment	Altug & Balkis, 2009	Seawater -estuary, sediment, organism (<i>Enterobacteriaceae</i>)
2007	Mersin	Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology	Karayakar vd., 2007	Seawater, Organism (<i>Brachidontes pharaonis</i>)
2007	Çanakkale	Environmental Monitoring and Assessment	Süren vd., 2007	Seawater -strait

Çalışmaların, bölgesel olarak yayınlanan makale sayılarında ait dağılımı Şekil 3'te verilmiştir. Çalışmaların genellikle “su kalitesi” başlığında yapılmış ancak “sucul ortamda ağır metal analizi” içermiyor olması nedeniyle, bu çalışma için kabul edilmemiştir. Makalelerin bazılarında ise, birden fazla bölgede çalışma yapıldığı için, ilgili makaleler her iki bölgenin makale sayısına eklenmiştir. Buna göre, uluslararası nitelikte dergilerde en çok yayınlanan makale sayısına göre çalışmaların yapıldığı bölgeler sırasıyla Karadeniz (%28), Ege (%20), Doğu Anadolu (%18), Marmara (%17) ve Akdeniz (%13) bölgeleridir. Çalışma kapsamında incelenen yayınların, Türkiye'nin farklı bölgelerindeki üniversiteler tarafından yürütüldüğü görülmektedir. İç Anadolu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde ise, sucul alanların sınırlı oluşundan da kaynaklanan kısıtlı sayıda çalışma yürütülmüştür. Doğu Anadolu Bölgesi'nde çalışmalar daha çok tatlı su ve baraj göllerinden alınan örneklerde yapılmış; veriler su kimyası ve kalitesi özelinden ziyade, sağlık riski analizi özelinde irdelenmiştir. Şehirlerde yürütülen çalışmalar açısından en çok dikkati çeken il Muğla olmuştur.

Çalışmalarda Seçilen Metodoloji Ölçütlerine

Göre Durum Değerlendirilmesi: Çalışmalarda seçilen ağır metalin çalışıldığı sucul ortam, ağır metal analiz metotları ve analizi yapılan ağır metaller ölçütlerine göre değerlendirilme yapılmıştır. Buna göre, ağır metal çalışmalarının gerçekleştirildiği sucul alanların dağılımı Şekil 4'te verilmiştir. Şekilde görüldüğü üzere, sucul alanların %27'lik bölümünü, denizel ortamdan alınan su örneklerinde ağır metal tayinin gerçekleştirildiği çalışmalar oluşturmaktadır. Geriye kalan çalışmalar, tatlı su

karakteristiğine sahip sucul ortamlarda yürütülmüş çalışmalardır. Tatlı su ortamlarında, nehir suyu örnekleri tüm çalışmalar içinde %21'lik bölüme denk gelmektedir. Ağır metallerin yüzeysel sulara taşınmasında rol oynayan etkenlerin arasında yüzeysel akış, evsel ve endüstriyel deşarjlar, maden faaliyetleri ve atmosferik taşınım yer almaktadır. Noktasal kaynak olarak deşarjların yanı sıra, ağır metallerin karayollarından, kentsel alanlardan yayılı kirletici kaynak olarak yüzeysel akış ile denizel ya da tatlı su alıcı ortamlarına ulaştığı tespit edilmiştir (Dereli vd., 2017).



Şekil 3. Bölgelere göre uluslararası nitelikte dergilerde yayınlanan makale sayısı.

Figure 3. Number of manuscripts published in international journals according to regions.

Sucul alanlarda yapılan ağır metal çalışmalarda hedef genellikle ağır metal kontaminasyon ve sucul organizmalardaki birikiminin incelenmesidir. Yapılan çalışmalarda, sadece sucul ve/veya sediment ortamlardan alınan örneklerde kantitatif sonuçlar elde edilmekle sınırlı kalmayıp, organizmalar üzerindeki biyolojik ve ekotoksikolojik etkilerin tespiti üzerine de oldukça fazla çalışmaya rastlanmıştır (Aydın-Önen & Öztürk, 2017; Baltas vd.,

2017; Dane & Şişman, 2020a; Dane & Şişman, 2020b; Genç & Yılmaz, 2017; Ustunada vd., 2011). Sucul alanlarda “ağır metal”, “deniz suyu”, “tatlı su” anahtar kelimelerinin yer aldığı ilgili çalışmalarda, “sediment” ve “balık” anahtar kelimeleri de tercih edilmiştir (Akbulut & Tuncer, 2011; Dane ve Şişman, 2020a; Dane ve Şişman, 2020b; Demirak vd., 2006; Tunca vd., 2013). Sedimentler özellikle bozunmaya dayanıklı kirleticilerin su kolonundan çok daha yüksek konsantrasyonlarda bulunma ihtimallerine karşılık, kirleticilerin izlenmesi için hassas gösterge olabilir. Sucul ortamlara kentsel, endüstriyel ve tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan farklı kimyasalları taşıyan karasal girdiler aracılığıyla, sedimentte başta ağır metaller olmak üzere çeşitli tehlikeli ve toksik maddeler birikim yapmaktadırlar (Bakan & Özkoç, 2007). Balıklar ise, doğrudan adsorpsiyon veya besin zincirleri yoluyla ağır metalleri biriktirebildiği ve tüketim yoluyla insanlara geçerek kronik veya akut hastalıklara neden olduğu

bilinmektedir (Baltas vd., 2017; Calza vd., 2004). Ağır metal tayinlerinin genellikle “deniz suyu” ve “nehir” sucul ortamlarında yoğunlaştığı Karadeniz Bölgesi’nde gerçekleştirilen çalışmalarda da benzer duruma rastlanılmıştır (Baltas vd., 2017a; Baltas vd., 2017b; Verep vd., 2012). Özellikle, Ege ve Akdeniz Bölgesi’nde “deniz suyu” ortamında yürütülen çalışmalarda, midye gibi diğer sucul organizmalarda yapılan biyobirikim incelemeleri de dikkat çekmektedir (Aydın-Önen vd., 2011; Karayakar vd., 2007). Tıpkı, balıklar gibi midyeler de ekotoksikolojik ve biyobirikim gibi biyodenyelerde sıklıkla tercih edilen organizmalardır. Bu organizmalar, suyu süzerek beslendikleri ve/veya süzerek beslenen canlılarla beslendikleri için, ağır metaller ve diğer ksenobiyotik bileşikler kolaylıkla bünyelerine alabilmektedirler. Biyoindikatör ve biyomonitör tür olarak öneme sahip olan bu türler (özellikle *Mytilus galloprovincialis*) akuatik sistemlerde metalleri bünyelerinde biriktirebilirler (Dökmeci vd., 2012).

Tablo 2. “Tatlı su” anahtar kelimesi kullanılarak yayınlanan makaleler (Çalışma alanı, arama yapılan dilde sunulmuştur).
Table 2. Manuscripts published using the keyword “freshwater” (Study area presented in searched language).

Yıl	Şehir	Makalenin Yayınlandığı Dergi	Referans	Çalışma Alanı
2020	Muğla	Arabian Journal of Geosciences	Arslan & Avsar, 2020	Lake
2020	Elazığ/ Tunceli	Environmental Research	Canpolat vd., 2020	Keban Dam Lake/Freshwater
2020	Erzurum	Chemosphere	Dane & Şişman, 2020a	Karasu River/ Organism (<i>Capoeta capoeta</i> , <i>Alburnus mossulensis</i> and <i>Squalius cephalus</i>), sediment, Freshwater
2020	Erzurum	Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences	Dane & Şişman, 2020b	Karasu River/ Organism (<i>Alburnus mossulensis</i>), sediment, Freshwater
2019	Elazığ	Chemosphere	Varol, 2019	Keban Dam Reservoir/ Freshwater
2018	Aydın/ Denizli	Applied Ecology and Environmental Research	Minareci vd., 2018	Buyuk Menderes River/ Freshwater
2018	Sinop	Global Nest Journal	Aydın Uncumusaoğlu, 2018	Bektaş Pond/Freshwater
2018	Elazığ	Science of the Total Environment	Varol & Sünbül, 2018	Keban Dam Reservoir/ Organism (<i>Mangar</i> , common carp, <i>Tigris scraper</i> , <i>Euphrates barbell</i> and <i>trout barb</i>), Freshwater
2017	Rize	Marine Pollution Bulletin	Baltas vd., 2017b	seaewater -river- harbour , sediment, Organism(<i>Engraulis encrasicolus</i>)
2017	Erzurum	Turkish Journal of Zoology	Dane & Şişman, 2017	Karasu River/freshwater, Organism(<i>Chub sp.</i>)
2017	Bingöl	Environmental Science and Pollution Research	Demir & Sahin, 2017	treated waste water/ Freshwater
2016	Kocaeli	Environmental Earth Sciences	Yolcubal vd., 2016	Groundwater, surface water -river
2016	Gaziantep	Ecotoxicology and Environmental Safety	Çelekli vd., 2016	Creek,Reservoir,Irrigation channel, River/freshwater, Organism (<i>filamentous algae</i>)
2015	Erzurum	Environmental Toxicology	Dane & Şişman, 2015	Karasu River/freshwater, Organism(<i>Capoeta capoeta</i>)
2014	Malatya	Fresenius Environmental Bulletin	Canpolat vd., 2014	Karakaya Dam Lake/Freshwater,Organism (<i>Aspius vorax</i>)
2013	Bolu	Chemistry and Ecology	Tunca vd., 2013	Lake Yeniçağ/Organism(<i>Astacus leptodactylus</i>) freshwater, sediment
2012	Rize	Pakistan Journal of Biological Sciences	Verep vd., 2012	İyidere stream/freshwater, sediment, Organism(freshwater fish species)
2012	İstanbul	Environmental Monitoring and Assessment	Balcı vd., 2012	Lake Maslak/Freshwater, sediment, Organism(bacterial communities)
2012	Karşehir	Environmental Earth Sciences	Pasvanoğlu & Gültekin, 2012	Thermal water springs and wells/freshwater
2011	Samsun	Water, Air, and Soil Pollution	Akbal vd., 2011	Seawater, river
2011	Çorum	Environmental Monitoring and Assessment	Akbulut & Tuncer, 2011	Kızılırmak River Basin/ freshwater, sediment, Organism(<i>Capoeta tinca</i> , <i>Capoeta capoeta</i> , <i>Leuciscus cephalus</i>)
2010	Bursa	Journal of Paleolimnology	Kazancı vd., 2010	Lake Ulubat/freshwater, sediment
2009	Elazığ	Fresenius Environmental Bulletin	Karadede-Akin, 2009	Hazar Lake/Freshwater, sediment, Organism(<i>Capoeta capoeta umbra</i>)
2008	Antalya	Micropaleontology	Meriç vd., 2008	Antalya Coast/Submarine groundwater discharge, open sea
2008	Hatay	Environmental Monitoring and Assessment	Yılmaz & Doğan, 2008	Orontes River/ Freshwater, Organism(<i>Carasobarbus luteus</i>)
2007	Samsun	International Journal of Environmental Studies	Bakan & Özkoç, 2007	Marine and freshwater/Sediment, water, Organism (<i>Mytilus galloprovincialis</i>)
2006	Muğla	Chemosphere	Demirak vd., 2006	Dipsiz stream/Freshwater, sediment, Organism (<i>L. Cephalus</i>)
2002	İzmir	Environment International	Sponza & Karaoğlu, 2002	River, sediment, rock, soil

Sucul ortamlarda en çok çalışılan ağır metallerin yüzdelik dağılımı Şekil 5’te verilmiştir. Buna göre, Türkiye sucul alanlarında yerinde örnekleme yapılan ağır metal analizlerini içeren makalelerin %90’ında Pb ve Cu metalleri çalışılmıştır. Çalışılan bu ağır metallere sonra, Cd (%79) ve Zn (%75) metalleri gelmektedir. Cu, Zn ve Fe, organizmaların yaşamsal faaliyetleri için eser miktarlarda gerekli olmasına rağmen, bu metallerin yüksek konsantrasyonları ve Cd, Hg ve Pb gibi biyolojik fonksiyonları yaşamsal faaliyetler için gerekli olmayan ağır metaller dokularda birikime, organizmanın hasar görmesi ve ölümüne buna bağlı olarak sucul ekosistemlerin yapısında değişikliklere neden olmaktadır (Farayakar vd., 2007). Genel olarak, sucul organizmalarda Pb birikimi ve sonrasında besin ağı yoluyla tüketimi, özellikle kan oluşumu, kemik ve sinir sistemi üzerinde ciddi etkileri mevcuttur (Süren vd., 2007). Çalışmalardaki ağır metal biriktirebilirlikleri incelendiğinde, çalışma ortamı, çalışma bölgesi ve ağır metallerin kendi aralarındaki ilişkileri göz önüne alınmalıdır. Örneğin, deniz suyunda Pb ve Cu metallerinin birlikte çalışılmasının nedeni, bu ağır metallerin

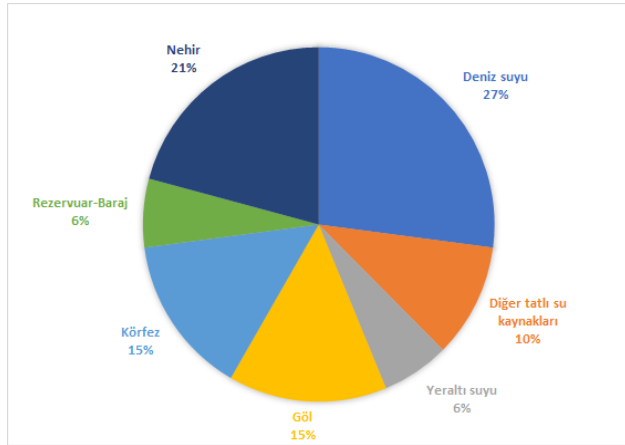
balast suları ve antifouling boyalardan kaynaklı etkilerinin belirlenmesi olabilir (Purwiyanto vd., 2020). Çalışma bölgesinin jeolojik yapısına bağlı olarak ise, Doğu Karadeniz Bölgesi’nde kompleks Cu, Zn ve Zn cevherlerinin birlikte bulunması örneği verilebilir. Ağır metallerin birbirleri olan ilişkisi düşünüldüğünde ise Cd, başta Zn olmak üzere Fe’in vücutta emilimini engeller ve Cd, Zn’nun yerini alabilmektedir. Cd ve Zn’nun çalışmalardaki biriktirebilirliği diğer ağır metallere farklı olarak birbirlerinin yerini alabilme özelliğinden kaynaklandığı düşünülmektedir. En az çalışılan ağır metaller ise, Al (%23) ve Hg (%21) olmuştur.

Makalelerin İş Birlik İlişkileri: Bu çalışmada, Scopus arama motorunda anahtar kelime olarak “deniz suyu”, “ağır metal”, “Türkiye” ve “tatlı su”, “ağır metal”, “Türkiye” seçildiğinde, bulunan makalelerin (yerinde örnekleme ile yapılan ağır metal analizleri farkı gözetmeksizin) tüm anahtar kelimeleri ile çalışmalar arasında işbirlik ilişkileri ortaya konulmaya çalışılmıştır. Makalelerde tercih edilen anahtar kelimeler üzerinden makalelerin işbirlik ilişkileri VOSviewer analizi sayesinde tespit edilip yorumlanmıştır.

Tablo 3. İlgili makalelerin en çok yayınlandığı dergiler ve dergi etki faktörleri.

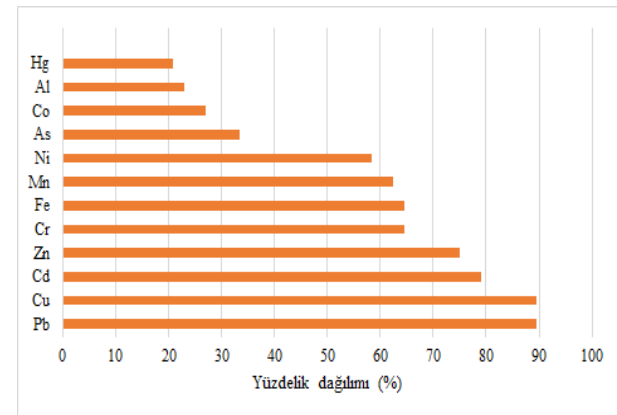
Table 3. Journals with the most published related manuscripts and journal impact factors.

Disiplin Alanı	Sıra	Derginin Adı	Kategori (Q)
Çevre Bilimleri	1	Environmental Monitoring and Assessment	Q3
	2	Marine Pollution Bulletin	Q2
	3	Fresenius Environmental Bulletin	Q4
	4	Chemosphere	Q1
	5	Global Nest Journal	Q4
	6	Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology	Q3
	7	Environmental Science and Pollution Research	Q2
	8	Environmental Earth Sciences	Q3
Oşinoğrafi	9	Indian Journal of Geo-Marine Sciences	Q4



Şekil 4. Ağır metal çalışmalarının yapıldığı sucul ortamların yüzdeleri dağılımı (%).

Figure 4. Percentage distribution of aquatic environments where heavy metal studies were carried out (%).



Şekil 5. Sucul ortamlarda analizi yapılan ağır metallerin çalışma sayılarına göre yüzdeleri dağılımı (%).

Figure 5. Percentage distribution of heavy metals analysis in aquatic environments according to the number of studies (%).

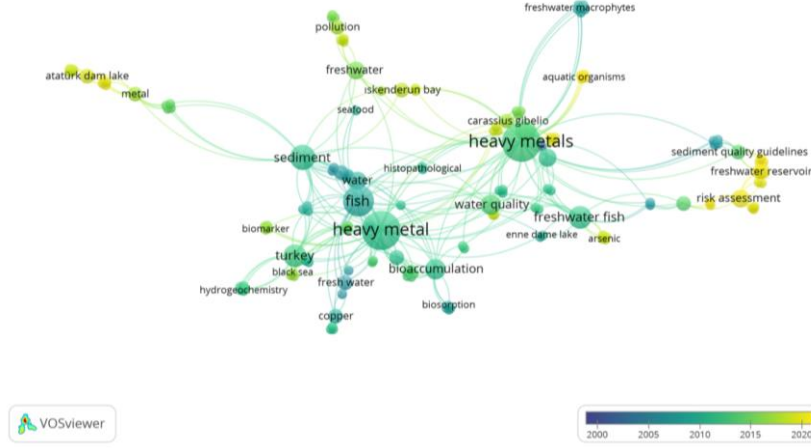
Türkiye'deki araştırmacıların, deniz suyunda yürüttükleri ağır metal çalışmaları başlığında, en sık

kullandığı anahtar kelimeler ile çalışmalar arasında iş birlik ilişkileri Şekil 6'da gösterilmektedir. En yoğun kullanılan kelimelerin "heavy metal (TR:ağır metal)", "heavy metals (TR:ağır metaller)" ve "sediment (TR:sediment)" olduğu görülmektedir. Diğer anahtar kelimeler arasındaki bağlantılar özellikle farklı renklerle gösterilmiştir. "Ağır metaller" anahtar kelimesinin "toxicity (TR:toksosite)", "Marmara Sea (TR:Marmara Denizi)" ve "mussels (TR:midye)" anahtar kelimeleri ile olan bağlantısı, Marmara Denizi'nde yapılmış ağır metal çalışmalarında, ağır metallerin midyeler üzerindeki ekotoksikolojik etkilerine de yer verildiğini ifade etmektedir.

Denizel ortamda yapılan çalışmalarda, en sık kullanılan anahtar kelimeler ile çalışma alanları arasında ilişkilerin yıllara bağlı değişimi ise, Şekil 7'de gösterilmektedir. Dairelerin büyüklüğü bahsedilen kelimelerin sayısı, daireler arasındaki çizgilerin kalınlıkları ise çalışmalar arasındaki işbirliğinin seviyesi ile orantılıdır. Yıllara bağlı analizde ise, 2010-2020 yılları arasında "deniz suyu" sucul ortamında yapılan çalışmaların sayısı (44 adet) dikkati çekecek kadar fazladır. Son dönemlerde ağır metal konusundaki araştırmalarda gözlenen artış, Karadeniz (Baltas 2017a; Polat & Akkan, 2016) ve Ege Denizi'nde (Aydın Onen & Öztürk, 2017; Minareci vd., 2018) yoğunlaşmıştır.

Türkiye'deki araştırmacıların, tatlı suda yürüttükleri ağır metal çalışmaları başlığında, en sık kullandığı anahtar kelimeler ile çalışmalar arasında iş birlik ilişkileri Şekil 8'de gösterilmektedir. En yoğun kullanılan kelimelerin "heavy metal (TR:ağır metal)", "heavy metals (TR:ağır metaller)" ve "fish (TR:balık)" olduğu görülmektedir. "Ağır metal" anahtar kelimesinin "fish (TR:balık)", "sediment (TR:sediment)" ve "water (TR:su)" anahtar kelimeleri ile olan bağlantısı, tatlı su ortamlarında su ve sediment örneklerinde ağır metallerin ekotoksikolojik etkilerine de yer verildiğini ifade etmektedir (Dane & Şişman, 2020a; Dane & Şişman, 2020b).

Tatlı su ortamında yapılan çalışmalarda, en sık kullanılan anahtar kelimeler ile çalışma alanları arasında ilişkilerin yıllara bağlı değişimi ise, Şekil 9'da gösterilmektedir. Yıllara bağlı analizde 2010-2020 yılları arasında yapılan çalışma sayısı 40 adettir. Diğer ülkelerde yapılan çalışmalarla karşılaştırıldığında, çalışma sayısı ve sıklığı ile benzerliği dikkat çekmektedir.



Şekil 9. Tatlı su ortamında yapılan çalışmalarda en sık kullanılan anahtar kelimeler ile araştırma bölgeleri arasında iş birlik ilişkilerinin yıllara bağlı değişimi. **Figure 9.** The change over the years in the cooperation relations between the most frequently used keywords and research regions in studies conducted in the freshwater environment.

ÖNERİLER

Çalışmaya ait veriler incelendiğinde, yapılan bibliyometrik analiz sonucunda deniz suyu ve tatlı su anahtar kelimelerindeki çalışmalar incelenmiştir. İncelenen makalelerin sadece 48 tanesinde, sucul alanlarda yerinde örnekleme ardından ağır metal analizi çalışmaları yapıldığı tespit edilmiştir. Türkiye sucul ortamlarında yerinde örnekleme ile yapılan ağır metal analizlerini içeren çalışmalarının sınırlı olması, daha ziyade sentetik sularla laboratuvar ölçekli çalışma yapılması oldukça dikkat çekmiştir. Oysa, su sıkıntısı çekebilen bir konumda olan ülkemizde su kaynaklarını korumak, kirliliği önlemek/kontrolünü sağlamak için izleme-takip çalışmalarına daha fazla yer verilmesi ve ağır metal konsantrasyonlarına bağlı olarak farklı teknolojik yaklaşımlarla çözüm bulunmasının hedeflenmesi gerekmektedir.

Çalışmalarda kullanılan anahtar kelimeler genel ifadeler olarak kalmış özellikle “deniz suyu” anahtar kelimesinin altındaki makaleler çalışmalarda değerlendirilen sucul alanların niteliklerini doğru yansıtamamıştır. Bu durum yayınlanan makalelerin, anahtar kelime seçimlerinde oldukça sınırlı kaldığını göstermektedir.

Bu çalışmaların yapıldığı sucul alanlardaki ağır metal konsantrasyonları ve maruziyetinin sağlık riski üzerindeki etkilerinin belirlenmesi ilke hedef olmalıdır. Çalışmalarda sucul alanlar tek unsurlarıyla incelenmeyip, genellikle alan hakkında kapsamlı sonuçlar elde edilmeye çalışılmıştır. Bu da bazı çalışmaların ağır metal kısmında sınırlı kalmasına neden olmaktadır. İleri analiz metotları ile yapılan ağır metal tayinleri maliyetli analizler olduğundan, dış kaynaklı projelerle desteklenmesi ve bütüncül yaklaşımlı çalışmalara konunun dahil edilmesi en sık rastlanan çalışma tipidir. Çalışmalarda ayrı bir beklenti de, biyolojik/ekotoksikolojik çalışmaların sonuçlarının

yorumlanmasıdır. Ancak bu tip çalışmalar da hem zaman hem deneyim ve hem de maliyet gerektiren özel analizlerdir. Çok disiplinli bu çalışmaların tamamlanması yüksek bütçeli çalışmaların ve projelerin varlığı ile mümkündür. Sonuç güvenilirliği açısından, doğru zaman ve bütçe yönetimi ile nitelikli çalışma ekipmanı ağır metal çalışmalarının temel özelliğidir. Sucul alanlardan numune alımından, numunelerin işlenmesi ve yorumlanmasına kadar her aşama özenle yapılmalıdır. Bu nedenle, su kalitesi izleme projeleri gibi genel çerçeveli projelerin devamlılığı, kalitenin sürdürülebilirliği, bütüncül çerçevede alanın izlenmesi ve korunması ile mümkündür.

TEŞEKKÜR

Yazarlar, bu makalenin hazırlanmasına temel olan “Küçükçekmece Lagünü Bağlantı Alanı Su ve Sediment Örneklerinde Ağır Metal Konsantrasyonlarının Tespiti” konulu TUBITAK-119Y302 nolu araştırma projesine verdiği destekten dolayı TUBITAK’a teşekkür ederler.

KAYNAKLAR

- Akbal, F., Gürel, L., Bahadır, T., Güler, I., Bakan, G. & Büyükgüngör, H. (2011). Multivariate statistical techniques for the assessment of surface water quality at the mid-Black Sea coast of Turkey. *Water, Air, and Soil Pollution*, **216**(1-4), 21-37. DOI: [10.1007/s11270-010-0511-0](https://doi.org/10.1007/s11270-010-0511-0)
- Akbulut, N.E. & Tuncer, A.M. (2011). Accumulation of heavy metals with water quality parameters in Kızılırmak River Basin (Delice River) in Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, **173**(1-4), 387-395. DOI: [10.1007/s10661-010-1394-7](https://doi.org/10.1007/s10661-010-1394-7)
- Akcalı, I. & Kucuksezgin, F. (2011). A biomonitoring study: Heavy metals in macroalgae from eastern Aegean coastal areas. *Marine Pollution Bulletin*, **62**(3), 637-645. DOI: [10.1016/j.marpolbul.2010.12.021](https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2010.12.021)

- Akduman, S., Demirbağ, M.A. & Sivri, N. (2020).** Bibliometric profile of scientific research on bacteriological water quality studies in Turkey (1999-2019). *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 5(3), 425-432. DOI: [10.35229/jaes.779012](https://doi.org/10.35229/jaes.779012)
- Aktan, N. & Tekin-Özan, S. (2012).** Levels of some heavy metals in water and tissues of chub mackerel (*Scomber Japonicus*) compared with physico-chemical parameters, seasons and size of the fish. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 22(3), 605-613.
- Altug, G. & Balkis, N. (2009).** Levels of some toxic elements and frequency of bacterial heavy metal resistance in sediment and sea water. *Environmental Monitoring and Assessment*, 149(1-4), 61-69. DOI: [10.1007/s10661-008-0183-z](https://doi.org/10.1007/s10661-008-0183-z)
- Aras, S., Findik, O., Kalıpcı, E. & Sahinkaya, S. (2017).** Assessment of concentration physicochemical parameters and heavy metals in Kızılırmak river, Turkey. *Desalination and Water Treatment*, 72, 328-334. DOI: [10.5004/dwt.2017.20437](https://doi.org/10.5004/dwt.2017.20437)
- Arslan, Ş. & Avşar, Ö. (2020).** Assessment of heavy metal pollution in Köyceğiz-Dalyan coastal lagoon watershed (Muğla) SW Turkey. *Arabian Journal of Geosciences*, 13(15), 719. DOI: [10.1007/s12517-020-05690-3](https://doi.org/10.1007/s12517-020-05690-3)
- Aslam J, Khan SA & Khan SH. (2013).** Heavy metals contamination in roadside soil near different traffic signals in Dubai, United Arab Emirates. *Journal of Saudi Chemical Society*, 17, 315-319. DOI: [10.1016/j.jscs.2011.04.015](https://doi.org/10.1016/j.jscs.2011.04.015)
- Aydın-Önen, S. & Öztürk, M. (2017).** Investigation of heavy metal pollution in eastern Aegean Sea coastal waters by using *Cystoseira barbata*, *Patella caerulea*, and *Liza aurata* as biological indicators. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(8), 7310-7334. DOI: [10.1007/s11356-016-8226-4](https://doi.org/10.1007/s11356-016-8226-4)
- Aydın Onen, S., Kucuksezgin, F. & Kocak, F. (2011).** Temporal and spatial biomonitoring of heavy metals in eastern Aegean coastal waters using *Amphibalanus amphitrite*. *Marine Pollution Bulletin*, 62(11), 2548-2556. DOI: [10.1016/j.marpolbul.2011.08.017](https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.08.017)
- Aydın Uncumusaoğlu, A. (2018).** Statistical assessment of water quality parameters for pollution source identification in Bektaş pond (Sinop, Turkey). *Global Nest Journal*, 20(1), 151-160. DOI: [10.30955/gnj.002369](https://doi.org/10.30955/gnj.002369)
- Bakan, G. & Özkoç, H.B. (2007).** An ecological risk assessment of the impact of heavy metals in surface sediments on biota from the mid-Black Sea coast of Turkey. *International Journal of Environmental Studies*, 64(1), 45-57. DOI: [10.1080/00207230601125069](https://doi.org/10.1080/00207230601125069)
- Balcı, N., Vardar, N., Yelboga, E. & Karaguler, N.G. (2012).** Bacterial community composition of sediments from Artificial Lake Maslak, Istanbul, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 184(9), 5641-5650. DOI: [10.1007/s10661-011-2368-0](https://doi.org/10.1007/s10661-011-2368-0)
- Balkis, N., Aksu, A., Okuş, E. & Apak, R. (2010).** Heavy metal concentrations in water, suspended matter, and sediment from Gökova Bay, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 167(1-4), 359-370. DOI: [10.1007/s10661-009-1055-x](https://doi.org/10.1007/s10661-009-1055-x)
- Baltas, H., Kiris, E. & Sirin, M. (2017b).** Determination of radioactivity levels and heavy metal concentrations in seawater, sediment and anchovy (*Engraulis encrasicolus*) from the Black Sea in Rize, Turkey. *Marine Pollution Bulletin*, 116(1-2), 528-533. DOI: [10.1016/j.marpolbul.2017.01.016](https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.01.016)
- Baltas, H., Sirin, M., Dalgic, G., Bayrak, E.Y. & Akdeniz, A. (2017a).** Assessment of metal concentrations (Cu, Zn, and Pb) in seawater, sediment and biota samples in the coastal area of Eastern Black Sea, Turkey. *Marine Pollution Bulletin*, 122(1-2), 475-482. DOI: [10.1016/j.marpolbul.2017.06.059](https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.06.059)
- Banfalvi G. (2011).** "Cellular effects of heavy metals". Netherlands, London, NewYork: Springer. DOI: [10.1007/978-94-007-0428-2](https://doi.org/10.1007/978-94-007-0428-2)
- Bingöl, D., Ay, Ü., Karayünlü Bozbaş, S. & Uzgören, N. (2013).** Chemometric evaluation of the heavy metals distribution in waters from the Dilovasi region in Kocaeli, Turkey. *Marine Pollution Bulletin*, 68(1-2), 134-139. DOI: [10.1016/j.marpolbul.2012.12.006](https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.12.006)
- Blettler, M.C.M., Abrial, E., Khan, F.R., Sivri, N. & Espinola, L.A. (2018).** Freshwater plastic pollution: Recognizing research biases and identifying knowledge gaps. *Water Research*, 143, 416-424. DOI: [10.1016/j.watres.2018.06.015](https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.06.015)
- Calza, C., Anjos, M. J., Castro, C. R. F., Barroso, R. C., Araujo, F. G., & Lopes, R. T. (2004).** Evaluation of heavy metals levels in the Paraiba do Sul River by SRTXRF in muscle, gonads and gills of *Geophagus brasiliensis*. *Radiation Physics and Chemistry*, 71(3-4), 787-788. DOI: [10.1016/j.radphyschem.2004.04.092](https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2004.04.092)
- Canpolat, Ö., Eroğlu, M., Çoban, M.Z. & Düşükcan, M. (2014).** Transfer factors and bioaccumulation of some heavy metals in muscle of a freshwater fish species: A human health concern. *Fresenius Environmental Bulletin*, 23(2), 418-425.
- Canpolat, Ö., Varol, M., Okan, Ö.Ö., Eriş, K.K. & Çağlar, M. (2020).** A comparison of trace element concentrations in surface and deep water of the Keban Dam Lake (Turkey) and associated health risk assessment. *Environmental Research*, 190, 110012. DOI: [10.1016/j.envres.2020.110012](https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110012)
- Cole, J.J. (2003).** Interactions between bacteria and algae in aquatic ecosystems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 13, 291-314 DOI: [10.1146/annurev.es.13.110182.001451](https://doi.org/10.1146/annurev.es.13.110182.001451)
- Çelebi, H. & Gök, G., 2018.** Topraklarda otayol ve trafik kaynaklı ağır metal kirliliğinin değerlendirilmesi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 24(6), 1169-1178. DOI: [10.5505/pajes.2016.55632](https://doi.org/10.5505/pajes.2016.55632)
- Çelekli, A., Arslanargun, H., Soysal, Ç., Gültekin, E. & Bozkurt, H. (2016).** Biochemical responses of filamentous algae in different aquatic ecosystems in South East Turkey and associated water quality parameters. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 133, 403-412. DOI: [10.1016/j.ecoenv.2016.08.002](https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2016.08.002)
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, ÇED, İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü (ÇŞB).** 2017. "Denizlerde Bütünlük Kirlilik İzleme Programı 2014-2016". Son erişim tarihi: 19 Mart 2019. <http://ced.csb.gov.tr/denizlerde-butunlesik-kirlilik-izleme-programi-ozet-raporlari-i-82693>

- Dane, H. & Şişman, T. (2015).** Histopathological changes in gill and liver of *Capoeta capoeta* living in the Karasu River, Erzurum. *Environmental Toxicology*, **30**(8), 904-917. DOI: [10.1002/tox.21965](https://doi.org/10.1002/tox.21965)
- Dane, H. & Şişman, T. (2017).** A histopathological study on the freshwater fish species chub (*Squalius cephalus*) in the Karasu River, Turkey. *Turkish Journal of Zoology*, **41**(1), 1-11. <https://doi.org/10.3906/zoo-1509-21>
- Dane, H. & Sisman, T. (2020b).** Effects of heavy metal pollution on hepatosomatic index and vital organ histology in *Alburnus mossulensis* from Karasu River. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, **44**, 1-11. DOI: [10.3906/vet-1904-50](https://doi.org/10.3906/vet-1904-50)
- Dane, H. & Şişman, T. (2020a).** A morpho-histopathological study in the digestive tract of three fish species influenced with heavy metal pollution. *Chemosphere*, **242**, 125212 DOI: [10.1016/j.chemosphere.2019.125212](https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.125212)
- Demir, A.D. & Sahin, U. (2017).** Effects of different irrigation practices using treated wastewater on tomato yields, quality, water productivity, and soil and fruit mineral contents. *Environmental Science and Pollution Research*, **24**(32), 24856-24879. DOI: [10.1007/s11356-017-0139-3](https://doi.org/10.1007/s11356-017-0139-3)
- Demir, E. & Özdemir, Z. (2013).** Investigation of biogeochemical anomalies and interpretation of environmental conditions for Cu, Mn, Zn, Cd and Pb in kazanlıdotless-Mersin area [Kazanlı]- Mersin bölgesinde Cu, Mn, Zn, Cd ve Pb için biyojeokimyasal anomalilerin İncelenmesi ve çevresel ortamı yorumlanması]. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, **37**(2), 119-140.
- Demirak, A., Yilmaz, F., Levent Tuna, A. & Ozdemir, N. (2006).** Heavy metals in water, sediment and tissues of *Leuciscus cephalus* from a stream in southwestern Turkey. *Chemosphere*, **63**(9),1451-1458. DOI: [10.1016/j.chemosphere.2005.09.033](https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2005.09.033)
- Dereli Emine, M., Ertürk, A. & Çakmakçı, M. (2017).** Yüzeysel sularda ağır metallerin etkileri ve ötrofikasyon ile ilişkisi. *Türkiye Dil Bilimleri Dergisi*, 214-230. DOI: [10.18864/TJAS201720](https://doi.org/10.18864/TJAS201720)
- Dökmeçi, A. H., Yıldız, T., Sivri, N. & Öngen, A. (2012).** Tekirdağ kıyı sularından toplanan karideslerin ağır metal seviyelerinin belirlenmesi ve insan sağlığına olan toksit etkileri. <http://hdl.handle.net/20.500.11776/3197>
- Duysak, O. (2019).** Determination of seasonal metal concentrations in seawater of the Iskenderun Bay in the eastern Mediterranean, Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, **28**(1), 495-501. https://www.prt-parlar.de/download_feb_2019/
- Ellegaard, O. & Wallin, J.A. (2015).** The bibliometric analysis of scholarly production: How great is the impact?, *Scientometrics*, **105**(3), 1809-1831. DOI: [10.1007/s11192-015-1645-z](https://doi.org/10.1007/s11192-015-1645-z)
- Ergül, H.A., Varol, T. & Ay, Ü. (2013).** Investigation of heavy metal pollutants at various depths in the Gulf of Izmit. *Marine Pollution Bulletin*, **73**(1), 389-393. DOI: [10.1016/j.marpolbul.2013.05.018](https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.05.018)
- Genç, T.O. & Yilmaz, F. (2017).** Metal accumulations in water, sediment, crab (*Callinectes sapidus*) and two fish species (*Mugil cephalus* and *Anguilla anguilla*) from the Köyceğiz Lagoon System-Turkey: An index analysis approach. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, **99**(2), 173-181. DOI: [10.1007/s00128-017-2121-7](https://doi.org/10.1007/s00128-017-2121-7)
- Gokkus, K. & Berber, S. (2019).** Heavy metal pollution in İnebolu and Bartın Ports, Black Sea, Turkey. *Indian Journal of Geo-Marine Sciences*, **48**(10), 1600-1608.
- Herawati, N., Suzuki, S, Hayashi, K., Rivai, I.F. & Koyoma, H. (2000).** Cadmium, copper and zinc levels in rice and soil of Japan, Indonesia and China by soil type. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, **64**, 33-39. DOI: [10.1007/s001289910006](https://doi.org/10.1007/s001289910006)
- Kalıpcı, E., Hüseyin, C. & Toprak, S. (2017).** Damsa Barajı Nevşehir Yüzey Suyu Kalitesinin Coğrafi Bilgi Sistemi ile Mekansal Analizi. *Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi*, **7**(1), 312-319.
- Karadavut, I. S., Saydam, A. C., Kalıpcı, E., Karadavut, S., Ozdemir, C. & Durduran, S. (2012a).** Pollution in Melendiz water basin groundwater. *Pol. J. Environ. Stud.*, **21**(3), 659.
- Karadavut, S., Delibas, L., Kalıpcı, E., Ozdemir, C. & Karadavut, I.S. (2012b).** Evaluation of irrigation water quality of Aksaray region by using geographic information system. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, **7**(2), 171-182.
- Karadede-Akin, H. (2009).** Seasonal variations of heavy metals in water, sediments, pondweed (*P. pectinatus L*) and freshwater fish (*C. c. umbla*) of lake hazar (Elazığ-Turkey). *Fresenius Environmental Bulletin*, **18**(4), 511-518.
- Karayakar, F., Erdem, C. & Cicik, B. (2007).** Seasonal variation in copper, zinc, chromium, lead and cadmium levels in hepatopancreas, gill and muscle tissues of the mussel *Brachidontes pharaonis* Fischer, collected along the Mersin coast, Turkey. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, **79**(3), 350-355. DOI: [10.1007/s00128-007-9246-z](https://doi.org/10.1007/s00128-007-9246-z)
- Kazancı, N., Leroy, S.A.G., Öncel, S., İleri, Ö., Toprak, Ö., Costa, P., Sayili, S., Turgut, C. & Kibar, M. (2010).** Wind control on the accumulation of heavy metals in sediment of Lake Ulubat, Anatolia, Turkey. *Journal of Paleolimnology*, **43**(1), 89-110. DOI: [10.1007/s10933-009-9316-9](https://doi.org/10.1007/s10933-009-9316-9)
- Levac, D.E., Colquhoun, H. & O'Brien, K. (2010).** Scoping Studies: Advancing the Methodology, *Implementation Science*, **5**, 69. DOI: [10.1186/1748-5908-5-69](https://doi.org/10.1186/1748-5908-5-69)
- Masindi, V. and Muedi, K.L. (2018).** Environmental contamination by heavy metals. *Heavy metals*, **10**, 115-132. Doi:10.5772/intechopen.76082
- Meriç, E., Avşar, N., Yokeş, M.B., Tuğrul, A.B., Bayarı, S., Özyurt, N., Barut, İ.F., Balkis, N., Uysal, K. & Kam, E. (2008).** Morphological abnormalities in benthic foraminifers of the Antalya coast. *Micropaleontology*, **54**(3-4), 241-276. <http://www.jstor.org/stable/30136845>
- Minareci, O., Cakir, M. & Minareci, E. (2018).** The study of surface water quality in Büyük Menderes River (Turkey): Determination of anionic detergent, phosphate, boron and some heavy metal contents. *Applied Ecology and Environmental Research*, **16**(4), 5287-5298. DOI: [10.15666/aeer/1604_52875298](https://doi.org/10.15666/aeer/1604_52875298)

- Pasvanoğlu, S. & Gültekin, F. (2012).** Hydrogeochemical study of the Terme and Karakurt thermal and mineralized waters from Kirsehir Area, central Turkey. *Environmental Earth Sciences*, **66**(1), 169-182. DOI: /10.1007/s12665-011-1217-3
- Polat, N. & Akkan, T. (2016).** Assessment of heavy metal and detergent pollution in Giresun Coastal Zone, Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, **25**(8), 2884-2890.
- Purwiyanto, A.I.S., Suteja, Y., Ningrum, P.S., Putri, W.A.E., Agustriani, F., Cordova, M.R. & Koropitan, A.F. (2020).** Concentration and adsorption of Pb and Cu in microplastics: Case study in aquatic environment. *Marine Pollution Bulletin*, **158**, 111380. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2020.111380
- Sahin, S., Akpınar, I. & Sivri, N. (2020).** An alternative material for an effective treatment technique proposal in the light of bibliometric profile of global scientific research on antibiotic resistance and *Escherichia coli*. *Environmental Monitoring and Assessment*, **192**, 714. DOI: 10.1007/s10661-020-08678-4
- Sponza, D. & Karaoğlu, N. (2002).** Environmental geochemistry and pollution studies of Aliğa metal industry district. *Environment International*, **27**(7), 541-553. DOI: 10.1016/s0160-4120(01)00108-8
- Süren, E., Yılmaz, S., Türkoglu, M. & Kaya, S. (2007).** Concentrations of cadmium and lead heavy metals in Dardanelles seawater. *Environmental Monitoring and Assessment*, **125**(1-3), 91-98. DOI: 10.1007/s10661-006-9242-5
- Tekin-Özan, S. (2015).** Levels of some heavy metals in water and sediment compared with season and some physico-chemical parameters from Antalya Bay. *Indian Journal of Geo-Marine Sciences*, **44**(9), 1393-1400.
- Tunca, E., Üçüncü, E., Kurtuluş, B., Ozkan, A.D. & Atasagun, S. (2013).** Accumulation trends of metals and a metalloids in the freshwater crayfish *Astacus leptodactylus* from Lake Yeniçağa (Turkey). *Chemistry and Ecology*, **29**(8), 754-769. DOI: 10.1080/02757540.2013.810724
- Ustun, O.S., Şentürk, İ., Maryam, B., Akbal, F., Bakan, G. & Büyükgüngör, H. (2018).** Temporal variation of mercury in Turkish black sea waters and associated risk assessment. *Global Nest Journal*, **20**(2), 345-354.
- Ustunada, M., Erduğan, H., Yılmaz, S., Akgul, R. & Aysel, V. (2011).** Seasonal concentrations of some heavy metals (Cd, Pb, Zn, and Cu) in *Ulva rigida* J. Agardh (Chlorophyta) from Dardanelles (Canakkale, Turkey). *Environmental Monitoring and Assessment*, **177**(1-4), 337-342. DOI: 10.1007/s10661-010-1637-7
- Van Raan, T. (2014).** Advances in bibliometric analysis: Research performance assessment and science mapping. *Bibliometrics: Use and Abuse in the Review of Research Performance*, **87**, 17-28.
- Vane, C., Turner, G. H., Chenery, S. R., Richardson, M., Cave, M. C., Terrington, R., Gowing C.J.B. & Moss-Hayes, V. (2020).** "Trends in Heavy Metals, Polychlorinated Biphenyls and Toxicity from Sediment Cores of the Inner Thames Estuary, London, UK". *Environ. Sci.: Processes Impacts*, **22**, 364-30.
- Varol, M. & Sünbül, M.R. (2018).** Multiple approaches to assess human health risks from carcinogenic and non-carcinogenic metals via consumption of five fish species from a large reservoir in Turkey. *Science of the Total Environment*, **633**, 684-694. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.03.218
- Varol, M. (2019).** Arsenic and trace metals in a large reservoir: Seasonal and spatial variations, source identification and risk assessment for both residential and recreational users. *Chemosphere*, **228**, 1-8. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2019.04.126
- Verep, B., Mutlu, C., Apaydin, G. & Cevik, U. (2012).** The trace element analysis in freshwater fish species, water and sediment in Iyidere stream (Rize-Turkey). *Pakistan Journal of Biological Sciences*, **15**(14), 658-665. DOI: 10.3923/pjbs.2012.658.665
- Yılmaz, A.B. & Doğan, M. (2008).** Heavy metals in water and in tissues of himri (*Carasobarbus luteus*) from Orontes (Asi) River, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, **144**(1-3), 437-444. DOI: 10.1007/s10661-007-0005-8
- Yılmaz, S. & Sadikoglu, M. (2011).** Study of heavy metal pollution in seawater of Kepez harbor of Canakkale (Turkey). *Environmental Monitoring and Assessment*, **173**(1-4), 899-904. DOI: 10.1007/s10661-010-1432-5
- Yolcubal, I., Gündüz, Ö.C. & Sönmez, F. (2016).** Assessment of impact of environmental pollution on groundwater and surface water qualities in a heavily industrialized district of Kocaeli (Dilovası), Turkey. *Environmental Earth Sciences*, **75**(2), 170,1-23. DOI: 10.1007/s12665-015-4986-2
- Yücel, M. & Yücel, E. (2013).** "On the ecotoxicological effects of heavy metal pollution of industrial origin determination of wheat varieties." *Biological Diversity and Conservation*, **6**(13) 6-11.
- Zan, U. B. (2012).** *Türkiye 'de bilim dallarında karşılaştırmalı bibliyometrik analiz çalışması*. Yayınlanmış Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara.