



Determination of Heavy Metal Pollution Caused by Wastewater of Milk Products Factory, Paint Factory and Textile Factory in Erkenez Stream (Kahramanmaraş)

Özgür Canpolat^{1,a,*}, Ece Vanlı^{1,b}

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

*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Research Article</i></p> <p>Received : 15/06/2019 Accepted : 30/10/2019</p> <p>Keywords: Milk products factory Paint factory Textile factory Wastewater Heavy metal</p>	<p>Industries, as a source of pollution, have a considerable impact on aquatic ecosystems due to the diversity in the composition of their wastewater. In this study, it is aimed to determine the heavy metal pollution caused by the wastewater of milk products factory, paint factory and textile factory in the Organized Industrial Zone of Kahramanmaraş province. For this purpose, seasonal concentrations of some heavy metals (Fe, Cu, Zn, Cr, Ni, Cd, As and Hg) have been determined in wastewaters of milk products factory, paint factory and textile factory and in the region where these wastewaters discharge in the Erkenez Stream. The seasonal variation of heavy metals in all stations, generally the lowest concentrations of all elements were determined in winter and the highest concentrations were determined in summer. When the heavy metal contents of milk products factory, paint factory and textile factory wastewaters were compared, the highest values were found in textile factory wastewater. When all stations are taken into consideration, according to USEPA and water quality criteria, it is determined that the wastewaters of milk products factory, paint factory and textile factory and the area of the Erkenez Stream, where these wastewaters are discharged, were very dirty in term of heavy metals. When these results are taken into consideration, it is clear that the wastewater of these factories causes serious heavy metal pollution in the Erkenez Stream.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi 7(11): 1858-1866, 2019

Erkenez Çayı'nda (Kahramanmaraş) Süt Ürünleri, Boya ve Tekstil Fabrikası Atık Sularından Kaynaklanan Ağır Metal Kirliliğinin Belirlenmesi

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p><i>Araştırma Makalesi</i></p> <p>Geliş : 15/06/2019 Kabul : 30/10/2019</p> <p>Anahtar Kelimeler: Süt ürünleri fabrikası Boya fabrikası Tekstil fabrikası Atık su Ağır metal</p>	<p>Endüstriler atık sularının kompozisyonunun çeşitliliği nedeniyle sucul ekosistemler üzerinde kirlilik kaynağı olarak önemli bir etkiye sahiptir. Bu çalışmada, Kahramanmaraş ili Organize Sanayi Bölgesi'nde faaliyet gösteren süt ürünleri fabrikası, boya fabrikası ve tekstil fabrikası atık sularının Erkenez Çayı'nda meydana getirdiği ağır metal kirliliğinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda süt ürünleri fabrikası, boya fabrikası ve tekstil fabrikası atık sularında ve bu atık suların Erkenez Çayı'na karıştığı bölgede bazı ağır metallerin (Fe, Cu, Zn, Cr, Ni, Cd, As ve Hg) mevsimsel olarak konsantrasyonları belirlenmiştir. Bütün istasyonlarda ağır metallerin mevsimsel değişimi dikkate alındığında genel olarak elementlerin en düşük konsantrasyonları kış mevsiminde, en yüksek konsantrasyonları ise yaz mevsiminde tespit edilmiştir. Süt ürünleri, boya ve tekstil fabrikası atık sularının ağır metal içerikleri karşılaştırıldığında en yüksek değerler tekstil fabrikası atık sularında bulunmuştur. İstasyonlar göz önüne alındığında USEPA ve su kalite kriterlerine göre süt ürünleri, boya ve tekstil fabrikası atık suları ile bu atık suların Erkenez Çayı'na karıştığı bölgenin çok kirli olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlar dikkate alındığında bu fabrikaların atık sularının Erkenez Çayı'nda ciddi bir ağır metal kirliliğine neden olduğu açıkça görülmektedir.</p>

^a ocanpolat@firat.edu.tr

^b <http://orcid.org/0000-0001-7498-600X> | ece8723@hotmail.com

^c <http://orcid.org/0000-0002-8853-890X>



Giriş

Son yıllarda yüzey su kaynaklarının en yaygın çevresel kirleticilerden biri olan ağır metaller ile kirlenmesi tüm dünyada giderek artan ve önemli bir çevre sorunu haline gelmiştir (Mutlu ve Kurnaz, 2017). Ülkemiz gibi gelişmekte olan ülkelerde yüzeysel su kaynakları kullanım, sulama ve içme suyu olarak değerlendirilmesine rağmen aynı zamanda deşarj alanı olarak da kullanıldığından (Mutlu ve Tepe, 2014), hızlı sanayileşme, tarımsal faaliyetler ve nüfus artışına paralel olarak diğer ekosistemler gibi sucul ekosistemlerde olumsuz etkilenmektedir (Kükre, 2016).

Endüstriyel gelişmeye paralel olarak; fabrika atık sularının kontrolünde bazen yasal boşluklardan istifade edilmesi, bazen de gerekli teknolojinin ülkemizde olmaması ve/veya pahalı olması nedeniyle çevre endüstriyel kuruluşların atık suları tarafından bilinçsiz bir şekilde kirlenmektedir (Üstün ve ark., 2004).

Ülkemizde, hızlı nüfus artışına bağlı olarak ortaya çıkan süt ve süt ürünleri ihtiyacının karşılanması için küçük ve orta ölçekli birçok mandıra kurulmuştur. İşletme sayısına bağlı olarak, süt ve peynir gibi gıdaların üretiminin artmasıyla beraber bu tesislerden kaynaklanan çevre kirliliği ve özellikle de su kirliliği riski artmıştır (Çelik, 2011).

Süt endüstrisi, her geçen gün artan ihtiyacı karşılamaya yönelik, ürün çeşitliliğini ve üretim kapasitesini arttıran en önemli sanayi dallarından biridir. Endüstrileşme ve kentleşme süt sanayisinin gelişmesine ve dolayısıyla üretim sonucu ortaya çıkan atık su miktarının çok fazla artmasına neden olmuştur (Sarkar ve ark., 2005). Süt endüstrisi, en çok kirlilik oluşturan sektörlerden biri konumundadır (Altunışık ve ark., 2002).

Boya atıklarındaki kirlilik parametreleri genel olarak pH, BOİ, KOİ, askıda katı madde, toksik kimyasal maddeler, ağır metaller, alkalinite, asidite, yağ ve gres olarak rapor edilmiştir (Gönüllü ve ark., 1983; Dey, 1999; Mohzen ve ark., 2010; Erkuş ve ark., 2018). Boyama proseslerinde atık suya genellikle kurşun, çinko, krom ve bakır verilmektedir. Bu nedenle boya endüstrisi atık sularının doğrudan alıcı ortamlara verilmesi sonucunda ekolojik denge olumsuz yönde etkilenmekte ve bozulması kaçınılmaz olmaktadır. Türkiye’de boya endüstrisi inşaat sektöründeki ilerlemelere paralel bir gelişim göstermekte ve toplam üretim her geçen yıl artmaktadır. Dolayısıyla üretimdeki artış oluşan atık su miktarlarına da yansımaktadır. Bu nedenle boya endüstrisi, Türkiye’deki endüstriyel kirlenme açısından üzerinde önemle durulması gereken endüstri dallarındandır (Erkuş ve ark., 2018).

Ülkemizde oldukça yaygın olan endüstri kollarından biri de tekstil endüstrisidir. Tekstil endüstrisi doğal ve sentetik elyafları kullanarak kumaş ve diğer tekstil ürünlerini imal eden bir endüstri dalıdır. Tekstil endüstrisi doğal ve fabrikasyon ipliklerin hazırlanması, dokuma, örme veya başka yöntemlerle kumaş, triko, halı gibi tekstil ürünleri haline getirilmesi, iplik ve kumaşlara boya, baskı ve apre gibi terbiye işlemlerinin uygulanması faaliyetlerini içerir (Göknil ve ark., 1984). Tekstil endüstrisi yüksek kimyasal madde (yardımcı kimyasal, boya vb.) tüketimi ile dikkat çekmektedir. Ön terbiye, boyama ve diğer proseslerden kaynaklanan yüksek kimyasal yük, tekstil fabrikalarında kullanılan proseslere göre değişkenlik

göstermekte ve tekstilde kullanılan toplam kimyasal miktarı üretilen tekstil ürünün ağırlık bazında %10’u ile %100’ü arasında değişkenlik gösterebilmektedir (Hendrickx ve Boardman, 1995). Tekstil endüstrisi atık sularının hacmi ve kompozisyonu dikkate alındığında diğer endüstriyel sektörlere göre daha fazla kirlenmeye özelliğe sahiptir (Vandervivere ve ark., 1998). Tekstil endüstrisi atık sularında yaygın olarak kirlilik oluşturan kirleticilerden biri de ağır metallerdir. Ağır metallerden özellikle Cu, Cr ve Co boyanın deriye ve elyafa tutunması için kullanılmaktadır. Dolayısıyla bu ağır metaller atık suya da geçmektedir (Sevimli, 2000).

Farklı endüstri dallarına ait fabrikaların yoğun bir şekilde toplandığı bölgenin çevre açısından bir tehdit unsuru olabileceği, Organize Sanayi Bölgelerinde görülen çevre sorunlarının, tekil bir endüstrinin ortaya çıkardığı genel çevre sorunlarından farklı olmadığı, ancak kirliliğin (sıvı, katı, gaz atıklar) miktar ve çeşitliliği yönünden farklılık gösterdiği söz konusu olabilmektedir. Bu nedenle Organize Sanayi Bölgelerinin çevre kirliliği açısından ele alınması ve değerlendirilmesi gerekmektedir (Toröz ve ark., 1994).

Akdeniz Bölgesi’nin Adana Bölümü’nde yer alan Kahramanmaraş, son yıllarda her bakımdan hızla gelişen bir şehrimizdir. Şehirde mevcut olan geleneksel el sanatları, yerini hızlı bir şekilde tekstil ağırlıklı fabrikalara bırakmıştır. Sahada 201’i tekstil endüstrisi kollarında, 50’si metal eşya endüstrisi alanlarında, 15’i gıda, 5’i kimya, 3’ü kâğıt sanayi alanlarında olmak üzere çok sayıda endüstriyel tesis faaliyet göstermektedir (Gürbüz, 2001). Ayrıca şehirde bir adet mezbahana ve 11 adet deri işleme atölyesi mevcuttur. Şehrin özel konumu nedeniyle bu endüstri alanları daha çok akarsuların da içerisinde bulunduğu ovada yoğunlaşmıştır. Şehir çevresindeki verimli ovada ilaçlı ve gübreli zirai faaliyetler sürdürülmektedir. Bütün bu gelişmeler şehir yakınında yer alan akarsularda aşırı kirlenme yönünde baskı yapmaktadır. Şehir ve çevresinde su kullanımına olan ihtiyaç artmış, pahalı su temini projeleri başlatılmıştır. Sularının büyük bir kısmını Engizek Dağı’nın güney doğusundaki karstik kaynaklardan alan Aksu Çayı, birçok derenin sularını da alarak Maraş Ovası’nda Sır Baraj Gölü’ne dahil olmaktadır (Korkmaz, 2001). Aksu Çayı, Kahramanmaraş şehri yakınlarından geçen kentsel, endüstriyel ve tarımsal alanlardan geçen Karasu Deresi, Erkenez Suyu ve Oklu Dere’nin sularını almaktadır (Toroğlu ve ark., 2006).

Doğal ve çok değerli bir kaynak olan su her geçen gün hızlı bir şekilde çeşitli yollarla kirlenmekte ve kaliteli suya ulaşmak zorlaşmaktadır. Temiz içme ve kullanma suyuna ihtiyacın oldukça arttığı günümüzde, Kahramanmaraş ili ve çevresinde yer alan su kaynaklarının potansiyelinin ve niteliklerinin bilinmesi bölge açısından ve su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı açısından önem arz etmektedir.

Bu çalışmada ülkemizin önemli sanayi şehirlerinden biri olan Kahramanmaraş ili Organize Sanayi Bölgesi’nde faaliyet gösteren süt ürünleri, boya ve tekstil fabrikası atık sularının Erkenez Çayı’nda meydana getirdiği ağır metal kirliliğinin belirlenmesi ve bu atık suların ağır metal içeriklerinin karşılaştırılması amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Çalışma Bölgesi

Erkenez Havzası Kahramanmaraş Ovasının 10 km kuzeydoğusunda yer almaktadır. Erkenez Havzası Peynir Dere'nin Erkenez Çayı'na kavuştuğu alandan başlayan havza Ahir Dağı ile Doğu Anadolu Fayı arasında doğuya doğru daralarak Karaağaç'a kadar uzanır. Havzanın kuzeyinde Ahir Dağı ve Nacar bindirmesi güneyinde ise Killiovalar bindirmesi oluşmaktadır. Bu oluşum Havza'da yükselti batından doğuya doğru Çataloluk Tepe (1371 m)'ye kadar artarken doğuya doğru tekrar azalır (Bingöbalı, 2009).

Erkenez Çayı, Kahramanmaraş ilinin doğusunda Küçüknacar yöresinde doğmakta ilin güneyini bir hilal şeklinde çevrelemekte ve güney batısında Aksu Çayı'na kavuşmaktadır. Aksu Çayı da ilin batısında Ceyhan Nehri'ne kavuşmaktadır. Ceyhan Havzası'nın drenaj alanı 21 982 km² olup, Türkiye yüz ölçümünün %2,82 büyüklüğündedir. Erkenez Çayı'nın toplam uzunluğu 32 km'dir. Yağışın fazla olduğu ve kar erimesi dönemlerinde hızlı akışa geçen Erkenez Çayı ova tabanındaki yatağı boyunca yapılan taşkın setlerini de aşarak zaman zaman ovaya taşmaktadır. Havzasının büyüklüğü ve taşıdığı sediment nedeniyle en kritik akarsulardan birini oluşturur.

Bu araştırma, 37°32'34.48" kuzey enlemleri ve 36°57'54.69" doğu boylamlarında yer alan bölgede yürütülmüştür (Şekil 1). Çalışma bölgesinde belirlenen istasyonlar aşağıda verilmiştir;

- Erkenez Çayı'na herhangi bir atık suyun karışmadığı bölge (1. İstasyon)
- Süt ürünleri fabrikası atık suları (2. İstasyon)
- Süt ürünleri fabrikası atık sularının Erkenez Çayı'na karıştığı bölge (3. İstasyon)
- Boya fabrikası atık suları (4. İstasyon)
- Boya fabrikası atık sularının Erkenez Çayı'na karıştığı bölge (5. İstasyon)
- Tekstil fabrikası atık suları (6. İstasyon)
- Tekstil fabrikası atık sularının Erkenez Çayı'na karıştığı bölge (7. İstasyon)

Çalışmanın yürütüldüğü istasyonlara ait fotoğraflar Şekil 2'de verilmiştir.

Su Örneklerinde Yapılan Ağır Metal Analizleri

Bu araştırma, Temmuz 2012-Nisan 2013 tarihleri arasında yürütülmüştür. Örneklemeler mevsimsel olarak yapılmıştır. Sudaki ağır metal analizleri için numune alınımında kullanılan kapların temiz ve kirlenmeye yol açmayacak şekilde olmasına dikkat edilmiştir. Su örnekleri 2.-7. İstasyonlarda numune kapları atık suya daldırılarak, herhangi bir atık suyun karışmadığı 1. İstasyonda ise Nansen Şişesi kullanılarak yüzeyden 1 m derinlikten alınmıştır. Alınan su örnekleri, kimyasallar için uygun, akmaya ve sızıntıya karşı dayanıklı olan 1 L'lik steril polietilen şişelere bırakılmıştır. Alınan su örneklerindeki organizmaların ağır metalleri parçalayarak kimyasal reaksiyon başlatmalarını engellemek amacıyla suya %1 oranında nitrik asit (HNO₃) ilave edilerek pH' ı 2'ye düşürülmüştür. Nitrik asit çözeltisi, ultra saf %65'lik nitrik asitten saf su ile günlük olarak hazırlanmıştır (Cataldo ve

ark., 2001). Sudaki ağır metal analizi için, 50 ml su numunesi alınarak Kjeldahl balonlarına konulmuş, içine nitrik asit ve sülfürik asit (5/10) karışımından 5 ml ilave edilerek mineralizasyon işlemine tabi tutulmuş ve 25 ml'ye deriştirilmiştir (APHA, 1985). Su örneklerinde demir (Fe), bakır (Cu), çinko (Zn), krom (Cr), nikel (Ni), kadmiyum (Cd), arsenik (As) ve civa (Hg) konsantrasyonları, hizmet alımı şeklinde özel bir laboratuvarında İndüktif Eşleşmiş Plazma (ICP) cihazında belirlenmiştir. Analize hazır duruma getirilen su örnekleri numune kaplarına konularak ağır metal analizlerinin gerçekleştirileceği laboratuvara soğuk muhafazalı olarak gönderilmiştir.



Şekil 1 Su örneklerinin alındığı istasyonlar
Figure 1 The water sampling stations

ICP cihazında analizi gerçekleştirilen elementlerin dalga boyları aşağıda verilmiştir;

Cu=237,393 nm	Fe= 238,204 nm
Ni= 231,604 nm	Cd=228,802 nm
Zn=206,200 nm	Cr=267,716 nm
As=188,979 nm	Hg=253,652 nm

İstatistiksel Analiz

Su örneklerindeki ağır metal konsantrasyonlarının mevsimlere ve istasyonlara göre farklılıkları tek yönlü varyans analizi (ANOVA), metaller arası ilişkinin önem derecesi ise Spearman korelasyon (0,01 önem düzeyinde) analizi yapılarak incelenmiştir. Bütün istatistiksel analizler SPSS 11.5 paket programı kullanılarak yapılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada süt ürünleri, boya ve tekstil fabrikası atık suları ve bu atık suların Erkenez Çayı'na karıştığı bölgede Fe, Cu, Zn, Cr, Ni, Cd, As ve Hg konsantrasyonları ve bu ağır metallerin mevsimsel değişimi ayrı başlıklar altında açıklanmıştır.



2. İstasyon



3. İstasyon



4. İstasyon



5. İstasyon



6. İstasyon



7. İstasyon

Şekil 2 Su örneklerinin alındığı istasyonlara ait fotoğraflar (2-7. İstasyonlar)

Figure 2 Photos of water sampling stations (2-7. Stations)

Ağır Metal Konsantrasyonlarının Karşılaştırması

Araştırmanın yürütüldüğü süt ürünleri, boya ve tekstil fabrikası atık suları ve bu atık suların Erkenez Çayı'na karıştığı bölgede ortalama Fe konsantrasyonu dikkate alındığında en düşük Fe konsantrasyonu süt ürünleri fabrikası atık sularının Erkenez Çayı'na karıştığı bölgede (3. İstasyon), en yüksek Fe konsantrasyonu ise tekstil

fabrikası atık sularında (6. İstasyon) tespit edilmiştir (Tablo 1). Ortalama Cu değerleri göz önüne alındığında en düşük Cu değeri Erkenez Çayı'na herhangi bir atık suyun karışmadığı bölgede (1. İstasyon), en yüksek Cu değeri ise Fe elementinde olduğu gibi tekstil fabrikası atık sularında (6. İstasyon) bulunmuştur. Süt ürünleri fabrikası atık suları (2. İstasyon) ve süt ürünleri fabrikası atık sularının Erkenez

Çayı'na karıştığı bölgede (3. İstasyon) ise Cu konsantrasyonu ICP cihazının ölçüm duyarlılığının altında kaldığı için belirlenmemiştir. En düşük ortalama Zn konsantrasyonu süt ürünleri fabrikası atık sularının Erkenez Çayı'na karıştığı bölgede (3. İstasyon), en yüksek ortalama Zn konsantrasyonu ise tekstil fabrikası atık sularında (6. İstasyon) kaydedilmiştir. Ortalama Cr değerleri göz önüne alındığında en düşük değerler boya fabrikası atık sularında (4. İstasyon), en yüksek değerler ise Fe, Cu ve Zn elementlerinde olduğu gibi tekstil fabrikası atık sularında (6. İstasyon) belirlenmiştir. Ortalama Ni ve

Cd konsantrasyonları dikkate alındığında en düşük konsantrasyonlar boya fabrikası atık sularının Erkenez Çayı'na karıştığı bölgede (5. İstasyon), en yüksek konsantrasyonlar ise diğer elementlerde olduğu gibi tekstil fabrikası atık sularında (6. İstasyon) tespit edilmiştir. Erkenez Çayı'na herhangi bir atık suyun karışmadığı bölgede (1.İstasyon), süt ürünleri fabrikası atık sularında (2. İstasyon) ve süt ürünleri fabrikası atık sularının Erkenez Çayı'na karıştığı bölgede (3. İstasyon) Cr, Ni ve Cd konsantrasyonları ICP cihazının ölçüm duyarlılığının altında kaldığı için belirlenmemiştir (Tablo 1).

Tablo 1 Süt ürünleri fabrikası, boya fabrikası ve tekstil fabrikası atık suları ve bu atık suların Erkenez Çayı'na karıştığı bölgede ağır metal konsantrasyonları (mg/L)

Table 1 The heavy metal concentrations in wastewater of milk products factory, paint factory and textile factory and in the area where discharge in the Erkenez Stream (mg/L)

Mevsimler	Fe	Cu	Zn	Cr	Ni	Cd
1. İstasyon						
Yaz	0,08	0,04	0,11	*	*	*
Sonbahar	0,05	0,04	0,09	*	*	*
Kış	0,04	0,03	0,04	*	*	*
İlkbahar	0,07	0,04	0,07	*	*	*
Ortalama	0,06	0,038	0,078	*	*	*
2. İstasyon						
Yaz	0,02	*	0,02	*	*	*
Sonbahar	0,02	*	0,03	*	*	*
Kış	0,01	*	0,02	*	*	*
İlkbahar	0,03	*	0,03	*	*	*
Ortalama	0,02	*	0,025	*	*	*
3. İstasyon						
Yaz	0,01	*	0,01	*	*	*
Sonbahar	0,01	*	0,02	*	*	*
Kış	0,01	*	0,01	*	*	*
İlkbahar	0,01	*	0,02	*	*	*
Ortalama	0,01	*	0,015	*	*	*
4. İstasyon						
Yaz	69,7	16,8	26,2	2,1	1,5	2,5
Sonbahar	39,7	10,8	20,2	1,8	1,1	1,4
Kış	35,83	9,9	17,2	3,1	0,9	2,11
İlkbahar	22,0	5,5	20,6	3,88	1,6	2,9
Ortalama	41,81	10,75	21,05	2,72	1,28	2,23
5. İstasyon						
Yaz	31,0	15,1	12,9	4,9	0,7	1,6
Sonbahar	28,2	6,3	14,9	0,6	0,4	0,5
Kış	19,7	5,2	13,7	1,8	0,2	1,4
İlkbahar	72,0	3,6	13,72	5,73	0,5	1,2
Ortalama	37,73	7,55	13,81	3,26	0,45	1,18
6. İstasyon						
Yaz	86,8	15,2	44,2	44,3	1,4	5,5
Sonbahar	46,3	12,6	23,6	20,5	1,1	3,9
Kış	63,8	6,4	25,3	22,9	1,3	4,4
İlkbahar	93,0	14,04	40,32	35,6	1,7	5,7
Ortalama	72,48	12,06	33,36	30,83	1,38	4,88
7. İstasyon						
Yaz	21,2	6,7	29,1	32,8	0,5	3,9
Sonbahar	21,2	8,2	12,1	16,2	0,7	1,4
Kış	36,29	3,6	14,2	15,1	0,4	2,06
İlkbahar	71,7	6,3	31,7	26,4	0,9	4,4
Ortalama	37,60	6,20	21,78	22,63	0,63	2,94

*: Cihazın ölçüm duyarlılığının altında kaldığından tespit edilememiştir.

Ağır Metal Konsantrasyonlarının Mevsimsel Değişimi

Demir (Fe): Araştırmanın yürütüldüğü bütün istasyonlarda (3. İstasyon hariç) Fe konsantrasyonunun mevsimlere bağlı olarak değiştiği tespit edilmiştir (Tablo 1). En düşük Fe değerleri 1., 2. ve 5. İstasyonlarda kış mevsiminde, 4. İstasyonda ilkbahar mevsiminde, 6. İstasyonda sonbahar mevsiminde, 7. İstasyonda ise yaz ve sonbahar mevsiminde kaydedilmiştir. En yüksek Fe konsantrasyonu 1. ve 4. İstasyonlarda yaz mevsiminde, 2., 5., 6. ve 7. İstasyonlarda ise ilkbahar mevsiminde bulunmuştur. 3. istasyonda Fe konsantrasyonunun (0,01 mg/L) bütün mevsimlerde aynı olduğu belirlenmiştir (Tablo 1).

Bakır (Cu): Bütün istasyonlarda (2. ve 3. İstasyon hariç) Cu konsantrasyonunun mevsimlere bağlı olarak değiştiği belirlenmiştir (Tablo 1). Cu konsantrasyonu 2. ve 3. İstasyonda cihazın okuma duyarlılığının altında olduğundan tespit edilememiştir. En düşük Cu konsantrasyonu 1., 6. ve 7. İstasyonlarda kış mevsiminde, 4. ve 5. İstasyonlarda ise ilkbahar mevsiminde belirlenmiştir. En yüksek Cu değerleri 4., 5. ve 6. İstasyonlarda yaz mevsiminde, 7. İstasyonda ise sonbahar mevsiminde kaydedilmiştir (Tablo 1).

Çinko (Zn): Çinko konsantrasyonunun Fe ve Cu elementinde olduğu gibi bütün istasyonlarda mevsimlere bağlı olarak değiştiği bulunmuştur (Tablo 1). En düşük Zn değerleri 1. ve 4. İstasyonlarda kış mevsiminde, 5. İstasyonda yaz mevsiminde, 6. ve 7. İstasyonlarda sonbahar mevsiminde tespit edilmiştir. 2. ve 3. İstasyonlarda ise en düşük Zn değerleri yaz ve kış mevsimlerinde belirlenmiştir. En yüksek Zn konsantrasyonu 1., 4. ve 6. İstasyonlarda yaz mevsiminde, 5. İstasyonda sonbahar mevsiminde, 7. İstasyonda ise ilkbahar mevsiminde kaydedilmiştir. 2. ve 3. İstasyonlarda ise en yüksek Zn konsantrasyonu sonbahar ve ilkbahar mevsimlerinde bulunmuştur (Tablo 1).

Krom (Cr): Araştırmanın yürütüldüğü istasyonlarda Cr konsantrasyonunun mevsimsel değişimi göz önüne alındığında 4-7. İstasyonlarda mevsimlere bağlı olarak

değiştiği tespit edilmiştir (Tablo 1). Diğer istasyonlarda ise (1., 2. ve 3. İstasyonlarda) cihazın okuma duyarlılığının altında olduğundan belirlenememiştir. En düşük Cr konsantrasyonu 4. ve 5. İstasyonlarda sonbahar mevsiminde, 7. İstasyonda ise kış mevsiminde kaydedilmiştir. 6. İstasyonda ise en düşük Cr değeri sonbahar ve kış mevsiminde tespit edilmiştir. En yüksek Cr değerleri 4. ve 5. İstasyonda ilkbahar mevsiminde, 6. ve 7. İstasyonlarda ise yaz mevsiminde belirlenmiştir (Tablo 1).

Nikel (Ni): Nikel elementi Cr elementinde olduğu gibi 1., 2. ve 3. istasyonlarda cihazın okuma duyarlılığının altında kaldığından tespit edilememiştir. Diğer istasyonlarda ise Ni konsantrasyonunun mevsimlere göre değişim gösterdiği belirlenmiştir (Tablo 1). En düşük Ni değerleri 4., 5. ve 7. İstasyonlarda kış mevsiminde, 6. İstasyonda ise sonbahar mevsiminde bulunmuştur. En yüksek Ni konsantrasyonu 4., 6. ve 7. İstasyonlarda ilkbahar mevsiminde, 5. İstasyonda ise yaz mevsiminde kaydedilmiştir (Tablo 1).

Kadmium (Cd): Araştırmanın yürütüldüğü bütün istasyonlar dikkate alındığında Cr ve Ni elementlerinde olduğu gibi Cd elementi de 1., 2. ve 3. İstasyonlarda cihazın okuma duyarlılığının altında olduğundan belirlenememiştir. Diğer istasyonlar göz önüne alındığında ise Cd konsantrasyonunun mevsimlere göre değiştiği bulunmuştur (Tablo 1). En düşük Cd konsantrasyonu bütün istasyonlarda sonbahar mevsiminde kaydedilmiştir. En yüksek Cd değerleri 4., 6. ve 7. İstasyonlarda ilkbahar mevsiminde, 5. İstasyonda ise yaz mevsiminde tespit edilmiştir (Tablo 1).

Su örneklerindeki ağır metal konsantrasyonlarında mevsimler arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamıştır ($P>0,05$). Buna karşılık istasyonlar arasındaki farklılık ise istatistiksel olarak önemli ($P<0,01$) olduğu belirlenmiştir. Ağır metallerin hepsinin birbiriyle pozitif güçlü korelasyon sergilediği tespit edilmiştir (Tablo 2). Ağır metaller arasındaki bu korelasyon araştırma bölgesinde antropojenik etkinin olduğunun bir göstergesidir.

Tablo 2 Su örneklerindeki ağır metal konsantrasyonlarının birbiriyle olan korelasyon değerleri

Table 2 Correlation values of heavy metal concentrations in water samples

	Cu	Fe	Zn	Cr	Ni	Cd
Cu	1,000					
Fe	0,865(*)	1,000				
Zn	0,876(*)	0,920(*)	1,000			
Cr	0,817(*)	0,859(*)	0,883(*)	1,000		
Ni	0,893(*)	0,876(*)	0,894(*)	0,866(*)	1,000	
Cd	0,854(*)	0,868(*)	0,933(*)	0,958(*)	0,935(*)	1,000

* Önemli korelasyon var (0,01 düzeyinde)

Araştırmanın yürütüldüğü süt ürünleri, boya ve tekstil fabrikası atık suları ve bu atık suların Erkenez Çayı'na karıştığı bölgede ortalama Fe konsantrasyonu dikkate alındığında en düşük Fe konsantrasyonu süt ürünleri fabrikası atık sularının Erkenez Çayı'na karıştığı bölgede, en yüksek Fe konsantrasyonu ise tekstil fabrikası atık sularında belirlenmiştir (Tablo 1). Ortalama Cu değerleri göz önüne alındığında en düşük Cu değeri Erkenez Çayı'na herhangi bir atık suyun karışmadığı bölgede, en yüksek Cu değeri ise Fe elementinde olduğu gibi tekstil fabrikası atık sularında tespit edilmiştir. En düşük ortalama Zn konsantrasyonu süt

ürünleri fabrikası atık sularının Erkenez Çayı'na karıştığı bölgede, en yüksek ortalama Zn konsantrasyonu ise tekstil fabrikası atık sularında kaydedilmiştir. Ortalama Cr değerleri göz önüne alındığında en düşük değerler boya fabrikası atık sularında, en yüksek değerler ise Fe, Cu ve Zn elementlerinde olduğu gibi tekstil fabrikası atık sularında bulunmuştur. Ortalama Ni ve Cd değerleri dikkate alındığında en düşük değerler boya fabrikası atık sularının Erkenez Çayı'na karıştığı bölgede, en yüksek değerler ise diğer elementlerde olduğu gibi tekstil fabrikası atık sularında tespit edilmiştir (Tablo 1).

Süt endüstrisi atık sularında yer alan kimyasal maddelerden biri de ağır metallerdir. Bu ağır metaller arasında Hg, Cd, Cr ve Zn yer almaktadır. Sütün işlenmesi sırasında temelde üç çeşit atık su ortaya çıkmaktadır. Bu atık suların birisi de deterjan ve dezenfektan içeren atık sulardır (Koyuncu ve Tunçtürk, 2014). Gıda endüstrisinde çeşitli dezenfektanlar kullanılmakta olup, bunlar arasında klorlu bileşikler de yer almaktadır. Bu klorlu bileşiklerin metaller için aşındırıcı özellikte olmaları, plastikler ile reaksiyona girmeleri ve organik maddeler ile bileşikler oluşturarak kendi etkilerini azaltmaları veya yok etmeleri bu maddelerin olumsuz yönleri arasındadır (Anonim, 2011). Bu araştırma sonucunda süt ürünleri fabrikası atık sularında tespit edilen metallerin, tesislerde kullanılan klorlu dezenfektanların metalleri aşındırması sonucu atık suya karışmış olabileceğini düşündürmektedir.

Kutluay ve ark., (2004) sodyum bentonit kullanarak boya fabrikası atık sularının kimyasal arıtımını araştırdıkları çalışmada bazı ağır metallerin konsantrasyonlarını da belirlemişlerdir. Kutluay ve ark., (2004) boya fabrikası atık sularında ağır metallerin konsantrasyonlarını Cr<0,5 mg/L; Cd<0,2 mg/L; Fe<0,5 mg/L ve Zn=0,25 mg/L olarak bulmuşlardır. Bu araştırma sonucunda bulunan ağır metal değerlerinin, Kutluay ve ark., (2004) tarafından yapılan çalışmada bulunan değerlere göre yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Gondal ve Hussain (2007) Riyad (Suudi Arabistan)'da faaliyet gösteren boya fabrikası atık sularında bazı ağır metallerin (Pb, Cu, Cr, Ca, Mg, Zn, Ti, Sr, Ni, Fe, Al, Ba, Na, K ve Zr) konsantrasyonlarını belirlemişlerdir. Boya fabrikası atık sularındaki bu elementlerin konsantrasyonlarını Cu=3 mg/L; Cr=4 mg/L, Zn=20 mg/L, Ni=1 mg/L ve Fe=120 mg/L olarak rapor etmişlerdir. Bu araştırma da atık sularda tespit edilen bütün ağır metal konsantrasyonlarının (Fe hariç), Gondal ve Hussain (2007) tarafından yapılan çalışmada tespit edilen konsantrasyonlardan yüksek olduğu bulunmuştur.

Akyol (2012) Gebze'de faaliyet gösteren boya fabrikası atık sularında yürüttüğü çalışmada bazı ağır metallerin konsantrasyonunu da belirlemiştir. Çalışma sonucunda Cr=0,021 mg/L; Fe=4,12 mg/L; Cd<0,02 mg/L ve Zn<0,2 mg/L olarak kaydetmiştir. Bu araştırma sonucunda bulunan Cr, Fe, Cd ve Zn değerlerinin Akyol (2012) tarafından yapılan çalışmada bulunan değerlere göre yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Tekstil endüstrisinde, haşıl sökme, pişirme, ağartma, nötralizasyon, boyama, basma ve yıkama işlemleri sırasında oldukça fazla miktarda su kullanılmakta, bu nedenle oluşan atık suyun debisi de çok yüksek değerlere ulaşabilmektedir. Tekstil endüstrisi atık suları içerdikleri çok çeşitli kimyasallardan ve özellikle boyar maddelerden dolayı arıtılması zor olan endüstriyel atık sulardır. Değişik organik madde, ağır metal, çözünmüş tuzlar, renk, bulanıklık içeren, yüksek pH'larda ve 60-70°C'a varan sıcaklıklarda dış ortama verilen bu sular birinci derecede arıtma ihtiyacı duyulan atık sulardır (Akın, 2006; Pekel, 2009). Tekstil endüstrisi atık sularında ağır metallere Cu, Cr ve Co fazla miktarlarda bulunmaktadır (Sevimli, 2000). Bu çalışmada da tekstil fabrikası atık sularında Cu ve Cr değerlerinin diğer istasyonlara göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Canpolat (2007), ağır metal kirlilik kaynaklarının Keban Baraj Gölü'nün su kalitesi üzerindeki etkilerini araştırdığı çalışmada, Ağın deri fabrikası atık suları ve

atık suların Keban Baraj Gölü'ne karıştığı bölgede ağır metal kirliliğinin çok fazla olduğunu, özellikle Cr konsantrasyonunun diğer elementlere göre daha yüksek olduğunu rapor etmiştir. Bu araştırma sonucunda da analizi yapılan elementlerin en yüksek değerleri tekstil fabrikası atık sularında belirlenmiş olup, Canpolat (2007)'ın bulguları ile benzerlik göstermektedir.

Bu araştırma kapsamında analizi yapılan ağır metallerin mevsimsel değişimi dikkate alındığında genel olarak bütün elementlerin (Cd hariç) en düşük değerleri kış mevsiminde, en yüksek değerleri ise yaz mevsiminde kaydedilmiştir. En düşük Cd konsantrasyonu bütün istasyonlarda sonbahar mevsiminde kaydedilmiştir. En yüksek Cd konsantrasyonu 4., 6. ve 7. İstasyonlarda ilkbahar mevsiminde, 5. İstasyonda ise yaz mevsiminde tespit edilmiştir.

Toroğlu ve ark., (2006) Aksu Çayı ve kollarından alınan su örneklerinde bazı elementlerin düzeylerini belirlemişlerdir. Erkenez Suyu'nun Pb bakımından çok kirli, Fe bakımından kirli, Cu ve Ni bakımından az kirli, Mn ve Zn bakımından temiz sular sınıfına dahil olduğunu rapor etmişlerdir. Bu çalışmada ise bütün istasyonlar göz önüne alındığında süt ürünleri, boya ve tekstil fabrikası atık suları ile bu atık suların Erkenez Çayı'na karıştığı bölgenin çok kirli olduğu bulunmuştur.

Mutlu ve ark., (2016) Sivas ilinin Hafik ilçesi sınırları içinde yer alan Çınarlı Deresi'nin su kalitesini fiziko-kimyasal metotlarla değerlendirmesini yaptıkları çalışmada Pb, Cu, Cd ve Fe elementlerinin mevsimsel değişimini de belirlemişlerdir. Araştırma sonucunda analizi yapılan elementlerin kış, ilkbahar, yaz ve sonbahar mevsiminde tespit edilen konsantrasyonlarını sırasıyla; Pb için 1 µg/L, 4 µg/L, 8 µg/L ve 6 µg/L; Cu 5 µg/L, 18 µg/L, 13 µg/L ve 9 µg/L; Cd 0,7 µg/L, 1,1 µg/L, 1,4 µg/L ve 1,8 µg/L; Fe için 0,0007 mg/L, 0,0060 mg/L, 0,0040 mg/L ve 0,0020 mg/L olarak rapor etmişlerdir. Mutlu ve ark., (2016) her bir ağır metalin en düşük ve en yüksek konsantrasyonlarını farklı mevsimlerde tespit etmişlerdir. Bu araştırma da ise ağır metallerin en düşük konsantrasyonları kış mevsiminde, en yüksek konsantrasyonları ise yaz mevsiminde kaydedilmiştir.

Mutlu ve Uncumusaoğlu (2016) Kuruçay Deresi (Sivas)'nden aldıkları su örneklerinde bazı fiziko-kimyasal parametreleri ve bazı elementlerin (kalsiyum, magnezyum, demir, kurşun, bakır, çinko, nikel, civa ve kadmiyum) konsantrasyonlarını belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda ağır metal konsantrasyonlarının; Fe=0,01-2,7 µg/L, Cu=1-3,6 µg/L, Cd=0,00-1,7 µg/L, Hg=0,00-0,016 µg/L ve Zn=1,00-20 µg/L arasında değişim gösterdiğini tespit etmişlerdir. Özellikle tarım ve bazı madencilik faaliyetleri olmak üzere Kuruçay Deresi (Sivas)'nin akış yönü boyunca gerçekleşen insan faaliyetlerinin etkisi ile ağır metal konsantrasyonunun arttığını rapor etmişlerdir. Ayrıca, tüm ağır metallerin ortalama konsantrasyonlarının bahar aylarında arttığını ve yaz aylarında azaldığını belirlemişlerdir. Mutlu ve Uncumusaoğlu (2016)'nın Kuruçay Deresi (Sivas)'nde tespit ettikleri ağır metal konsantrasyonlarının bu çalışmada tespit edilen ağır metal konsantrasyonlarından düşük olduğu belirlenmiştir. Bunun yanı sıra bu çalışmada ağır metallerin mevsimsel değişimi dikkate alındığında genel olarak elementlerin en düşük konsantrasyonları kış mevsiminde, en yüksek konsantrasyonları ise yaz mevsiminde tespit edilmiş olup, Mutlu ve Uncumusaoğlu (2016)'nın bulguları ile uyum

göstermemektedir. Bu farklılığın nedeni bölgede faaliyet gösteren sanayi kuruluşlarının üretim faaliyetlerinin mevsimlere bağlı olarak değişiklik göstermesi olabilir. Her endüstrinin üretim türü teknolojisi ve üretim miktarı farklı olduğundan, atık sularının kalitatif ve kantitatif özellikleri de büyük farklılıklar göstermektedir.

Canpolat ve Uzun (2019) Kahramanmaraş Organize Sanayi Bölgesi atık sularının Aksu Çayı ve Sır Baraj Gölü'nde meydana getirdiği ağır metal kirliliğini araştırmışlardır. Canpolat ve Uzun (2019) hem atık sularında hem de Sır Baraj Gölü ve Aksu Çayı'nda Fe, Cu, Zn, Cr, Cd, Ni, As ve Hg konsantrasyonlarının mevsimsel değişimini de belirlemişlerdir. Suda analizi gerçekleştirilen ağır metallerden Fe, Cu ve Zn her mevsimde tüm istasyonlarda, Cr, Ni ve Cd ise sadece atık sularında tespit edildiğini rapor etmişlerdir. Canpolat ve Uzun (2019) genel olarak elementlerin en yüksek değerlerini yaz mevsiminde, en düşük değerlerini ise ilkbahar mevsiminde kaydetmişlerdir. Ayrıca, Aksu Çayı ve Sır Baraj Gölü'nden alınan su örneklerindeki Fe, Cu, Zn, Cr ve Ni konsantrasyonlarının WHO, USEPA ve EC tarafından belirlenen maksimum değerlerin çok üzerinde çıktığını bildirmişlerdir. Bu veriler ışığında tekstil, kaplama ve diğer endüstri fabrikalarından Aksu Çayı'na deşarj olan atık suların Sır Baraj Gölü'ne ağır metal taşıdığını rapor etmişlerdir. Bu araştırma sonucunda da analizi yapılan ağır metallerin mevsimsel değişimi dikkate alındığında genel olarak bütün elementlerin en düşük değerleri kış mevsiminde, en yüksek değerleri ise yaz mevsiminde kaydedilmiştir. Ayrıca Kahramanmaraş Organize Sanayi Bölgesi'nde faaliyet gösteren süt ürünleri, boya ve tekstil fabrikası atık sularının Erkenez Çayı'nda ağır metal

kirliliğine neden olduğu tespit edilmiştir. Canpolat ve Uzun (2019)'un bulguları bu araştırmanın bulgularını desteklemektedir.

Araştırmanın yürütüldüğü istasyonlarda tespit edilen ağır metal konsantrasyonları USEPA tarafından tatlı sular için önerilen ağır metal kriterleri ile karşılaştırıldığında 1., 2. ve 3. İstasyonlarda ağır metallerin (1. İstasyonda Cu hariç) düşük değerlerde olduğu, diğer istasyonlarda ise ağır metallerin yüksek değerlerde olduğu belirlenmiştir (Tablo 3). Bu durum göz önüne alındığında süt ürünleri, boya ve tekstil endüstrisi atık sularının ciddi bir ağır metal kirlilik yükü oluşturduğu açıkça görülmektedir.

Araştırmanın yürütüldüğü istasyonlarda tespit edilen ağır metal konsantrasyonları su kalite kriterlerine göre (Tablo 4) boya fabrikası atık suları, tekstil fabrikası atık suları ve bu atık suların Erkenez Çayı'na karıştığı bölgenin çok kirli olduğu belirlenmiştir.

Sonuç

Günümüzde aşırı nüfus artışı, yoğun şehirleşme ve endüstriyel alanda meydana gelen hızlı gelişmelere paralel olarak çevre üzerinde olumsuz etkilere neden olan atık su miktarı da her geçen gün artmaktadır. Bu olumsuzluklara bağlı olarak alıcı ortam olan sucul ekosistemlerin doğrudan veya dolaylı olarak kirletilmesi önemli bir küresel sorun haline gelmiştir. Bu nedenle içme suyu temini, endüstriyel faaliyetler, tarımsal sulama ve enerji üretimi gibi çeşitli amaçlarla kullanılan su kaynaklarının kalitelerinin belirlenmesi ve sürdürülebilir kullanımlarının sağlanması büyük bir önem arz etmektedir.

Tablo 3 Tatlı sular için önerilen ağır metal kriterleri (mg/L), (USEPA, 2002)

Table 3 Recommended heavy metal criteria for freshwater (mg/L), (USEPA, 2002)

Metaller	Cu	Fe	Zn	Cr	Ni	Cd
USEPA						
MK	0,013	-	0,12	0,57	0,47	
SK	0,009	1	0,12	0,074	0,052	
İstasyonlar						
1. İstasyon	0,038	0,06	0,078	*	*	*
2. İstasyon	*	0,02	0,025	*	*	*
3. İstasyon	*	0,01	0,015	*	*	*
4. İstasyon	10,75	41,81	21,05	2,72	1,28	2,23
5. İstasyon	7,55	37,73	13,81	3,26	0,45	1,18
6. İstasyon	12,06	72,48	33,36	30,83	1,38	4,88
7. İstasyon	6,20	37,60	21,78	22,63	0,63	2,94

MK: Maksimum konsantrasyon, SK: Sürekli konsantrasyon, *: Cihazın ölçüm duyarlılığının altında kaldığından tespit edilememiştir.

Tablo 4 Sulardaki ağır metal konsantrasyonlarına göre su kalite kriterleri (mg/L), (Anonim, 2004)

Table 4 Water quality criteria according to the concentrations of heavy metals in water (mg/L), (Anonim, 2004)

Kirlilik Derecesi	Cu	Fe	Zn	Cr	Ni	Cd
Temiz	0,02	0,3	0,2	<0,02	0,02	0,003
Az Kirli	0,05	1,0	0,5	0,02	0,05	0,005
Kirli	0,2	5,0	2,0	0,05	0,2	0,01
Çok Kirli	>0,2	>5,0	>2,0	>0,05	>0,2	>0,01
1. İstasyon	Az Kirli	Temiz	Kirli	*	*	*
2. İstasyon	*	Temiz	Temiz	*	*	*
3. İstasyon	*	Temiz	Temiz	*	*	*
4. İstasyon	Çok Kirli	Çok Kirli	Çok Kirli	Çok Kirli	Çok Kirli	Çok Kirli
5. İstasyon	Çok Kirli	Çok Kirli	Çok Kirli	Çok Kirli	Çok Kirli	Çok Kirli
6. İstasyon	Çok Kirli	Çok Kirli	Çok Kirli	Çok Kirli	Çok Kirli	Çok Kirli
7. İstasyon	Çok Kirli	Çok Kirli	Çok Kirli	Çok Kirli	Çok Kirli	Çok Kirli

Kahramanmaraş ilinde endüstri alanları daha çok akarsuların içerisinde bulunduğu bölgede yoğunluk kazanmış olup evsel ve endüstriyel atıkların akarsulara bırakılması nedeniyle akarsularda aşırı kirlenme sorunu ortaya çıkmaktadır. Kahramanmaraş ilinin en önemli akarsulardan biri olan Erkenez Çayı'nda kirliliğin önlenmesi için özellikle hızlı kentleşme, kontrolsüz nüfus artışı ve sanayileşmenin neden olduğu problemler bilinçli yaklaşımlarla çözümlenmelidir. Bunun yanı sıra fabrikaların atık sularının arıtılmadan su kaynaklarına deşarj edilmesi engellenmeli, düzenli kontroller yapılmalı ve arıtma tesisi olmayan ve/veya arıtma tesisi tam randımanlı çalışmayan fabrikalar için gerekli tedbirler alınmalıdır.

Teşekkür

Bu çalışma Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Fonu (FÜBAP) tarafından SÜF 12.10 No'lu proje olarak desteklenmiştir. Bu çalışma yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

Kaynaklar

- Akın AB. 2006. Farklı yöntemlerle hazırlanmış aktif çamur biyosorbentleriyle reaktif boyarmaddelerin gideriminde adsorpsiyon hız ve verimliliklerinin karşılaştırılması, Hacettepe Üniversitesi, Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.
- Akyol A. 2012. Treatment of paint manufacturing wastewater by electrocoagulation. *Desalination*, 285: 91-99.
- Altunışık İ, İleri R, Artır R. 2002. Küçük ve orta ölçekli süt ve endüstri atık sularının ön arıtılmasında bentonit ve sepiyolit kullanılabirliği. *SAU Fen Bil. Enst. Dergisi*, 6 (2): 65-76.
- Anonim. 2011. Gıda Teknolojisi, İşletmelerde Temizlik ve Dezenfeksiyon. T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, Ankara, 60 s.
- Anonim. 2004. Kıtaçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, 31 Aralık 2004 Tarih, 25687 Sayılı Resmi Gazete.
- APHA. 1985. Standart Methods for Examination of Water and Wastewater. 16th ed. American Public Health Association, Washington. 1268 p.
- Bingölbali S. 2009. Kahramanmaraş İli Erkenez Çayı Havzasında Erozyon, Arazi Kullanım Planlaması ve Kirlilik Yükünün Belirlenmesi". Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bil. Enst., Yüksek Lisans Tezi. Kahramanmaraş,78s.
- Canpolat Ö, Uzun S. 2019. Kahramanmaraş Organize Sanayi Bölgesi atık sularının Sır Baraj Gölü'nde meydana getirdiği ağır metal kirliliğinin belirlenmesi. Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bil. Dergisi, 8 (3): 816-825.
- Canpolat Ö. 2007. Ağır metal kirlilik kaynaklarının Keban Baraj Gölü'nün su kalitesi ve *Capoeta trutta* (Heckel, 1843)'nın üremesi ve gelişimi üzerindeki etkileri. F.Ü. Fen Bil. Enst. Doktora Tezi, 336 s.
- Cataldo D, Colombo JC, Boltovskoy D, Bilos C, Landons P. 2001. Environmental toxicity assessment in the Parana River Delta (Argentina): Simultaneous evaluation of selected pollutants and mortality rates of *Corbicula fluminea* (Bivalvia) early juveniles. *Environ Pollut*, 112: 379-389.
- Çelik A. 2011. Süt Endüstrisi Atıksularının Arıtma Alternatifleri. Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bil. Enst. Yüksek Lisans Tezi, 115 s.
- Dey BK. 1999. Wastewater recycling in a paint manufacturing plant. M. Tech. Thesis, Institute of Post Graduate studies in Research, University of Malaya, Kuala Lumpur, Malaysia.
- Erkuş A, Oygün E, Türkmenoğlu M, Aldemir A. 2018. Boya endüstrisi atık sularının karakterizasyonu. *Yüzcüncü Yıl Üniversitesi Fen Bil. Enst. Dergisi*, 23 (3): 308-319.

- Gondal MA, Hussain T. 2007. Determination of poisonous metals in wastewater collected from paint manufacturing plant using laser induced breakdown spectroscopy. *Talanta*, 71 (1):73- 80.
- Göknil H, Toröz İ, Çimşit Y, 1984. Endüstriyel Atıksuların Kontrol ve Kısıtlama Esasları Projesi-Tekstil Endüstrisi, İ.T.Ü. Çevre ve Şehircilik Uygulama ve Araştırma Merkezi, İstanbul.
- Gönüllü MT, Göknil MH, Toröz G. 1983. Boya endüstrisi kullanılmış sularının tasfiyesi, Çevre 83, II. Ulusal Çevre Mühendisliği Sempozyumu, 1-5 Haziran 1983, İzmir.
- Gürbüz M. 2001. Kahramanmaraş Merkez İlçe'nin Beşeri ve İktisadi Coğrafyası. İl Kültür Müdürlüğü Yayınları No:2, Kahramanmaraş.
- Hendrickx I, Boardman GD. 1995. Pollution prevention studies in the textile wet processing industry. Department of Environmental Quality, Office of Pollution Prevention, Virginia, USA, 1-10.
- Korkmaz H. 2001. Kahramanmaraş Havzası'nın Jeomorfolojisi. İl Kültür Müdürlüğü Yayınları No:3, Kahramanmaraş, 196 s.
- Koyuncu M, Tunçtürk Y. 2014. Sütçülük atık sularının arıtılma gereksinimi. *Yüzcüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bil. Enst. Dergisi*, 19 (1-2): 88-93.
- Kutluay G, Germirli Babuna F, Eremektar G, Orhon D. 2004. Treatability of water-based paint industry effluents. *Fresen Environ Bull*, 13 (10): 1071-1074.
- Kürker S. 2016. Tortum Gölü yüzey sedimentlerindeki metal birikiminin ekolojik indeksler yolu ile kapsamlı risk değerlendirmesi. *Türk Tarım Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 4 (12): 1185-119.
- Mohsen AES, Ezzat AH, Kamel MM. 2010. Appropriate technology for industrial wastewater treatment of paint industry. *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.*, 8 (5): 597-601.
- Mutlu E, Kurnaz A. 2017. Determination of seasonal variations of heavy metals and physicochemical parameters in Sakız Pond (Kastamonu-Turkey). *Fresen Environ Bull*, 26 (4): 2807-2816.
- Mutlu E, Kutlu B, Demir T. 2016. Assessment of Çınarlı Stream (Hafik -Sivas)'s water quality via physico-chemical methods. *Turkish Journal of Agriculture Food Science and Technology*, 4 (4): 267-278.
- Mutlu E, Tepe AY. 2014. Yayladağı Sulama Göleti (Hatay) suyunun bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin incelenmesi. *Alınları Zirai Bil. Dergisi*, 27 (B): 18-23.
- Mutlu E, Zircumusoğlu A. 2016. Physicochemical analysis of water quality of Brook Kuruçay. *Turkish Journal of Agriculture Food Science and Technology*, 4 (11): 991-998.
- Pekel LC. 2009. Çöktürme Yönteminin Kullanıldığı Boya Atıksu Arıtma Sisteminin Genelleştirilmiş Tahmin Edici Kontrol (GPC) ile pH Kontrolü. Ankara Üniversitesi, Fen Bil. Enst., Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 97 s.
- Sarkar B, Chakrabarti PP, Vijaykumar A, Kale V. 2005. Wastewater treatment in dairy industries- possibility of reuse. *Desalination*, 195: 141-152.
- Sevimli MF. 2000. Tekstil Endüstrisi Atıksularından Ozonlama ile Renk Giderimi ve Ozonlamanın Biyolojik Arıtılabilirliğe Etkisi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bil. Enst., Doktora Tezi, İstanbul, 238 s.
- Toroğlu E, Toroğlu S, Alaeddinoğlu F. 2006. Aksu Çayı'nda (Kahramanmaraş) akarsu kirliliği. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 4 (1): 93-103.
- Toröz İ, Meriç S, Talınlı İ, Sarıkaya HZ. 1994. Bursa Organize Sanayi Bölgesi'nde kirlenme profili. İTÜ 4. Endüstriyel Kirlenme Profili Sempozyumu '94, İstanbul, 29-41.
- USEPA. 2002. National Recommended Water Quality Criteria, Office of Water, 822-R-02-047.
- Üstün GE, Akal Solmaz SK, Kestiöğlu K. 2004. Organize sanayi bölgelerinde atık su arıtımı: Bursa'dan bir O.S.B. örneği. *Uludağ Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 9 (1, 2): 65-70.
- Vandervivere PC, Bianchi R, Verstraete W. 1998. Treatment and reuse of wastewater from the textilewet-processing industry: review of emerging technologies. *Journal of Chem Technol and Biotechnol*, 72: 289-302.