

itüdergisi/e
su kirlenmesi kontrolü
Cilt:17, Sayı:2, 65-75
Temmuz 2007

Evsel atıksu deşarjı öncesinde ve sonrasında Kehli Deresi'nin su kalitesi değişiminin incelenmesi

Ayhan ÜNLÜ*, **M. Sara TUNÇ**

Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 23119, Elazığ

Özet

Bu çalışmada Keban Baraj Gölü'ne dökülen Kehli Deresi'nin su kalitesinin mesafeyle değişimini incelemek amacıyla su kalitesi parametreleri Nisan ve Haziran 2006 tarihleri arasında analiz edilmiştir. Su örnekleri; Elazığ Kenti Atıksu Arıtma Tesisi çıkış suları Kehli Deresi'ne deşarj edilmeden önce bir noktada ve deşarj edildikten sonra beş farklı noktadan alınmıştır. Tesis çıkış suları deşarj edilmeden önceki noktada Kimyasal Oksijen İhtiyacı(KOI), Toplam Kjeldahl Azotu(TKN) ve Toplam Fosfor(TP) değerleri sırasıyla 10-55 mg/L, 0.47-3.36 mg/L ve 1.84-3.18 mg/L arasında değişirken, deşarjdan sonra KOİ, TKN ve TP değerleri sırasıyla 80-420 mg/L, 4.92-41.16 mg/L ve 7.23-23.93 mg/L arasında değişmiştir. Tesis çıkış sularının deşarj edilmeden önceki noktada organik kirlilik açısından Nisan ayında I. sınıf kaliteli su iken Mayıs ayında IV. ve Haziran ayında II. sınıf kaliteli bir su seviyesinde olduğu tespit edilmiştir. Deşarjdan sonra bütün noktalarda her üç ayda da IV. sınıf kaliteli su seviyesinde olduğu görülmüştür. Bakteriyolojik parametreler açısından deşarjdan önce ve deşarjdan sonra bütün noktalarda IV. sınıf kaliteli bir su seviyesi gözlenmiştir. Yaz aylarında derenin debisi çok azaldığından kirleticileri özümleme kapasitesi hemen hemen bulunmamaktadır. Çalışmanın yapıldığı dönemde kentin atıksularının bir kısmının arıtılarak bir kısmının da arıtılmadan dereye verildiği tespit edilmiştir. Bu şekilde büyük miktarda kirlilik yükü Keban Baraj Gölü'ne ulaşmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Kehli Deresi, su kalitesi, su kirliliği.

*Yazışmaların yapılacağı yazar: Ayhan ÜNLÜ, aunlu@firat.edu.tr, Tel: (424) 237 00 00 dahili: 5606.
Makale metni 03.01.2007 tarihinde dergiye ulaşmış, 18.07.2007 tarihinde basım kararı alınmıştır. Makale ile ilgili tartışmalar 30.10.2007 tarihine kadar dergiye gönderilmelidir.

Investigation of the change in the water quality of the Kehli Stream before and after the discharge of the urban wastewater

Extended abstract:

Water pollution is most commonly associated with the discharge of effluents from sewers or sewage treatment plants, drains and factories. Pollutants that may exist in untreated water include microorganisms such as viruses and bacteria, inorganic pollutants such as salts and metals, pesticides and herbicides, organic pollutants and radioactive pollutants. Water quality objectives provide the basis for pollution control regulations and for carrying out specific measures for the prevention, control or reduction of water pollution and other adverse impacts on aquatic ecosystems. Water quality criteria for surface waters have been widely established for a number of conventional water quality variables such as pH, dissolved oxygen (DO), biochemical oxygen demand (BOD), chemical oxygen demand (COD) and nutrients.

The main aim of this study is to examine the change in the quality of Kehli Stream, which flows into Keban Reservoir with the distance and determine the quality class according to Water Pollution Control Regulation. For this reason, water samples were taken from a station before the effluent of Elazığ Municipal Wastewater Treatment Plant which is discharging into the Kehli Stream and from five different stations after the effluent was discharged into the Kehli Stream between April and June, 2006. DO and temperature, pH and electrical conductivity (EC) were carried out by using a WTW Oxi 330 Analyzer, Orion SA 729 Analyzer and Jenway 4075 Analyzer. Hardness, chloride, total solids (TS), suspended solids (SS), total kjeldahl nitrogen (TKN), ammonium nitrogen ($\text{NH}_4\text{-N}$), COD, total coliform (TC) and fecal coliform (FC) parameters were analysed according to Standard Methods.

At the station before the discharge, it was determined that DO, pH, temperature and EC values varied in the range of 6.66-9.71 mg/L, 7.58-7.74, 14.0-25.9 °C and, 350-860 $\mu\text{mhos/cm}$, respectively. COD, BOD₅, TKN, $\text{NH}_4\text{-N}$, TP, TS, SS, hardness and chloride values varied in the range of 10-55 mg/L, 3-35 mg/L, 0.47-3.36 mg/L, 0.33-3.18 mg/L, 1.84-3.18 mg/L, 470-750 mg/L, 300-360 mg/L, 212-356 mg CaCO_3/l and 4.5-87.97 mg/L,

respectively. TC and FC values were found between $3\text{-}24 \times 10^4$ MPN/100mL and $11\text{-}60 \times 10^3$ MPN/100mL, respectively. After the effluent was discharged, it was determined that DO, pH, temperature and EC values varied in the range of 0.9-8.45 mg/L, 7.09-8.77, 14.9-31.2 °C and 390-1600 $\mu\text{mhos/cm}$, respectively. COD, BOD₅, TKN, $\text{NH}_4\text{-N}$, TP, TS, SS, hardness and chloride values varied in the range 80-420 mg/L, 65-225 mg/L, 4.92-41.16 mg/L, 4.2-40.0 mg/L, 7.23-23.93 mg/L, 460-960 mg/L, 120-560 mg/L, 152-344 mg CaCO_3/L and 24.49-120.96 mg/L, respectively. TC and FC values were found between $5\text{-}90 \times 10^6$ MPN/100ml and $23\text{-}280 \times 10^5$ MPN/100mL, respectively. According to the results obtained, Kehli Stream is negatively affected by domestic discharges and agricultural drainage. The concentration of pollutants in the receiving water after discharge of the effluent is initially high, decreasing as the distance from the point of discharge increases. When wastewater containing high concentration of nutrients was discharged to the aquatic environment, these nutrients can be lead to the growth of undesirable aquatic plants.

Results obtained were evaluated according to Water Pollution Control Regulation. With respect to organic parameters, at the station before the discharge of the effluent, it was determined that while Kehli Stream had the first class water quality in April, it was of the fourth class water quality level in May and on the second class water quality in June. While it was the first class quality water in April, it was of the fourth class water quality in May and June according to physical and inorganic-chemical parameters. In terms of bacteriological parameters, it was the fourth class for the monitoring period (three months). At all the stations after the discharge, it was determined that it was on the fourth class water quality level for all three months according to physical and inorganic parameters, organic parameters and bacteriological parameters. In summer, as the flowrate of the stream decreased, it hardly had the capacity to assimilate the pollutants. During the period the study carried out, it was determined that a portion of the wastewater of the city was discharged into the stream after treatment and the remaining part of the wastewater was discharged into the stream without any treatment. In this way, much of the pollution was discharged into Keban Reservoir.

Keywords: Kehli Stream, water quality, water pollution.

Giriş

Yüzeysel suların bileşimi drenaj havzasındaki doğal faktörlere (jeolojik, topoğrafik, meteorolojik, hidrolojik ve biyolojik) bağlıdır ve yüzeyel akış hacmi, hava şartları ve su seviyelerindeki mevsimsel farklılıklarla değişmektedir (Bartram ve Balance, 1996).

Su kirlenmesi sucul ekosistemlerin etkilenmesine, dengelerinin bozulmasına ve giderek doğadaki tüm suların sahip oldukları özümleme kapasitesinin azalmasına ve yok olmasına yol açabilir (TÇS, 1998). Nehir, göl ve diğer su kaynaklarının kirlenmesinden sonra durumun düzeltilmesi ancak çok büyük mali harcamalar ile mümkün olmaktadır. Bu nedenle atıksu miktarını ve atık konsantrasyonunu en aza indirerek kirliliği kaynağında önleyecek teknoloji ile üretim yapılması, atıksu arıtımında teknik ve ekonomik açıdan uygun arıtma yöntemlerinin seçilmesi esastır (SKKY, 2004).

Organik madde girdisinin, sistemin asimilasyon kapasitesini aştığı durumda çok sayıda değişiklikler oluşturmaktadır. Değişiklikler alıcı ortamın fiziksel karakteristiklerine ve organik yükün miktarına bağlıdır. Organik yükün az olduğu yerde suda tüketilen oksijen fotosentez ve atmosferik havalanma ile kolayca kazanılmaktadır. Alıcı ortamda oksijen tüketim hızı suyun tekrar oksijen kazanma hızını aşarsa, sudaki çözünmüş oksijen konsantrasyonu düşecektir (Abel, 2002).

Çok sayıda çalışma balık yaşamı için en uygun pH'nın 6.5-9 olduğunu doğrulamaktadır. Su sıcaklığına bağlı olarak çeşitli yaşam kademelerindeki özel sucul türler için kritik çözünmüş oksijen konsantrasyonları 5 ile 9 mg/L arasında değişmektedir. Düşük çözünmüş oksijen konsantrasyonu toksik maddelerle bir arada bulunduğu sucul ekosistemdeki zarar artmaktadır. Çünkü bazı ağır metallerin (çinko, kurşun, bakır gibi) toksik etkisi düşük çözünmüş oksijen konsantrasyonlarında daha da artmaktadır (Helmer, 1997).

Serbest amonyak çoğu organizmalar için çok toksiktir. Fakat amonyum iyonu sadece orta derecede toksiktir. pH ve sıcaklık artarken serbest

amonyanın oranı da artmaktadır. Avrupa Kıtaıçı Balıkçılık Danışma Komisyonu (EIFAC) serbest amonyak konsantrasyonunun 0.025 mg/L'yi aşmaması gerektiğini ileri sürmektedir (Abel, 2002). Amonyanın toksik etkisi oksijen eksikliği, sıcaklığın artışı ve diğer toksik maddelerin bulunması ile daha da artmaktadır (Uslu ve Türkman, 1987). Sıcaklık ve pH arttıkça canlı yaşamının korunması için izin verilen NH₃ konsantrasyonu azaltılmalıdır. Örneğin pH=7'de 5 °C'de canlı yaşamının korunması için en fazla 2.40 mg/L NH₃'a izin verilirken, 30 °C'de bu değer 0.74 mg/L'ye düşmektedir. 5 °C'de pH=7'de en fazla 2.40 mg/L NH₃'a izin verilirken pH=9'da 0.16 mg/L değerine düşmektedir (Helmer, 1997). Amonyanın su içerisinde bulunan klor bileşikleriyle reaksiyonu sonucu oluşan kloraminlerin, düşük konsantrasyonlarda dahi su canlıları üzerinde zararlı etkiye sahip oldukları görülmüştür (Şengül ve Küçükgül, 1990).

Atıksularda mevcut olan azot ve fosforun yüksek konsantrasyonları, hem tatlı su hem de deniz gibi pek çok doğal su ortamlarını olumsuz şekilde etkileyen ötrofikasyonun temel sebeplerinden biridir (de-Bashan ve Bashan, 2004). Ötrofikasyon su bünyesinde pek çok zararlı etkiye sahip olabilmekte ve ekosistemin tür bileşimini değiştirebilmektedir. Yüzen bitkilerin aşırı gelişimi su berraklığını azaltmakta ve yüzeyde bir tabaka oluşturmaktadır. Alglerin belirli türleri içme sularında tat ve koku problemlerine sebep olmaktadır (Chapra, 1997).

Mikroorganizmaların tatlı sulardaki yaşam süreleri uzundur. Deşarjdan sonra uzun mesafeler kat ederek deşarjdan uzak noktalara ulaşabilmektedirler. Göllere ve barajlara deşarj edilen patojenler balıkların ve diğer su ürünlerinin zarar görmesine neden olabilmektedir (Alkan vd., 1998).

Tunç ve Ünlü (2003), Elazığ Kenti Atıksu Arıtma Tesisinin Haringet Çayı su kalitesine etkisini araştırmak için Mart 2002-Şubat 2003 arasında çalışma yapmışlardır. Araştırma sonucuna göre Haringet Çayı II. sınıf kaliteli bir su iken tesis çıkış suyu deşarj edildikten sonra IV. sınıf kalitede bir su haline gelmiştir.

Bu çalışmada; Kehli Deresi'ne Elazığ Kenti Atıksu Arıtma Tesisi çıkış suları deşarj edilmeden önce ve deşarjdan sonraki noktalarda mesafeye bağlı olarak su kalitesi değişiminin incelenmesi ve kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite sınıflarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve metot

Kehli Deresi'nin Dedepınarı İstasyonu itibariyle yağış alanı 566.6 km² olup DSİ'nin 1989-1996 yılları arasında yapmış olduğu gözlemler sonucunda gözlem süresinde ortalama akım debisi 1.506 m³/s ve minimum akım kuru olarak bulunmuştur. Bu istasyon itibariyle dere boyu 36.6 km ve eğimi 0.012'dir. Yağış yönünden genellikle Mollakendi ve Gunaçtı istasyonlarının özelliklerini taşımaktadır.

Elazığ Kenti Atıksu Arıtma Tesisi 2020 yılına göre projelendirilmiş ve 1994 yılı sonunda birinci kademesi işletmeye alınmıştır. Tesis fiziksel arıtma, biyolojik arıtma ve çamur giderme birimlerinden oluşmaktadır. Tesisin çıkış suları Kehli Deresi (Haringet Çayı) vasıtasıyla Keban Baraj Gölü'nün Uluova bölgesine verilmektedir.

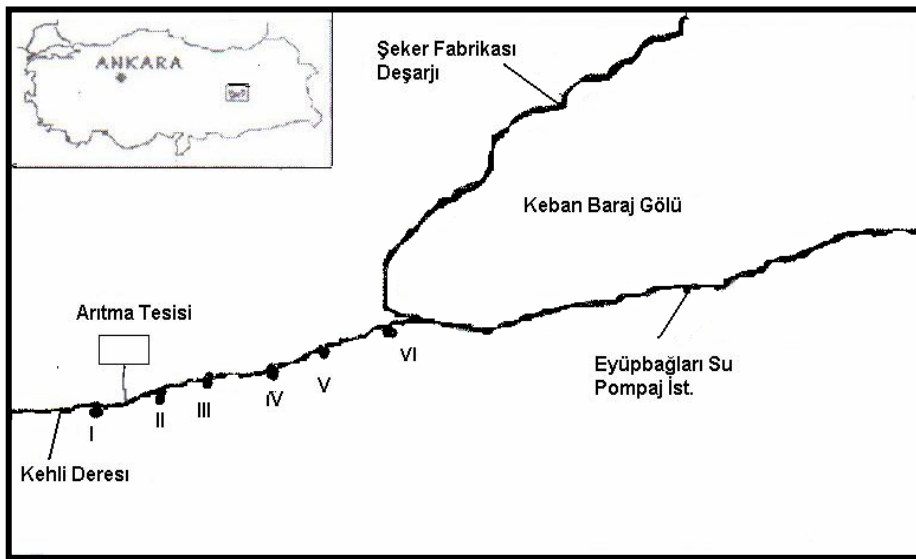
Su örnekleri Kehli Deresi'ne Elazığ Kenti Atıksu Arıtma Tesisi çıkış sularının henüz dökülmediği deşarj öncesi bölgeden (I.nolu), de-

şarjdan 5 m (II.nolu), 70 m (III.nolu), 220 m (IV.nolu), 395 m (V.nolu) sonraki enkesitten ve Keban Baraj Gölü'ne dökülmeden (VI.nolu) hemen önceki kesitten alınmıştır (Şekil 1). Çalışma Nisan, Mayıs ve Haziran 2006 döneminde yapılmıştır. Gözlem dönemi yağışlı ve kurak dönemleri yansıtmaktadır.

Nehir veya akarsulardan alınan örneklerde analiz neticeleri örneğin alındığı derinlik, akış hızı ve sahilden uzaklığı ile değişebilmektedir. Gereklili araçların bulunduğu durumlarda akarsuyun ortasında üstten dibe kadar değişik derinliklerden örnek alınıp daha sonra bu örneklerden karışım hazırlanmalıdır. Eğer sadece bir örnek alınacaksa akarsuyun orta kısmından orta derinlikten alınmalıdır (Kocasoy, 1991). Örnekler bu prensiplere uygun olarak alınmıştır.

Derenin debisi, ortalama akım hızı iki kesit arasında hareket eden yüzer maddenin hızının %85'i alınarak, kabaca hesaplanmıştır (Topacık, 1987). Deşarj noktası yakınında derenin en kesitinde önemli değişimler olmadığından kabaca yapılan bu hesaplamaların gerçek debiyi yansıttığı söylenebilir. Nisan ayında, DSİ'nin verdiği ortalama akım debisi ile hesaplanan değerler birbirine çok yakındır.

Sıcaklık ve çözülmüş oksijen (ÇO) WTW Oxi 330 çözülmüş oksijen metre, pH Orion SA 729



Şekil 1. Kehli Deresi'nden örneklerin alındığı istasyonlar

pH metre, iletkenlik Jenway 4075 kondük-tometre ve biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ₅) ise Lovibond ET 612 BOİ cihazı ile yapılmıştır. KOİ, katı madde, toplam fosfor, çözünmüş fosfor, toplam kjeldahl azotu, amonyum azotu, nitrat azotu, sülfat, sertlik, klorür, toplam ve fekal koliform analizleri standart metotlara göre yapılmıştır (APHA, AWWA ve WPCF, 1989). Sodyum ve potasyum Eppendorf Alev Fotometre, kalsiyum ve magnezyum Perkin Emler Atomik Absorpsiyon Spektrofotometre cihazı ile ölçülmüştür.

Bulgular ve tartışma

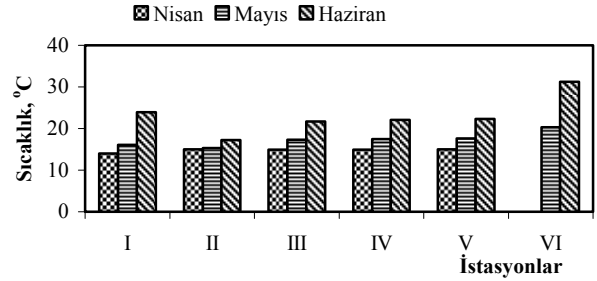
Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'ne (SKKY) göre kıtaiçi yüzeysel suları 4 grupta sınıflandırılmıştır. Su kaynağından alınan örnekler üzerinde yapılan analiz sonuçlarına göre SKKY'de verilen her parametre grubu için (fiziksel ve inorganik-kimyasal parametreler, organik parametreler, inorganik kirlenme parametreleri, bakteriyolojik parametreler) ayrı ayrı kalite sınıfı tespit edilmektedir. Ayrıca o grup içindeki her bir parametreye göre ayrı ayrı kalite sınıfı belirlenir. Bir gruba ait en düşük kalite sınıfı o grubun sınıfını belirlemektedir (SKKY, 2004).

28 Mayıs 2003'te arıtma tesisine gelen atıksu debisi 47000 m³/gün olarak belirlenmiştir (Tunç, 2003). Bugün bu değerin yapılan hesaplar sonucunda yaklaşık olarak 60000 m³/gün olduğu tahmin edilmektedir. Atıksuyun tamamı tesise alınmadığı için debisi tam olarak bilinmemektedir. Çalışmanın yapıldığı dönemde Nisan ayında Kehli Deresi'nin debisi 135648 m³/gün, Mayıs ayında 59098 m³/gün ve Haziran ayında ise 5369 m³/gün olarak belirlenmiştir.

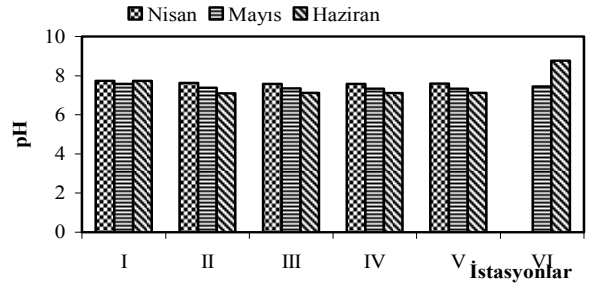
Kehli Deresi'ne atıksu deşarj edilmeden önceki ve sonraki kesitte ortalama sıcaklık değerleri 14.0 °C - 30.2 °C arasında değişmiştir (Şekil 2). Su sıcaklık değerleri mevsimlere bağlı iklimsel artış ve azalışa paralel olarak artış ve azalış göstermiştir. Suyun Keban Baraj Gölü'ne döküldüğü VI nolu noktada su durgun olduğundan sıcaklık diğer noktalara göre artış göstermiştir.

Kehli Deresi'nde pH değerleri 7.09 ile 8.77 arasında değişmiştir (Şekil 3). Canlılar için en uy-

gun pH aralığı 6.5-8.5 değerleri arasındadır (Kalyoncu vd., 2005). Kehli Deresi pH'ı genellikle bu değerler arasındadır. Sadece Haziran ayında VI nolu noktada 8.77'lik bir pH ile aşılmıştır. Algler CO₂'i kullanarak hızlı bir şekilde fotosentez yaptıklarında suyun pH'sının yüksek olmasına sebep olurlar (Mara, 2004). Günün karanlık saatlerinde alg fotosentez sırasında tükettiği CO₂'den fazla miktarda CO₂'i solunumla oluşturur ve suyun pH'ı azalır. Alg üretiminin fazla olduğu yüzeysel sularda suyun pH'ı 10'a kadar ölçülmüştür (Şengül vd., 1993). Bu noktada yüksek pH değerlerinin alg gelişiminden kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.



Şekil 2. Kehli Deresi'nde farklı istasyonlardaki sıcaklık değişimi

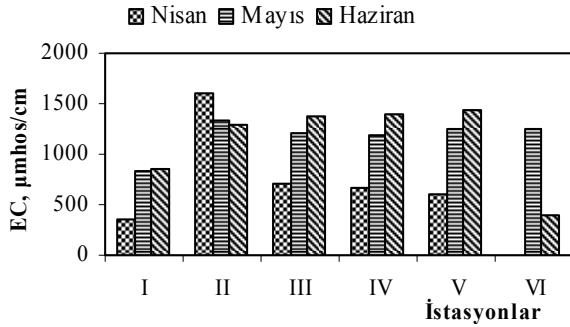


Şekil 3. Kehli Deresi'nde farklı istasyonlardaki pH değişimi

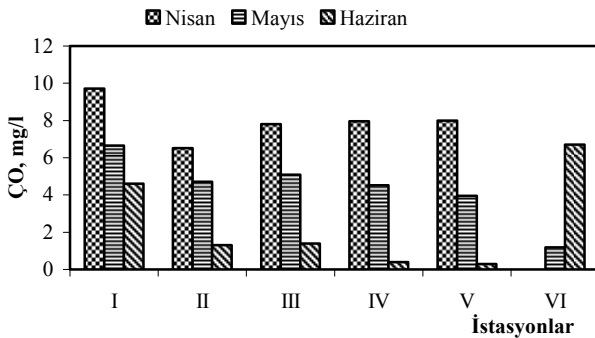
Kehli Deresi'nde elektriksel iletkenlik (EC) 350 ile 1600 µmhos/cm arasında değişim göstermiştir (Şekil 4). I nolu noktada EC 350 ile 860 µmhos/cm arasında olup genellikle diğer noktalara göre düşüktür. Bu noktada en düşük değer Nisan ayında gözlenmiştir. Kar sularının akarsulara karıştığı aylarda genellikle düşük elektriksel iletkenlik değerleri tespit edilmiştir (Kalyoncu vd., 2005). Nisan ayındaki bu düşüklük yağmur sularından olabilir. Atıksuyun deşarj edildiği II nolu noktadan itibaren EC'de kirlilikten dolayı

artış gözlenmiştir. Haziran ayında II nolu noktadan V nolu noktaya kadar iletkenlik değeri gittikçe artmıştır. Bu durum atıksu deşarjının yanı sıra dere boyunca yapılan tarımsal sulamadan dereye dönen drenaj sularından kaynaklanmaktadır.

Atıksu deşarjından önce Kehli Deresi'nin çözünmüş oksijen (ÇO) konsantrasyonları 4.6-9.71 mg/L arasında değişmiştir. Atıksu deşarjından sonra ÇO değeri sıcaklık arttıkça azalarak 0.9-8.45 mg/L arasında değişmiştir (Şekil 5). Atıksu deşarjından sonra ÇO değeri hızlı bir şekilde düşmüştür. Sulardaki ÇO miktarı suyun sıcaklığına, akış hızına, organik madde yüküne, atmosfer basıncına, tuzluluk miktarına ve biyolojik süreçlere bağlıdır. Sıcak aylarda atıksuyun deşarjından sonraki noktalarda ÇO değerinin canlı hayatının korunması açısından yetersiz kaldığı görülmüştür (0.9-1.4 mg/L). Baraja dö-küldüğü noktada (VI nolu) gündüz saatlerinde artan ÇO konsantrasyonunun (6.7 mg/L) alg gelişiminden kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.



Şekil 4. Kehli Deresi'nde farklı istasyonlardaki elektriksel iletkenlik değişimi



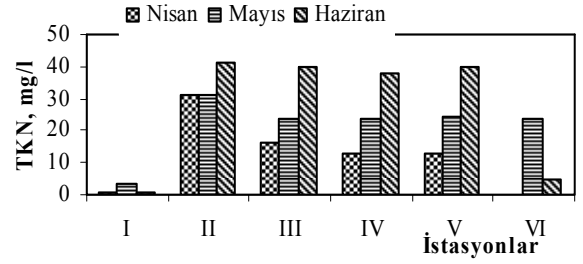
Şekil 5. Kehli Deresi'nde farklı istasyonlardaki çözünmüş oksijen değişimi

SKKY'e göre nüfusu 100000'den büyük olan yerleşim merkezlerinin evsel nitelikli atıksularının alıcı ortama deşarj standardı, 24 saatlik kompozit örnekte BOİ₅ 35 mg/L, KOİ 90 mg/L, AKM 25 mg/L ve pH 6-9'dur. 2 saatlik kompozit örnekte BOİ₅ 40 mg/L, KOİ 120 mg/L, AKM 40 mg/L ve pH 6-9'dur. Haziran ayında Kehli Deresi'ne deşarj edilmeden önce atıksuyun (arıtılmış su + arıtılmamış atıksu) pH'ı 7.15, KOİ'si 360 mg/L, BOİ₅'i 225 mg/L, AKM 240 mg/L'dir. Standartlarla karşılaştırıldığında deşarj edilen parametrelerin konsantrasyonları standartların çok üzerindedir. Atıksu arıtma tesisi bulunmasına rağmen konsantrasyonların bu kadar yüksek olmasının nedeni atıksuyun bir kısmının tesise alınmadan by-pass edilmesidir. Çıkış noktasında arıtılmış su ve arıtılmamış atıksu birleştikten sonra aynı kesitten Kehli Deresi'ne deşarj edilmektedir.

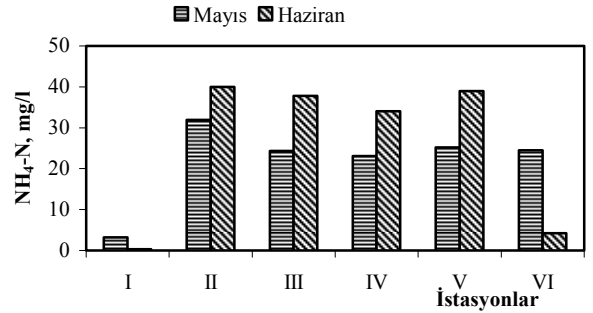
Arıtma tesisi çıkış suları deşarj edilmeden önceki (I nolu) noktada KOİ değeri 10-55 mg/L ve BOİ₅ değeri 3-35 mg/L arasında değişmiştir. Tesis çıkış sularının deşarjından sonraki noktalarda (II-VI arasında) KOİ değeri 80-420 mg/L ve BOİ₅ değeri 65-225 mg/L arasında değişmiştir (Şekil 6 ve Şekil 7). Atıksuyun deşarj edildiği alıcı ortamdaki kirletici konsantrasyonu başlangıçta yüksek olmaktadır. Deşarj noktasına uzaklık arttıkça kirletici konsantrasyonu azalmaktadır (Abel, 2002). Şekil 6 ve 7'te görüldüğü gibi deşarj noktasında KOİ ve BOİ₅ değeri yüksek iken deşarj noktasından uzaklık arttıkça azalmaktadır. Ancak Haziran ayında azalma olmasının nedeni özellikle IV ve V nolu noktalarda tarımsal sulamanın mevcut olması ve IV nolu noktadan önce arıtma tesisinin çamur yoğunlaştırmasından sızan ya da kurutma yatakları drenaj suları olduğu tahmin edilen farklı bir atıksuyun bir boru ile ayrıca dereye deşarj edilmesidir. Nisan ayında derenin debisi yüksek olduğundan (1.57 m³/s) kirleticileri özümleme kapasitesi de daha yüksektir. Haziran ayında derenin debisi çok azaldığından (0.062 m³/s) özümleme kapasitesi yok denecek kadar azalmıştır.

I nolu noktada toplam kjeldahl azotu (TKN) 0.47 ile 3.36 mg/L ve amonyum azotu ise 0.33 ile 3.18 mg/L arasında değişim göstermiştir (Şe-

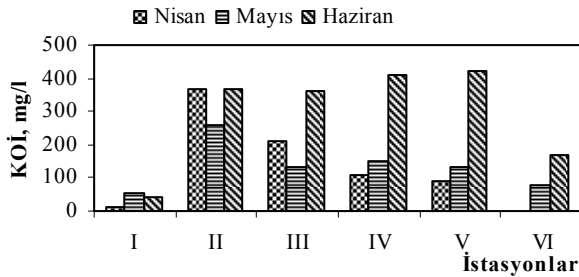
kil 8 ve Şekil 9). Bu sonuçlardan evsel atıksuların ve tarımsal sulama drenaj sularının bu noktadan önce dereye karıştığı söylenebilir. Deşarjdan sonraki noktalarda (II-VI arasında) ise TKN 4.92 ile 41.16 mg/L iken amonyum azotu 4.2 ile 40 mg/L arasında değişim göstermiştir. Haziran ayında deşarjdan sonraki noktalarda TKN 37.52 ile 41.16 mg/L arasında iken VI nolu noktada 4.92 mg/L olmuştur. Bu ayda Keban Baraj Gölü su seviyesi yükseldiğinden, suyunun son noktaya karışması söz konusu olduğu için değer düşük görünmüştür. V nolu noktada azot değerleri önceki noktadan biraz artmıştır. Bu durum bu noktada alıcı ortama verilen arıtma tesisinin kurutma ve yoğunlaştırma havuzlarının süzöntü suları ve tarımsal drenaj sularından kaynaklanmış olabilir. Nisan ayında II nolu noktadan sonra TKN değerinde hızlı bir düşüş gözlenmektedir. Nisan ayında derenin debisi yüksek olduğundan kirleticileri özümleme kapasitesi de daha yüksektir. Haziran ayında atıksu deşarjından önce nitrat azotu 0.3 mg/L iken deşarjdan sonra 0.6-1.3 mg/L arasında değişmiştir. Sadece Haziran ayında nitrat azotu ölçümü yapıldığından grafiğe geçirilememiştir



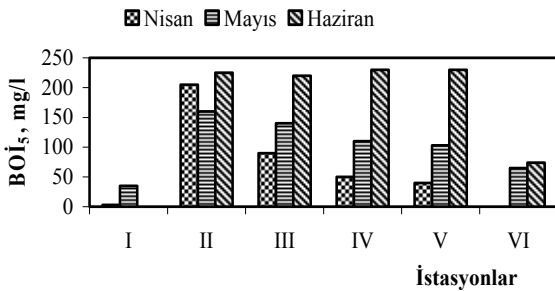
Şekil 8. Kehli Deresi'nde farklı istasyonlardaki toplam kjeldahl azotu değişimi



Şekil 9. Kehli Deresi'nde farklı istasyonlardaki amonyum azotu değişimi

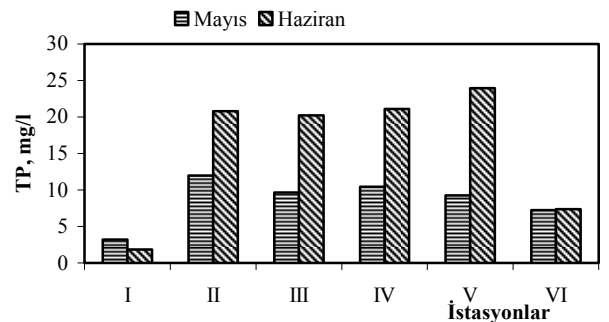


Şekil 6. Kehli Deresi'nde farklı istasyonlardaki KOİ değişimi



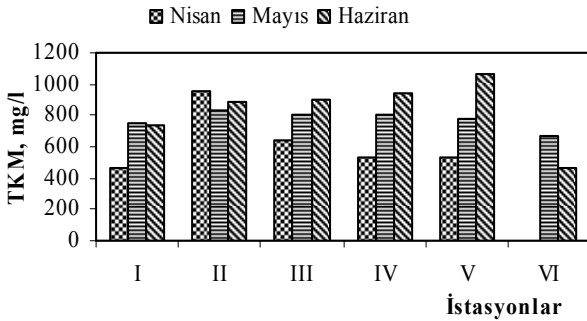
Şekil 7. Kehli Deresi'nde farklı istasyonlardaki BOİ₅ değişimi

Arıtma tesisi çıkış suları deşarj edilmeden önceki I nolu noktada toplam fosfor (TP) değeri 1.84 ile 3.18 mg/L ve toplam çözülmüş fosfor 0.43 ile 1.63 mg/L arasında değişmiştir. Atıksu deşarjından sonraki noktalarda toplam fosfor 7.23 ile 23.93 mg/L ve toplam çözülmüş fosfor 4.68 ile 14.68 mg/L arasında değişmiştir (Şekil 10). Haziran ayında atıksu deşarjından sonraki noktalarda fosfor değerinde artış gözlenmiştir. Alıcı ortamın debisinin az olması, dereye verilen arıtılmamış atıksu miktarının fazla olması ve tarımsal sulama drenaj sularının dereye dönmesi sonucunda artış gözlenmiştir.

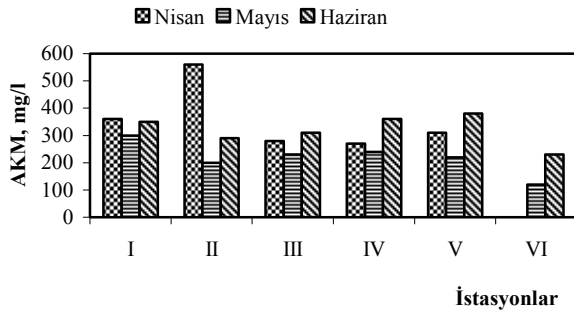


Şekil 10. Kehli Deresi'nde farklı istasyonlardaki toplam fosfor değişimi

I nolu noktada toplam katı madde (TKM) 470 ile 750 mg/L iken askıda katı madde (AKM) 300 ile 360 mg/L arasında değişmiştir (Şekil 11 ve Şekil 12). Nisan ayında yağış olmasına rağmen TKM 470 mg/L iken Mayıs ve Haziran aylarında yağış olmamasına rağmen TKM 740 ile 750 mg/L olup Nisan ayına göre fazla görünmüştür. Bu durum Mayıs ve Haziran aylarında mermer atıksuyu olduğu tahmin edilen bir girdinin alıcı ortama verilmesinden kaynaklanmıştır. Deşarjdan sonraki noktalarda TKM 460 ile 960 mg/L ve AKM 120 ile 560 mg/L arasında değişmiştir. Nisan ayında II nolu noktadaki konsantrasyonlar sonraki noktalardaki değerlerden çok yüksek görünmüştür.



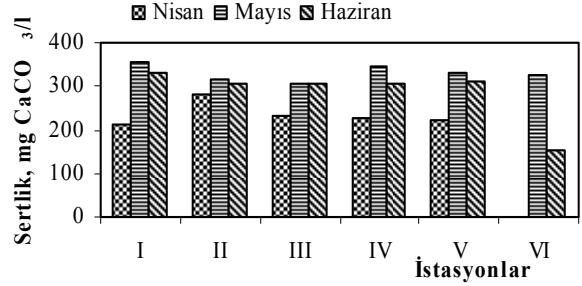
Şekil 11. Kehli Deresi'nde farklı istasyonlardaki toplam katı madde değişimi



Şekil 12. Kehli Deresi'nde farklı istasyonlardaki askıda katı madde değişimi

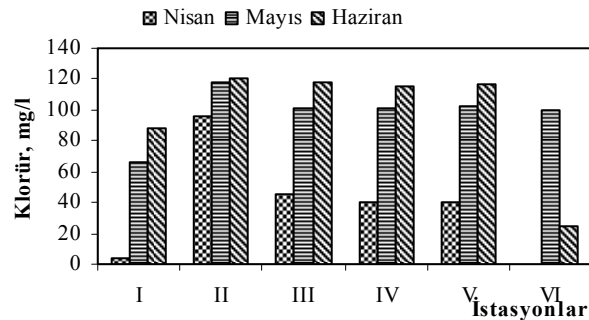
I nolu noktada sertlik değeri 212 ile 356 mg CaCO₃/l arasında değişirken atıksu deşarjından sonraki noktalarda 152 ile 344 mg CaCO₃/l arasında değişmiştir (Şekil 13).

Nisan ayında I nolu noktada sülfat değeri 14 mg/L iken atıksu deşarjından sonra 51-97 mg/L arasında değişmiştir. Sadece Nisan ayında sülfat ölçümü yapıldığından grafiğe geçirilememiştir.



Şekil 13. Kehli Deresi'nde farklı istasyonlardaki sertlik değişimi

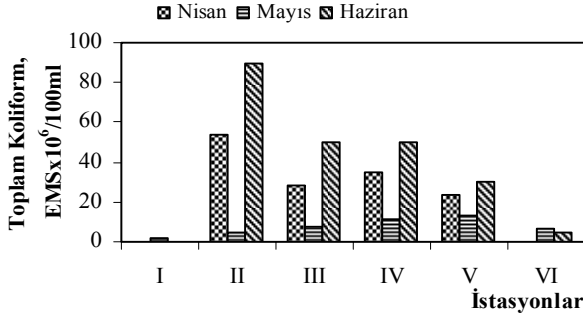
I nolu noktada klorür değeri 4.50 ile 87.97 mg/L arasında değişirken atıksu deşarjından sonraki noktalarda 24.49 ile 120.96 mg/L arasında değişmiştir (Şekil 14). Kirilenmiş sularda klorür miktarı 30-300 mg/L arasında değişim göstermektedir (Kalyoncu vd., 2004). Nisan ayında I nolu noktada klorür değerinin oldukça düşük olduğu gözlenmiştir. Yağıştan dolayı alıcı ortamda konsantrasyonların düştüğü düşünülmektedir. Nisan ayında II nolu noktada klorür konsantrasyonu yüksek iken sonraki noktalarda düşük olmuştur. Bu durumun karışım kesitinde atıksu ile dere sularının tam olarak karışmadığının göstergesi olduğu düşünülmektedir. Diğer aylarda deşarjdan sonraki noktalarda yaklaşık olarak birbirine yakın değerlerdedir. Haziran ayında VI nolu noktada baraj gölüyle karışım olduğu için klorür değeri düşüktür.



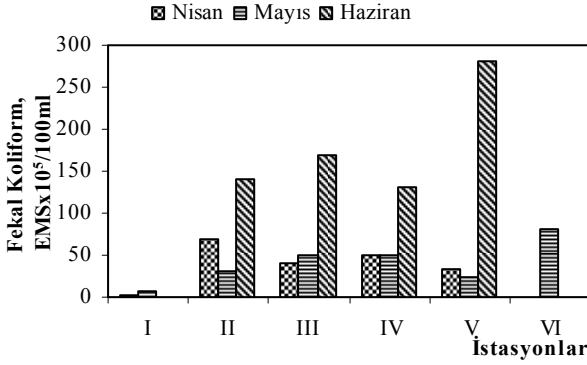
Şekil 14. Kehli Deresi'nde farklı istasyonlardaki klorür değişimi

I nolu noktada toplam koliform değeri 3-24x10⁴ EMS/100 ml ve fekal koliform 11-60x10³ EMS/100ml arasında değişirken atıksu deşarjından sonraki noktalarda toplam koliform değeri 5-90x10⁶ EMS/100ml ve fekal koliform 23-280x10⁵ EMS/100ml arasında değişmiştir

(Şekil 15 ve Şekil 16). Koliform bakteri miktarı genellikle mesafeyle azalmıştır. Mayıs ayındaki değerler diğer aylara göre düşük görünmektedir. Bu durum atıksuya toksik madde karışmasından kaynaklanmış olabilir. Mayıs ayında mesafeyle olan küçük artışların tesisten gelen sızıntı sularından (özellikle IV. kesitte) kaynaklandığı düşünölmektedir.



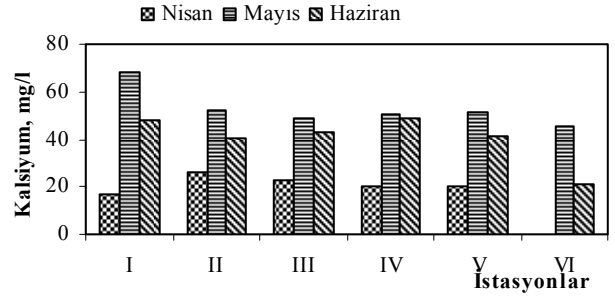
Şekil 15. Kehli Deresi'nde farklı istasyonlardaki toplam koliform değişimi



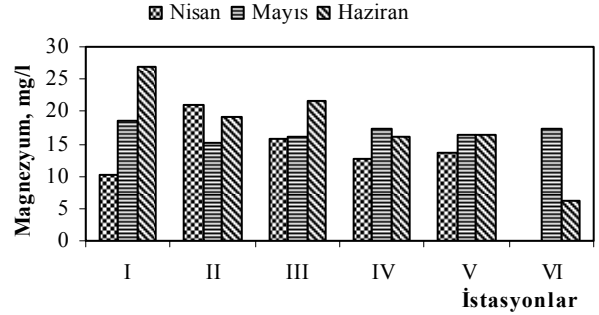
Şekil 16. Kehli Deresi'nde farklı istasyonlardaki fekal koliform değişimi

I nolu noktada kalsiyum değeri 17.2 ile 68.6 mg/L, magnezyum değeri 10.0 ile 26.9 mg/L, sodyum değeri 9.8 ile 47.8 mg/L ve potasyum değeri 1.2 ile 3.5 mg/L arasında değişmiştir. Atıksu değarjından sonraki noktalarda kalsiyum değeri 20.1 ile 52.6 mg/L, magnezyum değeri 6.2 ile 21.8 mg/L, sodyum değeri 29.1 ile 99.8 mg/l ve potasyum değeri ise 4.3 ile 19.3 mg/L arasında değişmiştir (Şekil 17, Şekil 18, Şekil 19 ve Şekil 20). Atıksu değarjından önce kalsiyum ve magnezyum değeri atıksu değarjından sonraki noktalardakinden daha yüksek bulunmuştur. Bu durum daha yukarıdaki bir kesitten mermer, tuğla, vb. bir atıksuyun alıcı ortama verilmesinden kaynaklanmış olabilir.

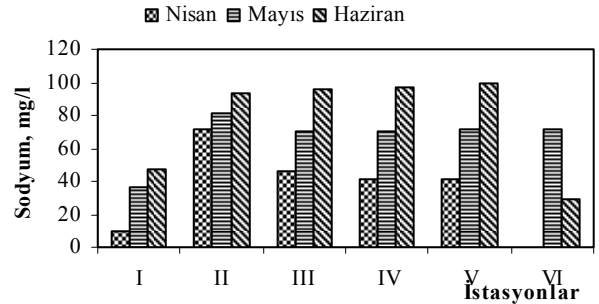
Sodyum adsorpsiyon oranı (SAR) ve sodyum yüzdesi (% Na) meğ/l olarak hesaplanmıştır. Keban Baraj Gölüne dökölen Kehli Deresi'nin ortalama SAR değeri 2.1 ve % Na değeri ise 43.27'dir. SAR değeri ve % Na değeri açısından sulama suyu olarak kullanılabilir. Ancak artırılmış atıksu sulamada kullanılacaksa, atıksu içerisinde bulunan patojen mikroorganizmalar bu su ile sulanan bazı bitkileri tüketen insanlar için tehlike arz ettiğinden, bölgenin toprak yapısı, drenaj durumu, yeraltı su seviyesi, kimyasal bileşimi ve sudaki ağır metal konsantrasyonu incelenmelidir.



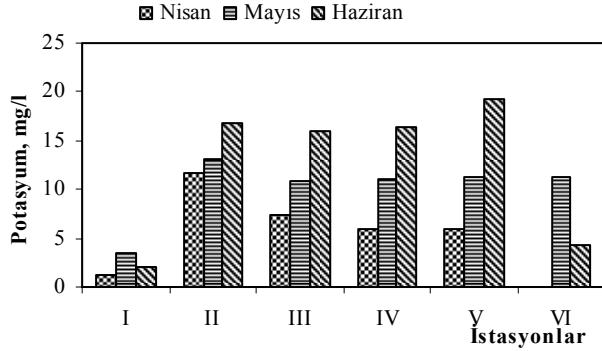
Şekil 17. Kehli Deresi'nde farklı istasyonlardaki kalsiyum değişimi



Şekil 18. Kehli Deresi'nde farklı istasyonlardaki magnezyum değişimi



Şekil 19. Kehli Deresi'nde farklı istasyonlardaki sodyum değişimi



Şekil 20. Kehli Deresi'nde farklı istasyonlardaki potasyum değişimi

Sonuç ve öneriler

Analizlerin yapıldığı ilk kesitten yaklaşık 2.5-3.0 km sonra Keban Baraj Gölü'ne dökülen Kehli Deresi'nin su kalitesi SKKY'deki kıtaçi su kaynaklarının kalite kriterlerine göre sınıflandırılmıştır. Buna göre; tesis çıkış suları Kehli Deresi'ne deşarj edilmeden önceki noktada fiziksel ve inorganik parametreler açısından Nisan ayında I. sınıf kaliteli su iken Mayıs ve Haziran ayında IV. sınıf kaliteli bir su seviyesine düşmüştür. Mayıs ve Haziran ayında amonyum azotu ve toplam fosfor değerinin yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum Elazığ Kenti atıksu deşarjından önce de Kehli Deresi'ne evsel kaynaklı atıksuların deşarj edildiğinin göstergesidir. Aynı zamanda bu dere boyunca yoğun şekilde zirai çalışmalar sürdürülmektedir. Tarımsal drenaj suları da bu derenin kirlenmesinde önemli bir etkidir. Organik kirlilik açısından Nisan ayında I. sınıf kaliteli su iken Mayıs ayında IV. ve Haziran ayında II. sınıf kaliteli bir su seviyesinde olduğu belirlenmiştir. Bakteriyolojik parametreler açısından bütün aylarda IV. sınıf kaliteli bir su seviyesinde olduğu tespit edilmiştir.

Tesis çıkış suları Kehli Deresi'ne deşarj edildikten sonra bütün noktalarda her üç ayda fiziksel ve inorganik parametreler, organik parametreler ve bakteriyolojik parametreler açısından IV. sınıf kaliteli su seviyesine düşmüştür. Atıksu deşarj edildikten sonraki noktalarda Haziran ayında mevcut olan çözünmüş oksijen ile canlı yaşamı mümkün görünmemektedir.

Bir gruba ait en düşük kalite sınıfı o grubun sınıfını belirleyeceğinden deşarjdan önce ve sonra

Kehli Deresi IV. sınıf bir sudur. Soyupak ve diğerleri (1993) Kehli Deresi'nin deşarj edildiği Keban Barajı'nın Uluova Bölgesi'nde derinliğe bağlı olarak yaptıkları araştırmada gölün bu bölgesinin ötrofik duruma geldiğini belirlemişlerdir. Yapılan bu araştırmada da derenin baraj gölüne döküldüğü kısımda gölün bataklık haline dönüştüğü ve ötrofikasyonun bütün özelliklerini taşıdığı gözlenmiştir. Keban Baraj Göl'ünde balıkçılık yoğun olarak Uluova Bölgesi'nde yapılmaktadır. Ayrıca halk rekreasyon amaçlı olarak da Keban Baraj Gölü'nü kullanmaktadır.

Bu çalışma Tunç ve Ünlü (2003)'nün yapmış oldukları çalışma ile karşılaştırıldığında atıksu deşarjından önce Kehli Deresi II. sınıf bir su iken bugün birçok parametre açısından IV. sınıf su seviyesine düşmüştür.

Keban Baraj Gölü su kalitesinin acilen iyileştirilmesi gerekmektedir. Bu amaçla alınması önerilen önlemler aşağıda sunulmuştur.

- Elazığ Kenti Atıksu Arıtma Tesisi, mevcut atıksu miktarını karşılayabilecek düzeyde değildir. Tesisin ikinci kademesi acilen inşa edilerek atıksuyun tamamı tesise alınmalı ve Kehli Deresi'nin Keban Barajı'na döküldüğü bölgede ötrofikasyonun önlenmesi için azot ve fosforu gideren ileri arıtma birimleri ve dezenfeksiyon birimleri de tesise ilave edilmelidir.
- Kehli Deresi'ne ve Keban Baraj Gölü'ne evsel ve endüstriyel hiçbir atıksu arıtılmadan verilmemelidir.
- Kehli Deresi yağış havzasındaki yayılı kaynaklardan (özellikle doğal-yapay gübre ve pestisitler) gelen kirleticilerin kontrol altına alınması gereklidir.
- Atıksu Arıtma Tesisi, proje ve kriterlere uygun olarak işletilmelidir. Hali hazırda tesis amacına, kanun ve yönetmeliklere uygun işletilmemekte, tesiste kalifiye eleman bulunmamaktadır.
- Arıtma Tesisi'nde elektrik kesintisinin olduğu zamanlarda tesis girişindeki sürgülü kapaklar kapatılıp tesise atıksu alınmamaktadır. Bu durumda jeneratör hemen devreye sokulmalı ve atıksuyun tesise sürekli verilmesi sağlanmalıdır.

Kaynaklar

- Abel, P.D., (2002). *Water pollution biology*, The Northum Water Ecology Centre, Uni. of Sunderland, Sunderland, UK.
- Alkan, U., Taşdemir, Y., Karaer, F. ve Teksoy, A., (1998). Evsel atıksuların mikrobiyolojik kompozisyonu ve halk sağlığına etkileri, *Kayseri I. Atıksu Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, 22-24 Haziran 1998, 22-28.
- APHA, AWWA, WPCF (1989). *Standart methods for examination of water and wastewater*, American Public Health Association, USA.
- Bartram, J. ve Balance, R., (1996). *Water quality monitoring : A pratical quide to the design and implementation of freshwater quality studies and monitoring programmes*, UNEP/WHO, London.
- Chapra, S.C., (1997). *Surface water-quality modeling*, Mc Graw Hill.
- De-Bashan, L.E. ve Bashan, Y., (2004). Recent advances in removing phosphorus from wastewater and its future use as fertilizer(1997-2003), *Water Research*, **38**, 4222-4246.
- Helmer, R., (1997). *Water pollution control: A quide to the use of water quality management principles*, London, UK.
- Kalyoncu, H., Barlas, M., Ertan, Ö.O. ve Çavuşoğlu, K., (2005). Aksu Çayı'nın su kalitesi üzerine bir araştırma, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9-1, 37-45.
- Kocasoy, G., (1991). *Atıksu arıtma sistemleri*, TMMOB Kimya Mühendisleri Odası, İstanbul.
- Mara, D., (2004). *Domestic wastewater treatment in developing countries*, Earthscan London, Sterling, VA.
- SKKY (2004). Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği. 31 Aralık 2004, Sayı:25687.
- Soyupak, S., Çilesiz, A. ve Yücel, N. (1993). Keban Baraj Gölü'nde (Palu-Elazığ arası) su kirlenmesi problemi. *Doğa-Trj. of Engineering and Environmental Sciences*, 17, 301-304, TÜBİTAK.
- Şengül, F. ve Küçükğül, E.Y., (1993). *Çevre Mühendisliğinde Fiziksel-Kimyasal Temel İşlemler ve Süreçler*, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları No:153, İzmir.
- Şengül, F. ve Müezzinoğlu, A., (1993). *Çevre Kimyası*, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları No: 228, İzmir.
- TÇS (1998). *Türkiye'nin çevre sorunları '99*, Türkiye Çevre Vakfı Yayını, Yayın No: 131, Ankara.
- Topacık, D., (1987). *Atıksu arıtma tesisleri işletilmesi*, İ.T.Ü.İnşaat Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, Yayın No: 42, İstanbul.
- Tunç, M.S. ve Ünlü, A., (2003). Elazığ Kenti Atıksu Arıtma Tesisinin Haringet Çayı su kalitesine etkisi, *XII. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, 2-5 Eylül 2003, 56-62, Elazığ.
- Tunç, M.S., (2003) Elazığ Kenti Atıksu Arıtma Tesisi İşletme Parametrelerinin Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 95s.
- Uslu, O. ve Türkman, A., (1987). *Su kirliliği ve kontrolü*, T.C.Başkanlık Çevre Genel Müdürlüğü Yayınları Eğitim Dizisi 1, Ankara.