



GÖKPINAR VE ÇÜRÜKSU ÇAYLARININ KİRLİLİK PARAMETRE VE YÜKLERİNİN İZLENMESİ

MONITORING WATER QUALITY PARAMETERS AND POLLUTION DISCHARGE LOADS OF GÖKPINAR AND ÇÜRÜKSU CREEKS, DENİZLİ, TURKEY

Figen TURAN^{1*}, Güngör ÜLKÜ²

¹Kimya Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Pamukkale Üniversitesi, 20070, Denizli.
fturan@pau.edu.tr, gulku@pau.edu.tr

Geliş Tarihi/Received: 10.08.2012, Kabul Tarihi/Accepted: 18.09.2012
*Yazışılan yazar/Corresponding author

doi: 10.5505/pajes.2013.25633

Özet

Denizli ili sınırları içinde akışını sürdüren Gökpınar Çayı, Çürüksu ve Büyük Menderes Nehri'nin bazı kirlilik parametre ve yükleri 2005 yılı Eylül ayından itibaren bir yıl boyunca aylık periyotlarla izlenmiştir. Yedi farklı noktadan alınan numunelerin sıcaklık, pH, çözünmüş oksijen, iletkenlik, tuzluluk, toplam çözünmüş katı madde miktarı, kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) ve biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ₅) değerleri ölçülmüştür. Nehir ve çayların kirlilik yükleri DSİ Müdürlüğü debi değerleri kullanılmak suretiyle hesaplanmıştır. Elde edilen ortalama sonuçlar değerlendirildiğinde, "Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği"ne göre Gökpınar ve Çürüksu Çayları ile Büyük Menderes Nehri sıcaklık ve pH yönünden 1. sınıf su, çözünmüş oksijen yönünden 3. sınıf su, toplam çözünmüş madde yönünden 2. sınıf su kalitesinde olduğu gözlemlenmiştir. Organik madde konsantrasyonları KOİ ve BOİ₅ için 4. sınıf su kalitesinde olduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Su kirliliği, Kirlilik parametreleri, Kalite sınıfları.

Abstract

Pollution parameters of Gökpınar and Çürüksu Creeks and Büyük Menderes River within the borders of Denizli city were monitored on a monthly basis for a year starting from September 2005. Samples taken from seven different selected stations were analyzed for temperature, pH, dissolved oxygen level, conductivity, salinity, total dissolved solid content, chemical oxygen demand (COD) and biochemical oxygen demand (BOD₅). The pollution discharge loads were calculated by using flow rates obtained from DSI Government Water Association. Based on the mean results of temperature and pH values, the water samples from all stations near Gökpınar and Çürüksu creeks and Büyük Menderes River are classified as the 1st class water according to the "Water Pollution Regulation Values". Results of the dissolved oxygen and total dissolved solid contents indicated that the water samples of the stations were of the 3rd and 2nd class, respectively. Organic material concentrations for COD and BOD₅ resulted in the 4th class of water quality.

Keywords: Water pollution, Pollution parameters, Quality classifications.

1 Giriş

Su kirliliğinin olduğu ortamlar; akarsular, göller, baraj gölleri ve denizler yani yerüstü suları ile yeraltı suları olarak sıralanabilir. Hızlı endüstrileşme, nüfustaki hızlı artış ve kentleşme, yetersiz altyapı ve sanayi kuruluşlarının çoğunda arıtım tesisinin bulunmaması özellikle gelişmekte olan ülkelerde evsel ve endüstriyel atıkların yeterince arıtılmadan nehir, göl ve deniz gibi alıcı ortamlara verilmesi ekolojik sistem için ciddi sorunlar oluşturmaktadır. Ayrıca bilinçsizce yapılan tarımsal ilaçlama ve gübreleme nedeniyle yerüstü suları kirlenmektedir. Bu olumsuzluklara rağmen su kaynaklarının sabit olması, bu kaynakların kirletilmemesini ve çok iyi kullanılmasını gerektirmektedir.

Evsel atık sular askıda ve çözünmüş halde organik ve inorganik maddeler içermektedir. İklimsel şartlar, insanların yaşam standartları ve kültürel alışkanlıklar atık su özelliğini önemli ölçüde etkilemektedir. Endüstriyel atık suların özellikleri ise endüstriden endüstriye hatta aynı daldaki endüstrilerde bile kullanılan hammadde ile uygulanan proseslere göre değişmekte ve atık suyun yapısında farklılıklar oluşturmaktadır.

Orhon v.d., [1] kirletici kaynakları noktasal ve yayılı kaynaklar olarak gruplandırarak, kontrol edilebilir, ölçülebilir nokta deşarjı ile alıcı ortama karışan kirliliğin kaynağını noktasal kaynak (evsel ve endüstriyel atıksu deşarjları) ve yayılı olarak ortama karışan kirliliğin kaynağını da yayılı kaynak (yağış

suları, tarım ve orman alanlarından gelenler, atmosferden su ve toprağa taşınanlar v.b) olarak belirtmişlerdir.

Endüstriyel tesislerinden herhangi bir işlemden geçirilmeden bırakılan sıcak suların akarsulara karışması sonucu oluşan sıcaklık artışı ve renk değişimleri gibi fiziksel değişiklikler, sulara endüstri atık sularından geçen tuzlar, ağır metaller ile tarımsal ilaçlar ve deterjanlar gibi bileşiklerin karışması ile oluşan kimyasal değişiklikler ve suya karışan organik materyallerin (evsel atıklar, kanalizasyon, gübre gibi) oluşturduğu değişiklikler suların kirlenmesine neden olmaktadır [2].

Akarsu ortamına herhangi bir yabancı madde girdiğinde akarsu kendi kendini doğal bir arıtmı ile temizlemeye başlamakta ve belli miktardaki kirliliği özümleyebilmektedir. Akarsuyun kendini temizleme kapasitesinin akarsu debisine, zamana, su sıcaklığına ve havalanmaya bağlı olduğu belirtilmektedir [3]-[4]. Genellikle endüstri atık sularından gelen zehirli bileşikler ile suyun oksijen dengesini bozan maddeler akarsuyun biyolojik aktivitesinin yok olmasına veya yavaşlamasına neden olmaktadır.

Son yıllarda çevre kirliliği Türkiye'de de hızlı ve yaygın bir artış göstererek birçok göl, akarsu, körfez ve denizi olumsuz etkilemektedir. Ülkemizde su kirliliğinin kontrolü için gerekli olan hukuki ve teknik esasları ortaya koymak amacı ile 2872 sayılı Çevre Kanunu hükümlerine uygun olarak ilk kez 1988 tarihinde Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği yürürlüğe girmiştir [1]-[4]. Akarsuların su kalitesi "Su Kirliliği Kontrol

Yönetmeliği”nde verilen “Kıtaçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri” esas alınarak belirlenmektedir (Ek 1). “Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği”nde kıtaçi yüzeysel su kategorisine göre akarsular; I. sınıf: Yüksek kaliteli su, II. sınıf: Az kirlenmiş su, III. sınıf: Kirliliği su, IV.sınıf: Çok kirlenmiş su olarak tanımlanmaktadır [5].

Türkiye’de su kirliliği konusu Haliç ile İzmir ve İzmit Körfezleri’nin kirlenmesi ile gündeme gelmiş, bunu diğer akarsular, göller ve denizlerdeki kirlilik sorunları izlemiştir [4].

Bu çalışma, ülkenin ve Ege Bölgesi’nin en önemli akarsularından biri olan Büyük Menderes Nehri’nin Denizli İli sınırları içinde akışını sürdüren kollarından; Gökpınar Çayı ve Çürüksu ile Büyük Menderes Nehri’ne karıştığı noktadaki bazı fiziksel ve kimyasal kirlilik parametre ve yüklerinin aylara göre değişimlerinin saptanması ve sonuçlarının değerlendirilmesi amacı ile yapılmıştır. İncelenen kirlilik parametreleri sudaki kimyasal reaksiyonları, suyun özelliklerini ve su içerisindeki biyolojik hayatı etkilediği için seçilmişlerdir.

2 Materyal ve Metot

2.1 Çalışma Alanı

Bu çalışmada Denizli İli sınırları içinde bulunan Gökpınar Çayı, Çürüksu ve Büyük Menderes Nehri sularından alınan numuneler, bazı fiziksel ve kimyasal kirliliklerinin belirlenmesi için kullanılmıştır.

Denizli İli sınırları içinden de geçen Büyük Menderes Nehri’nin toplam uzunluğu 529 km’yi, Denizli il sınırları içindeki uzunluğu ise 194 km’yi bulmaktadır [6]-[7]. Afyon-Dinar’dan çıkan Büyük Menderes Nehri; Çivril, Çal ve Baklan ovalarını geçerek Güney ilçesi sınırlarındaki Banaz Çayı’na da içine alarak Adıgüzel Barajı’na ulaşmakta ve Sarayköy yakınında Denizli’den gelen Çürüksu Çayı’na da alarak Aydın sınırına geçmektedir [6]. Uzunluğu 101 km, Denizli içi uzunluğu 96 km olan Çürüksu Çayı; Honaz Dağı, Kaklık ve Kocabaş yöresinin suyu ile Gökpınar Çayı’na da alarak Sarayköy yakınında Büyük Menderes Nehri ile birleşmektedir [6]. Gökpınar Çayı’nın uzunluğu ise 38 km olup, Tavas’ın 10 km kuzey doğusundan başlayarak Denizli’nin 9 km kuzeyinde Çürüksu’ya dökülmektedir.

Su numuneleri 7 noktadan alınırken akış yönünde bir yol izlenmeye çalışılmıştır. Gökpınar Çayı, Çürüksu ve Büyük Menderes Nehir’lerinin birbirlerine karışmadan önceki ve sonraki noktalarından alınan numuneler kullanılmıştır.

2.1.1 Numune Alma Noktaları

Gökpınar Çayı, Çürüksu ve Büyük Menderes Nehri üzerindeki numune alma noktaları Şekil 1’deki harita üzerinde gösterilmiştir. Gökpınar Çayı Gökpınar Barajı’na girmeden önce Honaz- Karakurt yolu üzerindeki nokta, 1. numune alma noktası olarak seçilmiştir. Bu noktadan alınan numune barajdan önceki Gökpınar Çayı’nın kirlilik yükünü belirlemek içindir. 2. numune alma noktası olarak Gökpınar Barajı’nın hemen yanında akmakta olan kuşaklama kanalı seçilmiştir. Barajı korumak amacıyla çevreden gelen atıksuların kıyı boyunca toplandığı bu atıksu kanalının Gökpınar Çayı ile birleşmeden önceki taşıdığı kirliliğin belirlenmesi için bu nokta seçilmiştir. 3. numune alma noktası Goncalı yolu üzerinde, Gökpınar Çayı Çürüksu’ya karışmadan önce seçilmiştir. Buranın seçilme nedeni Gökpınar Çayı’nın Çürüksu’ya karışmadan önceki kirlilik yükünü incelemektir. Pamukkale yolu Korucuk Köprüsü civarındaki Çürüksu ana

yatak (Gökpınar Çayı karışmadan önce) 4. numune alma noktası olarak su kirliliğini araştırmak amacıyla seçilmiştir. 5. numune alma noktası Goncalı civarında Gökpınar Çayı Çürüksu’ya karıştıktan sonra Çürüksu’dan alınan ve su kirliliğini belirlemek için seçilen noktadır. 6. numune alma noktası olarak Sığma Köprüsü seçilmiştir. Çürüksu’nun Büyük Menderes Nehri’ne karışmadan önceki kirliliğinin tespit edilmesi amacıyla bu nokta belirlenmiştir. 7. ve son numune alma noktası Sarayköy Köprüsüdür. Seçilme nedeni ise Çürüksu karıştıktan sonra Büyük Menderes Nehri’nin kirliliğini incelemektir.

2.1.2 Araştırmada Kullanılan Kimyasallar ve Test Kitleri

Su numuneleri için yapılan KOİ analizlerinde spektrofotometrik hazır test tüpleri (Merck 14541 ve 14895) kullanılmıştır. BO₅ analizlerinde ise, spektrofotometrik hazır test kiti (Merck 00687), tuz çözeltisi (Merck 00688) ve musluk suyu kullanılmıştır. Numunelerin pH değerlerini ayarlamak için analitik saflıkta NaOH ve H₂SO₄ (Merck) ile seyreltme, yıkama vb. amaçlar için saf su kullanılmıştır

2.2 Metot

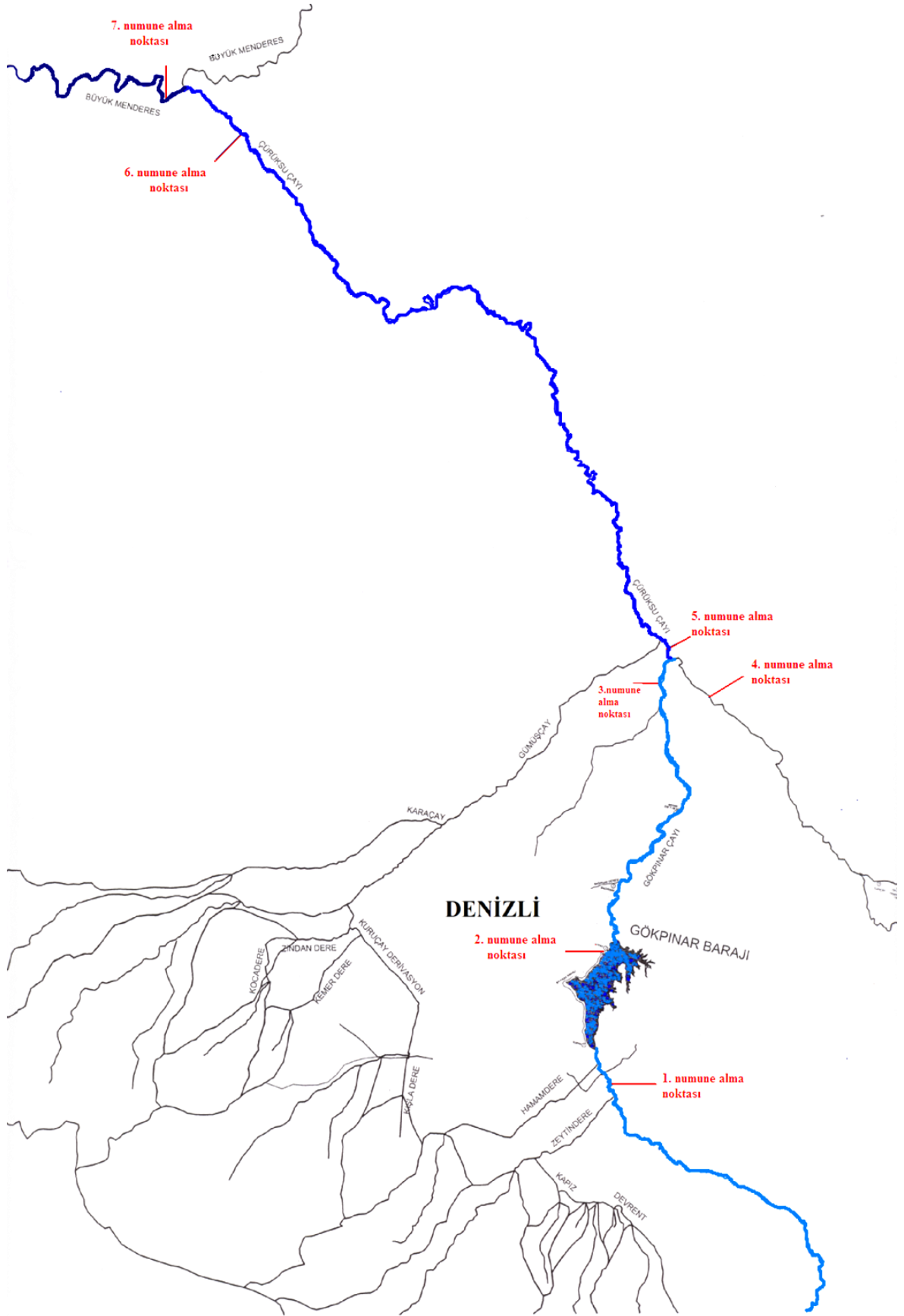
Çaylar ve nehrin kirlilik değerlerinin belirlenebilmesi için seçilen numune alma noktalarından Eylül 2005 yılından başlayarak bir yıl süresince her ayın 2. haftasındaki bir gün “Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Numune Alma ve Analiz Metotları Tebliği”ne göre numuneler toplanmıştır. Numuneler yüzeyden yaklaşık 40-50 cm derinlikten ve akarsuyun orta yerinden alınmıştır. Laboratuvarda yapılacak analizler için her bir numune alma noktasına ait önceden temizlenen pet şişeler kullanılmış ve hemen etiketlenip en kısa sürede analizlerine başlanmıştır. Araziye hiçbir işleme tabi tutulmadan anlık yapılan diğer parametrelerin ölçümleri ise taşınabilen cihazlarla yerinde iki tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir. Analizler ile ölçümler tebliğ’de belirtilen yöntemler göz önüne alınarak gerçekleştirilmiştir [8].

Alınan numunelerde sıcaklık, pH, çözünmüş oksijen, elektriksel iletkenlik, toplam çözünmüş katı madde ve tuzluluk ölçümleri yapılmıştır. Sıcaklık (°C), sıvalı bir cam termometre ve pH-oksijenmetrenin probuyla yerinde tespit edilmiştir. pH değeri ve çözünmüş oksijen miktarı (mgO₂/L) WTW Multi 340i model dijital cihaz ile uygun problemler kullanılmak suretiyle yerinde ölçülürken, elektriksel iletkenlik (µS/cm), tuzluluk (g/L) ve toplam çözünmüş katı madde miktarı (mg/L) WTW 330i model dijital cihaz ile yerinde ölçülmüştür.

Organik parametrelerden kimyasal oksijen ihtiyacı (mgO₂/L) analizi, Thermo Spectronic Aquamate 2500 E marka spektrofotometre ile laboratuvarda yapılmıştır. Standart olarak ölçüm aralığı 25-1500 mgO₂/L olan 14541 ve ölçüm aralığı 15-300 mgO₂/L olan 14895 Merck hazır test kitleri kullanılmıştır.

Biokimyasal oksijen ihtiyacı analizi de aynı spektrofotometre ile 00687 hazır test kiti (ölçüm aralığı 0,5-3000 mgO₂/L) kullanılarak laboratuvarda yapılmıştır. Önce numunelerin pH değerlerine bakılarak 6-8 aralığında olması sağlanmıştır. pH değeri 6’dan küçük olanlar NaOH ile 8’den büyük olanlar ise H₂SO₄ ile ayarlanmıştır.

Akarsu ve çayların debileri Devlet Su İşleri 212. Denizli Şube Müdürlüğü Hidroloji Bölümü görevlileri tarafından numune alımı sırasında ölçülerek parametrelerin kirlilik yükleri de hesaplanabilmiştir. Belli bir kesitten birim zamanda (1 saniye) geçen suyun debisini bulmak için muline ve filatörler ile akım ölçümleri yapılmıştır.



Şekil 1: Numune alma noktaları.

3 Bulgular ve Tartışma

Kirletici unsurların alıcı su ortamlarına yaptıkları etkilerin belirlenebilmesi ve niceliksel olarak somut bir biçimde ifade edilebilmesi için, su kalitesini tanımlayan bir dizi fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik parametre kullanılmaktadır.

3.1 Sıcaklık

Suyun sıcaklık derecesi çok önemli bir parametre olup, kimyasal reaksiyonların hızını, su içerisindeki biyolojik hayatı ve suyun çeşitli amaçlar için kullanımını doğrudan etkilemektedir [9]. Sıcaklık artışı ile sudaki maddelerin çürüme ve bozunma hızları artacağından bunun sonucu olarak çürüme de sudaki oksijeni tükettiği için, sudaki oksijen miktarı daha fazla azalmakta ve su içerisindeki bitkilerin ve biyolojik canlıların türünü değiştirmektedir.

Farklı zamanlarda ölçülen sıcaklık değerlerinin ortalamalarına bakıldığında, en düşük sıcaklık ölçümünün 1. numune alma noktasında 16,7 °C, en yüksek değer ise 2. noktada 20,6 °C olduğu görülmektedir (Tablo 1). Kıtaçi su kaynaklarının sınıfları göz önüne alındığında oniki aylık ortalama sıcaklık değerleri 1. sınıf su kalitesine girmektedir. Ancak en yüksek

değerlere göre 2., 4., 5. ve 6. noktalarda su kalite sınıfı 2. ve 3. sınıf değerlere kadar ulaşmıştır.

3.2 pH

Hidrojen iyonu konsantrasyonu doğal sular ve atıksular için önemli bir kalite parametresi olup suyun asit veya alkali özellikte oluşu pH ile belirlenmektedir. Biyolojik yaşam için uygun olan hidrojen iyon konsantrasyon değeri oldukça sınırlı ve kritik aralıkta olup su kaynaklarındaki yaşamın korunması ve istenmeyen kimyasal reaksiyonların önlenmesi için pH'nın 6-9 arasında tutulması gerekmektedir [9]-[10].

Farklı zamanlarda yapılan ortalama pH ölçümlerine bakıldığında, en düşük pH ölçümünün 6. numune alma noktasında 7,83, en yüksek değer ise 2. noktada 9,20 olduğu görülmektedir yani bazik karakterdedir (Tablo 2). Ortalama pH 6,5-8,5 sınırları arasında olduğundan 2. nokta hariç kıtaçi su kaynaklarının sınıflarına göre 1. sınıf su kalitesine girmektedir. Genel olarak aylara göre baktığımızda 2. ve 3. numune alma noktalarında 8,5'in üzerinde değerler kaydedilmiştir. Bunun nedeni de 2. noktanın çevreden gelen özellikle tekstil atık sularının toplandığı kuşaklama kanalı olup, bu kanalın da Gökpınar Çayı'na karışması olabilir.

Tablo 1: Numune alma noktalarındaki sıcaklık (°C) değerlerinin aylara göre değişimleri.

Yıl	Ay	Numune Alma Noktaları						
		1. Nokta	2. Nokta	3. Nokta	4. Nokta	5. Nokta	6. Nokta	7. Nokta
2005	Eylül	17,0	23,6	20,6	21,5	23,1	23,0	23,0
	Ekim	14,7	18,3	16,6	17,9	18,5	17,4	18,0
	Kasım	16,0	18,3	17,0	19,6	18,5	16,7	16,3
	Aralık	11,9	17,8	12,5	14,7	14,0	10,3	10,5
2006	Ocak	10,0	10,0	11,0	12,7	12,8	11,0	10,8
	Şubat	18,7	17,8	14,0	16,0	16,3	17,4	17,2
	Mart	15,5	20,0	15,7	16,8	17,5	20,3	20,7
	Nisan	22,7	22,6	16,4	20,8	20,0	22,4	22,6
	Mayıs	18,0	22,0	16,5	18,3	18,5	20,0	19,0
	Haziran	18,2	*	20,7	23,6	25,2	24,2	18,4
	Temmuz	19,0	28,0	21,5	27,0	26,4	25,8	17,8
	Ağustos	18,8	28,4	23,1	27,4	27,6	26,4	15,5
En düşük	10,0	10,0	11,0	12,7	12,8	10,3	10,5	
En yüksek	22,7	28,4	23,1	27,4	27,6	26,4	23,0	
Ortalama	16,7	20,6	17,1	19,7	19,9	19,6	17,5	

*: Ölçüm yapılamamıştır.

Tablo 2: Numune alma noktalarındaki pH değerlerinin aylara göre değişimleri.

Yıl	Ay	Numune Alma Noktaları						
		1. Nokta	2. Nokta	3. Nokta	4. Nokta	5. Nokta	6. Nokta	7. Nokta
2005	Eylül	8,03	9,59	7,78	7,98	8,03	8,17	8,15
	Ekim	8,08	9,05	8,83	8,40	8,39	7,95	7,92
	Kasım	7,98	8,60	8,01	8,06	8,08	7,97	7,98
	Aralık	8,23	10,60	9,25	8,23	8,42	7,92	8,15
2006	Ocak	8,16	10,00	8,24	8,36	8,15	7,95	8,02
	Şubat	8,06	8,10	8,28	8,11	8,05	8,05	8,00
	Mart	8,23	11,15	8,98	8,14	8,29	7,87	7,91
	Nisan	8,04	10,64	7,69	8,16	8,24	7,92	7,95
	Mayıs	6,81	7,27	6,60	6,70	6,50	6,65	6,65
	Haziran	8,17	*	7,92	8,28	8,18	7,88	7,99
	Temmuz	8,16	8,22	7,92	8,58	8,47	7,82	7,86
	Ağustos	8,02	7,94	7,86	8,06	8,05	7,81	8,02
En düşük	6,81	7,27	6,60	6,70	6,50	6,65	6,65	
En yüksek	8,23	11,15	9,25	8,58	8,47	8,17	8,15	
Ortalama	8,00	9,20	8,11	8,09	8,07	7,83	7,88	

*: Ölçüm yapılamamıştır.

3.3 Çözünmüş Oksijen

"Çözünmüş oksijenin suda varlığı, sucul hayatın devamı ve suyun estetik kalitesi açısından temel öneme sahip olduğundan en çok kullanılan su kalitesi parametresidir" [11].

Aerobik mikroorganizmaların ve diğer aerobik canlıların solunum fonksiyonu için çözünmüş oksijen gerekmektedir [9]. Oksijeni kullanan biyokimyasal reaksiyonların hızı sıcaklık yükseldikçe arttığından çözünmüş oksijen seviyesi yaz aylarında daha kritik olma eğilimindedir [9].

Çözünmüş oksijen değerlerinin numune alma noktalarına göre değişimlerine bakıldığında, en yüksek değer 1. noktada 11,7 mgO₂/L ve en düşük değer 7. noktada sıfır olarak ölçülmüştür (Tablo 3).

Büyük Menderes Nehri'nde ölçülen sıfır değeri sudaki canlı yaşam için gerekli olan oksijenin bulunmadığını ve suyun 4. sınıf su kalitesinde olduğunu belirtmektedir. Çözünmüş oksijenin fazla olması yüzey sularının doğal arıtımı ve sudaki canlı yaşam için istenen bir durumdur. Bu nedenle 1. noktada ki değer yüksek olması olumsuzluk olarak değerlendirilmemelidir. Oniki aylık ortalama değerlere bakıldığında ise en düşük çözünmüş oksijen değerinin 4,5 mgO₂/L ile 2. numune alma noktasında ve en yüksek değer ise 1. numune alma noktasında 8,2 mgO₂/L olduğu bulunmuştur (Tablo 3). Ortalama değere göre su kalitesi 3. sınıf olarak tespit edilmiştir.

3.4 İletkenlik

Sulardaki iyon konsantrasyonunun belirlenebilmesi için geliştirilmiş bir parametre olan elektriksel iletkenlik çözünmüş katı maddelerden (nitrat, karbonat, sülfat, klorür, sodyum, potasyum, kalsiyum v.b), özellikle de çözünmüş tuzlardan ileri gelmektedir [3]. Elektriksel iletkenliğin (EC) ölçüsü olarak, 25°C deki 1 cm³ suyun iletkenliğini ifade eden microohm/cm (µS/cm) kullanılmaktadır [12].

Amerikan Riverside Tuzluluk Laboratuvarı Tuzluluk Sınıflandırma Sistemi'ne göre sulama suları için tuzluluk sınıfları Sönmez ve Kaplan [13] tarafından şu şekilde verilmiştir (Tablo 4).

Numune alma noktalarındaki iletkenlik değerlerinin aylara göre değişimleri ile ortalama değerleri Tablo 5'de verilmiştir. En düşük değer 591 µS/cm ile 1. noktada Eylül ayında ve en yüksek değer 6050 µS/cm ile 4. noktada Ağustos ayında kaydedilmiştir. Ortalama değerler 633 µS/cm-3312 µS/cm arasında olup 1. noktada en düşük ve 4. noktada en yüksek bulunmuştur. Sulama sularında iletkenlik değerlerine göre tuzluluk sınıflarına bakıldığında fazla tuzlu (C₃), bazı noktalarda ise çok fazla tuzlu (C₄) bulunmuştur.

3.5 Tuzluluk

Suda çözünmüş mineral madde konsantrasyonu olup, g/L olarak ifade edilmektedir [3]. İnorganik tuzlar suda çözülmekte ve yağışlar ile kaynaklardan dolayı yeryüzünde oluşan sular, yer üstü, yeraltı ve akarsulardaki akımlar sırasında zeminde bulunan tuzları da bünyelerine alarak, gittikleri ortama taşımaktadırlar. Tuz içeriği fazla olan suların sulamada kullanılmasıyla toprakların tuzlu ve alkali hale dönüşmesi arazi kaybına ve bitki gelişimini etkileyerek ürün veriminin bozulmasına neden olmaktadır [14]-[15].

Tablo 6'da numune alma noktalarındaki tuzluluk değerlerinin aylara göre değişimleri ile ortalama değerleri verilmiştir. En yüksek değer Ağustos ayında 4. noktada 3,3 g/L olarak ve en düşük değerler ise 1. noktada bulunmuştur. 1. numune alma

noktasındaki değerler 0 ile 0,1 arasında değişmiş, tuzluluk açısından saf suya denk bulunmuştur. Ortalamalara bakıldığında 0,04 g/L ile 1. noktada en düşük ve 1,65 g/L ile 4. noktada en yüksek değerler bulunmuştur.

3.6 Toplam Çözünmüş Katı Madde

Toplam çözünmüş katı madde (TÇKM) suların mineral ve iyon zenginliğini gösteren önemli parametrelerden bir tanesidir. Doğada sular, kaynaklarına göre, TÇKM konsantrasyonları açısından farklılıklar göstermektedir.

Tatlı Su	< 1 500 ppm
Acı Su	1500 ppm-5 000 ppm
Tuzlu Su	> 5000 ppm

Toplam çözünmüş katı madde değerlerinin numune alma noktalarına göre değişimlerine bakıldığında; en düşük değer 1. noktada 295 mg/L ve en yüksek değer 4. noktada 3.286 mg/L olarak kaydedilmiş, ortalama değerler ise yine 1. numune alma noktasında 305 mg/L ile en düşük ve 4. numune alma noktasında 1.682 mg/L ile en yüksek olarak bulunmuştur (Tablo 7). Kıtaçi su kaynaklarının sınıfları göz önüne alındığında, oniki aylık ortalama toplam çözünmüş katı madde değerleri 2. sınıf su kalitesi sınırları içindedir.

3.7 KOİ ve BOİ₅

Hem atıksuyun hem de doğal suların organik bileşenlerinin ölçümü için kullanılmakta olan KOİ, asidik ortamda kuvvetli oksitleyiciler (yükseltgenler) ile reaksiyona giren organik maddelerin oksijen eşdeğerinin ölçülmesi esasına dayanmaktadır. Bu amaç için yüksek sıcaklıkta potasyum dikromat kullanılmaktadır [3]-[9].

Tablo 8'den görüleceği üzere; numune alma noktalarına göre en düşük KOİ değeri Mart ayında 1. noktada 14 mgO₂/L ve en yüksek değer Ekim ayında 2. noktada 605 mgO₂/L olarak tespit edilmiştir. Oniki aylık ortalama değerler ise 43 mgO₂/L ile 1. noktada en düşük ve 315 mgO₂/L ile 2. noktada en yüksek olarak bulunmuştur. Gökpınar Çayı'ndan alınan ilk numune noktası dışındaki tüm değerler 70 < olduğu için ortalama KOİ değerlerine göre kıtaçi su kaynaklarının sınıfları göz önüne alındığında 4. sınıf su kalitesi değerlerini aşmıştır. Atıksuların toplandığı kuşaklama kanalının (2. nokta) suları Gökpınar Çayı'na verilmesi idi, diğer noktalardaki KOİ değerleri bu kadar yüksek olmayabilirdi.

Sularda mikroorganizmalar tarafından parçalanabilen organik maddelerin miktarını belirlemede kullanılan biyokimyasal oksijen ihtiyacı, organik kirleticilerin ayrıştırılması için gereken oksijen miktarını belirtmektedir [3]-[16]. BOİ₅ değerinin küçük olması suyun temiz olduğunu veya mikroorganizmaların sudaki organik maddeyi tüketmediğini ifade etmektedir [16].

Tablo 9'da; numune alma noktalarındaki BOİ₅ değerlerinin 0,53-166 mgO₂/L arasında değiştiği görülmektedir. En yüksek değerler 2. noktada bulunmuştur. On iki aylık ortalama değerler ise 18-100 mgO₂/L arasındadır. En düşük ortalama değer 1. noktada ve en yüksek değer 2. noktada bulunmuştur. Yani KOİ değerleri ile paralellik göstermektedir. Ortalama BOİ₅ değerleri 1. nokta dışındaki tüm noktalarda 20 < olduğu için 4. sınıf su kalitesi değerlerini aşmıştır.

Biyolojik olarak yükseltgenemeyen birçok bileşik kimyasal olarak oksitlenebildiği için kimyasal oksijen ihtiyacı, biyolojik oksijen ihtiyacından daha büyük olmakta ve KOİ ile BOİ₅ değeri arasında bir bağlantı bulunmaktadır [9]. Bu çalışmada KOİ/BOİ₅ oranı 2,69 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 3: Numune alma noktalarındaki çözülmüş oksijen (mgO₂/L) değerlerinin aylara göre değişimleri.

Yıl	Ay	Numune Alma Noktaları						
		1. Nokta	2. Nokta	3. Nokta	4. Nokta	5. Nokta	6. Nokta	7. Nokta
2005	Eylül	7,0	7,9	4,0	5,4	6,0	7,7	5,4
	Ekim	8,5	2,4	3,4	5,9	3,7	4,4	3,9
	Kasım	8,0	6,0	2,8	7,2	6,1	5,6	5,2
	Aralık	8,1	6,2	4,4	7,5	7,5	6,3	6,5
	Ocak	8,5	6,1	8,2	8,5	7,2	6,9	6,2
2006	Şubat	8,3	5,6	6,4	7,8	7,2	6,2	5,7
	Mart	8,3	5,5	5,1	7,2	6,5	5,2	3,9
	Nisan	7,1	2,0	4,3	1,2	3,6	5,5	6,0
	Mayıs	7,0	6,3	6,8	6,1	6,2	5,2	5,1
	Haziran	8,2	*	4,5	4,5	4,6	4,5	7,3
	Temmuz	6,2	0,9	3,9	0,5	0,7	5,3	6,4
	Ağustos	11,7	0,5	8,9	3,1	1,1	9,8	0,0
	En düşük	6,2	0,5	2,8	0,5	0,7	4,4	0,0
	En yüksek	11,7	7,9	8,9	8,5	7,5	9,8	7,3
	Ortalama	8,2	4,5	5,2	5,4	5,0	6,1	5,1

*: Ölçüm yapılamamıştır.

Tablo 4: Tuzluluk sınıfları.

Tuzluluk sınıfları	EC x 10 ⁶ dS/cm, 25 °C
C ₁ (az tuzlu)	250 >
C ₂ (orta tuzlu)	250-750
C ₃ (fazla tuzlu)	750-2250
C ₄ (çok fazla tuzlu)	2250 <

Tablo 5: Numune alma noktalarındaki iletkenlik (µS/cm) değerlerinin aylara göre değişimleri.

Yıl	Ay	Numune Alma Noktaları						
		1. Nokta	2. Nokta	3. Nokta	4. Nokta	5. Nokta	6. Nokta	7. Nokta
2005	Eylül	591	756	1338	2640	2840	2380	1140
	Ekim	623	1493	1395	2750	2370	2550	2480
	Kasım	611	1382	1243	2460	2210	2250	2050
	Aralık	616	1840	1386	2390	2210	2250	2210
	Ocak	631	1325	1203	2140	1983	2300	2140
2006	Şubat	647	1131	1148	2120	1979	2010	1974
	Mart	718	2360	1227	2180	2060	2080	2080
	Nisan	647	1789	1516	4730	4330	3540	2590
	Mayıs	636	1681	1196	3400	3040	2430	2220
	Haziran	619	*	1444	3870	3270	1948	1082
	Temmuz	627	1975	1420	5010	4220	2930	1192
	Ağustos	624	1805	1447	6050	4830	3111	1456
	En düşük	591	756	1148	2120	1979	1948	1082
	En yüksek	718	2360	1516	6050	4830	3540	2590
	Ortalama	633	1594	1330	3312	2945	2482	1885

*: Ölçüm yapılamamıştır.

Tablo 6: Numune alma noktalarındaki tuzluluk (g/L) değerlerinin aylara göre değişimleri.

Yıl	Ay	Numune Alma Noktaları						
		1. Nokta	2. Nokta	3. Nokta	4. Nokta	5. Nokta	6. Nokta	7. Nokta
2005	Eylül	0,1	0,1	0,5	1,3	1,4	1,1	0,4
	Ekim	0,0	0,5	0,5	1,3	1,1	1,2	1,1
	Kasım	0,0	0,5	0,4	1,1	1,0	1,0	0,9
	Aralık	0,0	0,8	0,5	1,1	0,9	1,0	1,0
	Ocak	0,0	0,4	0,4	0,9	0,8	1,0	0,9
2006	Şubat	0,1	0,3	0,3	0,9	0,8	0,8	0,8
	Mart	0,1	1,1	0,4	1,0	0,9	0,9	0,9
	Nisan	0,1	0,7	0,6	2,5	2,2	1,8	1,2
	Mayıs	0,1	0,7	0,4	1,7	1,5	1,1	1,0
	Haziran	0,0	*	0,5	2,0	1,6	0,8	0,3
	Temmuz	0,0	0,8	0,5	2,7	2,2	1,4	0,4
	Ağustos	0,0	0,8	0,5	3,3	2,6	1,5	0,5
	En düşük	0,00	0,10	0,30	0,90	0,80	0,80	0,30
	En yüksek	0,10	1,10	0,60	3,30	2,60	1,80	1,20
	Ortalama	0,04	0,61	0,46	1,65	1,42	1,13	0,78

*: Ölçüm yapılamamıştır.

Tablo 7: Numune alma noktalarındaki toplam çözünmüş katı madde (mg/L) değerlerinin aylara göre değişimleri.

Yıl	Ay	Numune Alma Noktaları						
		1. Nokta	2. Nokta	3. Nokta	4. Nokta	5. Nokta	6. Nokta	7. Nokta
2005	Eylül	312	380	707	1317	1424	1195	580
	Ekim	299	717	669	1322	1137	1225	1192
	Kasım	295	663	598	1182	1060	1081	984
	Aralık	296	882	665	1148	1014	1081	1064
2006	Ocak	303	637	577	1027	948	1102	1027
	Şubat	308	543	551	1018	950	963	947
	Mart	340	1131	589	1049	987	998	1000
	Nisan	310	860	728	2623	2258	1697	1242
	Mayıs	306	806	574	1632	1458	1166	1067
	Haziran	297	*	692	1855	1568	937	521
	Temmuz	299	944	680	2730	2362	1405	572
	Ağustos	300	866	695	3286	2660	1497	698
	En düşük	295	380	551	1018	948	937	521
En yüksek	340	1131	728	3286	2660	1697	1242	
Ortalama	305	766	644	1682	1486	1196	908	

*: Ölçüm yapılamamıştır.

Tablo 8: Numune alma noktalarındaki kimyasal oksijen ihtiyacı (mgO₂/L) değerlerinin aylara göre değişimleri.

Yıl	Ay	Numune Alma Noktaları						
		1. Nokta	2. Nokta	3. Nokta	4. Nokta	5. Nokta	6. Nokta	7. Nokta
2005	Eylül	34	87	73	75	87	300	71
	Ekim	105	605	314	160	207	148	136
	Kasım	70	348	246	67	94	53	55
	Aralık	15	302	349	60	58	64	70
2006	Ocak	35	476	67	88	131	48	95
	Şubat	33	196	145	45	56	20	38
	Mart	14	385	102	50	73	198	52
	Nisan	35	566	32	88	68	43	45
	Mayıs	26	134	78	65	49	28	34
	Haziran	67	*	87	81	72	73	39
	Temmuz	28	151	46	233	137	60	289
	Ağustos	53	211	113	152	139	68	74
	En düşük	14	87	32	45	49	20	34
En yüksek	105	605	349	233	207	300	289	
Ortalama	43	315	138	97	98	92	83	

*: Ölçüm yapılamamıştır.

Tablo 9: Numune alma noktalarındaki biyolojik oksijen ihtiyacı (mgO₂/L) değerlerinin aylara göre değişimleri.

Yıl	Ay	Numune Alma Noktaları						
		1. Nokta	2. Nokta	3. Nokta	4. Nokta	5. Nokta	6. Nokta	7. Nokta
2005	Eylül	10	25	25	25	31	125	30
	Ekim	38	139	82	58	74	62	57
	Kasım	34	128	78	26	39	19	34
	Aralık	9	102	109	17	16	26	25
2006	Ocak	12	166	38	34	44	22	36
	Şubat	20	71	65	23	22	12	16
	Mart	10	160	38	18	32	65	20
	Nisan	14	145	15	53	35	29	22
	Mayıs	9	70	42	36	19	22	11
	Haziran	38	*	50	62	45	48	25
	Temmuz	13	45	23	88	75	34	135
	Ağustos	4	44	36	58	31	3	0,53
	En düşük	4	25	15	17	16	3	0,53
En yüksek	38	166	109	88	75	125	135	
Ortalama	18	100	50	42	39	39	34	

*: Ölçüm yapılamamıştır.

3.8 Debi

Numune alma noktalarındaki ortalama debi miktarlarına baktığımızda (Tablo 10) ilk noktadan son noktaya kadar 2. nokta dışında debiler sürekli bir artış göstermiştir. Kuşaklama kanalı olan 2. noktada sadece evsel ve endüstriyel atıksular toplandığı için debisinin düşük olması doğaldır. Başlangıç olarak seçilen Honaz-Karakurt yolu üzerindeki 1. noktadaki

ortalama debi miktarı (64.822 m³/gün) ile Kuşaklama kanalındaki (2. nokta) ortalama debi miktarı (19.990 m³/gün) toplamı, Çürüksu'ya karışmadan önce alınan 3. noktadankinden (74.232 m³/gün) fazladır. Yaklaşık 10.000 m³/gün suyun sulama amaçlı tarımsal arazide kullanılmış olması olasıdır. Çürüksu'ya ait debiler 4., 5. ve 6. noktalardan ölçülmüştür. Çürüksu'ya, Gökpınar Çayı karışmadan önce (4. nokta)

ortalama debi miktarı 339.466 m³/gün iken karışıktan sonra (5. nokta) 415.030 m³/gün olmuştur. Goncalı yöresinde Gümüşçay ile birleştikten sonra akışını sürdüren Çürüksu'ya ait son debi Büyük Menderes Nehri'ne karışmadan önce Sığma Köprüsü'nde (6. nokta) ölçülmüştür. Bu noktada ortalama debi 576.475 m³/gün'dür. Büyük Menderes Nehri'ne Çürüksu karışıktan sonra Sarayköy Köprüsü üzerinde ölçülen son debi ise ortalama 1.483.186 m³/gün olarak bulunmuştur. Bu değerlere göre, Çürüksu'nun Gümüşçay karışmadan önce taşıdığı su miktarının % 18'i Gökpınar Çayı'ndan gelirken, Büyük Menderes Nehri'ne karışmadan önceki son noktada taşıdığı su miktarı % 13'e düşmektedir. Büyük Menderes Nehri'nde ölçülen son debinin % 39'u ise Çürüksu'dan kaynaklanmaktadır.

3.9 Kirlilik Yüklerinin Değerlendirilmesi

Debiler bilindiği için tuzluluk, toplam çözünmüş katı madde, KOİ ve BOİ₅ miktarları hesaplanabilmiş ve numune alma noktalarına göre değerlendirilmiştir.

3.9.1 Tuzluluk

Numune alma noktalarındaki tuzluluk yüklerinin aylara göre değişimleri ve ortalama yükleri incelendiğinde; hesaplanan aylık ortalama tuzluluk yükleri 1.numune alma noktasından 7. noktaya kadar her noktada artış göstermiştir (Tablo 11). En düşük ortalama tuzluluk yükü 4 ton/gün iken en yüksek 971 ton/gün değerine ulaşmıştır.

Gökpınar Çayı'nın Çürüksu'ya verdiği ortalama tuzluluk yükü Gümüşçay Çürüksu'ya karışmadan önce yaklaşık % 7 iken, Büyük Menderes Nehri'ne karışmadan önceki son noktada % 5'e düşmektedir. Çürüksu'nun Büyük Menderes'e verdiği ortalama tuzluluk yükü ise % 63 olarak bulunmuştur.

3.9.2 Toplam Çözünmüş Katı Madde

Numune alma noktalarındaki toplam çözünmüş katı madde (TÇKM) yüklerinin aylara göre değişimleri ile ortalama yükleri incelendiğinde; aylık ortalama toplam çözünmüş katı madde yükleri ilk noktadan son noktaya kadar debi ile doğru orantılı bir artış göstermiştir (Tablo 12). 2. noktada ölçülen toplam çözünmüş katı madde değerinin yüksek olmasına rağmen yükünün diğer noktalara göre düşük olması, debinin az olmasından kaynaklanmaktadır.

Gökpınar Çayı'ndan Çürüksu'ya karışan ortalama TÇKM yükü Gümüşçay karışmadan önce % 9, Çürüksu son noktada % 7 olup, Çürüksu'nun Büyük Menderes Nehri'ne taşıdığı ortalama toplam çözünmüş katı madde yükü ise % 55 olarak bulunmuştur

3.9.3 KOİ ve BOİ₅

Numune alma noktalarındaki KOİ ve BOİ₅ yüklerinin aylara göre değişimleri ile ortalama KOİ ve BOİ₅ cinsinden organik madde yükleri incelendiğinde; hem KOİ hem de BOİ₅ ortalama yükleri başlangıç noktasından son noktaya kadar sürekli bir artış göstermiştir (Tablo 13 ve Şekil 2). KOİ yükü 1. noktada 2,4 ton/gün iken 7. noktada 160,9 ton/gün olmuş, BOİ₅ yükü ise 1. noktada 1 ton/gün'den 7. noktada 65,5 ton/gün'e kadar çıkmıştır. Gökpınar Çayı'nın Çürüksu'ya taşıdığı ortalama yük Gümüşçay karışmadan önce KOİ için % 32 ve BOİ₅ için % 31 olup, Çürüksu'nun son noktasında bu oran KOİ için % 26 ve BOİ₅ için % 24'e düşmüştür. Çürüksu'nun Büyük Menderes Nehri'ne taşıdığı organik yükler ise hem KOİ hem de BOİ₅ için % 28 olarak bulunmuştur.

Nehirlerin kirlilik parametreleri ile ilgili benzer araştırma yapanlardan Gündoğdu ve Turhan [17], Bakırçay Havzası kirlilik etüdü çalışmasında toplam çözünmüş madde

değerlerini 300-800 mg/L, KOİ değerlerini ise 0-800 mgO₂/L olarak belirlemişlerdir. Batkı [18] ise, Gediz Nehri'nin kirliliğini ve İzmir Körfezi'ne yaptığı etkiyi fiziksel ve kimyasal parametrelerin yardımıyla mevsimsel olarak incelemiş ve biyolojik oksijen ihtiyacı ile kimyasal oksijen ihtiyacı değerlerinin değişkenlik gösterdiğini, çözünmüş oksijen ile partikül madde değerlerinin kış mevsiminde arttığını belirterek Gediz Nehri'nin taşıdığı atık suların İzmir Körfezi'nde ekolojik dengeyi tehdit ettiğini söylemiştir.

Okur v.d., [19] Büyük Menderes Nehri'ndeki kirliliğin boyutlarını ortaya çıkarmak amacı ile bazı fiziksel ve kimyasal parametreleri, iz element ve ağır metal içeriklerini, azot fraksiyonlarını ve toplam fosforu analiz ederek sonuçları sulama sularına ait veriler ile kıyaslamışlardır. Buldukları analiz verilerine göre nehir suları aydan aya değişiklik göstermiş ve numune alma noktalarında yüksek kirlilik belirlemişlerdir.

Karahan ve Dikbaş, [20] evsel ve endüstriyel atıksuların Gökpınar Deresi'ne boşaltılması nedeniyle su kalitesinin sulama suyu standartlarını sağlamaktan çok uzak olduğunu belirtmişlerdir.

Boyacıoğlu ve Boyacıoğlu, [21] ise Büyük Menderes Nehri üzerindeki üç farklı noktadan iki yıl süreyle aldıkları su numunelerinde elektriksel iletkenlik, BOİ₅, KOİ, toplam azot, sodyum, potasyum, kalsiyum, toplam koliform, toplam alkalinite, askıda katı madde kalite değişkenlerine ait verileri istatistiksel yöntemler kullanılarak analiz etmişler ve BOİ₅, toplam azot, KOİ, sodyum, toplam koliform için suyun kalite sınıfının II, III ve genelde IV olduğunu tespit etmişlerdir.

4 Sonuç

Denizli sınırları içinde akışını sürdüren Gökpınar Çayı, Çürüksu ve Büyük Menderes Nehri'nin kirlilik parametre ve yüklerinin, seçilen yedi numune alma noktasından bir yıl süresince her ay numune alınıp incelendiği bu çalışmada elde edilen sonuçlar özellikle organik parametreler yönünden kirliliğin sınır değerlerin üstünde olduğu gerçeğini ortaya çıkarmıştır.

Kıtaçi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri temel alınarak değerlendirildiğinde; ölçülen sıcaklık ve pH ortalama değerlerinin 1. sınıf su kalitesi değerlerini sağladığı görülmektedir. Ancak bu parametrelerin bazı noktalarda zaman zaman arttığı özellikle pH değerlerinde 3. ve 4. sınıf su kalitesi sınırlarına ulaştığı görülmüştür. Suyun kirlenme düzeyini belirleyen çözünmüş oksijenin ortalama 3. sınıf su kalitesi değerlerine ulaşmıştır. Toplam çözünmüş katı madde ortalama 2. sınıf su kalitesinde olduğunu göstermiştir. İletkenlik ve tuzluluk değerlerine bakıldığında sonuçların sulama suları için fazla tuzlu olduğu tespit edilmiştir. KOİ ve BOİ₅ değerleri ise 1. nokta dışında 4. sınıf su kalitesi sınırlarının oldukça üzerindedir. Çevre Kanunu "Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Kıtaçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri" ile kıyaslanarak yapılan sınıflandırmada; 1. sınıf su mavi, 2. sınıf su yeşil, 3. sınıf su sarı ve 4. sınıf su kırmızı ile belirtilerek, parametrelerin ortalamalarına göre numunenin alındığı yerdeki akarsuyun hangi kalitede olduğu Tablo 14'de verilmiştir. Akarsu Ürünleri Kanunu ve Sulama Suyu Kriterleri dikkate alınarak iletkenlik de bu tablo da renklendirilmiş ve sınıflandırılmıştır.

Yapılan bu çalışmada; yıllık ortalama debilere göre Çürüksu'yun (Gümüşçay karışmadan önce) % 18'inin Gökpınar Çayı'ndan ve Büyük Menderes Nehri'nin (7. nokta) % 39'unun Çürüksu'dan kaynaklandığı tespit edilmiştir. Ayrıca debiler ölçüldüğü için kirlilik yükleri de hesaplanabilmiştir.

“Türkiye Çevre Atlası”nda da Büyük Menderes Nehri’ne yan kollardan büyük ölçüde kirlilik yükü geldiği, bu yükün evsel, endüstriyel ve tarımsal kirleticilerden kaynaklandığı ve 4. sınıf su kalitesinde olduğu belirtilmiştir [5]. Benzer şekilde Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü’nün yayınladığı Tübitak Mam Çevre Enstitüsü tarafından hazırlanan “Havza Koruma Eylem Final Raporu”nda da Büyük

Menderes Nehri ile Çürüksu ve Gökpınar Çayı’nın kirlilik yüklerinin oldukça fazla olduğu belirtilmiştir [22].

Suların kirlenmesinin önlenmesi, kirlenmiş suların arıtılmasından daha ekonomik olduğu için hem bölgesel hem de ulusal bazda kirletici kaynakların belirlenip suların kontrol altına alınması gerekmektedir.

Tablo 10: Numune alma noktalarındaki debi miktarlarının (m³/gün) aylara göre değişimleri.

Yıl	Ay	Numune Alma Noktaları						
		1. Nokta	2. Nokta	3. Nokta	4. Nokta	5. Nokta	6. Nokta	7. Nokta
2005	Eylül	27.475	12.096	15.206	88.128	101.606	172.800	2.332.800
	Ekim	45.014	17.280	19.440	298.080	317.520	280.800	846.720
	Kasım	57.888	19.440	121.219	483.840	605.059	734.832	907.200
	Aralık	67.133	21.600	139.190	531.187	670.378	799.200	1.019.520
2006	Ocak	66.010	22.896	117.936	553.651	671.587	997.920	1.153.440
	Şubat	62.986	20.736	139.190	622.080	761.270	915.840	1.071.360
	Mart	135.648	22.032	138.240	663.206	801.446	994.982	1.185.322
	Nisan	66.182	23.760	16.243	208.138	224.381	268.099	562.464
	Mayıs	148.608	27.648	96.854	275.530	372.384	667.094	1.185.322
	Haziran	34.387	*	60.739	87.696	148.608	228.960	1.442.880
	Temmuz	30.845	17.280	15.034	120.528	153.101	428.198	3.456.000
	Ağustos	35.683	15.120	11.491	141.523	153.014	428.976	2.635.200
	En düşük	27.475	12.096	11.491	87.696	101.606	172.800	562.464
	En yüksek	148.608	27.648	139.190	663.206	801.446	997.920	3.456.000
	Ortalama	64.822	19.990	74.232	339.466	415.030	576.475	1.483.186

*: Ölçüm yapılamamıştır.

Tablo 11: Numune alma noktalarındaki tuzluluk yüklerinin (ton/gün) aylara göre değişimleri.

Yıl	Ay	Numune Alma Noktaları						
		1. Nokta	2. Nokta	3. Nokta	4. Nokta	5. Nokta	6. Nokta	7. Nokta
2005	Eylül	3	1	8	115	142	190	933
	Ekim	0	9	10	388	349	337	931
	Kasım	0	10	48	532	605	735	816
	Aralık	0	17	70	584	603	799	1.020
2006	Ocak	0	9	47	498	537	998	1.038
	Şubat	6	6	42	560	609	733	857
	Mart	14	24	55	663	721	895	1.067
	Nisan	7	17	10	520	494	483	675
	Mayıs	15	19	39	468	559	734	1.185
	Haziran	0	*	30	175	238	183	433
	Temmuz	0	14	8	325	337	599	1.382
	Ağustos	0	12	6	467	398	643	1.318
	En düşük	0	1	6	115	142	183	433
	En yüksek	15	24	70	663	721	998	1.382
	Ortalama	4	13	31	441	466	611	971

*: Ölçüm yapılamamıştır.

Tablo 12: Numune alma noktalarındaki toplam çözünmüş katı madde yüklerinin (ton/gün) aylara göre değişimleri.

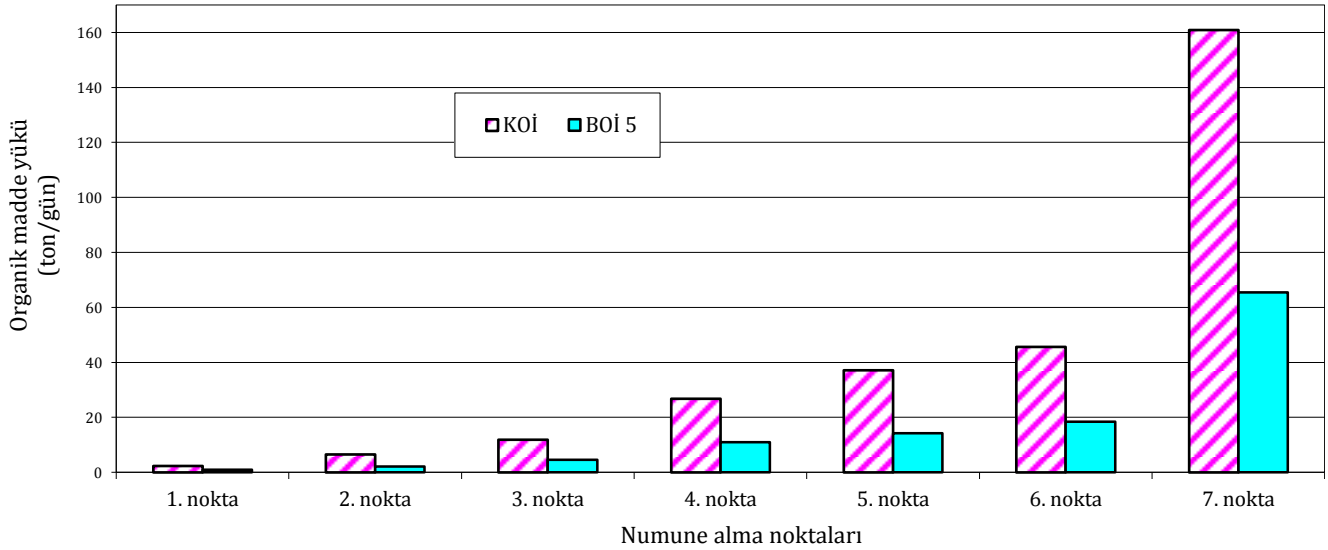
Yıl	Ay	Numune Alma Noktaları						
		1. Nokta	2. Nokta	3. Nokta	4. Nokta	5. Nokta	6. Nokta	7. Nokta
2005	Eylül	9	5	11	116	145	206	1.353
	Ekim	13	12	13	394	361	344	1.009
	Kasım	17	13	72	572	641	794	893
	Aralık	20	19	93	610	680	864	1.085
2006	Ocak	20	15	68	569	637	1.100	1.185
	Şubat	19	11	77	633	723	882	1.015
	Mart	46	25	81	696	791	993	1.185
	Nisan	21	20	12	546	507	455	699
	Mayıs	45	22	56	450	543	778	1.265
	Haziran	10	*	42	163	233	215	752
	Temmuz	9	16	10	329	362	602	1.977
	Ağustos	11	13	8	465	407	642	1.839
	En düşük	9	5	8	116	145	206	699
	En yüksek	46	25	93	696	791	1.100	1.977
	Ortalama	20	16	45	462	502	656	1.188

*: Ölçüm yapılamamıştır.

Tablo 13: Numune alma noktalarındaki KOİ ve BOİ₅ yüklerinin (ton/gün) aylara göre değişimleri.

Yıl	Ay	Numune Alma Noktaları													
		1. Nokta		2. Nokta		3. Nokta		4. Nokta		5. Nokta		6. Nokta		7. Nokta	
		KOİ	BOİ ₅	KOİ	BOİ ₅	KOİ	BOİ ₅	KOİ	BOİ ₅	KOİ	BOİ ₅	KOİ	BOİ ₅	KOİ	BOİ ₅
2005	Eylül	0,9	0,3	1,1	0,3	1,1	0,4	6,6	2,2	8,8	3,1	51,8	21,6	165,6	70,0
	Ekim	4,7	1,7	10,5	2,4	6,1	1,6	47,7	17,3	65,7	23,5	41,6	17,4	115,2	48,3
	Kasım	4,1	2,0	6,8	2,5	29,8	9,5	32,4	12,6	56,9	23,6	38,9	14,0	49,9	30,8
	Aralık	1,0	0,6	6,5	2,2	48,6	15,2	31,9	9,0	38,9	10,7	51,1	20,8	71,4	25,5
	Ocak	2,3	0,8	10,9	3,8	7,9	4,5	48,7	18,8	88,0	29,5	47,9	22,0	109,6	41,5
	Şubat	2,1	1,3	4,1	1,5	20,2	9,0	28,0	14,3	42,6	16,7	18,3	11,0	40,7	17,1
	Mart	1,9	1,4	8,5	3,5	14,1	5,3	33,2	11,9	58,5	25,6	197,0	64,7	61,6	23,7
	Nisan	2,3	0,9	13,4	3,4	0,5	0,2	18,3	11,0	15,3	7,9	11,5	7,8	25,3	12,4
2006	Mayıs	3,9	1,3	3,7	1,9	7,6	4,1	17,9	9,9	18,2	7,1	18,7	14,7	40,3	13,0
	Haziran	2,3	1,3	*	*	5,3	3,0	7,1	5,4	10,7	6,7	16,7	11,0	56,3	36,1
	Temmuz	0,9	0,4	2,6	0,8	0,7	0,4	28,1	10,6	21,0	11,5	25,7	14,6	99,8	466,6
	Ağustos	1,9	0,2	3,2	0,7	1,3	0,4	21,4	8,1	21,3	4,8	29,3	1,1	196,1	1,4
	En düşük	0,9	0,2	1,1	0,3	0,5	0,2	6,6	2,2	8,8	3,1	11,5	1,1	25,3	1,4
	En yüksek	4,7	2,0	13,4	3,8	48,6	15,2	48,7	18,8	88,0	29,5	197,0	64,7	99,8	466,6
	Ortalama	2,4	1,0	6,5	2,1	11,9	4,5	26,8	10,9	37,2	14,2	45,7	18,4	160,9	65,5

*: Ölçüm yapılamamıştır.



Şekil 2: Numune alma noktalarına göre KOİ ve BOİ₅ cinsinden ortalama organik madde yükleri.

Tablo 14. Parametrelerin ortalamalarına göre suların sınıflandırılması.

	I. Sınıf	II. Sınıf	III. Sınıf	IV. Sınıf
Sıcaklık				
pH				
Çözünmüş oksijen				
Toplam çözünmüş katı madde				
KOİ				
BOİ ₅				
İletkenlik (tuzluluk sınıfı)				
	4.sınıf	3.sınıf	2.sınıf	1.sınıf

Doğa belli ölçüde kendi kendini yenileyebilmektedir, ancak insan nüfusu doğanın limitlerini aşmış ve kullanılan sular tabii yollardan temizlenemeyecek hale gelmiştir. Yaşanabilir bir çevre için doğal kaynakların iyileştirilmesi ve korunması, kirlenme kaynaklarında önlemlerin alınması, atıksu deşarj sınır değerlerinin aşılmaması gerekmektedir. Endüstri tesisleri kurulurken kirlenmeyi azaltacak çevre dostu teknolojiler kullanılması kirliliği önlemede yardımcı olabilir. Ayrıca maliyeti

yüksek olmayan arıtma teknolojileri uygulanması evsel, kentsel, tarımsal ve endüstriyel kaynaklardan oluşan kirlenmeyi azaltmada etkili olabilir. Gökpınar Çayı ve Çürüksu'nun kirliliğini önlemek için atıksuların bu çaylara karışmasının önlenmesi gerekmektedir.

2007 yılında işletmeye alınan Denizli Merkez Atıksu Arıtma Tesisi tam kapasite ile çalıştığına kirliliğin azalmasına katkıda bulunacaktır. Ayrıca Denizli'nin nüfus artışı hızıyla

ilgili yapılacak öngörüler ile katı atık depolama alanlarının yeterli düzeye getirilerek sızıntı sularının arıtımlarının yapılması sağlanmalıdır. Yeterli miktarda atıksu arıtım tesisleri yapılarak kentsel alanlardan ve endüstriyel tesislerden kaynaklanan kirlilik yüklerinin bu tesislerde bertaraf edilmesine çalışılmalıdır. Denizli'deki üretim tesislerinin maliyetleri yüksek de olsa mutlaka arıtımlarını yaparak atıksu deşarj sınırlarının altına indirmeleri gerekmektedir. Atıksu arıtım tesisi bulunan sanayi kuruluşlarının tesislerinin de denetlenmesi ve tam kapasite de çalışması sağlanmalıdır. Ayrıca tekstil ve boya sanayi atıksularında mevcut olabilen renk parametresinin standart bir sınırı olmadığı için alıcı ortama verilen renkli sular, ortama çözünmüş oksijen ve güneş ışınlarının girişini engelleyerek alıcı ortamlardaki doğal hayatı etkileyebilmekte ve zarar oluşturan kimyasal maddeler de canlı ortama zarar verebilmektedirler [22]. Bu nedenle renk parametresinin de standart bir sınırı olması su kalitesi açısından önemli olabilir. Atıksuların ekolojik ve ekonomik olarak geri kazanımı gerçekleştirilebilirse; hem kirlilik bir ölçüde bertaraf edilebilir hem de üretim tesislerinde, tarımda ve kentsel alanlardaki geri kazanılmış atıksu kullanımıyla mevcut su rezervleri tüketilmemiş olur. Tarımda kullanılan tarımsal ilaçlar ve gübrelerin çeşitleri, miktarları ile kullanım şekilleri konusunda çiftçileri bilgilendirerek kirlilik yüklerini azaltacak eğitim çalışmaları yapılması ve iyi tarım veya organik tarıma yönlendirilmeleri de faydalı olacaktır.

5 Teşekkür

Bu çalışmanın gerçekleştirdiği dönemde, DSİ Denizli Şube Müdürü olan sayın Nuri ÜNLÜ ve Başmühendis Hakan İLHAN ile Hidroloji Bölümü görevlilerinden Necati BEYHAN, Erkan GÜRSOY ve Muzaffer SARI'ya numune alma noktalarının belirlenmesi ve debi ölçümlerinin yapılmasındaki yardımlarından dolayı ve ayrıca çalışmanın yazımı aşamasındaki öneri ve katkıları için sayın Doç. Dr. Yusuf YILMAZ'a da teşekkür ederiz.

6 Kaynaklar

- [1] Orhon, D., Sözen, S., Üstün, B., Görgün, E. ve Karahan G. Ö., Su Yönetimi ve Sürdürülebilir Kalkınma, **Çevre ve Sürdürülebilir Kalkınma Paneli**, İstanbul, 40 s, 2002.
- [2] Taşkaya, B., Tarım ve Çevre, **T.C.Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Tarımsal Ekonomi Araştırma Enstitüsü TEAE- Bakış**, 5(1):11-15, 2004.
- [3] Göksoy, M. Z. L., Su Kirliliği, **Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları** No:7, Adana, 221 s, 2003.
- [4] Anonim, Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı Su Havzaları, Kullanımı ve Yönetimi Özel İhtisas Komisyonu Raporu, **DPT**, DPT:2555-ÖİK: 571, Ankara, 189 s, 2001.
- [5] Anonim, Türkiye Çevre Atlası IV Su, **T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Çed ve Planlama Genel Müdürlüğü Çevre Envanteri Dairesi Başkanlığı**, Ankara, 63-94, 2007.
- [6] Kaplan, Y., Sarıdoğan, D., Çoban, U. ve Aydın, A., Denizli 2004 Yılı İl Çevre Durum Raporu, **T.C. Denizli Valiliği İl Çevre Orman Müdürlüğü**, Denizli, 81-99, 2004.
- [7] Gözlükaya, T., Denizli İlinde Tekstil Sektörünün Gelişimi ve İl Ekonomisine Katkıları, Uzmanlık Tezi, **İçişleri Bakanlığı Araştırma, Planlama ve Koordinasyon Kurulu Başkanlığı**, Ankara, 81 s, 2005.
- [8] Anonim, "Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Numune Alma ve Analiz Metodları Tebliği", **T.C. Resmi Gazete** (7 Ocak 1991), Ankara, sayı:20748, 1991.

- [9] Tchobanoglous, G. and Burton, F. L., Wastewater Engineering, Treatment, Disposal and Reuse (Metcalf and Eddy), **McGraw-Hill Inc.**, New York, 1362 s, 1991.
- [10] Gülümser, G. ve Çolak, S., Retenaj İşlemi Sırasında Ortaya Çıkan Atık Sıvıların Çevre Kirliliği Açısından İncelenmesi Üzerine Bir Araştırma, **Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, 38(2-3): 157-164, 2001.
- [11] Dişli, M., Akkurt, F. ve Alıcılar, A., Şanlıurfa Balıklıgöl Suyunun Bazı Kimyasal Parametrelerinin Mevsimlere Göre Değişiminin Değerlendirilmesi, **Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi**, 19 (3): 287-294, 2004.
- [12] Güler, Ç. ve Çobanoğlu, Z., Su Kalitesi, **Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi** No: 43, Ankara, s 92, 1997.
- [13] Sönmez, İ. ve Kaplan, M., Demre Yöresi Seralarında Toprak ve Sulama Sularının Tuz İçeriğinin Belirlenmesi, **Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, 17(2), 155-160, 2004.
- [14] Anonim, Doğu Anadolu Projesi Ana Planı Mevcut Durum ve Analizi, Cilt IV Yerel Özellikler, Yerleşmeler, Genel Değerlendirme, **T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı**, 281-316, 2000.
- [15] Kanber, R., Çullu, M.A., Kendirli, B., Antepli, S. ve Yılmaz, N., Sulama, Drenaj ve Tuzluluk, **Türkiye Ziraat Mühendisliği VI. Teknik Kongresi**, Ankara, 213-251, 2005.
- [16] Kaplan, M. ve Sönmez, S., Belek Özel Çevre Koruma Alanı Akarsularının Su Kalitelerinin ve Kirleticilerinin Değerlendirilmesi, **Ekoloji Çevre Dergisi**, 9(34):21-26, 2000.
- [17] Gündoğdu, V. ve Turhan, D., Bakıçay Havzası Kirlilik Etüdü Çalışması, **Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi**, 6 (3): 65-83, 2004.
- [18] Batki, H., Gediz Nehri'nde Kimyasal Parametrelerin Değerlendirilmesi, Doktora Tezi, **Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İzmir, 93 s, 2002.
- [19] Okur, B., Yener, H., Okur, N. ve İrget, E., Büyük Menderes Nehri'ndeki Bazı Kirletici Parametrelerin Aylık ve Mevsimsel Olarak Değişimi, **Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi**, 7(2):243-250, 2001.
- [20] Karahan, H. ve Dikbaş, F., Gökpınar Barajı Su Kalitesinin Korunması, Denizli'de Sanayileşme ve Kentleşme Sempozyumu, **TMMOB Makine Mühendisleri Odası Denizli Şubesi**, Denizli, 35-46, 1999.
- [21] Boyacıoğlu, H. ve Boyacıoğlu, H., Su Kalitesinin İstatistiksel Yöntemlerle Değerlendirilmesi, **Su Kirlenmesi Kontrolü Dergisi**, 14 (3): 9-17, 2004.
- [22] Web., Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, http://www.cygm.gov.tr/CYGM/Files/Guncelbelgeler/HAVZA_FINAL/Byuyuk_Menderes/B.Menderes_Havzası.pdf, 2012.

Ek A

Ek 1: Su Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliği'ne göre Kıtaçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri.

Su Kalite Parametreleri	Su Kalite Sınıfları			
	I	II	III	IV
KİTAİÇİ SU KAYNAKLARININ SINIFLARINA GÖRE KALİTE KRİTERLERİ				
A) Fiziksel ve İnorganik- Kimyasal Parametreler				
1) Sıcaklık (°C)	25	25	30	> 30
2) pH	6.5-8.5	6.5-8.5	6.0-9.0	6.0-9.0 dışında
3) Çözünmüş oksijen (mg O ₂ /L) ^a	8	6	3	< 3
4) Oksijen doygunluğu (%) ^a	90	70	40	< 40
5) Klorür iyonu (mg Cl ⁻ /L)	25	200	400 ^b	> 400
6) Sülfat iyonu (mg SO ₄ ⁼ /L)	200	200	400	> 400
7) Amonyum azotu (mg NH ₄ ⁺ -N/L)	0.2 ^c	1 ^c	2 ^c	> 2
8) Nitrit azotu (mg NO ₂ ⁻ -N/L)	0.002	0.01	0.05	> 0.05
9) Nitrat azotu (mg NO ₃ ⁻ -N/L)	5	10	20	> 20
10) Toplam fosfor (mg P/L)	0.02	0.16	0.65	> 0.65
11) Toplam çözünmüş madde (mg/L)	500	1500	5000	> 5000
12) Renk (Pt-Co birimi)	5	50	300	> 300
13) Sodyum (mg Na ⁺ /L)	125	125	250	> 250
B) Organik Parametreler				
1) Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) (mg/L)	25	50	70	> 70
2) Biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ) (mg/L)	4	8	20	> 20
3) Toplam organik karbon (mg/L)	5	8	12	> 12
4) Toplam kjeldahl-azotu (mg/L)	0.5	1.5	5	> 5
5) Yağ ve gres (mg/L)	0.02	0.3	0.5	> 0.5
6) Metilen mavisi ile reaksiyon veren yüzey aktif maddeleri (MBAS) (mg/L)	0.05	0.2	1	> 1.5
7) Fenolik maddeler (uçucu) (mg/L)	0.002	0.01	0.1	> 0.1
8) Mineral yağlar ve türevleri (mg/L)	0.02	0.1	0.5	> 0.5
9) Toplam pestisid (mg/L)	0.001	0.01	0.1	> 0.1
C) İnorganik Kirlenme Parametreleri^d				
1) Civa (µg Hg/L)	0.1	0.5	2	> 2
2) Kadmiyum (µg Cd/L)	3	5	10	> 10
3) Kurşun (µg Pb/L)	10	20	50	> 50
4) Arsenik (µg As/L)	20	50	100	> 100
5) Bakır (µg Cu/L)	20	50	200	> 200
6) Krom (toplam) (µg Cr/L)	20	50	200	> 200
7) Krom (µg Cr ⁺⁶ /L)	Ölçülmeyecek kadar az	20	50	> 50
8) Kobalt (µg Co/L)	10	20	200	> 200
9) Nikel (µg Ni/L)	20	50	200	> 200
10) Çinko (µg Zn/L)	200	500	2000	> 2000
11) Siyanür (toplam) (µg CN/L)	10	50	100	> 100
12) Florür (µg F ⁻ /L)	1000	1500	2000	> 2000
13) Serbest klor (µg Cl ₂ /L)	10	10	50	> 50
14) Sülfür (µg S ⁼ /L)	2	2	10	> 10
15) Demir (µg Fe/L)	300	1000	5000	> 5000
16) Mangan (µg Mn/L)	100	500	3000	> 3000
17) Bor (µg B/L)	1000 ^e	1000 ^e	1000 ^e	> 1000
18) Selenyum (µg Se/L)	10	10	20	> 20
19) Baryum (µg Ba/L)	1000	2000	2000	> 2000
20) Alüminyum (mg Al/L)	0.3	0.3	1	> 1
21) Radyoaktivite (pCi/L)				
alfa-aktivitesi	1	10	10	> 10
beta-aktivitesi	10	100	100	> 100
D) Bakteriyolojik Parametreler				
1) Fekal koliform (EMS/100 mL)	10	200	2000	> 2000
2) Toplam koliform (EMS/100 mL)	100	20000	100000	> 100000

(a) Konsantrasyon veya doygunluk yüzdesi parametrelerinden sadece birinin sağlanması yeterlidir.

(b) Klorüre karşı hassas bitkilerin sulanmasında bu konsantrasyon limitini düşürmek gerekebilir.

(c) pH değerine bağlı olarak serbest amonyak azotu konsantrasyonu 0.02 mg NH₃-N/L değerini geçmemelidir.

(d) Bu gruptaki kriterler parametreleri oluşturan kimyasal türlerin toplam konsantrasyonlarını vermektedir.

(e) Bora karşı hassas bitkilerin sulanmasında kriteri 300 µg/L'ye kadar düşürmek gerekebilir.