

Sulama Göleti Suyunun Yüzeysel Su Kalitesi ve Sulama Suyu Kalitesi Açısından Değerlendirilmesi; Uşak İli Güllübağ Göleti Örneği

Esra BOZAN KAPDI^{1*}, Barış Bülent AŞIK¹

Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak ve Bitki Besleme Bölümü, Bursa, TÜRKİYE

Alınış tarihi: 26 Mayıs 2021

Düzeltilme tarihi: 3 Haziran 2021

Kabul tarihi: 25 Haziran 2021

Özet: Su kaynaklarının kalitesinin belirlenmesi ve izlenmesi, kullanım amacına bağlı olarak büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada, Uşak ilinde sulama amaçlı kullanılması planlanan Güllübağ baraj göletinden farklı dönemlerde (Mart, Mayıs ve Temmuz) alınan su örnekleri yüzeysel su kalitesi ve sulama suyu kalite parametreleri açısından değerlendirilmiştir. Su örneklerinde yönetmeliklerde belirtilen fiziksel ve kimyasal analizler yapılmış ve sınır değerler ile karşılaştırılmıştır. Çalışmada gölet suyu sulamaya uygunluk açısından; Elektriksel İletkenlik (EC), ve Toplam Sertlik (TS) değerleri ile Sodyum Adsorbsiyon Oranı (SAR), Sodyum Yüzdesi (%Na), Magnezyum Adsorbsiyon Oranı (MAR), Potansiyel Tuzluluk (PS) ve Permeabilite İndeksi (PI), Kelley İndeksi (KI) gibi parametreler kullanılmıştır. Elde olunan sonuçlara göre Güllübağ göleti amonyum azotu, nitrat azotu, nitrit azotu, toplam kjeldahl azotu ve toplam fosfor içeriği bakımından yüzeysel su kalitesi olarak 3. ve 4. sınıfta yer aldığı, Cl ve SO₄ içeriği açısından 2. ve 1 sınıf, B konsantrasyonu açısından ise 2. sınıf, N bileşikleri açısından 4.sınıf, BOİ 3. sınıf, KOİ 2. sınıf sulama suyu olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca sulamaya uygunluk açısından hesaplanan parametreler değerlendirildiğinde; Güllübağ sulama göleti suyu % Na değeri 52.8 ile 54.6 arasında, SAR değeri 3.1 ile 3.5, MAR değeri 35.6 ile 37.1, TDS değerleri 782 ile 1038 mg L⁻¹, PS açısından değerlendirildiğinde 4.41-5.72 meq L⁻¹, Kelley indeks değerleri 0.94 ile 1.0 ve PI değerleri 72.5 ile 74.9 arasında değişim göstermiştir. Analizi yapılan ağır metaller açısından sulama yönünden bir problem bulunmamaktadır. Sonuç olarak, değerlendirilen su kaynağının sulama amaçlı kullanımında dikkatli olunması ve toprak özellikleri ile yetiştirilecek bitkinin toleransları da dikkate alınarak uygulamalar yapılmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Yüzeysel su, Sulama, Kalite Parametreleri, Gölet

Evaluation of Irrigation Pond Water in Terms of Surface Water Quality and Irrigation Water Quality; Sample of Güllübağ Pond in Usak Province

Received: 26 May 2021

Received in revised: 03 June 2021

Accepted: 25 June 2021

Abstract: Determining and monitoring the quality of water resources is of great importance depending on the purpose of usage. In this study, water samples were taken from the Güllübağ dam pond, which was planned to be used for irrigation, in different periods (March, May and July). water samples were evaluated in terms of surface water quality and irrigation water quality parameters. The results obtained from the water samples have been made physical and chemical analyzes specified in the regulations and compared with the limit values. In the study, Electrical Conductivity (EC) and Total Hardness (TS) values and parameters such as Sodium Adsorption Rate (SAR), Sodium Percentage (Na%), Magnesium Content (MR), Potential Salinity (PS) Permeability Index (PI) and Kelley Index (KI) in pond water It has been evaluated in terms of suitability for irrigation.

According to the results obtained, Güllübağ Pond was evaluated in 3rd and 4th class as surface water quality in terms of NH₄-N, NO₃-N, NO₂-N, total kjeldahl nitrogen and total phosphorus content. In addition, the samples were evaluated as 2nd and 1st class in terms of Cl and SO₄ content, 2nd class in terms of B concentration, 4th class in terms of N compounds, BOD 3rd class, COD 2nd class irrigation water. When the parameters calculated in terms of suitability for irrigation were evaluated; Güllübağ irrigation pond water Na value between 52.8 and 54.6%, SAR value between 3.1 and 3.5, MAR value 35.6 and 37.1, TDS values 782 and 1038 mg L⁻¹, PS values 4.41-5.72 meq L⁻¹, Kelley index values 0.94 and 1.0 and PI values ranged from 72.5 to 74.9. When the analyzed heavy metals were compared with the limit values, no problem was found in terms of irrigation. Consequently, the water applications should be done carefully, taking into account the soil characteristics and the tolerance of the plant to be grown in the use of the water resource for irrigation purpose.

Key words: Surface Water, Irrigation, Quality Parameters, Pond

To Cite: Kapdı, E.B, B.B. Asik 2021. Evaluation of Irrigation Pond Water in Terms of Surface Water Quality and Irrigation Water Quality; Sample of Güllübağ Pond in Usak Province. Journal of Biosystems Engineering 1 (2): 52-69

1. Giriş

Dünyada temiz kullanılabilir suların kısıtlı oluşu, endüstriyel gelişmelerdeki artışa paralel olarak su kaynaklarının bilinçsiz bir şekilde kirletilmesi, dünya nüfusundaki artışa bağlı olarak su tüketim ve ihtiyacın artması suyu stratejik bir kaynak haline getirmiştir. Tükenme ve kirlenme tehdidi altında bulunan su kaynakları potansiyelinin bilinmesi ve sürdürülebilir kullanımı yönünde plan ve programların hazırlanması büyük önem taşımaktadır. Su kaynaklarının sürdürülebilirliği suyun her alanda etkin kullanımı ile mümkün olabilir (Kara, 2005). Ülkemizde ise nüfusun 85 milyona yaklaşması ile kaliteli içme ve kullanma suyunun sağlanabilmesi, sanayinin ve tarımsal üretimde su ihtiyacının karşılanabilmesi için mevcut su kaynaklarının etkili ve verimli kullanılması gerekmektedir. Bu durum ancak doğru bir su yönetimi ile mümkün olabilir (Dorak ve ark., 2019).

Su kaynaklarının yönetimi noktasında iki temel konu bulunmaktadır: birinci olarak su kaynaklarının korunması, diğer bir konu ise su kaynaklarının kullanımının yönetimidir (Aksungur ve Firidin, 2008).

Su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımına karar verme noktasında değerlendirilecek suyun her açıdan kalite ve özelliklerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu noktada yönetmelikte belirtilen değerler dikkate alınmalıdır. Bu konuda ülkemizde suyu yönetimine yönelik çalışmalar ve sınırlamalar bulunmaktadır. 2015 yılında yürürlüğe giren “Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği” buna örnek verilebilir (YSKYY, 2015). Bu yönetmelikte su kaynaklarının fizikokimyasal kimyasal, biyolojik ve hidromorfolojik kalite kriterleri, sınıflandırılmaları, su kalitesinin izlenmesi ve suların kullanım amaçlarının sürdürülebilir kalkınma hedefleri ile uyumlu bir şekilde korunması, kullanım dengesinin gözetilmesi ve “iyi su” durumuna getirilebilmesi amacıyla alınacak tedbirlere yönelik usul ve esaslar belirtilmiştir. Aynı zamanda suyun sulama amaçlı kullanılması durumunda göz önünde bulundurulması gereken parametreler ve sınırlamalar “Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği” de belirtilmiştir (SKKY, 1991).

Günümüzde hayati öneme sahip su kaynaklarının hangi amaçla kullanılacağı veya özelliklerine bağlı olarak kullanılabilmesi noktasında sektörler arasında bir yarış bulunmaktadır Aksoy ve ark. (2014) 'a göre su kaynakları; içme ve kullanma, hayvanlar ve doğal hayatın devamı için gerekli su ihtiyacı, tarımsal sulama suyu, enerji ve sanayi suyu, ticaret, turizm, balıkçılık vb. su ihtiyacı şeklinde sınıflandırılmıştır. Dünyada gelişmişliğin bir

göstergesi olarak su kullanımı şekli de bir parametre olarak gösterilmektedir. Örneğin az gelişmiş ülkelerde tarımsal amaçlı su kullanımı %70'ler civarında iken, gelişmiş ülkelerde tarım dışı diğer su kullanım oranı %65'e ulaşmaktadır (Aksungur ve Firidin, 2008; Ochqun, 2015).

Su tarımsal üretimde verimliliğin sağlanmasında en önemli girdilerin başında gelmektedir. Sulama amaçlı suyun sağlanmasının yanında bu su kaynağının sulama suyu kalitesi de büyük önem taşımaktadır. İyi kalitede olmayan suların sulama amaçlı olarak kullanılması sonucu topraklarda önemli sorunlar ortaya çıkabilmektedir. Bu sorunların giderilmesi ise uzun zaman ve maliyet almaktadır. Bu nedenle öncelikle sulamada kullanılacak suyun analizlerle kalitesinin belirlenmesi ve araziye verilecek su miktarı ve toprak özellikleri üzerine etkileri göz önünde bulundurularak sulama projeleri planlaması yapılmalıdır. Sularda bulunan kimi anyon ve katyonlar bitkilere toksik etki yapabildiğinden dolayı öncelikle sulama suları anyon ve katyon açısından değerlendirilmektedir. Bu anyonların en önemlileri ise bor (B) ve klor (Cl) dur. Bor tüm sulama sularında değişik miktarlarda bulunabilir. Bor elementinin önemi, yeterlilik ve toksik sınırının çok yakın ve düşük olmasıdır. Sulama sularında bulunan Ca ve Mg, sularda sertlik yaratabilecek düzeye çıkabilir. Bu durum toprak özellikleri üzerine önemli etkiye sahiptir. Yine aşırı Na toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerine olumsuz etki yapmakta, bazı durumlarda bitkilere toksik etkide bulunmaktadır. Ayrıca sulamada kullanılacak sular ağır metaller ve iz elementler açısından da değerlendirilmelidir. Ayrıca sulama suyu kaynakları sulamaya uygunluk açısından EC (Elektriksel iletkenlik), SAR (sodyum adsorbsiyon oranı), %Na (sodyum yüzdesi), MAR (magnezyum adsorbsiyon oranı), PS (potansiyel tuzluluk), KI (Kelley indeksi) ve PI (permeabilite indeksi) gibi parametreler kullanılmaktadır.

Bu çalışmada, Uşak İlinde bulunan Devlet Su İşleri tarafından yapılarak işletmeye açılan ve tarımsal sulama amaçlı faydalanılan Güllübağ Göletinin suyu; sulama dönemi öncesi, sezon başında ve sulama sezonu ortasında olmak üzere farklı 3 dönemde su kalitesi; yüzeysel su kalitesi ve sulama suyu kalitesi açısından değerlendirilmiştir.

2. Materyal ve yöntem

2.1. Araştırma alanının konumu

Araştırmaya konu olan Güllübağ sulama göleti Uşak İli Eşme İlçesinde ve Büyük Menderes Havzasında yer almaktadır. 2015 yılında DSİ tarafından işletmeye alınmış ve net

sulama alanı 95 hektar olarak planlanmıştır. Uşak ili sulama yapılabilir arazi büyüklüğü 28215 ha olup bu arazinin 18844 ha'lık kısmı sulamaya açılmış durumdadır (DSİ, 2019).



Şekil 1. Güllübağ Göleti ve sulama havzası

2.2. Su örneklerinin alınması ve analiz yöntemleri

Çalışma kapsamında sulama göletinin bazı fiziksel ve kimyasal parametrelerini belirlemek amacıyla; sulama sezonu öncesinde ve sulama sezonu başında ve ortasında (Mart, Mayıs, Temmuz) üç farklı dönemde su örnekleri dipsavak çıkış noktasından numune alma kurallarına göre 1 litre olarak numune alma kapları kullanılarak alınmıştır (Ayyıldız, 1983). Numunelerde pH ve EC, sıcaklık değerleri arazi koşullarında belirlenmiştir. Su örneklerinin analizleri İzmir İli DSİ 2. Bölge Müdürlüğü laboratuvarında yapılmıştır. Su örneklerinde “Yüzeysel Su Kalitesi Yönetmeliği” EK-5’te yer alan Kıta İçi Yerüstü Su Kaynaklarının Genel Kimyasal ve Fizikokimyasal kalite parametreleri olarak belirtilen analizler Çizelge 1’de verilmiştir (YSKYY, 2015).

Su örneklerinde elde edilen değerler Kıta İçi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterlerine göre değerlendirilmiştir (YSKYY, 2015). Su örnekleri analiz sonuçları sulama suyu kalitesi açısından değerlendirilmesinde kullanılan sınır değerler ve parametreler ise Çizelge 2, 3 ve 4’de verilmiştir (SKKY, 1991).

Çizelge 1. Su analiz parametreleri ve kullanılan metotlar

Parametreler	Kullanılan Metotlar
Renk PT-Co Skalası	SM 2120 C
pH	TS EN ISO 10523
EC	TS 9748 EN 27888
Yağ-Gress	STMD 5520
Çözünmüş Oksijen, Çözünmüş Oksijenin Doygunluk Oranı	TS EN ISO 5814
BOİ	STMD 5210
KOİ	KİT
AKM	TS EN 872
Toplam Katı Madde	TS 7093
Toplam Sertlik, (CaCO ₃)	SM 2340 B
Toplam Azot, Kjeldahl Azotu, Amonyum Azotu, Nitrit Azotu, Nitrat Azotu	STMD 4500 N, Hesap Yöntemi, bSTMD 4500 N,STMD 4500 NH ₃ ,TS EN ISO 14911, TS EN ISO 10304-1, TS EN ISO 10304-1
Toplam Fosfor	TS 7889
Alüminyum, Arsenik, Berilyum, Bakır, Baryum, Bor, Civa, Çinko, Demir, Florür, Kadmiyum, Kobalt, Krom, Kurşun, Lityum, Molibden, Vanadyum, Mangan, Nikel, Selenyum, Siyanür	EPA 200.8 TS EN ISO 17294-1 ve TS EN ISO 17294-2
Anyonlar (Karbonat, Bikarbonat, Klorür, Sülfat)	STMD 2320 B, TS EN ISO 10304-1
Katyonlar (Sodyum, Potasyum, Kalsiyum, Magnezyum)	TS EN ISO 14911

Çizelge 2. Sulama Suyu Kalitesi Sınır değerleri

	I. sınıf su (çok iyi)	II. sınıf su (iyi)	III. sınıf su (kullanılabilir)	IV. sınıf su (ihtiyatla kullanılabilir)	V. sınıf su (zararlı uygun değil)
Sıcaklık (°C)	30	30	35	40	> 40
pH	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5	6-9	<6 veya >9
EC, µS cm	0-250	250-750	750-2000	2000-3000	>3000
SAR	<10	10-18	18-26	>26	-
RSC, meq L ⁻¹	<1.25	1.25-2.50	>2.50	-	-
Klorür (Cl), mg L ⁻¹	0-142	142-249	249-426	426-710	>710
Sülfat (SO ₄), mg L ⁻¹	0-192	192-336	336-575	576-960	> 960
Toplam tuz, mg L ⁻¹	0-175	175-525	525-1400	1400-2100	> 2100
Bor (B), mg L ⁻¹	0-0.5	0.5-1.12	1.12-2.0	> 2.0	-
NO ₃ veya NH ₄ , mg L ⁻¹	0-5	5-10	10-30	30-50	>50
BOİ, mg L ⁻¹	0-25	25-50	50-100	100-200	>200
AKM, mg L ⁻¹	20	30	45	60	>100
Sulama suyu sınıfı	C1S1	C1S2, S2C2, C2S1	C1S3, C2S3, C3S3, C3S2, C3S1	C1S4, C2S4, C3S4, C4S4, C4S3, C4S2, C4S1	-

Çizelge 3. Sulama sularında ağır metal sınır değerleri

Elementler	Birim alana verilebilecek maksimum toplam miktarlar, kg ha ⁻¹	İzin verilen maksimum konsantrasyonlar	
		Her türlü zeminde sürekli sulama yapılması durumunda sınır değerler mg l ⁻¹	pH değeri 6,0-8,5 arasında olan killi zeminlerde 24 yıldan daha az sulama yapıldığında, mg l ⁻¹
Alüminyum	4600	5.0	20.0
Arsenik	90	0.1	2.0
Berilyum	90	0.1	0.5
Bor	680	3	2.0
Kadmiyum	9	0.01	0.05
Krom	90	0.1	1.0
Kobalt	45	0.05	5.0
Bakır	190	0.2	5.0
Florür	920	1.0	15.0
Demir	4600	5.0	20.0
Kurşun	4600	5.0	10.0
Lityum	-	2.5	2.5
Manganez	920	0.2	10.0
Molibden	9	0.01	0.05
Nikel	920	0.2	2.0
Selenyum	16	0.02	0.02
Vanadyum	-	0.1	1.0
Çinko	1840	2.0	10.0

Çalışma kapsamında alınan su örnekleri aşağıda belirtilen sulama suyu kalite parametreleri hesaplanarak sulamaya uygunlu durumu değerlendirilmiştir. Ele alınan parametreler ve hesaplamada kullanılan formüller aşağıda verilmiştir.

1. Yüzde sodyum (%Na) : $(Na + K) * 100 / (Na + K + Ca + Mg)$
2. Sodyum adsorbsiyon oranı (SAR) : $Na / ((Ca + Mg) / 2)^{0.5}$
3. Kalıntı sodyum karbonat (RSC) : $(CO_3 + HCO_3) - (Ca + Mg)$
4. Magnezyum oranı (MAR) : $Mg * 100 / (Ca + Mg)$
5. Toplam çözünmüş madde (TDS) : $0.64 * EC$
6. Potansiyel tuzluluk (PS) : $CI + (0,5 * SO_4)$
7. Kelley oranı (KI) : $Na / (Ca + Mg)$
8. Permeabilite indeksi (PI%) : $(Na + HCO_3^{0.5}) * 100 / (Ca + Mg + Na)$

Çizelge 4. Sulama suyu değerlendirme kriterleri

Parametreler	Aralıklar	Sınıflar
EC, elektriksel iletkenlik, $\mu S cm^{-1}$ (Richars, 1954)	<250	Düşük
	250-750	Orta
	750-2250	Yüksek
	>2250	Çok yüksek
SAR (Ayers ve Westcot, 1985)	0-10	Çok iyi
	10-18	İyi

	18-26	İhtiyatlı kullanılabilir
	>26	Kullanılamaz
TDS, mg l ⁻¹ Bauder ve ark., 2011	500	Düşük
	500-1000	Orta
	1000-2000	Yüksek
	2000-5000	Çok yüksek
	<20	Mükemmel
%Na, (Wilcox, 1955)	20-40	İyi
	40-60	İzin verilebilir
	60-80	Şüpheli
	>80	Uygun değil
RSC (Eaton 1950; Wilcox ve ark., 1955)	<1.25	Güvenli
	1.25-2.5	Orta
	>2.5	Uygun değil
MAR (Paliwal, 1972)	<50	Uygun
	>50	Uygun değil
KR (Kelley, 1963)	<1	Uygun
	>1	Uygun değil
PI (Doneen,1964)	<25	Class III (uygun)
	25-75	Class II (iyi)
	>75	Class I (uygun değil)

3.

Bulgular ve Tartışma

3.1. Yüzeysel su kalitesi açısından değerlendirme

Çalışma kapsamında farklı dönemlerde alınan su örneklerinde yapılan kimi fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları Çizelge 5’de verilmiştir. Genel şartlar açısından; su örneklerinin sıcaklık değerleri 10.5 ile 23.4 °C arasında değişim göstermiştir. Bu değerler yüzeysel su kalitesi ve sulama suyu açısından sınır değerler arasındadır. Sıcaklık; su kütlelerindeki kimyasal, fiziksel ve biyolojik süreçleri dolayısıyla birçok değişkenin konsantrasyonunu etkiler. Sudaki buharlaşma ve uçuculuk özelliği ile oluşacak kimyasal reaksiyon oranı su sıcaklığı arttıkça artar. Organizmaların metabolik hızı sıcaklıkla bağlantılı olarak artar ve solunum oranının yükselmesi sıcak sularda artan oksijen tüketimi ve organik madde ayrışması ile olur (Chapman, 1996). Gölet suyunun yüzeysel su kalitesi göstergelerinden olan renk parametreleri açısından değerlendirildiğinde Mart ve Mayıs dönemlerinde kalitesinin kötü olduğu belirlenmiştir. Su örneklerinin pH değerleri 7.1-8.11, EC değerleri ise 117.6-140.6 $\mu\text{S cm}^{-1}$ arasında değişim göstermiş ve 1. sınıf olarak değerlendirilmiştir. Yüzeysel sularının normal pH aralığı 6.5 ve 8.5 aralığındadır (Zhao ve ark., 2020). Kasımoğlu ve Yılmaz (2014), pH değerinin önemli ölçüde su havzasının toprak yapısı ve jeolosinin belirlediğini bildirmiş ve göletin bulunduğu havzanın jeolosine bağlı olarak pH’ın genellikle 6.0-9.0 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. YSKY’nde de pH için kalite kriterleri incelendiğinde her bir sınıf için pH değerlerinin 6-9 arasında olması gerektiği belirtilmiştir. pH değerinin göldeki fotosentez miktarı ve gölün hidrojeolojik yapısı ile yakından ilişkili olduğu Garg ve ark. (2010) tarafından

belirtilmiştir. Su örneklerinde yağ ve gres gibi yüzeysel su kalitesini etkileyen parametreye rastlanmamıştır. Bu yönden 1. sınıf su olarak değerlendirilmiştir.

Yüzeysel su kalitesinin belirlenmesinde A: Oksitlendirme parametreleri olarak % oksijen doygunluğu, çözünmüş oksijen, BOİ ve KOİ₅ parametreleri göz önünde bulundurulmaktadır. Üç dönem alınan su örneklerinde oksijen doygunluğu %14.4-51.9 değerleri arasında değişim göstermiştir. Bu değerlere göre söz konusu gölet 3. ve 4. sınıf kalitesinde yer almaktadır. Çözünmüş oksijen miktarları 1.18-4.81 mg L⁻¹, BOİ değerleri 30.0-70.0 mg L⁻¹ arasında değişim göstermiş ve 4. Sınıf olarak değerlendirilmiştir. KOİ değerleri 67.9-138.3 mg L⁻¹ arasında değişim göstermiş ve 3 ve 4. sınıf kalitesinde yer almıştır. Biyolojik oksijen ihtiyacı organik kirliliğin en önemli kriteridir. BOİ, ayrıştırılabilir organik maddelerin bakteriler tarafından, aerobik şartlarda, stabil hale getirilmeleri için gerekli oksijen miktarıdır (Gümüş ve Akgöz, 2020). Kimyasal Oksijen İhtiyacı, evsel ve endüstriyel atık suların organik kirlilik derecesinin ölçülmesinde yaygın olarak kullanılır. KOİ değerleri BOİ değerlerinden her zaman yüksektir ve biyolojik bozulmaya dirençli organik materyallerin fazla miktarda bulunması durumunda aradaki fark daha da artabilir (Singh ve ark. 2005). Yüksek KOİ/BOİ oranı organik maddenin mikroorganizmalar tarafından ayrışmayan aşırı miktarını ifade etmektedir (Dişli ve ark., 2004).

Su kalitesi kontrolünde ve sucul ortamların devamlılığında takip edilen en önemli parametrelerden biri olan çözünmüş oksijen; sıcaklık, basınç ile birlikte bitkilerin fotosentez miktarına ve göllerin ötrofik durumuna göre farklılık gösterebildiği Köse ve ark. (2015) tarafından ifade edilmiştir. Çalışmada ele alınan su kaynağında görülen bu durum; göle endüstriyel, tarımsal ve evsel atık suların karışımının fazla olduğu, askıda madde miktarının fazlalığı, örnek alınan dönemlerde iklimin kurak geçmesi ve su seviyesinin düşmesi gibi nedenlerin çözünmüş oksijen ve oksijen doygunluğunu olumsuz yönde etkilediğini göstermektedir (Gümüş ve Akgöz, 2020).

Yüzeysel su kalitesi açısından diğer bir parametre ise B: Besin elementleri değerleridir. Bu kapsamda amonyum azotu, nitrat azotu, nitrit azotu, toplam kjeldahl azotu ve toplam fosfor içeriği değerlendirilmektedir. Su örneklerinde sırasıyla NH₄-N 32.7- 37.0 mg L⁻¹, NO₃-N 0.38- 1.11 mg L⁻¹, NO₂-N 0.017- 6.19 mg L⁻¹, toplam kjeldahl azotu 49.9- 54.5 mg L⁻¹ ve toplam P miktarı 6.7- 14.2 mg L⁻¹ değerleri arasında değişim göstermiştir. Bu değerlere göre Güllübağ göleti suyu besin elementi içerikleri açısından yüzeysel su kalitesi olarak 3. ve 4. sınıfta yer aldığı belirlenmiştir. Kirlenmiş sularda azotun büyük bir kısmı organik azot ve amonyak formundadır. Zamana bağlı olarak organik azot yavaş yavaş mineralize olarak amonyum azotuna dönüşür ve daha sonra eğer ortamda aerobik koşullar mevcut ise amonyumun nitrit ve

nitrate yükseltgenir. Bu süreç de çoğunlukla organik ve amonyum azotu içeren suların yakın zamanda kirliliğe maruz kaldığını göstermektedir (Chapman ve Kimstach, 1996; Sawyer ve ark., 2003). Nitrit, organik kirliliğe maruz kalan oksijen seviyesinin az olduğu sularda yüksek miktarda bulunabilir (Egemen ve Sunlu, 1999).

Çizelge 5. Güllübağ baraj göleti su örneklerinin fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları

Parametreler	Mart	Mayıs	Temmuz
Sıcaklık, °C	10.5	20.1	23.4
Renk PT-Co Skalası	33	45.0	<1.15
pH	7.8	8.11	7.1
Elektriksel İletkenlik*, $\mu\text{S cm}^{-1}$	1176	1308	1406
Yağ-Gress, mg L^{-1}	-	-	-
Çözünmüş Oksijenin Doymunluk Oranı, %	51.9	16.6	14.4
Çözünmüş Oksijen, mg/L	4.81	1.43	1.18
Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı, BOD5, mg L^{-1}	70.0	50.0	30.0
Kimyasal Oksijen İhtiyacı, mg L^{-1}	138.3	72.10	67.90
Amonyum Azotu, mg L^{-1}	37.0	32.8	32.7
Nitrat Azotu, mg L^{-1}	0.59	0.38	1.11
Nitrit Azotu, mg L^{-1}	0.29	-	6.19
Kjeldahl Azotu, mg L^{-1}	50.5	49.9	54.5
Toplam Fosfor, mg L^{-1}	6.7	8.8	14.2
Alüminyum, $\mu\text{g L}^{-1}$	7.45	23.89	9.68
Arsenik, $\mu\text{g L}^{-1}$	8.85	11.61	7.42
Berilyum, $\mu\text{g/L}$	-	-	-
Bakır, $\mu\text{g L}^{-1}$	0.88	26.64	1.01
Baryum, $\mu\text{g L}^{-1}$	84.23	89.42	180.76
Bor, mg L^{-1}	0.58	0.57	0.80
Civa, $\mu\text{g L}^{-1}$	iz	18.66	iz
Çinko, $\mu\text{g L}^{-1}$	5.39	32.79	<2.74
Demir, $\mu\text{g L}^{-1}$	88.78	426.43	109.12
Florür, mg L^{-1}	0.78	1.69	2.22
Kadmiyum, $\mu\text{g L}^{-1}$	-	-	-
Kobalt, $\mu\text{g L}^{-1}$	1.28	0.79	1.07
Krom, $\mu\text{g L}^{-1}$	1.95	22.80	10.41
Kurşun, $\mu\text{g L}^{-1}$	-	-	-
Lityum, $\mu\text{g L}^{-1}$	-	-	-
Molibden, $\mu\text{g L}^{-1}$	1.11	0.34	0.30
Vanadyum, $\mu\text{g L}^{-1}$	1.98	7.48	5.28
Mangan, $\mu\text{g L}^{-1}$	804.54	571.64	794.57
Nikel, $\mu\text{g L}^{-1}$	5.25	18.01	10.46
Selenyum, $\mu\text{g L}^{-1}$	-	-	-
Siyanür, $\mu\text{g L}^{-1}$	-	0.017	0.015

Nitrat sularda, bitkisel ve hayvansal artıkların proteinlerinin ayrışması ile ortaya çıkan amonyağın oksitlenmesinden ve tarımda kullanılan nitratlı gübrelerden kaynaklanmaktadır (Barlas, 2011).

Güllübağ gölet suyu örnekleri İz Elementler (Metaller) ve İnorganik Kirlilik Parametreleri açısından da değerlendirilmiştir (Çizelge 2). Bu kapsamda alınan su örneklerinde alüminyum (Al), arsenik (As), bakır (Cu), baryum (Ba), bor (B), civa (Hg), çinko (Zn), demir (Fe), florür (F), kadmiyum (Cd), kobalt (Co), krom (Cr), kurşun (Pb), mangan (Mn), nikel (Ni),

selenyum (Se), serbest klor (Cl), siyanür (CN), kükürt (S) analizleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Yüzeysel Su Yönetimi Yönetmeliği'nde belirtilen sınır değerler ile karşılaştırılmıştır. Yapılan değerlendirilmede iz elementler ve inorganik kirlilik parametreleri yönünden Güllübağ baraj suyu 1 ve 2. sınıfta belirlenmiştir.

Elde edilen analiz sonuçlarına göre; Güllübağ Baraj göleti su örnekleri Kıtaçi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri'nde belirtilen kalite sınıfları ve kullanım maksatlarına göre; gıda, tekstil gibi nitelikli su gerektiren tesisler hariç olmak üzere, uygun bir arıtmadan sonra su ürünleri yetiştiriciliği için kullanılabilir nitelikte su ve sanayi suyu olabilecek kalite su olarak değerlendirilmiştir.

3.2.Sulama Suyu Kalitesi

Çalışma kapsamında üç farklı dönemde alınan su örnekleri sulama suyu kalitesi ve sulamaya uygunluk açısından değerlendirilmiştir. Bu kapsamda belirlenen değerler sulama suyu kalite sınıfı, sulama sularında izin verilen ağır metal konsantrasyonları ve sulama sularının değerlendirilmesinde kullanılan kalite kriterleri ele alınmıştır. Su örneklerinde pH, sıcaklık, başlıca anyon ve katyonlar ile BOİ ve AKM değerleri Çizelge 6'de verilmiştir.

Çalışma kapsamında alınan su örneklerinin sıcaklık değerleri 10.5 ile 23.4 °C arasında değişim göstermiştir. Bu değerler sulama açısından sorun oluşturmamaktadır. Su örneklerinin pH değeri zamana bağlı olarak 6.5-8.5 değerleri arasındadır. Sulama sularının değerlendirilmesinde Cl ve SO₄ iyonları göz önünde bulundurulmaktadır. Su örneklerinin Cl içeriği 163.6 ile 205.8 mg L⁻¹ arasında değişim göstermiştir. Bu değerler 2.sınıf (iyi) sulama suyu olarak değerlendirilmiştir. Su örneklerinde SO₄ konsantrasyonu 13.5 ile 25.2 mg L⁻¹ değerleri arasında ve 1.sınıf (çok iyi) sınıf olarak belirlenmiştir (Çizelge 2). Su örneklerinin B içeriği 0.57 ile 0.80 mg L⁻¹ değerleri arasında değişim göstermiştir. Bu sonuçlara göre 2. sınıf sulama suyu (iyi) olarak değerlendirilebilir. Su örneklerinin NH₄ ve NO₃ içerikleri sırası ile 32.7-37.0 ve 0.38-1.11 mg L⁻¹ değerleri arasında değişim göstermiştir. Bu sonuçlara göre azot bileşikleri açısından Güllübağ göleti sulama suyu sınıfı olarak 4. sınıf su (ihtiyatla kullanılabilir) olarak değerlendirilmiştir. Sularda azot bileşiklerinin kaynağı genelde suya kanalizasyon veya hayvansal atıkların bulaşması olabilir. Aynı zamanda suda bulunan organik maddelerin ayrışması sonucunda sularda amonyum meydana gelmektedir. Bu durum bölgede yapılan hayvansal faaliyetlerden veya yüzey akış ile gölete ulaşan organik sedimentlerden kaynaklanmış olabilir. Su örneklerinin BOİ değeri 30 ile 70 mg L⁻¹ arasında 3.sınıf su (kullanılabilir) ve AKM değerleri açısından ise 18-25 mg L⁻¹ ve 2. sınıf su (iyi) olarak değerlendirilmiştir. Su örneklerinde belirlenen ağır metaller yönetmelikte belirtilen her türlü

özelliğindeki toprakta sürekli sulama yapılması durumunda belirtilen sınır değerler ile karşılaştırıldığında bu değerleri aşmadığı görülmüştür.

Suların sulamaya uygunluk açısından değerlendirilmesinde öncelikle toprak özellikleri ve bitki gelişimi üzerine olabilecek olumsuz etkileri göz önünde bulundurulmaktadır. Bunların başında elektriksel iletkenlik (EC) değeri gelmektedir. Tarımsal üretimde başlıca su kalitesi göstergesi su tuzluluğu açısından yüksek tuzluluğa sahip suların sulama kullanılması durumunda topraktaki tuz konsantrasyonu artmakta ve bitkiler topraktan suyu alamamaktadır. Bu durum fizyolojik kuraklık olarak ifade edilmektedir (Joshi ve ark., 2009). Su kaynaklarının EC değerine bağlı olarak sulama uygunluğu Çizelge 4’de verilmiştir. Üç farklı dönemde alınan su örneklerinin EC değerleri 1176 ile 1406 $\mu\text{S cm}^{-1}$ değerleri arasında (düşük) değişim göstermiştir (Çizelge 6). Bu değerler Güllübağ göleti suyunun tuzluluk açısından hassas bitkilerin yetiştirilmesinde zararlı etkilerin görülebileceği bir sulama suyu olduğunu göstermektedir. Sulama sularında görülen yüksek miktardaki tuzluluk, bitkinin sudan yararlanmasını etkileyerek ürün ve verime olumsuz etki yapar. Sulama sularında oluşan tuzluluk; su kaynağının bulunduğu bölgedeki yağış miktarına, çevre toprak özelliklerine, bölgenin iklimine bağlı olarak oluşan buharlaşmaya vb. etmenlere bağlı olarak değişebilmektedir. Genellikle yaz aylarında bölgedeki buharlaşmaya bağlı olarak su kaynağında tuzluluk değerinin arttığı düşünülmektedir.

Çizelge 6. Su örneklerinde belirlenen başlıca anyon ve katyonlar

Parametreler, mg L ⁻¹	Mart	Mayıs	Temmuz
Sıcaklık, °C	10.5	20.1	23.4
pH	7.8	8.11	7.1
Elektriksel İletkenlik*, $\mu\text{S cm}^{-1}$	1176	1308	1406
Karbonat	-	-	-
Bikarbonat	367.46	489.46	489.46
Klorür	163.6	178.7	205.8
Sülfat	25.2	13.5	15.0
Sodyum	113.07	121.23	140.67
Potasyum	39.5	40.73	45.41
Kalsiyum	63.46	70.94	79.98
Magnezyum	21.04	25.08	26.74
Bor	0.58	0.57	0.80
Amonyum Azotu	37.0	32.8	32.7
Nitrat Azotu	0.59	0.38	1.11
Fosfor	-	-	-
Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı, BOD ₅	70.0	50.0	30.0
Askıdaki Katı Madde	18.0	25.0	22.0

Su örneklerinin Na % 52.8 ile % 54.6 değerleri arasında değişim göstermiştir (Çizelge 6). Genellikle sulama sularında % Na değerinin 20 ile 80 arasında değişim gösterebildiği ve sulamaya uygunluk açısından % Na değerinin 60’tan az olması gerekmektedir. Su örnekleri % Na açısından değerlendirildiğinde verilen sınır değere yakın olduğu görülmektedir. Sulama

suyundaki yüksek Na, kil parçacıkları tarafından absorbe edilerek Mg ve Ca iyonları ile yer değiştirir. Sudaki Na ile topraktaki Ca ve Mg'un yer değiştirme prosesi, geçirgenliği azaltır (Merouche ve ark., 2019).

Su örneklerinin SAR değerleri 3.1 ile 3.5 arasında değişim göstermiştir. Bu değerleri sulamaya uygunluk açısından belirtilen 0-10 değerleri arasında yer almaktadır. Su örneklerinin RSC değeri 1.34- 2.63 arasında değişim göstermiştir. Ortamdaki karbonat ve bikarbonat iyonları kalsiyum ve magnezyum iyonları ile kimyasal reaksiyona girme eğilimindedir. Çözeltideki Ca ve Mg iyonları CO_3 ve HCO_3 iyonları ile birleştiklerinde ortamda hala CO_3 ve HCO_3 kalmış ise bu iyonlar Na ile birleşerek NaHCO_3 oluşturacaktır. Yüksek derece NaHCO_3 sodyum zararını artırmaktadır. Bu nedenle Güllübağ gölet suyu RSC (1.25-2.5 me L^{-1} değerleri arasında) yönünden iyi bir toprak düzenlemesi gerektiren sular sınıfında yer almaktadır (Kızıloğlu ve ark., 2007).

Su örneklerinin MAR değerleri ise 35.6 ile 37.1 arasında değişim göstermiştir. Magnezyum adsorbsiyon oranı, sulama sularının uygunluğunun belirlenmesi noktasında en önemli kriterlerden biri olarak gösterilmektedir. Magnezyum sulama suyunda fazla miktarda olduğunda, toprak daha tuzlu hale geldikçe mahsul verimi üzerinde olumsuz bir etki göstermektedir (Omotoso ve Ojo, 2012). Elde edilen sonuçlar <50 olduğu için Güllübağ göletinin MAR açısından uygun sınıfta yer aldığı söylenebilir.

Su örneklerinin TDS değerleri 782 ile 1038 mg L^{-1} değerleri arasında değişim göstermiştir. Bu değerler Bauder ve ark. (2011) tarafından bildirilen ve hassas bitkilerde zarar oluşturma riskinin bulunduğu 500-1000 mg L^{-1} değerleri arasında olduğu görülmektedir. Yüksek TDS değerleri bitkilerin ozmotik faaliyetlerini etkileyerek fizyolojik olaylara engel olmaktadır (Obiefuna ve Sheriff, 2011).

Su örnekleri potansiyel tuzluluk (PS) açısından değerlendirildiğinde 4.41-5.72 meq L^{-1} arasında değişim gösterdiği hesaplanmıştır. Potansiyel tuzluluk değerinin PS < 3 meq L^{-1} olması su kaynağının sulama amaçlı kullanım için uygun olduğunu göstermektedir (Doneen, 1964; Omotoso ve Ojo, 2012).

Kelley İndeksi (KI) sularda kalsiyum ve magnezyum ile ölçülen sodyum düzeylerine göre sulama suyu kalitesini değerlendirmek için kullanılan önemli bir parametredir. Kelley indeksi oranı KI < 1 olan sular sulama için uygundur (Kelly, 1963; Ibraheem ve Khan, 2017). Kelley indeksi değerlerinin 1'den küçük olması su kaynağının iyi kalitede ve sulama amaçlı olarak kullanım için uygun olduğunu göstermektedir. Çalışma kapsamında alınan su örneklerinde Kelley indeks değerleri 0.94 ile 1.0 arasında değişim göstermiştir. Geçirgenlik indeksi (PI) değerleri 72.5 ile 74.9 arasında değişim göstermiştir. Bu durumda 2. ve 3. sınıfa

giren sular; düşük, orta ve yüksek geçirgenliğe sahip topraklarda uzun süre kullanılması durumunda geçirgenlik oranında azalmalar olacağı Kanber ve ark. (1992) tarafından bildirilmiştir. Su örneklerinde EC, % Na, SAR, RSC, MR, TDS, PS, KI ve PI değerleri Çizelge 7’de verilmiştir.

Çizelge 7. Su örneklerinin sulama suyu kalite parametreleri

Parametreler	Mart	Mayıs	Temmuz
Elektriksel iletkenlik (EC), $\mu\text{S cm}^{-1}$	1176	1308	1406
Sodyum Yüzdesi (%Na)	54.6	52.8	53.9
Sodyum Adsorpsiyon Oranı (SAR)	3.1	3.2	3.5
RSC	1.34	2.63	2.04
Magnezyum Oranı (MAR)	35.6	37.1	35.8
Toplam Çözünebilir Katılar (TDS)	782	859	1038
Potansiyel Tuzluluk (PS)	4.41	4.96	5.72
Kelly İndeksi (KI)	1.00	0.94	0.98
Geçirgenlik İndeksi (PI)	74.9	74.3	72.5

4. Sonuç

Çalışmada; Uşak ili Güllübağ Baraj göleti su örnekleri hem Yüzeysel Su Kalitesi Yönetmeliği” yer alan Kıtaiçi Yerüstü Su Kaynaklarının Genel Kimyasal ve Fizikokimyasal kalite parametreleri hem de “Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usüller Tebliği”nde yer alan sulama suyu kalitesi parametre göz önünde bulundurularak kullanım amacına bağlı olarak kalite sınıfları belirlenmiştir.

Elde edilen analiz sonuçlarına göre; Güllübağ Göleti su örnekleri “Kıtaiçi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri’nde belirtilen kalite sınıfları ve kullanım maksatlarına göre; değerlendirilen çoğu parametrelere açısından (genel özellikler, oksitlendirme parametreleri, iz elementler ve inorganik kirlilik parametreleri) 1. Sınıf (yüksek kalite su) ve 2. Sınıf (az kirlenmiş su) olarak bulunmasına karşın özellikle besin elementleri parametreleri ($\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, toplam kjeldahl azotu toplam P içeriği) açısından 3.sınıf (kirlenmiş su) ve 4. Sınıf (çok kirlenmiş su) kalitesinde olduğu belirlenmiştir. Bu sınıfa giren sular; gıda ve tekstil sanayi gibi nitelikli su gerektiren sektörler hariç olmak üzere, uygun bir arıtma işleminde sonra su ürünleri yetiştiriciliği için kullanılabilir nitelikte su olarak tanımlanmaktadır.

Sulama suyu olarak kullanıma uygunluk açısından yapılan değerlendirmede; pH değeri açısından sınır değerler arasında belirlenmiştir. Amonyum azotu, nitrat azotu, nitrit azotu,

toplam kjeldahl azotu ve toplam fosfor içeriği bakımından yüzeysel su kalitesi olarak 3. ve 4. sınıfta yer aldığı, CI ve SO₄ içeriği açısından 2. ve 1 sınıf, B konsantrasyonu açısından ise 2. sınıf, N bileşikleri açısından 4.sınıf, BOİ değeri açısından 3. sınıf, KOİ değeri açısından ise 2. sınıf sulama suyu olarak değerlendirilmiştir.

Ayrıca sulamaya uygunluk açısından hesaplanan parametreler değerlendirildiğinde; Güllübağ sulama göleti suyu % Na değeri 52.8 ile 54.6 arasında, SAR değeri 3.1 ile 3.5, MAR değeri 35.6 ile 37.1, TDS değerleri 782 ile 1038 mg L⁻¹, PS açısından değerlendirildiğinde 4.41-5.72 meq L⁻¹, Kelley indeks değerleri 0.94 ile 1.0 ve PI değerleri 72.5 ile 74.9 arasında değişim göstermiştir. Analizi yapılan ağır metaller açısından sulama yönünden bir problem bulunmamaktadır. Gölet suyu EC değeri ve SAR değerinin göz önüne alındığı diyagrama göre C₃S₁ sınıfı sulama suyu olarak değerlendirilmiştir. Bu tür sular; orta derecede tuza dayanım gösterebilen bitkilerin yetiştiriciliğinde ve sulanmasında kullanılacak sulama suları olarak değerlendirilebilirler.

Bu özellikteki suların kullanılmasında toprakların drenaj sorunu ve taban arazi olmamasına dikkate edilmelidir. Uzun dönem sulamada kullanılması ile ilgili olarak uygun drenaj koşulları sağlanmalıdır. Sonuç olarak değerlendirilen su kaynağının sulama amaçlı kullanımında dikkatli olunması ve toprak özellikleri ile yetiştirilecek bitkilerin özellikleri ve toleransları da dikkate alınarak uygun yöntemlerle uygulamaları yapılmalıdır.

Teşekkür: Bu çalışma yüksek lisans öğrencisi Esra BOZAN KAPDI'nın tez çalışması verilerinden yararlanılarak hazırlanmıştır. Araştırma süresince destek sağlayan DSİ 2. Bölge Müdürlüğü ve 23. Şube Müdürlüğü'ne teşekkür ederim.

Finansal Destek :Çalışmanın fiziksel ve kimyasal analizleri DSİ 2. Bölge Müdürlüğü laboratuvarlarında yürütülmüştür.

Çıkar Çatışması : Bu makaleye zemin oluşturan bilimsel araştırma ve makalenin hazırlanması sürecinde, araştırma konusu ile ilgili doğrudan bağlantısı mevcut olan herhangi bir özel/kamu kurum ve kuruluşundan, çalışmanın değerlendirme sürecinde, çalışma ile ilgili verilecek kararı olumsuz etkileyebilecek maddi ve/veya manevi herhangi bir destek alınmamıştır. Bu çalışma ile ilgili olarak yazarların ve/veya aile bireylerinin potansiyel çıkar çatışması olabilecek bilimsel üyeliğinin veya üyeler ile ilişkisinin, danışmanlık, birliktişlik, herhangi bir firmada çalışma durumu, hissedarlık ve benzer durumları bulunmamaktadır. Buna ilaveten çalışma

hazırlanırken, veri toplanması ve analizi, sonuçların yorumlanması, makalenin yazılması aşamalarında da herhangi bir çakar çatışması alanı bulunmamaktadır.

Etik Kurul: Makalede etik kurul onayı gerektiren bir çalışma değildir.

Yazar Katkısı: Yazar Esra BOZAN KAPDI, çalışmanın analizlerini yapmış sonuçlarını değerlendirmiş ve makalenin Giriş, Materyal ve yöntem, Bulgular ve Tartışma ve Sonuç bölümlerini hazırlamıştır. Yazar Barış Bülent ÂŞIK; çalışmanın veri değerlendirmelerini yapmış ayrıca makalenin Bulgular ve Tartışma bölümünde katkılarda bulunmuştur.

Kaynaklar

- Aksoy, A., Demir, F., Öztürk, S., 2014. Türkiye’de Tarımsal Amaçlı Su Kullanımı ve Sürdürülebilirliği, XI.Ulusal Tarım Ekonomisi Kongresi, 3-5 Eylül, Samsun. s: 462-469.
- Aksungur, N., Firidin, Ş., 2008. Su Kaynaklarının Kullanımı ve Sürdürülebilirlik. SUMAE Yunus Araştırma Bülteni, 8:2.
- Atıcı T., Obalı O., Çalışkan H., 2005. Su kirliliğinin ve fitoplanktonik alg florasının Bayındır Baraj Gölü’nde kontrolü. EgeFAS, 22(1-2):79-82.
- Ayers, R.S., Westcot, D.W. 1985. Water quality for agriculture. Irrigation and drainage paper No. 29. Food and agriculture organization of the United Nations. Rome, 1-117.
- Ayyıldız, M., 1983. Sulama Suyu Kalitesi ve Tuzluluk Problemleri, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No:897, Ankara. 282 s.
- Barlas, M., 2011. Su kalitesi tayin yöntemleri. Yüksek Lisans Ders Notları, Muğla 28 s.
- Bauder, TA., Waskom, RM., Sutherland, PL., Davis, JG., 2011. Irrigation water quality criteria. Colorado State University Extension Publication, Crop series/irrigation. Fact sheet no. 0.506, 4 pp
- Chapman, D., Kimstach, V., 1996. Chapter 3. Selection of Water Quality Variables. Water Quality and Assesments-A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Enviromental Monitoring, Second Edition, Chapman, D. (ed), pp 1-56,UNESCO / WHO/ UNEP.
- Chapman, D., 1996. Waterquality Assesments- A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring- Second Edition. UNESCO/WHO/UNEP,651,Cambridge.
- Dişli M., Akkurt F., Alicılar A., 2004. Şanlıurfa Balıklıgöl Suyunun Bazı Kimyasal Parametrelerinin Mevsimlere Göre Değişiminin Değerlendirilmesi. Gazi Üniv Mühendislik-Mimarlık Fak Derg. 19(3):287-294.

- DSİ, 2019. 2018 yılı faaliyet raporu. DSİ Genel Müdürlüğü Strateji Geliştirme Daire Başkanlığı.
- Doneen, L., 1964. Notes on water quality in agriculture, Department of Water Science and Engineering, University of California, Davis.
- Dorak, S., Aşık, B.B., Özsoy, G., 2019. Tarımda Su Kalitesi ve Su Kirliliğinin Önemi. Bursa Nilüfer Çayı Örneği, Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 33 (1): 151-166.
- Eaton, F.M. (1950). Significance of carbonates in irrigation waters. *Soil Science*, 69: 123-133.
- Egemen Ö., Sunlu U., 1999. Su kalitesi. Ege Üniv. Su Ürünleri Fakültesi Yayınları, Yayın No:14 İzmir, Ege Üniversitesi Basımevi 150 s.
- Merouche, A., Selvam, S., Imessaoudene, Y., Maten, C.N., 2019. Environment, Development and Sustainability. Assessment of dam water quality for irrigation in the northeast of catchment Cheliff-Zahrez, Central Algeria. <https://doi.org/10.1007/s10668-019-00447-9>. 20 Nisan 2021.
- Garg, R., Rao, R., Uchchariya, D., Shukla, G., Saksena, D., 2010. Seasonal variations in water quality and major threats to Ramsagar reservoir, India. *AJEST*, 4(2):061-076.
- Gümüş, N.E., Akköz, C., 2020. Eber Gölü (Afyonkarahisar) Su Kalitesinin Araştırılması, *Limnofish-Journal of Limnology and Freshwater Fisheries Research* 6(2): 153-163 (2020).
- Joshi, D.M., Kumar, A., Agrawal, N., 2009. Assessment of the irrigation water quality of river Ganga in Haridwar district, *Rasayan Journal of Chemistry*, 2(2): 285–292.
- Ibraheem, A.M., Khan, S.M.M.N., 2017. Suitability Assessment of Groundwater for Irrigation Purpose in Veppanthattai Block , Perambalur District , Tamil Nadu, *World of Scientific News*, 81(3): 81–93.
- Joshi, D.M., Kumar, A., Agrawal, N., 2009. Assessment of the irrigation water quality of river Ganga in Haridwar district, *Rasayan Journal of Chemistry*, 2(2): 285–292.
- Kanber, R., Kırda, C., Tekinel, O., 1992. Sulama Suyu Niteliği ve Sulamada Tuzluluk Sorunları. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 21, Adana, 341s.
- Kara, M., 2005. Sulama ve Sulama Tesisleri, Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Konya.
- Kasımoğlu, C., Yılmaz, F., 2014. Tersakan Çayı'nın (Muğla, Türkiye) Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinin Araştırılması. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 16 (2):51-67.
- Kelly W., P., 1963. Use of Saline Irrigation Water, *Soil Science*, 95(6): 385–391.

- Ibraheem A.M., Khan S.M.M.N., (2017), Suitability Assessment of Groundwater for Irrigation Purpose in Veppanthattai Block , Perambalur District , Tamil Nadu, World of Scientific News, 81(3): 81–93.
- Kızıloğlu, F.M., Kuşlu, Y., Tunç, T., Yanık, R., 2007. Erzurum İlindeki Bazı Su Kaynaklarının Kalitelerinin Bitki, Toprak ve Sulama Sistemi Açısından Değerlendirilmesi: Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakóltesi Dergisi, 38(2): 173-179.
- Köse E., Cicek A., Uysal K., Tokatlı C., Emirođlu O., Arslan N., 2015. Heavy Metal accumulations in water, sediment, and some cyprinid species in Porsuk Stream (Turkey). Water Environ Res. 87(3):195-204.
- Obiefuna, G.I., Sheriff, A., 2011. Assessment of Shallow Ground Water Quality of Pindiga Area, Yola Area, NE, Nigeria for Irrigation and Domestic Purposes. Research Journal of Environmental and Earth Sciences 3: 2: 131-141.
- Ochqun, M.H., 2015. Türkiye’de Su Yönetiminin Kurumsal Yapısına İlişkin Tespitler – Öneriler, Selçuk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kamu Yönetimi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. s: 21.
- Omotoso O.A., Ojo O.J., 2012. Assessment of quality of river Niger floodplain water at Jebba , central Nigeria : implications for irrigation, Water Utility Journal, 4: 13–24.
- Paliwal, K.V. 1972. Irrigation with saline water. New Delhi, IARI, 198p.
- Sawyer, CN., McCarty, PL., Parkin, GF., 2003. Chemistry for environmental engineering and science. fifth ed. New York: McGraw-Hill Inc. 152 p.
- Selvam, S., Singaraja, C., Venkatramanan, S., & Chung, S. Y., 2018. Geochemical appraisal of groundwater quality in Ottapidaram Taluk, Thoothukudi District, Tamil Nadu using graphical and numerical method. Journal of the Geological Society of India, 92: 313–320.
- Singh KP., Mohan D., Singh VK., Malik A., 2005. Studies on distribution and fractionation of heavy metals in Gomti river sediments—a tributary of the Ganges, India. J Hydrol. 312(1):14-27.
- SKKY, 1991. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usüller Tebliği, Resmi Gazete 7.1.1991 tarih ve 20748 sayı, Ankara.
- YSKYY, 2015. Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği, Resmi Gazete 5.4.2015 tarih ve 29327 sayı, Ankara.
- Zhao, M.M., Wang, S.M., Chen, Y.P., Wu, J.H., Xue, L.-G., Fan, T.T., 2020. Pollution status of the Yellow River tributaries in middle and lower reaches. Science of The Total Environment, 722: Article 137861.

Wilcox, L.V., 1955. Classification and use of Irrigation Waters. U.S. Dept. of Agric., Circular No. 696, 19 p.