

## **Yeraltı Suyu Kalitesinin Fizikokimyasal Parametrelerle Belirlenmesi: Bartın İli Örneği**

**Gülten Güneş**

*Bartın Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü, Bartın, E-mail (ggunes@bartin.edu.tr)*

### **ÖZET**

Bu çalışmada, yeraltısuyu kalitesinin fizikokimyasal parametrelerle araştırılması ve içme suyu ya da tarımsal alanlarda sulama suyu olarak kullanılabilirliğinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada öncelikle farklı noktalarda su kuyuları tespit edilmiş ve Mart 2018, Nisan 2018 ve Mayıs 2018’de 5 noktadan yeraltısuyu numuneleri alınmıştır. Alınan su örneklerinde, sıcaklık (T), pH, çözülmüş oksijen (ÇO), renk, bulanıklık, elektriksel iletkenlik (Eİ), toplam sertlik (TS), nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ), sülfat ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), fosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), toplam çözülmüş katılar (TÇK) belirlenmiştir. pH, elektriksel iletkenlik (Eİ), sıcaklık (T), toplam çözülmüş katılar (TÇK) elektrod metodu (Hanna HI 9812-5), bulanıklık nefelometrik metod (Hach 2100 Q Portable Türbidimetre), toplam sertlik titrasyon metodu, nitrat, sülfat ve fosfat UV spektrofotometre metodu (Hach Lange DR 6000) ile belirlenmiştir. Ortalama değerler  $T=16^{\circ}\text{C}$ ,  $\text{ÇO}=3\text{mg/L}$ ,  $\text{pH}=8.3$ ,  $\text{Eİ}=564\ \mu\text{s/cm}$ ,  $\text{TS}=257\ \text{mg CaCO}_3/\text{L}$ , bulanıklık= 4 NTU,  $\text{NO}_3=2.7\ \text{mg/L}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}=42\ \text{mg/L}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}=0.3\ \text{mg/L}$ ,  $\text{TÇK}=282\ \text{mg/L}$  ve renk= 14 (Pt-Co) olarak belirlenmiştir. Toplam sertlik (TS) değeri  $257\ \text{mg CaCO}_3/\text{L}$  olarak belirlenmiş olup, Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) tarafından içme suları için belirlenmiş sınır değerden ( $500\ \text{mg CaCO}_3/\text{L}$ ) düşüktür. Fakat Sawyer ve McCarty (1967) tarafından yeraltı suları için bildirilmiş sınıflandırmada 3. sınıf sert sular sınıfında yer almaktadır. Sadece iki örnekleme noktasında renk ve bulanıklık parametrelerinin TSE 266, DSÖ ve EPA tarafından belirlenen limit değeri aştığı belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Yeraltısuyu kalitesi, fizikokimyasal parametreler, zamansal değişim, nitrat.

### **Determination Of Groundwater Quality By Physicochemical Parameters: Example of Bartın Province**

#### **ABSTRACT**

In this study, it is aimed to investigation the groundwater quality by physicochemical parameters and to determine the it’s usability as drinking water and irrigation water in agricultural areas. In the study, firstly, water well were determined at different points and groundwater samples were taken from 5 points in March 2018, April 2018 and May 2018. Temperature (T), pH, dissolved oxygen (DO), colour, turbidity, electrical conductivity (EC), total hardness (TH), nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ), sulfate ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), phosphate ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), total dissolved solids (TDS) have been determined in taken samples. pH, electrical conductivity (EI), temperature (T), total dissolved solids (TDS) were measured by electrode method using Hanna HI 9812-5. Turbidity were measured by nephelometric method using Hach 2100 Q Portable Turbidimetry). While nitrate, sulfate and phosphate were determined by UV spectrophotometer method by using Hach Lange DR 6000, total hardness was determined by titrimetric method. The mean values were determined as  $T=16^{\circ}\text{C}$ ,  $\text{DO}=9\ \text{mg/L}$ ,  $\text{pH}=8.3$ ,  $\text{EC}=568$

$\mu\text{s/cm}$ , TH= 257 mg  $\text{CaCO}_3/\text{L}$ ,  $\text{Ca}^{+2}$ = 86 mg/L,  $\text{Mg}^{+2}$ =10 mg/L, turbidity= 4 NTU,  $\text{NO}_3^-$ =2.7 mg/L,  $\text{SO}_4^{2-}$ = 42 mg/L,  $\text{PO}_4^{3-}$ = 0.3 mg/L, TDS=282 mg/L. Total Hardness (TH) value lower than the limit value (500 mg  $\text{CaCO}_3/\text{L}$ ) reported by World Health Organisation (WHO). However it taken part in the hard water class according to the classification reported by Sawyer and McCarty (1967). At only two sampling points, the color and turbidity parameters have been determined to exceed the limit value set by TSE 266, WHO and EPA.

**Keywords:** Groundwater quality, physicochemical parameters, temporal variation, nitrate

## 1. GİRİŞ

Yeraltı suları, evlerde içme ve kullanma suyu, tarım da sulama suyu, endüstrilerde ise üretim prosesleri ve diğer faaliyetler için yaygın olarak kullanılmaktadır (Aeschbach-Hertig ve Gleeson, 2012; Huang vd., 2013; Xiao vd., 2014). Yeraltı suyu kimyası ve onun özellikleri akifer mineralojisi, jeokimyasal prosesler, deşarj kaynağı ve antropojenik kaynak girişi gibi pek çok faktörden etkilenmektedir. Genellikle derin kuyularda su kalitesi daha iyi olmakla beraber, yeraltına süzülen suyun miktarı ve kompozisyonu su kalitesini etkilemektedir. Bazı durumlarda yeraltı suları doğal olarak çözülmüş elementleri örneğin arsenik, bor, selenyum ya da radon içerebilir ve bu kirleticilerin sağlık üzerindeki etkileri maddenin miktarına bağlı olarak değişiklik gösterebilir. Doğal kirleticilerin yanı sıra yeraltı suları genellikle antropojenik kaynaklı kirleticiler ile de kirlenmektedir. Örneğin mineraller doğal kaynaklardan oluşan en önemli kirleticiler iken madencilik, tarım kimyasalları (insektisitler, herbisitler vb.), gübreler, yeraltı atıksu deşarjları, yeraltı kimyasal depolama tankları, atıkların düzensiz depolanması sonucu oluşan kirleticiler de en önemli antropojenik kaynaklı kirleticilerdir.

Antropojenik kaynaklı organik kirlilik insan popülasyonu ile doğru orantılıdır. Yeraltı suyu kirliliğine neden olan çok sayıda olası kirlilik kaynağı bulunmaktadır. Örneğin petrol üretimi sırasında sızıntılar, organik atık deşarjları, yer altı depolama tanklarından sızıntılar ya da dökülmeler kirletici kaynaklarına örnek gösterilebilir. Atıksu, patojenlerin, nitratların ve çeşitli organik kimyasalların yeraltı suyuna karışmasına neden olabilir. Araziye doğrudan uygulanan atıksu infiltrasyon prosesi ile kirleticilerin doğrudan yeraltı suyuna karışmasına neden olur. Atıksu arıtma tesislerinde atıksu taşıma hattında olabilecek sızıntılar, lagün ve havuzlardan meydana gelecek infiltrasyon yeraltı suyu kirliliğine neden olabilir. Yine atıksu arıtma çamurlarının tarımsal aktivitelerle bağlantılı olarak araziye uygulanması yeraltı suyu kirliliğine neden olabilir. Tarımsal aktiviteler, yeraltı suyu için noktasal olmayan (yayıllı) kaynakları oluştururlar. Gelişmiş ülkelerde yaygın olarak kullanılan inorganik gübreler nitrat kirliliğinin en önemli kaynağıdır. Yine tarım alanlarında yaygın olarak kullanılan pestisitler yeraltı suyuna toksik organik kimyasalların karışmasına neden olurlar. Hayvan atıklarının açık alanlarda kontrolsüz depolanması patojenlerle birlikte nitrat, amonyum gibi kirleticilerin yeraltı suyuna karışmasına neden olur. Atmosferik depolama sonucunda toprakta depolanan kirleticilerde yeraltı suyu kirliliğine neden olmaktadır.

Çalışma alanında bahçe seracılığı yaygın olmakla beraber, küçük çaplı hayvancılık faaliyetleri de yürütülmekte ve hayvan atıkları bahçelerde açık alanda depolanmaktadır. Ayrıca köylerde atıksular yaygın olarak fosseptik çukurlarında toplanmaktadır. Bu sebeple seracılık faaliyetlerinden dolayı pestisit ve gübre kaynaklı kirleticilerin (azot, fosfor); hayvancılık faaliyetlerinden dolayı organik madde ve nitrat bileşiklerinin; fosseptik çukurlarından dolayı organik madde ile amonyum ve fosforun yeraltı sularında bulunabilecek antropojenik kaynaklı kirleticiler olduğu tahmin edilmektedir. Bu sebeple çalışmanın esas amacı, Bartın İlin'de yer alan kuyu sularında su kalitesinin fizikokimyasal parametreler ile belirlenmesi ve olası kirlilik kaynaklarının tespit edilmesidir.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma alanı Bartın şehir merkezi ve çevre köyleri kapsamaktadır. Su numuneleri Mart, Nisan, Mayıs 2018 tarihlerinde birbirinden uzak 5 noktadan toplanmıştır. Su örnekleri toplanmadan önce plastik şişeler yıkanmış ve distile su ile 3 kez çalkalanmıştır. pH, çözülmüş oksijen, elektriksel iletkenlik,

toplam çözülmüş katı madde değerleri Hanna (HI 9812-5) multi parametre probu ile sahada ölçülmüştür.  $Ca^{+2}$ ,  $Mg^{+2}$ , P,  $NO_3$ ,  $SO_4^{-2}$ , Toplam Sertlik (TS) analizleri APHA (1995)'e göre yapılmıştır. Toplam sertlik,  $Ca^{+2}$  ve  $Mg^{+2}$  ve  $Cl^-$  konsantrasyonları titrimetrik metod ile  $PO_4^{-3}$ ,  $NO_3^-$ ,  $SO_4^{-2}$  spektrofotometrik metod ile Hach Lange DR 6000 kullanılarak belirlenmiştir. Bulanıklık Hach 2100 Q Portable Türbidimetre, renk ise Hach Lico 620 ile belirlenmiştir. Yeraltı suyunun içme suyu olarak ve tarımsal kullanım için uygunluğunun belirlenmesi için kalite parametreleri, TSE 266, Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ), EPA standart değerleri ile karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

### 3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Fizikokimyasal parametreler için belirlenen değerler TSE 266, WHO, EPA değerleri ile karşılaştırılarak kuyu sularının içme suyu ya da sulama suyu olarak kullanılabilirliği değerlendirilmiştir. Yeraltı suyu örneklerinde tüm parametreler için belirlenen analitik sonuçlar Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Fizikokimyasal parametrelerle ilgili tanımlayıcı istatistikler

	ORT	SS	MİN	MAK	TSE 266 (2005)	DSÖ (2011)	EPA (2008)
pH	8.3	0.3	7.8	8.8	6,5-9,5	6,5 - 8,0	6,5 - 8,5
T (°C)	16	2.7	12	20.8			
ÇO (mg/L)	3.0	1.0	2.0	4.0			
Eİ (µs/cm)	568	86.5	430	730	2500	2500	
TÇK (mg/L)	282	42.0	220	370	1500	1000	500
$NO_3^-$ (mg/L)	2.7	1.5	1.385	5.35	50	50	45
$PO_4^{-3}$ (mg/L)	0.3	0.1	0.149	0.397			
$SO_4^{-2}$ (mg/L)	42	33	7	131	250	500	250
TS (mg $CaCO_3$ /L)	257	40.0	195	316		500	
Renk (Pt-Co)	14	20	0	70	20	15	15
Bulanıklık (NTU)	4	6	0.46	25.2	1.0	5.0	1.0

ÇO:Çözülmüş Oksijen, Eİ: Elektriksel İletkenlik, TS: Toplam Sertlik, NTU: Nephelometric Turbidity Unit, TÇK:Çözülmüş Katı Madde, SS: Standart Sapma, DSÖ: Dünya Sağlık Örgütü,

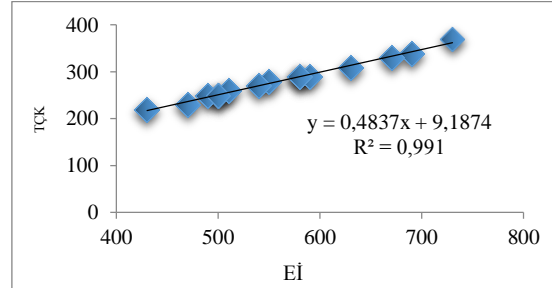
#### 3.1. pH

pH, sudaki  $H^+$  iyonu konsantrasyonu ile  $OH^-$  iyonu konsantrasyonları arasındaki dengenin ölçümüdür. Bu çalışmada ortalama pH=8.3 olup bu değer TSE 266 ve EPA tarafından içme suları için belirlenmiş aralıktadır. Suların pH'ı deşarj edilen suların yapısı, havza jeolojisi gibi faktörlere bağlıdır. Asidik sular, tuzların akifer kayaçlarından çözünmesine ve yeraltı sularında metal ve çözülmüş katı yükünün artmasına neden olur (Akhtar vd., 2014). Asidite ve çözülmüş katı madde yükü su borularında korozyona ve insanlarda gastrointestinal iritasyona neden olabilir (Mangukiya vd., 2012).

#### 3.2. Elektriksel İletkenlik (Eİ)

Elektriksel iletkenlik sudaki çözülmüş katı madde ile ilgili bir indekstir. Yüksek elektriksel iletkenlik değerleri yüksek kimyasal ayrışma ve yeraltı suyunun akiferde daha uzun süre kalması ile açıklanabilir (Oinam vd., 2011). Elektriksel iletkenlik sıcaklığa, iyonların konsantrasyon ve tipine bağlıdır (Hem, 1985). Elektriksel iletkenlik, Tip I ( $EC < 1500 \mu\text{hos/cm}$ ), Tip II ( $1500 < EC < 3000 \mu\text{hos/cm}$ ), Tip III ( $EC > 3000 \mu\text{hos/cm}$ ) olarak sınıflandırılabilir (Sarath-Parasanth vd., 2012). Bu çalışmada ortalama Eİ= 564  $\mu\text{s/cm}$  olarak belirlenmiş olup, TSE 266 ve DSÖ tarafından bildirilmiş limit değeri aşmamaktadır ve Tip I'de yer almaktadır. pH ile Eİ arasında korelasyon katsayısı  $R = -0.43$  olarak belirlenmiştir. pH arttıkça Eİ azalmaktadır. pH değerlerinin düşük olduğu asidik koşullarda yeraltı suyu akifer kayaçlarını çözerek tuzların yeraltı suyunu karışmasına ve Eİ değerlerinin yüksek olmasına neden olmaktadır. Bu çalışmada yeraltı suyu alkali pH değerinde olup Eİ değerleri de düşüktür. Beklendiği gibi Eİ ile TÇK arasında yüksek korelasyon belirlenmiştir ( $R=0.995$ ,  $R^2=0.991$ ). Sulama suyu kalitesi Eİ parametresi bakımından 5 ayrı sınıfta kategorize edilmiştir (Richard, 1954). Eİ  $< 250 \mu\text{s/cm}$  (mükemmel), 250-750  $\mu\text{s/cm}$  (iyi), 750-2000  $\mu\text{s/cm}$  (izin verilebilir), 2000-3000  $\mu\text{s/cm}$

(şüpheli),  $>3000 \mu\text{s/cm}$  (uygun değil). Bu çalışmada numunelerin hepsinde Eİ değerleri 250-750  $\mu\text{s/cm}$  aralığında belirlenmiş olduğundan sulama suyu olarak uygundur. Eİ değeri, Sulama Sularının Kalitesi Ve Kullanılmış Suların Yeniden Kullanılması Hakkında Yönetmeliğine göre kullanım kısıtlaması olmayan sular için belirlenmiş değeri ( $< 700 \mu\text{s/cm}$ ) sağladığından genel sulama suyu kalitesi bakımından uygundur ve kullanım kısıtlaması yoktur.



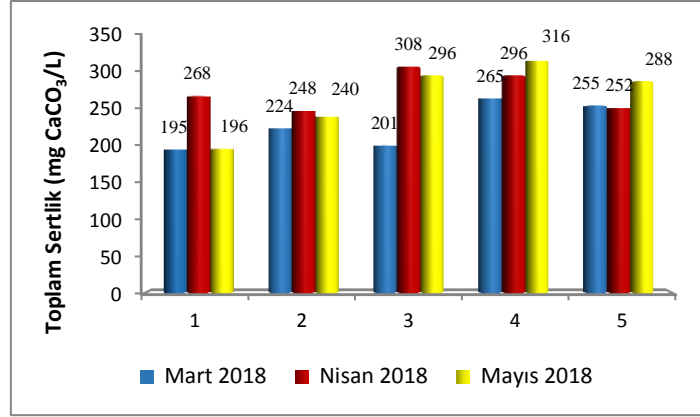
Şekil 1. TÇK ve Eİ arasındaki korelasyon

### 3.3. Toplam Çözünmüş Katılar (TÇK)

Yeraltı sularında toplam çözünmüş katı maddeler esas olarak inorganik tuzlar (özellikle bikarbonatlar,  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ , K, Na,  $\text{SO}_4^{-2}$ , Cl) ve çözünmüş organik madde ile ilgilidir. Tuzlar jeojenik kaynaklı (kayaçların ayrışması) olabileceği gibi antropojenik kaynaklı (evsel/endüstriyel atıksu deşarjı, su taşıma hattında boru malzeme özelliği) da olabilir (Raju vd., 2015). Bu çalışmada TÇK konsantrasyonu ortalama 282 mg/L olarak belirlenmiştir. Bu değerler DSÖ ve EPA tarafından bildirilmiş limit değerlerden oldukça düşüktür. Toplam çözünmüş katı madde ile  $\text{Mg}^{+2}$  konsantrasyonu arasında yüksek pozitif korelasyon ( $R=0.68$ ,  $R^2=0.46$ );  $\text{Ca}^{+2}$  ile düşük negatif korelasyon ( $R=-0.34$ ,  $R^2=0.12$ ) belirlenmiştir. Davis ve De Wiest (1966) tarafından yeraltı suları 4 farklı sınıfta kategorize edilmiştir. Tip I (TÇK $<500$  mg/L) içme suyu olarak tercih edilen; Tip II (500-1000 mg/L) izin verilen, Tip III (TÇK $<3000$  mg/L) sulama için uygun, Tip IV (TÇK $>3000$  mg/L) içme suyu ve sulama suyu olarak uygun değildir. Bu çalışmada TÇK değerleri 220-370 mg/L aralığında değişmekte olup ortalama konsantrasyon 282 mg/L'dir. Toprak tuzlarından sızıntı ya da kanalizasyon, yeraltı suyu TÇK konsantrasyonunda artışa neden olabilir. Bu çalışmada bulunan değer Hindistan'da 396,8 mg/L (Sarath-Parasanth vd., 2012), Çin'de 674.68 mg/L (Niu vd., 2017) ve Suudi Arabistan'da 1119 mg/L (Abdel-Sater vd., 2017) olarak belirlenen değerlerden düşüktür. TÇK konsantrasyonu, Sulama Sularının Kalitesi Ve Kullanılmış Suların Yeniden Kullanılması Hakkında Yönetmeliğine göre kullanım kısıtlaması olmayan sular için belirlenmiş değeri ( $< 450$  mg/L) sağladığından genel sulama suyu kalitesi bakımından uygundur ve kullanım kısıtlaması yoktur.

### 3.4. Toplam Sertlik (TS)

Sawyer ve McCarty (1967) yeraltı sularını sertlik derecelerine göre 4 sınıfta kategorize etmiştir: TS $<75$  (yumuşak), 75-150 (orta sert), 150-300 (sert) ve  $>300$  mg/L (çok sert). Analitik sonuçlara göre bu çalışmada ortalama sertlik 257 mg  $\text{CaCO}_3$  /L olarak belirlenmiş olup yeraltı suyu sert su sınıfında yer almaktadır. Toplam sertlik değerleri 195-316 mg  $\text{CaCO}_3$ /L aralığında değişmiş olup ortalama değer 257 mg  $\text{CaCO}_3$ /L olarak belirlenmiştir. Bu değer ayrıca 25.7 Fransız Sertliğine (FS) eşittir. Hindistan'da yapılmış 2 çalışmada belirlenen sonuçlar bu çalışmada belirlenmiş sonuçlara yakındır. Hindistan'da bir çalışmada ortalama konsantrasyon 242,5 mg/L (Sarath-Parasanth vd., 2012) bir diğer çalışmada ise 40-272 mg/L aralığında değiştiği belirlenmiştir (Turkey vd., 2017). Suudi Arabistan'da belirlenen değer ise ortalama 536 mg/L (Abdel-Sater vd., 2016) olup bu çalışmada ve Hindistan'da belirlenen değerlerden yüksektir. Sularda yüksek sertlik değerleri  $\text{Ca}^{+2}$  ve  $\text{Mg}^{+2}$  içeren alkali toprak özelliği ile açıklanabilir. Yeraltı sularının tarımsal sulama suyu olarak kullanılabilirliği toplam sertlik parametresi bakımından 4 sınıfta kategorize edilmiştir (Durfur & Becker., 1964). 1)  $<60$  yumuşak, 2) 60-120 orta sert, 3)120-180 sert, 4)  $>180$  çok sert. Bu çalışmada TS değerleri tüm örneklerde  $>180$  mg  $\text{CaCO}_3$ /L olarak belirlendiğinden sulama suyu olarak da çok sert su sınıfında yer almıştır. Sularda sertliğin alanın litolojik özellikleri ile ilgili olduğu düşünülmektedir.



Şekil 2. Yeraltı suyu örneklerinde toplam sertlik değerlerinin alana ve zamana göre değişimi

### 3.6. Sülfat (SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>)

Sülfat doğal sularda bulunan en önemli anyonlardan biridir. Bu çalışmada SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> konsantrasyonu 7-131 mg/L aralığında değişmiş olup, ortalama konsantrasyon 42 mg/L olarak belirlenmiştir. Bu değer TSE 266 ve EPA tarafından bildirilmiş limit değerden (250 mg/L) oldukça düşüktür. Bu çalışmada belirlenen ortalama konsantrasyon Aydın için bildirilmiş (Özdoğan vd., 2016) ortalama konsantrasyondan (324,33 mg/L) ve Suudi Arabistan'da belirlenen (Abdel-Satar vd., 2017) konsantrasyondan (266 mg/L) oldukça düşüktür. Bununla beraber Çin'de 13.61 mg/L (Niu vd., 2017) ve Hindistan'da (0.76 mg/L) belirlenmiş (Sarath-Parasanth vd., 2012) konsantrasyonlardan da düşüktür. SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>, akiferde sülfür oksidasyonunu inhibe eden indirgeyici koşullar nedeni yeraltı sularında genellikle düşük konsantrasyonlarda bulunmaktadır (Alam vd., 2016).

### 3.7. Nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)

Nitrat yeraltı sularında bulunan azot formlarından biridir. NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, azotun oldukça kolay çözünen bir formudur ve topraktan hızlıca yeraltı suyuna karışabilmektedir. Bu çalışmada nitrat konsantrasyonu 1.385-5.35 mg/L aralığında değişmekte olup ortalama konsantrasyon 2.7 mg/L olarak belirlenmiştir. Aly vd., (2013) Suudi Arabistan'da Al-Ahsa ve Riyad bölgelerinde maksimum konsantrasyonu sırasıyla 18,7 mg/L ve 28 mg/L olarak belirlemişken, Alhababy ve Al-Rajab (2015) Jazan bölgesinde 62.4 mg/L olarak belirlemiştir. Nitrat bileşiklerinin en önemli kaynakları nitrat içeren gübreler ve toprakta nitrata dönüştürülen evsel atıklardır (Kumar vd., 2009). Yine ülkemizde Aydında yapılan çalışmada yeraltı sularında nitrat konsantrasyonunun 0.063-42.22 mg/L aralığında değiştiği belirlenmiştir. Nitrat yeraltı sularında antropojenik kirliliğin özellikle tarımsal alanlarda gübreden kaynaklanan kirliliğin en önemli göstergesidir. Tarımsal alanlarda gübre kullanımı ve kırsal alanlarda fosseptik çukurları yeraltı sularında nitrat kirliliğine neden olan en önemli kaynaklardır. Karaoğlu vd., (2008) suni gübreler ve hayvan atıklarının yeraltı sularında en önemli nitrat kaynağı olduğunu bildirmişlerdir. Doğal şartlarda, sularda bulunan nitrat konsantrasyonu 10 mg/L'yi aşmamakta (Cushing vd., 1973), 10 mg/L'den yüksek nitrat konsantrasyonu antropojenik kirlilik göstergesi olarak kabul edilmektedir (Cushing vd., 1973). Bu çalışmada belirlenen maksimum konsantrasyon 5.35 mg/L olduğundan yeraltı suyundaki nitratin doğal kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Ayrıca TSE 266, DSÖ ve EPA tarafından belirlenmiş olan 50 mg/L sınır değerden düşüktür. Ortalama nitrat azotu ~ 0.61 mg/L olup bu değer Sulama Sularının Kalitesi Ve Kullanılmış Suların Yeniden Kullanılması Hakkında Yönetmelikte kullanım kısıtlaması olmayan sular için belirlenmiş değerden (5mg/L) düşüktür.

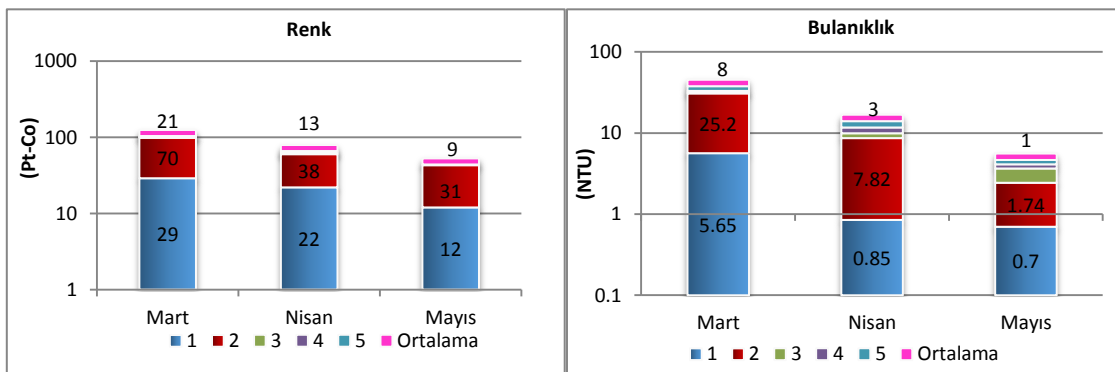
### 3.8. Fosfat (PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>)

Yeraltı suyunda fosfat konsantrasyonunda değişim evsel atıksuların gübre olarak kullanıldığı tarımsal alanlardan ve endüstriyel atıksulardan kaynaklanır (Patil ve Patil, 2010). Yine tarımsal alanlarda kullanılan fosfat içerikli gübrelerde yeraltı suyunda fosfatın en önemli kaynağıdır. Fosfat genellikle toprak partiküllerine adsorpsiyon ile bağlanır ve toprağın adsorpsiyon kapasitesi aşıldığında yeraltı suyuna karışır. Bu çalışmada PO<sub>4</sub><sup>-3</sup> konsantrasyonu 0.149-0.397 mg/L aralığında değişmiş olup

ortalama konsantrasyon 0.3 mg/L olarak belirlenmiştir. Suudi Arabistan'da yapılan çalışmada su numunelerinin %83'ünde fosfat konsantrasyonunun 0.1 mg/L'yi aşmadığı ve fosfat konsantrasyonunun 0.01-0.43 mg/L aralığında değiştiği belirlenmiştir (Abdel-Satar vd., 2017). Yine bir diğer çalışmada kırsal yerleşim alanında 0.01-0.16 mg/L aralığında, kentsel yerleşim alanında ise 0.0-0.13 mg/L aralığında belirlenmiştir (Turkey vd., 2017). Yine Özdoğan vd., (2016) Aydın'da fosfat konsantrasyonunun 0.047-89.95 mg/L aralığında değiştiğini bildirmişlerdir.

### 3.9. Renk ve Bulanıklık

Suda askıda ya da çözülmüş olarak bulunan maddeler suyun rengini etkilemektedir. Renk parametresi Pt-Co yöntemi ile belirlenmiştir. Renk 0.0-70 Pt-Co aralığında değişmiş olup ortalama 14 Pt-Co olarak belirlenmiştir. 1.ve 2. numaralı örnekleme yerlerinde renk parametresi için ortalama değer sırasıyla 16 Pt-Co ve 35 Pt-Co, diğer örnekleme yerleri içinse ortalama 2 Pt-Co olarak belirlenmiştir. Yağışlı dönem olan mart ayı örnekleme sırasında özellikle 1 ve 2 numaralı örnekleme noktalarında renk değerleri sırasıyla 29 (Pt-Co) ve (70 Pt-Co) olarak belirlenmiştir (Şekil 3). Yağış nedeniyle toprakta bulunan maddelerin çözünerek infiltre olması (özellikle bitkisel ayrışma sonucu oluşan maddeler), açık alanlarda yığılı halde bulunan hayvansal atıklardan sızıntı ve bazı mikroorganizmalar doğal sularda renk oluşumuna neden olabilir. Renk parametresinin yüksek olduğu 1 ve 2 numaralı örnekleme noktaları için belirlenen değerlerin ortalamasına göre rengin %33'ünün, bulanıklığın ise %63'ünün askıda katı madde kaynaklı olduğu belirlenmiştir. Bulanıklık 0.46-25 NTU aralığında değişmiş olup ortalama 3.8 NTU olarak belirlenmiştir. Renk parametresine benzer şekilde en yüksek bulanıklık değerleri yağışlı dönem olan mart ayında 7.6 NTU olarak, yağışın azaldığı nisan ve mayıs aylarında ise sırası ile 2.8 ve 0.9 NTU olarak belirlenmiştir. Bulanıklık da en yüksek 1 ve 2 numaralı örnekleme noktalarında belirlenmiştir. Bulanıklık ile renk arasında yüksek korelasyon belirlenmiştir ( $R= 0.85$ ,  $R^2= 0.73$ ). Renk değerinin yüksek olduğu örnekleme noktalarında su rengi sarı olarak belirlenmiştir. Yeraltı suyunda bulunan organik asitler (tanin, lignin) sularda sarı renk oluşumuna neden olabilirler. Aynı zamanda fulvik veya hümik asit olarak da bilinen taninler yüzey su kaynakları ve sığ kuyularda derin kuyulardan daha yaygındır. Bu bileşikler bitkisel ve hayvansal maddelerin mikroorganizmalar tarafından ayrıştırılması sırasında oluşur ya da ağaç köklerinden salınırlar. Küçük partiküller olarak oluşan bu bileşikler suda çözünerek renk oluşumuna neden olurlar. Toprakta bulunan bu maddeler yağmur suyunda çözünerek yeraltı suyu ve yüzeysel sulara taşınabilirler. Taninler ağaç köklerinden de salınır yeraltı suyuna karışarak sarı ve kahverengi renge neden olurlar. Humus, turba gibi organik maddeler sularda sarı veya kahverengi bir renk oluşturabilir. Toprak akışı sularda sarı, kırmızı, kahverengi ve gri gibi renklerin oluşumuna neden olabilir. Bu çalışmada rengin %33 askıda katı madde kaynaklı olduğuna göre gerçek rengin en önemli nedeninin tanin gibi çözülmüş organik asitler olduğu düşünülmektedir.



Şekil.3 Renk ve bulanıklık değişimi

## 4. SONUÇ

Bu çalışmada Bartın'da yeraltı suyu kalitesi bazı fizikokimyasal parametrelerle araştırılmıştır. Sonuç olarak kimyasal parametreler için belirlenen değerler TSE 266, DSÖ ve EPA tarafından belirlenen

limit değerlere uygundur. Ortalama pH değeri 8.3 olup sular alkali özelliktedir. TÇK ve Eİ arasında yüksek korelasyon belirlenmiş olup yeraltı suları her iki parametre bakımından içme suyu olarak uygundur. pH'ın alkali özellikte olması da düşük Eİ ve TÇK değerleri ile uyumludur. Ortalama  $\text{NO}_3^-$  konsantrasyonu 2.7 mg/L olarak belirlendiğinden nitratın antropojenik değil doğal kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Benzer şekilde fosfat konsantrasyonu literatürde özellikle yoğun olarak tarım yapılmayan kırsal alanlara benzer değerde bulunmuştur. Bu çalışmada yeraltı sularının toplam sertlik bakımından değerlendirildiğinde  $\text{TS}=257$  mg/L  $\text{CaCO}_3$  olarak belirlendiğinden yeraltı suyu sert su sınıfında yer almaktadır. Tarımsal sulama amacıyla değerlendirildiğinde de yine sert su sınıfında yer almaktadır. TÇK, Eİ ve nitrat konsantrasyonları bakımından sulama suyu olarak da kullanılabilir niteliktedir. Fiziksel parametrelerden renk değeri iki örnekleme yerinde limit değerleri aşmış olup renk sarıdır. Sarı rengin çözülmüş organik asitler (tanin, lignin) ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Sonuç olarak bundan sonraki çalışmalarda analiz edilecek parametre sayısının (oksidlenebilirlik, klor, sodyum, ağır metaller, mikrobiyolojik analizler vd.) artırılarak yeraltı suyu kalitesinin daha detaylı değerlendirilmesi gerekmektedir.

## KAYNAKLAR

Abdel-Satar, A.M. Manal H. Waed, A.K. Alahmad, R. Yousef, W.M. Alsomadi, H.R. Iqbal, T. (2017). Quality assessment of groundwater and agricultural soil in Hail region, Saudi Arabia. *Egyptian Journal of Aquatic Research*, 43:55-64.

Aeschbach-Hertig, W. Gleeson, T. (2012). Regional strategies for the accelerating global problem of groundwater depletion. *Nat. Geosci.* 5, 853–861.

Akhtar, M.M. Tang, Z. Mohamadi, B. (2014). Contamination potential assessment of potable groundwater in Lahore. *Polish J. Environ. Stud.* 23 (6), 1095–1916.

Alam, M.O. Shaikh, W.A. Chakraborty, S. Avishek, K. Bhattacharya, T. (2016). Groundwater arsenic contamination and potential health risk assessment of gangetic plains of Jharkhand, India. *Expo. Health*, 8: 125–142.

Alhababy, A.M., Al-Rajab, A.J., 2015. Groundwater quality assessment in Jazan region, Saudi Arabia. *Curr. World Environ.* 10 (1): 22–28.

Aly, A., Alomran, A., Alwabel, M., Almahaini, A., Alamari, M., 2013. Hydrochemical and quality of water resources in Saudi Arabia groundwater: a comparative study of Riyadh and Al-Ahsa regions. *Proc. Int. Acad. Ecol. Environ. Sci.* 3 (1), 42–51.

APHA (1995) Standard methods for the examination of water and waste water. 19th edn. American Public Health Association, Washington, DC.

Berhe, B.A. Çelik, M. Dokuz, U.E. (2015). Kütahya Ovası'ndaki Yüzey Ve Yer Altı Sularının Sulama Suyu Kalitesi Açısından İncelenmesi, *Türkiye. Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 150: 147-163.

Cushing, E.M. Kantrowitz, I.H. Taylor, K.R. (1973). *Water Resources of the Delma Rva Peninsular*, Washington: U.S. Geological Survey Professional Paper, 822, 58.

Davis, S.N. De Wiest, R.J.M. (1966). *Hydrogeology*, vol 463. Wiley, NewYork.

Dufor, C.N. Becker, E. (1964). *Public water supplies of the 100 largest cities in the United States, 1962*: U.S. Geological Survey, Water-Supply Paper ,1812.

Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) (2011). *Guidelines for Drinking-water Quality*. WHO Library Cataloguing-in-Publication Data. *Guidelines for drinking-water quality – 4 th ed*

Environmental Protection Agency (EPA). 2008. National Primary Drinking Water Regulations. U.S. EPA, Office of Water. Retrieved November 25, 2010 from <http://water.epa.gov/drink/contaminants/index.cfm>.

Hem, J.D. (1985). Study and interpretation of the chemical characteristics of natural waters, 3rd edn. USGS Water Supply Paper. 2254, pp 117–120.

Huang, G. Sun, J. Zhang, Y. Chen, Z. Liu, F. (2013). Impact of anthropogenic and natural processes on the evolution of groundwater chemistry in a rapidly urbanized coastal area. South China. *Sci. Total Environ.* 463–464, 209–22.

Karaoğlu, M.H. Balcı, A. Uđurlu, M. (2008). Kavaklıdere Bozdođan Bölgesindeki Kaynak Sularının Fizikokimyasal Açıdan İncelenmesi. Muđla Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü, 58-60, Muđla.

Mangukiya, R. Bhattacharya, T. Chakraborty, S. (2012). Quality characterization of groundwater using water quality index in Surat City, Gujarat, India. *Int. Res. J. Environ. Sci.* 1 ISCA (International Science Congress Association) Publishers.

Niu, B. Wang, H. Loáiciga, H.A. Hong, S. Shao, W. (2017). Temporal Variations of Groundwater Quality in The Western Jiangnan Plain, China. *Science of the Total Environment*, 578: 542–550.

Oinam, J.D. Ramanathan, A.L. Linda, A. Singh, G. (2011). A study of arsenic, iron and other dissolved ion variations in the groundwater of Bishnupur District. Manipur India *Environ. Earth Sci.* 62, 1183–1195.

Özdoğan, M. Üstündađ, A.Ö. Demirel, H. (2016). Aydın İli Yeraltı Sularının Hayvancılık İçin İme Suyu Kalitesi Bakımından Deđerlendirmesi. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 13(2) : 113 – 121.

Patil, V.T. Patil, P.R. (2010). Physicochemical analysis of selected groundwater samples of Amalner Town in Jalgaon District, Maharashtra, India. *E-J. Chem.* 7 (1): 111–116.

Raju, N.J. Patel, P. Gurung, D. Ramb, P. Gossel, W. Wycisk, P. (2015). Geochemical assessment of groundwater quality in the Dun valley of central Nepal using chemometric method and geochemical modelling. *Groundw. Sustain. Dev.* 1, 135–145.

Sarath Prasanth, S. V. Magesh, N. S. Jitheshlal, K. V. Chandrasekar, N. Gangadhar, K. (2012). Evaluation of groundwater quality and its suitability for drinking and agricultural use in the coastal stretch of Alappuzha District, Kerala. *India Appl Water Sci.* 2:165–175.

Sawyer, G.N. McCarthy, D.L. (1967). *Chemistry of sanitary engineers*, 2nd edn. Mc Graw Hill, New York, p 518.

Tirkey, P. Bhattacharya, T. Chakraborty, S. Baraik, S. (2017). Assessment of groundwater quality and associated health risks: A case study of Ranchi city, Jharkhand, India. *Groundwater for Sustainable Development*, 5: 85–100.

TSE (2005). TS266, Sular- İnsanî tüketim amaçlı sular. <https://intweb.tse.org.tr/standard/standard/Standard.aspx?>

Xiao, J. Jin, Z. Wang, J. (2014). Assessment of the hydrogeochemistry and groundwater quality of the tarim river basin in an extreme arid region. NW China. *Environ. Manag.* 53, 135–146.