

Yüksekova Havzasında Yüzey ve Yüzeyaltı Su Kaynaklarının Karakterizasyonu

Mesut BUDAK^{1*}, Hikmet GÜNAL², Mesut SIRRI³, Nurullah ACİR⁴

¹Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Siirt

²Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Şanlıurfa

³Siirt Üniversitesi, Kurtalan Meslek Yüksekokulu, Bitkisel Üretim Bölümü, Siirt

⁴Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Kırşehir

*Sorumlu Yazar (Corresponding author): m.budak@siirt.edu.tr

Özet

Su kaynaklarına nitrat ve fosfatın aşırı deşarjı, nehir ve göl gibi yüzey sularının ötrofikasyonuna neden olurken, insan sağlığını ve su canlılarının yaşamlarını da tehdit etmektedir. Bu çalışma, Hakkâri ili için en değerli tarım arazilerinin yer aldığı ve tüm bölge için çeşitli ekosistem hizmetlerinin üretildiği Nehil Sazlığına sahip olan Yüksekova havzasında, yeraltı ve yüzey su kaynaklarının besin yüklerinin belirlenmesi, eşik değeri aşması durumunda kirliliğin kaynağının araştırılması ve çözüm önerilerinin geliştirilmesi amacı ile gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla 37°.26' K - 37°.36' K enlemleri ile 44°.4' D - 44°.26' D boylamları arasında yer alan çalışma alanındaki çay, dere, artezyen kuyu, doğal çeşme ve sondaj kuyuları olmak üzere 51 noktadan her yıl 2 ayrı dönemde olmak üzere 2 yıl (2020, 2021) süre ile su örnekleri alınmıştır. Çalışma alanında NO₃⁻ içeriği 2020 ve 2021 yılları bahar aylarında ortalama 3.45 ve 3.74 mg kg⁻¹ iken son baharda bir miktar yükselerek 4.73 ve 4.44 mg kg⁻¹ çıkmıştır. Tarımsal üretimde mineral gübre kullanımının hemen hemen hiç olmadığı çalışma alanında en yüksek PO₄⁻³ içeriği, Nehil çayı (1.99 mg kg⁻¹), sulama kanalı (0.78 mg kg⁻¹) ve Havaalanı giderinde (0.56 mg kg⁻¹) tespit edilmiştir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) standartlarına göre Yüksekova Havzasında yer alan yüzey ve yüzey altı sularının NO₃⁻ ve PO₄⁻³ içerikleri zarar eşik değerlerinin altındadır. Bununla birlikte, hayvan çiftliklerinden ve evsel atıklarından su kaynaklarına katılan NO₃⁻ ve PO₄⁻³ gelecekte su kalitesi açısından önemli sorunlar oluşturabilir.

Characterization of Surface and Groundwater Resources in Yüksekova Basin

Abstract

Excessive discharge of nitrate and phosphate into water sources leads to eutrophication of surface waters such as rivers and lakes and posing a threat to human health and aquatic life. This study was conducted to determine the nutrient loads of groundwater and surface water resources in the Yüksekova basin, which has the most valuable agricultural lands for Hakkari province and Nehil Reed, where various ecosystem services are produced for the whole region, to identify the sources of pollution if threshold values are exceeded and to develop solutions. For this purpose, water samples were collected from 51 points including streams, creeks, artesian wells, natural fountains and boreholes in the study area located between latitudes 37°.26' N - 37°.36' N and longitudes 44°.4' D - 44°.26' D for 2 years (2020, 2021) in 2 different periods each year. The average NO₃⁻ content in the study area during the spring months of 2020 and 2021 was 3.45 and 3.74 mg kg⁻¹, respectively, and increased slightly in the fall to 4.73 and 4.44 mg kg⁻¹, respectively. The highest PO₄⁻³ content in the study area, where the use of mineral fertilizers in agricultural production is almost non-existent, were detected in Nehil stream (1.99 mg kg⁻¹), irrigation canal (0.78 mg kg⁻¹), and airport drainage (0.56 mg kg⁻¹). According to the World Health Organization (WHO) standards, the NO₃⁻ and PO₄⁻³ contents of surface and groundwater in the Yüksekova Basin are below harmful threshold levels. However, NO₃⁻ and PO₄⁻³ input from livestock farms and domestic wastewater into water sources can pose significant future challenges to water quality.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi :10.07.2023
Kabul Tarihi :24.08.2023

Anahtar Kelimeler

Su kirliliği
nitrat
fosfat
yüksekova
evsel atıklar
hayvansal üretim

Research Article

Article History

Received :10.07.2023
Accepted :24.08.2023

Keywords

Water pollution
nitrate
phosphate
yüksekova
domestic wastes
animal production

1.Giriş

Sürekli artan insan nüfusu ve farklılaşan yaşam standartları, su dahil mevcut doğal kaynakların kullanımına yönelik talepleri artırmaktadır. Suyun farklı sektörlerde çeşitli amaçlar için kullanımı, mevcut suyun miktarını ve kalitesini etkilemektedir. Dünyanın en kötü yönetilen doğal kaynaklarından biri olan suyun kirliliği nedeniyle su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi hem ulusal hem de uluslararası düzeyde önemlidir (Sasakova ve ark., 2018). Su kirliliği, doğal bir kaynak olan su içerisinde nitrat, fosfat, ağır metal, patojen ve pestisit gibi arzu edilmeyen maddelerin konsantrasyonunun artması ile suyun kalitesinin değişmesi ve çevre ve insan sağlığına zarar vermesi olarak tanımlanmaktadır (Briggs, 2003; Haseena ve ark., 2017). Su kirliliğinin insan sağlığını tehdit ettiğini belirten Chaudhry ve Malik (2017), dünyada her gün yaklaşık 14 bin kişinin su kirliliğinden dolayı hayatını kaybettiğini rapor etmiştir.

Yağmur ile yeryüzüne ulaşan su, toprakla temas ettiğinde yüzey suyu haline gelir ve toprak içerisinde süzülüp, derinlerde biriktiğinde ise yeraltı suyu olarak adlandırılabilir. Önemli bir kısmı, yüzey altına sızdığından veya buharlaşıp atmosfere karıştığından, yüzey akışla nehir, göl ve denizlere taşınan yüzey suyunun insan ve hayvan atıklarıyla kirlenmesine karşı korunması, çeşitli sektörler tarafından ihtiyaç duyulan suyun korunması açısından mutlak gereklidir. Yüzey suları, çeşitli atık ve yüzey akışa maruz kalmaları nedeniyle kirlenmeye en duyarlı olan su kaynaklarıdır. Öte yandan yeraltı suyu, doğrudan yüzey akışlarına ve atık deşarjlarına karşı korunmaktadır, ancak bir kere kirlendikten sonra daha uzun süre kirlenmiş olarak kalır. Bu nedenle sürdürülebilir kullanımları için korunmaya ihtiyaç bulunmaktadır (Saalidong ve ark., 2022). Miktar ve çeşit olarak değişen talebi karşılamak için artan gıda üretimi ve enerji tüketiminde, küresel

olarak hidrolojik döngüde değişmelere neden olmuştur. Ayrıca, aşırı ve bilinçsiz tüketim, su kıtlığı ve su kirliliğinin küresel bir soruna dönüşmesine yol açmıştır (Liu ve ark., 2012). Bu soruna karşı koyabilmek için su kaynakları politikalarının sürekli olarak değerlendirilmesi gerekmektedir (Chaudhry ve Malik, 2017). Herhangi bir nedenden dolayı suyun kirlenmesi tarımsal üretimde ciddi sorunların ortaya çıkmasına (Dorak ve ark., 2018) ve nihayetinde de gıda güvenliğinin sekteye uğramasına neden olmaktadır.

Su kirliliği hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkeler için önemli bir sorundur. Su kalitesi, yağış, iklim, toprak tipi, bitki örtüsü, jeoloji, yeraltı suyu ve insan faaliyetleri gibi birçok faktörden etkilenir. Su kalitesine yönelik en büyük tehdit, endüstrilerin ve belediyelerin noktasal kaynaklarıdır. Madencilik, kentsel gelişim ve tarımsal faaliyetler su kalitesi üzerinde olumsuz etkileri olan diğer faktörlerdir (Chaudhry ve Malik, 2017; Hassena ve ark., 2017). Özellikle tarımsal faaliyetler nedeniyle nehir ve göl gibi yüzey sularında azot ve fosfor gibi besinlerin konsantrasyonu önemli düzeyde artmaktadır. Çevrede biyolojik azotun 2, fosforun ise 3 katına çıktığını ifade eden Howarth ve Choi (2005), bu artışa tarımsal üretim uygulamaları (gübreleme, herbisit ve insektisit kullanımı) ve evsel atıkların neden olduğunu bildirmişlerdir.

Bitkisel üretimde azot temel bir besin elementi olmasına rağmen, bilinçsiz kullanımı su ve hava kirliliğine yol açmaktadır. Bu nedenle, tarımsal faaliyetler, çevrede azot kirliliğine en çok katkıda bulunan kaynak olarak tanımlanmaktadır. Özellikle de hayvansal üretimin yapıldığı çiftliklerde, sıvı hayvan dışkıları, nehirleri, gölleri ve kıyı sularını kirleten temel azot kaynağıdır. Tarımsal üretim için organik ve mineral gübrelerin kullanımı oldukça yaygındır. Ancak aşırı kullanımları su ve hava kirliliği gibi çevre

sorunlarına neden olmaktadır (Woli ve ark., 2004). Hayvansal dışkılarından salınan ve çevreye zarar veren birincil öneme sahip iki besin maddesi, azot ve fosfordur (Hubbard ve ark., 2004). Aile işletmeciliği şeklindeki çiftliklerde, yeterli altyapı olmadığından dolayı özellikle sıvı hayvan gübrelerinden kaynaklanan azot, fosfor, organik madde ve çeşitli mikroorganizmalar çevrede bulunan su kaynaklarının kirlenmesine yol açmaktadır (Li ve ark., 2016). Tarımsal üretimde yüksek dozda gübre kullanımı yanı sıra, çiftlik hayvanlarından, evsel ve endüstriyel kaynaklardan çevreye salınan azot önemli düzeyde su kirliliğine neden olmaktadır. Küresel anlamda çevreye giren reaktif azot miktarı 1860'ta yaklaşık 15 megaton (Mt) iken 2010'da 185 Mt'a çıkmıştır. Bunun en önemli nedeni o süreçte kimyasal gübre kullanımının önemli derecede artmasından kaynaklanmaktadır. Zira tarımda azotlu gübrelerin kullanımı 1961'de 12 Mt iken 2014'te 110 Mt'a yükselmiştir (Yu ve ark., 2019).

Suyun içindeki bakterilerin yaşamlarını ve diğer kirlleticilerin kullanılabilirliğini etkileyen en önemli su kalitesi parametrelerinden biri de pH'dır. Genel olarak, çok yüksek veya çok düşük pH, suyun belirli amaçlar için hoş olmayan hale gelmesine neden olabilir. Çok yüksek pH'larda metaller çökelme eğiliminde iken amonyak gibi kimyasallar sucul yaşam için toksik hale gelebilir. Ayrıca, alkali koşullarda su hoş olmayan bir koku ve tat kazanmaktadır. Diğer yandan, düşük pH'larda, metallerin çözünürlüğü daha yüksektir ve sülfür su canlıları için toksik hale gelebilir. Düşük pH'lı sularda ağır metaller daha çözünür olduklarından biyoyararışlılıkları yükselmektedir. Bu nedenle suların pH değerlerinin belirlenmesi, kirlilik için hassas bir gösterge olduğundan tavsiye edilmektedir (Saalidong ve ark., 2022). Yeraltı ve yüzey sularının içme suyu veya sulama suyu olarak kullanımlarının değerlendirilmesinde kullanılan bir diğer önemli parametre is elektriksel iletkenlik

(EC)'dir. Suyun EC değeri, su içerisindeki yüklü parçacıkların konsantrasyonunun bir göstergesidir (Tutmez ve ark., 2006). ABD tuzluluk laboratuvarının değerlendirmesine göre, suyun EC değeri 0.10 ile 0.25 dS m⁻¹ arasında olduğunda düşük, 0.25 ile 0.75 dS m⁻¹ arasında orta ve 0.750 dS m⁻¹'nin üzerinde olduğunda ise yüksek tuzluluk riskine sahiptir (Richards, 1954). Dünyanın birçok bölgesinde olduğu gibi ülkemizde de su kirliliği oldukça önemli çevresel sorunların başında gelmektedir. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın Türkiye Çevre Sorunları ve Öncelikleri Değerlendirme Raporu'na göre Türkiye'de yerüstü su kaynaklarının % 54'ü ve yeraltı su kaynaklarının ise % 21'i kirli kategorisinde sınıflandırılmaktadır. 81 ilde yapılan su kirliliği araştırmalarına göre 27 ilimiz 1. derecede, 30'u 2.derece, 16'sı ise 3. derecede öncelikli sorun kategorisinde yer almaktadır. Su kirliliği bakımından Ankara ve İstanbul gibi büyük şehirler 1. öncelikle sorunlu şehirler kategorisinde yer alırken Hakkâri ili zengin bir su kaynağına ve düşük nüfus varlığına sahip olmasına rağmen 2. öncelikli sorunlu şehirler arasında yer almaktadır (Anonim, 2023). Yüksekova ilçesi doğal kaynak suları ve tarım arazileri bakımından Hakkâri ilinin en önemli ilçesi konumundadır. Bu nedenle bu çalışmada önemli tarım arazilerine sahip Yüksekova havzasında yeraltı ve yer üstü su kaynaklarında kirlilik durumunun belirlenmesi ve nedenlerinin ortaya konulup çözüm önerilerinin geliştirilmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Çalışma alanı

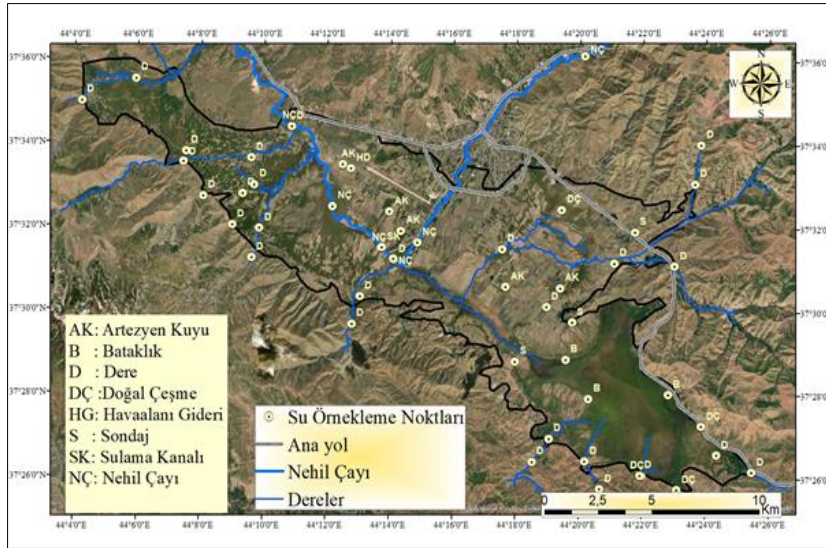
Yüksekova Ovasının yer aldığı çalışma alanının etrafı yüksek dağlarla çevrili olup, tipik bir çöküntü ovası görünümündedir. Çalışma alanı, 37°.26' K - 37°.36' K enlemleri ile 44°.4' D - 44°.26' D boylamları arasında yer almaktadır. Alanın batısında Cilo dağı, kuzeyde Mor dağı doğusunda İran sınır dağları ve güneyinde ise Cilo

dağlarının uzantısı olan Sipiriz sıra dağları bulunmaktadır (Şekil 1). Yüksekova ovasında etraftaki yüksek dağlardan ovaya inen ve taşıdığı materyali ovada depolayan Nehil çayının yanı sıra birçok yan dere bulunmaktadır. Birçok bölgesinde sulak alanların yer aldığı ovada, tarımsal üretimin yapıldığı lokasyonlarda yaz aylarında sulama, çoğunlukla sondaj kuyularından suyun çekilmesi ile yapılmaktadır. Ovada yer yer küçükbaş ve büyükbaş hayvanların su ihtiyacını karşılamada kullanılan artezyen kuyuları da bulunmaktadır.

2.2.Su örneklemeleri

Yüksekova ovasında sulardaki besin yükünü belirlemek için yapılan su örneklemeleri öncesi su kaynakları çalışma alanının etrafındaki yüksek dağlardan ovaya giriş yapan Dere, Nehil çayı, Artezyen Kuyusu, Doğal Çeşme, Bataklik,

Sondaj, Sulama Kanalı ve Havaalanı Gideri olmak üzere 8 ayrı gruba ayrılmıştır. Çalışma alanında bulunan çay, dere, artezyen kuyu, doğal çeşme ve sondaj kuyularından olmak üzere 51 noktadan 2020 ve 2021 yıllarında her yıl 2 ayrı dönemde olmak su örnekleri alınmıştır (Şekil 1). Alınan su örnekleri soğuk zincir ortamında korunmuş ve analiz edilmek üzere Siirt Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezine ulaştırılmıştır. Çalışma alanında insan etkisinin besin yüküne katkısının ortaya konması için, örneklemeler şehir/köy merkezini ve yakınından geçen yüzey sularında ve suyun ilçe ve köylere giriş ile çıkış yaptığı noktalardan ayrı ayrı yapılmıştır. Tarımsal üretimin yoğun yapıldığı alanlarda, hayvan barınaklarının dere/çay yataklarına yakın olduğu noktalarda da su örnekleri alınmıştır.



Şekil 1. Su örnekleme deseni

2.3.Su analiz yöntemleri

Suların asitlik bazlılığının bir göstergesi olan pH değerleri bir dijital pH metre cihazı ile belirlenmiştir. (Jansen, 1993). Suların tuzluluk düzeylerinin göstergesi olan elektriksel iletkenlik (EC) değerleri de bir dijital EC metre cihazı ile belirlenmiştir (Jansen, 1993). Su örneklerinin fosfat ve nitrat içerikleri, Siirt Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma

Merkezi'nde bulunan İyon Kromatografisi cihazı ile belirlenmiştir (Cochrane ve Hillman, 1982).

3.Bulgular ve Tartışma

Çalışma alanında iki yıl içinde 6 ayrı dönemde alınan su örneklerine ait analiz sonuçları iki ayrı başlık altında sunulmuş ve sonuçlar tartışılmıştır.

3.1.Su örneklerinin pH ve EC değerlerindeki değişim

Diğer su kalitesi parametrelerinin davranışını kontrol eden en önemli fizikokimyasal parametrelerden biri olan pH, aynı zamanda sucul ortamlardaki kimyasal süreçleri, asit-baz reaksiyonlarını, çözünürlük reaksiyonlarını, oksidasyon-indirgeme reaksiyonlarını ve kompleksleşmeler gibi tüm süreçleri de etkilemektedir (Weiner, 2008). Çalışma alanında 51 farklı noktadan ve 4 ayrı dönemde alınan su örneklerinin pH ve EC içeriklerine ait veriler Tablo 1’de verilmiştir. Tüm su örneklerinde pH değeri 6.39 (Mayıs 2020 Dere) ile 8.57 (2021 Eylül Havaalanı gideri) arasında değişmektedir. Su örneklerindeki pH değişimi mevsime bağlı olarak incelendiğinde, 2020 ve 2021 yılında son baharda elde edilen pH değerlerinin ilkbahar aylarına göre genel olarak daha yüksek olduğu görülmektedir. Bunun temel nedeni son baharda su debisinin azalması ile alkali özellikteki iyon konsantrasyonunun artması olabilir. Çalışma alanı Hakkâri ili için önemli bir tarım potansiyeline sahip olup sulama imkânları bu su kaynaklarından sağlanmaktadır. Bu nedenle sulama suyu olarak kullanılan bu sulardaki pH değişimi tarımsal üretim açısından da önemlidir. Bauder ve ark. (2011), sulama suları için optimal pH aralığının 6.5 ile 8.4 arasında olması gerektiğini bildirmiştir. Alanda su örneklerinde pH değerleri her ne kadar sınır değerlerin bir miktar üzerine çıksa da sorun oluşturacak bir düzeyde olmadığı anlaşılmaktadır. Ancak pH değerinin en yüksek olduğu noktanın Havaalanı gideri olması insan etkisinden kaynaklanan bir su kirliliğini işaret etmektedir. Havaalanı giderinin gelişi güzel tarım arazilerine bırakılması illerde önemli sorunlara yol açacaktır. Zira özellikle pH değerinin 8.5’un üzerine çıkması alkalilik olarak bilinen yüksek karbonat (CO_3^{2-}) ve bikarbonat (HCO_3^-) konsantrasyonları ile ilişkilidir (Bauder ve ark., 2011). Yüksek

karbonatlar, kalsiyum ve magnezyum iyonlarının çözünmeyen mineraller oluşturmaya neden olarak sodyumu çözeltide baskın iyon olarak bırakırlar ve sodik toprakların oluşumuna neden olabilirler.

Tarımsal üretimde kullanılan sulama suyunun pH’sı, topraktaki mikroorganizma popülasyonunun çeşidi ve miktarını etkileyebilir, bitki kök sistemine zarar verebilir ve toprağın katı fazından toprak çözeltisine ya da tersi yönde katyonların değişim sürecini tehlikeye atabilir (Paterniani ve Pinto, 2001; de Almeida, 2010). Çalışma alanının denizden yükseliği en düşük olan bölgesinde, etraftan taşınan marjinal sular ile beslenen bataklık (Sulak alan) alanlar yer almaktadır. Bu alanlarda pH değerlerinin değişimi, su kirliliğine insan etkisinin ortaya konulması açısından önemlidir. Marjinal sular, doğrudan akiferlerden ya da yeraltı veya yüzey sularının kullanımının ardından açığa çıkan atık kaynaklarından elde edilebilir (Bennett ve Warren, 2015). Bu tür sular, yüksek tuzluluk, çok düşük veya çok yüksek pH, yüksek sodiklik gibi çeşitli nedenlerle kalite açısından marjinal olabilir (Kinnon ve ark., 2010; Taulis ve Milke, 2013; Bennett ve ark., 2016). Tüm bu nedenlerle, marjinal kalitede suların kullanımına bağlı olarak topraklarda yapısal bozulmalar ve geçirgenlik potansiyellerinde azalmalar meydana gelebilir (Bennet ve ark., 2019). Sulak alandan alınan su örneklerinde pH değerleri 7.06-8.21 arasında değişmektedir. Bu alanlarda pH değerlerinin optimum aralıkta olması, tarım arazileri için suyun kullanımının tehlikeli olmadığını göstermektedir. Yüksekova ovasında tarım arazilerinde kimyasal gübrelemenin neredeyse hiç yapılmaması tarım arazilerinde oluşan atık sulara pH değerlerinin normal aralıkta olmasını sağlamıştır.

Sularda tuzluluk düzeyinin göstergesi olarak kabul edilen EC değerleri, çalışma

alanında 0.12 dS m^{-1} (Mayıs 2021- Dere) ile 0.76 dS m^{-1} (Mayıs 2020-Batakılık) arasında değişmektedir (Tablo 1). Bauder ve ark. (2011), sulama suyunun tuzluluğunu, EC değerine göre $\leq 0.75 \text{ dS m}^{-1}$ olduğunda tehlikesiz, 0.76 ile 1.5 dS m^{-1} arasında olduğunda az tehlikeli, 1.51 ile 3.00 dS m^{-1} arasında olduğunda orta tehlikeli ve $\geq 3.00 \text{ dS m}^{-1}$ olduğunda ise çok tehlikeli olarak 4 gruba ayırmışlardır. Bu sınıflara göre Yüksekova ovasındaki tüm su kaynakları tarımsal sulama suyu kalitesi bakımından tehlikesiz sular sınıfında yer almaktadır. Ancak Batakılık alanlardan 2020 Mayıs döneminde alınan su örneklerinin EC değerleri (0.76 dS m^{-1}) az tehlikeli olarak sınıflandırılmıştır.

EC değerine bağlı olarak sulama suyunda fazla bulunan sodyum, toprakta kil minerallerinin dispersiyona uğramasına ve kil mineralleri arasındaki tabakaların şişmesine neden olup fiziksel toprak özelliklerinin bozulmasına yol açabilmektedir (Ezlit ve ark., 2013). Çalışma alanında örneklenen suların EC değerleri, çalışma alanı toprakları için yakın zamanda sulama suyundan kaynaklanacak bir fiziksel bozulmanın söz konusu olmayacağına işaret etmektedir. Ancak sulardaki tuzluluk durumunun takibi, ilerde oluşabilecek sorunların erken teşhisi açısından önemli olacaktır.

Tablo 1. Çalışma alanından alınan su örneklerine ait pH ve EC değerleri

		pH				EC dS m^{-1}			
		2020 Mayıs	2020 Eylül	2021 Mayıs	2021 Eylül	2020 Mayıs	2020 Eylül	2021 Mayıs	2021 Eylül
Dere (n=28)	Ortalama	6.88	7.61	7.49	8.11	0.29	0.30	0.20	0.34
	En Küçük	6.39	7.46	7.26	7.11	0.16	0.19	0.12	0.21
	En Büyük	7.43	7.86	7.83	8.52	0.47	0.45	0.39	0.55
Nehil Çayı (n=6)	Ortalama	6.89	7.51	7.42	7.69	0.43	0.45	0.26	0.52
	En Küçük	6.46	7.36	7.19	7.34	0.34	0.37	0.23	0.31
	En Büyük	7.30	7.63	7.90	8.37	0.51	0.52	0.29	0.64
Artezyen Kuyu (n=5)	Ortalama	6.95	7.53	7.40	7.52	0.40	0.43	0.34	0.43
	En Küçük	6.81	7.48	7.24	7.07	0.36	0.37	0.31	0.38
	En Büyük	7.14	7.61	7.79	7.78	0.43	0.51	0.36	0.47
Doğal Çeşme (n=4)	Ortalama	7.01	7.65	7.48	7.60	0.41	0.42	0.25	0.39
	En Küçük	6.91	7.35	7.31	7.09	0.33	0.35	0.20	0.33
	En Büyük	7.22	7.78	7.61	8.13	0.54	0.48	0.29	0.51
Batakılık (n=3)	Ortalama	7.13	7.46	7.37	8.21	0.52	0.39	0.44	0.57
	En Küçük	7.06	7.34	7.28	8.21	0.35	0.12	0.28	0.57
	En Büyük	7.22	7.58	7.47	8.21	0.76	0.62	0.67	0.57
Sondaj (n=3)	Ortalama	7.12	7.53	7.33	7.39	0.45	0.47	0.38	0.49
	En Küçük	6.95	7.51	7.25	7.02	0.30	0.44	0.32	0.41
	En Büyük	7.36	7.55	7.44	7.68	0.61	0.51	0.46	0.58
Sulama Kanalı (n=1)		6.75	7.46	7.16	8.08	0.43	0.47	0.33	0.41
Havaalanı Gideri (n=1)		7.41	7.52	7.36	8.57	0.27	0.37	0.36	0.39

3.2.Su örneklerinin nitrat ve fosfat içeriklerindeki değişim

Tarım arazilerinin sulanması, yeraltı suyu, nehirler gibi yüzey suları ve arıtılmış atık sular olmak üzere üç farklı kaynaktan temin edilen sular ile yapılmaktadır (Mandal ve ark., 2019; Ahmadi-Jouibari ve ark., 2021). Tarımsal üretimde, toprakta eksik olan besin elementlerinin

tamamlanması amacı ile kullanılan mineral ve organik gübreler, tarımsal üretimin sürdürülebilir bir şekilde yapılabilmesi için gereklidir. Bununla birlikte gereğinden fazla uygulanan bu gübrelerden dolayı yüzey ve yüzey altı sularının kimyasal içeriğinde değişimler meydana gelebilmektedir (Bergström ve Brink, 1986; Sebilo ve ark., 2013). Bugün dünyanın çoğu

yerinde, arıtılmış atık suların ve nehirlerin sulama için kullanılması, tarımda yeraltı sularının aşırı kullanımının önlenmesi açısından kritik öneme sahiptir (Lavrnic ve ark., 2017). Fakat, bazı ülkelerde kanalizasyon ve nehir sularının sulama amaçlı kullanımı kontrolsüz bir şekilde yürütülmektedir. Bu durum, birçok zararlı kirleticinin toprağa karışmasına, yüzey sularına taşınmasına, yer altı sularını kirlletmesine ve hatta bazı durumlarda sulama yapılan ürünlerde birikmesine neden olmaktadır. Yüzey ve yüzey altı sularında rastlanan en önemli kirleticilerin başında nitrat gelmektedir (Manas ve ark., 2009; Minhas ve Yadav, 2015; Ahmadi-Jouibari ve ark., 2021).

Çalışma alanında su örneklerinin nitrat (NO_3^-) ve fosfat (PO_4^{3-}) içeriklerine ait değerler Tablo 2’de verilmiştir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) standardına göre yüzey sularında izin verilen NO_3^- ve PO_4^{3-} eşik değerleri sırasıyla 50 mg kg^{-1} ve 5 mg kg^{-1} ’dir (WHO, 2004). Yerüstü sularında 15 mg kg^{-1} ’in, yeraltı sularında ise 37 mg kg^{-1} ’in üzerindeki sular ise kirlenme tehdidi altındaki sular olarak değerlendirilmekte ve NO_3^- kirliliğine hassas olarak nitelendirilmektedir. Yüzey sularında nitrat ve fosfat iyonlarının konsantrasyonları fazla olduğunda, su bitkilerinin aşırı büyümesine neden olan alg patlamalarına neden olur. Bu durum, suyun içinde çözünmüş oksijenin yüksek tüketimine yol açar. Sudaki çözünmüş oksijen önemli miktarda azalır ve nihayetinde sucul bitkilerin ve hayvanların ölümüne yol açar. Ölen bitkiler ve hayvanlar, su kalitesinin kötüleşmesine neden olan çürümeler oluşturur. Zira bu sürece ötrofikasyon adı verilir (Moshoeshe ve Obuseng, 2018). Dünya Sağlık Örgütü’nün standartlarına göre Yüksekova havzasında yer üstü sularının bazıları NO_3^- ile kirlenme riski altındadır. Ova içerisinde yer alan Kadıköy Deresinden alınan su örneğinin NO_3^- konsantrasyonu (12.71 mg kg^{-1}), eşik değer olan 15 mg kg^{-1} ’in hemen altındadır. Yüksek NO_3^-

konsantrasyonunun, köy içerisinde geçen dereye karışan hayvansal ve evsel atıkları ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Bu alanda hayvan barınaklarının dere yataklarına yakın yerlere kurulması ve toprağın oldukça geçirgen olması, hayvan barınaklarından sızan başta idrar olmak üzere sıvı atıkların dere yatağındaki suya karışmasına neden olmaktadır. Aynı dönem içerisinde (2021 Eylül) Artezyen kuyularından alınan örneklerde de NO_3^- içeriğinin 10.5 mg kg^{-1} seviyelerine kadar yükseldiği görülmektedir. Yer altı sularındaki nitrat içeriğinin göstergesi olarak kabul edilen sondaj kuyularından alınan örneklerin NO_3^- içeriği de ovanın su kaynaklarının içme suyu olarak kullanımının riskli olabileceğini göstermektedir. 2021 yılı mayıs ve eylül aylarında alınan su örneklerinde NO_3^- içerikleri sırasıyla 36.42 ve 36.10 mg kg^{-1} olarak tespit edilmiştir (Tablo 2). Bu örnekleme noktası hayvan barınağı bulunan bir bahçede yer alan sondaj kuyusuna aittir. Küçükbaş hayvan ağılının kurulduğu arazinin geçirgen bir toprak profiline sahip olmasının, sıvı dışkının sondaj suyuna karışmasına neden olduğu düşünülmektedir. Kupiec ve ark. (2022), kırsal bölgelerde çevreye yönelik en ciddi tehditlerden birinin yüzey ve yüzey altı sularında önemli miktarda kimyasal ve biyolojik kirliliğe neden olan hayvancılık üretimi olduğunu bildirmektedir. Benzer sonuçlar Strokal ve ark. (2016) tarafından da rapor edilmiştir. Araştırmacılar, Çin’de, Huang, Changjiang, Zhujiang Huai, Hai ve Liao nehirlerinde yaptıkları çalışmada hayvan barınaklarından nehirlere ulaşan sıvı ve katı atıkların önemli oranda NO_3^- kirliliğine neden olduğunu bildirmiştir. Araştırmacılar 1970’ten 2000 yılına kadar bölgede hayvan sayısının yaklaşık 2 kat artmasına rağmen nehirlerdeki NO_3^- ve fosfat kirliliğinin 2-45 kat arasında değişim gösterdiğini bildirmiştir. Ayrıca doğrudan gübre deşarjının Çin’deki kuzey nehirlerindeki besin maddelerinin üçte

ikisinden fazlasını, orta ve güney nehirlerindeki besin maddelerinin ise % 20-95'ini oluşturduğu rapor edilmiştir. Ryu ve ark. (2018) ise Kore'de bulunan Cheongmi Nehrinde azot kirliliğine neden olan faktörlerin belirlenmesi için yürüttükleri çalışmada dönemsel olarak Mayıs ve Ağustos aylarında örneklemelerin yapıldığı ve özellikle de Mayıs ayında Cheongmi Nehri'ndeki baskın azot kaynağının hayvan dışkısı olduğunu bildirmişlerdir.

Yüksekova havzasında sudaki NO_3^- içeriğinin bu denli yüksek olması yer yer yeraltı suyunun NO_3^- içeriği bakımından tehlike sınırı olan 37 mg kg^{-1} değerine çok yaklaştığını ortaya koymaktadır. Bauder ve ark. (2011), sulama sularında NO_3^- içeriğinin 10 mg kg^{-1} üzerine çıkması durumunda, bu suların gübre hesaplamasına dâhil edilmesi gerektiğini ifade etmektedir. Bu sular ile tarımsal sulama yapan çiftçilerin gübre programlamasına dikkat etmeleri gerektiği ve uygun zamanda gübreleme yapmaları gerektiğini rapor etmiştir. Kimyasal gübrelerin çok az kullanıldığı çalışma alanında, kimyasal gübre kullanımının artması, bölgedeki yüzey ve yüzey altı sularında NO_3^- kirliliğinin ciddi seviyelere ulaşmasına neden olabilecektir. Bu durumda, üreticilerin gübre kullanımında, özellikle azotun yıkanma ile

yüzey ve yüzey altı sularına karışmasını da önleyecek şekilde tedbir almaları gerekecektir. Ayrıca, günümüzde var olan kirliliğin ortadan kaldırılması için hayvan barınaklarının yer seçiminde dere yataklarından uzak olan lokasyonların tercih edilmesi önemlidir. Sulama veya içme amaçlı açılacak sondaj kuyularının yerlerinin doğru seçimine de dikkat edilmesi gerekmektedir. Zira, daha önceki dönemlerde yüksek boyutlara çıkmayan NO_3^- içerikleri dere, artezyen kuyusu ve sondaj noktalarından alınan örneklerde yükselme eğilimi göstermişlerdir. Yüksek NO_3^- konsantrasyonu, dolaylı olarak insan yaşamını tehdit edebilmektedir. Sulardaki yüksek NO_3^- özellikle yetişkinlerde ağızda ve midede kolayca nitrite indirgenebilir ve bağırsaktaki nitrit daha sonra sekonder aminlerle reaksiyona girerek kanserojen N-nitrozaminler oluşturabilir (Mitchell, 1989). Ayrıca, nitritin kandaki hemoglobine yüksek afinitesi nedeniyle, mavi bebek sendromu olarak da bilinen ve çocuklarda toksisite potansiyeli yüksek olan methemoglobinemi oluşturmak için kuvvetli bir şekilde birleşebilir (Knobeloch ve ark., 2000; Ward ve ark., 2018; Hickey ve ark., 2021). Bu nedenle havzada sularda NO_3^- kirliliğinin düzenli bir şekilde takip edilmesi gerekmektedir.

Tablo 2. Çalışma alanından alınan su örneklerine ait NO_3^- ve PO_4^{3-} konsantrasyonları

		NO_3^- (mg kg^{-1})				PO_4^{3-} (mg kg^{-1})			
		2020 Mayıs	2020 Eylül	2021 Mayıs	2021 Eylül	2020 Mayıs	2020 Eylül	2021 Mayıs	2021 Eylül
Dere (n:28)	Ortalama	3.45	4.73	3.74	4.44	0.03	0.03	***	***
	En Küçük	0.12	0.92	0.91	0.00	0.00	0.00	***	***
	En Büyük	8.97	9.59	11.67	12.71	0.19	0.09	***	***
Nehil Çayı (n:6)	Ortalama	2.08	1.52	1.74	1.19	0.44	0.13	1.91	1.91
	En Küçük	1.03	0.10	0.44	0.02	0.00	0.03	1.83	1.83
	En Büyük	3.94	3.56	2.56	1.84	1.34	0.31	1.99	1.99
Artezyen Kuyu (n:5)	Ortalama	3.25	4.26	2.76	4.44	0.04	0.03	0.15	0.15
	En Küçük	1.27	1.20	1.04	1.97	0.00	0.01	0.14	0.14
	En Büyük	7.95	8.16	7.62	10.50	0.05	0.05	0.16	0.16
Doğal Çeşme (n:4)	Ortalama	4.12	4.37	3.96	2.10	0.09	0.04	***	***
	En Küçük	2.33	0.47	0.66	0.21	0.00	0.01	***	***
	En Büyük	7.72	11.18	9.32	3.05	0.30	0.06	***	***
Bataklık (n:3)	Ortalama	0.63	0.15	0.06	0.11	0.05	0.03	***	***
	En Küçük	0.08	0.12	0.02	0.11	0.03	0.03	***	***
	En Büyük	1.64	0.18	0.12	0.11	0.06	0.03	***	***
Sondaj (n:3)	Ortalama	1.57	4.11	16.70	16.08	0.01	0.01	***	***
	En Küçük	0.17	0.18	2.18	1.22	0.00	0.01	***	***
	En Büyük	2.96	11.03	36.42	36.10	0.02	0.01	***	***
Sulama Kanalı (n:1)		0.15	0.09	0.05	***	0.78	0.12	***	***
Havaalanı Gideri (n:1)		0.15	0.09	0.05	***	0.56	0.10	***	***

***: Tespit edilemedi. n: örnek sayısı

Yüzey sularındaki yüksek NO_3^- ve PO_4^{3-} iyonlarının konsantrasyonu, ötrofikasyon ve hipoksik sorunlarına neden olabileceğinden büyük bir endişe kaynağıdır. Tarım arazilerinde gübreleme yapılan alanlarda biriken fosfor, yüzey akış esnasında toprak parçacıklarına bağlı bir şekilde hareket ederek yüzey sularına ulaşmaktadır. Özellikle salma sulama şeklinde yapılan sulama faaliyeti ile araziden önemli miktarda fosforun taşındığı belirtilmektedir (Anonim, 2023c). Suda PO_4^{3-} varlığı, suda antropojenik bir kirlilik kaynağının bir göstergesi olabilir (Okoffo, 2016). Bununla birlikte, PO_4^{3-} suda doğal olarak ve bazen düşük biyolojik üretkenlik sırasında da yüksek miktarlarda oluşabilmektedir (Gyamfi ve ark., 2012). Havzada toplanan su örneklerinin PO_4^{3-} içeriklerine ait değerler Tablo 2’de verilmiştir. Tüm su örneklerinin PO_4^{3-} içeriklerinin Dünya Sağlık Örgütü’nün

standardı olan 5 ppm PO_4^{3-} seviyesinden düşük olduğu görülmektedir.

Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (USEPA), tarımsal alanlarda kullanılan suların ötrofikasyona neden olmaması için bazı tavsiyelerde bulunmuşlardır. Bunlar; (i) bir göle ya da sulama kanalına boşalan nehirde toplam PO_4^{3-} konsantrasyonu ≤ 0.05 mg kg^{-1} , (ii) doğrudan göllere ya da sulama kanalına dökülmeyen nehirlerde toplam fosfat konsantrasyonu ≤ 0.1 mg kg^{-1} ve (iii) sulama kanalı için toplam fosfat konsantrasyonu ≤ 0.025 mg kg^{-1} seviyelerinde olması gerektiği yönündedir (Fadiran ve ark., 2008). Elde edilen veriler, çalışma alanında yer alan Nehil Çayının özellikle son bahar örneklemelerinde yüksek miktarda ötrofikasyon oluşturma potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir. Nehil deresinden 2020 ve 2021 sonbahar örneklemelerinde PO_4^{3-} konsantrasyonu sırasıyla 1.34 ve 1.99

mg kg⁻¹ olarak belirlenmiştir (Tablo 2). Nehil çayının PO₄⁻³ içeriğinin yüksek olmasının en önemli nedeninin 2021 yılına kadar şehir atıklarının gelişigüzel bir şekilde Nehil çayına bırakılmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Nitekim 2020 Mayıs ve 2021 Mayıs ve Eylül aylarında Nehil çayının ilçe merkezine girmeden önceki noktadan alınan su örneklerinde PO₄⁻³ tespit edilmezken ilçe merkezinin çıkışındaki son noktada PO₄⁻³ konsantrasyonu sırası ile 0.14, 0.34 ve 1.99 mg kg⁻¹ olarak tespit edilmiştir. Birçok köy merkezinde geçen derelerde de hem NO₃⁻ hem de PO₄⁻³ bakımından benzer durumlar tespit edilmiştir. Bu durum yerleşim yerlerinde evsel atıkların gelişigüzel su kaynaklarına salıverildiğini ortaya koymaktadır. Ancak 2021 yılında şehir merkezinin girişinden çıkışına kadar Nehil çayı restore edilmeye başlanmıştır. Restorasyon sonrasında günümüzde çaya dökülen şehir atıklarının, katı ve sıvı atık tesislerinde ayrıştırılması ve arıtılması planlanmaktadır. Bu durum, Nehil çayında düzensiz olarak katılan besin yükünün azalmasına ve nehir suyunun korunmasına yardımcı olacaktır.

Yüzey suları ve yeraltı suları hem doğal hem de antropojenik PO₄⁻³ kaynaklarından dolayı kirlenebilmektedir. Hem yüzey hem de yeraltı sularındaki doğal fosfor kaynakları arasında atmosferik çökme, kayaların ve minerallerin doğal ayrışması, çözünür inorganik malzemelerin ayrışması, çürüyen biyokütle, akış ve çökme yer alır. Antropojenik kaynaklar ise şunları içerir; gübreler, atık su ve septik sistem atıkları, hayvansal atıklar, deterjanlar, endüstriyel deşarjlar, fosfat madenciliği, içme suyu arıtma, orman yangınları ve sentetik malzemeler (Mueller ve ark., 1995; Fadiran ve ark., 2008). Nehil Çayı, Artezyen kuyusu ve sulama kanallarından alınan su örneklerine bakıldığında insan kaynaklı PO₄⁻³ taşınımlarının bazı dönemlerde artış gösterdiği görülmektedir. Bu artışın evsel kökenli atıklar ile hayvansal atıklardan

kaynaklandığı anlaşılmaktadır. Yüzey ve yer altı su kütlelerinde doğal olarak oluşan PO₄⁻³ seviyeleri insan sağlığına, hayvanlara veya çevreye zararlı değildir. Ancak, yüksek PO₄⁻³ seviyesine sahip sular sindirim sorunlarına neden olabilir (Murphy ve ark., 2015).

4.Sonuç

Yüksekova Havzasında iki yıl boyunca farklı dönemlerde çeşitli kaynaklardan toplanan su örneklerine ait pH ve EC değerlerinin tarım arazilerinde sorun oluşturacak boyutlarda olmadıkları tespit edilmiştir. Nitrat bakımından yerleşim yerlerinden geçen bazı derelerde ve hayvan barınaklarına yakın sondaj kuyularında besin yükünün arttığı gözlemlenmiştir. Özellikle de gübrelemenin neredeyse hiç yapılmadığı Yüksekova Ovasındaki tarım arazilerinde sulardaki nitrat kirliliğinin ana kaynağı, yerleşim yerleri atıkları ve özellikle de hayvan barınaklarının dere kenarlarında inşa edilmesinden dolayı sıvı/katı dışkıların derelere ulaşmasıdır. Bazı derelerde nitrat içeriğinin döneme bağlı olarak 12 mg kg⁻¹'a kadar yükseldiği tespit edilmiştir. Ayrıca, hayvan barınağı çevresinde yer alan sondaj kuyusundan alınan su örneklerinin nitrat içeriğinin 36 mg kg⁻¹'a kadar çıktığı tespit edilmiştir. Bu durum Dünya Sağlık Örgütü'nün belirlediği standartlara göre bazı yer üstü sulama sularının (eşik değer 15 mg kg⁻¹) ve bazı yer altı su kaynaklarının (tehlike sınırı 37 mg kg⁻¹) nitrat içeriği bakımından kirlenme tehdidi ile karşı karşıya olduğunu göstermektedir. Özellikle bu bölgelerde hayvan barınaklarından kaynaklanan sıvı/katı atıkların ve sıvı evsel atıkların su kaynaklarına ulaşmaması için gerekli önlemlerin alınması ve bu konuda bir farkındalık oluşturulması gerekmektedir. Fosfat içeriğinin zaman zaman evsel atıklardan dolayı bazı derelerde arttığı tespit edilmiştir. Dereler için bu artış, fazla risk oluşturmaya da özellikle Yüksekova ilçe merkezinden geçen Nehil Çayının sonbahar

örneklemelelerinde fosfat içeriğinin ötrofikasyon oluşturma potansiyeline sahip olduğu göz önünde bulundurulmalıdır.

Yazarların Katkı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit katkıda bulunduklarını, makalenin yayına hazır son halini gördüklerini/okuduklarını ve onayladıklarını beyan ederler.

Çıkar Çatışması Beyanı

Tüm yazarlar, bu çalışma için herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

Finansman

Bu çalışmada elde edilen veriler, TOOVAG 1190947 nolu TÜBİTAK projesi kapsamında elde edilmiştir. TÜBİTAK'a desteklerinden dolayı teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Ahmadi-Jouibari, T., Ahmadi Jouybari, H., Sharafi, K., Heydari, M., Fattahi, N., 2021. Assessment of potentially toxic elements in vegetables and soil samples irrigated with treated sewage and human health risk assessment. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 1-17.
- Anonim, 2023. Türkiye Çevre Sorunları ve Öncelikleri Değerlendirme Raporu (<https://ced.csb.gov.tr/turkiye-cevre-sorunlari-ve-oncelikleri-raporu-i-82679>), (Erişim Tarihi: 05.06.2023).
- Bauder, T.A., Waskom, R.M., Sutherland, P.L., Davis, J.G., Follett, R.H., Soltanpour, P.N., 2011. Irrigation water quality criteria. Service in action; no. 0.506.
- Bennett, J.M., Warren, B.R., 2015. Role of livestock effluent suspended particulate in sealing effluent ponds. *Journal Of Environmental Management*, 154: 102-109.
- Bennett, J.M., Marchuk, A., Marchuk, S., 2016. An alternative index to the exchangeable sodium percentage for an explanation of dispersion occurring in soils. *Soil Research*, 54(8): 949-957.
- Bennett, J.M., Marchuk, A., Marchuk, S., Raine, S.R., 2019. Towards predicting the soil-specific threshold electrolyte concentration of soil as a reduction in saturated hydraulic conductivity: The role of clay net negative charge. *Geoderma*, 337: 122-131.
- Briggs, D., 2003. Environmental pollution and the global burden of disease. *British Medical Bulletin*, 68(1): 1-24.
- Chaudhry, F.N., Malik, M.F., 2017. Factors affecting water pollution: a review. *Journal of Ecosystem & Ecography*, 7(1): 225-231.
- Cochrane, R.A., Hillman, D.E., 1982. Analysis of anions by ion chromatography using ultraviolet detection. *Journal Of Chromatography*, 241: 392.
- Davis, A.P., Shokouhian, M., Sharma, H., Minami, C., 2006. Water quality improvement through bioretention media: Nitrogen and phosphorus removal. *Water Environment Research*, 78(3): 284-293.
- de Almeida, O.A., 2010. Qualidade da água de irrigação. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura.
- Dorak, S., Aşık, B.B., Özsoy, G., 2019. Tarımda su kalitesi ve su kirliliğinin önemi: Bursa Nilüfer çayı örneği. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 33(1): 155-166.
- Ezlit, Y.D., Bennett, J.M., Raine, S.R., Smith, R.J., 2013. Modification of the McNeal clay swelling model improves prediction of saturated hydraulic conductivity as a function of applied water quality. *Soil Science Society of America Journal*, 77(6): 2149-2156.

- Fadiran, A.O., Dlamini, S.C., Mavuso, A., 2008. A comparative study of the phosphate levels in some surface and ground water bodies of Swaziland. *Bulletin of the Chemical Society of Ethiopia*, 22(2).
- Gyamfi, E.T., Ackah, M., Anim, A.K., Hanson, J.K., Kpattah, L., Enti-Brown, S., Adjei-Kyereme, Y., Nyarko, E.S., 2012. Chemical analysis of potable water samples from selected suburbs of Accra, Ghana. *Proceedings Of The International Academy Of Ecology And Environmental Sciences*, 2(2): 118.
- Haseena, M., Malik, M.F., Javed, A., Arshad, S., Asif, N., Zulfiqar, S., Hanif, J., 2017. Water pollution and human health. *Environmental Risk Assessment and Remediation*, 1(3).
- Hickey, T.B., MacNeil, J.A., Hansmeyer, C., Pickup, M.J., 2021. Fatal methemoglobinemia: a case series highlighting a new trend in intentional sodium nitrite or sodium nitrate ingestion as a method of suicide. *Forensic Science International*, 326: 110907.
- Howarth, R., Choi, E., 2005. Nutrient Management. Ecosystems and Human Well-Being: Policy Responses: Findings of the Responses Working Group, 3, 295.
- Hubbard, R.K., Newton, G.L., Hill, G.M., 2004. Water quality and the grazing animal. *Journal of Animal Science*, 82(suppl_13): E255-E263.
- Jansen, H.H., 1993. Soluble salts in soil sampling and methods of analysis. Carter M.R. (ed) Canadian Society of Soil Science, CRC Pres Inc. Boca Raton, Florida. USA.
- Kinnon, E.C.P., Golding, S.D., Boreham, C. J., Baublys, K.A., Esterle, J.S., 2010. Stable isotope and water quality analysis of coal bed methane production waters and gases from the Bowen Basin, Australia. *International Journal of Coal Geology*, 82(3-4): 219-231.
- Knobeloch, L., Salna, B., Hogan, A., Postle, J., Anderson, H., 2000. Blue babies and nitrate-contaminated well water. *Environmental Health Perspectives*, 108(7): 675-678.
- Kupiec, J.M., Staniszewski, R., Kayzer, D., 2022. Assessment of Water Quality Indicators in the Orla River Nitrate Vulnerable Zone in the Context of New Threats in Poland. *Water*, 14(15): 2287.
- Lavrnić, S., Zapater-Pereyra, M., Mancini, M.L., 2017. Water scarcity and wastewater reuse standards in Southern Europe: focus on agriculture. *Water, Air, & Soil Pollution*, 228: 1-12.
- Li, F., Cheng, S., Yu, H., Yang, D., 2016. Waste from livestock and poultry breeding and its potential assessment of biogas energy in rural China. *Journal Of Cleaner Production*, 126: 451-460.
- Liu, C., Kroeze, C., Hoekstra, A.Y., Gerbens-Leenes, W., 2012. Past and future trends in grey water footprints of anthropogenic nitrogen and phosphorus inputs to major world rivers. *Ecological Indicators*, 18: 42-49.
- Manas, P., Castro, E., de Las Heras, J., 2009. Irrigation with treated wastewater: effects on soil, lettuce (*Lactuca sativa* L.) crop and dynamics of microorganisms. *Journal of Environmental Science and Health Part A*, 44(12): 1261-1273.
- Mandal, S.K., Dutta, S.K., Pramanik, S., Kole, R.K., 2019. Assessment of river water quality for agricultural irrigation. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 16: 451-462.

- Minhas, P.S., Yadav, R.K., 2015. Long-term impact of wastewater irrigation and nutrient rates II. Nutrient balance, nitrate leaching and soil properties under peri-urban cropping systems. *Agricultural Water Management*, 156: 110-117.
- Moshoeshe, M.N., Obuseng, V., 2018. Simultaneous determination of nitrate, nitrite and phosphate in environmental samples by high performance liquid chromatography with UV detection. *South African Journal of Chemistry*, 71: 79-85.
- Mueller, D.K., Hamilton, P.A., Helsel, D.R., Hitt, K.J., Ruddy, B.C., 1995. US Geological Survey Water Resources Investigations Report 95-4031. Denver, Colorado.
- Murphy, S.F., Writer, J.H., McCleskey, R.B., Martin, D.A., 2015. The role of precipitation type, intensity, and spatial distribution in source water quality after wildfire. *Environmental Research Letters*, 10(8): 084007.
- Paterniani, J.E.S., Pinto, J.M., 2001. Qualidade da água. In: Miranda, J.H., Pires, R.C.M. (Eds.), *Irrigação*. FUNEP/SBEA, Piracicaba, pp. 195–253.
- Richards, L.A., 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. No. 60. US Government Printing Office.
- Ryu, H.D., Kim, M.S., Chung, E.G., Baek, U. I., Kim, S.J., Kim, D.W., Kim, Y.S., Lee, J.K., 2018. Assessment and identification of nitrogen pollution sources in the Cheongmi River with intensive livestock farming areas, Korea. *Environmental Science and Pollution Research*, 25: 13499-13510.
- Saalidong, B.M., Aram, S.A., Otu, S., Lartey, P.O., 2022. Examining the dynamics of the relationship between water pH and other water quality parameters in ground and surface water systems. *Plos One*, 17(1): e0262117.
- Sasakova, N., Gregova, G., Takacova, D., Mojzisova, J., Papajova, I., Venglovsky, J., Szaboova, T., Kovacova, S., 2018. Pollution of surface and ground water by sources related to agricultural activities. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 2: 42.
- Stokal, M., Ma, L., Bai, Z., Luan, S., Kroeze, C., Oenema, O., Velthof, G., Zhang, F., 2016. Alarming nutrient pollution of Chinese rivers as a result of agricultural transitions. *Environmental Research Letters*, 11(2): 024014.
- Taulis, M., Milke, M., 2013. Chemical variability of groundwater samples collected from a coal seam gas exploration well, Maramarua, New Zealand. *Water Research*, 47(3): 1021-1034.
- Tutmez, B., Hatipoglu, Z., Kaymak, U., 2006. Modelling electrical conductivity of groundwater using an adaptive neuro-fuzzy inference system. *Computers & Geosciences*, 32(4): 421-433.
- Yu, C., Huang, X., Chen, H., Godfray, H.C. J., Wright, J.S., Hall, J.W., Gong, P., Ni, S.Q., Qiao, S.C., Huang, G., Xiao, Y.C., Zhang, J., Feng, Z., Ju, X.T., Ciais, P., Stenseth, N.C., Hessen, D.O., Sun, Z.L., Yu, L., Cai, W.J., Fu, H.H., Huang, X.M., Zhang, C., Liu, H.B., Taylor, J. 2019. Managing nitrogen to restore water quality in China. *Nature*, 567(7749): 516-520.
- Ward, M.H., Jones, R.R., Brender, J.D., De Kok, T.M., Weyer, P.J., Nolan, B.T., Villanueva, C.M., Van Breda, S.G., 2018. Drinking water nitrate and human health: an updated review. *International Journal Of Environmental Research And Public Health*, 15(7): 1557.
- Weiner, E.R., 2008. Applications of environmental aquatic chemistry: a practical guide. CRC press.

- Woli, K.P., Nagumo, T., Kuramochi, K., Hatano, R., 2004. Evaluating river water quality through land use analysis and N budget approaches in livestock farming areas. *Science of the Total Environment*, 329(1-3): 61-74

Atıf Şekli

Budak, M., Günal, H., Sırrı, M., Acir, N., 2023. Yüksekova Havzasında Yüzey ve Yüzeyaltı Su Kaynaklarının Karakterizasyonu. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*, 7(4): 784-797.

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.10208340>.

To Cite

Budak, M., Günal, H., Sırrı, M., Acir, N., 2023. Characterization of Surface and Groundwater Resources in Yüksekova Basin. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 7(4): 784-797.

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.10208340>.
