



Hesko Kaynağı'nın Sulama ve İçme Suyu Kalitesinin Mevsimsel Analizi: Şirvan, Siirt Örneği

Seasonal Analysis of Irrigation and Drinking Water Quality of Hesko Spring: The Case of Şirvan, Siirt

Veysel Süleyman Yavuz

Siirt Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Hidrolik Ana Bilim Dalı, vsyavuz@siirt.edu.tr, vsyavuz@hotmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5867-7677>

MAKALE BİLGİLERİ

Makale Geçmişi:

Geliş 24 Mayıs 2024
Revizyon 5 Temmuz 2024
Kabul 1 Ağustos 2024
Online 30 Eylül 2024

Anahtar Kelimeler:

Karstik Kaynak,
Sulama Suyu Kalitesi,
Yeraltı Suyu,
Hidrojeokimyasal Analiz,
Piper Diyagramı,
USSL ve Wilcox

ARTICLE INFO

Article history:

Received 24 May 2024
Received in revised form 5 July 2024
Accepted 1 August 2024
Available online 30 September 2024

Keywords:

Karst Spring,
Irrigation Water Quality,
Groundwater,
Hydrogeochemical Analysis,
Piper Diagram,
USSL and Wilcox

Doi: 10.24012/dumf.1489246

ÖZ

Bu çalışma, Siirt ili Şirvan ilçesinde bulunan Hesko kaynağının su kalitesinin mevsimsel değişimlerini değerlendirmektedir. 2019/2020 sezonunda gerçekleştirilen düzenli arazi çalışmalarıyla su numuneleri aylık olarak toplanmış ve çeşitli su kalitesi parametreleri analiz edilmiştir. Analiz sonuçları, suyun pH, elektriksel iletkenlik (EC), toplam çözünmüş madde (TDS), kalsiyum (Ca^{2+}), magnezyum (Mg^{2+}), sodyum (Na^+), potasyum (K^+), bikarbonat (HCO_3^-), karbonat (CO_3^{2-}), sülfat (SO_4^{2-}), klorür (Cl^-), florür (F^-) ve nitrat (NO_3^-) gibi parametrelerde mevsimsel değişiklikler göstermektedir. Piper diyagramı kullanılarak yapılan hidrokimyasal analiz, suyun büyük ölçüde kalsiyum ve bikarbonat iyonları tarafından kontrol edildiğini ortaya koymuştur. USSL ve Wilcox diyagramları, suyun orta tuzluluk ve düşük sodyum içeriğine sahip olduğunu göstermiştir, bu da sulama için mükemmel bir su kalitesi anlamına gelir. Bu bulgular, Hesko kaynağının suyunun hem içme hem de sulama amacıyla güvenilir bir kaynak olduğunu göstermektedir.

ABSTRACT

This study evaluates the seasonal variations in the water quality of the Hesko spring located in the Şirvan district of Siirt province. Monthly water samples were systematically collected during the 2019/2020 season and various water quality parameters were analyzed. The analysis results indicate seasonal changes in pH, electrical conductivity (EC), total dissolved solids (TDS), calcium (Ca^{2+}), magnesium (Mg^{2+}), sodium (Na^+), potassium (K^+), bicarbonate (HCO_3^-), carbonate (CO_3^{2-}), sulfate (SO_4^{2-}), chloride (Cl^-), fluoride (F^-), and nitrate (NO_3^-). Hydrochemical analysis using the Piper diagram revealed that the water is predominantly controlled by calcium and bicarbonate ions. The USSL and Wilcox diagrams indicated that the water has medium salinity and low sodium content, making it excellent for irrigation purposes. These findings demonstrate that Hesko spring water is a reliable source for both drinking and irrigation purposes.

Giriş

Karstik kaynaklar, sulama amaçlı su temini için önemli su kaynaklarıdır. Tarım ürünlerinin büyümesi ve gelişimi için gerekli olan suyun sürekli olarak sağlanmasını temin ederler. Ancak, karstik kaynaklardan gelen suyun kalitesinin sağlanması, ürün sağlığı ve verimliliği üzerinde olumsuz etkileri önlemek için hayati öneme sahiptir. Karstik kaynak sularının sulama amaçlı kullanılabilirliğini belirlemek için pH, elektriksel iletkenlik ve sodyum içeriği gibi parametrelerin değerlendirilmesi gerekmektedir [1].

Karstik kaynaklarda sulama suyu kalitesinin değerlendirilmesi, tarım ürünlerinin sağlığı ve verimliliğini korumak için kritik öneme sahiptir. Bahsedilen parametrelerin yanı sıra, suyun içinde ağır metaller, pestisitler ve mikrobiyal kirleticilerin varlığı da göz önünde bulundurulmalıdır. Bu kirleticilerle ilgili potansiyel risklerin anlaşılması, karstik kaynak suyunun sulama için uygunluğu hakkında bilinçli kararlar almak için esastır. Bu değerlendirme, tarımsal ekosistemin korunmasında ve su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımında temel bir adım olarak hizmet eder. Karstik kaynaklar, altta yatan jeolojik oluşumlarla doğrudan bağlantılı olduklarından, kontaminasyona karşı özellikle hassastırlar. Bu nedenle, suyun içinde ağır metaller, pestisitler ve mikrobiyal kirleticilerin varlığının değerlendirilmesi çok önemlidir. Kurşun, kadmiyum ve arsenik gibi ağır metaller bitki büyümesi üzerinde zararlı etkiler yapabilir ve toprakta birikerek ürün sağlığı üzerinde uzun vadeli riskler oluşturabilir. Benzer şekilde, tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan pestisitler ve hayvan atıkları veya insan kaynaklı mikrobiyal kirleticiler su kalitesini ve dolayısıyla tarımsal ürünleri tehlikeye atabilir [2].

Kimyasal ve mikrobiyal yönlerin yanı sıra, karstik kaynakların hidrolojik özelliklerini anlamak da temeldir. Akış dinamikleri, kalış süresi ve çevreleyen akiferle etkileşim, genel su kalitesini belirlemede önemli bir rol oynar. Ayrıca, karstik akiferlerin yüzey kirleticilerinin hızlı infiltrasyonuna karşı duyarlılığı, bu su kaynaklarını etkili bir şekilde yönetmek ve korumak için hidrojeolojik özelliklerin kapsamlı bir şekilde anlaşılmasını gerektirir [3].

Sulama suyunun toprak kalitesi ve tarımsal uygulamaların uzun vadeli sürdürülebilirliği üzerindeki etkisi de dikkate alınmalıdır. Sudan gelen aşırı tuzluluk veya yüksek besin seviyeleri, zamanla toprakta bozulmalara yol açarak sadece mevcut ürün verimini değil, aynı zamanda tarımsal arazinin genel verimliliğini de etkileyebilir [4].

Sonuç olarak, karstik kaynaklarda sulama suyu kalitesinin kapsamlı bir değerlendirmesi hidrojeolojik, toprak ve uzun vadeli sürdürülebilirlik yönlerini içeren bütünsel bir yaklaşımı kapsar. Bu şekilde, tarımsal sistemlerin devam eden sağlık ve verimliliği sağlanabilir. Karstik kaynak

suyundaki kirleticilerin risklerini ve etkilerini anlamak, sürdürülebilir tarım için hayati öneme sahiptir.

Dünyada karstik kaynakların sulama suyu olarak kullanımı üzerine birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalar, karstik kaynakların su kalitesinin değerlendirilmesine ve bu suların tarımsal sulama için uygunluğunun belirlenmesine odaklanmaktadır. Hoaghia vd. [5], Romanya'daki Apuseni Dağları'nda karstik kaynakların mikrobiyal su kalitesi ve sağlık risklerini değerlendirmiştir, Fashina vd. [6], Tennessee'deki karstik kaynakların mikrobiyal ve fizikokimyasal özelliklerini incelemiştir. Ghaffari vd. [7] karstik bölgelerdeki yeraltı suyu kalitesi ve kirlilik kaynaklarını analiz etmiştir. Dünyanın birçok yerinde yapılan çalışmalar [8-12] karstik kaynakların sulama suyu olarak kullanılmasının önemini göstermektedir.

Türkiye'de karstik kaynakların sulama suyu olarak kullanımı üzerine birçok çalışma yapılmıştır. Katsanou vd. [13] Türkiye'nin güneybatısındaki Azmak karstik kaynağın kirlilik kaynaklarını araştırmış, kaynağın hidrodinamik özellikleri ve su kalitesini analiz etmişlerdir. Kaçaroğlu [14] Sivas'ın Gürün ilçesindeki Gökpınar karst kaynaklarının hidrojeolojik incelemesini yaparak sulama suyu sınıflarını belirlemiştir. Diğer yapılan çalışmalar da [15-17], karstik kaynakların su kalitesinin değerlendirilmesine ve bu suların tarımsal sulama için uygunluğunun belirlenmesine odaklanmaktadır.

Bu çalışma, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin Siirt iline bağlı Şirvan ilçesinde bulunan Hesko kaynak suyu üzerinde yapılmıştır. Bu kaynak, 300.000'den fazla kişinin içme ve tarımsal sulama olarak kullandığı kritik bir kaynaktır. 2019/2020 sezonunda gerçekleştirilen düzenli arazi çalışmalarıyla, su numuneleri aylık olarak titizlikle toplanmıştır. Bu numuneler, pH, sıcaklık, toplam çözünmüş madde (TDS), elektriksel iletkenlik (EC) ve Kalsiyum (Ca^{2+}), Magnezyum (Mg^{2+}), Sodyum (Na^{+}), Potasyum (K^{+}), Bikarbonat (HCO_3^{-}), Karbonat (CO_3^{2-}), Sülfat (SO_4^{2-}), Klorür (Cl^{-}), Florür (F^{-}), Nitrat (NO_3^{-}) gibi temel katyon ve anyonlar gibi çeşitli parametrelerin değerlendirilmesi için kapsamlı bir analizden geçirilmiştir. Bu su kalitesi parametreleri arasındaki ilişkileri ortaya çıkarmak için korelasyon analizleri yapılmış ve bu parametreler mevsimsel olarak sınıflandırılmıştır. Çalışmada, su kalitesi analizleri ve veri görselleştirmesi için ArcGIS ve OriginPro yazılımları kullanılmıştır. Piper diyagramı, Hesko kaynak suyunun jeokimyasal özelliklerini ortaya koyarak, suyun kimyasal bileşiminin jeolojik formasyonlarla ilişkisini anlamamıza yardımcı olmuştur. Bu analiz, suyun kaynağındaki kayaçların çözünmesi ve kimyasal reaksiyonlar sonucu oluşan iyonik bileşenlerin su kalitesine nasıl katkıda bulunduğunu belirlemede kullanılmıştır. Piper diyagramı ayrıca, suyun sınıflandırılmasında ve farklı su türlerinin karşılaştırılmasında etkili bir araç olmuştur. Sulama suyu

kalitesini değerlendirmek için SAR ve %Na hesaplanmış ve kaynak suyunun sulama uygunluğunu kategorize etmek için ABD Tuzluluk Laboratuvarı (USSL) ve Wilcox diyagramları kullanılmıştır.

Materyal ve Metot

Çalışma Alanı

Çalışma alanı, çeşitli jeolojik yapıları ve önemli hidrojeolojik özellikleriyle dikkat çeken Siirt ilini kapsamaktadır. Toros Dağları silsilesi içinde yer alan Siirt, kuzey ve doğudaki yüksek dağlardan güney ve batıya doğru Mezopotamya ovalarına kadar kademeli olarak eğimlenen karmaşık bir araziye sahiptir. İl, kuzey enlemleri 37°34' ve 38°17', doğu boylamları 41°13' ve 42°40' arasında yer almakta olup, yaklaşık 5.406 kilometrekarelik bir alanı kaplamaktadır. Siirt'in iklimi ağırlıklı olarak karasaldır; sıcak, kuru yazlar ve soğuk, karlı kışlar ile karakterize edilir ve bu durum bölgenin çeşitli topoğrafyasını yansıtır. Yıllık yağış miktarı ortalama 600 mm civarındadır ve ağırlıklı olarak ilkbahar ve sonbahar aylarında gerçekleşir, bu da ildeki tarımsal döngüleri ve su kaynakları yönetimini önemli ölçüde etkilemektedir. Çalışma alanındaki yükselti, alçak bölgelerde 600 metreden dağlık alanlarda 3.000 metrenin üzerine kadar geniş bir aralıkta değişiklik göstererek çeşitli ekolojik manzaralar yaratmaktadır [18].

İlin nüfusu yaklaşık 330.000 olup, bu nüfus Siirt şehir merkezinde ve çeşitli kırsal kasaba ve köylerde dağılım göstermektedir. Siirt'in hidrojeolojisinin önemli bir özelliği, karstik oluşumlardan 1110 metre yükseklikte çıkan ve içme suyu sağlayan kritik bir kaynak olan Hesko kaynağıdır. 38°8'40.7" Doğu ve 42°4'24.4" Kuzey koordinatlarında bulunan bu kaynak, 1990 yılından bu yana tüm nüfusa su sağlamada önemli bir rol oynamaktadır. İçme suyu sağlamanın ötesinde, ilin ekonomisinin temelini oluşturan ve kültürel bir simgesi olan Siirt fıstığı bahçelerinin sulanmasında da Hesko kaynak suyu kullanılmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma alanı.

İlin jeolojik temeli, kireçtaşı ve dolomit gibi sedimanter kayalardan oluşmakta olup, karstik peyzajların oluşumunda kritik bir rol oynamaktadır. Bu jeolojik koşullar, Hesko gibi kaynakların ortaya çıkmasını sağladığı gibi yeraltı su kaynaklarının dağılımını ve

kullanılabilirliğini de belirlemektedir. Sonuç olarak, Siirt'in jeolojik oluşumları, iklimi ve hidrojeolojisi arasındaki etkileşim, tarımsal uygulamalardan kentsel ve kırsal su temin sistemlerine kadar her şeyi şekillendirerek ilin çevresel ve sosyo-ekonomik yapısının oluşmasında belirleyici olmaktadır.

Arazi Çalışması

Su numuneleri kaynaktan toplanmıştır. Numune toplama süreci, su kalitesindeki mevsimsel değişimleri yakalamak için bir yıl boyunca aylık olarak gerçekleştirilmiştir. Her numune alma işlemi, önceden temizlenmiş polietilen şişelere doldurulmuştur. Şişeler, kimyasal değişiklikleri en aza indirmek için kapatılıp 4°C'de saklanmıştır. GPS koordinatları ile kaynak noktası için koordinatları kaydedilmiştir.

Laboratuvar Analizleri

Numuneler toplandıktan sonra, 24 saat içinde analize gönderilmiştir. Su ve atık su incelemesi için standart yöntemler [19] takip edilmiştir. Sıcaklık, pH ve EC yerinde ölçülmüştür. Toplam sertlik (TH), bikarbonat alkalinitesi ve toplam alkalinite titrimetrik yöntemlerle belirlenmiştir. EDTA titrimetrik yöntemi ile sertlik ve sülfürik asit ile pH 4.5'e titrasyon yapılarak alkalinite ölçülmüştür [20].

Kalsiyum ve magnezyum konsantrasyonları, ICP-OES kullanılarak ölçülmüştür. Sodyum ve potasyum seviyeleri alev fotometrisi veya ICP-OES ile belirlenmiştir. Bikarbonat ve karbonat iyonlarının konsantrasyonları, alkalinite titrasyonu sırasında ölçülmüştür. Sülfat konsantrasyonu, bulanıklık veya iyon kromatografisi ile değerlendirilmiştir. Klorür, gümüş nitrat ile titrasyon veya iyon kromatografisi ile ölçülmüştür. Nitrat seviyeleri, UV spektrofotometri veya iyon kromatografisi ile belirlenmiştir. Florür konsantrasyonu, iyon-selektif elektrot veya iyon kromatografisi ile ölçülmüştür.

ICP-OES cihazı PerkinElmer Inc. Optima 2100 DV, pH; Hanna Hı 2211 pH/Orp Metre, EC; Mettler Toledo SevenCompact Conductivity ve TDS; VWR CO3000L marka ve modelleri kullanılmıştır.

Piper Diyagramı

Piper diyagramı, Piper [21] tarafından tanımlan ve su numunelerinin hidrokimyasal fasiyeslerine göre kapsamlı bir şekilde sınıflandırılmasını sağlayan bir üçgen diyagramdır. Bu diyagram, katyonlar (Ca^{2+} , Mg^{2+} , $Na^{+}+K^{+}$) ve anyonlar (Cl^{-} , SO_4^{2-} , $CO_3^{2-}+HCO_3^{-}$) için iki ayrı üçgen diyagramı, katyon ve anyon verilerini birleştiren merkezi bir grafikte birleştirir. Bu grafiksel temsil, suyun kimyasal özelliklerini tanımlamada ve su kimyasını etkileyen jeolojik süreçleri anlamada yardımcı olur.

SAR ve %Na

Sulama suyundaki sodyum tehlikesini değerlendirmek için, Sodyum Adsorpsiyon Oranı (SAR) ve Sodyum yüzdesi (%Na) kritik göstergelerdir. SAR formülü ve %Na hesaplaması, sodyum, kalsiyum, magnezyum ve potasyum konsantrasyonlarının miliekivalan/litre

(meq/L) cinsinden ölçülmesini içerir ve bu sayede suyun tarımsal kullanım için uygunluğu değerlendirilebilir [22].

SAR, suyun tarımsal kullanım için uygunluğunu belirlemek amacıyla kullanılan bir ölçüdür ve sodyumun toprakta birikme potansiyelini ve bunun toprak yapısı ve verimliliği üzerindeki etkisini değerlendirir. Yüksek SAR değeri, toprak sodikliğine yol açabilecek bir riski gösterir ve bu da toprak suyu infiltrasyonunu ve hava dolaşımını engelleyebilir. Genellikle, SAR değeri 10'un altında olan sular çoğu bitki için güvenli kabul edilirken, 18'in üzerinde olan değerler sodyum birikimi riski nedeniyle toprak bozulmasına yol açabileceğini belirtir.

SAR şu şekilde hesaplanır:

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}} \quad (1)$$

Sulama suyu için %Na, suyun tarımsal sulama için uygunluğunu değerlendirirken kritik bir parametredir, çünkü toprak yapısını, geçirgenliğini ve bitki büyümesini etkiler ve şu şekilde hesaplanır:

$$\%Na = \frac{Na^+}{Na^+ + K^+ + Ca^{2+} + Mg^{2+}} \times 100 \quad (2)$$

USSL ve Wilcox Diyagramları

USSL tuzluluk diyagramı, sulama suyu kalitesini değerlendirmek için kullanılır ve suyun tuzluluk tehlikesi ile SAR'ını değerlendirir. ABD Tuzluluk Laboratuvarı tarafından geliştirilen bu diyagram, EC ve SAR değerlerine dayanarak suyu sınıflandırır ve suyun sulama için uygunluğunu belirler [23]. Wilcox diyagramı ise suyun SAR ve EC değerlerine göre sulama için uygunluğunu değerlendiren grafiksel bir temsildir [24]. Bu diyagram, suyu 'çok iyi'den 'sulamaya uygun değil'e kadar farklı uygunluk kategorilerine ayırır. Bu yöntemler, su kalitesinin kapsamlı analizinde, hidrojeokimyasal özelliklerin ve suyun çeşitli kullanımlar için uygunluğunun belirlenmesinde önemli bir rol oynar.

Bu çalışmada, Hesko kaynağının su kalitesinin mevsimsel değişimlerini değerlendirmek için çeşitli hidrojeokimyasal analiz yöntemleri kullanılmıştır. Kullanılan yöntemlerin seçilmesinin ardındaki nedenler ve bu yöntemlerin sağladığı faydalar bulunmaktadır. Bunlar; Piper diyagramı, su numunelerinin kimyasal bileşenlerini grafiksel olarak temsil eden ve suyun hidrojeokimyasal fasyeslerini belirlemeye yardımcı olan etkili bir yöntemdir. Bu diyagram, suyun içindeki ana anyon ve katyonların oranlarını göstererek suyun genel kimyasal karakterini ortaya koyar. Piper diyagramının kullanılması, suyun jeokimyasal süreçlerini anlamamıza yardımcı olur ve su kalitesini değerlendirmede önemli bir araçtır. Alternatif yöntemler arasında Stiff veya Schoeller diyagramları yer alsa da, Piper diyagramı daha kapsamlı bir temsil sağlar ve bu nedenle tercih edilmiştir. USSL ve Wilcox diyagramları, sulama suyunun kalitesini değerlendirmede yaygın olarak kullanılan yöntemlerdir. Bu diyagramlar, suyun EC ve SAR gibi parametrelerine dayalı olarak suyun tuzluluk ve sodyum içeriğini analiz eder. Bu yöntemler, sulama suyu kalitesini değerlendirmede standart kabul edilir ve tarımsal uygulamalarda suyun kullanılabilirliğini belirlemede

büyük önem taşır. Alternatif olarak Cation Ratio veya Residual Sodium Carbonate (RSC) gibi diğer yöntemler kullanılabilir, ancak USSL ve Wilcox diyagramları daha geniş kabul görmekte ve güvenilir sonuçlar sağlamaktadır. Su numunelerinin laboratuvar analizleri, suyun kimyasal bileşenlerini belirlemek için titrimetrik yöntemler, alev fotometrisi ve ICP-OES gibi ileri teknoloji ekipmanlar kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu yöntemler, suyun içindeki iyon konsantrasyonlarını yüksek doğrulukla ölçmekte ve su kalitesini kapsamlı bir şekilde değerlendirmektedir. Alternatif yöntemler arasında gravimetrik analizler veya renk tayini yöntemleri yer alsa da, kullanılan yöntemler daha yüksek hassasiyet ve güvenilirlik sunmaktadır. Su kalitesindeki mevsimsel değişiklikleri değerlendirmek için su numuneleri düzenli aralıklarla toplanmış ve analiz edilmiştir. Bu yaklaşım, suyun kalitesindeki mevsimsel değişimlerin tam olarak izlenmesini sağlar.

Bu yöntemlerin seçilmesindeki ana nedenler, su kalitesinin kapsamlı ve güvenilir bir şekilde değerlendirilmesini sağlamak, suyun hem içme hem de sulama amaçlarına uygunluğunu belirlemek ve elde edilen sonuçların geçerliliğini ve güvenilirliğini artırmaktır.

Sonuçlar ve Tartışma

Hesko kaynağından alınan su numunelerinin analizi ile karstik akifer sisteminin su kalitesi ve hidrojeokimyasal özellikleri hakkında önemli bilgiler sağlanmıştır. Sonuçlar Tablo 1a ve 1b'de sunulmaktadır. Siirt'teki su sertliği, mevsimsel mineral çözünmesi nedeniyle dalgalanmakta olup, bu da potansiyel kireçlenme sorunlarına işaret eden daha sert su anlamına gelmektedir. Sulama açısından önemli olan sodyum, kademeli bir artış gösterirken, potasyum düşük seviyelerde kalmaktadır. Karbonat minerallerinin etkisiyle bikarbonat dengesi, suyun hafif alkalin pH seviyesini korumakta, bu da suluc yaşam için faydalı olup korozyonu minimize etmektedir. Doğal veya insan kaynaklı olabilecek sülfat ve klorür değişiklikleri, suyun tadını ve sağlığını etkileyebilir. Nitrat izleme, sağlık riskleri ve ötrofikasyon potansiyeli nedeniyle önemlidir. Mevsimsel sıcaklık değişimleri, su kimyasını ve organizmaların davranışlarını etkiler. EC ve TDS seviyeleri, mineralizasyonu yansıtarak içme ve tarım için uygun olan taze su kalitesini göstermekte, ancak belirli kullanımlar için tuzluluk ve pH yönetimi gerektirmektedir.

Kalsiyum ve Magnezyum; su sertliğine büyük katkıda bulunan kalsiyum ve magnezyumun varlığı, aylara göre değişiklik göstermektedir. Bu değişiklikler, çevredeki jeolojiden minerallerin çözünmesini etkileyen mevsimsel su akışı değişikliklerinden kaynaklanabilir. Bu iyonların daha yüksek konsantrasyonları genellikle daha sert suyu gösterir ve bu durum, borularda ve cihazlarda kireçlenme gibi ev ve sanayi kullanımları için önemli olabilir. Analiz sonuçlarındaki sertlik değerleri de sırasıyla; mart, 132.178; nisan, 137.97; mayıs, 93.85; haziran, 131.18; temmuz, 155.9; ağustos, 178.66; eylül, 150.9; ekim, 157.98; kasım, 314.86; aralık, 291.31; ocak, 303.21 ve şubat, 161.279 mg CaCO₃/l olarak bulunmuştur.

Sodyum ve Potasyum; sodyum seviyeleri, kalsiyum ve magnezyuma göre oldukça düşük olmasına rağmen, yavaşça artmaktadır ve bu suyun sulama için kullanılması durumunda sodyuma duyarlı bitkiler için potansiyel endişeler yaratabilir. Potasyum seviyeleri sürekli olarak düşüktür, bu kaynak sular için tipiktir çünkü potasyum jeolojik malzemelerde daha az bulunur.

Tablo 1a. Kaynak suyu analiz sonuçları.

Aylar	pH	EC	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺
Mart	7.64	357	41.10	7.176	0.487	0.200
Nisan	7.55	339	46.85	5.262	0.559	0.104
Mayıs	7.49	276	31.92	3.437	0.354	0.500
Haziran	7.62	296	43.10	5.722	0.511	0.154
Temmuz	7.47	349	50.80	7.314	0.720	0.214
Ağustos	7.46	391	55.71	9.606	0.979	0.216
Eylül	7.43	413	44.59	9.606	0.858	0.112
Ekim	7.51	422	46.66	10.07	1.153	0.210
Kasım	7.59	390	105.3	12.61	1.416	0.616
Aralık	7.75	358	99.00	10.71	1.199	0.559
Ocak	7.77	373	102.3	11.60	1.230	0.571
Şubat	7.14	375	54.27	6.257	0.725	0.300

pH: birimsiz; EC: $\mu\text{S}/\text{cm}$; katyonlar: mg/l

Bikarbonat seviyelerinin istikrarı, suya karışan karbonat minerallerinin sürekli etkisini göstermektedir ve bu durum suyun pH'ını hafif alkali bir aralıkta tutarak doğal bir tamponlama etkisi sağlar. Bu istikrar, sucul yaşam için önemlidir ve diğer minerallerin çözünürlüğünü etkileyebilir.

Tablo 2b. Kaynak suyu analiz sonuçları.

Aylar	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	F ⁻	TDS
Mart	268.40	9.787	0.94	1.278	0.04	170.3
Nisan	268.40	7.079	0.79	0.966	0.02	170.6
Mayıs	207.40	4.752	0.43	0.942	0.05	121.0
Haziran	207.40	9.103	0.53	1.133	0.02	135.0
Temmuz	280.60	11.39	0.72	1.482	0.01	165.3
Ağustos	329.70	16.00	0.86	1.579	0.09	167.7
Eylül	345.26	18.42	1.29	0.764	0.12	189.0
Ekim	314.76	19.95	3.02	1.374	0.14	197.1
Kasım	314.76	20.80	1.24	1.545	0.11	193.3
Aralık	240.34	19.90	1.25	3.678	0.09	176.8
Ocak	272.06	19.68	1.21	2.617	0.09	182.4
Şubat	292.80	11.38	1.02	1.616	0.06	200.8

tüm birimler mg/l 'dir.

Sülfat ve Klorür konsantrasyonlarındaki değişiklikler, tarımsal akıntılar veya endüstriyel deşarjlar gibi farklı kirlilik kaynaklarını veya evaporit minerallerin çözünmesi gibi doğal süreçleri gösterebilir. Bu anyonların yüksek seviyeleri, suyun tadı, korozyonu ve bazı durumlarda sağlık sorunları açısından endişe kaynağı olabilir.

Nitrat seviyeleri düşük başlamasına rağmen, özellikle gübre kullanımının yüksek olduğu tarımsal alanlarda izlenmesi önemlidir. Yüksek nitrat seviyeleri, özellikle bebekler için insan sağlığı açısından risk oluşturabilir ve sucul ortamlarda ötrofikasyon potansiyelini gösterir.

EC'deki değişiklikler, suyun toplam iyon içeriğini yansıtır ve daha yüksek değerler, daha yüksek mineralizasyonu gösterir. EC, genel su kalitesinin hızlı bir

göstergesi olabilir ve içme suyu standartları ve tarımsal kullanım açısından, özellikle bitkilerde tuzluluk stresi açısından önem taşır.

pH; hafif alkali aralıkta kalan pH'taki hafif değişiklikler, dağıtım sistemlerinde korozyonu önlemek için faydalıdır ve çoğu kullanım için genellikle uygundur. Ancak, suyun belirli endüstriyel işlemler veya hassas ekosistemler için uygunluğu, pH kontrolünü daha yakından gerektirebilir.

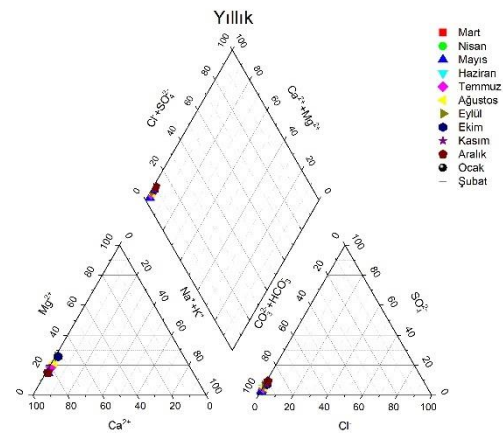
TDS seviyeleri, su kalitesinin genel bir ölçüsünü sağlar ve gözlemlenen aralık, nispeten taze suyu göstermektedir. Yüksek TDS, suyun tadını etkileyebilir ve aşırı yüksek seviyeler, toksisite veya tuzluluk sorunları nedeniyle içme veya sulama için su kullanımını sınırlayabilir.

Sertlik; su, orta sertliktedir ve bu durum, kireçtaşı veya dolomitten etkilenen yeraltı suları için tipiktir. Ev kullanımı için su yumuşatma düşünülebilir, ancak sertlik insan sağlığı için faydalıdır.

Sıcaklık; mevsimsel sıcaklık değişiklikleri, sudaki kimyasal reaksiyonları, gazların çözünürlüğünü ve sucul organizmaların davranışlarını etkileyebilir. Kayıtlı sıcaklıklar, ılıman bir iklimi işaret etmektedir ve bu durum mevsimsel su kalitesi değişiklikleri için potansiyel anlam taşır.

Bu sonuçlar, su kaynaklarının korunması ve sürdürülebilir kullanımı için sürekli izleme ve yönetimin önemini vurgulamaktadır. Kapsamlı analiz, eğilimleri, potansiyel kirlilik kaynaklarını ve farklı kullanımlar için su kalitesi standartlarını karşılamak için gerekli olan spesifik arıtma süreçlerini belirlemede yardımcı olur.

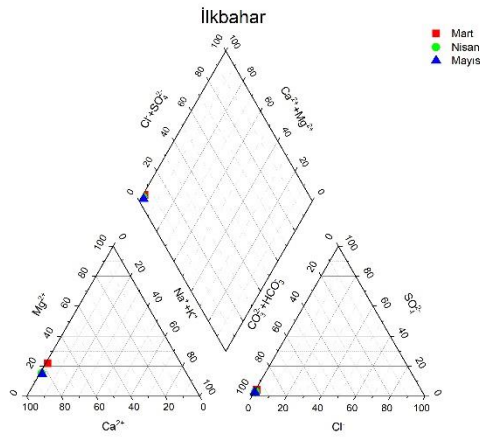
Hesko kaynak suyunun Piper diyagramı, yıl boyunca nispeten sabit bir su kimyasını göstermekte olup, baskın iyonlar tipik bir karstik sistem etkisini işaret etmektedir. Kalsiyum ve bikarbonat konsantrasyonları, suyun kireçtaşı veya dolomit ile etkileşime girdiğini ve bu minerallerin suya çözündüğünü göstermektedir. Yıl boyunca sürekli olarak sülfat varlığı, alçıtaşı çözünmesi veya tarımsal akıntılar gibi insan kaynaklı girdilerin etkisini işaret etmektedir (Şekil 2).



Şekil 2. Hesko kaynağı Piper diyagramı.

Mevsimsel değişiklikler mevcut olmakla birlikte büyük fark bulunmamaktadır, bu da suyun farklı aylarda genel

kalitesini koruduğunu göstermektedir. Mart ayında kalsiyumda hafif bir artış gözlenmekte olup, bu durum daha yağışlı dönemlerde artan su-kaya etkileşimine bağlanabilir. Buna karşılık, genellikle daha kurak olan Haziran ile Ağustos ayları arasında klorür seviyelerinde hafif bir artış gözlenmekte, bu da yağışlardan kaynaklanan seyrelmenin azalmasına bağlı olabilir. Hesco kaynak suyu için Piper diyagramındaki yıllık eğilimler, içme ve tarımsal amaçlar için kullanıma uygun, iyi tamponlanmış ve dengeli iyonik bileşime sahip bir su tipi önermektedir. Ayrıca, aylık verilerin çizimdeki pozisyonlarında önemli değişimlerin olmaması, uzun vadeli planlama ve kullanım için güvenilir ve tutarlı bir su kaynağı olduğunu vurgulamaktadır.



Şekil 3. İlkbahar mevsimi Piper diyagramı.

Şekil 3’de görülen ilkbahar mevsimi için Piper diyagramı, kaynak suyunun hidrokimyasal fasiyelerini göstermektedir. Veri noktalarının dağılımı, kalsiyum ve bikarbonat iyonları tarafından büyük ölçüde etkilenen bir su tipini işaret etmekte olup, bu durum karbonat litolojileri ile kaya-su etkileşimi geçiren sular için tipiktir.

Kasyon üçgeninde, veri noktaları kalsiyum köşesine doğru yoğunlaşmış olup, bu da kalsiyumun magnezyum, sodyum ve potasyum gibi diğer kasyonlara göre önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Bu durum, akiferde bulunan kalsit veya dolomit minerallerinin çözünmesi ile tutarlıdır. Anyon üçgeninde bikarbonatın baskınlığı bu yorumu desteklemekte ve karbonat ayrışmasının temel jeokimyasal süreç olduğunu göstermektedir.

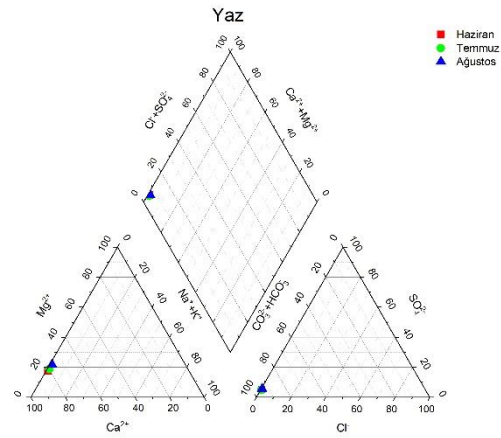
Mart, Nisan ve Mayıs aylarından alınan numuneler, ilkbahar mevsimi boyunca istikrarlı hidrokimyasal koşulları göstererek birbirine yakın gruplandırılmıştır. Bazı numunelerde anyon üçgeninde sülfat tarafına doğru hafif bir yayılma görülmekte olup, bu durum alçıtaşı veya anhidrit gibi sülfat minerallerinin çözünmesinden veya tarımsal akıntılar gibi insan kaynaklı kaynaklardan küçük bir katkı olabileceğini göstermektedir.

Kasyon ve anyon verilerini birleştiren merkezi grafik, suyun kalsiyum-bikarbonat tipi olarak sınıflandırılmasını daha da doğrulamaktadır. Bu dönemde su kimyasının istikrarı, akiferin önemli mevsimsel değişimlere maruz

kalmadığını ve tutarlı bir mineral dengesi koruduğunu göstermektedir (Şekil 3).

Şekil 4’de yaz mevsimi için oluşturulan Piper diyagramı verilmiştir. İlkbahar’dan gelen hidrokimyasal özelliklerde bir süreklilik göstermekte olup, kalsiyum ve bikarbonat iyonlarına açık bir vurgu yapmaktadır. Bu durum, akiferin su kimyası üzerinde güçlü bir kontrol sağlamaya devam ettiğini ve mevsimsel geçişin önemli hidrokimyasal değişiklikler getirmediğini göstermektedir.

Kasyon üçgeninde, yaz aylarındaki numuneler de kalsiyum baskınlığına doğru eğilim göstermekte olup, karbonat minerallerinin çözünmesinin devam eden hidrojeokimyasal süreç olduğunu pekiştirmektedir. Anyon üçgeninde bikarbonat baskınlığı süreklilik göstermekte olup, sülfat ve klorür iyonlarının ihmal edilebilir varlığı, bu dönemde önemli buharlaşma veya insan kaynaklı etkilerin olmadığını gösterebilir.



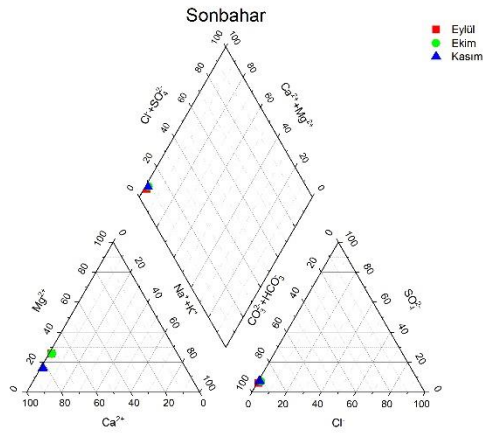
Şekil 4. Yaz mevsimi Piper diyagramı.

Haziran, temmuz ve ağustos aylarına ait veri noktaları, merkezi grafikteki kalsiyum-bikarbonat alanı içinde sıkıca gruplandırılmıştır. Bu sıkı gruplama, iyon konsantrasyonları ve oranlarında minimal bir varyasyon olduğunu ve akiferin önemli mevsimsel etkiler olmadan sabit bir iyon salınımı sağladığını düşündürmektedir.

Bazı numunelerde magnezyum artışına doğru hafif bir kayma, dolomit ayrışmasını veya akiferin jeolojisinde magnezyum kaynaklarını işaret edebilir. Ancak, bu kayma, genel su tipinde büyük bir değişiklik öneren kadar önemli değildir (Şekil 4).

Şekil 5’de sonbahar mevsimi için Piper diyagramı görünmekle beraber, önceki mevsimlerle tutarlı hidrokimyasal karakteri göstermekte olup, ağırlıklı olarak kalsiyum ve bikarbonat iyonları tarafından yönetilmektedir. Veri noktaları, kasyon üçgeninin kalsiyum köşesine doğru sabit kalmakta olup, karbonat minerallerinin sürekli çözünmesini işaret etmektedir. Bu, yıl boyunca istikrarlı ve devam eden bir süreçtir.

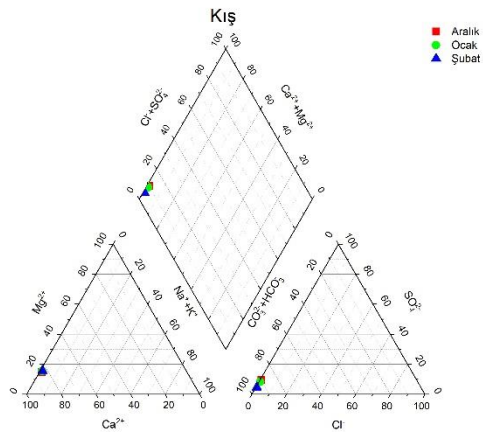
Anyon üçgeni de bikarbonat baskınlığını sürdürmektedir. Anyon bileşimindeki bu süreklilik, akiferin tamponlama kapasitesinin etkili kaldığını ve organik madde dönüşümü gibi sonbahar değişikliklerinin kaynağı su kimyasını önemli ölçüde etkilemediğini göstermektedir.



Şekil 5. Sonbahar mevsimi Piper diyagramı.

Sonbahar aylarına ait veri noktaları, merkezi grafikte kalsiyum-bikarbonat su tipi sınıflandırmasını korumaktadır. Eylül, ekim ve kasım aylarından alınan numuneler birbirine yakındır, bu da yaz mevsiminden sonbahara geçişin kaynak suyu üzerinde önemli bir hidrojeokimyasal etkiye sahip olmadığını göstermektedir. Bu aylardaki istikrar, kısa vadeli mevsimsel değişimlere karşı dirençli, iyi tamponlanmış bir sistemi işaret etmektedir.

Bu hidrokimyasal istikrar, aynı zamanda, büyüme sezonunda yeraltı suyuna ek iyonlar katkıda bulunan önemli tarımsal faaliyetlerin yokluğunu da yansıtabilir. Diğer iyonlara doğru minimal kayma, yeraltı suyunun sonbahar dönemindeki diğer potansiyel kaynaklardan önemli miktarda girişi almadığını göstermektedir (Şekil 5).



Şekil 6. Kış mevsimi Piper diyagramı.

Şekil 6'da kış mevsimi için Piper diyagramı verilmiş olup önceki mevsimlerde gözlemlenen kalsiyum-bikarbonat su tipi eğiliminin devam ettiğini göstermektedir. Veri noktaları, katyon üçgeninde kalsiyum köşesine ve anyon üçgeninde bikarbonat köşesine doğru sabit kalmakta olup, karbonat kaya ayrışmasının suyun kimyasını tanımlamadaki rolünü daha da vurgulamaktadır.

Kış boyunca, katyon üçgeni, kalsiyumun magnezyum, sodyum ve potasyum üzerinde devam eden baskınlığını göstermektedir. Bu durum, daha soğuk sıcaklıkların mineral çözünme kinetiğini yavaşlatmasına rağmen, kalsit ve dolomit ayrışmasını desteklemesiyle açıklanabilir. Anyon üçgeni, bikarbonat baskınlığını pekiştirmekte olup, sülfat ve klorürün sadece iz seviyelerinde temsil edilmesi, buharlaşma yoğunlaşması veya insan kaynaklı kirliliğin kısım bile önemsiz veya var olmayan bir rol oynadığını göstermektedir.

Aralık, ocak ve şubat aylarına ait veri noktaları, merkezi grafikte kalsiyum-bikarbonat alanı içinde sıkıca gruplandırılmıştır. Bu tekdüzelik, artan yağış veya eriyen karın su kimyasını seyreltme potansiyeline rağmen, akiferin karakteristik mineral çözünme profilini koruduğunu göstermektedir.

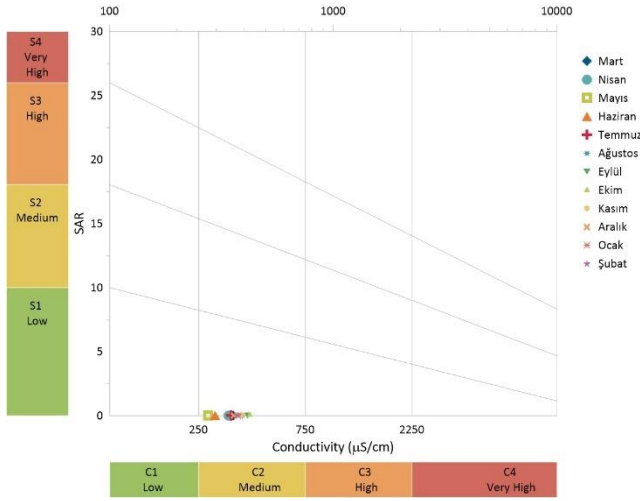
Ayrıca, kış diyagramının diğer mevsimlerle olan benzerliği, mevsimsel değişiklikleri, özellikle donma-çözülme döngüleri ve potansiyel yol tuzu sızıntıları gibi kış hava koşullarının getirebileceği değişiklikleri etkin bir şekilde hafifleten güçlü bir tamponlama kapasitesine sahip hidrojeolojik bir sistemi işaret etmektedir.

Kış mevsimi Piper diyagramı, yıllık hidrokimyasal döngüyü tamamlayarak, kaynak suyunun yıl boyunca akiferin karbonat jeolojisinin belirgin etkisini yansıtan son derece stabil bir kalsiyum-bikarbonat imzasına sahip olduğunu doğrulamaktadır (Şekil 6).

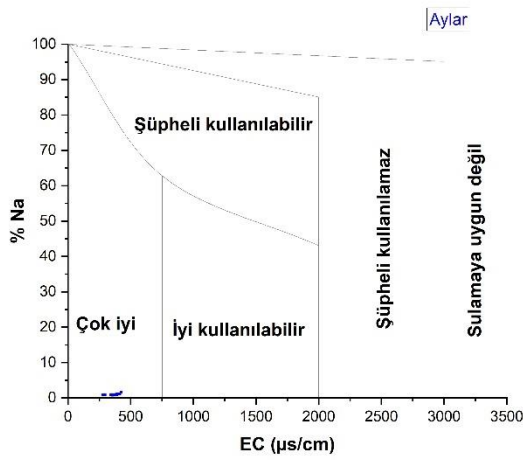
Dört mevsim boyunca Piper diyagram analizleri, jeolojik temel tarafından yönetilen tutarlı bir hidrokimyasal çerçeveyi göstermektedir. Su tipi mevsimler boyunca kalsiyum-bikarbonat olarak kalmakta olup, önemli bir tamponlama kapasitesine sahip ve dış faktörlerden minimal etkilenen stabil bir akifer sistemini işaret etmektedir. Bu sonuçlar, akiferin hidrojeokimyasal dinamiklerinin ve su kaynakları yönetimi üzerindeki etkilerinin ayrıntılı bir tartışması için temel oluşturmaktadır.

Kaynak suyu için oluşturulan USSS diyagramı, tüm aylık veri noktalarını 'C2S1' bölgesinde göstermektedir, bu da orta tuzluluk ve düşük sodyum içeriğine sahip su anlamına gelir. Bu sınıflandırma, suyun sulama amaçları için mükemmel olduğunu, toprakta tuzluluk birikimi veya sodyum kaynaklı toprak yapısı bozulması riski taşımadığını göstermektedir. Ekim ve Eylül aylarındaki en yüksek SAR değerleri bile suyu 'S1' kategorisinden çıkarmamakta, bu da bitkiler için önemsiz bir sodyum tehlikesine karşılık gelmektedir (Şekil 3).

Wilcox diyagramı, %Na'yı EC ile ilişkilendirerek suyu sulama için 'Çok iyi' den 'Sulamaya uygun değil'e kadar değişen sınıflara ayırır. Yıl boyunca kaynak suyu verileri 'Çok iyi' kategorisinde yer almakta olup, sodyum içeriği ve tuzluluk açısından ideal sulama suyu olduğunu göstermektedir. Tüm aylarda %Na değerleri düşük ve EC değerleri de düşük olup, bu da kaynak suyunun toprakta tuzlanma veya sodiklik yaratmayacağını göstermektedir (Şekil 4).



Şekil 3. Hesko kaynağı USSS diyagramı.



Şekil 4. Hesko kaynağı Wilcox diyagramı.

Hesko kaynağının su kalitesinin mevsimsel değişimlerini inceleyen bu çalışmada elde edilen bulgular, bölgedeki hidrojeokimyasal süreçlerin ve su kalitesinin detaylı bir analizini sunmaktadır. Bu bölümde, elde edilen sonuçlar daha derinlemesine incelenmiş ve su kalitesine ilişkin önceki çalışmalarla karşılaştırılmıştır.

Mevsimsel değişimler ve hidrojeokimyasal süreçler; çalışmanın sonuçları, Hesko kaynağının su kalitesinin mevsimsel değişimlere bağlı olarak önemli ölçüde farklılık gösterdiğini ortaya koymaktadır. Özellikle, kalsiyum ve bikarbonat iyonlarının baskın olduğu görülmüştür. Bu bulgu, karstik kaynakların karakteristik özellikleriyle uyumludur ve suyun kimyasal bileşiminin çevresel koşullara ve mevsimsel değişimlere duyarlılığını göstermektedir. Piper diyagramları, suyun kimyasal bileşiminin yıl boyunca stabil kaldığını ve kalsiyum-bikarbonat su tipinin baskın olduğunu göstermektedir.

Önceki çalışmalarla karşılaştırma; elde edilen bulgular, Türkiye ve dünya genelinde yapılan diğer karstik kaynak çalışmalarıyla uyumludur. Örneğin; Hoaghia vd. [5] tarafından Romanya'daki Apusenî Dağları'nda yapılan çalışmada da karstik kaynakların mikrobiyal su kalitesi ve sağlık riskleri incelenmiş ve suyun kimyasal bileşiminin mevsimsel olarak değiştiği belirlenmiştir. Benzer şekilde, Fashina vd. [6] Tennessee'deki karstik kaynakların

mikrobiyal ve fizikokimyasal özelliklerini incelemiş ve su kalitesinin mevsimsel farklılıklar gösterdiğini ortaya koymuştur.

Türkiye'deki karstik kaynakların sulama suyu olarak kullanılabilirliğine ilişkin çalışmalar da bu bulgularla tutarlıdır. Katsanou vd. [13] Türkiye'nin güneybatısındaki Azmak karstik kaynağının kirlilik kaynaklarını ve su kalitesinin mevsimsel olarak değişebileceğini belirtmiştir. Kaçaroglu [14] Sivas'ın Gürün ilçesindeki Gökpınar karstik kaynaklarının hidrojeolojik incelemesini yaparak sulama suyu sınıflarını belirlemiştir ve bu çalışma da su kalitesinin mevsimsel olarak farklılık gösterebileceğini ortaya koymuştur.

Su kalitesinin sürdürülebilir kullanımı ve yönetimi; bu çalışmanın bulguları, Hesko kaynağının su kalitesinin sürdürülebilir yönetimi ve kullanımı için önemli bilgiler sunmaktadır. Su kalitesindeki mevsimsel değişikliklerin sürekli izlenmesi ve bu değişikliklere dayalı su yönetimi stratejilerinin geliştirilmesi, suyun hem içme hem de sulama amaçları için güvenilir bir kaynak olarak kalmasını sağlayacaktır. Ayrıca, su kalitesinin korunması ve iyileştirilmesi için kirlilik kaynaklarının kontrol edilmesi ve toplumsal bilinçlendirme faaliyetlerinin artırılması gerekmektedir.

Sonuç olarak, bu çalışma, Hesko kaynağının su kalitesinin mevsimsel değişimlerini detaylı bir şekilde ortaya koymakta ve suyun sürdürülebilir yönetimi için önemli bilgiler sunmaktadır. Elde edilen bulgular, su kalitesine ilişkin önceki çalışmalarla uyumlu olup, karstik kaynakların kimyasal bileşiminin mevsimsel olarak değişebileceğini göstermektedir.

Sonuç

Bu çalışmada, Siirt ilinin Şirvan ilçesinde bulunan Hesko kaynak suyunun su kalitesi ve hidrojeokimyasal özellikleri kapsamlı bir şekilde incelenmiştir. Yapılan analizler, Hesko kaynağının su kalitesinin mevsimsel olarak istikrarlı olduğunu ve büyük ölçüde kalsiyum ve bikarbonat iyonları tarafından kontrol edildiğini göstermiştir. Piper diyagramları, her mevsim boyunca suyun kalsiyum-bikarbonat su tipi olarak sınıflandırılmasını desteklemiştir.

Kalsiyum ve Magnezyum; kaynak suyunda kalsiyum ve magnezyum konsantrasyonları, mevsimsel değişiklikler göstermiştir. Mart ayında kalsiyum konsantrasyonu 41.10 mg/L iken, Kasım ayında 105.3 mg/L'ye yükselmiştir. Magnezyum konsantrasyonları ise Mart ayında 7.176 mg/L iken, Kasım ayında 12.61 mg/L olarak kaydedilmiştir. Bu değişiklikler, çevredeki jeolojik formasyonların mineral çözünmesi ile ilişkilidir ve suyun sertliğini artırarak potansiyel kireçlenme sorunlarına yol açmaktadır.

Sodyum ve Potasyum; sodyum seviyeleri kademeli bir artış göstermiştir. Mart ayında sodyum konsantrasyonu 0.487 mg/L iken, Ocak ayında 1.230 mg/L'ye ulaşmıştır. Potasyum seviyeleri ise genellikle düşük kalmış ve Mart ayında 0.200 mg/L iken, Aralık ayında 0.559 mg/L olarak

ölçülmüştür. Sodyum artışı, sulama için kullanıldığında sodyuma duyarlı bitkiler için endişe yaratabilir.

Bikarbonat seviyeleri genel olarak istikrarlı kalmıştır. Mart ayında 268.40 mg/L olarak kaydedilen bikarbonat, Eylül ayında 345.26 mg/L'ye kadar yükselmiştir. Bu durum, suyun pH'ını hafif alkalın aralıkta tutarak doğal bir tamponlama etkisi sağlamaktadır ve sucul yaşam için faydalıdır.

Sülfat ve klorür konsantrasyonlarında belirli değişiklikler gözlenmiştir. Sülfat konsantrasyonu Mart ayında 9.787 mg/L iken, Ekim ayında 19.95 mg/L'ye yükselmiştir. Klorür seviyeleri ise Mart ayında 0.94 mg/L iken, Ekim ayında 3.02 mg/L'ye ulaşmıştır. Bu değişiklikler, doğal süreçler veya insan kaynaklı kirliliklerin etkilerini gösterebilir.

Nitrat seviyeleri genellikle düşük başlamış ve tarımsal faaliyetlerin yoğun olduğu bölgelerde izlenmesi gereklidir. Mart ayında nitrat konsantrasyonu 1.278 mg/L iken, Aralık ayında 3.678 mg/L'ye yükselmiştir. Yüksek nitrat seviyeleri, insan sağlığı ve sucul ekosistemler için risk oluşturabilir.

EC ve TDS seviyeleri, suyun mineralizasyonunu yansıtmaktadır. Mart ayında EC 357 μ S/cm iken, Ekim ayında 422 μ S/cm'ye çıkmıştır. TDS seviyeleri ise Mart ayında 170.3 mg/L iken, Şubat ayında 200.8 mg/L olarak kaydedilmiştir. Bu değerler, suyun içme ve tarım için uygun olduğunu göstermektedir ancak belirli kullanımlar için tuzluluk ve pH yönetimi gerekmektedir.

pH ve Sıcaklık; pH değerleri hafif alkali aralıkta kalmıştır. Mart ayında pH 7.64 iken, Ocak ayında 7.77 olarak ölçülmüştür. Sıcaklık değişimleri ise suyun kimyasal reaksiyonlarını ve sucul organizmaların davranışlarını etkileyebilir. Kayıtlı sıcaklıklar, ılıman bir iklimi işaret etmektedir ve bu durum mevsimsel su kalitesi değişiklikleri için potansiyel anlam taşır. Gelecek çalışmalarda ağır metaller, pestisitler ve mikrobiyal kirlenmeler gibi parametrelerin dahil edilmesi, su kalitesinin daha kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesini sağlayacaktır. Bu parametrelerin analizi, suyun içme ve sulama amaçlarına uygunluğunu daha detaylı bir şekilde ortaya koyacaktır.

Hesko kaynak suyunun kapsamlı analizi, suyun yıl boyunca nispeten sabit bir kimyasal bileşime sahip olduğunu ve büyük ölçüde kalsiyum ve bikarbonat iyonları tarafından kontrol edildiğini göstermektedir. Mevsimsel değişiklikler mevcut olmakla birlikte, suyun genel kalitesi korunmuş ve önemli bir hidrojeokimyasal istikrar sergilemiştir. Bu bulgular, Hesko kaynağının hem içme suyu hem de tarımsal sulama için güvenilir ve tutarlı bir kaynak olduğunu ortaya koymaktadır. Kaynak suyu, düşük tuzluluk ve sodyum içeriği ile toprakta tuzluluk birikimi veya sodyum kaynaklı toprak yapısı bozulması riski taşımamaktadır. Bu nedenle, Hesko kaynak suyunun sürdürülebilir yönetimi ve korunması, Siirt ilindeki su kaynaklarının verimli kullanımı için büyük önem taşımaktadır.

Su kalitesindeki mevsimsel değişikliklere bağlı olarak önerilen su yönetimi ve koruma stratejilerinin daha

detaylı ele alınması, suyun sürdürülebilir kullanımı için hayati öneme sahiptir. Bu bağlamda, Hesko kaynağının su kalitesindeki mevsimsel değişiklikler dikkate alınarak aşağıdaki stratejiler önerilmektedir; 1. Mevsimsel izleme ve veri toplama: Su kalitesinin mevsimsel değişimlerini sürekli izlemek ve düzenli olarak veri toplamak, su yönetimi ve koruma stratejilerinin etkinliğini artıracaktır. 2. Kirlilik kaynaklarının kontrolü: Tarım ve sanayi kaynaklı kirliliklerin su kalitesi üzerindeki olumsuz etkilerini minimize etmek için, bu kirlenmelerin kontrolü ve yönetimi sağlanmalıdır. Bu kapsamda, ağır metaller, pestisitler ve mikrobiyal kirlenmeler gibi parametrelerin düzenli olarak izlenmesi önemlidir. 3. İklim ve hidrolojik değişkenlerin entegrasyonu: Su kalitesi üzerinde etkili olan iklim ve hidrolojik değişkenlerin analiz edilerek, bu değişkenlere dayalı adaptif su yönetimi stratejileri geliştirilmelidir. 4. Sürdürülebilir su kullanımı: Hem içme hem de sulama amaçlı su kullanımında sürdürülebilirlik ilkelerine uygun hareket edilmelidir. Bu amaçla, su tasarrufu ve verimli su kullanımı teşvik edilmelidir. 5. Toplumsal bilinçlendirme ve eğitim: Su kaynaklarının korunması ve sürdürülebilir kullanımı konusunda toplumun bilinçlendirilmesi ve eğitilmesi gerekmektedir. Bu kapsamda, su yönetimi ve koruma stratejileri hakkında farkındalık artırıcı programlar düzenlenmelidir. 6. Yasal ve kurumsal düzenlemeler: Su kalitesinin korunması ve sürdürülebilir kullanımı için gerekli yasal ve kurumsal düzenlemeler yapılmalıdır. Bu düzenlemeler, su yönetimi ve koruma stratejilerinin uygulanmasını destekleyecek nitelikte olmalıdır.

Bu stratejiler, Hesko kaynağının su kalitesinin korunması ve sürdürülebilir kullanımı için temel adımlar olarak görülmelidir. Suyun mevsimsel değişimlerine uygun olarak geliştirilen bu stratejiler, su kaynaklarının verimli ve uzun vadeli kullanılmasını sağlayacaktır.

Kaynaklar

- [1] M. Mujib, T. Adji, N. Suma, F. Ikhsan, and T. R. D. Indartin, "The quality and usability of spring water for irrigation (case study: Ngerong Spring, Rengel Karst, Tuban, East Java)," in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2020, vol. 485, no. 1: IOP Publishing, p. 012025.
- [2] G. Imfeld and S. Vuilleumier, "Measuring the effects of pesticides on bacterial communities in soil: a critical review," *European journal of soil biology*, vol. 49, pp. 22-30, 2012.
- [3] K. Song, G. Yang, F. Wang, J. Liu, and D. Liu, "Application of Geophysical and Hydrogeochemical Methods to the Protection of Drinking Groundwater in Karst Regions," *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 17, no. 10, p. 3627, 2020. [Online]. Available: <https://www.mdpi.com/1660-4601/17/10/3627>.
- [4] A. O. Okorogbona *et al.*, "Water quality impacts on agricultural productivity and environment," *Sustainable Agriculture Reviews* 27, pp. 1-35, 2018.

- [5] M.-A. Hoaghia *et al.*, "Water quality and hydrogeochemical characteristics of some karst water sources in Apuseni Mountains, Romania," *Water*, vol. 13, no. 6, p. 857, 2021.
- [6] L. Fashina, I. Luffman, T. A. Joyner, and A. Nandi, "Geospatial assessment of karst spring water quality in Northeast Tennessee, USA," *Geosciences*, vol. 12, no. 8, p. 303, 2022.
- [7] M. Ghaffari, A. A. Chavoshbashi, A. Eslami, H. Hatami, M. Pourakbar, and M. Hashemi, "Spatial and temporal variation of groundwater quality around a volcanic mountain in northwest of Iran," *Groundwater for Sustainable Development*, vol. 14, p. 100627, 2021.
- [8] Y. Wu, X. Tian, M. Zhang, R. Wang, and S. Wang, "A case study of initial vegetation restoration affecting the occurrence characteristics of phosphorus in Karst geomorphology in Southwest China," *Sustainability*, vol. 14, no. 19, p. 12277, 2022.
- [9] F. K. Zaidi, S. Mogren, M. Mukhopadhyay, and E. Ibrahim, "Evaluation of groundwater chemistry and its impact on drinking and irrigation water quality in the eastern part of the Central Arabian graben and trough system, Saudi Arabia," *Journal of African Earth Sciences*, vol. 120, pp. 208-219, 2016.
- [10] C. Butscher and P. Huggenberger, "Intrinsic vulnerability assessment in karst areas: a numerical modeling approach," *Water Resources Research*, vol. 44, no. 3, 2008.
- [11] C. Butscher and P. Huggenberger, "Enhanced vulnerability assessment in karst areas by combining mapping with modeling approaches," *Science of the total environment*, vol. 407, no. 3, pp. 1153-1163, 2009.
- [12] Z. Stupar, E. A. Levei, E. Neag, A. Baricz, E. Szekeres, and O. T. Moldovan, "Microbial water quality and health risk assessment in karst springs from Apuseni Mountains, Romania," (in English), *Frontiers in Environmental Science*, Original Research vol. 10, 2022-September-16 2022, doi: 10.3389/fenvs.2022.931893.
- [13] K. Katsanou, T. Maramathas, Ç. Sağır, B. Kurtulus, A. Baba, and N. Lambrakis, "Determination of karst spring characteristics in complex geological setting using MODKARST model: Azmak Spring, SW Turkey," *Arabian Journal of Geosciences*, vol. 16, 12/17 2022, doi: 10.1007/s12517-022-11049-7.
- [14] F. Kaçaroğlu, "Gökpinar karst kaynaklarının (Gürün-Sivas) hidrojeoloji incelemesi," *Yerbilimleri*, vol. 27, no. 3, pp. 181-194, 2006.
- [15] H. Doğanay, "Türkiye'de Az Tanınan Üç Doğa Harikası: Tomara-Sırakayalar ve Muradiye Çağlayanları," *Doğu Coğrafya Dergisi*, vol. 6, no. 3, 2000.
- [16] R. Yetiş, "Şanlıurfa Balıklıgöl havzası karstik su kaynaklarının kalite parametrelerinin incelenmesi," Fen Bilimleri Enstitüsü, 2015.
- [17] G. Yüce, "Yenişehir ve Cüdeyde (Reyhanlı-Hatay) Karst Kaynaklarının Boşalım Hidrodinamiği ve Hidrojeokimyasal Özellikleri," *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, vol. 20, no. 2, pp. 159-188, 2007.
- [18] M. Utmanoğulları, "Şirvan-Özpınar (Siirt) Dolayının, Jeolojisi, Yeraltı Jeolojisi ve Hidrokarbon Olanakları," M.Sc., Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale, 2012.
- [19] E. W. Rice, L. Bridgewater, and A. P. H. Association, *Standard methods for the examination of water and wastewater*. American public health association Washington, DC, 2012.
- [20] R. Baird *et al.*, *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, Twenty-third edition ed. Washington, D.C.: American Public Health Association (in English), 2017.
- [21] A. M. Piper, "A graphic procedure in the geochemical interpretation of water-analyses," *Eos, Transactions American Geophysical Union*, vol. 25, no. 6, pp. 914-928, 1944.
- [22] J. D. Hem, *Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water*. Department of the Interior, US Geological Survey, 1985.
- [23] L. A. Richards, *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils* (no. 60). US Government Printing Office, 1954.
- [24] L. Wilcox, *Classification and use of irrigation waters* (no. 969). US Department of Agriculture, 1955.