T.C.
ERCİYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YERALTI SU KAYNAKLARININ HİDROJEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ VE SU KALİTESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ: YOZGAT İLİ VE ÇEVRESİ ÖRNEĞİ

Hazırlayan
Büşra Gülşah GÜNEŞ

Danışman
Prof. Dr. Nuray ATEŞ

Yüksek Lisans Tezi

Kasım 2023
KAYSERİ

T.C.
ERCİYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YERALTI SU KAYNAKLARININ HİDROJEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ VE SU KALİTESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ: YOZGAT İLİ VE ÇEVRESİ ÖRNEĞİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Hazırlayan
Büşra Gülşah GÜNEŞ

Danışman
Prof. Dr. Nuray ATEŞ

Kasım 2023
KAYSERİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Büşra Gülşah GÜNEŞ

"Yeraltı Su Kaynaklarının Hidrojeokimyasal Özellikleri ve Su Kalitesinin Değerlendirilmesi: Yozgat İli ve Çevresi Örneği" adlı Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi' ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Hazırlayan	**Danışman**
Büşra Gülşah GÜNEŞ	Prof. Dr. Nuray ATEŞ

Çevre Mühendisliği ABD Başkanı

Prof. Dr. Oktay ÖZKAN

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım süresince her türlü yardımı ve fedakârlığı sağlayan, desteğini esirgemeyerek rehberlik eden danışman hocam sayın Prof. Dr. Nuray ATEŞ'e teşekkürü borç bilirim.

Tez Savunma Jüri Üyeleri Prof. Dr. Filiz DADAŞER ÇELİK ve Dr. Öğr. Üyesi Seda TÖZÜM AKGÜL hocalarımıza tez çalışmasına yaptıkları yorumlar ve katkılardan dolayı teşekkür ederim.

Bu tez çalışmasında veri desteğini esirgemeyen DSİ Kayseri 12. Bölge Müdürlüğüne desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Hayatıma girdiğinden bu yana her zaman beni destekleyen, sevgili eşim Yahya GÜNEŞ'e, tüm hayatım boyunca maddi ve manevi destekleriyle her zaman yanımda olan kıymetli aileme ve çalışma sürecinde desteğini esirgemeyen canım arkadaşlarıma çok teşekkür ederim.

Büşra Gülşah GÜNEŞ

Kasım 2023, KAYSERİ

YERALTI SU KAYNAKLARININ HİDROJEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ VE SU KALİTESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ: YOZGAT İLİ VE ÇEVRESİ ÖRNEĞİ

Büşra Gülşah GÜNEŞ

Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi, Kasım 2023
Danışman: Prof. Dr. Nuray ATEŞ

ÖZET

Bu çalışmada, Yozgat İli ve çevresindeki bölgelerin yeraltı su kaynaklarının sınırları içerisinde yer alan hidrojeokimyasal özellikleri, su kalitesi ve kullanabilirliği değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında il sınırları içerisinde kalan 12 ilçede yer alan 79 adet kuyudan 2016-2019 yılları arasında alınan su örneklerinin analiz sonuçları incelenmiştir. Su örneklerinin hidrojeokimyasal değerlendirilmesi Piper diyagramı, Spearman korelasyon, Gibbs diyagramı, Kümeleme analizi ve Faktör analizine göre yapılmıştır. Su kalitesi içme suyu, kullanma ve tarımsal sulama ile ilgili standart ve yönetmeliklere göre değerlendirilmiştir. Spearman korelasyon analizi sonucuna göre en yüksek ilişkiler elektriksel iletkenlik (EC), sülfat (SO_4) ve toplam çözünmüş katı (TÇK) arasında gözlenmiştir. Bölgede Ca-Mg-Cl'lu sular, Ca-Mg-HCO_3'lı sular olmak üzere 2 farklı tipte yeraltı suyu bulunmakta olup, su kaynaklarının kalitesine kayaç baskın mekanizmasının etkili olduğu sonucuna varılmıştır. Kümeleme analizi ise Sarıkaya- Çandır, Merkez-Sorgun, Yerköy-Şefaatli bölgelerinde olduğu gibi birbirlerine yakın olan bölgelerin benzer jeolojik yapıda olması sebebiyle benzer su özelliklerini taşıdığı görülmüştür. Faktör analizinde en yüksek varyans % 41 faktör 1 olup, toplam varyansın % 41'ini oluşturmaktadır. Ayrıca, bölgedeki su kaynaklarının kullanma ve tarımsal sulama için uygun olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Gibbs diyagramı, hidrojeokimya, piper diyagramı, su kalitesi, Yeraltı suyu.

HYDROGEOCHEMICAL PROPERTIES OF UNDERGROUND WATER RESOURCES AND EVALUATION OF WATER QUALITY: A CASE OF YOZGAT AND ITS SURROUNDINGS

Busra Gulsah GUNES

Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences
Master Thesis, November 2023
Supervisor: Prof. Dr. Nuray ATES

ABSTRACT

In this study, it was aimed to evaluate the hydrogeochemical properties and water quality for drinking, agricultural irrigation and other purposes of ground water resources within the boundaries of Yozgat Province. Within the scope of the study, the analysis results of water samples taken from 79 wells in 12 districts within the provincial borders between 2016 and 2019 were examined. Hydrogeochemical evaluation of water samples was performed according to Piper diagram, Spearman correlation, Gibbs diagram, Cluster analysis and Factor analysis. Water quality was evaluated according to standards and regulations regarding drinking water, utility and agricultural irrigation. According to the results of Spearman correlation analysis, the highest relationships were observed between electrical conductivity (EC), sulfate (SO4) and total dissolved solids (TDS). There are two different types of groundwater in the region: water with Ca-Mg-Cl and water with Ca-Mg-HCO_3, and it has been concluded that the rock dominant mechanism is effective on the quality of water resources. Clustering analysis showed that the regions closer to each other, such as Sarıkaya-Çandır, Merkez-Sorgun, Yerköy-Şefaatli regions, have similar water characteristics due to their similar geological structure. In factor analysis, the highest variance is 41% in factor 1, which constitutes 41% of the total variance. Additionally, it has been determined that the water resources in the region are suitable for use and agricultural irrigation.

Keywords: Gibbs diagram, groundwater, hydrogeochemistry, water quality, piper diagram.

İÇİNDEKİLER

YERALTI SU KAYNAKLARININ HİDROJEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ VE SU KALİTESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ: YOZGAT İLİ VE ÇEVRESİ ÖRNEĞİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK ii
YÖNERGEYE UYGUNLUK ii
KABUL VE ONAY iv
TEŞEKKÜR v
ÖZET vi
ABSTRACT vii
İÇİNDEKİLER viii
TABLOLAR LİSTESİ x
ŞEKİLLER LİSTESİ xi

1. GİRİŞ

1.1. Genel Bilgiler 1
1.2. Tezin Amacı ve Motivasyonu 2

2. BÖLÜM

LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1. Dünyadaki Çalışmalar 4
2.2. Türkiye'deki Çalışmalar 7

3. BÖLÜM

MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Çalışma Alanının Tanıtılması 10
3.1.1. Coğrafi Konum **10**
3.1.2. İklim ve Bitki Örtüsü **12**
3.1.3. Topoğrafik Yapı **13**
3.1.4. Jeolojik Yapı **13**
3.1.5. İlin Hidrolojik ve Hidrojeolojik Durumu **16**
3.2. Su Örnekleri ve Analizleri 17
3.2.2. ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı 19
3.3. Yeraltı Sularının Hidrojeokimyasal Değerlendirilme Yöntemleri 20
3.3.1. Normallik Testi **20**

3.3.2. Spearman Korelasyon **20**
3.3.3. Piper Diyagramı **21**
3.3.4. Kümeleme Analizi **22**
3.3.5. Gibbs Diyagramı **22**
3.3.6. Faktör Analizi/Temel Bileşenler Analizi **23**
3.3.7. Yeraltı Suyu Örneklerinde Katyonların ve Anyonların İlişkileri **23**

4. BÖLÜM

BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Su Kalitesi Analizleri 27
4.1.1. Yozgat Bölgesindeki Yeraltı Sularının İçme Suyu Amaçlı Kullanımının Değerlendirilmesi **37**
4.1.2. Yozgat Bölgesindeki Yeraltı Sularının ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı ile Sulama Suyu Amaçlı Kullanımının Değerlendirilmesi **39**
4.1.3. ..... **41**
Yeraltı sularının kirlenmeye ve bozulmaya karşı korunması hakkında 41
4.2. Yeraltı Sularında Hidrojeokimyasal Analizler 41
4.2.1. Normallik Testi **41**
4.2.2. Spearman Korelasyon Analizi **42**
4.2.3.Piper Diyagramı **44**
4.2.4. Kümeleme Analizi **46**
4.2.5. Gibbs Diyagramı **48**
4.2.6. Faktör Analizi /Temel Bileşenler Analizi **50**
4.2.7. Yeraltı Suyu Örneklerinde Katyonlar ve Anyonların İlişkileri **51**

5. BÖLÜM

SONUÇ ve ÖNERİLER

KAYNAKÇA 57
EKLER 64
EK 1. Kuyuların Özellikleri 64
ÖZGEÇMİŞ 69

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1. Yozgat İli'ne Bağlı İlçelerde Bulunan Kuyu Sayıları 25
Tablo 2. Yozgat İli Merkez İlçesi Yeraltı Sularının 2016-2019 Yılları Arası Analiz Sonuçları 28
Tablo 3. Yozgat İli Yerköy İlçesi Yeraltı Sularının 2016-2019 Yılları Arası Analiz Sonuçları 28
Tablo 4. Yozgat İli Şefaatli İlçesi Yeraltı Sularının 2016-2019 Yılları Arası Analiz Sonuçları 30
Tablo 5. Yozgat İli Sarıkaya İlçesi Yeraltı Sularının 2016-2019 Yılları Arası Analiz Sonuçları 30
Tablo 6. Yozgat İli Sorgun İlçesi Yeraltı Sularının 2016-2019 Yılları Arası Analiz Sonuçları 32
Tablo 7. Yozgat İli Çayıralan İlçesi Yeraltı Sularının 2016-2019 Yılları Arası Analiz Sonuçları 32
Tablo 8. Yozgat İli Boğazlıyan İlçesi Yeraltı Sularının 2016-2019 Yılları Arası Analiz Sonuçları 33
Tablo 9. Yozgat İli Akdağmadeni İlçesi Yeraltı Sularının 2016-2019 Yılları Arası Analiz Sonuçları 33
Tablo 10. Yozgat İli Saraykent İlçesi Yeraltı Sularının 2016-2019 Yılları Arası Analiz Sonuçları 35
Tablo 11. Yozgat İli Kadışehri İlçesi Yeraltı Sularının 2016-2019 Yılları Arası Analiz Sonuçları 35
Tablo 12. Yozgat İli Çekerek İlçesi Yeraltı Sularının 2016-2019 Yılları Arası Analiz Sonuçları 36
Tablo 13. Yozgat İli Çandır İlçesi Yeraltı Sularının 2016-2019 Yılları Arası Analiz Sonuçları 36
Tablo 14. TS 266 İnsani Tüketim Amaçlı Sular Standardı ve İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmelik Parametre Sınır Değerleri 38
Tablo 15. Shapiro Wilk Normallik Testi Sonuçları 43
Tablo 16. Yozgat İli'nin Yeraltı Su Kalitesi Verilerinin Sperman Korelasyon Analiz Sonuçları 43
Tablo 17. Faktör Değerleri 51

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Araştırma Alanının Lokasyon Haritası 10
Şekil 2. Kızılırmak Havzası Akarsu ve Barajları 11
Şekil 3. Yeşil Irmak Havzası Nehir ve Gölleri 12
Şekil 4. Yozgat İli Jeoloji Haritası 15
Şekil 5. Yozgat ve Çevresinin Genelleştirilmiş Stratiğrafik Kesiti 16
Şekil 6. İnceleme Alanları Konum Bilgisi 18
Şekil 7. Piper Diyagramı 22
Şekil 8. Tez Kapsamındaki Su Kuyularının Konumu 26
Şekil 9. Yozgat İli Kuyu Analizleri İçin ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı ... 41
Şekil 10. Yozgat İli Kuyu Analizleri İçin Piper Diyagramı 45
Şekil 11. Yozgat İli Kuyu Analiz Sonuçları İçin Kümeleme Analizi 48
Şekil 12. Gibbs Diyagramı 49
Şekil 13. Scree Test Grafiği 50
Şekil 14. Yeraltı Suyu Örneklerinde Anyon Katyon İlişkileri 53

1. GİRİŞ

1.1. Genel Bilgiler

Su, insan ve diğer canlıların hayatta kalabilmesi ve yaşamını devam ettirebilmesi için, gerekli olan en temel maddelerden birisidir. Sanayileşme, tarım ve nüfus artışı ile birlikte tatlı su kaynaklarına olan talep de her geçen gün artmaktadır. İklim değişikliği ve doğal koşullardaki değişiklikler ile birlikte mevcut su kaynaklarının korunması her geçen gün zorlaşmaktadır. En kolay kullanılabilir tatlı su kaynakları yüzey suları (göller, akarsular vb.) olmasına rağmen, dünya üzerinde kullanılabilir yüzey suyu miktarı oldukça düşüktür. Bu sebeple, son yıllarda olduğu gibi yeraltı sularının kullanımı su ihtiyacını karşılamak için her geçen gün artmaktadır (Kumar ve Augustine, 2022).

Yeraltı suları, tatlı su talebini karşılamak için önemli ve güvenilir bir kaynaktır ve milyonlarca insan içme, sanayi ve sulama amaçlı kullanım için yeraltı sularına ihtiyaç duymaktadır. Günümüzde yeraltı su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı tehdit altındadır. Yeraltı suyunun gerektiğinden fazla kullanıldığı dünya üzerinde farklı bölgelerde tespit edilmiştir (Ates vd., 2021).

Yeraltı sularının kimyasal özellikleri, kaliteleri ve kökenleri hidrojeokimyasal analizler ile belirlenmektedir. Günümüzde, yeraltı su kaynaklarının daha verimli kullanılabilmesi için kaynakların hidrojeokimyasal özelliklerinin iyi bilinmesi, bu kaynakların sürekli analiz edilerek gözlem altında tutulması gerekmektedir (Tekocak Yardımlı, 2017).

Su kalitesinin yüksek olduğu yeraltı suları öncelikle, içme suyu kaynağı olarak kullanılabilir. Ayrıca yeraltı suları, tarımsal sulama, hayvancılık, sanayi, madencilik, gibi birçok alanda da kullanılabilmektedir.

Yeraltı su kaynaklarının kirlenmeye karşı korunması diğer su kaynaklarına göre daha zordur. Atıkların kullanılmayan sondaj ve kaynak kuyularına dökülmesi, atık depolama alanlarından kaynaklanan sızıntılar, ticari faaliyetler sonucu oluşan kirlenmelerin yeraltı sularına karışması, arıtma tesislerindeki atık su sızmaları veya taşkınlar sebebiyle yeraltı suları noktasal olarak kirlenebilir (Yüksel, 2014).

Yeraltı sularının, tarım alanlarına gübre veya pestisitlerin kullanılmasıyla noktasal olmayan kirleticilerle de kirlenmesi mümkündür. Ülkemizde de nüfusun artışı, sanayileşmenin artması, tarımda gübre ve ilaç kullanımının yaygınlaşması ve çevre bilincinin eksikliğinden dolayı yeraltı sularında kirlenmelere rastlanılmaktadır. Kirlenmeler azot, fosfor, kalsiyum, organik maddeler, kurşun, çinko, krom gibi kirleticiler tarafından meydana gelmektedir (Yüksel, 2014).

1.2. Tezin Amacı ve Motivasyonu

Bu çalışmada, Yozgat İli'nin yeraltı su kaynaklarından alınan numunelerin analiz sonuçlarına göre yeraltı suyu kalitesinin değerlendirilmesi ve su kaynaklarının hidrojeokimyasal özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Sulama suyu kaynağı olarak DSİ 12. Bölge Müdürlüğünden alınan veriler doğrultusunda, 12 ilçedeki toplam 79 adet kuyuda 2016-2019 yılları arasında yapılan su kalite analizleri kullanılmıştır. Yeraltı sularının hidrojeokimyasal değerlendirmeleri Spearman Korelasyon, Piper Diyagramı, Kümeleme Analizi, Gibbs Diyagramı, Faktör Analizi/Temel Bileşenler Analizi, Anyon-Katyon İlişkileri ve ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı kullanılarak yapılmıştır.

Bu tez çalışmasında 1. bölümde genel bilgiler, çalışmanın amacı ve motivasyonu, verilmiştir. 2. bölümde literatür araştırması yapılmıştır bu bölümde Türkiye'de ve dünyada yapılan çalışmalar yer almaktadır. 3 bölümde çalışma alanı tanıtılmıştır ayrıca bu tez çalışmasının materyal ve yöntem kısmı yer almaktadır. 4. Bölümde ise elde edilen bulguların sonuçları tartışılmıştır.

2. BÖLÜM

LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Yeryüzünde canlıların yaşamını sağlaması için çok sayıda doğal kaynaklar bulunmaktadır. Su, doğada canlıların yaşamını sürdürebilmesi için gerekli olan en önemli doğal kaynaklardan biridir (Ramachandran vd., 2021). Sanayileşme ve nüfus artışı ile birlikte su kaynaklarına olan talep de her geçen gün artmaktadır (Kumar ve Augustine, 2022). Yüzey suyu, yeraltı suyuna göre daha kolay ulaşılabilir olması sebebiyle, kirlenmeye karşı yeraltı suyuna göre daha hassastır. Yeraltı suları yüzey sularına göre daha fazla mineral içermektedir (Yetiş, 2013). Yüzey suyunun düzensiz dağılımı ve yeraltı suyuna göre daha kirlenebilir olması, yeraltı suyunun alternatif bir kaynak olarak değerlendirilmesine yol açmaktadır (Kumar ve Augustine, 2022). Yeraltı suları genellikle yaygın olarak bulunduğundan içme suyu, endüstriyel çalışmalar ve tarımsal faaliyetler için önemli bir tatlı su kaynağıdır (Zhang vd., 2023).

Artan kentleşme ve sanayileşmeden kaynaklı olarak, yeraltı suyu kalitesinin bozulması ve miktarının azalması insanlar ve diğer canlılar için büyük bir tehdit oluşturmaktadır. Yeraltı suyunun kirlenmesini ve onu etkileyen faktörleri en aza indirmek için sürekli ve sistematik yeraltı su kalitesi izlemesi ve değerlendirmesi gerekmektedir (Patel vd., 2023).

Yeraltı sularının hidrojeokimyasal özellikleri ile ilgili ülkemizde ve dünyada birçok çalışma yapılmıştır. Yozgat İli'nde, Türkiye'de ve Türkiye dışındaki ülkelerde yapılan bazı çalışmalar aşağıda açıklanmaktadır.

2.1. Dünyadaki Çalışmalar

Patel vd. (2023) tarafından Hindistan, Orta Ganga Havzası'nın sığ akifer sistemindeki yeraltı suyunun hidrojeokimyasal karakterizasyonu yapılmıştır. Yeraltı suyunun hafif alkali olduğunu ve ana katyon hâkimiyetinin Na > Ca > Mg > K düzeninde olduğunu, anyonunkinin ise HCO_3(bikarbonat) olduğunu göstermiştir. Genel olarak bölgenin, sulama ve içme ihtiyaçları için büyük ölçüde yer altı sularına bağımlı olduğu görülmüştür Ayrıca yeraltı suyunun hem miktarının düştüğü hem de kalitesinin kötüleştiği görülmüştür. Bu nedenle, mevcut çalışmanın bölgesel ölçekte yeraltı suyu yönetim stratejilerinin oluşturulmasına yardımcı olacağı öngörülmektedir.

Nagarajan vd. (2010) tarafından yapılan çalışmada; Hindistan'ın Thanjavur şehrinde sondaj kuyularından 102 yeraltı suyu numunesi ile pH, elektriksel iletkenlik (EC), sıcaklık, majör iyon ve nitrat açısından analiz edilmiştir. Numunelerin %90'ında baskın anyon ve katyonların Na ve Cl olduğu ve su türlerinin büyük bir kısmını Ca-Mg-Cl tipi suların oluşturduğu görülmüştür. Sonuç olarak yeraltı suyu kalitesinin insanlar tarafından bozulduğu ve yeraltı su kaynaklarını korumak için iyi bir planlamanın yapılması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Ren vd. (2020) tarafından yapılan çalışmada, Guanzhong Havzasının orta kısmında yeraltı suyunun hidrojeokimyasal süreçlerini ve bu süreçleri etkileyen faktörlerini tanımak için çok değişkenli istatistiksel analiz uygulamaları yapılmıştır. 14 hidrokimyasal parametre arasındaki korelasyon ilişkileri istatistiksel olarak incelenmiştir. Çalışmada yeraltı su kalitesini anlamak ve fizikokimyasal değişkenleri analiz etmek için Temel Bileşenler Analizi (PCA), Faktör Analizi (FA) uygulanmıştır. Hem PCA hem de FA, uygulanması sonucunda mineral çözünmesi/yağış ve insan faaliyetlerinin yeraltı suyu kalitesini etkileyen temel faktörler olduğunu göstermiştir.

Barzegar vd. (2018) tarafından yapılan çalışma, İran'ın kuzey batısında bulunan Hoy Ovasının yeraltı suyu kalitesini bozan ana faktörleri belirlemek amacıyla yapılmıştır. Temmuz 2017'de ovanın açık ve kapalı akiferlerinden 54 adet yeraltı suyu örneği alınarak PHREEQC modeli ve Piper diyagramı uygulaması yapılmıştır. Piper diyagramı, serbest akiferden alınan örneklerin çoğunluğunun ve kapalı akiferden alınan tüm örneklerin Ca(Mg)-HCO_3 tipi sular sınıfında olduğunu göstermiştir. Farklı iyonik oranların dağılım grafiği, farklı süreçlerin ve faktörlerin bölgenin su kalitesini etkileyebileceğini

göstermiştir. Serbest akifer için grafikler, Ca ve Mg iyonlarının karbonat ve sülfat minerallerinin ayrışmasından ve çözünmesinden türetildiğini ve kalsit ve jips çözünmesinin yaklaşık olarak aynı olduğu sonucuna varılmıştır.

Ghoraba vd. (2013) tarafından yapılan çalışmada; Pakistan'ın Belucistan eyaletine ait 29 ilçeden alınan toplamda 120 adet yeraltı su numunesi analiz edilmiştir ve hidrokimyasal açıdan değerlendirilmesi yapılmıştır. Analiz sonuçları verileri, Piper diyagramında çizilmiştir ve analiz sonuçları beş hidrojeokimyasal tip fasiyesin olduğunu göstermiştir. Pakistanda yeraltı sularının pH değerlerinin bazik olduğu ve EC değerleri içilebilir sular sınıfında olduğu belirtilmiştir.

Ke vd. (2022) yaptığı çalışmada Çin, Qinghai-Tibet Platosu'nun permafrost bölgesinde aktif tabakanın erimesi sırasında Termokarst Gölü ve yeraltı suyunun hidrojeokimyasal özellikleri ve süreçleri değerlendirilmiştir. Sonuçlar, göl suyunun düşük TDS'de ve Cl-Na ve HCO_3-Ca tipinde olduğunu, yeraltı suyunun ise yüksek TDS'de HCO_3-Ca ve karışık tipte olduğunu göstermiştir.

Cortatsi vd. (2008) tarafından yapılan çalışma Gana'daki önemli bir altın madenciliği alanı olan Offin Havzası'nda su kalitesinin gelişimini kontrol eden yeraltı suyunu karakterize etmek amacıyla yapılmıştır. Yeraltı suyunun genellikle hafif asidik olduğunu (ortalama pH değeri ≈ 5.9) ve birkaç sondaj kuyusunun güçlü asidik karakterde (pH < 4) olduğu belirtilmektedir. Yeraltı suyunun Ca–Mg–HCO_3 tipi ve Na–Mg–Ca–HCO_3 tipinde olmak üzere iki tip yeraltı suyu bulunduğu belirtilmiştir. Bölgede yeraltı suyu genellikle kalsit, dolomit ve ankerit gibi türlere göre yetersiz doygundur.

Mukherjee ve Singh (2022) Hindistan'ın beş ana nehir havzasındaki (Ajay, Mayurakshi, Kopai, Brahmani ve Dwarka) jeolojik ve antropojenik yeraltı suyunun hidrojeokimyasal karakterizasyonları ve su kalitesi değerlendirmesi yapılmıştır. Çalışma sonucunda Yeraltı suyu sistemlerinin genel özellikleri, Ca-HCO_3 tipi ve karışık (Ca-Mg– Cl-SO_4 ve Ca-Na-HCO_3) tipi yeraltı sularının olduğu belirtilmiştir. Ayrıca sonuçların, nehir havzalarının kötüleşen yeraltı suyu kalitesinden mineral ayrışması, iyon değişimi, karıştırma ve buharlaşma süreçleri ile antropojenik girdilerin sorumlu olduğunu göstermektedir.

Abdelshafy vd. (2019) tarafından yapılan çalışmada Mısır'ın Sohag şehrinde bulunan yeraltı suyu kuyularından on beş numune alınarak hidrokimyasal olarak analiz edilmiştir. Çalışmada, fiziko-kimyasal özelliklere dayalı olarak yeraltı suyu akiferinin hidrojeokimyasal özelliklerini karakterize etmek ve kaya-su etkileşimlerini anlamak için PHREEQC modeli kullanılmıştır. Yeraltı suyundaki toplam çözünmüş katı (TÇK), EC, HCO_3 ve sodyum değerlerinin sırasıyla 14 numune, 14 numune, tüm numuneler ve bir numune de izin verilen sınırı aştığı tespit edilmiştir.

Li vd. (2016) Kuzeybatı Çin, Tengger Çölü'nün güneydoğu kenarındaki yaptıkları çalışmada atıksuyla sulanan bir ormanın hidrojeokimyasal özelliklerini incelemiştir. Atıksu sulamasından etkilenen bir çöl bölgesinde ve çevresindeki yeraltı suyunun hidrojeokimyasal özelliklerini ve gelişimini araştırmak için 84 yeraltı suyu örneği toplanarak ve 18 indeks için analiz edilmiştir. Yeraltı suyunun hidrokimyasal özelliklerini ve evrimini etkileyen ana faktörleri tasvir etmek için istatistiksel ve grafiksel yaklaşımlar uygulanmıştır. Sonuçlar, tüm çalışma alanındaki yeraltı suyu için katyon bolluğunun Na > Ca > Mg > K olduğunu, çöl bölgesinde yeraltı suyu için anyon bolluğunun ise HCO_3 > Cl > SO_4 olduğunu ortaya koymuştur. Gibbs diyagramları ile yapılan çalışmada, yeraltı suyu kimyasının esas olarak kaya hâkimiyetinde olduğunu ve buharlaşmanın önemli bir etki faktörü olduğunu gösterdiği sonucuna varılmıştır.

Malik vd. (2021) yaptığı çalışmada Hindistan Rajasthan'ın Churu ilçesine bağlı Sardarshahar Tehsil'in kurak bir bölgesinde yeraltı suyu hidrojeokimyası, içme ve sulama suyu kalitesinin değerlendirilmesi yapılmıştır. Mart 2019'da kırsal ve kentsel lokasyonlardan 50 adet yeraltı suyu örneği alınmış ve on beş su kalitesi parametresi için analiz edilmiştir. Gibbs diyagramları ve iyonik çapraz diyagramlar, yer altı suyu kimyasının başlıca olarak akiferin ana kayaç erozyonu (silikat erozyonu) tarafından kontrol edildiğini, bunu evaporit tuz çözünmesi, karbonat çözünmesi ve iyon değişimi süreçlerinin izlediğini göstermiştir.

Krishna Kumar vd. (2016) Hindistan, Tamil Nadu, Tiruvallur ilçesindeki Tiruvallur Taluk'un su kalitesi, evsel ve tarımsal kullanımlara uygunluğunu değerlendirmek için bir araştırma yapmışlardır. Sıcaklık, pH, iletkenlik gibi çeşitli fiziko-kimyasal parametreleri değerlendirmek için 8 yüzey suyu ve 22 yeraltı suyu numunesi incelenmiştir. Gibbs diyagramı incelendiğinde, çalışma alanında buharlaşma ve kaya-su baskın olduğunu

göstermiştir. Sulama suyu kalite diyagramları ve parametreleri su örneklerinin çoğunun sulamaya uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

Wu vd. (2021) taraflarınca yapılan çalışmada Hangjinqi gaz sahası bölgesinde, Ordos Havzası, Kuzeybatı Çin'de yeraltı suyunun hidrojeokimyasal karakterizasyonu ve kalite değerlendirmesi yapılmıştır. 2018 yılı Eylül (yağmurlu mevsim) ve Aralık (kurak mevsim) aylarında farklı motorlu kuyulardan yeraltı suyu numuneleri alınmıştır. Toplam 45 örnek ile kümeleme analizinden, 10 hidrokimyasal parametre incelenmiş olup, 6 kümeye ayrılmıştır. Bu 6 küme, Piper diyagramı ile birlikte, baskın hidrokimyasal fasiyesin Cl-Na tipi, HCO_3-Ca tipi ve karışık tip olduğunu göstermiştir.

2.2. Türkiye'deki Çalışmalar

Şener ve Güneş (2015) tarafından yapılan Aksu (Isparta) Ovasındaki çalışmada yüzey ve yeraltı sularının hidrojeokimyasal özelliklerini değerlendirilmiştir. Analiz sonuçları Piper diyagramı ile değerlendirmiştir. Analiz sonucuna göre suların genellikle Ca-HCO_3, Mg-HCO_3 ve Ca-Mg-HCO_3'lı sular fasiyesinde olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmanın Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine göre değerlendirildiğinde çalışma alanındaki örneklerin tamamı sülfür parametresinden kaynaklı IV. su kalite sınıfında olduğu belirtilmiştir.

Ates vd. (2021) Erciyes Dağı Stratovolkan Akiferlerinde yeraltı suyunu 12 ay boyunca 13 örnekleme istasyonu için 28 fizikokimyasal değişkenini değerlendirilmiştir. Su numunelerinin tamamı, iyon konsantrasyonlarındaki bazı farklılıklar dışında aşağı yukarı benzer özellikler göstermiştir. Tüm su örnekleri Ca-Mg-HCO_3 tipi sular olup, Ca ve Mg baskın katyonlar ve HCO_3^- baskın anyondur. Suların doygunluk indeksi sonuçları, su örneklerinin karbonat mineralleri ile neredeyse doymuş, ancak SO_4 mineralleri ile yetersiz doygunlukta olduğunu göstermiştir.

Şener ve Şener (2021) Yozgat İli, Şefaatli ilçesi doğusu yüzey ve yeraltı sularının hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal özelliklerini Piper diyagramı ve Gibbs diyagramı ile değerlendirilmiştir. Gibbs diyagramına yerleştirilen su örneklerinin, bir kısmı "Kayaç Baskın" alanında bulunmaktadır. Yüzey ve yeraltı suyu örnekleri Na-Ca-HCO_3, Ca-Mg-HCO_3 ve Ca-Mg-HCO_3-SO_4 tip sular fasiyesinde değerlendirilmiştir.

Varol vd. (2020) yaptığı çalışmada Salda Gölü havzasının güneyinde bulunan su kaynaklarının jeolojik, hidrolojik, hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal özelliklerini ayrıntılı olarak değerlendirmiştir. Bu bölge, yaklaşık 100 km^2 olup Burdur Gölü Kapalı Havzası ve aynı zamanda Salda Gölü Beslenme Havzası içerisinde yer almaktadır. Piper diyagramına göre yapılan incelemede yeraltı ve dere sularının $Mg\text{-}HCO_3$, $Mg\text{-}Ca\text{-}HCO_3$, $Ca\text{-}Mg\text{-}HCO_3$'lı sular sınıfında olduğu, göl suyunun ise $Mg\text{-}Na\text{-}HCO_3\text{-}CO_3$'lı sular sınıfında olduğu görülmüştür. Çalışma alanındaki su tiplerinin kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı ve dolomit birimleri ile kayaç-su etkileşimine bağlı olarak gelişmekte olduğu belirtilmiştir.

Bülbül (2010) tarafından yapılan tez çalışmasında Umurlu (Aydın) jeotermal sahası yeraltı sularının hidrojeokimyasal incelemesi yapılmıştır. Jeotermal sahasında yer alan sıcak ve mineralli kaynak, kuyu sularının hidrokimyasal ve izotopik özelliklerinden yararlanılarak yapılan çalışmada suların iyon içeriklerine göre, sıcak ve mineralli sular $Na\text{-}HCO_3$, soğuk sular ise $Ca\text{-}HCO_3$ve $Ca\text{-}MgHCO_3$'lı sular tipinde olduğu sonucuna varılmıştır.

Bozdağ (2017) yapmış olduğu çalışmada Konya Ovasındaki yer altı sularının hidrojeokimyasal özellikleri ve sulama suyu kalitesini değerlendirilmiştir. Bu çalışmada 7 (EC, sodyum adsorbsiyon oranı(SAR), sodyum yüzdesi (% Na), sodyum karbonat, geçirgenlik indeksi, magnezyum oranı, Kelley indeksi) parametre ve Wilcox ile ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramları kullanılmıştır. Çalışma sonucunda yeraltı sularında Ca ve Mg katyonlarının hâkim olduğu ve anyonlardan beslenim bölgesinden boşalım bölgesine doğru sırasıyla, HCO_3, $HCO_3\text{-}SO_4$, $SO_4\text{-}HCO_3$ ve $SO_4\text{-}Cl$ fasiyeslerine geçiş gözlenmiştir. İnceleme alanının doğusundaki Üçhüyükler, Ovakavağı ve Karkın çevresinde Geç Pliyosen-Kuvaterner akiferinin tarımsal aktiviteler ve diğer antropojenik etkenlerden daha fazla etkilendiği ve sulama suyu olarak kullanıma uygun olmadığı bildirilmektedir.

Küçükatabey (2012) tarafından yapılan Gemici Köyü (Baskil)'de yapılan çalışmada, bölgedeki hidrojeolojik oluşumların Piper, Schoeller, Wilcox ve ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramları ile değerlendirmeleri yapılmıştır. 11 kuyu ve 3 kaynak suyunun analiz sonuçları incelendiğinde baskın katyon Ca, baskın anyon ise HCO_3 olduğu sonucuna varılmıştır.

Ünal, (2007) tarafından yapılan çalışmada Bağlıca (Etimesgut) yeraltı sularının hidrojeokimyasal özelliklerinin ve bazı kirlilik parametrelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. 20 adet su numunesine Çalışmasında bölgede laboratuvar çalışması yapılmış ve analiz sonuçları grafiksel yöntemlerle, değerlendirilmiştir. Su örneklerinde sadece 2 numaralı örnekte baskın iyon Na ve SO_4 olarak farklılık gösterir. Kalan 19 numune için baskın iyonu Na ve HCO_3 olduğu görülmüştür.

Özler (2016) tarafından yapılmış olan çalışmada Küre (Kastamonu) Pb-Zn-Cu maden alanı ve çevresinin hidrolojik, hidrojeolojik, su kalitesi ve izotopik özelliklerinin değerlendirilmiştir. Bölgede 28 kaynak, 6 kuyu ve 4 yüzey suyu noktasından yerinde debi, (EC), toplam çözünmüş madde miktarı (TDS), Ph ve sıcaklık ölçümleri yapılmıştır. Sularının kurak dönemde EC değerleri 305-2785 µS/cm arasında, yağışlı dönemde ise 276-2836 µS/cm değişmekte olup bölgede bulunan 2 adet kuyunun Türk İçme Suyu Standartlarında verilen 2500 µS/cm üst sınır değerini aştığı sonucuna varılmıştır.

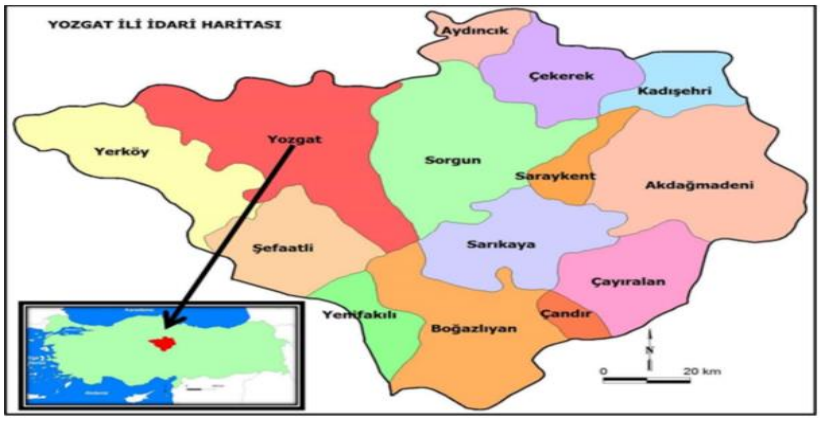
3. BÖLÜM

MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Çalışma Alanının Tanıtılması

3.1.1. Coğrafi Konum

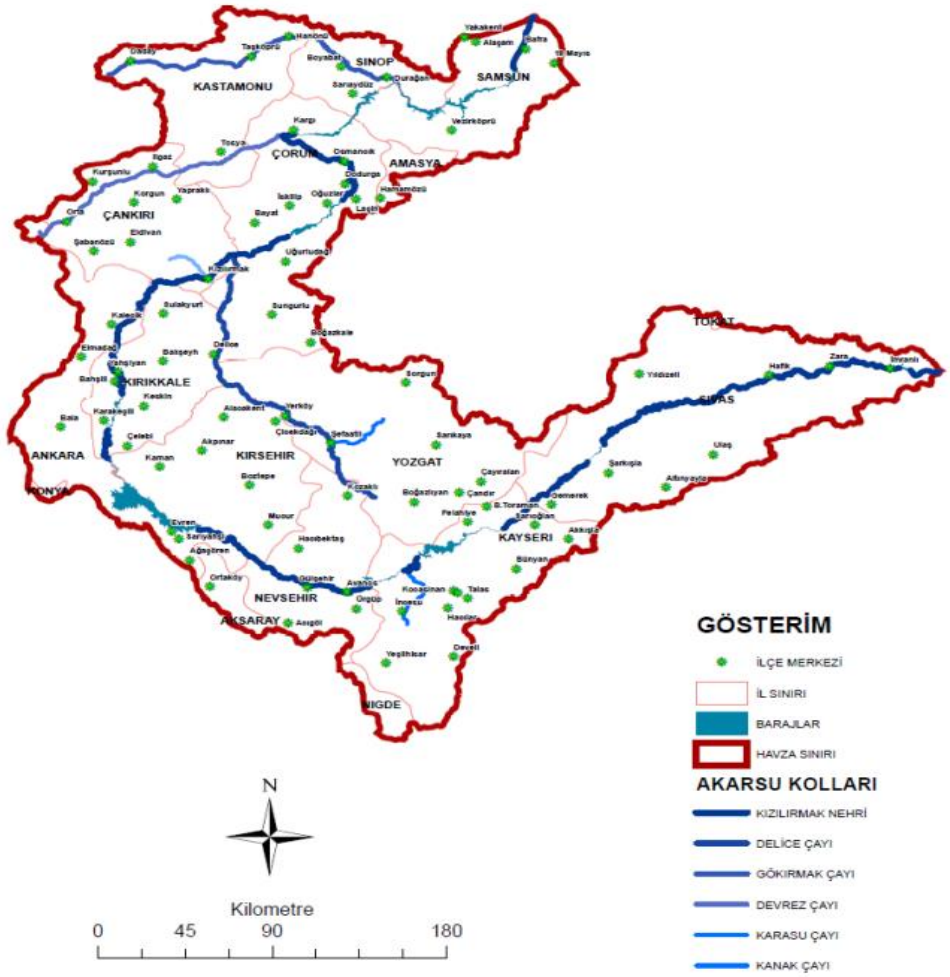
Bu çalışma, İç Anadolu Bölgesi orta Kızılırmak'ın Bozok Yaylası üzerinde yer alan Yozgat İli ve çevresini kapsamaktadır. Kuzeyde Çorum, Amasya, Tokat, doğuda Sivas, güneyde Kayseri ve Nevşehir, batıda Kırşehir ve Kırıkkale illeri ile çevrilidir (ÇŞVİDİM, 2022). Yozgat İli deniz seviyesinden 1,300 metre yüksekliktedir ve 1,407,200 hektar toprak genişliğine sahiptir (Oran, 2013). 34º05' – 36°10' doğu meridyenleri ile 38°40'-40°18' kuzey paralelleri arasında yer alır. İlin doğu ve batı uçları arasındaki kuş uçuşu mesafe 216 kilometre, kuzey ve güney uçları arasındaki mesafe ise 144 kilometredir (ÇŞVİDİM, 2022). Araştırma alanının lokasyon haritası Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Araştırma Alanının Lokasyon Haritası

(Koç ve Bulut, 2016)

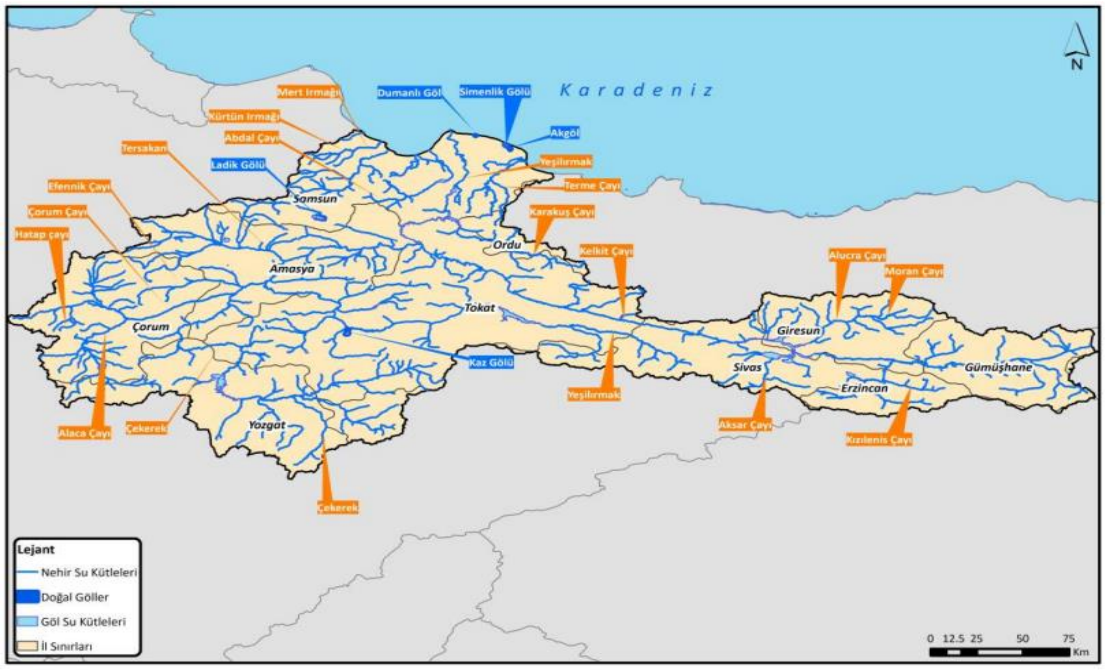
Bölgede Kızılırmak Havzası'nda kalan Delice Irmak ile Yeşilırmak Havzası'nda kalan Çekerek Suyu olmak üzere iki önemli akarsu bulunmaktadır. Delice Irmak, Kızılırmak'ın en büyük koludur (Oran, 2013). Kızılırmak Havzası Havza sınırları içerisinde 8 adet ilin yerleşim merkezleri bulunmakta olup, 17 ilin sınırları tamamen veya kısmen havzanın içerisine girmektedir. Yozgat yaklaşık 9300 km^2'lik bir alanla havza alanının % 27'sini oluşturmaktadır. Kızılırmak havzasına ait akarsu ve barajlar Şekil 2'de verilmiştir (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2019).



Şekil 2. Kızılırmak Havzası Akarsu ve Barajları (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2019)

Yozgat ili'nin Saraykent, Akdağmadeni, Aydıncık, Çekerek ve Kadışehri ilçeleri Yeşilırmak Havzasında yer almaktadır. Yozgat İli Yeşilırmak Havzasında 4.213,61 km^2'lik bir alanda yer almaktadır. Yeşilırmak'ın önemli kollarından birisi Çekerek

Suyudur. Çekerek Suyu Sivas il alanında, Çamlıbel Dağları'nda doğar. Batı yönünde akar ve Yozgat topraklarına girer. Akarsuyun il topraklarındaki uzunluğu yaklaşık olarak 110 km'dir (Oran, 2013). Yeşilırmak Havzası sınırları, başlıca nehir ve gölleri Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. Yeşil Irmak Havzası Nehir ve Gölleri (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2021)

3.1.2. İklim ve Bitki Örtüsü

Yozgat bölgesinde, İç Anadolu Bölgesi'nin egemen olduğu yarı kurak karasal iklim hâkimdir. Deniz etkisinin bulunmamasından dolayı yaz ayları sıcak ve kurak, kış ayları ise soğuk ve yağışlı geçer. Yaz ve kış aylarında, gece ile gündüz arasındaki sıcaklık farkı yüksektir. Bölgede genellikle sert iklim koşulları hâkim olsa da Yeşilırmak Havzasındaki Çekerek Vadisi'nde sert iklim koşulları bir miktar daha yumuşamaktadır ve bu bölgede az da olsa Karadeniz ikliminin etkileri görülmektedir. Yılın en soğuk ayları ocak ve şubat, yılın en sıcak ayları ise temmuz ve ağustos aylarıdır. Yozgat İli kuzeyde Nohutlu Tepesi, güneyde Çamlık Tepesi arasında yer alan uzun bir vadide kurulmuştur (Çevre Durum Raporu, 2022).

Coğrafi konumundan dolayı hâkim rüzgar yönü doğuya yakın kuzeydoğudur. Bölgede yıllık ortalama sıcaklık 9,08ºC civarlarındadır. Yozgat İli yıllık yağış ortalaması 418,7

mm'dir. Yağış bakımından aylara göre genellikle düzensiz yağışlar görülmekte olup kış ve ilkbahar en yağışlı mevsimlerdir. Kış aylarında genel olarak yağış tipi kar yağışı şeklindedir. Kasım ayı başlarında başlayan kar yağışı, mayıs ayının ilk haftasına kadar devam eder. İlkbaharda görülen yağışların büyük bir kısmı havanın ısınıp yükselmesi ve ardından soğuyarak yağışa dönüşmesinden oluşan yağmurlardan oluşur (Çevre Durum Raporu, 2022).

Yozgat İli'nin bitki örtüsü ise bozkırlardır. Steplerde ve çayırlarda yaygın olarak görülen otsu bitkiler, Yozgat'ın bitki örtüsünün ana bileşenleridir. Bu otlar arasında yonca, sarıçiçek, yabani çimen türleri ve bazı endemik bitkiler bulunur (Saniye vd., 2022).

3.1.3. Topoğrafik Yapı

Yozgat bölgesinde arazi yüzey şekilleri platolar veya yaylalar, dağlar ve tepeler, ovalardan oluşmaktadır. İç Anadolu Bölgesi platolarından Yozgat'ın bulunduğu bölge "Bozok Platosu" olarak adlandırılmaktadır. Dağlık alanlar Yozgat İli'nin çevresinde bulunmaktadır. Platolar Yozgat İli'nde yeryüzü şekillerinin büyük bir oranını kaplamaktadır. Platoların üzerinde yüksek olmayan dağ ve tepeler bulunmaktadır. Vadi tabanlarında ve çukur yerlerde alüvyal ovalar oluşmuştur. İl genelinde yeryüzü şekilleri %51.4 oranında platolar, %37.7 oranında dağlar, %10.9 oranında ise ovalar oluşturmaktadır (Irgatoğlu, 2011).

3.1.4. Jeolojik Yapı

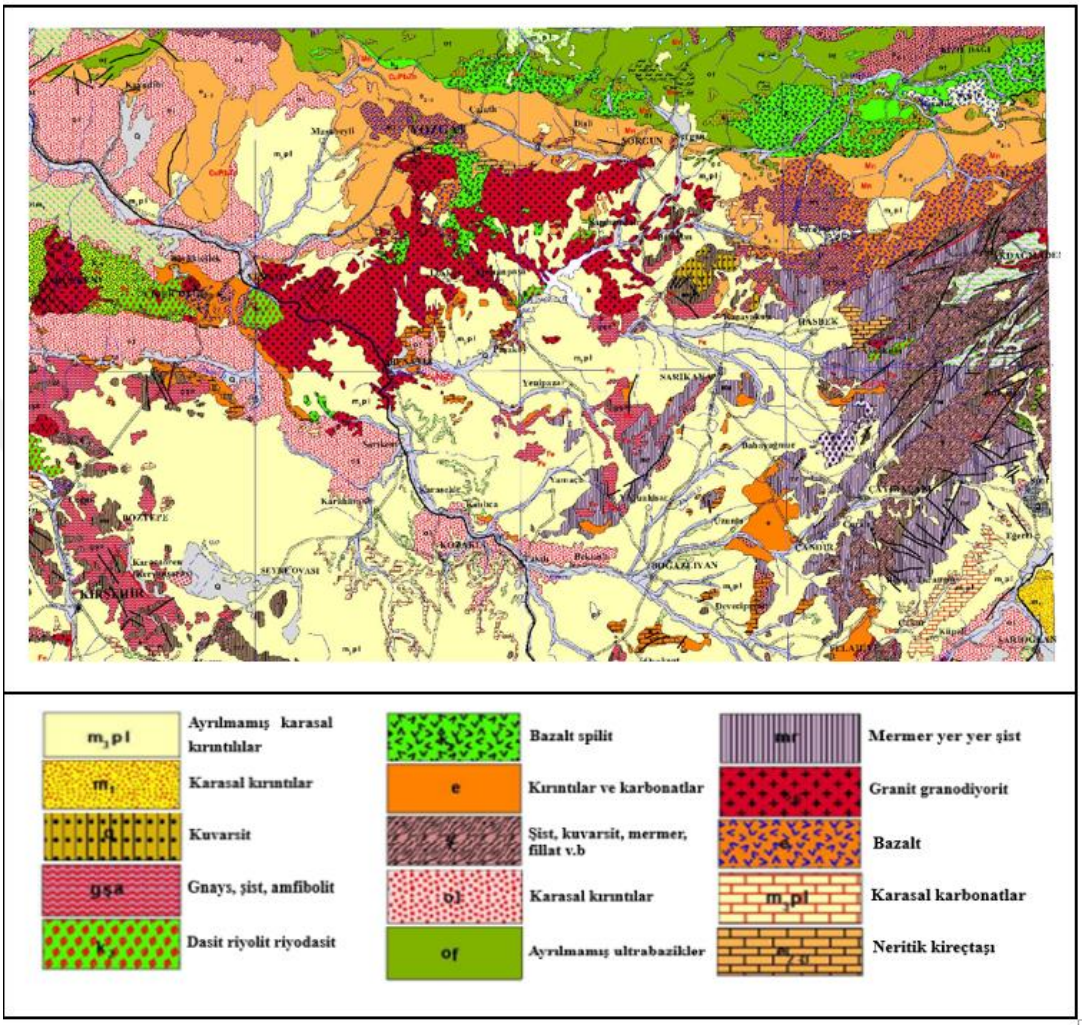
Yozgat ve çevresi jeolojik bakımdan incelendiğinde; I-III. zamanı kapsayan dönemde oluşmuştur ve bölgede eski ve yeni çeşitli jeolojik yapılar bulunmaktadır (AFAD, 2022). Yozgat il merkezi yaklaşık doğu batı uzanımlı ve batıya doğru genişleyerek açılan bir graben görünümündedir. Yozgat İli'nde Çamlık Tepenin güneyi ve Sarıhacılı Köyünden kuzeye doğru basamaklı fay sistemi gelişmiştir. Bölgede temeli oluşturan granit, granodiyorit ve gabro birimlerinin 30-50 m kalınlığındaki üst seviyeleri ve bu birimlerdeki fay ve kırık zonları hidrojeolojik açıdan geçirimli olarak değerlendirilmektedir. Yozgat bölgesinde bulunan volkanizma, denizaltı volkanizması ve bu volkanizmanın üzerine gelen Lütesiyen sonrası piroklastik kayaçlar, en üstte ise volkanik çıkışlardan oluşmaktadır. Neojen ve Kuvaternerde hakim olan gerilmeye bağlı olarak bölgede normal atımlı faylar gelişmiştir. Faylar, D-B, BKB-DGD, KB-GD ve K-

G doğrultulu ve düşük atımlıdır. Faylar içerisinde özellikle D-B, BKB-DGD doğrultulu faylar basamaklı faylar şeklinde gelişmiştir. Bu tabakalanmalar genellikle doğu- batı doğrultulu ve düşük eğimlidirler. Kirazlı Dere ve Bozok Deresi yatağında bulunan çakıl, kum ve kilden oluşan ve kalınlığı 40 m kadar uzanan alüvyonlar bulunmaktadır. Bu alüvyonlar soğuk su için önemli bir akiferdir. Yozgat bölgesinde bulunan fay hatları ve sıcak su çıkışları jeotermal gradyanın yüksek olabileceğini göstermektedir.

Yozgat İli genelinde Sakarya Kıtası, Orta Anadolu Kristalen Karışığı ile İzmir Ankara-Erzincan Kenet Kuşağı'na ait kaya türleri bulunmaktadır. Bölgede bulunan önemli yapısal unsurları, bindirmeler, faylar ve kıvrımlar oluşturmaktadır. Bölgedeki önemli bindirmeler, Neo-Tetis Okyanusu'nun kapanmasına bağlı olarak, ofiyolitlerin bölgeye yerleşmesi sırasında oluşmuştur. Bu dönemde, Sakarya Kıtası'nın temel ve örtü kayaları ofiyolitler üzerine itilmiş, ofiyolitlerde Orta Anadolu Kristalen Karışığının temel kayaları ile Eosen istifi üzerine güney yönünde yerleşmiştir. Bu sebeple, Artova Ofiyolitli Karışığı'nın güney dokanağı, Eosen birimleri ile devamlı bindirmelidir. İnceleme alanın en kuzeyinde yayılım gösteren Sakarya Kıtası'nın temel kayaları (Devecidağ Karışığı), iç düzeni dilimlenerek karışmış ve sık kıvrımlı bir yapıdadır. Temel kayaları üzerinde uyumsuzlukla izlenen Jura-Alt Kretase yaşlı Ferhatkaya ve Curcurum Formasyonları ise, son derece kırıklı ve kıvrımlıdır. Neo-Tetis Okyanusu'nun kapanması ve sonrasındaki tektonik olaylar sonucunda, Yozgat-Sorgun-Saraykent-Akdağmadeni hattının kuzeyinde, genellikle D-B yönünde, birbirine paralel uzanan yüksek dağ sıraları ile havzalardan oluşan bir topografya oluşmuştur. Dağ kuşağında, genellikle Devecidağ Karışığı ve Artova Ofiyolitli Karışığına ait birimler, senklinallere karşılık gelen havzalarda ise, Eosen ve daha genç çökeller izlenmektedir.

Yozgat İli'nde kütle hareketleri, daha çok yerel, belirli alanlarda kümelenmiş olarak ve tekli heyelandan oluşmaktadır. Kütle hareketlerinin oluşmasında birçok etmen etkili olmasına karşın, başta su olmak üzere, kaya türü özellikleri ve topografik yapı belirleyici etmenlerdir. İlde nadiren de olsa kütle hareketleri izlenen birimler Oligo-Miyosen yaşlı çökeller, Eosen yaşlı çökeller, Artova Ofiyolitli Karışığı ile Devecidağ Karışığı'dır. Bu formasyonlarda, Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı'na göre, kütle hareketlerine daha sıkça rastlanmasının en büyük etkenlerinden biri, litolojik farklılık, diğeri ise bu birimlerin yayılım gösterdiği alanların dağlık ve engebelik olmasıdır. Bir diğer etken ise, bu formasyonlar içindeki karasal çökellerdir (Delice Irmak Formasyonu) (Kutluay,

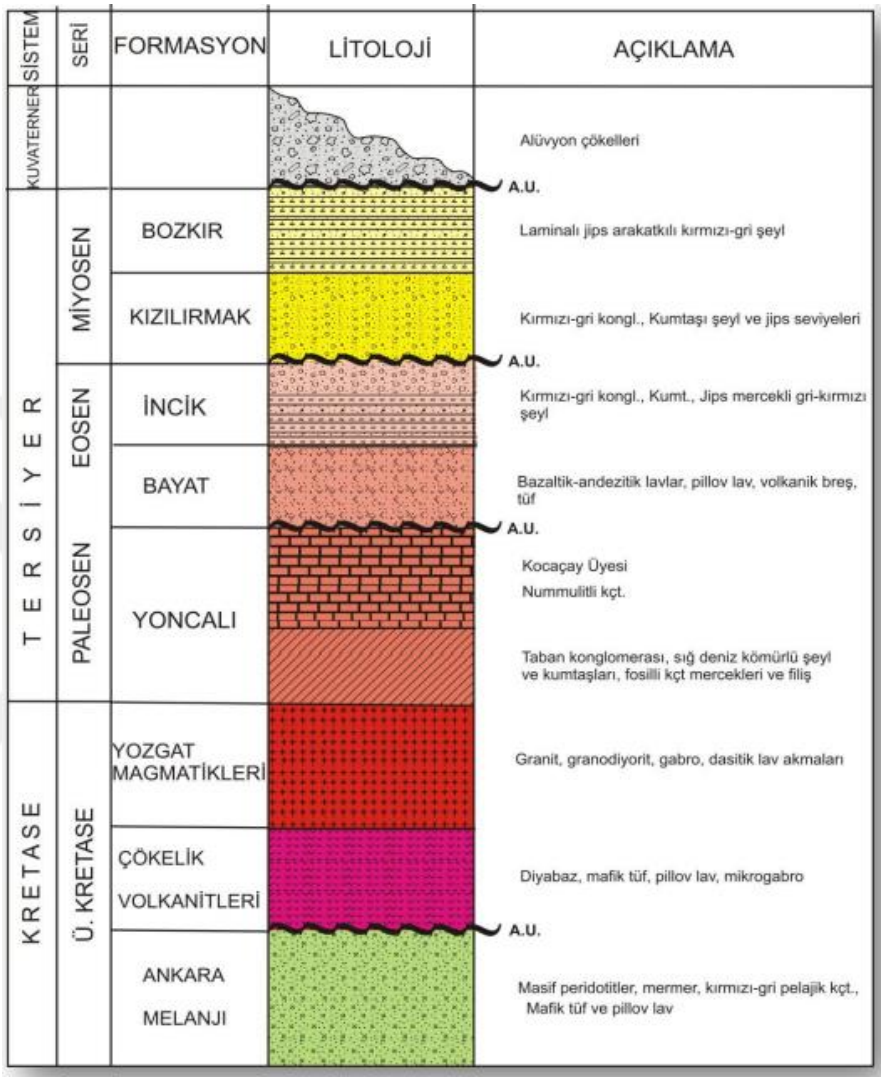
2010). Yozgat İli'ne ait jeoloji haritası Şekil 4'de verilmiştir Haritadan görüldüğü üzere ayrılmamış karasal kırıntılar bölgenin büyük bir kısmını kaplamaktadır.



Şekil 4. Yozgat İli Jeoloji Haritası (Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'ndan modifiye edilmiştir, 2011)

Bölgede bulunan kayaçlar, metamorfik kayaçlar, bazik kayaçlar, asidik kayaçlar, tortul kayaçlar olarak değerlendirilebilir. Bölgede bulunan kayaçları yaşlıdan gence sıralayacak olursak en altta kretase yaşlı ofiyoliyler ve ofiyolitik kayaçlar üzerinde üst kretase yaşlı bazalt ve spilit gibi volkanitler bulunmaktadır. Üst kretase-paleosen yaşlı granitoyidler ve granodiyoritler ise birimlerin üzerinde bulunmaktadır. Bunların üzerinde ise eosen yaşlı asidik volkanik kayaçlar, orta-üst eosen yaşlı kırıntılı ve karbonatlı sedimanter kayaçlar, oligosen yaşlı karasal kırıntılar ve üst miyosen-pliyosen yaşlı ayrılmamış karasal kırıntılı kayaçlar bulunmaktadır. En üstte ise kuvarterner yaşlı alüvyon, yamaç molozu, alüvyon

yelpazesi ve travertenler yer almaktadır. Şekil 5'te Yozgat İli ve çevresine ait stratiğrafik kesit verilmiştir (AFAD, 2022).



Şekil 5. Yozgat ve Çevresinin Genelleştirilmiş Stratiğrafik Kesiti (AFAD, 2022)

3.1.5. İlin Hidrolojik ve Hidrojeolojik Durumu

Yozgat'ın kuzey kesiminin sularını boşaltan Çekerek Irmağı Yeşilırmak'ın önemli kollarından biridir. Sivas İli sınırlarında bulunan Çamlıbel Dağlarından doğar, Deveci Dağları'nın güneyinden batıya doğru akarak, Yozgat İli sınırları içerisine girer. Kızılırmak'ın büyük kollarından biri olan Delice Irmak, Akdağlar'ın batı eteklerinden kaynak suyu olarak doğar, Merkez, Sorgun ve Doğankent sularını toplayan Sorgun

deresini alarak, Şefaatli'ye ulaşır. Burada, Boğazlıyan ve çevresi sularıyla büyüyen Karacaali Özü ile birleşerek, Delice Irmak adını alır.

Yozgat bölgesi akarsularında balık çiftlikleri bulunmamaktadır. Ancak akarsuların besleyerek oluşturduğu doğal ve yapay göller üzerinde alabalık yetiştiriciliği yapılmaktadır. Delice ırmağının beslediği Uzunlu Baraj Göleti üzerinde 950 ton/yıllık alabalık üretim tesisi, yine Delice Irmağının beslediği Gelingüllü Baraj Göletindeki 450 ton/yıllık alabalık üretim tesisi ve Çekerek Irmağının beslediği Yahyasaray Baraj Göletindeki 200 ton/yıllık alabalık üretim tesisi bulunmaktadır. Yozgat sınırları içerisinde doğal göl bulunmamaktadır. Ancak, Boğazlıyan ilçesinin 4.5 km. batısında bulunan Cavlak Kaplıcası'nın kaynak kısmına, yöre halkının "Cavlak Gölü" dediği küçük bir göl bulunmaktadır (AFAD, 2022).

3.2. Su Örnekleri ve Analizleri

Hidrojeokimyasal çalışmalar örnekleme, analiz ve değerlendirme olmak üzere 3 aşamada incelenebilir. Örnekleme aşamasında su örneği numune alma kaplarına alındıktan sonra uygun koşullarda saklanarak en kısa sürede kimyasal analiz için laboratuvara gönderilmelidir. Örnekleme aşamasında suyun sıcaklık, EC, pH ölçümleri yapılmalıdır. Analiz aşamasında ise suların kimyasal analizleri yapılmalıdır. Numunelerin doğru metot ve ekipman ile laboratuvar ortamında analiz edilmesi gerekmektedir (Yüksel, 2014).

Bu tez çalışmasında değerlendirilen su kalite analiz sonuçları DSİ 12. Bölge Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Veriler, 12 ilçede bulunan toplam 79 adet kuyudan 2016-2019 yılları arasında alınan analiz sonuçlarını kapsamaktadır. Tez kapsamında pH, EC, Na, K, Ca, Mg, CO_3, HCO_3, Cl, SO_4, % Na, SAR, sertlik, NO_2, NO_3, NH_4, organik madde ve TÇK parametreleri değerlendirilmiştir.

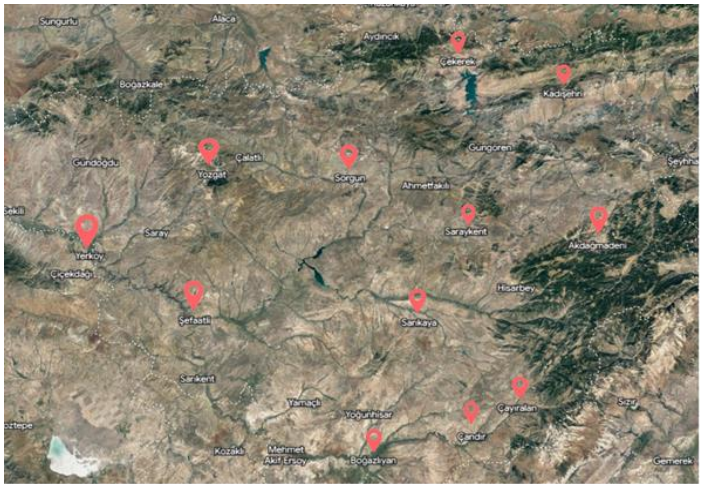
Deney çalışmaları kapsamında yapılan tüm analizler standart yöntemlere göre 20ºC laboratuvar ortamında analiz edilmiştir. Yeraltı sularında pH tayini, TS EN ISO 10523 elektrometrik metot kullanılarak yapılmıştır. Sularda EC değeri, TS 9748 EN 27888 metodu kullanılarak tayin edilmiştir. Na, % Na, K, Ca, Mg, NH_4, SAR parametreleri TS EN ISO 14911 metodu kapsamında analiz edilmiştir. CO_3, HCO_3; TS 3790 EN ISO 9963-1, Cl, SO_4, NO_2, NO_3; TS EN ISO 10304-1, organik madde; TS 8195 EN 1484

metotlarına göre analiz edilmiştir. Sertlik ve TÇK parametreleri için de standart metotlar kullanılmıştır.

Yozgat İli'ne ait sondaj-kaynak kuyularının bulunduğu 12 ilçenin (Merkez, Sorgun, Yerköy, Sarıkaya, Boğazlıyan, Çekerek, Akdağmadeni, Kadışehri, Saraykent, Şefaatli, Çandır, Çayıralan) konum bilgileri Şekil 6'da verilmiştir. Yozgat İli'ne ait Merkez ilçesinde 13 adet, Yerköy'de 8 adet, Şefaatli'de 7 adet, Sarıkaya'da 9 adet, Sorgun'da 7 adet, Çayıralan'da 9 adet, Kadışehri'nde 2 adet, Saraykent'te 2 adet, Çekerek'te 1 adet, Akdağmadeni'nde 8 adet Çandırda 1 adet, Boğazlıyan'da 12 adet olmak üzere toplamda 79 adet kuyu bulunmaktadır. Kuyularla ilgili detaylı bilgiler ve kuyuların lokasyonları ile ilgili tablolar Ek 1'de yer almaktadır.

3.2.1. Su Kalitesi Analizi

Bu tez çalışmasında analiz sonuçlarının 2016-2019 yılları arası bölgesel yıllara göre ilçe bazında 12 bölge için yıllık ortalama değerleri ile tanımlayıcı istatistikler (minimum, maksimum ve standart sapma) değerleri excel programı yardımıyla hesaplanmıştır. 2016-2019 yılları arası elde edilen ortalama değerler ile Yozgat bölgesindeki yeraltı sularının TS 266 İnsani Tüketim Amaçlı Sular (TS 266, 2005) ve İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmeliğe (Sağlık Bakanlığı, 2005) göre içme suyu amaçlı kullanımı, ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı ile Yeraltı Sularının Kirlenmeye ve Bozulmaya Karşı Korunması Hakkında Yönetmeliğe göre kullanma ve tarımsal sulama suyu amaçlı kullanımı değerlendirilmiştir.



Şekil 6. İnceleme Alanları Konum Bilgisi

3.2.2. ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı

ABD Tuzluluk laboratuvarı diyagramında sular 16 ayrı kategoriye ayrılmaktadır. Yatay eksende suyun EC değeri, düşey eksende SAR değeri bulunmaktadır. ABD tuzluluk laboratuvarı diyagramında genel Tuzluluk Özellikleri C ile genel sodyum tehlikesi ise S ile ifade edilir. Diyagramda bulunan 16 adet kategoriye ait açıklamalar aşağıda verilmiştir (Arıkan, 2007).

- C_1, (EC 250 µS/cm'den az) az tuzlu suları ifade eder. Her toprakta, tüm bitkilerin sulamasına uygundur.
- C_2, (EC 250-750 µS/cm arası) orta tuzlu suları ifade etmektedir. Orta akaçlama özelliğindeki topraklarda, tuzluluk tehlikesi olmadan tüm bitkiler sulanabilir.
- C_3, (EC 750-2250 µS/cm arası) tuzlu suları ifade etmektedir. Akaçlaması kötü olan arazilerde sulamada kullanılmaz. Tuza dayanıklı bitkiler seçilmelidir.
- C_4, (EC 2250 µS/cm 'den fazla) çok tuzlu suları ifade eder. Geçirgenliği ve akaçlaması çok iyi olan topraklarda, zeminin yıkanmasını sağlamak için bol su verilmelidir.
- S_1, az sodyumlu suları ifade etmektedir. Tüm topraklarda sodyum tehlikesi yaratmadan kullanılabilir.
- S_2, orta sodyumlu suları ifade etmektedir. Geçirgen veya bol jipsli arazilerde kullanılabilir.
- S_3, yüksek sodyumlu sular anlamını taşımaktadır. Birçok toprak cinsinde sodyum tehlikesi yaratabilir.
- S_4, az sodyumlu suları ifade eder. Genel olarak sulama için uygun değildir. Ancak suyun toplam tuz miktarı düşük ise, sulamada kullanılmasında herhangi bir sakınca yoktur.

Böylece C_1-S_1, C_2-S_1,C_3-S_1 her türlü sulamada, C_4-S_1, C_3-S_2 bazı özel koşullarda kullanılabilir. C_4-S_2, C_4-S_3 sulamada kullanılamaz anlamına gelmektedir (Yüksel, 2014). ABD Tuzluluk laboratuvarı diyagramı excel programı kullanılarak oluşturulmuştur.

3.3. Yeraltı Sularının Hidrojeokimyasal Değerlendirilme Yöntemleri

Bu tez çalışmasında bölgeden alınan numunelerin analiz sonuçları ile normallik testi yapılmıştır. Ardından Spearman Korelasyon, Piper Diyagramı, Kümeleme Analizi, Gibbs Diyagramı, Faktör Analizi, Anyon Katyon İlişkileri kullanılarak yeraltı sularının hidrojeokimyasal değerlendirmeleri yapılmıştır.

3.3.1. Normallik Testi

Literatürde sıklıkla kullanılan istatistiksel testlerin temel varsayımlardan birisi normal dağılımdır. İncelenen değişkenin normal dağılması, yansız parametre kestirimi yapılmasında kilit rol oynamaktadır. Normallik değerlendirilirken hipotez testlerinden yararlanılabilmektedir (Uysal ve Kılıç, 2021). Bu tez çalışmasında Past programı kullanılarak pH, EC, Na, K, Ca, Mg, CO_3, HCO_3, Cl, SO_4, % Na, SAR, sertlik, NO_2, NO_3, NH_4, organik madde ve TÇK parametrelerine Shapiro-Wilk yöntemi ile normallik testi yapılmıştır.

3.3.2. Spearman Korelasyon

Korelasyon iki değişken arasında doğrusal bir ilişki olup olmadığını, varsa bu ilişkinin yönünü ve şiddetinin ne olduğunu belirlemek amacıyla kullanılan istatistiksel bir yöntemdir. Korelasyon katsayısı, iki değişkenli rastgele değişkenler arasındaki ilişkinin gücünü yorumlamaya yardımcı olmak için kullanılan birimleri olmayan bir ölçümdür.

Spearman korelasyonu Pearson korelasyon katsayısının parametrik olmayan versiyonudur. Parametrik varsayımların sağlanmadığı normal olmayan verilerde kullanılır. Pearson korelasyonunda doğrusal ilişki söz konusu iken Spearman korelasyonunda doğrusal olmayan ilişkiden bahsedilir (Şen, 2023).

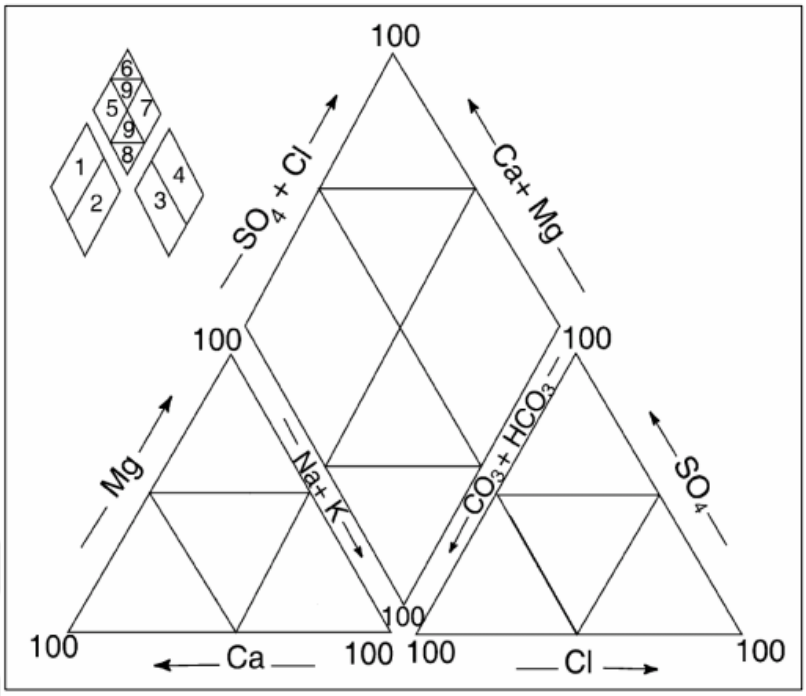
Yeraltı suları analiz sonuçlarında korelasyon ilişkisinin istatistiksel açıdan değerlendirilebilmesi için excel programı kapsamındaki Spearman korelasyon analiz yöntemi kullanılmıştır pH, EC, Na, K, Ca, Mg, CO_3, HCO_3, Cl, SO_4, SAR, sertlik, NO_2, NO_3, NH_4, organik madde ve TÇK olmak üzere toplam 17 parametre için Spearman korelasyon analizi yapılmıştır.

3.3.3. Piper Diyagramı

Piper diyagramı (Piper, 1944), anyon ve katyonların meq/L cinsinden gösterildiği iki üçgenden ve tüm iyonların ortak gösterildiği bir eşkenar dörtgenden oluşmaktadır. Bu sınıflamaya göre her bir üçgende anyon ve katyonların kimyasal özelliklerini belirlemek mümkündür. Eşkenar dörtgende ise suların sınıflaması ve karşılaştırılması mümkündür. Piper diyagramında eşkenar dörtgen dokuz bölüme ayrılmaktadır. Piper diyagramı Şekil 7'de verilmiştir.

- 1 numaralı alanda, alkali toprak elementler (Ca+Mg)> Alkali elementler(Na+K) bulunmaktadır.
- 2 numaralı alanda, (Ca+Mg) < (Na+K).
- 3 numaralı alanda, zayıf asit kökleri (CO_3 + HCO_3) > Güçlü asit kökleri (Cl+SO_4)
- 4 numaralı alanda (SO_4+ Cl)>(CO_3 + HCO_3)
- 5 numaralı alanda karbonat sertliği % 50'den fazla olan sular bulunmaktadır.
- 6 numaralı alanda karbonat sertliği % 50'den fazla olmayan olan sular bulunmaktadır.
- 7 numaralı alanda karbonat olmayan alkalinitesi % 50'den fazla olan sular: NaCl, KCl, Na_2SO_4, alkaliler ve güçlü asitler egemendir. Deniz ve çok acı sular bu alanda yer almaktadır.
- 8 numaralı alanda karbonat alkalileri % 50'den fazla olan sular. Doğada az rastlanan aşırı yumuşak sular bulunmaktadır.
- 9 numaralı alanda, iyonların hiçbiri % 50'yi geçmeyen, karışık sular bulunmaktadır (Yüksel,2014).

Yozgat bölgesi yeraltı suları analiz sonuçları GW_Chart programı kullanılarak piper diyagramı oluşturulmuştur GW_Chart programı yeraltı suyu araştırmalarında kullanılan özel grafikler oluşturma programıdır. United States Geological Survey (USGS) tarafından geliştirilmiştir (USGS, 2020)



Şekil 7. Piper Diyagramı (Kali, 2008).

3.3.4. Kümeleme Analizi

Kümeleme analizleri, yeraltı su kaynakları arasındaki benzerlik ilişkisinin belirlenmesinde önemli bir araç olarak kullanılan çok değişkenli istatistiksel analiz tekniklerinden biridir. Grafiksel yöntemlerden farklı olarak, analiz edilen tüm verilerin birlikte sınıflandırılmasına olanak sağlamaktadır. Bu sebeple hidrojeokimyasal sınıflandırmalarda kümeleme analizi önemli bir kolaylık sağlamaktadır (Aydın ve Emekçi, 2005).

Yozgat İli yeraltı su kalitesi verilerinin sınıflandırılması için Past programında aralıklı ölçüm düzeylerine ait farklılıkların hesaplanmasında Öklid uzaklığından yararlanılmıştır. Kümeleme analizinde, "Aşamalı Kümeleme (Hiyerarşik Cluster)" yöntemi kullanılmıştır. Past programı, Oyvind Hammer tarafından Windows için geliştirilmiş bir veri analiz uygulamasıdır (Hammer, 2020).

3.3.5. Gibbs Diyagramı

Gibbs (Gibbs, 1970) diyagramları, genellikle suların kimyasal bileşiminin gelişiminde rol oynayan yağış, kayaç ve buharlaşma hakimiyeti gibi kimyasal süreçleri tanımlamak ve

yeraltı suyunda çözünmüş iyonların kaynakları hakkında bilgi edinmek için kullanılmaktadır. Bu grafikler (Na+K)/(Na+K+Ca) ile TÇM (Gibbs oranı I) ve $Cl/(Cl+HCO_3)$ ile TÇM (Gibbs oranı II) şeklindedir (Varol vd., 2021). Gibbs diyagramları yağış baskın, kayaç baskın ve evaporasyon baskın olmak üzere 3 sınıfta su kaynaklarını değerlendirmektedir. Gibbs diyagramı excel programı kullanılarak oluşturulmuştur.

3.3.6. Faktör Analizi/Temel Bileşenler Analizi

Faktör analizinde veri setinin analiz için uygunluğunun değerlendirilmesi gerekmektedir. Veri setinin Faktör analizi için uygun olup olmadığının tespiti için ilk adım, değişkenler arasındaki korelasyon katsayılarının incelenmesi ve istenen değişkenler arasındaki korelasyonların yüksek olmasıdır. Çünkü değişkenler arasındaki korelasyonlar ne kadar yüksek ise değişkenlerin ortak bileşenler oluşturma olasılıkları da o kadar yüksektir. Değişkenler arasındaki düşük korelasyonların olması ise, değişkenlerin ortak bileşenler oluşturamayacaklarını göstermektedir (Albayrak vd., 2008).

Temel Bileşenler Analizi, veri indirgemek, şekil sıkıştırıp, özellik çıkarmak için önemli bir tekniktir. Temel bileşenler analizi; bir değişkenler setinin varyans-kovaryans yapısını, bu değişkenlerin doğrusal birleşimleri yardımıyla açıklayarak, boyut indirgenmesi ve yorumlanmasını sağlayan çok değişkenli bir istatistik yöntemidir (Yaycılı, 2006). Temel Bileşenler analizinde Scree test grafiği (çizgi grafiği) her bileşenle ilgili toplam varyansı göstermektedir. Grafiğin yatay şekil aldığı noktaya kadar olan bileşenler, elde edilecek maksimum bileşen sayısı olarak kabul edilmektedir (Albayrak vd., 2008).

Bu tez çalışmasında yapılan faktör analizinde Past programı kullanılarak temel bileşenler analizi uygulanmıştır ve scree test grafiği çizilmiştir. Past programı, Oyvind Hammer tarafından Windows için geliştirilmiş bir veri analiz uygulamasıdır (Hammer, 2020).

3.3.7. Yeraltı Suyu Örneklerinde Katyonların ve Anyonların İlişkileri

Yeraltı sularının kullanılabilirliği ve kullanım alanlarını belirlemek için sularının kimyasal bileşimi önem taşımaktadır. Suların kimyasal bileşimi; temas halinde olduğu kayacın kimyasal bileşimi, yeraltı sularının akım hızı, sıcaklık, ortamın basıncı, iyon etkinliği, ortam pH'ı gibi birçok parametreye bağlıdır (Gözlü, 2022).

İyon etkinliği, yeraltı sularının kullanılabilirliği ve hangi alanlarda kullanılabileceğini belirlemek için oldukça önemlidir. Bu sebeple bölgedeki anyon katyon ilişkisini incelemek için excel programı kullanılarak yeraltı sularında Ca, Mg, Na, K, Cl, SO_4 ve HCO_3 iyonları kullanılarak anyon ve katyonların grafikleri oluşturulmuştur. Oluşturulan grafiklerde anyon katyon ilişkileri değerlendirilmiştir.

4. BÖLÜM

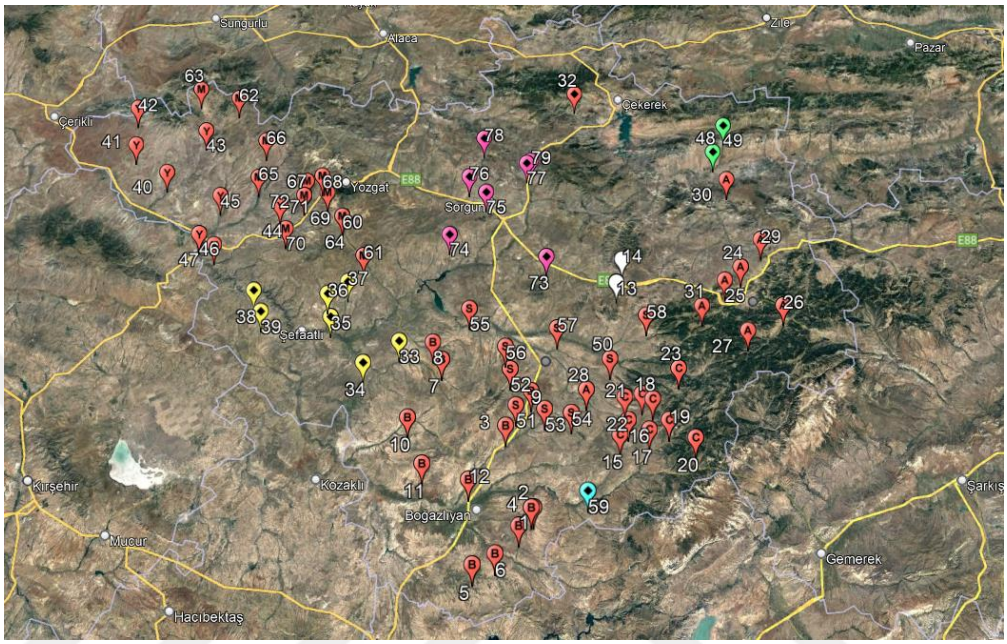
BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu bölümde Kayseri DSİ 12. Bölge Müdürlüğü'nden alınmış olan analiz sonuçlarının hidrojeokimyasal değerlendirilmesi yapılmıştır. 2016-2019 yılları arası Yozgat İli'ndeki kuyulardan alınmış numunelerle yapmış olan analiz sonuçları kullanılarak 12 ilçede bulunan toplam 79 kuyunun su kaliteleri ve hidrojeokimyasal özellikleri değerlendirilmiştir. Yozgat İli'ne bağlı ilçelerde bulunan kuyu adetleri Tablo 1'de verilmiştir. Kuyularla ilgili detaylı bilgiler ve kuyuların lokasyonları ile ilgili bilgiler Ek 1'de yer almaktadır. En fazla kuyu sayısı Merkez ilçede olup 13 adettir. En az kuyu sayısı ise Çekerek ve Çandır ilçelerinde olup her iki ilçede de 1'er adet kuyu bulunmaktadır.

Tablo 1. Yozgat İli'ne Bağlı İlçelerde Bulunan Kuyu Sayıları

İlçe	**Kuyu Sayısı (Adet)**
Merkez	13
Yerköy	8
Şefaatli	7
Sarıkaya	9
Sorgun	7
Çayıralan	9
Boğazlıyan	12
Akdağmadeni	8
Saraykent	2
Kadışehri	2
Çekerek	1
Çandır	1

Kuyulara ait koordinatların bulunduğu harita Şekil 8'de yer almaktadır. Kuyulara numaralandırma yapılmıştır. Bu numaraların karşılığında bulunan kuyulara ait detaylı bilgiler Ek-1'de yer almaktadır.



Şekil 8. Tez Kapsamındaki Su Kuyularının Konumu

Bu tez çalışmasında hidrojeokimyasal değerlendirme iki aşamada yapılmıştır: i) bölgedeki yeraltı su kalitesi verileri istatistiksel olarak analiz edilmiş ve TS 266 İnsani Tüketim Amaçlı Sular (TS 266, 2005) ve İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmeliğe (Sağlık Bakanlığı, 2005) göre içme suyu amaçlı kullanımı, ABD tuzluluk Laboratuvarı Diyagramına ve Yeraltı Sularının Kirlenmeye ve Bozulmaya Karşı Korunması Hakkında Yönetmeliğe göre tarımsal sulama amaçlı kullanımı değerlendirilmiştir, ii) Yeraltı su kalitesi verileri Spearman Korelasyon, Piper Diyagramı, Kümeleme Analizi, Gibbs Diyagramı, anyon katyon ilişkileri kullanılarak hidrojeokimyasal analizi incelenmiştir.

4.1. Su Kalitesi Analizleri

DSİ 12. Bölge Müdürlüğü tarafından Yozgat İli'ne bağlı 12 ilçede bulunan toplam 79 kuyudan 2016-2019 yılları arasında alınan numunelerde EC, Na, K, Ca, Mg, CO_3, HCO_3, Cl, SO_4, % Na, SAR, Sertlik, NO_2, NO_3, NH_4, organik madde ve TÇK parametreleri analiz edilmiştir. Analiz sonuçlarının bölgesel ortalama değerleri için tanımlayıcı istatistikler, yani minimum, maksimum, ortalama ve standart sapma değerleri 12 bölge için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Elde edilen analiz sonuçları Tablo 2-13'de gösterilmektedir.

Yozgat İli Merkez ilçesine ait su kalitesi verileri 2016-2019 yılları arasında DSİ 12. Bölge Müdürlüğü Laboratuvarı tarafından yılda iki kez numune alınarak analiz edilmiştir (Tablo 2). Elde edilen analiz sonuçlarının yıllara göre ortalama değerleri incelendiğinde Tablo 2'de görüldüğü gibi Merkez'e ait su örneklerinin ortalama pH değeri 7,65, ortalama EC değeri ise 682 µS/cm'dir. Na değeri ortalaması 46 mg/L, K 1,55 mg/L ve Ca değerleri ortalaması 78 mg/L'dir. Mg değerleri 21-25 mg/L aralığındadır. Ortalama değeri ise 22 mg/L'dir. CO_3 değerleri oldukça düşüktür ve en yüksek değer 0,33 mg/L olarak okunmuştur. 2016-2019 yılları arasında HCO_3 ortalama değeri ise 392 mg/L'dir. Ortalama Cl değeri 9 mg/L, SO_4 değeri ise 44 mg/L'dir. % Na değeri ortalaması 22 mg/L, SAR değeri ortalaması; 1,55 mg/L ve sertlik ortalaması ise 284 mg $CaCO_3$/L'dir. NO_2 ortalama değeri 0,14 mg/L, NO_3 33 mg/L, NH_4 0,18 mg/L, organik madde 0,61 mg/L ve ortalama TÇK ise 465 mg/L'dir.

Yozgat İli Yerköy ilçesine ait su kalitesi verileri 2016-2019 yılları arasında DSİ 12. Bölge Müdürlüğü Laboratuvarı tarafından yılda iki kez numune alınarak analiz edilmiştir (Tablo 3). Elde edilen analiz sonuçlarının yıllara göre ortalama değerleri alındığında Tablo 3'te görüldüğü gibi ortalama pH değeri 7,75 ile nötre yakın bir değerdir. Ortalama EC değeri ise 1298 µS/cm'dir. Na değeri ortalaması 168 mg/L, K 2,65 mg/L ve Ca değerleri ortalaması 88 mg/L'dir. Mg değerleri ortalaması ise 51 mg/L'dir. CO_3 değerleri oldukça düşüktür en yüksek değer 0,51 mg/L olarak okunmuştur. 2016-2019 yılları arasında HCO_3 ortalama değeri ise 421 mg/L'dir. Ortalama Cl değeri 46 mg/L, SO_4 değeri ise 310 mg/L'dir. % Na değeri ortalaması 41 mg/L SAR değeri ortalaması 3,31 mg/L sertlik ortalaması 428 mg $CaCO_3$/L'dir. NO_2 ortalama değeri 0,14 mg/L, NO_3 31 mg/L, NH_4 0,07 mg/L, organik madde 0,97 mg/L ve ortalama TÇK ise 951 mg/L'dir.

Tablo 2. Yozgat İli Merkez İlçesi Yeraltı Sularının 2016-2019 Yılları Arası Analiz Sonuçları

Yıl	pH	EC	Na	K	Ca	Mg	CO_3	HCO_3	Cl	SO_4	%Na	SAR	Sertlik[a]	NO_2	NO_3	NH_4	Org. Mad.	TÇK
	-	µS/cm	mg/L															
2016	7,65	665	56	1,18	68	21	0,00	393	12	70	29	2,36	257	0,19	20	0,03		489
2017	7,79	674	35	1,39	79	25	0,00	382	15	32	19	0,93	299	0,08	35	0,23	0,93	454
2018	7,55	652	33	1,54	79	22	0,00	365	7,63	33	18	0,96	279	0,26	40	0,39	0,88	441
2019	7,61	736	59	2,09	85	21	0,33	426	0,03	39	25	1,95	301	0,03	35	0,06	0,00	476
Min	**7,55**	**652**	**33**	**1,18**	**68**	**21**	**0,00**	**365**	**0,03**	**32**	**18**	**0,93**	**257**	**0,03**	**20**	**0,03**	**0,00**	**441**
Max	**7,79**	**736**	**59**	**2,09**	**85**	**25**	**0,33**	**426**	**15**	**70**	**29**	**2,36**	**301**	**0,26**	**40**	**0,39**	**0,93**	**489**
Ort	**7,65**	**682**	**46**	**1,55**	**78**	**22**	**0,08**	**392**	**9**	**44**	**22**	**1,55**	**284**	**0,14**	**33**	**0,18**	**0,61**	**465**
Standart Sapma	**0,10**	**37**	**13**	**0,39**	**7,07**	**1,56**	**0,16**	**26**	**6,44**	**18**	**5,03**	**0,72**	**21**	**0,11**	**8,47**	**0,17**	**0,53**	**22**

[a]Toplam Sertlik, mg $CaCO_3$/L

Tablo 3. Yozgat İli Yerköy İlçesi Yeraltı Sularının 2016-2019 Yılları Arası Analiz Sonuçları

Yıl	pH	EC	Na	K	Ca	Mg	CO_3	HCO_3	Cl	SO_4	%Na	SAR	Sertlik[a]	NO_2	NO_3	NH_4	Org. Mad.	TÇK
	-	µS/cm	mg/L															
2016	7,66	1279	155	2,65	81	48	0,00	447	63	282	43	3,50	402	0,19	27	0,01		905
2017	7,95	1375	169	3,11	91	47	0,04	397	78	313	43	3,38	418	0,08	30	0,10	0,91	973
2018	7,76	1424	231	5,06	96	77	0,51	419	44	487	41	3,68	556	0,26	28	0,12	1,03	1292
2019	7,63	1115	117	2,66	84	31	0,00	420	0,03	157	39	2,70	337	0,03	39	0,04		634
Min	**7,63**	**1115**	**117**	**2,65**	**81**	**31**	**0,00**	**397**	**0,03**	**157**	**39**	**2,70**	**337**	**0,03**	**27**	**0,01**	**0,91**	**634**
Max	**7,95**	**1424**	**231**	**5,06**	**96**	**77**	**0,51**	**447**	**78**	**487**	**43**	**3,68**	**556**	**0,26**	**39**	**0,12**	**1,03**	**1292**
Ort	**7,75**	**1298**	**168**	**3,37**	**88**	**51**	**0,14**	**421**	**46**	**310**	**41**	**3,31**	**428**	**0,14**	**31**	**0,07**	**0,97**	**951**
Standart Sapma	**0,15**	**136**	**47**	**1,14**	**6,76**	**19**	**0,25**	**21**	**34**	**136**	**1,90**	**0,43**	**92**	**0,11**	**5,30**	**0,05**	**0,09**	**271**

[a]Toplam Sertlik, mg $CaCO_3$/L

Şefaatli ilçesine ait su kalitesi verileri 2016-2019 yılları arasında yapılan analizlerin yıllara göre istatistiksel değerleri incelenmiştir (Tablo 4). Tablo 4'te görüldüğü gibi ortalama pH değeri 7,70, ortalama EC değeri ise 1382 µS/cm'dir. Na değeri ortalaması 121 mg/L, K 2,69 mg/L ve Ca değerleri ortalaması 176 mg/L'dir. Mg değerleri ortalaması ise 33 mg/L'dir. CO_3 değerleri oldukça düşüktür en yüksek değer 0,05 mg/L olarak okunmuştur. 2016-2019 yılları arasında HCO_3 ortalama değeri ise 358 mg/L'dir. Ortalama Cl değeri 30 mg/L, SO_4 değeri ise 456 mg/L'dir. % Na değeri ortalaması 37 mg/L SAR değeri ortalaması 5,87 mg/L sertlik ortalaması 575 mg $CaCO_3$/L'dir. NO_2 ortalama değeri 0,52 mg/L, NO_3 42 mg/L, NH_4 0,58 mg/L, organik madde 0,97 mg/L ve ortalama TÇK değeri ise 1065 mg/L'dir.

Sarıkaya ilçesine ait su kalitesi verileri 2016-2019 yılları arasında yapılan analizlerin yıllara göre istatistiksel değerleri Tablo 5'te verilmektedir. Tablo 5'te görüldüğü gibi ortalama pH değeri 7,81 ve ortalama EC değeri ise 637 µS/cm'dir. Na değeri ortalaması 46 mg/L, K 1,16 mg/L ve Ca değerleri ortalaması 77 mg/L'dir. Mg değerleri ortalaması ise 12 mg/L'dir. CO_3 değerleri ortalaması 1,30 mg/L olarak okunmuştur. 2016-2019 yılları arasında HCO_3 ortalama değeri ise 312 mg/L'dir. Ortalama Cl değeri 17 mg/L, SO_4 değeri ise 34 mg/L'dir. % Na değeri ortalaması 27 mg/L SAR değeri ortalaması 2,29 mg/L sertlik ortalaması 242 mg $CaCO_3$/L'dir. NO_2 ortalama değeri 0,20 mg/L, NO_3 43 mg/L, NH_4 0,08 mg/L, organik madde 0,82 mg/L ve ortalama TÇK değeri ise 433 mg/L'dir.

Sorgun ilçesine ait su kalitesi verileri 2016-2019 yılları arasında yapılan analizlerin yıllara göre istatistiksel değerleri Tablo 6'da verilmiştir. Tablodan da görüldüğü gibi ortalama pH değeri 7,79, ortalama EC değeri ise 695 µS/cm'dir. Na değeri ortalaması 30 mg/L, K 2,04 mg/L ve Ca değerleri ortalaması 91 mg/L'dir. Mg değerleri ortalaması ise 24 mg/L'dir. CO_3 değerleri okunamamıştır. 2016-2019 yılları arasında HCO_3 ortalama değeri ise 397 mg/L'dir. Ortalama Cl değeri 5,14 mg/L, SO_4 değeri ise 46 mg/L'dir. % Na değeri ortalaması 14 mg/L SAR değeri ortalaması 0,77 mg/L sertlik ortalaması 328 mg $CaCO_3$/L'dir. NO_2 ortalama değeri 0,14 mg/L, NO_3 31 mg/L, NH_4 0,09 mg/L, organik madde 0,84 mg/L ve ortalama TÇK değeri ise 475 mg/L'dir.

Tablo 4. Yozgat İli Şefaatli İlçesi Yeraltı Sularının 2016-2019 Yılları Arası Analiz Sonuçları

Yıl	pH	EC	Na	K	Ca	Mg	CO_3	HCO_3	Cl	SO_4	%Na	SAR	Sertlik[a]	NO_2	NO_3	NH_4	Org. Mad.	TÇK
	-	µS/cm	mg/L															
2016	7,56	1415	121	3,28	174	37	0,00	381	43	448	36	3,05	586	0,19	41	0,02		1100
2017	7,89	1349	145	2,94	158	29	0,00	381	49	418	44	4,92	512	0,17	39	0,31	0,94	1074
2018	7,67	1399	115	1,84	181	32	0,05	343	28	474	36	2,90	583	0,73	39	1,96	1,00	1090
2019	7,70	1365	104	2,28	192	34	0,00	328	0,04	482	30	13	619	1,00	51	0,03		995
Min	**7,56**	**1349**	**104**	**1,84**	**158**	**29**	**0,00**	**328**	**0,04**	**418**	**30**	**2,90**	**512**	**0,17**	**39**	**0,02**	**0,94**	**995**
Max	**7,89**	**1415**	**145**	**3,28**	**192**	**37**	**0,05**	**381**	**49**	**482**	**44**	**13**	**619**	**1,00**	**51**	**1,96**	**1,00**	**1100**
Ort	**7,70**	**1382**	**121**	**2,59**	**176**	**33**	**0,01**	**358**	**30**	**456**	**37**	**5,87**	**575**	**0,52**	**42**	**0,58**	**0,97**	**1065**
Standart Sapma	**0,14**	**30**	**17**	**0,65**	**14**	**3,38**	**0,02**	**27**	**22**	**29**	**5,87**	**4,59**	**45**	**0,41**	**6**	**0,93**	**0,04**	**48**

[a]Toplam Sertlik, mg $CaCO_3$/L

Tablo 5. Yozgat İli Sarıkaya İlçesi Yeraltı Sularının 2016-2019 Yılları Arası Analiz Sonuçları

Yıl	pH	EC	Na	K	Ca	Mg	CO_3	HCO_3	Cl	SO_4	%Na	SAR	Sertlik[a]	NO_2	NO_3	NH_4	Org. Mad.	TÇK
	-	µS/cm	mg/L															
2016	7,76	624	50	1,18	71	12	0,22	310	25	31	29	2,53	224	0,21	40	0,09		417
2017	7,96	633	51	1,19	72	11	0,41	303	27	32	30	2,84	225	0,08	41	0,11	0,81	423
2018	7,74	652	52	1,46	76	12	2,24	323	15	30	28	2,37	242	0,43	42	0,10	0,82	445
2019	7,77	637	33	0,83	90	13	2,33	314	0,03	44	20	1,43	278	0,06	48	0,04		446
Min	**7,74**	**624**	**33**	**0,83**	**71**	**11**	**0,22**	**303**	**0,03**	**30**	**20**	**1,43**	**224**	**0,06**	**40**	**0,04**	**0,81**	**417**
Max	**7,96**	**652**	**52**	**1,46**	**90**	**13**	**2,33**	**323**	**27**	**44**	**30**	**2,84**	**278**	**0,43**	**48**	**0,11**	**0,82**	**446**
Ort	**7,81**	**637**	**46**	**1,16**	**77**	**12**	**1,30**	**312**	**17**	**34**	**27**	**2,29**	**242**	**0,20**	**43**	**0,08**	**0,82**	**433**
Standart Sapma	**0,10**	**11**	**9,11**	**0,26**	**8,73**	**0,89**	**1,14**	**8,21**	**12**	**6,46**	**4,58**	**0,60**	**25**	**0,17**	**3,60**	**0,03**	**0,00**	**15**

[a]Toplam Sertlik, mg $CaCO_3$/L

Çayıralan ilçesine ait su kalitesi verileri 2016-2019 yılları arasında yapılan analizlerin yıllara göre istatistiksel değerleri Tablo 7'de görülmektedir. Ortalama pH değeri 7,49 olarak nötre yakın olduğu görülmektedir. Ortalama EC değeri ise 539 µS/cm'dir. Na değeri ortalaması 4,82 mg/L, K 1,65 mg/L ve Ca değerleri ortalaması 107 mg/L'dir. Mg değerleri ortalaması ise 7,94 mg/L'dir. CO_3 değerleri okunamamıştır. 2016-2019 yılları arasında HCO_3 ortalama değeri ise 345 mg/L'dir. Ortalama Cl değeri 2,32 mg/L, SO_4 değeri ise 16 mg/L'dir. % Na değeri ortalaması 3,33 mg/L SAR değeri ortalaması 0,12 mg/L sertlik ortalaması 300 mg $CaCO_3$/L'dir. NO_2 ortalama değeri 0,14 mg/L, NO_3 19 mg/L, NH_4 0,07 mg/L, organik madde 0,65 mg/L ve ortalama TÇK değeri ise 373 mg/L'dir.

Boğazlıyan ilçesine ait su kalitesi verileri 2016-2019 yılları arasında yapılan analizlerin yıllara göre istatistiksel değerleri Tablo 8'de verilmiştir. Tablo 8'den görüldüğü gibi ortalama pH değeri 7,63, ortalama EC değeri ise 906 µS/cm'dir. Na değeri ortalaması 54 mg/L, K 5,26 mg/L ve Ca değerleri ortalaması 106 mg/L'dir. Mg değerleri ortalaması ise 31 mg/L'dir. CO_3 değerleri okunamamıştır. 2016-2019 yılları arasında HCO_3 ortalama değeri ise 351 mg/L'dir. Ortalama Cl değeri 40 mg/L, SO_4 değeri ise 109 mg/L'dir. % Na değeri ortalaması 18 mg/L SAR değeri ortalaması 1,02 mg/L sertlik ortalaması 393 mg $CaCO_3$/L'dir. NO_2 ortalama değeri 0,22 mg/L, NO_3 93 mg/L, NH_4 0,07 mg/L, organik madde 0,95 mg/L ve ortalama TÇK değeri ise 665 mg/L'dir.

Akdağmadeni ilçesine ait su kalitesi verileri 2016-2019 yılları arasında yapılan analizlerin yıllara göre istatistiksel değerleri incelenmiştir (Tablo 9). Ortalama pH değeri 7,57, ortalama EC değeri ise 540 µS/cm'dir. Na değeri ortalaması 6,52 mg/L, K 2,45 mg/L ve Ca değerleri ortalaması 100 mg/L'dir. Mg değerleri ortalaması ise 8,91 mg/L'dir. CO_3 değerleri okunamamıştır. 2016-2019 yılları arasında HCO_3 ortalama değeri ise 341 mg/L'dir. Ortalama Cl değeri 1,80 mg/L, SO_4 değeri ise 12 mg/L'dir. % Na değeri ortalaması 4,94 mg/L SAR değeri ortalaması 0,17 mg/L sertlik ortalaması 286 mg $CaCO_3$/L'dir. NO_2 ortalama değeri 0,16 mg/L, NO_3 14 mg/L, NH_4 0,17 mg/L, organik madde 0,79 mg/L ve ortalama TÇK değeri ise 309 mg/L'dir.

Tablo 6. Yozgat İli Sorgun İlçesi Yeraltı Sularının 2016-2019 Yılları Arası Analiz Sonuçları

Yıl	pH	EC	Na	K	Ca	Mg	CO_3	HCO_3	Cl	SO_4	%Na	SAR	Sertlik[a]	NO_2	NO_3	NH_4	Org. Mad.	TÇK
	-	µS/cm	mg/L															
2016	7,52	685	30	2,22	87	26	0,00	403	7,48	42	13	0,65	324	0,19	24	0,05		462
2017	7,69	674	28	1,79	91	21	0,00	385	7,69	44	13	0,73	315	0,08	30	0,10	0,89	457
2018	7,47	662	36	2,92	88	18	0,00	376	5,35	42	18	1,11	294	0,26	34	0,10	0,80	447
2019	7,67	758	27	1,25	99	32	0,00	422	0,03	56	13	0,61	379	0,04	38	0,12		532
Min	**7,47**	**662**	**27**	**1,25**	**87**	**18**	**0,00**	**376**	**0,03**	**42**	**13**	**0,61**	**294**	**0,04**	**24**	**0,05**	**0,80**	**447**
Max	**7,69**	**758**	**36**	**2,92**	**99**	**32**	**0,00**	**422**	**7,69**	**56**	**18**	**1,11**	**379**	**0,26**	**38**	**0,12**	**0,89**	**532**
Ort	**7,59**	**695**	**30**	**2,04**	**91**	**24**	**0,00**	**397**	**5,14**	**46**	**14**	**0,77**	**328**	**0,14**	**31**	**0,09**	**0,84**	**475**
Standart Sapma	**0,11**	**43**	**3,80**	**0,70**	**5,11**	**6,22**	**0,00**	**21**	**3,56**	**6,63**	**2,69**	**0,23**	**37**	**0,10**	**6,25**	**0,03**	**0,07**	**39**

[a]Toplam Sertlik, mg $CaCO_3$/L

Tablo 7. Yozgat İli Çayıralan İlçesi Yeraltı Sularının 2016-2019 Yılları Arası Analiz Sonuçları

Yıl	pH	EC	Na	K	Ca	Mg	CO_3	HCO_3	Cl	SO_4	%Na	SAR	Sertlik[a]	NO_2	NO_3	NH_4	Org. Mad.	TÇK
	-	µS/cm	mg/L															
2016	7,44	519	5,10	1,59	99	8,27	0,00	335	2,84	12	3,50	0,12	282	0,19	18	0,04		351
2017	7,54	549	4,96	1,34	106	8,26	0,00	347	3,97	14	3,52	0,12	298	0,08	23	0,08	0,63	373
2018	7,50	548	4,92	1,59	109	7,70	0,00	351	2,42	15	3,39	0,12	303	0,26	21	0,10	0,68	377
2019	7,48	542	4,31	2,07	114	7,55	0,00	347	0,04	24	2,91	0,11	316	0,03	16	0,04		389
Min	**7,44**	**519**	**4,31**	**1,34**	**99**	**7,55**	**0,00**	**335**	**0,04**	**12**	**2,91**	**0,11**	**282**	**0,03**	**16**	**0,04**	**0,63**	**351**
Max	**7,54**	**549**	**5,10**	**2,07**	**114**	**8,27**	**0,00**	**351**	**3,97**	**24**	**3,52**	**0,12**	**316**	**0,26**	**23**	**0,10**	**0,68**	**389**
Ort	**7,49**	**539**	**4,82**	**1,65**	**107**	**7,94**	**0,00**	**345**	**2,32**	**16**	**3,33**	**0,12**	**300**	**0,14**	**19**	**0,07**	**0,65**	**373**
Standart Sapma	**0,04**	**14**	**0,35**	**0,31**	**6,14**	**0,37**	**0,00**	**6,87**	**1,65**	**5,15**	**0,29**	**0,01**	**14**	**0,11**	**3,05**	**0,03**	**0,03**	**16**

[a]Toplam Sertlik, mg $CaCO_3$/L

Tablo 8. Yozgat İli Boğazlıyan İlçesi Yeraltı Sularının 2016-2019 Yılları Arası Analiz Sonuçları

Yıl	pH	EC	Na	K	Ca	Mg	CO_3	HCO_3	Cl	SO_4	%Na	SAR	Sertlik[a]	NO_2	NO_3	NH_4	Org. Mad.	TÇK
	-	µS/cm	mg/L															
2016	7,61	791	43	5,98	90	25	0,00	322	50	71	18	1,02	325	0,19	71	0,03		553
2017	7,70	947	57	5,13	107	32	0,00	379	76	112	18	1,04	401	0,12	136	0,09	1,03	694
2018	7,52	896	52	5,47	106	31	0,00	362	33	106	18	0,99	403	0,30	84	0,11	0,88	678
2019	7,67	988	63	4,48	121	34	0,00	341	0,03	146	16	1,05	442	0,25	81	0,06		735
Min	**7,52**	**791**	**43**	**4,48**	**90**	**25**	**0,00**	**322**	**0,03**	**71**	**16**	**0,99**	**325**	**0,12**	**71**	**0,03**	**0,88**	**553**
Max	**7,70**	**988**	**63**	**5,98**	**121**	**34**	**0,00**	**379**	**76**	**146**	**18**	**1,05**	**442**	**0,30**	**136**	**0,11**	**1,03**	**735**
Ort	**7,63**	**906**	**54**	**5,26**	**106**	**31**	**0,00**	**351**	**40**	**109**	**18**	**1,02**	**393**	**0,22**	**93**	**0,07**	**0,95**	**665**
Standart Sapma	**0,08**	**85**	**8,58**	**0,63**	**13**	**3,93**	**0,00**	**25**	**32**	**30**	**0,74**	**0,02**	**49**	**0,08**	**29**	**0,03**	**0,11**	**79**

[a]Toplam Sertlik, mg $CaCO_3$/L

Tablo 9. Yozgat İli Akdağmadeni İlçesi Yeraltı Sularının 2016-2019 Yılları Arası Analiz Sonuçları

Yıl	pH	EC	Na	K	Ca	Mg	CO_3	HCO_3	Cl	SO_4	%Na	SAR	Sertlik[a]	NO_2	NO_3	NH_4	Org. Mad.	TÇK
	-	µS/cm	mg/L															
2016	7,42	521	4,79	0,92	99	7,65	0,00	337	2,60	5,72	3,54	0,12	277	0,19	12	0,06		316
2017	7,72	510	6,24	2,50	96	7,41	0,00	332	3,51	6,06	5,58	0,19	270	0,08	9,75	0,09	0,79	334
2018	7,50	538	7,43	1,98	96	9,08	0,00	335	1,06	12	6,20	0,22	277	0,26	15	0,49	0,78	350
2019	7,63	594	7,63	4,41	110	12	0,00	360	0,03	23	4,46	0,16	320	0,11	21	0,05		235
Min	**7,42**	**510**	**4,79**	**0,92**	**96**	**7,41**	**0,00**	**332**	**0,03**	**5,72**	**3,54**	**0,12**	**270**	**0,08**	**9,75**	**0,05**	**0,78**	**235**
Max	**7,72**	**594**	**7,63**	**4,41**	**110**	**12**	**0,00**	**360**	**3,51**	**23**	**6,20**	**0,22**	**320**	**0,26**	**21**	**0,49**	**0,79**	**350**
Ort	**7,57**	**540**	**6,52**	**2,45**	**100**	**8,91**	**0,00**	**341**	**1,80**	**12**	**4,94**	**0,17**	**286**	**0,16**	**14**	**0,17**	**0,79**	**309**
Standart Sapma	**0,13**	**37**	**1,30**	**1,46**	**6,51**	**1,88**	**0,00**	**13**	**1,56**	**8,11**	**1,18**	**0,04**	**23**	**0,08**	**5,01**	**0,21**	**0,01**	**51**

[a]Toplam Sertlik, mg $CaCO_3$/L

Saraykent ilçesine ait su kalitesi verileri 2016-2019 yılları arasında yapılan analizlerin yıllara göre istatistiksel değerleri Tablo 10'da görülmektedir. Tablo 10'da verildiği gibi ortalama pH değeri 7,60, ortalama EC değeri ise 632 µS/cm'dir. Na değeri ortalaması 15 mg/L, K 1,93 mg/L ve Ca değerleri ortalaması 105 mg/L'dir. Mg değerleri ortalaması ise 15 mg/L'dir. CO_3 değerleri okunamamıştır. 2016-2019 yılları arasında HCO_3 ortalama değeri ise 380 mg/L'dir. Ortalama Cl değeri 5,77 mg/L, SO_4 değeri ise 23 mg/L'dir. % Na değeri ortalaması 8,89 mg/L SAR değeri ortalaması 0,33 mg/L sertlik ortalaması 324 mg $CaCO_3$/L'dir. NO_2 ortalama değeri 0,16 mg/L, NO_3 13 mg/L, NH_4 0,08 mg/L, organik madde 0,60 mg/L ve ortalama TÇK değeri ise 416 mg/L'dir.

Kadışehri ilçesine ait su kalitesi verileri 2016-2019 yılları arasında yapılan analizlerin yıllara göre istatistiksel değerleri Tablo 11'de sunulmuştur. Ortalama pH değeri 7,71, ortalama EC değeri ise 842 µS/cm'dir. Na değeri ortalaması 36 mg/L, K 8,61 mg/L ve Ca değerleri ortalaması 80 mg/L'dir. Mg değerleri ortalaması ise 45mg/L'dir. CO_3 değerleri okunamamıştır. 2016-2019 yılları arasında HCO_3 ortalama değeri ise 407 mg/L'dir. Ortalama Cl değeri 14 mg/L, SO_4 değeri ise 86 mg/L'dir. % Na değeri ortalaması 13 mg/L SAR değeri ortalaması 0,73 mg/L sertlik ortalaması 384 mg $CaCO_3$/L'dir. NO_2 ortalama değeri 0,20 mg/L, NO_3 53 mg/L, NH_4 0,08 mg/L, organik madde 0,56 mg/L ve ortalama TÇK değeri ise 628 mg/L'dir.

Çekerek ilçesine ait su kalitesi verileri 2016-2019 yılları arasında yapılan analizlerin yıllara göre istatistiksel değerleri Tablo 12'de verilmiştir. Tablo 12'de görüldüğü gibi ortalama pH değeri 7,73, ortalama EC değeri ise 568 µS/cm'dir. Na değeri ortalaması 15 mg/L, K 2,07 mg/L ve Ca değerleri ortalaması 65 mg/L'dir. Mg değerleri ortalaması ise 33 mg/L'dir. CO_3 değerleri okunamamıştır. 2016-2019 yılları arasında HCO_3 ortalama değeri ise 360 mg/L'dir. Ortalama Cl değeri 4,11 mg/L, SO_4 değeri ise 24 mg/L'dir. % Na değeri ortalaması 9,68 mg/L SAR değeri ortalaması 0,37 mg/L sertlik ortalaması 300 mg $CaCO_3$/L'dir. NO_2 ortalama değeri 0,14 mg/L, NO_3 5,50 mg/L, NH_4 0,06 mg/L, organik madde 0,61 mg/L ve ortalama TÇK değeri ise 371 mg/L'dir.

Tablo 10. Yozgat İli Saraykent İlçesi Yeraltı Sularının 2016-2019 Yılları Arası Analiz Sonuçları

Yıl	pH	EC	Na	K	Ca	Mg	CO_3	HCO_3	Cl	SO_4	%Na	SAR	Sertlik[a]	NO_2	NO_3	NH_4	Org. Mad.	TÇK
	-	µS/cm	mg/L															
2016	7,46	658	14	1,58	108	18	0,00	411	8,04	21	7,64	0,32	342	0,19	7,18	0,05		428
2017	7,74	669	14	1,57	112	17	0,00	412	10	23	7,85	0,33	350	0,08	6,65	0,08	0,59	436
2018	7,73	657	16	2,80	107	14	0,00	382	4,83	25	9,44	0,39	324	0,26	19	0,12	1,22	431
2019	7,48	546	14	1,76	92	12	0,00	317	0,03	22	11	0,31	281	0,10	20	0,05	0,00	368
Min	**7,46**	**546**	**14**	**1,57**	**92**	**12**	**0,00**	**317**	**0,03**	**21**	**7,64**	**0,31**	**281**	**0,08**	**6,65**	**0,05**	**0,00**	**368**
Max	**7,74**	**669**	**16**	**2,80**	**112**	**18**	**0,00**	**412**	**10**	**25**	**11**	**0,39**	**350**	**0,26**	**20**	**0,12**	**1,22**	**436**
Ort	**7,60**	**632**	**15**	**1,93**	**105**	**15**	**0,00**	**380**	**5,77**	**23**	**8,89**	**0,33**	**324**	**0,16**	**13**	**0,08**	**0,60**	**416**
Standart Sapma	**0,15**	**58**	**1,18**	**0,59**	**8,53**	**2,62**	**0,00**	**45**	**4,43**	**2,01**	**1,41**	**0,04**	**31**	**0,09**	**7,23**	**0,03**	**0,61**	**32**

[a]Toplam Sertlik, mg $CaCO_3$/L

Tablo 11. Yozgat İli Kadışehri İlçesi Yeraltı Sularının 2016-2019 Yılları Arası Analiz Sonuçları

Yıl	pH	EC	Na	K	Ca	Mg	CO_3	HCO_3	Cl	SO_4	%Na	SAR	Sertlik[a]	NO_2	NO_3	NH_4	Org. Mad.	TÇK
	-	µS/cm	mg/L															
2016	7,52	947	34	16	84	58	0,00	482	21	94	12	0,65	447	0,44	48	0,09		625
2017	7,71	771	25	10	76	40	0,00	383	15	71	11	0,54	353	0,08	46	0,08	0,78	506
2018	7,63	1082	74	7,96	80	60	0,00	461	22	148	19	1,40	446	0,26	66	0,12	0,89	752
2019	7,97	570	13	0,22	79	23	0,00	302	0,02	32	8,93	0,34	292	0,03	54	0,03	0,00	
Min	**7,52**	**570**	**13**	**0,22**	**76**	**23**	**0,00**	**302**	**0,02**	**32**	**8,93**	**0,34**	**292**	**0,03**	**46**	**0,03**	**0,00**	**506**
Max	**7,97**	**1082**	**74**	**16**	**84**	**60**	**0,00**	**482**	**22**	**148**	**19**	**1,40**	**447**	**0,44**	**66**	**0,12**	**0,89**	**752**
Ort	**7,71**	**842**	**36**	**8,61**	**80**	**45**	**0,00**	**407**	**14**	**86**	**13**	**0,73**	**384**	**0,20**	**53**	**0,08**	**0,56**	**628**
Standart Sapma	**0,19**	**222**	**27**	**6,52**	**3,35**	**17**	**0,00**	**82**	**10**	**49**	**4,52**	**0,46**	**76**	**0,19**	**9,21**	**0,04**	**0,49**	**123**

[a]Toplam Sertlik, mg $CaCO_3$/L

Tablo 12. Yozgat İli Çekerek İlçesi Yeraltı Sularının 2016-2019 Yılları Arası Analiz Sonuçları

Yıl	pH	EC	Na	K	Ca	Mg	CO_3	HCO_3	Cl	SO_4	%Na	SAR	Sertlik[a]	NO_2	NO_3	NH_4	Org. Mad.	TÇK
	-	µS/cm	mg/L															
2016	7,71	584	15,71	2,80	61	35	0,00	375	6,31	23	11	0,41	296	0,19	3,73	0,03		377
2017	7,90	568	14,41	1,63	63	32	0,00	348	6,75	22	9,74	0,37	288	0,08	4,67	0,08	0,73	357
2018	7,58	598	14,31	1,63	69	33	0,00	366	3,36	23	9,13	0,35	308	0,26	5,87	0,10	1,11	379
2019	7,73	523	13,95	2,22	69	33	0,00	350	0,04	28	8,91	0,35	307	0,03	7,75	0,03	0,00	
Min	**7,58**	**523**	**14**	**1,63**	**61**	**32**	**0,00**	**348**	**0,04**	**22**	**8,91**	**0,35**	**288**	**0,03**	**3,73**	**0,03**	**0,00**	**357**
Max	**7,90**	**598**	**16**	**2,80**	**69**	**35**	**0,00**	**375**	**6,75**	**28**	**11**	**0,41**	**308**	**0,26**	**7,75**	**0,10**	**1,11**	**379**
Ort	**7,73**	**568**	**15**	**2,07**	**65**	**33**	**0,00**	**360**	**4,11**	**24**	**9,68**	**0,37**	**300**	**0,14**	**5,50**	**0,06**	**0,61**	**371**
Standart Sapma	**0,13**	**32**	**0,77**	**0,56**	**3,72**	**1,22**	**0,00**	**13**	**3,10**	**2,55**	**0,91**	**0,03**	**9,41**	**0,11**	**1,73**	**0,04**	**0,56**	**12**

[a]Toplam Sertlik, mg $CaCO_3$/L

Tablo 13. Yozgat İli Çandır İlçesi Yeraltı Sularının 2016-2019 Yılları Arası Analiz Sonuçları

Yıl	pH	EC	Na	K	Ca	Mg	CO_3	HCO_3	Cl	SO_4	%Na	SAR	Sertlik[a]	NO_2	NO_3	NH_4	Org. Mad.	TÇK
	-	µS/cm	mg/L															
2016	7,92	471	31	2,53	60	6,75	0,00	276	7,15	4,38	27	1,03	177	0,19	42	0,02		322
2017	8,27	475	31	1,49	61	6,82	0,68	280	7,45	5,50	27	1,00	181	0,08	47	0,08	0,89	321
2018	7,46	742	20	1,17	106	24	0,00	416	6,17	39	11	0,46	365	0,26	66	0,10	2,04	524
2019																		
Min	**7,46**	**471**	**20**	**1,17**	**60**	**6,75**	**0,00**	**276**	**6,17**	**4,38**	**11**	**0,46**	**177**	**0,08**	**42**	**0,02**	**0,89**	**321**
Max	**8,27**	**742**	**31**	**2,53**	**106**	**24**	**0,68**	**416**	**7,45**	**39**	**27**	**1,03**	**365**	**0,26**	**66**	**0,10**	**2,04**	**524**
Ort	**7,88**	**563**	**27**	**1,73**	**76**	**13**	**0,23**	**324**	**6,92**	**16**	**22**	**0,83**	**241**	**0,18**	**52**	**0,07**	**1,46**	**389**
Standart Sapma	**0,40**	**155**	**6,31**	**0,71**	**26**	**10**	**0,39**	**80**	**0,67**	**19**	**9,56**	**0,32**	**108**	**0,10**	**12**	**0,04**	**0,82**	**117**

[a]Toplam Sertlik, mg $CaCO_3$/L

Çandır ilçesine ait su kalitesi verileri 2016-2019 yılları arasında yapılan analizlerin yıllara göre istatistiksel değerleri Tablo 13'te sunulmuştur. Verilere göre ortalama pH değeri 7,88, ortalama EC değeri ise 563 µS/cm'dir. Na değeri ortalaması 27 mg/L, K 1,73 mg/L ve Ca değerleri ortalaması 76 mg/L'dir. Mg değerleri ortalaması ise 13 mg/L'dir. CO_3 değerleri ortalaması 0,23 mg/L olarak okunmuştur. 2016-2019 yılları arasında HCO_3 ortalama değeri ise 324 mg/L'dir. Ortalama Cl değeri 6,92 mg/L, SO_4 değeri ise 16 mg/L'dir. % Na değeri ortalaması 22 mg/L SAR değeri ortalaması 0,83 mg/L sertlik ortalaması 241 mg $CaCO_3$/L'dir. NO_2 ortalama değeri 0,18 mg/L, ortalama NO_3 52 mg/L, NH_4 0,07 mg/L, ortalama organik madde 1,46 mg/L ve ortalama TÇK değeri ise 389 mg/L'dir.

4.1.1. Yozgat Bölgesindeki Yeraltı Sularının İçme Suyu Amaçlı Kullanımının Değerlendirilmesi

2016-2019 yılları arasında alınan numunelere ait analiz sonuçları TS 266 İnsani Tüketim Amaçlı Sular (TS 266, 2005) ve İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmeliğe (Sağlık Bakanlığı, 2005) göre değerlendirilmiştir. TS 266 İnsani Tüketim Amaçlı Sular ve İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmeliği'nde belirtilen parametreler bazında sınır değerleri Tablo 14'te verilmiştir. TS 266 İnsani Tüketim Amaçlı Sular Standardına göre su kaynakları 2 sınıf ve 2 tip olarak sınıflandırılmıştır. Sınıf 1 kaynak (memba) suları, sınıf 2 kaynak suları dışındaki insani tüketim amaçlı sulardır. Sınıf 1 su kaynakları aynı zamanda Tip 1 su olarak nitelendirilir. Diğer taraftan, Sınıf 2 Tip 1 su kaynakları işlem görmüş kaynak (memba) suları, Sınıf 2 Tip 2 su kaynakları ise içme ve kullanma sularıdır. TS 266 İnsani Tüketim Amaçlı Sular ve İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmelik sınır değerleri göz önüne alındığında ortalama EC değerleri bazında Sarıkaya, Çayıralan, Akdağmadeni, Saraykent, Kadışehri ve Çekerek ilçelerindeki 2016-2019 yılları arası ortalama değerlerinde Sınıf 1 ve Sınıf 2-Tip 1 sınıfında yer almaktadır. Söz konusu ilçeler Yozgat İli'nin doğusunda yer almakta ve benzer jeolojik yapıda olmalarından dolayı birbirlerine yakın olan bölgelerdeki EC değerlerinin, Sınıf 1 ve Sınıf 2-Tip 1 sınıfında olduğu gözlemlenmiştir. Tablo 4'te görüldüğü gibi yalnızca Şefaatli ilçesine ait ortalama değerin 1000 mg/L'nin üzerinde olduğu görülmektedir. Su örneklerinde TÇK değeri EC ile ilgili bir parametre olup

iletkenliğin ortalama % 69'unu oluşturmaktadır. TÇK değeri 1000 mg/L'nin altında olan suları tatlı su olarak sınıflandırılmıştır (Freeze ve Cherry, 1979).

Tablo 14. TS 266 İnsani Tüketim Amaçlı Sular Standardı ve İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmelik Parametre Sınır Değerleri

Parametre	**TS 266 İnsani Tüketim Amaçlı Sular Standardı**		**İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmelik (Maksimum)**
Sınıf ve Tip Özellikleri	**Sınıf 1 ve Sınıf 2 Tip 1 (Maksimum)**	**Sınıf 2 Tip 2 (Maksimum)**	
pH	6,5-9,5		≤ 9,5-6,5≤
EC (µS/cm)	650	2500	2500
TÇK (mg/L)	-	-	-
Na (mg/L)	100	200	200
K (mg/L)	-	-	-
Ca (mg/L)	-	-	-
Mg (mg/L)	-	-	-
CO_3 (mg/L)	-	-	-
HCO_3 (mg/L)	-	-	-
Cl^- (mg/L)	30	250	250
SO_4 (mg/L)	25	250	250
% Na (mg/L)	-	-	-
SAR (mg/L)	-	-	-
Sertlik ($CaCO_3$ mg/L)	-	-	-
NO_2 (mg/L)	0,1	0,5	0,50
NO_3 (mg/L)	25	50	50
NH_4 (mg/L)	0,05	0,5	0,50
Org Madde (mg/L)	-	-	Anormal değişim yok

2016-2019 yılları arasında Na parametresi ortalama değerlerinde sadece Şefaatli ve Yerköy ilçelerine ait değerler TS 266 İnsani Tüketim Amaçlı Sular Standardına göre Sınıf 2-Tip 2 su kategorisinde olup, diğer tüm ilçeler Sınıf 1 ve Sınıf 2-Tip 1 sınıfında ve 100 mg/L sınır değerinin altındadır. Cl değerinde ise sadece Yerköy, Sorgun ve Boğazlıyan ilçelerinin değerleri 30 mg/L sınır değerin üzerinde olduğu için Sınıf 2-Tip 2 sınıfında yer almaktadır.

SO_4 parametresi ortalama değerleri incelendiğinde Yerköy ve Şefaatli ilçeleri Sınıf-2 Tip 2 sınır değerinin üzerinde gözlendiği için TS 266 İnsani Tüketim Amaçlı Sular Standardına ve İnsani Tüketim Amaçlı sular Hakkındaki Yönetmeliğe sınır değerinin üstünde kalmıştır. Çayıralan, Akdağmadeni, Saraykent, Çekerek ve Çandır ilçeleri Sınıf 1 ve Sınıf 2-Tip 1 sınıfındadır. Merkez, Sorgun, Boğazlıyan, Sarıkaya ve Kadışehri ilçeleri Sınıf 2-Tip 2 sınıfında yer alır. Sadece Şefaatli ilçesinde NO_2 Sınıf 1 ve Sınıf 2-Tip 1 sınıfında olup diğer tüm ilçelerde Sınıf 2-Tip 2 sınıfında yer almaktadır.

NO_3 ise Çayıralan, Akdağmadeni, Saraykent ve Çekerek ilçelerinde sınıf 1 ve sınıf 2 tip 1 sınıfındadır. Boğazlıyan, Kadışehri ve Çandır ilçeleri ortalama değerleri Sınıf 2-Tip 2 sınıfı sınır değeri olan 50 mg/L'nin üzerinde olup bu ilçeler haricindeki diğer tüm ilçeler Sınıf 2-Tip 2 sınıfında yer alır. NH_4 Şefaatli ilçesi hariç tüm ilçeler Sınıf 2-Tip 2 sınıfında yer alır. Şefaatli ilçesinde NH_4 ortalama değeri TS 266 İnsani Tüketim Amaçlı Sular Standardı dışında yer almaktadır.

TS 266 İnsani Tüketim Amaçlı Sular Standardına ve İnsani Tüketim Amaçlı sular Hakkındaki Yönetmeliğe göre Yozgat İli'ne ait analiz sonuçları değerlendirildiğinde pH değerlerinin tüm ilçelerde 6,5-9,5 sınır değerlerinin arasında bulunduğu görülmektedir. pH verileri genellikle nötre yakın değerler göstermiştir. Mosayyebi, (2017) tarafından yapılan Urmiye Gölü İran Kuzey Batısındaki Kehriz Ovası'nın Yeraltı Sularına ait çalışmada da bu tez çalışmasında olduğu gibi pH değerlerinin tamamı TS 266 İnsani Tüketim Amaçlı Sular Standardına ait sınır değerlerinin içerisinde yer almaktadır.

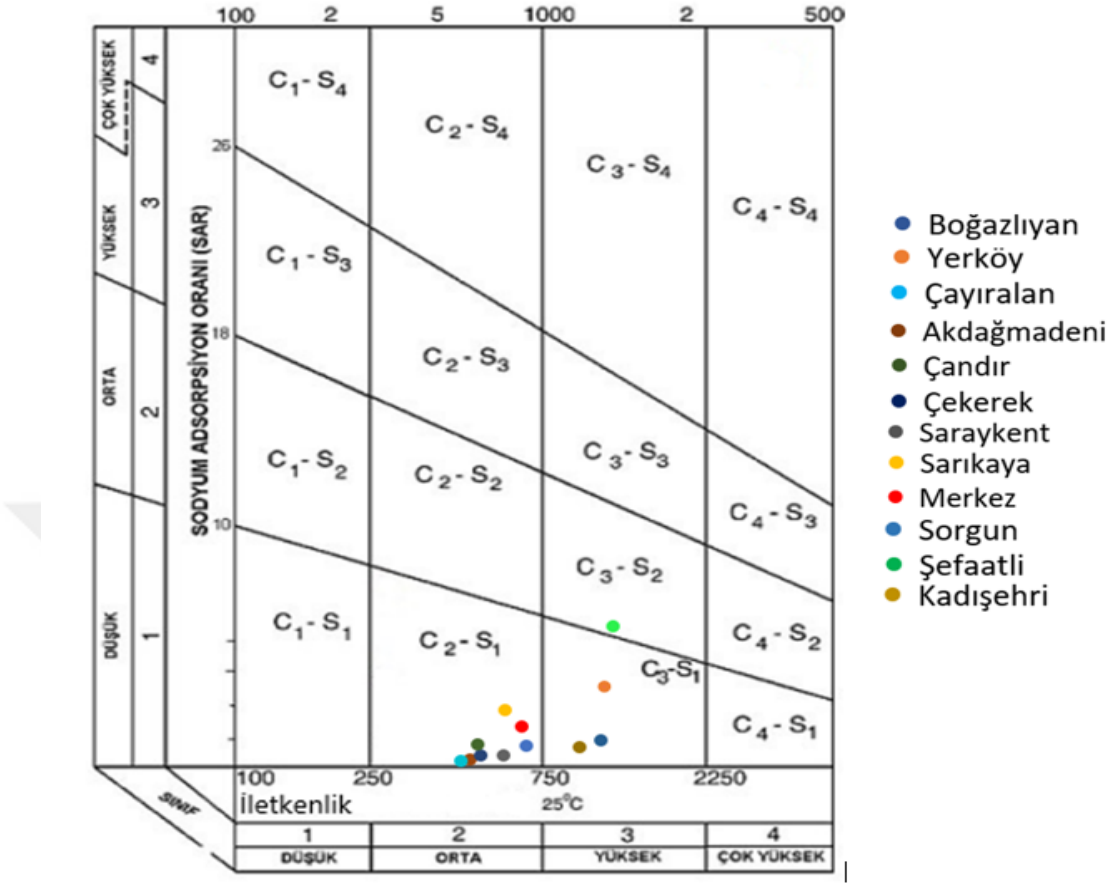
4.1.2. Yozgat Bölgesindeki Yeraltı Sularının ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı ile Sulama Suyu Amaçlı Kullanımının Değerlendirilmesi

Yozgat İli'nde bulunan 12 ilçenin 2016-2019 yılları arasında yapılan analiz sonuçlarındaki EC ve SAR değerleri kullanılarak oluşturulan ABD tuzluluk laboratuvarı diyagramı Şekil 9'da verilmiştir. Şekil 9'dan görüldüğü üzere Çekerek, Yerköy, Şefaatli ve Kadışehri hariç diğer ilçelerin tamamı C_2-S_1 sınıfında yer almaktadır. C_2, orta tuzlu suları ifade etmektedir. Orta akaçlama özelliğindeki topraklarda, tuzluluk tehlikesi olmadan tüm bitkiler sulanabilmektedir. S_1 ise, az sodyumlu suları ifade etmektedir. Tüm topraklarda sodyum tehlikesi yaratmadan kullanılabilir.

Kadışehri, Çekerek ve Yerköy ilçeleri C_3- S_1, bölgesinde yer almaktadır ve tuzlu suları ifade etmektedir. C_3 akaçlaması kötü olan arazilerde sulamada kullanılmamaktadır. Bu bölgelerde tuza dayanıklı bitkiler seçilmelidir. S_1, az sodyumlu suları ifade eder ve tüm topraklarda sodyum tehlikesi yaratmadan kullanılabilir. Şefaatli ilçesi C_3S_2 bölgesinde yer almaktadır, tuzlu suları ifade etmektedir. C_3 akaçlaması kötü olan arazilerde sulamada kullanılmaz. Kadışehri, Çekerek ve Yerköy ilçeleri gibi tuza dayanıklı bitkiler seçilmelidir. Diğer ilçelerden farklı olarak S_2 sınıfında yer alan tek ilçedir, orta sodyumlu suları ifade etmektedir. Geçirgen veya bol jipsli arazilerde kullanılabilir.

Bafra Ovasının başlıca su kaynağı Kızılırmak Nehridir. Kızılırmak ülkemizin en tuzlu su kaynaklarından birisi olup C_3S_1 sınıfı bir sudur (Ayyıldız, 1990). Arslan vd. (2007) tarafından yapılan çalışmada Bafra Ovası Sağ Sahil Sulama alanında sulama amaçlı kullanılan yeraltı sularının kalitesinin değerlendirilmesi yapılmıştır. Haziran, Temmuz ve Ağustos 2005 tarihlerinde sulama amaçlı kullanılan 10 adet sondaj kuyusundan örnekler alınarak analizleri yapılmıştır. Araştırma sonucunda kuyulardan 1 tanesinin sulama suyu kalitesinin yüksek tuzlu düşük sodyumlu, 2 tanesinin yüksek tuzlu orta sodyumlu, 1 tanesinin çok yüksek tuzlu orta sodyumlu, 1 tanesinin yüksek tuzlu orta sodyumlu ve 5 tanesinin ise çok yüksek tuzlu çok yüksek sodyumlu olduğu belirlenmiştir. Bafra bölgesinde yapılan çalışmada tuzluluk sınıfı Yozgat İli'nde Kadışehri Çekerek ve Yerköy ilçeleri ile aynı sınıfta yer almaktadır.

Bozdağ (2017) yapmış olduğu çalışmada Konya Ovasındaki yeraltı sularının hidrojeokimyasal özellikleri ve sulama suyu kalitesini değerlendirilmiştir. İnceleme alanına ait yeraltı suyu örneklerinin %35'i C_2-S_1 sınıfında, %53,3'ü C_3-S_1 sınıfında, % 5'i C_4-S_1 sınıfında ve % 6,7'si C_4-S_2 sınıfında bulunmuştur. Bu tez çalışmasında elde edilen sonuçlarla kıyaslandığında Yozgat bölgesinden daha tuzlu suların bulunduğu söylenebilir.



Şekil 9. Yozgat İli Kuyu Analizleri İçin ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı

4.1.3. Yozgat Bölgesindeki Yeraltı Sularının Yeraltı Sularının Kirlenmeye ve Bozulmaya Karşı Korunması Hakkında Yönetmelik Kapsamında Değerlendirilmesi

Yeraltı sularının kirlenmeye ve bozulmaya karşı korunması hakkında yönetmeliğinin amacı, iyi durumda olan yeraltı sularının mevcut durumunun korunması, yeraltı sularının kirlenmesinin ve bozulmasının önlenmesi ve bu suların iyileştirilmesi için gerekli esasları belirlemektir. Yeraltı suyu kalite standartları Ek-2 listesinde nitratlara ait kalite standartları 50 mg/l'dir. Yozgat İli'nin su kalitesi değerlendirildiğinde yalnızca Çandır ilçesine ait ortalama değerler bu kalite standardının altında kalmıştır.

4.2. Yeraltı Sularında Hidrojeokimyasal Analizler

4.2.1. Normallik Testi

Yozgat İli yeraltı su kalitesi verilerinin 2016-2019 yılları arası ilçe bazında ortalama değerleri kullanılarak pH, EC, Na, K, Ca, Mg, CO_3, HCO_3, Cl, SO_4, SAR, sertlik, NO_2,

NO_3, NH_4, organik madde ve TÇK olmak üzere toplam 17 parametreye normallik testi uygulanmıştır. Normallik testi uygulamalarında $p < 0,05$ düzeyinde anlamlı ise hipotez reddedilir ve dağılımın normal olmadığı kararı verilir. Ancak $p>0,05$ değeri elde edilmişse hipotez kabul edilir ve dağılımın normal dağılımdan anlamlı bir farklılık sergilemediği yorumu yapılır (Özer, 2007). Tablo 15'ten anlaşılacağı üzere EC, Na, K, Ca, CO_3, Cl, SO_4, SAR, NO_2, NH_4, organik madde ve TÇK parametrelerinin bir kısmında p(normal) değerleri 0,05 in altında olduğundan dolayı Yozgat İli'ne ait veriler normal dağılım göstermemektedir.

4.2.2. Spearman Korelasyon Analizi

Çalışma alanındaki yeraltı sularına Spearman korelasyon analizi uygulanarak hidrojeokimyasal değerlendirmeler yapılmıştır. Spearman korelasyon analizinde pH, EC, Na, K, Ca, Mg, CO_3, HCO_3, Cl, SO_4, SAR, sertlik, NO_2, NO_3, NH_4, organik madde ve TÇK parametreleri analiz edilmiştir (Tablo 16). Analiz sonuçlarına göre pH değerinin diğer parametreler ile arasında kuvvetli bir korelasyon ilişkisi görülmemektedir. EC'nin, Na ile 0,93 kuvvetli pozitif korelasyon ilişkisi bulunmaktadır. EC; SO_4 ve TÇK ile 0,97, Cl ile 0,85, SAR ile 0,86 ve sertlik ile 0,91 değerlerinde kuvvetli pozitif korelasyon ilişkisi göstermektedir. Na iyonu ile Cl (0,86), SO_4 (0,88), TÇK (0,84) ve SAR (0,84) arasında kuvvetli pozitif korelasyon ilişkisi olmasına rağmen CO_3 0,06 ile düşük bir korelasyon ilişkisi bulunmaktadır.

K ile herhangi bir parametre arasında kuvvetli korelasyon ilişkisi gözlemlenememiştir. Ca iyonu ile NO_2 (0,86), NH_4 (0,85) arasında kuvvetli pozitif korelasyon ilişkisi bulunmaktadır. Mg ile herhangi bir parametre arasında kuvvetli korelasyona rastlanmamıştır. CO_3 ve HCO_3 ün diğer parametreler ile korelasyon ilişkisi incelendiğinde genellikle negatif ve düşük bir korelasyon görülmektedir.

Tablo 15. Shapiro Wilk Normallik Testi Sonuçları

	pH	**EC**	**Na**	**K**	**Ca**	**Mg**	**CO_3**	**HCO_3**	**Cl**	**SO_4**	**% Na**	**SAR**	**Sertlik**	**NO_2**	**NO_3**	**NH_4**	**Org.Mad.**	**TÇK**
N	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Shapiro-Wilk W	0,9878	0,7778	0,7788	0,7132	0,7746	0,9262	0,4611	0,9698	0,8114	0,6538	0,9379	0,7622	0,8641	0,5528	0,9114	0,5180	0,8457	0,8373
p(normal)	0,9991	0,0053	0,0054	0,0011	0,0049	0,3419	0,0093	0,9090	0,0127	0,0003	0,4713	0,0036	0,0551	0,0446	0,2221	0,0241	0,0325	0,0256

Tablo 16. Yozgat İli'nin Yeraltı Su Kalitesi Verilerinin Sperman Korelasyon Analiz Sonuçları

	pH	EC	Na	K	Ca	Mg	CO_3	HCO_3	Cl	SO_4	SAR	Sertlik	NO_2	NO_3	NH_4	Org Mad.	TÇK
pH																	
EC	0,20																
Na	0,35	0,93															
K	0,02	0,32	0,14														
Ca	-0,29	0,60	0,38	-0,02													
Mg	0,26	0,72	0,68	0,64	0,02												
CO_3	0,50	-0,13	0,06	-0,29	-0,26	-0,27											
HCO_3	-0,19	0,43	0,41	0,43	-0,06	0,72	-0,50										
Cl	0,27	0,85	0,86	0,36	0,32	0,66	0,07	0,26									
SO_4	0,19	0,97	0,88	0,17	0,72	0,60	-0,13	0,30	0,74								
SAR	0,35	0,86	0,84	-0,04	0,66	0,41	0,19	0,09	0,65	0,92							
Sertlik	-0,06	0,91	0,71	0,39	0,78	0,64	-0,37	0,40	0,66	0,92	0,76						
NO_2	0,16	0,66	0,45	0,11	0,86	0,19	-0,02	-0,16	0,38	0,77	0,81	0,78					
NO_3	0,27	0,33	0,25	0,52	0,13	0,25	0,12	-0,11	0,59	0,21	0,20	0,26	0,29				
NH_4	0,00	0,59	0,41	-0,09	0,85	0,10	-0,13	-0,05	0,22	0,74	0,79	0,71	0,91	0,04			
Org Mad.	0,57	0,21	0,31	-0,17	0,12	-0,08	0,14	-0,37	0,31	0,25	0,29	0,05	0,24	0,44	0,11		
TÇK	0,19	0,97	0,84	0,36	0,68	0,67	-0,14	0,35	0,79	0,96	0,87	0,95	0,78	0,42	0,68	0,21	

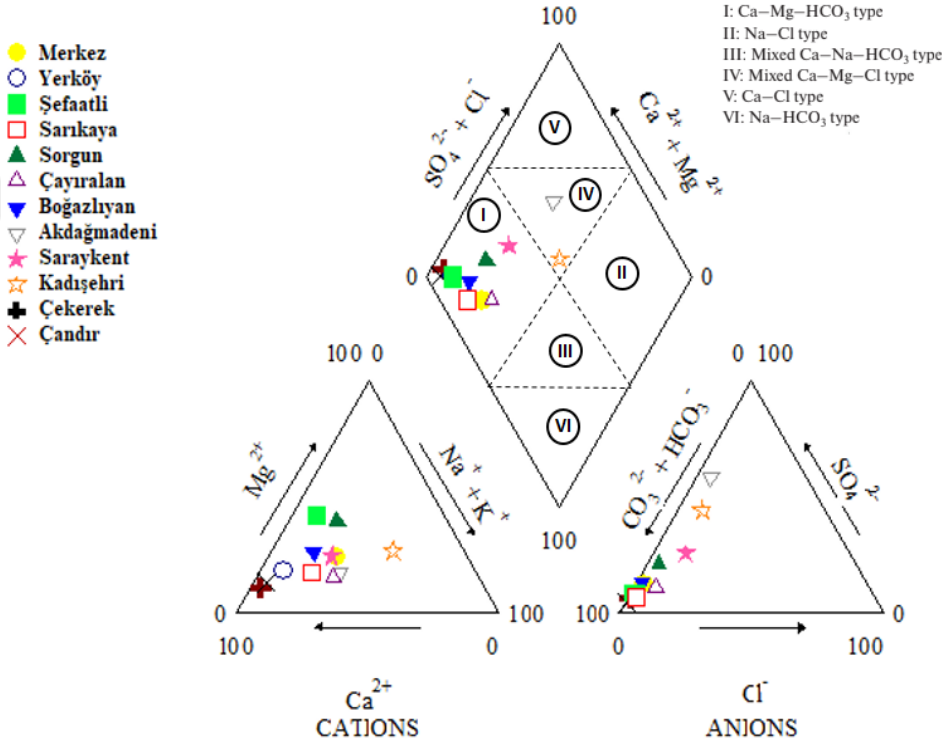
Cl ile TÇK arasında 0,79 değerinde kuvvetli pozitif korelasyon ilişkisi bulunmaktadır. SO_4 iyonu TÇK 0,96, SAR ve Sertlik ile 0,92 ile kuvvetli pozitif korelasyon göstermektedir. SAR değeri NO_2 ve TÇK ile kuvvetli pozitif korelasyon göstermektedir. NO_2 ile NH_4 arasında (0,92) kuvvetli pozitif korelasyon görülmektedir. Genel olarak, en yüksek korelasyon ilişkileri EC ile SO_4 ve TÇK arasında (R^2= 0,97) 'dir. İkinci olarak SO_4 ve TÇK arasında 0,96 ile kuvvetli pozitif korelasyon göstermiştir. En yüksek negatif korelasyon CO_3 ve diğer parametreler arasındadır. Varol ve Şekerci (2018) tarafından yapılan çalışmada ise Korkuteli Antalya bölgesindeki suların sperman korelasyon analiz sonuçlarında Na iyonu ile Mg, HCO_3, Cl ve SO_4 arasında K iyonu Ca iyonu arasında, Mg iyonu HCO_3, Cl ve SO_4 arasında, Cl ve SO_4 arasında ve HCO_3 iyonu ile Cl ve SO_4 arasında kuvvetli pozitif korelasyon, Ca iyonu SO_4 iyonu ile zayıf pozitif korelasyon olduğu görülmüştür. Korkuteli Antalya bölgesi yeraltı sularının Na iyonunun Cl, SO_4 pozitif korelasyonda olması ve yine Cl ve SO_4 arasında kuvvetli pozitif korelasyon olması Yozgat bölgesi yeraltı sularıyla ortak noktalarıdır, ancak diğer birçok iyon korelasyonu örtüşmemektedir.

4.2.3.Piper Diyagramı

Yozgat İli'nin yeraltı su verilerinin değerlendirilmesi amacıyla 2016-2019 yılları arasında Merkez, Yerköy, Şefaatli, Sarıkaya, Sorgun, Çayıralan, Boğazlıyan, Akdağmadeni, Saraykent, Kadışehri, Çekerek, Çandır ilçelerine ait kuyularda yapılmış olan Devlet Su İşleri 12. Bölge Müdürlüğü Laboratuvar sonuçları kullanılarak oluşturulan Piper Diyagramı Şekil 10'da verilmiştir. Şekil 10'da verilen Piper diyagramına göre Akdağmadeni ve Kadışehri kuyuları IV. Bölgede olup Ca-Mg-Cl tipi sulardır. Merkez, Yerköy, Şefaatli, Sarıkaya, Sorgun, Çayıralan, Boğazlıyan, Saraykent, Çekerek, Çandır bölgelerindeki kuyularda yapılan analiz sonuçlarına göre bu bölgedeki sular Ca-Mg-HCO_3 tipi sulardır. Bu bölgelerden alınan numuneler birbirlerine daha yakın ve kümelenme eğiliminde olduklarından dolayı benzer hidrokimyada olduğu söylenebilir. Bölgeleri katyonlar açısından değerlendirecek olursak Ca Şekil 10'da görüldüğü gibi yalnızca Kadışehri bölgesine ait sularda % 50'nin altındadır. Kuyu analizlerinde Mg değerinin genel olarak % 50 ve altı olduğu görülmektedir. Özellikle Çekerek bölgesindeki suların Mg yüzdesi oldukça düşüktür. Na+K değerlerine bakacak olursak %25-75 aralığında bölgeden bölgeye farklılık göstermekte olduğunu söyleyebiliriz. Anyonlarda

ise CO_3+HCO_3 birçok bölgede oldukça yüksektir. Kadışehri ve Akdağmadeni bölgelerinde yaklaşık %40-50 arasıdır ve bu bölgelerde en düşük CO_3+HCO_3 değerleri görülmektedir. Cl anyonu değerleri genellikle %50'nin altındadır, en yüksek Cl oranı Akdağmadeni bölgesindedir. SO_4 değerinin ise genellikle %40 ve üzeri olduğu görülmektedir. Suda kalsiyum, magnezyum, karbonat, HCO_3, klorür ve sülfat bulunması suyun sertliğini belirleyen parametrelerdir (Nag ve Suchetana, 2016).

Şener ve Şener (2021) taraflarınca yapılan çalışmada Yozgat İli, Şefaatli ilçesi doğusu yüzey ve yeraltı sularının hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal özellikleri incelenmiştir. Na-Ca-HCO_3, Ca-Mg-HCO_3 ve Ca-Mg-HCO_3-SO_4 tip sular fasiyesinde olduğu sonucuna varılmıştır. Bu çalışmada da Şefaatli bölgesindeki suların Ca-Mg-HCO_3 tipi sular fasiyesinde olduğu Şekil 10'da görülmektedir.



Şekil 10. Yozgat İli Kuyu Analizleri İçin Piper Diyagramı

Şener ve Güneş (2015) tarafından yapılmış olan çalışmada, Aksu (Isparta) ovasının jeolojik, hidrolojik, hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal özellikleri incelenmiştir. İnceleme sonucunda oluşturulan Piper diyagramına göre su örneklerinin genel olarak Ca-HCO_3,

Mg-HCO_3 ve Ca-Mg-HCO_3'lı ve sular fasiyesinde olduğu görülmektedir. Yozgat bölgesinde yapmış olduğumuz çalışmada yalnızca Ca-Mg-HCO_3 tipi sulara rastlanmıştır. Şener ve Şener (2021) taraflarınca yapılan çalışmada Yozgat İli, Şefaatli ilçesi doğusu yüzey ve yeraltı sularının hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal özellikleri incelenmiştir. Na-Ca-HCO_3, Ca-Mg-HCO_3 ve Ca-Mg-HCO_3-SO_4 tip sular fasiyesinde olduğu sonucuna varılmıştır. Bu çalışmada elde edilen bulgular çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçları desteklemektedir.

4.2.4. Kümeleme Analizi

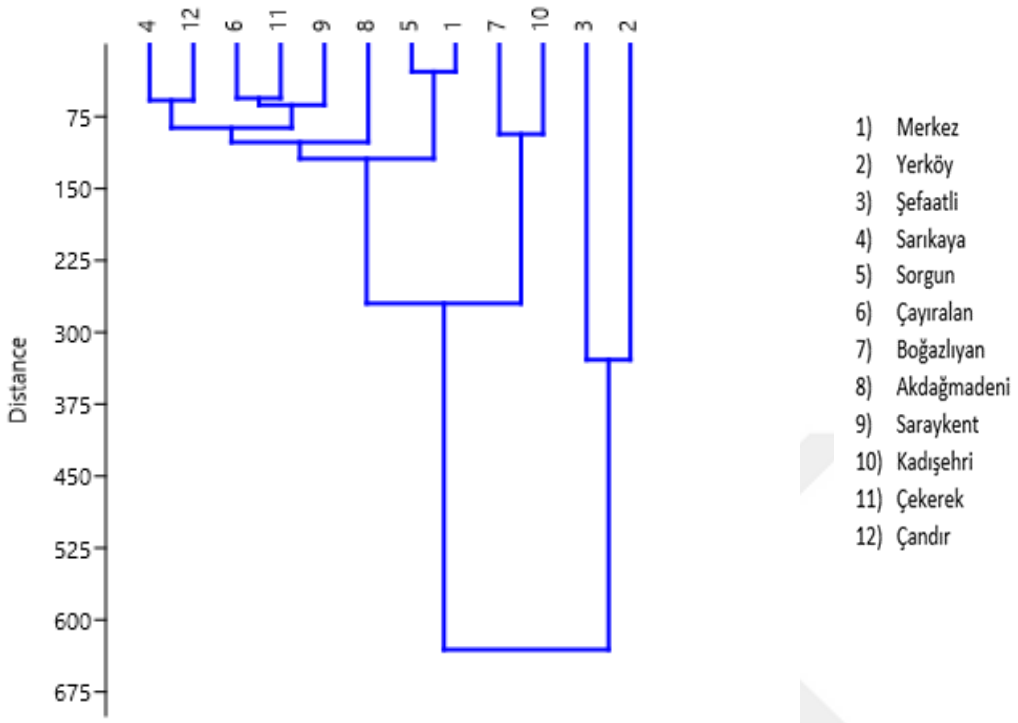
Yozgat İli'nin 12 bölgesindeki kuyu analizleri için yapılan Kümeleme analizi Şekil 11'deki gibi sınıflandırılmıştır. Yeraltı suyu kalitesini etkileyen ana değişkenleri belirlemek için 18 parametre (pH, iletkenlik, Na, K, Ca, Mg, CO_3, HCO_3, Cl, SO_4, % Na, SAR, sertlik, NO_2, NO_3, NH_4, organik madde, TÇK) Kümeleme analizine dahil edilmiştir.

Yozgat İli'nde yapılan kuyu analizinde su özellikleri üç grupta incelenebilir. 1. Grup Sarıkaya, Çandır, Çayıralan, Çekerek, Saraykent, Akdağmadeni, Sorgun, Merkez'dir. 2. Grup ise Boğazlıyan ve Kadışehri, 3. Grup ise Yerköy ve Şefaatli bölgeleridir. Kümeleme analizi sonucunda üç gruba ayrıldığında da anlaşılacağı üzere birbirlerine yakın bölgeler genellikle benzer jeolojide olduğu için benzer su özelliklerini taşımaktadır. Boğazlıyan Kadışehri bölgesi Yozgat İli ve çevresinde bu genellemeye dahil edilmeyecek örneklerden biridir. Boğazlıyan bölgesinin Sarıkaya- Çandır bölgelerine mesafe olarak Kadışehri'nden daha yakın olduğu bilinmektedir. Ancak su özellikleri bakımından Kadışehri'ne diğer bölgelere oranla daha çok benzerlik göstermektedir. Yapılan kümeleme analizinde Sarıkaya-Çandır, Merkez-Sorgun, Yerköy-Şefaatli bölgelerinde görüldüğü gibi genellikle birbirlerine yakın olan bölgelerin benzer jeolojik yapıda olmasından dolayı benzer su özelliklerine sahip olduğu söylenebilir (Şekil 11).

Aydın ve Emekçi (2005) tarafından yapılan çalışmada Sızır (Gemerek-Sivas) kaynakları akiferinin hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal özellikleri değerlendirilmiştir. Yapılan çalışmada kümeleme analizi sonucunda genellikle Sızır bölgesi kaynakları geçirdikleri hidrojeokimyasal süreçler açısından benzer olduğu sonucuna varılmıştır. Yozgat İli'nde de yine benzer şekilde kuyular arası mesafe kısaldıkça benzerlik kümeleme analizine göre artmaktadır.

Bulut vd. (2010) tarafından yapılan çalışmada Bursa ilinde yer alan Uluabat Gölü'nden 3 istasyondan 2006-2007 yılları arasında ölçümü yapılmış 18 parametreye ait Kümeleme Analizi, yıllık ortalama değerler kullanılarak değerlendirilmiştir. Kümeleme analizi sonucunda aynı küme içerisinde yer alan istasyonların benzer kaynaklardan kirlendiği anlaşılmaktır. Çalışmada 1. ve 3. istasyonlar bir kümeyi oluşturmuştur. 2. istasyonda ayrı bir küme olarak ele alınmıştır. Bu durum 1. ve 3. istasyonun kirlilik yükü bakımından birbirine yakın olduğunu yani her iki istasyonun kirletici kaynaklarının benzerliğini göstermektedir.

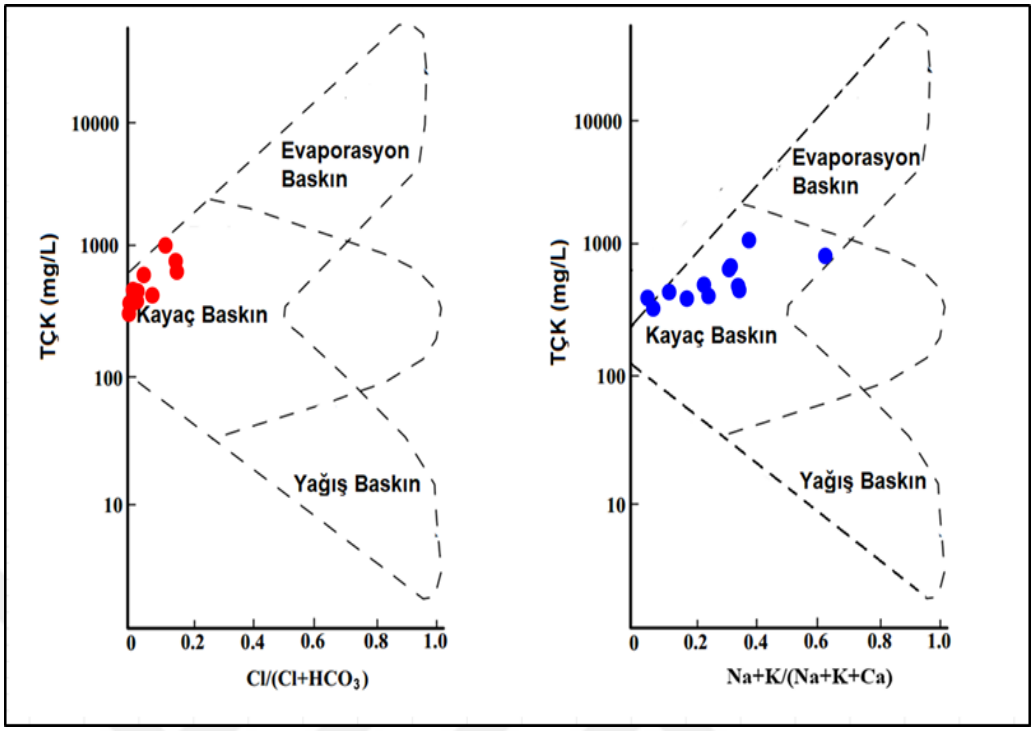
Emekçi ve Aydın (2005) tarafından yapılan çalışmada Sızır (Gemerek – Sivas) kaynakları akiferinin hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal özellikleri incelenmiştir. Çalışma alanındaki su kaynaklarına ait iki grup oluştuğu görülmüştür. Birinci grup, Sızır kasabası ve yakın dolayında derin dolaşım ile boşalan Sızır kaynaklarından, ikinci grup ise Sızır kasabası ile memba arasında sığ dolaşımı ile boşalan memba kaynaklarından oluşmaktadır. Yapılan kümeleme analizi sonucunda, Sızır kaynakları grubunda yer alan K15 ve K22 kaynaklarının, grupta yer alan diğer kaynaklardan farklı bir alt grup oluşturdukları gözlenmiştir. K15 ve K22 kaynaklarının çalışma alanında en membada bulunmalarından dolayı, grupta yer alan diğer kaynaklara oranla su - kayaç etkileşim süresinin uzun ve daha derin dolaşım ile boşalmalarına bağlanmıştır. Genel anlamda Sızır bölgesi kaynaklarının geçirdikleri hidrojeokimyasal süreçler açısından benzer oldukları sonucuna varılmıştır. Bu tez çalışmasında yapılan kümeleme analizi sonucunda da olduğu gibi benzer jeolojik yapıda olan bölgelerin aynı küme içerisinde olduğu görülmektedir.



Şekil 11. Yozgat İli Kuyu Analiz Sonuçları İçin Kümeleme Analizi

4.2.5. Gibbs Diyagramı

Suyun kimyasal bileşimini belirlemek amacıyla Yozgat İli'ne ait 2016-2019 yılları arası veriler Gibbs diyagramı üzerinden incelenmiştir. Suyun kimyasal bileşimi yağış baskın, kayaç baskın ve evaporasyon baskın olmak üzere 3 sınıfta değerlendirilmektedir. Anyonlara ($Cl/(Cl+HCO_3)$) karşı TÇK ve katyonlara ($Na+K/(Na+K)$ karşı TÇK grafiklerinde Gibbs diyagramları değerlendirilmektedir. (Ates vd., 2021). Yozgat bölgesinde yapılan çalışmada su numunelerinin tamamının kayaç baskın bölgesinde bulunduğu Şekil 12'de görülmektedir. Bölgedeki yeraltı sularının su kimyasındaki ana mekanizmanın kontrolünü yapan kayaç yapıcı minerallerin, kimyasal ayrışmasından kaynaklı olduğunu göstermektedir (Varol ve Şekerci, 2018). Şener ve Şener (2021) tarafından Yozgat İli, Şefaatli ilçesi doğusu yüzey ve yeraltı sularının hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal özellikleri incelenmiştir. Bölge sularına ait parametreler Gibbs diyagramına yerleştirildiğinde da bu tez çalışmasında bulunduğu gibi tüm su örneklerinin kayaç baskın sınıfında olduğu sonucuna varılmıştır.

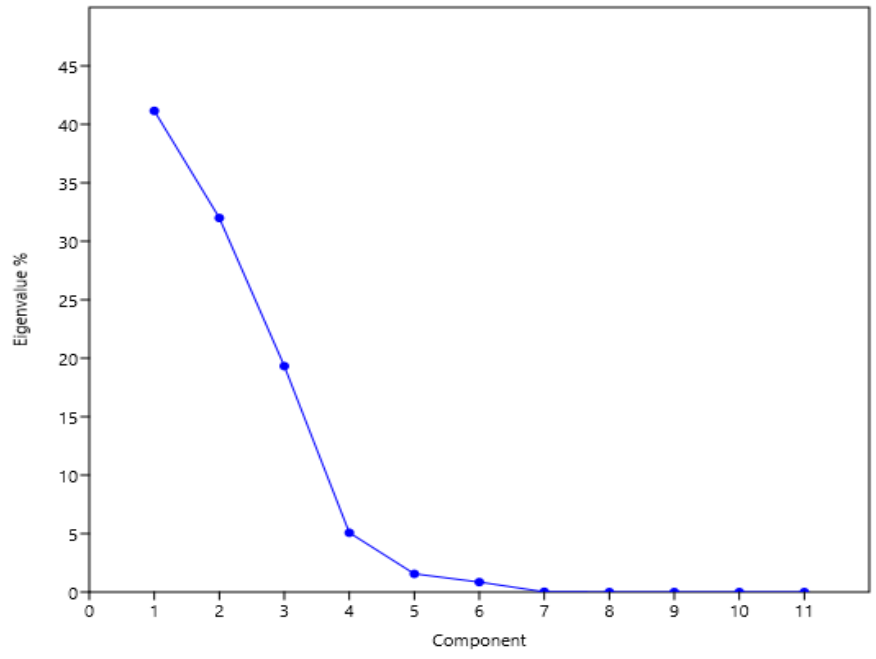


Şekil 12. Gibbs Diyagramı

Varol vd. (2021) tarafından yapılan çalışmada Afyonkarahisar Şuhut Ovası yeraltı sularının hidrojeokimyasal incelemesi yapılmıştır. Yapılan çalışmada elde edilen Gibbs diyagramında su örneklerinde yalnızca 27 nolu su örneği yağışın evaporasyon ile baskın sular alanında yer almaktadır. Diğer su örnekleri kayaç baskın alanında yer almaktadır. Kayaç baskın alanına düşen örneklerin iyon içeriğine bağlı olarak kayaç kimyası ile yeraltı suyu kimyası arasında bir etkileşim söz konusudur. Şener vd. (2021) tarafından yapılmış olan Gaziantep İli'nde yapılan çalışmada, Gaziantep alt havzasının jeolojik ve hidrojeolojik özellikleri ayrıntılı olarak incelenerek yeraltı suyu kaynaklarının hidrojeokimyasal özellikleri ile kirlilik değerlendirmeleri yapılmıştır. Anyon ve katyon analiz sonuçları Gibss Diyagramına yerleştirilerek yorumlanmıştır. Su örneklerinin tamamının bu tez çalışmasında olduğu gibi "Kayaç Baskın" bölgesine düştüğü görülmüştür. Sonuç olarak, su kimyasını kontrol eden ana mekanizmanın, kayaç yapıcı minerallerin kimyasal ayrışması olduğunu gösterdiği sonucuna varılmıştır.

4.2.6. Faktör Analizi /Temel Bileşenler Analizi

Yozgat bölgesi için yapılan Faktör Analizi/Temel Bileşenler Analizi'ne ait Scree grafiği her faktörün açıkladığı varyans miktarının göstermektedir. Bu çalışmada 12 parametre (pH, K, Ca, Mg, CO_3, HCO_3, Cl, % Na, SAR, sertlik, NO_2, NO_3) için analiz yapılmıştır. Analizler öncesinde veri serileri normalize edilmiş, yüksek korelasyonlu veriler ve varyansı çok düşük olan veriler çıkarılmıştır. Şekil 13'te görüldüğü gibi ilk faktör (PC) en yüksek varyansı en son faktör ise en düşük varyansı göstermektedir. Yapılan analiz sonucunda en yüksek varyans % 41 faktör 1'dir bu faktör toplam varyansın % 41'ini oluşturmaktadır. Faktör 2 toplam varyansın % 32'sini ve faktör 3 ise toplam varyansın % 19'unu oluşturmaktadır. Kalan faktörlerin her biri toplam varyansın %10'undan azını oluşturur (Şekil 13).



Şekil 13. Scree Test Grafiği

Şekil 13'te verilen Scree test grafiğinden anlaşıldığı üzere faktör 7'den sonra eğrinin eğiminin değişmediği gözlemlenmektedir. Temel Bileşenler Analizi sonucunda varyans yüzdelikleri 7. Faktörde sabitlenmiştir. Analiz sonucunda toplam 7 faktöre ait değerler Tablo 17'de verilmiştir. Faktör 1'de en etkili iyonlar Tablo 17'de görüldüğü gibi pozitif

yönde HCO_3 ve Mg'dur. Faktör 2'de ise yine pozitif yönde Ca ve Cl iyonları en fazla etkiyi göstermektedir. Faktör 3'e bakıldığında negatif yönde en fazla etkin iyon Ca'dur.

Tablo 17. Faktör Değerleri

Parametre	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4	PC 5	PC 6	PC 7
pH	-0,00030	-0,41797	0,00228	0,00503	-0,00051	0,01064	0,01285
K	0,02862	0,00933	0,03719	-0,06131	0,14471	0,02717	0,97843
Ca	0,04820	0,79810	-0,52672	-0,17604	-0,02971	0,01315	0,00674
Mg	0,32494	0,06095	0,15926	0,27284	0,71099	0,36509	-0,10772
CO_3	-0,00472	-0,00057	0,00501	0,01398	-0,01457	0,00494	0,11244
HCO_3	0,90384	-0,19464	-0,11068	-0,27092	-0,23645	-0,05913	0,00042
Cl	0,19472	0,28682	0,27824	0,46050	0,04300	-0,76622	0,02573
% Na	0,12163	0,17791	0,12373	0,60952	-0,56260	0,47623	0,08813
SAR	0,01272	0,03797	-0,00569	0,06883	-0,03943	0,08907	0,06012
Sertlik	0,14551	0,22551	-0,06427	0,06716	0,29075	0,14613	-0,06074
NO_2	0,00959	0,00292	-0,00079	0,00088	0,00165	0,00781	0,00635
NO_3	0,01675	0,39387	0,76593	-0,47367	-0,10999	0,13755	-0,04941

Reghunath vd. (2002) Hindistan-Karnataka'da yaptıkları bir çalışmada 1. Faktör toplam varyansın %44,9'unu ikinci ve üçüncü faktörler sırasıyla %18 ve %12,9'unu oluşturmaktadır. Geri kalan faktörlerin her biri Yozgat bölgesinde olduğu gibi toplam varyansın %10'undan azını oluşturur. Arslan H. ve Yıldırım D. (2011) tarafından yapılan çalışmada Bafra ovasındaki 7 drenaj kanalından alınan su örneklerine faktör analizi ve temel bileşenler analizleri uygulanmıştır. Aylık ortalama verilerden yararlanılarak yapılan faktör analizi ve temel bileşenler analizleri su kalitesine ait toplam varyansın % 90'ından fazlasını 3 ana bileşenle açıklamıştır. Bu 3 faktör toplam varyansın % 91,05'ini açıklamaktadır. 1.faktör toplam varyansın %52,13'ünü, açıklamakta olup, bu faktörde % Na, SAR, Na, Ca, Cl, CO_3, EC pozitif yönde güçlü, sertlik negatif yönde güçlü ve SO_4 ise negatif yönde orta derecede temsil ettiği sonucuna varılmıştır. Bu tez çalışmasında yapılan analiz sonucu ile kıyaslandığında Ca ve Cl iyonlarının iki bölgede de etkin iyon olduğu söylenebilir.

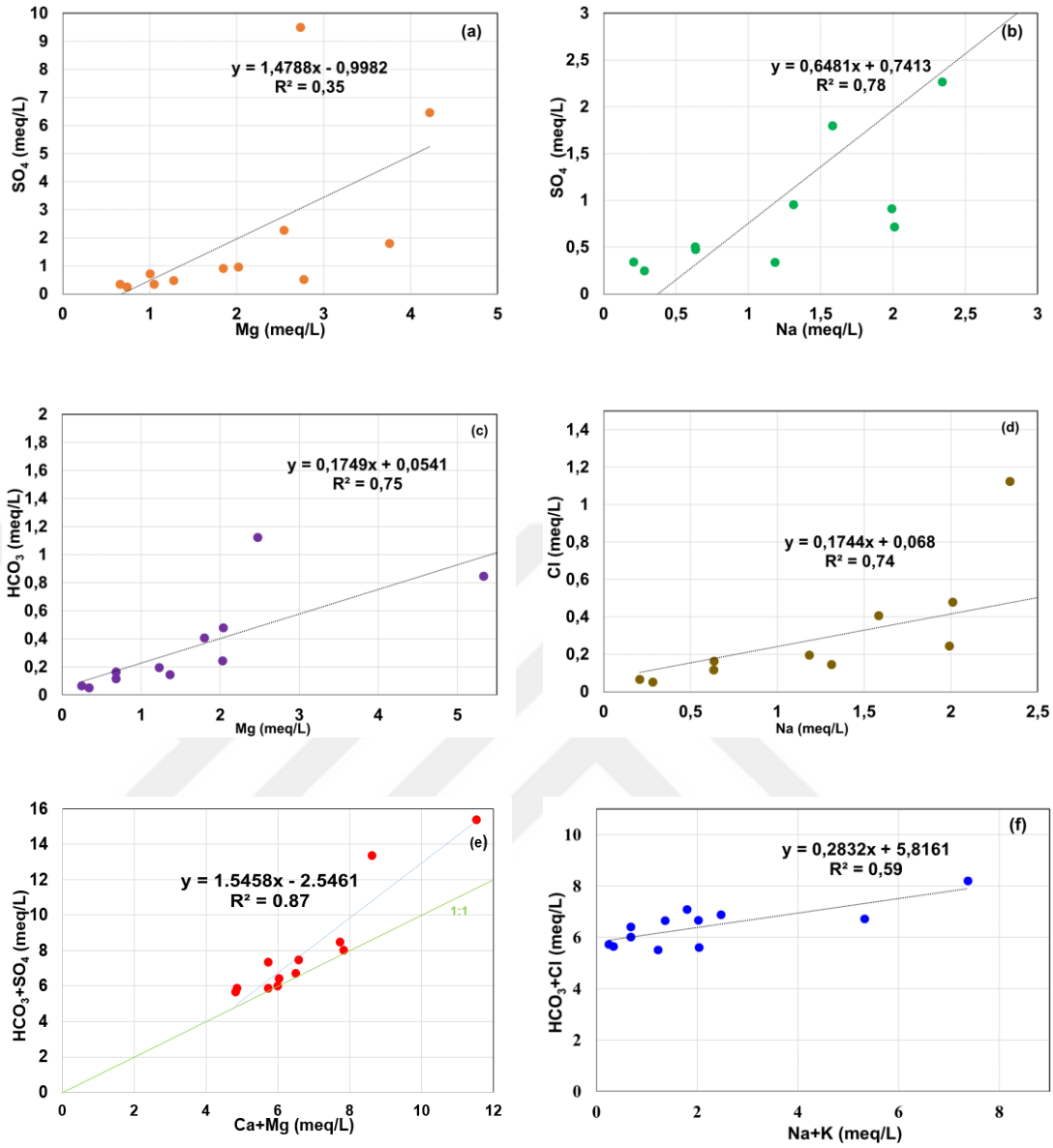
4.2.7. Yeraltı Suyu Örneklerinde Katyonlar ve Anyonların İlişkileri

Çalışma alanındaki iyonların bolluk durumları, akifer sistemindeki hidrojeokimyasal süreçlerle ilgilidir. Bu süreçleri açıklamak için farklı diyagramlar hazırlanmış ve yorumlar bu diyagramlar üzerinden yapılmıştır. Anyon ve katyonlar arasındaki ilişkiler

Şekil 14'te verilmiştir. Şekil 14a'da görüldüğü gibi Mg-SO_4 ilişkisi oldukça düşüktür. Belirleme katsayısı (R^2) değeri 0,35 olarak okunmaktadır. Şekil 14b'de verilen Na-SO_4 ilişkisinde R^2 değeri 0,78'dir. Şekil 14a ve Şekil 14b'den anlaşılacağı üzere Na, Mg'a göre SO_4 ile daha ilişkilidir. Mg ve HCO_3, arasındaki ilişkide R^2 değerinin 0,75 olduğu Şekil 14c'de görülmektedir. Na ve Cl, arasında ise R^2 0,74'tür (Şekil 14d). Ca+Mg ve HCO_3+SO_4 arasında güçlü bir ilişki (R^2=0,87) bulunmaktadır (Şekil 14e). Genel olarak sularda karbonatlar ve silikatlar mineralizasyonun ana kaynaklarıdır. Ca+Mg ve HCO_3+SO_4 diyagramı yeraltı sularındaki baskın ayrışma tipini göstermektedir.

Diyagram üzerinde (1:1) çizgisi boyunca düşen noktalar karbonat ayrışmasının 1:1 çizgisinin altındaki noktalar ise silikat ayrışmasının bir göstergesidir (Varol vd., 2021). Şekil 14e'ye göre, çalışma alanındaki yeraltı sularının kimyasal gelişiminde karbonat ayrışması hakim rol oynamaktadır. Varol vd. 2021 yılında yapılan çalışmada Afyonkarahisar Şuhut Ovası'nda yapılan çalışmada da bu tez çalışmasında olduğu gibi yeraltı sularının kimyasal gelişiminde karbonat ayrışmasın hakim olduğu sonucuna varılmıştır. Ates vd. (2021) tarafından yapılan çalışmada olduğu gibi Ca ve Mg ile HCO_3 arasındaki güçlü korelasyonlar, Ca ve Mg'un karbonat kayalarının (kalsit, dolomit ve aragonit) ayrışmasından kaynaklandığını göstermiştir. HCO_3+Cl ve Na+K ilişkisi Şekil 14f'de verilmiştir ve R^2 değeri ile 0,59 düşük bir ilişki görülmektedir.

İnceleme alanında anyon katyon ilişkileri değerlendirildiğinde en güçlü ilişki Ca+Mg ve HCO_3+SO_4 (R^2=0,87) arasında görülmektedir. Na, Mg'a kıyasla SO_4 ile daha kuvvetli bir ilişki kurmaktadır. Şekil 14'te bulunan ilişkilerde en az ilişkili iyonlar Mg ve SO_4 iyonlarıdır.



Şekil 14. Yeraltı Suyu Örneklerinde Anyon Katyon İlişkileri

5. BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında Yozgat İli ve çevresinin yeraltı su kalitesi verilerinin hidrojeokimyasal değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Kızılırmak ve Yeşilırmak Havza'ları arasında kalan Yozgat İli'nin iki önemli yüzey suyu Delice Irmak ile Çekerek Suyudur. Yeraltı su rezervleri ise alüvyon ve karstik akiferlerden oluşmaktadır. Su örneklerinin analiz sonuçları Devlet Su İşleri 12. Bölge Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Bölgedeki 12 ilçede yer alan toplam 79 kuyusundan 2016-2019 yılları arası numunelerin pH, EC, Na, K, Ca, Mg, CO_3, HCO_3, Cl, SO_4, % Na, SAR, sertlik, NO_2, NO_3, NH_4, organik madde ve TÇK parametreleri analiz sonuçları su kalitesi ve hidrojeokimyasal değerlendirmede kullanılmıştır. Bölgenin yeraltı su kalitesi TS 266 İnsani Tüketim Amaçlı Sular Standardı ve İnsani Tüketim Amaçlı sular Hakkındaki Yönetmeliğe göre ve kullanma ve tarımsal sulamaya uygunluğu ABD tuzluluk Laboratuvarı Diyagramına ve Yeraltı Sularının Kirlenmeye ve Bozulmaya Karşı Korunması Hakkında Yönetmeliğe göre değerlendirilmiştir. Su kaynaklarının hidrojeokimyasal değerlendirmesi Sperman korelasyon, Piper diyagramı, Gibbs diyagramı, kümeleme analizi, faktör analizi, anyon-katyon ilişkilerine göre incelenmiştir.

TS 266 İnsani Tüketim Amaçlı Sular Standardına ve İnsani Tüketim Amaçlı sular Hakkındaki Yönetmeliğe göre değerlendirme sonucunda ortalama pH değerlerinin tüm su örneklerinde 6,5-9,5 sınır değerlerinin arasında bulunmuştur. Ortalama EC değerleri ise, Çayıralan, Akdağmadeni, Saraykent, Kadışehri ve Çekerek ilçelerinde Sınıf 1 ve Sınıf 2-Tip 1 grubunda yer almıştır. Söz konusu ilçeler Yozgat İli'nin doğusunda yer almaktadır ve benzer jeolojik yapıda olmalarından kaynaklı olarak birbirlerine yakın olan bölgelerdeki EC değerlerinin Sınıf 1 ve Sınıf 2-Tip 1 sınıfında olduğu sonucuna varılmıştır. Su örneklerinin TÇK değeri EC ile ilgili bir parametre olup iletkenliğin ortalama % 69'unu oluşturmuştur. Şefaatli ilçesinde NH_4, Yerköy ve Şefaatli ilçeleri SO_4,

Boğazlıyan, Kadışehri ve Çandır ilçelerinde NO_3 ortalama değerleri TS 266 İnsani Tüketim Amaçlı Sular Standardına ve İnsani Tüketim Amaçlı sular Hakkındaki Yönetmeliğe göre sınır değerlerinin üzerinde gözlenmiş olup, nitrat açısından içme suyu amaçlı kullanıma uygun olmadığı görülmüştür. Yeraltı sularının kirlenmeye ve bozulmaya karşı korunması hakkında yönetmeliğinin kapsamında yeraltı suyu kalite standartları Ek-2 listesinde nitratlara ait kalite standartları 50 mg/L olarak belirtilmiştir. Yozgat İli'nin su kalitesi değerlendirildiğinde yalnızca Çandır ilçesi bu kalite değerinin altında kalmıştır.

Bölgeden alınan numune analiz sonuçlarına uygulanan normallik testi sonucunda, sonuçların normal dağılım göstermediğinden dolayı Spearman korelasyon ile değerlendirme yapılmıştır. Spearman korelasyon uygulanması sonucunda en yüksek korelasyon ilişkileri 0,97 katsayısı ile EC ile SO_4 ve TÇK arasında gözlenmiştir. Diğer taraftan, iletkenlik ile Cl, SAR ve sertlik arasında sırasıyla 0,85, 0,86 ve 0,91 değerlerinde kuvvetli pozitif korelasyon ilişki gözlenmiştir. Organik maddenin genel olarak hiçbir parametre ile kuvvetli bir korelasyon göstermediği görülmektedir.

Toplam 12 ilçenin analiz sonuçları ile oluşturulmuş Piper diyagramına göre Akdağmadeni ve Kadışehri yeraltı suları Ca-Mg-Cl tipi sulardır. Merkez, Yerköy, Şefaatli, Sarıkaya, Sorgun, Çayıralan, Boğazlıyan, Saraykent, Çekerek, Çandır bölgelerindeki sular Ca-Mg-HCO_3 tipi sulardır. Bu bölgelerden alınan numunelerin ilçelerin benzer jeolojik yapıda olmasından ve kümelenme eğiliminden dolayı benzer kimyasal yapıya sahip olduğu anlaşılmıştır.

Yeraltı suyu kalitesini etkileyen ana değişkenleri belirlemek için kümeleme analizi yapılmıştır. Yapılan kümeleme analizinde Sarıkaya- Çandır, Merkez-Sorgun, Yerköy-Şefaatli bölgelerinde görüldüğü gibi birbirlerine yakın olan bölgelerin benzer jeolojik yapıda olması sebebiyle benzer su özelliklerini taşıdığı görülmektedir.

Gibbs diyagramına göre bölgedeki suların tamamı kayaç baskın sınıfındadır. Bölgedeki yeraltı sularının su kimyasındaki ana mekanizmanın kontrolünü yapan kayaç yapıcı minerallerin, kimyasal ayrışmasından kaynaklı olduğunu göstermektedir.

Faktör analizi/Temel Bileşenler analizi sonucunda en yüksek varyans % 41 ile faktör 1'dir. Faktör 2'nin varyansı % 32 faktör 3'ün ise % 19 olup kalan faktörlerin her biri

toplam varyansın %10'undan azını oluşturduğu görülmüştür. Faktör 1'de en etkili iyonlar pozitif yönde HCO_3 ve Mg Faktör 2'de pozitif yönde Ca ve Cl iyonları en fazla etkiyi göstermiştir. Faktör 3'te ise negatif yönde en fazla etkin iyon Ca'dur.

İnceleme alanında anyon katyon ilişkileri değerlendirildiğinde en güçlü ilişki Ca+Mg ve HCO_3+SO_4 (R^2=0,87) arasında görülmektedir. Ca+Mg ve HCO_3+SO_4 ilişkisi değerlendirildiğinde çalışma alanındaki yeraltı sularının kimyasal gelişiminde karbonat ayrışması hakim olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca Na, Mg'a kıyasla SO_4 ile daha kuvvetli bir ilişki kurduğu görülmüştür. Çalışma kapsamında değerlendirilen iyonlar arasında en az ilişkili iyonlar Mg ve SO_4 iyonlarıdır. Çalışma alanındaki yeraltı sularının kimyasal gelişiminde karbonat ayrışmasının hakim rol oynadığı sonucuna varılmıştır.

ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı ile Çekerek, Yerköy, Şefaatli ve Kadışehri hariç diğer ilçelerin tamamı C_2-S_1 sınıfında yer almaktadır. Kadışehri, Çekerek ve Yerköy ilçeleri C_3- S_1, bölgesinde yer almaktadır. Şefaatli ilçesinin ise C_3- S_2 sınıfında yer aldığı gözlemlenmiştir. ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramına göre bölgedeki yeraltı sularının genel olarak sulama suyu amaçlı kullanılabildiği görülmüştür.

Bu çalışma kapsamında elde edilen veriler inceleme alanının su yönetim plan ve esasları ile ilgili çalışmalarda kullanılabilir. Bu sayede bölgede yeraltı sularının daha verimli bir şekilde kullanımı sağlanarak, çevreye ve ekonomiye katkı sağlayabilir.

KAYNAKÇA

Abdelshafya, M., Saber, M., Abdelhaleema, A., Abdelrazek, S.M., Seleeme, E.M., 2019. Hydrogeochemical processes and evaluation of groundwater aquifer at Sohag city, Egypt. **Scientific African, 6:** 1-16.

AFAD, 2022. İl afet risk azaltma planı. Web sayfası**: https://yozgat.afad.gov.tr/il-planlari**, (Erişim tarihi: Haziran 2023).

Albayrak, A.S., Eroğlu, A., Kayış, A., Kalaycı, Ş., 2013, Faktör analizi: SPSS uygulamalı çok değişkenli istatistik teknikleri, 1-6. Elementary Education, Asil Yayın Dağıtım, 426 s.

Arıkan, A., 2007. Kayseri İlinin Yeraltı Su Kaynaklarının Hidrojeokimyasal Özellikleri ve Su Kalitesinin Değerlendirilmesi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 97 s.

Arslan, H., Güler, M., Cemek, B., Demir, Y., 2007. Bafra Ovası Yeraltı Suyu Kalitesinin Sulama Açısından Değerlendirilmesi. **Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 4**(2): 219-226.

Arslan, H., Yıldırım, D., 2011. Bafra Ovasındaki Drenaj Kanallarının Su Kalitelerinin Çok Değişkenli İstatistiksel Analizler ile Değerlendirilmesi. **GOÜ Ziraat Fakültesi Dergisi, 28**(2): 61-71.

Ates, N., Dadaser, F., Kaplan-Bekaroglu, S.S., 2021. Evaluation of hydrogeochemical characteristics of groundwater in Mt. Erciyes Stratovolcano Aquifers. **Geochemistry International, 59**(13): 1368-1384.

Aydın, H., Emekçi M., 2005. Sızır (Gemerek – Sivas) kaynakları akiferinin hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal özellikleri. **Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Dergisi, 26(2):** 15-22.

Ayyıldız, A., 1990. Sulama Suyu Kalitesi ve Tuzluluk Problemleri. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Ders Kitabı 344, Ankara.

Barzegar, R., Moghaddam, A. A., Nazemi, A. H., Adamowski J., 2018. Evidence for the occurrence of hydrogeochemical processes in the groundwater of Khoy plain, northwestern Iran, using ionic ratios and geochemical modeling. **Environmental Earth Sciences, 597:** 1-17.

Bozdağ, A., 2017. Çumra (Konya) Ovasındaki yeraltı sularının hidrojeokimyasal özellikleri ve sulama suyu kalitesi. **Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi**, **5(3)**: 559-57.

Bulut, C., Atay, R., Uysal, K., Köse, E.,Çınar, Ş., 2010. Uluabat Gölü Yüzey Suyu Kalitesinin Değerlendirilmesi. **Su Ürünleri Dergisi**, 25 (1): 9-18.

Bülbül, E., 2010. Umurlu (Aydın) Jeotermal Sahası Yeraltı Sularının Hidrojeokimyasal İncelemesi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 144 s.

Cortatsi, B.K., Tay, C.K., Anornu, G., Hayford, E., Dartey, G.A., 2007. Hydrogeochemical evaluation of groundwater in the lower Offin basin, Ghana. **Environmental Geology, 53(8):** 1651–1662**.**

Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği İl Müdürlüğü, 2022. Yozgat İl Çevre Durum Raporu. Web sayfası: **https://ced.csb.gov.tr/2021-yili-il-cevre-durum-raporlari-i-104268**, (Erişim tarihi: Haziran 2023).

Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2011. Kayseri İl Çevre Durum Raporu. Kayseri, Türkiye.

Demer, S., 2023. Davraz Dağı (Isparta) ve çevresinde karbonat akiferde bulunan yeraltısuyunun hidrojeokimyasal gelişimi. **Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 11(2):** 669-692.

Demir, S., Arslan, B., Gönültaş, H., 2022. Faklı iklim bölgesi topraklarında erozyona duyarlılığın arazi kullanım şekillerine bağlı değişimi. **Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 1(1):** 31-38.

Freeze, R.A., Cherry, J.A., 1979. Groundwater, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 604 p.

Ghoraba, S.M., Khan, A.D., 2013. Hydrochemistry and groundwater quality assessment In Balochıstan Provınce, Pakistan. **Hydrochemistry & Groundwater Quality Assessment**, **17**(2): 185-199.

Gibbs, R.J., 1970. Mechanisms controlling world water chemistry. **Science 17:** 1088-1090.

Gözlü, M., 2022. Çelikhan (Adıyaman) İlçesinin G-Gb' Sının Hidrojeolojik İncelemesi. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Elazığ, 84 s.

Kali, N., 2008. Erzurum Ovası Su Kalitesi ve Kirliliğinin Tespiti. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Erzurum, 129 s.

Kayalar, A.O., 2015. Safaalan (Tekirdağ – Saray) Bölgesi Terkedilmiş Kömür Sahalarındaki Yeraltı ve Yüzey Sularının Hidrojeokimyasal Özellikleri ve Kullanılabilirlik Potansiyelleri. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 101 s.

Ke, X., Li, Y., Wang, W., Niu, F., Gao, Z., 2022. Hydrogeochemical characteristics and processes of thermokarst lake and groundwater during the melting of the active layer in a permafrost region of the Qinghai–Tibet Plateau, China. **Science of the Total Environment, 2:** 1-12.

Koç, H., Bulut, İ., 2016. Türkiye şekerpancarı üretminde Yozgat ilinin yeri ve önemi. **Türk Coğrafya Dergisi, 67:** 33-40.

Krishna Kumar, S., Hari Babu, S., Eswar Rao, P., Selvakumar, S., Thivya, C., Muralidharan, S., Jeyabal, G., 2016. Evaluation of water quality and hydrogeochemistry of surface and groundwater, Tiruvallur District, Tamil Nadu, India. **Applied Water Science, 7(5):** 2533–2544.

Kumar, P. J. S., Augustine, C. M., 2022. Entropy-weighted water quality index (EWQI) modeling of groundwater quality and spatial mapping in Uppar Odai Sub-Basin, South India. **Modeling Earth Systems and Environment**, **8:** 911-924.

Kutluay, E.S., 2010. Yozgat-Sivas-Kayseri Planlama Bölgesi 1/100.000 Ölçekli Çevre Düzeni Planı Araştırma Raporu. Web sayfası: **http://www.semrakutluayplanlama.com.tr/YSK_plan_aciklama.pdf**, (Erişim tarihi: Eylül 2023).

Küçükatabey, M.N., 2012. Gemici Köyü (Baskil) Çevresi Yeraltı Sularının Hidrojeokimyasal Özellikleri. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Elazığ, 80 s.

Hammer, O., 2020. Past Program, Web sitesi: https://past.en.lo4d.com/windows, (Erişim tarihi: Temmuz 2023).

Irgatoğlu, A.N., 2011. Üniversite Kampusları Fiziksel Gelişim Planlaması ve Tasarımı: Yozgat Bozok Üniversitesi Erdoğan Akdağ Kampusu Örneği. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 256 s.

Li, P., Wu, J., Qian, H., Zhang, Y., Yang, N., Jing, L., Yu, P., 2016. Hydrogeochemical characterization of groundwater in and around a wastewater ırrigated forest in the Southeastern Edge of the Tengger Desert, Northwest China. **Exposure and Health , 8:** 331-348.

Malik, N., Malik, A., Bishnoi, S., 2021. Assessment of groundwater hydro-geochemistry, quality, and human health risk in arid area of India using chemometric approach. **Arabian Journal of Geosciences, 14:** 1-25.

Mosayyebi, L., 2017. Urmiye Gölü İran Kuzey Batısındaki Kehriz Ovası'nın Yeraltı Sularının Hidrojeokimyasal Ve Bazı Kirlilik Parametrelerinin İncelenmesi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 136 s.

Mukherjee, I., Singh, U.K., 2022. Hydrogeochemical characterizations and quality evaluation of groundwater in the major river basins of a geologically and anthropogenically driven semi-arid tract of India. **Science of the Total Environment, 805:** 1-19.

Nagarajan, R., Rajmohan, N., Mahendran, U., Senthamilkumar, S., 2010. Evaluation of groundwater quality and its suitability for drinking and agricultural use in Thanjavur city, Tamil Nadu, India. **Environmental Monitoring and Assessment, 171:**289–308.

Nag, S., Suchetana, B., 2016. Groundwater quality and its suitability for irrigation and domestic purposes: a study in rajnagar block, Birbhum District, West Bengal India. **Journal of Earth Science Climatic Change, 7:** 1-15.

Patel, A., Rai, S.P., Akpataku, K.V., Puthiyottil, N., Singh, A.K., Pantolon, N., Singh, R., Rai, P., Noble, J., 2023. Hydrogeochemical characterization of groundwater in the shallow aquifer system of Middle Ganga Basin, India. **Groundwater for Sustainable Development, 21:** 1-14.

Piper, A. M., 1944. A graphic procedure in the geochemical interpretation of water-analyses. **Eos Transactions American Geophysical Union, 25 (6):** 914–928.

Ren, X., Li, P., He, X., Su, F., Elumalai, V., 2021. Hydrogeochemical processes afecting groundwater chemistry in the central part of the Guanzhong Basin, China. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 80:** 74-91.

Ramachandran, A., Sivakumar, K., Shanmugasundharam, A., Sangunathan, U., Krishnamurthy, R.R., 2021. Evaluation of potable groundwater zones identification based on WQI and GIS techniques in Adyar River basin, Chennai, Tamilnadu, India. **Acta Ecologia Sinica, 41**(84): 285-295.

ORAN, 2013. Yozgat İmalat Sanayi Raporu, Web sayfası: **https://www.oran.org.tr/tr/kurumsal/dokuman-merkezi/arastirma-ve-planlama**, (Erişim tarihi: Haziran 2023).

Özer, A., 2007. Normallik Testlerinin Karşılaştırılması. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 53 s.

Özler, E., 2016. Küre (Kastamonu) Pb-Zn-Cu Maden Alanı Çevresinin Hidrojeokimyasal Özelliklerinin ve Su-Kayaç Etkileşiminin İncelemesi. Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Karabük, 92 s.

Sağlık Bakanlığı. 2005. İnsani Tüketim Amaçlı sular Hakkındaki Yönetmelik, Sağlık Bakanlığı, 25730 sayılı ve 17.02.2005 tarihli Resmi Gazete, Ankara, Türkiye.

Şen, S., 2023. Korelasyon, Web sitesi: **https://sedatsen.files.wordpress.com/2016/11/7-sunum.pdf**, (Erişim tarihi: Temmuz 2023).

Şener, Ş., Güneş, D., 2015. Aksu (Isparta) Ovası yüzey ve yeraltı sularının hidrojeokimyasal özellikleri ve su kalitesi. **Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 21**(6): 260-269.

Şener, Ş., Şener, E., 2021. Şefaatli (Yozgat) doğusu su kaynaklarının hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal incelemesi. **Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 9**(1): 126-138.

Şener, Ş., Şener, E., Er, A., 2021. Gaziantep İli Yeraltı Sularının Hidrojeokimyasal Özellikleri ve Su Kalitesi. **Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi**, 9(4), 1253-1266.

TS 266. 2005. Sular-İnsani Tüketim Amaçlı Sular Standardı, Kabul Tarihi: 29.04.2005, TSE, Kimya İhtisas Grubu, Ankara, Türkiye.

USGS, 2020. GW_Chart Web sayfası: **https://www.usgs.gov/software/gwchart-program-creating-specialized-graphs-used-groundwater-studies**, (Erişim tarihi: Temmuz 2023).

Uysal, İ., Kılıç, A.F., 2021. Normal Dağılım İkilemi. **Anadolu Journal of Educational Sciences International, 12(1),** 220-248.

Ünal, M., 2007. Bağlıca (Etimesgut) Yeraltı Sularının Hidrojeokimyasal Özelliklerinin ve Bazı Kirlilik Parametrelerinin Belirlenmesi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 81 s.

Varol, S., Küçük, M., Davraz, A., Şener, Ş., Şener, E., Aksever, F., Kırkan, B., Tokgözlü, A., 2020. Salda Gölü Havzası güneyinin (Yeşilova/Burdur) hidrojeolojisi ve hidrojeokimyasal özelliklerinin incelemesi. **Journal of Engineering Sciences and Design, 8(1):** 74-90.

Varol, S. Şekerci, M., 2018. Korkuteli İlçe Merkezi (Antalya) su kaynaklarının su kalite indeks (WQI) yöntemi ile değerlendirmesi. **Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi 6(1):** 74-86.

Varol, S., Şener, Ş., Şener, E., 2021. Afyonkarahisar Şuhut Ovası yeraltısularının hidrojeokimyasal incelemesi. **Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 12(2):** 223-239.

Wu, C., Fang, C., Wu, X., Zhu, G., Zhang, Y., (2021). Hydrogeochemical characterization and quality assessment of groundwater using self-organizing maps in the Hangjinqi gasfield area, Ordos Basin, NW China. **Geoscience Frontiers, 12(2):**781-790.

Tarım ve Orman Bakanlığı, 2019. Kızılırmak Taşkın Yönetim Planı. Web sayfası: **https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/Ta%C5%9Fk%C4%B1n%20Y%C3%B6netim%20Planlar%C4%B1%2026.12.2022/KIZILIRMAK%20HAVZASI%20TA%C5%9EKIN%20YONETIM%20PLANI%20Y%C3%96NET%C4%B0C%C4%B0%20%C3%96ZET%C4%B0.pdf**, (Erişim Tarihi: Ağustos 2023).

Tarım ve Orman Bakanlığı, 2021. 3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi Web sayfası: **https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/NHYP%20DEN%C4%B0Z/Ye%C5%9Fil%C4%B1rmak%20NHYP.pdf**, (Erişim Tarihi: Ağustos 2023).

Tekocak-Yardımlı, B.B., 2017. Aksaray İli Yeraltı Su Kaynaklarının Hidrojeokimyasal Özelliklerinin Coğrafi Bilgi Sistemi Kullanılarak Değerlendirilmesi. Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Aksaray, 107 s.

Yetiş, A.D., 2013. Ceylanpınar Ovası Yeraltı Suyu Kalitesinin ve Kirlenme Potansiyelinin Belirlenmesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Adana, 154 s.

Yüksel, G., 2014. Kayseri İlinin Yeraltı Su Kaynaklarının Hidrojeokimyasal Özellikleri ve Su Kalitesinin Değerlendirilmesi. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri, 151 s.

Yaycılı, A.Ö., 2006. Temel Bileşenler Analizi için Robust Algoritmalar. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 56 s.

Zhang, Y., Zhang, Q., Chen, W., Shi, W., Cui, Y., Chen, L., Shao, J., 2023. Hydrogeochemical analysis and groundwater pollution source identification based on self-organizing map at a contaminated site. **Journal of Hydrology, 616:** 1-12.

EKLER

EK 1. Kuyuların Özellikleri

İLÇE	KUYU NO	KUYU ADI	KUYU TÜRÜ	KOT	DOĞU	KUZEY
Boğazlıyan	1	Devecipınar Ömer YIKILMAZ	Sondaj	1142	704579	4334616
Boğazlıyan	2	Başhoroz Anka Tohumculuk San. Ve Tic Ltd. Şti.	Sondaj	1203	706698	4338679
Boğazlıyan	3	Abdilli Terhan KÖSE	Sondaj	1107	699142	4355033
Boğazlıyan	4	Müftükışla Muammer SARAR	Sondaj	1164	707134	4338746
Boğazlıyan	5	Ovakent İçme Suyu Kuyusu	Sondaj	1206	696223	4325444
Boğazlıyan	6	Yazıcepni İbrahim ALTUN	Sondaj	1209	700531	4328306
Boğazlıyan	7	Aşağı Sarıkaya Menderes BARAN	Sondaj	1144	683702	4367435
Boğazlıyan	8	Yeni Pazar Arap KOKMAZ	Sondaj	1145	681254	4370976
Boğazlıyan	9	Yeni Kışla Ali METİN	Sondaj	1208	703463	4363230
Boğazlıyan	10	Yamaçlı Haşim ZARARSIZ	Sondaj	1123	678433	4353879
Boğazlıyan	11	Bektaşlı Alaaddin KATRANCI	Sondaj	1072	682932	4344593
Boğazlıyan	12	Yukarı Mahalle Muzaffer SARPDAĞ	Sondaj	1061	693008	4342625

İLÇE	KUYU NO	KUYU ADI	KUYU TÜRÜ	KOT	DOĞU	KUZEY
Saraykent	13	Ozan Belediye İçme Suyu Kuyusu	Sondaj	1304	718775	4389940
Saraykent	14	Parmaksız Köyü Girişi	Kaynak	1292	719414	4395518

İLÇE	KUYU NO	KUYU ADI	KUYU TÜRÜ	KOT	DOĞU	KUZEY
Çayıralan	15	Çokradan İsmail ÖZTÜRK	Sondaj	1361	723145	4356432
Çayıralan	16	Fahralı Kaynak Suyu	Kaynak	1447	724534	4359810
Çayıralan	17	Aşağı Tekke Osman KARADAVUT	Sondaj	1390	729127	4358385
Çayıralan	18	Külekci Kaynak Suyu	Kaynak	1473	729148	4365053
Çayıralan	19	Dere Kemal Kaynak Suyu	Kaynak	1451	733014	4361004
Çayıralan	20	Söbeçimen Kaynak Suyu	Kaynak	1748	738848	4357970
Çayıralan	21	Kaletepe Sadettin ÖZER	Sondaj	1535	726798	4365811
Çayıralan	22	Konuklar Ayhan ARSLAN	Sondaj	1129	723290	4364654
Çayıralan	23	Çukurören Muharrem YAYLAGÜL	Sondaj	1524	733981	4372537

İLÇE	KUYU NO	KUYU ADI	KUYU TÜRÜ	KOT	DOĞU	KUZEY
Akdağmadeni	24	Akbaş Köyü Kaynak Suyu	Kaynak	1334	745290	4397433
Akdağmadeni	25	Belediye İçme Suyu Kuyusu 2	Sondaj	1291	742096	4393787
Akdağmadeni	26	Yukarı Çulhacı Kaynak Suyu	Kaynak	1341	755054	4389768
Akdağmadeni	27	Baş Çatak Kaynak Suyu	Kaynak	1513	747926	4382992
Akdağmadeni	28	Belekcehan Belediye İçme Suyu Kuyusu	Sondaj	1291	729453	4391237
Akdağmadeni	29	Dokuz Köyü Girişi	Kaynak	1314	749180	4404482
Akdağmadeni	30	Bahçeçik Zekeriya ERTEK	Sondaj	1098	740552	4417769
Akdağmadeni	31	Halhacı Önder AYDIN	Sondaj	1635	737650	4387149

İLÇE	KUYU NO	KUYU ADI	KUYU TÜRÜ	KOT	DOĞU	KUZEY
Çekerek	32	Yukarı Karakaya Çekerek Bel. İçme Suyu Kuyusu	Sondaj	1060	704369	4434044

İLÇE	KUYU NO	KUYU ADI	KUYU TÜRÜ	KOT	DOĞU	KUZEY
Şefaatli	33	Arife Mehmet ÇETİNER	Sondaj	1012	674024	4370233
Şefaatli	34	Kumkuyu Mehmet ZAVAR	Sondaj	1044	667147	4364400
Şefaatli	35	Kızılyar Kaynak Suyu	Kaynak	946	658500	4373579
Şefaatli	36	Osmanlı Şuayip YEŞİLAY	Sondaj	966	656946	4378703
Şefaatli	37	Hüyükkışla Barış ASLANER	Sondaj	1019	660839	4382017
Şefaatli	38	Akçakoyunlu Ali YÜKSEL	Sondaj	958	640843	4377239
Şefaatli	39	Dedeli Yusuf GÜLSEVEN	Sondaj	1035	643296	4372674

İLÇE	KUYU NO	KUYU ADI	KUYU TÜRÜ	KOT	DOĞU	KUZEY
Yerköy	40	Göçerli Mehmet SAĞLAM	Sondaj	772	616126	4402146
Yerköy	41	Çakırhacılı Kaynak Suyu	Kaynak	797	607711	4407897
Yerköy	42	Çayköy Erol TURHAN	Sondaj	986	606204	4416894
Yerköy	43	Karacağaç Münür ŞAŞMAZ	Sondaj	1006	622854	4413378
Yerköy	44	Arifoğlu	Sondaj	731	642858	4397671
Yerköy	45	Hatip Mithat ARSLAN	Sondaj	803	629132	4398265
Yerköy	46	Yerköy İçme Suyu Kuyusu	Sondaj	764	626328	4388581
Yerköy	47	Eski Yerköy Kaynak Suyu	Kaynak	801	630120	4386470

İLÇE	KUYU NO	KUYU ADI	KUYU TÜRÜ	KOT	DOĞU	KUZEY
Kadışehri	48	Üçağaç Köyü Girişi	Kaynak	957	736985	4424177
Kadışehri	49	Kadışehri Ali KILIÇ	Sondaj	1012	738741	4431043

İLÇE	KUYU NO	KUYU ADI	KUYU TÜRÜ	KOT	DOĞU	KUZEY
Sarıkaya	50	Karabacak Hüsamettin ÖZTÜRK	Sondaj	1167	688570	4372602
Sarıkaya	51	Akbenli Çiftliği Refika ÜNAL	Sondaj	1181	700680	4359713
Sarıkaya	52	Tepedoğan Ali GÖRDOĞA	Sondaj	1364	698493	4367344
Sarıkaya	53	Çatak Zekeriya EROĞLU	Sondaj	1171	706831	4359761
Sarıkaya	54	Babayağmur Mustafa ASLAN	Sondaj	1260	712498	4359703
Sarıkaya	55	Akbucak Halbes Tarım Ltd. Şti.	Sondaj	1022	687951	4379565
Sarıkaya	56	Toprakpınar Celal ATİK	Sondaj	1166	696788	4372176
Sarıkaya	57	Karayakup H.Emin - Selma - Şule TATLIOĞLU - Ülviye Alev GÖRÜR	Sondaj	1086	707266	4377842
Sarıkaya	58	Akcadam Arslan YURTSEV	Sondaj	1216	725961	4383405

İLÇE	KUYU NO	KUYU ADI	KUYU TÜRÜ	KOT	DOĞU	KUZEY
Çandır	59	Çandır Mehmet SUNA	Sondaj	1315	717815	4343765

İLÇE	KUYU NO	KUYU ADI	KUYU TÜRÜ	KOT	DOĞU	KUZEY
Merkez	60	Topcu Veli AYDOĞAN	Sondaj	1199	657049	4396907
Merkez	61	Büyükincirli Şükrü TÜLÜNAY	Sondaj	1128	663255	4388412
Merkez	62	Dambasan Ahmet BAŞARAN	Sondaj	1208	628705	4422307
Merkez	63	Çadırardıç Ünal İbiş	Sondaj	1164	619657	4423337
Merkez	64	Topcu Ahmet DEMİR	Sondaj	1199	657049	4396907
Merkez	65	Dayılı Osman İBİŞ	Sondaj	859	636784	4403722
Merkez	66	Sağlık Kaynak Suyu	Kaynak	1059	636834	4412739
Merkez	67	Başıbüyük Ragıp KILIÇ	Sondaj	1047	647776	4400674
Merkez	68	Sarıhacılı Celalettin ARSLAN	Sondaj	1155	650999	4405817
Merkez	69	Azizli Kaynak Suyu	Sondaj	1221	652825	4402048
Merkez	70	Kuşcu Ladif KOÇ	Sondaj	1127	645136	4392276
Merkez	71	Kuyumcu Ali İhsan ASLANER	Sondaj	1215	647777	4404158
Merkez	72	Başıbüyük Ragıp KILIÇ	Sondaj	1047	647776	4400674

İLÇE	KUYU NO	KUYU ADI	KUYU TÜRÜ	KOT	DOĞU	KUZEY
Sorgun	73	Bahadın Salur İller Bankası 9. Bölge Müd. İçme Suyu Kuyusu	Sondaj	1163	702951	4393789
Sorgun	74	Çakırhacılı Hanifi PARLAK	Sondaj	1071	681182	4395982
Sorgun	75	Karşıyaka (Güzelyurt) Hacı EKİCİ	Sondaj	1149	687789	4407101
Sorgun	76	Agahefendi (Ahmet Efendi) Hasan Altunok	Sondaj	1108	683554	4410297
Sorgun	77	Türkiye Şeker Fabrikaları A.Ş Yozgat Şeker Fabrikası	Sondaj	1154	695824	4415338
Sorgun	78	Boğazcumafakılı Rüştü KILIÇ	Sondaj	1244	685544	4420038
Sorgun	79	Doğanlı İşletme Sahası	Sondaj	1153	696734	4416055

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı: Büşra Gülşah GÜNEŞ

Uyruğu: Türkiye (T.C)

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Yüksek Lisans	Erciyes Üniversitesi, Çevre Mühendisliği	2023
Lisans	Erciyes Üniversitesi, Çevre Mühendisliği	2020
Lise	Şehit Fuat Bahadır Buharalıoğlu Anadolu Lisesi,Yozgat	2015

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görev
2023-Halen	Nowa Enerji San ve Tic. Ltd. Şti.	8 ay
2022-2023	Menkon Çevre Tek. ve Müh. Mad. San. Tic. Ltd. Şti.	4 ay
2021-2022	İksir Kimya Tek. Mak. Müh. San. ve Tic. Ltd. Şti.	1 yıl 8 ay

YABANCI DİL

İngilizce