

**T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ŞANLIURFA BALIKLIĞÖL HAVZASI KARSTİK SU KAYNAKLARININ
KALİTE PARAMETRELERİNİN İNCELENMESİ**

Recep YETİŞ

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ŞANLIURFA
2015**

Yrd. Doç. Dr. Ayşe Dilek ATASOY danışmanlığında, Recep YETİŞ'in hazırladığı “**Şanlıurfa Balıklıgöl Havzası Karstik Su Kaynaklarının Kalite Parametrelerinin İncelenmesi**” konulu bu çalışma 05/05/2015 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

imza

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Ayşe Dilek ATASOY

.....

Üye: Yrd. Doç. Dr. Zeki TUNAY

.....

Üye: Doç. Dr. Celal AĞAN

.....

Bu Tezin Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında Yapıldığını ve Enstitümüz Kurallarına Göre Düzenlendiğini Onaylarım.

Prof. Dr. Sinan UYANIK
Enstitü Müdürü

Bu Çalışma HÜBAK tarafından desteklenmiştir.
Hübak Proje No: 14056

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirimlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ	vi
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	4
3. MATERYAL ve METOD	9
3.1. Materyal	9
3.1.1. Balıklıgöl Havzası	9
3.1.2. Örnekleme Çalışmaları	15
3.2. Metod	19
3.2.1. Verilerin Analizi	19
3.2.2. Verilerin Sınıflaması	20
3.2.3. Verileri Haritalama İşlemleri	25
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	27
4.1. Balıklıgöl Havzası Su Kalite Parametrelerinin Alansal Dağılımı ve Zamansal Değişimi	27
4.1.1. Sıcaklık	27
4.1.2. pH	29
4.1.3. Elektriksel İletkenlik	31
4.1.4. Bulanıklık	33
4.1.5. Renk	35
4.1.6. Klorür	37
4.1.7. Toplam Çözünmüş Katılar (TDS)	39
4.1.8. Sülfat	41
4.1.9. Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	43
4.1.10. Bikarbonat Alkalinitesi	45
4.1.11. Kalsiyum (Ca ⁺²) ve Magnezyum (Mg ⁺²)	46
4.1.12. Sodyum (Na ⁺) ve Potasyum (K ⁺)	49
4.1.13. Amonyum, Nitrit, Nitrat ve Toplam Azot	53
4.1.14. Florür	58
4.1.15. Deterjanlar	60
4.1.16. Ağır Metaller	61
4.1.17. Koliformlar	62
4.2. Balıklıgöl Havzası Sulama Suyu Sınıflaması	67
4.2.1. Sodyum Adsorpsiyon Oranı (SAR)	68
4.2.2. Sodyum Yüzdesi (% Na)	69
4.2.3. Kalıcı Sodyum Karbonat (RSC)	70
4.2.4. Wilcox Diyagramı	71
4.2.5. ABD Tuzluluk Diyagramı	74
4.3. Balıklıgöl Havzası Hidrokimyasal Fasiyes Sınıflaması	77
4.3.1. Piper Sınıflaması	77
4.3.2. Schoeller Sınıflaması	79
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	81
KAYNAKLAR	83
ÖZGEÇMİŞ	87

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ŞANLIURFA BALIKLIĞÖL HAVZASI KARSTİK SU KAYNAKLARININ KALİTE PARAMETRELERİNİN İNCELENMESİ

Recep YETİŞ

Harran Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. A. Dilek ATASOY
Yıl: 2015, Sayfa: 87

Türkiye'nin karstik su kaynaklarına sahip havzalarında nüfus artışı, sanayileşme, tarım ve turizm faaliyetlerinin artması gibi sebeplerden dolayı bu hassas alanların su kalitesi açısından izlenmesini zorunlu hale getirmiştir. Karstik su kaynaklarına sahip Balıklıgöl havzasında yapılan izleme çalışmasında, havzanın memba kısmında sudaki kirliliğin mevcut durumunu tespit etmek ve havzanın nihai noktası olan mansaptaki Balıklıgöl'e ne kadarının taşındığını belirlemek amaçlanmıştır. Böylece tarihi, kültürel ve dini açıdan çok büyük öneme sahip Balıklıgöl'ün sürdürülebilirliğine katkıda bulunulacaktır. Bu amaçla Nisan 2014- Ocak 2015 tarihleri arasında mevsimsel olarak havza içerisinde temsil edici 8 noktadan su örnekleri alınmıştır. Su örneklerinde sıcaklık, pH, elektriksel iletkenlik (EC), bulanıklık, toplam çözülmüş katılar (TDS), renk, sülfat (SO₄), florür (F), klorür (Cl), kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), toplam azot (TN), nitrat (NO₃), nitrit (NO₂), amonyum (NH₄), deterjanlar, bikarbonat alkalinitesi (HCO₃), Al, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, Si, Zn, toplam koliform (TC), fekal koliform (FC) ve E.coli bakterileri gibi parametrelere bakılmıştır. Elde edilen sonuçlar, ulusal ve uluslararası bir takım standart ve sınıflamalara tabi tutulmuş, ve kaynak sularına ait hidrokimyasal fasiyes tipi (Piper ve Schoeller) ve sulama suyu kalitesi (Wilcox ve ABD tuzluluk diyagramı) açısından sınıflamalar yapılmıştır. Sonuç olarak; Balıklıgöl havzası pH, su sıcaklığı ve KOİ gibi parametreler dışında fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve bazı ağır metal açısından parametreleri açısından değerlendirildiğinde havzanın memba kısmından mansabına doğru gidildikçe artış olduğu görülmektedir. Örnekleme noktaları açısından değerlendirildiğinde özellikle SSK isimli N4 nolu örnekleme noktasında daha yüksek değerler tespit edilmiştir. Mikrobiyolojik parametreler dışında diğer su kalite parametreleri açısından elde edilen sonuçlar ulusal ve uluslar arası sınıflamalara tabi tutulduğunda sınır değerleri aşmadığı ve limit değerlerin altında olduğu gözlemlenmiştir. Hidrokimyasal fasiyes açısından piper sınıflamasına göre sular; 5. tip Ca-HCO₃'lü sular olarak belirlenmiştir. Sulama suyu kalitesi açısından Wilcox diyagramına göre; SSK N4 nolu noktadaki sular "iyi-kullanılabilir", diğerleri ise "çok iyi-iyi" olarak tespit edilmiştir. ABD Tuzluluk diyagramına göre; SSK N4 nolu noktada sular C3S2, "tuzlu sular-orta sodyumlu sular bunlar bazı özel koşullarda kullanılabilir. Beyazsaray N5 nolu noktadaki sular C2S2 "orta tuzlu ve sodyumlu sular" ve diğerleri C2S1 "orta tuzlu-az sodyumlu sular" sınıfında yer almakta olup, suların tarımsal kullanım için sulama suyu açısından uygun olduğu ifade edilebilir.

Anahtar Kelimeler: Balıklıgöl havzası, su kalitesi, izleme, karstik alanlar, hidrokimyasal fasiyes,

ABSTRACT

MSc Thesis

INVESTIGATING THE WATER QUALITY PARAMETERS OF ŞANLIURFA BALIKLIĞÖL BASIN'S KARSTIC WATER SOURCES

Recep YETİŞ

Harran University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Environmental Engineering

Supervisor: Assist. Prof. A. Dilek ATASOY
Year: 2015, Page: 87

Due to population growth, industrialization, agriculture, tourism activities, and similar factors, monitoring of water quality in karstic water basins became necessary. The aims of this monitoring study of Balıklıgöl basin, which has karstic water sources, are to determine the pollution level at the ground water sources and to determine how much of this pollution is carried to Balıklıgöl, which is the discharge spring of this ground water basin. Henceforth, water samples were taken at 8 seasonally representative points between April 2014 and January 2015. All samples were analyzed for temperature, pH, electrical conductivity (EC), turbidity, total dissolved solids (TDS), color, sulphate (SO₄), fluoride (F), chloride (Cl), chemical oxygen demand (COD), total nitrogen (TN), nitrate (NO₃), nitrite (NO₂), ammonium (NH₄), detergents, bicarbonate alkalinity (HCO₃), Al, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, Si, Zn, total coliform (TC), fecal coliform (FC), and E. coli. The results were evaluated for national and international standards and classifications. They are classified according to irrigation water quality (Wilcox and USA salinity diagram), and hydrochemical facies type of ground and spring waters (Piper and Schoeller). In conclusion, some heavy metals and physicochemical parameters except pH, water temperature, and COD are increased from sources to the spring. Among the sample points, sample point of SSK N4 has the highest values. Water quality parameters except microbiological parameters are found to be within the limits according to national and international classifications. According to Piper classification of hydrochemical facies, the waters are determined as 5th type CaHCO₃ containing waters. According to Wilcox diagram of irrigation waters, samples of SSK N4 and others are determined as “good-useable” and “very good - good”, respectively. According to USA salinity diagram, samples of SSK N4 are classified as C3S2 “saline waters – medium sodium”, which can be used under certain conditions. Samples of Beyazsaray N5 are classified as C2S2 “medium salinity and sodium waters”, and others were classified as C2S1 “medium salinity and low sodium waters”; therefore, those waters are considered as suitable for irrigation.

Keywords: Balıklıgöl basin, water quality, monitoring, karstic area, hydrochemical facies

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans çalışmamın her aşamasında yardımlarını bir an olsun esirgemeyen, aydınlatıcı fikirleriyle ve önerileriyle bana daima yol gösteren saygı değer danışmanım Yrd.Doç.Dr. A. Dilek ATASOY'a; düşüncelerine her daim saygı duyduğum kendini bilime adanmış 'Güzel İnsan' Prof.Dr. M.İrfan YEŞİLNACAR'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans çalışmalarım esnasında DSİ Genel Müdürlüğünün tüm imkânlarından faydalanmamı sağlayan DSİ 6. Bölge Müdür Yrd. Ömer KAVAF'a, DSİ 15. Bölge Müdür Yrd. Metin İNCİ'ye, DSİ Genel Müdürlüğü Karst Araştırma Şube Müdürü Uğur AKDENİZ'e, arazi çalışmalarımda yanımda olan DSİ çalışanı Şükrü TATAY'a ve kayınpederim Abdurrahman DEMİR'e; Şanlıurfa Su ve Kanalizasyon İdaresi (ŞUSKİ) Genel Müdürlüğü, İçme Suyu Arıtma Tesisinin tüm olanaklarından yararlanmamı sağlayan Kimyager Cumali TÜRKOĞLU'na ve lojistik desteklerinden ötürü Yrd. Doç. Dr. Zehra VELİOĞLU'na, ağabeyim Doç. Dr. Orhan Taner CAN'a ve Ozan K. BEKMEZCİ'ye sonsuz şükranlarımı sunarım.

Yüksek lisans eğitimi almaya karar vermemde büyük destekleri olan manevi babam Prof. Dr. Ahmet YÜCEER'e, o dönem daire başkanım Dr. Ferat YÜKSEL'e, nezaket abidesi, elleri öpülesi Ayla Gül EMRAHOĞLU'na, ablam Av. Elif Işıl KILIÇARSLAN'a, bu dünyanın bana en güzel hediyesi eşim Yrd. Doç. Dr. Ayşegül DEMİR YETİŞ'e, aileme ve dostlarıma teşekkürü borç bilirim.

Recep YETİŞ, 2015

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 3.1. Şanlıurfa-Balıkliğıl havza sınırını gösterir google earth uydu görüntüsü.....	9
Şekil 3.2. Şanlıurfa-Balıkliğıl havza sınırını gösterir Karst Hidroloji haritası.....	10
Şekil 3.3. a-Şanlıurfa merkez Halil-ür Rahman gölü ve çevresi jeolojik haritası.....	12
b- I-I jeolojik kesiti.....	12
Şekil 3.4. Çalışma alanına ait coğrafi görünüm ve örnek alma noktaları.....	17
Şekil 3.5. Örnekleme noktaları ve yapılan çalışmaya ait görüntüler.....	18
Şekil 3.6. Hidrokimyasal verilerin değerlendirilmesi için kullanılan Piper Diyagramı.....	24
Şekil 4.1. Su sıcaklığının örnekleme noktalarına göre mevsimsel değişimi.....	28
Şekil 4.2. Su sıcaklığının mevsimlik ortalamasına ait alansal dağılım haritası.....	29
Şekil 4.3. pH'ın örnekleme noktalarına göre mevsimsel değişimi.....	30
Şekil 4.4. pH'ın mevsimlik ortalamasına ait alansal dağılım haritası.....	31
Şekil 4.5. Elektriksel iletkenliğin örnekleme noktalarına göre mevsimsel değişimi.....	32
Şekil 4.6. Elektriksel iletkenliğin mevsimlik ortalamasına ait alansal dağılım haritası.....	33
Şekil 4.7. Bulanıklığın örnekleme noktalarına göre mevsimsel değişimi.....	34
Şekil 4.8. Bulanıklığın mevsimlik ortalamasına ait alansal dağılım haritası.....	35
Şekil 4.9. Renk parametresinin örnekleme noktalarına göre mevsimsel değişimi.....	36
Şekil 4.10. Renk parametresinin mevsimlik ortalamasına ait alansal dağılım haritası.....	37
Şekil 4.11. Klorürün örnekleme noktalarına göre mevsimsel değişimi.....	38
Şekil 4.12. Klorürün mevsimlik ortalamasına ait alansal dağılım haritası.....	39
Şekil 4.13. TDS'nin örnekleme noktalarına göre mevsimsel değişimi.....	40
Şekil 4.14. TDS'nin mevsimlik ortalamasına ait alansal dağılım haritası.....	41
Şekil 4.15. Sülfatın örnekleme noktalarına göre mevsimsel değişimi.....	42
Şekil 4.16. Sülfatın mevsimlik ortalamasına ait alansal dağılım haritası.....	43
Şekil 4.17. KOİ'nin örnekleme noktalarına göre mevsimsel değişimi.....	44
Şekil 4.18. KOİ'nin mevsimlik ortalamasına ait alansal dağılım haritası.....	44
Şekil 4.19. Alkalinitenin örnekleme noktalarına göre mevsimsel değişimi.....	45
Şekil 4.20. Alkalinitenin mevsimlik ortalamasına ait alansal dağılım haritası.....	46
Şekil 4.21. Kalsiyumun örnekleme noktalarına göre mevsimsel değişimi.....	47
Şekil 4.22. Magnezyumun örnekleme noktalarına göre mevsimsel değişimi.....	47
Şekil 4.23. Kalsiyumun mevsimlik ortalamasına ait alansal dağılım haritası.....	48
Şekil 4.24. Magnezyumun mevsimlik ortalamasına ait alansal dağılım haritası.....	49
Şekil 4.25. Sodyumun örnekleme noktalarına göre mevsimsel değişimi.....	50
Şekil 4.26. Potasyumun örnekleme noktalarına göre mevsimsel değişimi.....	50
Şekil 4.27. Sodyumun mevsimlik ortalamasına ait alansal dağılım haritası.....	52
Şekil 4.28. Potasyumun mevsimlik ortalamasına ait alansal dağılım haritası.....	52
Şekil 4.29. Amonyumun örnekleme noktalarına göre mevsimsel değişimi.....	54
Şekil 4.30. Nitritin örnekleme noktalarına göre mevsimsel değişimi.....	54
Şekil 4.31. Nitratın örnekleme noktalarına göre mevsimsel değişimi.....	55
Şekil 4.32. Toplam Azotun örnekleme noktalarına göre mevsimsel değişimi.....	55
Şekil 4.33. Amonyumun mevsimlik ortalamasına ait alansal dağılım haritası.....	57
Şekil 4.34. Nitritin mevsimlik ortalamasına ait alansal dağılım haritası.....	57
Şekil 4.35. Nitratın mevsimlik ortalamasına ait alansal dağılım haritası.....	58
Şekil 4.36. Toplam Azotun mevsimlik ortalamasına ait alansal dağılım haritası.....	58
Şekil 4.37. Florürün mevsimlik ortalamasına ait alansal dağılım haritası.....	59
Şekil 4.38. Toplam Azotun mevsimlik ortalamasına ait alansal dağılım haritası.....	60
Şekil 4.39. Silisyumun örnekleme noktalarına göre mevsimsel değişimi.....	61
Şekil 4.40. Silisyumun mevsimlik ortalamasına ait alansal dağılım haritası.....	62
Şekil 4.41. E-Koli bakterilerinin örnekleme noktalarına göre mevsimsel değişimi.....	64
Şekil 4.42. Fekal koliformların örnekleme noktalarına göre mevsimsel değişimi.....	64
Şekil 4.43. Toplam koliformların örnekleme noktalarına göre mevsimsel değişimi.....	65
Şekil 4.44. <i>E. coli</i> bakterilerinin mevsimlik ortalamasına ait alansal dağılım haritası.....	66
Şekil 4.45. Fekal koliformun mevsimlik ortalamasına ait alansal dağılım haritası.....	66
Şekil 4.46. Toplam koliformun mevsimlik ortalamasına ait alansal dağılım haritası.....	67
Şekil 4.47. Örnekleme noktalarının mevsimlik ortalamasına ait %Na değerleri.....	68

Şekil 4.48. Örnekleme noktalarının mevsimlik ortalamasına ait %Na değerleri.....	69
Şekil 4.49. Örnekleme noktalarının mevsimlik ortalamasına ait RSC değerleri	70
Şekil 4.50. Gözlem noktalarına ait mevsimsel ortalamaların Wilcox diyagramındaki gösterimi	72
Şekil 4.51. Şanlıurfa Balıklıgöl Havzası Karst Hidroloji Etüt Raporunda yer alan verilere ait Wilcox diyagramı.....	73
Şekil 4.52. Balıklıgöl havzası karst su kaynakları örnekleme noktalarına ait mevsimsel ortalamaların ABD tuzluluk diyagramındaki gösterimi.....	75
Şekil 4.53. Balıklıgöl karst hidrolojisi etüt raporu çalışmasına ait ABD tuzluluk diyagramı	76
Şekil 4.54. Piper'a göre aynı hidrokimyasal fasiyese sahip Balıklıgöl havzası örnekleme noktaları..	78
Şekil 4.55. Balıklıgöl karst hidrolojisi etüt raporu çalışmasına ait Piper diyagramı	79
Şekil 4.56. Schoellere göre aynı hidrokimyasal fasiyese sahip Balıklıgöl havzası örnekleme noktaları.....	80

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 3.1. Yeraltı Su Kompozisyonu ile Litoloji İlişkisi	13
Çizelge 3.2. Örnekleme noktalarına ait koordinatlar.....	16
Çizelge 3.3. Suyun genel tuzluluk özellikleri.....	22
Çizelge 3.4. Suyun genel sodyum tehlikesi özellikleri.....	22
Çizelge 3.5. Piper diyagramındaki (Şekil 3.6) numaraların açıklamaları.....	25
Çizelge 4.1. SAR'a göre sulama suyu sınıflaması	68
Çizelge 4.2. Suların %Na'a göre sınıflandırılması	70
Çizelge 4.3. Suların RSC sınıfı	71

1. GİRİŞ

Yaşamın varlığı ve devamı için olmazsa olmaz en önemli kaynak olan su, toplumun ekonomik gelişimini de etkileyen doğal ve sınırlı bir kaynaktır. Dünyanın geleceği, hızla artan nüfusla beraber tatlı su kaynaklarının kirlenmesi ve tükenmesiyle tehdit altındadır (Yıldız, 2009). Günümüzde dünya nüfusunun % 40'ını oluşturan 80 ülkede önemli bir derecede su kıtlığı görülmektedir. Küresel ısınmayla beraber yeni bir kurak döneme girildiği yolundaki analizler, sıkıntının devasa boyutta olduğunu göstermiş; küresel ölçekte su açığı ve yaşamın sürdürülebilirliği tüm dünya halklarının ortak sorunu olarak karşımıza çıkmaktadır. Şuan gelinen noktada, mevcut su kaynaklarının iktisadi, topluma yararlı en randımanlı biçimde tasarrufunu ve yönetimini lüzumlu kılmaktadır (Yavuz, 2011).

Yeryüzüne düşen tüm yağışlar düştüğü bölgenin yer şekilleri, zemin yapısı ve jeolojik formasyonuna bağlı olarak kendine bir su yolu belirler. Bu yolların oluşturduğu ve akarsuyun toplandığı belirli bir hidrolojik sisteme ya da dere, nehir, sulak alan, göl ya da okyanus gibi yüzeysel su kaynaklarına su taşıyan alanlara havza denmektedir (Daeghouth ve ark., 2008).

Yüzey sularının insan faaliyetlerine yetmediği hallerde tatlı su temininde yeraltı suyu kullanımı olabildiğine artmaktadır. İnsanlık tarihinin her döneminde ve hatta günümüzde dahi içme suyu kaynağı olarak kullanılmış olup, şu gün dahil dünya nüfusunun yarısından fazlası yaşamlarını devam ettirebilmek için yeraltı sularına muhtaçtır (Demir Yetiş, 2013). Yeraltı suyu yüzeyden daha aşağıda, geçirgen yapılardan süzülerek doygun zemin veya geçirimsiz jeolojik formasyon üzerinde bulunan su olarak tanımlanır (Yenigün, 2009). Karst ise öncelikle karbonatlı kayalarda gelişen, özel çözünme yapılarına sahip yer şekilleri olarak karakterize edilir. Sürekli yüzey akışının olmayışı ve karstik şekillerin oluşması; sıklıkla mağaraların görülmesi ve genellikle geniş yeraltı geçişlerinin yani kanalların bulunması ve karbonatlı serilerin büyük kaynaklar şeklinde boşalım yapması gibi sebeplerden dolayı karst bir yüzey yapısı olmasının yanı sıra yeraltı yapısı ve akifer olarak da tanımlanabilir (DSİ, 2006).

Su kaynakları arasında en önemli ve hidrosferik açıdan en zengin olanıdır. Her yerde gerekli derinliğe kuyular vasıtasıyla inildiklerinde bulunması, yüzeysel

kirlenmelere karşı muhafazalı olmaları, sıcaklık farklarının yaz ve kış aylarında fazla değişmemesi gibi özellikleri vardır. Bir başka özelliği de yeraltına süzülürken değişik jeolojik kayaç içerisindeki mineralleri çözerek içimi diğer su kaynaklarına nazaran daha uygun halde olmasıdır (Şen, 2003). Aynı zamanda yeraltı suyu evsel, endüstriyel ve tarımsal faaliyetler için de kaynak olarak kullanılır (Delgado ve ark., 2010). Bazı bölgelerde akarsu akışlarının ana kaynağını oluşturur. Ekosistemin çeşitliliği, sürdürülebilirliği ve canlı varlıklar için de gerekli olup, doğal ortamlarında önemli bir birleşenidir (Demir Yetiş, 2013). Ayrıca depremlerin oluşumu, petrolerin göçü ve birikmesi, bazı maden yataklarının oluşumu, zemin ve yeryüzü şekillerinin oluşumu gibi bazı jeolojik süreçlerin anlaşılmasında da anahtar rol oynamaktadır (Freeze ve Cherry, 1979).

Ülkemizde, devletin kontrolünde olup "167 sayılı Hakkında Kanun" ile 1961 yılında yasalaştırılmış ve tüm işlemleri devlet adına Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü yürütmektedir. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Jeoteknik Hizmetler ve Dairesi Başkanlığı özel ve tüzel kişilerin yeraltı suyu kullanım isteklerini “Tüzüğü” ve “Yönetmeliği” çerçevesinde inceleyerek “Yeraltı suyu Arama ve Kullanma Belgeleri”ni hazırlar ve bunların kontrol ve denetimini yapar (DSİ mevzuatı, 2015).

Karstik alanlar, kabaca dünyanın kara bölgelerinin (buzullar dışında) %12'sini oluşturmaktadır. Karbonat kayaçları kuzey yarım kürede daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Dünya nüfusunun büyük bir kısmı karbonat kayaçlarının kapladığı önemli alanlarda yaşamaktadır. Dünya nüfusunun % 25'inin ise su ihtiyacının büyük bir kısmının karst sularından karşılandığı tahmin edilmektedir (Akdeniz, 2004).

Karst sisteminde yeraltı suyu akımı genellikle kırık, çatlak, eklemler ve karst boşlukları ile olmaktadır. Eğer karstik kaynaklar, içme ve kullanma suyu olarak kullanılıyorsa, kirlenme bakımından çok iyi korunması gerekir. Çünkü karst sisteminde yeraltı suyu hareketi diğer detritik malzemelerden meydana gelen akiferlere göre daha hızlı olduğundan insanların kullandığı suni gübreler, muhtemel organizma artıkları (ahır, ağıl, vs.) ve sanayi artıkları kolayca yeraltına intikal ederek yeraltı suyunu kirlendirir. Bunun sonucu olarak da kaynak boşalımında olumsuz etkiler görülür (Bozkurt, 2013). ve dolayısıyla karstik sistemlerin kirlenmesine neden olan kaynaklar aynı içeriklidirler. Bunlar;

- Kentsel (kanalizasyondan sızma, sıvı atıklar, katı atıklar),
- Endüstriyel (sıvı atıklar, depo ve boru hatları, sızma/sızıntı, maden çalışmaları, petrol salamurası),
- Tarımsal (sulama geri dönüş suyu, hayvan atıkları, gübreleme ve toprak düzenlemeleri, pestisitler)
- Çeşitli (kaza sonucunda kirletici yayılımı, yüzey malzeme depolaması, foseptik ve lağım çukurları, yolların tuzlanması, tuzlu su girişi vb.) olarak ifade edilebilir (Doğdu, 2013).

Son yıllarda sıkça bahsedilen ve popüler bir sorun haline gelen iklim değişimleri ve bu iklim değişimlerinin olumsuz etkileri karşısında daha da önem kazanan su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi ulusal ve uluslararası gündemin en önemli maddesi durumundadır. Birleşmiş Milletler, 2005 – 2015 döneminde çalışmalarının ana temasını ‘yaşam için su’ şeklinde tanımlamıştır. Su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi her şeyden önce etkin bir korumayı gerektirmektedir. Su kaynaklarının miktar ve kalite açısından etkin bir koruma ve yönetim modelinin oluşturulması için su kaynağının bulunduğu sistemin, fiziksel parametreleri (litostratigrafi, tektonik, morfoloji) ile dinamik özellikleri (yağış rejimi, süzülme, beslenme, dolaşım, depolama) arasındaki ilişkilerin sağlıklı bir şekilde tanımlanması ve bu ilişkilerin bir ‘hidrojeolojik kavramsal model’ çerçevesinde değerlendirmek gerekmektedir (Baykara, 2007).

Sonuç olarak Balıklıgöl havzası karstik su kaynaklarında yapılan bu izleme çalışmasının amacı havzanın memba kısmındaki kirliliğin mevcut durumunu ve nihai noktası olan mansaptaki Balıklıgöl'e ne kadarının taşındığını belirlemek; tarihi, kültürel ve dini açıdan çok büyük öneme sahip Balıklıgöl'ün sürdürülebilirliğine katkıda bulunmak amaçlanmıştır. Yapılacak bu çalışma alan için ileride yapılması planlanan Balıklıgöl havzası karstik su kaynaklarında izotop ve boya deneyleriyle inceleme çalışmasına da ışık tutacaktır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Dişli ve ark. (2003) tarafından yapılan çalışmada Şanlıurfa Balıklıgöl suları fiziksel parametreler yönüyle değerlendirilmiştir. Bu amaçla iki ayda bir gölün giriş, orta ve çıkış kısımlarından numuneler alınarak birçok fiziksel parametrenin analizi yapılmıştır. Sonuç olarak mevsimlere göre incelenen söz konusu fiziksel kirlilik parametrelerinin standartlara uygun olduğu görülmüştür.

Dişli ve ark. (2004) tarafından yapılan çalışmada Şanlıurfa Balıklıgöl sularının kalite yönüyle değerlendirilmiştir. 2 ayda bir gölün giriş, orta ve çıkış kısımlarından numuneler alınmış ve birçok kimyasal parametrenin analizi yapılmıştır. Sonuç olarak mevsimlere göre incelenen söz konusu kirlilik parametrelerinin standartlara uygun olduğu görülmüştür.

Dişli (2002) tarafından Balıklıgöl'de su kalitesini değerlendirmek için 2 ayda bir gölün 3 noktasından alınan numunelerde ölçümler yapılmıştır. Sonuçta kirlilik parametrelerinin standartlara uygun olduğu tespit edilmiş olup, sadece askıda katı madde miktarının limit değerin üzerinde olduğu görülmüştür.

Akdeniz (2013) tarafından yapılan çalışma ve DSİ (2011) Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltı suları Dairesi Başkanlığının katkılarıyla hazırlanan “Şanlıurfa Karst Hidrojeolojisi Etüt Raporu”nda Balıklıgöl kaynaklarının çıkış şekilleri ile beslenme alanının belirlenmesi, yeraltı suyu rezervinin hesaplanması, yeraltı suyu kirlenme nedenlerinin ve alınması gereken önlemlerin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Sonuç olarak; Balıklıgöl kaynağının çıktığı formasyon, beslenme ve doğal boşalimler ve bunların kaynakları, kaynak debileri ve baz akım analizleri, kaynak akımlarının mevsimsel yağışla olan ilişkisi, doğal durumdaki kaynak akımlarının nasıl olması gerektiği ve son olarak havza içerisindeki boşalım miktarının daha çok belgesiz çekimlerden kaynaklandığı ile ilgili bilgilere ulaşılmıştır.

Bayhan (2013), Balıklıgöl'de balıkların ölümüne neden olan ve analiz sonuçlarıyla da desteklenen mikrobiyolojik kirlilik kaynaklarının tespiti ve giderilmesi için Halk Sağlığı Müdürlüğü koordinatörlüğünde; Belediye Başkanlığı, DSİ 15. Bölge Müdürlüğü, Çevre Koruma Vakfı, Harran Üniversitesi, Gıda, Tarım ve Hayvancılık İl Müdürlüğü ile Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü teknik

personellerinin katılımıyla 13.03.2013 tarihinde bir komisyon oluşturulmuştur. Komisyon tarafından toplantılar ve bir takım çalışmalar yapılarak çeşitli önlemler alınmıştır. Çalışmalardan birinde göle yakın 4 noktada, indikatör boya izleme deneyi uygulanmış ancak alanın genişliğinden dolayı beklenen renk değişimi gözlemlenememiş ve istenen sonuca ulaşılamamıştır.

Yenigün (2009) tarafından Kasım 2008 – Temmuz 2009 tarihleri arasında aylık olarak, Harran Ovası'nda 11 kuyudan numuneler alınıp Na^+ , K^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} , Cl^- , SO_4^{-2} , HCO_3^- , NO_3^- parametreleri analiz edilmiştir. Sıcaklık, pH, elektriksel iletkenlik (EC) ve toplam çözünmüş katı madde (TDS) gibi parametreler arazide ölçülmüştür. Toplam sertlik, sodyum absorpsiyon oranı (SAR), %Na hesaplanarak elde edilmiştir. Çalışma sonucu olarak, ulusal ve uluslararası standartlara göre içme suyu kalitesi, tarımsal sulama suyu kalitesi, hidrojeokimyasal fasiyes açısından ölçüm ve analiz değerlendirmeleri yapılmış ve sınıflamalara tabi tutulmuştur.

Bayındır (2006) tarafından Ortadoğu'nun en büyük yeraltı suyu rezervine sahip olan Harran Ovası'nda Ekim 2005 - Haziran 2006 tarihleri arasında aylık olarak yapılan çalışmada yeraltı suyu kalitesini izlemede kullanılan parametrelerin analizi yapılarak yeraltı suyu kirlilik potansiyeli belirlenmiştir. Ovanın bazı kesimlerinde 0.5–10 m düzeyleri arasındaki derinliklerde yeraltı suyuna rastlamışlardır. Ova genelinden bölgeyi temsil edici 23 örnekleme noktası seçilip sıcaklık, pH, EC, Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^+ , K^+ , Cl^- , SO_4^{-2} , $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, PO_4 , TOK, TÇK ve bulanıklık ölçümleri yapılmıştır. Analiz ve ölçüm sonuçlarına göre elde edilen bulgularla kirliliğe neden olan parametreler için kirlilik haritaları oluşturulmuştur.

Yıldız (2009) tarafından yapılan çalışmada kuyulardan alınan numunelerin pH, sıcaklık, elektriksel iletkenlik değişkenleri yerinde ölçülmüş, laboratuarda ise kation ve anyon ölçümleri yapılmıştır. Sonuçlar grafiksel yöntemlerle, standartlar ve yönetmeliklerle mukayese edilmiştir. Bölgeye ait su kimyası analiz verileri doğrultusunda Piper, Schoeller, Wilcox ve ABD Tuzluluk diyagramları çizilmiş, bor ve florür analiz sonuçlarıyla içme suyu ve sulama suyu standartlarıyla değerlendirmeleri yapılmıştır. Hidrojeolojik incelemeler sonucunda bölgenin hidrojeolojik oluşumları tariflendirilip, mineral doygunlukları karşılaştırılmış; su numunelerinin hangi jeolojiye ait akiferden geldiği yorumlanmıştır

Kaçaroğlu (2006) tarafından yapılan çalışmada, karstik jeoformasyon niteliği taşıyan Gökpınar kaynaklarının hidrojeolojik özelliklerinin, kaynakların boşalım rejiminin ve suların kimyasal özellikleri ve kaliteleri belirlenmiştir. Bölgedeki suların kalite açısından içme suyu standartlarına uygun olduğu görülüp genellikle Ca^{+2} , Mg^{+2} ve HCO_3^{-1} iyonlarının baskınlığı kabul edilip, kalsiyum bikarbonatlı tipte olduğu görülmüştür. Numunelerin analizi sonucu suların sulama suyu açısından "orta derecede tuzlu, düşük sodyumlu sular" sınıfında ve ABD Tuzluluk diyagramında C2 S1 sınıfında yer aldığı tespit edilmiştir.

Pasvanoğlu ve ark. (2005) tarafından Orhangazi'de yapılan çalışmada bölgedeki yeraltı suyu kaynaklarından alınan numunelerin 1999 Marmara depreminden önceki ve sonraki tarihlere ait fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları Schoeller ve Piper diyagramlarında karşılaştırılmış olup kaynaklara ait çevresel izotop konsantrasyon sonuçlarına bağlı olarak suların fasiyesleri araştırılmış ve yorumlanmıştır.

Ekemen ve ark. (2001) tarafından Sivas'ın aşağı yukarı 40 km güneydoğusunda bulunan Tecer Dağında yapılan jeolojik incelemeler sonucunda dağın Mestriştıyen-Tanesiyen yaşlı kireçtaşından (Tecer Kireçtaşı) oluşmuş olduğu tespit edilmiştir. Tecer Kireçtaşının hidrojeolojik özellikleri, kimyası ve kalitesi belirlenmiş, çalışmalar kapsamında Tecer dağı bölgesinin hidrojeoloji haritası oluşturulmuştur aynı zamanda bölgede belirlenen örnekleme noktalarında suyun fiziksel ve kimyasal olarak ölçümleri ve analizleri yapılmıştır. Arazi boyutlandırmaları, ölçümleri, hava fotoğrafları ve uydu görüntüleri yardımıyla kırık izleri ve karstik yapılar incelenmiştir.

Çelik ve ark. (1996) tarafından Girdev Gölü ve Kazanpınarı Kaynağı arasında genellikle kireçtaşından oluşan karstik yapıya sahip alanı temsil niteliği taşıyan kuyularda yapılan çalışmalarda yeraltı suyunun akım yönü ve hızı, Girdev Gölü suları ile ilişkisi ve litolojik ve yapısal özelliklerin yeraltı suyu dolaşımı üzerine etkisi araştırılmıştır. Fluoresein boya deneyi ile yeraltı suyu görünür akım hızı ölçülmüştür.

Acar ve ark. (2010) tarafından Kütahya ilinin Emet ve Hisarcık ilçeleri civarında yapılan çalışmada bölgeyi temsil nitelikli 10 adet su kuyusundan numuneler alınmıştır. Alınan bu yeraltı suyu örneklerinde, suların kalitesini tayin

etmek amacıyla fizikokimyasal (sıcaklık, pH, elektriksel iletkenlik, tuzluluk, çözülmüş oksijen, oksijen doygunluğu, NO₃-N ve NH₄-N), inorganik (Al, As, B, Fe, Mn, Zn, Cu, Ni, Cd, Cr, Pb, Ca, K, P, Na, Mg) ve mikrobiyolojik (toplam koliform) ölçümleri yapmıştır. Çalışmalarının neticesinde, SPSS 11.5 bilgisayar yazılımı yardımıyla varyans analizi metodu uygulanarak "Tukey çoklu karşılaştırma testi"ne tabi tutulmuş olup elde edilen ortalama veriler arasındaki farkın önem durumu yorumlanmıştır. Ayrıca tespit ettikleri veriler, SKKY (Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği), TSE (Türk Standartları Enstitüsü), WHO (Dünya Sağlık Örgütü) ve EPA (Amerika Çevre Koruma Ajansı) kıstaslarına göre değerlendirilmiş ve bölge sularının içme suyu olarak kullanılmasının uygun olmadığı tespit edilmiştir.

Güllüoğlu (2006) tarafından Harran Ovası'nda yapılan çalışmada bölgede yapılan tarımsal faaliyetler ve sulamalar neticesinde nın nasıl etkilendiğini tespit etmek amacıyla, 9 aylık bir periyotta Harran Ovası'nın genelini temsil edecek 24 tane kuyu belirlenmiş ve bu kuyulardan ayda bir olmak üzere numuneler alınmış, Ca⁺², Mg⁺², Na⁺, K⁺, Cl⁻, SO₄⁻², HCO₃⁻, NO₃, toplam katyon, toplam sertlik, kalsiyum karbonat sertliği, magnezyum karbonat sertliği, pH, EC, çözülmüş oksijen, sıcaklık, TDS, bulanıklık, SAR, RSC, %Na, toplam anyon, toplam iyon parametrelerinin ölçüm ve analizleri yapılmıştır. Elde edilen veriler, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği, TS 266, WHO (Dünya Sağlık Örgütü) ve EU (Avrupa Birliği) normları baz alınarak karşılaştırılıp, tartışılmıştır. Ayrıca, Schoeller, Piper, Wilcox, ABD Tuzluluk ve Schoeller yarı logaritmik diyagramlar oluşturulmuş olup suların hidrokimyasal köken sınıflaması ve sulama suyu açısından sınıflandırmaları gerçekleştirilmiştir.

Yıldırım (1992) tarafından Konya ili Ereğli ilçesi İvriz Barajı civarında DSİ ve vatandaşa ait olan toplam 16 su kuyusundan Ocak ve Haziran ayları dâhil olmak üzere her ay numuneler alınıp, kuyuların su seviye ölçümleri ve kimyasal analizleri yapılmıştır. Kuyularda alçalma yükselme oranları göz önünde bulundurularak taban suyu seviye hidrogları çizilmiş, tuzluluk miktarları arasında farkları gözlemlemek amacıyla elektriksel iletkenlik parametreleri arasında ilişkiler incelenmiştir. Yapılan gözlemler ve ölçümler neticesinde yüksek derecede tuzlu olan yeraltı suyunun tarımsal sulama için kullanıma uygun olmadığı belirlenmiş iyi kalitede bir su olan

İvriz Barajı suyu ile bölgenin yeraltı suyunun belirli oranlarda karıştırılıp tuzluluk konsantrasyonu düşürülerek tarımsal sulamada kullanılabilirliği araştırılmıştır.

3. MATERYAL ve METOD

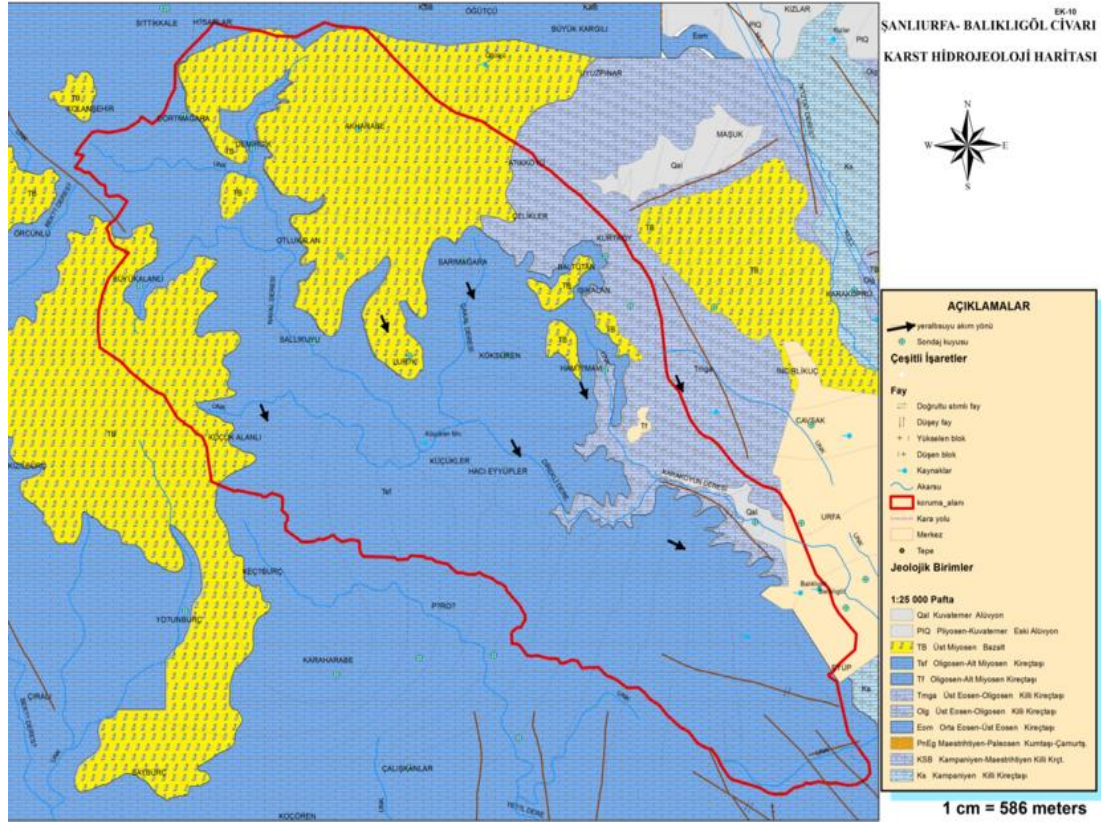
3.1. Materyal

3.1.1. Balıklıgöl Havzası

Balıklıgöl havzası Şanlıurfa ili sınırları içerisinde olup doğuda $37^{\circ} 09'$ enlem (E) $38^{\circ} 47'$ boylamları (B); batıda $37^{\circ} 13'$ E ve $38^{\circ} 36'$ B; kuzeyde $37^{\circ} 15'$ E ve $38^{\circ} 38'$ B; güneyde ise $37^{\circ} 07'$ E ve $38^{\circ} 44'$ B. arasında kalmaktadır. Havza doğuda Hasanpaşa Cami, batıda Büyükalanlı köyü, kuzeyde Hisarlar köyü ve güneyde Kadıkendi köyü ile çevrilidir. Havza sınırına ait google earth uydu görüntüsü ve Karst Hidroloji haritası Şekil 3.1 ve Şekil 3.2'de yer almaktadır.



Şekil 3.1. Şanlıurfa-Balıklıgöl havza sınırını gösterir google earth uydu görüntüsü (Bozkurt, 2013)

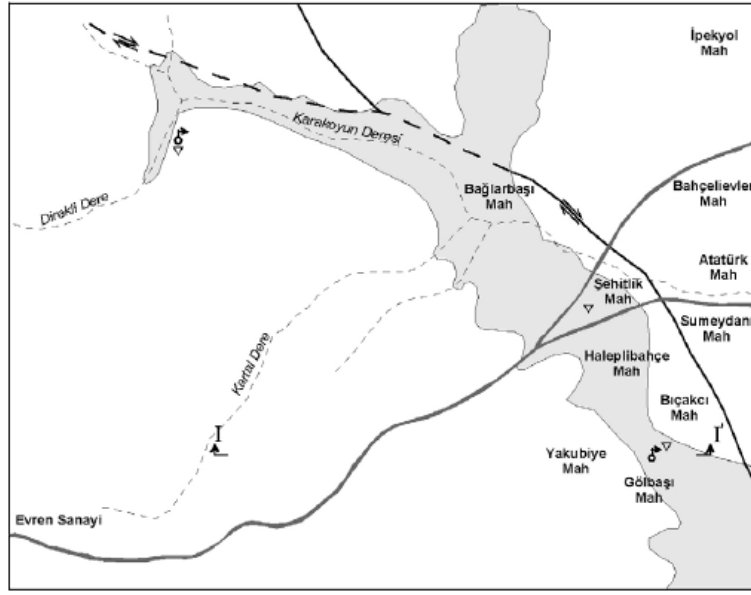


Şekil 3.2. Şanlıurfa-Balıklığöl havza sınırını gösterir Karst Hidroloji haritası
(Bozkurt, 2013; DSİ, 2012)

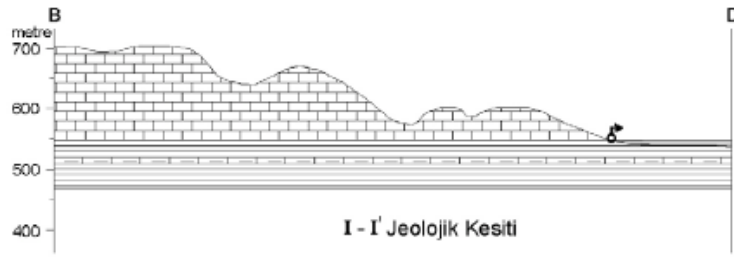
Balıklığöl havzası iklim ve bulunduğu nahiye bakımından Şanlıurfa ve Güneydoğu Anadolu Bölgesinde hâkim olarak görülen karasal iklim özelliğini temsil etmektedir. Karasal iklimin en belirgin özellikleri olan, gece-gündüz ve yaz-kış ortalama sıcaklıkları arasında büyük farklar bu bölgede belirgin olarak görülmektedir. Senelik sıcaklık farkı ara ara 40°C'yi aşar. Şanlıurfa'da yaklaşık bir asırdır yapılan sıcaklık ölçümü verilerine göre yıllık ortalama sıcaklık 18.3 °C olarak belirlenmiş olup, bu güne kadar yapılan ölçümlerde Şanlıurfa'da en yüksek sıcaklık 30 Temmuz 2000 yılında 46.8 °C olarak tespit edilmiştir. Sıcaklık ortalamasının en yüksek olduğu aylar Temmuz ve Ağustos aylarıdır. Sıcaklık ortalamasının en düşük olduğu, en soğuk ay olan Şubat'tır ve bu ayda sıcaklık ortalamasının sıfırın altına düştüğü görülmektedir (DSİ, 2012).

Balıklığöl havzasında kış aylarında yağışlar ve yeraltı sularının yükselmesi ile oluşan ve yüzeysel akışa geçen Karakoyun Deresi havzada drenaj görevi görmekte

olup, akışa geçtiği zamanlarda ise dere yatağına atılan sanayi ve evsel atıkları taşımaktadır. Kuzeybatı ve güneydoğu güzergâhında bir fay zonu boyunca oluşumunun tamamlandığı tartışılan Karakoyun Deresi ve onun oluşturduğu vadi, alüvyon birikinti malzeme ile kaplıdır. Bu derenin etrafında bölgede en sık rastlanılan Midyat kireçtaşı formasyonu kayaçlarının oluşturduğu orta yükseklikte tepeler bulunmaktadır. Vadinin kuzeybatısındaki Direkli ve güneydoğusundaki Balıklıgöl kaynakları olmak üzere iki ayrı yeraltı suyu boşalımı bu havzada görülmektedir (Şekil 3.3-a). Bu vadiyi ve çevresindeki kayaçları kesecek biçimde batı-doğu yönlü alınan jeolojik kesit Şekil 3.3-b'de verilmektedir. Şekilden de görüldüğü gibi, kireçtaşı biriminin altında killi, marnlı ve kireçtaşlı bir katman ortaya çıkmaktadır. Su kaynaklarının da bu iki farklı katmanın dokanağından çıktığı tespit edilmiştir. DSİ tarafından 1996 yılında Karakoyun deresi üzerinde yapılan detaylı ölçümlerde, derenin 41.1 m³/s'lik bir taşkın debisine sahip olduğu tespit edilmiştir. Bölgede en büyük yeraltı suyu boşalımı Direkli ve Balıklıgöl kaynaklarıdır. DSİ tarafından yapılan jeolojik incelemeler ve zemin etüdü sonucuna göre bölgede akifer özelliği taşıyan ve yeraltı suyunun bulunduğu kayaç, Eosen yaşlı Midyat kireçtaşı formasyonudur ve bunun bir alt katmanı olarak geçirimsiz özelliğe sahip Paleosen yaşlı Germav formasyonun bulunduğu tespit edilmiştir. Midyat formasyonunun alttaki geçirimsiz katman nedeniyle, özellikle tektonik etkilere de bağlı olarak, su hareketlerinin ve karstlaşmanın gelişmesine neden olduğu sanılmaktadır. Midyat kireçtaşı formasyonu kırıklı, çatlaklı bir özelliğe sahip olduğu için, yüzeydeki suların ve yağın yağmur ve kar sularının oldukça büyük bir çoğunluğu bu kırıklı, çatlaklı jeolojik yapıdan yeraltına süzülmemekte ve bölgenin ana akifer sisteminin bu kayaç birimi yoluyla oluştuğu görülmektedir. Ayrıca bu akifer sistemin ana beslenmesi yağışların yeraltına sızması yoluyla olduğundan, bölgenin yeraltı suyu miktarı her yılın yağış miktarıyla orantılı olup kurak geçen yıllardan etkilenmektedir (DSİ, 2012).



a



I - I' Jeolojik Kesiti

AÇIKLAMALAR

■ ALÜVYON	▲ ▲ JEOLOJİK KESİT	▽ SU ÖRNEĞİ ALIM NOKTASI
□ KIREÇTAŞI	/// FAY	⊕ KAYNAK
▨ MARN	/// MUHTEMEL FAY	— YOL
~ FORMASYON SINIRI	- - - KURU DERE	

b

Şekil 3.3. a-Şanlıurfa merkez Halil-ür Rahman gölü ve çevresi jeolojik haritası

b- I-I jeolojik kesiti (DSİ, 2012)

Yeraltı suyu ile ilişkili olan jeolojik yapıların karakteristik özellikleri akiferin muhtevasına büyük ölçüde tesir etmekte ve bu durum dolaylı bir şekilde yeraltı suyu kalitesinin, içeriğinde bulunan maddelerin konsantrasyonunun farklılığının başlıca sebebidir (Delgado ve ark., 2010). Ovanın yeraltı suyu ve litolojisi arasındaki ilişki ise Çizelge 3.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Yeraltı Su Kompozisyonu ile Litoloji İlişkisi (Doğdu, 2013, Demir Yetiş, 2013)

Litoloji	Olası Yeraltı suyu Kimyasal Kompozisyonu
Kumtaşı	Düşük çözünmüş madde (300-500 mg/L); HCO_3^- major anyon, Na^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} yaklaşık aynı miktarlarda; tadı iyi
Kireçtaşı	Düşük çözünmüş madde (500-800 mg/L); HCO_3^- major anyon, Ca^{+2} major katyon; tadı iyi
Dolomit	Düşük çözünmüş madde (500-800 mg/L); HCO_3^- major anyon, Mg^{+2} değeri Ca^{+2} miktarına eşit; tadı iyi
Granit	Çok düşük çözünmüş madde (300 mg/L); HCO_3^- major anyon, Ca^{+2} ve Na^+ major katyonlar; tadı çok iyi
Bazalt	Düşük çözünmüş madde (400 mg/L); HCO_3^- major anyon, Na^+ , Ca^{+2} ve Mg^{+2} eşdeğer derecede önemli; tadı iyi
Şist	Orta derecede çözünmüş madde (1200 mg/L); HCO_3^- ve Cl^- major anyonlar, Ca^{2+} ve Na^+ major katyonlar; tadı kalitesiz fakat kullanılabilir
Marn	Düşük çözünmüş madde (300-500 mg/L); HCO_3^- major anyon, Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{+2} yaklaşık aynı miktarlarda; tadı iyi
Kil ve Şeyl	Genellikle kaya tuzu ve jips içerir. Yüksek tuzluluk (900-2000 mg/L); Cl^- major, ikincil SO_4^{2-} , Na^+ major katyon, tadı yetersiz, bazen kullanılamaz
Jips	Yüksek çözünmüş madde (2000-4000 mg/L); SO_4^{2-} major anyon, Ca^{+2} , major katyon, ikincil Mg^{+2} ve Na^+ ; tadı acı, kullanılamaz

Balıköl havza sınırları içerisinde varlığını gösteren Karakoyun Deresi bilhassa kış ve bahar mevsimlerinde etkin bir şekilde akışta olup yaz aylarında canlılığını yitirip kurumaktadır. Şanlıurfa şehir merkezinin kuzeybatısında kalan bölgedeki hemen hemen bütün küçük kaynakları ve derecikleri bünyesine katarak

büyüyüp akışa geçmektedir. Ancak Karakoyun Deresi, geçmişte Haleplibahçe olarak bilinen ve Balıklıgöl'ün batısından şehre girerek, geçtiği vadiye hayat veren önemli bir akarsu özelliği taşıyordu. Buradan şehre girdikten sonra Halil-ür Rahman ve Ayn Zeliha göllerine karışarak ve bu göllerden beslendikten sonra doğu istikametine akış hareketi göstermekteydi. Buradan Harran Ovası'na doğru seyrederek güneydoğu istikametine akar ve Kuzey istikametinden gelen Sırrın Çayı ile birbirine karışıp “Cülap Deresi” adını alırdı.

Balıklıgöl havzası sınırları içerisinde yer alan Direkli kaynağı, Balıklıgöl'ün yaklaşık 5 km. kuzeybatısında, Direkli deresinin güney kenarında, Eosen yaşlı kireçtaşları ile Germav formasyonu dokanağından çıkmaktadır. Kaynak doğal bir şekilde yüzeylenmemiştir. Şanlıurfa vilayetinin içme ve kullanma suyu ihtiyacını giderebilmek için oldukça derin bir kaptaj yapılarak marn kantağına kadar inilmiş ve pompajla su alma işlemi başlatılmıştır. Bu işlem, Eosen yaşlı kireçtaşı akiferinden yapıldığı için Balıklıgöl çevresindeki kuyular ve su kaynakları durumdan müteessir olmuştur. Direkli kaynağı kaptaj yapılmadan önce yağışlı geçen kış aylarının ardından özellikle ilkbaharda küçük debili bir pınar olarak satha çıktığı ve mevsim sonuna doğru kuruduğu ifade edilmektedir. Kaynaktan yeryüzüne çıkan sular, Direkli Deresi'nin de membası durumundadır. Bu dere, Karakoyun Deresinin başladığı ve en ehemmiyetli beslenme unsurunu oluşturmaktadır. Daha sonra 16 m derinliğinde bir kuyu açılmış, 100 L/sn kapasiteli 5 adet pompa ile 500 L/sn debiyle pompalama işlemi yapıldığı ifade edilmiştir. Kaptaj işlemi bittikten sonra suyun içme suyu şebekesine verilmesinden takriben bir yıl kadar sonra, su seviyesi ve debisinde bir azalmanın olduğu belirtilmiştir (DSİ, 2012).

Havza sınırları içerisinde ve Şanlıurfa kent merkezinde bulunan Dergâh Kaynakları, Eosen yaşlı kireçtaşları ile Germav formasyonu dokanağından çıkmaktadır. Ayrı ayrı çıkış noktalarıyla kaptaj edilen kaynaklar bölgenin en önemli turizm ve dini merkezi olan Balıklıgöl'ü beslemektedir. 29.06.2005 tarihinde gölde yapılan ölçümler sonucunda 60 L/s suyun savaklandığı kayıt altına alınmıştır. Dergâh kaynakları, Halil-ür Rahman ve Ayn Zeliha göllerini besleyen başlıca kaynaklardır. Bu kaynaklar, Şanlıurfa Kalesi'nin de bulunduğu Eosen kalkerlerinden oluşmuş tepenin kuzey tarafından çıkmakta olup, bu nedenden dolayı karstik kaynaklar niteliği taşımaktadırlar. Göllerde görülen seviye değişmelerinin, bu kaynaklardan

boşalan suların debilerinde meydana gelen değişmelerle doğru orantılı olduğu görülmektedir. Bölgenin karstik yapısından dolayı yağışlı geçen mevsimlerin ardından kaynakların debisinde artışlar tespit edilirken sıcak ve kurak geçen mevsimlerin ardından bu kaynakların debilerinde düşüşler, hatta kurumalar dahi görülmektedir. Balıklıgölü besleyen bütün bu karstik kaynakların suyu, göllerden ayrıldıktan sonra, Karakoyun Deresinin yatağında toplanarak dere boyunca batıdan doğuya doğru olan bir güzergâh üzerinde bulunan cami, medrese, bedesten, han ve çarşının altından veya içinden geçmekte ve kısmen de olsa bazı çarşı ve hanlar, altından geçmekte olan bu sulardan, günümüzde bile yararlanılmaktadır. Dergâh kaynaklarının suyu şehir merkezinde birçok yerde kullanıldıktan sonra "Kelleci Çayı" adı ile şehri terk etmektedir (DSİ, 2012).

Havzanın en önemli boşalım noktası olan Balıklıgöl kaynakları, Halil-ür Rahman ve Ayn-Zeliha göllerini oluşturmakta olup, özellikle bu iki gölü terkeden sular şehir çevresinde bulunan bahçelerin sulanmasında büyük rol oynamıştır (DSİ, 2012). Halil-ür Rahman Gölü, Şanlıurfa kalesinin bulunduğu tepe ile kuzeyinde bulunan Tıfındır Tepesi arasında, Karakoyun Deresi'nin eski yatağı üzerinde bulunmaktadır. Etrafında bulunan ve daha önce bahsedilen karstik kaynaklardan beslenen göl, kurak ve yağışlı mevsimlerin ardından kendini besleyen kaynaklardaki su miktarına göre seviye değişimleri göstermektedir. Ancak göl seviyesinde düşüş görüldüğü durumlarda belediye tarafından göle su boşaltılmakta ve normal seviye böylelikle korunmuş olmaktadır. Halil-ür Rahman Gölü'nün Uzunluğu 150 m ve eni 20 m olup, içerisinde Şanlıurfa'yı temsil eden ve efsanelere konu olmuş sazan cinsi balıklar yaşamaktadır. Ayn Zeliha Gölü, Halil-ür Rahman Gölü'nün hemen güneyinde yer alır ve yakınındaki karstik kaynaklardan beslenmektedir, uzunluğu 50 m ve eni 30 m ebadlarında olup derinliği 1 m ile 3 m arasında değişmektedir, Halil-ür Rahman gölündeki balıklarla aynı tür balıkları bünyesinde yaşatır ve yine buradaki balıklar da efsanelere konu olmuşlardır.

3.1.2. Örneklemeye Çalışmaları

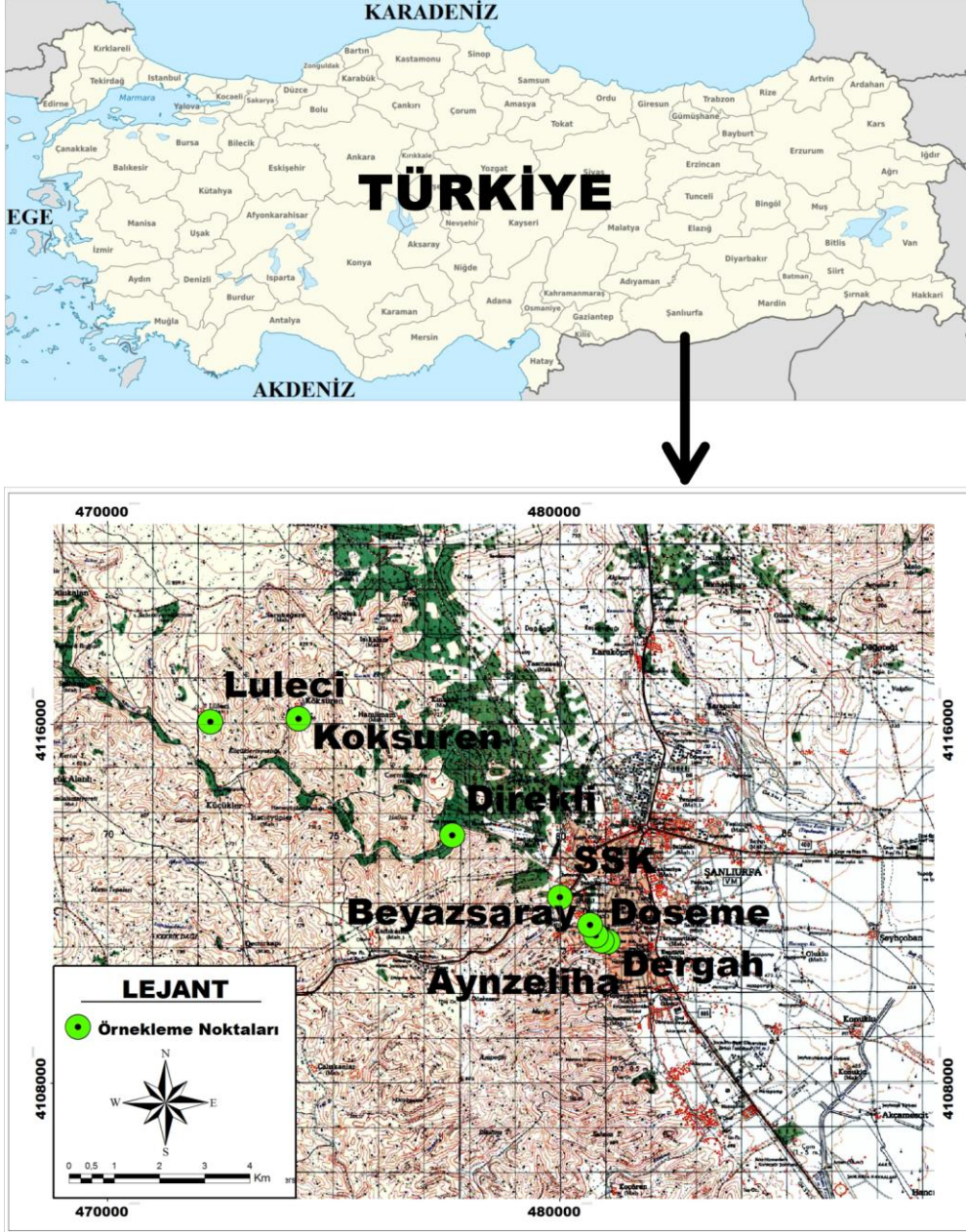
Çalışma, Balıklıgöl havzası içerisindeki temsil edici noktalardan örnekler alınarak gerçekleştirilmiş olup; örneklemeye noktalarının belirlenmesi için Devlet Su

İşleri Genel Müdürlüğü'nün önerileri üzerine, bölgeyi en iyi temsil edebilecek ve örnekleme yapmaya uygun olan aktif kuyular numune alma noktaları olarak belirlenmiştir. Bu çerçevede DSİ Genel Müdürlüğü Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltı suları Daire Başkanlığı, Karst Şube Müdürlüğü ve DSİ 15. Bölge Müdürlüğü, teknik desteği ve işbirliği ile aşağıda yeralan 8 noktadan 4 mevsim (Nisan 2014- Ocak 2015) olmak üzere Balıklıgöl havzası karstik su kaynaklarında su kalitesi izleme çalışması yapılmıştır. Arazi çalışmalarında standart metodlara (APHA, 1998) uygun olarak plastik şişelere numuneler alınmış ve aynı gün içerisinde ölçümleri yapılmıştır. Numune alınan kuyulara ait koordinatların belirlenmesi için Magellan marka GPS cihazı kullanılmıştır. Kuyulara ait koordinatlar Çizelge 3.2'de verilmiş olup çalışma alanının coğrafik görünümü ve örnek alma noktaları Şekil 3.4'de yer almaktadır.

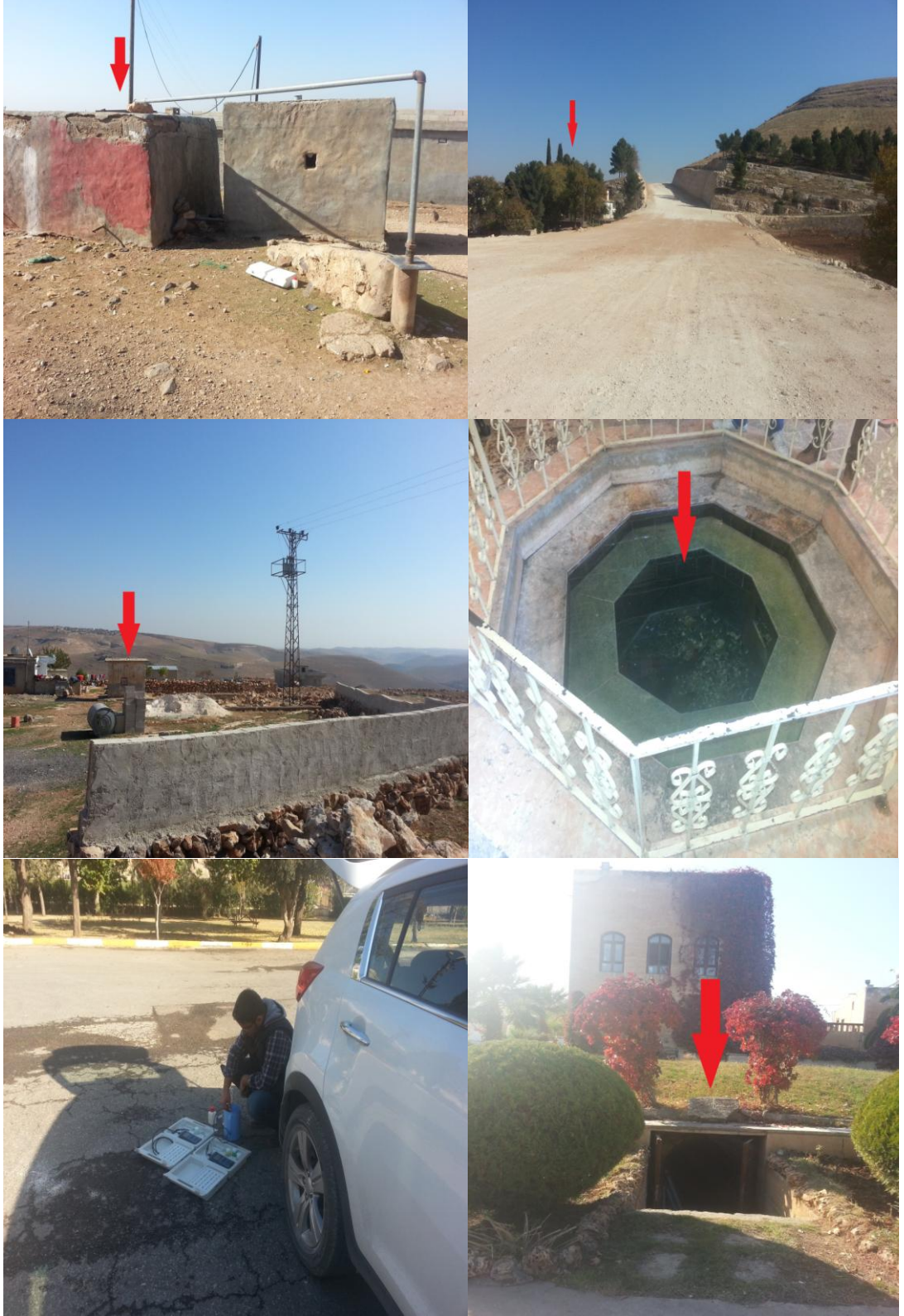
Balıklıgöl havzasında, örnekleme çalışmalarını yansıması açısından arazide yapılan çalışmalara ait alınan görüntüler Şekil 3.5'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Örnekleme noktalarına ait koordinatlar

No	Örnekleme Noktası	X	Y
N1	Lüleci	472268	4116062
N2	Köksüren	474216	4116128
N3	Direkli	477618	4113530
N4	SSK	479998	4112148
N5	Beyazsaray	480665	4111534
N6	Döşeme Cami	480788	4111301
N7	Aynzeliha	480917	4111178
N8	Dergah	481057	4111161



Şekil 3.4. Çalışma alanına ait coğrafik görünüm ve örnek alma noktaları



Şekil 3.5. Örnekleme noktaları ve yapılan çalışmaya ait görüntüler

3.2. Metod

3.2.1. Verilerin Analizi

Balıklığöl havzası içerisinde kuyu ve kaynak sularında izleme çalışmaları bahar, yaz, güz ve kış dönemi toplam 4 dönem olmak üzere Nisan 2014- Ocak 2015 tarihleri arasında 1 yıl süreyle mevsimsel olarak yürütülmüştür. Örnekleme noktalarından alınan numuneler için plastik numune kapları kullanılmış olup, çalışmanın hemen akabinde numuneler, laboratuara analiz edilmek üzere getirilmiştir (APHA, 1998). Alınan kaynak ve yeraltı suyu numunelerinde; su sıcaklığı, pH, elektriksel iletkenlik (EC), bulanıklık, toplam çözünmüş katılar (TDS), renk, sülfat (SO₄), florür (F), klorür (Cl), kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), toplam azot (TN), nitrat (NO₃), nitrit (NO₂), amonyum (NH₄), deterjanlar, bikarbonat alkalinitesi (HCO₃) gibi fiziksel ve kimyasal parametreler ile Al, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, Si ve Zn gibi bir takım ağır metal parametreleri ve toplam koliform (TC), fekal koliform (FC) ve *E.coli* bakterileri gibi mikrobiyolojik parametrelere bakılmıştır. Bu parametrelerden ağır metaller Harran Üniversitesi Merkezi Laboratuvarında ve geriye kalan diğer bütün parametrelerin ölçümleri Şanlıurfa Belediyesi İçme Suyu Arıtma Tesisi Laboratuvarında yapılmıştır. Analiz sonuçlarında elde edilecek datalar için ArcGIS ArcMap 9.3 ve Surfer11 programları kullanılarak alansal ve zamansal dağılım haritaları oluşturulmuştur.

Balıklığöl havzası kaynak ve ndan alınan numunelerde sıcaklık, EC ve pH ölçümleri WTW marka, pH metre ve EC metre ölçüm cihazı ile yerinde (in-situ) ölçülmüştür. Fiziksel ve kimyasal parametreler ŞUSKİ içme suyu arıtma tesisinde, Bulanıklık Hach 2100 Turbidity, Renk Spektrofotometre, Sülfat Spektrofotometre Sulfaver 4 Method, Florür Spektrofotometre Spadns Method, Klorür Spektrofotometre Mercuric Thiocyanate Method, KOİ Spektrofotometre Reactor Digestion Method, Toplam Azot Spektrofotometre Persulfate Digestion Method, Nitrit Spektrofotometre Diazotization Method, Nitrat Spektrofotometre Cadmium Reduction Method, Amonyum Spektrofotometre Nesler Metodu, Deterjanlar Spektrofotometre Crystal Violet Method, Toplam Koliform Mebran Filtrasyon, Toplam Koliform Mebran Filtrasyon, *E. coli* Membran Filtrasyon metodlarına göre

yapılmıştır (APHA, 1998). Ağır metal analizleri Harran Üniversitesi Merkezi Laboratuvarında Inductive Coupling Plasma (ICP) Optik Emisyon Spektrometresiyle yaptırılmıştır. Toplam sertlik, SAR, % Na ve RSC değerleri hesaplama yöntemiyle belirlenmiştir. Tüm bu parametreler % Na, SAR, toplam sertlik gibi bir takım değerler RockWare Aq.QA 1.1 (1.1.4.1) yazılımı ile hesaplanabilmekte olup analiz sonuçlarına göre her istasyon için bir veri tabanı oluşturmaktadır. Bu yazılımın bir diğer önemli özelliği ile her bir nokta için ortak bir değerlendirme yapılabilmekte ve bu noktalara ait hidrokimyasal fasiyes tipi (Piper, yarı logaritmik Schoeller vb. diyagramları) saptanabilmektedir. Analiz sonuçlarından alınan datalarda; sulama suyu kalitesi (Wilcox ve ABD tuzluluk diyagramı) sınıflaması da yapılmıştır (Demir Yetiş, 2013).

3.2.2. Verilerin Sınıflaması

Suyun, her yönden kaliteli olması canlılar ve çevre açısından hayati bir öneme sahiptir. Suyun kullanım amacı doğrultusunda kullanılması, karakteristiğinin çok iyi bilinmesi ve sahip olduğu nitelikleri açısından mevcut durumunun korunması gerekmektedir. Bu nedenle ulusal ve uluslararası ölçekte suyun kullanım amacına göre geliştirilmiş standart değerler bulunmaktadır. Yeraltı suları ve kaynak sularının kalitesini insani tüketim amaçlı ve tarımsal kullanım amacına göre belirlemek ve değerlendirmek için yaygın olarak kullanılan ulusal ve uluslararası yönetmelikler ve sınıflamalar; Su Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliği (SKKY), Türk Standartlar Enstitüsü TS-266, İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik, World Health Organization-Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Environmental Protection Agency-Çevre Koruma Ajansı (EPA) gibi standartlarıdır.

Sulama suyu sınıflamasında en yaygın olanlar ve bu çalışmada kullanılanlar:

SAR: Sulama amacıyla kullanılan sularda sodyum miktarı mühim bir yer tutar. Toprağın muhtevasını bozarak, geçirgenlik oranını düşürür ve sulama işleminden sonra zeminin üst kısımlarında miktarsal artış gösteren sodyum, toprak yüzeyinde macunumsu bir yapıda kabuğun oluşmasına sebep olur ve havanın bitki köklerine ulaşmasını engelleyerek havalanmanın önüne geçer; ayrıca, sodyum, bitkiler için zararlı bir ortamın oluşumunun tetikçisidir. Türüne cinsine bakmaksızın,

sodyum miktarı olarak yoğun topraklarda bitkilerin gelişimi çok yavaştır ya da gelişim yoktur. Sudaki sodyum miktarı % olarak şöyle bulunur:

$$\%Na = \frac{100 * Na^+}{Na^+ + K^+ + Ca^{+2} + Mg^{+2}} \quad (3.1.)$$

bu bağıntı yerine, daha kullanışlı olan eşitlik şöyledir:

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{+2} + Mg^{+2}}{2}}} \quad (3.2.)$$

SAR'a göre sulama suları aşağıdaki şekilde sınıflanır:

	<u>SAR (%)</u>
Çok iyi özellikte sulama suları	10'dan az
İyi özellikte sulama suları	10-18
Orta özellikte sulama suları	18-26
Fena özellikte sulama suları	26'dan fazla

RSC: Kalıcı sodyum karbonat ortamda bulunan karbonat ve bikarbonat konsantrasyonu ile Ca^{+2} ve Mg^{+2} konsantrasyonu arasındaki farka bakılarak olası sodyum karbonat oluşmasıdır. RSC değeri aşağıdaki eşitlik ile hesaplanır;

$$RSC = (CO_3^- + HCO_3^-) - (Ca^{++} + Mg^{++})$$

Burada değerler meq/L olarak verilmektedir. Eşitliğin (+) çıkması demek ortamda sodyum ile birleşip kalıcı sodyum karbonat oluşturabilecek miktarda karbonat ve bikarbonat bulunmaktadır ve bu oluşum da sodyum zararı yaratabilecek bir risk faktörüdür. Sonucun (-) çıkması halinde ise herhangi bir Na^+ zararı olasılığı yoktur anlamına gelmektedir.

Wilcox Diyagramı: Bu diyagramda dikey ekseninde % Na miktarı, yatay ekseninde elektriksel iletkenlik gösterilmiştir. Suyun kimyasal analizlerinde % Na hesaplanarak dikey eksen üzerine işaretlenir ve bu noktadan yatay eksene bir paralel çizilir. Verilen elektriksel iletkenlik yatay ekseninde bulunarak, bu noktadan yatay

eksene bir dik çıkılır ve % Na'dan çizilen paraleli kestiği nokta, suyun özelliğini verir. Wilcox diyagramına ve bitkilerin buna karşı duyarlılığına göre sulama suları sınıflandırılabilir.

ABD Tuzluluk Diyagramı: Wilcox diyagramında bazı değişiklikler yapılarak hazırlanan bu diyagramda sulama suları 16 sınıfa ayrılmıştır. Düşey ekseninde SAR değeri, yatay ekseninde ise elektriksel iletkenlik bulunur. Suyun sınıfının saptanması, Wilcox diyagramında olduğu gibidir. Bu diyagramın yorumu şöyledir:

Çizelge 3.3. Suyun genel tuzluluk özellikleri

C1	(EC 250 mikromho/cm'den az), az tuzlu sular: her toprakta, tüm bitkilerin sulanmasına uygundur
C2	(EC 250-750 mikromho/cm arası), orta tuzlu sular: orta akaçlama özelliğindeki topraklarda, tuzluluk tehlikesi olmadan tüm bitkiler sulanabilir
C3	(EC 750-2250 mikromho/cm arası), tuzlu sular: drenajı kötü olan arazilerde, sulamada kullanılamaz. Zemindeki tuz miktarının gözlenmesi gerekebilir. Bu özellikteki sular kullanılacaksa, tuza dayanıklı bitkiler seçilmelidir
C4	(EC 2250 mikromho/cm'den fazla), çok tuzlu sular: Geçirgenliği ve drenajı çok iyi topraklarda, zeminin yıkanmasını sağlamak için bol su verilmelidir ve tuza fazla dayanıklı bitki türleri seçilmelidir

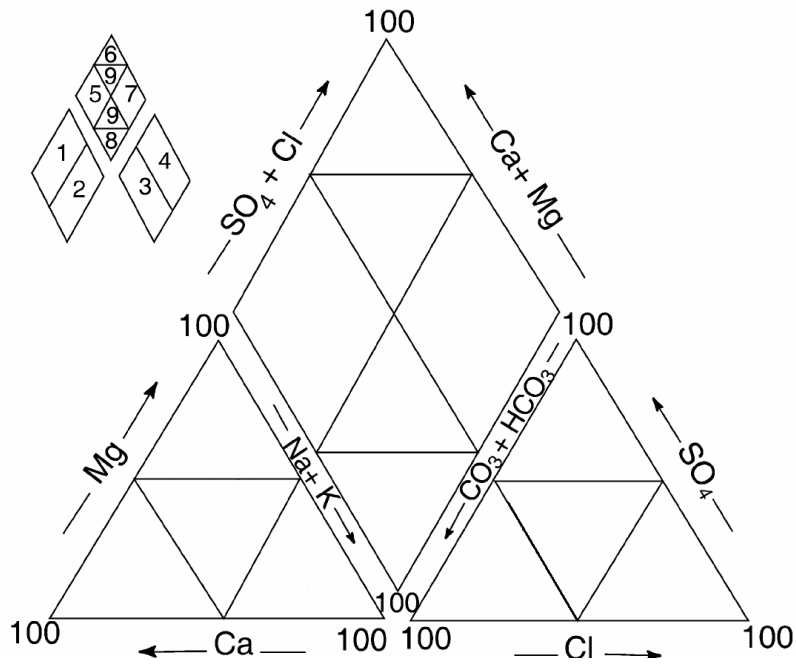
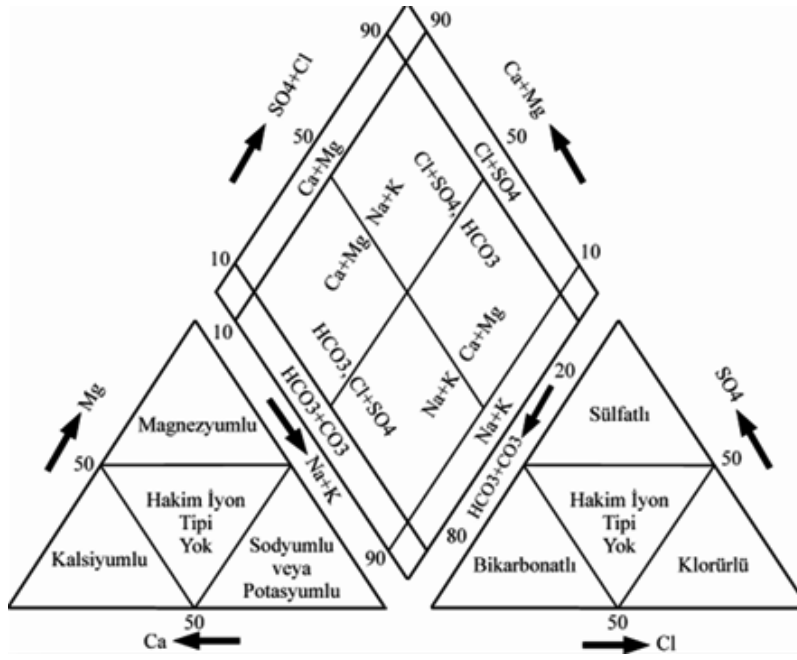
Çizelge 3.4. Suyun genel sodyum tehlikesi özellikleri

S1	az sodyumlu sular: hemen tüm topraklarda sodyum tehlikesi yaratmadan kullanılabilir
S2	orta sodyumlu sular: geçirgen veya bol jipsli arazilerde kullanılabilir. Yıkama ile toprağın tuzluluğu azaltılıyorsa, özellikle bu tip sular kullanılmalıdır
S3	yüksek sodyumlu sular: birçok toprak cinslerinde sodyum tehlikesi olabilir. Çok iyi geçirgen ve drenajı iyi olan arazilerde bol su kullanarak, belirli sürelerde yapılacak kimyasal analizlerle sodyum tehlikesi denetlenmelidir
S4	çok yüksek sodyumlu sular: genel olarak, sulama için uygun değildir. Ancak, suyun toplam tuz miktarı düşük ise, sulamada kullanılabilir

Böylece, C1S1, C2S1, C3S1 her türlü sulamada, C4S1, C3S2 bazı özel koşullarda kullanılabilir. C4S2, C4S3 sulamada kullanılamaz. Ancak, Türkiye gibi yarı - kurak ülkeler, oldukça tuzlu suları sulamada kullanmak zorundadırlar. Suyun pH'ı, sulamada önemli bir yer tutar ve genel olarak pH değeri 9'u geçmemelidir. Toplam iyon miktarı 7.5 meq/L'den az sular, genellikle her türlü sulamaya uygundur. İyon miktarı arttıkça suyun sulama özelliği azalır ve bu değer 22.5 meq/L'yi geçtiğinde sulama için elverişli değildir. Bu sınıflamadan yararlanarak, değişik bitki türlerinin tuza karşı duyarlılıkları belirlenmiştir. Bu çalışmada, sular, sulama amacıyla yukarıda belirtilen sınıflamalara tabi tutulmuştur.

Hidrokimyasal fasiyes sınıflaması:

Piper Diyagramı: Suları gruplandırmak ve tiplerini belirlemede kullanılan bu diyagramlar bir eşkenar üçgenden ibarettir (Şekil 3.6). Bu metotta iyonlar % meq/L değerleri ile diyagrama geçirilir. Anyonlar ve katyonlar için ayrı ayrı birer üçgen kullanılabileceği gibi, tek bir üçgene hem anyon hem katyonlarda işaretlenebilir. Eşkenar dörtgende suyu temsil eden noktanın bulunduğu bölge, suyun ana karakterini gösterir. Bütün sular için noktalar işaretlendiğinde, aynı kökenli sular yaklaşık olarak aynı bölgede toplanır. Böylece üçgen diyagramlar, suların tiplerini belirlemek ve suları gruplandırmakta faydalı olurlar. Bu sınıflamaya göre her bir üçgende anyon ve katyonların kimyasal özelliklerini saptamak mümkündür; ayrıca, paralel kenar diyagram dokuz bölüme ayrılmıştır (Demir Yetiş, 2013). Piper diyagramına ait şekil ve aynı şekil üzerinde 9 bölüme ayrılmış alanların açıklamaları Şekil 3.6 ve Çizelge 3.5'de görülmektedir. Su örnekleri Piper diyagramına yerleştirildiğinde suların hidrokimyasal fasiyesleri de ayırtlanabilir. Hidrokimyasal fasiyes tanımlaması kimyasal kompozisyonları farklı olan su kütlelerini ayırtlanması olarak tanımlanabilir (Doğdu, 2013).



Şekil 3.6. Hidrokimyasal verilerin değerlendirilmesi için kullanılan Piper Diyagramı

Çizelge 3.5. Piper diyagramındaki (Şekil 3.6) numaraların açıklamaları

1 nolu alan	Alkali toprak elementler (Ca+Mg) > Alkali elementler (Na+K)
2 nolu alan	(Ca+Mg) < (Na+K)
3 nolu alan	Zayıf asit kökleri (CO ₃ ⁼ + HCO ₃ ⁻) > Güçlü asit kökleri (Cl ⁻ + SO ₄ ⁼)
4 nolu alan	(SO ₄ ⁼ + Cl ⁻) > (CO ₃ ⁼ + HCO ₃ ⁻)
5 nolu alan	Karbonat sertliği %50'den fazla olan sular
6 nolu alan:	Karbonat olmayan sertliği %50'den fazla olan sular; CaSO ₄ , MgSO ₄ , CaCl ₂ , MgCl ₂
7 nolu alan	Karbonat olmayan alkalinitesi %50'den fazla olan sular: NaCl, KCl, Na ₂ SO ₄ , alkaliler ve güçlü asitler egemendir. Deniz ve çok acı sular bu alanda yer alır;
8 nolu alan	Karbonat alkalileri %50'den fazla olan sular. Doğada az rastlanan aşırı yumuşak sular bu alana girer.
9 nolu alan	İyonların hiçbiri %50'yi geçmeyen, karışık sular bu alana girer.

Schoeller Diyagramı: analiz edilen su örneklerini bir arada görsel olarak kolayca tanımlanması ve ayırtlanmasını kolaylaştırır. Bu diyagramda yatay eksene belirli aralıklar ile rCa^{+2} , rMg^{+2} , $r(Na^{+}+K^{+})$, rCl^{-} , rSO_4^{-2} ve $rHCO_3^{-}$ iyonları sıralanır. Düşey eksen logaritmik ölçeklidir. Bir su örneği, bu diyagramda gösterilirken her iyonun meq/L (r) değeri, kendine ait logaritmik eksende işaretlenerek elde edilen noktalar birleştirilir. Böylece bir su, kırık çizgiler halinde temsil edilmiş olur. Ayrıca bu diyagramda birden fazla su bir arada gösterilebilir. Her iyonun değeri tek başına görülebildiği gibi, iyonların birbirine oranları da bir bakışta görülebilir. Yarı logaritmik diyagrama çizilen su analizlerinde, kırık çizgileri birbirine paralel sular, aynı tür formasyondan gelen suları gösterir (Doğdu, 2013; Demir Yetiş, 2013).

3.2.3. Verileri Haritalama İşlemleri

Çalışma sahasına ait temin edilen tüm bilgiler ve topografik Coğrafi Bilgi Sisteminde ArcGIS ArcMap 9.3 programına aktarılmıştır. N41c1 ve N41d2 nolu

topografik harita paftaları ArcMap'te koordinatlandırılmış ve örnekleme noktalarına ait koordinatlar bu haritalar üzerine işlenmiştir.

Arazi çalışmaları tamamlandıktan sonra, elde edilen tüm analiz sonuçları başlıca topografik harita oluşturma ve 3D arazi modelleme gibi amaçlarla kullanılan Surfer Version 11.00 Golden Software, Inc yazılımında havza genelindeki su kalitesi parametrelerine ait dağılım haritaları oluşturulmuştur. Bu çalışmada, ArcGIS ArcMap 9.3 yazılımıyla oluşturulan topografik harita (base map) altlık olarak kullanılmıştır. Bu yazılıma aktarılan görüntü digitize edilerek sayısallaştırılmış ve haritada (xyz) koordinat değerleri yerine su kalitesi parametreleri girilmek suretiyle dağılım haritaları oluşturulmuştur. Bu haritalar, lokasyon haritalarıyla çakıştırıldığında (overlay) her konumda kirliliğin dağılımını ortaya koyma olanağı bulunacaktır (Yeşilnacar ve ark., 2007).

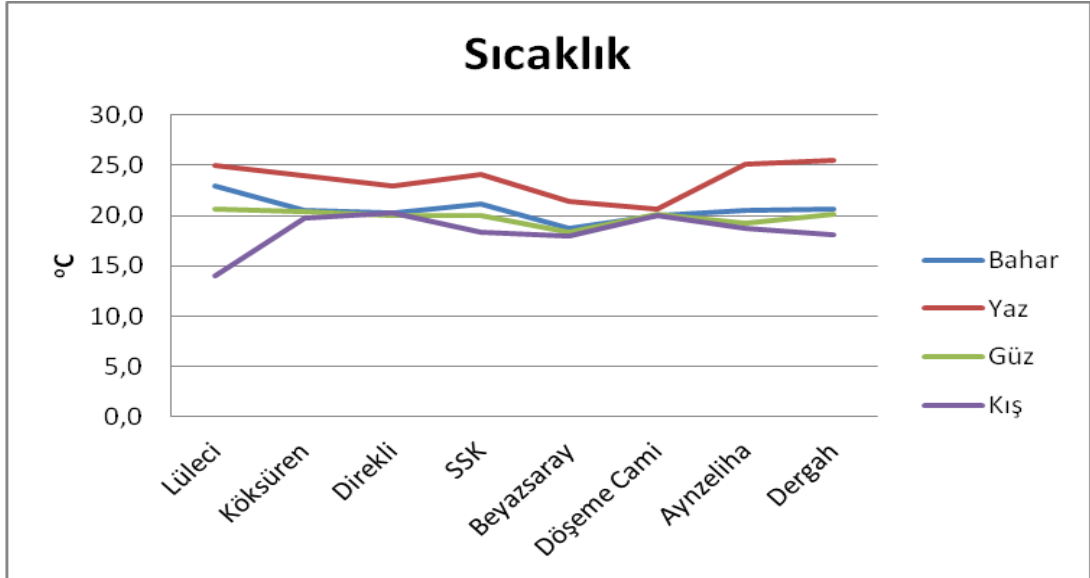
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Balıklığöl havzası karstik su kaynaklarının kalitesini belirlemek için yapılan çalışmada 8 örnekleme noktasında sıcaklık, pH, EC, bulanıklık, TDS, renk, SO₄, F, Cl, KOİ, TN, NO₃, NO₂, NH₄, deterjanlar, bikarbonat alkalinitesi gibi fiziksel ve kimyasal parametreler Al, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, Si ve Zn gibi bir takım ağır metal parametreleri ve toplam koliform, fekal koliform ve *E.coli* bakterileri gibi mikrobiyolojik parametrelere bakılmıştır. Balıklığöl havzası karstik su kaynakları su kalitesi izleme çalışması Nisan 2014 - Ocak 2015 tarihleri arasında mevsimsel olarak yürütülmüştür. Bu çalışmada ölçümü yapılan fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve ağır metal parametrelerinden elde edilen verilerin mevsimsel ortalamalarına ait alansal dağılımları ve örnekleme noktalarına göre mevsimsel değişimleri incelenmiştir.

4.1. Balıklığöl Havzası Su Kalite Parametrelerinin Alansal Dağılımı ve Zamansal Değişimi

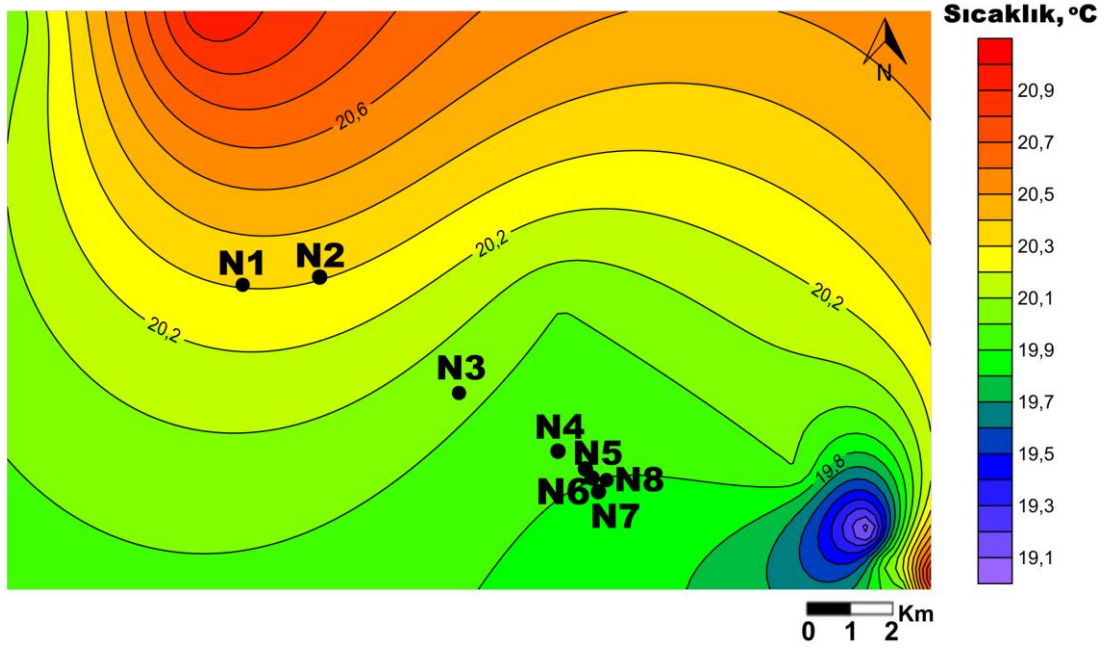
4.1.1. Sıcaklık

Balıklığöl havzasında örnekleme yapılan noktalara ait sıcaklık değeri Şekil 4.1'de görüldüğü gibi kış mevsimi hariç diğer mevsimlerde benzer bir değişim trendi sergilemektedir. En düşük sıcaklık değeri kış döneminde Lüleci isimli N1 nolu noktada 14 °C, en yüksek değeri ise yaz döneminde Dergah isimli N8 nolu noktada 25.5 °C olarak ölçülmüştür.



Şekil 4.1. Su sıcaklığının örnekleme noktalarına göre mevsimsel değişimi

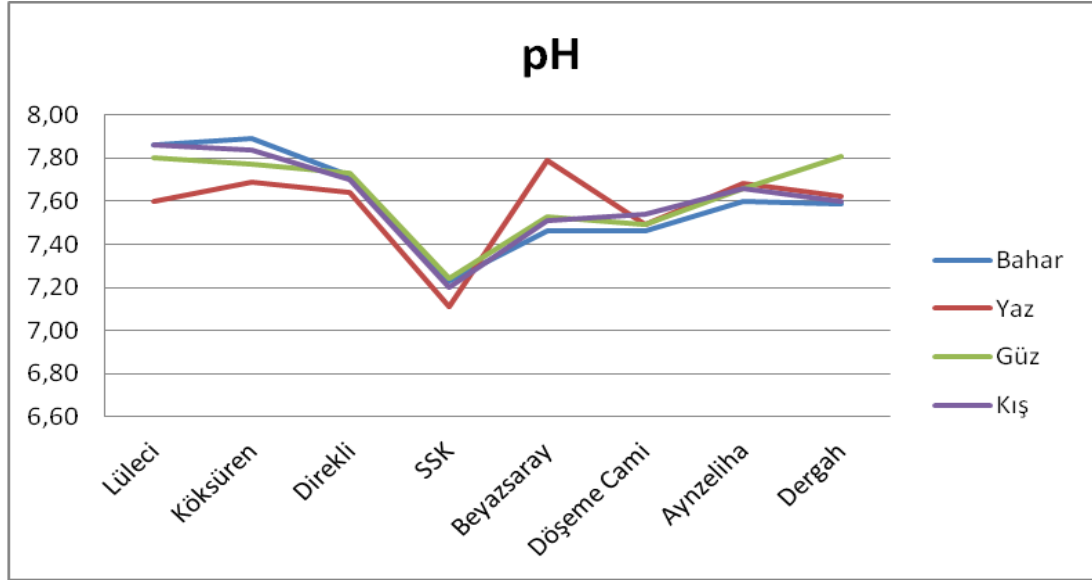
Şekil 4.2'de yer alan sıcaklığın mevsimsel ortalamasına ait alansal dağılımına bakıldığında Lüleci N1 nolu örnekleme noktasından Dergah N8 nolu örnekleme noktasına doğru gidildikçe değerlerde çok az bir düşüş görülmektedir. Bunun sebebi N1-N4 nolu örnekleme noktaları ve arasında olan noktalar yeraltı suyunu temsil ettiği için su sıcaklıkları mevsimsel olarak pek değişiklik göstermezken, N5-N8 nolu örnekleme noktaları ve arasında olan noktalardan alınan örnekler kaynak suları olup yüzeyden alındığı için mevsimsel hava değişikliğinden etkilenmektedir. Alansal dağılım yönüyle değerlendirme yapıldığında mevsimsel ortalama baz alındığı için örnekleme noktaları arasında su sıcaklığı açısından büyük bir değişiklik farkı söz konusu değildir. Balıklıgöl Havzası karstik su kaynaklarında örnekleme yapılan noktalara ait su sıcaklığı mevsimlik ortalamaya göre değerlendirilecek olursa Şahinci, (1991)'e göre 19-25 °C “az ılık sular” sınıfında ve SKKY (2004)'e göre ise 1. ve 2. sınıf kalitedeki sular kapsamında yer almaktadır. Suların sıcaklığı içmeye, sulamaya ve endüstride kullanıma uygun olmalıdır (Todd ve Mays, 2005; Varol ve ark., 2008). Suların sıcaklığı su tablasının derinliğine, enleme, yüksekliğe, etkin volkanizma gibi etkenlere bağlı olup suların kökeni (Şahinci, 1991) ve geliş yeri hakkında bilgi verir (Yeşilnacar ve ark., 2007).



Şekil 4.2. Su sıcaklığının mevsimlik ortalamasına ait alansal dağılım haritası

4.1.2. pH

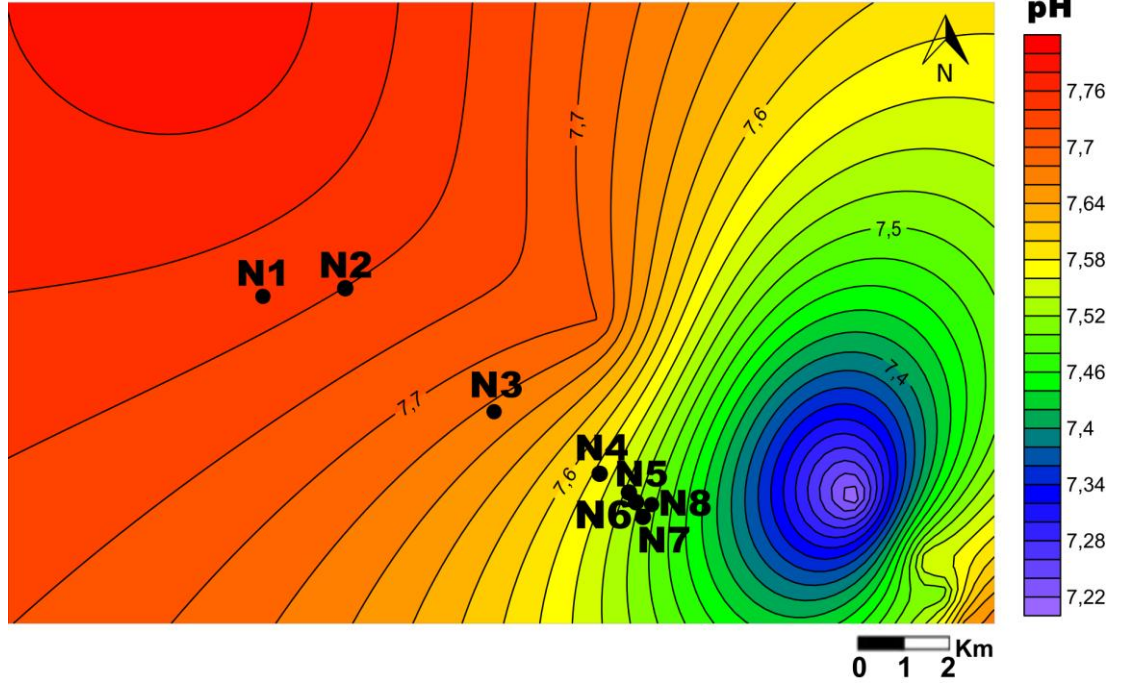
Balıklıgöl havzasında örnekleme yapılan noktalara ait pH değeri Şekil 4.3'de görüldüğü gibi benzer bir değişim sergilemektedir. pH en düşük yaz döneminde SSK isimli N4 nolu noktada 7.11, en yüksek değeri ise bahar döneminde Köksüren isimli N2 nolu noktada 7.89 olarak ölçülmüştür. N4 nolu noktada pH seviyesinin diğer noktalara oranla düşük olmasının sebebi, noktanın etrafında çarpık kentleşme ve bunun sonucu olarak kanalizasyon sularının yeraltına sızarak buradaki klörür konsantrasyonunda belirgin bir artış sağlaması ve klorüre bağlı olarak ortamda asiditenin yükselmiş olması gösterilebilir.



Şekil 4.3. pH'ın örnekleme noktalarına göre mevsimsel değişimi

Şekil 4.4'de yer alan pH'ın mevsimsel ortalamasına ait alansal dağılımına bakıldığında Lüleci N1 nolu örnekleme noktasından Dergah N8 nolu örnekleme noktasına doğru gidildikçe değerinde düşüş olduğu görülmektedir. Bunun sebebi N1 ve N2 nolu noktalarda pH seviyesinin yüksek olması bölgenin karstik yapıya sahip olması münasebetiyle çözülmüş minerallerin alkali özellik göstermesi olarak düşünülebilmektedir. nda içme ve kullanma amacıyla pH için istenen değer 6.5-8.5 arasında olmalıdır (SKKY, 2004; TS266, 2005; WHO, 2011; USEPA, 2012) Ayrıca sulama sularında da pH değerinin 6.5 ile 8.4 arasında olması istenmektedir. Balıklıgöl havzası sınırlarında bazı noktalarda (Balıklıgöl ve Direkli kaynaklarında) 2006 - 2010 yılları arasında yapılan çalışmalarda ölçülen en düşük ve en yüksek pH değerleri sırasıyla 7.9 ve 8.1 arasında değişmekte olup çalışmamızda elde ettiğimiz değerlerle benzerlik göstermektedir (DSİ, 2012). Sulama işleminde kullanılan sularda pH parametresinin eşik değerlerden değişik olması bitkilerin beslenmelerinde dengesizlik ya da kök ve gövdelerinde zehirli birleşiklerin birikimine sebep olur (George, 1983; US EPA, 2012). Buna göre Balıklıgöl havzasında örnekleme noktalarındaki nda yapılan pH ölçümlerine göre hem bu suların sulamada kullanılmasında (George, 1983; US EPA, 2012) ve hem de sınır değerlere göre herhangi bir sorun bulunmamaktadır. pH sudaki birçok biyolojik ve kimyasal olayları

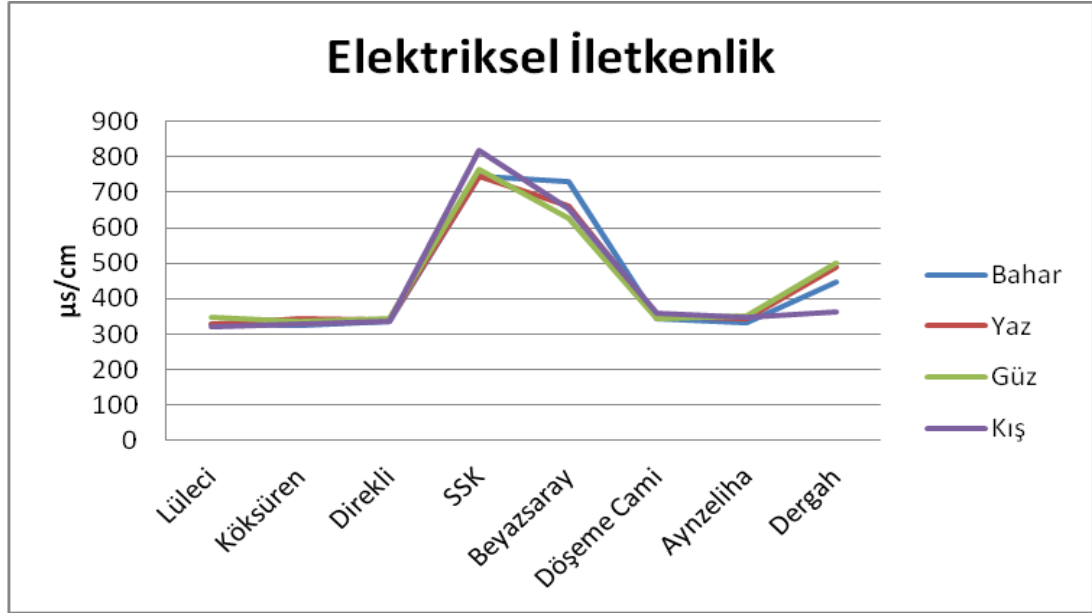
etkiler. pH bir çözeltinin asit veya baz olma özelliğinin şiddetini göstermekte olup, çözeltide bulunan H^+ iyonu konsantrasyonunun bir ifade şekli olarak bilinir



Şekil 4.4. pH'nin mevsimlik ortalamasına ait alansal dağılım haritası

4.1.3. Elektriksel İletkenlik

Balıkliğıl havzasında örnekleme yapılan noktalara ait EC değerine bakıldığında tüm mevsimlerin Şekil 4.5'de aynı trendte bir değişim sergilediği görülmektedir. EC en yüksek kış döneminde SSK isimli N4 noktada $820 \mu S/cm$, en düşük değeri ise bahar döneminde Köksüren isimli N2 nolu noktada $326 \mu S/cm$ olarak ölçülmüştür. Yine Şekil 4.5'de N4 ve N5 nolu örnekleme noktalarında diğer noktalara kıyasla yaklaşık 2 katı bir değişim görülmekte, buna sebep olarak N4 ve N5 nolu örnekleme noktalarında çözülmüş minarel konsantrasyonlarının diğer noktalara oranla daha yüksek olduğu söylenebilir.



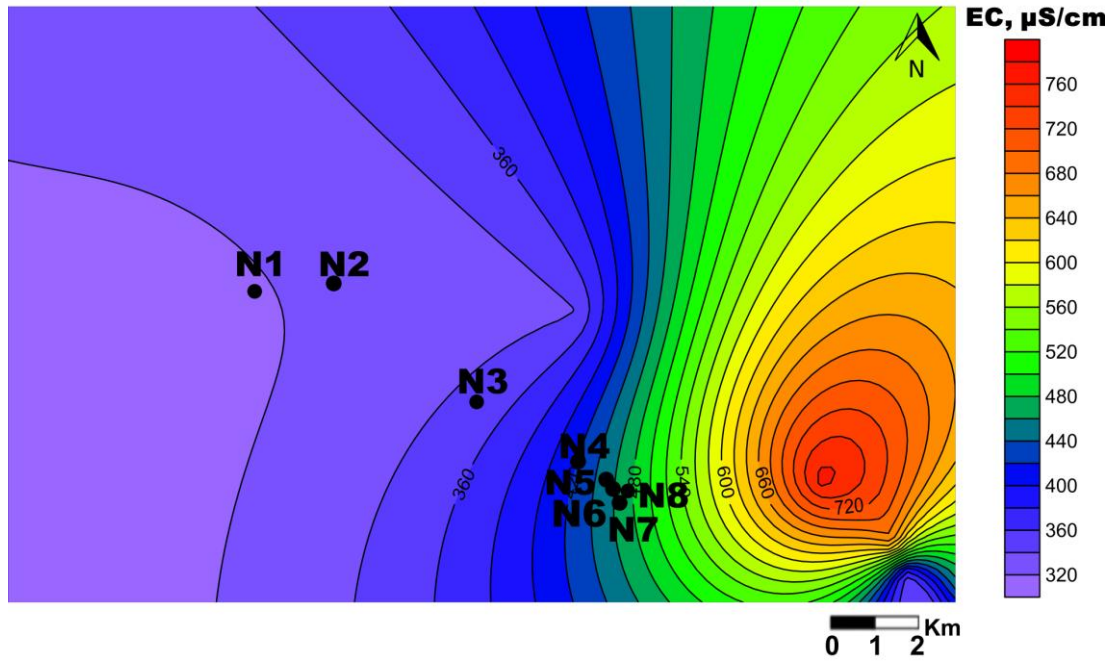
Şekil 4.5. Elektriksel iletkenliğin örnekleme noktalarına göre mevsimsel değişimi

Şekil 4.6'da yeralan EC'nin mevsimsel ortalamasına ait alansal dağılımına bakıldığında Lüleci N1 nolu örnekleme noktasından Dergah N8 nolu örnekleme noktasına doğru gidildikçe değerde artış olduğu görülmektedir. Ölçülen EC değeri içme ve kullanma suyu açısından ulusal ve uluslararası standartlardaki en yüksek limit değer olan 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ sınırının altında kalmakta olup (TS266, 2005; WHO, 2011; USEPA, 2012), Çullu, (2011) sulama suyunun tuzluluk sınıfına göre tuzluluk tehikesi bakımından "tehlikesiz" ve "hafif" sular sınıfına girdiği söylenebilir.

Balıkliğöl havzası sınırlarında bazı noktalarda (Balıklıgöl ve Direkli kaynaklarında) 2006 - 2010 yılları arasında yapılan çalışmalarda ölçülen en düşük ve en yüksek EC değerleri sırasıyla 285 ve 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında değişmekte olup bu değerler, çalışmamızda aynı örnekleme noktalarda ölçtüğümüz sonuçlarla benzerlik göstermektedir (DSİ, 2012).

Elektriksel iletkenlik, suyun elektriği iletebilme yeteneği olarak bilinir. Suların çerisindeki toplam çözünmüş tuz içeriği veya çözünebilir tuz miktarı genellikle suyun iletkenlik değeri ölçülerek belirlenir (Çullu, 2011). EC sıcaklıktan etkilenir, sıcaklık arttıkça EC değeri de artar. Sularda çözünmüş toplam iyon miktarı ile EC arasında genellikle doğrusal bir ilişki vardır. Suların iletkenliği (negatif yük taşıyan) klorür, nitrat, sülfat ve fosfat anyonları ya da (pozitif yük taşıyan) Na, Mg, Ca, K, Fe ve Al katyonları gibi inorganik çözünmüş katılardan etkilenir (US EPA,

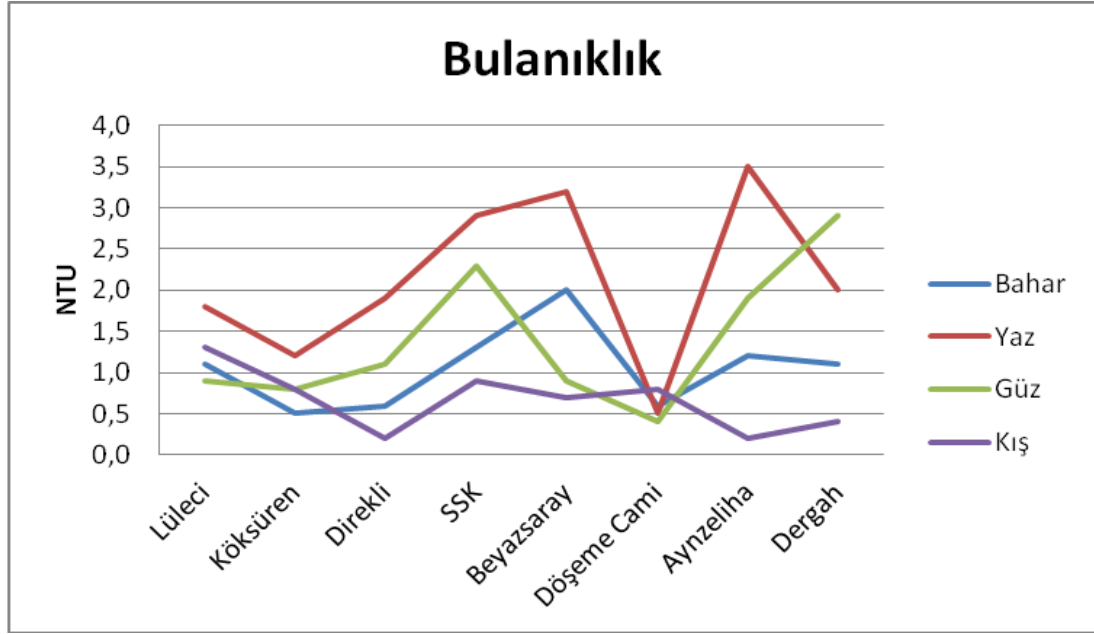
2012). Sulama işlemi sonu toprağa karışan tuzlar, bitkilerin gelişimleri üzerine doğrudan veya dolaylı bir şekilde tesirde yapar. Doğrudan etki; Cl, Na ve HCO₃ ve bor gibi bazı iyonların bitki kök ve gövdesinde yüksek miktarlarda birikerek bitki gelişimini olumsuz etkileyerek ya da durdurmak şeklinde ortaya çıkmaktadır (Arslan ve ark., 2007; Çullu, 2011). Dolaylı etki; ise toprakta biriken tuzlar, toprak çözeltisinin osmotik basıncının yükselmesine sebep olurlar. Bu ise bitki köklerinin su emişlerini zorlaştırarak fizyolojik kuraklık etkisine sebep olur (Arslan ve ark., 2007).



Şekil 4.6. Elektriksel iletkenliğin mevsimlik ortalamasına ait alansal dağılım haritası

4.1.4. Bulanıklık

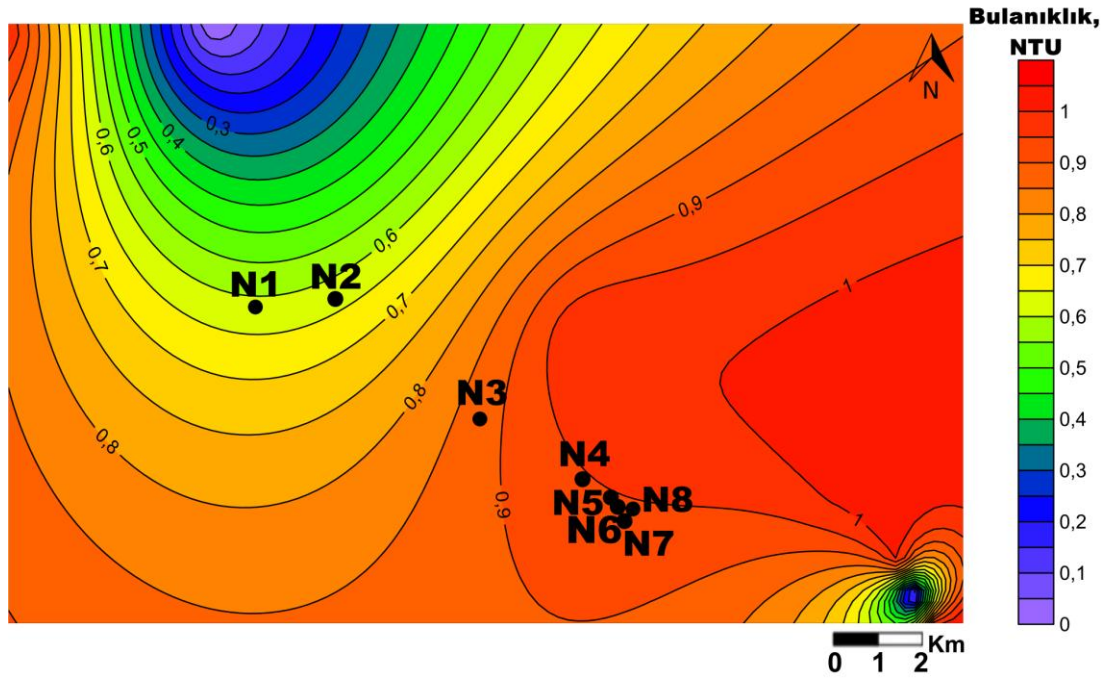
Balıkliğöl havzasında örnekleme yapılan noktalara ait bulanıklık değeri Şekil 4.7'de görüldüğü gibi kış mevsimi hariç diğer mevsimlerde yaklaşık olarak benzer bir değişim sergilemektedir. Bulanıklık en düşük kış döneminde Aynzeliha N7 ve Direkli N3 nolu örnekleme noktalarında 0.2 NTU, en yüksek değer ise yaz döneminde Aynzeliha N7 nolu örnekleme noktasında 3.5 NTU olarak ölçülmüştür. Bazı noktalarda bulanıklık ölçüm sonucunun yüksek olarak bulunması, bu noktalarda askıda katı madde miktarının diğer noktalara oranla yüksek olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.7. Bulanıklığın örnekleme noktalarına göre mevsimsel değişimi

Şekil 4.8'de yeralan bulanıklığın mevsimsel ortalamasına ait alansal dağılımına bakıldığında EC, klorür, TDS ve sülfat değerlerinde olduğu gibi Lüleci N1 nolu örnekleme noktasından Dergah N8 nolu örnekleme noktasına doğru gidildikçe değerde artış olduğu görülmektedir. Ulusal ve uluslararası standart ve sınıflamalara göre bulanıklık değerinin mevsimlik değişimi ele alındığında TS 266 (2005) standardına göre tüm örnekleme noktaları için I. sınıf su kalitesi kapsamındadır ve bulanıklık için müsaade edilebilen max sınır değer olan 5 NTU değerinin altında kalmaktadır.

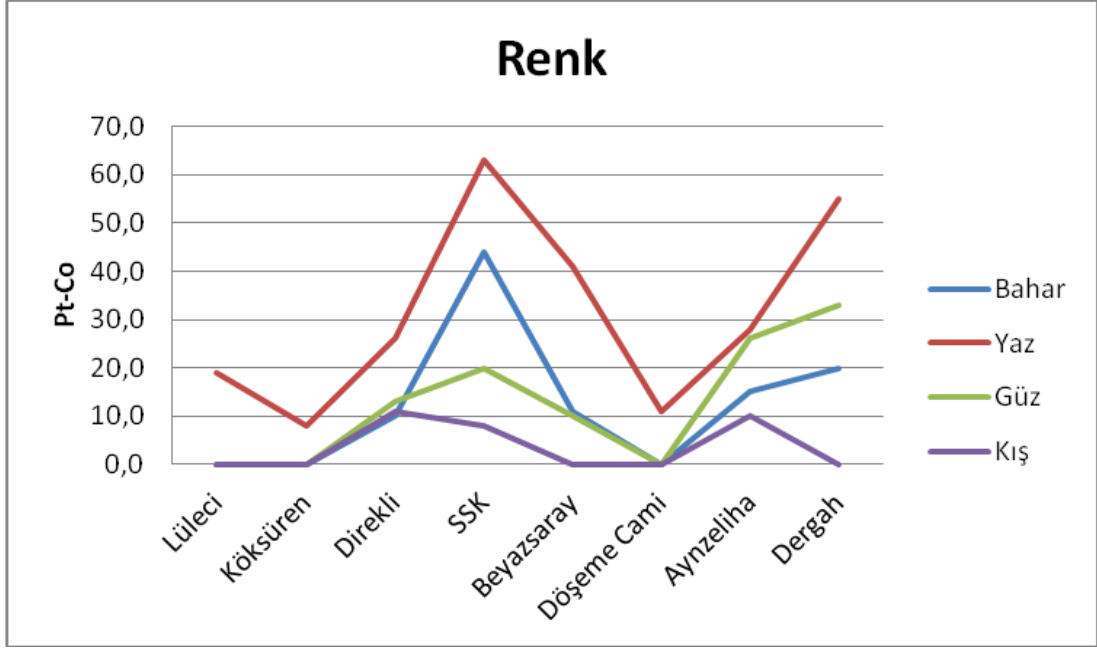
Bayhan (2013) tarafından yapılan çalışmalarda, Balıklıgöl'ü besleyen gözlerden mevsim değişimlerinde bulanık suyun geldiği görülmüş bu durumun Balıklıgöl'ü besleyen nın güzergâhında sürdürülen yol çalışmalarının neden olduğu ifade edilmiştir.



Şekil 4.8. Bulanıklığın mevsimlik ortalamasına ait alansal dağılım haritası

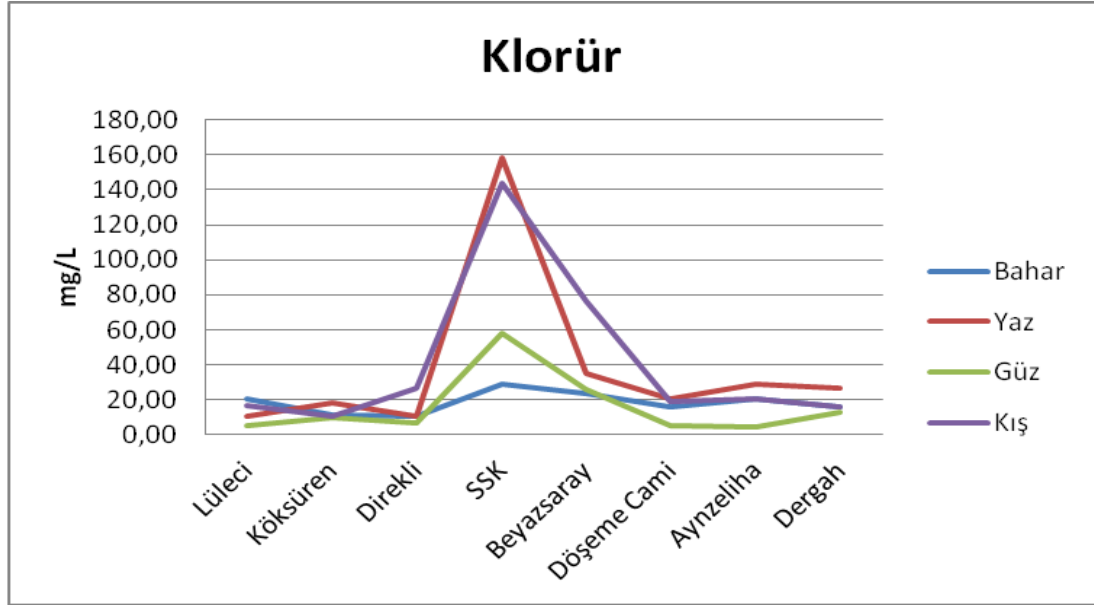
4.1.5. Renk

Balıkliöl havzasında örnekleme yapılan noktalara ait renk değeri Şekil 4.9'da görüldüğü gibi kış mevsimi hariç diğer mevsimlerde yaklaşık olarak benzer bir değişim sergilemektedir. Renk en düşük yaz dışında diğer mevsimlerde bazı noktalarda 0 Pt-Co, en yüksek değer ise yaz döneminde SSK N4 nolu noktada 63 Pt-Co olarak ölçülmüştür. En yüksek değerlerin SSK N4 nolu örnekleme noktalarında görülme sebebi, bu noktada çözünmüş madde miktarının ve bakteriyolojik faaliyetlerin yüksek derecede görülüyor olmasından kaynaklandığı söylenebilir.



Şekil 4.9. Renk parametresinin örnekleme noktalarına göre mevsimsel değişimi

Şekil 4.10'da yer alan renk parametresinin mevsimsel ortalamasına ait alansal dağılımına bakıldığında Lüleci N1 nolu örnekleme noktasından Dergah N8 nolu örnekleme noktasına doğru gidildikçe değerinde artış olduğu görülmektedir. Ulusal ve uluslararası standart ve sınıflamalara göre renk değerinin mevsimlik değişimi ele alındığında SKKY (2004)'e göre tüm örnekleme noktalarının bazı dönemleri dikkate alındığında 2. sınıf su kalitesi kapsamındadır. Diğer bir standartta ise renk için "suyun kendine has renginden farkedilebilir bir sapma gözlenmemelidir" şeklinde bir değerlendirme yapılabilir (TS266, 2005). Ulusal ve uluslararası standartlara göre bir sınıflama yapıldığında çalışmada elde edilen renk değeri TS266 (2005) 20 birim, WHO (2011) 15 birim, US EPA (2012) 15 birim değerlerine göre değerlendirildiğinde kış hariç diğer mevsimlerde bazı örnekleme noktalarının verilen sınır değeri aştığı görülmektedir.



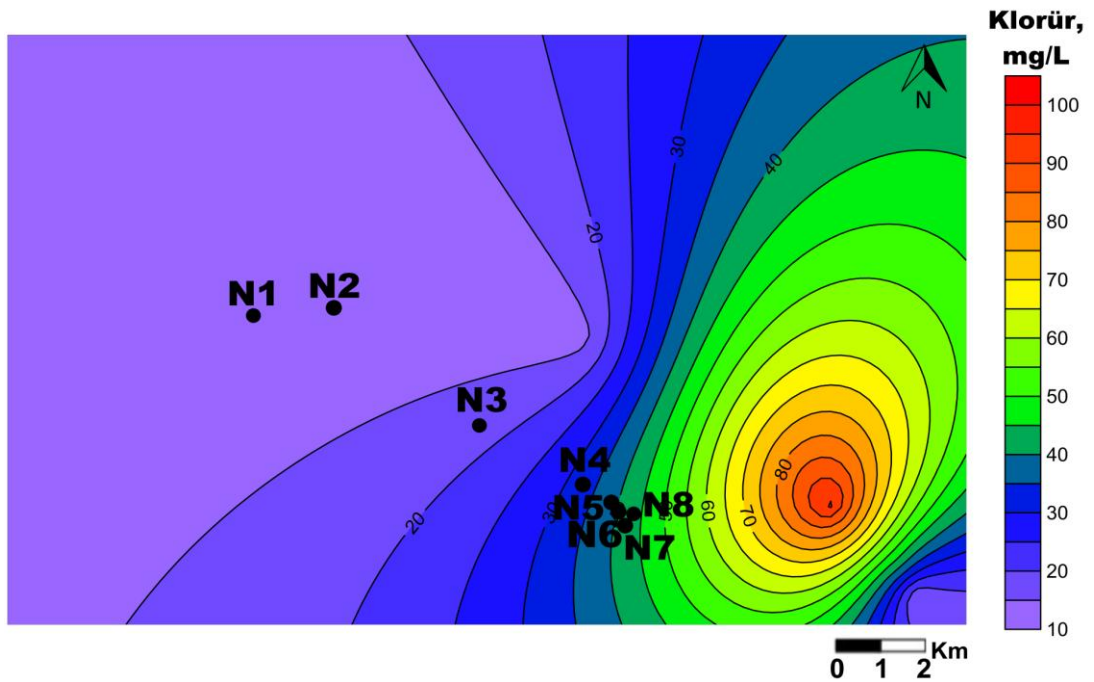
Şekil 4.11. Klorürün örneklem noktalarına göre mevsimsel değişimi

Şekil 4.12'de yer alan klorürün mevsimsel ortalamasına ait alansal dağılımına bakıldığında EC değerinde olduğu gibi Lüleci N1 nolu örneklem noktasından Dergah N8 nolu örneklem noktasına doğru gidildikçe değerde artış olduğu görülmektedir. Ulusal ve uluslararası standart ve sınıflamalara göre Cl değerinin mevsimlik değişimi ele alındığında SKKY (2004)'e göre tüm örneklem noktaları I. sınıf su kalitesi kapsamındadır. Diğer standartlara göre tüm örneklem noktaları müsaade edilen max sınır değer olan 250 mg/L değerinin altında kalmaktadır (TS266, 2005; WHO, 2011). US EPA (2012) sulama maksatlı kullanım için su kalite sınıflaması yapıldığında ise Cl açısından örneklem noktaları SSK isimli N4 nolu örneklem noktası haricinde “düşük” sular sınıfındadır.

Balıkliğöl havzası sınırlarında bazı noktalarda (Balıklıgöl ve Direkli kaynaklarında) 2006 - 2010 yılları arasında yapılan çalışmalarda ölçülen en düşük ve en yüksek klorür değerleri sırasıyla 8.86 mg/L ve 17.72 mg/L arasında değişmekte olup çalışmamızda elde ettiğimiz değerlerle benzerlik göstermektedir. DSİ (2012) tarafından yapılan çalışmada elde edilen klorür miktarı genelde sodyuma nazaran daha fazladır.

Sulardaki klorür miktarı genellikle yağışlı bölgelerde az, kurak bölgelerde çoktur. Klorür, sedimanter kayalarda, özellikle evaporitlerde bulunur (Varol ve ark., 2008). Sulardaki klorür iyonu, hidrolojik çevrim esnasında iyi bir şekilde

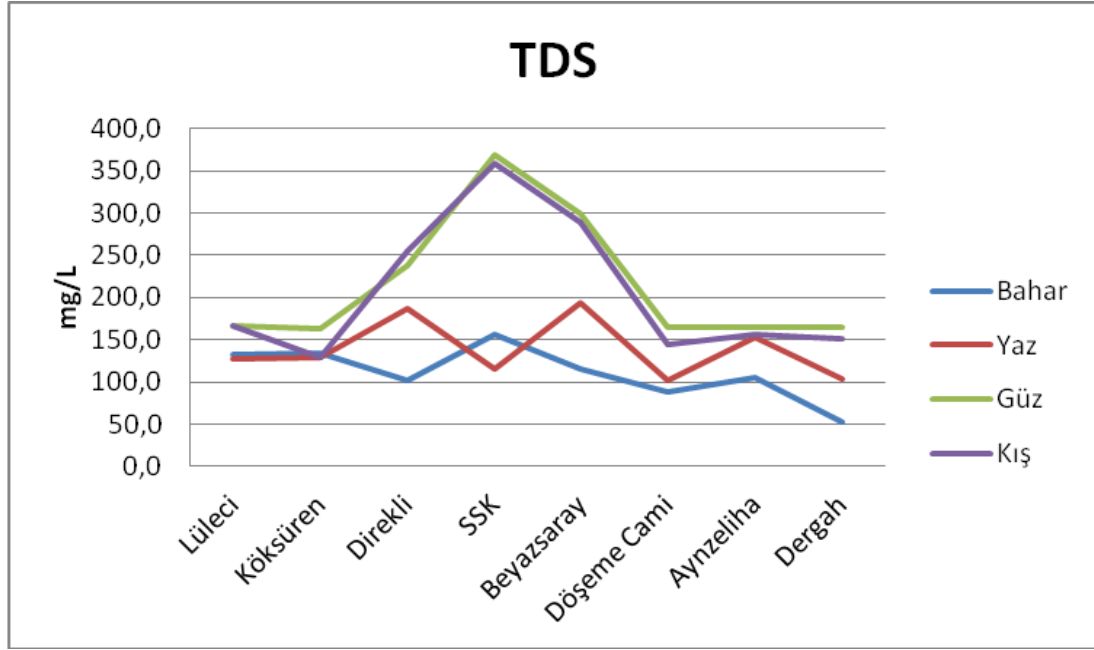
korunabilen iyonlardandır. Bu sebeple iyi bir indikatör olarak bilinir. Yüksek derişimdeki klorür iyonu, bitkilerin gelişmesini engeller. Bitkiler tarafından kolayca soğurulan klorür iyonu, bitki dokularında ve yapraklarda birikerek yaprak yanmasına neden olur. Tuz yataklarının bulunuşu, yapay tarım gübrelerinin, fabrika, evsel atık sular, çürümüş hayvan ve bitki artıklarının, buzlanmayı önlemek için yollara atılan tuzların na karışması sonucu klorür miktarı artabilir (Yeşilnacar ve ark., 2007). Klorürün yüksek konsantrasyonlarında tuz tadı oluşturduğı bilinmektedir (WHO, 2011).



Şekil 4.12. Klorürün mevsimlik ortalamasına ait alansal dağılım haritası

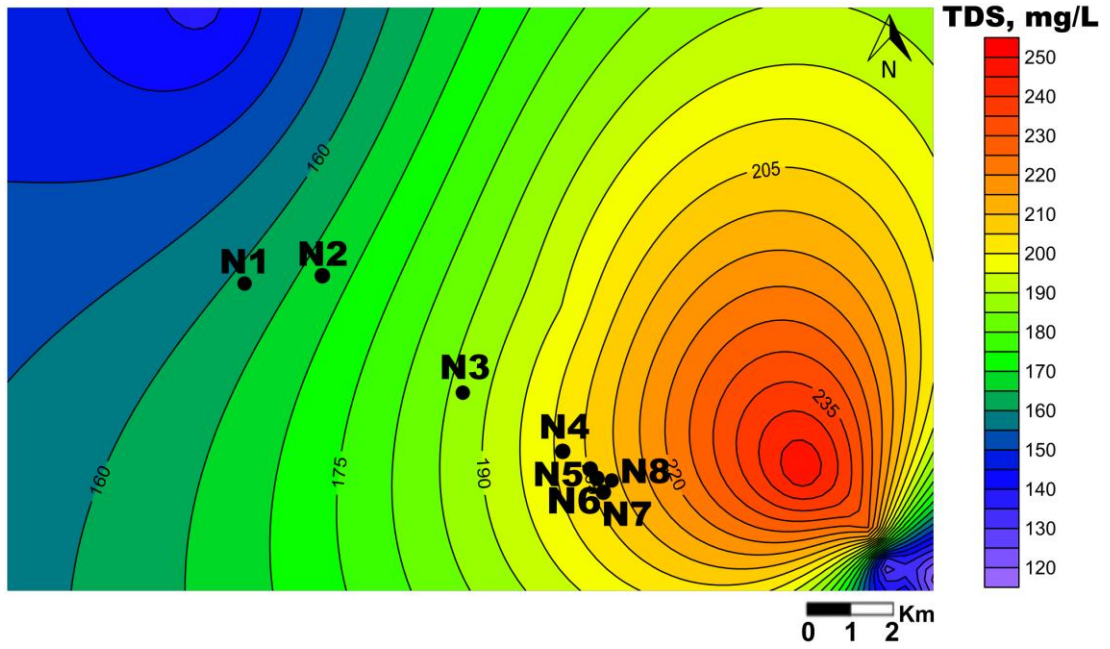
4.1.7. Toplam Çözünmüş Katılar (TDS)

Balıkligöl havzasında örnekleme yapılan noktalara ait TDS değeri Şekil 4.13'de görüldüğü gibi güz ve kış mevsimlerinde benzer bir değışim sergilemektedir. TDS en düşük bahar döneminde Dergâh N8 nolu örnekleme noktasında 52 mg/L, en yüksek değer ise güz döneminde EC ve klorür değerlerinde olduğu gibi SSK isimli N4 nolu örnekleme noktasında 368 mg/L olarak ölçülmüştür. N4 nolu noktada toplam çözünmüş madde konsantrasyonunun yüksek olması, elektriksel iletkenlik parametresiyle doğru orantılıdır.



Şekil 4.13. TDS'nin örnekleme noktalarına göre mevsimsel değişimi

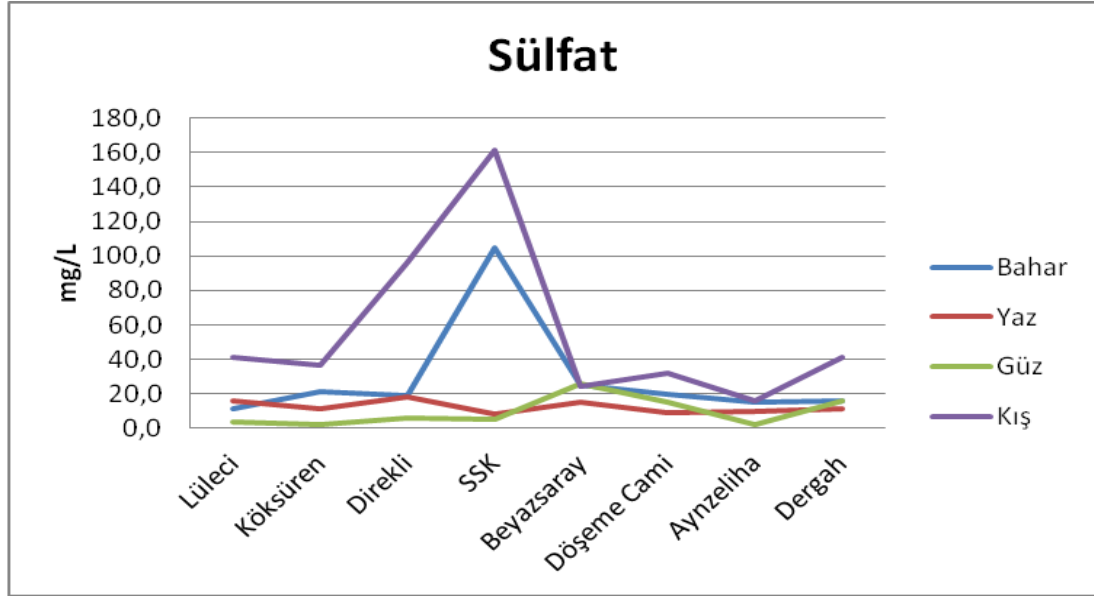
Şekil 4.14'de yer alan TDS'in mevsimsel ortalamasına ait alansal dağılımına bakıldığında EC ve klorür değerinde olduğu gibi Lüleci N1 nolu örnekleme noktasından Dergâh N8 nolu örnekleme noktasına doğru gidildikçe değerlerde artış olduğu görülmektedir. Ulusal ve uluslararası standart ve sınıflamalara göre elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, TDS değeri, mevsimlik değişimi ele alındığında US EPA (2012)' e göre müsaade edilebilecek en yüksek değer olan 500 mg/L ve WHO (2011)'e göre müsaade edilebilecek en yüksek değer olan 1000 mg/L'nin altındadır. SKKY (2004)'e göre ise tüm örnekleme noktaları I. sınıf su kalitesi kapsamındadır. nda toplam çözünmüş madde içeriği yüzey sularına nazaran suyun yeraltına doğru hareket ederken topraktan ve kayaktan maddeleri çözerek geçmesinden dolayı yüksek olduğu bilinmektedir.



Şekil 4.14. TDS'nin mevsimlik ortalamasına ait alansal dağılım haritası

4.1.8. Sülfat

Balıkliöl havzasında örnekleme yapılan noktalara ait sülfat değeri Şekil 4.15'de görüldüğü gibi kış ve bahar mevsimlerinde benzer bir değişim sergilemektedir. Sülfat en düşük güz döneminde klorürdeki gibi Aynzeliha isimli N7 nolu örnekleme noktasında 2 mg/L, en yüksek değer ise kış döneminde SSK isimli N4 nolu örnekleme noktasında 161 mg/L olarak ölçülmüştür. Sülfat konsantrasyonunun yüksek çıkması toplam çözünmüş katılar, klorür ve elektriksel iletkenlikle orantılı olup, su içerisindeki çözünmüş maddelerle ilgilidir.



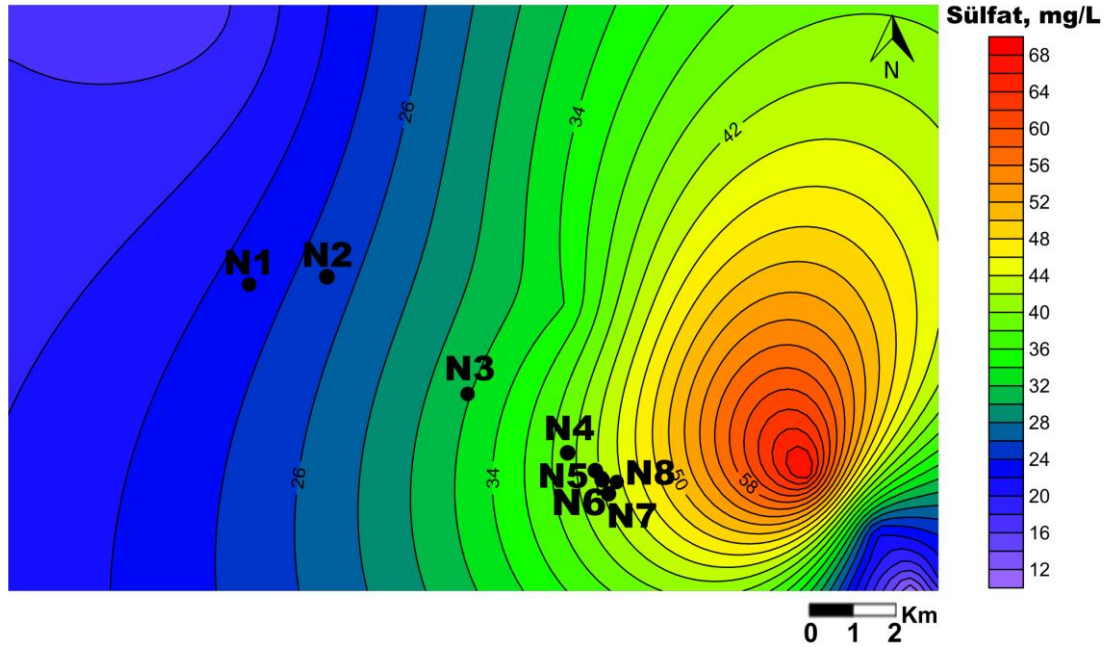
Şekil 4.15. Sülfatın örnekleme noktalarına göre mevsimsel değişimi

Şekil 4.16'da yeralan sülfatın mevsimsel ortalamasına ait alansal dağılımına bakıldığında TDS, klorür ve EC değerlerinde olduğu gibi Lüleci N1 nolu örnekleme noktasından Dergah N8 nolu örnekleme noktasına doğru gidildikçe değerlerde artış olduğu görülmektedir. Sülfatın; TDS, klorür ve EC ile aynı değişimi göstermesi ve aynı dağılımı sergilemesi, toprağın ve dolayısıyla da suyun tuzluluğunu arttıran etkenlerden bir tanesi olmasından kaynaklanmaktadır. Ulusal ve uluslararası standart ve sınıflamalara göre sülfat değerinin mevsimlik değişimi ele alındığında SKKY (2004)'e göre tüm örnekleme noktaları için I. sınıf su kalitesi kapsamındadır. Diğer standartlara göre ölçüm yapılan değerler sülfat için müsaade edilebilen max sınır değer olan 250 mg/L değerinin altında kalmaktadır (TS266, 2005; WHO, 2011; US EPA, 2012).

Balıkliğöl havzası sınırlarında bazı noktalarda (Balıklıgöl ve Direkli kaynaklarında) 2006 - 2010 yılları arasında yapılan çalışmalarda ölçülen en düşük ve en yüksek sülfat değerleri sırasıyla 0.11 meq/L ve 0.81 meq/L arasında değişmekteyken, bizim çalışmamızda aynı noktalar için Balıklıgölde elde ettiğimiz değerler benzerlik gösterirken, Direkli kaynağından elde edilen en yüksek değer 1.96 meq/L'ye yükselmiştir (DSİ, 2012).

Yeraltı sularındaki sülfatın büyük bir kısmı jips ve anhidritten ileri gelmektedir. Bunların dışında az miktarda piritin oksidasyonu ile oluşan demir

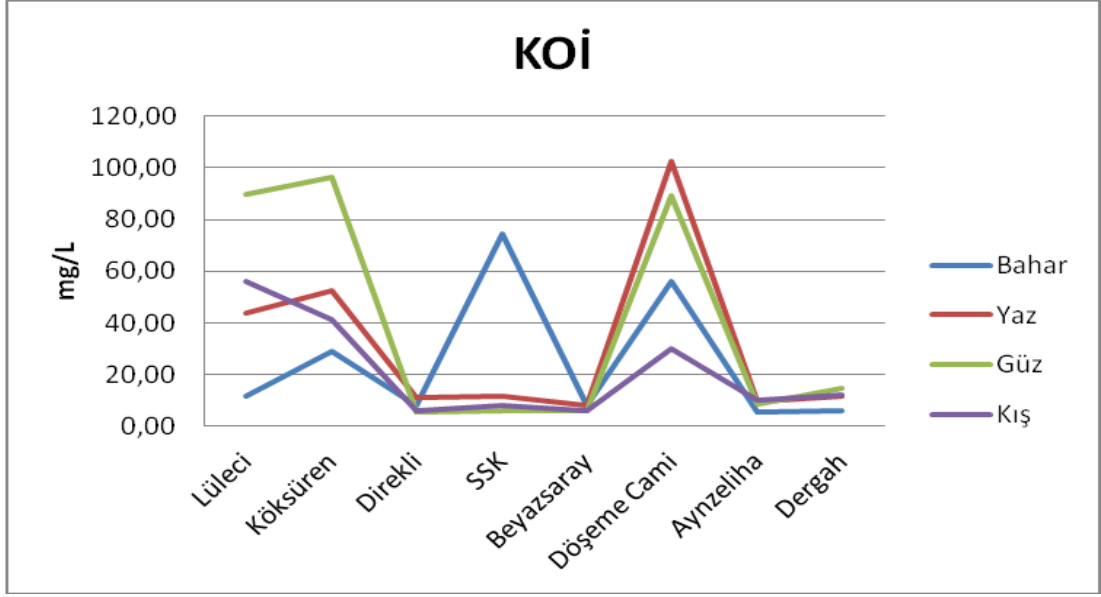
sülfattan, magnezyum ve sodyum sülfattan da ileri gelebilir. Özellikle Orta ve Güneydoğu Anadolu bölgelerindeki evaporitik seri içinde bol miktarda jips ve anhidrit bulunduğundan, bu bölgelerin nda sülfat iyonuna çokça rastlanılmaktadır. Sülfatın, tarımda toprağın tuzluluğunu arttırması dışında zararlı etkisi yoktur. Sulama sularında 250 mg/L'ye kadar olan miktarlar bitki beslenmesi için faydalıdır. Bu miktar 500 mg/L'nin üzerine çıktığında zararlı olmaya başlar. Sülfat sulamada kullanılan sularda klordan daha az toksikdir. Yüksek miktarlarda bulunan sülfat iyonları, kalsiyum iyonlarının çökelmesine sebep olur ve bitkilerde toksik özellikle görülebirlirler.



Şekil 4.16. Sülfatın mevsimlik ortalamasına ait alansal dağılım haritası

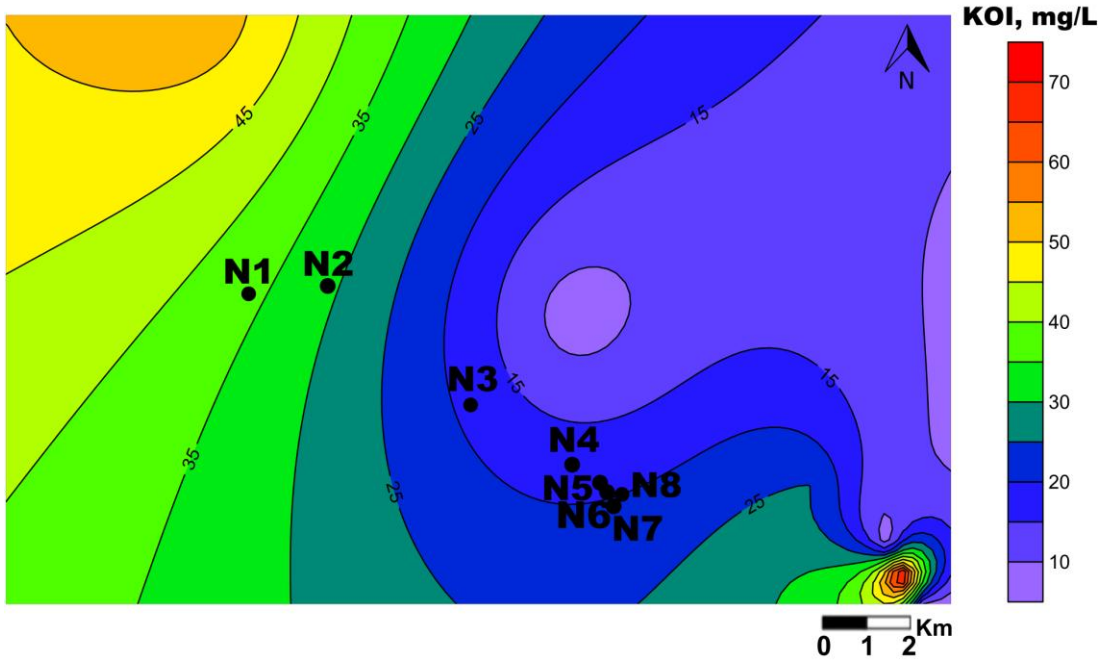
4.1.9. Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)

Balıkliğıl havzasında örnekleme yapılan noktalara ait KOİ değeri Şekil 4.17'de görüldüğü gibi bahar mevsimi hariç yaklaşık olarak benzer bir değişim sergilemektedir. KOİ en düşük bahar mevsiminde Ayzeliha N7 nolu örnekleme noktasında 5.36 mg/L, en yüksek değer ise yaz döneminde Döşeme Cami N6 nolu örnekleme noktasında 102.50 mg/L olarak ölçülmüştür



Şekil 4.17. KOİ'nin örnekleme noktalarına göre mevsimsel değişimi

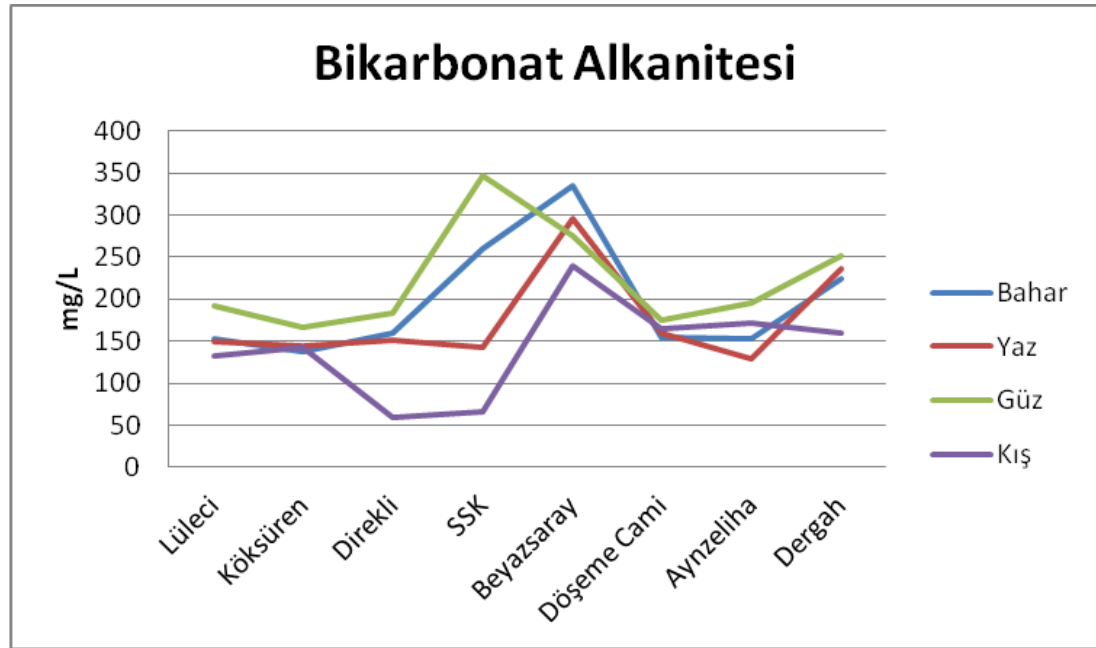
Şekil 4.18'de yer alan KOİ parametresinin mevsimsel ortalamasına ait alansal dağılımına bakıldığında Lüleci N1 nolu örnekleme noktasından Dergah N8 nolu örnekleme noktasına doğru gidildikçe değerde çok az bir düşüş olduğu görülmektedir. . SKKY (2004)'ne göre N3 ve N5 nolu örnekleme noktalarından 4 mevsim boyunca alınan numuneler, KOİ bakımından irdelendiğinde I. sınıf sular kategorisinde incelenebilir.



Şekil 4.18. KOİ'nin mevsimlik ortalamasına ait alansal dağılım haritası

4.1.10. Bikarbonat Alkalinitesi

Balıklığöl havzasında örnekleme yapılan noktalara ait bikarbonat alkalinitesi değeri Şekil 4.19'da görüldüğü gibi mevsimsel olarak birbirine benzer bir değişim sergilemektedir. Bikarbonat alkalinitesi en düşük kış döneminde Direkli N3 noktasında 59 mg/L, en yüksek değer ise güz döneminde SSK N4 nolu örnekleme noktasında 346 mg/L olarak ölçülmüştür.

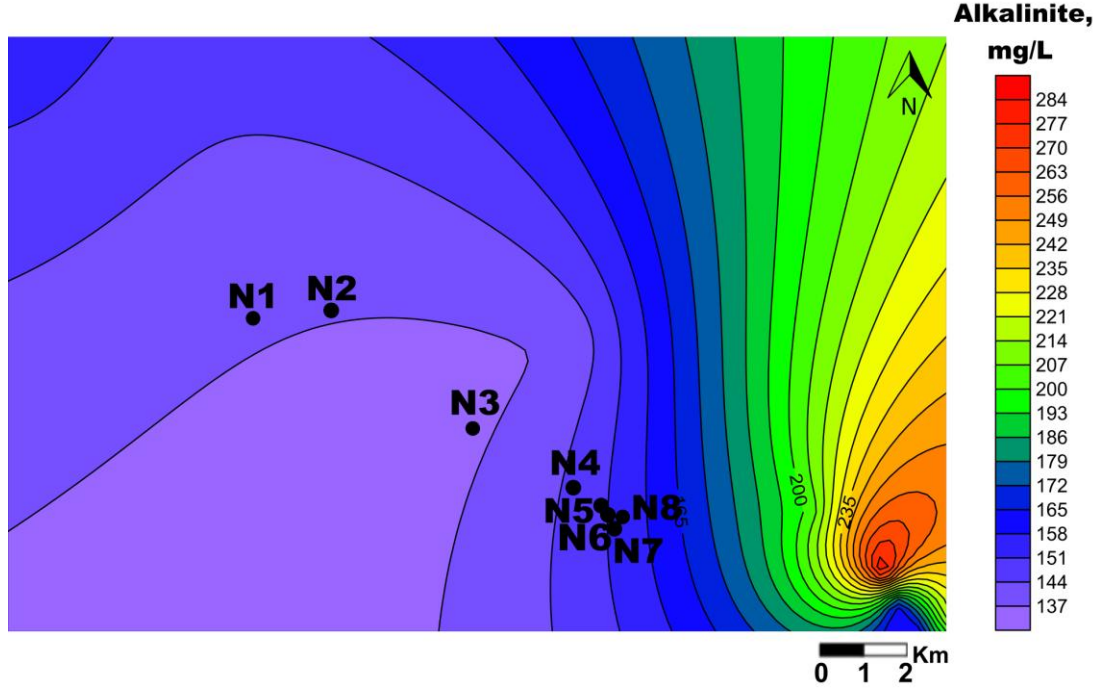


Şekil 4.19. Alkalinitenin örnekleme noktalarına göre mevsimsel değişimi

Şekil 4.20'de yeralan bikarbonat alkalinitesinin mevsimsel ortalamasına ait alansal dağılımına bakıldığında Lüleci N1 nolu örnekleme noktasından Dergah N8 nolu örnekleme noktasına doğru gidildikçe değerinde çok az bir artış olduğu görülmektedir. US EPA (2012)'ye göre sulama suyu kalitesi bakımından bir değerlendirme yapıldığında tüm örnekleme noktaları uygunluk açısından "düşük" ve "orta" sınıfta yer almaktadır. Yeraltı sularında bikarbonat alkalinitesi genellikle atmosfer ve yerkürede CO₂ ve karbonat muhtevalı kayaların çözünmesi ile oluşmaktadır (Varol ve ark., 2008).

Bir suyun alkalinitesi, o suyun asitleri nötralize edebilme kapasitesi olarak tanımlanır. Doğal suların alkalinitesi, zayıf asitlerin tuzlarından ileri gelir. Bunların başında yeralan bikarbonatlar, alkalinitenin en önemli şeklidir. Bikarbonatlar

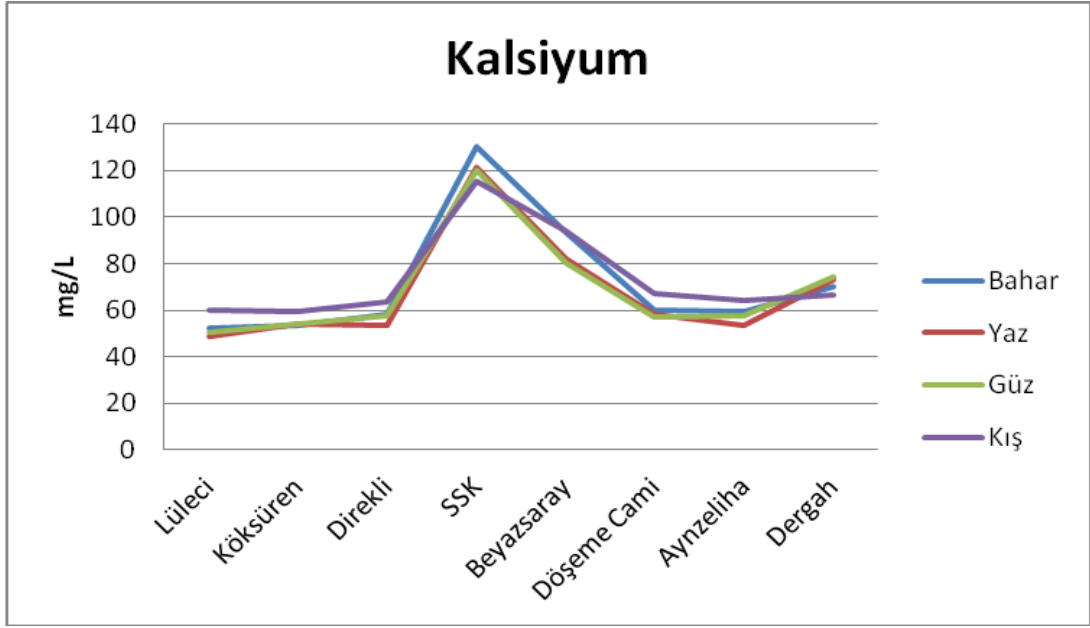
karbondioksitin topraktaki bazı maddeler üzerindeki faaliyeti sonucu sularda oluşurlar.



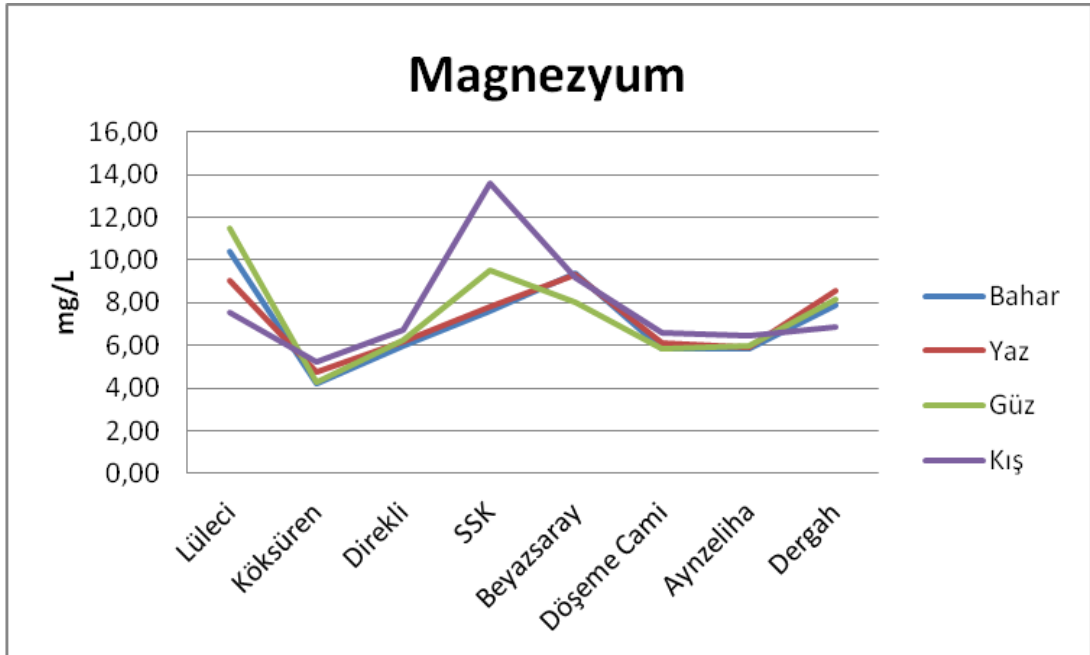
Şekil 4.20. Alkalinitenin mevsimlik ortalamasına ait alansal dağılım haritası

4.1.11. Kalsiyum (Ca^{+2}) ve Magnezyum (Mg^{+2})

Balıklıgöl havzasında örnekleme yapılan noktalara ait kalsiyum ve magnezyum değeri Şekil 4.21 ve Şekil 4.22'de görüldüğü gibi mevsimsel olarak birbirine benzer bir değişim sergilemektedir. Kalsiyum en düşük güz mevsiminde Lüleci N1 noktasında 50.36 mg/L, en yüksek değer ise bahar döneminde SSK N4 nolu örnekleme noktasında 130 mg/L olarak ölçülmüştür. Magnezyum ise en düşük bahar mevsiminde Köksüren N2 nolu örnekleme noktasında 4.20 mg/L, en yüksek değer ise kış döneminde SSK N4 nolu örnekleme noktasında 13.61 mg/L olarak ölçülmüştür.



Şekil 4.21. Kalsiyumun örnekleme noktalarına göre mevsimsel değişimi

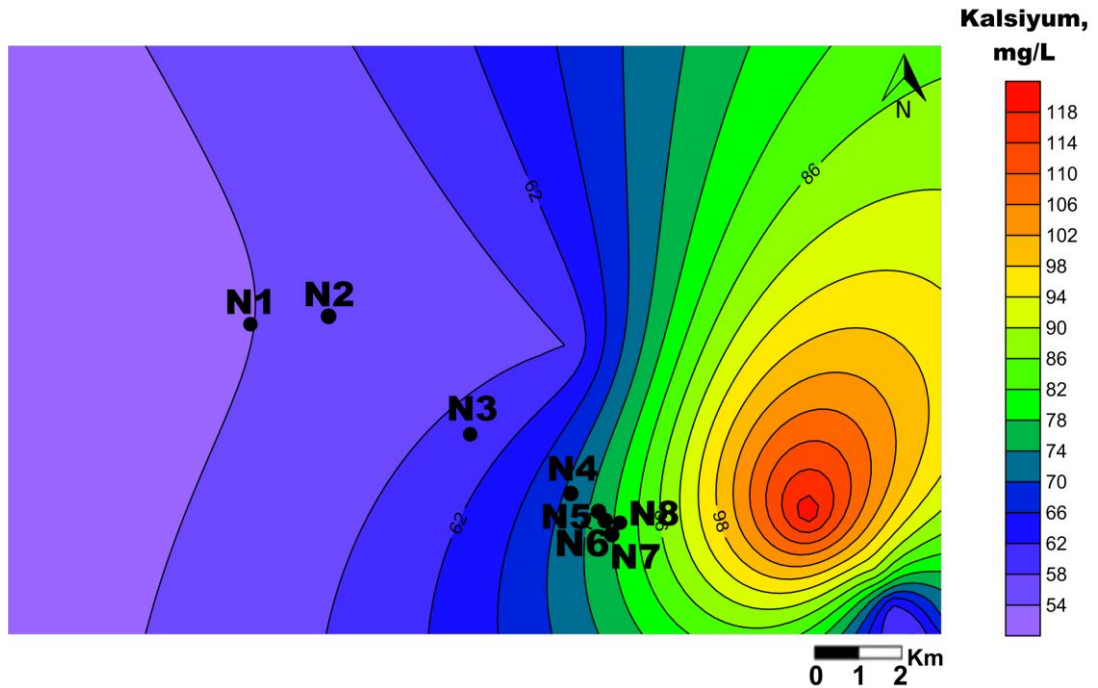


Şekil 4.22. Magnezyumun örnekleme noktalarına göre mevsimsel değişimi

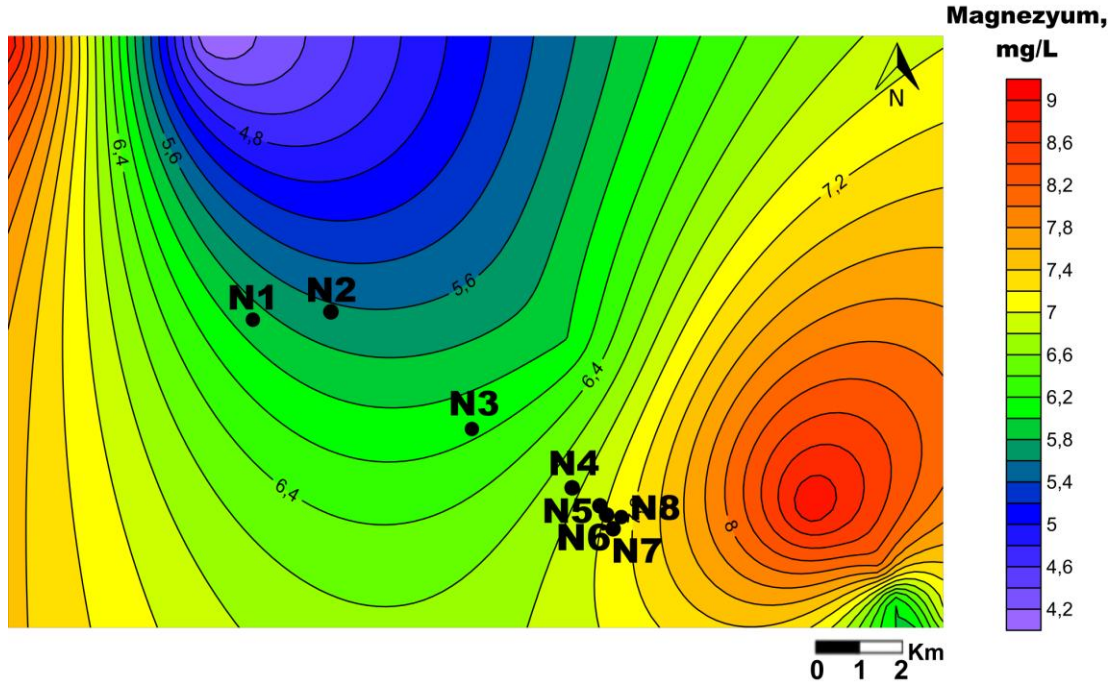
Şekil 4.23 ve Şekil 4.24'de yeralan kalsiyum ve magnezyum parametresinin mevsimsel ortalamasına ait alansal dağılımlarına bakıldığında Lüleci N1 nolu örnekleme noktasından Dergah N8 nolu örnekleme noktasına doğru gidildikçe değerde artış olduğu görülmektedir. TS266 (2005)'da kalsiyum için tavsiye edilen sınır değerler sınıf I ve sınıf II için sırasıyla 75 mg/L ve 200 mg/L; magnezyum için

50 mg/L ve 150 mg/L değerlerinde olup çalışmamızda ölçülen kalsiyum ve magnezyum değerleri, tavsiye edilen değerler arasındadır.

Kalsiyum yeraltı sularına; kalsit, aragonit, dolomit, anhidrit ve jips gibi silikatlı olmayan minerallerin ve anortit, piroksen ve amfibol gibi silikatlı minerallerdeki kalsiyumun çözünmesi ile karışır (Varol ve ark., 2008). Kalsiyum, gelişiminin büyük bir bölümünü nda geçirir; hareketli ve hafif tuzlu sularda genellikle bol miktarda bulunur. Atmosferdeki basıncının ve sıcaklık derecesinde görülen artış, suda çözülmüş kalsiyum miktarını artırır (Bayındır, 2006; Yeşilnacar ve ark., 2007). Yeraltı suyu muhtevasında kalsiyumdan sonra en yoğun rastlanan kation, magnezyumdur. Magnezyum, yeraltı sularına çoğunlukla magnezyumlu kalker, dolomit ve serpantizasyon sonucu açığa çıkan magnezyum karbonatın çözünmesi ile karışır (Varol ve ark., 2008). Yeraltı sularında kalsiyum iyonu genellikle magnezyum iyonundan fazladır. Kalsiyum ve magnezyumun suda fazla miktarda bulunması sertliğe yol açarak suyun kalitesini etkiler. Ancak sulama sularında kalsiyum ve magnezyum azaldığında da ortamdaki sodyum oranı ve dolayısıyla SAR değeri artmaya başlar. Bu iki kationun belirli miktarlarda bulunmaları sodyum tehlikesini azalttığından yararlıdır (Çullu, 2011; Bayındır, 2006).



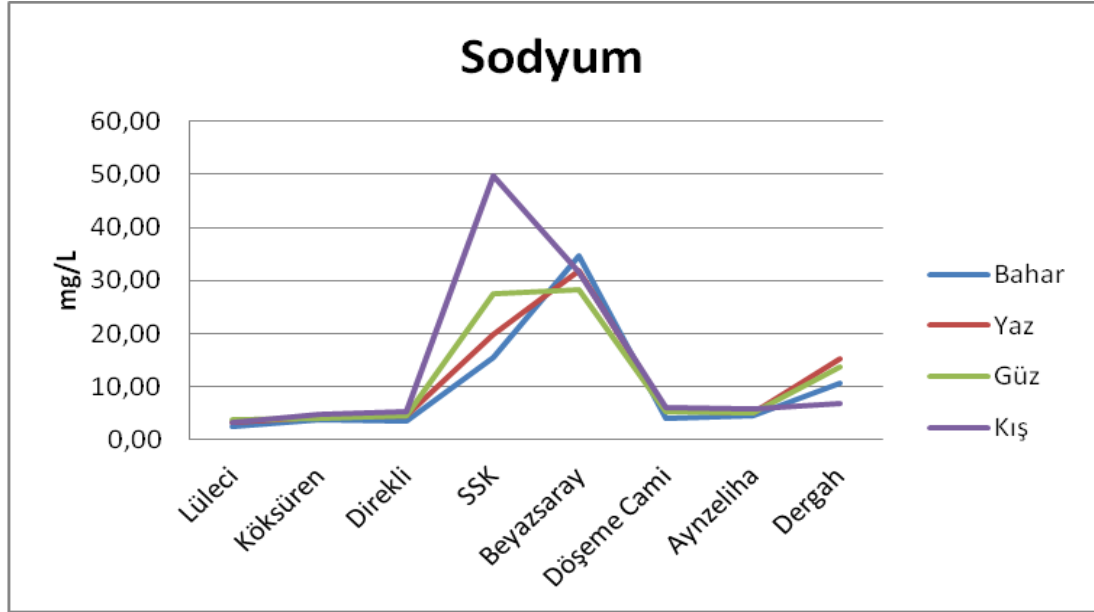
Şekil 4.23. Kalsiyumun mevsimlik ortalamasına ait alansal dağılım haritası



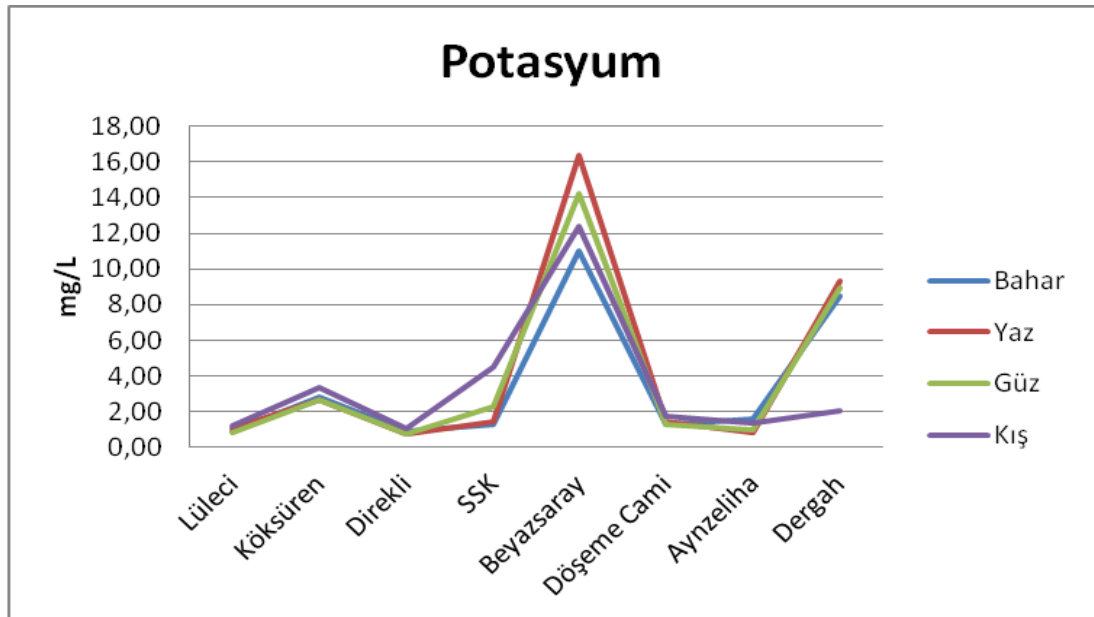
Şekil 4.24. Magnezyumun mevsimlik ortalamasına ait alansal dağılım haritası

4.1.12. Sodyum (Na^+) ve Potasyum (K^+)

Balıklıgöl havzasında örnekleme yapılan noktalara ait sodyum ve potasyum değeri Şekil 4.25 ve Şekil 4.26'da görüldüğü gibi mevsimsel olarak benzer bir değişim sergilemektedir. Sodyum en düşük bahar mevsiminde Lüleci N1 nolu örnekleme noktasında 2.58 mg/L, en yüksek değer ise kış döneminde SSK N4 nolu örnekleme noktasında 49.60 mg/L olarak ölçülmüştür. Potasyum ise en düşük yaz mevsiminde Direkli N3 nolu örnekleme noktasında 0.78 mg/L, en yüksek değer ise yaz döneminde Beyazsaray N5 nolu örnekleme noktasında 16.37 mg/L olarak ölçülmüştür.



Şekil 4.25. Sodyumun örnekleme noktalarına göre mevsimsel değişimi



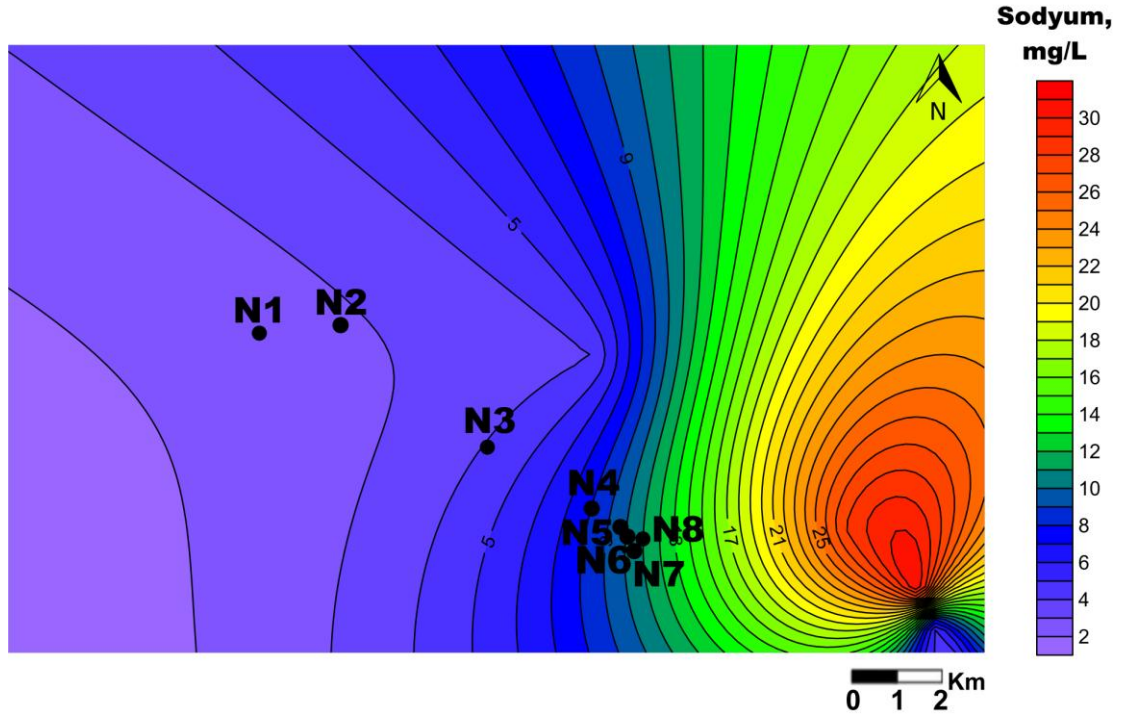
Şekil 4.26. Potasyumun örnekleme noktalarına göre mevsimsel değişimi

Şekil 4.27 ve Şekil 4.28'de yer alan sodyum ve potasyum parametresinin mevsimsel ortalamasına ait alansal dağılımlarına bakıldığında Lüleci N1 nolu örnekleme noktasından Dergah N8 nolu örnekleme noktasına doğru gidildikçe değerlerde pek bir değişiklik olmadığı görülmektedir.

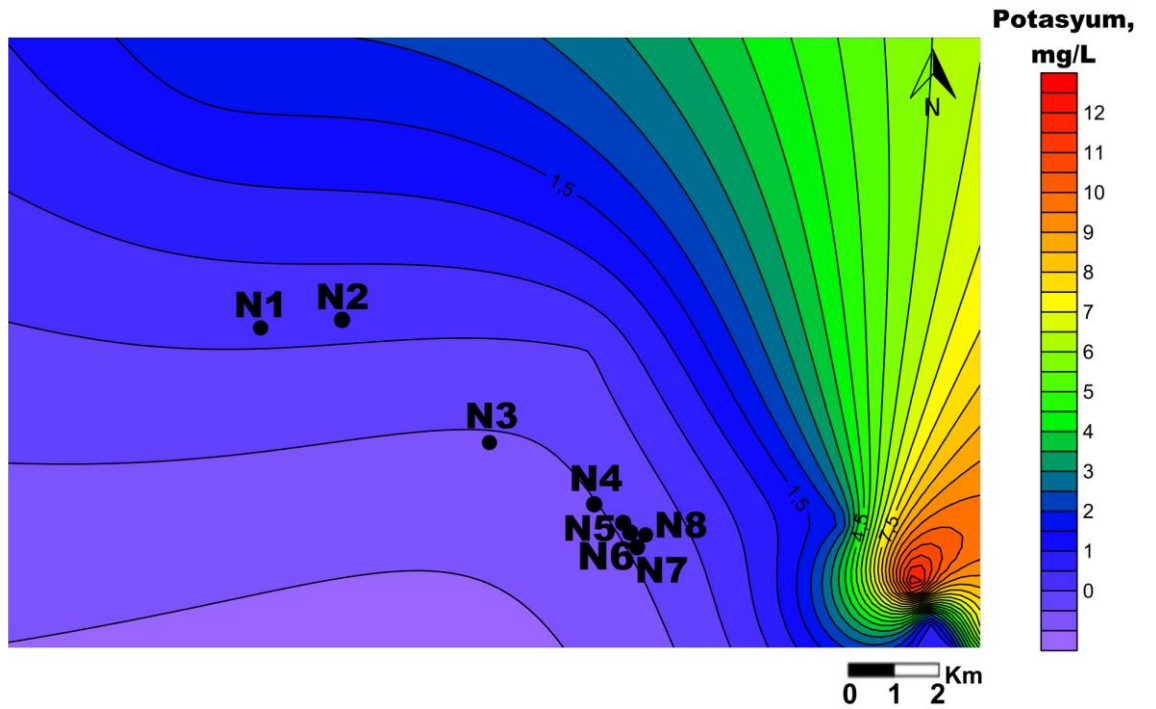
Sodyum doğada bulunan en yaygın alkali metaldir. Bütün sodyum bileşikleri suda kolayca çözünürler. Doğal suların hepsi bir miktar sodyum içerir. Yeraltındaki

sodyumun bulunuşu mineral cinsine ve miktarına, pH'a, bozunum süresine, yeraltı suları akım hızına, ortamdaki kalsiyum iyon değişimine, yapay ve doğal kirlenme gibi etkenlere bağlıdır (Şahinci, 1991). Yeraltı sularının sodyum içeriği normal olarak 6-130 mg/L arasında değişir. Bununla birlikte 200 mg/L'yi aşan konsantrasyonlarda suyun tadını bozabilir (US EPA, 2012). Yüksek sodyum zararının ana nedeni toprak geçirgenliği ve infiltrasyonu azaltmasıdır. Sodyum aynı zamanda doğrudan toprak tuzluluğuna katkı yaparak tuza duyarlı bitkilere zarar verebilir (Çullu, 2011). Yeraltı sularına en çok plajiyoklasların ayrışması, kil minerallerinin baz değişimi ve evaporitlerin bozunumu sonucu karışmaktadır (Varol ve ark., 2008). Magmasal kayaçlar, kil mineralleri, feldspatlar, feldspatoidler, evaporitler (NaCl gibi) sodyum içeren başlıca kayaç ve minerallerdir.

Potasyum yerkabuğunun % 2.5'ini oluşturur ve esas olarak feldspatlarda (ortoklaz, mikroklin), mikalarda, feldspatoidlerde ve kil minerallerinde bulunur. Bitki ve hayvanlarda bulunan ana elementlerden biridir. ndaki potasyum miktarı potasyumlu minerallerin (potasyumlu feldispatlar gibi) bozunumuna, duyarlı potasyum minerallerinin oluşmasına, iyon değişimine ve gözenek sularının nı beslemesine bağlıdır. Doğada oldukça yaygın bulunmasına karşın doğal sularda genellikle birkaç mg/L düzeyinde bulunur. Sulardaki orta derecedeki potasyum derişimi suyun kullanımını olumsuz yönde etkilemez. İçme suyundaki düşük ve yüksek konsantrasyonların insan sağlığına direk bir etkisi yoktur. Potasyum bitki ve hayvan yaşamı için ana besinlerden biridir. Toprak zeminini oluşturan ana kayalarda potasyum miktarı, sodyumdan fazla bulunmaktadır. Buna karşın zeminde potasyum iyonlarının bitkiler ve killer nedeniyle soğurulmasından dolayı, suda sodyum iyonları potasyum iyonlarından fazladır (Şahinci, 1991).



Şekil 4.27. Sodyumun mevsimlik ortalamasına ait alansal dağılım haritası



Şekil 4.28. Potasyumun mevsimlik ortalamasına ait alansal dağılım haritası

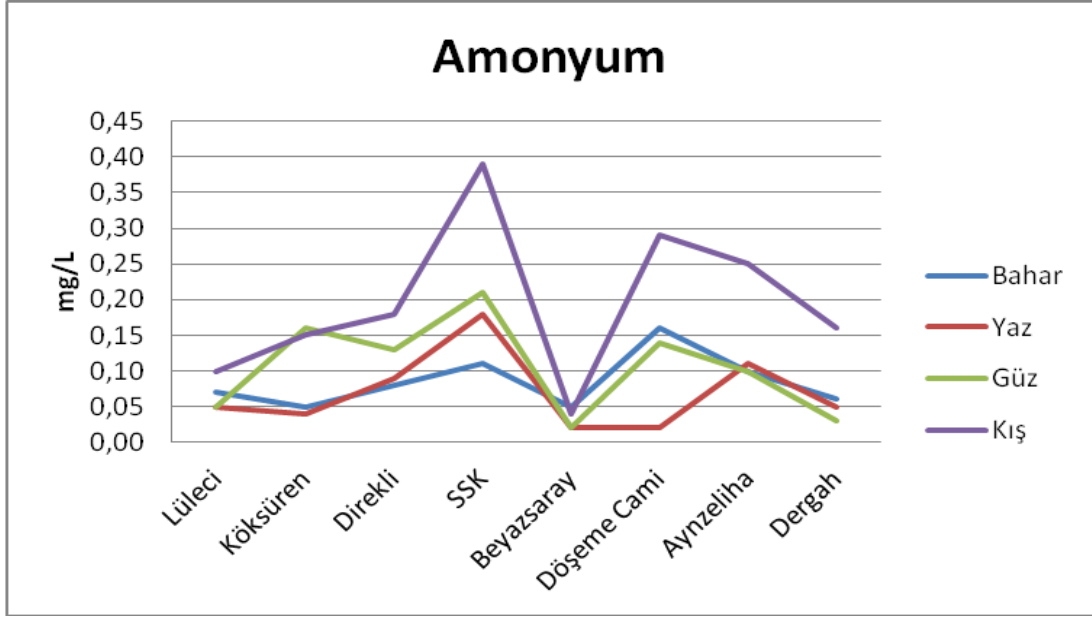
4.1.13. Amonyum, Nitrit, Nitrat ve Toplam Azot

Balıklığöl havzasında örnekleme yapılan noktalara ait amonyum değeri Şekil 4.29'da görüldüğü gibi mevsimsel olarak birbirine benzer bir değişim sergilemektedir. Şekil 4.30 ve Şekil 4.31'de yer alan nitrit ve nitratın mevsimsel değişimleri ise kış dönemi hariç yaklaşık benzer bir değişim trendine sahiptir.

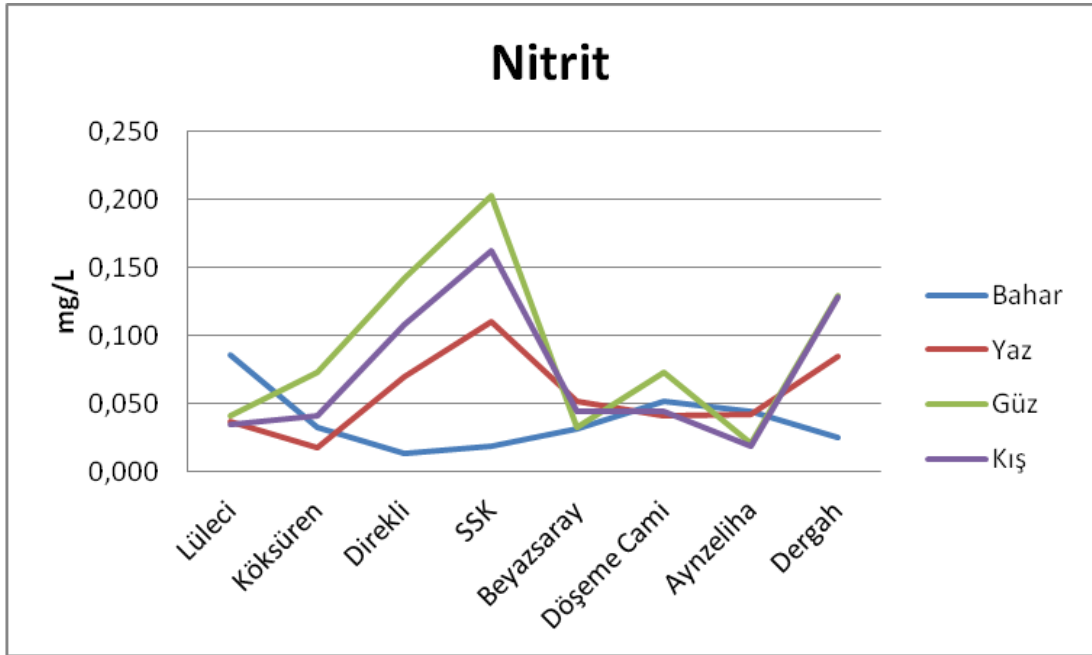
Amonyum en düşük yaz döneminde Beyazsaray N5 ve Döşeme N6 nolu örnekleme noktalarında ve güz döneminde Beyazsaray N5 nolu örnekleme noktasında 0.02 mg/L, en yüksek değer ise kış döneminde SSK N4 nolu örnekleme noktasında 0.39 mg/L olarak ölçülmüştür. Nitrit en düşük bahar döneminde Direkli N3 nolu örnekleme noktasında 0.014 mg/L, en yüksek değer ise güz döneminde SSK N4 nolu örnekleme noktasında 0.203 mg/L olarak ölçülmüştür. Nitrat en düşük yaz mevsiminde Direkli N3 nolu örnekleme noktasında 1.52 mg/L, en yüksek değer ise kış döneminde SSK N4 nolu örnekleme noktasında 15.9 mg/L olarak ölçülmüştür.

Balıklığöl havzasından alınan örnekler amonyum bakımından SKKY (2004)'e göre irdelendiğinde I ve II. sınıf sular, nitrit bakımından III. ve IV. sınıf sular ve nitrat bakımından I, II ve III. sınıf sular kategorilerinde yer almaktadır. Ayrıca çalışmada ölçülen amonyum değerleri TS266 (2005)'e göre sınır değer (0.5 mg/L) altında olmasına rağmen, WHO (2011)'e göre ölçülen en yüksek değer max sınır değer olan 0.2 mg/L değerinin üstündedir. Nitrit değerleri, TS266 (2005), insani tüketim amaçlı sular hakkında yönetmelik (2005) ve WHO (2011)'de müsaade edilebilen (0.5 mg/L) sınır değerinin altında olduğu görülmektedir. Nitrat değerleri bakımından ulusal ve uluslararası standart ve sınıflamalara göre ölçülen değerler Sağlık Bakanlığı (2005), TS266 (2005) ve WHO (2011)'de verilen max sınır değer (50 mg/L) ve US EPA (2012)'de verilen max sınır değer (10 mg NO₃-N/L) altındadır.

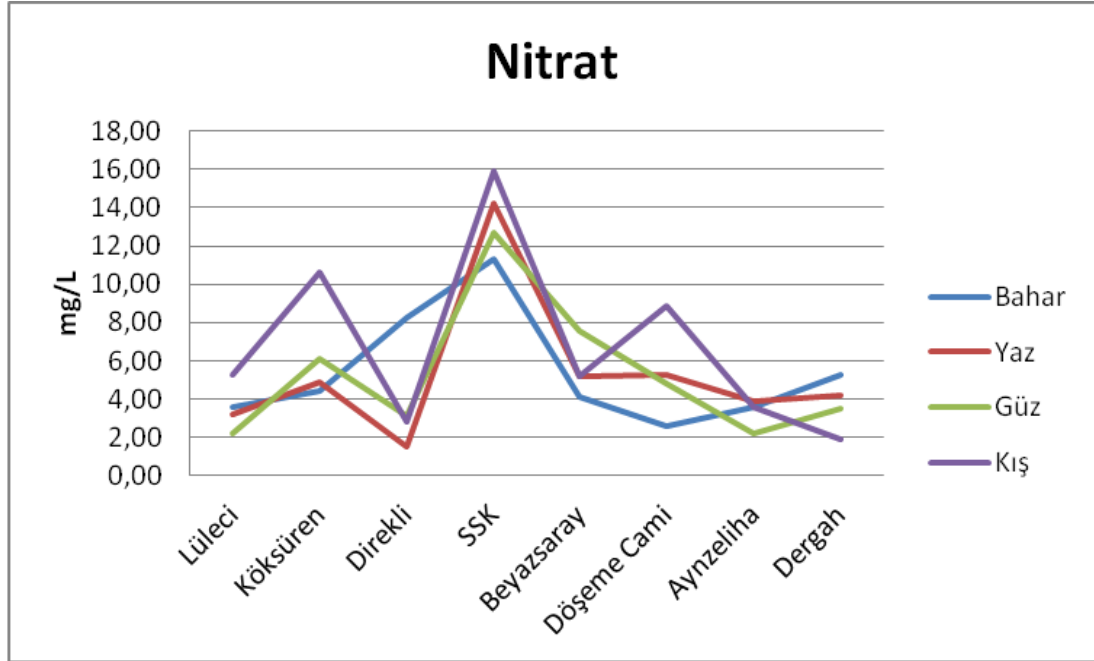
Balıklığöl havzasında örnekleme yapılan noktalara ait toplam azot değeri Şekil 4.32'de görüldüğü gibi kış mevsimi hariç mevsimsel olarak birbirine benzer bir değişim sergilemektedir. Toplam azot en düşük güz mevsiminde Beyazsaray N5 nolu örnekleme noktasında 1.03 mg/L, en yüksek değer ise güz döneminde SSK N4 nolu örnekleme noktasında 5.69 mg/L olarak ölçülmüştür.



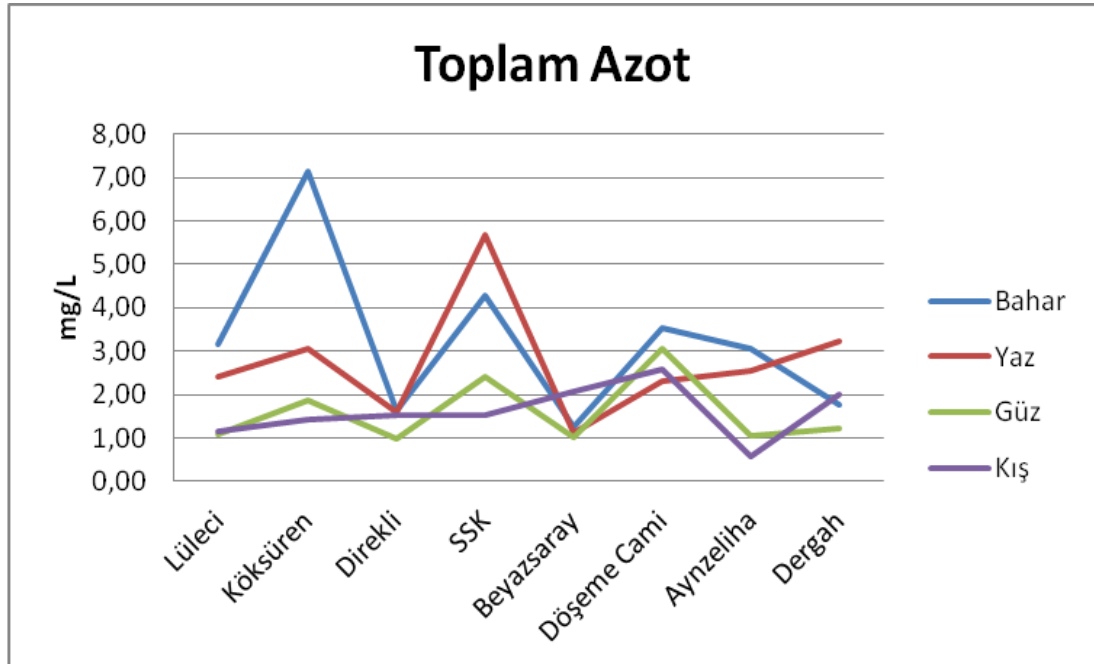
Şekil 4.29. Amonyumun örnekleme noktalarına göre mevsimsel değişimi



Şekil 4.30. Nitritin örnekleme noktalarına göre mevsimsel değişimi



Şekil 4.31. Nitratın örnekleme noktalarına göre mevsimsel değişimi



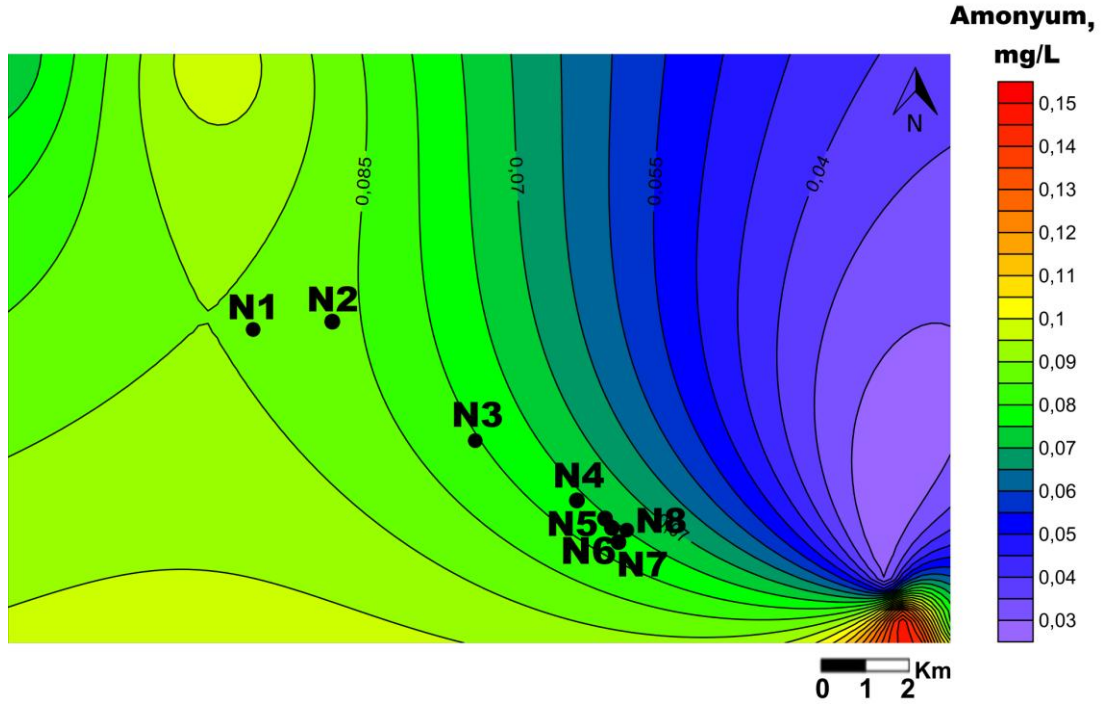
Şekil 4.32. Toplam Azotun örnekleme noktalarına göre mevsimsel değişimi

Şekil 4.33, Şekil 4.34 ve Şekil 4.35'de yeralan sırasıyla amonyum, nitrit ve nitrat değerlerinin mevsimsel ortalamasına ait alansal dağılımlarına bakıldığında Lüleci N1 nolu örnekleme noktasından Dergâh N8 nolu örnekleme noktasına doğru gidildikçe her üç parametreye ait değerlerin dağılımlarında çok az bir azalma olduğu

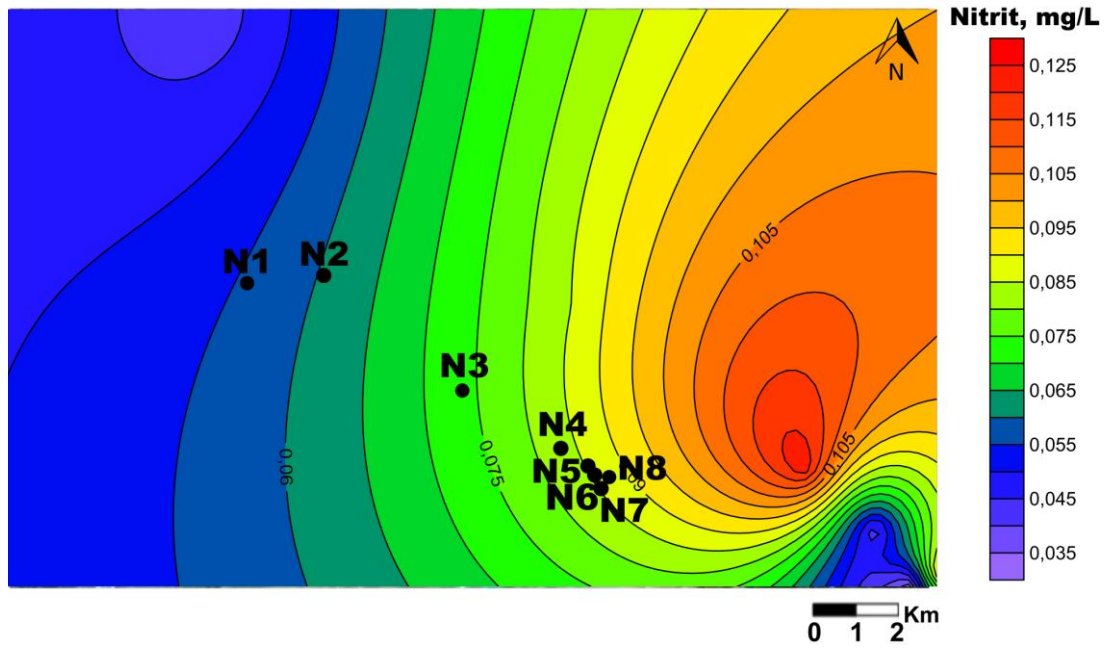
görülmektedir. Şekil 4.36'da yeralan toplam azot parametresinin mevsimsel ortalamasına ait alansal dağılımına bakıldığında örnekleme noktaları arasında pek bir değişiklik olmadığı görülmektedir.

Sudaki amonyum miktarı organik maddenin bozunması, organik gübre kullanımı, evsel ve endüstriyel kirlenme sonucunda ortaya çıkar. Deoksidasyon olayıyla nitratın nitrite, nitritin de amonyuma dönüşmesi sudaki amonyum miktarını artırıcı yönde etki yapar. Nitrit amonyumun yükseltgenmesi ya da nitratın indirgenmesi ile oluşur. Nitrit temiz sularda ya hiç bulunmaz ya da eser miktarda bulunur. Ancak organik kirlenmenin olduğu, oksijen içeriğinin düşük olduğu yerler ile endüstriyel ve evsel atık su deşarjlarının olduğu yerlerde yüksek miktardadır. Yüksek miktarda nitrit varlığı suların kirlenmiş olduğunu gösterir. Nitrit bir geçiş fazı olduğundan sularda çok az bulunan bir iyondur (Demir, 2008).

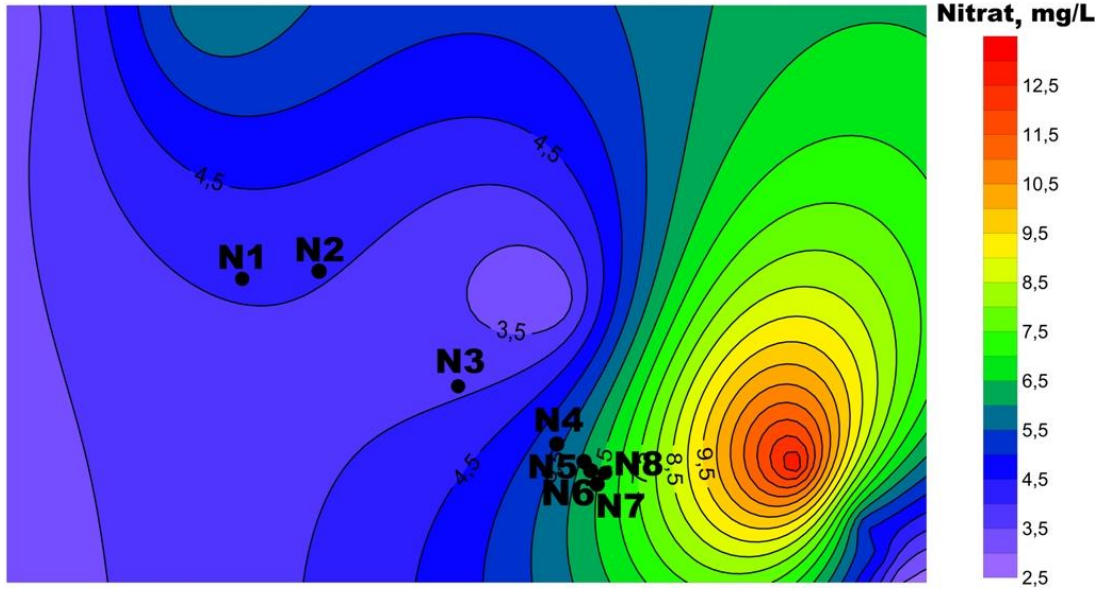
Nitrat yüzey suyunda genellikle iz miktarlarda bulunur. Fakat bazı yeraltı sularında yüksek seviyelerde olabilir. Nitrat çoğu fotosentetik ototroflar için temel bir nutrienttir (besi maddesidir) ve bazı durumlarda gelişimi sınırlayıcı olarak tanımlanır (APHA, 1998). Nitrat, yeraltı sularına doğal kökenli unsurlardan daha çok antropojen kökenli olarak alıcı ortamlarda azotta önemli artışlara sebebiyet verirler. Hatta gübreler, hayvan atıkları, kentsel ve endüstriyel atıklar yeraltı suyunda nitrat kirliliğinin önemli kaynağı olarak düşünülürler (WHO, 2011). Nitrat pek çok doğal su ortamlarında makul konsantrasyonlarda bulunur, ancak gerek atık suların deşarjı ve gerekse gübre kullanımına bağlı olarak nitrat konsantrasyonu yeraltı sularında yüksek değerlere çıkarak bir kirlenici haline alabilir. Nitratın çocuklarda ve hamile kadınlarda önemli sağlık riskleri taşıdığı bilinmektedir. Bu durum muhtemelen çocukların midelerinde nitratların nitritlere indirgenmesine bağlıdır. Nitratlar, bebeklerde hemoglobinle birleşebilir ve böylece hücrelere oksijen taşınımını olumsuz etkileyebilir (mavi bebek sendromu olarak ta bilinen mavimsi bir deri renginin ortaya çıkmasına neden olur) (WHO, 2011). Fakat son yıllarda yapılan çalışmalar sonucunda içme suyundaki nitrat ile bebeklerde "methemoglobinemia" oluşması arasında direk bir bağlantı kurulmasının yanlış olacağı, nitratın bu hastalık oluşmasında etkili olabilecek birçok faktörden biri olabileceği sonucuna varılmıştır (Varol ve ark., 2008). Kirlenmiş yeraltı sularında nitratlarla beraber yüksek oranda klorür de dikkati çekmektedir (Şahinci, 1991).



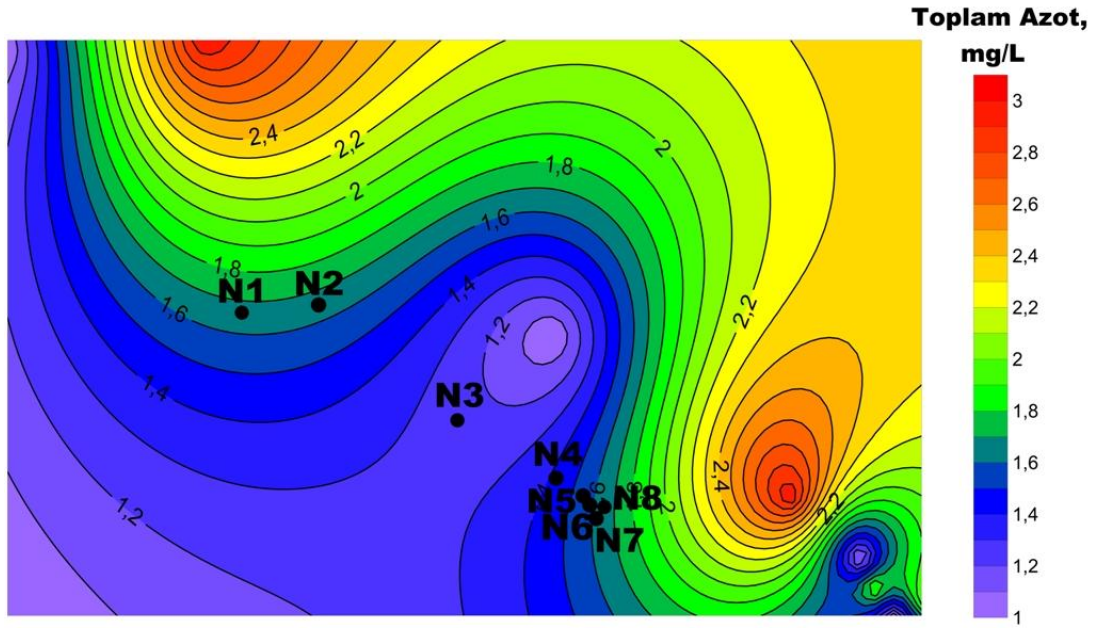
Şekil 4.33. Amonyumun mevsimlik ortalamasına ait alansal dağılım haritası



Şekil 4.34. Nitritin mevsimlik ortalamasına ait alansal dağılım haritası



Şekil 4.35. Nitratın mevsimlik ortalamasına ait alansal dağılım haritası

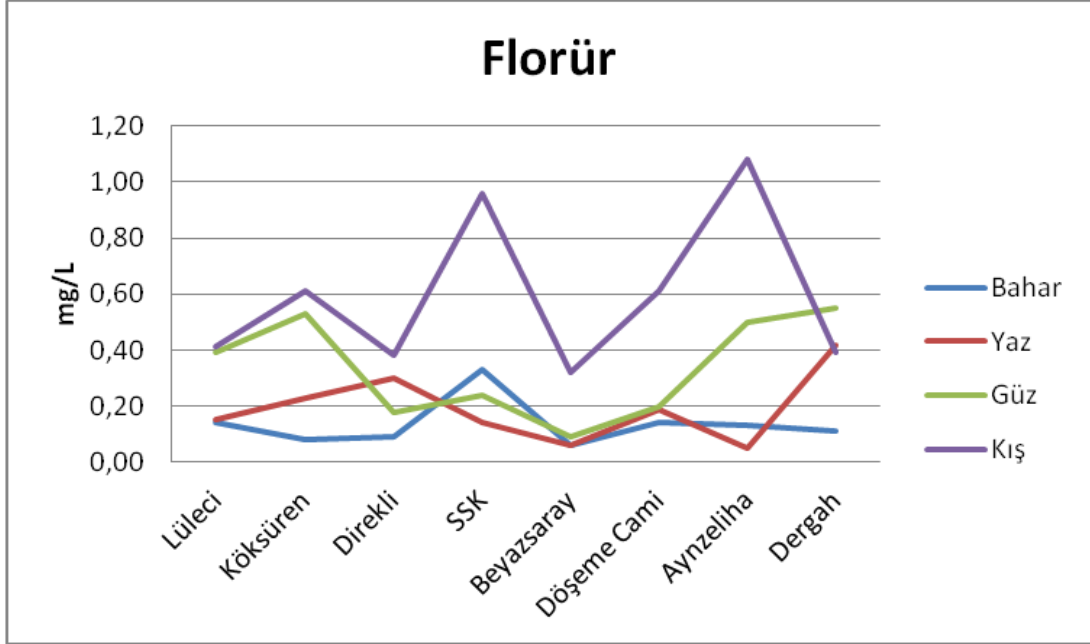


Şekil 4.36. Toplam Azotun mevsimlik ortalamasına ait alansal dağılım haritası

4.1.14. Florür

Balıkliğöl havzasında örnekleme yapılan noktalara ait florür değeri Şekil 4.37'de görüldüğü gibi her mevsim için farklı bir değişim sergilemektedir. Florür en düşük yaz döneminde Ayzeliha N7 nolu örnekleme noktasında 0.05 mg/L, en yüksek değer ise kış döneminde aynı noktada 1.08 mg/L olarak ölçülmüştür. Kış döneminde florür değerlerinin tüm örnekleme noktalarında yüksek olması; o dönemde yağın bol

miktarda yağış sularının yeraltına süzülürken geçtiği florür içerikli kayaları çözmesi ve sıcaklık, asidite gibi bir takım fiziksel parametrelerin etkisiyle olduğu ifade edilebilir.

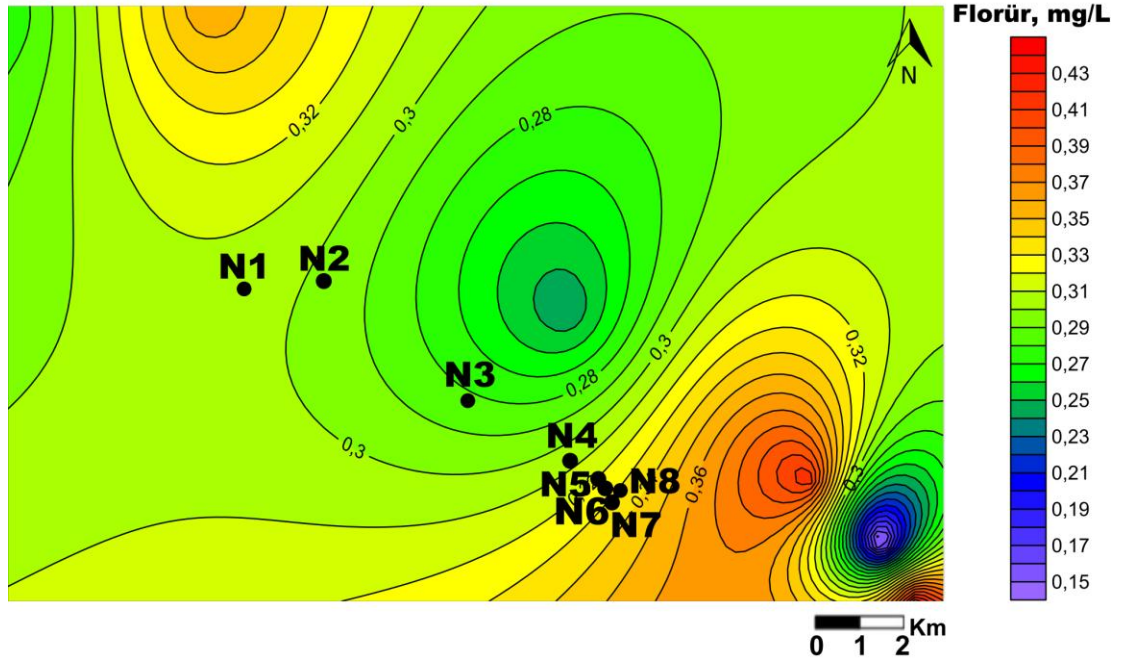


Şekil 4.37. Florürün mevsimlik ortalamasına ait alansal dağılım haritası

Şekil 4.38'de yeralan florür parametresinin mevsimsel ortalamasına ait alansal dağılımına bakıldığında florür değerlerinin N1 nolu örnekleme noktasından N4 nolu noktaya doğru azaldığı ancak sonrasında N8 nolu noktaya doğru tekrar aynı miktarda arttığı görülmektedir. SKKY (2004)'e göre florür açısından tespit edilen en yüksek değer sınıflandırıldığında I. sınıf ve II. sınıf sular kategorisindedir. Ulusal ve uluslararası sınıflamalara göre çalışmada ölçülen en yüksek florür değeri Sağlık Bakanlığı (2005), TS266 (2005), WHO (2011) max sınır değer olan 1.5 mg/L ve US EPA (2012) 2 mg/L değerlerinin altında olduğu görülmektedir. İçme sularında 0.50 - 1.50 mg/L arasındaki florür konsantrasyonu diş sağlığına katkıda bulunurken 0.50 mg/L florür konsantrasyonu diş çürümesine neden olur. İçme sularında 4 mg/L'nin üzerindeki florür konsantrasyonları diş hastalığı "dental florozis", iskelet sisteminde "skeletal florozis" ve felce uğratarak "crippling florozis"e neden olurken, 1.50 - 4.00 mg/L arasındaki konsantrasyonlar "dental florozis"e yol açar(Yeşilnacar ve ark., 2012).

Yeraltı sularında florür iyonu konsantrasyonları akiferin jeolojik, kimyasal ve fiziksel karakteristiklerine, toprak ve kayaların porozite ve asiditesine, sıcaklığa,

diğer kimyasal elementlerin hareketine ve kuyuların derinliğine bağlıdır (Yeşilnacar ve ark., 2012).



Şekil 4.38. Toplam Azotun mevsimlik ortalamasına ait alansal dağılım haritası

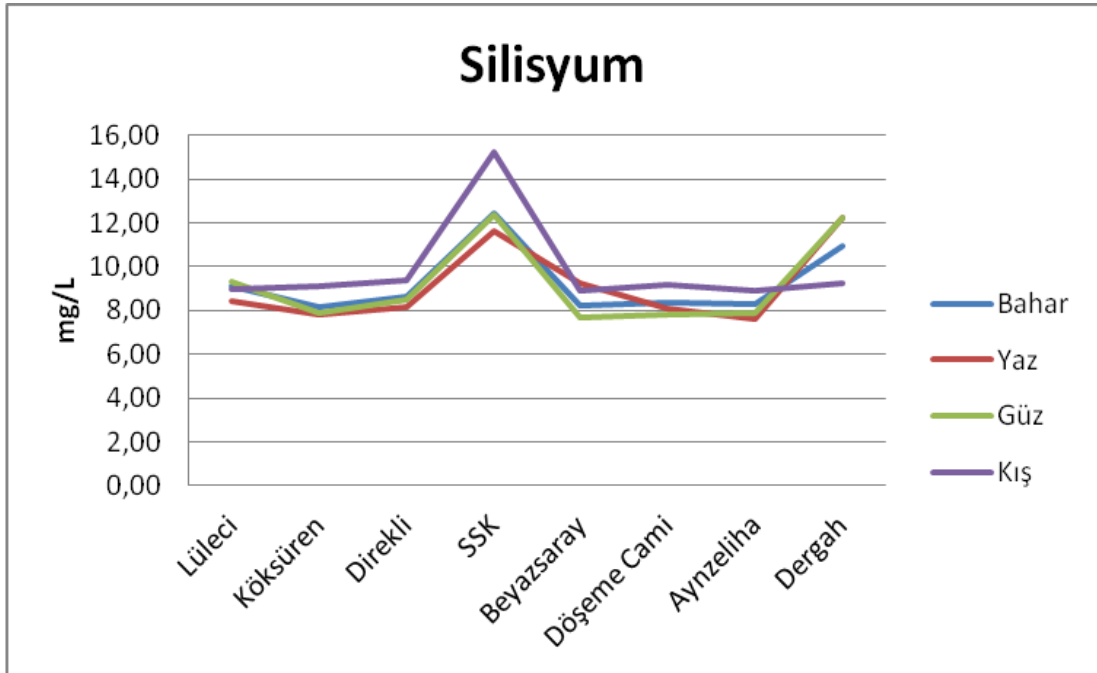
4.1.15. Deterjanlar

Balıklıgöl havzasında örnekleme noktalarına ait deterjan değerleri açısından sonuçlar tüm mevsimlerde ölçülebilir limit değer olan 0.5 mg/L'nin altında ölçülmüştür. Ulusal ve uluslararası sınıflamalarda deterjan değeri açısından TS266 (2005)'e göre verilen sınır değer 0.2 mg/L ve US EPA (2012)'ye göre verilen sınır değer olan 0.5 mg/L değerlerinin altında olduğu görülmektedir. Deterjanlar su ortamında 0.5 mg/L'nin üzerindeki değerlerde köpük oluşturularak su yüzeyinin kaplanmasına ve oksijen alışverişinin engellenmesine neden olmaktadır. Deterjan aktif maddesi boşaltıldıkları alıcı sularda biyokimyasal reaksiyonlarla ayrışır ve bu durum çözülmüş oksijenin tükenerek ani oksijen azalmasına sebep olarak sudaki canlılar üzerinde olumsuz etkilere yol açar.

4.1.16. Ağır Metaller

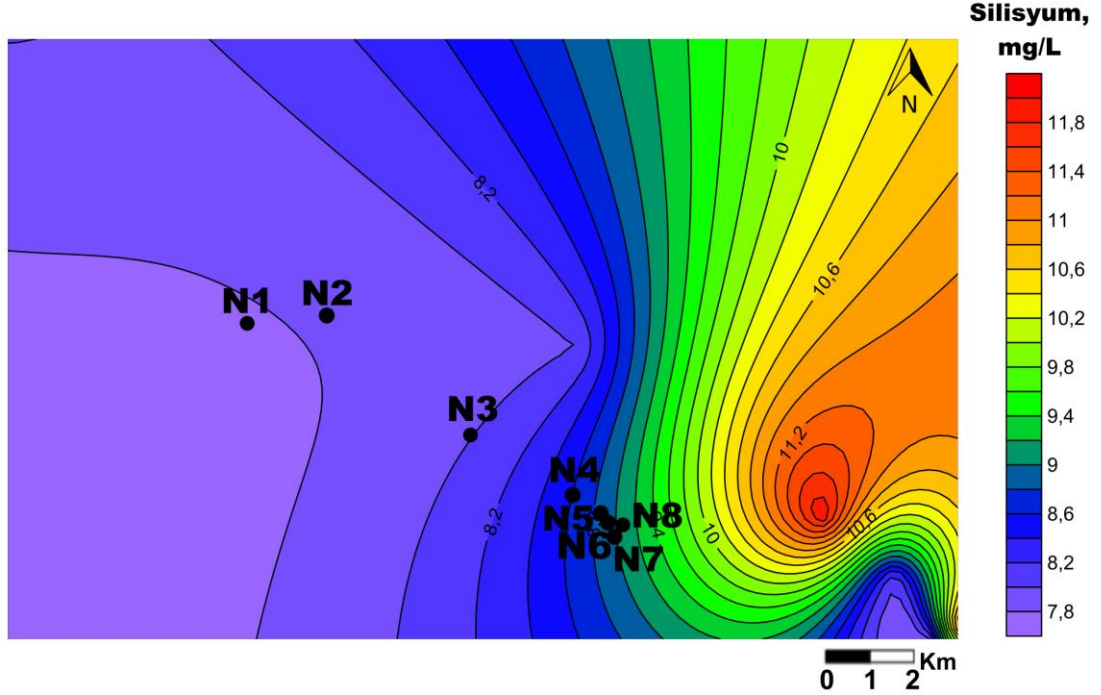
Balıkliöl kaynaklarından, sürekli ve düzenli olarak su örnekleri alınarak, fiziko-kimyasal ve ağır metal analizleri DSİ (2012) tarafından yapılan öneri üzerine gerçekleştirilmiştir.

Ağır metallerden Si dışında kalan diğer Al, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn açısından tüm değerler ölçülebilir sınır değer olan 0.05 mg/L değerinin altında ölçülmüştür. Silisyum oksijenden sonra yer kürede ikinci sırayı alır. Silisyum iyonu magmatik ve metamorfik kaya minerallerinin temel yapısını oluşturur; ayrıca diğer kayalarda, toprak zeminde ve suda bir miktar bulunur. Yer kabuğunda en çok rastlanan elementlerden biri (Şahinci, 1991) olduğu için su içerisinde diğer elementlerden daha yüksek seviyelerde ölçülmüştür. Şekil 4.39'da görüldüğü üzere mevsimsel açıdan silisyum değeri aynı değişim trendi sergilemiştir. Silisyumun en düşük değeri yaz döneminde Ayneliha N7 nolu örnekleme noktasında 7.61 mg/L en yüksek değeri ise kış döneminde SSK N4 nolu örnekleme noktasında 15.21 mg/L olarak tespit edilmiştir.



Şekil 4.39. Silisyumun örnekleme noktalarına göre mevsimsel değişimi

Şekil 4.40'da silisyumun mevsimsel ortalama göre alansal dağılıma bakıldığında Lüleci N1'den Dergah N8 nolu örnekleme noktasına doğru gidildikçe çok az bir artış görülmektedir.



Şekil 4.40. Silisyumun mevsimlik ortalamasına ait alansal dağılım haritası

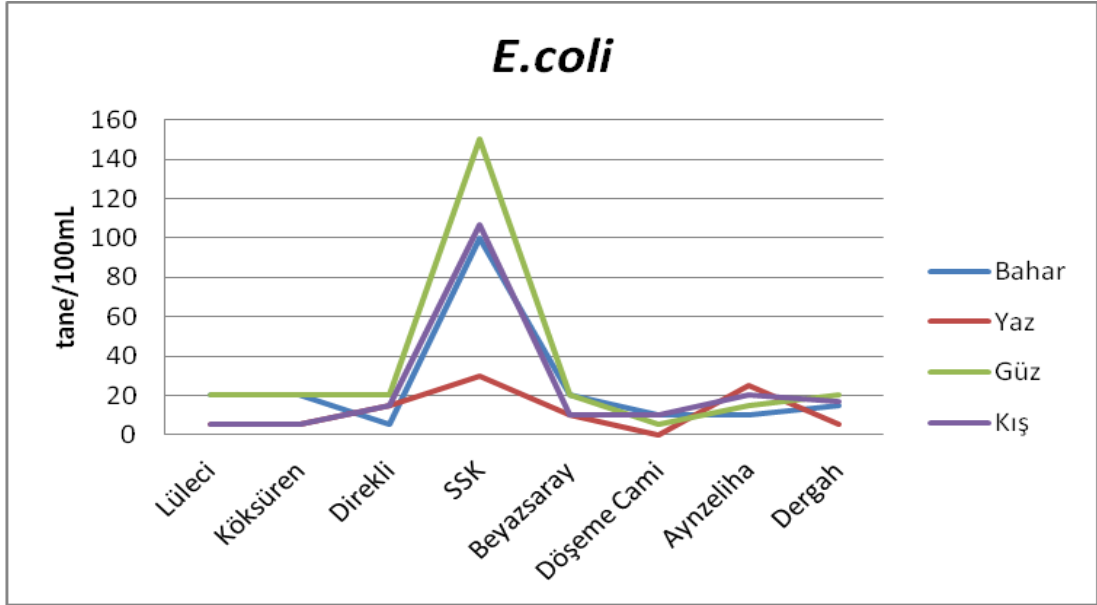
4.1.17. Koliformlar

Balıklıgöl havzasında örnekleme yapılan noktalardaki mikrobiyolojik analiz sonuçlarına bakıldığında Şekil 4.41 *E.coli*, Şekil 4.42 fekal koliform ve Şekil 4.43 ise toplam koliform değişimleri görülmektedir. Şekil 4.41'de *E. coli* ve Şekil 4.42'de fekal koliform genel olarak aynı trendi izlemekle beraber SSK N4 nolu örnekleme noktasında güz döneminde en yüksek değerlere ulaşmıştır. *E. coli* ve fekal koliformun SSK N4 nolu örnekleme noktasında en yüksek değeri güz döneminde 150/100 mL olarak tespit edilmiştir. *E. coli* en düşük Döşeme N6 nolu noktada yaz dönemi, Fekal koliform ise Lüleci N1 bahar ve Köksüren N2 kış dönemlerinde 0/100 mL olarak ölçülmüştür. Toplam koliform ise Şekil 4.43'de görüldüğü üzere; SSK N4, Beyazsaray N5, Aynzeliha N7 ve Dergah N8 nolu örnekleme noktalarında tüm dönemlerde yüksek değere ulaşmıştır. Toplam koliformun en yüksek değeri Beyazsaray N5 nolu örnekleme noktasında bahar dönemi, Aynzeliha N7 nolu

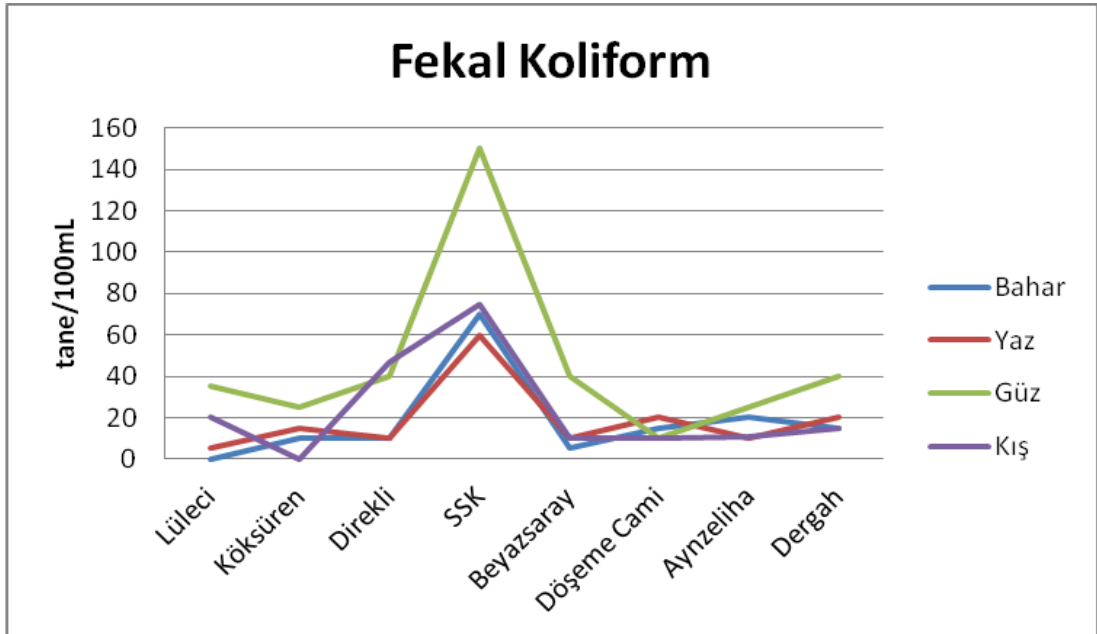
örnekleme noktasında bahar dönemi ve Dergah N8 nolu örnekleme noktasında ise kış dönemi 2000/100 mL olarak tespit edilmiştir. Toplam koliformun en düşük değeri ise Döşeme N6 nolu örnekleme noktasında bahar döneminde 20/100 mL olarak ölçülmüştür.

DSİ (2012) tarafından yapılan etüt raporu çalışmasında yeralan 2009 yılına ait mikrobiyolojik analiz sonucuna göre, Direkli kaynağından mansaba, Balıklıgöl kaynaklarına doğru olan yeraltı suyu akış sisteminde bakterilerin varlığında bir artış gözlenmiştir. Bakteriolojik analiz sonucunda, suda *E. coli* ve fekal streptokokların varlığı, suda dışkı menşeli bir kirlenmenin olduğunu gösterdiğini ifade ederek, bu kaynakların menbasında ve etrafında bulunan yerleşim birimlerinin (mahalle) evsel atık sularının, karstik akifere sızması sonucunda yeraltı suyunun kirlenmesine neden olduğu kanısına varılmıştır. Döşeme ve Dergah Camisi içinde bulunan kaynakların sularında *E. coli* ve fekal streptokokların varlığı insan sağlığı açısından sakıncalı olduğundan, bu suların uygun dezenfeksiyon işlemine tabi tutulmadan içilmesi engellenmeli ve Balıklıgöl çevresinde bulunan tüm genel tuvaletler kapatılmalı şeklinde önerilerde bulunulmuştur.

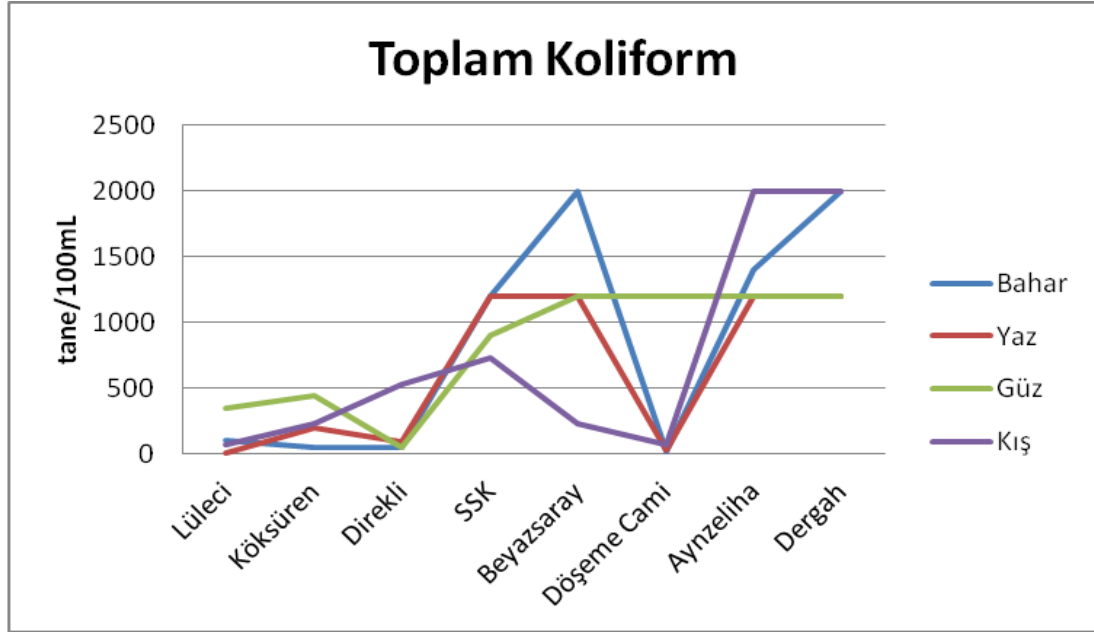
Balıklıgöl ve havzasında yapılan içme suyu kalitesi çalışmalarında, toplam azot (NH_3 , NO_3) ve permanganat (organik madde) değerleri su içerisinde yaşayan canlı mikroorganizmaların üremelerine yardımcı olacak şekilde belirlenmiştir. Toplam azot ve organik madde parametrelerine bağlı olarak toplam koliform ve fekal streptokok sonuçları da bu sonuçları desteklemektedir. Buda bize Balıklıgöl çevresindeki kaynaklara ait suların dışkı menşeli kirlenmeye maruz kaldığını göstermektedir" sonucuna ulaşılmaktadır (Bozkurt, 2013; DSİ, 2013).



Şekil 4.41. E-Koli bakterilerinin örneklem noktalarına göre mevsimsel değişimi



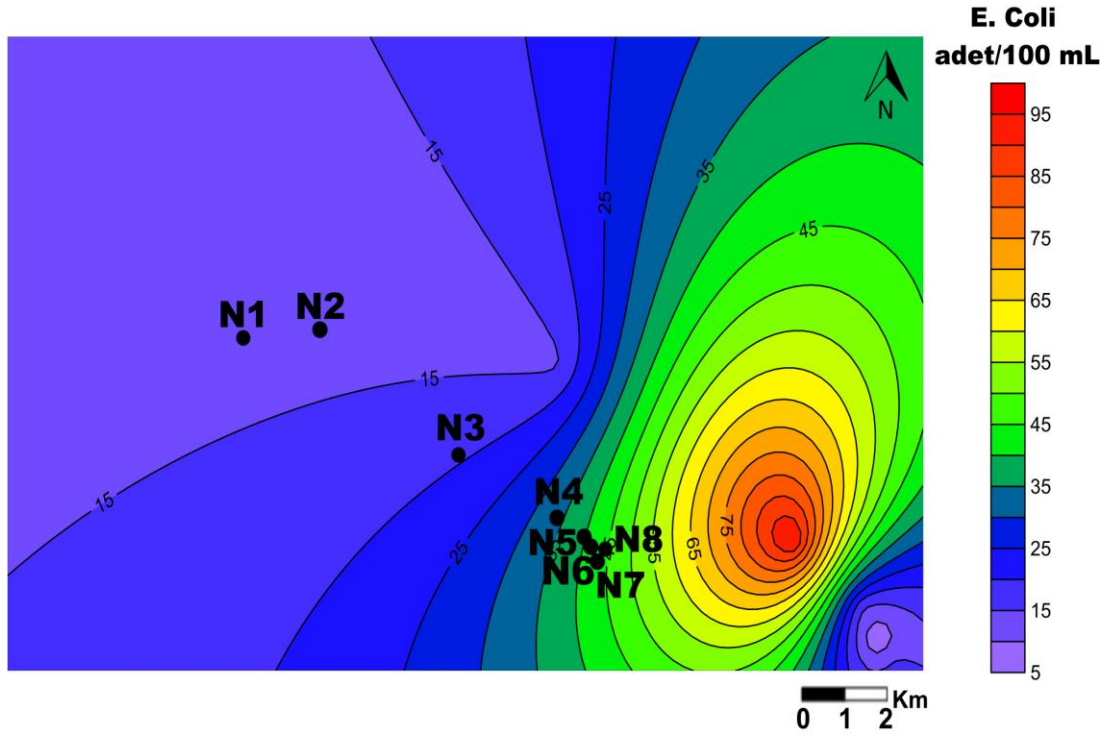
Şekil 4.42. Fekal koliformların örneklem noktalarına göre mevsimsel değişimi



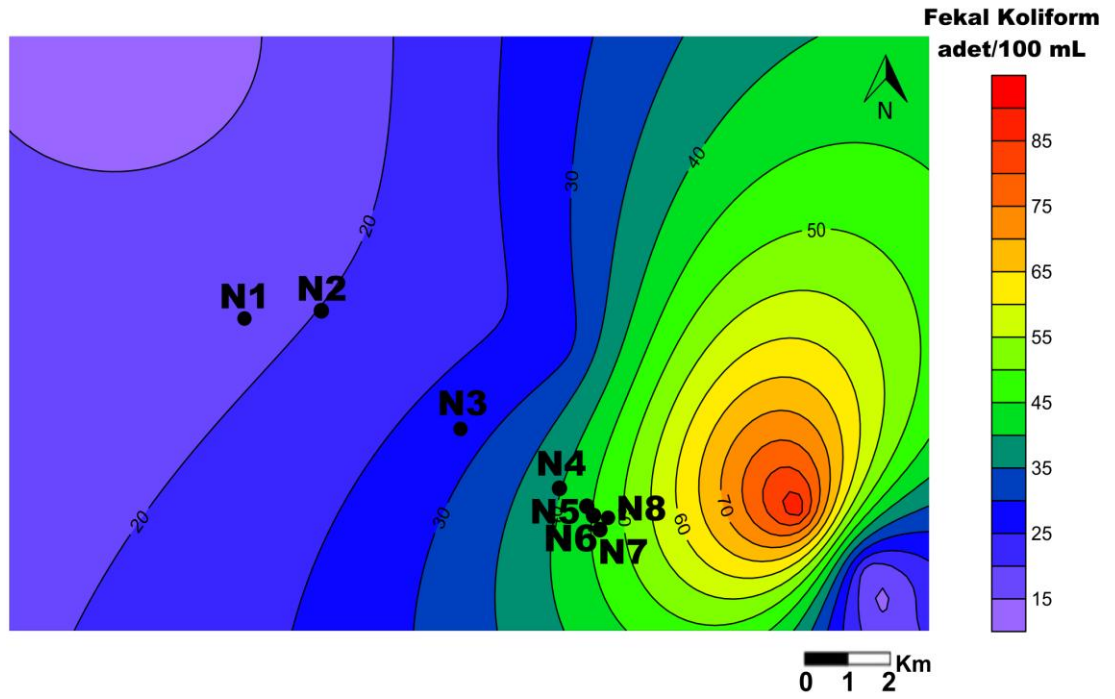
Şekil 4.43. Toplam koliformların örnekleme noktalarına göre mevsimsel değişimi

Şekil 4.44, Şekil 4.45 ve Şekil 4.46'da sırasıyla yerel *E. coli*, fekal koliform ve toplam koliform sonuçlarının mevsimsel ortalamasına ait alansal dağılımına bakıldığında Lüleci N1 nolu örnekleme noktasından Dergâh N8 nolu örnekleme noktasına doğru gidildikçe değerlerde artış olduğu yani mikrobiyolojik kirlenmenin mansabta daha fazla olduğu görülmektedir.

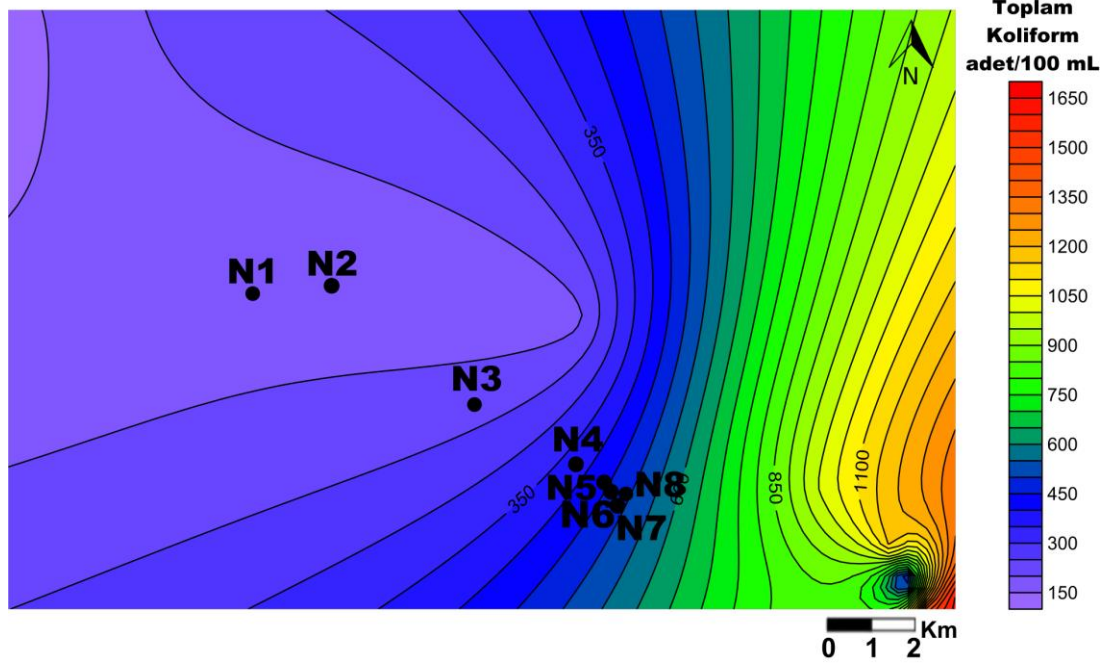
Koliform sonuçları ulusal ve uluslararası sınıflamaya tabi tutulduğunda SKKY (2004) Kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriteri Tablo 1'e göre toplam ve fekal koliform açısından sınıf II kapsamındadır. TS266 (2005) ve İnsani tüketim amaçlı sular hakkında yönetmelik (2005)'e göre içme ve kullanma amacıyla kullanılan sularda istenen koliform sayısı 0/100 mL olarak tavsiye edilmekte olup koliform açısından çalışmada elde ettiğimiz sonuçlar ulusal yönetmeliklerde tavsiye edilen sınır değerlerin üstünde olduğu görülmektedir. Uluslararası sınıflamalarca incelendiğinde US EPA (2012) ve WHO (2011) standartlarına göre sularda istenen koliform sayısı 0/100 mL olarak tavsiye edilirken çalışma sonucunda elde edilen verilerde uluslararası sınıflamalarda istenilen sınır değerinin üzerinde olduğu görülmektedir.



Şekil 4.44. *E. coli* bakterilerinin mevsimlik ortalamasına ait alansal dağılım haritası



Şekil 4.45. Fekal koliformun mevsimlik ortalamasına ait alansal dağılım haritası



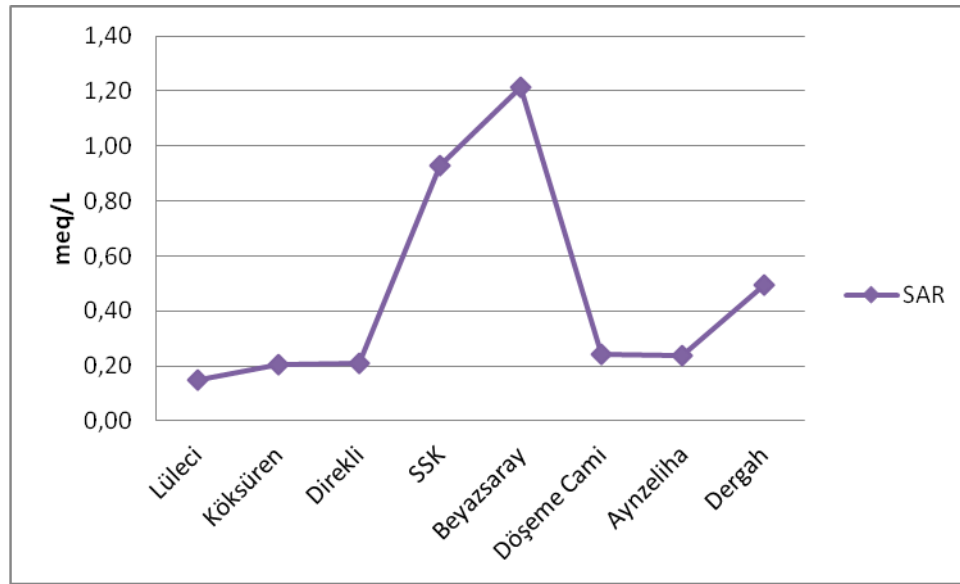
Şekil 4.46. Toplam koliformun mevsimlik ortalamasına ait alansal dağılım haritası

4.2. Balıklıgöl Havzası Sulama Suyu Sınıflaması

Sulamada kullanılan suların içinde çözünmüş fazla miktarda iyonlar, bitkilere ve tarım toprağına fiziksel ve kimyasal yollarla etkiyerek, verimi düşürür. Bu iyonların fiziksel etkisi, bitki yapısındaki hücrelerde osmotik basıncı azaltarak suyun dal ve yapraklara erişmesini engeller; kimyasal yolla ise, bitki metabolizmasını bozarlar. Tuzlu sulardaki Na^+ , zemindeki Ca^{+2} iyonları ile yer değiştirmesi sonucu toprağın geçirgenliği ve havalanması azalır; böylece, dolaylı olarak bitkilerin gelişmesi yavaşlar. Bitkilerin sudaki tuzlara karşı dirençleri farklı olduğundan, sulama için kullanılan suların tuzluluk değerlerinin kesin üst sınırını vermek güçtür. Bitki gelişmesi ile su kalitesi arasındaki ilgi yanında, toprağın drenajı da önemli bir yer tutar. Geçirgenliği fazla, drenajı iyi tarım topraklarında, su tuzlu da olsa bitkilerin gelişmesini engellemez. Tersine, geçirgenliği ve akaçlaması fena zeminlerde, su az tuzlu olsa bile, bitki köklerinde tuz birikmeleri meydana gelerek bitkilerin gelişmesi güçleşir. Toplam tuz miktarı çok, suda bulunan sodyum ve bor gibi bazı iyonların miktarı bitkilerin gelişmesini etkiler. Böylece, bitkilerin gelişmesini su kalitesinden başka, toprağın cinsi, geçirgenliği, drenajı, iklim koşulları, kullanılan su miktarı, bitki türü, sulama şekilleri ve uygulanan yetiştirme yöntemleri de etkiler (Şahinci, 1991).

4.2.1. Sodyum Adsorpsiyon Oranı (SAR)

Balıkliğöl havzası karstik su kaynaklarından alınan su örneklerinde tespit edilen maksimum SAR değeri 1.29 meq/L olarak hesaplanmıştır. Buna göre diğer tüm noktalara ait hesaplanan SAR değerleri genel olarak birbirine yakın olup Şekil 4.47'de yer alan değişimi sergilemektedir. Balıklıgöl havzası su kaynakları hesaplanan SAR değeri 10'dan küçük olduğu için Çizelge 4.1'de verilen sınıflamaya göre “çok iyi” sular kapsamında yer almaktadır.



Şekil 4.47. Örnekleme noktalarının mevsimlik ortalamasına ait %Na değerleri

Çizelge 4.1. SAR'a göre sulama suyu sınıflaması

SAR (meq/L)	Sulama suyu sınıfı
< 10	Çok iyi
10–18	İyi
18–26	Orta
>26	Kötü

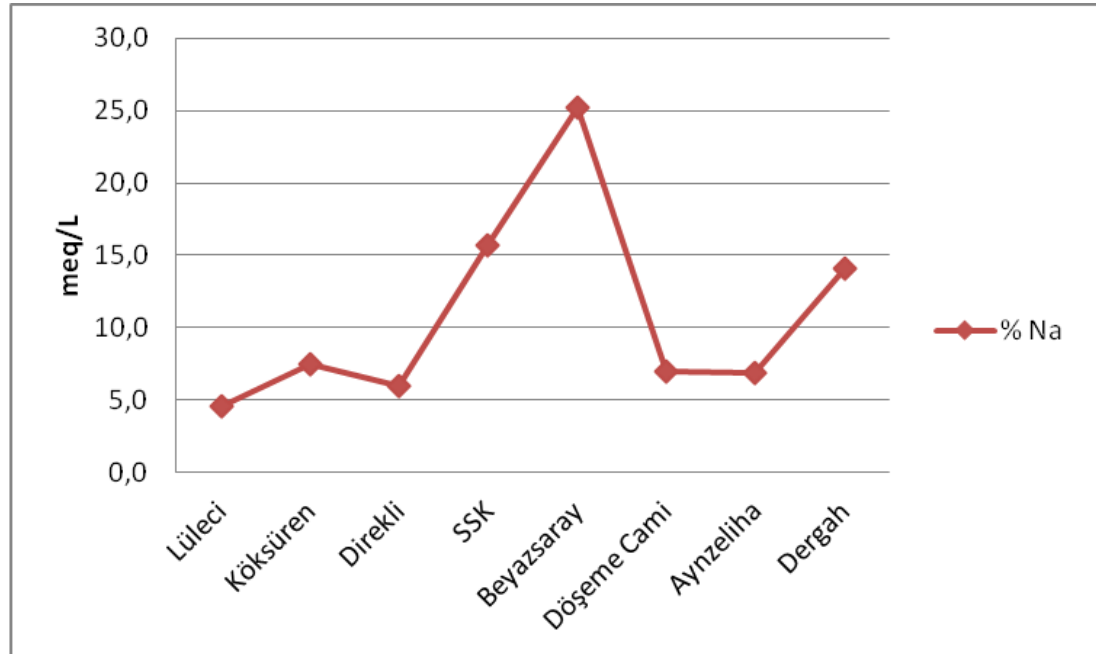
Yeraltı sularının sulama suyu olarak kullanılmasının uygunluğunu belirlemede sodyum adsorpsiyon oranı önemli bir parametre olup sulama sularının olası sodyum zararını belirtmek amacıyla kullanılır. Sulama sularında sodyum miktarı önemli bir yer tutar. Sulama sularındaki fazla sodyum toprak gözeneklerini

tıkar, toprağın hava ve su geçirgenliğini azaltır, toprağın pH değerini zararlı seviyelere yükseltir. Toprağın üst seviyelerinde soğurulan sodyum toprak yüzeyinde kaymak şeklinde sert bir kabuğun oluşmasına neden olur. Sodyumlu sularla sulanan bitkiler, türüne bakılmaksızın ya az gelişirler, ya da hiç gelişmezler (Şahinci, 1991; Bayındır, 2006; Yeşilnacar ve ark., 2007; Demir Yetiş, 2013).

4.2.2. Sodyum Yüzdesi (% Na)

Balıkliğöl havzası karstik su kaynaklarından alınan su örneklerinde % Na değerleri SAR değerleriyle paralellik göstermektedir. % Na'un maksimum değeri genellikle Beyazsaray N5 nolu noktada 27.05 meq/L olarak kaydedilmiştir (Şekil 4.48).

Sodyum iyonu yüzdesi sulama suları için önemli olan iyonik bir özelliktir. Sulama sularında sodyum yüzdesinin artışı, topraktaki kalsiyum ve magnezyumla baz değişimini doğuracağından istenmeyen bir durumdur. Bu bakımdan sodyum iyonu, sular için bir sınıflandırma ölçütü olarak alınmıştır.



Şekil 4.48. Örnekleme noktalarının mevsimlik ortalamasına ait %Na değerleri

nın sulama maksatlı uygunluğunu belirlemede kullanılan sodyum yüzdesi değerlerine göre Beyazsaray N5 nolu örnekleme noktası Çizelge 4.2'de verilen

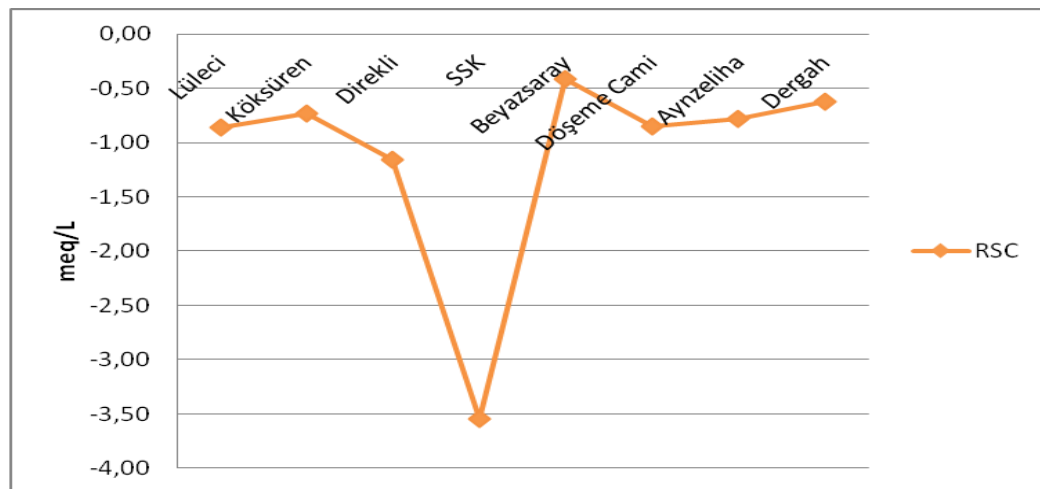
sınıflamada “iyi”, diğer örnekleme noktaları ise sınıflandırmada “çok iyi” sular sınıfında yer almaktadır.

Çizelge 4.2. Suların %Na’a göre sınıflandırılması

% Na	Su Sınıfı
< 20	Çok iyi
20–40	İyi
40–60	Kullanılabilir
60–80	Şüpheli
> 80	Kullanılamaz

4.2.3. Kalıcı Sodyum Karbonat (RSC)

Kalıcı sodyum karbonat (RSC) sulama suyu kalite sınıflandırılmasında önerilen bir parametre olarak kabul edilmektedir. Genel olarak $RSC > 2.5$ olan suların sulamada kullanılmaları sakıncalıdır (Demir Yetiş, 2013). En düşük RSC değeri - Beyazsaray N5 nolu örnekleme noktasında -3.55 meq/L, en yüksek değer ise SSK N4 nolu örnekleme noktasında -0.41 meq/L olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.49). Balıklıgöl havzası karstik su kaynaklarından alınan su örneklerinde elde edilen tüm RSC sonuçlarının Çizelge 4.3'de verilen 2.5 meq/L değerinin altında olduğundan “çok iyi sular” sınıfında olduğu söylenebilir.



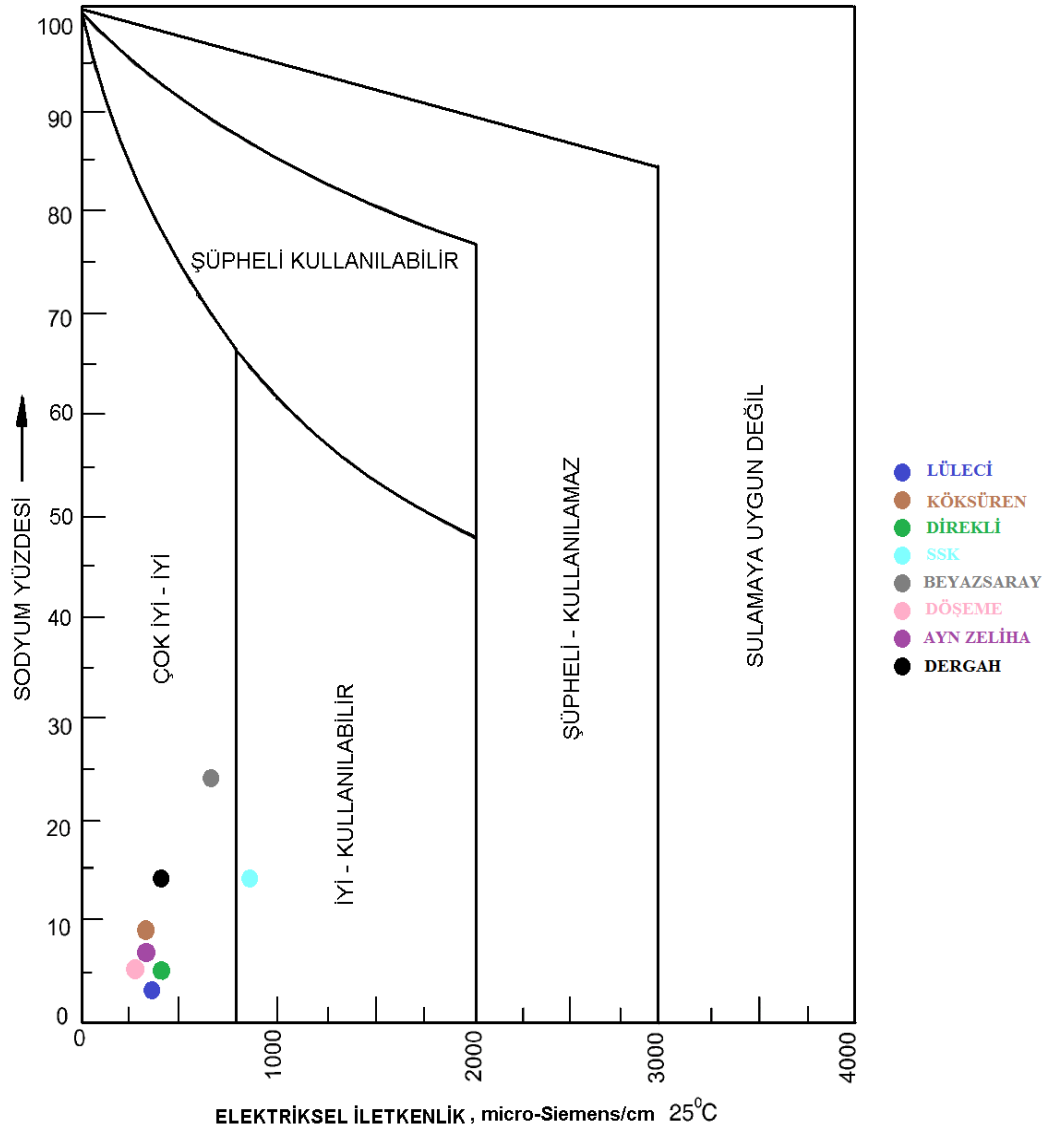
Şekil 4.49. Örnekleme noktalarının mevsimlik ortalamasına ait RSC değerleri

Çizelge 4.3. Suların RSC sınıfı

Suyun Sınıfı	RSC (meq/L)
1. Sınıf (iyi)	<1.25
2. Sınıf (orta)	1.25-2.50
3. Sınıf (uygun değil)	>2.50

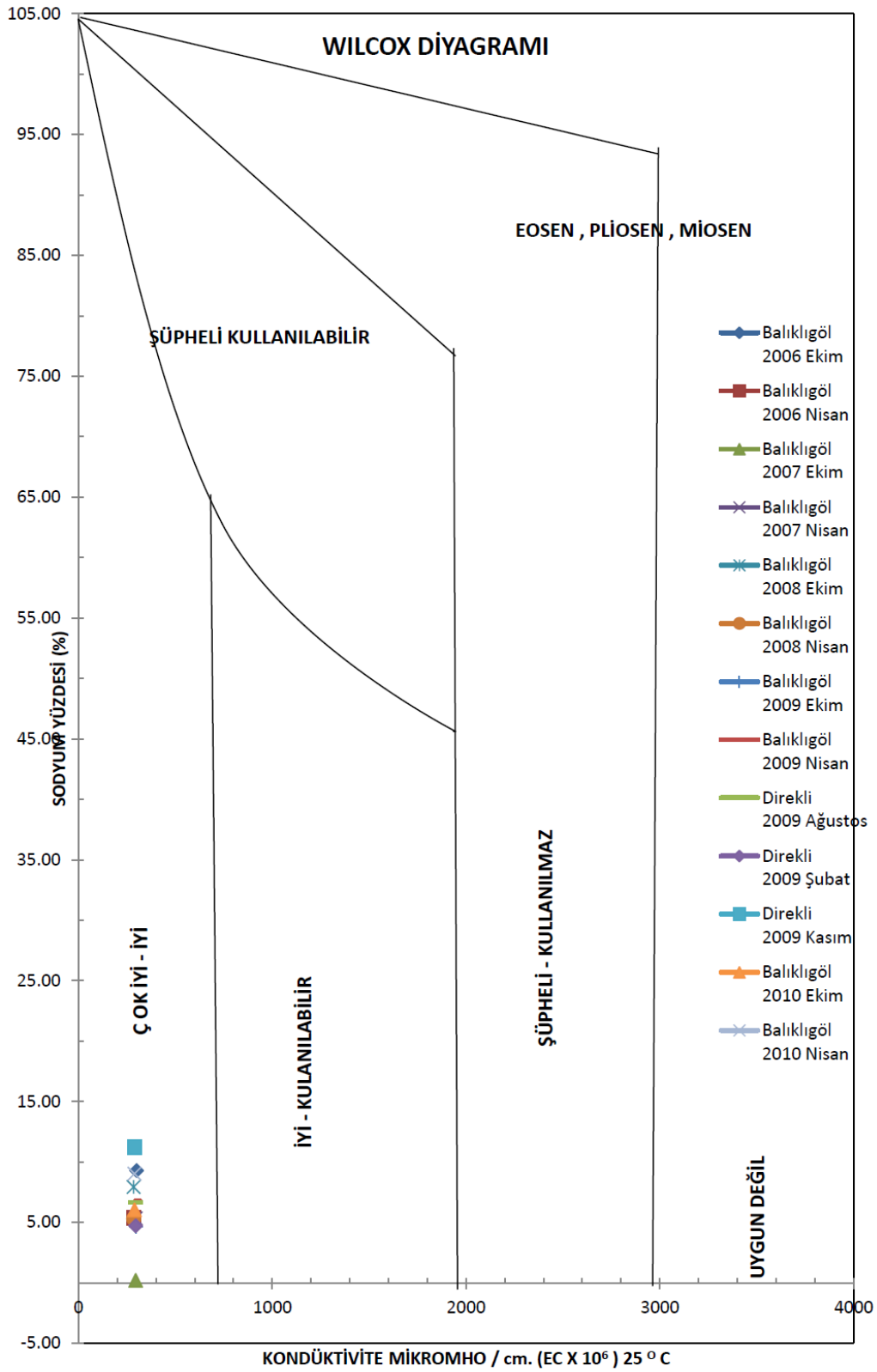
4.2.4. Wilcox Diyagramı

Mevsimlik ortalama değerleri baz alınarak, tüm örnekleme noktalarının girdiği sınıf Şekil 4.50 Wilcox sulama suyu diyagramında gösterilmiştir. Buna göre SSK 4 nolu örnekleme noktası "iyi-kullanılabilir" sular, diğer tüm noktalar ise "çok iyi- iyi" sular sınıfında yer almaktadır.



Şekil 4.50. Gözlem noktalarına ait mevsimsel ortalamaların Wilcox diyagramındaki gösterimi

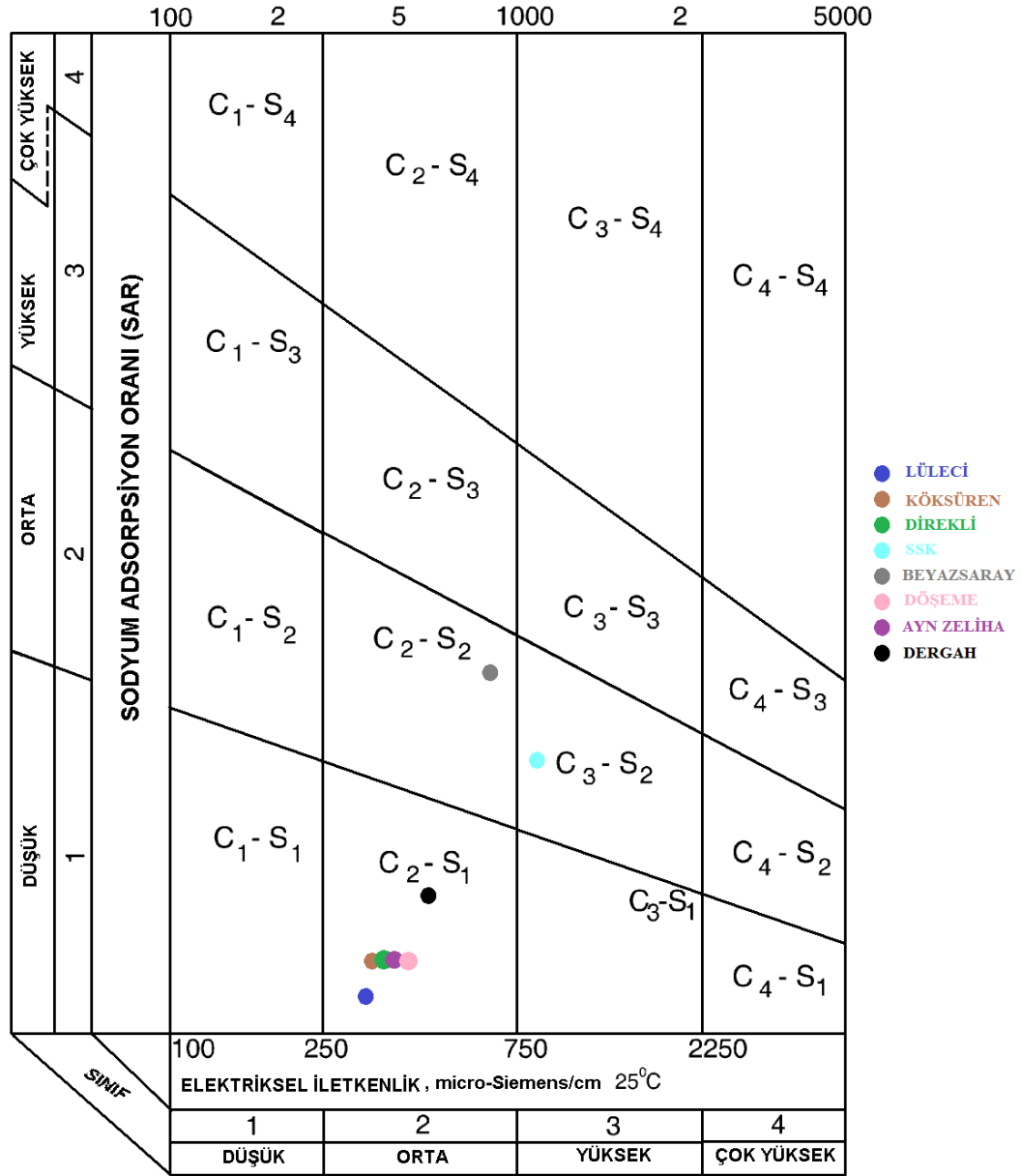
DSİ (2012) tarafından Şanlıurfa Karst hidrojeoloji etüt raporunda sular sulama suyu bakımından Wilcox Diyagramına göre “çok iyi-iyi” sınıfında olup bizim çalışmamızdaki 4 nolu örnekleme noktası dışında diğer noktalarla benzerlik gösterdiği görülmektedir (Şekil 4.51).



Şekil 4.51. Şanlıurfa Balıklıgöl Havzası Karst Hidroloji Etüt Raporunda yer alan verilere ait Wilcox diyagramı

4.2.5. ABD Tuzluluk Diyagramı

Wilcox diyagramında bazı değişiklikler yapılarak hazırlanan bu diyagramda sulama suları 16 sınıfa ayrılmıştır. Düşey ekseninde SAR değeri, yatay ekseninde ise elektriksel iletkenlik (EC) bulunur. Mevsimlik ortalama değeri baz alınarak, tüm örnekleme noktalarının girdiği sınıf ABD tuzluluk diyagramında (Şekil 4.52) gösterilmiştir. ABD tuzluluk diyagramına göre; SSK N4 nolu noktada sular C3S2, "tuzlu sular - orta sodyumlu sular" bunlar bazı özel koşullarda kullanılabilir kapsamdadır. Beyazsaray N5 nolu noktadaki sular C2S2 "orta tuzlu ve sodyumlu sular" ve diğerleri C2S1 "orta tuzlu - az sodyumlu sular"sınıfında yer almakta olup, SSK ve Beyazsaray örnekleme noktaları dışında suların tarımsal kullanım için sulama suyu açısından uygun olduğu ifade edilebilir.



Şekil 4.52. Balıklıgöl havzası karst su kaynakları örnekleme noktalarına ait mevsimsel ortalamaların ABD tuzluluk diyagramındaki gösterimi

DSİ (2012) Şanlıurfa Karst hidrojeoloji etüt raporunda, sular ABD tuzluluk diyagramına göre C2S1 sulama suyu sınıfında olup, orta tuzlu az sodyumlu suları karakterize etmekte olup, bizim çalışmamızda N4 ve N5 nolu örnekleme noktası dışında diğer noktalarla benzerlik gösterdiği Şekil 4.53'de görülmektedir.

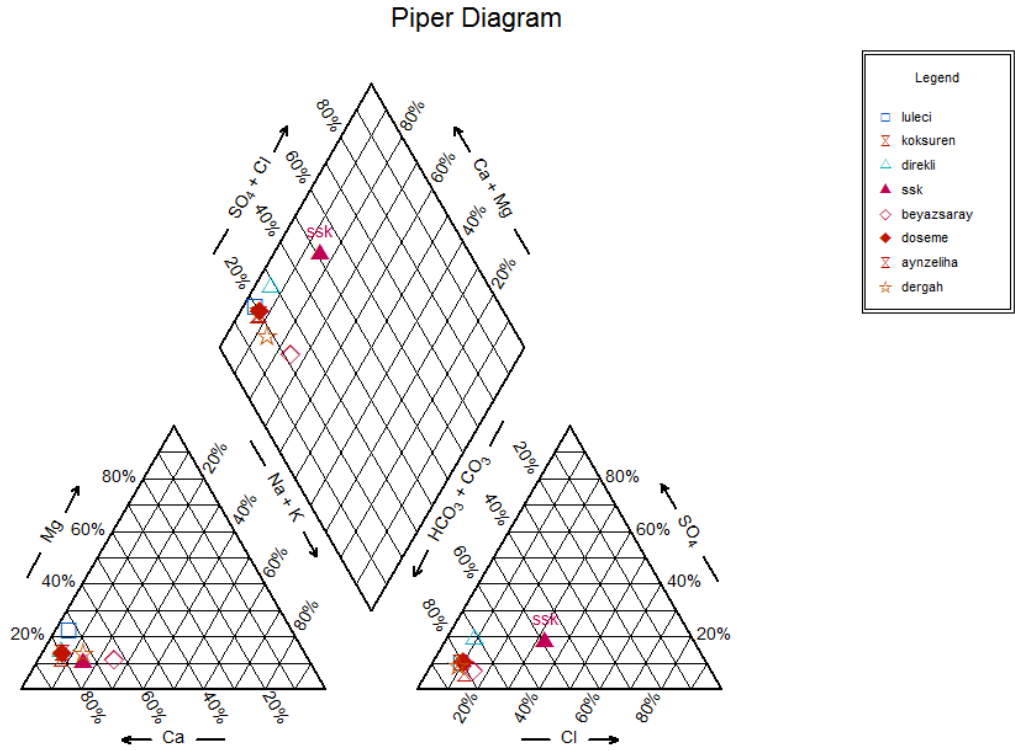
4.3. Balıklıgöl Havzası Hidrokimyasal Fasiyes Sınıflaması

4.3.1. Piper Sınıflaması

Bu sınıflamaya göre her bir üçgende anyon ve kationların kimyasal özelliklerini saptamak mümkündür; ayrıca, paralel kenar diyagram dokuz bölüme ayrılmıştır.

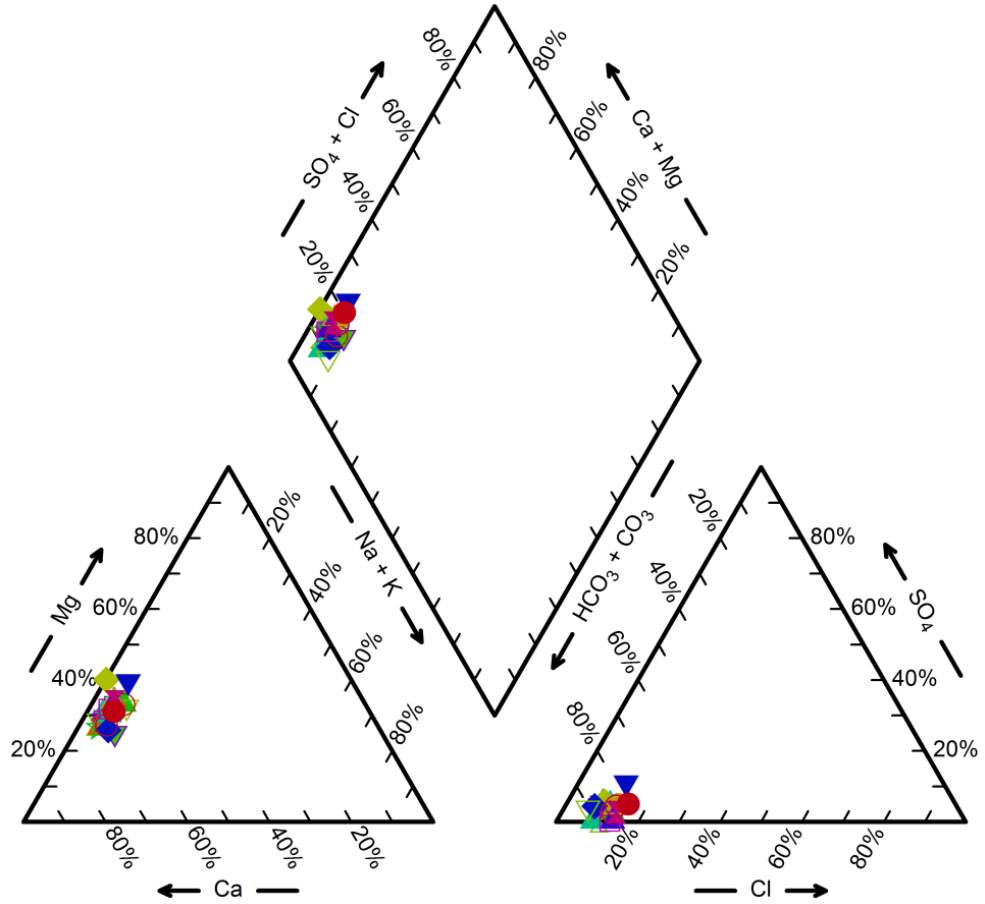
- 1 nolu alan: Alkali toprak elementler (Ca+Mg)>Alkali elementler (Na+K)
- 2 nolu alan: (Ca+Mg) < (Na+K)
- 3 nolu alan: Zayıf asit kökleri ($\text{CO}_3^{=}$ + HCO_3^{-})>Güçlü asit kökleri (Cl^{-} + $\text{SO}_4^{=}$)
- 4 nolu alan: ($\text{SO}_4^{=}$ + Cl^{-})>($\text{CO}_3^{=}$ + HCO_3^{-})
- 5 nolu alan: Karbonat sertliği %50'den fazla olan sular
- 6 nolu alan: Karbonat olmayan sertliği %50'den fazla olan sular;
CaSO₄, MgSO₄, CaCl₂, MgCl₂
- 7 nolu alan: Karbonat olmayan alkalitesi %50'den fazla olan sular:
NaCl, KCl, Na₂SO₄, alkaliler ve güçlü asitler egemendir. Deniz ve çok acı sular bu alanda yer alır;
- 8 nolu alan: Karbonat alkalileri %50'den fazla olan sular. Doğada az rastlanan aşırı yumuşak sular bu alana girer.
- 9 nolu alan: İyonların hiçbiri %50'yi geçmeyen, karışık sular bu alana girer.

Çalışma alanındaki tüm örnekleme noktaları Piper sınıflamasına tabi tutulduğunda sular, 5. sınıf su tipine girmektedir. Anyon ve kationların oluşturduğu üçgenlere göre sular (Ca-HCO₃, Ca-SO₄, Ca-Cl, Na-HCO₃, Na-Cl, Na-SO₄) altı sınıfa ayrılır. Buna göre çalışma alanındaki egemen olan su tipi SSK N4 nolu örnekleme noktası az da olsa farklılık göstermesine rağmen Ca-HCO₃ tipi sulardır. Dolayısıyla bu bölgedeki baskın olan fasiyes tipi “karbonat sertliği %50'den fazla olan sular” sınıfı olan 5. sınıf su tipine girmektedir (Şekil 4.54).



Şekil 4.54. Piper'a göre aynı hidrokimyasal fasiyese sahip Balıklıgöl havzası örnekleme noktaları

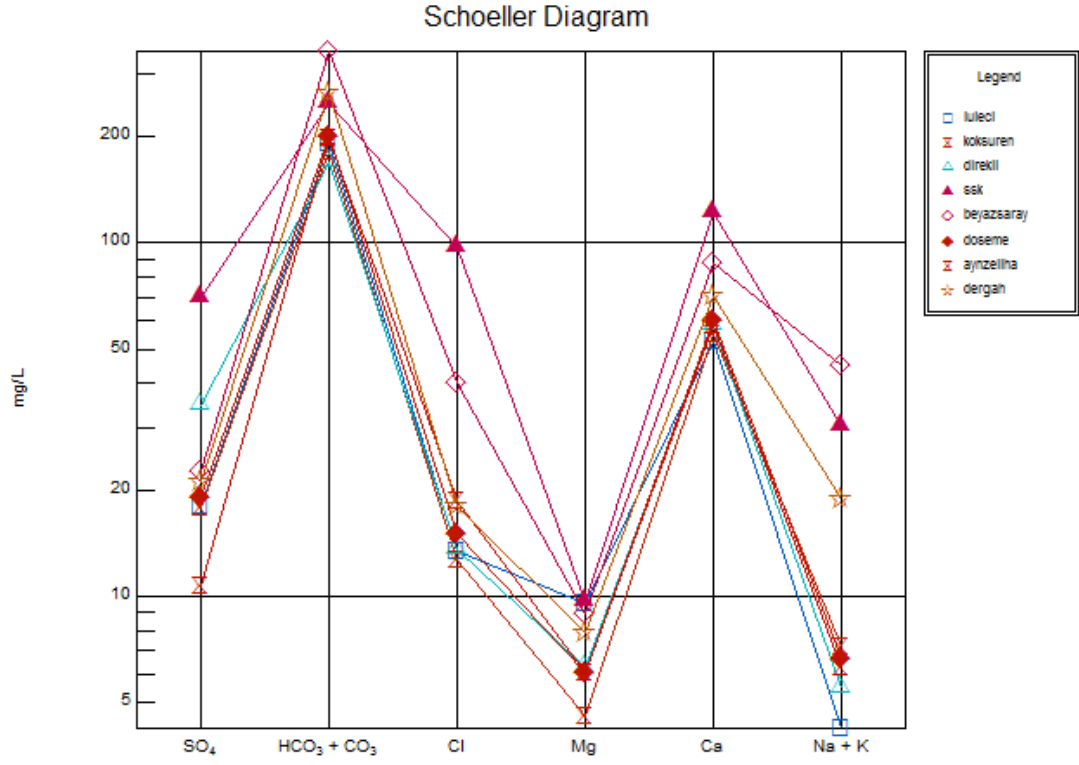
DSİ (2012) tarafından Şanlıurfa Karst hidrojeoloji etüt raporunda sular piper diyagramına göre (Şekil 4.55) kaynak ve sondaj kuyu suları aynı kökenli sulardır sonucu bizim çalışmamızla benzerlik göstermektedir.



Şekil 4.55. Balıklıgöl karst hidrolojisi etüt raporu çalışmasına ait Piper diyagramı

4.3.2. Schoeller Sınıflaması

Balıklıgöl havzası karstik su kaynaklarından alınan su örneklerinin mevsimlik ortalama değerleri yarı logaritmik Schoeller diyagramı üzerine çizilmiştir. Piper sınıflamasında aynı hidrokimyasal fasiyese düşen sular Schoeller diyagramıyla karşılaştırıldığında önemli derecede uyum gösterdiği görülmüştür. Buna göre; Piper'a göre 5. sınıf su tipine giren suların yarı logaritmik Schoeller diyagramındaki konumu Şekil 4.56'da gösterilmiştir.



Şekil 4.56. Schoellere göre aynı hidrokimyasal fasiyese sahip Balıklıgöl havzası örnekleme noktaları

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Balıkligöl havzası karstik su kaynakları kalitesi için yapılan çalışmada pH, su sıcaklığı ve KOI gibi parametreler dışında; fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve bazı ağır metal parametreleri açısından değerlendirildiğinde havzanın memba kısmından mansabına doğru gidildikçe artış olduğu görülmektedir. Örnekleme noktaları açısından değerlendirildiğinde özellikle SSK isimli N4 nolu örnekleme noktasında daha yüksek değerler tespit edilmiştir. Mikrobiyolojik parametreler dışında diğer su kalite parametreleri açısından elde edilen sonuçlar ulusal ve uluslararası sınıflamalara tabi tutulduğunda sınır değerleri aşmadığı ve limit değerlerin altında olduğu gözlemlenmiştir. Hidrokimyasal fasiyes açısından piper sınıflamasına göre sular; 5. tip Ca-HCO₃'lı sular olarak belirlenmiştir. Sulama suyu kalitesi açısından Wilcox diyagramına göre; SSK N4 nolu noktadaki sular "iyi-kullanılabilir", diğerleri ise "çok iyi-iyi" olarak tespit edilmiştir. ABD Tuzluluk diyagramına göre; SSK N4 nolu noktada sular C3S2, "tuzlu sular - orta sodyumlu sular" bunlar bazı özel koşullarda kullanılabilir kapsamdadır. Beyazsaray N5 nolu noktadaki sular C2S2 "orta tuzlu ve sodyumlu sular" ve diğer örnekleme noktaları C2S1 "orta tuzlu-az sodyumlu sular"sınıfında yer almakta olup, suların tarımsal kullanım için sulama suyu açısından uygun olduğu ifade edilebilir. Mikrobiyolojik su kalitesi alansal dağılım açısından değerlendirildiğinde havzada mambadan mansaba doğru *E. coli*, fekal koliform ve toplam koliformun arttığı söylenmekle birlikte; mevsimsel değişim yönüyle de *E. coli*, fekal koliform ve toplam koliformun kış döneminde özellikle SSK N4 nolu örnekleme noktasında yüksek olduğu ve sonuçların ulusal ve uluslararası sınıflamalara göre sınır değerleri aştığı söylenebilir.

Öneriler;

Balıkligöl havzasının ve özellikle mansabında yer alan Balıkligölün fizikokimyasal ve mikrobiyolojik açıdan kirlilik durumunun belirli aralıklarla düzenli olarak izlenmesi,

Balıkligöl havzada özellikle Balıkligöl'ü besleyen su kaynaklarının (yağış, sızma, YAS vb.) debisinin tespit edilmesi, bu kaynakların kökeninin detaylı olarak bu çalışmadan yola çıkılarak belirlenmesi,

Havzanın genel karakteristik özelliklerinin (havza özellikleri topografya, jeoloji, hidroloji, hidrojeoloji, vb.) detaylı belirlenerek gölün ileriye yönelik sürdürülebilir bir şekilde yönetimi,

Tarihi, dini ve kültürel açıdan önemli olan Balıklıgöl havzası içerisindeki karstik su kaynaklarının ve özellikle sürekliliği ve devamı için havza koruma planı oluşturulmalı,

Mezkur kararların tümünün havza sınırında tespit edilen fekal ve mikrobiyolojik kirlenmenin etkilerini minimize etmek ve bununla alakalı önlemleri içermesi,

Kirlilik baskısı altında olan Balıklıgölün ve havzanın klasik incelemelerle tespit edilemeyen kirlilik kaynağının daha ileri teknikler (izotop hidrolojisi) kullanılarak tespit edilmesi ve bu sayede sahanın daha uzun süreler korunması ve doğal haliyle kalması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- ACAR, G., TOKATLI, C., KÖSE , E., ÇİÇEK , A., DAYIOĞLU, H., 2012. Emet ve Hisarcık Bölgesi (Kütahya) Yeraltı suyu Kalitesinin İncelenmesi. Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, ISSN-1302-3055. Sayı 27: 13-22.
- AKDENİZ, U., 2013. Şanlıurfa Balıklıgöl Havzasının Sürdürülebilir Bir Şekilde Kullanımının Sağlanması, DSİ XV. Bölge Müdürlüğü, Eğitim notu. Şanlıurfa
- AKDENİZ, U. 2004. Karst Hidrojeolojisi, T:C Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, DSİ Genel Müdürlüğü, Jeoteknik ve Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- Anonim, 2015. <http://www.alasayvan.com/cografya/381490-hidrolojik-dongu-hakkinda-bilgi.html>. (18.04.2015).
- APHA, AWWA, WEF, 1998. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, L.S. Clesceri, A.E. Greenberg and A.D. Eaton (Eds), United Book Press, Baltimore, MD, USA, 20th edn., 4-103.
- ARSLAN, H., GÜLER M., CEMEK, B., DEMİR, Y., 2007. Bafra Ovası Yeraltı suyu Kalitesinin Sulama Açısından Değerlendirilmesi. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 4(2): 219-226 s.
- BAYHAN, İ., 2013. Balıklıgöl Havzası Komisyon Raporları. Şanlıurfa.
- BAYKARA, M. O., 2007. Çokrağan - Yukarı Karacahisar (Banaz-Uşak) Karstik Kaynaklarının Hidrojeolojik İncelenmesi. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı.
- BOZKURT, Ş., 2013. Şanlıurfa Balıklıgöl Havzasının Sürdürülebilir Bir Şekilde Kullanımının Sağlanması, DSİ XV. Bölge Müdürlüğü, Eğitim notu. Şanlıurfa.
- ÇELİK, M., UNSAL, N., 1996. Girdev Gölü - Kazanpınarı kaynağı arasındaki (Antalya) allokon birimlerde yeraltı suyu dolaşımının incelenmesi. Türkiye Jeoloji Bülteni, C. 39, Sayı 1,69-74.
- ÇULLU, M.A., 2011. Toprak Tuzlaşması, Güneydoğu Anadolu Projesi Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı, GAP Eylem Planı.

- DELGADO, C., PACHECO, J., CABRERA, A., BATLLORI, E., ORELLANA, R., BAUTISTA, F., 2010. Quality of groundwater for irrigation in tropical karst environment: The case of Yucatan, Mexico. *Agricultural Water Management* 97, 1423–1433.
- DEMİR, A., 2008. Akyatan Lagününde tuzluluk ve bazı kirlilik düzeylerinin saptanarak coğrafi bilgi sistemi destekli dağılımlarının belirlenmesi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. Adana.
- DEMİR YETİŞ, A., 2013. Ceylanpınar Ovası Yeraltı suyu Kalitesinin ve Kirlenme Potansiyelinin Belirlenmesi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi, Adana.
- DİŞLİ, M., AKKURT, F., ALICILAR, A., 2003. Şanlıurfa Balıklıgöl suyunun fiziksel parametreler yönüyle değerlendirilmesi. *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Derg. Cilt 18, (4) 81-88*
- DİŞLİ, M., AKKURT, F., ALICILAR, A., 2004. Şanlıurfa Balıklıgöl Suyunun Bazı Kimyasal Parametrelerinin Mevsimlere Göre Değişiminin Değerlendirilmesi *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Dergisi. Cilt 19, (3): 287-294.*
- DİŞLİ, M., 2002. Şanlıurfa Balıklıgölü'nün Su Kalitesi Yönüyle Değerlendirilmesi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Bilimleri Ana Bilim Dalı.
- DOĞDU, M.Ş., 2013. Şanlıurfa Balıklıgöl Havzasının Sürdürülebilir Bir Şekilde Kullanımının Sağlanması, DSİ XV. Bölge Müdürlüğü, Eğitim notu. Şanlıurfa DSİ Mevzuatı, 2015. <http://www.dsi.gov.tr/kurumsal-yapi/dsi-mevzuati>
- DSİ., 2006. Karstik Sahalarda Yeraltı suyu Korunması. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltı suları Dairesi Başkanlığı, Karst Araştırma Şube Müdürlüğü, Ankara.
- DSİ., 2012. Şanlıurfa Balıklıgöl Karst Hidrojeolojisi Etüt Raporu. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltı suları Dairesi Başkanlığı, Karst Araştırma Şube Müdürlüğü, Ankara.
- EKEMEN, T., KAÇAROĞLU, F., 2001. Tecer Dağı (Sivas-Ulaş) kaynaklarının hidrojeolojisi. *Cumhuriyet Üniversitesi, Yerbilimleri Dergisi, 18: 87-102.*

- FREEZE, R.A., CHERRY, J.A., 1979. Ground Water, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J. 07632, ISBN:0-13-365312-9, 2-3 s, U.S.A.
- GEORGE, P.R., 1983. Agricultural Water Quality Criteria Irrigation Aspects Resource Management, Technical Report No.30. ISSN 0729-3135, October, 12p.
- GÜLLÜOĞLU, M.S., 2006 Harran Ovası Yeraltı suyu Kalitesinin Araştırılması. Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı.
- Sağlık Bakanlığı, İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik, 17 Şubat 2005 Perşembe tarih ve 25730 sayılı Resmi Gazete.
- KAÇAROĞLU, F., 2006. Gökpınar karst kaynaklarının (Gürün-Sivas) hidrojeoloji incelemesi. Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Dergisi Yerbilimleri, 27 (3): 181-194s.
- PASVANOĞLU, S., ATAŞ, Ö. C., 2005. Orhangazi dolayındaki önemli karstik kaynakların incelenmesi ve 1999 Gölcük depreminin bunlara etkisi. Kocaeli Deprem Sempozyumu, 23-25 Mart, Kocaeli.
- SKKY (Su Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliği), 31 Aralık 2004 tarih ve 25687 sayılı Resmi Gazete.
- ŞAHİNCİ, A., 1991. Doğal Suların Jeokimyası, Reform Matbaası, İzmir, 548s.
- ŞEN, Z., 2003. Yeraltı suyu (Hidrojeoloji), Su Vakfı Yayınları, ISBN:975-6455-01-2 2-3s, İstanbul.
- TODD, D.K., MAYS, L.W., 2005. Groundwater Hydrology. John Wiley&Sons. Inc., Third Edition. ISBN. 0-471-05937-4. United State of America.
- TSE, 2005. Sular-İnsani Tüketim Amaçlı Sular, TS 266, Ankara.
- US EPA, 2012. "2012 Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories". EPA 822-S-12-001 Office of Water U.S. Environmental Protection Agency Washington, DC.
- VAROL, S., DAVRAZ, A., VAROL, E., 2008. Yeraltı suyu Kimyası ve Sağlığa Etkisinin Tıbbi Jeoloji Açısından Değerlendirilmesi TAF Preventive Medicine Bulletin, 7(4): 351-356s.
- WHO, 2011. The Guidelines for Drinking-Water Quality, fourth edition, WHO, India.

- YAVUZ, F. 2011. Katılımcı Havza Planlaması ve Yönetimi Beyşehir Gölü Havzası'nda Kritik Başarı Faktörlerinin Değerlendirilmesi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şehir ve Bölge Planlama Ana Bilim Dalı.
- YENİGÜN, İ., 2009. Harran Ovası Derin Akiferleri Bazı Su Kalitesi Parametrelerinin Belirlenmesi, Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı.
- YEŞİLNACAR, M. İ., DEMİR, F., UYANIK, S., YILMAZ, G., DEMİR, T., 2007. Harran Ovası Yeraltı suyu Kalitesi ve Kirlenme Potansiyelinin Belirlenmesi, TUBİTAK Proje Kodu: 104Y188 (ÇAYDAG).
- YEŞİLNACAR, M. İ., DÜLGERGİL, Ç. T., DEMİR, A., ATASOY, A. D., TEKİNER, S. İ., BAYHAN, İ., KUMRAL, M., ve AYDOĞDU, M., 2012. 1.Ulusal Sağlık Kuruluşları Çevre Yönetimi Sempozyumu, İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi, 29-30 Kasım. İstanbul.
- YILDIRIM, A. A., 1992. Ereğli-İvriz sağ sahil sulama alanında yeraltı suyu kalitesi ve sulamada kullanılabilirliği üzerine bir araştırma. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Ana Bilim Dalı.
- YILDIZ, G. E., 2009. Konya Yolu-Çayyolu Arasındaki (Ankara) Akiferlerde Yeraltı suyu Kalitesinin İncelenmesi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Bilimleri Ana Bilim Dalı.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Recep YETİŞ
Uğluđu : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi : ADANA / 03.01.1986
Telefon : 0546 220 54 43
E-mail : recep_yetis@hotmail.com

EĞİTİM BİLGİLERİ

Derece	Adı, İl, İlçe	Bitirme yılı
Lise	Kozanođlu Lions Lisesi Yüređir/ADANA	2003
Lisans	Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi ADANA	2011
Yüksek Lisans	Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Şanlıurfa	2015

UZMANLIK ALANI

Yeraltı Suyu Kirliliği, Coğrafik Bilgi Sistemleri, Su Kalitesi ve İzlenmesi

YABANCI DİLLER

İngilizce

DİĞER

HÜBAK Projesinde (Proje No:14056) araştırmacı olarak görev alma 2013-2015