

**PORSUK ÇAYI SU ÖRNEKLERİNDE
BAZI MİKRO VE MAKRO ELEMENTLERİN
ARAŞTIRILMASI**

Ayşe Özlem YILMAZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Arzu ÇİÇEK

**Eskişehir Anadolu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Mayıs, 2017**

***Bu Tez Çalışması BAP Komisyonunca kabul edilen 1509F625 no.lu proje
kapsamında desteklenmiştir.***

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Ayşe Özlem YILMAZ' ın 'Porsuk Çayı Su Örneklerinde Bazı Mikro ve Makro Elementlerin Araştırılması' başlıklı tezi 26/05/2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından değerlendirilerek "Anadolu Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği"nin ilgili maddeleri uyarınca, Çevre Mühendisliği Anabilim dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

	Adı-Soyadı	İmza
Üye (Tez Danışmanı) :	Prof. Dr. Arzu ÇİÇEK	
Üye :	Doç. Dr. Özgür EMİROĞLU	
Üye :	Yrd. Doç. Dr. Esengül KÖSE	

.....
Enstitü Müdürü

ÖZET

PORSUK ÇAYI SU ÖRNEKLERİNDE BAZI MİKRO VE MAKRO ELEMENTLERİN ARAŞTIRILMASI

Ayşe Özlem YILMAZ

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Anadolu Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, Mayıs, 2017

Danışman: Prof. Dr. Arzu ÇİÇEK

Nüfusun hızla artması, kentleşme, sanayi alanlarının çoğalması ile birlikte su kaynaklarının korunması kritik bir önem kazanmıştır. Çevresel kirlilik seviyelerinin artmasıyla sulardaki makro ve mikro element miktarlarının da önemi artmıştır. Makro ve mikro elementler, canlı ve cansız varlıklarda birikebilmeleri, yaşanan ortamlara yerleşebilmeleri ve diğer canlılara çeşitli yollarla (örneğin; besin zinciri) geçebilmeleri sebebiyle önem taşımaktadır. Çalışmada, Porsuk Çayı boyunca seçilen on yedi adet örnekleme istasyonunda 2016 – 2017 yılları arasında aylık olarak yüzeysel su örnekleri alınmıştır. Alınan örneklerde bazı makro (Ca, Mg, Na, K) ve mikro (Cu, Zn, Fe, Mn, Ni) elementler incelenmiş ve ulusal / uluslararası su kalitesi mevzuatlarına göre değerlendirilmiştir. Elementlerin seviyeleri EPA Method (7000b)'uyla ve atomik absorpsiyon spektrofotometresi ile belirlenmiştir. Analizlerin sonunda, demir ve çinko elementleri dışındaki diğer element seviyelerinin genel olarak sınır değerleri aşmadığı gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Havza, Makro ve mikro element, Porsuk Çayı, Su kirliliği.

ABSTRACT

INVESTIGATION OF SOME MICRO AND MACRO ELEMENTS ON WATER SAMPLES IN PORSUK STREAM

Ayşe Özlem YILMAZ

Environmental Engineering Program

Anadolu University

Graduate School of Sciences, May, 2017

Supervisor: Prof. Dr. Arzu ÇİÇEK

Rapid increase in population, urbanization, proliferation of industrial areas and protection of water resources have gained critical importance. With the increase in environmental pollution levels, the amount of macro and micro elements in the water has also increased. Macro and micro elements are important because they can accumulate in living and non-living assets, settle into living environments, and pass through other forms of life (eg food chains). In this study, it had been taken monthly water samples from seventeen sampling station along river in between 2016 – 2017 from Porsuk River (Eskişehir). Some of macro (Ca, Mg, Na, K) and micro (Cu, Zn, Fe, Mn, Ni) elements were examined from received samples and evaluated with respect to national / international water quality legislations. The levels of the elements were determined by the EPA Method (7000b) and atomic absorption spectrophotometer. At the end of the analyzes, it has been observed that other elemental levels other than iron and zinc elements generally do not exceed the limit values.

Keywords: Basin, Macro and micro element, Porsuk River, Water pollution.

ÖNSÖZ

Tez çalışmam süresince değerli bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım ve her zaman yakın ilgi ve desteğini esirgemeyen saygıdeğer danışman hocam Prof. Dr. Arzu ÇİÇEK' e içtenlikle teşekkür ederim.

Tezin her sayfasında emeği olan en büyük manevi destekçim Çevre Yüksek Mühendisi Merve UYLAŞ ŞAHİN ve ailesi başta olmak üzere, bu tezin oluşmasında ve gelişmesinde yardımlarını esirgemeyen, arazi çalışmaları ve istatistiksel değerlendirmeler sırasında yardımları ve manevi destekleri için Doç. Dr. Özgür EMİROĞLU' na ve Yrd. Doç. Dr. Esengül KÖSE' ye, laboratuvar çalışmalarındaki emeklerinden dolayı Aysun AKSAKAL' a, ve Çevre Mühendisi Ahmet ŞAHİN' e teşekkür ederim.

Hayatımın her aşamasında olduğu gibi, çalışmamın başından sonuna kadar maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen aileme sabır ve anlayışlarından dolayı sonsuz minnetlerimi sunarım.

Ayşe Özlem YILMAZ

Mayıs 2017

....../....../20....

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilemeyen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmanın Anadolu Üniversitesi tarafından kullanılan “bilimsel intihal tespit programı”yla tarandığını ve hiçbir şekilde “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara razı olduğumu bildiririm.

Ayşe Özlem YILMAZ

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
BAŞLIK SAYFASI.....	i
JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI.....	ii
ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	iv
ÖNSÖZ.....	v
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
1. GİRİŞ.....	14
2. MAKRO VE MİKRO ELEMENTLERİN ÇEVRESEL ETKİLERİ.....	16
2.1. Makro Elementler.....	16
2.1.1. Kalsiyum.....	16
2.1.2. Magnezyum.....	17
2.1.3. Sodyum.....	18
2.1.4. Potasyum.....	19
2.2. Mikro Elementler.....	20
2.2.1. Bakır.....	20
2.2.2. Çinko.....	21
2.2.3. Demir.....	22
2.2.4. Mangan.....	23
2.2.5. Nikel.....	24
3. MATERYAL VE METOT.....	26
3.1. Çalışma Alanının Tanıtımı.....	26
3.2. Deneysel Çalışma.....	30
4. BULGULAR.....	31
5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	83

KAYNAKÇA.....	88
ÖZGEÇMİŞ.....	94

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Porsuk çayı ve havzasını etkileyen antropojen kaynaklar.....	23
Çizelge 3.2. Örneklemeye yapılan istasyonların bilgileri.....	24

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Porsuk Çayı Havzası haritası	28
Şekil 3.2. Çalışma alanında örnek alınan istasyonlar	29
Şekil 4.1. Mayıs 2016 Ca Seviyeleri (mg/L)	31
Şekil 4.2. Haziran 2016 Ca Seviyeleri (mg/L).....	31
Şekil 4.3. Temmuz 2016 Ca Seviyeleri (mg/L)	32
Şekil 4.4. Ağustos 2016 Ca Seviyeleri (mg/L)	32
Şekil 4.5. Eylül 2016 Ca Seviyeleri (mg/L)	32
Şekil 4.6. Ekim 2016 Ca Seviyeleri (mg/L)	33
Şekil 4.7. Kasım 2016 Ca Seviyeleri (mg/L)	33
Şekil 4.8. Aralık 2016 Ca Seviyeleri (mg/L).....	33
Şekil 4.9. Ocak 2017 Ca Seviyeleri (mg/L)	34
Şekil 4.10. Şubat 2017 Ca Seviyeleri (mg/L).....	34
Şekil 4.11. Mart 2017 Ca Seviyeleri (mg/L).....	34
Şekil 4.12. Nisan 2017 Ca Seviyeleri (mg/L)	35
Şekil 4.13. Mayıs 2016 Mg Seviyeleri (mg/L)	36
Şekil 4.14. Haziran 2016 Mg Seviyeleri (mg/L).....	36
Şekil 4.15. Temmuz 2016 Mg Seviyeleri (mg/L).....	37
Şekil 4.16. Ağustos 2016 Mg Seviyeleri (mg/L)	37
Şekil 4.17. Eylül 2016 Mg Seviyeleri (mg/L).....	37
Şekil 4.18. Ekim 2016 Mg Seviyeleri (mg/L).....	38
Şekil 4.19. Kasım 2016 Mg Seviyeleri (mg/L)	38
Şekil 4.20. Aralık 2016 Mg Seviyeleri (mg/L)	38
Şekil 4.21. Ocak 2017 Mg Seviyeleri (mg/L).....	39
Şekil 4.22. Şubat 2017 Mg Seviyeleri (mg/L)	39
Şekil 4.23. Mart 2017 Mg Seviyeleri (mg/L)	39
Şekil 4.24. Nisan 2017 Mg Seviyeleri (mg/L).....	40
Şekil 4.25. Mayıs 2016 Na Seviyeleri (mg/L)	41
Şekil 4.26. Haziran 2016 Na Seviyeleri (mg/L).....	41
Şekil 4.27. Temmuz 2016 Na Seviyeleri (mg/L)	41
Şekil 4.28. Ağustos 2016 Na Seviyeleri (mg/L)	42
Şekil 4.29. Eylül 2016 Na Seviyeleri (mg/L)	42
Şekil 4.30. Ekim 2016 Na Seviyeleri (mg/L)	42

Şekil 4.31. Kasım 2016 Na Seviyeleri (mg/L)	43
Şekil 4.32. Aralık 2016 Na Seviyeleri (mg/L)	43
Şekil 4.33. Ocak 2017 Na Seviyeleri (mg/L)	43
Şekil 4.34. Şubat 2017 Na Seviyeleri (mg/L)	44
Şekil 4.35. Mart 2017 Na Seviyeleri (mg/L)	44
Şekil 4.36. Nisan 2017 Na Seviyeleri (mg/L)	44
Şekil 4.37. Mayıs 2016 K Seviyeleri (mg/L)	47
Şekil 4.38. Haziran 2016 K Seviyeleri (mg/L)	47
Şekil 4.39. Temmuz 2016 K Seviyeleri 2016 (mg/L)	48
Şekil 4.40. Ağustos 2016 K Seviyeleri (mg/L)	48
Şekil 4.41. Eylül 2016 K Seviyeleri (mg/L)	48
Şekil 4.42. Ekim 2016 K Seviyeleri (mg/L)	49
Şekil 4.43. Kasım 2016 K Seviyeleri (mg/L)	49
Şekil 4.44. Aralık 2016 K Seviyeleri (mg/L)	49
Şekil 4.45. Ocak 2017 K Seviyeleri (mg/L)	50
Şekil 4.46. Şubat 2017 K Seviyeleri (mg/L)	50
Şekil 4.47. Mart 2017 K Seviyeleri (mg/L)	50
Şekil 4.48. Nisan 2017 K Seviyeleri (mg/L)	51
Şekil 4.49. Mayıs 2016 Cu Seviyeleri (mg/L)	52
Şekil 4.50. Haziran 2016 Cu Seviyeleri (mg/L)	52
Şekil 4.51. Temmuz 2016 Cu Seviyeleri (mg/L)	52
Şekil 4.52. Ağustos 2016 Cu Seviyeleri (mg/L)	53
Şekil 4.53. Eylül 2016 Cu Seviyeleri (mg/L)	53
Şekil 4.54. Ekim 2016 Cu Seviyeleri (mg/L)	53
Şekil 4.55. Kasım 2016 Cu Seviyeleri (mg/L)	54
Şekil 4.56. Aralık 2016 Cu Seviyeleri (mg/L)	54
Şekil 4.57. Ocak 2017 Cu Seviyeleri (mg/L)	54
Şekil 4.58. Şubat 2017 Cu Seviyeleri (mg/L)	55
Şekil 4.59. Mart 2017 Cu Seviyeleri (mg/L)	55
Şekil 4.60. Nisan 2017 Cu Seviyeleri (mg/L)	55
Şekil 4.61. Mayıs 2016 Zn Seviyeleri (mg/L)	57
Şekil 4.62. Haziran 2016 Zn Seviyeleri (mg/L)	58
Şekil 4.63. Temmuz 2016 Zn Seviyeleri (mg/L)	58

Şekil 4.64. Ağustos 2016 Zn Seviyeleri (mg/L)	58
Şekil 4.65. Eylül 2016 Zn Seviyeleri (mg/L)	59
Şekil 4.66. Ekim 2016 Zn Seviyeleri (mg/L)	59
Şekil 4.67. Kasım 2016 Zn Seviyeleri (mg/L)	59
Şekil 4.68. Aralık 2016 Zn Seviyeleri (mg/L)	60
Şekil 4.69. Ocak 2017 Zn Seviyeleri (mg/L)	60
Şekil 4.70. Şubat 2017 Zn Seviyeleri (mg/L)	60
Şekil 4.71. Mart 2017 Zn Seviyeleri (mg/L)	61
Şekil 4.72. Nisan 2017 Zn Seviyeleri (mg/L)	61
Şekil 4.73. Mayıs 2016 Fe Seviyeleri (mg/L)	63
Şekil 4.74. Haziran 2016 Fe Seviyeleri (mg/L)	63
Şekil 4.75. Temmuz 2016 Fe Seviyeleri (mg/L)	63
Şekil 4.76. Ağustos 2016 Fe Seviyeleri (mg/L)	64
Şekil 4.77. Eylül 2016 Fe Seviyeleri (mg/L)	64
Şekil 4.78. Ekim 2016 Fe Seviyeleri (mg/L)	64
Şekil 4.79. Kasım 2016 Fe Seviyeleri (mg/L)	65
Şekil 4.80. Aralık 2016 Fe Seviyeleri (mg/L)	65
Şekil 4.81. Ocak 2017 Fe Seviyeleri (mg/L)	65
Şekil 4.82. Şubat 2017 Fe Seviyeleri (mg/L)	66
Şekil 4.83. Mart 2017 Fe Seviyeleri (mg/L)	66
Şekil 4.84. Nisan 2017 Fe Seviyeleri (mg/L)	66
Şekil 4.85. Mayıs 2016 Mn Seviyeleri (mg/L)	68
Şekil 4.86. Haziran 2016 Mn Seviyeleri (mg/L)	68
Şekil 4.87. Temmuz 2016 Mn Seviyeleri (mg/L)	69
Şekil 4.88. Ağustos 2016 Mn Seviyeleri (mg/L)	69
Şekil 4.89. Eylül 2016 Mn Seviyeleri (mg/L)	69
Şekil 4.90. Ekim 2016 Mn Seviyeleri (mg/L)	70
Şekil 4.91. Kasım 2016 Mn Seviyeleri (mg/L)	70
Şekil 4.92. Aralık 2016 Mn Seviyeleri (mg/L)	70
Şekil 4.93. Ocak 2017 Mn Seviyeleri (mg/L)	71
Şekil 4.94. Şubat 2017 Mn Seviyeleri (mg/L)	71
Şekil 4.95. Mart 2017 Mn Seviyeleri (mg/L)	71
Şekil 4.96. Nisan 2017 Mn Seviyeleri (mg/L)	72

Şekil 4.97. Mayıs 2016 Ni Seviyeleri (mg/L).....	74
Şekil 4.98. Haziran 2016 Ni Seviyeleri (mg/L)	74
Şekil 4.99. Temmuz 2016 Ni Seviyeleri (mg/L)	74
Şekil 4.100. Ağustos 2016 Ni Seviyeleri (mg/L)	75
Şekil 4.101. Eylül 2016 Ni Seviyeleri (mg/L)	75
Şekil 4.102. Ekim 2016 Ni Seviyeleri (mg/L)	75
Şekil 4.103. Kasım 2016 Ni Seviyeleri (mg/L)	76
Şekil 4.104. Aralık 2016 Ni Seviyeleri (mg/L).....	76
Şekil 4.105. Ocak 2017 Ni Seviyeleri (mg/L)	76
Şekil 4.106. Şubat 2017 Ni Seviyeleri (mg/L)	77
Şekil 4.107. Mart 2017 Ni Seviyeleri (mg/L).....	77
Şekil 4.108. Nisan 2017 Ni Seviyeleri (mg/L)	77
Şekil 4.109. Yıllık ortalama kalsiyum seviyeleri (mg/L)	79
Şekil 4.110. Yıllık ortalama magnezyum seviyeleri (mg/L)	79
Şekil 4.111. Yıllık ortalama sodyum seviyeleri	80
Şekil 4.112. Yıllık ortalama potasyum seviyeleri (mg/L)	80
Şekil 4.113. Yıllık ortalama bakır seviyeleri (mg/L)	80
Şekil 4.114. Yıllık ortalama çinko seviyeleri (mg/L)	81
Şekil 4.115. Yıllık ortalama demir seviyeleri (mg/L)	81
Şekil 4.116. Yıllık ortalama mangan seviyeleri (mg/L)	81
Şekil 4.117. Yıllık ortalama nikel seviyeleri (mg/L)	82

1. GİRİŞ

Nüfusun hızla artması, kentleşme, sanayi alanlarının çoğalması ile birlikte su kaynaklarının korunması kritik bir önem kazanmıştır. Tüm bu artışlara bağlı olarak da doğal kaynakların bilinçsiz kullanımı ve çevre kirliliğinin artması kaçınılmaz olmuştur; su kaynakları bu durumdan miktar ve kalite bakımından olumsuz etkilenmektedir (Koralay ve ark., 2015). Çevresel kirlilik seviyelerinin artmasıyla sulardaki makro ve mikro element miktarlarının da önemi artmıştır. Sudaki toksik maddeler ve sucul canlıların yaşamsal faaliyetleri için gerekli elementler, sınır değerleri aştığında suda yaşayan canlılar için zehirleyici olabilmektedir (Dündar ve Altundağ, 2005).

Son yıllarda yayınlanan Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP)'nin raporuna göre dünyada 1,5 milyar insanın güvenilir içme suyundan ve yaklaşık 3 milyar insanın da suyu sağlıklı ve hijyenik hale getirecek arıtım sistemlerinden yoksun olduğu bildirilmiştir (Torunoğlu, 2013). Pek çok ülkede, yüzey sularının kalitesi oldukça hassas ve kritik bir konudur. Ayrıca, içme suyu kalitesinin halk sağlığına ve işlenmemiş su kalitesinin sudaki yaşamsal öneminin artması nedeniyle yüzey suyu kalitesinin değerlendirilmesine büyük ihtiyaç duyulmaktadır (Ouyang, 2005). Su kalitesinin bilinmesi ve korunması; su kirliliğinin önlenmesi için büyük önem taşımaktadır (Zeybek, 2006). Su kullanım amacına göre fiziksel, kimyasal ve biyolojik açıdan özelliklerine bakılarak tanımlanır ve bu suyun kalitesini belirler. Suyun özelliklerine göre insan tüketimi (içme, sulama, endüstriyel kullanım) veya ekosistem sağlığı için suyun uygun olup olmadığı da bu şekilde belirlenir (Li ve Migliaccio, 2011).

Ülkemiz su kıtlığı çeken ülkeler arasında yer almaktadır (DSİ, 2015). 20 yıl önceki Türkiye'de kişi başına düşen su miktarı 4000 m³ iken, su kaynaklarımızın azalması sebebiyle günümüz Türkiye'sinde bu miktar 1400 m³'e kadar düşmüştür. Ülkemiz bu rakamlarla maalesef 'su yoksulu' ülkeler arasına girmiştir (Tuna, 2013). Kullanılabilir ve içilebilir suyun tamamı su toplama havzalarında üretildiği için suyun planlanması, işletilmesi ve sürekliliğinin sağlanmasında havza bazında çalışmak yapmak oldukça önemlidir (Göl, 2008).

Eskişehir'de içme ve kullanma suyu olarak Porsuk Havzası'ndan yararlanılmakta ve Kalabak adı verilen kaynak suyu fazlaca kullanılmaktadır (Çiçek ve ark., 2013). Bursa Eskişehir Bilecik Kalkınma Ajansı'nın 2011 yılında yayınladığı Çevre Durum

Raporu'nda Porsuk Çayı'nın Kütahya'dan başlayan kısmından Eskişehir'e ve ilçelerine yayıldığı bölgelerde farklı su kalite sınıfları belirlenmiştir. Çay'ın Kütahya'ya girerken I. sınıf kalitede olduğu fakat şehirden çıkılırken su kalitesinin KOİ, çözünmüş oksijen, BOİ açısından III. Sınıf kaliteye ve amonyak azotu açısından IV. sınıf kaliteye kadar düştüğü belirtilmiştir. Eskişehir Organize Sanayi Bölgesi (EOSB)' nden bazı fabrikaların ve Eskişehir Su ve Kanalizasyon İdaresi (ESKİ)' nin arıtılmış atık suları ve ayrıca Alpu, Beylikova ve Yunuemre ilçelerindeki arıtılmamış evsel ve endüstriyel atık suların Porsuk Çayı'na boşaltımlarından dolayı kirlilik seviyelerinde farklılık olduğu belirtilmiştir (BEBKA, 2011). Çiçek ve arkadaşlarının 2013 yılında yayınladıkları bildirisinde, Porsuk çayı ve baraj gölüne atık su boşaltılması ve atık bırakılmasının önlenmesi gerektiğine vurgu yapmışlar ve en iyi arıtım yapılsa dahi içme ve kullanma suyuna deşarjın engellenmesi gerektiğini belirtmişlerdir.

2. MAKRO VE MİKRO ELEMENTLERİN ÇEVRESEL ETKİLERİ

Suların fiziksel ve kimyasal özellikleri canlı organizmalara doğal yaşam ortamı oluşturmaktadır. Bu suyun içindeki elementler canlı organizma yaşamlarına doğrudan etki etmektedir. Element seviyelerindeki değişimler sudaki canlı yaşamı için sınırlayıcı bir faktör de olabilmektedir. Artan element değerleri bir kısım canlının çoğalmasına etki ederken diğer bir yandan canlı dengesinin bozulmasına ve baraj gölünde kirliliğe sebep olabilmektedir. Baraj gölü ekosistemi, sudaki fiziksel ve kimyasal faktörlere bağlı olarak bu canlıların dağılım ve yayılımlarına etki etmektedir (Kagalou ve ark. 2002).

Makro ve mikro elementler, canlı ve cansız varlıklarda birikebilmeleri, yaşanan ortamlara yerleşebilmeleri ve diğer canlılara çeşitli yollarla (örneğin; besin zinciri) geçebilmeleri sebebiyle önem taşımaktadır (Shrivastava, 2003).

2.1. Makro Elementler

2.1.1. Kalsiyum

Bitki ve balıkların gelişimlerinde önemli rol oynayan makro elementlerdendir. Örneğin; alabalıkların gelişimlerinde sudaki kalsiyum değerinin 4-160 mg/L arasında olması istenilmektedir (Türkmen ve Türkmen, 1999). Kalsiyum (Ca^{++})' un doğal suda 1 ile 150 mg/L arasında olması normal olarak kabul edilmektedir. Deniz ve tatlı sularda en fazla olan alkali mineraldir, alg ve yüksek bitkiler için önemli bir besindir. Canlıların birçoğunun iskeletinin temelini oluşturması sebebiyle canlı yaşamı için oldukça önemlidir Tüm organizmalar bünyesinde kalsiyum bulundurmaktadır (Şen ve ark., 1994; Bremond ve Vuichard, 1973). Suda yaşayan canlılar için kalsiyum; yapısal, kas kasılmasında iletim, salgı hücrelerinin salgılanması, hücre dışı protein ve enzimlerin kofaktörü olmak gibi birçok göreve katılan etkili bir makro elementtir (Hunn, 1985).

Kalsiyum sularda kalite açısından tuz oranı ve SAR değeri hesaplamasında kullanılan önemli elementlerdendir. Kalsiyumun suda fazla olması, sodyum yüzdesinin azalmasına neden olur ve bu şekilde tuzluluğun zararları azaltılmış olur (Hounslow, 1995). Yağmurla kireç taşları çözünür ve toprak yıkanarak kalsiyumun yeraltı ve yüzeysel sulara karışması gerçekleşir. Kalsiyum seviyesinin sularda artmasıyla, içme ve kullanma suyu olarak kullanımı olumsuz etkilenir (Alemdar ve ark., 2009).

Kalsiyum ile yapılan çalışmalardan bazılarında kalsiyum ve diğerk metal ilişkileri araştırılmıştır. Örneğın, Wright ve arkadaşları tarafından 1985 yılında yapılan kalsiyum ve kadmiyum ilişkisinin araştırıldığı çalışma dikkat çekmektedir. Araştırmada, izgili levrek (*Morone saxatilis*) balığı kadmiyuma maruz bırakıldığında eğer ortamdaki kalsiyum değerleri düşük ise ölümlerin görüldüğü ancak yüksek kalsiyum seviyesinde bu ölümlerin meydana gelmediğı belirtilmiştir. Bu alışma sonucunda kalsiyum varlığında çizgili levrek balığının kadmiyumun toksik etkilerinden korunabildiğı belirtilmiştir.

Smolders ve arkadaşları, kurak alan nehri olan Pilcomayo nehrinde makro elementlerin iyon kompozisyonunun yıllık değişkenliğini ve deşarj ile olan ilişkisini ortaya çıkarmak için bir çalışma yapmışlardır. Mayıs 1998'den şubat 1999'a kadar düzenli zaman aralıklarında, Villa Montes (Bolivya) kasabasında su örnekleri almışlardır. Pilcomayo nehrinin su kimyası, yıl boyunca oldukça değişkenlik göstermiş ve yağışlı ve kuru mevsim arasındaki deşarj farkından büyük ölçüde etkilendiğini bildirmişlerdir. Ca ve Mg elementlerindeki değişimlerin açıklamasını, piritin ve alıtaşının bozunması, dolomit ve kalsitin çözünmesi ile olduğı bildirilmiştir. Yağışlı sezonun başlangıcında 'durulama' etkilerinin olduğu ve bu yüzden özellikle en az çözünür iyonlar için belirgin konsantrasyon artışları meydana geldiğı belirtilmiştir.

2.1.2. Magnezyum

Doğada en fazla oksit, karbonat ya da magnezyum silikatları halinde bulunmaktadır (Bakırcıoğlu, 2009). Doğal sularda Mg^{++} 'nin normal olarak kabul edildiğı sınır 5- 10 mg/L' dir (şen ve ark. 1994). Magnezyumun inorganik tuz formu, suda çözünmüş katı parametrelerinden biridir ve sularda iletkenlik için gereken iyon ile tuzlu ortam sağlayan elementlerden biridir (Uğurluoğlu, 2013). Magnezyumun mineral yatakları ve kaya katmanlarından doğal olarak suda olduğu bilinir ve toplam sertliğe katkıda bulunur (Karavoltos, 2008)

Bitki yaşamı için klorofil molekülünün merkez atomu olmasından dolayı oldukça önemlidir. İç sularda fitoplanktonların verimliliğı magnezyuma bağlı olarak değişir (Yılmaz, 2004). Suyun sertliğine de etkisi olan bu elementin, göl ekosisteminde düşük seviyede olmasının fitoplanktonların verimliliğini düşürdüğü için göllerin oligotrofik olmasına da sebep olabilmektedir. Magnezyum fosfor metabolizmasını düzenleyen bir element olması sebebiyle sudaki alg, mantar ve bakteri yaşamlarına da etki eder (Egemen, 2006).

Magnezyumun fazla miktarlarda vücuda alımı sonucu bağırsak hastalıklarının olabileceği belirtilmiştir (Varol ve ark., 2008).

Iqbal ve arkadaşları, Kallar Kahar Gölü (Pakistan)' nün makro ve mikro elementlerinin göl suyundaki zamansal değişimini araştırmak için Aralık 2001'den Kasım 2002'ye kadar her ay gölden su örnekleri toplamışlardır. Makro ve mikro elementlerin (sodyum, potasyum, magnezyum, demir, nikel, kobalt, bakır, kadmiyum, kurşun ve çinko) göl suyundaki seviyelerini Atomik absorpsiyon spektroskopisi ile hesaplamışlardır. Gölü suyunda bütün mikro ve makro elementler yüksek seviyelerde gözlenmiştir. Örneğin magnezyum konsantrasyonu 115,71 mg/L olarak ölçülmüştür yani suda olması gereken değerin neredeyse 10 katıdır. Çalışma sonunda Kallar Kahar Gölü'nden sağlanacak suyun içme, kullanma suyu olarak kullanılamayacağını hatta tarım ya da su ürünleri yetiştiriciliği için de güvenli olmadığı ortaya çıkmıştır.

2.1.3. Sodyum

Sularda sodyum Na^+ iyonu, Na_2SO_4 ve Na_2CO_3 tuzları şeklinde bulunur (Kayhan, 2004). Sanayiden gelen atık sular yüksek oranlarda sodyum içerir (Alemdar ve ark., 2009)

Sodyumun oluşturduğu bileşiklerin tuzluluğu artırmasıyla sebebiyle özellikle sulama sularında fazlaca bulunması istenilmez (Garrels, 1967). Su içerisinde yüksek seviyede sodyum bulunursa sulama yapılan alandaki magnezyum ve kalsiyum ile sodyum iyonları değiştirir ve toprağın geçirimliliğini azaltarak alkali hale gelmesini sağlar. Sulama amaçlı kullanılan suların kalite değerlendirilmesinde kullanılan en önemli parametrelerden biri SAR (Sodyum Adsorpsiyon Oranı) değeridir (Ünlü ve ark., 2008)

Uylaş 2011-2012 yılında Eskişehir ilçelerinden biri olan Seyitgazi'deki 47 köyden içme suyu analizleri yapmış ve mevsimsel olarak alınan bu su örneklerinde sodyum seviyelerini değerlendirmiştir. Kış mevsiminde istasyonların hepsinde sodyumun en yüksek seviyede olduğu gözlenirken ilkbahar mevsiminde sodyum için en düşük seviyeleri gözlemlemiştir. Ayrıca bütün mevsimlerde gözlemlenen sodyum değerini WHO, Avrupa Birliği İçme Suyu Kriterleri (EU) ve İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik (İTASHY)'te belirtilen sınır değerlerle kıyaslamışlar ve bu limitin altında bulunduğunu belirtmiştir.

Misaghi ve arkadaşları İran'daki Ghezel Ozan Nehri'nde yaptıkları çalışmada, Ulusal Sanitasyon Vakfı Su Kalitesi Endeksi (NSFWQI)'ni kullanarak nehirin sulama amaçlı kullanılabilirliğini sorgulamışlardır. İçme suyu amaçlı yüzey sularının

değerlendirilmesi ve kullanımı için birçok su kalite indeksi bulunurken, sulama amacıyla nehir suyunun değerlendirilmesi ve doğrudan kullanımı için iyi belirlenmiş bir endeks bulunmadığını öne süren araştırmacılar; nehir boyunca dört hidrolojik istasyondan 40 yıllık su kalitesi verileri kaydı (1966 - 2010) elde etmişlerdir. Su kalitesi analizi için Na^+ , Cl^- , pH, HCO_3^- , EC, SAR ve TDS parametrelerini kullanmışlardır. Nehirde en yüksek değerin SAR değerine ait olduğu belirtilmiştir. Çalışmada NSFQI düzenlenerek kullanıldığında sonuçlar; nehrin yukarı akış yönünden aşağı akış noktasına kadar su kalitesinde değişiklik olduğunu göstermiştir. Çalışma sonunda araştırmacılar, bu değerli su kaynağının korunması için nehir su kalitesinin tutarlı bir şekilde izlenmesi ve uzun vadeli bir yönetim planının oluşturulması önermişlerdir.

2.1.4. Potasyum

Suya tat veren inorganik bir mineraldir. Sularda K^+ ve K_2SO_4 tuzu halinde bulunabilen makro elementin, bitkilerin gelişiminde görev aldığı bilinmektedir. Balıklar için önemli bir besin olan planktonların gelişimlerini hızlandıran potasyumun doğal sularda istenilmeyen seviyelere gelmesi sonucu balıklar zehirlenebilmektedir (Kayhan, 2004; Özdemir, 1994).

İçme suyu arıtımı yapılırken potasyumlu bileşik kullanımı oldukça yaygındır. Ayrıca potasyum, suya sertlik veren iyonlar olan kalsiyum ve magnezyum ile yer değiştirerek su yumuşatma işlemlerinde de kullanılır. İnsanlarda potasyumun yüksek seviyeleri; kalp ağrısı – ritim bozukluğu, bulantı, diyare, nefes darlığı ve krampların oluşumuna sebebiyet verebilmektedir (Çiftçi, 2015).

Bulut ve arkadaşlarının 2001 yılında Afyon Selevir Baraj Gölü'nde yaptığı çalışma ile Kayhan'ın 2004 yılında İstanbul Ömerli Baraj Gölü'nde yapılmış çalışmasında benzer potasyum seviyelerine rastlanılmıştır ve canlı gelişimini olumsuz etkileyecek bir sonuç olmadığı belirtilmiştir.

Taş' ın Gaga Gölü(Ordu)'nde 2005 – 2006 yılları arasında yaptığı mevsimsel çalışmada potasyum değeri ortalama olarak 2.45 mg/L belirlenmiş ve bu değerin canlılar üzerine olumsuz bir etki yaratmayacağını belirtmişlerdir.

2.2. Mikro Elementler

2.2.1. Bakır

Bakırın doğada bulunuş şekli; kayaç yapısında doğal haliyle ve bakırlı sülfür bileşikleri formunda rastlanır. Bakır doğal yapısı sebebiyle esnemesi kolay ve iletkenliği yüksek olan bir elementtir (Çiftçi, 2015). Kullanım alanı oldukça fazla olan bakır elementi doğada az bulunan bir metaldir.

Bitki gelişimi için önemli olan bakır; protein sentezi, fotosentez ve solunum gibi bitkinin yaşamsal faaliyetlerinde görev alır. Ayrıca hücre zarının yapısına ve iyon alımı etki mekanizmasına katılır (Sosse ve ark., 2004). Sudaki oranının istenmeyen seviyelere gelmesi bakteri, deniz yosunu ve mantarları ile balıklara zehirleyici etkiler yaratır. Sudaki bakır seviyesi 0,1-1 mg/L olduğunda bitkiler zarar görerek, gelişim gösteremezler. Sudaki fazla bakırın hoş olmayan bir tat bıraktığı bilinmektedir.

Hayvansal organizmalar için bakır; iskelet sistemi, sinir sistemi ve hücreleri birbirlerine bağlayan dokuların gelişiminde görev alan önemli bir mikro elementtir. İnsanlarda bakırın zehirleyici etkisi özellikle karaciğer ve mide üzerinedir ancak merkezi sinir sistemine olan olumsuz etkileri de bilinmektedir. (Tuğrul, 1999; Pratt, 1972; Kaçaroğlu, 1991).

An ve Kampbell'in 2002 yılında yayınladığı çalışmada, Haziran 1999'dan Kasım 2001'e kadar Texoma Gölü'ndeki marina alanlarındaki suda metaller ve sedimentlerde de çökelmiş metaller ölçülmüştür. Yat liman suyundaki en yüksek seviye Na ve Ca'a aittir ve bu elementleri Mg ve K izlemiştir. Sedimentlerdeki metal seviyeleri suya göre çok daha yüksek bulunmuştur. Ayrıca göl suyundaki yüksek Cu seviyelerinin nedeni, teknelerde kullanılan bakır esaslı kirlenme önleyici boya ile ilişkili olduğu belirtilmiştir. Belli bölgelerde yükselen bakır seviyesi kaynaklarının, yerel antropojenik tekne onarım faaliyetleri ile ilişkili olduğu söylenmiştir. İncelenen beş ağır metal arasında (As, Cd, Cr, Cu ve Zn), Texoma Gölletlerinde en fazla biyolojik olarak bakırın kullanıldığı bildirilmiştir.

Mutlu ve arkadaşlarının Horohon (Sivas) deresinde yaptıkları çalışmada, Kasım 2011'de başlanarak 12 ay boyunca her ay su kalitesi parametreleri için su örnekleri toplanmıştır. Bakır değerleri kış aylarında tespit edilmezken bakır seviyeleri ilkbahar aylarında birden yükselmiş ve Mayıs 2012 de 0,036 mg/L ile en yüksek seviyesine ulaşmıştır. İlkbahar aylarında bakır seviyesindeki yükselme sebebi, dere çevresinde

bulunan meyve bahçelerindeki bakım ve budama işlemleri olarak belirtilmiştir. Budama işleminden sonra bakır içerikli zirai ilaçların çokça kullanılması ve yağmur sularının bu zirai ilaç kalıntılarını yıkayarak dere suyuna karıştırdığından bakır seviyelerinin yükselebileceği bildirilmiştir.

2.2.2. Çinko

Bakırdan sonra en çok kullanılan metaller arasında sayılan çinko, enzim sistemlerinin etki mekanizmalarında yer alır. Pirinç, tunç ve alman gümüşü alaşımlarının yapılarında bulunur (Yalçın ve ark., 1989). Sulardaki çinkonun kaynağı genel olarak; kayaç yapısından, topraklardan, sanayi sonucu oluşmuş atıklar, gübreler ve atmosfer olabilmektedir. Beyaz çinko olarak bilinen çinko oksit suda az çözünür. Sulardaki çinko seviyesinin genel olarak 0.05 mg/L'den az olduğu bilinmektedir (Uğurluoğlu, 2013).

Çinko elementi bitki metabolizmasındaki enzim sistemlerinde katalizör olarak görev yapar (Özyürek, 2016). Bu mikro elementin noksanlığında bazı canlılık faaliyetleri yapılamaz, bitki büyümesi yavaşlar, meyve veren ağaçlarda göz, tomurcuk ve sürgünler yaşayamaz, yapraklarda sarı lekeler meydana gelir ve yapraklar dökülürler (Kaçar ve Katkat, 2006).

Suda çinkonun fazlalığı durumunda suyun rengi beyazımsı bir renge döner ve tat olarak buruk, metalik bir lezzet kazanır. Çinkonun bazı çevrelerce insanda toksik etki bırakmadığı ve yalnızca 25 mg/L seviyesine gelindiğinde bazı sıkıntılı durumların ortaya çıkarabileceği belirtilmiştir (Uğurluoğlu, 2013).

Winchester ve Nifong'un 1971 yılında yayınladığı çalışmasında, Michigan Gölü havzasındaki hava kirliliği kaynakları ile kuvvetli bir şekilde ilişkilendirilen bazı eser elementlerin incelemesi yapılmıştır. Çalışmada mevcut yayınlanmış bilgilere dayanarak Chicago, Milwaukee ve Kuzey batı Indiana şehir merkezlerindeki 30 eser element için hava kirliliği emisyonlarının kısmi bir envanteri sunulmuştur. Envanter daha sonra Zn, Cu ve Ni için ölçülen gerçek akış girdileriyle ve 28 element için endüstriyel öncesi kirlenmemiş akarsu girişlerinin tahminleriyle karşılaştırılmıştır. Elde edilen verilere göre Michigan Gölü'nde; atmosferin, önemli bir Zn kaynağı olabileceği ve yanı sıra Cu ve Ni' in atmosferik girdilerinin de önemli olabileceği belirtilmiştir. Atmosferik serpinti yolu ile göl suyu kirliliğinin artabileceği belirtilmiştir.

Mendil ve Uluözlü, Tokat'taki altı gölden (Bedirkale, Boztepe, Belpınarı, Avara, Atakoaltı ve Akın) topladıkları beş balık türü ve sedimentlerdeki mikro elementlerin

seviyelerini, atomik absorpsiyon ile ölçmüştür. 2003-2004 yılları arasında ilkbahar ve yaz aylarında balık türleri ve sediment örnekleri toplanmıştır. Sediment örneklerinin analizinde en yüksek Zn seviyesi 38,9 µg/g iken balık örneklerinde en yüksek Zn konsantrasyonu 48,6 µg/g'dır. Çinko seviyelerinin literatürde bildirilenlerden daha yüksek olduğu bildirilmiştir.

2.2.3. Demir

Canlı yaşamı için oldukça önemli elementlerden biri olan demirin; alg gelişimi, klorofil sentezinde katalizör olma ve enzim - solunum mekanizmalarına katılma gibi oldukça önemli görevleri vardır (Cirik ve Cirik, 1999).

İçme ya da kullanma amaçlı sularda demirin yüksek seviyelere gelmesi sonucu su bulanıklaşır, suda çökeltiler ve renk oluşumu gözlenir ki bu da istenmeyen bir durumdur.

Doğal sularda demiri dört farklı şekilde bulabiliriz;

- a. Temiz ve asidik olmayan yeraltı sularında demirbikarbonat halinde,
- b. Asitli yüzeysel sularda demirsülfat halinde
- c. Renkli sularda organik halde
- d. Kızıl sularda ise çözünemeyip askıda kalan hidroksit tanecikleri şeklindedir (Yardımcı, 2001).

Bitkilerde demir toksisitesi nekrozlara, sürgünlerin gelişim gösterememesine ve yanma diye tabir edilen genelde bitkiye fazla gübre verilmesinden kaynaklanan belirtilere neden olur. Bitki yapraklarında koyu renkli leke oluşumu, genç sürgünlerde solmalar, bitkinin yavaş gelişimi ve bu fazla demir seviyesi değişmez ise bitkinin ölümüne kadar devam eden bir süreçtir (Özyürek, 2016).

Kır ve arkadaşlarının Kovada Gölü'nde 2005-2006 yılları arasında yapmış olduğu mevsimsel ağır metal analizinde; her mevsimde demir elementi değerleri en yüksek bulunmuştur. Demir elementini, ilkbahar ve kış mevsimlerinde seviyesi artan çinko takip etmiştir. Mevsimler göz önüne alındığında ilkbahar ve yaz aylarında tüm element (Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb, Zn, Al, Ni) seviyelerinde artış gözlenirken, sonbahar – kış mevsimlerinde seviyelerdeki azalmalar dikkat çekmiştir. Mevsimsel olarak bahsedilen bu farklılığın sebeplerinden birinin ilkbahar itibarıyla artan sıcaklığın etkisiyle yaşanan buharlaşma sonucu olabileceği ve diğer sebeplerin de sanayi kaynaklı atıklar ile tarımsal faaliyetlerin bu dönemlerde artması olabileceği ileri sürülmüştür.

Delfino ve arkadaşlarının 1969 yılında Winconsin’de yaptığı çalışmada Mendota Gölü’nün farklı bölgelerinden alınan 32 yüzeysel sediment örneği analiz edilmiştir. Örneklerde Mn, Fe, P, Mg, K, Na ve Ca derişimleri ile örneklerin toplandıkları suyun derinliğı arasındaki ilişki incelenmiştir. Mn, Fe ve P konsantrasyonu ile numunenin toplanma noktasının üzerine gelen suyun derinliğı arasında istatistiksel olarak yüksek pozitif korelasyon olduğı belirlenmiştir. Mg ve K için ters korelasyon olduğı, Ca ve Na için örnek toplanma derinliğı ile konsantrasyon arasında istatistiksel bir korelasyon olmadığı ortaya çıkmıştır. P, Fe ve Mn derişimlerinin örnek derinliğı ile yüksek korelasyonuna ilişkin net açıklama yapabilmek için, göl sistemlerinde besin dengelerinin araştırılmadan önce göl tortusu element bileşimlerinin belirlenmesi çalışmalarının yapılması gerektiğini bildirmişlerdir.

2.2.4. Mangan

Manganın doğal sularda ve yer altı sularında konsantrasyonu değışmekte ve doğal sularda 0,2 mg/L’den daha az iken yer altı sularında 10 mg/L’e kadar çıkmaktadır (Aydın ve ark., 1999).

Mangan ile demir arasında bir ilişki vardır; manganın fazla miktarda alınımında demir bu durumdan etkilenecek bitki bünyesine girişı olumsuz etkilenmektedir. Demir elementinin bitkiye alınamaması sonucu bitki gelişiminde yavaşlama ve gerileme ile yapraklarda sararma yani klorozis meydana gelmektedir (Özyürek, 2016).

Mangan genel olarak sanayide kullanımından dolayı yani endüstriyel kaynaklı olarak sulara karışmaktadır ve ayrıca maden kaynaklı atık sulardan olan su kirlenmelerinden de olabilmektedir. Manganın insandaki bilinen toksik etkisi, Alzheimer hastalığına sebebiyet vermesidir (Çiftçi, 2015).

Adana’da 2009 yılında Hıfzısıhha Enstitüsü Müdürlüğü tarafından kaynak sularında yapılan incelemede mangan değerlerinin yönetmelik değerini aştığı belirtilmiştir.

Okur ve arkadaşları Büyük menderes nehrinde mikro ve makro elementlerden Demir (Fe), Bakır (Cu), Kurşun (Pb), Krom (Cr), Alüminyum (Al), Çinko (Zn), Mangan (Mn) ve Kobalt (Co)’ın nehir sularındaki düzeylerini aylık ve mevsimsel olarak değışimlerini incelemişlerdir. 13 ayrı noktadan alınan örnekler incelendiğinde çinko, mangan ve kobaltın nehirde kirlilik seviyesinde olduğı ortaya çıkmış ve sonuç olarak

nehirde basit arıtım sistemi ve nehir sularına deşarjın önlenmesi ile su kalitesinin iyileştirilebileceğı belirtilmiştir.

Chale ve arkadaşları, Tanganyika Gölü (Tanzanya)' nde su, sediment, çeşitli yüzgeçli balık türleri ve bir bivalve (*Mutela spekei*)'de metal (Cu, Pb, Fe, Mn, Zn, Cd) seviyelerini atomik absorpsiyon spektrofotometresi kullanarak incelemişlerdir. Balık numuneleri, çeşitli av teknikleri kullanılarak elde edilmiştir. Her iki kıyı ve deniz sularında metal seviyelerinde herhangi bir farklılık gözlenmemiştir. Tanganyika Gölü'ndeki balıkların dokusundaki element seviyeleri, balık türleri için başka yerlerde bildirilenlerle aynı aralıklarda bulunmuştur. Bivalflerin vücutlarında çok yüksek demir ve manganez seviyeleri olduğu bildirilmiştir ve Tanzanya'da bivalflerin ekonomik değerinin olmadığı da belirtilmiştir. Su ve sedimentlerdeki çeşitli elementlerin doğal seviyelerinin, balık ve bivalflerdeki eser metallerin ana kaynağı olabileceğı açıklanmıştır.

2.2.5. Nikel

Parlak ve sert metallerden olan nikel; korozyona dayanıklıdır ve kaplama ile ilgili işlerde sıkça kullanılmaktadır. Özellikle demir alaşımlarının yapımında ve yanı sıra laboratuvar ortamlarındaki malzemelerde de bu mikro elemente oldukça fazla rastlanır (Altundağ, 2002). Metal süreçleri ve kömür, petrol yanmalarındaki artışlar sebebiyle açığa çıkan nikel doğal dengeyi etkileyen bir kirletici haline gelmiştir. Kanalizasyon çamurlarında ve bazı fosfat gübrelerinde bulunabilen nikel bitkilere zehirli etki de bulunabilmektedir. Nikel miktarının fazlasının, toprak ıslahları ile bitkilere geçebilmesinin önüne geçilmeye çalışılmaktadır (Bakırcıoğlu, 2009).

İnsanların 0.001 mg/m³'lük nikel solumasının akciğer kanserine sebep olabileceğı bildirilmiştir (Akhter ve Madany, 1993).

Antisar, ve arkadaşlarının Reno havzasındaki yapay kanal ağındaki su kalitesi üzerine yaptıkları çalışma Haziran 2007'den 2009 yılı Kasım ayına kadar devam etmiştir. Çalışmada havzadaki Ren Nehri, Samoggia Nehri, Dosolo Kanalı ve Low Water Kanalı olmak üzere temelde iki kanal ve iki nehir üzerinden su örnekleri alınarak fiziko-kimyasal parametreler ile makro ve mikro elementlerin analizleri gerçekleştirilmiştir. Makro elementler (Ca, Mg, K, Na, P, Si ve S) ve mikro elementlerin (Al, As, B, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Li, Mn, Ni, Pb, Sr, V ve Zn) analiz sonuçlarına göre Ren Nehri'nin diğer nehirlerle göre en yüksek değerlere sahip olduğu bildirilmiştir. As, Cd, Co, Cr, Pb elementlerinin limit değerlerin altında kaldığı belirtilmiştir.

Tursun'un Kahramanmaraş'ta ki doğal göl olan Evri Göl'ünde yaptığı araştırmada dört farklı su yabancı otunun su civanperçemi, su mercimeği, su teresi ve su baldıranının kök, gövde ve yapraklarında bulunan makro ve mikro elementlerin belirlenmesi amacıyla 1 yıl boyunca her ay bitki örnekleri almıştır. Araştırma sonucunda mikro elementlerden nikel, 12 ay boyunca su baldıranından sağlanmıştır. Araştırmadaki en etkili sonuçlardan biri de; nikel elementinin fazla olduğu sularda, bu su yabancı otlarının kullanılarak fazlalığın yok edilebileceği sonucuna varılması olmuştur.

Porsuk çayı su örneklerinde makro ve mikro elementlerin 1 yıllık dönem içinde aylık olarak örnekleme yapılarak; su kalitesinin ortaya konulması ve elde edilen verilerin önceki çalışmalar ve ulusal / uluslararası standartlarla kıyaslanarak, kirlilik boyutunun hangi yönde değiştiğinin ortaya konulması amaçlanmıştır.

3. MATERİYAL VE METOT

3.1. Çalışma Alanının Tanıtımı

Çalışma alanı olarak seçilen Porsuk Barajı 1948 yılında kullanıma açılan Türkiye Cumhuriyeti'nin ilk barajlarından biridir. Eskişehir'de taşkın koruması ve tarım arazilerinde kullanılacak su temini için kurulan baraj daha sonraki zamanlarda şehrin kullanma suyu gereksinimini karşılamak için kullanılmaya başlanmıştır.

Sakarya nehrinin alt havzalarından biri olan Porsuk çayı, Sündiken, Türkmen ve Murat Dağları'nın çevrelediği bir havzada yer almaktadır (Selki, 2008). Havzanın coğrafi konumu; Kuzeybatı Anadolu'da 29°38'-31°59' doğu boylamları ile 38°44' - 39°99' kuzey enlemleri arasında yer alır. Havza 11.325 km²'lik bir alanda ve doğu-batı, kuzey-güney yönünde uzunlukları sırasıyla 202 km, 135 km'dir. Şekil 3.1'de de görüleceği gibi Porsuk Çayı'nın büyük kısmı Eskişehir, Kütahya illerinde olmak üzere Ankara ve Afyon illerine yayılış gösteren kollara sahiptir. Porsuk Havzası'nın suları, Sazlılar bölgesinden Sakarya Nehri'ne dökülmek üzere havzada 435 km'lik bir mesafe kat eder. Havza uzun süreli yıllık yağış ortalamasına bakıldığında su potansiyeli az olarak belirtilmektedir (Ayaz, 2013). Porsuk Çayı ve kollarından oluşan havzanın su potansiyeli yıllık ortalama 481 hm³ tür (Gürel, 2011). Porsuk çayı ve havzasını etkileyen kaynaklar Çizelge 1'de gösterilmiştir.

Bu çalışmada Porsuk Çayı üzerinde 17 istasyon belirlenmiştir (Şekil 3.2). İstasyonların koordinatları Çizelge 3.2'de verilmiştir.

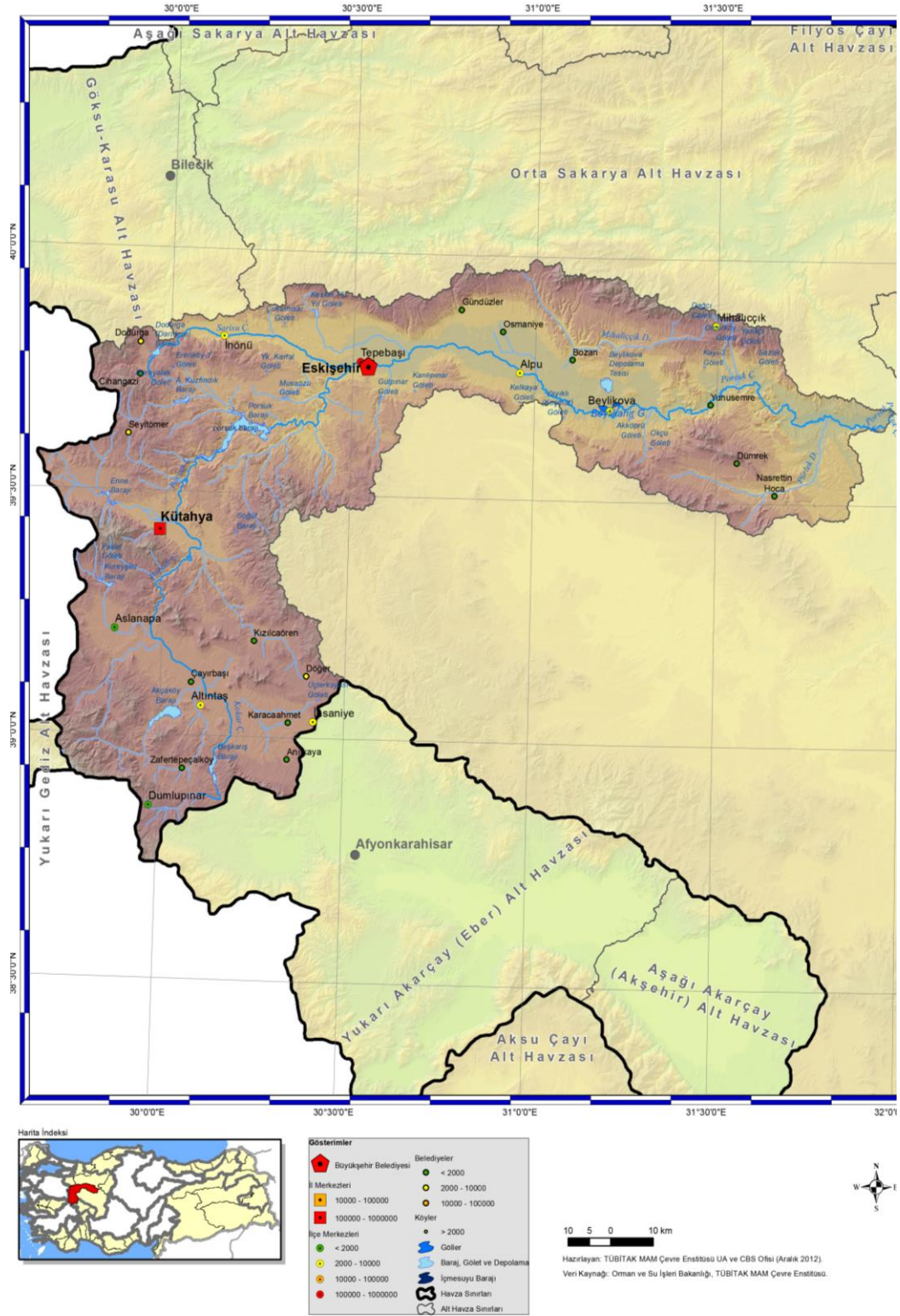
Çizelge 3.1. Porsuk çayı ve havzasını etkileyen antropojen kaynaklar

Porsuk çayı ve havzasını etkileyen kuruluşlar	Porsuk Çayı'nı kirleten evsel atıklar
1. SARAR Giyim Tekstil Sanayi ve Ticaret A.S. 2. Tülomsaş Eskişehir Lokomotif Fabrikası ve atıkları 3. Eskişehir Şeker Fabrikası ve atıkları 4. Eskişehir 1. Hava İkmal Bakım Merkezi Komutanlığı 5. Eskişehir Organize Sanayi Bölgesi ve atıkları 6. Dersan Deri İşleme Sanayi 7. Güven Süt San. Tic. A.S.	1. Kaplıcalardan gelen atıklar 2. Eskişehir Belediyesi kanalizasyon atıkları 3. Sulama kanallarına verilen atıklar 4. Porsuk Çayı Havzası üzerindeki Kütahya iline bağlı kuruluşlar 4.1. Kütahya ili kanalizasyonu 4.2. Kütahya Belediye Mezbahası 4.3. Kütahya Seker Fabrikası 4.4. Kütahya TÜGSAS Gübre Fabrikası 4.5. Kütahya KÜMAS Manyezit Fabrikası 4.6. Kütahya Seyitömer Termik Santrali

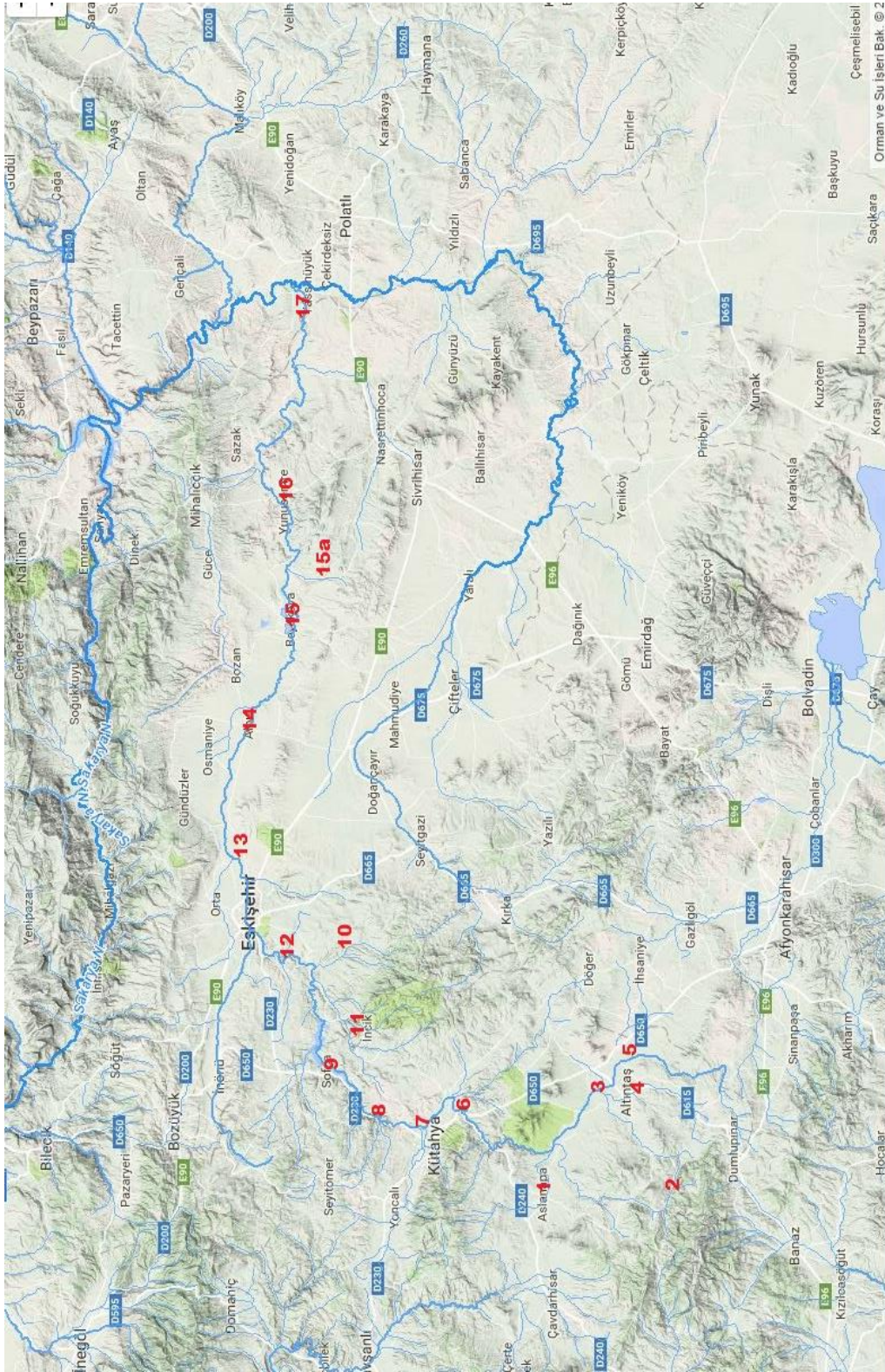
Kaynak: Gürel, 2011

Çizelge 3.2. Örnekleme yapılan istasyonların bilgileri

İstasyon	Koordinat	Mevkii
1. İstasyon	35S 0743396 4343223	Aslanapa
2. İstasyon	35S 07502961 4313505	Murat Dağı
3. İstasyon	36S 0246214 4333751	Altıntaş
4. İstasyon	36S 0248704 4322345	Çayırhan
5. İstasyon	36S 0248704 4322345	Zafer Havaalanı
6. İstasyon	36S 0253575 4360439	Kütahya Giriş
7. İstasyon	36S 0248056 4372372	Kütahya Çıkış
8. İstasyon	36S 0251199 4378256	Porsuk Baraj Giriş
9. İstasyon	36S 0270708 4383246	Porsuk Baraj Çıkış
10. İstasyon	36S 0268554 4378311	Kargın
11. İstasyon	36S 0277680 4390249	Uluçayır
12. İstasyon	36S 280372 4402473	Fidanlık
13. İstasyon	36 S 295742 44062292	Eskişehir Çıkış
14. İstasyon	36S 0324512 4401561	Alpu
15. İstasyon	36S 0345989 4394505	Beylikova
16. İstasyon	36S 0369489 4395670	Yunusemre
17. İstasyon	36S 0410776 4393387	Sakarya Karışım



Şekil 3.1. Porsuk Çayı Havzası haritası
Kaynak: Ayaz, 2013



Şekil 3.2. Çalışma alanında örnek alınan istasyonlar

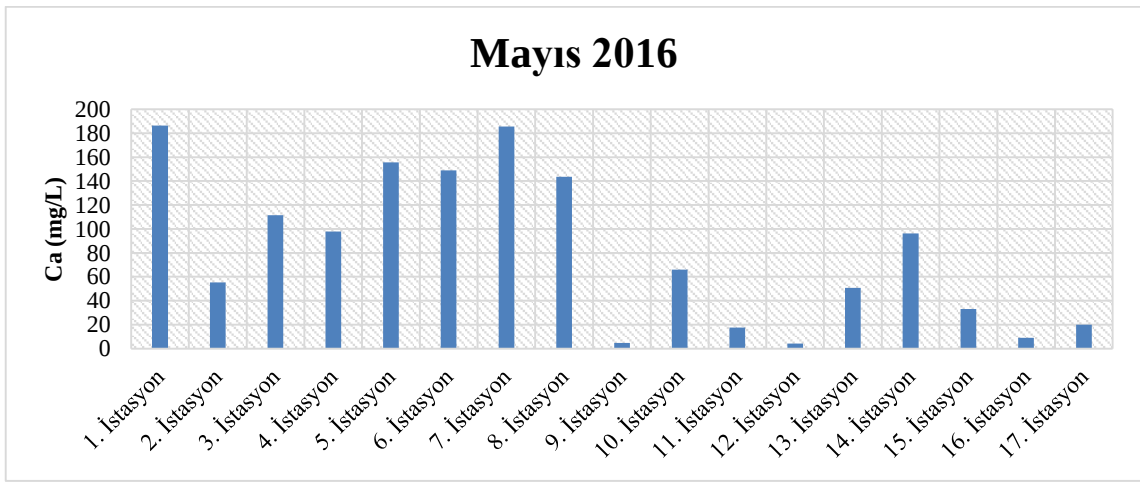
3.2. Deneysel Çalışma

Mayıs 2016 – Nisan 2017 tarihleri arasında, aylık olarak yapılan örnek toplama çalışmalarında Porsuk havzasında belirlenen 17 istasyondan su örnekleri alınmıştır.

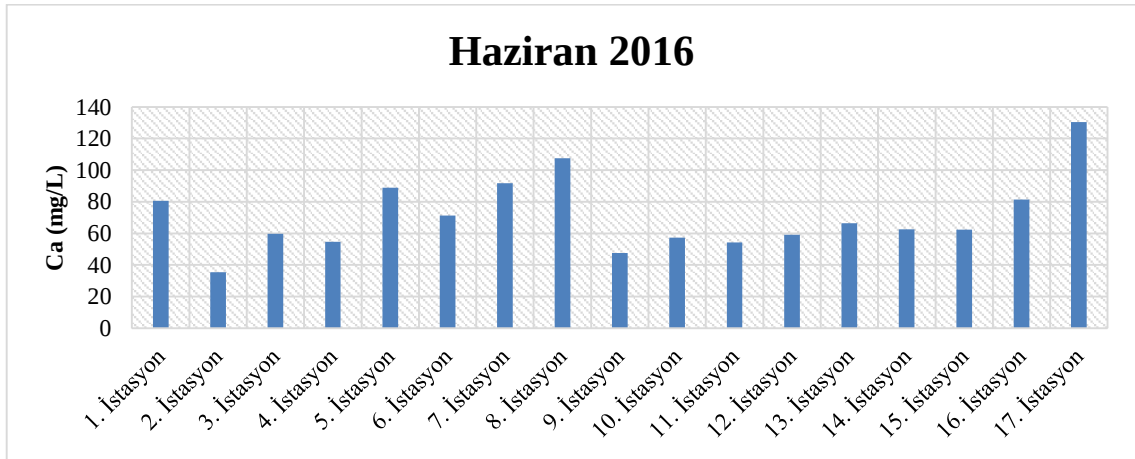
Makro ve mikro element seviyelerinin belirlenmesi için laboratuvara getirilen su örneklerinde pH<2 olacak şekilde (1+1) nitrik asit ilave edilmiş ve pH'ı ayarlanan örnekler 0,45 µm gözenek çaplı membran filtrelerden süzölmüştür. Su örneklerindeki elementlerin seviyeleri Analytic Jena ContrAA 700 marka atomik absorpsiyon spektrofotometresi ile belirlenmiştir (EPA Method 7000b).

4. BULGULAR

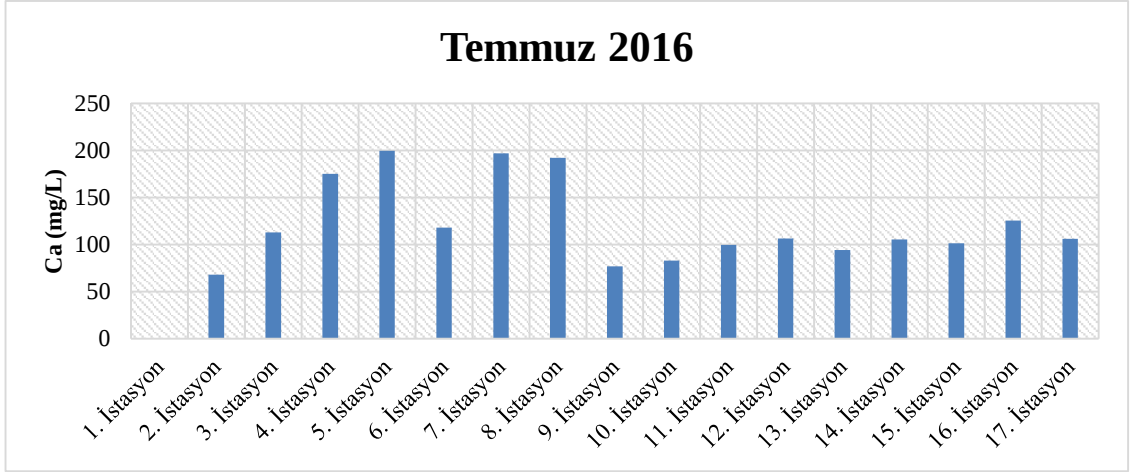
Porsuk Havzası'ndaki 17 istasyondan alınan su örneklerinde makro (kalsiyum, magnezyum, sodyum ve potasyum) ve mikro (bakır, çinko, demir, mangan, nikel) elementler incelenmiştir. Yapılan analizler sonucunda elde edilen veriler aylık ve mevsimsel değerlendirilmiş ve Şekil 4.1-4.108'de yasal mevzuatlarda belirtilen sınır değerleri ile birlikte verilmiştir. Yasal mevzuatlar olarak Çevre Koruma Ajansı (EPA), Avrupa Birliği (EU), Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SKKY) 'nde verilen limit değerler dikkate alınmıştır.



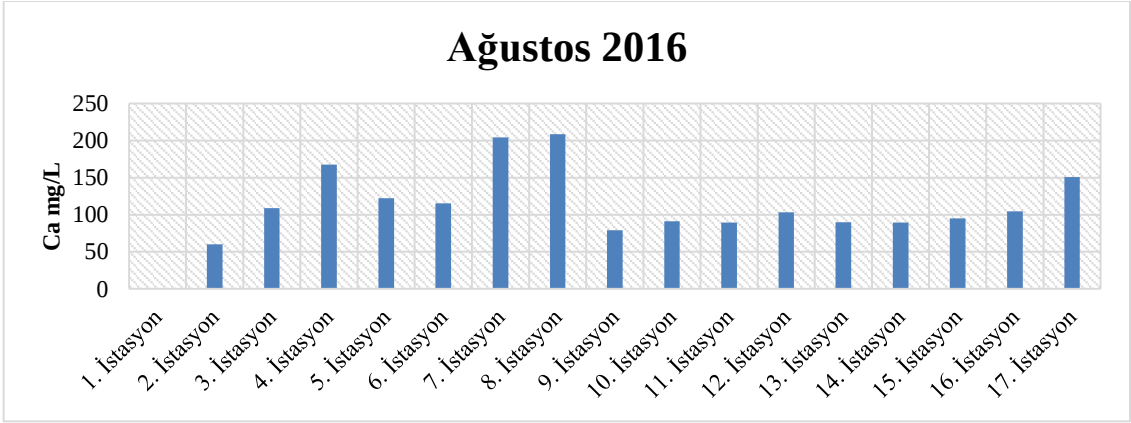
Şekil 4.1. Mayıs 2016 Ca Seviyeleri (mg/L)



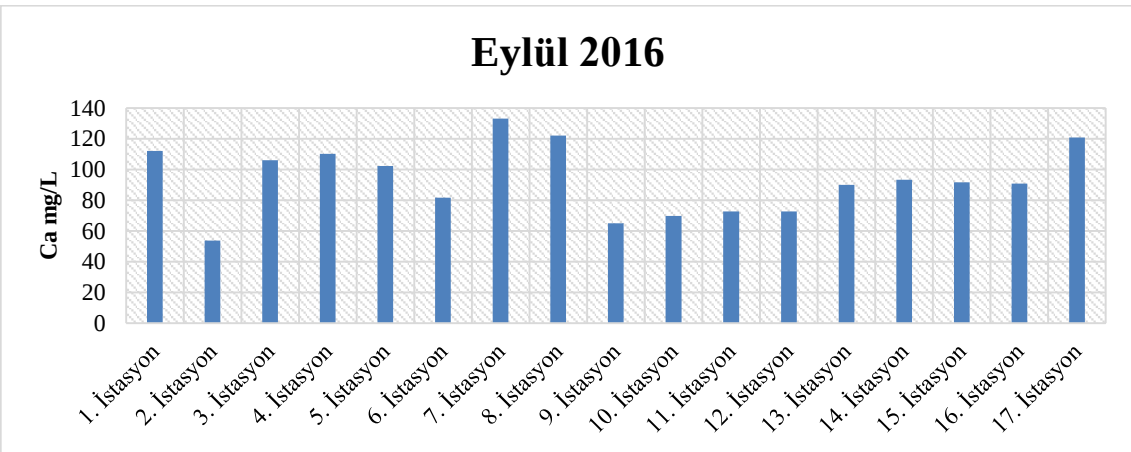
Şekil 4.2. Haziran 2016 Ca Seviyeleri (mg/L)



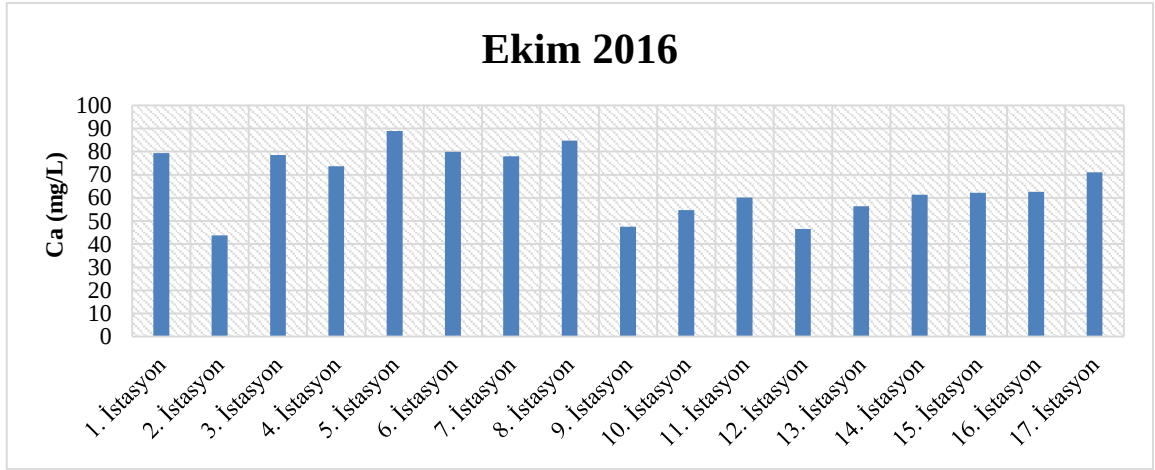
Şekil 4.3. Temmuz 2016 Ca Seviyeleri (mg/L)



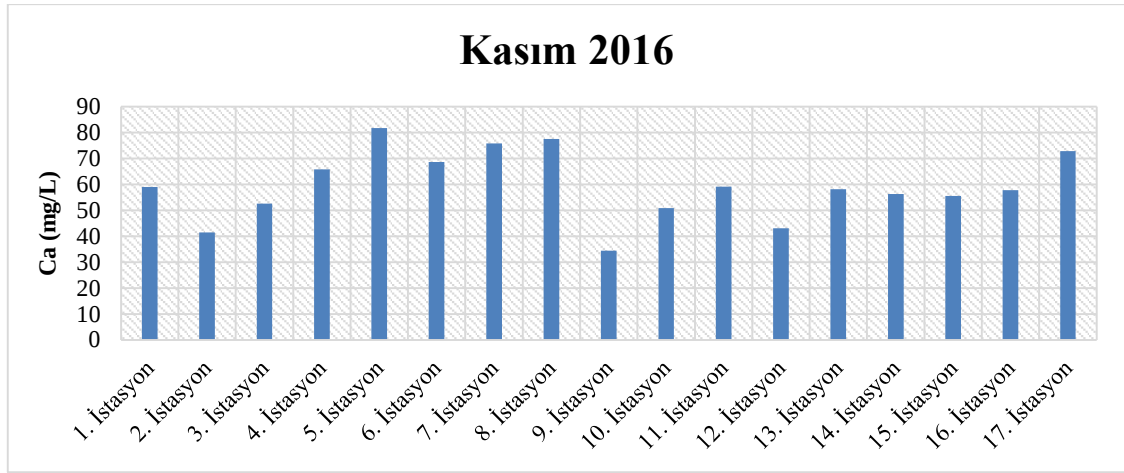
Şekil 4.4. Ağustos 2016 Ca Seviyeleri (mg/L)



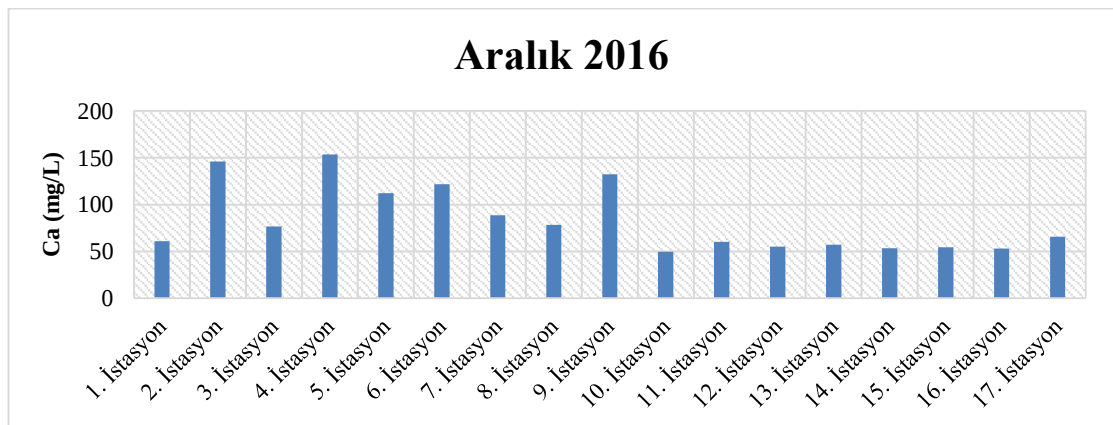
Şekil 4.5. Eylül 2016 Ca Seviyeleri (mg/L)



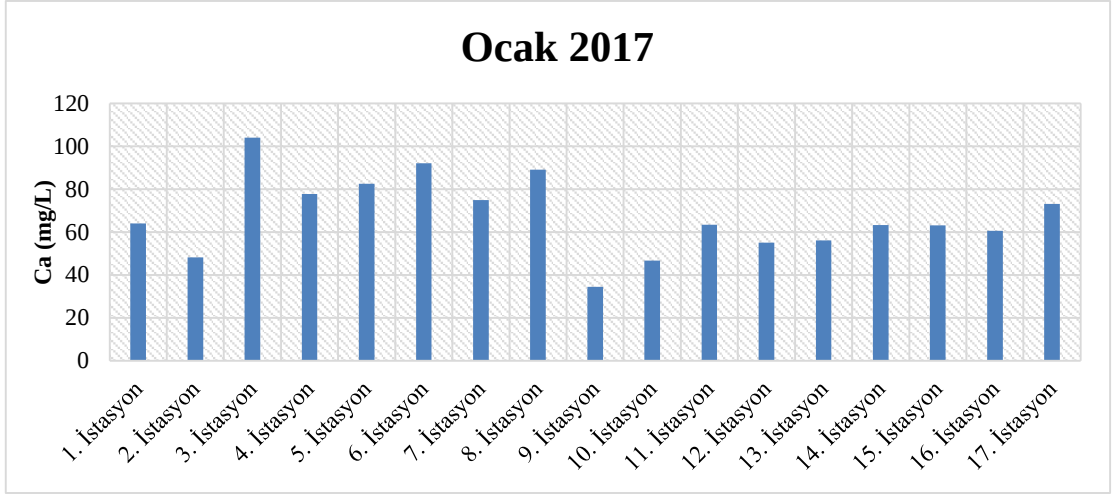
Şekil 4.6. Ekim 2016 Ca Seviyeleri (mg/L)



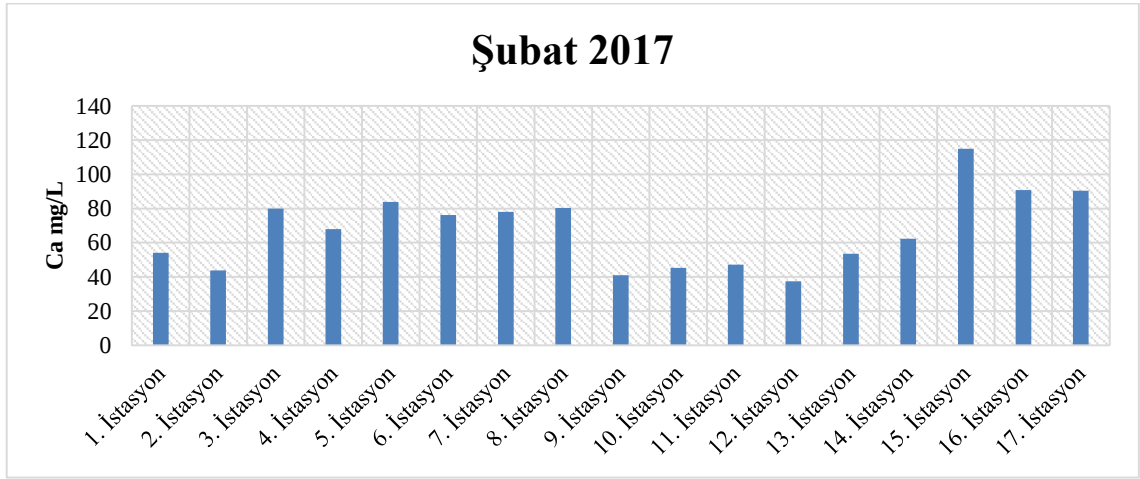
Şekil 4.7. Kasım 2016 Ca Seviyeleri (mg/L)



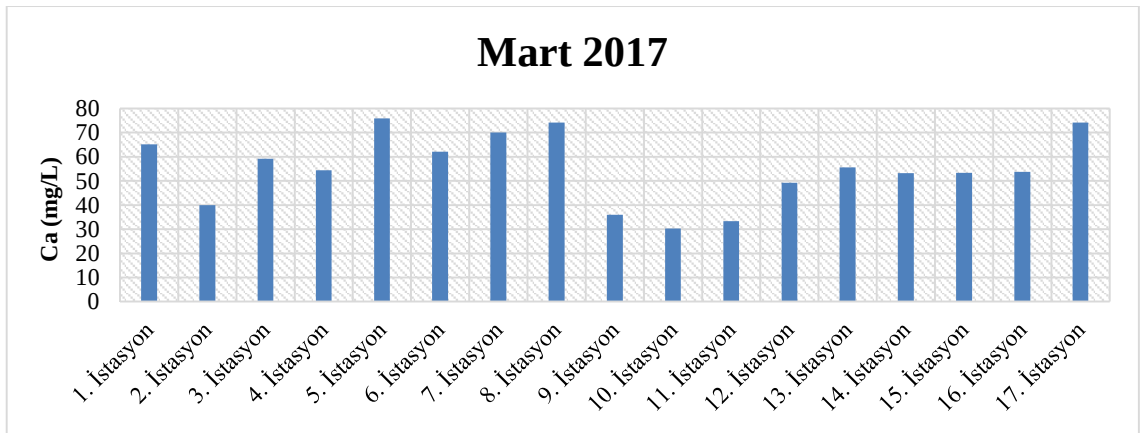
Şekil 4.8. Aralık 2016 Ca Seviyeleri (mg/L)



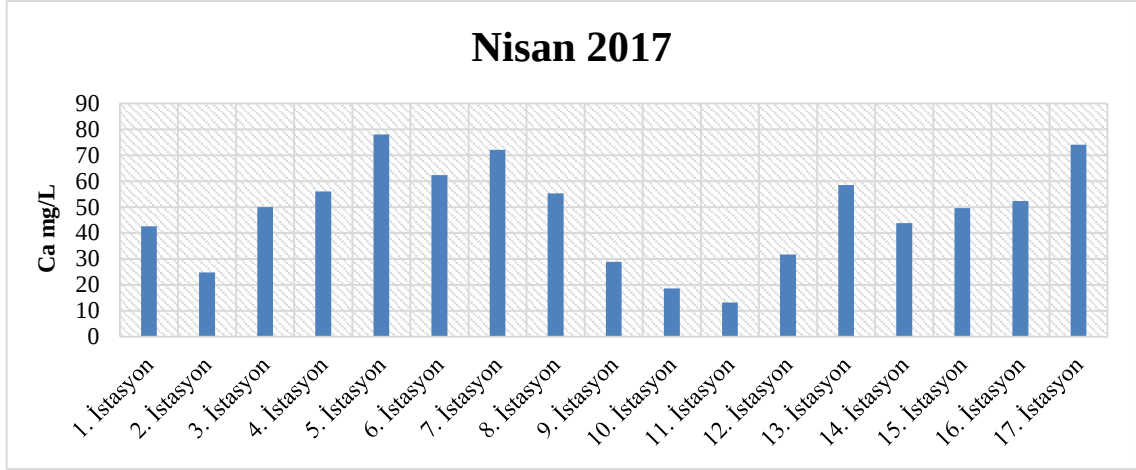
Şekil 4.9. Ocak 2017 Ca Seviyeleri (mg/L)



Şekil 4.10. Şubat 2017 Ca Seviyeleri (mg/L)



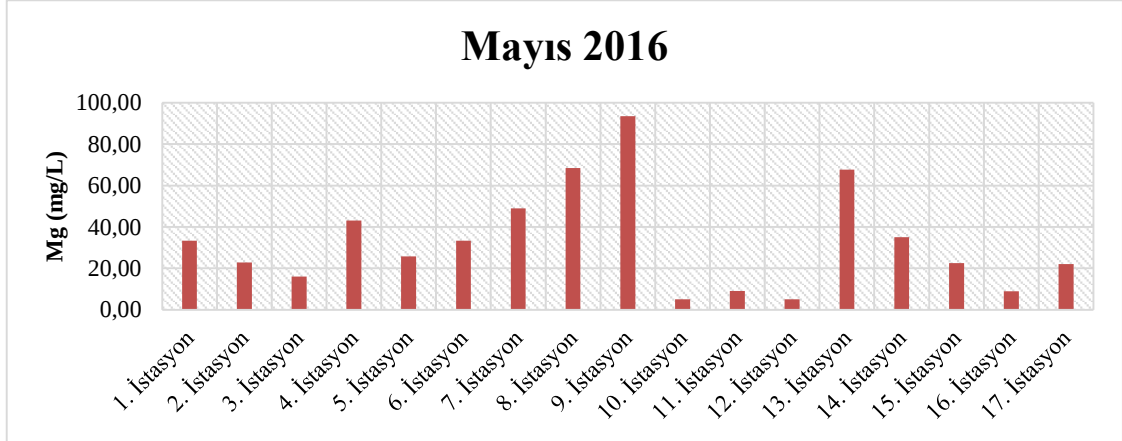
Şekil 4.11. Mart 2017 Ca Seviyeleri (mg/L)



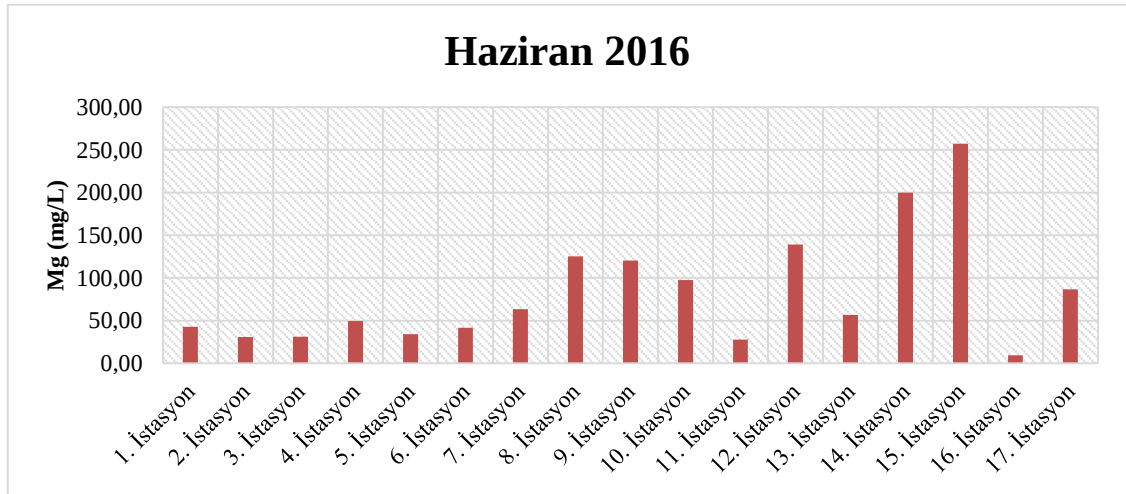
Şekil 4.12. Nisan 2017 Ca Seviyeleri (mg/L)

Şekil 4.1’ de görüldüğü Ca seviyesi mayıs ayında en düşük 12. İstasyonda (4,28 mg/L) ve en yüksek 7. İstasyonda (185,6 mg/L)’dır. Haziran ayında kalsiyumun en yüksek seviyesi 130,3 mg/L ile 17. istasyonda belirlenmiş olup en düşük kalsiyum seviyesi 2. istasyonda 35,4 mg/L olarak ölçülmüştür (Şekil 4.2). Temmuz ayında 1. istasyonda su örneği alabilecek yeterli su bulunmadığı için bu ayın analizleri 1. istasyon için gerçekleştirilememiştir. Şekil 4.3’deki kalsiyum seviyesine bakıldığında en düşük 2. istasyonda (68 mg/L) ve en yüksek 5. İstasyonda (199,6 mg/L) belirlenmiştir. Ağustos ayında 1. İstasyonda örnek alabilecek yeterli su bulunmadığı için bu ayın analizleri 1. istasyon için gerçekleştirilememiştir. Şekil 4.4’ de görülebileceği gibi kalsiyumun en düşük seviyesi 59,99 mg/L ile 2. istasyonda ölçülmüş ve en yüksek seviyesine 8. istasyonda 208,73 mg/L olarak hesaplanmıştır. Eylül ayında kalsiyumun en yüksek değeri 7. istasyonda (133,1 mg/L), en düşük seviyesine ise 2.istasyonda (53,71 mg/L) rastlanmaktadır. Ekim ayı kalsiyum seviyelerine Şekil 4.6’dan bakıldığında, en düşük seviyenin 43,76 mg/L ile 2. istasyonda ve en yüksek en düşük olanı 9. istasyonda 34,41 mg/L olarak ölçülmüştür. En yüksek kalsiyum seviyesi ise 81,71 mg/L ile 5. İstasyondadır (Şekil 4.9). Aralık ayında kalsiyumun Şekil 4.8’ de görüldüğü gibi en yüksek değeri 4. İstasyondadır (153,57 mg/L), düşük değeri ise 10. İstasyondadır (49,78 mg/L). Ocak ayı Şekil 4.9’da görüldüğü üzere kalsiyum en yüksek seviyesi 103,93 mg/L ile 3. İstasyonda ve en düşük seviyesi 34,36 mg/L ile 9. İstasyondadır. Şubat ayında Şekil 4.10’da da görüldüğü üzere kalsiyumun en yüksek seviyesi 15. istasyondadır ve 115,02 mg/L olarak ölçülmüştür. Kalsiyumun en düşük seviyesi 37,47 mg/L ile 12. istasyondadır. Mart ayındaki en düşük seviyesi 10. İstasyonda (30,3 mg/L) ve en yüksek

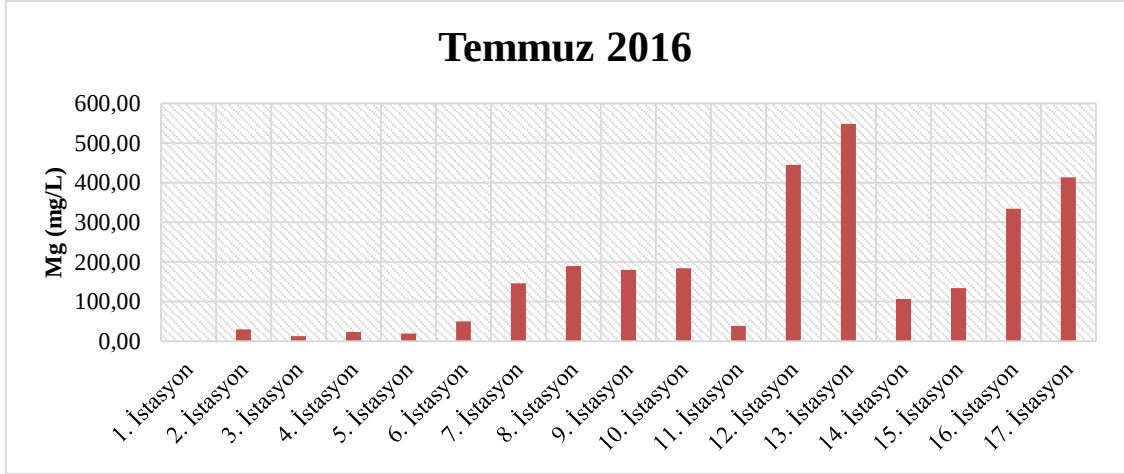
seviyesi 5. İstasyondadır (75,86 mg/L). Nisan ayında kalsiyumun en yüksek değeri şekil 4.12’de de görüldüğü gibi 5. istasyonda tespit edilmiştir. Kalsiyumun en yüksek seviyesi 78,02 mg/L’dir ve en düşük seviyesi 13,10 mg/L ile 11. istasyondadır. Kalsiyum için tüm aylarda istasyonların tamamında WHO’da belirtilen limit değerinin (300 mg/L) aşılmadığı gözlenmiştir (WHO, 2008).



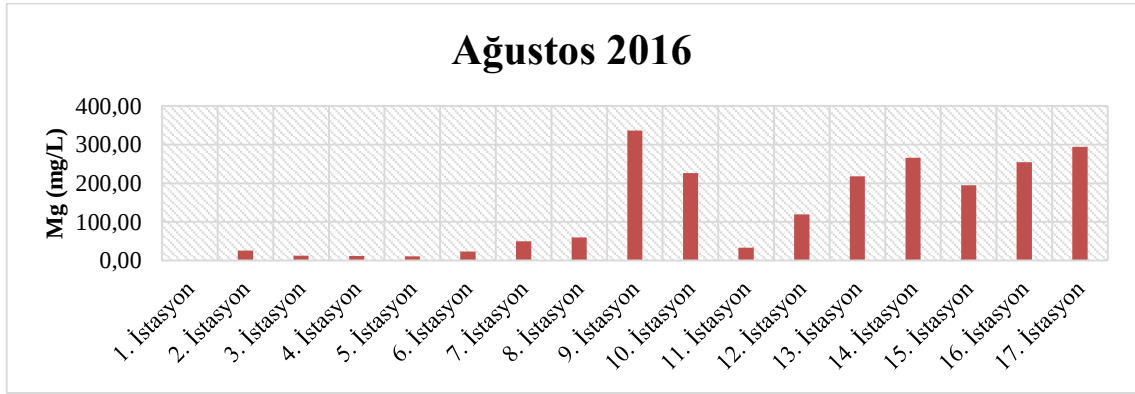
Şekil 4.13. Mayıs 2016 Mg Seviyeleri (mg/L)



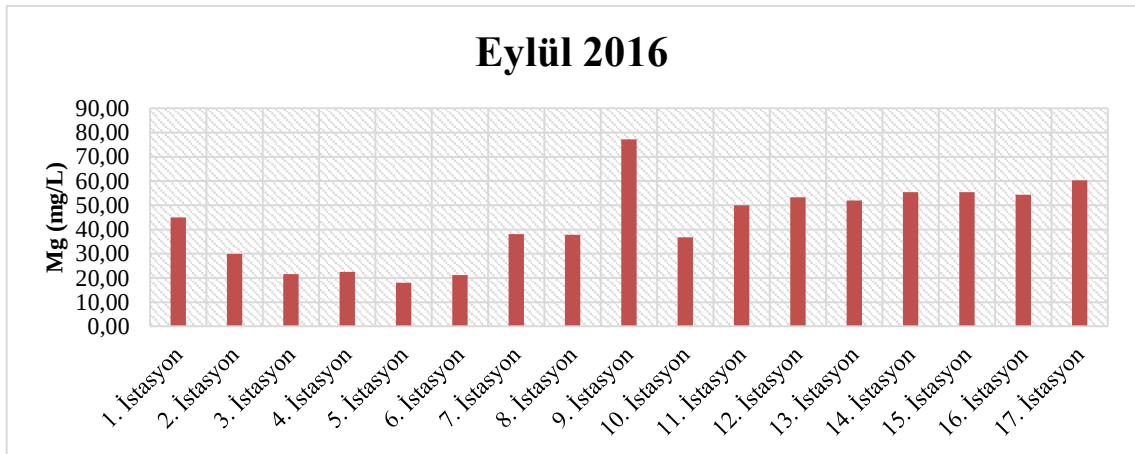
Şekil 4.14. Haziran 2016 Mg Seviyeleri (mg/L)



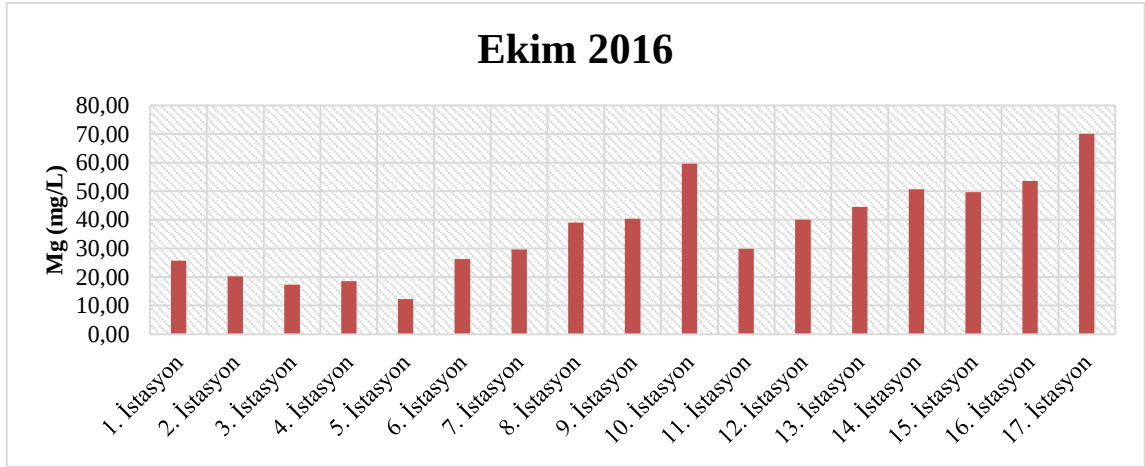
Şekil 4.15. Temmuz 2016 Mg Seviyeleri (mg/L)



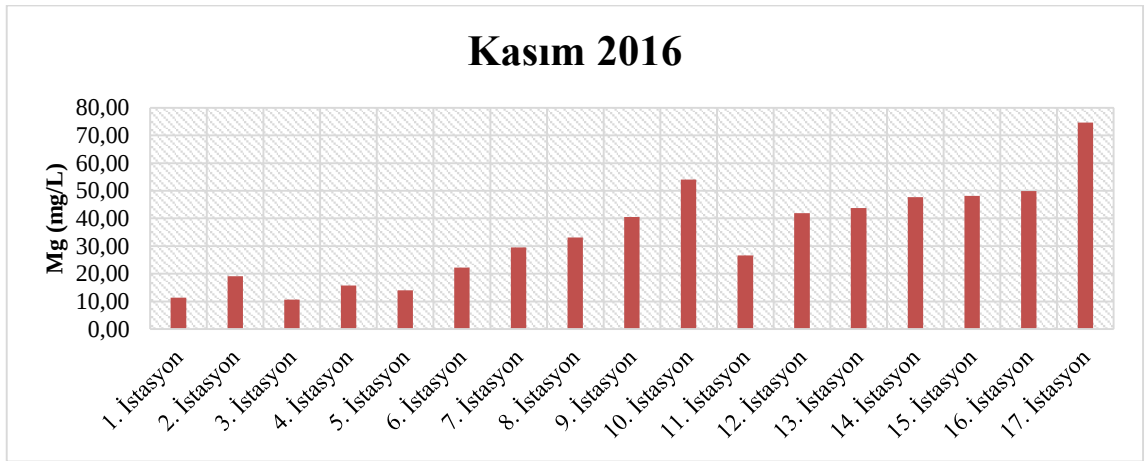
Şekil 4.16. Ağustos 2016 Mg Seviyeleri (mg/L)



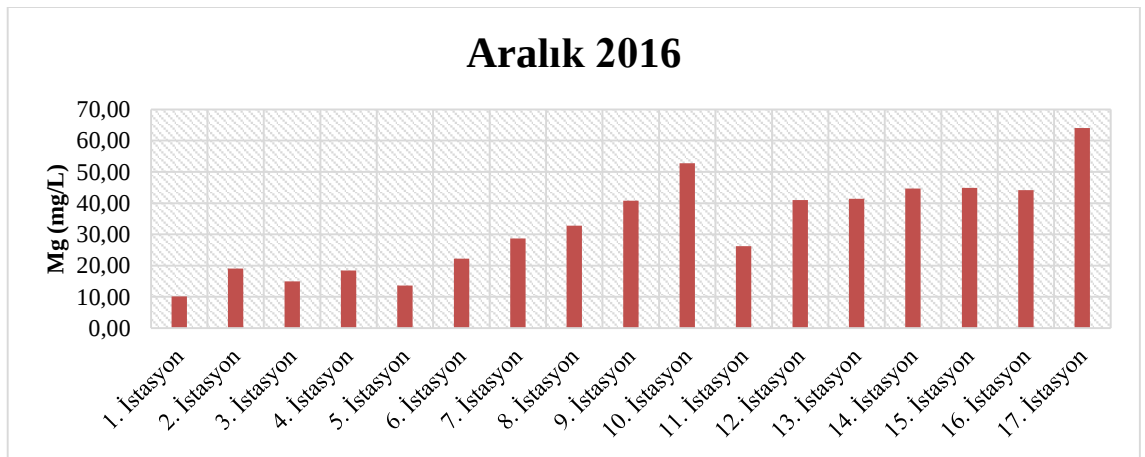
Şekil 4.17. Eylül 2016 Mg Seviyeleri (mg/L)



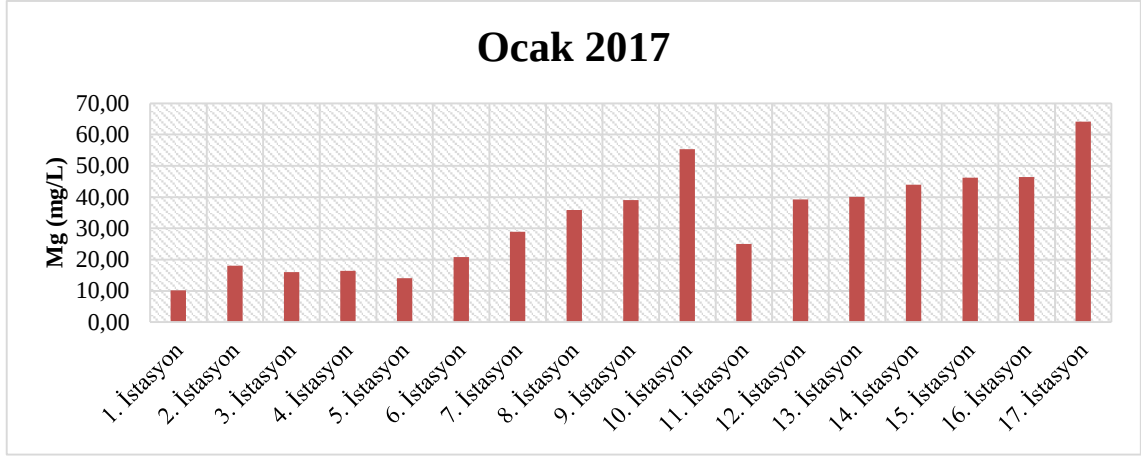
Şekil 4.18. Ekim 2016 Mg Seviyeleri (mg/L)



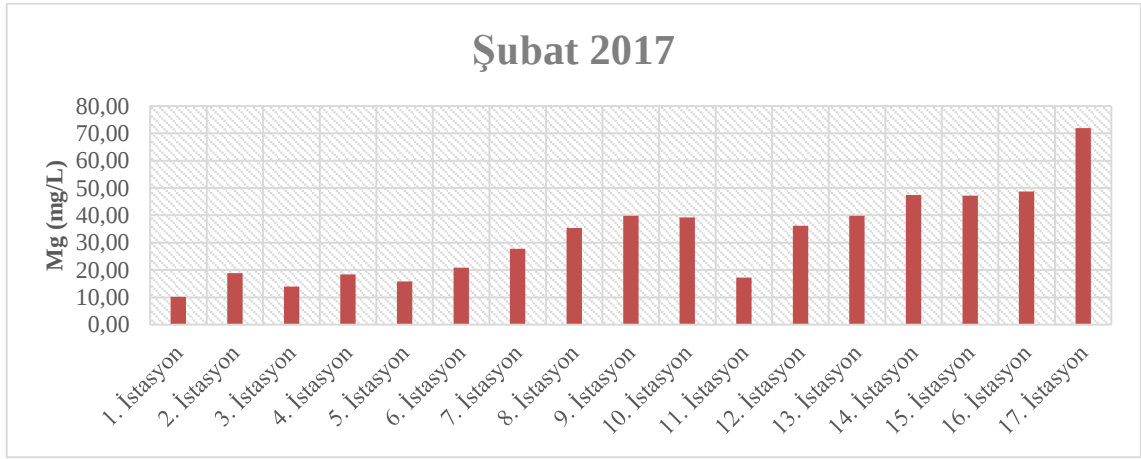
Şekil 4.19. Kasım 2016 Mg Seviyeleri (mg/L)



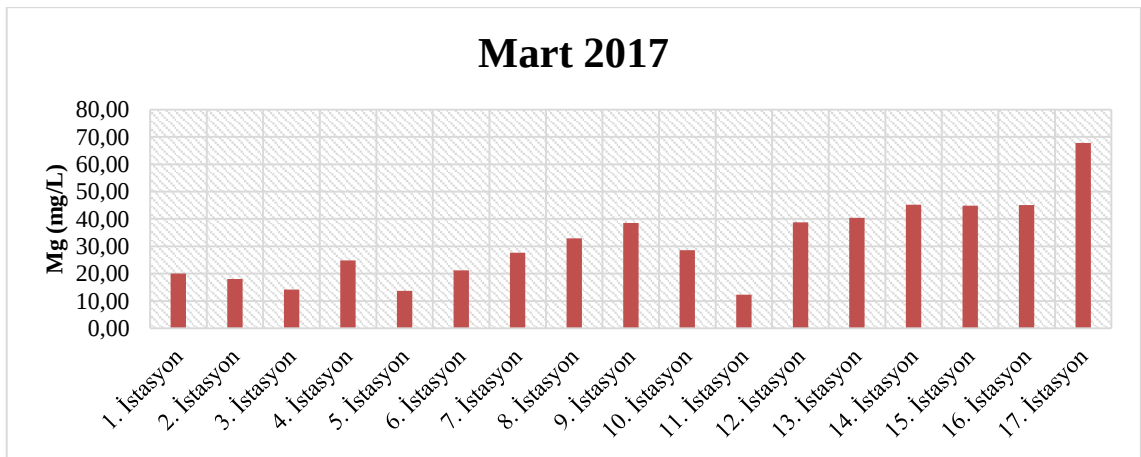
Şekil 4.20. Aralık 2016 Mg Seviyeleri (mg/L)



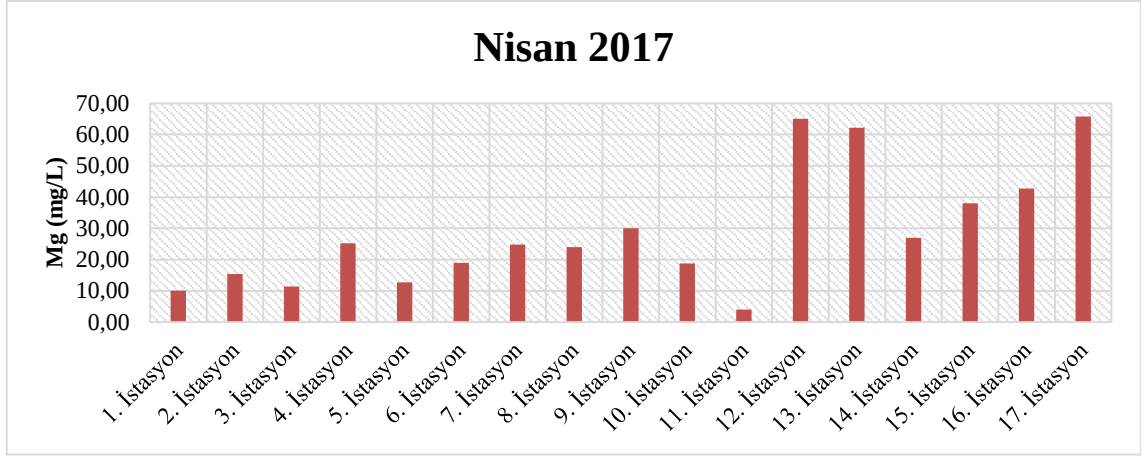
Şekil 4.21. Ocak 2017 Mg Seviyeleri (mg/L)



Şekil 4.22. Şubat 2017 Mg Seviyeleri (mg/L)

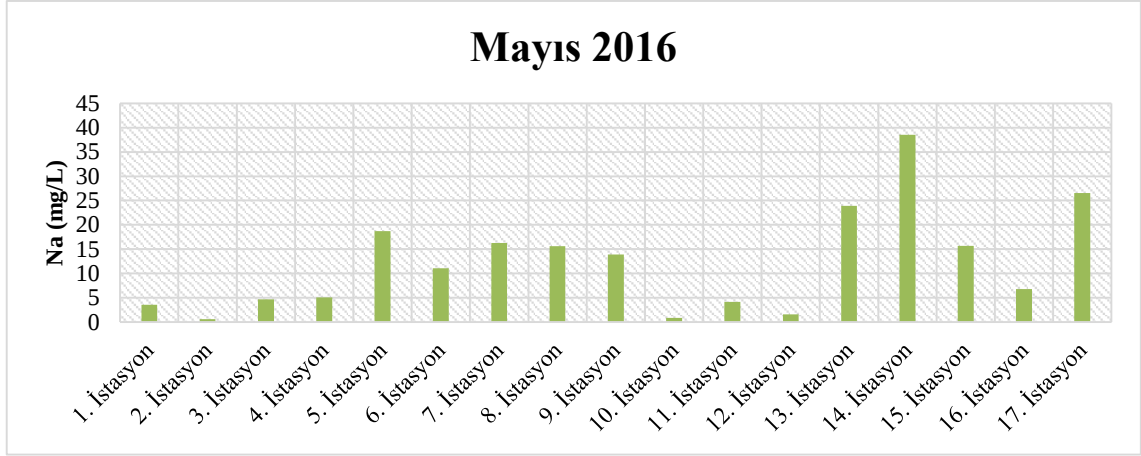


Şekil 4.23. Mart 2017 Mg Seviyeleri (mg/L)

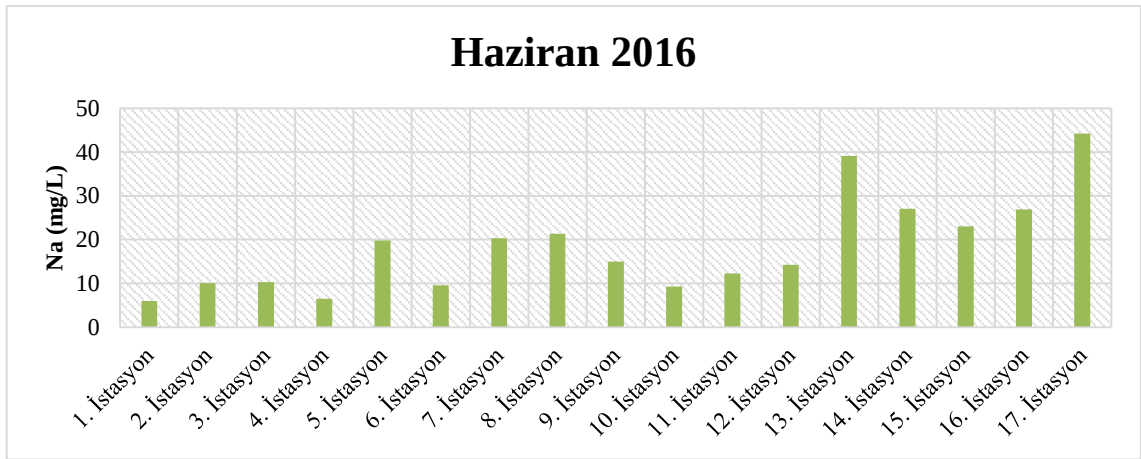


Şekil 4.24. Nisan 2017 Mg Seviyeleri (mg/L)

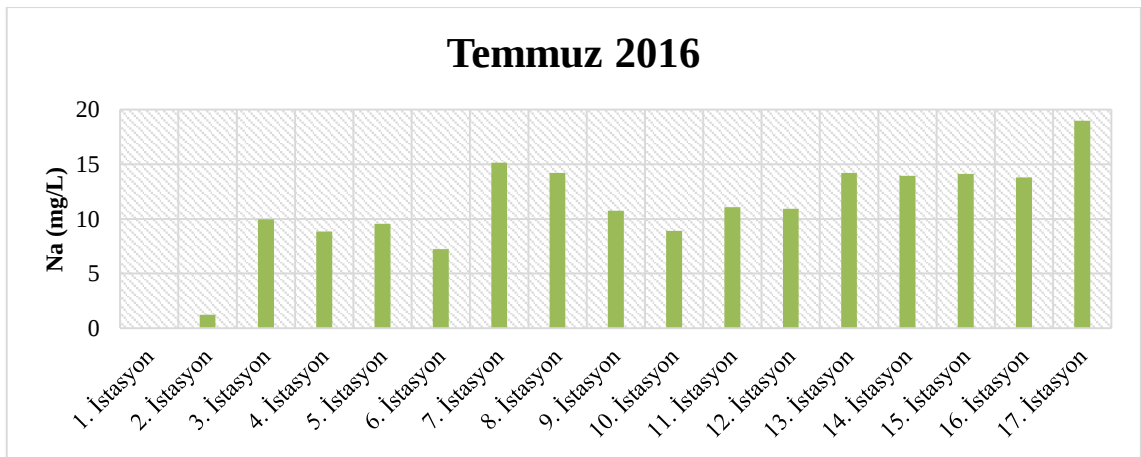
Şekil 4.13’de Mayıs ayındaki magnezyumun en düşük seviyesi 10. İstasyonda 5,00 mg/L’dir ve en yüksek seviyesi 93,39 mg/L ile 9. istasyonda belirlenmiştir. Haziran için en düşük seviye 9,57 mg/L ile 16. istasyonda ve Şekil 4.14’ de görüldüğü gibi 257,3 mg/L ile en yüksek seviyesi 15. İstasyonda ölçülmüştür. Temmuz ayında Şekil 4.15’ de magnezyum en düşük 3. istasyonda ve en yüksek seviyesi 13. istasyonda tespit edilmiş ve sırasıyla 13,34 mg/L ile 547,9 mg/L’dir. Ağustos ayı için en düşük seviye 5. istasyonda 11,27 mg/L ve Şekil 4.16’ da en yüksek seviyeye 336,5 mg/L ile 9. istasyonda rastlanılmıştır. Magnezyum için Şekil 4.17’ de eylülün en düşük seviyesi 18,03 mg/L olarak 5. istasyonda belirlenmiştir. Ekimin Şekil 4.18’ de görüldüğü gibi en yüksek değeri 17. istasyonda 70,01 mg/L iken, en düşük değeri 12,33 mg/L ile 5. istasyonda ölçülmüştür. Kasım magnezyumun Şekil 4.19’ da en düşük seviyesi 3. istasyondadır ve 10,66 mg/L olarak ölçülmüştür. Magnezyum için en yüksek seviye 74,6 mg/L ile 17. istasyondadır. Aralık ayında Şekil 4.20’ deki gibi en düşük değeri 10,15 mg/L ile 1. istasyondadır ve en yüksek magnezyum değeri 64,06 mg/L ile 17. istasyondadır. Magnezyumun ocak ayı Şekil 4.21’ de de görülebileceği üzere en yüksek değeri 64,17 mg/L ile 17. istasyonda ve en düşük seviyesi 10,17 mg/L ile 1. istasyondadır. Şubat ayı magnezyum değerlerine bakıldığında Şekil 4.22’ deki en düşük seviyesi 10,16 mg/L ile 1. istasyonda ve en yüksek seviyesi 71,91 mg/L ile 17. istasyonda ölçülmüştür. Mart ayındaki en düşük seviyesi 12,29 mg/L ile 11. istasyonda ve Şekil 4.23’ de görüldüğü üzere en yüksek seviyesi 67,77 mg/L ile 17. istasyonda ölçülmüştür. Nisan ayının Şekil 4.24’ de de görüldüğü gibi en düşük seviyesi 3,97 mg/L ile 11. İstasyonda ve en yüksek magnezyum değeri 65,79 mg/L ile 17. istasyondadır.



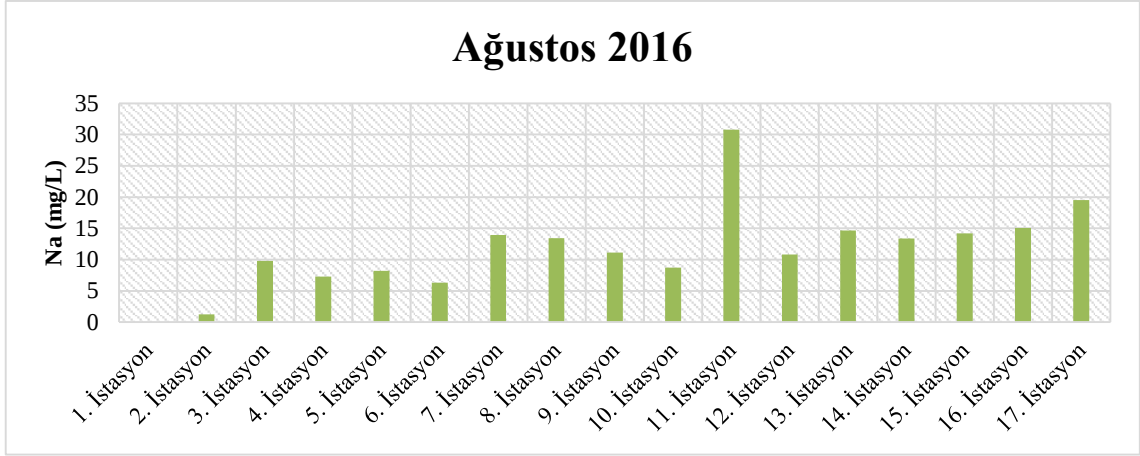
Şekil 4.25. Mayıs 2016 Na Seviyeleri (mg/L)



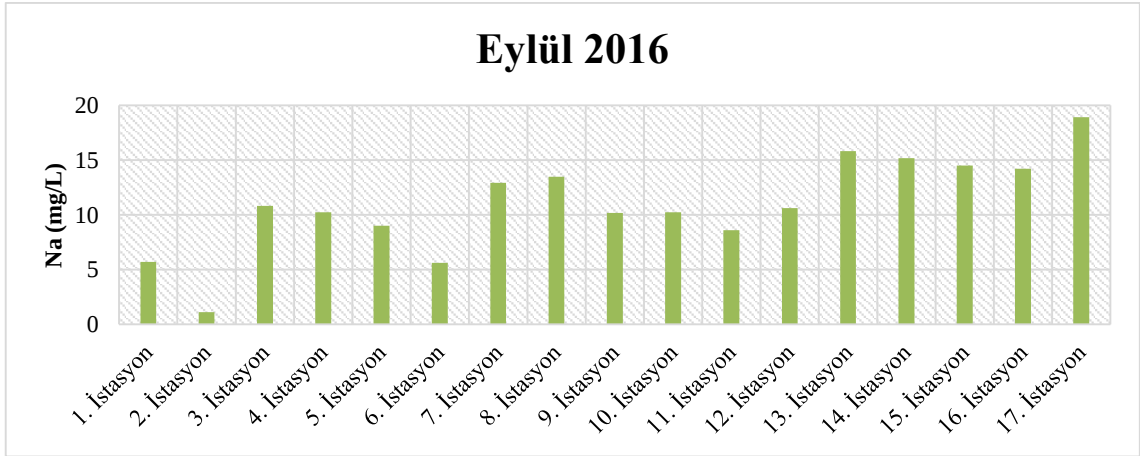
Şekil 4.26. Haziran 2016 Na Seviyeleri (mg/L)



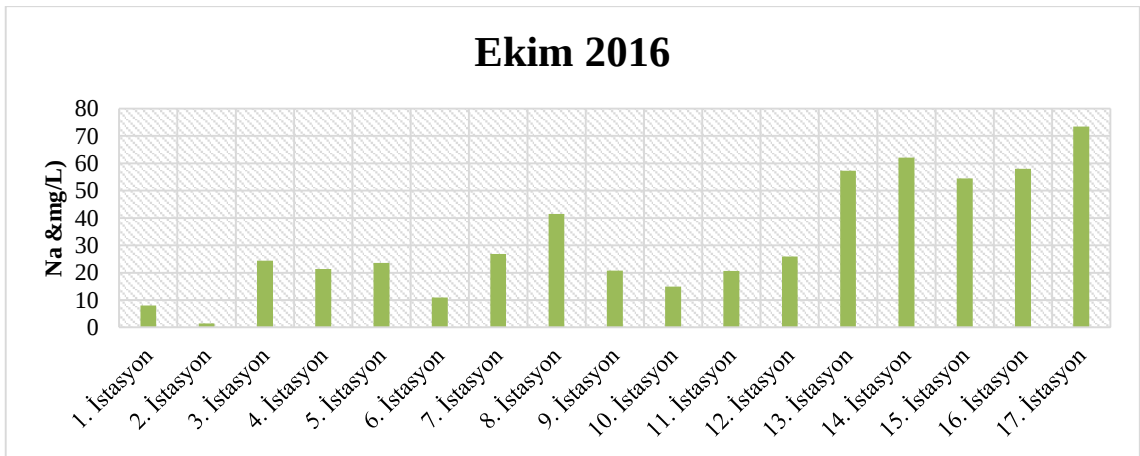
Şekil 4.27. Temmuz 2016 Na Seviyeleri (mg/L)



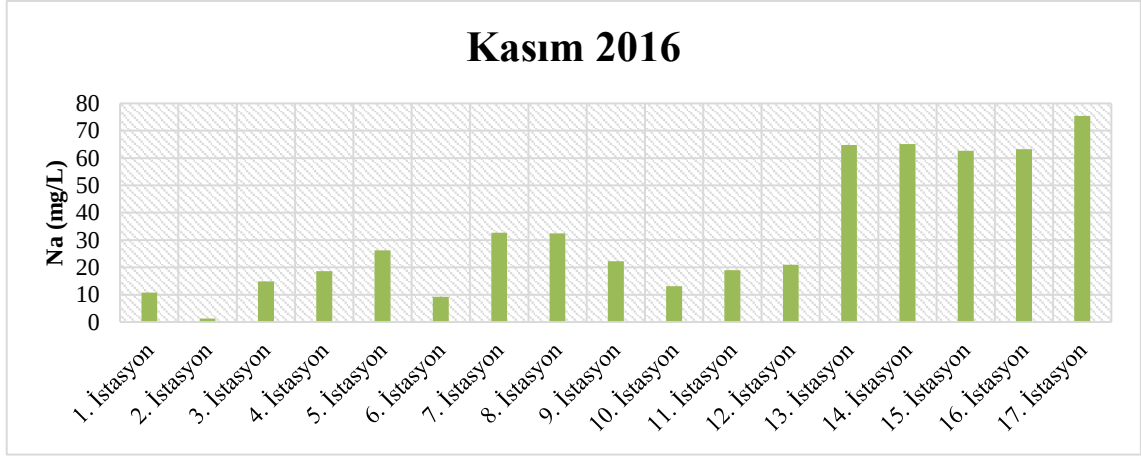
Şekil 4.28. Ağustos 2016 Na Seviyeleri (mg/L)



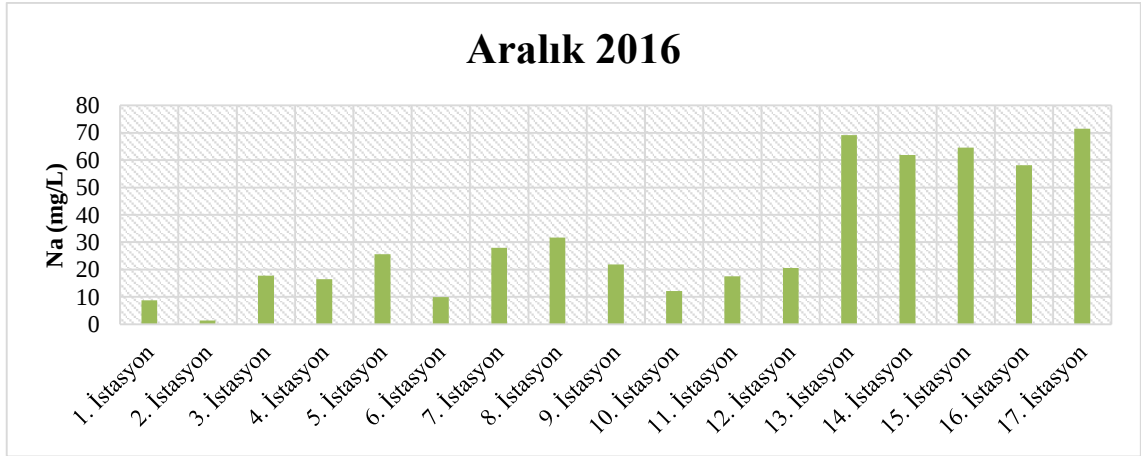
Şekil 4.29. Eylül 2016 Na Seviyeleri (mg/L)



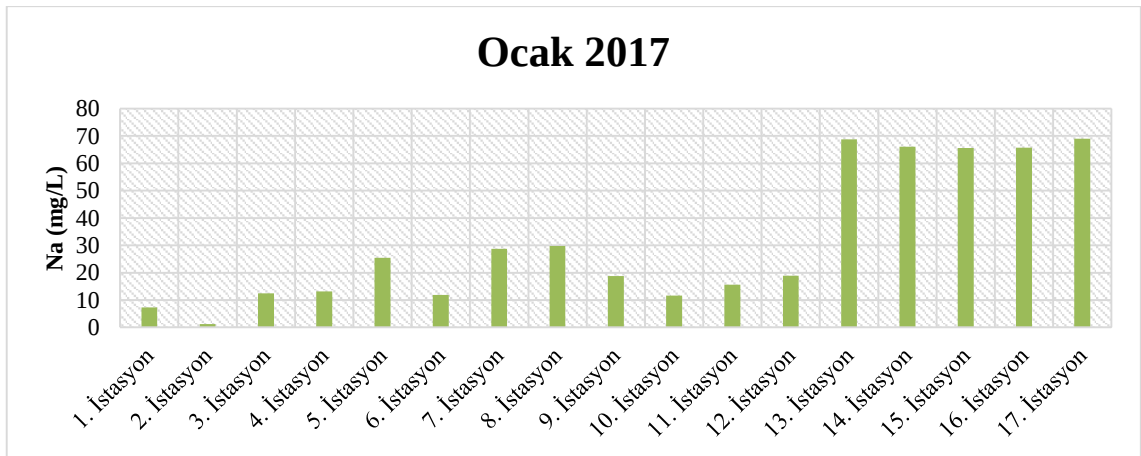
Şekil 4.30. Ekim 2016 Na Seviyeleri (mg/L)



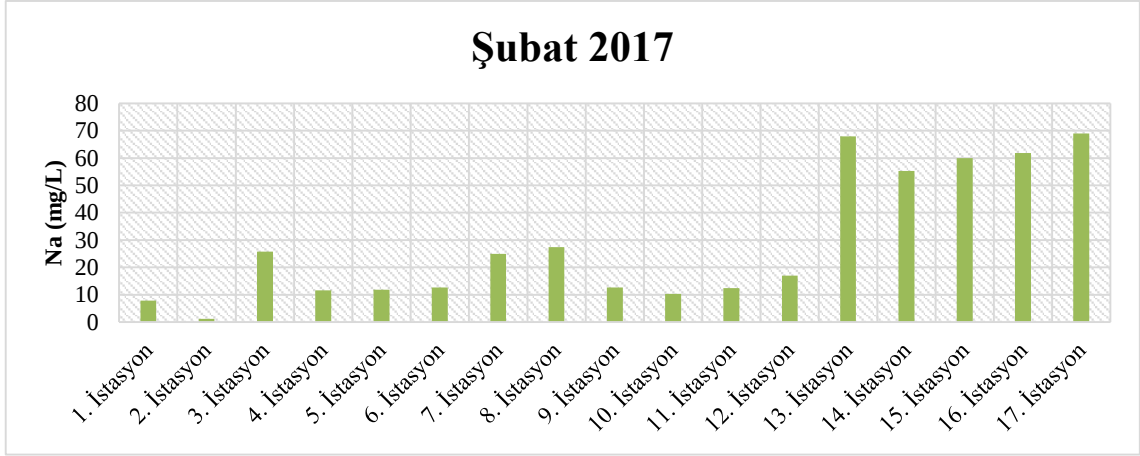
Şekil 4.31. Kasım 2016 Na Seviyeleri (mg/L)



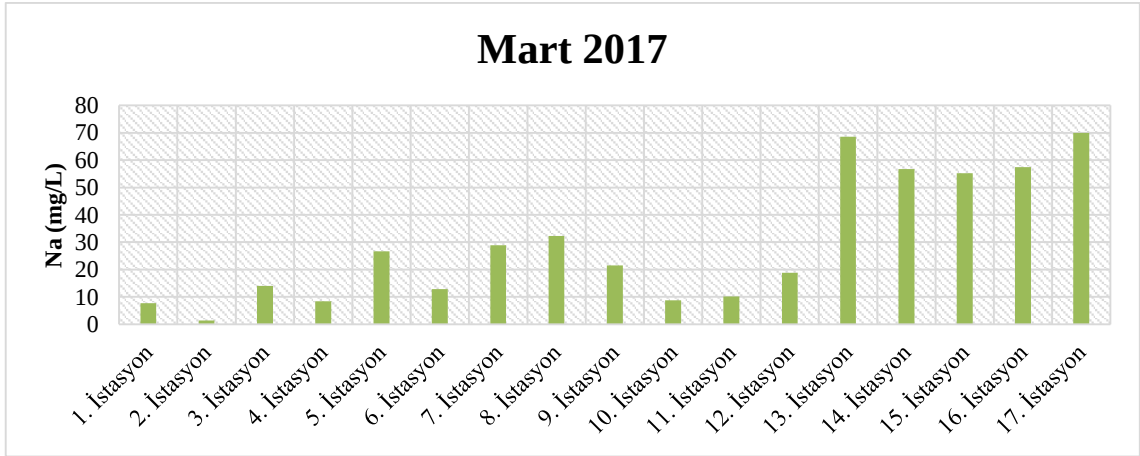
Şekil 4.32. Aralık 2016 Na Seviyeleri (mg/L)



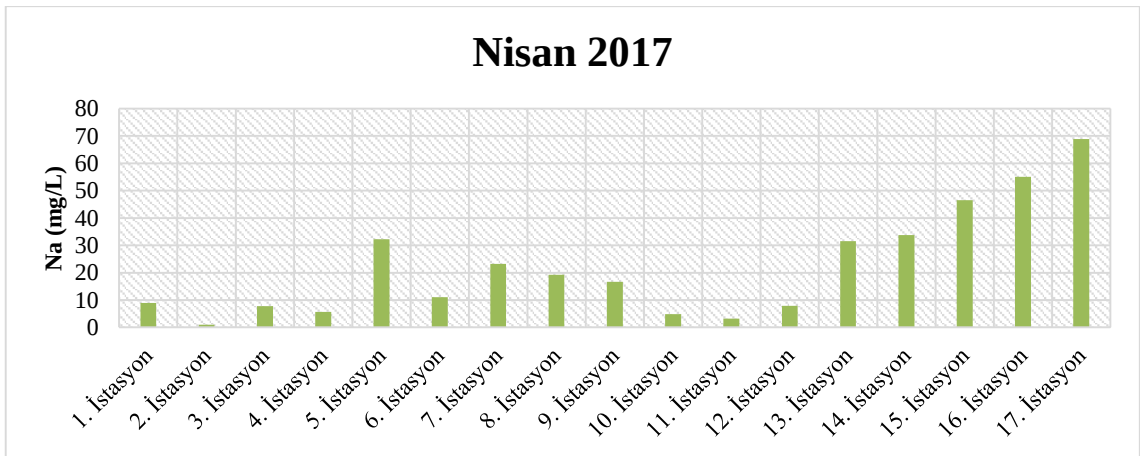
Şekil 4.33. Ocak 2017 Na Seviyeleri (mg/L)



Şekil 4.34. Şubat 2017 Na Seviyeleri (mg/L)



Şekil 4.35. Mart 2017 Na Seviyeleri (mg/L)



Şekil 4.36. Nisan 2017 Na Seviyeleri (mg/L)

Mayıs ayında Şekil 4.25' de görülebileceği gibi sodyum en yüksek 38,51 mg/L olarak 14. istasyonda ve 0,62 mg/L ile en yüksek seviyesine 2. istasyonda rastlanılmıştır. Sodyum elementi için belirlenen sınır değerlerden WHO (2008) ve EU (1998)'ye göre 200 mg/L'nin altında olmalıdır ve buna göre tüm istasyonlar bu limit değerinin altındadır. Ayrıca sodyum seviyeleri SKKY'a göre 125 mg/L'den daha düşük olduğu için tüm istasyonlar I. Sınıf su kalitesindedir.

Sodyumun haziran ayında Şekil 4.26' daki en düşük seviyesi 5,95 mg/L ile 1. İstasyonda ve en yüksek seviyesi 44,22 mg/L 17. istasyonda ölçülmüştür. Sodyum elementi için belirlenen sınır değerlerden WHO (2008) ve EU (1998)'ye göre 200 mg/L'nin altında olmalıdır ve buna göre tüm istasyonlar bu limit değerinin altındadır. Ayrıca sodyum seviyeleri SKKY' a göre 125 mg/L'den daha düşük olduğu için tüm istasyonlar I. Sınıf su kalitesindedir.

Temmuz ayında Şekil 4.27' de görüldüğü üzere sodyumun en yüksek seviyesi 17. istasyonda 18,98 mg/L ve en düşük 1,24 mg/L ile 2. istasyonda ölçülmüştür. Sodyum elementi için belirlenen sınır değerlerden WHO (2008) ve EU (1998)'ye göre 200 mg/L'nin altında olmalıdır ve buna göre tüm istasyonlar bu limit değerinin altındadır. Ayrıca sodyum seviyeleri SKKY' a göre 125 mg/L'den daha düşük olduğu için tüm istasyonlar I. Sınıf su kalitesindedir.

Ağustos ayı için sodyumun en düşük seviyesine 2. istasyonda rastlanmıştır ve 1,22 mg/L' dir. Şekil 4.28 sodyum elementinin en yüksek seviyesini göstermekte 30,8 mg/L ile 11. istasyonda olduğunu göstermektedir. Sodyum elementi için belirlenen sınır değerlerden WHO (2008) ve EU (1998)'ye göre 200 mg/L'nin altında olmalıdır ve buna göre tüm istasyonlar bu limit değerinin altındadır. Ayrıca sodyum seviyeleri SKKY' a göre 125 mg/L'den daha düşük olduğu için tüm istasyonlar I. Sınıf su kalitesindedir.

Eylülde en düşük seviyesi 1,11 mg/L ile 2. istasyonda ve Şekil 4.29' da da görüleceği üzere en yüksek seviyesi 19,92 mg/L ile 17. istasyondadır. Sodyum elementi için belirlenen sınır değerlerden WHO (2008) ve EU (1998)'ye göre 200 mg/L'nin altında olması yeterlidir, buna göre tüm istasyonlar limit değerinin altındadır. Ayrıca sodyum seviyeleri SKKY' a göre 125 mg/L'den daha düşük olduğu için tüm istasyonlar I. Sınıf su kalitesindedir.

Ekim ayının Şekil 4.30' da görüldüğü gibi sodyumun en yüksek değeri 73,4 mg/L ile 17. istasyondadır ve en düşük değeri 1,49 mg/L ile 2. istasyonda hesaplanmıştır. Sodyum elementi için belirlenen sınır değerlerden WHO (2008) ve EU (1998)'ye göre

200 mg/L'nin altında olması yeterlidir, buna göre tüm istasyonlar limit değerin altındadır. Ayrıca sodyum seviyeleri SKKY' a göre 125 mg/L'den daha düşük olduğu için tüm istasyonlar I. Sınıf su kalitesindedir.

Kasım ayı sodyum seviyelerine Şekil 4.31' de bakıldığında, en düşük seviyesi 1,34 mg/L ile 2. istasyonda ve en yüksek seviyesi 75,36 mg/L ile 17. istasyondadır. Sodyum elementi için belirlenen sınır değerlerden WHO (2008) ve EU (1998)'ye göre 200 mg/L'nin altında olması yeterlidir, buna göre tüm istasyonlar limit değerin altındadır. Ayrıca sodyum seviyeleri SKKY' a göre 125 mg/L'den daha düşük olduğu için tüm istasyonlar I. Sınıf su kalitesindedir.

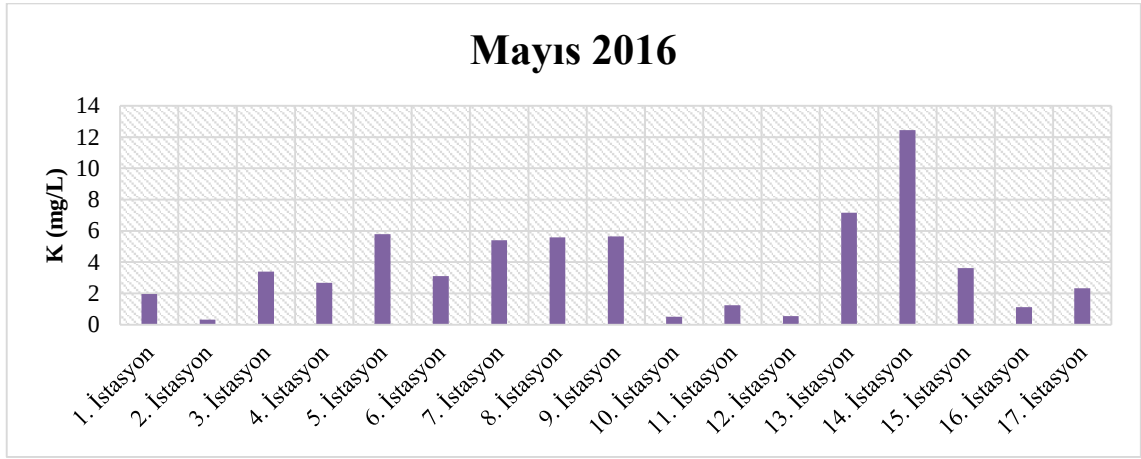
Aralık ayı sodyumunun en düşük seviyesi 1,33 mg/L ile 2. istasyondadır ve Şekil 4.32' de en yüksek değeri 17. istasyonda 71,55 mg/L olarak ölçülmüştür. Sodyum elementi için belirlenen sınır değerlerden WHO (2008) ve EU (1998)'ye göre 200 mg/L'nin altında olması yeterlidir, buna göre tüm istasyonlar limit değerin altındadır. Ayrıca sodyum seviyeleri SKKY' a göre 125 mg/L'den daha düşük olduğu için tüm istasyonlar I. Sınıf su kalitesindedir.

Sodyum elementi için ocakta en yüksek değer 17. istasyonda 68,99 mg/L olarak ve Şekil 4.33' de de görüldüğü üzere en düşük değeri 1,19 mg/L ile 2. istasyondadır. Sodyumun WHO (2008) ve EU (1998)'ye göre 200 mg/L limit değeridir ve hiçbir istasyon da bu değer aşılmamıştır. Ayrıca sodyum seviyeleri SKKY' a göre 125 mg/L'den daha düşük olduğu için tüm istasyonlar I. Sınıf su kalitesindedir.

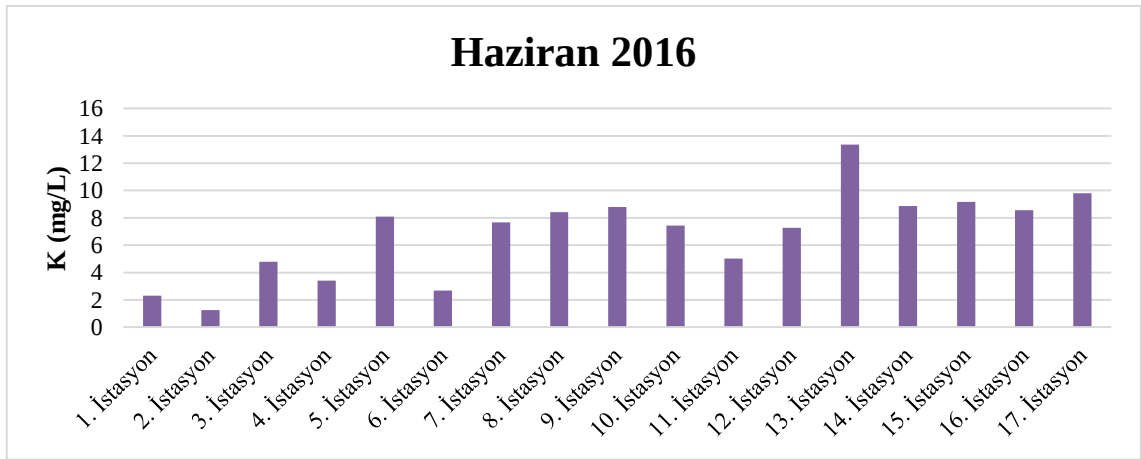
Sodyumun şubat ayında en düşük seviyesi 1,18 mg/L ile 2. istasyonda ve Şekil 4.34' de de görüldüğü üzere en yüksek seviyesi 68,93 mg/L ile 17. istasyondadır. Sodyum elementi için belirlenen sınır değerlerden WHO (2008) ve EU (1998)'ye göre 200 mg/L'nin altında olması yeterlidir, buna göre tüm istasyonlar limit değerin altındadır. Ayrıca sodyum seviyeleri SKKY' a göre 125 mg/L'den daha düşük olduğu için tüm istasyonlar I. Sınıf su kalitesindedir

Mart ayı sodyumunun en düşük seviyesi 1,32 mg/L ile 2. istasyonda ve Şekil 4.35' de en yüksek seviyesi 69,94 mg/L ile 17. istasyondadır. Sodyum elementi için belirlenen sınır değerlerden WHO (2008) ve EU (1998)'ye göre 200 mg/L'nin altında olması yeterlidir, buna göre tüm istasyonlar limit değerin altındadır. Ayrıca sodyum seviyeleri SKKY' a göre 125 mg/L'den daha düşük olduğu için tüm istasyonlar I. Sınıf su kalitesindedir.

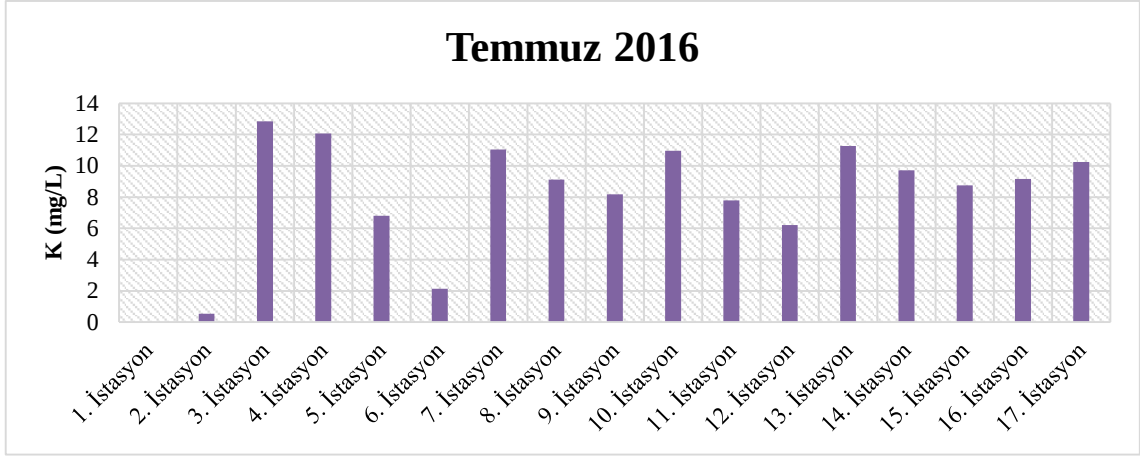
Nisanda Şekil 4.36’ da da görüleceği üzere sodyumun en yüksek seviyesi 68,93 mg/L ile 17. istasyonda ve en düşük sodyum değeri 3,97 mg/L ile 11. istasyondadır. Sodyum elementi için belirlenen sınır değerlerden WHO (2008) ve EU (1998)’ye göre 200 mg/L’nin altında olması yeterlidir, buna göre tüm istasyonlar limit değerin altındadır. Ayrıca sodyum seviyeleri SKKY’ a göre 125 mg/L’den daha düşük olduğu için tüm istasyonlar I. Sınıf su kalitesindedir.



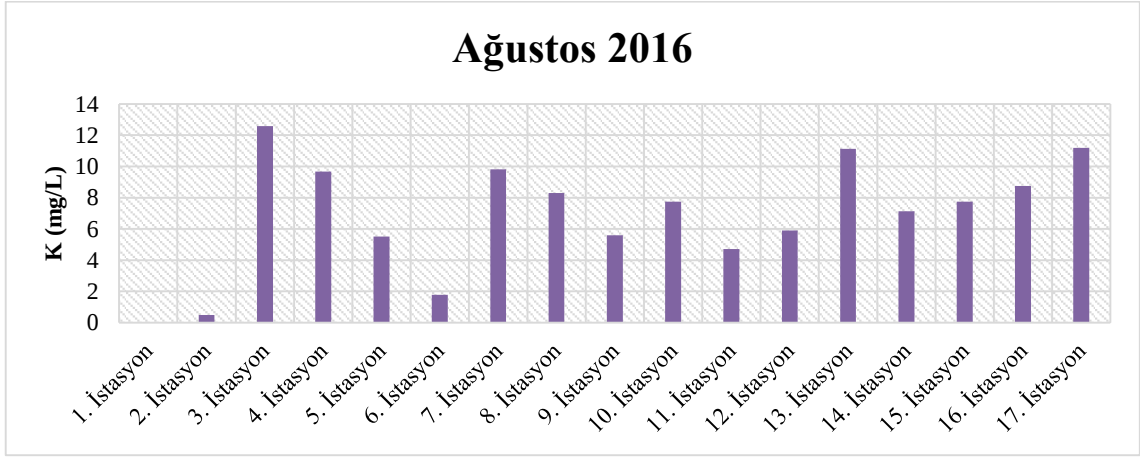
Şekil 4.37. Mayıs 2016 K Seviyeleri (mg/L)



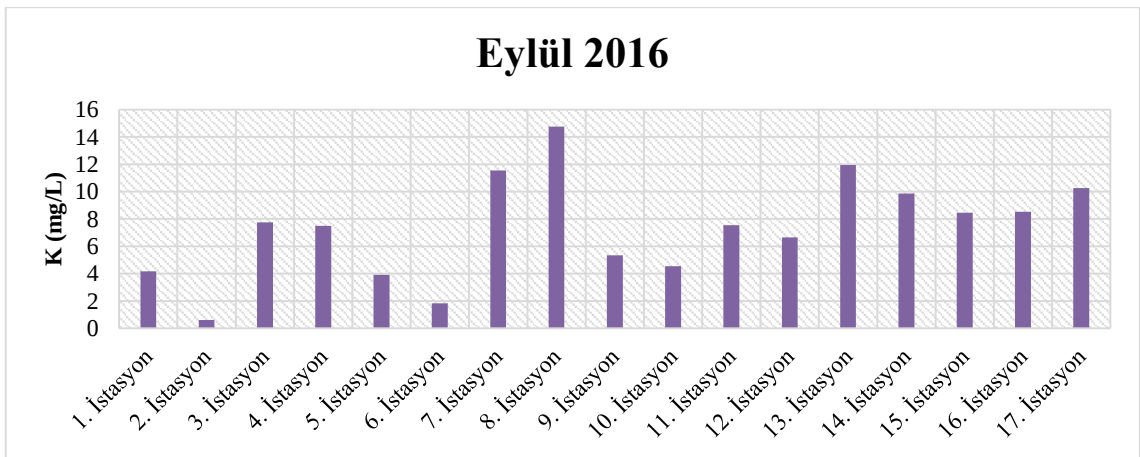
Şekil 4.38. Haziran 2016 K Seviyeleri (mg/L)



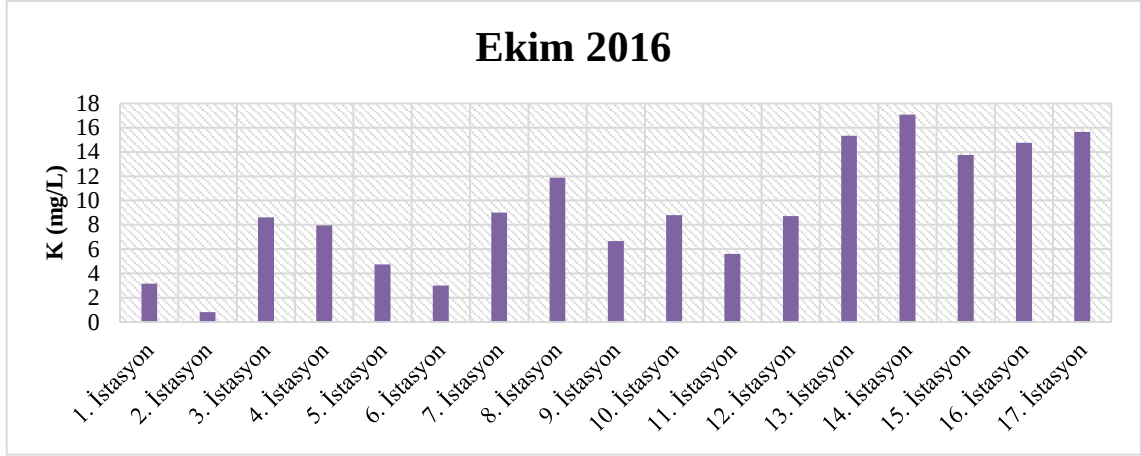
Şekil 4.39. Temmuz 2016 K Seviyeleri 2016 (mg/L)



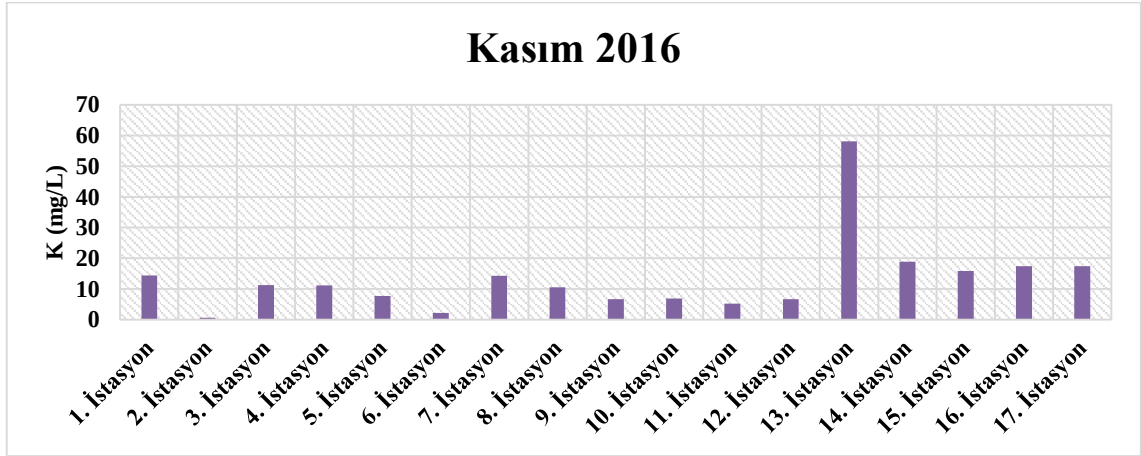
Şekil 4.40. Ağustos 2016 K Seviyeleri (mg/L)



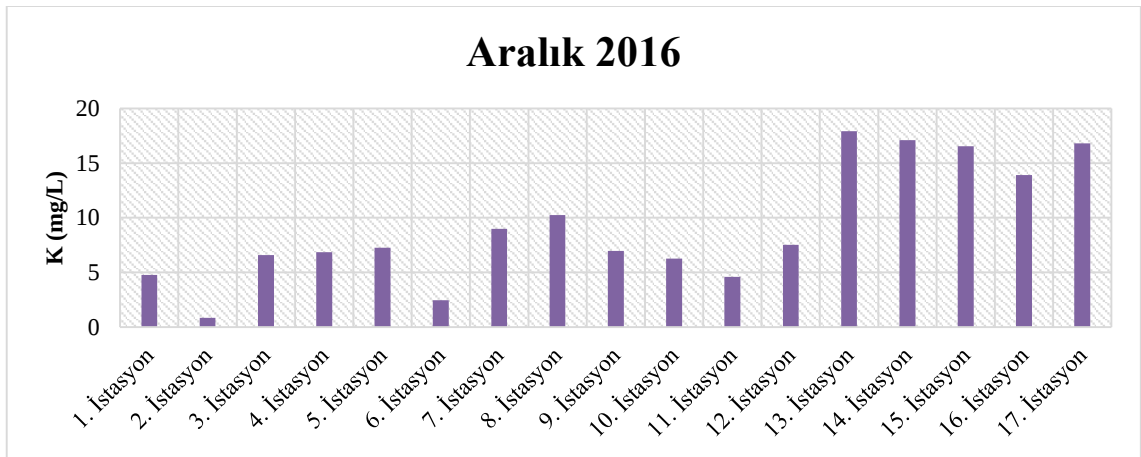
Şekil 4.41. Eylül 2016 K Seviyeleri (mg/L)



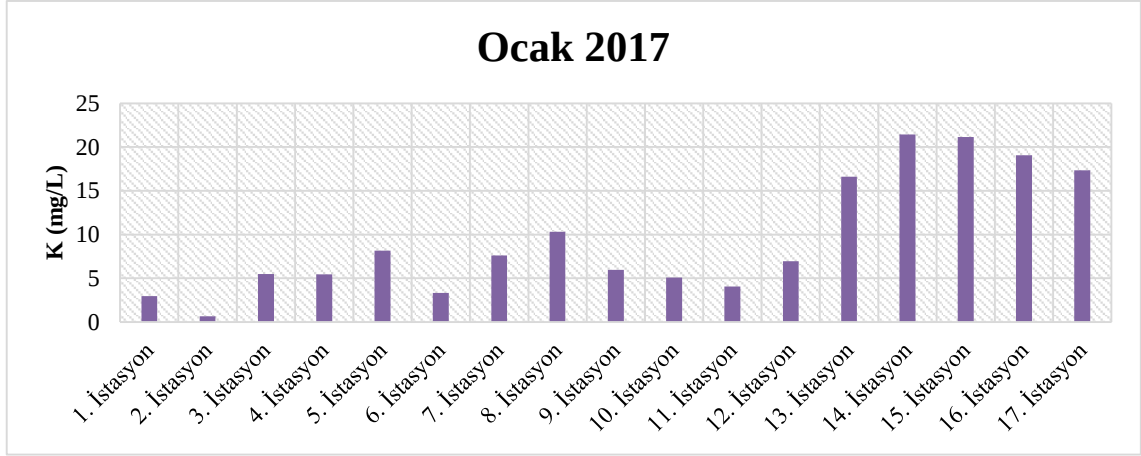
Şekil 4.42. Ekim 2016 K Seviyeleri (mg/L)



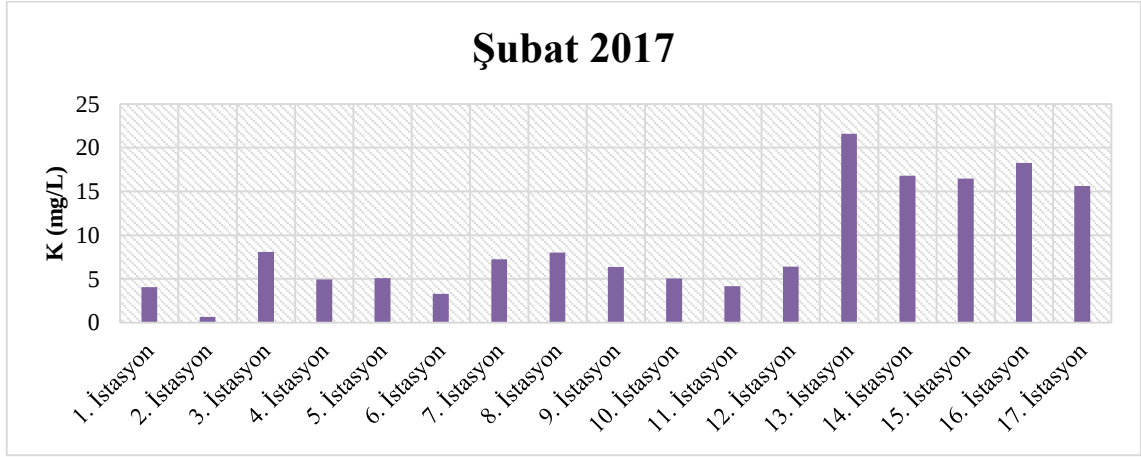
Şekil 4.43. Kasım 2016 K Seviyeleri (mg/L)



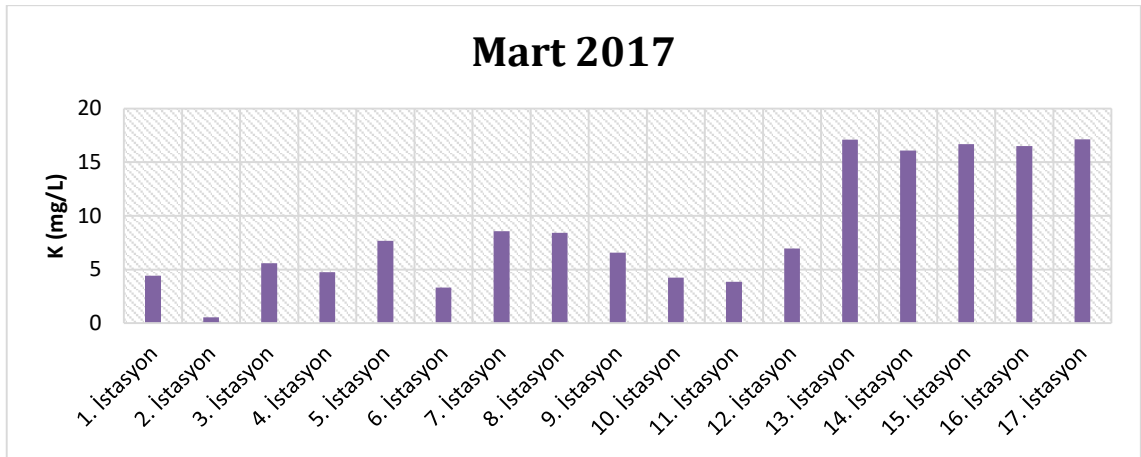
Şekil 4.44. Aralık 2016 K Seviyeleri (mg/L)



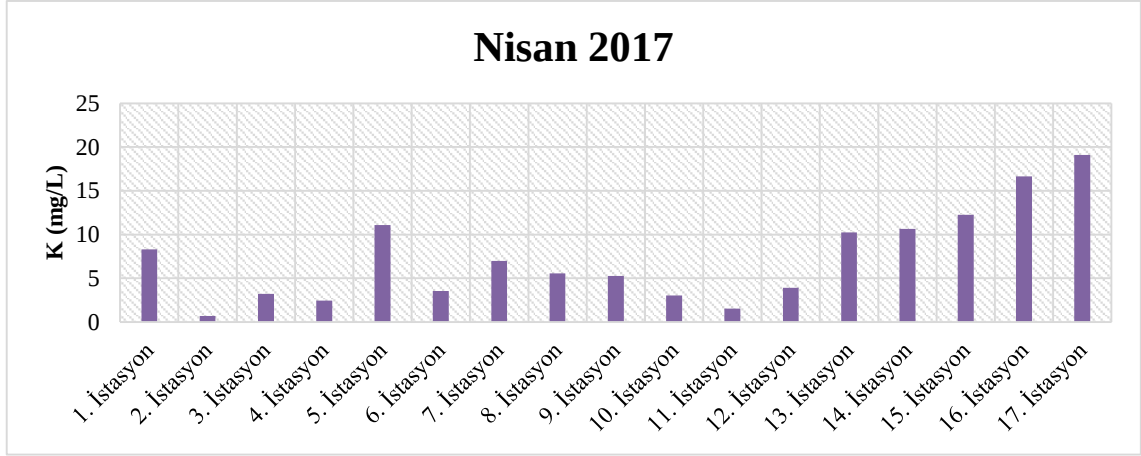
Şekil 4.45. Ocak 2017 K Seviyeleri (mg/L)



Şekil 4.46. Şubat 2017 K Seviyeleri (mg/L)



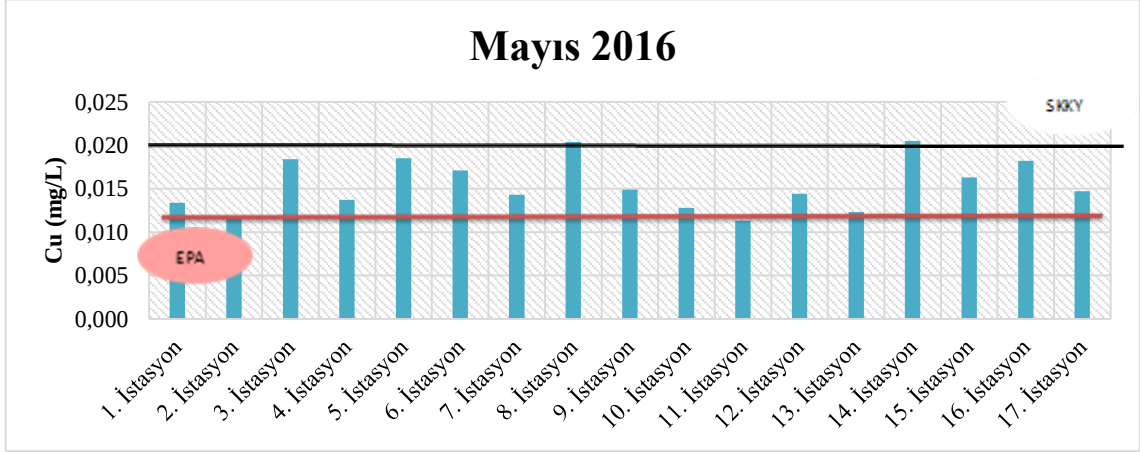
Şekil 4.47. Mart 2017 K Seviyeleri (mg/L)



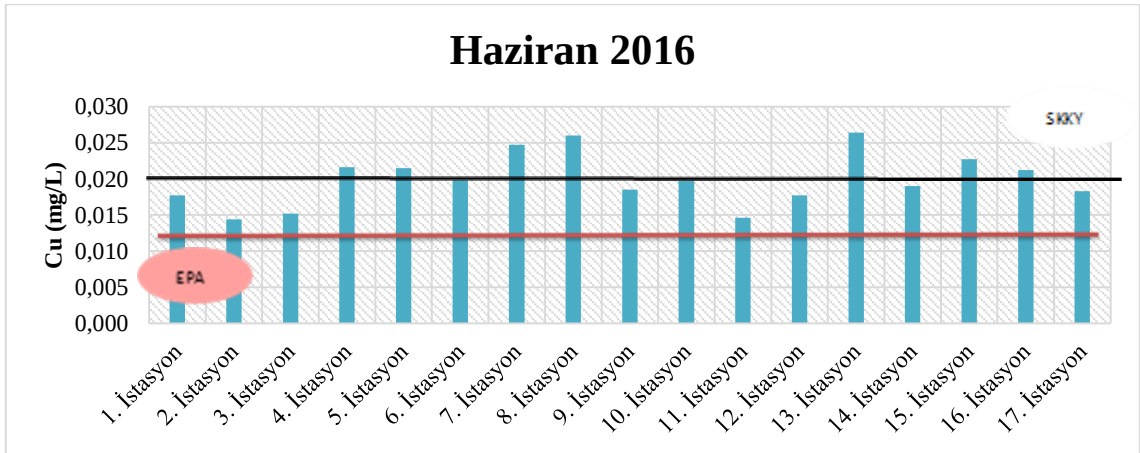
Şekil 4.48. Nisan 2017 K Seviyeleri (mg/L)

Potasyumun Şekil 4.37’ de de görüleceği üzere mayıs ayındaki en düşük seviyesi 0,32 mg/L ile 2. istasyonda, en yüksek seviyesi 14. istasyonda 12,44 mg/L’dir. Şekil 4.38’ de de görüldüğü üzere haziran ayında potasyumun en düşük seviyesi 2. istasyonda 1,26 mg/L iken, en yüksek seviyesi 13,36 mg/L ile 13. istasyondadır. Temmuz ayında Şekil 4.39’ daki gibi potasyum elementinin en düşük seviyesi 0,53 mg/L ile 2. istasyonda belirlenmiş ve en yüksek seviyesine 3. İstasyonda 12,85 mg/L olarak ölçülmüştür. Potasyumun ağustos ayında en düşük seviyesi 0,48 mg/L ile 2. istasyondadır ve Şekil 4.40’ da ki gibi en yüksek seviye 12,58 mg/L ile 3. istasyonda ölçülmüştür. Eylülde potasyum makro elementinin en düşük ve en yüksek değerleri sırasıyla 0,61 mg/L ve 14,76 mg/L olarak 2. ile 8. istasyonlarda ölçülmüştür ve Şekil 4.41’ de gösterilmiştir. Ekim ayının en düşük değeri 0,82 mg/L ile 2. istasyonda ölçülürken, Şekil 4.42’ de görüldüğü gibi en yüksek potasyum seviyesi 14. istasyonda 17,07 mg/L olarak ölçülmüştür. Kasımdaki potasyumun en düşük seviyesi 0,66 mg/L ile 2. İstasyonda, en yüksek seviyesi 58,1 mg/L ile 13. istasyonda ölçülmüştür ve Şekil 4.43’de gösterilmektedir. Aralığın en düşük potasyum değeri 0,85 mg/L ile 2. istasyonda iken, Şekil 4.44’ de de görülebileceği gibi en yüksek seviyesi 17,9 mg/L ile 13. istasyonda ölçülmüştür. Ocak ayının potasyum elementi için en düşük değeri 0,66 mg/L ile 2. istasyonda ve en yüksek seviye 21,45 mg/L ile 14. İstasyondadır ve Şekil 4.45’ de gösterilmektedir. Şubat ayında Şekil 4.46’ da görüldüğü gibi potasyumun en düşük seviyesi 0,64 mg/L ile 2. istasyonda ve en yüksek potasyum seviyesi 21,59 mg/L ile 13. istasyondadır. Mart ayında potasyumun en yüksek seviyesi 17,12 mg/L ile 17. istasyonda ve en düşük değeri 0,55 mg/L ile 2. İstasyondadır (Şekil 4.47). Nisan ayında Şekil 4.48’

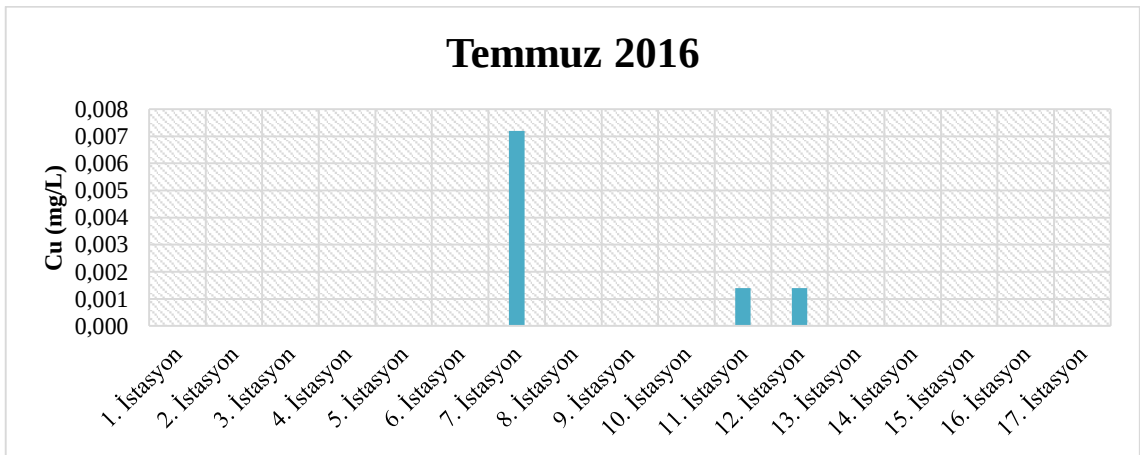
de görüldüğü gibi en yüksek seviyesi 19,1 mg/L ile 17. istasyonda ve en düşük potasyum 0,69 mg/L ile 2. istasyondadır.



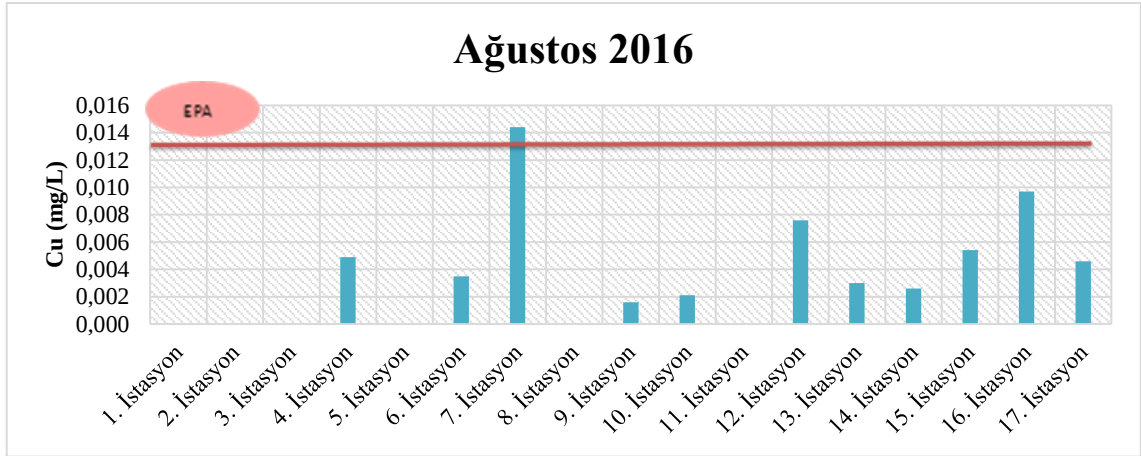
Şekil 4.49. Mayıs 2016 Cu Seviyeleri (mg/L)



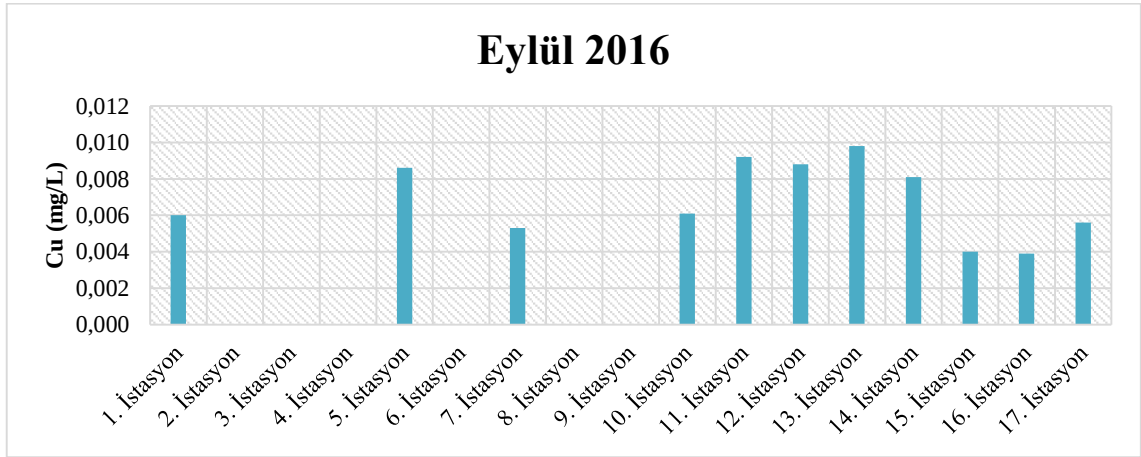
Şekil 4.50. Haziran 2016 Cu Seviyeleri (mg/L)



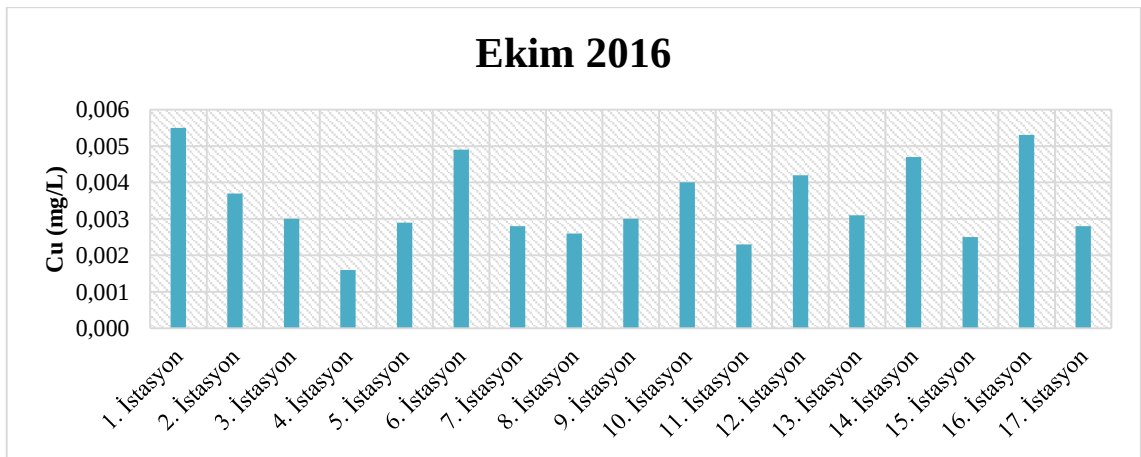
Şekil 4.51. Temmuz 2016 Cu Seviyeleri (mg/L)



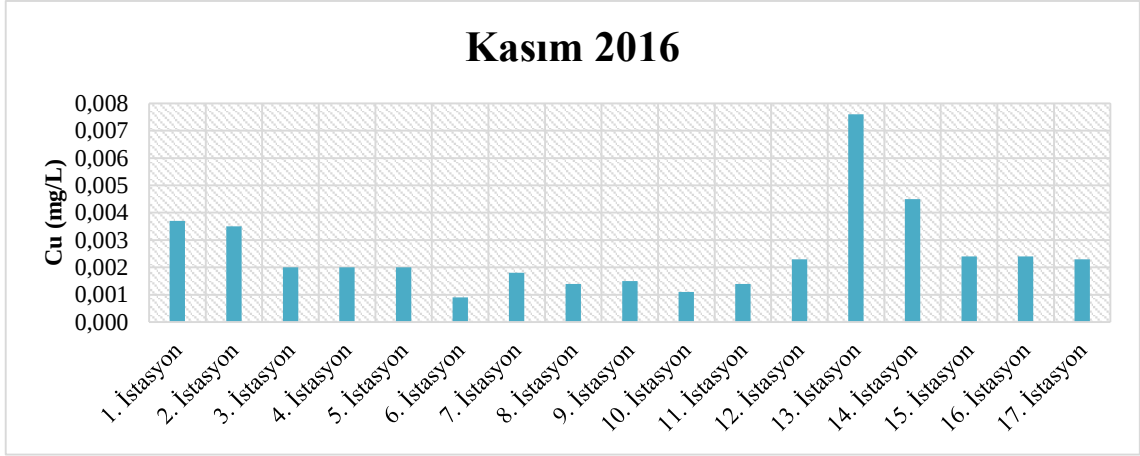
Şekil 4.52. Ağustos 2016 Cu Seviyeleri (mg/L)



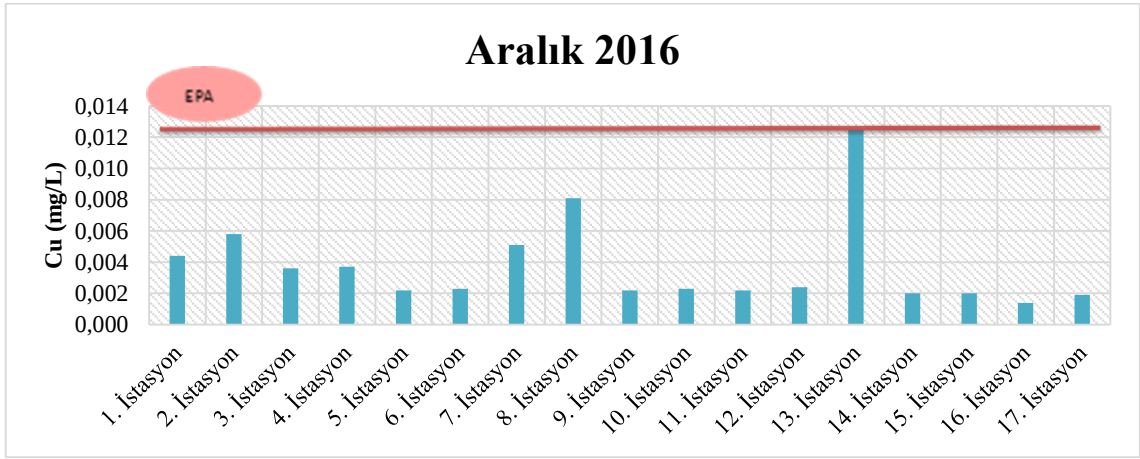
Şekil 4.53. Eylül 2016 Cu Seviyeleri (mg/L)



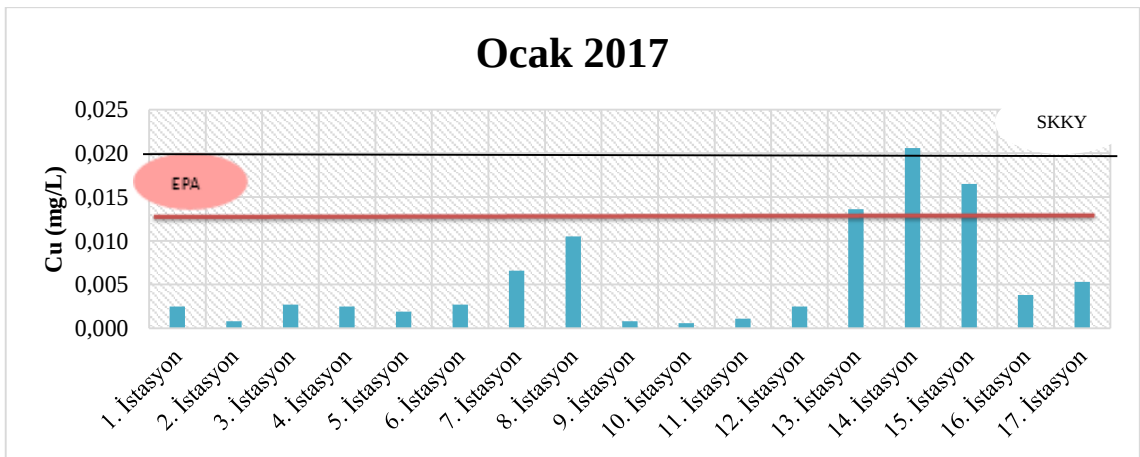
Şekil 4.54. Ekim 2016 Cu Seviyeleri (mg/L)



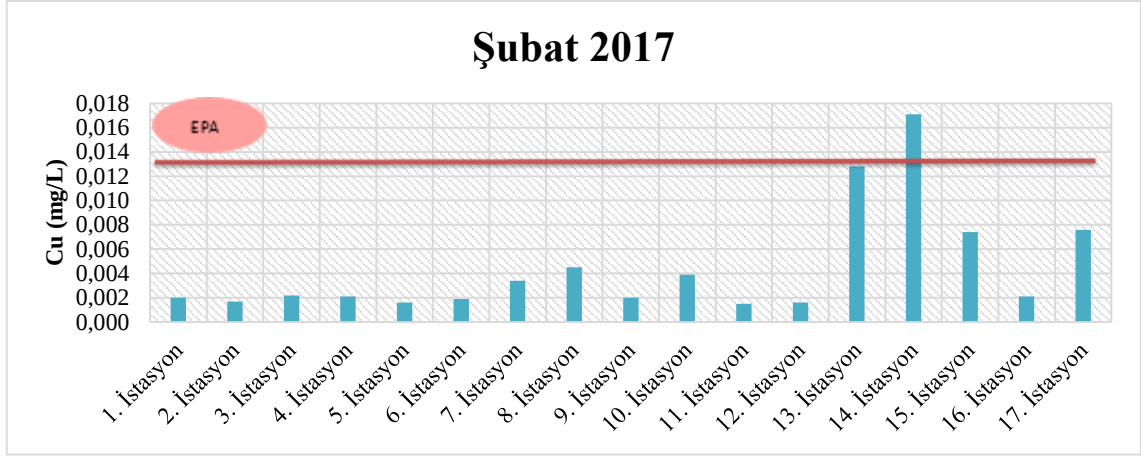
Şekil 4.55. Kasım 2016 Cu Seviyeleri (mg/L)



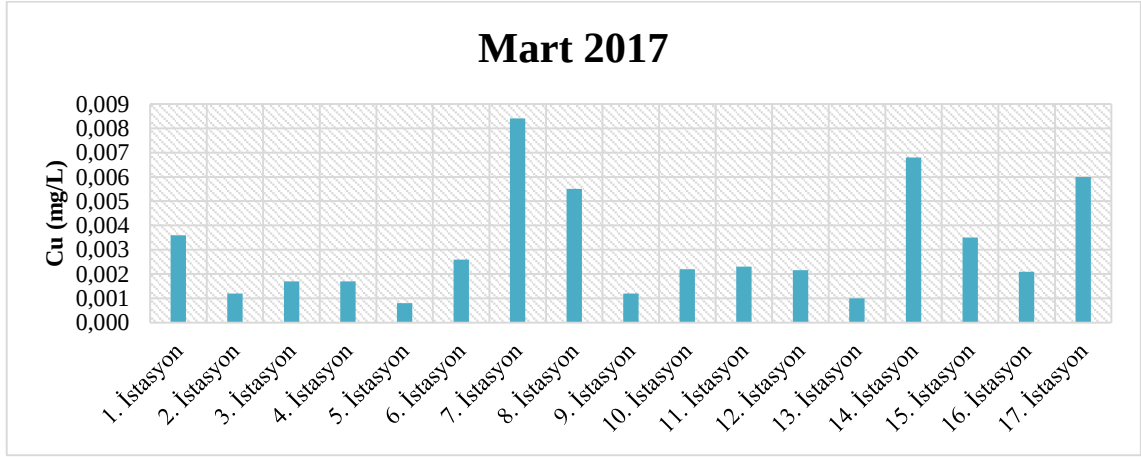
Şekil 4.56. Aralık 2016 Cu Seviyeleri (mg/L)



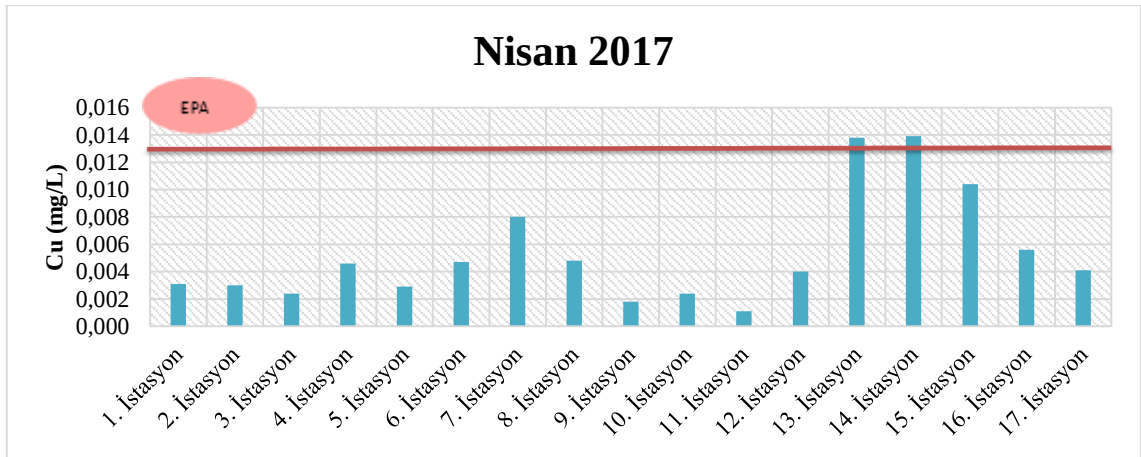
Şekil 4.57. Ocak 2017 Cu Seviyeleri (mg/L)



Şekil 4.58. Şubat 2017 Cu Seviyeleri (mg/L)



Şekil 4.59. Mart 2017 Cu Seviyeleri (mg/L)



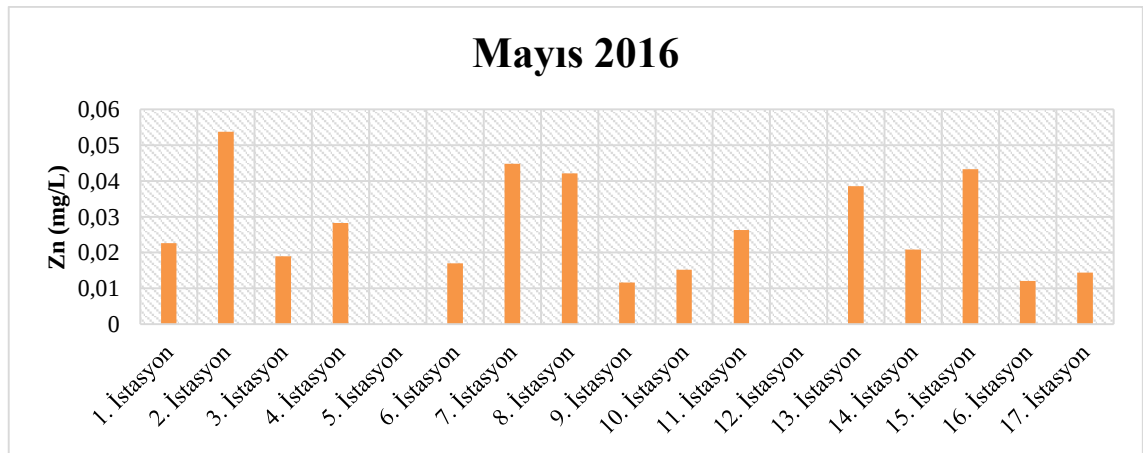
Şekil 4.60. Nisan 2017 Cu Seviyeleri (mg/L)

Mayıs ayında mikro elementlerden olan bakırın en düşük seviyesi 11. istasyonda 0,01 mg/L ve Şekil 4.49' da görüldüğü gibi en yüksek bakır seviyesi 0,02 mg/L ile 14.

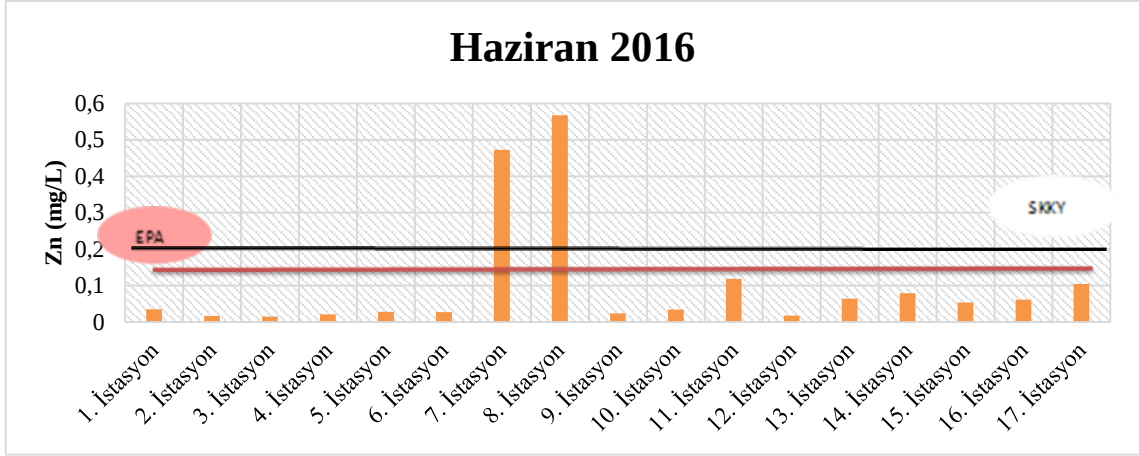
istasyondadır. Bakır elementinin EU (1998) ve WHO (2017)'ya göre limit değeri 2 mg/L'dir ve tüm istasyonların bu değerin altında olduğu görülmektedir. EPA'ya göre limit değer 0,013 mg/ L'dir ve 13 istasyonun bu değeri aştığı görülmektedir. SKKY' a göre ise bakır açısından 2 istasyon II. Sınıf kalitede bu istasyonlar haricinde tüm istasyonlar I. Sınıf su kalite sınıfına sahiptir. Bakır mikro elementinin haziran ayında en yüksek seviyesi 13. istasyonda 0,02 mg/L, en düşük 0,01 mg/L ile 2. İstasyondadır (Şekil 4.50). Bakır elementinin EU (1998) ve WHO (2017)'ya göre limit değeri 2 mg/L'dir ve bu değeri aşan istasyon yoktur. EPA'ya göre limit değer 0,013 mg/ L'dir ve tüm istasyonlar limit değeri aşmaktadır. SKKY' a göre ise sadece 7 istasyon II. Sınıf kalitede bu istasyonlar haricinde tüm istasyonlar I. Sınıf su kalite sınıfına sahiptir. Temmuz ayında sadece 7., 11. ve 12. İstasyonlarda bakır değeri saptanmıştır ve üç istasyon arasında en yüksek seviye 7. istasyonda 0,007 mg/L olarak ölçülmüştür. Bakırın bu aydaki en düşük seviyesi ise 11. ve 12. istasyonlarda 0,001 mg/L olarak belirlenmiştir. Bakır elementi için temmuz ayında EU (1998), WHO (2017) ve EPA (2009) da belirtilen limit değerler aşılmamıştır. Bakır elementinin ağustos ayı için altı istasyonda da limit değerinin altında kaldığı belirlenmiştir. Şekil 4.52' de gösterildiği gibi bakırın en yüksek seviyesi 0,01 mg/L ile 7. istasyonda belirlenmiştir ve en düşük seviyesi 9. istasyonda 0,001 mg/L olarak hesaplanmıştır. Bakır elementinin EU (1998) ve WHO (2017)'ya göre limit değeri aşan istasyon yoktur. EPA'ya göre limit değeri yalnızca 7. istasyon aşmaktadır. Eylül ayında mikro elementlerden bakırın en yüksek seviyesi 0,009 mg/L olup, bu değer 13. istasyonda ölçülmüştür. Bakırın Şekil 4.53' de de görüleceği üzere altı istasyondaki ölçümlerinde limit değerlerin altında kaldığı tespit edilmiştir ve en düşük bakır seviyesi 16. istasyonda 0,003 mg/L olarak hesaplanmıştır. Bakır elementinin EU (1998), WHO (2017) ve EPA (2009) da belirtilen limit değerler aşılmadığı gözlemlenmiştir. Bakırın ekim ayındaki Şekil 4.54'den de görüldüğü gibi en yüksek seviyesi ile en düşük seviyesi arasında az bir fark olduğu gözlenerek; en düşük seviye 0,001 mg/L ile 4. istasyondadır ve en yüksek seviyesi 0,005 mg/L ile 1. istasyonda ölçülmüştür. Bakır elementinin EU (1998), WHO (2017) ve EPA (2009) da belirtilen limit değerler aşılmadığı gözlemlenmiştir. Bakırın kasım ayındaki en yüksek ve en düşük seviyesi sırasıyla 0,008 mg/L ile 13. istasyonda ve 0,001 mg/L ile 10. İstasyondadır (Şekil 4.55). Bakır elementinin EU (1998) ve WHO (2017)'ya göre limit değeri aşan istasyon yoktur. EPA'ya göre tüm istasyonlar limit değerinin altındadır. Aralık ayında bakırın en düşük değeri 0,001 mg/L ile 16. istasyonda ve Şekil 4.56' da görüldüğü gibi en yüksek değeri 0,01 mg/L ile 13. istasyondadır. Bakır

elementinin EU (1998) ve WHO (2017)'ya göre limit değeri aşan istasyon yoktur. EPA'ya göre tüm istasyonlar limit değerin altındadır. Bakır elementinin Şekil 4.57'de de görüldüğü gibi ocak ayında en düşük seviyesi 10. istasyondadır ve limit değerlerin altındadır. Bakırın en yüksek seviyesi 0,02 mg/L ile 14. istasyondadır. Bakır elementinin EU (1998) ve WHO (2017)'ya göre sınır değeri aşan istasyon yoktur. EPA'ya göre limit değeri aşan sadece 3 istasyon bulunduğu tespit edilmiştir. SKKY' a göre ise bakır için sadece 1 istasyon II. Sınıf kalitede bu istasyon haricinde tüm istasyonlar I. Sınıf su kalite sınıfına sahiptir.

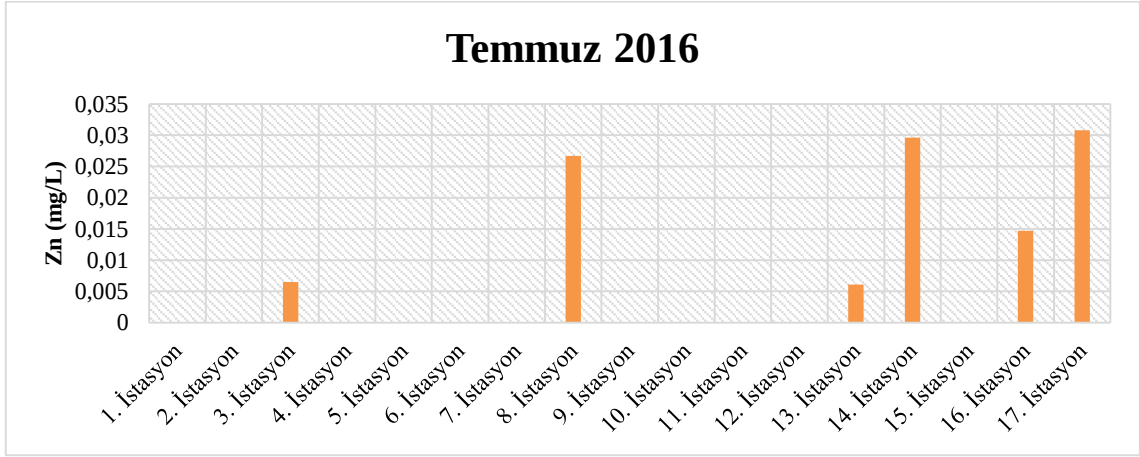
Şubat ayında bakırın en düşük seviyesi 0,001 mg/L ile 11. istasyonda ve en yüksek seviyesi 0,01 mg/L ile 14. İstasyondadır ve Şekil 4.28'de gösterilmiştir. Bakır elementinin EU (1998) ve WHO (2017)'ya göre limit değeri aşan istasyon yoktur. EPA'ya göre limit değeri aşan yalnızca 1 istasyon vardır. Mart elementlerin mart ayında istasyonlardaki seviyelerinin gösterildiği şekil 4.22' de bakırın en yüksek ve en düşük olduğu istasyonlar sırasıyla 0,008 mg/L ile 7. ve 0,0008 mg/L ile 5. istasyonlardır. Bakır elementinin EU (1998) ve WHO (2017)'ya göre limit değeri aşan istasyon yoktur. EPA'ya göre tüm istasyonlar limit değerin altında seviyeler göstermiştir. Nisan ayı için şekil 4.24'e bakıldığında bakır elementinin en düşük değerini 11. istasyonda ve en yüksek değerinin de 14. İstasyonda olduğu görülmektedir. En düşük bakır değeri 0,001 mg/L ve en yüksek seviye 0,01 mg/L'dir. Bakır elementinin EU (1998) ve WHO (2017)'ya göre limit değeri aşan istasyon yoktur. EPA'ya göre limit değeri 2 istasyon aşmaktadır. SKKY' a göre örnekleme yapılan ayların tümünde tüm istasyonlar bakır elementi bakımından I. Sınıf su kalite sınıfına sahip olduğu belirlenmiştir.



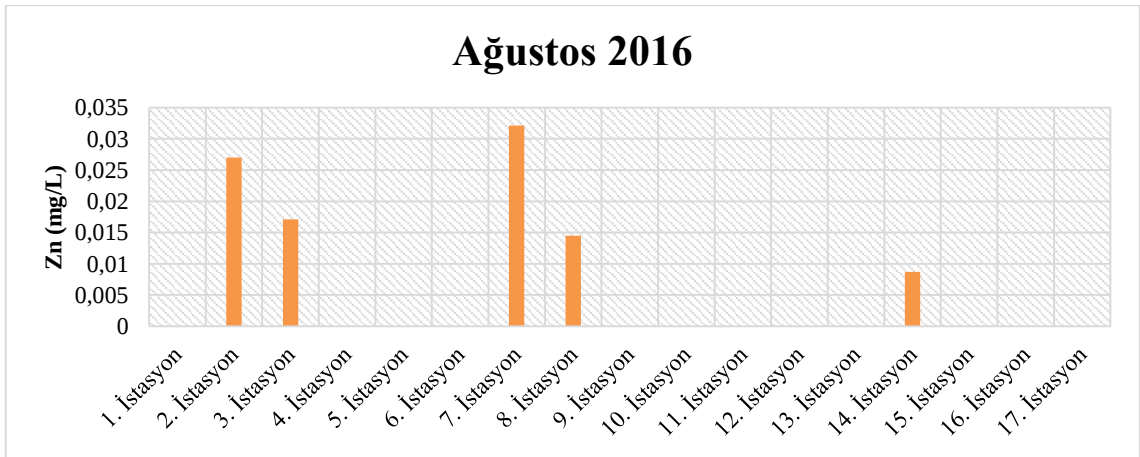
Şekil 4.61. Mayıs 2016 Zn Seviyeleri (mg/L)



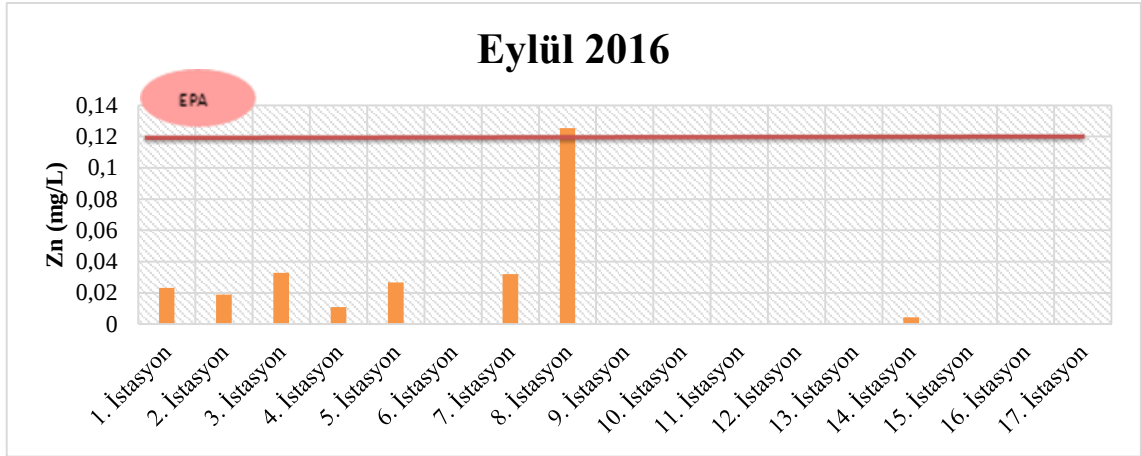
Şekil 4.62. Haziran 2016 Zn Seviyeleri (mg/L)



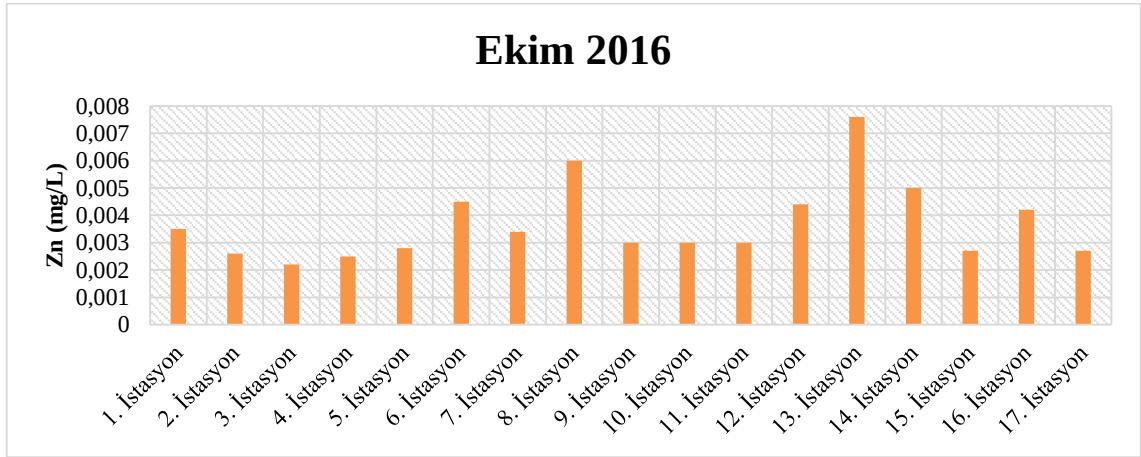
Şekil 4.63. Temmuz 2016 Zn Seviyeleri (mg/L)



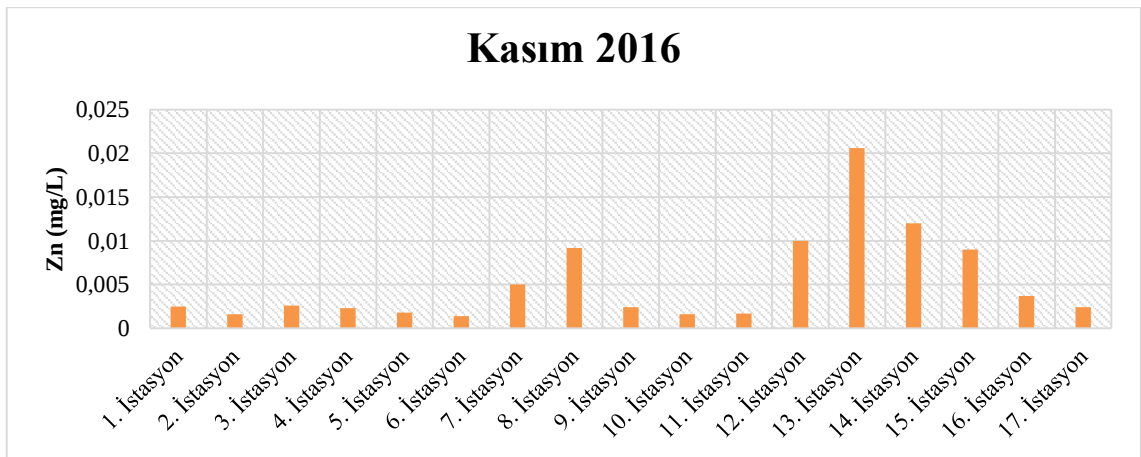
Şekil 4.64. Ağustos 2016 Zn Seviyeleri (mg/L)



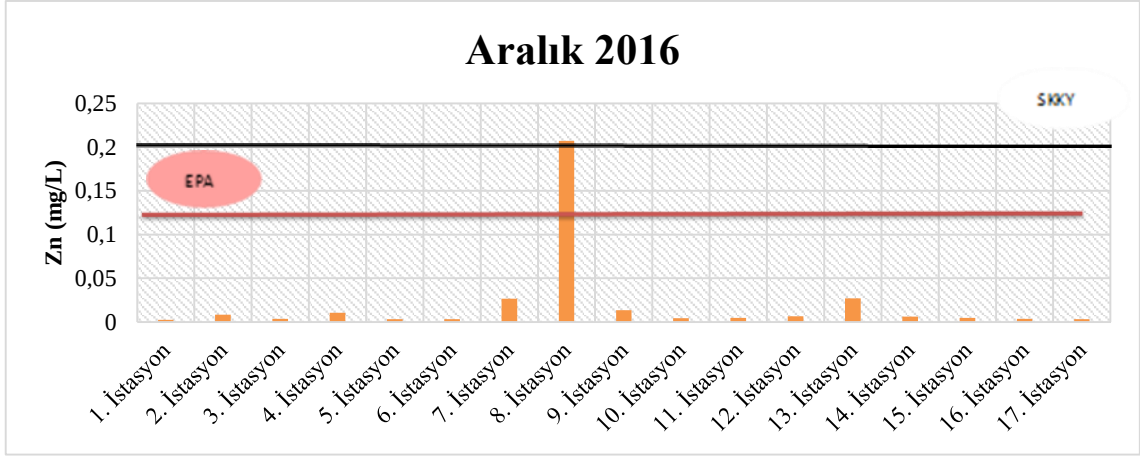
Şekil 4.65. Eylül 2016 Zn Seviyeleri (mg/L)



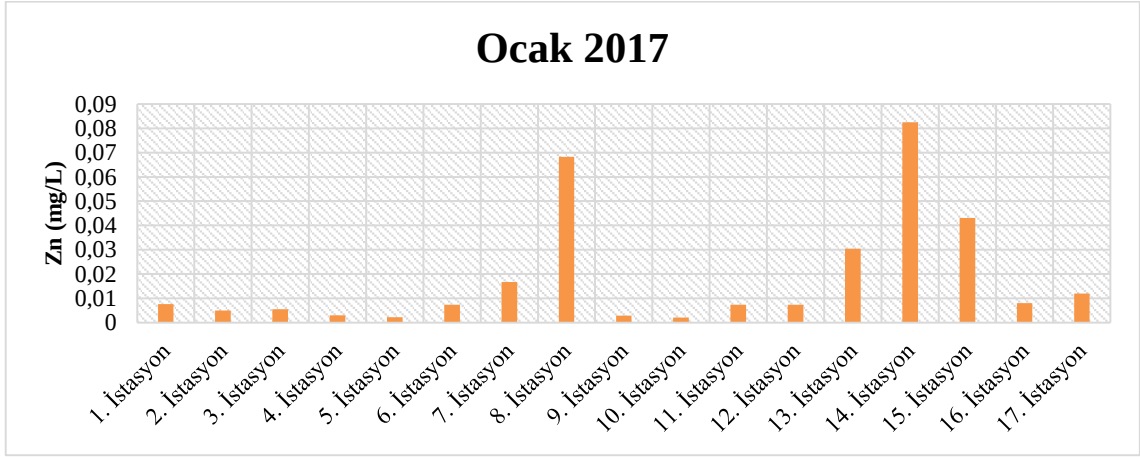
Şekil 4.66. Ekim 2016 Zn Seviyeleri (mg/L)



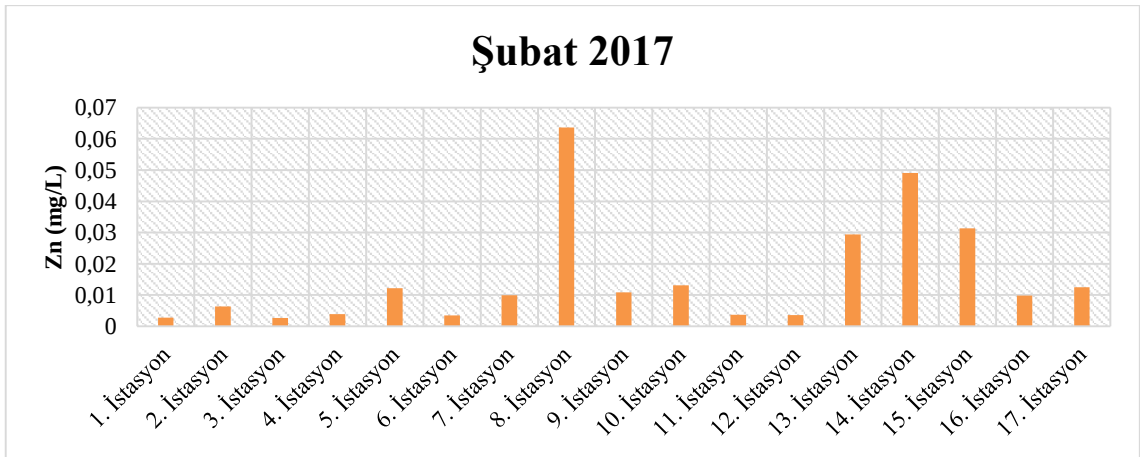
Şekil 4.67. Kasım 2016 Zn Seviyeleri (mg/L)



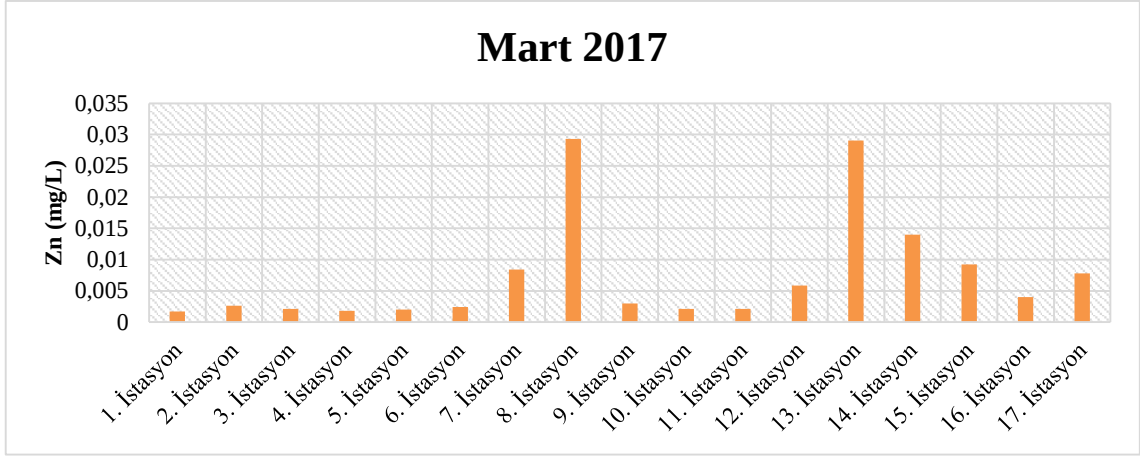
Şekil 4.68. Aralık 2016 Zn Seviyeleri (mg/L)



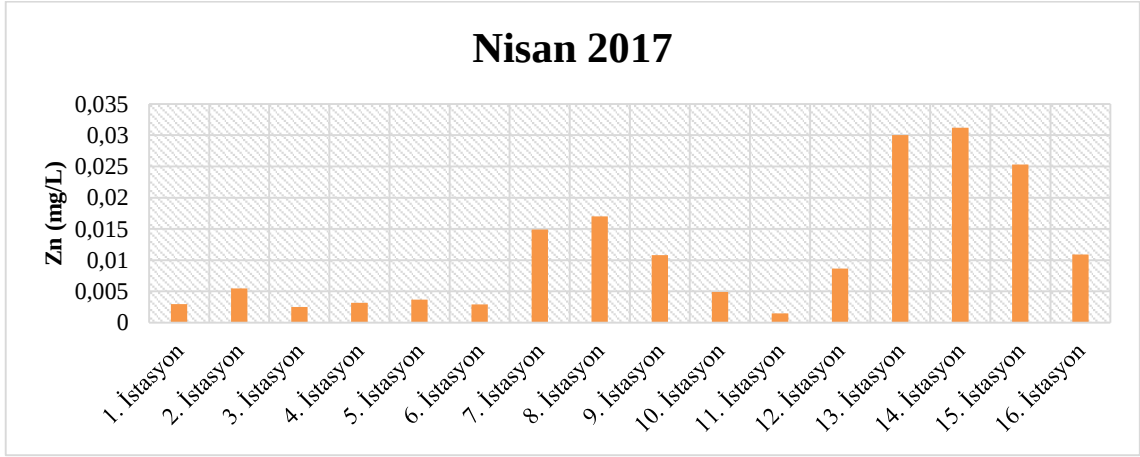
Şekil 4.69. Ocak 2017 Zn Seviyeleri (mg/L)



Şekil 4.70. Şubat 2017 Zn Seviyeleri (mg/L)



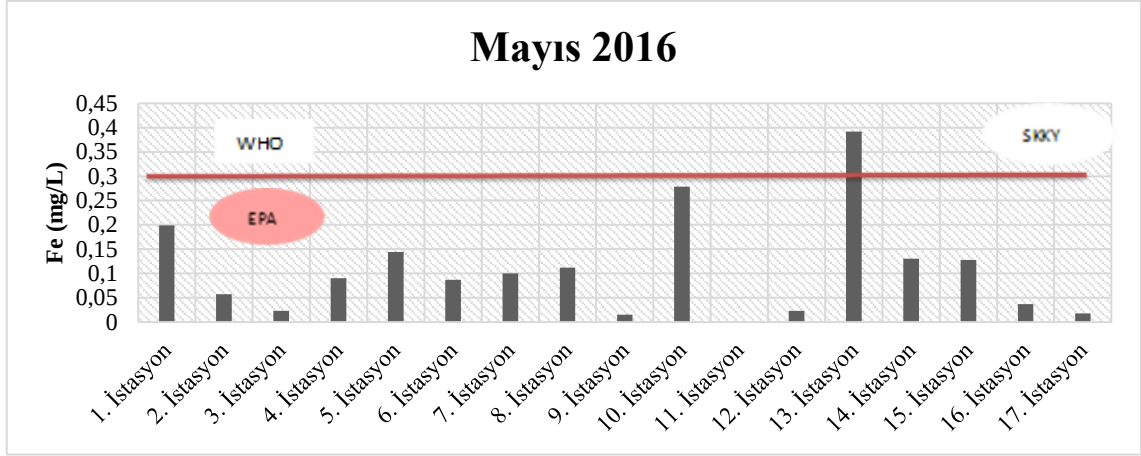
Şekil 4.71. Mart 2017 Zn Seviyeleri (mg/L)



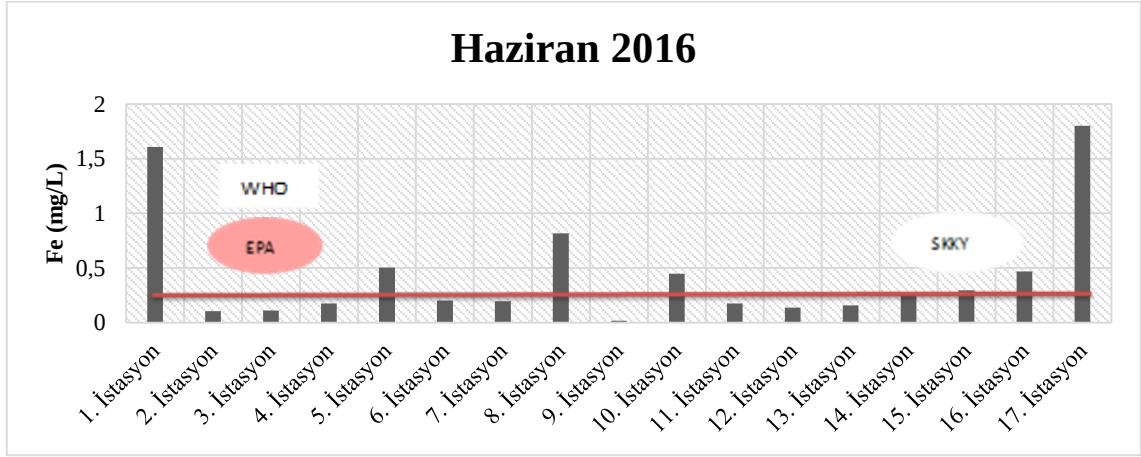
Şekil 4.72. Nisan 2017 Zn Seviyeleri (mg/L)

Mayıs ayında Şekil 4.61’ de görüleceği üzere çinko mineralinin en düşük seviyesi 5. ve 12. istasyonda 0 mg/L’dir. Çinko elementinin en yüksek seviyesi 2. İstasyonda 0,05 mg/L olarak ölçülmüştür. Çinkonun EPA’ya göre sınır değeri 0,12 mg/L’dir ve bu değeri aşan istasyon yoktur. SKKY’ a göre çinko açısından tüm istasyonlar I. Sınıftır. Çinkonun haziran ayındaki en yüksek seviyesi 8. istasyonda 0,56 mg/L iken, en düşük seviyesi 3. istasyonda 0,01 mg/L olarak ölçülmüştür (Şekil 4.62). Çinkonun haziranda EPA’ya göre sınır değeri aşan yalnızca 2 istasyonu bulunmaktadır, aynı zamanda bu 2 istasyon SKKY’ a göre çinko açısından II. Sınıf, diğer tüm istasyonlar I. Sınıftır. Temmuz ayında Şekil 4.63’ de görüldüğü gibi çinko ölçümlerinin yapılabildiği istasyonlar arasında en düşük seviye 13. istasyonda 0,006 mg/L’ dir ve en yüksek seviyesi 17. istasyonda 0,03 mg/L olarak belirlenmiştir. Çinkonun EPA’ya göre sınır değeri aşan istasyonu yoktur. SKKY’a göre çinko açısından tüm istasyonlar I. Sınıftır. Çinko ağustos ayında yalnızca beş

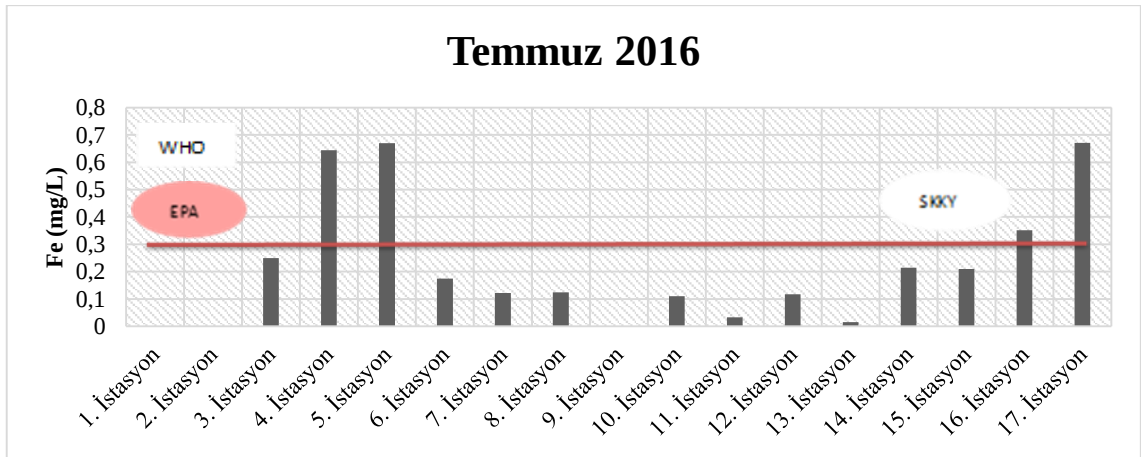
istasyonda tespit edilmiştir (Şekil 4.64). Bu istasyonlar arasında 14. istasyonda en düşük seviyesi 0,008 mg/L olarak ölçülmüştür ve en yüksek seviyesi 0,03 mg/L ile 7. istasyonda ölçülmüştür. Çinko bakımından EPA'ya göre sınır değeri aşan istasyon yoktur. SKKY' a göre çinko açısından tüm istasyonlar I. Sınıftır. Eylül ayı çinko değerleri dokuz istasyonda limit değerlerin altında kalmıştır ve Şekil 4.65' de gösterilmiştir. Çinkonun en yüksek seviyesi 8. istasyonda 0,12 mg/L olarak ve en düşük 0,004 mg/L ile 14. istasyonda ölçülmüştür. Çinkonun EPA'ya göre sınır değeri 0,12 mg/L'dir ve bu değeri aşan istasyon yoktur. SKKY' a göre çinko açısından tüm istasyonlar I. Sınıftır. Çinko elementi için ekim değerlerine Şekil 4.66' dan bakıldığında 0,002 mg/L ile en düşük seviye 3. istasyondadır ve en yüksek seviyesi ise 0,007 mg/L ile 13. istasyonda ölçülmüştür. Çinkonun EPA'ya göre sınır değerini aşan istasyon yoktur ve SKKY' a göre tüm istasyonlar I. Sınıftır. Kasım ayı çinko elementinin en düşük seviyesi 0,001 mg/L ile 6. istasyon ve en yüksek seviyesi 0,02 mg/L 13. İstasyondadır (Şekil 4.67). Çinkonun EPA'ya göre limit değerini aşan istasyon yoktur. SKKY' a göre çinko açısından tüm istasyonlar I. Sınıftır. Aralıkta çinko element seviyelerinden en düşük 0,002 mg/L ile 1. istasyonda ve en yüksek seviyesi 0,2 mg/L ile 8. İstasyondadır ve Şekil 4.68' de gösterilmektedir. Çinkonun EPA'ya göre sınır değeri aşan 3 istasyon vardır. SKKY' a göre çinko açısından 8. istasyon II. Sınıf geri kalan tüm istasyonlar I. Sınıftır. Ocak ayının çinko için Şekil 4.69'da gösterildiği gibi en düşük seviyesi 0,002 mg/L 10. istasyonda ve en yüksek seviyesi 0,08 mg/L ile 14. İstasyondadır. Çinko elementinin EPA'ya göre sınır değeri aşan istasyonu yoktur ve SKKY' a göre çinko açısından tüm istasyonlar I. Sınıftır. Çinko elementi için şubat ayı en yüksek seviyesi 0,06 mg/L ile 8. istasyonda ve en düşük seviyesi 0,002 mg/L ile 3. istasyondadır (Şekil 4.70). Çinko için EPA'ya göre limit değeri aşan istasyon yoktur. SKKY' a göre çinko açısından tüm istasyonlar I. Sınıftır. Çinkonun mart ayında en düşük seviyesi 0,001 mg/L ile 1. istasyonda ve Şekil 4.71' de gösterilen en yüksek seviyesi 0,02 mg/L ile 8. istasyonda ölçülmüştür. Çinkonun EPA'ya göre sınır değerini aşan istasyon yoktur. SKKY' a göre çinko açısından tüm istasyonlar I. Sınıftır. Nisan ayında çinko elementi için en yüksek ve en düşük değerlerin istasyonları bakır elementin de olduğu gibidir; 11. İstasyonda en düşük çinko değeri olan 0,001 mg/L ölçülmüş ve en yüksek çinko seviyesi 0,03 mg/L olarak 14. İstasyonda ölçülmüştür (Şekil 4.72). Çinkonun EPA'ya göre sınır değeri 0,12 mg/L'dir ve bu değeri aşan istasyon yoktur. SKKY' a göre çinko açısından tüm istasyonlar I. Sınıftır.



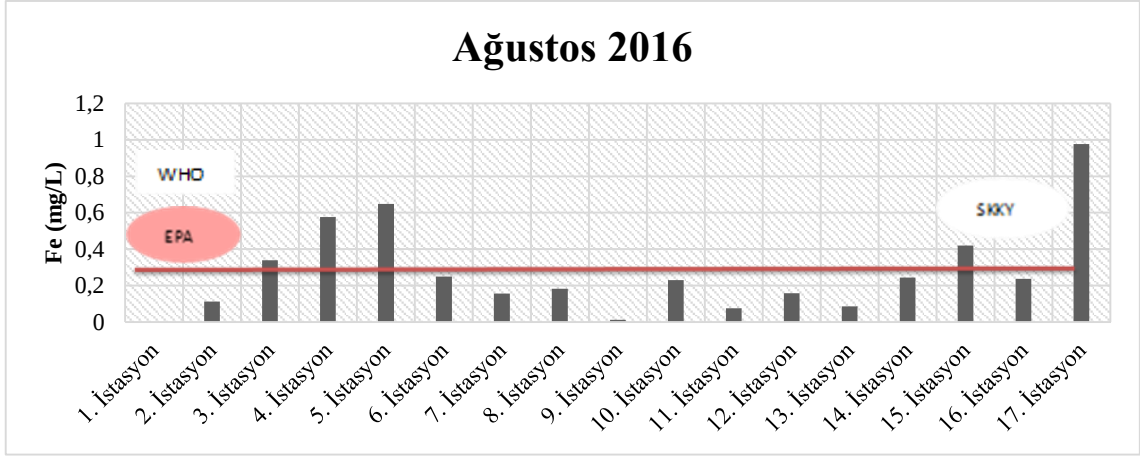
Şekil 4.73. Mayıs 2016 Fe Seviyeleri (mg/L)



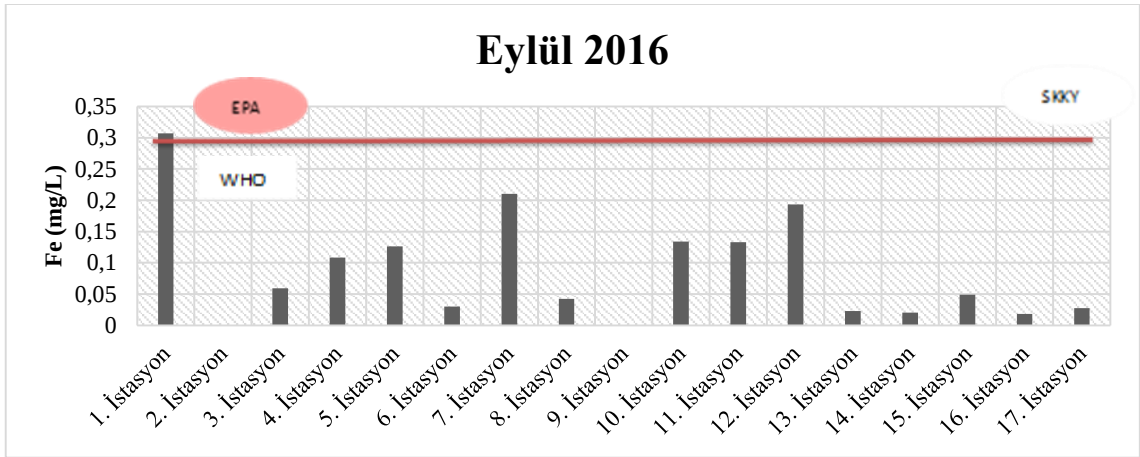
Şekil 4.74. Haziran 2016 Fe Seviyeleri (mg/L)



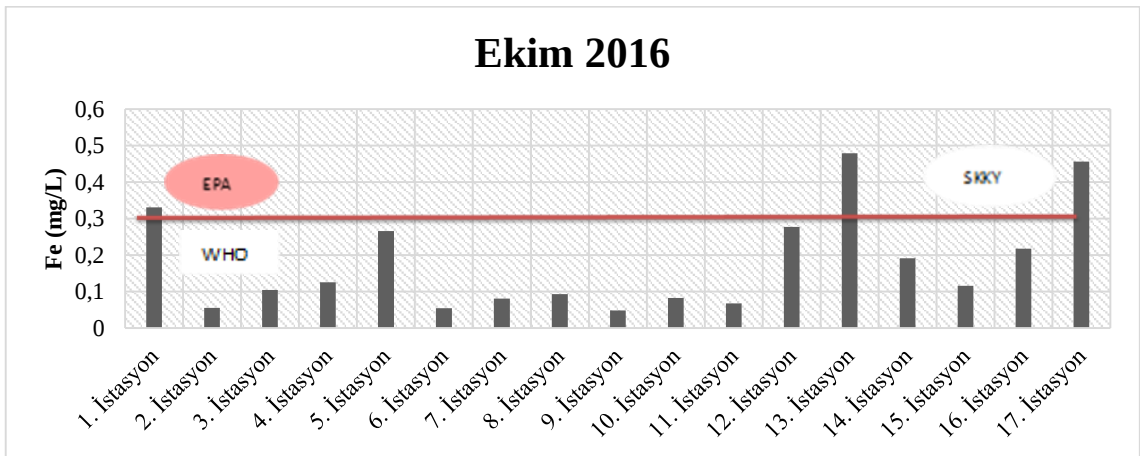
Şekil 4.75. Temmuz 2016 Fe Seviyeleri (mg/L)



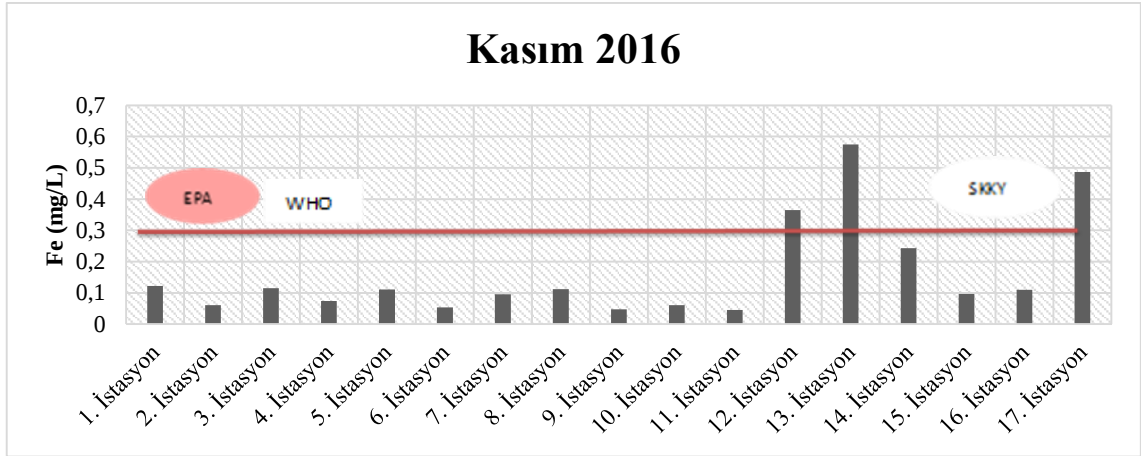
Şekil 4.76. Ağustos 2016 Fe Seviyeleri (mg/L)



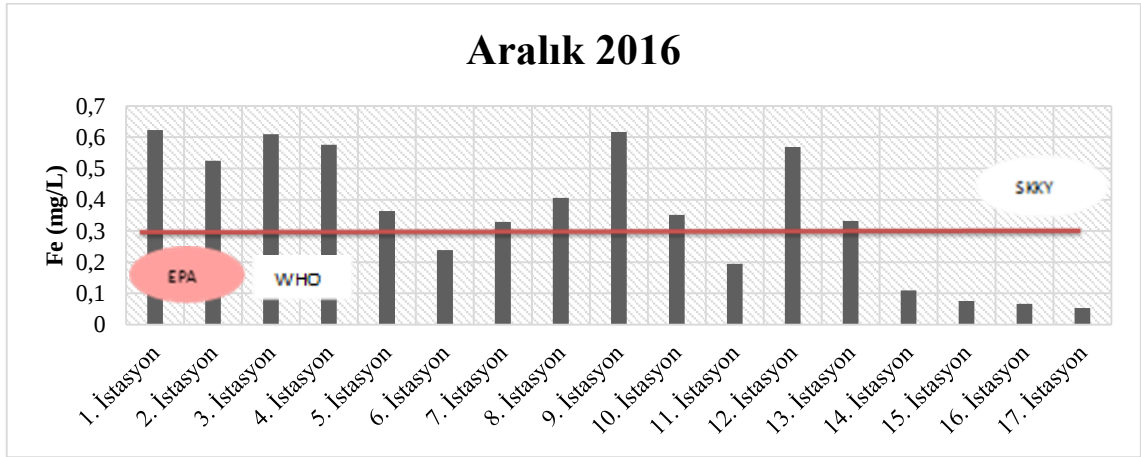
Şekil 4.77. Eylül 2016 Fe Seviyeleri (mg/L)



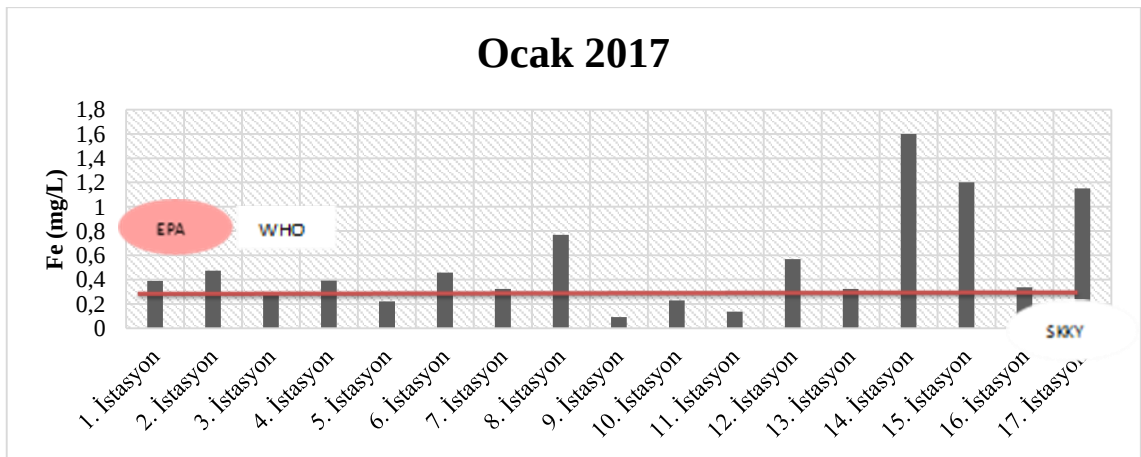
Şekil 4.78. Ekim 2016 Fe Seviyeleri (mg/L)



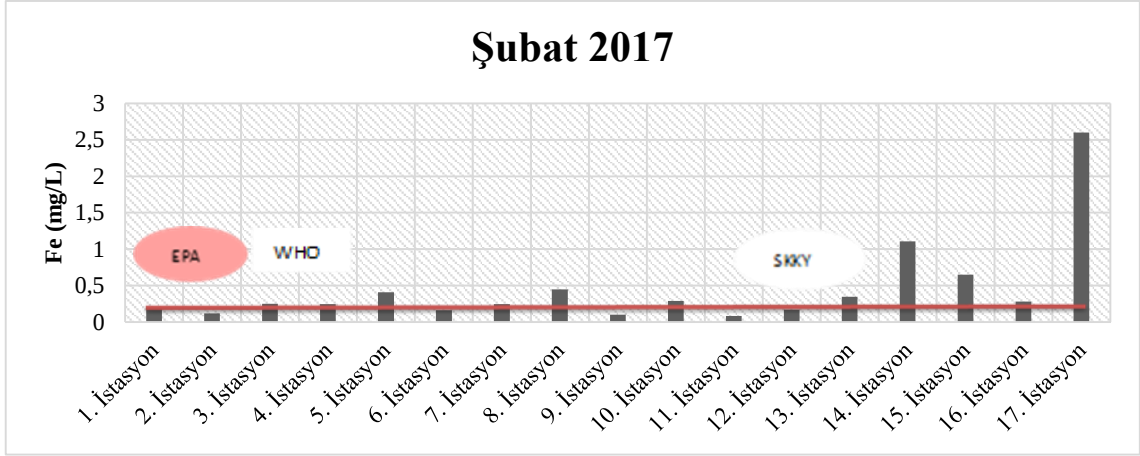
Şekil 4.79. Kasım 2016 Fe Seviyeleri (mg/L)



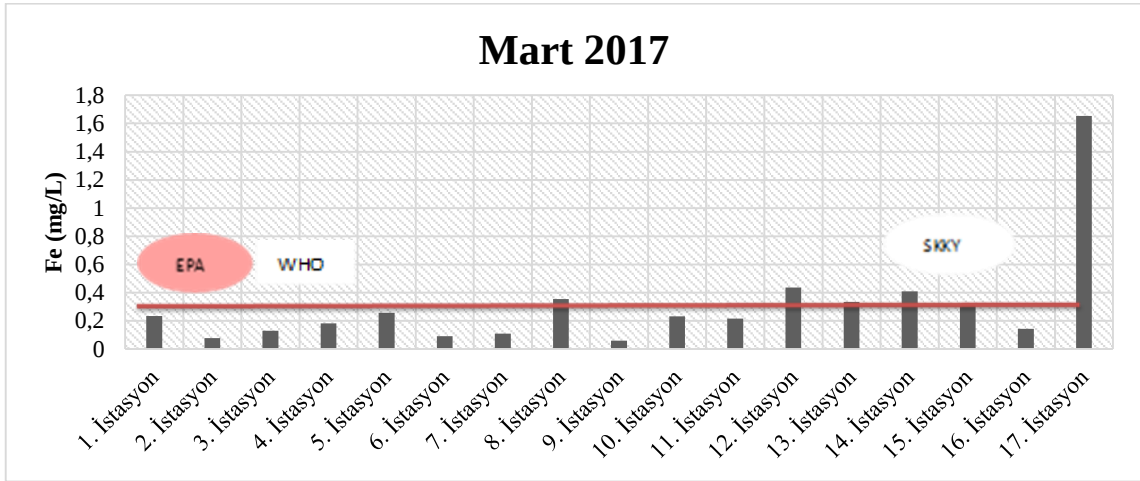
Şekil 4.80. Aralık 2016 Fe Seviyeleri (mg/L)



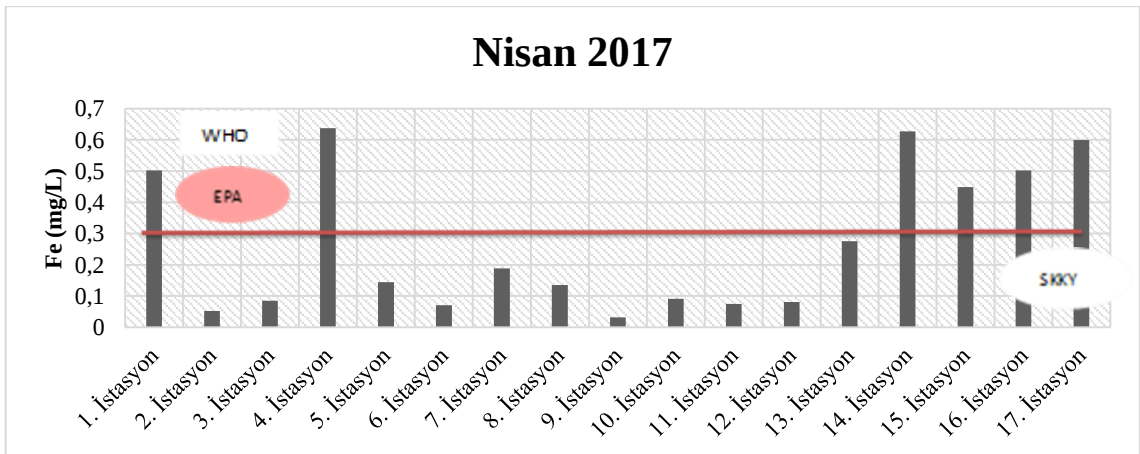
Şekil 4.81. Ocak 2017 Fe Seviyeleri (mg/L)



Şekil 4.82. Şubat 2017 Fe Seviyeleri (mg/L)



Şekil 4.83. Mart 2017 Fe Seviyeleri (mg/L)

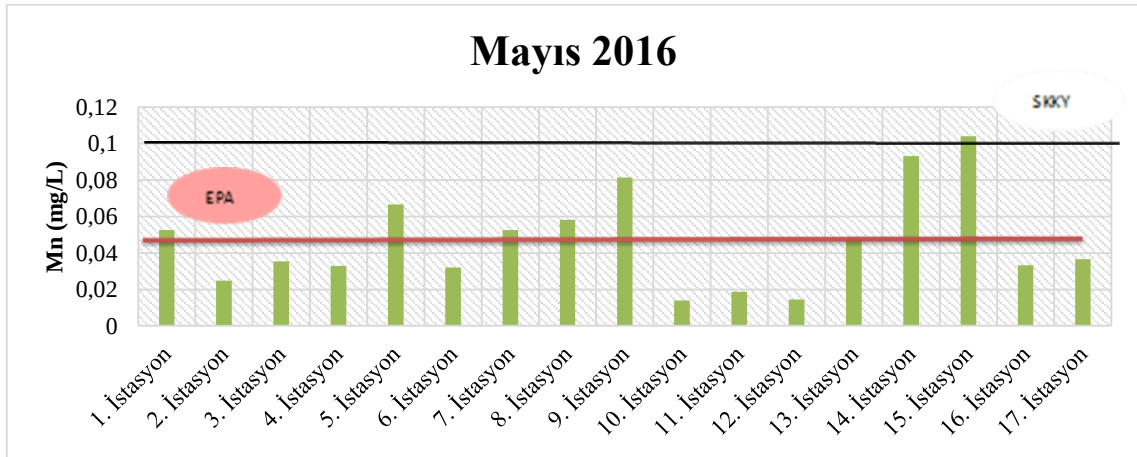


Şekil 4.84. Nisan 2017 Fe Seviyeleri (mg/L)

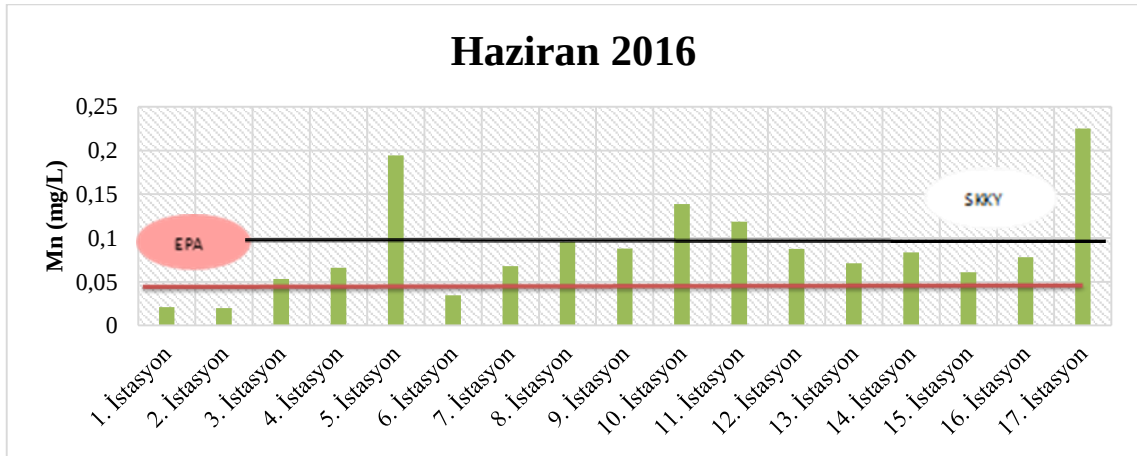
Mayıs ayında 11. İstasyonda demir seviyesi belirlenememiştir. En yüksek demir seviyesi 13. İstasyonda (0,39 mg/L) belirlenmiştir (Şekil 4.73). Demir elementi için WHO

(2008) ve EPA (2009)' ya göre limit değeri 0,3 mg/L'dir ve bu değerin yalnızca 13. İstasyonda aşıldığı gözlenmiştir. SKKY' a göre demir açısından en yüksek seviyenin olduğu istasyon II. Sınıf kalitede diğer tüm istasyonlar I. Sınıftır. Demir elementinin Haziran ayında en yüksek seviyesi 1,8 mg/L ile 17. istasyondadır ve en düşük 9. istasyonda 0,01 mg/L olarak ölçüştür (Şekil 4.74). Demir elementi için WHO (2008) ve EPA (2009)' ya göre limit değeri aşan 6 istasyon olduğu gözlemlenmiştir. SKKY' a göre demir açısından 2 istasyon III. Sınıf, 4 istasyon II. Sınıf ve diğer tüm istasyonlar I. Sınıftır. Şekil 4.75'de Temmuz ayında demirin en düşük seviyesinin 13. İstasyonda (0,01 mg/L) ve yüksek seviyesinin ise 17. İstasyonda (0,67 mg/L) olduğu görülmektedir. Demir elementi için WHO (2008) ve EPA (2009)' ya göre limit değeri aşan 4 istasyon vardır. SKKY' a göre demir açısından 4 istasyon II. Sınıf ve diğer tüm istasyonlar I. Sınıftır. Ağustos ayında en düşük seviye 0,01 mg/L ile 9. istasyonda ve en yüksek seviye 17. istasyonda 0,97 mg/L' dir (Şekil 4.76). Demir elementi için WHO (2008) ve EPA (2009)' ya göre limit değeri aşan 5 istasyon olduğu görülmektedir. SKKY' a göre demir açısından 5 istasyon II. Sınıf ve diğer tüm istasyonlar I. Sınıftır. Eylül ayında demirin en yüksek seviyesi Şekil 4.77'de gösterildiği gibi 1. istasyonda 0,3 mg/L olarak ölçülürken, en düşük demir seviyesi 0,01 mg/L ile 16. istasyonda ölçülmüştür. Demir elementi için WHO (2008) ve EPA (2009)' ya göre limit değerin sadece 1. İstasyonda aşıldığı görülmektedir. SKKY' a göre demir açısından 1. İstasyon II. Sınıf ve diğer tüm istasyonlar I. Sınıftır. Ekim ayında demirin en yüksek seviyesi 0,47 mg/L ile 13. istasyonda iken, en düşük seviyesi 0,04 mg/L ile 9. İstasyonda belirlenmiştir (Şekil 4.78). Demir elementi için WHO (2008) ve EPA (2009)' ya göre limit değeri aşan 3 istasyon vardır. Kasım ayı için en düşük demir seviyesi 0,046 mg/L ile 11. İstasyonda ve Şekil 4.79'da görüldüğü gibi en yüksek seviyesi 0,5 mg/L ile 13. istasyonda belirlenmiştir. Demir elementi için WHO (2008) ve EPA (2009)' ya göre limit değeri aşan 3 istasyon vardır. SKKY' a göre demir açısından 3 istasyon II. Sınıf ve diğer tüm istasyonlar I. Sınıftır. Aralık ayında demirin en yüksek seviyesi 0,62 mg/L ile 1. istasyonda ve en düşük seviyesi 0,05 mg/L ile 17. istasyondadır (Şekil 4.80). Demir elementi için WHO (2008) ve EPA (2009)' ya göre limit değeri aşan 11 istasyon vardır. SKKY' a göre demir açısından 11 istasyon II. Sınıf ve diğer tüm istasyonlar I. Sınıftır. Ocak ayında en düşük seviyesi Şekil 4.81'de görüldüğü gibi 0,09 mg/L ile 9. istasyonda ve en yüksek seviye 1,59 mg/L ile 14. istasyondadır. Demir elementi için WHO (2008) ve EPA (2009)' ya göre limit değeri aşan 11 istasyon vardır. SKKY' a göre demir açısından 3 istasyon III. Sınıf, 8 istasyon II. Sınıf

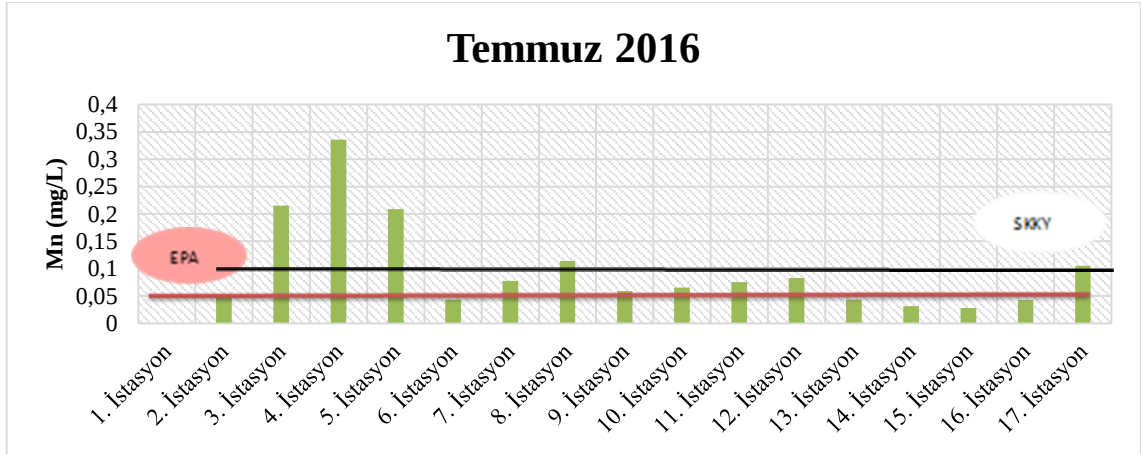
ve diğer tüm istasyonlar I. Sınıftır. Şubat ayında demirin en düşük seviyesi 0,08 mg/L ile 11. istasyonda ve en yüksek seviyesi 2,59 mg/L ile 17. İstasyonda Şekil 4.82’de gösterildiği gibidir. Demir elementi için WHO (2008) ve EPA (2009)’ ya göre limit değeri aşan 6 istasyon vardır. SKKY’ a göre demir açısından 2 istasyon III. Sınıf, 4 istasyon II. Sınıf ve diğer tüm istasyonlar I. Sınıftır. Demir elementi için mart ayındaki en yüksek seviyesi 1,65 mg/L ile 17. istasyonda ve en düşük seviyesi 0,05 mg/L ile 9. İstasyondadır (Şekil 4.83). Demir elementi için WHO (2008) ve EPA (2009)’ ya göre limit değeri aşan 6 istasyon vardır. SKKY’ a göre demir açısından 1 istasyon III. Sınıf, 5 istasyon II. Sınıf ve diğer tüm istasyonlar I. Sınıftır. Şekil 4.84’de görüldüğü üzere nisan ayında en yüksek demir seviyesi 0,63 mg/L ile 4. İstasyonda ve en düşük seviyesi 0,03 ile 9. İstasyondadır. Demir elementi için WHO (2008) ve EPA (2009)’ ya göre limit değeri aşan 6 istasyon vardır. SKKY’ a göre demir açısından 6 istasyon II. Sınıf ve diğer tüm istasyonlar I. Sınıftır.



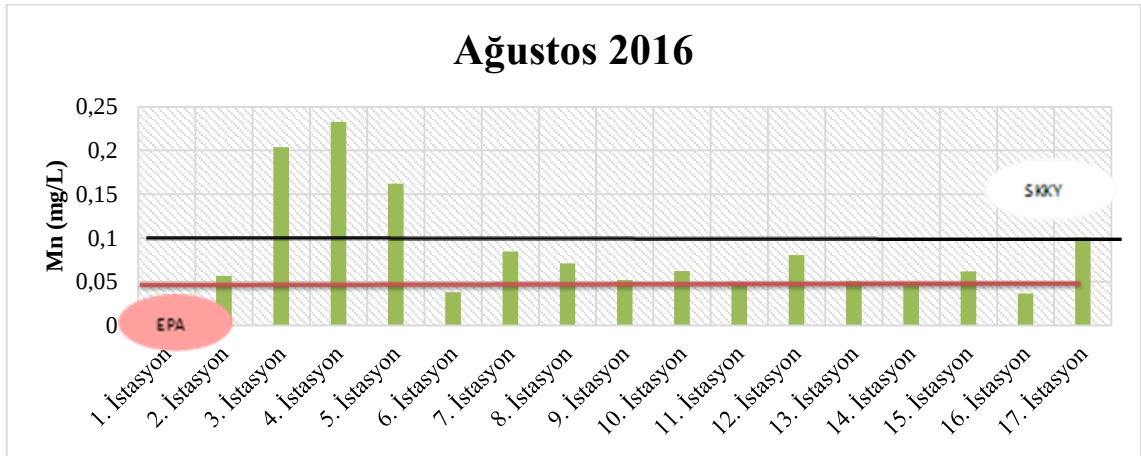
Şekil 4.85. Mayıs 2016 Mn Seviyeleri (mg/L)



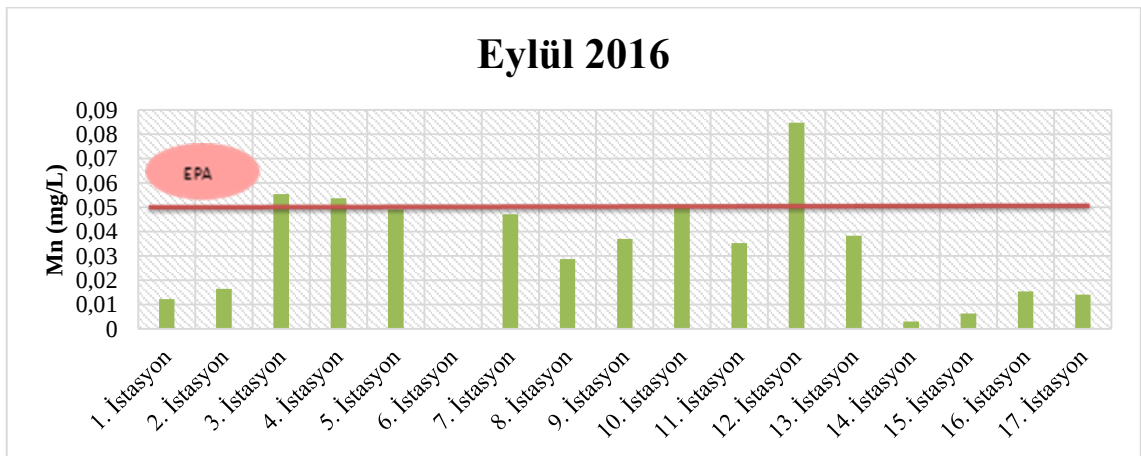
Şekil 4.86. Haziran 2016 Mn Seviyeleri (mg/L)



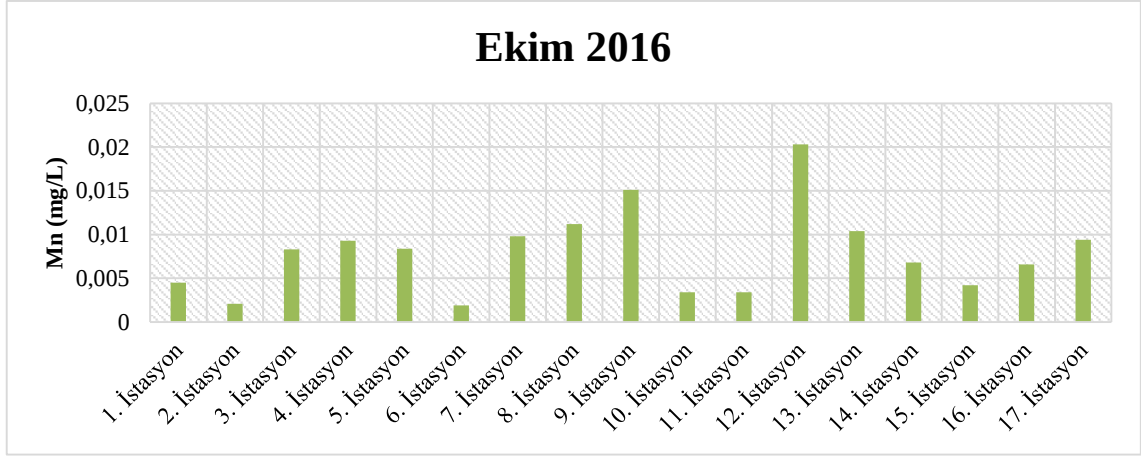
Şekil 4.87. Temmuz 2016 Mn Seviyeleri (mg/L)



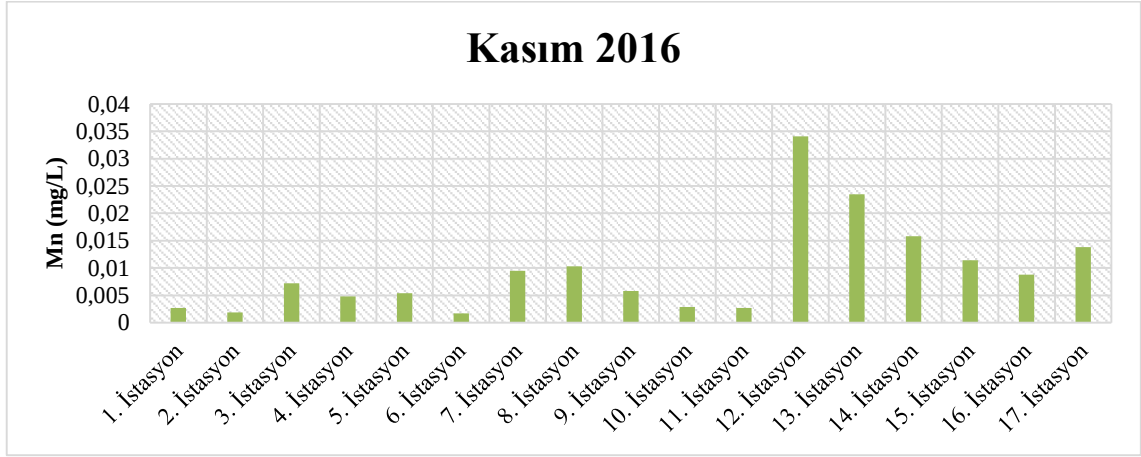
Şekil 4.88. Ağustos 2016 Mn Seviyeleri (mg/L)



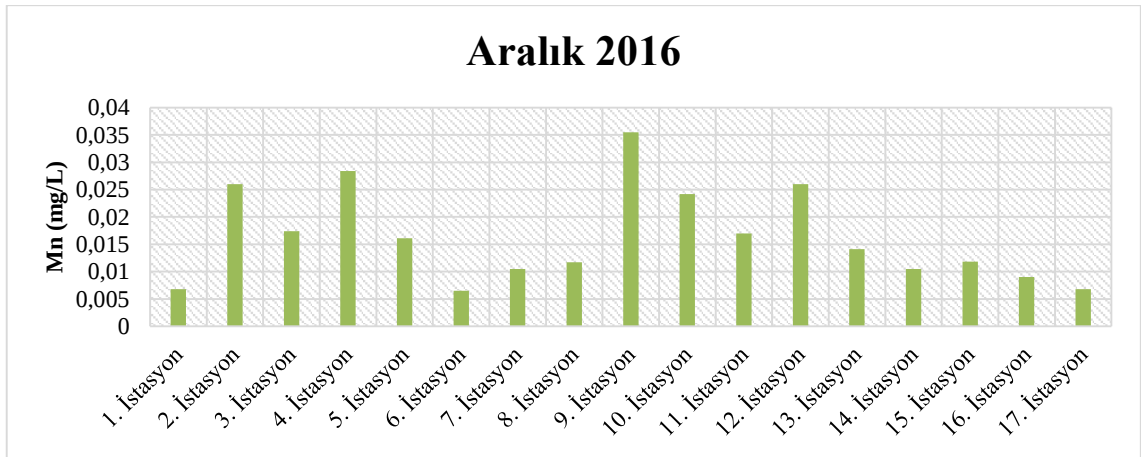
Şekil 4.89. Eylül 2016 Mn Seviyeleri (mg/L)



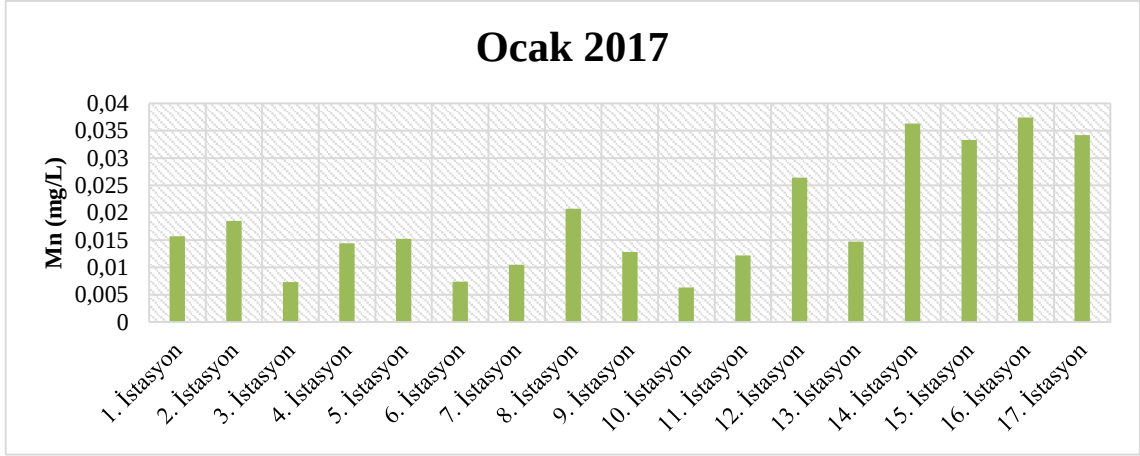
Şekil 4.90. Ekim 2016 Mn Seviyeleri (mg/L)



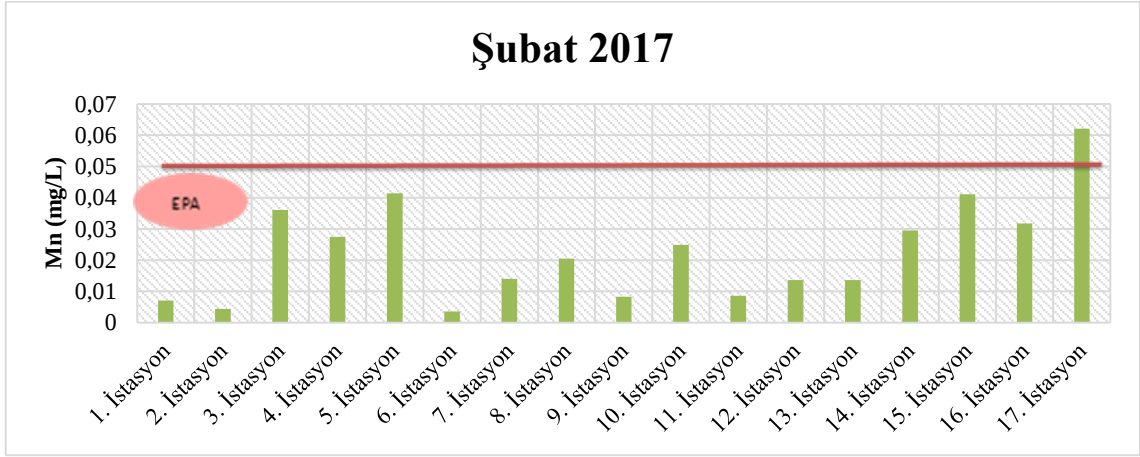
Şekil 4.91. Kasım 2016 Mn Seviyeleri (mg/L)



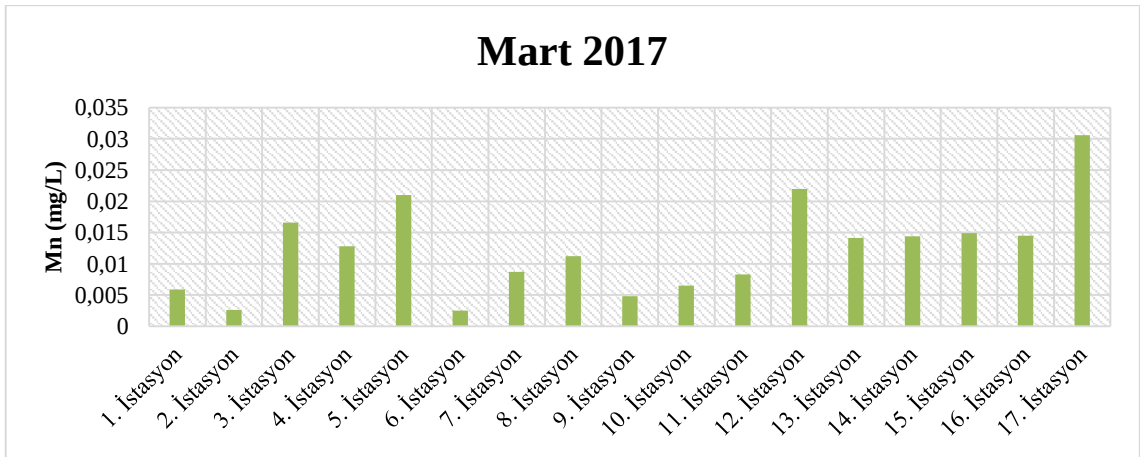
Şekil 4.92. Aralık 2016 Mn Seviyeleri (mg/L)



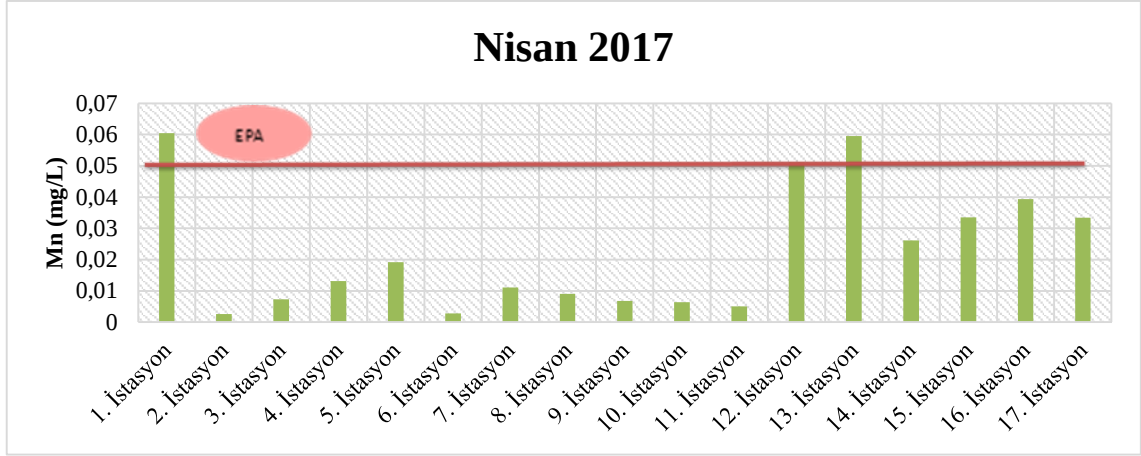
Şekil 4.93. Ocak 2017 Mn Seviyeleri (mg/L)



Şekil 4.94. Şubat 2017 Mn Seviyeleri (mg/L)



Şekil 4.95. Mart 2017 Mn Seviyeleri (mg/L)

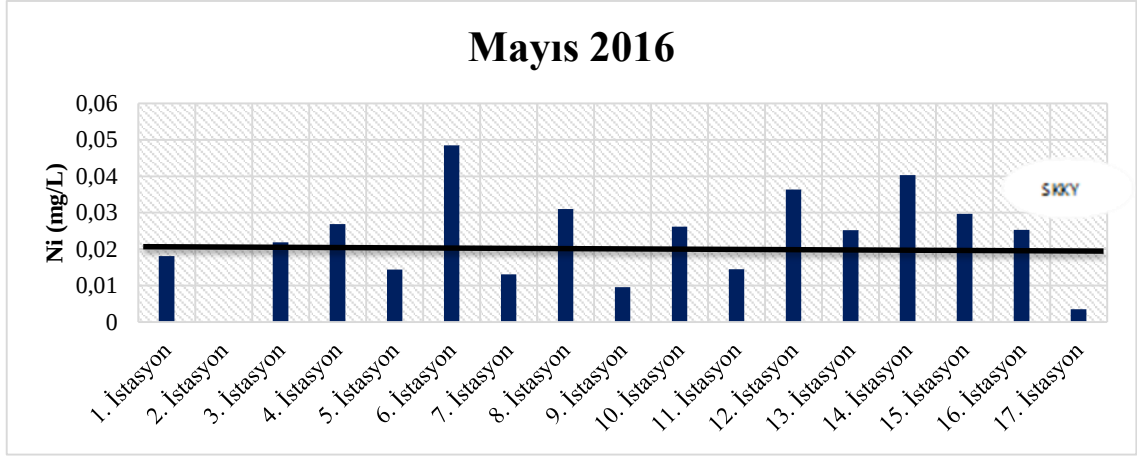


Şekil 4.96. Nisan 2017 Mn Seviyeleri (mg/L)

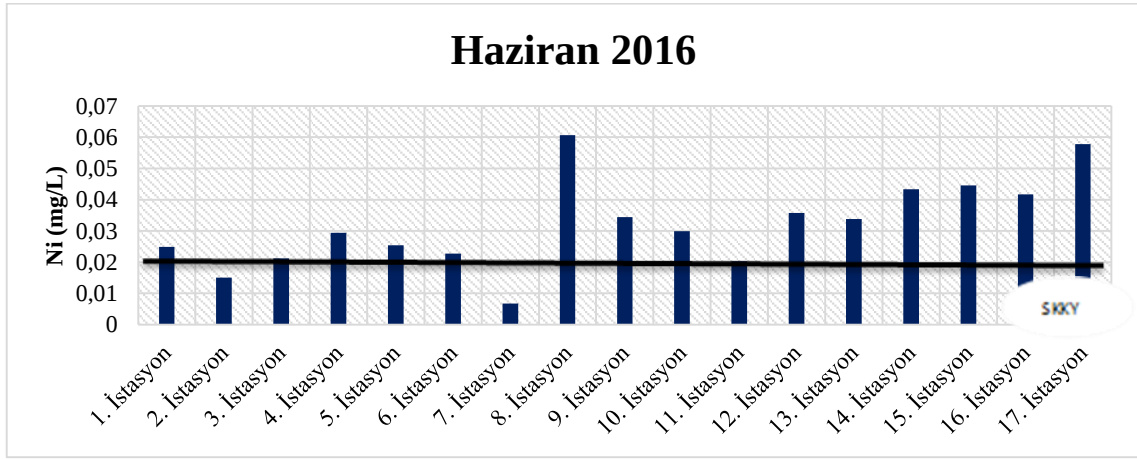
Şekil 4.85’de görüldüğü gibi Mayıs ayındaki mangan seviyesi 10. istasyonda 0,01 mg/L ile en düşük seviyede, en yüksek seviyede ise 15. istasyonda 0,1 mg/L olarak tespit edilmiştir. Mangan elementinin EPA ve EU’ ye göre limit değerini (0,05 mg/L) aşan 7 istasyon tespit edilirken, WHO (2008) ve SKKY’ a göre limit değeri (0,1 mg/L) aşan yalnızca 1 istasyon olduğu tespit edilmiştir. SKKY’ a göre 15. İstasyon dışındaki tüm istasyonlar I. Sınıf su kalitesindedir. Haziran ayında manganın en yüksek seviyesi 17. istasyonda (0,22 mg/L) ve en düşük seviyesi 2. istasyonda (0,01 mg/L) belirlenmiştir (Şekil 4.86). 13 İstasyonun EPA ve EU’ ye göre limit değeri (0,05 mg/L) aştığı görülmektedir. Mangan için WHO (2008) ve SKKY’ a göre limit değeri (0,1 mg/L) aşan yalnızca 4 istasyon vardır ve diğer istasyonlar I. Sınıf su kalitesindedir.

Şekil 4.87’de temmuz ayı mangan seviyelerine bakıldığında en düşük seviye 0,02 mg/L ile 15. istasyondadır ve en yüksek seviye 4. istasyonda 0,33 mg/L’ dir. Manganın EPA ve EU’ ye göre limit değeri aşan 11 istasyon vardır ancak WHO (2008) ve SKKY’ a göre limit değeri (0,1 mg/L) aşan yalnızca 5 istasyon vardır ve geri kalan tüm istasyonlar I. Sınıf su kalitesindedir. Ağustos ayında mangan elementinin en düşük seviyesi 0,03 mg/L’ olarak 16. İstasyonda, en yüksek mangan seviyesi 0,23 mg/L ile 4. İstasyondadır ve Şekil 4.88’de ki gibi gösterilmektedir. Manganın EPA ve EU’ ye göre limit değeri aşan 12 istasyon var iken WHO (2008) ve SKKY’ a göre limit değeri (0,1 mg/L) aşan yalnızca 3 istasyon vardır ve geri kalan tüm istasyonlar I. Sınıf su kalitesindedir. Manganın eylül ayındaki en düşük seviyesi Şekil 4.89’da görülebildiği gibi 14. istasyonda 0,003 mg/L iken, en yüksek seviyesi 0,08 mg/L ile 12. istasyondadır. Manganın EPA ve EU’ ye göre limit değeri aşan 4 istasyon var iken WHO (2008) ve SKKY’ a göre limit değeri (0,1 mg/L) aşan istasyon yoktur ve tüm istasyonlar I. Sınıf su kalitesindedir. Ekim ayında

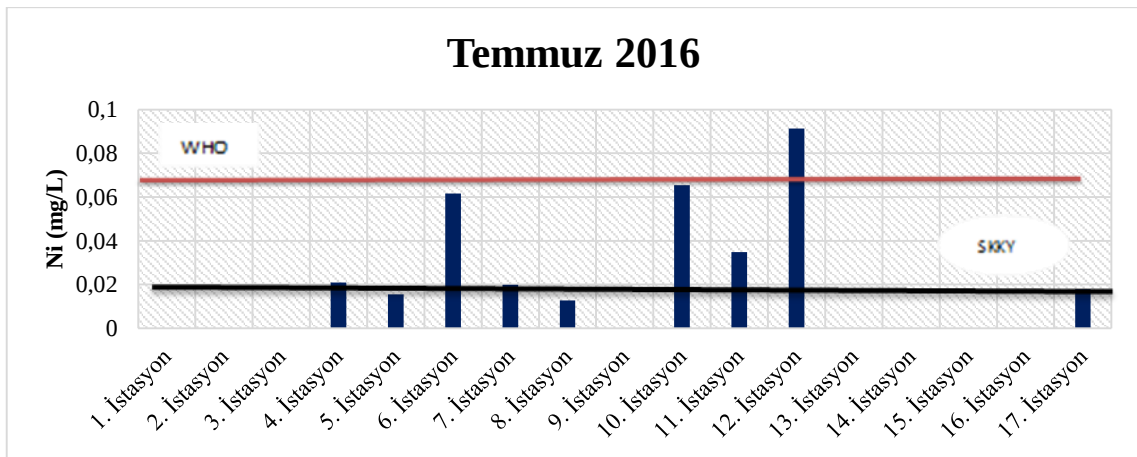
manganın en düşük seviyesi 0,001 mg/L ile 6. istasyonda ve en yüksek seviyesi 0,02 mg/L ile 12. istasyonda ölçülmüştür (Şekil 4.90). Manganın EPA, EU, WHO (2008) ve SKKY' a göre limit değerleri aşan istasyon yoktur ve tüm istasyonlar SKKY' a göre I. Sınıf su kalitesindedir. Kasım ayında mangan elementinin en yüksek seviyesi 0,03 mg/L ile 12. istasyondadır ve Şekil 4.91' de de görüldüğü gibi en düşük seviyesi 0,002 mg/L ile 2. istasyondadır. Manganın EPA ve EU' ye göre limit değeri 0,05 mg/L' dir ve bu değeri aşan istasyon yoktur. Aynı şekilde WHO (2008) ve SKKY' a göre limit değeri (0,1 mg/L) aşan istasyon yoktur ve tüm istasyonlar I. Sınıf su kalitesindedir. Mangan elementinin aralıktaki en düşük seviyesi 0,006 mg/L ile 6. istasyonda ve en yüksek seviyesi 0,035 mg/L ile 9. istasyondadır (Şekil 4.92). Manganın EPA ve EU' ye göre limit değeri aşan istasyon tespit edilmemiştir Mangan için WHO (2008) ve SKKY' a göre limit değeri (0,1 mg/L) aşan istasyon yoktur ve tüm istasyonlar I. Sınıf su kalitesindedir. Ocak ayında manganın Şekil 4.93' de görülen en düşük seviyesi 0,006 mg/L ile 10. istasyonda ve en yüksek seviyesi 0,03 mg/L ile 16. istasyondadır. Manganın EPA ve EU' ye göre limit değeri aşan istasyonu bulunmamaktadır. Mangan elementinin WHO (2008) ve SKKY' a göre limit değeri (0,1 mg/L) aşan istasyonu yoktur ve tüm istasyonlar I. Sınıf su kalitesindedir. Şekil 4.94' de görüldüğü gibi şubat ayında mangan elementinin en düşük seviyesi 0,003 mg/L ile 6. istasyonda ve en yüksek seviye 0,06 mg/L ile 17. istasyondadır. Manganın EPA ve EU' ye göre limit değeri aşan 1 adet istasyon belirlenmiştir. Mangan için WHO (2008) ve SKKY' a göre limit değeri (0,1 mg/L) aşan istasyon yoktur ve tüm istasyonlar I. Sınıf su kalitesindedir. Martta manganın en düşük olduğu 6. istasyonda 0,002 mg/L mangan seviyesine ölçülürken, en yüksek mangan değeri 0,03 mg/L ile 17. istasyondadır (Şekil 4.95). Manganın EPA ve EU' ye göre limit değeri aşan istasyon yoktur. Mangan için WHO (2008) ve SKKY' a göre limit değeri (0,1 mg/L) aşan istasyon yoktur ve tüm istasyonlar I. Sınıf su kalitesindedir. Manganın nisan ayında en düşük seviyesi 0,002 mg/L ile 2. İstasyonda ve Şekil 4.96' da görüldüğü gibi en yüksek değeri 0,06 mg/L ile 1. İstasyondadır. Manganın EPA ve EU' ye göre limit değeri aşan 3 adet istasyon belirlenmiştir. Mangan için WHO (2008) ve SKKY' a göre limit değeri (0,1 mg/L) aşan istasyon yoktur ve tüm istasyonlar I. Sınıf su kalitesindedir.



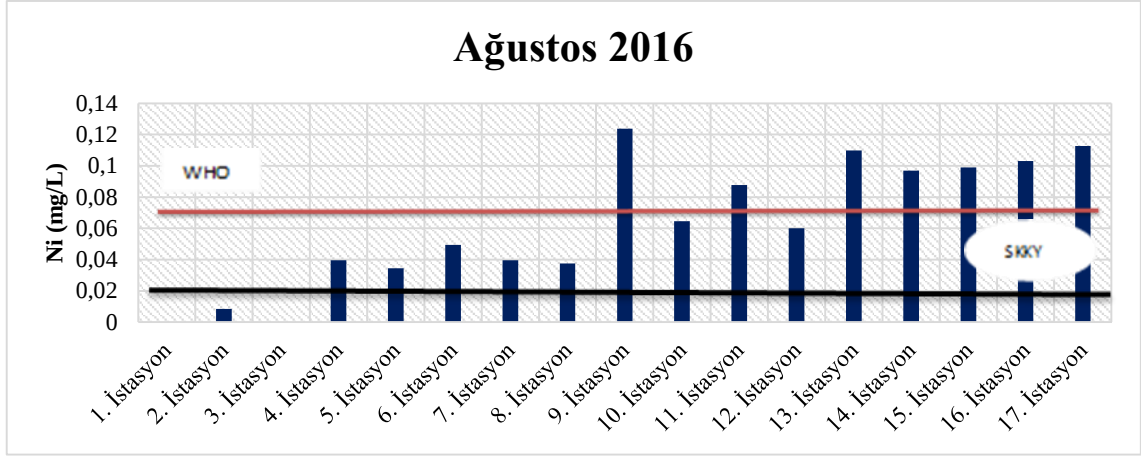
Şekil 4.97. Mayıs 2016 Ni Seviyeleri (mg/L)



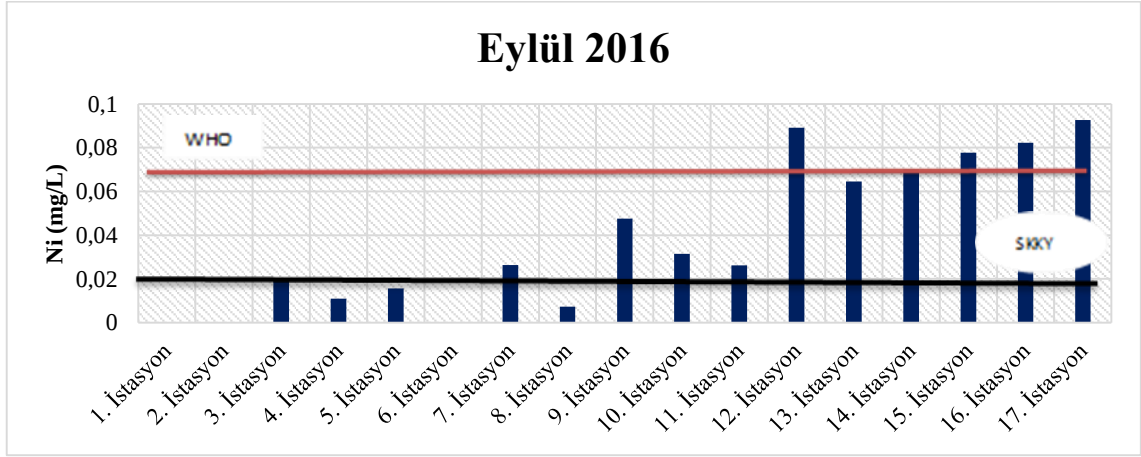
Şekil 4.98. Haziran 2016 Ni Seviyeleri (mg/L)



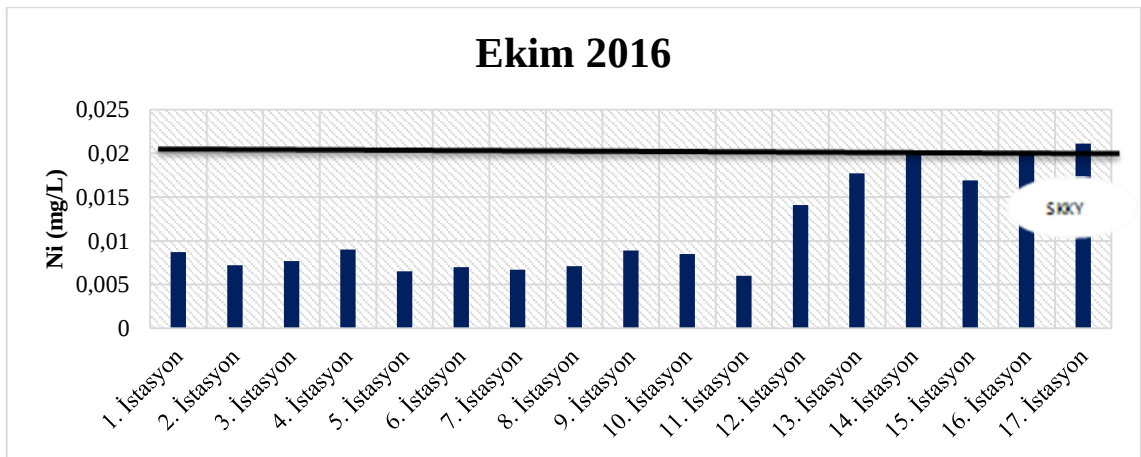
Şekil 4.99. Temmuz 2016 Ni Seviyeleri (mg/L)



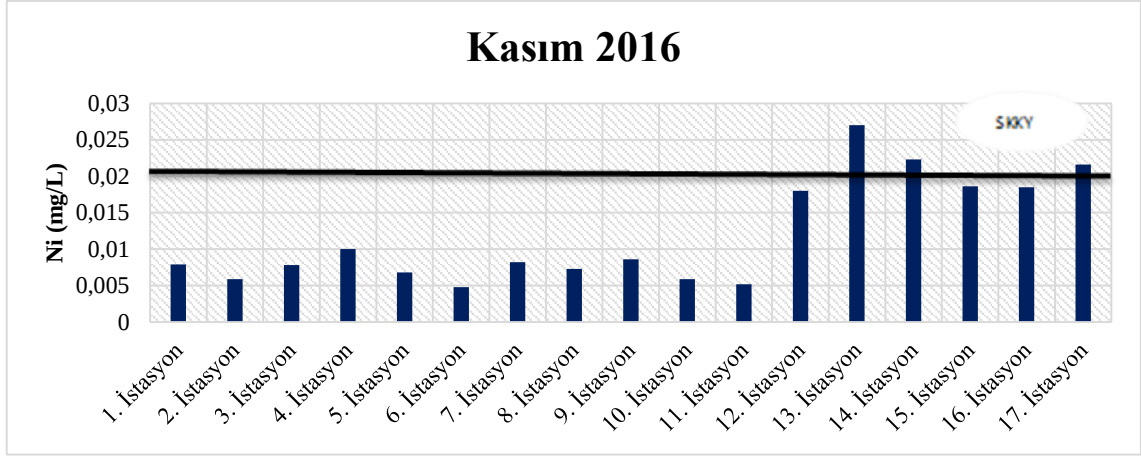
Şekil 4.100. Ağustos 2016 Ni Seviyeleri (mg/L)



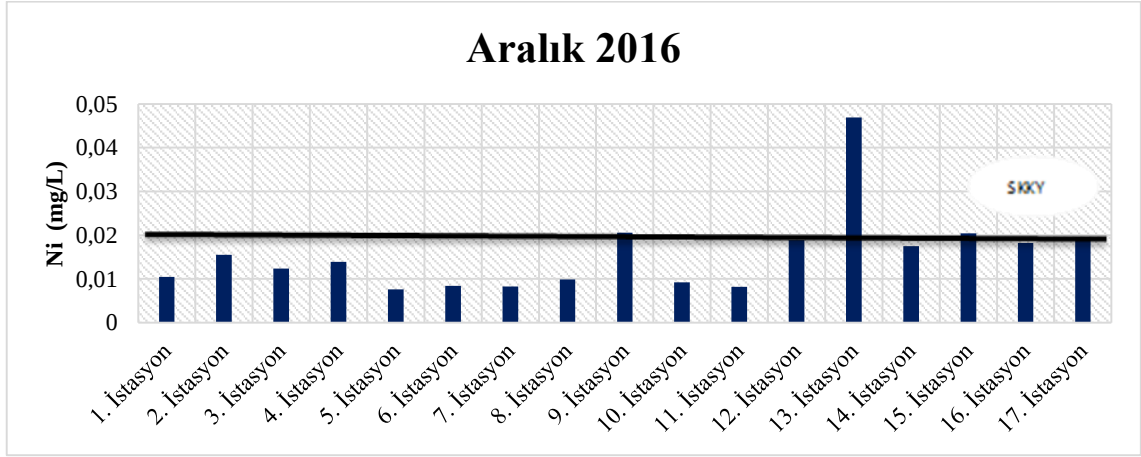
Şekil 4.101. Eylül 2016 Ni Seviyeleri (mg/L)



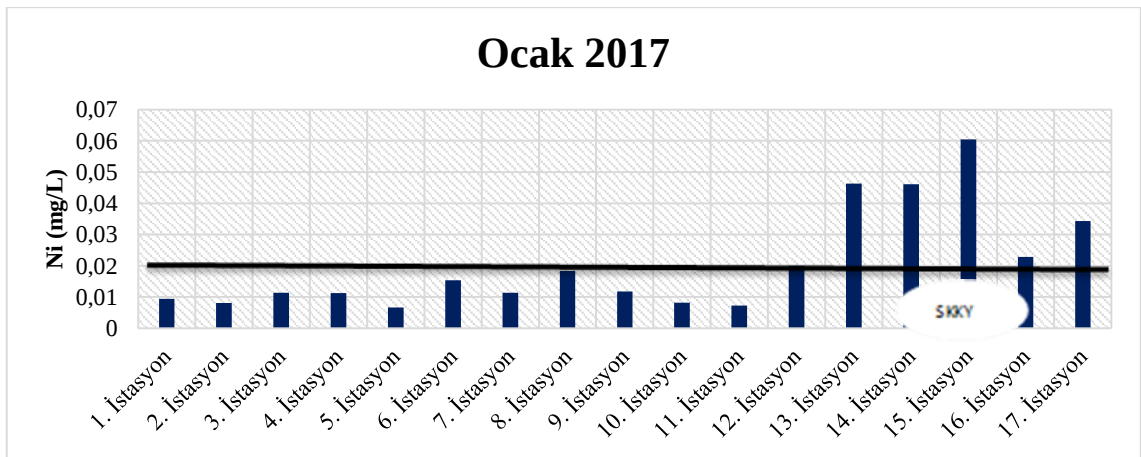
Şekil 4.102. Ekim 2016 Ni Seviyeleri (mg/L)



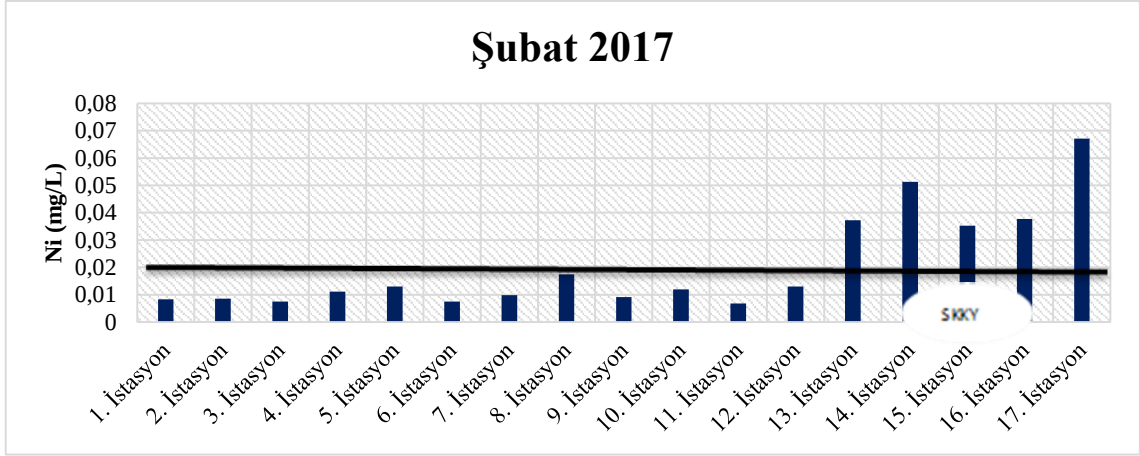
Şekil 4.103. Kasım 2016 Ni Seviyeleri (mg/L)



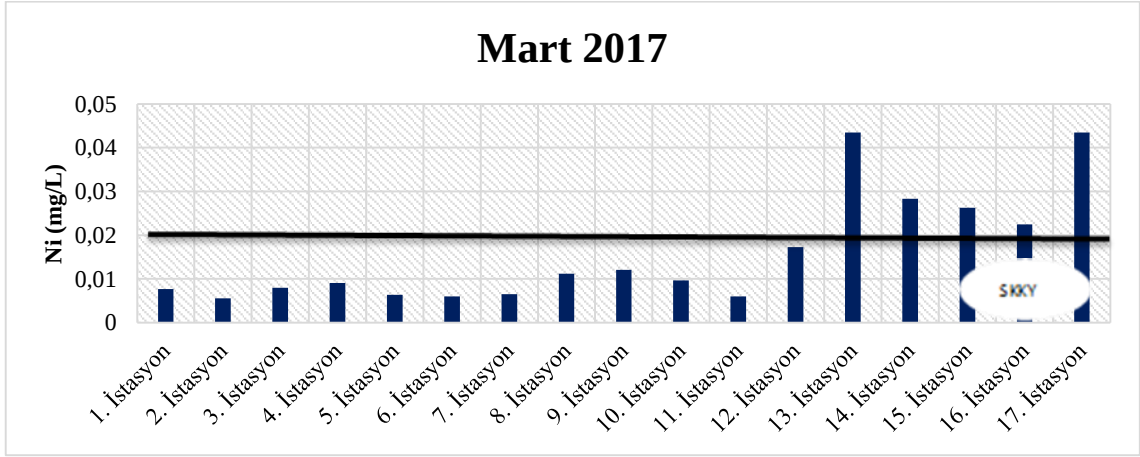
Şekil 4.104. Aralık 2016 Ni Seviyeleri (mg/L)



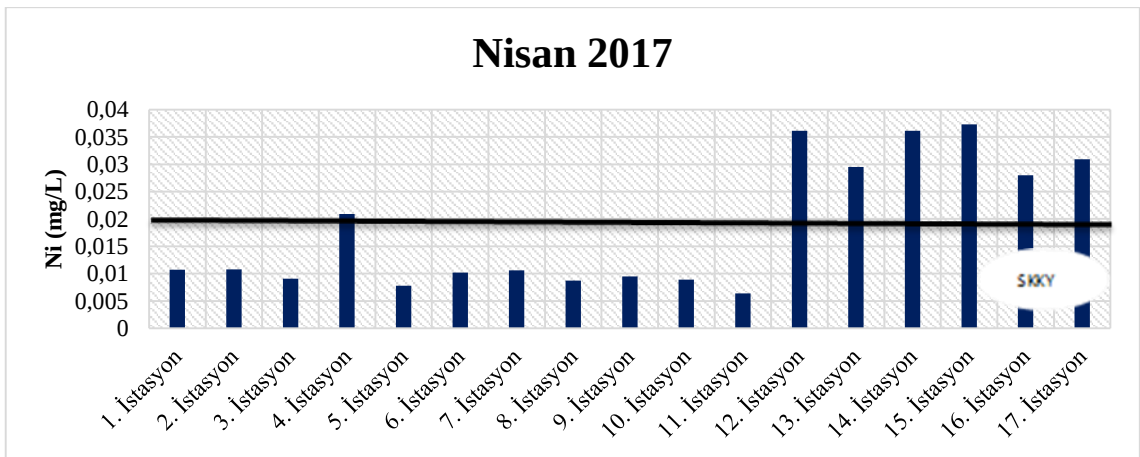
Şekil 4.105. Ocak 2017 Ni Seviyeleri (mg/L)



Şekil 4.106. Şubat 2017 Ni Seviyeleri (mg/L)



Şekil 4.107. Mart 2017 Ni Seviyeleri (mg/L)

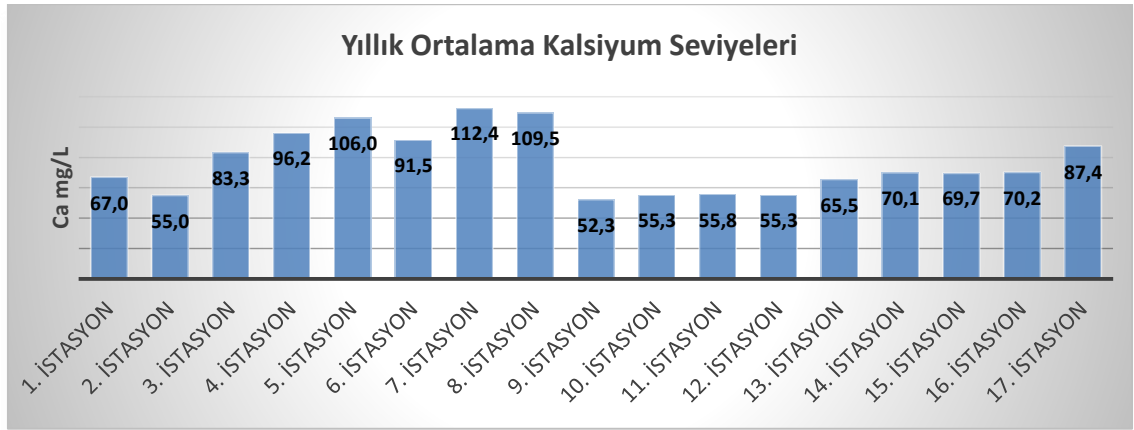


Şekil 4.108. Nisan 2017 Ni Seviyeleri (mg/L)

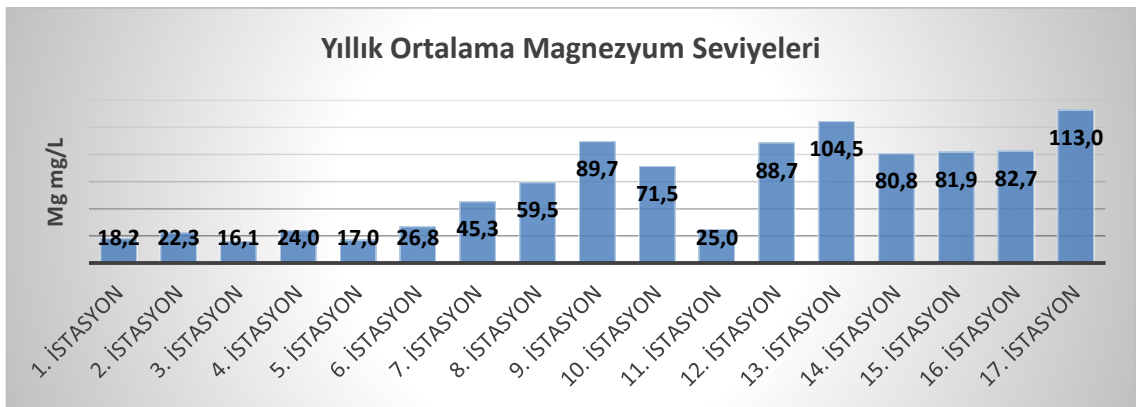
Mayıs ayında 2. istasyonda nikel seviyesi saptanmamışken en yüksek nikel seviyesi 6. istasyonda 0,04 mg/L olarak ölçülmüştür (Şekil 4.97). Nikel elementinin WHO (2017)'

e göre limit değeri 0,07 mg/L'dir ve buna göre limit değeri aşan istasyon yoktur. SKKY' a göre 7 istasyon II. Sınıf, diğer istasyonlar I. Sınıftır. Haziran ayında nikel elementinin en yüksek seviyesi 8. istasyonda 0,06 mg/L iken, Şekil 4.98'de görüldüğü gibi en düşük seviyesi 7. istasyonda 0,006 mg/L olarak ölçülmüştür. Nikel elementinin WHO (2017)' e göre limit değeri 0,07 mg/L'dir ve buna göre limit değeri aşan istasyon yoktur. SKKY' a göre 2 istasyon III. Sınıf, 13 istasyon II. Sınıf ve diğer istasyonlar I. Sınıftır. Şekil 4.99'da temmuz ayında nikelin tespit edilebilen istasyonlar arasındaki en düşük seviyesi 8. istasyonda 0,01 mg/L iken nikel için en yüksek seviye 0,09 mg/L ile 12. İstasyonda ölçülmüştür. Nikel elementinin WHO (2017)' e göre limit değeri aşan 1 istasyon vardır. SKKY' a göre 3 istasyon III. Sınıf, 1 istasyon II. Sınıf ve diğer istasyonlar I. Sınıftır. Ağustos ayı nikel seviyelerine Şekil 4.100'den bakıldığında en düşük seviyesi 0,03 mg/L ile 5. istasyondadır ve en yüksek nikel değerine 0,12 mg/L ile 9. istasyonda karşılaşılmaktadır. Nikel elementinin WHO (2017)' e göre limit değeri aşan 7 istasyon vardır. SKKY' a göre 9 istasyon III. sınıf, 5 istasyon II. Sınıf, diğer istasyonlar I. Sınıftır. Nikelin eylülde en düşük seviyesi 8. istasyonda 0,007 mg/L iken, en yüksek seviyesi 0,09 mg/L ile 17. istasyonda ölçülmüştür (Şekil 4.101). Nikel elementinin WHO (2017)' e göre limit değeri 0,07 mg/L'dir ve buna göre limit değeri aşan 4 istasyon vardır. SKKY' a göre 6 istasyon III. Sınıf, 4 istasyon II. Sınıf, diğer istasyonlar I. Sınıftır. Ekim ayındaki nikel element seviyelerinde; en düşük 11. istasyonda 0,006 mg/L ve Şekil 4.102' de görüldüğü üzere en yüksek seviyesi 0,02 mg/L ile 17. istasyondadır. Nikel elementinin WHO (2017)' e göre limit değeri aşan istasyon tespit edilmezken, SKKY' a göre 2 istasyon II. Sınıf, diğer istasyonlar I. Sınıftır. Kasım ayında nikelin en düşük seviyesi 0,005 mg/L ile 6. istasyondadır ve en yüksek nikel seviyesine 0,02 mg/L ile 12. istasyonda rastlanmıştır (Şekil 4.103). Nikel elementinin WHO (2017)' e göre limit değeri aşan istasyon tespit edilmezken, SKKY' a göre 3 istasyon II. Sınıf, diğer istasyonlar I. Sınıftır. Nikel elementi için aralıkta Şekil 4.104'de görüldüğü gibi en düşük seviye 0,007 mg/L ile 5. istasyonda ve en yüksek 0,04 mg/L ile 13. istasyondadır. Nikel elementinin WHO (2017)' e göre limit değeri aşan istasyon tespit edilmezken, SKKY' a göre 3 istasyon II. Sınıf, diğer istasyonlar I. Sınıftır. Şekil 4.105'de görüldüğü gibi ocak ayındaki nikelin en düşük seviyesi 0,006 mg/L ile 5. istasyonda ve en yüksek nikel seviyesi 0,06 mg/L ile 15. istasyondadır. Nikel elementinin WHO (2017)' e göre limit değeri aşan istasyon tespit edilmezken, SKKY' a göre 1 istasyon III. Sınıf, 5 istasyon II. Sınıf, diğer istasyonlar I. Sınıftır. Şubat ayında nikel elementinin en düşük ve en yüksek seviyesi sırasıyla, 0,006

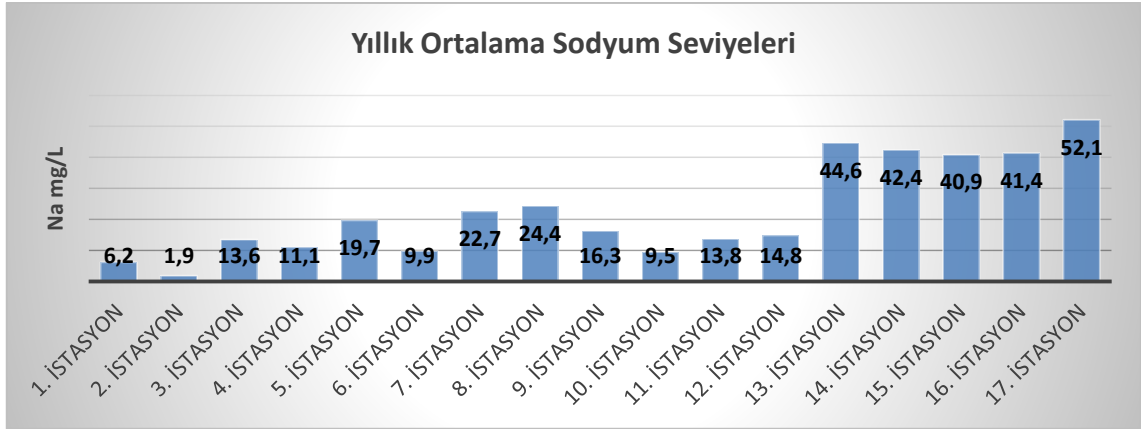
mg/L ile 11. ve 0,06 mg/L ile 17. istasyondadır (Şekil 4.106). Nikel elementinin WHO (2017)' e göre limit değeri aşan istasyon tespit edilmezken, SKKY' a göre 2 istasyon III. Sınıf, 3 istasyon II. Sınıf, diğer istasyonlar I. Sınıftır. Mart ayının nikel değerlerine Şekil 4.107'den bakıldığında en düşük değeri 0,005 mg/L ile 2. istasyonda ve en yüksek nikel seviyesi 17. istasyonda 0,04 mg/L olarak ölçülmüştür. Nikel elementinin WHO (2017)' e göre limit değeri aşan istasyon tespit edilmezken, SKKY' a göre 5 istasyon II. Sınıf, diğer istasyonlar I. Sınıftır. Nikel elementi için nisan ayında en yüksek seviye 0,03 mg/L ile 15. İstasyonda ve Şekil 4.108' de de ki gibi en düşük nikel seviyesi 0,006 mg/L ile 11. İstasyonda ölçülmüştür. Nikel elementinin WHO (2017)' e göre limit değeri aşan istasyon tespit edilmezken, SKKY' a göre 7 istasyon II. Sınıf, diğer istasyonlar I. Sınıftır.



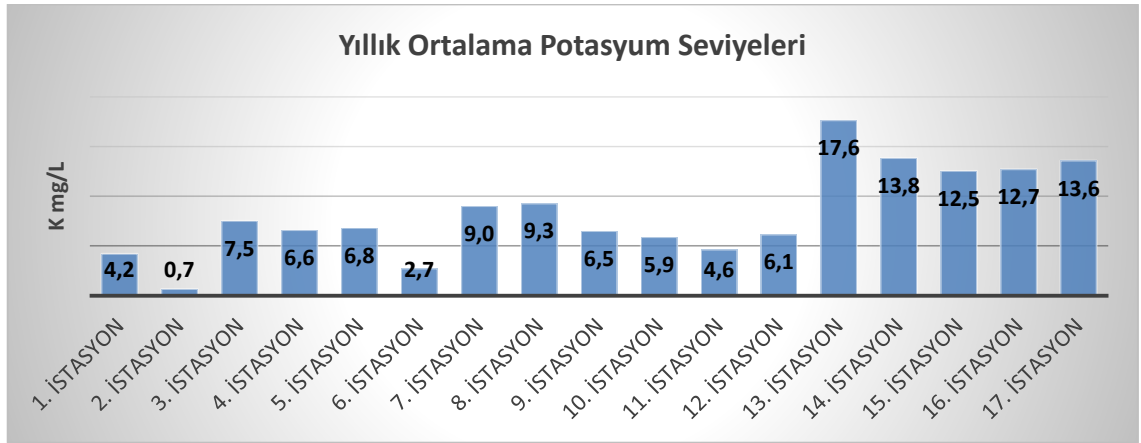
Şekil 4.109. Yıllık ortalama kalsiyum seviyeleri (mg/L)



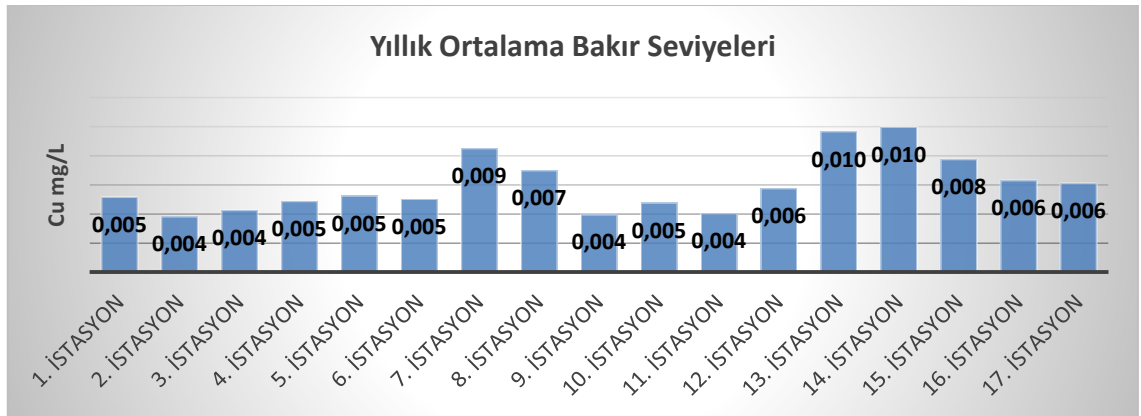
Şekil 4.110. Yıllık ortalama magnezyum seviyeleri (mg/L)



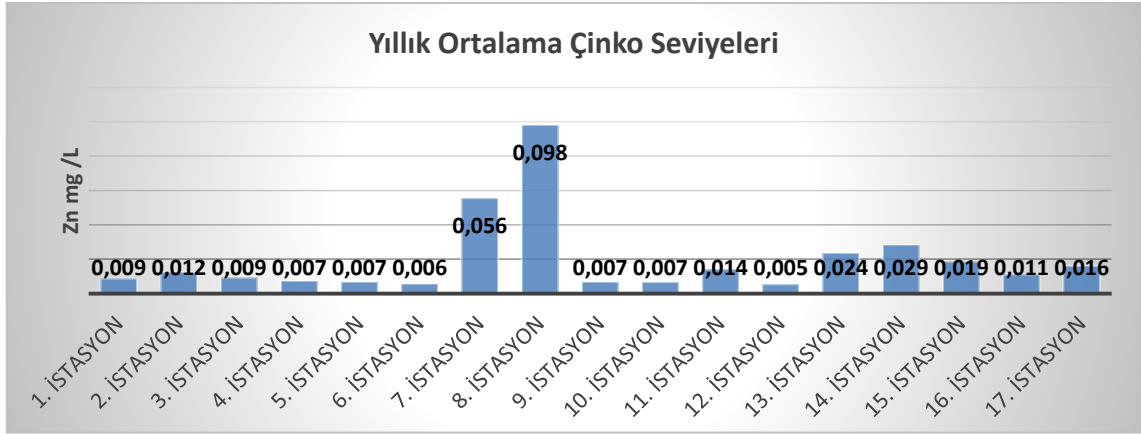
Şekil 4.111. Yıllık ortalama sodyum seviyeleri



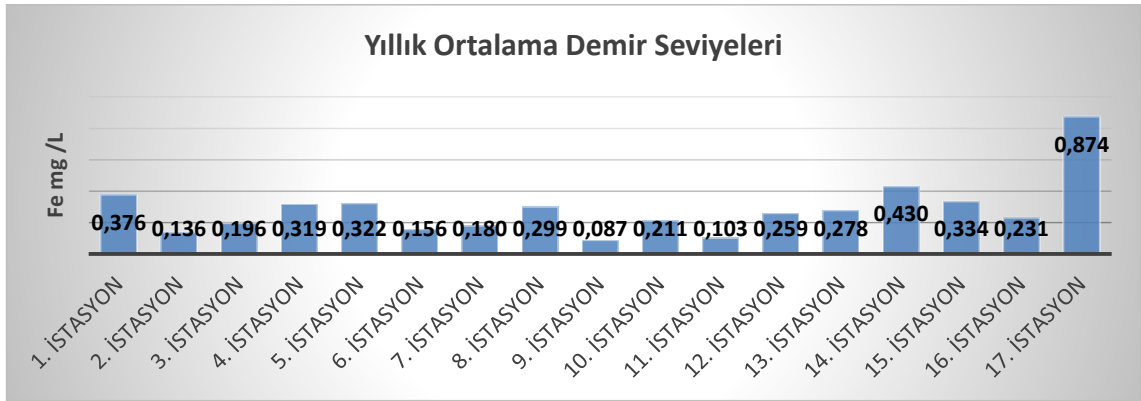
Şekil 4.112. Yıllık ortalama potasyum seviyeleri (mg/L)



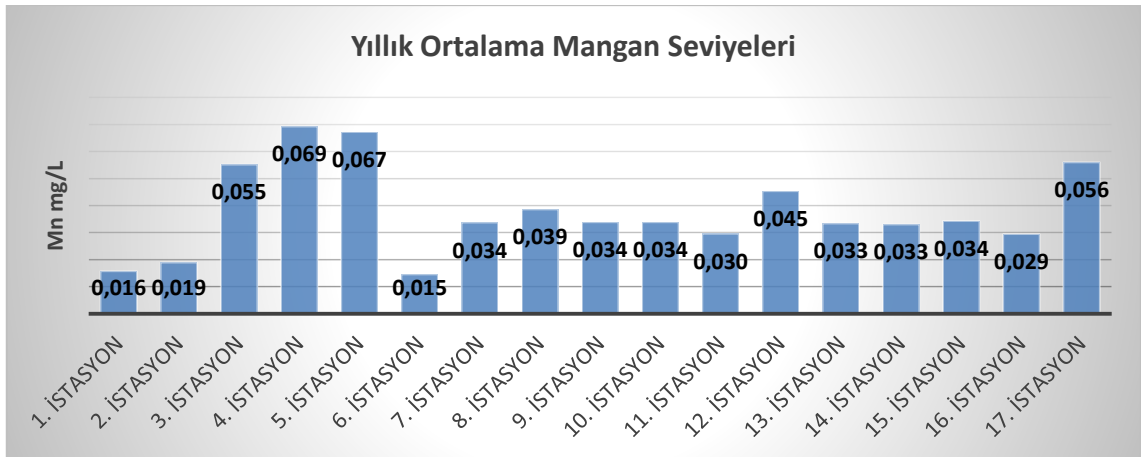
Şekil 4.113. Yıllık ortalama bakır seviyeleri (mg/L)



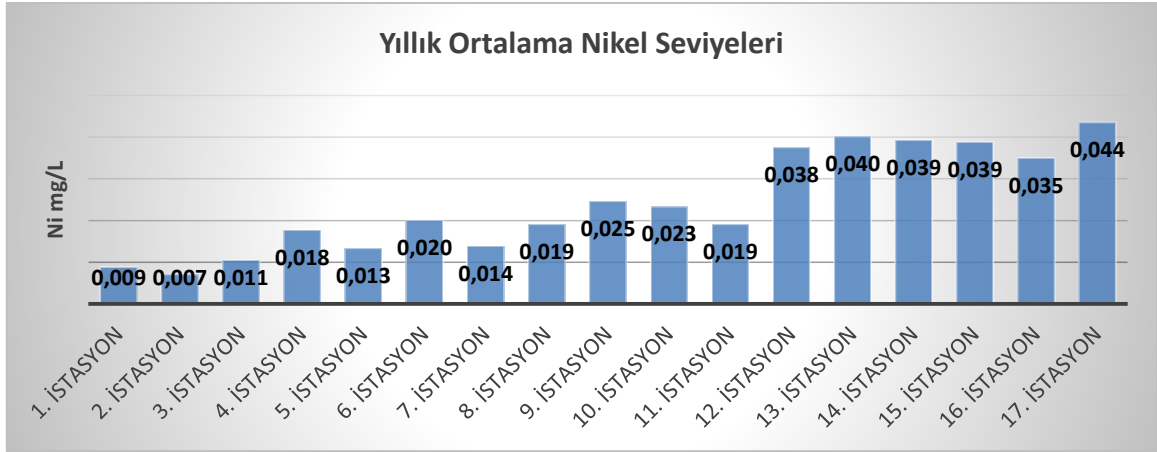
Şekil 4.114. Yıllık ortalama çinko seviyeleri (mg/L)



Şekil 4.115. Yıllık ortalama demir seviyeleri (mg/L)



Şekil 4.116. Yıllık ortalama mangan seviyeleri (mg/L)



Şekil 4.117. Yıllık ortalama nikel seviyeleri (mg/L)

Yıllık ortalamalar alındığında Şekil 4.109’ da görülebileceği gibi en yüksek kalsiyum seviyelerinin 7 ve 8. istasyonlarda olduğu gözlenmiştir. Magnezyumun yıl içerisindeki değişimleri Şekil 4.110’ da gösterilmekte olup en yüksek değer 17. İstasyonda belirlenmiş olup ilk 6 istasyonun seviyeleri düşük seviyelerde gözlenmiştir. Sodyum makro elementi için yıllık ortalamalara (Şekil 4.111) bakıldığında 13. İstasyondan 17. İstasyona kadar sodyum seviyeleri yükseklik göstermiş ve 17. İstasyonda en yüksek seviye ölçülmüştür. Şekil 4.112’ de potasyum elementinin yıllık değişimi gösterilmekte ve potasyum için en yüksek seviye 13. İstasyonda ölçülürken, bu istasyondan sonraki istasyonlarda da potasyum yüksek seviyelerde seyretmiştir.

Mikro elementlerin yıllık ortalama seviyeleri Şekil 4.113, Şekil 4.114, Şekil 4.115, Şekil 4.116 ve Şekil 4.117’de gösterilmiştir. Bakır elementi için bakıldığında 13 ve 14. İstasyonlarda en yüksek seviyeler belirlenmiş ve bu istasyonları 7 ve 8. İstasyonlar takip etmiştir. Çinko elementi yıllık ortalamasına bakıldığında çinkonun 8. İstasyonda en yüksek seviyede olduğu gözlenmiştir. Demir seviyelerine bakıldığında 17. İstasyonun diğer istasyonlara oranla oldukça yüksek seviyeleri dikkat çekmektedir. Mangan elementinin yıllık ortalamaları arasında beş istasyonda birbirine yakın seviyeler belirlenmiştir ve en yüksek seviye 4. İstasyonda tespit edilmiştir. Nikel seviyelerine bakıldığında 12. İstasyondan 17. İstasyona kadar yüksek seviyeler gözlenmiş ve en yüksek seviye 17. İstasyonda ölçülmüştür.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Ülkemiz önemli havzalarından biri olan Sakarya havzasının bir alt kolu olan porsuk havzasında belirlenen 17 örnekleme istasyonunda 2016 Mayıs – 2017 Mart ayları arasında aylık olarak su örnekleri alınmıştır. Bu örneklerde makro elementlerden Kalsiyum (Ca), Magnezyum (Mg), Sodyum (Na) ve Potasyum (K)' un ile mikro elementlerden Bakır (Cu), Çinko (Zn), Demir (Fe), Mangan (Mn) ve Nikel (Ni)'in ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Dünya Sağlık Örgütü (WHO), ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA), Avrupa Birliği (EU) Direktifleri ve Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SKKY)' nde belirtilen limit değerlere göre değerlendirilmiştir.

Su özellikle yaşam ortamı olması sebebiyle, yapısındaki makro ve mikro elementlerin olması gereken miktarlardan fazla ya da az bulunması durumunda yaşamı kötü yönde etkilemektedir (Akın ve Akın, 2007).

Kalsiyum makro elementinin WHO (2008)'a göre limit değeri 300 mg/L'dir ve istasyonlarda bu değer hiçbir ayda aşılmamıştır. Kalsiyumun tüm istasyonlara ve tüm aylara bakıldığında tespit edilen en yüksek değeri temmuz ayında 8. istasyonda yani Porsuk Barajı'nın girişinde 208,73 mg/L olarak ölçülmüştür. İstasyonlarda kalsiyum açısından bir kirlenme olmadığı söylenebilir. Elementler canlı yaşamı için hayati bir önem teşkil etmektedir ve ayrıca birbirlerinin fazlalığı ya da azlığı durumlarında da canlılar etkilenmektedir. Örneğin, kalsiyumun fazla olduğu sularda bakır, kadmiyum ve çinkonun emilimi balıklar için azalmaktadır (Kayhan ve ark., 2009). Bu elementin sulama suları açısından da önemi vardır; kalsiyumun suda olması, sodyumun seviyesinin düşmesine sebep olduğu için tarımda tuzluluk önleyici olarak etkilidir (Hounslow, 1995).

Mutlu ve ark. (2013)' nın Horohon Deresi (Sivas)'nde yaptığı çalışmada 12 ay boyunca aylık olarak su örnekleri alınmıştır. Alınan örneklerde su kalitesi analizi için çözünmüş oksijen, tuzluluk, pH, sıcaklık ve elektriksel iletkenlik, askıda katı madde, kimyasal oksijen ihtiyacı, toplam alkalinite, toplam sertlik, toplam amonyak azotu, nitrit, nitrat, amonyak, fosfat, sülfat, sülfat, serbest klor, sodyum, magnezyum, kalsiyum, kurşun, bakır ve kadmiyum seviyelerini incelemişlerdir. Çalışmanın sonucunda mevsimsel ve yıllık ortalamaları göz önüne alarak kalsiyum ve magnezyum değerlerinin paralellik gösterdiği tespit edilmiştir. Kalsiyum varlığının soğuk su balıkları yetiştirmede önemli bir parametre olduğu vurgulanmıştır ve derenin su ürünleri yetiştiriciliğine uygun olduğu belirtilmiştir.

Magnezyumun ulusal ve uluslararası standartlara bakıldığında herhangi bir limit değeri bulunmamaktadır. Magnezyum kalsiyum ile birlikte sertlik belirleyicisi olduğu için yalnızca sertlikle ilgili limit değerler mevcuttur. Magnezyum makro elementi için tüm ayların istasyon verilerine bakıldığında en yüksek seviyenin 'Eskişehir çıkışı' olarak söylenen 13. istasyonda 547,93 mg/L olduğu tespit edilmiştir. Magnezyumun sınır değerinin yoktur ancak suda 125 mg/L'yi aştığında tadının acı bir hal almasından dolayı, bu değer üzerinde çıkılması istenmeyen bir durumdur (Uğurluoğlu, 2013). Doğal sularda kalsiyumun magnezyumdan daha fazla olması beklenir. Kirlenmemiş sularda kalsiyum magnezyumdan 4 ya da 5 kat fazladır (Hütter, 1984). Hütter'in bu oranına göre çalışmada elde edilen sonuçlar uygun değildir. Ayrıca magnezyum elementinin Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında diğer aylara oranla daha yüksek seviyeleri dikkat çekmektedir. Bu aylarda Eskişehir Organize Sanayi Bölgesi'ndeki gıda sektöründen gelen atık suların yoğun bir şekilde salınması sonucu magnezyum değerlerinin artmış olabileceği düşünülmektedir.

Köse'nin 2012 yılında yaptığı çalışmada Porsuk Çayı'nda bazı elementlerin seviyelerini ölçmüşler ve ölçülen elementlerden biri olan magnezyumun en yüksek seviyesini 9. İstasyonda yani Sazılar mevki olarak bilinen Sakarya'nın döküldüğü noktada yıllık ortalama 109,4 mg/L olarak belirtmişlerdir.

Sodyum makro elementinin WHO ve EU direktiflerinde limit değeri 20 mg/L olarak belirtilmiştir. Ayrıca SKKY' ne göre 125 mg/l'nin altındaki değerler I. - II. sınıf Sınıf, 125 mg/l ile 250 mg/L arasındaki değerler III. Sınıf ve 250 mg/L'nin üstündeki değerler ise IV. Sınıftır. Tüm bu limit değerlere bakıldığında, istasyonlardan hepsinin sodyum açısından limit değerleri aşmadığı ve I. sınıf su kalite sınıfına girebileceği tespit edilmiştir. İstasyonlarda ölçülen sodyum değerlerinden en yüksek seviyesi Kasım ayında 17. istasyonda 75,36 mg/L olarak ölçülmüştür. 17. istasyon sodyum açısından Mayıs ve Ağustos ayı dışında bütün aylarda sodyumun en yüksek değerinin gözlemlendiği istasyon olmuştur. Sodyum seviyelerinin Mayıs 2016 ile Eylül 2016 arasındaki aylarda düşük seviyelerde olduğu ve Ekim ayı itibariyle artan sodyum seviyesinin Nisan 2017'e kadar yüksek seviyelerde kaldığı tespit edilmiştir. Çalışmanın sodyum seviyeleri açısından benzerlik gösterdiği, Uylaş' ın 2013 yılında yayınladığı çalışmada Seyitgazi yöresindeki sodyum seviyeleri araştırılmış ve mevsimsel olarak yorumlanmıştır. Uylaş sodyum seviyelerinin kış mevsiminde tüm istasyonlarda en yüksek ve ilkbahar mevsiminde ise en düşük seviyede olduğunu belirtmişlerdir.

Potasyum için su kalitesi ile ilgili mevzuatlarda herhangi bir limit değeri bulunmamakla birlikte doğal sularda 10 mg/L potasyum varlığı normal kabul edilmektedir. Çalışmada tüm aylar ve tüm istasyonlara bakıldığında en yüksek potasyum seviyesinin nisan ayında 19,10 mg/L ile 17. istasyonda belirlendiği gözlenmiştir. Bu değerin herhangi bir sınır değeri olmasa da normal olarak sayılabilecek bir değeri olduğu söylenebilir. Tüm istasyonlarda potasyum açısından bir kirlilik tespit edilmemiştir. Porsuk çayında daha önce Bakış ve ark. (2011)'nin yaptığı çalışmada yaz ve kış mevsimlerinde ölçtükleri potasyum seviyelerini sırasıyla; 5,06 mg/L ve 8,74 mg/L olarak bildirmişlerdir.

Mikro elementlerden olan bakırın ulusal ve uluslararası standartlarda sınır değerleri mevcuttur. Bakırın, EU (1998) ve WHO (2017)'ya göre limit değeri 2 mg/L ve EPA'ya göre limit değeri 0,013 mg/L'dir. SKKY'ye göre 0,02 mg/L'nin altında kalan seviyeler I. Sınıf, 0,02 ile 0,05 mg/L arasında ise II. Sınıf, 0,05 ile 0,2 mg/L arasında olan seviyeler III. Sınıf ve 0,2 mg/L'nin üzerinde ise IV. sınıf su kalite sınıfına sahip olmaktadır. Bakır seviyeleri tüm aylar için incelendiğinde en yüksek seviyenin 0,026 mg/L ile haziran ayında 13. istasyonda olduğu ortaya çıkmaktadır. Bakır açısından su kalite sınıfları değerlendirildiğinde II. Sınıf su kalitesine rastlanan istasyonlar vardır. Bakır, suya; topraktaki bakır minerallerinden ve boru ile bağlantılarının aşınması sonucu geçebilmektedir. İyonu iyi bir dezenfektan olduğundan kullanılır ve suyun pH'ına ve alkalinitesine etki eder. Havuzlarda bakır sülfat çözeltisi havuzun yosun tutmasını engellemek üzere kullanılmaktadır. (Tofan, 2008).

İran'ın kuzey bölgesinde yapılan bir çalışmada Sardaburd Nehri'nin element seviyeleri araştırılmıştır. 2013 yılında yapılan çalışmada nehrin bakır seviyelerinin oldukça düşük değerlere sahip olduğu ortaya çıkmıştır. Çalışma sonunda nehirde metal kirliliğinin olmadığı belirtilmiştir.

Çinko elementi için EPA (2009)'ya göre sınır değeri 0,12 mg/L'dir. SKKY'ye göre çinko seviyesi 0,2 mg/L'nin altındaki değerler I. Sınıf, 0,2 ile 0,5 mg/L arasındakiler II. Sınıf, 0,5 ile 2 mg/L arasında ise III. Sınıf ve IV. Sınıf su kalitesinde 2 mg/L'den yüksek değerlere sahip olunması gerekir. Çinko elementinin tüm aylar boyunca istasyonlar arasında en yüksek değeri 0,56 mg/L ile haziran ayında ve 8. istasyonda belirlenmiştir. İstasyonlarda genel olarak çinko kirliliği olmadığı ancak birçok istasyonda limit değerlere çok yakın değerlerin olduğu gözlenmiştir.

Çinko, galvanizleme işlemlerinden kaynaklı atık sulardan, çelik sanayiinden, ipek ipliği üretiminden ve katot arıtımındaki soğutma süreçlerinden gelen atık sularında oldukça fazla bulunmaktadır. Çinko kullanımının olduğu diğer sektörler şöyledir; kozmetik sektörü, boya maddeleri ve silgi, muşamba üretim tesisleridir (Yıldız, 2004).

Demirin, WHO (2008) ve EPA (2009)' ya göre limit değeri 0,3 mg/L'dir. SKKY' a göre demir seviyesi 0,3 mg/L'ni altında ise I. Sınıf, 0,3 ile 1 mg/L arasındaysa II. Sınıf, 1 ile 5 mg/L arasında ise III. Sınıf, 5 mg/L' nin üzerindeki seviyeler IV. Sınıftır. İstasyonlardaki değerlere bakıldığında en yüksek seviyenin 1,8 mg/L ile 17. istasyonda ve haziran ayında olduğu görülmektedir. Demir elementinin çalışma boyunca istasyonlarda oldukça farklılık gösteren değerleri dikkati çekti. Bunun yanı sıra demirin SKKY' ne göre su kalite sınıflarının değerlendirilmesi yapılırken pek çok istasyonun III. Sınıf su kalitesine gerilemesine sebep olan bir parametre olduğunu söylemek mümkündür. Sudaki demir seviyelerinin artmış olmasının farklı sebepleri olabilir. Demir farklı pek çok sektörde kullanılmaktadır. Su borularının yapılarında kullanılan demirin, suyun işlenmesinde de çökelten madde olarak kullanıldığı bilinmektedir. Ayrıca demir oksitler boya ve plastik sanayiinde ve diğer demir bileşikleri gıda boyaları ve ilaç sanayiinde kullanılmaktadır (Güler ve Çobanoğlu, 1997). Demir ve kalsiyum elementlerinin yetersizliğinin canlılarda kurşun emilimini arttırdığı bilinmektedir (Köse, 2007).

Çiftçi' nin 2012-2013 yılları arasında yaptığı çalışmada Seydisuyu Havzası su örneklerinde bazı elementleri analiz etmişler ve mevsimsel olarak bu seviyeleri değerlendirmişlerdir. Analizlerin sonucunda demir seviyelerinin en yüksek olduğu mevsimin sonbahar olduğunu ve özellikle ölçüm yaptıkları iki istasyonda bu seviyelerin pik yaptığını ortaya koymuşlardır. Pik değerleri ortalamaya katmadıklarında mevsimsel olarak sıralamanın sonbahar > kış > ilkbahar > yaz şeklinde olduğunu bildirmişlerdir.

Mangan mikro elementi için ulusal ve uluslararası standartlarda limit değerleri bulunmaktadır. Manganın EPA (2009) ve EU (1998)' ye göre limit değeri 0,05 mg/L iken WHO (2008)'ya göre limit değeri 0,1 mg/L'dir. SKKY ise 0,1 mg/L 'nin altındaki mangan seviyesine sahip suyu I. Sınıf, 0,1 ile 0,5 mg/L arasında ise II. Sınıf, 0,5 ile 3 mg/L arasındaysa III. sınıf ve eğer 3 mg/L'nin üzerindeyse IV. Sınıf su kalitesinde olarak kabul eder. İstasyonlardaki mangan seviyeleri incelendiğinde en yüksek seviyenin temmuz ayında 4. istasyonda 0,33 mg/L olarak ölçüldüğü görülmüştür.

Manganın suya geçişi toprak, sedimentler ya da metamorfik kayalardan olabilir. Metaller arasında yerkabuğundaki bulunma oranı en fazla olanlardandır. Oksijensiz sularda mangan iyonu çözünmüş durumdadır ve suyun oksijenlenmesiyle beraber kolaylıkla hidroksit halini alabilmektedir. Mangan çoğunlukla demir elementiyle beraber bulunmaktadır (Uçar, 2011).

Nikelin WHO (2017)'e göre limit değeri 0,07 mg/L' dir. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde nikelin 0,02 mg/L'nin altındaki seviyesi I. Sınıf, 0,02 ile 0,05 mg/L arasındaysa II. Sınıf, 0,05 mg/L ile 0,2 mg/L arasındaki seviyede ise III. Sınıf ve 0,2 mg/L'nin üzerindeki nikel seviyesi IV. Sınıftır. Mikro elementlerden olan nikelin istasyonlardaki seviyelerine bakıldığında örnekleme yapılan aylar boyunca en yüksek seviyenin 0,09 mg/L ile Sakarya karışım olarak anılan 17. istasyonda ve eylül ayında tespit edilmiştir.

Kayar ve elik'in 2003 yılında yayınladığı çalışmada, Gediz Nehri'nin bir kısmında, 1 yıl boyunca, 5 istasyondan su örnekleri alarak bazı elementleri (Pb, Cr, Cd, Mn, Zn, Ni, Fe, Cu, Al, Ba) incelemişlerdir. Örnekler incelendiğinde en yüksek nikel seviyesi Nif ayı istasyonunda 0,9 mg/L olarak ölçülmüştür. Sonuç olarak nehrin III. sınıf kalitede sulama suyu olduğunu bildirmişlerdir. Nehirdeki kirliliği önlemek için tedbir alınması gerektiğine vurgu yapılmıştır.

Sonuçlar incelendiğinde 2 numaralı istasyon olarak verilen porsuk kaynağından ve Kütahya giriş olarak nitelenen 6. İstasyona kadar element seviyeleri beklendiği gibi düşük seviyelerde gözlenmiştir. Kütahya çıkışında su alınan 7. İstasyonda, Eskişehir çıkışında (13. istasyon), Alpu (14. istasyon), Beylikova (15. istasyon), Yunussemre (16. istasyon) ve Sakarya nehri ile karışan kısımda (17. istasyon) ise element seviyelerindeki artışlar dikkat çekmektedir. Eskişehir

Porsuk ayı, bölgede içme ve kullanma, rekreasyon ve tarımsal sulama amacıyla yoğun olarak kullanılmaktadır. Bu havza içerisinde yer alan yerleşim birimlerinin bu çay ile etkileşimi oldukça önemlidir. Porsuk havzasının kirlenmesinin önüne geçilmesi için gerekli önlemlerin alınması ve özellikle organize sanayi bölgesinden Porsuk ayı'na deşarj yapılmasının engellenmesi gerektiğinin vurgusu yapılmalıdır. Su kalitesini izlemek ve denetimler yapmakla yükümlü kurum ve kuruluşların görevlerini yerine getirmeleri, üniversiteler, devlet kurumları ve özel kuruluşlar arası koordinasyonlarla izleme ve koruma çalışmalarının sürdürölmesi gerekmektedir.

KAYNAKÇA

- Akhter, M.S., Madany, I.M. (1993). Water Air Soil Pollution, 66, 111-119.
- Akın, M., Akın, G. (2007). Suyun önemi, Türkiye’de su potansiyeli, su havzaları ve su kirliliği. *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi*, 47:2, 105-118.
- Alemdar, S., Kahraman, T., Ağaoğlu, S., Alisharlı, M. (2009). Bitlis ili içme sularının bazı mikrobiyolojik ve fiziko-kimyasal özellikleri. *Ekoloji* 19:73, 29-38.
- Altundağ, H. (2002). Adapazarı Ev Tozlarında Ağır Metallerin Alevli Atomik Absorpsiyon Spektrometrik Teknikle Tayini, Yüksek Lisans Tezi, SAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- An, Y.J., Campbell, D.H. (2003). Total, dissolved and bioavailable metals at Lake Texoma marinas, *Environmental Pollution*, 122, 253–259.
- Ayaz, S. (2013). Havza koruma eylem planlarının hazırlanması projesi (Sakarya Havzası). Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu Marmara Araştırma Merkezi, Çevre ve Temiz Üretim Enstitüsü, Kocaeli.
- Aydın, S., Tüfekçi, N., Arayıcı, S., Soyhan, B. (1999). Temas havalandırılmalı sistemlerde Mn (II)’nın oksidasyonu. *Su Kirlenmesi Kontrolü Dergisi*, 9(3):33-40.
- Bakırcıoğlu, D. (2009). Toprakta makro ve mikro element tayini, Doktora Tezi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Edirne.
- Bakış, R., Koyuncu, H., Özkan, A., Banar, M., Yılmaz, G. ve Yörükoğulları, E. (2011). Porsuk Havzası yüzeysel ve yeraltı suyu kirlilik düzeyinin araştırılması, *Anadolu University Journal of Science and Technology*, Vol.:12, Sayı:2, 75-89.
- Bremond, R., Vuichard, R., (1973). Composantes Chimiques Des Eaux Ministere De La Protection De La Nature Et De Environnement. *Documentation Francaise*, Paris.
- Bulut, S., Mert, R., Solak, K., Konuk, M. (2011). Selevir Baraj Gölü’nün bazı limnolojik özellikleri. *Ekoloji* 20 (80): 13-22.
- Chale, F.M.M. (2002). Trace metal concentrations in water, sediments and fish tissue from Lake Tanganyika, *The Science of the Total Environment*, 299, 115–121.
- Cirik, S., Cirik, Ş. (1999). Limnoloji. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları*, 21, Ege Üniversitesi Basımevi, 166, İzmir.

- Çiçek A., Tokatlı C., Köse E., (2013). İçme ve kullanma suyu kalitesi, Uluslararası Türk Dünyası Çevre Sorunları Sempozyumu, 25-26 Kasım, Eskişehir, 23-27.
- Çiftçi, M. (2015). Seydisuyu (Eskişehir) havzasında su ve sediment kalitesinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Eskişehir.
- Delfino, J.J., Bortleson, G.C., Lee, G.F. (1969). Distribution of Mn, Fe, P, Mg, K, Na, and Ca in the surface sediments of Lake Mendota, Wisconsin, *Engineering Experiment Station*, 3:11, 1189-1192.
- Dündar, M. S., Altundağ, H., (2007). Investigation of heavy metal contamination in the lower Sakarya river water and sediments, *Environ. Monit. Assess*, No:128, 177-181.
- DSİ, (2015). Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Toprak ve Su Kaynakları.
- Egemen, Ö. (2006). Su Kalitesi, *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları*, 14;6, 150, İzmir.
- EPA Method 7000b, (2007). Flame atomic absorption spectrophotometry.
- EPA (2009). National Primary Drinking Water Regulations
- Garrels, R. M. (1967). Genesis of ground waters from igneous rocks. *Researches in geochemistry* (Ed: Abelson, P. H.), Wiley&Sons, New York.
- Göl, C. (2008). Kentsel Su İhtiyacının Karşılınmasında Sürdürülebilir Havza Yönetimi, TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi, 175-185.
- Gürel, E. (2011). Porsuk Çayı su kalitesinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Eskişehir.
- Güler, Ç. ve Çobanoğlu, Z. (1997). Kimyasallar ve çevre, *Sağlık Bakanlığı Temel Kaynak Dizisi*, 50, Ankara.
- Hounslow, A.W. (1995). Water quality data: analysis and interpretation. *Lewis Publishers*, 54.
- Hunn, J.B. (1985). Role of calcium in gill function in freshwater fishes. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 82A, 543-547.
- Hutter A.L. (1984). Wasser und wasseruntersuchung, *Laborbucher Chemie*, 2. neu bearbeitete und erweiterte Auflage, Almany.
- Iqbal, F., Raza, N., Ali, M., Athar, M. (2006). Contamination of Kallar Kahar Lake by inorganic elements and heavy metals and their temporal variations, *J. Appl. Sci. Environ. Mgt*, 10:2, 95-98.

- Kacar, B., Katkat, V. (2006). Bitki Besleme. Nobel Yayın No:849, İstanbul.
- Kaçaroğlu, F. (1991). Eskişehir Ovası yeraltı suyu kirliliği incelemesi, Doktora Tezi Hacettepe Üniversitesi, Ankara.
- Kagalou, I., Papastergiadou, E., Tsoumani M. (2002). Monitoring of Water Quality of Kalamas River, Epirus, Greece. *Fresenius Environmental Bulletin* 11 (10a): 788-794.
- Karavoltsos, S., Sakellari, A., Mihopoulos, N., Dassenakis, M., Scoullou, M.J. (2008). Evaluation of the quality of drinking water in regions of Greece, *Desalination*, 224, 317–329.
- Kayhan, F.E. (2004). İstanbul Ömerli Baraj Gölü doğal su kalitesinin fiziksel ve kimyasal parametrelerinin incelenmesi ve biyoverimliliğe etkisi. *Kırsal Çevre Ve Ormancılık Sorunları Araştırma Derneği Yayını*, Ankara.
- Kayhan, F.E., Muşlu, N.M., Koç, N., (2009). Bazı Ağır Metallerin Sucul Organizmalar Üzerinde Yarattığı Stres ve Biyolojik Yanıtlar. *Journal of Fisheries Sciences* 3 (2):153-162.
- Kır, İ., Tekin-Özan, S., Tuncay, Y. (2007). Kovada Gölü'nün su ve sedimentindeki bazı ağır metallerin mevsimsel değişimi. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 24; (1-2), 155- 158.
- Koralay, N., Kezik U., Kara Ö. (2015). Ormanlardaki üretim faaliyetlerinin su kalitesi ve sucul ekosisteme olası etkileri, Üretim İşlerinde Hassas Ormancılık Sempozyumu, 4-6 Haziran, Ilgaz, 300 – 313.
- Köse, E. (2007). Enne Barajı'nda yaşayan balıklarda ağır metal birikiminin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi, Biyoloji Ana Bilim Dalı, Kütahya.
- Köse, E. (2012). Porsuk çayı su, sediment ve bazı balık türlerinde ağır metal miktarlarının araştırılması, Doktora Tezi, Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Kütahya.
- Li, Y. ve Migliaccio, K. (2011). Water Quality Concepts, Sampling And Analyses, Taylor and Francis Group, CRC Press, LLC.
- Mendil, D. ve Uluözlü, Ö.D. (2007). Determination of trace metal levels in sediment and five fish species from lakes in Tokat, Turkey, *Food Chemistry* 101, 739-745.

- Misaghi, F., Delgosha, F., Razzaghmanesh, M., Myers, B. (2017). Introducing a water quality index for assessing water for irrigation purposes: A case study of the Ghezel Ozan River, *Science of the Total Environment*, 589, 107-116.
- Mutlu, E., Yanık, T., Demir, T. (2013). Horohon Deresi (Hafik-Sivas) su kalitesi özelliklerinin aylık değişimleri, *Alinteri*, 25:B, 45-57.
- Okur B., Yener H., Okur N., İrget E. (2001). Büyük menderes nehrindeki bazı kirletici Parametrelerin aylık ve mevsimsel olarak Değişimi, *Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 7;2, 243- 250.
- Ouyang, Y., (2005). Evaluation of river water quality monitoring stations by principal component analysis. *Water Res.* 39, 2621–2635.
- Özdemir, N. (1994). Tatlı ve tuzlu sularda alabalık üretimi. *Fırat Üniversitesi Yayınları*, 35-228, Elazığ.
- Özyürek, F. (2016). Nevşehir’de farklı su kaynaklarıyla sulanan sebzelerde ağır metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, Zn) birikimi, Yüksek Lisans Tezi, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Biyoloji Anabilim Dalı, Nevşehir.
- Pratt, P.F. (1972). Quality Criteria for Trace Elements in Irrigation Waters. *California Agric. Exp. Station*.
- Reyhani, P., Ansari M. A., Saeb, K. (2013), Assessment of heavy metals contamination in surface water of the upstream Sardabrud River, North of Iran, *Life Science Journal* 10:7.
- Selki, K. (2008). 5. Sakarya Havzasına genel bakış. *Dünya Su Forumu Bölgesel Hazırlık Süreci Türkiye Bölgesel Su Toplantıları, Havza Kirliliği Konferansı*, 26-27 Haziran, İzmir, 9 – 14.
- Smolders, A.J.P., Hudson-Edwards, K.A., Van der Velde G., Roelofsa J.G.M. (2004). Controls on water chemistry of the Pilcomayo river (Bolivia, South-America), *Applied Geochemistry*, 19, 1745-1758.
- Sossé, B.A., Genet, P., Dunand-Vinit, F., Toussaint, L.M., Epron, D., Badot, P.M. (2004). Effect of copper on growth in cucumber plants (*Cucumis sativus*) and its relationships with carbohydrate accumulation and changes in ion contents. *Plant Science* (166):1213-1218.
- Şen, B., Yıldız, Ş., Akbulut, A. (1994). Karamık Gölü Planktonundaki Bacillariophyta Üyeleri ve Su Kalitesinin Değerlendirilmesi. *XII. Ulusal Biyoloji Kongresi*, 5-8 Temmuz, Edirne, 166-172.

- Taş, B. (2011). Gaga Gölü (Ordu, Türkiye) su kalitesinin incelenmesi, *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi* 1;3, 43-61.
- Tofan, S. (2008). Konya bölgesindeki içme sularında metal tayini, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Torunoğlu, E. (2013). Küreselleşme ve çevre sorunları: Dünyaya ve Türkiye'ye bir bakış. *Uluslararası Türk Dünyası Çevre Sorunları Sempozyumu*, 25-26 Kasım, Eskişehir, 17-22.
- Tuğrul, D. (1999). AAS ile Pinus Radiato'da bazı elementlerin tayini, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Kimya Mühendisliği Fakültesi, Kocaeli.
- Tuna, G.A. (2013). Uluslararası Türk Dünyası çevre sorunları sempozyumu, Sunuş yazıları, 25-26 Kasım, Eskişehir, VII – VIII.
- Tursun, N. (2012). Bazı su yabancı otlarının bazı kimyasal özelliklerinin belirlenmesi, *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilim Dergisi*, 15:4, 37-46.
- Türkmen A., Türkmen M. (1999). Karasu Irmağı'nın (Aşkale Mevkii) bazı su kalitesi parametrelerinin mevsimsel değişimi ve su ürünleri açısından değerlendirilmesi, X. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu 22-24 Eylül Adana.
- Uçar, Ş. (2011). Konya Havzası yüzeysel su kaynaklarının ağır metal kirliliği yönünden incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Uğurluoğlu, A. (2013). Seydisuyu Havzası yeraltı su kalitesinin ve kirlilik düzeyinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Eskişehir.
- Uylaş, M. (2013). Seyitgazi Yöresi (Eskişehir) içme sularında bor seviyelerinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Eskişehir.
- Ünlü, A., Çoban, F., Tunç, M.S. (2008). Hazar gölü su kalitesinin fiziksel ve inorganik kimyasal parametreler açısından incelenmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 23:1, 119-127.
- Varol, S., Davraz, A. ve Varol, E. (2008). Yeraltı suyu kimyası ve sağlığa etkisinin tıbbi jeoloji açısından değerlendirilmesi, *TAF Preventive Medicine Bulletin*, 7:4, 351-356.
- WHO (2003). Sodium in drinking-water. Background Document for Development of WHO Guidelines for Drinking Water Quality, Geneva.

- WHO (2008). Guidelines for drinking-water quality: Third edition incorporating the first and second addenda. Volume 1 Recommendations, Geneva.
- WHO (2017). Guidelines for drinking-water quality: Fourth edition incorporating the first addendum, ISBN: 978-92-4-154995-0.
- Winchester, J.W., Nifong, G.D. (1971). Water pollution in Lake Michigan by trace elements from pollution aerosol fallout, *Water, Air and Soil Pollution*, 1:1, 50-64.
- Wright, D.A., Meteyer, M.J., Martin, F.D. (1985). Effect of calcium on uptake and toxicity in larvae and juvenils of Striped Bass, *The Bulletin of Environmental Contamination and Toxiology*, 34, 196-204.
- Yalçın, N., Aydın, A.O., Sevinç, V. (1989). Tarım Alanlarında Motorlu Araç Trafikinin Yol Açtığı Pb ve Zn Birikimi, TUBİTAK, Türk Mühendislik ve Çevre Bilimleri Dergisi, 3;13, 429-439.
- Yardımcı, M. (2001).İstanbul su arıtma tesislerinde demir-mangan problemi üzerine bir çalışma, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Yıldız, S. (2004). Konya ana tahliye kanalında ağır metal kirliliğinin ICP- AES tekniği ile incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Yılmaz, F. (2004). Mumcular Barajı (Muğla-Bodrum)'nin fiziko-kimyasal özellikleri. *Ekoloji* 13 (50): 10-17.
- Zeybek, Z. (2006). Akgöl'deki (Karaman-Konya) Bazı Su Kalitesi Parametrelerinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya.
- BEBKA, 2011. Çevre Durum Raporu.
http://www.bebka.org.tr/admin/datas/yayins/cevre_durum_raporu_2011.pdf
(Erişim Tarihi: 07.04.2017).