

**SEYDİSUYU (ESKİŞEHİR) HAVZASINDA
SU VE SEDİMENT KALİTESİNİN
BELİRLENMESİ**

Mesut ÇİFTÇİ
Yüksek Lisans Tezi

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı
Şubat-2015

**Bu tez çalışması Anadolu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri
(Proje No: 1101F011) tarafından desteklenmiştir.**

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Mesut ÇİFTÇİ'nin “Seydisuyu (Eskişehir) Havzasında Su ve Sediment Kalitesinin Belirlenmesi” başlıklı Çevre Mühendisliği Anabilim Dalındaki, Yüksek Lisans Tezi .../.../... tarihinde, aşağıdaki jüri tarafından Anadolu Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

Adı-Soyadı	İmza	
Üye (Tez Danışmanı)	: Prof. Dr. ARZU ÇİÇEK	
Üye	: Prof. Dr. CENGİZ TÜRE	
Üye	: Doç. Dr. ÖZGÜR EMİROĞLU	

Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
..... tarih ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

SEYDİSUYU (ESKİŞEHİR) HAVZASINDA SU VE SEDİMENT KALİTESİNİN BELİRLENMESİ

Mesut ÇİFTÇİ

**Anadolu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman: Prof. Dr. Arzu ÇİÇEK
2015, 115 sayfa**

Bu çalışma kapsamında, bor maden yataklarının ve tarımsal faaliyetlerin yoğun olduğu Seydisuyu Havzası'nda (Eskişehir) akarsu boyunca bulunan on iki adet örnekleme istasyonundan 2012-2013 tarihlerinde mevsimsel olarak yüzeysel su örnekleri ve sediment örnekleri alınmıştır. Alınan numunelerde arsenik ve bor başta olmak üzere, bazı ağır metal parametreleri ve bazı fizikokimyasal parametreler incelenmiş ve ulusal/uluslararası su kalitesi mevzuatlarına göre değerlendirilmiştir. Bu örnekleme istasyonları baz alınarak havzadasu ve sediment kalite sınıfları belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yüzeysel sular, Sakarya Havzası, Seydisuyu, Ağır metal, Sediment

ABSTRACT

Master of Science Thesis

DETERMINATION OF WATER AND SEDIMENT QUALITY IN SEYDISUYU BASIN (ESKISEHIR)

**Anadolu University
Graduate School of Science
Environmental Engineering Program**

Supervisor: Prof. Dr. Arzu ÇİÇEK

2015, 115 pages

Within this study, it had been taken seasonal water and sediment samples from twelvesampling stations along river in between 2012-2013 from Seydisuyu Basin (Eskisehir) which boron deposits and agricultural activities occurs intensively in. Some of heavy metal parameters especially boron and arsenic and some of physicochemical parameters were examined from received samples and evaluated with respect to national/international water quality legislations. It has been determined water and sediment quality rates based upon these sampling stations in the basin.

Keywords: Surface waters, Sakarya Basin, Seydisuyu, Heavy metal, Sediment

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışması boyunca büyük bir sabırla, destek veren, tecrübe ve birikiminden yararlandığım kıymetli danışman hocam Prof. Dr. Arzu ÇİÇEK'e en derin saygılarımı sunar ve teşekkür ederim.

Tez çalışması süresince önerilerini ve desteğini cömertçe sergileyen, ebedi dostum Uzm. Yard. Alper UĞURLUOĞLU başta olmak üzere, arazi ve analiz çalışmaları süresince birlikte çalıştığım tüm proje ekibimize teşekkür ederim.

Eğitim hayatım boyunca maddi ve manevi desteğini her zaman hissettiğim değerli aileme ve çalışmam süresince benimle birlikte emek sarfeden sevgili eşim Merve ÇİFTÇİ'ye sabır ve anlayışlarından ötürü sonsuz minnetlerimi sunarım.

Mesut ÇİFTÇİ

Ocak 2015

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	x
1. GİRİŞ	1
2. YÜZEYSEL SU KİRLİLİĞİ	9
2.1. Yüzeysel Suların Kirlilik Parametreleri	10
2.1.1.Arsenik	12
2.1.2.Bor	12
2.1.3.Kadmiyum.....	13
2.1.4.Krom	14
2.1.5.Bakır	14
2.1.6.Demir.....	15
2.1.7.Manganez	16
2.1.8.Nikel.....	16
2.1.9.Kurşun	17
2.1.10.Çinko	17
2.1.11.Potasyum	18
2.1.12.Kalsiyum	19
2.1.13.Magnezyum.....	19
2.1.14.Alüminyum	19

2.1.15.Sodyum	20
2.1.16.Silisyum.....	21
2.1.17.Sıcaklık.....	21
2.1.18.İletkenlik	22
2.1.19.Nitrit (NO_2^-).....	22
2.1.20.Nitrat (NO_3^-).....	22
2.1.21.Sülfat (SO_4^{2-}).....	23
2.1.22.Fosfat (PO_4^{3-})	23
2.1.23.Çözünmüş oksijen derişimi	24
2.1.24.Yükseltgenme-indirgenme potansiyeli.....	24
2.1.25.Hidrojen potansiyeli	25
2.1.26.Çözünmüş toplam katı.....	25
2.1.27.Amonyum (NH_4^+)	26
2.1.28.Tuzluluk	26
2.1.29.Kimyasal oksijen ihtiyacı.....	27
3. SEDİMENT KİRLİLİĞİ	28
4. MATERYAL VE METOD	33
4.1. Çalışma Alanının Tanıtımı	33
4.2. Arazi ve Laboratuvar Çalışmaları.....	45
5. BULGULAR VE TARTIŞMA	47
5.1. Su Örneklerinde Element ve Fizikokimyasal Analiz Sonuçları.....	47
5.2. Sediment Örneklerinde Element Analiz Sonuçları	78
6. SONUÇ	95
KAYNAKLAR	103

ŞEKİLLER DİZİNİ

2.1. Yüzeysel sular ve kirlilik kaynakları (Ærtebjerg ve ark. 2003).....	10
4.1. Seydisuyu Havzası (Uğurluoğlu 2013)	33
4.2. (a) Seydisuyu Havzası topoğrafya haritası kuzeyden bakış (Uğurluoğlu 2013).....	34
4.2. (b) Seydisuyu Havzası topoğrafya haritası güneyden bakış (Uğurluoğlu 2013).....	34
4.2. (c) Seydisuyu Havzası topoğrafya haritası doğudan bakış (Uğurluoğlu 2013).....	35
4.2. (d) Seydisuyu Havzası topoğrafya haritası üstten bakış (Uğurluoğlu 2013).....	35
4.3. Seydisuyu Havzası zamanlarına göre jeoloji haritası (Uğurluoğlu 2013)	36
4.4. (a) Seydisuyu Havzası mevsimsel yağış miktarları dağılım haritaları ilkbahar mevsimi (Uğurluoğlu 2013)	38
4.4. (b) Seydisuyu Havzası mevsimsel yağış miktarları dağılım haritaları yaz mevsimi (Uğurluoğlu 2013).....	38
4.4. (c) Seydisuyu Havzası mevsimsel yağış miktarları dağılım haritaları sonbahar mevsimi (Uğurluoğlu 2013).....	39
4.4. (d) Seydisuyu Havzası mevsimsel yağış miktarları dağılım haritaları kış mevsimi (Uğurluoğlu 2013).....	39
4.5. (a) Seydisuyu Havzası buharlaşma miktarları dağılım haritaları ilkbahar mevsimi (Uğurluoğlu 2013)	41
4.5. (b) Seydisuyu Havzası buharlaşma miktarları dağılım haritaları yaz mevsimi (Uğurluoğlu 2013).....	41
4.5. (c) Seydisuyu Havzası buharlaşma miktarları dağılım haritaları sonbahar mevsimi (Uğurluoğlu 2013).....	42
4.6. Seydisuyu Havzası alt havzaları (Uğurluoğlu 2013)	43
4.7. Seydisuyu İstasyonları Haritası.....	43
5.1. Alüminyum seviyeleri (mg/L).....	47
5.2. Arsenik seviyeleri (mg/L)	48
5.3. Kalsiyum seviyeleri (mg/L)	49

ŞEKİLLER DİZİNİ (DEVAM)

5.4. Potasyum seviyeleri (mg/L)	50
5.5. Magnezyum seviyeleri (mg/L)	51
5.6. Sodyum seviyeleri (mg/L)	52
5.7. Bor seviyeleri (mg/L)	53
5.8. Kadmiyum seviyeleri (mg/L)	55
5.9. Krom seviyeleri (mg/L)	56
5.10. Bakır seviyeleri (mg/L)	57
5.11. Demir seviyeleri (mg/L)	58
5.12. Mangan seviyeleri (mg/L)	59
5.13. Nikel seviyeleri (mg/L)	60
5.14. Kurşun seviyeleri (mg/L)	62
5.15. Silisyum seviyeleri (mg/L)	63
5.16. Çinko seviyeleri (mg/L)	63
5.17. Sıcaklık seviyeleri (°C)	64
5.18. İletkenlik seviyeleri (µS/cm)	65
5.19. Tuzluluk seviyeleri (ppt)	66
5.20. Toplam çözünmüş katı seviyeleri (g/L)	67
5.21. pH seviyeleri	68
5.22. Yükseltgenme-indirgenme potansiyeli seviyeleri (mV)	69
5.23. Amonyum seviyeleri (mg/L-N)	70
5.24. Toplam amonyum seviyeleri (mg/L-N)	70
5.25. Nitrat seviyeleri (mg/L-N)	71
5.26. Yüzdece çözünmüş oksijen derişimi seviyeleri (%)	73
5.27. Çözünmüş oksijen derişimi seviyeleri (mg/L)	73
5.28. Sülfat seviyeleri (mg/L)	74
5.29. Nitrit seviyeleri (mg/L)	75
5.30. Fosfat seviyeleri (mg/L)	76
5.31. Kimyasal oksijen ihtiyacı seviyeleri (mg/L)	77
5.32. Sediment alüminyum seviyeleri (mg/kg)	79
5.33. Sediment arsenik seviyeleri (mg/kg)	79

5.34. Sediment kalsiyum seviyeleri (mg/kg).....	80
5.35. Sediment potasyum seviyeleri (mg/kg).....	81
5.36. Sediment magnezyum seviyeleri (mg/kg).....	82
5.37. Sediment sodyum seviyeleri (mg/kg)	82
5.38. Sediment bor seviyeleri (mg/kg).....	83
5.39. Sediment kadmiyum seviyeleri (mg/kg)	84
5.40. Sediment krom seviyeleri (mg/kg).....	85
5.41. Sediment bakır seviyeleri (mg/kg).....	86
5.42. Sediment demir seviyeleri (mg/kg).....	87
5.43. Sediment mangan seviyeleri (mg/kg).....	88
5.44. Sediment nikel seviyeleri (mg/kg)	89
5.45. Sediment kurşun seviyeleri (mg/kg)	90
5.46. Sediment silisyum seviyeleri (mg/kg).....	91
5.47. Sediment çinko seviyeleri (mg/kg)	91

ÇİZELGELER DİZİNİ

4.1. Yüzeysel su istasyonlarına ait bilgiler	45
5.1. Dünya’da yapılmış çalışmalarda elde edilen ağır metal parametreleri derişimleri (mg/kg).....	94

SİMGELER VE KISALTMALAR

µg	: Mikrogram
µs	: Mikrosiemens
ASTER	: Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
ÇO	:Çözünmüş Oksijen
E	: Doğu
EPA	: Environmental Protection Agency
GPS	: Global Positioning System
İTSHY	: İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik
L	: Litre
m	: Metre
mg	: Miligram
mm	: Milimetre
mV	: Milivolt
N	: Kuzey
SAR	: Sodyum Absorbsiyon Oranı
SKKY	: Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği
TSE 266	: Türk Standartları Enstitüsü İçme Suyu Standardı
WHO	: World Health Organization
YAS	: Yeraltı Suyu
YSKYY	: Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği

1. GİRİŞ

Gezeganimizde yaşamın kaynağı ve devamlılığını sağlayan en önemli bileşik sudur. Basit molekül yapısına rağmen, yeryüzündeki bütün ekosistemler için vazgeçilmez bir ögedir. Su bu denli önemli bir kaynak olmasına karşın ne yazık ki gelişen yaşam standartları ve benimsenen yeni yaşayış biçimlerine bağlı olarak en yaygın anlamda kirletilen ortamların sucul ortamlar olduğu görülmektedir.

Sucul ortamlar içerisinde yüzeysel su kaynakları, kirletilmeye en müsait kaynaklardır. Yeryüzünde var olan suyun %97,4'ünün okyanus ve denizlerde tuzlu su formunda bulunduğu bilinmektedir. Bu orandan geriye kalan % 2,6'lık suyun tatlı su, yani yaşamsal faaliyetler için kullanılabilir nitelikte su olduğu ve bu rezervin yaklaşık % 79'luk kısmının buzullarda kullanılamaz durumda ve geriye kalan % 20'lik kısmında yer altı suyu olarak yer aldığı ortaya çıkmaktadır. Yani kısaca dünya üzerinde var olan suyun yalnızca % 0,26'lık kısmı kullanılabilir (Kocataş 1996).Türkiye, kişi başına düşen su miktarları ve yapılan projeksiyonlar göz önüne alındığında su fakiri ülke konumundadır. Ülkemizde 643 mm olan yıllık ortalama yağış yılda ortalama 501 milyar m³ suya karşılık gelmektedir. Bu suyun 274 milyar m³'ü toprak, su yüzeyleri ve bitkilerden olan buharlaşmalar vasıtasıyla atmosfere geri dönmekte ve 158 milyar m³'lük kısmı ise akışa geçerek çeşitli büyüklükteki akarsular ile denizlere ve kapalı havzalardaki göllere boşalmaktadır. Ayrıca, komşu ülkelerden ülkemize yılda ortalama 7 milyar m³ su akışı olmaktadır (Uğurluoğlu 2013). Ancak bu miktarların tamamı tüketilebilecek nitelikte değildir. Teknik ve ekonomik şartlar göz önüne alındığında yüzeysel su kaynaklarından yılda ortalama 98 milyar metreküp su tüketilebilir. 14 milyar m³ olarak belirlenen yenilenebilir yeraltı suyu potansiyeli ile birlikte ülkemizin tüketilebilir yerüstü ve yeraltı suyu potansiyeli yılda ortalama toplam 112 milyar m³ olmaktadır (Sargın ve Kaya 2010).

Gelişmekte olan ülkelerde nüfus artışına bağlı olarak şehirleşme ve paralelindeki endüstrileşme faaliyetleri sonucu su kullanımı artmış, arıtma tesislerinin yetersizliği, kentsel ve endüstriyel atık suların doğrudan akarsulara veya akarsu havzalarına deşarj edilmesi ve sulama suları ile taşınan kirleticilerin

akarsulara karışması sonucu akarsular kirlenmiştir (Kırkağaç ve Köksal2004; Richards ve ark. 1997). Oysa akarsular tarihin başından itibaren besin sağlama (tarımsal faaliyetler, balıkçılık), insani ihtiyaçların karşılanması (içme ve kullanma suyu olarak), ulaşım sağlama, enerji üretimi gibi amaçlar için kullanılmaktadır. Akarsular, sahip oldukları enerji, madde ve biyoçeşitlilik açısından zengin, aynı zamanda yeryüzündeki yüzeysel tatlı su kaynaklarının ve hidrolojik döngünün sürekliliğinin sağlandığı önemli ekosistemlerdir (Köse 2012).

Yüzeysel su kaynaklarının giderek artan bir şekilde kirlenmesi, su kalitesi izleme ve yönetimi çalışmalarının yapılmasını zorunlu kılmıştır. Su kalitesi izlemesi temel değerleri izleme, neden-sonuç izleme, uygunluk izleme ve envantere yönelik izleme amaçları için yapılır (Brooks ve ark. 1991). Bu izlemelerde izlenen ortamdaki kirliliğin kaynakları noktasal (point) ve noktasal olmayan-yaygın (non-point, diffuse) kaynaklar olarak ikiye ayrılır (Serengil 2003). Noktasal kaynakların çoğunlukla kontrol edilebilir olması ve denetim altında tutulması ile yaygın kaynakların önemi daha da artmıştır. Çünkü yaygın kaynaklar akarsu boyunca ve havzanın tümünde drenaj yoluyla pek çok kaynaktan karışmakta ve ayrı ayrı tanımlanıp kontrol edilmeleri mümkün olamamaktadır (Göncü ve Albek 2003). Akarsuların coğrafik konumlarının, fizikokimyasal, jeolojik, ekolojik özelliklerinin farklı olması barındırdığı bitki, hayvan ve mikroorganizma türlerinin farklılaşmasını sağlamaktadır. Bu biyolojik farklılıklar akarsular arasında olduğu gibi aynı akarsuyun farklı kesit ve bölgeleri arasında da görülmektedir (Köse 2012).

Yeryüzünün şekillenmesinde akarsular en büyük etkiyi göstermektedirler. En kısa tanımıyla bir akarsu yüzey sularının eğitilmiş bir yatak içerisinde akmasıyla oluşan sudur (Bolu 2007). Bir akarsuya ait karakteristik özellikler o akarsuyun havzasının özelliklerine göre şekillenmektedir. Dolayısı ile su ve sediment akışı havzanın topografik ve jeolojik yapısı tarafından etkilenmektedir (Wilcock 1992). Akarsu yapısı, yatağının bulunduğu bölgeyle etkileşim içerisinde olup akarsu ekosistemi yatağın eğimi, su yoğunluğu, derinlik/yatak genişliği ve kıyıdaki bitki örtüsüne göre farklılık gösterir. Bu faktörlerin akarsu karakteristiklerine olan etkisi çok büyüktür. Örneğin hızlı akan akarsular soğuk ve çözünmüş oksijen miktarı fazla olan akarsulardır. Durgun akarsular ise daha sıcak

ve çözünmüş oksijen miktarı az olan akarsulardır. Sudaki akıntının düzenli bir seviyede olması akarsu içerisinde madde taşınımını sağlayarak yaşayan organizmaların beslenmesini sağlarken, şiddetli bir akıntı ise su canlıları için yaşamsal tehlike anlamına gelmektedir. Çok akıntılı sularda canlı türleri az olmakla birlikte genellikle balıklar yaşamaktadır. Bu tür akarsularda sucul canlıların sediment tabakasında yaşadığı bilinmektedir (Bolu 2007).

Akarsuları temel alan su kalitesi yönetimi çalışmalarında o akarsuya ait havza sistemi bir bütün olarak ele alınmalıdır. Bu sayede kümülatif etki ve sonuçlar ışığında bazı olguları değerlendirmek, tek başına bir akarsuyun tekil etkilerini değerlendirmeye çalışıp genel sonuçlar elde etmekten daha kolay olacaktır (Serengil 2003). Kümülatif etki, geçmişteki, günümüzdeki ve yakın gelecekteki etkiler üzerinde yükselme, artış veya etkileşim yaratan insan etkileridir (Bolstad ve Swank 1997).

Su kirliliği, su kalitesinin değişmesi sonucu su ortamının doğal dengesinin bozulması olarak tanımlanır (Uğurluoğlu 2013) ve su kaynaklarının ve sucul ortamların kalitesini organik kirleticiler, petrol türevleri, metaller, doğal olmayan tarımsal gübreler, pestisitler, deterjanlar, inorganik tuzlar, sentetik organik kimyasallar ve atık ısı gibi kirleticiler düşürmektedir (Arslan ve ark. 2011; Yarsan ve ark. 2000; Bat ve ark. 2006). İnsani tüketim amacıyla kullanılacak suların berrak, aşırı sert olmayan, tat bakımından leziz, kokusuz ve tortusuz ve herhangi bir mikroorganizma ya da toksik madde içermeyen sular olması gerekir (Çalık ve ark. 2004).

Aktif su kirleticileri patojenler (bakteri, virüs, protozoalar), inorganik kirleticiler (asitler, tuzlar ve toksik metaller), anyonlar ve katyonlar (nitrat, sülfat, fosfat, Ca^{+2} , Mg^{+2} , F^{-}) ve suda çözünebilen radyoaktif maddeler olarak sınıflandırılır (Azizullah ve ark. 2010). Burada özellikle metallerin biyolojik birikebilirliği ve uzun süre alıcı ortamda kalabilmesi ve besin zinciri yoluyla canlı dokularında birikip toksik etkilere yol açması sebebiyle dikkatle izlenmesi gereklidir (Shrivasta ve ark. 2003). Söz konusu metaller belirlenen limit değerlerin üzerinde olduklarında organizmalar için toksik olurlar. Özellikle asidik özellikteki deşarjlar (asit yağmurları ve asidik atıklar) ağır metallerin su ortamlarındaki etkisini arttırmaktadır. Bu deşarjlar sonucu suyun pH değeri

düşmekte ve toprağa bağlı bulunan alüminyum, kadmiyum ve civa gibi zehirli metaller topraktan yıkanarak sucul ortama dahil olmaktadır (Köse 2012; Özdemir 2005).

Ağır metal içeriğinin sucul ekosistemlere atmosfer, endüstriyel faaliyetler sonucu oluşmuş atıklar, tarımsal ve evsel nitelikli atıkların deşarjı geçtiği bilinmektedir. Madencilik, eritme, yakma, endüstriyel atıklar, kömür kullanımı ve pestisit üretimi gibi faaliyetler sonucu sularda metal kirliliği meydana gelmektedir (Landis ve Yu 1999)

Akarsu sistemlerinde en önemli elemanlardan birisi de sedimentlerdir. Sedimentler sucul sistemde hayatını devam ettiren canlılar için barınma, üreme ve yaşamına devam edebilmek için beslenme faaliyetini gerçekleştirme alanlarıdır. Ağır metal içerikleri sucul sistem içerisinde mikro boyutlu taneciklere tutunarak çökmek suretiyle sedimentlerde birikmektedirler. Sedimentlerin su kalitesi ve suda yaşayan canlılar üzerinde doğrudan ve dolaylı olarak etkileri vardır. Dolayısı ile sediment kalitesi biyolojik çeşitliliğin ve su kalitesinin de önemli belirleyicilerindendir (Köse 2012; Gale ve ark. 2006). Ağır metal muhtevası yoğun olan sediment tabakasına haiz akarsularda, su kalitesinde ve suda yaşayan organizmalardaki biyoakümülyasyonda olumsuz etkiler ortaya çıkmaktadır. Bu da dolaylı olarak insan sağlığı ve ekosisteme yansımaktadır. Bu sebepten dolayı su kalitesi kontrolü çalışmalarında sedimentte bulunan ağır metallerin jeokimyasal dağılımlarının ve birikim mekanizmalarının belirlenmesi önemli bir yer tutmaktadır (Carmanve ark. 2007).

Yüzeysel sularda yapılan su kalitesi çalışmalarında, çalışma yapılan sucul ortamda bulunan sedimentlerin de göz önüne alınması, su kalitesi analizleri ile sediment kalitesi analizlerinin paralel olarak yapılması önem arz etmektedir. Sediment kalitesinin de su kalitesinin bir parçası olarak kabul edilmesi gereklidir.

Ülkemizde ve dünyada yüzeysel suların kalitesi, bütünleşik havza yönetimi ve su kalitesi izlemesi konusunda çok fazla sayıda çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalar başta çevresel olmak üzere jeolojik, ekolojik, istatistiksel bakış açılarıyla gerçekleştirilmiştir. Söz konusu çalışmaların önemli bir bölümünde sürekli izleme sonucu elde edilen veriler kullanılmış, çok az çalışmada ise sınırlı sürede elde edilen verilerle çalışılmıştır.

Bu tez çalışmasının yapıldığı bölgede, çok fazla sayıda yüzeysel su kalitesi izleme çalışması yapılmış, bu çalışmalar mikrobiyoloji, modelleme ve mevzuat tabanlı olarak çok farklı şekillerde gerçekleştirilmiştir.

Bakış ve ark. (2011) tarafından Eskişehir ilinde bulunan Porsuk Çayı ve havzasında kirlilik düzeyleri araştırılmıştır. Bu amaçla havza içerisinden ve çay boyunca 20 adet istasyon belirlenerek iki yıl süreyle mevsimsel olarak yüzeysel ve yeraltı suyu örnekleri toplanmıştır. Yüzeysel sularda ve yeraltı suyunda yaklaşık 18 parametre incelenmiş ve elde edilen sonuçlar mevsimsel değişikliklerin sebebine bakılmaksızın, 31.12.2004 tarih ve 25687 sayılı Resmi Gazete ile yayımlanarak yürürlüğe giren Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nin Kıta İçi Su Kaynakları Sınıfları Tablosu (Mülga:RG-30.11.2012-28483) ve uluslararası standartlarla karşılaştırılmıştır. Porsuk Çayı ve havzasındaki hem yüzey suyunun hem de yeraltı suyunun IV. Kalite su sınıfında olduğu tespit edilmiştir.

Yine Eskişehir ilinde yeraltı ve yüzeysel sularda Çakmak (2007) tarafındanyapılan çalışmada nitrat kirliliği araştırılmış ve kirlilik kaynakları göz önünde bulundurularak değerlendirilmiştir. Bu çalışmada Devlet Su İşleri III. Bölge Müdürlüğü'ne ait rutin su kalitesi çalışmalarında kullanılan 14 adet yüzeysel su numune alma noktasında Ocak 2004-Eylül 2006 periyodunda elde edilen veriler kullanılmıştır. Değerlendirme sürecinde proje ilindeki iklimsel, jeolojik, hidrojeolojik durum, ildeki nüfus dağılımı, alan kullanımı, gübre kullanım miktarları, hayvan sayısı, nitrat içeren atık su deşarj edebilecek sanayi kuruluşları, evsel atık sular ve katı atık depolama sahaları gibi pek çok faktör göz önüne alınmıştır. Yüzeysel su örnekleme noktalarından alınan örneklerde bulunan nitrat değerlerinin 0,087-24,25 mg/L arasında, amonyum değerlerinin 0,031-26,02 mg/L arasında ve nitrit değerlerinin ise 0,0033-1,75 mg/L arasında değiştiği tespit edilmiştir. En yüksek nitrat değerinin şeker fabrikası deşarjı sonrasındaki bir noktada, en yüksek amonyum değerinin ise kentsel atıksu arıtma tesisi çıkışında bir noktada ölçüldüğü belirtilmiştir.

Benzer bir çalışmada Göncü ve Albek (2009), Eskişehir ilinde Seydisuyu Havzasında yaygın fosfor kaynaklarının QUAL2EU ile modellenmesi çalışmasını yapmışlardır. Havzada yürütülen yoğun tarımsal faaliyetler sonucu akarsuya

karışan fosforun, yaygın kaynaklarının miktarları taşınım faktörleri ile belirlenmiş ve söz konusu akarsuya ait fosfor döngüsü QUAL2EU (Belirsizlik Analizleri ile Geliştirilmiş Akarsu Kalitesi Modeli) ile modellenmiştir. İki yıl boyunca ay bazında 2 ayrı istasyondan yapılan düzenli örneklemelelerde elde edilen verilerin kullanıldığı çalışmada ilk istasyonda elde veriler doğrudan model girdisi, ikinci istasyondan elde edilen veriler ise modelin kalibrasyonunda kullanılmıştır. Model sonuçları ile ölçüm sonuçlarının büyük oranda uyduğu tespit edilmiştir.

Porsuk Çayı ve Seydisuyu'nda yapılan çalışmada Yılmaz (2009) söz konusu akarsulardaki siyanobakterilerin karakterize edilmesi için Porsuk Çayı'na ait 21 ve Seydisuyu'na ait 5 farklı istasyon verileri ile çalışmıştır. Bu çalışmada özellikle yörede bulunan bir boraks fabrikasına ait bor atık havuzundan 2006 yılı boyunca yapılan örnekleme dikkat çekmektedir. Kültürel yöntemlerle Porsuk Çayı'nda 12 farklı cinse ait izolatlar, Seydisuyu'nda 6 farklı genusa ait izolatlar, bor havuzundan ise sadece *Leptolyngbya* cinsine ait izolatlar elde edilmiştir.

Küçük (1997), Antalya Körfezi'ne dökülen akarsularda (Köprüçay ve Manavgat Nehirleri ile Aksu, Alara, Kargı ve Dim Çayları) yaptığı çalışmada yayılış gösteren balık türleri ve bazı su kalitesi parametreleri (su sıcaklığı, çözünmüş oksijen, pH, elektriksel iletkenlik, toplam sertlik) ve akarsu karakteristikleri (hız, debi, yükselti, yatak genişliği) araştırılmıştır. Küçük bu çalışmada membadan mansaba doğru seçilmiş 27 istasyondan elde edilen verileri mevsimsel olarak incelemiştir. Söz konusu çalışma esasında balıklara yönelik bir tür tespiti çalışması olarak nitelendirilse de çok sayıda istasyonla ve uzun örnekleme süreleriyle çalışılması bakımından su kalitesi izleme çalışmalarında önemli bir örnektir.

Yılmaz (2011) tarafından Dipsiz-Çine Çayı'ndan (Muğla, Aydın) Alınan Su, Sediment ve *Unio crassus* (Bivalvia: Unionidae) örneklerinde ağır metal miktarlarını araştırdığı çalışmasında, bahsi geçen akarsular üzerinde belirlenen 6 istasyondan Mart – Ekim 2010 yılları arasında mevsimlik ve aylık numuneler alınmıştır. Alınan suların fizikokimyasal analizleri yapılmış, amonyum, nitrit ve nitrat azotu, orto-fosfat fosforu ve organik kirlilik parametreleri ölçülmüştür. Su, sediment ve *Unio crassus* bireylerinin ayak, manto ve solungaçlarındaki ağır metal birikiminin belirlenmesi amacıyla, su ve sediment için tüm istasyonlardan

ve midye dokuları için iki istasyondan bir kez numune alınarak bunlarda bulunan toksik etkiye sahip Al, As, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, Se ve Zn ağır metallerinin seviyeleri araştırılmıştır. Su örneklerinde yapılan fizikokimyasal analizler için iki farklı su kalitesi tayin yöntemi kullanılmıştır. Su, sediment ve midye örneklerindeki ağır metal içeriğinin belirlenmesi için spektrofotometrik yöntem kullanılmıştır.

Yapılan çalışmalarda toplanan su örneklerinin değerlendirilmesinde mevzuatlar ve bilimsel kalite kriterleri kullanılmaktadır. Ülkemizde yapılan çalışmalarda toplanan su örneklerinden elde edilen sonuçlar, 31.12.2004 tarih ve 25687 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği ve bu yönetmeliğe bağlı olarak çıkartılan tebliğler, 30.11.2012 tarih ve 28483 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği, 17.02.2005 tarih ve 25730 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik ve TS 266 - Sular ve İnsanî Tüketim Amaçlı Sular Kalite Standardı kapsamında incelenmektedir. Ayrıca çalışmalarda, Avrupa Çevre Ajansı (EEA) tarafından hazırlanan Su Çerçeve Direktifi (Water Framework Directive (Directive 2000/60/EC) ve Birleşik Devletler Çevre Koruma Ajansı (USEPA) mevzuatı da yine göz önüne alınmakta, ülkemiz mevzuatı ile uluslararası mevzuatlar karşılaştırılmaktadır. Ancak sediment kalitesine dair ülkemiz mevzuatında herhangi bir kriter bulunmaması dolayısıyla, çalışmalarda elde edilen sonuçlar uluslararası bazı sediment kalite kriterlerine göre değerlendirilmektedir. Çeşitli bakış açılarıyla hazırlanan bu sediment kalite kriterlerinin her birinin bir diğerine göre avantajları ve dezavantajları vardır. Bu kriterlerin en büyük dezavantajı aynı anda çok sayıda parametreye göre yorum yapmaya uygun olmamalarıdır.

Bu tez kapsamında, bor maden yataklarının ve tarımsal faaliyetlerin yoğun olduğu Seydisuyu Havzası'nda (Eskişehir) akarsu boyunca bulunan 12 adet istasyondan 2012-2013 tarihlerinde mevsimsel olarak yüzeysel su örnekleri ve sediment örnekleri alınmıştır. Alınan numunelerde arsenik ve bor başta olmak üzere elementel ve bazı fizikokimyasal parametreler incelenmiş ve değerlendirilmiştir. Ulusal ve uluslararası mevzuatlarda ve literatürde verilen limit

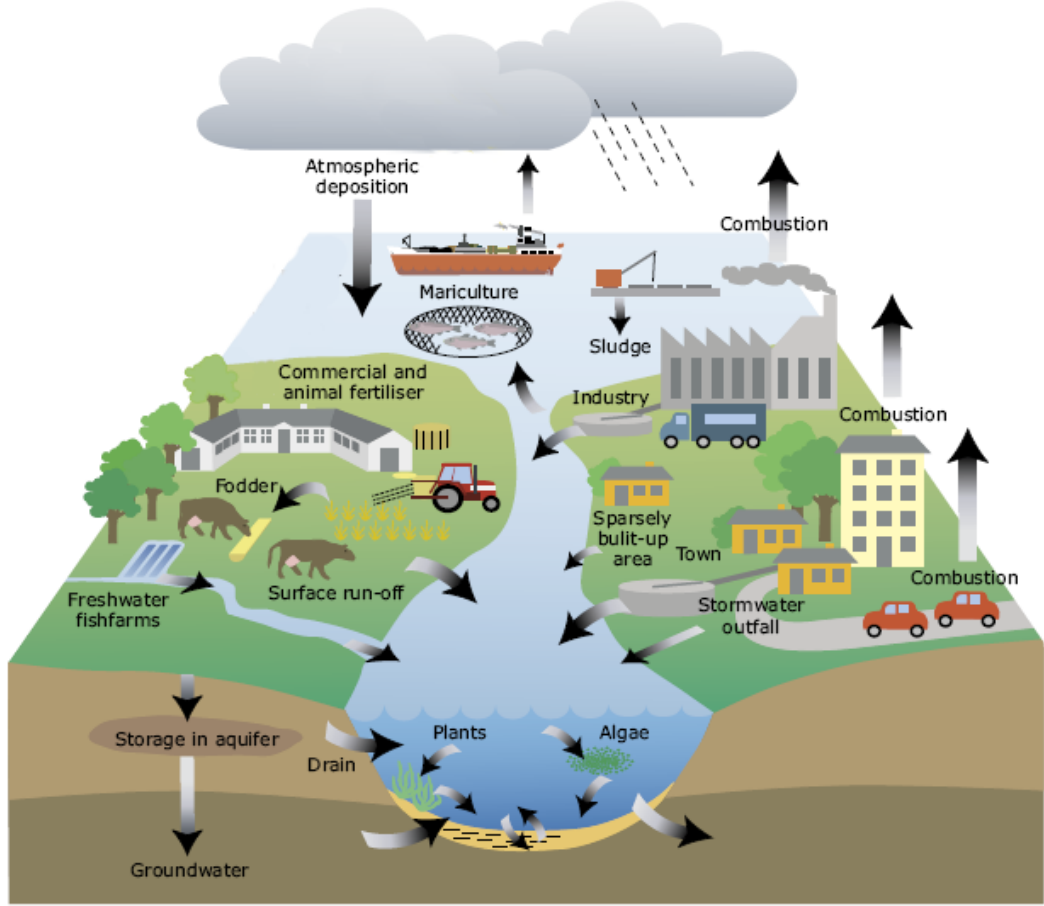
değerler baz alınarak havzanın su ve sediment kalitesine yönelik değerlendirmelerde bulunulmuştur.

2. YÜZEYSEL SU KİRLİLİĞİ

30.11.2012 tarih ve 28483 sayılı Resmi Gazete ile yayımlanarak yürürlüğe giren Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği'nde yüzeysel sular, “Yeraltı suları haricindeki bütün iç sular, geçiş suları ve kıyı suları” olarak tanımlanmıştır. Doğal durumda bulunan yer altı suları çoğunlukla iyi kalitededir. Çünkü toprak tabakası yeraltı suları için muhtemel kirlenmeler için bir önleyici ya da filtre görevi görmektedir. Ancak yüzeysel sular kirlenmeye yeraltı sularından çok daha müsaittir. Bunda yüzeysel suların doğal ve antropojenik kaynaklar ile iç içe olmaları en büyük etkindir. Yüzeysel su kirliliği, insani tüketim amacıyla kullanılan suların çok büyük oranda yüzeysel su kaynakların çekilmesi sebebiyle çok önemli ve takip edilmesi gereken bir konudur. Türkiye İstatistik Kurumu'nun açıkladığı verilere göre belediyeler tarafından içme ve kullanma suyu şebekesi için çekilen toplam su miktarı 2010 yılında 4.784.734.000 m³/yıl olmuştur. Bu miktarın % 47,1'i barajlardan, % 3,3'ü akarsulardan ve % 1,7'si gölet ve denizlerden çekilmiştir. Dolayısı ile çekilen su miktarının yaklaşık % 52,1'i yüzeysel su kaynaklarından çekilmiştir. Yine aynı kurumun istatistikleri incelendiğinde oluşan atıksuyun % 96'sı yüzeysel su kaynaklarına deşarj edilmekte, bu miktarın ortalama % 25'i arıtılmadan deşarj edilen sulardan oluşmaktadır.

Su kirliliği, su kalitesinin değişmesi sonucu su ortamının doğal dengesinin bozulması olarak tanımlanır (Uğurluoğlu 2013) ve su kaynaklarının ve sucul ortamların kalitesini organik kirleticiler, petrol türevleri, metaller, doğal olmayan tarımsal gübreler, pestisitler, deterjanlar, inorganik tuzlar, sentetik organik kimyasallar ve atık ısı gibi kirleticiler düşürmektedir (Arslan ve ark. 2011; Yarsan ve ark. 2000; Bat ve ark. 2006). Yüzeysel su kirliliği genelde insan faaliyetlerinden kaynaklı olarak ortaya çıkan deşarjlardan çok fazla etkilenmektedir. Evsel ve endüstriyel nitelikli atıksular, tarımsal faaliyetlerle kirlenmiş topraklardan yıkanan sular, katı atıklar, atık depolama sahalarından sızan sular ve kontrolsüzce yapılan her deşarj yüzeysel sular için birer kirletici etkindir.

Yüzeysel su kirliliğine neden olan çeşitli kaynaklar Şekil 2.1.de gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Yüzeysel sular ve kirlilik kaynakları (düzenleme; Ærtebjerg ve ark. 2003)

2.1.Yüzeysel Suların Kirlilik Parametreleri

Suya olan gereksinimin artmasıyla beraber su kaynaklarının kalitesinin izlenmesi büyük önem taşımaktadır (Uğurluoğlu 2013). Yüzeysel su kaynaklarının kalitesinin (fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik özellikleri) saptanması suların içme, insani ve ticari amaçlar için kullanılma ve sulamaya uygunluğunun belirlenmesinde ve mevcut kalitesinin korunmasında en önemli kriterlerdir. Suyun kalitesini, suda çözünmüş olan çözünenler ve gazlarla birlikte suyun içinde bulunan ve yüzen maddeler belirler (Demir 2008).

Yüzeysel suların kalitelerinin belirlenmesi yerinde ve laboratuvar ortamında yapılan çalışmalarla sağlanmaktadır. Yerinde, yani numune alımının yapıldığı anda belirlenmesi gereken bazı parametreler vardır. Arazide yapılan çalışmalar in-situ çalışmalar olarak adlandırılır ve sıcaklık (T), pH, elektriksel iletkenlik (EC), toplam çözünmüş katı madde (TDS), çözünmüş oksijen derişimi (O_2), redoks potansiyeli (E_h), alkalinite/asidite, sertlik, koku, tat ve renk gibi parametrelerin ölçümünü kapsar. Laboratuvar ortamında yapılan analizlerde ise ağır metaller başta olmak üzere tüm katyon ve anyonlar (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Fe^{2+} , Mn^{2+} , Al^{3+} , Pb^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} , Ba^{2+} , Sr^{2+} , Si^{4+} , Li^+ , NH_4^+ , SO_4^{2-} , Cl^- , HCO_3^- , CO_3^{2-} , NO_3^- , NO_2^- , PO_4^- vb.) ve mikrobiyolojik bazı parametreler (fekal ve toplam koliform) analizleri yapılır (Uğurluoğlu 2012, Demer 2008).

Yüzeysel sularda doğal olarak bulunan pek çok element mevcuttur. Bunların çoğunluğu eser miktarda olmalarına rağmen özellikle su ortamının mevcut yapısından (jeolojik yapı) kaynaklı olarak suya dâhil olurlar. Örneğin arsenik eser miktarlarda da olsa pek çok yüzeysel suda bulunmaktadır. Şili, Meksika, Bangladeş, Çin ve Hindistan gibi bazı ülkelerde suyun yapısındaki doğal arsenik kirliliği çok ciddi bir problemdir (Anonim WSH). Sularda sertliğe yol açan kalsiyum ve magnezyum elementleri de yüzeysel suların doğal birer elementidir. Akış ortamına bağlı olarak bakır, alüminyum ve sodyum da eser miktarlarda da olsa yüzeysel sularda bulunmaktadır. Ayrıca yine sucul ortamın kayaç tabakasıyla etkileşimlerine bağlı olarak uranyum ve radon gibi elementler de yüzeysel sularda bulunabilmektedir (Anonim WSH).

Bu tez çalışması kapsamında alınan su örneklerinde, Bor (B), Kadmiyum (Cd), Krom (Cr), Bakır (Cu), Demir (Fe), Manganez (Mn), Sodyum (Na), Nikel (Ni), Kurşun (Pb), Çinko (Zn), Potasyum (K), Magnezyum (Mg), Alüminyum (Al), Kalsiyum (Ca), Silisyum (Si) ve Arsenik (As) ağır metal analizleri gerçekleştirilmiştir. Alınan su örneklerinde incelenen fizikokimyasal parametreler ise sıcaklık ($^{\circ}C$), iletkenlik ($\mu S/cm$), tuzluluk (ppt), toplam çözünmüş katı (g/L), pH, yükseltgenme-indirgenme potansiyeli (mV), amonyum (mg/L-N), nitrat (mg/L-N), nitrit (mg/L), çözünmüş oksijen derişimi (mg/L), yüzde çözünmüş oksijen (%), fosfat (mg/L), sülfat (mg/L), kimyasal oksijen ihtiyacı (mg/L) parametreleridir.

2.1.1. Arsenik

Arsenik tüm canlılarda ve ekosistemlerde iz halinde bulunan ve yer kabuğunun doğal yapısında madenlerle birlikte bulunan bir elementtir. Arsenik toksik bir elementtir ve arsenik zehirlenmesine arsenikoziz denir. Toksik bir element olmasının yanında maruz kalınan dozaja göre yıllar ya da saatler içerisinde öldürebilmektedir. Arseniğin, beslenme ortamına, şekline ve endüstriyel etkinliklere bağlı olarak canlı metabolizmasındaki yoğunluğu ve etkileri değişmektedir. Bu doğrultuda insan ve hayvanlara yansıyan arsenik yoğunlukları giderek artmaktadır (Baş ve Demet 1992).

İçme suyu kaynaklı arsenik maruziyeti ciltte, mesanede ve böbreklerde kansere ve çeşitli rahatsızlara yol açmaktadır. Maruziyet sonucu ayrıca deride hiperkeratosis denen lekeler ve pigment bozuklukları gözlenmektedir. Arsenik kaynaklı uzun vadeli sağlık etkileri; cilt hastalıkları, cilt kanseri, diyabet, mesane, akciğer ve böbrek kanserleri, nörolojik bazı etkiler (polinöropati vb.), yüksek tansiyon ve kalp krizi, gastrointestinal semptomlar, kemik iliği rahatsızlıkları, kırmızı kan hücrelerinin azalması, karaciğer boyutunda büyüme ve kan hücreleri bozuklukları şeklindedir. 500 µg/L'den daha yoğun oranda arsenik derişimine sahip sulardan içen her on kişiden birinin akciğer, mesane ya da cilt kanseri sonucu hayatını kaybettiği hesaplanmaktadır (Anonim WSH).

2.1.2. Bor

Bor, genellikle yüzeysel sularda endüstriyel kirletici olarak bulunmaktadır. Borun sularda bulunması daha çok borik asit (H_3BO_3) şeklinde gerçekleşmektedir (Uylaş 2013, Uygan ve Çetin 2004). Tüm dünya göz önüne alındığında yeraltı sularının bor içeriği 0,3 mg/L ile 100 mg/L, tatlı sularda ise 0,01 mg/L ile 1,5 mg/L arasında değişim göstermektedir (Ünlü ve ark. 2011). Topraktaki bor miktarını etkileyen önemli faktörlerden biri sulama suyu varlığıdır. Yeraltından ya da yüzeysel sulardan sağlanan sulama suları borun toprakta dolayısı ile bitkide ve dolayısı ile insan vücudunda birikmesini sağlamaktadır. Bor insan vücuduna bitkiler ve su haricinde gaz veya toz halinde solunması neticesinde de girebilmektedir. Özellikle bor madeninin çıkartıldığı bölgelerde bu durum sıklıkla

gözlenmektedir. Temas yoluyla borun insan vücuduna girmesinde bir diğer etmende kozmetik maddeler ve ilaçlarla mümkün olmaktadır (Doğan ve ark. 2005).

Sulama suyundaki bor muhtevası kayaçlardan kaynaklanmakta ve su yapısına katılmaktadır. 1 mg/L'den fazla bor içeren sulama sularının sulamada kullanılması bitkilerde ve topraklarda sorunlara yol açmaktadır (Uygan ve Çetin 2004).

Bor elementi günlük hayatta kullandıklarımız başta olmak üzere (cam, sabun, seramik, iletişim vb.) pek çok üründe ve endüstride hammadde olarak kullanılmaktadır. Borun toksik etkisi düşük olmakla birlikte karaciğer, böbrek ve merkezi sinir sisteminde anormalliklere yol açtığı bilinmektedir. Çocuklarda 15-30 gr boraks veya 2-5 gr borik asidin doğrudan alınması durumunda havale ve koma, yetişkinlerde ise baş ağrısı, ishal ve kusma gibi belirtiler ortaya çıktığı gözlenmiştir (Uğurluoğlu 2013, Uylaş 2013).

2.1.3. Kadmiyum

Kadmiyum elementi ekosistemde en tehlikeli ağır metal kirleticilerinden biri olup canlı organizmalar için toksiktir (Asri ve ark.2007). Fosforlu gübre kullanımından kaynaklı olarak tarım topraklarında az veya orta düzeyde kadmiyum birikimi gözlenmektedir. Kadmiyum topraklardaki ve bitkileri kolay taşınımı sebebiyle besin zincirine girmekte ve bitki ve hayvan sağlığı açısından tehlikeli olabilmektedir (Asri ve ark.2007).Kadmiyum genellikle endüstride kaplama ve galvenize işlemlerinde kullanılan, korozyona uğramayan bir elementtir. Böcek ilaçlarının yapısında, nükleer santrallerde ve plastik yapımında stabilizatör olarak da kullanılır. Kadmiyumun günlük hayatı da etkileyen en popüler kullanımları ise pil ve boya endüstrilerinde de kullanılıyor oluşudur. Özellikle nikel kadmiyum pillerin yaygınlığı bilinmektedir. Kurşun üretiminde yan ürün olarak ortaya çıkmaktadır (Edujee ve ark. 1985).

Toprak ve su yapısında akümüle olan kadmiyum, mikroorganizmalar ve besinler aracılığıyla hayvan ve insan metabolizmasına girebilmektedir. Bitki bünyesinde Kadmiyum birikimi verim ve kaliteyi azaltmakta olup ürün kaybına

yol açmaktadır. Kadmiyum ve bileşenleri böbrekler ve karaciğerde birikerek yüksek tansiyon, akciğer kanseri, kemik erimesi ve kansızlık gibi önemli rahatsızlıklara neden olabilmektedir (Asri ve ark. 2007).

2.1.4. Krom

Doğada metalik halde bulunmayan krom bazik ve ultrabazik kayaçlarla bulunmaktadır (Uğurluoğlu 2013). Çözünen kayaçlarla birlikte tanecik boyutuna indirgenerek taşınır ve su ortamına dahil olur. Ayrıca endüstriyel deşarjlarla da krom sucul ortamlara girmektedir. Krom çeliğin sertleştirilmesinde, paslanmaz çelik üretiminde, metal temizleme, alaşımlama, korozyon önleyici kaplamalarda, boya imalatı, patlayıcı madde üretimi, kağıt ve tekstil endüstrilerinde kullanılmaktadır. Krom, erime sıcaklığının yüksek olması sebebiyle kalıp ve tuğla yapımında da kullanılmaktadır. Cam yapısına katıldığında yeşil bir renk verir. Ayrıca yün liflerinin boyanmasında krom mordan boyaları kullanılmaktadır. Krom bileşikler ayrıca gübrelerde ve pestisitlerde de kullanılmaktadır.

Doğal sulara krom derişimi 0.01 mg/L'nin altındadır (Kaçaroğlu 1991). Yüksek derişimlerde krom içeren suların biyokimyasal oksijen ihtiyacı değerleri düşük olmaktadır. Bu sular düşük pH değerleri dolayısı ile asidik olmakta ve suda yaşayan mikroorganizmalar için çok zehirli etki göstermektedirler. Bu durum, suyun kendini temizleme mekanizmasını bozmaktadır.

Günlük krom ihtiyacı 50–200 mikrogram arasındadır. Yüksek dozlarda krom maruziyeti, gastrointestinal sistemi hastalıkları ve kanserleri, kanama diatezi ve ciltte alerjik reaksiyonlara sebebiyet olabilmektedir (Uğurluoğlu 2013, Varol ve ark. 2008).

2.1.5. Bakır

Bakır yeryüzünde toprakta, suda ve havada bulunabilen bir elementtir. Kayaçların yapısında doğal formda ve bakır içeren sülfür halinde de bulunur ve çözünürlüğü çok düşüktür. Kolay eğilip bükülebilmesi ve iletken olması sebebiyle eski su tesisatlarında, eski yemek kaplarında, bozuk paralarda, elektrik tellerinin

yapımında ve pek çok elektronik aletin yapısında kullanılır. Bakır, canlı yapısı için de gerekli olan bir element olup çok miktarda alınması halinde ise sağlık açısından zararlara yol açar.

Doğal sularda bakır varlığı ancak eser miktarlardadır (0,05 mg/L kadar). Yüzeysel suların bakırla kirlenmesi çok büyük oranda endüstriyel deşarjlar sonucu olmaktadır. Genellikle asidik özellikle atıksu deşarjı yapan madenlerde drenaj suları yüksek derişimlerde bakır içermektedir. (Kaçaroğlu 1991, Uğurluoğlu 2013). Zira asit, bakırı çok iyi çözebilmektedir.

Bakır, tarım faaliyetlerinde mantar öldürücü (fungisit) ve alg öldürücü (algisit) özellikte ilaçların yapısına katılmaktadır. Havada ve suda bulunan bakır bileşiklerinin toz zerreciklerine yapışmış halde bulunması nispeten daha iyi bir durumdur. Çünkü solunduğu zaman tutulan toz zerrecikleri ile birlikte vücuda girişı engellenmiş olur. Aynı şekilde sudan da filtrasyon ile ayrıştırılabilir. Ancak toza bağılı olmayan bakır bileşikleri suda çözünmez ve doğrudan vücuda girerler ve sağlığı etkilerler. Bakırın yarattığı bilinen en büyük sağlık sorunları sindirim sistemi üzerinde olmaktadır. Wilson hastalığı (Hepatolentiküler dejenerasyon) olarak bilinen rahatsızlık, ileri çocukluk veya genç erişkinlik dönemlerinde ortaya çıkan otozomal resesif geçişli bir hastalıktır. Hastalarda, vücuda alınan bakır safra ile atılamayıp önce karaciğer daha sonra beyin, böbrekler ve korneada birirmektedir (Öztürk ve ark. 2006). Bu rahatsızlığa haiz kişiler 1.3 ppm den daha düşük seviyelerdeki bakıra da duyarlıdırlar (Kaçaroğlu 1991).

2.1.6. Demir

Demir, yeryüzünde en yaygın olarak bulunan, pek çok kayacın yapısında doğal olarak bulunan bir elementtir. Yüzey suyunda bulunan demir, akış yataklarında var olan kayaç yapısından, toprağın kendi yapısından ve endüstriyel faaliyetler sonucunda oluşan atıksulardan geçmektedir. Kömür külleri, kömür yatakları ve maden drenaj suları ve malzeme korozyonu da demirin sulara geçmesini sağlayan diğer önemli kaynaklardır (Kaçaroğlu 1991). Manganda birlikte demir, ağır metallerin zehir etkisi en az olanıdır.

Vücutta demirin fazla olması durumunda karaciğer yetersizliği ve mide problemleri ortaya çıkmaktadır. Ancak canlı vücudu için gerekli olması sebebiyle de eksikliği anemi başta olmak üzere çeşitli sorunlara yol açar. Özellikle saç kopmaları ve tırnak kırılmaları en belirgin gözlenen durumlardır (Varol ve ark. 2008). Sularda ise yüksek demir derişimi mikroflora üzerinde değıştirici etkiye sahiptir. Demir oksit sularda fazla zararlı olmamakla birlikte, çeşitli demir bileşikleri sert olmayan sularda pH'yı düşürmek suretiyle balıklara zehir etkisi yapmaktadır (Anonim 2014). Örneğin demir hidroksit balıkların solungaçlarını tıkayarak ölmelerine neden olur (Anonim 2014).

2.1.7. Manganez

Demir ile birlikte mangan, ağır metaller içinde zehir etkisi en az olandır. Tıpkı demir gibi, sularda derişiminin 0.5 mg/L üzerinde olması durumunda ağızda mürekkep tadı bırakır. Endüstride geniş alanlarda kullanıldığı için yüzeysel sulara ve yeraltı sularına karışmaktadır. Demir çelik endüstrisi emisyonları yoğun miktarlarda mangan içermekte ve atmosfere salınmaktadır. Yine madenlerden kaynaklanan atıksular da mangan kaynaklarıdır. (Kaçaroglu 1991) Yüksek oranda mangan maruziyeti sonucu Alzheimer hastalığı ortaya çıkabilmektedir.

2.1.8. Nikel

Nikel element olarak bazik ve ultrabazik kayalarda bulunan minerallerin yapısında bulunur. Krom ile birlikte paslanmaz çelik ve sofra ürünleri imalatında alaşım üretiminde kullanılır. Sofralarda kullanılan çatal, bıçak, kaşıklarda yer alan 18/10 ibaresi krom ve nikel alaşımının oranlarını ifade etmektedir.

Sularda nikel derişiminin fazla olması çoğunlukla endüstriyel deşarjların bir sonucudur. Özellikle pil endüstrisinde yaygın olarak üretilen nikel kadmiyum içerikli piller önemli bir kaynaktır. Nikel tuzlarının sulu çözeltileri astım, burun ve gırtlak kanseri ile alerjik deri iltihaplanmalarına neden olmaktadır. (Kaçaroglu 1991)

Nikelin zararlılık sınırı balıklar için 1-5 mg/L, plankton düzeyi canlılar için 3-4 mg/L'dir. 6 mg Ni/L sularda mikrobiyolojik olayları inhibe edebilir. (Anonim 2014)

2.1.9. Kurşun

Ağır metaller içerisinde zehirleyici etkisi en yüksek olan elementlerden birisi kurşundur. Bu etkilerin gözlenmesinde, kurşunun endüstride yaygın olarak kullanılması sonucu tüm ortamlarda (hava, toprak, su) yayılabilmesi ve gıda ve solunumla canlı bünyesine dahil olabilmesi etkilidir. Özellikle akaryakıtlara bağlı olarak tonlarca kurşun ve kurşunlu bileşik atmosfere yaygın olarak verilmektedir. Meteorolojik olaylarla yeryüzüne ve toprağa inen kurşun bileşikleri bu sayede su ortamlarına da dahil olabilmektedir. Kurşun madenleri ve metal endüstrileri, akü ve pil fabrikaları, petrol rafinerileri, boya endüstrisi ve patlayıcı sanayii atık sularında da istenmeyen derişimlerde kurşun kirliliğine rastlanır.

Kandaki kurşun derişiminin 0,2 µg/ml üzerinde olması durumunda olumsuz sağlık etkileri görülmeye başlanır. Çocuklarda sinir sistemi üzerinde ciddi etkileri bulunmaktadır. Yetişkinlerde ise ellerde felç ve his bozukluklarına yol açmaktadır. Düzenli olarak aynı derişimde kurşuna maruz kalan bireylerde (su veya besin yoluyla) iştahsızlık, zayıflama, yorgunluk, başağrısı, anemi, ağızda madeni tat, kansızlık, mide şikâyetleri gibi metabolik zehirlenme bulguları, dişetlerinde koyu mavimsi çizgiler ve daha ileri durumlarda sinirlilik, huzursuzluk ve hipertansiyon gözükabilmektedir. (Selinus ve ark. 2005)

Yüzeyssel sulardaki kurşun derişiminin 0,1 mg/L'den az olması durumunda sucul canlılar büyük oranda bu kirlilikten etkilenmezler. Ancak bazı hassas balıklar için 0,1-0,2 mg/L toksisite sınırını teşkil eder. İçme sularında en fazla 0,05 mg Pb/l bulunmalıdır (Anonim 2014).

2.1.10. Çinko

Çinko yer kabuğunda oldukça yaygın olarak bulunan ve demir, bakır ve alüminyumla birlikte en çok kullanılan elementtir. Çinko mineralleri sedimanter

kayaçlar ve humuslu orman topraklarında oldukça yaygın olarak bulunur (Uğurluoğlu 2013).

Endüstride geniş kullanım alanlarının bulunması ve tarım faaliyetlerinde kullanılan gübrelerden dolayı yaygın olarak suya ve toprağa çinko karışmaktadır. Tekstil, gübre, metalürji ve kimya endüstrilerinde çinko elementi geniş kullanıma sahiptir. Yüzeysel sulara çinko geçişi, topraktan ve akış ortamında bulunan kayaç yapısından, tarım alanlarından ve gübrelerden ve atmosfere karışan çinko bileşiklerinden geçmektedir. Yüzeysel sularda ve yeraltı sularındaki çinko miktarı genellikle 0,05 mg/L'den daha az olmaktadır (Uğurluoğlu 2013).

Çinkonun vücuda 25 mg/L civarındaki derişimlerde birkaç olumsuz etkisi bulunmakla birlikte genel olarak zehirli etki yaptığında dair herhangi bir çalışma yoktur (Anonymous 1996c).

2.1.11. Potasyum

Potasyum tüm hayvan ve bitki dokularında bulunan yaşam için gerekli bir elementtir. Dolayısı ile birincil potasyum kaynağı canlı yapısında bulunan ve beslenme ile taşınan potasyumun kendisidir. Zira özellikle sebze ve meyvelerde olmak üzere tüm bitkilerin yapısında bulunur (Anonymous 2009b).

Yüzeysel sularda bulunan potasyum derişimi bünyesinde potasyum bulunan bitki ve canlıların toprakta ayrıştırılmasıyla ve potasyumlu minerallerin bozunmasıyla ortaya çıkan potasyumdur. Ayrıca içme suyu arıtımında potasyum permanganat oksidant olarak kullanılmaktadır. Bazı ülkelerde su yumuşatma işleminde iyon değişimini sağlamak üzere sodyum klorit yerine ya da sodyum klorit ile karıştırılarak potasyum klorit kullanılmaktadır. Böylece potasyum iyonları kalsiyum ve magnezyum iyonları ile değişmektedir (Anonymous 2009b).

Yüksek dozda potasyum alımına bağlı olarak ortaya çıkan sağlık problemleri göğüste sıkışma, mide bulantısı ve kusma, ishal, nefes darlığı ve kalpte ritim bozuklukları, kramplar şeklindedir. (Anonymous 2009b, Varol ve ark. 2008).

2.1.12. Kalsiyum

Kalsiyum insan vücudu için en gerekli elementlerden birisidir. İskelet sisteminde ve kanda bulunur. Vücut metabolizması günlük olarak 1000 mg kadar kalsiyuma ihtiyaç duymaktadır. Eksikliğinde çocuklarda raşitizm hastalığı başta olmak üzere kemik ve iskelet sistemi rahatsızlıkları, saç ve tırnakların kolay kırılabilmesi gibi rahatsızlıklar ortaya çıkmaktadır. Sudaki derişimi günlük alınması gereken ihtiyacın üzerinde olduğunda böbrek taşı oluşumuna sebep olur (Varol ve ark. 2008).

Sularda kalsiyum varlığı sertlik ile ilişkilendirilir. Su yapısına kalsit, aragonit, dolomit, jips, anhidrit, fluorit, plajiolklas, piroksen, amfibol ve feldspat minerallerindeki kalsiyumun çözünmesi ile geçmektedir (Uğurluoğlu 2013). Tuzlu ve sürekli akan sularda toprakla ve kayalarla olan etkileşimden dolayı bol miktarda kalsiyum bulunur. Atmosfer basıncının ve sıcaklığın artması, sudaki kalsiyum miktarını artırır (Bayındır 2006).

2.1.13. Magnezyum

Kalsiyum ile birlikte sularda sertliğe neden olmaktadır. Doğal kayaların yapısında bulunan magnezyum karbonatın erimesi sonucu sulara karışmaktadır. Selinus ve ark. (2005) yaptığı çalışmalarda su sertliğinin az olduğu yerlerde kalp ve damar rahatsızlıklarının daha yaygın olduğu ortaya çıkarılmıştır. Ancak çok yüksek seviyelerde alınması sonucu çeşitli bağırsak rahatsızlıklarına yol açtığı ifade edilmiştir (Varol ve ark. 2008). Yine de sularda sertliğin (kalsiyum ve magnezyuma bağlı olarak) sağlık yönünden ciddi bir sorun teşkil etmeyeceği düşünülmektedir (Skipton ve Dvorak 2009).

2.1.14. Alüminyum

Yer kabuğunda en çok bulunan elementlerden birisidir. Feldspat, feldspatoid, mika ve amfibol gibi magmatik kayaç minerallerinde yüksek seviyelerde bulunur. Sularda çok az bulunur ve sedimanterlerde ise alüminyum

açısında zengin olan mineraller killerin yapısında bulunur (Uğurluoğlu 2013). Toprak erozyonu, madencilik ve tarımsal faaliyetler, volkanik patlamalar ve katı yakıtların yakılması sonucu alüminyum atmosfere karışır. Doğal sulardaki alüminyum konsantrasyonu çeşitli fizikokimyasal ve mineral yapısından kaynaklı durumlara göre değişir. Gıdaların yapısında da doğal olarak alüminyum bulunur ya da katkı maddeleriyle dahil olur (Anonymous 1998). Bunların içerisinde su, alüminyum en fazla taşıma potansiyeline sahip etkindir (Bakar ve Baba 2009).

Sularda bulunan çözünmüş alüminyum derişimleri nötre yakın pH'larda 0,001 ile 0,05 mg/L arasında değişir. Su yapısı daha asidik ya da sudaki organik madde miktarı daha fazla ise bu derişim 0,5-1 mg/L aralığında olur (Anonymous 1998).

Yüksek derişimlerde alüminyum alınması sakıncalı bir durumdur ancak bu durum sonucu ortaya çıkan etkiler genellikle kısa süreli ve hafiftir. Mide bulantısı ve kusma, deride kızarıklıklar gibi etkileri gözlenmektedir. Alüminyumun Bugüne kadar saptanan en önemli etkisi sinir sistemi üzerinedir (Onur 1997).

2.1.15. Sodyum

Sodyum iyonu su yapısında çok yaygın olarak bulunur. Çoğu su kaynağı litrede 20 mg'dan daha az olmak üzere sodyum içermektedir. Ancak jeolojik yapıyla alakalı olarak bazı bölgelerde bu miktar 250 mg/L civarına kadar çıkabilmektedir. Tuzlu su girişimleri, mineral etkiler, deniz suyu püskürmeleri, lağım suları ve kış mevsimlerinde yapılan yol tuzlama çalışmaları sodyumun yüzeysel sulara geçmesini sağlar. Ayrıca su arıtımında kullanılan sodyum flüorit, sodyum bikarbonat ve sodyum hipoklorit gibi kimyasallar da su içerisindeki sodyum derişimini litrede 30 mg'a kadar çıkarabilmektedir (Anonymous 1996b). Sudaki çözünürlüğünün çok olması da sodyumun su içerisinde yüksek oranda bulunmasında etkilidir.

Yarattığı tuzluluk etkisi sebebiyle özellikle sulama sularında sodyum varlığı ciddi bir kirlilik olarak kabul edilir. Sodyumun yüksek oranlarda sudaki varlığı toprak tabakasında adeta bir kabuk etkisi oluşturmakta ve bitki köklerinin hava almasını engellemektedir. İnsan yaşamı için gerekli bir element olmasına rağmen

günlük alınması gereken miktarı hakkında net bir söylem mevcut değildir. Bununla birlikte tuzun yapısındaki sodyum tansiyonu yükselten bir element durumuna geçer. Tansiyon rahatsızlığı olanların az sodyumlu suları tüketmesi önerilmektedir (Akgiray 2003).

2.1.16. Silisyum

Silisyum yer kabuğunda bol miktarda bulunan, suda zor çözünen ve çok aktif olması sebebiyle doğada serbest olarak bulunması mümkün olmayan bir elementtir (Uğurluoğlu 2013). Yer kabuğunda silisyum silis formunda (SiO_2) bulunur. Bu bileşik doğal sularda genellikle 1-30 mg/L arasındaki derişimlerde bulunmaktadır (Hem 1992).

Silisyum vücuttaki büyüme süreçlerinde yaygın olarak kullanılan bir element olup deri, tendon, kemik episisi, aort duvarları, bağ dokusu gibi organlarda bulunur. İnsan vücudunda olması gereken ya da alınması gereken miktarlar net olmamakla birlikte eksikliğinin kalp ve damar rahatsızlıklarına yol açtığı düşünülmektedir. Ayrıca fazla silisyum alınmasının kanserojen etki yaparak yemek borusu kanseri yaptığı öne sürülmektedir (Aksoy 2006).

2.1.17. Sıcaklık

Yüzey sularda sıcaklık, coğrafi konum, yükselti, mevsim, günün farklı saatleri, akarsu debisi, derinlik ve kirletici kaynaklardan karışan atık özelliklerine bağlı olarak değişir (Uğurluoğlu 2013). Su ortamında devam eden tüm süreçler sıcaklığın etkisiyle kontrol edilmektedir. Özellikle içme sularında suyun lezzeti sıcaklığa bağlıdır ve içme suyunda 7-12 °C aralığında sıcaklık ideal içim lezzetini sağlamaktadır. Çok daha sıcak sular mide bulantısı hissi yaratabilmektedir. Çok daha soğuk sular ise mide ve bağırsakta sancı oluşturur.

Sudaki oksijenin çözünürlüğü suyun sıcaklığıyla doğrudan alakalıdır. Sıcak sularda oksijen az çözünür. Ayrıca sıcaklık suda pek çok kimyasal bileşiğin çözünürlüğünü arttırarak sudaki aktivitesini arttırır (Stevens ve ark. 1975).

Akarsuların su sıcaklıkları tarım ve endüstriyel faaliyetlerle ile ciddi oranda etkilenmektedir. Özellikle hidroelektrik santralleri ve nehir yatağındaki regülatörler suyun doğal sıcaklığı ve yapısını büyük ölçüde etkilemektedir(Küçük 1997).

2.1.18.İletkenlik

İletkenlik, suyun içerdiği iyonların derişimine bağılı olarak elektrik akımını iletebilme özelliğidir. Suda var olan iyonların derişimi, hareket kabiliyeti, değerkleri ve sıcaklığa bağılı olarak iletkenlik değışmektedir. Sıcaklık artışı suda çözünen iyon miktarını arttırdığı için elektriksek iletkenliği de arttırmaktadır. Sudaki toplam iyon derişimi hakkında fikir vermesi bakımından toplam elektriksel iletkenlik, diğerk bir deyişle konduktivite iyi bir parametredir.

2.1.19.Nitrit (NO₂⁻)

Nitrit, organik maddelerin parçalanması sonucu oluşan amonyağın, inorganik bileşiklere dönüşmesi sırasındaki ilk oksidasyon safhası sonucu oluşur. Sularda düşük miktarlarda bulunur. Nitrit, oksijen varlığında kararsız bir yapıda olup amonyak-nitrat ya da nitrat-azot oksit dönüşümlerinde ara form yapısındadır. Su yapısında nitritin bulunması söz konusu kaynağa dışkı ile kirlenmiş suyun sızdığını yani organik kirlenmeye bağılı biyolojik süreçlerin varlığına bir işarettir (Tayyar 2005).

Nitrit, nitrattan çok daha zehirleyicidir. Kandaki hemoglobini bağlayarak metahemoglobine dönüştürerek kanın oksijen taşıyıcı yapısını bozar. Ayrıca nitrit, vücutta bulunan aminler ve amidlerle çeşitli koşullar altında reaksiyona girip kanserojen etkiye sahip nitrosaminleri oluşturur. (Uğurluoğlu 2013, Kaçaroğlu 1991).

2.1.20.Nitrat (NO₃⁻)

Parçalanmış organik maddelerin azotlarının oksidasyonu ile tamamen mineralize olmuş ve kirlilik bakımından zararsız hale gelmiş bileşiklerdir (Tayyar 2005). Yetişkinler için etkileri zararsız düzeydedir. İnsan faaliyetlerinden kaynaklı olarak (suni gübreler) toprağa ve dolayısı ile suya karışmaktadır. İçme sularında nitrat sınırı TSE 266 standardı ve AB standartlarına göre 50 mg/L'dir.

Midedeki pH derecesine bağlı olarak suyla alınan nitrat, midede nitratı nitrite indirgeyebilen bakterilerin de varlığının olması halinde nitrite indirgenebilir. Bu durum daha çok bebeklerde görülür. Ancak mavi bebek hastalığı olarak bilinen ve bebeklerde methaemoglobin oluşması sonucu ortaya çıkan zehirlenme türünün doğrudan nitrat ile bağlantılı kabul edilemeyeceği yönünde çalışmalar mevcuttur (Varol ve ark. 2008).

2.1.21. Sülfat (SO_4^{2-})

Sularda en çok bulunan bileşiklerden birisi olup kalsiyum sülfat formunda su yapısında bulunurlar. Toprakta sulara basit fiziksel süzölmelerle dahi geçebilmektedirler. Toprak ve kayaç yapısından doğal katılımlarının yanı sıra kağıt endüstrisi atıkları, tekstil ve deri sanayi, metalürji endüstrisi atıksuları, asit üretimi ve kükürt içeren maden sahalarının suları da sülfatın sulara karışmasında etkilidir (Demir 2008).

TSE 266, Avrupa Birliği ve Dünya Sağlık Örgütü standartlarına göre sülfat için limit değer 250 mg/L'dir. Özellikle sülfür bileşiklerinin suda oluşturduğu tat ve koku sebebiyle sülfat önemli bir kirleticidir.

2.1.22. Fosfat (PO_4^{3-})

Fosfor temel besin maddelerinden biri olarak canlılar için gerekli bir elementtir. Su kirliliğinde ortofosfatlar, polifosfatlar ve organik fosfatlar önemli bileşikler olarak karşımıza çıkmaktadır. Yüzeysel su kaynaklarında görülen ve ciddi bir problem olan ötrofikasyon sudaki aşırı fosfor varlığında ortaya çıkan bir problemdir. Fosfor suda fosfat bileşikleri halinde bulunur.

Fosforun taş yapma etkisi olmakla birlikte kazanlarda taş oluşumu ve korozyonun önlenmesi çalışmalarında da kullanılmaktadır. Sulardaki varlığı evsel atıksular, deterjanlar ve organik maddelerin bünyesinde bulunan fosfor sayesinde teşkil edilmektedir. Biyolojik arıtma süreçlerinde fosfat bileşikleri kullanılmaktadır.

İnsan ve hayvanlar için zehirli etkileri nadir olan fosfat için TSE 266 ve Avrupa Birliği standartları 400-5000 µg/L sınırı koymuşlardır.

2.1.23. Çözünmüş oksijen derişimi

Suda çözünebilen bir gaz olan oksijen, hava ile temas eden sularda bulunmaktadır. Özellikler yüzeysel sularda yüzey genişliğine, sıcaklığa ve akarsu yatağının düşüşüne bağlı olarak sudaki derişimi değişmektedir. Yüksekten düşen sular doğal olarak havalandırılmış, oksijen derişimi arttırılmış olur.

Su yapısında bulunan çözünmüş oksijen oksitlenebilen organik maddelerle reaksiyona girer ve sudaki organik madde gideriminde birincil etki gösterir. Organik kirlenmenin az olduğu sularda çözünmüş oksijen derişimi uzun süre muhafaza edileceği için su kalitesinde mesafeye bağlı değişimler olmaz.

Sudaki çözünmüş oksijen derişimi suyun derinliği, sıcaklığı, içerdiği madensel tuzlar, su ortamında yaşayan canlılara ve suyun dalgalı olup olmamasına göre değişir. İçme sularında oksijen varlığının sağlığa doğrudan etkisi bulunmamakla birlikte suyun lezzeti yönünde etkilidir. (Tayyar 2005).

2.1.24. Yükseltgenme-indirgenme potansiyeli

Yükseltgenme-indirgenme potansiyeli (Oksidasyon Redüksiyon Potansiyeli - ORP),suların yükseltgenebilme ve indirgenebilme kapasitelerinin bir ifadesidir. Suyun redoks potansiyeli olarak da ifade edilebilir. Birimi milivolt olup kirlenmemiş yeraltı sularında + 500 ile – 100 mV arasında değişim gösterir (Brownlow 1979).

ORP ve pH verileri, değerlendirme yapılırken birlikte kullanılmaktadır. Bu sayede suda mevcut çözünmüş haldeki metaller ve diğer kimyasalların beklenen

oksidasyon durumları değerlendirilebilir. Pozitif yönde çıkan ORP değeri söz konusu suyun okside edici özelliğinin fazla olduğunu göstermektedir. Aynı şekilde ORP değerinin negatif olması o suyun antioksidan özellikte olduğunu bir ifadesidir. ORP değerinin (-) olması sağlık açısından tercih edilebilir bir durumdur.

2.1.25. Hidrojen potansiyeli

Hidrojen potansiyeli yani pH (potansiyel hidrojen), su içerisinde bulunan hidrojen iyonlarının bir ölçüsüdür. Sudaki asitlik ve bazlık özelliklerinin anlaşılmasını sağlar. pH parametresi, hidrojen iyonunun oluşmasını ya da azalmasını teşvik eden tepkimelerin su yapısında gerçekleşmekte olduğunu gösterdiği için pH değişimleri sularda kirlenmenin gerçekleştiğini gösterir (Hem 1992). Aynı akarsu üzerinde bir birini takip eden iki istasyondan alınan numuneler arasında pH bakımından ciddi değişiklikler var ise bu durum söz konusu kesitte kirlilik kaynağının olabileceğine bir işarettir. pH, su yapısına katılan deşarjların kimyasal niteliklerine göre de değişebilmektedir.

pH değerinin 1 birim artması, suyun önceki durumuna göre 10 kat daha alkali ya da asidik olduğunu göstermektedir. pH skalası 14 birimdir ve nötr sularda pH 7 olarak ölçülür. Doğal bir suda pH aralığı farklı kaynaklarda farklı şekillerde verilse de I. ve II. Sınıf kalite yüzeysel sular için bu aralık Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği'nde 6,5-8,5 olarak belirlenmiştir.

2.1.26. Çözünmüş toplam katı

TDS (Total Dissolved Solids), su yapısında çözünmüş olarak bulunan inorganik tuzlar ve organik maddelerden oluşmaktadır. İnorganik tuzlar ağırlıklı olarak kalsiyum, magnezyum, sodyum, potasyum, bikarbonat, klor ve sülfatlar şeklindedir (Uğurluoğlu 2013). Özellikle kış aylarında karayollarında yapılan tuzlama çalışmalarından dolayı su kaynaklarına karışan tuzlar da toplam çözünmüş katı derişimine katkıda bulunmaktadır.

2.1.27. Amonyum (NH_4^+)

Amonyum (NH_4^+), amonyak (NH_3) bileşiminin doğal sulara bulunan halidir. Tüm azotlu bileşiklerde olduğu gibi amonyum da sudaki varlığı dikkatle izlenmesi gereken bir bileşiktir. Çünkü yüzeysel suların içme suyu temini amacıyla kullanılması halinde yüksek amonyum derişimleri pek çok problem yaratmaktadır. Bu sebepten dolayı içme suyu temininde kullanılacak su kaynaklarında amonyum derişiminin 0,2-1,5 mg/L düzeyinde olması istenir (Anonim 2014b). Amonyumun sudaki varlığı su ortamında kısa süre önce meydana gelen bir fekal nitelikli kontaminasyonun varlığına işaret etmektedir.

Fekal kirlilikler genelde evsel atıksuların su kaynaklarına karıştığının bir belirtisidir. Dolayısı ile amonyum parametresinin izlenmesi insan sağlığı için çok önemlidir. Amonyum sulara tat ve koku problemlerine de yol açar. Amonyumun sulardaki diğer kaynakları da gübreler ve endüstriyel deşarjlardır. TSE 266 ve Avrupa Birliği mevzuatınca amonyum için standart değerler 0,05-0,5 mg/L NH_4 olarak verilmiştir. Yeraltı sularında amonyum genellikle 0,2 mg/L seviyelerinde bulunur. Toprak yapısında humik madde miktarı arttıkça bu topraktan süzülen sulara bağlı olarak bu derişim de artar. Yüzeysel sulara 12 mg/L'ye kadar derişimlerde amonyum bulunabilir. Amonyum içme sularında klor aminle yapılacak dezenfeksiyon işlemi sonucunda görülebilir (Anonymous 1996a).

2.1.28. Tuzluluk

Özellikle tarımsal sulama amacıyla kullanılacak yüzeysel sulara tuzluluk parametresi çok büyük önem taşımaktadır. Toprak ve kayaçların yapısında bulunan çözünabilir tuzlar, yağmur ve yüzey akışlarıyla çözünerek yeraltı sularına karışmaktadır. Daha sonra yüzeye çıkan bu sulara buharlaşmanın etkisiyle su uzaklaşmakta ancak yapısındaki tuz toprak yüzeyinde kalmaktadır. Bu tarımsal faaliyetler açısından ciddi zararlara yol açmaktadır. Tuzluluk doğal sulara 5 ppt, deltalarda 5-30 ppt ve denizlerde 30 ppt seviyelerinde bulunmaktadır. (Özkaldı ve ark. 2004)

2.1.29. Kimyasal oksijen ihtiyacı

Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), BOİ parametresi ile birlikte sudaki organik maddelerin sebep olduğu kirlenmeyi ifade etmenin bir diğer yoludur. KOİ, BOİ'den farklı olarak yalnızca biyokimyasal yollarla okside olabilen organik maddeleri değil, ayrıca kimyasal yollarla da okside olabilen tüm organik maddelerin bir ölçüsüdür.

Alınan su numunesi pH'ın çok düşük olduğu koşullarda güçlü kimyasal oksitleyiciler ile işlenir. Çoğu organik bileşik % 90 – 100 oranında bu yöntemle oksitlenebilmektedir. Dolayısı ile KOİ, organik maddelerin türleri arasında ayrım yapmadığından dolayı kolektif bir parametredir (Anonim 2005c). KOİ, organik maddeyi parçalamak için gerekli olan oksijen ihtiyacının BOİ'ye göre daha tutarlı bir ifadesidir. Bazı organik maddelerin oksitlenmeleri zor olabilmektedir. Dolayısı ile KOİ parametresi incelenirken söz konusu numunenin alındığı su kaynağının ne tür bir etki ile kirlendiğinin de bilinmesi önemlidir. KOİ değeri, BOİ değerinden çoğunlukla büyüktür ya da eşittir.

Yüzeyel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği'nin Ek 5'inde yer alan Tablo 5'te (Kıta içi Yüzeyel Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri) KOİ parametresi I. Kalite sular için < 25 mg/L, II. Kalite sular için 25-50 mg/L, III. Kalite sular için 50-70 ve IV. Kalite sular için > 70 mg/L olarak verilmiştir.

3. SEDİMENT KİRLİLİĞİ

Sediment kum, kil ve diğer katı partiküllerin ufalanarak su yapısının dibine çökmeleri sonucu oluşturdıkları tabakadır. Sediment, toprak erozyonu ve bitki ve hayvan kalıntılarının bozulması sonucu oluşur. Rüzgar, su ve buz tabakaları bu partiküllerin nehirlere, göllere ve diğer su yapılarına dahil olmalarını sağlar. Amerika’da bulunan nehirlerdeki toplam sedimentin % 30 kadarı doğal erozyon; geriye kalan % 70’lik kısmı ise insan faaliyetleri sonucu ortaya çıkan erozyondan kaynaklanmaktadır (Anonymous 2006). Özellikle inşaat faaliyetleri ve madencilik faaliyetleri sonucunda oluşan toz ve partiküller su yapıları üzerinde çökelerek dipte tabaka oluştururlar.

Sedimentler akarsularda bulundukları yoğunluğa göre hem faydalı hem de zararlı etkiler göstermektedirler. Sediment tabakası akarsu içerisinde yaşayan ve suyun akışı sebebiyle yaşama şansı azalan organizmaların suda yaşayabilmesini sağlayan tabakadır. Ayrıca suda yaşayan hemen her tür canlı için beslenme, barınma ve korunma ihtiyaçlarının telafisinde önemli bir yere sahiptir. Sediment kalitesi, akarsuyun kalitesini de doğrudan yansıtmaktadır. Akarsu yapısında bulunan özellikle ağır metaller gibi kirleticiler doğrudan sediment yapısında da mevcuttur. Endüstriyel ve beşeri faaliyetler sonucu ortaya çıkan atık ve artıkların su ortamlarına deşarjı sonucunda su ortamlarında özellikle yüzey sedimentlerinde ağır metal kirliliği baş göstermektedir.

Sedimentlerdeki ağır metal derişimi sedimentin tanecik boyutuyla ilişkilidir. Pek çok ağır metal sediment yapısındaki ince tanecikler ile birlikte bulunur yani ince taneli sedimentlerde ağır metal derişimi daha fazla olabilmektedir (Yılğör ve Avcı 2004, Kennish 1997, Förstner ve Wittmann 1979).

Akarsu içerisinde bulunan sediment miktarının fazla olması da istenen bir durum değildir. Özellikle insani tüketim amaçlı su elde edilecek su kaynaklarında sediment fazlalığı arıtma maliyetlerini yükseltmektedir. Fazla miktarda sediment, iletim hatlarında da problemlere yol açmaktadır. Sediment tabakası artık dip çamuru halini almış ve oksijensiz bir ortama dönüşmeye başlamışsa bu mevcut suda koku ve tat problemi de yaratmaya başlayacaktır.

Aşırı miktarda sediment içeren sular bulanıktır ve bu durum suda yaşayan canlılar için özellikle beslenme konusunda büyük problemdir. Özellikle balıklarda canlılığın devamı için gerekli olan ve vücut yapısı üzerinde yer alan gözenekleri tıkayarak balığın gelişmesinde olumsuz etkiler gösterir. Yoğun sediment tabakalarıyla taşınan besin maddeleri mavi-yeşil algleri etkin hale getirir, bunlar da su yapısına toksin maddeler salarlar (Anonymous 2006).

Sudaki sediment miktarının aşırı olması durumunda yukarıda bahsedilen olumsuz durumlar ortaya çıkmaktadır. Ancak su yapısı içerisinde doğal bir sediment tabakasının olması gerektiği de kuşkusuzdur. Ülkemizde ve dünyada sediment kirliliği ve sediment kalitesi üzerine pek çok çalışma yapılmıştır.

Saha ve Hossain (2011), Bangladeş'te Buriganga Nehri üzerinde ağır metal kirliliği ve sediment kalitesi üzerine yaptıkları çalışmada bu tez kapsamında da üzerinde durulan beş ağır metal parametresi (kurşun, kadmiyum, krom, bakır ve çinko) parametreleri incelenmiştir. Çalışmanın yapıldığı nehrin bulunduğu Dhaka kenti pek çok farklı ve giderek artan sayıda endüstriye ev sahipliği yapan bir kent olarak ifade edilmiştir. Kentten geçmekte olan Buriganga Nehri'ne tüm bu endüstrilerin ve kanalizasyon bağlantılarının bulunduğu belirtilmiştir. Çalışma sonucunda sedimentlerde ölçülen kurşun derişimleri 60,3-105,6 mg/kg, kadmiyum derişimleri 0,4-1,6 mg/kg, krom için 52,8-139,6 mg/kg, bakır için 70-346 mg/kg ve çinko için 245-984,9 mg/kg olarak verilmiştir. Bu değerlerden kurşun, bakır ve çinko derişimleri EPA tarafından verilen standartların üzerinde olduğu ve yüksek dereceli kirliliğe işaret ettiği; kadmiyum ve krom derişimleri ise orta dereceli bir kirliliğe işaret ettiği ortaya çıkmıştır.

Javed (2005) tarafından yapılan çalışmada da Ravi Nehri ve alt kollarında, balıklarda ve dip sedimentinde ağır metal kirliliği araştırılmıştır. Çalışma kapsamında demir, çinko, kurşun ve mangan parametreleri incelenmiştir. Çalışma sonucunda yazar, akarsu içerisindeki askıda katı maddelerin ve çözünabilir metal iyonlarının dip sedimenti kalitesini önemli ölçüde etkilediğini ve bunun da balık organlarında metal birikimi ile sonuçlandığını ifade etmiştir.

Olowu ve ark. (2010) tarafından Lagos Nijerya'da yapılan çalışmada Epe ve Badagary Lagünlerinden alınan su, sediment ve balık dokusu örneklerinde ağır metal birikimi araştırılmıştır. Çalışmada izlenen parametreler çinko, nikel ve

demir olmuştur. Çalışma sonucunda, alınan sediment örneklerinde su örnekleri ve balık dokularına göre daha fazla miktarda demir birikimi saptandığı belirtilmiştir. Çalışmada saptanan değerlerin hiç birinin Dünya Sağlık Örgütü tarafından izin verilen limit değerleri aşmadığı ifade edilmiştir. Çalışma sonuçları incelendiğinde balıklarda özellikle bağırsak yapılarında demirin diğer organlara göre çok daha fazla biriktiği gözlenmektedir.

Yıldız ve Yener'in (2010) yaptıkları çalışma sediment birikimi kavramına açıklık getirmesi bakımından önemli bir çalışmadır. Bu çalışmada yazarlar Van Gölü'nde sediment birikimi hızı, radyoaktif ve ağır metal kirliliği üzerine veriler elde etmişlerdir. Çalışmada incelenen ağır metal parametreleri kadmiyum, krom, bakır ve kurşun olmuştur. Çalışmanın dikkat çeken kısmı, çalışma sonucunda gölde belirlenen iki çalışma alanında (sediment kuru), ¹³⁷Cs izotopunun varlığının saptanmış olmasıdır. Bu izotop 1954-1963 yılları arasında yapılan nükleer silah denemelerinden ve 1986 yılındaki Çernobil Kazası'ndan kaynaklı olarak çevreye yayılmıştır. Çalışmanın sediment birikim hızı ile ilgili olan kısmında, C.R.S. modeli kullanılmıştır. Seçilen üç çalışma alanında sediment birikim hızları yıllık olarak $0,031 \pm 0,011 \text{ g/cm}^2$, $0,046 \pm 0,021 \text{ g/cm}^2$ ve $0,077 \pm 0,051 \text{ g/cm}^2$ olarak bulunmuştur. Bu üç çalışma alanından özellikle insan aktivitelerinin ve akarsu ile tarımsal alanlardan taşınımın fazla olduğu bölgede sediment birikim hızının çok daha yüksek olduğu gözlenmiştir.

Su ve sediment kalitesine yönelik yapılan çalışmalarda araştırmacılar aynı su ortamı içerisinde bulunan farklı yapılardaki aynı parametrelerin birikimleri karşılaştırmak suretiyle değerlendirmeler yapmaktadırlar(Tunca ve ark. 2012). tarafından Bolu'da Yeniçağa Gölü'nde yapılan bir çalışmada su, sediment ve kerevitteki (*Astacus leptodactylus*) bazı ağır metallerin birikimi araştırılmıştır. Çalışmada izlenen parametreler krom, kadmiyum, mangan ve kurşun olmuştur. Bu izlenen metaller içerisinde en fazla birikim yapanın mangan olduğu tespit edilmiştir. Suda Cd, Cr, Mn, Pb için sırasıyla 35 µg/L, 42 µg/L, 183 µg/L, 19 µg/L sedimentte ise sırasıyla 0,8 µg/g, 92,8 µg/g, 1143 µg/g, 16 µg/g bulunmuştur. Yine İskenderun Körfezi'nde Türkmen ve Aras (2011) tarafından yapılan çalışmada deniz suyu ve sedimente oluşan ağır metal birikimleri incelenmiştir. Araştırmacılar çalışmada çok sayıda ağır metal parametresini (Cd, Fe, Cu, Pb, Zn,

Co, Cr, Al, Mn ve Ni) izlemişlerdir. Deniz suyundaki ağır metal konsantrasyonları; Cd: 0,0550, Fe: 0,2995, Cu: 0,0652, Pb: 0,6173, Zn: 0,0709, Co: 0,2589, Cr: 0,1689, Al: 0,1875, Mn: 0,1079 ve Ni: 0,2769 mg/l olarak bulunmuştur. Aynı sırayla sedimentte ise, 4,4725; 49921; 37,053; 141,63; 232,87; 79,040; 1419,8; 25574; 1304,5 ve 795,81, olarak belirlenmiştir. Bu çalışmanın önemli yanı deniz suyu ve sedimentte bulunan sonuçlar arasında yapılan korelasyondur. Sonuçlar arasında pozitif yönde korelasyonlar bulunmuştur. Bu durum, su kirliliği ile sediment kirliliği arasında doğrudan bağlantı olduğunun kesin bir göstergesidir. Ozbay ve ark. (2013) tarafından yapılan çalışmada Tarsus-Mersin'de bulunan Berdan Çayı sedimentlerinde ağır metal düzeyleri araştırılmıştır. Mevsimsel olarak alınan sediment örneklerinde kadmiyum, krom, mangan, nikel, çinko, bakır, kurşun, demir ve alüminyum parametreleri incelenmiştir. Çalışma sonuçlarına göre sedimentte ağır metal birikim düzeyleri, Fe: 18521,91 µg/g, Al: 12907,70 µg/g, Mn: 377,40 µg/g, Ni: 167,68 µg/g, Cr: 57,81 µg/g, Zn: 45,59 µg/g, Cu: 28,38 µg/g, Pb: 22,82 µg/g ve Cd: 4,54 µg/g olarak tespit edilmiştir. Çalışmada nikel parametresinin yazın en çok birikimi gösterdiği, diğer parametrelerin ise sonbahar mevsiminde en yüksek oranda birikim gösterdiği tespit edilmiştir.

Cüce ve Bakan (2005) tarafından yapılan çalışmada su-sediment kalitesi ve sediment oksijen ihtiyacının (SOİ) laboratuvar ortamında saptanması araştırılmıştır. Su yapısındaki bentik ekosistem tarafından tüketilen çözünmüş oksijen oranının g.O₂/m²/gün birimi ile ifade edilmesi, sediment oksijen ihtiyacının tanımıdır. Sedimentteki oksijen ihtiyacının kaynakları sediment yapısı içerisinde bulunan, biyolojik ve kimyasal olarak okside olabilen organik ve inorganik moleküllerdir. Bu moleküller akarsuyun kıyısından gelen kalıntılar, noktasal ve yaygın kaynaklardan akarsulara dâhil olan kirleticilerdir. SOİ, doğrudan sedimentin yapısındaki maddelerle ilişkilidir. Organik madde içeriği fazla olan sedimentler yüksek SOİ değerlerine sahiptir.

Akarsulara yakın bölgelerde yer alan maden yataklarının su ve sediment kalitesine olan etkileri kaçınılmazdır. Yılğör ve Avcı (2004), Fethiye Limanı'nda bu konuda bir araştırma yapmışlardır. Bölgede bulunan krom yataklarının ve insan kaynaklı atıkların sebep olduğu ağır metal kirliliği limanda su ve

sedimentlerde araştırılmış, Cu, Zn, Pb, Ni, Cr, Fe, Mn, ve Co parametreleri incelenmiştir. Çalışma sonucunda Co, Cr, Pb, ve Ni konsantrasyonlarının, ortalama değerlerin 4 ile 20 katı olduğu görülmüştür.

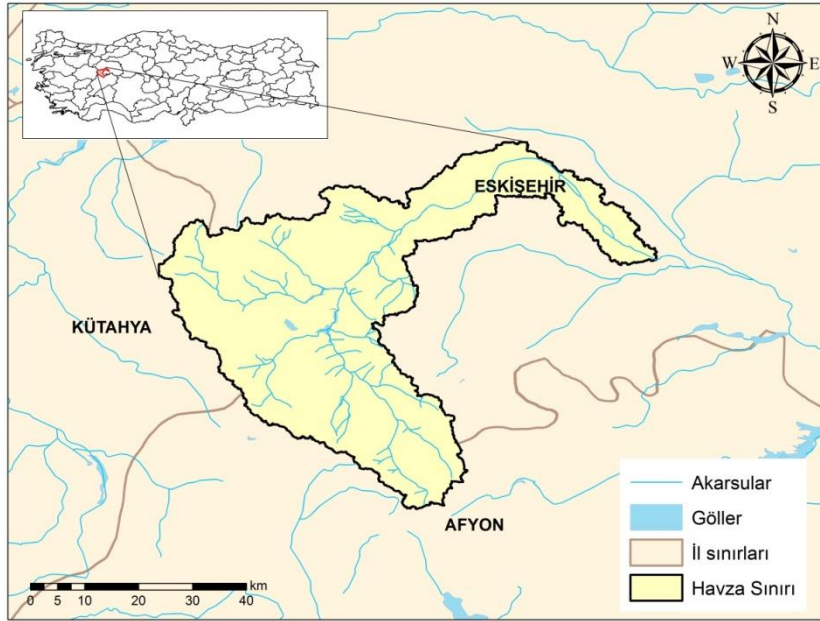
Sedimentte ağır metal birikiminde etkili olan faktörler; jeolojik ayrışma ve aşınma süreçleri, madencilik etkileri, endüstrileşme faaliyetleri, beşeri faaliyetler ve atmosferik atıklardır (Yılğör ve Avcı 2004). Atmosferik atıklar, yağışlar ve kanalizasyon tarafından sucul ortama taşınan, taşıtlardan kaynaklanan partikül haldeki ağır metallerdir (Yılğör ve Avcı 2004, Förstner ve Witmann 1983).

MacDonald ve ark. (2000) tarafından sedimentte bulunabilen bazı ağır metaller için sucul ortamda muhtemel toksik etki düzeyleri (PEC: Probable effects concentration) krom: 111 µg/g, nikel: 48,6 µg/g, bakır: 149 µg/g, çinko: 459 µg/g, kadmiyum: 4,98 µg/g ve kurşun: 128 µg/g olarak belirlenmiştir. Yine bilimsel çalışmalarda karşılaştırma yapmak için kullanılmak üzere belirlenen SAV (shale average value) adı verilen ve yer kabuğundaki ortalama ağır metal düzeylerini ifade eden bir indeks daha mevcuttur. SAV indeksi için alüminyum: $9,2 \times 10^4$ µg/g, krom: 100 µg/g, mangan: 850 µg/g, demir: $4,7 \times 10^4$ µg/g, nikel: 80 µg/g, bakır: 50 µg/g, çinko: 90 µg/g, kadimiyum: 0,3 µg/g ve kurşun: 20 µg/g, civa: 0,3 µg/g olarak saptanmıştır (Krauskopf 1979, Balkis ve ark. 2009).

4. MATERYAL VE METOD

4.1. Çalışma Alanının Tanıtımı

Seydisuyu Havzası, suları Seydisuyu tarafından Sakarya Nehri'ne ulaştırılan, İç Anadolu Bölgesi'nde yer alan ve genellikle Eskişehir kısmen de Kütahya ve Afyon illeri sınırları içerisinde yer alan bir havzadır. Yukarı Sakarya Havzası sınırları içerisinde yer alır ve iki adet baraja sahip (Kunduzlar Barajı ve Çatören Barajı) önemli alt havzalardan birisidir. Havza sınırları kuzeyde Sakarya - Sarısu, Porsuk - Sarısu, Porsuk - Kalabak; güney batıda Büyük Menderes, Gediz, Porsuk - Sarısu, güneydoğuda ise Sakarya - Bardakçı ve Akarçay Havzaları ile çizilmiştir. Havza sınırlarında Eskişehir iline bağlı iki ilçe (Seyitgazi ve Mahmudiye), bir bucak (Kırka) ve 51 köy bulunmaktadır. Seydisuyu Havzasının alanı 180.571 hektar olup, Eskişehir yüzölçümünün yaklaşık % 13'ünü kaplar (Göktay1991).

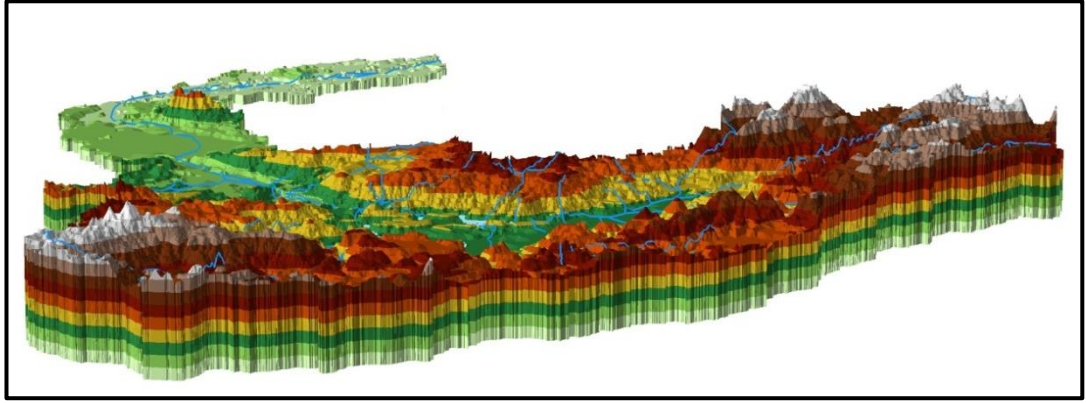


Şekil 4.1. Seydisuyu Havzası (Uğurluoğlu 2013)

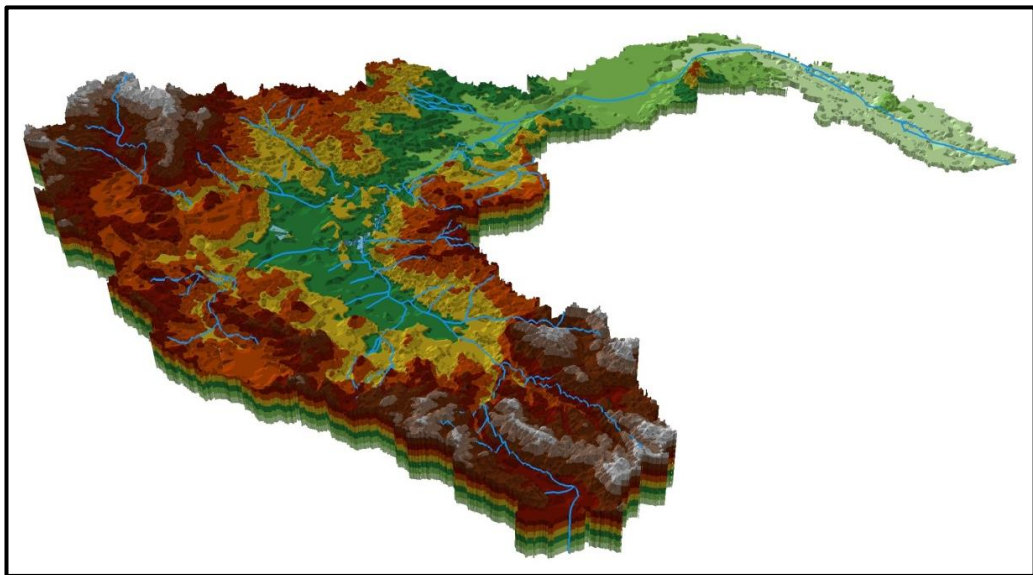
Seydisuyu Havzası için yapılan kapsamlı çalışmaların ilklerinden birisi Göktay tarafından 1991 yılında gerçekleştirilen çalışmadır. Bu çalışma ile Seydisuyu havzasının sınırları belirlenmiştir. Uğurluoğlu tarafından 2013 yılında

yapılan tez çalışması söz konusu coğrafyada yapılan en kapsamlı çalışmalardan birisidir. Bu çalışma ile havza alanı güncel veriler ışığında yeniden şekillendirilmiştir. ArcGIS 10 isimli coğrafi bilgi sistemi yazılımı kullanılarak havza sınırları görselleştirilmiş ve CBS analiz teknikleri desteğiyle havzaya ait özellikler incelenmiştir. Seydisuyu havzası topoğrafya haritası için 30 m çözünürlüklü ASTER sayısal yükseklik haritası kullanılmıştır (Uğurluoğlu 2013).

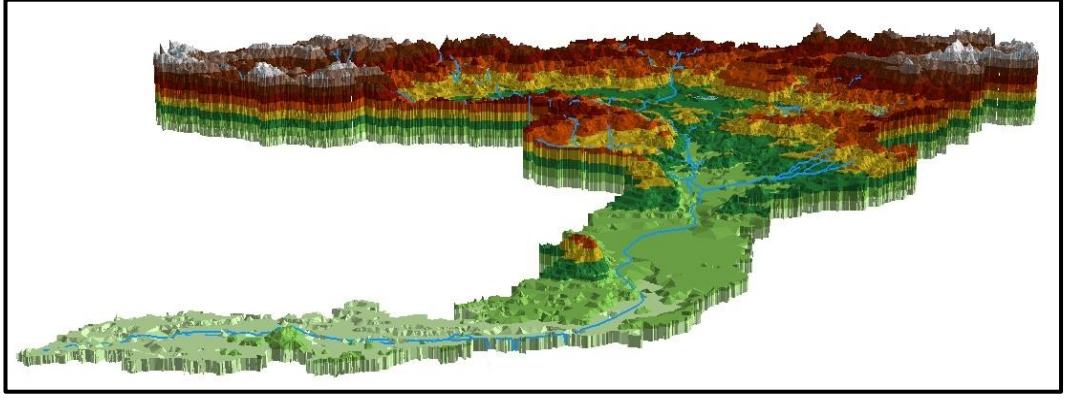
Havzada yaygın olarak vadilerle yarılan 900-1000 metre yüksekliklerinde tepe ve dağ kütleleri ve ova çukurlarının girdiği yüksek düzlükler bulunmaktadır. Havzada güney batı yönünde uzanan Şaphane Dağı yaklaşık 1785 m. rakımlıdır. Havzanın engebeli coğrafyapısı çukurdaki vadi düzlükleri ile birbirinden ayrılmaktadır (Şekil 4.2. a, b, c ve d.) (Göktay 1991).



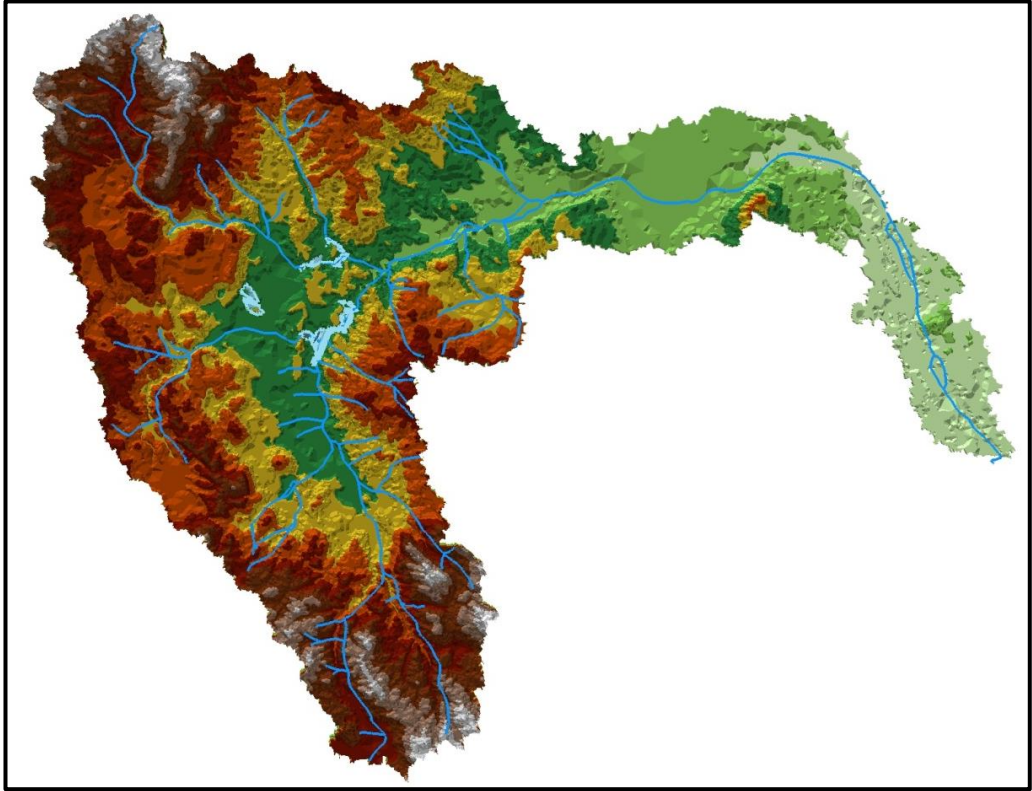
Şekil 4.2. (a) Seydisuyu Havzası topoğrafya haritası kuzeyden bakış (Uğurluoğlu 2013)



Şekil 4.2. (b) Seydisuyu Havzası topoğrafya haritası güneyden bakış (Uğurluoğlu 2013)



Şekil 4.2. (c) Seydisuyu Havzası topoğrafya haritası doğudan bakış (Uğurluoğlu 2013)



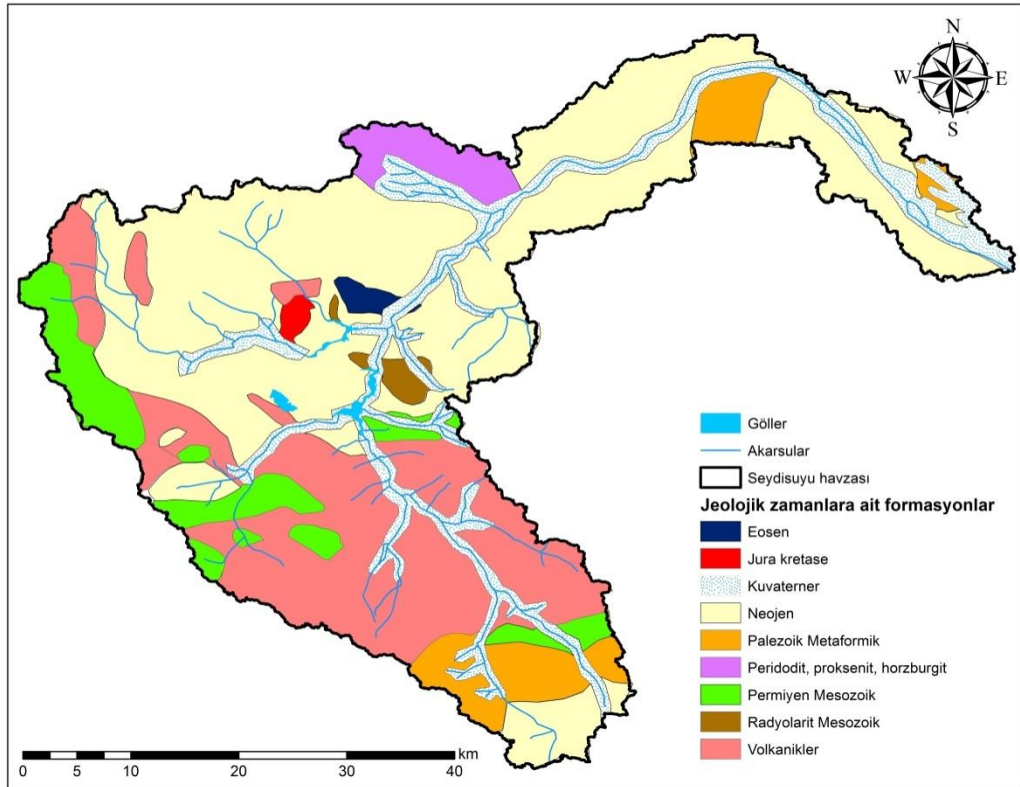
Şekil 4.2. (d) Seydisuyu Havzası topoğrafya haritası üstten bakış (Uğurluoğlu 2013)

Seydisuyu Havzası'nda farklı jeolojik zamanlara ait oluşumlar yer almaktadır. Göktay (1991) yılında yapmış olduğu çalışma ile bu jeolojik formasyonları belirlemiştir. Uğurluoğlu (2013), yaptığı çalışmada havzanın jeolojik yapısını CSB ortamında görselleştirmiştir (Şekil 4.3).

Havzada paleozoik yaşlı birimler havzada çeşitli lokasyonlarda ancak sınırlı şekilde yüzeyde görülebilmektedir. Çoğunlukla metamorfik şist ve mermerler ile

temsil edilmiştir. Paleozoik birimler, oluşumları daha yeni neojen yaşlı sediment ve volkanitler ile örtülmüştür.

Mesozoik yaşlı oluşumlar havzada en az yayılım gösteren birimlerdir. Havzanın kuzeyinde Ayvalı Köyü ile Taşlık Köyü civarında mağmatik intrüzyonlar sonucu oluşan peridotit, proksenit ve hartzburgit litoloji birimler yer almıştır. Numanoluk, Çatören köyleri ile Gemiç Köyü kuzeyinde ofiyolitler (yeşil kayaçlar ve serpantin) yayılım gösterir. Gemiç Köyü ile Göknebi Köyü arasında Jura-Kreatase yaşlı kireçtaşı, kumtaşı, radyolit ve kıltaşı ve marn tabakaları, neojen formasyonunun sedimentler ve volkanik fasiyesleri ile örtülü durumdadır. (Göktaç 1991)



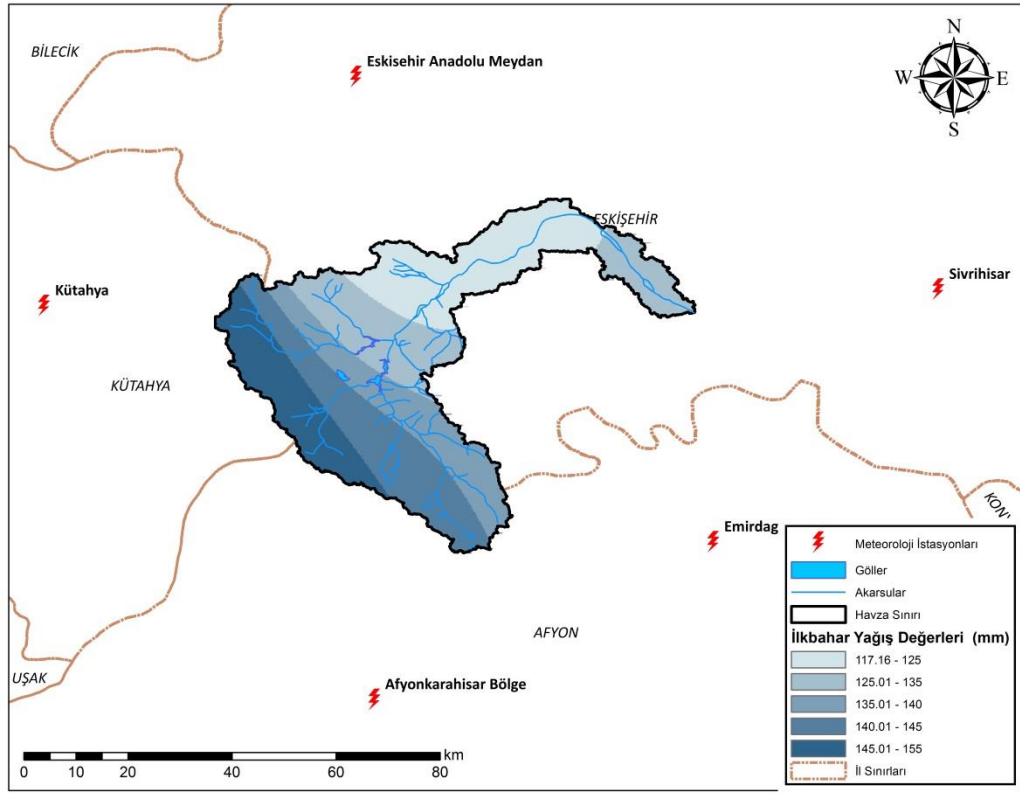
Şekil 4.3. Seydisuyu Havzası zamanlarına göre jeoloji haritası (Uğurluoğlu 2013)

Havzada en yaygın olarak görülen oluşumlar neojen yaşlı çökeller ve volkanit oluşumlarıdır. Havza içerisinde Göknebi Köyü yakınında Eosen yaşlı kumtaşı, kaba kireçtaşı, marn ve kireçtaşı tabakaları yer almıştır. Bu tabakalar üzerinde diskordans olarak oligosen ve miyosen yaşlı marn, kil, kireçtaşı kumtaşı, konglomera ve kum-çakıl tabakalarından oluşan ve göl tabakalanmasında çökelen

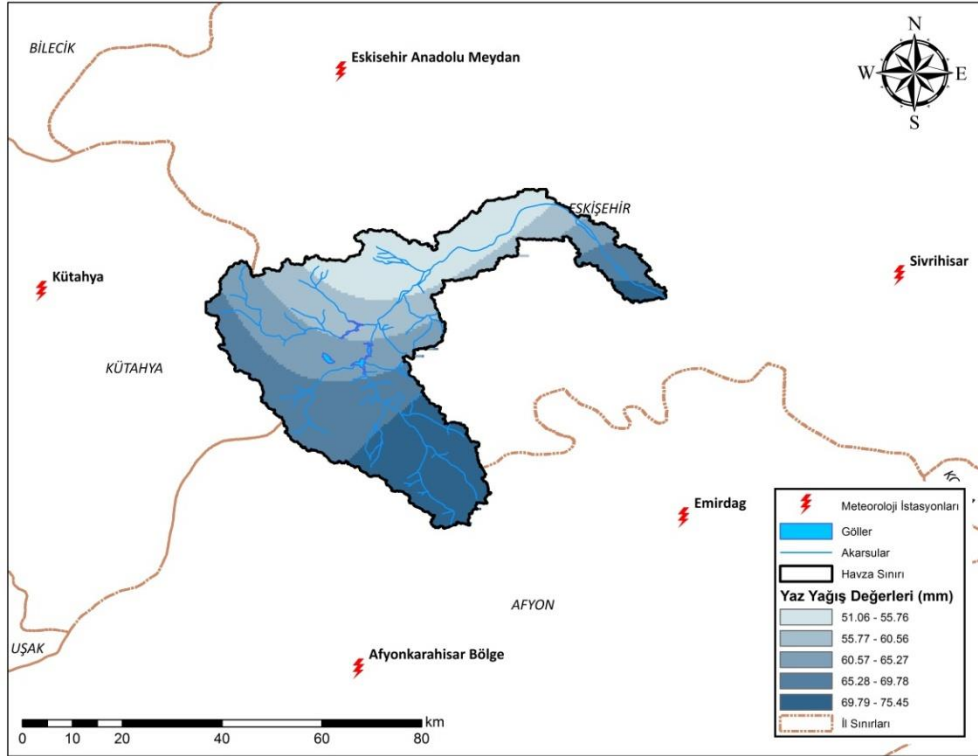
sedimenter formasyon havzanın orta ve kuzeyinde çok geniş yayılım gösterir. Bu oluşumlarda yanal ve düşey geçişler gösteren ve neojen volkanizması ile oluşan sedimenter tüfler havza içerisindeki konumlarını aynen korumuşlar ve geniş düzlüklerde yayılım göstermişlerdir. Neojen tabakaları acı göl ortamında çökmesi sonucu özellikle Kırka yöresi civarında dünyaca ünlü boraks yatakları oluşmuştur (Uğurluoğlu 2013, Göktay 1991).

Havzada tipik İç Anadolu Bölgesi iklimi görülmektedir. Yazların sıcak ve kurak, kışların ise soğuk ve yağışlı olduğu Seydisuyu Havzasında bu çalışmada incelenen parametrelere ve kirliliğe doğrudan veya dolaylı olarak etkisi olan meteorolojik veriler de incelenmiştir. Söz konusu veriler periyodik olarak tüm yurttan ölçüm yapan Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün veritabanından söz konusu çalışma alanına en yakın istasyonlar seçilerek 20 yıllık olarak alınmıştır. Bu veriler CSB ortamında ters ağırlıklı mesafe aracı ile yorumlanarak havzanın yağış ve buharlaşma dağılımı haritaları oluşturulmuştur (Uğurluoğlu 2013).

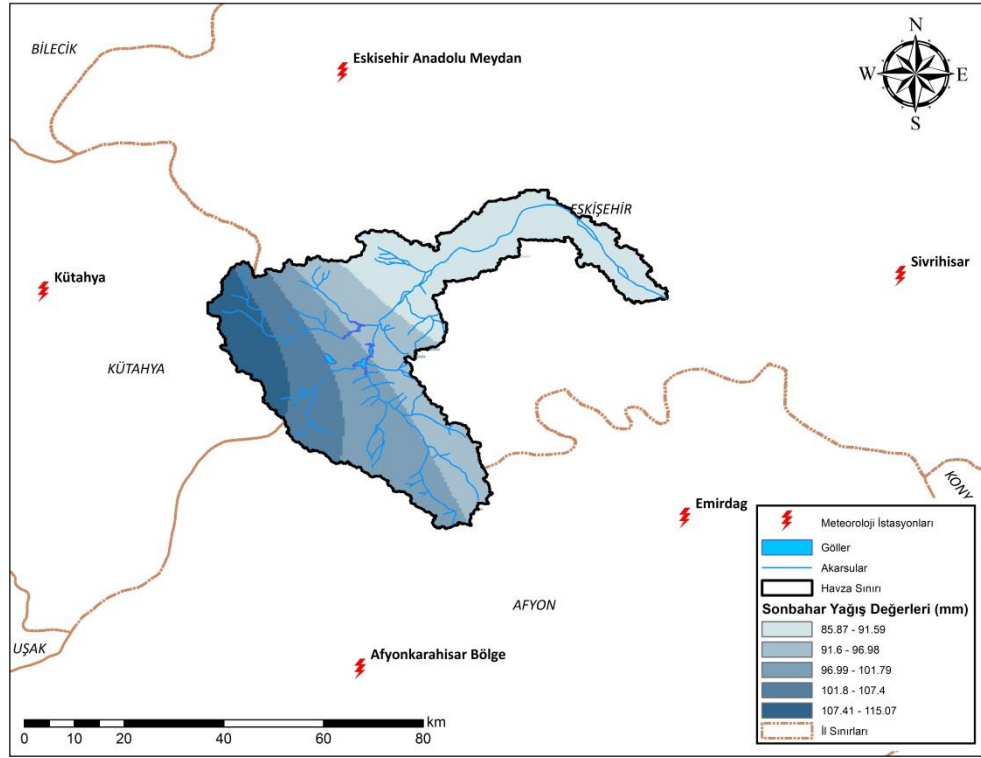
Haritalandırmada 5 farklı istasyondan 1991-2011 yılları arasında ölçülen aylık yağış verileri kullanılmış ve ortalama değerleri üzerinden mevsimsel toplamlara ulaşılmıştır. Mevsimlere göre havzadaki yağış miktarları Şekil 4.4.a, b, c ve d'de haritalarda gösterilmektedir.



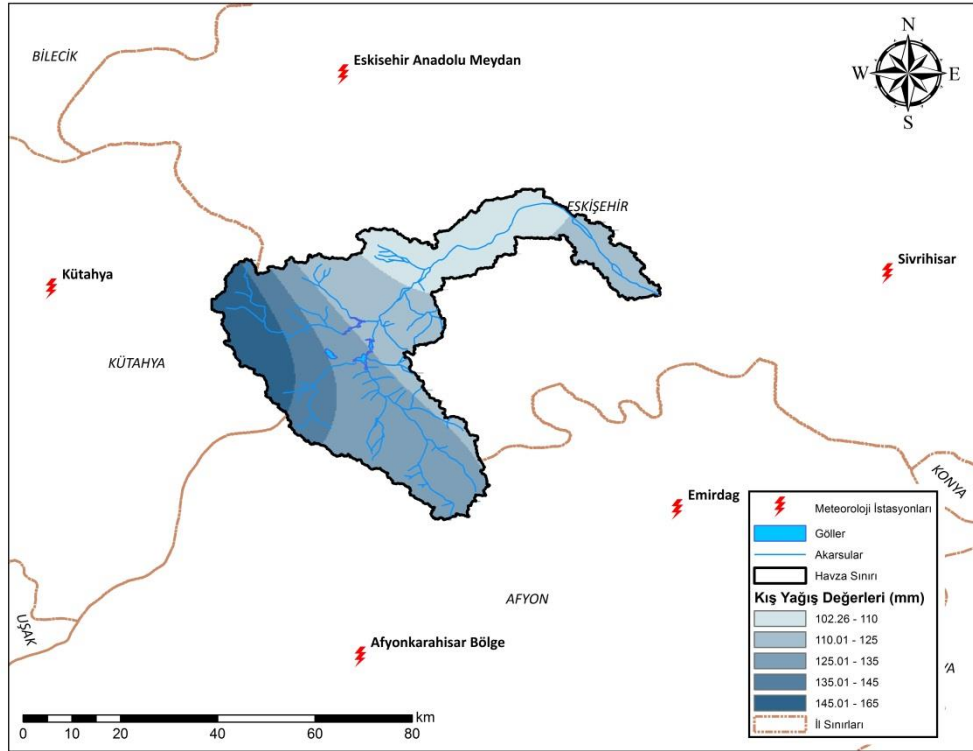
Şekil 4.4. (a) Seydisuyu Havzası mevsimsel yağış miktarları dağılım haritaları ilkbahar mevsimi (Uğurluoğlu 2013)



Şekil 4.4. (b) Seydisuyu Havzası mevsimsel yağış miktarları dağılım haritaları yaz mevsimi (Uğurluoğlu 2013)

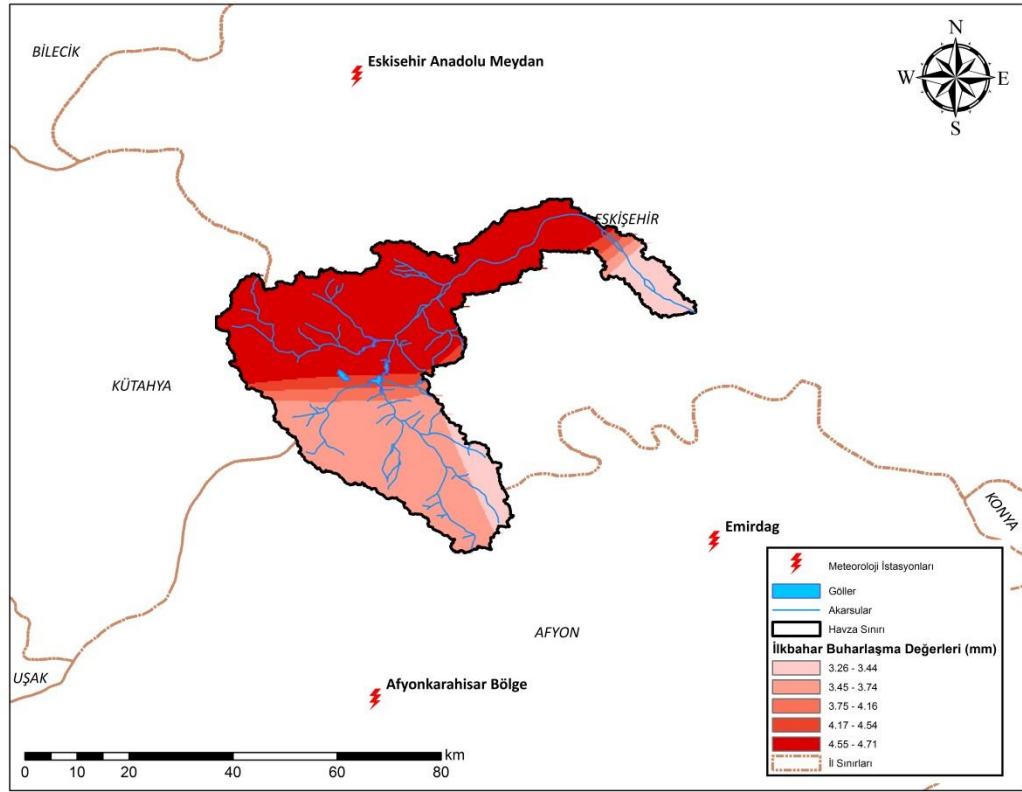


Şekil 4.4. (c) Seydisuyu Havzası mevsimsel yağış miktarları dağılım haritaları sonbahar mevsimi(Uğurluoğlu 2013)

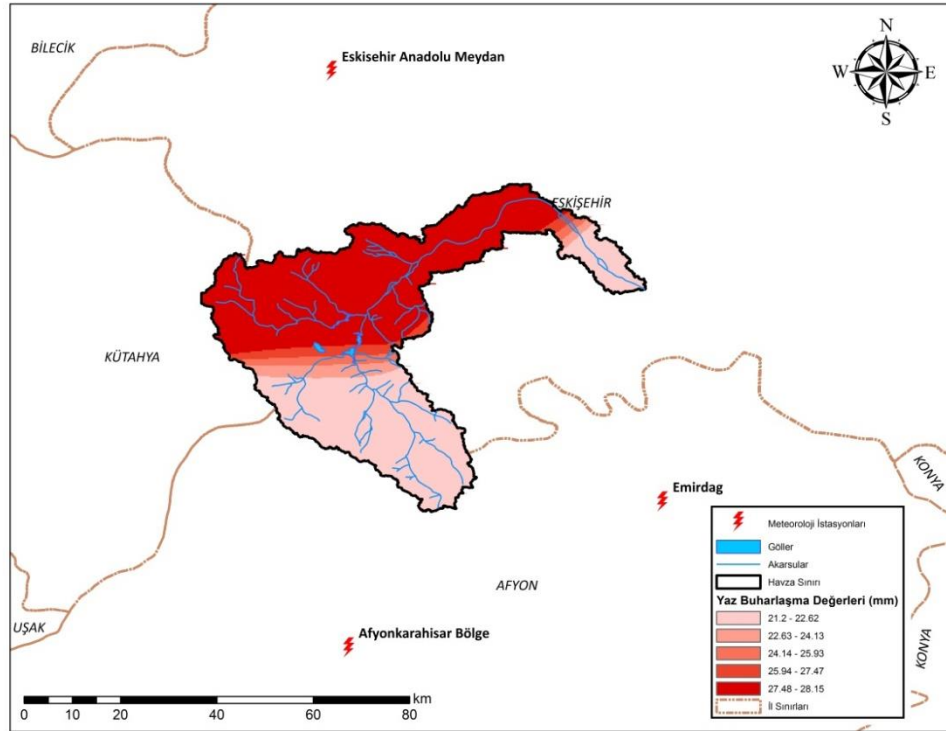


Şekil 4.4. (d) Seydisuyu Havzası mevsimsel yağış miktarları dağılım haritaları kış mevsimi(Uğurluoğlu 2013)

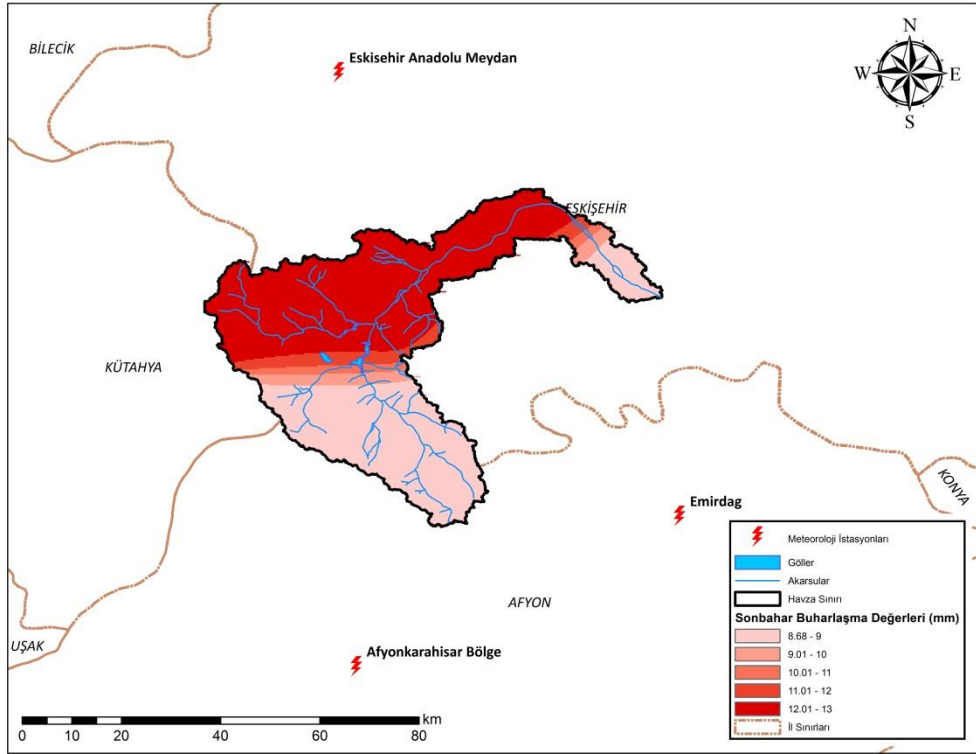
Yine aynı havzadaki buharlaşmanın dağılımını gösterir haritalar 20 yıllık verilerle(1991-2011 yılları arasında) oluşturulmuştur (Şekil 4.5 a, b, c). Kasım ayında buharlaşma gerçekleşmemesi sebebiyle bu ay mevsim ortalamasına katılmamıştır. Ayrıca kış mevsimi için buharlaşma haritası yapılmamıştır. (Uğurluoğlu 2013).



Şekil 4.5. (a)Seydisuyu Havzası buharlaşma miktarları dağılım haritaları ilkbahar mevsimi (Uğurluoğlu 2013)

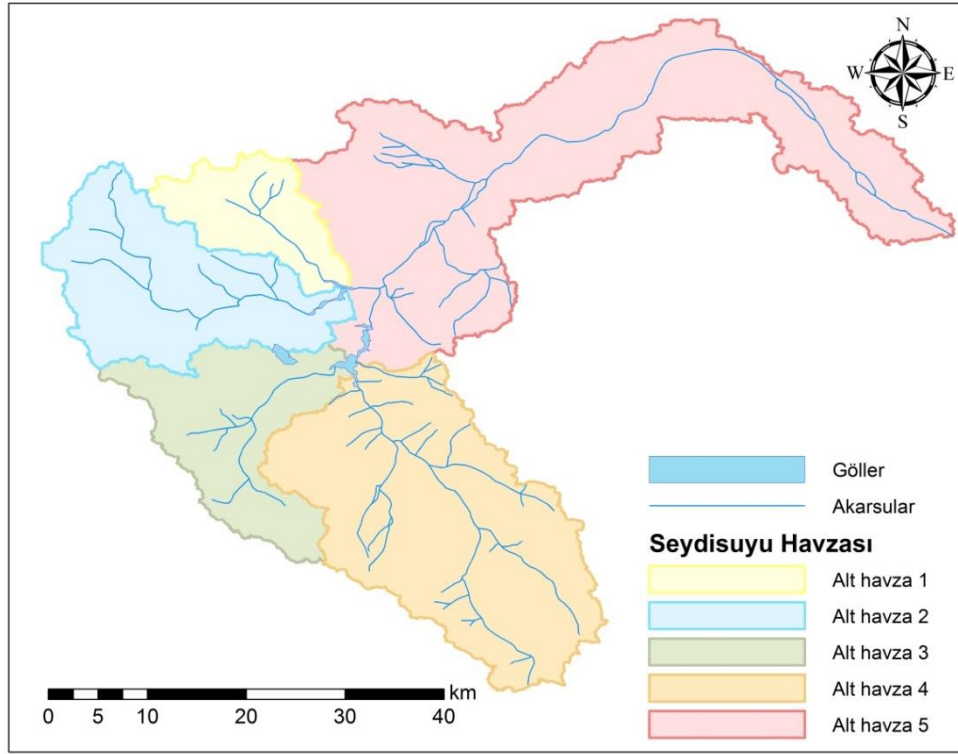


Şekil 4.5. (b)Seydisuyu Havzası buharlaşma miktarları dağılım haritaları yaz mevsimi (Uğurluoğlu 2013)

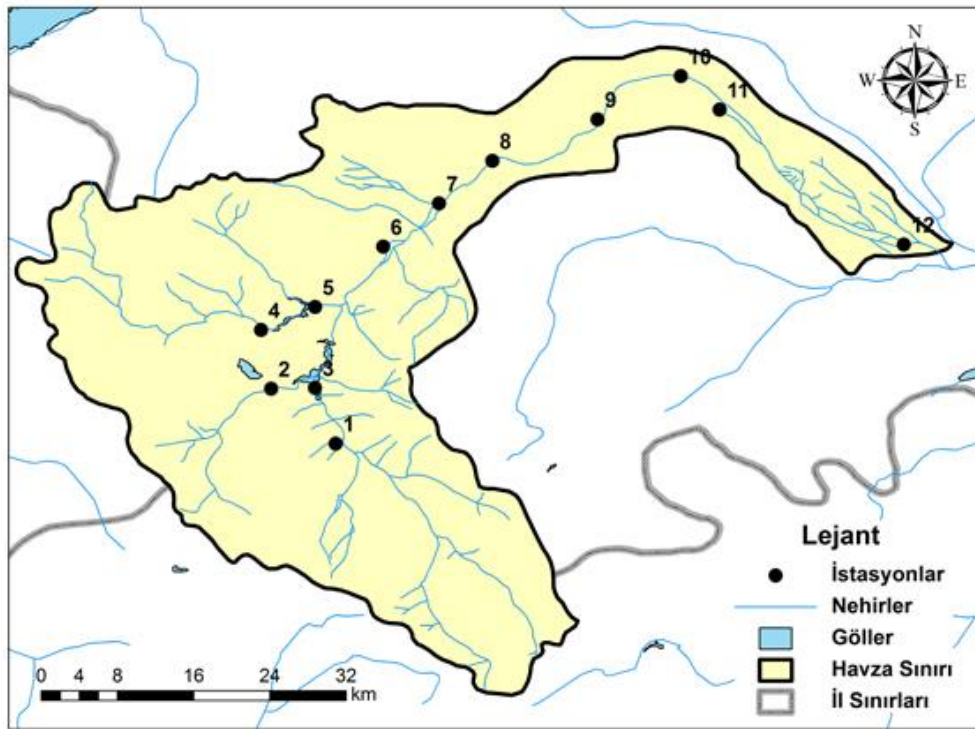


Şekil 4.5. (c) Seydisuyu Havzası buharlaşma miktarları dağılım haritaları sonbahar mevsimi (Uğurluoğlu 2013)

Havza yönetimi çalışmalarında aynı havza içerisinde yer alan alt havzaların belirlenmesi, su kalitesi izlemede lokal karakteristiklerin de ortaya çıkarılabilmesi bakımından önemlidir. Seydisuyu'nun alt havzalarının belirlenmesine dair çalışma Uğurluoğlu (2013) tarafından yapılmıştır. Çalışma sonucunda ortaya 5 adet alt havza çıkmış ve ortaya çıkan alt havzalardan en geniş alana sahip olanı bölgedeki Çatören ve Kunduzlar barajlarının mansap kısmında kalan bölge şeklindedir (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. Seydisuyu Havzası alt havzaları (Uğurluoğlu 2013)



Şekil 4.7. Seydisuyu İstasyonları Haritası



Şekil 4.8. Seydisuyu İstasyonları Haritası (fiziksel)

Bu tez çalışması kapsamında, havza üzerinde belirlenen 12 adet ana istasyondan ve ana istasyonlardan iki tanesini temsil edecek üçer adet alt istasyondan numuneler alınmıştır. Alt istasyonlar havza içerisinde bulunan Çatören ve Kunduzlar Barajlarına ait istasyonlardır. Şekil 4.7. de verilen istasyon haritasında 3. ve 5. istasyon olarak belirtilen noktalar harita ölçeği itibariyle belirtilemeyecek olan alt istasyonları ifade etmektedir. Numune alma işlemi mevsimsel olarak gerçekleştirilmiştir. Ancak fiziksel şartlardan dolayı bir yıllık süreç içerisinde bazı istasyonlardan bazı mevsimlerde örnekler alınamamıştır.

Mevsimsel olarak yüzeysel su ve sediment numunesi alınan istasyonlara dair bilgiler Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Yüzeysel su istasyonlarına ait bilgiler

İstasyon	Yerleşim Mevkii	N°	E°
1	Karaören	39,22682°	30,58676°
2	Kırka	39,27856°	30,5258°
3	Çatören Barajı	39,27942°	30,56719°
4	Akin	39,33399°	30,5163°
5	Kunduzlar Barajı	39,35573°	30,56728°
6	Kesenler	39,41257°	30,63152°
7	Seyitgazi	39,45343°	30,68432°
8	Yazıdere	39,49354°	30,73466°
9	Doğançayır	39,53266°	30,83391°
10	Hamidiye	39,57346°	30,91243°
11	Mesudiye	39,54177°	30,94922°
12	Sait Halim Paşa	39,41463°	31,12309°

4.2.Arazi ve Laboratuvar Çalışmaları

Çalışma kapsamında kullanılacak veriler, 2012-2013 tarihleri arasında mevsimsel olarak gerçekleştirilen arazi çalışmaları kapsamında havzada yer alan istasyonlardan alınan örneklerin analiz edilmesiyle elde edilmiştir. İstasyonlara dair koordinat bilgileri GARMIN markalı el tipi GPS cihazı ile elde edilmiştir.

Yüzeysel sulardan alınan numunelerde, numune alma işlemi esnasında ölçülmesi gereken bazı fizikokimyasal parametreler vardır. Arazi çalışmalarında bu parametrelerin ölçümü Hydrolab DS55 multi parametre ölçüm cihazı ile numune alma işlemi sırasında ölçülmüştür. Numune alma işlemi esnasında ölçülen parametreler sıcaklık (°C), iletkenlik (µS/cm), tuzluluk (ppt), toplam çözünmüş katı (g/L), pH, ORP (mV), amonyum (mg/L-N), çözünmüş oksijen

seviyesi (mg/l) parametreleridir. Alınan numuneler uygun pH koşullarına getirilip uygun muhafaza koşullarında laboratuvarında Hach Lange (DR 890) marka ve modellenli multi parametre ölçüm cihazı ile EN ISO 10304-1, EN ISO 10304-2, EN ISO 26777 standartlarına göre yeniden analiz edilmiş ve nitrat (mg/L), nitrit (mg/L) ve sülfat (mg/L) değerleri tespit edilmiştir.

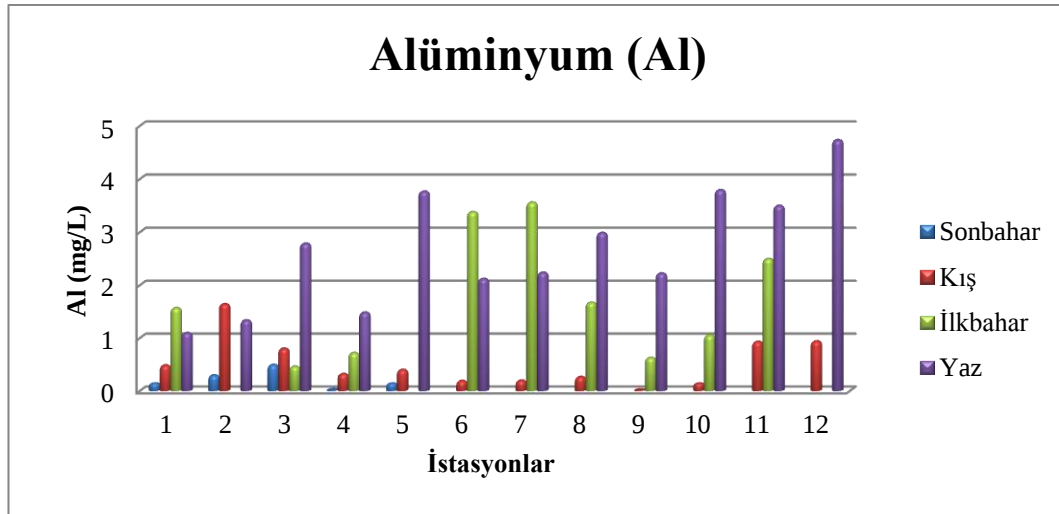
Ağır metal parametreleri kapsamında analiz edilecek yüzeysel su numuneleri pH seviyeleri 2'nin altında olacak şekilde nitrik asit ilavesiyle hazırlanmış; 0,45 µm gözenek çaplı membran filtrelerden süzölmüştür. Daha sonra bu numuneler Analytic Jena ContrAA 700 marka atomik absorpsiyon spektrofotometresi ile çalışılarak EPA Method 7000b'ye göre analiz edilmiştir.

Yine istasyonlardan alınan yaklaşık ikişer kiloluk sediment örnekleri homojen bir karışım halinde hazırlanarak kurutulmak üzere saat camlarına dökölmüştür. Saat camlarına alınan numuneler tamamen kuruyana kadar 105 °C ± 5 °C ayarındaki etüvde bekletilmiştir. Nemi alınan sediment örnekleri tanecik boyutları ufaltılarak daha da homojen hale getirilmiş ve her bir numuneden 0,5 gr. ağırlığında temsiller alınmıştır. Alınan bu örneklerin üzerine 19 mL konsantre nitrik asit ilave edilmiş ve CEM Mars Xpress marka ve modellenli mikrodalga yakma ünitesinde sindirme işlemi uygulanmıştır. Bu işlemde çıkan numuneler filtre kağıtları ile süzölüp 100 ml. hacme tamamlanmıştır.

5. BULGULAR VE TARTIŞMA

5.1. Su Örneklerinde Element ve Fizikokimyasal Analiz Sonuçları

Çalışma alanı olan Seydisuyu Havzası'nda belirlenen 12 istasyondan mevsimsel olarak alınan su numunelerinde Bor (B), Kadmiyum (Cd), Krom (Cr), Bakır (Cu), Demir (Fe), Manganez (Mn), Sodyum (Na), Nikel (Ni), Kurşun (Pb), Çinko (Zn), Potasyum (K), Magnezyum (Mg), Alüminyum (Al), Kalsiyum (Ca), Silisyum (Si) ve Arsenik (As) analizleri gerçekleştirilmiştir. Aynı numunelerin fizikokimyasal analizleri de yapılmış olup sıcaklık (°C), iletkenlik (µS/cm), tuzluluk (ppt), toplam çözünmüş katı (g/L), pH, yükseltgenme-indirgenme potansiyeli (mV), amonyum (mg/L-N), nitrat (mg/L-N), nitrit (mg/L), çözünmüş oksijen derişimi (mg/L), yüzdece çözünmüş oksijen (%), fosfat (mg/L), sülfat (mg/L), kimyasal oksijen ihtiyacı (mg/L) parametreleri ölçülmüştür.



Şekil 5.1. Alüminyum seviyeleri (mg/L)

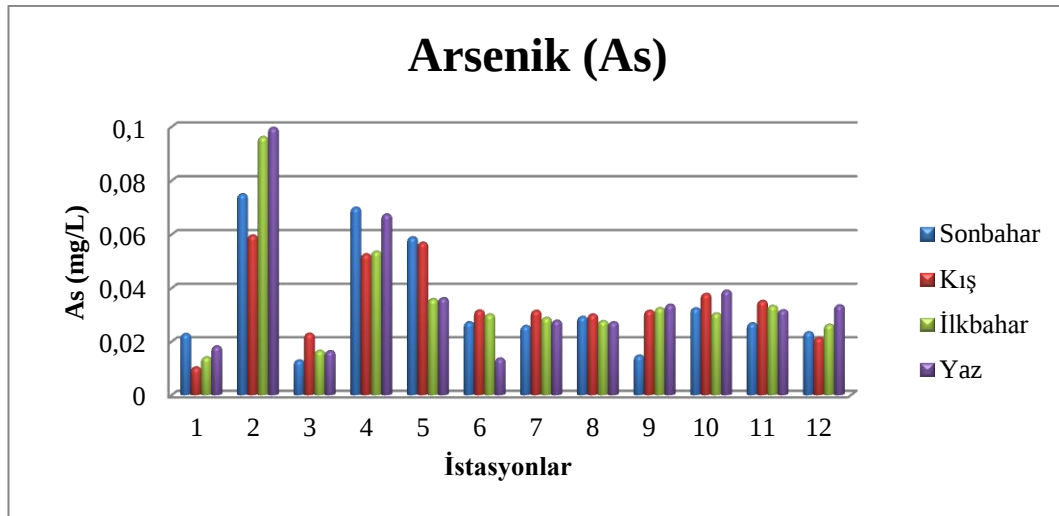
Şekil 5.1.de,havzadan alınan su örneklerinin mevsimlere göre değişen alüminyum seviyeleri görülmektedir. Maksimum ölçülen değerler yaklaşık olarak 5 mg/L seviyelerine ulaşabilmektedir. Özellikle ilkbahar ve yaz mevsiminde alüminyum derişiminin yüksek olduğu saptanmıştır. Sonbahar mevsiminde ilk dört istasyonda alüminyum derişimi hesaplanabilmiş, diğer istasyonlarda ölçülebilir limitler altında kalmıştır. En yüksek alüminyum derişimi 4.7 mg/L ile

12 no.lu istasyonda yaz mevsiminde ölçülmüştür. Havza alüminyum kalitesi bakımından IV. sınıf su kalitesindedir.

Seydisuyu havzasında neojen çökel sediman tabakaları ve volkanitler, havzanın jeolojik yapında büyük bir paya sahiptir (Şekil 4.3). Alüminyum, magmatik kayalarda ve sedimanter yapılardaki kil minerallerinde bulunmaktadır.

TSE 266 standardında alüminyum için verilen sınır değer 0,2 mg/L'dir. SKKY'de Kıtaçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri tablosunda alüminyum parametresi I. Ve II. Sınıf sular için 0,3 mg/L, III. Sınıf sular için 1 mg/L ve IV. sınıf sular için >1 mg/L olarak verilmiştir.

Bouraie ve ark. (2010) tarafından Mısır'da bulunan Nil Nehri'nde, su kalitesini belirlemeye yönelik olarak yapılan çalışmada, 9 farklı istasyondan alınan su numunelerinde ölçülen alüminyum derişimleri 0,024-0,149 mg/L aralığında ölçülmüştür. Yazarlar, ölçüm sonuçlarının Mısır mevzuatlarına uygun olduğunu ifade etmişlerdir.



Şekil 5.2. Arsenik seviyeleri (mg/L)

Havzada ölçülen arsenik seviyeleri Şekil 5.2.'de görülmektedir. Arsenik derişimlerinin tüm istasyonlarda mevsimden bağımsız olarak yakın seviyelerde olduğu söylenebilir. Tüm havzada en yoğun arsenik derişimleri 2 no.lu istasyonda ölçülmüştür. Arsenik elementi yer kabuğunda volkanik aktivitenin yoğun olduğu alanlarda, fosil ve güncel hidrotermal ve jeotermal akışkanlarda epitermal altın yataklarında, kıtasal borat yataklarında yoğunlukla bulunmaktadır (Helvacı 2008).

2 no.lu istasyon bor yataklarının yoğun olduğu Kırka istasyonudur. Arsenik varlığının bor varlığıyla yakın ilişkisi olduğu görülmektedir.

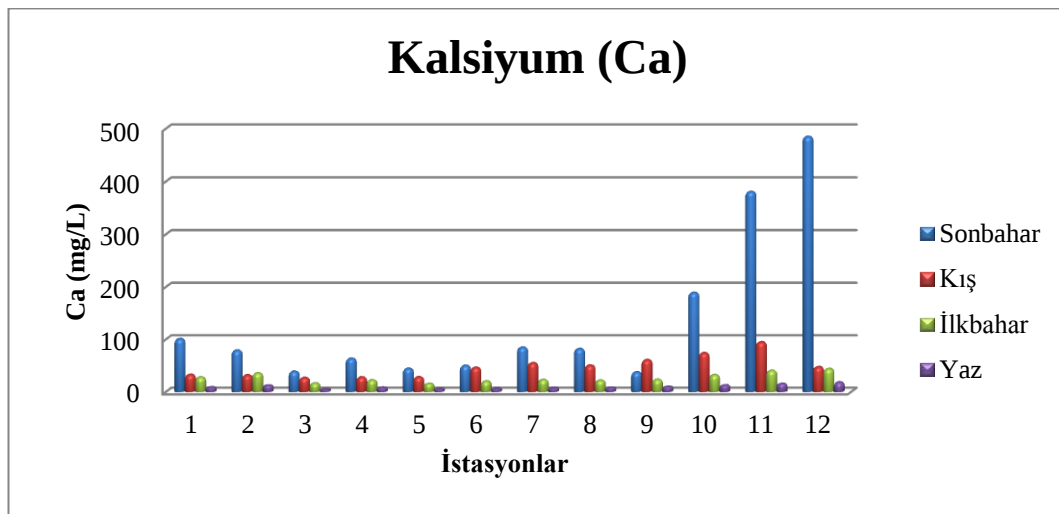
Havzada en yüksek arsenik derişimi ilkbahar ve yaz mevsimlerinde 0,09 mg/L olarak ölçülmüştür. Bu değer TSE 266 standardında ve İTASHY’de verilen 0,01 mg/L sınır değerinin çok üzerindedir. Havzada jeolojik yapı ve bor madeni üretimiyle kaynaklı olarak ciddi bir arsenik problemi olduğu ortaya çıkmaktadır.

Bor kayaçlarının yoğun olduğu bilinen Bigadiç havzasında, yüzeysel sularda ölçülen arsenik derişimleri 0,01-0,25 mg/L arasında; Emet havzasında ise 0,035-1,66 mg/L arasında değişmiştir (Helvacı 2008).

Mohiuddin ve ark. (2011) tarafından Bangladeş’te yapılan çalışmada yaz ve kış mevsimlerinde Buriganga nehrinden alınan su örneklerinde, yaz mevsiminde 0,24 mg/L, kış mevsiminde ise 0,4 mg/L arsenik derişimi ölçülmüştür.

Yüzeysel sulardaki arsenik varlığı çok büyük farklılıklar gösterebilmektedir. Bu değişim, doğrudan endüstriyel ve tarımsal kaynaklı olabileceği gibi jeolojik özelliklerden kaynaklı olarak da gerçekleşebilir. Jeotermal bölgelerdeki nehirlerde ölçülen arsenik derişimleri genellikle 10-70 µg/L arasında olmaktadır (Smedley ve Kinniburgh, 2002).

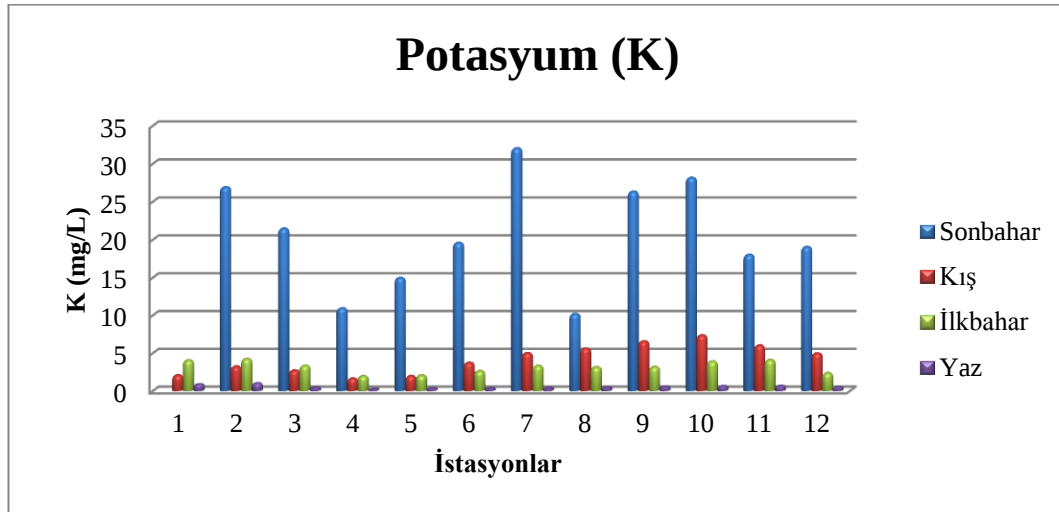
Seydisuyu havzasında 12 istasyonda yapılan çalışmada ölçülen mevsimlik arsenik değerleri 0,01-0,1 mg/L arasında değişmektedir ve literatürde verilen değerlerle uyumludur.



Şekil 5.3. Kalsiyum seviyeleri (mg/L)

Havzada ölçülen mevsimsel kalsiyum derişimleri Şekil 5.3.'te görölmektedir. Su kalitesi ile ilgili yayımlanan mevzuatlarda kalsiyum için herhangi bir sınır değeri verilmemekle birlikte sulama suyu kalitesinin belirlenmesinde önemli rol oynamaktadır. Kalsiyumun sulama sularındaki varlığı sodyum varlığının azalmasını, dolayısıyla da tuzluluğun tarımsal faaliyetlerdeki zararlı etkisinin azalmasını sağlar (Hounslow 1995).

Havzada ölçülen en yüksek kalsiyum derişimleri sonbahar mevsiminde ölçölmüştür. Bununla birlikte ölçölen yüksek derişim 12 no.lu istasyonda sonbahar mevsiminde ölçölen 485 mg/L derişimdir. Bu derişimin sebebinin numune alma dönemine denk gelen bir deşarj ya da antropojenik etki olabileceğı düşünölmektedir. Hemen hemen bütün istasyonlarda kalsiyum derişimlerinin mevsimler değışimi sonbahar > kış > ilkbahar > yaz şeklinde gerçekteşmiştir. Havzada sonbahar mevsimi ortalama derişimi (pik derişimler çıkartıldığında) 77,45 mg/L, kış mevsimi ortalama derişimi 48, 57 mg/L, ilkbahar mevsimi ortalama derişimi 27,50 mg/L ve yaz mevsimi ortalama derişimi 10,29 mg/L olarak ölçölmüştür.



Şekil 5.4. Potasyum seviyeleri (mg/L)

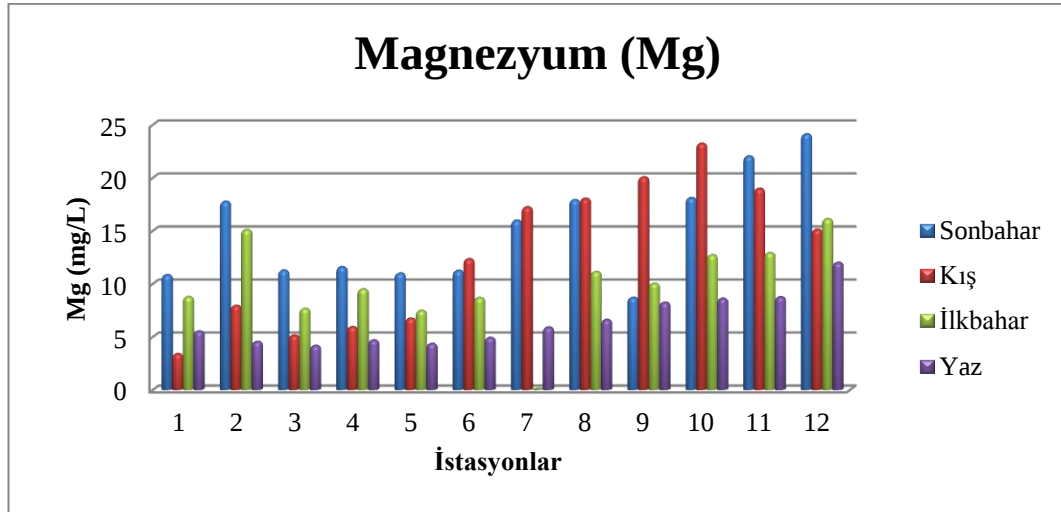
Tıpkı kalsiyum gibi potasyum için de uluslararası ve ulusal mevzuatta herhangi bir limit değeri belirtilmemiştir. Doğal sularda ortalama olarak 10 mg/L derişiminde potasyum bulunur.

Havzadan alınan su örneklerinde, en yüksek potasyum derişimlerinin sonbahar mevsiminde ölçüldüğü görülmektedir. Bu mevsimde 7. İstasyonda ölçülen 32 mg/L değeri en yüksek potasyum derişimidir. Ölçülen derişimler incelendiğinde tüm istasyonlarda yaz mevsiminde ölçülen derişimleri en düşük derişimler olduğu görülmektedir (Şekil 5.4). Ölçüm tarihleri göz önüne alındığında havzadaki tarımsal arazilerin yağmur sularıyla yıkanması sonucu sonbahar mevsiminde akarsuya yüksek derişimlerde potasyum taşındığı düşünülmektedir.

Kış ve ilkbahar mevsiminde yapılan ölçümlerde 6. İstasyon ve sonrasında alınan numunelerdeki potasyum derişimlerinin paralellik gösterdiği anlaşılmaktadır.

Çalışma kapsamında ölçülen ortalama derişimler sonbahar mevsiminde 20,7 mg/L, kış mevsiminde 4,2 mg/L, ilkbahar mevsiminde 3,2 mg/L ve yaz mevsiminde 0,5 mg/L olmuştur.

Bakış ve ark. (2011) tarafından Porsuk Havzası'nda yapılan çalışmada, Porsuk çayında yaz mevsiminde 5,06 mg/L, kış mevsiminde ise 8,74 mg/L potasyum derişimi ölçülmüştür.



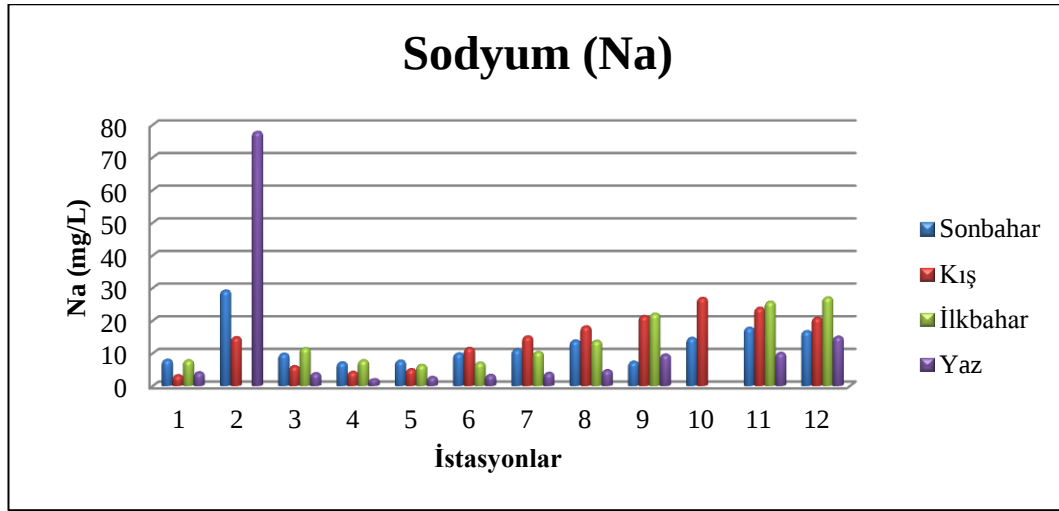
Şekil 5.5. Magnezyum seviyeleri (mg/L)

Sularda sertliği oluşturan ana elementler kalsiyum ve magnezyumdur. Yüzeysel sularda, doğrudan magnezyum derişimi ile ilgili bir limit değeri

bulunmamakla birlikte magnezyum varlığı nedeniyle ortaya çıkan sertlikle ilgili limitler bulunmaktadır.

Şekil 5.5'te havzaya ait mevsimsel magnezyum derişimleri verilmiştir.Ölçülen en yüksek derişimler kış mevsiminde 10. istasyonda 23 mg/L ve sonbahar mevsiminde 12. istasyonda 24 mg/L'dir. Havza genelinde en düşük derişimler yaz mevsiminde ölçülmüştür. Mevsimsel ortalamalar değerlendirildiğinde magnezyum derişimlerinin sonbahar > kış > ilkbahar > yaz şeklinde olduğu görülmektedir. En yüksek derişimlerin 5 numaralı alt havzada ölçüldüğü anlaşılmaktadır (Şekil 4.6).

Tüm mevsimlerde ölçülen magnezyum derişimleri 3,4 – 24,1 mg/L arasında değişmektedir.



Şekil 5.6. Sodyum seviyeleri (mg/L)

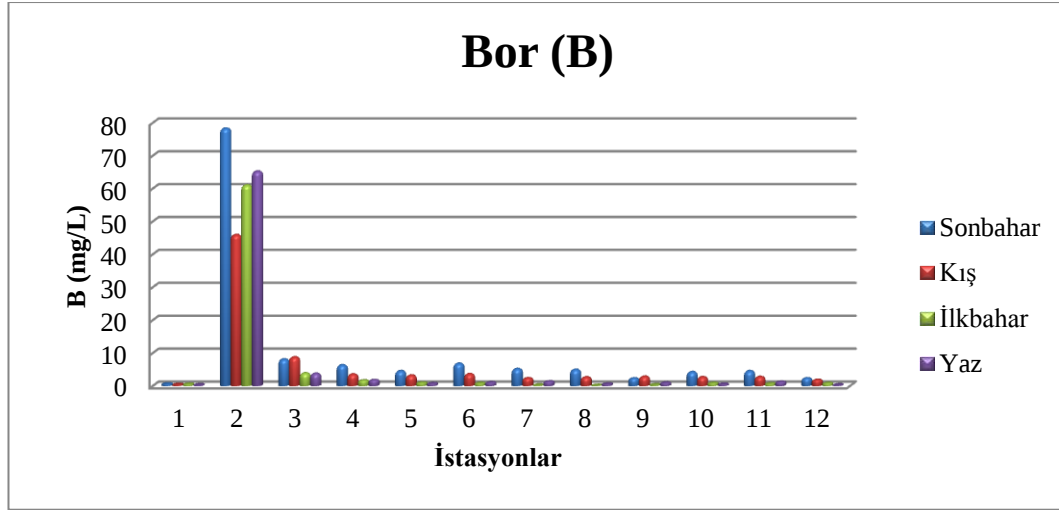
Seydisuyu havzasında ölçülen sodyum seviyeleri Şekil 5.6.'da gösterilmektedir. Ölçülen en yüksek değer yaz mevsiminde 2 no.lu istasyonda 77,8 mg/L olarak ölçülmüştür. Mevsimsel ortalama derişimler sonbahar (pik derişim çıkartıldığında), kış ve ilkbahar mevsimlerinde birbirine çok yakındır (yaklaşık 14 mg/L). Yaz derişimleri ise ortalama 6 mg/L olarak ölçülmüştür. Ölçülen en yüksek sodyum derişimlerinin 5 numaralı alt havzada ölçüldüğü anlaşılmaktadır (Şekil 4.6).

Sodyum parametresi ile ilgili olarak İTASHY'de ve TSE 266 standardında 200 mg/L sınır değeri verilmiştir. SKKY'de Kıta İçi Su Kaynakları Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri tablosunda I. ve II. Sınıf sular için 125 mg/L, III. Sınıf sular

için 250 mg/L ve IV. Sınıf sular için 250 mg/L üzeri sodyum derişimi limiti getirilmiştir. Bu bağlamda, Seydisuyu havzası su kalitesi sodyum parametresi bakımından I. Sınıf Su kalitesindedir.

Havzanın bütünü ele alındığında en yüksek sodyum derişimlerinin 11 ve 12 no.lu istasyonlarda ölçüldüğü görülmektedir.

Giljanovic (2010) tarafından Güney Hırvatistan'da yapılan çalışmada yüzeysel su kaynaklarında ölçülen sodyum derişimleri 1,4-642,6 mg/L arasında ölçülmüştür. Pik derişimlerin ölçüldüğü akarsu kollarında deniz suyuyla girişim olduğu görülmüştür.



Şekil 5.7. Bor seviyeleri (mg/L)

Çalışma süresince havzada ölçülen bor seviyeleri Şekil 5.7.de verilmiştir. Tüm mevsimlerde, 2 no.lu istasyonda ölçülen değerlerin en yüksek değerler olduğu görülmektedir. 2 no.lu istasyon, bor yataklarının ve bor işletmesinin bulunduğu Kırka yöresinde yer almaktadır.

Bor için ulusal ve uluslararası mevzuatta sınır değerler yer almaktadır. TSE 266 standardında ve İTASHY'de bor için 1 µg/L limit değer verilmiştir. WHO tarafından bor için verilen limit değer 0,5 mg/L'dir. İstasyon ortalamalarına bakıldığında yalnızca 1 no.lu istasyonda ölçülen bor derişimi 1 mg/L olan sınır değerinin altında kalmaktadır.

İkinci istasyonda en yüksek bor derişimi sonbahar mevsiminde 78,3 mg/L olarak ölçülmüştür. Bu istasyonda ölçülen bor derişimlerinin mevsimsel dağılımı

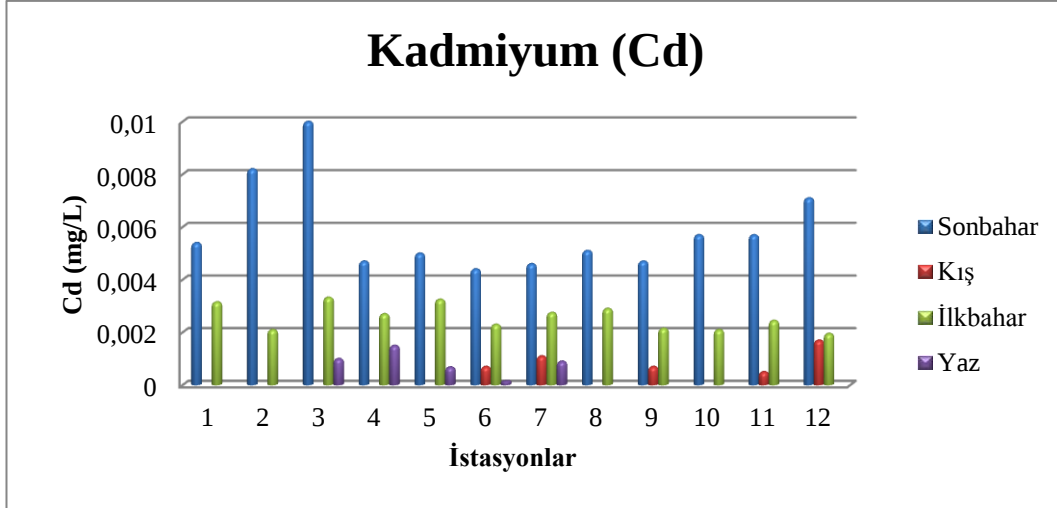
kış < ilkbahar < sonbahar < yaz şeklindedir. İkinci istasyondaki pik derişimler göz önüne alınmadığında, havzadaki ortalama bor derişimleri sonbahar mevsiminde 4,6 mg/L, kış mevsiminde 3,2 mg/L, ilkbahar mevsiminde 1 mg/L ve yaz mevsiminde 1,2 mg/L olarak ölçülmüştür. Havza genelindeki (2 no.lu istasyon hariç) mevsime bağı ortalama bor derişimleri sonbahar > kış > ilkbahar > yaz şeklindedir. Bu durum, kış mevsiminde etkili olan kar yağışının ilkbaharda eriyerek yüzeysel su kaynaklarına karışması ve bor derişimini seyreltmesi olarak açıklanabilir.

Uygan ve Çetin (2006) tarafından Eskişehir Seyitgazi yöresinde sulama sularında bor içeriğini araştırmaya yönelik yapılan çalışmada sulama suyunda 2002 yılında 0,87-3,38 mg/L, 2003 yılında 1,36-3,98 mg/L ve 2004 yılında ise 1,16-4,65 mg/L arasında değişen bor derişimleri saptanmıştır. Yapılan örnekleme çalışmalarında sulama suyunun alındığı yüzeysel su kaynağı olarak Seydisuyu Deresi gösterilmiştir.

Unsal ve Metintaş (2002) tarafından yapılan çalışmada Eskişehir Kırka yöresinde çeşitli bölgelerinden alınan içme sularındaki bor düzeylerinin eser miktar ile 1,50 mg/l arasında değişmekte olduğu saptanmıştır.

Çöl ve Çöl (2003), Kütahya Hisarcık yöresinde yaptığı çalışmada pek çok kaynaktan su örnekleri almıştır. Bu örneklerden 257 tanesi yüzeysel su kaynaklarından alınmıştır. Alınan örneklerde saptanan bor derişimleri 2,05-29 mg/L arasında değişmektedir. Söz konusu bor derişiminin, yörede yoğun şekilde bulunan bor yataklarında boraks ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) ve kolemanit ($\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) formunda bulunan bor elementinden kaynaklandığı ifade edilmiştir.

Minareci (2014) tarafından Gediz Nehri'nde yapılan çalışmada nehirde alınan su örneklerinde bor derişimleri 0,125-4,548 mg/L arasında saptanmıştır. Ortalama bor derişimi ulusal mevzuatla karşılaştırıldığında Gediz Nehri'nin bor parametresi bakımından IV. Sınıf kalitede olduğu saptanmıştır.

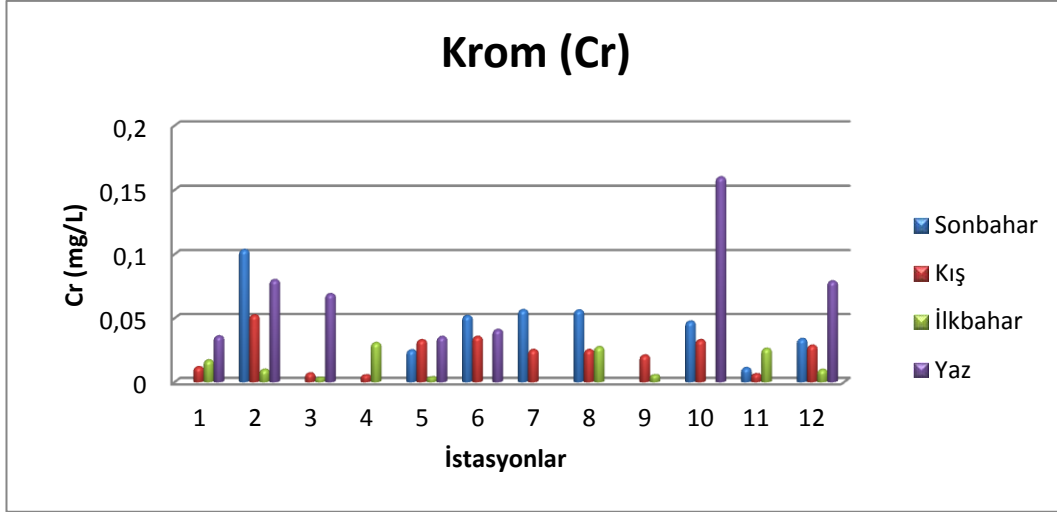


Şekil 5.8. Kadmiyum seviyeleri (mg/L)

Havzadan alınan su örneklerinde ölçülen kadmiyum derişimleri Şekil 5.8.de görölmektedir. Kadmiyum seviyeleri kış ve yaz mevsimlerinde pek çok istasyonda ölçülebilir değerin altında kalmıştır. Sonbahar mevsimi derişimleri havzada ölçülen en yüksek derişimler olmuştur. Mevsimsel kadmiyum derişimleri ortalamaları sonbahar için 0,0059 mg/L, kış için 0,0009 mg/L, ilkbahar için 0,0026 ve yaz mevsimi için 0,0008 mg/L olmuştur. Ölçülen en yüksek kadmiyum derişimi sonbahar mevsiminde 3 no.lu istasyonda ölçölmüştür.

Kadmiyum için verilen limit değler içme sularında TSE 266 standardı ve EPA tarafından 0,005 mg/L ile sınırlandırılmıştır. WHO tarafından belirtilen limit değ ise 0,003 mg/L'dir (WHO, 2008). YSKYY Tablo-5'te verilen Kıtaiçi Yüzeyel Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri tablosunda kadmiyum için I. Sınıf sulara 0,002mg/L, II. Sınıf sular için 0,005 mg/L, III. Sınıf sular için 0,007mg/L ve IV. Sınıf sular için 0,007mg/L üzeri limit verilmiştir.

Verilen sınır değler incelendiğinde sonbahar mevsimi ortalamalarının TSE ve EPA standardı üzerinde kaldığı görölmektedir. Ayrıca havza kadmiyum parametresi bakımından III. Sınıf su kalitesine haizdir.



Şekil 5.9. Krom seviyeleri (mg/L)

Havzada yer alan 12 istasyondan dört mevsim süresince alınan su örneklerinde ölçülen krom derişimleri Şekil 5.9.da yer almaktadır. Pek çok istasyonda krom, ölçülebilir limitlerin altında çıkmıştır.

Havzada mevsimsel ortalamalar bazında en yüksek değerler yaz mevsiminde ölçülmüştür. Ancak yine yaz mevsiminde 5 adet istasyonda krom derişimleri ölçülebilir değerlerin altında çıkmıştır. Mevsimlere göre değişen ortalama krom derişimleri sonbaharda 0,048 mg/L, kış 0,024 mg/L, ilkbaharda 0,015 mg/L ve yaz mevsiminde 0,072 mg/L olmuştur. Havzada ölçülen en yüksek derişim yaz mevsiminde 10 no.lu istasyonda 0,16 mg/L olarak ölçülmüştür. Ancak bu derişimin numune alma tarihlerine denk gelen bir ani deşarj olduğu düşünülmektedir.

Mevsimsel derişimler karşılaştırıldığında krom derişimlerinin yaz > sonbahar > kış > ilkbahar şeklinde olduğu görülmektedir.

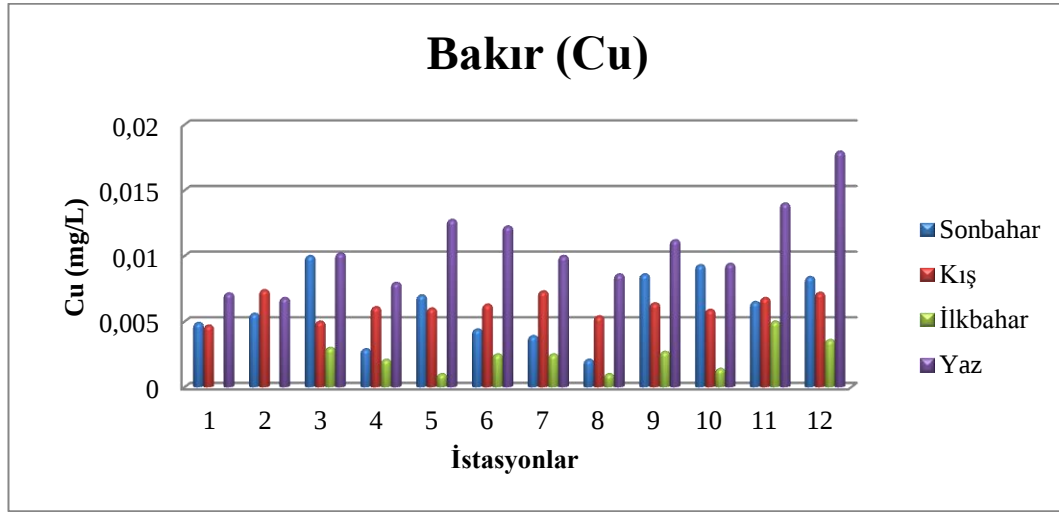
Krom ile ilgili ulusal ve uluslararası mevzuatta sınır değerler bulunmaktadır. İçme suları için WHO ve TSE tarafından verilen limit değer 0,05 mg/L'dir. SKKY'nde I. Sınıf sular için 0,02 mg/L, II. Sınıf sular için 0,05 mg/L, III. Sınıf sular için 0,2 mg/L ve IV. Sınıf sular için 0,2 mg/L üzeri derişimler limit değerler olarak verilmiştir.

Akçay ve ark. (2003) tarafından Büyük Menderes ve Gediz Nehri'nde yapılan çalışmada yaz ve kış aylarında su numuneleri alınmış ve ağır metal içerikleri analiz edilmiştir. Buna göre Büyük Menderes nehrinde yaz mevsiminde

0,011 mg/L, kış mevsiminde 0,013 mg/L; Gediz Nehri'nde ise yaz mevsiminde 0,02 mg/L, kış mevsiminde 0,028 mg/L krom derişimi ölçülmüştür.

Mohiuddin ve ark. (2011) tarafındanBangladeş'te yapılan çalışmada Buriganga Nehri'nden yaz ve kış aylarında su örnekleri alınmıştır. Yapılan analizlerde yaz mevsiminde alınan örneklerdeki ortalama krom derişimi 1,43 mg/L, kış mevsiminde alınan örneklerdeki ortalama krom derişimi ise 1,96 mg/L olarak tespit edilmiştir. Yazar, krom derişimlerinin yüksek oluşunu noktasal kirletici kaynaklarla (tabakhane endüstrisi) ilişkilendirmiştir.

Çalışmada elde edilen sonuçların literatür ile benzerlik gösterildiği ve havzanın krom parametresi bakımından III. Sınıf kalitede olduğu görülmüştür.



Şekil 5.10. Bakır seviyeleri (mg/L)

Havzada yapılan dört mevsimlik örnekleme çalışmalarında her bir istasyonda ölçülen bakır derişimleri Şekil 5.10.da görülmektedir. Havzada yaz aylarında ölçülen bakır derişimlerinin diğer mevsimlere göre yüksek olduğu görülmektedir. Mevsimlere göre ortalama bakır derişimleri en az ilkbahar mevsiminde ölçülmüştür. Sonbahar ve kış ortalama derişimleri birbirine çok yakındır. Yaz mevsimi ortalama bakır derişimi 0,01 mg/L'dir. Ölçülen en yüksek derişim yaz mevsiminde 12 no.lu istasyonda 0,018 mg/L olarak ölçülmüştür.

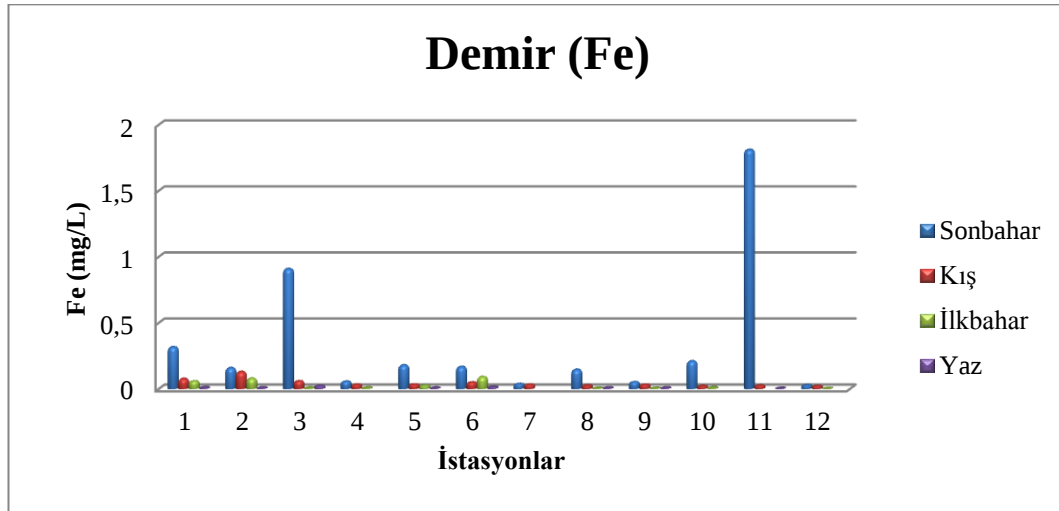
Bakır parametresi için TSE 266 standardında ve WHO içme suyu kalitesi standardında 2 mg/L limit değer olarak verilmiştir. YSKYY'de I. Sınıf sular için 0,02 mg/L , II. Sınıf sular için 0,05 mg/L, III. Sınıf sular için 0,2 mg/L ve IV.

Sınıf sular için 0,2 mg/L üzeri derişimler limitleri yer almaktadır. Seydisuyu Havzası bakır parametresi bakımından I. Sınıf kalitededir.

Kaçaroğlu (1991) tarafından Eskişehir Ovası sularında yapılan çalışmada sulara bulunan bakırın çok az kısmının doğal kaynaklı olduğu ortaya konmuştur. Dolayısıyla yaz aylarında saptanan yüksek derişimlerin antropojenik kökenli olduğu düşünülebilir. Ayrıca diğer mevsimlerde ölçülen yakın derişimler de bu yargıyı güçlendirmektedir.

Büyük Menderes Nehri'nde yapılan çalışmada yaz ve kış aylarında alınan su numunelerinde saptanan bakır derişimleri birbirine çok yakın bulunmuştur. Yaz mevsimi ortalama derişimi 0,012 mg/L, kış mevsimi ortalama derişimi 0,01 mg/L olarak ölçülmüştür (Akçay ve ark., 2003).

Reyhani ve ark. (2013), Kuzey İran bölgesinde yaptığı çalışmada Sardabrud Nehri'nde ağır metal kirliliğini araştırmıştır. Çalışmada ölçülen bakır derişimleri 0,7-8,2 µg/L arasında ölçülmüştür. Doğal kaynaklardan dolayı ortaya çıkan ağır metal kirliliğinin bu nehirde çok düşük seviyelerde olduğu gözlenmiştir.



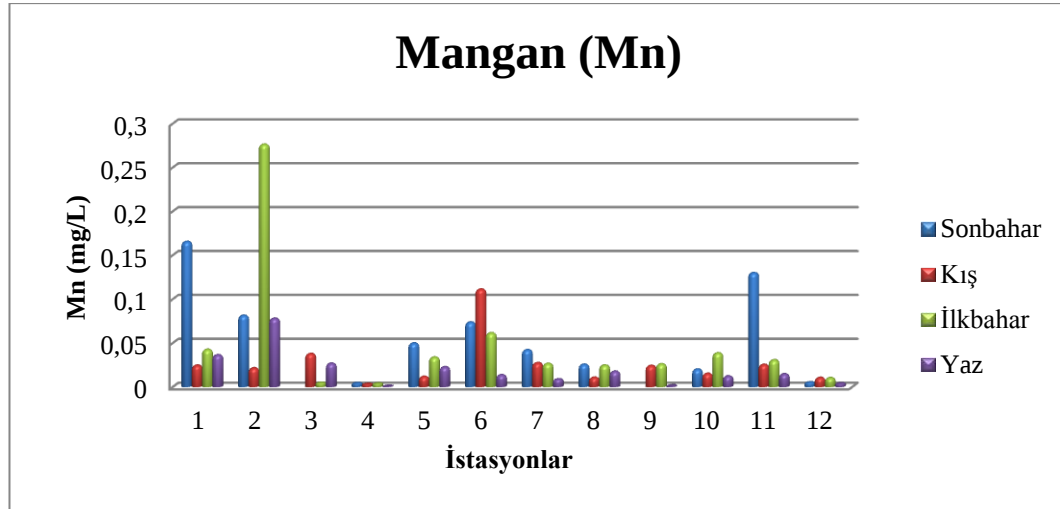
Şekil 5.11. Demir seviyeleri(mg/L)

Örnekleme yapılan mevsimlere ait demir derişimleri Şekil 5.11'de görülmektedir. Havzada en yüksek demir derişimleri sonbahar mevsiminde ölçülmüştür. Özellikle 11 no.lu ve 3 no.lu istasyonda bu mevsimde ölçülen derişimler en yüksek derişimlerdir ve mevsimsel ortalamaların çok üzerindedir. Pik derişimler çıkartıldığında mevsimsel ortalama demir derişimleri sonbahar >kış

> ilkbahar > yaz şeklinde olmaktadır. Yaz mevsiminde 4, 7, 10 ve 12 no.lu istasyonlarda demir derişimi ölçülebilir seviyelerin altında kalmıştır. Sonbahar mevsiminin ortalama demir derişimi (pik derişimler çıkınca) 0,137 mg/L, kış mevsiminin ortalama demir derişimi derişimi 0,046 mg/L, ilkbahar mevsiminin ortalama demir derişimi derişimi 0,026 mg/L ve yaz mevsiminin ortalama demir derişimi derişimi 0,01 mg/L olmaktadır.

Demir parametresi için verilen limit değeri TSE 266 standardında 0,2 mg/L, EPA tarafından 0,3 mg/L olarak verilmiştir. SKKY, Kıta İçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri'nde yüzeysel suların sahip olabilecekleri demir derişimi 0,3 mg/l'ye kadar I. sınıf, 1 mg/l'ye kadar II. sınıf, 5 mg/l'ye kadar III. sınıf ve 5 mg/l üzeri IV. sınıf olarak belirlemiştir.

Reyhani ve ark. (2013), Kuzey İran bölgesinde yaptığı çalışmada Sardabrud Nehri'nde ağır metal kirliliğini araştırmıştır. Çalışmada ölçülen demir derişimleri 10-6168 µg/L arasında ölçülmüştür.



Şekil 5.12. Mangan seviyeleri (mg/L)

Seydisuyu Havzası'nda yapılan çalışmada mevsimsel olarak ölçülen mangan derişimleri Şekil 5.12.de görülmektedir. Havzada ölçülen en yüksek derişim ilkbahar mevsiminde 2 no.lu istasyonda 0,27 mg/L olarak ölçülmüştür. Havzada tüm mevsimlerde en düşük değerler 4 no.lu istasyonda ölçülmüştür.

Mevsimsel mangan derişimleri ortalamaları sonbahar > ilkbahar > kış > yaz şeklindedir. İlkbahar mevsiminde ölçülen pik debi çıkartıldığında kış ve ilkbahar

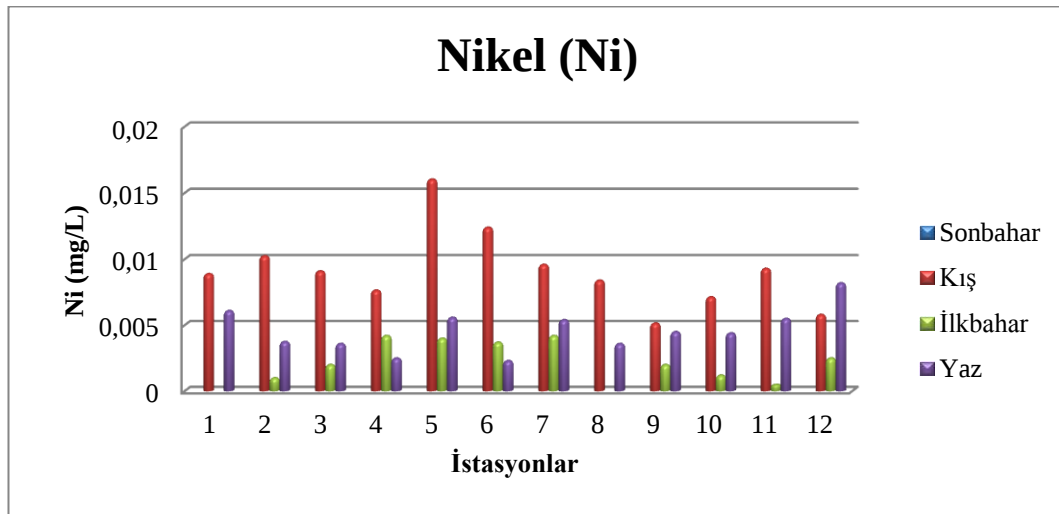
aylarında ölçülen ortalama mangan derişimleri birbirlerine çok yakın görünmektedir.

Mangan için verilen limit değeri, içme sularında TSE 266 ve EPA tarafından 0,05 mg/L olarak belirlenmiştir. SKKY Kıta İçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri tablosunda mangan derişimi 0,1 mg/l'ye kadar olan sular I. sınıf, 0,5 mg/l'ye kadar olan sular II. sınıf, 3 mg/l'ye kadar olan sular III. sınıf ve 3 mg/l üzeri olan sular IV. sınıf olarak belirlemiştir.

Mevsimsel ortalamalara bakıldığında havzanın su kalitesi mangan parametresi bakımından I. Sınıf su kalitesindedir. Ancak EPA tarafından verilen 0,05 mg/L limiti sonbahar mevsimi ortalamalarında aşılmaktadır. Mangan derişimlerinde mevsimsel olarak anlamlı değışimler gözlenmemiştir.

Akçay ve ark.(2003) tarafından Büyük Menderes ve Gediz Nehirlerinde yapılan çalışmada, her iki akarsudan da yaz ve kış mevsimlerinde su numuneleri alınmış ve ağır metal içerikleri araştırılmıştır. Büyük Menderes Nehri'nden alınan örneklerde yaz mevsiminde 0,09 mg/L, kış mevsiminde 0,098 mg/L; Gediz Nehri'nden alınan su örneklerinde yaz mevsiminde 0,053 mg/L, kış mevsiminde 0,05 mg/L mangan derişimi ölçülmüştür.

Amerika Birleşik Devletleri'nin Kentucky eyaletinde yeraltı ve yüzeysel su kaynakları olmak üzere yaklaşık 7500 noktadan alınan yaklaşık 20000 numunede mangan analizleri yapılmıştır. Bölgeden alınan numunelerin yarısının sınır değeri olan 0,05 mg/L üzerinde olduğu ortaya konmuştur.



Şekil 5.13. Nikel seviyeleri (mg/L)

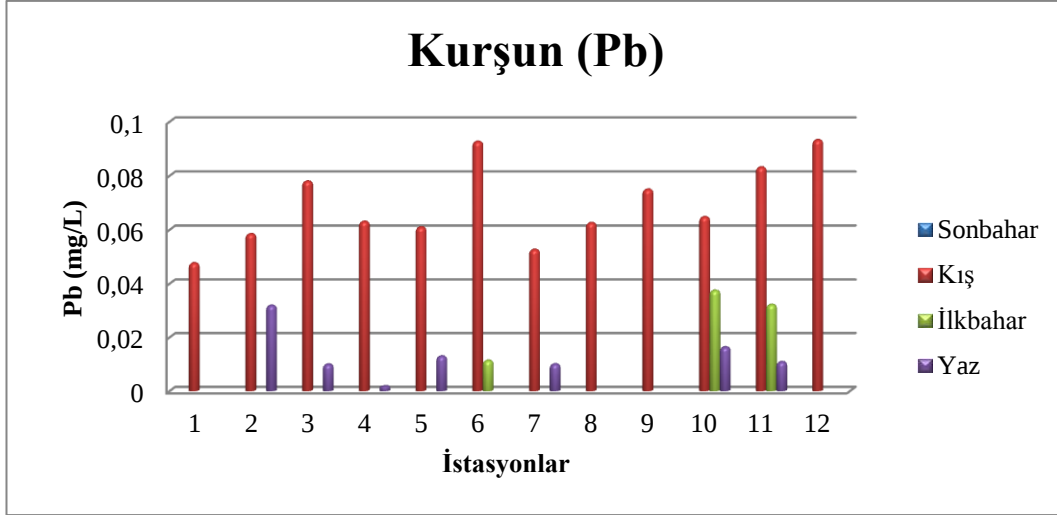
Havzada ölçülen en düşük derişimli parametrelerden birisi de nikel parametresi olmuştur (Şekil 5.13). Sonbahar mevsiminde alınan numunelerin tamamında nikel derişimi ölçülebilir limitlerin altında çıkmıştır. Ölçülebilen değerler incelendiğinde en yüksek derişimin kış mevsiminde 5 no.lu istasyonda saptandığı (0,016 mg/L) görülmektedir. Mevsimsel ortalama nikel derişimleri kış > yaz > ilkbahar şeklindedir. Kış mevsiminde ortalama 0,091 mg/L, ilkbahar mevsiminde ortalama 0,0025 mg/L ve yaz mevsiminde 0,0046 mg/L nikel derişimi saptanmıştır.

TSE 266 standardında nikel için limit değeri 0,02 mg/L olarak verilmiştir. WHO tarafından bu limit 0,07 mg/L şeklindedir. YSKYY Tablo-5'te verilen Kıtaiçi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri'nde nikel için 0,02 mg/l'ye kadar I. sınıf, 0,05 mg/l'ye kadar II. Sınıf, 0,2 mg/l'ye kadar III. sınıf ve 0,2 mg/l üzeri için IV. sınıf limitleri verilmiştir.

Mohiuddin ve ark. (2011) tarafından Bangladeş'te yapılan çalışmada yaz ve kış mevsimlerinde ölçülen nikel derişimleri sırasıyla 0,15 mg/L ve 0,17 mg/l olarak ölçülmüştür.

Rowland ve ark. (2011) tarafından Kuzeybatı İngiltere Bölgesi'nde yapılan iki yıl süreli izleme çalışmasında ölçülen nikel derişimleri 0,014-0,0203 mg/L arasında değişmektedir.

Seydisuyu Havzası'nda yapılan çalışmayla saptanan derişimler literatürle uyum göstermektedir. Havzanın su kalitesinin nikel derişimleri bakımından III. Sınıf olduğu saptanmıştır.

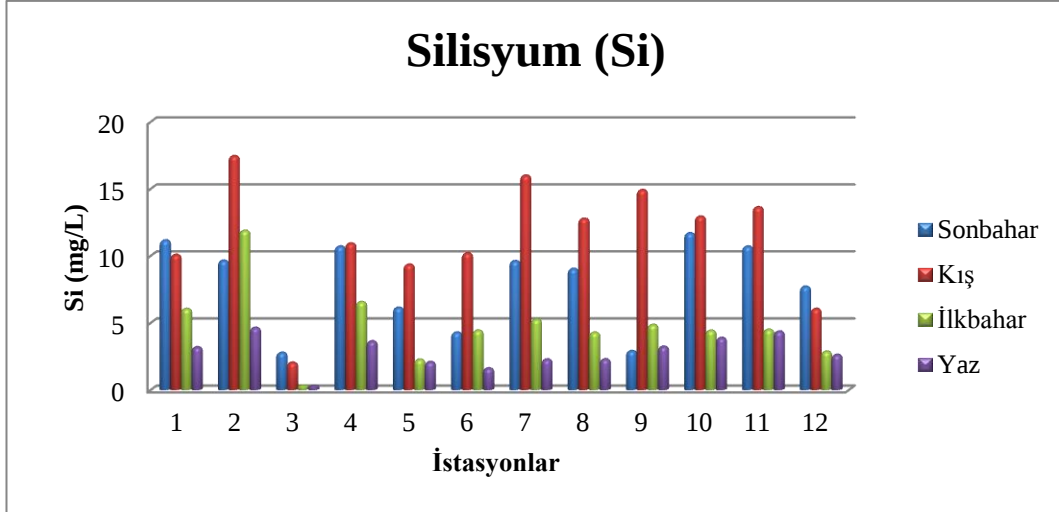


Şekil 5.14. Kurşun seviyeleri (mg/L)

Havzada ölçülen kurşun derişimleri Şekil 5.14.te görölmektedir. Sonbahar mevsiminde tüm istasyonlardan, ilkbahar mevsiminde 6, 10 ve 11. İstasyonlar hariç tüm istasyonlardan, yaz mevsiminde ise 1, 6, 8, 9 ve 12 istasyonlardan alınan örneklerde kurşun derişimleri ölçülebilir limitlerin altındadır. Havzada ölçülen en yüksek derişimler 6 ve 12 no.lu istasyonlarda kış mevsiminde 0,093 mg/L olarak ölçölmüştür.

İçme sularında kurşun parametresi için WHO ve TSE 266 standardı tarafından 0,01 mg/L sınır değeri konulmuştur. EPA tarafından verilen limit ise 0,015 mg/L'dir. YSKYY Tablo 5'te 0,01 mg/L'ye kadar kurşun içeren sular I. Sınıf, 0,02 mg/L'ye kadar kurşun içeren sular II. Sınıf, 0,05 mg/L'ye kadar kurşun içeren sular III. Sınıf ve 0,05 mg/L üzerinde kurşun içeren sular IV. Sınıf olarak belirtilmiştir.

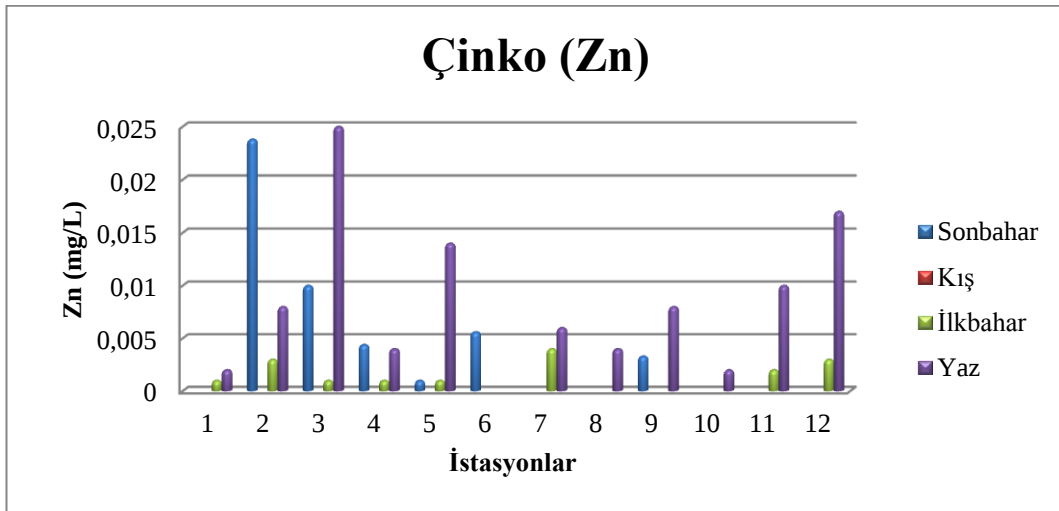
Kış mevsiminde ölçülen değeriğin tamamı mevzuatlarla belirlenen limit değeriğin üzerindedir.



Şekil 5.15. Silisyum seviyeleri (mg/L)

Silisyum parametresi için ulusal ve uluslararası mevzuatta herhangi bir limit değeri verilmemiştir. Nehirler genellikle 4 mg/L civarında silisyum içeriğine sahiptir (Alam ve ark., 2008).

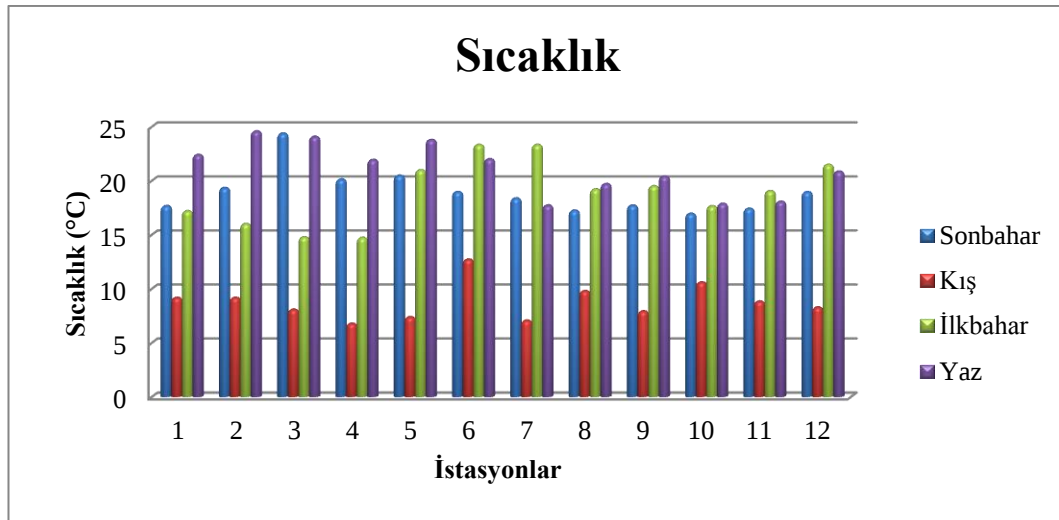
Şekil 5.15.'te Seydisuyu Havzası'nda ölçülen silisyum seviyeleri görülmektedir. Mevsimsel ortalama silisyum derişimleri kış > sonbahar > ilkbahar > yaz şeklindedir. Ortalama derişimler sonbahar mevsiminde 8,03 mg/L, kış mevsiminde 11,37 mg/L, ilkbahar mevsiminde 4,81 mg/l ve yaz mevsiminde 2,85 mg/L'dir. Havzada ölçülen en yüksek derişim kış mevsiminde 2 no.lu istasyonda ölçülmüş olup 17,46 mg/L'dir.



Şekil 5.16. Çinko seviyeleri (mg/L)

Şekil 5.16.da havzada mevsimsel olarak tespit edilen çinko seviyeleri görülmektedir. Kış mevsiminde, su numunesi alınan tüm istasyonlarda çinko seviyeleri ölçülebilir limitlerin altındadır. Ayrıca sonbahar mevsiminde 1, 7, 8, 10, 11 ve 12 no.lu istasyonlarda; ilkbahar mevsiminde 6, 8, 9 ve 10 no.lu istasyonlarda ve yaz mevsiminde 6 no.lu istasyonlardaki çinko seviyeleri ölçülebilir limitlerin altında çıkmıştır. Havzada ölçülen en yüksek çinko derişimi yaz mevsiminde 3 no.lu istasyonda 0,025 mg/L olarak ölçülmüştür.

EPA tarafından içme suları için verilen çinko limiti 5 mg/L'dir. YSKYY Tablo 5'te verilen Kıtaİçi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterlerinde çinko parametresi; $\leq 0,2$ mg/L I. Sınıf, 0,2-0,5 mg/L II. Sınıf, 0,5-2 mg/L III. Sınıf ve > 2 mg/L IV. Sınıf sular için belirlenmiştir. Seydisuyu Havzası çinko parametresi bakımından, mevsimsel ortalama değerler göz önüne alındığında, I. Sınıf su kalitesindedir.



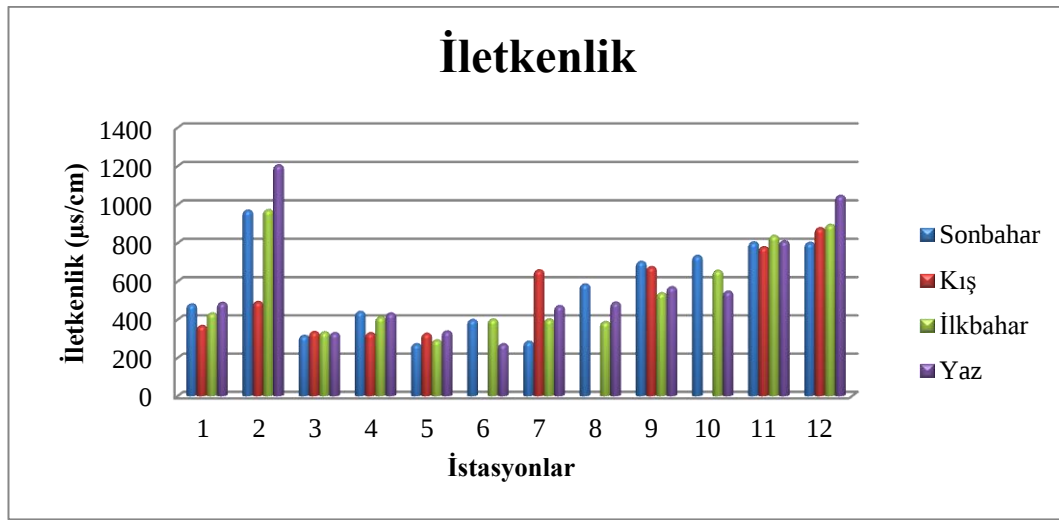
Şekil 5.17. Sıcaklık seviyeleri (°C)

Yüzeysel sular için tipik bir sıcaklık değerinden bahsetmek pek mümkün değildir. Ancak yeraltı suları, sıcaklık bakımından yüzeysel sulara göre daha az değişim gösterirler.

YSKYY Tablo-5'te verilen Kıtaİçi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri'nde sıcaklık parametresi için suyun kalite sınıflarına göre değerler verilmiştir. Buna göre I. ve II. Sınıf sular ≤ 25 °C, III. Sınıf sular ≤ 30 °C ve IV. Sınıf sular ise > 30 °C sıcaklığa haiz olmalıdırlar.

Sıcaklığın su kalitesi üzerindeki etkisi, su yapısındaki çözünmüş oksijen derişiminin suyun sıcaklığıyla ters orantılı olması şeklindedir. Sularda sıcaklık arttıkça çözünmüş oksijen de azalmaktadır.

Şekil 5.17.de, havzada bulunan istasyonlardan alınan mevsimsel su örneklerine ait sıcaklık değışimleri görölmektedir. Havzada ölçülen kış mevsimi ortalama sıcaklık değeri 8,83 °C'dir. Sonbahar ve ilkbahar sıcaklık ortalamaları aynı olup 18,95 °C ve yaz sıcaklık değeri ise ortalama 21,13 °C'dir. Bu bağlamda, Seydisuyu Havzası su kalitesinin sıcaklık parametresi bakımından I. Sınıf olduğu söylenebilir.



Şekil 5.18. İletkenlik seviyeleri (µS/cm)

İletkenlik parametresi, sudaki çözünmüş iyon derişimi hakkında fikir veren bir parametredir. Seydisuyu Havzası'ndan alınan örneklerde mevsimsel olarak ölçülen iletkenlik değeri Şekil 5.18'de görölmektedir.

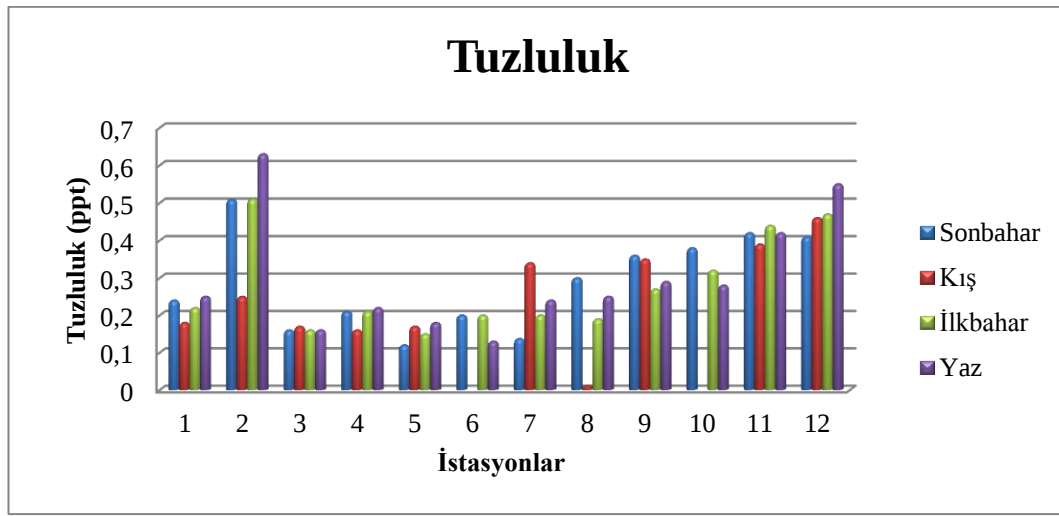
İTASHY'de ve TSE 266 standardında verilen iletkenlik limiti 20 °C'de 2500 µS/cm'dir.

Tüm mevsimler değeriendirildiğinde 2, 11 ve 12 no.lu istasyonlardaki iletkenlik değeri ortalamalarının yüksek olduğu görölmektedir. Havzada ölçülen en yüksek iletkenlik değeri de 2 no.lu istasyonda yaz mevsiminde 1205,15 µS/cm olarak ölçölmüştür.

Turan ve Ülkü (2012) tarafından Gökpınar ve Çürüksu çaylarının su kalitesini belirlemeye yönelik olarak yapılan çalışmada saptanan iletkenlik değeri 663-3313 µS/cm arasında bulunmuştur.

Elmacı ve ark. (2010) tarafından Uluabat Gölü'nde yapılan çalışmada yıllık ortalama iletkenlik değeri 555,75 $\mu\text{s/cm}$ olarak ölçülmüştür. Yine Yeniçağa Gölü'nde yapılan bir çalışmada iletkenlik değeri, 439 $\mu\text{s/cm}$ olarak ölçülmüştür (Tunca ve ark., 2012).

Seydisuyu Havzası'nda yapılan çalışmada 3 ve 5 no.lu istasyonlar Çatören ve Kunduzlar baraj gölleridir. Bu iki istasyonda ölçülen ortalama iletkenlik değerleri sırasıyla 534 ve 573 $\mu\text{s/cm}$ 'dir. Bu değerler literatür çalışmalarıyla uyumludur.

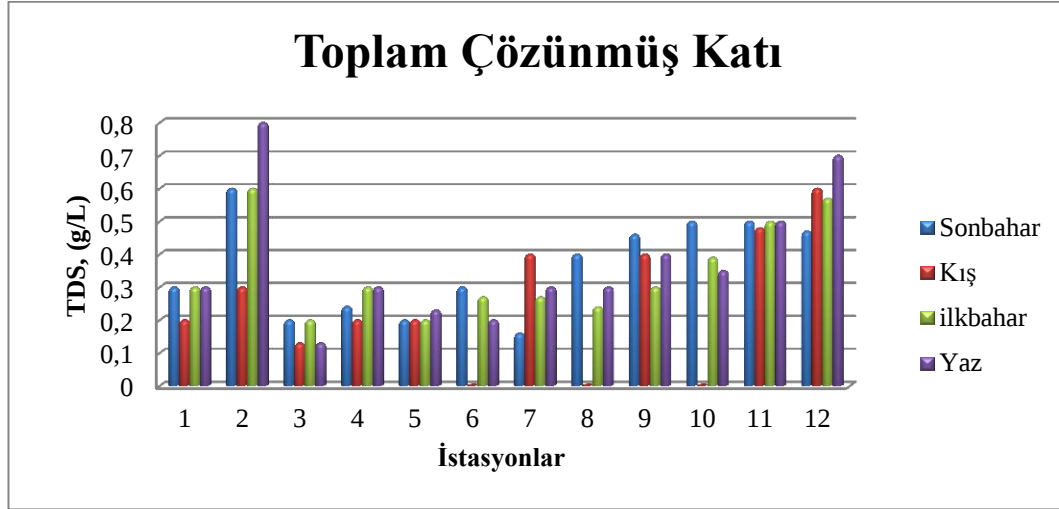


Şekil 5.19. Tuzluluk seviyeleri (ppt)

Seydisuyu Havzası'nda yapılan çalışmada saptanan tuzluluk seviyeleri Şekil 5.19'da görülmektedir. Tuzluluk ve iletkenlik parametrelerine ait ölçümlerin (Şekil 5.18 ve Şekil 5.19) büyük benzerlik gösterdiği ortaya çıkmaktadır. Arazi çalışmalarında fizikokimyasal parametrelerin belirlenmesi için kullanılan multi parametre ölçüm cihazı, tuzluluk verisini, cihazın iletkenlik probu ile ölçülen verileri kullanarak üretmektedir.

Havzada ölçülen en yüksek tuzluluk derişimi yaz mevsiminde 2 no.lu istasyonda 0,63 g/L olarak ölçülmüştür. En yüksek tuzluluk derişimi yaz mevsiminde (0,3 g/L) ölçülmüştür. Mevsimsel olarak ortalama tuzluluk derişimleri sonbahar 0,28 g/L, kış 0,24 g/L, ilkbahar 0,27 g/L ve yaz 0,3 g/L olarak ölçülmüştür. Tüm havzada tuzluluğun en yoğun olduğu istasyonlar 2, 11 ve 12 no.lu istasyonlardır.

Turan ve Ülkü (2012) tarafından Gökpınar ve Çürüksu çaylarının su kalitesini belirlemeye yönelik olarak yapılan çalışmada ortalama tuzluluk derişimleri 0,04-1,65 g/L arasında bulunmuştur.



Şekil 5.20. Toplam çözünmüş katı seviyeleri (g/L)

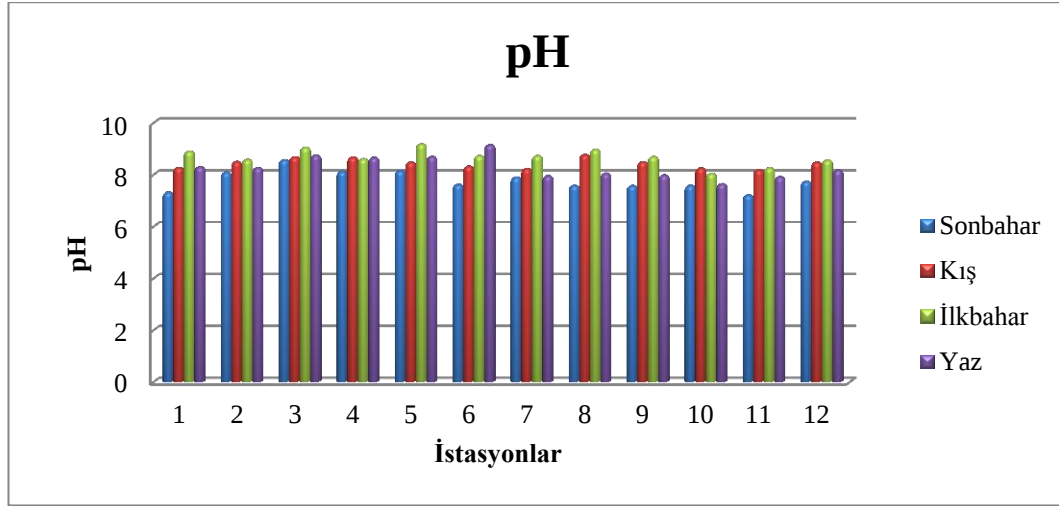
Havzada mevsimsel olarak ölçülen toplam çözünmüş katı (TDS) derişimleri Şekil 5.20.de görölmektedir. İletkenlik ve tuzluluk parametreleri arasında olan benzerlikbu parametrede de görölmektedir. Toplam çözünmüş katılar (TÇK), iletkenlik değeriinin 0.55-0.75 arasındaki bir faktörle çarpılmasıyla yaklaşık olarak elde edilir (Üstün Kurnaz ve Büyükgüngör 2008, DSİ 2001). İletkenlik ve tuzluluk parametreleri, suda çözünmüş olarak bulunan iyonların bir göstergesidir. Sularda bulunan çözünmüş katılar, çoğunlukla kalsiyum, magnezyum gibi maddelerden, inorganik tuzlardan ibarettir.

TDS parametresi için WHO tarafından 1 ppt (g/L) limit değeri verilmiştir. EPA tarafından içme suları için istenen TDS limiti 0,5 g/L'dir. SKKY'de toplam çözünmüş katı madde derişimi için verilen sınır değeri, I. Sınıf sular için 0,5 g/L, II. Sınıf sular için 1,5 g/L, III. Sınıf sular için 5 g/L ve IV. Sınıf sular için 5 g/L üzeri derişimler şeklindedir.

Havzada ölçülen en yüksek TDS derişimleri 2 ve 12 no.lu istasyonlarda ölçölmüştür. En düşük mevsimsel ortalamalar kış mevsimine aittir. Diğer mevsimlerde ortalama değeri birbirine yakındır.

Turan ve Ülkü (2012) tarafından Gökpınar ve Çürüksu çaylarının su kalitesini belirlemeye yönelik olarak yapılan çalışmada toplam çözünmüş katı madde derişimleri 305-1682 mg/L arasında bulunmuştur.

Seydisuyu Havzası, toplam çözünmüş katı madde derişimi bakımından II: sınıf su kalitesindedir.



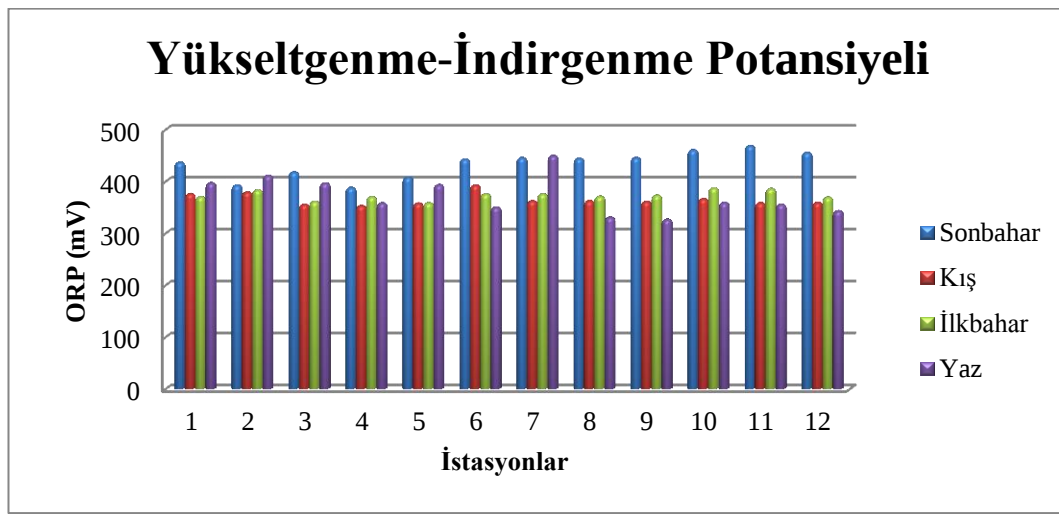
Şekil 5.21. pH seviyeleri

Seydisuyu Havzası'nda mevsimsel olarak ölçülen pH değerleri Şekil 5.21'de yer almaktadır. Tüm mevsimlerde ve istasyonlarda ölçülen değerler birbirleri arasında çok az fark göstermektedir. İstasyonlara ait ortalama değerler incelendiğinde 3 ve 5 no.lu istasyonlardaki ortalama pH değerinin diğer istasyonlara göre bir miktar daha fazla olduğu görülmektedir. Bu iki istasyon da baraj gölleridir. Havzada, mevsimsel olarak en yüksek ortalama pH değeri 8,69 ile ilkbaharda ölçülmüştür.

pH parametresi, su kalitesi bakımından önemli bir parametre olduğu için su kalitesiyle ilgili tüm mevzuatlarda limit değerleri belirtilmiştir. TSE 266 standardında içme suyu için 6,5-9,5 değerleri arası uygun olarak verilmiştir. WHO ve EPA tarafından verilen uygun pH aralığı 6,5-8,5'tir. YSKYY Tablo-5'te verilen Kıtaçi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri'nde I. ve II. Sınıf sular için 6,5-8,5 pH aralığı, III. Sınıf sular için 6-9 pH aralığı ve IV. Sınıf sular için 6-9 pH aralığının dışındaki değerler esas alınmıştır.

Akçay ve ark. (2003) yaptığı çalışmada Gediz ve Büyük Menderes nehirlerinden alınan su örneklerinde saptanan pH değerleri sırasıyla 7,9-8,2 ve 8-8,3 arasında değişmiştir.

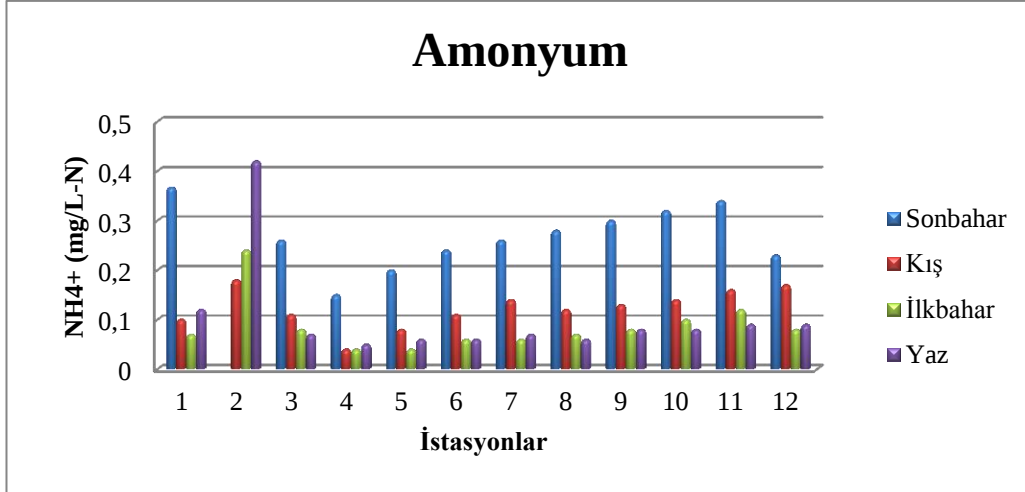
Gökgöl’de yapılan çalışmada ortalama pH değeri göl yüzeyinde 6,31 olarak ölçülmüştür. Bu değer göl yüzeyinden 5 m derinlikte yaklaşık olarak 6 olarak bulunmuştur (Taş ve Çetin 2011). Bu değerler ışığında Gökgöl sularının zayıf asidik karakterde olduğu ve SKKY’ye göre su kalitesinin I. Sınıf olduğu anlaşılmaktadır.



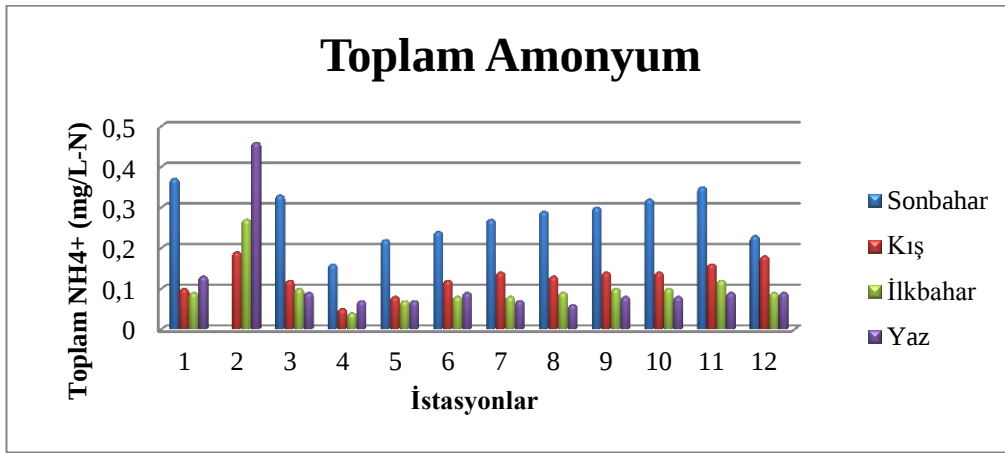
Şekil 5.22. Yükseltgenme-indirgenme potansiyeli seviyeleri (mV)

Seydisuyu Havzası’nda mevsimsel olarak ölçülen Yükseltgenme-İndirgenme Potansiyeli (ORP) değerleri Şekil 5.22’de yer almaktadır. Mevsimsel ortalama değerler dikkate alındığında sonbahar mevsimi ORP değerinin daha yüksek olduğu görülmektedir. İstasyon bazında en yüksek ortalama değer 7 no.lu istasyona (408,71 mV) aittir. Havzada ölçülen en yüksek değer ise sonbahar mevsiminde 11 no.lu istasyonda (469,17 mV) olarak ölçülmüştür.

ORP için su kalitesini sağlamaya yönelik mevzuatlarda herhangi bir limit değer bulunmamaktadır. Brownlow (1979), kirlenmemiş yeraltı sularında ORP değerlerinin +500’den -100 mV’ a kadar değişim gösterdiğini ifade etmektedir.



Şekil 5.23. Amonyum seviyeleri (mg/L-N)



Şekil 5.24. Toplam amonyum seviyeleri (mg/L-N)

Seydisuyu Havzası'nda yapılan çalışma süresince mevsimsel olarak ölçülen amonyum ve toplam amonyum derişimleri Şekil 5.23 ve Şekil 5.24'te görölmektedir.

Havzada ölçülen en yüksek amonyum ve toplam amonyum derişimi yaz mevsiminde 2 no.lu istasyonda sırasıyla 0,42 mg/L ve 0,46 mg/L olarak ölçölmüştür. Ölçülen amonyum derişimlerinin mevsimsel ortalamaları sonbahar mevsimi için 0,26 mg/L, kış mevsimi için 0,12 mg/L, ilkbahar mevsimi için 0,08 mg/L, yaz mevsimi için 0,10 mg/L şeklindedir. İstasyonlar bazında ölçülen en yüksek ortalama amonyum derişimi 2 no.lu istasyonda (0,28 mg/L) ölçölmüştür.

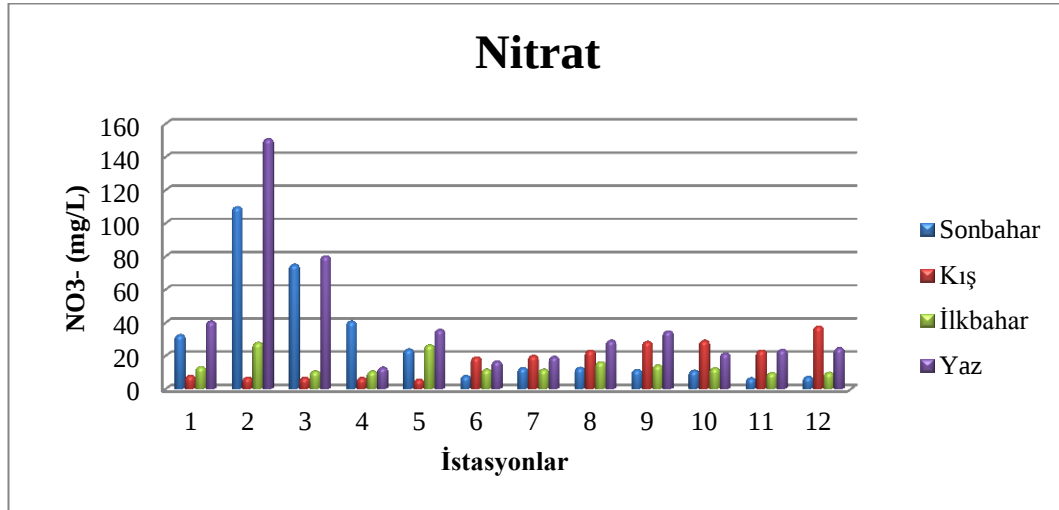
YSKYY Tablo-5'te verilen Kıtaçi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri'nde, amonyum parametresi bakımından I. Sınıf sular için

<0,2 mg/L, II. Sınıf sular için 0,2-1 mg/L, III. Sınıf sular için 1-2 mg/L ve IV. sınıf sular için >2 mg/L limit değerler verilmiştir. TSE 266 standardında ve İTASHY’de içme suları için amonyum sınırı 0,5 mg/L olarak; WHO tarafından ise 1,5 mg/L olarak verilmiştir.

Taş ve Çetin (2011) tarafından Gököl’de yapılan çalışmada göl suyundan alınan numunelerde saptanan amonyum derişimleri 0,22-1,2 mg/L arasında değişmiştir. Gölün su kalitesinin SKKY’ne göre II. Sınıf olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmaya benzer şekilde Seydisuyu Havzası’nda yapılan çalışmada da tüm istasyonlardan alınan örnekler ortalama derişimleri incelendiğinde II. Sınıf su kalitesine haizdir.

Amonyak sularda amonyum halinde bulunmaktadır. Akçay ve ark. (2003) tarafından yapılan çalışmada Büyük Menderes nehrinde 0,05-0,55 mg/L; Gediz Nehri’nde ise 0,05-0,46 mg/L arasında NH₃ (amonyak) derişimleri saptanmıştır.

Elmacı ve ark. (2010) tarafından Uluabat Gölü’nde yapılan çalışmada 0,56 mg/L ortalama amonyum azotu derişimi ölçülmüştür. Genel olarak yüzeysel sularda olması beklenen <0,1 mg/L değerinin üzerinde olan bu derişimin göl çevresindeki yerleşim yerleri ve tarım arazilerinden evsel ya da tarımsal kökenli olarak kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 5.25. Nitrat seviyeleri (mg/L-N)

Havzada yer alan istasyonlarda ölçülen mevsimsel nitrat derişimleri Şekil 5.25’te görülmektedir. 1, 2 ve 3 no.lu istasyonlarda sonbahar ve yaz

mevsimlerinde alınan örneklerde saptanan nitrat derişimlerinin pik yaptığı gözlenmektedir. Havzada ölçülen en yüksek derişim yaz mevsiminde 2 no.lu istasyonda 150,9 mg/L olarak ölçülmüştür. Bir sonraki en yüksek derişim de yine 2 no.lu istasyonda sonbahar mevsiminde 109,9 mg/L olarak ölçülmüştür.

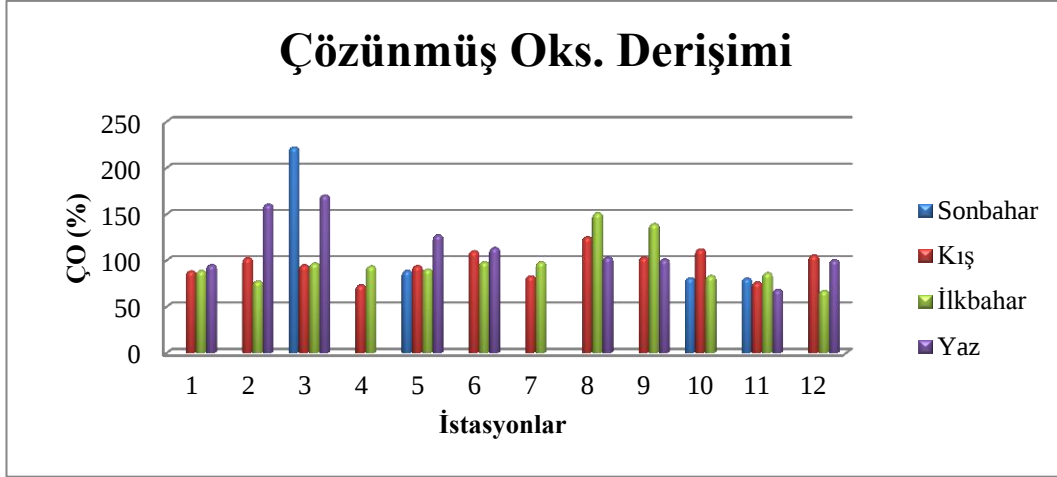
Mevsimlere göre ortalama nitrat derişimleri yaz > sonbahar > kış > ilkbahar şeklindedir. Ortalamalara bakıldığında en yüksek nitrat derişimi ortalama 73,9 mg/L ile ikinci istasyonda ölçülmüştür.

Nitrat parametresi için YSKYY Tablo-5 Kıtaıçi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri'nde I. Sınıf sular <5 mg/L, II. Sınıf sular 5-10 mg/L, III. Sınıf sular 10-20 mg/l ve IV. sınıf sular >20 mg/L ile sınırlandırılmıştır. WHO içme suyu kalitesi, TSE 266 standardı ve İTASHY'de nitrat için 50 mg/L sınır değeri verilmiştir. Nitrat parametresi bakımından havzanın IV. sınıf kalitede olduğu anlaşılmaktadır.

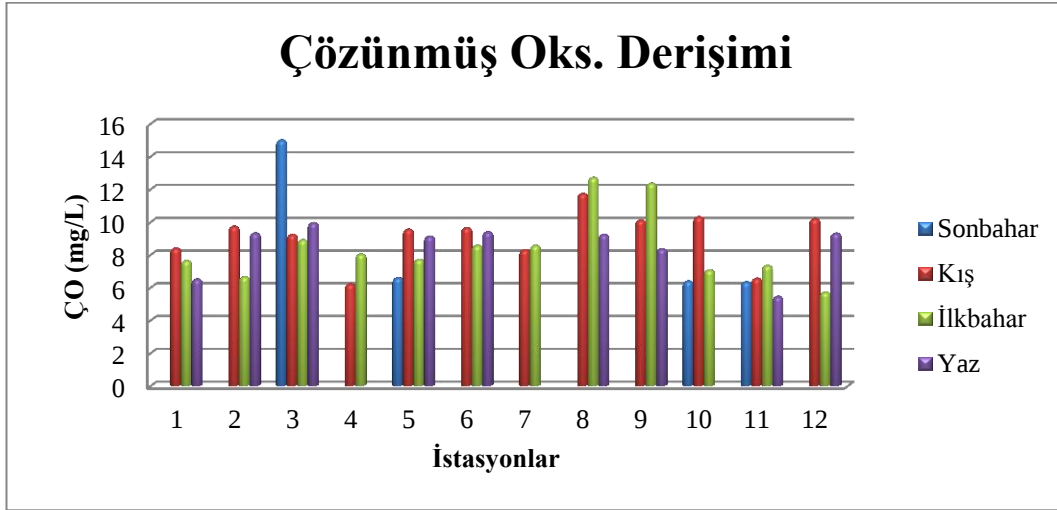
Eskişehir Seyitgazi yöresinde içme sularında yapılan çalışmada nitrat seviyeleri 15,39-246,9 mg/L aralığında ölçülmüştür. İlkbahar ve yaz mevsiminde nitrat seviyelerinin sınır değeri üzerinde olduğu tespit edilmiş ve neden olarak tarım ve hayvancılık faaliyetleri gösterilmiştir (Uylaş 2013).

Elmacı ve ark. (2010) tarafından Uluabat Gölü'nde yapılan çalışmada 0,63 mg/L ortalama nitrat derişimi ölçülmüştür. Bu sonuca göre Uluabat Gölü'nde önemli bir nitrat kirliliği olmadığı sonucuna varılmıştır.

Lalchhingpui ve ark. (2011) tarafından Hindistan'da bulunan Tlawng Nehri'nin sülfat, fosfat ve nitrat içeriğini saptamaya yönelik olarak yapılan çalışmada, ölçülen nitrat derişimleri 0,02-0,32 mg/L arasında değişmektedir. Söz konusu nehrin su kalitesinin nitrat parametresi bakımından WHO tarafından verilen limit değeriyle uygun olduğu ifade edilmiştir.



Şekil 5.26. Yüzdece çözünmüş oksijen derişimi seviyeleri (%)



Şekil 5.27. Çözünmüş oksijen derişimi seviyeleri (mg/L)

Şekil 5.26 ve Şekil 5.27’de, Seydisuyu Havzası’nda mevsimsel olarak ölçülen sırasıyla Yüzdece Çözünmüş Oksijen Derişimi ve Çözünmüş Oksijen Derişimi değerleri görülmektedir.

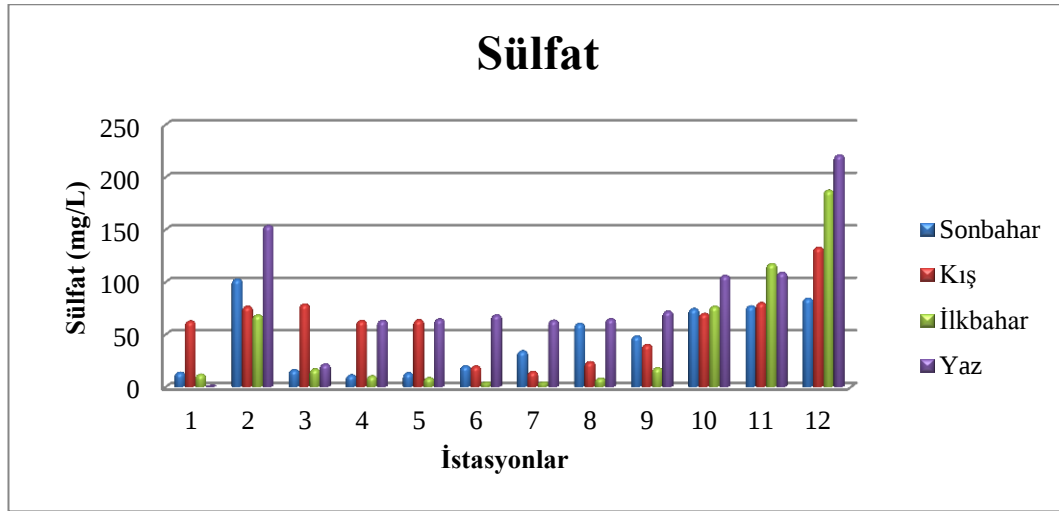
Multi parametre ölçüm cihazından kaynaklanan bir hata sonucu sonbahar mevsimi değerleri tüm istasyonda ölçülememiştir. Diğer üç mevsim göz önüne alındığında en yüksek çözünmüş oksijen derişimi 8 no.lu istasyonda ilkbahar mevsiminde 12,71 mg/L olarak ölçülmüştür. En yüksek mevsimsel ortalama çözünmüş oksijen derişimi kış mevsiminde 9,16 mg/L olarak saptanmıştır.

Çözünmüş oksijen derişimi, su kalitesi bakımından önemli bir parametredir. YSKYY’de çözünmüş oksijen parametresi, I. Sınıf sular için >8 mg/L, II. Sınıf

sular için 6-8 mg/L, III. Sınıf sular için 3-6 mg/L ve IV. sınıf sular için <3 mg/L ile sınırlandırılmıştır.

Akçay ve ark. (2003) yılında Büyük Menderes ve Gediz nehirlerinde yapılan çalışmada çözünmüş oksijen derişimi Büyük Menderes Nehri'nde 10,6-12,7 mg/L arasında, Geziz Nehri'nde ise 10,5-13 mg/L arasında değişen derişimlerde saptanmıştır.

Elmacı ve ark. (2010) tarafından Uluabat Gölü'nde yapılan çalışmada, göl yüzey suyunda yapılan ölçümlerde 7,62 mg/L çözünmüş oksijen derişimi saptanmıştır. Ölçülen bu miktarın sucul hayatın devamı için yeterli olduğu ifade edilmektedir. Seydisuyu Havzası'nda ölçülen mevsimsel ortalama çözünmüş oksijen derişimi değerleri I. Sınıf su kalitesindedir.



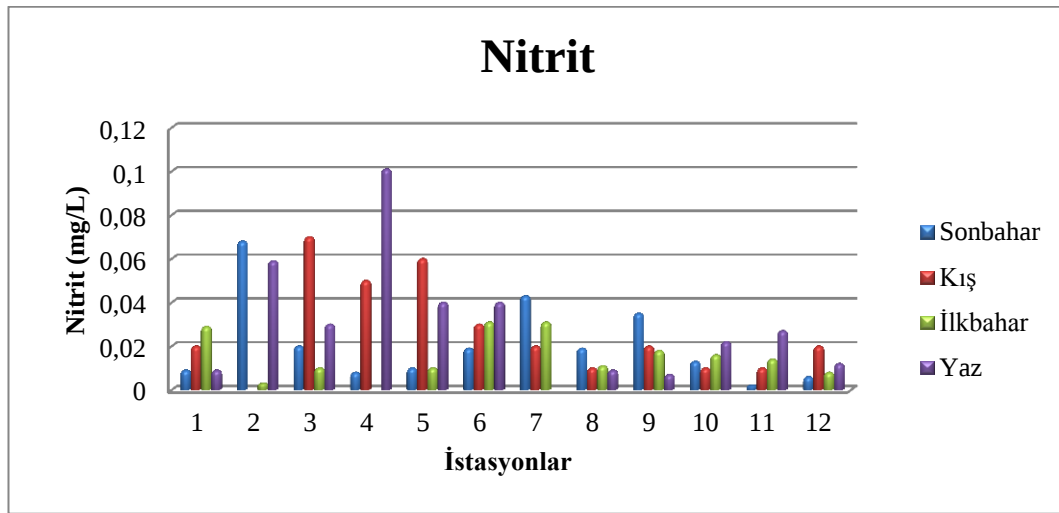
Şekil 5.28. Sülfat seviyeleri (mg/L)

Seydisuyu Havzası'nda bulunan 12 örnekleme istasyonundan alınan örneklerde saptanan sülfat seviyeleri incelendiğinde en yüksek derişimin 12 no.lu istasyonda yaz mevsiminde 221 mg/L olarak ölçüldüğü görülmektedir (Şekil 5.28).

Havzada mevsimsel olarak en yüksek ortalama sülfat derişimi yaz mevsiminde 91,65 mg/L olarak ölçülmüştür. Kış mevsiminde ölçülen ortalama sülfat derişimi 60,50 mg/L, sonbahar mevsiminde 46, 33 mg/L ve ilkbaharda 44,35 mg/L şeklindedir. Tüm havzada en yoğun sülfat derişimi 12 no.lu istasyonda ortalama 156,37 mg/L olarak ölçülmüştür.

Sülfat parametresi için TSE 266 standardı ve WHO tarafından 250 mg/L limit değeri belirtilmiştir. SKKY’de Kıtaçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri Tablosu’nda sülfat parametresi I. ve II. Sınıf sular için 200 mg/L, III. Sınıf sular için 400 mg/L ve IV. sınıf sular için >400 mg/L ile sınırlandırılmıştır.

Lalchhingpui ve ark. (2011) tarafından Hindistan’da bulunan Tlawng Nehri’nin sülfat, fosfat ve nitrat içeriğini saptamaya yönelik olarak yapılan çalışmada, ölçülen sülfat derişimleri 1,1-6,9 mg/L arasında değişmektedir. Söz konusu nehrin su kalitesinin sülfat parametresi bakımından WHO tarafından verilen limit değerlere uygun olduğu ifade edilmiştir.



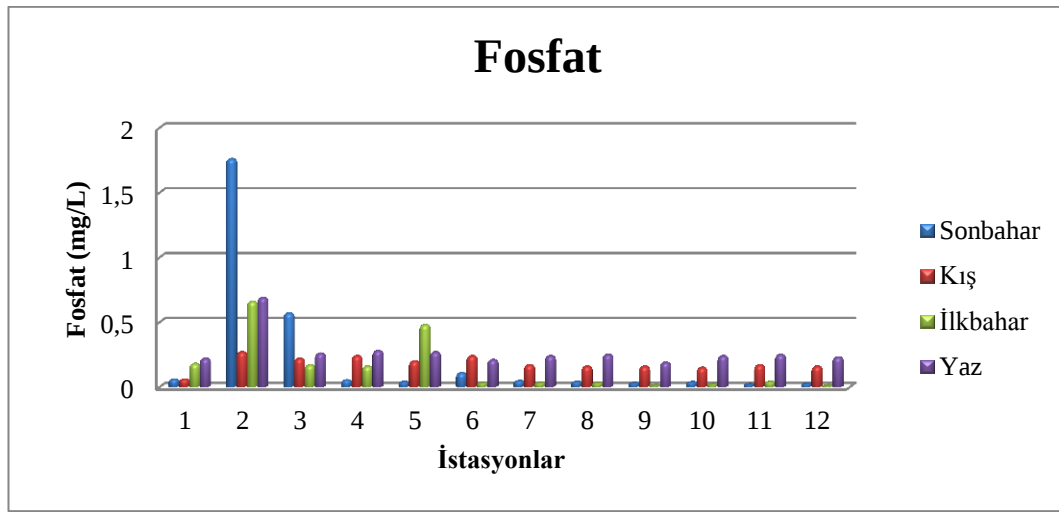
Şekil 5.29. Nitrit seviyeleri (mg/L)

Seydisuyu Havzası’nda mevsimsel olarak ölçülen nitrit derişimleri Şekil 5.29’da görülmektedir. Havzada en yüksek nitrit derişimi 4 no.lu istasyonda yaz mevsiminde 0,1 mg/L olarak ölçülmüştür. Mevsimsel ortalama nitrit derişimleri yaz mevsiminde 0,032 mg/L, kış mevsiminde 0,029 mg/L, sonbahar mevsiminde 0,021 mg/L ve ilkbahar mevsiminde 0,016 mg/L şeklindedir.

TSE 266 standardı içme sularında nitrit parametresini 0,5 mg/L ile sınırlandırmıştır. WHO tarafından verilen limit değeri 0,2 mg/L’dir. YSKYY’de yer alan Kıtaçi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri Tablosu’nda nitrit parametresi, I. Sınıf sular için <0,002 mg/L, II. Sınıf sular için 0,002-0,01 mg/L, III. Sınıf sular için 0,01-0,05 mg/L ve IV. sınıf sular için >0,05 mg/L değerleriyle sınırlandırılmıştır.

Muniyan ve Ambedkar (2011) tarafından yapılan çalışmada, Hindistan Kedilam Nehri'nden alınan su örneklerinde nitrit derişimleri 0,02-0,03 mg/L arasında saptanmıştır.

Seydisuyu Havzası'nda ölçülen nitrit derişimleri literatür ile uyum göstermekte olup, ortalama derişimler incelendiğinde nitrit parametresi bakımından havzanın III. Sınıf kalitede olduğu söylenebilir. Ancak havzada ölçülen pik derişimler verilen sınır değerlerin çok üzerindedir. Nitrat kirliliğinin bir önceki aşaması olan nitrit kirliliği organik kirlenmenin varlığını göstermektedir.



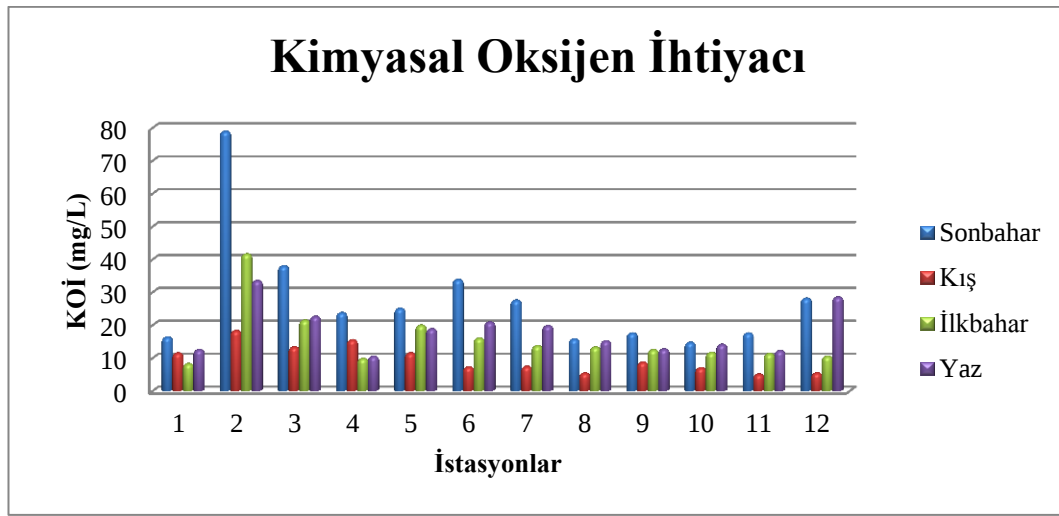
Şekil 5.30. Fosfat seviyeleri (mg/L)

Havzada ölçülen fosfat derişimleri Şekil 5.30'da görülmektedir. Havzada ölçülen en yüksek fosfat derişimi 2 no.lu istasyonda sonbahar mevsiminde 1.76 mg/L olarak ölçülmüştür. Bu değerin örnekleme dönemine denk gelen ani bir deşarj sonucunda kaynaklandığı düşünülmektedir. Pik derişimler çıkartıldığında mevsimsel ortalama fosfat derişimleri yaz mevsiminde 0,27 mg/L, kış mevsiminde 0,18 mg/L, ilkbahar mevsiminde 0,15 mg/L ve sonbahar mevsiminde 0,094 mg/L olarak ölçülmüştür. Pik derişimler çıkartıldığında, fosfat derişiminin en yoğun olduğu istasyon 2 no.lu istasyon olmaktadır.

SKKY, Kıtaçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri Tablosu'nda, I. Sınıf sular için <0,03 mg/L, II. Sınıf sular için 0,03-0,16 mg/l, III. Sınıf sular için 0,16-0,65 mg/L ve IV. sınıf sular için >0,65 mg/L limit değerler getirilmiştir.

Muniyan ve Ambedkar (2011) tarafından yapılan çalışmada, Hindistan Kedilam Nehri'nden alınan su örneklerinde fosfat derişimleri 0,09-0,14 mg/L arasında saptanmıştır.

Lalchhingpui ve ark. (2011) tarafından Hindistan'da bulunan Tlawng Nehri'nin sülfat, fosfat ve nitrat içeriğini saptamaya yönelik olarak yapılan çalışmada, ölçülen fosfat derişimleri 0-0,028 mg/L arasında değişmektedir. Söz konusu nehrin su kalitesinin fosfat parametresi bakımından WHO tarafından verilen limit değerlere uygun olduğu ifade edilmiştir.



Şekil 5.31. Kimyasal oksijen ihtiyacı seviyeleri (mg/L)

Seydisuyu Havzası'nda ölçülen Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) seviyeleri Şekil 5.31'de görülmektedir. Havzada ölçülen en yüksek KOİ seviyesi 2 no.lu istasyondan sonbahar mevsiminde 78,9 mg/L olarak saptanmıştır. Pik derişimler çıkartıldığında mevsimsel ortalama KOİ seviyeleri sonbahar mevsiminde 23,47 mg/L, yaz mevsiminde 18,44 mg/L, ilkbahar mevsiminde 15,83 mg/L ve kış mevsiminde 9,70 mg/L şeklindedir. Tüm mevsimler göz önüne alındığında ortalama KOİ derişiminin en yüksek olduğu istasyon 2 no.lu istasyondur.

YSKYY Kıtaçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri Tablosu'nda KOİ parametresi için I. Sınıf sularda <25 mg/L, II. Sınıf sularda 25-50 mg/L, III. Sınıf sularda 50-70 mg/L ve IV. Sınıf sularda >70 mg/L limit derişimleri verilmiştir.

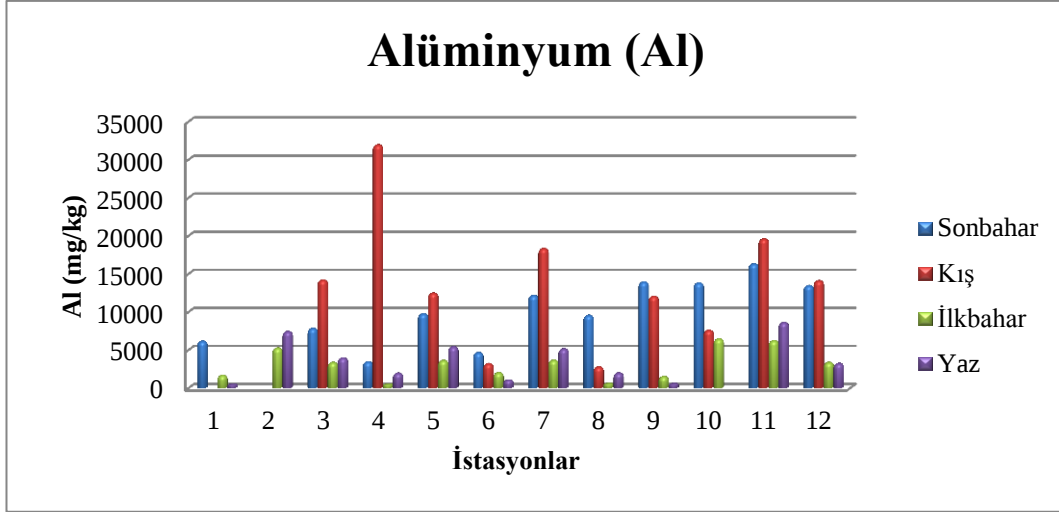
Üstün Kurnaz ve Büyükgüngör (2008) tarafından Kızılırmak Deltası ve kıyı şeridinde yapılan kirlilik araştırması çalışmasında, belirlenen iki istasyonda ölçüne KOİ değerleri 17,34-19,89 mg/L şeklindedir. Yazarlar, aynı bölgede Bafra'nın atıksularının arıtılmadan Kızılırmak Nehri'ne döküldüğü noktada daha önce yapılan su kalite ölçümleri KOİ konsantrasyonunun 30-35 mg/L aralığında olduğunu, Bafra Arıtma Tesisi devreye alındıktan sonra ölçülen KOİ derişiminin ortalama 15 mg/L olduğunu ve arıtma tesisinin devreye alınmasının nehrin su kalitesinde iyileştirici etkisi olduğunu ifade etmişlerdir.

Elmacı ve ark. (2010) tarafından yapılan çalışmada Uluabat Gölü'nde ölçülen ortalama KOİ derişimi 35,74 mg/L'dir.

5.2. Sediment Örneklerinde Element Analiz Sonuçları

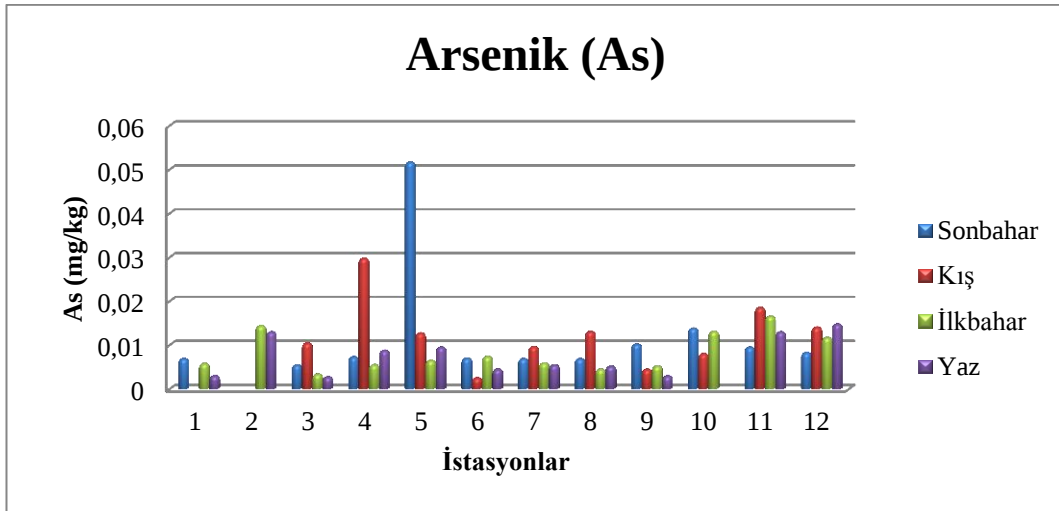
Çalışma alanı olan Seydisuyu Havzası'nda belirlenen 12 istasyondan mevsimsel olarak alınan sediment numunelerinde Bor (B), Kadmiyum (Cd), Krom (Cr), Bakır (Cu), Demir (Fe), Manganez (Mn), Sodyum (Na), Nikel (Ni), Kurşun (Pb), Çinko (Zn), Potasyum (K), Magnezyum (Mg), Alüminyum (Al), Kalsiyum (Ca), Silisyum (Si) ve Arsenik (As) analizleri gerçekleştirilmiştir. Mevsimsel şartlar sebebiyle kış mevsiminde 1 ve 2 no.lu istasyonlarda sediment örnekleri alınamamıştır.

Ulusal mevzuatta sediment kalitesini belirlemeye yönelik herhangi bir kalite sınıflandırması bulunmamaktadır. Bu bağlamda, Seydisuyu Havzası'ndan alınan sediment örneklerinin değerlendirilmesinde MacDonald ve ark. (2000) tarafından yapılan çalışmada verilen sediment kalite kriterleri göz önüne alınmıştır. Bu kriterler, tatlı su ekosistemlerinde bulunabilecek bazı ağır metaller için belirlenen etki eşik seviyesi (TEL – threshold effect level), en düşük etki seviyesi (LEL – lowest effect level), minimal etki eşik seviyesi (MET – minimal effect threshold) ve toksik etki eşik seviyesi (TET – toxic effect threshold)'dir. Alınan sediment örneklerinde ölçülen ağır metal derişimi TET değeri üzerindeyse zararlı etkiler oluşabilmektedir.



Şekil 5.32. Sediment alüminyum seviyeleri (mg/kg)

Seydisuyu Havzası'nda bulunan 12 adet izleme istasyonundan alınan sediment örneklerinde saptanan alüminyum derişimleri Şekil 5.32'de görölmektedir. Havzadan alınan sediment örneklerinde ölçülen en yüksek alüminyum derişimi 4 no.lu istasyonda kış mevsiminde ölçülen 31923 mg/kg'dır. Alüminyum derişiminin mevsimsel ortalamaları sonbahar mevsiminde 10079,64 mg/kg, kış mevsiminde 13603,97 mg/kg, ilkbahar mevsiminde 3172,155 mg/kg ve yaz mevsiminde 3608,133 mg/kg olarak ölçölmüştür. Havzada mevsimsel koşullardan dolayı 1 ve 2 no.lu istasyonlardan kış mevsiminde numune alınamamıştır.



Şekil 5.33. Sediment arsenik seviyeleri (mg/kg)

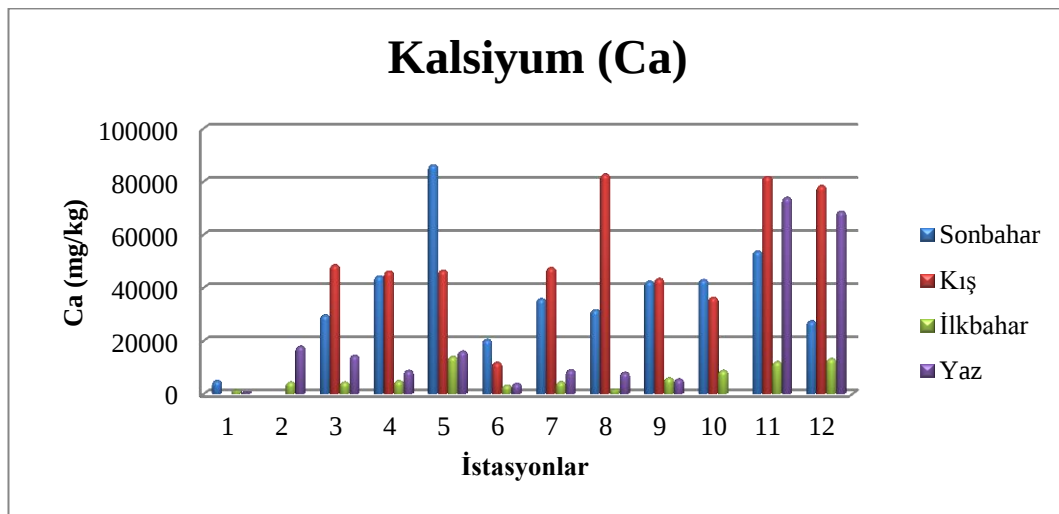
Havzadan alınan sediment örneklerinde ölçülen arsenik seviyeleri Şekil 5.33'de görülmektedir. Havzada ölçülen en yüksek arsenik derişimi 5 no.lu istasyonda sonbahar mevsiminde 0,05 mg/kg olarak ölçülmüştür. Pik derişimler çıkartıldığında tüm istasyonlardan alınan sediment örneklerinde arsenik seviyeleri birbirlerine yakın görünmektedir. Mevsimsel ortalamalarda sonbahar mevsiminde ölçülen arsenik derişimi 0,0121 mg/kgL, kış mevsiminde ölçülen arsenik derişimi 0,0123 mg/kg, ilkbahar mevsiminde ölçülen arsenik derişimi 0,0083 mg/kg ve yaz mevsiminde 0,0075 mg/kg şeklindedir.

Mohiuddin ve ark. (2011) tarafından Buriganga Nehri'nde yapılan çalışmada alınan sediment örneklerinde 0,24-0,40 mg/L arsenik derişimleri saptanmıştır.

Katip ve ark. (2011), Uluabat Gölü'nde yaptıkları çalışmada toplanan dip sedimentlerinde ortalama 9,25 mg/kg arsenik derişimi saptanmıştır.

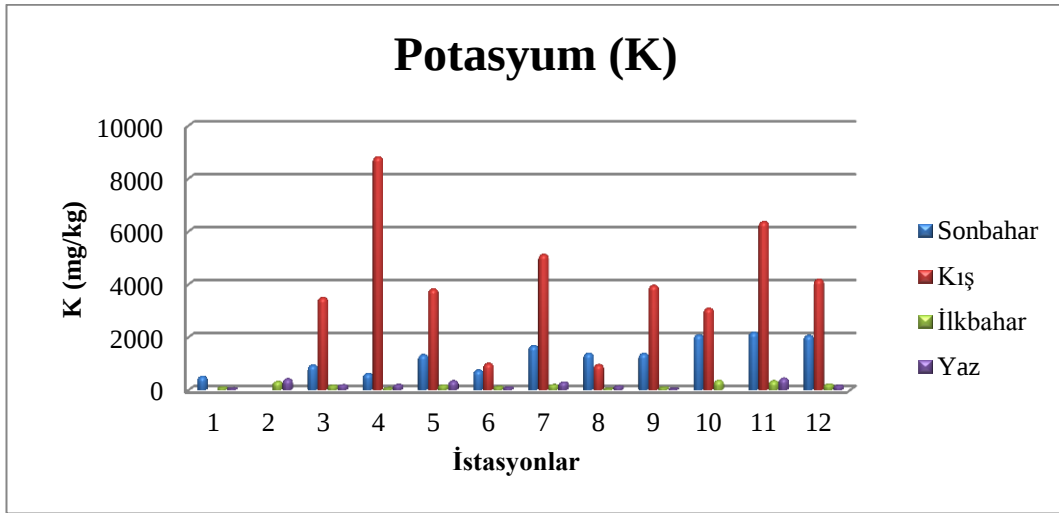
Danube Nehri'nde sediment kalitesini saptamaya yönelik olarak yapılan çalışmada 3,15-14,73 mg/kg arsenik derişimleri ölçülmüştür.

MacDonald ve ark. (2000) tarafından, arsenik için verilen sediment kalite kriteri TEL - 5,9 mg/kg, LEL - 6 mg/kg, MET - 7 mg/kg ve TET - 17 mg/kg'dır. Havzadan alınan sediment örneklerinde ölçülen arsenik derişimlerinin literatür ile uyumlu olduğu ve sediment kalite kriterlerine göre toksik etki seviyesinin çok altında olduğu görülmüştür.



Şekil 5.34. Sediment kalsiyum seviyeleri (mg/kg)

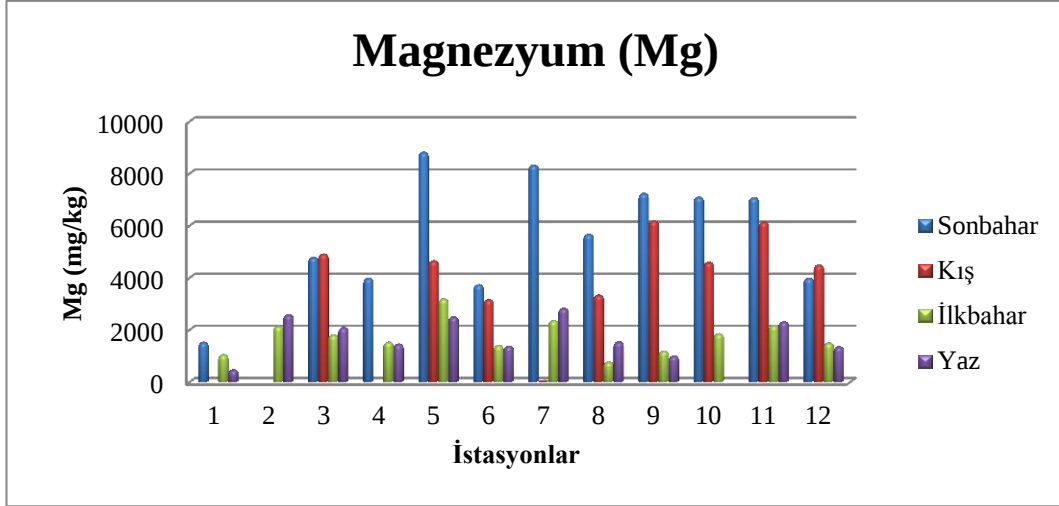
Seydisuyu Havzası'ndan alınan sedimentlerde ölçülen kalsiyum derişimleri Şekil 5.34'te verilmiştir. Havzada tüm mevsimlerde kalsiyum derişiminin en düşük olduğu istasyon 1 no.lu istasyondur. Sonbahar mevsiminde 5 no.lu istasyonda ölçülen 86313 mg/kg, kış mevsiminde 8, 11 ve 12 no.lu istasyonlarda ölçülen 82788 mg/kg, 81894 mg/kg, 78441 mg/kg derişimleri havzada ölçülen en yüksek derişimlerdir. Havzada, ortalama kalsiyum derişimi en yüksek olan istasyon 11 no.lu istasyondur. Havzada ölçülen mevsimsel kalsiyum derişimleri ortalamaları sonbahar mevsiminde 38217,85 mg/kg, kış mevsiminde 52389,8 mg/kg, ilkbahar mevsiminde 6598,458 mg/kg ve yaz mevsiminde 20703,02 mg/kg'dir.



Şekil 5.35. Sediment potasyum seviyeleri (mg/kg)

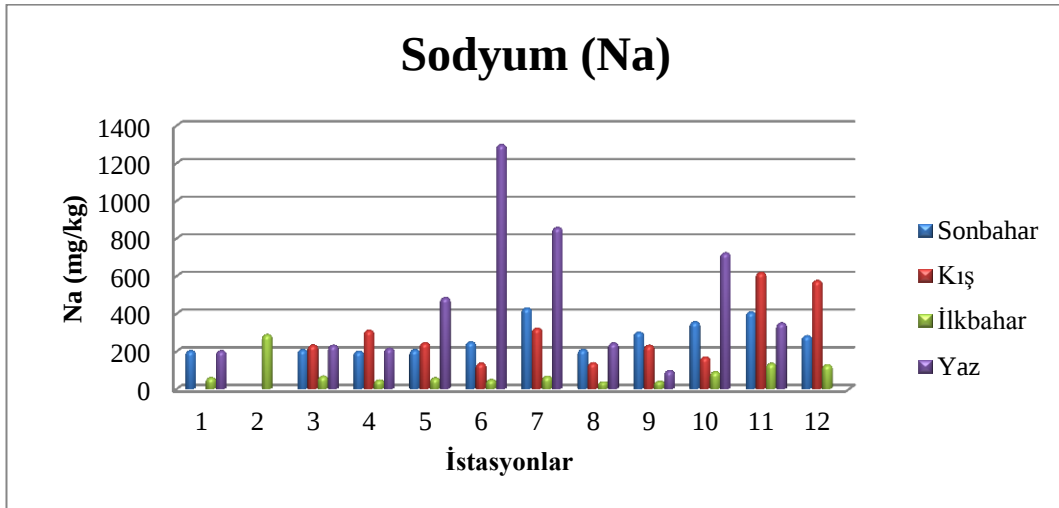
Seydisuyu Havzasında ölçülen potasyum derişimleri Şekil 5.35'te yer almaktadır. Havzada en düşük derişimler 1 ve 2 no.lu istasyonlarda ölçülmüştür. Ölçülen en yüksek potasyum derişimi 4 no.lu istasyonda kış mevsiminde 8812 mg/kg olarak ölçülmüştür. Tüm havzada kış mevsiminde ölçülen potasyum derişimlerinde diğer mevsimlere göre çok ciddi bir fark bulunmaktadır.

Mevsimsel ortalama potasyum derişimleri sonbahar mevsimi için 1356,7 mg/kg, kış mevsimi için 4078,7 mg/kg, ilkbahar mevsimi için 182,2 mg/kg ve yaz mevsimi için 218,2 mg/kg'dir.



Şekil 5.36. Sediment magnezyum seviyeleri (mg/kg)

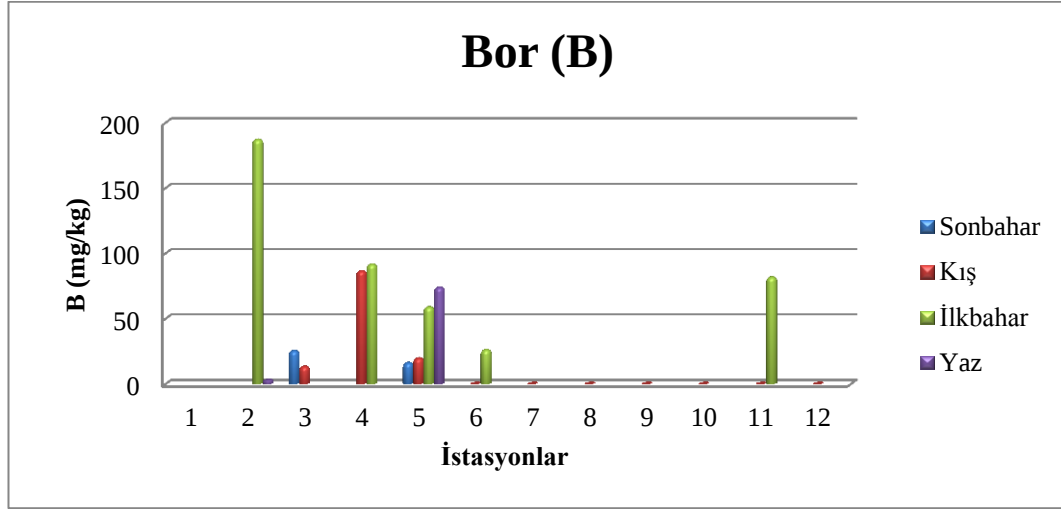
Seydisuyu Havzası'ndan mevsimsel olarak alınan sediment örneklerinde ölçülen magnezyum değerleri Şekil 5.36'da görülmektedir. Havzada ölçülen en yüksek magnezyum derişimi 5 no.lu istasyonda sonbahar mevsiminde ölçülmüştür (8811 mg/kg). Mevsimsel ortalama magnezyum derişimleri sonbahar mevsiminde 5651,131 mg/kg, kış mevsiminde 4676,875 mg/kg, ilkbahar mevsiminde 1741,186 mg/kg ve yaz mevsiminde 1767,069 mg/kg'dir. Havzada magnezyum derişiminin en yoğun olduğu istasyonlar 5, 7, 10 ve 11 no.lu istasyonlardır.



Şekil 5.37. Sediment sodyum seviyeleri (mg/kg)

Seydisuyu Havzası'nda bulunan 12 istasyondan mevsimsel olarak alınan sediment örneklerinde saptanan sodyum derişimleri Şekil 5.37'de görülmektedir.

Yaz mevsiminde 6 no.lu istasyonda ölçülen 1297 mg/kg sodyum derişimi, havzada ölçülen en yüksek derişimdir. Havzada en yüksek derişimler yaz mevsiminde ölçülmüştür.

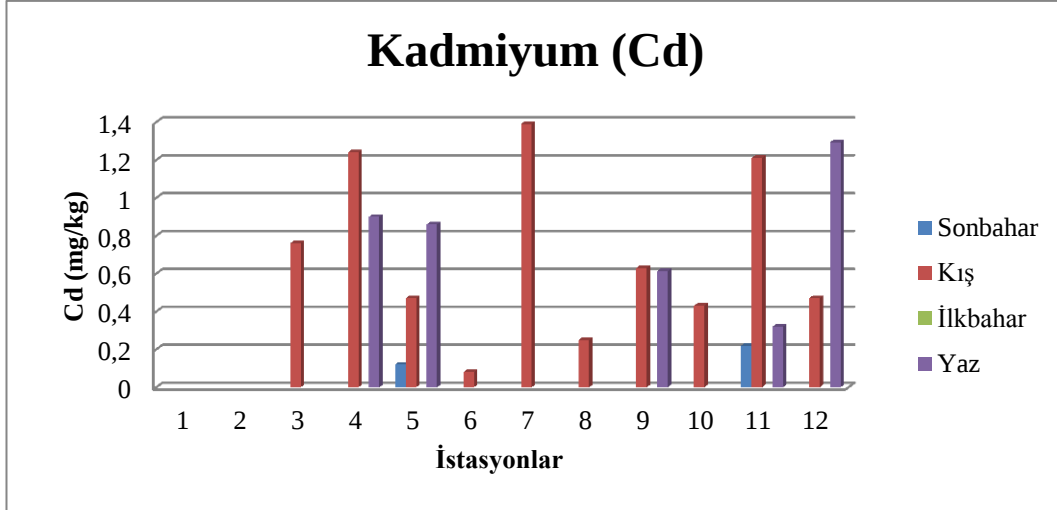


Şekil 5.38. Sediment bor seviyeleri (mg/kg)

Seydisuyu Havzası'ndan alınan sediment örneklerinde ölçülen bor derişimleri Şekil 5.38'de görülmektedir. Havzada ölçülen en yüksek bor derişimi 2 no.lu istasyondan ilkbahar mevsiminde alınan numunede ölçülmüştür (187,2 mg/kg).

Katip ve ark. (2011) tarafından Uluabat Gölü'nden alınan sedimentlerde ortalama bor derişimi 143,56 mg/kg seviyesinde ölçülmüştür.

Aynı bölgede, Emiroğlu ve ark. (2010) yapılan çalışmada, alınan sediment örneklerinde tespit edilen bor derişimleri 15,67-32,72 mg/kg arasında değişmiştir. Bu tez çalışmasında 5. İstasyon olarak belirlenen Kunduzlar Barajı'nda, Çiçek ve ark. (2014) tarafından yapılan çalışmada ise alınan sediment örneklerinde 265,4 mg/kg bor derişimi saptanmıştır.



Şekil 5.39. Sediment kadmiyum seviyeleri (mg/kg)

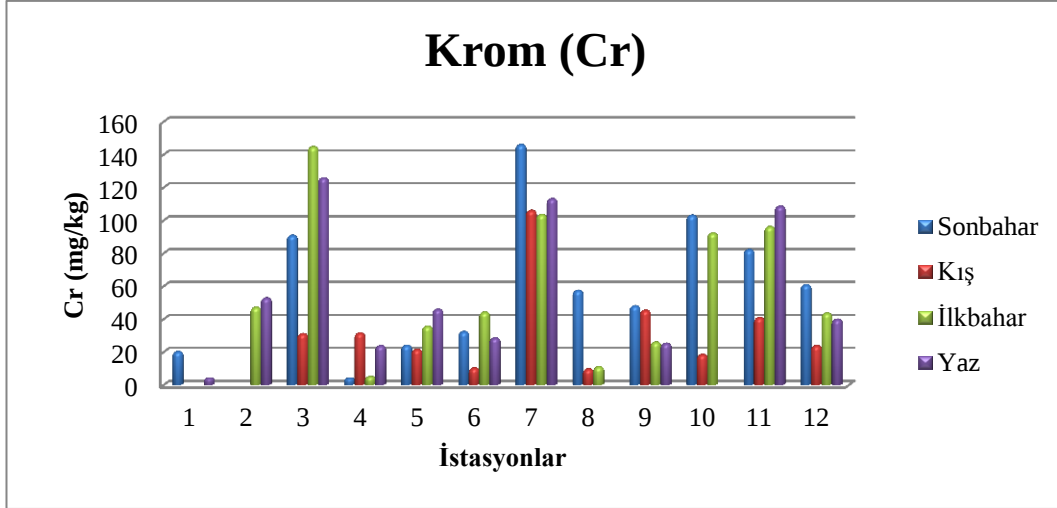
Havzadan alınan sediment örneklerinde saptanan kadmiyum seviyeleri Şekil 5.39'da verilmektedir. Kış mevsiminde 7 no.lu istasyondan alınan sediment örneklerinde saptanan 1,39 mg/kg kadmiyum derişimi ile yaz mevsiminde 12 no.lu istasyonda ölçülen 1,29 mg/kg derişimi en yüksek derişimlerdir. Havzada ilkbahar ve sonbahar mevsiminde (5 no.lu ve 11 no.lu istasyonlar hariç) alınan sediment örneklerinde kadmiyum derişimi saptanabilir limitlerin altında kalmıştır.

Barakat ve ark. (2012), Fas'ta yaptığı çalışmada Day Nehri'nden alınan sediment örneklerinde 0,6-6,27 mg/kg seviyelerinde kadmiyum ölçülmüştür.

Amri ve ark. (2007) tarafından yapılan çalışmada ise Sebou Nehri sedimentlerinde 0,08-0,57 mg/kg derişimlerinde kadmiyum saptanmıştır.

Brezilya'da bulunan Tapacura Nehri'nden alınan sediment örneklerinde <0,0005-3,30 mg/g derişiminde kadmiyuma rastlanmıştır (Aprile ve Bouvy, 2008).

MacDonalds ve ark. (2000) tarafından sedimentlerde kadmiyum parametresi için belirlenen kalite kriterleri TEL – 0,57 mg/kg, LEL – 0,6 mg/kg, MET – 0,9 mg/kg ve TET – 3 mg/kg'dır. Havzadan alınan sediment örneklerinde saptanan kadmiyum derişimleri, literatür çalışmalarıyla uyumlu olup TET seviyesi altında kalmıştır.



Şekil 5.40. Sediment krom seviyeleri (mg/kg)

Seydisuyu Havzası’ndan alınan sediment örneklerinde saptanan krom derişimleri Şekil 5.40’da yer almaktadır. Havzada ölçülen en yüksek derişimler ilkbahar mevsiminde 3 no.lu istasyonda (144,7 mg/kg), sonbahar mevsiminde 7 no.lu istasyonda (146,01 mg/kg) ölçülmüştür. Havzadaki mevsimsel ortalamalara göre en yoğun krom derişimi 7 no.lu istasyonda mevcuttur. Sonbahar mevsimi ortalama krom derişimi 60,81 mg/kg, kış mevsimi ortalama krom derişimi 33,85 mg/kg, ilkbahar mevsimi ortalama krom derişimi 59,02 mg/kg ve yaz mevsimi ortalama krom derişimi 56,79 mg/kg olarak saptanmıştır. Havzada krom derişiminin en düşük ölçüldüğü istasyon 1 no.lu istasyon olmuştur.

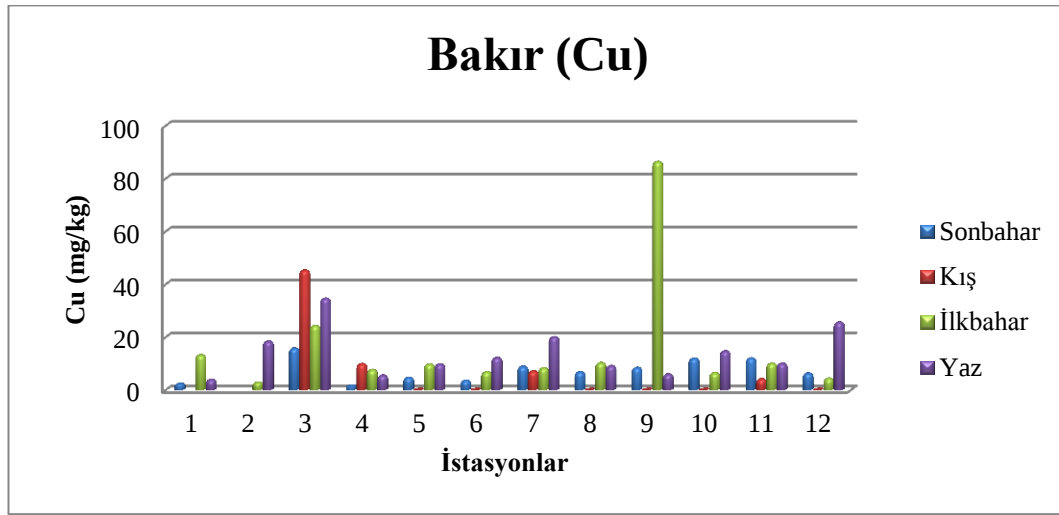
Mevsimlere göre krom ortalama derişimleri sonbahar > ilkbahar > yaz > kış şeklindedir.

Moukrım ve ark. (2008), Souss Haliçinde yaptığı çalışmada deniz tabanından alınan sediment örneklerinde 65-89 mg/kg krom derişimleri ölçmüştür.

Olubunmi ve Olorunsola (2010) tarafından Nijerya’da bulunan bir bitüm depolama sahasından alınan sediment örneklerinde 29,8-53,3 mg/L krom derişimleri saptanmıştır.

Akçay ve ark. (2003) Gediz Nehri’nden alınan sediment örnekleriyle yaptığı çalışmada 200 mg/kg derişimlerinde krom seviyesi ölçmüştür. Yazarın aynı dönemde Büyük Menderes Nehri’nde yaptığı çalışmada bu seviye 165 mg/kg olarak saptanmıştır.

MacDonalds ve ark. (2000) tarafından belirlenen sediment kalite kriterlerinde krom için verilen limit değerler TEL – 37,3, LEL – 26 mg/kg, MET – 55 mg/L ve TET – 100 mg/kg şeklindedir. Havzada ölçülen mevsimsel ortalama değerler TET sınırı altında kalmıştır. Ancak bazı mevsimlerde ölçülen ve MET değerinin üzerinde olan derişimler, yakın bir zamanda havzada kromla bağlantılı sorunların ortaya çıkabileceğini göstermektedir.



Şekil 5.41. Sediment bakır seviyeleri (mg/kg)

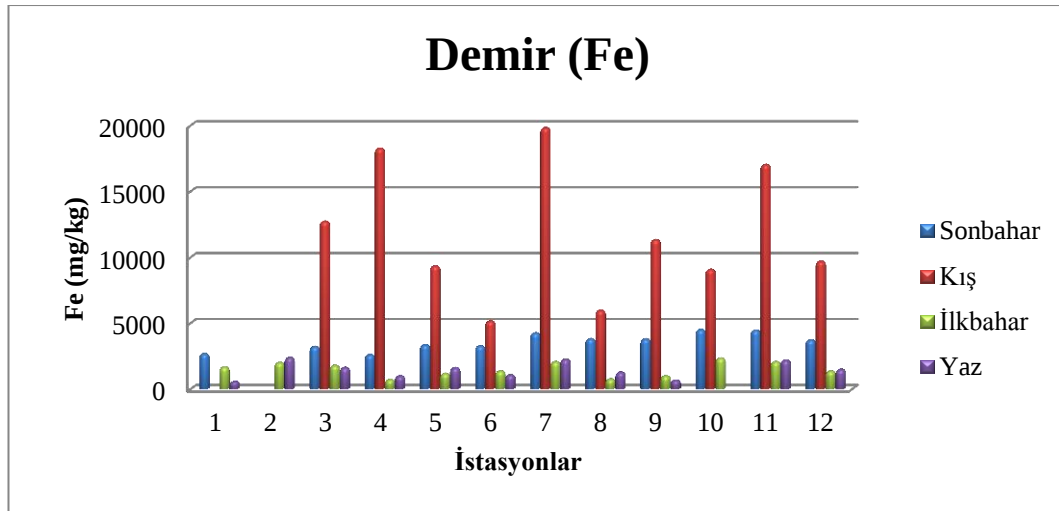
On iki istasyondan çalışma süresince mevsimsel olarak alınan sediment örneklerinde saptanan bakır derişimleri Şekil 5.41’de görülmektedir. Havzada en yüksek bakır derişimi 9 no.lu istasyonda ilkbahar mevsiminde ölçülmüştür (86,4 mg/kg). Pik derişimler çıkartıldığında, mevsimsel ortalama bakır derişimleri sonbahar mevsiminde 7,54 mg/kg, kış mevsiminde 13,31 mg/kg, ilkbahar mevsiminde 9,5 mg/kg ve yaz mevsiminde 14,19 mg/kg’dir. Yine pik derişimler göz önüne alınmadığında en yoğun bakır derişiminin 3 no.lu istasyonda olduğu söylenebilir.

Bellucci ve ark. (2003) tarafından Martil Nehri’nden alınan sediment örneklerinde yapılan analizlerde 10,4-732 aralığında bakır derişimleri ölçülmüştür.

Suani Nehri’nde sediment kalitesini araştırmaya yönelik olarak yapılan çalışmada Rodríguez-Barroso ve ark. (2009) tarafından 6,5-65,3 mg/kg bakır derişimi ölçülmüştür.

Greaney (2005) tarafından Panama Körfezi'nde yapılan ve sediment kalitesini saptamaya yönelik olarak planlanan kapsamlı çalışmada ölçülen bakır derişimleri 1,75-94 mg/kg seviyelerindedir.

Sediment kalite kriterlerinde bakır için verilen limit değerler TEL – 35,7 mg/kg, LEL – 16 mg/kg, MET – 28 mg/kg ve TET – 86 mg/kg şeklindedir (MacDonalds ve ark. 2000). Çalışma kapsamında 9 no.lu istasyonda ilkbahar mevsiminde ölçülen en yüksek derişim olan 86,4 mg/kg derişimi TET seviyesi üzerindedir. Ancak havzanın tümünde ölçülen mevsimsel ortalama değerlerin TET seviyesi altında olduğu görölmektedir.



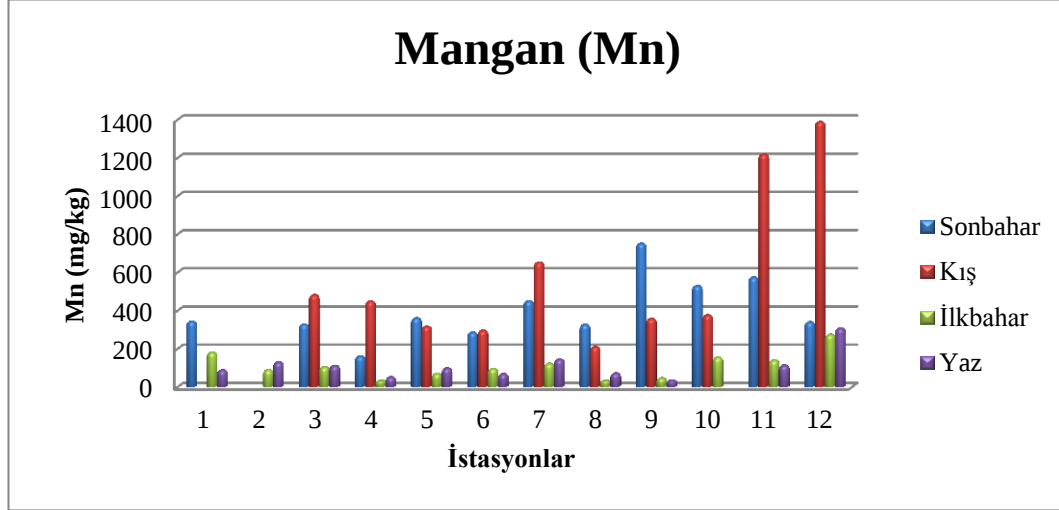
Şekil 5.42. Sediment demir seviyeleri (mg/kg)

Seydisuyu Havzasından alınan sediment örneklerinde saptanan demir derişimleri Şekil 5.42’de yer almaktadır. Buna göre tüm havzada kış mevsiminde en yüksek derişimler ölçölmüştür. Ölçölen en yüksek derişim 7 no.lu istasyonda kış mevsiminde ölçölmüştür (19837 mg/kg). Aynı istasyon havzadaki demir derişiminin mevsimsel ortalamalar bazında en yoğun olduğu yerdir.

Fas’ta bulunan ve turistik özellikleriyle dikkat çeken Moulay Bousselham Lagünü’nde Mhamdi ve ark. (2010) tarafından yapılan çalışmada, alınan sediment örneklerinde 25600-59000 mg/kg demir derişimleri saptanmıştır.

Greaney (2005) tarafından Panama Körfezi’nde yapılan ve sediment kalitesini saptamaya yönelik olarak planlanan kapsamlı çalışmada ölçölen demir derişimleri 23,8-17788,12 mg/kg seviye aralığındadır.

Katip ve ark. (2011) tarafından Uluabat Gölü'nden alınan sedimentlerde yapılan çalışmada saptanan ortalama demir derişimi 27664,1 mg/kg'dır.

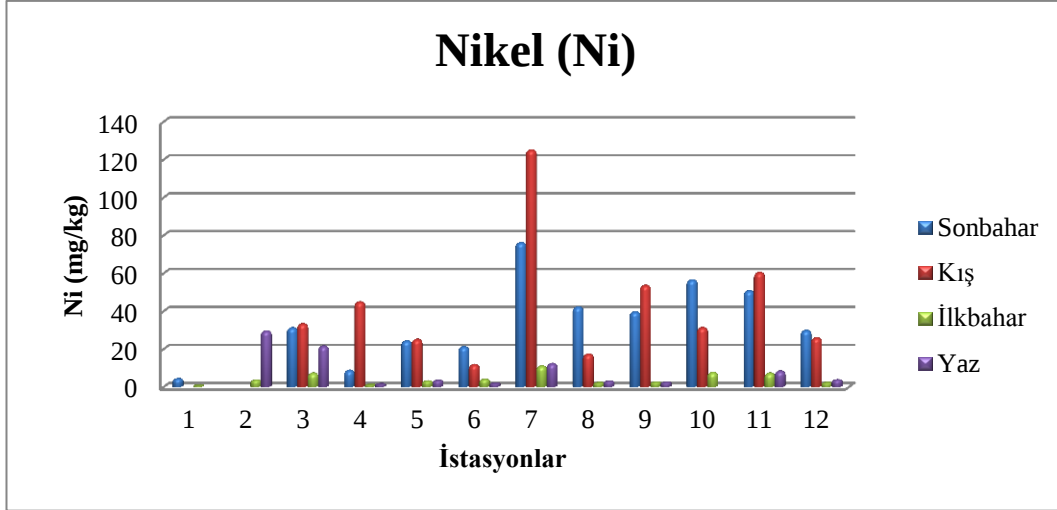


Şekil 5.43. Sediment mangan seviyeleri (mg/kg)

Seydisuyu Havzası'ndan alınan sediment örneklerinde ölçülen mangan derişimleri Şekil 5.43'te yer almaktadır. En yüksek mangan derişimi 12 no.lu istasyonda kış mevsiminde 1389 mg/kg olarak ölçülmüştür. Pik derişimler göz ardı edildiğinde, en yoğun mangan derişiminin 7 ve 10 no.lu istasyonlar olduğu ortaya çıkmaktadır.

Olubunmi ve Olorunsola (2010), Nijerya'da bulunan Agbabu Bitüm Sahası'ndan alınan sediment örneklerinde yaptığı çalışmada 29,1-60,1 mg/L arasında değişen seviyelerde mangan varlığı tespit etmiştir.

Saeed ve Shaker (2008) tarafından Mısır'da bulunan Borollus Gölü'nden alınan sediment örneklerinde 0,194 mg/L mangan derişimi saptanmıştır.



Şekil 5.44. Sediment nikel seviyeleri (mg/kg)

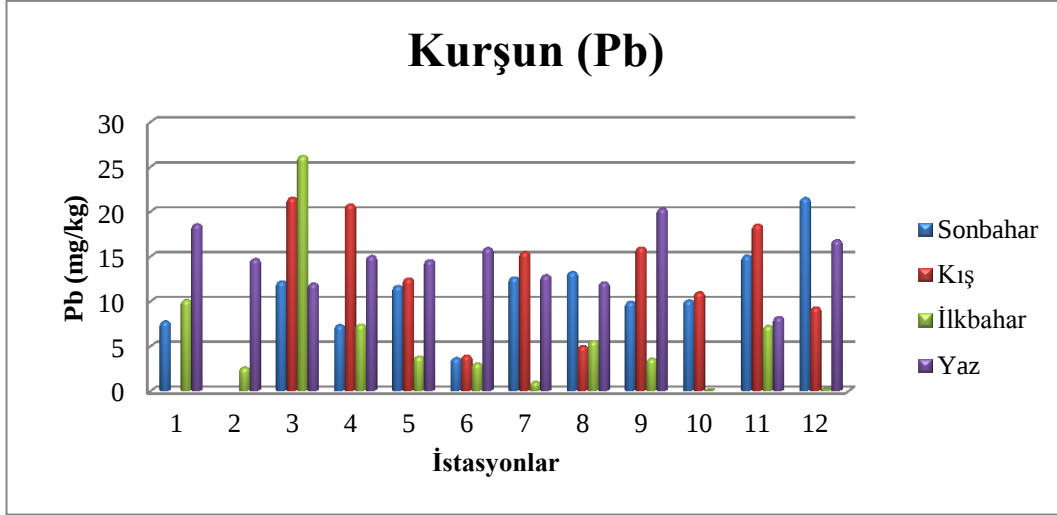
Havzadan mevsimsel olarak alınan sediment örneklerinde ölçülen nikel seviyeleri Şekil 5.44'te görülmektedir. 7 no.lu istasyonda kış mevsiminde ölçülen 124,9 mg/kg derişimi, havzada ölçülen en yüksek derişimdir. Aynı istasyonda ölçülen sonbahar derişiminin de yüksek olması sebebiyle 7 no.lu istasyon tüm havzada nikel yoğunluğu en fazla olan istasyondur.

Havzada en düşük nikel derişimleri ilkbahar ve yaz mevsimlerinde ölçülmüştür. Havzada kış mevsimi ortalama nikel derişimi 42,7 mg/kg, sonbahar mevsimi nikel derişimi 34,9 mg/kg, yaz mevsimi nikel derişimi 8,7 mg/kg ve ilkbahar mevsimi 4,3 mg/kg olarak saptanmıştır.

Mohiuddin ve ark. (2011) tarafından Bangladeş'te yapılan sediment kalitesi çalışmasında Buriganga Nehri'nde 0,15-0,17 mg/L nikel derişimi saptanmıştır.

Aprile ve Bouvy (2008), Tapacura Nehri'nden (Brezilya) alınan sediment örneklerinde 0,06-6,53 mg/g nikel derişimi saptamışlardır.

MacDonalds ve ark (2000) tarafından yapılan çalışmada nikel için sediment kalite seviyeleri TEL – 18 mg/kg, LEL – 16 mg/kg, MET – 35 mg/kg ve TET – 61 mg/kg'dır. Seydisuyu Havzası'ndan alınan sediment örneklerinde analiz edilen nikel derişimleri incelendiğinde 7 no.lu istasyonda kış mevsiminde ölçülen değerin TET seviyesinin iki katı olduğu, ayrıca istasyonun ortalama nikel derişiminin ise TET seviyesine çok yakın olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 5.45. Sediment kurşun seviyeleri (mg/kg)

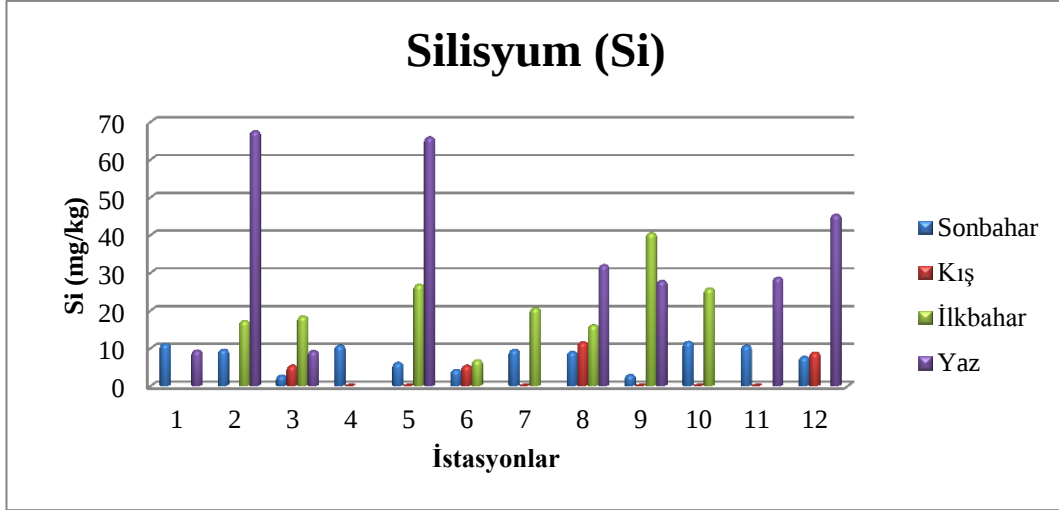
Seydisuyu Havzası'ndan alınan sediment örneklerinde saptanan kurşun derişimleri Şekil 5.45'te verilmiştir. En yüksek kurşun derişimi ilkbahar mevsiminde 3 no.lu istasyonda ölçülmüştür. Tüm mevsimler dikkate alındığında yine en yoğun kurşun seviyesinin 3 no.lu istasyonda (17,98 mg/kg) olduğu anlaşılmaktadır. Havzanın mevsimsel kurşun derişimi ortalamaları yaz > kış > sonbahar > ilkbahar şeklindedir. Havzada en düşük kurşun derişimleri ilkbaharda ölçülmüştür.

Aprile ve Bouvy (2008), Tapacura Nehri'nden (Brezilya) alınan sediment örneklerinde <0,01-1,31 mg/g aralığında değişen değerlerde kurşuna rastlamışlardır.

Kim ve ark. (2011) tarafından Han Nehri'nde (Kore) yapılan çalışmada, alınan sediment örneklerinde 14,2-96,6 mg/kg aralığında kurşun derişimleri ölçülmüştür.

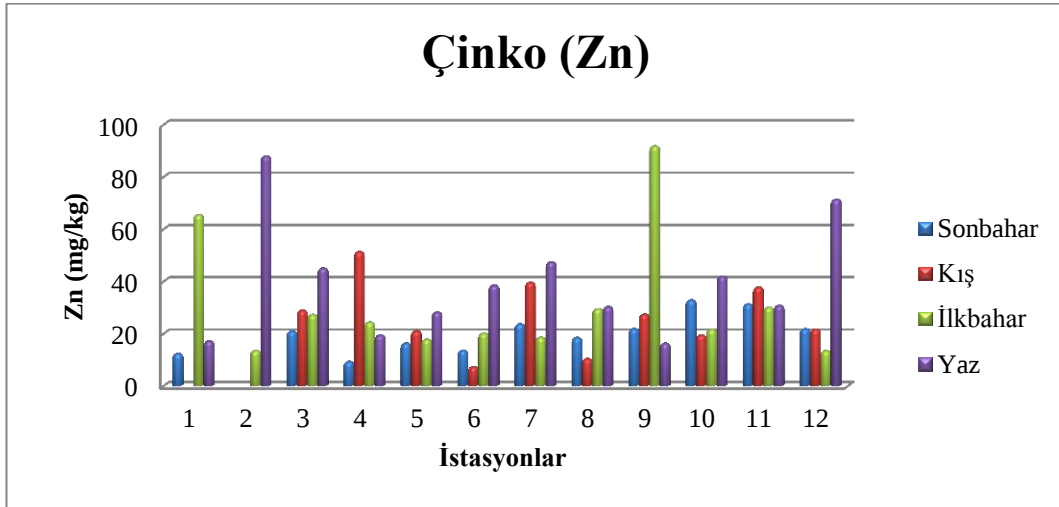
Sırbistan'da bulunan Danube Nehri'nden alınan sediment örneklerinde ölçülen kurşun derişimleri 2,85-43,6 arasında değişmiştir (Milenkovic ve ark. 2005).

MacDonalds ve ark. (2000) tarafından belirlenen sediment kalite kriterlerinde kurşun için verilen limitler TEL – 35 mg/kg, LEL – 31 mg/kg, MET – 42 mg/kg ve TET – 170 mg/kg şeklindedir. Havzadan alınan sediment örneklerinde saptanan kurşun derişimleri bu limitlerin altında kalmıştır.



Şekil 5.46. Sediment silisyum seviyeleri (mg/kg)

Alınan sediment örneklerinde saptanan en yüksek silisyum derişimleri yaz mevsiminde 2 ve 5 no.lu istasyonlarda sırasıyla 67,5 mg/kg ve 65,8 mg/kg'dır. En yüksek silisyum derişimleri yaz aylarında saptanmıştır.



Şekil 5.47. Sediment çinko seviyeleri (mg/kg)

Seydisuyu Havzası'ndan alınan sediment örneklerinde saptanan çinko derişimleri Şekil 5.47'de görölmektedir. Buna göre havzada en yüksek çinko derişimi 9 no.lu istasyonda ilkbahar mevsiminde 91,8 mg/kg olarak bulunmuştur. Tüm istasyonların ortalama çinko derişimleri birbirine yakın olmakla birlikte, en yoğun çinko derişimi 10 no.lu istasyonda ölçölmüştür. Havzanın mevsimsel olarak ortalama çinko derişimleri yaz > ilkbahar > kış > sonbahar şeklindedir.

Barakat ve ark. (2012) Fas'ta bulunan Day Nehri'nden topladıkları sediment örneklerinde 49,84-149,19 mg/kg aralığında değişen değerlerde çinko derişimleri saptamışlardır.

Ürdün'de bulunan Wadi Al-Arab Barajı'ndan alınan sediment örneklerinde 170-960 mg/kg derişiminde çinko varlığı tespit edilmiştir (Ghrefat ve Yusuf, 2006).

Greaney (2005) tarafından Panama Körfezi'nde yapılan ve sediment kalitesini saptamaya yönelik olarak planlanan kapsamlı çalışmada ölçülen çinko derişimleri 5,6-224,8 mg/kg seviye aralığındadır.

MacDonalds ve ark. (2000) tarafından çinko için sediment kalite kriterleri verilmiştir. Buna göre çinko için verilen kalite kriterleri TEL – 123 mg/kg, LEL – 120 mg/kg, MET – 150 mg/kg ve TET 540 mg/kg'dır. Havzadaki ortalama kurşun derişimleri bu seviyelerin altındadır.

Yüzeysel sularda sediment kirliliği üzerine yapılmış çalışmalara ve bu çalışmalarda analizi yapılan ağır metal parametrelerine Çizelge 5.1'de yer verilmiştir. Farklı ülkelerde, farklı su yapılarında (akarsu, göl, deniz vb.) yapılan çalışmalarda, alınan sediment örneklerinde belirli ağır metal parametreleri incelenmiştir. Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde, izlenen parametre sayısı bakımından bu tez çalışmasının kapsamlı bir çalışma olduğu ortaya çıkmaktadır.

Çizelge 5.1. Dünya’da yapılmış çalışmalarda elde edilen ağır metal parametreleri derişimleri (mg/kg)

Nehirler	Cd	Cr	Cu	Mn	Pb	B	As	Zn	Ni	Fe	Kaynak
Day Nehri (Fas)	0,6-6,27	52,34-11,69	32,69-40,75		72,93-140,36			49,84-149,19		15670-36010	Barakat ve ark. (2012)
Bas Oum Erbia	0,08	20,7	80		0,4			178		3730	Jadal ve ark. (2002)
Martil Nehri	0,06-0,12	21,9-45,2	10,4-732		10,1-36,6			33,0-105		-	Bellucci ve ark. (2003)
Bouregreg Nehri	0,02	39	21		17			61		1200	Tahiri ve ark. (2005)
Sebou Nehri	0,08-0,57	30-170	35-112		14-167			70-220			Amri ve ark. (2007)
Buriganga Nehri (Bangladeş)	0,16-0,22*		1,71-2,74*		0,23-0,50*		0,24-0,40*	0,22-0,26*	0,15-0,17*		Mohiuddin ve ark. (2011)
Souss Haliçi	0,28-0,38	65-89	29-59		18-46			62-106			Moukrim ve ark. (2008)
Nador Lagünü		9-139	4-466		11-297			4-1190			Bloundi ve ark. (2009)
Mghogha Nehri	0,1-0,4	7,0-149,4	5,1-67,1		3,8-56,1			37,2-757,8			Rodriguez-Barroso ve ark. (2009)
Suani Nehri	0,1-0,5	8,8-113,6	6,5-65,3		4,9-58,8			41,5-216,5			Rodriguez-Barroso ve ark. (2009)
Moulay Boussselham Lagünü	0,02-0,84	18,9-113	2-310,7		6,2-31,7			167-758,9		25600-59000	Mhamdi Alaoui ve ark. (2010)
Uluabat Gölü	5,037	131,62	30,46	781,94	33,37	143,56	9,25	132,21	220,03	27664,1	Katip ve ark. (2011)
Wadi Al-Arab Barajı (Ürdün)	6,0-13		20-190					170-960		7780-15750	Ghrefat ve Yusuf (2006)

Çizelge 5.1. Dünya’da yapılmış çalışmalarda elde edilen ağır metal parametreleri derişimleri (mg/kg) (devam)

Lianshan Nehri (Çin)	1,25-19,4		29,0-106		59,3-164			114-797			Zheng ve ark. (2008)
Agbabu Bitüm Sahası (Nijerya)	0,2-0,6*	29,8-53,3*	2,91-23,3*	29,1-60,1*	0,3-3,1*			10,3-133*	1,2-8,4*	4067-10927*	Olubunmi ve Olorunsola (2010)
Hindon Nehri (Hindistan)	1,15-3,47	42,9-250,4	9,42-195,1		5,07-59,1			3,98-85,0		221,2-237,9	Suthar ve ark. (2009)
Han Nehri (Kore)	0,05-1,02	25,2-13	7,64-14		14,2-96,6			34,3-55		14100-51200	Kim ve ark. (2011)
Panama Körfezi	0,75-8	1,62-60,5	1,75-94	0,25-270	8,125-378,75			5,6-224,8	5-23,25	23,8-17788,12	Greaney (2005)
Edku Gölü (Mısır)	0,007*		0,011*	0,024*	0,028*			0,016*		0,57*	Saeed ve Shaker (2008)
Borollus Gölü (Mısır)			0,006*	0,194*				0,039*		0,43*	Saeed ve Shaker (2008)
Manzala Gölü (Mısır)	0,044*		0,513*	0,513*	0,099*			0,4636*		1,42*	Saeed ve Shaker (2008)
Tapacura Nehri (Brezilya)	<0,0005-3,30**	0,04-5,90**	0,96-52,32**	13,46-157,62**	<0,01-1,31**			4,03-55,16**	0,06-6,53**	550-32606**	Aprile ve Bouvy (2008)
Aden Körfezi (Yemen)		17-233,93	8,06-111	138,23-658,87	14,9-138,06			21,85-263,49	16,17-48,07		Nasr ve ark. (2006)
Büyük Menderes Nehri		165	137	388	54			120	315	18500	Akçay ve ark. (2003)
Gediz Nehri		200	140	510	128			160	106	25500	Akçay ve ark. (2003)
Danube Nehri (Sırbistan)	2,12-4,03	30,6-112,5	17,8-57,6		2,85-43,6		3,15-14,73	49,4-389,5	23,7-116,4		Milenkovic ve ark. (2005)

** mg/g

* mg/L

6. SONUÇ

Bu tez çalışması, Seydisuyu Havzası'ndaki yüzeysel su kaynaklarının kirlilik düzeylerinin ve su kalite sınıflarının belirlenmesi ve bu kaynaklardan alınan sediment örneklerinin kalitesinin tespit edilmesi amacıyla yapılmıştır. Sakarya Havza'nın alt havzalarından biri olan ve Eskişehir-Kütahya arasında kalan bölgede bulunan Seydisuyu Havzası'nda 2012 – 2013 yılları arasında mevsimsel olarak 12 istasyondan su ve sediment numuneleri alınmıştır. 3 ve 5 no.lu istasyonlar Çatören ve Kunduzlar Baraj Gölleri'dir. Bu göllerde üçer adet alt istasyon kurulmuş olup, bu istasyonda ölçülen değerlerin ortalamaları istasyon değeri olarak alınmıştır. Havzada mevsimsel değişikliklerin çok fazla etkili olmadığı gözlenmiştir. Ancak 2 no.lu istasyonun yer aldığı Kırka yöresinin pek çok parametre bakımından en sorunlu yer olduğu saptanmıştır.

Alınan su örneklerinde ağır metal ve fizikokimyasal parametreler analiz edilmiştir. Sediment örneklerinde ise ağır metal parametreleri araştırılmıştır. Çalışma boyunca, su ve sedimentte ölçülen ağır metal parametreleri arsenik (As), bor (B), kadmiyum (Cd), krom (Cr), bakır (Cu), demir (Fe), manganez (Mn), sodyum (Na), nikel (Ni), kurşun (Pb), çinko (Zn), potasyum (K), magnezyum (Mg), alüminyum (Al), kalsiyum (Ca) ve silisyum (Si) elementleridir. Su örneklerinde ölçülen fizikokimyasal parametreler ise sıcaklık (°C), iletkenlik ($\mu\text{S}/\text{cm}$), tuzluluk (ppt), toplam çözünmüş katı (g/L), pH, ORP (mV), amonyum (mg/L-N), nitrat (mg/L-N), nitrit (mg/L-N), sülfat (mg/L), fosfat (mg/L), çözünmüş oksijen seviyesi (mg/l) ve kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ)'dir. İstasyonlarda her bir parametre için ulusal ve uluslararası mevzuatlarda verilen limit değerler göz önüne alınarak değerlendirmeler yapılmıştır.

Ölçülen pek çok parametre için verilen limit değerler, içme suları için verilmiş değerlerdir. Yüzeysel suların kalitesi için verilen limit değerler, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği ile Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği'nde yer almaktadır. Fizikokimyasal parametrelerin pek çoğu için her iki yönetmelikte de su kalite sınıflarını belirlemeye yönelik olarak verilmiş sınır değerler bulunmaktadır. TSE 266 İçme Suyu Standardı ile İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik ile verilen sınır değerler, yüzeysel su kaynağı eğer içme suyu eldesi amacıyla kullanılacaksa göz önüne

alınmalıdır. Ancak Seydisuyu Havzası'nda içme suyu temini amacıyla yüzeysel su kullanımı yoktur. Havzada yüzeysel su kullanımı tarımsal faaliyetler ve hayvancılık faaliyetleri için kullanılmaktadır.

Havzada toplamda 12 istasyon bulunmaktadır. Bu istasyonlar havzadaki tarımsal faaliyetleri, hayvancılık faaliyetlerini, kentsel atıksu deşarjlarını, durağan su kütlelerini temsil edecek şekilde belirlenmişlerdir. İstasyonların çok geniş bir alanda dağılmış olmaları örnekleme çalışmalarında bazı problemlere yol açmıştır. Mevsim özelliklerine bağlı olarak bazı istasyonlara erişim sağlanamamış ya da bazı istasyonlardan temsil gücü yetecek miktarda numune alınamamıştır.

Havzadan alınan su örneklerinde saptanan derişimlerde, bazı parametrelerde pik derişimler bulunmuştur. Havza ortalamasının çok üzerinde saptanan bu değerlerin örnekleme dönemlerine denk gelen ani deşarjlar olduğu düşünülmektedir.

Alüminyum parametresi, Seydisuyu Havzası'ndan alınan su ve sediment örneklerinde 5 mg/L seviyelerine kadar ulaşmıştır. Bu bağlamda havzanın alüminyum parametresi bakımından IV. sınıf su kalitesine sahip olduğu görülmüştür.

Kalsiyum derişimlerinin sonbahar mevsiminde 10, 11 ve 12 no.lu istasyonlarda yaptıkları pik derişimler, numune alma dönemine denk gelen ani bir etkinin göstergesidir. Bunun dışında havzada tüm mevsimlerde ortalama bir dağılım göstermektedir.

Havzadan alınan mevsimsel su örnekleri incelendiğinde hemen hemen tüm istasyonlarda arsenik parametresi bakımından sorun olduğu anlaşılmaktadır. Özellikle 2 no.lu istasyonda tüm mevsimlerde ölçülen yüksek arsenik derişimleri, diğer istasyonlardan farklı olarak, bu istasyonda bor ile arsenik arasındaki ilişkiyi göz önüne sermektedir. Çünkü 2 no.lu istasyon bor yataklarının ve bor endüstrisinin bulunduğu Kırka yöresinde yer almaktadır. Seydisuyu havzasında 12 istasyonda yapılan çalışmada ölçülen mevsimlik arsenik değerleri 0,01-0,1 mg/L arasında değişmektedir ve literatürde verilen değerlerle uyumludur.

Bor parametresi de çalışma boyunca izlenen önemli parametrelerdendir. 2 no.lu istasyonda ölçülen bor derişimleri tam da beklendiği üzere, tüm havzadaki ortalama bor derişiminin çok üzerinde saptanmıştır. Üstelik bu durum tüm mevsimler boyunca değişmemiştir. Havzadaki tüm istasyonlarda ölçülen bor derişimleri limit değer olarak

verilen 1mg/L seviyesinin üzerindedir. Bu limit yalnızca 1 no.lu istasyonda aşılmamıştır. Bor seviyesinin sularda yüksek olması, sulama amacıyla kullanıldığı tarım topraklarına ve tarım ürünlerine zarar vermektedir.

Sonbahar mevsiminde alınan örneklerde, diğer mevsimlerden daha yoğun olarak potasyum ölçülmüştür. Havzada ölçülen en yüksek derişim 32 mg/L'dir. Kış ve ilkbahar mevsiminde yapılan ölçümlerde 6 no.lu istasyon ve sonrasında alınan numunelerdeki potasyum derişimlerinin paralellik gösterdiği anlaşılmaktadır.

Magnezyum parametresi bakımından havzada ölçülen en yüksek derişimler kış mevsiminde 10 no.lu istasyonda 23 mg/L ve sonbahar mevsiminde 12 no.lu istasyonda 24 mg/L'dir. Havza genelinde en düşük derişimler yaz mevsiminde ölçülmüştür. Havza genelinde en yüksek derişimlerin 5 numaralı alt havzada ölçüldüğü anlaşılmaktadır(Şekil 4.6).

Sodyum parametresi için SKKY'de Kıta İçi Su Kaynakları Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri tablosunda I. ve II. Sınıf sular için 125 mg/L, III. Sınıf sular için 250 mg/L ve IV. Sınıf sular için 250 mg/L üzeri limit getirilmiştir. Bu bağlamda, Seydisuyu havzası su kalitesi sodyum parametresi bakımından I. Sınıf Su kalitesindedir.

Kadmiyum seviyeleri kış ve yaz mevsimlerinde pek çok istasyonda ölçülebilir değerin altında kalmıştır. Sonbahar mevsimi derişimleri havzada ölçülen en yüksek derişimler olmuştur. Mevsimsel kadmiyum derişimleri ortalamaları sonbahar için 0,0059 mg/L, kış için 0,0009 mg/L, ilkbahar için 0,0026 ve yaz mevsimi için 0,0008 mg/L olmuştur. Havza kadmiyum parametresi bakımından III. Sınıf su kalitesindedir.

Mevsimlere göre değışen ortalama krom derişimleri sonbaharda 0,048 mg/L, kış 0,024 mg/L, ilkbaharda 0,015 mg/L ve yaz mevsiminde 0,072 mg/L olmuştur. Havzada ölçülen en yüksek derişim yaz mevsiminde 10 no.lu istasyonda 0,16 mg/L olarak ölçülmüştür. Ancak bu derişimin numune alma tarihlerine denk gelen bir ani deşarj olduğu düşünülmektedir. Havza krom derişimi bakımından III. Sınıf su kalitesindedir.

Havzada yaz aylarında ölçülen bakır derişimlerinin diğer mevsimlere göre yüksek olduğu görülmektedir. Mevsimlere göre ortalama bakır derişimleri en az ilkbahar mevsiminde ölçülmüştür. Seydisuyu Havzası, bakır parametresi açısından I. Sınıf su kalitesindedir. Havzada bulunan istasyonlardan alınan örnekler incelendiğinde bakır parametresine ilişkin bir problem olmadığı anlaşılmaktadır.

Havzada ölçülen mevsimsel demir derişimleri incelendiğinde havzada bir demir problemi olmadığı anlaşılmaktadır. Sonbahar mevsiminde en yüksek derişimler ölçülmüştür. Demir parametresi için verilen limit değeri TSE 266 standardında 0,2 mg/L, EPA tarafından 0,3 mg/L olarak verilmiştir. SKKY, Kıta İçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri'nde yüzeysel suların sahip olabilecekleri krom derişimi 0,3 mg/l'ye kadar I. sınıf, 1 mg/l'ye kadar II. sınıf, 5 mg/l'ye kadar III. sınıf ve 5 mg/l üzeri IV. sınıf olarak belirlemiştir.

Havzada ölçülen en yüksek mangan derişimi ilkbahar mevsiminde 2 no.lu istasyonda 0,27 mg/L olarak ölçülmüştür. Havzada tüm mevsimlerde en düşük değerler 4 no.lu istasyonda ölçülmüştür. Mevsimsel mangan derişimleri ortalamaları sonbahar > ilkbahar > kış > yaz şeklindedir. İlkbahar mevsiminde ölçülen pik debi çıkartıldığında kış ve ilkbahar aylarında ölçülen ortalama mangan derişimleri birbirlerine çok yakın görünmektedir.

Havzada ölçülen en düşük derişimli parametrelerden birisi de nikel parametresidir. Sonbahar mevsiminde alınan numunelerin tamamında nikel derişimi ölçülebilir limitlerin altında çıkmıştır. Ölçülebilen değerler incelendiğinde en yüksek derişimin kış mevsiminde 5 no.lu istasyonda saptandığı (0,016 mg/L) görülmektedir. Bu bağlamda havzanın nikel parametresi bakımından I. Sınıf su kalitesine sahip olduğu görülmektedir.

Derişimi en düşük olarak saptanan bir diğer parametre de kurşun olmuştur. Havzada ölçülen en yüksek derişimler 6 ve 12 no.lu istasyonlarda kış mevsiminde 0,093 mg/L olarak ölçülmüştür. Özellikle ilkbahar ve yaz mevsimlerinde pek çok istasyonda saptanabilir limitlerin altında kalmıştır.

Havzadan alınan su örneklerinde saptanan silisyum için ortalama derişimler sonbahar mevsiminde 8,03 mg/L, kış mevsiminde 11,37 mg/L, ilkbahar mevsiminde 4,81 mg/l ve yaz mevsiminde 2,85 mg/L'dir. Havzada ölçülen en yüksek derişim kış mevsiminde 2 no.lu istasyonda ölçülmüş olup 17,46 mg/L'dir.

Çinko parametresi de Seydisuyu Havzası'nda çok düşük derişimlerde saptanmıştır. Ortalamalara bakıldığında havzada çinko problemi olmadığı, havza su kalitesinin çinko bakımından I. Sınıf su olduğu anlaşılmaktadır.

Havzada ölçülen sıcaklık değerleri mevsimlere bağlı olarak 8,83-21,13 °C aralığında değişmiştir. Havza sıcaklık parametresi bakımından I. Sınıf su kalitesindedir.

İTASHY'de ve TSE 266 standardında verilen iletkenlik limiti 20 °C'de 2500 µS/cm'dir. Tüm mevsimler değerlendirildiğinde 2, 11 ve 12 no.lu istasyonlardaki iletkenlik değeri ortalamalarının yüksek olduğu görülmektedir. İletkenliğe bağlı olarak üretilen bir parametre olan tuzluluk derişimi, havzadaen yüksek olarak yaz mevsiminde 2 no.lu istasyonda 0,63 g/L olarak ölçülmüştür. Tüm havzada tuzluluğun en yoğun olduğu istasyonlar 2, 11 ve 12 no.lu istasyonlardır. Yine bu parametrelerle ilişkili olarak toplam çözünmüş katı (TDS) derişimleri, en yüksek 2 ve 12 no.lu istasyonlarda ölçülmüştür. Havza iletkenlik parametresi bakımından III. sınıf su kalitesindedir. Ayrıca TDS parametresi bakımından II. sınıf su kalitesine haizdir.

Havza genelinde ölçülen pH değerleri 7-9 arasında değişmektedir. YSKYY Tablo-5'te verilen Kıtaıçi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri'nde I. ve II. Sınıf sular için 6,5-8,5 pH aralığı, III. Sınıf sular için 6-9 pH aralığı ve IV. Sınıf sular için 6-9 pH aralığının dışındaki değerler esas alınmıştır.

Seydisuyu Havzası'nda mevsimsel olarak ölçülen Yükseltgenme-İndirgenme Potansiyeli (ORP) mevsimsel ortalama değerleri dikkate alındığında sonbahar mevsimi ORP değerinin daha yüksek olduğu görülmektedir. ORP için su kalitesini sağlamaya yönelik mevzuatlarda herhangi bir limit değeri bulunmamaktadır.

Havzada ölçülen en yüksek amonyum ve toplam amonyum derişimi yaz mevsiminde 2 no.lu istasyonda sırasıyla 0,42 mg/L ve 0,46 mg/L olarak ölçülmüştür. Havzanın su kalitesi amonyum bakımından II. Sınıf su kalitesindedir.

Havzada yer alan istasyonlarda n 1, 2 ve 3 no.lu istasyonlarda sonbahar ve yaz mevsimlerinde alınan örneklerde saptanan nitrat derişimlerinin pik yaptığı gözlenmektedir. Havzada ölçülen en yüksek derişim yaz mevsiminde 2 no.lu istasyonda 150,9 mg/L olarak ölçülmüştür. Bir sonraki en yüksek derişim de yine 2 no.lu istasyonda sonbahar mevsiminde 109,9 mg/L olarak ölçülmüştür. Havzanın nitrat bakımından IV. sınıf su kalitesinde olduğu saptanmıştır. Bu nitrat probleminin, havza genelinde yürütülen tarımsal faaliyetlerle bağlantılı olabileceği düşünülmektedir.

Çözünmüş oksijen derişimi, su kalitesi bakımından önemli bir parametredir. YSKYY'de çözünmüş oksijen parametresi, I. Sınıf sular için >8 mg/L, II. Sınıf sular

için 6-8 mg/L, III. Sınıf sular için 3-6 mg/L ve IV. sınıf sular için <3 mg/L ile sınırlandırılmıştır. En yüksek mevsimsel ortalama çözülmüş oksijen derişimi kış mevsiminde 9,16 mg/L olarak saptanmıştır. Bu bakımdan, çözülmüş oksijen derişimi parametresi esas alındığında, havza I. sınıf su kalitesindedir.

Havzada mevsimsel olarak en yüksek ortalama sülfat derişimi yaz mevsiminde 91,65 mg/L olarak ölçülmüştür. Kış mevsiminde ölçülen ortalama sülfat derişimi 60,50 mg/L, sonbahar mevsiminde 46, 33 mg/L ve ilkbaharda 44,35 mg/L şeklindedir. Bu aralıklar dikkate alındığında havzanın sülfat bakımından I. sınıf su kalitesinde olduğu anlaşılmıştır.

TSE 266 standardı içme sularında nitrit parametresini 0,5 mg/L ile sınırlandırmıştır. Mevsimsel ortalama nitrit derişimleri yaz mevsiminde 0,032 mg/L, kış mevsiminde 0,029 mg/l, sonbahar mevsiminde 0,021 mg/l ve ilkbahar mevsiminde 0,016 mg/L şeklindedir. Havzanın nitrit bakımından IV. sınıf su kalitesinde olduğu saptanmıştır.

Havzada ölçülen en yüksek fosfat derişimi 2 no.lu istasyonda sonbahar mevsiminde 1.76 mg/L olarak ölçülmüştür. Bu değerin örnekleme dönemine denk gelen ani bir deşarj sonucunda kaynaklandığı düşünülmektedir. Pik derişimler çıkartıldığında mevsimsel ortalama fosfat derişimleri yaz mevsiminde 0,27 mg/L, kış mevsiminde 0,18 mg/L, ilkbahar mevsiminde 0,15 mg/L ve sonbahar mevsiminde 0,094 mg/L olarak ölçülmüştür. Pik derişimler çıkartıldığında, fosfat derişiminin en yoğun olduğu istasyon 2 no.lu istasyon olmaktadır.

Havzada ölçülen en yüksek KOİ seviyesi 2 no.lu istasyondan sonbahar mevsiminde 78,9 mg/L olarak saptanmıştır. KOİ parametresi bakımından 2 no.lu istasyonun IV. sınıf kaliteye, diğer istasyonların da I. ve II. Sınıf su kalitesine sahip oldukları anlaşılmıştır.

Pek çok fizikokimyasal parametre bakımından havzadaki en sorunlu istasyonun 2 no.lu istasyon olduğu anlaşılmaktadır. Ağır metaller bakımından da bu istasyonda bor ve arsenik derişimleri yoğun olarak saptanmıştır.

Yüzeysel sulardaki arsenik içeriği, tarımsal sulama, hayvancılık ve sızmalarla yeraltı sularına karışmaktadır. Havzada içme suyu temini çoğunlukla yer altı

kuyularından sağlanmaktadır. Yüzeysel sularla taşınan arseniğin yeraltı suyuna karışması kısa ve uzun vadede ciddi sonuçlara yol açabilmektedir.

Sediment kirliliği özellikle sucul yaşamın devamlılığını olumsuz yönde etkilemektedir. Sediment yapısında biriken ağır metaller sucul yaşamda ve çevresel koşullarda değişimlere yol açar. Biyoakümülyasyon ile bu kirlilik ve değişimler ekolojik zincirin üst halkalarına kadar uzanır (Köse 2012). Havzada endüstriyel kirlenme sonucu derişimi artması muhtemel gözükken bazı ağır metal parametrelerinin sedimentlerde yüksek oranlarda saptanması, havzanın kayaç yapısıyla alakalı gözükmemektedir. Sediment örneklerinde saptanan arsenik derişimlerinin literatürde saptanan derişimlerden daha az olması sucul yaşamın kalitesi bakımından olumlu bir durumdur. Literatürde yapılan çalışmalarda ağır metallerin yüksek konsantrasyonlarda saptandığı sediment örneklerinin genellikle endüstriyel deşarjlarla kirlenmiş akarsulardan alınmış olduğu görülmektedir. Seydisuyu Havzası'nda Kırka yöresi haricinde, ciddi bir endüstriyel deşarj problemi ve buna bağlı olarak sedimentlerde ağır metal kirliliği görülmemektedir.

Havzadan alınan sediment örneklerinde ölçülen arsenik derişimleri toksik etki seviyesinin (TET) çok altındadır. Ayrıca ölçülen derişimleri literatürde yer alan çalışmalarla benzerlik göstermektedir.

Seydisuyu Havzası'ndan alınan sediment örneklerinde incelenen ağır metal parametrelerinden bir tanesi de kadmiyum parametresi olup, ölçülen kadmiyum seviyeleri TET seviyesinin altında olarak saptanmıştır.

Krom parametresi için, havzadan alınan sediment örneklerinde TET değerinin altında kalan derişimler ölçülmüştür. Ancak, bazı mevsimlerde ölçülen ve MET sınır değerinin üzerinde kalan derişimler havzadaki olası bir krom kirliliği sorununa işaret etmektedir.

Seydisuyu Havzası'ndan alınan sediment örneklerinde ölçülen bakır derişimlerinin mevsimsel ortalamalara bakıldığında TET seviyesi altında kaldığı görülmektedir. Ancak, havzada ilkbahar mevsiminde 9 no.lu istasyonda ölçülen 86,4 mg/kg derişimi TET seviyesinin üzerindedir.

Havzada ölçülen nikel derişimlerinde, 7 no.lu istasyonun mevsimsel ortalama derişiminin, nikel için verilen sediment kalitesi TET seviyesine çok yakın olduğu, bu

istasyonda kış mevsiminde ölçülen değerin ise TET seviyesinin iki katı olduğu saptanmıştır. Yine çinko parametresinin, mevsimsel ortalama derişimlerinin de TET seviyesinin altında olduğu saptanmıştır.

Eskişehir iline bağı Seyitgazi ve Mahmudiye ilçeleri sınırlarında kalan Seydisuyu, bölgede tarımsal sulama amacıyla yoğun olarak kullanılmaktadır. Bu havza içerisinde yer alan yerleşim birimlerinin bu akarsuya bağımlılığı yüksektir. Dolayısı ile başta yerel yönetimler olmak üzere, su kalitesini izlemekle ve denetimler yapmakla yükümlü kurum ve kuruluşların bu görevlerini yerine getirmeleri, üniversiteler, devlet kurumları ve özel kuruluşlar arası koordinasyonlarla izleme ve koruma çalışmalarının titizlikle sürdürmeleri gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Ærtebjerg, G., Andersen, J. H., Schou Hansen, O. (2003), *Nutrients And Eutrophication In Danish Marine Waters: A Challenge For Science And Management*, National Environmental Research Institute, Roskilde, Denmark.
- Akcay, H., Oguz A., Karapire C.(2003), *Study of Heavy Metal Pollution and Speciation in Buyuk Menderes and Gediz River Sediments*, Water Research 37 813–822.
- Akgiray, Ö. (2003), *İçme Suyu ve Su Arıtımı*, Suyumuzun Geleceği ve Türkiye Su Politikaları (Ed: Şen,Z. ve Sırdaş, S.), 22 Mart Dünya Su Günü Paneli, Bildiriler, İstanbul, 62-75.
- Aksoy, T. (2006), *Silisyumun Bitki ve Toprakta Bulunuşu, Dağılımı ve İnsan Sağlığı İçin Önemi*, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı, Adana, Türkiye.
- Alam, S., Hussain, M., Ahmad, I., Wahid, M.S., Bangash, F.K. (2008), *Heavy Metals Status of Industrial Effluents and Its Impacts on Human Life*, J.Chem.Soc.Pac., Vol.30, No.4.
- Amri, N.,Benslimane, M., Zaoui, H., Hamedoun, M.,Outiti, B. (2007), *Evaluation Of The Heavy Metals Accumulate In Samples Of The Sediments, Soils And Plants By Icp-Oes With The Average Sebou*, M.J. Condensed Matter, 8(1): 43-52.
- Anonim (2004), Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, Resmi Gazete, 31.12.2004-25687.
- Anonim (2005), İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik, Resmi Gazete, 17.02.2005-25730
- Anonim (2005), TS 266 - Sular ve İnsanî Tüketim Amaçlı Sular Kalite Standardı, Türk Standartları Enstitüsü, ICS 13.060.20.
- Anonim (2005a), *İTÜ Çevre Mühendisliği Laboratuvarları Temel Parametre Analizleri Azot* Tayini.
<http://web.itu.edu.tr/~itucevrelab/dokuman/Foyler/AZOT.pdf>

- Anonim (2005b), *İTÜ Çevre Mühendisliği Laboratuvarları Temel Parametre Analizleri Fosfor Tayini*.
<http://web.itu.edu.tr/~itucevrelab/dokuman/Foyler/FOSFOR.pdf>
- Anonim (2005c), *İTÜ Çevre Mühendisliği Laboratuvarları Temel Parametre Analizleri Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Tayini*.
<http://web.itu.edu.tr/~itucevrelab/dokuman/Foyler/KOI.pdf>
- Anonim (2012), Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği, Resmi Gazete, 30.11.2012-28483.
- Anonim,
<http://duzce.ormansu.gov.tr/Duzce/AnaSayfa/CYCEDSubeMudurlugu/suKirliligi.aspx?sflang=tr>
- Anonymous (2006), *What is sediment pollution? Brochure, Mid-America Regional Council*, http://cfpub.epa.gov/npstbx/files/ksmo_sediment.pdf
- Anonymous, 1996a, *Ammonia in Drinking-water*, Guidelines for drinking-water quality, 2nd ed. Vol. 2. *Health criteria and other supporting information*. World Health Organization, Geneva, 1996.
- Anonymous, 1996b, *Sodium in Drinking-water*, Guidelines for drinking-water quality, 2nd ed. Vol. 2. *Health criteria and other supporting information*. World Health Organization, Geneva, 1996.
- Anonymous, 1996c, *Zinc in Drinking-water*, Guidelines for drinking-water quality, 2nd ed. Vol. 2. *Health criteria and other supporting information*. World Health Organization, Geneva, 1996.
- Anonymous, 1998, *Aluminium in Drinking-water*, Guidelines for drinking-water quality, 2nd ed. Addendum to Vol. 2. *Health criteria and other supporting information*. World Health Organization, Geneva, 1998.
- Anonymous, 2008, *Guidelines For Drinking-Water Quality*, Third Edition Incorporating The First and Second Addenda, Volume I, Recommendations, World Health Organisation, Geneva
- Anonymous, 2009a, *Addendum to Guidelines for Safe Recreational Water Environments*, Vol 1 World Health Organization – Geneva, Switzerland

- Anonymous, 2009b, *Potassium in Drinking-water*, Background document for development of WHO *Guidelines for Drinking-water Quality*, World Health Organization, Geneva, Switzerland, 2009
- Anonymous, EN ISO 10304-1, *Water quality -- Determination of dissolved anions by liquid chromatography of ions -- Part 1: Determination of bromide, chloride, fluoride, nitrate, nitrite, phosphate and sulfate*
- Anonymous, EN ISO 10304-2, *Water Quality 'Determination of dissolved anions by liquid chromatography of ions.' Determination of sulfate*
- Anonymous, EN ISO 26777, *Water Quality 'Determination of Dissolved anions by liquid chromatography of ions'. Determination of nitrite*
- Anonymous, EPA Method 7000B, *Flame atomic absorption spectrophotometry*, 2007.
- Anonymous, *Naturally Occurring Hazards*, Water Sanitation and Health (WSH), http://www.who.int/water_sanitation_health/naturalhazards/en/index.html
- Aprile, F.M., Bouvy, M. (2008), *Distribution and Enrichment of Heavy Metals in Sediments at The Tapacura River Basin, Northeastern Brazil*, Braz. J. Aquat. Sci. Technol. 12(1):1-8.
- Arslan, H. (2007), *Atık Sularda Fenol Tayini*, Üniversite Öğrencileri II Çevre Sorunları Kongresi Fatih Üniversitesi, İstanbul.
- Arslan, N., Tokatlı, C., Çiçek, A., Köse, E. (2011), *Yedigöller (Kütahya) Bölgesinde Su ve Sediment Örneklerinde Bazı Metal Seviyelerinin Belirlenmesi*, Review Of Hydrobiology, 4,1: 17-28.
- Azizullah A., Khattak M. N. K., Richter P. ve Hader D. P., (2011), *Water Pollution In Pakistan And Its Impact On Public Health*, Environment International, 37, 479-497.
- Bakar, C. ve Baba, A. (2009), *Metaller ve İnsan Sağlığı: Yirminci Yüzyıldan Bugüne ve Geleceğe Miras Kalan Çevre Sağlığı Sorunu*, 1. Tıbbi Jeoloji Çalıştayı, Nevşehir.
- 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.

- Balkis, N., Aksu A., Okuş, E., Apak, R. (2009), *Heavy Metal Concentrations İn Water, Suspended Matter And Sediment From Gökova Bay, Turkey*, Environ Monit Assess, Springer Science + Business Media B.V.
- Barakat, A., Baghdadi, El M., Rais, J., Nadem, S. (2012), *Assessment of Heavy Metal in Surface Sediments of Day River at Beni-Mellal Region, Morocco*, Research Journal of Environmental and Earth Sciences 4(8): 797-806, 2012.
- Baş, L. ve Demet, Ö. (1992), *Çevresel Toksikoloji Yönünden Bazı Ağır Metaller*, Çevre Dergisi, 5, 42-46.
- Bat, L., Gündoğdu, A., Yardım, Ö., Zoral, T., Çulha, S. (2006), *Sinop İli İç Liman Bölgesindeki Zooplankton ve Bazı Ekonomik Balıklarda Ağır Metal Düzeyleri*, SUMDER (Su Ürünleri Mühendisleri Derneği Dergisi), 25-26: 22-27.
- Bayındır, Y. (2006), *Harran Ovası Serbest Akiferinin Kirlilik Potansiyelinin Belirlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa.
- Bellucci, L.G., B. El Moumni, Collavini, F., M., Frignani, Albertazzi, S. (2003), *Heavy Metals In Morocco Lagoon And River Sediments. J. Phys.*, 107(1): 139-142.
- Bloundi, M.K., Duplay, J., Quaranta, G. (2009), *Quaranta Heavy Metal Contamination Of Coastal Lagoon Sediments By Anthropogenic Activities: The Case Of Nador (East Morocco)*, Environ. Geol., 56: 833-843.
- Bolstad, P. W., Swank, W. T. (1997), *Cumulative Impacts of Landuse on Water Quality in a Southern Appalachian Watershed*, Journal of The American Water Resources Assoc., 33, 519-533.
- Bolu, E. (2007), *Kentsel Alanlardaki Akarsuların Ekolojik Açidan Değerlendirilmesi: Meriç Nehri Örneği*, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Tekirdağ, Türkiye.
- Brooks, K., Folliott P. F., Gregersen, H. M., Thames J. L. (1991), *Hydrology and The Management of Watersheds*, Iowa State University Press, Ames.
- Brownlow, A. H. (1979), *Geochemistry*, Prentice-Hall, 498.
- Carman, C.M.I., Li, X.D., Zhang, G., Onyx, W.H.W., Li, Y.S. (2007), *Trace Metal Distribution In Sediments Of The Pearl River Estuary And The Surrounding Coastal Area*, South China Environmental Pollution, 147: 311-323.

- Cüce, H., Bakan, G. (2007), *Kızılırmak Nehrinde Sediman Oksijen İhtiyacı (SOİ) Belirleme Çalışmaları*, 6. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi. İTÜ Ayazağa Yerleşkesi, İstanbul, 2005. sy. 100-107.
- Çakmak, Ö. (2007), Eskişehir İlinde Yeraltı ve Yüzeysel Sulardaki Nitrat Kirliliğinin Kirletici Kaynakları Göz Önünde Bulundurularak Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Samsun,Türkiye.
- Çalık, E., Menteş, Y., Karadağ, F. ve Dayıoğlu, H. (2004), *İçme suyunun sağlık açısından değerlendirilmesi*, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Sayı: 6, Kütahya.
- Çiçek, A., Köse, E., Emiroğlu, Ö., Tokatlı, C., Başkurt, S., Sülün, Ş. (2014),“*Boron And Arsenic Levels In Water, Sediment And Tissues Of Carassius gibelio (Bloch, 1782) In A Dam Lake*”, Polish Journal of Environmental Studies, 23 (5): 1843-1848.
- Çöl, M., Çöl, C. (2003), *Environmental Boron Contamination in Waters Of Hisarcik Area in The Kutahya Province Of Turkey*, Food and Chemical Toxicology 41(10): 1417-1420.
- Demir, S. (2008), *Isparta ve Yakın Çevresi Yeraltı Sularının Hidrojeolojik, Hidrojeokimyasal ve İzotop Jeokimyasal İncelenmesi ve İçme Suyu Kalitesinin İncelenmesi*, Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta, Türkiye.
- Doğan, G., Sabah, E. ve Erkal, T. (2005), *Borun çevresel etkileri üzerine Türkiye’de yapılan bilimsel araştırmalar*, Türkiye 19. Uluslararası Madencilik Kongresi IMCET, İzmir.
- DSİ Genel Müdürlüğü (2001), *Eğrekkaya Baraj Gölü ve Havzasında Kirlilik Araştırması Raporu*, T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı DSİ Genel Müdürlüğü, Şubat, Ankara.
- Edujee, G., Badsha, K. ve Price, L. (1985), *Enviromental Monitoring And Heavy Metals In The Vicinity Of A Chemical Waste Disposal Facility-1*, Chemosphere, 14(9), 1371-1382.

- El Bouraie, M.M., El Barbary, A. A., Yehia, M. M., Motawea E. A. (2010), *Heavy Metal Concentrations in Surface River Water and Bed Sediments at Nile Delta in Egypt*, Suoseura-Finnish Peatland Society, Suo 61(1): 1–12 - Research notes, Helsinki.
- Elmacı, A., Topaç, F., O., Teksoy, A., Özengin, N., Başkaya, H., S. (2010), *Uluabat Gölü Fizikokimyasal Özelliklerinin Yönetmelikler Çerçevesinde Değerlendirilmesi*, Uludağ Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 15, Sayı 1.
- Emiroğlu, Ö, Çiçek A., Arslan N., Aksan, S., Rüzgar, M. (2010), “*Boron Concentration in Water, Sediment and Different Organisms around Large Borate Deposits of Turkey*”, Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, DOI:10.1007/s00128-010-9961-8, 2010.
- Fisher, R.S., Davidson B. (2007), *Groundwater Quality in Kentucky: Manganese*, Kentucky Geological Survey, No: 12, Lexington.
- Förstner U., Wittman, G.T.W. (1979), *Metal Pollution In The Aquatic Environment*, Berlin, Springer.
- Gale, R.J.B., Gale, S.J., Winchester, H.P.M. (2006), *Inorganic Pollution Of The Sediments Of The River Torrens*, South Australia. Environ Geol., 50: 62–75.
- Ghrefat, H., Yusuf, N. (2006), *Assessing Mn, Fe, Cu, Zn And Cd Pollution In Bottom Sediments Of Wadi Al-Arab Dam, Jordan*, Chemosphere, 65:2114-2121.
- Gilijanovic, N.S. (2010), *Sodium Levels in the Spring Water, Surface and Groundwater in Dalmatia (Southern Croatia)*, Institute of Public Health Split, Medical School, University of Split, Croatia.
- Göktay, B. (1991), *Sakarya Seydisuyu Toplama Havzası*, DSİ Yayınları, Eskişehir, 1-12.
- Göncü, S., Albek, E. (2003), *Modelling The Effects Of Diffuse Nitrogen Sources On A Small Stream Using QUAL2E*, Proc. 7th Int. Conference on Modelling Monitoring and Prediction of water pollution, Cadiz, Spain, pp.467-476.
- Greaney, K. M. (2005), *An Assessment of Heavy Metal Contamination in The Marine Sediments of Las Perlas Archipelago, Gulf of Panama*, Yüksek Lisans Tezi, School of Life Sciences Heriot –Watt University, Edinburgh.

- Helvacı, C. (2008), *Doğada bor ve arsenik elementlerin ilişkisi*, Uluslararası Katılımlı Tıbbi Jeoloji Sempozyumu Kitabı (Editör: Dr. Eşref Atabey), Sayfa: 116-117.
- Hem, J. D. (1992), *Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water* (Third Edition), United States Geological Survey Water-Supply Paper, 2254, 264.
- Hounslow, A. W. (1995), *Water Quality Data: Analysis and Interpretation*, Lewis Publishers, 54.
- Jadal, M., El Yachoui, M., Bennasser, L., Fekhaoui, M., Foutlane, A. (2002), *Water Quality Of The Estuary Of The Oued Oum Erbia (Morocco) And The Influence Of Tidal Dynamics*, L'eau l'industrie les nuisances, 256: 59-66.
- Javed, M. (2005), *Heavy Metal Contamination Of Freshwater Fish And Bed Sediments In The River Ravi Stretch And Related Tributaries*, Pakistan Journal of Biological Sciences 8 (10): 1337-1341, 2005.
- Jumbe, A.S., Nandini, N. (2009), *Heavy Metals Analysis and Sediment Quality Values in Urban Lakes*, American Journal of Environmental Sciences 5 (6): 678-687.
- Kaçaroğlu, F. (1991), *Eskişehir Ovası Yeraltı Suyu Kirliliği İncelemesi*, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara.
- Katip, A., Karaer, F., Ileri, S., Sarmasık, S., Aydoğan, N., Zenginay, S. (2012), *Analysis and Assessment of Trace Elements Pollution in Sediments of Lake Uluabat, Turkey*, Triveni Enterprises, J. Environ. Biol. 33, 961-968, Vikas Nagar, Lucknow, India.
- Kennish, M. J. (1997), *Practical Handbook Of Estuarine And Marine Pollution*, CRC Press, ISBN 9780849384240.
- Kırkağaç, M., Köksal, G. (2004), *Akarsularda Bentik Makroomurgasızların Su Kirliliğine Karşı Tepkilerinin Belirlenmesi: Biyotik ve Çeşitlilik İndekslerin Kullanımı*, Ulusal Su Günleri 2004, İzmir, Türkiye.
- Kim, K.T., Ra, K., Kim, E.S., Yim, U.H., Kim, J.K. (2011), *Distribution Of Heavy Metals In The Surface Sediments Of The Han River And Its Estuary, Korea*, J. Coastal Res., 64: 903-907.
- Kocataş, A. (1996), *Ekoloji ve Çevre Biyolojisi*, Ege Üniv. Su Ürünleri Fakültesi Yayınları No: 51, Ege Üniv. Basımevi, İzmir. 564 s.

- 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, Türkiye.
- Krauskopf, K. B. (1979), *Introduction To Geochemistry*, International Series In The Earth And Planetary Sciences (Pp. 544–545). Tokyo: Mcgraw-Hill.
- Küçük, F. (1997), *Antalya Körfezi'ne Dökülen Akarsuların Balık Faunası ve Bazı Ekolojik Parametreleri Üzerine Bir Araştırma*, Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta, Türkiye.
- Lalchhingpuii , Lalramnghinglova, H., Mishra, B. P. (2011), *Sulphate, Phosphate-P and Nitrate-N Contents of Tlawng River, Near Aizawl City, India*, Sci Vis 11 (4), 198-202.
- Landis, W.G. and Yu, Ming-Ho. (1999), *Introduction To Environmental Toxicology: Impacts Of Chemicals Upon Ecological Systems*, Chapter 8: Heavy metals. Second Edition. Lewis Publishers. Boca Raton, Florida 33431, USA.
- MacDonald, D. D., Ingersoll, C. G., Berger, T. A. (2000), *Development and Evaluation of Consensus-Based Sediment Quality Guidelines for Freshwater Ecosystems*, Arch. Environ. Contam. Toxicol. 39, 20–31.
- Mhamdi, A.A., Choura, M., Maanan, M., Zourarah, B., Robin, M. (2010), *Metal Fluxes To The Sediments Of The Moulay Bousselham Lagoon, Morocco*, Environ. Earth Sci., 61: 275-286.
- Milenkovic, N., Damjanovic, M., Ristic, M. (2005), *Study of Heavy Metal Pollution in Sediments from the Iron Gate (Danube River), Serbia and Montenegro*, Polish Journal of Environmental Studies Vol. 14, No 6 , 781-787
- Minareci, O. (2014), *Investigation of Boron Pollution in the Gediz River*, Ekoloji 23, 91, 91-97.
- Mohiuddin, K. M., Ogawa, Y., Zakir, H. M., Otomo, K., Shikazono, N. (2011), *Heavy metals contamination in water and sediments of an urban river in a developing country*, Int. J. Environ. Sci. Tech., 8 (4), 723-736.
- Moukrim, A., Chiffolleau, J.F., Burgeot, T., Cheggour, M. (2008), *Changes In The Sediment Trace Metal Contamination After The Commissioning Of A*

- Municipal Wastewater Treatment Plant In The Souss Estuary (South Morocco)*, Bull. Environ. Contam. Toxicol., 80: 549-554.
- Munian, M., Ambedkar, G. (2011), *Seasonal Variations in Physicochemical Parameters of Water Collected from Kedilam River, at Visoor Cuddalore District, Tamil Nadu, India*, International Journal of Environmental Biology.
- Nasr, S. M., Okbah, M.A., Kasem, S.M. (2006), *Environmental Assessment of Heavy Metal Pollution in Bottom Sediments of Aden Port, Yemen*, International Journal of Oceans and Oceanography Vol. 1 No.1 , pp. 99-109.
- Olowu, R. A., Ayejuyo, O. O., Adewuy, G. O., Adejoro I. A., Denloye, A. B., Babatundes, A. O., Ogundajo, A. L. (2010), *Determination Of Heavy Metals In Fish Tissues, Water And Sediment From Epe And Badagry Lagoons, Lagos, Nigeria*, E-Journal Of Chemistry 2010, 7(1), 215-221.
- Olubunmi, F. E., Olorunsola, O.E. (2010), *Evaluation of The Status of Heavy Metal Pollution of Sediment of Agbabu Bitumen Deposit Area, Nigeria*, European Journal of Scientific Research Vol. 41 No.3, pp.373-382.
- Onur, E. (1997), *Alüminyum Toksisitesinin Kalite Kontrol Açısından Değerlendirilmesi*, Türk Nefroloji Diyaliz ve Transplantasyon Dergisi, Türk Nefroloji Derneği Yayınları, Ankara, Cilt 6, Sayı 1-2, 74-79.
- Ozbay, O., Goksu, M. Z. L., Alp, M, T., Sungur, M. A. (2013), *Berdan Çayı (Tarsus - Mersin) Sedimentinde Ağır Metal Düzeylerinin Araştırılması*, Ekoloji 22, 86, 68-74.
- Öktüren Asri, F., Sönmez, S., Çıtak, S. (2007), *Kadmiyumun Çevre ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri*, Derim Dergisi, 24(1); 34-41.
- Özdemir, O. (2005), *Görünmeyen Tehlike: Asit Yağmurları*, Sağlık ve Toplum, 1, 3-11 s.
- Özkaldı, A., Boz, B., Yazıcı, V. (2004), *GAP'ta Drenaj Sorunları ve Çözüm Önerileri*, Sulanan Alanlarda Tuzluluk Yönetimi Sempozyumu, DSİ Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Öztürk, O., Tıraş, R., Özben, S., Hakyemez H. A., Aydemir T., Erol, C., Çetin, S., Özer, F. (2006), *Olgularla Wilson Hastalığı : Tanı ve Tedavi*, Parkinson Hastalığı ve Hareket Bozuklukları Dergisi, Cilt 9, No 2, 118-124.

- 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 2013;10(7s).
- Richards, S., Thorne, J., Williams, W.P. (1997), *The Response of Benthic Macroinvertebrates to Pollution in Developing Countries: A Multimetric System of Bioassessment*, Freshwater Biol., 37:671-686.
- Rodríguez-Barroso, R.M., Benhamou, Y., ElMoumni, B., El Hatimi, I., García-Morales, J.L. (2009), *Evaluation Of Metal Contamination In Sediments From North Of Morocco: Geochemical And Statistical Approaches*, Environ. Monit. Assess., 159(1-4): 169-181.
- Rowland, P., Neal, C., Sleep, D., Vincent, C., Scholefield, P. (2011), *Chemical Quality Status of Rivers for the Water Framework Directive: A Case Study of Toxic Metals in North West England*, Water 2011, 3, 649-666.
- Saeed, S. M., Shaker, I.M. (2008), *Assessment of Heavy Metals Pollution in Water and Sediments and Their Effect on Oreochromis Niloticus in The Northern Delta Lakes, Egypt*, International Symposium on Tilapia in Aquaculture.
- Saha, P. K., Hossain, M. D. (2011), *Assessment of Heavy Metal Contamination and Sediment Quality in the Buriganga River Bangladesh*, 2011 2nd International Conference on Environmental Science and Technology, IPCBEE vol.6 , IACSIT Press, Singapore
- Samsunlu, A. (2005), *Çevre Mühendisliği Kimyası*, 5. Baskı, Birsen Yayınevi, s. 214, İstanbul.
- Sargın, A. H., Kaya Y. (2010), *İklim Değişikliklerinin Yeraltı Suyu Sulamalarına Etkisi*, Yeraltı Suları, DSİ Yayınları, Ankara, Türkiye, 169-176.
- Sawyer, C. N., McCarty P. L., Parkin G. F. (2003), *Chemistry for Environmental Engineering and Science*, Fifth Edition, p. 251, McGraw-Hill.
- Selinus, O., Alloway, B., Centeno, J. A., Finkelman, R. B., Fuge, R., Lindh, U. ve Smedley, P. (2005), *Medical Geology*, Elsevier, 7, 115-594
- Serengil, Y. (2003), *Havza Bazında Su Kalitesi İzlemesi: Balabandere Örneği*, Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi Cilt: 4, No: 2 275-282.

- Shrivastava, P., Saxena, A., Swarup, A. (2003), *Heavy Metal Pollution In A Sewage-Fed Lake Of Bhopal*, Lakes & Reservoirs: Research and Management, 8: 1-4.
- Skipton, S. O., Dvorak, B. I. (2009), *Drinking Water: Hard Water (Calcium and Magnesium)*, NEBGUIDE – University Of Nebraska Lincoln Extension, Institute of Agriculture and Natural Resources, G1274.
- Smedley, P.L., Kinniburgh, D.G. (2002), *A Review Of The Source, Behaviour And Distribution Of Arsenic In Natural Waters*, Applied Geochemistry, 17 (5). 517-568.
- Stevens, H.H., Ficke, J.F. ve Smoot, G.F. (1975), *Water Temperature- Influential Factors*, Field measurement and data presentation: Techniques of Water-Resources Investigations of the United States Geol. Survey, USA, 65.
- Suthar, S., Nema, A.K., Chabukdhara, M., Gupta, S.K. (2009), *Assessment Of Metals In Water And Sediments Of Hindon River, India: Impact Of Industrial And Urban Discharges*, J. Hazard. Mater., 171(1-3): 1088-1095.
- Tahiri, L., Bennasser, L., Idrissi, L., Fekhaoui M., El Abidi A. (2005), *Metal Contamination Of Mytilus Galloprovincialis And Sediment At The Estuary Bouregreg (Morocco)*, Water Qual., Res. J. Canada, 40(1): 111-119.
- Taş, B., Çetin, M. (2011), *Gökgöl (Ordu-Türkiye) 'ün Bazı Fiziko-kimyasal Özelliklerinin İncelenmesi*, Ordu Üniv. Bil. Tek. Derg., Cilt:1, Sayı:1,2011,73-82.
- Tayyar, M. (2005), *Su hijyeni:*
<http://mtayyar.home.uludag.edu.tr/suhijyeni.htm>
- Tchobanoglous, G., Burton, L. (1991), *Wastewater Engineering Treatment, Disposal and Reuse*, Metcalf & Eddy, Inc., Int. Edition, Mc-Graw-Hill, Inc.
- Tunca, E., Atasagun, S., Saygı Y. (2012), *Yeniçağa Gölü'nde (Bolu-Türkiye) Su, Sediment ve Kerevitteki (Astacus leptodactylus) Bazı Ağır Metallerin Birikimi Üzerine Bir Ön Çalışma*, Ekoloji 21, 83, 68-76.
- Turan, F., Ülkü, G. (2013) ,*Gökpınar ve Çürüksu Çaylarının Kirlilik Parametre ve Yüklerinin İzlenmesi*, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt 19, Sayı 3, Sayfalar 133-144.

- Türkmen, A., Aras, S. (2011), *İskenderun Körfezi'nde Deniz Suyu ve Sedimentte Oluşan Ağır Metal Birikiminin İncelenmesi*, Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi, İlkbahar Yıl: 2 Cilt: 1, Sayı: 3, Sayfa: 1-23.
- 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, Türkiye.
- Unsal, A., Metintaş, S.(2002), *Kırka (Eskişehir)'da Bor'a Maruz Kalan Halkın Sağlık Birimlerine Başvurularının Değerlendirilmesi*, Ekoloji Dergisi, No:44, 2002.
- Uygan, D., Çetin, Ö. (2004), *Bor'un Tarımsal ve Çevresel Etkileri: Seydisuyu Su Toplama Havzası*, II. Uluslararası Bor Sempozyumu, Eskişehir, Türkiye.
- Uygan, D., Çetin, Ö. (2009), *Eskişehir Seyitgazi Sulama Şebekesinde Seçilen Bazı Tarım Alanlarının, Topraktaki ve Sulama Suyundaki Bor Düzeylerinin Belirlenmesi* IV. Uluslararası Bor Sempozyumu, Eskişehir, Türkiye.
- Uygan, D., Çetin, Ö., *Eskişehir Seyitgazi Sulama Şebekesinde Seçilen Bazı Tarım Alanlarının, Topraktaki ve Sulama ,Suyundaki Bor Düzeylerinin Belirlenmesi*, IV. Uluslararası Bor Sempozyumu, Eskişehir, 2009.
- Uylaş, M. (2013), *Seyitgazi Yöresi (Eskişehir) İçme Sularında Bor Seviyelerinin Araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Eskişehir, Türkiye.
- Ünlü, M. İ., Bilen, M. ve Gürü, M. (2011), *Kütahya-Emet Bölgesi Yeraltı Sularında Bor ve Arsenik Kirliliğinin Araştırılması*, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt:26, No: 4, 753-760, Ankara.
- Üstün K. S., Büyükgüngör, H. (2008), *Kızılırmak Deltası ve Kıyı Şeridinde Kirlilik Araştırması*, TMMOB Kent Sempozyumu, Kasım 2008, Samsun, Türkiye.
- 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.
- Wilcock, D. N. (1992), *River and Inland Water Enviroments, Enviromental Management*, Volume II. The Ecosystem Approach, VUB University Pres, Pleinlaan, 1050, Brussels, Belgium.

- Yarsan, E., Bilgili, A., Türel, İ. (2000), *Van Gölü'nden Toplanan Midye (Unio Stevenianus Krynicki) Örneklerindeki Ağır Metal Düzeyleri*, Türk Veterinerlik ve Hayvancılık Dergisi, 24: 93-96.
- Yıldız, N., Yener G. (2010), *Van Gölü'nde Sediment Birikim Hızı, Radyoaktif ve Ağır Metal Kirliliğinin Tarihlemesi*, Ekoloji 19, 77, 80-87.
- Yılğör, S., Avcı M. (2004), *Fethiye Limanı Sedimentlerinde Ağır Metal Birikimleri*, Ulusal Su Günleri 2004, İzmir, Türkiye.
- Yılmaz, M. (2009), *Porsuk Çayı ve Seydisuyu'nda Bulunan Cyanobacteri'lerin Karakterizasyonu*, Doktora Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı, Eskişehir, Türkiye.
- Yılmaz, Ö. (2011), *Dipsiz-Çine Çayı (Muğla, Aydın)'dan Alınan Su, Sediment ve Unio crassus (Bivalvia: Unionidae) Örneklerinde Ağır Metal Miktarlarının Araştırılması*, Muğla Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı, Muğla, Türkiye.
- Zheng, N., Wang, Q., Liang, Z., Zheng, D. (2008), *Characterization Of Heavy Metal Concentrations In The Sediments Of 3 Freshwater Rivers In Huludao City, Northeast China*, Environ. Pollut., 154(1):135-142.