

**T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
DENİZ BİLİMLERİ VE İŞLETMECİLİĞİ ENSTİTÜSÜ**

HALIÇ'TE METAL KİRLİLİĞİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Mahmut Selim ERŞAN
Kimyasal Oşinografi Anabilim Dalı**

**Danışman
Doç. Dr. Nuray BALKIS**

HAZİRAN 2008

ÖNSÖZ

Haliç'te Metal Kirliliği başlıklı tez çalışmasında Haliçte yapılan rehabilitasyon çalışması sonrası suda, askıda katı maddede ve sedimette metal kirliliğinin tespiti amaçlanmıştır.

Tez çalışmamın gerçekleşmesi için gerekli imkanı sağlayan Kimyasal Oşinoğrafi Anabilim başkanı Prof. Dr. Reşat APAK'a, tez konumun belirlenmesinde yardımlarını, çalışmam sırasında öneri ve katkılarını esirgemeyen değerli hocam Doç. Dr. Nuray BALKIS'a, laboratuvar analizlerinde ve her türlü katkılarından dolayı Arş. Gör. Abdullah AKSU'ya, gerek örnekleme aldığım süreç gerekse çalışma ortamında değerli fikirlerini benden esirgemeyen Yrd. Doç. Dr. Seyfetin TAŞ ve Arş.Gör.A.Edip Müftüoğlu'na, tezimin aşamalarında benden yardımını esirgemeyen Arş. Gör. Noyan YILMAZ'a, örneklerin alınmasında katkılarından dolayı Özkan ÇAMURCU, Adem OKUŞ, Sezgin ÇAMURCU'ya ve İ.Ü . Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü R/V Arar Gemisi personeline teşekkürü bir borç bilirim.

Hayat boyu yetişmemde bana emek veren ve maddi, manevi desteklerini benden esirgemeyen Ailem'e teşekkürü bir borç bilirim.

Yüksek lisans tezi olarak yürütülen bu çalışma İ.Ü. Bilimsel Araştırmaları Destekleme Fonu tarafından T1831 no'lu tez projesi olarak desteklenmiştir.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ	i
ÖZET	ii
ABSTRACT.....	iii
TABLO LİSTESİ	iv
ŞEKİL LİSTESİ.....	v
I. GİRİŞ.....	1
1.2. Su Kirliliği	2
1.2.1. Suyun Kirliliği ve Önemi.....	3
1.2.2. Atıksular, Özellikleri, Sınıflandırılması ve Arıtılması.....	4
1.3. Metal Kirliliği	5
1.3.1. Metallerin Denize Taşınım Yolları ve Kaynakları	6
1.3.1.1. Metallerin Karbonatlar Üzerine Adsorbsiyonu.....	9
1.3.1.2. Sedimentten İndirgenerek Suya Taşınan Çözünmüş Metal Girdisi.....	10
1.3.1.3. Metallerin Mn/Fe Oksitlerine Tutunması	11
1.3.1.4. Planktonik Organizmalarda Metal Zenginleşmesi.....	11
1.3.1.5. Metalin Organik Madde İle Bileşimi	11
1.3.1.6. Kompleks Bileşiklerin Etkisi	12
1.3.1.7. Kil Mineralleri Üzerine Sorbsiyonu	13
1.3.1.8. Katyon Değişimi ve Adsorbsiyon.....	13
1.3.1.9. Sülfid Çökmeleri.....	13
1.3.2. Metallerin Toksik Etkileri.....	14
1.3.2.3. Kurşun.....	16
1.3.2.4. Çinko.....	17
1.3.2.5. Civa.....	17
1.3.2.6. Kadmiyum	18
1.3.2.7. Demir	19
1.3.2.8. Mangan	20
1.3.3. Suda Metal Kirliliği	20
1.3.4. Sedimentte Metal Kirliliği	22
II. ÇALIŞMA ALANI	24
2.1. Haliç'in Coğrafi Özellikleri	24
2.2. Haliç'in Hidrografisi.....	25
2.3. Haliç'in Tarihçesi	26
2.4. Haliç'te Su Kirliliğinin Sebepleri	26
III. MATERYAL VE METOD.....	30
3.1. Deniz Suyunda Fe, Mn, Pb, Cu, Cd, Cr Analizleri.....	31

	Sayfa
3.1.1. Deniz Suyunda Hg Analizi	31
3.3. Sedimentte Al, Fe, Mn, Pb, Cu, Cr, Cd Analizi.....	32
3.3.1. Sedimentte Hg Analizi.....	32
IV. BULGULAR	34
4.1. Deniz suyunda metal dağılımları	34
4.1.1. Haliç Boyunca Suda Çözünmüş Metaller	34
4.1.1.1. Civa (Hg)	34
4.1.1.2. Demir (Fe).....	36
4.1.1.3. Mangan (Mn)	39
4.1.1.4. Kurşun (Pb).....	41
4.1.1.5. Bakır (Cu)	44
4.1.1.6. Kadmiyum (Cd)	47
4.1.1.7. Krom (Cr)	49
4.1.2. Askıda Katı Maddede Adsorbe Olmuş Metaller.....	52
4.1.2.1. Demir (Fe).....	52
4.1.2.2. Mangan (Mn)	54
4.1.2.3. Kurşun (Pb).....	57
4.1.2.4. Bakır (Cu)	59
4.1.2.5. Kadmiyum (Cd)	62
4.1.2.6. Krom (Cr)	64
4.1.2.7. Alüminyum (Al)	67
4.2. Yüzeý Sedimentlerinde Toplam Metal Dağılımları.....	69
4.2.1. Civa (Hg)	69
4.2.2. Krom (Cr)	70
4.2.3. Alüminyum (Al)	71
4.2.4. Demir (Fe).....	71
4.2.5. Mangan (Mn)	72
4.2.6. Kurşun (Pb).....	73
4.2.7. Bakır (Cu)	73
4.2.8. Kadmiyum (Cd)	74
4.2.9. Kalsiyum Karbonat (CaCO ₃)	75
4.2.10. Organik Karbon (%C _{org})	76
V. TARTIŞMA ve SONUÇ	78
KAYNAKÇA	88
ÖZGEÇMİŞ	94

ÖZET

HALIÇ'TE METAL KİRLİLİĞİ

Mahmut Selim ERŞAN

Haliçler tatlı suyun tuzlu suya karıştığı terrijenik, biojenik ve antropojenik materyallerin hidrolojik koşullara göre değişiklik gösterdiği alanlardır. Bu çalışmada Haliç'te su kolonunda, askıda katı maddede ve sedimentte metal kirliliği araştırılacaktır. Bu amaçla bir yıl boyunca, Haliç'te; Sarayburnu Orta (Yüzey-10m), Sarayburnu Kıyı (Yüzey-10m), Galata Köprüsü (Yüzey-10m-Dip), Unkapanı Köprüsü (Yüzey-10m-Dip), Kasımpaşa (Yüzey-Dip), Camialtı (Yüzey-Dip), Valide Sultan Köprüsü (Yüzey-Dip), Haliç Köprüsü (Yüzey-Dip), Eyüp-Sütlüce (Yüzey-Dip), Adalar Önü (Yüzey-Dip), Adalar Sonu (Yüzey) istasyonlarından örnekleme yapılmıştır. Suda metal analizlerinde; Hg, Fe, Mn, Pb, Cu, Cd ve Cr askıda katı madde analizlerinde ise Fe, Mn, Pb, Cu, Cd, Al ve Cr içerikleri ve dağılımları incelenmiştir.

Sediment örnekleri yılda bir kez olmak üzere, Galata Köprüsü, Unkapanı Köprüsü, Kasımpaşa, Haliç Köprüsü, Eyüp Sütlüce ve Adalar Sonu istasyonlarından toplanmıştır. Toplanan yüzey sedimentlerinde Hg, Al, Fe, Mn, Pb, Cu, Cd, Cr, CaCO₃, C_{org} içerikleri belirlenmiştir.

ABSTRACT

METAL POLLUTION IN GOLDEN HORN

Mahmut Selim ERŞAN

Estuaries are transitional zones between fresh water and salt water environments where terrigenous, biogenic and anthropogenic materials of varied origin are known to be trapped in considerable amounts according to the prevailing hydrologic conditions. In this study, Metal pollution was investigated in water column, total suspended solid and surface sediment in Golden Horn.

For this intention samples were collected at 11 station which are Middle of Sarayburnu Station (Surface water -10m), Shelf of Sarayburnu Station (Surface water -10m), Galata Bridge Station (Surface water -10m-Bottom), Unkapanı Bridge Station (Surface water -10m-Bottom), Kasımpaşa Station (Surface water -Bottom), Camialtı Station (Surface water-Bottom), Valide Sultan Bridge Station (Surface water -Bottom), Haliç Bridge Station (Surface water -Bottom), Eyüp-Sütlüce Station (Surface water -Bottom), In front of Adalar (Surface water - Bottom) Station, End of Islands (Surface water) Station in Golden Horn. Contents of Hg, Fe, Mn, Pb, Cu, Cr, Cd were measured in sea water and Fe, Mn, Pb, Cu, Cr, Cd, Al were measured in total suspended solid.

Surface sediments samples were collected one time in a year at Galata Bridge Station, Unkapanı Bridge Station, Kasımpaşa Station, Haliç Bridge Station, Eyüp-Sütlüce Station and End of Islands Station. Contents of Hg, Al, Fe, Cr, Mn, Pb, Cu, Cd, CaCO₃, C_{org} were measured in collected surface sediments.

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 1. Ağır metallerin zehirliliğini etkileyen faktörler	15
Tablo 3. Haliç ve Haliç'i besleyen dereler etrafında bulunan endüstriyel tesis bilgileri.....	28
Tablo 4. Çift çalışılmış örneklerin analiz sonuçları.....	33
Tablo 5. Yüzey sedimentlerinde toplam metal değerlerinin toplam karbonat, organik karbon ve birbiriyle korelasyonu.....	78

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1. Su gereksiniminin karşılanması ile su kirliliği arasındaki ilişki.....	4
Şekil.2. Metal taşınım yolları.....	6
Şekil 3. Haliç'in Uydu Görüntüsü	24
Şekil 4. Harita Üzerinde Haliç.....	25
Şekil 5. Numune Alınan İstasyonlar.....	30
Şekil 6. Haliç Boyunca Yüzey Suyunda Çözünmüş Hg Dağılımları.	34
Şekil 7. Haliç Boyunca Dip Suyunda Çözünmüş Hg Dağılımları.....	35
Şekil 8. Galata Köprüsü Dikey Dağılım.	35
Şekil 9. Unkapanı Köprüsü Dikey Dağılım.	36
Şekil 10. Haliç Boyunca Yüzey Suyunda Çözünmüş Fe Dağılımları.	37
Şekil 11. Haliç Boyunca Dip Suyunda Çözünmüş Fe Dağılımları.....	37
Şekil 12. Galata Köprüsü dikey dağılım.....	38
Şekil 13. Unkapanı Köprüsü dikey dağılım.....	38
Şekil 14. Haliç boyunca yüzey suyunda Çözünmüş Mn dağılımları.....	39
Şekil 15. Haliç boyunca dip suyunda Çözünmüş Mn dağılımları.	40
Şekil 16. Galata Köprüsü dikey dağılım.....	40
Şekil 17. Unkapanı Köprüsü dikey dağılım.....	41
Şekil 18. Haliç boyunca yüzey suyunda Çözünmüş Pb dağılımları.	42
Şekil 19. Haliç boyunca dip suyunda Çözünmüş Pb dağılımları.....	42
Şekil 20. Galata Köprüsü dikey dağılım.....	43
Şekil 21. Unkapanı Köprüsü dikey dağılım.....	44
Şekil 22. Haliç boyunca yüzey suyunda Çözünmüş Cu dağılımları.....	45
Şekil 23. Haliç boyunca dip suyunda Çözünmüş Cu dağılımları.	45
Şekil 24. Galata Köprüsü dikey dağılım.....	46

	Sayfa
Şekil 25. Unkapanı Köprüsü dikey dağılım.....	46
Şekil 26. Haliç boyunca yüzey suyunda Çözünmüş Cd dağılımları.....	47
Şekil 27. Haliç boyunca dip suyunda Çözünmüş Cd dağılımları.....	48
Şekil 28. Galata Köprüsü dikey dağılım.....	48
Şekil 29. Unkapanı Köprüsü dikey dağılım.....	49
Şekil 30. Haliç boyunca yüzey suyunda Çözünmüş Cr dağılımları.....	50
Şekil 31. Haliç boyunca dip suyunda Çözünmüş Cr dağılımları.....	50
Şekil 32. Galata Köprüsü dikey dağılım.....	51
Şekil 33. Unkapanı Köprüsü dikey dağılım.....	51
Şekil 34. Haliç boyunca yüzey suyunda askıda katı maddede Fe dağılımları.....	52
Şekil 35. Haliç boyunca dip suyunda askıda katı maddede Fe dağılımları.....	53
Şekil 36. Galata Köprüsü dikey dağılım.....	53
Şekil 37. Unkapanı Köprüsü dikey dağılım.....	54
Şekil 38. Haliç boyunca yüzey suyunda askıda katı maddede Mn dağılımları.....	55
Şekil 39. Haliç boyunca dip suyunda askıda katı maddede Mn dağılımları.....	55
Şekil 40. Galata Köprüsü dikey dağılım.....	56
Şekil 41. Unkapanı Köprüsü dikey dağılım.....	56
Şekil 42. Haliç boyunca yüzey suyunda askıda katı maddede Pb dağılımları.....	57
Şekil 43. Haliç boyunca dip suyunda askıda katı maddede Pb dağılımları.....	58
Şekil 44. Galata Köprüsü dikey dağılım.....	58
Şekil 45. Galata Köprüsü dikey dağılım.....	59
Şekil 46. Haliç boyunca yüzey suyunda askıda katı maddede Cu dağılımları.....	60
Şekil 47. Haliç boyunca dip suyunda askıda katı maddede Cu dağılımları.....	60
Şekil 48. Galata Köprüsü dikey dağılım.....	61

Şekil 49. Unkapanı Köprüsü dikey dağılım.....	61
Şekil 50. Haliç boyunca yüzey suyunda askıda katı maddede Cd dağılımları.	62
Şekil 51. Haliç boyunca dip suyunda askıda katı maddede Cd dağılımları.....	63
Şekil 52. Galata Köprüsü dikey dağılım.....	63
Şekil 53. Unkapanı Köprüsü dikey dağılım.....	64
Şekil 54. Haliç boyunca yüzey suyunda askıda katı maddede Cr dağılımları.....	65
Şekil 55. Haliç boyunca dip suyunda askıda katı maddede Cr dağılımları.	65
Şekil 56. Galata Köprüsü dikey dağılım.....	66
Şekil 57. Unkapanı Köprüsü dikey dağılım.....	66
Şekil 58. Haliç boyunca yüzey suyunda askıda katı maddede Al dağılımları.....	67
Şekil 59. Haliç boyunca dip suyunda askıda katı maddede Al dağılımları.	68
Şekil 60. Galata Köprüsü dikey dağılım.....	68
Şekil 61. Unkapanı Köprüsü dikey dağılım.....	69
Şekil 62. Haliç boyunca yüzey sedimentlerinde toplam Hg dağılımları.	70
Şekil 63. Haliç boyunca yüzey sedimentlerinde toplam Cr dağılımları.	70
Şekil 64. Haliç boyunca yüzey sedimentlerinde toplam Al dağılımları.	71
Şekil 65. Haliç boyunca yüzey sedimentlerinde toplam Fe dağılımları.	72
Şekil 66. Haliç boyunca yüzey sedimentlerinde toplam Mn dağılımları.....	72
Şekil 67. Haliç boyunca yüzey sedimentlerinde toplam Pb dağılımları.	73
Şekil 68. Haliç boyunca yüzey sedimentlerinde toplam Cu dağılımları.....	74
Şekil 69. Haliç boyunca yüzey sedimentlerinde toplam Cd dağılımları.....	75
Şekil 70. Haliç boyunca yüzey sedimentlerinde toplam CaCO ₃ dağılımları.....	75
Şekil 71. Haliç boyunca yüzey sedimentlerinde toplam C _{org} dağılımları.	76

I. GİRİŞ

Yirminci yüzyıldan günümüze kadar yaşanan bilimsel gelişmeler arasında en önemli olanları sanayileşme alanında meydana gelen çalışmalardır. Endüstriyel anlamda yapılan yenilikler yaşam koşullarını eskisine nazaran çok kolaylaştırmıştır. 50 yıl gibi bir zaman zarfında dünyanın endüstrileşmeye doğru gitmesi avantajlarının yanında doğal ortamın tahribi gibi dezavantajların ortaya çıkmasına da neden olmuştur.

Endüstrileşme ile birlikte açığa çıkan kirleticiler alıcı ortamlarda hava, su ve toprak kirliliği olarak karşımıza çıkmaktadır. Bunlar arasında dünya yüz ölçümünün %75'ini kapsaması ve canlı yaşamı için vazgeçilmez bir ihtiyaç maddesi olan su kirliliğinin önemi büyüktür.

Denizler, Haliçler, akarsular, nehirler ve barajlar, evsel, endüstriyel ve tarımsal faaliyetler neticesinde ortaya çıkan atıkların bertarafı için kullanılan yegane alıcı ortamlardır. Ancak alıcı ortamlara yapılacak olan deşarjlar su ortamının fiziksel, kimyasal ve biyolojik niteliklerini etkilemeyecek şekilde yapılmalıdır.

Son 10 yılda endüstriyel işlem ve ürünlerde metal ve ağır metal kullanımı hızla artmış ve buna bağlı olarak canlılar üzerindeki etkisi de önemli ölçüde artmıştır. Günlük hayatta civa-amalgam diş dolgusu, kurşunlu boya, musluk suyu, yiyecek prosesleri, kimyasal tortu ve kişisel bakım ürünleri (kozmetik ürünleri, şampuan, saç ürünleri, gargara sıvısı, diş macunu, sabun vb) gibi bünyesinde metal ve ağır metal içeren ihtiyaç malzemeleriyle insan vücudu bu gibi malzemelerin birikimine maruz kalmaktadır. Metaller karaların aşınması sonucu nehirlerin denizlerle birleştiği alanlara taşınmaktadır. Endüstriyel ve evsel atıklardan kaynaklanan önemli bir miktar metalde, giderek artan bir şekilde denizlere ulaşmaktadır (Brayn,1971). Bununla birlikte sanayiden çıkan metal ve ağır metal kirleticileri deşarj yoluyla denizlere, Haliçlere vb. alıcı ortamlara taşınarak canlı yaşamını önemli ölçüde etkileyebilirler.

Bu çalışmada 2007 yılı Ağustos, Kasım ve 2008 yılı Şubat, Nisan aylarında Haliç boyunca Sarayburnu Kıyı, Sarayburnu Orta, Galata Köprüsü, Unkapanı Köprüsü, Kasımpaşa, Camialtı, Validesultan Köprüsü, Haliç Köprüsü, Eyüp Sultan, Adalar Önü, Adalar sonu istasyonlarından olmak üzere toplam 11 istasyondan deniz suyu, askıda katı madde ve sediment numuneleri toplanmıştır. Alınan bu numunelerde Fe, Mn, Al, Cu, Pb, Cr, Cd ve Hg konsantrasyonları Atomik Absorbsiyon cihazı kullanılarak tespit edilmiştir. Böylelikle rehabilitasyon çalışması sonrası Haliçteki mevcut durumun değişimi ve Haliç'e yapılan düzensiz deşarjların ve gemi trafiğinin Haliç'in mevcut metal ve ağır metal kirliliğine olan katkıları ortaya konulması amaçlanmıştır.

1.2. Su Kirliliği

Yeryüzündeki sular güneşin sağladığı enerji ile bir döngü içinde bulunur. Bu döngüye "hidrolojik çevrim" adı verilir. İnsanlar, yaşamsal ve ekonomik gereksinimleri için, suyu bu döngüden alırlar ve kullandıktan sonra tekrar aynı döngüye iade ederler. Bu işlemler sırasında suya karışan maddeler suların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini değiştirerek "su kirliliği" olarak adlandırılan olguyu ortaya çıkarırlar. Artan nüfus ve gelişen endüstrileşme sonucunda artan su kullanımı, su kirliliğini hızlandıran bir etken olarak karşımıza çıkar.

Türkiye'de yıllık ortalama yağış yaklaşık 643 mm olup, yılda ortalama 501 milyar m³ suya tekabül etmektedir. Bu suyun 274 milyar m³ ü toprak ve su yüzeyleri ile bitkilerden olan buharlaşmalar yoluyla atmosfere geri dönmekte, 69 milyar m³'lük kısmı yeraltısuyunu beslemekte, 158 milyar m³'lük kısmı ise akışa geçerek çeşitli büyüklükteki akarsular vasıtasıyla denizlere ve kapalı havzalardaki göllere boşalmaktadır. Yeraltısuyunu besleyen 69 milyar m³'lük suyun 28 milyar m³ 'ü pınarlar vasıtasıyla yerüstü suyuna tekrar katılmaktadır. Ayrıca, komşu ülkelerden ülkemize gelen yılda ortalama 7 milyar m³ su bulunmaktadır. Böylece ülkemizin brüt yerüstü suyu potansiyeli 193 milyar m³ olmaktadır (Devlet Su İşleri).

Su kirliliği S.K.K.Y'de ise; "Su kaynağının kimyasal, fiziksel, bakteriyolojik, radyoaktif ve ekolojik yönlerinin olumsuz yönde değişmesi şeklinde gözlenen ve doğrudan veya dolaylı yoldan biyolojik kaynaklarda, insan sağlığında, su kalitesinde ve suyun diğer amaçlarla

kullanılmasında engelleyici bozulmalar yaratacak madde veya enerji atıklarının suya boşaltılması” şeklinde tanımlanmıştır (Özer, 2000).

1.2.1. Suyun Kirliliği ve Önemi

Yeryüzündeki serbest su, dünya yüzeyinde 1100 m kalınlığında homojen bir tabaka oluşturacak kadardır. Bu açıdan bakıldığında, yeryüzündeki suyun tüm insanlığın gereksinmelerini karşılayacak kadar çok olduğu ve dolayısıyla tükenmez bir kaynak oluşturduğu düşünülebilir. Ancak toplam su miktarının % 97.6'sı denizlerdeki tuzlu sudur ve bu sular insanların gereksinimlerini karşılamak açısından uygun niteliğe sahip değildir. Karalardaki toplam su miktarı yeryüzündeki suların % 2.4 'ünü oluşturmaktadır (Alpar, 1967).

Karalardaki suyun ancak % 10 kadarı kullanılabilir tatlı su potansiyelini oluşturmaktadır. Bu miktar yeryüzündeki toplam su miktarının % 0,3'ü kadardır. Günümüzde insanlığın toplam su gereksinmesi yılda 5500 km³ olarak hesaplanmaktadır. Bu gereksinme yeryüzündeki tüm akarsularda bir anda bulunan suyun üç katı olmakla beraber, yer altı suyu ile birlikte karşılanabileceği anlaşılmaktadır. Bu sonuç gelecekte artacak olan su gereksinmesinin karşılanmasının giderek daha büyük boyutlarda sorunlar yaratacağını ortaya koymaktadır (Alpar, 1967).

Susuz yaşam mümkün değildir. İnsan gıda almadan haftalarca yaşayabilir, fakat su içmeden ancak birkaç gün yaşamını sürdürebilir. Bu yüzden içme ve kullanma suyu sürekli ve güvenilir bir şekilde temin edilebilmelidir.

Bilindiği gibi insanların, içme, kullanma, endüstri ve tarımsal sulama gibi gereksinimlerini karşıladıktan sonra su çeşitli nitelik değişikliklerine (kirlenmeye) uğramaktadır. Bunun da ötesinde, kullanımdan sonra su tekrar doğaya geri verilmekte ve böylece insan topluluklarının gereksinimlerini karşılamak için şiddetle ihtiyaç duydukları ve niceliksel açıdan kısıtlı oldukları önemle vurgulanan su kaynakları kirletilerek bunların kullanılabilme özellikleri yok olmakta, niteliksel açıdan çok olumsuz sonuçlar ortaya çıkmaktadır. Görüldüğü gibi çeşitli kullanımlar sırasında su tüketilmektedir. Kısa zaman süreleri içinde yeryüzündeki toplam su kütlesi sabittir. Ancak suyun kullanılması genellikle bir nitelik değişikliğini beraberinde getirmektedir. Bu döngü Şekil 1’ de şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 1. Su gereksiniminin karşılanması ile su kirliliği arasındaki ilişki (Özer, 2000).

1.2.2. Atıksular, Özellikleri, Sınıflandırılması ve Arıtılması

Endüstride ve kentlerde kullanıldıktan sonra atılan suya atıksu denir. Su kirliliği, su kaynağının kimyasal, fiziksel, bakteriyolojik, radyoaktif ve ekolojik özelliklerinin olumsuz yönde değişmesi şeklinde gözlenen ve doğrudan veya dolaylı yoldan biyolojik kaynaklarda, insan sağlığında, balıkçılıkta, su kalitesinde ve suyun diğer amaçlarla kullanılmasında engelleyici bozulmalar yaratacak madde veya enerji atıklarının boşaltılmasını ifade etmektedir (Ülküseven, 1993).

Sular, fiziksel, kimyasal ve/veya biyolojik kirlilik gösterebilir. Suyun fiziksel özelliklerinin değişmesi (renk, koku, tat, saflık vs.) fiziksel kirliliğe neden olurken, metaller ve inorganik atıklarda kimyasal kirlilik yapar. Kimyasal kirleticiler özelliklerine göre üç sınıfta toplanabilir (Ülküseven, 1993).

- 1) *Bozulmadan kalanlar*: Sodyum klorür gibi inorganik iyonlarda zamanla parçalanma görülmez. Derişimleri alıcı suda zamanla artarken yağmur suyu ile azalır.
- 2) *Değişebilenler*: Biyolojik olarak parçalanabilen organik kirleticilerdir. Mikroorganizmalar tarafından parçalanarak inorganik kararlı maddelere dönüşürler.
- 3) *Kalıcılar*: Zamanla biyolojik birikime yol açan civa, arsenik, kadmiyum, krom, kurşun, bakır gibi metaller, tarım ilaçları gibi organik maddeler ve uzun yarı ömürlü radyoaktif maddeler.

1.3. Metal Kirliliği

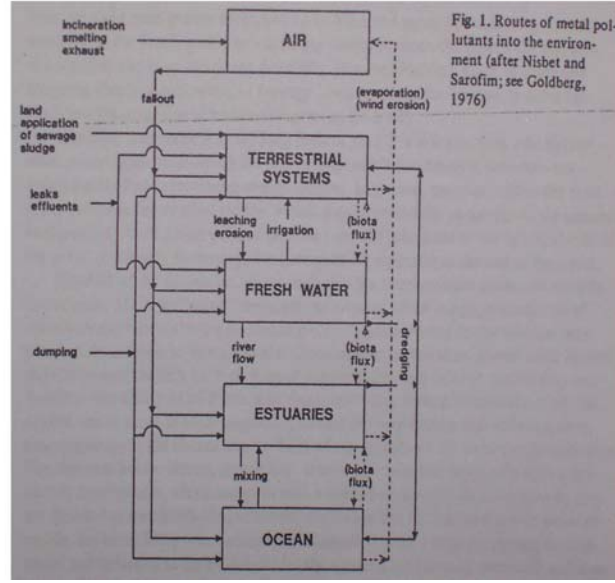
Sanayi devrimi sonrasında insan aktiviteleri sonucu açığa çıkan kirleticilerin arıtılma ihtiyacı, nüfus artışı ve artan atık miktarına bağlı olarak daha da artış göstermiştir. Bu amaçla kirleticilerin göl, nehir, akarsu ve kıyı sularına deşarjına karar verilmiştir. Ancak bu durumda, atıksu deposu olarak kullanılan alıcı ortamların biyolojik olarak tahrip olması sonucunu doğurmuştur. Atıksuların alıcı ortamlara deşarjı neticesinde iki tür kirletici doğal ortamın dengesinin bozulmasına neden olur.

1.Ortama ulaşan besi elementleri ortamın aşırı beslenmesine ve bunun neticesinde de ortamdaki oksijen konsantrasyonunun düşmesine neden olur.

2. Sentetik kimyasallar ve diğer atıklar su ekosistemini aşırı derecede etkiler.

Yapılan araştırmalar neticesinde endüstriyel ve evsel atıksuların doğal sulara milyonlarca farklı kirletici madde ulaştırdığı tespit edilmiştir. Alıcı ortama ulaşan bu kirleticilerin tamamı tehlikeli olmamasına rağmen alıcı suların tat ve koku kalitesi üzerinde olumsuz etki gösterirler. Ayrıca bu kirleticiler insan yaşamı üzerine direk etkileri olmamasına karşılık su ekosisteminde ağır tahribatlara yol açabilirler (Fröstner ve Wittmann ,1981).

Metaller deniz suyunun önemli bir ögesini oluştururlar. Metallerin maden cevherlerinin erozyonu, volkanik aktiviteler, toz bulutları, orman yangınları ve tarım gibi doğal kaynakları ve insan aktiviteleri sonucu oluşan girdilerinin etkileri değerlendirildiğinde metal girdileri karmaşık bir hal alır (Şekil 2).



Şekil.2. Metal taşınım yolları (Metal Pollution in the Aquatic Environment).

Nehirler bünyelerinde metal ve maden cevheri bulunması halinde bu metallerin denizlere taşınmasında ve burada depolanmasına katkıda bulunurlar. Ayrıca nehirler kentsel ve endüstriyel bölgelerden geçmesi durumunda da buralardan oluşan atıkların deşarjı sonucu metalleri bünyesine alır.

Haliçlerde ise meydana gelen sedimentasyonla metaller sediment partiküllerine adsorbe olarak dibe çökerler.

Bir diğer metal kaynağı ise endüstri bakımından gelişmiş ülkelerde atmosfer yoluyla metallerin taşınmasıdır. Atmosferik taşınım, buhar fazında veya aerosol taneciklere tutunmuş halde olabilir.

1.3.1. Metallerin Denize Taşınım Yolları ve Kaynakları

Deniz suyunda metallerin kaynağı esas olarak doğal ya da antropojenik kökenlidir. Bunlar; karalar üzerindeki zengin metal kaynaklarından atmosfer yoluyla olan taşınımlar (Chester,1990), akarsularla olan girdiler, denizaltı hidrotermal ve volkanik aktiviteler (Hendrix v.d., 1972; Cronan, 1977), diyajenez gibi doğal ve jeokimyasal prosesler ile hızla artan insan aktiviteleridir (Sevats'yanov ve Volkov, 1967; Delfino ve Lee, 1968; Elderfield ve

Hepworth, 1975; Calvert ve Price, 1977; Ridway ve Price, 1987; Loring ve Rantala, 1988; Szefer, 1988).

Metallerin atmosferik etkilerle denizlere girişleri, kayalıklardan rüzgarlarla taşınan volkanik faaliyetler ve yer kabuğundan gelen maddelerle sağlanır. İnsan etkinlikleriyle de atmosfere metal ve ağır metal girişi olmakta, buradan da dolaylı yünden denizlere taşınmaktadır. Bu parçacıklar gaz değişimi, yağışlar gibi etkenlerle denize ulaşır. Kozmik yolla pek nadiren de olsa asılı maddeler taşınabilir.

Kirleticilerin atmosferde kalış süresi ve hava kütlesinde katedeceği mesafe gazın reaktivitesine ya da taneciğin yoğunluğuna bağlıdır. Örneğin, kurşunun kalış süresi 5 gün, gaz halindeki organik bileşikler birkaç gün ile on gün arasındadır (Clark, 1992). Atmosferdeki kirleticiler gaz halinde (civa, selenyum v.b) aerosol şeklinde bulunabilirler. Deniz üzerindeki atmosferde mevcut anorganik aerosollerin kimyasal bileşimi, örneğin alındığı bölgenin coğrafi konumuna ve meteorolojik şartlara bağlıdır. Deniz yüzeyinden yaklaşık 2 km yukarıda aerosolün başlıca bileşeni deniz tuzudur. Bu tuz bir ölçüde yeniden denize geri dönebilir. Karalardan rüzgarla deniz üzerinde taşınan tozlardan oluşan aerosollerde önemlidir, çünkü eser elementlerin deniz ortamına taşınmasına yol açarlar (Baykut, v.d., 1987).

Denize atmosferik yolla giren madde miktarını saptamak çok güçtür. Yağışlarla gelen yükün tespiti mümkün olsa da iki yönlü olan deniz atmosfer etkisinin sonuçlarını açıklamak kolay değildir. Michigan Gölünde havadaki partiküllerin döküntüsü As, Ag, Cr, Fe, Zn'den oluşan toplam girdinin 1/5'ini oluşturur (Klein, 1975). Washington Gölünde var olan Pb girdisinin %99'u ve Hg girdisinin %93'ü atmosferik süreçlerle izah edilmektedir (Barnes ve Schell, 1973)

Sudaki eser metal döngüsünün anlaşılabilmesi için çözeltideki metallerin kimyasal türlerinin bilinmesi gerekmektedir. Bu fiziko-kimyasal süreçler birleşerek çözeltideki elementin toplam konsantrasyonunu oluştururlar. Çözeltide metal türü ayrılması; büyük ölçüde su-katı faz değişimi, redoks reaksiyonları ve elde mevcut kompleks ligandların oluşumu tarafından kontrol edilir (Stumm ve Morgan, 1981). Askıda katı madde ve sedimanlar arasındaki hareketler; metallerin türlere ayrılmasını, aquatik (sucul)

organizmalarca biyolojik kullanılabilirliğini ve/veya toksikliğini belirler ve metallerin Haliçler vasıtasıyla ve redoks sınırları boyunca çevrimini etkiler.

Deniz suyunda var olan eser metallerin belirlenebilmesi için önce formlarının, sonra da diğer çözünürlük ürünlerinin etkisinin bilinmesi gerekir. Bu metaller fiziksel olarak dört esas formda incelenebilir;

- Canlı organizmaların bünyesinde,
- Kolloid parçacıkları olarak,
- Diğer kolloid parçacıkları üzerine adsorbe olarak ,
- Çözünmüş formda.

İlk üç formun deneysel olarak belirlenebilmesi güçtür, fakat hemen hepsi gerçek çözeltide askıda katı madde olarak ortaya çıkmaktadırlar (Krauskopf, 1956).

Son yıllarda yapılan çalışmalara dayanarak Tappin ve diğerleri (1993) kıyı sularında, çözünmüş metallerin konsantrasyonunu kontrol eden ana prosesleri şöyle özetlemiştir:

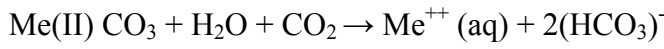
- Deniz suyu ile tatlı suyun karışım bölgelerinde çözünmüş metal ve konsantrasyonlarının daha yüksek olması (Dunker ve Nolting, 1982; Windom v.d., 1983; Balls, 1985; Kremling ve Hydes,1988).
- Sedimentten indirgenerek suya taşınan çözünmüş metal girdisi (Yeats v.d.,1979; Kremling 1983; Heggie v.d., 1987)
- Planktonik organizmaların etkisi (Morris, 1971, 1974; Kauner ve Martin, 1973; Abe ve Matsunaga, 1988)

Nehirler genel olarak deniz suyuna oranla daha yüksek konsantrasyondaki çözünmüş metalleri içerdiklerinden deniz suyundaki çözünmüş metallerin temel kaynaklarıdır (Martin v.d.,1991). Bunlar, denizlere doğal kaynaklardan metal taşıdıkları gibi yerleşim yeri ve sanayi bölgesinden geçerken aldıkları antropojenik kökenli metalleri de denizlere

ulaştırırlar. Zaman zaman hidrolojik koşulların güçlü fırtınalar ve önemli yağışlar gibi etkenlerle değişmesi ile lokal olan kirlilik problemleri aniden geniş bir alana yayılarak çevre sorunlarını artırabilir.

1.3.1.1. Metallerin Karbonatlar Üzerine Adsorbsiyonu

Genellikle metallerin karbonatlı bileşikleri, serbest oksijenin bulunduğu ortamda doğal pH ve Eh şartlarında kararlıdır (Flipek ve Owen, 1978). Su ortamında karbonat halinde bulunan metallerin çözünürlüğü en fazla CO₂ gazının kısmi basıncına bağlıdır.



Distile suda çözünürlüğü düşük olan PbCO₃'ün, (HCO₃)⁻ veya CO₂ varlığında çözünürlüğü birkaç kat daha artmaktadır (Müller, v.d., 1972). Aynı şekilde çinko konsantrasyonu da ortamda CO₂ ve sülfürün varlığında üç katına çıkmaktadır. Sonuç olarak tüm karbonatlar CO₂ gazının varlığında daha çözünürdürler. Herhangi bir nedenle sudaki pH artışı sonucu, CaCO₃'ün çözünürlüğü azalır ve çöker. Bu mineraller de kristal yapılarına Ca, Mg ve az miktarda Sr, Ba metallerini aldıklarından yan yana çökme mekanizmasıyla bu metaller karbonat çökeltileri ile ortamdan uzaklaşır. Dolayısıyla deniz sistemlerinde karbonatlar iz metal miktarını seyreltici özelliğe sahiptir. Bu özellikle Haliç sistemlerinde çok önemlidir. Çözünmüş ve partikül iz metallerin kıyı bölgelerine taşınmasında Haliçler anahtar rol oynar (Martin ve Windom, 1991; Ruch v.d., 1993).

Müler v.d., (1972), CaCO₃ çökmesi ile oluşan koşulları aşağıdaki şekilde özetlemiştir.

1. CO₂ sistemde fotosentez gibi biyolojik aktivite nedeniyle veya sıcaklık ve basınç değişiklikleri nedeniyle kaybolur.
2. Buharlaşmayla CO₂'nin derişimi değişir.
3. Farklı su kütlelerinin karışması sonucundaki değişim olur.

Karbonat mineralleriyle birlikte meydana gelen diğer bir proses de pseudomorfosi'dır. Bu proses, deniz ortamında karbonatlı kabukların varlığında gerçekleşir. Karbonat minerallerinin

yüzeyine katyonlar adsorblanarak çökerler. Karbonat mineralleri ile birlikte çökme, üzerine tutunma (adsorbsiyon) özel koşullar altında önemlidir (Fröstner ve Witmann, 1981).

1.3.1.2. Sedimentten İndirgenerek Suya Taşınan Çözünmüş Metal Girdisi

Ağır metaller sedimette depolanmaları esnasında bazı mikrobiyolojik diyajenez reaksiyonlarından (oksidasyon , redüksiyon) doğrudan veya dolaylı olarak etkilenirler. Bu reaksiyonlar sırasında katı sediment yüzeyinden yapı suyuna katılmaları ve /veya gözenek suyuna katılmaları gerçekleşir. Gözenek suyundaki metaller konsantre hale geldiğinde, ya direk deniz suyuna difüzyonu olur ya da metaller sediment içinde autojenik mineralleri oluştururlar. Ağır metallerin sediment/gözenek suyu/deniz suyu fazları arasındaki bu remobilizasyon ve resirkülasyon olayları sediment kolonunda diyajenetik şartlar altında gerçekleşir (Engler v.d., 1977; Kerstern ve Fröstner, 1987; Shaw v.d., 1990; Chester, 1990).

Çözelti ile katı faz arasındaki bu yer değiştirme reaksiyonları çözeltideki metal konsantrasyonlarını dengeleyebilir. (Balls, 1989a; Honey Man ve Sontch, 1988).

Gözenek suyundan kaynaklanan manganın partikül madde üzerine adsorblanıp, ilkbahar süresince plankton tarafından giderilmesi mümkündür. Kuzey Denizi'nden alınan askıda katı maddelerde bahar aylarından sonra mangan ve demir zenginleşmesi olduğu, bunun da manganın dip akışlarla su kolonuna geçişi ile kontrol edildiği anlaşılmıştır. Askıda maddenin yüzeyindeki mikro çevrelerde redoks potansiyelindeki mevsimsel değişimler de, manganı çözelti içinde serbest bırakabilir (Dehairs, v.d., 1989).

Ayrıca bölgesel hidrolojik değişimlere bağlı olarak yüzey sedimanın havalanması sonucu sedimandan ve gözenek suyundan askıda katı maddeye metal geçişi olabilmektedir. Demir bakımından zengin kıyı sedimentlerinin yüzey rüzgarları ile havalandırılması demirin uzun aralıklarla taşınmasına yardım eder. İlkbahar ve sonbahardaki çözünmüş demirin kaynağının aktif sediment gözenek suyu olduğu tahmin edilir (Dehairs v.d., 1989).

1.3.1.3. Metallerin Mn/Fe Oksitlerine Tutunması

Fe/Mn oksitleri ve hidroksitleri redoks değişimlerine çok hassas bileşiklerdir. Adsorblama veya birlikte çökme suretiyle eser metallerin birikmesinde önemli rol oynarlar (Balistrieri ve Murray, 1986; Belzile v.d., 1989) Demir ve mangan hidroksitleri ve okside edici koşullar altındaki oksitleri aquatik sistemlerdeki ağır metallerin önemli bir biçimde dibe doğru çökmelerini sağlar. Bu hidroksitler kendiliğinden katyon ve anyonları sorbe ederler veya birlikte çökerler. Düşük yüzdedeki Fe(OH)₃ ve MnO₂ bile bir aquatik sistemdeki ağır metal dağılımı üzerinde etkilidir.

Fe/Mn oksitleri ile birlikte çöken ağır metaller, redoks değişimleri sonucunda indirgenmiş koşullar altında kolayca harekete geçer, ya tamamen veya bir kısmı çözünür ve partikül yapısında olan sorbe edilen ağır metal yükü de çözünerek doğal sulardaki çözünmüş metallerin ana kaynağını oluşturur (Fröstner, 1981).

1.3.1.4. Planktonik Organizmalarda Metal Zenginleşmesi

Metallerin kıyı sularında planktonik organizmalar tarafından giderilmesi ile ilgili çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Denizde yaşayan organizmalar farklı elementleri, değişen oranlarda bünyelerinde tutarlar. Bunlar ağır metalleri seçme ve biriktirme özelliğine sahiptir. Kıyı sularında biyolojik kökenli süreçler, yılın biyolojik açıdan üretken zamanlarında aliminyumun daha düşük konsantrasyonlarda bulunmasına yol açarlar (Maron ve Moore, 1998; Hydes,1989). Funka Körfezinin ötrofik zonunda çözünmüş fosfat ve kadmiyumun mevsimsel azalması , bu zonda flagellat fitoplanktonunda kadmiyumun artması ile birlikte görülmüştür (Noriki v.d., 1985; Abe ve Matsunoga, 1989; Abe v.d., 1990). Yine önemli sonuçlardan biri olarak; güneybatı Approaches'in kıyı sularından kuzeybatı Atlantik yüzey sularına planktonun aşırı çoğalması sırasında, çözünmüş Cu ve Cd ölçüm sınırının altına düşmüştür ve basitçe gözlenebilir bu değişim metal giderimi olarak açıklanmıştır.

1.3.1.5. Metalin Organik Madde İle Bileşimi

Denizel ortamda çözünmüş organik maddelerin (özellikle humik maddelerin) metal dağılımı üzerinde; kompleks oluşumunu ve çözünürlüğünü artırma, oksitlenmiş ve

indirgenmiş metal bileşikleri arasındaki dağılımı değiştirme, metal içeren kolloidlerin kararlılığını etkileme ve askıda maddeye adsorbe edilmelerinin miktarını belirleme gibi etkileri vardır. Metaller karbonlu maddeye;

1-Karboksil grubundaki hidrojen ile yer değiştirerek,

2-Karbonat iyonuna bağlanmak suretiyle metal karbonat bileşiğini oluşturarak,

3-Karbon atomuna bağlanarak organo-metal bileşiği oluşturarak,

3-N, O, S gibi atomlar aracılığıyla karbon atomlarına bağlanarak sedimentlerde birikir (Krauskopf,1979).

1.3.1.6. Kompleks Bileşiklerin Etkisi

Güç çözünen metal bileşikleri sulu çözelti ile dengede iken, su ile (metal hidratasyonu) veya sudaki diğer iyonlarla kompleks oluşturduklarında çözünürlükleri artar. Bir merkezi atomun (çoğunlukla metaller) bir veya birden fazla ligandla oluşturduğu bileşikler olan kompleks bileşiklerin oluşumu pH'ya bağlıdır. Ortamda kuvvetli kompleks yapıcı inorganik ve organik iyonlar bulunması, özellikle ağır metallerin çözünürlüğünü önemli ölçüde artırır. Kompleks yapıcıların azalması ise çözünebilir metal konsantrasyonunu azaltır ve serbest ağır metal iyonları katı partiküle adsorbe olur (Fröstner, 1981). Wilson (1980), yaptığı çalışmada ise manganın oksidasyon hızının ortamdaki çözünmüş karbon konsantrasyonu ile orantılı olarak azaldığını belirlemiştir.

Doğal sularda OH⁻ dışında başlıca (HCO₃)⁻, Cl⁻, SO₄⁻² ve polifosfatlar gibi çeşitli inorganik ligandlar bulunmaktadır. Bunların Ca⁺², Mg⁺², Na⁺ ve K⁺ gibi metallerle verdiği kompleksler nötr pH civarında ve seyreltik çözeltilerde önem taşımaz ancak pH'ın yükselmesi ile kompleks oluşumu artar. Doğal sulardaki organik ligandların bir kısmı evsel ve endüstriyel atıksulardan kaynaklanır (Gardiner, 1976; Mota v.d., 1990).

1.3.1.7. Kil Mineralleri Üzerine Sorbsiyonu

Organik madde Van der Waals ve Coulomb çekim kuvvetleri ile kil minerallerine bağlanır (Rashid v.d., 1972). pH değeri ağır metallerin killi mineraller üzerine adsorbsiyon süreçlerinde hakim parametre olabilir. Bu şekilde adsorbsiyon düşük pH ve yüksek salinitelerde oluşur. Eser metaller; kuarts ve feldispat gibi silikat minerallerinin yapısında düşük seviyelerde, alüminyum silikatta ise yüksek seviyelerde bulunur. Sucul denizel ortamda ağır minerallerin yapısında sıkça inert pozisyonda taşınmış eser metallere rastlanır. Guy ve Chakrabarti (1978), eser metallerin çeşitli mineral fazlarına aktarımı için adsorpsiyon kapasitesini, MnO_2 >Hümik asit>Demiroksit>Kil mineralleri şeklinde bir büyüklük sırasına koydular. Ancak sorbsiyon prosesinin kapasitesinin büyük oranda mineralin yapısına, kristal formuna bağlı olduğu (hümik madde hariç) bir gerçektir.

Killer ve benzeri mineraller yüksek eser metal içermesinin aksine detrial kuartsları ve karbonatlar düşük eser metal içerirler. Özellikle organik madde ve çözünmüş Fe ve Mn miktarları düşük olduğunda, eser metallerin kil üzerinde sorbsiyonundan belirlenebilmesi çok önemlidir.

1.3.1.8. Katyon Değişimi ve Adsorbsiyon

Geniş yüzey bölgesi sediman oluşturan materyallerin bir kısmı özellikle mineraller, yeni çökelmiş demir hidroksitler, amorf silisilik asitler ve organik maddeler, katyon değişim yeteneğine sahiptirler. Bu değişim, çözeltiden katyonları sorbe etmek ve çözeltiliye aynı miktarlarda diğer katyonlardan bırakmak şeklinde gerçekleşir. Moleküller arası kuvvetlerin etkisiyle katı-sıvı ara yüzeyinde bütün ince boyutlu geniş yüzey alanlı materyaller ağır metal iyonlarını adsorbe edebilirler. Adsorbsiyon tek başına elektrostatik çekim kuvvetleriyle de meydana gelebilir (Parks,1967).

1.3.1.9. Sülfid Çökmeleri

Denizde anoksik koşullar altında sülfatın sülfite indirgenmiş olması metal sülfid komplekslerinin oluşumuna ve çökmesine neden olur. Genel olarak sülfidler nötral pH'da çözünmezler. Fe, Mn ve Cd sülfidler hidroklorik asitte kolayca çözünürken, Ni ve Co sülfidler

daha zor çözünürler. Cu, Pb, Hg sülfidleri ise sadece oksitleyici asitlerle en etkili olarak HNO₃ ile çözünürler (Fröstner,1981).

1.3.2. Metallerin Toksik Etkileri

Metallerin en önemli özelliği, insanlar tarafından ne oluşturulabilir ne de yokedilebilir olmalarıdır. Periyodik tablodaki 105 elementin yaklaşık 80'ini metaller oluşturur. Birçok metal, insan ve hayvanlar için gereklidir. Bunlar eksikliklerinde olduğu gibi fazla miktarlarda alındıklarında da vücut homeostazını bozarak toksik etki oluşturabilirler.

Bugün “endüstriyel metaller” olarak nitelendirilen yaklaşık 50 metal ve alaşımı çeşitli amaçlarla kullanılmaktadır. Ayrıca metaller ve tuzları tıpta ve veteriner hekimlikte ilaç, pestisit (fungisit, insektisit, herbisit, rodentisit gibi) olarak da kullanılmaktadır. 30 civarında metalin insanlarda toksisite oluşturduğu bilinmektedir. İnsan vücudu için esansiyel olan ve olmayan metaller başta besinler olmak üzere diğer bazı yollarla (su, hava gibi) alınmaktadır. Böylece “vücut metal yükü “ oluşmakta; bazıları ise (alüminyum, kurşun ve kadmiyum gibi) yaş ile birikerek vücuttaki konsantrasyonları artmaktadır.

Metallerin toksiklik düzeyi her metalde farklı düzeydedir. Metallerin toksiklik düzeyleri çoktan aza doğru Hg>Zn=Cd=Cu>Co=Ni>Al>Fe>Mn şeklinde olmakla beraber bu sıralama kesin değildir (Brayn, 1976). Metallerin toksikliğini birçok faktör etkiler. Bu faktörler tabloda gösterilmiştir (Tablo 1). Yüksek konsantrasyonlardaki metaller organizma için faydalı olsun olmasın toksiktir (Brayn, 1976).

Tablo 1. Ağır metallerin zehirliliğini etkileyen faktörler (Brayn, 1976)

	Çözünür		İyon
			Kompleks iyon
			Şelat iyon
			Molekül
Metallerin sudaki Durumu	İnorganik	Partikül	Koloidal
	Organik		Çökelti
			Adsorbe edilmiş
Zehirlerin veya diğer Metallerin bulunuşu	Birlikte hareket İletişimsizlik Terslik		Biri diğerinin etkisini artırır Birbirlerine etkide bulunmazlar Birbirlerinin etkilerini azaltırlar
Organizmanın fizyolojisini etkileyecek faktörler ve sudaki formları	Sıcaklık Işık Tuzluluk pH Oksijen		
Organizmanın yapısı	Yasam evresi Hayat döngüsündeki değişim Üreme Yaş, boy		

1.3.2.1. Alüminyum

Eser elementlerin önemli bir bölümünü oluşturan alüminyum bileşiklerinde daima +3 değerlikli halde bulunur. Alüminyumun deniz suyunda ortalama miktarı 0.002 µg/l'dir (Krauskopf, 1979).

Alüminyum kil minerallerinin yapısındaki temel elementlerden biridir. Sedimanlardaki alüminyum akarsular aracılığıyla taşınan alüminyum içeren minerallerden gelmektedir.

Alüminyum akciğer ve sinir sistemi bozukluklarına neden olur. Mutfak kaplarından, içme suyundan, ilaçlardan ve alüminyum işleyen tesislerden kaynaklanabilir. Hemodiyaliz

deneyimleri sonucunda alüminyumun beyinde zararlarla bağlantılı olabileceği ve Alzheimer hastalığında birikimine rastlandığı saptanmıştır (Diyalize giren hastalara yüksek dozlara alüminyum hidroksit verilmektedir). Kronik maruz kalma ile akciğer kanseri, astım görülebilir.

1.3.2.2. Bakır

Temel bir element olan bakır, bileşiklerinde +1 ve +2 değerlikli olabilir. Bakırın deniz suyunda ortalama miktarı 5×10^{-4} µg/l'dir (Krauskopf, 1979). Deniz suyunda Cu₂O ve CuO suda çözünmez. Cu (I) bileşikleri CuCl veya kuvvetli kompleks halinde bulunurlar. Kuvvetli asitlerle yaptığı tuzlar şeklinde kolayca çözünen Cu(II)'nin, yapılan deneylerde önemli bir miktarının organik madde üzerinde adsorbe olduğu görülmüştür.

Bakırın canlılar üzerine yaptığı toksik etki, sıcaklık, bulanıklık, CO₂ miktarı, fiziksel ve kimyasal özelliklere bağlı olduğu gibi organizmanın cinsine de bağlıdır. Bakır ve klorür ortamda beraberce bulduklarında, daha fazla toksiktirler. Cu⁺⁺ iyonik halde en toksik maddedir (Baykut v.d., 1987).

1.3.2.3. Kurşun

Kurşun tüm çevrede ve özellikle kent havasında bulunan ileri derecede toksik bir ağır metaldir. Kurşun bileşiklerinde +2 ile +4 oksidasyon kademelerinde bulunabilir ve bileşikleri deniz suyunun pH'sında (8.1±0.2) genellikle çözünmez haldedir. Deniz suyunda kurşun, genellikle Pb(II) ve PbSO₄ şeklindedir ve ortalama miktarı 3×10^{-5} µg/l'dir (Krauskopf, 1979).

Kurşun sanayide daha çok pil yapımında, benzin katkı maddesi olarak, basımda, radyasyon koruyucusu olarak, kablo yalıtkanı olarak, boyalarda, lehimde, folyolarda ve sayısız alayım içinde kullanılmaktadır. Bir kent sakininin yılda ortalama 20 kilo kurşunu hurdaya çıkardığı tahmin edilmektedir.

Kurşun vücuda solunum, içme suyu ve gıda zinciri yolu ile girerek akciğerlere kadar ulaşır ve akciğerlerde yavaş yavaş absorbe (emilme) edilerek kana karışır. Kan yolu ile önce karaciğer, böbrek, beyin ve kas gibi yumuşak dokulara taşınır. 35–40 gün bekledikten sonra kurşun metabolitleri yardımı ile kemik ve diş gibi sert dokularda birikir.

Kurşun; işitme bozukluğuna, sinir iletim sisteminde ve hemoglobinin bileşiminde düşmeye, kansızlığa, mide ağrısına, böbrek ve beyin iltihaplanmasına, kısırlığa, kansere ve ölüme neden olmaktadır. Özellikle çocuklarda zihinsel ve davranışsal bozukluklara yol açar. Çocukluk dönemindeki kronik maruz kalma, yetişkinlikte kalıcılaşan obeziteye yol açabilir. Biyolojik yarılanma süresi 20 yıl olduğundan vücuttan atılma olasılığı çok düşüktür.

1.3.2.4. Çinko

Çinko deniz suyunun bir iz elementi olup, biyolojik olaylarda önemli rol oynar. Deniz suyunda ortalama miktarı 0.0049 µg/l'dir (Krauskopf, 1979). Çinko bileşiklerinde +2 değerlidir. Yüksek çözünme potansiyeli nedeniyle metalik çinko, daha az elektropozitif olan metalleri çözeltilerinden ayırır ve kendisi iyon haline geçer.

Diğer metallerle çok sayıda alaşımın yapısına katılır. Otomotiv endüstrisinde, elektrikli gereçler, oyuncak, diş dolgusunda, deodorantlarda, pillerde ve kaynak işlerinde kullanılır. Demir ve benzeri metallerin, korozyona karşı önlem amacıyla galvanizlenmesinde de kullanılır. Kronik maruziyet ile deri ve akciğer hastalıkları görülür.

1.3.2.5. Civa

Dünya denizlerinde civa doğal besin ağı aracılığı ile derişiklenir, fitoplankton ve zooplankton ilk halkadır. Yalnızca beslenen organizmalar civayı 3-6 katına derişiklendirirler.

Deniz suyunda yaklaşık 0.1 ppb civarındadır. Bu oran deniz organizmaları için tehdit edici değerin onda biridir. Göller, körfezler, Haliçler noktasal deşarjların yarattığı yüksek civa konsantrasyonlarından olumsuz etkilenirler.

En üst sedimandaki anorganik civa mikroorganizmalar tarafından organik civa yani dimetil civayı vermek üzere metillendirilir. Biyolojik membranlardan geçme yeteneğine sahip dimetil civa ve metil civa klorür organizmalar tarafından absorbe edilir. Metil civa bileşikleri lipidlerde çözünür ve bu yüzden besin zincirinde birikirler; halbuki dimetil civa uçucudur ve atmosfere kaçar. Doğal suların pH'ındaki değişimler metillenme derecesini etkilemez. Ancak yüksek pH da dimetil civa oluşumu yüksektir.

Cıva kirliliği yüzünden özellikle Japonya' da birçok ölümler olmuştur. Örneğin, 1953'te Japonya'da Minamata'da yaşayan balıkçılıkla uğraşan kişilerde ve ailelerinde bilinmeyen bir hastalık görülmeye başlar. Bu kişiler ağırlıklı olarak deniz ürünleri ile besleniyordu. Bu hastalardaki şikâyet kaslarında ağrı ve nedensiz zayıflamaydı. Bu hastalar daha sonra felç oluyor ve komaya girdikten sonra ölüyorlardı. Bu hastalık daha sonraları minamata hastalığı olarak anılmaya başlandı. 1959 da bu insanların yediği yiyeceklere metil cıva karıştığı anlaşıldı ve ölümlerin sebebi metil cıva olduğu ortaya çıktı. Metil cıvanın kaynağının PVC üretimi yapan bir fabrikanın anorganik cıva ve asetaldehiti, Minamata körfezine doğrudan boşaltması olduğu ortaya çıktı.

Japonya'da ikinci minamata hastalığı Niagata'da 1964-1965 yıllarında patlak vermiştir. Bunun sebebi ise Showa elektrik endüstrisinin Agona nehrine yaptığı deşarjdır.

Cıva termometrelerin, barometrelerin, difüzyon pompalarının ve daha birçok laboratuvar gerecinin yapımında kullanılır. Cıva buharlı lambaların ve reklâm ışıklandırılmalarının, civalı şalterlerin, diş hekimliğinde kullanılan bazı karışımların, koruyucu boyaların, böcek öldürücü ilaçların ve pillerin yapısında da cıva bulunur. Cıva doğada bozulmadığından cıva ve cıva bileşikleri insan ve çevre sağlığı bakımından çok tehlikeli ve toksiktir. İçme suyu veya gıda zinciri yolu ile insan vücuduna giren cıva; bazı nörolojik bozukluklara, merkezi sinir sisteminin tahribine ve kansere, böbrek, karaciğer, beyin dokularının tahribine, kromozomları tahrip edip sakat doğumlara neden olmaktadır.

1.3.2.6.Kadmiyum

Kadmiyum civadan sonra gelen toksik elementlerden birisidir. Demir çelik, çinko, kurşun, bakır üretiminde kullanılan saflaştırma ve ekstraksiyon prosesleri ana kadmiyum kaynaklarıdır.

Kadmiyum ile zehirlenme soluma ve beslenme yolu ile olur. Kadmiyumla zehirlenme sonucu oluşan hastalıkların başında Itai-Itai hastalığı gelir.

1947 yılında Japonya'da Jinitsu nehri kıyısındaki bir kasabada romatizmal bir hastalık ortaya çıktı. Daha sonraları bu hastalığa Itai-Itai ismi verilmiştir. Bu hastalık kemiklere ve iskelete zarar vermektedir (Friberg v.d., 1974). Kadmiyum ve bileşiklerinin çözeltileri zehirlidir.

Çevremizdeki kadmiyum kaynakları; kadmiyum içeren boyalar, sigara dumanı, plastik katkı maddeleri, kadmiyum sülfür ve çinko üreten tesislerdir. Çinkonun metalurjik proseslerinde kadmiyum daima bulunmaktadır. Piller çöpe atıldığı zaman depo sahasında bozularak kadmiyum ve bileşikleri serbest hale geçerek suya karışır. Kadmiyumlu sızıntı suyu, içme suyunu ve toprağı kirleterek gıda zinciri ve içme suyu yolu ile insan vücuduna girer.

Vücut kadmiyumu kalsiyum gibi algılar ve kadmiyum vücutta birikmeye başlar. Vücutta kalsiyum eksilmesinden dolayı kemikler yavaş yavaş zayıflamaya başlar. Ayakta durmak hatta öksürmek bile kemiklerin kırılmasına hatta iskeletin ufalanmasına ve neticede hastanın ölmesine neden olur. Ayrıca günde bir paket sigara içen insanların vücutlarında, daha ziyade karaciğer ve böbreklerinde sigara içmeyenlere nazaran %50 oranında daha fazla kadmiyum taşımaktadırlar. Ankara'da yapılan bir araştırma da hava kirliliği yoğun olan semtler de yaşayan insanların idrarlarında kadmiyum ve kurşuna rastlanmıştır.

1.3.2.7. Demir

Demir denizel ortamda eser elementlerle olan yakın ilişkisi ve indirgen şartların belirlenmesinde bir yol gösterici olması nedeniyle önemlidir. Fe (II) bileşikleri (ferro) ile Fe(III) bileşiklerinin (ferri) oluşturduğu demir tuzları, karbonatlar, hidroksidler, fosfatlar, sülfürler ve Fe(II) florür hariç suda çözünürler. Demir özellikle +3 değerlikli iken kompleks oluşturmaya yatkındır.

Demirin deniz suyunda bulunabilirliği 0.002 µg/l'dır (Krauskopf, 1979). Demir su ortamında periyodik sistemde kendinden sonra gelen mangan ile birlikte bulunur ve aynı şekilde hareket eder.

Deniz ortamına giren demirin büyük bir kısmı oksijen bakımından zengin kıyı sularında kolloidlerin floküle olması ile demir(III) oksit olarak çökeler, sonra dip sedimentlerinin yakınında veya içindeki organik maddelerle temas ederek demir(II) bileşiklerine indirgenirler.

Demirin zehirliliği çok yüksek değildir. Bu konuda yapılan çalışmalarda bazı metallerin zehirliliği büyükten küçüğe doğru Hg>Zn=Cd=Cu>Co=Ni>Al>Fe>Mn olarak bildirilmiştir (Brayn, 1971).

1.3.2.8. Mangan

Deniz ortamında Mn esas olarak $MnSO_4$ şeklindedir ve bulunabilirliği 2×10^{-4} $\mu g/l$ 'dir (Krauskopf, 1979). Manganın oksijene ilgisi demirden fazladır ve oluşturduğu dioksitleri suda güç çözümler. Bu nedenle sudaki çözümlü mangan konsantrasyonu, çözümlü oksijen ile azalır.

Mangan genel olarak manganatları oluşturur ve değeri +4, +5, +6 olabilir. Mangan karbonat suda biraz, manganat (IV)'ler hemen hemen hiç çözünmezler. Manganın tortullaşma sırasındaki davranışı demire benzemektedir. Mangan birincil mineraller içindeki bileşenlerinden Mn^{+2} olarak çözünür ve indirgeyici koşullar hakim olduğu sürece bu şekilde kalır. Ortamda karbonat veya silis yeterli oranlarda var ise pH yükselir yükselmez çöker.

Eh çok düşük ise mangan sülfür veya mangan hidroksit oluşur. Yükseltgeyici koşullarda da Mn +4 ve +5 oksitleri halinde çöker. Mn oksitleri önce kolloidal olarak çökler ve uzun mesafeler boyunca taşınır. Bu oksit parçacıkları normal pH değerlerinde negatif yüklüdürler ve çözelti içinde katyonları soğururlar. Bu nedenle tortullar içindeki mangan oksitler, yüzeye adsorbe olmuş olarak K, Ni, Co, Pb, Zn, Ba, Cu gibi metal iyonlarını genellikle çok miktarda içermektedir. Mangan ve demir mineralleri arasındaki en önemli fark manganın redoks potansiyelinin demire göre daha düşük olmasıdır (Krauskopf, 1979).

1.3.3. Suda Metal Kirliliği

Yirminci yüzyılda pek çok bilimsel gelişme yaşanmıştır. Bunlardan en önemli olanı sanayileşme alanında meydana gelen gelişmelerdir. Diğer taraftan özellikle kimya alanındaki gelişmeler ilerleyen yıllarda ciddi çevre problemlerinin ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Son 50 yıldaki teknolojik gelişmeler yaşam koşullarını eskisine göre çok kolaylaştırmasının yanı sıra, çevre kirliliğinde büyük bir artışa sebep olmuştur.

Alıcı ortamların hızlı sanayileşme ve nüfus artışı ile hayat standardının yükselmesine bağlı olarak çeşitli atıklarla kirlenmesi, bu ortamlardaki çevre kirliliğinin son yıllarda ciddi boyutlara ulaşmasına neden olmuştur. Bunlara paralel olarak çevre kirliliği ile mücadele için özellikle su kaynaklarının (deniz, göl, nehir vb.) kirlenmesinin önlenmesi ile su kirliliği yükünün azaltılması amacıyla yürütülen çalışmalarda artmıştır. Bu amaçla su kalite

kontrolüne yönelik, yasal ve teknik esasları içeren Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği yayınlanmıştır. Yayınlanan bu yönetmelikte deniz suyu kalite kriterleri Tablo.2’de verilmiştir.

Tablo 2. Deniz Suyunun Genel Kalite Kriterleri (Su kirliliği ve kontrol yönetmeliği).

Parametre	Kriter	Düşünceler
pH	6.0-9.0	-
Renk ve bulanıklık	Doğal	Doğal suiçi yaşam için gerekli fotosentez aktivitesinin, ölçüm derinliğindeki normal değerini % 90’ dan fazla etkilemeyecek kadar olmalıdır.
Çözünmüş oksijen (mg/L)	Doygunluğun % 90’ nından fazla	Çözünmüş oksijen değerleri derinlik boyunca izlenmelidir.
Ham petrol ve petrol türevleri (mg/L)	0.003	Su, biyota ve sedimanda ayrı değerlendirilmeli ve tercihan hiç bulunmamalıdır.
Zehirlilik	Bulunmayacak	
Fenoller (mg/L)	0.001	
Çeşitli ağır metaller		
Bakır, (mg/L)	0.01	
Kadmiyum, (mg/L)	0.01	
Krom, (mg/L)	0.1	
Kurşun, (mg/L)	0.1	
Nikel, (mg/L)	0.1	
Çinko, (mg/L)	0.1	
Civa, (mg/L)	0.004	

Yönetmelikte belirtilen deniz suyu kalite kriterlerini elde etmek amacıyla yine yönetmelikte, her endüstri kolu için ayrı standart değerler belirlenmiştir.

Deniz ortamında zehirli özelliklere sahip ağır metallerin (kadmiyum, kurşun, arsenik, uranyum, demir, bakır, çinko, mangan, civa vb.) bulunması bir çok yaşam türü için önemli bir tehlike oluşturmaktadır. Bu sularda bulunan organik kirleticilerin biyolojik olarak bozunarak zararsız hale getirilebilmesi mümkün iken, ağır metallerin bu yol ile zararsız bileşimlere dönüşmesi söz konusu değildir.

Bu özelliğinin de katkısıyla ağır metal kirliliği içeren atık su, insan ve çevre sağlığı için oldukça tehlikeli olmaktadır (Özer, 2000).

Çeşitli yollarla su kaynaklarına ulaşan ağır metaller, suda yaşayan tüm canlı organizmalarda zamanla önemli ölçüde birikim gösterirler. İnsanların bu tür ortamlarda yetişen su ürünleri ile beslenmeleri, vücuda alınan ağır metalin cinsi ve miktarına bağlı olarak önemli sağlık sorunları ile karşılaşmalarına neden olmaktadır.

1.3.4. Sedimentte Metal Kirliliği

Denizel ortama rüzgar, akarsu ve atmosfer yoluyla endüstriyel ve evsel atıklarla ve doğal karasal kaynaklardan giren ağır metaller sedimente geçinceye kadar suda birçok fiziksel ve biojeokimyasal proses ve döngüler içinde yer alırlar. Ağır metallerin sedimentte depolanmaları esnasında da bazı mikrobiyolojik diyajenez reaksiyonlarından (oksidasyon, redüksiyon) doğrudan veya dolaylı olarak etkilenirler. Bu reaksiyonlar sırasında katı sediment yüzeylerinden gözenek suyuna katılmalar ve/veya gözenek suyundan çökelmeler gerçekleşir. Gözenek suyunda metaller konsantre hale geldiklerinde genelde iki yol izlenir. Ya direkt deniz suyuna metal difüzyonu olur, ya da metaller sediment ortamındaki inorganik veya organik bileşenlerle birleşerek sediment içinde autijenik mineralleri oluştururlar. Ağır metallerin sediment-gözenek suyu-deniz suyu fazları arasındaki bu remobilizasyon ve resirkülasyon olayları sediment kolonunda diyajenik şart altında gerçekleşir (Engler v.d., 1977; Kertsen & Fröstner, 1987; Shaw v.d., 1990; Chester, 1990).

Denizel ortama çeşitli faktörlerin etkisi altında giren ağır metaller sedimentlerin ince tane boyu fraksiyonlarında birikme eğilimi gösterirler (Ackermann v.d., 1983; Fröstner & Salamons, 1980; Horowitz, 1985; Horowitz & Elrick, 1987). Sedimentlerde tane boyu küçüldükçe buna bağlı olarak yüzey alanı, yüzey yükü, organik madde içeriği gibi özellikler

artar (Fröstner & Witmann, 1981, Horowitz, 1985; Horowitz & Elrick, 1986,1987). İnce tane boyutundaki sedimenter partiküller geniş, spesifik yüzey alanına sahiptir ve ince taneli sedimentlerin organik karbon içeriği yüksektir (Boldrin v.d., 1989).

Sonuç olarak, dip sedimentlerinin jeokimyası bu şekilde su kolonu kimyasını da etkilemekte ve dolayısı ile kirlenmiş sedimentlerde depolanan ağır metaller sadece bentik canlılar için değil, üzerinde yer alan su kolonundaki canlı ortam için de bir toksik etki oluşturmaktadır.

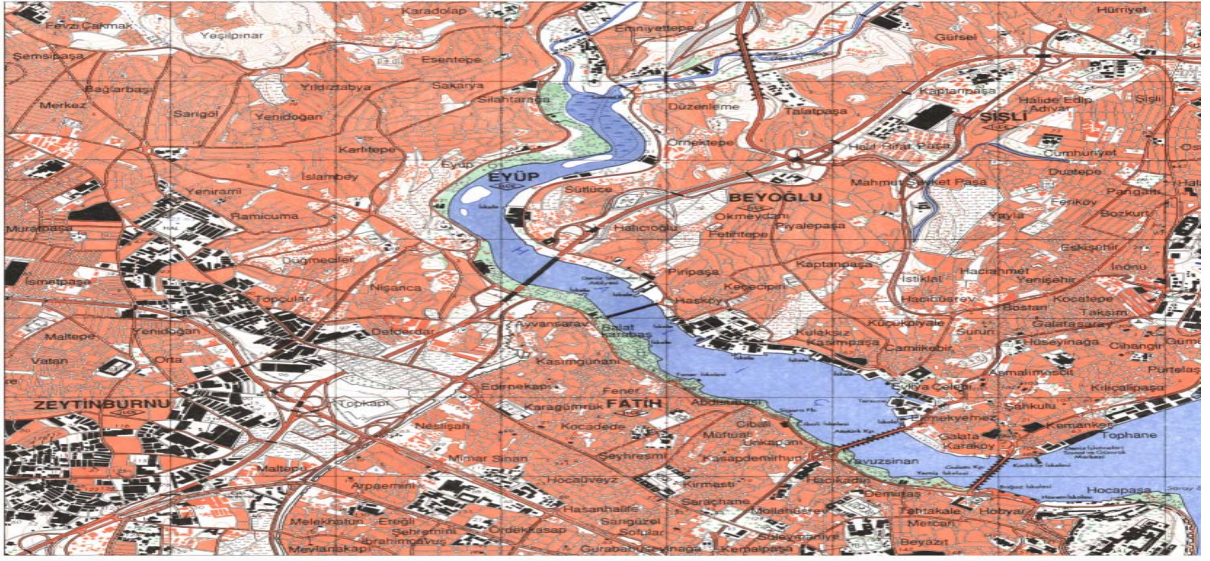
II.ÇALIŞMA ALANI

2.1. Haliç'in Coğrafi Özellikleri

Dünyanın en güzel tabii limanlarından biri olan Haliç (Altın Boynuz) günümüzden 7000 yıl önce, Kağıthane Deresi ile Alibeyköy Deresi'nin birleştiği İstanbul Boğazı'ndan gelen deniz sularıyla kavuşması ile oluşmuştur. Toplam uzunluğu 7,5 kilometreye yakın olan Haliç, Alibeyköy-Kağıthane uç noktasından kuzey batı ile güney doğu yönünde kıvrılarak İstanbul Boğazı'nın Sarayburnu Tophane kıyılarına kadar uzanır. Şehir iç kısımlarına doğru bir boynuz biçiminde kıvrımlar oluşturarak ilerlemesinden dolayı, ilkçağda Khrysokeras, yani Altın Boynuz olarak adlandırılıyordu. Haliç'in en geniş yeri Cibali ile Kasımpaşa arasında yaklaşık 700 metre olup derinliği ise başlangıç kısmında 1-2 metre olmasına rağmen Boğaz girişinde 60 metreyi bulmaktadır. Dibi ise derelerin sürükleyip getirdiği kum ve topraklar yüzünden yoğun bir çamurla örtülüdür. Haliç'in coğrafi konumu Şekil 3. ve 4 'de görülmektedir.



Şekil 3. Haliç'in Uydu Görüntüsü (Google Earth).



Şekil 4. Harita Üzerinde Haliç (İstanbul Büyükşehir Belediyesi).

2.2. Haliç'in Hidrografisi

Haliç'te üzerine yapılan ilk kapsamlı çalışma Kor (1963) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmaya göre yüzeydeki tuzluluğu 6-10 psu arasında değişmekte olup, Boğaz çıkışına kadar 10 psu değeri sabitlenmekteydi. En iç kısımda ise yağmur ve derelerden kaynaklanan neredeyse tatlı bir su kütlesi vardı. Şimdiki veriler doğrultusunda yüzey tabaka tuzluluk değerinin 6-10 psu arttığı görülmektedir ki buna sebep ıslah çalışması neticesinde tatlı su girdilerin düşüş göstermesidir (Müftüoğlu E., 2002) .

Günümüzde Karadeniz orjinli suyun Haliç'in iç kısımlarına kadar üst tabakadan nüfuz ettiği görülmektedir. Valide Sultan istasyonundan iç kesimlere doğru; tuzluluk 16-21 psu arasında değişirken (çok aşırı yağış alan Aralık 2002 ayı hariç) dip derinliğine kadar ise tuzluluk neredeyse sabit kalmaktadır. İstanbul Su Temini ve Kanalizasyonu Master Plan ve Fizibilite Etüdü için Eylül ve Kasım 1967 aylarında 12 istasyonda yürütülen çalışmada 16 psu daki Karadeniz suyunun iç kesimlere kadar ilerlediği görülmektedir (DAMOC, 1971). Bazı aylarda lodosun etkisiyle Camialtı mevkiine alt tabaka suyu üst tabaka suyuyla karışmış ve tuzluluğu arttırarak iç kesimlere kadar ulaşmıştır. Kasım 2001'de bu etki açık bir şekilde görülmektedir (Müftüoğlu E., 2002).

2.3. Haliç'in Tarihçesi

Haliç kıyılarında İstanbul'da binlerce yıl boyunca varolmuş bütün medeniyetlerin izlerini bulmak mümkündür. Haliç, yüzyıllar boyunca İstanbul'un en güzel mesire ve eğlence yeri olma özelliğini sürdürmüştür. Haliç'in gelişmesinde etrafındaki toprakların verimliliği, tabii güzelliği, su ürünlerini bolluğu, deniz-kara ulaşımına çok uygun olması ve kullanışlı bir iç limanın bulunması gibi cazip özelliklerinin büyük rolü olmuştur. İstanbul'un tabii limanı olan Haliç, en önemli ticaret merkezi idi. Bölgeden geçmiş bütün medeniyetlerin ticari ilişkilerinde deniz yolunu kullanmışlardır.

Haliç'te Bizans'ın sarayları, surları, mahzenleri, kapıları, Osmanlı kasırları, köşkleri, imarethaneleri ve hamamlarının yanı sıra, bir çok millet ve dinden insanın barındığı tarihi evleri ve üç büyük dinin ibadethaneleri halen bulunmaktadır. Haliç sahip olduğu tarihi dokuyla bir kültürler mozaiği oluşturmaktadır. Haliç İstanbul'un güzellikleri içinde tarih boyunca eşsiz yerini muhafaza etmiştir.

2.4.Haliç'te Su Kirliliğinin Sebepleri

Altın boynuz adı ile tabii güzelliği, suyu ve havası ile İstanbul'un en müstesna bir semti olan Haliç, nüfusun hızlı artışı, plansız sanayileşme ve şehircilik kaidelerine uymadan gelişigüzel kurulan yanlış yerleşme merkezleri sebebiyle hızlı bir şekilde kirlenerek son 50 yıl içinde Türkiye'de çevre ve su kirlenmesinin kronikleştiği bir ortam haline gelmiştir.

Özellikle evsel kaynaklı atıksuların Boğaz'ın ve Haliç'in çeşitli noktalarından dışarı edilmesi, bu bölge içinde denize karışan derelerin bir açık kanal olarak diğer bölgelerinde kirlilik yüklerini bu bölgelere taşıması ve çevreyi kirletici nitelikte sanayinin buradaki düzensiz yerleşim bir çok çeşit lalenin renk kattığı Kağıthane vadisini, Haliç'i Haliç yapan vasıflarını yok etmiştir.

Haliç'te su kirliliğinin başlıca sebepleri aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Evsel ve endüstriyel kaynaklı atıksular
- Katı atıklar,çöpler

- Derelerden ve yamaçlardan gelen sürüntü malzemeleri
- Haliç'e bağlı derelerden gelen kirleticiler
- Haliç Havzası'ndan yağışlarla kirletici taşınımı
- Gemilerden dökülen sintine ve balast suları,
- Haliç taban çamuru

Tablo 3. Haliç ve Haliç'i besleyen dereler etrafında bulunan endüstriyel tesis bilgileri (İstanbul Büyükşehir Belediyesi).

SEKTÖR	SEKTÖRDE FAAL OLAN FİRMALAR	END. ATIKSUYU OLAN TESİSLER	Q (m ³ /g)	ARITMA TESİSİ MEVCUT OLANLAR	Q (m ³ /g)	ATIKSU ARITMA TESİSİ GEREKMEYENLER						ARITMA TESİSİ İSTENENLER	Q (m ³ /g)
						TESİS İÇİ ÖNLEM	Q (m ³ /g)	TAŞIMA YAPANLAR	Q (m ³ /g)	ART. TES. İSTENMEYEN	Q (m ³ /g)		
A- Gıda	23	16	57	6	39	1	1	-	-	7	12	2	5
B- Metal	56	25	78	21	77	-	-	2	1	-	-	2	1
C- Kimya	43	21	2289	10	2286	2	<1	1	<1	6	2	2	1
D- Tekstil	38	28	407	23	363	-	-	-	-	4	43	1	1
F- Petrol	60	43	167	9	124	1	1	-	-	32	42	1	1
G- Metal Dışı Min.	65	49	119	1	1	44	177	-	-	1	<1	3	1
L- Depo ve Ticarethaneler	19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Z- Diğer	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOPLAM	308	182	3117	70	2890	48	179	3	1	50	99	11	10

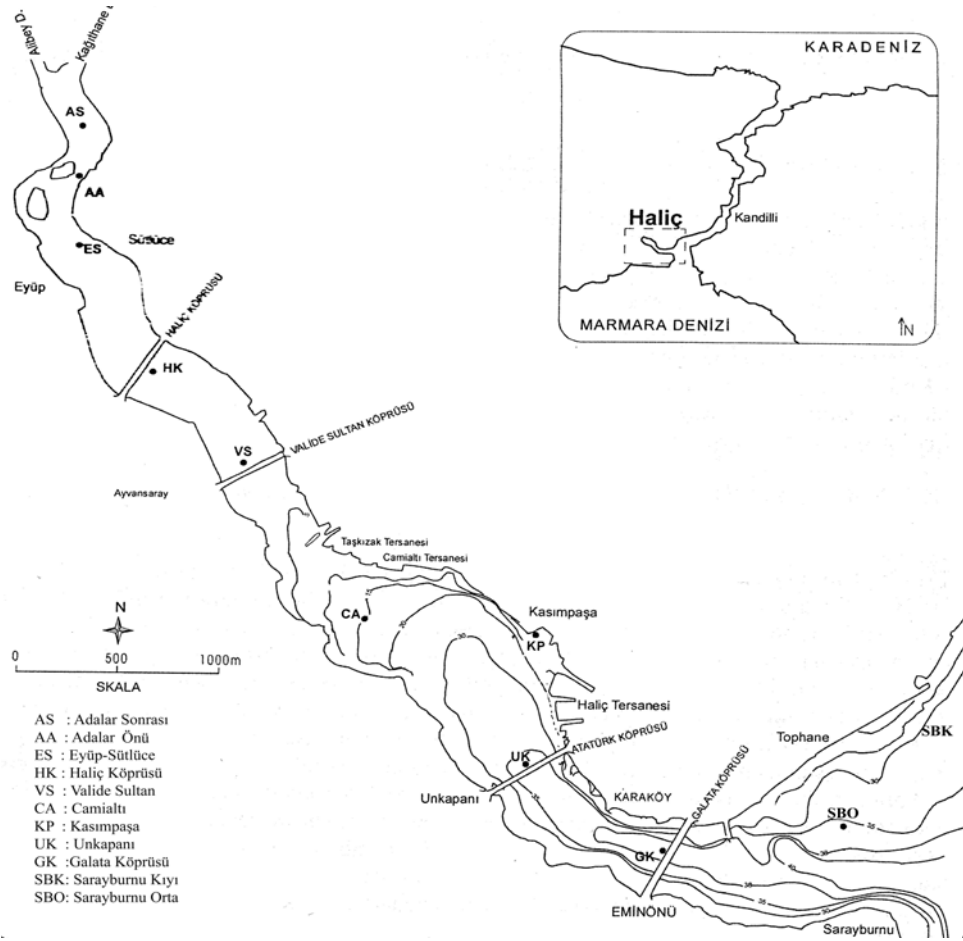
Geçen yüzyılın başından itibaren 1985 yılına kadar Haliç sahilleri ve yakın çevresinde 700 civarında sanayi tesisi ile 2000'den fazla işyeri kurulmuştur. Haliç civarında bulunan sanayi kuruluşları ve bu kuruluşlara ait güncel atıksu debileri Tablo 3'de verilmiştir.

Haliç kıyıları son yüzyılda zehirli atıksular boşaltan sanayi kuruluşları ve altyapısı bulunmayan konutlarla işgal edilmişti. Kıyı boyunca ilkel bitki örtüsünün yok edilmesi sonucunda yamaçlarda ve özellikle Alibey ve Kağıthane Derelerinin havzalarında erozyon artarak, Haliç'in kirlilikle sığlaşan ve canlılığını yitiren bir su kütlesi haline dönüşmesine sebep olmuştu.

Haliç'de su kirlenmesi çok önceleri başladığı halde bu tehlikeyi önleyecek tedbirlerin alınmasında geç kalınmıştır. Yapılan bu hatalardan geri dönülmeince Haliç'in menba tarafı çamurla dolmuş, Valide Sultan Köprüsü (Eski Galata Köprüsü) ile Eyüp Sultan Camii arasında su derinliği yer yer yarım metrenin altına kadar düşmüş, sandalların bile hareket edemediği havasız ölü bir lagün haline dönüşmüştür. Haliç'te kirlenme nedeniyle canlı hayat yok olduğu gibi bazı yerlerde kara parçası teşekkül etmiş ve Haliç simsiyah bir bataklık görünümüne bürünmüştü. Anaerobik çürüme yüzünden ortaya çıkan pis koku kilometrelerce mesafeden insanları rahatsız edecek boyutlara ulaşmıştı.

III. MATERYAL VE METOD

Bu çalışmada Haliç'te suda, askıda katı maddede ve sedimentte metal kirliliğini incelemek amacıyla numuneler alınmıştır. Su ve askıda katı maddede metal kirliliğinin daha iyi anlaşılabilmesi için örnek alımı yılın dört mevsimini temsilen Ağustos, Kasım, Şubat, Nisan aylarında yapılmıştır. Alınan su numunelerinde Fe, Mn, Pb, Hg, Cd, Cr, Cu, askıda katı madde numunelerinde Fe, Mn, Pb, Al, Cd, Cr, Cu içerikleri, yüzey sediment örneklerinde ise; Fe, Mn, Pb, Al, Cd, Cr, Hg, Cu içerikleri ölçülmüştür. Sedimentte bunlara ek olarak metal dağılımı üzerine önemli rol oynayan ve sedimentin major bileşenleri olan karbonat ve organik karbon içerikleri ölçülmüştür. Numune alınan istasyonlar Şekil 5 'de gösterilmiştir.



Şekil 5. Numune Alınan İstasyonlar (Haliç Sempozyumu,2001).

3.1 Deniz Suyunda Fe, Mn, Pb, Cu, Cd, Cr Analizleri

0.5 L GFC asetat filtreden süzölmüş ve +4 °C'de saklanmış su örneği ayırma hunisine alınarak pH'sı 5.80 – 6.10 aralığına ayarlanmışır. Daha sonra önce 10 ml ammonium 1-pyrrolidinedithiocarbamate (APDC) sonra 50 ml kloroform ilave edilerek 5 dakika boyunca çalkalanmışır. Çalkalama işlemleri sonunda 1 dakika beklenerak kloroform-denizsuylu fazının ayrılması sağlanmışır. Kloroform fazı ayrıldıktan sonra da 25 ml kloroform ile ekstrakte edilmişir. Ayrılmış kloroform fazına 1 ml konsantre nitrik asit ilavesi ile gece boyunca düşük sıcaklıktaki ısıtıcıda temiz odada sıyırma (organik fazdan sulu faza aktarma) yapılmışır. Sıyırma işlemlerinden elde edilen örnekler 1M HCl ile 10 ml'ye seyreltilmiş ve alevli-AAS'de (Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi - Shimadzu AA 6701) okunmuşır (Loring and Rantala 1992).

3.1.1. Deniz Suyunda Hg Analizi

Civa ölçümleri Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresinin (AAS) hidrür biriminde (Shimadzu AA 6701 HVG-1 Hydride vapor generator) soğuk buhar yöntemine göre yapılmışır. Civa analizleri için 300 ml örnek, önceden içerisine koruyucu olarak 5 ml % 5'lik $KMnO_4$ ve 5 ml H_2SO_4 konulmuş, koyu renkli amber cam şişelere transfer edilmiş ve laboratuvarında analiz edilene kadar +4 °C'de saklanmışır. Bu yöntemine göre +4 °C'de saklanan örneklere, 5 ml % 1.5'lik hidroksilamin hidroklorür ilave edilmişir. Daha sonra cihazın reaksiyon haznesinde % 0.4 $NaBH_4$ ve 5M HCl ile reaksiyona sokularak Hg içerikleri ppb cinsinden ölçölmüşür (Loring and Rantala 1992).

3.2. Askıda Katı Maddede Al, Fe, Mn, Pb, Cu, Cr, Cd Analizi

Gemide süzme işlemleri tamamlanan filtreler, laboratuvarında 105°C'de kurutulduktan sonra ağırlıkları alınmışır. Filtre kağıtları daha sonra teflon kaplar içinde sırası ile HNO_3 , HF ve $HClO_4$ ile 120 °C'de çözünürleştirilmiştir. Daha sonra 1M HCl ile 10 ml'ye tamamlanarak alevli-AAS'de (Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi - Shimadzu AA 6701) okunmuşır (Agemian ve Chau, 1975; Loring ve Rantala, 1992).

3.3. Sedimentte Al, Fe, Mn, Pb, Cu, Cr, Cd Analizi

Yüzey sediment örneği R/V Arar I gemisi ile Van veen grab tipi örnek alıcı kullanılarak toplanmıştır. Yüzey örneklerinin en üst 3 cm'lik bir kısmı plastik bir kaşık yardımı ile alınmıştır. Örnekler gemide derin dondurucuda saklanıp, laboratuvara ulaştırıldıktan sonra, kurutma işlemine başlayana kadar 4°C de muhafaza edilmiştir.

Yüzey sediment örnekleri 40°C 'de kurutulduktan ve agat havanda öğütüldükten sonra teflon beherlerde HF+ HNO₃+ HClO₄ kuvvetli asit karışımında buharlaştırılıncaya kadar çözünürleştirilmiştir (Loring ve Rantala, 1992). Buharlaştırmadan geriye kalan koyu çözelti daha sonra 1 M HCl ile seyreltilerek çözeltilmeye alınmış ve Atomik Absorbsiyon Spektrometresinde (AAS), Fe, Mn, Pb, Cu, Cr, Cd elementleri hava-asetilen aleviyle, Al ise; Asetilen-N₂O aleviyle analiz edilmiştir.

3.3.1. Sedimentte Hg Analizi

Civa (Hg) analizi için kuru örnekler öğütülüp, 60-70°C'de derişik HNO₃ ile çözünürleştirilmiş ve AAS Hidrür ünitesinde soğuk buhar yöntemiyle ölçülmüştür (Loring and Rantala 1992).

Analitik kimyasal metotların hassasiyeti 2'li tekrar analizlerde hesaplanmıştır. Çift çalışılmış örneklerin tekrarlılığı %95'lik güvenilirlik sınırları içerisinde Tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 4. Çift çalışılmış örneklerin analiz sonuçları.

Element	Ortalama \pm St. Sapma	Tekrarlanabilirlik (%)
Pb ($\mu\text{g/g}$)	65.21 \pm 0.6	1.84
Cu ($\mu\text{g/g}$)	121.69 \pm 0.042	0.07
Cd ($\mu\text{g/g}$)	4.4 \pm 0.07	3.18
Fe (%)	4.64 \pm 0.02	0.86
Mn ($\mu\text{g/g}$)	406.53 \pm 0.183	0.09
Al (%)	5.02 \pm 0.11	4.47
Hg ($\mu\text{g/g}$)	10.37 \pm 0.42	8.1
Cr ($\mu\text{g/g}$)	123.64 \pm 0.07	0.11

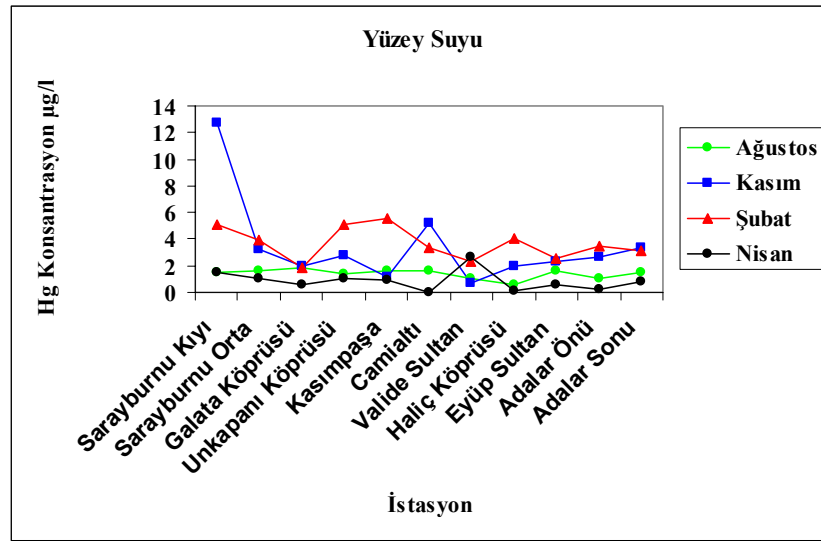
IV. BULGULAR

4.1. Deniz suyunda metal dağılımları

4.1.1. Haliç Boyunca Suda Çözünmüş Metaller

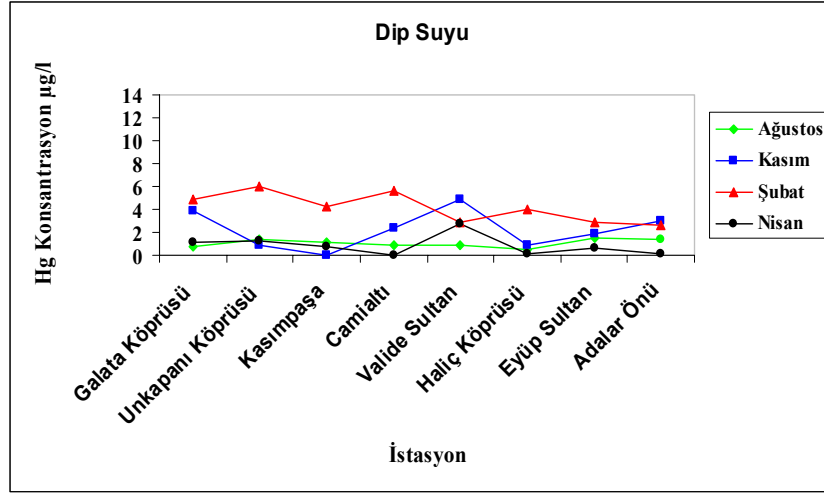
4.1.1.1. Civa (Hg)

Yüzey suyunda suda çözünmüş Hg içerikleri sırasıyla Ağustos'ta 0.59 µg/l ile 1.87 µg/l; Kasım'da 0.67 µg/l ile 12.69 µg/l; Şubat'ta 1.9 µg/l ile 5.59 µg/l ve Nisan'da <0.01 µg/l ile 2.64 µg/l arasında değişmektedir (Şekil 6). Aylar arasında en yüksek değerler Kasım'da, en düşük değerler ise Nisan'da ölçülmüştür. Bölgesel olarak en yüksek içerikler Kasım'da Sarayburnu kıyı ve Şubat ayında Kasımpaşa istasyonlarında bulunmuştur.



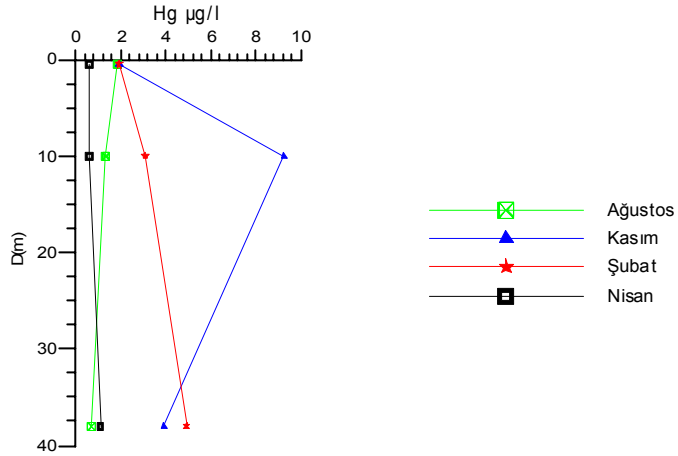
Şekil 6. Haliç boyunca yüzey suyunda çözünmüş Hg dağılımları.

Dip suyunda suda çözünmüş Hg içerikleri sırasıyla Ağustos'ta 0.7 µg/l ile 1.48 µg/l; Kasım'da <0.01 µg/l ile 4.87 µg/l; Şubat'ta 2.67 µg/l ile 5.95 µg/l ve Nisan'da <0.01 µg/l ile 2.80 µg/l arasında değişmektedir (Şekil 7). Aylar arasında en yüksek değerler Şubat'ta, en düşük değerler ise Nisan'da ölçülmüştür. Bölgesel olarak en yüksek içerikler Kasım ayında Valide Sultan ve Şubat ayında Unkapanı Köprüsü istasyonlarında bulunmuştur.



Şekil 7. Haliç boyunca dip suyunda çözünmüş Hg dağılımları.

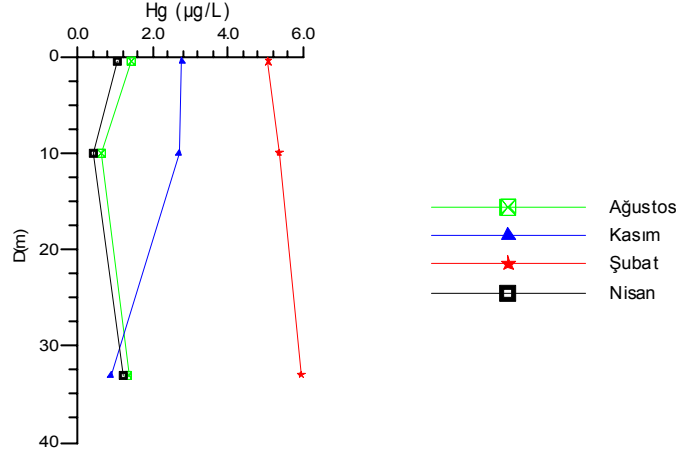
Haliç'in dış bölgesi'nde iki tabakalı su sisteminde metal değişimlerini incelemek amacıyla Galata Köprüsü ve Unkapanı Köprüsü istasyonlarında su kolonu boyunca çalışılmıştır. Buna göre;



Şekil 8. Galata Köprüsü Hg konsantrasyonu dikey dağılımı.

Dikey dağılımlarda Galata Köprüsü'nde Hg içerikleri Kasım, Şubat ve Nisan aylarında yüzeyde en düşük değerlerde ölçülürken, 10 m su derinliğinde bir artış tespit edilmiştir. Ayrıca Ağustos ve Nisan aylarında dip sudaki değerler ile 10 m su derinliğindeki değerlerle benzer seviyelerdedir. Buna karşılık ise Hg içerikleri Şubat ayında yüzeyde en yüksek

değerlerde ölçülmüştür. Aylar arası değişimler incelendiğinde su kolonu boyunca en yüksek değerlerin Kasım ayında ölçüldüğü görülmüştür (Şekil 8).

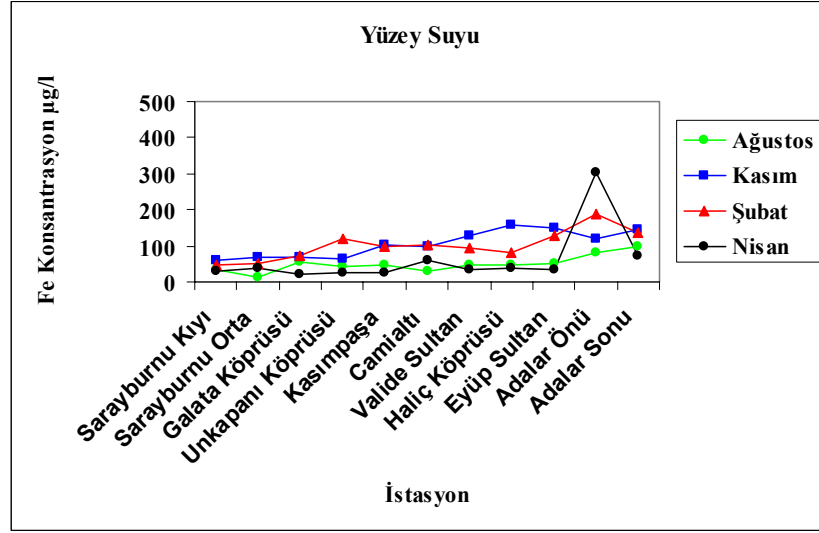


Şekil 9. Unkapanı Köprüsü Hg konsantrasyonu dikey dağılımı.

Unkapanı Köprüsü'nde en yüksek Hg içerikleri Şubat ayında dip suyunda gözlenmektedir. Aylar arası su kolonu boyunca değişimler incelendiğinde Ağustos ve Nisan aylarının yüzey, 10m ve dip derinliğinde benzer değişimi gösterdiği gözlenmektedir (Şekil 9).

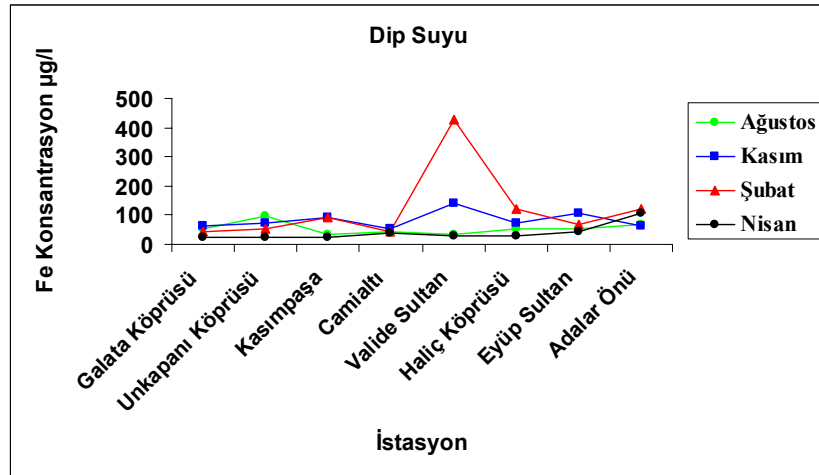
4.1.1.2. Demir (Fe)

Yüzey suyunda suda çözülmüş Fe içerikleri sırasıyla Ağustos'ta 14.75 µg/l ile 98.38 µg/l; Kasım'da 61.68 µg/l ile 158.65 µg/l; Şubat'ta 46.92 µg/l ile 189 µg/l ve Nisan'da 20.01 µg/l ile 305.31 µg/l arasında değişmektedir (Şekil 10). Aylar arasında en yüksek değerler Nisan'da, en düşük değerler ise Ağustos'da ölçülmüştür. Bölgesel olarak en yüksek içerikler Nisan ve Şubat ayında Adalar Önü istasyonlarında bulunmuştur.



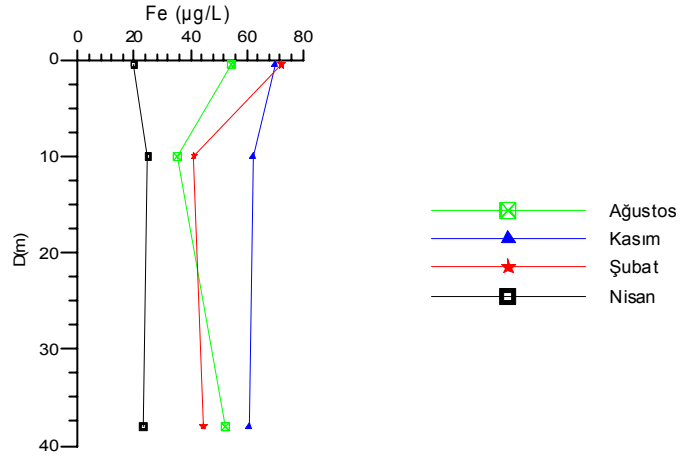
Şekil 10. Haliç boyunca yüzey suyunda çözülmüş Fe dağılımları.

Dip suyunda suda çözülmüş Fe içerikleri sırasıyla Ağustos'ta 32 µg/l ile 98 µg/l; Kasım'da 54 µg/l ile 142 µg/l; Şubat'ta 45 µg/l ile 428 µg/l ve Nisan'da 22 µg/l ile 105 µg/l arasında değişmektedir (Şekil 11). Aylar arasında en yüksek değerler Şubat'ta, en düşük değerler ise Nisan'da ölçülmüştür. Bölgesel olarak en yüksek içerikler Kasım ve Şubat ayında Valide Sultan istasyonlarında bulunmuştur.



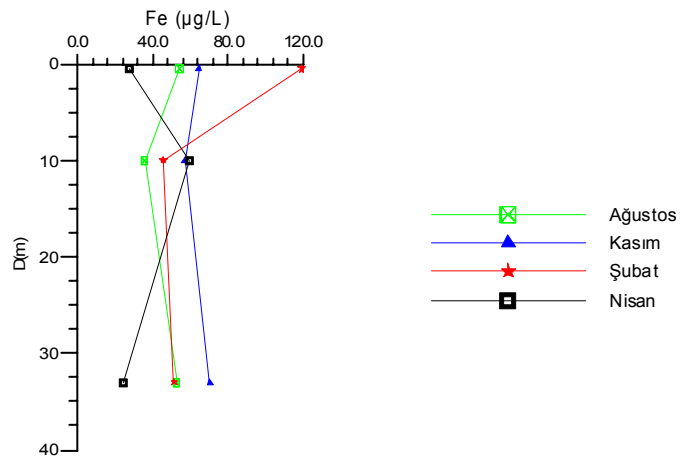
Şekil 11. Haliç boyunca dip suyunda çözülmüş Fe dağılımları.

Haliç'in dış bölgesi'nde iki tabakalı su sisteminde metal değişimlerini incelemek amacıyla Galata Köprüsü ve Unkapanı Köprüsü istasyonlarında su kolonu boyunca çalışılmıştır. Buna göre;



Şekil 12. Galata Köprüsü Fe konsantrasyonu dikey dağılımı.

Dikey dağılımlarda Galata Köprüsü'nde Fe içerikleri Ağustos, Kasım ve Şubat aylarında yüzeyde en yüksek değerlerde ölçülürken, 10 m su derinliğinde aniden bir azalma tespit edilmiştir. Ayrıca bu aylarda dip sudaki değerler de 10 m su derinliğindeki değerlerle benzer seviyelerdedir. Buna karşılık ise Fe içerikleri Nisan ayında 10 m su derinliğinde en yüksek değerlerde ölçülmüştür. Aylar arası değişimler incelendiğinde su kolonu boyunca en yüksek değerlerin Şubat ayında ölçüldüğü görülmüştür (Şekil 12).

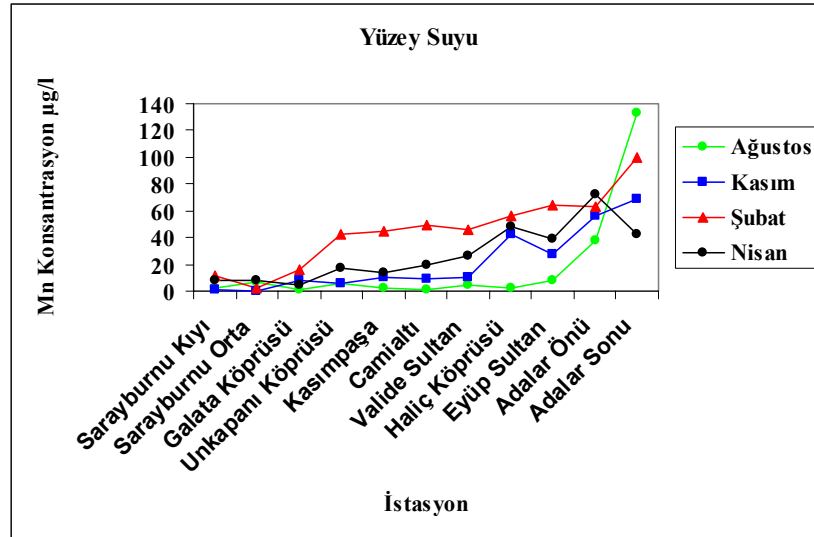


Şekil 13. Unkapanı Köprüsü Fe konsantrasyonu dikey dağılımı.

Unkapanı Köprüsü'nde en yüksek Fe içerikleri Şubat'ta yüzeyde, Kasım'da dip suda ve Nisan'da 10 m su derinliğinde ölçülmüştür. Ayrıca Ağustos, Kasım ve Şubat aylarında yüzeyde ölçülen değerler 10m su derinliğinde ani bir düşüş gösterirken Nisan ayında yüzeyde ölçülen değer 10 m su derinliğinde ani bir artış göstermiştir (Şekil 13).

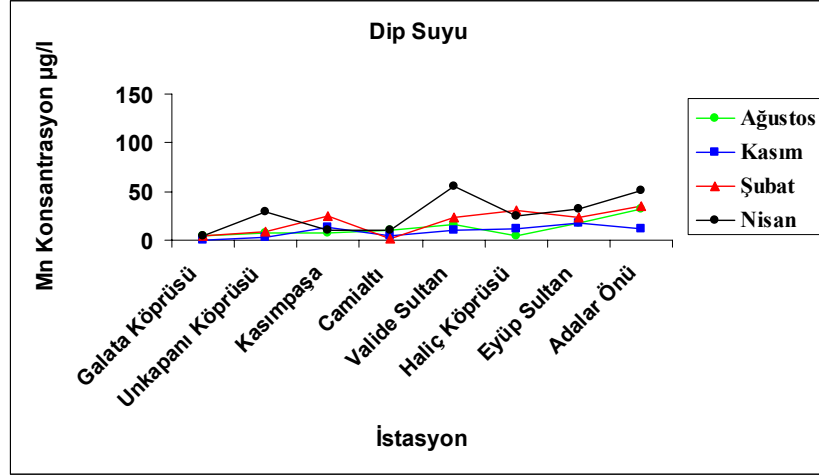
4.1.1.3. Manganez (Mn)

Yüzey suyunda suda çözülmüş Mn içerikleri sırasıyla Ağustos'ta 0.96 µg/l ile 133 µg/l; Kasım'da 0.14 µg/l ile 68.3 µg/l; Şubat'ta 1.80 µg/l ile 100 µg/l ve Nisan'da 5.1 µg/l ile 73 µg/l arasında değişmektedir (Şekil 14). Aylar arasında en yüksek değerler Ağustos'da, en düşük değerler ise Kasım'da ölçülmüştür. Bölgesel olarak en yüksek içerikler Ağustos ve Şubat ayında Adalar Sonu istasyonlarında bulunmuştur.



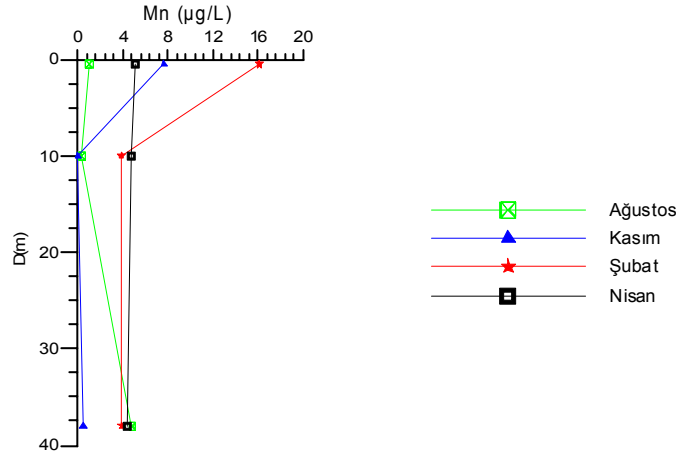
Şekil 14. Haliç boyunca yüzey suyunda çözülmüş Mn dağılımları.

Dip suyunda suda çözülmüş Mn içerikleri sırasıyla Ağustos'ta 3.7 µg/l ile 32 µg/l; Kasım'da 0.48 µg/l ile 18 µg/l; Şubat'ta 1.62 µg/l ile 34.4 µg/l ve Nisan'da 4.3 µg/l ile 56 µg/l arasında değişmektedir (Şekil 15). Aylar arasında en yüksek değerler Nisan'da, en düşük değerler ise Kasım'da ölçülmüştür. Bölgesel olarak en yüksek içerikler Nisan ayında Valide Sultan ve Şubat ayında Adalar Önü istasyonlarında bulunmuştur.



Şekil 15. Haliç boyunca dip suyunda çözülmüş Mn dağılımları.

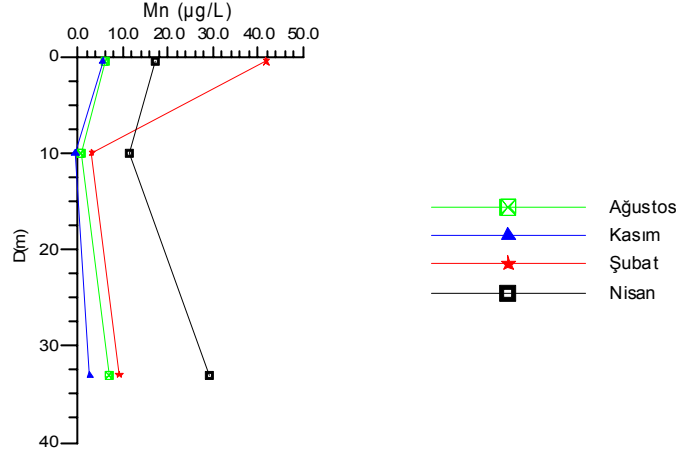
Haliç'in dış bölgesi'nde iki tabakalı su sisteminde metal değişimlerini incelemek amacıyla Galata Köprüsü ve Unkapanı Köprüsü istasyonlarında su kolonu boyunca çalışılmıştır. Buna göre;



Şekil 16. Galata Köprüsü Mn konsantrasyonu dikey dağılımı.

Dikey dağılımlarda Galata Köprüsü'nde Mn içerikleri için Ağustos, Kasım ve Şubat aylarında 10 m su derinliğinde aniden bir azalma tespit edilmiştir. Ayrıca Kasım, Şubat ve Nisan aylarında dip sudaki değerler de 10 m su derinliğindeki değerlerle benzer seviyelerdedir. Buna karşılık ise Mn içerikleri Ağustos ayında dip suyu derinliğinde , 10 m su

derinliğine göre ani bir artış göstermiştir. Aylar arası değişimler incelendiğinde su kolonu boyunca en yüksek değerlerin Şubat ayında ölçüldüğü görülmüştür (Şekil 16).

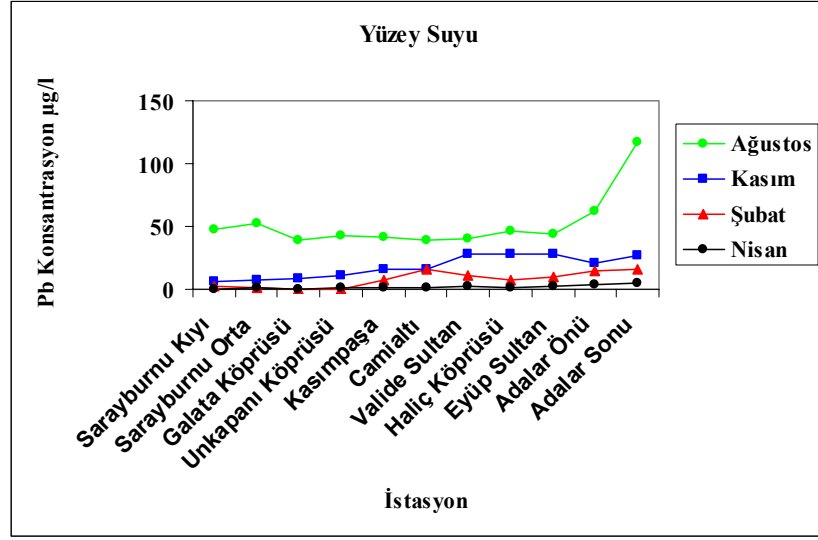


Şekil 17. Unkapanı Köprüsü Mn konsantrasyonu dikey dağılımı.

Unkapanı Köprüsü'nde en yüksek Mn içerikleri Şubat ayında gözlemlenmiştir. Aylar arası değişimler incelendiğinde su kolonu boyunca Mn değerleri tüm aylarda 10 m su derinliğinde ani bir düşüş göstermiştir. Bununla birlikte Ağustos, Kasım ve Şubat aylarında Mn değerleri dip su derinliğinde benzer bir artış göstermektedir. Ayrıca su kolonu boyunca en düşük Mn içerikleri Kasım'da 10m su derinliğinde ölçülmüştür (Şekil 17).

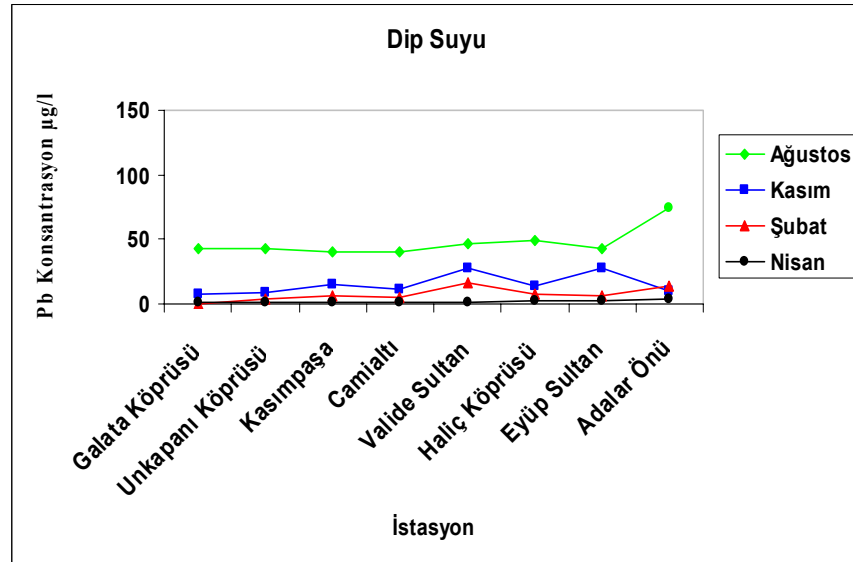
4.1.1.4. Kurşun (Pb)

Yüzey suyunda suda çözülmüş Pb içerikleri sırasıyla Ağustos'ta 39 µg/l ile 117 µg/l; Kasım'da 6.6 µg/l ile 28.3 µg/l; Şubat'ta <0.01 µg/l ile 15.5 µg/l ve Nisan'da 0.4 µg/l ile 5.3 µg/l arasında değişmektedir (Şekil 18). Aylar arasında en yüksek değerler Ağustos'ta, en düşük değerler ise Şubat'ta ölçülmüştür. Bölgesel olarak en yüksek içerikler Ağustos ayında Adalar Önü ve Adalar Sonu istasyonlarında bulunmuştur.



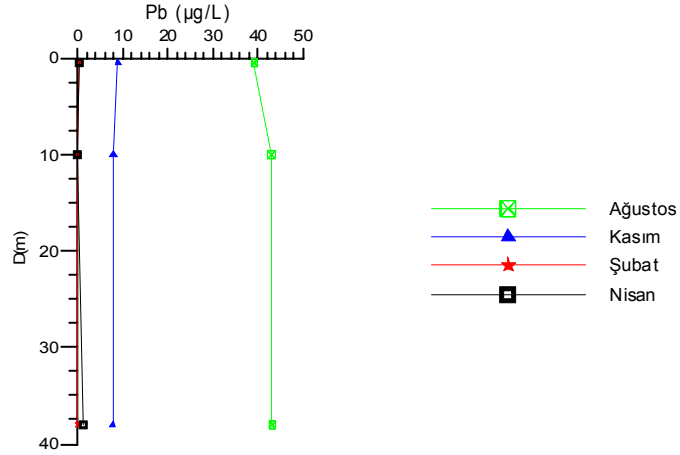
Şekil 18. Haliç boyunca yüzey suyunda çözülmüş Pb dağılımları.

Dip suyunda suda çözülmüş Pb içerikleri sırasıyla Ağustos'ta 41 µg/l ile 74 µg/l; Kasım'da 7.72 µg/l ile 28.2 µg/l; Şubat'ta <0.01 µg/l ile 16.32 µg/l ve Nisan'da 0.78 µg/l ile 4 µg/l arasında değişmektedir (Şekil 19). Aylar arasında en yüksek değerler Ağustos'ta, en düşük değerler ise Şubat'ta ölçülmüştür. Bölgesel olarak en yüksek içerikler Ağustos ayında Haliç Köprüsü ve Adalar Önü istasyonlarında bulunmuştur.



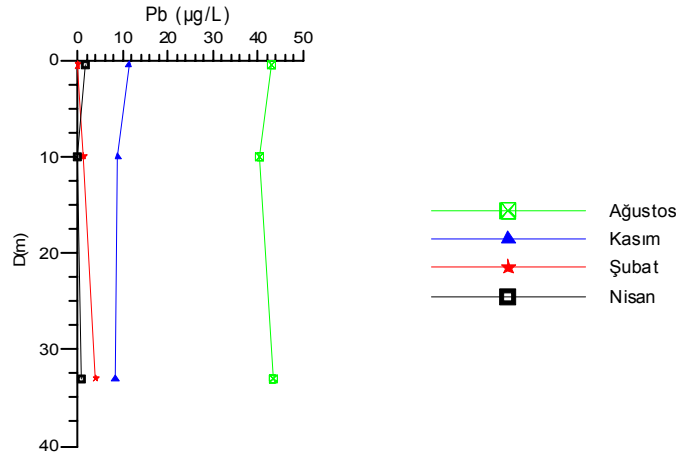
Şekil 19. Haliç boyunca dip suyunda çözülmüş Pb dağılımları.

Haliç'in dış bölgesi'nde iki tabakalı su sisteminde metal değişimlerini incelemek amacıyla Galata Köprüsü ve Unkapanı Köprüsü istasyonlarında su kolonu boyunca çalışılmıştır. Buna göre;



Şekil 20. Galata Köprüsü Pb konsantrasyonu dikey dağılımı.

Dikey dağılımlarda Galata Köprüsü'nde Pb içerikleri için Kasım , Şubat ve Nisan aylarında 10 m su derinliğinde bir azalma tespit edilmiştir. Buna karşılık Ağustos ayında 10 m su derinliğinde artış gözlenmiştir. Ayrıca Ağustos, Kasım ve Şubat aylarında dip sudaki değerler de 10 m su derinliğindeki değerlerle benzer seviyelerdedir. Buna karşılık ise Pb içerikleri Ağustos ayında dip suyu derinliğinde , 10 m su derinliğine göre artış göstermiştir. Aylar arası değişimler incelendiğinde su kolonu boyunca en yüksek değerlerin Ağustos ayında ölçüldüğü görülmüştür (Şekil 20).

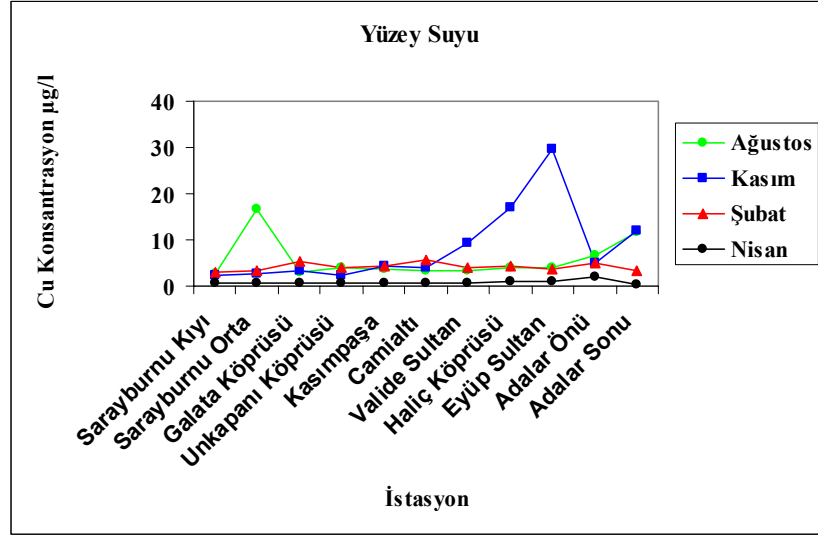


Şekil 21. Unkapanı Köprüsü Pb konsantrasyonu dikey dağılımı.

Unkapanı Köprüsü'nde en yüksek Pb içerikleri Ağustos ayında gözlemlenmiştir. Aylar arası değişimler incelendiğinde su kolonu boyunca Pb değerleri Ağustos, Kasım ve Nisan aylarında 10 m su derinliğinde düşüş göstermiştir. Bununla birlikte Ağustos, Şubat ve Nisan aylarında Pb değerleri dip su derinliğinde benzer bir artış göstermektedir. Ayrıca su kolonu boyunca en düşük Pb içerikleri Nisan'da 10m su derinliğinde ölçülmüştür (Şekil 21).

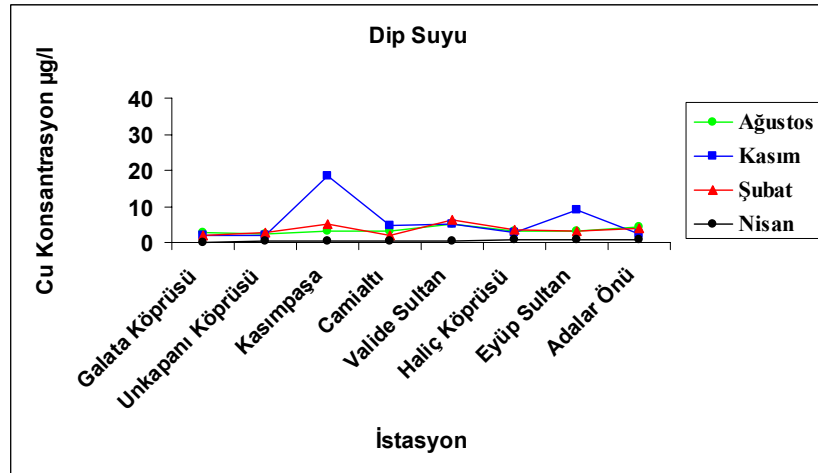
4.1.1.5. Bakır (Cu)

Yüzey suyunda suda çözülmüş Cu içerikleri sırasıyla Ağustos'ta 2.7 µg/l ile 17 µg/l; Kasım'da 2.3 µg/l ile 30 µg/l; Şubat'ta 2.9 µg/l ile 5.5 µg/l ve Nisan'da 0.53 µg/l ile 1.89 µg/l arasında değişmektedir (Şekil 22). Aylar arasında en yüksek değerler Kasım'da, en düşük değerler ise Nisan'da ölçülmüştür. Bölgesel olarak en yüksek içerikler Kasım ayında Eyüp Sultan ve Ağustos ayında Sarayburnu Orta istasyonlarında bulunmuştur.



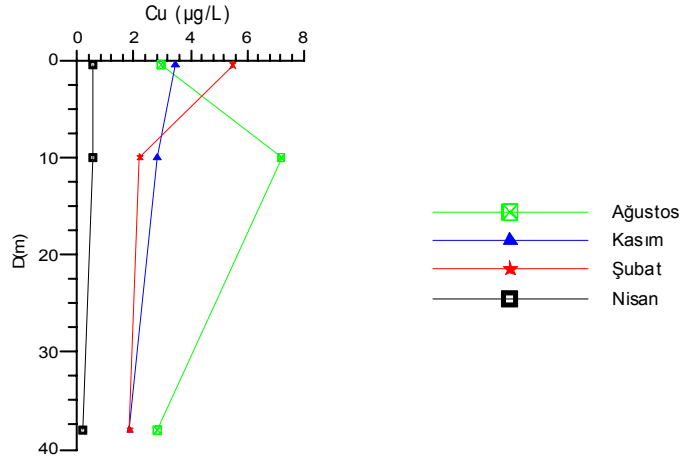
Şekil 22. Haliç boyunca yüzey suyunda çözülmüş Cu dağılımları.

Dip suyunda suda çözülmüş Cu içerikleri sırasıyla Ağustos'ta 2.52 µg/l ile 5.02 µg/l; Kasım'da 1.86 µg/l ile 18.33 µg/l; Şubat'ta 1.86 µg/l ile 6.39 µg/l ve Nisan'da 0.19 µg/l ile 0.83 µg/l arasında değişmektedir (Şekil 23). Aylar arasında en yüksek değerler Kasım'da, en düşük değerler ise Nisan'da ölçülmüştür. Bölgesel olarak en yüksek içerikler Kasım ayında Kasımpaşa ve Şubat ayında Valide Sultan istasyonlarında bulunmuştur.



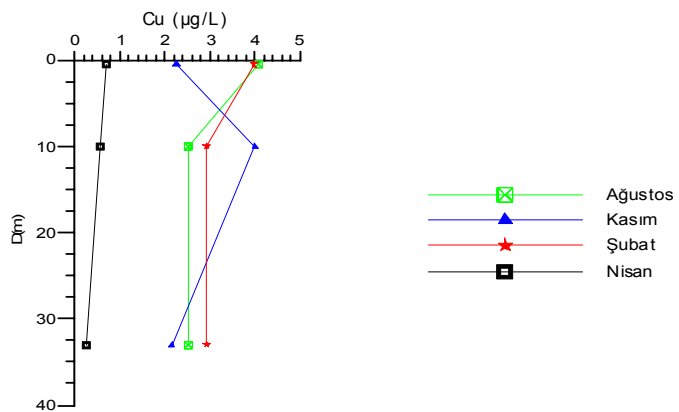
Şekil 23. Haliç boyunca dip suyunda çözülmüş Cu dağılımları.

Haliç'in dış bölgesi'nde iki tabakalı su sisteminde metal değişimlerini incelemek amacıyla Galata Köprüsü ve Unkapanı Köprüsü istasyonlarında su kolonu boyunca çalışılmıştır. Buna göre;



Şekil 24. Galata Köprüsü Cu konsantrasyonu dikey dağılımı.

Dikey dağılımlarda Galata Köprüsü'nde Cu içerikleri için Kasım , Şubat aylarında 10 m su derinliğinde bir azalma tespit edilirken, Ağustos ve Nisan aylarında artış gözlenmiştir. Ayrıca Ağustos, Kasım, Şubat ve Nisan aylarında dip sudaki değerler de benzer bir düşüş gözlenmiştir. Aylar arası değişimler incelendiğinde su kolonu boyunca en yüksek değerlerin Ağustos ayında 10m su kolonunda ölçüldüğü görülmüştür (Şekil 24).

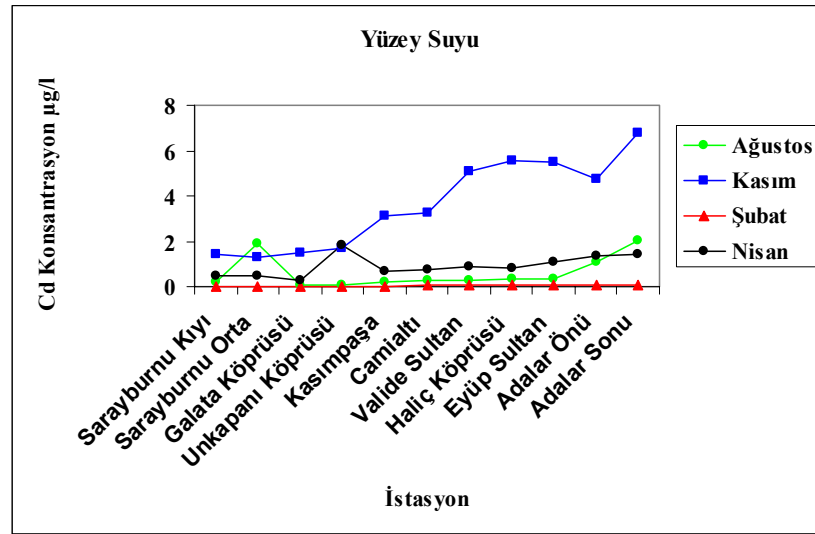


Şekil 25. Unkapanı Köprüsü Cu konsantrasyonu dikey dağılımı.

Unkapanı Köprüsü'nde en yüksek Cu içerikleri Ağustos ayında gözlemlenmiştir. Aylar arası değişimler incelendiğinde su kolonu boyunca Cu değerleri Ağustos, Şubat ve Nisan aylarında 10 m su derinliğinde düşüş göstermiştir. Bununla birlikte Ağustos ve Şubat ayında 10m su derinliğindeki değerle dip suyundaki değer benzerlik göstermektedir. Buna karşılık dip su derinliğinde Kasım ve Nisan aylarında düşüş gözlenmektedir. Ayrıca su kolonu boyunca en düşük Cu içerikleri Nisan'da dip su derinliğinde ölçülmüştür (Şekil 25).

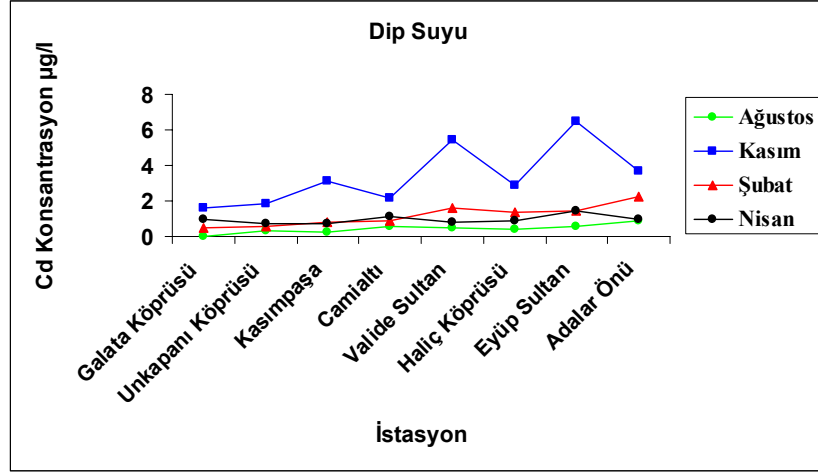
4.1.1.6. Kadmiyum (Cd)

Yüzey suyunda suda çözülmüş Cd içerikleri sırasıyla Ağustos'ta 0.09 µg/l ile 2.06 µg/l; Kasım'da 1.31 µg/l ile 6.8 µg/l; Şubat'ta 0.01 µg/l ile 0.06 µg/l ve Nisan'da 0.3 µg/l ile 1.82 µg/l arasında değişmektedir (Şekil 26). Aylar arasında en yüksek değerler Kasım'da, en düşük değerler ise Şubat'ta ölçülmüştür. Bölgesel olarak en yüksek içerikler Kasım ayında Haliç Köprüsü ve Adalar Sonu istasyonlarında bulunmuştur.



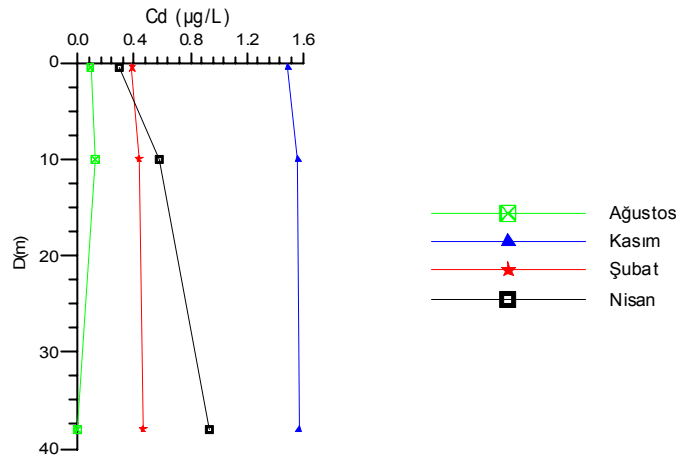
Şekil 26. Haliç boyunca yüzey suyunda çözülmüş Cd dağılımları.

Dip suyunda suda çözülmüş Cd içerikleri sırasıyla Ağustos'ta <0.01 µg/l ile 0.86 µg/l; Kasım'da 1.57 µg/l ile 6.51 µg/l; Şubat'ta 0.46 µg/l ile 2.23 µg/l ve Nisan'da 0.73 µg/l ile 1.42 µg/l arasında değişmektedir (Şekil 27). Aylar arasında en yüksek değerler Kasım'da, en düşük değerler ise Ağustos'ta ölçülmüştür. Bölgesel olarak en yüksek içerikler Kasım ayında Valide Sultan ve Eyüp Sultan istasyonlarında bulunmuştur.



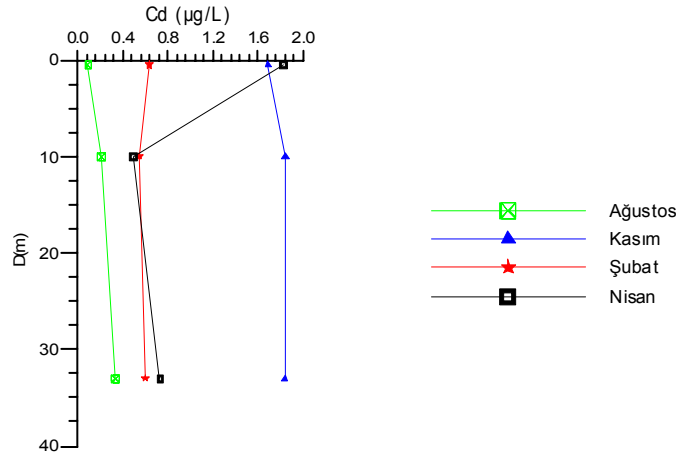
Şekil 27. Haliç boyunca dip suyunda çözünmüş Cd dağılımları.

Haliç'in dış bölgesi'nde iki tabakalı su sisteminde metal değişimlerini incelemek amacıyla Galata Köprüsü ve Unkapanı Köprüsü istasyonlarında su kolonu boyunca çalışılmıştır. Buna göre;



Şekil 28. Galata Köprüsü Cd konsantrasyonu dikey dağılımı.

Dikey dağılımlarda Galata Köprüsü'nde Cd içerikleri için Ağustos, Kasım, Şubat ve Nisan aylarında 10 m su derinliğinde bir artış tespit edilmiştir. Bununla birlikte Kasım, Şubat ve Nisan aylarında dip su derinliğinde bir artış gözlenirken, Ağustos ayında azalma gözlenmiştir. Aylar arası değişimler incelendiğinde su kolonu boyunca en yüksek değerlerin Kasım ayında dip su derinliğinde ölçüldüğü görülmüştür (Şekil 28).

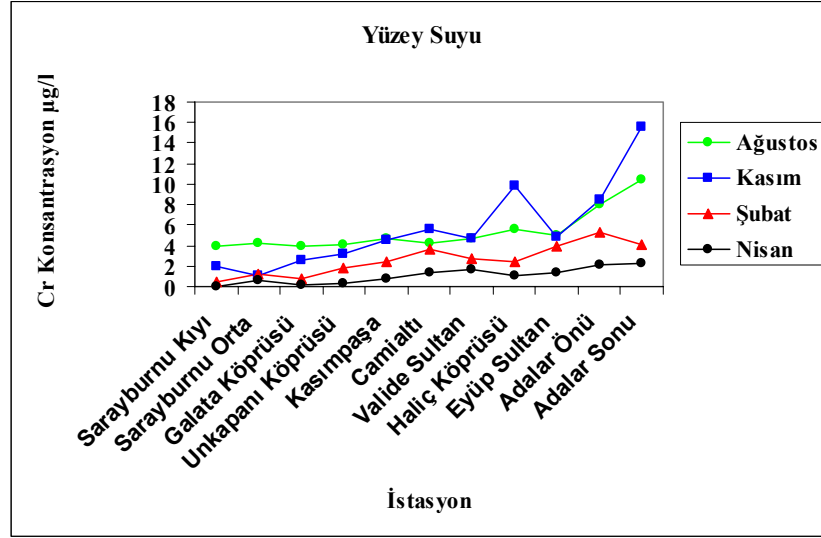


Şekil 29. Unkapanı Köprüsü Cd konsantrasyonu dikey dağılımı.

Unkapanı Köprüsü'nde en yüksek Cd içerikleri Nisan ayında gözlemlenmiştir. Aylar arası değişimler incelendiğinde su kolonu boyunca Cd değerleri Şubat ve Nisan aylarında 10 m su derinliğinde düşüş gösterirken Ağustos ve Kasım aylarında artış göstermiştir.. Bununla birlikte Kasım ayında 10m su derinliğindeki değerle dip suyundaki değer benzerlik gösterirken Ağustos ve Nisan ayındaki değerler benzer artış göstermiştir. Ayrıca su kolonu boyunca en düşük Cd içerikleri Ağustos'ta yüzey suyunda ölçülmüştür (Şekil 29).

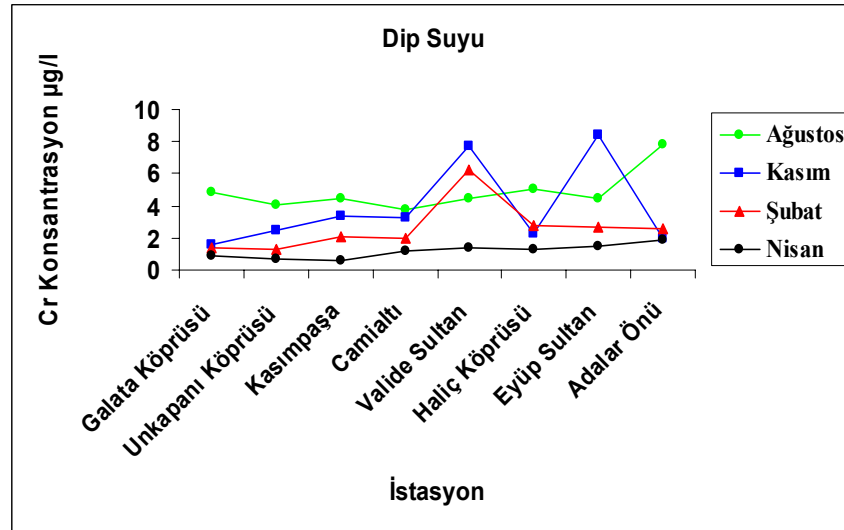
4.1.1.7. Krom (Cr)

Yüzey suyunda suda çözülmüş Cr içerikleri sırasıyla Ağustos'ta 3.92 µg/l ile 10.4 µg/l; Kasım'da 1.07 µg/l ile 15.57 µg/l; Şubat'ta 0.46 µg/l ile 5.26 µg/l ve Nisan'da <0.01 µg/l ile 2.28 µg/l arasında değişmektedir (Şekil 30). Aylar arasında en yüksek değerler Kasım'da, en düşük değerler ise Nisan'da ölçülmüştür. Bölgesel olarak en yüksek içerikler Ağustos ve Kasım aylarında Adalar Sonu istasyonunda bulunmuştur.



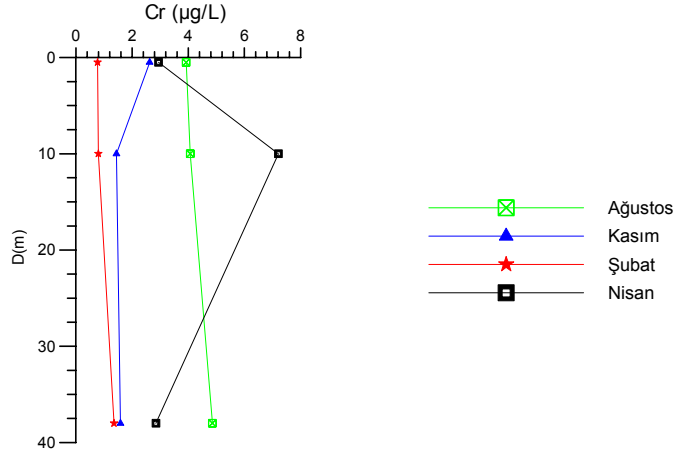
Şekil 30. Haliç boyunca yüzey suyunda çözülmüş Cr dağılımları.

Dip suyunda suda çözülmüş Cr içerikleri sırasıyla Ağustos'ta 3.8 µg/l ile 7.86 µg/l; Kasım'da 1.58 µg/l ile 8.39µg/l; Şubat'ta 1.25 µg/l ile 6.26 µg/l ve Nisan'da 0.57 µg/l ile 1.87 µg/l arasında değişmektedir (Şekil 31). Aylar arasında en yüksek değerler Kasım'da, en düşük değerler ise Nisan'da ölçülmüştür. Bölgesel olarak en yüksek içerikler Ağustos ayında adalar önü ve Kasım ayında Eyüp Sultan istasyonlarında bulunmuştur.



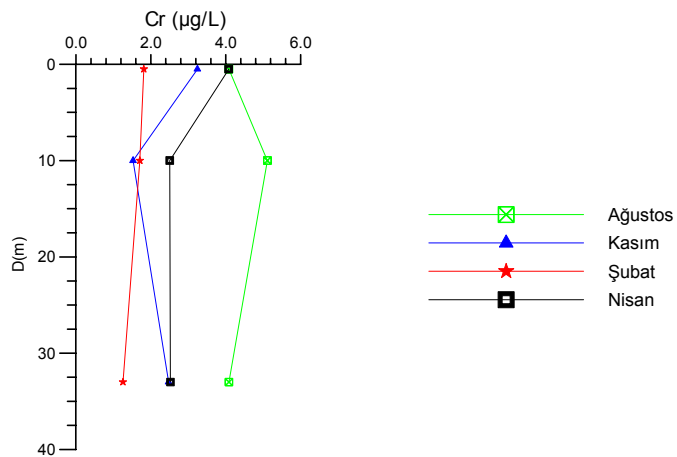
Şekil 31. Haliç boyunca dip suyunda çözülmüş Cr dağılımları.

Haliç'in dış bölgesi'nde iki tabakalı su sisteminde metal değişimlerini incelemek amacıyla Galata Köprüsü ve Unkapanı Köprüsü istasyonlarında su kolonu boyunca çalışılmıştır. Buna göre;



Şekil 32. Galata Köprüsü Cr konsantrasyonu dikey dağılımı.

Dikey dağılımlarda Galata Köprüsü'nde Cr içerikleri için Ağustos, Şubat ve Nisan aylarında 10 m su derinliğinde bir artış tespit edilmiştir. Bununla birlikte Ağustos, Kasım ve Şubat aylarında dip su derinliğinde bir artış gözlenirken, Nisan ayında azalma gözlenmiştir. Aylar arası değişimler incelendiğinde su kolonu boyunca en yüksek değerlerin Nisan ayında 10 m su derinliğinde ölçüldüğü görülmüştür (Şekil 32).



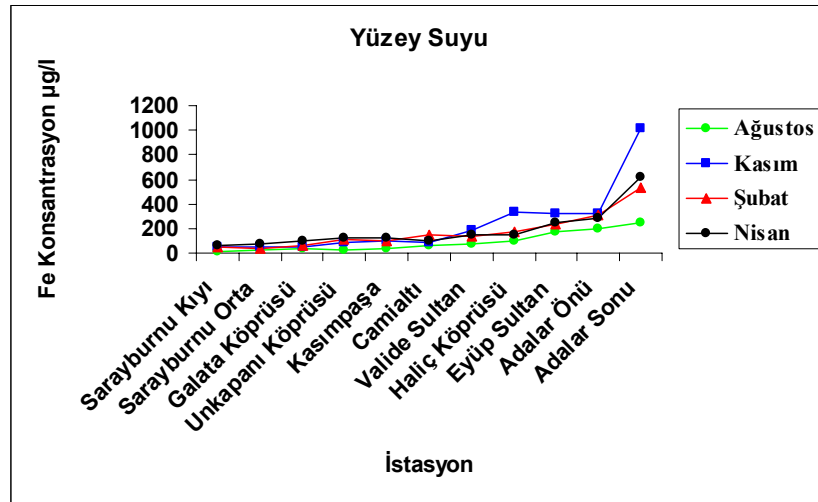
Şekil 33. Unkapanı Köprüsü Cr konsantrasyonu dikey dağılımı.

Unkaparı Köprüsü'nde en yüksek Cr içerikleri Ağustos ayında gözlemlenmiştir. Aylar arası değişimler incelendiğinde su kolonu boyunca Cr değerleri Kasım ve Nisan aylarında 10 m su derinliğinde düşüş gösterirken Ağustos ve Şubat aylarında artış göstermiştir.. Bununla birlikte Nisan ayında 10m su derinliğindeki değerle dip suyundaki değer benzerlik gösterirken Kasım ve Nisan ayındaki değerlerde benzerlik göstermektedir. Ayrıca su kolonu boyunca en düşük Cr içerikleri Şubat'ta dip suyunda ölçülmüştür (Şekil 33).

4.1.2. Askıda Katı Maddede Adsorbe Olmuş Metaller

4.1.2.1. Demir (Fe)

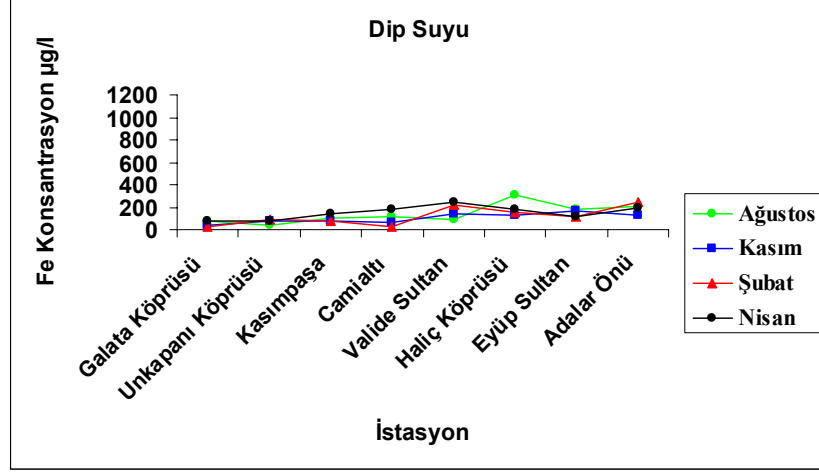
Yüzey suyunda askıda katı maddede Fe içerikleri sırasıyla Ağustos'ta 11 µg/l ile 243 µg/l; Kasım'da 44 µg/l ile 337 µg/l; Şubat'ta 37 µg/l ile 528 µg/l ve Nisan'da 59 µg/l ile 620 µg/l arasında değişmektedir (Şekil 34). Aylar arasında en yüksek değerler Nisan'da, en düşük değerler ise Ağustos'ta ölçülmüştür. Bölgesel olarak en yüksek içerikler Nisan ve Şubat ayında Adalar Sonu istasyonlarında bulunmuştur. Ağustos ve Şubat aylarındaki değişimler birbirine benzer seviyelerdedir.



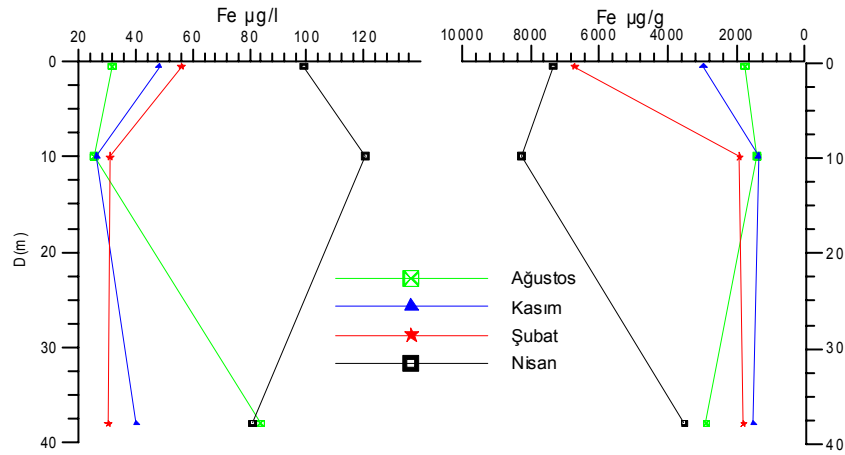
Şekil 34. Haliç boyunca yüzey suyunda askıda katı maddede Fe dağılımları.

Dip suyunda askıda katı maddede Fe içerikleri sırasıyla Ağustos'ta 42 µg/l ile 308 µg/l; Kasım'da 40 µg/l ile 164 µg/l; Şubat'ta 31 µg/l ile 247 µg/l ve Nisan'da 75 µg/l ile 239 µg/l arasında değişmektedir (Şekil 35). Aylar arasında en yüksek değerler Ağustos'ta, en düşük

değerler ise Şubat'ta ölçülmüştür. Bölgesel olarak en yüksek içerikler Ağustos ayında Haliç Köprüsü ve Nisan ayında Valide Sultan istasyonlarında bulunmuştur.

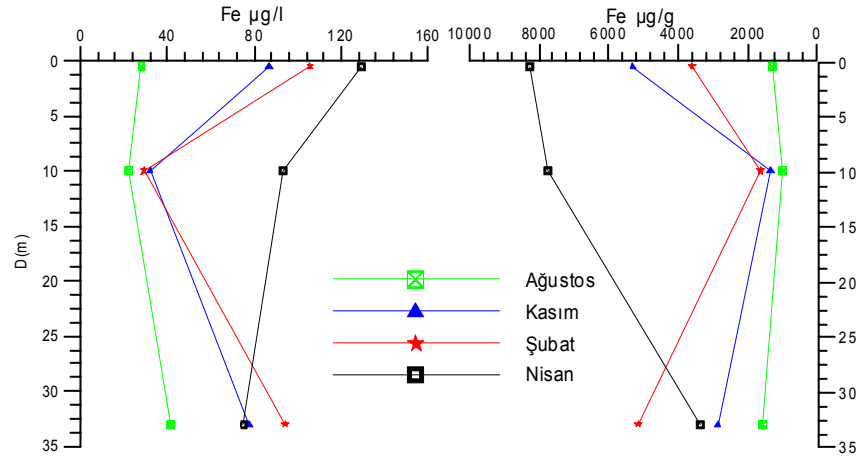


Şekil 35. Haliç boyunca dip suyunda askıda katı maddede Fe dağılımları.



Şekil 36. Galata Köprüsü Fe konsantrasyonu dikey dağılımı.

Dikey dağılımlarda Galata Köprüsü'nde Fe içerikleri için Ağustos, Kasım, Şubat aylarında 10 m su derinliğinde bir azalma tespit edilirken, Nisan ayında bir artış gözlenmiştir. Bununla birlikte Ağustos ayında dip suda ani bir artış gözlenirken, Nisan ayında ani bir düşüş tespit edilmiştir. Aylar arası değişimler incelendiğinde su kolonu boyunca en yüksek değerlerin Nisan ayında 10m su derinliğinde ölçüldüğü görülmüştür (Şekil 36).

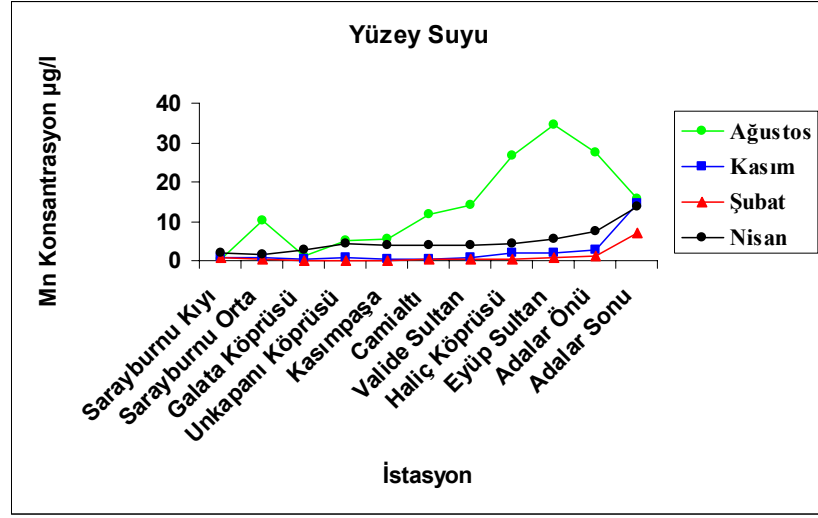


Şekil 37. Unkapanı Köprüsü Fe konsantrasyonu dikey dağılımı.

Unkapanı Köprüsü'nde en yüksek Fe içerikleri Nisan ayında gözlemlenmiştir. Aylar arası değişimler incelendiğinde su kolonu boyunca Fe değerleri 10 m su derinliğinde düşüş göstermiştir. Bununla birlikte dip su derinliğinde Ağustos, Kasım ve Şubat aylarında artış gözlenirken, Nisan ayında düşüş tespit edilmiştir. Ayrıca su kolonu boyunca en düşük Fe içerikleri Ağustos'ta 10m su derinliğinde ölçülmüştür (Şekil 37).

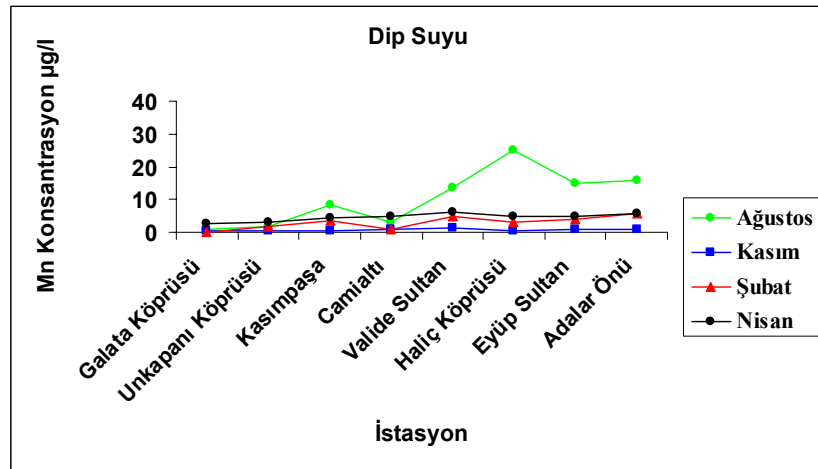
4.1.2.2. Manganez (Mn)

Yüzey suyunda askıda katı maddede Mn içerikleri sırasıyla Ağustos'ta 0.42 µg/l ile 34.4 µg/l; Kasım'da 0.25 µg/l ile 14,39 µg/l; Şubat'ta 0.11 µg/l ile 6.98 µg/l ve Nisan'da 1.72 µg/l ile 13.64 µg/l arasında değişmektedir (Şekil 38). Aylar arasında en yüksek değerler Ağustos'ta, en düşük değerler ise Şubat'ta ölçülmüştür. Bölgesel olarak en yüksek içerikler Ağustos ayında Eyüp Sultan ve Adalar Önü istasyonlarında bulunmuştur. Kasım ve Şubat aylarındaki değişimler birbirine benzer seviyelerdedir.

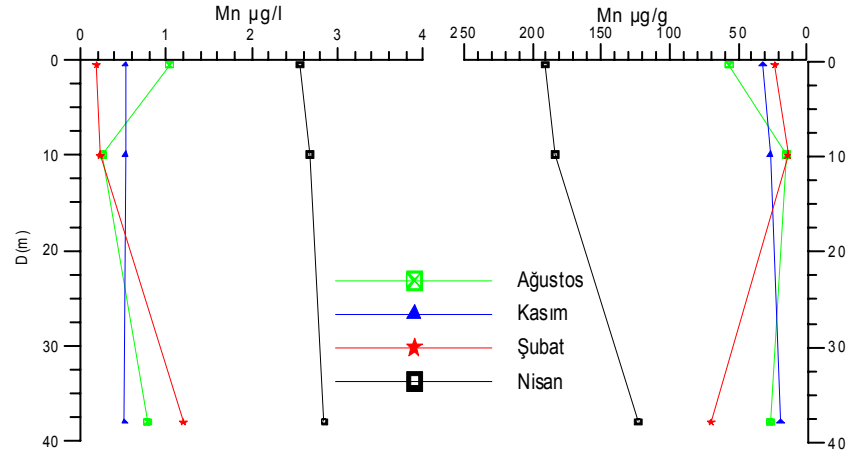


Şekil 38. Haliç boyunca yüzey suyunda askıda katı maddede Mn dağılımları.

Dip suyunda askıda katı maddede Mn içerikleri sırasıyla Ağustos'ta 0.78 µg/l ile 25.2 µg/l; Kasım'da 0.25 µg/l ile 1.27 µg/l; Şubat'ta 0.02 µg/l ile 1.54 µg/l ve Nisan'da 2.85 µg/l ile 6.34 µg/l arasında değişmektedir (Şekil 39). Aylar arasında en yüksek değerler Ağustos'ta, en düşük değerler ise Şubat'ta ölçülmüştür. Bölgesel olarak en yüksek içerikler Ağustos ayında Haliç Köprüsü ve Nisan ayında Valide Sultan istasyonlarında bulunmuştur. Kasım ve Şubat aylarındaki değişimler birbirine benzer seviyelerdedir. Yine aynı şekilde Nisan ayında istasyonlar arasındaki değişimlere bakıldığında birbirine benzer seviyede değişimler gözlenmektedir.

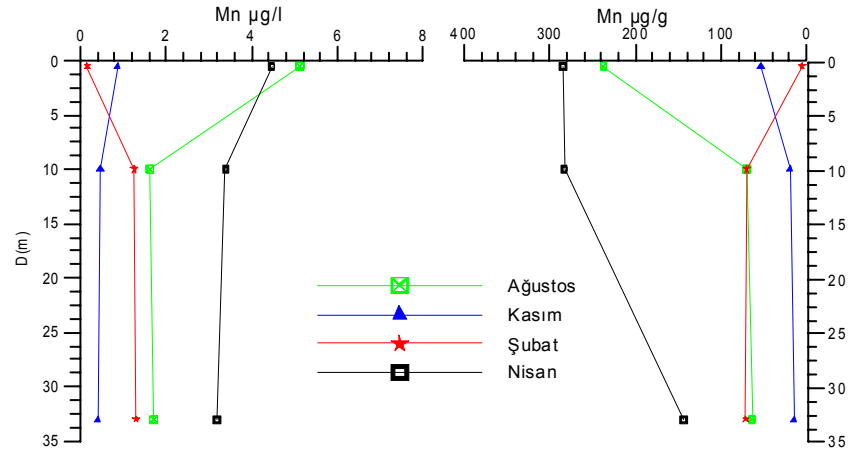


Şekil 39. Haliç boyunca dip suyunda askıda katı maddede Mn dağılımları.



Şekil 40. Galata Köprüsü Mn konsantrasyonu dikey dağılımı.

Dikey dağılımlarda Galata Köprüsü'nde Mn içerikleri için Ağustos ve Kasım aylarında 10 m su derinliğinde bir azalma tespit edilirken, Şubat ve Nisan ayında bir artış gözlenmiştir. Bununla birlikte Ağustos ve Şubat ayında dip suda ani bir artış gözlenmiştir. Aylar arası değişimler incelendiğinde su kolunu boyunca en yüksek değerlerin Nisan ayında dip su derinliğinde ölçüldüğü görülmüştür (Şekil 40).



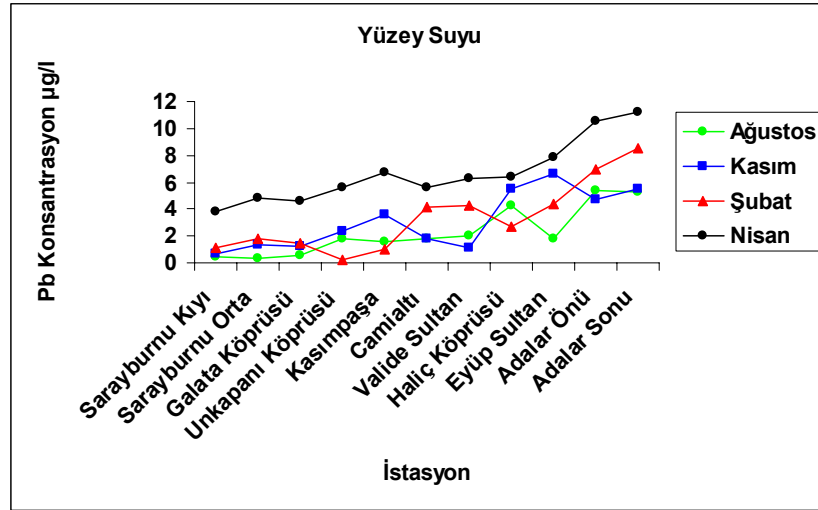
Şekil 41. Unkapanı Köprüsü Mn konsantrasyonu dikey dağılımı.

Unkapanı Köprüsü'nde en yüksek Mn içerikleri Ağustos ayında gözlemlenmiştir. Aylar arası değişimler incelendiğinde Ağustos, Kasım ve Nisan aylarında su kolunu boyunca Mn değerleri 10 m su derinliğinde düşüş gösterirken, Şubat ayında artış tespit edilmiştir. Bununla birlikte dip su derinliğinde Ağustos ve Şubat aylarında benzer bir değişim gözlenirken, Kasım

ve Nisan ayında düşüş tespit edilmiştir. Ayrıca su kolonu boyunca en düşük Mn içerikleri Şubat'ta yüzey suyunda ölçülmüştür (Şekil 41).

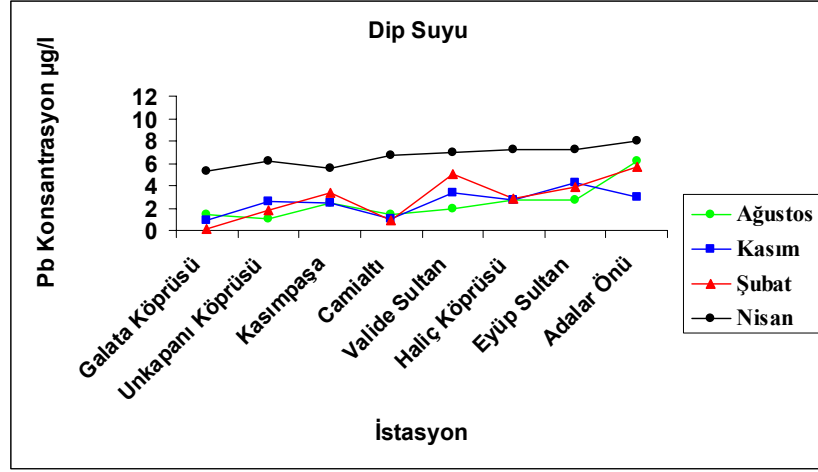
4.1.2.3. Kurşun (Pb)

Yüzey suyunda askıda katı maddede Pb içerikleri sırasıyla Ağustos'ta 0.34 µg/l ile 5.33 µg/l; Kasım'da 0.69 µg/l ile 6.6 µg/l; Şubat'ta 0.23 µg/l ile 8.57 µg/l ve Nisan'da 3.79 µg/l ile 11.16 µg/l arasında değişmektedir (Şekil 42). Aylar arasında en yüksek değerler Nisan'da, en düşük değerler ise Şubat'ta ölçülmüştür. Bölgesel olarak en yüksek içerikler Nisan ve Şubat ayında Adalar Sonu istasyonlarında bulunmuştur.

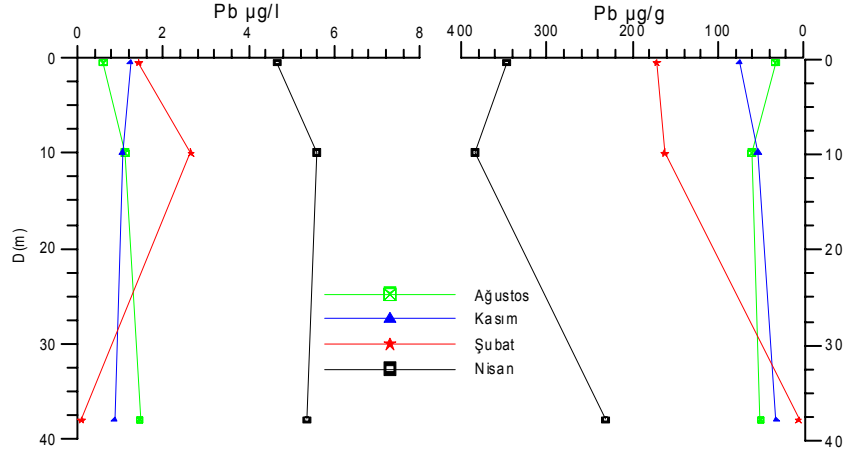


Şekil 42. Haliç boyunca yüzey suyunda askıda katı maddede Pb dağılımları.

Dip suyunda askıda katı maddede Pb içerikleri sırasıyla Ağustos'ta 1.07 µg/l ile 6.17 µg/l; Kasım'da 0.86 µg/l ile 4.24 µg/l; Şubat'ta 0.1 µg/l ile 5.73 µg/l ve Nisan'da 5.35 µg/l ile 7.94 µg/l arasında değişmektedir (Şekil 43). Aylar arasında en yüksek değerler Nisan'da, en düşük değerler ise Şubat'ta ölçülmüştür. Bölgesel olarak en yüksek içerikler Nisan ve Ağustos ayında Adalar Önü istasyonlarında bulunmuştur.

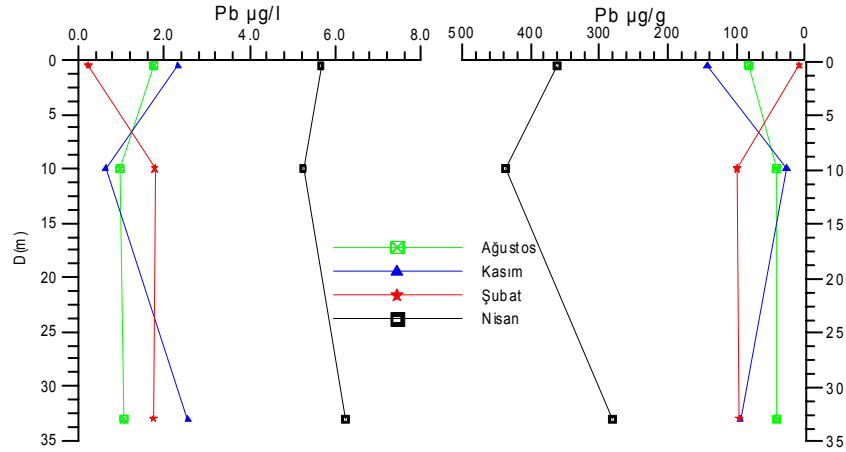


Şekil 43. Haliç boyunca dip suyunda askıda katı maddede Pb dağılımları.



Şekil 44. Galata Köprüsü Pb konsantrasyonu dikey dağılımı.

Dikey dağılımlarda Galata Köprüsü'nde Pb içerikleri için Kasım ayında 10 m su derinliğinde bir azalma tespit edilirken, Ağustos, Şubat ve Nisan ayında bir artış gözlenmiştir. Bununla birlikte Ağustos ayında dip suda bir artış gözlenirken, Kasım, Şubat ve Nisan aylarında bir azalma tespit edilmiştir. Aylar arası değişimler incelendiğinde su kolunu boyunca en yüksek değerlerin Nisan ayında 10m su derinliğinde ölçüldüğü görülmüştür (Şekil 44).

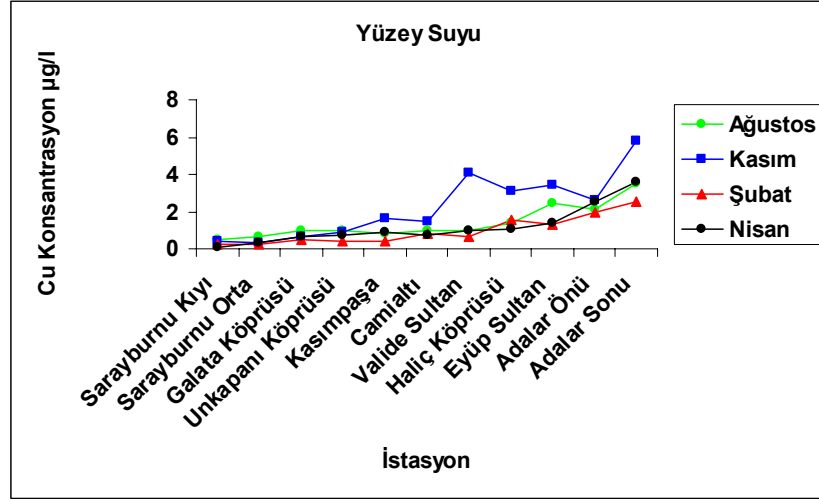


Şekil 45. Galata Köprüsü Pb konsantrasyonu dikey dağılımı.

Unkapanı Köprüsü'nde en yüksek Pb içerikleri Nisan ayında gözlemlenmiştir. Aylar arası değişimler incelendiğinde Ağustos, Kasım ve Nisan aylarında su kolonu boyunca Mn değerleri 10 m su derinliğinde düşüş gösterirken, Şubat ayında artış tespit edilmiştir. Bununla birlikte dip su derinliğinde Ağustos ve Şubat aylarında benzer bir değişim gözlenirken, Kasım ve Nisan ayında artış tespit edilmiştir. Ayrıca su kolonu boyunca en düşük Pb içerikleri Şubat'ta yüzey suyunda ölçülmüştür (Şekil 45).

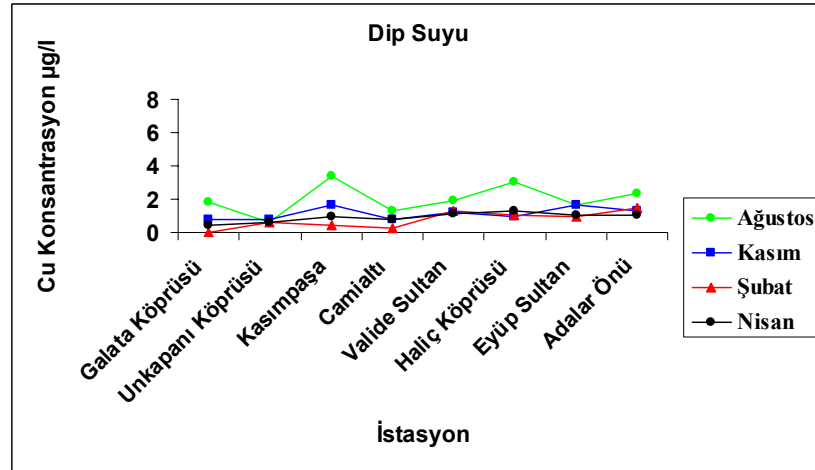
4.1.2.4. Bakır (Cu)

Yüzey suyunda askıda katı maddede Cu içerikleri sırasıyla Ağustos'ta 0.52 µg/l ile 3.51 µg/l; Kasım'da 0.3 µg/l ile 5.77 µg/l; Şubat'ta 0.22 µg/l ile 2.52 µg/l ve Nisan'da 0.12 µg/l ile 3.56 µg/l arasında değişmektedir (Şekil 46). Aylar arasında en yüksek değerler Kasım'da, en düşük değerler ise Nisan'da ölçülmüştür. Bölgesel olarak en yüksek içerikler Kasım ayında Valide Sultan ve Adalar Sonu istasyonlarında bulunmuştur.

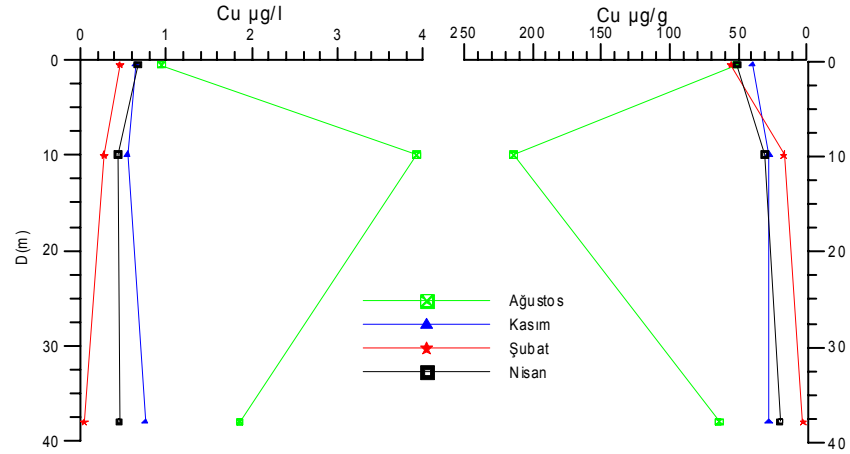


Şekil 46. Haliç boyunca yüzey suyunda askıda katı maddede Cu dağılımları.

Dip suyunda askıda katı maddede Cu içerikleri sırasıyla Ağustos'ta 0.63 µg/l ile 3.35 µg/l; Kasım'da 0.75 µg/l ile 1.66 µg/l; Şubat'ta 0.04 µg/l ile 1.51 µg/l ve Nisan'da 0.45 µg/l ile 1.28 µg/l arasında değişmektedir (Şekil 47). Aylar arasında en yüksek değerler Ağustos'ta, en düşük değerler ise Şubat'ta ölçülmüştür. Bölgesel olarak en yüksek içerikler Ağustos ayında Kasımpaşa ve Haliç Köprüsü istasyonlarında bulunmuştur.

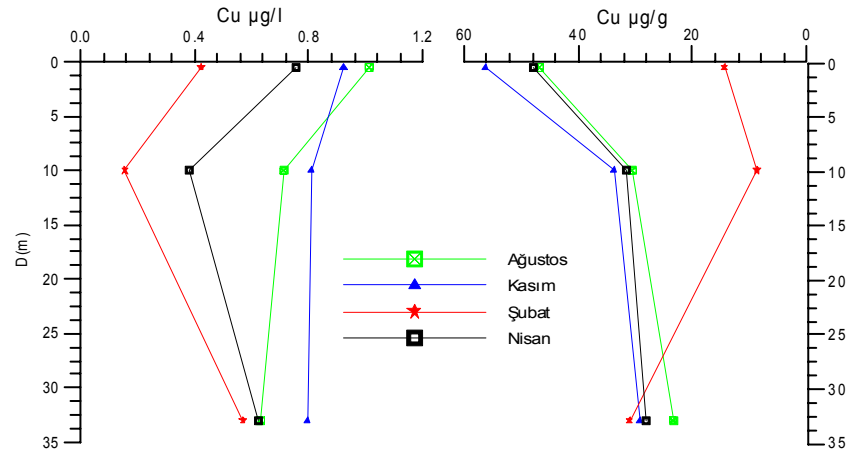


Şekil 47. Haliç boyunca dip suyunda askıda katı maddede Cu dağılımları.



Şekil 48. Galata Köprüsü Cu konsantrasyonu dikey dağılımı.

Dikey dağılımlarda Galata Köprüsü'nde Cu içerikleri için Kasım, Şubat ve Nisan ayında 10 m su derinliğinde bir azalma tespit edilirken, Ağustos ayında ani bir artış gözlemlenmiştir. Bununla birlikte Kasım ve Nisan ayında dip suda bir artış gözlenirken, Ağustos ve Şubat aylarında bir azalma tespit edilmiştir. Aylar arası değişimler incelendiğinde su kolonu boyunca en yüksek değerlerin Ağustos ayında 10m su derinliğinde ölçüldüğü görülmüştür (Şekil 48).



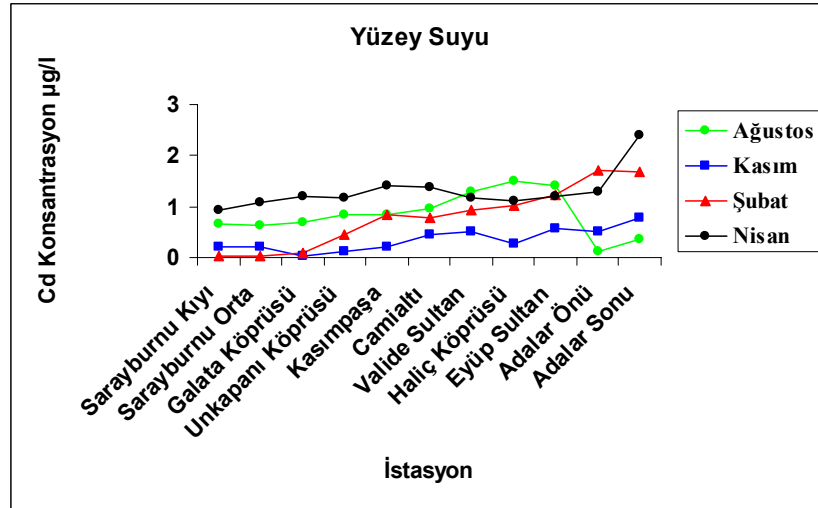
Şekil 49. Unkapanı Köprüsü Cu konsantrasyonu dikey dağılımı.

Unkapanı Köprüsü'nde en yüksek Cu içerikleri Ağustos ayında gözlemlenmiştir. Aylar arası değişimler incelendiğinde 10 m su derinliğinde Cu değerleri düşüş göstermiştir. Bununla birlikte Şubat ve Nisan aylarında dip su derinliğinde artış gözlenirken, Ağustos ve Kasım

aylarında bir düşüş gözlenmiştir. Ayrıca su kolonu boyunca en düşük Cu içerikleri Şubat'ta 10m su derinliğinde ölçülmüştür (Şekil 49).

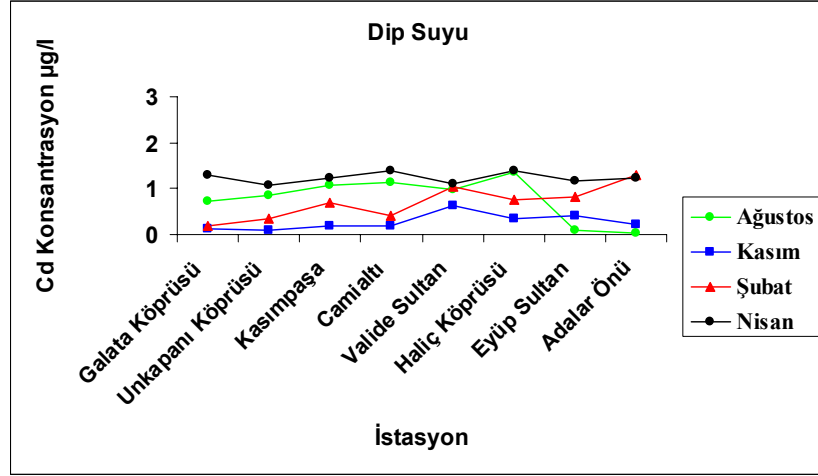
4.1.2.5. Kadmiyum (Cd)

Yüzey suyunda askıda katı maddede Cd içerikleri sırasıyla Ağustos'ta 0.11 µg/l ile 1.51 µg/l; Kasım'da 0.03 µg/l ile 0.78 µg/l; Şubat'ta 0.02 µg/l ile 1.71 µg/l ve Nisan'da 0.94 µg/l ile 2.39 µg/l arasında değişmektedir (Şekil 50). Aylar arasında en yüksek değerler Nisan'da, en düşük değerler ise Şubat'da ölçülmüştür. Bölgesel olarak en yüksek içerikler Nisan ayında Adalar Sonu ve Şubat ayında Adalar Önü istasyonlarında bulunmuştur.

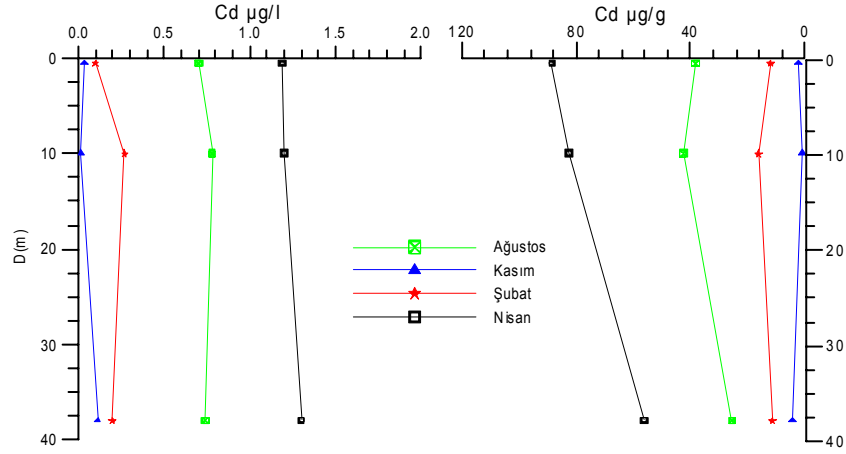


Şekil 50. Haliç boyunca yüzey suyunda askıda katı maddede Cd dağılımları.

Dip suyunda askıda katı maddede Cd içerikleri sırasıyla Ağustos'ta 0.02 µg/l ile 1.37 µg/l; Kasım'da 0.1 µg/l ile 0.63 µg/l; Şubat'ta 0.2 µg/l ile 1.3 µg/l ve Nisan'da 1.09 µg/l ile 1.4 µg/l arasında değişmektedir (Şekil 51). Aylar arasında en yüksek değerler Nisan'da, en düşük değerler ise Ağustos'ta ölçülmüştür. Bölgesel olarak en yüksek içerikler Nisan ayında Camialtı ve Haliç Köprüsü istasyonlarında bulunmuştur.

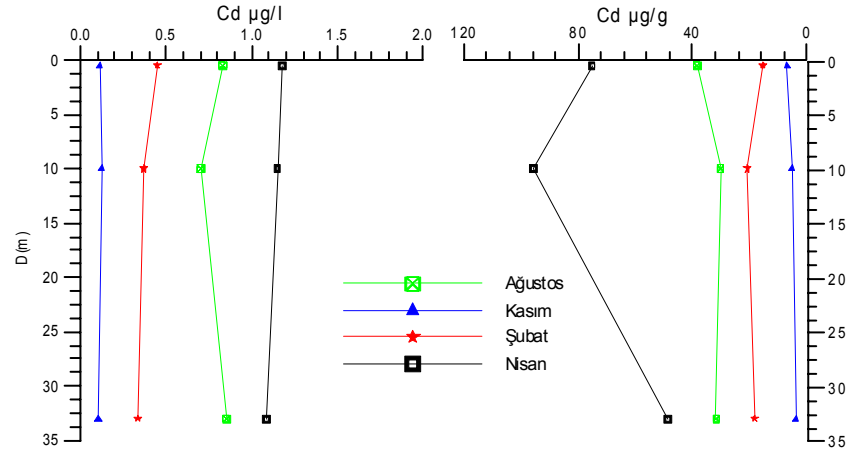


Şekil 51. Haliç boyunca dip suyunda askıda katı maddede Cd dağılımları.



Şekil 52. Galata Köprüsü Cd konsantrasyonu dikey dağılımı.

Dikey dağılımlarda Galata Köprüsü'nde Cd içerikleri için Kasım ayında 10 m su derinliğinde bir azalma tespit edilirken, Ağustos, Şubat ve Nisan ayında bir artış gözlenmiştir. Bununla birlikte Kasım ve Nisan ayında dip suda bir artış gözlenirken, Ağustos ve Şubat aylarında bir azalma tespit edilmiştir. Aylar arası değişimler incelendiğinde su kolonu boyunca en yüksek değerlerin Nisan ayında dip su derinliğinde ölçüldüğü görülmüştür (Şekil 52).

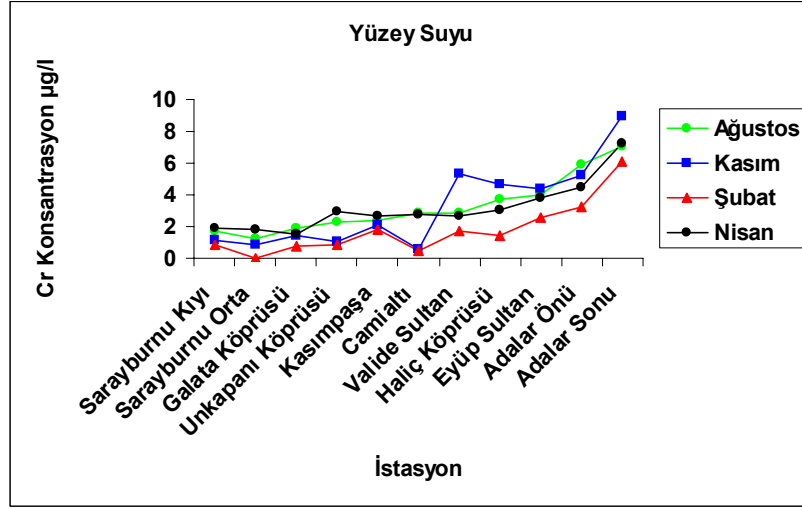


Şekil 53. Unkapanı Köprüsü Cd konsantrasyonu dikey dağılımı.

Unkapanı Köprüsü'nde en yüksek Cd içerikleri Nisan ayında gözlemlenmiştir. Aylar arası değişimler incelendiğinde Ağustos, Şubat ve Nisan aylarında 10 m su derinliğinde Cd değerleri düşüş göstermiştir. Bununla birlikte Kasım, Şubat ve Nisan aylarında dip su derinliğinde bir azalma gözlenirken, Ağustos ayında bir artış gözlemlenmiştir. Ayrıca su kolunu boyunca en düşük Cd içerikleri Kasım'da dip su derinliğinde ölçülmüştür (Şekil 53).

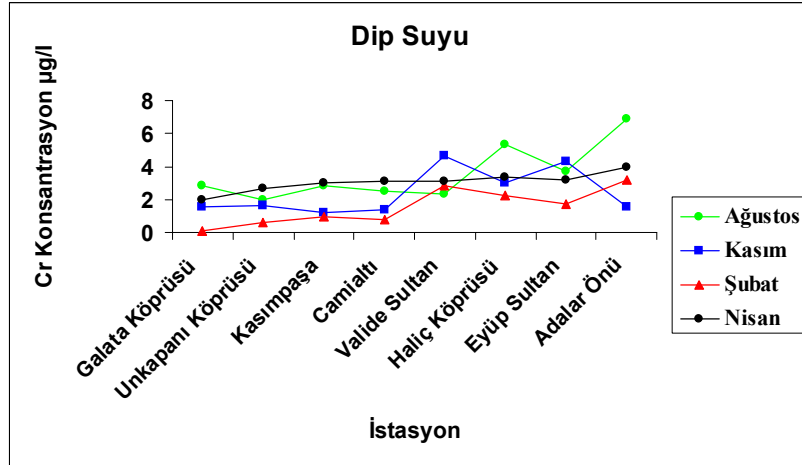
4.1.2.6. Krom (Cr)

Yüzey suyunda askıda katı maddede Cr içerikleri sırasıyla Ağustos'ta 1.2 µg/l ile 7.03 µg/l; Kasım'da 0.53 µg/l ile 8.93 µg/l; Şubat'ta <0.01µg/l ile 6.12 µg/l ve Nisan'da 1.55 µg/l ile 7.22 µg/l arasında değişmektedir (Şekil 54). Aylar arasında en yüksek değerler Kasım'da, en düşük değerler ise Şubat'da ölçülmüştür. Bölgesel olarak en yüksek içerikler Kasım ve Nisan aylarında Adalar istasyonunda bulunmuştur.

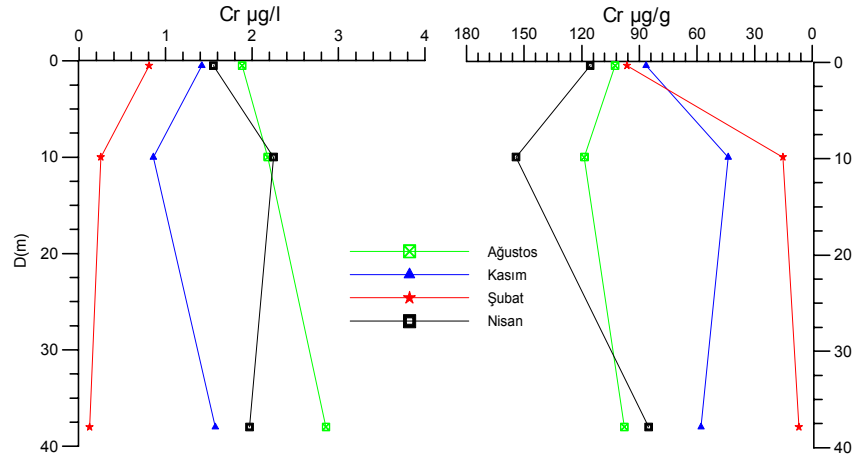


Şekil 54. Haliç boyunca yüzey suyunda askıda katı maddede Cr dağılımları.

Dip suyunda askıda katı maddede Cr içerikleri sırasıyla Ağustos'ta 1.98 µg/l ile 6.86 µg/l; Kasım'da 1.17 µg/l ile 4.65 µg/l; Şubat'ta 0.12 µg/l ile 3.17 µg/l ve Nisan'da 1.97 µg/l ile 3.93 µg/l arasında değişmektedir (Şekil 55). Aylar arasında en yüksek değerler Ağustos'ta, en düşük değerler ise Şubat'ta ölçülmüştür. Bölgesel olarak en yüksek içerikler Ağustos ayında Haliç Köprüsü ve Adalar Önü istasyonlarında bulunmuştur.

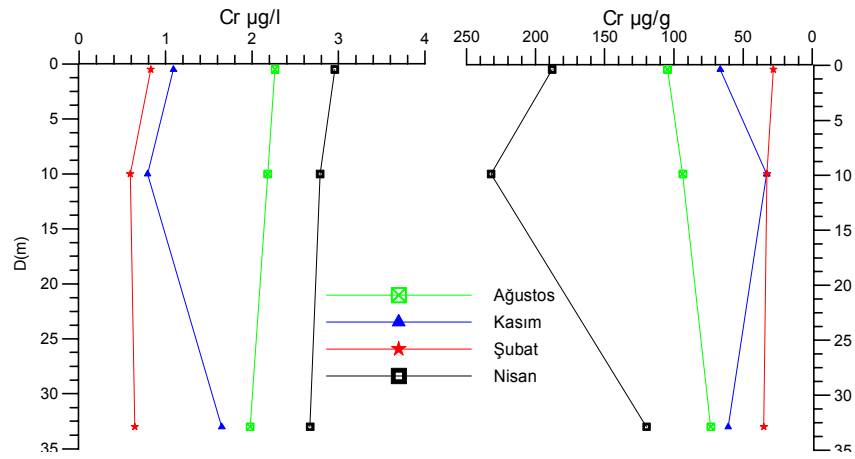


Şekil 55. Haliç boyunca dip suyunda askıda katı maddede Cr dağılımları.



Şekil 56. Galata Köprüsü Cr konsantrasyonu dikey dağılımı.

Dikey dağılımlarda Galata Köprüsü'nde Cr içerikleri için Kasım ve Şubat aylarında 10 m su derinliğinde bir azalma tespit edilirken, Ağustos ve Nisan ayında bir artış gözlemlenmiştir. Bununla birlikte Ağustos ve Kasım ayında dip suda bir artış gözlemlenirken, Ağustos ve Şubat aylarında bir azalma tespit edilmiştir. Aylar arası değişimler incelendiğinde su kolunu boyunca en yüksek değerlerin Ağustos ayında dip su derinliğinde ölçüldüğü görülmüştür (Şekil 56).



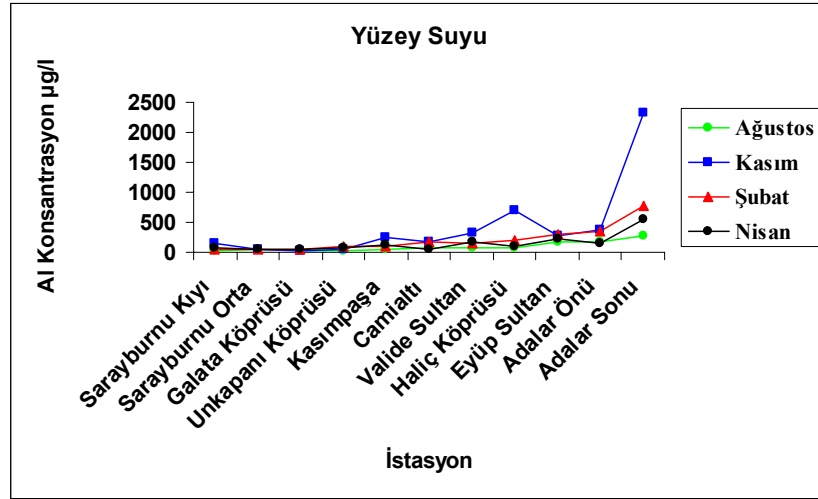
Şekil 57. Unkapanı Köprüsü Cr konsantrasyonu dikey dağılımı.

Unkapanı Köprüsü'nde en yüksek Cr içerikleri Nisan ayında gözlemlenmiştir. Aylar arası değişimler incelendiğinde Ağustos, Kasım, Şubat, Nisan aylarında 10 m su derinliğinde Cr değerleri düşüş göstermiştir. Bununla birlikte Ağustos ve Nisan aylarında dip su derinliğinde

bir azalma gözlenirken, Kasım ve Şubat ayında bir artış gözlenmiştir. Ayrıca su kolonu boyunca en düşük Cr içerikleri Şubat'ta 10 m su derinliğinde ölçülmüştür (Şekil 57).

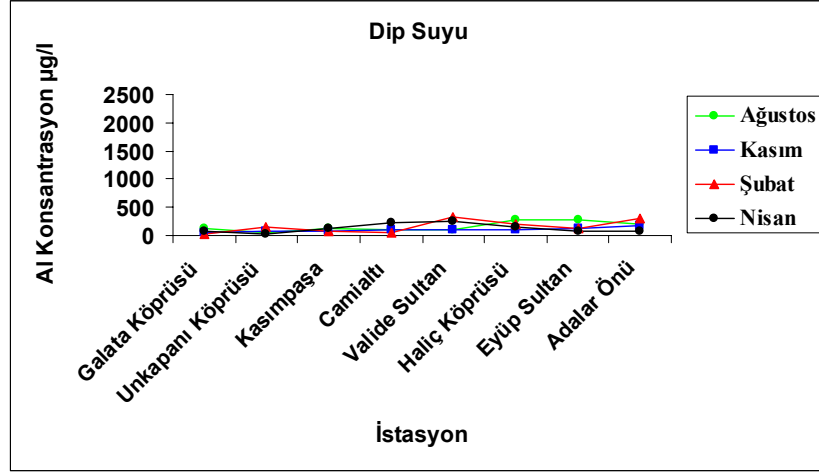
4.1.2.7. Alüminyum (Al)

Yüzey suyunda askıda katı maddede Al içerikleri sırasıyla Ağustos'ta 19.23 µg/l ile 268 µg/l; Kasım'da 36 µg/l ile 2319 µg/l; Şubat'ta 53 µg/l ile 775 µg/l ve Nisan'da 48 µg/l ile 549 µg/l arasında değişmektedir (Şekil 58). Aylar arasında en yüksek değerler Kasım'da, en düşük değerler ise Ağustos'ta ölçülmüştür. Bölgesel olarak en yüksek içerikler Kasım ve Şubat ayında Adalar Sonu istasyonlarında bulunmuştur.

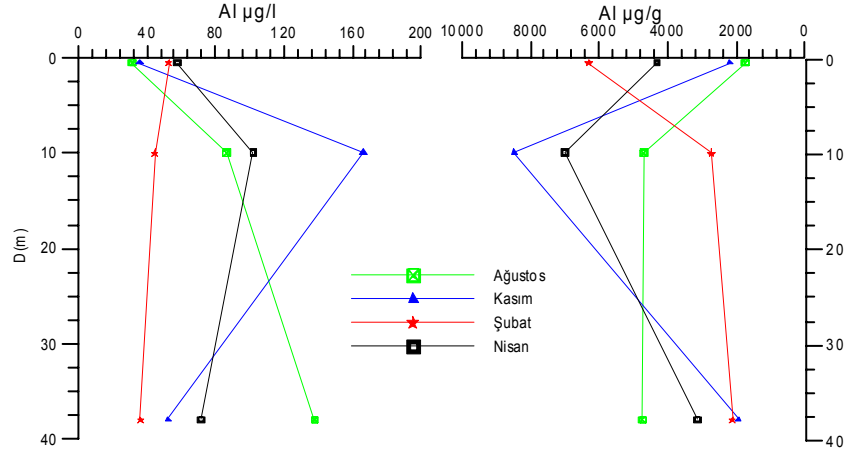


Şekil 58. Haliç boyunca yüzey suyunda askıda katı maddede Al dağılımları.

Dip suyunda askıda katı maddede Al içerikleri sırasıyla Ağustos'ta 46 µg/l ile 275 µg/l; Kasım'da 52 µg/l ile 168 µg/l; Şubat'ta 36 µg/l ile 324 µg/l ve Nisan'da 30 µg/l ile 264 µg/l arasında değişmektedir (Şekil 59). Aylar arasında en yüksek değerler Şubat'ta, en düşük değerler ise Nisan'da ölçülmüştür. Bölgesel olarak en yüksek içerikler Şubat ayında Valide Sultan ve Ağustos ayında Haliç Köprüsü istasyonlarında bulunmuştur.

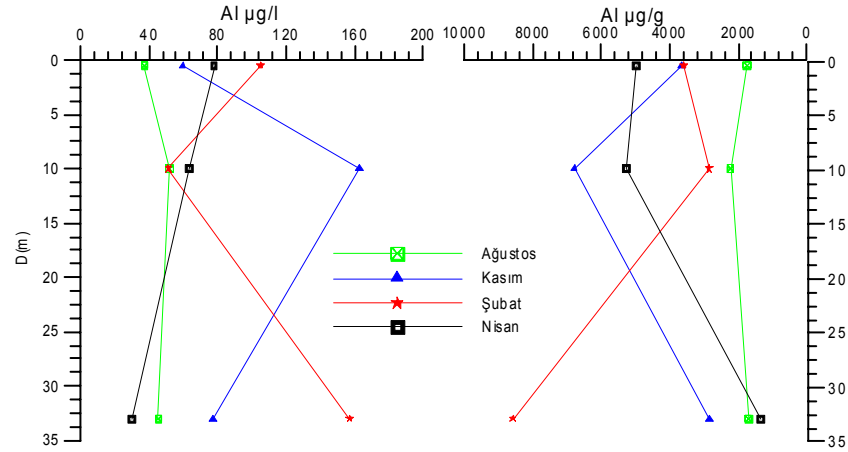


Şekil 59. Haliç boyunca dip suyunda askıda katı maddede Al dağılımları.



Şekil 60. Galata Köprüsü Al konsantrasyonu dikey dağılımı.

Dikey dağılımlarda Galata Köprüsü'nde Al içerikleri için Şubat ayında 10 m su derinliğinde bir azalma tespit edilirken, Ağustos, Kasım ve Nisan ayında bir artış gözlenmiştir. Bununla birlikte Ağustos ayında dip suda bir artış gözlenirken, Kasım, Şubat ve Nisan aylarında bir azalma tespit edilmiştir. Aylar arası değişimler incelendiğinde su kolunu boyunca en yüksek değerlerin Kasım ayında 10m su derinliğinde ölçüldüğü görülmüştür (Şekil 60).



Şekil 61. Unkapanı Köprüsü Al konsantrasyonu dikey dağılımı.

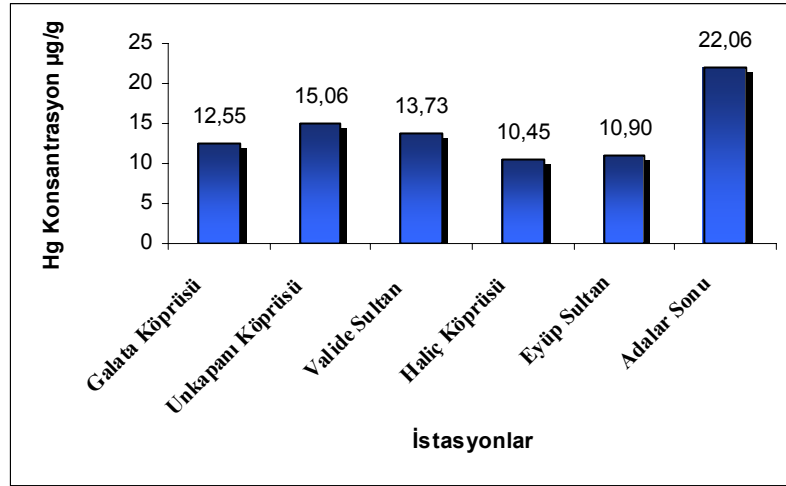
Unkapanı Köprüsü'nde en yüksek Al içerikleri Şubat ayında gözlemlenmiştir. Aylar arası değişimler incelendiğinde Şubat ve Nisan aylarında 10 m su derinliğinde Al değerleri düşüş gösterirken, Ağustos ve Kasım aylarında bir artış gözlenmektedir. Bununla birlikte Ağustos, Kasım ve Nisan aylarında dip su derinliğinde bir azalma gözlenirken, Şubat ayında ani bir artış gözlenmiştir. Ayrıca su kolonu boyunca en düşük Al içerikleri Nisan'da dip su derinliğinde ölçülmüştür (Şekil 61).

4.2. Yüze Sedimentlerinde Toplam Metal Dağılımları

4.2.1. Civa (Hg)

Yüze sedimetlerinde civa değerleri 10.45-22.06 µg/g arasında değişmektedir (Şekil 62). Ortalama değer 14,1 µg/g dır. Civa'nın diğer metallerle olan korelasyonlarında en yüksek pozitif değerleri Cu ($r = +0.67$), Cd ($r = +0,57$) ve Fe ($r = +0,54$) ile, en düşük pozitif değerleri ise Pb ($r = + 0.08$) ve Karbonat ($r = +0.03$) göstermektedir (Tablo 5).

Haliç boyunca tüm içerikler şeyl ortalamasının oldukça üzerindedir (Krauskopf, 1979). Adalar Sonu en yüksek değerle dikkati çekmektedir.

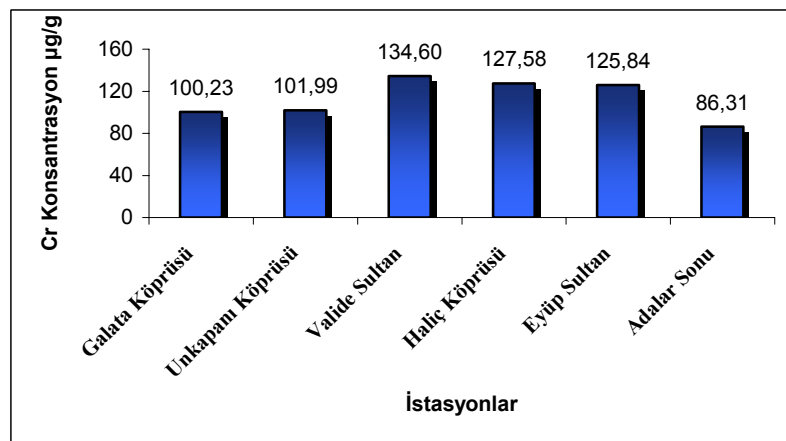


Şekil 62. Haliç boyunca yüzey sedimentlerinde toplam Hg dağılımları.

4.2.2. Krom (Cr)

Yüzey sedimentlerinde krom değerleri 86.31-134.6 $\mu\text{g/g}$ arasında değişmektedir (Şekil 63). Ortalama değer 112.75 $\mu\text{g/g}$ dır. Krom'un diğer metallerle olan korelasyonlarında en yüksek pozitif değerleri Cu ($r = +0.98$), C_{org} ($r = +0,86$) ve Hg ($r = +0,75$) ile, en düşük pozitif değerleri ise Fe ($r = + 0.07$) ve Al ($r = +0.1$) göstermektedir (Tablo 5).

Haliç boyunca tüm içerikler adalar sonu hariç şeyl ortalamasının üzerindedir (Krauskopf, 1979). Adalar Sonu en yüksek değerle dikkati çekmektedir.

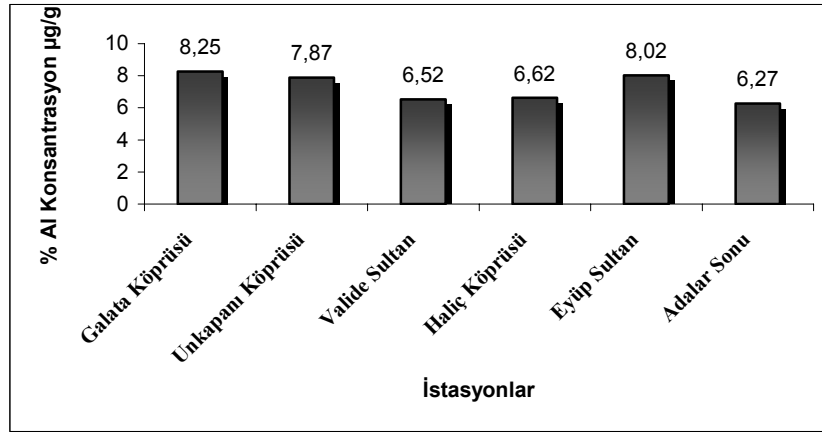


Şekil 63. Haliç boyunca yüzey sedimentlerinde toplam Cr dağılımları.

4.2.3. Alüminyum (Al)

Yüzey sedimentlerinde alüminyum değerleri %6.27-%8.25 $\mu\text{g/g}$ arasında değişmektedir (Şekil 64). Ortalama değer %7.2 $\mu\text{g/g}$ dır. Alüminyum'un diğer metallerle olan korelasyonlarında en yüksek pozitif değerleri Fe ($r = +0.98$), C_{org} ($r = +0.90$) ve CaCO_3 ($r = +0.54$) ile, en düşük pozitif değerleri ise Pb ($r = 0.0$) ve Cu ($r = +0.10$) göstermektedir (Tablo 5).

Haliç boyunca tüm içerikler şeyl ortalamasının oldukça üzerindedir (Krauskopf, 1979). Galata Köprüsü en yüksek değerle dikkati çekmektedir.

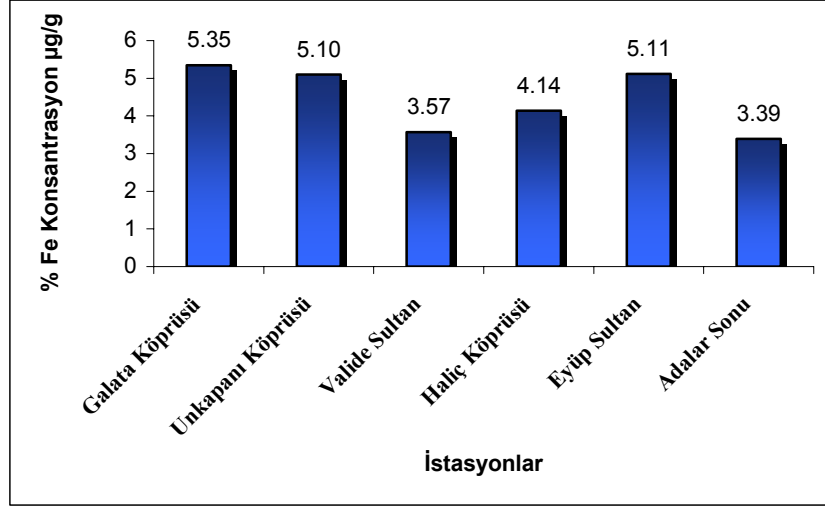


Şekil 64. Haliç boyunca yüzey sedimentlerinde toplam Al dağılımları.

4.2.4. Demir (Fe)

Yüzey sedimentlerinde demir değerleri %3.39-%5.35 $\mu\text{g/g}$ arasında değişmektedir (Şekil 65). Ortalama değer % 8.56 $\mu\text{g/g}$ dır. Demir'in diğer metallerle olan korelasyonlarında en yüksek pozitif değerleri C_{org} ($r = +0.84$) ile, en düşük pozitif değerleri ise Cu ($r = +0.09$) ve Pb ($r = +0.13$) göstermektedir (Tablo 5).

Haliç boyunca tüm içerikler şeyl ortalamasının oldukça üzerindedir (Krauskopf, 1979). Galata Köprüsü en yüksek değerle dikkati çekmektedir.

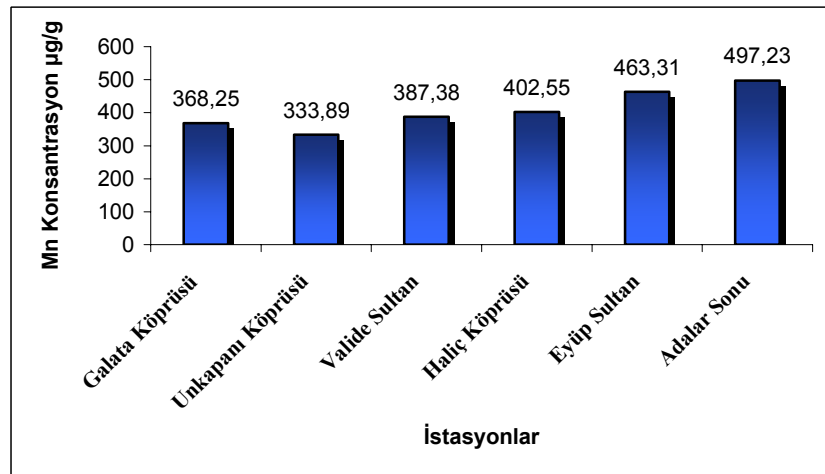


Şekil 65. Haliç boyunca yüzey sedimentlerinde toplam Fe dağılımları.

4.2.5. Mangan (Mn)

Yüzey sedimentlerinde mangan değerleri 333.89 - 497.23 µg/g arasında değişmektedir (Şekil 66). Ortalama değer 408.76 µg/g dır. Mangan'ın diğer metallerle olan korelasyonlarında en yüksek pozitif değerleri Cd ($r = +0.43$), CaCO_3 ($r = +0.46$) ile, en düşük pozitif değerleri ise Cu ($r = +0.01$) ve C_{org} ($r = +0.09$) göstermektedir (Tablo 5).

Haliç boyunca tüm içerikler şeyl ortalamasının oldukça altındadır (Krauskopf, 1979). Adalar Sonu en yüksek değerle dikkati çekmektedir.

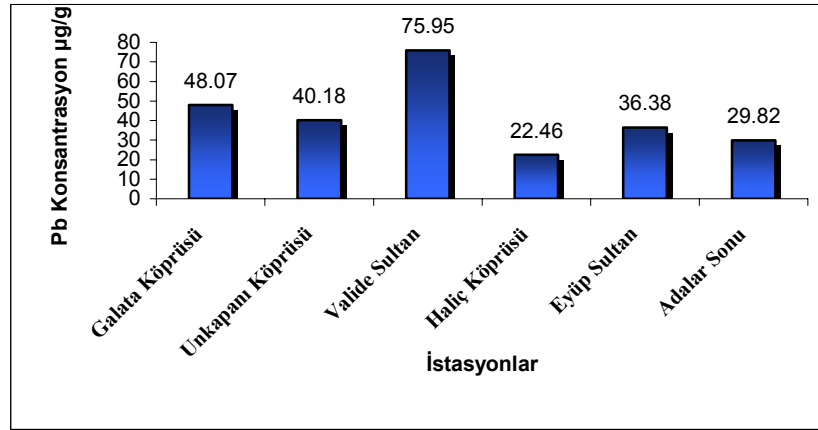


Şekil 66. Haliç boyunca yüzey sedimentlerinde toplam Mn dağılımları.

4.2.6. Kurşun (Pb)

Yüzey sedimentlerinde kurşun değerleri 22.46-75.95 $\mu\text{g/g}$ arasında değişmektedir (Şekil 67). Ortalama değer 42.14 $\mu\text{g/g}$ dır. Kurşun diğer metallerle olan korelasyonlarında genelde düşük değerlere rastlanmaktadır. En yüksek pozitif değerleri Cu ($r= +0.33$), Cu ($r= +0.23$) ile, en düşük pozitif değerleri ise Pb ($r= +0.08$) ve Karbonat ($r= +0.03$) göstermektedir (Tablo 5).

Haliç boyunca tüm içerikler şeyl ortalamasının oldukça üzerindedir (Krauskopf, 1979). Adalar Sonu en yüksek değerle dikkati çekmektedir.

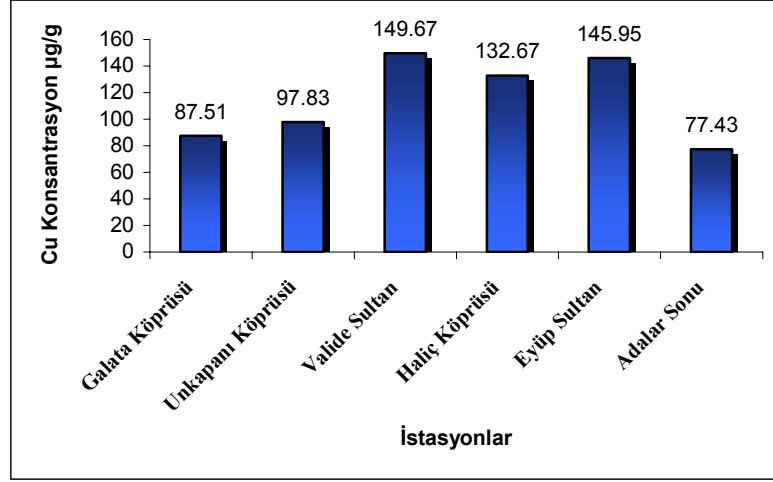


Şekil 67. Haliç boyunca yüzey sedimentlerinde toplam Pb dağılımları.

4.2.7. Bakır (Cu)

Yüzey sedimentlerinde bakır değerleri 77.43-149.67 $\mu\text{g/g}$ arasında değişmektedir (Şekil 68). Ortalama değer 115.17 $\mu\text{g/g}$ dır. Bakır diğer metallerle, Corg ve CaCO_3 'le olan korelasyonlarında yüksek değerlerle karşılaşılmıştır. Karşılaşılan değerleri Cd ($r= +0.56$), CaCO_3 ($r= +0.61$) ve C_{org} ($r= +0.86$) olarak sıralayabiliriz (Tablo 5).

Haliç boyunca yüzey sedimentlerindeki tüm bakır içerikleri şeyl ortalamasının oldukça üzerindedir (Krauskopf, 1979). Valide Sultan Köprüsü en yüksek değerle dikkati çekmektedir.

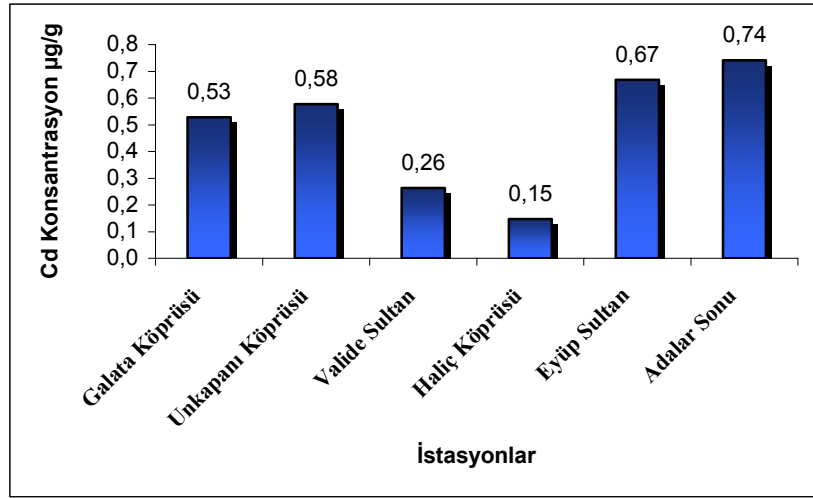


Şekil 68. Haliç boyunca yüzey sedimentlerinde toplam Cu dağılımları.

4.2.8. Kadmiyum (Cd)

Yüzey sedimentlerinde kadmiyum değerleri 0.15-0.74 µg/g arasında değişmektedir (Şekil 69). Ortalama değer 0.48 µg/g dır. Kadmiyum'un diğer metaller, C_{org} ve $CaCO_3$ 'le olan korelasyonlarında en yüksek pozitif değeri C_{org} ($r = +0.70$) ile, en düşük pozitif değerleri ise $CaCO_3$ ($r = +0.14$) ile göstermektedir (Tablo 5).

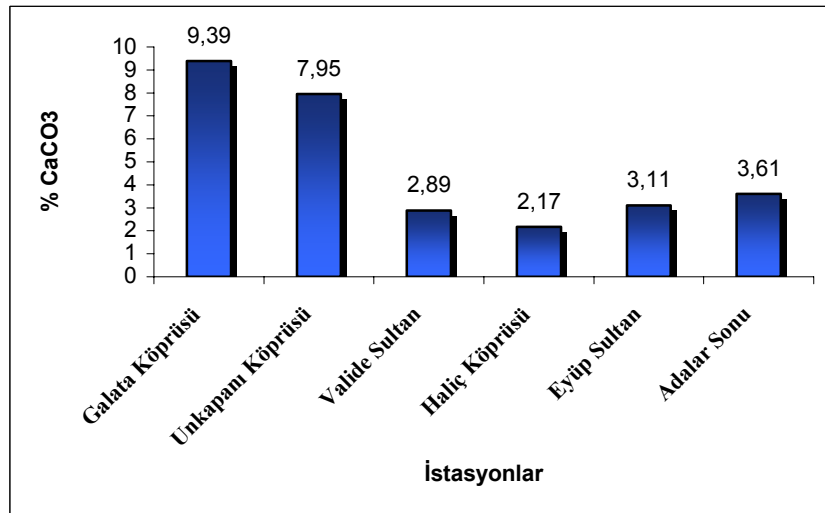
Haliç boyunca tüm bakır içerikleri Galata Köprüsü, Unkapanı Köprüsü, Eyüp Sultan ve Adalar Sonu istasyonlarından alınan yüzey sedimentlerinde şeyl ortalamasının üzerindedir (Krauskopf, 1979). Adalar Sonu en yüksek değerle dikkati çekmektedir.



Şekil 69. Haliç boyunca yüzey sedimentlerinde toplam Cd dağılımları.

4.2.9. Kalsiyum Karbonat (CaCO₃)

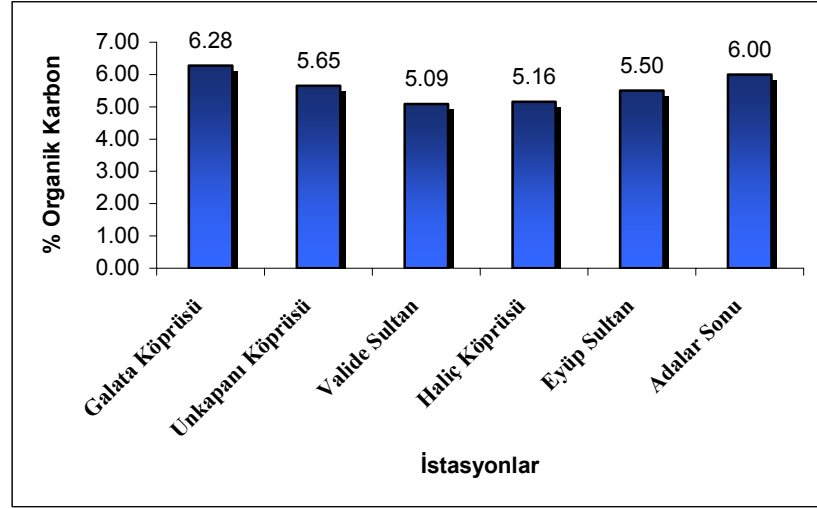
Yüzey sedimentlerinde kalsiyum karbonat içerikleri %2.17-%9.39 arasında değişmektedir (Şekil 70). Ortalama değer %4.85 dır. Galata Köprüsü en yüksek değerle dikkati çekmektedir.



Şekil 70. Haliç boyunca yüzey sedimentlerinde toplam CaCO₃ dağılımları.

4.2.10. Organik Karbon (%C_{org})

Yüzey sedimentlerinde organik karbon içerikleri %5.09-%6.28 arasında değişmektedir (Şekil 71). Ortalama değer %5.6 dır. Organik karbon, CaCO₃ (r=0.72) ile yüksek korelasyon göstermektedir (Tablo 5). Galata Köprüsü en yüksek değerle dikkati çekmektedir.



Şekil 71. Haliç boyunca yüzey sedimentlerinde toplam C_{org} dağılımları.

Tablo 5. Yüzey sedimentlerinde toplam metal değerlerinin toplam karbonat, organik karbon ve birbirleriyle korelasyonu.

	Cr	Hg	Al	Fe	Mn	Pb	Cu	Cd	C_{org}	CaCO₃	EF
Cr	1.00	0.75	0.10	0.07	0.15	0.36	0.98	0.70	0.86	0.49	1.2 – 1.54
Hg		1.00	0.46	0.54	0.43	0.08	0.67	0.57	0.43	0.03	38.3 – 102.1
Al			1.00	0.98	0.42	0.07	0.10	0.35	0.90	0.54	*
Fe				1.00	0.47	0.13	0.09	0.25	0.84	0.51	1.05 - 1.27
Mn					1.00	0.37	0.01	0.43	0.09	0.46	0.5 – 0.8
Pb						1.00	0.33	0.23	0.21	0.12	1.2 – 4.3
Cu							1.00	0.56	0.86	0.61	2.1 – 3.4
Cd								1.00	0.70	0.14	0.5 – 3.4
C_{org}									1.00	0.72	*
CaCO₃										1.00	*

V. TARTIŞMA ve SONUÇ

Haliçler tatlı suyla tuzlu suyun karıştığı ve bünyesinde karasal, biyojenik ve antropojenik materyallerin hidrolojik koşullara göre değişim gösterdiği alanlardır (Ergin v.d.,1991). İstanbul için Haliç'in kirliliği önemli bir çevresel problemdir (İnanç v.d, 2001) . Metaller, son yıllarda endüstrilerde kullanılan metal ve metal alaşımları, depone alanlarından sızan atıksu ve düzensiz deşarjlar neticesinde su ekosisteminin bir parçası haline gelmiştir. Bu çalışmada Haliç'in su kalitesini belirlemek amacıyla suda , askıda katı maddede ve sedimentte metal içerikleri incelenmiştir.

Haliç boyunca Fe değerleri suda 15 - 428 µg/l, askıda katı maddede ise 11 – 1010 µg/l arasında değişmektedir. Bu içerikler elementlerin deniz suyundaki ortalama değerlerinin oldukça üzerindedir. Suda Fe içeriklerinin dikey dağılımları incelendiğinde Haliç boyunca genel olarak askıda katı maddede adsorbe olmuş formunda bulunduğu görülmüştür. Bu durumu özellikle birincil üretim dönemlerinde fitoplanktonların demiri kullanmaları ile ilişkilendirebiliriz.

Literatürde Haliç'te suda ve askıda katıda Fe konsantrasyonlarının tespit edildiği bir çalışma bulunmamaktadır. Ancak Balkıs, Şenol ve Aksu(2007) İzmit körfezinde yaptıkları çalışmada suda Fe konsantrasyonlarını 4 - 21 µg/l arasında değiştiğini gözlemlemişlerdir. Bu değerler Haliç ortamına göre oldukça düşük değerlerdir. Ayrıca Su kirliliği kontrol yönetmeliğine baktığımızda (Tablo 2) demir konsantrasyonu üzerine herhangi bir sınırlayıcı değer gözükmemektedir.

Haliç boyunca yüzey sedimentlerinde Fe içeriklerine baktığımızda % 3.39 - 5.35 arasında değişmektedir. Valide Sultan, Haliç Köprüsü ve Adalar Sonu istasyonlarından alınan örneklerde Fe içerikleri seyl ortalamasının altında kalırken, Galata Köprüsü, Unkapanı Köprüsü ve Eyüp Sultan istasyonlarında seyl ortalamasının üzerinde değerlerde tespit edilmiştir (%4.7)(Krauskopf,1979). Bunun yanında Fe derişimlerinin ölçüldüğü istasyonlarda C_{org} değerleri %5.09 - 6.28 arasında değişirken, CaCO₃ değerleri % 2.17 - 9.39 arasında değişmektedir. Ergin ve arkadaşları (1991) tarafından yapılan çalışmada C_{org} değeri %3.17-

5.49, CaCO₃ değeri %9-14 arasında tespit edilmiştir. Bu değerler de çalışmamızdaki değerlerle benzerlik göstermektedir

Sedimentte ölçülen %Fe ve C_{org} değerleri arasındaki korelasyona bakıldığında korelasyon sabitinin r=+0.86 olduğu görülmektedir (Tablo 5). Haliç sedimenti bu bilgiler ışığında yoğun organik madde içeriğiyle dikkati çekmektedir. Kuvvetli pozitif korelasyon sabiti de Fe' in büyük bir kısmının organik maddeye adsorbe olmuş şekilde bulunduğunu göstermektedir. Ayrıca Fe' in Al'a göre normalizasyonu yapıldığında elde edilen EF değerlerinin 1.05 - 1.27 arasında değiştiği görülmektedir (Tablo 5). Bu bize sedimentte bulunan Fe'in antropojenik kaynaklı olduğunu göstermektedir.

Haliçte sedimentte metal kirliliği üzerine yapılan çalışmalara baktığımızda Tuncer ve arkadaşları (2001) %5.51, Ergin ve arkadaşları (1989) %2.9 - 4.3, Gönüllü ve arkadaşları (2001) ortalama %5, Altuğ ve Balkıs (2003) yılında yaptıkları araştırmalarda ise %2.7 olarak tespit etmişlerdir. Çalışmamızda bulunan değerler literatürdeki değerlerle karşılaştırıldığında bazı dönemlerde bu değerlerin aşıldığı gözlenmektedir.

Haliç boyunca Mn değerleri suda 0.14 – 133 µg/l, askıda katı maddede ise 0.11 – 25.2 µg/l arasında değişmektedir. Bu içerikler elementlerin deniz suyundaki ortalama değerlerinin oldukça üzerindedir. Suda Mn konsantrasyonlarının dikey dağılımları incelendiğinde Haliç boyunca genel olarak suda çözünmüş formunda bulunduğu görülmüştür. Bu durum Haliç sedimentinde anoksik koşulların hakim olmasıyla ilişkilidir. Çünkü anoksik koşullarda sedimentte çökelen mangan indirgenerek çözünür ve su kolonuna geçişler olur.

Literatürde Haliç'te suda ve askıda katı maddede Mn içeriklerinin tespit edildiği bir çalışma bulunmamaktadır. Ancak Balkıs, Şenol ve Aksu(2007) İzmit körfezinde yaptıkları çalışmada suda Mn konsantrasyonlarını 1 - 123 µg/l arasında değiştiğini gözlemlemişlerdir. Bulunan bu değerler Haliç ortamıyla benzerlik göstermektedir. Özellikle Körfezin orta ve iç kesimlerinde sülfürlü seviyelerde suda çözünmüş mangan içeriklerinde artışlar görülmüştür.

Haliç boyunca sedimentte Mn içeriklerine baktığımızda 333 - 497µg/g arasında değişmektedir.Örnekleme yapılan tüm istasyonlardaki Mn değerleri şeyl ortalamasının altında kalmaktadır (800µg/g)(Krauskopf,1979). Bu bize Mn'nın indirgeyici koşullar altındaki

sedimentte indirgenerek suya geçtiğini göstermektedir. Sedimentte ölçülen Mn ve Corg değerleri birbiri arasında korelasyona tabi tutulduğunda korelasyon sabitinin $r=+0.09$ olduğu görülmektedir (Tablo 5). Ayrıca Mn'nin Al'a göre normalizasyonu yapıldığında elde edilen EF değerleri 0.5 - 0.8 arasında değişmektedir (Tablo 5). Buda bize sedimentte bulunan Mn'nin karasal kökenli olduğunu göstermektedir.

Haliçte sedimentte metal kirliliği üzerine yapılan çalışmalara baktığımızda Tuncer ve arkadaşları (2001) 450 $\mu\text{g/g}$, Ergin ve arkadaşları (1989) 407 - 642 $\mu\text{g/g}$, Altuğ ve Balkıs 2003 yılında yaptıkları çalışmada ise ortalama 405 $\mu\text{g/g}$ olarak tespit etmişlerdir. Çalışmamızda bulunan değerler literatürdeki değerlerle karşılaştırıldığında daha önceki araştırmalarla benzerlik göstermektedir.

Haliç boyunca Cu değerleri suda 0.19 – 29.57 $\mu\text{g/l}$, askıda katı maddede ise 0.04 – 5.77 $\mu\text{g/l}$ arasında değişmektedir. Bu içerikler elementlerin deniz suyundaki ortalama değerlerinin oldukça üzerindedir (Krauskopf, 1979).

Suda çözülmüş Cu içeriklerinin dikey dağılımları incelendiğinde Haliç boyunca genel olarak Ağustos, Kasım, Şubat aylarında suda çözülmüş olarak bulunurken Nisan ayında Galata Köprüsü istasyonu itibariyle iç kısımlara doğru askıda katı maddede adsorbe olmuş formunda bulunduğu görülmüştür. Bu durumu özellikle birincil üretim dönemlerinde fitoplanktonların bakırı kullanmaları ile ilişkilendirebiliriz.

Literatürde Haliç'te suda Cu içeriklerinin, Haliç boyunca Köklü ve arkadaşları (1997) tarafından $<0.01 - 623 \mu\text{g/l}$ arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Bununla birlikte askıda katı maddede Cu içeriklerinin tespit edildiği bir çalışma bulunmamaktadır. Bunun yanında Balkıs, Şenol ve Aksu (2007) İzmit körfezinde yaptıkları çalışmada suda çözülmüş Cu konsantrasyonlarının 0.4 - 7.4 $\mu\text{g/l}$ arasında değiştiğini gözlemlemişlerdir.

Ayrıca bulduğumuz değerler su kirliliği kontrol yönetmeliğinde (Tablo 2) belirlenen deniz suyu kriterleriyle karşılaştırıldığında yönetmelikte belirtilen 10 $\mu\text{g/l}$ değerinin yüzey suyunda, Ağustos ayında; Sarayburnu Orta ve Adalar Sonu , Kasım ayında; Eyüp Sultan ve Adalar Sonu, dip suyunda ise Kasım ayında Kasımpaşa istasyonunda geçildiği gözlenmektedir.

Haliç boyunca yüzey sedimetlerinde Cu içeriklerine baktığımızda 77 - 149 µg/g arasında değişmektedir. Bu değerler şeyl ortalama değerinin oldukça üzerindedir (50µg/g) (Krauskopf,1979). Yüzey sedimentlerinin, sedimentte Cu ve Corg değerleri arasındaki korelasyon sabiti $r=+0.86$ olarak belirlenmiştir (Tablo 5). Haliç sedimenti bu bilgiler ışığında yoğun organik madde içeriğiyle dikkati çekmektedir. Kuvvetli pozitif korelasyon sabiti demire benzer şekilde, Cu' ın büyük bir kısmının organik maddeye adsorbe olmuş şekilde bulunduğunu göstermektedir. Ayrıca Cu' ın Al'a göre normalizasyonu yapıldığında elde edilen EF değerleri 2.1-3.4 arasında değişmektedir (Tablo 5) . Buda bize sedimentte bulunan Cu'ın antropojenik kaynaklı olarak zenginleşmiş olabileceğini göstermektedir.

Haliç'te sedimentte metal kirliliği üzerine yapılan çalışmalara baktığımızda Tuncer ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada sedimentte Cu içeriği 194 µg/g (Tuncer v.d.,2001), Ergin ve arkadaşları (1991) 337 - 4432 µg/g , Gönüllü ve arkadaşları (2001) ortalama 417 µg/g, Altuğ ve Balkıs 2003 yılında yaptıkları çalışmada ise ortalama 131 µg/g olarak tespit etmişlerdir. Çalışmamızda bulunan değerler literatürdeki değerlerle karşılaştırıldığında 1994 yılı itibariye yapılan dip kazıma çalışmasının da etkisiyle bir iyileşmenin gözlemlendiği söylenebilir.

Haliç boyunca Pb değerleri suda $<0.01 - 74$ µg/l, askıda katı maddede ise $0.1 - 11.2$ µg/l arasında değişmektedir. Bu içerikler elementlerin deniz suyundaki ortalama değerlerinin oldukça üzerindedir (Krauskopf, 1979).

Suda çözülmüş Pb içeriklerinin dikey dağılımları incelendiğinde Haliç boyunca genel olarak Ağustos, Kasım, Şubat aylarında suda çözülmüş olarak bulunurken, Nisan ayında Sarayburnu Kıyı istasyonu itibariyle iç kısımlara doğru askıda katı maddede adsorbe olmuş formunda bulunduğu görülmüştür.

Literatürde Haliç'te suda Pb konsantrasyonları Haliç boyunca Köklü ve arkadaşları (1997) tarafından $1.9 - 164$ µg/l arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Bununla birlikte askıda katı maddede Pb içeriklerinin tespit edildiği bir çalışma bulunmamaktadır. Bunun yanında Balkıs, Şenol ve Aksu (2007) İzmit körfezinde yaptıkları çalışmada suda çözülmüş Pb içeriklerinin $0.8-1.8$ µg/l arasında değiştiğini gözlemlemişlerdir.

Ayrıca bulduğumuz değerler su kirliliği kontrol yönetmeliğinde (Tablo 2) belirlenen deniz suyu kriterleriyle karşılaştırıldığında yönetmelikte belirtilen 100 µg/l değerinin altında kaldığı gözlenmektedir.

Haliç boyunca sedimette Pb içeriklerine baktığımızda 22 - 76 µg/g arasında değişmektedir. Bu içerikler şeyl ortalama değerinin oldukça üzerindedir (20µg/g)(Krauskopf, 1979).

Sedimentte ölçülen Pb içerikleri ve Corg değerleri arasında yapılan korelasyonda korelasyon sabitinin $r=+0.21$ olduğu görülmektedir (Tablo 5). Ayrıca Pb'nun Al'a göre normalizasyonu yapıldığında elde edilen EF değerleri 1.2 - 4.3 arasında değişmektedir (Tablo 5). Bu da bize sedimentte bulunan Pb'nun antropojenik kaynaklı olduğunu göstermektedir.

Haliçte sedimette metal kirliliği üzerine yapılan çalışmalara baktığımızda Tuncer ve arkadaşları yaptıkları çalışmada sedimentte Pb konsantrasyonunu 510 µg/g (Tuncer v.d.,2001), Ergin ve arkadaşları (1991) 141 - 578 µg/g , Gönüllü ve arkadaşları (2001) ortalama 203 µg/g , Altuğ ve Balkıs 2003 yılında yaptıkları çalışmada ise ortalama 81 µg/g olarak tespit etmişlerdir. Çalışmamızda bulunan değerler literatürdeki değerlerle karşılaştırıldığında 1997 yılı itibariye yapılan dip kazıma çalışmasında etkisiyle bir iyileşmenin gözlemlendiği söylenebilir.

Haliç boyunca Cr değerleri suda <0.01 ile 15.6 µg/l, askıda katı maddede ise <0.01 ile 8.9 µg/l arasında değişmektedir. Bu içerikler elementlerin deniz suyundaki ortalama değerlerinin oldukça üzerindedir (Krauskopf, 1979).

Suda Cr konsantrasyonlarının dikey dağılımları incelendiğinde Haliç boyunca genel olarak Ağustos, Kasım aylarında suda çözülmüş olarak bulunurken Şubat ayında Adalar Sonu ve Nisan ayında tüm istasyonlarda askıda katı maddede adsorbe olmuş formunda bulunduğu görülmüştür.

Literatürde Haliçte suda Cr konsantrasyonları, Haliç boyunca Köklü ve arkadaşları (1997) tarafından <0.01 ile 191 µg/l arasında değiştiğini gözlemlenmiştir. Bununla birlikte askıda katı maddede Cr konsantrasyonlarının tespit edildiği bir çalışma bulunmamaktadır.

Ayrıca bulduğumuz değerler su kirliliği kontrol yönetmeliğinde (Tablo 2) belirlenen deniz suyu kriterleriyle karşılaştırıldığında yönetmelikte belirtilen 100 µg/l değerinin altında kaldığı gözlenmektedir.

Haliç boyunca sedimette Cr içeriklerine baktığımızda 86-134 µg/g arasında değişmektedir. Bu içerikler şeyl ortalama değerinden Adalar Sonu istasyonu hariç oldukça üzerindedir (100µg/g)(Krauskopf, 1979).

Sedimentte ölçülen Cr içerikleri ve Corg değerleri birbiri arasında yapılan korelasyonda korelasyon sabitinin $r=+0.86$ olduğu görülmektedir (Tablo 5). Kuvvetli pozitif korelasyon Cr'un Cu ve Fe'e benzer şekilde daha çok organik maddeye bağlanmak suretiyle zenginleştiğini göstermektedir. Ayrıca Cr'un Al'a göre normalizasyonu yapıldığında elde edilen EF değerleri 1.2 - 1.54 arasında değişmektedir (Tablo 5). Buda bize sedimentte bulunan Cr'un antropojenik kaynaklı olduğunu göstermektedir.

Haliçte sedimette metal kirliliği üzerine yapılan çalışmalara baktığımızda Tuncer ve arkadaşları yaptıkları çalışmada sedimentte Cr konsantrasyonunu 390 µg/g (Tuncer v.d.,2001), Ergin ve arkadaşları (1991) 275 - 551 µg/g , Gönüllü ve arkadaşları (2001) ortalama 300 µg/g , Altuğ ve Balkıs 2003 yılında yaptıkları çalışmada ise ortalama 117 µg/g olarak tespit etmişlerdir. Çalışmamızda bulunan değerler literatürdeki değerlerle karşılaştırıldığında 1994 yılı itibariye yapılan dip kazıma çalışmasında etkisiyle bir iyileşmenin gözlemlendiği söylenebilir.

Haliç boyunca Al askıda katı maddede 19 – 2319 µg/l arasında değişmektedir. Askıda katı maddede Al konsantrasyonlarının dikey dağılımları incelendiğinde Haliç boyunca genel olarak yüksek içeriklerde bulunduğu gözlenmektedir. Yüksek Al değerleri yağmur ve derelerle Haliç'e olan karasal girdileri göstermektedir. Literatürde Haliçte askıda katı maddede Al konsantrasyonlarının tespit edildiği bir çalışma bulunmamaktadır. Ayrıca su kirliliği kontrol yönetmeliğinde (Tablo 2) belirlenen deniz suyu kriterlerinde Al ile ilgili herhangi bir sınır değer bulunmamaktadır.

Haliç boyunca sedimette Al içeriklerine baktığımızda %6.27-8.25 arasında değişmektedir. Bu içerikler şeyl ortalaması değerinden düşük gözükmektedir (%9.7)(Krauskopf, 1979).

Sedimentte ölçülen Al ve Corg değerleri birbiri arasında korelasyona tabi tutulduğunda korelasyon sabitinin $r=+0.90$ olduğu görülmektedir (Tablo 5). Sedimentte ölçülen Al' un büyük bir kısmı organik maddeye adsorbe olmuş şekilde bulunmaktadır.

Haliç'te sedimette metal kirliliği üzerine yapılan çalışmalara baktığımızda Tuncer ve arkadaşları yaptıkları çalışmada sedimentte Al konsantrasyonunu 5.5% (Tuncer v.d.,2001), Ergin ve arkadaşları (1991) 5.4-7.5 % olarak tespit etmişlerdir. Çalışmamızda bulunan değerler literatürdeki değerlerle karşılaştırıldığında sedimentteki Al içeriğinde bir artış olduğu gözlenmektedir.

Haliç boyunca çözünmüş Hg değerleri suda $<0.01 - 12.7$ ng/l arasında değişmektedir. Bu içerikler elementlerin deniz suyundaki ortalama değerlerinin oldukça üzerindedir (Krauskopf, 1979). Suda çözünmüş Hg içeriklerinin dikey dağılımları incelendiğinde Haliç boyunca genel olarak Şubat ayında genel anlamda bir artış gözlemlenmiştir. Literatürde Haliç'te suda Hg üzerine yapılan çalışmalara bakıldığında, Köklü ve arkadaşları.(1997) rehabilitasyon çalışması öncesi yaptıkları çalışmada yüzey suyunda Hg içerikleri 20-140 ng/l arasında tespit edilmiştir. Ayrıca bulduğumuz değerler su kirliliği kontrol yönetmeliğinde (Tablo 2.) belirlenen deniz suyu kriterleriyle karşılaştırıldığında yönetmelikte belirtilen 4 ng/l değerinin yüzeyde, Kasım ayında; Sarayburnu Kıyı, Camialtı , Şubat ayında; Sarayburnu Kıyı, Unkapanı Köprüsü, Kasımpaşa istasyonlarında dipte ise Şubat ayında; Galata Köprüsü, Unkapanı Köprüsü, Kasımpaşa, Camialtı istasyonlarında geçildiği gözlenmektedir.

Haliç boyunca sedimette Hg içeriklerine baktığımızda 10.45-22 $\mu\text{g/g}$ arasında değişmektedir. Bu içerikler şeyl değerlerinin oldukça üzerindedir (0.3 $\mu\text{g/g}$)(Krauskopf,1979).

Sedimentte ölçülen Hg içerikleri ve Corg değerleri arasında yapılan korelasyonda korelasyon sabitinin $r=+0.43$ olduğu görülmektedir (Tablo 5). Buna göre civa diğer metallere farklı olarak organik karbon ile zayıf pozitif ilişki göstermektedir. Benzer sonucu Balkıs ve Çağatay (2001) Erdek Körfezi yüzey sedimentlerinde yaptıkları çalışmada da bulmuşlardır. Ayrıca Hg'nın Al'a göre normalizasyonu yapıldığında elde edilen EF değerleri 38.3-102.1 arasında değişmektedir (Tablo 5). Buda bize sedimentte bulunan Hg'nın antropojenik kaynaklı olduğunu göstermektedir.

Haliç'te sedimette metal kirliliği üzerine yapılan çalışmalara baktığımızda Baykut ve diğerleri (1987) Haliç boyunca 12 istasyonda yaptıkları çalışmada Hg konsantrasyonlarının ortalama 25 - 140 ng/l arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Çalışmamızda bulunan değerler literatürdeki değerlerle karşılaştırıldığında 1997 yılı itibariye yapılan dip kazıma çalışmasında etkisiyle bir iyileşmenin gözlemlendiği söylenebilir.

Haliç boyunca Cd değerleri suda çözülmüş olarak $<0.01 - 6.77 \mu\text{g/l}$, askıda katı maddede ise $0.02 - 2.39 \mu\text{g/l}$ arasında değişmektedir. Bu içerikler elementlerin deniz suyundaki ortalama değerlerinin oldukça üzerindedir (Krauskopf, 1979). Suda çözülmüş Cd konsantrasyonlarının dikey dağılımları incelendiğinde Haliç boyunca genel olarak Cd içerikleri Kasım ayında yüzeyde, Kasım ve Şubat aylarında dip suda çözülmüş formda bulunmaktadır. Literatürde Haliçte suda Cd içerikleri Haliç boyunca Köklü ve arkadaşları (1997) tarafından $<0.01 - 24.1 \mu\text{g/l}$ arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Bununla birlikte askıda katı maddede Cd içeriklerinin tespit edildiği bir çalışma bulunmamaktadır. Bunun yanında Balkıs, Şenol ve Aksu (2007) İzmit körfezinde yaptıkları çalışmada suda Cd konsantrasyonlarını $<0.01 \mu\text{g/l}$ olarak tespit etmişlerdir. Ayrıca bulduğumuz değerler su kirliliği kontrol yönetmeliğinde (Tablo2) belirlenen deniz suyu kriterleriyle karşılaştırıldığında yönetmelikte belirtilen $10 \mu\text{g/l}$ değerinin altında kaldığı gözlenmektedir.

Haliç boyunca sedimette Cd içeriklerine baktığımızda $0.15 - 0.74 \mu\text{g/g}$ arasında değişmektedir. Bu içerikler şeyl ortalama değerinin üzerindedir ($0.3\mu\text{g/g}$)(Krauskopf, 1979).

Sedimentte ölçülen Cd içerikleri ve Corg değerleri arasında yapılan korelasyonda korelasyon sabitinin $r=+0.70$ olduğu görülmektedir (Tablo 5). Sedimentte ölçülen yüksek korelasyon değer Cd' un bir kısmının organik maddeye adsorbe olmuş şekilde bulunduğunu göstermektedir. Ayrıca Cd' in Al'a göre normalizasyonu yapıldığında elde edilen EF değerleri $0.5 - 3.4$ arasında değişmektedir (Tablo 5). Bu da bize sedimentte bulunan Cd'ın Haliç Köprüsü istasyonu hariç antropojenik kaynaklı olduğunu göstermektedir.

Haliç yüzey sedimentlerinde belirlenen toplam metal içeriklerini birbirleriyle korele ettiğimizde, Fe'in Al ile kuvvetli pozitif ($r= + 0.98$) ilişki gösterdiği görülmüştür (Tablo 5). Bu Fe'in killi malzemede birikim yaptığına dikkati çekmektedir. Cr elementi ise Hg ile ($r=+ 0.75$), Cu ile ($r= +0.98$) ve Cd ile ($r= + 0.70$) kuvvetli pozitif ilişki gösterdiği

belirlenmiştir. Sonuçlar bu metallerin birbirine benzer kimyasal ve jeolojik süreçlerle taşındığını ve birikim yaptığını göstermektedir. Ayrıca Cr, Al, Fe, Cu ve Cd elementlerinin organik karbon içerikleri ile kuvvetli pozitif ilişki gösterdikleri de belirlenmiştir. Bu da Haliç yüzey sedimentlerindeki metal birikimlerinin antropojenik kökenli olduğuna işaret etmektedir (Tablo 5).

Haliçte sedimentte metal kirliliği üzerine yapılan çalışmalara baktığımızda Tuncer ve diğerleri 1987'de yaptıkları çalışmada sedimentte Cd konsantrasyonunu 6 µg/g (Tuncer v.d.,2001), Gönüllü ve arkadaşları (2001) ortalama 67 µg/g , Altuğ ve Balkıs 2003 yılında yaptıkları çalışmada ise ortalama 2.04 µg/g olarak tespit etmişlerdir. Çalışmamızda bulunan değerler literatürdeki değerlerle karşılaştırıldığında 1994 yılı itibariye yapılan dip kazıma çalışmasının da etkisiyle bir iyileşmenin gözlemlendiği söylenebilir.

Haliçler halk için balık tutmak, su sporları gibi rekreasyonel amaçlarla kullanılmasının yanında su ortamındaki canlıların barınması ve çoğalmaları için önemli su alanlarından biridir. Bu nedenle su kalitesinin iyi bir şekilde tespiti ve değerlendirilmesinin yapılması gerekmektedir. Aksi halde su ortamına bir girişim mevcutsa bu gerek halk sağlığı gerekse de canlı hayatını riske sürükleyecektir.

Haliçte metal kirliliği üzerine yapılan bu çalışmada metallerin suda, askıda katı maddede ve sedimentte nasıl değişim gösterdikleri izlenmiştir. Elde edilen veriler, geçmiş dönemlerde yapılan çalışmalar ve deniz suyu kalite kriterlerine bakıldığında bazı metal değerlerinin zaman zaman standart değerlerin üzerinde kaldığı görülmüştür. Dikey dağılımlarda ve Haliç boyunca özellikle yüzey suyunaki yüksek metal değerleri, kontrol edilemeyen karasal girdileri göstermektedir. Ayrıca metal dağılımlarında atmosferik girdiler ve motor trafiğinden kaynaklanan atıklarda etkili olmaktadır. Bu girdilere engel olmak amacıyla İstanbul Büyükşehir Belediyesi 2001 yılı itibariyle Haliç'in iki yakasına kuşaklama kanalları inşa ettirerek buraya gelen atık suları önemli ölçüde azaltmıştır. Ancak metal içerikleri bazı dönemlerde standartların üzerine çıkmıştır. Bunun nedenini hala Haliç'e yapılan düzensiz deşarjların kontrol altına alınmamasıyla ilişkilendirebiliriz. Buna ek olarak İstanbul Büyükşehir Belediyesi 1997 yılında uygulamaya koyduğu rehabilitasyon çalışması neticesinde Haliç taban çamurunu 4-5 m' ye kadar çekerek sedimentteki metal kirliliğini

önemli ölçüde azaltmıştır. Ancak yaptığımız araştırmada elde edilen veriler sedimetteki metal içeriklerinin çamur çekme çalışmasından önceki değerlerden daha da yüksek olduğunu göstermektedir. Bunun nedeni ise kontrol edilemeyen girdilerin askıda katı maddeyle birlikte taşınarak Haliç tabanında çökmesi olarak açıklayabiliriz.

Haliç'te meydana gelen bu kirliliğe engel olmak amacıyla;

1. Haliç'e gelen kontrolsüz girdiler tamamıyla engellenmelidir,
2. Haliç çevresindeki endüstrilerin arıtma tesislerinde kimyasal arıtma uygulamalarına gidilmelidir.
3. Alibeyköy ve Kağıthane derelerinde ıslah çalışmalarının yapılarak Haliç'e olan askıda katı madde yükünün en aza indirilmesi gerekmektedir.

Haliç'te metal kirliliği üzerine yapılan bu tez çalışması konusu itibariyle özellikle su kolonunda çözülmüş ve askıda katı maddede adsorbe olmuş metal değişimlerini incelemek suretiyle ilk olma özelliğini taşımaktadır. Bu çalışma bundan sonra yapılacak araştırmalara bir veri tabanı oluşturmasının yanı sıra Haliç'te yürütülen iyileştirme çalışmalarının da sonuçlarını göstermesi açısından ayrı bir öneme sahiptir.

KAYNAKÇA

- ABE, K., MATSUNAGA, K. (1988): Mechanism controlling Cd and PO₄ concentration in Funka Bay , Japan. *Marine Chemistry*. 23, 145-152.
- ABE, K., KUMA, K., KUDO, I. MATSUNAGA, K. (1990): Residence times for Cd and PO₄ in Funka Bay, Japon. *Marine Chemistry*, 28, 325-331.
- ACKERMANN, F., BERGMANN, H. & SCHLEICHERT, U. (1983): Monitoring of heavy metals in coastal and estuarine sediments- A question of grain- size:< 20 micron vs. < 60 micron. *Environ. Technol. Lett.* 4, 317-328.
- AGEMIAN, H., CHAU, A.S.Y. (1975): An atomic absorption method for the determination of 20 elements in lake sediments after acid digestion. *Analytica Chimica Acta* 80,61-66.
- ALPAR, SAFFET , (1967): “Sinai Kimya Analiz Metodları”, Yayın No: 78, 3. Baskı, İstanbul.
- ALTUĞ G., BALKIS N. (2006): “Metal Resistance of Members of Enterobacteriaceae&Some Toxic Elements in the Sediment: An Example of a Heavily Polluted Estuary”.
- BALISTRERI, L. S., MURRAY, J. W. (1986): Marine scavenging: trace metal adsorption by interfacial sediment from Manop Site H. *Geochim. Cosmochim. Acta.* 48, 971-929.
- BALKIS, N. and ÇAĞATAY, M.N. (2001): Factors controlling metal distributions in the surface sediments of the Erdek Bay, Sea of Marmara, Turkey. *Environmental International*, 27, 1-13.
- BALKIS N., ŞENOL E., AKSU A.(2007): Trace Metal Distributions In Water Column And Surface Sediments Of Izmit Bay(Turkey) After Marmara (Izmit) Earthquake, *Fresenius Environmental Bulletin*, Volume 16-No 8.2007, 910-916.
- BALLS , P. W. (1985): Copper, lead and cadmium in coastal waters of the western North Sea. *Marine Chemistry*. 15, 363-378.
- BALLS , P. W. (1989a): The partitioning of trace metals between dissolved and particulate phases in European coastal waters: a compilation of field data and comparison with laboratory studies.*Netherlands Journal of Sea Research*.23, 7-14.
- BARNES, R. S., SCHELL, W. R. (1973): Physical transport of trace metals in the lake Washington watershed. in: *Cycling and Control of metals*, Proc. Of an Environ. Metal

- BAYKUT, F., AYDIN, A., BAYKUT, S. (1987): Çevre Koruma ve Korunma, Güniy Matbaacılık Tic. Ltd. Şti. İst.
- BELZILE, N., RICHARD, R., DE VITRE, R., TESSIER, A. (1989): in situ collection of diagenetic iron and managanese oxhydroxides from natural sediments. Letters to Nature, vol 340.
- BOLDRIN, A., JURACK, M., MENEGAZZO VITTURO, L., RABITTI, S. &RAMPAZZO, G. (1989): Geochemical considerations on trace elemnt distributions in suspend matter and sediments at the river- sea interface, Adige River Mouth, northern Adriatic Sea. Appl. Geochem. 4, 409-421.
- BRAYN, G.W. (1971): The Effects of Heavy Metals on Marine and Easturaine Organisms Proc. R. Soc. Cond. 389-410.
- BRAYN, G.W. (1976): Heavy Metal Contamination In the Sea In mariane Pollution Jhontson R.(ed) London Academic Pres. 185-302.
- CALVERT, S. E. AND PRICE, N. B, (1977): Shallow water, continental magrin and lacustrine nodules: distrubution and geochemistry. In:G.P.Glasby Ed. Marine Manganese Deposits. Elsevier, Amsterdam. 45-87.
- CHESTER,R.,(1990): Marine Geochemstry. Unwin. Hyman Ltd, London.
- CLARK, J.B. (1992): Marine Pollution, Third Edition Clarenoon Pres OXFORD.
- CRONAN,D.S. (1977): Deep-sea nodules: Distrubition and geochemistry. In: G.P. Glasby (editor), Marine Manganese Deposits. Elsevier, Amsterdam. 45-86.
- DAMOC (1971): Master Plan and Feasibility Reports for Water and Wastewater of the Istanbul Region, İstanbul
- DEHAIRS, F., BAEYENS, W., GANSBEKE, D. VAN.(1989): Tihght coupling between enrichmentnof iron and manganese in Northan Seasuspend matter sedimentary redox processes: evidence for seasonal variability. Estuarine, coastal and shelf science. 29, 457-471.
- DELFINO,J.J. ve LEE, G.F. (1968): Chemistry of manganese in Lake Mendota.Enviroin.Sci. Technol.2, 1094-1100.
- DUINKER, J. C., NOLTING, R.F. (1982): Dissolved copper, zinc and cadmium in the Southern Bight of the Nort Sea. Marine Pollution Bulletin, 13, 93-96.
- ELDERFIELD, H. , VE HEPWORTH, A. (1975): Diagenesis, Metals and pollution in Estuaries. Mar. Pollut. Bull. 6, 85-87.

- ENGLER, R. M. BRANNON, J. M., ROSE, J. (1977): A practical selective extraction procedure for sediment characterization. In: Chemistry of Marine Sediments (ed. T. F. YEN). 163-171. Ann Arbor sci. Publ., Michigan.
- ERGIN M., SAYDAM C., BAŞTÜRK Ö., ERDEM E., YÖRÜK R. (1991): Heavy Metal Concentration in Surface Sediments From The Two Coastal Inlets (Golden Horn Estuary and Izmit Bay) of The Northeastern Sea of Marmara.
- FILIPEK, H. L., OWEN, R. M. (1978): Geochemical associations and grain size partitioning of heavy metals in lawstrire sediments. Chem. Geol. 26, 105-107.
- FRİBERG, L. PİSCATOR, M. NORDBERG, G.F. KJELLSTRÖM, T. (1974): Cadmium in the Environmental Cleveland.crc
- FRÖSTNER, U. & SALAMONS, W. (1980): trace metal analysis on polluted sedşments, Part 1: Assessment of sources and intensities. Environ.Technol. Lett, 1, 494-505
- FRÖSTNER, U., WITMANN, G. T. W. (1981): Metal Pollution in the Aquatic Environment, Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York. 197-247.
- GARDINER, J. (1976): Complexation of trace metals by ethylenediamineter acetic acid (EDTA) in natural waters. Water Research vol. 10, 507-514. Pergamon Pres.
- GÖNÜLLÜ M.T, BAYHAN H., ARSLANKAYA E., KURT U., AVŞAR Y., TOSUN İ., APAYDIN Ö. (2001): Haliç Sempozyumu (2001); “Mart 2001 İtibariyle Haliç Çamurunun Kirletici Özellikleri, Beşiktaş 80750 İstanbul, 212-230.
- GUY, R. D., CHAKRABARTİ ,C. L., MCBAİN , D. C.(1978): An evaluation of extraction techniques for the fractionation of copper and lead in model sediment systems, Water Research, Volume 12, Issue 1, 1978, Pages 21-24.
- HEGGİE, D., KLİNKHAMMER, CULLEN, D. (1987): Manganese and copper fluxes from continental magrin sediments. Geochimica et Cosmochimica Acta, 51,1059-1070.
- HONEYMAN, B.D.,SANTCHI, P. H. (1988): Metal in aquatic systems. Environmental science and Tecnology. 22, 862-871.
- HOROWITZ, A.(1985) A Primer on Sediment- trace Metal Chemistry, U.S. Geological Survey Water Supply 2277.
- HOROWITZ, A. & ELRICK,K. (1986b): Interpretation of bed sediment trace metal data: methods for dealing with the grain size effect. In Proc. Of the EPA Symposium on Chemical and Biological Characterization of Munipal Sludges. Sediments, Dredge Spoils Drilling Muds, Cincinnati, OH.

- HOROWITZ, A. & ELRICK, K.A. (1987): The relation of stream sediment surface area, grain size and composition to trace element chemistry. *Applied chemistry*, 2: 437-451.
- HYDES, D. J. (1989): Seasonal variation in dissolved aluminium concentrations of dissolved aluminium concentrations, in coastal waters and biological limitation of the export of the riverine input of aluminium to the deepsea. *Continental Shelf Research*, 9, 919- 929.
- İNANC, B., KINACI, C., CALLI, B., MERTOĞLU, B., ARIKAN, O., ALTUNBAS, M. AND ÖZTURK. İ. (2001): Post Dredging Water And Sediment Quality in The Golden Horn Of İstanbul, The fourth middle east conference on the role of environmental awareness in waste management 10-12 November 2001 State of Kuwait.
- KAUNER, G. A., MARTİN, J. H. (1973): Seasonal variability of cadmium, copper, manganese, lead and zinc in water and phytoplankton in Monterey Bay, California. *Limnology and oceanography* 18, 597-604.
- KERSTERN, M. VE FRÖSTNER, U. (1987): Effects of sample pretreatment on the reliability of solid speciation data of heavy metals-Implications for the study of marine. *Chem.* 22, 299-312.
- KLEIN, D. H. (1975): Fluxes, residence times and sources of some elements to Lake Michigan. *Water Air Soil Pollut.* 4, 3-8.
- KÖKLÜ Ü., KINACI C., (1997): Haliç dip çamurunun ve suyunun özelliklerinin belirlenmesi. *İstanbul Teknik Üniversitesi Araştırma Fonu*. 16-17.
- KRAUSKOPF, K. B. (1956): Concentration of thirteen rare metals in sea water. *Geochimica Acta*, 9, 1-32.
- KRAUSKOPF, K. B. (1979): *Introduction Geochemistry*. International series in the Earth and Planetary Science. Mc. Graw-Hill.
- KREMLING, K. (1983): Trace metals fronts in European shelf waters. *Nature*. 303, 225-227.
- KREMLING, K., HYDES, D. J. (1988): Summer distribution of dissolved Al, Cd, Co, Cu, Mn and Ni in surface waters around the British Isles. *Continental Research*. 8, 89-105.
- LORING, D. H., & RANTALA, T. (1992). *Manual for the geochemical analyses of marine sediments and suspended particulate matter*. *Earth-Science Reviews*, 32, 235–283.
- MARTİN, J. M., WINDOM, H. L., (1991): Present and future roles of ocean margins in regulating marine biogeochemical cycles of trace elements. In: *Ocean Margin Processes in Global Change*, R.F.C. Mantoura, J. M. Martin and R. Wollast, editors, Wiley, Chichester. 45-47.

- MARON, S. B., MOORE, R. M. (1998): Evidence from mesocosm studies for the biological removal of dissolved aluminium from seawater. *Nature*,335, 706-708.
- MORRIS, A.W.(1971): Trace metal variations in seawater of the Menai Straits caused by a bloom of *Phaeocystis*.*nature*. 223, 427-428.
- MORRIS, A.W.(1974): Seasonal variation of dissolved metals in inshore waters of the Menai straits. *Marine Bulletin*. 5, 54-59.
- MOTA, A. M., GONCALVES, M. L. (1990): NTA and lead speciation in natural water conditions. *Wat. Res. Vol.24, 5, 587-590*.
- MÜFTÜOĞLU, E. (2002): Haliç'in Fiziksel Oşinoğrafisi. İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enst., Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- MÜLLER, G., IRION, G., FÖRESTNER, U. (1972): Formation and diagenesis of inorganic CO-Mg carbonates in the lacustrine environment. *Naturwissenschaften*. 59, 58-164.
- NORIKI, S., ISMIHMORI, N., HARADA, K., TSUNOGAI, S. (1985): removal of trace metals from seawater during phytoplankton bloom as studied with sediment traps in Funka Bay, Japan. *Marine Chemistry*. 17, 75-89.
- RASHID, M.A., BUCKLEY, D. E., ROBERTSON, K.R.(1972): Interactions of marine humic acid with clay minerals and a natural sediment. *Geoderma* 8, 11-27.
- RIDWAY, I. M. VE PRICE, N. B. (1987): Geochemical association and depositional mobility of heavy metals in coastal sediment, Loch Etive, Scotland. *Mar. Chem.* 21, 229-248.
- RUCH P., MIRMAND, M., JOUANNEAU, M., LATOUCHE, C.(1993): Sediment budget and transfer of suspended sediment from the Gironde Estuary to Cap Ferrat Canyon Marine geology. 111, 109-119.
- SEVAST'YANOV, V. F. VE VOLKOV, I. I.(1967). Redistribution of chemical elements in the oxidized layers of Black Sea sediments and the formation of iron-manganese nodules. *Tr.İnst. Okeanol.* 83, 135-152.
- SHAW, T. J., GIESKES, J. M., JAHNKE, R. A. (1990): Early diagenesis in differing depositional environments. *Geochimica et Cosmochimica. Acta*, 54, 1233-1246.
- SU KİRLİLİĞİ KONTROL YÖNETMELİĞİ: Yayımlandığı Resmi Gazete :Tarih 31 Aralık Cuma 2004 Sayı :25687.
- STUMM, W., MORGAN, J. J. (1970): *Aquatic Chemistry*, Wiley Inter Science.

SZEFER, M., (1988): Distribution and possible sources of some elements in the sediment cores of southern Baltic Sea. Mar. Chem. 23, 109-129.

TAPPINA, A. D. , HYDES, D. J., BURTON, J. D., STATHAM, P. J. (1993): Concentration ,distribution and seasonal variability of dissolved Cd, Co, Cu, Mn, Pb, Ni and Zn in the English Channel. Continental Shelf Research. Vol,13, 8/9, 996.

(TUNCER G., TUNCEL G. Ve BALKAS T.I.(2001): “Evolution of Metal Pollution in the Golden Horn (Turkey) Sediments Between 1912 and 1987, Department of Environmental Engineering, Middle East Technical University, Marine Pollution Bulletin Vol. 42, No. 5, 350-360.

ÜLKÜSEVEN, N, (1993): “Kirlenmiş Sulardan Killerle Ağır Metal İyonlarının Dağılımı İstanbul Üniversitesi Yayınları, İstanbul.

WINDOM, H. J., WALLACE, G., SMİTH, R., DUDEK, N., MAEDA, M., DULMAGE, R., STORTİ, F. (1983): Behaviour of copper in South-eastern United States Estuaries. Marine Chemistry. 12, SH. 183-193.

WILSON, DONALD E. (1980): Surface and complexation effects on the rate of Mn (II) oxidation in natural waters. Geochimica et Cosmochimica Acta Vol.44, 1311.

YALÇIN, H., (1995): “Su Teknolojileri”, Gazi Üniversitesi Mühendislik- Mimarlık Yayınları, Ankara.

YEATS, P. A., SUNDBY, B., BEWERS, J. M. (1979): Manganese cycling in coastal waters. Marine Chemistry 8, 43-55.

İnternet adresleri:

www.dsi.gov.tr Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi : 21.10.1983

Doğum Yeri : Kahramanmaraş

Lise : (1996-2001) Kahramanmaraş Fatih Lisesi

Lisans : (2002-2006) Çukurova Üniversitesi Çevre Mühendisliği