

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

**MELEN HAVZASI YÜZEYSEL SULAR, YERALTI
SULARI VE SEDİMENTLERİNDE METAL KİRLİLİĞİNİN
ARAŞTIRILMASI**

DOKTORA TEZİ

Ahmet ÇELEBİ

Enstitü Anabilim Dalı : ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ
Enstitü Bilim Dalı : ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ
Tez Danışmanı : Prof. Dr. Bülent ŞENGÖRÜR

Nisan 2013

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MELEN HAVZASI YÜZEYSEL SULAR, YERALTI
SULARI VE SEDİMENTLERİNDE METAL
KİRLİLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

DOKTORA TEZİ

Ahmet ÇELEBİ

Enstitü Anabilim Dalı : ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez / /20 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.



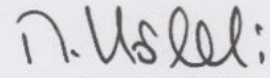
Prof. Dr. Bülent ŞENGÖRÜR

Jüri Başkanı



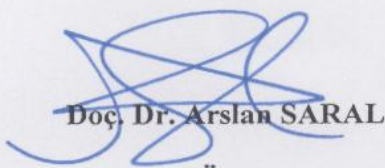
Prof. Dr. Saim ÖZDEMİR

Üye



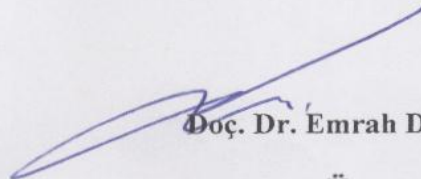
Prof. Dr. Nurcan KÖLELİ

Üye



Doç. Dr. Arslan SARAL

Üye



Doç. Dr. Emrah DOĞAN

Üye

TEŞEKKÜR

Fedekarlıkları, içtenlikleri ve teşvikleri için Babam; Sn.Osman ÇELEBİ ve Annem;
Sn.Suphiye ÇELEBİ'ye

Danışmanlığın çok ötesindeki katkı ve yardımları için Hocam Prof.Dr.Bülent
ŞENGÖRÜR'e,

Tezle birlikte, bilimsel bakış açımı kazandırdıkları için de Prof.Dr.Saim ÖZDEMİR'e,

Son nefesine kadar yanımda ve bu çalışmada olan, öğrettikleri ve teşvikleri için
Prof.Dr.Ferruh ERTÜRK'e,

Tez çalışmasının en ağır safhalarında yanımda olan dostum Dr.Ömer H.Dede'ye,

Yetenekleri ve çalışkanlıkları ile arazi çalışmalarındaki eşsiz katkılarından ötürü 2012
mezunu Mühendis arkadaşlarım Sercan, Ümit, Melih, Anıl (Ev Halkı)'na ve Dr.Beytullah
EREN'e ,

Desteklerinden dolayı İSKİ, Genel Müdür Prof.Dr.Ahmet DEMİR, Y.Müh.Salim DUMAN
ve İski Melen Havza Koruma Şubesi Çevre Mühendisi arkadaşlarım (Sn. Ayhan ve Murat
Bey ile Ayşe Hnm.)'a,

Bilimsel katkılarından ötürü Doç.Dr.Arslan SARAL, Prof.Dr. Nurcan KÖLELİ, Doç.Dr.
Emrah DOĞAN, Prof.Dr. Atilla AKKOYUNLU, Doç.Dr. Ayhan ŞAMANDAR,
Prof.Dr.Bjørn KLØVE, Dr. Tuomas SAARINEN, Dr. Anna-Kaisa RONKANEN, Dr.Hannu
MARTILA'ya,

ve daha nice katkısı olanlara gönülden teşekkürler

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİLLER LİSTESİ	v
TABLolar LİSTESİ.....	ix
ÖZET.....	xii
SUMMARY.....	xiii
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ.....	1
1.1. Metallerin Genel Özellikleri ve Etkileri.....	3
1.2. Yapılmış Benzer Bazı Çalışmalar.....	5
1.3. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı.....	10
BÖLÜM 2.	
MATERYAL VE METOD.....	11
2.1. Çalışma Alanı.....	11
2.2. İzleme Çalışmaları.....	15
2.2.1. Örnekleme.....	15
2.2.2. Fiziksel ve kimyasal analizler.....	18
2.3. İstatistiksel Analizler.....	20
BÖLÜM 3.	
SONUÇLAR	21
3.1. Yüzeysel Sularda metal kirliliği.....	21
3.1.1. Metaller.....	21
3.1.2. Temel fiziksel ve kimyasal parametreler.....	30
3.1.3. Yüzeysel sularda istatistiksel analizler.....	33

3.1.4. Melen Nehri (Ana kol) istatistikleri.....	36
3.1.5. Melen Havzası yüzeysel suları mevsimsel istatistikleri.....	39
3.1.6. Melen Hav. yüzeysel su kurak-yağışlı dönem istatistikleri....	41
3.2. Yeraltı Sularında Metal Kirliliği.....	46
3.2.1. Metaller.....	46
3.2.2. Temel parametreler.....	53
3.1.3. İstatistiksel analizler.....	54
3.3. Sedimentte Metal Kirliliği.....	60
3.3.1. Metaller.....	60
3.3.2. İstatistiksel analizler.....	68
3.3.2.1. Melen Havzasının sedimentlerinin değişkenliği.....	68
3.3.2.1. Melen Nehrinin sedimentlerinin değişkenliği.....	71
BÖLÜM 4.	
TARTIŞMA ve ÖNERİLER	75
4.1. Bütünsel Durum.....	75
4.2. Yüzeysel Sularda Metal Kirliliği.....	80
4.3. Yeraltı Sularında Metal Kirliliği	83
4.4. Sedimentte Metal Kirliliği.....	86
4.5. Öneriler.....	89
KAYNAKLAR.....	91
ÖZGEÇMİŞ.....	101

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1.	Melen Havzası.....	11
Şekil 2.2.	Melen Havzası uzun yıllar aylık sıcaklık değişimleri.....	12
Şekil 2.3.	Melen Havzası'nda 2006 yılı için arazi kullanımını.....	13
Şekil 2.4.	Düzce İli sanayi ve konut yerleşimi haritası.....	14
Şekil 2.5.	Bazı örnekleme noktalarından görüntüler.....	16
Şekil 2.6.	Yüzeysel su ve sediment örnekleme noktaları.....	16
Şekil 2.7.	Yer altı suyu örnekleme noktaları.....	17
Şekil 2.8.	ICP-OES cihazı	18
Şekil 3.1.	Melen Havzası Yüzeysel sularında Arsenik miktarının zamansal ve mekansal değişimleri	21
Şekil 3.2.	Melen Havzası Yüzeysel sularında krom miktarının zamansal ve mekansal değişimleri	22
Şekil 3.3.	Melen Havzası Yüzeysel sularında kadmiyum miktarının zamansal ve mekansal değişimleri	22
Şekil 3.4.	Melen Havzası Yüzeysel sularında bakır miktarının zamansal ve mekansal değişimleri	23
Şekil 3.5.	Melen Havzası Yüzeysel sularında Alüminyum miktarının zamansal ve mekansal değişimleri	23
Şekil 3.6.	Melen Havzası Yüzeysel sularında çözünmüş demir miktarının zamansal ve mekansal değişimleri	24
Şekil 3.7.	Melen Havzası Yüzeysel sularında nikel miktarının zamansal ve mekansal değişimleri	24
Şekil 3.8.	Melen Havzası Yüzeysel sularında Vanadyum miktarının zamansal ve mekansal değişimleri	25

Şekil 3.9.	Melen Havzası Yüzeysel sularında çinko miktarının zamansal ve mekansal değişimleri	25
Şekil 3.10.	Melen Havzası Yüzeysel sularında mangan miktarının zamansal ve mekansal değişimleri	26
Şekil 3.11.	Melen Havzası Yüzeysel sularında Molibden miktarının zamansal ve mekansal değişimleri	26
Şekil 3.12.	Melen Havzası Yüzeysel sularında Baryum miktarının zamansal ve mekansal değişimleri	27
Şekil 3.13.	Melen Havzası Yüzeysel sularında Bor miktarının zamansal ve mekansal değişimleri	27
Şekil 3.14.	Melen Havzası Yüzeysel sularında Kalsiyum miktarının zamansal ve mekansal değişimleri	28
Şekil 3.15.	Melen Havzası Yüzeysel sularında Mangan miktarının zamansal ve mekansal değişimleri	28
Şekil 3.16.	Melen Havzası Yüzeysel sularında Potasyum miktarının zamansal ve mekansal değişimleri	29
Şekil 3.17.	Melen Havzası Yüzeysel sularında Sodyum miktarının zamansal ve mekansal değişimleri	30
Şekil 3.18.	Melen Havzası Yüzeysel sularında pH'nın zamansal ve mekansal değişimler.....	31
Şekil 3.19.	Melen Havzası Yüzeysel sularında Elektriksel iletkenliğin zamansal ve mekansal değişimleri	31
Şekil 3.20.	Melen Havzası Yüzeysel sularında çözünmüş oksijen miktarının zamansal ve mekansal değişimleri	32
Şekil 3.21.	Melen Havzası Yüzeysel sularında toplam katı madde miktarının zamansal ve mekansal değişimleri	32
Şekil 3.22.	Melen Havzası Yeraltı sularında Çinko miktarının zamansal ve mekansal değişimleri.....	46
Şekil 3.23.	Melen Havzası Yeraltı sularında Bakır miktarının zamansal ve mekansal değişimleri.....	47
Şekil 3.24.	Melen Havzası Yeraltı sularında Arsenik miktarının zamansal ve mekansal değişimleri.....	47

Şekil 3.25.	Melen Havzası Yeraltı sularında Baryum miktarının zamansal ve mekansal değişimleri.....	48
Şekil 3.26.	Melen Havzası Yeraltı sularında Sodyum miktarının zamansal ve mekansal değişimleri.....	48
Şekil 3.27.	Melen Havzası Yeraltı sularında Magnezyum miktarının zamansal ve mekansal değişimleri.....	49
Şekil 3.28.	Melen Havzası Yeraltı sularında Bor miktarının zamansal ve mekansal değişimleri.....	49
Şekil 3.29.	Melen Havzası Yeraltı sularında Mangan miktarının zamansal ve mekansal değişimleri.....	50
Şekil 3.30.	Melen Havzası Yeraltı sularında Kalsiyum miktarının zamansal ve mekansal değişimleri.....	50
Şekil 3.31.	Melen Havzası Yeraltı sularında Krom miktarının zamansal ve mekansal değişimleri.....	51
Şekil 3.32.	Melen Havzası Yeraltı sularında Kadmiyum miktarının zamansal ve mekansal değişimleri.....	51
Şekil 3.33.	Melen Havzası Yeraltı sularında Lityum miktarının zamansal ve mekansal değişimleri.....	52
Şekil 3.34.	Melen Havzası Yeraltı sularında Molibden miktarının zamansal ve mekansal değişimleri.....	52
Şekil 3.35.	Melen Havzası Yeraltı sularında Temel parametrelerin zamansal ve mekansal değişimleri.....	53
Şekil 3.36.	Melen Havzası Sedimentlerinde arsenik miktarının zamansal ve mekansal değişimleri.....	61
Şekil 3.37.	Melen Havzası Sedimentlerinde krom miktarının zamansal ve mekansal değişimleri.....	61
Şekil 3.38.	Melen Havzası Sedimentlerinde kobalt miktarının zamansal ve mekansal değişimleri.....	62
Şekil 3.39.	Melen Havzası Sedimentlerinde bakır miktarının zamansal ve mekansal değişimleri.....	62
Şekil 3.40.	Melen Havzası Sedimentlerinde kurşun miktarının zamansal ve mekansal değişimleri.....	63

Şekil 3.41.	Melen Havzası Sedimentlerinde miktarının zamansal ve mekansal değişimleri	63
Şekil 3.42.	Melen Havzası Sedimentlerinde lityum miktarının zamansal ve mekansal değişimleri	64
Şekil 3.43.	Melen Havzası Sedimentlerinde strontiyum miktarının zamansal ve mekansal değişimleri	64
Şekil 3.44.	Melen Havzası Sedimentlerinde vanadyum miktarının zamansal ve mekansal değişimleri	65
Şekil 3.45.	Melen Havzası Sedimentlerinde çinko miktarının zamansal ve mekansal değişimleri miktarındaki	65
Şekil 3.46.	Melen Havzası Sedimentlerinde alüminyum miktarının zamansal ve mekansal değişimleri	66
Şekil 3.47.	Melen Havzası Sedimentlerinde demir miktarının zamansal ve mekansal değişimleri	66
Şekil 3.48.	Melen Havzası Sedimentlerinde mangan miktarının zamansal ve mekansal değişimleri	67
Şekil 3.49.	Melen Havzası Sedimentlerinde berilyum miktarının zamansal ve mekansal değişimleri	67
Şekil 3.50.	Melen Havzası Sedimentlerinde baryum miktarının zamansal ve mekansal değişimleri	68
Şekil 4.1.	İnsan etkisi dışındaki dünya yüzeysel sularındaki inorganik ve organik maddelerin aralıkları (Dojlido&Best 1993, Artiola vd. 2005).....	78
Şekil 4.2.	Havzanın izleme döneminde yüzeysel su kirlilik örnekleri.....	81
Şekil 4.3.	Arsenik ve Bakırın mg/kg olarak havzadaki sedimentlerdeki aralıkları	88
Şekil 4.4.	Krom ve Nikelin mg/kg olarak havzadaki sedimentlerdeki aralıkları	88

TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1.	Havzanın uzun yılar meteorolojik verileri (DMI).....	12
Tablo 2.2.	Havzanın arazi kullanım yapısı.....	13
Tablo 2.3.	Havzanın yüzeysel su kaynakları özellikleri.....	15
Tablo 2.4.	Örnek noktaların yeri ve koordinatları.....	17
Tablo 2.5.	İzlenen metallerin en düşük ölçülebilir değerleri.....	19
Tablo 3.1.	Yüzeysel sulara temel istatistik değerler.....	33
Tablo 3.2.	Yüzeysel suların tüm değerlerine göre korelasyon sonuçları.....	34
Tablo 3.3.	Yüzeysel suların tüm değerlerine göre faktör analizi sonuçları...	34
Tablo 3.4.	Yüzeysel suların tüm değerlerine göre belirgin etkili faktörler ve grupları.....	35
Tablo 3.5.	Melen Nehri yüzeysel sularında temel istatistik değerler.....	36
Tablo 3.6.	Melen Nehri su kalitesi parametrelerinin korelasyon sonuçları...	37
Tablo 3.7.	Melen Nehri su kalitesi değerlerinin faktör analizi sonuçları.....	37
Tablo 3.8.	Melen nehri için etkili faktörler ve grupları.....	38
Tablo 3.9.	Melen Nehri su kalitesi parametrelerinin mevsimsel korelasyon sonuçları.....	39
Tablo 3.10.	Melen Nehri su kalitesi değerlerinin faktör analizi sonuçları.....	39
Tablo 3.11.	Melen nehri için mevsimsel değişimde etkili faktörler ve grupları.....	40
Tablo 3.12.	Melen Nehri yüzeysel sularında yağışlı dönem temel istatistik değerler.....	41
Tablo 3.13.	Melen Nehri su kalitesi parametrelerinin yağışlı dönem korelasyon sonuçları.....	41
Tablo 3.14.	Melen Nehri su kalitesi değerlerinin yağışlı dönem faktör analizi sonuçları.....	42
Tablo 3.15.	Melen nehri yağışlı dönem için etkili faktörler ve grupları.....	42

Tablo 3.16.	Melen Nehri yüzeysel sularında kurak dönem temel istatistik değerler.....	43
Tablo 3.17.	Melen Nehri su kalitesi parametrelerinin kurak dönem korelasyon sonuçları.....	44
Tablo 3.18.	Melen Nehri kurak dönem su kalitesi değerlerinin faktör analizi sonuçları.....	44
Tablo 3.19.	Melen nehri kurak dönemi için etkili faktörler ve grupları.....	45
Tablo 3.20.	Yeraltı sularında temel istatistik değerler.....	54
Tablo 3.21.	Yaz dönemi için Yeraltı sularında temel istatistik değerler.....	55
Tablo 3.22.	Sonbahar dönemi için Yeraltı sularında temel istatistik değerler.....	55
Tablo 3.23.	Kış dönemi için Yeraltı sularında temel istatistik değerler.....	56
Tablo 3.24.	İlkbahar dönemi için Yeraltı sularında temel istatistik değerler..	56
Tablo 3.25.	Yeraltı sularının tüm değerlerine göre korelasyon sonuçları.....	57
Tablo 3.26.	Yeraltı sularının tüm değerlerine göre faktör analizi sonuçları...	57
Tablo 3.27.	Yeraltı sularında bulunan metallerin örnekleme noktalarına göre bulunma durumları ve derişim aralıkları.....	59
Tablo 3.28.	Yeraltı sularında temel parametrelerin örnekleme noktalarına göre değer aralıkları.....	60
Tablo 3.29.	Yeraltı sularının tüm değerlerine göre belirgin etkili faktörler ve grupları.....	60
Tablo 3.30.	Tüm sedimentler için temel istatistik değerler.....	69
Tablo 3.31.	Melen Havzası sediment parametrelerinin korelasyon sonuçları	70
Tablo 3.32.	Melen Havzası sedimentlerinin faktör analizi sonuçları.....	70
Tablo 3.33.	Melen Havzası sedimentleri için etkili faktörler ve grupları.....	71
Tablo 3.34.	Melen Nehrinde sediment temel istatistik değerler.....	72
Tablo 3.35.	Melen Nehri sediment parametrelerinin korelasyon sonuçları...	72
Tablo 3.36.	Melen Nehri sedimentlerinin faktör analizi sonuçları.....	73
Tablo 3.37.	Melen nehri üzerindeki sedimentler için etkili faktörler ve grupları.....	73
Tablo 4.1.	Kıtaıçi Yüzeysel Su Kayn. Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri.....	75
Tablo 4.2.	Kategorilere göre su kalite standartları.....	76
Tablo 4.3.	Bazı metaller için Uluslararası İçme suyu standartlarının Melen Havzasıyla karşılaştırılması (mg/L).....	77

Tablo 4.4.	Melen Havzası yüzeysel sularının kurak ve yağışlı dönem metal konsantrasyonları.....	82
Tablo 4.5.	Melen Havzası yeraltı sularının kurak ve yağışlı dönem metal konsantrasyonları.....	85
Tablo 4.6.	Sediment metal aralığı ve karşılaştırılması.....	87
Tablo 4.7.	Melen Havzası sedimentlerinin kurak ve yağışlı dönem metal konsantrasyonları.....	87

ÖZET

Anahtar kelimeler: Melen Havzası, Yeraltı suyu, Yüzeysel su, Sediment, Metal

Metaller insan sağlığı ve ekosistem için gerekli yapıtaşı olmasına karşın ciddi problemlere sebep olabilecek potansiyele de sahiptirler. Metallerin ekosistemde canlı ve cansız faktörler üzerinde taşınımı-etkileşimi ve risk potansiyeli her geçen gün daha çok önemle üzerinde durulmaktadır.

Kirlilik ve risk değerlendirmeleri genel olarak su kaynağı olan havzalar bazında ele alınmaktadır. Bu çalışmada Türkiye'nin en önemli havzalarından olan ve etkisi milyonlarca insan ve canlı sistemini kapsayan Melen Havzası metallerinin ayrıntılı olarak yüzeysel su, yeraltı suyu ve sedimentlerde derişimleri ve kirlilik değerlendirmeleri yapılmıştır. İlk defa bu üç bileşen için ve yirminin üzerinde metalin izlenmesi havza bazında yapılmıştır. Metallerin yanında temel su kalitesi parametreleri de izlenmiştir. Metallerin mekânsal ve mevsimsel düzeyleri ve birbiriyle etkileşimleri ortaya konulmuştur.

Havzanın metal kirliliği yönünden çok ekstrem kirliliğinin olmadığı fakat bazı parametrelerinin dönemsel ve mekânsal olarak uluslararası kabul edilebilir değerlerin üzerinde olduğu gözlenmiştir. Havza için en riskli metallerin arsenik, mangan ve çinko olduğu, yağışlı dönemin daha riskli olduğu görülmüştür. Yüzeysel su ve sediment metalleri yönünden Asar deresi ve Büyük Melen Nehrinin yerleşim yerinden sonra ki bölümleri en riskli bölgeler bulunmuşlardır. Melen Havzasının başarılı havza yönetim modeliyle metal kirlenmesinin kontrol edilebileceği ve önemli bir içme suyu kaynağı olduğu tespit edilmiştir

INVESTIGATION OF GROUNDWATER, SURFACE WATER AND SEDIMENT METAL POLLUTION IN MELEN WATERSHED- TURKEY

SUMMARY

Key Words: Melen Watershed, Groundwater, Surface water, Sediment, Metal

Although metals are constituents required for human health and ecosystem, they have potentials which would cause serious problems. Transportation-interaction of metals on animate and inanimate factors within ecosystem and risk potential are discussed with more and more attention every passing day.

Pollution and risk evaluations are generally considered in the basis of basins which are water resources. In this study, surface water, groundwater and concentration in sediments and pollution evaluations of Melen Basin which is one of the most important basins in Turkey and whose effect covers millions of people and living beings was done. For the first time these three components and more than twenty metals were analyzed on the basis of basin. Basic water quality parameters were also analyzed apart from metals. Spatial and seasonal levels of metals and their interaction were presented.

It was observed that the basin does not have an extreme pollution in the sense of metal pollution but, some of the parameters are above international acceptable values in seasonal and spatial sense. It was determined that the most risky metals for the basin are arsenic, manganese and zinc. It was observed that rainy period is more risky than arid period in the sense of metal pollution. Parts which are located following the settlement place of Asar stream and Büyük Melen River were found to be the most risky regions in the sense of surface water and sediment metals. It was determined that Melen Watershed can be controlled against metal pollution with a successful watershed management model and can be used as an important resource for drinking water for a long time.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Metaller doğanın önemli bir parçası olmasının yanında metalin cinsine göre gereğinden fazla bulunmaları durumunda canlı bünyesinde birikim yapmaktadırlar. Tabiatта birikim yapma düzeyinde yoğun metal bulunuşu ekosistemler için ciddi kirlilik göstergesi olabilmektedir. Metallerin kaynağı doğal ve insan kaynaklı olarak sınıflandırılabilir. Kayaçların ayrışması ve volkanik faaliyetler doğal metal kaynağı olmasına karşın asıl kirlilik etkeni olarak artan insan faaliyeti kaynaklı metallerin ekosisteme girişi gösterilebilir.

Havzalar insanlar ve diğer canlılar için korunması, ciddi yönetilmesi, kirlilik etkilerinin ve düzeylerinin belirlenmesi ve sürdürülebilirliğinin sağlanması gereken doğa parçalarıdır. Yönetimsel olarak Havza tabanlı yönetim sistemi ve bunun bir parçası olarak kirlenme ve kirliliğin izlenmesi hayati önemdedir.

Metallerin sediment yüzeyine, bentik canlılara, planktonik organizmalara ve besin zincirine katılarak çoğunlukla zararlı limitlerde biyolojik birikim gösterdikleri ve bu birikimlerin sonucunda sucul organizmaların ve insanların zararlı şekilde etkilendikleri bilinmektedir. Bu nedenle biyolojik hayatın var olabilmesi ve doğanın korunabilmesi açısından sucul ortamlara deşarj edilen metallerin toksikoloji araştırmaları büyük önem taşımaktadır (Ankley vd. 1996; Singh 2001; Sharma 1999; Davies 1991, Klavins 2000; Gonzalez 2000; Srivastava vd. 1994). Ağır metallerin sucul ortamlardaki yarattığı kirliliklerin karşılaştırılmalı olarak belirlenmesi bazı biomonitör türlerin, mevcut biota üyelerinin, su ve sedimentin analizleri aracılığı ile mümkündür (Küçüksezgin vd. 2005, Aksoy 2005).

Melen Havzası özellikle son 15 yıldır gündemde olup, kapasitesi ve konumu yönünden Marmara Bölgesi su ihtiyacı için düşünülmüş ve ciddi yatırımlar

yapılmıştır. İstanbul için yıllık 268 milyon metreküp su temini Melen Havzasından günümüz şartlarında karşılanabilmektedir. Nihai aşama sonunda ise yılda 1 milyar 77 milyon metreküp su verecektir. Dünyada da Melen gibi değerli havzaların, yüzey ve yer altı sularının korunması için ciddi önlemler ve yatırımlar yapılmaktadır. Avrupa Birliğinde 2000/60/EC sayılı Su Çerçeve Yönergesi, 2006/118/EC Yer altı Suyu Yönergesi, 98/83/EC İçme suyu yönergesi gibi uygulamalarla standartlar oluşturulmuştur. Ülkemizdeki yönetmelikler de bu yönergelere uyumlaştırılmaktadır.

Dünya nüfusunun yaklaşık 2/3'ü yeraltı su kaynaklarına bağımlıdır (Jousma ve Roelofsen 2004). Nüfusun artışıyla beraber bu yeraltı suyu kaynaklarında ki kirlilik riski günden güne artmaktadır. Yeraltı suları dünyadaki tüm içilebilir suların %97'sini oluşturmaktadır. Eskiden yeraltı suyu toprağın süzülmesi ile yeterince temizlendiği fikri yaygındı. Fakat özellikle son yıllardaki çalışmalar kirlenmenin ciddi bir risk olduğunu göstermiştir (Quevauviller vd. 2009).

Nüfusun artmasıyla endüstriyel, içme ve zirai su ihtiyacı da artmıştır. Bu durum su sıkıntısını meydana getirmiştir. Gereğinden fazla yeraltı suyu çekilmesi masrafları arttırmıştır ve suyun kalitesi de azalmıştır (Jamshidzadeh, S.A. Mirbagheri 2011). İnsan ihtiyaçları yanında yeraltı suyu ekosistem içinde hayati önemdedir. Yeraltı suyunun yüzeysel suyu beslediği ve etkileşim halinde olduğu iyi bilinmektedir. Yeraltı suyunun izlenmesi belli amaçlar için yapılmalıdır. Suyun kimyasal içeriğinin bilinmesi, var olan kirlenmeler ve doğal elementlerin sınırlarını belirlemek ve önlemek içindir (Quevauviller vd. 2009). Yüzeysel sularda izleme oldukça yaygın olmasına karşın yeraltı sularında izleme hep ikinci planda kalmaktadır. Bu alanda yapılacak çalışmalar yönetimsel olarak büyük faydalar sağlayacaktır.

Bilim dünyası havzalarda risk oluşturan tüm kirlenmeler üzerine ciddi çalışmalar yapmıştır ve yapmaktadır. Metaller ve özellikle ağır metallerin nehirlerde, yeraltı sularında ve sedimentteki birikimleri üzerine çeşitli çalışmalar vardır. Fakat bu üç bileşenin aynı anda izlendiği çalışmalar daha az sayıdadır. Düzce Ovası, büyük ve zengin bir yeraltı suyu havzasıdır. İl'in güvenli yeraltı suyu rezervleri 100 hm³/yıdır (Çevre Durum Raporu 2007).

Doğal olarak meydana gelen 90 elementten sadece 17 tanesi biyolojik olarak mevcuttur ve ekosistem için önem teşkil etmektedir. Molibden, Cu, Zn, Cr, Ni, Fe ve Co enzim ve pigmentlerin yapı taşı olarak canlılar için önem teşkil eden temel mikroelementlerden olmakla birlikte bütün metaller ve metaloidler yüksek konsantrasyonlarda toksik etki gösterebilmektedir. Toksikite kavramı metalden metale değişebildiği gibi organizmadan organizmaya da farklılık gösterebilmektedir. Özellikle bakır (Cu), kadmiyum (Cd), kurşun (Pb), civa (Hg) yüksek konsantrasyonlarda enzim fonksiyonlarını bozması, pigmentlerde temel metallerin yerine geçmesi ya da reaktif oksijen türevleri oluşturabilmeleri sebebiyle yüksek konsantrasyonlarda bulduklarında canlı sistem için zararlı olabilmektedirler. Canlılara gerekli olmayan bazı ağır metallerle temel element olarak bulunan ağır metaller arasındaki benzerlik (Cd-Zn, Se-S ya da As-P gibi metal çiftleri) enzimatik sistemlerde temel metallerin yerini alabilme olasılıklarından ötürü ağır metallerin yüksek toksisitelerini ortaya çıkarabilir (Carranza-Álvarez vd. 2008; Babula vd., 2008, Başaran 2010).

1.1. Metallerin Genel Özellikleri ve Etkileri

Metallerden **mangan** doğal olarak bulunur. Metalürji endüstrisinde, seramik, cam ve boya endüstrisinde kullanılır. Bitkilerde temel iz elementidir. Fazla miktarda mangan zihinsel ve solunum problemlerine yol açabilmektedir (Bradl 2005, Anonim 2010b, Başaran 2010). **Krom**; insan ve hayvanlarda glikoz ve lipid metabolizmalarında kullanılan Cr (III) gerekli bir kimyasaldır. İnsanlarda karbonhidrat metabolizmasında rol oynar. Ancak metalurjik süreçlerde, metal kaplama, boya ve pigment üretimi ve tekstil endüstrisi gibi faaliyetler sonucunda doğaya karışan Cr (VI) formu, yüksek oranda zehirli bir kanserojendir ve yüksek dozlarda alındığında ölümcül olabilmektedir (Zayed ve Terry 2003, Shrivastava vd. 2002; Babula vd. 2008). **Nikel** bitki ve hayvanlar için temel elementlerden biridir ve üreaz, hidrojenaz, karbon monoksit dehidrojenaz enzimlerinin bir parçasıdır (Bradl 2005). Düşük konsantrasyonlarda temel bir element olmasına karşın, yüksek konsantrasyonlarda

toksik etki gösterebilmektedir (Welch 1981; Parida vd. 2003). Nikelin insanda muhtemel kanserojen etkiye sahip olduğu düşünülmektedir. Üreme problemleri ve doğum kusurlarına neden olabilmektedir (Tien, 2002). Metallerin Dünya’da yıllık tüketim oranları göz önüne alındığında **çinko**; demir, alüminyum ve bakırdan sonra dördüncü sırada yer almaktadır. Özellikle otomobil endüstrisinde demir ve çelik yüzeylerin koruyucu olarak kaplanmasında kullanılır. İnsanda temel iz elementlerden biridir (Bradl, 2005). **Kobalt** çoğunlukla Co^{2+} formunda kayaç yapısında, sedimentte ve toprakta geniş yayılım gösteren doğal olarak meydana gelen bir elementtir (Siegel 2001; USEPA, 2005). Temel bir element olmakla birlikte aşırı miktarlarda alınması durumunda insanlarda, karasal ve sucul bitki ve hayvanlarda toksik etkileri açığa çıkmaktadır (Nagpal, 2004). **Bakır**; endüstriyel önemi yüksek pirinç, bronz gibi alaşımların yapısında bulunması ve elektriği gümüşten sonra en iyi ileten metal olması sebebiyle geniş bir kullanım alanına sahiptir. Makine yapımında, elektrik endüstrisi, inşaat ve ulaşım sektörlerinde, silah yapımında metal ya da alaşım olarak kullanılmaktadır (Winge ve Mehra 1990; Barceloux, 1999). Çeşitli hücre ve dokularda düşük miktarlarda bulunan bakır canlılar için gerekli iz elementlerden bir tanesidir. **Arsenik**; madencilik, fosil yakıtların yakılması, pestisid uygulamaları gibi insan aktiviteleri toprak, hava ve suda yayılarak arsenik kirlenmesine yol açmaktadır (Bissen ve Frimmel 2003 a,b). Arsenik, hem bitki hem de hayvanlar için toksik etki göstermektedir ve arsenik içeren inorganik pestisidlerin insanda kanserojen etkilerinin olduğu kanıtlanmıştır (Ng, 2005). **Kurşun** borularda, pillerde, boyalarda ve benzinde katkı maddesi olarak kullanılması ve özellikle fosil yakıtlarının yakılması neticesinde sucul ekosistemlerde yüksek konsantrasyonlara ulaşmaktadır (Pascoe ve Mattery, 1977; Matsui vd. 1991; Handy, 1994). İnsanda ise merkezi ve periferik sinir sistemi, kırmızı kan hücreleri, kardiyovasküler sistem, erkek ve dişi üreme organları üzerine toksik etkileri bulunmaktadır (Todd vd., 1996). **Molibden**; endüstriyel atıkların, gübrelerin fazla miktarda molibden içermesi insanlarda ve hayvanlarda zararlı etkilere yol açmaktadır. Molibden zehirlenmesi gastrointestinal rahatsızlıklara ve kalp krizinden dolayı ölüme neden olabilmektedir. Bu nedenle çevrede ve biyolojik örneklerde bu elemente maruz kalınma seviyelerinin belirlenmesi önem taşımaktadır (Shrivastava vd. 2009). **Civa**; zararlı çevresel kirleticilerden biri olan civanın en toksik formu metil civadır (MeHg) ve insan

embriyosuna, fetusa zarar verir. Sucul sistemlerde besin zinciri yoluyla gerçekleşen biyoakümülyasyon ile suda metil civanın düşük konsantrasyonları besin zincirinin üst seviyesinde bulunan canlılarda yüksek seviyelere ulaşabilir (Wang vd. 2004). Yerkabuğunda nadir olarak bulunan elementlerden biri olan **kadmiyum**, canlılar için gerekli temel elementlerden değildir. Ekosisteme doğal yoldan ya da çoğunlukla insan aktiviteleri sonucunda dâhil olmaktadır. Kadmiyum, plastik endüstrisi, madencilik, rafine işlemleri, fosfatlı gübreler, batarya üretimi, kaplama işlemleri vb. endüstriyel faaliyetlerle açığa çıkmaktadır (Burger 2008). DNA bozulmasının yanında böbrek, kalp, akciğer gibi çok sayıda organ ve doku üzerine negatif etkilerin ortaya çıkmasına sebep olabilmektedir (Houston 2007).

1.2. Yapılmış Benzer Bazı Çalışmalar

Öner (2008) çalışmasında Gediz Nehri ve buna karışan bazı kirlilik kaynağı olarak belirlenen 5 ayrı noktada bazı fiziksel parametrelerle buradan alınan su ve sediment numunelerinde Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresi kullanılarak bazı ağır metal (Pb, Cd, Cr, Cu, Ni, Fe, Zn) derişimleri ölçülmüştür. Çalışılan dönem ve istasyonlarda sonuçlar Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği su kalitesi kriterleri ile karşılaştırıldığında Gediz Nehir suyunun IV. sınıf su kalitesinde olduğu tespit edilmiştir.

Avila Perez vd. (1999) havza bazında yaptıkları çalışmalarında su ve sediment örneklerinde Fe, Zn, Cr, Cu, Ni, Pb ve Cd gibi metal konsantrasyonlarına bakmışlar. Yüksek metal konsantrasyonlarının belirlenmesine rağmen metal konsantrasyonlarının zamansal değişimi havzadaki suyun kendini temizleme kapasitesine bağlamışlardır.

Pampulha havzasında yağışsız (Ağustos) ve yağışlı (Kasım) dönemlerde olmak üzere bir kontrol noktasından bir de kirlenmenin olduğu bölgeden su numuneleri alınarak ağır metal analizleri yapılmıştır. İlk numune alma periyodundaki sonuçlara göre havzanın daha üst kısımlarında yüksek Zn (0.22 mg/L) konsantrasyonları tespit edilmiştir. En yüksek Ni ve Cr konsantrasyonları (0.19 ve 0.89 mg/L) Sarandi

Akarsuyunun ilk kısımlarında, en yüksek Pb, Cd, Mn ve Fe konsantrasyonları (0.05, 0.014, 0.43, 15.25 mg/L) Ressaca Akarsuyunda tespit edilmiştir. İkinci numune alma periyodunda kaydedilen tüm değerler 2. Sınıf sular için tavsiye edilenden daha yüksek bulunmuştur (Rietzler vd. 2001).

Cypress Creek havzası inorganik kirlenme yükü üzerine yapılan bir çalışmada 2009 yılı Temmuz ayı boyunca numune bölgelerine göre üç günlük periyodlarla numune alınmıştır. Tüm numune alma bölgelerinde Na, Al, K, Ca, Mn ve Fe konsantrasyonları yüksek bulunmuştur. Sonuçlara göre Cypress Creek havzasının bir inorganik kirlenme altında olduğu fakat toksik etkileri açısından EPA sınır değerlerini aşmadığı ortaya çıkmıştır (Vigilant, 2009).

Akçay ve diğerleri (2003), Büyük Menderes ve Gediz nehri su ve sedimentlerinde aldıkları örneklerde ağır metal analizleri yapmışlardır. Gediz nehrinde Pb, Cr, Mn, Zn, Büyük Menderes nehrinde de Co, Mn ve Zn miktarının yüksek olduğunu bulmuşlardır. Bu metal kirliliklerinin evsel atıklar, sanayi ve zirai atıklardan kaynaklandığını belirtmişlerdir (Akçay vd. 2003; Yılğör 2009).

İzmir'de yapılan bir çalışmada İzmir'e içme ve kullanma suyu temin eden Tahtalı Barajı su toplama havzasındaki yeraltı suyu kalitesinin tespiti amacıyla 35 adet noktadan yeraltı suyu örneği alınarak temel fizikokimyasal parametreler ve ağır metal analizleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre havzadaki yeraltı sularının yerel olarak farklı kirlenme mekanizmalarının etkisinde olduğu tespit edilmiştir. Özellikle Menderes ilçesi yakınlarında Cuma Ovası yöresinde tarımsal kaynaklı nitrat kirliliği, Kaynaklar ve Develi yakınlarında doğal arsenik kirliliği ve havza genelinde yer yer evsel ve endüstriyel kaynaklı kirlenmenin ortaya çıktığı belirlenmiştir (İleri vd. 2007).

Sanayi kuruluşları ve nüfus artışı sebebiyle kirlenme riski altında bulunan Ergene Havzasında kirlilik derecesinin belirlenmesi amacıyla bir çalışma yapılmıştır. Ergene Formasyonundan su alan 9 adet gözlem kuyusundan örnekleme yapılarak, iyon ve ağır metal analizleri yapılmıştır. Bölgedeki yeraltı suları Schoeller'in içilebilirlik

diyagramına göre, 1. 2. ve 3. kalite sular sınıfında olduğu, ABD Tuzluluk diyagramına göre C2-S1 ve C3-S1 grubunda bulunduğu, Wilcox diyagramına göre çok iyi-iyi ve iyi-kullanılabilir sular grubunda olduğu tespit edilmiştir. Yeraltısularında ağır metal kirliliği olduğu, akiferin dinamik rezervinin azaldığı, yağışa rağmen bu azalmanın sürdüğü tespit edilmiştir (Arkoç ve Erdoğan 2006).

Pakistan'da yapılan çalışmada yeraltı suyundaki sodyum, magnezyum, klor, EC, TDS değerleri içme ve kullanma suyu kriterlerine uygun olmadığı görülmüştür (Malana ve Khosa, 2011).

Woitke vd. (2003) 2589 km uzunluğunda Daub Nehri üzerinde 74 noktada ve nehrin ana kolları üzerinde 24 noktada sediment ve askıda katı madde numunesi almışlar ve bu numuneler üzerinde Al, As, Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Mn, Hg, Ni ve Zn metallerini analiz etmişlerdir. Nehrin As, Cr, Cu, Pb, Hg, Ni ve Zn kirliliği düşük seviyede kabul edilirken Cd değerleri yüksek bulunmuştur.

Zhang vd. (2009) Yantze Nehrinde 59 istasyonda gelgit zonunda yüzey sedimentleri (0-5 cm) alarak metal konsantrasyonlarını incelemişler. Metal konsantrasyonları değişimleri (mg/kg kuru ağırlık olarak); Al, 40,803–97,213; Fe, 20,538–49,627; Cd, 0.12–0.75; Cr, 36.9–173; Cu, 6.87–49.7; Mn, 413–1,112; Ni, 17.6–48.0; Pb, 18.3–44.1 ve Zn, 47.6–154 olarak bulunmuştur.

Dauvalter ve Rognerudb (2001) yaptıkları çalışmada havzadaki ağır metallerin (Ni, Cu, Co, Zn, Cd, Pb, Hg) bölgesel etkilerini incelemişler. 27 istasyonda sedimentlerde ağır metallerin arka plan konsantrasyonları, ağır metallerin dikey dağılımı, yüzey sedimenlerinde ağır metal konsantrasyonları ve kirlenme derecesi tespit edilmiştir. İstasyonların buldukları bölgelere bağlı olarak metal konsantrasyonları farklılık göstermiştir. Norweigan tarafında Pb konsantrasyonları diğer metallerden farklı olarak daha üst sediment katmanlarında artışa geçmiştir.

Buggy ve Tobin (2008) 10 çalışma bölgesinde 25 ay boyunca Cd, Cu, Pb, Zn metal konsantrasyonlarının zamansal değişimini incelemişler. Sediment metal

konsantrasyonları ilkbaharda dereceli olarak artmış (% 30-120), yaz sonunda maksimum olmuş ve kış aylarında ise azalışa (% 30 – 60) geçmiştir.

Acevedo-Figueroa ve arkadaşları (2006) San Jose' Lagoon (SJL) ve Joyuda Lagoon (JL)' e ait iki ayrı haliçlerdeki yüzey sedimentlerinde As, Cd, Cu, Fe, Hg, Pb ve Zn konsantrasyonlarını incelemişler. SJL deki sediment örneklerinde önemli derecede yüksek konsantrasyonlar ($\mu\text{g/g}$ kuru ağırlık) Cd (1.8 ve 0.1), Cu (105 ve 22), Hg (1.9 ve 0.17), Pb (219 ve 8), ve Zn (531 ve 52) bulunmuştur. SJL deki bazı sediment örneklerinde Hg, Pb ve Zn ortalama konsantrasyonları sucul canlılara toksik etkilere neden olacağı öngörülmüştür.

Balogh ve arkadaşları (2009) Yukarı Mississippi nehri üzerinde doğal bir göl olan Pepin gölündeki sedimentlerini incelemişler. Çalışmalarında İz metallerin kullanımını ve havzaya deşarjını açığa çıkarmışlardır. Hem difüzyonlar hem de nokta kaynaklar nehre iz metal yüklemekte ve gölde birikmektedir. Yerleşimden önce bu birikimin kaynaklarının birincil difüzyon ve havzadaki doğal sedimentler olduğu bilinir iken, bölgesel yerleşimden sonra evsel ve endüstriyel atıklardaki iz metallerin de nehir ve göle bırakıldığı sonucuna ulaşılmıştır.

Li ve arkadaşları (2009), sel zamanlarındaki akışlarda, göl ve akarsu sedimentlerinde iz metal kirlenmesinin boyutu üzerine çalışma yapmışlar. Büyük şehir bölgesinde Brunette nehri havzasında 24 yıllık çalışma süresince iz metallerin biyolojik olarak kullanılabilirliği ve zamansal ve mekânsal dağılımı belirlenmiştir. Sel olaylarında, sel akışlarındaki hidrolojik gradyan nedeniyle toplam iz metal konsantrasyonları bir azalma göstermiştir. En yüksek iz metal derişimleri göle girmeden önceki kolda ve göl içinde organik maddenin biriktiği yerde gözlemlenmiştir.

İzmir Körfezi'nin yüzey sedimentinde ağır metal dağılımları (Hg, Cd, Pb, Cr, Zn, Cu, Ni, Mn) araştırılmıştır. Ağır metal konsantrasyonlarının İç Körfez'de örnekleme periyodu süresince önemli oranda zenginleştiğini fakat Dış ve Orta Körfez' de Gediz ağzı hariç ağır metal zenginleşmesinin düşük seviyelerde olduğu görülmüştür. Dış

Körfeze en büyük antropojenik ağır metal kaynağının Gediz Nehri olduğu rapor edilmiştir (Küçüksezgin 2001, Koçbaş 2005).

Ege bölgesinde yapılan bir çalışmada Büyük Menderes Nehrinin kirliliği araştırılmış ve bu amaçla Büyük Menderes Nehri ile bu nehre dökülen yan dereler ve dalyan bölgesinden karo şeklinde sediment örnekleri alınmıştır. Yüzey ve dip sedimentlerinde Pb, Zn, Cu, Mn, Cr, Ni, Fe, Hg metallerinin konsantrasyonları ile organik karbon ve karbonat içerikleri tespit edilmiştir. Aşağı Büyük Menderes bölgesinin Mn ve Zn metalleri için, Delta bölgesinin Hg metali için orta kirli sınıfa girdiği saptanmıştır. Büyük Menderes nehrine dökülen yan kollarda ise Pb, Zn, Cu, Mn, Fe metalleri için kirlenmenin başlamış olduğu, Cr metalinin için ise orta kirli sınıfa girdiği belirtilmiştir (Yılgör 2009).

Şengörür vd. yaptıkları çalışmalarda Melen Nehri Türkiye Su Kalitesi Kontrol Yönetmeliğine göre kurşun 4. sınıf, bakır 3. sınıf kaliteye sahip olup artırılması gereken en riskli elementler bulunmuşlardır. Ayrıca evsel nitelikli kirlenme ve dolayısıyla organik kirlilik yüksek oranda gözlenmiştir. Büyük Melen Nehri K.Melen Nehrine göre daha fazla kirlenmiş bulunmuştur (Şamandar 2004).

Sanayileşme metal kirliliğinde önemli bir etkidir. Büyük ölçekli sanayi tesislerinin kurulumundan önce havzada küçük ölçekli onlarca sanayi tesisi mevcuttu. Bu sanayi tesisleri özellikle Asar Deresi kenarında yoğunlaşmıştı. 1. Organize Sanayi Bölgesi 1995 yılında Düzce Merkez Beyköy Beldesi'nin 173 hektar alan üzerinde yapılan inceleme doğrultusunda kurulmasına izin verilmiştir.1996 yılında kurulmuş ve bunlardan 63 adet sanayi parseli planlanmıştır. Düzce II. organize sanayi bölgesi 2004 yılında 81 ha alana kurulmuş ve 9 sanayi parseli oluşturulmuştur. Diğer taraftan İl ormanlarının önemli bir alan kapsamı, tarımsal üretimin çeşitliliğine rağmen üretim kapasitesinin düşük oluşu ve önemli bir sermaye birikiminin sağlanamaması sonucu, orman ürünlerini işleyen fabrika ve iş kollarının dışında son yıllara kadar önemli bir sanayileşme görülmemektedir. Son yıllarda hızlı bir sanayileşme olmuştur.

1.3. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Çalışmamızın amacı;

- a) Ülkemizin en önemli su kaynağı ve havzalarından olan Melen Nehri ve havzasındaki çeşitli kaynaklardan gelen metallerin cinslerinin, miktarlarının ve birikim seviyelerinin belirlenmesi, Mevcut durumun çevresel kalite standartları ile mukayese edilmesi,
- b) Havzanın muhtemel kirlenici kaynaklarının belirlenmesini sağlamak,
- c) Kirliliğin boyutunun belirlenerek, kirlilik derecesine göre önlemleri almaya teşvik etmek,
- d) Havza ekosisteminin ve su yapısının korunumu, üretkenliği ile sucul hayata ve insan sağlığına olan etkili metallerin risklerinin belirlenmesi,
- e) Metal kirliliğinin su kaynaklarına ve ekosisteme muhtemel zararlarını göstermek için dikkat çekmek.

Çalışmanın kapsamı;

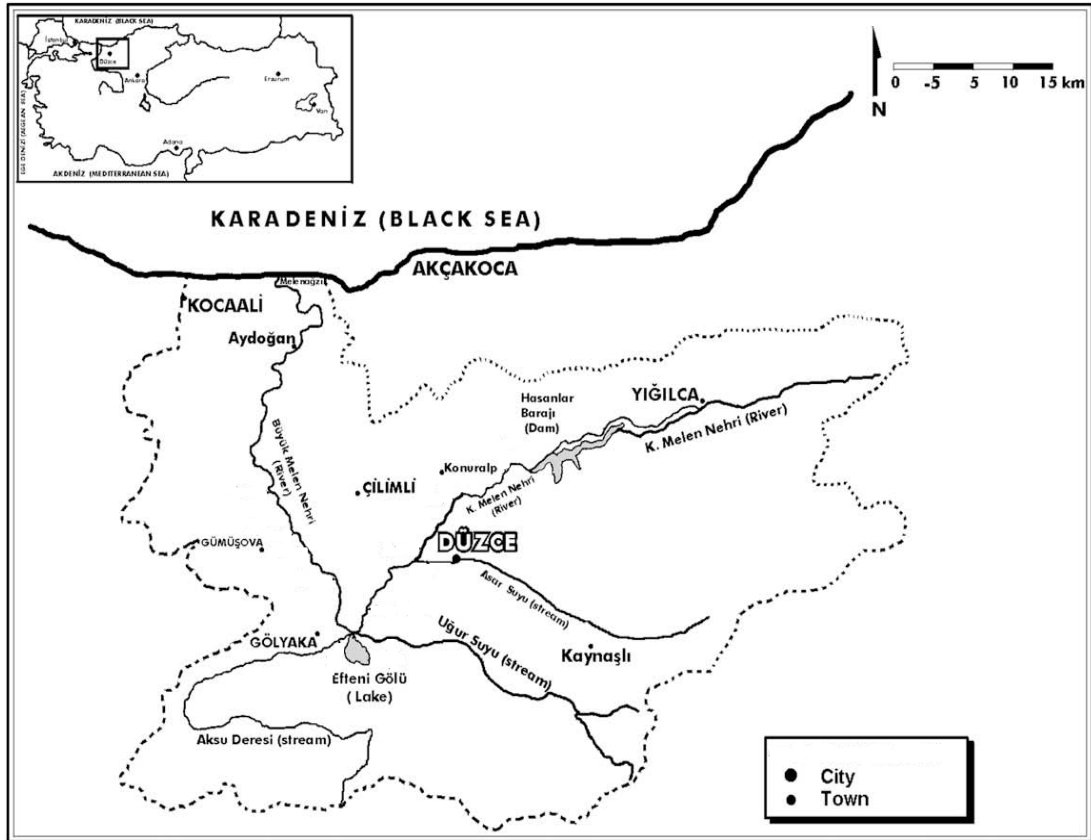
Melen Havzasında metallerin kirlilik olarak bulunurluğunun belirlenmesi, ana su kaynaklarında metallerin birikiminin tespit edilmesi, risk noktalarının ortaya çıkarılmasıdır. Bu kapsamda Havzanın temsilini sağlayacak noktalarda metallerin çeşitlerinin ve seviyelerinin belirlenmesi yapılacaktır. Belirlenen noktalarda düzenli aralıklarla ölçümlerin yapılması, ölçümler sonucunda kirlilik riski oluşturan, birikim yapan metaller ve uzun vadede risk düzeyleri belirlenmesidir.

Yüzeysel suların yanında diğer önemli etken olan yeraltı sularında aynı şekilde temsilini sağlayacak noktalardan örneklemelerle metal içerikleri izlenecektir. Bu izleme yüzeysel sularla aynı dönemlerde gerçekleştirilip, yüzeysel su örnekleme noktalarında yüzey sedimentteki metallerin de izlenmesi yapılacaktır.

BÖLÜM 2. MATERYAL ve METOD

2.1. Çalışma Alanı

30°52'-31°41' Doğu ve 40°35'-41°05' Kuzey enlemlerinde olan Melen Havzası kuzeybatı Anadolu'dadır. Havzanın çok büyük kısmı Düzce ili idari sınırları içerisinde. Ortalama yükseklik 120 m olmasına karşın güney ve doğusunda 1900 m rakıma ulaşmaktadır. Yıllık yağış ortalaması 537 mm, yıllık sıcaklık ortalaması ise 13,5 °C'dir (1975-2010). Nüfusun % 42'si kent merkezinde yaşamaktadır (Havza Koruma Planı 2008).

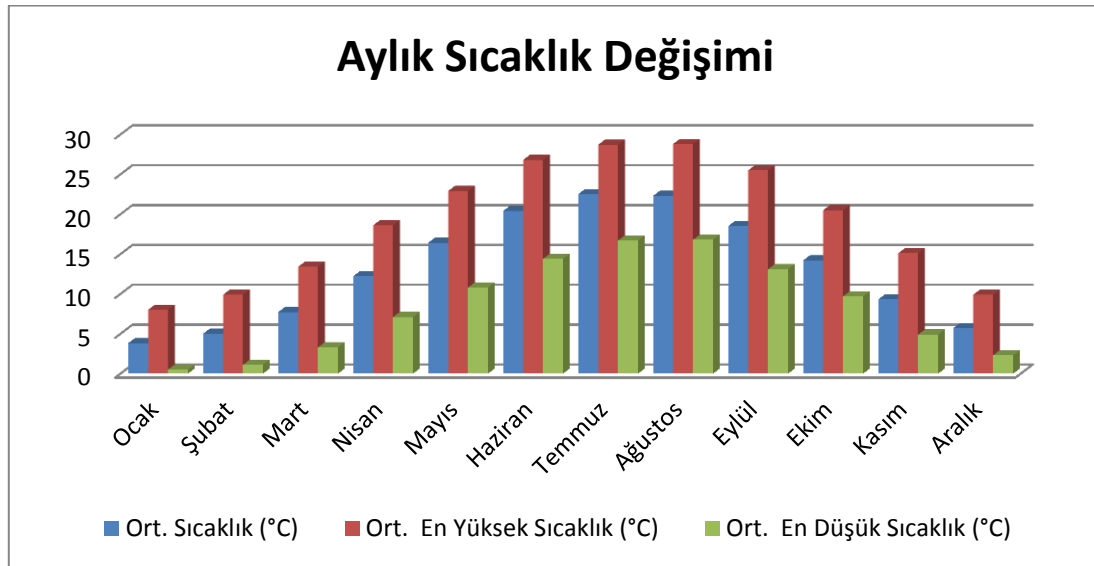


Şekil 2. 1. Melen Havzası (Doğan vd. 2009'dan değiştirilmiş).

Ayları baz alarak yapılan ve uzun yıllar (1975-2010) ortalama iklim şartları tablo 2.1’de ve aylık bazlı sıcaklık değişimleri şekil 2.2’de görülmektedir.

Tablo 2. 1. Havzanın uzun yıllar meteorolojik verileri (DMI).

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Ort. Sıcaklık (°C)	3,8	5	7,7	12,2	16,4	20,4	22,5	22,3	18,5	14,2	9,3	5,7
Ort. En Yüksek Sıcaklık (°C)	8	9,9	13,4	18,6	22,9	26,8	28,7	28,8	25,5	20,5	15,1	9,9
Ort. En Düşük Sıcaklık (°C)	0,5	1,1	3,3	7,1	10,8	14,4	16,7	16,8	13,1	9,7	4,9	2,3
Ortalama Güneşlenme Süresi	1,8	2,6	3,7	5,2	7,2	8,7	8,9	8,4	6,6	4,4	2,8	1,6
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	15,3	14,1	13,8	12,3	11,1	9,9	6,7	6,9	8,1	11,5	12,6	15,6
Ortalama Yağış Miktarı (kg/m ²)	86,4	70,6	70,8	58,4	58,1	57,7	47,1	53	50,6	84	85,5	100,1
En Yüksek Sıcaklık (°C)	24,5	25,6	32,2	34,7	37,5	39	42,4	40,3	38,3	38,2	28,8	29,2
En Düşük Sıcaklık (°C)	-15	-17,3	-13,6	-3	0,4	6,6	8,8	7,6	4,5	-1	-6,8	-16,5

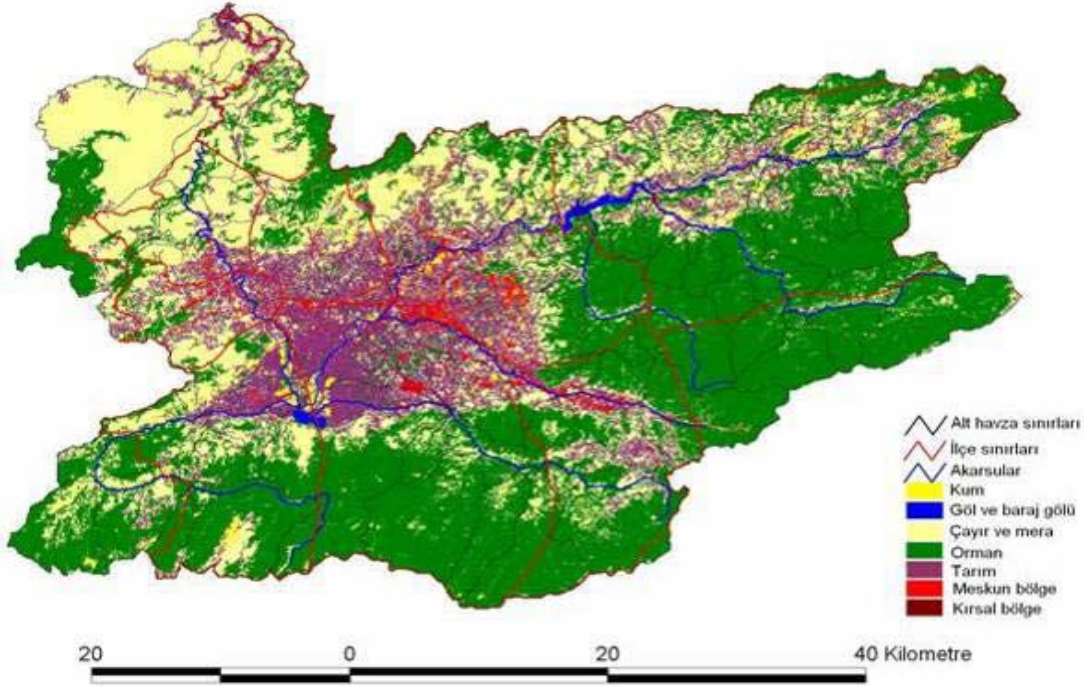


Şekil 2. 2. Melen Havzası uzun yıllar (1975-2010) aylık sıcaklık değişimleri.

Havzanın ortasındaki Düzce Ovası'nın jeolojik yapısı holosen yani alüvyondur. Havza'nın dağlık kesimlerinde ise eosen-fliş, üst kreatese-fliş, üst kreatese- pleosen, silurien devonien, eosen-ayrılmamış, eosen-volkanik fasies, pliosen-karasal, devonien ve metamorfik olarak ayrılmamış jeolojik birimler bulunmaktadır. Çöküntü havzalarını kaplayan genç alüvyon alanlarda yaygın yer altı suyu akiferleri gelişmiştir. Alüvyon akiferlerinin beslenme olanakları, gerek bölgedeki yüksek yağış nedeniyle gerekse yüzey suları ile ilgili olmaları nedenleriyle, çok fazladır. Arazi kullanım türlerine göre dağılımı Tablo 2-2'de verilmiştir (Düzce Valiliği 2004).

Tablo 2. 2. Havzanın arazi kullanım yapısı.

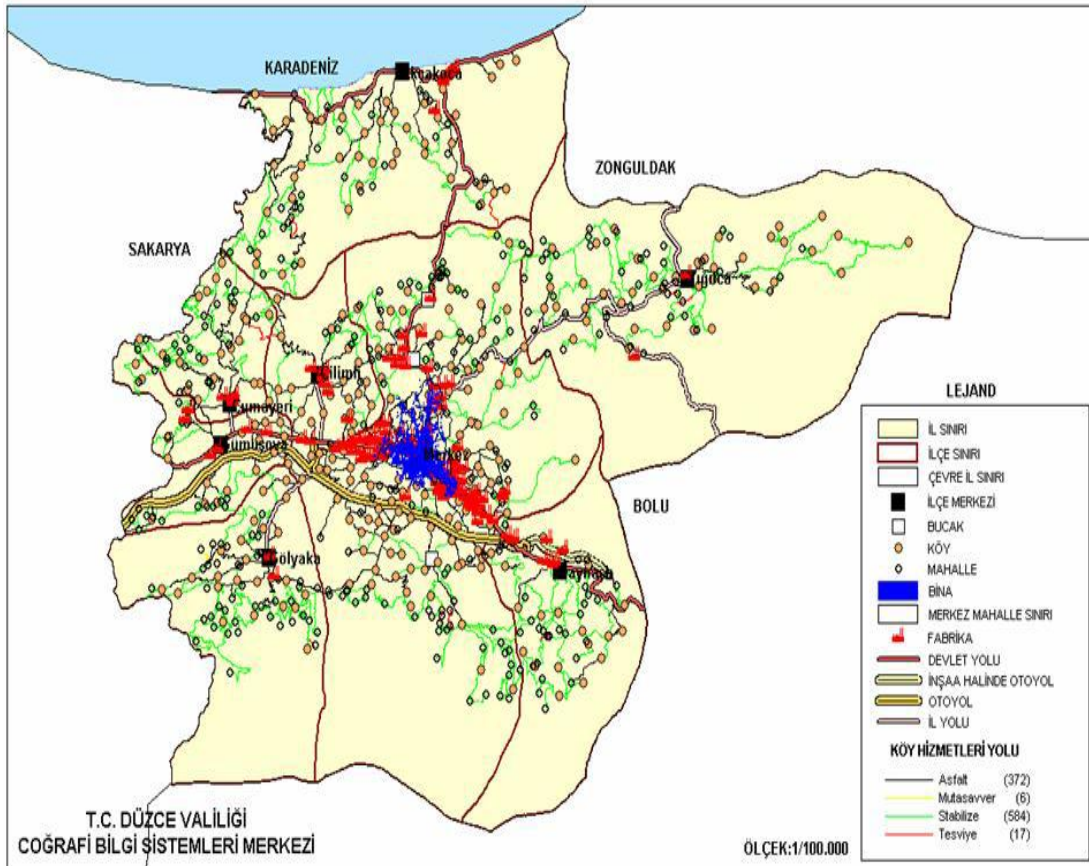
FAALİYET TÜRÜ	ALANI (HA.)	ORANI (%)
Tarım Arazisi	253.745	22.7
Çayır - Mera	101.620	14.4
Ormanlar	590.451	52.7
Yerleşim Alanlar (Meskun)	24.557	2.2
Kullanılmayan (Göl, Bataklık, Taşlık)	89.073	8
Sanayi Alanı	554	-
TOPLAM	1.120.000	100.00



Şekil 2. 3. Melen Havzası'nda 2006 yılı için arazi kullanımını (Havza Kor. Planı 2008).

Düzce'de 2 adet Organize Sanayi Bölgesi bulunmaktadır. Düzce İl Merkezi Beyköy Beldesinde bulunan Düzce 1. OSB, endüstriyel tesisler (100 ha), yollar, sosyal tesisler, yeşil alanlar ve atıksu arıtma tesisi (100 ha) için ayrılan 200 ha'lık alan üzerinde 1995 yılında kurulmuştur. 1. OSB'nin toplam kapasitesi 48 endüstri tesisidir ve 8.230 kişinin bu endüstrilerde çalışması beklenmektedir. Mevcut durumda, Organize Sanayi Bölgesi'ndeki 24 tesis faal durumdadır. 2005 yılı itibariyle farklı büyüklüklerde yaklaşık 250 tekil endüstri Sanayi ve Ticaret Odası Düzce Şubesi'ne kayıtlıdır. Endüstriler çoğunlukla Düzce İl Merkezi yakınlarında

yerleşmiştir. Diğer taraftan İl ormanlarının önemli bir alan kapsamı, tarımsal üretimin çeşitliliğine rağmen üretim kapasitesinin düşük olması ve önemli bir sermaye birikiminin sağlanamaması sonucu, orman ürünlerini işleyen fabrika ve iş kollarının dışında son yıllara kadar önemli bir sanayileşme görülmemektedir. Sanayinin günden güne gelişmesi yanı sıra istihdam durumları gün geçtikçe artmaktadır. Melen Havzası'nda bulunan toplam 243 endüstri 10 ana kategoriye (gıda, tekstil, kâğıt, kimya, orman ürünleri, metal, makine, madencilik, benzin istasyonu ve elektrik-elektronik malzemeler) bölünmektedir. Tekil endüstrilerin büyük çoğunluğu (%25) gıda endüstrisi ana kategorisinde yer almaktadır. Bunu sırasıyla tekstil (%23) ve orman ürünleri (%20) ana kategorileri izlemektedir. Gıda endüstrisi ana kategorisine giren endüstrilerden kaynaklanan toplam atıksu debisi, havzadaki tüm endüstrilerden kaynaklanan atıksu debisinin %81'ini oluşturmaktadır (ÇOBDİM 2006, Öztürk vd. 2007, Tavşan 2008).



Şekil 2. 4 Düzce İli sanayi ve konut yerleşimi haritası (ÇOBDİM 2004).

Tablo 2.3. Havzanın yüzeysel su kaynakları özellikleri (DSİ).

	DRENAJ ALANI (Km²)	AYLIK ORT. DEBİ (m³/s)	UZUNLUĞU (km)	İL SINIRLARI İÇERİSİNDE BAŞLANGIÇ VE BİTİŞ NOKTALARI
KÜÇÜK MELEN	1204,75	6,57	73,34	Yığılca ilçesi dağlarından doğar,
ASARSUYU	158,54	1,88	32,09	Bolu dağlarından doğar, Küçük Melen ile birleşir.
UĞURSUYU	288,01	5,63	31,48	Bolu Abant dağı eteklerinden doğar,
AKSU DERESİ	283,36	2,08	44,82	Elmacık dağlarından doğar
BÜYÜK MELEN	2424,75	51,23	135,53	Karadenize dökülür.

2.2. İzleme Çalışmaları

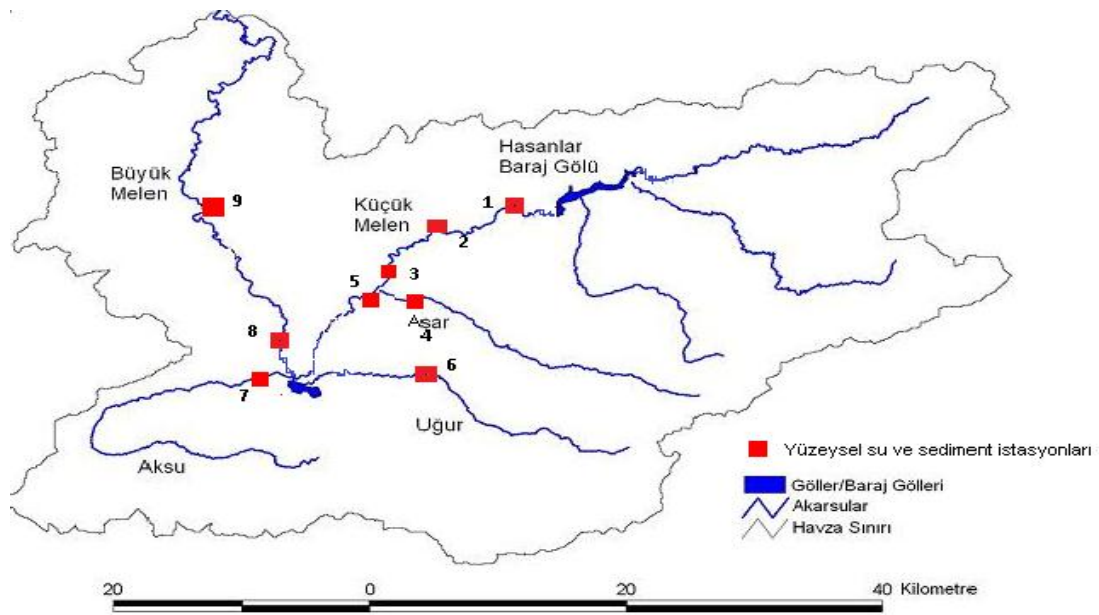
2.2.1. Örnekleme

Melen Havzası ana kolları (Küçük Melen, Büyük Melen) ile Yan kollar (Uğur suyu, Aksu deresi ve Asar Çayı) izlenmesi gerçekleştirildi. Ana kollar ile bu yan kolların kirlenme yönünden etkilerini belirleyebilmek için Melen Nehri ile birleşim noktalarına yakın yerlerden numuneler alındı. Aynı şekilde Melen nehrinin bu yan kollarla birleşiminin öncesinde ve sonrasında numune alma noktaları belirlendi. Bu sayede 6'sı ana kolda olmak üzere 9 adet yüzeysel su örneğinde izleme gerçekleştirildi. Yüzeysel sular aylık, sediment ve yer altı suları ise mevsimlik izlendi.

Yüzeysel sular ve sediment örneklemede Küçük Melen Nehri Hasanlar Barajının çıkışındaki nokta 1 olmak üzere Büyük Melen ve Karadenize doğru (1, 2, 3, 5, 8 ve 9) ana kollar Melen Nehri üzerindedir. 4. Numune noktası Asar, 6. nokta (Uğur) ve 7 numaralı nokta da Aksu yan kolunu temsil etmektedir. Örnekleme koordinatları ve noktaları tablo 2.4 ve şekil 2.5 te gösterilmiştir.



Şekil 2. 5. Bazı örnekleme noktalarından görüntüler

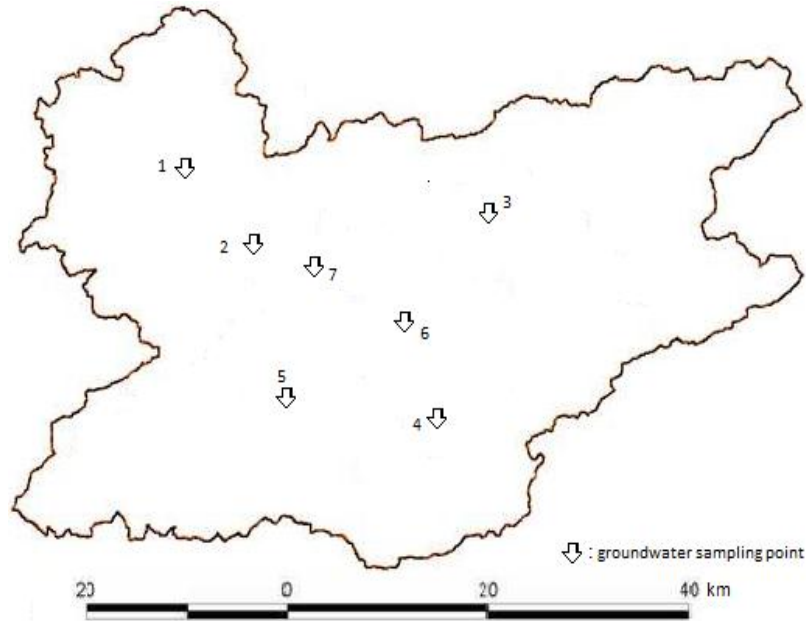


Şekil 2. 6. Yüzeysel su ve sediment örnekleme noktaları.

Tablo 2. 4. Örnekleme noktalarının yeri ve koordinatları.

Örnek	No	Kuzey	Doğu	Rakım (m)
Yüzeysel su ve Sediment	1(K.Melen)	40,907455	31,22219	225
Yüzeysel su ve Sediment	2(K.Melen)	40,887861	31,16137	202
Yüzeysel su ve Sediment	3(K.Melen)	40,843652	31,13385	166
Yüzeysel su ve Sediment	4(Asar)	40,835489	31,11113	174
Yüzeysel su ve Sediment	5(K.Melen)	40,836464	31,10105	164
Yüzeysel su ve Sediment	6(Uğur)	40,770528	31,10696	168
Yüzeysel su ve Sediment	7(Aksu)	40,763547	30,99814	155
Yüzeysel su ve Sediment	8(B.Melen)	40,822176	31,02494	151
Yüzeysel su ve Sediment	9(B.Melen)	40,864534	30,98388	171
Yeraltı suyu	1	40,860805	30,98967	158
Yeraltı suyu	2	40,514657	31,05308	137
Yeraltı suyu	3	40,340288	31,13208	184
Yeraltı suyu	4	40,789339	31,13036	185
Yeraltı suyu	5	40,81623	31,10772	166
Yeraltı suyu	6	40,844982	31,13385	146
Yeraltı suyu	7	40,512304	31,06243	139

Yeraltı sularının izlenmesi farklı arazi kullanımlarına göre seçilmiş yedi nokta üzerinden yapıldı. Örnekleme noktası olan 1-3 ve 5 ziraat, 6 ve 7 yerleşim, 2 ve 4 ise endüstriyel alanın etkisindedir. İzleme 2010 Eylül - 2011 Ağustos aralığında gerçekleştirilmiştir. Numune noktaları Şekil 2.6'da görülmektedir.



Şekil 2. 7. Yeraltı suyu örnekleme noktaları.

2.2.2. Fiziksel ve kimyasal analizler

Örnekleme yapılan yüzeysel ve yeraltı suları 0.45 µm por çapı olan filtre kâğıdıyla süzölmüştür. Bu sayede çözünmüş metal eldesi sağlanmıştır. Çözünmüş metal konsantrasyonu risk çalışmaları için daha uygundur (Luoma vd. 2008). Ultra saf nitrik asit çözeltisi ile pH değeri 2 nin altına getirilmiş ve polietilen şişelerde analize hazır olmuştur. Metaller (Alüminyum, Antimon, Arsenik, Baryum, Berilyum, Bor, Kadmiyum, Kalsiyum, Krom, Kobalt, Bakır, Demir, Kurşun, Lityum, Magnezyum, Mangan, Molibden, Nikel, Fosfor, Potasyum, Selenyum, Gümüş, Sodyum, Talyum, Vanadyum ve Çinko) EPA 200.7 ve ISO 11885 standartlarına göre ICP-OES (Inductively coupled plasma optical emission spectrometry) ile ölçümü yapılmıştır. Sediment örnekleri içinde her noktadan yüzeysel tabakadan (0-5 cm) alınan yaklaşık birer kg numuneler laboratuvara getirilmiştir. 105°C’de 24 saat kurutulduktan sonra 2 mm’lik elekten geçirilip analize hazır hale getirilmiş ve ICP ile ölçümleri yapılmıştır. Metaller için en düşük ölçülebilirlik değerleri Tablo 2.5’de görölmektedir.



Şekil 2. 8. ICP-OES cihazı

Tablo 2. 5. İzlenen metallerin en düşük ölçülebilir değerleri.

Yüzeysel ve Yeraltı suları		Sediment	
Metal	mg/L	Metal	
Alüminyum	0,01	Antimon	0,5
Antimon	0,01	Arsenik	0,5
Arsenik	0,005	Baryum	0,2
Baryum	0,0005	Berilyum	0,01
Berilyum	0,0002	Kadmiyum	0,4
Bor	0,01	Krom	0,5
Kadmiyum	0,0004	Kobalt	0,2
Kalsiyum	0,005	Bakır	1
Krom	0,001	Demir	10
Kobalt	0,002	Kurşun	1
Bakır	0,002	Lityum	1
Demir	0,002	Mangan	0,5
Kurşun	0,005	Civa	0,2
Lityum	0,001	Molibden	0,4
Magnezyum	0,003	Nikel	1
Mangan	0,0005	Silver	0,5
Molibden	0,002	Stronsiyum	0,1
Nikel	0,002	Talyum	0,5
Potasyum	0,015	Tin	1
Selenyum	0,01	Vanadyum	0,1
Gümüş	0,001	Çinko	3
Sodyum	0,03		
Talyum	0,01		
Vanadyum	0,001		
Çinko	0,002		



Şekil 2. 9. Arazide kullanılan temel parametre ölçüm cihazları

Örnekleme yerlerinde ayrıca HACH Marka pH metre, HACH çözülmüş oksijen ölçer, HACH multiparametrik (iletkenlik, direnç, TDS, tuzluluk, sıcaklık) ölçer cihazlar ile yerinde ölçümler gerçekleştirilmiştir.

2.3. İstatistiksel Analizler

Elde edilen sonuçların yorumlanması için SPSS yazılımının en güncel modeli olan 20.0 programı kullanılmıştır. Öncelikle temel tanımlayıcı analizler yüzeysel, yeraltı suları ve sediment için ayrı ayrı yapılmıştır. Data dağılımına göre uygun korelasyon analizleri gerçekleştirilmiştir. Korelasyon analizinde tespit edilen en yüksek oranda metallerin kendi arasında ve temel parametrelerle olan ilişkileri verilmiştir. Bu sayede parametreler arasındaki ilişki ortaya konulmuştur. Belirli ölçüde farklılıkları olan parametreler için ayrıntılı analizlerde gerçekleştirilmiştir.

Kirlilik kaynaklarına ulaşabilmek ve önemli faktörleri ortaya koyabilmek için Faktör Analizi uygulamaları yapılmıştır. Faktör analizi, veriler arasındaki ilişkilere dayanarak verilerin daha anlamlı ve özet bir biçimde sunulmasını sağlayan çok değişkenli bir istatistiksel analiz türüdür, yani k değişkenli bir olayda (k boyutlu bir uzay) birbiri ile ilişkili değişkenler bir araya getirilerek, az sayıdaki ortak, ilişkisiz değişken bulma yöntemidir. Bugüne dek faktör analizinde en yaygın olarak kullanılmakta olan yöntem ise temel bileşenler yöntemidir. Basit yapıya ulaşmada faktör yükleri matrisinin sütunlarına öncelik veren bu yöntemde, her sütundaki bazı yük değerleri 1'e yaklaştırılırken geriye kalan çok sayıdaki yük değeri 0'a yaklaştırılır. Faktör varyanslarının (daha iyi yorum verebilmesi için) maksimum olmasını sağlayacak biçimde döndürme yapılır (Şengörür ve İsa 2001). Bir analizde tüm faktörler kullanılmaz. Eigen değerleri (eigenvalues) büyük olan faktörler kullanılmalı. Eigenvalue kabaca iki değişken arasındaki korelasyonu gösterir. Korelasyon varsa dış sınırlar elipse benzer. Genellikle bu değer 1 den büyük olanlarının kullanımı önerilmektedir.

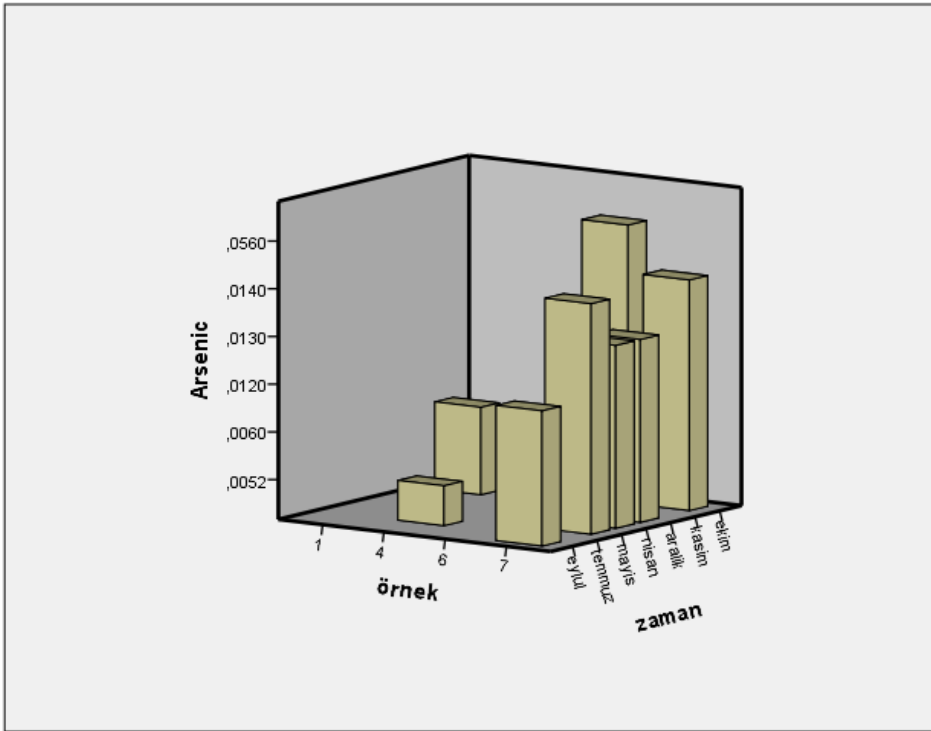
Faktör analizi sonucu tüm durumlar için etkin bileşen gruplar kapsadığı oranlarıyla ortaya konulmuştur. Mevsimsel değişimi görebilmek için mevsimleri sonbahar (Eylül-Ekim-Kasım), kış (Aralık-Ocak-Şubat), ilkbahar (Mart-Nisan-Mayıs), yaz (Haziran-Temmuz-Ağustos) olarak gruplandırılıp bu verilerle analizleri gerçekleştirilmiştir.

BÖLÜM 3. SONUÇLAR

3.1. Yüzeysel Sularda Metal Kirliliği

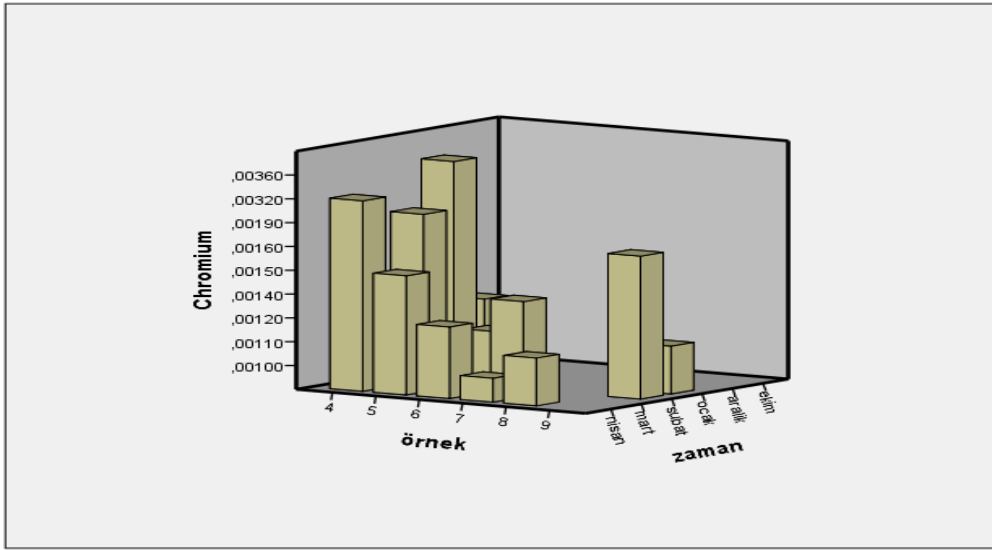
3.1.1. Metaller

Melen Havzasında yüzeysel sularda ölçülebilir miktardan yüksek olan metallerin tüm havza için ve sadece Melen Nehri (Küçük, Büyük) için düzeyleri aşağıdaki şekillerde herbir parametre yönünden gösterilmiştir.



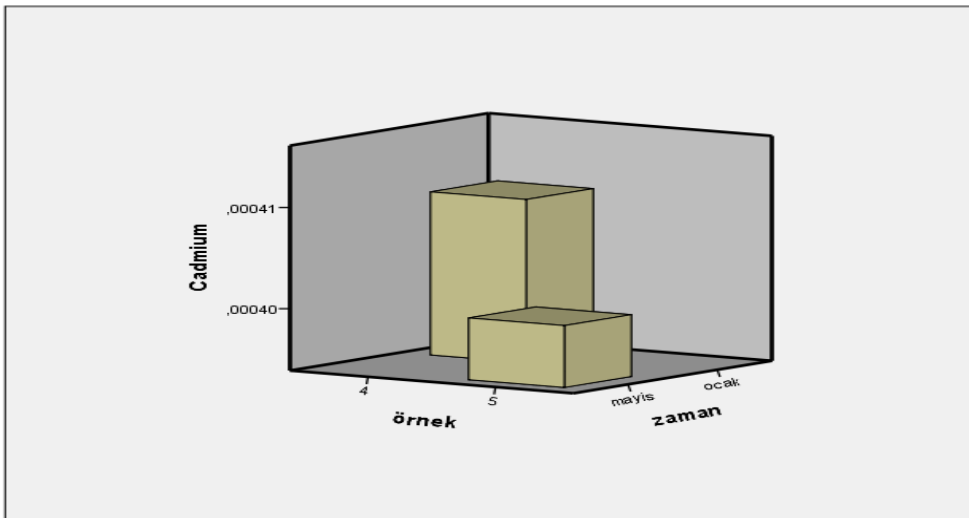
Şekil 3. 1. Melen Havzası Yüzeysel sularında Arsenik miktarının zamansal ve mekânsal değişimleri

Arsenik yan kollarda ve özellikle 7 numaralı (Aksu deresi) noktada yoğunur. Ana kollarda ölçülebilir değerlerde sadece Kasım ayında 1 numaralı noktada düşük yoğunluklu bir sonuç gözlenmiştir.



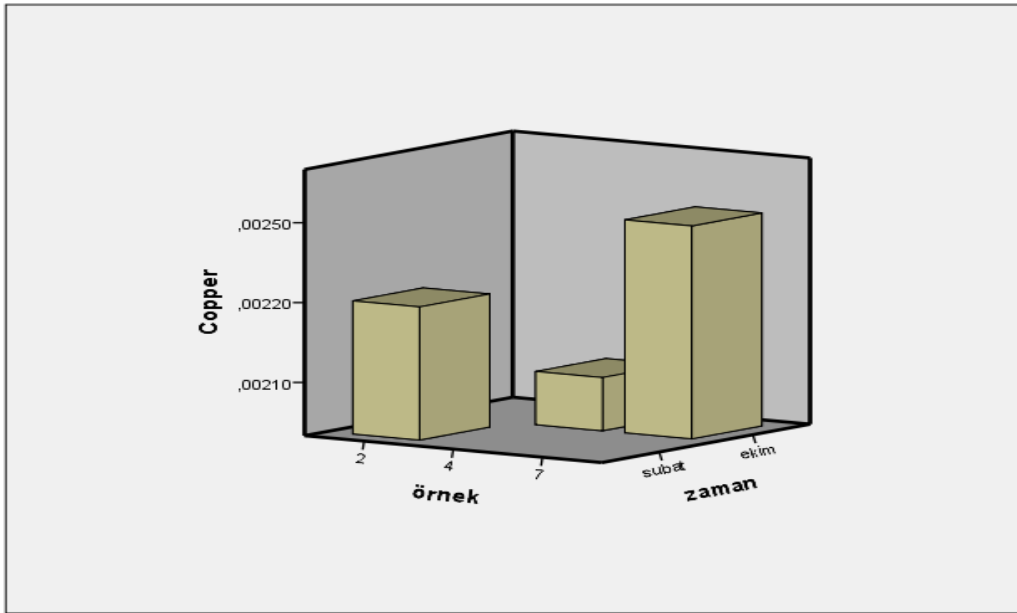
Şekil 3. 2. Melen Havzası Yüzeysel sularında krom miktarının zamansal ve mekânsal değişimleri

Krom 1, 2 ve 3 numaralı noktalarda hiç ölçülebilir değerlerde olmamıştır. Buna karşın en yoğun kirliliğe 4 numaralı Asar deresinde rastlanmıştır. Bu durum krom kirliliğinin belirgin olarak Asar deresinden kaynaklandığını gösterir. Ayrıca 9 numaralı noktada da kısmen kirlilik görülmüştür. Mevsimsel olarak kirlilik kış ve ilkbaharda gözlenmiştir.



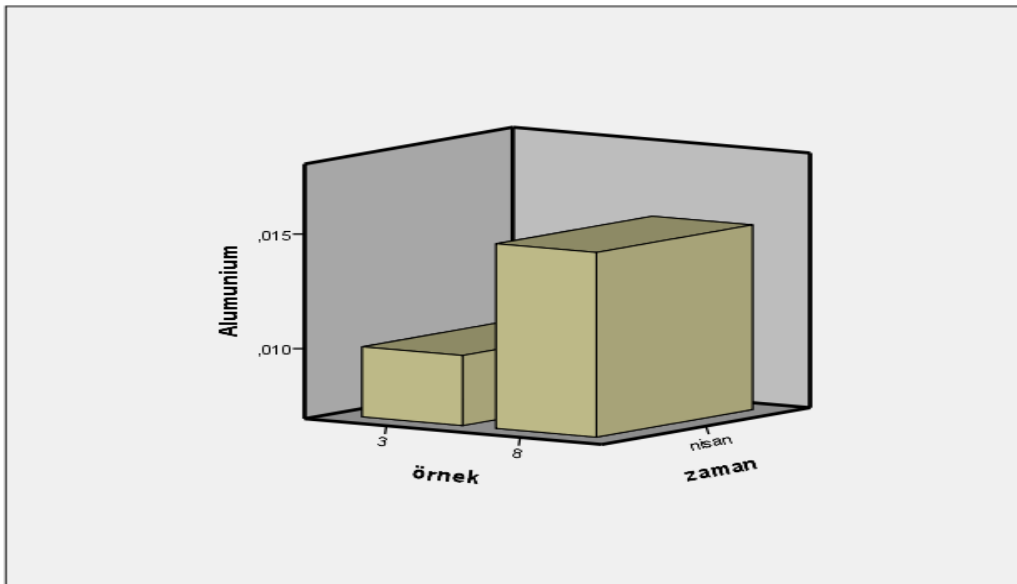
Şekil 3. 3. Melen Havzası Yüzeysel sularında kadmiyum miktarının değişimleri

Kadmiyum sadece 4 ve 5 numaralı noktalarda ocak ve mayıs aylarında gözlenmiştir. Gözlenen değerlerde tehlike sınırının altında olmuştur.



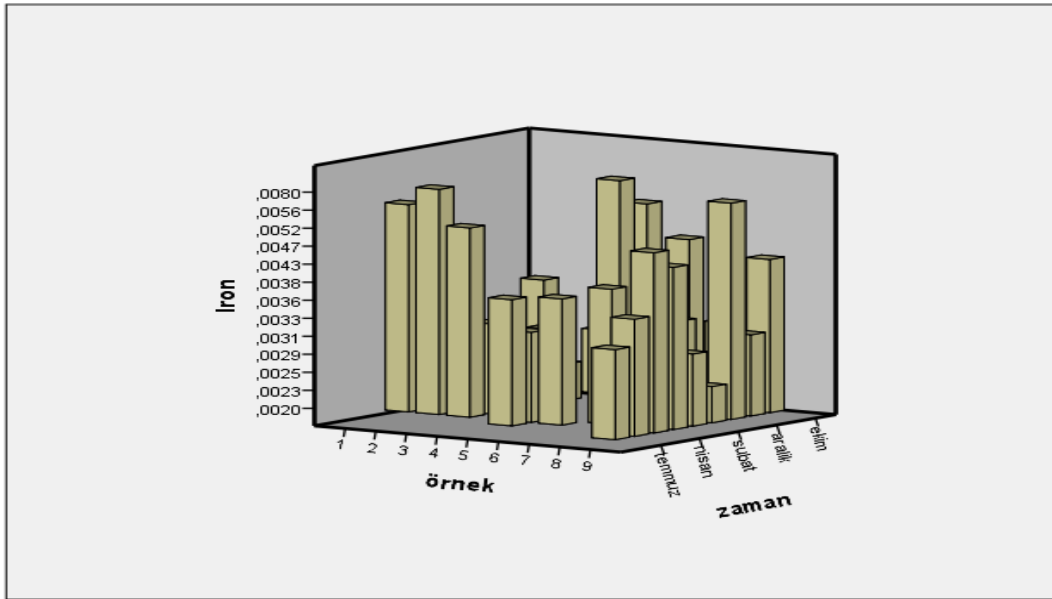
Şekil 3. 4. Melen Havzası Yüzeysel sularında bakır miktarının zamansal ve mekânsal değişimleri

Bakır ana kollar üzerinde sadece 2 numaralı (K. Melen) noktada şubat ayında gözlenmiştir. Yan kollarda ise ekim ayında Asar 4 ve 7 numaralarda gözlenmiştir.



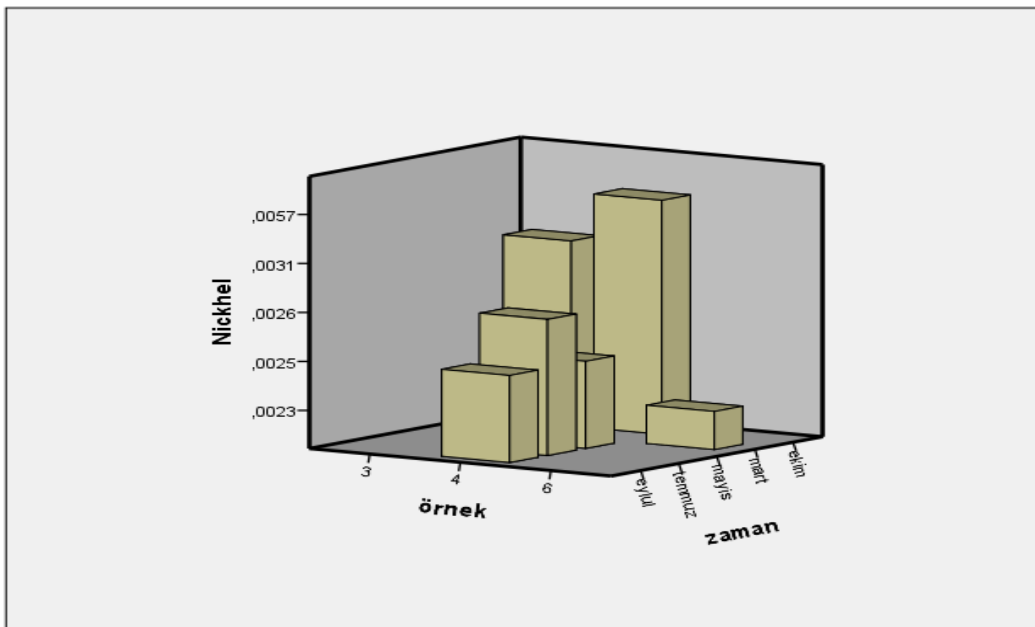
Şekil 3. 5. Melen Havzası Yüzeysel sularında Alüminyum miktarının değişimleri

Alüminyum sadece nisan ayında ve sadece ana kol üzerindeki 3 ve 8 numaralı örnek noktalarında gözlenmiştir.



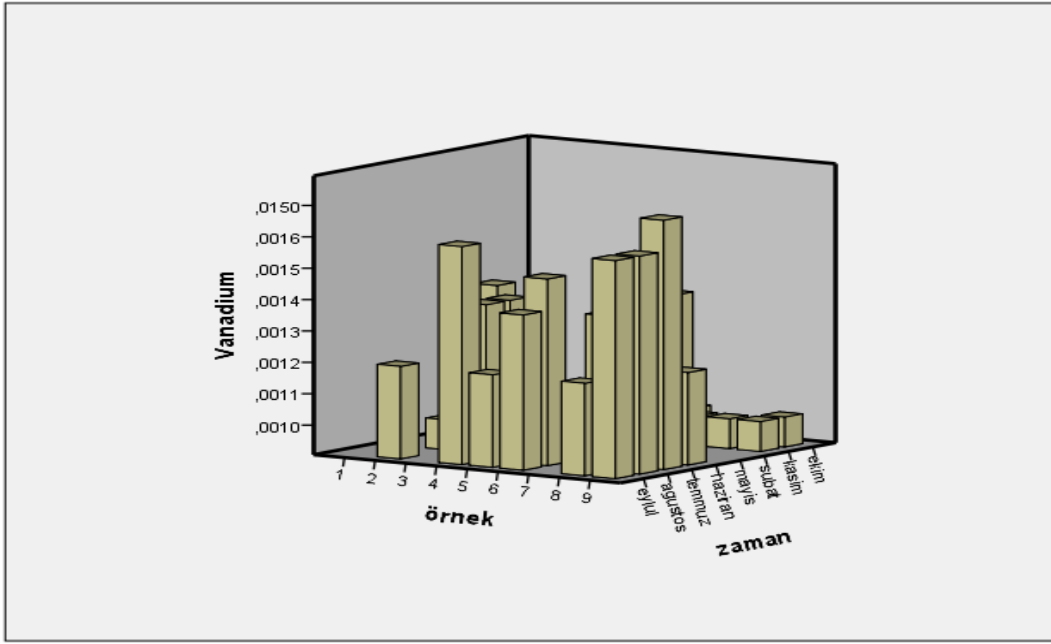
Şekil 3. 6. Melen Havzası Yüzeysel sularında çözünmüş demir miktarının değişimleri

Demir tüm noktalarda ölçülebilir aralıklarda gözlenmesine karşın en yüksek değerlerine yan kollar üzerinde rastlanmıştır. Mevsimsel olarak kış aylarında en düşük değerlerine gerilemiştir.



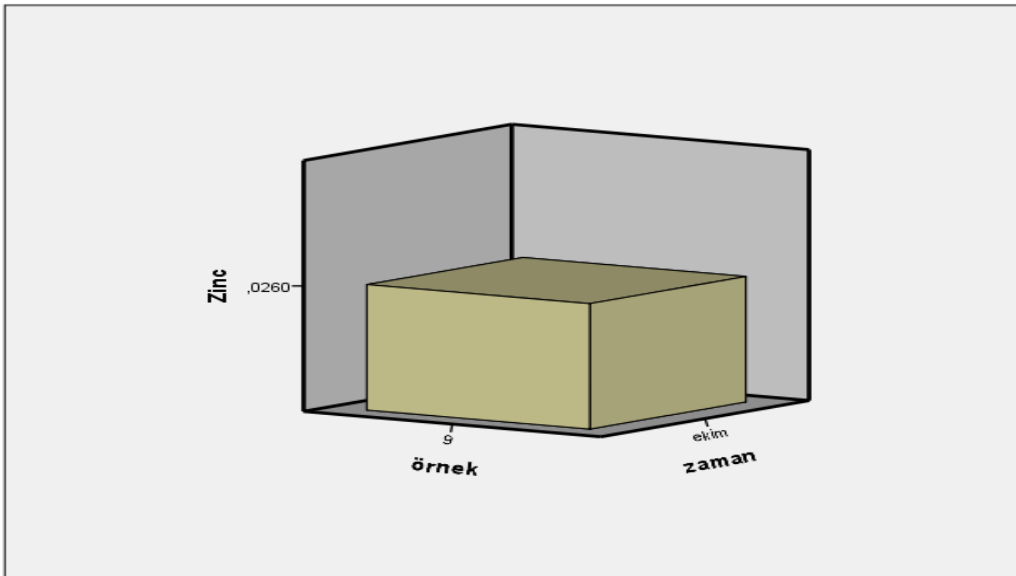
Şekil 3. 7. Melen Havzası Yüzeysel sularında nikel miktarının zamansal ve mekânsal değişimleri

Nikel ana kollarda sadece 3 numaralı noktada ekim ayında gözlenmesine karşın yan kollardan 4 ve 7 de ilkbahar ve yaz aylarında gözlenmiştir. 4 numaralı nokta olan Asar deresi nikel kirliliğinin kaynağı olarak görülmektedir.



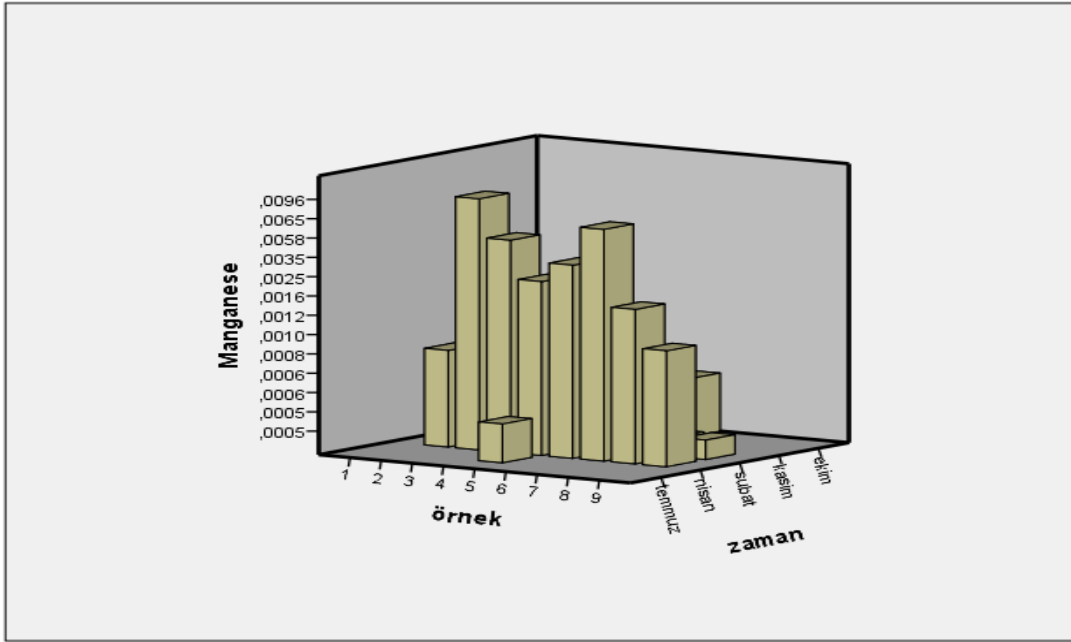
Şekil 3. 8. Melen Havzası Yüzeysel sularında Vanadyum miktarının değişimleri

Vanadyum tüm noktalarda ve her mevsimde gözlenmiştir. Ana kollardan özellikle 8 ve 9 numaralı noktalarda (B. Melen) kirlilik en yüksek seviyelerine ulaşmıştır.



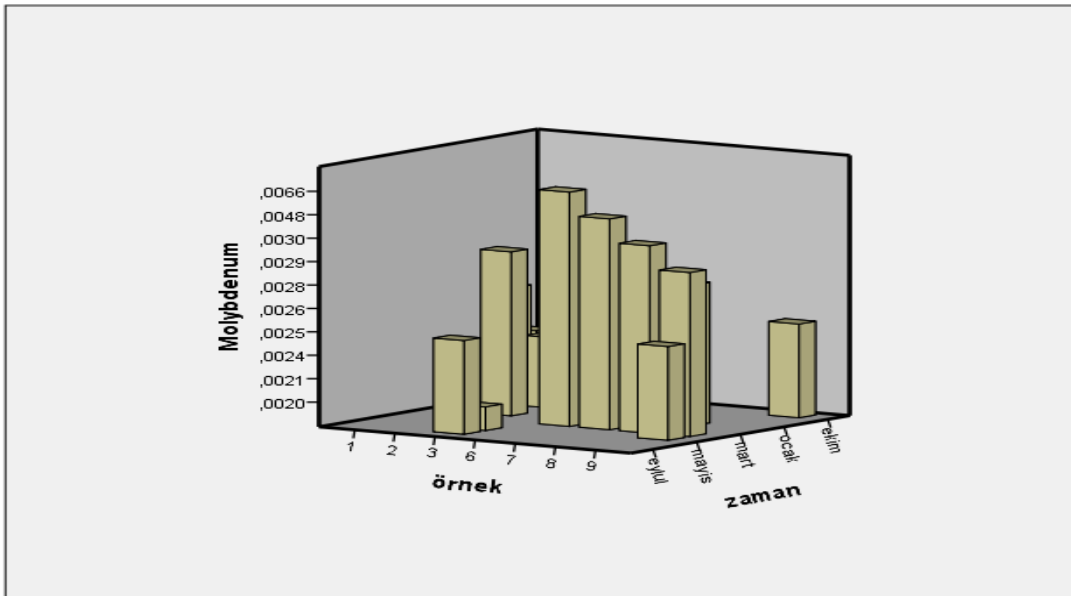
Şekil 3. 9. Melen Havzası Yüzeysel sularında çinko miktarının zamansal ve mekânsal değişimleri

Çinko sadece 9 numaralı örnekte ve ekim ayında gözlenmiştir. Çinko yönünden yüzeysel sularda risk olmadığı görülmektedir.



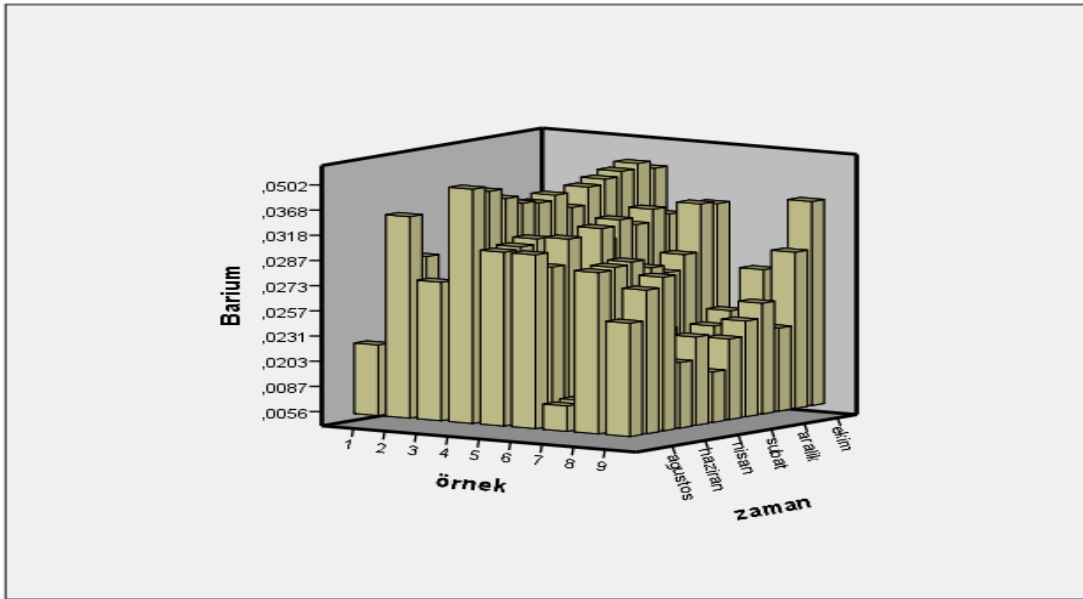
Şekil 3. 10. Melen Havzası Yüzeysel sularında mangan miktarının zamansal ve mekânsal değişimleri

Mangan özellikle nisan ayında belirginleşmiş ve her noktada gözlenmiştir. Özellikle 2 numaralı ana kol üzerinde nisan ayında aşırı bir yüklenme olduğu tespit edilmiştir.



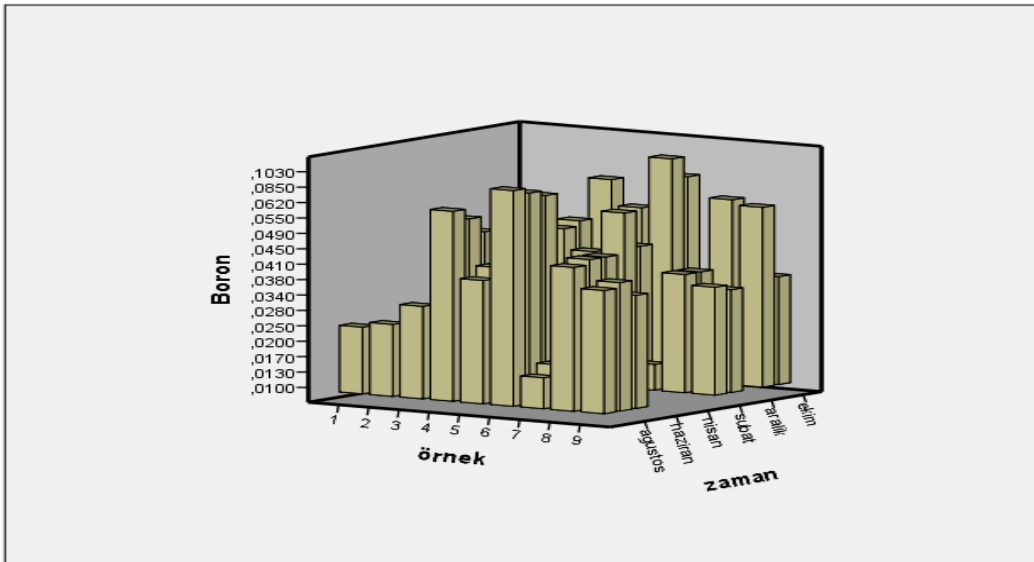
Şekil 3. 11. Melen Havzası Yüzeysel sularında Molibden miktarının değişimleri

Molibden özellikle yan kol olan 7 numaralı noktadan (Aksu) mart ayında bir yüklenme sonucu olduğu gözlenmiştir. Yaz aylarında molibdene rastlanmamıştır.



Şekil 3. 12. Melen Havzası Yüzeysel sularında Baryum miktarının zamansal ve mekânsal değişimleri

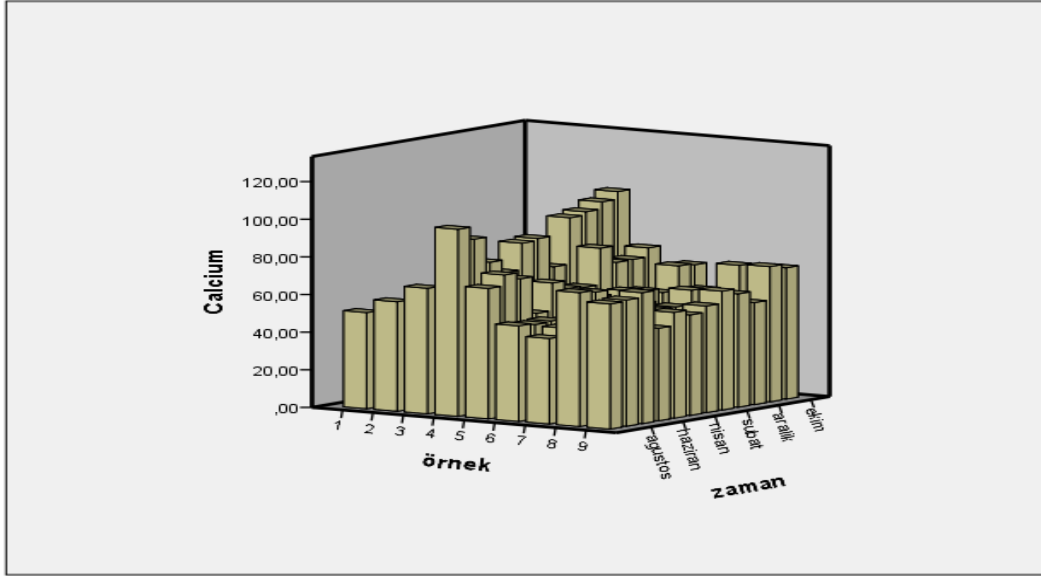
Baryum tüm noktalarda ve tüm mevsimlere gözlenmiştir. Özellikle 4 numaralı nokta olan Asar deresi sürekli en yüksek baryum konsantrasyonların da olmuştur. Bir diğer yan kol olan 7 numaralı Aksu ise en düşük yoğunlukta olmuştur.



Şekil 3. 13. Melen Havzası Yüzeysel sularında Bor miktarının zamansal ve mekânsal değişimleri

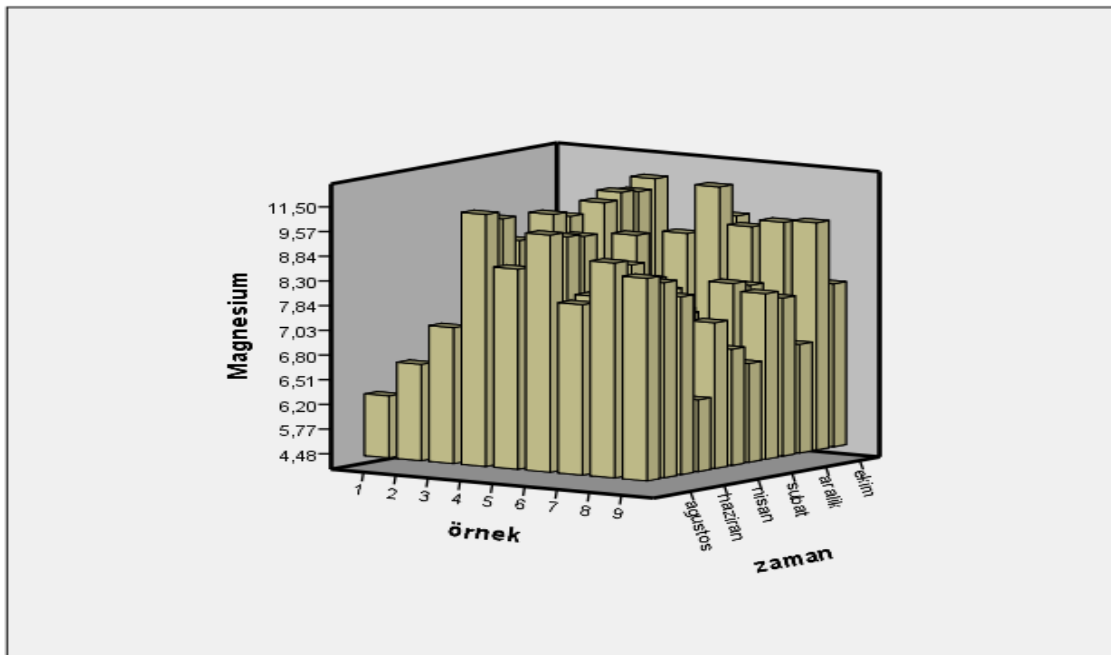
Bor yine en yüksek değerlere 4 (Asar) ve 6 (Uğur Suyu) numaralı yan kollarda ulaşmasına karşın en düşük değerlerine 7 numaralı Aksu deresinde ulaşmaktadır. Ana kollar üzerinde 8 numaralı nokta en riskli nokta olarak görülmektedir.

Antimon sadece 6 numaralı Uğur suyunda ve nisan ayında gözlenmiştir. Ana kollar üzerinde antimon riskine rastlanmamıştır.



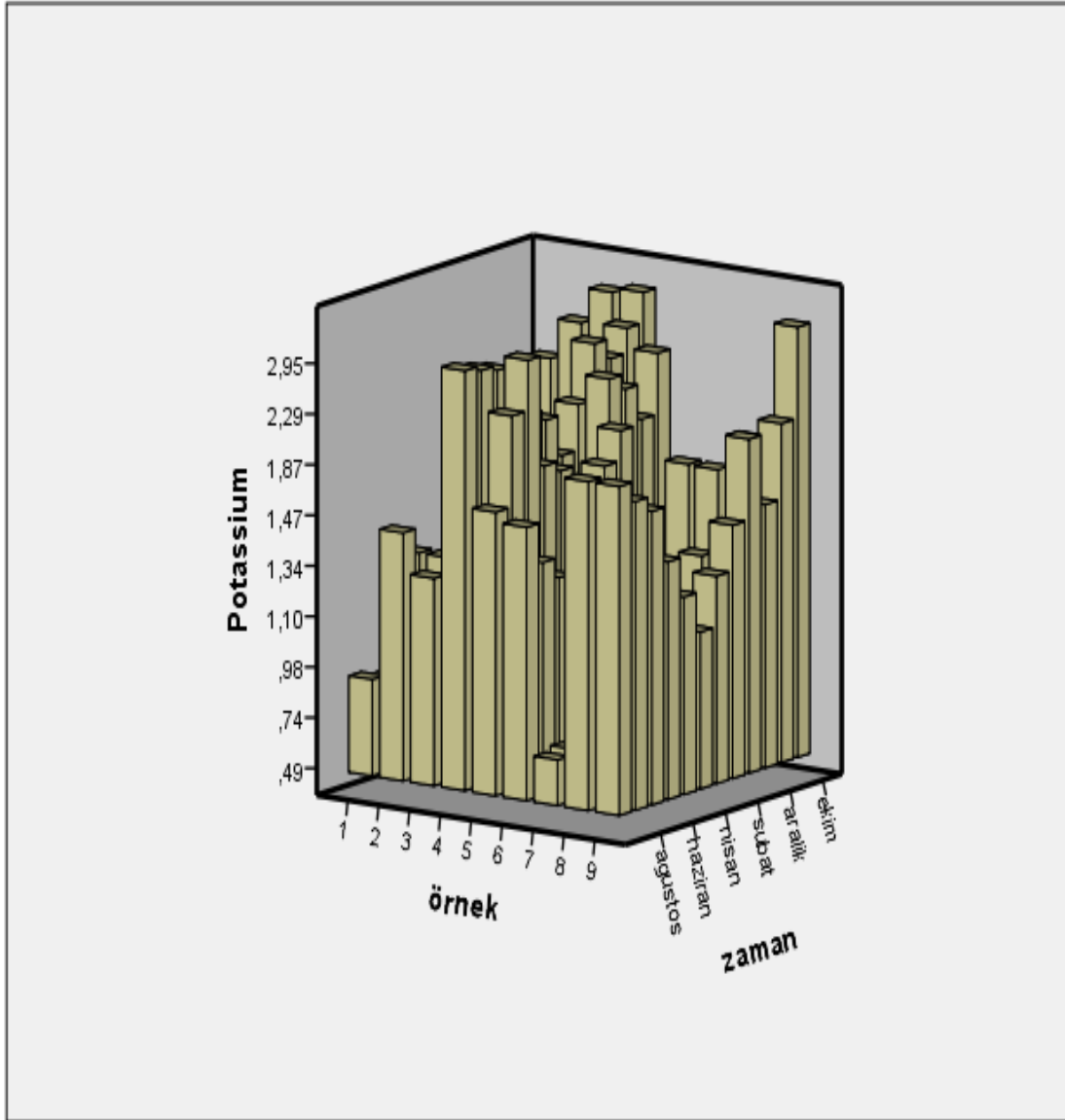
Şekil 3. 14. Melen Havzası Yüzeysel sularında Kalsiyum miktarının değişimleri

Kalsiyum yönünden de 4 numaralı yan kol en yüksek değerlerde olup 6 ve 7 numaralı yan kollar en düşük değerlerdedir. Mevsimsel olarak kışın en düşük değerlere ulaşmıştır.



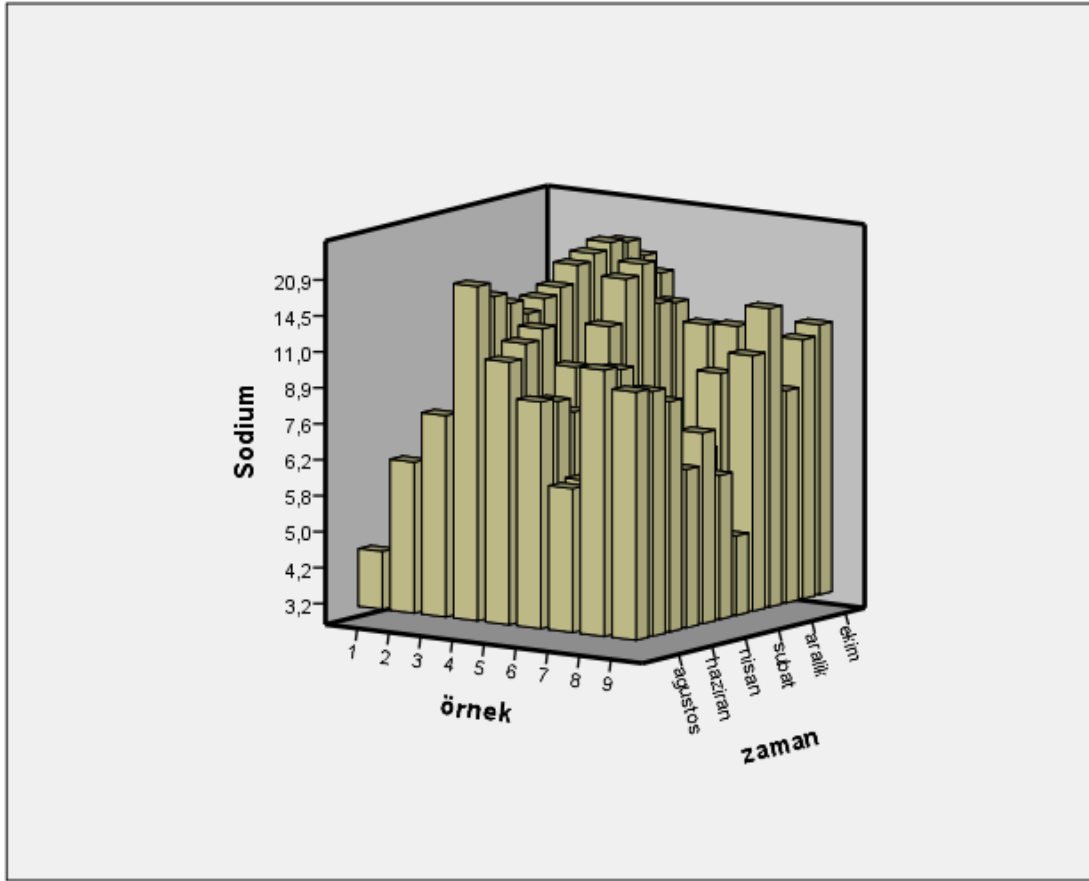
Şekil 3. 15. Melen Havzası Yüzeysel sularında Magnezyum miktarının değişimleri

Magnezyum da en yüksek değerlerine 4 numaralı noktada ulaşmıştır fakat en düşük değerler 1 ve 2 numaralı ana kollar üzerindedir. En yüksek değerlerine kış mevsiminde ulaşmıştır. Yerleşim yerleriyle birlikte magnezyumda artış gözlenmiştir.



Şekil 3. 16. Melen Havzası Yüzeysel sularında Potasyum miktarının

Potasyum en yüksek değerini yine 4 numaralı noktada elde etmiştir. 7 numaralı nokta ise en düşük potasyum oranında sahip olmasına karşın 8 ve 9 numaralı noktalar yüksek değerlerde potasyuma sahiptir. En düşük değerlerine ilkbahar döneminde ulaşmıştır.

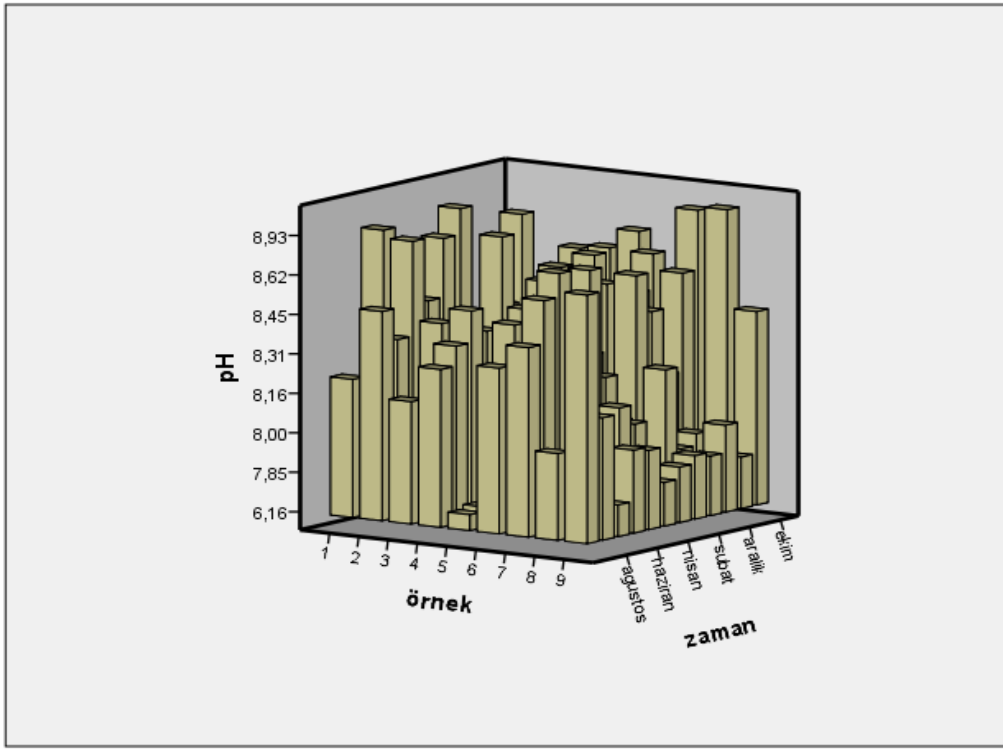


Şekil 3. 17. Melen Havzası Yüzeysel sularında Sodyum miktarının zamansal ve mekânsal değişimleri

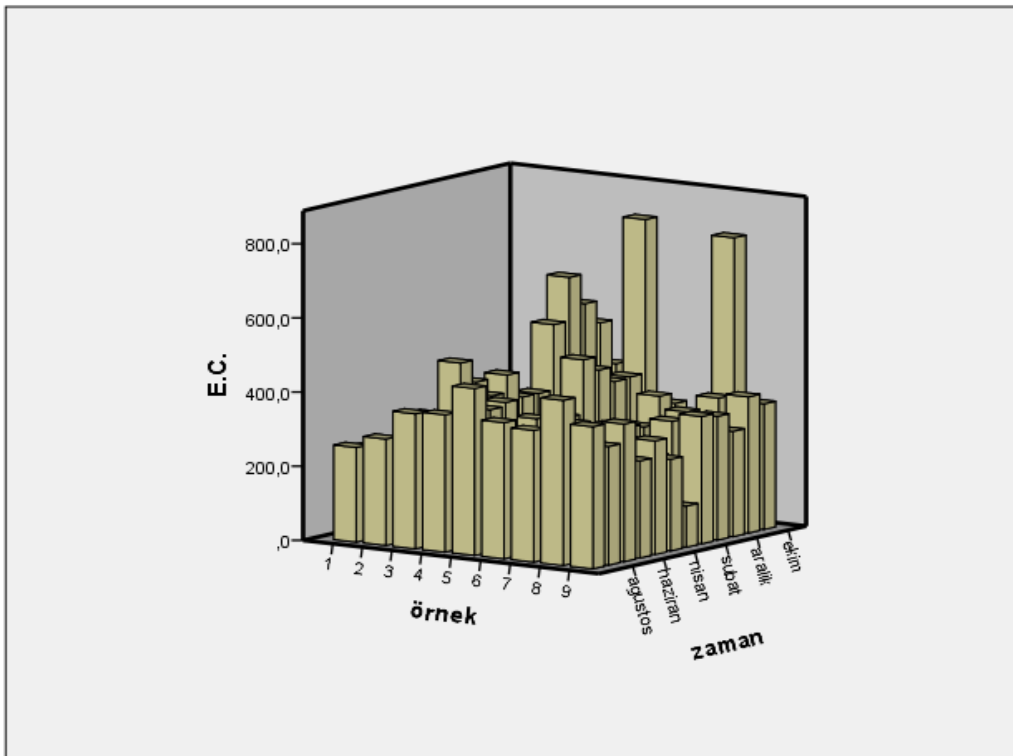
Sodyum 4 ve 5 numaralı noktalarda en yüksek değerlerine ulaşmıştır ve ilkbahar döneminde en düşük seviyelerindedir.

3.1.2. Temel fiziksel ve kimyasal parametreler

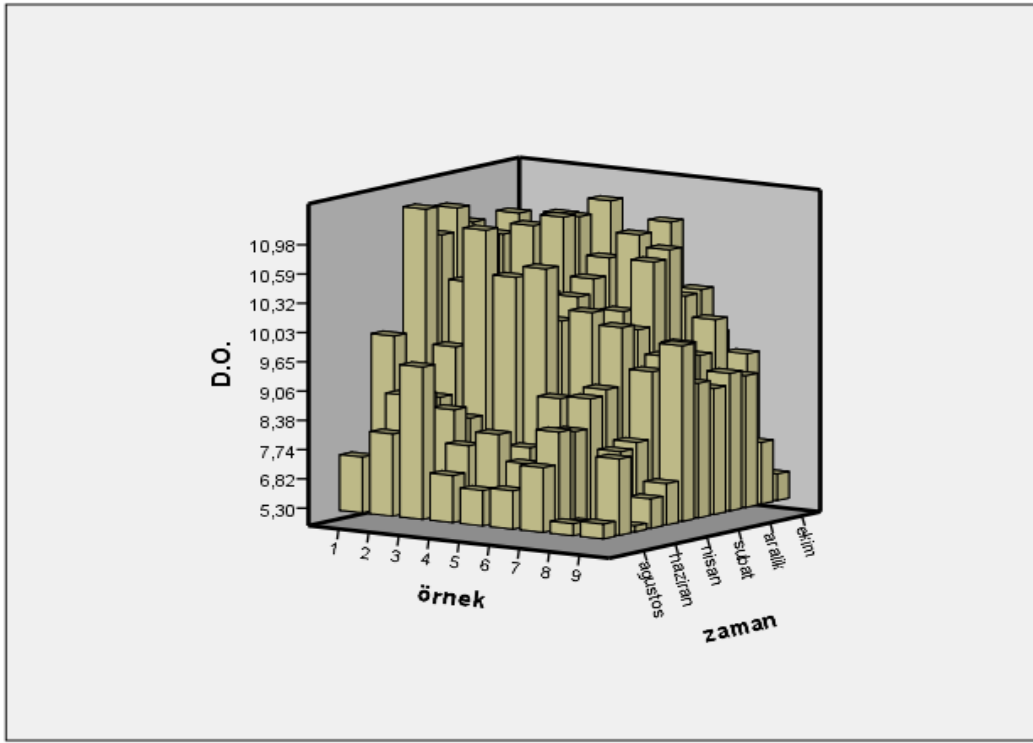
Temel parametreler yönünden Melen havzası yüzeysel sularını ele aldığımızda pH değeri 6,3-8,9 aralığında gözlenmiştir. En düşük pH değerlerine 5 numaralı ana kol üzerindeki noktada gözlenmiştir. EC değerleri 100-800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ aralığında olup en düşük değerlerine 1 ve 2 numaralı noktalarda ve bahar aylarında ulaşmıştır. Çözünmüş oksijen değerleri genelde 5,5 mg/l den yüksek değerlerde olup en düşük değerlerine yaz aylarında ve 8, 9 numaralı ana kollar üzerinde ulaşmıştır. Toplam çözünmüş katı madde 100-300 mg/l aralığında olup büyük varyasyon göstermemektedir. Sıcaklık 6,5-26 °C aralığında olmuştur



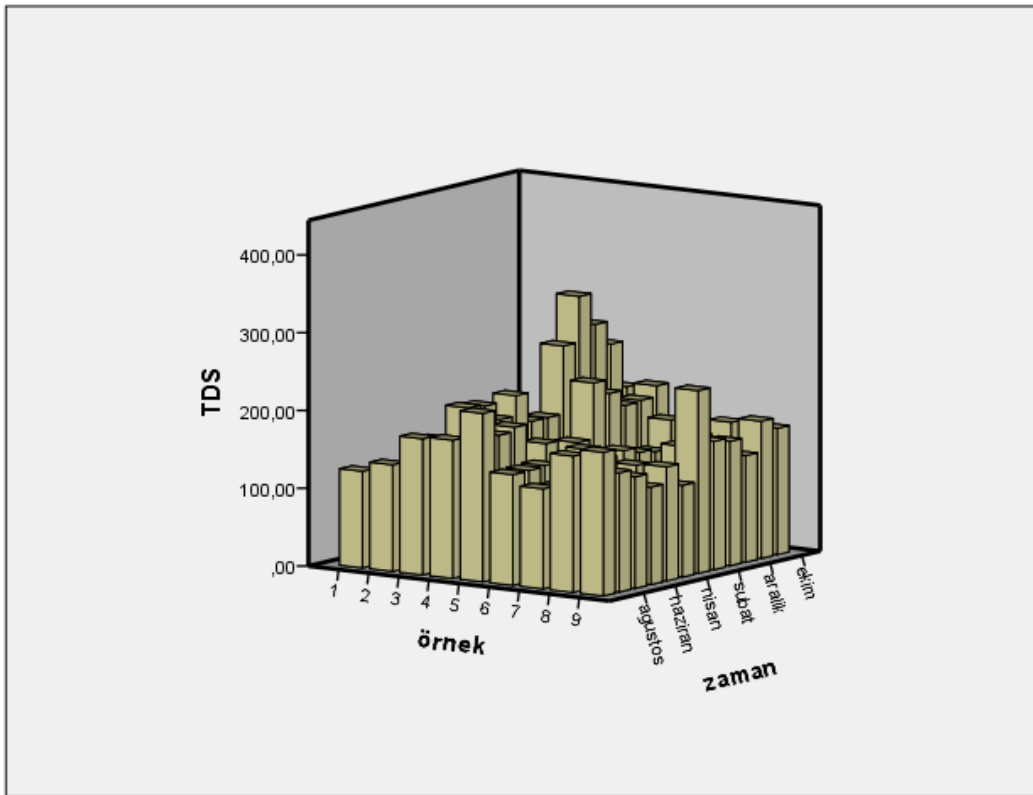
Şekil 3. 18. Melen Havzası Yüzeysel sularında pH'nın zamansal ve mekânsal değişimleri



Şekil 3. 19. Melen Havzası Yüzeysel sularında Elektriksel iletkenliğin zamansal ve mekânsal değişimleri



Şekil 3. 20. Melen Havzası Yüzeysel sularında çözünmüş oksijen miktarının değişimleri



Şekil 3. 21. Melen Havzası Yüzeysel sularında toplam katı madde miktarının değişimleri

3.1.3. Yüzeysel sularda istatistiksel analizler

Havzadaki yüzeysel sularda ölçülen tüm parametrelerin temel istatistiki değerleri tablo x de görülmektedir.

Kalsiyum, magnezyum ve sodyum temel parametrelerden ise EC, çözünmüş oksijen (D.O), TDS ve doyunluk büyük oranda değişiklikler göstermektedir. Ölçümü yapılan 26 metalden 19'una havzada ölçülebilir sınırlarda rastlanmıştır.

Tüm değerler yönünden havzadaki yüzey suları ölçülebilir parametrelerin birbiriyle ilişki düzeyini gösteren korelasyon değerleri tablo x de görülmektedir.

Tablo 3. 1. Yüzeysel sularda temel istatistik değerler.

	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. Sapma	Varyans
Alüminyum	2	,010	,015	,01250	,003536	,000
Antimon	1	,0110	,0110	,011000		
Arsenik	8	,0052	,0560	,016650	,0162800	,000
Baryum	108	,0056	,0556	,026271	,0102725	,000
Bor	70	,0100	,1030	,037186	,0205174	,000
Kalsiyum	108	31,00	105,00	60,2398	14,87094	221,145
Kadmiyum	2	,00040	,00041	,0004050	,00000707	,000
Krom	14	,00100	,00360	,0015857	,00081037	,000
Bakır	3	,00210	,00250	,0022667	,00020817	,000
D.Oxygen	108	5,30	12,05	9,2524	1,56273	2,442
E.C.	108	110,6	800,0	315,452	112,6365	12686,978
Demir	39	,0020	,0170	,003931	,0024818	,000
Magnezyum	108	4,48	12,60	7,6300	1,67608	2,809
Mangan	18	,0005	,0096	,002074	,0026262	,000
Molibden	16	,0020	,0066	,002888	,0011865	,000
Nikel	6	,0023	,0057	,003117	,0012937	,000
pH	108	6,16	9,32	8,2322	,45307	,205
Potasyum	108	,49	3,58	1,5466	,71726	,514
Resistivity	108	1,50	6,80	3,5417	,99815	,996
Salinity	108	,07	,32	,1462	,04442	,002
Saturation	108	62,7	128,6	93,739	11,6812	136,449
Sodyum	108	3,2	52,5	9,346	6,8032	46,283
TDS	108	69,60	324,00	146,9713	44,39935	1971,302
Temperature	108	6,5	27,6	15,605	6,3911	40,847
Vanadyum	37	,0010	,0150	,001562	,0022800	,000
Çinko	1	,0260	,0260	,026000		

Tablo 3. 2. Yüzeysel suların tüm değerlerine göre korelasyon sonuçları.

	Barium	Boron	Calcium	D.O.	EC	Magnesium	pH	Phosphorus	Potassium	Resistivity	Salinity	Sodium	TDS	Temp.	Vanadium
Barium	1	,436	,896	-1,01	,621	,659	-0,64	,396	,826	-,800	,785	,710	,773	,082	-,006
Boron	,436	1	,307	-1,43	,160	,662	-2,10	,374	,360	-,369	,287	,234	,277	,173	-,055
Calcium	,896	,307	1	-0,46	,727	,768	-0,99	,466	,822	-,855	,887	,810	,876	,010	,050
D.O.	-1,01	-1,43	-0,46	1	-1,47	-1,70	0,10	-,240	-,279	,240	-,138	,028	-,101	-,734	-,297
EC	,621	,160	,727	-1,47	1	,603	,097	,344	,596	-,728	,799	,683	,733	,067	,026
Magnesium	,659	,662	,768	-1,70	,603	1	0,18	,419	,637	-,692	,744	,708	,710	,156	,006
pH	-0,64	-2,10	-0,99	0,10	,097	,018	1	-,289	-,080	,142	-,076	-,017	-,086	,034	-,110
Phosphorus	,396	,374	,466	-,240	,344	,419	-,289	1	,700	-,492	,438	,339	,406	,223	,012
Potassium	,826	,360	,822	-,279	,596	,637	-0,80	,700	1	-,793	,764	,722	,744	,155	-,042
Resistivity	-,800	-,369	-,855	,240	-,728	-,692	,142	-,492	-,793	1	-,919	-,706	-,876	-,147	-,025
Salinity	,785	,287	,887	-1,38	,799	,744	-0,76	,438	,764	-,919	1	,870	,950	,069	,001
Sodium	,710	,234	,810	,028	,683	,708	-0,17	,339	,722	-,706	,870	1	,852	-,073	-,013
TDS	,773	,277	,876	-1,01	,733	,710	-0,86	,406	,744	-,876	,950	,852	1	,022	-,074
Temperature	,082	,173	,010	-,734	,067	,156	0,34	,223	,155	-,147	,069	-,073	,022	1	,242
Vanadium	-,006	-,055	,050	-,297	,026	,006	-,110	,012	-,042	-,025	,001	-,013	-,074	,242	1

Baryum; bor, kalsiyum, EC, magnezyum, fosfor, potasyum, tuzluluk, sodyum, TDS ile yüksek oranda pozitif ilişkisi olmasına karşın direnç ile yüksek oranda negatif korelasyona sahiptir. Sodyum; baryum, kalsiyum, magnezyum, fosfor, potasyum ile EC, TDS ve tuzluluk ile güçlü pozitif ilişkisi vardır. Bor; baryum, kalsiyum, magnezyum, fosfor, potasyum ile kalsiyum; baryum, bor, magnezyum, fosfor, potasyum ve sodyum ile EC, TDS ve tuzluluk ile pozitif ilişkilidir. Benzer olarak diğer birçok metalin birbiriyle pozitif korelasyonu olduğu görülmektedir. Belirgin olarak sıcaklığın çözülmüş oksijenle negatif korelasyonu gözükmektedir. Yüzeysel sularda kirlilik faktörlerini ve etkilenen parametreleri bulabilmek tüm değerler üzerinden faktör analizi yapılmıştır. Sonuçlar tablo x de gösterilmektedir.

Tablo 3. 3. Yüzeysel suların tüm değerlerine göre faktör analizi sonuçları.

Component	Initial Eigenvalues			Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	6,873	45,822	45,822	6,873	45,822	45,822	5,143	34,286	34,286
2	2,666	17,773	63,594	2,666	17,773	63,594	3,071	20,472	54,750
3	2,168	14,456	78,050	2,168	14,456	78,050	2,296	15,304	70,062
4	1,142	7,016	85,066	1,142	7,016	85,066	1,998	13,317	83,379
5	1,011	6,740	92,405	1,011	6,740	92,405	1,354	9,026	92,405
6	,398	2,653	95,058						
7	,342	2,279	97,337						
8	,216	1,437	98,774						
9	,073	,487	99,261						
10	,062	,415	99,676						
11	,043	,284	99,960						
12	,004	,025	99,985						
13	,001	,008	99,993						
14	,001	,007	100,000						
15	#####	8,233E 16	100,000						

Tablo 3. 4. Yüzeysel suların tüm değerlerine göre belirgin etkili faktörler ve grupları.

	Component				
	1	2	3	4	5
Baryum	,615	,615	,186	,126	,333
Bor	,948	,056	-,036	,099	-,079
Kalsiyum	,905	,322	,172	,038	,105
D.O.	,341	,003	,184	,882	-,028
E.C.	,169	-,004	,919	,062	,013
Demir	-,117	-,010	-,165	,031	-,937
Magnezyum	,935	-,060	,278	,085	,059
pH	-,066	,124	,805	-,008	,432
Fosfor	-,004	,786	-,038	-,390	-,277
Potasyum	,274	,925	,078	-,092	,132
Resistivity	-,620	-,460	,602	,027	-,111
Salinity	,780	,482	-,340	,005	,141
Sodyum	,599	,612	-,098	,381	,054
TDS	,760	,500	-,312	,088	,164
Temp.	,081	,158	,079	-,931	,013
Extraction Method: Principal Component Analysis. Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.					

Tüm yüzeysel su sonuçlarını ele aldığımızda 5 adet faktörün parametreler üzerinde etkili olduğu (eigen değerleri 1 den büyük olan) görülmektedir. Bu 5 faktör toplamda %92,4'ü temsil etmektedir. Birinci faktör %34,3 ü temsil etmektedir. Bor, kalsiyum, magnezyum, baryum, tuzluluk ve TDS ile pozitif güçlü ilişkisi vardır. 2. Faktör %20,47 yi temsil etmektedir. Potasyum, fosfor, sodyum ve baryum ile pozitif ilişkisi vardır. 3. Faktör %15,3 ü temsil etmektedir. EC, pH ve direnç ile pozitif ilişkilidir. 4. Faktör %13 etkili, çözülmüş oksijen ile yüksek oranda pozitif, sıcaklık ile negatif ilişkisi mevcuttur. 5. Faktör demir ile çok yüksek negatif ilişki halindedir ve % 9 oranında etkindir.

3.1.4. Melen Nehri (ana kol) istatistikleri;

Tablo 3. 5. Melen Nehri yüzeysel sularında temel istatistik değerler.

	N	Minimum	Maksimum	Mean	Std. Sapma	Varyans
Alumunium	2	,010	,015	,01250	,003536	,000
Arsenik	1	,0060	,0060	,006000		
Baryum	72	,0138	,0384	,025818	,0049864	,000
Bor	41	,0100	,0610	,034878	,0107219	,000
Kalsiyum	72	36,80	80,60	59,4736	9,56512	91,492
Kadmiyum	1	,00040	,00040	,0004000		
Krom	5	,00110	,00160	,0012800	,00024900	,000
Bakır	1	,00220	,00220	,0022000		
D.O.	72	5,30	12,05	9,1182	1,64958	2,721
E.C.	72	110,6	800,0	309,619	107,1637	11484,064
Demir	31	,0022	,0080	,003661	,0013278	,000
Magnezyum	72	4,48	9,74	7,1129	1,29040	1,665
Mangan	13	,0005	,0096	,001512	,0024985	,000
Molibden	13	,0020	,0030	,002515	,0003236	,000
Nikel	1	,0031	,0031	,003100		
pH	72	6,31	9,32	8,1521	,43569	,190
Potasyum	72	,63	3,33	1,5583	,59657	,356
Resistivity	72	2,18	5,34	3,5320	,78163	,611
Salinity	72	,09	,22	,1419	,03249	,001
Saturation	72	62,7	128,6	92,293	13,2341	175,140
Sodyum	72	3,2	20,9	8,242	3,7138	13,792
TDS	72	89,30	235,00	143,7625	33,46300	1119,773
Temperature	72	6,5	26,6	15,401	6,2422	38,965
Vanadyum	25	,0010	,0150	,001724	,0027725	,000
Çinko	1	,0260	,0260	,026000		

Havzadaki yüzeysel sularında (Ana nehir üzerinde) ölçülen tüm parametrelerin temel istatistik değeri Tablo 5.5’de görülmektedir. Tüm değerler yönünden Melen Nehrindeki ölçülebilir parametrelerin birbiriyle ilişki düzeyini gösteren korelasyon değerleri Tablo 3.6’de görülmektedir.

Tablo 3. 6. Melen Nehri su kalitesi parametrelerinin korelasyon sonuçları.

	Barium	Boron	Calcium	D.O.	EC	Magnesium	pH	Phosphorus	Potassium	Resistivity	Salinity	Sodium	TDS	Temp.	Vanadium
Barium	1	,517	,841	-2,18	,473	,688	-1,36	,669	,782	-.767	,726	,730	,676	,044	,024
Boron	,517	1	,720	,278	,088	,897	-.405	,094	,030	-.052	,007	,030	,000	,002	,009
Calcium	,841	,720	1	-2,11	,605	,876	-.286	,742	,768	-.861	,847	,834	,800	,001	,114
D.O.	-2,18	-.278	-.211	1	-.264	-.385	-.044	-.159	-.380	,370	-.365	-.203	-.308	-.690	-.321
EC	,473	,088	,005	-.204	1	,027	,122	,394	,417	-.097	,086	,010	,011	,080	,006
Magnesium	,688	,897	,876	-.385	,627	1	-.224	,674	,714	-.781	,763	,800	,701	,078	,093
pH	-1,36	-.405	-.286	-.044	,122	-.224	1	-.278	-.163	,248	-.253	-.242	-.257	,036	-.136
Phosphorus	,669	,094	,742	-.159	,394	,674	-.278	1	,821	-.026	,068	,762	,602	,150	-.013
Potassium	,782	,030	,768	-.380	,417	,714	-.163	,821	1	-.867	,678	,821	,843	,141	-.070
Resistivity	-.767	-.052	-.861	,370	-.097	-.781	,248	-.826	-.867	1	-.985	-.804	-.883	-.107	-.046
Salinity	,726	,007	,847	-.365	,086	,763	-.253	,068	,678	-.985	1	,818	,883	,101	,026
Sodium	,730	,030	,834	-.203	,010	,800	-.242	,762	,821	-.804	,818	1	,750	-.080	,015
TDS	,676	,000	,800	-.308	,011	,701	-.257	,602	,843	-.883	,883	,750	1	,047	-.078
Temperature	,044	-.002	,001	-.690	,009	,078	,036	,158	,141	-.107	,101	-.000	,047	1	,290
Vanadium	,024	-.009	,114	-.321	,006	,093	-.136	-.013	-.070	-.046	,026	,015	-.078	,290	1

Melen Nehri için kirlilik faktörlerini ve etkilenen parametreleri bulabilmek tüm değerler üzerinden faktör analizi yapılmıştır. Sonuçlar Tablo 3.7'de gösterilmektedir.

Tablo 3. 7. Melen Nehri su kalitesi değerlerinin faktör analizi sonuçları.

Component	Initial Eigenvalues			Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	6,292	41,947	41,947	6,292	41,947	41,947	4,641	30,940	30,940
2	2,341	15,942	60,890	2,341	15,942	60,890	3,317	25,444	56,384
3	1,901	12,670	73,560	1,901	12,670	73,560	2,288	15,255	71,639
4	1,793	11,952	85,512	1,793	11,952	85,512	2,081	13,873	85,512
5	,976	6,509	92,021						
6	,474	3,159	95,179						
7	,392	2,611	97,791						
8	,153	1,016	98,806						
9	,139	,924	99,732						
10	,024	,160	99,892						
11	,013	,084	99,976						
12	,004	,024	100,000						
13	#####	5,255E-16	100,000						
14	#####	2,413E-16	100,000						
15	#####	-2,772E-16	100,000						

Tablo 3. 8. Melen nehri için etkili faktörler ve grupları.

	Component			
	1	2	3	4
Baryum	,944	,027	,131	-,086
Bor	,149	-,393	,871	,128
Kalsiyum	,714	-,111	,611	-,150
D.O.	-,138	,149	-,052	,911
E.C.	,130	,868	,166	,052
Demir	,153	-,254	,137	,455
Magnezyum	,052	,163	,943	-,071
pH	,098	,847	-,117	-,204
Fosfor	,928	-,135	,178	-,137
Potasyum	,962	-,088	,000	-,100
Resistivity	-,412	,874	-,108	,070
Salinity	,571	-,753	,172	-,096
Sodyum	,678	-,439	-,285	,432
TDS	,577	-,717	,158	,004
Temperature	,270	-,023	,078	-,847
Extraction Method: Principal Component Analysis. Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.				

Melen Nehri sonuçlarını ele aldığımızda 4 adet faktörün parametreler üzerinde etkili olduğu (eigen değerleri 1 den büyük olan) görülmektedir. Bu 4 faktör toplamda %85,5'i temsil etmektedir. Birinci faktör %30,9 u temsil etmektedir. Potasyum, fosfor, kalsiyum, sodyum, baryum, tuzluluk ve TDS ile pozitif güçlü ilişkisi vardır. 2. Faktör %25,44 ü temsil etmektedir. pH, EC ve direnç ile pozitif tuzluluk ve TDS ile negatif ilişkisi vardır. 3. Faktör %15,3 ü temsil etmektedir. Bor, kalsiyum, magnezyum ile pozitif ilişkilidir. 4. Faktör %13,87 etkili, çözünmüş oksijen ile yüksek oranda pozitif, sıcaklık ile negatif ilişkisi mevcuttur.

3.1.5. Melen Havzası yüzeysel suları mevsimsel istatistikleri

Tablo 3. 9. Melen Nehri su kalitesi parametrelerinin mevsimsel korelasyon sonuçları.

	Barium	Calcium	D.O.	E.C.	Temp.	Phosphorus	Manganese	Magnesium	Iron	pH	Boron	TDS	Iodum	Salinity	Resistivity	Potassium
Barium	1,000	,943	-,808	,830	,769	,946	-,220	,569	,587	-,473	,322	,731	,644	,942	-,921	,871
Calcium	,943	1,000	-,669	,864	,571	,972	-,523	,499	,506	-,568	,538	,797	,792	,987	-,961	,921
D.O.	-,808	-,669	1,000	-,448	-,893	-,793	,052	-,924	-,326	,675	-,453	-,668	-,659	-,730	,709	-,847
E.C.	,830	,864	-,448	1,000	,354	,860	-,326	,261	,748	-,157	,228	,640	,583	,887	-,894	,664
Temperature	,769	,571	-,893	,354	1,000	,625	,235	,725	,187	-,453	,127	,347	,314	,566	-,528	,639
Phosphorus	,946	,972	-,793	,860	,625	1,000	-,445	,649	,569	-,607	,560	,844	,841	,994	-,992	,949
Manganese	-,220	-,523	,052	-,326	,235	-,445	1,000	-,116	,036	,653	-,837	-,569	-,745	-,491	,521	-,545
Magnesium	,569	,499	-,924	,261	,725	,649	-,116	1,000	,133	-,740	,604	,588	,695	,568	-,564	,769
Iron	,587	,506	-,326	,748	,187	,569	,036	,133	1,000	,138	-,134	,623	,319	,587	-,585	,367
pH	-,473	-,568	,675	-,157	-,453	-,607	,653	-,740	,138	1,000	-,910	-,673	-,836	-,578	,578	-,823
Boron	,322	,538	-,453	,228	,127	,560	-,837	,604	-,134	-,910	1,000	,635	,889	,547	-,571	,733
TDS	,731	,797	-,668	,640	,347	,844	-,569	,588	,623	-,673	,635	1,000	,892	,846	-,847	,874
Iodum	,644	,792	-,659	,583	,314	,841	-,745	,695	,319	-,836	,889	,892	1,000	,831	-,848	,915
Salinity	,942	,987	-,730	,887	,566	,994	-,491	,568	,587	-,578	,547	,846	,831	1,000	-,998	,932
Resistivity	-,921	-,961	,709	-,894	-,528	-,992	,521	-,564	-,585	,578	-,571	-,847	-,848	-,998	1,000	-,927
Potassium	,871	,921	-,847	,664	,639	,949	-,545	,769	,367	-,823	,733	,874	,915	,932	-,927	1,000

Melen Nehri için kirlilik faktörlerini ve etkilenen parametreleri bulabilmek için mevsimsel ortalamalar üzerinden faktör analizi yapılmıştır. Sonuçlar Tablo 3.10-11'de gösterilmektedir.

Tablo 3. 10. Melen Nehri su kalitesi mevsimsel değerlerinin faktör analizi sonuçları.

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	10,025	67,053	67,053	10,025	67,053	67,053	6,110	30,191	30,191
2	2,171	15,161	83,114	2,171	15,161	83,114	4,839	30,211	68,131
3	1,898	11,860	94,974	1,898	11,860	94,974	4,247	26,543	94,974
4	,595	3,720	98,694						
5	,209	1,306	100,000						
6	5,977E-16	3,736E-15	100,000						
7	4,599E-16	2,874E-15	100,000						
8	2,299E-16	1,437E-15	100,000						
9	1,265E-16	7,907E-16	100,000						
10	4,438E-17	2,774E-16	100,000						
11	#####	-,9933E-16	100,000						
12	#####	-,1419E-15	100,000						
13	#####	-,1839E-15	100,000						
14	#####	-,2384E-15	100,000						
15	#####	-,3300E-15	100,000						
16	#####	8,191E-15	100,000						

Tablo 3. 11. Melen nehri için mevsimsel değişimde etkili faktörler ve grupları.

	Component		
	1	2	3
Baryum	,788	,167	,557
Kalsiyum	,788	,434	,363
D.O.	-,368	-,229	-,895
E.C.	,958	,133	,089
Temperature	,285	-,097	,929
Fosfor	,776	,413	,469
Mangan	-,229	-,928	,258
Magnezyum	,121	,380	,856
Demir	,878	-,199	,002
pH	-,028	-,834	-,530
Bor	,060	,963	,233
TDS	,654	,567	,290
Sodyum	,470	,802	,319
Salinity	,814	,423	,385
Resistivity	-,813	-,450	-,353
Potasyum	,565	,597	,565

Extraction Method: Principal Component Analysis.
Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.

Tüm yüzeysel su sonuçlarını mevsimsel olarak ele aldığımızda 3 adet faktörün parametreler üzerinde etkili olduğu (eigen değerleri 1 den büyük olan) görülmektedir. Bu 3 faktör toplamda %95'i temsil etmektedir. Bu oran temsiliyet bakımından oldukça yüksek değerdir. Birinci faktör %38,2 i temsil etmektedir. EC, demir, fosfor, kalsiyum, baryum, tuzluluk ve TDS ile pozitif, direnç ile negatif ilişkisi vardır. 2. Faktör %30.24 ü temsil etmektedir. Bor, sodyum ve potasyum ile pozitif, mangan ve pH ile negatif ilişkisi vardır. 3. Faktör %26,54 ü temsil etmektedir. Sıcaklık, magnezyum ve potasyum ile pozitif çözünmüş oksijen ile negatif ilişkilidir.

3.1.6. Melen Havzası Yüzeysel suları kurak-yağışlı dönem istatistikleri

Tablo 3. 12. Melen Nehri yüzeysel sularında yağışlı dönem temel istatistik değerleri.

	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. Sap.
Arsenik	4	,0060	,0560	,022250	,0227797
Baryum	53	,0056	,0519	,027341	,0102365
Bor	37	,0100	,1030	,038081	,0204007
Kalsiyum	53	32,4000	105,0000	62,639623	15,27
Demir	24	,0020	,0170	,003779	,0030090
Krom	9	,0011	,0036	,001578	,0008059
Mangan	9	,0005	,0012	,000610	,0002361
Bakır	3	,0021	,0025	,002267	,0002082
Molibden	8	,0021	,0029	,002413	,0003137
Magnezyum	53	5,3600	12,6000	7,794906	1,6781441
Vanadyum	15	,0010	,0014	,001033	,0001047
Nikel	3	,0023	,0057	,003700	,0017776
Potasyum	53	,5600	3,5800	1,628811	,7577976
Fosfor	42	,0100	,2680	,064333	,0658941
Sodyum	53	3,5000	52,5000	10,681509	8,4968251
TDS	53	69,6000	324,0000	154,44	51,2680
Temperature	53	6,5000	18,1000	10,726415	2,6973741
Salinity	53	,0700	,3200	,151887	,0500406
Resistivity	53	1,4970	6,8000	3,465434	1,0500519
E.C.	53	110,600	800,000	334,27358	137,064
D.O.	53	6,3600	11,6900	10,044906	1,1592730
pH	53	6,1600	9,3200	8,228113	,5133040

Tablo 3. 13. Melen Nehri su kalitesi parametrelerinin yağışlı dönem korelasyon sonuçları.

	As	Ba	B	Ca	Fe	Cr	Mn	Cu	Mo	Mg	V	Ni	K	P	Na	TDS	T	Salinit	Res.	E.C.	D.O.	pH
As	1	,643	1,000	,659	-1,000	,0	,0	,0	,0	,815	,0	,0	,541	1,000	,761	,624	,862	,619	-,527	,547	-,729	-,898
Ba	,643	1	,484	,911	-,041	,263	,196	-,961	,254	,635	-,555	,908	,808	,359	,690	,782	,172	,805	-,839	,573	-,015	-,102
B	1,000	,484	1	,460	,161	,532	,440	-1,000	,301	,722	-,383	,740	,364	,205	,199	,305	,321	,292	-,396	,097	,019	-,247
Ca	,659	,911	,460	1	-,038	,433	-,080	-,976	,199	,781	-,619	,619	,804	,443	,795	,884	,163	,910	-,874	,679	,011	-,121
Fe	-1,000	-,041	,161	-,038	1	-,442	,998	1,000	,0	,083	,0	-1,000	-,147	,292	-,050	-,033	-,231	-,003	-,050	-,024	,033	,069
Cr	,0	,263	,532	,433	-,442	1	,0	,0	,0	,589	,0	,0	,201	-,287	,756	,605	-,485	,603	-,326	,601	,619	,330
Mn	,0	,196	,440	-,080	,998	,0	1	,0	,0	,185	,0	,0	-,215	,733	-,249	-,189	,053	-,172	,110	-,203	-,115	,073
Cu	,0	-,961	1,000	-,976	1,000	,0	,0	1	,0	,021	,0	,0	-,917	-,661	-,830	-,966	,116	-,961	,995	-,976	,215	,823
Mo	,0	,254	,301	,199	,0	,0	,0	,0	1	-,126	-,693	,0	,125	,330	,150	,116	-,200	,083	-,108	,120	-,156	-,258
Mg	,815	,635	,722	,781	,083	,589	,185	,021	-,126	1	-,395	,610	,628	,345	,691	,670	,269	,699	-,608	,505	-,010	-,014
V	,0	-,555	-,383	-,619	,0	,0	,0	,0	-,693	-,395	1	,0	-,480	-,300	-,465	-,561	-,738	-,545	,741	-,375	,290	,168
Ni	,0	,908	,740	,619	-1,000	,0	,0	,0	,610	,0	1	,744	-1,000	,717	,622	,974	,594	-,646	,622	-,373	,722	
K	,541	,808	,364	,804	-,147	,201	-,215	-,917	,125	,628	-,480	,744	1	,670	,666	,699	,318	,717	-,715	,502	-,298	-,114
P	1,000	,359	,205	,443	,292	-,287	,733	-,661	,330	,345	-,300	-1,000	,670	1	,259	,338	,332	,366	-,452	,255	-,215	-,380
Na	,761	,690	,199	,795	-,050	,756	-,249	-,830	,150	,691	-,465	,717	,666	,259	1	,847	-,094	,885	-,697	,617	,116	-,014
TDS	,624	,782	,305	,884	-,033	,605	-,189	-,966	,116	,670	-,561	,622	,699	,338	,847	1	-,017	,937	-,846	,630	,006	-,093
T	,862	,172	,321	,163	-,231	-,485	,053	,116	-,200	,269	-,738	,974	,318	,332	-,094	-,017	1	-,016	-,046	,166	-,503	-,197
Salinity	,619	,805	,292	,910	-,003	,603	-,172	-,961	,083	,699	-,545	,594	,717	,366	,885	,937	-,016	1	-,901	,712	,030	-,075
Res.	-,527	-,839	-,396	-,874	-,050	-,326	,110	,995	-,108	-,608	,741	-,646	-,715	-,452	-,697	-,846	-,046	-,901	1	-,633	,076	,198
E.C.	,547	,573	,097	,679	-,024	,601	-,203	-,976	,120	,605	-,375	,622	,502	,255	,617	,630	,166	,712	-,633	1	-,111	,179
D.O.	-,729	-,015	,019	,011	,033	,619	-,115	,215	-,156	-,010	,290	-,373	-,298	-,215	,116	,006	-,503	,030	,076	-,111	1	-,048
pH	-,898	-,102	-,247	-,121	,069	,330	,073	,823	-,258	-,014	,168	,722	-,114	-,380	-,014	-,093	-,197	-,075	,198	,179	-,048	1

Arsenik; Fe, B ve P ile, Baryum; B, Ca, Mg, K, P, Na, ile TDS, EC ve tuzluluk ile, Bor; Ba, Ca, Cu, Mg, K ve direnç ile, Kalsiyum; Ba, Mg, K, P, Na ve TDS, direnç,

EC ile, Demir; Mn, Cu, Ni ile, Krom; sodyum ile, Magnezyum; Ba, Ca, K, P, Na ile TDS, tuzluluk, direnç ve EC ile pozitif güçlü korelasyon halindedir.

Tablo 3. 14. Melen Nehri su kalitesi değerlerinin yağışlı dönem için faktör analizi sonuçları.

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Varyans	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	7,234	48,224	48,224	7,234	48,224	48,224
2	2,859	19,057	67,281	2,859	19,057	67,281
3	2,153	14,354	81,635	2,153	14,354	81,635
4	1,135	7,568	89,203	1,135	7,568	89,203
5	,863	5,755	94,958			
6	,459	3,062	98,020			
7	,143	,954	98,974			
8	,096	,643	99,617			
9	,041	,270	99,887			
10	,014	,094	99,981			
11	,003	,019	100,000			
12	,000	,000	100,000			
13	,000	,000	100,000			
14	,000	,000	100,000			
15	,000	,000	100,000			

Tablo 3. 15. Melen nehri yağışlı dönem için etkili faktörler ve grupları.

	Component			
	1	2	3	4
Baryum	,906	,305	-,072	-,207
Bor	,815	-,118	,216	,370
Kalsiyum	,947	,158	,180	,145
Magnezyum	,773	,181	,387	,337
Demir	-,235	-,395	-,234	,728
Potasyum	,746	,282	-,529	-,185
Sodyum	,872	-,147	,052	-,119
TDS	,944	-,298	-,006	-,105
Temperature	,390	,669	-,511	,290
Salinity	,942	-,303	-,019	-,085
E.C.	,106	,782	,421	,219
D.O.	,412	-,112	,713	,020
pH	,023	,940	,094	-,187

Yağışlı dönem yüzeysel su sonuçlarını ele aldığımızda 4 adet faktörün parametreler üzerinde etkili olduğu (eigen değerleri 1 den büyük olan) görülmektedir. Bu 4 faktör toplamda %89,23'ü temsil etmektedir. Birinci faktör %48,2 u temsil etmektedir. Baryum, bor, kalsiyum, magnezyum, sodyum ve TDS ile pozitif, direnç ile negatif güçlü ilişkisi vardır. 2. Faktör %19,05 ü temsil etmektedir. pH, EC ve sıcaklık ile pozitif ilişkisi vardır. 3. Faktör %14,35 ü temsil etmektedir. Fosfor ile negatif, çözülmüş oksijen ile pozitif ilişkilidir. 4. Faktör % 7,56 etkili, demir ile yüksek oranda pozitif ilişkisi mevcuttur.

Tablo 3. 16. Melen Nehri yüzeysel sularında kurak dönem temel istatistik değerleri.

	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. Sapma
Arsenik	5	,0052	,0140	,010040	,0041241
Baryum	63	,0057	,0556	,025881	,0105446
Bor	41	,0100	,1030	,040439	,0228090
Kalsiyum	63	31,0000	105,0000	59,628571	14,9769331
Demir	19	,0024	,0080	,004132	,0012663
Krom	5	,0010	,0032	,001600	,0009138
Mangan	10	,0005	,0096	,003248	,0030873
Molibden	10	,0020	,0066	,003090	,0014761
Magnezyum	63	4,4800	12,6000	7,753651	1,8266242
Vanadyum	29	,0010	,0150	,001703	,0025658
Nikel	3	,0025	,0026	,002533	,0000577
Potasyum	63	,4900	3,2200	1,520286	,6804398
Fosfor	41	,0100	,2560	,066634	,0595604
Sodyum	63	3,1800	22,1000	8,434286	4,4055679
TDS	63	72,1000	253,0000	143,500	37,1526788
Temperature	63	8,8000	27,6000	19,450794	5,3973970
Salinity	63	,0700	,2500	,144286	,0388012
Resistivity	63	1,9170	6,5700	3,530492	,9351044
E.C.	63	152,200	522,000	304,24286	81,423219
D.O.	63	5,3000	12,0500	8,683333	1,5898296
pH	63	6,7400	8,9300	8,247302	,3786871

Tablo 3. 17. Melen Nehri su kalitesi parametrelerinin kurak dönem korelasyon sonuçları.

	As	Ba	B	Ca	Fe	Cr	Mn	Mo	Mg	V	Ni	K	P	Na	TDS	T	Salinity	Res.	E.C.	D.O.	pH
As	1	-.942	-.972	-.902	.831	.831	.208	1,000	-.558	.013	-.250	-.842	.389	-.734	-.785	-.218	-.700	.684	-.640	.244	.181
Ba	-.942	1	.441	.882	-.434	.831	-.208	-.403	.666	.013	-.250	-.842	.389	-.734	-.785	-.218	-.700	.684	-.640	.244	.181
B	-.972	.441	1	.263	-.298	1,000	-.861	-.886	.673	-.095	.277	.380	.367	.396	.339	-.015	.349	-.395	.362	-.059	-.111
Ca	-.902	.882	.263	1	-.470	.871	-.210	-.446	.764	.069	-.770	.853	.466	.928	.901	.048	.887	-.848	.867	-.100	-.058
Fe	.831	-.434	-.298	-.470	1	-.454	-.416	-.008	-.491	-.180	.831	-.238	-.105	-.415	-.410	.202	-.417	.399	-.418	-.092	.065
Cr	.831	.831	1,000	.871	-.454	1	.387	.500	.970	.831	.831	.917	.407	.974	.869	-.367	.874	-.680	.868	-.361	-.236
Mn	.208	-.861	-.210	-.416	.387	1	.587	-.145	.831	.831	.831	-.403	-.513	-.162	-.242	-.293	-.250	.252	-.241	.201	-.144
Mo	1,000	-.403	-.886	-.446	-.008	.500	.587	1	-.506	.831	.831	-.802	-.412	-.824	-.568	-.452	-.582	.547	-.555	.280	.380
Mg	-.558	.666	.673	.764	-.491	.970	-.145	-.506	1	-.004	-.799	.637	.393	.830	.791	.130	.802	-.773	.800	-.177	.089
V	.013	-.095	.277	.069	-.180	.831	.831	-.004	1	1,000	-.005	.073	-.003	-.065	.228	.015	-.045	.086	-.333	-.244	-.244
Ni	-.250	.277	-.770	.831	.831	.831	.831	-.799	-.004	1,000	1	.294	.232	-.419	.419	.524	.500	-.432	.500	-.624	-.252
K	-.842	.848	.380	.853	-.238	.917	-.403	-.802	.637	-.005	.294	1	.715	.910	.839	.260	.826	-.772	.811	-.331	-.070
P	.389	.367	.466	-.105	.407	-.513	-.412	.393	.073	.232	.715	.910	1	.533	.508	.247	.525	-.542	.535	-.283	-.271
Na	-.734	.854	.396	.928	-.415	.974	-.162	-.824	.830	-.003	-.419	.910	.533	1	.898	.189	.894	-.821	.880	-.223	-.025
TDS	-.785	.801	.339	.901	-.410	.869	-.242	-.568	.791	-.065	.419	.839	.508	.898	1	.235	.979	-.940	.965	-.275	-.069
T	-.218	.164	-.015	.048	.202	-.367	-.293	-.452	.130	.228	.524	.260	.247	.189	.235	1	.268	-.307	.281	-.697	.129
Salinity	-.700	.789	.349	.887	-.417	.874	-.250	-.582	.802	.015	.500	.826	.525	.894	.979	.268	1	-.950	.992	-.325	-.079
Res.	.684	-.764	-.395	-.848	.399	-.680	.252	.547	-.773	-.045	-.432	-.772	-.542	-.821	-.940	-.307	-.950	1	-.942	.374	.072
E.C.	-.640	.767	.362	.867	-.418	.868	-.241	-.555	.800	.086	.500	.811	.535	.880	.965	.281	.992	-.942	1	-.336	-.068
D.O.	.244	-.152	-.059	-.100	-.092	-.361	.201	.280	-.177	-.333	-.624	-.331	-.283	-.223	-.275	-.697	-.325	.374	-.336	1	.165
pH	.181	-.005	-.111	-.058	.065	-.236	-.144	.380	.089	-.244	-.252	-.070	-.271	-.025	-.069	.129	-.079	.072	-.068	.165	1

Arsenik; Ba ve Ca ile negatif Mo ile pozitif, Baryum; B, Ca, Mn, K, N, tuzluluk, TDS ve EC ile pozitif, As ve direnç ile negatif, Bor; Ba, Cr, Mg, K, Na, TDS, direnç ve EC ile pozitif, As ve Mo ile negatif, Kalsiyum; Ba, Cr, Mg, K, Na, TDS, tuzluluk, direnç, EC ile pozitif As ve Fe ile negatif, Demir; Ca ve Mg ile negatif, Krom; Mg, K ve Na ile pozitif, Magnezyum; Ba, B, Ca, Cr, K, P, Na, TDS, tuzlulukve EC ile pozitif Fe ve direnç ile negatif güçlü ilişkisi vardır.

Tablo 3. 18. Melen Nehri su kalitesi değerlerinin kurak dönem için faktör analizi sonuçları.

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	10,175	67,834	67,834	10,175	67,834	67,834
2	2,209	14,726	82,560	2,209	14,726	82,560
3	1,891	12,609	95,169	1,891	12,609	95,169
4	.478	3,184	98,353			
5	.213	1,420	99,773			
6	.034	.227	100,000			
7	.000	.000	100,000			
8	.000	.000	100,000			
9	.000	.000	100,000			
10	.000	.000	100,000			
11	.000	.000	100,000			
12	.000	.000	100,000			
14	.000	.000	100,000			

Tablo 3. 19. Melen nehri kurak dönem için etkili faktörler ve grupları.

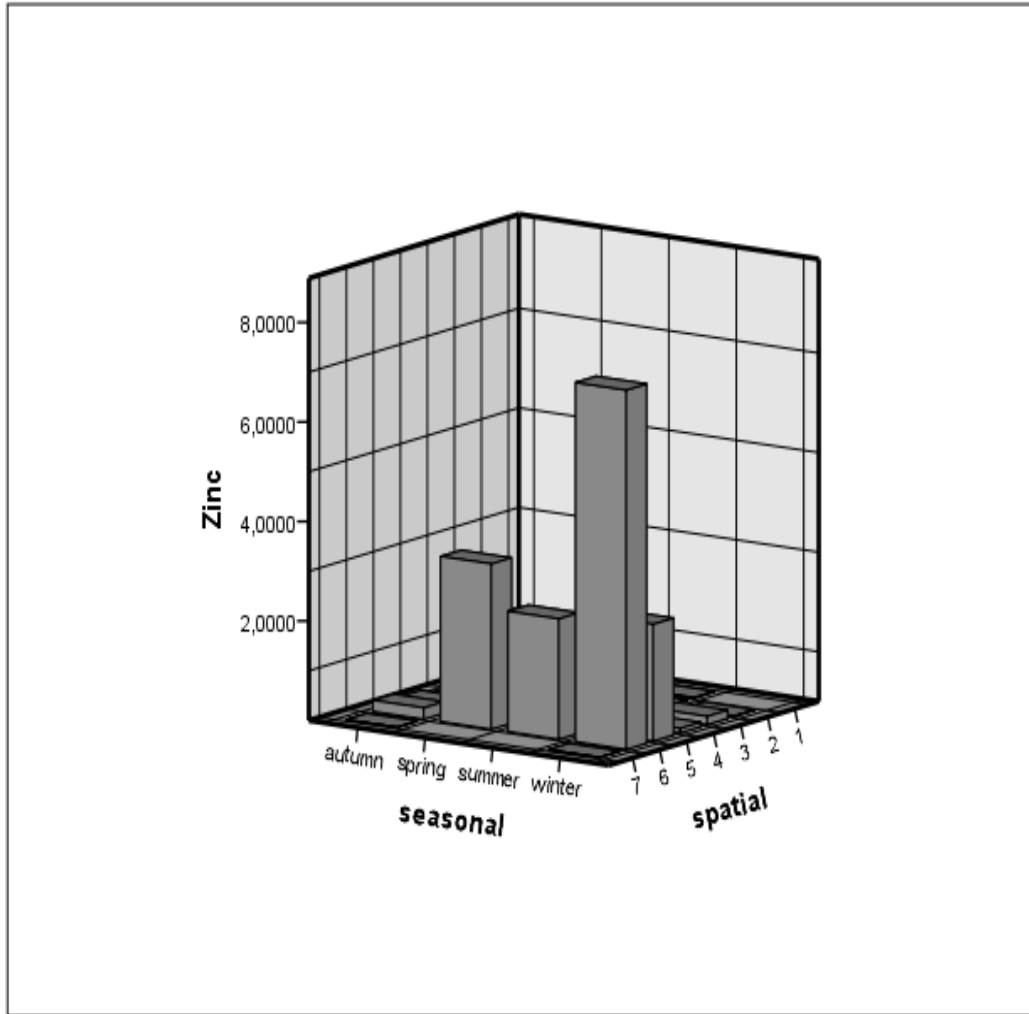
	Component		
	1	2	3
Baryum	,964	,015	,058
Bor	,852	,232	-,416
Kalsiyum	,969	,050	-,086
Magnezyum	,925	-,078	-,368
Demir	-,541	,794	-,050
Potasyum	,611	,336	,691
Fosfor	-,263	,619	,734
Sodyum	,963	,141	,210
TDS	,972	-,005	,155
Temperature	-,489	-,626	,569
Salinity	,986	-,071	,127
Resistivity	-,963	,013	-,214
E.C.	,958	-,156	,122
D.O.	,848	,428	-,209
pH	,587	-,629	,203

Kurak dönem yüzeysel su sonuçlarını ele aldığımızda 3 adet faktörün parametreler üzerinde etkili olduğu (eigen değerleri 1 den büyük olan) görülmektedir. Bu 3 faktör toplamda %95'i temsil etmektedir. Bu oran temsiliyet bakımından oldukça yüksek değerdir. Birinci faktör %67,83 ü temsil etmektedir. EC, kalsiyum, baryum, bor, magnezyum, sodyum tuzluluk ve TDS ile pozitif, direnç ile negatif ilişkisi vardır. 2. Faktör %14,72 temsil etmektedir. Demir ile pozitif, sıcaklık ve pH ile negatif ilişkisi vardır. 3. Faktör %12,6 yı temsil etmektedir. Fosfor ve potasyum ile pozitif ilişkilidir.

3.2. Yeraltı Sularında Metal Kirliliği

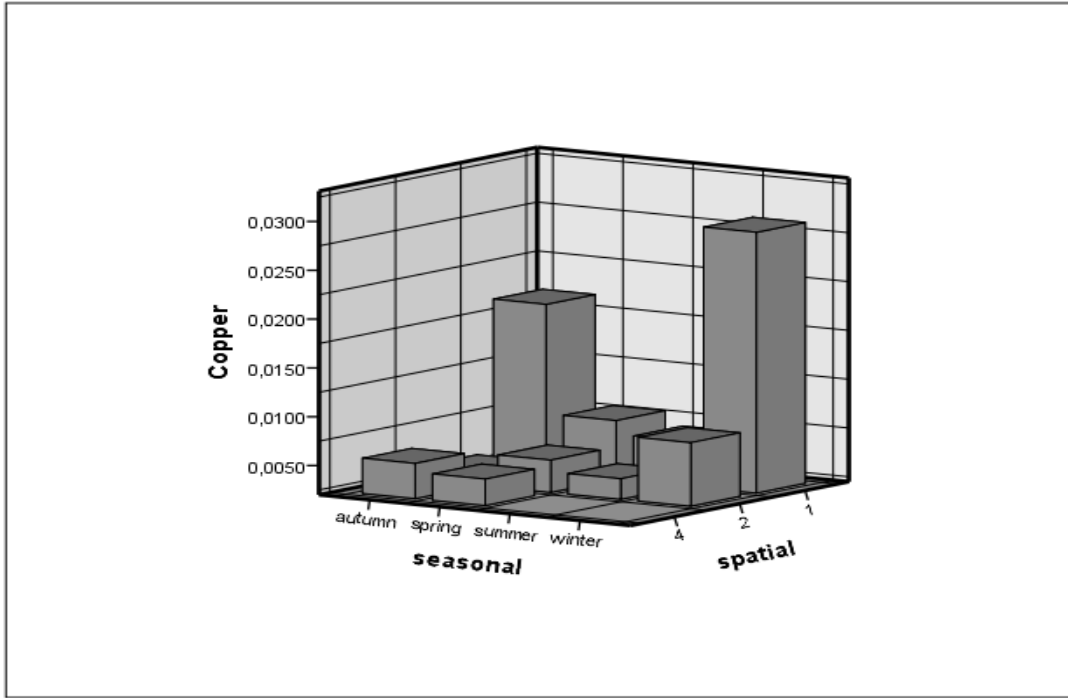
3.2.1. Metaller

Melen havzası içinde belirlenmiş 7 noktada düzenli metal izlenmesi gerçekleştirilmiştir. Bu metallerin mevsimsel ve noktasal değişimleri grafiklerle gösterilmiştir.



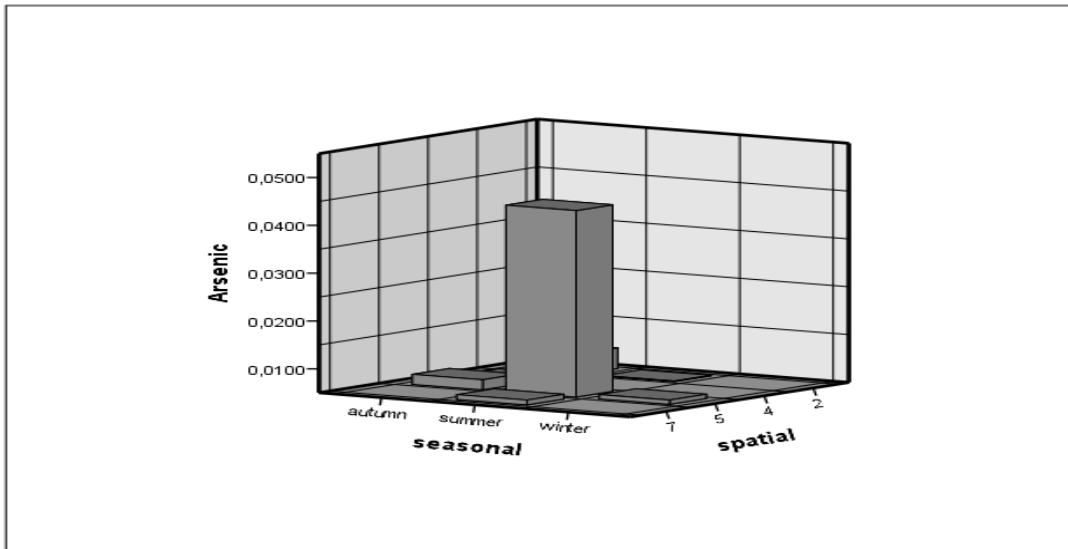
Şekil 3. 22. Melen Havzası Yeraltı sularında Çinko miktarının zamansal ve mekânsal değişimleri.

Çözünmüş halde çinkoya havza yeraltı suyu örnekleme noktalarının tümünde rastlanmıştır. Özellikle 6 numaralı örnek noktasında yüksek ve hatta riskli değerlerde gözlenmiştir.



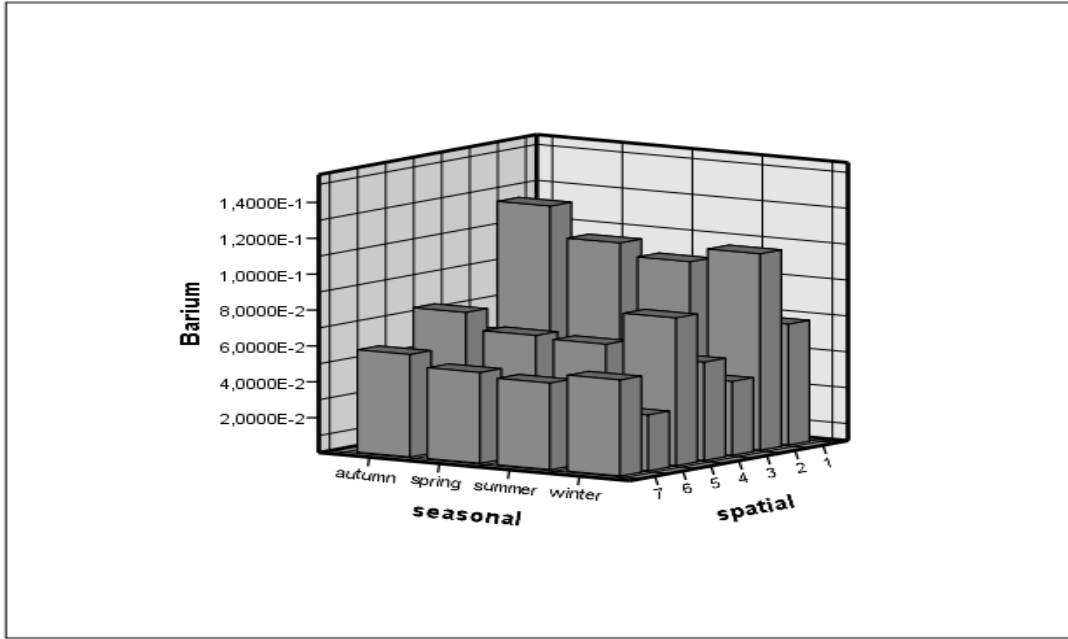
Şekil 3. 23. Melen Havzası Yeraltı sularında Bakır miktarının zamansal ve mekânsal değişimleri.

Bakır sadece 1,2 ve 4 numaralı noktalarda gözlenmiştir. En yüksek değerine kışın 1 numaralı noktada ulaşmıştır.



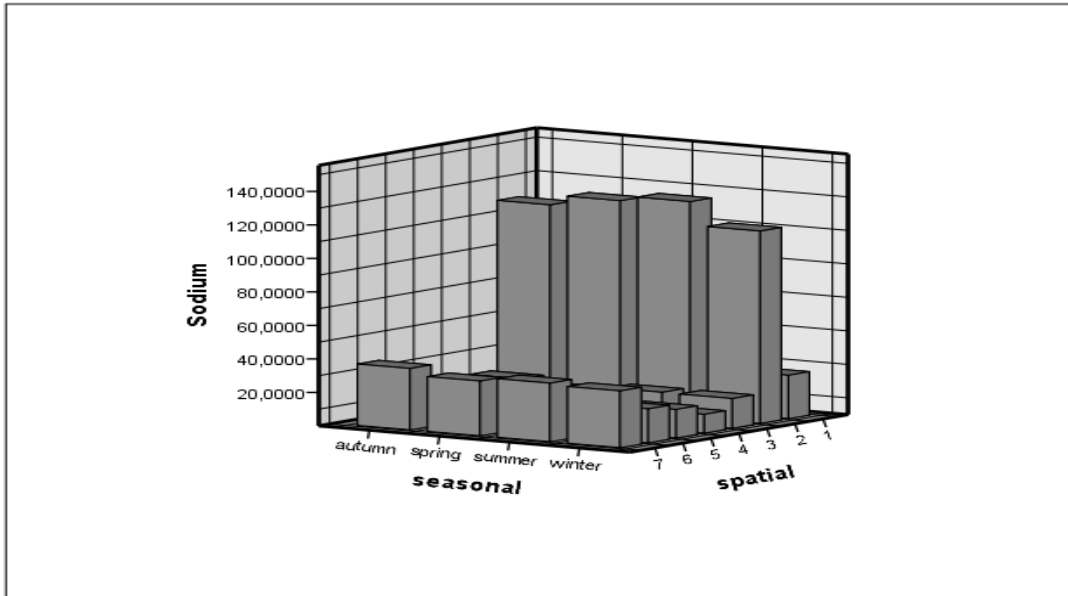
Şekil 3. 24. Melen Havzası Yeraltı sularında Arsenik miktarının zamansal ve mekânsal değişimleri.

Arsenik genel olarak 0.01 mg/l den düşük değerlerdedir. 5 numaralı örnekleme noktasında yazın maksimum seviyesine ulaşmıştır.



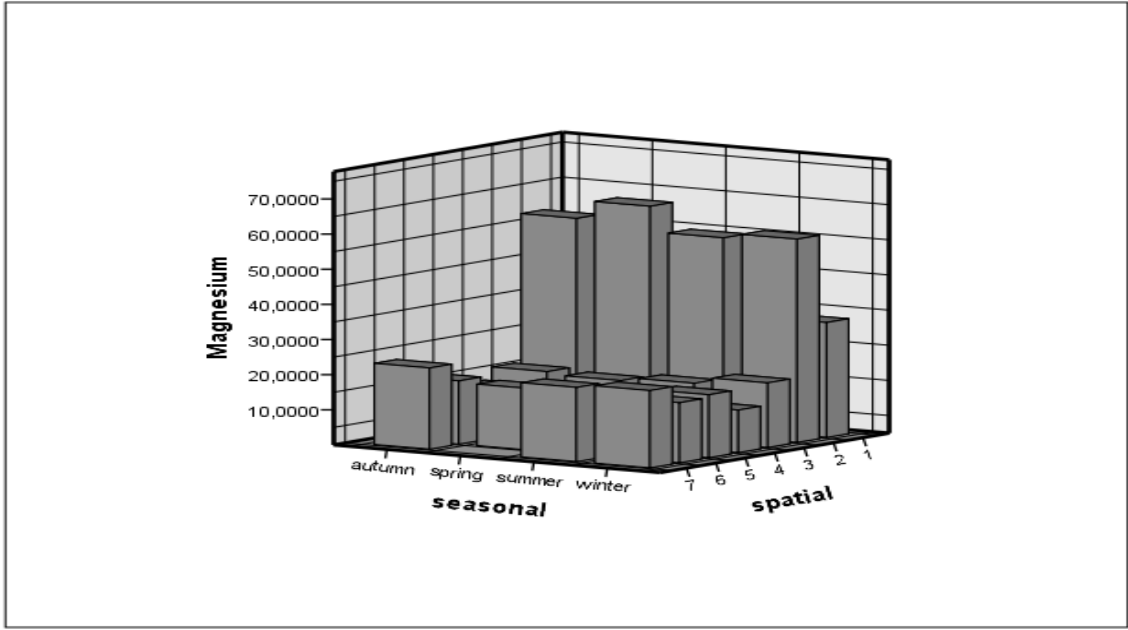
Şekil 3. 25. Melen Havzası Yeraltı sularında Baryum miktarının zamansal ve mekansal değişimleri.

Baryum 0.03-0.34 mg/l aralığındadır. Tüm noktalarda ve tüm mevsimlerde gözlenmiştir. Mevsimsel olarak sonbahar en yüksek baryumun gözlendiği dönemdir.



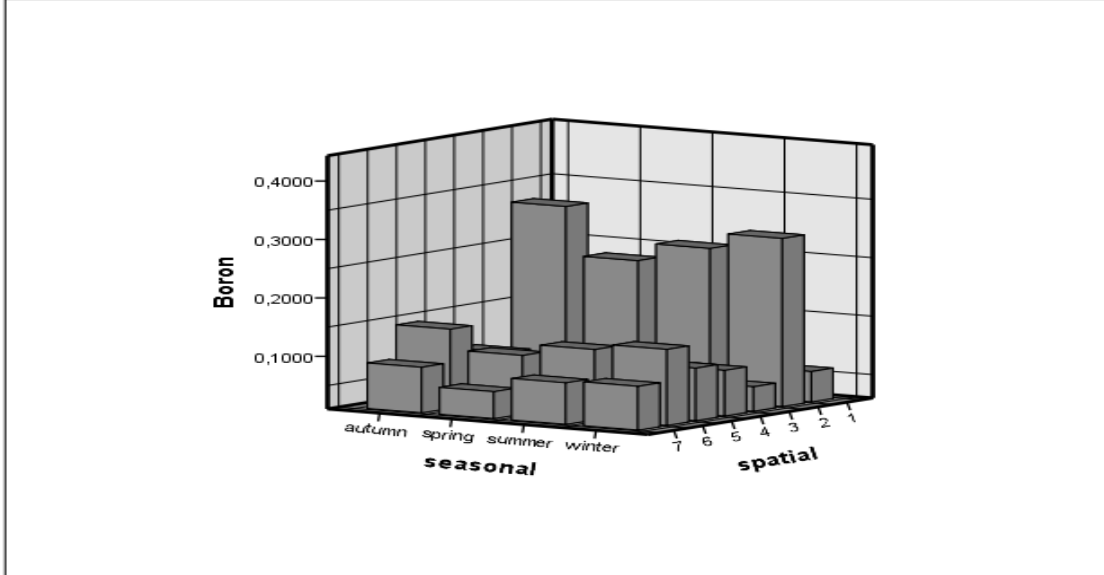
Şekil 3. 26. Melen Havzası Yeraltı sularında Sodyum miktarının zamansal ve mekansal değişimleri.

Sodyum 11-130 mg/l aralığında olup en yüksek değerlerine 2 numaralı örnek noktada ulaşmıştır. Mevsimsel olarak yeraltı suyundaki sodyum değişimi sınırlı kalmıştır.



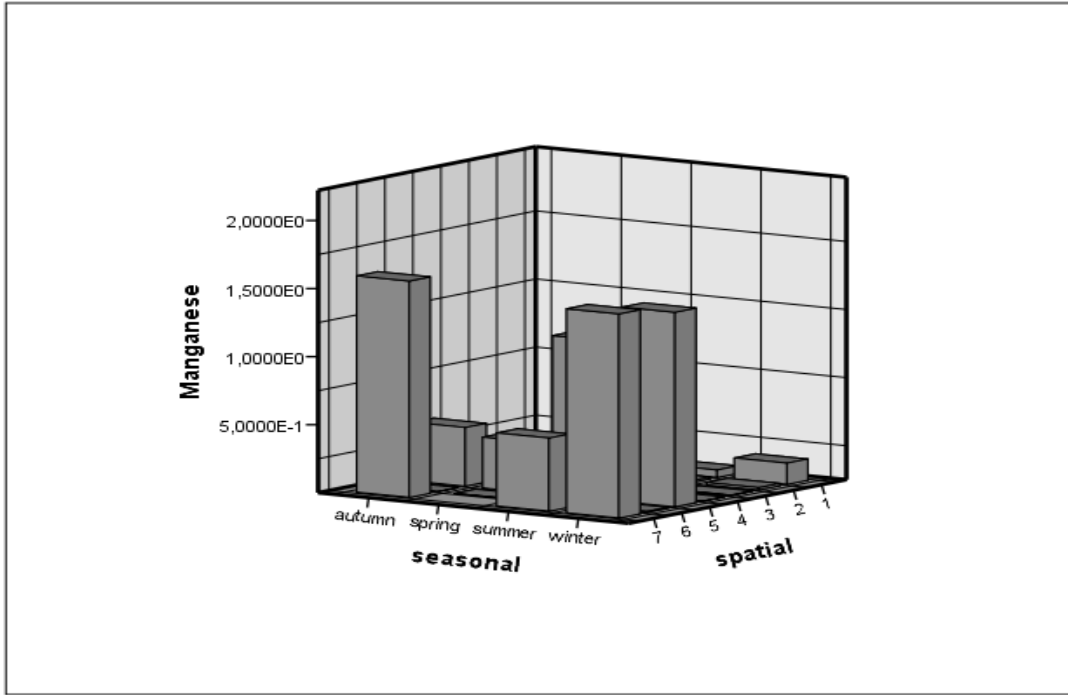
Şekil 3. 27. Melen Havzası Yeraltı sularında Mangan miktarının zamansal ve mekânsal değişimleri.

Magnezyum 12-60 mg/L aralığında olup en yüksek değerlerine 2 numaralı örnek noktada ulaşmıştır.



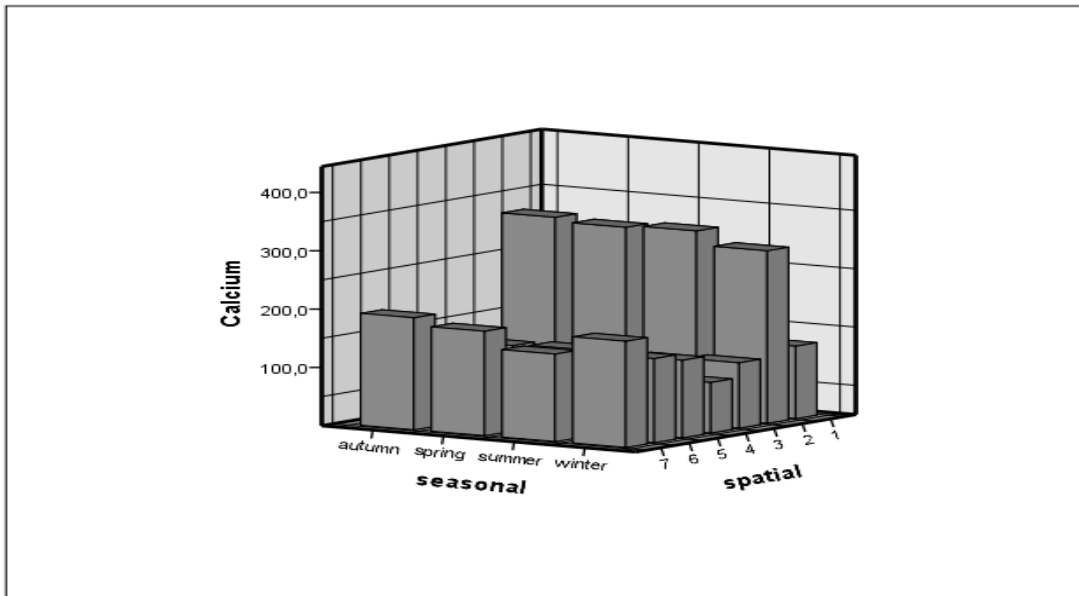
Şekil 3. 28. Melen Havzası Yeraltı sularında Bor miktarının zamansal ve mekânsal değişimleri.

Bor 0.018-0.32 mg/L aralığında olup en yüksek değerlere yine sonbaharda ve 2 numaralı örnek noktasında ulaşmıştır. En düşük değer yine ilkbaharda gözlenmiştir.



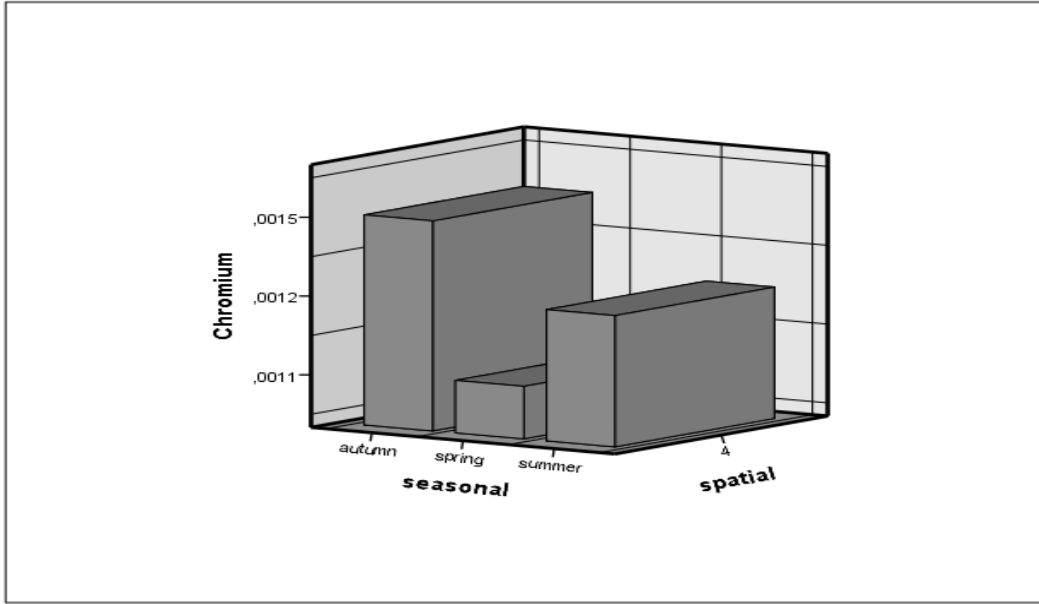
Şekil 3. 29. Melen Havzası Yeraltı sularında Mangan miktarının zamansal ve mekânsal değişimleri.

Mangan her noktada gözlenmesine karşın yüksek değişiklik göstermiştir. En yüksek değerine sonbaharda ve 7 numaralı örnek noktasında ulaşmıştır.



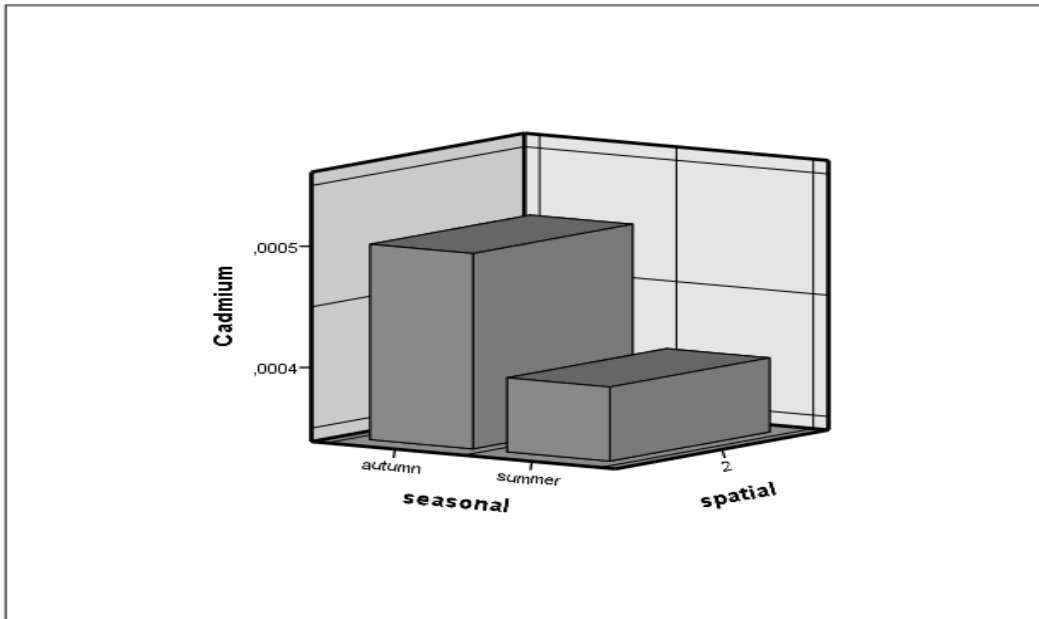
Şekil 3. 30. Melen Havzası Yeraltı sularında Kalsiyum miktarının zamansal ve mekânsal değişimleri.

Kalsiyum 85-323 mg/L aralığında olup örnek noktalar arasında farklılık gözlenmiştir. En yüksek değerlere 2 numaralı noktada rastlanmıştır.



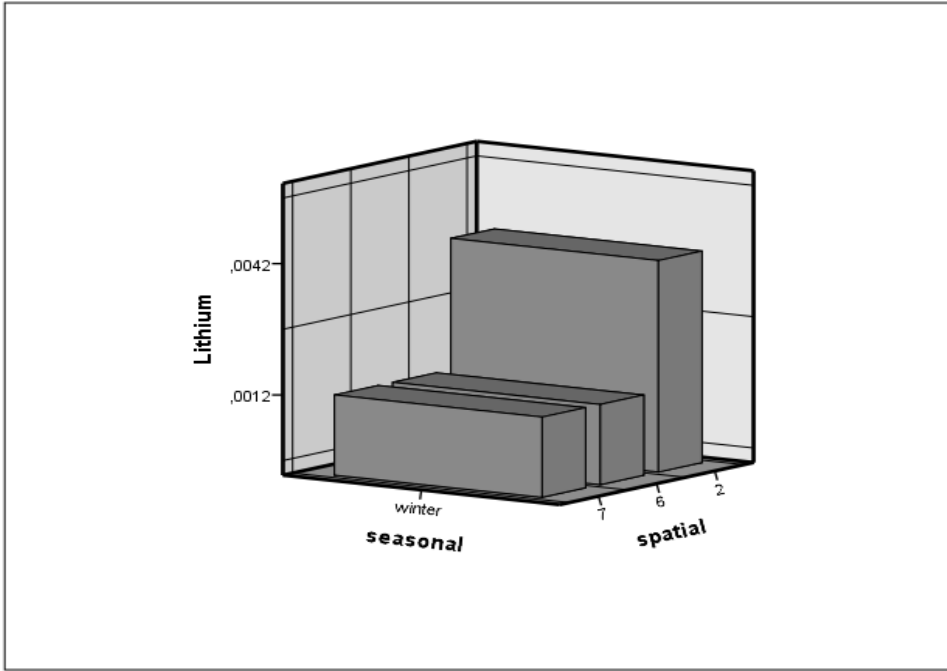
Şekil 3. 31. Melen Havzası Yeraltı sularında Krom miktarının zamansal ve mekânsal değişimleri.

Krom sadece 4 numaralı örnek noktasında gözlenmiştir. Maksimum değer sonbaharda ve 0.0015 mg/L değerindedir.



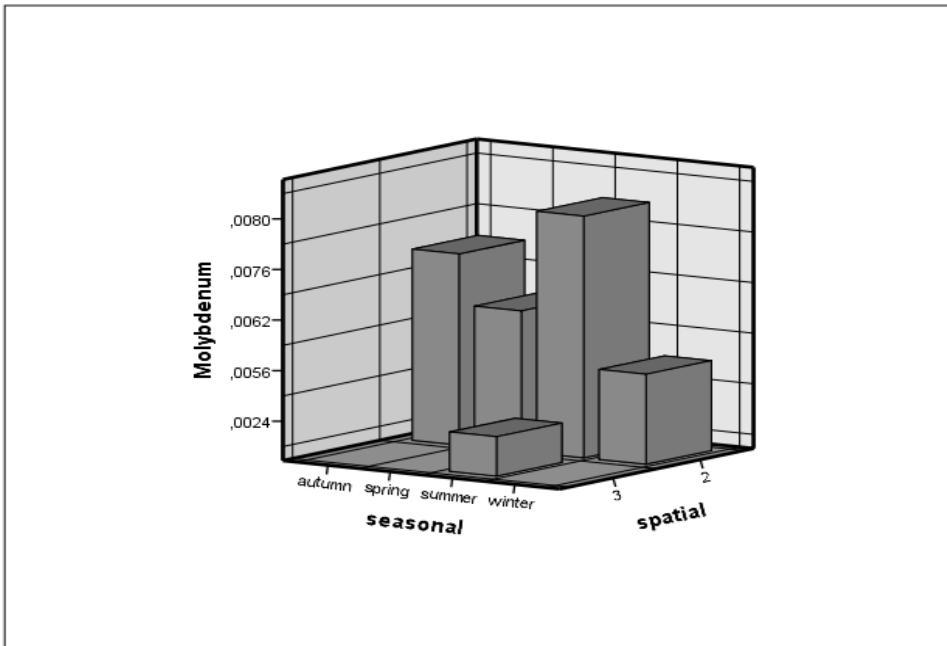
Şekil 3. 33. Melen Havzası Yeraltı sularında Kadmiyum miktarının zamansal ve mekansal değişimleri.

Kadmiyum sadece 2 numaralı örnek noktasında ve yaz ile sonbahar döneminde gözlenmiştir.



Şekil 3. 32. Melen Havzası Yeraltı sularında Lityum miktarının zamansal ve mekânsal değişimleri.

Lityum sadece kışın 2,6 ve 7 numaralı örnek noktalarda gözlenmiştir.

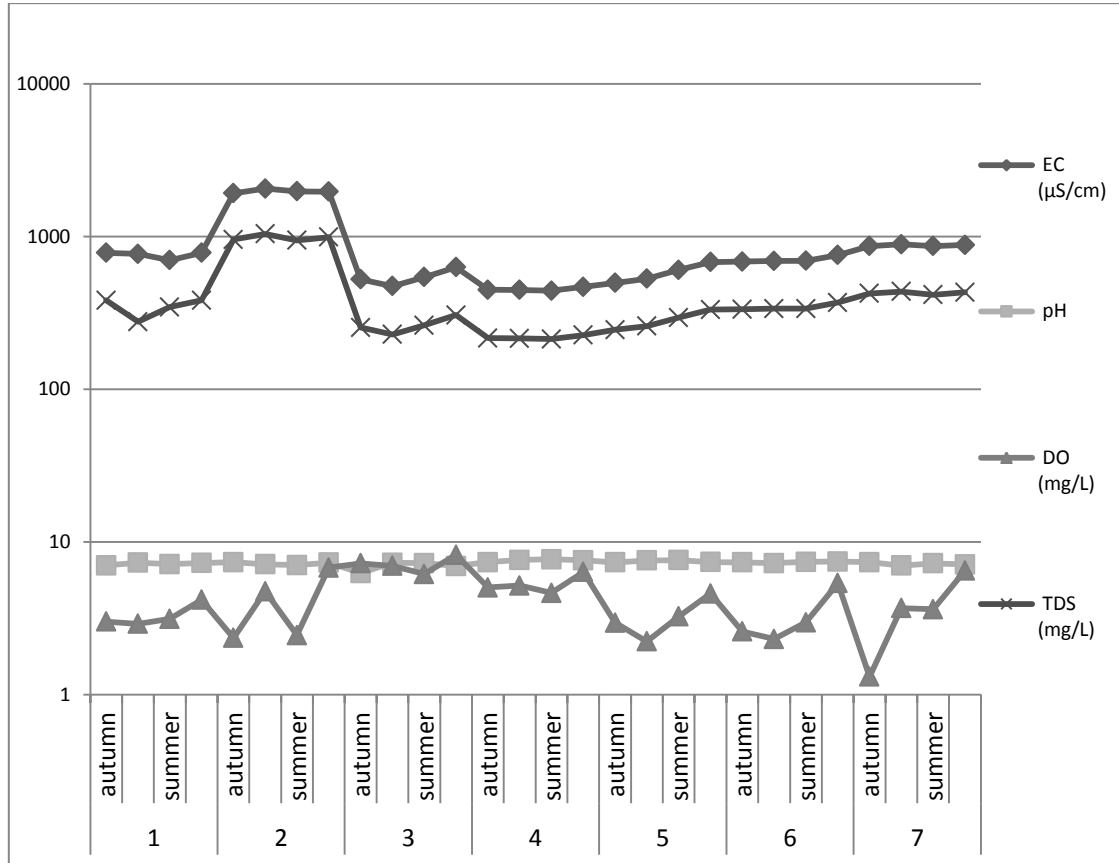


Şekil 3. 34. Melen Havzası Yeraltı sularında Molibden miktarının zamansal ve mekânsal değişimleri.

Molibden belirgin olarak 2 numaralı örnek noktada gözlenmiştir. Yazın en yüksek seviyesine ulaşmıştır.

3.2.2. Temel parametreler

Havzada yeraltı suyu pH değerleri genellikle nötr seviyelerinde olup en düşük 6,25 en yüksek ise 8,5 olarak gözlenmiştir.



Şekil 3. 35. Melen Havzası Yeraltı sularında Temel parametrelerin zamansal ve mekânsal değişimleri.

EC değerleri 440-2060 aralığında gözlenmiştir. 2 numaralı örnek noktasında her mevsim EC değerinin 1000 µS/cm değerinin üstünde olduğu gözlenmiştir.

Çözünmüş oksijen değerleri 1,3-8,2 mg/L arasında değişmektedir. Özellikle sonbahar dönemi en düşük çözünmüş oksijen değerlerini göstermiştir.

Toplam çözünmüş katı değerleri 212-1040 mg/L aralığında gözlenmiştir. 2 numaralı örnek nokta en yüksek TDS değerlerinin gözlemlendiği noktadır.

3.2.3. İstatistiksel analizler

Havzadaki yeraltı sularında ölçülen tüm parametrelerin temel istatistiki değerleri Tablo 3. 20’de görülmektedir.

Tablo 3. 20. Yeraltı sularında temel istatistik değerler.

	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. Sapma	Varyans
Bakır	,0036	,0287	,009430	,0081254	,000
Çinko	,0040	7,2200	,687008	1,6594921	2,754
Vanadyum	,0014	,0286	,010700	,0116796	,000
Arsenik	,0051	,0440	,011829	,0142564	,000
Krom	,0011	,0015	,001267	,0002082	,000
Kadmiyum	,0004	,0005	,000480	,0000566	,000
Demir	,0022	,0068	,004500	,0032527	,000
Nikel	,0026	,0509	,026750	,0341533	,001
Lityum	,0012	,0042	,002200	,0017321	,000
Molibden	,0024	,0080	,005960	,0022199	,000
Baryum	,0313	,3410	,070997	,0576646	,003
Sodyum	11,3000	129,0000	35,851724	36,4594846	1329,294
Bor	,0180	,3230	,105643	,0805689	,006
Mangan	,0007	1,5900	,328072	,5276215	,278
Fosfor	,0110	2,5800	,693067	,8746921	,765
Kalsiyum	85,2000	323,0000	152,837931	71,2399487	5075,130
Magnezyum	12,1000	63,7000	25,032143	15,6558604	245,106
Potasyum	1,3400	83,3000	14,732414	25,6769407	659,305
T (°C)	10,8000	19,3000	16,613793	2,3565599	5,553
EC (µS/cm)	441,0000	2059,0000	848,310345	486,8335814	237006,936
pH	6,25	8,54	7,3148	,35940	,129
DO (mg/L)	1,3100	8,2200	4,416552	1,8864390	3,559
Doygunluk (%)	13,80	78,90	45,5897	18,57660	345,090
Resistivity (kΩcm)	,2100	2,2700	1,248897	,6344011	,402
Salinity (‰)	,1520	1,0500	,400172	,2646939	,070
TDS (mg/L)	212,9000	1039,0000	412,548276	244,8177830	59935,747

Metallerden sodyum, çinko, kalsiyum, potasyum ve magnezyum temel parametrelerden ise EC, çözünmüş oksijen, TDS ve doygunluk büyük oranda değişiklikler göstermektedir. Ölçümü yapılan 26 metalden 18 ine havzada ölçülebilir sınırlarda rastlanmıştır. Ayrıca mevsimsel olarak temel istatistiki değerler herbir mevsim için aşağıdaki tablolarda gösterilmiştir.

Tablo 3. 21. Yaz dönemi için Yeraltı sularında temel istatistik değerler.

	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. Sapma	Varyans
Zn	0,0114	2,42	0,51412	1,0657423	1,136
Cu	0,0041	0,0066	0,00535	0,0017678	0
V	0,0015	0,0286	0,011033	0,0152317	0
As	0,0051	0,044	0,018367	0,0222037	0
Ba	0,032	0,102	0,056371	0,023089	0,001
Na	11,9	129	36,785714	41,3686044	1711,361
Mg	12,4	56,5	24,428571	15,321196	234,739
B	0,038	0,271	0,105857	0,0779197	0,006
Mn	0,0008	1,17	0,35545	0,5071483	0,257
P	0,017	1,98	0,6455	0,9001172	0,81
Ca	85,2	320	150,743	78,1976	6114,863
K	1,36	65,2	12,237143	23,4084897	547,957
T	17,2	19,3	18,342857	0,6425396	0,413
EC	441	1976	831,14	522,227	272720,81
pH	7,04	7,69	7,338571	0,2373063	0,056
DO (mg/L)	2,45	6,16	3,744286	1,2604213	1,589
Resistivity	0,547	2,27	1,477286	0,5422855	0,294
Salinity	0,21	1,02	0,411429	0,2765519	0,076
TDS	212,9	943	401,271	247,4345	61223,849

Tablo 3. 22. Sonbahar dönemi için Yeraltı sularında temel istatistik değerler.

	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. Sapma	Varyans
Zn	0,004	0,228	0,0742	0,0800482	0,006
Cu	0,0036	0,0192	0,009467	0,0084884	0
V	0,0014	0,0263	0,010633	0,0136398	0
As	0,0054	0,0093	0,007267	0,0019553	0
Ba	0,0346	0,341	0,101788	0,1006799	0,01
Na	11,7	120	37,175	35,784424	1280,525
Mg	12,9	58,5	24,35	15,5376961	241,42
B	0,064	0,323	0,120429	0,0936071	0,009
Mn	0,0007	1,59	0,313003	0,5848039	0,342
P	0,011	1,75	0,4908	0,7227408	0,522
Ca	95,1	323	155,263	74,6874	5578,208
K	1,46	72,2	17,1375	26,2500725	689,066
T	16,1	18,8	17,15	0,8485281	0,72
EC	447	1918	846,25	479,495	229915,357
pH	6,25	8,54	7,32375	0,6245212	0,39
DO (mg/L)	1,31	7,43	3,98875	2,3073203	5,324
Salinity	0,21	0,96	0,41375	0,2438933	0,059
TDS	215,9	955	415,988	240,6806	57927,144

Tablo 3. 23. Kış dönemi için Yeraltı sularında temel istatistik değerler.

winter	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. Sapma	Varyans
Zn	0,0063	7,22	1,6417	2,8815493	8,303
Cu	0,0085	0,0287	0,0186	0,0142836	0
V	0,0028	0,0196	0,0112	0,0118794	0
As	0,0059	0,0059	0,0059		
Ba	0,0316	0,11	0,0633	0,0264816	0,001
Na	11,3	115	34,471429	36,2309589	1312,682
Mg	12,1	57,9	25,442857	15,6637434	245,353
B	0,052	0,298	0,117857	0,0843493	0,007
Mn	0,0013	1,5	0,445131	0,6991208	0,489
P	0,309	2,58	1,4445	1,6058395	2,579
Ca	86,6	296	153,943	69,1565	4782,623
K	1,34	83,3	14,971429	30,1762779	910,608
T	10,8	14,7	12,871429	1,3683497	1,872
EC	467	1966	879,57	496,386	246398,619
pH	6,95	7,57	7,29	0,2046949	0,042
DO (mg/L)	4,17	8,22	5,992857	1,3925961	1,939
Salinity	0,22	1	0,434286	0,2579959	0,067
TDS	226	991	433,857	254,0469	64539,81

Tablo 3. 24. İlkbahar dönemi için Yeraltı sularında temel istatistik değerler.

spring	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. Sapma	Varyans
Zn	0,0155	3,32	0,591333	1,3371605	1,788
Cu	0,0047	0,008	0,006	0,0017578	0
V	0,0014	0,0261	0,0101	0,0138741	0
Ba	0,0313	0,109	0,058129	0,0261048	0,001
Na	11,4	126	34,785714	40,9692742	1678,481
Mg	12,7	63,7	26,166667	20,1603241	406,439
B	0,018	0,24	0,078429	0,0772612	0,006
Mn	0,0008	0,373	0,157906	0,189349	0,036
P	0,013	1,9	0,61775	0,8654157	0,749
Ca	93,8	316	151,057	79,1231	6260,463
K	1,52	78,2	14,24	28,2658086	798,956
T	17,4	18,6	18,014286	0,5398412	0,291
EC	446	2059	836,57	563,052	317027,952
pH	6,99	7,61	7,305714	0,2190021	0,048
DO (mg/L)	2,23	6,96	4,001429	1,7311406	2,997
Salinity	0,152	1,05	0,339286	0,3293067	0,108
TDS	215,1	1039	398,586	292,2901	85433,501

Tüm değerler yönünden havzadaki yeraltı suları ölçülebilir parametrelerin birbiriyle ilişki düzeyini gösteren korelasyon değerleri tablo 3.25’de görülmektedir.

Tablo 3. 25. Yeraltı sularının tüm değerlerine göre korelasyon sonuçları.

	Zn	Cu	V	As	Cr	DO	TDS	pH	T	EC	K	Mg	Ca	P	Mn	B	Na	Ba
Zn	1																	
Cu	-,195	1																
V	-,494	-,040	1															
As	-,177	-,348	-1,000**	1														
Cr	,308	,418	. ^c	. ^c	1													
DO	-,016	-,096	-,326	-,143	,014	1												
TDS	-,095	,175	,962**	-,226	,515	-,119	1											
pH	,140	-,087	,222	,727	-,888	-,288	-,150	1										
T	-,201	-,207	,157	,270	-,721	-,605**	-,024	,056	1									
EC	-,101	,184	,963**	-,230	,423	-,140	,996**	-,154	-,006	1								
K	-,162	,176	,952**	-,212	-,099	-,016	,962**	-,108	-,026	,960**	1							
Mg	-,200	,405	,884**	-,215	,454	-,161	,939**	-,215	,007	,952**	,926**	1						
Ca	-,061	,089	,977**	-,194	,391	-,222	,979**	-,143	,043	,980**	,911**	,903**	1					
P	-,484	,051	,915**	-1,000**	. ^c	,107	,966**	-,053	-,306	,967**	,984**	,918**	,940**	1				
Mn	-,088	-,223	,251	,478	. ^c	-,149	-,079	,194	-,043	-,089	-,207	-,173	,007	-,258	1			
B	,084	,042	,953**	-,218	,897	-,137	,904**	,005	-,052	,895**	,899**	,794**	,901**	,910**	-,176	1		
Na	-,162	,163	,982**	-,245	,052	-,119	,988**	-,165	,043	,991**	,972**	,945**	,967**	,967**	-,123	,894**	1	
Ba	-,322	,331	,878**	-,197	,918	-,202	,785**	,061	-,015	,785**	,818**	,804**	,736**	,855**	,079	,711**	,796**	1

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).
* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).
c. Cannot be computed because at least one of the variables is constant.

Yeraltı sularında kirlilik faktörlerini ve etkilenen parametreleri bulabilmek için tüm değerler üzerinden faktör analizi yapılmıştır. Sonuçlar T ablo 28’de gösterilmektedir.

Tablo 3. 26. Yeraltı sularının tüm değerlerine göre faktör analizi sonuçları.

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	7,546	62,88	62,88	7,546	62,88	62,88	6,259	52,157	52,157
2	2,017	16,811	79,69	2,017	16,811	79,69	2,599	21,662	73,819
3	1,59	13,253	92,943	1,59	13,253	92,943	2,295	19,124	92,943
4	0,491	4,092	97,035						
5	0,281	2,343	99,378						
6	0,075	0,622	100						
7	5,07E-16	4,22E-15	100						
8	2,29E-16	1,91E-15	100						
9	-1,71E-18	-1,43E-17	100						
10	-7,47E-17	-6,23E-16	100						
11	-1,56E-16	-1,30E-15	100						
12	-2,54E-16	-2,11E-15	100						

Tablo 3. 27. Yeraltı sularında bulunan metallerin örnekleme noktalarına göre derişim aralıkları.

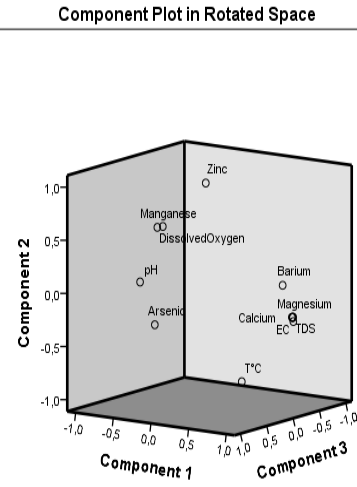
		Ortalama	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Ortalama		Minimum	Maksimum
					Lower Bound	Upper Bound		
Zn	1	0,026133	0,0161013	0,0092961	-0,013865	0,066131	0,014	0,0444
	2	0,014375	0,0020123	0,0010061	0,011173	0,017577	0,0114	0,0157
	3	0,092175	0,0515055	0,0257527	0,010218	0,174132	0,0611	0,169
	4	0,0497	0,0342124	0,0197526	-0,035288	0,134688	0,0294	0,0892
	5	0,65905	1,1278042	0,5639021	-1,135538	2,453638	0,0512	2,35
	6	3,297	2,9199514	1,4599757	-1,349294	7,943294	0,228	7,22
	7	0,00515	0,0016263	0,00115	-0,009462	0,019762	0,004	0,0063
V	1	0,001433	0,0000577	0,0000333	0,00129	0,001577	0,0014	0,0015
	2	0,02515	0,00387	0,001935	0,018992	0,031308	0,0196	0,0286
	3	0,0032	0,0006733	0,0003367	0,002129	0,004271	0,0028	0,0042
B	1	0,05525	0,0156498	0,0078249	0,030348	0,080152	0,032	0,066
	2	0,283	0,0356745	0,0178372	0,226234	0,339766	0,24	0,323
	3	0,044	0,0212289	0,0106145	0,01022	0,07778	0,018	0,068
	4	0,079	0,0134412	0,0067206	0,057612	0,100388	0,06	0,089
	5	0,0695	0,0284312	0,0142156	0,02426	0,11474	0,033	0,1
	6	0,13125	0,0154785	0,0077392	0,10662	0,15588	0,11	0,145
	7	0,0775	0,0146173	0,0073087	0,054241	0,100759	0,056	0,088
Mn	1	0,106375	0,0561918	0,0280959	0,016961	0,195789	0,0552	0,156
	2	0,0999	0,1694079	0,084704	-0,169666	0,369466	0,0138	0,354
	3	0,0017	0,0016731	0,000966	-0,002456	0,005856	0,0007	0,0036
	4	0,001	0,0004243	0,0003	-0,002812	0,004812	0,0007	0,0013
	5	0,851	0,529744	0,264872	0,008059	1,693941	0,373	1,43
	6	0,00263	0,0032533	0,0016266	-0,002547	0,007807	0,0008	0,0075
	7	1,209	0,5837063	0,337003	-0,241007	2,659007	0,537	1,59
K	1	6,8625	0,442069	0,2210345	6,15907	7,56593	6,41	7,29
	2	74,725	7,8040054	3,9020027	62,307086	87,142914	65,2	83,3
	3	4,63	0,311127	0,1555635	4,134928	5,125072	4,31	4,97
	4	1,42	0,0848528	0,0424264	1,28498	1,55502	1,34	1,52
	5	2,3775	0,5156468	0,2578234	1,556991	3,198009	1,92	2,94
	6	2,93	0,1525341	0,0762671	2,687284	3,172716	2,78	3,13
	7	3,09	0,1895609	0,0947804	2,788366	3,391634	2,84	3,29
Ca	1	126,75	6,8007	3,4004	115,929	137,571	120	136
	2	313,75	12,1758	6,0879	294,376	333,124	296	323
	3	102,9	7,1302	3,5651	91,554	114,246	94,6	112
	4	90,175	4,9976	2,4988	82,223	98,127	85,2	95,1
	5	117,5	15,4164	7,7082	92,969	142,031	101	133
	6	148	3,9158	1,9579	141,769	154,231	144	153
	7	175,75	18,0439	9,022	147,038	204,462	150	192
P	1	0,33925	0,0224555	0,0112278	0,303518	0,374982	0,309	0,363
	2	2,0525	0,3643602	0,1821801	1,472722	2,632278	1,75	2,58
	3	0,257667	0,050856	0,0293617	0,131333	0,384	0,218	0,315
	5	0,015	0,0028284	0,002	-0,010412	0,040412	0,013	0,017
Ba	1	0,065125	0,0105916	0,0052958	0,048271	0,081979	0,0541	0,0786
	2	0,11175	0,0101448	0,0050724	0,095607	0,127893	0,102	0,126
	3	0,037775	0,0042414	0,0021207	0,031026	0,044524	0,0323	0,0416
	4	0,05745	0,0022576	0,0011288	0,053858	0,061042	0,0553	0,0606
	5	0,07215	0,008552	0,004276	0,058542	0,085758	0,0646	0,0828
	6	0,032375	0,0015108	0,0007554	0,029971	0,034779	0,0313	0,0346
	7	0,05285	0,0038371	0,0019185	0,046744	0,058956	0,0487	0,0576
Mg	1	33,425	1,9534158	0,9767079	30,31668	36,53332	31	35,2
	2	59,15	3,1469562	1,5734781	54,14249	64,15751	56,5	63,7
	3	16,675	1,2284814	0,6142407	14,720212	18,629788	15,5	18,4
	4	12,55	0,3696846	0,1848423	11,961749	13,138251	12,1	12,9
	5	15,125	2,4797513	1,2398757	11,179162	19,070838	12,7	17,9
	6	17,4	0,4546061	0,227303	16,67662	18,12338	17	18
	7	22,066667	1,0016653	0,5783117	19,578392	24,554941	21,1	23,1
Na	1	26,925	1,4407753	0,7203876	24,632405	29,217595	25,9	29
	2	122,5	6,244998	3,122499	112,562815	#####	115	129
	3	17,475	1,5903354	0,7951677	14,944421	20,005579	15,2	18,9
	4	11,625	0,25	0,125	11,227194	12,022806	11,3	11,9
	5	14,075	2,804015	1,4020075	9,613186	18,536814	11,4	17,1
	6	20,55	0,3316625	0,1658312	20,022251	21,077749	20,3	21

Tablo 3. 28. Yeraltı sularında temel parametrelerin örnekleme noktalarına göre değer aralıkları.

		Ortalama	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Ortalama		Minimum	Maksimum
					Lower Bound	Upper Bound		
TDS	1	346,25	49,9758	24,9879	266,727	425,773	276	382
	2	982	43,1277	21,5639	913,374	1050,626	943	1039
	3	262,25	32,5205	16,2603	210,503	313,997	228	306
	4	217,475	5,8232	2,9116	208,209	226,741	212,9	226
	5	282,5	38,9059	19,4529	220,592	344,408	245	332
	6	344	16,773	8,3865	317,31	370,69	333	369
	7	426,25	9,215	4,6075	411,587	440,913	415	436
Salinity	1	0,313	0,1089771	0,0544885	0,139593	0,486407	0,152	0,38
	2	1,0075	0,0377492	0,0188746	0,947433	1,067567	0,96	1,05
	3	0,2625	0,0340343	0,0170171	0,208344	0,316656	0,23	0,31
	4	0,20225	0,0226624	0,0113312	0,166189	0,238311	0,169	0,22
	5	0,2575	0,0689807	0,0344903	0,147736	0,367264	0,17	0,33
	6	0,301	0,0929014	0,0464507	0,153173	0,448827	0,164	0,37
	7	0,4275	0,0095743	0,0047871	0,412265	0,442735	0,42	0,44
DO	1	3,305	0,583638	0,291819	2,376302	4,233698	2,91	4,17
	2	4,08	2,1115081	1,0557541	0,720119	7,439881	2,35	6,78
	3	7,1425	0,8499559	0,4249779	5,790031	8,494969	6,16	8,22
	4	5,2975	0,7390704	0,3695352	4,121474	6,473526	4,63	6,35
	5	3,2575	0,9865555	0,4932777	1,68767	4,82733	2,23	4,59
	6	3,3075	1,3948088	0,6974044	1,088048	5,526952	2,31	5,36
	7	3,7725	2,11552	1,05776	0,406236	7,138764	1,31	6,48
pH	1	7,185	0,1276715	0,0638357	6,981846	7,388154	7,02	7,3
	2	7,215	0,1519868	0,0759934	6,973155	7,456845	7,04	7,37
	3	6,935	0,4812137	0,2406069	6,169282	7,700718	6,25	7,29
	4	7,5575	0,1408013	0,0704006	7,333454	7,781546	7,36	7,69
	5	7,4725	0,1257975	0,0628987	7,272328	7,672672	7,35	7,6
	6	7,355	0,0793725	0,0396863	7,228701	7,481299	7,25	7,43
	7	7,1775	0,1588238	0,0794119	6,924776	7,430224	6,99	7,36
EC	1	757,75	38,913	19,457	695,83	819,67	700	781
	2	1979,75	58,585	29,293	1886,53	2072,97	1918	2059
	3	541,5	65,041	32,521	438,01	644,99	473	629
	4	450,25	11,471	5,735	432	468,5	441	467
	5	577,5	81,733	40,867	447,44	707,56	497	680
	6	705,5	33,191	16,596	652,69	758,31	684	755
	7	874	12,247	6,124	854,51	893,49	864	889

Tablo 3. 29. Yeraltı sularının tüm değerlerine göre belirgin etkili faktörler ve grupları.

	Component		
	1	2	3
Çinko	-0,026	0,993	0,033
Arsenik	-0,066	-0,213	0,944
TDS	0,945	-0,208	-0,231
Kalsiyum	0,955	-0,205	-0,199
D.O.	-0,731	0,485	-0,158
pH	-0,347	0,143	0,821
T	0,53	-0,805	0,145
EC	0,94	-0,213	-0,243
Baryum	0,91	0,107	-0,088
Magnezyum	0,946	-0,213	-0,223
Sodyum	0,919	-0,26	-0,278
Mangan	-0,253	0,639	0,629
Eigenvalues	7,546	2,017	1,59
% of Variance	62,88	16,811	13,253
Cumulative %	62,88	79,69	92,943

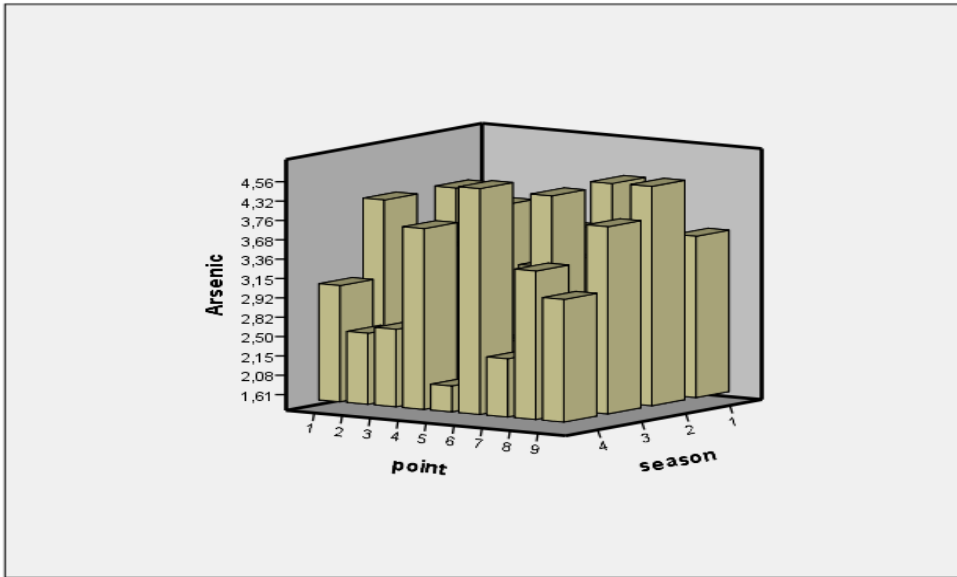


Tüm yeraltı suyu sonuçlarını ele aldığımızda 3 adet faktörün parametreler üzerinde etkili olduğu (eigen değerleri 1 den büyük olan) görülmektedir. Bu 3 faktör toplamda %92,94'ü temsil etmektedir. Bu oran temsiliyet bakımından oldukça yüksek değerdir. Birinci faktör %52,2 i temsil etmektedir. EC, kalsiyum, baryum, Magnezyum, Sodyum ve TDS ile pozitif, çözülmüş oksijen ile negatif ilişkisi vardır. 2. Faktör %21,66'ü temsil etmektedir. Çinko ve Mangan ile pozitif, sıcaklık ile negatif ilişkisi vardır. 3. Faktör %19,12 ü temsil etmektedir. Arsenik, pH ve mangan ile pozitif ilişkilidir.

3.3. Sedimentte Metal Kirliliği

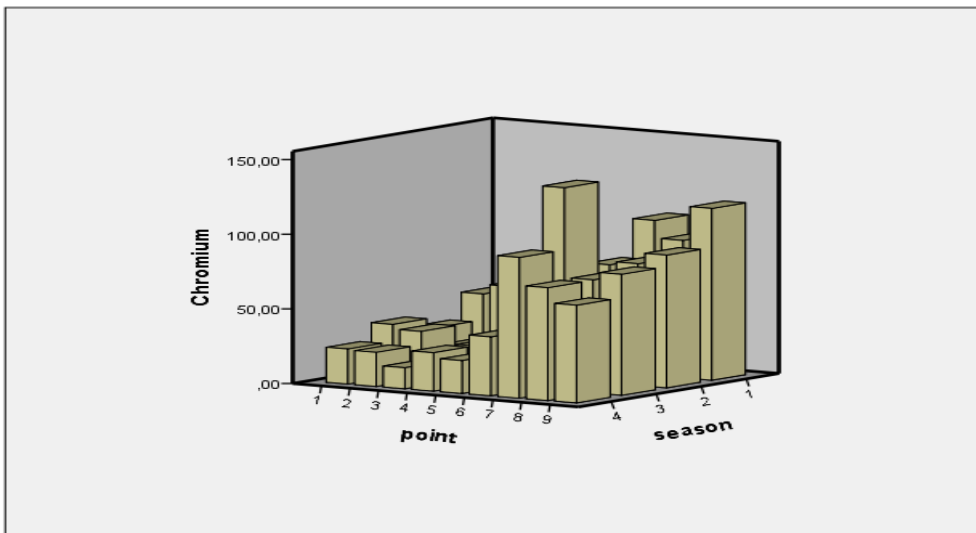
3.3.1. Metaller

Yüzeysel sulardan örnek alınarak izlenen yerlerde sedimentte de metal kirliliği izlenmesi gerçekleştirilmiştir. 1, 2, 3, 5, 8 ve 9 numaralı noktalar Melen nehri üzerindeki ana kollar 4, 6 ve 7 numaralı noktalar ise yan kolları temsil etmektedir. Ölçülen metal parametrelerine baktığımızda;



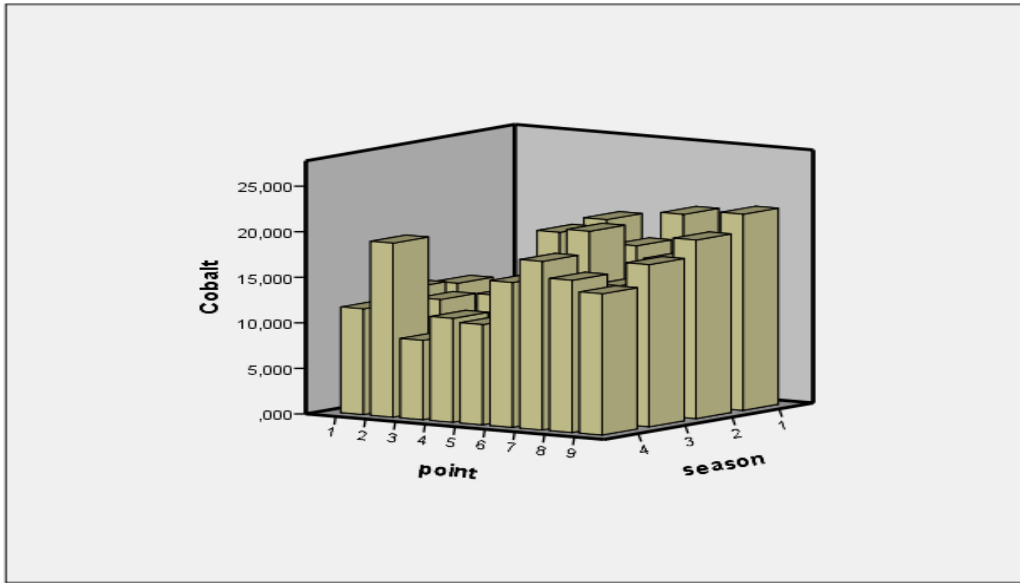
Şekil 3. 36. Melen Havzası Sedimentlerinde arsenik miktarının zamansal ve mekânsal değişimleri

Arsenik tüm noktalarda ve tüm mevsimlerde ölçülmüştür ve 1,5 - 5 mg/kg aralığındadır. En yüksek değerler 4 numaralı yan kolda en düşük değerler ise 5 ve 7 numaralı örnek noktalarda gözlenmiştir. Mevsimsel olarak kış aylarında en yüksek değerlerine ulaşmıştır.



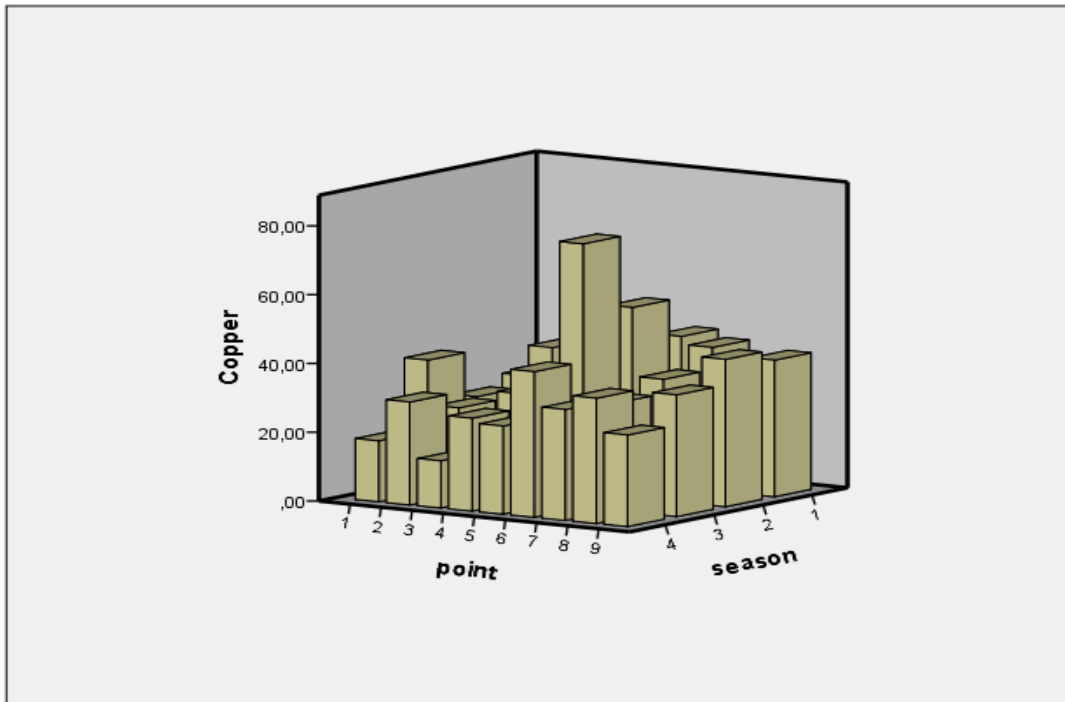
Şekil 3. 37. Melen Havzası Sedimentlerinde krom miktarının zamansal ve mekânsal değişimleri

Krom yönünden en düşük değerler 3 numaralı ana kolda en yüksek değerler ise 9 numaralı noktada gözlenmiştir. 4 numaralı nokta ile birlikte artış halinde bir birikim göze çarpmaktadır. Mevsimsel olarak büyük değişim gözlenmemektedir. 10 ile 120 aralığında değişmektedir.



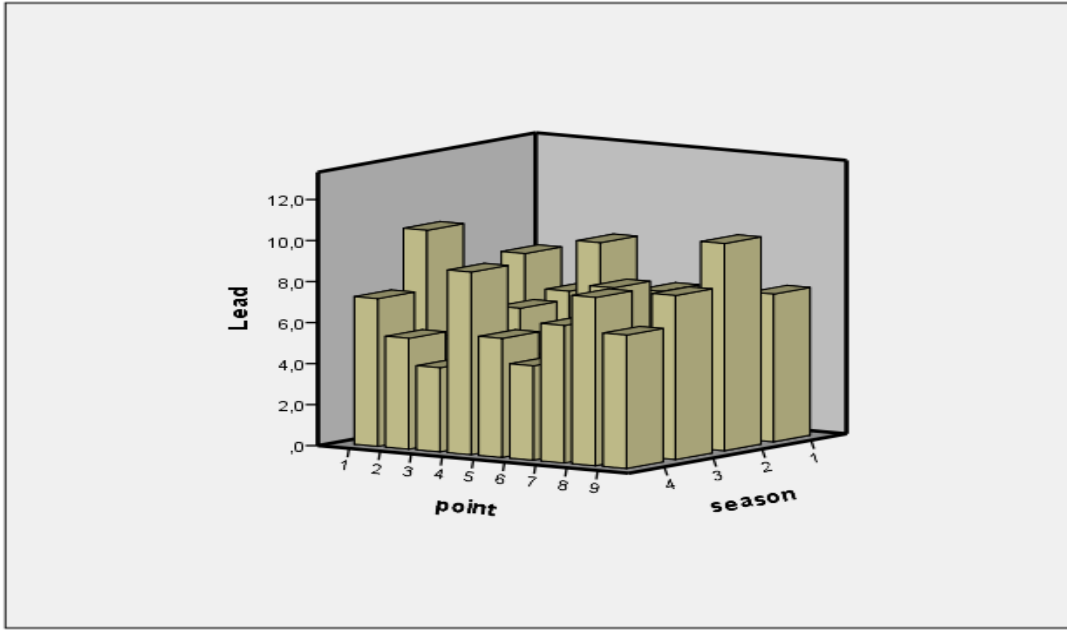
Şekil 3. 38. Melen Havzası Sedimentlerinde kobalt miktarının zamansal ve mekânsal değişimleri

Kobalt yoğunluğu 5 ile 20 mg/kg aralığında gözlenmiştir. 2, 8 ve 9 numaralı noktalar en yüksek değerlikli noktalar olmaktadır. En düşük değer 3 numarada gözlenmiştir.



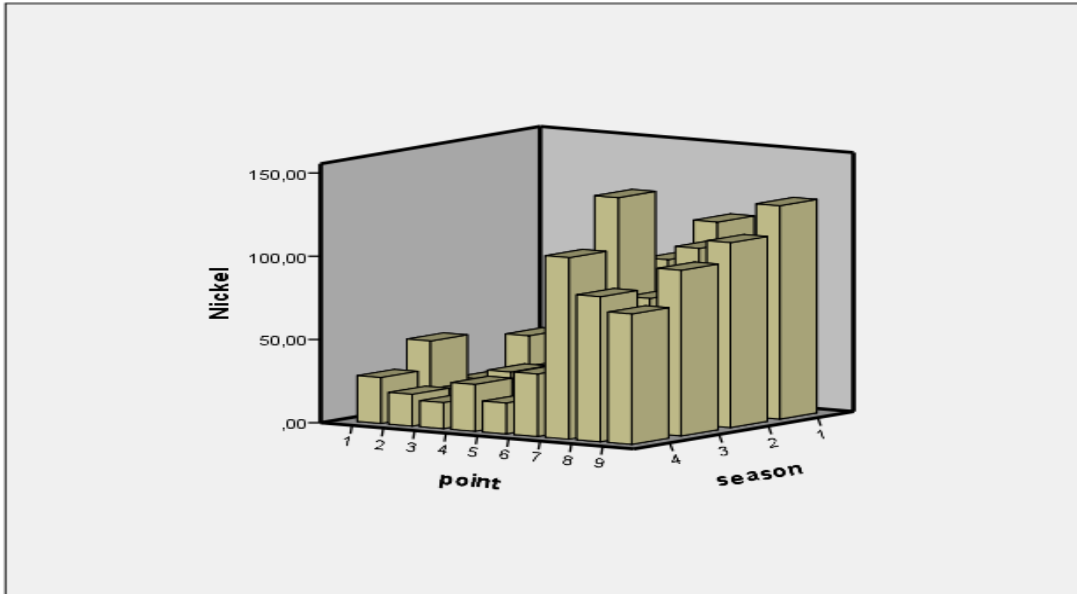
Şekil 3. 39. Melen Havzası Sedimentlerinde bakır miktarının zamansal ve mekânsal değişimleri

Bakır 10-50 mg/kg aralığında olmaktadır. En düşük değerler yine 3 numarada en yüksek değerler ise 6 numaralı Uğur çayında gözlenmiştir.



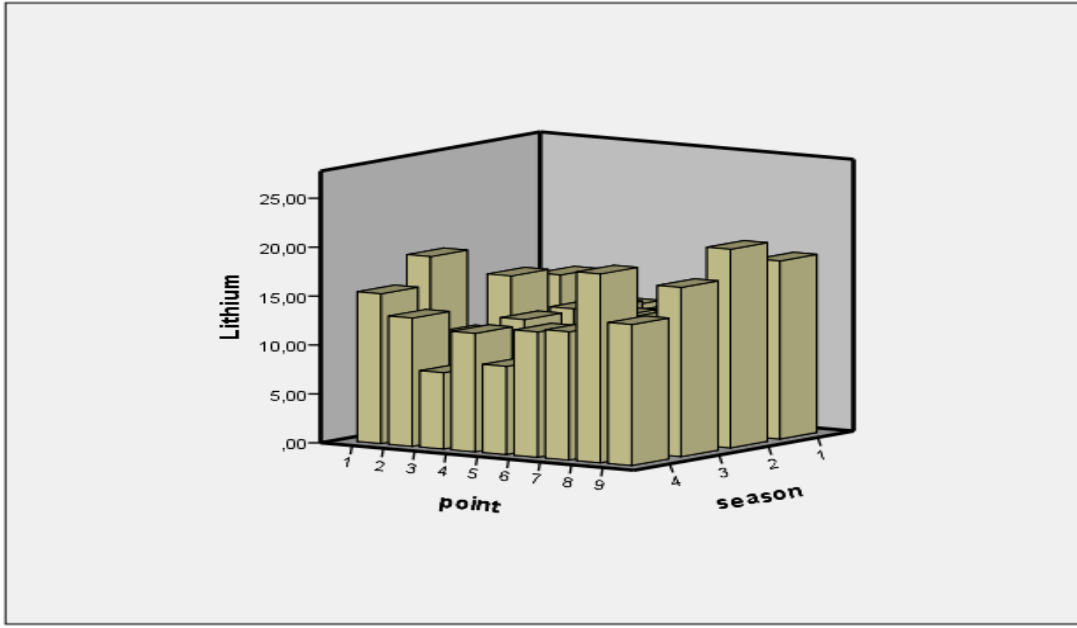
Şekil 3. 40. Melen Havzası Sedimentlerinde kurşun miktarının zamansal ve mekânsal değişimleri

Kurşun 4 ila 10 mg/kg aralığındadır. En düşük değerler 3 numara olup noktalar ve mevsimsel arasında büyük varyasyon gözlenmemektedir.



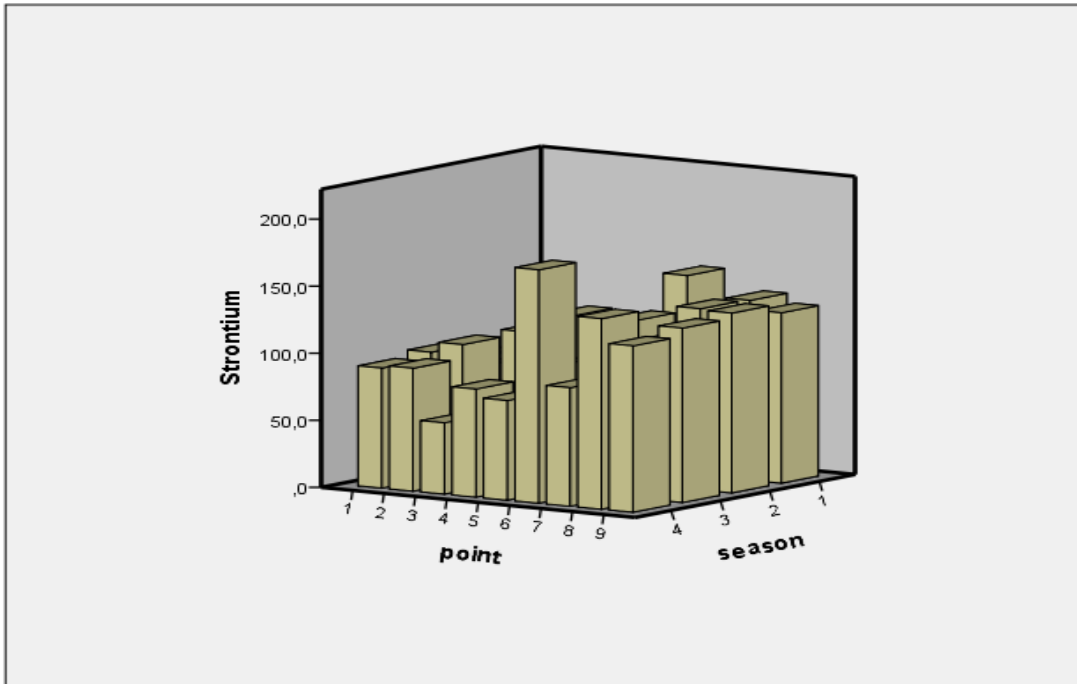
Şekil 3. 41. Melen Havzası Sedimentlerinde miktarının zamansal ve mekânsal değişimleri

Nikel 20-150 mg/kg aralığında olup en yüksek değer 7 numaralı aksu deresinde gözlenmiştir. Aksu deresinin en büyük nikel yükleyici nokta olduğu görülmektedir.



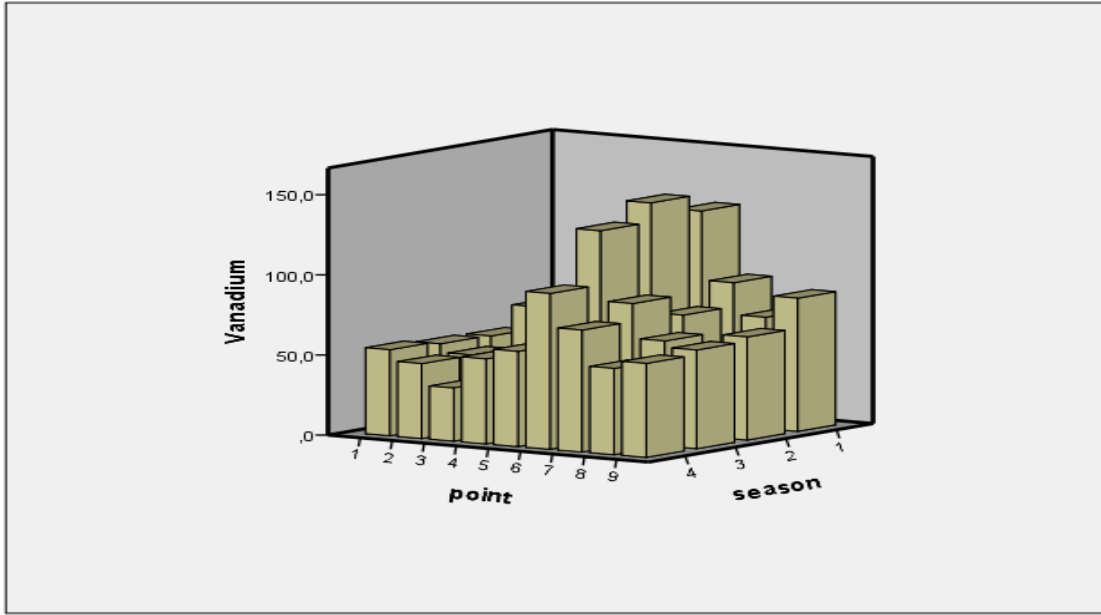
Şekil 3. 42. Melen Havzası Sedimentlerinde lityum miktarının zamansal ve mekânsal değişimleri

Lityum 8-20 mg/kg aralığında olup en düşük değerini yine 3 numarada göstermiştir. Noktasal ve mevsimsel açıdan büyük oranda çeşitlilik mevcut değildir.



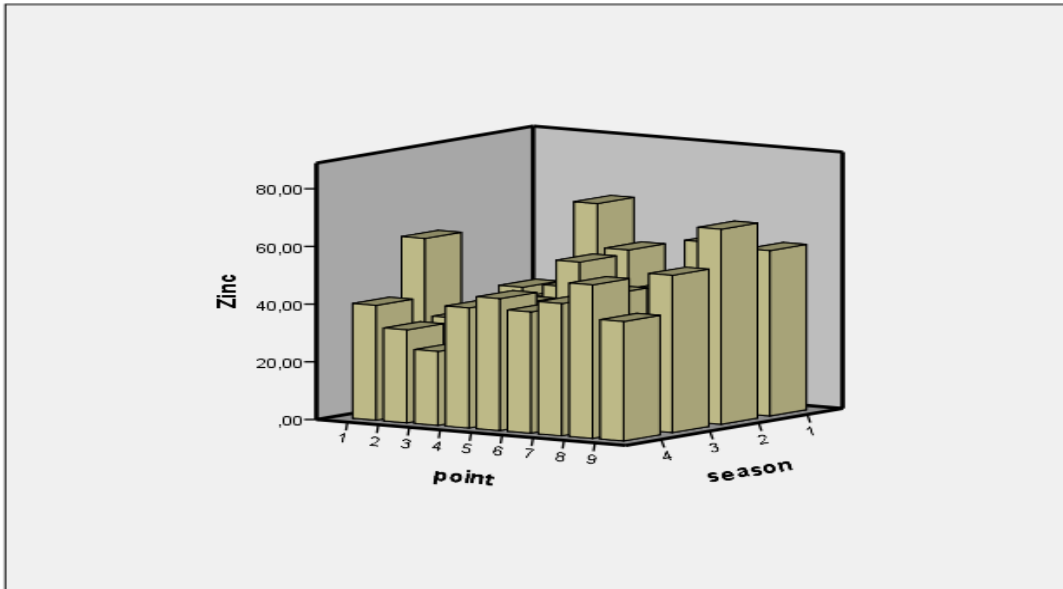
Şekil 3. 43. Melen Havzası Sedimentlerinde strontiyum miktarının zamansal ve mekânsal değişimleri

Strontiyum 50-150 mg/kg aralığındadır. En düşük derişim 3 numarada en yüksek yoğunluk ise 6 numaralı yan kol olan Uğur suyunda gözlenmiştir.



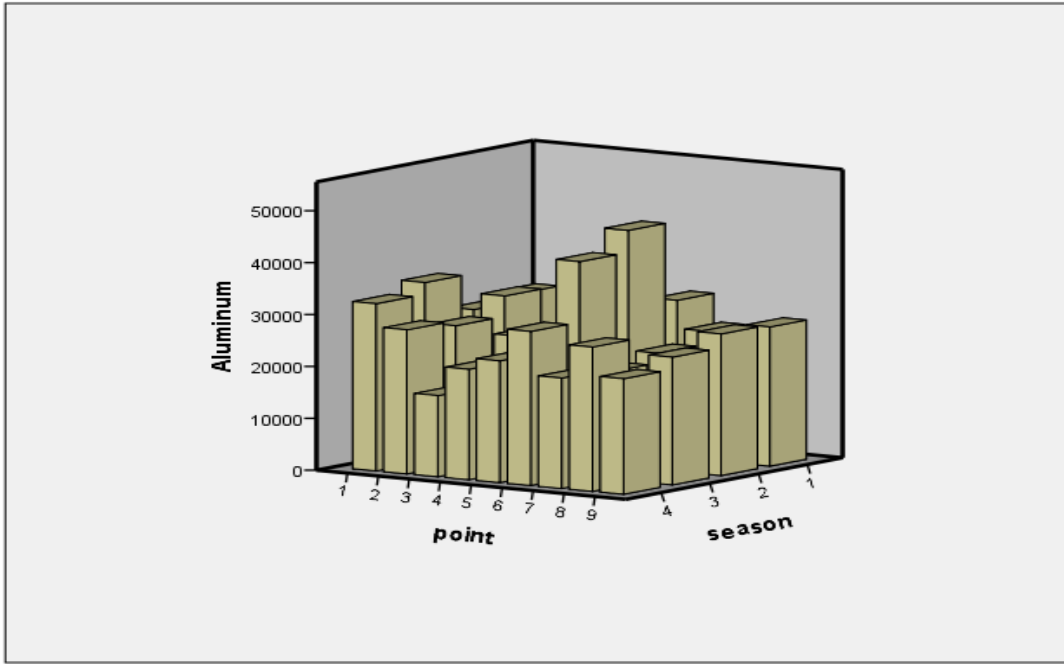
Şekil 3. 44. Melen Havzası Sedimentlerinde vanadyum miktarının zamansal ve mekânsal değişimleri

Vanadyum 35-140 mg/kg aralığında olup en yüksek değeri 6 numaralı Uğur suyunda gözlenmiştir. 3 numaralı nokta yine en düşük değerlere sahip noktadır.



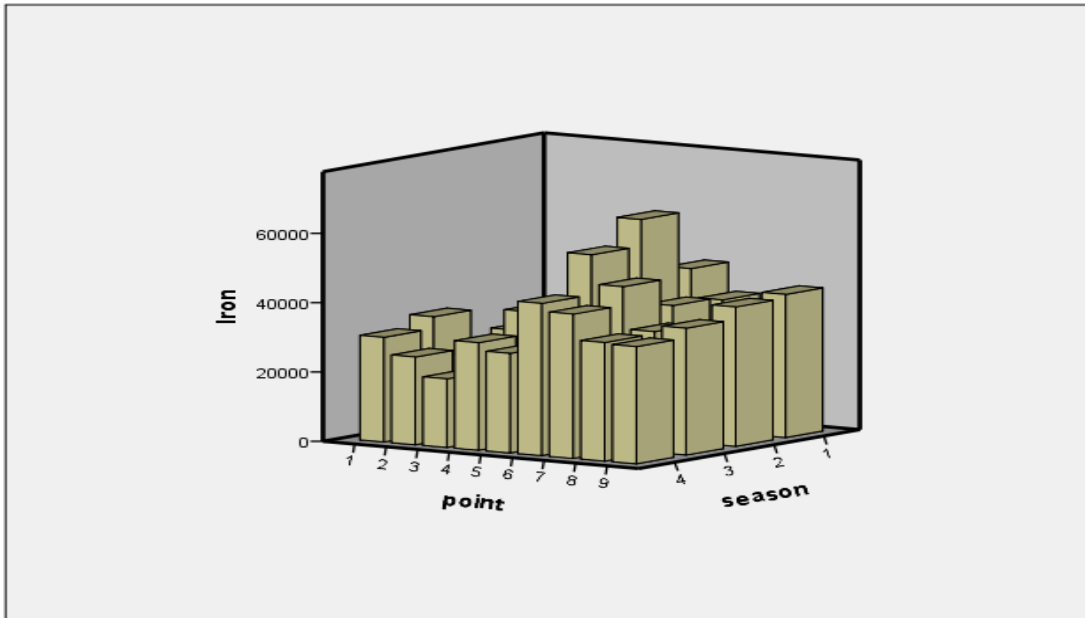
Şekil 3. 45. Melen Havzası Sedimentlerinde çinko miktarının zamansal ve mekânsal değişimleri

Çinko yönünden de en düşük değerler 3 numarada gözlenmiştir. 25-75 mg/kg aralığındadır.



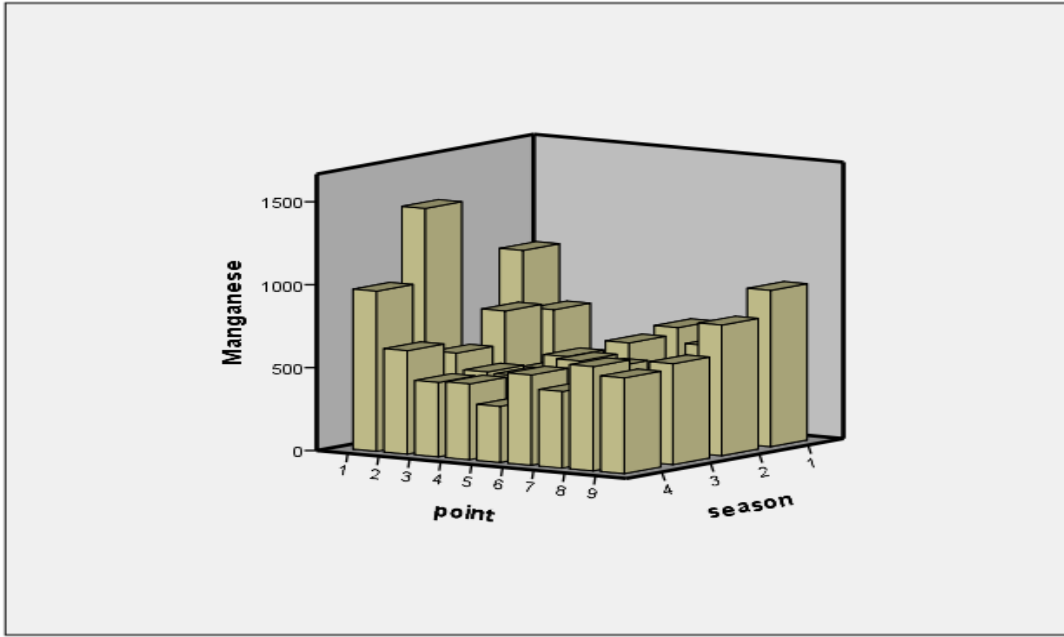
Şekil 3. 46. Melen Havzası Sedimentlerinde alüminyum miktarının zamansal ve mekânsal değişimleri

Alüminyum yönünden de en düşük değerler 3 numarada en yüksek değerler 6 numaralı örnek noktasında görülmüştür. 15000 ila 45000 mg/kg aralığındadır.



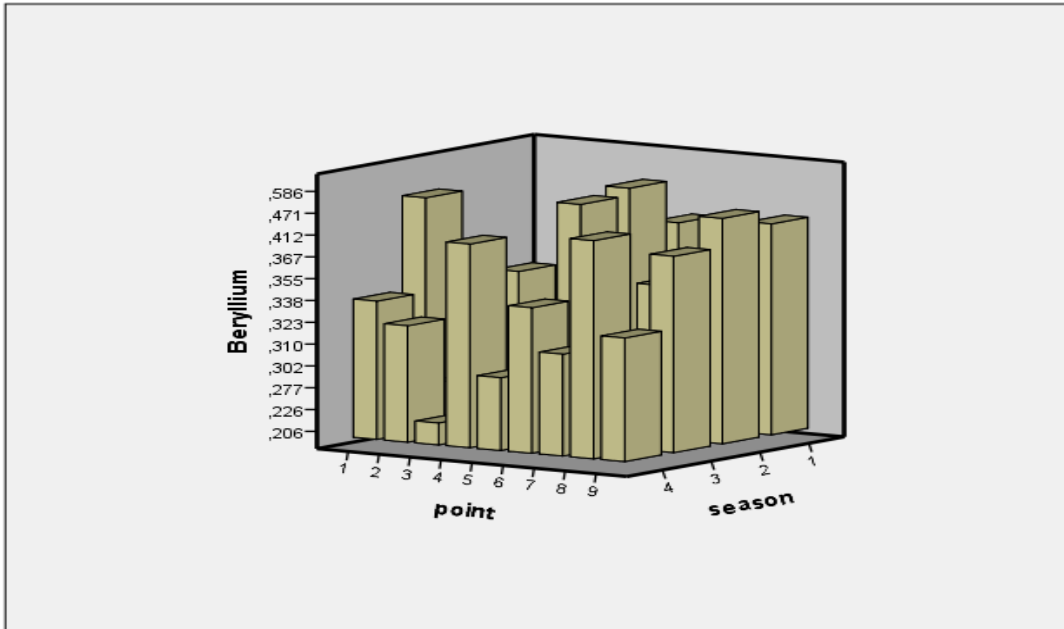
Şekil 3. 47. Melen Havzası Sedimentlerinde demir miktarının değişimleri

Demir içinde durum aynı şekildedir. En düşük değer 3 numarada en yüksek değer 6 numarada gözlenmektedir. 18000-60000 mg/kg aralığında gerçekleşmektedir. Yaz aylarında en küçük değerlerine ulaşmaktadır.



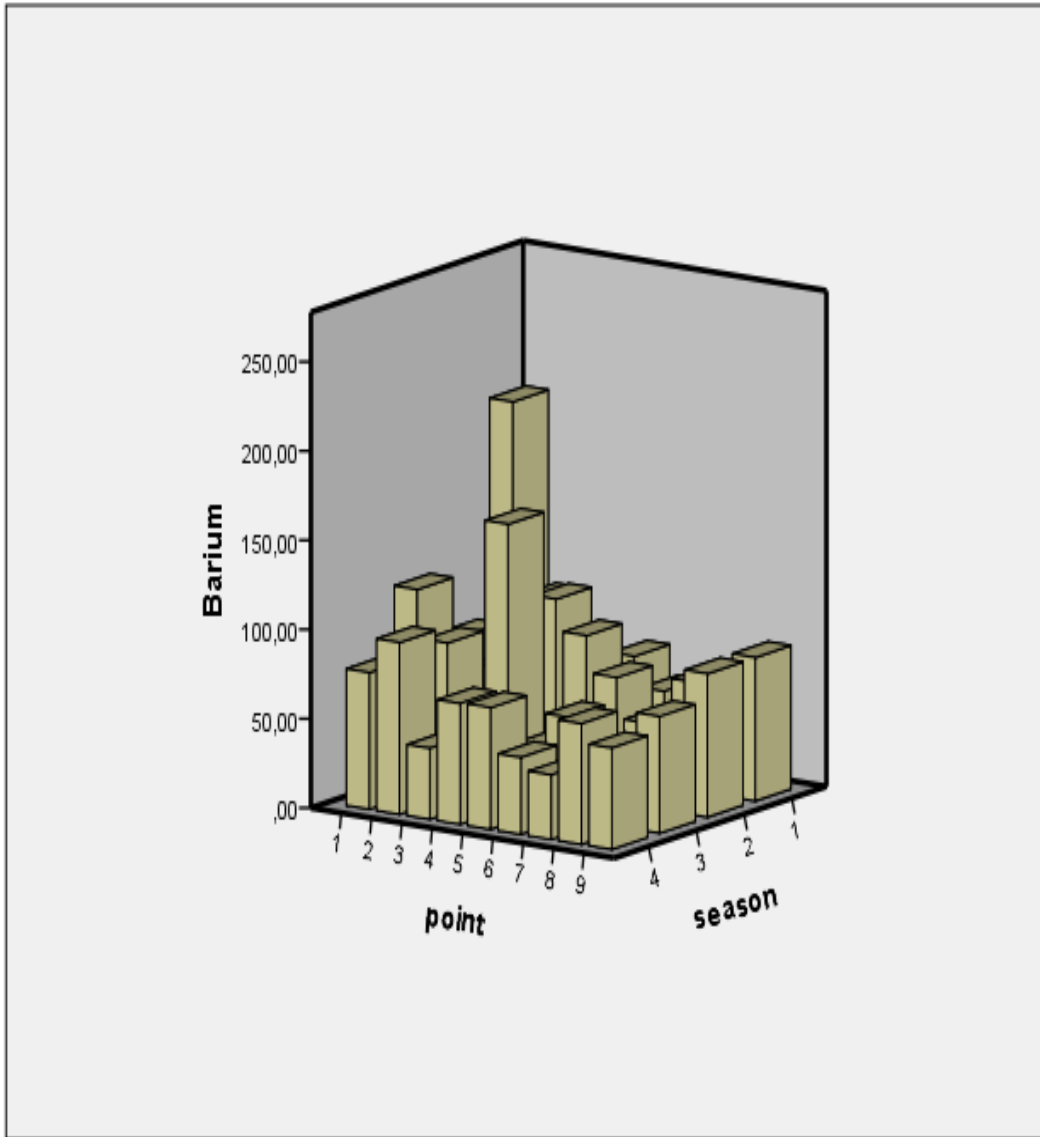
Şekil 3. 48. Melen Havzası Sedimentlerinde mangan miktarının zamansal ve mekânsal değişimleri

Mangan en yüksek 1 numarada ve en düşüğe 5 numarada gözlenmiştir. 500 ila 1500 mg/kg aralığındadır.



Şekil 3. 49. Melen Havzası Sedimentlerinde berilyum miktarının zamansal ve mekânsal değişimleri

Berilyum 0,2 ile 0,6 mg/kg aralığındadır. En düşük değerlere 3 ve 5 numaralı noktalarda ulaşmaktadır.



Şekil 3. 50. Melen Havzası Sedimentlerinde baryum miktarının zamansal ve mekânsal değişimleri

Baryum 40 ila 230 mg/kg aralığındadır. 3, 6 ve 7 numaralı noktalarda en düşük değerlerdedir.

3.3.2. İstatistiksel analizler

3.3.2.1. Melen Nehri ve kollarının sedimentlerinin değişkenliği

Havzadaki sedimentlerde ölçülen tüm parametrelerin temel istatistiki değerleri Tablo 3.30'da görülmektedir.

Tablo 3. 30. Tüm sedimentler için temel istatistik değerler.

	N	Range	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. Sapma	Varyans
Arsenik	36	7,57	1,61	9,18	3,2228	1,30401	1,700
Baryum	36	170,60	30,50	201,10	69,9167	34,79592	1210,756
Berilyum	36	,380	,206	,586	,34300	,083454	,007
Krom	36	124,60	11,40	136,00	47,8389	33,68056	1134,380
Kobalt	36	13,827	7,700	21,527	14,33297	4,260697	18,154
Bakır	36	65,20	11,40	76,60	30,8028	12,90985	166,664
Demir	36	43300	19800	63100	33645,14	9621,022	92564059,266
Kurşun	36	8,0	2,1	10,1	6,089	1,9620	3,850
Lityum	36	15,60	4,70	20,30	12,4833	3,80380	14,469
Mangan	36	1130	280	1410	582,36	224,819	50543,437
Nikel	36	128,60	11,40	140,00	48,9472	40,86821	1670,211
Fosfor	36	471	321	792	508,61	124,629	15532,473
Strontium	36	132,2	41,8	174,0	100,711	30,2160	913,007
Vanadyum	36	109,8	33,2	143,0	67,803	26,2655	689,874
Çinko	36	47,30	25,60	72,90	42,9833	11,89347	141,455
Alüminyum	36	32450	13110	45560	24234,44	7297,934	53259836,825

Metallerden demir, alüminyum, mangan, fosfor krom ve nikel büyük oranda değişiklikler göstermektedir. Ölçümü yapılan metallerden tümüne havzada ölçülebilir sınırlarda rastlanmıştır.

Tüm değerler yönünden Melen Havzası sedimentlerinde parametrelerin birbiriyle ilişki düzeyini gösteren korelasyon değerleri Tablo 3.31’de görülmektedir.

Tablo 3. 31. Melen Havzası sediment parametrelerinin korelasyon sonuçları.

	Arsenic	Barium	Beryllium	Chromium	Cobalt	Copper	Iron	Lead	Lithium	Manganese	Nickel	Phosphorus	Strontium	Vanadium	Zinc	Aluminum
Arsenic	1,000	,001	,380	,193	,285	,267	,435	,191	,328	,296	,180	,162	,605	,348	,315	,296
Barium	,001	1,000	,190	-,160	-,106	,046	-,110	,395	,223	,483	-,198	,586	,110	-,057	,144	,290
Beryllium	,380	,190	1,000	,189	,587	,712	,763	,398	,254	,416	,204	,458	,596	,636	,758	,661
Chromium	,193	-,160	,189	1,000	,726	,226	,389	,411	,509	,178	,970	,319	,431	,189	,471	-,071
Cobalt	,285	-,106	,587	,726	1,000	,703	,768	,286	,241	,213	,716	,357	,574	,588	,627	,480
Copper	,267	,046	,712	,226	,703	1,000	,806	,157	-,066	,161	,216	,334	,472	,755	,646	,709
Iron	,435	-,110	,763	,389	,768	,806	1,000	,166	-,021	,127	,378	,236	,567	,900	,644	,604
Lead	,191	,395	,398	,411	,286	,157	,166	1,000	,657	,429	,486	,443	,228	-,138	,657	,188
Lithium	,328	,223	,254	,509	,241	-,066	-,021	,657	1,000	,501	,548	,314	,465	-,283	,372	-,030
Manganese	,296	,483	,416	,178	,213	,161	,127	,429	,501	1,000	,186	,433	,199	,007	,341	,509
Nickel	,180	-,198	,204	,970	,716	,216	,378	,486	,548	,186	1,000	,268	,411	,120	,492	-,055
Phosphorus	,162	,586	,458	,319	,357	,334	,236	,443	,314	,433	,268	1,000	,428	,270	,637	,312
Strontium	,605	,110	,596	,431	,574	,472	,567	,228	,465	,199	,411	,428	1,000	,486	,542	,329
Vanadium	,348	-,057	,636	,189	,588	,755	,900	-,138	-,283	,007	,120	,270	,486	1,000	,452	,520
Zinc	,315	,144	,758	,471	,627	,646	,644	,657	,372	,341	,492	,637	,542	,452	1,000	,470
Aluminum	,296	,290	,661	-,071	,480	,709	,604	,188	-,030	,509	-,055	,312	,329	,520	,470	1,000

Melen Havzası sedimentleri için kirlilik faktörlerini ve etkilenen parametreleri bulabilmek tüm değerler üzerinden faktör analizi yapılmıştır. Sonuçlar Tablo 3.32 ve 33'de gösterilmektedir.

Tablo 3. 32. Melen Havzası sedimentlerinin faktör analizi sonuçları.

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	Variance	e %	Total	Variance	e %	Total	Variance	e %
1	6,773	42,334	42,334	6,773	42,334	42,334	4,870	30,435	30,435
2	2,829	17,681	60,015	2,829	17,681	60,015	3,383	21,020	51,455
3	2,269	14,181	74,198	2,269	14,181	74,198	3,046	19,040	70,495
4	1,133	7,083	81,279	1,133	7,083	81,279	1,725	10,784	81,279
5	,810	5,082	88,341						
6	,673	4,207	90,548						
7	,404	2,528	93,076						
8	,351	2,191	95,266						
9	,291	1,820	97,086						
10	,156	,975	98,061						
11	,114	,712	98,773						
12	,084	,525	99,299						
13	,050	,310	99,609						
14	,035	,220	99,829						
15	,020	,126	99,955						
16	,007	,045	100,000						

Tablo 3. 33. Melen Havzası sedimentleri için etkili faktörler ve grupları.

	Component			
	1	2	3	4
Arsenik	,252	,049	,053	,886
Baryum	-,007	-,253	,836	-,056
Berilyum	,751	,114	,388	,272
Krom	,142	,946	,025	,099
Kobalt	,680	,630	,039	,102
Bakır	,907	,116	,111	,027
Demir	,903	,255	-,056	,218
Kurşun	,000	,494	,692	,082
Lityum	-,269	,555	,507	,489
Mangan	,090	,046	,726	,300
Nikel	,114	,966	,040	,102
Fosfor	,318	,233	,704	-,037
Strontium	,449	,327	,153	,635
Vanadyum	,914	,005	-,153	,124
Çinko	,594	,466	,462	,097
Alüminyum	,733	-,218	,393	,141

Extraction Method: Principal Component Analysis.
Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.

Tüm sediment metal sonuçlarını ele aldığımızda 4 adet faktörün parametreler üzerinde etkili olduğu (eigen değerleri 1 den büyük olan) görülmektedir. Bu 3 faktör toplamda %81,27'ü temsil etmektedir. Bu oran temsiliyet bakımından oldukça yüksek değerdir. Birinci faktör %30,43 ü temsil etmektedir. Demir, bakır, vanadyum, alüminyum, çinko, berilyum ve kobalt ile pozitif ilişkisi vardır. 2. Faktör %21,02 i temsil etmektedir. Krom, nikel ve kobalt ile pozitif ilişkisi vardır. 3. Faktör %19,04 ü temsil etmektedir. Baryum, kurşun, mangan ve fosfor ile pozitif ilişkilidir. 4. Faktör %10,78 i temsil etmektedir. Arsenik ve strontiyum ile yüksek oranda pozitif ilişkilidir.

3.2.2.2. Melen Nehrinin sediment metal değişkenliği

Havzadaki sedimentlerde (Ana nehir üzerinde) ölçülen tüm parametrelerin temel istatistiki değerleri Tablo 3.34'de görülmektedir.

Tablo 3. 34. Melen Nehrinde sediment temel istatistik değerler.

	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. Sapma	Varyans
Arsenik	24	1,61	4,56	2,9225	,84250	,710
Baryum	24	30,50	201,10	72,1667	34,97099	1222,970
Berilyum	24	,206	,479	,32075	,077218	,006
Krom	24	11,40	115,10	45,1542	30,94913	957,849
Kobalt	24	7,700	21,527	13,26017	3,927580	15,426
Bakır	24	11,40	45,50	26,8458	9,71561	94,393
Demir	24	19800	41285	29576,25	6187,360	38283417,935
Kurşun	24	3,6	10,1	6,167	1,9794	3,918
Lityum	24	7,80	20,30	13,3125	3,90722	15,266
Mangan	24	280	1410	608,58	268,805	72255,906
Nikel	24	11,40	128,20	46,2042	38,58240	1488,601
Fosfor	24	321	792	511,08	130,592	17054,167
Strontium	24	41,8	142,0	95,683	30,8506	951,759
Vanadyum	24	33,2	97,3	56,338	14,5466	211,604
Çinko	24	25,60	72,90	41,4500	13,29459	176,746
Alüminyum	24	13110	34490	23135,83	6122,820	37488929,710

Tablo 3. 35. Melen Nehri sediment parametrelerinin korelasyon sonuçları.

	Arsenic	Barium	Beryllium	Chromium	Cobalt	Copper	Iron	Lead	Lithium	Manganese	Nickel	Phosphorus	Strontium	Vanadium	Zinc	Aluminum
Arsenic	1,000	,307	,790	,470	,460	,386	,638	,720	,838	,643	,484	,616	,534	,285	,670	,457
Barium	,307	1,000	,322	,063	,110	,279	,071	,511	,275	,626	-,029	,731	,157	,184	,265	,544
Beryllium	,790	,322	1,000	,642	,708	,698	,833	,864	,910	,595	,667	,679	,767	,489	,877	,537
Chromium	,470	,063	,642	1,000	,844	,555	,778	,437	,754	,272	,957	,518	,860	,523	,576	,099
Cobalt	,460	,110	,708	,844	1,000	,673	,741	,481	,757	,302	,843	,501	,835	,423	,561	,353
Copper	,386	,279	,698	,555	,673	1,000	,686	,634	,566	,271	,553	,548	,610	,487	,673	,479
Iron	,638	,071	,833	,778	,741	,686	1,000	,896	,799	,302	,813	,566	,824	,746	,778	,272
Lead	,720	,511	,864	,437	,481	,634	,686	1,000	,753	,602	,505	,726	,610	,334	,892	,610
Lithium	,838	,275	,910	,754	,757	,566	,799	,753	1,000	,634	,767	,641	,824	,390	,740	,510
Manganese	,643	,626	,595	,272	,302	,271	,302	,602	,634	1,000	,287	,467	,247	,031	,375	,700
Nickel	,484	-,029	,667	,957	,843	,553	,813	,505	,767	,287	1,000	,430	,831	,429	,603	,154
Phosphorus	,616	,731	,679	,518	,501	,548	,566	,726	,641	,467	,430	1,000	,584	,539	,705	,424
Strontium	,534	,157	,767	,860	,835	,610	,824	,610	,824	,247	,831	,584	1,000	,553	,690	,288
Vanadium	,285	,184	,489	,523	,423	,487	,746	,334	,390	,031	,429	,539	,553	1,000	,447	-,035
Zinc	,670	,265	,877	,576	,561	,673	,778	,892	,740	,375	,603	,705	,690	,447	1,000	,385
Aluminum	,457	,544	,537	,099	,353	,479	,272	,610	,510	,700	,154	,424	,288	-,035	,385	1,000

Melen Nehri için kirlilik faktörlerini ve etkilenen parametreleri bulabilmek tüm değerler üzerinden faktör analizi yapılmıştır. Sonuçlar Tablo 3.28'de gösterilmektedir.

Tablo 3. 36. Melen Nehri sedimentlerinin faktör analizi sonuçları.

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	Variance	e %	Total	Variance	e %	Total	Variance	e %
1	9,497	59,357	59,357	9,497	59,357	59,357	8,528	40,788	40,788
2	2,438	15,237	74,594	2,438	15,237	74,594	4,149	25,932	66,718
3	1,131	7,069	81,663	1,131	7,069	81,663	2,391	14,945	81,663
4	,801	5,006	86,669						
5	,711	4,650	91,319						
6	,459	2,870	94,189						
7	,278	1,735	95,924						
8	,236	1,475	97,399						
9	,134	,836	98,235						
10	,118	,739	98,974						
11	,082	,514	99,487						
12	,041	,257	99,744						
13	,022	,135	99,879						
14	,010	,060	99,939						
15	,008	,047	99,987						
16	,002	,013	100,000						

Tablo 3. 37. Melen nehri üzerindeki sedimentler için etkili faktörler ve grupları.

	Component		
	1	2	3
Arsenik	,510	,648	,122
Baryum	-,223	,681	,554
Berilyum	,698	,565	,312
Krom	,907	,048	,186
Kobalt	,857	,193	,131
Bakır	,555	,285	,460
Demir	,842	,169	,403
Kurşun	,449	,690	,397
Lityum	,779	,559	,121
Mangan	,165	,886	-,014
Nikel	,943	,090	,063
Fosfor	,317	,508	,707
Strontium	,860	,175	,291
Vanadyum	,451	-,160	,772
Çinko	,614	,430	,433
Alüminyum	,105	,846	,034

Extraction Method: Principal Component Analysis.
Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.

Melen Nehri sediment metal sonuçlarını ele aldığımızda 3 adet faktörün parametreler üzerinde etkili olduğu (eigen değerleri 1 den büyük olan) görülmektedir. Bu 3 faktör toplamda % 81,66'ı temsil etmektedir. Birinci faktör %40,78 i temsil etmektedir ve berilyum, krom, kobalt, demir, lityum, nikel, strontiyum ve çinko ile pozitif ilişkisi vardır. 2. Faktör %25,93 ü temsil etmektedir. Arsenik, baryum, kurşun, mangan ve alüminyum ile pozitif ilişkisi vardır. 3. Faktör %14,95 ü temsil etmektedir. Fosfor ve vanadyum ile pozitif ilişkilidir.

BÖLÜM 4. TARTIŞMA ve ÖNERİLER

4.1. Bütünsel Durum

Dünyamızın ve yaşamımızın vazgeçilmez parçası olan suyun kalitesi her zaman çok önemli olacaktır. Bu konuda kaliteyi hep korumalı ve yükseltmemiz gerekecektir. Su kalitesi ile ilgili dünyada ve ülkemizde çeşitli kurumlar kalite kriterlerini parametreler açısından belirlemişlerdir. Türkiye’de geçerli olan ana mevzuat (Yüzeysel su kalitesi yönetimi yönetmeliği) ve parametrelerin sınıflandırılması Tablo 4.1’de gösterilmiştir.

Tablo 4. 1. Kıtaçi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri.

Su Kalite Parametreleri	Su Kalite Sınıfları			
	I	II	III	IV
Sıcaklık (°C)	≤ 25	≤ 25	≤ 30	> 30
pH	6,5-8,5	6,5-8,5	6,0-9,0	6,0-9,0 dışında
İletkenlik (µS/cm)	< 400	400-1000	1001-3000	> 3000
Çözünmüş oksijen (mgO ₂ /L) ^a	> 8	6-8	3-6	< 3
Oksijen doygunluğu (%) ^a	90	70-90	40-70	< 40
<i>İz Elementler (Metaller)</i>				
Cıva (µg Hg/L)	< 0,1	0,1-0,5	0,5-2	> 2
Kadmiyum (µg Cd/L)	≤ 2	2-5	5-7	> 7
Kurşun (µg Pb/L)	≤10	10-20	20-50	> 50
Bakır (µg Cu/L)	≤20	20-50	50-200	> 200
Nikel (µg Ni/L)	≤20	20-50	50-200	> 200
Çinko (µg Zn/L)	≤200	200-500	500-2000	> 2000
Tehlikeli maddeler	Tehlikeli maddeler ve bu tabloda verilmeyen diğer kirleticiler konuyla ilgili ülke envanteri (referans değerler) oluşturulduktan sonra, 1 Ocak 2015’den itibaren değerlendirilecektir.			

Bu değerlendirmeye göre Su kalitesi sınıfı I yüksek kaliteli suyu temsil etmektedir. Kalite sınıfı II az kirlenmiş, sınıf III kirlenmiş ve sınıf IV çok kirlenmiş suyu temsil etmektedir. Melen Nehri dönemselsel olarak yukarıda belirtilen 6 metalden sadece kadmiyumda 2.sınıf değerlerine ulaşmıştır. Fakat temel parametrelerde özellikle kurak dönemde çözünmüş oksijen ve pH 3. Sınıf değerlere ulaşmıştır.

Tablo 4. 2. Kategorilere göre su kalite standartları.

		A1 K	A1 Z	A2 K	A2 Z	A3 K	A3 Z
1	pH	6,5- 8,5		5,5-9		5,5-9	
4	Sıcaklık (°C)	22	25 (İ)	22	25 (İ)	22	25 (İ)
5	İletkenlik (20 °C'de) (µS/cm)	1000		1000		1000	
9	Alüminyum (mg Al/L)	0,3		0,3		1	
10*	znmş demir (mg Fe/L)	0,1	0,3	1	2	1	
11*	Mangan (mg Mn/L)	0,05		0,1		1	
12	Bakır (mg Cu/L)	0,02	0,05 (İ)	0,05		1	
13	inko (mg Zn/L)	0,5	3	1	5	1	5
14	Bor (mg B/L)	1		1		1	
15	Kobalt (mg Co/L)	0,01		0,02		0,2	
16	Nikel (mg Ni/L)	0,02		0,05		0,2	
17	Arsenik mg As/L	0,01	0,05		0,05	0,05	0,1
18	Kadmiyum (mg Cd/L)	0,001	0,005	0,001	0,005	0,001	0,005
19	Toplam krom (mg Cr/L)		0,05		0,05		0,05
20	Kurşun (mg Pb/L)		0,05		0,05		0,05
21	Selenyum (mg Se/L)		0,01		0,01		0,01
22	Civa (mg Hg/L)	0,0005	0,001	0,0005	0,001	0,0005	0,001
23	Baryum (mg Ba/L)		0,1		1		1
34	znmş oksijen doygunluk oranı (%)	>70		>50		>30	

K: Kılavuz değer, Z: Zorunlu değer; İ: İstisnai iklimsel ya da coğrafik şartlar

İçme suyu elde edilen havzalar için daha detaylı kalite sınıflandırması “İçme suyu elde edilen veya elde edilmesi planlanan yüzeysel suların kalitesine dair yönetmelik” ile belirlenmiştir. İlgili parametreler ve sınıflandırması Tablo 4.2’de verilmektedir.

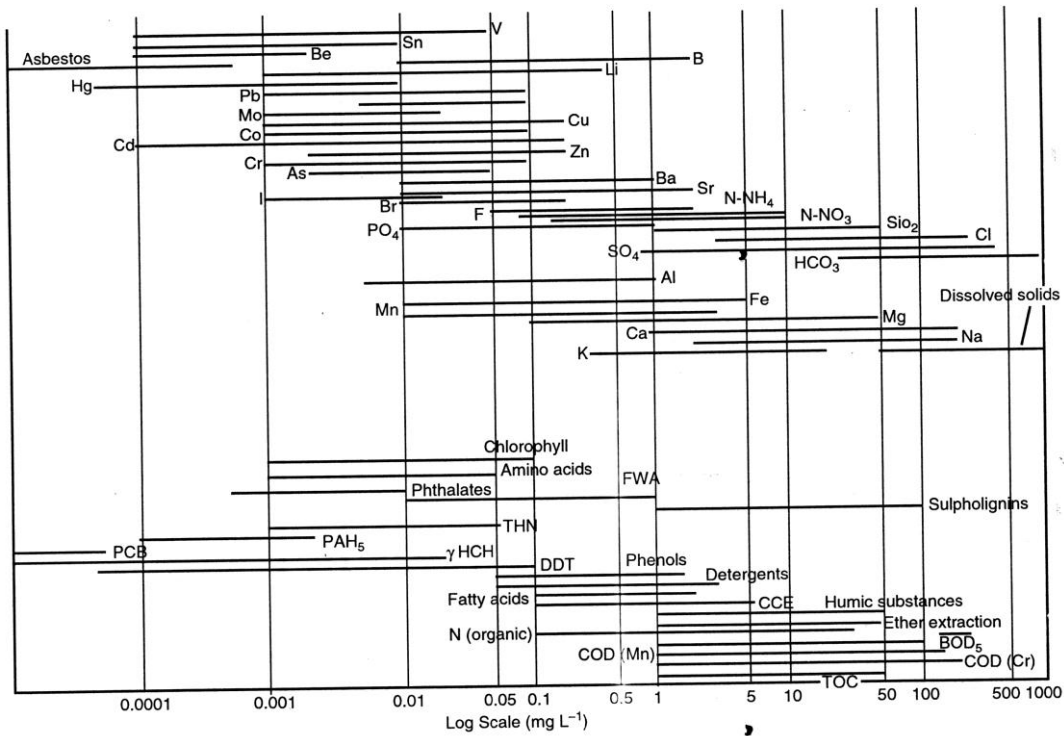
Yeraltı suyunda bölgesel ve zamansal olarak Mangan ve arsenik A3 grubuna giren en riskli metaller olmuşlardır. Baryum, kadmiyum ile EC ve çözülmüş oksijen değerleri de en riskli parametreler olmuşlardır.

Çalışma kapsamında bulunan 6 adet Melen Nehri üzerinde ve 3 adet yan kollardan olmak üzere ayrıntılı yüzeysel su metal yoğunlukları belirlenmiştir. İçme suyu için dünyada birçok ülke düzenlemeler yapmıştır. Metaller açısından da kabul edilebilir maksimum standart değerler tablo 4.3’de verilmiştir. Çalışma alanı için uluslararası standartları aşan değerler tabloda belirtilmektedir.

Tablo 4. 3. Uluslararası İçme suyu standartlarının Melen suları ile karşılaştırılması (mg/L)

	WHO (2008)	EU (2009)	USEPA (2009)	Kanada (FPTCHE) 2008	Yeni Zellanda (NZ) 2005	Melen yüzeysel suyu*	Melen yeraltı suyu *
Alüminyum		0.2		0.1		0,015	
Antimon	0.02	0.005	0.006	0.006	0.02	0,011	
Arsenik	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0,056	0.044
Baryum	0.7		2	1	0.7	0,0556	0.341
Berilyum			0.004		0.004		
Bor	0.5	1		5	1.4	0,103	0.323
Kadmiyum	0.003	0.005	0.005	0.005	0.004	0,00041	0.00052
Krom	0.05	0.05	0.1	0.05	0.05	0,0036	0.0015
Bakır	2	2		1	2	0,0025	0.0287
Demir		0.2		0.3		0,017	0.0068
Kurşun	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01		
Lityum					1		0.0042
Mangan	0.4	0.05		0.05	0.4	0,0096	1.59
Civa	0.006	0.001	0.002	0.001	0.002		
Nikel	0.07	0.02			0.02	0,0057	0.0509
Selenyum	0.01	0.01	0.05	0.01	0.01		
Gümüş					0.1		
Sodyum		200		200		52,5	129
Çinko				5		0,026	7.22

İçme suyu kaynağı olarak kullanılan böylesine önemli havzalarda su kalitesi üzerinde çeşitli risk değerlendirmeleri son yıllarda yapılmakta ve tavsiye edilmektedir. Metaller de insan sağlığı için risk oluşturan, içme ve deri yoluyla su sayesinde vücuda girişi olan ve sağlık için risk oluşturan önemli bir gruptur. İnsan sağlığı için özellikle EPA'nın ve toksikolojik çalışmaların sonucu birçok metalin risk düzeyleri kantitatif olarak hesaplanabilmektedir. Bazı metallerin kanserojen özellikleri ve kanserojen riski de bu şekilde hesaplanabilmektedir (Howd vd. 2008, Kavcar vd. 2009, EPA 2004 and 2005, Khan vd. 2012, Li ve Zhang 2010, Rodriguez vd. 2005). Çalışma alanında bulunan özellikle arsenik'in kanserojen etkiye sahip olabileceği aşikârdır. Bunun için havzanın metal yönünden risk değerlendirilmesi yapılmalıdır. Yönetimsel olarak son yıllarda ciddi gelişmeler olmuş ve "İSKİ içme suyu havzaları yönetmeliği", sağlık bakanlığı tarafından "insani tüketim amaçlı sular yönetmeliği", "Su havzalarının korunması ve yönetim planlarının hazırlanması hakkında yönetmelik", "Kentsel atıksu arıtımı yönetmeliği", "Yeraltı sularının kirlenmeye ve bozulmaya karşı korunması hakkında yönetmelik" ve Su Kanunu taslak çalışmaları çok önemli çalışmalardır.



Şekil 4. 1. İnsan etkisi dışındaki dünya yüzeysel sularında aralıklar (Dojlido&Best 1993).

Şekil 4.1’de verilen referans değerlerle insan etkisinin çeşitli parametreler bazında rolü gösterilebilmektedir. Bu değerler Melen Havzası için özellikle yeraltı sularının As, Zn, Mg, Ca ve K yönünden etkilendiğini göstermektedir.

Yüzeysel su kalitesi ile sediment arasında metal yoğunluğunda güçlü ilişki görülmektedir. Bunun yanında yeraltı suyu metal derişimi ile yakın yüzeysel su noktalarında da etkileşim kaçınılmazdır. Örneğin yeraltı suyunda en tehlikeli metallere olan arsenik sadece havzanın güneybatı bölgesinde özellikle termal su kaynağı çevresinde ve kurak dönemde en yüksek değerdedir. Arsenik için yüzeysel su en tehlikeli bölgesi yine havzanın güneybatı kısmında olduğu görülmüştür. Sanayi alanlarının çevresinde yüzeysel ve yeraltı suyunda birçok parametre en yüksek değerlerine ulaşmaktadır. Bu etkileşim çok daha net olarak kapsamlı radyoaktif çalışmalarla ortaya konulabilir.

Havza için kirletici kaynağı olan sanayi tesisleri genellikle yol kenarlarında ve su kaynaklarının yakınında yoğunlaşmakta olduğu görülmektedir. Bunun en önemli iki sebebi ulaşım ve atık suların su kaynaklarına verilmesidir (Öz 2004). Arıtma tesisi sayısı ve niteliği halen yetersizdir. Katı atık depolama alanları su kaynaklarını kirleten önemli bir diğer kirletici kaynaktır. Çöp depolama yerleri, dere kenarlarına kurulduğundan yağışlı ve sık yeraltı suyu yataklarına sahip olan ilde çok büyük kirlenme problemi meydana getirmektedir. Çoğu yerde de düzensiz katı atık alanlarının yerleşim merkezlerine uzaklıkları, olması gereken mesafeden daha kısadır. Çöpler gelişigüzel dere kenarlarına dökülmekte veya doğal çukurlara dökülerek yakılmaktadır (ÇOBİM 2007). Melen Havzası’nda tarım amaçlı arazi kullanımı nedeniyle özellikle gübre kullanımlarına bağlı azot ve fosfor yükleri ile pestisit kullanımına bağlı zehirlilik yükleri havzada önemli kirletici kaynaklar arasında yer almaktadır. Yağışların bol olduğu bölgede fazla miktarda kullanılan gübreler, pestisitler vb. kimyasallar akarsu çevresindeki tarım alanlarından yeraltı ve yüzey sularına karışmakta ve taban suyunun yüksek olması nedeniyle yeraltı sularına da karışabileceği düşünülmektedir. Havza içinden geçen D-100 ve E-80 karayolu hem su kaynakları için hem de tarım alanları için önemli bir kirletici kaynaktır. Motor yağında ve tekerleklerde kadmiyum (Cd) ve çinkonun (Zn) bulunması, karayollarında buz çözücü kimyasal maddelerin kullanılması, yol yüzeyinde motorlu

araçlardan sızan yakıt ve yağ birikintileri önemli birer kirletici kaynaktır (Köklü 2010).

Asar deresi havzada metaller yönünden en kirli yüzey sudur. Küçük Melen Çayı ile birleşmeden önce doğu – batı yönünde tüm havzayı geçer. Mevcut sanayi tesislerinin çoğunluğu Asar Suyu çevresinde bulunmaktadır. Pek çok sanayi tesisi atık sularını arıtmadan bu dereye deşarj etmektedir. Birçoğu kesikli proseslerden kaynaklanan kontrol dışı deşarjlar, su kalitesi parametrelerinin çok değişken değerlere ulaşmasına yol açmaktadır. Bununla birlikte yine Düzce'nin de içinde bulunduğu pek çok belediye ve köyün evsel atık suları da Asar Suyu'na deşarj edilmektedir. D-100 Karayolu üzerinde bulunan sıhhi müesseselerin atık suları dolaylı yolla Asar Suyu'na verilmektedir. Asar Suyu etrafında bulunan kum ocakları da derenin askıda katı madde yükünü artırmaktadır (ÇOBDİM 2007, Öz 2004).

4.2. Yüzeysel Sularda Metal Kirliliği

Genel olarak bakıldığında Melen Havzası yüzeysel sularında metal kirliliği açısından bazı parametreler yönünden bölgesel bir kirlilik mevcuttur. Ağır metallerde dahil olmak üzere izlemesi yapılan 26 metalden 19 una yüzeysel sularda çözünmüş halde rastlanmıştır. Çözünmüş halde bulunması doğrudan suyun yapısını ve kirliliği göstermesi açısından oldukça önemlidir.

Havza su kaynakları yönünden zengindir. Diğer birçok havzaya göre insan etkisi halen oldukça sınırlıdır. Bu durum su kalitesi yönünden pozitif etkendir. Metal yönünden sanayi ve yerleşim yerleri birinci derecede risk olarak gözükmemektedir. Sanayileşme son yıllarda artsa da çok büyük boyutlara henüz ulaşmamıştır. Bir diğer etken olarak da zirai faaliyetler sonucu metal yüklemesinin yüzeysel sularda görülebileceği açığa çıkmıştır.

Birinci derecede tehlikeli metallerden nikel, vanadyum, arsenik, bakır, kadmiyum, antimon izleme noktalarının sadece %10 unda veya daha altında ölçülebilecek değerlerde olmuştur. Demir, bor, molibden ve mangan daha fazla sayıda noktada

ölçülebilir düzeyin üzerinde olmasına karşın çok yüksek değerlerde çözülmüş halde bulunmamışlardır.



Şekil 4. 2. Havzanın izleme döneminde yüzeysel su kirlilik örnekleri

Arsenik büyük oranda yan kollardan Melen nehrine ulaşmaktadır. Yükleme büyük oranda Aksu deresinden olmaktadır. Aksu deresinden sonra tekrar bir seyrelmeyle ölçülebilir değerin altına her mevsim düşmektedir. Krom yine en yüksek yüklemeyi bir yan kol olan Asar deresinden yapmaktadır. Daha sonra seyrelmeye başlamakta ve bu durum sürmektedir. Mangan dönemsel olarak bahar başlangıcında tüm yüzeysel sularda en yüksek derişimine ulaşmaktadır.

Asar deresi dönemsel olarak arseniğin yanında bakır, nikel, vanadyum ve kadmiyum metalleri de yükleme yapmaktadır. Alüminyum sadece bir dönem belirgin halde bulunmuştur. Çözülmüş alüminyum yönünden nehirde kirlilikten bahsedemeyiz.

Tablo 4. 4. Melen Havzası yüzeysel sularının kurak ve yağışlı dönem metal derişimleri.

Yüzeysel su	Kurak	Yağışlı	ort.
Ba	0,025282	0,02726	0,026271
Al	0,0125	-	0,0125
N	0,002533	0,0037	0,003117
Zn	-	0,026	0,026
V	0,00192	0,001033	0,001562
Mo	0,00347	0,002433	0,002888
Mn	0,00354	0,00061	0,002074
Fe	0,00417	0,003779	0,003931
Cu	-	0,00227	0,002267
Cr	0,0016	0,001578	0,001586
Cd	0,0004	0,00041	0,000405
B	0,036594	0,03768	0,037186
As	0,01105	0,02225	0,01665
Sb	0,011	-	0,011
Ca	57,99259	62,487	60,23981
Na	438,27	571,08	1009,35
K	1,476389	1,6168	1,546593
Mg	7,493148	7,76685	7,63

Kurak ve yağışlı dönem Melen havzası metal derişimleri yüzeysel sular için tablo 4.3'te verilmiştir. Kurak dönemde Al, V, Mo, Mn, Fe, Cr, Sb metalleri, yağışlı dönemde ise Ba, N, Zn, Cu, Cd, B, As, Ca, Na, K ve Mg metallerinin daha yüksek oranda bulunduğu görülmektedir.

Melen su kaynağının sağlandığı regülatöre en yakın örnekleme noktası olan 9 numaralı noktada demir ve vanadyum en yüksek değerlere ulaşmış olsa da uluslararası kalite standartlarında risk boyutu yüksek değildir.

Yüzeysel sularda pH düzeyi büyük oranda birinci sınıf yüzeysel su kalitesi değer aralıklarındadır. Asidite probleminin olmaması metal çözünürlüğü yönünden ayrıca pozitif bir etkidir.

Metaller büyük oranda birbiriyle pozitif korelasyon halindedir. Yüzeysel sular açısından faktör analizi sonuçları birden fazla etkenin metal kirliliğine sebep olduğunu göstermektedir. Doğal kirlilik, yerleşim, endüstriyel ve zirai faaliyetler yüzeysel su metal kirliliğinin başlıca faktörleridir.

4.3. Yeraltı Suyunda Metal Kirliliği

Yeraltı sularında kirlilik günümüzün en yaygın çevresel problemlerindedir. Bu alanda çeşitli yöntemlerle yeraltı suyunun hassasiyeti ve kirlilik potansiyeli belirlenmeye çalışılmaktadır (Dimitriou vd. 2008). Günümüzde kalitatif ve kantitatif olarak yeraltı suyunun belirlenmesinde kimyasal ve hidrojeolojik parametreler kullanılmaktadır (Steube vd. 2009, Crévecoeur vd. 2011).

İz elementlerin derişimi yeraltı suyundaki kaliteyi bütün olarak temsil etmektedir. Ayırışma ve oluşma süreci kompleks olup iz element verileri log-normal dağılım göstermektedir (Newcomb vd. 2002).

Çalışmamızda insan etkisiyle kirlilik, yer altı suları için önemli bir rol oynamaktadır. Sanayi alanları ciddi kirlilik kaynağı olup karasal, sucul ve yeraltısu ekosistemlerine olumsuz etkide bulunurlar (Crévecoeur vd. 2011). Özellikle Ni, Pb ve Zn sanayi tesisleri atıksularının topraktan süzülmesiyle yeraltı suyuna ulaşabilmektedir (Navarro vd. 2007).

Yeraltı suyunun izlenmesi sürdürülebilirliğin en önemli altyapısını oluşturmaktadır (Pandey vd. 2011). Şehir ölçeğinde arazi kullanımı ile yeraltı-yüzeysel su ilişkisini anlayabilmede halen eksiklikler vardır (Rivett vd. 2011). Zirai faaliyetlerdeki değişim tarzı yeraltı suyunun kalitesini etkilemektedir (Broers ve Grift 2004). Yeraltı suyundaki metallerin yoğunluğu suyun pH oranına bağlıdır. Düşük pH değerlerinde çözünme daha fazladır (Lavergren vd. 2009). Metal derişimleri (Cd, Co, Cu, Ni, Pb,

Tl, Zn) pH ile negatif korelasyon gösterir (Frengstad vd.2001). Ortalama metal değerleri yağışlı sezonda daha fazladır (Leung ve Jiao 2006).

Nötral pH değerleri için yeraltı suyunda alüminyum genelde sorun teşkil etmez. Nötral pH durumlarında ağır metallerin (Zn, Cd, Ni, Cu, Pb) bulunması kirliliğin göstergesi kabul edilir. Termal sularda element halinde metallerin bulunması daha yüksek olasılıktır (Quevauviller vd. 2009).

İklim değişikliğinin yeraltı suyu kalitesi ve miktarına etkisi kaçınılmaz olacaktır. Yeraltı suyu seviyesi, miktarı değişecektir. Bu durum tüm ekosistemi etkileyecektir (Green vd. 2007, 2011). İklim değişikliğinin önümüzdeki onlarca yıl boyunca süreceği üzerinde büyük oranda ortak görüş mevcuttur (Seiler vd. 2008). Yeraltı suyu tüm ekosistemi etkilemektedir ve yeraltı suyunun korunması için fonksiyonlarının daha iyi bilinmesi gerekmektedir (Klove et al. 2011a). Yeraltı suyu kompozisyonundaki değişim sulak alan biyoçeşitliliğini etkileyen önemli bir faktördür (Schot ve Pieber 2012).

Yeraltı suyu kaynaklarının kötü yönetilmesi dünya çapında önemli meselelerden biridir. Son yıllarda kurak ve yarı kurak yeraltı su sistemlerinde kullanım hızla artmıştır. Bu durum su kalitesini de olumsuz etkilemektedir (Esteban ve Albiac 2011).

Çalışmamızda arsenik numune noktaları yönünden geniş oranda farklılık göstermiştir. Örneklerin %10'u yüksek kirlilik aralığındadır. Kuzey Yunanistan'da gözlenen örneklerin %65'inin en yüksek aralıkta olduğu gözlenmiştir. Arseniğin potasyum, bor, bikarbonat, sodyum, mangan ve demir ile yüksek oranda ilişkisi bulunmuştur (Kouras vd. 2007).

Çalışmamızda izlenen numunelerin %40'ında Mangan derişimi eşik değer olan 0.05 mg/L'den yüksek bulunmuştur. İskoçyadaki benzer bir çalışmada bu oran %30'dur (Homoncik vd. 2010).

Mevsimsel olarak melen havzası yer altı suları için en riskli dönemin sonbahar en düşük çözülmüş metal oranlarının ise kışın olduğu görülmektedir. Buna karşın lityuma sadece kışın rastlanmıştır.

Kurak ve yağışlı dönem Melen havzası metal derişimleri yeraltı suları için tablo 4.5'te verilmiştir. Kurak dönemde Mg ve As metalleri, yağışlı dönemde ise Ba, Zn, Cu, Cd, B, Ca, Na, Ni, K, V, Mo, Mn, Fe ve Cr metallerinin daha yüksek oranda bulunduğu görülmektedir.

Tablo 4. 5. Melen Havzası yeraltı sularının kurak ve yağışlı dönem metal konsantrasyonları.

Yeraltı suyu	Kurak	Yağışlı	ort.
Cu	0,00574	0,01312	0,00943
Zn	0,556236	0,79766	0,687008
Cr	0,00115	0,0015	0,001267
Mg	25,2308	24,86	25,03214
Mn	0,256678	0,37907	0,328072
B	0,092143	0,11914	0,105643
Fe	-	0,0045	0,0045
Mo	0,005533	0,0066	0,00596
Li	-	0,0022	0,0022
Ni	0,0026	0,0509	0,02675
K	13,23857	16,1267	14,73241
Cd	0,00044	0,00052	0,00048
V	0,010567	0,01086	0,0107
As	0,01837	0,006925	0,011829
Ba	0,05725	0,08383	0,070997
Na	35,78571	35,9133	35,85172
Ca	150,9	154,647	152,8379

Krom ve kadmiyum sadece sanayiye en yakın olan örnek noktalarda gözlenmiştir. Kirlilik derecesinin düşük olmasına karşın sanayi kaynaklı kirliliği göstermesi açısından önemlidir. Molibden aynı şekilde sanayiye en yakın noktalarda maksimum seviyelerine ulaşmıştır. Arsenik sanayi ve ziraat, çinko ise yerleşim yerine yakın noktalarda maksimum değerlerine ulaşmıştır. Birçok metal yönünden küçük sanayi bölgesine yakın noktada en yüksek kirlilik gözlenmektedir.

Temel parametrelerden pH istenilen düzeyde ve birinci kalite standartlarını büyük oranda sağlamaktadır. Çözünmüş oksijen mevsimsel olarak büyük değişikliklere uğramakta en yüksek değerlerine kış sezonunda ulaşmaktadır.

Faktör analizi sonuçları bize üç grup kirlenici kaynağının çok büyük oranda etken olduğunu göstermektedir. Bu kaynaklar endüstri, zirai ve yerleşim yerleridir.

Yeraltı suları yüzeysel sulara göre daha iyi korunur ve daha az kimyasal arıtım gereksinimi olur (Okkonen ve Klove 2011). Yeraltı sularının metal kirliliği yönünden remediasyonu dünyadaki yeraltı suyunun kullanımını göz önüne aldığımızda çok önemli olduğu görülmektedir (Hashim vd. 2011). Çalışmamızda görülmüştür ki Melen Havzasının yer altı suları iyi yönetimi ile metal kirliliği açısından remediasyona ihtiyaç doğurmayacaktır.

4.4. Sedimentte Metal Kirliliği

Sedimentte metal derişimi sudaki çözünmüş metal seviyelerine göre genellikle oldukça yüksek seviyelerdedir. Bu durum Melen Havzası içinde geçerlidir. Sedimentteki metal kirliliği uzun süreli olarak özellikle askıda katı maddelerin ve mikroorganizmaların taşınıp birikmesi ile olmaktadır.

Çalışmamızda 17 farklı metalin izlenmesi tam olarak gerçekleşmiştir. Bu metaller tüm örnekleme noktalarında ve tüm mevsimler boyunca izlenebilmiştir.

Tablo 4. 6. Sediment metal aralığı ve karşılaştırılması.

	Al	Fe	Ti	Mn	Ba	Zn	Cu	Cr	V	Pb
Melen Nehri	13110-34490	19800-41285	280-1410	30-201	25-72	11-45	11-115	33-97	3-10	7-21
Danube Nehri (a)	83500	42800	4700	830	432	170	64	111	114	41.6
Dünya k. ort. (b)	80400	35000	4560	600	550	71	25	35	60	20

a) Yigiterman and Murray 2008
b) Taylar and Mc Lennan 1985,1995

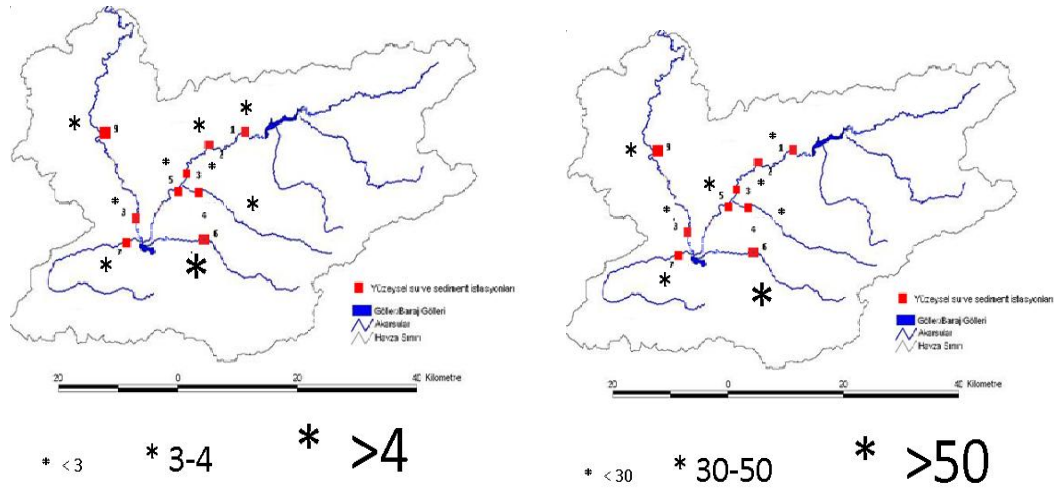
Melen nehri sedimentlerinde metal yoğunluğunun dünya kabuğu ortalamaları ve Karadenizin karşı tarafındaki benzer nehir olan Danube Nehrinin değerleriyle mukayesesi Tablo 4.6'da gösterilmiştir. Melen nehri sedimentlerinin Al, Ti, Mn, Ba, Zn, V değerleri yer kabuğu ortalamasının altında olmasına karşın Fe, Cu, Cr ve Pb değerleri daha yüksek oranda gözlenmiştir.

Tablo 4. 7. Melen Havzası sedimentlerinin kurak ve yağışlı dönem metal konsantrasyonları.

Sediment	Kurak	Yağışlı	ort.
As	3,32667	3,118889	3,222778
Ba	65,44444	74,3889	69,91667
Be	0,336389	0,34961	0,343
Cr	45,57222	50,1056	47,83889
Co	14,4117	14,25428	14,33297
Cu	31,6556	29,95	30,80278
Fe	33655,6	33634,72	33645,14
Pb	6,31111	5,866667	6,088889
Li	12,6	12,36667	12,48333
Mn	578,1111	586,611	582,3611
Ni	48,51111	49,3833	48,94722
Sr	98,37222	103,05	100,7111
V	64,06111	71,5444	67,80278
Zn	41,73889	44,2278	42,98333
Al	25094,4	23374,44	24234,44

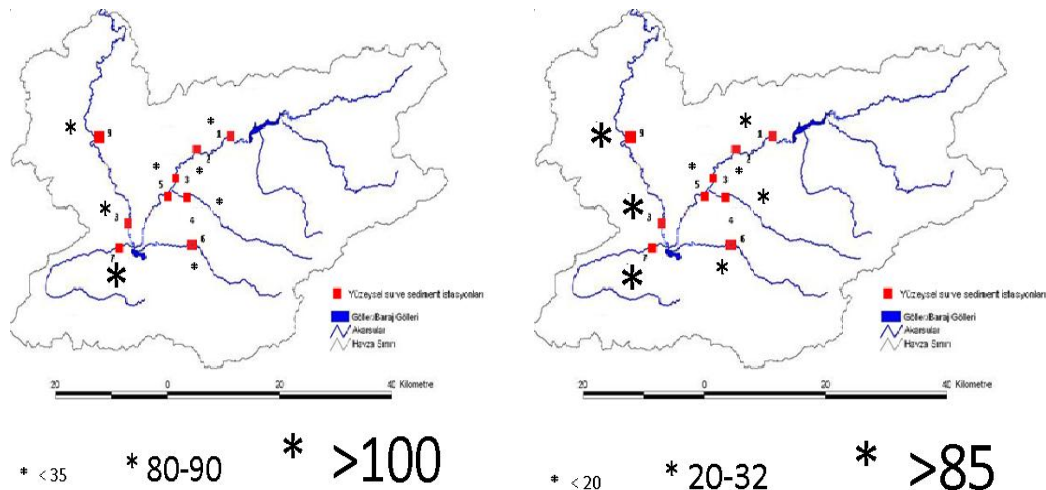
Kurak ve yağışlı dönem Melen Havzası metal derişimleri sedimentler için tablo 4.7'te verilmiştir. Kurak dönemde As, Co, Cu, Fe, Pb, Li ve Al metalleri, yağışlı dönemde ise Ba, Be, Cr, Mn, Ni, Zn, Sr ve V metallerinin daha yüksek oranda bulunduğu görülmektedir.

Metallerden krom, kobalt, nikel, strontiyum ve demirin taşınma yolu ile Küçük Melenden itibaren artarak Büyük Melenin Karadenize yakın noktalarına doğru maksimum seviyelere ulaştığı görülmektedir. Bu durum kaynağından itibaren bu metallerin taşındığını göstermektedir.



Şekil 4. 3. Arsenik (solda) ve Bakırın (sağda) mg/kg olarak sedimentlerdeki aralıkları

Örnek noktası 7'ye kadar düşük seviyelerde seyreden krom ve kobaltın Aksu deresi kanalından yüksek oranda yüklemeye gerçekleştirdiği görülmektedir. Aksu deresiyle birlikte bu metallerin taşınıp birikme gösterdiği görülmüştür.



Şekil 4. 4. Krom (solda) ve Nikelin (sağda) mg/kg olarak sedimentlerdeki aralıkları

Mevsimsel olarak büyük oranda değişiklik gözlenmese de bu oran birçok metal için %40 seviyelerini bulabilmektedir. En yüksek metal yoğunluğu kışın, en düşük yoğunluk ise yazın gözlenmiştir.

En tehlikeli metallere arsenik ve mangan en düşük seviyelerine 5 numaralı örnek noktada gözlenmişlerdir.

Zirai faaliyetlerden gübreleme önemli bir metal kaynağı olmaktadır. Özellikle fosforlu gübrelerin yoğun bir şekilde kullanımı havzadaki kadmiyumun önemli bir kaynağı oluşturmaktadır. Bu tür metaller taşınma ve birikme ile yoğunlaşmaktadır.

Metaller arasındaki korelasyon değerleri yüzeysel ve yeraltı su değerlerine göre daha düşüktür. Genellikle metallere birbiriyle pozitif korelasyonları olduğu görülmüştür.

Tüm sediment örnekleri için 4 ana kirlenici faktör bulunurken, melen nehri için 3 önemli kirlenici faktörün olduğu görülmektedir. Faktör analizi göstermiştir ki en güçlü kirlenici faktör krom, kobalt, bakır, berilyum, demir, lityum, nikel, strontiyum ve çinko etkenidir. İkinci etken faktör alüminyum, mangan, kurşun, baryum ve arsenikle pozitif etkilidir. 3. Grup ise fosfor ve vanadyum ile en yüksek pozitif ilişki halindedir.

4.5. Öneriler

Havzada ki metal kirlenmesi günümüzde halen sınırlı, lokal ve dönemsel düzeydedir. İyi yönetimsel faaliyetler sonucu özellikle havzanın geniş su kaynakları korunabilir ve iyileştirilerek uluslararası birinci derece su kalite sınırlarına tüm metal parametreleri getirilmelidir.

Yerleşim yerlerinin atık politikası iyileştirilmelidir. Sanayi kaynaklı bir kirlenmenin olduğu ortaya konulmuştur. Bunun için atıksu deşarj standartlarının sektörel olarak ayrıntılı belirlenmesi ve yönetimsel hassasiyet gösterilmelidir.

Yüzeysel sularda mevcut izleme programı sınırlı sayıda nokta için resmi kuruluşlar tarafından yapılmaktadır. İzlenen parametre sayısı ve izleme noktalarında artış sağlanmalıdır.

Yeraltı suyunun izlenmesi metaller ve birçok parametre için düzenli gerçekleştirilmelidir. Bu konunun önemine karşılık ciddi eksiğimiz mevcuttur. Yeraltı suyu gözönünde olmasa da halen yerel halk ve tüm ekosistemin su dengesini sağlayan çok önemli bir etkidir.

Sedimentte metal ve kirleticilerin taşındığı gözlenmektedir. Bu konuda uygun model çalışmaları yapılmalıdır.

Yüzeysel suyun kirliliğinin yanında disiplinler arası çalışmalarla yeraltı suyunun etkileşimi ortaya çıkarılmalıdır.

Halk sağlığı ve ekosistem açısından metallerin ve diğer kirleticilerin risk değerlendirmeleri uluslararası standartlarda kantitatif olarak belirlenmelidir. Halkın bilinçlendirilmesi, yeraltı suyu ve sediment kirliliğine daha fazla önem verilmelidir.

Havza içinde çok kritik konumda bulunan Efteni Sulak alanı ile ilgili hidrolojik çalışmalar ve havzadaki su kalitesine etkisi üzerine halen ciddi boşluklar bulunmaktadır. Bu konuda ayrıntılı çalışma yapılmalıdır.

Benzer havzalar içinde metallerin ve diğer riskli kirleticilerin izlenmesinin havza ölçeğinde, yeraltı ve yerüstü su kaynakları ve sediment birikimiyle birlikte izlenmesi gerçekleştirilmelidir.

KAYNAKLAR

ACEVEDO-FIGUEROA D., JİME'NEZ B. D., RODRI'GUEZ-SIERRA C. J., Trace Metals in Sediments of Two Estuarine Lagoons from Puerto Rico, *Environmental Pollution*, 141, 336-342, 2006.

AKCAY H, OGUZ A., Study of Heavy Metal Pollution and Speciation in Buyuk Menderes and Gediz River Sediments. *Water Research* 37: 813-822, 2003.

AKSOY, G., Gediz nehri ağzındaki su, sediment ve planktondaki ağır metal düzeylerinin ölçülmesi Celal Bayar Univ. FBE. Yüksek lisans tezi, 2005.

ALLARD B. Groundwater. In: Salbu, B., Steinnes, E. (eds), Trace Elements in Natural Waters. CRC Press, Boca Raton, U.S.. pp. 151–76, 1995.

ANKLEY, G. T., Dİ TORO, D. M., HANSEN, D. J., BERRY, W. J., Technical Basis and Proposal for Deriving Sediment Quality Criteria for Metals. *Environ. Toxicol. Chem.* 15, 2056–2066, 1996.

ANONİM, Agency for toxic substances and disease registry, <http://www.atsdr.cdc.gov>, Erisim Tarihi: 11.6.2012,

ARKOÇ O., ERDOĞAN M., Ergene Havzası, Çorlu – Çerkezköy Arasındaki Kesiminin Hidrojeokimyası, *itü dergisi/d mühendislik*, 5, 2 (1), 125-134, 2006.

ARTIOLA J, PEPPER IL, BRUSSEAU M (EDS). *Environmental Monitoring and Characterization*. Academic Press, SanDiego, 2005.

AVILA-P'EREZA P., BALC'AZAR U. M., ZARAZ'UA-ORTEGAA G., BARCEL'O-QUİNTALB I., D'IAZ-DELGADOC C., Heavy Metal Concentrations in Water and Bottom Sediments of a Mexican Reservoir, *The Science of the Total Environment*, 234, 185-196, 1999.

BABULA P., ADAM V., OPATRİLOVA R., ZEHNALEK J., HAVEL L., KİZEK R., Uncommon heavy metals, metalloids and their plant toxicity: a review *Environ Chem Lett.* 6: 189–213, 2008.

BALOGH S. J., ENGSTROM D. R., ALMENDİNGER J. E., MCDERMOTT C., HU J., NOLLET Y. H., MEYER M. L., JOHNSON, D.K., A Sediment Record of Trace Metal Loadings in the Upper Mississippi River, *J Paleolimnol*, 41, 623–639, 2009.

BARCELOUX, D.G., Copper. *J. Toxicol. Clin. Toxicol.* 37: 217-237, 1999.

BAŞARAN, G. Kapulukaya baraj gölü (kırıkkale) ve aşağı havzası su, Sediment ve sucul bitki örneklerinde ağır metal Konsantrasyonlarının karşılaştırmalı olarak İncelenmesi, Kırıkkale univ. FBE, Doktora tezi, 2010.

BISSEN, M., FRIMMEL, F.H., Arsenic—a review. Part I: occurrence, toxicity, speciation, and mobility. *Acta Hydrochim Hydrobiol.* 31: 9–18, 2003a.

BİSSEN, M., FRİMMEL, F.H., Arsenic—a review. Part II: oxidation of arsenic and its removal in water treatment. *Acta Hydrochim Hydrobiol.* 31: 97–107, 2003b.

BRADL, H. B., *Heavy Metals in the Environment*, Elsevier Academic Press First Edition, Netherlands, 2005.

BROERS H. P., GRİFT B, Regional monitoring of temporal changes in groundwater quality *Journal of Hydrology* 296, 192–220, 2004.

BUGGY C. J., AND TOBİN, J. M., Seasonal and Spatial Distribution of Metals in Surface Sediment of an Urban Estuary, *Environmental Pollution*, 155, 308-319, 2008.

BURGER, J., Assessment and management of risk to wildlife from cadmium *Science of the Total Environment*, 389: 37-45, 2008.

CHRISTENSEN T. H., KJELDSSEN P., BJERG P. L., Biogeochemistry of landfill leachate plumes. *Appl. Geochem.* 16: 659–718, 2001.

CRÉVECOEUR S., DEBACKER V., JOAQUİM-JUSTO C. , GOBERT S., . SCİPPO M.-L, DEJONGHE W., MARTİN P. , THOMÉ J.-P. Groundwater quality assessment of one former industrial site in Belgium using a TRIAD-like approach *Environmental Pollution* 159 2461-2466, 2011.

ÇOBĐİM Düzce Çevre ve Orman İl Müdürlüğü. Düzce İl Çevre Durum Raporu, 2004.

ÇOBĐİM Düzce Çevre ve Orman İl Müdürlüğü. Düzce İl Çevre Durum Raporu, 2006.

ÇOBĐİM Düzce Çevre ve Orman İl Müdürlüğü. Düzce İl Çevre Durum Raporu, 2007.

DAUVALTER V. AND ROGNERUD S., Heavy Metal Pollution in Sediments of the Pasvik River Drainage, *Chemosphere*, 42, 9- 18, 2001.

DAVİES, C. A. L., TOMLİNSON, K., STEPHENSON, T., Heavy Metals in River Tees Estuary Sediments. *Environ. Technol.* 12 (11), 961–972, 1991.

DOGAN, E., SENGORUR, B., KOKLU, R. Modeling biological oxygen demand of the Melen River in Turkey using an artificial neural network technique, *Journal of Environmental Management* 90 1229–1235, 2009.

DIMITRIOU, E., KARAOUZAS, I., SARANTAKOS, K., ZACHARİAS, I., BOGDANOS, K., DİAPOULİS, A., Groundwater risk assessment at a heavily industrialised catchment and the associated impacts on a peri-urban wetland. *Journal of Environmental Management* 88, 526-538, 2008.

DOJLIDO, R., BEST, G., *Chemistry of Water and Water Pollution* (Ellis Horwood, New York, USA), pp 79–83, 1993.

DÜZCE VALİLİĞİ Düzce İli 1/100 000 Ölçekli Çevre Düzeni Planı – Araştırma raporu – Ankara, 2004.

EPA Risk Assessment Guidance for Superfund Volume I: Human Health Evaluation Manual (Part E, Supplemental Guidance for Dermal Risk Assessment), 2004.

EPA Guidelines for Carcinogen Risk Assessment. Risk Assessment Forum, Washington, DC, EPA/630/P-03/001F, 2005.

ESTEBAN E., ALBİAC J. Groundwater and ecosystems damages: Questioning the Gisser–Sánchez effect *Ecological Economics* 70 2062–2069, 2011.

GONZALEZ, A. E., RODRIGUEZ, M. T., SANCHEZ, J. C. J., ESPİNOSA, A. J. F., DE LA ROSA, F. J. B., Assessment of Metals in Sediments in a Tributary of Guadalquivir River (Spain). Heavy Metal Partitioning and Relation Between the Water and Sediment System. *Water Air Soil Pollut.* 121 (1–4), 11–29, 2000.

GREEN, T.R., BATES, B.C., CHARLES, S.P., FLEMİNG, P.M., Physically based simulation of potential effects of carbon dioxide-altered climates on groundwater recharge. *Vadose Zone J.* 6, 597–609, 2007.

GREEN,, T. R. , TANİGUCHİ, M. , KOOİ, H. , GURDAK, J. J. , ALLEN D. M., HİSCOCK K. M., TREİDEL H., AURELİ A. Beneath the surface of global change: Impacts of climate change on groundwater *Journal of Hydrology* 405, 532–560, 2011.

HANDY, R.D. Intermittent exposure to aquatic pollutants: assessment toxicity and sublethal responses in fish and invertebrates. *Comp. Biochem. Physiol.*, 107-184, 1994.

HASHİM M.A., MUKHOPADHYAY S., SAHU J. N., SENGUPTA B. Remediation technologies for heavy metal contaminated groundwater *Journal of Environmental Management* 92, 23552388, 2011.

HOMONCİK S. C., MACDONALD A. M., HEAL K. V. , Ó DOCHARTAIGH B. É., NGWENYA B. T. Manganese concentrations in Scottish groundwater *Science of the Total Environment* 408, 2467–2473, 2010.

HOUSTON, M.C., The role of mercury and cadmium heavy metals in vascular disease, hypertension, coronary heart disease, and myocardial infraction. *Altern. Ther. Health Med.*, 13: 128–133, 2007.

HOWD, ROBERT A., FAN, ANNA M. *Risk Assessment for Chemicals in Drinking Water*. Hoboken, NJ, USA: Wiley, 2008.

ISO 11885: “Water quality – Determination of 33 elements by inductively coupled plasma atomic emission spectrometry,” International Organization for Standardization, 1996.

İLERİ B., GÜNDÜZ O., ELÇİ A., ŞİMŞEK C., ALPASLAN M.N., Tahtalı Havzası Yeraltısuyu Kalitesinin Coğrafi Bilgi Sistemi Destekli Değerlendirilmesi, 7. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi, Yaşam Çevre Teknoloji, İzmir, 24-27 Ekim 2007.

KAVCAR, P., SOFUOĞLU, A. & SOFUOĞLU, S.C. A health risk assessment for exposure to trace metals via drinking water ingestion pathway, *Int. J. Hyg. Env. Health* 212, 2009.

KHAN, R.R. *Environment and Metal Pollution*. Jaipur, IND: Global Media, 2010

KLAVİNS, M., BRİEDE, A., RODİNOV, V., KOKORİTE, I., PARELE, E., KIAVİNA, Heavy Metal in Rivers of Latvia, *The Science of The Total Env.*, Vol. 262, 175-183, 2000.

KLØVE, B., ALA-AHO, P., BERTRAND, G., BOUKALOVA, Z., ERTÜRK, A., GOLDSCHIEDER, N., ILMONEN, J., KARAKAYA, N., KUPFERSBERGER, H., KVERNER, J., LUNDBERG, A., MILEUSNIĆ, M., MOSZCZYNSKA, A., MUOTKA, T., PREDÁ, E., ROSSÍ, P., SIERGIEIEV, D., ŠIMEK, J., WACHNIEW, P., ANGHELUTA, V. & WIDERLUND, A. Groundwater dependent ecosystems: Part I: Hydroecological status and trends In :Environmental Science & Policy .14, 7, p. 770-781, 2011.

KOÇBAŞ, F., Kuzey Ege Kıyılarında Yayılış Gösteren *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819) ve Ortam Sedimentlerinde Bazı Ağır Metal (Cu, Zn, Pb ve Cd) Dağılımlarının Araştırılması, (Doktora Tezi), Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2005.

KOURAS, A., KATSOYIANNIS I., VOUTSA D. Distribution of arsenic in groundwater in the area of Chalkidiki, Northern Greece Journal of Hazardous Materials 147, 890–899, 2007.

KÖKLÜ, R. Melen Nehri Su Kalitesinin İstatistiksel Analiz Yöntemleri ve Yapay Zeka Teknikleri Kullanılarak Değerlendirilmesi, Doktora Tezi. SAÜ. Fen Bil. Enst. 2010.

KRANTZBERG, G. TANIK, A., ANTUNES DO CARMO, J. INDARTO, A., EKDAL, A., Advances in Water Quality Control - Chapter 1 ISBN:978-1-935068-08-2, 2010.

KÜÇÜKSEZGİN F., Distribution of Heavy Metals in the Surficial Sediments of Izmir Bay (Turkey), Toxicological And Environmental Chemistry, 80, 203 – 207, 2001.

KÜÇÜKSEZGİN, F., KONTAS, A., ALTAY, O., ULUTURHAN, E., DARILMAZ, E., 2005. Assesment of Marine Pollution in Izmir Bay Nutrient, Heavy Metal and Total Hydrocarbon Concentrations, Environment International, 1-15.

LAVERGREN U., ÅSTRÖM M. E., FALK H., BERGBÄCK B. Metal dispersion in groundwater in an area with natural and processed black shale – Nationwide perspective and comparison with acid sulfate soils Applied Geochemistry 24, 359–369, 2009.

LEUNG C.-M., JIAO J. J. Heavy metal and trace element distributions in groundwater in natural slopes and highly urbanized spaces in Mid-Levels area, Hong Kong Water research 40, 753 – 767, 2006.

LI L. Y., HALL K., YUAN Y., MATTU G., MCCALLUM D., CHEN M., Mobility and Bioavailability of Trace Metals in the Water-Sediment System of the Highly Urbanized Brunette Watershed, *Water Air Soil Pollut.*, 197, 249–266, 2009.

LÍ, S. & ZHANG Q. Risk assessment and seasonal variations of dissolved trace elements and heavy metals in the Upper Han River, China, *Journal of Hazardous Materials* 181, 2010.

LUOMA, S. N., RAINBOW, P. S. *Metal Contamination in Aquatic Environments Science and Lateral Management*, ISBN:9780521860574 , 2008.

MALANA M. A., KHOSA M. A. Groundwater pollution with special focus on arsenic, *Dera Ghazi Khan-Pakistan Journal of Saudi Chemical Society*, 15, 39–47, 2011.

MATSUI, S., BARETT, B.F.D., BANERJEE, J., *Guidelines of Lake Management, Volume 4, Toxic substances management in lakes and reservoirs. International Lake Environment Committee Foundation, Japan, 1991.*

NAGPAL, N.K., *Water quality guidelines for cobalt. Ministry of Water, Land and Air Protection, Water Protection Section, Water, Air and Climate Change Branch, Victoria, 2004.*

NAVARRO A., CARBONELL M. Evaluation of groundwater contamination beneath an urban environment: The Beso` s river basin (Barcelona, Spain) *Journal of Environmental Management* 85, 259–269, 2007.

NEWCOMB W.D., RIMSTİDT J. D. Trace element distribution in US groundwaters : a probabilistic assessment using public domain data *Applied Geochemistry* 17, 49–57, 2002.

NG, J.C., Environmental contamination of arsenic and its toxicological impact on humans. *Environ Chem.*, 2: 146–160, 2005.

OKKONEN, J., KLØVE, B. A sequential modeling approach to assess groundwater–surface water resources in a snow dominated region of Finland *Journal of Hydrology* 411 pg. 91–107, 2011.

ÖNER, Ö., *Gediz Nehri Aşağı Gediz Havzası'ndan Alınan Su ve Sediment Örneklerinde Bazı Kirlilik Parametrelerinin İncelenmesi, (Yüksek Lisans Tezi), Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, 2008.*

ÖZ, N., Melen Nehri Kollarında Bentik Makroinvertebratlar ile Kimyasal Parametreler Arasındaki İlişkinin Modellenmesi, Doktora Tezi. SAÜ. Fen Bil. Enst.. 220, 2004.

ÖZTÜRK, İ., UBAY ÇOKGÖR, E., AKÇA, L., PEHLİVANOĞLU MANTAŞ, E., İNSEL G.H., AYDIN, E., ÇAKMAKÇI M., ÖZGÜN H. Atık Su Yönetimi Nihai Fizibilite Raporu, Büyük İstanbul Su Temini Melen Sistemi II. Merhale Projesi Büyük Melen Havzası Entegre Koruma ve Su Yönetimi Master Planı, İstanbul Teknik Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü – İstanbul, 2007.

PANDEY, V. P., SHRESTHA, S., CHAPAGAIN, S. K., KAZAMA, F. A framework for measuring groundwater sustainability environmental science & policy 396-407, 2011.

PARİDA, B.K., CGGİBBA, I.M., NAYYAR, V.K., Influence of nickel contaminated soils on fenugreek (*Trigonella corniculata* L.) growth and mineral composition. Sci. Hortic., 98: 113–119, 2003.

PASCOE, D., MATTERY, D.L., Studies on the toxicity of cadmium to the threespined stickleback, *Gasterostens aculeatus* L. J. Fish. Biol., 11: 207-215, 1977.

PEHLİVAN R. The effect of weathering in the Buyukmelen River basin on the geochemistry of suspended and bed sediments and the hydrogeochemical characteristics of river water, Duzce, Turkey, Journal of Asian Earth Sciences 39, 62–75, 2010.

QUEVAUVİLLER P., FOUİLLAC A.-M., RATH J.G, WARD R. Groundwater Monitoring John Wiley & Sons , Ltd. ISBN: 978-0-470-77809-8, 2009.

RIETZLER, A. C., FONSECA A. L., LOPES, G. P., Heavy Metals in Tributaries of Pampulha Reservoir, Minas Gerais, Braz. J. Biol., 61, 3, 363-370, 2001.

RİVETT M. O. , ELLİS P. A., MACKAY R. Urban groundwater baseflow influence upon inorganic river-water quality: The River Tame headwaters catchment in the City of Birmingham, UK Journal of Hydrology 400, 206–222, 2011.

RODRİGUEZ-PROTEAU, R. & GRANT, R.L. Toxicity evaluation and human health risk assessment of surface and ground water contaminated by recycled hazardous waste materials, Handb. Environ. Chem. 5 Part F, 2, 133–189, 2005.

SCHOT P. P., PİEBER S. M. Spatial and temporal variations in shallow wetland groundwater quality Journal of Hydrology 422–423, 43–52, 2012.

SEİLER, K.P., GU, W.Z., STİCHLER, W. Transient response of groundwater systems to climate changes. In: Dragoni, W., Sukhija, B.S. (Eds.), *Climate Change and Groundwater*. Geological Society, London, Special Publication, pp. 288, 2008.

SELÇUK Z., ORER, Ö., Bendimahi Çayı'nda ve Çayın Van Göl'üne Döküldüğü Noktada Doğal Radyoaktivite Seviyesinin Belirlenmesi, (Doktora Tezi), Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, 2006.

SHARMA, V. K., RHHUDY, K. B., KOENİNG, R., VAZQUEZ, F. G., Metals in Sediments of the Upper Languna Madra. *Mar. Pollut. Bull.* 38 (12), 1221–1226, 1999.

SHRİVAS, K., AGRAWAL, K., HARMUKH, N., Trace level determination of Molibden in environmental and biological samples using surfactant mediated liquid–liquid extraction *Journal of Hazardous Materials*, 161: 325, 2009.

SHRİVASTAVA, R., UPRETİ, R.K., SETH, P.K., CHATURVEDİ, U.C., Effects of chromium on the immune system. *FEMS Immunol. Med. Microbiol.*, 34: 2002.

SİEGEL, F.R., *Environmental geochemistry of potentially toxic metals*. New York:Springer-Verlag, 2001.

SİNGH, M., Heavy Metal Pollution in Freshly Deposited Sediments of the Yamuna River (the Ganga river tributary)., A Case Study from Delhi and Agra Urban Centres India. *Environ. Geol.* 40 (6), 664–671, 2001.

SRİVASTAVA, S. K., GUPTA, V. K., ANUPAM, MOHAN, D., Status of Some Toxic Heavy Metal Ions in the Upper Reaches of River Gnages, Indian. *J. Chem. Soc.* 71, 29–34, 1994.

STEUBE, C., RİCHTER, S., GRİEBLER, C., First attempts towards an integrative concept for the ecological assessment of groundwater ecosystems. *Hydrogeology Journal* 17, 23-35, 2009

ŞAMANDAR, A. Büyük Melen ve Kollarında Su Kalite Modellemesi, Doktora Tezi. SAÜ. Fen Bil. Enst., Danışman:Bülent Şengörür, 2004.

ŞENGÖRÜR, B., İSA, D. Sakarya Nehri'ne ait su kalite gözlemlerinin faktör analizi, *Türk J. Engin Environ. Sci.* 25 Tübitak 415-425, 2001.

TAVŞAN, Ç. Melen Havzası'nda Yayılı Besi Maddesi Yüklerinin Azaltılması Amacı İle En İyi Yönetim Uygulamalarının Araştırılması, ITU Fen Bil. Enst. Yüksek Lisans Tezi, 2008.

TAYLOR, S.R., MCLENNAN, S.M. In *The Continental Crust: It's Composition and Evolution*. Blackwell, Oxford. 312 pp. 1985.

TAYLOR, S.R., MCLENNAN, S.M., *The geochemical evolution of the continental crust*. *Reviews in Geophysics* 33, 241–265, 1995.

TIEN, C.J., *Biosorption of metal ions by freshwater algae with different surface characteristics*. *Procee Biochemistry*, 38: 605-615, 2002.

TODD, A.C., WETMUR, J.G., MOLINE, J.M., GODBOLD, J.H., LEVIN, S.M., LANDRIGAN, P.J., *Unraveling the chronic toxicity of lead: an essential priority for environmental health*, *Environ. Health Perspec.* 104: 141- 146, 1996.

USEPA, *Ecological soil screening levels for cobalt*. Washington, DC: US EPA, 2005.

VIGILANT, M. E., *An Evaluation of the Cypress Creek Watershed for Inorganic Chemical Load as it Flows into Lake Houston*, (M. Sc.), The University of Texas, Master of Public Health, 2009.

WANG, Q., KIM, D. DIONYSIOU, D. D.; SORIAL, G.A. TIMBERLAKE, D., *Sources and remediation for mercury contamination in aquatic systemsda literature review*. *Environmental Pollution*, 131: 323-336, 2004.

WATERSHED PROTECTION ACTION PLAN Greater İstanbul Water supply project stage II Melen System Büyükmelen Watershed İntegrated protection and water management master plan, 2008

WELCH, R., *The biological significance of nickel*. *J. Plant Nutr.*, 3: 345–356, 1981.

WINGE, D.R, R.K., *Host defenses against copper toxicity*. *Int. Rev. Exp. Pathol.*, 31: 47- 83, 1990.

WOITKE P., WELLMÍTZ J., HELM D., KUBE P., LEPOM P., LİTHERATY, P., *Analysis and Assessment of Heavy Metal Pollution in Suspended Solids and Sediments of the River Danube*, *Chemosphere*, 51, 633–642, 2003.

YILGÖR, A., *Büyük Menderes Nehri Çökellerinde Ağır Metal Kirliliği ve Deltaya Olan Etkileri*, (Doktora Tezi), Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Bölümü, Deniz Jeolojisi ve Jeofiziği Anabilim Dalı, 2009.

YİĞİTERHAN, O., MURRAY, J. W. & TUĞRUL, S. Trace metal composition of suspended particulate matter in the water column of the Black Sea Marine Chemistry 126: 207–228, 2008.

ZAYED, A.M., TERRY, N., Chromium in the environment: factors affecting biological remediation. Plant and Soil, 249: 139–156, 2003.

ZHANG W., FENG H., CHANG J., QU J., XIE H., YU L., Heavy Metal Contamination in Surface Sediments of Yangtze River Intertidal Zone: An Assessment from Different Indexes, Environmental Pollution, 157, 1533–1543, 2009.

ÖZGEÇMİŞ

1977 Manisa Doğumlu olan ve Ortaöğrenimini Manisa’da Yükseköğrenimini Ege Üniversitesi-İzmir’de tamamlayan Ahmet Çelebi, Yüksek lisansını 2005 yılında Sakarya’da Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Bölümünde tamamlamıştır. Yurtiçi ve yurtdışında Fen biligisi - Biyoloji Öğretmenliği, Biyolog, Araştırmacı ve halende Sakarya Üniversitesi Çevre Mühendisliğinde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktadır. Su kalitesi, havza yönetimi, toksikoloji, sulak alanlar ve sediment taşınımı üzerine çalışmaları bulunmaktadır.