

**KÜÇÜK SU KÜTLELERİNDE
SU KALİTESİNİN
HAVZA BİLEŞENLERİ İLE ETKİLEŞİMİ**

Meltem KAYA
Yüksek Lisans Tezi

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı
Temmuz 2013

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Meltem Kaya'nın "Küçük Su Kütlelerinde Su Kalitesinin Havza Bileşenleri ile Etkileşimi" başlıklı Çevre Mühendisliği Anabilim Dalındaki, Yüksek Lisans Tezi 02.07.2013 tarihinde, aşağıdaki jüri tarafından Anadolu Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

	Adı-Soyadı	İmza
Üye (Tez Danışmanı)	: Prof. Dr. Erdem Ahmet ALBEK	
Üye	: Yard. Doç. Dr. Serdar GÖNCÜ	
Üye	: Yard. Doç. Dr. Uğur AVDAN	

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

Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KÜÇÜK SU KÜTLELERİNDE SU KALİTESİNİN HAVZA BİLEŞENLERİ İLE ETKİLEŞİMİ

Meltem KAYA

Anadolu Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Erdem Ahmet ALBEK

2013, 109 sayfa

Etkili bir havza yönetim strateji oluşturabilmek için su kütleleri, onları besleyen alt havzalarla birlikte ele alınmalıdır. Özellikle kirlenmemiş doğal sularda su kalitesine havzadan gelen yaygın kaynaklı kirleticilerin etkisi birincil önem arz etmektedir. Bu çalışma kapsamında küçük su kütlelerinin havza bileşenleri ile etkileşimi incelenmiş, havza süreçlerinin kalite bileşenlerine etkileri nitel olarak belirlenmiştir. Çalışma alanı olarak Eskişehir il merkezinin kuzeyinde Bozdağ yamaçlarında yer alan Borabey Göleti seçilmiştir. Gölet suyunun kalitesi aylık olarak incelenmiş ve buna ek olarak atmosferden gölete düşen yükleri belirleyebilmek amacıyla yağmur suyu analizleri olay bazlı olarak gerçekleştirilmiştir. Ayrıca havzanın toprak yapısı fiziksel ve kimyasal olarak incelenmiştir. Göletin kalite sınıfı Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ne göre 2.sınıf olarak belirlenmiştir. Trofik seviyesi incelendiğinde ise gölün mezotrofik göl sınıfına girdiği görülmüştür. Kirlilik yükünde genel olarak ilkbahar döneminde akış ile gelen kirleticiler sebebiyle artış görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Borabey Göleti, Su Kalitesi, Atmosfer Çökelmeleri,
Havza Süreçleri

ABSTRACT

Master of Science Thesis

INTERACTION OF WATER QUALITY WITH BASIN COMPONENTS IN SMALL WATER BODIES

Meltem KAYA

Anadolu University

Graduate School of Sciences

Environmental Engineering Program

Supervisor: Prof. Dr. Erdem Ahmet ALBEK

2013, 109 pages

Water bodies need to be investigated together with their watershed to create an effective watershed management strategy. In unpolluted watersheds the diffuse pollutant sources are of primary importance. In this study, interaction of water bodies with their watershed is examined and qualitative effects of basin processes on quality components are determined. The study area has been selected as the Borabey Pond which is located on the Bozdağ slopes to the north of Eskişehir. Pond water quality has been examined on a monthly basis, and in addition to this, rain water collection and analysis has been conducted in order to determine loads coming from the atmosphere onto the watershed. Also, physical and chemical soil properties of the watershed are analyzed. The quality class of the pond has come out to be second class according to SKKY. The pond shows an mezotrophic level. The pollution load increased in spring due to the pollutants coming with the inflowing stream.

Key Words: Borabey Pond, Water Quality, Atmospheric Deposition, Watershed Processes

TEŞEKKÜRLER

“Küçük Su Kütlelerinde Su Kalitesinin Havza Bileşenleri ile Etkileşimi” başlıklı bu çalışma Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı’nda yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Bu çalışmanın başlangıcından sonuna kadar bütün aşamalarında benden yardım ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, her konuda bilgi birikimi ve tecrübelerinden yararlandığım, şahsıma kazandırdığı yeni bakış açıları ile ufkumu genişleten danışman hocam Sn. Prof. Dr. Erdem Ahmet ALBEK’e

Çalışmamın her aşamasında katkıları ile bana her zaman yol gösteren, bilgi birikimi ve tecrübelerinden yararlanırken hoşgörü ve sabırlarını hiçbir zaman esirgemeyen değerli hocalarım Sn. Doç. Dr. Mine ALBEK, Sn. Yard. Doç. Dr. Serdar GÖNCÜ, Sn. Yard. Doç. Dr. Uğur AVDAN ve Sn. Yard. Doç. Dr. Ali Arda ŞORMAN’a

Tez çalışmalarındaki tecrübelerinden her zaman yararlandığım, bilgi paylaşımlarını benden hiçbir zaman esirgemeyen, dostlukları ile beni her zaman cesaretlendiren ve güçlendiren değerli hocalarım Sn. Araş. Gör. Zehra YİĞİT AVDAN, Sn. Araş. Gör. Burcu ŞİMŞEK UYGUN ve Sn. Araş. Gör. Eda TUNA’ya

Partikül boyut analizinin gerçekleştirilmesi için değerli zamanı bana ayıran Sn. Dr. Yapıncak GÖNCÜ’ye ve temel iyonların analizlerinin ICP-MS cihazında gerçekleştirilmesini sağlayan Sn. Dr. Ebru ERÜNAL’a

Laboratuvar çalışmalarındaki yardımları için Utku Doğuş YALÇIN, Aytaç BIÇKICIOĞLU, Gamze ERCAN ve Sacit ÇELEBİ’ye ve havza parametrelerinin belirlenmesindeki yardımları için Ufuk GÜLYÜZ’E

Manevi desteklerini benden hiçbir zaman esirgemeyen, en zor anlarımda bile yüzümü güldürebilen değerli dostlarım Canan BAHÇE ve Pınar SANYÜREK’E

Tez çalışmam boyunca sabır, sevgi ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, varlığını daima yanımda hissettiren sevgili Hikmet UYAR’a

Bu güne kadar daima arkamda olup bana inanan, beni her zaman destekleyen, sonsuz güvenlerini daima hissettiren, maddi ve manevi desteklerini benden hiçbir zaman esirgemeyen, bugünlere gelebilmemin mimarı olan sevgili annem ve babama, ayrıca varlığı ile varlığıma güç katan biricik kardeşim sevgili Murat KAYA’ya

sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez çalışmamı hayatımın sadece iki yılını birlikte geçirebildiğim sevgili anneannem Çelebi IŞIK’ın anısına ithaf ediyorum.

Meltem KAYA

Temmuz, 2013

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜRLER	iii
İÇİNDEKİLER	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
1.1. Amaç ve Kapsam.....	2
1.2. Literatür Özeti	4
2. DOĞAL SULARIN BİLEŞİMİ VE ÇEVRESEL FAKTÖRLERİN ETKİSİ	7
2.1. Su Kalitesi	7
2.2. Doğal Sularda Kirleticiler ve Kalite Parametreleri	11
2.2.1. pH.....	13
2.2.2. Askıda katı madde.....	13
2.2.3. Kimyasal Oksijen İhtiyacı.....	14
2.2.4. Azot Türleri.....	14
2.2.5. Fosfor Türleri	16
2.2.6. Sülfat	17
2.2.7. Organik Karbon.....	18
2.2.8. Temel elementler.....	19
2.2.9. Koliform.....	20
2.2.10. Klorofil-a	21
2.2.11. Seki-diski Derinliği :	21

2.3.	Atmosferdeki Kirleticilerin Çökelmeleri.....	22
2.3.1.	Azot Türleri.....	23
2.3.2.	Fosfor Türleri	24
2.3.3.	Sülfat	24
2.3.4.	Organik Karbon.....	25
2.3.5.	Klorür	25
2.4.	Toprak Kirliliği.....	26
2.4.1.	Toprak tekstürü	26
2.4.2.	Toprağın pH'ı.....	28
2.4.3.	Azot Türleri.....	28
2.4.4.	Fosfor Türleri :	29
2.4.5.	Sülfat	30
2.4.6.	Organik Karbon :	30
2.4.7.	Klorür	31
3.	MATERYAL VE YÖNTEM	32
3.1.	Çalışma Alanı	32
3.1.1.	Borabey Havzası ve havza bileşenleri.....	33
3.1.2.	Borabey Göleti batimetrik haritası	46
3.2.	Meteorolojik Bileşenlerin Ölçülmesi	53
3.3.	Yağmur Suyu Örnekleme	55
3.4.	Göletten Numune Alma.....	56
3.5.	Kalite Parametrelerinin Ölçülmesi	59
3.6.	Toprak Numunelerinin Alınması ve Analizi	64
4.	BULGULAR	68
4.1.	Meteorolojik Değişkenler	68
4.2.	Gölet Su Kalitesi Analizleri.....	72

4.2.1.	Askıda katı madde.....	72
4.2.2.	Fosfor türleri	74
4.2.3.	Azot Türleri.....	75
4.2.4.	Sülfat	77
4.2.5.	Kimyasal oksijen ihtiyacı.....	78
4.2.6.	Organik karbon.....	79
4.2.7.	Temel elementler.....	80
4.3.	Borabey Göletinin Trofik Seviyesinin İncelenmesi	81
4.3.1.	Toplam fosfor.....	82
4.3.2.	Toplam azot.....	83
4.3.3.	Klorofil-a.....	84
4.3.4.	Seki diski derinliği	86
4.4.	Yağmur Suyu Analizleri.....	87
4.5.	Toprak Analizi.....	93
4.5.1.	Partikül Boyut Analizi	94
5.	TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER	96
	KAYNAKLAR	98
	EKLER.....	103

ŞEKİLLER DİZİNİ

1.1. Çalışma alanının Google Earth Görüntüsü	3
2.1. Göllerde su döngüsünün şematik gösterimi	8
2.2. Noktasal ve yaygın kaynaklı kirleticilerin şematik olarak gösterimi.....	12
2.3. Kirleticili kaynakların dağılımı (U.S. Forest Service, 1987)	12
2.4. Doğal sularda azot döngüsü	15
2.5. Seki diski.....	21
2.6. Toprak tekstür üçgeni (Altıntaş ve ark., 2004)	27
3.1. Borabey Göleti	32
3.2. Rektifiye işlemi için kullanılan grid kesişim noktalarından bazı ve 1/25000 ölçekli harita.....	34
3.3. Kullanılan noktaların hata oranları	34
3.4. 1/25000 ölçekli haritanın sayısallaştırılması.....	35
3.5. 1/25000 ölçekli haritadan elde edilen DEM.....	36
3.6. Borabey Göleti ve çevresinin görünümü.....	37
3.7. Anadolu Üniversitesi, Yapı İşleri Daire Başkanlığı ölçümlerinden elde edilen DEM	38
3.8. Harita Genel Komutanlığı tarafından üretilen 1/25000 ölçekli haritalardan elde edilen DEM	38
3.9. Çalışmada kullanılan GPS sistemi	39
3.10. GPS ile ölçüm alınan noktalar.....	40
3.11. Mevcut verilerin proje koordinat sistemine dönüştürülmesi.....	41
3.12. Elde edilen sayısal yükseklik modeli (DEM).....	42
3.13. Borabey Göleti'ni besleyen akarsu kolları	43
3.14. Arazinin üç boyutlu yükseklik haritası	43
3.15. Borabey Göleti havzasının ve alt havzaların genel görünümü.....	44
3.16. 1582/sağ alt havzasının eğimi	45
3.17. Akustik Doppler Akım Profil Cihazı	46
3.18. Batimetri ölçüm noktaları	47
3.19. Borabey Göleti taban yüksekliğini gösteren kontur haritası	47
3.20. Batimetri ölçüm noktalarından elde edilen DEM	48

3.21. 1/25000 ölçekli haritalardan elde edilen DEM ve Batimetri DEM haritasının birleştirilmesi.....	49
3.22. Hassas DEM ve Batimetri DEM haritalarının birleştirilmesi	49
3.23. Borabey Göleti'nin üç boyutlu görüntüsü.....	50
3.24. Gölet su kotlarına göre alan ve hacimleri	51
3.25. Borabey göleti yüzey alanı.....	52
3.26. Meteoroloji istasyonunun arazideki yeri.....	53
3.27. Meteoroloji İstasyonu.....	54
3.28. Vantage Pro2 Konsolu	55
3.29. Yağmur Suyu Toplama Düzeneği.....	56
3.30. Hobo marka sıcaklık ölçüm cihazı.....	57
3.31. Numune alma istasyonları.....	58
3.32. Numune alma çalışmaları.....	59
3.33. Toprak numunelerinin alındığı noktalar.....	64
3.34. Toprak numunesinin alınması	65
3.35. Toprak numunesinin alınması	65
3.36. Ekstraksiyon işleminde kullanılan otomatik çalkalayıcı.....	67
4.1. Borabey Göleti Havzası'nda günlük ortalama hava sıcaklığı değerlerindeki değişim	68
4.2. Borabey Göleti'nde ölçülen aylık toplam yağış miktarları	69
4.3. Borabey Göleti aylık rüzgar gülleri.....	70
4.4. Aylık güneş enerjisi.....	71
4.5. Günlük nem oranları değişimi (%).....	71
4.6. Aylık toplam evapotranspirasyon miktarları.....	72
4.7. Askıda katı madde derişimleri	73
4.8. Kavacık Köyü ve Kaynak deresinden 26 Nisan 2013 tarihinde bir görüntü..	73
4.9. Fosfor türlerinin derişimleri	75
4.10. Azot türleri derişimleri.....	76
4.11. Sülfat Derişimleri	77
4.12. Kimyasal Oksijen İhtiyacı.....	78
4.13. Toplam organik karbon ve çözünmüş organik karbon derişimleri	79
4.14. Borabey Göleti'nde temel elementlerin derişimlerindeki değişim	80

4.15. Toplam fosfor derişimlerinin trofik seviye ile ilişkilendirilmesi	82
4.16. Toplam azot derişimlerinin trofik seviye ile ilişkilendirilmesi	83
4.17. Klorofil-a derişimleri	84
4.18. Klorofil-a derişimlerinin trofik seviye ile ilişkilendirilmesi	85
4.19. Seki diski derinliğinin trofik seviye ile ilişkilendirilmesi	86
4.20. Atmosferden gelen askıda katı madde yüklerindeki değişim	88
4.21. Atmosferden gelen sülfat yüklerindeki değişim	89
4.22. Atmosferden gelen fosfor türleri yüklerindeki değişim	90
4.23. Atmosferden gelen azot türleri yüklerindeki değişim	90
4.24. Atmosferden gelen organik madde yüklerindeki değişim	92
4.25. Atmosferden gelen temel element yüklerindeki değişim.....	93
4.26. Partikül boyut dağılımı.....	95
4.27. Toprak tekstürünün belirlenmesi.....	95

ÇİZELGELER DİZİNİ

2.1. Göllerin trofik seviyelerine göre sınıflandırılması (Wetzel, 1983).....	9
2.2. Kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre bazı kalite kriterleri	10
2.3. Ötrofikasyon kontrolü sınır değerleri.....	10
2.4. Amerika’da yaygın kaynaklı azot ve fosfor yükleri (kg/ha.yıl) (Chapra,1997).....	16
2.5. Çeşitli sularda tipik fosfor derişimleri (Uslu & Türkman, 1987)	17
2.6. Doğal sularda bulunan temel elementlerin kaynak ve derişimleri (Manahan, 1994; Hem, 1992; Stumm ve Morgan, 1996)	20
2.7. Milwaukee, US’ de bazı bileşenleri kuru çökelme hızları	22
2.8. Milwaukee’de ortalama ıslak çökelme karakteristiğı.....	22
2.9. Kuzey Avrupa ve Orta Amerika’da Yağmur suyundaki iyon derişimleri (mg/L)	23
2.10. Uluslararası sınıflandırma sistemine göre topraktaki tanecik büyüklükleri.	27
3.1. Borabey Göleti Teknik Bilgileri.....	33
3.2. Borabey Göleti Havzasına ait genel bilgiler	44
3.3. Alt havzaların eğimleri.....	45
3.4. Kotlara göre alan ve hacimler	51
4.1. Borabey Göleti N:P oranları.....	81
4.2. Atmosferden gelen kirletici yükleri	87
4.3. Atmosferden gelen temel element yükleri	92
4.4. Topraktaki kirleticiler.....	94

1. GİRİŞ

Yüzey sularının su kalitesinin çeşitli nedenlerle bozulması bilinen ve her geçen gün önem kazanan bir konudur. Sularda kirletici kaynakları noktasal ve yaygın kirleticiler olarak gruplandırmak mümkündür. Noktasal kaynaklı kirleticiler tek bir noktadan karışır ve ölçülebilir. Yaygın kaynaklı kirleticiler ise su kütlesine havzadan yayılı bir şekilde karışır. Ölçülmesi ve kontrol altına alınması noktasal kaynaklı kirleticilere göre daha zordur.

Endüstrinin hızla gelişmesi ile paralel olarak çevre problemleri de giderek artmıştır. Atık suların yüzey sularına deşarjı doğal sularının kirlenmesine sebep olmuştur. Bu noktasal kaynaklı kirletici problemi atık suların ilerimi ile kontrol altına alınabilmekte ve doğal kaynaklar korunabilmektedir. Fakat arıtlıma sadece noktasal kaynaklı kirliliğin önüne geçilebilmekte yaygın kaynak kirliliği bu tüm yöntemlerde önlenememektedir.

Gelişmiş ülkelerde su kütleleri ve onları besleyen su havzalarının bu kütlelerle olan etkileşimine bir hayli önem verilmektedir. Günümüzde su kütleleri kendi başlarına değil, onları besleyen havzalarla beraber ele alınmakta ve havza bazında yönetim stratejileri oluşturulmaktadır. Günümüzde Avrupa Birliği'nde her türlü su kaynağının kalitesini kontrol altında tutan bir çerçeve yönetmelik olan Su Çerçeve Direktifi (Water Framework Directive) havza kavramı üzerine kurulmuştur. Hatta artık ülke sınırları dikkate alınmamakta, sınır aşan sular ve havzalar bu havzalara sahip ülkeler tarafından ortaklaşa olarak incelenmekte ve gerekli önlemler alınmaktadır (Burak, 2009).

Havza süreçleri ve bu süreçlerin su kütlelerine etkileri her havza için farklılık gösterebilir. Bu süreçler ve etkileri havzanın toprak yapısına ve bitki örtüsüne, iklim şartlarına ve havzanın insanlar tarafından tarımsal ya da çeşitli amaçlarla kullanımına bağlı olmasının yanı sıra aynı zamanda temel fiziksel yasalara da bağlıdır. Her havza kendi özelliklerine ve girdilerine bağlı olarak incelenebilir ve çeşitli modeller ile geleceğe yönelik tahminlerde bulunulabilir.

Su kütlelerinin kalitesine havzaya yağmurla giren atmosferik yüklerin de etkili olduğu bilinmektedir ve literatürde bu konu ile ilgili çalışmalar mevcuttur. Havza kirliliğini sebebiyle oluşan havadaki kirleticiler yağmur ile yer yüzeyine inmekte ve su kütlelerine, toprağa karışmakta ve de bitkiler tarafından alınmaktadır. Yağmur suyu veya yüzeysel akış ile su kütlelerine taşınan alloktan kirleticilere ek olarak, su kütlelerinin kendi içinde oluşturduğu otokton kirleticiler de su kalitesi açısından önemlidir.

Göletler önemli tatlı su rezervlerinden olan küçük su kütleleridir. Günümüzde artan evsel, endüstriyel ve tarımsal kirlilik, hızlı nüfus artışı ve küresel ısınma ile azalan ve kirlenen su kaynakları göl ve göletler için bütüncül bir havza yönetim strateji geliştirilmesinin önemini arttırmıştır. Bu doğrultuda sadece göletteki su kalitesini incelemek yeterli olmayıp havzadan yağışla gelen alloktan kirleticilerin de belirlenmesi önem kazanmıştır.

Tüm bu gerçekler doğrultusunda su kaynaklarının korunabilmesi ve gelecekte de kullanılabilmesi için havza bazında stratejiler geliştirilmesi zorunludur.

1.1. Amaç ve Kapsam

Bu çalışmanın amacı; küçük bir su kütlesine havzadan gelen kirleticilerin etkisinin belirlenmesidir. Bu doğrultuda öncelikle su kütlesinin morfolojik yapısı ve havzanın topografik yapısı çıkartılmıştır. Su kütlesinin su kalitesini inceleyebilmek için belirli bölgelerde örnekleme noktaları seçilmiştir. Göl ve göletlerde su kalitesi yere ve zamana göre farklılık gösterebilmektedir. Bu sebeple seçilen örneklem noktalarının tüm su kütlesini temsil etmesine dikkat edilmiştir. Göletin su kalitesi bileşenlerinin belirlenmesi için üç noktadan örnek alınmıştır. Alınan bu örneklerde pH, elektriksel iletkenlik, çözünmüş oksijen gibi parametreler arazideki ölçümlerle saptanmıştır. Ayrıca laboratuvar da gravimetrik olarak askıda katı madde tayini gerçekleştirilmiş ve spektrometrik yöntemlerle klorür, azot türevleri, fosfor türevleri, sülfat, kimyasal oksijen ihtiyacı

belirlenmiştir. Bunlara ek olarak ötrofikasyon için önemli bir parametre olan klorofil tayini de gerçekleştirilmiştir. Göletten su numuneleri aylık periyotlar ile alınmış, elde edilen bu veriler doğrultusunda kalite parametrelerinin zamana bağlı değişimleri yorumlanmış ve göletin kalite sınıfı belirlenmiştir.

Yağmur suyundan gölete giren kirlilik yükünü belirleyebilmek için havza içinde belirlenen bir noktaya meteoroloji istasyonu kurulmuştur. Böylece havzanın yağış, sıcaklık, güneş radyasyon, rüzgâr, nem gibi meteorolojik bileşenleri sürekli olarak kaydedilmiş ve havzaya düşen yağmur suyu toplanıp, askıda katı madde, klorür, sülfat, azot türleri ve fosfor türleri gibi kalite bileşenleri analiz edilmiştir. Böylelikle hidrolojik havza süreçlerinin temel sürücülerinden biri olan yağış parametresi hem miktarı hem de kalitesi yüksek bir doğrulukla belirlenmiştir. Yağmur suyu ölçümleri belirli periyotlarda gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler doğrultusunda yağışın gölete taşıdığı kirleticiler yorumlanmış ve su kalitesindeki değişime etkileri incelenmiştir. Çalışma yeri olarak Eskişehir il merkezinin kuzeyinde Bozdağ yamaçlarında yer alan Borabey Göleti seçilmiştir. Çalışma alanının Google Earth görüntüsü Şekil 1.1’de verilmiştir.



Şekil 1.1Çalışma alanının Google Earth Görüntüsü

1.2. Literatür Özeti

Ülkemizde havza bazında çalışma yöntemi benimsenmiş olup, Orman ve Su İşleri Bakanlığı tarafından bir “Ulusal Havza Yönetimi Stratejisi” taslağı hazırlanmıştır. Aynı zamanda Türkiye’nin değişik havzalarının su kalitesi bir süredir çeşitli kurumlar tarafından izlenmektedir. Bir örnek Akarçay havzası için yapılan çalışmadır (Tunçok ve Özyürek, 2008).

Havza süreçleri ve su kütlelerine etkileri konusunda yapılmış pek çok çalışma literatürde mevcuttur. Çalışmalar havzaların geniş çaplı modellerinden çok küçük boyutlu ve yalnızca bir süreci veya sürecin parçasını inceleyen deneysel çalışmalara kadar geniş bir spektrumda karşımıza çıkmaktadır. Havza modellenmesi için HSPF, SWAT gibi modeller sıklıkla kullanılmaktadır (Lian ve ark., 2007; Tozoraki ve Nikolaidis, 2007; Güngör ve Göncü, 2012).

Su kütlelerinde kalite izlenmesi ve kalite bozulması konularında da geniş bir yelpazede çalışmalar mevcuttur. Baraj göl ve göletlerinin, su toplama havzasının genişliği nedeniyle havzadaki kirlenmeden doğal göllere göre daha fazla etkilenebileceği bildirilmiştir (Lind, 1990). Japonya’daki Biwa Gölünde yapılan çalışmada su kalitesi ölçümleri için Biwa Gölü havzası entegre yönetimi modelini kullanarak daha etkili ölçümler yapıldığı gözlemlenmiştir (Sato ve ark., 2008).

Webster ve ark. (1999), havzadan gelen alloktan materyal olarak adlandırılan kirleticilerin sulara girmesi durumunda bu maddelerin su kütlesi içinde davranışını incelemişlerdir. Royer ve Minshall (1997), yaptıkları çalışmada alloktan ve otokton materyallerin bozunma hızlarını karşılaştırmış ve akarsu ekosistemindeki etkilerini gözlemlenmişler. Avrupa’da çeşitli göller üzerinde yapılan model çalışmada su kütlesindeki askıda katı madde miktarı modellenmiştir. Bu çalışma sonucunda özellikle nisan ve mayıs aylarında, alloktan kaynaklı ve sucul üretim için gerekli ışık ve fosfor miktarındaki artışa bağlı olarak fitoplankton yapısındaki artışı sebebiyle otokton kaynaklı askıda katı madde derişiminde artış gözlemlenmiştir. Oluşturulan modellerde hemen hemen

bütün göller için bu aylarda askıda katı madde derişimlerinde pik değerler görölmüştür (Malmaeus ve Hakanson, 2003).

Ülkemizde havzalar ve onlar tarafından beslenen su kütleleri hakkında çalışmalar mevcuttur ancak yeterli sayıda değildir. Havza bazındaki kirletici sınırlamaları getirilerek dış kaynaklı kirletici yüklerinin azaltılması gerekliliği Uluabat Gölü su kalitesinin bozulması sonucu tespit edilmiştir. Korumanın sağlanabilmesi için havza boyutunda yönetim ve eşgüdüm çalışmalarının yürütölmesi gerekliliği sonucuna ulaşılmıştır (Katip ve Karaer, 2011). Karadeniz havzaları ile ilgili bir çalışmada yağışlı dönemlerin etkisi araştırılmıştır (Göltekin ve ark., 2012).

Eskişehir havzaları ile ilgili yapılmış çalışmalar da mevcuttur. Üzerinde en çok çalışılan havza Porsuk Çayı havzasıdır. Anadolu Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü bünyesinde yürütölen bir çalışmada uzaktan algılama yöntemleri kullanılarak Porsuk Baraj Gölü'nün su kalitesi izlenmiştir (Bilge ve ark., 2003). Başka bir çalışmada ise Porsuk Çayı havzasında antropojenik etkinlikler sonucu ortaya çıkan toprak ve su kirliliğini incelemişler ve Eskişehir ovasındaki yer altı suyu kaynaklarının içme suyu teminine uygun olmadığı sonucuna ulaşmıştır (Yüce ve ark., 2006).

TÜBİTAK destekli bir diğer proje ise “Aşağı Porsuk Çayı Havzasında İklim Değişikliğinin Hidrolojik Çevrime ve Su Kalitesine Etkilerinin HSPF Modeli Kullanılarak İncelenmesi ve En İyi Su Yönetimi Stratejilerinin Belirlenmesi” adını taşımaktadır ve Anadolu Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nde yürütölmüştür (TÜBİTAK Projesi, 2011). Ayrıca yine Aşağı Porsuk Çayı Havzası, SWAT modeli kullanılarak da incelenmiştir (Güngör ve Göncü, 2012). Aynı proje kapsamında yapılan bir diğer çalışmada, 1975-2010 arasında oluşturulan modele göre, Eskişehir kent merkezinde birikip akarsuya taşınan sediment derişiminin 2-550 mg/L arasında değiştiği görölmüştür. İklim senaryolarına göre çalıştırılan model ile 2100 yılına kadar geçirimsiz alanlardan gelen sediment derişiminde artış görölmüştür (Uygun ve Albek, 2013).

Anadolu Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü bünyesinde gerçekleştirilen “Seydi Suyu Havzası'nda su kalitesinin gözlemlenmesi, hidrolojik çevrimin ve havza su kalitesinin modellenmesi” adlı Anadolu Üniversitesi tarafından desteklenen araştırma projesinde Seydi Suyu’ndaki kirletici bileşenler izlenmiş, daha sonra HSPF modeli kullanılarak su kalitesi ve hidrolojik yapının modellenmesi sağlanmıştır (Albek, 2001). Bitki örtüsünün su verimine etkisinin de incelendiği aynı çalışmada havzanın tamamının bitkilerle kaplı olması durumunda akarsuyun artan bitki terlemesi nedeniyle %37 daha az su taşıyacağı bulunmuştur. Havzada hiç bitki örtüsü olmaması durumunda ise Seydi Suyu’nun taşıyacağı su miktarının %40 artacağı tahmin edilmiştir (Albek ve ark., 2004).

Seydi Suyu için yukarıda sözü edilen proje kapsamında gerçekleştirilen sediment modellenmesi çalışmasında akarsuya havzadan ulaşan sediment miktarları ve akarsuyun kendisinin taşıdığı sediment yükleri modellenmiştir. Aynı zamanda çeşitli toprak koruma çalışmalarının (konturlama, taraca uygulaması) sediment kaybını, dolayısıyla toprak erozyonunu nasıl etkileyeceği de modellenmiştir. Taraça uygulaması ile akarsuya ulaşan sediment yüklerinde %22’lik bir azalma gerçekleşebileceği bulunmuştur (Albek ve ark., 2005).

Akarsulara havzadan gelen yaygın ve noktasal kaynak yüklerini belirleyebilmek amacı ile yapılan çalışmalarda, klorür, askıda katı madde, nitrat, amonyak, biyokimyasal oksijen ihtiyacı ve toplam fosfor gibi bazı kalite parametrelerinin akış ile ilişkileri parametrik olmayan regresyon analizi ile incelenmiştir. (Albek, 2003). Yapılan bir diğer çalışmada Türkiye’nin bazı nehirlerine gelen klorür yükün akış ile ilişkisi regresyon analizi kullanılarak incelenerek çeşitli modeller oluşturulmuştur (Albek, 1999).

2. DOĞAL SULARIN BİLEŞİMİ VE ÇEVRESEL FAKTÖRLERİN ETKİSİ

Tatlı su kaynakları yeryüzünde yaşamın devam edebilmesi, sosyo-ekonomik gelişmenin sağlanabilmesi için gerekli olan kaynaklardır. İçme ve kullanma suyu temini için gerekli olan bu kaynaklar, yenilenebilir kaynaklar olmasına rağmen aşırı kullanım ve kirlenme sonlu kaynaklara dönüşebilirler.

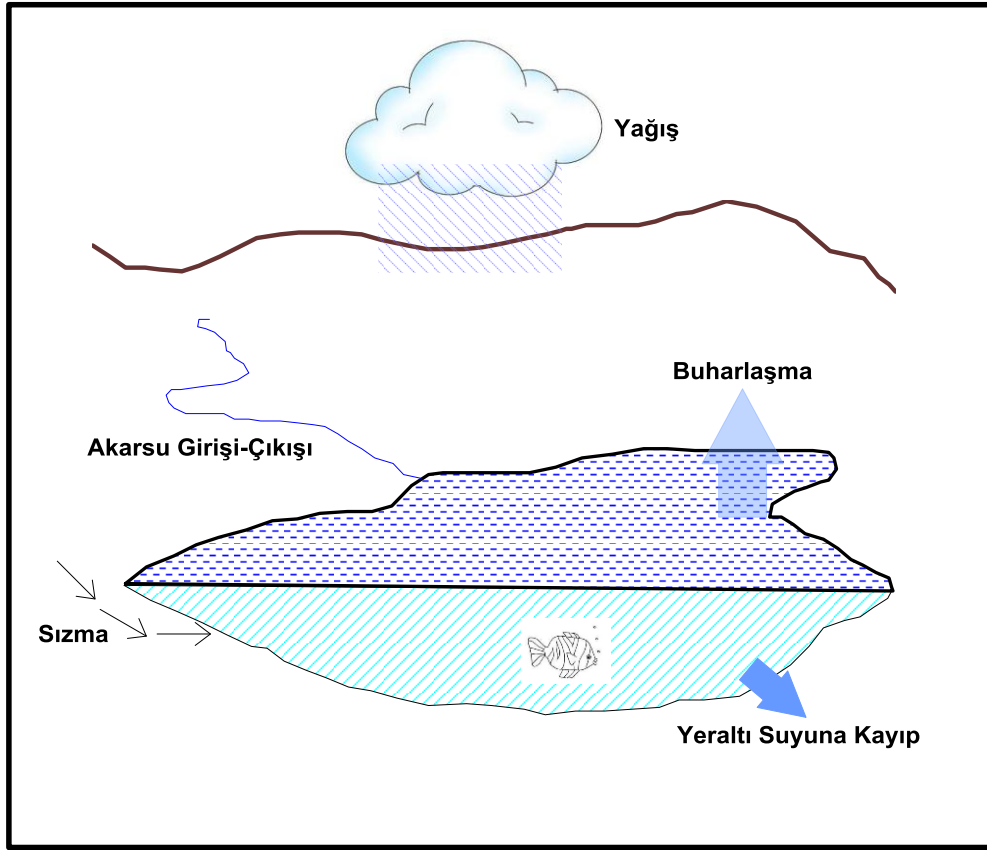
Hızlı nüfus artışına bağlı olarak artan su gereksinimine karşı, gelişen sanayi ve tarımsal faaliyetlerle orantılı olarak artan aşırı kullanım ve bu faaliyetlerin sonu oluşan kirlilik nedeniyle uygun kaynak varlığındaki azalma, havza bazında yönetimin önemini arttırmıştır. Havza süreçleri ve su kütlelerine etkileri her havza için havzanın toprak yapısına ve bitki örtüsüne, havzadaki iklime ve havzanın insanlar tarafından kullanımına bağlı olarak değişiklik gösterir. Bu sebeple gölete su kalitesinin incelemenin yanı sıra kalitedeki değişime etki eden havza karakteri, yağış ile birlikte atmosferden taşınan kirlilik yükü, havzanın toprak yapısı gibi çevresel faktörlerin de incelenmesi gerekmektedir.

2.1. Su Kalitesi

Su kalitesi suyun kullanılabilirliğini belirleyen bir unsurdur. Su kaynaklarının miktarı kadar, kullanım amacına uygunluğu yani kalitesi de önemlidir. Günümüzde artan evsel, endüstriyel ve tarımsal kirlilik yükü, hızlı nüfus artışı ve küresel ısınma su kaynakları gelecekte de var olabilirliğini ve de kullanılabilirliğini tehlikeye düşürmektedir.

Su kalitesi doğal (jeolojik, hidrolojik, iklim) ve antropojenik etkenler sonucu bozulur. Tatlı su kaynaklarının bozulmasında en temel sebepler ise toksik kimyasalların deşarjı, atmosferden taşınan kirleticiler ve ötrofikasyona sebep olan kirleticilerin su ortamına girmesidir.

Su kalitesi gözlemlerinde su kütlelerindeki su bütçesi göz önünde bulundurulmalıdır. Su kaynakları girdileri ve çıktıları ile birlikte incelenmelidir (Bartram ve Ballance, 1996). Su kütlelerinde su döngüsünün şematik gösterimi Şekil 2.1’de verilmiştir. Tatlı su kaynaklarının kirlenmesinde temel taşınım yolları atmosfer, akarsu kolları ve yeraltı sularıdır. Atmosferdeki kirleticiler yağış ile birlikte (ıslak çökeltme) ya da kuru çökeltme şeklinde su kaynaklarına taşınırlar. Akarsu kolları ise havzadan gelen kirleticileri su kaynağına taşımaktadır. Yeraltı suyunun göle karışması sonucunda ise yer altı suyundan gelen kirlilik yükü de söz konusudur.



Şekil 2.1 Göllerde su döngüsünün şematik gösterimi

Su döngüsünün su kalitesine etkisini incelerken dikkate alınması gereken bir diğer unsur ise su kirliliği çalışmaları için önemli bir kavram olan alıkoyma

süresidir. Alıkoyma süresi gölün kendi kendini yenilemesi için gerekli zamanı gösterir ve gölün toplam hacminin çıkış debisine bölünmesi ile bulunur (Bartram ve Ballance, 1996). Bu sebeple göl ve göletlerin alanı, derinliği, batimetrik haritalar yardımıyla hacminin hesaplanması gereklidir. Alıkoyma süresi düşük olan göller kirlilikten daha kolay kurtulabilirken, alıkoyma süresi büyük olan göllerde kirleticilerin taşınımı, su kütlelerinden uzaklaştırılması yıllar hatta yüzyıllar alabilir.

Tatlı su kütlelerinde su kalitesinin bozulmasında ve biyolojik çeşitliliğin azalmasında en önemli nedenlerden birisi aşırı azot ve fosfor girişi ile meydana gelen göl ötrofikasyonudur. Ötrofikasyon oluşumunda başlıca etkenler; besin maddeleri, güneş radyasyonu ve derinlikle değişimi, su sıcaklığı, fitoplankton yapısı, su ortamının geometrik özellikleri ile taşınımı ve dispersiyonudur. Göller oligotrofik, mezotrofik, ötrofik ve hiperötrofik olarak dört trofik seviyede sınıflandırılır. Çizege 2.1 de göl, gölet ve barajlarda trofik sınıflandırma değerleri verilmiştir.

Çizelge 2.1 Göllerin trofik seviyelerine göre sınıflandırılması (Wetzel, 1983)

PARAMETRE(Yıllık ortalama değerler)	Oligotrofik	Mezotrofik	Ötrofik	Hiperötrofik
Toplam fosfor (mg/m ³)				
Ortalama	8.0	26.7	84.4	-
Aralık	3.0-17.7	10.9-95.6	16-386	750-1200
Toplam azot (mg/m ³)				
Ortalama	661	753	1875	-
Aralık	307-1630	361-1387	393-6100	-
Klorofil a (mg/m ³)				
Ortalama	1.7	4.7	14.3	-
Aralık	0.3-4.5	3-11	3-78	100-150
Klorofil a pik (mg/m ³)				
Ortalama	4.2	16.1	42.6	-
Aralık	1.3-10.6	4.9-49.5	9.5-275	-
Seki disk derinliği(m)				
Ortalama	9.9	4.2	2.45	-
Aralık	5.4-28.3	1.5-8.1	0.8-7.0	0.4-0.5

Su kirliliği kontrol düzenlemeleri için ulusal ve uluslararası standartlarda çeşitli düzenlemeler mevcuttur. Türkiye’de yeraltı ve yerüstü su kaynaklarının potansiyelinin korunması ve en iyi bir biçimde kullanımının sağlanması,

sürdürülebilir bir kalkınma hedefi ile su kirliliğinin önlenmesi amacıyla su kirliliği kontrolü yönetmeliği hazırlanmıştır. Bu yönetmelik kapsamında su kaynaklarının kalitesinin korunması ve geliştirilmesi hedeflenmiş ve bu doğrultuda çeşitli sınıflandırmalar yapılmıştır. Çizelge 2.2’de kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre bu çalışma kapsamında incelenen kalite kriterleri verilmiştir (SKKY, 2008). Çizelge 2.3’de ise ötrofikasyon kontrollü için Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğinde belirtilen sınır değerleri verilmiştir.

Çizelge 2.2 Kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre bazı kalite kriterleri

Su Kalite Parametresi	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
Çözünmüş Oksijen (mg O ₂ /L)	8	6	3	< 3
Oksijen Doygunluğu (%)	90	70	40	< 40
Klorür iyonu(mg Cl ⁻ /L)	25	200	400	>400
Sülfat iyonu(mg SO ₄ ⁻² /L)	200	200	400	>400
Amonyum azotu(mg NH ₄ ⁺ -N/L)	0.2	1	2	>2
Nitrit Azotu(mg NO ₂ ⁻ N/L)	0.002	0.01	0.05	>0.05
Nitrat Azotu(mg NO ₃ ⁻ N/L)	5	10	20	>20
Toplam fosfor (mg P/L)	0.02	0.16	0.65	>0.65
Kimyasal oksijen ihtiyacı (mg/L)	25	50	70	>70
Toplam organik karbon (mg/L)	5	8	12	>12
Fekal koliform(EMS/100)	10	200	2000	>2000
Toplam koliform(EMS/100)	100	20000	100000	>100000

Çizelge 2.3 Ötrofikasyon kontrolü sınır değerleri

İstenilen Özellik	Kullanım Alanı	
	Doğal koruma alanı ve rekreasyonu	Çeşitli kullanımlar için (doğal olarak tuzlu acı ve sodalı göller dahil)
pH	6.5-8.5	6-10.5
KOİ(mg/L)	3	8
Çözünmüş Oksijen(mg/L)	7.5	5
AKM(mg/L)	5	15
Toplam koliform(EMS/100mL)	1000	1000
Toplam azot (mg/L)	0.1	1
Toplam fosfor (mg/L)	0.005	0.1
Klorofil-a(mg/L)	0.008	0.025

2.2. Doğal Sularda Kirleticiler ve Kalite Parametreleri

Su kirliliği, su kaynağının herhangi bir amaçla kullanımının antropojenik veya doğal etkenler sonucu engellenmesi ve sucul ekosistemin doğal dengesinin bozulması olarak tanımlanabilir.

EPA (Environmental Protection Agency) tarafından kirletici; ortama girerek bir kaynağın yararlı kullanımını olumsuz etkileyen her türlü madde olarak tanımlanmaktadır. Kirleticiler allokton ve otokton olarak sınıflandırılabilir. Allokton kirletici su kütlesine dışarıdan giren kirleticidir. Otokton kirletici ise su kütlesi içinde doğal yollarla oluşan kirleticilerdir (Novotny, 2003).

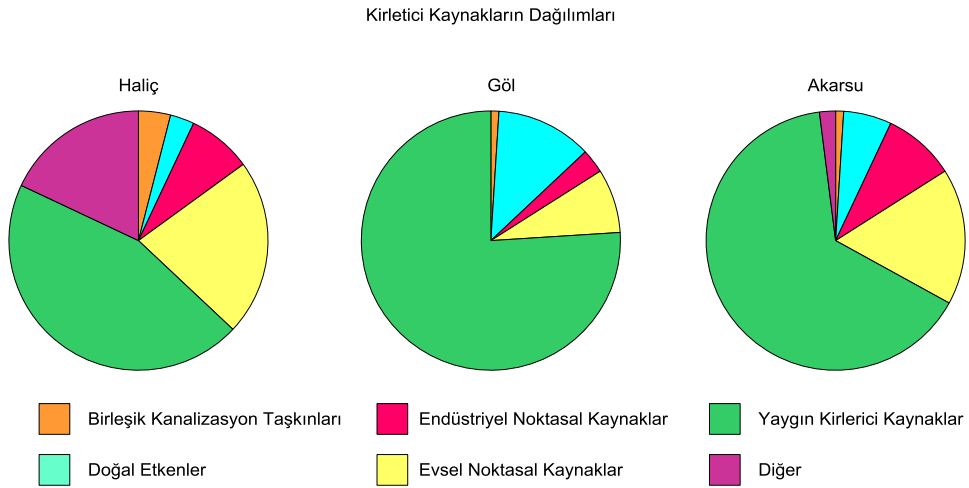
Kirletici kaynaklar noktasal ve yaygın kirletici kaynaklar olarak iki grupta toplanabilir. Noktasal kaynaklı kirlilik, belirli bir noktadan su kütlesine taşınan ve genellikle ölçülebilen kirliliktir. Başlıca noktasal kirletici kaynaklar evsel ve endüstriyel atıksu deşarjlarıdır. Yaygın kaynaklı ya da noktasal olmayan kaynaklı kirleticiler ise su kütlesine farklı noktalardan dağınık olarak giren, ölçülmesi zor olan, genellikle araziden ve arazi kullanımından kaynaklanan kirliliktir. Yaygın kaynaklı kirliliğe su kütlesine atmosferden yağış veya kuru çökeltme ile giren kirleticiler ve tarımsal alanlardan yüzey akışı ile gelen kirleticiler ve yer altı sularından gelen kirleticiler ile oluşan kirlilik örnek verilebilir. Noktasal kaynaklı kirleticiler kontrol edilebilirken, yaygın kaynaklı kirleticiler kontrolü noktasal kaynaklı kirleticilere göre daha zordur.

Allokton kirleticiler hem noktasal hem de yaygın olarak su kütlesine girebilirler. Noktasal ve yaygın kaynaklı kirleticiler Şekil 2.2’de şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 2.2 Noktasal ve yaygın kaynaklı kirleticilerin şematik olarak gösterimi

U.S. Forest Service'in raporunu göre göllere gelen kirleticilerin %76'sı yaygın kaynaklıdır (U.S. Forest Service, 1987). Şekil 2.3'de bu çalışmaya göre kirletici kaynaklarının dağılımları gösterilmiştir.



Şekil 2.3 Kirletici kaynakların dağılımı (U.S. Forest Service, 1987)

Proje kapsamında incelen bazı kalite parametreleri ve kirleticiler aşağıda açıklanmıştır.

2.2.1. pH

Sudaki H^+ iyonlarının molar bazda derişiminin eksi logaritmasına karşılık gelen pH, suların asitlik ve bazlık derecesini belirleyen bir değerdir. Yüzey sularının kalitesini ve çeşitli amaçlar için yararlı kullanımının uygunluğunu belirleyen birincil parametrelerden olması sebebiyle su kalitesi çalışmalarında önemlidir.

Sudaki pek çok canlı pH değişimlerine duyarlı olması sebebiyle pH değeri sınır değerlerin dışına çıktığında sucul yaşam için tehlike oluşturur. Nitrifikasyon gibi biyokimyasal ayrışma ve dönüşümler de pH'a duyarlıdır, pH değeri asidik değerlere ulaştınca bu süreçler yavaşlar (Sawyer ve ark., 2003).

Yüzey sularında pH ve asidite değişimlerinin başlıca iki yaygın kaynağı asit yağmurları ve asitli maden drenajlarıdır (Novotny, 2003). Asit yağmurlarına atmosferik kükürt ve azot oksitler yol açarken, asit maden drenajına, pirit içiren maden artıklarının yükseltgenmesi ve bu minerallerin su ile teması sonucu asit oluşumu neden olur.

2.2.2. Askıda katı madde

Toplam askıda katı madde su içerisinde çökebilen ya da çökemeyen katı maddelerin toplamıdır. Doğal sularda askıda katı maddeler, öncelikle suyun fiziksel kirlenmesine sebep olur. Suyun bulanıklaşması, yoğunlaşması ve toksisitesini arttırmasının yanı sıra ışık geçirgenliğini ve oksijen miktarını azaltarak, dip birikintilerine yol açar ve sucul yaşam için tehlike oluşturur. Doğal sularda askıda katı madde miktarını etkileyen iki önemli kaynak; toprak erozyonu sonucu su kütlesine taşınan askıda katı maddeler ve su kütlesindeki sucul canlıların ürettiği, otokton kaynaklı olan askıda maddelerdir. Askıda katı madde miktarı gravimetrik veya nefelometrik olarak belirlenir.

2.2.3. Kimyasal Oksijen İhtiyacı

Kimyasal oksijen ihtiyacı sudaki organik maddelerin parçalanabilmesi için gerekli oksijen ihtiyacının ölçüsüdür. Kimyasal oksijen ihtiyacı organik kirlilik yükünü belirlemede kullanılan bir parametredir. Sularda kimyasal oksijen ihtiyacı asidik bir ortamda kuvvetli bir yükseltgeyici kullanılarak organik maddenin parçalanması ile belirlenir.

2.2.4. Azot Türleri

Azot tüm canlı hücrelerin üremesi ve yaşamaları için gerekli bir maddedir. Azot doğal çevrimi içerisinde bakteriler tarafından tüketilerek, yüzey sularında amonyak, nitrit, nitrat, organik azot gibi değişik oksidasyon kademelerinde bileşikler halinde bulunabilen bir maddedir (Hem, 1992). Azot doğal sulara farklı kaynaklardan giriş yapar. Su kütlesine azot girişine etki eden kaynaklar;

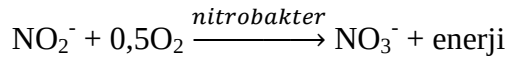
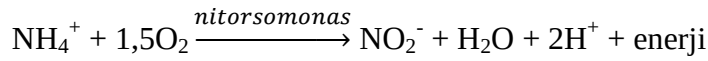
- Atmosferdeki kirleticilerin su kütlesine ıslak ve kuru çökeltme şeklinde inmesi
- Suda ve sedimentte azotun bağlanması
- Yeraltı suları ve yüzeysel akışlardır.

Su kütlelerinde azot kayıplarına sebep olan durumlar ise;

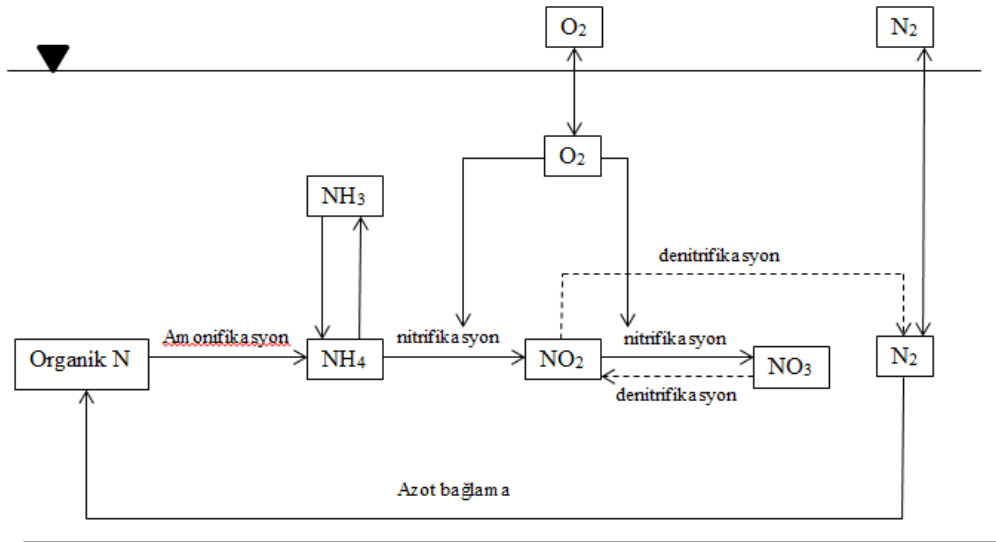
- Çıkış akışları
- Bakteriyel denitrifikasyon ile nitratin serbest azota dönüştürülmesinin ardından azotun atmosfere geri dönmesi
- Kalıcı çökelmelerden oluşan organik ve inorganik azot kayıpları (Wetzel, 1983).

Azot, su kirliliği açısından, ötrofikasyon ve oksijen bilançosunda değişime sebep olması, sucul yaşam için toksikolojik sorunların ortaya çıkması sebebiyle oldukça önemlidir.

Azot sucul ekosistemde öncelikli olarak organik madde şeklinde dip sedimentte birikir fakat bu birikintiler kalıcı değildir. Su kütlesinde inorganik azot formlarının oluşması ise nitrifikasyon ve denitrifikasyon süreçleri ile gerçekleşir. Molekül halindeki azot çok zor tepkimeye girer. Bu sebeple pek çok bitki tarafından kullanılması mümkün değildir. Ancak azotobakterler gibi bazı mikroorganizmalar azotu indirgeyerek protein sentezinde kullanabilirler. Nitrifikasyon sürecinde nitrit bakterileri diye isimlendirilen nitrosomonas grubu amonyumu nitrite dönüştürür. Nitrat bakterileri diye isimlendirilen nitrobakter grubu ise nitriti nitrate dönüştürür (Uslu ve Türkman, 1987).



Su ortamında anaerobik koşulların oluşması durumunda nitrifikasyonun tersi olan denitrifikasyon oluşur. Bu durumda denitrifikasyonun son aşamasında havanın doğal bileşeni olan N_2 oluşur ve su ortamından uzaklaşarak atmosfere karışır (Sawyer ve ark., 2003). Doğal sularda azot döngüsü Şekil 2.4'te verilmiştir.



Şekil 2.4 Doğal sularda azot döngüsü

Kirlenmemiş sularda amonyak azotu 0,25 mg NH_4^+ -N/L'nin, nitrat azotu derişimi 0,25 mg NO_3^- -N/L'nin altındadır. Kirlenmiş sularda bu derişim 1 mg/L'nin üstüne çıkar. Nitrit ise nitrifikasyon ve denitrifikasyon süreçlerinde bir ara ürün olduğu için nitrit derişimleri genellikle çok düşüktür, nadiren 0,05 mg NO_2^- -N/L'nin üstüne çıkar. Fakat kirlenmiş sularda çözünmüş oksijen miktarı az ise nitrit derişimi birkaç mg/L'lere kadar çıkabilir (Boyd , 2000).

2.2.5. Fosfor Türleri

Fosfor sucul ekosistemde bitkilerin büyümesini kontrol eden bir besin maddesidir. Fosfor sucul bitkilerin özellikle de fitoplanktonların büyümesine sebep olur. Fitoplanktonlar esas olarak yosunlardan oluşur. Bunlar klorofil taşıyan mikroorganizmalar olduğundan büyümeleri büyük ölçüde suda mevcut besin maddelerinin miktarı ile ilgilidir. Azot ve fosfor ortamda çok miktarda olduğunda aşırı tüketim sonucu yosun üretiminde patlama şeklinde bir büyümeye neden olur ve bu durumda ötrofikasyon olarak isimlendirilir. Fosfor sucul yaşam için toksik şartlar oluşturmamasına rağmen ötrofikasyon sebebiyle kirliliğe yol açtığı için önemlidir.

Yüzey sularında en önemli fosfor kaynakları havza toprağı ve dip sedimenttir. Atmosferden gelen fosfor girişı azota nazaran daha azdır (Boyd , 2000). Doğadaki diğer fosfor kaynakları fosfor içeren kayaların aşınması ile veya organik maddelerin bozunması ile açığa çıkar. Ayrıca deterjan içeren atıksuların deşarjı da su kütlesine fosfor taşır (Chapman, 1992). Amerika'da yapılan bir çalışmada yaygın kaynaklı azot ve fosfor yükleri Çizelge 2.4'te verilmiştir.

Çizelge 2.4 Amerika'da yaygın kaynaklı azot ve fosfor yükleri (kg/ha.yıl) (Chapra, 1997)

	Orman	Tarımsal	Kentsel	Atmosfer
Azot	3 (1,3 – 10,2)	5 (0,5 - 50)	5 (1 - 20)	24
Fosfor	0.4 (0,01 - 0,9)	0.5 (0,1 - 5)	1 (0,1 - 10)	1 (0,05 - 5)

Yüzey suları, sedimentlerinde önemli miktarda fosfor bulundurur. Sedimentteki fosfor, inorganik fosfor türlerinin doğrudan ya da Ca, Al, ve Fe bileşenleriyle çökerek veya sediment içerisindeki kimyasal reaksiyonlar sonucu oluşur. Sedimentteki fosfor miktarı kil miktarıyla orantılı olarak artar (Uslu ve Türkman, 1987). Çeşitli sularda tipik fosfor derişimleri Çizelge 2.5'te verilmiştir.

Çizelge 2.5 Çeşitli sularda tipik fosfor derişimleri (Uslu & Türkman, 1987)

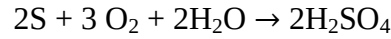
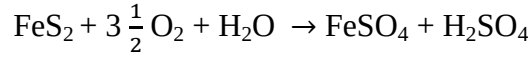
	Toplam Fosfor (g P/m ³)	Çözünmüş ortofosfat (%)
Tarımsal drenaj	0,05 – 10	15 – 50
Kirlenmemiş göller	0,01 – 0,04	10 – 30
Akarsular	0,01 – 1,0	
Yağmur suyu	0,004 – 0,03	

2.2.6. Sülfat

Kükürt tüm canlıların bazı aminoasitlerinin yapısında bulunması sebebiyle yaşam için gerekli bir maddedir. Yüzey sularında kükürdün başlıca kaynakları; kaya aşınmaları, volkanlar, biyolojik ve biyokimyasal süreçler, endüstriyel ve antropojenik aktivitelerdir. Bu sülfürlerin bir kısmı direk olarak akış ile su kütlesine taşınır, diğer kısmı ise atmosfere karışarak ıslak ve kuru çökme şeklinde yeryüzüne döner.

Volkanik ve tortul kayalardan sülfürler, indirgenmiş formda sülfürler olarak yayılır. Sülfür mineralleri havalanmış su ile temas ettiklerinde sülfata yükseltgenirler. Yeraltı sularında en önemli sülfat ve demir kaynağı ise pek çok tortul kayada bulunan pirit (FeS₂) kristalleridir (Hem, 1992).

Sülfat, kayaların jeokimyasal aşınması sonucu ve sülfid ya da serbest sülfür içeren toprakların su ile teması sonucu bu bileşiklerim yükseltgenerek sülfirik asit oluşturması sonucu ortaya çıkar (Wetzel, 1983).



Doğal sularda sülfat SO_4^{-2} şeklinde bulunur. Anaerobik koşullarda nitratın da yetersiz olması sonucu bakteriler tarafından oksijen kaynağı olarak kullanılarak hidrojen sülfüre (H_2S , HS^-) dönüştürülür ve çürük yumurta kokulu bu gaz koku problemine sebep olur.

Literatürde doğal sularda sülfat derişimlerinin bulunduğu bölgenin özelliklerine göre 2 – 80 mg/L arasında değıştiğı yer almaktadır (Chapman, 1992) fakat daha yüksek değerlerde gözlenebilir.

2.2.7. Organik Karbon

Organik maddeler içerisinde karbon bulunduran bileşiklerdir. Su ortamında organik maddeler mikroorganizmaların solunum ve sentez süreçlerinde parçalanır. Solunum sürecinde organik karbon, mikroorganizmalar tarafından enerji gereksinimlerini karşılamak için tüketilirken, sentez sürecinde hücre yapısını oluşturmak için kullanılırlar ve çözünmüş organik karbon askıda organik karbona dönüşür (Wetzel, 1983).

Organik madde kaynakları allokton veya otokton olabilir. Otokton kaynaklı organik maddeler su içerisinde yaşayan canlılar tarafından oluşturulur. Su kütlesine allokton kaynaklı giren organik maddeler ise karasal bitkilerden kaynaklanır. Bitki artıklarındaki organik karbon yüzeysel akış veya rüzgar ile su kütlesine taşınır ve su kütlesinde organik madde kaynağının önemli bir kısmını oluşturur. Ayrıca atık sular da su kütlesine organik madde taşırlar.

Su kütlelerinde ototrof süreçler sonucunda üretilen organik madde ile heterotrof süreçler sonucu tüketilen organik madde arasında doğal bir denge vardır. Fakat allokton kaynaklı azot ve fosfor girişı olursa bu denge bozulur. Eğer

bunun sonucunda ortamda az miktarda çözülmüş oksijen kalırsa yeni bir denge oluşabilir fakat oksijen tüketimi oksijen kazanımından fazla olur ve ortamda çözülmüş oksijen bulunmazsa su kütlesindeki biyolojik süreçler tamamen değişebilir (Uslu ve Türkman, 1987).

Su kütlesinde pek çok farklı organik madde türü bulunabilir. Tüm bu organik maddelerin ayrı ayrı incelenmesi zordur. Bu sebeple organik madde miktarını belirlemede toplam organik karbon (TOK), kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) ve biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ) analizleri kullanılır. Bir su kütlesinde TOK, KOİ, BOİ arasındaki ilişki genellikle $KOİ > BOİ > TOK$ şeklindedir (Chapman, 1992). Yüzey sularında TOK miktarı genellikle 10 mg/L'den küçüktür (Chapman, 1992).

2.2.8. Temel elementler

Temel elementler doğada bol miktarda bulunan, bitki ve hayvanların yaşaması için gerekli olan elementlerdir. Yüzey sularında bulunan kalsiyum (Ca), potasyum (K^+), sodyum (Na^+), magnezyum (Mg^{+2}), klorür (Cl^-) gibi ana elementler bölgenin jeolojik, coğrafik ve iklim koşullarına göre büyük değişkenlik gösterebilir. Söz konusu elementlerin doğal sularındaki derişimleri ve kaynakları Çizelge 2.6'da verilmiştir.

Çizelge 2.6 Doğal sularda bulunan temel elementlerin kaynak ve derişimleri (Manahan, 1994; Hem, 1992; Stumm ve Morgan, 1996)

Element	Kaynak	Doğal sulardaki derişimi
Kalsiyum (Ca^{+2})	Kalsiyum içeren kayaların aşınması, evsel ve endüstriyel atık su deşarjı	< 15 mg/L
Potasyum (K^{+})	Potasyum içeren kayaların aşınması*, potasyum tuzu kullanılan endüstrilerden atıksu deşarjı, potasyum içerikli gübrelerin yüzeysel akış ile taşınması	<10 mg/L
Sodyum (Na^{+})	Sodyum içeren kayaların aşınması, evsel ve endüstriyel atıksu deşarjı, kış mevsiminde buzlanmaya karşı yapılan tuzlama çalışmaları, denize yakın yerlerde deniz suyunun su kütlesine karışması	1-10 ⁵ mg/L**
Magnezyum (Mg^{+2})	Ferromagnezyum içeren kayaların aşınma, atıksu deşarjı	1 - 100 mg/L***
Klorür (Cl^{-})	Okyanus aerosollerinin çökmesi, tuz içeren tortul kayaçların aşınması, evsel ve endüstriyel atık su deşarjı, tarım arazileri ve yollardan yüzeysel akış ile taşınması	< 10 mg/L

* Potasyum içeren kayalar aşınmaya karşı dayanıklı olduğundan kirlenmemiş sularda potasyum derişimi oldukça düşüktür.

** Sodyum bölgenin jeolojik ve coğrafi özelliklerine göre büyük farklılık gösterebilir.

*** Magnezyum derişimi havzanın kaya yapısına bağlı olarak değişebilir.

2.2.9. Koliform

İnsanda hastalık yapan mikroorganizmalar patojen olarak isimlendirilir. Koliform miktarı su kütlesinde patojenlerin varlığının, insan atıklarının bulaşık bulaşmadığını gözlemlenmede kullanılan bir belirteçtir. İçme suyu amaçlı kullanılacak sularda koliform bulunması istenmez.

2.2.10. Klorofil-a

Klorofil fotosentez yapan tüm canlıların bünyesinde bulunan yeşil renkli bir pigmenttir. Klorofil-a derişimi fitoplankton miktarının ve su kütlesinin trofik seviyesinin belirlenmesinde önemli bir göstergesidir.

Yosun büyümesi, besin maddesi miktarına, sıcaklığa ve ışığa bağlı olması sebebiyle klorofil derişimi mevsimsel olarak değişebileceği gibi günlük veya derinliğe bağlı olarak da değişebilmektedir. Yüksek besin maddesine sahip ötrofik göllerde klorofil derişimi 4 – 150 µg/L arasında değişirken, düşük miktarda besin maddesi içeren oligotrofik göllerde klorofil derişimi 2,5µg/L'nin altındadır (Boyd, 2000).

2.2.11. Seki-diski Derinliği :

Işık sucul yaşamda fotosentez yapan canlılar için gereklidir. Bu sebeple su kütlelerinde ışık geçirgenliği önemlidir. Askıda katı maddelerin sebep olduğu bulanıklık su kütlelerinde ışık geçirgenliğini azaltır. Işık geçirgenliği seki diski adı verilen 20-30 cm çapında siyah ve beyaz çeyreklere boyanmış dairesel bir disk ile ölçülür (Şekil 2.5). Seki diskinin kaybolduğu ve daha sonra ilk kez görüldüğü derinlik değerlerinin ortalaması ile seki diski derinliği hesaplanır. Seki diski derinliği ötrofikasyon kontrolünde önemli bir parametredir. Seki diski derinliğinin 2 ile çarpılması ile ötrofik alan derinliği tahmin edilebilir (Boyd, 2000). Seki diski derinliği belirlenirken ölçüm yapılan noktanın gölgede olmaması, havanın açık olması ve güneşin arkaya alınarak ölçüm yapılması gereklidir.



Şekil 2.5 Seki diski

Seki diski derinliği ışık geçirgenliğinin bir göstergesi olduğundan, bitkilerde fotosentezi sağlayan klorofil pigmentinin derişimi ile ilişkilendirilebilir. Klorofil-a derişimi arttıkça seki diski derinliği azalır. (Chapra, 1997).

2.3. Atmosferdeki Kirleticilerin Çökemeleri

Atmosferden su kütlesine taşınan kirleticiler en önemli yaygın kirletici kaynaklardan birisidir. Kirleticilerin atmosferik çökemeleri ıslak ya da kuru çökme şeklinde olabilir. Endüstriyel ve kentsel alanlarda atmosfere salınan kirleticiler hava kirliliğine sebep olur. Bu kirleticilerin bir kısmı yağmur damlaları ya da kar taneleri tarafından absorbe edilir. Büyük şehirlerin atmosferik partiküllerin ıslak ve kuru çökemeleri 7 ton/km².ay ile 30 ton/km².ay arasında değişir. Kirleticilerin çökme hızları kış aylarında yaz aylarına göre daha yüksektir. Amerika’da Milwaukee şehrinde yapılan bir çalışmada bazı kirleticilerin kuru çökme hızları tespit edilmiş elde edilen değerler Çizelge 2.7’de verilmiştir. Yine aynı çalışmada ıslak çökmenin karakteristiği belirlenmiş ve sonuçlar Çizelge 2.8’de verilmiştir (Novotny, 2003).

Çizelge 2.7 Milwaukee, US’ de bazı bileşenleri kuru çökme hızları

Bileşen	Ortalama Çökme akısı (mg/m ² .gün)	
	Yıllık ortalama	Kış
Toplam katı	50	68
Toplam fosfor	0,048	0,055
COD	17,4	23,7
Toplam Kurşun	0,052	0,052

Çizelge 2.8 Milwaukee’de ortalama ıslak çökme karakteristiği

Askıda Katı Madde	4,0 mg/L
Organik Madde (VSS)	1,0 mg/L
Organik Madde (COD)	7,0 mg/L
Toplam Azot	0,9 mg/L
Toplam Fosfor	0,015 mg/L
Toplam Kurşun	0,012 mg/L
pH	4,2 mg/L

Yağmur suyunun bileşimi endüstriyel faaliyetlere, iklime, jeolojik yapıya ve coğrafi konuma göre bölgeden bölgeye büyük farklılıklar gösterebilir. Kuzey Avrupa ve Orta Amerika’da yağmur suyundaki iyon derişimleri Çizelge 2.9’da verilmiştir (Boyd , 2000).

Çizelge 2.9 Kuzey Avrupa ve Orta Amerika’da Yağmur suyundaki iyon derişimleri (mg/L)

İyon	Kuzey Avrupa	Orta Amerika
Sodyum	2,05	0,33
Potasyum	0,35	0,31
Kalsiyum	1,42	2,18
Magnezyum	0,39	-
Klorür	3,47	0,15
Sülfat	2,19	1,20
Nitrat	0,27	3,81
Amonyak	0,41	0,44

2.3.1. Azot Türleri

Azot kendi doğal döngüsü içinde atmosferden yeryüzüne iner ve yer yüzeyinden atmosfere geri döner. Su kütlelerine atmosferden azot ıslak ve kuru çökelme şeklinde iner. Yağışta ya da kuru çökelme şeklinde bulunan azot meteorolojik koşullara, rüzgar dağılımına ve su kütlesinin endüstriyel ve tarımsal alanlara yakınlığına göre büyük farklılık gösterir.

Arazinin ya da su kütlesinin alanı başına düşen azot akısının yağışın hacmi ile doğrudan bir ilişkisi yoktur. Kuru çökelme ıslak çökelmenin 10 katı kadar besin içerebilir. Amerika’da Büyük Göller üzerine yağış ile gelen azot yükü 0,3 – 0,35 gr N m²/yıl olarak belirtilmiştir. Kuru çökelme ile gelen azot miktarı 3-4 kat daha fazla olabilmektedir. Islak ve kuru çökelme şeklinde atmosferden gelen toplam azot yükü 1 gr N/m²yıl’dır. Karla gelen azot miktarı yağmur ile gelenden daha fazladır. Yağış ile göle giren toplam yıllık azot miktarının yarısı kar ile olmaktadır (Wetzel, 1983).

Kirlenmemiş alanlarda atmosferde N_2 dışındaki azot genellikle organik maddeleri bozunması ile açığa çıkan amonyaktır. Fakat atmosferdeki azot toz partikülleri ile nitrata yükseltgenebilir. Bu sebeple yağış hem amonyak hem de nitrat azotu içerebilir.

2.3.2. Fosfor Türleri

Atmosferden gelen fosfor yükü bölgeden bölgeye büyük farklılıklar gösterebilir. Islak çökme ile su kütlesine giren fosfor genellikle tarım arazilerinde kullanılan fosforlu gübrelerden kaynaklanır. Bu sebeple mevsimlere göre de farklılık gösterebilir. İlkbahar ve yaz aylarında yağıştaki fosfor miktarı kış aylarına göre daha fazladır. Azot ile karşılaştırıldığında ise yağıştaki fosfor derişimi azot derişiminden daha azdır (Wetzel, 1983).

Kirlenmemiş alanlarda yağışın fosfor içeriği 30 μg P/L'nin altındadır. Kirlenmiş alanlarda bu değer 100 μg P/L değerlerine kadar çıkabilir (Wetzel, 1983).

2.3.3. Sülfat

Kükürt, SO_2 ve H_2S gazları, aerosollerde SO_4^{-2} ve SO_3^{-2} şeklinde atmosferde sürekli olarak bulunan elementlerden biridir. Havadaki hidrojen sülfürler oksidatif reaksiyona maruz kalarak öncelikle SO_2 'ye daha sonrada SO_3 'e ve H_2SO_4 'e yükseltgenirler. Eğer demir ve manganez oksitler gibi metalik katalizörler ortamda mevcut ise bu bu süreç çok hızlı gerçekleşir. Atmosferdeki hidrojen sülfürlerin başlıca kaynakları volkanik gazlar, biyogenik ve endüstriyel faaliyetlerdir. Kükürtlü bileşiklerin %95'i kükürt içeren fosil yakıtların yanması sonucu atmosfere taşınırlar (Wetzel, 1983).

Kükürtdioksit (SO₂) ve azot oksit (NO_x) bileşikleri atmosferde yağış ile birlikte sülfürik ve nitrik aside dönüşüp yağmurun pH'ını 5,6'nın altına düşürerek asit yağmurlarının oluşumuna sebep olurlar (Novotny, 2003). Sülfürlü bileşikler en önemli yaygın kirleticiler kaynağı olan atmosfer çökelmeleri ile su kütlelerine karışırlar.

Rize ilinde yapılan bir çalışmada yağmur suyunda sülfat içeriğinin yakıt tüketiminin fazla olduğu aylarda arttığı gözlemlenmiştir. Buna bağlı olarak aynı dönemlerde yağmur suyunun pH düşmesi ile daha asidik yağmurlar gözlemlenmiştir (Balcı ve ark., 2001) .

2.3.4. Organik Karbon

Toprak bileşenlerinin aerosollerde taşınımı atmosferdeki organik karbonun önemli bir kısmını oluşturur (Baquero ve ark., 2006). Atmosferdeki organik kirleticiler yağış ile yada kuru çökme ile su kütlelerine taşınırlar. Atmosferdeki partikül maddeler ile organik karbon arasında pozitif bir ilişki vardır. (Ruban ve ark., 2011) yaptıkları çalışmada atmosfer çökelmelerindeki askıda katı madde derişiminin 2 – 35 mg/L, toplam organik karbon derişiminin 0,5 – 12 mg/L arasında değiştiğini ve en yüksek değerlerin haziran ve temmuz ayında elde edildiğini gözlemlemişlerdir.

2.3.5. Klorür

Yağıştaki klorür kaynağı deniz yüzeyinden buharlaşarak atmosfere taşınan klorürdür. Denize yakın yerlerde yağıştaki klorür miktarı uzak yerlere göre daha yüksektir. Atmosferdeki klorür yağış içinde çözünerek yüzey sularına taşınır. Kar taneleri yağmur damlalarına nazaran daha az klorür taşımaktadır (Wetzel, 1983).

2.4. Toprak Kirliliği

Toprak kirliliği, atmosferdeki kirleticilerin yağış ile toprağa inmesi ve havzadaki yüzeysel akış ile birlikte bu kirleticilerin su kütlesine taşınması sebebiyle su kirliliği ile doğrudan orantılıdır. Toprak kirliliği özellikle yeraltı sularının kirlenmesine neden olmasının yanı sıra kirleticilerin yüzeysel akış ile ya da yeraltı sularına sızan kirleticilerle kirlenmiş yeraltı sularının yüzey sularını beslemesi ile göl ve göletlerde kirliliğe sebep olurlar.

Etkili bir havza yönetimi için hava, su ve toprak kirliliğinin birlikte ele alınması gerekir. Toprak özellikle tarımsal alanlarda kullanılan gübrelerin ve atıkların etkisi ile kirlenir. Yağmur suyu toprağa indiği anda topraktaki kirleticilerle etkileşime girer. Oluşan yüzeysel akış ile bu kirleticilerin bir kısmı su kütlesine taşınır. Toprak kirliliğinin su kütlelerine etkilerini inceleyebilmek için öncelikle toprak kirleticileri belirlenmeli ve ortamdaki derişimleri tespit edilmelidir. Bu çalışma kapsamında incelenen bazı parametreler aşağıda açıklanmıştır.

2.4.1. Toprak tekstürü

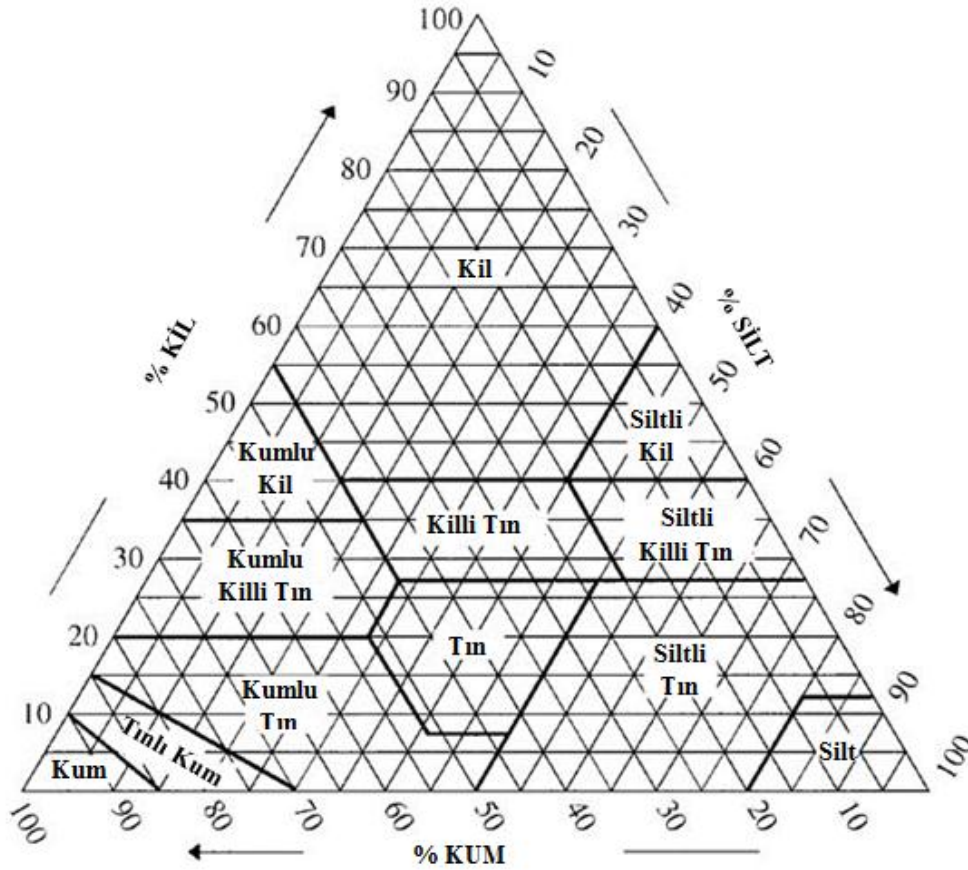
Fiziksel olarak toprak, toprağın 4 temel bileşeni olan organik ve inorganik maddeler ile hava ve su karışımından oluşur. Topraktaki organik ve inorganik maddeler fiziksel ve kimyasal açıdan farklılık gösterir. Toprağın fiziksel yapısını incelemede toprak tekstürü önemli bir parametre olup toprağın hava ve su geçirgenliğinin bir göstergesidir.

Toprak tekstürü toprağın üç temel dokusal bileşeni olan kum, silt, kil ağırlık oranına bağılıdır (Novotny, 2003). Toprak taneciklerinin uluslararası sınıflandırma sistemi ile topraktaki tanecik büyüklükleri göre 5 farklı sınıfa ayrılmaktadır. Topraktaki tanecik boyutu ve sınıflandırılması Çizelge 2.10'da verilmiştir (Altıntaş ve ark., 2004).

Çizelge 2.10 Uluslararası sınıflandırma sistemine göre topraktaki tanecik büyüklükleri

Tanecik Adı	Tanecik boyutu, mm
Çakıl	> 2
Kaba kum	2 - 0,20
İnce kum	0,20 – 0,02
Silt	0,02 – 0,002
Kil	<0,002

Toprak tekstürü sınıflandırması toprağın içerdiği kum, mil, kil yüzdelere bakılarak, toprak tekstür üçgeni kullanılarak yapılır. Toprak tekstürü kum, silt, kil olarak 3 ana gruba ayrılır. Bu gruplarda kendi aralarında 12 farklı sınıfa ayrılır. Bu sınıflandırmalar toprak tekstür üçgeni ile Şekil 2.6'da gösterilmiştir (Tan, 2005).



Şekil 2.6 Toprak tekstür üçgeni (Altıntaş ve ark., 2004)

Kum bünyeli topraklar yapısında %70'ten fazla kum bulundururlar. Bu tip toprakların organik madde içeriği ve su tutma kapasiteleri düşüktür. Su geçirgenlikleri iyi olduğundan kirleticiler ve besin maddeleri kolayca yıkanarak ortamdan uzaklaştırılabilirler. Tınlı toprakların kum, silt, kil içeriği yaklaşık olarak aynıdır. Bu tip topraklar besin maddelerini ve kirleticileri yeteri kadar kil içermeleri sebebiyle rahatça tutmaktadır. Kil bünyeli toprakların ise su tutma kapasiteleri yüksek, su geçirgenlikleri düşüktür. Bu tip topraklar işlenmesi zor topraklardır (Altıntaş ve ark., 2004)

2.4.2. Toprağın pH'ı

Toprağın pH değeri toprak yapısını etkiler. Fosfor gibi temel elementlerin ve Cn, Fe, Mn, Zn gibi mikronutrientlerin kullanılabilirliğini etkileyerek bitkilerin büyümesini ve gelişmesini engeller. Ayrıca topraktaki mikrobiyal aktiviteler de pH değerinden etkilenir. Yağış toprağın asitleşmesine katkı sağlar. pH 'ın 6'dan küçük olması asidik koşulların bir göstergesidir.

2.4.3. Azot Türleri

Tarımsal arazilerin drenajı ile oluşan azot yükü çeşitli faktörlere bağlıdır. Bunlardan en önemlileri (Novotny, 2003);

- Bitkilerin cinsi, besin maddesi gereksinimi ve büyüme süreleri
- Toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri, toprak nemliliği ve yeraltı su hareketleri
- Gübrelemenin cinsi, miktarı ve zaman içinde dağılımı
- Yağış miktarı ve zaman içinde dağılımı
- Arazinin topografyası

Tüm bu faktörler göz önünde bulundurulduğunda topraktan gelen azot yükleri konusunda bir değer vermek oldukça güçtür.

Topraktaki azotun %90'ı ölmüş bitki ve hayvan artıklarının biyolojik bozunmalarının birincil ürünü olan organik azottur (Manahan, 1994). Organik azot zamanla hidroliz ile NH_4^+ 'ya çevrilir. Daha sonra topraktaki bakteriler yardımıyla nitrit ve nitrata dönüştürülür. Topraktaki azot içeriği yaklaşık olarak %0,15 civarındadır (Tan, 2005).

Topraktan su kütlesini gelen amonyak derişimi $0,1 - 2,0 \text{ g N/m}^3$, nitrit derişimi $0,001 - 0,1 \text{ g N/m}^3$, nitrat derişimi ise $0,8 - 7,0 \text{ g N/m}^3$ aralıklarında değişmektedir (Uslu ve Türkman, 1987). Toprak fosfat ve amonyum iyonlarına kıyasla nitrat iyonlarını daha zor tutar. Sonuç olarak drenaj suları ile birlikte bu iyonlar yıkanarak su kütlesine girerler. Bu sebeple topraktan gelen nitrat yükü amonyak ve nitrit yükünden daha fazladır.

2.4.4. Fosfor Türleri :

Su kütlelerine gelen yaygın fosfor kaynaklarından en önemlisi tarımsal alanlardaki topraklardan gelen fosfordur. Topraktaki fosforun kaynağı ise tarımsal amaçlı kullanılan gübrelerdir. Topraktaki fosfor yüzeysel akış ile yüzey sularına karışabilir ya da yeraltı sularına geçerek yer altı sularından yüzey sularına geçebilir.

Fosforun bitkiler tarafından kullanılabilmesi için tıpkı azot gibi çeşitli formlara dönüştürülmesi gerekir. Ortofosfat pH nötre yakın iken bitkiler için en uygun fosfor türüdür (Manahan, 1994).

Toprakta fosforun bağlanmasını kontrol eden faktörler (Novotny, 2003);

- Asidik topraklarda alüminyum ve demir oksitler fosforun tutulmasını sağlarlar.

- Kireçli topraklarda kalsiyum bileşikleri, fosforun çözünürlüğünü kontrol eder.
- Organik maddeler fosfor adsorpsiyonuna katkıda bulunurlar.

Topraktaki fosfor miktarı %0-%2 arasında değişmektedir. Fosfor derişimi toprağın organik madde içeriğı ile artar. Topraktaki organik karbon ve fosfor arasında lineer bir ilişki vardır (Tan, 2005).

2.4.5. Sülfat

Kükürt bitkiler için temel makro besin maddelerindendir. Topraktaki kükürdün ana kaynağını kükürt içerikli gübreler oluşturur. Volkanik aktiviteler de topraktaki inorganik kükürt miktarının artmasına katkıda bulunur. Topraktaki kükürt içeriğı 0,001-0,05% arasında değişmektedir (Tan, 2005).

Sülfat iyonlarının demir gibi metallerle yaptığı bileşikler su ve toprak ekosistemi için tehlikelidir. Bunlar asit sülfatlar olarak isimlendirilir ve toprağın pH'ını düşürerek asidik koşulların oluşmasına sebep olur (Manahan, 1994).

2.4.6. Organik Karbon :

Organik madde toprakta diğer kirleticileri tutması ve taşınımını engellemesi sebebiyle önemli bir yere sahiptir. Bu sebeple kirleticilerin tutunabilmeleri topraktaki organik karbon yüzdesi ile doğrudan orantılıdır (Novotny, 2003).

Organik karbon miktarının tespiti toprağın organik madde içeriğini bir göstergesidir. Organik madde içeriğı yüksek olan topraklar daha verimlidir. Verimli topraklar olan tınlı toprakların organik madde içeriğı %5'tir. Organik madde içeriğı %5'ten küçük olan toprakların ise verimi azdır (Tan, 2005).

Topraktaki organik maddenin %5'ini azot, %48-50'sini organik karbon oluşturur (Kacar, 2009).

2.4.7. Klorür

Toprakta klor kaynakları sulama suları, tarımsal gübreler, bitki artıkları ve atmosfer çökelmelerdir. Toprak bünyesinde klorür genellikle çözünebilir klorür bileşikleri şeklinde bulunur. Negatif yüklü Cl^- iyonu toprak tarafından adsorbe edilemez ve su hareketleri ile toprakta sürekli olarak taşınır (Kacar, 2009). Bu sebeple yeraltı suyuna karışabileceği gibi havzadaki yüzeysel akış ile de yüzey sularına taşınır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Çalışma Alanı

Çalışma alanı olarak Eskişehir il merkezinin kuzeyinde Bozdağ yamaçlarında Emirce Köyü mevkiinde yer alan Borabey Göleti seçilmiştir. 39°52'44" Kuzey 30°27'27" Doğu koordinatlarında bulunan gölet 924 m kotunda ve 166559 m² alan kaplamaktadır. Borabey Göleti 1991-1992 yılları arasında o zamanki Köy Hizmetleri İl Müdürlüğüne 2480 dekar alanda 115 çiftçinin yaralanması amacıyla inşa edilmiştir. 1999 yılında Anadolu Üniversitesi Su Sporları Merkezi olarak kullanılması için tahsis edilen göletin, daha sonra Eskişehir'in içme ve kullanma suyu şebekesine katkı sağlamak amacıyla kullanılması düşünülmüştür. Ancak 2011 yılında bu kullanım amacından vazgeçilmiştir. Havzada ağaçlandırma çalışmaları yapılmıştır ve havza sınırları içerisinde kullanılmayan bir üniversite binası mevcuttur. Gölete ait bazı fotoğraflar Şekil 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.1 Borabey Göleti

Göletin inşaatını yapan Topraktaş A.Ş.'den alınan, gölete ait teknik bilgiler Çizelge 3.1. de verilmiştir.

Çizelge 3.1 Borabey Göleti Teknik Bilgileri

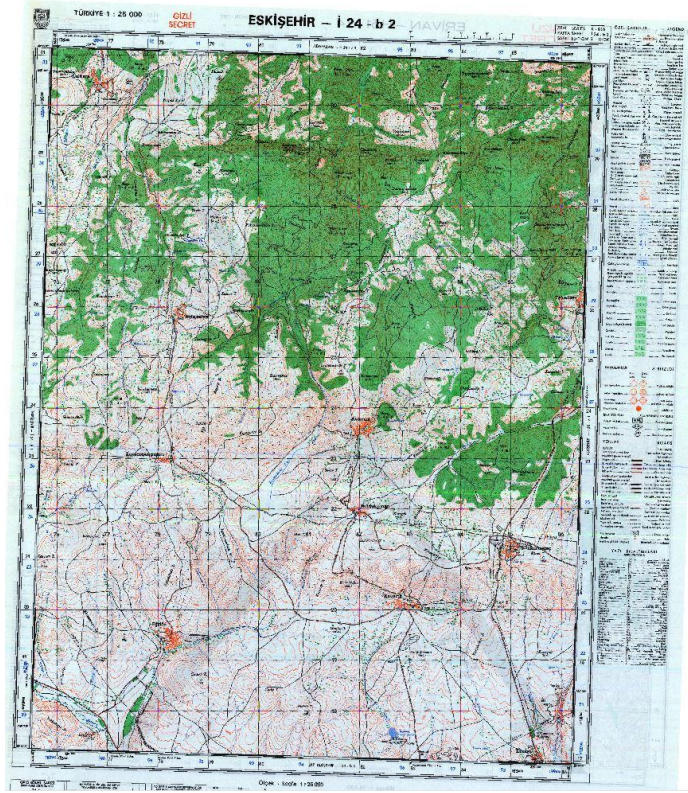
Kret Uzunluğu	411 m
Gövde Yüksekliği	23 m
Dolgu Hacmi	368.000 m ³
Gölet Sulama Alanı	248 ha
Gölet Depolama Hacmi	1.600.000 m ³

3.1.1. Borabey Havzası ve havza bileşenleri

Borabey Göleti'nde yapılan arazi çalışmaları iki aşamadan gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada haritalama çalışmaları ikinci olarak ise batimetrik ölçümler yapılmıştır.

Ofis çalışmaları ilk olarak Borabey göleti ve çevresinin 1/25000 ölçekli harita kullanılarak sayısallaştırmasıdır. Bunun için, harita genel komutanlığı tarafından 1994 yılında basılmış olan, i24-b2 numaralı pafta kullanılmıştır.

Sayısallaştırma işlemi için ilk olarak paftanın rektifikasyon işlemi yapılmıştır. Rektifikasyon işleminde ArcMap programı kullanılmıştır. Rektifikasyon işlemi için harita üzerindeki 42 grid kesişim noktası kullanılmıştır. Şekil 7'de kullanılan bazı grid noktaları ve 1/25000 ölçekli harita bulunmaktadır.



Şekil 3.2 Rektifiye işlemi için kullanılan grid kesişim noktalarından bazı ve 1/25000 ölçekli harita

Rektifikasyon işleminde kullanılan noktaların hataları ve toplam hata Şekil 3.3'te verilmiştir. Karesel ortalama hata 3.71314 olarak elde edilmiştir.

Link	X Source	Y Source	X Map	Y Map	Residual
1	530.948361	-6629.530595	276000.000000	4418000.000000	2.58039
2	343.488429	-973.490260	276000.000000	4430000.000000	3.58798
3	5077.986211	-824.509110	286000.000000	4430000.000000	4.20100
4	5266.369224	-6476.947821	286000.000000	4418000.000000	3.12894
5	1477.506335	-6599.475198	278000.000000	4418000.000000	2.58165
6	2423.533903	-6569.144569	280000.000000	4418000.000000	2.88555
7	3372.431970	-6538.420656	282000.000000	4418000.000000	2.29025
8	4319.447843	-6507.493295	284000.000000	4418000.000000	2.60431
9	499.489393	-5686.498003	276000.000000	4420000.000000	1.39079
10	1447.032518	-5655.978187	278000.000000	4420000.000000	2.00326
11	2391.040515	-5626.010972	280000.000000	4420000.000000	4.20280
12	3340.959946	-5595.484288	282000.000000	4420000.000000	2.20390

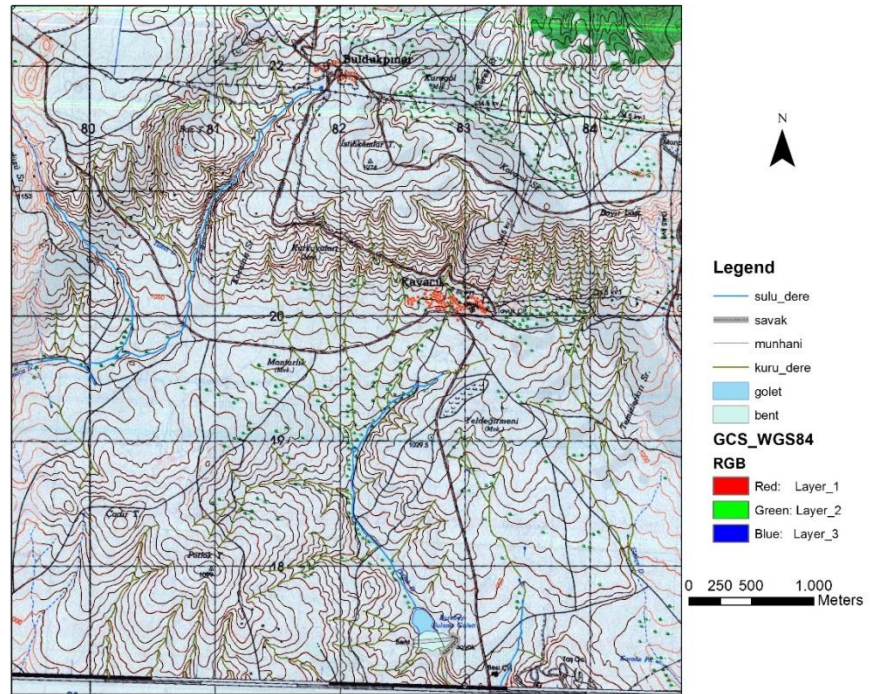
☒ Auto Adjust
 Transformation: 1st Order Polynomial (Affine)
 Total RMS Error: 3.71314
 Load... Save... Restore From Dataset OK

Şekil 3.3 Kullanılan noktaların hata oranları

Rektifiye işleminde noktaların belirlenmesi bittikten sonra verinin projeksiyon sistemi belirlenmiştir. HGK'nın ürettiği 1/25000'lik paftalar ED50

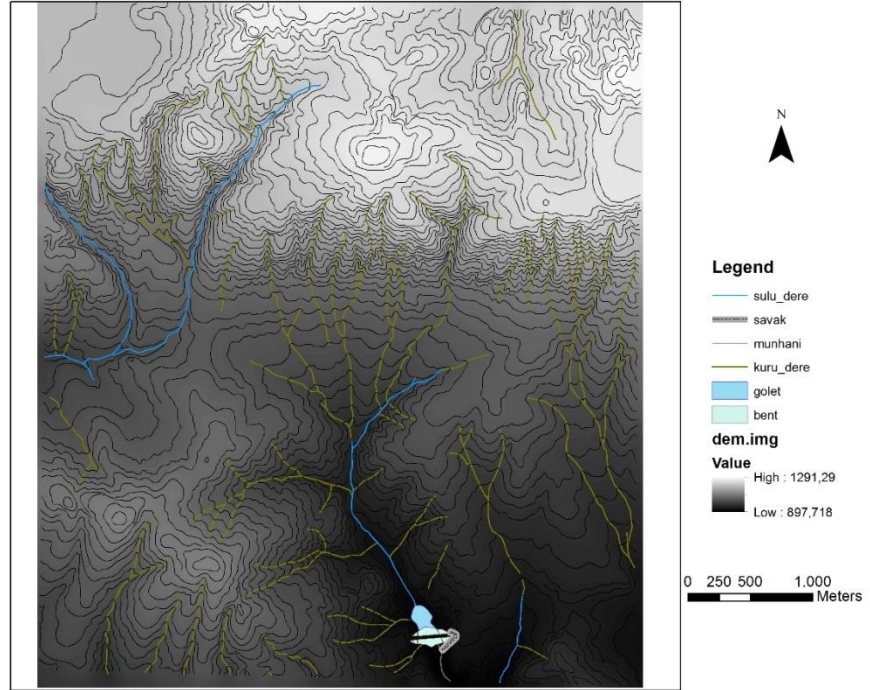
datumunda UTM projeksiyon sisteminde bir haritadır. Bu nedenle veri ED50_UTM_36N olarak rektifiye edilmiştir. ED50_UTM_36N zonunda rektifiye edilen görüntü veriler ile uyumlu olması için Coğrafi WGS84 projeksiyonuna dönüştürülmüştür. Dönüşüm işlemi için ArcMap programında bulunan ED50_to_GCS84_36 parametreleri kullanılmıştır.

Dönüşüm yapılan veri üzerinden pafta üzerinde bulunan; münhaniler, gölet, bent, savak, akmakta olan dereler(sulu_dere) ve kurumuş dereler (kuru_dere) Şekil 3.4'te sayısallaştırılmıştır. Sayısallaştırma işlemi bittiğinde münhanilerin öznitelikleri girilmiştir.



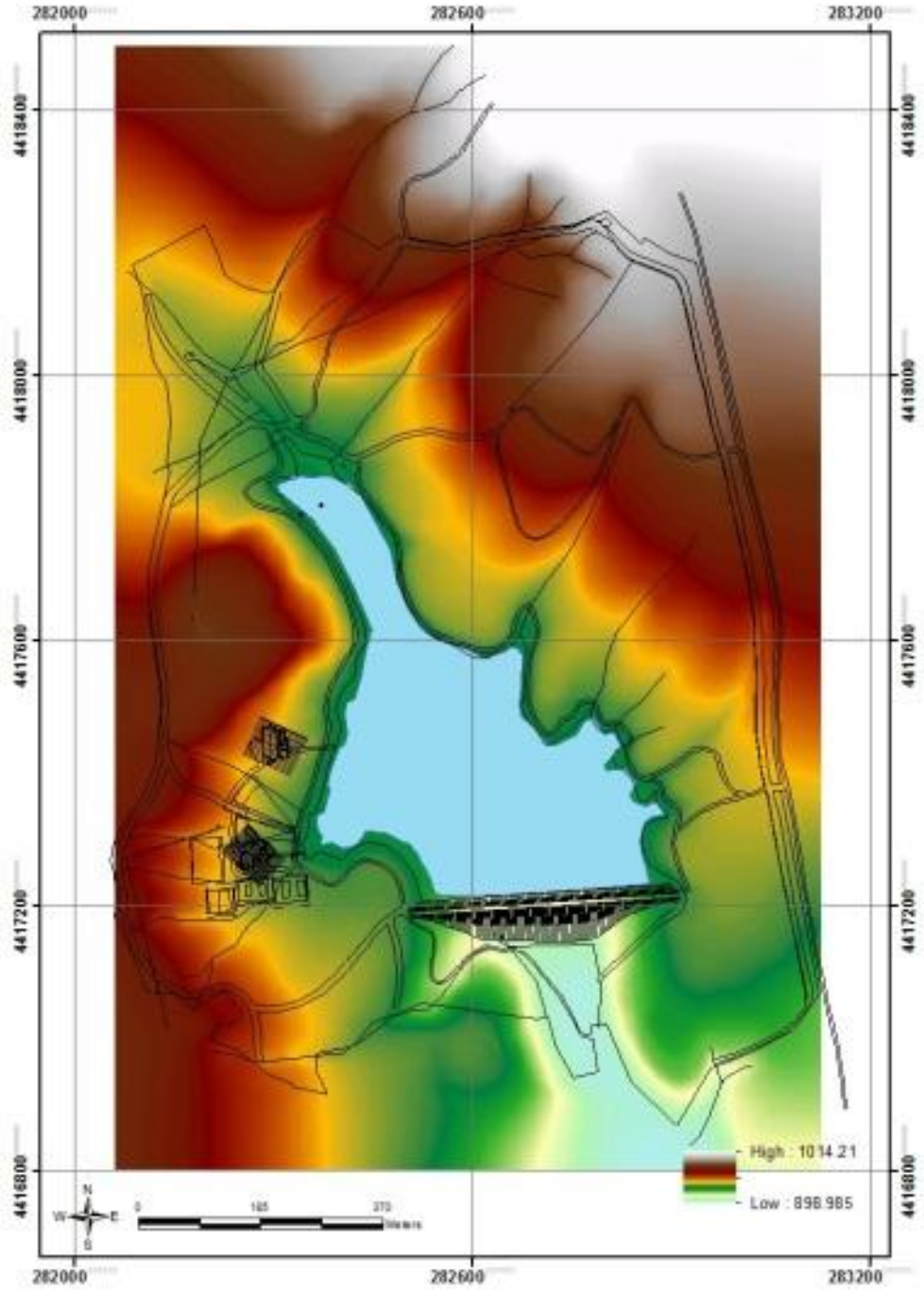
Şekil 3.4 1/25000 ölçekli haritanın sayısallaştırılması

Sayısallaştırılan haritadan üretilen DEM Şekil 3.5’te verilmiştir.



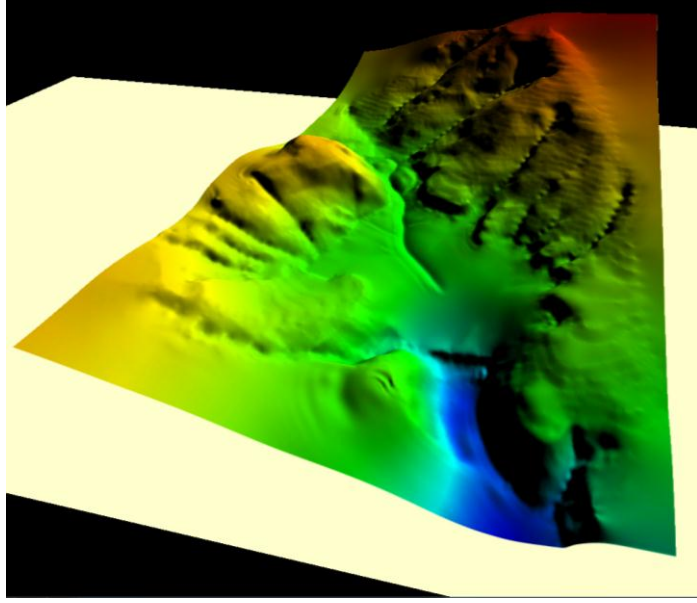
Şekil 3.5 1/25000 ölçekli haritadan elde edilen DEM

Gölet ve havzanın genel yapısı ve mevcutta bulunan insan yapılarının yerleri belirlenmesinde gölet çevresinde daha önce Anadolu Üniversitesi Yapı İşleri Daire Başkanlığınca gerçekleştirilen bir çalışmaya ait veriler kullanılmıştır. Borabey Göleti’nin gövde yapısı, çevresindeki yapılar ve yollar UTM Zone 36N’e göre projeksiyonu yapılarak elde edilen harita ile Şekil 3.6’da gösterilmiştir.



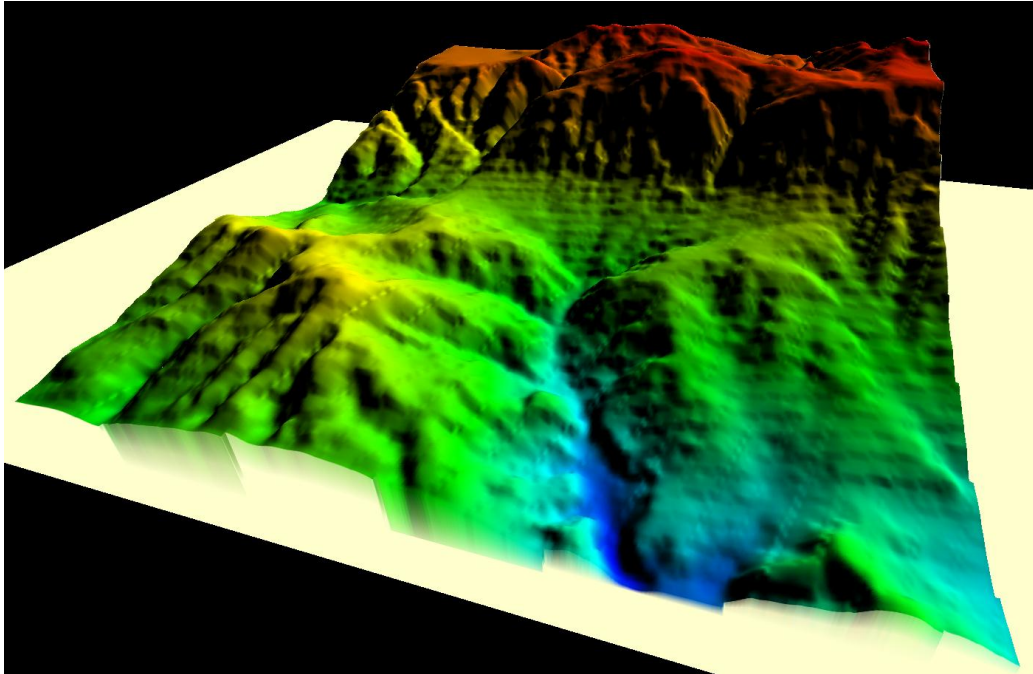
Şekil 3.6 Borabey Gölü ve çevresinin görünümü

Yapı İşleri Daire Başkanlığı ölçümlerinden elde edilen DEM haritası Şekil 3.7’de gösterilmiştir.



Şekil 3.7 Anadolu Üniversitesi, Yapı İşleri Daire Başkanlığı ölçümlerinden elde edilen DEM

Harita Genel Komutanlığı tarafından üretilen 1/25000 ölçekli haritalardan elde edilen DEM haritası Şekil 3.8’de verilmiştir.



Şekil 3.8 Harita Genel Komutanlığı tarafından üretilen 1/25000 ölçekli haritalardan elde edilen DEM

Borabey Göleti çevresine haritaların proje koordinat sistemine dönüştürülmesi için alana gidilerek harita ve alan üzerinde mevcut olan ortak noktalardan koordinat ölçümleri yapılmıştır. Ölçüm işlemi Yer ve Uzay Bilimleri Enstitüsü'ne ait 2 adet Javad marka GNSS (Global Navigation Sattelite System) alıcısı kullanılarak enstitü çalışanları tarafından gerçekleştirilmiştir. Çalışmada kullanılan GPS sistemi Şekil 3.9'da gösterilmiştir.

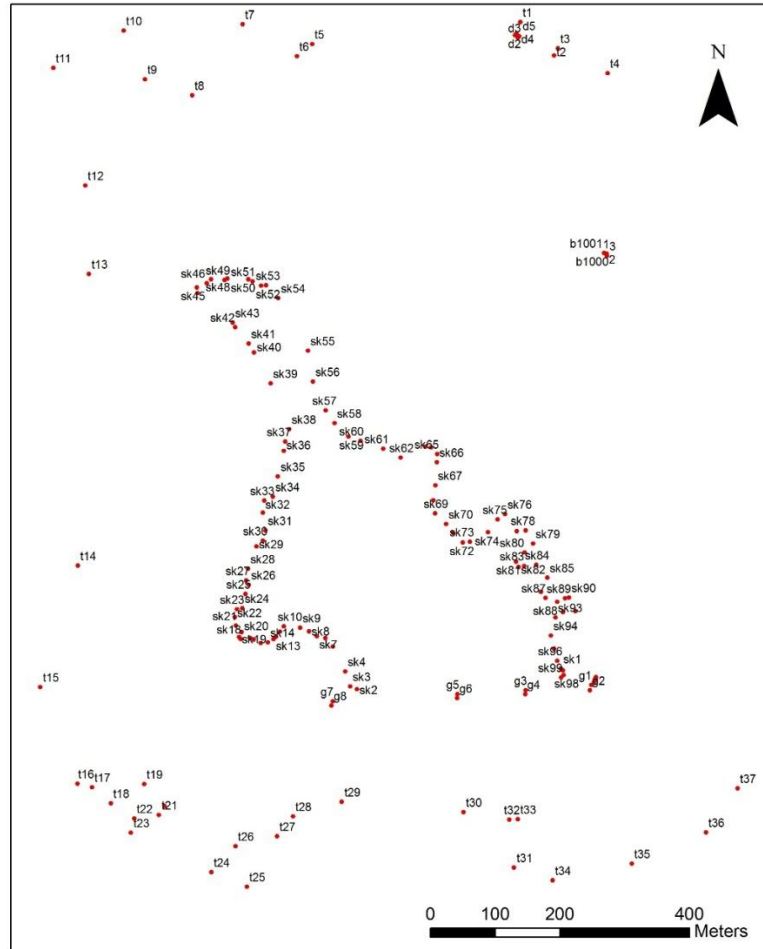


Şekil 3.9 Çalışmada kullanılan GPS sistemi

Nokta koordinatlarının ölçülmesine geçilmeden önce arazide sabit bir poligon noktası belirlenmiştir. Bu poligon noktası üzerine GNSS alıcı kurulmuş, GSM hattı kullanılarak Cors-Tr (Ağ prensibinde çalışan gerçek zamanlı kinematik (RTK) prensipli sabit GPS istasyonlarının kurulması ve hücresel dönüşüm parametrelerinin belirlenmesine ilişkin araştırma ve uygulama projesi) sistemine bağlanılmış ve koordinatları belirlenmiştir. Daha sonra bu poligon noktası üzerindeki alet sabit olarak ayarlanmış ve diğer GNSS alıcı ile Klasik RTK (RTK: GZK: Gerçek zamanlı kinematik) ölçü yöntemi ile arazide dönüşüm için kullanılacak noktaların ölçümü yapılmıştır.

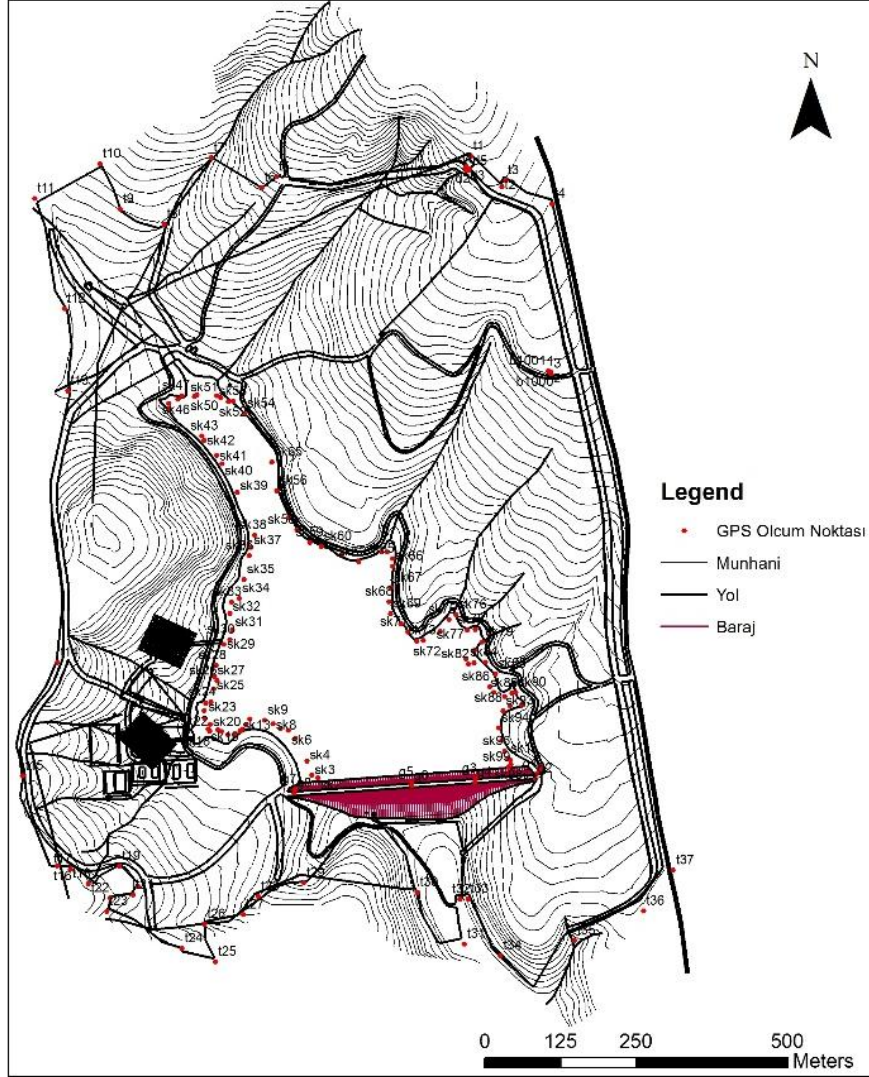
RTK - GPS yöntemi yeni bir GPS ölçme yöntemidir. RTK GPS Ölçme ilkesi klasik GPS ölçme ilkeleri ile aynıdır. Burada da başlangıçtaki tam sayı belirsizlikleri çözümlenmeli ve 5 veya daha fazla uyduya sürekli gözlem yapılmalıdır. RTK uygulamalarında koordinatları bilinen bir noktada bir GPS

alıcısı sürekli gözlem yaparken, bir veya daha fazla gezici GPS alıcısı da, hızlı bir şekilde, konum çözümünü gerçekleştirir. Bu yöntemle nokta konumları cm doğrulukla gerçek zamanda belirlenebilmektedir. RTK alıcısından alınan temel çıktılar jeodezik koordinatlar (elipsoidal enlem, elipsoidal boylam ve yükseklik), WGS 84 koordinat sistemine göredir. Referans istasyonundaki alıcı ile uydu arasındaki herhangi bir t epoğunda ölçülen taşıyıcı fazdan hesaplanan uydu-alıcı arasındaki uzunluk ile uydu – alıcı arasındaki koordinat farklarından hesaplanan geometrik uzunluk karşılaştırılır ve taşıyıcı faz ölçülerine getirilecek düzeltme ve düzeltme oranı hesaplanarak gezici alıcılara iletilir. Gezici alıcılar kodlanarak, radyo dalgaları üzerine modüle edilmiş olan bu düzeltmeleri alarak kendi taşıyıcı faz ölçülerine düzeltme olarak getirirler. Bu çalışmada RTK yöntemi kullanılarak kırk nokta ölçülmüş ve dönüşüm işleminde kullanılmıştır. Ayrıca göletin ölçüm zamanındaki sınırları ölçülmüştür (Şekil 3.10).

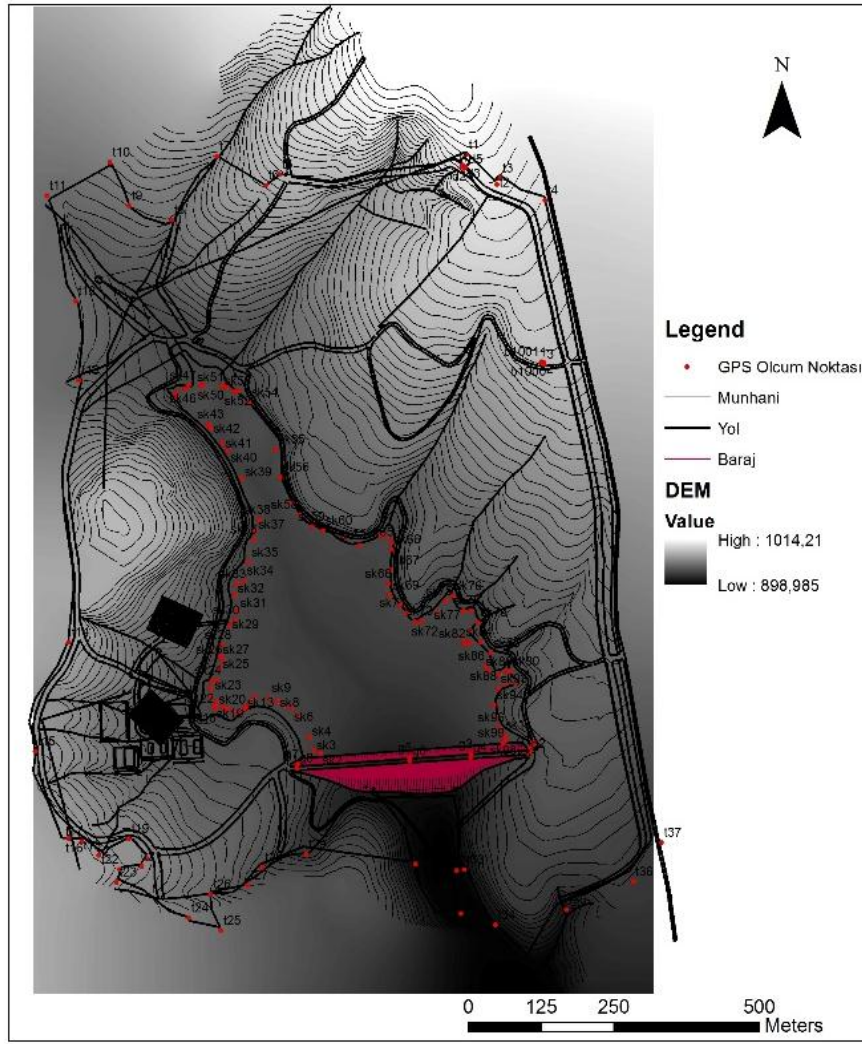


Şekil 3.10 GPS ile ölçüm alınan noktalar

Araziden ölçülen noktalar kullanılarak ArcGIS yazılımında mevcut haritaları proje koordinat sistemine dönüştürülmüştür (Şekil 3.11). Dönüştürme işleminden sonra alana ait hassas sayısal yükseklik modeli elde edilmiştir (Şekil 3.12).

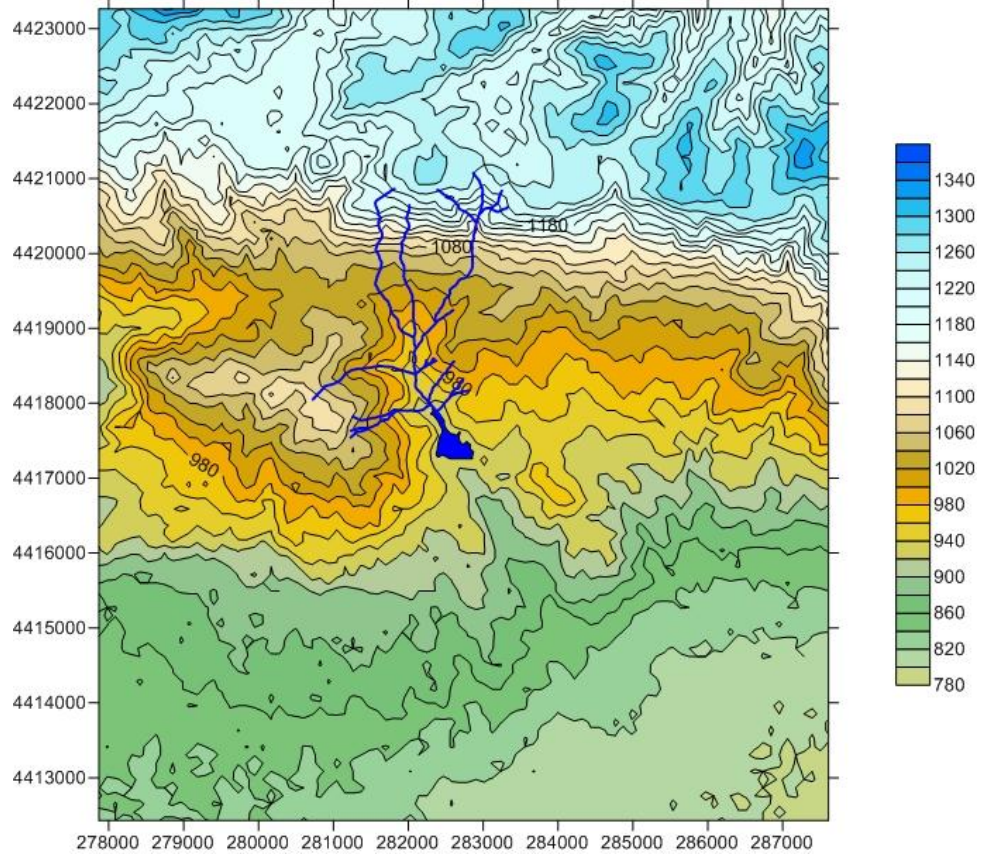


Şekil 3.11 Mevcut verilerin proje koordinat sistemine dönüştürülmesi

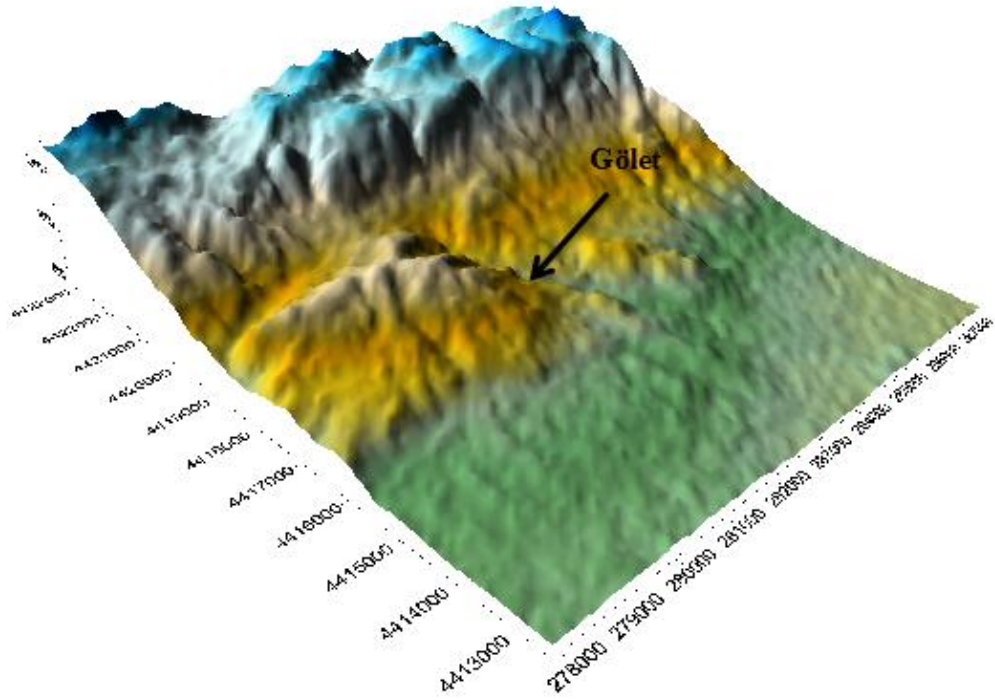


Şekil 3.12 Elde edilen sayısal yükseklik modeli (DEM)

Surfer programı kullanılarak göleti besleyen akarsu kolları belirlenmiştir. Gölet tek bir koldan beslenmektedir. Ölçüm periyodu boyunca yapılan arazi gözlemlerinde göleti besleyen diğer akarsu kollarının kuru olduğu görülmüştür. Ana akarsu kolu Bozdağ'dan çıkarak Kavacık Köyü'nden geçip Borabey Göleti'ne ulaşmaktadır. Göleti besleyen akarsu kolları Şekil 3.13'te gösterilmiştir. havzaya ait üç boyutlu yükseklik haritası ile Şekil 3.14'te gösterilmiştir.

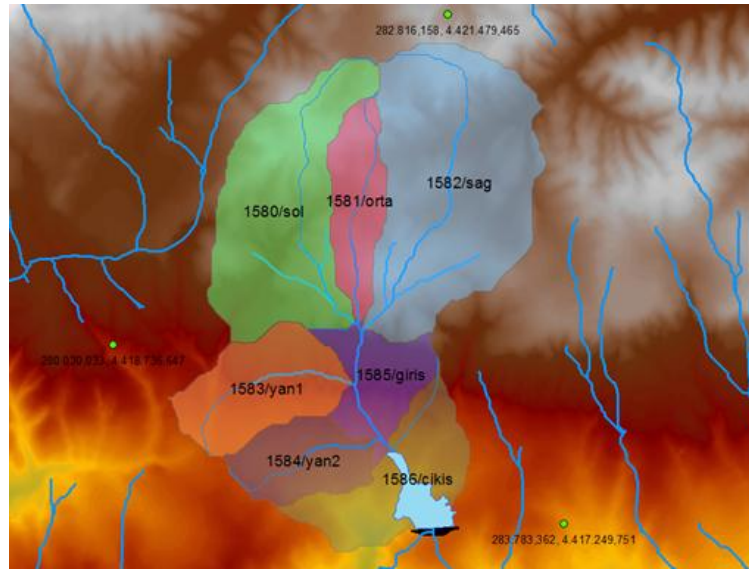


Şekil 3.13 Borabey Gölü'ni besleyen akarsu kolları



Şekil 3.14 Arazinin üç boyutlu yükseklik haritası

Gölete ait havza ve alt havza sınırlarının çıkartılması çalışması 1:25000’lik haritalar kullanılarak ArcGIS programında ArcHydro eklentisi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Öncelikle göleti besleyen akarsu ağ yapısı dikkate alınarak, arazideki akış yönleri belirlenmiş ve bu akış yönleri bir araya getirilerek yüzeysel akışı meydana getiren akarsu ağ yapısı oluşturulmuştur. Yüzeysel akış yönlerine göre akarsu kollarını besleyen 7 adet alt havza elde edilmiştir. Şekil 3.15’te Borabey Göleti havza ve alt havza sınırları gösterilmiştir.



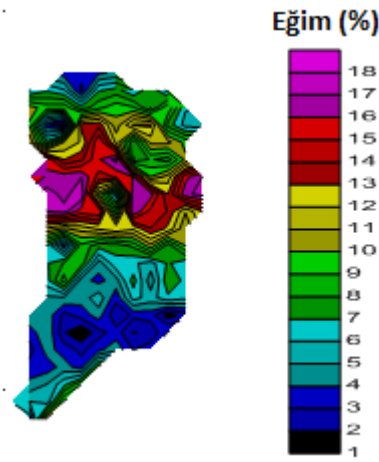
Şekil 3.15 Borabey Göleti havzasının ve alt havzaların genel görünümü

Havza belirleme çalışması sonucunda elde edilen alt havzalar ve havzanın tüm alanı Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2 Borabey Göleti Havzasına ait genel bilgiler

HydroID	Alt Havza Adı	Min Kot (m)	Maks Kot (m)	Alan (m2)
1580	Sol	967.7	1274.1	1973800
1581	Orta	967.2	1248.5	646275
1582	Sağ	963.6	1274.0	2702425
1583	Yan1	946.7	1099.1	983025
1584	Yan2	927.1	1099.1	645875
1585	Giriş	923.6	1029.6	625375
1586	Çıkış	904.0	1045.0	986000
TOPLAM				8562775

Surfer programı kullanılarak alt havzalara ait eğimler hesaplanmıştır. Bunun için ArcGIS ortamında elde edilen Borabey havzası ve alt havzaları Digger programı ile sayısallaştırılarak her bir nokta için enlem boylam ve yükseklik verileri elde edilmiştir. Daha sonra bu veriler Surfer programına aktararak Terrain Slope aracı ile her bir alt havzaya ait eğimler oluşturulmuş ve ortalama eğimler hesaplanmıştır. Şekil 3.16’da örnek olarak 1582/Sağ alt havzasının eğim haritası gösterilmiştir. Çizelge 3.3’te ise her bir alt havzaya ait ortalama eğimler verilmiştir.



Şekil 3.16 1582/sağ alt havzasının eğimi

Çizelge 3.3 Alt havzaların eğimleri

Alt Havza	Ortalama Eğim (%)	Alan
1580 – Sol	6,69	1973800
1581 – Orta	8,93	646275
1582 – Sağ	8,45	2702425
1583 - Yan 1	7,93	983025
1584 – Yan 2	9,13	645875
1585 – Giriş	6,07	625375
1586 – Çıkış	5,99	986000

Havzanın ortalama eğimi hesaplanırken her bir alt havzanın alanına göre ağırlıklı ortalamaları alınmıştır. Borabey havzasının ortalama eğimi %7,62 olarak bulunmuştur.

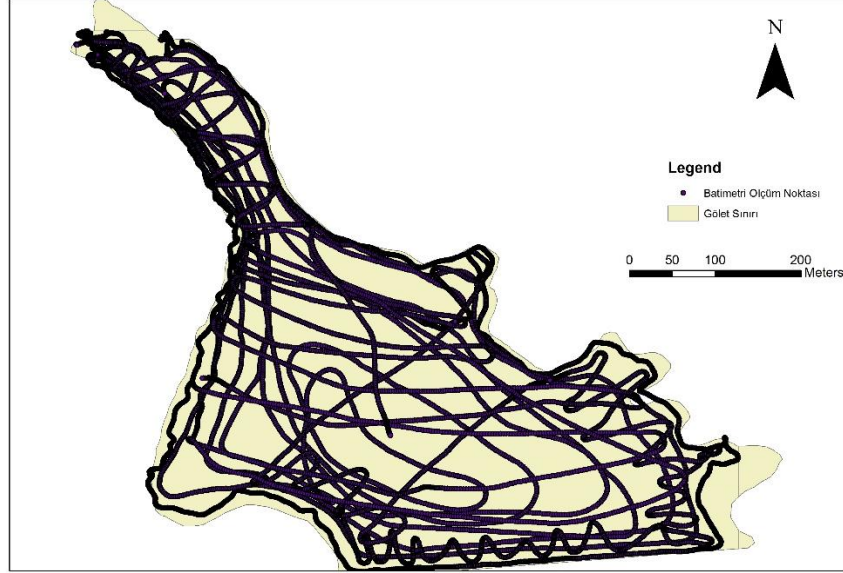
3.1.2. Borabey Göleti batimetrik haritası

Morfolojik özellikler su kütlelerinin fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini etkilediği için limnolojik çalışmalarda öncelikle göletin morfolojik özelliklerin belirlenmesi gerekmektedir. Morfolojik özellikler belirlenirken batimetrik haritalar kullanılır. Borabey Göleti'ne ait morfolojik parametreleri belirleyebilmek amacı ile göletin batimetrik haritası çıkarılmıştır. Bu çalışma için Anadolu Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü bünyesinde bulunan Sontek M9 Akustik Doppler Akım Profil cihazı kullanılarak gölet profili çıkartılmıştır. Bu cihaz bünyesinde bulunan 1 adet 0.5 MHz Düşey Profil Ultrasonik transduser, 4 adet 1 MHz ve 4 adet 3 MHz açisal profil ultrasonik transduser olmak üzere toplam 9 transduser ile su kütlesine ses dalgaları göndererek ölçüm yapmaktadır. Cihaz 0,2 – 80 m derinlik ölçebilme ve 0,06 – 40 m profil alma kabiliyetine sahiptir. Şekil 3.11'de cihazın resmi gösterilmiştir.



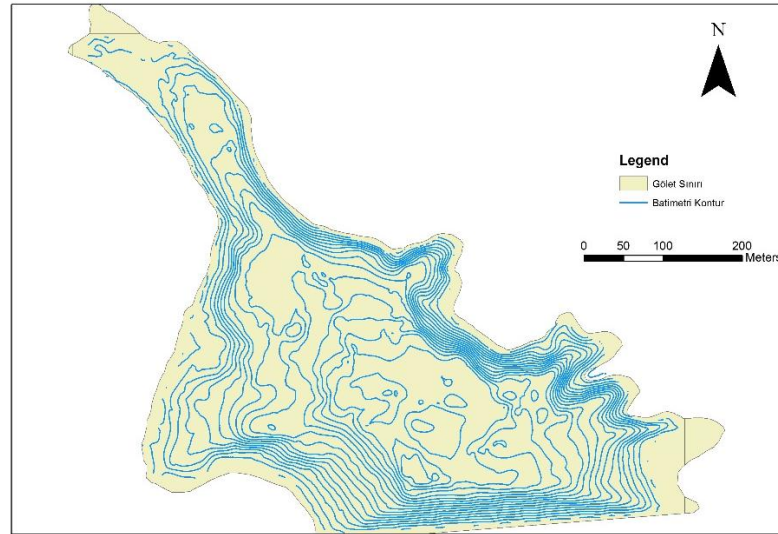
Şekil 3.17 Akustik Doppler Akım Profil Cihazı

Çalışmada arazide ölçülen batimetri ölçüm noktaları, Coğrafi WGS 84 koordinat sisteminde elde edilmiştir ve ArcGIS yazılımı kullanarak Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ortamına aktarılarak ölçüm noktaları Şekil 3.12 gösterilmiştir.



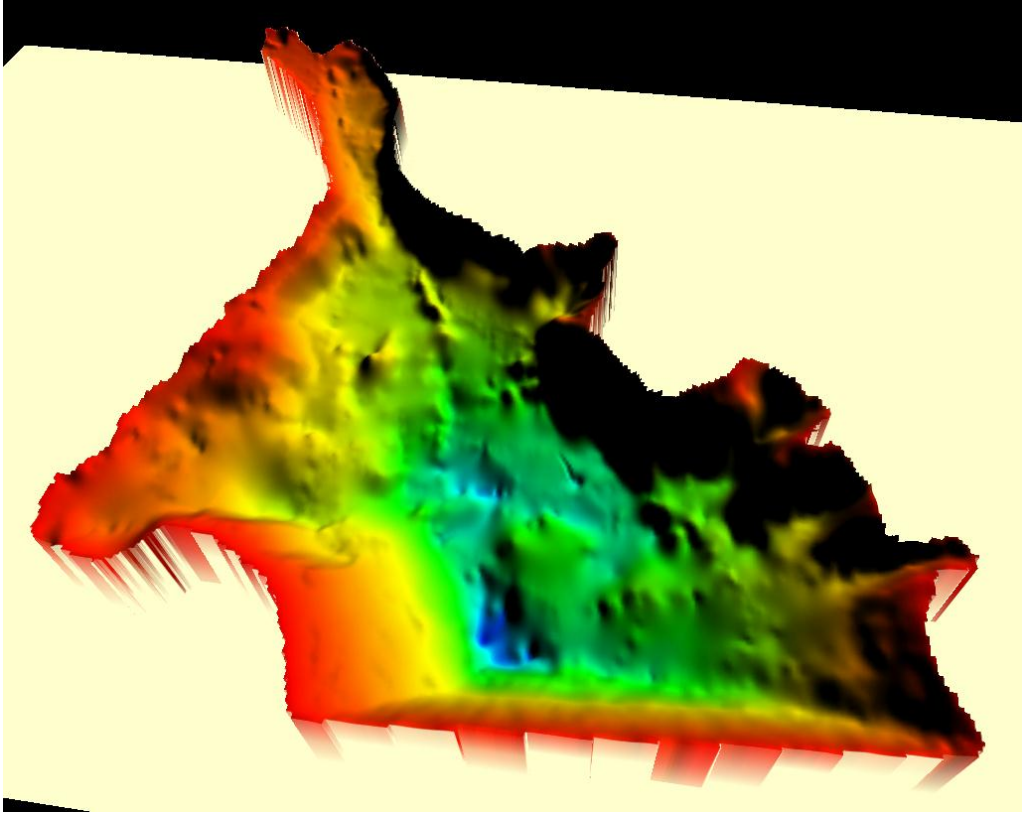
Şekil 3.18 Batimetri ölçüm noktaları

Batimetri ölçüm noktalarından yararlanarak Borabey göletinin taban yüksekliğini gösteren Şekil 3.13'teki kontur haritası üretilmiştir.



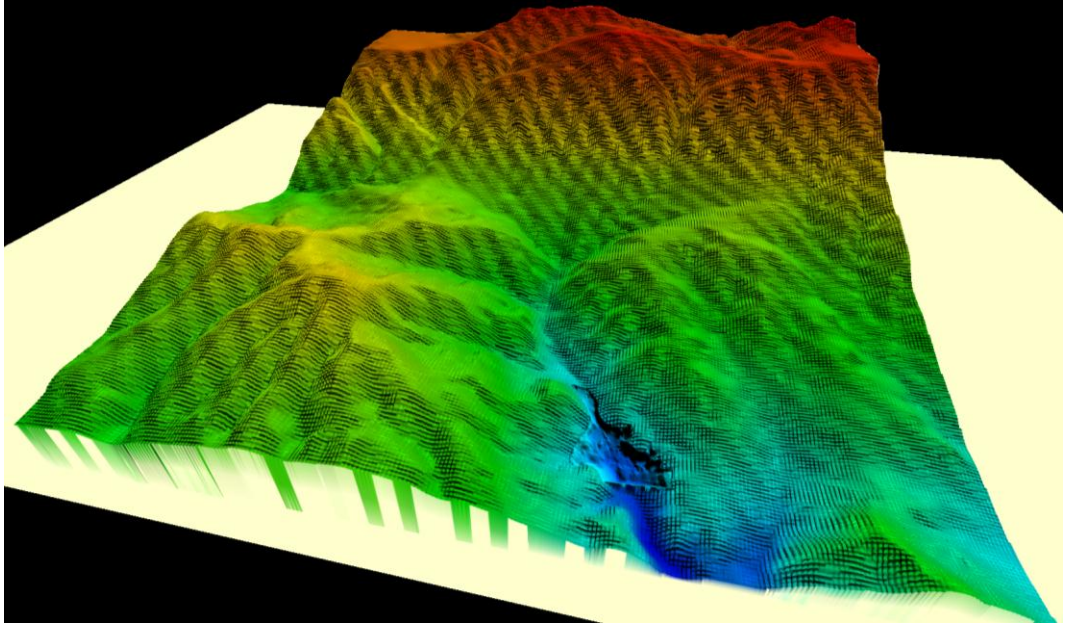
Şekil 3.19 Borabey Göleti taban yüksekliğini gösteren kontur haritası

Batimetri ölçüm noktaları kullanılarak elde edilen DEM haritası Şekil 3.20’de gösterilmiştir.

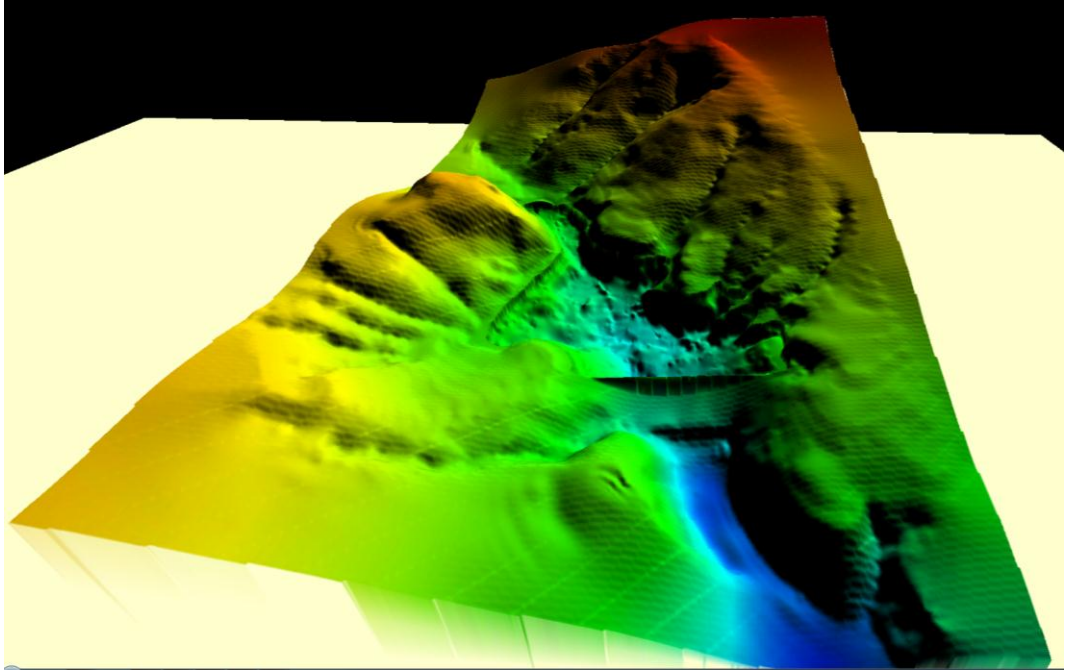


Şekil 3.20 Batimetri ölçüm noktalarından elde edilen DEM

Çalışma sonunda üretilen batimetri DEM haritası ile hassas DEM ve 1/25000 ölçekli haritadan elde edilen DEM dosyaları birleştirilmiş ve topografya ile beraber su tabanının DEM dosyası oluşturulmuştur ve Şekil 3.21 ile Şekil 3.22’de gösterilmiştir.



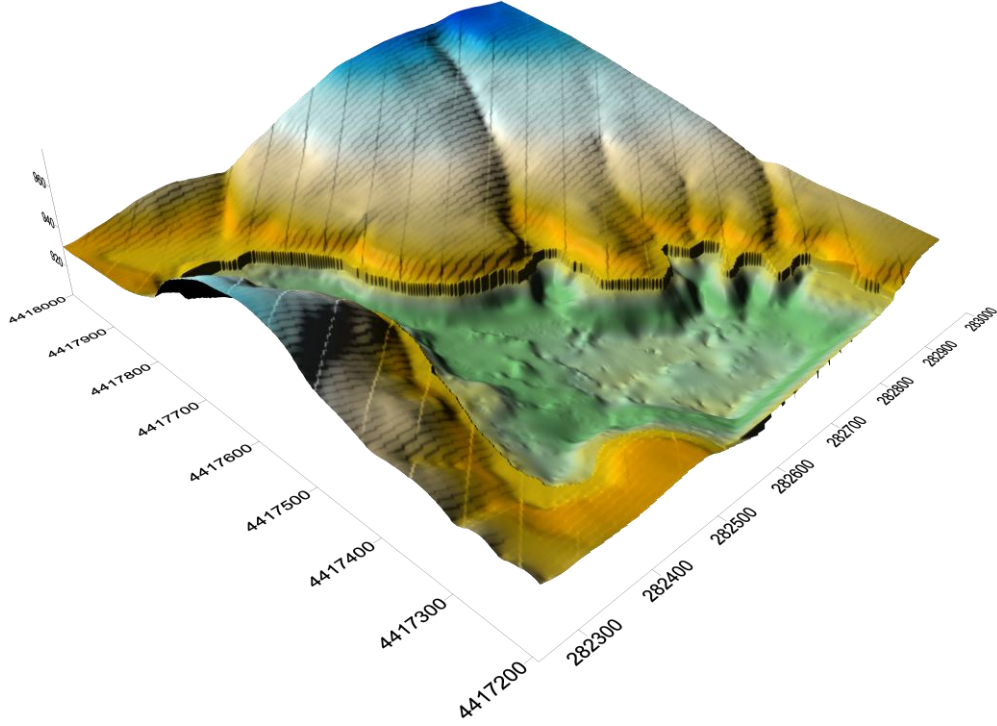
Şekil 3.21 1/25000 ölçekli haritalardan elde edilen DEM ve Batimetri DEM haritasının birleştirilmesi



Şekil 3.22 Hassas DEM ve Batimetri DEM haritalarının birleştirilmesi

Gölete ait batimetrik haritayı oluşturabilmek için Doppler Akım Profil cihazı ile ölçülen enlem boylam ve derinlik verileri ArcGIS programının yanı sıra

Surfer programına da aktarılmış ve 809 tane satır 751 tane sütun içeren bir grid dosyası oluşturulmuştur. Daha sonra bu grid dosyası kullanılarak Şekil 3.23'te gösterilen göletin üç boyutlu yüzey haritası elde edilmiştir.

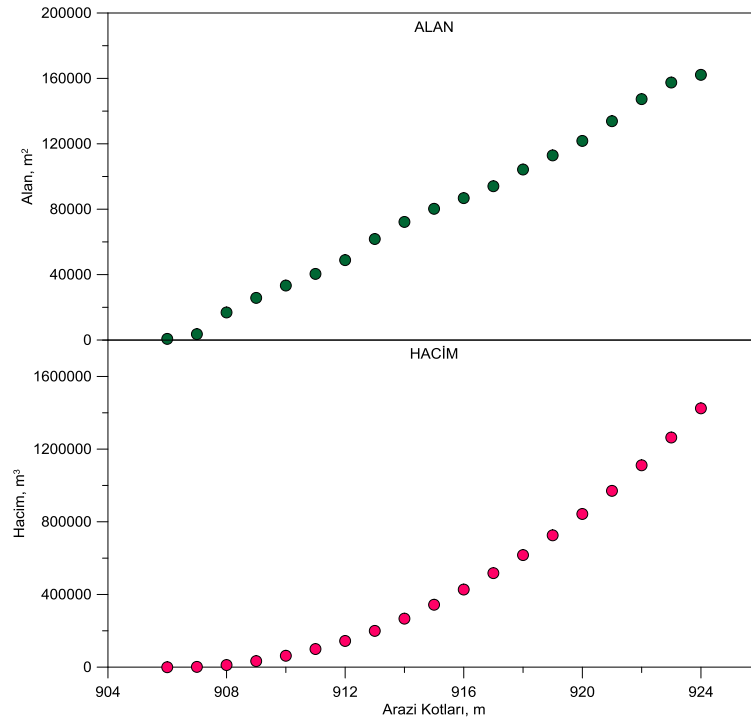


Şekil 3.23 Borabey Gölü'nün üç boyutlu görüntüsü

Sonraki aşamada göletin su kotlarına göre alan ve hacimleri belirlenmiş, göletin toplam hacmi ve yüzey alanı hesaplanmıştır. Bu işlem Surfer programında Volume aracı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Her bir kot için alan ve hacim değerleri tek tek hesaplanmıştır. Bu değerler Çizelge 3.4'te verilmiştir. Göletin ortalama derinliği 8,8 m olarak hesaplanmıştır. Kotlara göre alan ve hacimleri Şekil 3.24'te verilmiştir.

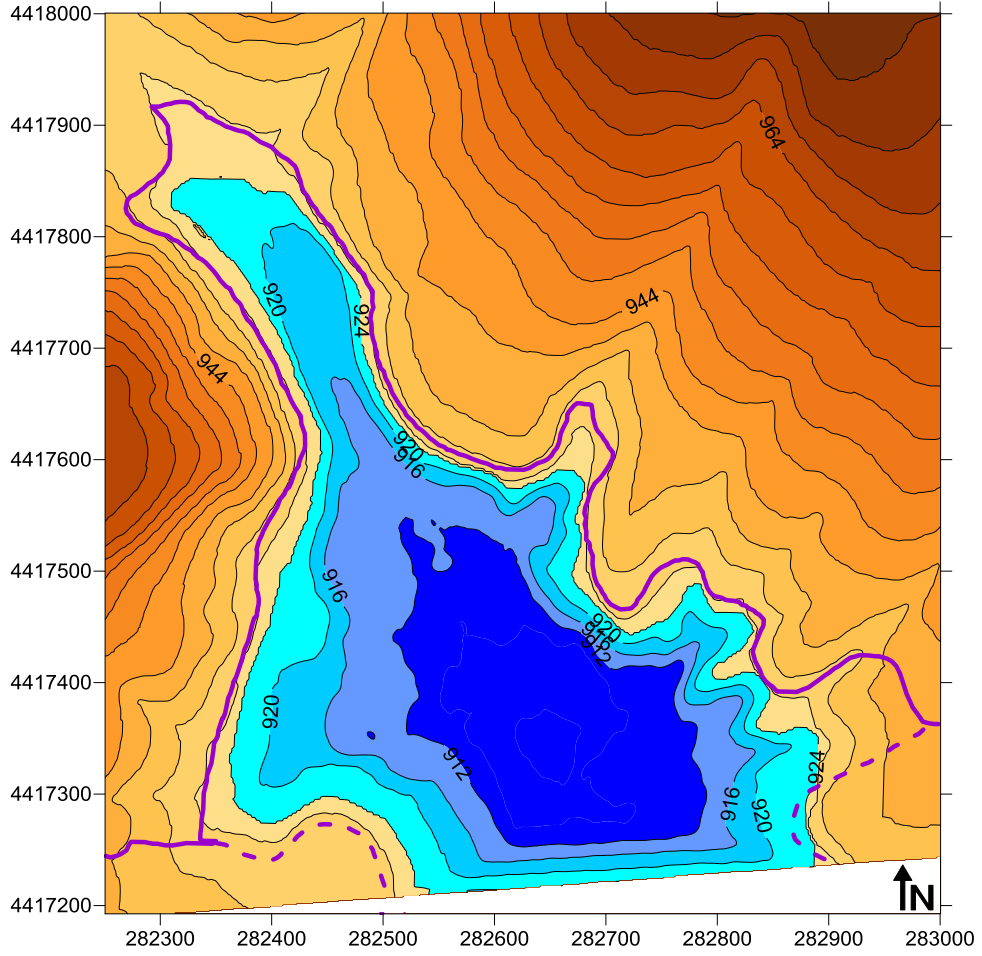
Çizelge 3.4 Kotlara göre alan ve hacimler

Kot	Alan, m2	Hacim,m3
906	775	255
907	3.683	2.128
908	16.939	12.300
909	25.847	33.904
910	33.399	63.387
911	40.519	100.406
912	48.950	144.838
913	61.861	200.264
914	72.299	267.685
915	80.333	344.251
916	86.872	427.873
917	94.146	518.208
918	104.361	617.586
919	113.003	726.352
920	121.848	843.825
921	133.918	971.092
922	147.417	1.111.788
923	157.562	1.264.720
924	162.265	1.425.295



Şekil 3.24 Gölet su kotlarına göre alan ve hacimleri

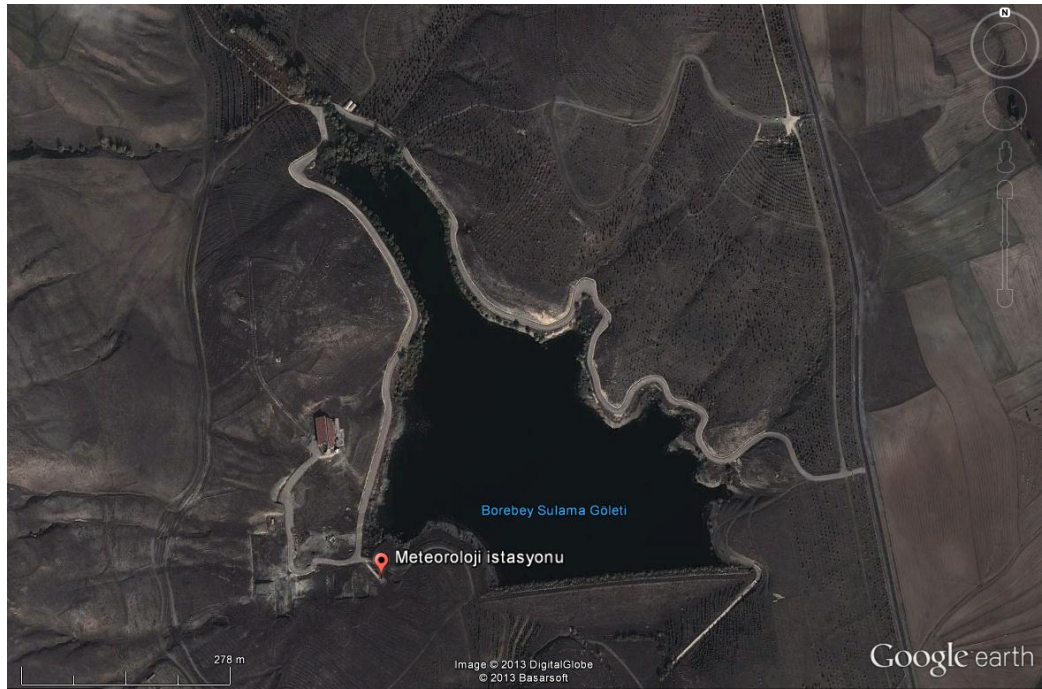
Gölet maksimum kotu 924 m olarak belirlenmiştir. Maksimum kotta gölet 166.559 m² alan kaplamaktadır. Göletin maksimum hacmi ise 1.422.854 m³'tür. Su yüksekliği 924 m'yi aşması durumunda barajda bulunan tahliye kanalı ile fazla su boşaltılmaktadır. Ölçüm periyodu boyunca göletin yüzey alanı yaklaşık olarak 150.000 m² su kotu ise yaklaşık olarak 922 m civarındadır. Şekil 3.25'te göletin 912, 916, 920 ve 924 kotlarında kapladığı alanlar gösterilmiştir.



Şekil 3.25 Borabey göleti yüzey alanı

3.2. Meteorolojik Bileşenlerin Ölçülmesi

Meteorolojik bileşenlerin ölçülmesi Davis Vantage Pro2™ Plus Meteoroloji İstasyonu ile yapılmaktadır. İstasyon arazide 930 m kotunda, 39°52'38'' kuzey, 30°27'18'' doğu koordinatlarına sahip noktaya 1 Kasım 2012 tarihinde yerleştirilmiştir. Bu tarihte saat 12:00'dan itibaren veriler kaydedilmeye başlanmıştır. Meteoroloji istasyonunun yerini gösteren Google Earth görüntüsü Şekil 3.26'da sunulmuştur.



Şekil 3.26 Meteoroloji istasyonunun arazideki yeri

Yağış, sıcaklık, nemi, rüzgar şiddeti ve yönü, güneş radyasyonu ve basınç ölçümleri 15 dakikalık periyotlar ile kaydedilmektedir. Meteoroloji istasyonu Şekil 3.27'de gösterilmiştir.



Şekil 3.27 Meteoroloji İstasyonu

Cihazda yağış ölçümü devrilen kova sistemi ile gerçekleştirilmektedir. Sıcaklık ve nem sensörleri radyasyon kalkınının içinde yer almaktadır. Birleşik sensör takımı iklim verilerini toplayarak Vantage Pro2 konsoluna gönderir. Toplanan veriler konsolun hafızasında kaydedilir. Konsol 15 dakikalık zaman aralıklarında alınan veriler için yaklaşık 26 günlük veri saklama kapasitesine sahiptir. Bu süre içinde konsoldaki veriler bilgisayardaki WeatherLink programına aktarılarak konsol boşaltılmakta ve veriler bilgisayar ortamında saklanmaktadır. Konsolun arazideki hava koşullarından koruyabilmesi için özel

bir kabinin içine yerleştirilmiştir. Vantage Pro2 Konsolu ve koruma kabini Şekil 3.28’de gösterilmiştir.



Şekil 3.28 Vantage Pro2 Konsolu

3.3. Yağmur Suyu Örneklemesi

Atmosferdeki kirliliğinin göle taşınmasında yağmur önemli bir rol oynamaktadır. Atmosferik çökelmeler ile birlikte kirleticilerin göle taşınımının incelenmesi, etkili bir havza yönetimi için önemlidir. Havzaya düşen yağmur suyunu toplayabilmek için meteoroloji istasyonunun yanına Şekil 3.29’da gösterilen düzenek yerleştirilmiştir. Düzenek biri 500 mL diğeri 2L’lik polietilen numune alma şişelerinden oluşturulmuştur. 500 mL’lik numune alma şişesinin üzerine 22 cm çapında bir huni yerleştirilmiştir. Huninin boru çapı, buharlaşma kaybını en aza indirebilmek için, polietilen malzeme ile daraltılmıştır. Numune alma kapları, yine buharlaşma kaybını en aza indire bilmek için, kaskad biçiminde yerleştirilmiş ve hortum ile birbirine bağlanmış.



Şekil 3.29 Yağmur Suyu Toplama Düzeneği

3.4. Göletten Numune Alma

Küçük su kütlelerinde su kalitesi yere ve zamana göre farklılık gösterebilir. Bu sebeple örnek alınan noktanın tüm su kütlelerini temsil etmesi önemlidir. Su kütlelerini besleyen akarsu kollarının giriş noktasında ölçülen derişimler su henüz tam karışmadığı için farklılık gösterir. Akarsuyun karıştığı noktada ölçülen derişimler gölün tamamını temsil etmez. Buna ek olarak su kütlelerinin şekli ve rüzgar da karışımı etkileyen diğer faktörlerdir.

Eğer iyi bir yatay karışım söz konusu ise su kütlelerinin merkezine yakın tek bir noktadan örnek almak yeterli olabilir. Bu durumda monitörleme aralıkları uzun tutulabilir. Fakat göl büyük ise birden fazla istasyona ihtiyaç duyulabilir. Ölçüm sayısı $\log_{10}(\text{Alan})$ 'dan bulunabilir. Örneğin 10 km^2 alana sahip göl için

istasyon sayı 1, 100 km² alana sahip göl için ise 2 olarak seçilebilir (Bartram ve Ballance, 1996).

Göl, gölet gibi su kütlelerinde dikey tabakalaşma farklı derinliklerde farklı su kalitesi değerleri elde edilmesine sebep olur. Ölçüm noktasında termal tabakalaşma olup olmadığı yüzeyin 1m altında ve tabanın 1 m üstünde sıcaklık ölçümleri yapılarak belirlenebilir. Eğer sıcaklık farkı 3°C' den fazla ise termoklin tabaka oluşumu söz konusudur. Bu da termoklin altında ve üstünde ciddi kalite farklılıklarına sebep olur. Bu sebeple en az 4 noktadan örnek almak gerekir;

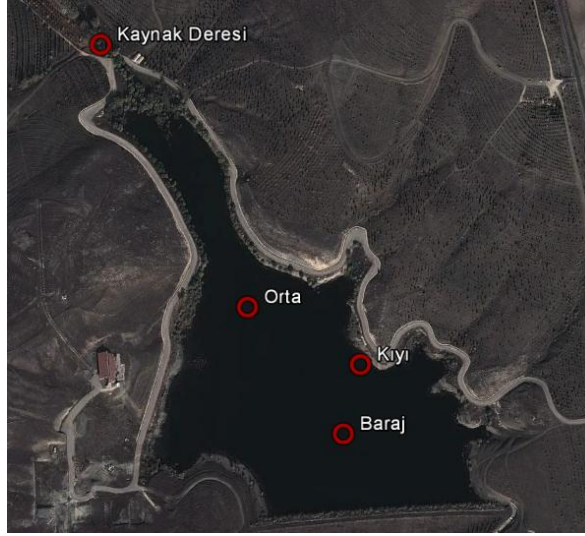
- Yüzeyin 1m altından
- Termoklinin üstünden
- Termoklinin altından
- Göl tabanının 1m üstünden

Borabey göletinin yüzey alanı yaklaşık olarak 0,16 km²'dir. Yapılan literatür araştırmalarında 100 km²'den küçük su kütlelerinde gölün ortasından tek bir numunenin alınmasının yeterli olacağı söylenmiştir (Bartram ve Ballance, 1996). Fakat bu çalışma kapsamında 3 tane örneklem noktası belirlenmiş. Gölette Mart ayında Hobo marka sıcaklık ölçüm cihazları ile farklı derinliklerde sıcaklık ölçümleri gerçekleştirilip termal tabakalaşmanın söz konusu olduğu görülmüştür. Hobo sıcaklık ölçüm cihazının ait görüntüler Şekil 3.30'da gösterilmiştir.



Şekil 3.30 Hobo marka sıcaklık ölçüm cihazı

Bu numune alma noktalarının Google Earth görüntüsü Şekil 3.31’de gösterilmiştir.



Şekil 3.31 Numune alma istasyonları

Bu noktalardan ilki baraşa yakın bir yerden seçilmiştir. İkincisi ise gölün yaklaşık olarak orta noktası olarak belirlenmiştir. Bu iki istasyondan numune alınırken dikey tabakalaşma göz önünde bulundurulmuştur. Bu sebeple numune alınan su kolonu 4’e bölünmüştür. Numuneler yüzeyin 1m altından, göl tabanının 1m üstünden, orta derinliğinin biraz altından ve üstünden alınarak karıştırılıp komposit bir numune oluşturulmuştur. Üçüncü istasyon ise kaynak deresinin gölete girdiği nokta olarak belirlenmiştir. Böylece kaynak deresi ile havzadan gölete taşınan kirleticiler saptanabilmiştir. Kış mevsiminde hava koşulları sebebiyle bazı zamanlarda gölete bot ile açılabilme mümkün olmadığı için dördüncü bir istasyona ihtiyaç duyulmuş ve bu istasyon kıyı diye isimlendirilmiştir. Bot ile göle girilemediği zamanlarda numuneler kıyıda ve kaynak deresinden alınmıştır. Numuneler +4°C’de saklanarak laboratuvara getirilip analiz edilmiştir. Numune alma çalışmaları sırasında çekilen bazı görüntüler Şekil 3.32’de verilmiştir.



Şekil 3.32 Numune alma çalışmaları

3.5. Kalite Parametrelerinin Ölçülmesi

Küçük su kütlelerinde havzaya düşen yağışın su kalitesine etkisini inceleyebilmek amacıyla hem göletteki su kalitesi mevsimsel olarak incelenmiş hem de yağmur suyu ile havzadan ve atmosferden gölete taşınan kirlетici yüklerini belirlemek amacıyla yağmur suyu kalitesi belirli periyotlarda ölçülmüştür.

Yağmur suyu havzada meteoroloji istasyonun yanına yerleştirilen bir huni ve 2 tane numune alma kabından oluşan düzenek ile toplanmıştır. Düzenekte buharlaşma kayıpları en aza indirilmiştir. Fakat bu kayıplar sıfırlanamadığı için

meteoroloji istasyonu ile ölçülen yağmur suyu miktarı verileri kullanılarak bir düzeltme faktörü hesaplanmıştır. Ölçülen değerler bu düzeltme faktörü ile çarpılıp düzeltilmiştir.

$$C^* = C \frac{Y_A}{Y_T A}$$

Burada;

C^* = Düzeltilmiş derişim, mg/L

C = Ölçülen derişim, mg/L

Y_A = Yağmur suyu örnekleyicide toplanan yağmur suyu miktarı, L

Y_T = Meteoroloji istasyonunda ölçülen toplam yağış, mm

A = Huninin yüzey alanı, mm²

Göletteki su kalitesi bileşenleri 3 farklı noktadan alınan örneklerde incelenmektedir. Arazide sıcaklık, pH, elektriksel iletkenlik, çözünmüş oksijen ölçümleri Hach marka taşınabilir “sension 156” cihazı ile yapılmıştır. Numune alınması sırasında gölün trofik seviyesinin belirlenmesinde önemli bir parametre olan seki diski derinliği ölçülmüştür. Askıda katı madde, ana elemenler (klorür, sodyum, magnezyum, potasyum, kalsiyum), azot türleri, fosfor türleri, sülfat, kimyasal oksijen ihtiyacı, toplam ve çözünmüş organik karbon, klorofil a ve koliform ölçümleri ise laboratuvarında aynı gün içinde gerçekleştirilmektedir. Analizler için kullanılan yöntemler aşağıda açıklanmıştır.

Askıda Katı Madde Tayini: Askıda katı madde miktarı tayini için gravimetrik analiz metotları kullanılarak 2540 D Standart metoduna göre gerçekleştirilmiştir (Franson, 1998). Askıda katı madde analizinde cam elyafından 0,45 mikron gözenek çapına sahip filtre kağıdı ile Sartorius firmasından alınan filtrasyon düzeneği kullanılmıştır.

Nitrat Tayini : Metot 8171 Kadmiyum İndirgemesi Metodu kullanılarak Hach marka DR2400 su analiz spektrofotometresi kullanılarak tayin edilmiştir. Bu metot 0,1 - 10,0 mg/L NO₃⁻ - N içeren sular için kullanılabilir.

Bu metotta kadmiyum sudaki nitrati nitrite indirger. Nitrit iyonları sülfanilik asit ile reaksiyona girerek ara ürün olan diazonyum tuzunu oluşturur. Tuz molekülleri jantizik asit (gentisic acid) ile etkileşime girerek bal rengi bir çözelti oluşturur. 430 nm dalga boyunda okuma yapılarak su numunesindeki nitrat derişimi belirlenir. (Hach Company, 2002).

Nitrit Tayini : Düşük derişimlerde (0,002 – 0,300 mg/L NO_2^- - N) nitrit içeren sular için kullanılan 8507 numaralı Diyazolama Metodu kullanılmıştır. Diyazolama, birincil aromatik amin ile nitroz asitinin tepkimesidir. Bu metoda göre tepkimenin gerçekleşmesi için gerekli süre 20 dakikadır. 20 dakikanın sonunda DR2400 su analizi spektrofotometresi ile sudaki nitrit miktarı tayin edilir.

Bu metotta nitrit iyonları sülfanilik asit ile reaksiyona girmesi ile ara ürün olarak oluşan diazonyum tuzları kromotropik asit ile etkileşime girerek pembe renk oluşturur. Ölçümler 507 nm dalga boyunda gerçekleştirilir (Hach Company, 2002).

Amonyak Azotu Tayini : DR2400 su analizi spektrofotometresinde, Nessler metodu kullanılarak hazırlanmış numunelerin ölçümleri yapılır. Farklı derişim aralıkları için farklı metotlar vardır. Borabey Göleti yüksek derişimlerde amonyak azotu içermediği için Nessler metodunun kullanılması uygun bulunmuştur. Bu metot kullanılarak 0,02 – 2,50 mg/L aralığında NH_3 - N içeren sularda amonyak azotu tayini yapılabilmektedir. Ölçümler 655 nm dalga boyunda yapılmaktadır. (Hach Company, 2002).

Toplam Azot Tayini : Düşük seviyedeki derişimlerde (0,5 – 25,0 mg/L N) azot içeren numuneler için kullanılan Metot 10071'e göre persülfat ile çürütme işlemi gerçekleştirilmiştir. Çürütme işlemi sırasında ortamdaki tüm azot nitrat azotuna dönüştürülmüştür. Çürütme işlemi için HachKOİ reaktörü kullanılmıştır. Okumalar DR2400 su analiz spektrofotometresinde 410 nm dalga boyunda yapılmıştır (Hach Company, 2002).

Toplam Fosfor Tayini : Toplam fosfor tayininin yapılabilmesi için su içerisindeki organik ve inorganik fosforun ortofosfata dönüştürülmesi

gerekmektedir. Bu sebeple, asit persülfat ile çürütme işlemi gerçekleştirilerek ortamdaki organik fosfor ortofosfata dönüştürülmüştür. (Metot 8190). DR2400 spektrofotometresi ile 880 nm dalga boyunda derişimler okunmuştur (Hach Company, 2002). Fosfor sularda hem çözünmüş (ortofosfat) hem de partikül şeklinde bulunabilir. Bu sebeple fosfor tayininde numunenin süzülmemesi partikül halindeki fosforunda ölçülebilmesi açısından önemlidir (Wetzel, 1983).

Ortofosfat Tayini : Askorbik asit yöntemi (Metot 8048) kullanılarak DR2400 spektrofotometresi ile gerçekleştirilmiştir. Bu yöntem ile 0,02 – 2,50 mg/L aralığında derişime sahip PO_4^{-3} tayin edilebilmektedir. Yöntemde ortofosfat iyonlarının asidik ortamda molibdat ile reaksiyona girmesi ile oluşan mavi renk 880nm dalga boyunda ölçülerek ortofosfat derişimi belirlenmektedir (Hach Company, 2002).

Kimyasal Oksijen İhtiyacı Tayini : Analiz Metot 8000'e göre gerçekleştirilmiştir. Bu metotta su numunesi kuvvetli bir yükseltgeyici olan potasyum dikromat ile 2 saat boyunca 150°C'de HachKOİ reaktöründe çürütülmüştür. 3-150 mg/L aralığındaki KOİ değerlerine sahip su numuneleri için uygun dalga boyu olan 420 nm'de analiz gerçekleştirilmiştir. (Hach Company, 2002).

Klorür Tayini : DR2400 su analiz spektrofotometresi kullanılarak yapılmıştır. Metot 8113, civa tiyosiyanat metodu kullanılmıştır. Bu metotla su numunesinde 0,1 – 25,0 mg/L Cl^- arasındaki klorür derişimi tayin edilebilmektedir. Ölçümler 455 nm dalga boyunda gerçekleştirilir (Hach Company, 2002). Diğer temel elementlerin analizi ICP-MS cihazı ile yapılmıştır.

Sülfat Tayini : Sülfat tayini 8051 numaralı SulfaVer4 metodu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. DR2400 spektrofotometresi ile 450 nm dalga boyunda ölçümler yapılmıştır. Sülfat iyonlarının SulfaVer4 içindeki baryum iyonları ile oluşturduğu baryum sülfat bileşiğinin sebep olduğu bulanıklık ile sülfat tayini gerçekleştirilmektedir. (Hach Company, 2002).

Toplam ve Çözünmüş Organik Karbon Tayini : Shimadzu marka VCPH-5000 model TOK analizöründe otomatik örnekleyici kullanılarak Standart Metot

3510 B'ye göre toplam ve çözünmüş organik karbon analizleri gerçekleştirilmiştir (Franson, 1998).

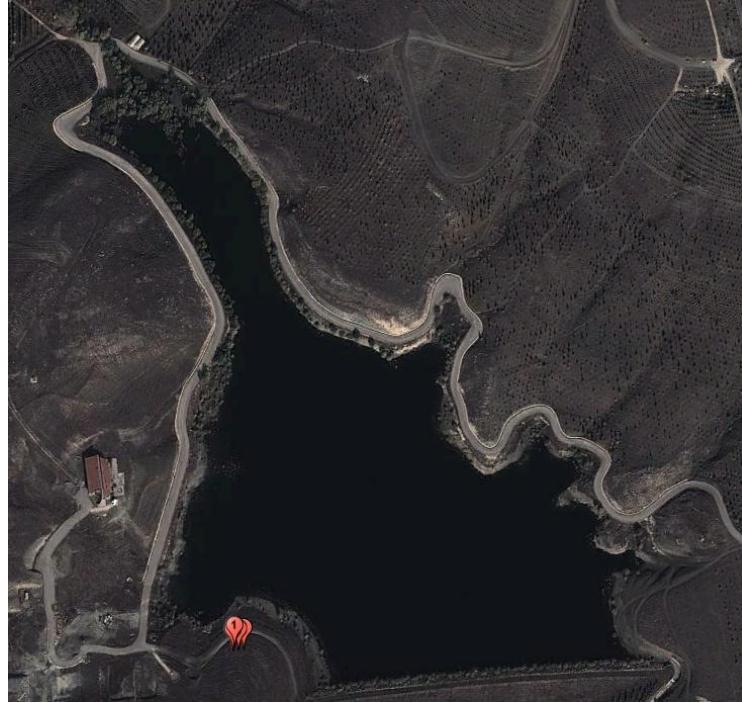
Klorofil-a Tayini : Standart metotlara göre (10200H) ön işlemlerden geçirilip spektrofotometrik olarak analiz edilmiştir. Öncelikle su numuneleri cam elyafından üretilen 0,45 mikron gözenek çapına sahip filtrelerden geçirilmiştir. Bu filtreler -20°C'de buzlukta saklanmıştır. Bu şekilde saklanarak filtre kağıtları 28 güne kadar bekletilebilir. Spektrofotometrik okuma yapabilmek için filtre kağıtların ekstraksiyonu aseton çözeltisi ile yapılmıştır. Ardından 5 cm ışık yollu küvetler kullanılarak 750, 664, 647, 630 nm dalga boylarında okumaları yapılmıştır. Son olarak numuneler 0,1 N'lik HCL çözeltisi ile asitlendirildikten sonra 750 ve 665 nm 'de okumaları yapılmıştır. Standart metotta belirtilen formüller kullanılarak hesaplamalar yapılmış ve klorofil a değerleri tayin edilmiştir (Franson, 1998).

Koliform Tayini : Membran filtrasyon tekniği ile gerçekleştirilmiştir. Besi yeri olarak Sartorius firmasından alınan Endo-NKS kullanılmıştır. Koliform analizleri kasım ve aralık ayında yapılmıştır. Aralık ayında su içerisinde herhangi bi koliform bakteriye rastlanmadığı için daha sonraki aylarda koliform sayısı araştırılmamıştır.

Seki Diski Derinliği : Işık geçirgenliğinin bir göstergesi olan seki diski tayini için 30 cm çapında siyah ve beyaz dilimlerden oluşan seki diski kullanılmıştır. Ölçüm sırasında havanın açık olmasına dikkat edilmiştir. Seki diski yavaş yavaş suya bırakılmıştır. Siyah ve beyaz renklerin ayırt edilemediği noktadaki derinlik kaydedilmiştir. Daha sonra seki diski biraz daha aşağıya indirilmiş ardından yavaş yavaş yukarı çekilmiştir. Bu seferde seki diskinde siyah ve beyaz renklerin ayırt edilebildiği noktadaki derinlik kaydedilmiştir. Bu iki derinliğin ortalaması alınarak seki diski derinliği belirlenmiştir (Bartram ve Ballance, 1996).

3.6. Toprak Numunelerinin Alınması ve Analizi

Topraktaki kirleticiler yüzey akışı ile birlikte su kütlesini karışıp su kalitesini etkilemektedir. Bu sebeple havzadaki toprağın bileşimi önemlidir. Bu doğrultuda havzanın belirli bölgesinden toprak örnekleri alınmıştır. Toprak numuneleri “TS 9923 Toprak Kalitesi – Yüzey Toprakta Numune Alma, Numunelerin Taşıma ve Muhafaza Kuralları Standartı” esaslarına göre alınmıştır. Standartta göre hafriyat alanlarından, geçmişte kireç, ticari ve çiftlik gübresi konulmuş yerlerden, yol kenarlarından, ağaçlık alanlardan, köstebek yuvalarının olduğu yerlerden alınmaması gerekmektedir. Ayrıca alınan numunenin tek bir noktadan alınması bölgenin tamamını temsil etmeyeceğinden, arazi üzerinde zikzaklar çizerek dolaşılıp 4 farklı noktadan alınan toprak örnekleri birleştirilip kompozit numune elde edilmiştir. 1.nokta 39°52'37"K, 30°27'20"D; 2.nokta 39°52'36"K, 30°27'19"D, 3.nokta 39°52'36"K, 30°27'21"D; 4.nokta ise 39°52'37"K, 30°27'22"D koordinatlarına sahiptir. Örnek alınan noktalar Şekil 3.33’te gösterilmiştir.



Şekil 3.33 Toprak numunelerinin alındığı noktalar

Öncelikle toprak üzerinde Şekil 3.34’de gösterildiği gibi V şeklinde 15-20 cm derinliğinde çukurlar açılmıştır. Toprak numuneleri bu derinlikten alınmıştır.



Şekil 3.34 Toprak numunesinin alınması

Alınan numuneler plastik kapta karıştırılıp kilitli poşetlere konulup laboratuvara getirilmiştir. Numuneler kurutulduktan sonra analizleri gerçekleştirilmiştir. Toprak numunelerinin alınması sırasında çekilen görüntüler Şekil 3.35’te gösterilmiştir.



Şekil 3.35 Toprak numunesinin alınması

Partikül Boyut Analizi:

Partikül boyut analizi ‘Malvern Mastersizer 2000 Partikül Boyut Analiz Cihazı’ ile gerçekleştirilmiştir. Cihaz lazer ışığının kırılması tekniğini kullanarak, dağınık parçacıkların içinden geçen lazer ışın demeti şeklinde saçılan ışık yoğunluğunu ölçerek partikül boyut dağılımını tayin eder.

pH ve İletkenlik Tayini:

Havada kurutulmuş, 2 mm ’lik elekten geçirilmiş 20g toprak numunesi 100 mL ’lik bir behere konulduktan sonra üzerine 40 mL saf su eklenip ve cam baget yardımı ile iyice karıştırıldıktan sonra Hach marka taşınabilir “sension 156” cihazı ile pH ve iletkenlik ölçümleri yapılmıştır (Kacar, 2009).

Sülfat, Azot ve Fosfor Türleri Tayini:

Havada kurutulmuş ve 2 mm ’lik elekten geçirilmiş toprak numunesinden 50 gr tartılır ve 250 ml ’lik plastik beherlere aktarılır. Üzerine 500 mL 0,01 M CaCl_2 ve oda sıcaklığında en az 2 saat manyetik karıştırıcıyla karıştırılır. Daha sonra numuneler 6000rpm de 10 dakika boyunca santrifüj işlemine tabi tutulur. Üstte kalan berrak kısmı analiz için ayrılır (Jones Jr, 2001). Azot türleri, fosfor türleri ve sülfat tayini ekstraksiyon işleminden sonra HachLange spektrofotometresinde Bölüm 3.5’te anlatılan metotlara uygun olarak gerçekleştirilmiştir.

Klorür Tayini:

Klorür ekstraksiyonu, havada kurutulmuş ve 2 mm ’lik elekten geçirilmiştir toprak numunesinden 20 gr alınarak üzerine 100ml saf su eklenip 10 dakika çalkalama makinesi ile çalkalanıp ardından santrifüj işlemine tabi tutulması gerçekleştirilmiştir (Kacar, 2009). Ekstraksiyon işleminden sonra civa tiyosiyanat metodu kullanılarak HachLange spektrofotometresi toprağın klorür içeriği belirlenmiştir.

Organik Madde Tayini:

Organik madde tayini için yakma yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde göre organik madde toprak numunesinin 550°C 'de yakıldıktan sonra ağırlık kaybı hesaplanarak tayin edilir (Kacar, 2009). Fakat 550°C'de organik maddelerin yanı sıra bazı inorganik maddelerde parçalandığı için yakma işlemini 400°C'de gerçekleştirilmiş ve inorganik karbonun girişimi engellenmiştir.

Havada kurtulmuş ve 0,5 mm'lik elekten geçirilmiş toprak örneği bünyesindeki nemi uzaklaştırmak için 105°C'de etüvde 1 gün boyunca bekletilmiştir. Ardından nemi uzaklaştırılmış toprak örneğinden 1 gr tartılıp porselen kül kabına aktarılmış ve 400°C 'ye ısıtılmış fırında 5 saat bekletilmiştir. Fırından alınan numune desikatörde soğutulduktan sonra tartılıp ağırlık kaybı hesaplanarak toprağın organik madde içeriği (%) tayin edilmiştir.

Organik Karbon Tayini:

Organik karbon miktarını tayin edebilmek için öncelikle toprak örneklerinden yaklaşık olarak 1 gr tartılıp, 50 mL saf su ile 20°C'de 2 saat Şekil 3.36'da gösterilen çalkalayıcı kullanılarak ekstrakte edilmiştir. Ekstraksiyon işleminden sonra örnekler santrifüj tüplerine alınarak 6000 rpm'de 15 dk santrifüj işlemine tabi tutulmuştur. Elde edilen berrak sıvı kullanılarak, Shimadzu marka VCPH-5000 model TOK analizöründe otomatik örnekleyici kullanılarak su ile ekstrakte edilebilir karbon (water extractable carbon, WEC) miktarı tayin edilmiştir.

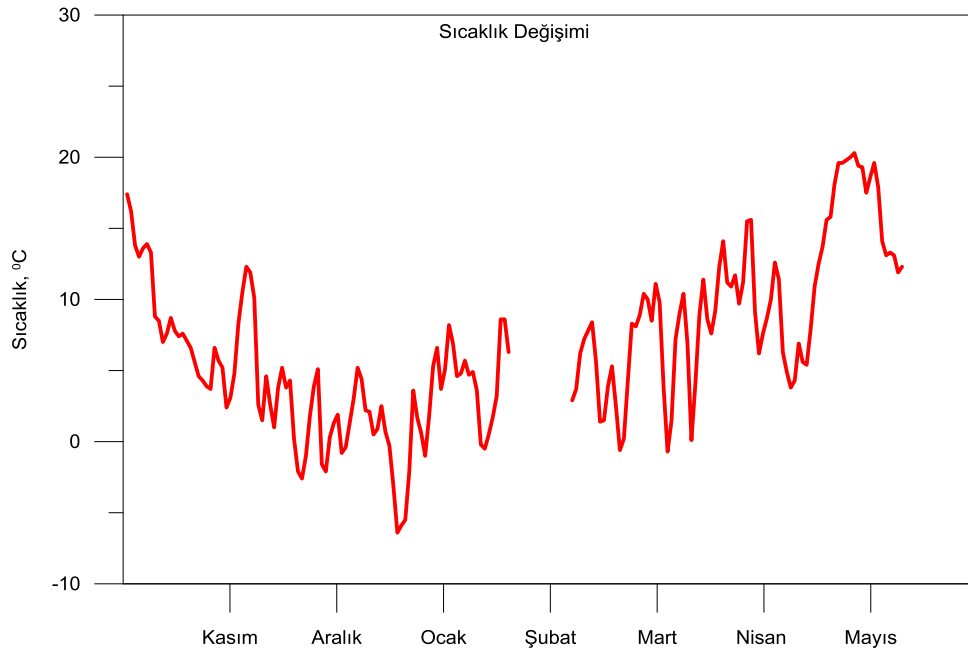


Şekil 3.36 Ekstraksiyon işleminde kullanılan otomatik çalkalayıcı

4. BULGULAR

4.1. Meteorolojik Değişkenler

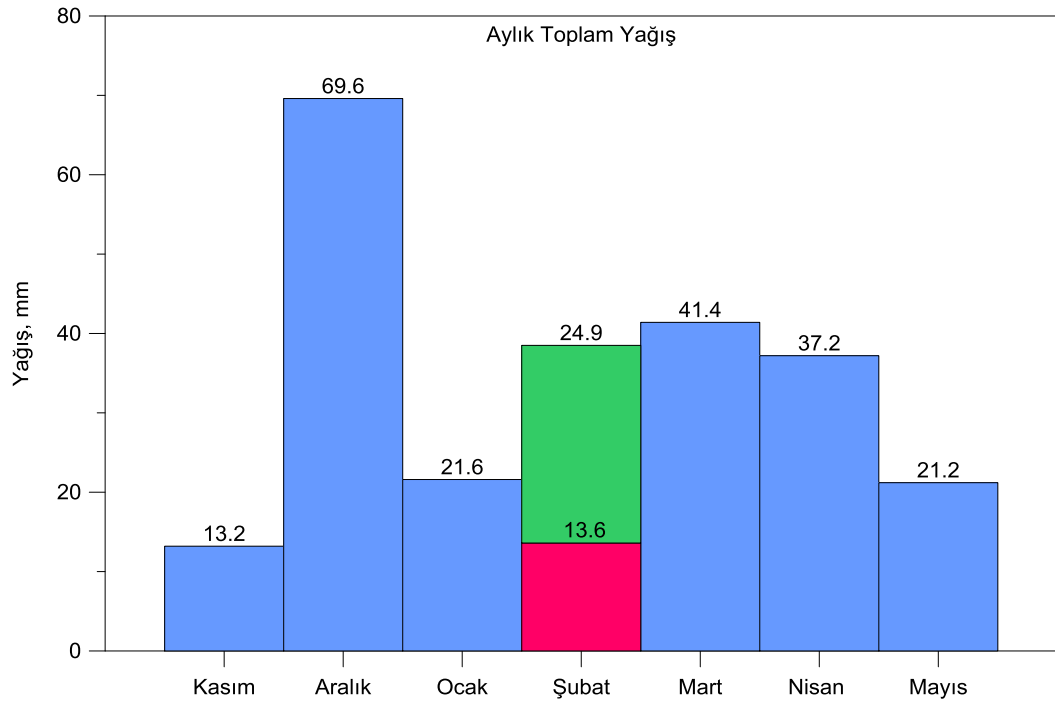
Havzadaki yağış, sıcaklık ve rüzgar gibi meteorolojik bileşenlerin ölçümleri havzaya kurulan meteoroloji istasyonu ile 1 Kasım tarihinden itibaren ölçülmüştür. Şubat ayına ait bazı veriler konsoldan bilgisayara aktarılırken kaybedilmiştir. Kasım ve mayıs ayları arasında günlük ortalama sıcaklık değerlerindeki değişim Şekil 4.1’de gösterilmiştir.



Şekil 4.1 Borabey Göleti Havzası’nda günlük ortalama hava sıcaklığı değerlerindeki değişim

Sıcaklık değerlerinin yanı sıra havzaya düşen yağış miktarı da meteoroloji istasyonu ile ölçülmüştür. Ölçüm periyodunda en yağışlı dönem aralık ayıdır. Aralık ayında ölçülen yağış miktarı 69,6 mm’dir. Şubat ayında istasyonda ölçülen yağış 13,6 mm olarak kaydedilmiştir. Fakat 5 Şubat – 21 Şubat arasındaki veriler bilgisayara aktarılırken kaybedildiği için bu tarihler arasındaki yağış miktarı

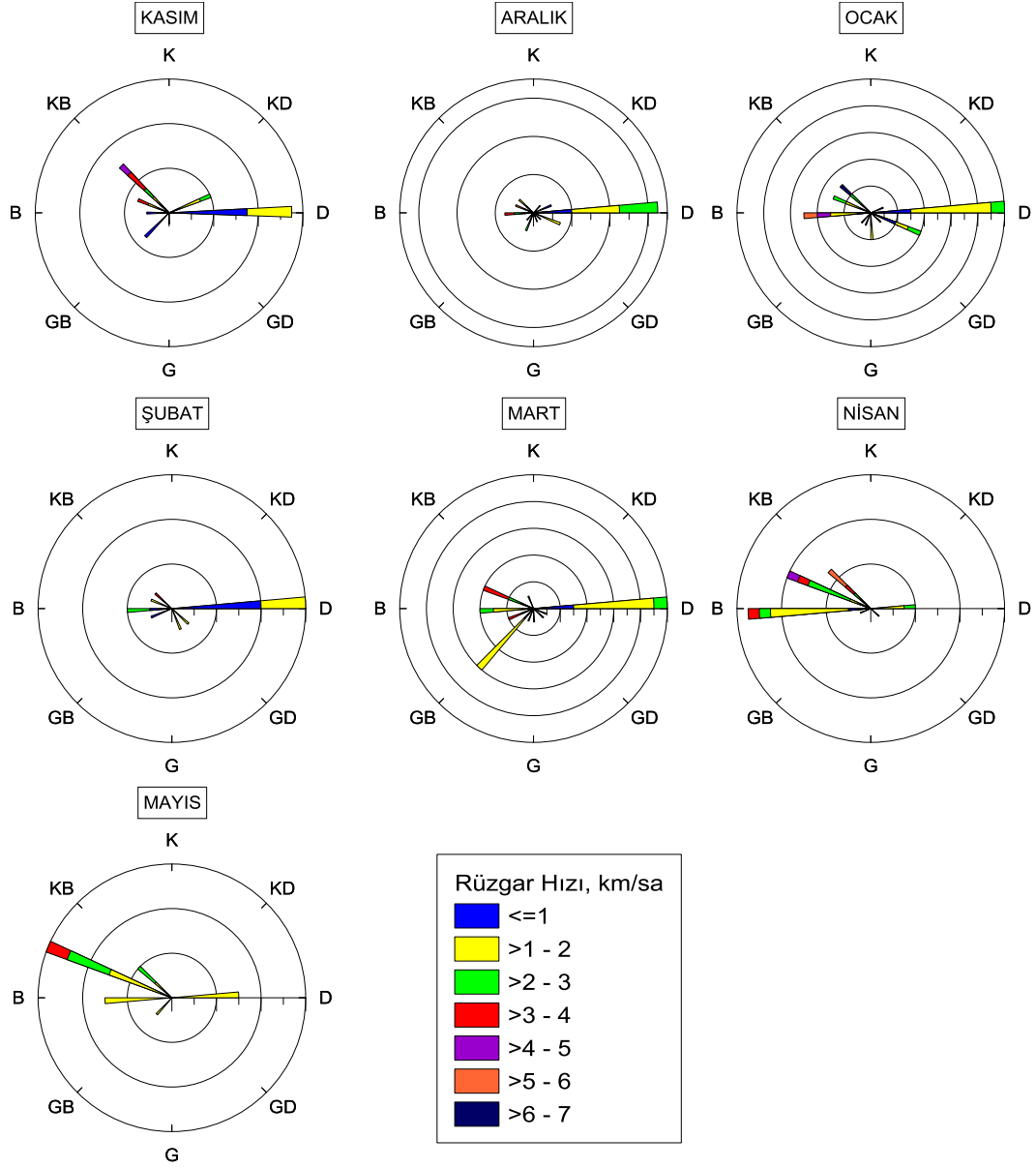
ölçülememiştir. Yağmur suyu örnekleyici ile toplanan yağmur suyu miktarı ölçülerek 5-12 Şubat tarihleri arasında tahmini bir yağış değeri hesaplanmıştır. Bu değer minimum 24,9 mm olarak hesaplanmıştır fakat gerçek değer buharlaşma kaybı da olduğu için bu değerin üstündedir. Meteoroloji istasyonunda ölçülen aylık toplam yağış miktarları Şekil 4.2’de gösterilmiştir.



Şekil 4.2 Borabey Göleti’nde ölçülen aylık toplam yağış miktarları

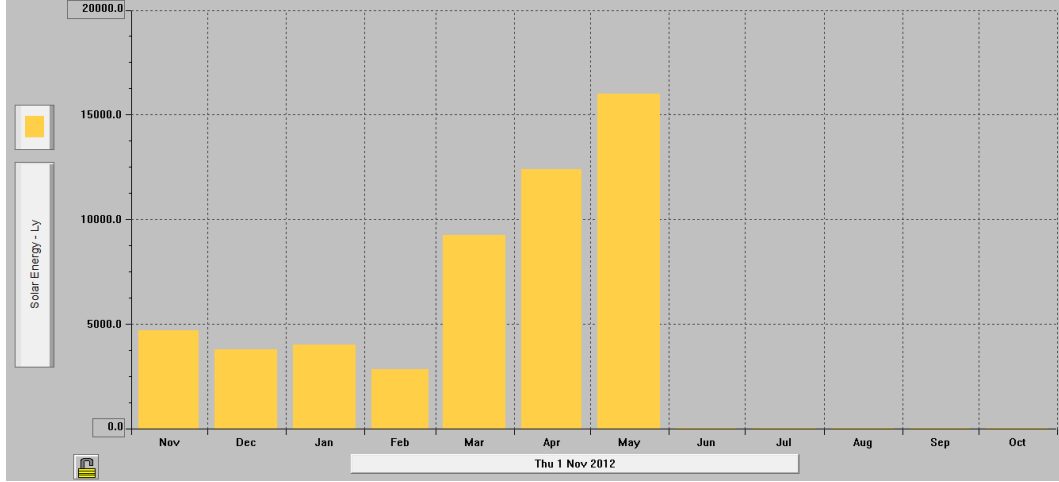
Meteoroloji istasyonunda yağış ve sıcaklığa ek olarak rüzgar hızı ve yönü de istasyondaki anemometre ile ölçülmektedir. Kış mevsiminde havzaya en şiddetli rüzgarlar kuzey batı yönünden gelmektedir. Kışın kar yağışlarına sebep olan bu rüzgarlar karayel olarak isimlendirilir. Gölete gelen en şiddetli rüzgarların kuzey batı yönünden gelmesine karşın gölette kış mevsiminde etkin rüzgar yönü doğudur. Bu rüzgarlar gündoğusu olarak isimlendirilir ve ani sıcaklık değişimlerine sebep olur. Nisan ayında havalarda ısınması ile birlikte etkin rüzgar yönü de değişmiştir. Nisan ve mayıs aylarında göletteki etkin rüzgar yönü batıdır. Sıcak ve nemli rüzgarlar olan bu rüzgarlar günbatısı olarak isimlendirilir.

Günlük ortalama değerler göz önüne alınarak oluşturulan Borabey Göleti'ne ait rüzgar gülleri Şekil 4.3'te gösterilmiştir.



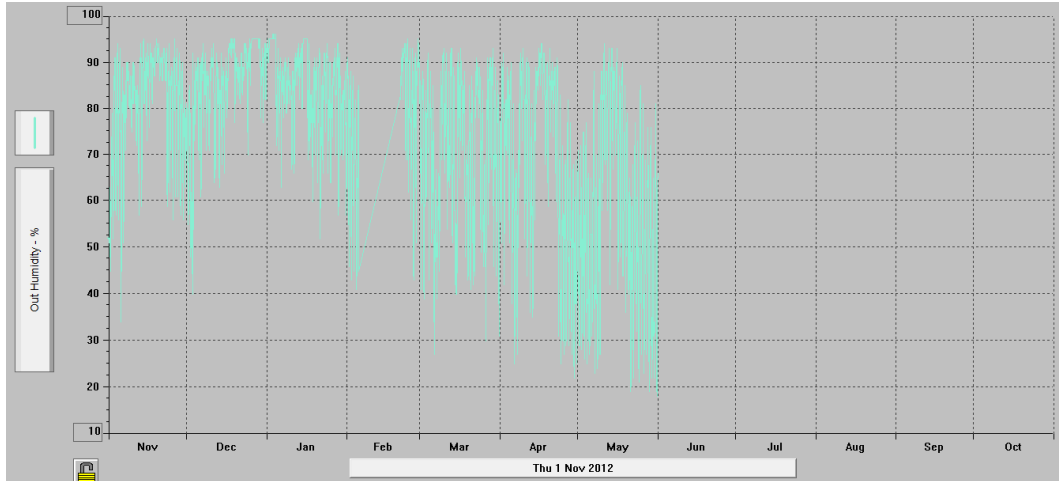
Şekil 4.3 Borabey Göleti aylık rüzgar gülleri

Meteoroloji istasyonunda ölçülen bir başka parametre ise güneş radyasyonudur. Bu veriler kullanılarak Weather Link programında elde edilen güneş enerjisi grafiği Şekil 4.4'te verilmiştir.



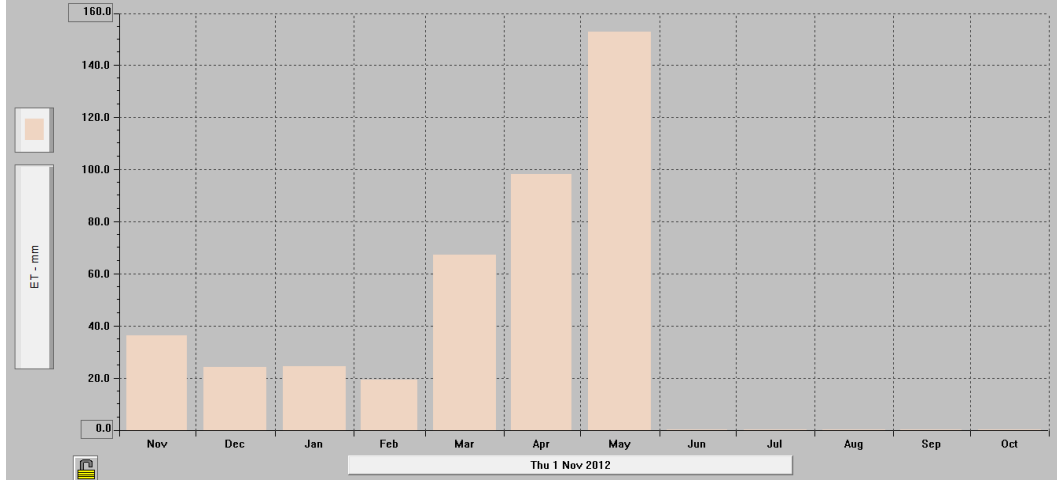
Şekil 4.4 Aylık güneş enerjisi

Günlük % nem oranları ise Şekil 4.5'te gösterilmiştir.



Şekil 4.5 Günlük nem oranları değişimi (%)

Weather Link programı içinde hesaplanan bitki tüketimi ve buharlaşma ile birlikte toplam su kaybı değeri olan evapotranspirasyon değerleri (mm) aylık olarak Şekil 4.6'da gösterilmiştir.



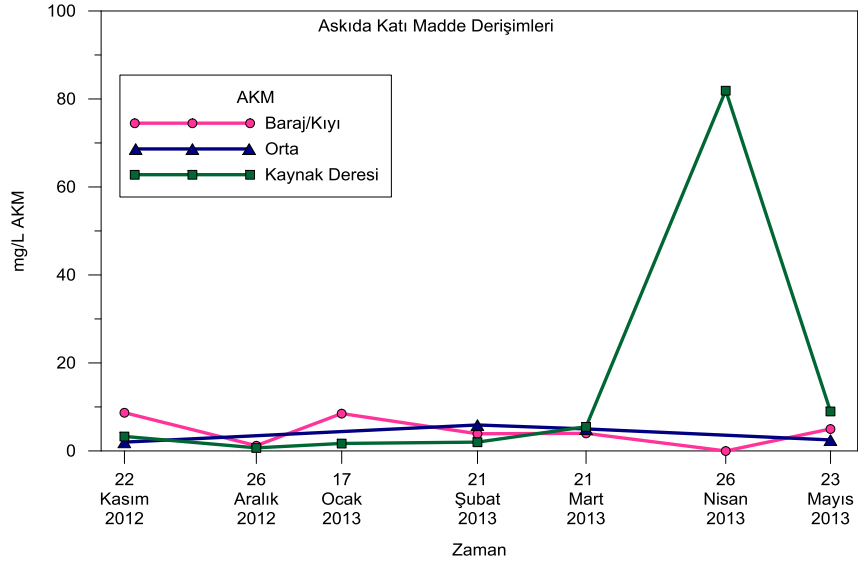
Şekil 4.6 Aylık toplam evapotranspirasyon miktarları

4.2. Gölet Su Kalitesi Analizleri

Bu çalışma kapsamında Borabey Göleti'nin su kalitesi kasım ile mayıs ayları arasında aylık olarak incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda hazırlanan su kalitesi raporları Ek-1'de verilmiştir.

4.2.1. Askıda katı madde

Askıda katı madde (AKM) su kütlesinde ışık geçirgenliğini azaltması ve bunun sonucu olarak sucul hayattaki yaşamsal faaliyetleri etkilemesi sebebiyle önemlidir. SKKY'de göl, gölet ve baraj haznelerinin ötrofikasyon kontrolü için doğal koruma alanı ve rekreasyonu için AKM derişimi 5 mg/L ile çeşitli kullanımlar için ise 15 mg/L ile sınırlandırılmıştır. Çalışma alanında askıda katı madde derişimleri aylık olarak incelenmiştir. AKM derişimleri su kütlesinde genellikle 5 mg/L'nin altında ölçülmüş, belirli zamanlarda bu değer 5 mg/L'yi aşmış fakat 10 mg/L'nin üstüne çıkmamıştır. AKM derişimindeki değişim Şekil 4.7'de gösterilmiştir.



Şekil 4.7 Askıda katı madde derişimleri

Şekil 4.4'te de görüldüğü gibi kaynak deresindeki askıda katı madde derişimi nisan ayında diğer aylarla karşılaştırıldığında olağan dışı değerlere ulaşmış 81,9 mg/L olarak ölçülmüştür. Bunun sebebini araştırmak için akarsuyun membına kadar çıkılmış ve ana akarsu kolunun içinden geçtiği Kavacık köyünde tarım arazilerinin sürüldüğü görülmüştür. Kaynak deresine yerleştirilen savaktan 26 Nisan 2013 tarihinde akan suyun ve Kavacık köyündeki tarlaların görüntüsü Şekil 4.8'de verilmiştir.

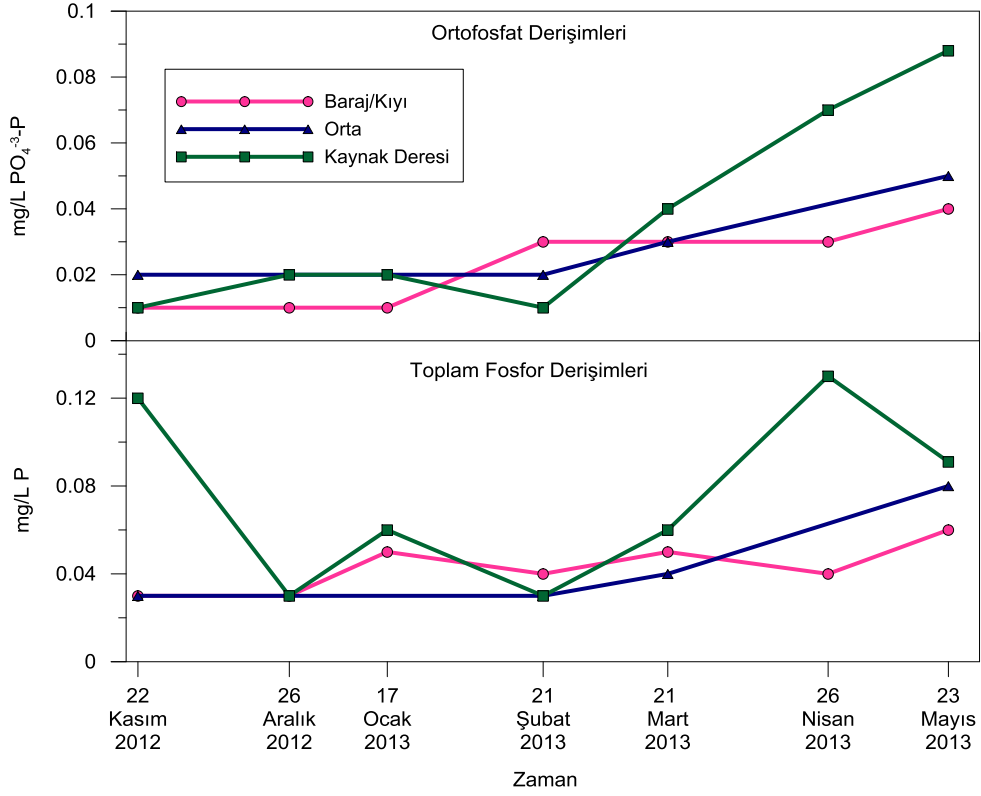


Şekil 4.8 Kavacık Köyü ve Kaynak deresinden 26 Nisan 2013 tarihinde bir görüntü

4.2.2. Fosfor türleri

Göletten aylık olarak alınan su örneklerinde fosfor analizleri ile göletteki fosfor derişimindeki değişim incelenmiştir. Fosfor sulara hem çözünmüş hem de partikül halde bulunabildiği için ortofosfat ve toplam fosfor derişimi birlikte incelenmiştir. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine (SKKY) göre 1.sınıf yüzey suları en çok 0,02 mg P/L fosfor içerebilir. 2.sınıf sular için bu değer 0,16 ile sınırlandırılmıştır. Bu sebeple Borabey Göleti SKKY'ye göre 2.sınıfa girmektedir. Kasım ile mayıs aylarında yapılan analizlerde en yüksek fosfor derişimi mayıs ayında 0,08 mg P/L olarak ölçülmüştür.

Kış mevsiminde ortalama 0,04 mg P/L civarlarında seyreden toplam fosfor derişimi ilkbaharda yükselmeye başlamıştır. Havzadaki tarım arazilerinin gübrenmesi ile bu gübrelerin içerdigi fosfor yüzeysel akış ile su kütlesine taşınmıştır. Bu sebeple göleti besleyen kaynak deresi, özellikle nisan ayında yağışların oluşturduğu yüzeysel akış ile havza toprağındaki fosforu gölete taşımış ve kaynak deresindeki fosfor derişimindeki artış ile birlikte göletteki ortofosfat ve toplam fosfor derişiminde de artış gözlemlenmiştir. Nisan ayında göle giren toplam fosforun büyük bir kısmını çözünmüş halde bulunan ortofosfat iyonları oluşturmaktadır. Ölçüm periyodunda toplam fosfor ve ortofosfat derişimindeki değişim Şekil 4.9'da gösterilmiştir.



Şekil 4.9 Fosfor türlerinin derişimleri

4.2.3. Azot Türleri

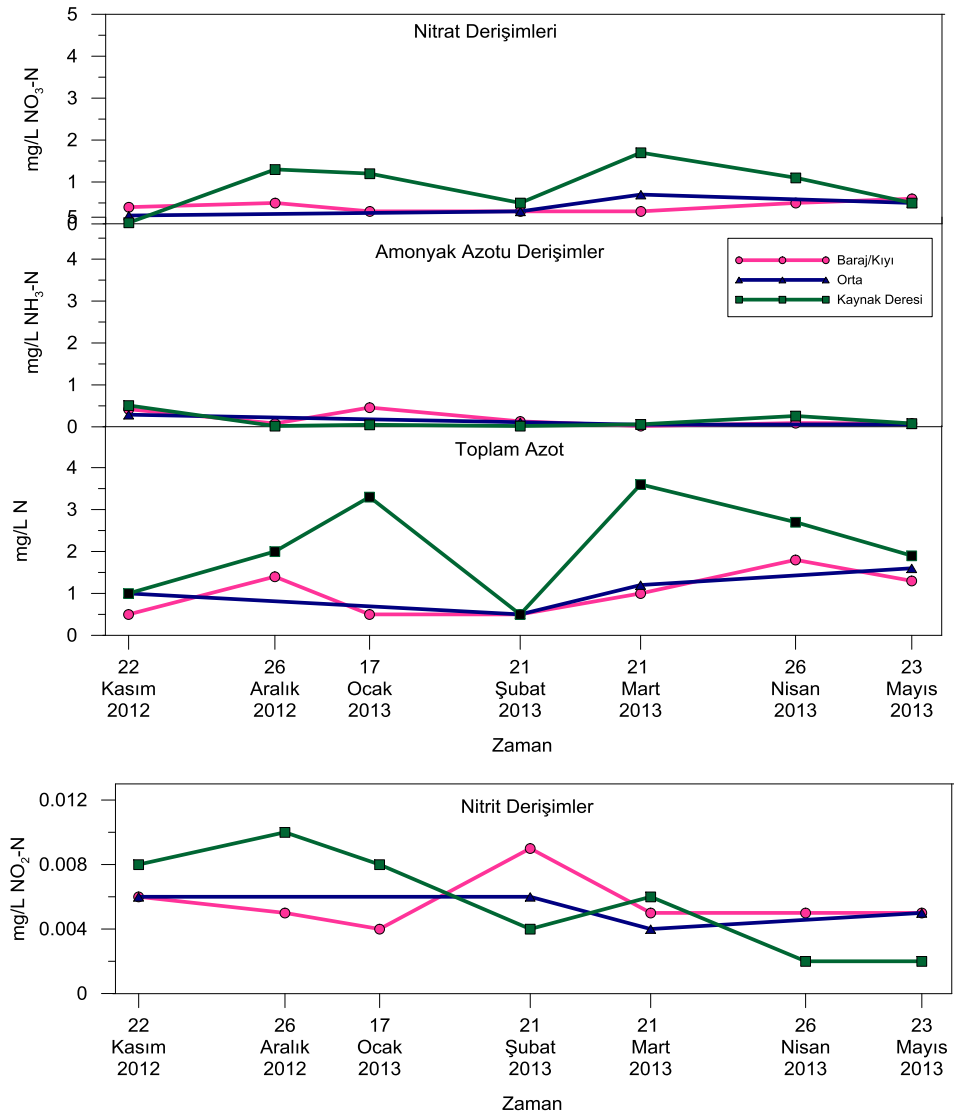
Borabey göletindeki azot türlerinin derişimlerini belirlemek için inorganik azot formları ve toplam azot derişimleri incelenmiştir. Azot türlerindeki artış su kütlesinde toksikolojik sorunlara ve ötrofikasyona sebep olması sebebiyle kontrol edilmesi gereken bir parametredir.

Nitrifikasyon sürecinin son ürünü olan nitrat SKKY’de 1.sınıf sular için 5 mg/L ile sınırlandırılmıştır. Buna göre Borabey göleti nitrat derişimi açısından 1.sınıf kaliteye sahip su özelliği göstermektedir. İlkbaharda sudaki yaşamsal faaliyetlerin hızlanmasına paralel olarak nitrat derişiminde azalma görülmüştür.

Amonyak azotunun derişiminin artması ise sucul yaşam için toksik şartlar oluşturmaktadır. SKKY’de 1.sınıf su kalitesine sahip sularda NH₃-N derişimi 0,2 mg/L ile sınırlandırılmıştır. Kasım ve ocak aylarından göletten alınan

numunelerde $\text{NH}_3\text{-N}$ derişimi bu değerin üstüne çıkmıştır. Kaynak deresindeki derişim ise kasım ve nisan aylarında sınır değeri aşmıştır.

Diğer bir inorganik azot formu olan nitrit nitrifikasyon ve denitrifikasyon süreçlerinin ara ürünü olduğundan derişimi kirlenmemiş doğal sularda genellikle çok düşüktür. Ancak ortamda çözünmüş oksijenin yetersiz olduğu durumlarda nitrit derişimi 1mg/L'lere kadar çıkabilmektedir. SKKY'de 1.sınıf sularda nitrit derişimi 0,002 mg/L'nin altındadır. Borabey Göleti'nde nitrit derişimleri bu sınır değerin üzerinde ölçülmüştür ve nitrit açısından 2.sınıf su kalitesine sahiptir. Azot türlerinin derişimleri Şekil 4.10'da gösterilmiştir.

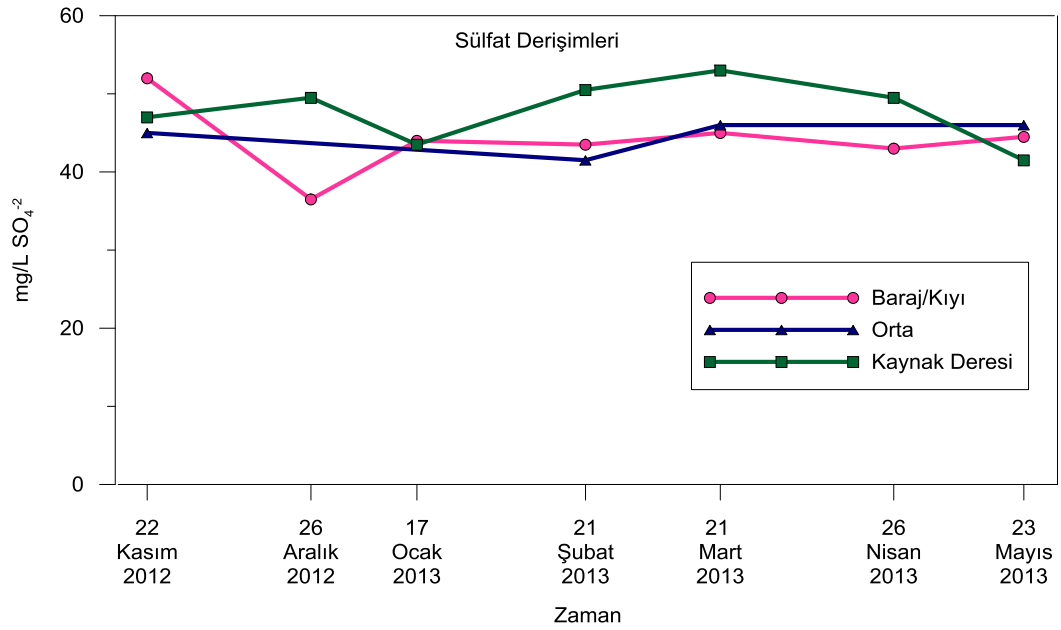


Şekil 4.10 Azot türleri derişimleri

Toplam azot derişim ise SKKY’de göl, gölet ve barajların ötrofikasyon kontrolü için sınır değeri doğal koruma alanı ve rekreasyonu için 0,1 mg/L, çeşitli amaçlarda kullanım için ise 1 mg/L’dir. Göletteki toplam azot derişimi bu sınır değerlerin üzerinde ölçülmüştür.

4.2.4. Sülfat

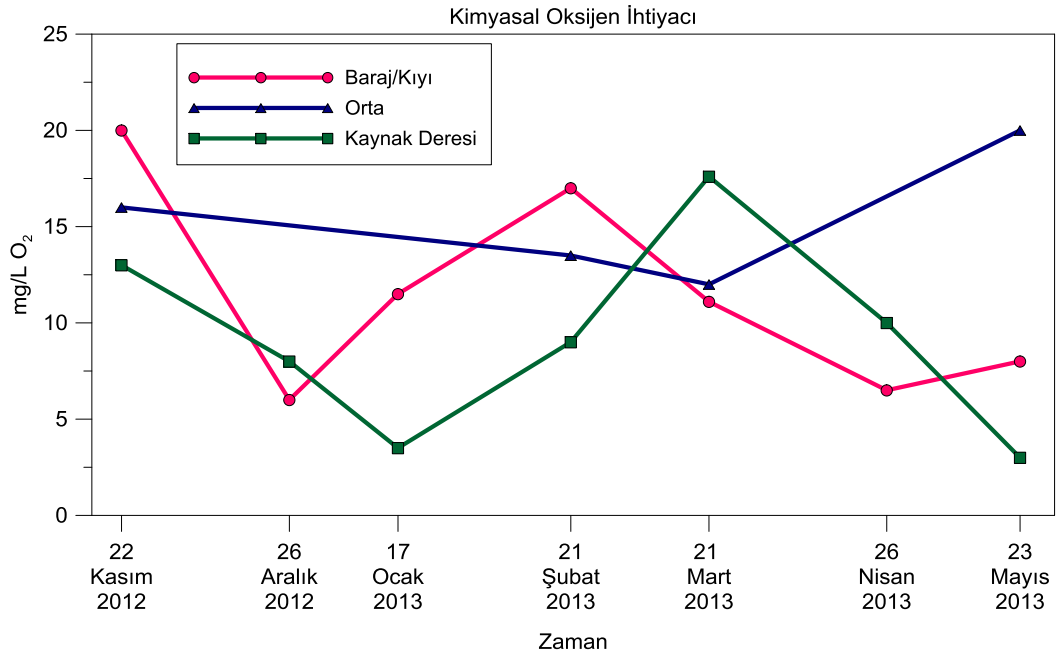
Literatürde doğal sularda sülfat derişimlerinin bulunduğu bölgenin özelliklerine göre 2 – 80 mg/L arasında değıştiğı belirtilmektedir (Chapman, 1992). Borabey göletinde sülfat derişimleri ortalama 45 mg/L civarında ölçülmüştür. SKKY’de sülfat derişimi 1.sınıf sular için 200 mg/L ile sınırlandırılmıştır. Göletteki değerler bu değerin çok altındadır. Borabay Göleti’nde Sülfat derişimleri Şekil 4.11’de verilmiştir.



Şekil 4.11 Sülfat Derişimleri

4.2.5. Kimyasal oksijen ihtiyacı

Kimyasal oksijen ihtiyacı sularda kirlilik yükünü belirlemede kullanılan bir parametredir. Sularda bulunan organik madde miktarı hakkında bilgi verir. SKKY’de 1.sınıf su kalitesine sahip suların kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) derişimi 25 mg/L ile sınırlandırılmıştır. Borabey Göleti’nde kasım ve mayıs aylarında yapılan ölçümlerde KOİ derişimleri aylara göre farklılık göstermiş fakat 25 mg/L’yi hiç aşmamıştır. SKKY’ye göre Borabey Göleti KOİ derişimi açısından 1.sınıf su kalitesine sahiptir. En yüksek KOİ derişimi kasım ayında baraja yakın bir noktadan alınan numunede 20 mg /L olarak ölçülmüştür. Su kütlesindeki organik madde miktarı hakkında yorum yaparken KOİ ve organik karbon derişimlerini birlikte ele alarak değerlendirmek daha doğru olacaktır. Borabey Göleti ve göleti besleyen akarsudaki kimyasal oksijen ihtiyacı derişimlerindeki değişim Şekil 4.12’de gösterilmiştir.

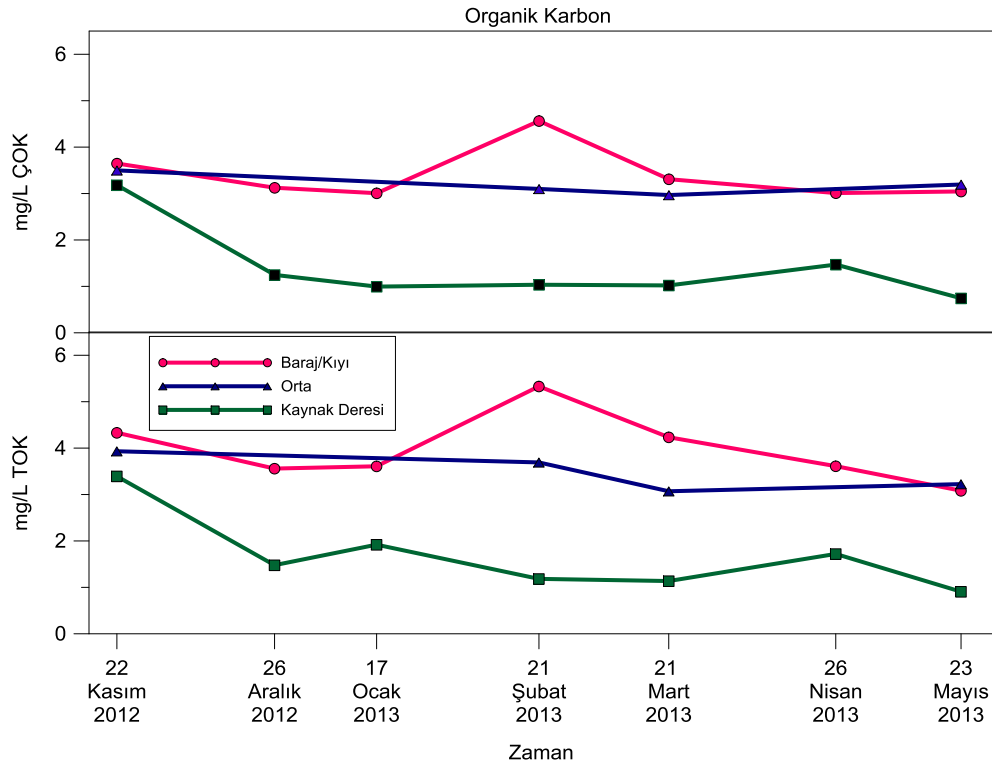


Şekil 4.12 Kimyasal Oksijen İhtiyacı

4.2.6. Organik karbon

Su kütlelerin organik madde pek çok farklı çeşitlerde bulunabilir. Bunların hepsinin ayrı ayrı ölçülmesi pek mümkün olmadığı için genellikle organik madde miktarı tayininde organik karbon, KOİ ve BOİ analizleri kullanılır. Bu çalışma kapsamında kimyasal oksijen ihtiyacına ek olarak toplam ve çözünmüş organik karbon analizleri de gerçekleştirilmiştir.

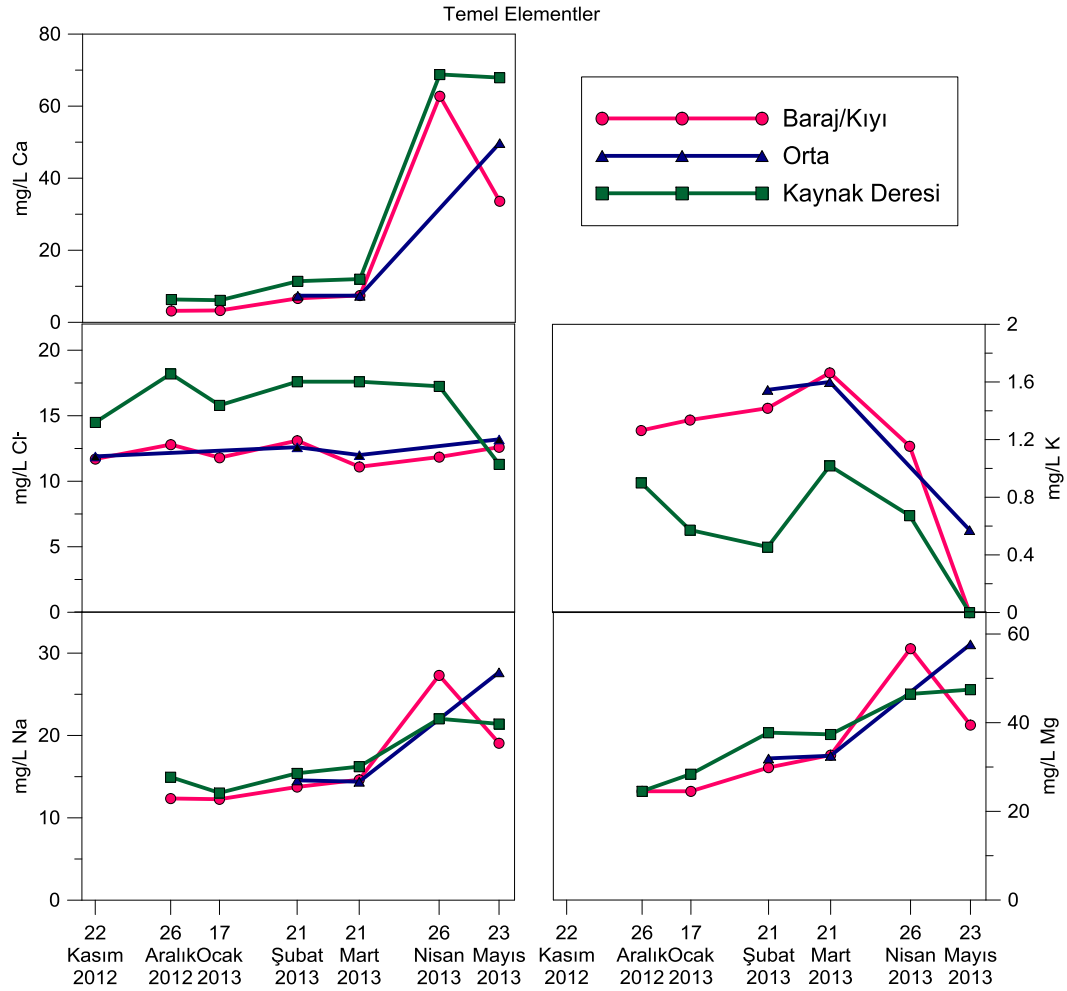
SKKY’de 1.sınıf su kalitesine sahip suların toplam organik karbon (TOC) derişimi 5 mg/L ile sınırlandırılmıştır. Kasım ve mayıs aylarında alınan su örneklerindeki TOC derişimi genellikle bu değerin de altındadır. Yalnızca şubat ayında TOC derişimleri bu sınır değerin üstüne çıkmış ve 5,3 mg/L olarak ölçülmüştür. Borabey Göleti’nde mevcut organik karbonun büyük bir kısmını ise çözünmüş organik karbon (ÇOK) oluşturmaktadır. Çözünmüş ve toplam organik karbon derişimlerindeki değışim Şekil 4.13’te gösterilmiştir.



Şekil 4.13 Toplam organik karbon ve çözünmüş organik karbon derişimleri

4.2.7. Temel elementler

Su kütlelerinde bulunan temel elementler bölgenin jeolojik, coğrafik ve iklim özelliklerine göre büyük farklılıklar gösterebilir. Borabey Göleti’nde klorür derişimleri kasım ayından diğer temel elementler ise şubat ayından itibaren ölçülmeye başlanmıştır. Şekil 4.14’te temel element derişimindeki değişim gösterilmiştir.



Şekil 4.14 Borabey Göleti’nde temel elementlerin derişimindeki değişim

Kirlenmemiş doğal sularda potasyum (K) derişimi genellikle 10 mg/L’den küçüktür. Borabey Göleti’nin potasyum derişimlerinde aylara göre büyük farklılıklar gözlemlenmemiş ve 2 mg/L’nin altında ölçülmüştür. Klorür (Cl⁻)

derişimi ise su kütlesinde ortalama 12 mg/L civarında ölçülmüştür. Kaynak deresinde ölçülen klorür miktarı ise 18,2 mg/L değerine kadar çıkmış ortalama 16 mg/L civarında ölçülmüştür. Kalsiyum (Ca) derişimi kirlenmemiş doğal sularda genellikle 15 mg/L'nin altındadır. Borabey Göleti'nin kalsiyum derişimi ilkbaharda artışa geçerek 68 mg/L'lere kadar ulaşmıştır. Sodyum(Na) ve magnezyum (Mg) derişimlerinde de benzer durum söz konusudur. Mart ayından itibaren Ca, Na, Mg derişimlerindeki artışın en önemli sebebi atmosfere Sahra Çölü tozları ile taşınan minerallerin çökelmeleridir.

4.3. Borabey Göletinin Trofik Seviyesinin İncelenmesi

Göl ve göletler içerdikleri besin seviyelerine göre 4 farklı trofik seviye ile sınıflandırılır. Az beslenen göller oligotrofik, kısmen beslenen göller mezotrofik, iyi beslenenler ötrofik, aşırı beslenenler ise hiperötrofik göl olarak isimlendirilir. Trofik seviyenin belirlenmesinde en önemli parametreler toplam fosfor, toplam azot, klorofil-a derişimleri ve seki diski derinliğidir. Borabey Göleti'nin trofik seviyesi bu 4 parametre göz önüne alınarak incelenmiştir.

Azot ve fosfor ötrofikasyonda sınırlayıcı elementlerdir. Bitki gelişimini kontrol ederler. Su kütlelerinde N:P ağırlık oranı 7,2N:1P şeklindedir (Chapra, 1997). Bu oranın 7,2'den küçük olması ortamda azotun sınırlayıcı element olduğunu, 7,2'den büyük olması ise ortamda fosforun sınırlayıcı element olduğunu gösterir. Borabey Göleti'nde yapılan aylık ölçümlerde hesaplanan N:P oranları Çizelge 4.1'de verilmiştir.

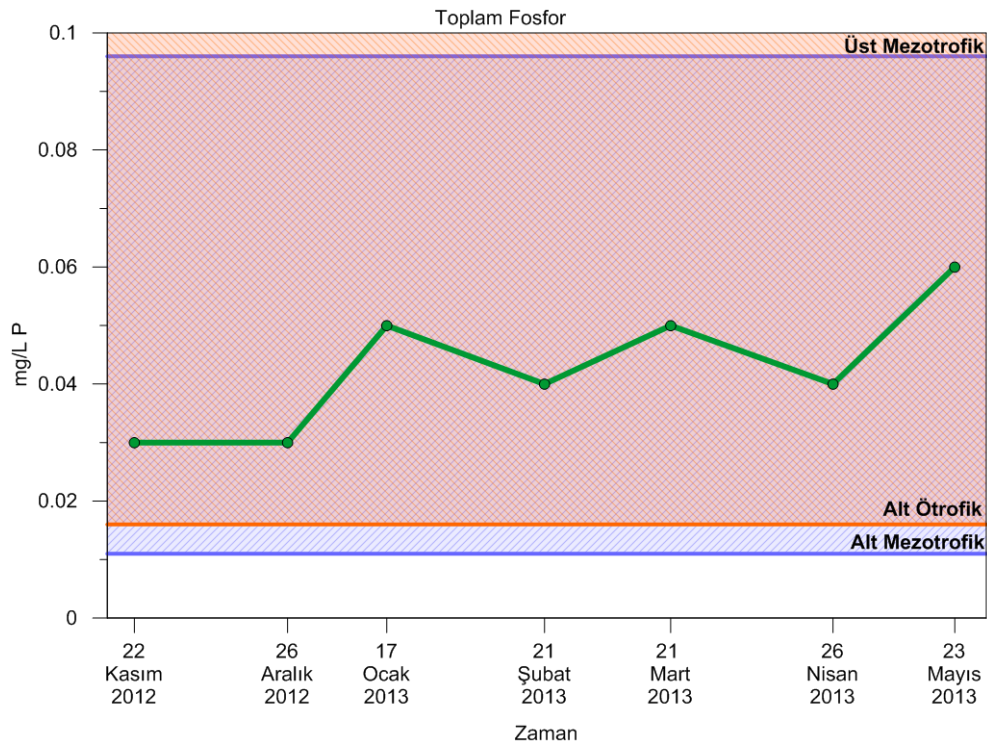
Çizelge 4.1 Borabey Göleti N:P oranları

Tarih	N:P
22 Kasım 2012	82N:1P
26 Aralık 2012	58N:1P
17 Ocak 2013	76N:1P
21 Şubat 2013	14N:1P
21 Mart 2013	11:1P
26 Nisan 2013	20:1P
23 Mayıs 2013	17:1P

Azot değerleri nitrat ve amonyak azotu deşişimlerinin toplamı, fosfor değerleri ise ortofosfat deşişimleri kullanılarak hesaplanmıştır. Buna göre Borabey Göleti’nde ötrofikasyonu sınırlayıcı element fosfodur.

4.3.1. Toplam fosfor

Trofik seviye sınıflandırmasında en önemli parametrelerden birisi su kütlesinde ki fosfor deşişimidir. Mezotrofik gl ve göletlerde fosfor deşişimi ortalama 0,028 mg P/L’dir. Fakat 0,011 mg P/L ile 0,096 mg P/L arasında değişebilmektedir. Ötrofik göllerde ise toplam fosfor deşişimi 0,016 mg P/L ile 0,39 mg P/L arasında değişmektedir. Ortalama değer 0,084 mg P/L’dir. Borabey Göleti’nde toplam fosfor deşişimindeki değişim trofik seviye deşişimleri belirlenerek şekil 4.15’ te gösterilmiştir.

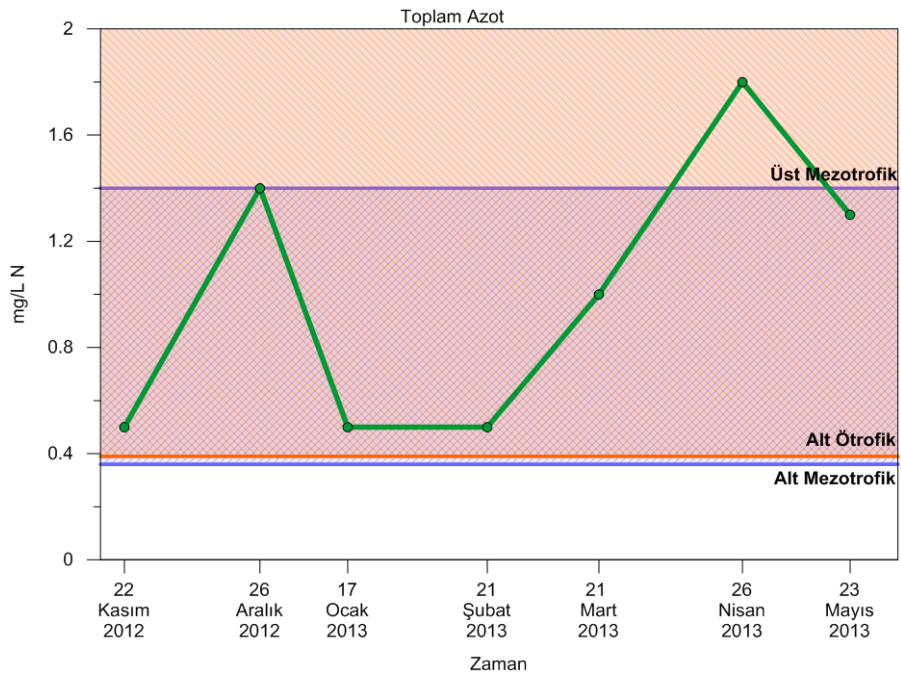


şekil 4.15 Toplam fosfor deşişimlerinin trofik seviye ile ilişkilendirilmesi

Borabey Göleti'nin besin seviyesinin mezotrofik sınır değerleri göz önüne alınarak toplam fosfor değerleri açısından mezotrofik olduğu söylenebilir. Ölçüm periyodu boyunca ölçülen fosfor derişimlerinin ortalaması 0,043 mg P/L'dir. Ölçülen değerler ötrofik göllerin için belirtilen değerleri de kapsasa da bu değerler alt sınır değerlere yakındır ve gölün ötrofik olduğunu söylemek için yetersizdir.

4.3.2. Toplam azot

Toplam azot derişimi trofik seviye sınıflandırılmasında göz önünde bulundurulması gereken bir başka parametredir. Mezotrofik göllerde toplam azot derişimi 0,36 mg/L ile 1,39mg/L arasında, ortalama değeri ise 0,75mg/L'dir. Ötrofik göllerde ise toplam azot derişimi ortalama 1,86 mg/L'dir. Fakat ötrofik göllerin toplam azot derişimleri 0,39mg/L – 6,1mg/L arasında değişmektedir. Kasım ve mayıs aylarında yapılan ölçümlerde ölçülen toplam azot derişimi ortalama 1 mg/L'dir. Ölçüm periyodunda toplam azot derişimindeki değişim mezotrofik ve ötrofik sınır değerleri ile ilişkilendirilerek Şekil 4.16'da gösterilmiştir.

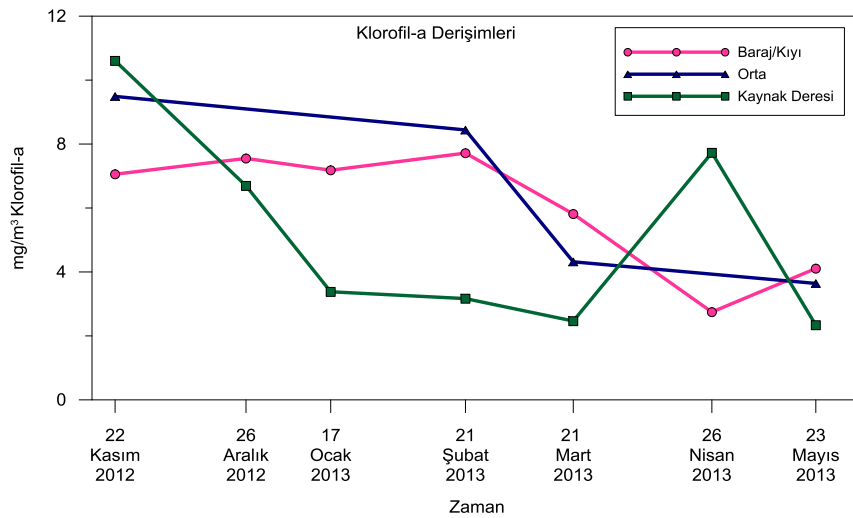


Şekil 4.16 Toplam azot derişimlerinin trofik seviye ile ilişkilendirilmesi

İlkbaharın gelmesi ile göletteki toplam azot derişiminde artış gözlemlenmiştir. Nisan ayında toplam azot derişimi mezotrofik üst sınır değerini aşmıştır. Ötrofik ve mezotrofik alt sınır değerleri birbirine çok yakındır. Bu sebeple toplam azot miktarı açısından trofik seviye belirlenirken bu durumda göz önüne alınmalıdır. Borabey Göleti'nin tıpkı toplam fosfor açısından olduğu gibi toplam azot açısından da ötrofik sınır değerleri de kapsamına rağmen bu değerler alt sınır değerlere yakın olduğundan göletin toplam azot açısından da mezotrofik olduğunu söylemek daha doğru olacaktır.

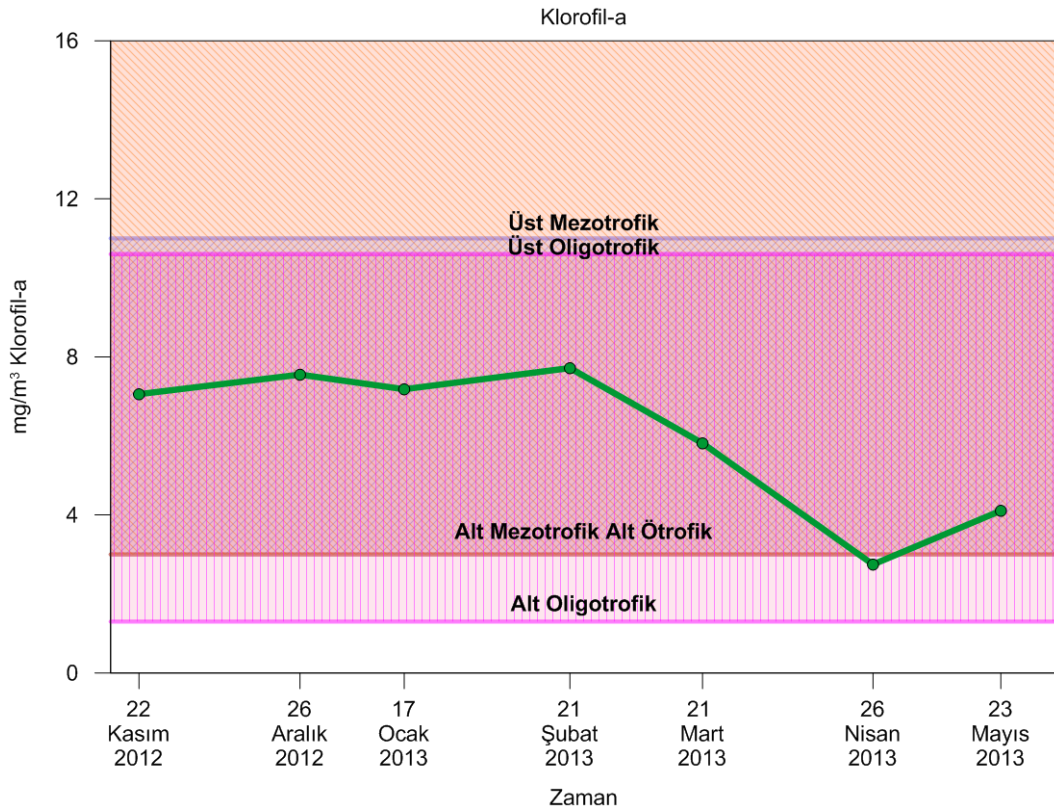
4.3.3. Klorofil-a

Klorofil-a doğal sularda fitoplankton yapısının bir göstergesidir. Işık geçirgenliği ve sıcaklık ile doğrudan ilişki olduğu için mevsimsel olarak değişiklik gösterebilir. Ayrıca klorofil-a derişimi derinliğe göre bile farklılık gösterebilir. Ölçüm periyodu boyunca baraj, orta nokta ve kaynak deresinden alınan numunelerde klorofil-a derişimleri Şekil 4.17'de gösterilmiştir. Klorofil-a derişimleri büyük farklılıklar göstermiştir. Bunun en önemli sebebi numunelerin yeterli miktarda süzülmemesidir. Ayrıca hava koşulları sebebiyle gölete bot ile girilemediği zamanlarda numunelerin kıyıdan alınması da klorofil-a derişimlerini etkilemiştir.



Şekil 4.17 Klorofil-a derişimleri

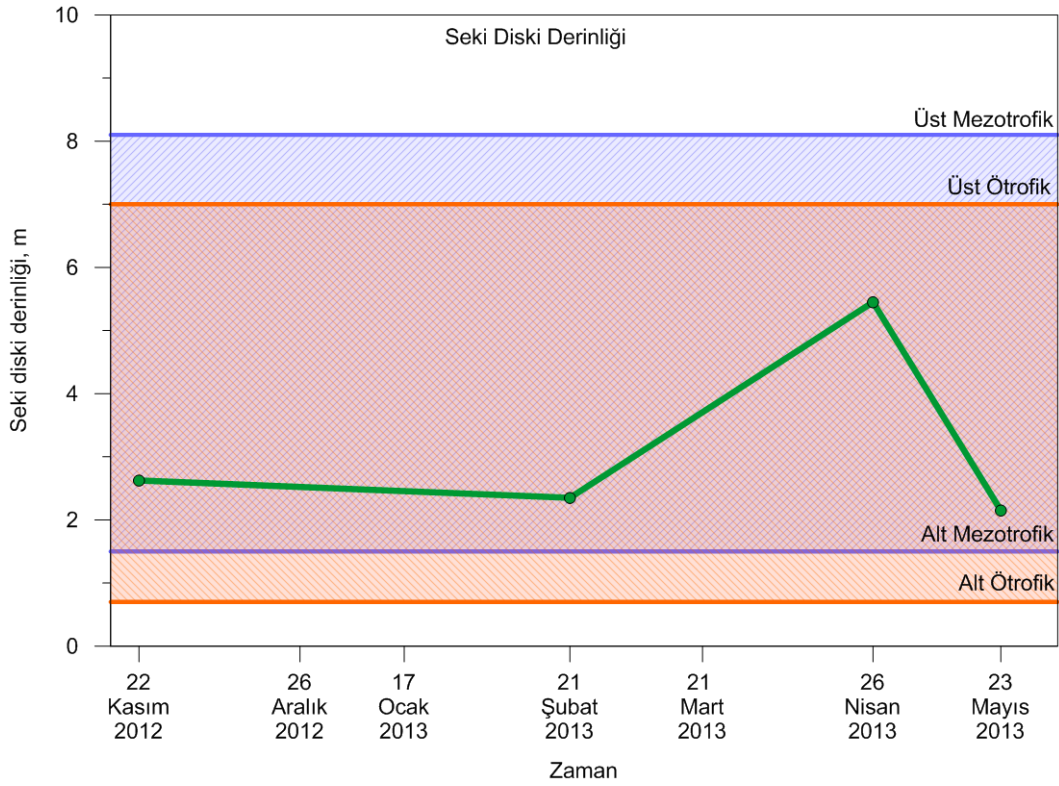
Klorofil-a derişimi trofik seviyenin belirlenmesinde de önemli bir parametredir. Mezotrofik göllerin klorofil-a derişimi 3 mg/m^3 - 11 mg/m^3 arasında değişmektedir. Ortalama değer ise $4,7 \text{ mg/m}^3$ 'tür. Ötrofik göllerde ise ortalama klorofil-a derişimi $14,3 \text{ mg/m}^3$ iken bu değer 3 mg/m^3 ile 78 mg/m^3 arasında değişebilmektedir. Borabey Göleti'nde klorofil-a değerleri ve trofik seviye sınır değerleri Şekil 4.18'de gösterilmiştir. Mezotrofik ve ötrofik göller için klorofil-a derişiminin alt sınır değerleri aynıdır. Bu sebeple klorofil-a derişimi açısından her iki sınıfta da değerlendirmek mümkündür. Ancak ortalama değere ve genele bakıldığında Borabey Göleti'nin klorofil-a derişimi açısından mezotrofik olduğu söylenebilir.



Şekil 4.18 Klorofil-a derişimlerinin trofik seviye ile ilişkilendirilmesi

4.3.4. Seki diski derinliği

Seki diski derinliği su k t lelerinde ışık geçirgenliğinin bir göstergesidir. ışık fotosentez için gerekli olduğundan sucul yaşamı ve fitoplankton miktarını doğrudan etkiler. G l ve göletlerin trofik seviyelerinin belirlenmesinde seki diski derinliği önemli bir parametredir. Mezotrofik g llerin seki diski derinliği 1,5-8,1m arasında değişmektedir. Ortalama seki diski derinliği ise 4,2 m'dir. Ötrofik göllerde ise ışık geçirgenliği mezotrofik g llere göre daha azdır ve ortalama değer 2,45 m olasına karşın 0,8 – 7,0 m arasında değişebilmektedir. Borabey Göleti'nde seki diski ölçümleri her ay yapılamamıştır. Bunun sebebi hava koşullarından dolayı bot ile g l ortasına girmek bazı aylarda mümkün olmamıştır. Ayrıca seki diski derinliği belirlenirken havanın açık olması da önemlidir. Fakat özellikle kış mevsiminde hava genellikle kapalı olduğundan seki diski derinliği de düşük ölçülmüştür. Kasım ve mayıs ayları arasında ölçülen seki diski derinlikleri şekil 4.19'da trofik seviye sınır değerleri ile ilişkilendirilmiştir.



şekil 4.19 Seki diski derinliğinin trofik seviye ile ilişkilendirilmesi

Gölette ölçülen seki diski derinlikleri alt mezotrofik sınır değerinin altına hiç inmemesine rağmen üst ötrofik sınır değerinin üstüne de çıkmamıştır. Bu sebep ile Borabey Göleti'nin seki diski açısından da trofik seviyesinin mezotrofik olduğu söylenebilir. Nisan ayında artan seki diski derinliğinde Mayıs ayında azalmanın görülmesinin sebebi Mayıs ayı ölçümlerinin yapıldığı sırada havanın kapalı olmasının yanı sıra göletteki klorofil-a derişiminin artması ile açıklanabilir.

4.4. Yağmur Suyu Analizleri

Kasım ile Mayıs ayları arasında yağmur suyu analizleri olay bazlı gerçekleştirilmiştir. Islak ve kuru çökeltme şeklinde atmosferden gelen yaygın kaynaklı kirleticiler birlikte incelenmiştir. Elde edilen veriler doğrultusuna hektar başına düşen yıllık kirletici yükü hesaplanmıştır. Ayrıca gölet yüzeyine ve havza sınırlarına ölçüm süresi boyunca düşen toplam kirletici miktarları da hesaplanmış, sonuçlar Çizelge 4.2'de verilmiştir.

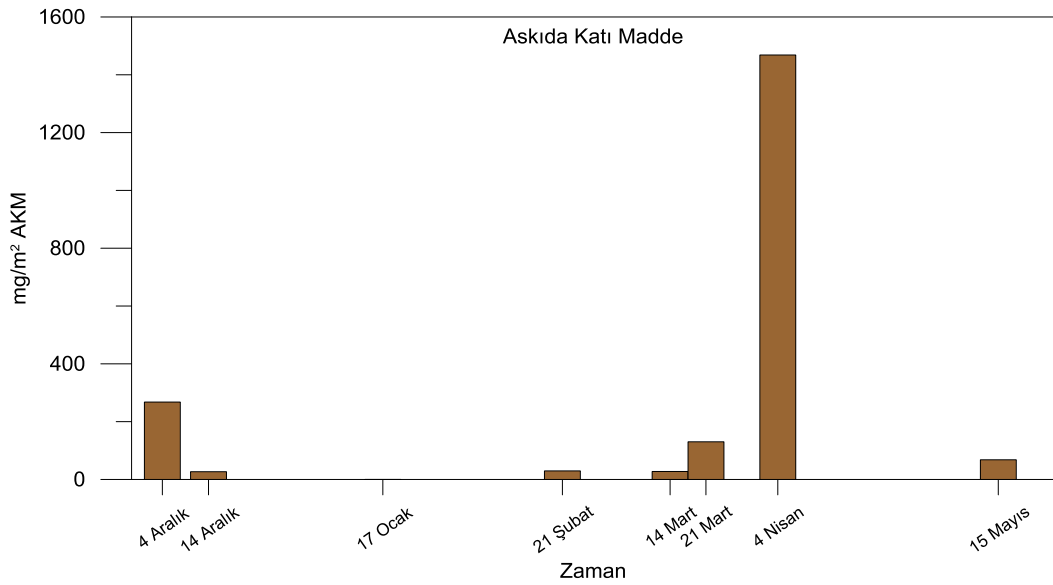
Çizelge 4.2 Atmosferden gelen kirletici yükleri

Kirletici	Yıllık kirletici yükü, g/m ² .yıl	Havzaya düşen toplam* kirletici miktarı, kg	Gölete düşen toplam* kirletici miktarı, kg
AKM	3,46	17285	302,8
Cl ⁻	0,34	1678	29,4
SO ₄ ⁻²	0,76	3815,1	66,8
Toplam-P	0,15	748,6	13,1
PO ₄ ⁻³ -P	0,14	691,5	12,1
NH ₃ -N	0,35	1739,4	30,5
NO ₂ -N	0,003	12,4	0,2
NO ₃ -N	0,18	918,2	16,1
Toplam-N	0,98	4940,8	86,6
TOK	1,56	7803,5	136,7
ÇOK	1,07	5333,7	93,4

*22 Kasım- 15 Mayıs tarihleri arasında 175 gün boyunca toplam atmosferik çökeltme miktarları

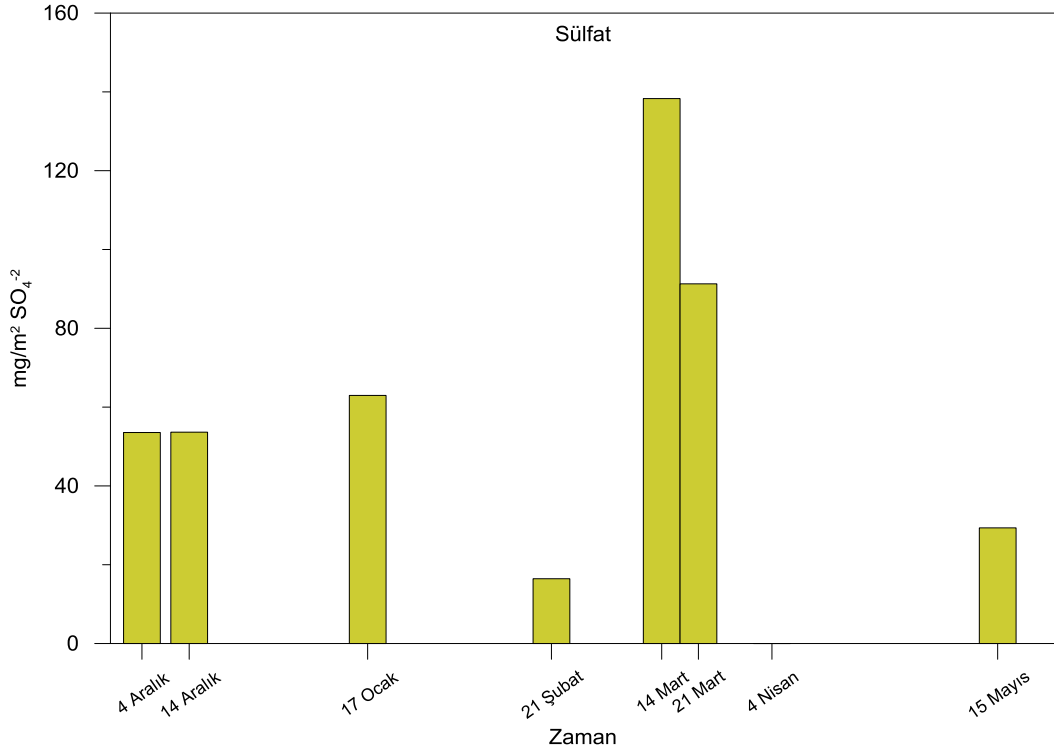
Ölçüm sonuçlarına bakıldığında su kütlesine giren partikül madde yükün en yüksek değere sahip olduğu görülmektedir. 7 aylık ortalama değerler baz alındığında atmosferden yılda metre kare başına 3,46 gr askıda katı madde girişi

vardır. Atmosferden gelen partikül madde yükü zamana göre değişiklik göstermektedir. 4 Aralık tarihinde yağan ilk yağmurlar havadaki tozu büyük ölçüde temizlemiştir ve bu sebeple yağmur suyu örneğindeki partikül madde miktarı yüksek çıkmıştır. Bunun sonucu olarak daha sonraki aylarda askıda katı madde derişimleri nisan ayı hariç diğer aylarda aralık ayına göre daha düşük değerlerde ölçülmüştür. Nisan ayında uç bir durum söz konusudur. Bu ayda ölçülen askıda katı madde derişimi diğer ayların ortalama değerlerinin çok üstündedir. Bunun sebebi nisan ayında Türkiye'ye gelen Sahra Çölü tozlarıdır. Ölçüm periyodu boyunca ölçülen askıda katı madde yüklerindeki değişim Şekil 4.20'de gösterilmiştir.



Şekil 4.20 Atmosferden gelen askıda katı madde yüklerindeki değişim

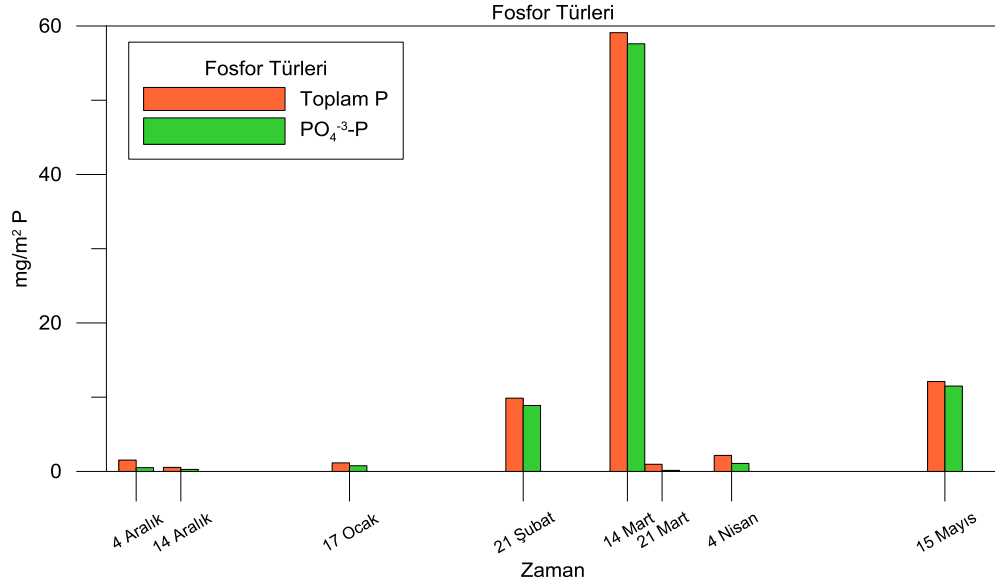
Kükürt atmosferde sürekli olarak bulunan bir elementtir. Atmosferdeki kükürdün en önemli kaynağı ise fosil yakıtlardır. Bu sebeple yakıt tüketiminin fazla olduğu aylarda ve özellikle kükürt içeriğı yüksek olan kömürlerin yakıldığı bölgelerde atmosfer çökelmelerindeki sülfat içeriğı yüksektir. Borabey Göletine düşen yıllık ortalama sülfat miktarı 0,76 mg/m²'dir. Sülfat yükünün aylara göre değişimi Şekil 4.21'de gösterilmiştir.



Şekil 4.21 Atmosferden gelen sülfat yüklerindeki değişim

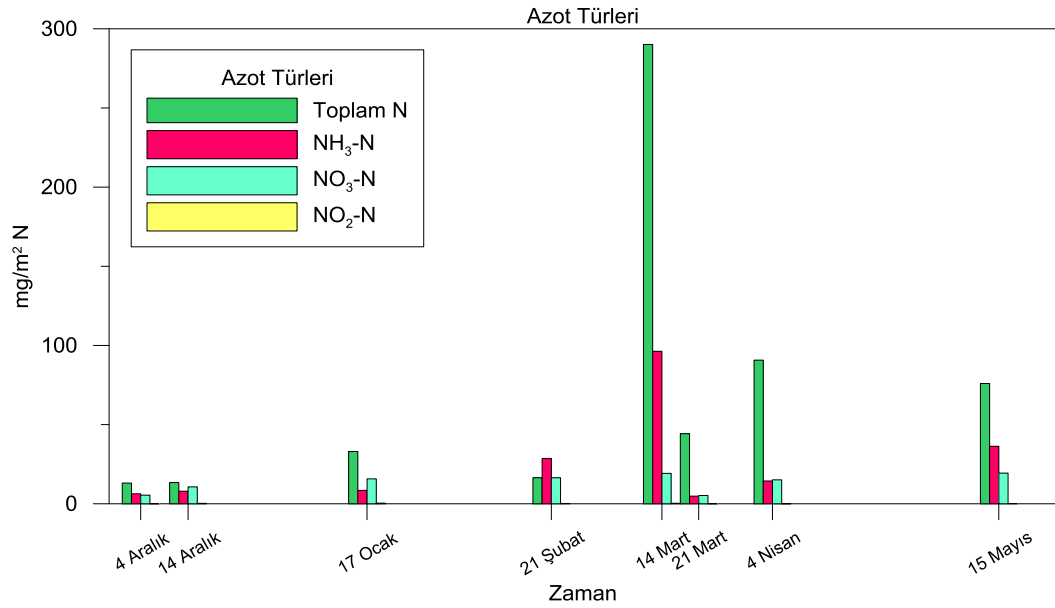
Atmosfer çökelmelerindeki fosfor yükü azotla karşılaştırıldığında daha düşüktür ve mevsimsel olarak farklılık göstermektedir. Atmosfer çökelmelerindeki fosforun en önemli kaynağı ise fosfor içerikli gübrelerdir. Bu sebeple ilkbahar ve yaz mevsimlerinde yağıştaki fosfor miktarı daha yüksektir. Atmosferden gelen fosfor yükü 0,005-0,5 g/m².yıl arasında değişmektedir. Borabey Göletine atmosferden gelen toplam fosfor yükü 0,15g/m².yıl'dır.

Atmosfer çökelmelerindeki fosfor miktarı mevsimsel olarak farklılık göstermektedir. Atmosferdeki fosforun en önemli kaynağı fosfor içerikli gübrelerdir. Bu sebeple ilkbahar ve yaz mevsimlerinde atmosfer çökelmelerindeki fosfor miktarı daha yüksektir. Atmosferden gelen toplam fosfor ve ortofosfat yüklerinin ölçüm periyodu boyunca değişimi Şekil 4.22'de gösterilmiştir. İlkbaharın gelmesi ile birlikte fosfor yüklerinde artış görülmüştür.



Şekil 4.22 Atmosferden gelen fosfor türleri yüklerindeki değişim

Borabey Göleti'nde atmosferden gelen azot yükü $0,98 \text{ gr N/m}^2\text{yıl}$ olarak hesaplanmıştır. Atmosferden gelen azot yükü bölgenin endüstriyel ve tarımsal kullanımlarına göre farklılık gösterebildiğinden bu değer $2,4 \text{ gr/m}^2\text{yıl}$ 'a kadar çıkabilmektedir. Ölçüm periyodu boyunca azot türlerinin yüklerindeki değişim Şekil 4.23'te verilmiştir.



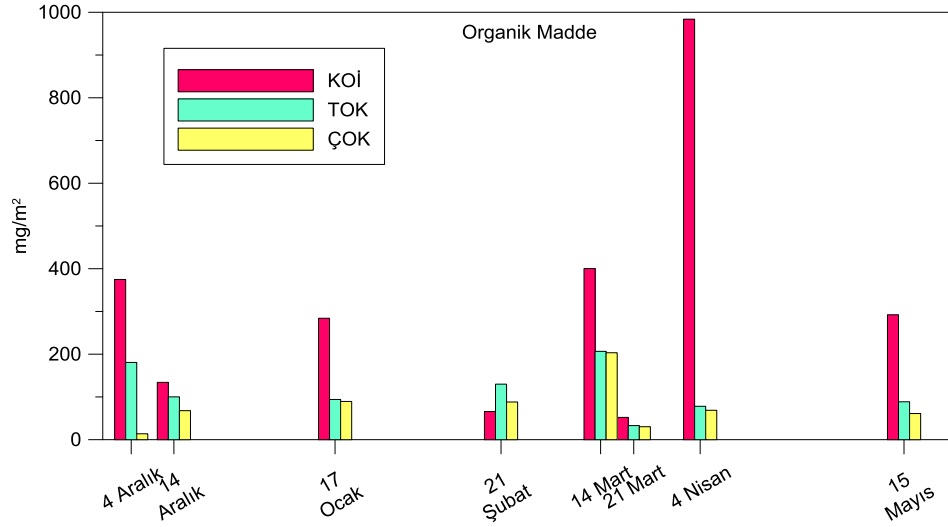
Şekil 4.23 Atmosferden gelen azot türleri yüklerindeki değişim

Atmosferdeki azot partikülleri ile nitrata yükseltgenebilir. Bu sebeple yağış nitrat ve amonyak azotunu birlikte içerir. Nitrit ise nitrifikasyon ve denitrifikasyon süreçlerinde ara ürün olduğundan yağmur suyundaki derişimleri çok düşüktür. Ölçüm periyodu boyunca hesaplanan nitrit yükü 1 mg/m^2 'den küçüktür. İlkbahar mevsimi ile atmosferden gelen azot miktarındaki artış tarım arazilerinde kullanılan gübrelerden kaynaklanmaktadır.

Atmosferden çökelen organik madde miktarını belirleyebilmek için, kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), toplam organik karbon (TOK) ve çözünmüş organik karbon (ÇOK) analizleri gerçekleştirilmiştir. Havzaya düşen kirleticilerin yüklerine bakıldığında en yüksek değerin askıda katı maddeden sonra, toplam ve çözünmüş organik karbon yüklerini ait olduğu görülmüştür. Organik madde çökmesi çözünmüş yada partikül şeklinde olabilir. Aralık ayındaki organik karbonunun büyük bir kısmı partikül şeklinde havzaya düşmüştür. Diğer aylarda ise gözlenen durum bunun tam tersidir, organik karbon önemli bir kısmı çözünmüş organik karbon şeklinde çökelmiştir.

Kimyasal oksijen ihtiyacı analizi ise toplam organik madde miktarını gözlemleyebilmek için gerçekleştirilmiştir. Atmosferdeki partiküllerin organik madde içermeleri sebebiyle, askıda katı madde miktarında gözlenen artış ile birlikte kimyasal oksijen ihtiyacında da artış gözlenmiştir. Nisan ayındaki kimyasal oksijen ihtiyacı miktarı diğer aylara göre yüksek çıkmıştır. Bunun sebebi nisan ayında Türkiye'ye gelen sahra çölü tozlarının atmosferden yüksek miktarda organik taşımasıdır. Bu yağmurların organik madde içeriğinin yüksek olması tarımsal faaliyetleri pozitif bir şekilde etkilemektedir.

Şekil 4.24'te Borabey Göleti havzasına atmosferden gelen organik madde miktarının göstergesi olan kimyasal oksijen ihtiyacı ve organik karbon yüklerinin aylara göre değişimleri gösterilmiştir.



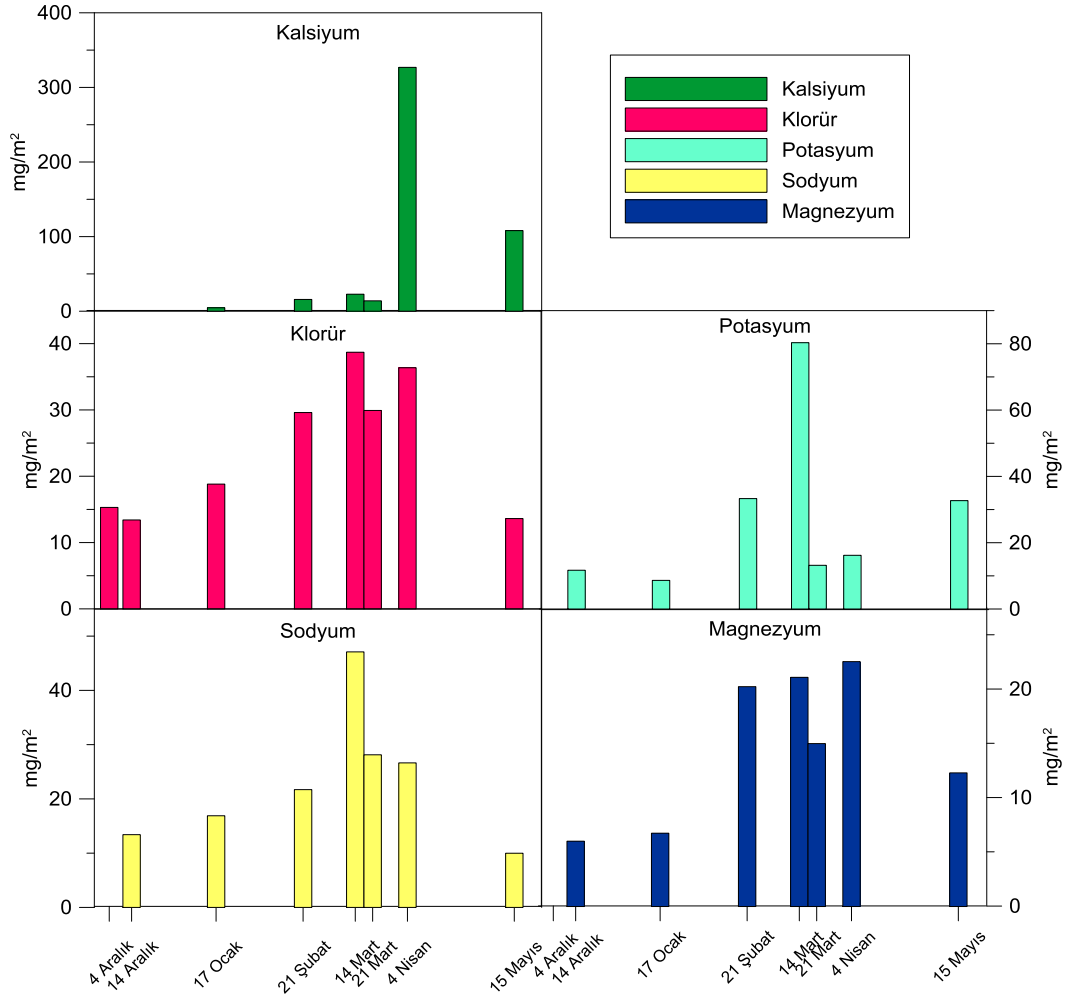
Şekil 4.24 Atmosferden gelen organik madde yüklerindeki değişim

Toplanan yağmur suyu örneklerinde 14 Aralık 2012 tarihinden itibaren temel elementler ve iz elementler de incelenmiştir. Havzaya atmosferden gelen temel elementlerin yükleri ile havzaya ve göle ölçüm periyodu boyunca 6 aylık süreçte düşen toplam miktarları Çizelge 4.3'te verilmiştir.

Çizelge 4.3 Atmosferden gelen temel element yükleri

Element	Yıllık kirletici yükü, g/m ² yıl	Havzaya düşen toplam kirletici miktarı, kg	Gölete düşen toplam kirletici miktarı, kg
Klorür	0,34	1676	29,4
Kalsiyum	1,18	4213,259	78,8
Potasyum	0,35	1492,1	26,1
Sodyum	0,33	1403,2	24,6
Magnezyum	0,19	810,1	14,2

Atmosfer çökelmelerindeki temel elementler karşılaştırıldığında en yüksek yükün kalsiyum elementine en düşük yükün ise magnezyum elementine ait olduğu görülmüştür. İlkbaharda gelen Sahra Çölü tozlarının etkisi ile kalsiyum, potasyum sodyum ve magnezyum yüklerinde artış gözlemlenmiştir. Klorür ise bu tozlar ile taşınmamaktadır. Ana elementlerin çökeltme yüklerindeki değişim Şekil 4.25'te gösterilmiştir.



Şekil 4.25 Atmosferden gelen temel element yüklerindeki değişim

4.5. Toprak Analizi

Havzanın toprak yapısının fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirleyebilmek göletin bulunduğu arazi içindeki belirli noktalardan toprak örnekleri alınıp kompozit bir numune oluşturulmuştur. Alınan toprak numuneleri plastik poşetler ile laboratuvara getirilmiştir ve bünyesindeki nemi uzaklaştırmak amacıyla oda sıcaklığında kurutulmuştur. Numunelerin havada kurutulması toprağın kimyasal yapısının değişmemesi açısından önemlidir.

Havada kurutulmuş numuneler 2 mm'lik elekten geçirildikten sonra ekstraksiyon işlemine tabi tutulmuş ve bünyesindeki kirleticiler incelenmiştir. Analiz sonuçları Çizelge 4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4.4 Topraktaki kirleticiler

Kirletici	Miktar
Nitrat (mg/kg NO ₃ -N)	1
Nitrit (mg/kg NO ₂ -N)	0,1
Amonyak (mg/kg NH ₃ -N)	2,8
Toplam Azot (mg/kg N)	5
Ortofosfat (mg/kg PO ₄ -P)	0,9
Toplam Fosfor (mg/kg P)	55
Klorür (mg/kg Cl)	20
Organik karbon (g/kg)	0,28
Organik Madde (%)	4,2

Havza toprağındaki organik madde miktarı beklenenden yüksek çıkmıştır. Bunun en önemli sebebi topraktaki bitki artıkları ve atmosferden gelen oranik madde yüküdür. Topraktaki nitrat diğer amonyak ve fosfora göre daha zor tutunabildiğı için su kütlesine doğrudan yüzeysel akış ile karışabilir. Bu durum klorür içinde geçerlidir. Klorür toprakta tutunamaz ve suyun hareketleri ile yeraltı suyuna ya da yüzeysel sulara karışır. Alınan örnekte fosfor miktarının yüksek çıkma sebebi ise doğrudan organik madde miktarı ile alakalıdır. Toprak numunelerin fosfor ve organik madde arasına lineer bir ilişki vardır (Tan, 2005).

4.5.1. Partikül Boyut Analizi

Toprağın fiziksel yapısını belirleyebilmek için partikül boyut analizi gerçekleştirilmiştir. Havzadan alınan toprak örneğinin partikül boyut dağılımı Şekil 4.26'da gösterilmiştir.

5. TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzde su kaynaklarının azalmasına karşın, artan nüfus ve de tarımsal ve endüstriyel amaçlı aşırı su tüketimi, su kaynaklarını koruyabilmek ve gelecekte de kullanabilmek amacıyla havza bazında yönetim stratejilerinin oluşturulmasının önemini arttırmıştır. Bu sebeple su kütleleri, onları besleyen havzalarla beraber ele alınmalıdır. Dünyada su kütleleri ve onları besleyen su havzalarının bu kütlelere olan etkisi gelişmiş ülkelerde üst düzeyde olmak üzere incelenmektedir.

Su kütlelerinde kirleticiler yaygın ve noktasal kaynaklı kirleticiler olarak iki ana başlıkta toplanabilir. Noktasal kaynaklı kirlilik çeşitli arıtma teknikleri kullanılarak giderilebilirken, yaygın kaynaklı kirliliğin önlenmesi daha zordur. Yaygın kaynaklı kirliliğin önüne geçebilmek ve su kaynaklarının gelecekte de kullanabilmek için havza bazında çalışmalar yapılmalıdır.

Ülkemizde su kütlelerinin kalitesinin izlenmesi ve kalite bozulması konularında geniş bir spektrumda çalışmalar mevcuttur. Ancak su kalitesinin havzadan yağış ile gelen kirleticiler ile değişimi üzerine yapılan çalışmalar yağış yüklerinin çoğu zaman saptanamaması sebebi ile yetersizdir. Bu çalışma ile Havza-Gölet kalite dinamiğinin incelenmesinin öneminin farkındalık yaratacağı düşünülmektedir.

Yapılan çalışmada Borabey Göleti'nin su kalitesindeki değişim aylık olarak incelenmiştir. Ayrıca belirli periyotlarda toplanan yağmur suyu örneklerinin analizi ile atmosferden gelen kirletici yükleri de saptanmıştır. Borabey göletinin su kalitesi 2.sınıf, trofik seviyesi ise mezotrofik göl olarak belirlenmiştir. Zaman zaman ötrofik göl sınır değerlerini de kapsadığı görülmüştür fakat büyük ölçüde mezotrofik sınır değerlerinin içinde kalmıştır. Ötrofikasyonu sınırlayıcı element ise fosfor olarak belirlenmiştir.

Gölete nitrat derişimlerinde, bahar döneminde hızlanan yaşamsal faaliyetler ile sucul bitkilerin nitrata tüketmesi sonucu azalma gözlemlenmiştir. Bu faaliyetlerin hızlanmasına paralel olarak klorofil-a değerinde artış gözlenmesi beklenmiştir fakat bu durum gözlenememiştir. Bunun en önemli sebebi su

numunelerinin yeteri kadar süzülememesidir. Diğer bir sebep ise klorofil-a derişiminin günlük hatta derinliğe bağılı olarak bile farklılık göstermesidir. Numuneler alınırken her zaman aynı noktadan örnek olmak mümkün olmamıştır. Soğuk havalarda göle bot ile açılmak mümkün olmadığı için kıyıda numune alınmıştır. Bu sebeple de klorofil değerlerinde hataları sonuçlar elde edilmiş olabilir.

İlkbahar mevsiminde havza sınırları içinde yer alan köylerde tarımsal alanlarda kullanılan gübreler akış ile su kütlesine taşınmış ve de özellikle fosfor konsantrasyonlarında artış gözlemlenmiştir.

Nisan ayında gelen Sahra Çölü tozlarında taşınan mineraller ile atmosfer çökelmelerinde ve su kütlesinde kalsiyum, magnezyum, sodyum iyonlarında artış gözlemlenmiştir.

Klorür konservatif bir bileşik olduğundan bozunmaz. Bu sebeple giren klorür derişiminin su kütlesindeki klorür derişimine eşit olması gerekir. Ancak Borabey Göleti'nde bu durum gözlemlenmemiştir. Zaman zaman su kütlesindeki klorür derişimi kaynak deresinden gelen klorür derişiminin yüksek çıkmıştır. Bunun sebebi ise atmosfer çökelmelerinden gelen klorürdür. Zaman zaman da düşük değerler görülmüştür.

Borabey Göleti'nin alıkoyma süresi yıl mertebesinde ve giren akarsu üzerinde ölçümler daha başlamadığından tam olarak hesaplanmamıştır. Yapılan ölçümler sadece yedi aylık bir dönemi kapsamaktadır. Su kütlesindeki değişimleri tam olarak gözlemleyebilmek için ölçümlerin daha uzun süreler boyunca yapılması faydalı olabilir.

Bu çalışma kapsamında elde edilen bilgi birikimi ile Borabey Göleti ve havzasının gelecekteki durumunu iyileştirmeye getireceği yararın, toplum yaşam kalitesine pozitif katkı getireceği ve su kalitesinin korunması ve iyileştirilmesi konusunda yürütülecek çalışmalara katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Albek , E. (2003). Estimation of Point and Diffuse Contaminant Loads to Streams by Non-Parametric Regression Analysis pf Monitoring Data. *Water, Air and Soil Pollution*, 147, 229 - 243.
- Albek, E. (1999). Identification of the Different Sources of Chlorides in Streams by Regression Analysis Using Chloride-Discharge Relationships. *Water Environment Research*, 71 (7), 1310-1319 .
- Albek, M. (2001). *Seydi Suyu Havzasında Yaygın Kaynak Kirliliğinin Sediment Bazında Modellenmesi*. Eskişehir: Doktora Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Müh. ABD.
- Albek, M., Ögütveren, Ü. B., ve Albek, E. (2004). Hydrological mdeling of Seydi Suyu watershed (Turkey) with HSPF. *Journai of Hydrology*, 285, 260-271.
- Albek, M., Ögütveren, Ü., ve Albek, E. (2005). An Application of Sediment TransporModeling as a Tool of Watershed Management. *Fresenius Environmental Bulletin*, 114,115-1123.
- Altıntaş, Ü., Çengel, M., Uysal, H., Okur, B., Okur, N., Kurucu, Y., (2004). *Toprak Bilimi*. İzmir: Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Balcı, A., Demirak, A., ve Tabak, F. (2001). Rize'de Yağmur Suyunun Bazı Kimyasal Özelliklerinin İncelenmesi. *ÇEVKOR*, 10, 18-20.
- Baquero, R. M., Villena, E. P., Romera, O., Retuerta, E. O., Porcuna, J. M., Martinez, C. P., et al. (2006). Significance of Atmospheric Depositim to Freshwater Ecosystems in the Southern Iberian Peninsula. *Limnetica*, 25(1-2), 171 - 180.
- Bartram, J., ve Ballance, R. (1996). *Water Quality Monitoring*. London: E & FN SPON.

- Bilge, F., Yazıcı, B., Döğeroğlu, T., ve Ayday, C. (2003). Statistical Evaluation of Remotely Sensed Data for Water Quality Monitoring. *International Journal of Remote Sensing*, 20 (24),5317-5326.
- Boyd , C. E. (2000). *Water Quality: an introduction*. Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Burak, S. (2009). *SU GÜNDEMİ: Su Kaynakları, Yönetimi, Sınırışan Sular*. Ankara: Beta Yayıncılık.
- Chapman, D. (1992). *Water Quality Assessments : a guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring*. London: Chapman & Hall .
- Chapra, S. C. (1997). *Surface Water Quality Modeling*. United States of America: McGraw-Hill Companies.
- Franson, M. A. (1998). *Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Washington: 20th Editon, American Public Health Association .
- Gültekin, F., Ersoy, A. F., Hatipoğlu, E., & Celep, S. (2012). trabzon İli Akarsularının Yağışlı Dönem Su Kalitesi Parametrelerinin Belirlenmesi. *Ekoloji* 21, 82,77-88.
- Güngör, Ö., & Göncü, S. (2012). Application of the Soil and Water Assessment Tool Model on the Lower Porsuk Stream Watershed. *Hydrological Processes*, DOI:10.1002/hyp.9228.
- Hach Company. (2002). *DR/2400 Spectrophotometer Procedure Manual*. 1st Edition. USA.
- Hem, J. D. (1992). *Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water*. Washington: United States Goverment Printing Office.
- Jones Jr, J. B. (2001). *Laboratory Guide for Conducting Soil Tests and Plant Analysis*. Baco Raton: CRC Press.

- Kacar, B. (2009). *Toprak Analizleri*. Ankara: Nobel, 2.Baskı.
- Katip, A., ve Karaer, F. (2011). Ulubat Gölü Su Kalitesinin Türk Mevzuatına ve Uluslararası Kriterlere Göre Değerlendirilmesi. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Cilt:16, Sayı:2.
- Lian, Y., Chan, I., Singh, J., Demissie, M., Knapp, V., ve Xie, H. (2007). Coupling of Hydrologic and Hyrdraulic Models for the Illinois River Basin. *Journal of Hydrology*, 344,210-222.
- Lind, O. T. (1990). Reservoir Eutrophication. *International Conferance of Resevoir Limnology* (s. 701-702). Stuttgart: Arch. Hydrobiol. Beih.Ergebn. Limnol.
- Malmaeus, J. M., ve Hakanson, L. (2003). A Dynamic Model to Predict Suspende Particulate Matter in Lakes. *Ecological Modelling*, 247-262.
- Manahan, S. E. (1994). *Environmental Chemistry*. Baco Raton Fla: Lewis,6th edition.
- Novotny, V. (2003). *Water Quality: Diffuse Pollution and Watershed Managment*. New York: Second edition, John Wiley & Sons,INC.
- Royer, T. V., ve Minshall, G. W. (1997). Rapid Breakdown of Allochthonous and Autochthonous Plant Material in a Eutropic River. *Hydrobiologia*, 344,81-86.
- Ruban, V., Lamprea, K., ve Deneele, D. (2011). Characterisation of Atmospheric Depositon and Runoff Water from a Small Suburban Catchment. *Environmental Technology*, 32, 1141 - 1149.
- Sato, Y., Kim, J., Takada, T., Nagare, H., Komatsu, E., ve Yuasa, T. (2008). Hydrological and Material Cycle Simulation in Lake Biwa Basin Coupling Models about Land,Lake Flow and Lake Ecosystem. *The 12th World Lake Conference*, 819-823, (s. 819-823). Yanagasaki, Otsu, Shiga.

- Sawyer, C. N., McCarty, P. L., ve Parkin, G. F. (2003). *Chemistry for Environmental Engineering and Science*. Boston: McGrawHill.
- SKKY. (2008). *Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği*. Ankara: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.
- Stumm, W., ve Morgan, J. J. (1996). *Aquatic Chemistry : Chemical Equilibria and Rates in Natural Waters*. New York: J.Wiley.
- Tan, K. H. (2005). *Soil Sampling, Preparation, and Analysis*. Baco Raton: Taylor and Francis, 2nd Edition.
- Tozoraki, O., ve Nikolaidis, N. P. (2007). A Generalized Framework for Modeling the Hydrologic and Biogeochemical Response of a Mediterranean Temporary River Basin. *Journal of Hydrology*, 346,112-121.
- Tunçok, K., ve Özyürek, E. (2008). *Akarçay Havzası Koruma Eylem Planı*. Ankara: Çevre ve Orman Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü.
- TÜBİTAK Projesi. (2011). Aşağı Porsuk Çayı Havzasında İklim Değişikliğinin Hidrolojik Çevrime ve Su Kalitesine Etkilerinin HSPF Modeli Kullanılarak İncelenmesi ve En İyi Su Yönetim Stratejilerinin Belirlenmesi. *Tübitak:108 Y 091*.
- U.S. Forest Service. (1987). *Northeastern Area State & Private Forestry*. Mayıs 12, 2013 tarihinde Riparian Forest Buffers: http://www.na.fs.fed.us/spfo/pubs/n_resource/riparianforests/Tab%20I.htm adresinden alındı
- Uslu, O., ve Türkman, A. (1987). *Su Kirliliği ve Kontrolü*. Ankara: T.C. Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğü Yayınları.
- Uygun, B. Ş., ve Albek, M. (2013). Modeling of Sediment Behavior on Urban Watershed and Determination of Climate Change Effects. *International Journal of Environmental Science and Development*, 4,56-58.

- Webster, J. R., Benfield, E. F., Ehrman, T. P., Schaeffer, M. A., Tank, J. L., Hutchens, J. J., ve ark. (1999). What happens to allochthonous material that falls into stream? A synthesis of new and published information fromCoweeta. *Freshwater Biology*, 41,687-705.
- Wetzel, R. G. (1983). *Limnology*. Philadelphia: 2nd Edition. Saunders College Publishing.
- Yüce, G., Pınarbaşı, A., Özçelik, S., ve Uğurluoğlu, D. (2006). Soil and water pollution derived from anthropogeniz activities in the Porsuk River Basin. *Environ.Geol*, 49,359-375.

EKLER

BORABEY GÖLETİ SU ANALİZİ RAPORU			
22 Kasım 2012			
Ölçüm İstasyonu	Baraj Yakını	Göl Ortası	Kaynak Deresi Giriş
İstasyon No	1	2	3
Saat	11-12 arası	11-12 arası	11-12 arası
Yer	39,87779°K 30,458554°D	39,87990°K 30,45639°D	39,87990°K 30,454598°D
Ölçüm Esnasındaki Koşullar	Çok bulutlu, hava sıcaklığı 5,5°C		
HİDROLİK PARAMETRELER			
Ortalama Derinlik	16,4	10,85	0,5
SU KALİTESİ PARAMETRELERİ			
Sıcaklık (°C)	7,8	9,5	9
pH	8,07	8,23	8,45
El.iletkenlik (µs/cm)	414	410	406
Çözünmüş Oksijen (mg/L)	9,76	9,72	9,85
Doygunluk (%)	89,9	92	94,4
Askıda Katı Madde (mg/L)	8,7	2	3,3
KOİ (mg/L)	20	16	Oca.00
Klorür (mg/L)	11,7	11,9	14,5
Sülfat(mg/L SO ₄ ⁻²)	52	45	47
Toplam Fosfor (mg/L P)	0,03	0,03	0,12
Ortofosfat (mg/L PO ₄ ⁻³ -P)	0,01	0,02	0,01
Amonyak Azotu(mg/L NH ₃ -N)	0,42	0,29	0,31
Nitrit (mg/L NO ₂ -N)	0,006	0,006	0,008
Nitrat (mg/L NO ₃ -N)	0,4	0,2	0,03
Toplam Azot (mg/L N)	0,5	1	1
Koliform (EMS/100 mL)	108,2	46,7	45,9
Klorofil-a	7,1	9,5	10,6
Seki disk derinliği (m)	2,6	2,7	-
TOK (mg/L)	4,3	3,9	3,4
ÇOK (mg/L)	3,6	3,5	3,2
NOTLAR: pH,sıcaklık El.iletkenlik,çözünmüş oksijen ve doygunluk değerleri bot üstünde yapılamadı numuneler karaya getirildikten sonra yapıldı.			

BORABEY GÖLETİ SU ANALİZİ RAPORU			
26 Aralık 2012			
Ölçüm İstasyonu	Göl Kıyısı	Kaynak Deresi	
İstasyon No	1	2	
Saat	12:00	12:15	
Yer	Borabey Göleti	Borabey Göleti	
Ölçüm Esnasındaki Koşullar	Hava sisli, sıcaklık -2°C		
HİDROLİK PARAMETRELER			
Ortalama Derinlik (m)			
SU KALİTESİ PARAMETRELERİ			
Sıcaklık (°C)	4,7		
pH	8,06	7,87	
El.iletkenlik (µs/cm)	410	664	
Çözünmüş Oksijen (mg/L)	10,86	8,35	
Doymunluk (%)	-	-	
Askıda Katı Madde (mg/L)	1,2	0,7	
KOİ (mg/L)	6	8	
Klorür (mg/L)	12,8	18,2	
Sülfat(mg/L SO ₄ ⁻²)	36,5	49,5	
Toplam Fosfor (mg/L P)	0,03	0,03	
Ortofosfat (mg/L PO ₄ ⁻³ -P)	0,01	0,02	
Amonyak Azotu(mg/L NH ₃ -N)	0,08	0,02	
Nitrit (mg/L NO ₂ -N)	0,005	0,01	
Nitrat (mg/L NO ₃ -N)	0,5	1,3	
Toplam Azot (mg/L N)	1,4	2	
Koliform (EMS/100 mL)	0	0	
Klorofil-a (mg/m ³)	7,6	6,7	
Seki disk derinliği (m)	-	-	
TOC (mg/L)	3,6	1,5	
ÇOK (mg/L)	3,1	1,2	
NOTLAR: Hava koşullarından dolayı bot ile gölete açılınamadı. Numuneler kıyıdan alındı.			

BORABEY GÖLETİ SU ANALİZİ RAPORU			
17 Ocak 2013			
Ölçüm İstasyonu	Göl Kıyısı	Kaynak Deresi	
İstasyon No	1	2	
Saat	14:45	14:30	
Yer	Borabey Göleti	Borabey Göleti	
Ölçüm Esnasındaki Koşullar	Hava yağmurlu,sıcaklık 7°C		
HİDROLİK PARAMETRELER			
Ortalama Derinlik (m)			
SU KALİTESİ PARAMETRELERİ			
Sıcaklık (°C)	3,5	7,5	
pH	8,66	8,47	
El.iletkenlik (µs/cm)	411	617	
Çözünmüş Oksijen (mg/L)	11,33	9,71	
Doygunluk (%)	95,5	93	
Askıda Katı Madde (mg/L)	8,5	1,7	
KOİ (mg/L)	11,5	3,5	
Klorür (mg/L)	11,8	15,8	
Sülfat(mg/L SO ₄ ⁻²)	44	43,5	
Toplam Fosfor (mg/L P)	0,05	0,06	
Ortofosfat (mg/L PO ₄ ⁻³ -P)	0,01	0,02	
Amonyak Azotu(mg/L NH ₃ -N)	0,46	0,05	
Nitrit (mg/L NO ₂ -N)	0,004	0,008	
Nitrat (mg/L NO ₃ -N)	0,3	1,2	
Toplam Azot (mg/L N)	0,5	3,3	
Koliform (EMS/100 mL)	-	-	
Klorofil-a (mg/m ³)	7,2	3,4	
Seki disk derinliği (m)	-	-	
TOC (mg/L)	3,6	1,9	
ÇOK (mg/L)	3,0	1,0	
NOTLAR: Hava koşullarından dolayı bot ile gölete açılınamadı. Numuneler kıyıdan alındı. Göl kıyısından alınan 1 numaralı istastonda dalga sebebiyle dipteki sedimentlerin kalkmasından dolayı bulanıklık ve köpük oluşumu gözlemlendi.			

BORABEY GÖLETİ SU ANALİZİ RAPORU			
21 Şubat 2013			
Ölçüm İstasyonu	Baraj	Orta	Kaynak Deresi
İstasyon No	1	2	3
Saat	15:30	15:45	16:00
Yer	39,87779°K 30,458554°D	39,87990°K 30,45639°D	39,87990°K 30,454598°D
Ölçüm Esnasındaki Koşullar	Hava bulutlu, sıcaklık 5°C		
HİDROLİK PARAMETRELER			
Ortalama Derinlik (m)	*	11	
SU KALİTESİ PARAMETRELERİ			
Sıcaklık (°C)	8,3	8,7	8,4
pH	8,52	8,28	8,03
El.iletkenlik (µs/cm)	351	343	596
Çözünmüş Oksijen (mg/L)	9,92	9,12	8,94
Doygunluk (%)	93,3	90	99,8
Askıda Katı Madde (mg/L)	3,9	5,9	2
KOİ (mg/L)	17	13,5	9
Klorür (mg/L)	13,1	12,6	17,6
Sülfat(mg/L SO ₄ ⁻²)	43,5	41,5	50,5
Toplam Fosfor (mg/L P)	0,04	0,03	0,03
Ortofosfat (mg/L PO ₄ ⁻³ -P)	0,03	0,02	0,01
Amonyak Azotu(mg/L NH ₃ -N)	0,13	0,11	<0,02
Nitrit (mg/L NO ₂ -N)	0,009	0,006	0,004
Nitrat (mg/L NO ₃ -N)	0,3	0,3	0,5
Toplam Azot (mg/L N)	<0,5	<0,5	<0,5
Koliform (EMS/100 mL)	-	-	-
Klorofil-a (mg/m ³)	7,7	8,4	3,2
Seki disk derinliği (m)	2,4	2,2	-
TOC (mg/L)	5,3	3,7	1,2
ÇOK (mg/L)	4,6	3,1	1,0
NOTLAR: Numune alınırken hava soğuk olduğundan dolayı pH metre arazide çalışmadı. Bu sebeple ölçümler laboratuvarda yapıldı.			
* Derinlik değeri hava rüzgarlı olduğu için okunamadı. bot sürekli sürükleniyordu.			

BORABEY GÖLETİ SU ANALİZİ RAPORU			
21 Mart 2013			
Ölçüm İstasyonu	Baraj	Orta	Kaynak Deresi
İstasyon No	1	2	3
Saat	15:30	15:30	16:00
Yer	39,87779°K 30,458554°D	39,87990°K 30,45639°D	39,87990°K 30,454598°D
Ölçüm Esnasındaki Koşullar	Hava bulutlu, sıcaklık 10°C		
HİDROLİK PARAMETRELER			
Ortalama Derinlik (m)	16	11	
SU KALİTESİ PARAMETRELERİ			
Sıcaklık (°C)			
pH	8,3	8,38	8,22
El.iletkenlik (µs/cm)	365	357	518
Çözünmüş Oksijen (mg/L)	8,55	8,39	8,88
Doygunluk (%)	100	96,3	98,3
Askıda Katı Madde (mg/L)	2,7	5	5,5
KOİ (mg/L)	4*	5	<3
Klorür (mg/L)	11,1	12	17,6
Sülfat(mg/L SO ₄ ⁻²)	45	46	53
Toplam Fosfor (mg/L P)	0,05	0,04	0,06
Ortofosfat (mg/L PO ₄ ⁻³ -P)	0,03	0,03	0,04
Amonyak Azotu(mg/L NH ₃ -N)	0,02	0,05	0,06
Nitrit (mg/L NO ₂ -N)	0,005	0,004	0,006
Nitrat (mg/L NO ₃ -N)	0,3	0,7	1,7
Toplam Azot (mg/L N)	1	1,2	3,6
Koliform (EMS/100 mL)	-	-	-
Klorofil-a (mg/m ³)	5,8	4,3	2,5
Seki disk derinliği (m)	-	-	-
TOC (mg/L)	4,2	3,1	1,1
ÇOK (mg/L)	3,3	3,0	1,0
NOTLAR: Hava bulutlu olduğu için seki diski derinliği okunamadı. pH metre arazide çalışmadığı için pH, iletkenlik,Ç.O, Doygunluk değerleri numuneler laboratuvara getirildiklerinde okundu. Baraj yanından alınan numunenin KOİ değeri TOK değerlerinden düşük çıktı.			

BORABEY GÖLETİ SU ANALİZİ RAPORU			
26 Nisan 2013			
Ölçüm İstasyonu	Kıyı	Kaynak Deresi	
İstasyon No	1	2	
Saat	15:30	15:30	
Yer	39,87779°K 30,458554°D	39,87990°K 30,45639°D	
Ölçüm Esnasındaki Koşullar	Güneşli		
HİDROLİK PARAMETRELER			
Ortalama Derinlik (m)			
SU KALİTESİ PARAMETRELERİ			
Sıcaklık (°C)	17,4	22,4	
pH	8,41	8,02	
El.iletkenlik (µs/cm)	435	612	
Çözünmüş Oksijen (mg/L)	8,89	7,06	
Doygunluk (%)	105	92,4	
Askıda Katı Madde (mg/L)	0	81,9	
KOİ (mg/L)	6,5	10	
Klorür (mg/L)	11,85	17,25	
Sülfat(mg/L SO ₄ ⁻²)	43	49,5	
Toplam Fosfor (mg/L P)	0,04	0,13	
Ortofosfat (mg/L PO ₄ ⁻³ -P)	0,03	0,07	
Amonyak Azotu(mg/L NH ₃ -N)	0,09	0,26	
Nitrit (mg/L NO ₂ -N)	0,005	0,002	
Nitrat (mg/L NO ₃ -N)	0,5	1,1	
Toplam Azot (mg/L N)	1,8	2,7	
Koliform (EMS/100 mL)	-	-	
Klorofil-a (mg/m ³)	2,7	7,7	
Seki disk derinliği (m)	5,5	4,9	
TOC (mg/L)	3,6	1,7	
ÇOK (mg/L)	3,0	1,5	
NOTLAR: Kaynak deresinden yüksek miktarda sediment girişi gözlemlendi. Bunun havzadaki tarlaların sürülmesinden kaynaklandığı düşünülmekte.			

BORABEY GÖLETİ SU ANALİZİ RAPORU			
23 Mayıs 2013			
Ölçüm İstasyonu	Baraj Yakını	Göl Ortası	Kaynak Deresi Giriş
İstasyon No	1	2	3
Saat	14:30	14:45	15:00
Yer	39,87779°K 30,458554°D	39,87990°K 30,45639°D	39,87990°K 30,454598°D
Ölçüm Esnasındaki Koşullar	Açık		
HİDROLİK PARAMETRELER			
Ortalama Derinlik (m)	11	8,72	
SU KALİTESİ PARAMETRELERİ			
Sıcaklık (°C)	21,4	21	20,1
pH	8,2	8,31	8
El.iletkenlik (µs/cm)	417	430	580
Çözünmüş Oksijen (mg/L)	8,53	8,56	7,69
Doygunluk (%)	108,2	107,8	96,2
Askıda Katı Madde (mg/L)	5	2,5	9
KOİ (mg/L)	8	20	3
Klorür (mg/L)	12,6	13,2	11,3
Sülfat(mg/L SO ₄ ⁻²)	44,5	46	41,5
Toplam Fosfor (mg/L P)	0,06	0,08	0,091
Ortofosfat (mg/L PO ₄ ⁻³ -P)	0,04	0,05	0,088
Amonyak Azotu(mg/L NH ₃ -N)	0,08	0,06	0,08
Nitrit (mg/L NO ₂ -N)	0,005	0,005	0,002
Nitrat (mg/L NO ₃ -N)	0,6	0,5	0,5
Toplam Azot (mg/L N)	1,3	1,6	1,9
Koliform (EMS/100 mL)	-	-	-
Klorofil-a (mg/m ³)	4,1	3,6	2,3
Seki disk derinliği (m)	2,2	-	-
TOC (mg/L)	3,1	3,2	0,9
ÇOK (mg/L)	3,0	3,2	0,7
NOTLAR: Kaynak deresinde alınan numune akış çok az olduğu için dereye kurulan savaktan alındı. Orta noktada seki diski derinliği disk suya düştüğü için ölçülemedi.			