

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

**SAPANCA HAVZASI YAN DERELERİ VE SAPANCA
GÖLÜ'NDEKİ FOSFOR YÜKLERİNİN
BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Seda TÜNAY

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

Mayıs 2015

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SAPANCA HAVZASI YAN DERELERİ VE SAPANCA
GÖLÜ'NDEKİ FOSFOR YÜKLERİNİN
BELİRLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Seda TÜNAY

Enstitü Anabilim Dalı : ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez 05 / 06 /2015 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği/oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Bilent SENGÖR
Jüri Başkanı
Doç. Dr. Ayhan SAMANDAR
Üye
Yrd. Doç. Dr. Rabia KÖKLÜ
Üye

BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Seda TÜNEY

05.06.2015

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam süresince desteğini, emeğini, bilgi ve tecrübesini esirgemeyen değerli danışman hocam Prof. Dr. Bülent ŞENGÖRÜR'e katkılarından dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım boyunca yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen hocam Yrd. Doç. Dr. Rabia KÖKLÜ başta olmak üzere, hocalarım Doç. Dr. Emrah DOĞAN, Yrd. Doç. Dr. Mahnaz GÜMRÜKÇÜOĞLU, Yrd. Doç. Dr. Beytullah Eren, Yrd. Doç. Dr. Osman SÖNMEZ ve Arş. Gör. Temel TEMİZ'e teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca, bu çalışmayı 2012.01.04.016 numaralı araştırma projesi kapsamında destekleyen Sakarya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu'na teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım esnasında arazi çalışmalarına destek veren Sakarya Su ve Kanalizasyon İdaresi'ne ve çalışanlarına ve havzadan geçmiş yıllarda elde edilmiş verilerin sağlanmasında destek veren Devlet Su İşleri 32. Şube Müdürlüğü'ne ve çalışanlarına teşekkürlerimi sunarım.

Hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen, her zaman yanımda olan, bu günlere gelme sebebim canım annem Meral Reyhan TÜNAY ve canım babam Şener TÜNAY başta olmak üzere, sevgili aileme tüm kalbimle teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	ii
İÇİNDEKİLER	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	viii
TABLolar LİSTESİ	xii
ÖZET	xiii
SUMMARY	xiv

BÖLÜM 1.

GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı	2
1.2. Çalışmanın Önemi	2
1.3. Literatür Araştırması	3

BÖLÜM 2.

SAPANCA HAVZASININ TANITIMI	11
2.1. Coğrafik Yapı	11
2.2. Jeolojik Yapı	12
2.3. İklim ve Meteorolojik Özellikler	14
2.4. Flora ve Fauna	16
2.4.1. Flora	16
2.4.2. Fauna	18
2.5. Hidroloji	18
2.5.1. Sapanca Gölü'nü besleyen dereler	19
2.5.1.1. Harmanlı deresi	20
2.5.1.2. Maden deresi	20
2.5.1.3. Kurudere	21

2.5.1.4. Değirmendere	21
2.5.1.5. Balıkhane deresi	22
2.5.1.6. Kasabanın deresi	23
2.5.1.7. Yanık deresi	23
2.5.1.8. Kurtköy (Karaçay) deresi	24
2.5.1.9. Mahmudiye deresi	24
2.5.1.10. İstanbuldere	25
2.5.1.11. Keçi deresi	26
2.5.1.12. Sarp deresi	26
2.6. Göl Havzası Arazi Kullanımı	27
2.6.1. Yerleşim yerleri ve nüfus	27
2.6.2. Sanayi alanları	31
BÖLÜM 3.	
MATERYAL VE METOT	32
3.1. Numune Alma Noktaları	32
3.2. Numune Alma	35
3.2.1. Su kalitesi ölçümleri için arazi çalışmaları	35
3.2.2. Su kalitesi ölçümleri için laboratuvar çalışmaları	37
3.3. Gölde Trofik Durumun Belirlenmesi	38
3.4. Göle Gelen Besi Maddesi Yükleri	39
3.4.1. Noktasal olmayan kaynaklardan gelen yükler	40
3.4.2. Noktasal kaynaklardan gelen yükler	41
3.5. Gölde Çıkan Besi Maddesi Yükleri	42
3.6. Göle Gelen Yüklerin Vollenweider Yöntemi'ne Göre Değerlendirilmesi	43
BÖLÜM 4.	
HAVZA GÖZLEM SONUÇLARI	46
4.1. Gölde Su Kalitesi İzleme Sonuçları	46
4.1.1. Toplam fosfor	47
4.1.2. Ortofosfat	51
4.1.3. Toplam azot	55

4.1.4. Nitrat azotu	59
4.1.5. Nitrit azotu	63
4.1.6. Klorofil – a	71
4.1.7. Amonyum azotu	67
4.1.8. Seki diski derinliği.....	74
4.1.9. Gölün trofik durumunun tespiti	75
4.2. Derlerde Su Kalitesi İzleme.....	79
4.2.1. Toplam fosfor – ortofosfat.....	81
4.3. Derelerde Su Kalitesi Sınıflarının Belirlenmesi ve Değerlendirilmesi	88
4.4. Gölde Su Kalite Sınıflarının Belirlenmesi Ve Değerlendirilmesi ...	92
4.5. Göle Gelen Besi Maddesi Yüklerinin Hesabı.....	95
4.5.1. Noktasal olmayan kaynaklardan gelen TP ve TN yüklerinin hesabı	95
4.5.2. Noktasal kaynaklardan gelen TP ve TN yüklerinin hesabı ...	96
4.5.3. Göle gelen ve gölden çıkan toplam yüklerin hesabı.....	97
4.5.4. Göle gelen yükün göl için müsaade edilebilen ve aşırı yük ile kıyaslanması	98
BÖLÜM 5.	
SONUÇLAR VE ÖNERİLER	102
KAYNAKLAR	106
ÖZGEÇMİŞ	111

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

AKM	: Askıda katı madde
BOI	: Biyokimyasal oksijen ihtiyacı
Ca	: Kalsiyum
CBS	: Coğrafi bilgi sistemi
Cd	: Kadmiyum
Chl – a	: Klorofil – a
Cl	: Klor
Cu	: Bakır
ÇO	: Çözünmüş oksijen
DMİ	: Devlet Meteoroloji İşleri
DSİ	: Devlet Su İşleri
EC	: Elektriksel iletkenlik
Fe	: Demir
İSU	: Kocaeli Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü
K	: Potasyum
KOI	: Kimyasal oksijen ihtiyacı
Mg	: Magnezyum
N	: Azot
Na	: Sodyum
NH ₄ - N	: Amonyum azotu
NO ₂ - N	: Nitrit azotu
NO ₃ - N	: Nitrat azotu
Q	: Debi
P	: Fosfor
Pb	: Kurşun

PO ₄ - P	: Ortofosfat
SASKİ	: Sakarya Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İdaresi
SDD	: Seki diski derinliği
SO ₄	: Sülfat
T	: Sıcaklık
TÇK	: Toplam çözünmüş katı
TN	: Toplam azot
TOC	: Toplam organik karbon
TP	: Toplam fosfor
TÜPRAŞ	: Türkiye Petrol Rafinerileri A.Ş.
YSA	: Yapay sinir ağı
YSKYY	: Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği
Zn	: Çinko

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Sapanca Gölü Havzası lokasyon haritası	11
Şekil 2.2. Sapanca Havzası'nın jeolojisi	14
Şekil 2.3. 1950 - 2014 yılları arasında aylık ortalama sıcaklıklar.....	16
Şekil 2.4. 1950 - 2014 yılları arasında aylık toplam yağış miktarı ortalamaları.....	16
Şekil 2.5. Harmanlı Deresi'nden bir görünüm	20
Şekil 2.6. Maden Deresi'nden bir görünüm	21
Şekil 2.7. Kurudere'den bir görünüm	21
Şekil 2.8. Değirmendere'den bir görünüm.....	22
Şekil 2.9. Balıkhane Deresi'nden bir görünüm.....	22
Şekil 2.10. Kasabaşın Deresi'nden bir görünüm.....	23
Şekil 2.11. Yanık Deresi'nden bir görünüm	24
Şekil 2.12. Kurtköy Deresi'nden bir görünüm.....	24
Şekil 2.13. Mahmudiye Deresi'nden bir görünüm.....	25
Şekil 2.14. İstanbuldere'den bir görünüm.....	25
Şekil 2.15. Keçi Deresi'nden bir görünüm.....	26
Şekil 2.16. Sarp Deresi'nden bir görünüm.....	26
Şekil 2.17. Sapanca Gölü kollektör durumu	27
Şekil 2.18. 1987 yılına ait sınıflandırılmış NDVI görüntüsü (ölçeksiz)	30
Şekil 2.19. 2010 yılına ait sınıflandırılmış NDVI görüntüsü (ölçeksiz)	30
Şekil 3.1. Derelerdeki ölçüm istasyonları ve koordinatları.....	32
Şekil 3.2. Göldeki ölçüm istasyonları	33
Şekil 3.3. Sapanca Gölü'nden bir görünüm	35
Şekil 3.4. YSI Professional Plus, Ruttner su alma kabı, Seki diski	36
Şekil 3.5. Merck test kitleri, Merck Nova 60 Spektrofotometre, Termoreaktör.....	38
Şekil 3.6. Sapanca Gölü kot – alan - hacim grafiği.....	40
Şekil 3.7 Vollenweider'a göre bazı göllerdeki izin verilebilir ve kritik fosfor yüklerine göre trofik durum.....	44

Şekil 4.1. A noktası TP ölçüm değerleri	48
Şekil 4.2. B noktası TP ölçüm değerleri	48
Şekil 4.3. C noktası TP ölçüm değerleri	49
Şekil 4.4. D noktası TP ölçüm değerleri	50
Şekil 4.5. E noktası TP ölçüm değerleri.....	50
Şekil 4.6. F noktası TP ölçüm değerleri.....	51
Şekil 4.7. A noktası PO ₄ -P ölçüm değerleri.....	52
Şekil 4.8. B noktası PO ₄ -P ölçüm değerleri	52
Şekil 4.9. C noktası PO ₄ -P ölçüm değerleri	53
Şekil 4.10. D noktası PO ₄ -P ölçüm değerleri.....	53
Şekil 4.11. E noktası PO ₄ -P ölçüm değerleri	54
Şekil 4.12. F noktası PO ₄ -P ölçüm değerleri.....	55
Şekil 4.13. A noktası TN ölçüm değerleri.....	72
Şekil 4.14. B noktası TN ölçüm değerleri.....	72
Şekil 4.15. C noktası TN ölçüm değerleri.....	73
Şekil 4.16. D noktası TN ölçüm değerleri.....	73
Şekil 4.17. E noktası TN ölçüm değerleri	74
Şekil 4.18. F noktası TN ölçüm değerleri	59
Şekil 4.19. A noktası NO ₃ - N ölçüm değerleri.....	60
Şekil 4.20. B noktası NO ₃ - N ölçüm değerleri.....	60
Şekil 4.21. C noktası NO ₃ - N ölçüm değerleri	61
Şekil 4.22. D noktası NO ₃ - N ölçüm değerleri.....	62
Şekil 4.23. E noktası NO ₃ - N ölçüm değerleri	62
Şekil 4.24. F noktası NO ₃ - N ölçüm değerleri	63
Şekil 4.25. A noktası NO ₂ - N ölçüm değerleri.....	64
Şekil 4.26. B noktası NO ₂ - N ölçüm değerleri.....	64
Şekil 4.27. C noktası NO ₂ - N ölçüm değerleri.....	65
Şekil 4.28. D noktası NO ₂ - N ölçüm değerleri.....	66
Şekil 4.29. E noktası NO ₂ - N ölçüm değerleri	66
Şekil 4.30. F noktası NO ₂ - N ölçüm değerleri	67
Şekil 4.31. A noktası NH ₄ - N ölçüm değerleri.....	68
Şekil 4.32. B noktası NH ₄ - N ölçüm değerleri.....	68
Şekil 4.33. C noktası NH ₄ - N ölçüm değerleri.....	69

Şekil 4.34. D noktası NH ₄ - N ölçüm değerleri.....	70
Şekil 4.35. E noktası NH ₄ - N ölçüm değerleri	70
Şekil 4.36. F noktası NH ₄ - N ölçüm değerleri.....	71
Şekil 4.37. A noktası Klorofil - a ölçüm değerleri	72
Şekil 4.38. B noktası Klorofil - a ölçüm değerleri	72
Şekil 4.39. C noktası Klorofil - a ölçüm değerleri	73
Şekil 4.40. D noktası Klorofil - a ölçüm değerleri	73
Şekil 4.41. E noktası Klorofil - a ölçüm değerleri	74
Şekil 4.42. F noktası Klorofil - a ölçüm değerleri.....	75
Şekil 4.43. Tüm noktalarda ve tarihlerde seki diski derinliği değerleri	76
Şekil 4.44. TP parametresine göre göldeki trofik durum	78
Şekil 4.45. TN parametresine göre göldeki trofik durum	78
Şekil 4.46. Seki diski görünürlüğü parametresine göre göldeki trofik durum	79
Şekil 4.47. Klorofil - a parametresine göre göldeki trofik durum.....	79
Şekil 4.48. Harmanlı Deresi toplam fosfor - ortofosfat değişimi.....	83
Şekil 4.49. Maden Deresi toplam fosfor - ortofosfat değişimi.....	83
Şekil 4.50. Kurudere toplam fosfor - ortofosfat değişimi	84
Şekil 4.51. Değirmendere toplam fosfor - ortofosfat değişimi	85
Şekil 4.52. Balıkhane Deresi toplam fosfor - ortofosfat değişimi.....	85
Şekil 4.53. Kasabası Deresi toplam fosfor - ortofosfat değişimi	86
Şekil 4.54. Yanık Deresi toplam fosfor - ortofosfat değişimi	87
Şekil 4.55. Karaçay Deresi toplam fosfor - ortofosfat değişimi	87
Şekil 4.56. Mahmudiye Deresi toplam fosfor - ortofosfat değişimi	88
Şekil 4.57. İstanbuldere toplam fosfor - ortofosfat değişimi	89
Şekil 4.58. Keçi Deresi toplam fosfor - ortofosfat değişimi	89
Şekil 4.59. Sarp Deresi toplam fosfor - ortofosfat değişimi	90
Şekil 4.60. Genel şartlara göre derelerin su kalite sınıfları	93
Şekil 4.61. Oksijenlendirme parametrelerine göre derelerin su kalite sınıfları.....	93
Şekil 4.62. Nutrient parametrelerine göre derelerin su kalite sınıfları	94
Şekil 4.63. Genel şartlara göre göl su kalite sınıfları	95
Şekil 4.64. Oksijenlendirme parametrelerine göre göl su kalite sınıfları.....	96
Şekil 4.65. Nutrient parametrelerine göre göl su kalite sınıfları	96
Şekil 4.66. Sapanca Gölü'ndeki fosfor yüklemesi ve trofik durum (2013)	103

Şekil 4.67. Sapanca Gölü'ndeki azot yüklemesi ve trofik durum (2013) 104

TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1. Sakarya iline ait meteorolojik veriler.....	15
Tablo 2.2. Sapanca Gölü Havzası'nda ormanların alan bakımından dağılımı.....	17
Tablo 2.3. 1986-1999 yılları arası Sapanca Gölü'nü besleyen derelerin akış oranları ve çıkış akış oranı	19
Tablo 2.4. Havzadaki arazi kullanım oranları	28
Tablo 2.5. Sapanca ilçesinde arazilerin kullanma kabiliyet sınıfları	28
Tablo 2.6. Sapanca Havzası'ndaki arazi kullanım oranları 1987 - 2010	29
Tablo 3.1. Derelerdeki ölçüm istasyonlarının koordinatları	33
Tablo 3.2. Göldeki ölçüm istasyonlarının koordinatları	34
Tablo 3.3. Sapanca Gölü örnekleme noktaları ve özellikleri	34
Tablo 3.4. Parametrelerin analiz metotları ve standartları	36
Tablo 3.5. Carlson Trofik Durum İndeksi'ne göre göllerin sınıflandırılması.....	39
Tablo 3.6. YSKYY'ye göre göllerin sınıflandırılması.....	39
Tablo 3.7. Göle gelen kirletici yük hesabında kullanılan besin maddesi transport katsayıları.	41
Tablo 3.8. Gölü besleyen derelerdeki ortalama debi ve TN - TP konsantrasyonları (2013).....	41
Tablo 3.9. Sapanca Gölü'nden 2013 yılında çekilen su miktarları ve su alma noktalarındaki TN ve TP konsantrasyonları	43
Tablo 4.1. Gölde ölçülen parametrelere ait istatistiksel değerler.....	47
Tablo 4.2. Sapanca Gölü'nde trofik seviyeler (Carlson, 1977).....	76
Tablo 4.3. Sapanca Gölü'nde trofik seviyeler (YSKYY, 2012)	77
Tablo 4.4. Sapanca Gölü'nde parametrelere göre genel trofik durum	77
Tablo 4.5. Sapanca Gölü'nde N/P oranları	77
Tablo 4.6. Derelerde ölçülen parametrelere ait istatistiksel değerler	81
Tablo 4.7. Derelerde ölçülen parametrelere ait istatistiksel değerler (devamı).....	82
Tablo 4.8. Derelerde su kalitesi sınıfları	91
Tablo 4.9. Gölde su kalite sınıfları.....	94

ÖZET

Anahtar kelimeler: Sapanca Gölü, su kalitesi, trofik seviye, Carlson trofik durum indeksi

Bu çalışmada, Sapanca Gölü havzasında 2012-2014 yılları arasında su kalitesini belirlemek üzere yan derelerde ve göl üzerinde belirlenen istasyonlarda, gölün geleceği için önemli görülen bazı su kalite parametrelerine ait ölçümler yapılmıştır. Ölçüm yapılan derelerdeki su kalitesi, genel şartlar ve oksijenlendirme parametrelerine göre genel olarak I. ve II. sınıf olarak belirlenirken, nutrient parametrelerine göre III. ve IV. sınıf olarak belirlenmiştir. Gölde yapılan ölçümlerde, genel şartlar bakımından su kalitesi her noktada I. sınıf olarak tayin edilmiştir. Oksijenlendirme parametreleri bakımından B, C, D noktalarındaki su kalitesi I. sınıf olup A, E ve F noktalarında ise II. sınıf olarak belirlenmiştir. Göl içindeki tüm ölçüm noktalarda nutrient parametreleri bakımından su kalitesi II. sınıf olarak tespit edilmiştir.

Gölden ve yan derelerden elde edilen ölçüm sonuçları kullanılarak Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği'ne ve Carlson Trofik Durum İndeksi'ne göre trofik durum tespit edilmiştir. Sapanca Gölü'ndeki trofik durumun her iki indekste de genel olarak toplam fosfor parametresine göre ötrofik, görünürlük parametresine göre oligotrofik, klorofil-a parametresine göre mezotrofik, YSKYY'de yer alan toplam azot parametresine göre de mezotrofik olduğu gözlenmiştir.

Gölü besleyen derelerdeki besi maddesi yükü hesabı yapılarak, Vollenweider yaklaşımıyla besi yüklemesi incelenmiş ve göldeki trofik durumun toplam fosfor ve toplam azot parametrelerine göre ötrofik olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, Sapanca Gölü'nü besleyen yan derelerdeki kirletici konsantrasyonları belirlenmiş, yan dereler ve Sapanca Gölü su kalitesinin iyileştirilmesi için çözüm önerileri sunulmuştur.

DETERMINATION OF PHOSPHORUS LOADS IN SAPANCA BASIN TRIBUTARIES AND LAKE SAPANCA

SUMMARY

Keywords: Lake Sapanca, water quality, trophic level, Carlson trophic state index

In this study, important water quality parameters for the future of the lake were analyzed on measurement stations selected on tributaries and Lake Sapanca Basin between 2012 and 2014. The water quality of all streams were determined as class I and class II for general conditions and oxygenating parameters, however, the water quality for nutrient parameters were class III and class IV. The water quality of the lake was determined as class I for general conditions on whole measurement stations, class I on B, C, D stations and class II on A, E, F stations for oxygenating parameters. The water quality for the nutrient parameters were determined as class II on every measurement points.

According to obtained results, trophic level for lake has been identified based on Surface Water Quality Management Directive and Carlson's Trophic Status Index. Trophic level for Lake Sapanca was determined as eutrophic for total phosphorus, oligotrophic for secchi disc and mesotrophic for chlorophyll-a based on both of indexes; and as mesotrophic for total nitrogen based on SWQM.

The nutrient loads have been calculated and the trophic status of the lake has been examined by Vollenweider approach and determined as eutrophic for total phosphorus and total nitrogen parameters. Furthermore, the pollutant concentrations on tributaries of Lake Sapanca were determined and the proposed solutions were presented to improve the water quality in Lake Sapanca Basin.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Hızlı şehirleşme ve nüfus artışı, sanayileşme, ulaşım, evsel ve endüstriyel atıksular, düzensiz çöp depolama alanları, şehirleşme ile gelen yayılı atıksular ve baca emisyonları, tarımsal faaliyetler, hayvan çiftlikleri vb. faaliyetler nedeniyle önemli miktarda kirletici su kaynaklarına sızıntı ve yüzeysel akış yolu ile karışmaktadır. Ayrıca; ormanların tahribi, kum çıkarımı vb. faaliyetler de yüzeysel sulara kirletici parametrelerin artmasına neden olmaktadır. Bu yüzden yerleşim yerlerine yakın su kaynakları kirlilik tehdidi altındadır.

Marmara Bölgesi'nin iç su havzalarından olan Sapanca Gölü, Sakarya Nehri ile İzmit Körfezi arasında uzanan önemli bir su kaynağıdır. Anadolu'yu Avrupa'ya bağlayan ulaşım ağının üzerinde bir havzadır. Göl, kuzey ve güneyinde bulunan dağlardan inen küçük dereler ve göl dibindeki kaynaklardan beslenmektedir. Çevre yerleşimlerinin ve çevredeki büyük sanayilerin içme ve kullanma suyu kaynağı olan Sapanca Gölü, çevresindeki yerleşim alanlarından gelen kirletici kaynaklardan etkilenmektedir. Ayrıca, bölgenin son zamanlarda otomotiv endüstrisi ve yan sanayisi ile gıda endüstrisi için bir üs haline gelmesi sonucunda gölün kirlenme riski artmıştır. Bu durum gölün yararlı kullanım (içme ve kullanma, sulama, rekreatif kullanım gibi) imkânlarını kısıtlamaktadır.

Sapanca Gölü'nün kirlilik yükünün azaltılması için su kalitesi ile ilgili mevcut durumun kullanıma uygunluğunun belirlenmesi, su kalitesinin sınıflandırılması, trofik seviyenin belirlenmesi ve kirletici kaynakların envanterinin çıkartılması gerekmektedir. Bu çalışmada, Sapanca Gölü'nü besleyen 12 adet dereye pH, sıcaklık, çözülmüş oksijen, fosfor ve azot formları, göl üzerinde belirlenen noktalarda ise bu parametrelere ek olarak klorofil - a konsantrasyonları ve seki diski derinliği değerleri ölçülmüştür. Gölde ve derelerde su kalitesi sınıfları belirlenmiş ve

gölün trofik seviyesi tespit edilmiştir. Arazi kullanımları ve ölçüm sonuçları ile ölçüm noktaları ilişkilendirilerek uydu görüntüleri ve Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) yardımıyla havzanın kirlilik haritası oluşturulmuş ve bu sayede yararlı kullanımlar belirlenerek, gölün su kalitesinin iyileştirilmesi için çözüm önerileri sunulmuştur.

1.1. Çalışmanın Amacı

Sapanca havzasında gerçekleştirilen bu çalışmada, birçok amaç hedeflenmiştir. Bu hedefler doğrultusunda öncelikle göl ve yan derelerde sıcaklık, pH, çözülmüş oksijen, seki diski derinliği, toplam azot, amonyum azotu, nitrit azotu, nitrat azotu, toplam fosfor, ortofosfat ve klorofil – a parametrelerinin ölçümü yapılmıştır. Çalışmanın amacı, ölçüm sonuçlarına göre;

- Sapanca Gölü'nde ve yan derelerde su kalite sınıflarını,
- Gölü besleyen 12 adet yan derenin su kalitesi özelliklerinin göle etkilerini,
- Göle ulaşan toplam fosfor ve azot yüklerini,
- Çeşitli indekslerle ve modellerle gölün ötrofik seviyesini belirlemektir.

Bu amaçlar doğrultusunda, gölün su kalitesinin iyileştirilmesi için çözüm önerileri sunmaktır.

1.2. Çalışmanın Önemi

Su kalitesi, suyun faydalı bir şekilde kullanılmasını etkileyen fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikler içerdiğinden su kalitesinin ortaya konabilmesi için bu parametrelerin belirlenmesi gerekmektedir. Bu parametrelerin doğru değerlendirilmesi için uzun süreli izleme çalışmaları yapılmalıdır. Bu çalışmalar, ülkemizde yüksek maliyetleri nedeniyle kısıtlı olarak yapılabildiği için mevcut verilerin azlığı yorumlamayı ve değerlendirmeyi zorlaştırmaktadır.

Bu çalışma, Sapanca Gölü'ndeki kirletici parametrelerin ölçümü ve değerlendirilmesi, su kalite sınıflarının belirlenmesi ve ötrofikasyon tehdidi konusunda gösterge olacak bir çalışmadır. Ayrıca, arazi kullanımını ve trofik durumu belirleyen verilerin CBS kullanılarak haritalanması, çalışmanın diğer kurumlar için de örnek teşkil etmesi açısından, çalışmanın değerini arttırmaktadır. Sonuçta

belirlenen veriler ile gölün kirlenmesinin önlenmesi için doğru planlamaların yapılmasını sağlayacak bir veri tabanının oluşturulmuş olması da çalışmanın önemini ortaya koymaktadır.

1.3. Literatür Araştırması

Açıköz, S., (2008), Sapanca Gölü'nü besleyen derelerin hidrojeokimyasal olarak incelenmesi adlı çalışmada derelerin su kalitesini belirlemek için sıcaklık, pH, çözülmüş oksijen, elektriksel iletkenlik, klorür, sülfat iyonları, toplam P ve Na değerlerinin incelenmesinden ve bu değerlerdeki değişimlerin su kalitesine olan etkilerinden bahsetmiştir.

Akkoyunlu, A. ve diğ., (2012), Sapanca Gölü Havzası'nda çeşitli su kalitesi parametrelerini incelenmiş ve geçmiş yıllarda büyük bir risk yaşanmamış olmasına rağmen, göl ve gölü besleyen derelerde bir ötrofikasyon tehdidi olduğunu belirtmişlerdir.

Bayrak, A., (2008), Sapanca Gölü'nün hidrojeolojik, hidrolik ve hidrolojik özelliklerinin belirlenmesi ve su bütçesinin tespiti adlı çalışmada dünyada yaşanan küresel ısınma ve gittikçe artan kuraklık tehlikesine dikkat çekilmiştir. Gelecekte beklenen nüfus artışı etkilerine bağlı olarak alternatif bir su kaynağı ihtiyacına dikkat çekilmiştir.

Bayram, A., (2011), Harşit Çayı ana kolu boyunca su kalitesi üzerine yaptığı çalışmada, su kalitesi sınıflandırması yaparak suyun içilebilirliğini ortaya koymuştur. Ayrıca, AKM konsantrasyonunun bulanıklık, toplam demir ve toplam krom parametrelerine dayalı tahminini, çeşitli regresyon analizleri ve yapay sinir ağları (YSA) yöntemiyle yapmıştır. AKM konsantrasyonunun tahmininde YSA yönteminin regresyon analizine göre daha iyi sonuçlar verdiği belirlenmiştir.

Cantürk, N., (2007), Çalışma, Van Gölü'ne dökülen Akköprü Deresi'nde debi, su sıcaklığı, elektriksel iletkenlik, pH, kalsiyum, magnezyum, toplam sertlik, toplam alkalinite, karbonat, bikarbonat, klorür, çözülmüş oksijen, oksijen doygunluğu, orto-

fosfat, nitrat, nitrit, amonyum azotu parametrelerinin incelenmesi üzerinedir. Yapılan değerlendirmelerde, derenin akış rejiminin çok düzensiz olduğu ve bu düzensizliğin kalite değişimine yansıdağı, dere su kalitesinin memba mansap yönünde değiştiği, suyun I. ve II. kalite sınıflarına girdiği ve bazı parametreler açısından dere suyunda kirlenmenin başladığı ortaya konmuştur.

Cudowski, A., (2014), Polonya'daki 25 gölde yaptığı çalışmada, göllerin trofik durumunu manganez indeksine göre belirlemiş ve yaygın olarak kullanılan indekslerle (Carlson, Kratzer ve Brezonik, Dunalska) doğrulama yapmıştır. Elde edilen sonuçlar, göllerin trofik durumunu belirlemede manganez indeksinin kullanımının en basit yol olduğunu göstermiştir.

akır, H., (2008), Sapanca Gölü'nün su btcesinin belirlenmesi adlı çalışmada meteorolojik verilerin değişimi, yeraltı suyu miktarı gibi faktörlerin su btcesi hesaplamalarına olan etkileri anlatılmıştır.

akır, M., (2010), alışmada, Sapanca Gölü çevresindeki yoğun yapılaşmadan kaynaklanan evsel atık su, sanayi atık suları ve yüzeysel akış sularına ilişkin kontrol teknolojilerinin belirlenmesi amaçlanmış ve stepwise modelleme programı kullanılmıştır.

iek, D. ve diğ., (2011), alışma Namnam ayı için Mayıs 2010-Nisan 2011 tarihleri arasındaki su kalitesi değerlerini içermektedir. 4 istasyondan alınan su numunelerinde fiziko-kimyasal bulgulara bakılarak Namnam ayı' nın tarımsal kaynaklı ve çevresel kirlenmeye maruz kaldığı ifade edilmiştir.

oban, F., (2007), alışmada, 2005 Nisan- 2006 Mart arasındaki bir yıl boyunca Hazar Gölü'nün 9 örnekleme noktasındaki farklı beş derinlikten aylık olarak alınan su numuneleri fiziksel ve inorganik kimyasal, organik ve bakteriyolojik parametreler açısından incelemiştir. Mevsimsel değişimler araştırılarak atık sular ve diğer kaynakların gl suyuna etkisini irdelemiştir. Hazar Gölü'nün, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği dikkate alındığında, fiziksel ve inorganik kimyasal parametreler

açısından II.-III. sınıf, organik parametreler açısından II. sınıf, bakteriyolojik parametreler açısından I.-II. sınıf su kalitesi grubuna girdiği ifade edilmiştir.

Demir, M. T., (2006), Sapanca'da kırsal yerleşme özellikleri adlı çalışmada havzanın beşeri ve ekonomik faaliyetlerini ortaya koymuştur.

Dügel, M., (2001), Büyük Menderes Nehri'nde seçilen on yedi istasyonda; pH, EC, ÇO, NO₂-N, NO₃-N, NH₄-N, PO₄-P, SO₄²⁻, Cl⁻ ve toplam sertlik parametreleri mevsimsel olarak incelenmiştir.

Dündar, M. Ş. ve diğ., (2003), 17 Ağustos 1999 Marmara depremi öncesi ve sonrası Sapanca gölüne akan dereler üzerinde yapılan çalışmada, İstanbul, Mahmudiye, Kuruçay ve Çark derelerinden alınan su numunelerinde Pb, Cd, Cu, Zn ve Fe düzeylerini tespit edilmiştir. İstanbul, Mahmudiye ve Kuruçay derelerindeki kurşun ve kadmiyum birikiminin deprem sonrasında arttığı, bakır bakımından standartlara uyduğu, çinko ve demir bakımından deprem öncesi göle kirlilik taşıdığı gözlenirken deprem sonrası bu değerlerin düştüğü görülmüştür. Çark deresinde ise kadmiyum dışındaki metal kirliliğinin standartların altında kaldığı ortaya konmuştur.

Ediş, S., (2011), Çalışma, Çankırı-Söğütözü Deresi ve Terme Çayı Havzalarında kurak dönemde oluşan düşük akışların fiziksel, kimyasal ve hidrolojik analizlerini yaparak, bu havzalardaki su kalitesinin debi ile ilişkilerini ortaya koymak üzerinedir. Toplam 28 adet su örneğinde düşük akış debisi ile su kalitesi arasındaki ilişkileri belirlemek amacıyla 18 parametre üzerinden fiziksel ve kimyasal analizler yapılmıştır. Sonuç olarak, Söğütözü Deresi havzasında debi ile ölçülen bazı su kalitesi değerlerinin anlamlı bir korelasyon oluşturduğu ifade edilmiştir.

Esenli, V., (1995), Sapanca Gölü ve havzasının hidrojeo-kimyasal özelliklerini belirlemeye yönelik çalışmada, göl ve dere sularındaki kirletici unsurları araştırılmış, dip çamurlarının mineralojisi-tane boyu dağılımı ile ağır metallerin konsantrasyonları arasındaki ilişkiler saptanmıştır.

Jiang, J. ve diğ., (2013), Çalışmada, global ölçekte 14 büyük nehirde, uzun vadeli aylık gözlemlerle, iklim değişkenleri ve nehir su kalitesi arasındaki ilişki araştırılmıştır. Elastikiyet yaklaşımının kullanıldığı bu çalışmada, N ve P başta olmak üzere, 12 su kalite parametresinin sıcaklık ve yağış elastikiyeti belirlenmiştir. Sonuç olarak iki temel ilişki elde edilmiştir : (1) insan nüfusuyla, bulanıklığın sıcaklık elastikiyeti ve TP arasında güçlü bir lineer korelasyon vardır, (2) yükseklik ile bulanıklığın yağış elastikiyeti ve N arasında güçlü bir lineer korelasyon vardır.

Kaçan, E., (2006), tarafından, 2005 Eylül-2006 Mayıs'ı kapsayan dokuz aylık sürede, Denizli İli yüzeysel su kaynaklarından Gümüşçay, Çürüksu ve Büyük Menderes Nehri'nde seçilen altı istasyonda aylık olarak yürütülen çalışmada; pH, T, EC, tuzluluk, TÇK, ÇO, BOİ₅ ve KOİ parametreleri incelenmiştir.

Kaçmaz, M., (2010), Sapanca Gölü Havzası'nda Arazi Kullanımı ve Mekânsal Değişim isimli çalışmada havzanın doğal yapısı ve bu doğal yapı üzerinde faaliyet gösteren beşeri unsurların etkisi incelenmiştir.

Kazi, T.G. ve diğ., (2009), Pakistan'daki Manchar Gölü'nde 5 farklı noktada 36 su kalitesi parametresi incelenmiş ve bu su kalitesi parametrelerine çoklu istatistiksel teknikler, küme analizi ve temel bileşen analizi uygulanmıştır. Sonuç olarak, su kalitesindeki bozunmanın göle endüstriyel, evsel, zirai girişler yanında maden tuzlarının sızıntılarından dolayı meydana geldiği belirlenmiştir.

Munawar, M. ve diğ., (2011), Ontario Gölü'nde yaptıkları çalışmada, yıllık fosfor yüklerini, yıllık birincil üretim ve yıllık ortalama klorofil – a konsantrasyonlarını hesaplamış ve Vollenweider modeliyle kıyaslamışlardır. Sonuç olarak Vollenweider ötrofikasyon modellerinin ,ötrofik çevrelerin yönetiminde uygulanabilir olduğunu ifade etmişlerdir.

Oktaş, Ş. ve diğ., (2002), İçme suyu kaynağı olan Sapanca Gölü su kalitesi incelenmiş ve gölün kirlenme düzeyinin halen yüksek olmadığı ortaya konmuştur.

Rahmanlar, M., (2006), Sapanca Gölünün su kalitesinin değerlendirilmesi için kurulan tek ve çift katmanlı pamolare modeli üzerinde farklı senaryolar için farklı sonuçlar elde edilmiş ve gelecekteki göl içi parametrelerin belirlenmesinde başarı ile uygulandığı belirtilmiştir.

Räike, A. ve diğ., (2003), Çalışmada, Finlandiya yüzey sularında, evsel ve endüstriyel su arıtımının, P ve N konsantrasyonlarını azaltıp azaltmadığı araştırılmıştır. 1975-2000 yılları arasında, 22 nehir ve 173 göl üzerinde yapılan bu çalışmada, trendleri belirlemek için nonparametrik Kendall Tau ve Mevsimsel Kendall testleri uygulanmıştır. Azalan besi maddesi konsantrasyon trendleri, genellikle uzun süre evsel ve endüstriyel kirlenmeye maruz kalmış göl ve nehirlerde gözlemlenirken, artan besi maddesi konsantrasyon trendleri, genellikle tarımsal arazilerden kaynaklanan yayılı yüklerle kirlenen küçük göl ve nehirlerde gözlemlenmiştir. Sonuçlar göstermektedir ki, su arıtımı Finlandiya iç sularındaki su kalitesini etkili olarak iyileştirmektedir.

Şekerci, İ., (2011), Çalışmada Van Gölü'ne dökülen Karasu Çayı'nın su kalitesi değişimini incelemek amacıyla, bazı su kalitesi ve kirlenme parametrelerinin analizi için belirlenen dört örnekleme noktasında, Kasım 2009 ve Ekim 2010 tarihleri arasında her ay ölçümler yapmış ve alınan su örnekleri laboratuvarında analiz edilmiştir. Çalışma sonucunda Karasu Çayı'nın bulanıklık ve pH dışında birçok kriter bakımından Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine göre I. ve II. su kalitesi sınıflarında olduğu ortaya konmuştur.

Taleb, A. ve diğ., (2004), Tafna Nehri'nde (Cezayir) 1996 ile 2001 yıllarını kapsayan süreçte baraj inşa öncesi ve sonrası su kalitesi NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ , Cl^- , EC, BOİ, pH, T ve ÇO parametreleri yönünden incelenmiş ve barajın su kalitesine olan etkilerine dikkat çekilmiştir. Baraj sonrası bölümde BOİ'de önemli bir azalma, NH_4^+ 'te ise artış tespit edilmiştir.

Tanık, A. ve diğ., (1998), Sapanca Gölü Havzasındaki kirletici kaynaklar araştırılmış, gölün biyolojik oksijen ihtiyacı, N, P, pestisit ve gübrelerin gölde dağılımı incelemiştir. Gölün Avrupa Topluluğu standartlarına göre II. Sınıf kalitede olduğunu

ve su kalitesindeki düzenliliği sağlamak için uzun ve orta vadede kontroller yapılması gerektiğini ortaya konmuştur.

Tanriverdi, C. ve diğ., (2010); 2005 Nisan, Ağustos ve Ekim'i kapsayan dönemde, Ceyhan Nehri'nde seçilen 31 istasyonda mevsimsel olarak yürütülen çalışmada; pH, T, EC, ÇO, NH₃⁻, NO₂⁻, NO₃⁻, PO₄³⁻, Cl⁻, SO₄²⁻, Na⁺, Ca²⁺ ve Mg²⁺ parametreleri incelenmiştir.

Tarkan, A. S., (2007), Çalışma Ömerli Baraj Gölü'ne akan derelerin bazı fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin incelenmesi ve bu derelerin baraj gölüne olan etkilerinin ortaya konması üzerinedir. Shannon-Weaver ve Evenness çeşitlilik indekslerine göre derelerin zooplankton tür ve birey sayısı bakımından oldukça zayıf olduğu, kirlenmenin etkisi altındaki Paşaköy ve Riva derelerinde ötrofik suların indikatörü bazı türlerin baskın olduğu ifade edilmiştir.

Toor, G.S. ve diğ., (2013), Manatee Gölü Havzası'nda (Florida, USA) yer alan subtropik bir içme suyu rezervuarı, 1983-2007 yılları arasında, su kalitesi parametreleri açısından mevsimsel olarak incelenmiştir. Renk, bulanıklık, seki diski derinliği, pH, iletkenlik, Ç.O., toplam alkalinite, katyonlar, anyonlar, kurşun, TN, TP, ortofosfat gibi su kalitesi parametreleri incelendiğinde, organik azotun taşınımını azaltmanın, bu içme suyu havzasındaki su kalitesini korumak için potansiyel bir seçenek olabileceği ifade edilmiştir.

Tuğrul, S. ve diğ., (1991), Sapanca Gölü'nün limnolojik özelliklerini inceledikleri çalışmalarında, göldeki fosfat derişiminin düşük olduğunu, termoklin tabakasının altında dinamik bir biyolojik sistemin gözlendiğini, Trofik Durum İndeksi (TSI) değerlerinden gölün oligotrofik özellikte olduğunu ortaya koymuştur.

Usta, A., (2011), 2010 Eylül-2011 Ağustos'u kapsayan 12 aylık süreçte, Trabzon İli yüzeysel su kaynaklarından Galyan ve Şimşirli akarsularında seçilen 23 istasyonda aylık olarak yürütülen çalışmada pH, T, EC, TN, TP, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺ ve K⁺ parametreleri incelenmiştir.

Velioğlu, M., (1998), Sapanca Gölü ile ilgili kirlilik araştırmaları ve koruma ile ilgili öneriler adlı çalışmada Sapanca Gölü içme suyu kaynağının kirlenme ile karşı karşıya olduğu ve alınması gereken tedbirler araştırılmıştır.

Wang, X. ve diđ., (2006), in'deki Taihu Havzası'nda, 19 nehrin su kalitesi üzerindeki insan etkilerini araştırmışlar ve en yüksek TP ve TN değerlerinin evsel atıksularla kirlenen nehirlerde, en dūřuk çözünmüş oksijen değerlerinin kentleşmenin yoğun olduğu bölgelerdeki nehirlerde ve en yüksek çözünmüş oksijen değerlerinin dağlık bölgelerdeki nehirlerde gözlemlendiğini tespit etmişlerdir.

Wiatkowski, M., (2011); alışmada Nysa Szalona Nehri'nin (Polonya) akımı ve Slup Barajı'nın NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ , PO_4^{3-} , BOI_5 , KOI , O , Cl^- , SO_4^{2-} , TOC, EC, T ve AKM parametrelerinin nehrin su kalitesine olan etkisi araştırılmıştır.

Vinogradoff, S. ve diğ., (2014), İskoçya'daki 19 gölde yaptıkları çalışmada, Su ereve Direktifi için kullanılan fosfor modellerinde sudaki renk parametresinin kullanılabilirliğini araştırmışlar ve sudaki renk ve hümik madde parametrelerinin diğer modellerle karşılaştırıldığında, fosfor tahmininde daha iyi sonuçlar verdiğini gözlemlenmişlerdir.

Yiğit, V. ve diğ., (1984), Sapanca Gölü'nün su kirliliğini ve besleyicilerin su kalitesi üzerindeki etkilerini ortaya koyan limnolojik çalışmada, göl suyunun içme ve çeşitli amaçlarla (sanayi, tarım gibi) kullanılabilecek nitelikte olduğunu saptamıştır.

Yalçın, N. ve diğ., (1993), Sapanca Gölü'nün trofik durumunun incelendiği çalışmada, gölün N ve P miktarlarındaki değişim tayin edilmiştir. Mezotrofik sınırına yaklaşan göl suyunun kirlenmesinin önlenmesi için alınması gereken tedbirler saptamaya çalışılmıştır.

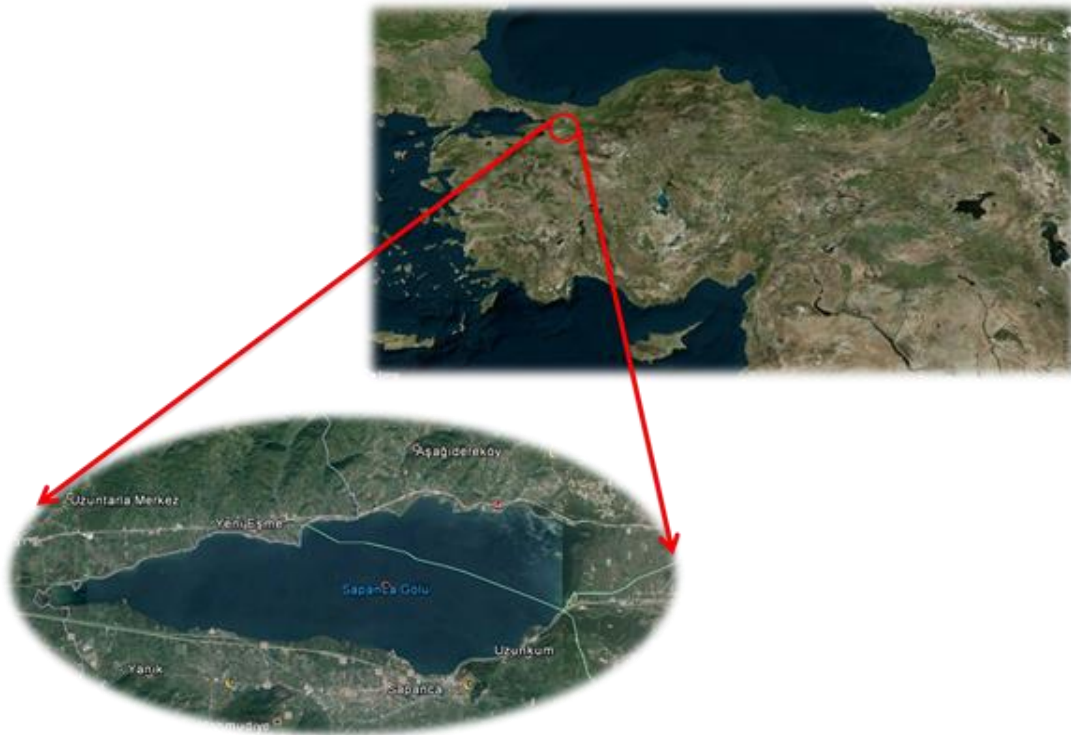
Zhao, L. ve diğ., (2013), in'deki Yilong Gölü'nde ötrofikasyonu incelemişler ve 3 boyutlu bir su kalitesi modeli kurmuşlardır. Model sonuçlarına göre, göldeki su bitkilerinin alg patlamalarında önemli etkisi olduğunu ve nütrient yükleri %77 azaldığında, klorofil – a konsantrasyonunun sadece %50 azaldığını tespit etmişlerdir.

Gölün restorasyonu için, havza ve göl içi kombine yönetiminin gerekliliğini ortaya koymuşlardır.

BÖLÜM 2. SAPANCA HAVZASININ TANITIMI

2.1. Coğrafi Yapı

Sapanca gölü, Marmara Bölgesi içerisinde İzmit Körfezi'nin 20 km doğusunda $40^{\circ} 41''$ ile $40^{\circ} 44''$ kuzey enlemleri ve $30^{\circ} 09''$ ile $30^{\circ} 20''$ doğu boylamları arasında yer almaktadır. Sakarya ile Kocaeli illerinin sınırları içinde kalan göl deniz seviyesinden 30 m yükseklikindedir. Tektonik bir çukurda bulunan bir tatlı su gölüdür ve İzmit Körfezi'nin devamı olarak Adapazarı Ovası'na ulaşır. Sapanca Gölü havzası lokasyon haritası Şekil 2.1'de gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Sapanca Gölü Havzası lokasyon haritası (Google Earth görüntüsü, 2014)

Gölün doğu ucu Sakarya Nehri'ne 5 km, batı ucu İzmit Körfezi'ne, 20 km uzaklıktadır. Sapanca Gölü'nün uzun eksenini doğu-batı doğrultusunda ve uzunluğu 16 km, kısa eksenini güney-kuzey doğrultusunda ve en geniş yeri 6 km'dir. Göldeki ortalama derinlik 31-33 m ve maksimum derinlik 61 m'dir. Göl'ün havza alanı 252 km² dir ve bu alanın yaklaşık 46 km²'si göl, 150 km²'si orman, geriye kalan kısım ise tarım ve yerleşim alanıdır. Sapanca Gölü, bölgenin en önemli tatlı su kaynaklarından birini oluşturmaktadır (Adasu, 2003).

2.2. Jeolojik Yapı

Bölge, eski devirlerden başlayarak Üst Kretase sonu ve eosen boyunca aktif tektonik ve volkanik faaliyetlere maruz kalmıştır. Bu faaliyetler sonucunda şimdiki İzmit Körfezi, Sapanca ve Adapazarı çukurluğunu da içine alacak şekilde Kuzey Anadolu Fay Zonu oluşmuştur. Kuvaterner'de bölgesel tektonik hareketler devam ederken eski Sakarya Nehri ve diğer akarsular Adapazarı Gölü ve Sapanca Gölü boyunca İzmit Körfezi'ne boşalmaktaydılar. Özellikle Sakarya Nehri ve diğer akarsuların taşımış oldukları alüvyon malzemeleri şimdiki Sapanca Gölü ile İzmit Körfezi arasında depolanmış ve zamanla bölgesel alçalma, yükselme ve aşındırma faaliyetlerinin de etkisi ile söz konusu akarsular Karadeniz'e doğru akmaya başlamıştır. Oluşan yeni yatak koşullarında Sakarya ve diğer akarsular taşıdıkları alüvyal maddeleri Adapazarı çukurluğunda depolamış ve zamanla Adapazarı çukurluğu dolarak Sapanca Gölü'nden ayrılmıştır. Bataklık durumundaki Adapazarı Ovası zamanla kuruyarak bugünkü durumuna gelmiştir. Sapanca Gölü ve havzasındaki jeolojik formasyonlar:

Paleozoik: Bu formasyonlar Sapanca Gölü drenaj alanının güney yamaçlarında yer almaktadır ve jeolojik bakımdan en eski birikimleri oluşturmaktadır. Yanık, Kuruçay, Mahmudiye ve İstanbul dereleri bu birikimlerde bulunmakta ve Sapanca Gölü'ne dökülmektedir. Ayrılmamış olan paleozoik birimlerinin başlıcalarını metamorfik şistler, mermer, gnays ve kuvarsitler oluşturmaktadır.

Mesozoik: Göl drenaj alanı içinde Mesozoik, gölün kuzeydoğu yamaçlarında Üst Kretase yaşlı plaket kireç taşları ve marnlar ile temsil edilmektedir. Kireç taşları oldukça ince tabakalı olup kıvrımlı ve kırıklı bir yapı gösterirler. Hakim renk bej-gri olup, bölgesel olarak Üst Kretase yaşlı fliş özelliği gösterirler. Paleozoik yaşlı birimler üzerine açısal uyumsuzlukla otururlar.

Senozoik: Bu formasyonlar Tersier ve Kuvaterner olmak üzere iki bölümde ele alınırlar. Tersier kendi içinde Paleojen (Eosen) ve Neojen (Pliosen) olarak incelenir.

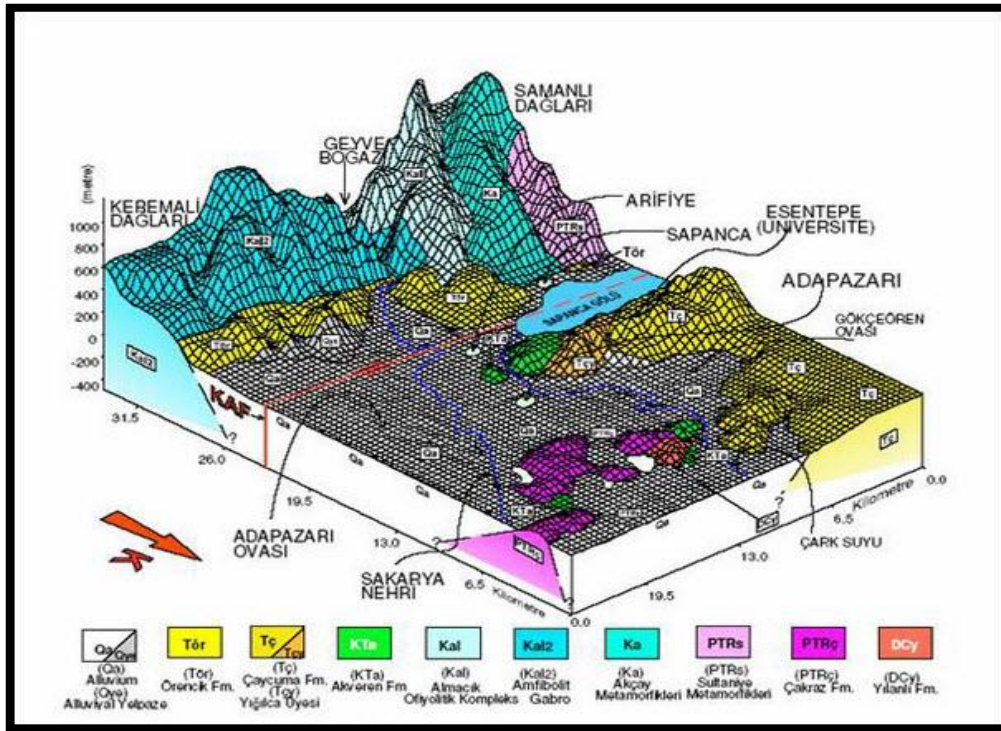
Eosen: Drenaj alanı içinde fliş özelliği gösterir. Kumtaşı-silttaşı-kiltaşı sıralanması şeklindedir. Tabakalar ince-orta kalınlıktadır. Kıvrımlı yapı özellikleri gösterirler ve alttaki Üst Kretase ile uyumludurlar. Litolojide hakim renk sarımsı-kahve ve nefti yeşildir. Sapanca Gölü'nün kuzey ve kuzeybatı yamaçlarını oluştururlar.

Neojen: Sapanca Havzası'nda Pliosen'e ait birimler gevsek tutturulmuş konglemerakum-kil ve silt ile bunların karışımlarından oluşmaktadır. Tabakalaşma yer yer belirgin olmayıp, bazı yerlerde çapraz tabakalaşma özellikleri gösterirler. Karasal oluşumlardır. Gölün güneydoğu ve kuzeybatısında göl seviyesine göre yüksek kesimleri oluştururlar.

Kuvaterner: Bölgedeki en genç çökellerdir. Drenaj alanının doğu ve batı düzlük kısımları ile güneydeki düzlükler, alüvyon ve alüvyon yelpazeleri, yamaç molozu ve teraslar şeklinde görülürler. Genellikle tutturulmamış kum, çakıl, kil, silt ve bunların karışımları şeklindedir.

Volkanik Kayaçlar: Göl drenaj alanının kuzey kısımlarında küçük mostra halinde bulunur. Büyük olasılıkla eosen ve sonrası görülen volkanizma ürünlerinden spilitik-dasit-andezit karakterli kayaçlardır.

Faylar: Aktif Kuzey Anadolu Fay Zonu, Sapanca'yı doğu-batı yönünde kesmekte olup, doğrultu atımlı fay özelliğini göstermektedir (DSİ, 1984). Sapanca Havzası Jeolojisi Şekil 2.2.'de gösterilmektedir.



Şekil 2.2. Sapanca Havzası'nın jeolojisi (Bol, E., 2003)

2.3. İklim ve Meteorolojik Özellikler

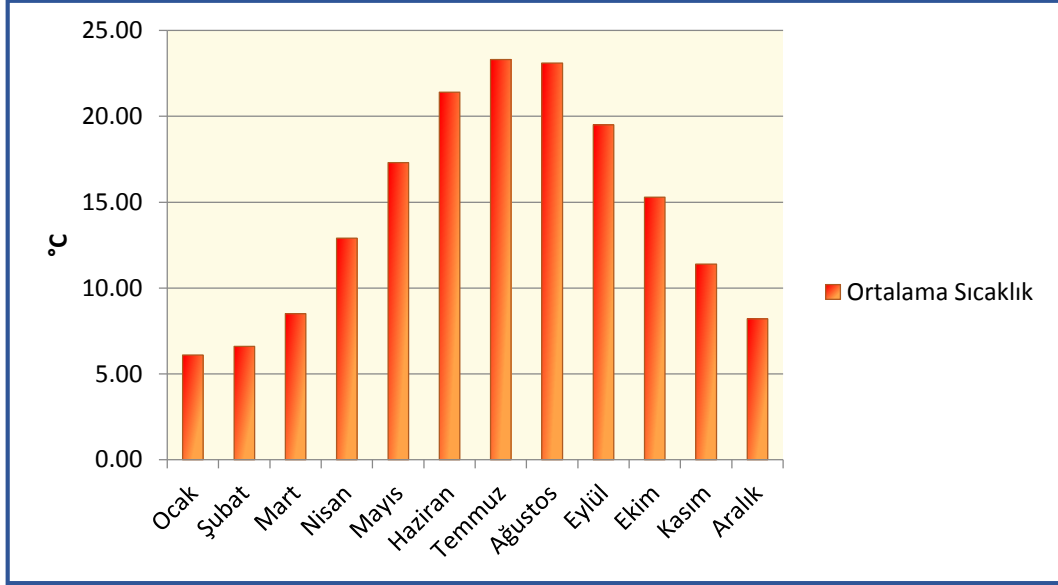
Sapanca havzası, Akdeniz iklimi ile Karadeniz iklimi etkisi altında bulunan bir geçiş iklimi etkisindedir. Ayrıca havza geçici hava sistemlerinin etkisi altında bulunması nedeniyle Akdeniz ve Karadeniz iklimleri arasında bir geçiş niteliğinin yanı sıra karasal iklim özelliklerini de yansıtabilmektedir (Demir, 2012).

Ortalama yıllık yağış 782,5 mm olup en düşük Temmuz-Ağustos aylarında (45 mm), en yüksek ise Aralık-Ocak aylarındadır (113 mm). Dolayısıyla gölün kirlenme yönünden en kritik ayları Temmuz-Ağustos ayları olmaktadır. Ortalama yıllık sıcaklık ise 13,5 °C'dir. En soğuk ay Ocak, en sıcak aylar Temmuz –Ağustos'tur. Yıllık bağıl nem ortalaması %72,5 ve ortalama buharlaşma 625 mm'dir. Yaz aylarında egemen rüzgâr kuzey ve kuzeydoğudur. Kış aylarında ise güney ve kuzeybatıdan esen rüzgârlar etkindir (Tüfekçi, H., 1993).

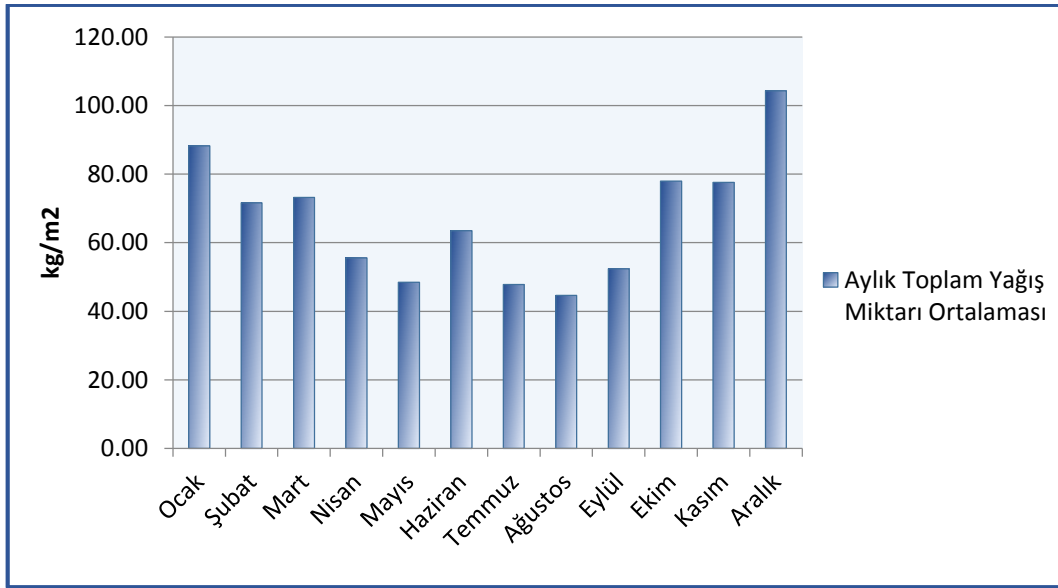
Devlet Meteoroloji İşleri'nden elde edilen aylık sıcaklık ve yağış değerleri Şekil 2.3 ve 2.4'te , Sakarya iline ait meteorolojik veriler Tablo 2.1'de gösterilmektedir (İNTERNET-2).

Tablo 2.1. Sakarya iline ait meteorolojik veriler (1950 - 2014)

	Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara
Ort. Sıcaklık (°C)	6.1	6.6	8.5	12.9	17.3	21.4	23.3	23.1	19.5	15.3	11.4	8.2
Ort.En Yüksek Sıcaklık (°C)	9.7	10.9	13.6	18.8	23.4	27.5	29.3	29.4	26.2	21.2	16.6	11.9
Ort. En Düşük Sıcaklık (°C)	2.9	3.1	4.4	8.1	12.1	15.7	17.8	17.7	14.2	10.9	7.4	5.0
Ort.Gün eşlenme Süresi (saat)	2.3	3.1	3.6	5.0	6.4	8.2	8.6	8.3	7.6	4.3	3.2	2.3
Ort. Yağışlı Gün Sayısı	15.2	13.8	13.4	11.2	9.7	7.9	5.8	5.7	7.3	11.0	11.9	15.4
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ort. (kg/m²)	88.2	71.6	73.2	55.6	48.5	63.5	47.8	44.6	52.4	78.0	77.6	104.3



Şekil 2.3. 1950-2014 yılları arasında aylık ortalama sıcaklıklar



Şekil 2.4. 1950 – 2014 yılları arasında aylık toplam yağış miktarı ortalamaları

2.4. Flora ve Fauna

2.4.1. Flora

Havzada kış mevsimi ılık ve yağışlı olmasına karşın, yaz mevsimi Akdeniz ikliminde olduğu kadar sıcak ve kurak değildir. İklimin bu karakterini en iyi şekilde bitki örtüsü üzerinde görmek mümkündür, Akdeniz ikliminin bitkilerinden maki

elemanları ile Karadeniz ikliminin öksin elemanları yan yana bulunurlar (Ceylan, M.A., 1990).

Sapanca'nın Dağları gür ormanlarla kaplı iken, diğer alanlar meyve bahçeleriyle doludur, ilçe ve çevresi ülkemizin en yeşil yörelerindedir. İlçe merkezinden güneye Samanlı Dağları'na doğru çıkıldıkça orman örtüsü gürleşir. Ormanlık alan, Yanık Deresi'nin göle aktığı, yerden başlar; doğuda Sakarya Nehri'ne, güneyde ise Mühlipınar Deresi'ne kadar uzanır. Sapanca'nın dağlarında; yüksek kısımlarda ağaçların çoğu kayın olmak üzere gürgen, çam, köknar, kızıl ağaç, meşe, ıhlamur, kestane ve kavak gibi pek çok ağaç türü bulunur (İNTERNET-3).

Gölün doğu ve batı kesimi kısmen bataklıktır. Havzanın % 53'ü orman olup, ormanlık alanın da % 59'luk kısmı bozulmuş durumdadır. Günümüzde ise Sapanca Göl'ü ve çevresinde orman özelliği taşıyan çok az yer kalmıştır. Sapanca Gölü Havzası ormanlarının 1998 yılındaki alan bakımından dağılımı Tablo 2.2.'de gösterilmektedir.

Tablo 2.2. Sapanca Gölü Havzası'nın ormanların alan bakımından dağılımı (DSİ, 1984)

Orman Türü	Alan (Hektar)
Toplam ormanlık alan	13973,30
Verimli orman alanı	5740,50
Bozuk orman alanı	3040,00
Çok bozuk orman alanı	5168,00
Mera alanı	230,00
Toplam havza alanı	26203,5

Bu verilere göre havzanın yaklaşık %55'i orman olup, bu ormanlık alanların ise büyük bir kısmı bozulmuş durumdadır. Tarım ve yerleşim alanlarını içeren açık alanlar toplam alanın %40'ı civarındadır (DSİ, 1984).

2.4.2. Fauna

Sapanca Gölü Havzası sahip olduğu iklim koşulları ve buna bağlı olarak gelişen zengin bitki örtüsü neticesinde zengin bir hayvan varlığına sahiptir. Çeşitli semender türleri, kurbağa, çeşitli su yılanı türleri, kara kaplumbağası, kertenkele; kuşlardan bildircin, kumru, leylek, peçeli baykuş; su kuşlarından batağan, bahri, karabatak, çamurcun, Macar ördeği, patka, sütlabi, sakarmeke, martı bulunmaktadır. Bunlardan sayıca en çok sakarmeke, tepeli patka, karabaş martı bulunmaktadır. Bu türler su kuşları göçünün en aza indiği ocak ayında tespit edilmiştir (Kaçmaz, 2010). 1990 ve 2000'li yıllarda yapılan sayımlarda, gölde sadece 1995 ve 1996 yıllarında yalaşık 50 bin civarındaki su kuşu tespit edilmiştir (İNTERNET-4).

Ormanların yoğun olduğu alanlarda ise; yaban domuzu, boz ayı, kurt, çakal, tilki, yaban kedisi türlerine rastlanmaktadır. Fakat bunların sayısı bozulan yaşama ortamlarına bağlı olarak oldukça azalmıştır. Ayrıca bu ormanlık alanlar ve çevresinde tavşan, porsuk, oklukirpi, fare, sıçan, köpek, gelincik, ev kedisi türlerine bolca rastlanmaktadır (Kaçmaz, 2010).

2.5. Hidroloji

Sapanca Gölü havza alanı 252 km²'dir. Bu alanın yaklaşık 46 km²'si göl yaklaşık 150 km²'si orman, geriye kalan kısmı ise tarım ve yerleşim alanıdır. Göl büyük oranda, kuzey ve güneyindeki dağlardan inen dereler ve yer altı suları ile beslenmektedir. Göle giren akarsuların çoğu düşük akımlıdır ve bir kısmı yaz aylarında tamamen kurumaktadır. Kasım-Nisan dönemi derelerin debilerinin en fazla olduğu dönemdir. Yaz mevsiminde, sağanak yağışlar dışında derelerin yatakları genellikle kurudur. Gölde sürekli olarak yenilenen bir hidrolojik rejim hâkimdir. Bunun sebebi, göl suyunun 45 km uzunluğundaki Çark suyu akışı ile Sakarya nehrine boşalmasıdır (Sakarya İli ÇDR., 2011). DSİ tarafından 1970 yılında Çarksuyu üzerine 29,90 m eşik kotunda yerleştirilen regülatör, taşkınlara karşı göl seviyesinin kontrol altında tutulması için 28 m ile 32 m arasında işletilmektedir (Gönenç ve ark., 1994). Sapanca Gölü'nün 31,50 m kot seviyesindeki hacmi yaklaşık

1,120 milyar m³'tür (DSİ, 1984). Göldeki ortalama derinlik 31-33 m, maksimum derinlik ise 61 m'dir.

Sapanca Gölü'nden su çeken 3 kuruluş bulunmaktadır; bunlar SASKİ, TÜPRAŞ ve İSU'dur. DSİ'nin SASKİ'ye tahsis ettiği su çekme miktarı 67,32 milyon m³/yıl, İSU'ya tahsis ettiği miktar ise 30 milyon m³/yıl'dır. SASKİ 2012 yılında gölden 63652239 m³ su çekmiştir. Ayrıca, Sakarya Valiliği tarafından süs bitkisi üreticileri için tahsis edilen toplam su miktarı 1 milyon m³/yıl'dır.

2.5.1. Sapanca Gölü'nü besleyen dereler

Sapanca Gölü, kuzey ve güneyindeki dağlardan inen küçük dereler ve göl dibindeki kaynaklardan beslenmektedir. Göle gelen derelerin debilerinin düşük olması ve bir kısmının yaz aylarında kurumması nedeniyle göl ağırlıklı olarak tabandan (yer altı sularıyla) beslenmektedir. Gölü besleyen derelerin yanı sıra, gölün çıkış suyu olan Çarksuyu ve sedde kanalıyla Çarksuyu'na bağlanan Arifiye Deresi yer alır. Çarksuyu'nun uzunluğu 45 km olup, Sapanca Gölünün doğusundan çıkar ve batıdan Elmalı Deresi, Kocadere ve Söğüt Deresini alarak kuzeydoğuya yönelerek Sakarya Nehri'ne katılır. Arifiye Deresi ise 5 km uzunluğundadır. Bazı derelere ait debiler Tablo 2.3'te verilmiştir (Ünlükara, İ., 2004).

Tablo 2.3. 1986-1999 yılları arası Sapanca Gölü'nü besleyen derelerin akış oranları ve çıkış akış oranı

Dereler	Min.Akış Oranı(m ³ /sn)	Max.Akış Oranı/m ³ /sn)	Ort. Akış Oranı(m ³ /sn)
Balikhane	0,038	7,400	0,943
Karaçay	0,016	8,500	1,148
Kuruçay	0,013	5,443	0,501
Mahmudiye	0,018	3,104	0,453
İstanbul	0,007	2,766	0,492
Keçi	0,005	0,471	0,065
Sarp	0,006	0,513	0,054
Maden	0,002	0,069	0,046

Çark (çıkış)

0,467

6,77

3,22

2.5.1.1. Harmanlı deresi

Yukarı Dereköy sırtlarının kuzeyinden doğar ve güney istikametinde akarak Sapanca gölüne dökülür. Havza alanı 6,536 km²'dir. Dere, Aşağıdereköy boyunca akarak göle dökülür, derenin uzunluğu yan kollarıyla birlikte toplam 9,76 km ve derenin ortalama eğimi % 7,9'dur. Harmanlı Deresi'nden bir görünüm Şekil 2.5'te verilmiştir.



Şekil 2.5.Harmanlı Deresi'nden bir görünüm

2.5.1.2. Maden deresi

Kabaklı tepesinin kuzeyinden doğar (370 m) ve güney istikametinde akarak Sapanca Gölü'ne dökülür. Havza alanı 13,152 m²'dir. Gölün kuzeyinde ve yakınında Eşme Kasabası yer alan derenin uzunluğu 5,2 km, yan kollarıyla birlikte toplam uzunluğu 22,1 km'dir ve derenin ortalama eğimi % 8,3'tür. Maden Deresi'nden bir görünüm Şekil 2.6'da verilmiştir.



Şekil 2.6. Maden Deresi'nden bir görünüm

2.5.1.3. Kurudere

Havza alanı $2,05 \text{ km}^2$ 'dir. Gölün kuzeyinde ve Eşme Kasabası yakınında yer alan derenin yan kollarıyla birlikte toplam uzunluğu $3,7 \text{ km}$ 'dir ve derenin ortalama eğimi $\% 9,6$ 'dır. Kurudere'den bir görünüm Şekil 2.7'de verilmiştir.



Şekil 2.7. Kurudere'den bir görünüm

2.5.1.4. Değirmendere

Değirmendere Eşme kasabasının doğusundan göle dökülür. Derenin yan kollarıyla birlikte ortalama uzunluğu 11 km 'dir. Ortalama debisi $72,9 \text{ L/sn}$ 'dir.

Değirmendere'den bir görünüm Şekil 2.8'de verilmiştir.



Şekil 2.8. Değirmendere'den bir görünüm

2.5.1.5. Balıkhane deresi

Geyikalan tepesinin kuzeydoğusundan doğan Balıkhane Deresi, doğu istikametinde akar ve Sapanca Gölü'ne dökülür. Sapanca Gölü'nün batısı, Maşukiye Köyü'nün kuzeyinde yer almakta ve gölün batı ucundan göle dökülmektedir. Havza alanı 33,6 km²'dir, ana kol boyunca uzunluğu 8,8 km, yan kollarıyla birlikte toplam uzunluğu 62 km'dir. Derenin ortalama eğimi % 15,8'dir. Balıkhane Deresi'nden bir görünüm Şekil 2.9'da verilmiştir.



Şekil 2.9. Balıkhane Deresi'nden bir görünüm

2.5.1.6. Kasabasın deresi

Sapanca Gölü'nün güneyinden doğar, Maşukiye Kasabasının içerisinde akarak göle dökülür. Üzerinde çok sayıda dinlenme tesisi yer almaktadır. Havza alanı 9,13 km²'dir. Yan kollarıyla birlikte toplam uzunluğu 9,13 km'dir ve derenin ortalama eğimi % 12,5'dir. Kasabasın Deresi'nden bir görünüm Şekil 2.10'da verilmiştir.



Şekil 2.10. Kasabasın Deresi'nden bir görünüm

2.5.1.7. Yanık deresi

Kuzu yaylası tepesinin güneybatısından doğar (1580 m) ve kuzey istikametinde akarak Sapanca Gölü'nün güneyinden göle dökülür. Havza alanı 23,53 km²'dir. Derenin ana kol boyunca uzunluğu 14 km, yan kollarıyla birlikte toplam uzunluğu 37,97 km ve ortalama eğimi % 15,1'dir. Yanık Deresi'nden bir görünüm Şekil 2.11'de verilmiştir.



Şekil 2.11. Yanık Deresi'nden bir görünüm

2.5.1.8. Kurtköy(Karaçay) deresi

Drenaj sahası, doğuda İncebel, İstihkam Tepe, batıda Demirkapı Tepe, Baltalık Tepe, güneyde Solucak Yaylası ve kuzeyde Sapanca Gölü ile çevrilidir. Dere havzası dar, uzun ve 18,96 km² alana sahiptir. Kurtköy Deresi güneyde Solucak Yaylasından (1200 m.) doğarak kuzey istikametinde akar ve Sapanca Gölü'ne dökülür. Derenin uzunluğu 11,8 km, yan kollarıyla birlikte toplam uzunluğu 27,85 km ve ortalama eğimi % 19,7'dir. Kurtköy Deresi'nden bir görünüm Şekil 2.12'de verilmiştir.



Şekil 2.12. Kurtköy Deresi'nden bir görünüm

2.5.1.9. Mahmudiye deresi

Doğusunda Senaiye Tepe, (530 m.) Orta Tepe (595 m.), güneyde Hacıhüseyin Doruğu, batısında İncebey Sırtları, İstihkam Tepe ve kuzeyinde Sapanca Gölü

bulunmaktadır. Drenaj sahasının alanı 17,82 km²'dir. Dere, Hacıhasan Doruğundan doğar ve Sapanca Gölüne dökülür; derenin uzunluğu 12,4 km, yan kollarıyla birlikte toplam uzunluğu 26,31 km ve ortalama eğimi % 10'dur. Mahmudiye Deresi'nden bir görünüm Şekil 2.13'te verilmiştir.



Şekil 2.13. Mahmudiye Deresi'nden bir görünüm

2.5.1.10. İstanbuldere

İstanbuldere, Nuri Osmaniye Alan Sırtı (620m)'nden doğar. Doğansivri Tepesi, Hacıhüseyin Doruğu ve Küçük Yayla Tepesi yamaçlarından üç ana kol gelmesi ve Ulviye köyü kuzeyinde birleşmesiyle meydana gelir. Kuzey - doğu istikametinde seyreden derenin drenaj sahası 26,82 km² olup, uzunluğu 12,8 km, yan kollarıyla birlikte toplam uzunluğu 47,54 km ve ortalama eğimi % 15,4'tür. İstanbuldere'den bir görünüm Şekil 2.14'te verilmiştir.



Şekil 2.14. İstanbuldere'den bir görünüm

2.5.1.11. Keçi deresi

Bozca tepesinin kuzeydoğusundan doğar (790 m) ve kuzey istikametinde akarak Sapanca Gölü'ne dökülür. Sapanca Gölü'nün güneyinde Yüzevler ile Sapanca Kasabası arasında yer alır. Havza alanı 4,7 km²'dir, ana kol boyunca uzunluğu 4,3 km, yan kollarıyla birlikte toplam uzunluğu 11,95 km ve derenin ortalama eğimi % 14'tür. Keçi Deresi'nden bir görünüm Şekil 2.15'de verilmiştir.



Şekil 2.15. Keçi Deresi'nden bir görünüm

2.5.1.12. Sarp deresi

Tumba tepesinin güneybatısından doğarak, (337 m) ve kuzey istikametinde akar ve Sapanca Gölü'ne dökülür. Sapanca Gölü'nün güneyinde ve Sapanca Kasabasının doğusunda yer alır. Havza alanı 4,97 km²'dir, ana kol boyunca uzunluğu 3 km, yan kollarıyla birlikte toplam uzunluğu 9,57 km ve derenin ortalama eğimi % 7,1'dir. Sarp Deresi'nden bir görünüm Şekil 2.16'da verilmiştir.



Şekil 2.16. Sarp Deresi'nden bir görünüm

İlçede 252287 m kanalizasyon şebeke hattı bulunmaktadır. Atıksular bölgede bulunan atıksu terfi istasyonlarında toplanarak Karaman Atıksu Arıtma Tesisinde arıtıldıktan sonra Çark Deresine deşarj edilmektedir. Sapanca İlçesinde 5235 m yağmursuyu şebeke hattı bulunmaktadır (Şekil 2.17) (SASKİ Faaliyet Raporu, 2013).



Şekil 2.17. Sapanca gölü kollektör durumu (Saski, 2010)

2.6. Göl Havzası Arazi Kullanımı

2.6.1. Yerleşim yerleri ve nüfus

1987 ve 2010 yıllarına ait arazi kullanım değişimleri Tablo 2.6'da, arazi kullanım oranları Tablo 2.4'te (İNTERNET-1) ve arazilerin kullanma kabiliyet sınıfları Tablo 2.5'te (Sakarya İli ÇDR., 2011) verilmiştir. Genel Nüfus Sayımı sonuçlarına göre 1987 yılı Sakarya ili nüfusu 647000 iken, 2010 yılında 872872 kişi olarak belirlenmiştir. 23 yılda Sakarya İli nüfusunda yaklaşık %26'lık bir nüfus artışı olmuştur.

Arazi kullanımına göre sınıflamada, alanların büyük kesimi VII. sınıf toprak olup %61'i orman, yerleşim alanı ve tarıma elverişsiz arazi alanı olarak belirlenmiştir. II. ve III. kalite olan toprakların %70'inde orta derecede, daha dik eğimli olan IV., VI. ve VII. sınıf topraklarda ise ciddi derecede erozyon problemi bulunduğu ifade edilmiştir(Sakarya İli ÇDR., 2013).

Tablo 2.4. Havzadaki arazi kullanım oranları

Alan	%
Orman	55
Tarım, Otlak Meyvelik	33
Yerleşim, Sanayi, Konut Dışı	9
Çeşitli alanlar	3

Tablo 2.5. Sapanca İlçesi'nde arazilerin kullanma kabiliyet sınıfları

	I SINIF	II SINIF	III SINIF	IV SINIF	V-VII SINIF	TOPLAM
Alan (ha)	0	1567	381	78	13174	15200

Sapanca Gölü Havzasında konumu ve doğal güzelliği sebebiyle son 20 yılda şehirleşme ve sanayileşme hızlı bir artış göstermiştir. Bu artışla beraber arazi kullanımında önemli değişimler meydana gelmiştir. Havzadaki arazi kullanımının yıllara göre değişimini araştırmak için Landsat 5 TM (1987) ve Landsat 8 TM (2010) uydu görüntüleri kullanılmıştır. Uydu görüntüleri ArcGIS 10,1 yazılımı kullanılarak analiz edilmiş ve sonuçlar arazi çalışması ile doğrulanmıştır. Sonuç olarak 1978-2010 yılları arasında doğal bitki örtüsünün tahrip olduğu analizler sonucunda görülmüştür (İkiel, C. ve diğ., 2014).

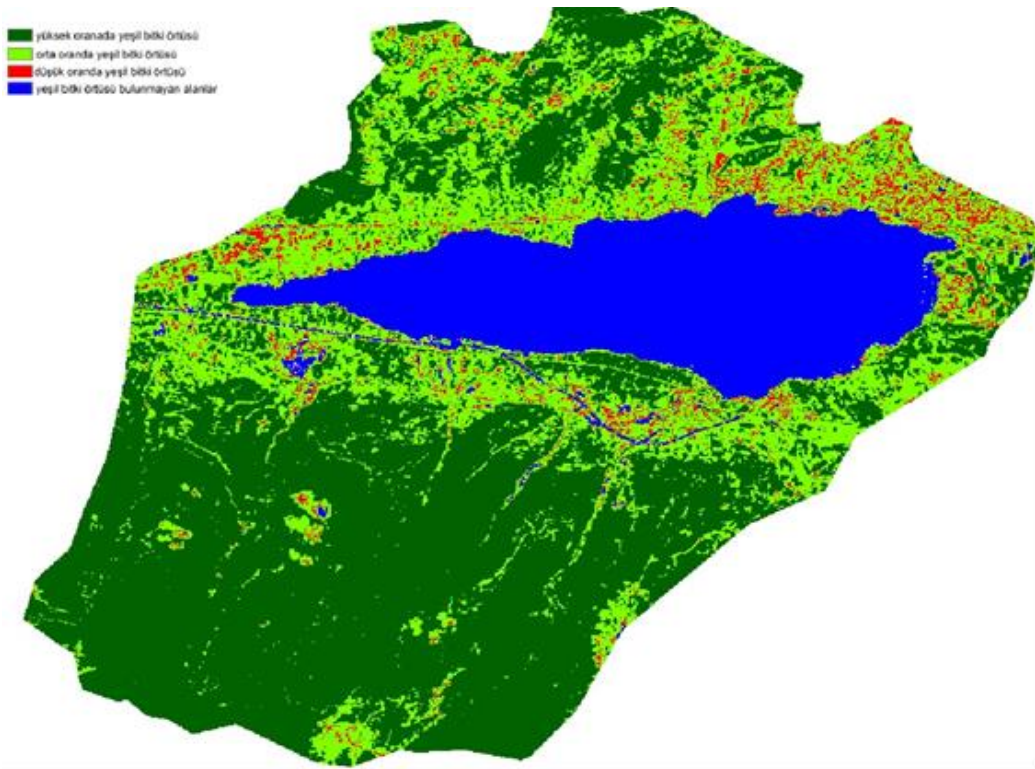
Çalışma sahasında NDVI sonuçlarına göre sınıflar belirlenip, uydu görüntüleri görsel olarak analiz edilmiştir. Birbirine yakın yansıma değerlerine sahip olan yeşil bitki örtüsü bulunmayan alanlar sınıfına dahil edilmesi gereken alanlar (yollar) homojen dağılmış yeteri kadar alan belirlenmesine karşın kontrollü sınıflandırma işlemi sonucunda düşük oranda yeşil bitki örtüsü sınıfı içerisinde sınıflandığı için bu sınıfa dahil edilmiştir.

1987 - 2010 yıllarına ait uydu görüntüleri, yıllar arasındaki değişimin görsel ve istatistiksel olarak yorumlanabilmesi için sınıflandırılmıştır. Sınıflandırılmış görüntüler görsel olarak incelendiğinde en fazla değişim yüksek oranda yeşil bitki örtüsünün hakim olduğu alanlarda gözlenmiştir. (Şekil 2.18 – 2.19)

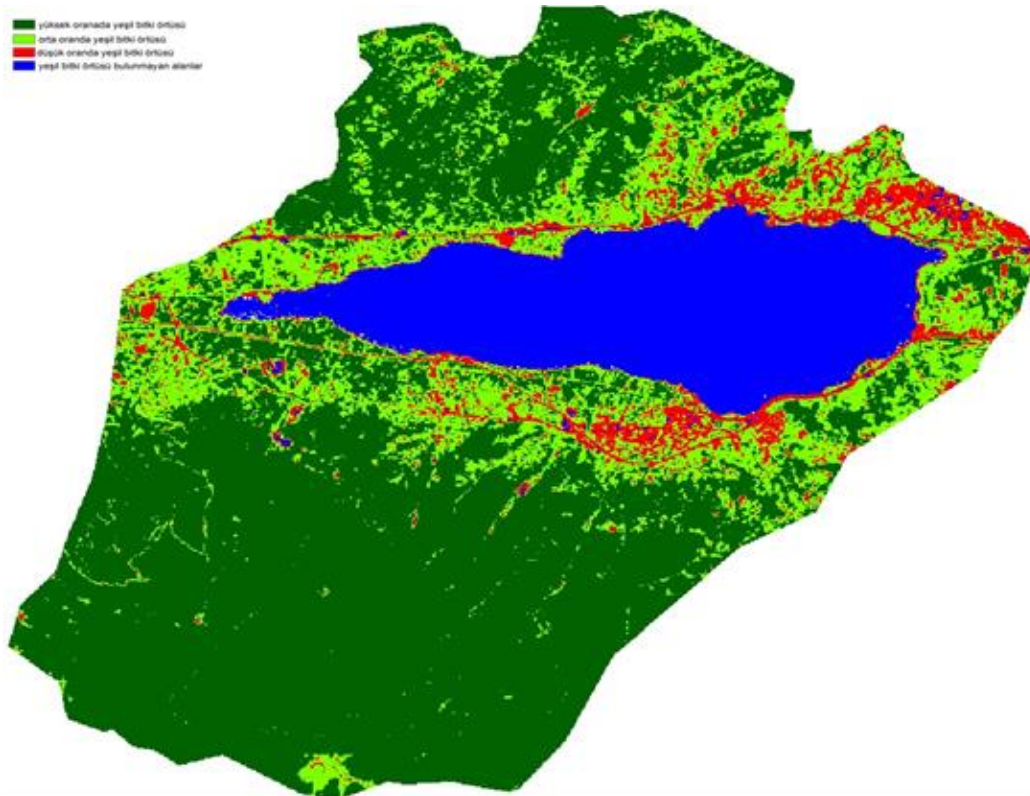
İstatistiksel olarak elde edilen bitki örtüsü değişimi sınıflandırma sonuçları değerlendirildiğinde (Tablo 2.6), yüksek oranda yeşil bitki örtüsünün hakim olduğu alanlarda 15039,10 hektardan 13956,30 hektara -%7.2'lik bir azalma olduğu gözlenmiştir. Yüksek oranda yeşil bitki örtüsünün hakim olduğu alanlarda değişimin asıl nedeni ormanlık alanların tahrip edilerek insan etkilerinin artmasıdır. Orta oranda yeşil bitki örtüsünün hakim olduğu alanlarda 6596,53 hektardan 7895,07 hektara %19.69'lik bir artış görülmektedir. Düşük oranda yeşil bitki örtüsünün hakim olduğu alanlarda 670,90 hektardan 697,59 hektara % 3.98'lik bir artış olmuştur. Bunun en önemli sebeplerinden birisi, şehirleşme ve sanayileşmede meydana gelen artış nedeniyle insan etkilerinin artmasıdır. Buna ilaveten tarım alanlarının ikinci konut yapımı için yerleşim alanlarına dönüştürülmesidir. Yeşil bitki örtüsü bulunmayan alanların daha durağana yakın bir değişim sergilediği de söylenebilir.

Tablo 2.6. Sapanca Havzası'ndaki arazi kullanım oranları 1987 – 2010

ARCGIS	1987		2010		1987-2010	
	Arazi Kullanım		Arazi Kullanım		Alan Değişimi	
	ha	%	ha	%	Ha	%
Yeşil Bitki Örtüsü	4525,92	16,83	4391,82	16,33	-134,1	% -2,96
Bulunmayan						
Düşük Oranda Yeşil Bitki Örtüsü	670,9	2,5	697,59	2,59	26,69	% 3,98
Orta Oranda Yeşil Bitki Örtüsü	6596,53	24,53	7895,07	29,36	1298,54	% 19,69
Yüksek Oranda Yeşil Bitki Örtüsü	15039,1	55,94	13956,3	51,91	-1082,8	% -7,2
Toplam	26886,62	100	26886,62	100	-	-



Şekil 2.18. 1987 yılına ait sınıflandırılmış NDVI görüntüsü (ölçeksiz)



Şekil 2.19. 2010 yılına ait sınıflandırılmış NDVI görüntüsü (ölçeksiz)

2.6.2.Sanayi alanları

Sapanca Gölü Havzası'nda bulunan işletmeler, havzanın içme suyu kaynağı olması dolayısıyla tehdit oluşturmaktadır. Bu tesislerin başında su fabrikaları ve alabalık çiftlikleri gelmektedir.

Sapanca Gölü Havzası'nda imalat sektörü ve sanayi tesisleri sektörel bazda incelenecek olursa, gıda, tekstil/konfeksiyon, orman ürünleri, otomotiv ve yedek parça, metal ve çelik işleri, yapı ve inşaat malzemeleri sektörlerinin ağırlık kazandığı görülmektedir. Su dolun fabrikalarını gıda sanayi içinde değerlendiren Adapazarı Sanayi ve Ticaret Odası Kayıtları ile Kocaeli ili sınırları içerisinde tespit edilen 16 gıda firması bulunmaktadır. Bunların 10 tanesi su dolun tesisi, 2 tanesi tabldot yemek tesisi diğeri ise süt ve süt ürünleri üretimi, kültür mantarı üretimi, narenciye üretimi ve ticareti ile çikolata ve şekerleme imalatı yapmaktadır. Gıda firmalarının yalnızca 2 tanesi Kartepe sınırları içerisinde yer alırken diğeri Sapanca sınırları içerisinde yer almaktadır. Tekstil ve konfeksiyon firmalarının bir tanesi Serdivan sınırları içerisinde yer alırken diğeri 3'ü Sapanca sınırları içerisinde yer almaktadır. Benzer şekilde orman ve orman ürünleri sektöründe de tüm firmalar Sapanca sınırları içerisinde kalmaktadır. Elektrik ve elektronik sektörüne ait ülkemizin önde kuruluşlarının yer aldığı kesim ise havzanın kuzey batı çıkışında yer alan Uzuntarla mevkiidir. Metal ve Çelik İşleri'ne ait firmalardan 2'si yine Uzuntarla mevkiinde yer alırken diğeri ikisi ise Eşme ve Sapanca'da bulunmaktadır. Özellikle ulusal ve uluslararası düzeyde kabul gören firmaların büyük bir çoğunluğunun Uzuntarla'da yer aldığı görülürken Kırkpınar'da yer alan Federal Mogul A.Ş ile Yanık Köyü'nde yer alan Ondüline Avrasya A.Ş'de uluslararası düzeyde faaliyet gösteren firmalar olarak dikkati çekmektedir (Kaçmaz, 2010).

BÖLÜM 3. MATERYAL VE METOT

3.1. Numune Alma Noktaları

Sapanca Gölü'nü besleyen başlıca dereler olan Harmanlı Deresi, Maden Deresi, Kurudere, Değirmendere, Balıkhane Deresi, Kasabasin Deresi, Yanık Deresi, Kurtköy Deresi, Mahmudiye Deresi, İstanbuldere, Keçi Deresi ve Sarp Deresi'nde belirlenen noktalarda (Tablo 3.1) ve belirlenen aralıklarla saha ölçümleri ve su numunesi alımı gerçekleştirilmiştir. Bunun yanında, endüstriyel, evsel ve tarımsal kirlilik yüklerini taşıyan başlıca derelerin karışım noktaları, tarımsal ve kentsel yayılı etkiler, örnekleme noktaları arası mesafe gibi faktörler dikkate alınarak tüm gölü temsil edecek şekilde 6 örnekleme noktası seçilmiştir (Tablo 3.2). Çalışma alanı ve örnekleme noktalarının konumları Şekil 3.1 ve Şekil 3.2'de gösterilmiştir. Sapanca Gölü örnekleme noktaları ve özellikleri Tablo 3.3'de verilmiştir.



Şekil 3.1. Derelerdeki ölçüm istasyonları ve koordinatları

Tablo 3.1. Derelerdeki ölçüm istasyonlarının koordinatları

İstasyonlar	Koordinatlar	
	K	D
1. Harmanlı Deresi	40°44'28''	30°16'01''
2. Maden Deresi	40°44'13''	30°13'44''
3. Kurudere	40°43'54''	30°13'03''
4. Değirmendere	40°44'02''	30°11'33''
5. Balıkthane Deresi	40°43'04''	30°08'32''
6. Kasabası Deresi	40°42'38''	30°08'59''
7. Yanık Deresi	40°42'44''	30°10'30''
8. Kurtköy Deresi	40°42'19''	30°11'56''
9. Mahmudiye Deresi	40°42'06''	30°14'55''
10. İstanbuldere	40°41'48''	30°15'44''
11. Keçi Deresi	40°41'34''	30°16'37''
12. Sarp Deresi	40°41'35''	30°16'51''



Şekil 3.2. Göldeki ölçüm istasyonları

Tablo 3.2. Göldeki ölçüm istasyonlarının koordinatları

İstasyonlar	Koordinatlar	
	K	D
1. A İstasyonu (Su Alma Havzası)	40° 43' 51''	30° 17' 51''
2. B İstasyonu (Seka Park)	40° 42' 54 ''	30° 9' 15''
3. C İstasyonu(Eşme)	40° 43' 34 ''	30° 13' 47''
4. D İstasyonu (Richmond)	40° 42' 27''	30° 15' 55''
5. E İstasyonu (Orta Nokta)	40° 43' 5''	30° 16' 14''
6. F İstasyonu (Çark Kapak)	40° 43' 50''	30° 19' 39''

Tablo 3.3. Sapanca Gölü örnekleme noktaları ve özellikleri

No	Örnekleme Noktası	Örnekleme Derinlikleri	Örnekleme Noktası Özellikleri
1.	Su Alma Havzası	Yüzey	Adapazarı kenti için su alma yapısı Göl derinliği: 30 m
		10m	
		25m	
2.	Seka Park	Yüzey	Gölün batı ucu Göl derinliği: 2 m
		5m	Eşme kıyı karşısı
3.	Eşme	10m	Göl derinliği: 23 m
		20m	
		5m	
4.	Richmond	15m	Gölün güney kısmı, Richmond otel Karşısı Göl derinliği: 20 m
		5m	Göl orta noktası
5.	Orta Nokta	15m	Göl derinliği: 61 m
		25m	
		Yüzey	
6.	Çark Kapak	Yüzey	



Şekil 3.3. Sapanca Gölü'nden bir görünüm

3.2. Numune Alma

Su örnekleri, tarımsal faaliyetler, kırsal ve kentsel yerleşim gibi noktasal ve yayılı kirlilik kaynaklarının varlığına bağlı olarak gölde çeşitli periyotlarda göl bütününi temsil edecek şekilde seçilmiş olan örnekleme noktalarından ve yan derelerde debiye bağlı olarak her ay veya ayda iki defa olmak üzere mansap noktalarından Ekim 2012 – Mart 2014 tarihleri arasında alınmıştır. Gölde ölçüm yapılan derinlikler, sıcaklık-derinlik değişimi tespit edilerek belirlenmiş ve sıcaklık tabakaları arası geçiş derinlikleri seçilmiştir. Sahada yapılan pH, sıcaklık, çözünmüş oksijen, seki diski derinliği ölçümlerine ek olarak, azot formları (toplam azot, amonyum azotu, nitrit azotu, nitrat azotu), fosfor formları (toplam fosfor ve ortofosfat) ve klorofil – a için numuneler alınmış ve analizler standartlara uygun analiz metotları (Tablo 3.4) kullanılarak laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Tez konusu fosfor formları üzerinedir. Ancak trofik durum belirlenmesi için azot formları, klorofil – a ve seki diski derinliği değerleri de değerlendirmeye dahil edilmiştir.

3.2.1. Su kalitesi ölçümleri için arazi çalışmaları

Sapanca Gölü havzasındaki derelerde ve göl içindeki örnekleme noktalarında yapılan örnekleme çalışmasında, anlık ölçümü yapılan parametreler olan pH, sıcaklık ve çözünmüş oksijen parametrelerinin ölçümleri, YSI Professional Plus multiparametre ölçüm cihazı kullanılarak sahada gerçekleştirilmiştir. Su numuneleri, derelerde debiye bağlı olarak her ay veya ayda iki defa olmak üzere mansap noktalarından 0,5

L'lik pet şişeler ile alınmıştır. Gölde ise, kirlilik dağılımına göre belirlenmiş, gölün tamamını temsil eden 6 istasyondan, istasyonun derinliğine bağlı olarak yüzey, 5m, 10m, 15m, 20m ve 25m derinliklerden dikey olarak Ruttner kapalı su alma kabıyla alınmış ve 0,5 L'lik pet şişeler yardımıyla laboratuvara getirilmiştir. Klorofil – a numunesi ölçümü için ise ışık geçirgenliğini önleyen kahverengi cam şişeler kullanılmıştır. Sahada şişelere doldurulan numunelerin ışıktan etkilenmelerini en aza indirmek amacıyla, laboratuvara getirilene kadar kapalı kutuda muhafaza edilmeleri sağlanmıştır. Laboratuvara getirilen numuneler buzdolabında muhafaza edilmiştir. Göldeki görünürlük ölçülerinde ise seki diski kullanılmıştır (Şekil 3.4). Seki diski suya daldırılarak yavaşça indirilmiş ve görüntüsü kaybolduğu andaki derinlik seki diski derinliği olarak kaydedilmiştir.



Şekil 3.4. YSI Professional Plus, Ruttner su alma kabı, Seki diski

Tablo 3.4. Parametrelerin analiz metotları ve standartları

Parametre	Metot Adı	Standart Adı
Sıcaklık	Elektrokimyasal Prob Metodu	SM 2550 B
Ph	Elektrokimyasal Prob Metodu	SM 4500-H+ B
Çözünmüş Oksijen	Membran Elektrot Metodu	EN ISO 5814, SM 4500 O G
Toplam Azot	SpektoFotometrik Metot	4500 N-B
Amonyum	SpektoFotometrik Metot	4500 G
Nitrit	SpektoFotometrik Metot	4500 B
Nitrat	SpektoFotometrik Metot	4500 B
Toplam Fosfor	SpektoFotometrik Metot	4500 P-I
Ortofosfat	SpektoFotometrik Metot	4500 P-I
Görünürlük	Seki Diski Metodu	EPA 841-B-97-003

3.2.2. Su kalitesi ölçümleri için laboratuvar çalışması

Sapanca Gölü havzasındaki derelerde ve göl içindeki örnekleme noktalarından alınan numunelerin laboratuvar çalışmalarında azot formları olan toplam azot, amonyum, nitrit ve nitrat parametreleri; fosfor formları olan toplam fosfor ve ortofosfat parametreleri spektrofotometrik yöntemle analiz edilmiştir. Numuneler, yüzeysel su ölçüm aralıklarına uygun olarak seçilen Merck Spectroquant test kitleri kullanılarak talimatlar doğrultusunda hazırlanmış ve Merck Nova 60 Spektrofotometre cihazında ölçülmüştür (Şekil 3.5).

Klorofil – a tayininde metanol yöntemi kullanılmıştır (Youngman, 1978). Bu yöntemde, Whatman GF/C filtre kağıtlarından uygun miktarda süzülen su örnekleri bekletmeden -20°C' ye konmuş ve en kısa süre içerisinde analiz edilmiştir.

Numuneler, GF/C Whatman filtre kağıdında süzildükten sonra pens vasıtasıyla el değmeden kıvrılıp katlanarak küçük parçalar halinde kesilerek cam cam şişelere konulmuş ve üzerlerine 14 mL %90'lık metanol ilave edilmiştir. Sıcaklığı 70°C 'ye getirilmiş olan su banyosu içine yerleştirilen cam şişeler, 10 dk bekletildikten sonra 5 dk süreyle karanlık ortamda tutulmuştur. Bu süre sonunda cam baget yardımıyla şişe içindeki filtre kağıtları iyice ezilmiş ve klorofil içeren solüsyon santrifüj tüpüne aktarılmış, ardından 300 rpm'de 15 dk süreyle santrifüj edilmiştir. Süre sonunda 5 mL süpernatat cam küvete aktarılmış ve metanole karşı spektrofotometrede 665 nm dalga boyunda absorbans değerleri ölçülmüştür. Klorofil-a miktarı, aşağıda verilen 3.1 formülü yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\text{Klorofil-a } (\mu\text{g/L}) = [13,6.A.V_1] / [d.V_2] \quad (3.1)$$

A : 665 nm dalga boyundaki absorbans değeri.

V₁ : Kullanılan metanol miktarı (mL).

V₂ : Süzülen numune suyunun hacmi (L).

d : Küvet çapı



Şekil 3.5. Merck Test Kitleri, Merck Nova 60 Spektrofotometre, Termoreaktör (WTW CR 4200 ve CR 2010-Germany)

3.3. Gölde Trofik Durumun Belirlenmesi

Trofik durum indeksi, göllerin trofik durumunu değerlendirmek amacıyla ilk olarak Carlson (1977) tarafından önerilmiş genel bir metottur. Sudaki fosfor ve klorofil-a miktarı arttıkça, seki diski derinliği azalmakta, buna bağlı olarak trofik durum indeksi değerleri de artmaktadır. İndeksin hesaplanması, hem Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği'ne göre, hem de Carlson'a göre yapılmıştır. Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği'ne göre, toplam azot, toplam fosfor, klorofil-a ve seki diski derinliği parametreleri kullanılırken, Carlson'a göre yapılan değerlendirmede toplam fosfor, klorofil-a ve seki diski derinliği parametreleri kullanılmaktadır. Her iki indekse göre göldeki trofik durum sınıfları Tablo 3.5 ve Tablo 3.6'da verilmiştir. Carlson'a göre yapılan değerlendirmede, bu üç parametreye bağlı trofik durum indeksi (3.2), (3.3) ve (3.4) bağıntılarına göre hesaplanmaktadır. Ayrıca göldeki ötrofik durumun kontrol altında tutulabilmesi için göldeki sınırlayıcı maddenin bilinmesi gereklidir. N/P stokiyometrik oranı 16/1, kütleler oranı ise 7/1'dir. Eğer bu oran 7'den büyükse sınırlayıcı madde fosfor, küçükse azottur.

$$TSI(SD) = 60 - 14.41 \ln(SD) \quad (3.2)$$

$$TSI(Chl-a) = 9.81 \ln(Chl-a) + 30.6 \quad (3.3)$$

$$TSI(TP) = 14.42 \ln(TP) + 4.15 \quad (3.4)$$

Tablo 3.5. Carlson Trofik Durum İndeksi'ne göre göllerin sınıflandırılması (Carlson,1977)

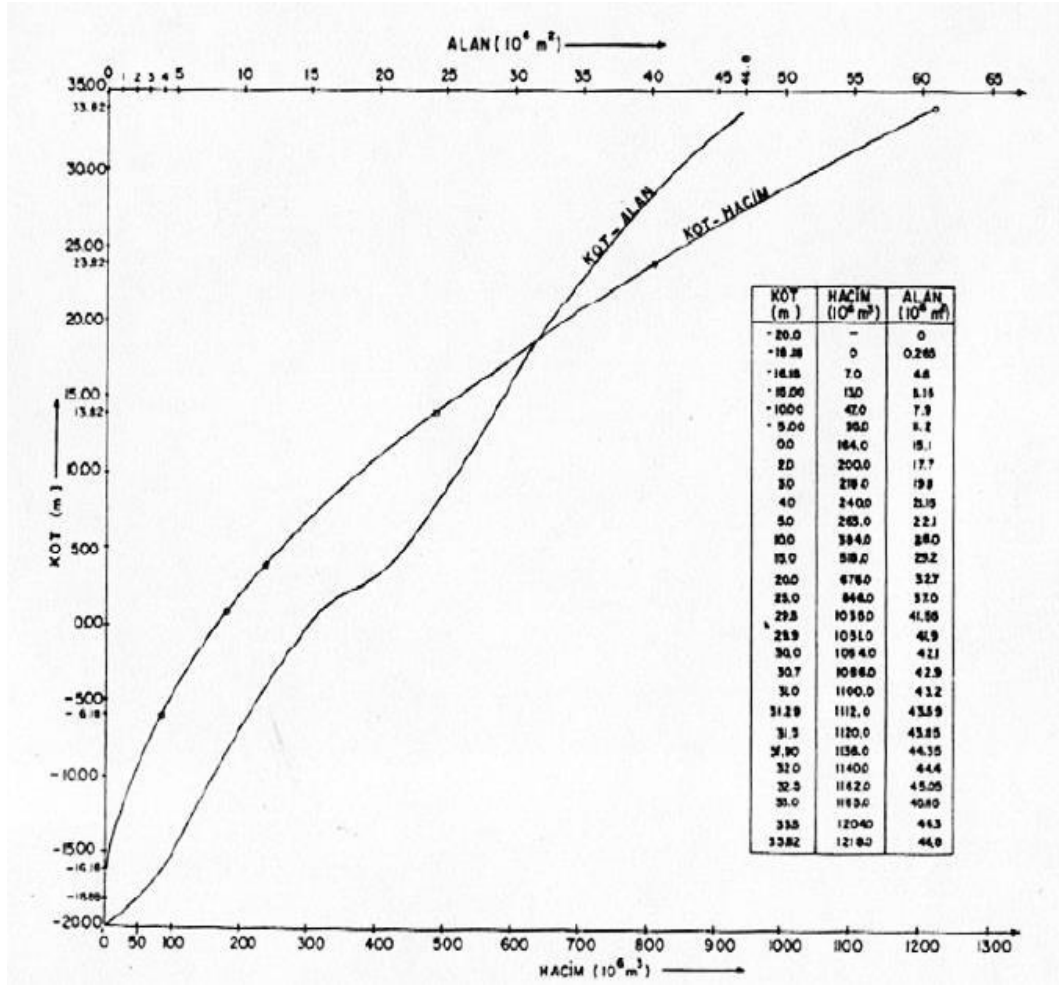
TSI Değerleri	Trofik Durum
< 30	Oligotrofik
30-40	Oligotrofik
40-50	Mezotrofik
50-60	Ötrofik
60-70	Ötrofik
70-80	Ötrofik
>80	Ötrofik

Tablo 3.6. YSKYY'ye göre göllerin sınıflandırılması (YSKYY,2012)

Trofik düzey	Toplam P (µg/L)	Toplam N (µg/L)	Klorofil a (µg/L)	Seki Disk Derinliği (m)
Oligotrofik	≤10	≤350	<3.5	>4
Mezotrofik	10>TP≥30	350>TN≥650	3.5-9.0	4.0-2.0
Ötrofik	30>TP≥100	650>TN≥1200	9.1-25.0	1.9-1.0
Hipertrofik	>100	>1200	>25.0	<1

3.4. Göle Gelen Besi Maddesi Yükleri

Su ortamına esas olarak besin maddesi girişi genellikle atıksu deşarjları, yüzeysel akış, atmosferik yağışlar ve yeraltı sularıyla olmaktadır. Sapanca Gölü havzasına besin maddesi girişi de derelerden (noktasal kaynaklar) ve kırsal/tarım alanı, orman alanı ve atmosferden (noktasal olmayan kaynaklar) olmaktadır. Sapanca Gölü Havzası'ndaki kirletici kaynaklardan gelen besin maddesi yükleri, yıl bazında ele alınarak, noktasal ve noktasal olmayan kaynaklardan gelen yükler 2013 yılı ortalama değerleri ile ayrı ayrı hesaplanmış, göldeki trofik durum Vollenweider Modeli'ne göre tespit edilmiştir. Hesaplamalarda kullanılan Sapanca Gölü'ne ait kot – alan – hacim verileri Şekil 3.6'daki grafikten elde edilmiştir.



Şekil 3.6 Sapanca Gölü kot - alan - hacim grafiği (DSİ, 1984)

3.4.1. Noktasal olmayan kaynaklardan gelen yükler

Noktasal olmayan kaynaklardan gelen besi maddesi yükü, kırsal / tarım alanından, orman alanından ve atmosferden gelen yüklerin toplanmasıyla bulunmaktadır. Hesaplamalarda kullanılan eşitlikler aşağıda verilmiştir.

Toplam Kırsal/Tarım Alanı = (Toplam alan) - (Gölün yüzey alanı) - (Toplam orman alanı)

Kırsal/Tarım Alanından Gelen Yük = (Toplam Kırsal/Tarım Alanı) x (Besin maddesi transport katsayısı)

Orman Alanından Gelen Yük = (Toplam Orman Alanı) x (Besin maddesi transport katsayısı)

Sapanca Gölü, havza alanına noktasal olmayan kaynaklardan gelen fosfor ve azot yüklerinin hesaplanmasında Tablo 2.6 ve Tablo 3.7'deki değerler kullanılmıştır.

Tablo 3.7. Göle gelen kirlenici yük hesabında kullanılan besin maddesi transport katsayıları (Rast, W. Ve diğ., 1983)

	Toplam Fosfor (g/m².yıl)	Toplam Azot (g/m².yıl)
Kentsel	0.1	0.5
Kırsal/Tarım	0.05	0.5
Orman	0.005-0.01	0.3
Atmosfer	0.025 +	2.4 +

3.4.2. Noktasal kaynaklardan gelen yükler

Sapanca Gölüne noktasal kaynaklardan gelen besin maddesi yükleri, gölü besleyen derelerden gelen yüklerin toplanmasıyla bulunur. Noktasal kaynaklardan Sapanca Gölü'ne gelen azot ve fosfor yükleri, gölü besleyen her bir deredeki ortalama debi ile, ortalama azot ve fosfor konsantrasyonlarının çarpımı sonucu hesaplanır. Tablo 3.8'de gölü besleyen derelerdeki ortalama debi ve TN - TP konsantrasyonları gösterilmektedir.

Tablo 3.8. Gölü besleyen derelerdeki ortalama debi ve TN - TP konsantrasyonları (2013)

DERELER	ORT. AKIM (L/sn)	ORT. TN (mg/L)	ORT. TP (mg/L)
Harmanlı Deresi	39,969	5,4	0,084
Maden Deresi	138,95	1,385	0,269
Kurudere	4,321	0,8	0,053
Değirmendere	72,9	1,7	0,077
Balıklı Deresi	1011,091	0,96	0,093
Kasabası Deresi	140,284	1,252	0,119
Yanık Deresi	338,531	0,519	0,086
Karaçay(Kurtköy) Deresi	441,340	0,638	0,189
Mahmudiye Deresi	279,827	0,587	0,302
İstanbuldere	688,374	0,736	0,054
Keçi Deresi	69,513	1,651	0,171
Sarp Deresi	31,55	3,0125	0,315

Göle giren azot ve fosfor miktarları, aşağıdaki bağıntılardan hesaplanmaktadır:

Göle giren toplam azot miktarı = \sum (Gölü besleyen akarsuyun ortalama debisi) x
(Bu akarsudaki ortalama toplam azot derişimi)

Göle giren toplam fosfor miktarı = \sum (Gölü besleyen akarsuyun ortalama debisi)
x (Bu akarsudaki ortalama toplam fosfor derişimi)

Göldeki azot ve fosfor yükleri, bulunan değerlerin ortalama yüzey alanına bölünmesi ile elde edilmektedir.

3.5. Gölden Çıkan Besi Maddesi Yükleri

Sapanca Gölü'nden çıkan besin maddesi yükleri, gölden Çark Deresi'ne verilen ve SASKİ - İSU tarafından çekilen su debileri ile bu debilere ait kirletici konsantrasyonlarının çarpımı ile bulunmaktadır. Hesaplamalarda kullanılacak olan debi ve kirletici konsantrasyon değerleri Tablo 3.9'da verilmiştir.

$$\text{Gölden çıkan TN} = (\text{Çarksuyu ortalama debisi} \times \text{Çarksuyu ortalama toplam azot derişimi}) + (\text{SASKİ tarafından çekilen su} \times \text{SASKİ su alma noktasındaki toplam azot derişimi}) + (\text{İSU tarafından çekilen su} \times \text{İSU su alma noktasındaki toplam azot derişimi})$$

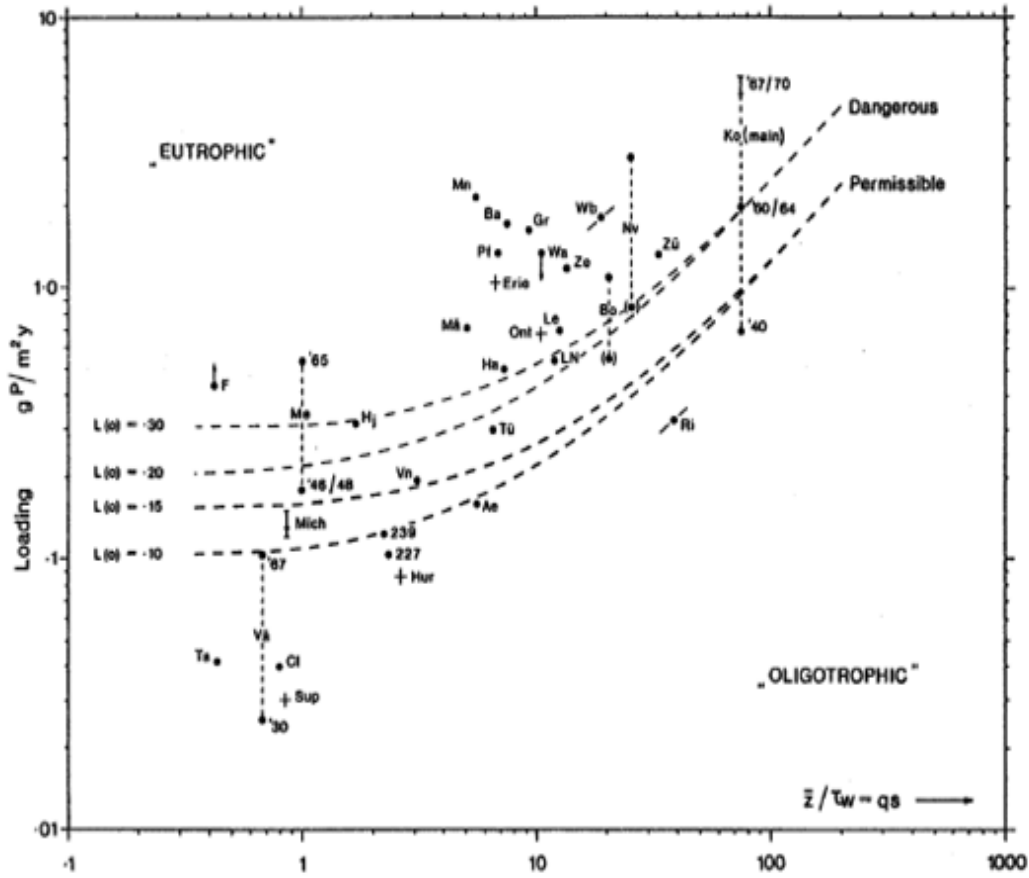
$$\text{Gölden çıkan TP} = (\text{Çarksuyu ortalama debisi} \times \text{Çarksuyu ortalama toplam fosfor derişimi}) + (\text{SASKİ tarafından çekilen su} \times \text{SASKİ su alma noktasındaki toplam fosfor derişimi}) + (\text{İSU tarafından çekilen su} \times \text{İSU su alma noktasındaki toplam fosfor derişimi})$$

Tablo 3.9. Sapanca Gölü'nden 2013 yılında çekilen su miktarları ve su alma noktalarındaki TN - TP konsantrasyonları

Dere Adı	Q(milyon m ³ /yıl)	TN konst. (mg/L)	TP konst (mg/L)
Çark Deresi	8,208	0,036	0,053
SASKİ	62,595	0,04	0,66
İSU	16,249	0,046	0,33

3.6. Göle Gelen Yüklerin Vollenweider Yöntemi'ne Göre Değerlendirilmesi

İlk kez Vollenweider tarafından formülize edilen, fosfor yüklemesi ve ortalama derinlik ilişkisi, göllerin ötrofi düzeyleri ile göllerde izin verilebilir veya tehlikeli fosfor yükleme düzeylerinin belirlenmesinde bir rehber olarak kullanılmaktadır. Logaritmik skalada çizilen ortalama derinliğe göre alansal toplam fosfor yükleme eğrisinin düz çizgiler veya bantlar halinde olduğu, bunun da ötrofikasyon değerlendirmesine göre oligotrofik, mezotrofik ve ötrofik olmak üzere, gölleri üç tipe ayırdığı belirtilmiştir (Dillon, 1974). Vollenweider'a göre bazı göllerdeki izin verilebilir ve kritik fosfor yüklerine göre trofik durum Şekil 3.7'de verilmiştir.



Şekil 3.7 Vollenweider'a göre bazı göllerdeki izin verilebilir ve kritik fosfor yüklerine göre trofik durum (Vollenweider, 1975)

Sapanca Gölünde aşırı beslenme yönünden önemli olan kritik azot ve fosfor yüklerinin saptanmasında Vollenweider yöntemi uygulanmıştır. Bu yöntemde (3.5) eşitliği esas alınmaktadır. Kabul edilebilir ve aşırı yük hesaplamasında kullanılan bağıntılar (3.6) ve (3.7) nolu denklemlerde verilmiştir. Formüllerde kullanılan hidrolik yük (q_s) ve hidrolik bekleme süresi (T_w) değerleri (3.8) ve (3.9) nolu eşitliklerinden bulunmaktadır.

$$L = 10 \times q_s [1 + (z / q_s)^{0.5}] \quad (3.5)$$

L : Kritik spesifik yük ($\text{mgP-N/m}^2\text{-yıl}$)

q_s : Hidrolik yük (m/yıl)

z : Ortalama derinlik (m)

$$L_p = 10 \times q_s [1 + (z / q_s)^{0.5}] \quad (3.6)$$

$$L_e = 20 \times q_s [1 + (z / q_s)^{0.5}] \quad (3.7)$$

L_p : Kabul edilebilir yük (mgP-N/m²-yıl)

L_e : Aşırı yük (mgP-N/m²-yıl)

$$q_s = Q_{giriş} / A \quad (3.8)$$

$$T_w = V / Q_{çıkış} \quad (3.9)$$

$$z = q_s \times T_w \quad (3.10)$$

Gölde korunan maddelerin hidrolik bekleme süresi, suyun hidrolik bekleme süresine eşittir. Ancak fosfor korunmayan bir madde olduğundan, fosforun göldeki bekleme süresi(T_P) aşağıdaki eşitlikle hesaplanmaktadır:

Fosfor Bekleme Süresi = kararlı durumda göldeki ort. fosfor içeriği / göle giren yıllık fosfor yükü

BÖLÜM 4. HAVZA GÖZLEM SONUÇLARI

4.1. Gölde Su Kalitesi İzleme Sonuçları

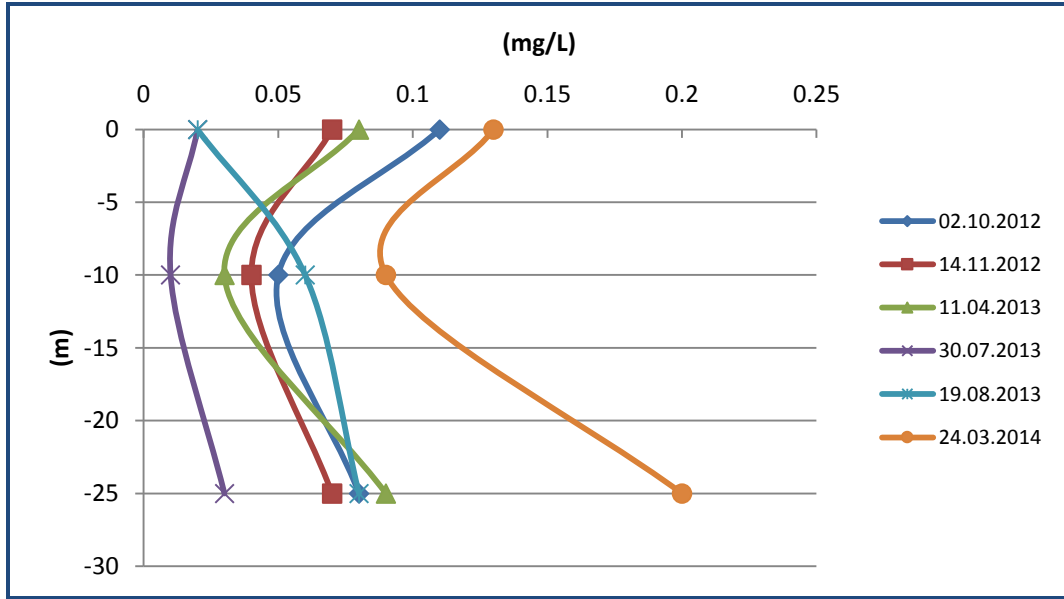
Sapanca Gölü'nde su kalitesinin tespiti için, Ekim 2012 - Mart 2014 tarihleri arasında örnekleme yapılmıştır. Su örnekleri, kirlilik dağılımına göre belirlenmiş, gölün tamamını temsil eden 6 istasyondan, istasyonun derinliğine bağlı olarak yüzey, 5m, 10m, 15m, 20m ve 25m derinliklerden dikey olarak Ruttner kapalı su alma kabıyla alınmıştır. Örnekler alındıktan sonra +4°C'de muhafaza edilmiş ve laboratuvara getirilerek analizler yapılmıştır. Gölde ölçümü yapılan parametrelere ait istatistiksel değerler Tablo 4.1'de verilmiştir.

4.1.1. Toplam fosfor

Ekim 2012 – Mart 2014 tarihleri arasında yapılan örneklemede göl genelindeki Toplam Fosfor (TP) konsantrasyonu bakımından en yüksek değer 0,27 mg/lit ve en düşük değer 0,01 mg/lit olarak ölçülmüştür. Ortalama TP değerlerine bakıldığında, derinliğe paralel bir artış gözlenmiştir. Yüzeydeki ortalama değer 0,069 mg/L ve 25m derinlikteki ortalama değer ise 0,09 mg/L olarak tespit edilmiştir.

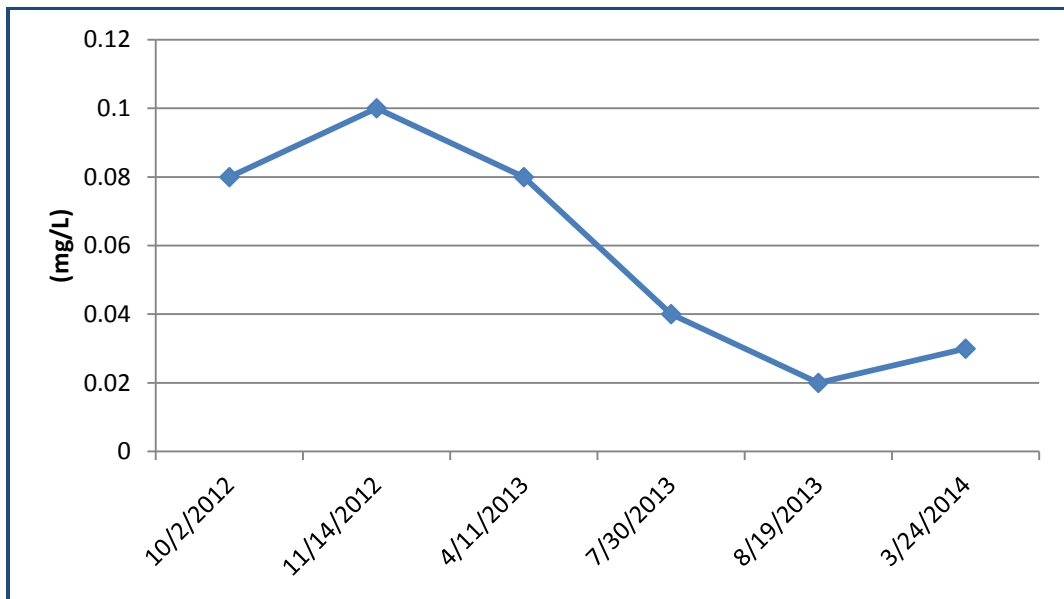
Tablo 4.1. Gölde ölçülen parametrelere ait istatistiksel değerler

	A				B				C			
	Min	Max	Average	Std. Dev	Min	Max	Average	Std. Dev	Min	Max	Average	Std. Dev
DO (mg/L)	5,83	10,67	7,99	1,83	7,100	10,000	9,183	0,996	5,733	10,133	7,972	1,596
T (°C)	8,93	22,47	15,87	4,90	13,300	28,500	20,733	6,349	10,400	22,233	15,817	4,094
Ph	7,72	8,24	8,01	0,15	7,680	8,730	8,308	0,387	7,623	8,310	8,007	0,206
TOT. N (mg/L)	0,30	0,63	0,50	0,12	0,100	0,900	0,383	0,285	0,133	0,733	0,330	0,219
NO₃ - N (mg/L)	0,00	0,02	0,01	0,01	0,000	0,100	0,020	0,036	0,000	0,067	0,017	0,023
NO₂ - N (mg/L)	0,00	0,01	0,01	0,00	0,000	0,020	0,007	0,007	0,000	0,010	0,005	0,004
NH₄ - N (mg/L)	0,02	0,07	0,03	0,02	0,010	0,070	0,030	0,022	0,013	0,023	0,016	0,004
TOT. P (mg/L)	0,02	0,21	0,08	0,06	0,020	0,100	0,058	0,030	0,023	0,130	0,067	0,034
PO₄ - P (mg/L)	0,00	0,10	0,03	0,04	0,000	0,070	0,022	0,025	0,000	0,037	0,014	0,012
Chl - a (µg/L)	2,18	5,98	4,35	1,60	2,440	8,970	5,163	2,774	1,904	10,467	7,161	3,758
	D				E				F			
	Min	Max	Average	Std. Dev	Min	Max	Average	Std. Dev	Min	Max	Average	Std. Dev
DO (mg/L)	7,250	10,650	8,375	1,277	5,167	10,433	7,678	1,710	3,600	10,200	7,867	2,196
T (°C)	10,600	21,250	15,742	4,070	9,900	18,033	13,739	2,941	14,400	27,400	20,167	5,503
Ph	7,590	7,985	7,876	0,131	7,450	8,017	7,827	0,190	7,300	8,480	7,860	0,404
TOT. N (mg/L)	0,100	0,700	0,299	0,225	0,100	1,100	0,372	0,370	0,300	3,800	1,000	1,262
NO₃ - N (mg/L)	0,010	0,025	0,017	0,006	0,003	0,030	0,013	0,011	0,000	0,090	0,025	0,030
NO₂ - N (mg/L)	0,000	0,015	0,009	0,004	0,000	0,040	0,012	0,013	0,010	0,010	0,010	0,000
NH₄ - N (mg/L)	0,010	0,050	0,019	0,015	0,010	0,047	0,031	0,013	0,010	0,090	0,048	0,032
TOT. P (mg/L)	0,015	0,080	0,048	0,023	0,017	0,137	0,058	0,047	0,010	0,270	0,075	0,088
PO₄ - P (mg/L)	0,000	0,065	0,017	0,023	0,000	0,123	0,026	0,044	0,000	0,030	0,010	0,010
Chl - a (µg/L)	4,500	6,930	5,793	0,998	2,580	5,300	3,533	1,251	3,260	7,750	5,030	1,952



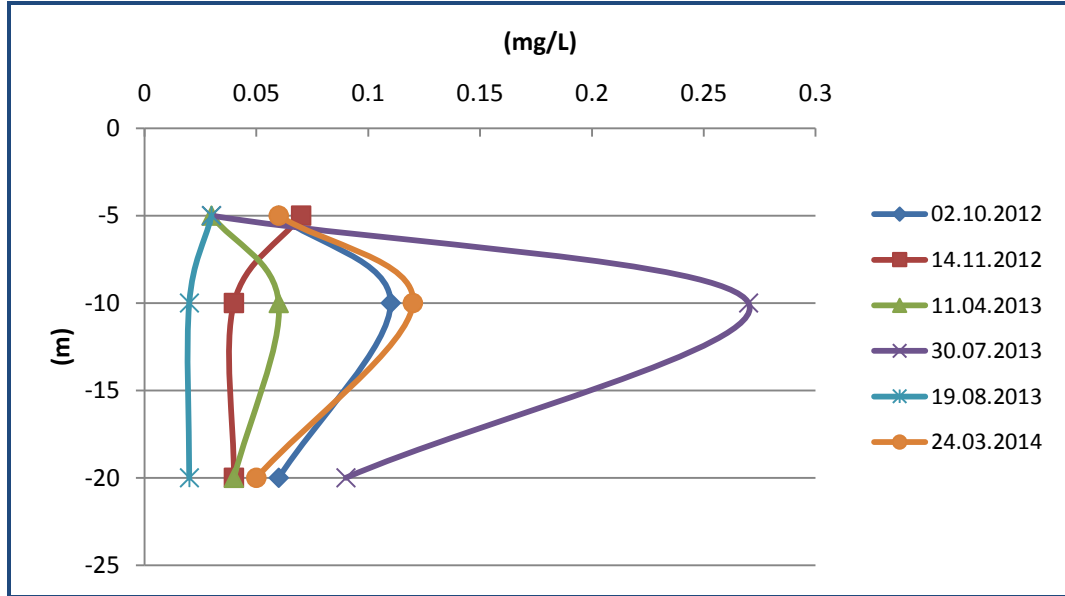
Şekil 4.1. A noktası TP ölçüm değerleri

A noktasında Mart ayında derinliğe bağlı TP konsantrasyonu yüzey – 10m aralığında azalırken, 10 – 25m aralığında bir artış göstermiştir. Diğer tarihlerde derinliğe bağlı önemli bir değişiklik gözlenmemiştir. En yüksek konsantrasyonlar Mart ayında tespit edilmiştir. A noktası, TP bakımından, YSKYY'ye göre II. kalite su sınıfına girmektedir. A noktası için TP - derinlik değişimi Şekil 4.1'de verilmiştir.



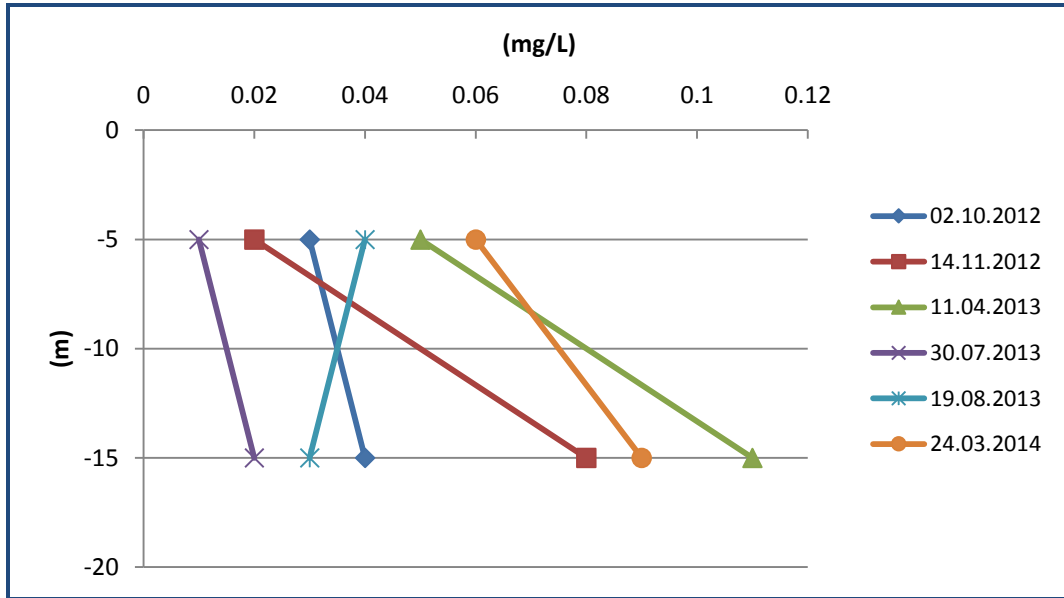
Şekil 4.2. B noktası TP ölçüm değerleri

B noktasında yüzeyde yapılan ölçüm sonuçlarına göre, TP miktarı sonbahar döneminde en yüksek konsantrasyonlarda bulunurken, ilkbaharın başlamasıyla bir düşüş gözlenmiştir. B noktası, TP bakımından, YSKYY'ye göre II. kalite su sınıfına girmektedir. B noktası için TP değişimi Şekil 4.2'de verilmiştir.



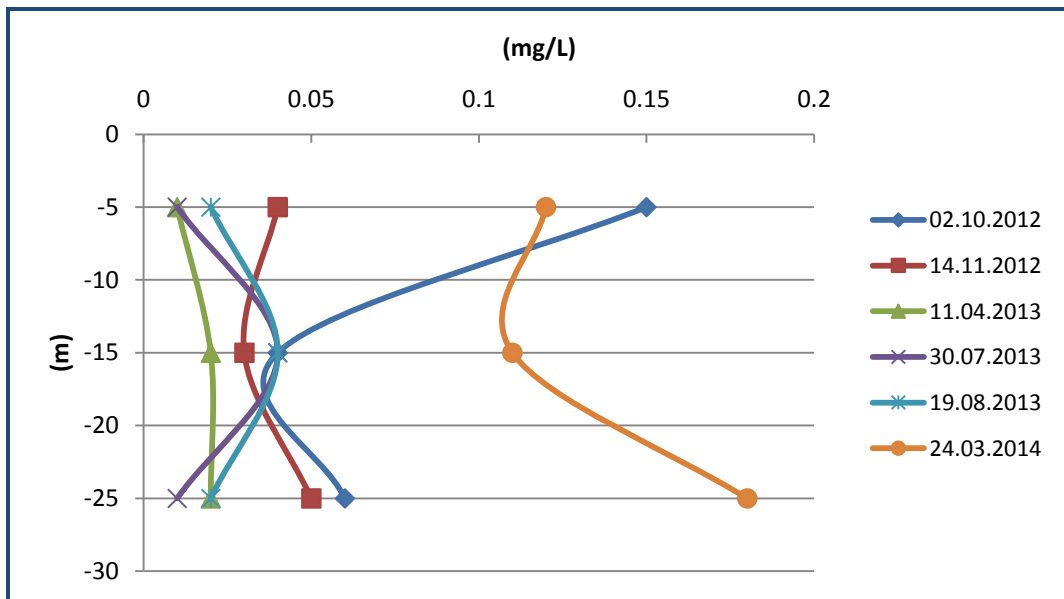
Şekil 4.3. C noktası TP ölçüm değerleri

C noktasında Ekim, Mart, Nisan ve Temmuz aylarında derinliğe bağlı TP konsantrasyonları incelendiğinde, metalimnion bölgesinde bir artış gözlenmektedir. Kasım ayında epilimnion – metalimnion geçişinde azalma gözlenirken, metalimnion - hipolimnion geçişinde değişim gözlenmemiştir. Ağustos 2013'te derinliğe bağlı kayda değer bir değişim tespit edilmemiştir. C noktası, TP bakımından, YSKYY'ye göre II. kalite su sınıfına girmektedir. C noktası için TP - derinlik değişimi Şekil 4.3'te verilmiştir.



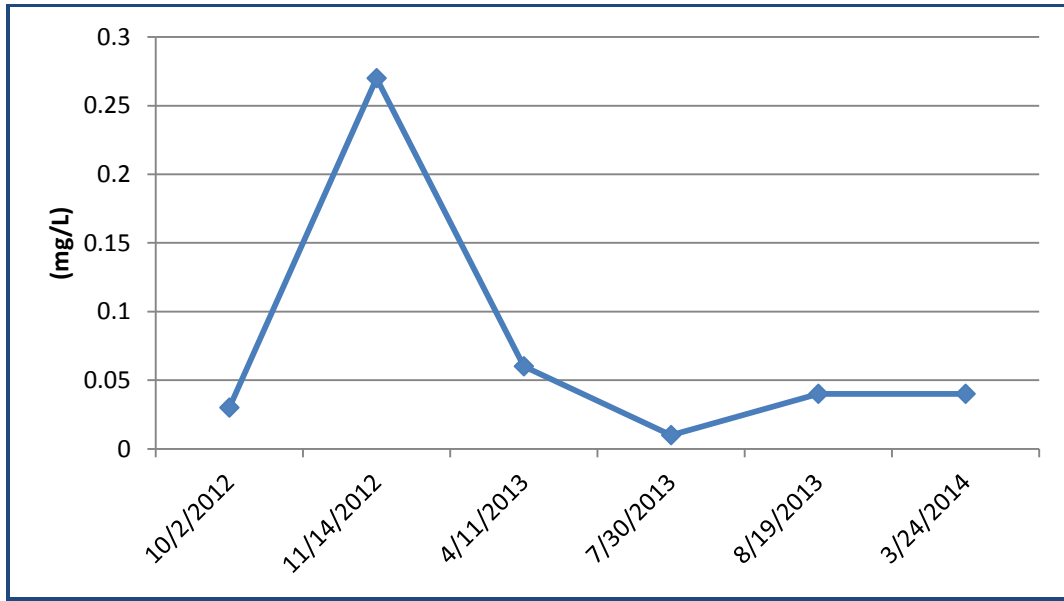
Şekil 4.4. D noktası TP ölçüm değerleri

D noktasında en yüksek yüzey TP konsantrasyonu Mart ayında, en yüksek dip konsantrasyonu da Nisan ayında gözlenmiştir. Burdan da anlaşılacağı gibi, gölün bu bölgesinde ilkbahar döneminde TP konsantrasyonlarında artış meydana gelmiştir. Genel olarak, derinliğe bağlı TP konsantrasyonlarında artış tespit edilmiştir. D noktası, TP bakımından, YSKYY'ye göre II. kalite su sınıfına girmektedir. D noktası için TP - derinlik değişimi Şekil 4.4'te verilmiştir.



Şekil 4.5. E noktası TP ölçüm değerleri

E noktasında Nisan, Temmuz ve Ağustos aylarında derinliğe bağlı çok önemli bir değişim gözlenmezken, Ekim ayında yüksek olan yüzey TP konsantrasyonunun 5 - 15m derinliğe kadar ani bir şekilde düştüğü, 15 – 25m aralığında hafif bir artış gösterdiği gözlenmiştir. En yüksek dip konsantrasyonu Mart ayında tespit edilmiştir. E noktası, TP bakımından, YSKYY'ne göre II. kalite su sınıfına girmektedir. E noktası için TP - derinlik değişimi Şekil 4.5'te verilmiştir.

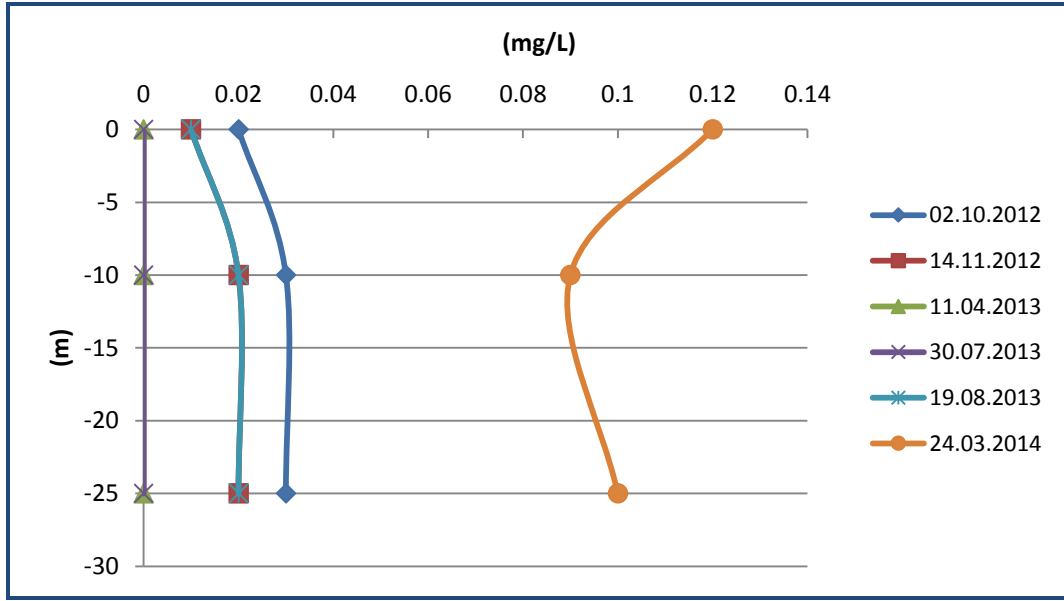


Şekil 4.6. F noktası TP ölçüm değerleri

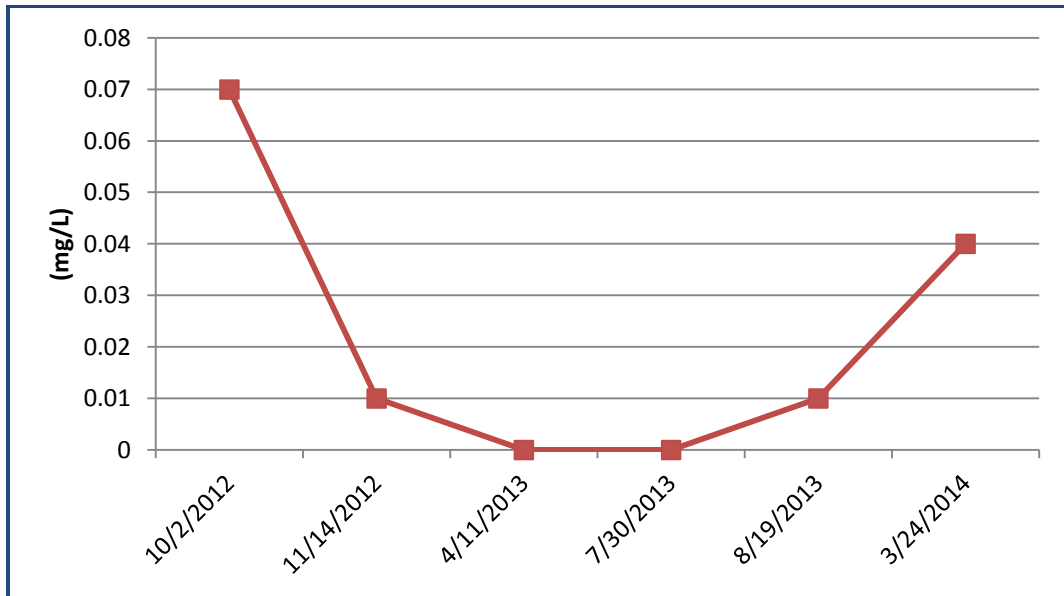
F noktasında yüzeyde yapılan ölçüm sonuçlarına göre, TP konsantrasyonunun Kasım ayında ani bir artış gösterdiği tespit edilmiştir. F noktası, TP bakımından, YSKYY'ye göre II. kalite su sınıfına girmektedir. F noktası için TP değişimi Şekil 4.6'da verilmiştir.

4.1.2. Ortofosfat

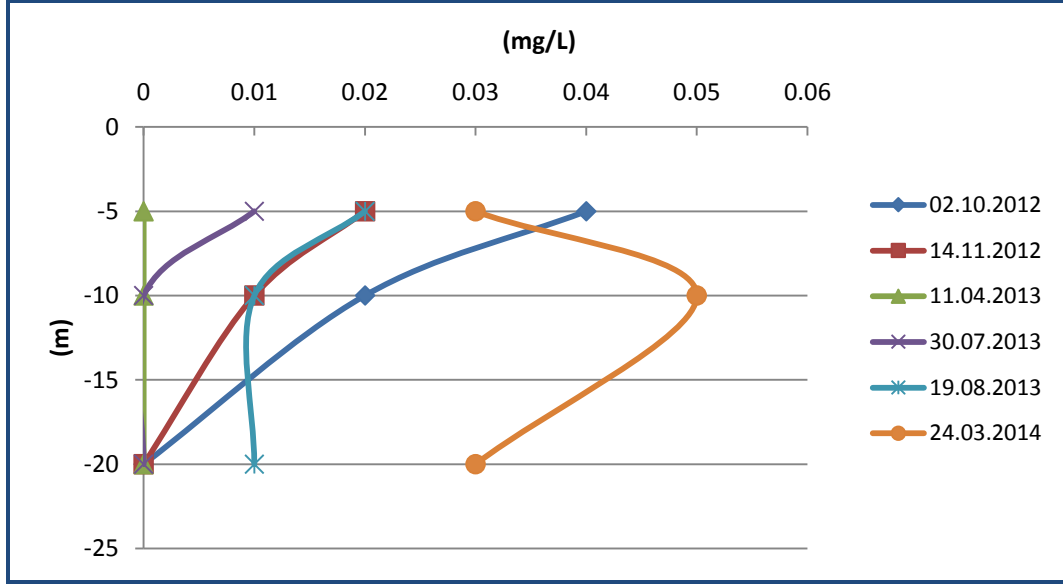
Ekim 2012 – Mart 2014 tarihleri arasında yapılan örneklemede göl genelindeki Ortofosfat (PO_4-P) konsantrasyonu bakımından en yüksek değer 0,12 mg/L ve en düşük değer 0 mg/L olarak ölçülmüştür. Ortalama PO_4-P değerlerine bakıldığında, yüzeydeki ortalama değer 0,07 mg/L ve 25m derinlikteki ortalama değer ise 0,06 mg/L olarak tespit edilmiştir. Bu değerler göz önüne alındığında, genel olarak derinlikle azalan bir konsantrasyon gözlenmektedir.

Şekil 4.7. A noktası PO₄-P ölçüm değerleri

A noktasında da TP konsantrasyonunda olduğu gibi, en yüksek PO₄-P konsantrasyonu değeri Mart ayında ölçülmüştür. Derinliğe bağlı değişim incelendiğinde yüzey – 10m aralığında Kasım ve Ağustos aylarında hafif bir artış, Mart ayında bir azalma gözlenirken, 10 – 25m arasında kayda değer bir değişim gözlenmemiştir. A noktası için PO₄-P - derinlik değişimi Şekil 4.7’de verilmiştir.

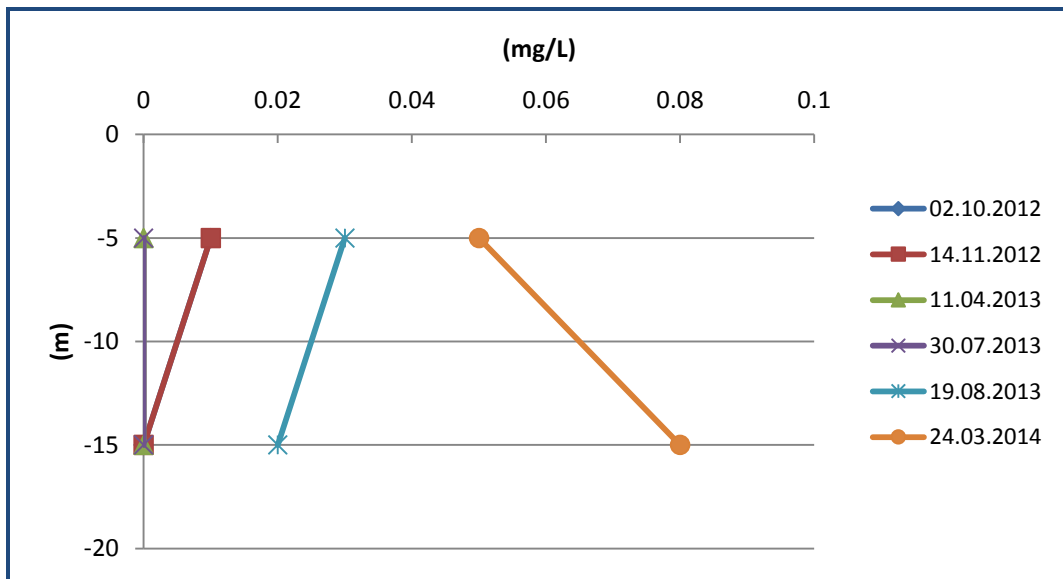
Şekil 4.8. B noktası PO₄-P ölçüm değerleri

B noktasında yüzeyde yapılan ölçüm sonuçlarına göre, Ekim ayında en yüksek, konsantrasyon gözlenmiştir. B noktası için $PO_4\text{-P}$ değişimi Şekil 4.8’de verilmiştir.



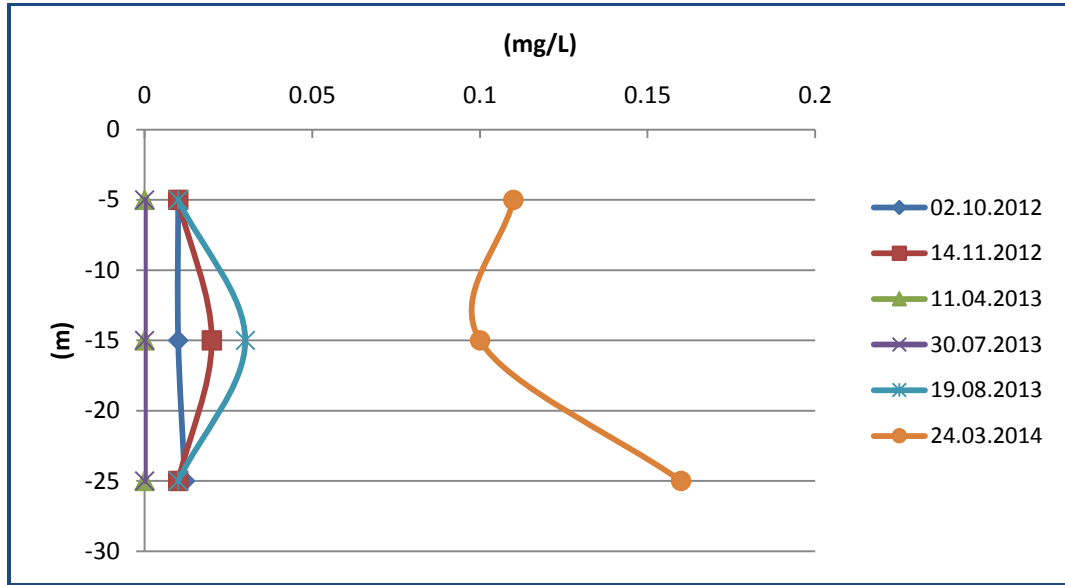
Şekil 4.9. C noktası $PO_4\text{-P}$ ölçüm değerleri

C noktasında Nisan ayında hiç $PO_4\text{-P}$ gözlenmezken, 5-10m derinlik aralığında Ekim, Kasım, Temmuz ve Ağustos aylarında azalma, Mart ayında ise artış gözlenmiştir. 10 – 20m aralığında Ekim, Kasım ve Mart aylarında azalma gözlenirken, diğer aylarda değişim meydana gelmemiştir. C noktası için $PO_4\text{-P}$ değişimi Şekil 4.33’te verilmiştir. C noktası için $PO_4\text{-P}$ - derinlik değişimi Şekil 4.9’da verilmiştir.



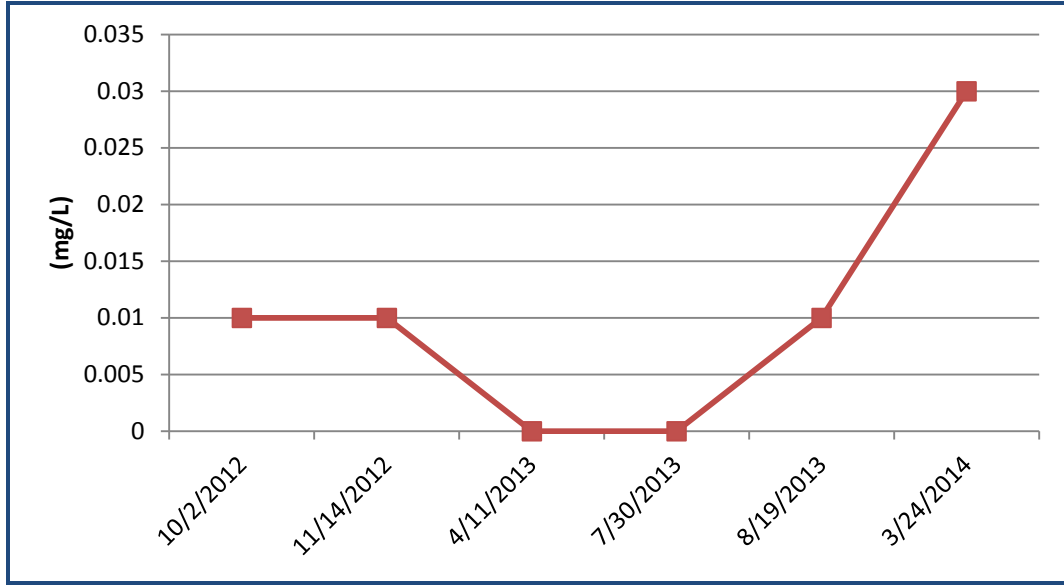
Şekil 4.10. D noktası $PO_4\text{-P}$ ölçüm değerleri

D noktasında Nisan ve Temmuz aylarında $PO_4\text{-P}$ gözlenmezken, en yüksek konsantrasyon Mart ayında ölçülmüştür. Kasım ve Ağustos aylarında derinliğe bağlı azalma, Mart ayında derinliğe bağlı artış tespit edilmiştir. D noktası için $PO_4\text{-P}$ - derinlik değişimi Şekil 4.10'da verilmiştir.



Şekil 4.11. E noktası $PO_4\text{-P}$ ölçüm değerleri

E noktasında da Mart ayı konsantrasyonunun diğer noktalarda olduğu gibi yüksek olduğu tespit edilmiştir. Nisan ve Temmuz döneminde hiç $PO_4\text{-P}$ gözlenmemiştir. Kasım ve Ağustos aylarında derinliğe bağlı önemli bir değişim meydana gelmemiş, Mart ayında 25m geçişinde artış olduğu gözlenmiştir. E noktası için $PO_4\text{-P}$ - derinlik değişimi Şekil 4.11'de verilmiştir.

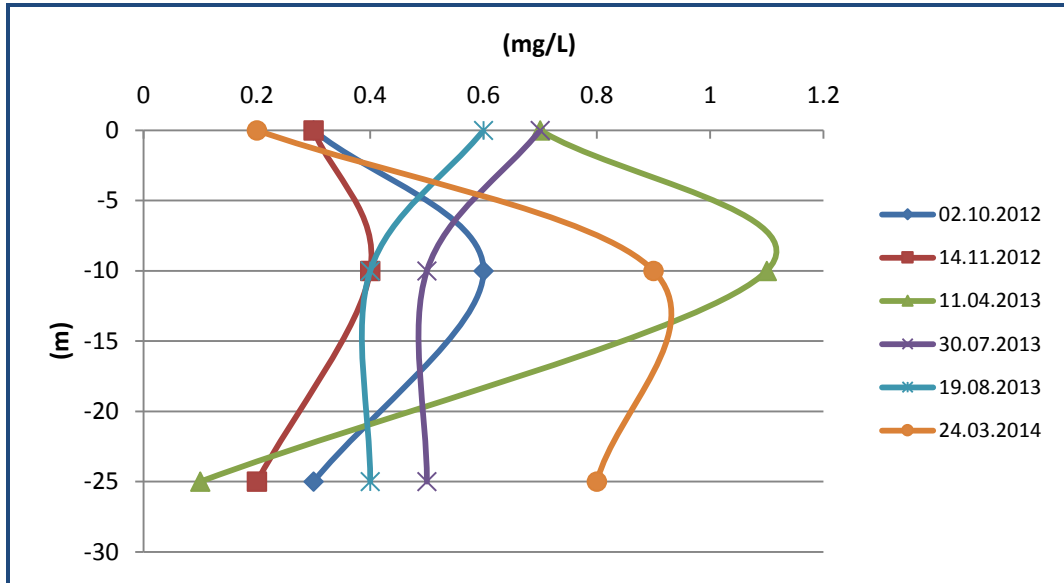


Şekil 4.12. F noktası PO₄-P ölçüm değerleri

F noktasında tek derinlikte yapılan ölçümler sonucunda, Mart ayında PO₄-P konsantrasyonunun yükseldiği tespit edilmiştir. F noktası için PO₄-P - derinlik değişimi Şekil 4.12’de verilmiştir.

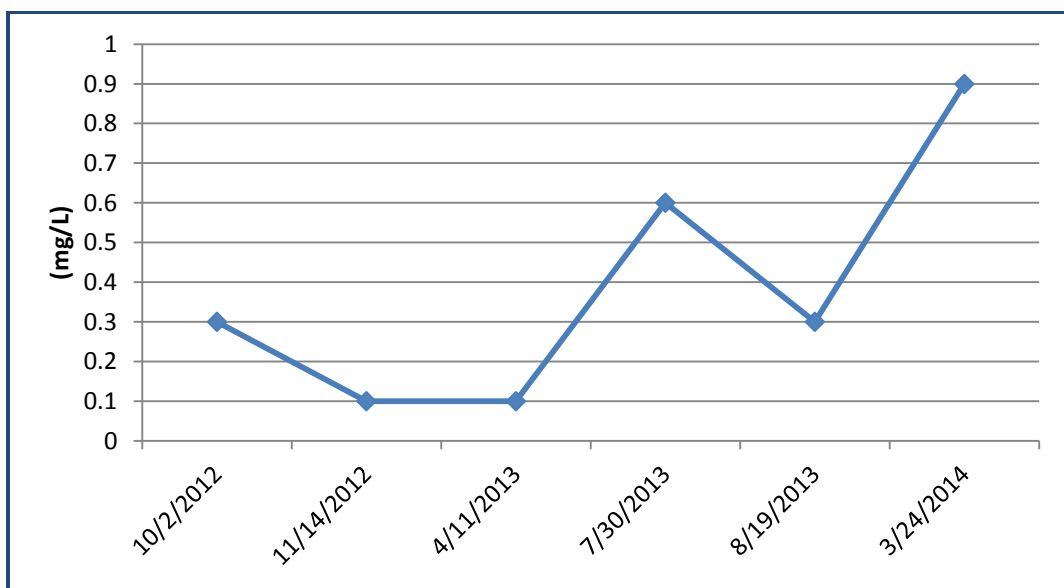
4.1.3. Toplam azot (TN)

Ekim 2012 – Mart 2014 tarihleri arasında alınan numunelerde yapılan ölçümlere göre, TN konsantrasyonunun göl genelindeki en düşük değeri 0,1 mg/L, en yüksek değeri 3,8 mg/L olarak ölçülmüştür. En yüksek değere Ekim 2012 ölçümünde, F noktasında rastlanmıştır. Harmanlı, Keçi ve Sarp derelerinin TN konsantrasyonunda artmaya sebep olduğu gözlenmiştir. Yapılan analizler sonucunda TN miktarının derinliğe bağlı olarak azalma gösterdiği belirlenmiştir. Yüzeydeki ortalama değer 0,61mg/L, 25m’deki ortalama değer 0,44 mg/L olarak ölçülmüştür.



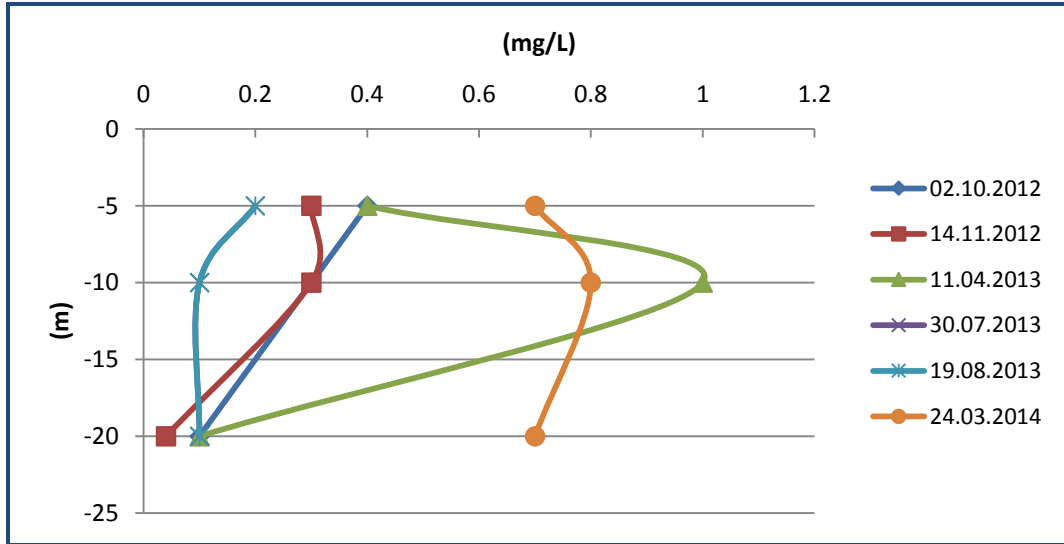
Şekil 4.13. A noktası TN ölçüm değerleri

A noktasında TN konsantrasyonlarında Ekim, Mart ve Nisan aylarında derinliğe bağlı olarak daha çok değişim gösterdiği ve gölün orta derinliklerinde en yüksek konsantrasyonların ilkbahar döneminde bulunduğu tespit edilmiştir. En yüksek yüzey ve dip konsantrasyonları da sırasıyla Nisan ve Mart aylarında gözlenmiştir. Temmuz ve Ağustos aylarında ise gölün orta derinlikleriyle dip kısmı arasında konsantrasyon değişimi meydana gelmemiştir. A noktası için TN - derinlik değişimi Şekil 4.13'te verilmiştir.



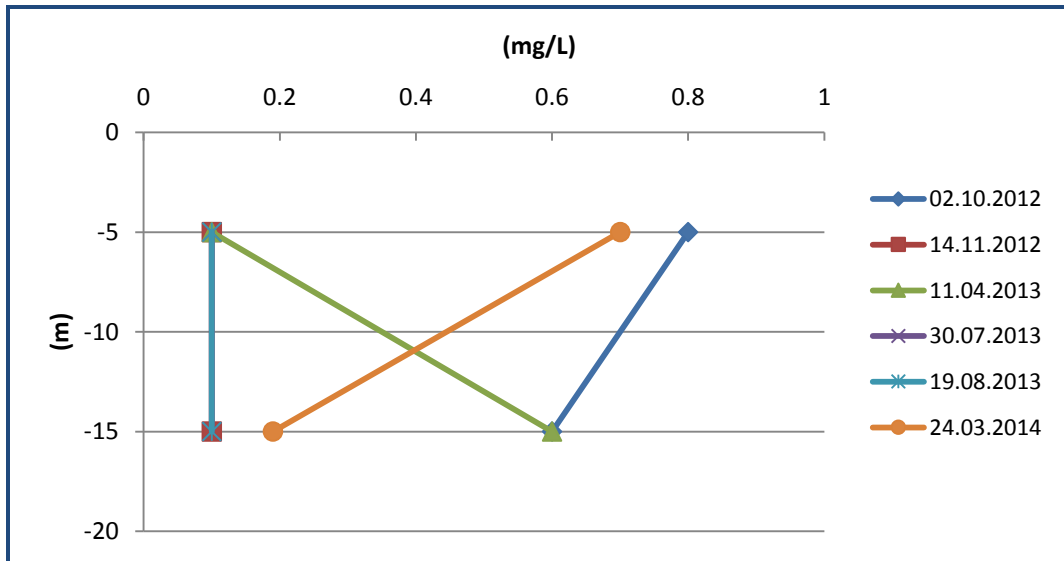
Şekil 4.14. B noktası TN ölçüm değerleri

B noktasında tek derinlikte yapılan ölçüm sonuçlarına göre, en yüksek konsantrasyon Mart ayında gözlenmiştir. B noktası için TN değişimi Şekil 4.14'te verilmiştir.



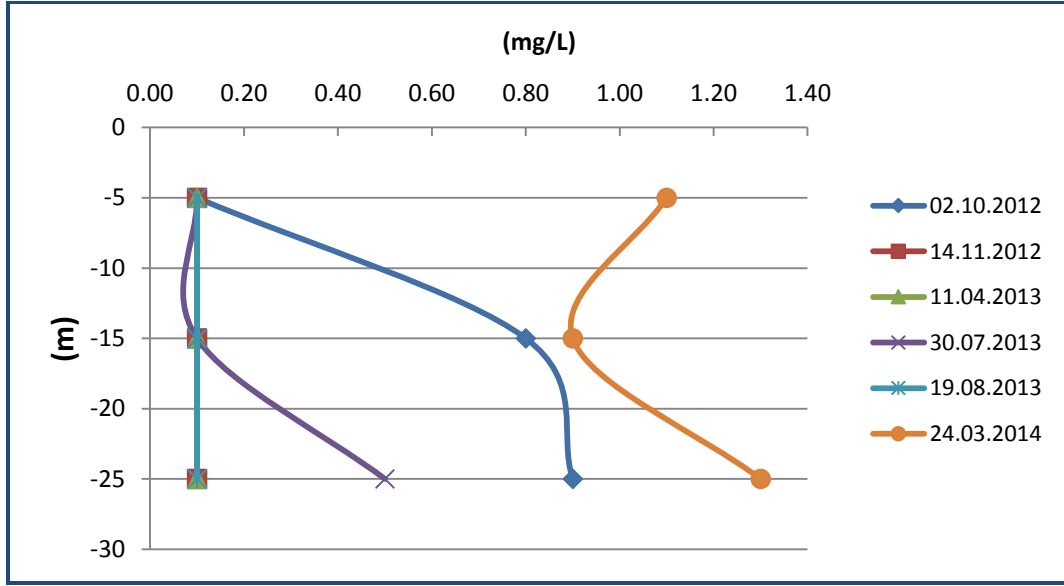
Şekil 4.15. C noktası TN ölçüm değerleri

C noktasında derinliğe bağlı değişim izlendiğinde, Ağustos ayında önemli bir değişim gözlenmediği görülmüştür. Diğer tarihlerde yapılan ölçümlerde 10 – 20m aralığında derinlikle azalan bir değişim tespit edilmiştir ve en büyük değişimin Nisan ayında olduğu gözlenmiştir. C noktası için TN - derinlik değişimi Şekil 4.15'te verilmiştir.



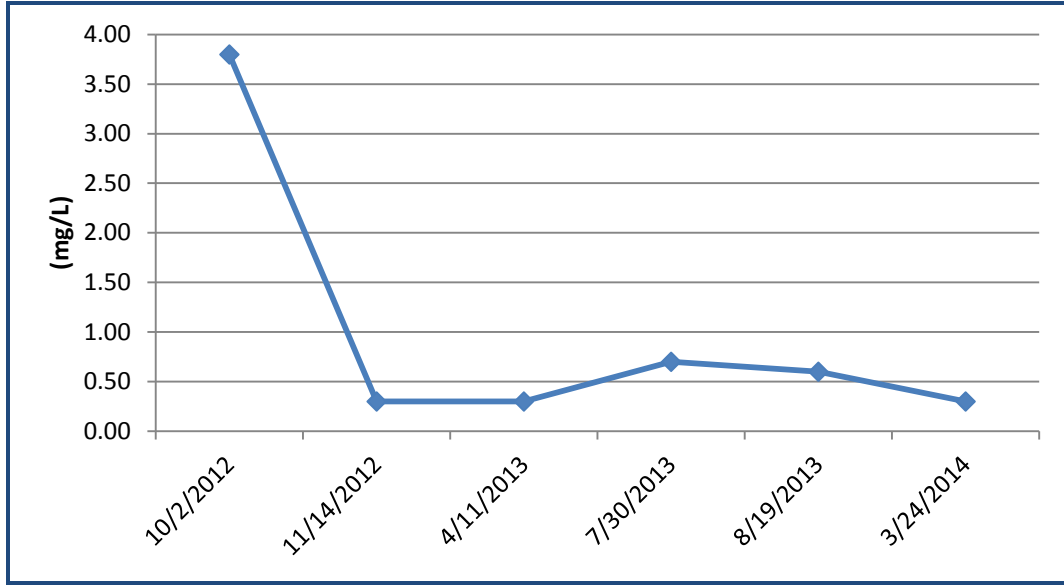
Şekil 4.16. D noktası TN ölçüm değerleri

D noktasında Kasım, Temmuz ve Ağustos aylarında derinliğe bağlı bir değişim gözlenmemiştir. Nisan ayında derinlikle artan, Kasım ve Mart aylarında derinlikle azalan bir TN konsantrasyonu tespit edilmiştir. D noktası için TN - derinlik değişimi Şekil 4.16'da verilmiştir.



Şekil 4.17. E noktası TN ölçüm değerleri

E noktasında Kasım, Nisan ve Ağustos aylarında derinliğe bağlı bir değişim tespit edilmemiştir. En yüksek konsantrasyonlar Mart ayında tespit edilmiştir. E noktası için TN - derinlik değişimi Şekil 4.17'de verilmiştir.

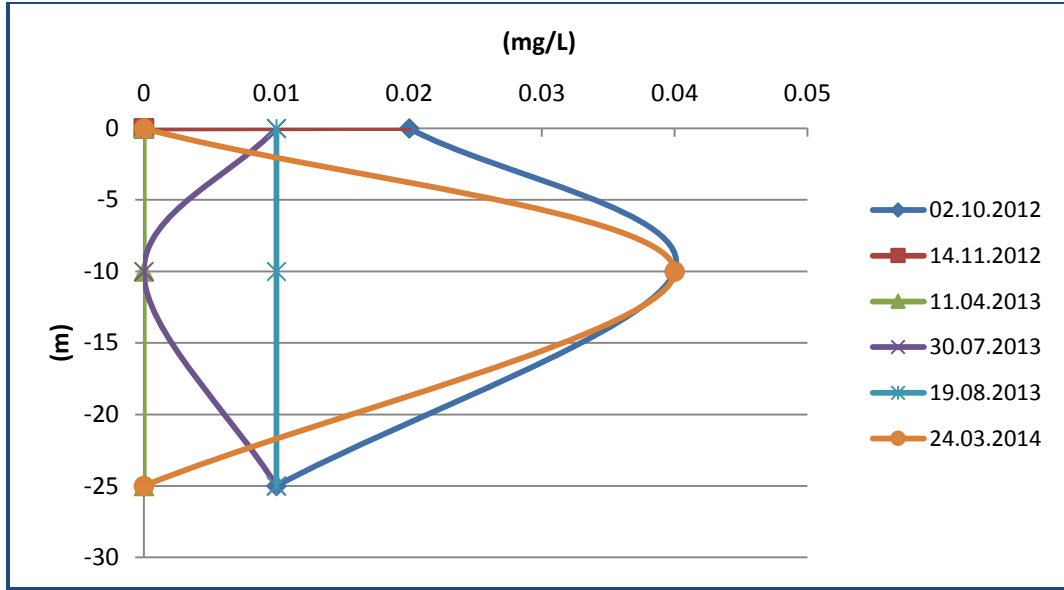


Şekil 4.18. F noktası TN ölçüm değerleri

F noktasında tek derinlikte yapılan ölçüm sonuçlarına göre TN konsantrasyonunda ciddi bir artış tespit edilmiştir. A noktası için TN değişimi Şekil 4.18’de verilmiştir.

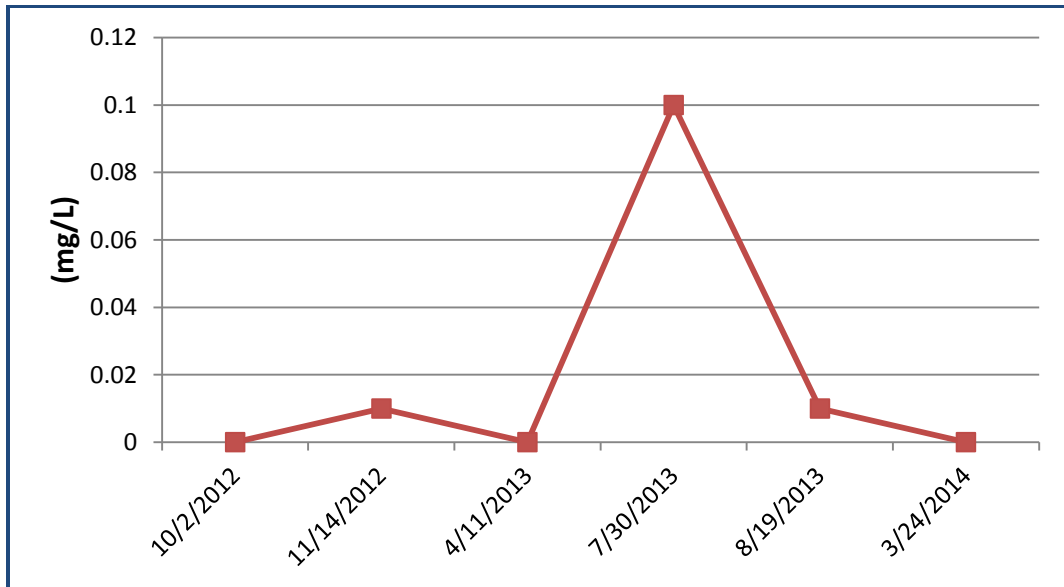
4.1.4. Nitrat azotu (NO₃-N)

Ekim 2012 – Mart 2014 tarihleri arasında alınan numunelerde yapılan ölçümlere göre, Nitrat konsantrasyonunun göl genelindeki en düşük değeri 0 mg/L, en yüksek değeri 0,1 mg/L olarak ölçülmüştür. En yüksek değere Temmuz 2013 ölçümünde, F noktasında rastlanmıştır. Yapılan analizler sonucunda NO₃-N miktarının derinliğe bağlı olarak hafif artış gösterdiği tespit edilmiştir. Yüzeydeki ortalama değer 0,02 mg/L, 25m’deki ortalama değer 0,015 mg/L olarak ölçülmüştür.



Şekil 4.19. A noktası NO₃-N ölçüm değerleri

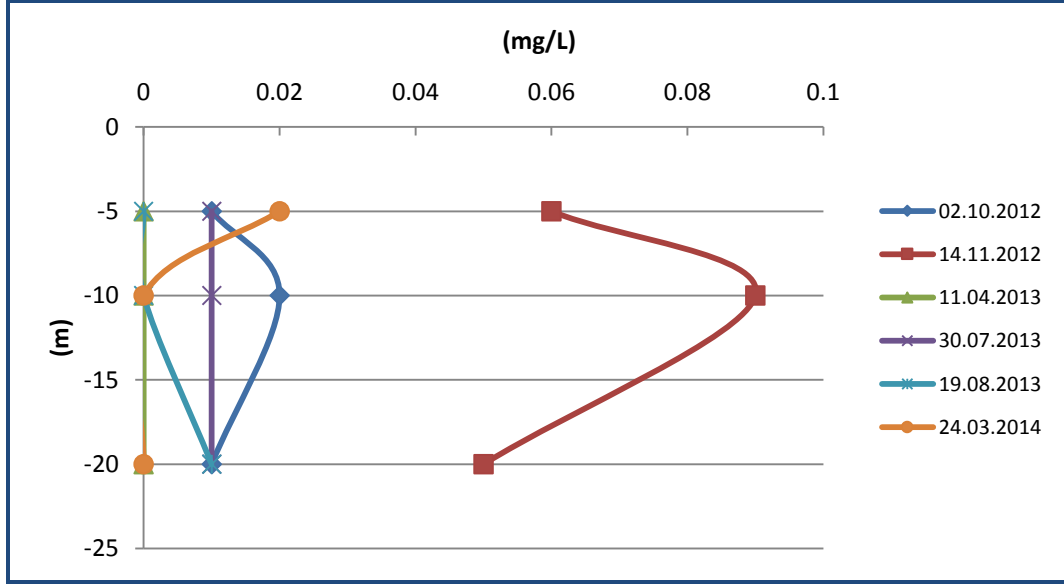
A noktasında Ekim ve Mart aylarında derinliğe bağlı değişim incelendiğinde, 10m derinlikte ani bir artış gözlenmiştir. Temmuz ayında orta derinlikte konsantrasyon azalması olurken, Ağustos ayında derinlikle NO₃-N miktarının değişmediği tespit edilmiştir. A noktası, NO₃-N bakımından, YSKYY'ye göre I. kalite su sınıfına girmektedir. A noktası için NO₃-N - derinlik değişimi Şekil 4.19'da verilmiştir.



Şekil 4.20. B noktası NO₃-N ölçüm değerleri

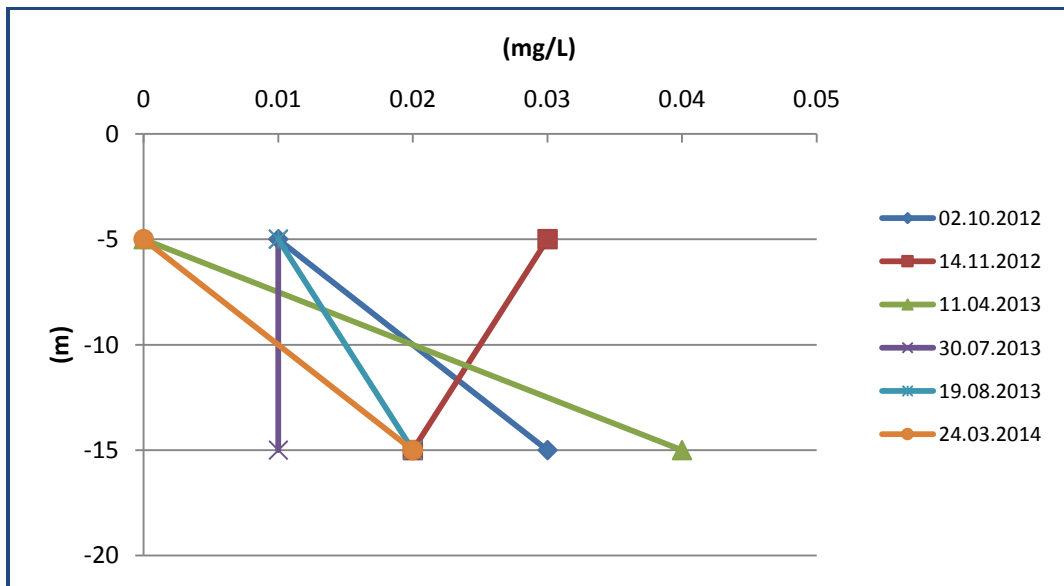
B noktasındaki NO₃-N konsantrasyonları incelendiğinde, Temmuz ayındaki ani artış haricindeki tarihler arasında kayda değer bir değişim görülmemiştir. B noktası, NO₃-

N bakımından, YSKYY'ye göre I. kalite su sınıfına girmektedir. B noktası için $\text{NO}_3\text{-N}$ değişimi Şekil 4.20'de verilmiştir.



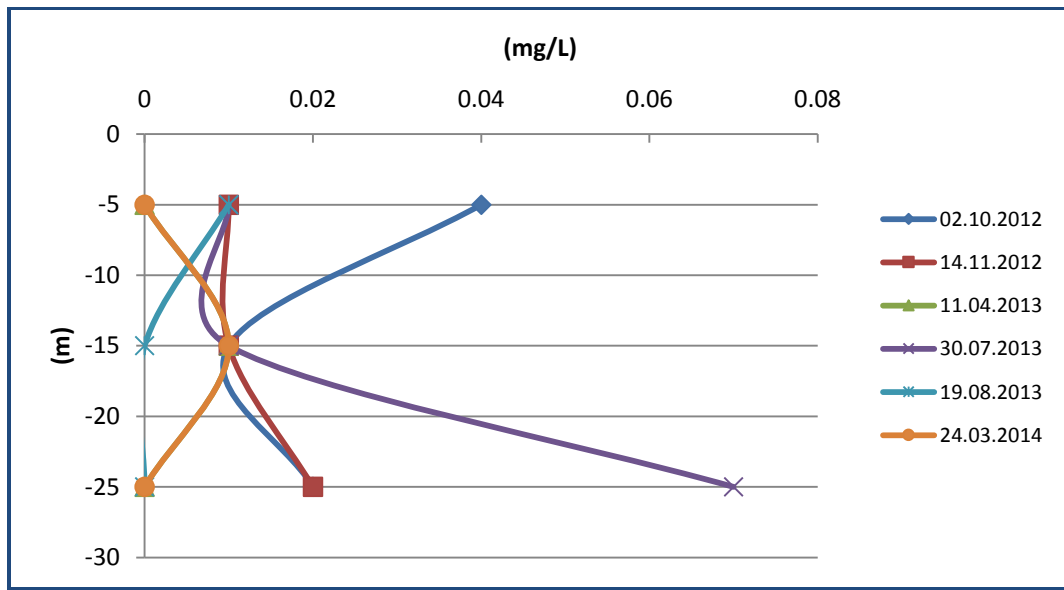
Şekil 4.21. C noktası $\text{NO}_3\text{-N}$ ölçüm değerleri

C noktasında en yüksek $\text{NO}_3\text{-N}$ konsantrasyonu Ekim ayında gözlenmiştir. Derinliğe bağlı değişim en çok Kasım ayında gözlenirken, Temmuz ayında derinliğe bağlı bir değişim gözlenmemiştir. C noktası, $\text{NO}_3\text{-N}$ bakımından, YSKYY'ye göre I. kalite su sınıfına girmektedir. C noktası için $\text{NO}_3\text{-N}$ - derinlik değişimi Şekil 4.21'de verilmiştir.

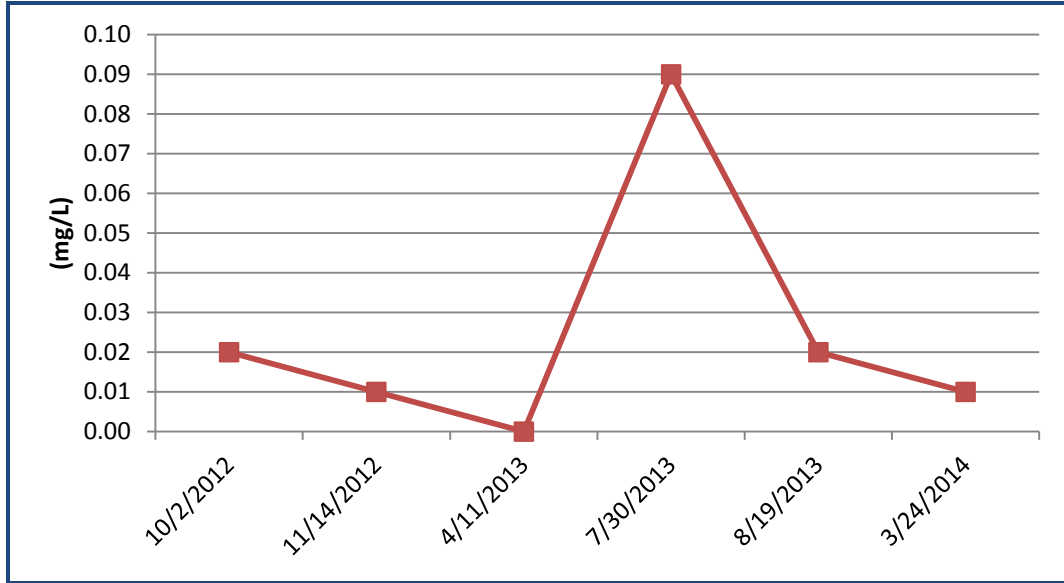


Şekil 4.22. D noktası NO₃-N ölçüm değerleri

D noktasında Mart ve Nisan aylarında derinliğe bağlı bir artış olduğu tespit edilmiştir. Temmuz ayında değişim gözlenmemiş, Ekim ve Ağustos aylarında derinlikle artan, Kasım ayında derinlikle azalan bir değişim izlenmiştir. D noktası, NO₃-N bakımından, YSKYY'ye göre I. kalite su sınıfına girmektedir. D noktası için NO₃-N - derinlik değişimi Şekil 4.22'de verilmiştir.

Şekil 4.23. E noktası NO₃-N ölçüm değerleri

E noktasında NO₃-N'in tarihlere göre değişimi oldukça değişkenlik göstermiştir. En büyük değişim Temmuz ayında 15 – 25m geçişimde meydana gelmiştir. En yüksek yüzey konsantrasyonu Ekim ayında izlenmiştir. Ağustos ayında derinlerde NO₃-N'e rastlanmamıştır. E noktası, NO₃-N bakımından, YSKYY'ye göre I. kalite su sınıfına girmektedir. E noktası için NO₃-N - derinlik değişimi Şekil 4.23'te verilmiştir.

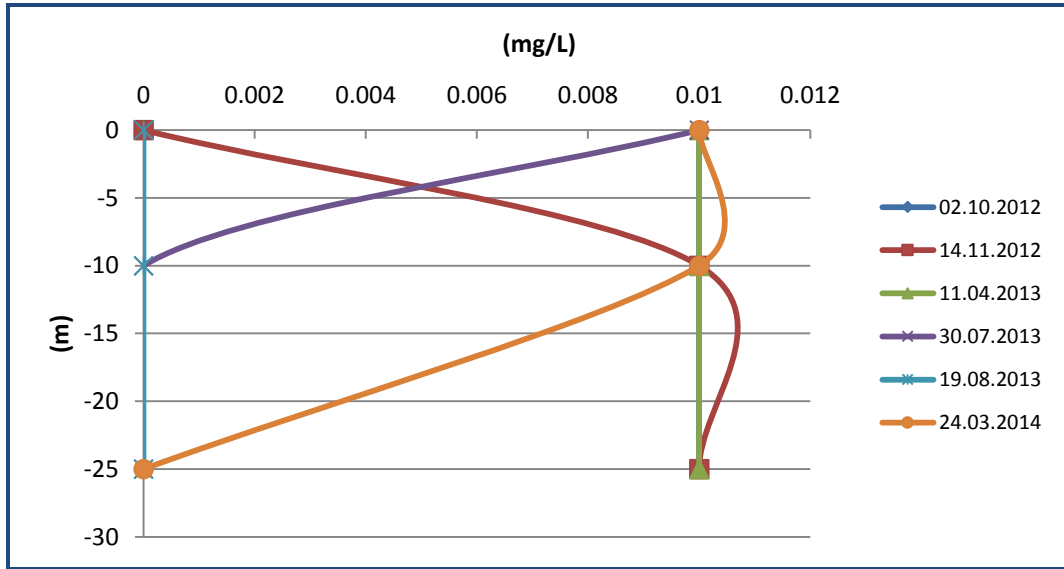


Şekil 4.24. F noktası NO₃-N ölçüm değerleri

F noktasında tek derinlikte yapılan ölçüm sonuçlarına göre, NO₃-N değerinde Temmuz ayında ani bir yükselme meydana gelmiştir. F noktası, NO₃-N bakımından, YSKYY'ye göre I. kalite su sınıfına girmektedir. F noktası için NO₃-N değişimi Şekil 4.24'te verilmiştir.

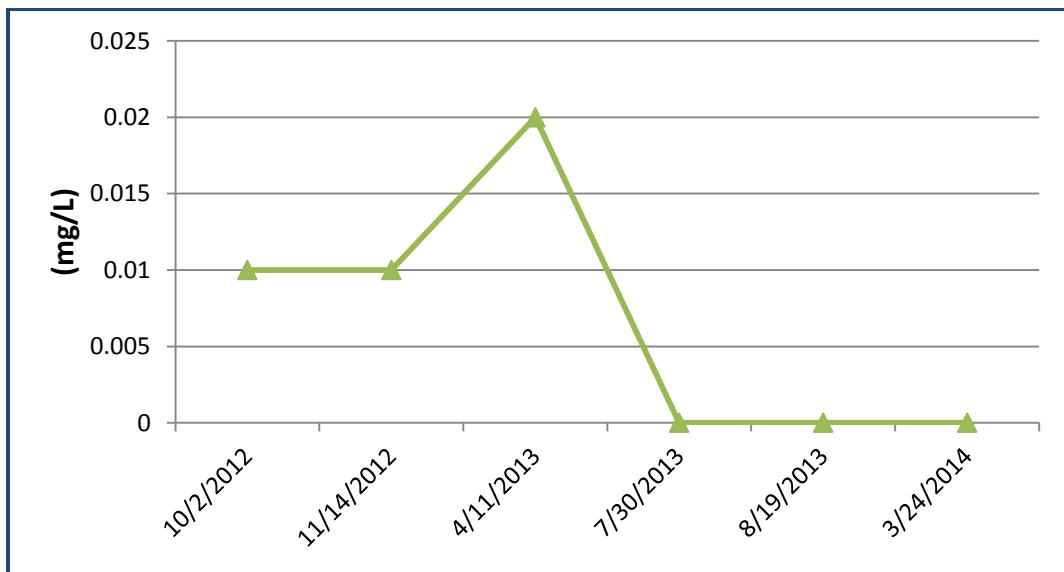
4.1.5. Nitrit azotu (NO₂-N)

Ekim 2012 – Mart 2014 tarihleri arasında yapılan ölçümlere göre, NO₂-N konsantrasyonunun göl genelindeki değerinin 0 – 0,02 mg/L aralığında olduğu ve genellikle yaz döneminde düşük konsantrasyonlarda bulunduğu tespit edilmiştir.



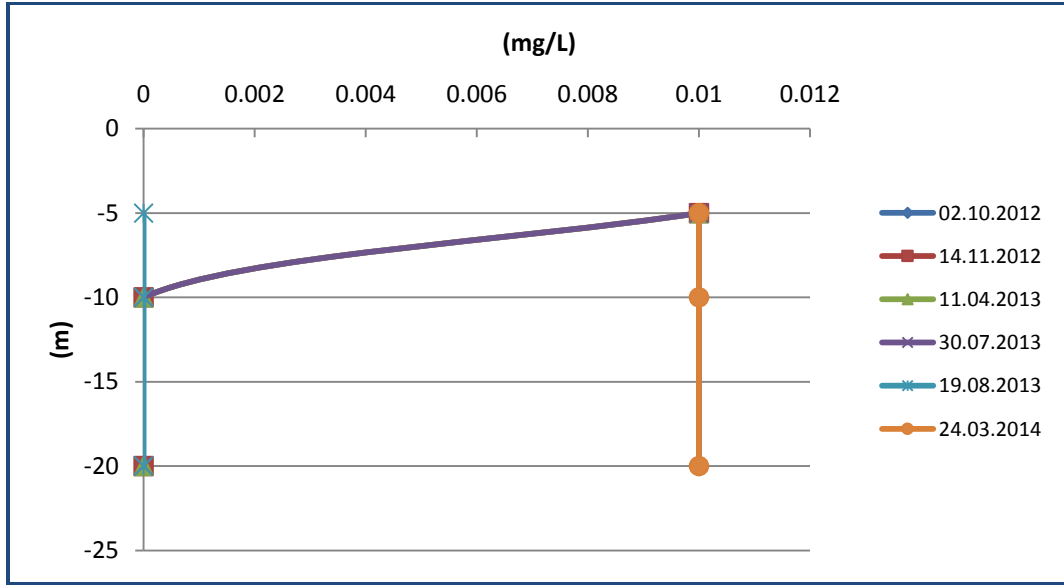
Şekil 4.25. A noktası NO₂-N ölçüm değerleri

A noktasında NO₂-N değişimi incelendiğinde, Ağustos ayında NO₂-N bulunmadığı, Ekim ve Nisan ayında derinliğe bağlı değişim olmadığı tespit edilmiştir. Temmuz ayında yüzey – 10m aralığında düşen konsantrasyon, 10m den sonra sıfırlanmıştır. Kasım ayında yüzey – 10m aralığında yükselen konsantrasyon, dip kısımda değişim göstermemiştir. Mart ayında ise yüzey – 10m aralığında değişim göstermeyen NO₂-N değeri, dip kısımlarda düşüş göstermiştir. A noktası, NO₂-N bakımından, YSKYY'ye göre II. kalite su sınıfına girmektedir. A noktası için NO₂-N - derinlik değişimi Şekil 4.25'te verilmiştir.



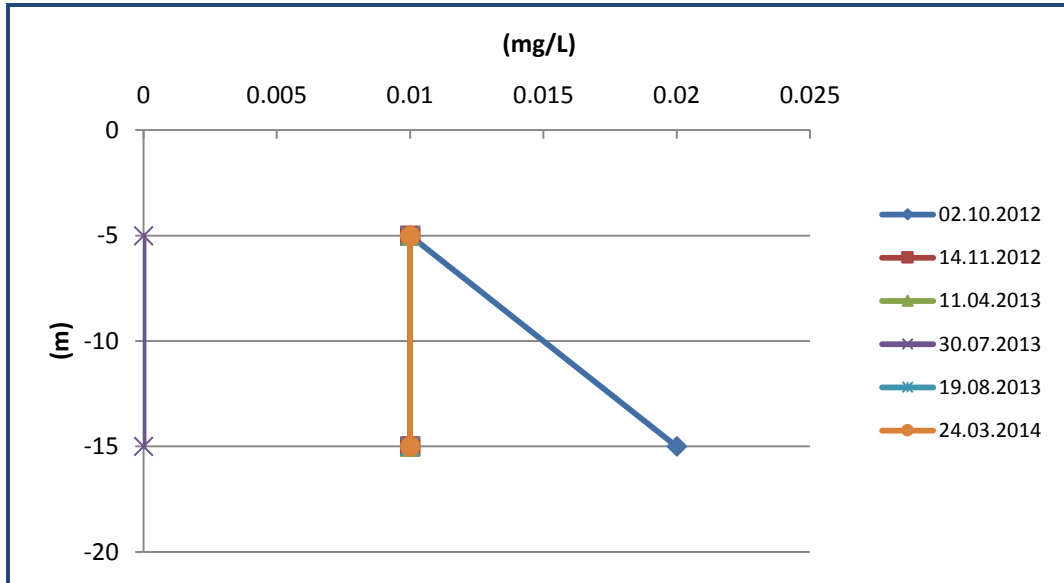
Şekil 4.26. B noktası NO₂-N ölçüm değerleri

B noktasında yüzeyde yapılan ölçüm sonuçlarına göre, NO₂-N değeri Nisan ayında ani bir artış göstermiştir. B noktası, NO₂-N bakımından, Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği'ne göre II. kalite su sınıfına girmektedir. B noktası için NO₂-N değişimi Şekil 4.26' da verilmiştir.

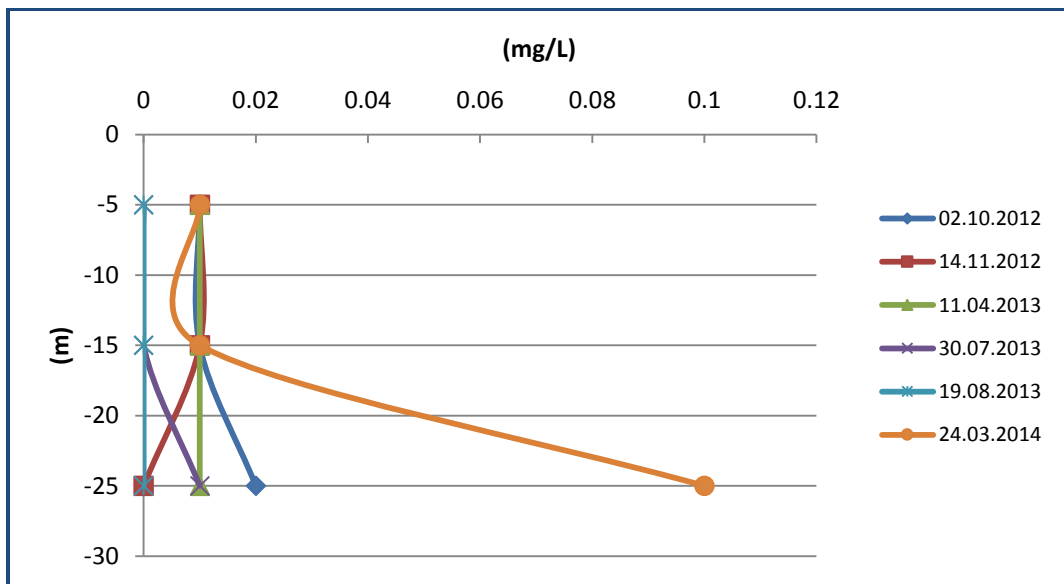


Şekil 4.27. C noktası NO₂-N ölçüm değerleri

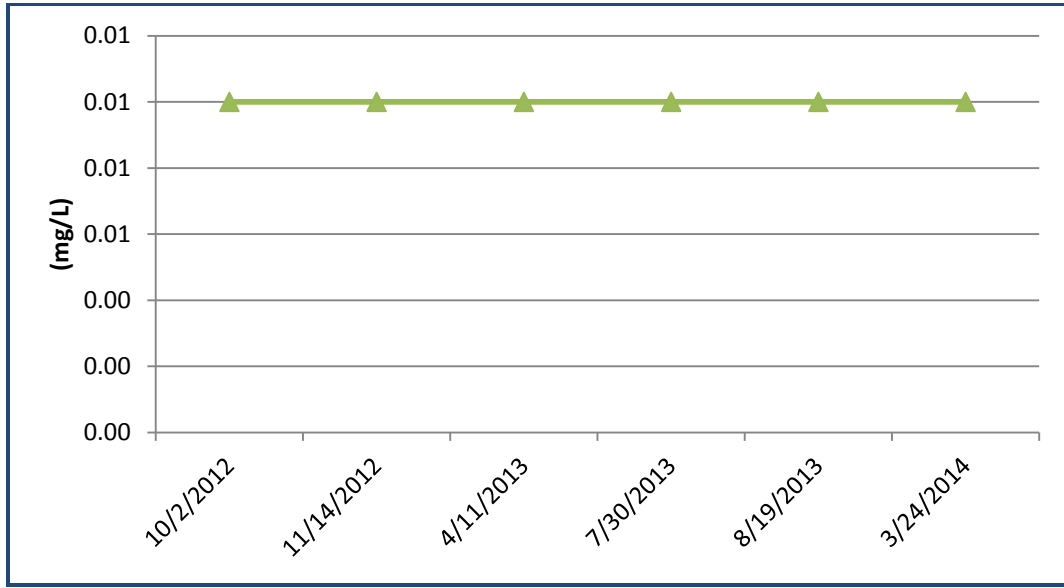
C noktasında genel olarak derinliğe bağlı NO₂-N değişim göstermemiştir. Kasım, Nisan ve Ağustos aylarında göl suyunda NO₂-N gözlenmemiştir. Sadece Temmuz ayında 5 – 10m geçişinde NO₂-N değerinde azalma kaydedilmiştir. C noktası, NO₂-N bakımından, YSKYY'ye göre II. kalite su sınıfına girmektedir. A noktası için NO₂-N - derinlik değişimi Şekil 4.27'de verilmiştir.

Şekil 4.28. D noktası NO₂-N ölçüm değerleri

D noktasında da genel olarak NO₂-N derinliğe bağlı değişim göstermediği gözlenmektedir. Temmuz ve Ağustos aylarında suda hiç NO₂-N tespit edilmemiştir. Sadece Ekim ayında 5 – 15m aralığında NO₂-N değerinde bir düşüş gözlenmiştir. D noktası, NO₂-N bakımından, YSKYY'ye göre II. kalite su sınıfına girmektedir. D noktası için NO₂-N - derinlik değişimi Şekil 4.28'de verilmiştir.

Şekil 4.29. E noktası NO₂-N ölçüm değerleri

E noktasında genel olarak NO₂-N derinliğe bağlı değişim göstermediği tespit edilmiştir. Ağustos ayında suda nitrite rastlanmamıştır. Derinliğe bağlı değişim sadece Mart ayında gözlenmiş ve dip bölgesinde NO₂-N konsantrasyonunun arttığı gözlenmiştir. E noktası, NO₂-N bakımından, YSKYY'ye göre II. kalite su sınıfına girmektedir. E noktası için NO₂-N - derinlik değişimi Şekil 4.29'da verilmiştir.

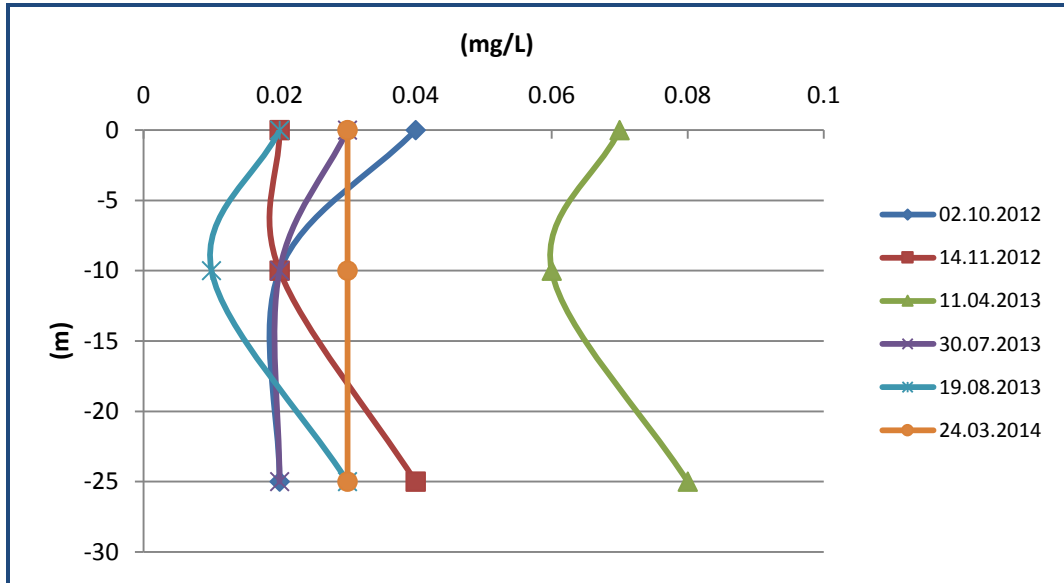


Şekil 4.30. F noktası NO₂-N ölçüm değerleri

F noktasında yüzeyde yapılan ölçüm sonuçlarına göre NO₂-N değeri tüm tarihlerde 0,01 mg/L olarak tespit edilmiş ve mevsimsel olarak değişim göstermemiştir. F noktası, NO₂-N bakımından, YSKYY'ye göre II. kalite su sınıfına girmektedir. F noktası için NO₂-N değişimi Şekil 4.30'da verilmiştir.

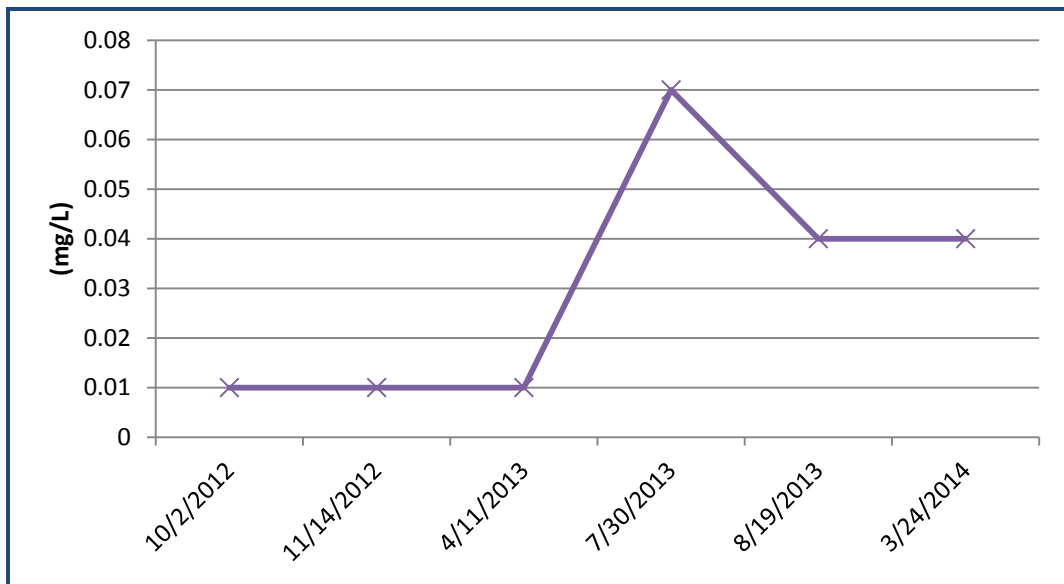
4.1.6. Amonyum azotu (NH₄-N)

Ekim 2012 – Mart 2014 tarihleri arasında alınan numunelerde yapılan ölçümlere göre NH₄-N konsantrasyonları 0 – 0,09 mg/L arasında değişen değerler göstermiştir. En düşük değer 0,01 mg/L, en yüksek değer 0,09 mg/L ile Temmuz-Ağustos 2013 tarihlerinde F noktasında bulunmuştur. Yüzeydeki ortalama değer 0,04 mg/L ile 25 m derinlikteki ortalama değer ise 0,035 mg/L olarak ölçülmüştür.



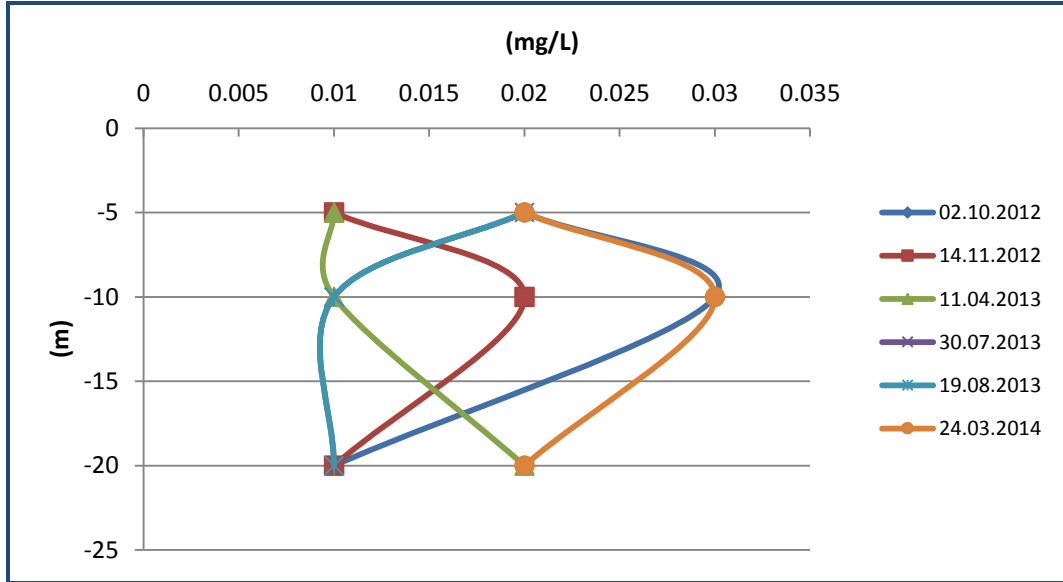
Şekil 4.31. A noktası NH₄-N ölçüm değerleri

A noktasında NH₄-N konsantrasyonu genel olarak gölün orta derinliklerinde azalma, dip kısımlarda artış göstermiştir. En yüksek değerler Nisan ayında tespit edilmiştir. Mart ayında derinliğe bağlı değişim görülmemiştir. A noktası, NH₄-N bakımından, YSKYY'ye göre I. kalite su sınıfına girmektedir. A noktası için NH₄-N - derinlik değişimi Şekil 4.31'de verilmiştir.



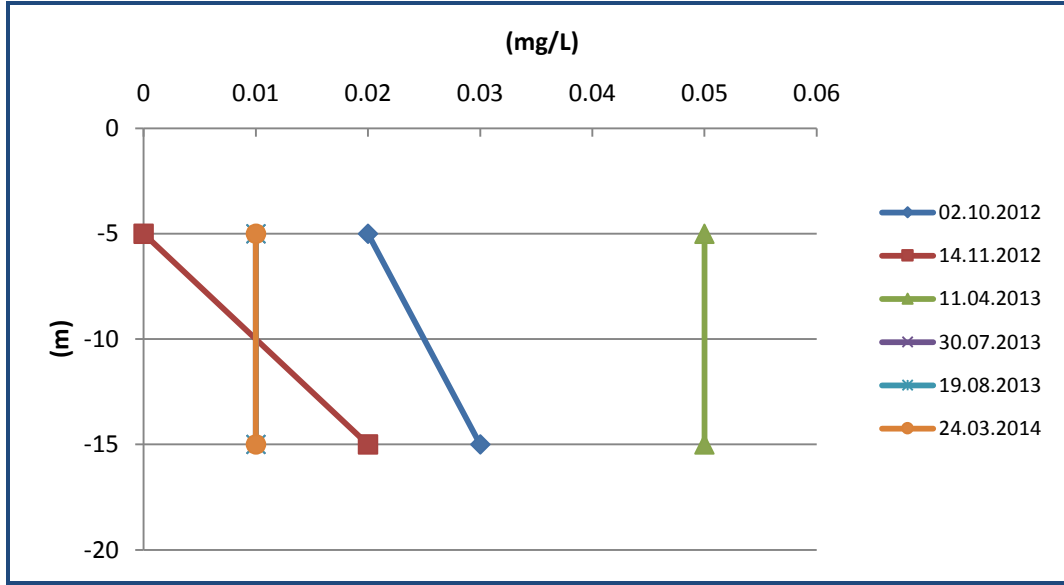
Şekil 4.32. B noktası NH₄-N ölçüm değerleri

B noktasında yüzeyde yapılan ölçüm sonuçlarına göre, $\text{NH}_4\text{-N}$ değerinin en yüksek Temmuz ayında gözleendiği tespit edilmiştir. B noktası, $\text{NH}_4\text{-N}$ bakımından, YSKYY'ye göre I. kalite su sınıfına girmektedir. B noktası için $\text{NH}_4\text{-N}$ değişimi Şekil 4.32'de verilmiştir.

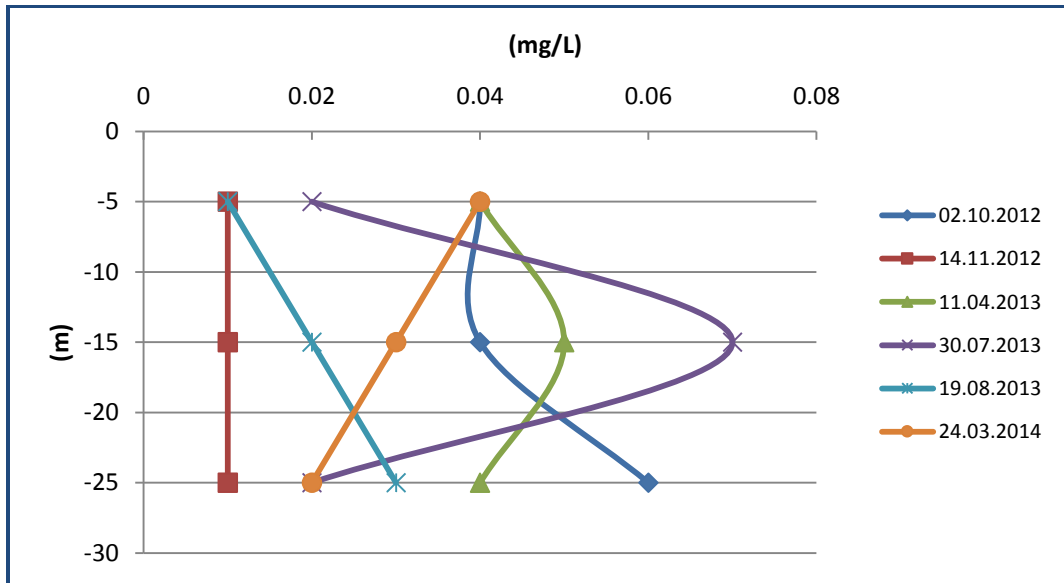


Şekil 4.33. C noktası $\text{NH}_4\text{-N}$ ölçüm değerleri

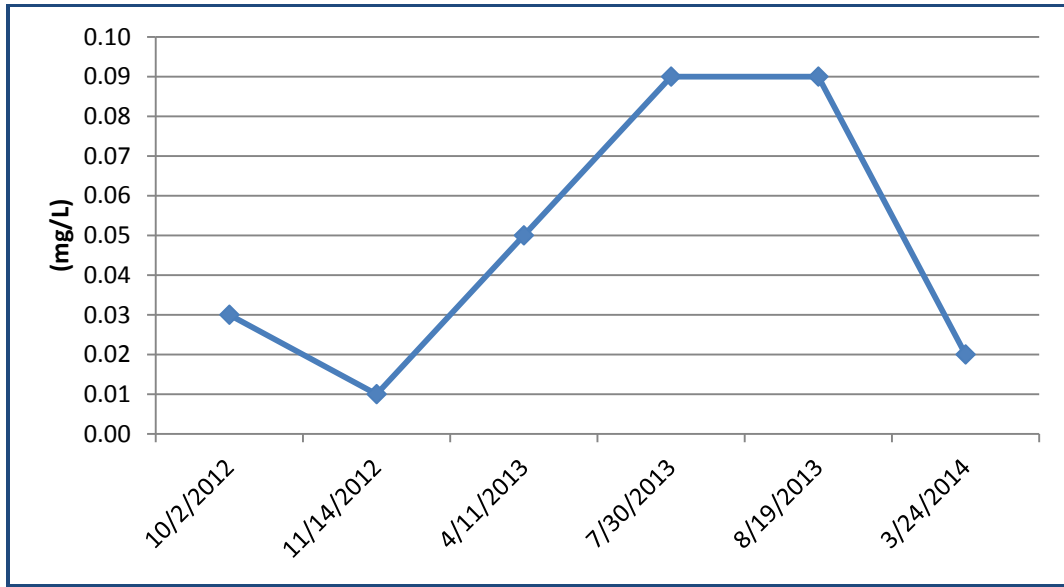
C noktasında $\text{NH}_4\text{-N}$ konsantrasyonlarının sonbaharda ve Mart ayında orta derinliklerde yükseldiği gözlenmiştir. Temmuz ve Ağustosta 5 – 15 m arasında konsantrasyonlar azalmış, 10 – 20 m aralığında değişmemiştir. Nisan ayında da dip bölgelerde azalma tespit edilmiştir. C noktası, $\text{NH}_4\text{-N}$ bakımından, YSKYY'ye göre I. kalite su sınıfına girmektedir. C noktası için $\text{NH}_4\text{-N}$ - derinlik değişimi Şekil 4.33'te verilmiştir.

Şekil 4.34. D noktası NH₄-N ölçüm değerleri

D noktasındaki NH₄-N konsantrasyonları Mart, Nisan, Temmuz ve Ağustos aylarında derinliğe bağlı değişim göstermemiştir. Ekim ve Kasım aylarında dip bölgelerde artış gözlenmiştir. Tüm derinliklerdeki en yüksek NH₄-N değerleri Nisan ayında ölçülmüştür. D noktası, NH₄-N bakımından, YSKYY'ye göre I. kalite su sınıfına girmektedir. D noktası için NH₄-N - derinlik değişimi Şekil 4.34'te verilmiştir.

Şekil 4.35. E noktası NH₄-N ölçüm değerleri

E noktasında derinlikle $\text{NH}_4\text{-N}$ değişimi en belirgin Temmuz ayında gözlenmiştir. Kasım ayında dikey yönde bir değişim kaydedilmemiştir. İlkbaharda yüzey - dip konsantrasyonları derinlikle azalan bir eğilim gösterirken, Ekim ve Ağustos aylarında artma eğilimi göstermektedir. E noktası, $\text{NH}_4\text{-N}$ bakımından, YSKYY'ye göre I. kalite su sınıfına girmektedir. D noktası için $\text{NH}_4\text{-N}$ - derinlik değişimi Şekil 4.35'te verilmiştir.

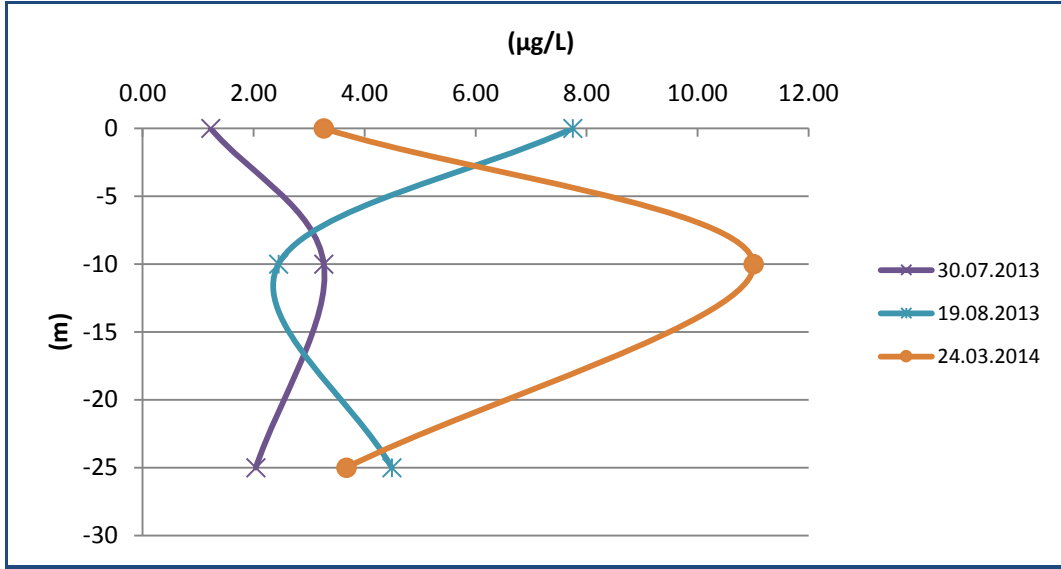


Şekil 4.36. F noktası $\text{NH}_4\text{-N}$ ölçüm değerleri

F noktasında yüzeyde yapılan ölçüm sonuçlarına göre, yaz döneminde $\text{NH}_4\text{-N}$ yükseldiği gözlenmiştir. F noktası, $\text{NH}_4\text{-N}$ bakımından, YSKYY'ye göre I. kalite su sınıfına girmektedir. F noktası için $\text{NH}_4\text{-N}$ değişimi Şekil 4.36'da verilmiştir.

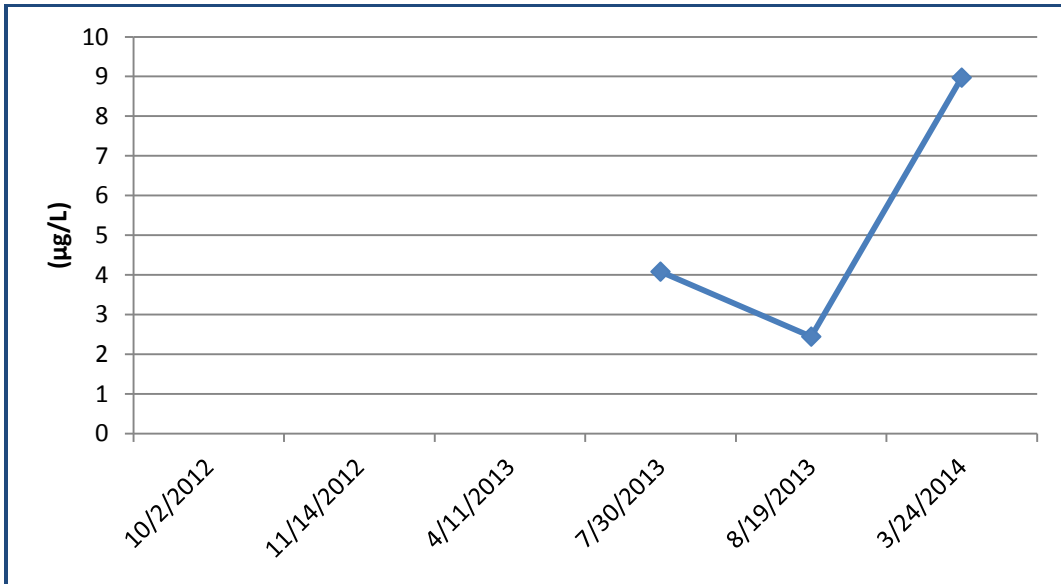
4.1.7. Klorofil – a

Temmuz 2013 – Mart 2014 tarihleri arasında yapılan ölçümlere göre, göl genelindeki klorofil-a miktarının yüzey suyunda ve su sütununda farklılık gösterdiği gözlenmiştir. En yüksek değer 10,46 $\mu\text{g/L}$ olarak C noktasında, en düşük değer ise 1,9 $\mu\text{g/L}$ olarak yine C noktasında ölçülmüştür. Yüzey suyundaki ortalama klorofil-a değeri 4,75 $\mu\text{g/L}$ 25m derinlikteki ortalama değer 3,8 $\mu\text{g/L}$ bulunmuştur. Klorofil-a miktarı dikey yönde derinlik arttıkça hafif bir azalma göstermiştir.



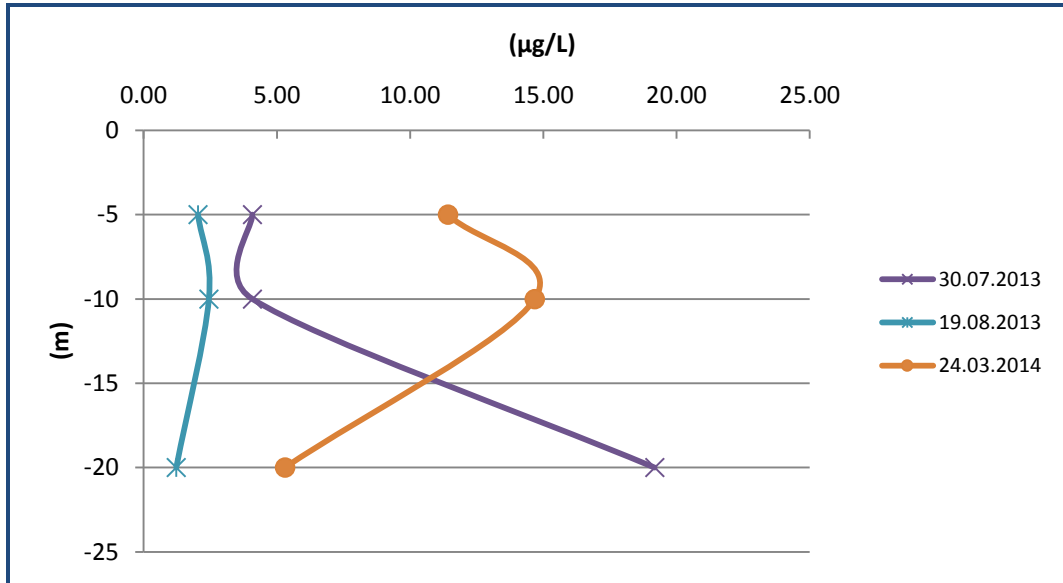
Şekil 4.37. A noktası Klorofil – a ölçüm değerleri

A noktasında Klorofil – a değerlerinin dikey yönde değişimi en çok Mart ayında farklılık göstermiştir. En yüksek yüzey ve dip konsantrasyonu Ağustos ayında gözlenirken, 10m deki konsantrasyon en yüksek Mart ayında ölçülmüştür. A noktası için Klorofil – a derinlik değişimi Şekil 4.37’de verilmiştir.



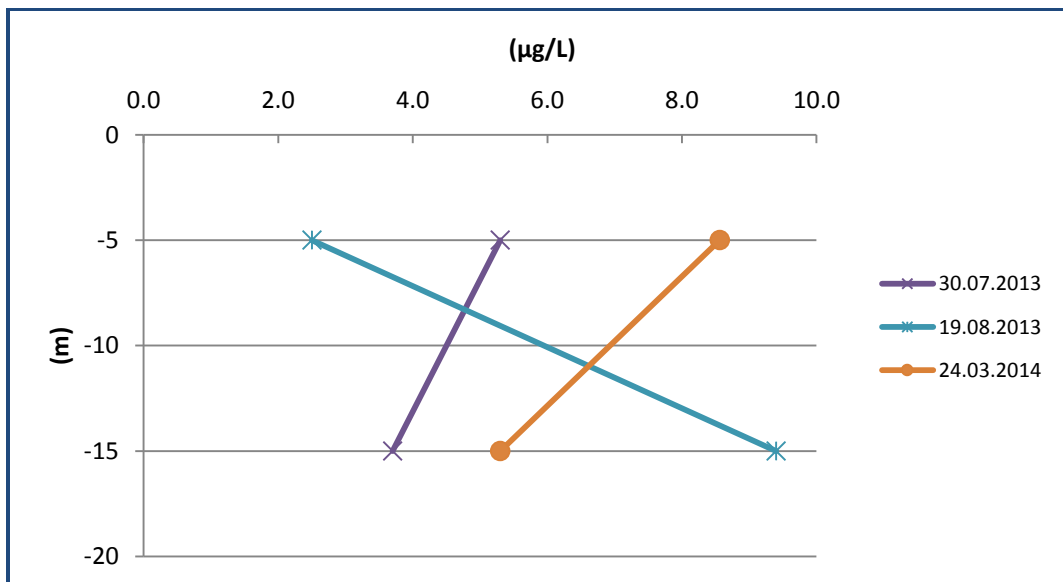
Şekil 4.38. B noktası Klorofil – a ölçüm değerleri

B noktasında yüzeyde ölçüm yapılmış ve en yüksek konsantrasyon Mart ayında ölçülmüştür. B noktası için Klorofil – a değişimi Şekil 4.38’de verilmiştir.



Şekil 4.39. C noktası Klorofil - a ölçüm değerleri

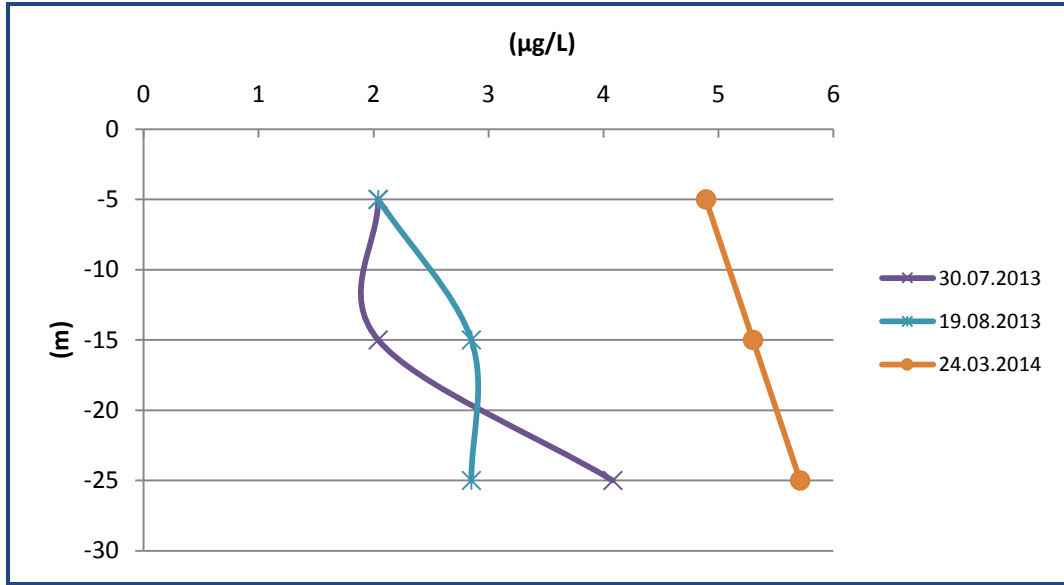
C noktasında yüzeye yakın bölgelerde en yüksek klorofil - a konsantrasyonu Mart ayında ölçülmüştür. Ağustos ayında derinliğe bağlı değişim gözlenmezken, Temmuz ayında dip bölgelere gidildikçe artış tespit edilmiştir ve bu bölgede ölçülen değer 19,18 µg/L ile , ölçüm boyunca tespit edilen en yüksek değerdir. C noktası için Klorofil - a derinlik değişimi Şekil 4.39'da verilmiştir.



Şekil 4.40. D noktası Klorofil - a ölçüm değerleri

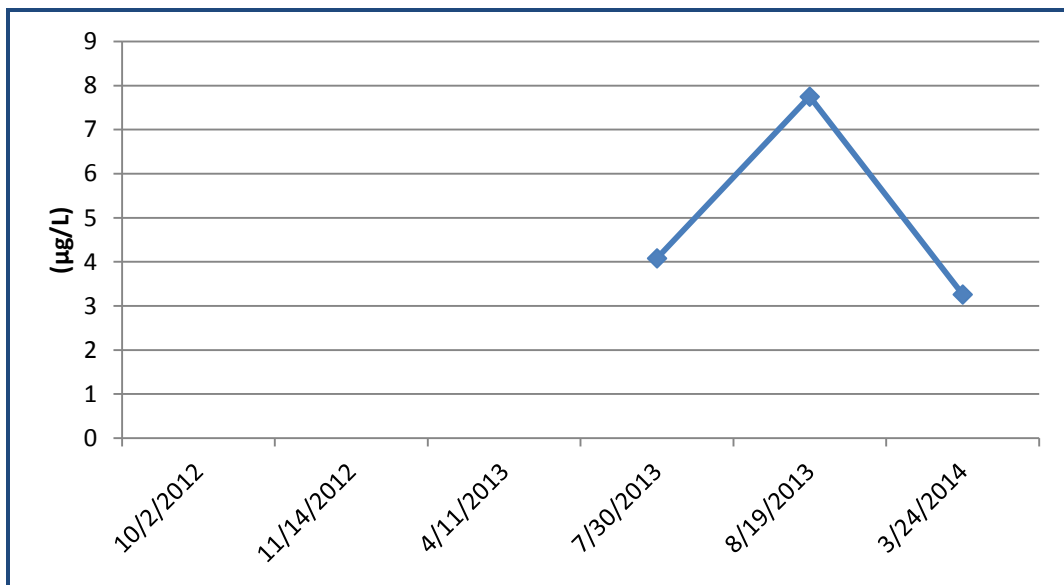
D noktasında en yüksek yüzey klorofil - a konsantrasyonu Mart ayında, en yüksek dip klorofil - a konsantrasyonu da Ağustos ayında ölçülmüştür. Derinliğe bağlı

değişim incelendiğinde, Ağustos ayında dikey yönde bir artış, Mart ve Temmuzda ise azalma gözlenmiştir. D noktası için Klorofil – a derinlik değişimi Şekil 4.40’da verilmiştir.



Şekil 4.41. E noktası Klorofil – a ölçüm değerleri

E noktasında en yüksek klorofil – a konsantrasyonları Mart ayında ölçülmüştür. dikey yönde en fazla değişim Temmuz ayında gözlenmiştir. E noktası için Klorofil – a derinlik değişimi Şekil 4.41’de verilmiştir.

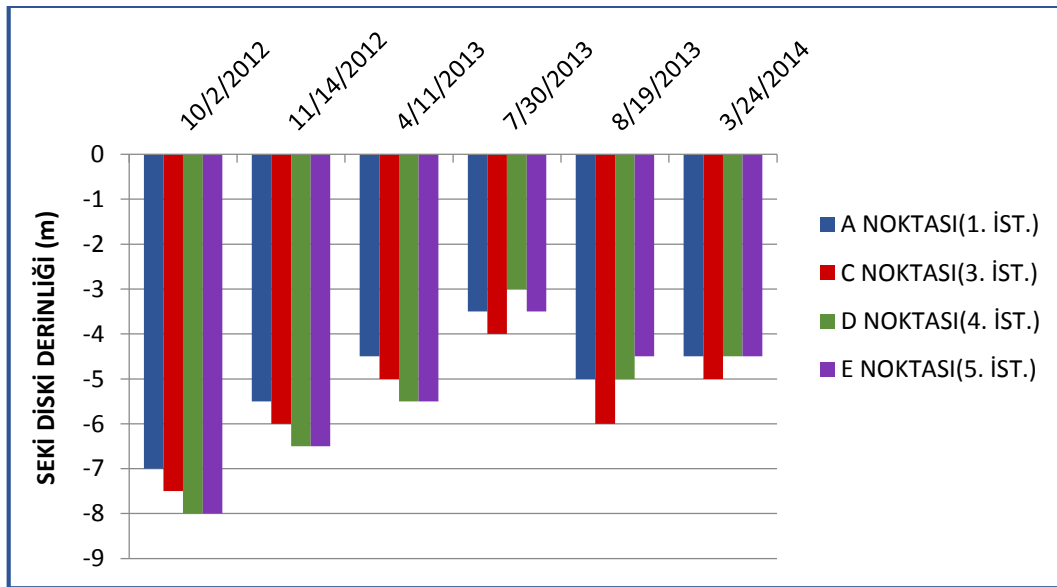


Şekil 4.42. F noktası Klorofil – a ölçüm değerleri

F noktasında tek derinlikte yapılan ölçüm sonuçlarına göre, klorofil – a değerinin en yüksek Ağustos ayında ölçüldüğü tespit edilmiştir. Su sıcaklığındaki artış ve bölgedeki alg yoğunluğu ile beraber klorofil a derişiminin de yükseldiği görülmüştür. F noktası için Klorofil – a değişimi Şekil 4.42’de verilmiştir.

4.1.8. Seki diski derinliği

Ekim 2012 – Mart 2014 tarihleri arasında yapılan ölçümlere göre, tüm noktalarda seki derinlikleri en düşük Temmuz 2013’de, en yüksek Ekim 2012’de gözlenmiştir. Yaz döneminde sıcaklık artışıyla beraber gölde üretkenliğin artışı ve yükselen alg yoğunluğu, görünürlük seviyesini düşürmüştür. Tüm noktalar için seki diski derinliği Şekil 4.43’te verilmiştir. B ve F noktalarındaki derinlik 2m olduğundan ölçüm yapılmamıştır.



Şekil 4.43. Tüm noktalarda ve tarihlerde seki diski derinliği değerleri

4.1.9. Gölün trofik durumunun tespiti

Trofik durum tespitinde kullanılan (3.2), (3.3) ve (3.4) nolu formüllerle yapılan hesaplamalar sonucunda, Sapanca Gölü’nün 6 adet örnekleme noktasındaki trofik durum tespit edilmiştir. Carlson Trofik Durum İndeksi’ne göre belirlenen trofik seviyeler Tablo 4.2’de verilmiştir.

Tablo 4.2. Sapanca Gölü'nde trofik seviyeler (Carlson,1977)

CARLSON TSI		02.10.2012	14.11.2012	11.04.2013	30.07.2013	19.08.2013	24.03.2014
SU ALMA HAVZASI (A)	TSI(TP)	ÖTROFİK	ÖTROFİK	ÖTROFİK	ÖTROFİK	ÖTROFİK	ÖTROFİK
	TSI(SD)	OLİGOTROFİK	OLİGOTROFİK	OLİGOTROFİK	MEZOTROFİK	OLİGOTROFİK	OLİGOTROFİK
	TSI(CHL)				OLİGOTROFİK	MEZOTROFİK	MEZOTROFİK
SEKA PARK (B)	TSI(TP)	ÖTROFİK	ÖTROFİK	ÖTROFİK	ÖTROFİK	ÖTROFİK	ÖTROFİK
	TSI(SD)						
	TSI(CHL)				MEZOTROFİK	OLİGOTROFİK	MEZOTROFİK
EŞME (C)	TSI(TP)	ÖTROFİK	ÖTROFİK	ÖTROFİK	ÖTROFİK	MEZOTROFİK	ÖTROFİK
	TSI(SD)	OLİGOTROFİK	OLİGOTROFİK	OLİGOTROFİK	OLİGOTROFİK	OLİGOTROFİK	OLİGOTROFİK
	TSI(CHL)				MEZOTROFİK	MEZOTROFİK	ÖTROFİK
RICHMOND (D)	TSI(TP)	ÖTROFİK	ÖTROFİK	ÖTROFİK	ÖTROFİK	MEZOTROFİK	ÖTROFİK
	TSI(SD)	OLİGOTROFİK	OLİGOTROFİK	OLİGOTROFİK	MEZOTROFİK	OLİGOTROFİK	OLİGOTROFİK
	TSI(CHL)				MEZOTROFİK	MEZOTROFİK	MEZOTROFİK
ORTA NOKTA (E)	TSI(TP)	HİPERÖTROFİK	ÖTROFİK	MEZOTROFİK	MEZOTROFİK	ÖTROFİK	HİPERÖTROFİK
	TSI(SD)	OLİGOTROFİK	OLİGOTROFİK	OLİGOTROFİK	MEZOTROFİK	OLİGOTROFİK	OLİGOTROFİK
	TSI(CHL)				OLİGOTROFİK	OLİGOTROFİK	MEZOTROFİK
KAPAK (F)	TSI(TP)	ÖTROFİK	ÖTROFİK	ÖTROFİK	OLİGOTROFİK	ÖTROFİK	ÖTROFİK
	TSI(SD)						
	TSI(CHL)				MEZOTROFİK	MEZOTROFİK	MEZOTROFİK

Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği'ne göre yapılan değerlendirmede, Carlson Trofik Durum İndeksi'nde kullanılan parametrelere ek olarak, toplam azot'a göre de değerlendirme yapılmıştır. Yapılan değerlendirme sonucunda, YSKYY'ye göre belirlenen Sapanca Gölü trofik durumu Tablo 4.3'te verilmiştir. TP, TN, Seki diski derinliği ve Klorofil-a parametrelerine göre Sapanca Gölü'ndeki trofik duruma ait CBS haritaları Şekil 4.44, 4.45, 4.46 ve 4.47'de verilmiştir. Göldeki besi maddesi oranı N/P, ölçüm yapılan tüm tarihlerde genel olarak 7'den büyük ve göldeki ortalama değer 8,92 olarak bulunduğundan dolayı, göldeki sınırlayıcı besi maddesi fosfor olarak belirlenmiştir.

Tablo 4.3. Sapanca Gölü'nde trofik seviyeler (YSKYY, 2012)

SU KALİTESİ YÖNETİMİ YÖNETMELİĞİ TSI		02.10.2012	14.11.2012	11.04.2013	30.07.2013	19.08.2013	24.03.2014
SU ALMA HAVZASI (A)	TSI(TP)	ÖTROFİK	ÖTROFİK	ÖTROFİK	MEZOTROFİK	ÖTROFİK	ÖTROFİK
	TSI(SD)	OLİGOTROFİK	OLİGOTROFİK	OLİGOTROFİK	MEZOTROFİK	OLİGOTROFİK	OLİGOTROFİK
	TSI(TN)	MEZOTROFİK	OLİGOTROFİK	MEZOTROFİK	MEZOTROFİK	MEZOTROFİK	MEZOTROFİK
	TS(CHL)				OLİGOTROFİK	MEZOTROFİK	MEZOTROFİK
SEKA PARK (B)	TSI(TP)	ÖTROFİK	ÖTROFİK	ÖTROFİK	ÖTROFİK	MEZOTROFİK	MEZOTROFİK
	TSI(SD)						
	TSI(TN)	OLİGOTROFİK	OLİGOTROFİK	OLİGOTROFİK	MEZOTROFİK	OLİGOTROFİK	ÖTROFİK
EŞME (C)	TS(CHL)				MEZOTROFİK	OLİGOTROFİK	MEZOTROFİK
	TSI(TP)	ÖTROFİK	ÖTROFİK	ÖTROFİK	HİPERÖTROFİK	MEZOTROFİK	ÖTROFİK
	TSI(SD)	OLİGOTROFİK	OLİGOTROFİK	OLİGOTROFİK	OLİGOTROFİK	OLİGOTROFİK	OLİGOTROFİK
	TSI(TN)	OLİGOTROFİK	OLİGOTROFİK	MEZOTROFİK	OLİGOTROFİK	OLİGOTROFİK	ÖTROFİK
RICHMOND (D)	TS(CHL)				ÖTROFİK	OLİGOTROFİK	ÖTROFİK
	TSI(TP)	ÖTROFİK	ÖTROFİK	ÖTROFİK	MEZOTROFİK	ÖTROFİK	ÖTROFİK
	TSI(SD)	OLİGOTROFİK	OLİGOTROFİK	OLİGOTROFİK	MEZOTROFİK	OLİGOTROFİK	OLİGOTROFİK
	TSI(TN)	ÖTROFİK	OLİGOTROFİK	OLİGOTROFİK	OLİGOTROFİK	OLİGOTROFİK	ÖTROFİK
ORTA NOKTA (E)	TS(CHL)				MEZOTROFİK	MEZOTROFİK	MEZOTROFİK
	TSI(TP)	HİPERÖTROFİK	MEZOTROFİK	MEZOTROFİK	MEZOTROFİK	MEZOTROFİK	HİPERÖTROFİK
	TSI(SD)	OLİGOTROFİK	OLİGOTROFİK	OLİGOTROFİK	MEZOTROFİK	OLİGOTROFİK	OLİGOTROFİK
	TSI(TN)	MEZOTROFİK	OLİGOTROFİK	OLİGOTROFİK	MEZOTROFİK	OLİGOTROFİK	ÖTROFİK
KAPAK (F)	TS(CHL)				OLİGOTROFİK	OLİGOTROFİK	MEZOTROFİK
	TSI(TP)	MEZOTROFİK	MEZOTROFİK	ÖTROFİK	OLİGOTROFİK	ÖTROFİK	ÖTROFİK
	TSI(SD)						
	TSI(TN)	HİPERÖTROFİK	OLİGOTROFİK	OLİGOTROFİK	ÖTROFİK	MEZOTROFİK	MEZOTROFİK
	TS(CHL)				MEZOTROFİK	MEZOTROFİK	MEZOTROFİK

Carlson'a ve YSKYY'ye göre belirlenen göldeki genel trofik durumun özetlenmiş hali Tablo 4.4'te gösterilmiştir. Her iki indekse göre göldeki trofik durumun aynı olduğu gözlenmiştir.

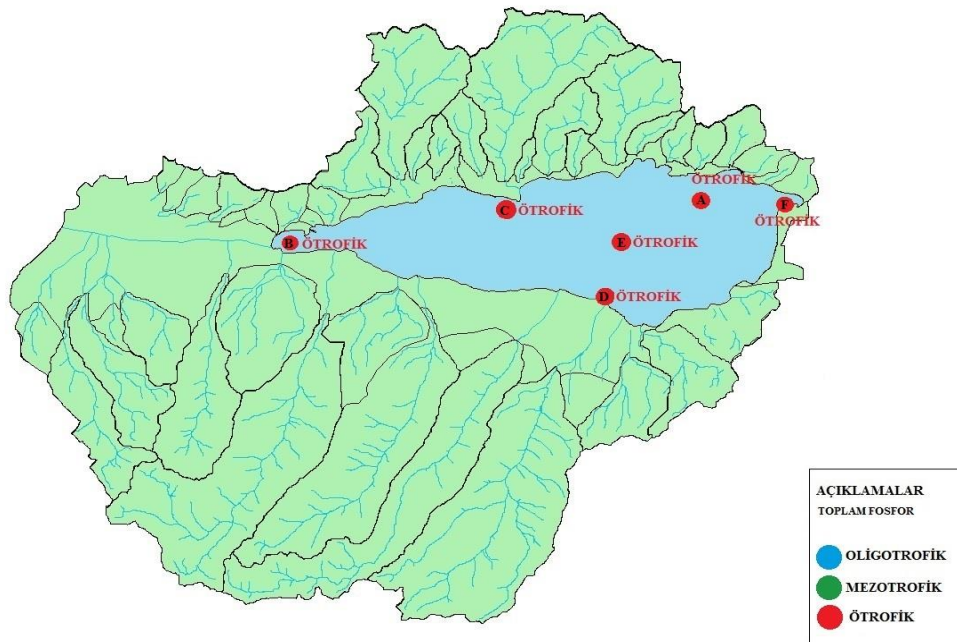
Tablo 4.4. Sapanca Gölü'nde parametrelere göre genel trofik durum (YSKYY, 2012)

YSKYY			
ORT. TP (µg/L)	ORT. Klorofil - a (µg/L)	ORT. SDD (m)	ORT. TN (µg/L)
54,7	5,17	5	528
ÖTROFİK	MEZOTROFİK	OLİGOTROFİK	MEZOTROFİK

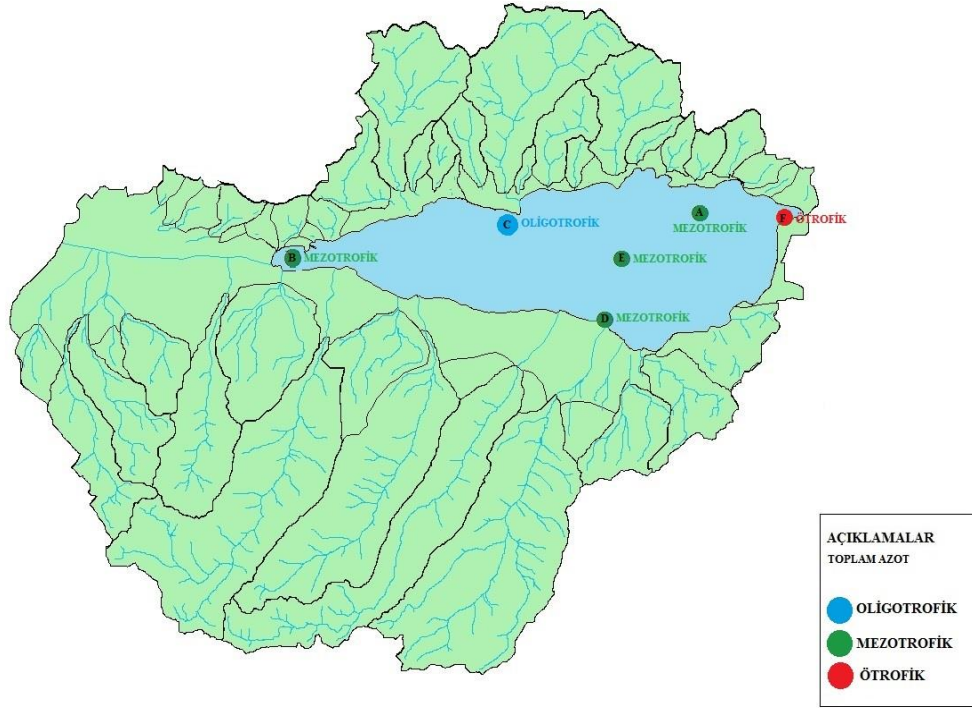
CARLSON		
TSI(TP)	TSI(Klorofil - a)	TSI(SDD)
60,65	46,71	36,8
ÖTROFİK	MEZOTROFİK	OLİGOTROFİK

Tablo 4.5. Sapanca Gölü'nde N/P oranları

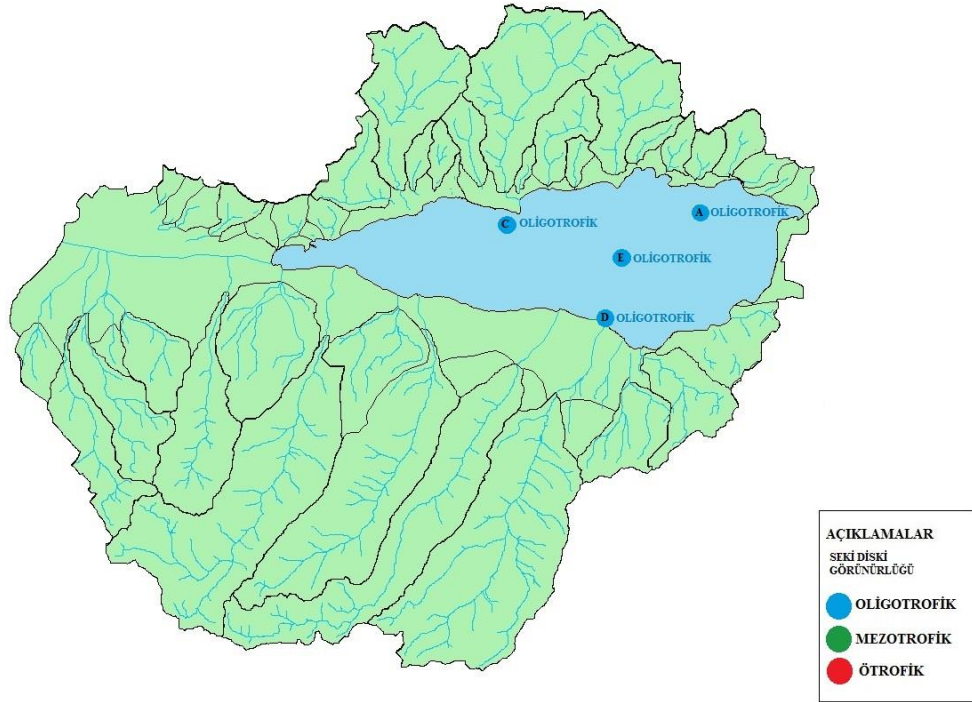
	02.10.2012	14.11.2012	11.04.2013	30.07.2013	19.08.2013	24.03.2014
N/P	14,74	3,40	5,74	11,15	8,58	9,89



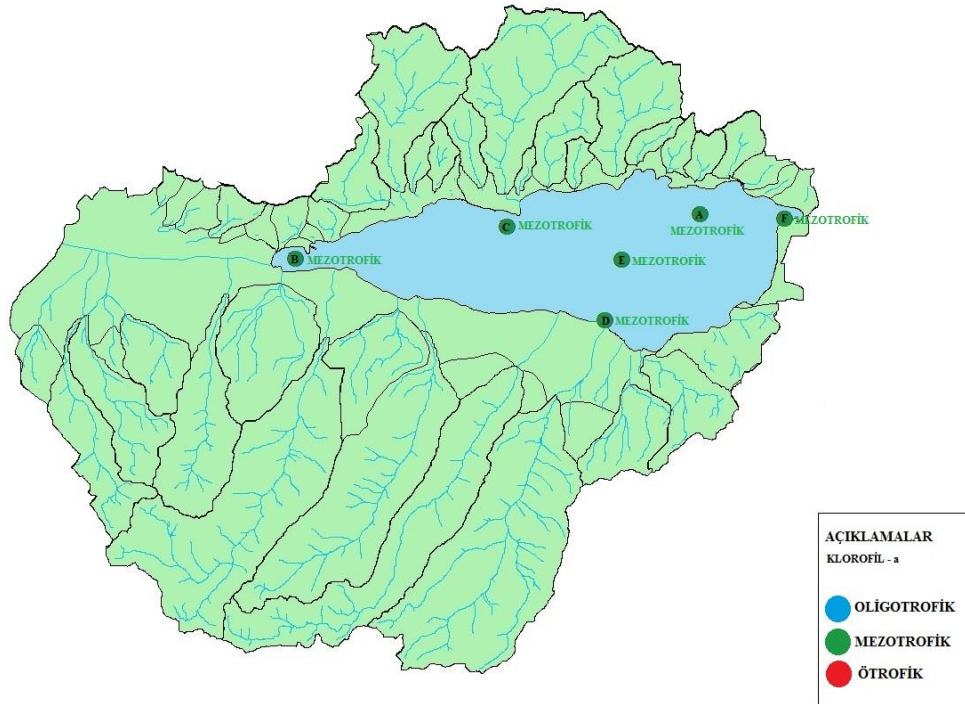
Şekil 4.44. TP parametresine göre göldeki trofik durum



Şekil 4.45. TN parametresine göre göldeki trofik durum



Şekil 4.46. Seki Diski Görünürlüğü parametresine göre göldeki trofik durum



Şekil 4.47. Klorofil – a parametresine göre göldeki trofik durum

4.2. Derelerde Su Kalitesi İzleme

Sapanca Gölü'nü besleyen yan derelerin su kalitesinin tespiti için Kasım 2012 – Mart 2014 tarihleri arasında, Harmanlı Deresi, Maden Deresi, Kurudere, Değirmendere, Balıkhane Deresi, Kasabasın Deresi, Yanık Deresi, Kurtköy Deresi, Mahmudiye Deresi, İstanbuldere, Keçi Deresi ve Sarp Deresi'nde, belirlenen aralıklarla saha ölçümleri ve su numunesi alımı gerçekleştirilmiştir. Yağışın olmadığı dönemlerde bazı dereler kurumuş olduğundan, debi ölçümü sadece gözlemlenen tarihlerde alınabilmektedir. Gölü besleyen derelerde ölçümü yapılan sıcaklık, pH, çözünmüş oksijen, TN, NH₃-N, NO₃-N, NO₂-N, TP ve PO₄-P parametrelerine ait hesaplanan minimum, maksimum, ortalama ve standart sapma değerleri Tablo 4.5 ve 4.6'da verilmiştir.

Tablo 4.6. Derelerde ölçülen parametrelere ait istatistiksel değerler

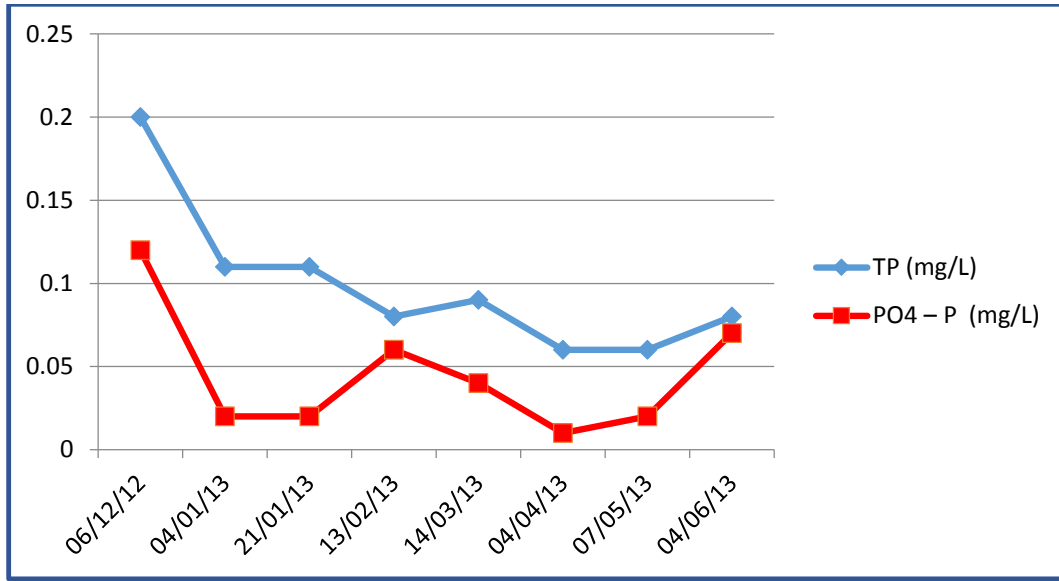
	HARMANLI				MADEN				KURUDERE				DEĞİRMENDERE			
	Min	Max	Average	Std. Dev	Min	Max	Average	Std. Dev	Min	Max	Average	Std. Dev	Min	Max	Average	Std. Dev
T (°C)	9,30	15,70	12,05	2,16	7,00	13,20	10,04	2,15	8,30	14,00	11,53	2,39	7,70	18,30	11,49	3,35
pH	7,64	8,04	7,77	0,13	7,50	8,23	7,95	0,23	8,23	8,31	8,27	0,03	7,22	8,33	8,05	0,34
DO (mg/L)	8,80	12,60	11,06	1,24	9,50	12,50	10,94	1,06	8,80	11,50	10,30	1,12	8,10	12,00	10,56	1,38
TOT. N (mg/L)	3,70	7,00	5,31	1,03	0,40	2,10	0,89	0,58	0,50	1,00	0,80	0,22	0,70	3,10	1,66	0,71
NH ₄ - N (mg/L)	0,03	0,19	0,09	0,05	0,02	0,86	0,22	0,25	0,05	0,10	0,07	0,02	0,01	0,11	0,06	0,03
NO ₃ - N (mg/L)	1,96	3,00	2,76	0,42	0,05	0,97	0,38	0,27	0,40	0,76	0,57	0,15	0,40	1,53	1,06	0,37
NO ₂ - N (mg/L)	0,02	0,05	0,03	0,01	0,01	0,27	0,07	0,07	0,02	0,04	0,03	0,01	0,01	0,14	0,04	0,04
TOT. P (mg/L)	0,06	0,20	0,10	0,04	0,10	0,90	0,30	0,25	0,04	0,06	0,05	0,01	0,02	0,17	0,09	0,05
PO ₄ - P (mg/L)	0,01	0,12	0,05	0,03	0,00	0,70	0,22	0,21	0,01	0,04	0,03	0,01	0,01	0,14	0,06	0,04

	BALIKHANE				KASABASIN				YANIK				KARAÇAY			
	Min	Max	Average	Std. Dev	Min	Max	Average	Std. Dev	Min	Max	Average	Std. Dev	Min	Max	Average	Std. Dev
T (°C)	8,00	22,00	12,59	4,27	9,10	19,10	13,21	2,78	7,80	20,10	12,30	4,08	7,80	23,10	13,22	5,10
pH	7,18	7,61	7,38	0,13	7,56	7,98	7,78	0,12	7,57	8,21	7,92	0,19	7,65	8,36	7,94	0,18
DO (mg/L)	1,50	10,30	7,08	2,41	6,80	10,50	8,84	1,38	7,80	12,00	9,93	1,46	7,70	12,70	9,69	1,65
TOT. N (mg/L)	0,40	3,50	1,17	0,70	0,40	1,70	1,21	0,36	0,10	1,00	0,50	0,24	0,30	2,05	0,78	0,44
NH ₄ - N (mg/L)	0,07	2,34	0,35	0,59	0,01	0,82	0,16	0,24	0,01	0,29	0,08	0,08	0,02	0,33	0,10	0,07
NO ₃ - N (mg/L)	0,04	1,19	0,51	0,30	0,02	1,40	0,78	0,35	0,01	0,37	0,23	0,09	0,02	0,53	0,30	0,14
NO ₂ - N (mg/L)	0,01	0,15	0,04	0,03	0,01	0,10	0,05	0,03	0,01	0,10	0,03	0,03	0,01	0,11	0,05	0,03
TOT. P (mg/L)	0,07	0,19	0,10	0,03	0,06	0,21	0,11	0,05	0,03	0,38	0,11	0,09	0,06	0,62	0,20	0,16
PO ₄ - P (mg/L)	0,03	0,13	0,06	0,03	0,01	0,19	0,07	0,04	0,00	0,25	0,05	0,06	0,04	0,41	0,14	0,13

Tablo 4.7. Derelerde ölçülen parametrelere ait istatistiksel değerler (devamı)

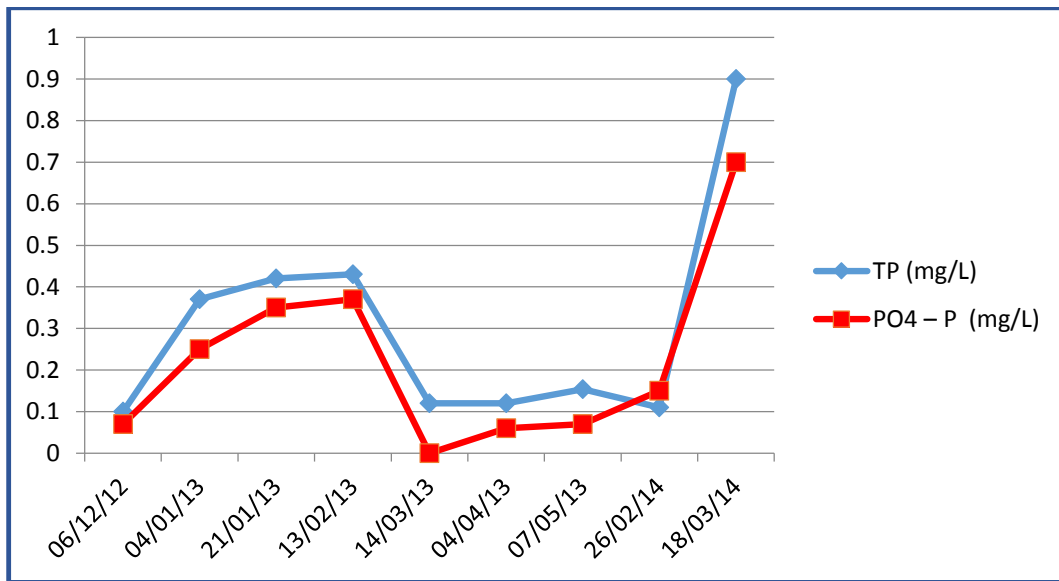
	MAHMUDIYE				İSTANBUL				KEÇİ				SARP			
	Min	Max	Average	Std. Dev	Min	Max	Average	Std. Dev	Min	Max	Average	Std. Dev	Min	Max	Average	Std. Dev
T (°C)	7,70	22,50	12,63	4,37	6,90	19,00	11,73	3,28	9,50	24,10	14,08	4,19	8,10	23,20	13,27	3,86
pH	7,75	8,43	8,10	0,19	7,92	8,41	8,13	0,12	7,75	8,21	8,04	0,14	7,96	8,43	8,21	0,15
DO (mg/L)	7,60	12,30	9,87	1,67	7,10	13,80	10,03	1,91	2,90	10,60	7,98	2,17	4,70	11,20	8,33	2,05
TOT. N (mg/L)	0,10	1,60	0,75	0,55	0,12	1,90	0,79	0,57	0,70	5,50	2,40	1,57	1,60	4,30	3,03	0,83
NH ₄ - N (mg/L)	0,01	0,49	0,12	0,14	0,02	0,54	0,10	0,14	0,05	3,50	0,85	1,29	0,18	2,22	1,06	0,71
NO ₃ - N (mg/L)	0,02	0,75	0,22	0,21	0,01	0,34	0,22	0,09	0,12	2,26	0,78	0,61	0,04	2,52	1,16	0,63
NO ₂ - N (mg/L)	0,01	0,20	0,07	0,06	0,01	0,07	0,03	0,02	0,02	0,80	0,17	0,23	0,04	0,90	0,21	0,23
TOT. P (mg/L)	0,04	1,10	0,24	0,34	0,02	0,10	0,06	0,03	0,09	1,77	0,41	0,51	0,19	0,65	0,35	0,17
PO ₄ - P (mg/L)	0,01	0,15	0,05	0,04	0,01	0,08	0,03	0,02	0,06	1,48	0,33	0,43	0,15	0,52	0,27	0,12

4.2.1. Toplam fosfor – ortofosfat



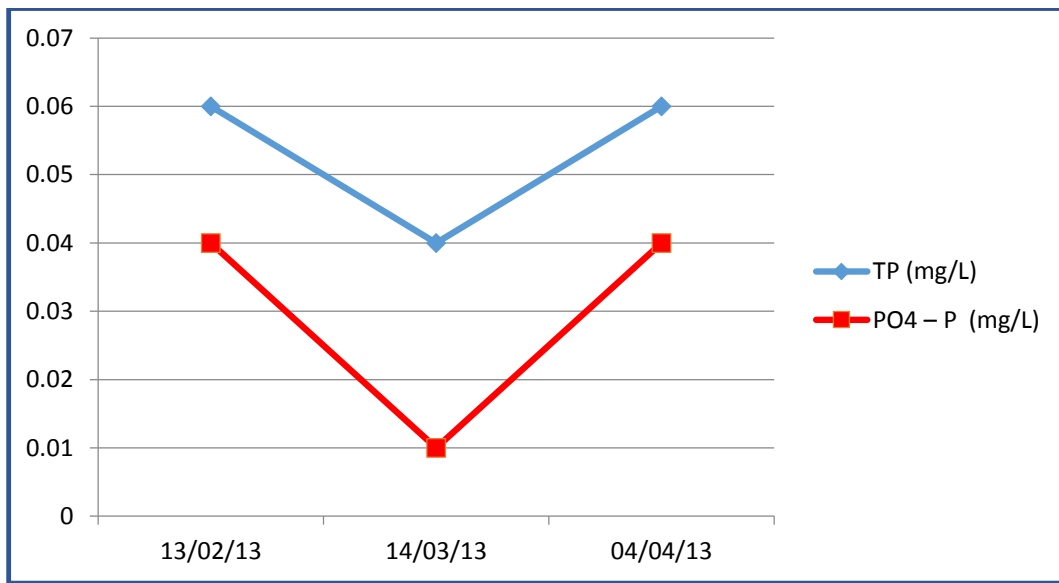
Şekil 4.48. Harmanlı Deresi toplam fosfor – ortofosfat değişimi

Harmanlı Deresi'nde ölçüm yapılan tarihlerde TP ve PO₄ – P değerlerinin birbirine paralel değişim gösterdiği gözlenmiştir. Her iki parametrede de en yüksek değerler Aralık ayında tespit edilmiştir. Harmanlı Deresi'ne ait TP – PO₄-P değişim grafiği Şekil 4.48'de verilmiştir. Harmanlı Deresi'nin TP açısından su kalitesi II. Sınıf olarak bulunmuştur.



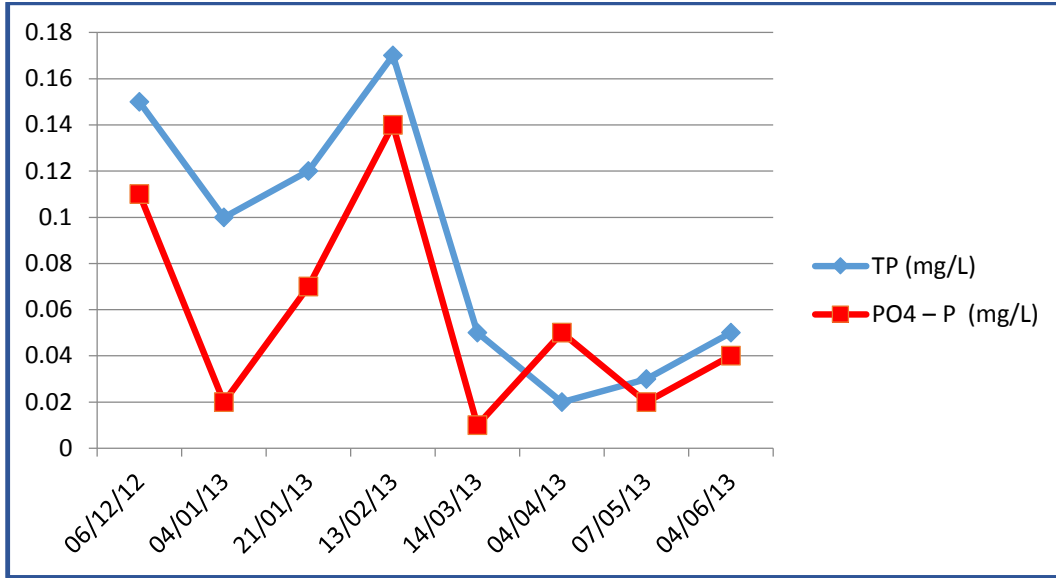
Şekil 4.49. Maden Deresi toplam fosfor – ortofosfat değişimi

Maden Deresi'nde ölçüm yapılan tarihlerde TP ve PO₄ – P değerlerinin birbirine paralel değişim gösterdiği gözlenmiştir. Her iki parametrede de ölçülen en yüksek değerler Mart ayında kaydedilmiştir. Maden Deresi'ne ait TP – PO₄-P değişim grafiği Şekil 4.49'da verilmiştir. Maden Deresinin TP açısından su kalitesi III. Sınıf olarak bulunmuştur.



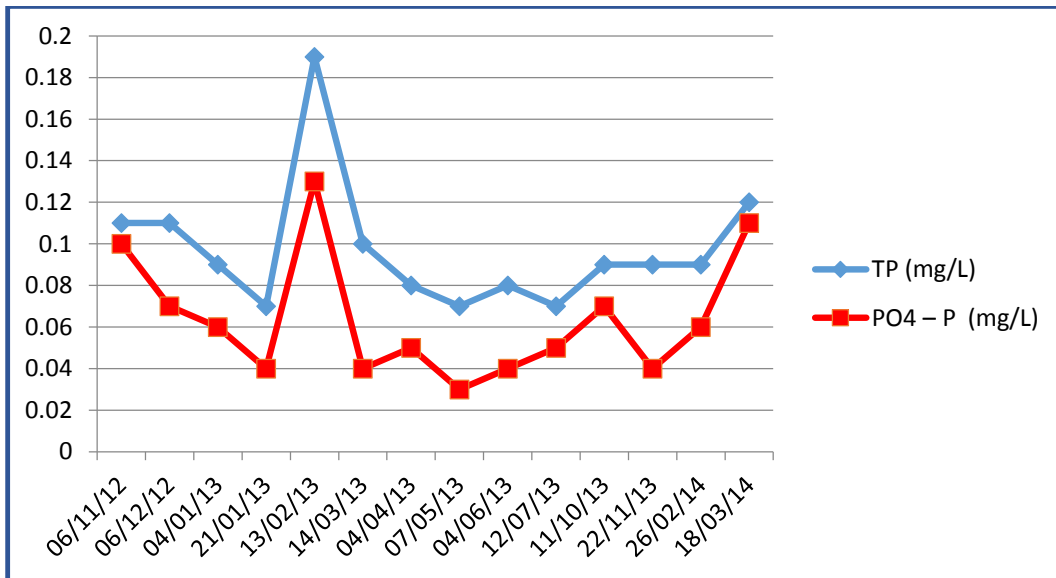
Şekil 4.50. Kurudere toplam fosfor – ortofosfat değişimi

Kurudere'de ölçüm yapılan tarihlerde TP ve PO₄ – P konsantrasyonlarının aynı dönemde azaldığı ve aynı dönemde arttığı gözlenmiştir. Her iki parametrede de en yüksek değerler Şubat ve Nisan aylarında tespit edilmiştir. TP için 0,06 mg/L olan maks. değer, PO₄ - P için 0,04 mg/L olarak ölçülmüştür. Kurudere'ye ait TP – PO₄-P değişim grafiği Şekil 4.50'de verilmiştir. Kurudere'nin TP açısından su kalitesi II. Sınıf olarak bulunmuştur.



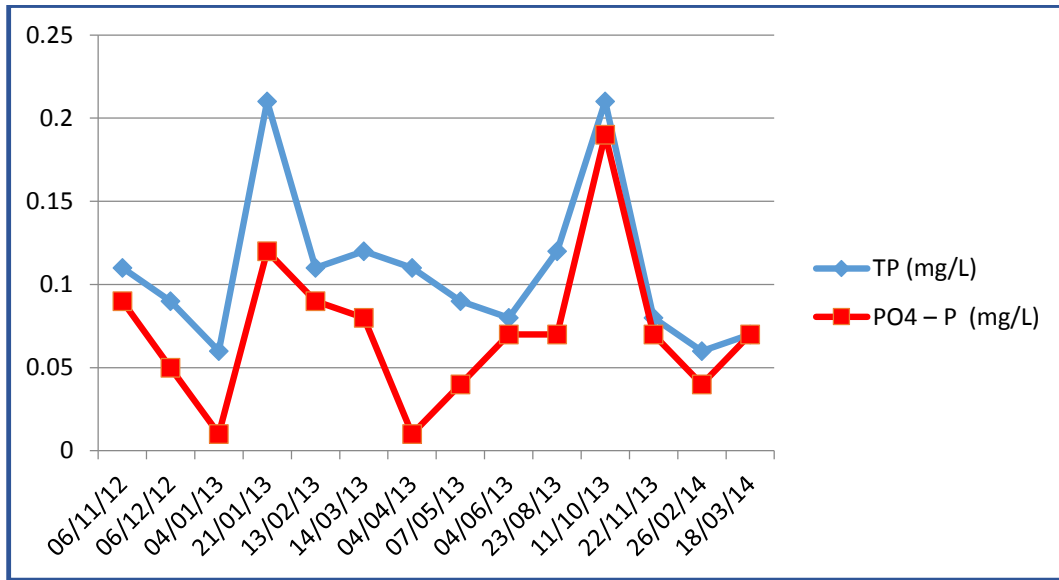
Şekil 4.51. Değirmendere toplam fosfor – ortofosfat değişimi

Değirmendere’de ölçüm yapılan tarihlerde TP ve PO₄ – P değerlerinin birbirine paralel değişim gösterdiği gözlenmiştir. Bu parametrelerde de en yüksek değerler Şubat ayında TP için 0,17 mg/L, PO₄ – P için 0,14 mg/L olarak tespit edilmiştir. Bahardan yaza geçiş döneminde konsantrasyonlar artma eğilimi göstermektedir. Değirmendere’ye ait TP – PO₄-P değişim grafiği Şekil 4.51’de verilmiştir. Değirmendere’nin TP açısından su kalitesi II. Sınıf olarak belirlenmiştir.



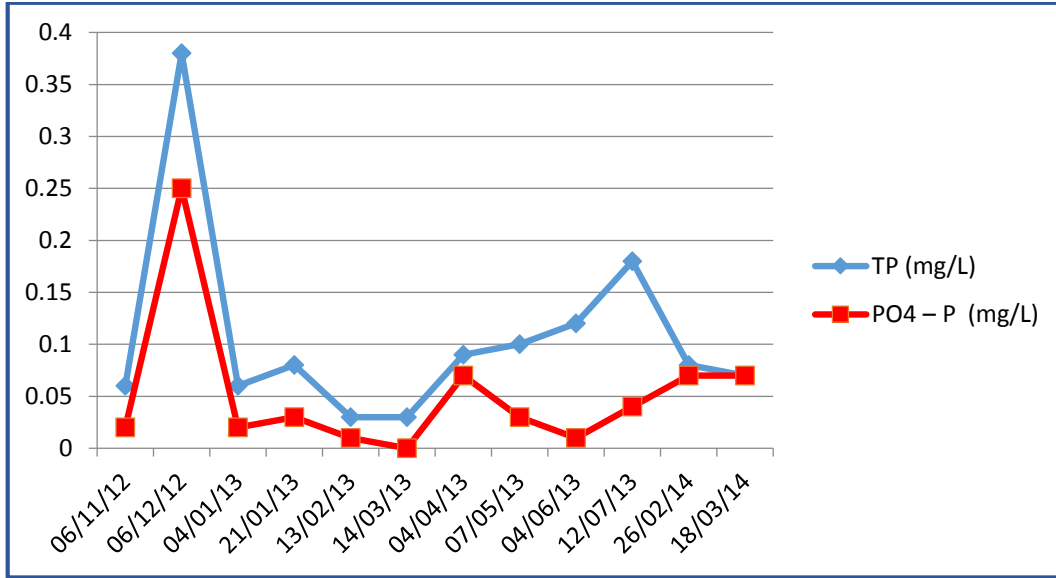
Şekil 4.52. Balıkhane Deresi toplam fosfor – ortofosfat değişimi

Balıkhane Deresi'nde ölçüm yapılan tarihlerde TP ve PO₄ – P değerlerinin birbirine paralel değişim gösterdiği gözlenmiştir. Parametrelerde en yüksek değerler Şubat ayında ölçülmüştür. En yüksek TP değeri 0,12 mg/L, en yüksek PO₄ - P değeri 0,11 mg/L olarak ölçülmüştür. Balıkhane Deresi'ne ait TP – PO₄-P değişim grafiği Şekil 4.52'de verilmiştir. Balıkhane Deresi'nin TP açısından su kalitesi II. Sınıf olarak bulunmuştur.



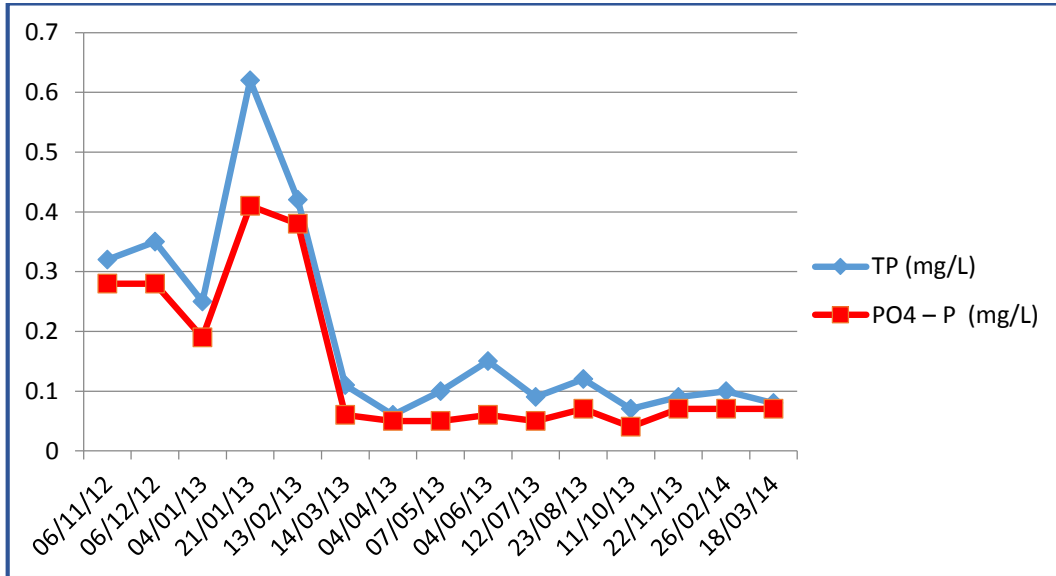
Şekil 4.53. Kasabasin Deresi toplam fosfor – ortofosfat değişimi

Kasabasin Deresi'nde ölçüm yapılan tarihlerde TP ve PO₄ – P değerlerinin genel olarak birbirine benzer yönde değişim gösterdiği gözlenmiştir. Her iki parametrede de en yüksek değerler Kasım ayında kaydedilmiştir. Ocak ayında da değerler yüksek seyretmiştir. En yüksek TP değeri 0,21 mg/L, en yüksek PO₄ – P değeri 0,19 mg/L olarak ölçülmüştür. Kasabasin Deresi'ne ait TP – PO₄-P değişim grafiği Şekil 4.53'te verilmiştir. Kasabasin Deresi'nin TP açısından su kalitesi III. Sınıf olarak belirlenmiştir.



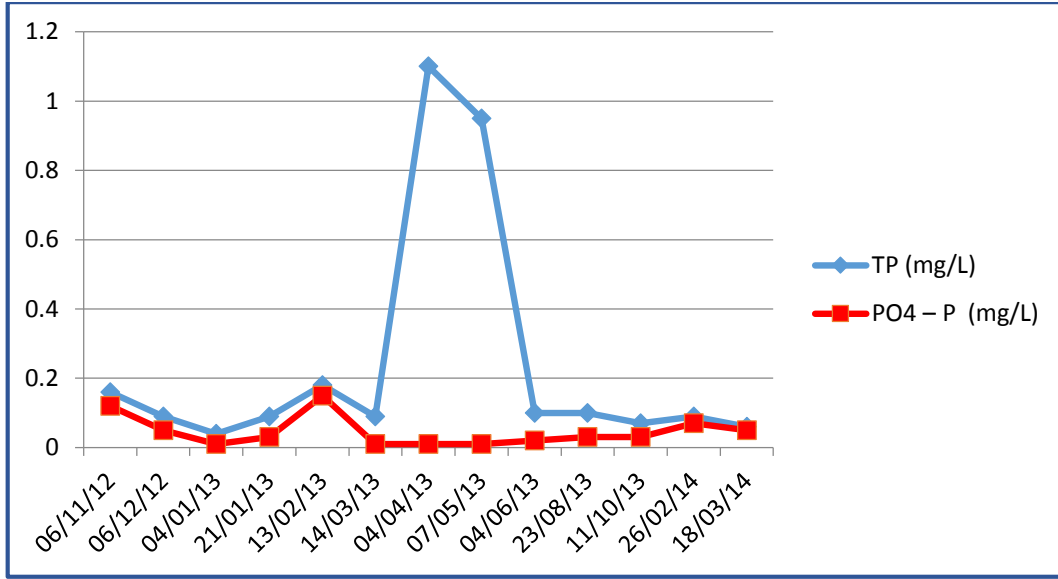
Şekil 4.54. Yanık Deresi toplam fosfor – ortofosfat değişimi

Yanık Deresi'nde ölçüm yapılan tarihlerde TP ve PO₄ – P değerlerinin birbirine paralel değişim gösterdiği saptanmıştır. Her iki parametrede de en yüksek değerler Aralık ayında TP için 0,38 mg/L, PO₄ – P için 0,25 mg/L olarak tespit edilmiştir. Yanık Deresi'ne ait TP – PO₄-P değişim grafiği Şekil 4.54'te verilmiştir. Yanık Deresi'nin TP açısından su kalitesi III. Sınıf olarak saptanmıştır.



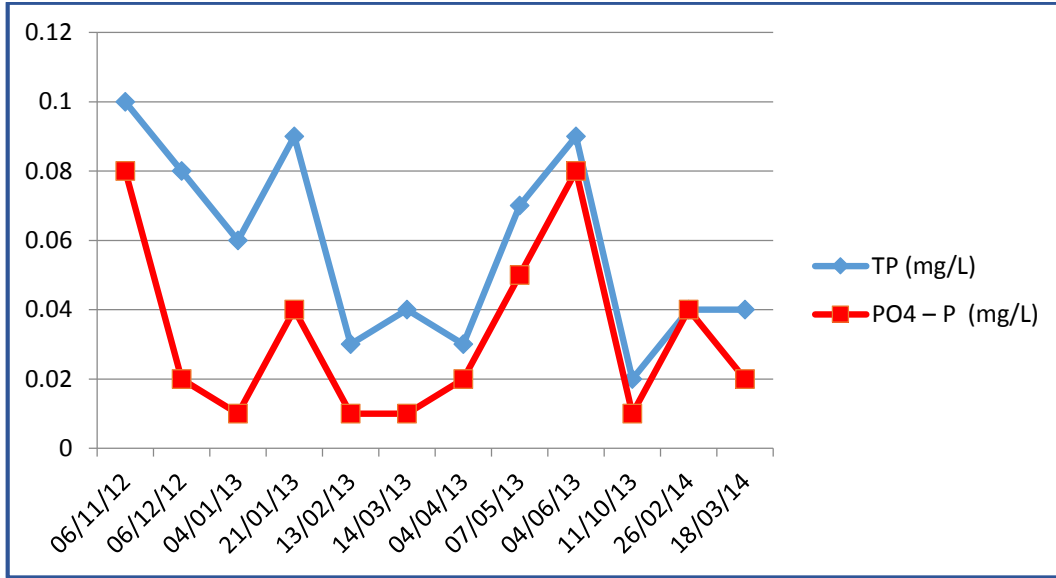
Şekil 4.55. Karaçay Deresi toplam fosfor – ortofosfat değişimi

Karaçay Deresi'nde ölçüm yapılan tarihlerde TP ve PO₄ – P değerlerinin birbirine benzer bir değişim grafiği çizdiği belirlenmiştir. Her iki parametrede de en yüksek değerler Şubat ayında tespit edilmiştir. TP için ölçülen maks. değer 0,35 mg/L, PO₄ – P için 0,28 mg/L'dir. Karaçay Deresi'ne ait TP – PO₄-P değişim grafiği Şekil 4.55'te verilmiştir. Karaçay Deresi'nin TP açısından su kalitesi III. Sınıf olarak bulunmuştur.



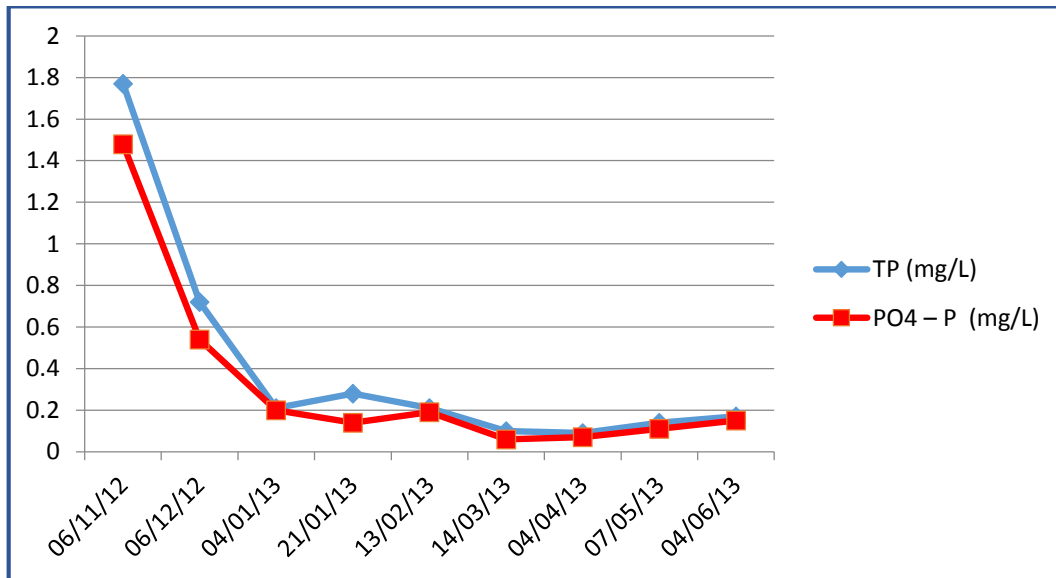
Şekil 4.56. Mahmudive Deresi toplam fosfor – ortofosfat değişimi

Mahmudive Deresi'nde ölçüm yapılan tarihlerde TP ve PO₄ – P değerlerinin genel olarak birbirine paralel değişim gösterdiği belirlenmiştir. Ancak Nisan ayında TP değeri en yüksek değer olan 1,1 mg/L'ye ulaşmıştır. Bu tarihte dereye evsel ya da tarımsal bir girdi olduğu düşünülmektedir. Mahmudive Deresi'ne ait TP – PO₄-P değişim grafiği Şekil 4.56'de verilmiştir. Mahmudive Deresi'nin TP açısından su kalitesi IV. Sınıf olarak belirlenmiştir.



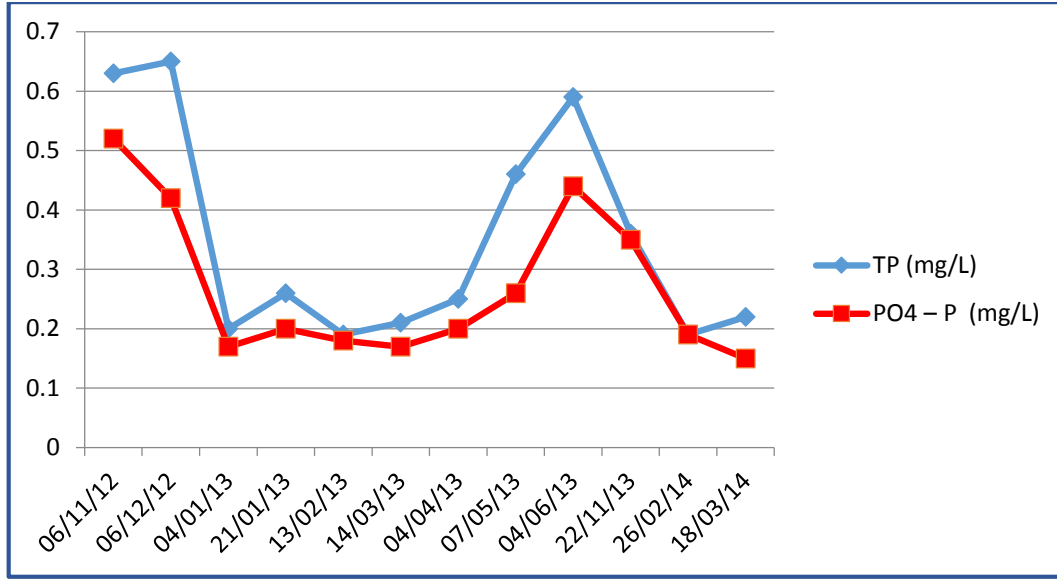
Şekil 4.57. İstanbuldere toplam fosfor – ortofosfat değişimi

İstanbuldere’de ölçüm yapılan tarihlerde TP ve PO₄ – P değerlerinin genelde birbirine paralel değişim gösterdiği saptanmıştır. Her iki parametrede de en yüksek değerler Kasım ayında kaydedilmiştir. Maks. TP değeri 1 mg/L, maks. PO₄ – P değeri de 0,08 mg/L olarak ölçülmüştür. İstanbuldere’ye ait TP – PO₄-P değişim grafiği Şekil 4.57’de verilmiştir. İstanbul Deresi’nin TP açısından su kalitesi II. Sınıf olarak bulunmuştur.



Şekil 4.58. Keçi Deresi toplam fosfor – ortofosfat değişimi

Keçi Deresi'nde ölçümü elde edilen tarihlerde TP ve PO₄ – P değerlerinin birbirine paralel bir geçiş gösterdiği belirlenmiştir. Parametrelerde en yüksek değerler Kasım ayında TP için 1,77mg/L, PO₄ – P için 1,48 mg/L olarak kaydedilmiştir. Keçi Deresi'ne ait TP – PO₄-P değişim grafiği Şekil 4.58'de verilmiştir. Keçi Deresi'nin TP açısından su kalite sınıfı III. Sınıf olarak bulunmuştur.



Şekil 4.59. Sarp Deresi toplam fosfor – ortofosfat değişimi

Sarp Deresi'nde ölçüm yapılan tarihlerde TP ve PO₄ – P değerlerinin birbirine paralel değişim gösterdiği gözlenmiştir. Parametrelerde en yüksek değerler Aralık ayında kaydedilmiş olup, maks. değerler TP için 0,65 mg/L, PO₄ – P için 0,52 mg/L olarak ölçülmüştür. Sarp Deresi'ne ait TP – PO₄-P değişim grafiği Şekil 4.59'da verilmiştir. Sarp Deresi'nin TP açısından su kalite sınıfı IV. Sınıf olarak bulunmuştur.

4.3. Derelerde Su Kalitesi Sınıflarının Belirlenmesi Ve Değerlendirilmesi

Sapanca Gölü Havzası'ndaki 12 adet yan dere için belirlenen genel şartlar, oksijenlendirme parametreleri ve nutrient parametrelerine göre su kalite sınıfları Tablo 4.7'de verilmiştir.

Tablo 4.8. Derelerde su kalitesi sınıfları

DERELER	HARMANLI	MADEN	KURUDERE	DEĞİRMENDERE	KEÇİ
Genel Şartlar					
Sıcaklık (oC)	I	I	I	I	I
pH	I	I	I	I	I
İletkenlik (µS/cm)	II	I	II	II	I
SU KALİTE SINIFI	II	I	II	II	I
(A) Oksijenlendirme Parametreleri					
Çözünmüş oksijen (mg O ₂ /L)	I	I	I	I	II
Oksijen doygunluğu (%)	I	I	I	I	II
SU KALİTE SINIFI	I	I	I	I	II
(B) Nutrient (Besin Elementleri) Parametreleri					
Amonyum azotu (mg NH ₄ ⁺ - N / L)	I	II	I	II	III
Nitrit azotu (mg NO ₂ ⁻ - N / L)	I	II	I	I	I
Nitrat azotu (mg NO ₃ ⁻ - N / L)	III	IV	III	III	IV
Toplam fosfor (mg P / L)	II	III	II	II	III
SU KALİTE SINIFI	III	IV	III	III	IV

DERELER	KARAÇAY			MAHMUDIYE			İSTANBUL			SARP		
	Hazen	Weibull	Log %95	Hazen	Weibull	Log %95	Hazen	Weibull	Log %95	Hazen	Weibull	Log %95
Genel Şartlar												
Sıcaklık (oC)	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
pH	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
İletkenlik (µS/cm)	I	I	I	I	I	II	I	I	I	II	II	II
SU KALİTE SINIFI	I			II			I			II		
(A) Oksijenlendirme Parametreleri												
Çözünmüş oksijen (mg O ₂ /L)	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Oksijen doygunluğu (%)	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
SU KALİTE SINIFI	I			I			I			I		
(B) Nutrient (Besin Elementleri) Parametreleri												
Amonyum azotu (mg NH ₄ ⁺ - N / L)	II	I	II	II	II	II	II	II	II	IV	IV	IV
Nitrit azotu (mg NO ₂ ⁻ - N / L)	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	II
Nitrat azotu (mg NO ₃ ⁻ - N / L)	IV	IV	I	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV
Toplam fosfor (mg P / L)	III	III	III	IV	IV	IV	II	II	II	III	III	IV
SU KALİTE SINIFI	IV			IV			IV			IV		

DERELER	BALIKHANE			KASABASIN			YANIK		
	Hazen	Weibull	Log %95	Hazen	Weibull	Log %95	Hazen	Weibull	Log %95
Genel Şartlar									
Sıcaklık (oC)	I	I	I	I	I	I	I	I	I
pH	I	I	I	I	I	I	I	I	I
İletkenlik (µS/cm)	II	II	II	II	II	II	II	I	II
SU KALİTE SINIFI	II			II			II		
(A) Oksijenlendirme Parametreleri									
Çözünmüş oksijen (mg O ₂ /L)	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Oksijen doygunluğu (%)	I	I	I	I	I	I	I	I	I
SU KALİTE SINIFI	I			I			I		
(B) Nutrient (Besin Elementleri) Parametreleri									
Amonyum azotu (mg NH ₄ ⁺ - N / L)	III	III	II	II	II	II	I	I	I
Nitrit azotu (mg NO ₂ ⁻ - N / L)	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Nitrat azotu (mg NO ₃ ⁻ - N / L)	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV
Toplam fosfor (mg P / L)	III	II	II	III	III	III	III	III	III
SU KALİTE SINIFI	IV			IV			IV		

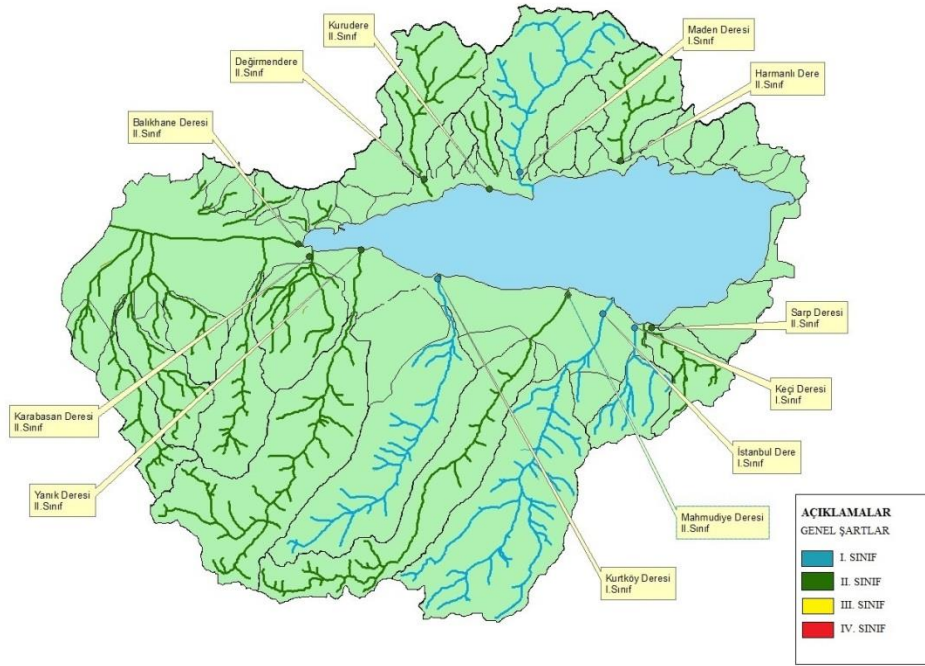
YSKYY'ye göre, numune sayısı 10'dan fazla olan derelerin kalite sınıfını belirlemek için YSKYY EK-2 Tablo 2: İstatistiksel Veri Değerlendirme Formülleri tablosunda yer alan yöntemler kullanılmıştır. Numune sayısı 10'dan az olan derelerin kalite sınıfını belirlemek için Aritmetik Ortalama yöntemi kullanılmıştır.

Yapılan değerlendirmelere göre; genel şartlar parametreleri bakımından Maden Deresi, Keçi Deresi, İstanbuldere ve Karaçay(Kurtköy) Deresi'nin I. sınıf su kalitesine sahip olduğu ; Harmanlı Deresi, Kurudere, Derğirmendere, Mahmudiye Deresi, Sarp Deresi, Balıkhane Deresi, Kasabasın Deresi ve Yanık Deresi'nin II. sınıf su kalitesine sahip olduğu belirlenmiştir.

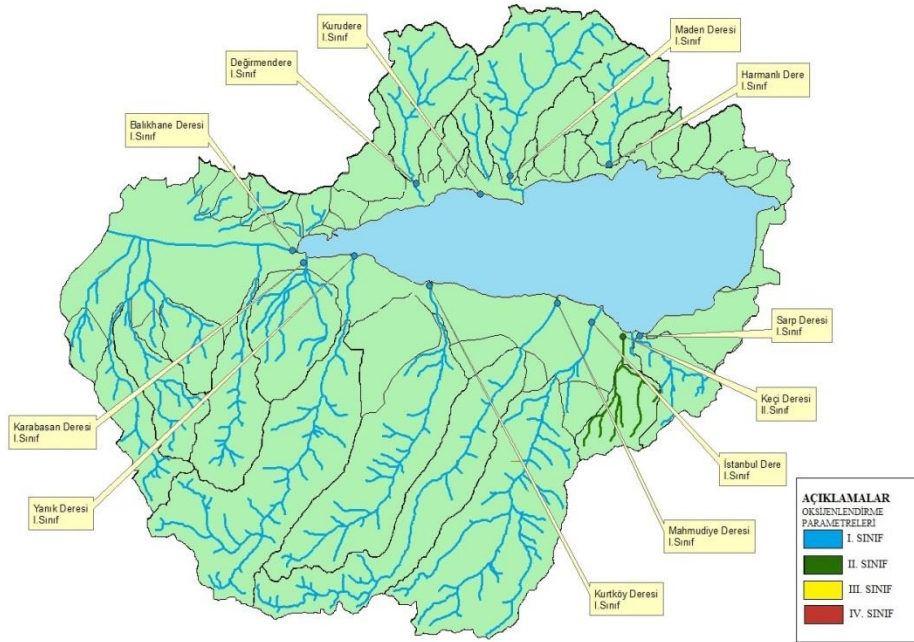
Oksijenlendirme parametreleri bakımından sadece Keçi Deresi'nin II. sınıf su kalitesine sahip olduğu, diğer tüm derelerin I. sınıf su kalitesine sahip olduğu tespit edilmiştir.

Nurient parametreleri bakımından Harmanlı Deresi, Kurudere ve Derğirmendere'nin III. sınıf su kalitesine sahip olduğu, Mahmudiye Deresi, Sarp Deresi, Balıkhane Deresi, Kasabasın Deresi, Yanık Deresi, Maden Deresi, Keçi Deresi, İstanbuldere ve Karaçay(Kurtköy) Deresi'nin IV. sınıf su kalitesine sahip olduğu belirlenmiştir.

Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği EK-5 Tablo 5: Kıtaıçi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri tablosunda yer alan genel şart parametreleri, oksijenlendirme parametreleri ve nutrient parametrelerine göre yan dereler için belirlenen su kalite sınıfları Şekil 4.60, 4.61, 4.62'de Coğrafi Bilgi Sistemi kullanılarak oluşturulan haritalar üzerinde gösterilmektedir.



Şekil 4.130 Genel şartlara göre derelerin su kalite sınıfları

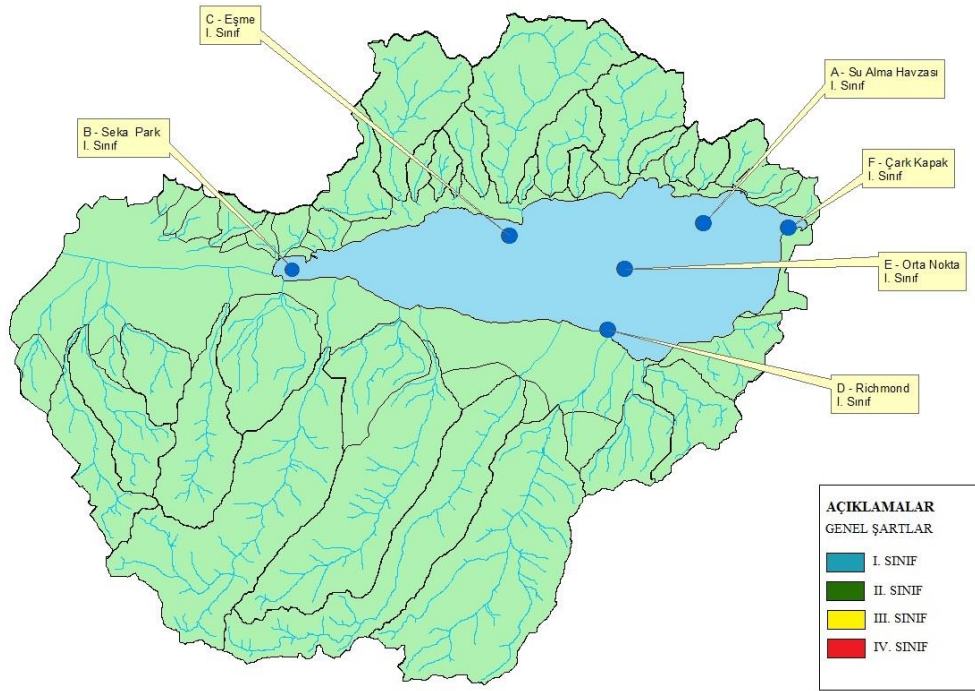


Şekil 4.61 Oksijenlendirme parametrelerine göre derelerin su kalite sınıfları

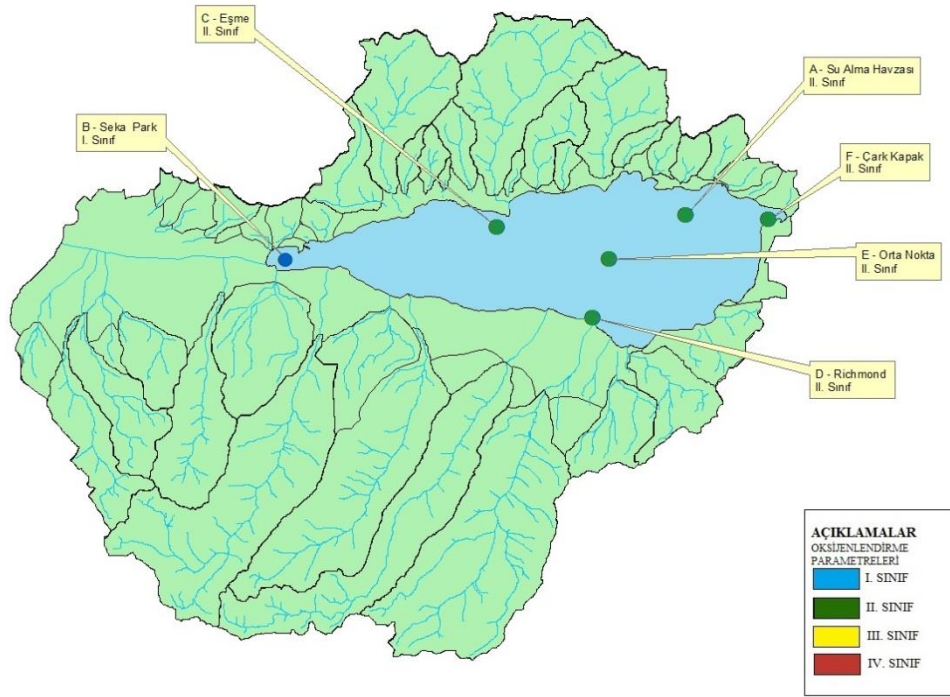
Sapanca Gölü'nde 6 ayrı numune alma noktasına ait kalite sınıfları, Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği EK-5 Tablo 5: Kıtaçi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri tablosu esas alınarak tespit edilmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre; genel şartlar bakımından göl içindeki tüm noktalarda su kalitesi I.sınıf olarak tayin edilmiştir. Oksijenlendirme parametreleri bakımından B, C, D noktalarındaki su kalitesi I.sınıf olup A, E ve F noktalarında ise II. sınıf olarak belirlenmiştir. Göl içindeki tüm ölçüm noktalarında nutrient parametreleri bakımından su kalitesi II. sınıf olarak tespit edilmiştir.

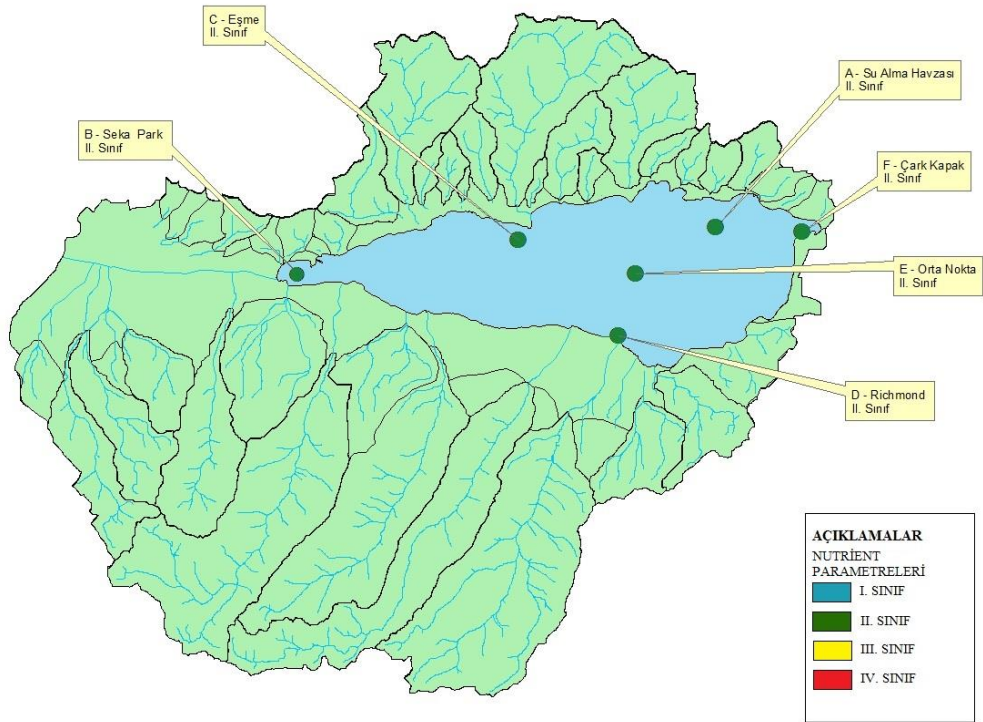
Göl içindeki istasyonlar için belirlenen su kalite sınıfları Şekil 4.63, 4.64, 4.65'te Coğrafi Bilgi Sistemi kullanılarak oluşturulan haritalar üzerinde gösterilmektedir.



Şekil 4.63 Genel şartlara göre göl su kalite sınıfları



Şekil 4.64 Oksijenlendirme parametrelerine göre göl su kalite sınıfları



Şekil 4.65 Nutrient parametrelerine göre göl su kalite sınıflar

4.5. Göle Gelen Besi Maddesi Yüklerinin Hesabı

Sapanca Gölü'ne 2013 yılında noktasal ve noktasal olmayan kaynaklardan gelen besin maddesi yük hesapları yapılarak sonuçlar aşağıda ifade edilmiştir.

4.5.1. Noktasal olmayan kaynaklardan gelen TP ve TN yüklerinin hesabı

Toplam Kırsal/Tarım Alanı = (Toplam alan) - (Gölün yüzey alanı) - (Toplam orman alanı)

a. Kırsal/tarım alanından gelen yükler

$$\text{Toplam Kırsal/Tarım Alanı} = (26886,62 \text{ ha}) - (45,85 \text{ km}^2 \times 10^2 \times \text{ha/km}^2) - (13956,30 \text{ ha}) = 8345 \text{ ha} = 83,45 \times 10^6 \text{ m}^2$$

$$(\text{Toplam Kırsal/Tarım Alanı}) \times (\text{Besin maddesi transport katsayısı}) = (83,45 \times 10^6 \text{ m}^2) \times (0,05 \text{ g/m}^2.\text{yıl}) = 4,17 \times 10^6 \text{ g fosfor / yıl}$$

$$(\text{Toplam Kırsal/Tarım Alanı}) \times (\text{Besin maddesi transport katsayısı}) = (83,45 \times 10^6 \text{ m}^2) \times (0,5 \text{ g/m}^2.\text{yıl}) = 41,73 \times 10^6 \text{ g azot / yıl}$$

b. Orman alanından gelen yükler

$$(\text{Toplam Orman Alanı}) \times (\text{Besin maddesi transport katsayısı}) = (13956,30 \text{ ha} \times 10^4 \text{ m}^2/\text{ha}) \times (0,005 \text{ g/m}^2.\text{yıl}) = 697815 \text{ g fosfor / yıl}$$

$$(\text{Toplam Orman Alanı}) \times (\text{Besin maddesi transport katsayısı}) = (13956,3 \text{ ha} \times 10^4 \text{ m}^2/\text{ha}) \times (0,3 \text{ g/m}^2.\text{yıl}) = 41,8689 \times 10^6 \text{ g azot / yıl}$$

c. Atmosferden gelen yükler

$$(\text{Gölün Yüzey Alanı}) \times (\text{Besin maddesi transport katsayısı}) = (4585 \text{ ha} \times 10^4 \text{ m}^2/\text{ha}) \times (0,025 \text{ g/m}^2.\text{yıl}) = 114,63 \times 10^4 \text{ g fosfor / yıl}$$

$$\begin{aligned} & (\text{Gölün Yüzey Alanı}) \times (\text{Besin maddesi transport katsayısı}) = (4585\text{ha} \times 10^4 \text{ m}^2/\text{ha}) \times \\ & (2.4 \text{ g/m}^2.\text{yıl}) = 110.04 \times 10^6 \text{ g azot / yıl} \end{aligned}$$

d. Tüm alanlardan gelen yükler toplamı

$$\begin{aligned} & (\text{Kırsal/Tarım}) + (\text{Orman}) + (\text{Atmosfer}) = (4,17 \times 10^6) + (697815) + (114,63 \times 10^4) \\ & = 6014115 \text{ g fosfor / yıl} \\ & = 6014,115 \text{ kg fosfor / yıl} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & (\text{Kırsal/Tarım}) + (\text{Orman}) + (\text{Atmosfer}) \\ & = (41,73 \times 10^6) + (41.8689 \times 10^6) + (110,04 \times 10^6) \\ & = 193,639 \times 10^6 \text{ g azot /yıl} \\ & = 193,639 \times 10^3 \text{ kg azot /yıl} \end{aligned}$$

4.5.2. Noktasal kaynaklardan gelen TP ve TN yüklerinin hesabı

Göle giren toplam azot miktarı = \sum (Gölü besleyen akarsuyun ortalama debisi) x (Bu akarsudaki ortalama toplam azot derişimi)

$$\begin{aligned} & \text{Göle giren toplam azot miktarı} = [(39,969 \times 5,4) + (138,95 \times 1,385) + \\ & (4,321 \times 0,8) + (72,9 \times 1,7) + (1011,091 \times 0,96) + (140,284 \times 1,252) + (338,531 \times 0,519) + \\ & (441,340 \times 0,638) + (279,827 \times 0,587) + (688,374 \times 0,736) + (69,515 \times 1,651) + \\ & (31,55 \times 3,0125)] \times (\text{L/sn}) \times (\text{mg/L}) \times (1\text{kg}/10^6 \text{ mg}) \times (86400 \text{ sn/gün}) \times (365 \text{ gün/yıl}) \\ & = 95298 \text{ kg/yıl} = 95,298 \text{ ton/yıl} \end{aligned}$$

Göle giren toplam fosfor miktarı = \sum (Gölü besleyen akarsuyun ortalama debisi) x (Bu akarsudaki ortalama toplam fosfor derişimi)

$$\begin{aligned} & \text{Göle giren toplam fosfor miktarı} = [(39,969 \times 0,084) + (138,95 \times 0,269) + \\ & (4,321 \times 0,053) + (72,9 \times 0,077) + (1011,091 \times 0,093) + (140,284 \times 0,119) + \\ & (338,531 \times 0,086) + (441,340 \times 0,189) + (279,827 \times 0,302) + (688,374 \times 0,054) + \\ & (69,515 \times 1,171) + (31,55 \times 3,0315)] \times (\text{L/sn}) \times (\text{mg/L}) \times (1\text{kg}/10^6 \text{ mg}) \times (86400 \\ & \text{sn/gün}) \times (365 \text{ gün/yıl}) = 13041 \text{ kg/yıl} = 13,041 \text{ ton/yıl} \end{aligned}$$

Göldeki azot ve fosfor yükleri, bulunan değerlerin ortalama yüzey alanına bölünmesi ile elde edilmektedir. 2013 yılına ait ortalama göl yüzey alanı, Şekil 3.6'da verilen kot-alan grafiğinden yararlanılarak bulunmuştur. 2013 yılındaki ortalama eşel kotu 31,45 m'dir. Bu kottaki alan ise $45,85 \times 10^6 \text{ m}^2$ dir.

4.5.3. Göle gelen ve gölden çıkan toplam yüklerin hesabı

a. Göle gelen yüklerin hesabı

Sapanca Gölü'ne noktasal ve noktasal olmayan kaynaklardan gelen yüklerin toplamı aşağıda hesaplanmıştır.

$$\begin{aligned} \sum \text{TN Yükü} &= \text{Noktasal kay. gelen yükler} + \text{Noktasal olmayan kay. gelen yükler} \\ &= 95298 + 193,639 \times 10^3 = 288937 \text{ kg/yıl} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum \text{TP Yükü} &= \text{Noktasal kay. gelen yükler} + \text{Noktasal olmayan kay. gelen yükler} \\ &= 13041 + 6014,115 = 19055,115 \text{ kg/yıl} \end{aligned}$$

$$\text{Göldeki Azot Yükü} = (288937 \text{ kg / yıl}) \times (10^3 \text{ gr/ kg}) \times (1/ (45,85 \times 10^6 \text{ m}^2)) = 6,31 \text{ gr/ m}^2 - \text{yıl}$$

$$\text{Göldeki FosforYükü} = (19055,115 \text{ kg / yıl}) \times (10^3 \text{ gr/ kg}) \times (1/ (45,85 \times 10^6 \text{ m}^2)) = 0,416 \text{ gr/ m}^2 - \text{yıl}$$

b. Gölden çıkan yüklerin hesabı

$$\begin{aligned} \text{Gölden çıkan TN} &= (\text{Çarksuyu ortalama debisi} \times \text{Çarksuyu ortalama} \\ &\text{toplam azot derişimi}) + (\text{SASKİ tarafından çekilen} \\ &\text{su} \times \text{SASKİ su alma noktasındaki toplam azot} \\ &\text{derişimi}) + (\text{İSU tarafından çekilen su} \times \text{İSU su} \\ &\text{alma noktasındaki toplam azot derişimi}) \end{aligned}$$

$$\text{Gölden çıkan TP} = (\text{Çarksuyu ortalama debisi} \times \text{Çarksuyu ortalama toplam fosfor derişimi}) + (\text{SASKİ tarafından çekilen su} \times \text{SASKİ su alma noktasındaki toplam fosfor derişimi}) + (\text{İSU tarafından çekilen su} \times \text{İSU su alma noktasındaki toplam fosfor derişimi})$$

Hesaplamalarda kullanılan debi ve kirletici konsantrasyon değerleri Tablo 3.10'da verilmiştir.

$$\begin{aligned} \text{Gölden Çıkan TN miktarı} &= [(8208000 \text{ m}^3/\text{yıl}) \times (0,053 \text{ mg/L})] + [(62595593 \text{ m}^3/\text{yıl} \\ &\times 0,66 \text{ mg/L})] + [(16249890 \text{ m}^3/\text{yıl} \times 0,33 \text{ mg/L})] = 47110579 \text{ m}^3 \text{ mg} / \text{yıl.L} \\ &= 47110,57 \text{ kg} / \text{yıl} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Gölden Çıkan TP miktarı} &= [(8208000 \text{ m}^3/\text{yıl} \times 0,036 \text{ mg/L})] + [(62595593 \text{ m}^3/\text{yıl} \\ &\times 0,04 \text{ mg/L})] + [(16249890 \text{ m}^3/\text{yıl} \times 0,046 \text{ mg/L})] = 3546806,64 \text{ m}^3 \text{ mg} / \text{yıl.L} \\ &= 3546,8 \text{ kg} / \text{yıl} \end{aligned}$$

Yapılan hesaplar sonucunda 2013 yılında göle giren ve çıkan azot miktarları arasındaki 241826,43 kg/yıl , fosfor miktarları arasındaki 15508,35 kg/yıl fark göle birikmekte veya sudaki canlılar tarafından kullanılmakta veya tabana çökmektedir.

4.5.4. Göle gelen yükün göl için müsaade edilebilen ve aşırı yük ile kıyaslanması

2013 yılında Sapanca Gölü'nden çıkan su miktarı, Çark Deresi'ne ait debi değeri ,SASKİ'nin ve İSU'nun çektiği su miktarları ve buharlaşma hacminin toplanmasıyla bulunmuştur. Debi değerleri Tablo 3.9'da verilmiştir. 2013 su yılı yağış ve buharlaşma hacimleri sırasıyla yaklaşık 31 milyon m³ ve 46 milyon m³'tür. Göle gelen yükün izin verilebilir ve aşırı yük ile kıyaslanmasında (3.6) ve (3.7) nolu eşitlikler kullanılmıştır.

$$\begin{aligned}
\text{Gölden çıkan su miktarı} &= Q_{\text{ÇARK}} + Q_{\text{SASKİ}} + Q_{\text{İSU}} + Q_{\text{buharlaşma}} \\
&= 8208000 \text{ m}^3/\text{yıl} + 62595593 \text{ m}^3/\text{yıl} + 16249890 \text{ m}^3/\text{yıl} + \\
&46 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl} \\
&= 133,053 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}
\end{aligned}$$

2013 yılında göle giren su miktarı, derelere ait ortalama debiler toplamı ve yıllık yağış miktarının toplanmasıyla bulunmuştur.

$$\begin{aligned}
\text{Göle giren su miktarı} &= Q_{\text{dereler}} + Q_{\text{yağış}} \\
&= 102712752 \text{ m}^3/\text{yıl} + 31000000 \text{ m}^3/\text{yıl} \\
&= 133712752 \text{ m}^3/\text{yıl}
\end{aligned}$$

2013 yılında göle giren ve çıkan su miktarları aşağıda verilmiştir.

$$\begin{aligned}
Q_{\text{giriş}} &= 133712752 \text{ m}^3/\text{yıl} \\
Q_{\text{çıkış}} &= 133,053 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}
\end{aligned}$$

Su kotu = 31,45 m ve bu kottaki $A = 45,85 \times 10^6 \text{ m}^2$, $V = 1120 \times 10^6 \text{ m}^3$ 'tür. Su kotuna ait alan ve hacim değerleri Şekil 3.6'dan bulunmuştur.

(3.8), (3.9) ve (3.10) eşitlikleri kullanılarak hidrolik yük (q_s), bekleme süresi (T_w) ve z (ortalama derinlik) değerleri; (3.6) ve (3.7) eşitlikleri kullanılarak kritik yük (L_P) ve aşırı yük (L_E) değerleri hesaplanmıştır ve şu değerler bulunmuştur:

$$q_s = \frac{Q_{\text{giriş}}}{A} = \frac{133712752 \text{ m}^3/\text{yıl}}{45,85 \times 10^6 \text{ m}^2} = 2,917 \text{ m/yıl}$$

$$T_w = \frac{V}{Q_{\text{çıkış}}} = \frac{1120 \times 10^6 \text{ m}^3}{133,053 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}} = 8,417 \text{ yıl}$$

$$z = q_s \times T_w = 2,917 \frac{\text{m}}{\text{yıl}} \times 8,417 \text{ yıl} = 24,5 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Fosfor bekleme süresi} &= \frac{\text{kararlı durumda göldeki ort. yıllık fosfor içeriği}}{\text{göle giren yıllık fosfor yükü}} \\
 &= \frac{0,0535 \text{ mg/L} \times 1120 \times 10^6 \text{ m}^3 \times 10^3 \text{ L/m}^3}{19055,115 \times 10^6 \text{ mg/yıl}} = 3,14 \text{ yıl}
 \end{aligned}$$

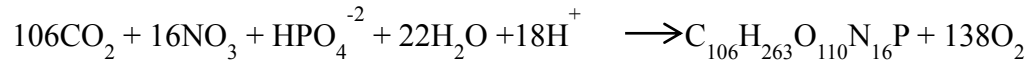
Fosforun bekleme süresi hidrolik bekleme süresine göre düşüktür, çünkü fosfor göl içerisinde çeşitli mekanizmalarla giderilmekte ve su çıkışı ile birlikte gölden çıkmaktadır.

Fosfor için;

$$L_P = 10 \times 2,9(1 + \sqrt{24,4/2,9}) = 113,7 \frac{\text{mgP}}{\text{m}^2 \text{yıl}} = 0,1137 \text{ gP/m}^2 \text{ yıl}$$

$$L_E = 20 \times 2,9(1 + \sqrt{24,4/2,9}) = 226,2 \frac{\text{mgP}}{\text{m}^2 \text{yıl}} = 0,2262 \text{ gP/m}^2 \text{ yıl}$$

Alg protoplazmasının oluşumu şöyledir:



C, N ve P için stokiyometrik oran C: N: P = 106: 16: 1'dir.

Azotun fosfora oranı ağırlık olarak,

$$\text{N/P} = 16 \times 14 / 1 \times 31$$

$$\text{N/P} = 7,2 \text{ bulunur.}$$

$$L_N = L_P \times 7,2$$

Azot için;

$$L_P = 0,1137 \frac{\text{gP}}{\text{m}^2 \text{yıl}} \times 7,2 = 0,818 \text{ gN/m}^2 \text{ yıl}$$

$$L_E = 0,2262 \frac{\text{gP}}{\text{m}^2 \text{yıl}} \times 7,2 = 1,628 \text{ gN/m}^2 \text{ yıl}$$

Göle gelen toplam fosfor miktarı = 19055,115 kg/yıl

Göldeki fosfor yükü = $(19055,115 \text{ kg/yıl} \times 10^6 \text{ mg/kg}) / (45,85 \times 10^6 \text{ m}^2) = 0,416 \text{ g/m}^2 \text{ yıl}$

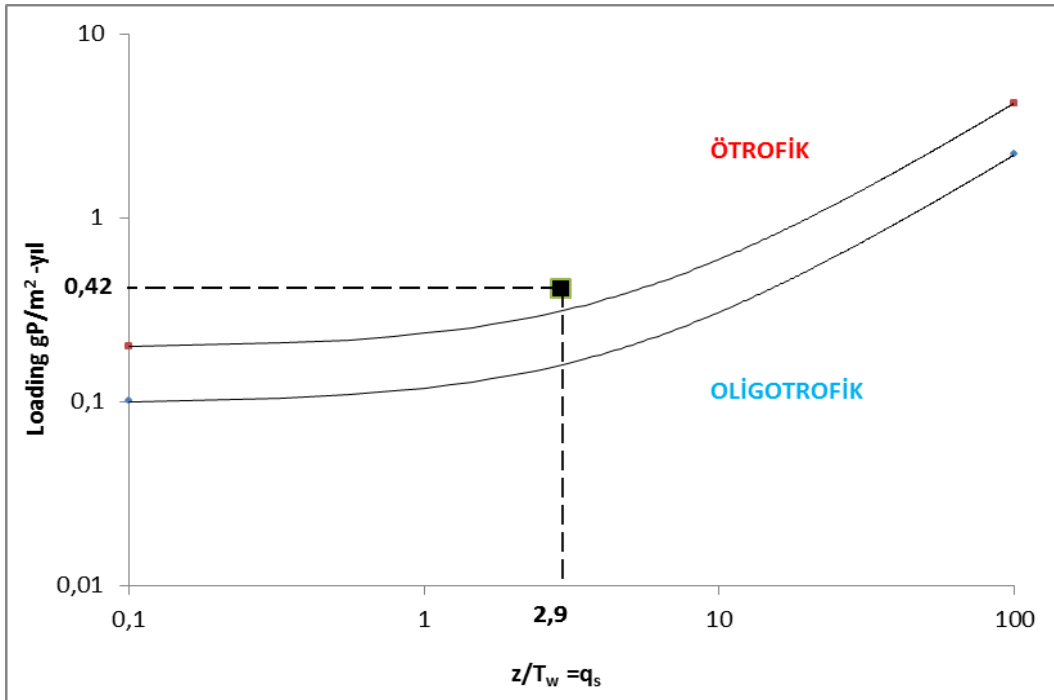
$L_{P(\text{fosfor})} = 0,1137 \text{ g/m}^2 \text{ yıl}$ idi. *Göldeki fosfor değeri 0,416 g/m² yıl ile kritik değeri aşmaktadır.*

Göle gelen toplam azot miktarı = 288937 kg/yıl

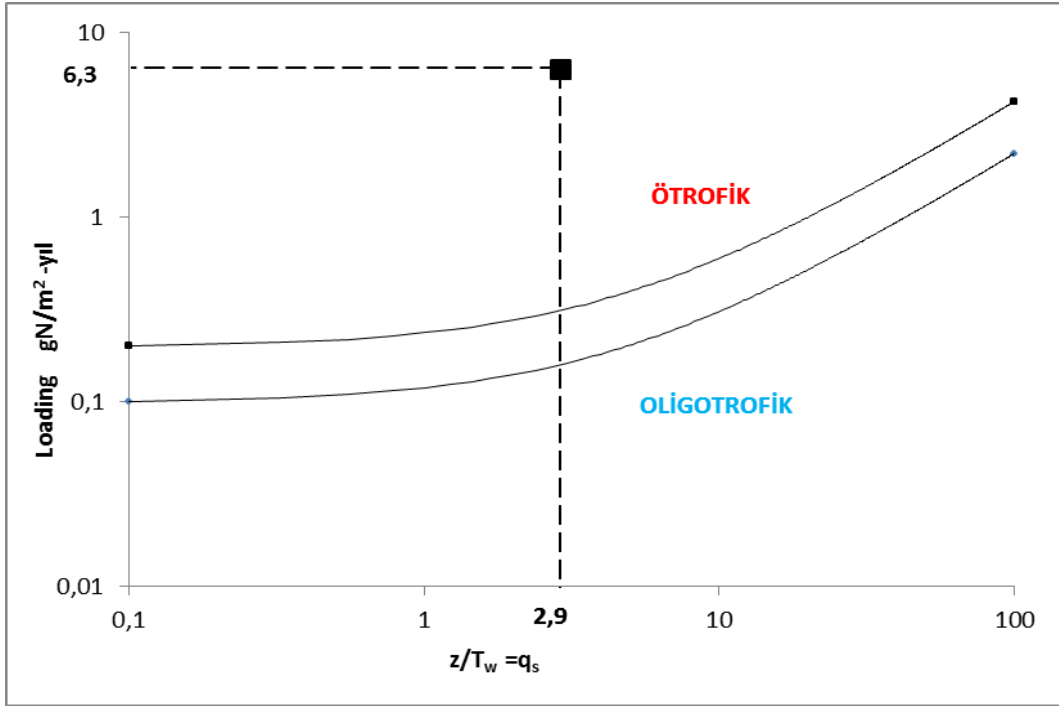
Göldeki azot yükü = $(288937 \text{ kg/yıl} \times 10^6 \text{ mg/kg}) / (45,85 \times 10^6 \text{ m}^2) = 6,31 \text{ g/m}^2 \text{ yıl}$

$L_{P(\text{azot})} = 0,818 \text{ g/m}^2 \text{ yıl}$ idi. *Göldeki azot değeri 6,31 g/m² yıl ile kritik değeri aşmaktadır.*

Hesaplanan fosfor ve azot yüklerine göre Sapanca Gölü'ndeki trofik durum her iki parametreye göre ötrofik olarak tespit edilmiştir. Trofik durumlara ait grafikler Şekil 4.66 ve Şekil 4.67'de gösterilmiştir.



Şekil 4.66. Sapanca Gölü'ndeki fosfor yüklemesi ve trofik durum (2013)



Şekil 4.67. Sapanca Gölü'ndeki azot yüklemesi ve trofik durum (2013)

BÖLÜM 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Sapanca Gölü Havzası'ndaki yan derelerde ve gölde su kalitesinin ve çeşitli kirlilik parametrelerinin incelendiği çalışmada şu sonuçlara varılmıştır.

Ölçüm yapılan derelerdeki su kalitesi, genel şartlar ve oksijenlendirme parametrelerine göre genel olarak I. ve II. sınıftır. Kirlilik, bu parametreler açısından kabul edilebilir seviyededir. Besi maddeleri bakımından su kalitesi genel olarak tüm derelerde III. ve IV. sınıf olarak belirlenmiştir. Derelerde nutrient parametrelerinden azot gruplarının yüksek olması sebebiyle suyun kalitesinin düştüğü belirlenmiştir. Nitrat konsantrasyonunun yüksek olması bu derelere evsel ve tarımsal kirletici girişi olasılığını göstermektedir. En yüksek nitrat konsantrasyonu ortalaması Harmanlı Deresi'nde gözlenmiştir. Bu duruma neden olan faktörün, derenin hemen yanında bulunan tarım alanlarından gelen gübreler olduğu düşünülmektedir. Nitrit parametresinin yüksek olduğu yerler ise derelere anlık kirletici olarak evsel/endüstriyel atık su girişini ifade edebilir. En yüksek nitrit konsantrasyonu ortalaması Sarp Deresi'nde gözlenmiştir. Bu derenin hemen yanında bulunan konutlardan dereye karışan evsel atıksuların bu duruma sebep olduğu düşünülmektedir. En yüksek toplam fosfor ve ortofosfat konsantrasyonu Keçi Deresi'nde ölçülmüştür. Bu durumun sebebi olarak, derenin yanındaki konutlardan gelen deterjan içerikli evsel atıksular görülmektedir. Tarımsal alanların derelere yakın olması, bu alanlarda kullanılan gübre ve zirai ilaçların sulama ve yağmur sularıyla derelere ulaşması, bölgede kurulmuş balık çiftliklerinin ve bölgede faaliyet sürdüren otel ve yeme-içme maksatlı tesislerin atıksularını deşarj etmeleri bu derelerin su kalitesini düşürmektedir.

Sapanca Gölü'nde 6 ayrı numune alma noktasına ait kalite sınıfları, 'Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği' esas alınarak tespit edilmiştir. Yapılan ölçümlerde, gölde İlkbahar çevriminin Mart-Nisan aylarında, sonbahar çevriminin Ekim-Kasım

aylarında olduğu tespit edilmiştir. Genel şartlar bakımından su kalitesi her noktada I. sınıf olarak tayin edilmiştir. Oksijenlendirme parametreleri bakımından B noktası'ndaki su kalitesi I. sınıf olup A, C, D, E ve F noktalarında ise II. sınıf olarak belirlenmiştir. Nutrient parametreleri bakımından ise su kalitesi bütün noktalar için II. sınıf olarak tespit edilmiştir. En yüksek ortalama TP konsantrasyonu C noktasında, en yüksek ortalama PO₄ - P konsantrasyonu F noktasında ölçülmüştür. C noktası olan Eşme çevresi, yerleşim alanlarının yanında olması ve piknik alanı olarak kullanılan bir bölge olması dolayısıyla, fosfor kaynaklı kirleticilerden etkilenmektedir.

Göllerde ışık geçirgenliğini etkileyen faktörler arasında, plankton yoğunluğu, su içindeki çözülmüş organik ve inorganik maddeler, suyun kimyasal yapısı ve su yüzeyinin durumu gibi faktörler sayılabilir. Sapanca Gölü'nde ölçülen seki diski derinliklerinde, aylara ve istasyon derinliklerine bağlı olarak iniş ve çıkışlar gözlenmiştir. Tüm istasyonlarda en yüksek derinlik değerleri Ekim 2012'de, en düşük derinlik değerleri ise Temmuz 2012'de ölçülmüştür. Yaz döneminde seki diski derinliklerinin azalması, sudaki sıcaklığın da artışıyla birlikte üretkenliğin artmasıyla açıklanabilir.

Gölde trofik durum değerlendirmesi, "Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği'ne ve Carlson Trofik Durum İndeksi'ne göre yapılmıştır. Yapılan değerlendirme sonucunda, Sapanca Gölü'ndeki trofik durum her iki indekste de genel olarak toplam fosfor parametresine göre **ötrofik**, görünürlük parametresine göre **oligotrofik**, klorofil-a parametresine göre **mezotrofik**. Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği'nde Carlson Trofik Durum İndeksi'nden farklı olarak yer alan toplam azot parametresine göre de **mezotrofik** olarak belirlenmiştir. Ötrofik olan noktalarda, yaz ve sonbahar döneminde derinliğe bağlı bir çözülmüş oksijen azalması gözlenmiştir. Bu durum ötrofikasyonu desteklemektedir. Göldeki besi maddesi oranı N/P, göl bütününde ortalama 8,92 olarak bulunmuştur. Bulunan değer 7'den büyük olduğundan, göldeki sınırlayıcı maddenin fosfor olduğu tespit edilmiştir. Yani göle giren fosfor miktarı kontrol altında tutulduğu takdirde, göldeki ötrofik durumun önlenilebileceği belirlenmiştir.

Göldeki besi maddesi yükleri, tam 1 yılı ifade etmesi amacıyla sadece 2013 yılı için hesaplanmış ve göldeki trofik durum Vollenweider Modeli'ne göre belirlenmiştir. Model geriye dönük 5 yıllık değerlere göre yapılmak istenmiş ancak son 5 yıla ait düzenli ölçüm sonuçlarına ulaşılamamıştır. Dolayısıyla, sadece kendi ölçüm tarihlerimiz içindeki ölçümü tam yapılmış tek yıl olan 2013 yılı için modelleme yapılabilmektedir. Model sonuçlarına göre Sapanca gölü 2013 yılı için, hem azot hem de fosfor bakımından aşırı yüklenmiş olarak bulunmuş ve her iki parametreye göre de gölün **ötrofik** olduğu belirlenmiştir. Göle noktasal olmayan kaynaklardan gelen TN yükü, noktasal kaynaklardan gelen yükün iki katı olarak tespit edilirken, TP yükü için noktasal kaynaklardan gelen yükün noktasal olmayan kaynaklardan gelen yüke oranla iki kat fazla olduğu gözlenmiştir. Noktasal kaynaklar kontrol edilebilir kaynaklar olduğundan dolayı, derelere deşarj edilen TP miktarlarının kontrol altında tutulmasıyla, göldeki ötrofik durumun önemli derecede azalacağı düşünülmektedir.

Genel olarak gölü besleyen dereler gölün su karakteristiğini belirlemektedir. Nutrient parametreleri açısından derelerin III. ve IV. sınıf su kalitesine sahip olmaları, gölde oluşan ötrofik durumun en önemli nedeni olarak tayin edilebilir. Bunun yanında, göl çevresinde bulunan metal doğrama, mantar, içme suyu şişeleme, otomotiv yan sanayi, tekstil, mermer, gıda sanayi, orman ürünleri, ambalaj, kimya, plastik, tuğla, keçe vb. sanayi kuruluşları ile yerleşim alanlarındaki konutların kanalizasyon sistemlerinin, kontrol altında tutulmaya çalışılsa da gölü kirlettikleri trofik durum tespitinden açıkça gözlenmektedir. Özellikle, fosfor parametresinin yükselmesine neden olan evsel ve tarım alanlarından kaynaklanan kirleticilerin daha kontrollü bir biçimde denetlenmesi gerekmektedir.

Göl, kuzeyde E-5 Karayolu ile güneyde TEM otoyolu ve demiryolu ile çevrelenmiş durumdadır. Yollarda lastik aşınmaları ve egzoz gazlarından kaynaklı kirlilik, yağmurlardan sonra TEM'in tahliye kanallarından gelen sularda açıkça görüldüğünden bu suların göle girişini önleyecek tedbirlerin alınması gerekmektedir.

Entegre havza yönetimi oluşturulmalıdır. Havzada yapılaşma ve ormanlık alanların bertaraf edilmesi önlenmelidir. Sapanca Havzasındaki su şişeleme tesisleri de kontrol altına alınmalıdır. Bunların derelere yakınlığı da derelerdeki debilerin azalmasına

neden olduğu da göz önünde bulundurulmalıdır. Hem gölü hem de dereleri besleyen yeraltı suyu rezervinin kontrolü ve korunması gereklidir.

Son dönemlerde, yağışların azlığı, belediyelerin, su şişeleme tesislerinin ve birçok sanayi kuruluşunun su çekimleri nedeniyle Sapanca Gölü Havzası'nın ekolojik açıdan tehdit altında olduğu izlenmektedir. Bunun önlenmesi ve bu derece önemli bir içme suyu kaynağının korunabilmesi ve iyi kalitede su özelliğini yitirmemesi için gölden çekilen su miktarının kontrol altında tutulması ve noktasal-yayılı kirleticiler için gerekli tedbirlerin alınması mutlak gereklidir.

KAYNAKLAR

AÇIKGÖZ, S., Sapanca Gölünü Besleyen Derelerin Hidrojeokimyasal İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 2008.

Adasu Genel Müdürlüğü, “Sapanca Gölü Çevre Koruma Projesine Esas Bilgiler” Adapazarı, 2003.

AKKOYUNLU, A., AKİNER, M.E, Pollution evaluation in streams using water quality indices: A case study from Turkey's Sapanca Lake Basin, Ecological Indicators, Volume 18, Pages 501-511, July 2012.

BAYRAK, A., Sapanca Gölü'nün hidrojeolojik, hidrolojik ve hidrolik özelliklerinin belirlenmesi ve su bütçesinin tespiti, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 2008.

BAYRAM, A., Harşit Çayı Su Kalitesinin Mevsimsel Değişiminin İncelenmesi ve Askıda Madde Konsantrasyonunun Yapay Sinir Ağları Yöntemi İle Tahmin Edilmesi, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2011.

BOL E., “Adapazarı Zeminlerinin Geotekniği”, Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, Mayıs 2003.

CANTÜRK, N., Van Gölü'ne dökülen Akköprü deresi su kalitesinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Van, 2007.

CARLSON, R.E., A trophic state index for lakes. Limnology and Oceanography, 22:2 361—369, 1977.

CEYLAN, M.A., Sapanca Gölü'nün Hidrolojik Etüdü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 1990.

CUDOWSKI, A., Dissolved reactive manganese as a new index determining the trophic status of limnic waters, Ecological Indicators 48, 721–727. 2014.

ÇAKIR, H., Sapanca Gölü Su Bütçesinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 2008.

ÇAKIR, M., Sapanca Gölünde Yoğun Yapılaşmadan Kaynaklanan Eysel Atıksu, Sanayi Atıksu ve Yüzeysel Akış Sularına İlişkin Kontrol Teknolojilerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2010.

ÇİÇEK DE SA MATOS PAIXAO, L.S., Köyceğiz Gölü'nü Besleyen Namnam Çayı'nın Su Kalitesi Yönünden İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Muğla Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Anabilim Dalı, Muğla, 2011.

ÇOBAN, F., Hazar Gölü Su Kalitesinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2007.

DEMİR, M. T., Sapanca'da Kırsal Yerleşme Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, 2006.

DEMİR, S., "Uzun Vadeli Su Temininde Meteorolojik Faktörlerin Sapanca Gölü Su Kalitesine Etkisi" Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, Ocak 2012.

DILLON, P. J., 'A critical review of Vollenweider's nutrient budget model and other related models', Water Res. Bull., 10 (5); 969 – 989, 1974.

DSİ, Sapanca Gölü Kirlilik Araştırması Raporu, Ankara, 1984.

DURAN, C., GÜNEK, H., Hazar Gölü Havzası Arazi Kullanımındaki Değişikliklerin Belirlenmesi (1956-2004), Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Elazığ, 2007.

DÜGEL, M., Büyük Menderes Nehri'nin Su Kalitesinin Biyolojik ve Fiziko-Kimyasal Yöntemlerle Belirlenmesi, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2001.

DÜNDAR, M.Ş., ALTUNDAĞ, H., BOZ, V., AKAYA, K. ve SAYIN, M., Sapanca Gölüne Akan Derelerdeki Bazı Eser Elementlerin 17 Ağustos 1999 Marmara Depremi Öncesi ve Sonrası Karşılaştırmalı Analizi, A.Ü. Bilim ve Teknoloji Dergisi, 4 (2), 205-210., 2003.

EDİŞ, S., Yarı Kurak Havzalarda Düşük Akışların Analizi (Söğütözü Deresi ve Terme Çayı Havzaları Örneği), Yüksek Lisans Tezi, Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çankırı, 2011.

ESENLİ, V., Sapanca Gölü ve Havzasının Hidrokimyası ile Dip Sedimanlarının Minerolojik ve Jeokimyasal İncelenmesi, Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1995.

GÜLER, M., Sapanca Gölü ve Çevresindeki Doğal Kaynakların Kullanımı, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1999.

İKİEL, C., ve Koç, D. E., Çok Zamanlı Uydu Görüntüleri İle Sapanca Gölü Havzası'nda Bitki Örtüsü Değişim Analizi, Türkiye Coğrafyacılar Derneği Uluslararası Kongresi Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, 4-7 Haziran 2014 Muğla, TÜRKİYE.

İNTERNET-1, <http://mehmet-urbanplanning.blogspot.com.tr/2012/06/sapanca-golu-havzas-cevre-duzeni-plan.html> , Erişim Tarihi: 11.06.2012.

İNTERNET-2, <http://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=SAKARYA#sfB> , Erişim Tarihi: 03.03.2015.

İNTERNET-3, http://sapanca.meb.gov.tr/mem2/sapanca_iklim.html , Erişim Tarihi: 24.05.2014.

İNTERNET-4, <http://www.turkiyesulakalanlari.com/sapanca-golu-sakarya-kocaeli>, Erişim Tarihi: 24.05.2014.

JİANG, J., SHARMA, A. , SIVAKUMAR, B., WANG, P.,” A global assessment of climate–water quality relationships in large rivers: An elasticity perspective”, Science of the Total Environment 468–469, 877–891,2014.

JONES, R.A., and Lee, G.F., “Recent Advances in Assessing Impact of Phosphorus Loads on Eutrophication –Related Water Quality”, Water Research, Vol. 16, pp. 503-515, 1982.

KAÇAN, E., Gümüşçay ve Çürüksu Akarsularının Kirlilik Parametrelerinin Saptanması ve İrdelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli, 2006.

KAÇMAZ, M., Sapanca Gölü Havzasında Arazi Kullanımı ve Mekânsal Değişim, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya ABD, İstanbul, 2010.

KAZI, T.G., ARAIN, M.B., JAMALI, M.K., JALBANI, N., AFRIDI H.I., SARFRAZ, R.A., BAIG, J.A., SHAH, A.Q., Assessment of water quality of polluted lake using multivariate statistical techniques: a case study, Ecotoxicol Environ Saf., 72(2):301-9, 2009 Feb.

MUNAWAR, M., FİTZPATRİCK, M., ‘The application of Vollenweider’s eutrophication models for assessing ecosystem health: Hamilton Harbour (Lake Ontario) example’ , Aquatic Ecosystem Health & Management, 14(2):204–208, 2011.

OKTAŞ, Ş., İYİGÜN, E., GÜRBÜZ, B., KOÇBUG, Z., Sapanca Havzasında 1986 ve 1999 Yılı Su Kalite Değerlendirmeleri, TC Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, 2002.

RAHMANLAR, M., Modelling Sapanca Lake With and Two Layer Pamolare Model For Evaluation of Water Quality, Yüksek Lisans Tezi, Boğaziçi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2006.

Rast, W., and Lee, G.F., “Nutrient Loading Estimates ForLakes” Journal Of Environmental Engineering, Vol.109, No:2, April, 1983.

Räike, A., Pietiläinen, O.P., Rekolainen, S., Kauppila, P., Pitkänen, H., Niemi, J., Raateland, A., Vuorenmaa, J., Trends of Phosphorus, Nitrogen and Chlorophyll a Concentrations in Finnish Rivers and Lakes in 1975-2000, Sci Total Environ. 1;310(1-3):47-59., 2003.

Sakarya Büyükşehir Belediyesi, Su ve Kanalizasyon İdaresi Faaliyet Raporu, 2013.

Sakarya Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Sakarya İl Çevre Durum Raporu, Sakarya, 2011.

Sakarya Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Sakarya İl Çevre Durum Raporu, Sakarya, 2013.

SERT, S., “Sapanca Gölü Fosfor Formlarının ve Diğer Limnolojik Özelliklerinin Değişim Peryotları Üzerine Bir Araştırma”, Y. Lisans Tezi, Sakarya Üni., Fen Bil. Ens., Sakarya, 1997.

ŞEKERCİ, İ., Van Gölü'ne Dökülen Karasu (Mermit) Çayı'nın Su Kalite Kriterlerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Van, 2011.

TALEB, A., BELAIDI, N., GAGNEUR, J., Water Quality Before and After Dam Building On A Heavily Polluted River In Semi-Arid Algeria., River Research and Applications, 20: 943–956, 2004.

TANIK, A., BAYKAL, B., GÖNENÇ,E.,ÖKTEM, Y., Effect And Control Of Pollution In Catchments Area Of Lake Sapanca, Turkey, 1998.

TANRIVERDİ, Ç., ALP, A., DEMİRKIRAN, A., ÜÇKARDEŞ, F., Assessment Of Surface Water Quality Of The Ceyhan River Basin, Turkey. Environmental Monitoring and Assessment. 167:175-184., 2010.

TARKAN, A. S., Ömerli baraj gölüne akan derelerin bazı fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin incelenmesi, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2007.

TOOR, G.S., HAN, L., STANLEY, C. D., Temporal Variability İn Water Quality Parameters--A Case Study Of Drinking Water Reservoir İn Florida, USA., Environ Monit Assess, 185(5), 4305-20, 2013 May.

TUĞRUL, S., MORKOÇ, E., Determination of limnological characteristics of the Sapanca Lake. Doğa-Tr., J. Engineering and Environmental Sciences 15, 256-282, 1991.

TÜFEKÇİ, H., “Sapanca Gölünün Limnolojik Özelliklerinin Saptanması” İst.Ün. Deniz Bil. ve Coğrafya Y. Lisans Tezi, 1993.

VELİOĞLU, M., Sapanca Gölü İle İlgili Kirlilik Araştırmaları ve Koruma İle İlgili Öneriler, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2-18, 106-109, Sakarya, 1998.

VOLLENWEİDER, R. A., “Input-Output Models With Special Referance to ThePhosphorus Loading Concept in Limnology”, Schweiz Hydrology, Vol. 37,pp. 53-84, 1975.

USTA, A., Galyan-Atasu Barajı Havzasında Arazi Kullanımının Su ve Toprak Özelliklerine Etkilerinin Araştırılması, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2011.

UTTA Planlama, Sapanca Gölü Havzası Çevre Düzeni Planı (2020) Araştırma Raporu (Taslak), 2001.

ÜNLÜKARA, İ., “Evaulation Of Water Quality In Sapanca Lake” B. Ün., Y. Lis. Tezi, İstanbul 1999.

VİNOGRADOFF, S., OLİVER, I., ‘Should A Water Colour Parameter Be Included İn Lake Total Phosphorus Prediction Models Used For The Water Framework Directive’, Journal of Environmental Management 147 , 81e86, 2015.

WANG, X., LU Y., HAN, J., HE, G. ve WANG, T., ‘Identification Of Anthropogenic İnfluences On Water Quality Of Rivers İn Taihu Watershed’ , Journal of Environmental Sciences 19, 475–481, 2007.

WIATKOWSKI, M., Influence of Slup Dam Reservoir on Flow and Quality of Water in the Nysa Szalona River, Polish J. of Environ. Stud., Vol. 20, No.2, 469-478, 2011.

YALÇIN, N., SEVİNÇ, V., Sapanca Gölü’ne Besi Maddesi Yüklemesi ve Gölün Trofik Durumu, Doğa Türk Müh. ve Çevre Bilimleri Dergisi, 17, 289-296, Ankara, 1993.

YİĞİT, V., MÜFTÜGİL, N., ÖZALP, N., ERGEN, C., ARVAS, H., YOLCULAR, H., Sapanca Gölü’nün Su Kirliliği ve Besin Durumu Üzerinde Bir Araştırma TÜBİTAK Marmara Bilimsel ve Endüstriyel Araştırma Enstitüsü Beslenme ve Gıda Teknolojisi Bölümü yayın no: 78, 1984.

YOUNGMAN, R. E., ‘The measurement of chlorophyll’, Wat. Res. Centre tech. Rep. TR 82, Medmenham, U.K., 23 pp., 1978.

Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği, Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2012.

ZHAO, L., Lİ, Y., ZOU, R., HE, B., ZHU, X., LİU, Y.,WANG, J., ‘A three dimensional water quality modeling approach for exploring the eutrophication responses to load reduction scenarios in Lake Yilong’ , Environmental Pollution 177 , 13e21, 2013.

ÖZGEÇMİŞ

Seda TÜNAY, 11.06.1981 tarihinde Adapazarı'nda doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Kırklareli ve Adapazarı'nda tamamladı. 1999 yılında Sakarya Anadolu Lisesi'nden mezun oldu. 2000 yılında başladığı Sakarya Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nü 2004 yılında bitirdi. 2005 yılında Sakarya Valiliği proje uygulama biriminde koordinatör olarak çalıştı. 2012 yılında Sakarya Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nde Yüksek Lisans eğitimine başladı.