

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SAPANCA GÖLÜNÜ BESLEYEN DERELERİN
HİDROJEOKİMYASAL İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS

Jeoloji Müh. Sevgi AÇIKGÖZ

**Anabilim Dalı: Jeoloji Mühendisliği
Danışman: Yrd. Doç. Dr. İrfan YOLCUBAL**

KOCAELİ, 2008

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SAPANCA GÖLÜNÜ BESLEYEN DERELERİN
HİDROJEOKİMYASAL İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Jeoloji Müh. Sevgi AÇIKGÖZ

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 23 Ekim 2008

Tezin Savunulduğu Tarih: 21 Kasım 2008

Tez Danışmanı

Yrd. Doç. Dr İrfan YOLCUBAL

(.....)

Üye

Yrd. Doç. Dr. Suzan PASVANOĞLU

(.....)

Üye

Yrd. Doç. Dr. Salim ÖNCEL

(.....)

KOCAELİ, 2008

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Çalışmamda bana bilgileriyle ışık tutan ve yoğun çaba gösteren tez danışmanım Yrd. Doç. Dr. İrfan Yolcubal'a, arazi çalışmalarımda ve analizlerde yardım eden Jeoloji Yük. Müh. N.Hakan Akyol'a, Jeoloji Yüksek Müh. Özge Can ATAŞ'a ve Asiye BABALIK'a teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmam boyunca benden desteğini ve yardımlarını esirgemeyen ABM MÜH. MÜŞ. İNŞ. SONDAJ TİC. PAZ. LTD. ŞTİ. yönetim kurulu başkanı Ali BOZKURT başta olmak üzere, arazi çalışmalarımda bana yardımcı olan çalışma arkadaşlarım Savaşer YETİŞ'e, Gökhan ERCAN'a, K.Taylan ÖZTÜRK'e, Y.Tayfun TALAY'a, tezin yazım aşamasındaki yardımlarından dolayı Ayşe ŞAHİN SÜER'e, Burhan KAZAK'a ve Savaş KOÇ'a, ayrıca gerek arazi gerek tez aşamasında yardımcı olan Şenol KIYAK'a teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca çalışmam boyunca manevi destekleriyle yanımda olan aileme çok teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	iii
TABLolar DİZİNİ.....	iv
SİMGELER.....	v
ÖZET.....	vi
ABSTRACT.....	vii
BÖLÜM 1.GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2. GENEL KISIMLAR.....	3
2.1. Önceki Çalışmalar.....	3
2.2. Çalışma Alanı Hakkında Genel Bilgi.....	5
2.3. İklim.....	8
2.4. Jeomorfoloji ve Bitki Örtüsü.....	9
2.5. Sapanca Havzasının Jeolojisi.....	10
2.6. Sapanca Havzasının Hidrolojisi.....	11
2.7. Sapanca Göl Havzasının Hidrojeolojisi.....	13
2.8. Sapanca Gölü Havzasında Kirletici Unsurlar.....	15
BÖLÜM 3. MATERYAL VE METOT.....	17
3.1.Örnekleme Yöntemi.....	17
BÖLÜM 4.SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR.....	22
4.1. Sapanca Gölü'nü Besleyen Güney Derelerin Hidrojeokimyası.....	22
4.2. Sapanca Gölü'nü Besleyen Kuzey Derelerin Hidrojeokimyası.....	31
4.3. Sapanca Derelerinin İz Element Derişimleri.....	33
4.4. Sapanca Gölü'nü Besleyen Derelerin Su Kalitesi.....	37
KAYNAKLAR.....	44
ÖZGEÇMİŞ.....	46
EKLER.....	47

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1: İnceleme alanının yer bulduru haritası.....	6
Şekil 2.2: Sapanca Havzasının blok diyagramı (Gürbüz ve Gürer (2008)'den değiştirilmiştir).....	10
Şekil 3.1: Örnekleme yapılan bazı derelerden bir görünüm. a) Yanık Deresi, b) İstanbul Deresi, c) Kurtköy Deresi, d) Eşme Deresi. Derelerdeki akım rejimi Mayıs 2007 dönemini temsil etmektedir.....	18
Şekil 3.2: Thermo Orion 5 star multiparametre ölçüm cihazı.....	19
Şekil 3.3: Klorür kalibrasyon eğrisi.....	20
Şekil 3.4: Nitrat kalibrasyon eğrisi.....	20
Şekil 3.5: Sülfat kalibrasyon eğrisi.....	21
Şekil 3.6: Toplam Alkalinite (mg/L CaCO ₃) Kalibrasyon Eğrisi.....	21
Şekil 4.1: Sapanca Gölü derelerinin pH değerlerinin mevsimsel değişimi.....	25
Şekil 4.2: Sapanca Gölü derelerinin elektriksel iletkenlik (EC) değerlerinin mevsimsel değişimi.....	25
Şekil 4.3: Sapanca Gölü derelerinin çözünmüş oksijen değerlerinin mevsimsel değişimi.....	26
Şekil 4.4: Sapanca Gölü derelerinin toplam alkalinite değerlerinin mevsimsel değişimi.....	26
Şekil 4.5: Sapanca Gölü derelerinin kalsiyum derişimlerin mevsimsel değişimi.....	27
Şekil 4.6: Sapanca Gölü derelerinin magnezyum derişimlerinin mevsimsel değişimi.....	27
Şekil 4.7: Sapanca derelerin Scholler grafikleri.....	29
Şekil 4.8: Sapanca derelerinin kontrol noktalarından alınan su örneklerinin Piper diyagramı.....	30
Şekil 4.9: Sapanca Gölü derelerinin silika derişimlerinin mevsimsel değişimi.....	30
Şekil 4.10: Sapanca Gölü derelerinin sıcaklık değerlerin değişimi.....	31
Şekil 4.11: Sapanca Gölü derelerinin sodyum derişimlerinin mevsimsel değişimi.....	32
Şekil 4.12: Sapanca Gölü derelerinin klorür derişimlerinin mevsimsel değişimi.....	33
Şekil 4.13: Farklı dönemlerde Sapanca derelerinin iz element derişimleri.....	36
Şekil 4.14: Sapanca Gölü derelerinin sülfat derişimlerinin mevsimsel değişimi.....	40
Şekil 4.15: Sapanca derelerin Na ve Cl derişimlerinin mevsimsel değişimi.....	41

TABLolar DİZİNİ

Tablo 2.1: 1975-2006 yılları arasında Sakarya-Geyve meteoroloji istasyonunda kaydedilen meteorolojik ölçümlerin ortalama değerleri.	8
Tablo 2.2: 2004-2007 yılları arasında Sakarya Meteoroloji istasyonunda kaydedilen yağış miktarları (mm).	9
Tablo 2.3: Sapanca Gölü'nü besleyen önemli derelerin özellikleri (Oktaş ve diğ.,2002).....	13
Tablo 3.1: Sapanca dereleri örnekleme noktalarının koordinatları.	19
Tablo 4.1: Mayıs 2007 örnekleme döneminde derelerin kimyasal özellikleri ve majör iyon derişimleri (mg/l). K nolu örnekler derelerin kontrol noktalarından alınmış örnekleri, G Nolu örnekler ise derelerin Sapanca gölüne döküldükleri noktalara yakın lokasyonları temsil etmektedir.	23
Tablo 4.2: Kasım 2007 örnekleme dönemine ait derelerin kimyasal özellikleri ve majör iyon derişimleri (mg/l). K nolu örnekler derelerin kontrol noktalarından alınmış örnekleri, G Nolu örnekler ise derelerin Sapanca gölüne döküldükleri noktalara yakın lokasyonları temsil etmektedir.	24
Tablo 4.3: Mayıs 2007 örnekleme döneminde Sapanca derelerinin iz element derişimleri (ppb).	34
Tablo 4.4: Kasım 2007 örnekleme döneminde Sapanca derelerinin iz element derişimleri (ppb).	35
Tablo 4.5: Kıta içi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Yüzey Suyu Kalite Kriterleri	38

SİMGELER VE KISALTMALAR

Cl	:Klor
NO ₃ ⁻	:Nitrat
SO ₄ ⁻²	:Sülfat
CO ₃ ⁻²	:Karbonat
HCO ₃ ⁻	:Bikarbonat
DO	:Çözünmüş Oksijen
EC	:Elektriksel Kondüktivite

Kısaltmalar

ICP-MS	:Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometer ppb: parts per billion
D.S.İ.	:Devlet Su İşleri
ADASU	:Adapazarı Su
-K:	:Derelerin drenaj alanların yukarı kesimlerindeki kontrol noktaları
-G:	:Derelerin drenaj alanların aşağı kesimlerindeki örnekleme noktaları

SAPANCA GÖLÜ'NÜ BESLEYEN DERELERİN HİDROJEOKİMYASAL İNCELENMESİ

Sevgi AÇIKGÖZ

Anahtar Kelimeler: Yüzey Su Kirliliği, Ağır Metal, Su Kalitesi

Özet: Yüzey su kirliliği ülkemizdeki önemli çevresel problemlerden biridir. Bu çalışmada Sapanca Gölü gibi önemli bir su kaynağını besleyen derelerin su kalitesini ortaya konulmuş, göl drenaj alanı içerisindeki antropojenik kirletici unsurların derelerin su kalitesi üzerindeki etkileri ve seviyeleri tespit edilmiştir. Derelerin su kalitesi Çevre ve Orman Bakanlığı Su Kirliliği kontrol yönetmeliğine göre değerlendirilmiştir. Çalışma kapsamında gölü güneyden besleyen Aygır, Kasabasin, Yanık, Kurtköy, Mahmudiye ve İstanbul dereleri ve gölü kuzeyden besleyen Eşme ve Maden dereleri kuru ve yağışlı dönemi temsil eden iki farklı dönemde örneklenerek derelerin fiziksel özellikleri ve majör ve iz element derişimleri belirlenmiştir. Yüzey suyu kalite sınıflamasında değerlendirilen fiziksel ve kimyasal parametreler sıcaklık, pH, çözünmüş oksijen, klorür, sülfat, nitrat azotu, toplam fosfor ve sodyum'dur. Anorganik kirletici parametreler ise kadmiyum, kurşun, arsenik, bakır, krom(toplam), kobalt, nikel, çinko, demir, mangan, bor, selenyum, baryum ve alüminyumdur. Sapanca gölünü besleyen kuzey ve güney derelerinin su bileşimleri birbirinden farklılık göstermektedir. Bu değişkenliğin ana nedeni ise gölün kuzeyinde ve güneyinde yer alan kayaç topluluklarının farklılığıdır. Güney dereleri Ca-HCO₃'lü su fasiyesi sergilemektedir. pH değerleri 7,28-8,93 arasında değişmektedir. Güney derelerin ortalama elektriksel iletkenliği (EC) ise 268±64 µS/cm civarındadır. Derelerin drenaj alanların yukarı kesimlerinde ortalama çözünmüş oksijen değerleri 8,27±0,80 mg/L dir. Kuzey dereleri ise Ca-HCO₃-SO₄'lü su bileşimine sahiptir. Kuzey derelerinin ortalama pH değeri ise 7,45±0,18 dir. Güney Derelerin EC değerleri 682-861 µS/cm arasında değişmektedir. Kuzey derelerin ortalama çözünmüş oksijen içerikleri ise 7,9±0,8 mg/L dir. Sapanca gölünü besleyen dereler incelenen parametrelerin çoğunda I. sınıf su kalitesine sahiptir. Fakat Toplam P, çözünmüş oksijen, Cl, Fe, Al ve Ni elementleri açısından su kalitesinde bazı derelerde dönemsel olarak kirlenmeler görülmüştür (II. ve III. Kalite). Bu derelerden su kalitesinde bozulma açısından en ön plana çıkan dere gölün kuzeyinde yer alan Maden deresidir. Maden deresinde gözlenen Al, Fe ve Ni zenginleşmesi jeojenik kökenlidir. Derelerin su kalitesinde evsel ve tarımsal kaynaklı kirlenme belirtileri mevcuttur. Bu özellikle kanalizasyon sisteminin bulunmadığı ve tarımsal faaliyetlerin yoğun olduğu gölün kuzey kesiminde yer alan derelerde (Maden ve Eşme) gözlenmektedir. Gölün güneyinde bulunan Kasabasin, Kurtköy ve Mahmudiye derelerinde de kirlenme belirtileri mevcuttur. Bu çalışma kapsamında derelerde ağır metal kirliliğine rastlanmamıştır. Buna ek olarak, Sapanca gölüne dereler vasıtasıyla çözünmüş fazda taşınan ciddi bir kirlenme yükü de tespit edilmemiştir. Derelerin kirletici potansiyelinin netleştirilebilmesi için, askı fazında taşınan metal yükünün de belirlenmesi gerekmektedir.

HYDROGEOCHEMISTRY OF STREAMS DISCHARGING TO SAPANCA LAKE

Sevgi AÇIKGÖZ

Keywords: Surface Water Pollution, heavy metal, water quality

Abstract: Surface water pollution is one of the major environmental problems in Turkey. In this study, water qualities of streams discharging to the Sapanca Lake, which is an important water resource for neighboring cities, were determined. The effects of anthropogenic sources on the water qualities of the streams within the drainage area of the lake and also the levels of the stream water contamination were established. The water qualities of the streams were evaluated based on the water pollution control regulation provided by Turkish Ministry of Environment and Forestry. Water sampling was carried out in the both northern (Aygır, Kasabaşın, Yanık, Kurtköy, Mahmudiye, İstanbul) and the southern (Eşme and Maden) streams in two different periods representing dry and wet seasons. The physical characteristics and the major and trace element concentrations of the streams were also measured. Physical and chemical parameters used in the classification of the surface water quality include pH, temperature, electrical conductivity, dissolved oxygen, chloride, sulfate nitrate, total phosphorus and sodium contents of the streams. Inorganic contaminant parameters used for evaluating stream water qualities are Cd, Pb, As, Cu, Cr, Co, Ni, Zn, Fe, Mn, B, Se, Ba and Al. Water chemistries of the northern and the southern streams discharging to the Sapanca Lake differ from each other. This is due to difference in the rock units exposed at the either side of the lake. The southern streams are Ca-HCO₃ type waters. Their pH ranges from 7.28 to 8.93. Average electrical conductivity of the southern streams is around 268±64 µS/cm. Average dissolved oxygen content measured in the upstream of southern streams is 8,27±0,80 mg/L. Northern streams has an average pH value of 7,45±0,18. Electrical conductivities of these streams range from 682 to 861 µS/cm. The average dissolved oxygen content of the northern streams is 7,9±0,8 mg/L. All streams generally provide type I water quality considering most of the parameters measured in this study. However, deterioration in some stream water quality parameters such as total P, dissolved oxygen, Cl, Fe, Al, and Ni is observed seasonally (II. and III. type). Among all streams, Maden Stream becomes quite noticeable with deterioration in its water quality. High levels of Al, Fe and Ni observed in Maden streams have a geogenic origin. There are some indications of domestic and agricultural contamination in water qualities of the streams. This is generally seen in the streams of Maden and Eşme which are located at the northern part of the lake wherein sewage system is absent and agricultural activities are very common. There are also some indications of pollutions in the streams of Kasabaşın, Kurtköy and Mahmudiye that are located on the southern part of the Sapanca Lake. In the scope of this study, heavy metal pollution was not determined in the Sapanca streams. In addition, there is no serious contamination load carried in the dissolved form to the lake. In order to verify the contamination potential of the Sapanca streams, there is a need to determine the contaminant load of the suspended particles in the streams.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Yeryüzünün yaklaşık dörtte üçünü oluşturan su yaşayan bütün canlılar için en önemli doğal kaynaklardan biridir. İnsan kullanımı, ekosistem kullanımı, ekonomik kalkınma, enerji üretimi, ulusal güvenlik gibi suyun gerekli olduğu birçok sektör vardır. Ancak, özellikle son 20 yıl içinde artan insan nüfusu ve bunun sonucu olarak artan su talebi, küresel bir su krizini gündeme getirmiştir. Bunun yanı sıra, hızla artan dünya nüfusu ve su talebiyle birlikte ekonomik, politik ve çevresel konulardaki mücadeleler ve çekişmeler çok daha yaygın ve ciddi boyutlara ulaşmıştır. Su kaynakları; miktar, kalite ve tüm diğer sektörel kullanımlar açısından birçok ciddi sorunla karşı karşıyadır (www.wwf.org.tr/).

Su yenilenebilir bir kaynaktır, bu anlamda sürdürülebilir kullanımı mümkündür; Ancak günümüzde hızlı tüketim, kaynaklardan yararlananlara eşit fırsatlar ve yararlar sağlayacak şekilde sürdürülebilirlikten çok uzaktadır. Bir ülkenin su zengini sayılabilmesi için, kişi başına düşen yıllık su miktarı en az 8000-10.000 m³ arasında olmalıdır. Kişi başına düşen yıllık 1430 m³'lük kullanılabilir su miktarıyla Türkiye, sanıldığı gibi su zengini bir ülke değildir. Türkiye dünyanın en hızlı nehirlerinden birkaçına sahip olsa da su rezervleri bakımından alt sıralarda yer almaktadır. Türkiye'de su kaynaklarının yönetiminde akılcı ve sürdürülebilir politika ve uygulamalar hayata geçirilmez ise gelecekte ciddi sıkıntılar yaşanması kaçınılmaz olacaktır (www.dsi.gov.tr).

Marmara Bölgesi ele alınacak olursa birçok akarsu havzasına ve göle sahip olduğu görülür. Akarsu havzaları Sakarya Havzası, Ergene Havzası, Susurluk Havzası, Meriç Havzası ve Biga Çayıdır. Mevcut göller ise İznik Gölü, Uluabat Gölü, Manyas Gölü, Büyükçekmece Gölü ve Sapanca Gölü'dür. Bu göller ve akarsular Marmara Bölgesi'nin önemli su kaynaklarıdır. Sapanca Gölü ve havzası da birçok çalışmaya konu olmuş ve halen çalışılmaktadır. Sapanca Gölü bir çok turistin dinlenme alanı olarak tercih ettiği bir doğa harikasıdır. Sapanca Gölü halen Sakarya kenti ve çevre illerin içme suyu kaynağıdır. Sapanca Gölü'nün suyu ayrıca endüstriyel ve rekreasyon amaçlı olarak kullanılmaktadır (Oktaş ve diğ., 2002). Sapanca Gölü'nün mevcut su potansiyeli 120 milyon m³ 'tür. İdeal ihtiyaç ise 136,2 milyon m³ dür.

Dolayısıyla Sapanca Göl suyu içme ve kullanma amaçlı olarak ihtiyacın büyük bir bölümünü karşılamaktadır (ADASU, 2003).

Sapanca Gölü'nün beslenme alanı içerisindeki yerleşim alanları, endüstriyel ve tarımsal faaliyetler, işlek ulaşım yolları ve dereler üzerindeki restoranlar ve alabalık üretim çiftlikleri gölün su kalitesi üzerinde ciddi bir tehdit oluşturmaktadır. Dolayısıyla, çevre iller için önemli bir su kaynağı olan Sapanca Gölü'nün kalitesinin izlenmesi ve korunması sürdürülebilir bir su yönetimi için gerekmektedir. Sapanca Gölü'nün besleniminde göl yüzey alanına düşen yağış ve yer altı suyu boşalmalarına ek olarak, göl drenaj alanının kuzey ve ağırlıklı olarak güney kesimlerinde yer alan derelerden olan boşalmalar önemli bir pay oluşturmaktadır. Derelerin su kalitesinin izlenmesi göl drenaj alanı içerisindeki antropojenik kirletici kaynakların tespiti ve bu unsurların dere su kalitesi ve dolayısıyla göl üzerindeki olası etkilerin ortaya konulması açısından gereklidir.

Bu çalışmada Sapanca Gölü'nü besleyen ana derelerin (Aygır, Kasabaşın, Yanık, Kurtköy, Mahmudiye, İstanbul, Eşme ve Maden) hidrojeokimyası ortaya konulmuş, göl drenaj alanı içerisindeki antropojenik kirletici unsurların derelerin su kalitesi üzerindeki etkileri ve seviyeleri tespit edilmiştir. Derelerin su kalitesi Çevre ve Orman Bakanlığı Su Kirliliği kontrol yönetmeliği kıta içi su kaynakları kalite kriterleri göre sınıflanmıştır. Bu sınıflamada fiziksel ve inorganik kirlenme parametreleri esas alınmıştır. Yüzey suyu kalite sınıflamasında değerlendirilen fiziksel ve kimyasal parametreler sıcaklık, pH, çözünmüş oksijen, klorür, sülfat, nitrat azotu, toplam fosfor, sodyum; inorganik kirletici parametreler ise kadmiyum, kurşun, arsenik, bakır, krom(toplam), kobalt, nikel, çinko, demir, mangan, bor, selenyum, baryum ve alüminyumdur.

BÖLÜM 2. GENEL KISIMLAR

2.1. Önceki Çalışmalar

Sapanca Gölü ve Havzası üzerinde literatürde birçok çalışma bulunmaktadır. Göl üzerinde yürütülen çalışmalar ağırlıklı olarak gölün hidrolojik, limnolojik ve kirlilik açısından karakterizasyonuna yönelik olmuştur. Havza içerisinde yer alan ve gölü besleyen ana derelerin su kalitesi ve kirlilik düzeyi üzerindeki çalışmalar ise oldukça sınırlıdır.

Sapanca Gölü üzerinde yürütülen ilk kapsamlı çalışma D.S.İ tarafından 1984 yılında gerçekleştirilmiştir. Çalışmada gölün kirlenme düzeyinin yüksek olmadığı, göl su kalitesinin ölçülen parametreler açısından içme-kullanma, endüstri suyu sağlanması ve su ürünleri üretimi amaçlarıyla kullanımına uygun olduğu ve gölün halen oligotrofik yapıya sahip olduğu saptanmıştır (DSİ,1984).

Yiğit ve Müftügil (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) kullanılabilir nitelikte olduğunu saptamıştır.

Tuğrul ve Morkoç (1991), Sapanca Gölü'nün limnolojik özelliklerini inceledikleri çalışmalarında, göldeki fosfat derişiminin düşük olduğunu, termoklin tabakasının altında dinamik bir biyolojik sistemin gözleendiğini, Trofik State İndeks (TSI) değerlerinden gölün oligotrofik özellikte olduğunu ortaya koymuştur.

Yalçın ve Sevinç (1993) "Sapanca Gölü'ne Besi Maddesi Yüklenmesi ve gölün trofik durumu" isimli çalışmalarında, gölün N ve P miktarlarındaki değişim tayin edilmiştir. Mezotrofik sınırına yaklaşan göl suyunun kirlenmesinin önlenmesi için alınması gereken tedbirleri saptamaya çalışmışlardır.

Ertürk (1994) Sapanca Gölü'nün dip çökellerinde yaptığı mineralojik ve jeokimyasal incelemede, sedimanların düşük toplam organik karbon içeriklerinin oligotrofik göllere özgü sınırlar içinde olduğunu, sedimanların tane boyları dağılımlarının ne

şekilde değiştiiğini ortaya koymuş ve bir takım önlemlerin alınmasıyla, çevre nüfusunun göl suyundan içme ve kullanma amaçlı faydalanabileceğini saptamıştır.

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

Velioğlu (1998) Sapanca Gölü ve Havzası üzerinde yapılmış kirlilik araştırmalarının sonuçlarını değerlendirerek, Sapanca Gölünün durumunda herhangi bir iyileşme olmadığını ortaya koymuştur. Raporda ağırlıklı olarak Sapanca Gölünün ve havzasının korunması ile ilgili öneri paketi üzerinde durulmuş, pakette önerilen konular üzerine yeteri kadar gidilmediği ve belli konuların ele alınmasında geç kalındığı sonucuna varılmıştır.

Tanık ve diğ., (1998) Sapanca Gölü Havzasındaki kirletici kaynakları araştırmış, gölün biyolojik oksijen ihtiyacı, N, P, pestisit ve gübrelerin gölde dağılımı incelemiştir. Gölün Avrupa Topluluğu standartlarına göre II.Sınıf kalitede olduğunu ve su kalitesindeki duraylılığı sağlamak için uzun ve orta vadede kontroller yapılması gerektiğini ortaya koymuştur.

Yalçın ve Sevinç (2001), Sapanca Gölü'nün güneyinde bulunan TEM otoyolunun göle olan etkilerini araştırmıştır. Bu çalışmada 1991-1999 yılları arasında göl suyunda otoyol kaynaklı ağır metallerin (Pb, Fe ve Zn) derişimleri ve değişimleri incelenmiştir. Elde edile sonuçlar göldeki Zn seviyesinin sınır değerlerin altında olduğunu; Pb ve Fe konsantrasyonlarında artış gözlendiğini ve zaman zaman Pb ve Fe derişimlerinin sınır değerlerin üstüne çıktığını göstermektedir.

Oktaş ve diğ., (2002) Adapazarı İli'nin İçme suyu kaynağı olan Sapanca Gölü su kalitesini incelemiş ve gölün kirlenme düzeyinin halen yüksek olmadığını ortaya koymuştur.

Altuğ (2006) Sapanca Gölü ve gölü besleyen derelerin bakteriyolojik kirlilik seviyelerini ve bakteriyolojik metabolik aktivitelerini belirlemeye yönelik çalışmalar yürütmüşlerdir. Bakteri örneği olarak total koliformların alt grubu olan Fekal koliformlar ve Fekal Koliformların en iyi örneği olan *Escherichia coli* seçilmiştir. Fekal

koliform değerleri bakımından Sapanca Gölü'nün 4.sınıf su kalite özelliğine sahip olduğu görülmüştür.

Duman ve diğ., (2006a) alışmasında sezonsal olarak Sapanca Gölü'nün yüzey sedimanlarındaki ağır metal (Pb, Cr, Cu, Mn, Zn, Ni ve Cd) değişimlerini ortaya koymuştur. Bu çalışmada sedimanlardaki Pb, Cr, Cu, Mn ve Zn derişimlerinin zaman zaman sınır değerleri aştığı; Ni ve Cd derişimlerinin ise sınır değerlerin altında olduğu ve sezonsal olarak ciddi bir farklılık göstermedikleri tespit edilmiştir.

Duman ve diğ., (2006b) Sapanca Gölü'nde bulunan Potamogeton lucens adlı bitkinin yapısındaki ağır metal seviyelerini (Pb, Cr, Cu, Mn, Ni, Zn, ve Cd) araştırmıştır. Bulunan metal seviyeleri řu şekilde sıralanmıştır: Mn>Zn>Ni >Cu>Cr>Pb>Cd

Gürbüz ve Gürer (2008) Sapanca Gölü'ndeki sedimantasyon süreçleri üzerinde antropojenik etkileri araştırmıştır. Göl içindeki sediman taşınımının ve çökeliminin doğal faktörlere ek olarak dere yatakları üzerinde inşa edilen seddeler ve göl suyunu tahliye eden Çarksuyu regülatörü tarafından kontrol edildiği belirlenmiştir.

Gölün su kalitesi ve kirlilik seviyesinin tespitine yönelik yürütölen bu çalışmalar gölün su kalitesini etkileyebilecek tehditlerin halen var olduğunu ve bu unsurların sürekli izlenmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır. Bu tez kapsamında planlanan amaçlardan biri de gölü besleyen derelerin su kalitesi hakkındaki durumu güncellemektir.

2.2. Çalışma Alanı Hakkında Genel Bilgi

Sapanca Gölü Drenaj Havzası, Marmara Bölgesinde, İzmit Körfezi doğusunda Sakarya ve Kocaeli sınırları içinde yer alır. İki ili ayıran sınır gölün içinden geçer. Coğrafik olarak havza 29° 57' 53" doğu meridyenleri ile 40° 17' 41" kuzey paralelleri arasında kalır (şekil 2.1).

Sapanca Gölü, Sakarya Nehri ile İzmit Körfezi arasında uzanan, deniz seviyesinden 30 m yükseklikte bir tatlı su gölüdür. Drenaj sahasından gelen suyun miktarına bağlı olarak 46-60 km² arasında bir yüzey alana sahiptir. Göl, uzun ekseni 16 km kısa

ekseni 6 km eliptik bir şekle sahiptir. Uzun eksenini doğu-batı, kısa eksenini kuzey-güney istikametindedir. Kıyıların uzunluğu 39 km olup bunun 26 km lik kısmı ise Kocaeli il sınırında kalmaktadır. Gölün doğu ucu Sakarya Nehri'nden 5 km, batı ucu ise İzmit Körfezi'nden 20 km uzaklıktadır. Ortalama derinliği 31-33 m arasında değişmekte olan gölün en derin yeri 52 m dir (Velioğlu, 1998).



Şekil 2.1: İnceleme alanının yer bulduru haritası.

Sapanca Gölü, İznik Gölü'ne paralel olarak uzanan ve İzmit Körfezi'nin devamı halinde Adapazarı Ovası'na kadar ulaşan tektonik bir çukurda yer almaktadır. Göl doğu ucundan çıkan Çark Deresi kanalıyla Sakarya nehrine boşalmaktadır.

Sakarya İli'nin Sapanca, Kırkpınar, Kurtköy, Kocaeli İli'nin Maşukiye, Hikmetiye, Suadiye, Eşme belediyelerinin tamamı ile Sakarya ili'nin Arifiye ve Serdivan Belediyelerinin bir kısmı havza içinde kalmaktadır. Ayrıca havzada çok sayıda köy bulunmaktadır.

Bölgeye ulaşım karayolu ve demiryolu ile sağlanmaktadır. Sapanca Gölü güneyinden TEM otoyolu, kuzeyinden D100 karayolu, Sapanca İlçesi'nden ise demiryolu geçmektedir. Özellikle TEM otoyolu inşasından sonra Sapanca ve çevresindeki (Kırkpınar, Yanık, Kurtköy, Maşukiye) meyve bahçeleri de yerini ikincil konuta veya tatil köylerine bırakmıştır. Sapanca ilçesi ve çevresi önemli şehir merkezlerine (İstanbul, Adapazarı, İzmit) bağlanmaktadır.

Sapanca Gölü havzası, iklimi, ulaşım kolaylığı ve doğal yapısı nedeniyle tarım sanayi ve kentsel yapılaşmaya uygun bir alan olmuştur. Bölgede en zengin tarımsal faaliyet Adapazarı ovasında yapılmaktadır. Yerleşim birimlerinde ekonomik açıdan önemli sayılmaktadır. Sapanca Gölü ve besleyen derelerde birçok balık türü yetişmesine rağmen bölge halkında balıkçılık fazla gelişmemiştir (Esenli, 1995).

Sapanca havzasının turistik bölge haline gelmesinin ve uygun ulaşım koşullarının sağlanmasının ardından havza yerleşim bölgesi olarak seçilmiş ve koruma alanları işgal edilmiştir. Sapanca Gölü'nün kuzeyinde kalan Eşme Beldesi ile güneyinde kalan Maşukiye beldesi de göl kirlenmesinde payları olan yerleşim yerleridir. Özellikle Eşme kesiminde konutların göle yakın mesafelerde bulunması kirlenme ihtimalini arttırmaktadır. Kırkpınar belediyesi göle dökülen Mahmudiye ve Kurtköy dereleri arasında kalmaktadır. Kurtköy deresinden civar belediyeler malzeme aldığından dere yatağı bozulmuştur. Bu beldede son yıllarda yapılaşma, sanayileşme ve tarım hızla gelişmektedir. Bunun sonucu olarak yakın çevredeki dereler kirlenme riski altında kalmaktadır. Gölün batı kesimlerinde bulunan Eşme, Maşukiye, Hikmetiye, Derbent belediyelerindeki aşırı yapılaşma da benzer sorunları ağırlaştırmaktadır (ADASU, 2003).

2.3. İklim

Sapanca ve çevresinde Akdeniz ve Karadeniz iklimleri arasında geçiş iklimi hüküm sürer. Ilıman iklim kuşağında yer alan Sapanca Gölü havzasında yazlar sıcak ve kurak, kışlar ılık ve yağışlıdır. Sakarya-Geyve Gözlem İstasyonunda 1975-2006 yılları arasında yapılan ölçümlere göre (Tablo 2.1), sıcaklık değerleri en yüksek 44 °C ile Temmuz 2000 tarihinde, en düşük sıcaklık değeri ise -10 °C ile Ocak 1976 tarihinde ölçülmüştür. Havzaya düşen yıllık ortalama yağış miktarı 845 mm dir. Ortalama yağış değerleri temmuz-ağustos aylarında en düşük, aralık ve ocak aylarında ise en yüksektir (Oktaş ve diğ., 2002). Bölgeye 2004-2007 yılları arasında düşen aylık yağış miktarı değişimi Tablo 2.2'de gösterilmiştir.

Sapanca Gölü ve çevresinde buharlaşma değerleri oldukça değişkenlik göstermektedir. Sapanca Havzasındaki en yüksek buharlaşma 159 mm ile temmuz ayında meydana gelmiştir. En düşük buharlaşma ise 22,8 mm ile Aralık ayında meydana gelmiştir. Sapanca Gölü ve çevresinde yıllık bağıl nem ortalaması % 72 civarındadır. Bölgedeki en yüksek bağıl nem % 74 ile Kasım ayında meydana gelmiştir. En düşük bağıl nem ise % 11 ile Nisan aylarında gözlenmiştir.

Tablo 2.1: 1975-2006 yılları arasında Sakarya-Geyve meteoroloji istasyonunda kaydedilen meteorolojik ölçümlerin ortalama değerleri.

Ortalama yerel basınç (Hpa)	1013
Ortalama buhar basıncı (Hpa)	12,6
Ortalama bağıl nem (%)	72
Ortalama bulutluluk (0-10)	5,3
Ortalama yağış miktarı (mm)	845
Ortalama kar örtülü gün sayısı	11,8
Ortalama rüzgar hızı (m/s)	1,5
En hızlı esen rüzgarın hızı (m/s)	23,7
En hızlı esen rüzgarın yönü	G-B
Ortalama buharlaşma (mm)	93,38

Tablo 2.2: 2004-2007 yılları arasında Sakarya Meteoroloji istasyonunda kaydedilen yağış miktarları (mm).

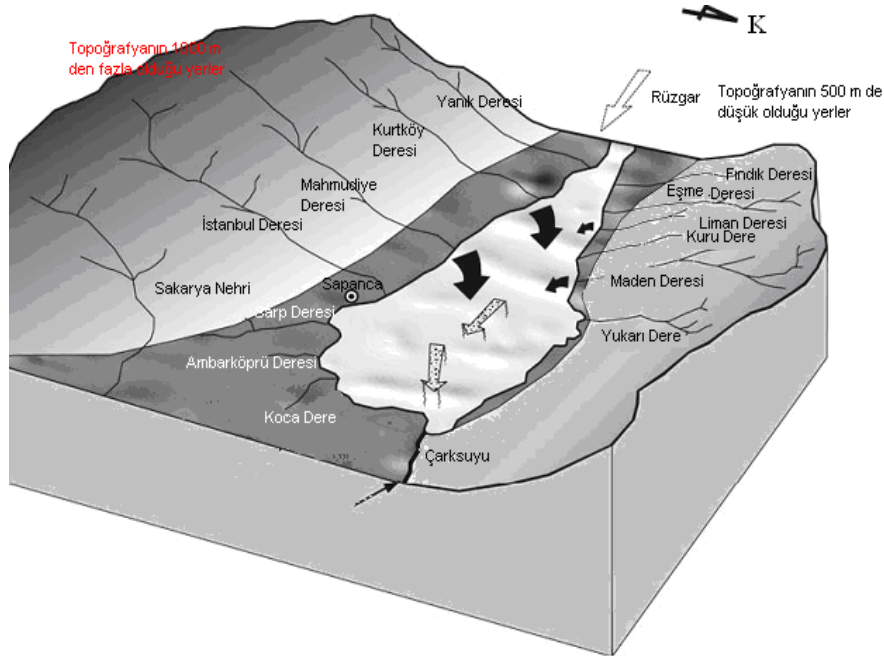
Yıllar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
2004	195	84,5	69,9	48,3	42	124,9	19,7	129,4	7,1	20,1	147,7	54,9
2005	139,5	83,2	87,3	50,5	28,2	59,7	163,9	11,5	67,9	91,8	165,7	76,6
2006	77,5	98,6	67,2	3,3	13,8	101	0,2	3,4	96,2	50,3	64,6	74,4
2007	100,8	17,9	55,8	50,5	54,3	29,6	29,2	60,8	14,3	56,2	88,8	120,5

2.4. Jeomorfoloji ve Bitki Örtüsü

Sapanca Gölü Havzasının batısında İzmit Körfezine kadar düzlük bir alan, doğusunda Sakarya nehrinin oluşturduğu Adapazarı Ovası, kuzeyinde tepeler halinde uzanan Kocaeli Platosunun doğu ucu ve güneyinde dar bir şerit halindeki Sapanca ovası sonrası dağlık bölgede yer alır. Sapanca Ovası güneyindeki Samanlı, Karadağ ve Keremali dağlarının yükseklikleri 1800-4300 m arasındadır. Dik yamaçlı bu dağlar akarsu vadileriyle bölünmüşlerdir (Oktaş ve diğ., 2002).

Sapanca Gölü'nün güney kesimi kuzey kesime göre daha yüksektir. Topoğrafik eğim de güney kesimde daha fazladır (Şekil 2.2).

Havzanın özellikle güney kesimi ormanlar ve fundalıklarla kaplı olup, kıyıya yakın yerlerde muntazam bir şekilde etrafı tarım arazisi ile çevrili küçük yerleşim birimleri bulunmaktadır. Ormanların büyük bir kısmı gölün güneyine uzanan Samanlı Dağları'nın kuzey yamaçlarındadır. Havzanın kuzeyinde tarım arazisi ve otlak yeri olarak kullanılan açık alanlar ile yer yer orman alanları vardır. Gölün doğu ve batı kesimi ise kısmen bataklıktır (Öktem,1996). Havzanın % 53 ü orman olup, ormanlık alanın da % 59 luk bir kısmı bozulmuş durumdadır. Günümüzde ise Sapanca Gölü ve çevresinde orman özelliği taşıyan çok az yer kalmıştır. Havzanın 192 km² si (% 73,5) orta şiddette, 69,61 km² si (% 26,5) ise hafif yüzey erozyonuna maruz kalmaktadır. Havzanın genel alanının % 53 ünün orman ile kaplı olması erozyon tehlikesine karşı büyük engel teşkil etmektedir (Karcı,1997).



Şekil 2.2: Sapanca havzasının blok diyagramı (Gürbüz ve Gürer (2008)'den değiştirilmiştir).

2.5. Sapanca Havzasının Jeolojisi

Sapanca Gölü beslenme havzasında farklı yaşlarda ve litolojilerde birçok birim mostra vermektedir. Havzanın jeoloji haritası EK-1'de verilmiştir. Havzanın genel jeolojisi ile ilgili ayrıntılı bilgiye Yılmaz ve diğ., (1990), Esenli (1995) ve Herece ve Akay (2003) kaynaklarından ulaşılabilir. Havzanın genel jeolojisi aşağıda kısaca değinilmiştir.

Paleozoyik yaşlı kayalar Sapanca Gölü drenaj alanının en yaşlı birimlerini oluşturmaktadır. Göl drenaj alanının güney yamaçlarında baskın olarak yüzlek verirler. Gölün kuzey kesiminde de Kuru dere ve Maden dere boyunca sınırlı bir alanda gözlenmektedirler. Aygır, Kasabaşın, Yanık, Kurtköy, Mahmudiye ve İstanbul dereleri bu birimlerden kaynaklanmakta ve Sapanca Gölü'ne dökülmektedir (Şekil 2.3). Beslenme alanın güneyinde yüzeyleyen ayrılmamış olan Permo-Triyas birimlerinin başlıcalarını şistler, mermer, gnays ve kuvarsitler oluşturmuştur (Yılmaz ve diğ., 1990). Metamorfiklerin en üst kesimini oluşturan mermerler ve kristalize kireçtaşları ise şistlerden sonra beslenme alanındaki ikinci yaygın yüzeylemelerdir (Esenli, 1995). Havzanın kuzeyinde sınırlı alanda görülen Permo-Triyas yaşlı birimler ise konglomera, kumtaşı ve şeylden oluşmaktadır.

Göl drenaj alanı içinde Mesozoyik, gölün kuzeydoğu yamaçlarında Üst Kretase-Paleosen yaşlı killi kireç taşları ve marnlar ile temsil edilmektedir. Hakim renk bej-gri olup, Permo-Triyas yaşlı birimler üzerine açısız uyumsuzlukla gelirler. Sapanca Gölü güneyinde Mesozoyik, Keltepe civarında Üst Jura-Alt Kretase yaşlı Kristalize kireçtaşı ve mermerlerden ve metaofiyolitik kayalardan (peridotit, gabro ve amfibolit) oluşmaktadır (Yılmaz ve diğ., 1990).

Senozoyik yaşlı birimler Tersiyer ve Kuvaterner olmak üzere ikiye ayrılır. Tersiyer kendi içinde Eosen ve Pliyosen olarak ele alınır. Alt- Orta Eosen yaşlı birimler drenaj alanı içinde fliş özelliği gösterir. Kumtaşı-silttaşı-kiltaşı sıralanması şeklindedir. Sapanca Gölü'nün kuzey ve kuzeybatı yamaçlarını oluştururlar. Göl drenaj alanının kuzey kısımlarında küçük mostralarda halinde yer alan volkanik kayalar Eosen sonrası görülen volkanizma ürünlerinden aglomera, andezit ve bazalt karakterli kayalardır (Oktaş ve diğ., 2002). Sapanca Havzası'nda Geç Pliyosen yaşlı birimler gevşek tutturulmuş çakıl-kum-kil ve silt ile bunların karışımlarından oluşmaktadır. Bu birimleri gölün güney-doğu ve kuzey-batısında göl seviyesine göre ilk yükselti kesimlerini oluştururlar (Emre ve diğ., 1998). Bölgede Kuvaterner yaşlı birimler drenaj alanının doğu ve batı düzlük kısımları ile güneydeki düzlüklerde, alüvyon ve alüvyon yelpazeleri, yamaç molozu ve teraslar şeklinde görülürler. Genellikle tutturulmamış çakıl, kum, kil, silt ve bunların karışımları şeklindedir.

2.6. Sapanca Havzasının Hidrolojisi

Sapanca Gölü drenaj alanı güneyde dağlar, kuzeyde alçak tepelerle sınırlanmış olup, yağış alanı dahil 251 km²'dir. Göl deşarj akımları 1970 yılında işletmeye açılan Çarksuyu Regülatörü ile düzenlenmiştir. Göl aynası alanı 29,50 m kotunda 41,9 km² ve 31,50 m işletme kotunda 43,85 km² dir. Gölün maksimum derinliği 52 m dir. Gölün 31,50 m deki hacim ise 1,120 x 10⁶ m³ tür (ADASU, 2003).

Sapanca Gölü kuzey ve güneyindeki dağlardan inen dereler ve göl dibindeki kaynaklardan beslenmektedir. Gölü besleyen irili ufaklı 17 dere bulunmaktadır. Bunlar; Keçi, İstanbul, Kurtköy, Mahmudiye, Yanık, Karaçay, Çiftepınar, Tuzla, Kanlıtarla, Eşme, Kuru, Maden, Çatalödü, Altıkuruş, Harmanlar, Aygır ve Cehennem dereleridir. Bu derelerin bir kısmı gölün kuzey kesiminde bir kısmı ise güney kesiminde kalmaktadır. Kuzey kesimde kalan dereler Maden deresi, Kuru dere,

Liman deresi ve Eşme deresidir. Güney kesimde kalan dereler ise doğudan batıya doğru, Sarp deresi, Keçi deresi, İstanbul deresi, Mahmudiye deresi, Kurtköy (Kuruçay) deresi, Yanık (Karaçay) deresi, Kasabası deresi ve Aygır (Maşukiye) deresidir.

Bu derelerden Kuru dere, Liman deresi, Tuzla deresi, Harmanlar deresi, Çatalödü deresi, Altıkuruş deresi, Cehennem deresi, Çiftepınar deresi, Sarp deresi, Keçi dereleri çok kısa mesafeli oluşları, debilerinin çok düşük olmaları veya tamamen kurumuş olmaları nedeniyle çalışma kapsamı dışında tutulmuşlardır.

Göle gelen derelerin debileri çok düşük olup, bir kısmı yaz aylarında kurumaktadır. Göle güneyden karışan dereler, dik yataklı ve ani taşkınlara neden olup, göle çok miktarda sediman taşımaktadırlar. Göl yatağının bu maddelerle dolmasını önlemek üzere derelerden bazıları üzerinde tersip bentleri (göle aşırı malzeme taşınmasını önleyen ve dere üzerine kurulan yapılar) inşa edilmiştir. Derelerden en uzun ve debisi en yüksek olanları Kurtköy, Yanık, İstanbul ve Mahmudiye Dereleridir (Tablo 2.3).

Derelerde D.S.İ 2001-2008 yılları arasında debi ölçümü yapmıştır. Bu ölçümlere göre; Aygır Deresi'nin debisi 0,054-1,71 m³ / sn, Yanık Deresi'nin debisi 0,038-2,225 m³ / sn, Kurtköy Deresi'nin debisi 0,056-1,438 m³ / sn, Mahmudiye Deresi'nin debisi 0,048-1,433 m³ / sn, İstanbul Deresi'nin debisi 0,03-0,98 m³ / sn, Sarp Deresi'nin debisi 0,018-0,076 m³ / sn, Keçi Deresi'nin debisi 0,012-0,131 m³ / sn, Maden Deresi'nin debisi 0,002-0,164 m³ / sn arasında ölçülmüştür (D.S.İ., 2008).

Tablo 2.3: Sapanca Gölü'nü besleyen önemli derelerin özellikleri (Oktaş ve diğ., 2002).

Dereler	Doğduğu Yer	Uzunluk (km)
İstanbul Deresi	620 m- Nuri Osmaniye Alan Sirtı	12,8
Mahmudiye Deresi	1000 m- Kurugöller Tepesi	12,4
Kurtköy Deresi	1250 m- Narlı Tepesinin kuzeybatısı	11,8
Yanık Deresi	1580 m- Kuzu Yaylası Tepesinin Kuzeybatısı	14
Aygır Deresi	650 m- Geyikalan Tepesinin kuzeydoğusu	8,8
Maden Deresi	370 m- Kabaklı Tepesinin kuzeyi	5,2

Gölün tahliyesi Çark suyudur; uzunluğu 45 km olup, Sapanca Gölünün doğusundan çıkar ve Sakarya Nehrine katılır. Gölü besleme değil göldeki fazla suyu boşaltma özelliğine sahip olduğundan dolayı çalışma kapsamı dışında tutulmuştur.

Gölün doğu kesiminde bulunan Arifiye Deresinin 1981 yılından önce, Arifiye İlçesinin evsel atıkları ve mezbaaha atıklarının atıldığı saptanmasının ardından Aralık 1981 Yılında DSi Genel Müdürlüğünce yaptırılmış bulunan sedde kanalıyla Çark suyuna bağlanmıştır.

2.7. Sapanca Göl Havzasının Hidrojeolojisi

Sapanca havzasının hidrojeolojisi aşağıda kısaca özetlenmiştir. Göl havzasının hidrojeolojisi hakkında detaylı bilgi DSI (1984), Oktaş ve diğ. (2002) kaynaklarında ele alınmıştır.

Sapanca Gölü'nü güneyden sınırlayan metamorfik kayalar genel olarak geçirimsizdir. Ancak, ayrılmış kırık ve çatlaklı kesimlerde pek az su hareketi olabilir. Metamorfik kayalar arasındaki büyük boyutlu mermer veya rekristalize kireçtaşı mercleklerinde ise karstik yeraltı suyu dolaşımı vardır. Bazı mermer mercleklerinin şistlerle dokanağından veya mermerleri çevreleyen yamaç molozlarından boşalan karstik kaynaklar mevcuttur. Sapanca havzasının kuzey yamacı da Kretase ve Eosene ait ardalanan kilitaşı, kumtaşı, silttaşı veya şeyl vb. kayalarla kaplıdır. Arada ince konglomera düzeyleri vardır. Tüm bu kayalarda hidrojeolojik bakımdan geçirimsiz veya pek az geçirgen birimlerdir. Bu yamaçlarda topoğrafya eğimi daha

azdır. Genel olarak dentritik drenaj ağı gelişmiştir. Dereler daha kısa kollu, buna karşılık drenaj yoğunluğu daha yüksek görülmektedir.

Havzanın güney kesiminde bulunan Kartepe'deki metamorfik kayalar havzadaki suyun komşu havzalara yeraltından sızmasına engel olurlar. Düşen yağışın akışa geçen kısmı yüzeyden dereler vasıtasıyla, yüzeyaltı akışlarla ya da karstik mermer merceklerinde yeraltı suyuna katılarak göle ulaşırlar. Sapanca Gölünün kuzey yamacı da yaklaşık D-B doğrultulu bir su bölümüyle sınırlanmıştır. Su bölümü, yeraltı suyu hareketi bakımından bariyer niteliğindedir (Velioğlu, 1998).

Gölün hem kuzey hem de güney kıyıları boyunca uzanan alüvyon çökeller veya yamaç molozları, taraça veya birikinti konileri çok geçirgen aynı zamanda iyi akifer özelliğinde birimlerdir. Ancak bu düzeylerde depolanan yeraltı suları da geçirimsiz ve göle eğimli alt yapısal yüzey nedeniyle sızma ile önce dereleri ve sonra da gölü beslemektedir.

Sapanca havzasının batı sınırı ise, yaklaşık KB-GD doğrultulu bir su bölümüyle ayrılmıştır. Bu sınırın kuzey ve güney kesimleri, sırasıyla geçirimsiz, Eosen çökelleri ve metamorfik temel kayaları üzerinde yer almaktadır. Orta kesiminde gölün eksenine dolayında, Suadiye köyü ile Tepetarla arasında bölgede 4-5 km si geçirimli örtü çökelleri ve alüvyonla kaplıdır. Alüvyon çökellerin yüzeyden itibaren 40-50 metrelik kısmının, akifer niteliğinde olduğu, Köseköy'deki sanayi kuruluşlarının sondaj verilerinden bilinmektedir. Tabandan, 100 metreden daha kalın, siyah-koyu gri, plastik, bataklık fasiyesindeki killerle sınırlandırıldığından; bu kesimden de, Sapanca gölünden batıya veya İzmit yönünde önemli miktarda yeraltı suyu hareketi beklenmektedir (Oktaş ve diğ., 2002).

Sapanca havzasının doğu sınırı ise Memnuniye, Hacımercan, Sülüklü tepe, Gülbaşı (35 km) ve kuzeyde Kalanpınar tepesi (185 m) ile devam eder. Çarksuyu, Sapanca Gölünün yüksek su düzeyinde dışa boşalmasını sağlar. Gölün doğusundaki alüvyal çökeller de geçirimli ve iyi akifer niteliğinde oldukları için, yüzeyden akıştan, gölden ve yağıştan beslenmektedir. Sapanca Gölü ile Sakarya vadisi arasındaki bu kesimde, alüvyal çökeller batıda Sapanca Gölü ve doğuda Sakarya Nehri olmak üzere iki besleyici yüzey suyu arasında yer almaktadır. Bu kesimdeki yeraltı suyu hareketi büyük olasılıkla Sapanca Gölü'ndeki su düzeyi ile denetlenmektedir (Oktaş ve diğ., 2002).

Özetle, Sapanca havzası, hidrojeolojik koşullar nedeniyle kuzeyden ve güneyden geçirimsiz su bölümleriyle sınırlanmıştır. Batıdan da İzmit körfezi yönünde belirgin bir yeraltı suyu hareketi vardır. Sadece havzanın doğusundan Çarksuyu ile yüzeyden ve geçirimli alüvyal çökeller vasıtasıyla yeraltından Sakarya havzası ile bağlantılıdır. Dolayısıyla, Sapanca yalnız doğuda çıkışı olan yarı kapalı bir havzadır (Öktem,1996).

2.8. Sapanca Gölü Havzasında Kirletici Unsurlar

Sapanca Gölü'nü ve onu besleyen dereleri kirletme potansiyeli olan ve geçmiş dönemlerde kirlettiği tespit edilen birçok unsur bulunmaktadır. Bu unsurlar şöyledir: Evsel kirletici kaynaklar, endüstri kaynaklı kirleticiler, tarımsal kökenli kirleticiler ve karayolu kökenli kaynaklar.

Sapanca Gölü havzasında yer alan ve gölün su kalitesini atıkları ile olumsuz yönde etkileme potansiyeline sahip birçok yapı malzemeleri üretim tesisi, segman fabrikası, metal sanayi, kağıt ve gıda fabrikası bulunmaktadır. Bu fabrikaların atıkları direkt olarak derelere ya da göle atılmıyor olsalar dahi, arıttıkları ya da fossetiklerde biriktirdikleri atık sularının topraktan sızarak göle ulaşma riski bulunmaktadır.

Sanayi kuruluşlarının yanı sıra göl havzasında restaurant, dinlenme tesisi, kum-çakıl yıkama tesisi, gıda tesisi, akaryakıt istasyonu, tavuk çiftliği, otel gibi çeşitli ticari işletmeler yer almaktadır. Özellikle yaz aylarında göl ve derelerin çevresindeki piknik alanları ve çay bahçelerine fazla rağbet gösterilmesi, kirlilik potansiyelini artırmaktadır.

Sapanca Gölü'nün kuzeyinden E-5 karayolu, güneyinden TEM otoyolu çok yakın mesafelerden geçmekte ve dolayısı ile civardaki bitki örtüsünü ekzost gazları nedeni ile olumsuz etkilemekte ve uzun dönemde gölün ekoloji dengesine olumsuz katkı yapmaktadır.

Sapanca Gölü havzasındaki araziler genellikle orman alanı ve tarım arazisi olarak kullanılmaktadır. Orman alanları tüm havzanın % 55 ini, tarım arazileri de % 33 ünü kapsamaktadır. Bölgede orman alanlarının azalması ve bozulmaya yüz tutması erozyon riskini doğurmaktadır. Su kirliliği yönünden toprak erozyonunun önemi, tarım arazisinde kullanılan gübre ve pestisitlerin içerdiği fosforun sedimentler

vasıtasıyla yüzey sularına taşınarak ötröfikasyona neden olmaktadır. Özellikle Eşme Bölgesinde meyve ve sebze yetiştiriciliği yaygın şekilde yapılmaktadır. Tarımsal faaliyetler esnasında kullanılan suni gübreler ve zirai mücadele ilaçlarının derelere ve göle yağmur ve rüzgar gibi etkenlerle karışma riski bulunmaktadır (ADASU, 2003).

Sapanca Havzasında birçok yerleşim birimi yer almaktadır. Havzanın güneyinde doğudan batıya doğru Sapanca, Kırkpınar, Kurtköy, Yanık, Maşukiye ve Acısu yerleşimleri, kuzey tarafta, Yeni ve Eski Eşme, Dereköy yerleşimleri bulunmaktadır. Bu yerleşim birimlerinde genellikle yazlık olarak kullanılan konutlar, dinlenme tesisleri, lokantalar, akaryakıt satış istasyonları ve sanayi tesislerinin evsel nitelikteki atık suları potansiyel evsel kirlenici kaynaklardır.

Havzada 1998 yılına kadar kanalizasyon sistemi bulunmadığından dolayı evsel atıklar sızdırmaz çukurlarda saklanarak daha sonra uzaklaştırılmaktaydı. Ancak bu atık sular jeolojik yapı gereği yeraltına sızarak göle ve derelere ulaşma riski taşımaktaydı. Sapanca Gölünün evsel atık sulardan korunması amacıyla İller Bankasınca kanalizasyon projesi geliştirilmiştir. Güney kesimde yapılan kanalizasyon inşaat çalışmaları 2007 tarihinde sona ermiştir. Kuzey kesimde kanalizasyon projesi başlamıştır ve 2010 yılında tamamlanması planlanmaktadır (ADASU, 2008).

Dereler üzerinde bulunan alabalık üretim çiftliklerinden ileri gelen kirlenme, yine dereler civarındaki kontrolsüz yapılaşma ve yerleşimden ileri gelebilecek kirlenme Sapanca Gölü sularında ve gölü besleyen suların kalitesi üzerinde bir risk teşkil etmektedir.

BÖLÜM 3. MATERYAL VE METOT

3.1. Örnekleme Yöntemi

Başlangıçta 3 farklı dönem olarak planlanan örnekleme periyodu, yaz aylarında derelerin büyük bir bölümünün kurumması ve kalanlarında debisinin önemli ölçüde azalması nedeniyle kış ve ilkbahar dönemi ile sınırlı kalmıştır. Böylelikle derelerin akış rejimlerindeki değişimlerin derelerin su kimyası üzerindeki etkisi belirlenmeye çalışılmıştır. Örnekleme Mayıs ve Kasım 2007 ayları içerisinde gerçekleştirilmiştir.

Örnekleme Aygır, Kasabası, Yanık, Kurtköy, Mahmudiye, İstanbul, Maden ve Eşme derelerinde yapılmıştır. Şekil 3.1 de çalışma alanındaki bazı derelerde yapılan örnek alımı ve derelerdeki akım rejimi görülmektedir. Su numuneleri derelerin hem kirlenici unsurlardan uzak yerlerinden(kontrol) hem de göle döküldükleri yerlere yakın noktalarından alınmıştır. Potansiyel kirlenici unsurların derelerin su kalitesi üzerindeki etkilerini daha iyi izleyebilmek için örnekleme noktalarının kirlenici unsurlara (yerleşim ve tarım alanları, sanayi tesislerine vb.) mümkün olduğunca yakın olması da göz önünde bulundurulmuştur. Örnekleme yapılan noktaların koordinatları GPS ile VGS 84 yöntemine göre ölçülmüştür (Tablo 3.1). Örnekleme noktalarının yer bulduru haritası EK-2'de sunulmuştur.

Her bir örnekleme noktasından iki adet su örneği alınmış ve 1000 ml'lik polietilen şişeler içerisine muhafaza edilmiştir. Numuneler filtreden geçirilerek şişelere doldurulmuş ve şişede hava kalmamasına özen gösterilmiştir. Metal ve majör element analizi yapılacak su numuneleri nitrik asit eklenerek suyun pH'ı 2'nin altına düşürülmüştür. Nitrat analizi yapılacak örneklere de sülfürik asit ilave edilerek pH < 2 ayarlaması yapılmıştır. Örnekler analiz yapılincaya kadar 4 °C'de buzdolabında

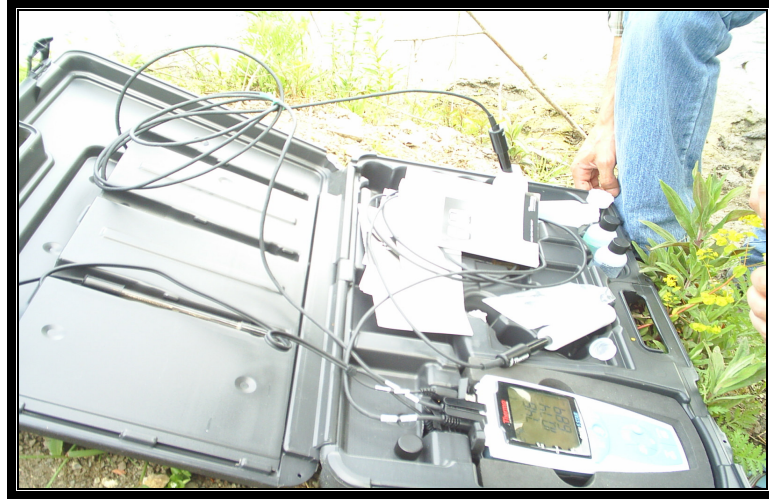
muhafaza edilmiştir. Sahada dere örnekleri üzerinde yerinde ölçümler yapılarak derelerin pH, elektriksel iletkenlik, çözünmüş oksijen ve sıcaklık değerleri tespit edilmiştir. Parametreler multiparametre ölçen Thermo Orion 5 star ile belirlenmiştir (Şekil 3.2). Ölçüm aletleri, ilgili parametrelere uygun standart solüsyonlar kullanılarak kalibre edilmiştir.



Şekil 3.1: Örnekleme yapılan bazı derelerden bir görünüm.a)Yanık Deresi, b) İstanbul Deresi, c) Kurtköy Deresi, d) Eşme Deresi.

Tablo 3.1: Sapanca dereleri örnekleme noktalarının koordinatları.

Dereler	Örnek No	Koordinatlar		Göle olan Uzaklık (m)
		X	Y	
Aygır	G1	30°09',00"	40°42',38"	1349
	K1	30°08',33"	40°41',08"	2903
Kasabasin	G2	30°09',30"	40°42',17"	248
	K2	30°09',28"	40°40',25"	3445
Yanık	G3	30°10',10"	40°41',53"	866
	K3	30°09',52"	40°40',50"	3081
Kurtköy	G4	30°12',15"	40°41',38"	333
	K4	30°11',35"	40°40',04"	3230
Mahmudiye	G5	30°14',53"	40°42',38"	1986
	K5	30°11',38"	40°39',06"	6542
İstanbul	G6	30°15',15"	40°41',08"	529
	K6	30°13',45"	40°38',52"	6077
Eşme	G7	30°13',40"	40°44',05"	590
	K7	30°13',45"	40°44',15"	1461
Maden	G8	30°11',50"	40°43',45"	286
	K8	40°44',08"	40°44',08"	1717

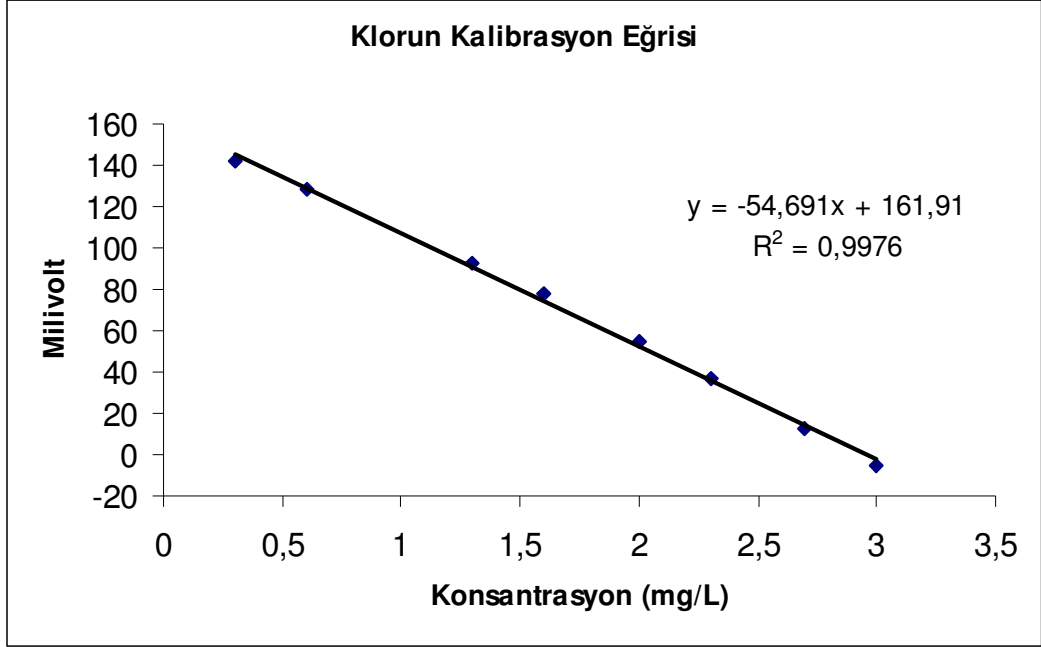


Şekil 3.2: Thermo Orion 5 star multiparametre ölçüm cihazı.

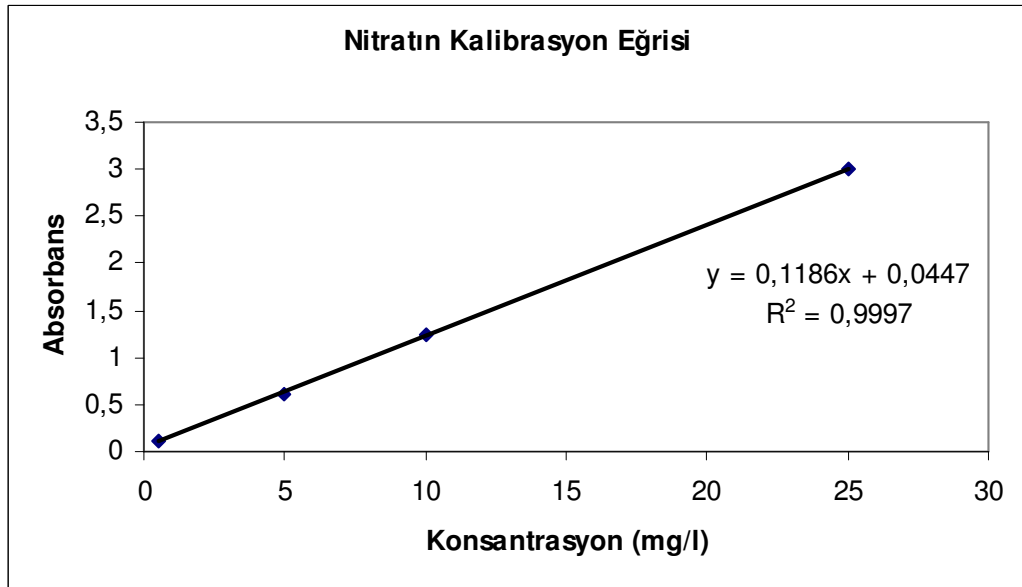
Su örneklerinin majör ve iz element konsantrasyonları ICP-MS (Inductively Coupled Plasma- Mass Spectrometry) ile ölçülmek üzere ACME (Kanada) laboratuvarına gönderilmiştir. Ölçüm yapılan elementler sırasıyla Al, As, B, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, Ni, P, Pb, Se, Si ve Zn dur.

Nitrat, sülfat ve toplam alkalinite ($\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$) analizleri Varian Cary50 UV-VIS spektrofotometresi ile, klorür analizleri ise iyon spesifik klorür elektrodu ile Kocaeli Üniversitesi Hidrojeokimya laboratuvarında hazır kitler kullanılarak yapılmıştır. Ölçüm yapılan parametrelerin deteksiyon limitleri Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} ve toplam alkalinite

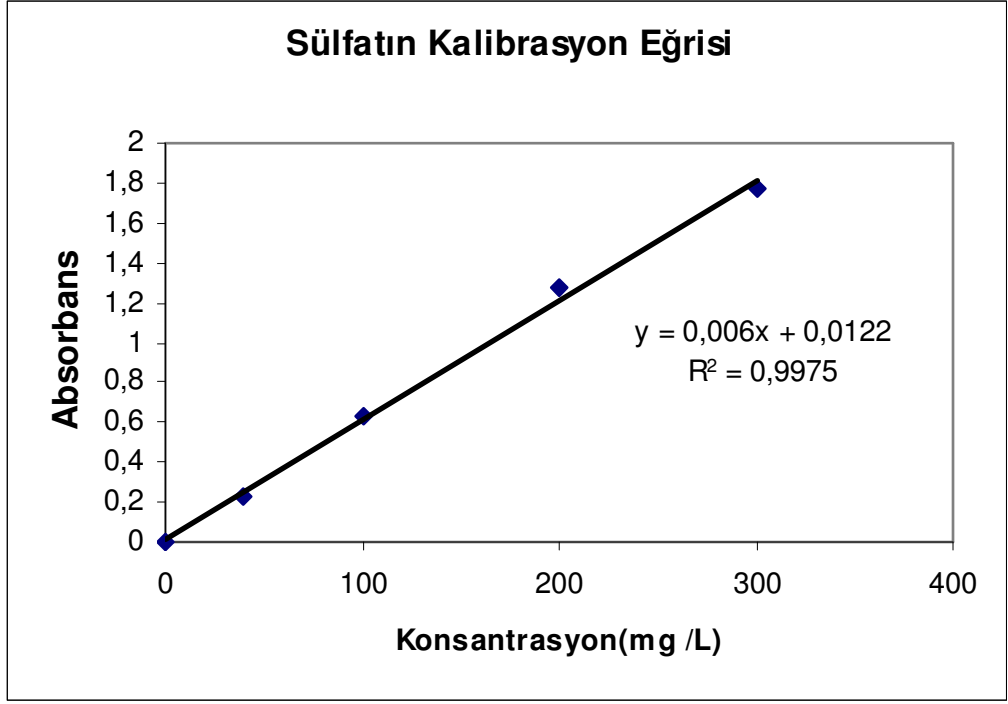
için sırasıyla 1,8, 0,5, 0,6, 10 mg /L dir. Anyon analizlerinde kullanılan kalibrasyon eğrileri Şekil 3.3, 3.4, 3.5 ve 3.6'da verilmiştir. Tüm analizlerde iyon kütle balansı kontrol edilmiştir ve hata miktarı genellikle %10' un altındadır.



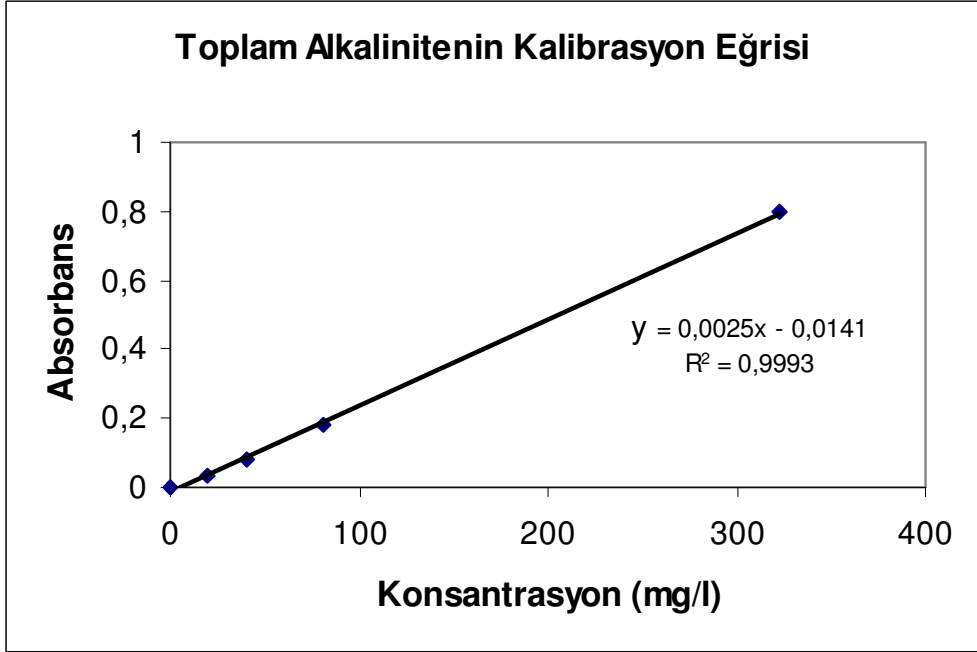
Şekil 3.3: Klorür kalibrasyon eğrisi.



Şekil 3.4: Nitrat kalibrasyon eğrisi.



Şekil 3.5: Sülfat kalibrasyon eğrisi.



Şekil 3.6:Toplam Alkalinite (mg/l CaCO₃) kalibrasyon eğrisi.

BÖLÜM 4. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR

Sapanca Gölü'nü besleyen derelerin fiziksel özellikleri ve majör anyon ve katyon kimyaları Tablo 4.1 ve 4.2 de özetlenmiştir. Dereler konumlarına göre kuzey ve güney dereleri şeklinde gruplandırılarak hidrojeokimyasal özellikleri ele alınmıştır. Bu yaklaşım şeklinin ana sebebi gölün her iki yakasındaki jeolojinin birbirinden farklılık göstermesidir. Güney ve Kuzey derelerin hidrojeokimyası, kontrol (dere su kalitesinin kirlenici unsurlardan etkilenmediği, dere drenaj alanların yukarı kesimleri) olarak adlandırılan noktalardan farklı dönemlerde alınan su örneklerinin analizi belirlenmiştir.

4.1. Sapanca Gölünü Besleyen Güney Derelerin Hidrojeokimyası

Sapanca Gölü'nün yüzey akışıyla besleniminin büyük bir bölümünü gölün güney kesiminde bulunan derelerden kaynaklanmaktadır. Bu dereler batıdan doğuya doğru sırasıyla Aygır, Kasabaşın, Yanık, Kurtköy, Mahmudiye ve İstanbul dereleridir (EK-1). İncelenen güney derelerin tamamı Permo-Triyas yaşlı şişt, mermer, rekristalize kireçtaşı ve kuvarsit'den oluşan metamorfik birimden kaynaklanmaktadır. Güney dereleri ağırlıklı olarak bu birimler üzerinde akış göstererek, gölün kıyı kesiminde yer alan Kuvaterner yaşlı alüvyonlar üzerinden Sapanca gölüne dökülmektedir. Güney dereleri arasında en uzun akış mesafesine sahip olan dere 14 km ile Yanık deresidir.

Güney derelerin pH değeri 7,28-8,93 arasında değişmektedir. Derelerin pH değeri batıdan doğuya doğru artış göstermektedir (Şekil 4.1). pH 8'in üzerinde değerleri ile Kurtköy, Mahmudiye ve İstanbul dereleri, Sapanca dereleri içinde en alkalin karakter sergileyen derelerdir. Güney dereleri, Kasabaşın deresi dışında genelde benzer EC değerler sergilemektedir (Şekil 4.2). Güney derelerin ortalama elektriksel iletkenliği (EC) 268 ± 64 $\mu\text{S/cm}$ civarındadır. Kasabaşın deresi güney dereleri içinde en yüksek EC değerine sahip deredir ($328-410$ $\mu\text{S/cm}$). Derelerin Mayıs ve Kasım kontrol alan ortalama çözülmüş oksijen değerleri $8,27 \pm 0,80$ mg/L civarındadır. Derelerin çözülmüş oksijen değerleri 7,02-9,9 arasında yer almaktadır (Şekil 4.3).

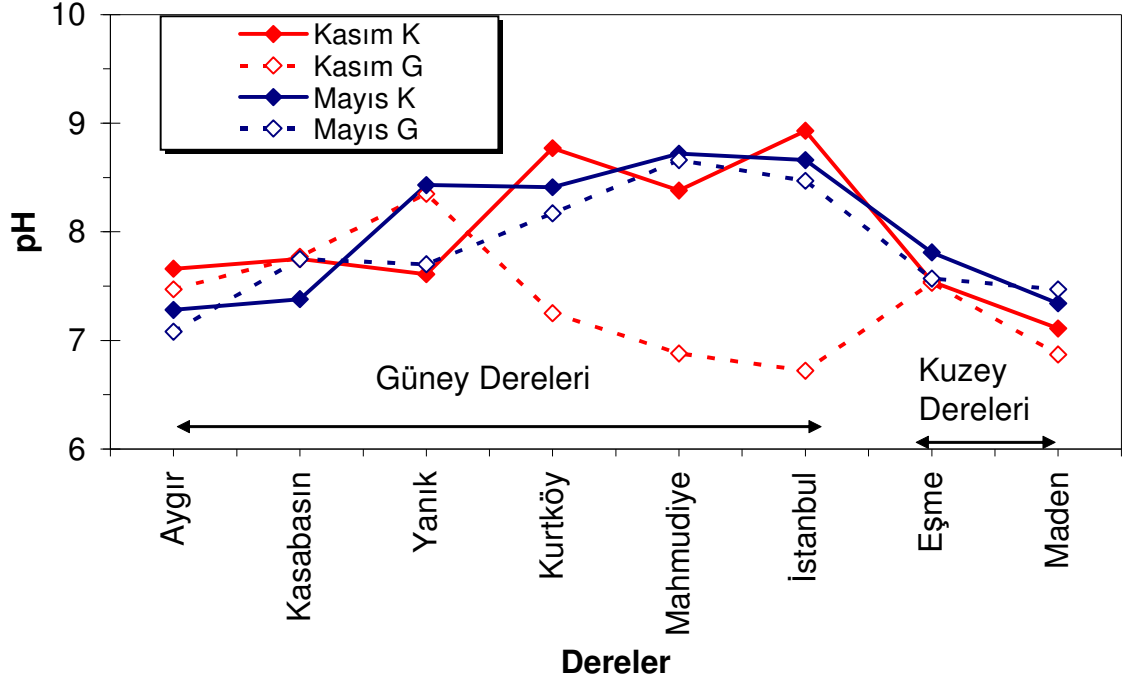
Tablo 4.1 : Mayıs 2007 örnekleme döneminde derelerin kimyasal özellikleri ve major iyon derişimleri (mg/l). K nolu örnekler derelerin kontrol noktalarından alınmış örnekleri, G Nolu örnekler ise derelerin Sapanca gölüne döküldükleri noktalara yakın lokasyonları temsil etmektedir.

Dereler	Aygır D.		Kasabaşın D.		Yanık D.		Kurtköy D.		Mahmudiye D.		İstanbul D.		Eşme D.		Maden D.	
	Örn. Noktaları															
Parametreler	K ₁	G ₁	K ₂	G ₂	K ₃	G ₃	K ₄	G ₄	K ₅	G ₅	K ₆	G ₆	K ₇	G ₇	K ₈	G ₈
pH	7,28	7,08	7,38	7,75	8,43	7,7	8,41	8,17	8,72	8,66	8,66	8,47	7,81	7,57	7,34	7,47
Sıcaklık (°C)	13,7	14,4	19,3	15,5	14,1	16	13,6	16,5	14,5	16,9	16,3	19,2	19,1	19,2	19	19,4
Elektriksel Kondüktivite (µS/cm 25 °C)	241,3	259,7	410	449	223	229,1	214,4	237,5	190	216,9	297,2	311	682	610	714	785
Çözünmüş Oksijen	7,02	8,84	7,1	6,22	8,78	6,8	8,78	5,44	8,26	5,39	8,48	6,35	8,26	8,41	7,26	7,49
Ca	40,31	46,32	53,46	80,30	36,99	38,33	30,29	34,82	27,98	32,17	45,28	49,47	74,58	86,10	76,58	80,89
Mg	3,91	3,95	3,59	6,00	4,33	4,47	6,46	6,74	5,27	6,69	9,33	10,19	18,70	18,56	14,08	14,33
Na	2,28	2,40	2,65	7,19	2,26	2,35	2,21	2,61	2,21	2,77	2,74	3,51	24,83	24,72	20,32	20,07
K	0,44	0,49	0,56	1,82	0,67	0,80	0,59	0,67	0,64	0,59	0,70	0,82	2,42	2,39	1,61	2,24
Si	2,03	1,83	2,75	3,85	2,76	2,73	2,95	3,00	3,28	3,16	2,90	3,00	5,76	4,81	4,64	5,38
Cl ⁻	3,19	3,84	6,24	10	2,43	2,48	2,43	3,19	<1,8	2,57	2,65	8,34	16,29	17,5	14,54	14,97
NO ₃ ⁻ -N	<0,11	<0,11	<0,11	<0,11	<0,11	<0,11	<0,11	<0,11	<0,11	<0,11	<0,11	<0,11	<0,11	0,19	<0,11	<0,11
SO ₄ ⁻²	57,80	57,47	12,48	33,58	36,72	71,22	34,10	70,12	50,15	73,82	38,48	44,98	68,85	67,87	95,32	56,80
Toplam P	0,02	<0,02	<0,02	0,071	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,024	<0,02	0,073	<0,02	0,02
Toplam Alkalinite (mg/L CaCO ₃)	74,4	82,85	103,7	143,9	67,75	72,15	69,3	68,65	63,7	77,2	94,3	101,2	155,15	168,7	149,9	158
Toplam Kalıcı Sertlik (mg/L CaCO ₃)	117	132	148	225	110	114	102	115	92	108	151	165	263	291	249	261

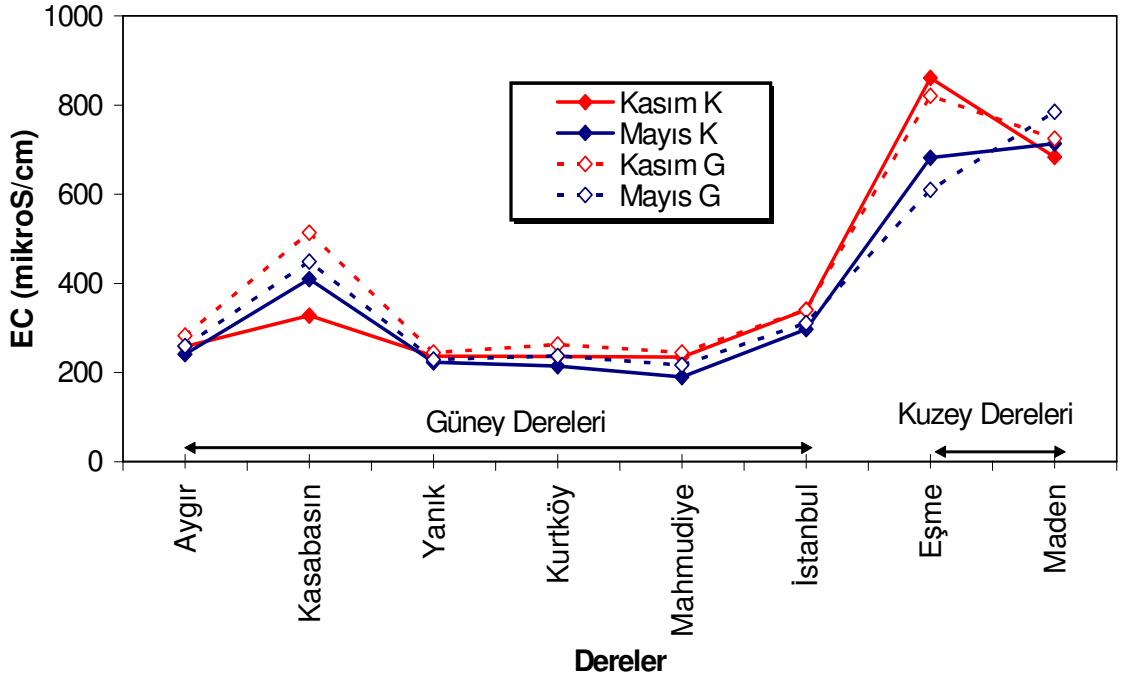
Tablo 4.2: Kasım 2007 örnekleme dönemine ait derelerin kimyasal özellikleri ve majör iyon derişimleri (mg/l). K nolu örnekler derelerin kontrol noktalarından alınmış örnekleri, G Nolu örnekler ise derelerin Sapanca gölüne döküldükleri noktalara yakın lokasyonları temsil etmektedir.

Dereler	Aygır D.		Kasabaşın D.		Yanık D.		Kurtköy D.		Mahmudiye D.		İstanbul D.		Eşme D.		Maden D.			
	Örn. Noktaları	Parametreler	K ₁	G ₁	K ₂	G ₂	K ₃	G ₃	K ₄	G ₄	K ₅	G ₅	K ₆	G ₆	K ₇	G ₇	K ₈	G ₈
pH			7,66	7,47	7,75	7,77	7,61	8,35	8,77	7,25	8,38	6,88	8,93	6,72	7,54	7,53	7,11	6,87
Sıcaklık(°C)			6,8	6,5	9,7	10,4	7,7	6,3	7,4	7,5	7,6	6,7	8	8	19,2	19,5	19	17,8
Elektriksel Kondüktivite (µS/cm 25 °C)			258,5	283	328	514	236,60	244,80	236,10	263	234,6	245	341	340	861	821	684	725
Çözünmüş Oksijen			8,76	9,12	7,63	6,22	8,18	7,93	9,9	8,00	8,51	9,05	7,88	8,94	8,80	8,46	7,20	6,81
Ca			47,59	53,02	65,46	98,35	42,11	43,75	38,31	42,84	37,75	39,67	56,37	56,89	116,42	125,35	108,27	115,50
Mg			4,67	4,98	4,02	7,46	4,97	4,97	7,36	7,71	6,99	7,41	10,17	11,46	27,46	19,46	18,54	19,08
Na			2,68	2,86	2,81	8,70	2,29	2,27	2,23	2,84	2,47	2,79	4,26	2,08	63,31	46,87	23,37	23,76
K			0,53	0,81	0,55	1,71	0,65	0,64	0,63	0,71	0,62	0,67	0,75	0,70	4,28	2,37	3,90	4,14
Si			2,24	2,37	2,83	4,59	3,09	2,95	3,09	3,25	3,42	3,66	3,32	2,47	8,44	5,93	5,20	5,85
Cl ⁻			4,42	4,40	5,25	9,83	3	2,68	3,52	2,77	2,66	3,05	3,91	7,51	30,50	35,50	19,9	20,36
NO ₃ ⁻ -N			<0,11	<0,11	<0,11	0,50	<0,11	<0,11	<0,11	<0,11	<0,11	<0,11	<0,11	<0,11	0,64	<0,11	<0,1	<0,11
SO ₄ ⁻²			28,28	32,50	40,33	49,10	37,93	35,03	30,12	19,53	35,90	41,12	37,73	34,60	111,90	77,62	107,58	88,22
Toplam P			<0,02	0,04	<0,02	0,059	0,023	0,027	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,033	0,03	0,083	0,11
Toplam Alkalinite (mg/L CaCO ₃)			80,2	91,1	107,8	141	75	74	80,5	91	74,65	71,25	106,7	106,7	183,75	185,6	158,2	170,8
Toplam Kalıcı Sertlik (mg/L CaCO ₃)			138	153	180	276	126	130	126	139	123	130	183	189	404	393	347	367

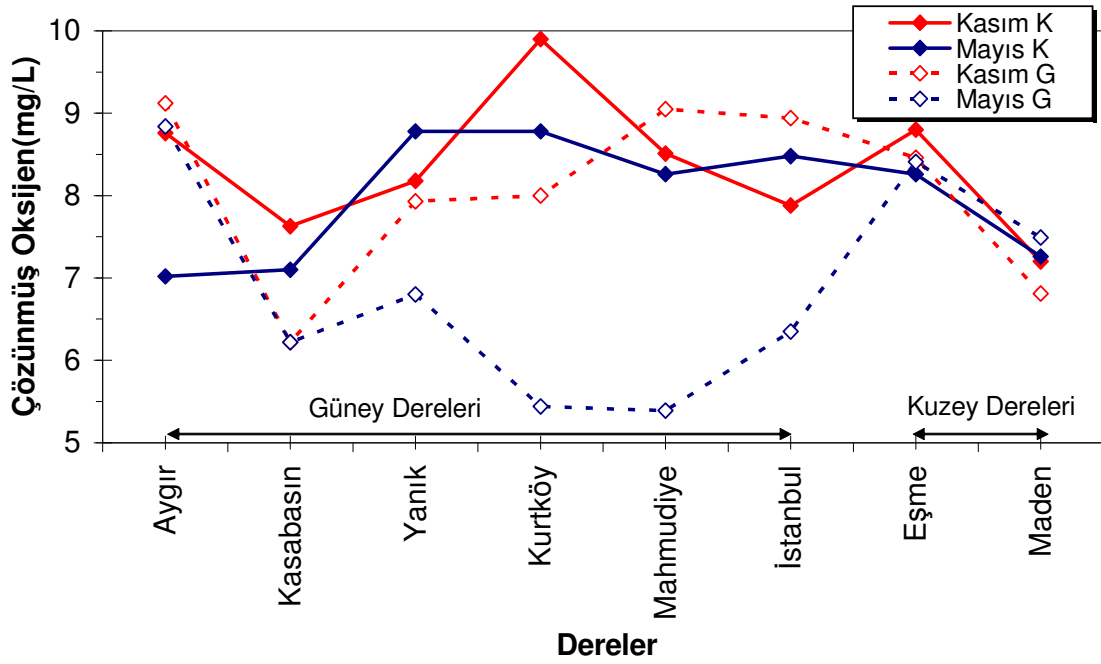
Derelerin pH, çözülmüş oksijen ve elektriksel iletkenlik değerlerinde genelde mevsimsel değişimler gözlenmektedir. Bu değişim pH ve çözülmüş oksijen değerlerinde en fazla izlenmektedir (Şekil 4.1, 4.2 ve 4.3).



Şekil 4.1: Sapanca Gölü derelerinin pH değerlerinin mevsimsel değişimi.

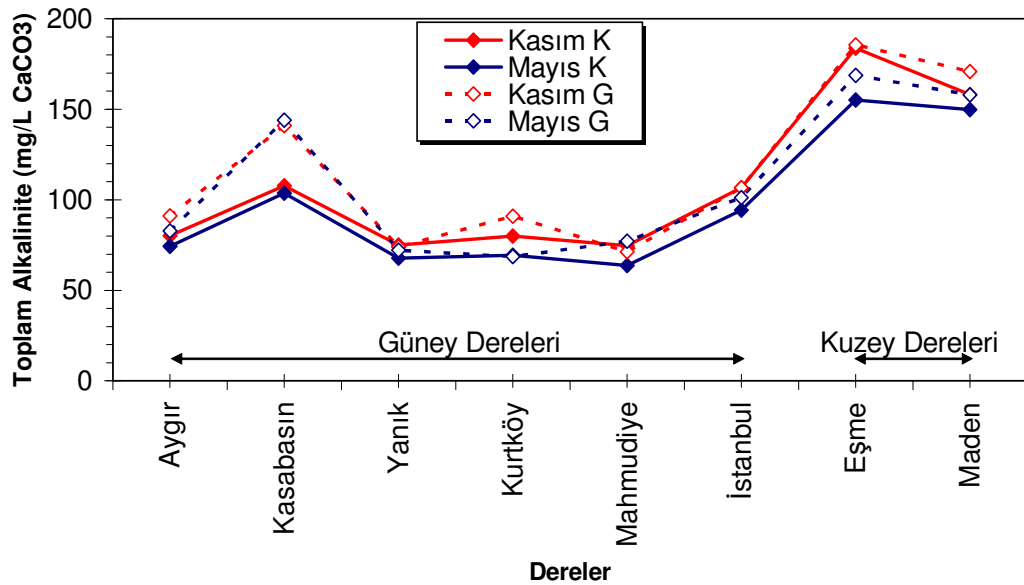


Şekil 4.2: Sapanca Gölü derelerinin elektriksel iletkenlik (EC) değerlerinin mevsimsel değişimi.

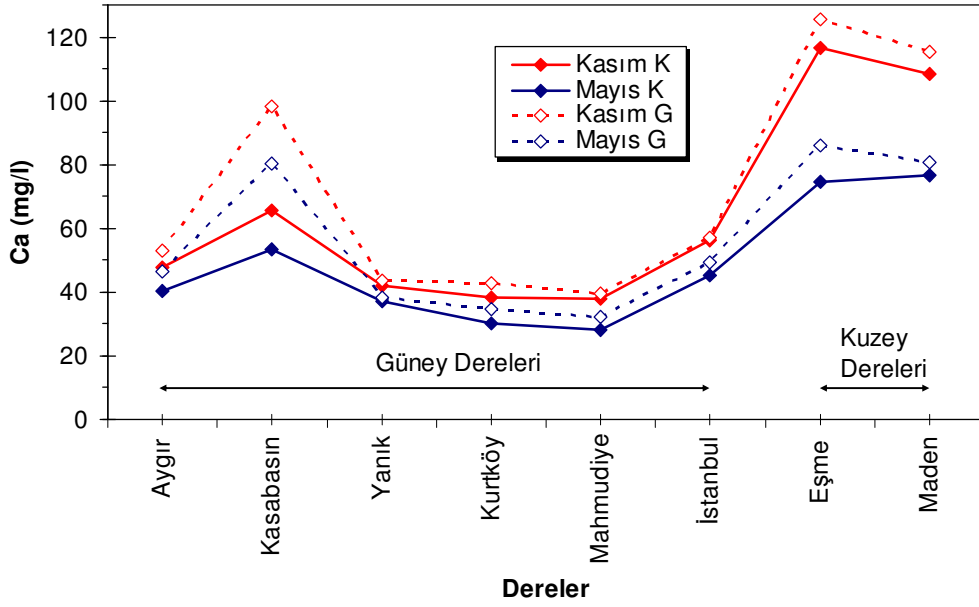


Şekil 4.3: Sapanca Gölü derelerinin çözülmüş oksijen değerlerinin mevsimsel değişimi.

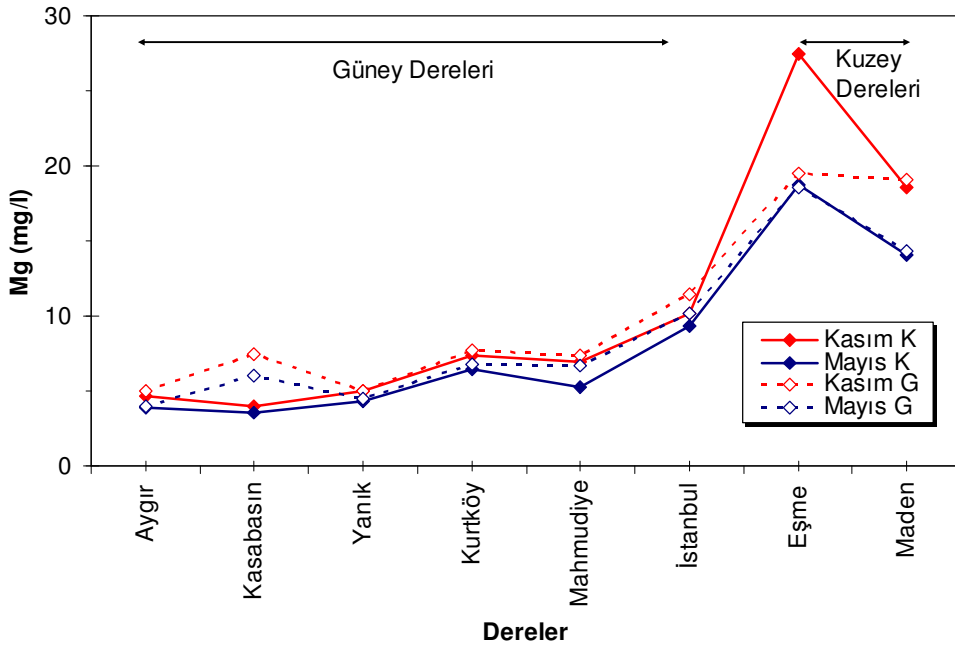
Güney derelerin ortalama toplam alkalinitesi 83 ± 16 mg/L CaCO_3 civarındadır. Derelerin toplam alkalinite değerlerinde ilkbahar döneminde azalma gözlenmektedir (Şekil 4.4). Benzer ilişki derelerin Ca ve Mg derişimlerinde de izlenmektedir (Şekil 4.5 ve 4.6). Bu durum, ilkbahar aylarında karların erimesine bağlı derelerin debisindeki artışın getirdiği seyreltme etkisinden kaynaklanmaktadır.



Şekil 4.4: Sapanca Gölü derelerinin toplam alkalinite değerlerinin mevsimsel değişimi.



Şekil 4.5: Sapanca Gölü derelerinin kalsiyum derişimlerin mevsimsel değişimi.



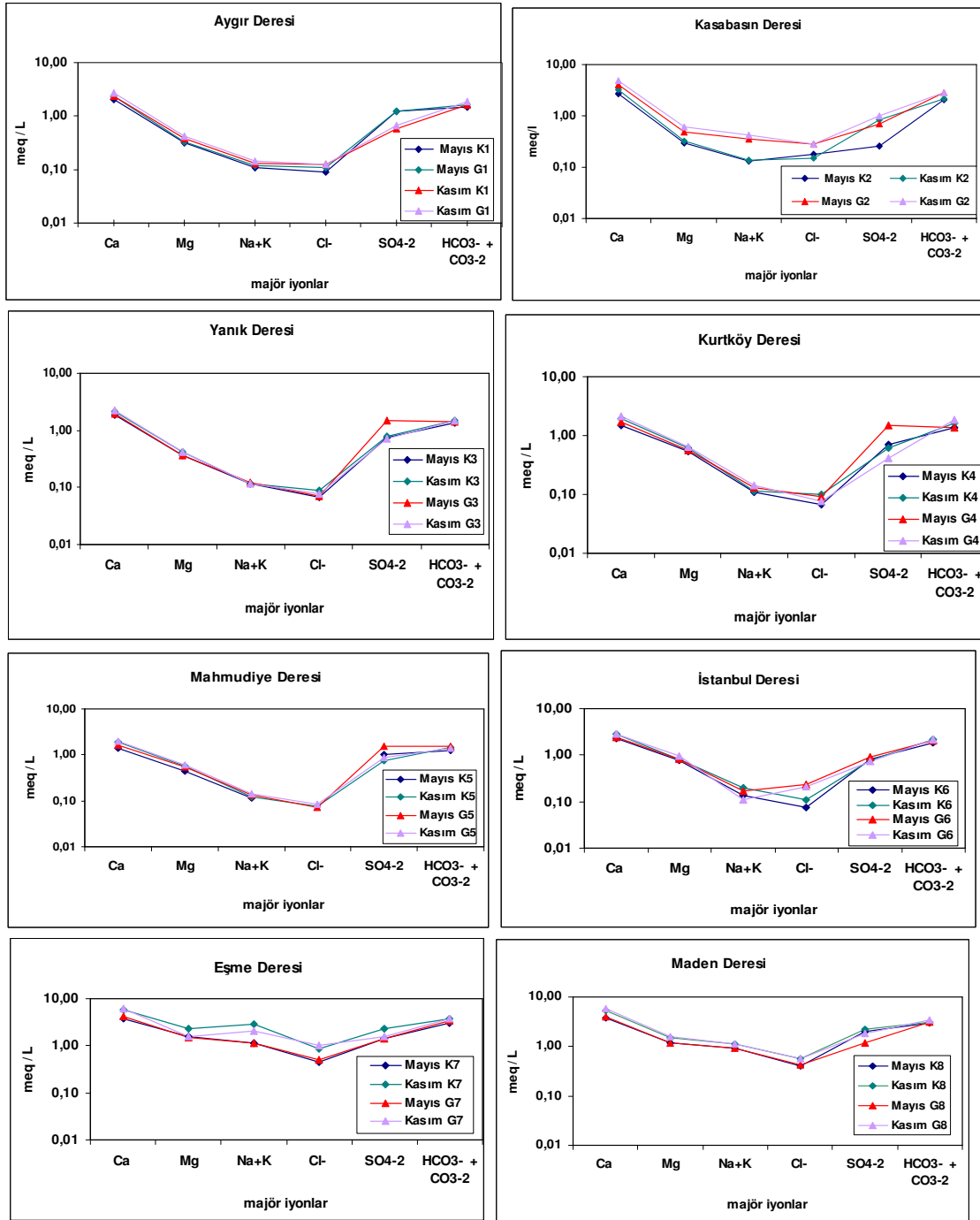
Şekil 4.6: Sapanca Gölü derelerinin magnezyum derişimlerinin mevsimsel değişimi.

Sapanca Gölü güney dereleri majör iyon içerikleri açısından birbirine benzerlik göstermektedir (Şekil 4.7). Dere sularında kalsiyum baskın katyonu, bikarbonat ise baskın anyon iyonunu oluşturmaktadır. Güney derelerinin ortalama kalsiyum derişimleri $43,49 \pm 10,86$ dır. Güney derelerin Mg içeriğinde ise batıdan doğuya doğru gidildikçe bir artış gözlenmektedir (Şekil 4.6). Bu farklılaşma Şekil 4.8'da sunulan

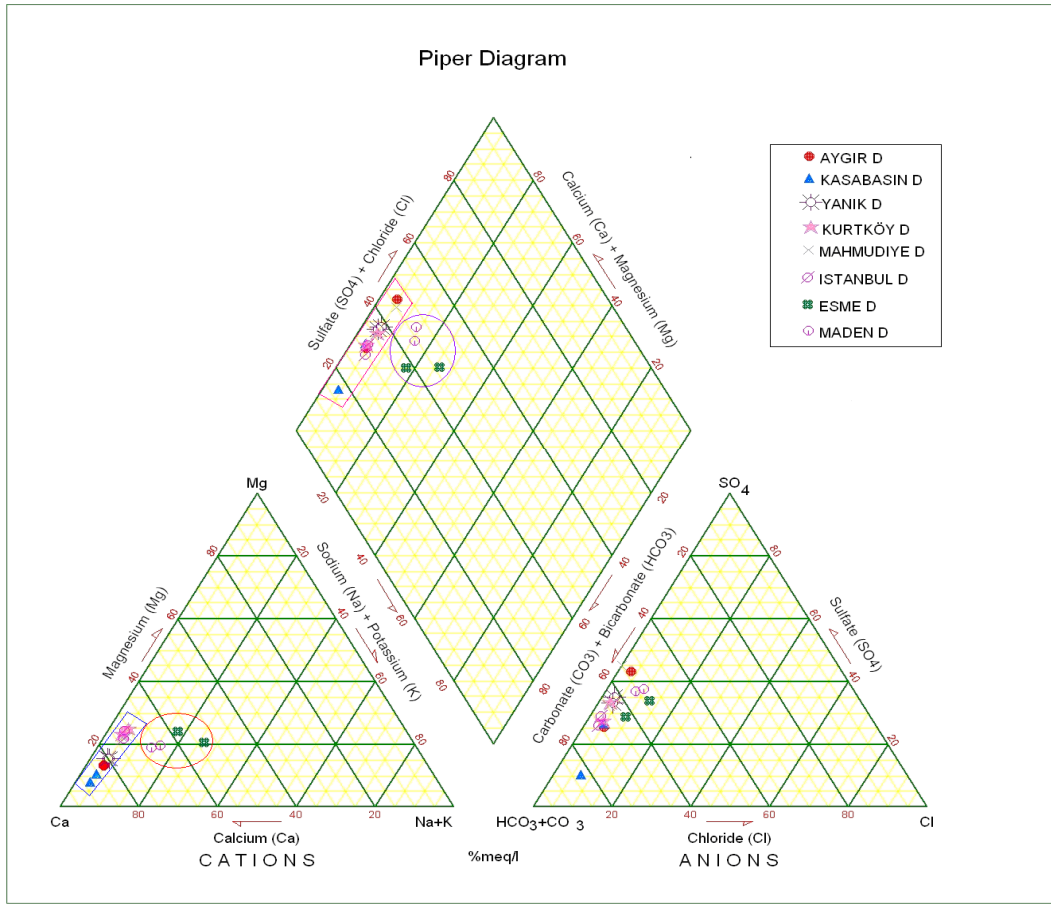
Piper diyagramında açık bir şekilde görülmektedir. Güney dereleri, Piper diyagramına ait katyon üçgeninde aynı hat üzerinde iki farklı alanda gruplanmaktadır. Gölün güney batısında yer alan Aygır, Kasabasın ve Yanık dereleri I. grup dereleri; gölün güney-güney doğusunda yer alan Kurtköy, Mahmudiye ve İstanbul dereleri ise II. Grup dereleri oluşmaktadır (Şekil 4.8). I grup dereler II. Grup derelerden Mg içeriği açısından yaklaşık % 10 daha fakir, Ca içeriği açısından da aynı oranda daha zengindir. Bu farklılık her iki grupta yer alan derelerin beslenme alanındaki kayaç grupların mineralojisindeki farklılaşmadan kaynaklanmaktadır. Mg oranında görülen bu zenginleşme, Sapanca gölü'nün güneyinde batıdan doğuya doğru gidildikçe Permo-Triyas yaşlı metamorfik seride bulunan rekristalize kireçtaşlarındaki dolomit oranının artışı işaret etmektedir.

Piper diyagramında görüldüğü üzere güney dereleri kalsiyum bikarbonatlı sular bileşimi göstermektedir (Şekil 4.8). Güney derelerinde; katyonlar, $rCa^{+2} > rMg^{+2} > r(Na^{+} + K^{+})$ şeklinde, anyonlar ise $rHCO_3^{-} > rSO_4^{-2} > rCl^{-}$ şeklinde dizilime sahiptir. Güney dereleri benzer bir silisyum içeriğine sahip olup (Şekil 4.9), Si derişimleri ortalama $2,89 \pm 0,41$ mg/L civarındadır.

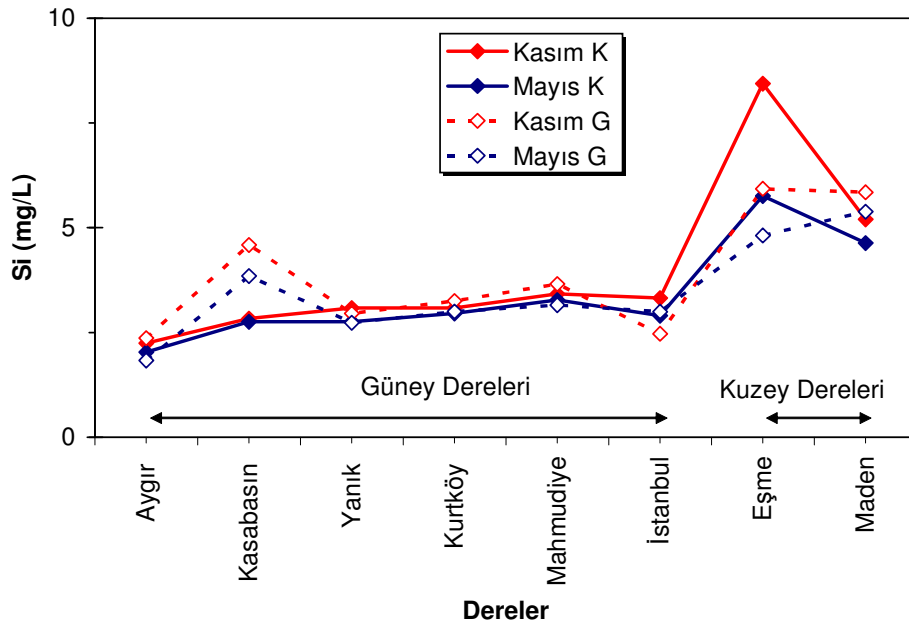
Güney derelerin hem fiziksel özellikleri (pH, EC, toplam alkalinite) hem de majör iyon kimyaları, derelerin bileşimde bölgede mostra veren Permo-Triyas yaşlı metamorfik kayaç topluluğu içerisindeki mermer ve rekristalize kireçtaşlarının belirleyici olduğu görülmektedir.



Şekil 4.7:Sapanca derelerin Scholler grafikleri.



Şekil 4.8: Sapancı derelerinin kontrol noktalarından alınan su örneklerinin Piper diyagramı.

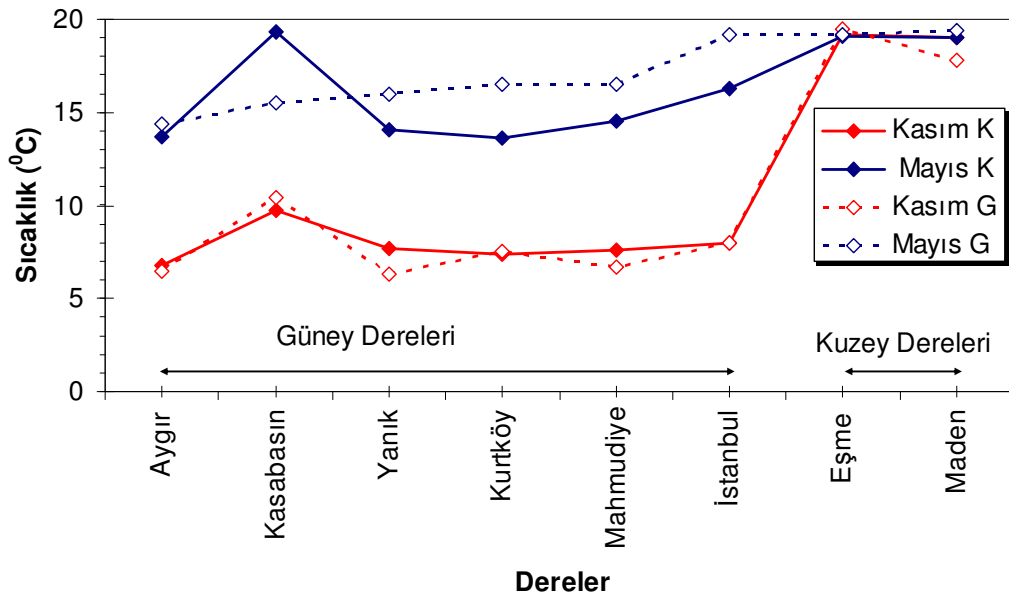


Şekil 4.9: Sapancı Gölü derelerinin silika derişimlerinin mevsimsel değişimi.

4.2. Sapanca Gölünü Besleyen Kuzey Derelerin Hidrojeokimyası

Sapanca Gölü'nü kuzeyden besleyen önemli dereler Maden ve Eşme dereleridir. Güney derelerine nazaran daha kısa akış mesafeli ve daha düşük debilidirler. Eşme deresi drenaj alanının büyük bir kısmını Alt-Orta Eosen yaşlı kumtaşı ve silttaşı litolojileri oluşturmaktadır. Eşme deresi bu birimler içerisinde akarak, Kuvaterner yaşlı alüvyonlar içerisinde Sapanca Gölü'ne dökülmektedir. Maden deresi drenaj alanında da Eşme deresine benzer litolojiler izlenmektedir. Buna ek olarak konglomera, kumtaşı ve şeyl'den oluşan Permo-Triyas yaşlı birimler de Maden deresi drenaj alanında dar bir alanda gözlenmektedir (EK-1).

Kuzey derelerin (Maden ve Eşme dereleri) Kasım ve Mayıs dönemi ortalama sıcaklığı $19\pm 0,5$ °C'dir. Kuzey derelerin sıcaklıklarında, güney derelerindeki gibi mevsimsel bir değişim izlenmemektedir (Şekil 4.10). Kuzey dereleri, incelenen tüm dereler arasında Kasım ayında dere suyu sıcaklığı en yüksek ölçülen derelerdir. Bu durum kısmen derelerin debilerinin az olmasından kısmen de evsel atık suların dereye deşarjından kaynaklanabilir.

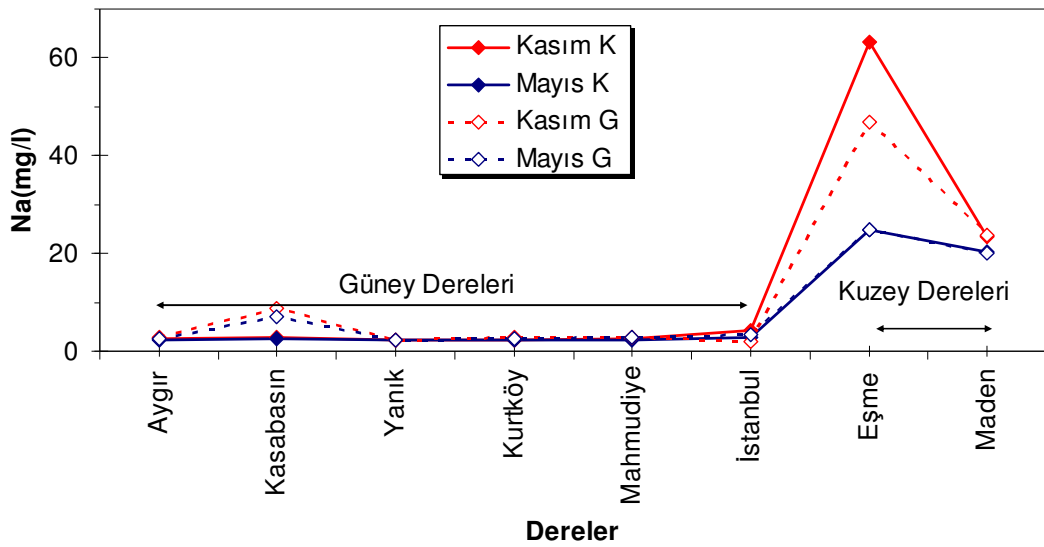


Şekil 4.10: Sapanca Gölü derelerinin sıcaklık değerlerinin değişimi.

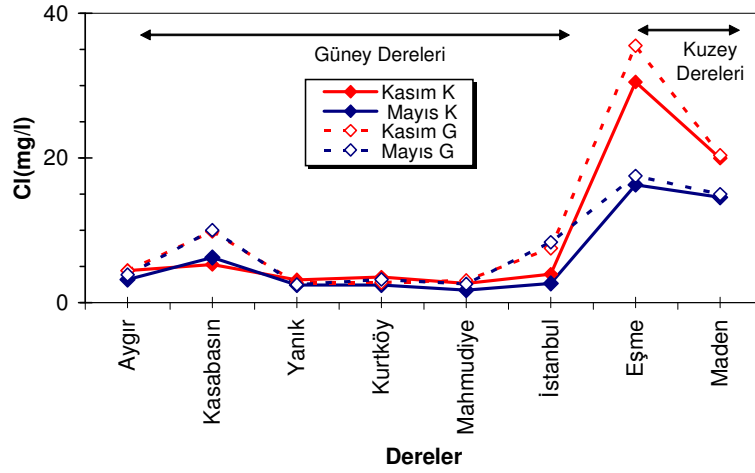
Kuzey derelerinin ortalama pH değeri Eşme deresi için $7,68\pm 0,19$; Maden deresi için $7,23\pm 0,16$ dir (Şekil 4.1). Eşme ve Maden dereleri güney derelerine göre yüksek EC değerlerine sahiptir (Şekil 4.2). Derelerin EC değerleri $682-861$ $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında

değişmektedir (Şekil 4.2). En yüksek EC değeri Kasım Ayında Eşme deresi kontrol noktasında ölçülmüştür. Kuzey derelerinin EC değerlerindeki mevsimsel değişim en fazla Eşme deresinde gözlenirken, Maden deresinde nispeten sınırlı kalmıştır. Kuzey derelerin kontrol noktalarında ölçülen mayıs ve kasım dönemi ortalama çözünmüş oksijen içerikleri de $7,9 \pm 0,8$ mg/L dır (Şekil 4.3). Kuzey derelerin ortalama toplam alkalitesi ise 162 ± 16 mg/L CaCO_3 dır (Şekil 4.4). Kuzey dereleri güney derelerine göre oldukça yüksek kalsiyum ve magnezyum içeriğiyle yüksek bir sertliğe sahiptir (Şekil 4.5 ve 4.6). Kuzey derelerinin kalıcı sertliği 249-404 mg/L CaCO_3 arasında değişmektedir ve çok sert su olarak tanımlanırlar (Tablo 4.1 ve 4.2).

Eşme ve Maden dereleri majör iyon kimyaları açısından birbirlerine benzerlik göstermektedir. Bu dereler sahip oldukları yüksek majör iyon derişimleri (Şekil 4.5, 4.6, 4.11 ve 4.12) ile de güney derelerinden ayrılmaktadırlar. Bu durum derelere ait Scholler ve Piper diyagramlarında açık bir şekilde görülmektedir (Şekil 4.7 ve 4.8). Eşme ve Maden derelerinin su kimyasını oluşturan baskın katyon kalsiyum, anyon ise bikarbonat iyonudur. Piper diyagramında görüldüğü üzere, bu dereler $\text{Ca-HCO}_3\text{-SO}_4$ su olarak sınıflandırılırlar. (Şekil 4.8). Kuzey derelerinde; katyonlar, genelde $r\text{Ca}^{+2} > r\text{Mg}^{+2} > r(\text{Na}^+ + \text{K}^+)$ şeklinde, anyonlar ise $r\text{HCO}_3^- > r\text{SO}_4^{-2} > r\text{Cl}^-$ şeklinde dizilime sahiptir. Fakat Eşme deresinin su kimyasını tanımlayan majör katyonlarda dönemsel olarak $r\text{Ca}^{+2} > r(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > r\text{Mg}^{+2}$ şeklinde dizilim de görülmektedir.



Şekil 4.11: Sapanca Gölü derelerinin sodyum derişimlerinin mevsimsel değişimi.



Şekil 4.12: Sapanca Gölü derelerinin klorür derişimlerinin mevsimsel değişimi.

4.3. Sapanca Derelerinin İz Element Derişimleri

Farklı akış rejimlerini temsil eden dönemlerde Sapanca derelerinin kontrol ve göle boşalım noktalarına yakın istasyonlarda ölçülen iz element derişimleri Tablo 4.3 ve 4.4'de sunulmuştur. Çevre ve Orman Bakanlığı su kirliliği kontrol yönetmeliğinde Kıta içi su kaynakları için belirtilen iz elementlerin derişimleri dere örneklerinde ölçülmüştür. Bu elementler Al, As, B, Ba, Cd, Cr, Co, Cr, Fe, Mn, Ni, Pb, Se ve Zn'dır. Sapanca derelerin iz element ve ağır metal derişimleri Tablo 4.5'de sunulan Kıta içi su kalitesi sınıflarında verilen sınır değerlerin genelde çok altındadır. Bir çok parametre açısından da değerler I. sınıf su kalitesi sınırları içerisinde yer alır. Kuzey derelerin iz element derişimleri genellikle güney derelerinkinden daha fazladır. İncelenen iz elementler açısından derişimleri en yüksek ölçülen elementler Fe, Al, B, Ba ve Mn'dır. Demir ve Mangan ağır metaller arasında derişimi en yüksek ölçülen metallerdir. Bu elementlere ait en yüksek derişimler kuzey derelerinin (Eşme ve Maden dereleri) göle yakın örnekleme noktalarında ölçülmüştür (Şekil 4.13). Kuzey derelerin kontrol noktalarında ölçülen derişimlerle kıyaslandığında bir artış söz konusudur. Sapanca derelerin majör element derişimlerinde olduğu gibi iz element derişimlerinde de mevsimsel değişim izlenmektedir. Özellikle bu durum Maden deresinde dikkat çekicidir (Şekil 4.13). En yüksek derişimler Kasım döneminde tespit edilmiştir. Maden deresinde ölçülen en yüksek derişimler Fe (615 ppb), Al(464 ppb), Mn(84 ppb), B(75 ppb) ve Ba (46 ppb) dır. Ba, Fe, Al ve Mn kumtaşlarında ve şeyllerde eser bulunan elementlerdir. Ni, Zn ve konsantrasyonlarındaki artış muhtemelen güney kesimde ve kuzey kesimin bir kısmında bulunan killi siltli

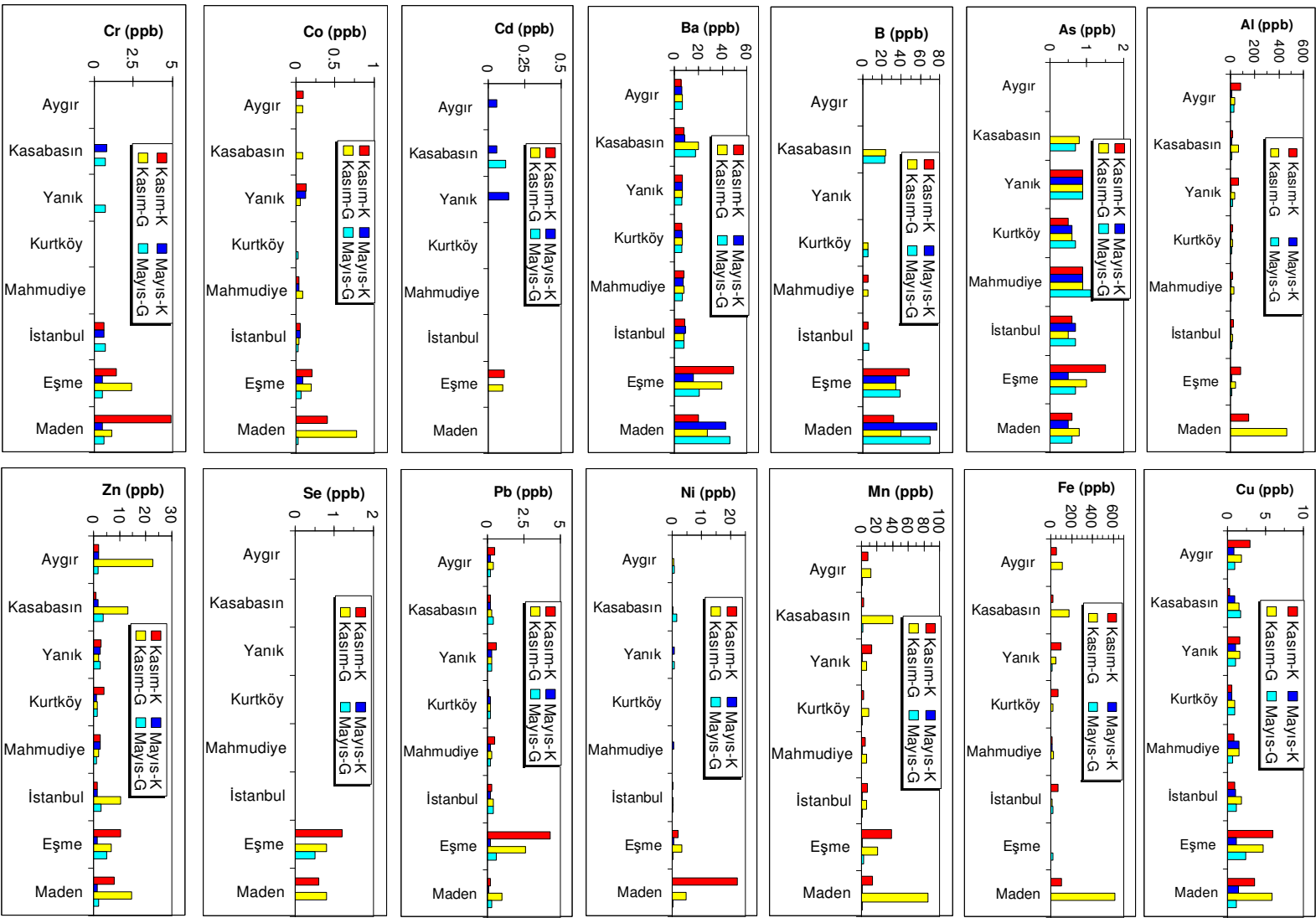
gökellerden kaynaklanmaktadır. İncelenen tüm derelerde ağır metaller açısından bir kirlenme belirtisi yoktur (Tablo 4.3-4.4-4.5). Sadece Maden deresinde dönemsel olarak Fe, Al ve Ni zenginleşmesi görülmektedir. Fe ve Al zenginleşmenin nedeni Maden deresinin beslenme alanında bulunan kurntaşları şeyillerdir (Şekil 2.3).

Tablo 4.3: Mayıs 2007 örnekleme döneminde Sapanca derelerinin iz element derişimleri(ppb).

Dereler	Aygır D.		Kasabaşın D.		Yanık D.		Kurtköy D.		Mahmudiye D.		İstanbul D.		Eşme D.		Maden D.		
	Örn. Noktaları Parametreler	K ₁	G ₁	K ₂	G ₂	K ₃	G ₃	K ₄	G ₄	K ₅	G ₅	K ₆	G ₆	K ₇	G ₇	K ₈	G ₈
Al		11	28	13	15	9	17	8	15	9	7	8	11	10	10	1	3
As		<0,5	<0,5	<0,5	0,7	0,9	0,9	0,6	0,7	0,9	1,1	0,7	0,7	0,5	0,7	0,5	0,6
B		<5	<5	<5	23,0	<5	<5	<5	5,0	<5	<5	<5	6,0	34,0	39,0	77,0	70,0
Ba		5,88	6,4	8,32	17,28	6,91	6,22	6,42	5,94	7,03	6,87	9,12	7,86	15,8	20,68	42,38	46
Cd		0,06	<0,05	0,06	0,12	0,14	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Co		<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,12	<0,02	<0,02	0,03	0,04	<0,02	0,06	0,03	0,08	0,07	<0,02	0,03
Cr		<0,5	<0,05	0,80	0,70	<0,5	0,70	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,60	0,70	0,50	0,50	0,50	0,60
Cu		0,90	1,00	1,00	1,70	1,10	1,10	0,60	1,00	1,50	0,70	1,10	1,20	1,20	2,40	1,40	1,20
Fe		<10	<10	<10	<10	<10	15,00	<10	<10	11,00	<10	<10	19,00	<10	20,00	<10	<10
Mn		0,30	0,81	0,38	2,20	0,76	0,44	0,29	0,97	0,61	0,26	1,28	0,96	0,84	2,59	0,53	0,75
Ni		<0,2	0,80	<0,2	1,40	0,80	0,70	<0,2	<0,2	0,50	<0,2	<0,2	0,30	0,50	0,30	<0,2	0,20
Pb		0,20	0,20	0,20	0,40	0,30	0,30	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,40	0,20	0,60	0,10	0,30
Se		<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Zn		2,1	1,8	1,6	3,6	2,4	2,5	1,0	1,3	2,4	1,0	1,5	2,7	1,3	5,1	1,3	1,9

Tablo 4.4: Kasım 2007 örnekleme döneminde Sapanca derelerinin iz element derişimleri(ppb).

Dereler	Aygır D.		Kasabaşın D.		Yanık D.		Kurtköy D.		Mahmudiye D.		İstanbul D.		Eşme D.		Maden D.		
	Örn. Noktaları Parametreler	K ₁	G ₁	K ₂	G ₂	K ₃	G ₃	K ₄	G ₄	K ₅	G ₅	K ₆	G ₆	K ₇	G ₇	K ₈	G ₈
Al		87	39	20	67	69	39	16	19	19	28	23	16	87	43	153	464
As		<0,5	<0,5	<0,5	0,8	0,9	0,9	0,5	0,6	0,9	0,9	0,6	0,5	1,5	1,0	0,6	0,8
B		<5	<5	<5	24,0	<5	<5	<5	5,0	5,0	5,0	5,0	<5	48,0	34,0	32,0	40,0
Ba		5,31	6,56	7,9	19,89	6,75	6,43	6,19	6,54	8,11	8,17	8,41	7,99	49,32	39,11	19,75	26,98
Cd		<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,5	<0,05	<0,05	<0,05	0,1	0,1	<0,05	<0,05
Co		0,09	0,08	<0,02	0,08	0,13	0,06	<0,02	<0,02	0,04	0,08	0,06	0,04	0,21	0,20	0,40	0,78
Cr		<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,60	<0,5	1,40	2,40	4,90	1,10
Cu		3	1,8	0,3	1,5	1,6	1,6	0,6	1	0,9	1,5	1	1,8	6	4,7	3,6	5,9
Fe		58	110	18	174	97	50	67	24	12	30	67	12	<10	<10	106	615
Mn		8,56	12,3	2,85	40,06	13,00	6,81	3,08	9,40	4,63	6,57	7,67	6,38	38,76	20,85	13,91	84,60
Ni		<0,2	0,60	<0,2	0,20	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0,20	0,20	2,10	3,20	22,20	4,80
Pb		0,5	0,4	0,2	0,3	0,6	0,3	0,1	0,2	0,5	0,3	0,3	0,4	4,3	2,6	0,2	1,0
Se		<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1,20	0,8	0,60	0,8
Zn		2	22,7	0,8	13,2	2,9	2,0	3,9	1,5	2,5	1,9	1,5	10,3	10,3	6,7	7,8	14,7



Şekil 4.13: Farklı dönemlerde Sapanca derelerinin iz element derişimleri.

4.4. Sapanca Gölünü Besleyen Derelerin Su Kalitesi

Sapanca Gölü'nü besleyen derelerin su kalitesi, Çevre ve Orman Bakanlığı Su Kirliliği yönetmeliği esas alınarak Kıta içi sular için belirtilen fiziksel ve inorganik parametreler açısından değerlendirilmiştir (Tablo 4.5). Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'ne göre Kıta içi yüzeysel su kategorisine göre akarsular 4 ana sınıfa ayrılmıştır. Buna göre;

I.Sınıf : Yüksek kaliteli su,

II.Sınıf : Az kirlenmiş su,

III. Sınıf : Kirli su,

IV.Sınıf : Çok kirlenmiş su olarak tanımlanmaktadır.

Akarsuların su kalitesi sınıflamasına göre kullanım alanları aşağıda özetlenmiştir:

Sınıf I: Yüksek Kaliteli Su

- a. Yalnız dezenfeksiyon ile içme suyu temini,
- b. Rekreatiyonel amaçlar (yüzme gibi vücut teması gerektirenler dahil),
- c. Yalnız dezenfeksiyon ile içme suyu temini,
- d. Alabalık üretimi,
- e. Hayvan üretimi ve çiftlik ihtiyacı,
- f. Diğer amaçlar.

Sınıf II: Az Kirlenmiş Su

- a. İleri veya uygun bir arıtma ile içme suyu temini,
- b. Rekreatiyonel amaçlar,
- c. Alabalık dışında balık üretimi,
- d. Teknik Usuller Tebliği'nde verilecek olan sulama suyu kalite sınırlarını sağlamak şartıyla sulama suyu olarak,
- e. Sınıf I dışındaki diğer bütün kullanımlar.

Sınıf III: Kirlenmiş Su

Gıda, tekstil gibi kaliteli su gerektiren endüstriler hariç olmak üzere uygun arıtmadan sonra endüstriyel su temininde kullanılır.

Sınıf IV: Çok Kirlenmiş Su

Yukarıda I, II ve III sınıfları için verilen kalite parametreleri bakımından daha düşük kalitedeki yüzeysel suları ifade eder.

Tablo 4.5: Kıtaiçi su kaynaklarının sınıflarına göre yüzey suyu kalite kriterleri.

SU KALİTE PARAMETRELERİ	SU KALİTE SINIFLARI			
	I	II	III	IV
A) Fiziksel ve inorganik- kimyasal				
Parametreler				
1) Sıcaklık (°C)	25	25	30	> 30
2) Ph	6.5-8.5	6.5-8.5	6.0-9.0	6.0-9.0 dışında
3) Çözünmüş oksijen (mg O ₂ /L) ^a	8	6	3	< 3
4) Oksijen doygunluğu (%) ^a	90	70	40	< 40
5) Klorür iyonu (mg Cl ⁻ /L)	25	200	400 ^b	> 400
6) Sülfat iyonu (mg SO ₄ ⁻ /L)	200	200	400	> 400
7) Amonyum azotu (mg NH ₄ ⁺ -N/L)	0.2 ^c	1 ^c	2 ^c	> 2
8) Nitrit azotu (mg NO ₂ ⁻ -N/L)	0.002	0.01	0.05	> 0.05
9) Nitrat azotu (mg NO ₃ ⁻ -N/L)	5	10	20	> 20
10) Toplam fosfor (mg P/L)	0.02	0.16	0.65	> 0.65
11) Toplam çözünmüş madde (mg/L)	500	1500	5000	> 5000
12) Renk (Pt-Co birimi)	5	50	300	> 300
13) Sodyum (mg Na ⁺ /L)	125	125	250	> 250
B) Organik parametreler				
1) Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) (mg/L)	25	50	70	> 70
2) Biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ) (mg/L)	4	8	20	> 20
3) Toplam organik karbon (mg/L)	5	8	12	> 12
4) Toplam kjeldahl-azotu (mg/L)	0.5	1.5	5	> 5
5) Yağ ve gres (mg/L)	0.02	0.3	0.5	> 0.5
6) Metilen mavisi ile reaksiyon veren	0.05	0.2	1	> 1.5
yüzey aktif maddeleri (MBAS) (mg/L)				
7) Fenolik maddeler (uçucu) (mg/L)	0.002	0.01	0.1	> 0.1
8) Mineral yağlar ve türevleri (mg/L)	0.02	0.1	0.5	> 0.5
9) Toplam pestisid (mg/L)	0.001	0.01	0.1	> 0.1
C) İnorganik kirlenme parametreleri ^d				
1) Civa (µg Hg/L)	0.1	0.5	2	> 2
2) Kadmiyum (µg Cd/L)	3	5	10	> 10
3) Kurşun (µg Pb/L)	10	20	50	> 50
4) Arsenik (µg As/L)	20	50	100	> 100
5) Bakır (µg Cu/L)	20	50	200	> 200
6) Krom (toplam) (µg Cr/L)	20	50	200	> 200
7) Krom (µg Cr ⁺⁶ /L)	Ölçülmeyecek kadar az	20	50	> 50
8) Kobalt (µg Co/L)	10	20	200	> 200
9) Nikel (µg Ni/L)	20	50	200	> 200
10) Çinko (µg Zn/L)	200	500	2000	> 2000
11) Siyanür (toplam) (µg CN/L)	10	50	100	> 100
12) Florür (µg F ⁻ /L)	1000	1500	2000	> 2000
13) Serbest klor (µg Cl ₂ /L)	10	10	50	> 50
14) Sülfür (µg S ⁻ /L)	2	2	10	> 10
15) Demir (µg Fe/L)	300	1000	5000	> 5000
16) Mangan (µg Mn/L)	100	500	3000	> 3000
17) Bor (µg B/L)	1000 ^e	1000 ^e	1000 ^e	> 1000
18) Selenyum (µg Se/L)	10	10	20	> 20
19) Baryum (µg Ba/L)	1000	2000	2000	> 2000
20) Alüminyum (mg Al/L)	0.3	0.3	1	> 1
21) Radyoaktivite (pCi/L)				
alfa-aktivitesi	1	10	10	> 10
beta-aktivitesi	10	100	100	> 100
D) Bakteriyolojik parametreler				
1) Fekal koliform(EMS/100 MI)	10	200	2000	> 2000
2) Toplam koliform (EMS/100 MI)	100	20000	100000	> 100000

(a) Konsantrasyon veya doygunluk yüzdesi parametrelerinden sadece birisinin sağlanması yeterlidir.

(b) Klorüre karşı hassas bitkilerin sulanmasında bu konsantrasyon limitini düşürmek gerekebilir.

(c) PH değerine bağlı olarak serbest amonyak azotu konsantrasyonu 0.02 mg NH₃-N/L değerini geçmemelidir.

(d) Bu gruptaki kriterler parametreleri oluşturan kimyasal türlerin toplam konsantrasyonlarını vermektedir.

(e) Bora karşı hassas bitkilerin sulanmasında kriteri 300 µg/L'ye kadar düşürmek gerekebilir.

Derelerin su kalitesini belirlemede tez kapsamında değerlendirilen ve Tablo 4.5'de belirtilen fiziksel ve inorganik kimyasal parametreler sıcaklık, pH, çözülmüş oksijen(DO), elektriksel kondüktivite, klorür ve sülfat iyonları, nitrat-azotu, toplam P ve Na'dır.

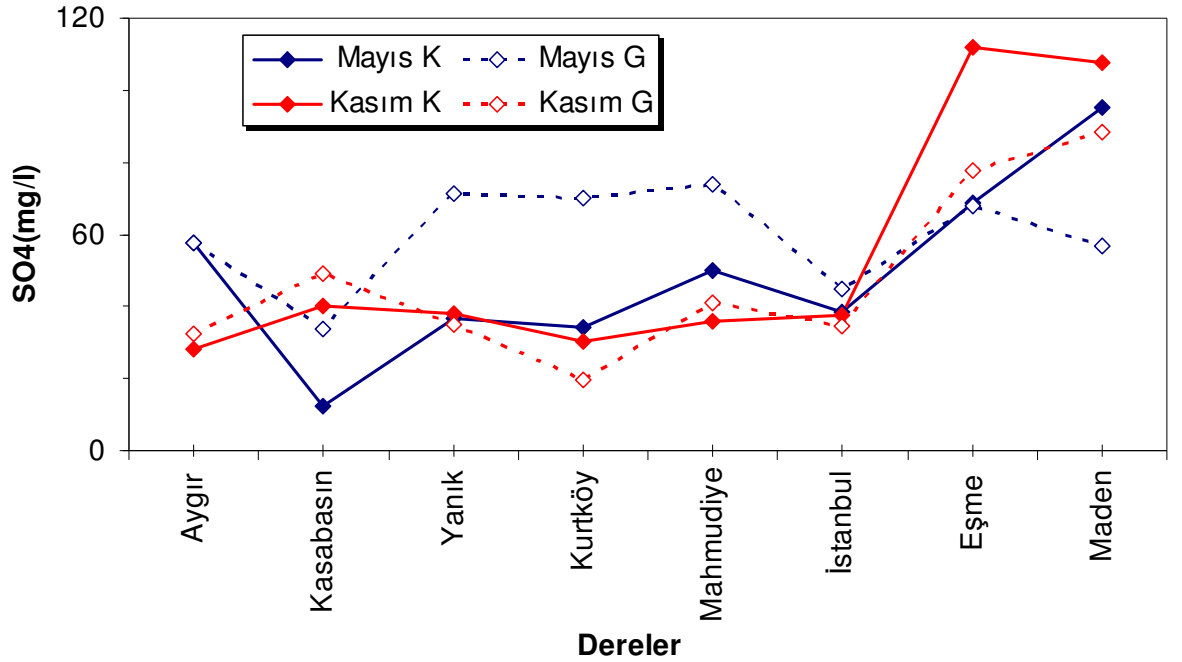
Sapanca dereleri sıcaklık açısından değerlendirildiğinde I. sınıf su kalitesi sergilemektedir. Güney derelerin Kasım ve Mayıs dönemi ortalama sıcaklıkları sırasıyla $7,72\pm 1,24^{\circ}\text{C}$ ve $15,83\pm 1,95^{\circ}\text{C}$ dır. Güney derelerin su sıcaklığında gözlenen yaklaşık 8°C 'lik dönemsel farklılık Kuzey derelerinde (Eşme ve Maden dereleri) görülmemektedir ($19\pm 0,5^{\circ}\text{C}$) (Bknz. Şekil 4.10). Bu farklılık kuzey derelerin su kalitesini etkilemese de, Kasım döneminde ölçülen oldukça yüksek sıcaklık değerleri bu derelere evsel deşarjların karıştığını gösteren bir veri olarak yorumlanabilir. Gölün kuzeyinde kanalizasyon altyapısının olmaması ve derelere yakın yerleşim yerlerin varlığı bu ihtimali güçlendirmektedir.

Sapanca derelerinde ölçülen pH değerleri ise 6,72-8,93 aralığında yer alır. Dereler genelde alkalin karakter göstermektedir. Derelerin kontrol ve göle yakın örnekleme noktalarında ölçülen pH değerleri karşılaştırıldığında, Kurtköy, Mahmudiye ve İstanbul derelerinin dışındaki derelerde, derelerin pH değerlerinde akış yönünde ciddi bir farklılaşma gözlenmemektedir. Buna karşın Kasım döneminde yapılan örneklemede Kurtköy, Mahmudiye ve İstanbul derelerinin akış yönünde pH değerlerinde 1,5-2 birimlik bir düşüş gözlenmiştir (Bknz. Şekil 4.1). Bu düşüş derelerin drenaj alanlarının aşağı kesimlerinde bulunan yerleşim alanlarının dere su kalitesi üzerinde ne derecede etkili olduğunu göstermektedir. Bu değişimlere rağmen, dereler pH değerleri açısından değerlendirildiğinde genelde I. sınıf su kalitesi göstermektedir.

Sapanca derelerinin çözülmüş oksijen değerleri, yerleşim alanların etkisinin dışındaki kontrol noktalarında genelde I. ve II. sınıf su kalitesi göstermektedir. Kasabasin, Yanık, Kurtköy, Mahmudiye, İstanbul ve Maden derelerinin çözülmüş oksijen derişimlerinde özellikle Mayıs döneminde akış yönünde önemli bir azalma gözlemlenmiştir. Kurtköy ($5,44\text{mg/L}$) ve Mahmudiye dereleri ($5,39\text{mg/L}$) en düşük çözülmüş oksijen değerlerinin ölçüldüğü dereler olup su kaliteleri I.sınıftan III.sınıfa düşmüştür (Bknz. Şekil 4.3). Bu değişim yerleşim alanlarından olan karışımların günümüzde halen derelerin su kalitesini olumsuz etkilemeye devam ettiğini göstermektedir.

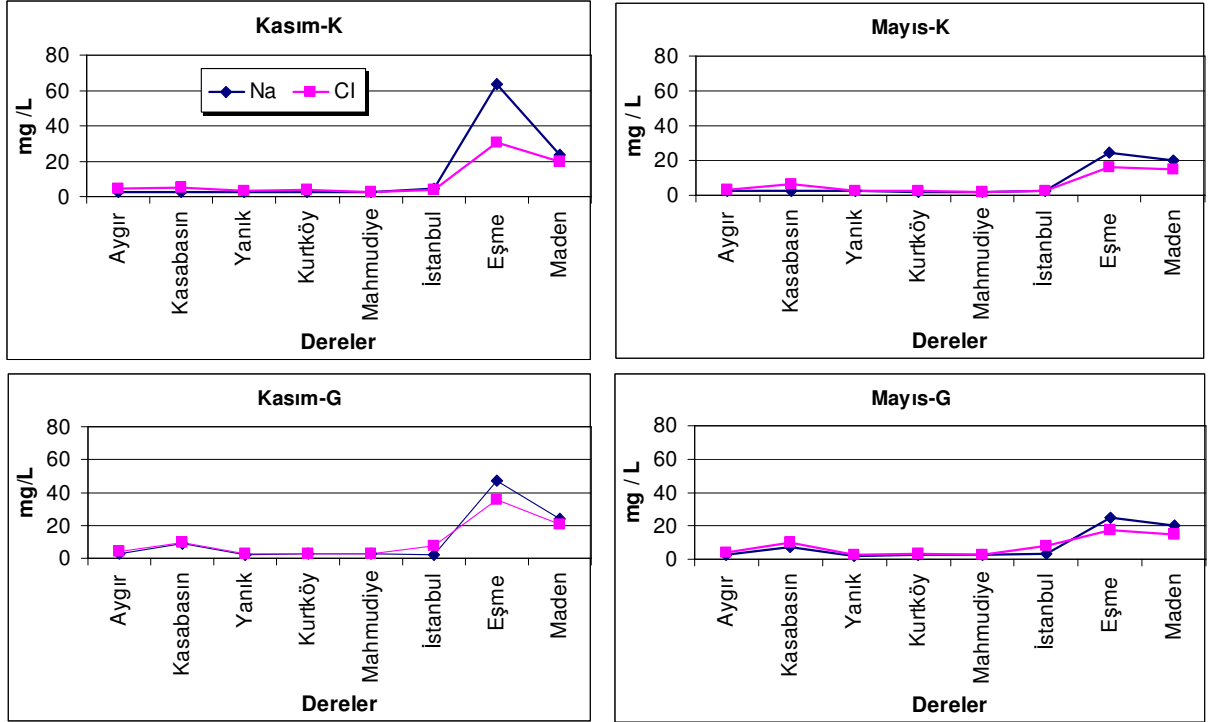
Sapanca Gölü'nü besleyen derelerin Toplam P ve N yükü, SO_4^{2-} , Cl^- , Na derişimleri Kita içi su kalitesini sınıflamasına göre ayrıca değerlendirilmiştir. Bu parametrelerde nitrat azotu, sodyum ve sülfat açısından hiçbir derede sınır değerlerin aşılmadığı görülmüştür ve tüm dereler bu parametreler açısından I.sınıf kalitede sulardır(Tablo 4.1 ve 4.2). Sapanca derelerinde tespit edilen nitrat-azotu derişimleri genellikle deteksiyon limitinin (0,11 mg/L) altındadır. En yüksek nitrat azotu derişimleri Kasım döneminde Kasabasin (0,5mg/L) ve Eşme (0,64 mg/L) derelerinde ölçülmüştür. Bu değerlerde yüzey su kalite kriterlerinde I. sınıf için belirtilen değerin (5 mg/L) oldukça altındadır.

Sapanca derelerin sülfat derişimleri de yüzey suları için belirtilen I. sınıf su kalite sınır değerinin (200 mg/L) oldukça altındadır (Şekil 4.14). Kuzey derelerin (Eşme ve Maden D) sülfat derişimleri güney derelerine göre nispeten daha yüksektir. Bu derelerde ölçülen en yüksek derişimler, yerleşiminin olmadığı Eşme ve Maden derelerinin drenaj alanlarının yukarı kesimlerinde ölçülmüştür. Gölün kuzeyinde mostra veren şeyler ile suların etkileşiminin ve kısmen de tarım alanlarında kullanılan sülfatlı inorganik gübrelerin kuzey derelerin sülfat derişimlerinde katkısı olabilir.



Şekil 4.14: Sapanca Gölü derelerinin sülfat derişimlerinin mevsimsel değışimi.

Cl açısından birçok dere I. sınıf su kalitesi gösterirken, Eşme ve Maden dereleri dönemsel olarak II. sınıf su kalitesi sergilerler. Güney dereleri ile karşılaştırıldığında, kuzey derelerinin yüksek Cl içeriği, Na derişimleri ile paralellik göstermektedir (Şekil 4.15). Sodyum ve Cl iyonlarının kaynağı, derelerin drenaj alaları içinde yer alan kumtaşı, konglomera ve şeyl birimlerinden ziyade, insan kaynaklı faaliyetlerdir. Kış mevsimlerinde yolların tuzlanması, tarım alanlarında uygulanan ilaçlar, foseptik sistemlerden olan sızıntılar derelerdeki Na ve Cl derişimlerinin kaynağı olarak düşünebilir. Sapanca gölünün kuzeyinde kanalizasyon sisteminin olmaması ve bölgede meyve yetiştiriciliğinin yoğun olması ve gölün hemen kuzeyinden geçen işlek bir karayolunun varlığı yukarıda bahsedilen potansiyel kirlenici kaynaklarla uyuşmaktadır.



Şekil 4.15. Sapanca derelerin Na ve Cl derişimlerinin mevsimsel değişimi.

Toplam P derişimleri açısından değerlendirildiğinde Sapanca dereleri genelde I. sınıf su kalitesi gösterirler. Fakat Maden, Eşme ve Kasabasin derelerinin su kalitesinde dönemsel olarak bozulmalar izlenmektedir (II. sınıf su kalitesi). Sapanca dereleri arasında en yüksek ölçülen toplam P değerleri, Maden (0,11 mg/L), Eşme (0,07mg/L) ve Kasabasin (0,07 mg/L) derelerinin yerleşim alanların aşağısında kalan örnekleme noktalarında gözlenmiştir (Tablo 4.1 ve 4.2). Fosforun ana

kaynaklarından biri deterjanlı sulardır. Kuzeydeki kanalizasyon sisteminin bulunmayışı bu derelere evsel atıkların karışma riskini artırmaktadır. Eşme, Maden ve Kasabasın derelerimde toplam P açısından dönemsel olarak az da olsa bir kirlenme izi ve evsel atıksu deşarjı belirtisi vardır.

Sapanca derelerin su kalitesi ağır metal içerikleri açısından değerlendirildiğinde genelde I. sınıf olduğu tespit edilmiştir. Ağır metal derişimleri, genellikle sınır değerlerin oldukça altındadır (Şekil 4.13). Ancak Maden deresinde dönemsel olarak (Kasım) Fe (614 µg/L) ve Ni (22,20 µg/L) açısından II. Sınıf ve Al değeri (464 µg/L) açısından da III sınıf su kalitesi gözlenmektedir (Şekil 4.13). Maden deresinin bileşimde dönemsel olarak tespit edilen Al, Fe ve Ni zenginleşmelerinin, jeojenik kökenli olduğu ve Maden deresinin drenaj alanı içinde yer alan sedimanter kayaçların (şeyl, siltaşı gibi) bu elementlerin kaynağı olduğu düşünölmektedir.

Sapanca derelerin su kalitesinde zaman içerisinde bir değişim olup olmadığını değerlendirebilmek için tez kapsamında sonuçlar eski çalışmalar ile karşılaştırılmıştır. D.S.İ, 1986-1999 yılları arasında Aygır, Yanık, Kurtköy, Mahmudiye, İstanbul ve Maden Derelerinde su kalitesini incelemiştir. Bu çalışmada pH, sıcaklık, çözünmüş oksijen gibi fiziksel parametrelerin yanı sıra Cl⁻, N, P, SO₄⁻² gibi kimyasal kirlilik parametrelerine ve Fe, Al, Ba, Se, Cu, Mn, Pb, Zn gibi iz metallere bakılmıştır. İncelenen parametreler arasında P ve Fe konsantrasyonları sınır değerleri aşmış derelerin su kalitesini III. sınıf ve IV. sınıfa düşürmüştür. Bu çalışma kapsamında da dönemsel olarak bazı dereler hem P (Maden, Eşme, Kasabasın, Aygır, İstanbul ve Yanık dereleri) hem de Fe (Maden deresini) açısından II. sınıf su kalitesi göstermişlerdir. Al açısından sadece Maden deresini dönemsel olarak III. Sınıf su kalitesi göstermiştir. Bunların dışında diğer incelenen parametreler DSİ çalışmasında belirtildiği gibi I. sınıf su kalitesi sınırları içerisinde dir.

Esenli (1995), "Sapanca Gölü ve Havzasının Hidrojeokimyası ile Dip Sedimanlarının mineralojik ve jeokimyasal incelenmesi" adlı doktora tezinde göle karışan derelerin (Aygır, Yanık, Kurtköy, Mahmudiye, İstanbul, Eşme, Maden ve Kocadere) su kalitesini de araştırmıştır. 1992-1993 yılları yaz aylarında yapılan örneklemelerde pH, EC, DO, Ca, Mg, Na, K, Cl, HCO₃⁻, CO₃⁻², NO₃-N, SO₄⁻², Cl⁻, parametrelerini incelemiştir. Parametre değerleri bu çalışmada elde edilen sonuçlara benzerdir. Esenli(1995)'nin yaptığı çalışmada Cl⁻ oranları bu çalışmada ölçölen değerlerin oldukça üstünde çıkmış ve derelerin su kalitesini II.sınıfa düşürmüştür.

Sonuç olarak, Sapanca Gölü'nü besleyen kuzey ve güney dereleri hidrojeokimyasal açıdan farklılıklar göstermektedir. Derelerin majör element içeriklerinde görülen bu değişkenliğin başlıca nedeni ise gölün kuzeyindeki ve güneyinde yer alan kayaç topluluklarının farklılığıdır. Sapanca Gölü'nü besleyen dereler incelenen parametrelerin çoğunda I. sınıf su kalitesine sahiptir. Fakat Toplam P, çözünmüş oksijen, Cl, Fe, Al ve Ni elementleri açısından su kalitesinde bazı derelerde dönemsel olarak kirlenmeler görülmüştür (II. ve III. Kalite). Bu derelerden su kalitesinde bozulma açısından en ön plana çıkan dere gölün kuzeyinde yer alan Maden deresidir. Maden deresinde gözlenen Al, Fe ve Ni zenginleşmesi jeojenik kökenlidir. Derelerin su kalitesinde evsel ve tarımsal kaynaklı kirlenme belirtileri mevcuttur. Bu özellikle kanalizasyon sisteminin bulunmadığı ve tarımsal faaliyetlerin yoğun olduğu gölün kuzey kesiminde yer alan derelerde (Maden ve Eşme) gözlenmektedir. Gölün güneyinde bulunan Kasabaşın, Kurtköy ve Mahmudiye derelerinde de kirlenme belirtileri mevcuttur. Ancak incelenen tüm derelerin su kalitesinde yerleşim alanlarından kaynaklı ciddi kirlenmeler gözükmemektedir. Bu çalışma kapsamında derelerin su kalitesi akım rejimlerinin farklılık gösterdiği iki dönemde araştırılmıştır. Derelerin daha sık periyotlarda (aylık) izlenmesi ve mümkünse debileri yüksek olan dereler üzerine kurulacak sürekli izleme istasyonları ile dere su kalitesinin sürekli takip edilmesi anlık potansiyel illegal deşarjların daha iyi tespit edilebilmesine ve gerekli önlemlerin alınmasına olanak sağlayacaktır. Bu çalışma kapsamında derelerde ağır metal kirliliğine rastlanmamıştır. Buna ek olarak, Sapanca gölüne dereler vasıtasıyla çözünmüş fazda taşınan ciddi bir kirlenme yükü de tespit edilmemiştir. Derelerin kirlenme potansiyelinin netleştirilebilmesi için, askı fazında taşınan metal yükünün de belirlenmesi gerekmektedir. Bu husus ileriki dönemlerde araştırılması hedeflenen konular arasında yer almaktadır.

Sapanca Gölü Sakarya İli ve çevre iller için önemli bir içme suyu kaynağıdır. Dolayısıyla korunmasına büyük önem arz etmektedir. Sapanca gölünü ve besleyen derelerdeki kirliliği azaltmak ve su kalitesini korumak için göl ve besleyen dereleri kirlenme potansiyeli olan kaynaklar mümkün olduğunca havzadan uzak tutulmalıdır. Dere kenarlarında bulunan ve dereleri kirlenme potansiyeli olan fabrikalar ilgili kamu kuruluşlarınca denetlenmeli, endüstriyel ve evsel atıklarını derelere boşaltmaları engellenmelidir. Evsel atıksuların derelere ulaşma riskini ortadan kaldırmak için gölün kuzeyinde çalışmaları sürdürülen kanalizasyon projesinin kısa sürede bitirilmesi gerekmektedir. Gölün kuzeyinde yoğun olarak yapılan tarımsal faaliyetler esnasında kullanılan sodyum ve fosfor içerikli gübrelerin ve tarım ilaçlarının bilinçsiz ve aşırı kullanımı konusunda dikkatli olunmalıdır.

KAYNAKLAR

ADASU, "Sapanca Gölü Çevre Koruma Projesine Esas Bilgiler" **T.C Adapazarı Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü**, 2-7, (2003).

ADASU, "Sapanca Gölü Çevre Koruma Projesine Esas Bilgiler" **T.C.Adapazarı Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü**, (2008) (yayınlanmamış).

Altuğ G., Yardımcı, C.H., Okgerman, H., Tarkan, S.A., "Level of Bacterial Metabolic Activity, Indicator (Coliform, Escherichia coli) and Pathogen Bacteria (Salmonella spp.) in the Sapanca Lake, Turkey", **Journal of the Black Sea / Mediterranean Environment**, 12:1,67-69, (2006).

DSİ, "Sapanca Gölü Kirlilik Araştırması Raporu" **T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü** '2-7 Ankara, (1984).

DSİ., **T.C Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara, D.S.İ.**, 2008 (yayınlanmamış).

Duman, F., Aksoy, A., Demirsezen D., "Seasonal Variability of Heavy Metal Surface Sediment of Lake Sapanca, Turkey", **Environ Monit. Asses.**, 133:277-283, (2006a).

Duman, F., Obali, O., Demirsezen, D., "Seasonal changes of metal accumulation and distribution in shining pondweed (Potamogeton lucens)", **Chemosphere**, 65, 2145-2151, (2006b).

Emre,Ö., Erkal T., Tchepalyga, A., Kazancı, N., Keçer, M., Ünay E., "Doğu Marmara Bölgesinin Neojen Kuvaterner'deki evrimi", **Maden Tetkik ve Arama Dergisi**,119,120,145, (1998).

Ertürk, O., "Sapanca Gölünün Jeolojisi, Dip Sedimanlarının Minerolojik ve Jeokimyasal İncelenmesi", **Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul 119 s, (1994).

Esenli, V., "Sapanca Gölü ve Havzasının Hidrojeokimyası ile Dip Sedimanlarının Minerolojik ve Jeokimyasal İncelenmesi" **Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü** İstanbul, 130-136, (1995).

Gürbüz A., Gürer, Ö., F., "Anthropogenic affect on lake sedimentation process: a case study from lake Sapanca, NW Turkey", **Environ. Geol.**, 3-8, (2008).

Herece , E., Akay E., "Atlas of North Anatolian Fault (NAF)", **General Directorate of Mineral Research and Exploration, Special Publication serisi-2**, Ankara, 61 pp +13 appendices as separate maps, (2003).

Karcı,Y., “İstanbul İline İçme-Kullanma Suyu Temini Amacıyla Sapanca Gölü Havzasının İncelenmesi”, **Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü** İstanbul, 77-12, (1997).

Oktaş, Ş., İyigün, E., Gündüz, B., Koçbuğ, Z., “Sapanca Havzasında 1986 ve 1999 yılı su kalite değerlendirmeleri”, **T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, D.S.İ**, 2-34, (2002).

Öktem, Y., “Sapanca Gölü Su Kalitesi Yönetimi için Egölem Modeli” Yüksek Lisans Tezi , **İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul –6-11,21-25, (1996).

Tanık, A., Baykal, B., Gönenç, E., Meriç., Öktem, Y., “Effect and Control Of Pollution in Catchments Area of Lake Sapanca, Turkey” **Environmental Management Vol. 22, No.3**, pp 407-414, (1998).

Tuğrul, S., Morkoç, E., “Sapanca Gölü’nün limnolojik özellikleri”, Doğa- Tr. **J. Of Engineering and Environmental Sci.**, 15, 256-282, (1991).

Velioğlu, M., “Sapanca Gölü İle İlgili Kirlilik Araştırmaları ve Koruma ile İlgili Öneriler”, **Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, 2-18, 106-109 Sakarya, (1998).

Yalçın, N., Sevinç, V., “Sapanca Gölü’ne Besi Maddesi Yüklenmesi ve gölün trofik durumu”, Doğa –Tr **J. Of Engineering and Environmental, Sci.**, v.17, 289-295, (1993).

Yalçın, N., Sevinç, V., “Heavy Metal Content of Lake Sapanca”, **Turkish Journal of Chemistry**, 25, 521-525, (2001).

Yılmaz, Y., Gürpınar, O., Genç, Ş.Ç., Bozcu, M., Yılmaz, K., Şeker, H., Yiğitbaş, E., Keskin, M., “Armutlu Yarımadası ve Dolayının Jeolojisi”, **TPAO Raporu, Rap No. 2796**, 210 s., (1990).

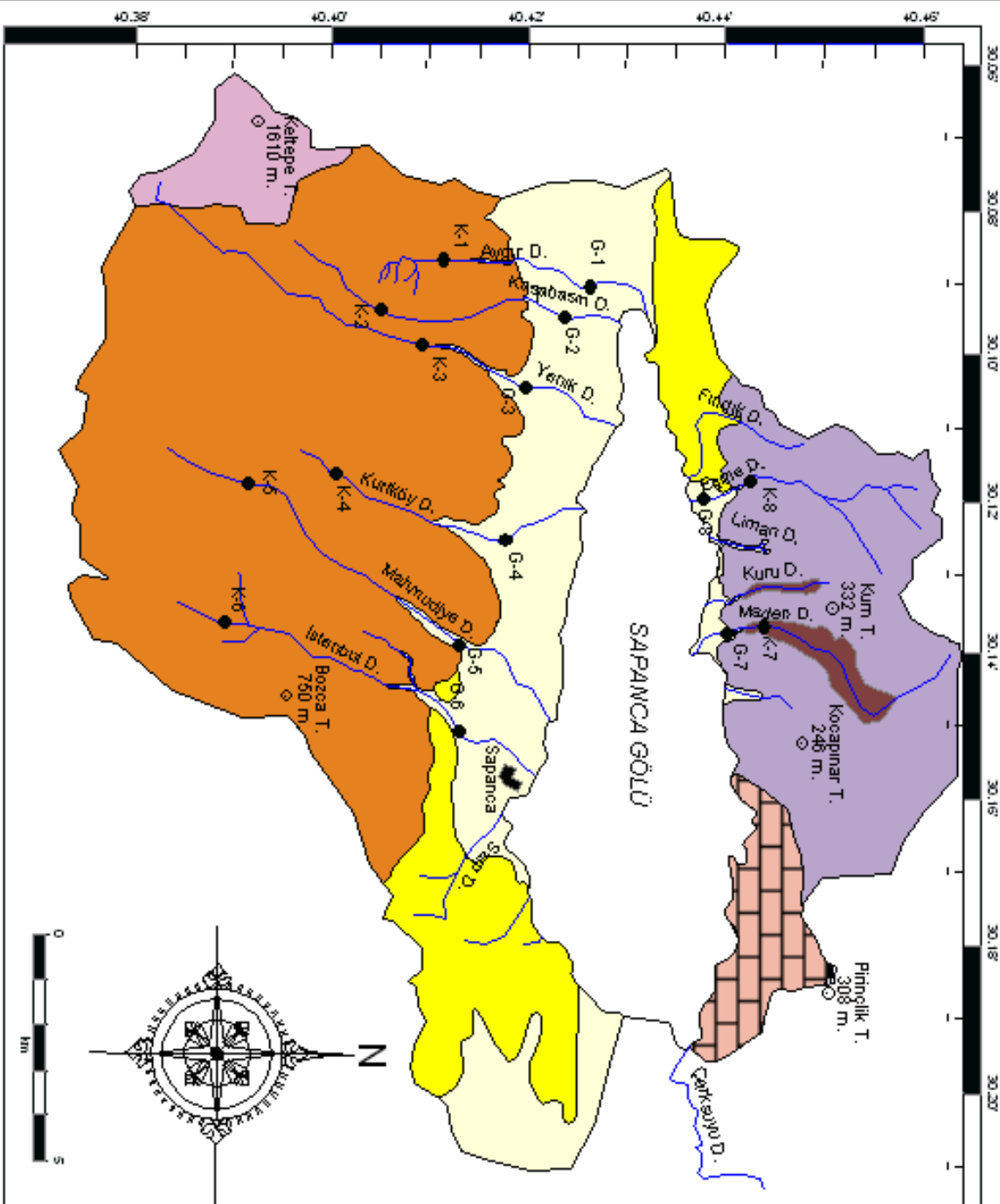
Yiğit, V., Müftügil, N., “Sapanca Gölü Su Kirliliği ve Besin Durumu Üzerine Bir Araştırma”, **TÜBİTAK Marmara Bilimsel ve Endüstriyel Araştırma Enstitüsü Beslenme ve Gıda Teknolojisi**, (1984).

<http://www.wwf.org.tr/su/yasamin-oezue-su/> (ziyaret tarihi:18 mart 2007)

ÖZGEÇMİŞ

20 Aralık 1983'de Ordu'nun Mesudiye İlçesinde doğdu. İlköğretimi Mesudiye Yatılı İlköğretim Okulu'nda tamamladı. Orta öğretimini ise Ordu Fen Lisesi'nde tamamladı. 2000 yılında, Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde okumaya hak kazandı. 2004 yılında Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği, Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalında Yüksek Lisansa başladı. 2005 Yılında ÇEVRE ARAŞTIRMA MÜHENDİSLİK LTD. ŞTİ. adlı şirkette çalıştı. 06 Nisan 2006 tarihinden bu yana ABM MÜHENDİSLİK MÜŞAVİRLİK İNŞAAT SONDAJ TİC. PAZ. LTD. ŞTİ. 'de çalışmaktadır.

SAPANCA GÖLÜ HAVZASI JEOLOJİ HARİTASI **



AÇIKLAMALAR / EXPLANATION

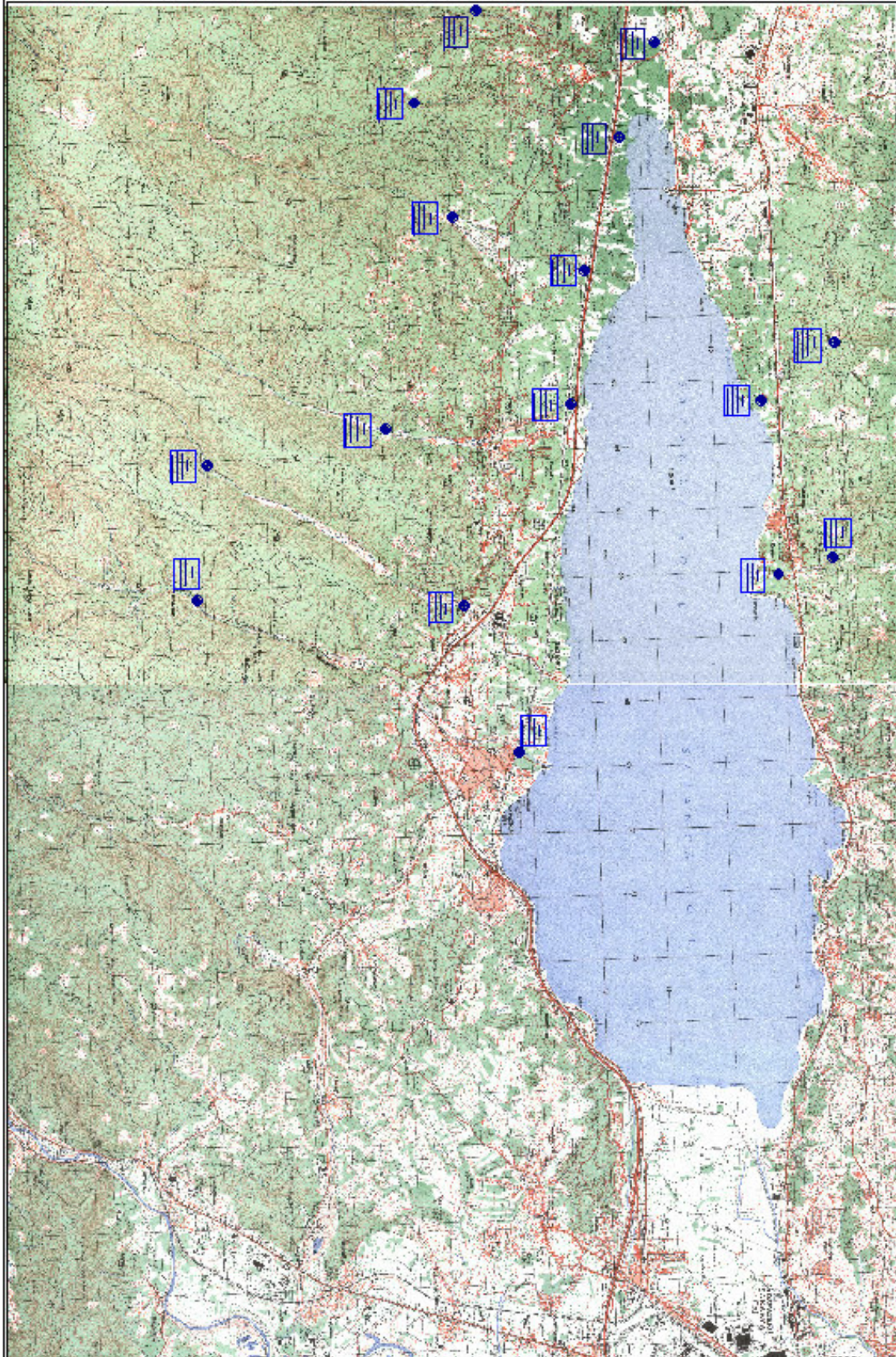
- Kuvaritmer Yaşlı Alüvyon
- Geç Pliyosen Yaşlı Alüvyon
- Orta-Ust Eosen Yaşlı Aqlomera-Andezit-Bazalt
- Akt-Orta Eosen Yaşlı Kumtaşı ve Silttaşı
- Üst Kretase-Paleosen Yaşlı KilliKireçtaşı ve Mam
- Üst Jura-Geç Kretase Yaşlı, Kiltası ve Memmer
- Perno-Triyas Yaşlı Şist, Kuvarit ve Memmer
- Perno-Triyas Yaşlı Konglomera, Kumtaşı ve Şeyl

- Yerleşim Merkezi
- Tepe Noktası
- Ölmeleme Noktası
- Sulu Dere



** Gürbüz ve Gürer (2008)'den değiştirilerek alınmıştır.

SAPANCA HAVZASI DERELERİNİN ÖRNEKLEME NOKTALARININ DAĞILIMI



Örneklenme Noktası	X (m)	Y (m)	İkizölçü (m)
G-1	200750	810750	1500
G-2	200750	810000	2000
G-3	201250	810000	1000
G-4	201750	810000	2000
G-5	202250	810000	1000
G-6	202750	810000	2000
G-7	203250	810000	2000
G-8	203750	810000	2000
G-9	204250	810000	2000
K-1	204750	810000	2000
K-2	205250	810000	2000
K-3	205750	810000	2000
K-4	206250	810000	2000
K-5	206750	810000	2000
K-6	207250	810000	2000
K-7	207750	810000	2000
K-8	208250	810000	2000