

**İZNİK GÖLÜ HİDROJEOKİMYASI VE
SONUÇLARIN JEOİSTATİSTİK
DEĞERLENDİRMESİ**

100795

**DOKTORA TEZİ
Y. Müh. Murat BUDAKOĞLU
505930013012**

100795

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 4 Ekim 1999
Tezin Savunulduğu Tarih : 10 Nisan 2000**

Tez Danışmanı : Prof.Dr. Yılmaz BÜRKÜT (İ.T.Ü.)
Diğer Jüri Üyeleri Prof.Dr. Atilla AYKOL (İ.T.Ü.)
Prof.Dr. Namık ÇAĞATAY (İ.T.Ü.)
Prof.Dr. Osman YILMAZ (İ.Ü.)
Prof.Dr. Selçuk TOKEL (K.Ü.)

Nisan 2000

ÖNSÖZ

Doğal su kaynaklarının sınırlılığı, içlerinde bulundurdıkları canlı faunasının devamının sağlanmasının gerekliliği, içme suyu olarak kullanıma açılabilme ihtimalleri, hepsi birden gölleri önemli kılmaktadır. Günümüzde bu önemi gören bir çok bilim adamı multidisipliner yaklaşımlarla ülkelerinde mevcut, doğal su kaynakları ve gölleri konu alan çalışmalara oldukça büyük bir yönelim göstermektedirler. Bunda en büyük etken özellikle göllerin belli bir ömre sahip olmaları ve sürekli bir değişim modeli sergilemeleridir. Gölleri yaşayan bir organizma olarak ele alırsak bilim adamlarının gelecek kuşaklar için bu organizmanın bir döneminin özelliklerini, geçmişle karşılaştırmalı olarak ortaya koymaya çalıştıkları söylenebilir.

Alt yapı noksanlıkları, sanayileşme ve tarımsal aktivitelerin sonucu oluşan kirlenme gibi bir çok faktörün tehdidi altında bulunan göllerde yapılan çalışmalar bu nedenle önem kazanmaktadır. Belirli aralıklarla göllerin bir çeşit nabzını tutmaya yönelik bu tür çalışmalar ile hem göldeki kirlilik ve doğal değişimler kolaylıkla izlenebilecek hem de gelecek kuşaklara sağlıklı bilimsel envanterler ulaştırılmış olacaktır.

İznik Gölü Türkiye'nin nüfus yoğunluğunun en fazla olduğu Marmara bölgesindeki en büyük göldür. Günümüzde sadece sulama amaçlı olarak kullanılsa bile sahip olduğu büyük su potansiyeli ile ayrıntılı çalışmalara her zaman konu olması gereken ülkemizin önemli bir su kaynağıdır. İznik Gölü hidrojeokimyasını ve sonuçların istatistik değerlendirmesini amaçlayan, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü'ne Doktora tezi olarak sunulan bu çalışmanın hazırlanmasında başta bana bilimsel olarak yol gösteren ve çalışmaların her safhasında kullanılacak araç, gereç ve malzeme konusunda hiçbir yardımı esirgemeyen danışmanım sayın Prof.Dr. Yılmaz BÜRKÜT'e sonsuz şükranlarımı sunarım. Tezin hazırlanması sırasında, gerek arazi, ve laboratuvar çalışmalarında gerekse bilimsel katkılarıyla değerli yardımlarını gördüğüm, Prof. Dr. Atasever GEDİKOĞLU, Prof.Dr. Sezai KIRIKOĞLU, Doç.Dr. Fikret SUNER, Doç.Dr. Ali Haydar GÜLTEKİN, Yrd.Doç.Dr. Fuat YAVUZ, Araş.Gör. Ahmet ÇELENLİ, Araş.Gör. Mustafa KUMRAL, Yük.Müh Ali İSKENDERÖĞLU ile İznik İlçe Tarım Müdürlüğü'nün değerli çalışanlarına ayrıca teşekkür ederim.

Ayrıca, bana her türlü yardımı esirgemeyen ve her zaman yanımda olan aileme sonsuz teşekkürler.

Ekim, 1999

Murat BUDAKOĞLU

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	ix
ÖZET	xiv
SUMMARY	xvii
1. AMAÇ	1
1.1. Çalışma Alanı	2
1.1.1. Coğrafi durum	2
1.1.2. Meteorolojik özellikler	4
1.1.3. Hidroloji	4
1.1.3. Sosyal ve ekonomik yapı	5
2. GÖL SINIFLAMA MODELLERİ	7
2.1. Fiziksel ve Kimyasal Özelliklere Göre Sınıflama	7
2.1.1. Kırıntılı (klastik) göller	7
2.2. Organik Çevrime Göre Yapılan Sınıflama	9
2.2.1. Az beslenmiş (Oligotrofik) göller	9
2.2.2. Orta derecede beslenmiş (Mezotrofik) göller	9
2.2.3. Aşırı beslenmiş (Ötrofik) göller	10
2.3. Kökene (Jenetik) Göre Yapılan Sınıflama	10
2.3.1. Tektonik göller	10
2.4. İznik Gölü'nün Genel Özellikleri	11
3. ÇALIŞMA YÖNTEMİ	17
3.1. Arazide Yapılan Çalışmalar	17
3.2. Laboratuvar Çalışmaları	24
4. İZNİK GÖLÜ CİVARININ JEOLJİSİ	27
4.1. Stratigrafi	30
4.2. Paleozoyik	30
3.2. Mesozoyik	33
3.1. Senozoyik	33
4.2. Yapısal Jeoloji	34
4.3. Ekonomik Jeoloji	35
5. İZNİK GÖL SULARINDA YAPILAN ÇALIŞMALAR	37
5.1. Gölde yerinde yapılan çalışmalar	37
5.1.1. Toplam askıda madde (TSM) ölçümleri	37
5.2.2. pH ölçümleri	42

5.2.3. Elektriksel iletkenlik	47
5.2.4. Çözünmüş oksijen	50
5.2.5. Dip suları hareketi ölçümleri	56
5.2.6. Batimetrik ölçümler	57
5.2. Göl Su Örneklerinde Laboratuvar Çalışmaları	60
5.2.1. Sodyum	60
5.2.2. Potasyum	63
5.2.3. Kalsiyum	65
5.2.4. Magnezyum	67
5.2.5. Silisyum	69
5.2.6. Bikarbonat-Karbonat	71
5.2.7. Klor	75
5.2.8. Flüor	77
5.2.9. Sülfat	79
5.2.10. Nitrit-Nitrat	81
5.2.11. Fosfat	84
5.2.12. Göl sularında ve askıda katı maddede ağır metal dağılımı	86
5.2.13. Toplam Koli incelemeleri	90
5.3. İznik Gölü Havzasındaki Deresuyu Örneklerinin İncelenmesi	91
5.4. İznik Göl Sularının Hidrojeokimyasal Değerlendirmesi	92
5.4.1. İyonlar ve fiziksel parametreler arası ilişkiler	92
5.4.2. Kimyasal sınıflama modelleri	97
5.4.2.1. Göl suları sertlik derecesi	97
5.4.2.2. Çözünmüş toplam maddelere göre sınıflama	97
5.4.2.3. Piper 1953	97
5.4.2.4. Schoeller 1955	99
5.4.2.5. Sulin 1946	99
5.4.2.6. Kalsit doyma endeksi (Sc)	100
5.4.2.7. Karbonat doyma endeksi	103
5.4.2.8. Dolomit doyma endeksi	104
5.4.2.9. Sülfat doyma endeksi (Ss)	104
5.4.3. İznik Gölü civarındaki jeolojik birimlerin göl sularına etkisi	104
5.5. Göl Suları Analiz Sonuçlarının İstatistiksel Metotlarla Değerlendirilmesi	108
5.5.1. Başlıca bileşenler analizi (PCA)	109
5.5.2. Cluster analizi	112
6. DİP ÇAMURLARININ MİNERALOGİSİ VE TANE BOYU DAĞILIMI	118
6.1. X-ışını Difraksiyonu İncelemeleri	118
6.2. Differansiyel Termik Analiz (DTA)	122
6.3. İznik Gölü Dip Çamurlarında Tane Boyu Dağılımı	123
6.4. Optik Mikroskop İncelemeleri	128
7. İZNİK GÖLÜ DİP ÇAMURLARININ JEOKİMYASI	131

7.1. Dip Çamurlarında Metal Dağılımı	135
7.1.1. Alüminyum	137
7.1.2. Demir	138
7.1.3. Bakır	139
7.1.4. Kurşun	141
7.1.5. Çinko	142
7.1.6. Nikel	144
7.1.7. Kobalt	145
7.1.8. Manganez	147
7.1.9. Krom	149
7.2. Dip Çamurlarında İz element dağılımı	150
7.2.1. Baryum	150
7.2.2. Stronsiyum	151
7.2.3. Vanadyum	152
7.2.4. Arsenik	153
7.2.5. Bor	155
7.3. Toplam Organik Karbon (TOC)	156
7.4. Toplam Karbonat	158
7.5. İznik Gölü Dip Çamurlarında Endüstriyel Kirlilik Yüğü	160
7.6. Dip Çamurları Analiz Sonuçlarının İstatistiksel Metotlarla Değerlendirilmesi	165
7.6.1. Başlıca Bileşenler Analizi	166
7.6.2. Cluster Analizi	172
8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	175
KAYNAKLAR	181
EKLER	187
ÖZGEÇMİŞ	199

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1.1 Bursa bölgesine ait aylık ortalama sıcaklıklar ($^{\circ}\text{C}$) ve aylık ortalama yağış değerleri (mm).....	4
Tablo 2.1 10 farklı noktada yapılan sıcaklık ölçümlerine ait ortalama değ.	13
Tablo 2.2 İznik Gölü'ne ait fiziksel ve kimyasal parametrelerin dünyadaki bazı göllerle karşılaştırmalı tablosu.....	16
Tablo 3.1 İznik Gölünde farklı derinliklerde yapılan göl suyu örneklemeleri.	20
Tablo 3.2 Göl suyu kimyasal analizlerinde kullanılan yöntemler	24
Tablo 3.2 İznik Gölü dip çamurlarına uygulanan jeokimyasal analiz yön.....	26
Tablo 4.1 Uydu görüntüleri yapısal analiz sonucu İznik Gölü civarında saptanmış bazı fayların özellikleri.....	35
Tablo 5.1 Koordinat ve derinlik değerleri ile birlikte yerinde yapılan TSM ölçümleri sonuçları.....	39
Tablo 5.2 İznik Gölünde farklı derinliklerde ölçülen pH değerlerinin istatistiksel parametreleri.....	44
Tablo 5.3 İznik Gölünde farklı derinliklerde ölçülen Elektriksel İletkenlik ($\mu\text{s/cm}$) değerlerinin istatistiksel parametreleri.....	49
Tablo 5.4 İznik Gölünde farklı derinliklerde ölçülen Çözünmüş Oksijen (mg/l) değerlerinin istatistiksel parametreleri.....	53
Tablo 5.5 56 nolu noktada derinliğe bağlı olarak çözünmüş oksijen ve sıcaklık $^{\circ}\text{C}$ değişimi.....	54
Tablo 5.6 Farklı derinliklerde yapılan dip akıntı hızı ölçümleri.....	56
Tablo 5.7 Farklı derinlik gruplarına ait Na (mg/l) için hesaplanmış istatistiksel parametreler.....	60
Tablo 5.8 Farklı derinlik gruplarına ait K (mg/l) için hesaplanmış istatistiksel parametreler.....	64
Tablo 5.9 Farklı derinlik gruplarına ait Ca (mg/l) için hesaplanmış istatistiksel parametreler.....	66
Tablo 5.10 Farklı derinlik gruplarına ait Mg (mg/l) için hesaplanmış istatistiksel parametreler.....	68
Tablo 5.11 Farklı derinlik gruplarına ait Si (mg/l) için hesaplanmış istatistiksel parametreler.....	70
Tablo 5.12 Farklı derinlik gruplarına ait HCO_3 (mg/l) için hesaplanmış istatistiksel parametreler.....	72
Tablo 5.13 Farklı derinlik gruplarına ait CO_3 (mg/l) için hesaplanmış istatistiksel parametreler.....	72
Tablo 5.14 Farklı derinlik gruplarına ait Cl (mg/l) için hesaplanmış istatistiksel parametreler.....	75
Tablo 5.15 Farklı derinlik gruplarına ait F (mg/l) için hesaplanmış istatistiksel parametreler.....	77

Tablo 5.16	Farklı derinlik gruplarına ait SO_4 (mg/l) için hesaplanmış istatistiksel parametreler.....	79
Tablo 5.17	Farklı derinlik gruplarına ait NO_2 (mg/l) için hesaplanmış istatistiksel parametreler.....	81
Tablo 5.18	Farklı derinlik gruplarına ait NO_3 (mg/l) için hesaplanmış istatistiksel parametreler.....	81
Tablo 5.19	Farklı derinlik gruplarına ait PO_4 (mg/l) için hesaplanmış istatistiksel parametreler.....	84
Tablo 5.20	Yüzey su örneklerine ait ağır metal içerikleri.....	86
Tablo 5.21	20 m. derinliğe ait örneklerinde ait ağır metal içerikleri.....	87
Tablo 5.22	40 m. derinliğe ait örneklerinde ait ağır metal içerikleri.....	87
Tablo 5.23	60 m. derinliğe ait örneklerinde ait ağır metal içerikleri.....	87
Tablo 5.24	İznik Göl sularında derinliğe bağlı ağır metal konsantrasyonu ortalamaları	88
Tablo 5.25	Askıda katı madde içindeki ağır metal konsantrasyonları.....	89
Tablo 5.26	İznik Gölüne dökülen derelere ait analiz sonuçları ortalama değerleri.....	91
Tablo 5.27	İznik Göl sularında farklı derinliklere ait tuzluluk parametreleri Schoeller indeksi, TÇM ve SAR değerleri.....	93
Tablo 5.28	Farklı derinliklere göre göl suları sertlik dereceleri.....	97
Tablo 5.29	Bazı kimyasal tepkimelerin denge sabiteleri.....	102
Tablo 5.30	İznik Gölü'nde iyon konsantrasyon artış yönleri ile litolojik ve antropojenik kaynakların ilişkisi.....	105
Tablo 5.31	İznik Gölünde Yerinde ve Laboratuarda yapılan tüm analizlere ait temel istatistik parametreler.....	108
Tablo 5.32	Anyon ve katyonlara ait faktör yükleri korelasyon matrisi	104
Tablo 5.33	Bileşenlerin faktör yükleri	110
Tablo 5.34	Yüzey su örneklerine ait korelasyon matrisi.....	113
Tablo 5.35	20 metre derinlikteki su örneklerine ait korelasyon matrisi.....	114
Tablo 5.36	40 metre derinlikteki su örneklerine ait korelasyon matrisi.....	116
Tablo 6.1	Dip çamurlarında Wentworth ölçeğine göre tane boyu kümülatif yüzde değerleri.....	125
Tablo 7.1	Tüm çamur örneklerinde yapılan % ve ppm cinsinden element analiz sonuçları.....	134
Tablo 7.2	Tüm çamur örneklerinde % cinsinden major element oksit formu ve ateşte kayıp sonuçları.....	134
Tablo 7.3	Tüm çamur örneklerinde % cinsinden TOC ve ΣCO_3 analiz sonuçları.....	134
Tablo 7.4	Tüm çamur örneklerinde ICP analiz sonuçları.....	135
Tablo 7.5	İznik Gölü dip çamurlarında ağır metal ortalama konsantrasyonlarının iki farklı çalışma ile karşılaştırılması.....	136
Tablo 7.6	Şeyl-ortalama değerleri (Turekian ve Wedepohl, 1961).....	161
Tablo 7.7	Dip çamurlarında SEF aralık, SEF ortalama ve Sediman kalitesi ..	162
Tablo 7.8	Jeoakümülayon indeksi Sınıflandırması (Förstner ve diğ. 1993)..	163
Tablo 7.9	İznik Gölü dip çamurlarında tespit edilen metallerin jeoakümülayon index değerleri.....	164
Tablo 7.10	I-geo değeri 0'dan farklı sonuçlar gösteren Cu ve Pb'ye ait indeks tablosu.....	164

Tablo 7.11	Dip Çamuru jeokimyasal analiz sonuçlarına ait temel istatistik parametreleri.....	165
Tablo 7.12	Dip çamurları analiz sonuçları faktör yükleri korelasyon matrisi...	167
Tablo 7.13	Dip çamuru analiz sonuçlarına ait faktör yükleri.....	168



ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1 : Abdullahdede tepesinde İznik İlçesi ve İznik Gölü'nün görünümü.....	6
Şekil 2.1 : Güncel ve eski göllerdeki mineral birliği (Hutchinson, 1957)....	8
Şekil 2.2 : İznik Gölü'nde 1996 yılı Ağustos ayına ait yaz dönemi su tabakalanması.....	12
Şekil 3.1 : Çalışma alanı yer bulduru haritası.....	18
Şekil 3.2 : İznik Gölü güneyinden geçen Kuzey Anadolu Fayının merkez koluna bağlı fay topografyasından bir görünüm.....	19
Şekil 3.3 : Gölün doğusundan batıya doğru bir görünüm.....	19
Şekil 3.4 : Çalışmalar sırasında kullanılan sürat teknesinin göle indirilişi.....	20
Şekil 3.5 : Nansen cihazı ile farklı derinliklerden su örnekleme çalışmaları	21
Şekil 3.6 : Gölde özel yapım masenger üniteli daldırma kepçesi kullanımı.	21
Şekil 3.7 : İznik Gölü su örnekleme noktaları koordinat haritası.....	22
Şekil 3.8 : İznik Gölü dip çamuru örnekleme noktaları haritası.....	23
Şekil 3.9 : İznik Gölü'nde koordinat tespitinde GPS kullanımı.....	23
Şekil 4.1 : (a) Armutlu Yarımadası ve civarının jeoloji haritası, (b) Bölgenin ana tektonik zonları (Yılmaz, ve diğ. 1994).....	30
Şekil 4.2 : İznik metamorfizminin sütun kesiti (Güncüoğlu, 1990).....	32
Şekil 4.3 : İznik Gölü Gemlik Körfezi arasının jeolojik kesiti (DSİ, 1974)...	35
Şekil 5.1 : İznik Gölü'nde yerinde TSM ölçümleri.....	39
Şekil 5.2 : Farklı derinlik ve noktalarda TSM (%) değerleri değişimi.....	40
Şekil 5.3 : 3 m derinliğe ait TSM % dağılımı.....	40
Şekil 5.4 : 5 m derinliğe ait TSM % dağılımı.....	41
Şekil 5.5 : 10 m derinliğe ait TSM % dağılımı.....	41
Şekil 5.6 : pH değerleri dağılımı, yüzey.....	44
Şekil 5.7 : pH değerleri dağılımı, 20m.	44
Şekil 5.8 : pH değerleri dağılımı, 40 m.	45
Şekil 5.9 : İznik Gölü'nde farklı derinlik gruplarına bağlı pH değişimi.....	45
Şekil 5.10 : pH ve çözünmüş oksijen (mg/l) arasındaki ilişki.....	46
Şekil 5.11 : pH ve elektriksel iletkenlik ($\mu\text{S}/\text{cm}$) arasındaki ilişki.....	46
Şekil 5.12 : Elektriksel iletkenlik ($\mu\text{S}/\text{cm}$) değerlerinin derinliğe bağlı dağılımı.....	48
Şekil 5.13 : Elektriksel iletkenlik ($\mu\text{S}/\text{cm}$) değerlerinin dağılımı, yüzey.....	49
Şekil 5.14 : Elektriksel iletkenlik ($\mu\text{S}/\text{cm}$) değerlerinin dağılımı, 20m.....	49
Şekil 5.15 : Elektriksel iletkenlik ($\mu\text{S}/\text{cm}$) değerlerinin dağılımı, 40m.....	50
Şekil 5.16 : Elektriksel iletkenlik ($\mu\text{S}/\text{cm}$) ve toplam çözünmüş madde ilişkisi.....	50
Şekil 5.17 : Gölde portatif oksimetre cihazı kullanımı ile erimiş oksijen miktarı tespiti.....	52
Şekil 5.18 : Erimiş oksijen (mg/l) değerleri dağılımı, yüzey.....	52
Şekil 5.19 : Erimiş oksijen (mg/l) değerleri dağılımı, 20m.....	52
Şekil 5.20 : Erimiş oksijen (mg/l) değerleri dağılımı, 40m.....	53

Şekil 5.21 : Farklı derinliklerden yerinde tespit edilen erimiş oksijen (mg/l) değerlerinin dağılımı.....	55
Şekil 5.22 : Çözünmüş Oksijen (mg/l) ve elektriksel iletkenlik (us/cm) iliş. .	55
Şekil 5.23 : İznik Gölü'nde flowmetre kullanımı ve akıntı yönleri.....	56
Şekil 5.24 : İznik Gölü'nde sonar kullanımı ile yapılan derinlik ölçümleri.....	57
Şekil 5.25 : İznik Gölünde sonar ölçümleri ile elde edilen batimetri haritası..	58
Şekil 5.26 : İznik Gölü'nde sonarla yapılan derinlik ölçümleri kullanılarak bilgisayar yardımıyla çizilen üç boyutlu blok diyagram.....	59
Şekil 5.27 : Na (mg/l) değerleri dağılımı, yüzey.....	62
Şekil 5.28 : Na (mg/l) değerleri dağılımı, 20m.....	62
Şekil 5.29 : Na (mg/l) değerleri dağılımı, 40m.....	63
Şekil 5.30 : K (mg/l) değerleri dağılımı, yüzey.....	64
Şekil 5.31 : K (mg/l) değerleri dağılımı, 20m.....	64
Şekil 5.32 : K (mg/l) değerleri dağılımı, 40m.....	65
Şekil 5.33 : Ca (mg/l) değerleri dağılımı, yüzey.....	66
Şekil 5.34 : Ca (mg/l) değerleri dağılımı, 20m.....	67
Şekil 5.35 : Ca (mg/l) değerleri dağılımı, 40m.....	67
Şekil 5.36 : Mg (mg/l) değerleri dağılımı, yüzey.....	68
Şekil 5.37 : Mg (mg/l) değerleri dağılımı, 20m.....	68
Şekil 5.38 : Mg (mg/l) değerleri dağılımı, 40m.....	69
Şekil 5.39 : Si (mg/l) değerleri dağılımı, yüzey.....	70
Şekil 5.40 : Si (mg/l) değerleri dağılımı, 20m.....	71
Şekil 5.41 : Si (mg/l) değerleri dağılımı, 40m.....	71
Şekil 5.42 : HCO ₃ (mg/l) değerleri dağılımı, yüzey.....	73
Şekil 5.43 : HCO ₃ (mg/l) değerleri dağılımı, 20m.....	73
Şekil 5.44 : HCO ₃ (mg/l) değerleri dağılımı, 40m.....	73
Şekil 5.45 : CO ₃ (mg/l) değerleri dağılımı, yüzey.....	74
Şekil 5.46 : CO ₃ (mg/l) değerleri dağılımı, 20m.....	74
Şekil 5.47 : CO ₃ (mg/l) değerleri dağılımı, 40m.....	74
Şekil 5.48 : Cl (mg/l) değerleri dağılımı, yüzey.....	76
Şekil 5.49 : Cl (mg/l) değerleri dağılımı, 20m.....	76
Şekil 5.50 : Cl (mg/l) değerleri dağılımı, 40m.....	76
Şekil 5.51 : F (mg/l) değerleri dağılımı, yüzey.....	78
Şekil 5.52 : F (mg/l) değerleri dağılımı, 20m.....	78
Şekil 5.53 : F (mg/l) değerleri dağılımı, 40m.....	78
Şekil 5.54 : SO ₄ (mg/l) değerleri dağılımı, yüzey.....	80
Şekil 5.55 : SO ₄ (mg/l) değerleri dağılımı, 20m.....	80
Şekil 5.56 : SO ₄ (mg/l) değerleri dağılımı, 40m.....	80
Şekil 5.57 : NO ₂ (mg/l) değerleri dağılımı, yüzey.....	82
Şekil 5.58 : NO ₂ (mg/l) değerleri dağılımı, 20m.....	82
Şekil 5.59 : NO ₂ (mg/l) değerleri dağılımı, 40m.....	83
Şekil 5.60 : NO ₃ (mg/l) değerleri dağılımı, yüzey.....	83
Şekil 5.61 : NO ₃ (mg/l) değerleri dağılımı, 20m.....	83
Şekil 5.62 : NO ₃ (mg/l) değerleri dağılımı, 40m.....	84
Şekil 5.63 : PO ₄ (mg/l) değerleri dağılımı, yüzey.....	85
Şekil 5.64 : PO ₄ (mg/l) değerleri dağılımı, 20m.....	85
Şekil 5.65 : PO ₄ (mg/l) değerleri dağılımı, 40m.....	85
Şekil 5.66 : Farklı derinlik değerlerine ait ağır metal konsantrasyonlarının birlikte grafiksel gösterimi.....	88

Şekil 5.67	İznik Gölü'nde farklı bölgelerden seçilmiş su örneklerinde askıda katı madde içinde ağır metal dağılımı.....	89
Şekil 5.68	: TTC aerobik bakteri tayin tablosu.....	90
Şekil 5.69	: İznik Gölü ve bazı göllerin TÇM ve (Na/Na+Ca) değerleri arasındaki ilişki.....	94
Şekil 5.70	: pH, elektriksel iletkenlik ve çözünmüş oksijen değerlerinin birlikte üç boyutlu gösterimi.....	95
Şekil 5.71	: pH elektriksel iletkenlik ve çözünmüş oksijen değerlerine ait üçlü noktalardan geçen yüzey ve denklemi.....	96
Şekil 5.72	: Göl sularında katyon dağılımı.....	98
Şekil 5.73	: Göl sularında anyon dağılımı.....	98
Şekil 5.74	: Kalsiyum denge diyagramı.....	103
Şekil 5.75	: İznik Gölü civarının basitleştirilmiş jeoloji haritası	105
Şekil 5.76	: Başlıca kayaç türlerinden kaynaklanan suların Piper plot diyagramı üzerinde gösterimi.....	107
Şekil 5.77	: Göl suları analiz sonuçlarına ait 1 nolu faktör yüklerinin grafiksel gösterimi.....	111
Şekil 5.78	: Göl suları analiz sonuçlarına ait 2 nolu faktör yüklerinin grafiksel gösterimi.....	111
Şekil 5.79	: Göl suları analiz sonuçlarına ait 3 nolu faktör yüklerinin grafiksel gösterimi.....	112
Şekil 5.80	: Göl suları analiz sonuçlarına ait 4 nolu faktör yüklerinin grafiksel gösterimi.....	112
Şekil 5.81	: İznik Gölü yüzey sularında iyonlar arası cluster diyagramı.....	114
Şekil 5.82	: İznik Gölü 20m derinlik örneklerine ait iyonlar arası cluster diyagramı.....	115
Şekil 5.83	: İznik Gölü 40m derinlik örneklerine ait iyonlar arası cluster diyagramı.....	116
Şekil 6.1	: 4 nolu numuneye ait XRD difraktogramı.....	120
Şekil 6.2	: Suda buharlaşma kalıntısına ait XRD difraktogram.....	121
Şekil 6.3	: Dip çamur örneklerine ait DTA diyagramları.....	122
Şekil 6.4	: Si (%) ile kum (%) ve Silt (%) tane boyu değerleri arasındaki korelasyon grafiği.....	126
Şekil 6.5	: Kil (%) tane boyu ile Al (%) ve Fe (%) miktarları arasındaki korelasyon grafiği.....	126
Şekil 6.6	: İznik Gölü'nde Kum (%) tane boyu dağılımı.....	127
Şekil 6.7	: İznik Gölü'nde Sit (%) tane boyu dağılımı.....	127
Şekil 6.8	: İznik Gölü'nde Kil (%) tane boyu dağılımı.....	127
Şekil 6.9	: İznik Gölü kuzey kesiminden iri bileşenli kuvarsça zengin 15 nolu örnek, polarize ışık (6.3x2.5).....	128
Şekil 6.10	: İznik Gölü güneyinden 15 nolu örneğin (+325 mesh) binoküler mikroskopta görünümü (6.3x2.5).....	129
Şekil 6.11	: İznik Gölü güneyinden 15 nolu örneğin (+270 mesh) binoküler mikroskopta görünümü (6.3x2.5).....	129
Şekil 6.12	: İznik Gölü güneyinden 15 nolu örneğin (-50 mesh) binoküler mikroskopta görünümü.....	129
Şekil 7.1	: Göllerde metal konsantrasyonunu etkileyen prosesler.....	135
Şekil 7.2	: Dip çamurlarında Al (%) değerlerinin dağılımı.....	137

Şekil 7.3	: Al (%) ile toplam karbonat (%) ve toplam organik karbon (%) değerleri arasındaki korelasyon grafiği.....	138
Şekil 7.4	: Fe (%) ile toplam karbonat (%) ve toplam organik karbon (%) değerleri arasındaki korelasyon grafiği.....	138
Şekil 7.5	: Dip çamurlarında Fe (%) değerlerinin dağılımı.....	139
Şekil 7.6	: Fe (%) ile Al (%) değerleri arasındaki korelasyon grafiği.....	139
Şekil 7.7	: Dip çamurlarında Cu (ppm) değerlerinin dağılımı.....	140
Şekil 7.8	: Cu (ppm) ile Al (%) ve Fe (%) değerleri arasındaki korelasyon grafiği.....	140
Şekil 7.9	: Pb (ppm) ile Al (%) ve Fe (%) değerleri arasındaki korelasyon grafiği.....	141
Şekil 7.10	: Pb (ppm) ile Zn (ppm) değerleri arasındaki korelasyon grafiği...	141
Şekil 7.11	: Dip çamurlarında Pb (ppm) değerlerinin dağılımı.....	142
Şekil 7.12	: Dip çamurlarında Zn (ppm) değerlerinin dağılımı.....	143
Şekil 7.13	: Zn (ppm) ile Al (%) ve Fe (%) değerleri arasındaki korelasyon grafiği.....	143
Şekil 7.14	: Zn (ppm) ile Cu (ppm) değerleri arasındaki korelasyon grafiği...	143
Şekil 7.15	: Dip çamurlarında Ni (ppm) değerlerinin dağılımı.....	144
Şekil 7.16	: Ni (ppm) ile Al (%) ve Fe (%) değerleri arasındaki korelasyon grafiği.....	145
Şekil 7.17	: Ni (ppm) ile Pb (ppm) değerleri arasındaki korelasyon grafiği...	145
Şekil 7.18	: Dip çamurlarında Co (ppm) değerlerinin dağılımı.....	146
Şekil 7.19	: Co (ppm) ile Al (%) ve Fe (%) değerleri arasındaki korelasyon grafiği.....	146
Şekil 7.20	: Co (ppm) ile Ni (ppm) değerleri arasındaki korelasyon grafiği...	147
Şekil 7.21	: Dip çamurlarında Mn (ppm) değerlerinin dağılımı.....	147
Şekil 7.22	: Mn (ppm) ile Al (%) ve Fe (%) değerleri arasındaki korelasyon grafiği.....	148
Şekil 7.23	: Mn (ppm) ile Co (ppm) ve Ni (ppm) değerleri arasındaki korelasyon grafiği.....	148
Şekil 7.24	: Dip çamurlarında Cr (ppm) değerlerinin dağılımı.....	149
Şekil 7.25	: Cr (ppm) ile Al (%) ve Fe (%) değerleri arasındaki korelasyon grafiği.....	149
Şekil 7.26	: Cr (ppm) ile Ni (ppm) değerleri arasındaki korelasyon grafiği....	150
Şekil 7.27	: Dip çamurlarında Ba (ppm) değerlerinin dağılımı.....	151
Şekil 7.28	: Ba (ppm) ile Al (%) değerleri arasındaki korelasyon grafiği.....	151
Şekil 7.29	: Dip çamurlarında Sr (ppm) değerlerinin dağılımı.....	152
Şekil 7.30	: Sr (ppm) ile Ba (ppm) değerleri arasındaki korelasyon grafiği....	152
Şekil 7.31	: Dip çamurlarında V (ppm) değerlerinin dağılımı.....	153
Şekil 7.32	: V (ppm) ile Al (%) ve Fe (%) değerleri arasındaki korelasyon grafiği.....	153
Şekil 7.33	: Dip çamurlarında As (ppm) değerlerinin dağılımı.....	154
Şekil 7.34	: As (ppm) ile Al (%) ve Fe (%) değerleri arasındaki korelasyon grafiği.....	154
Şekil 7.35	: Dip çamurlarında B (ppm) değerlerinin dağılımı.....	155
Şekil 7.36	: Dip çamurlarında TOC (%) değerlerinin dağılımı.....	157
Şekil 7.37	: TOC (%) değerleri ile Cu (ppm) ve Zn (ppm) değerleri arasındaki korelasyon grafiği.....	157
Şekil 7.38	: TOC (%) değerleri ile Pb (ppm) ve Ni (ppm) değerleri arasındaki korelasyon grafiği.....	158

Şekil 7.39 : TOC (%) değerleri ile Cr (ppm) değerleri arasındaki korelasyon grafiği.....	158
Şekil 7.40 : Dip çamurlarında toplam karbonat (%) değerlerinin dağılımı.....	159
Şekil 7.41 : Toplam karbonat (%) değerleri ile Ca (%) ve Mg(%) değerleri arasındaki korelasyon grafiği.....	159
Şekil 7.42 : Dip çamuru analiz sonuçlarına ait 1 nolu faktör yükleri.....	169
Şekil 7.43 : Dip çamuru analiz sonuçlarına ait 2 nolu faktör yükleri.....	169
Şekil 7.44 : Dip çamuru analiz sonuçlarına ait 3 nolu faktör yükleri.....	170
Şekil 7.45 : Dip çamuru analiz sonuçlarına ait 4 nolu faktör yükleri.....	170
Şekil 7.46 : Dip çamuru analiz sonuçlarına ait 5 nolu faktör yükleri.....	171
Şekil 7.47 : Dip çamuru analiz sonuçlarına ait dendogram.....	174



İZNİK GÖLÜ HİDROJEOKİMYASI VE SONUÇLARIN JEOİSTATİSTİK DEĞERLENDİRMESİ

ÖZET

Denizden 85 m. yükseklikte , 313 km²' lik yüzey alanı, maksimum 67 m. derinliği ve 123.10⁸ m³'lük su hacmi ile İznik Gölü ülkemizin 5. Marmara bölgesinin ise en büyük gölüdür.

Göl'ün kuzeyinde Rodop-Pontit fragmanı olarak nitelenen zayıf metamorfik Paleozoyik istif ile Alt Paleozoyik - Üst Kretase yaşlı İznik Metamorfiti ve İznik ile Orhangazi ovalarını oluşturan post ofiyolitik Miyosen ve daha genç yaşlı çökeller yer almaktadır. Güneyde ise Triyas yaşlı lav çökel topluluğu ile Jura ve Üst Kretase yaşlı çökel istifi bulunmaktadır.

Kuzey Anadolu fay hattının merkez kolu üzerinde yer alan İznik Gölü bir çek-ayır havza üzerinde yer almaktadır. Göl fiziksel-kimyasal sınıflamaya göre kırıntılı (klastik), organik çevrime göre mezotrofik karakter taşıyan oligotrofik, kökensel sınıflamaya göre ise tektonik bir göldür.

Göl'de yerinde yapılan toplam askıda madde ölçümlerinde derinliğe bağlı artışlar tespit edilmiş olmasına rağmen elde edilen sonuçlara göre, göle çok fazla miktarda askıda madde transferinin olmadığı ve yüksek ortalama derinlik ile düşük dip akıntı hızlarının etkisiyle dip çamurlarının su kolonunda çok fazla dağılmadığı sonucu ortaya çıkmıştır.

pH değerleri gölde derinliğe bağlı olarak alkalen karakterinden uzaklaşırken elektriksel iletkenlik değerleri toplam çözünmüş madde miktarı ortalama artışlarına paralel nispi artışlar göstermiştir. Göl içinde derinliğe bağlı olarak azalan oksijen değerlerine rağmen disareobik bir su tabakasına ise rastlanmamıştır. Dip akıntı hızlarında derinliğe bağlı belirgin azalmalar tespit edilmiş olup göl sularının bakteriyolojik incelemelerinde insan sağlığını tehdit edecek bir durumun söz konusu olmadığı görülmüştür. Gölde sonarla yapılan derinlik ölçümlerinde fay hattının geçtiği güney kıyılarının açıklarında en fazla 67 m derinlik saptanmıştır.

Sularda tespit edilen her bir hidrojeokimyasal parametrenin farklı derinliklerdeki dağılımları kriking metodu ile grafiksel olarak gösterilmiştir. İznik Gölü'nde, derinliğe ve iyon konsantrasyonlarındaki artışlara bağlı olarak sertlik derecesinde ve çözünmüş madde miktarında nispi artışlar görülmüştür. Ortalama 1060 mg/l çözünmüş iyon miktarı ile hafif tuzlu sular sınıfında kalan gölün, anyon ve katyon dağılımına göre ise Na-Mg'lu, karbonat oranı yüksek, sülfatlı su karakterine sahip olduğu anlaşılmıştır.

Ayrıca göl suları alkali elementlerce (Na+K) zengin, zayıf asit köklerinin ($\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$) güçlü asit kökleri ($\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}$) toplamından fazla olduğu, olağan klorürlü, olağan sülfatlı, hiperkarbonatlı sular sınıfında yer almaktadır.

Gölde kalsit ve dolomit çökelimi gerçekleşirken sülfatın çözünür halde kaldığı tespit edilmiştir. Na-Mg- HCO_3 - SO_4 su tipine sahip olan gölün iyon konsantrasyonlarının mg/l cinsinden çokluk sıralaması ise $\text{HCO}_3^- > \text{Na} > \text{SO}_4 > \text{Cl} > \text{Mg} > \text{CO}_3 > \text{K} > \text{Ca}$ şeklinde saptanmıştır. Göl suları iyon konsantrasyonlarının ($\text{Na}/(\text{Na}+\text{Ca})$) ile toplam çözünmüş madde miktarı (TÇM) (mg/l) değerlerine bağlı olarak çevre kayaçlarının etkisiyle şekillendiği sonucuna varılmıştır.

Göl suları elde edilen ortalama 6.6'lık SAR (%) değeri ile çok iyi özellikteki sulama suları sınıfında yer alır. Schoeller indeksi gölde farklı derinliklerdeki iyon değişiminin karakteristiğini ortaya koymuş ve elde edilen negatif sonuçlar katyon ve anyon değişimlerinin çok iyi geliştiğini ve göl sularının kloro-alkalin kararlılığına sahip olduğunu göstermiştir. Göl sularının buharlaşma kalıntısında, Halit+Huntit+Hidromanyezit birlikteliği XRD analizi ile tespit edilmiştir.

Göl sularında ve askıda katı maddede yapılan metal analizleri göl sularında söz konusu bu parametreler için bir tehlikenin söz konusu olmadığını sonuçların dünya ortalama değerlerine yakın olduğunu ortaya koymuştur. Göl suları analiz sonuçlarına uygulanan istatistiksel metotlardan başlıca bileşenler analizi (PCA) ile % toplam varyans değerlerine bağlı olarak pozitif birlikteliğin SO_4^{2-} , HCO_3^- , Na^+ , Mg^{2+} 'un yüksek, Ca^{2+} , K^+ , Cl^- , F^- ve PO_4^{2-} 'ın ise gösterdiği düşük faktör yükleri ile temsil edildiği ortaya çıkmıştır. Negatif gruplaşmanın ise CO_3^{2-} ve NO_2^- , NO_3^- arasında kaldığı tespit edilmiştir. Göl sularında farklı derinlik gruplarına uygulanan cluster analizleri ile anyon ve katyon değerleri arasında bağımlılık ve benzerlikler ortaya çıkarılmıştır. (Ca^{2+} , F^-), (K^+ , Cl^-), (NO_2^- , NO_3^-), (HCO_3^- , SO_4^{2-}) gibi ikili beraberlikler arasındaki bağımlılığın bütün derinlik değerleri için değişme göstermediği tespit edilirken bu ikili beraberliklerin birbirleri ile ve gölde mevcut diğer iyonlarla ilişkilerini ortaya koyan ikincil ve daha büyük cluster noktalarında ise değişiklikler olduğu görülmüştür.

Gölden alınan dip çamurlarına ait XRD çekimlerinde, örnekler genelinde bileşimlerin çok az değişimler göstermesine rağmen belirlenen mineral birlikteliği kuvars + kalsit + feldspat + klorit + smektit + illit şeklindedir. Dip çamurlarına uygulanan elek analizi ile tane boyu dağılımı tespit edilmiş ve gölde silt tane boyunun hakim olduğu görülmüştür. Dip çamurlarında farklı tane boylarında tane boyu küçüldükçe ağır mineral içeriğinin arttığı örnekler genelinde, kuvarsın hakim olduğu, klorit, manyetit, hematit, epidot, ilmenit, rutil, gröna ile az miktarda biyotit ve turmaline rastlanmıştır.

Dip çamurlarında yapılan jeokimyasal incelemelerle major element, ağır metal ve iz element, miktarları, ΣCO_3 ve TOC değerleri ile birlikte tespit edilmiş söz konusu bu parametrelerin göldeki dağılımları ise krikling metodunun kullanımı ile grafiksel olarak gösterilmiştir. Jeokimyasal parametreler arasındaki ilişkiler öncelikle korelasyon grafikleri ile ortaya konmuştur. Dip çamurunu oluşturan mineral kaynaklarının allojenik olduğu, kuvarsın baskın mineral olarak bulunduğu, kalsit içeriğinden sonra klorit ve feldspat ve içeriklerinin birbirlerine yakın olduğu, smektit ve illitin ise diğer minerallere göre çok az bulunduğu gözlenmiştir. Tane boyu dağılımları ile jeokimyasal parametreler arasındaki korelasyon analizlerinde Al ile kil

tane boyu, Si ile kum ve silt tane boyu malzeme arasında yüksek pozitif korelasyonlar elde edilmiştir. Dip çamurlarında ağır metal konsantrasyonlarına bağlı olarak iki farklı yöntemin kullanımı ile endüstriyel kirlilik yükü araştırılmış sediman zenginleşme faktörüne (SEF) göre, K'un yerkabuğu , P ve Ti'un yerkabuğu elementlerine geçiş, bunların dışındaki ağır metal ve major elementlerin ise çamur tabakasında zenginleşme gösterdiği ortaya çıkmıştır. Jeokümülayon indeksine göre ise ağır metaller arasından Cu ve Pb'nin kontaminesiz ve orta kontamine grubunda kaldığı bunun dışındaki Zn, Ni, Cr, Mn, Co, V ve As için dip çamurlarında bir akümülayonun söz konusu olmadığı anlaşılmıştır.

Dip çamurlarına uygulanan başlıca bileşenler (PCA) analizi ile jeokimyasal parametreler ve tane boyu dağılımları arasında kil boyutu malzeme ile Al ve ağır metal grubu elementlerin içinde yer aldığı bir grubun pozitif faktör yükleri ile bir grup oluşturduğu, buna karşılık, Si, Ca, Mg, ΣCO_3 , kum ve silt tane boyutunun negatif faktör yükleri ile başka bir gruplaşmayı temsil ettiği ortaya çıkmıştır. Jeokimyasal parametreler ve tane boyu % değerleri arasında uygulanan cluster analiz ile yüksek korelasyon katsayılarına bağlı birincil gruplaşmaların dışındaki daha ileri kademedeki beraberlikler ve birliktelikler ortaya çıkarılmıştır.



HYDROGEOCHEMISTRY OF IZNIK LAKE AND GEOSTATISTICAL VALUATION OF RESULTS

SUMMARY

Iznik lake, with 85 m. elevation, 313 km² surface area and 67 m. maximum depth, and also 123.10⁸ m³ water capacity, is fifth large lake in Turkey and the largest one in the Marmara region.

In north, low-grade metamorphic Paleozoic sequence, also called as Rodop-Pontide fragment, and Early Paleozoic-Late Cretaceous Iznik metamorphics, and also post ophiolitic Miocene rocks, which had formed Iznik and Orhangazi plateaus are exposed. South part of the lake basin comprises Triassic volcanosedimentary rocks and Jurassic-Late Cretaceous sedimentary sequences.

The lake is located in a pull-apart basin, which is at the middle strand of the North Anatolian fault zone. The lake can be described as clastic, oligotrophic and also tectonic lake in terms of chemical composition, organic cycling and origin respectively.

In-situ turbidity measurements revealed that the lake receives moderate suspended material increasing with depth but suspended material is not dispersed in water column because of the controlling of slow deep flow and great depth.

pH values decreases with depth while electrical conductivity increases depending upon total dissolved solid content. Disaerobic zone was not determined in water column although dissolved oxygen relatively decreases with depth. Velocity of the deep flows remarkably declines with depth. Bacteriological studies in the lake water indicated that there is no bacteriological risk for human health. Sonar measurements showed that maximum depth of the lake is 67 m, which refers to Iznik fault crossing along the southern part of the lake.

Distribution maps of each chemical parameter measured in different depths of the lake water were graphically drawn by Kriging method. Hardness level and the content of dissolved ions increase with the lake depth. The lake can be considered as slightly salty waters on the basis of TDS value of about 1060 mg/l. Chemical data indicated that the lake water exhibits Na-Mg-SO₄ character and has high carbonate content. On the other hand, the lake water is rich of alkali elements and weak acid ions, and classified in hyper-carbonate waters

Calculations on ionic activities indicated that calcite and dolomite precipitation may occur in the lake but sulfate remains in dissolved form. Relative abundances of ions

are in the following order: $\text{HCO}_3^- > \text{Na} > \text{SO}_4 > \text{Cl} > \text{Mg} > \text{CO}_3 > \text{K} > \text{Ca}$. The diagram of TDS values versus the ratio of $\text{Na}/(\text{Na} + \text{Ca})$ suggested that chemical composition of the lake water is controlled by decomposition of the surrounding rocks.

The lake waters have 6.6 SAR value and therefore can be regarded as high quality irrigation waters. Schoeller index, which is used to determine the ion exchange characteristics in different depths of the lake water revealed that cationic and anionic ion exchange have well formed and the lake waters have stable chloro-alkaline character. XRD method was conducted to evaporation remnant of the lake waters and indicated halite+huntite+hydromagnesite assemblage.

Results of metal analysis of the suspended materials and lake waters obviously indicated that there is no metal enrichment in the lake waters and the data are close to average values reported in the literature. Principal Component Analysis, a statistical method, suggested that there are high positive factor loads among SO_4^{2-} , HCO_3^- , Na^+ , Mg^{2+} ions while Ca^{2+} , K^+ , Cl^- , F^- ve PO_4^{2-} have low positive factor loads. However, CO_3^{2-} ve NO_2^- , NO_3^- ions make negative group. On the other hand, Cluster Analysis was also applied to the ions in different depths to show similarities and clusters among these ions. Cluster Analysis indicated that the ion pairs such as $(\text{Ca}^{2+} - \text{F}^-)$, $(\text{K}^+ - \text{Cl}^-)$, $(\text{NO}_2^- - \text{NO}_3^-)$, $(\text{HCO}_3^- - \text{SO}_4^{2-})$ have high correlation at all depth levels.

XRD patterns of the bottom sediments showed that the mineralogical composition for the majority of the lake sediments consist of quartz, calcite, feldspar, chlorite, smectite and illite. Grain size distribution, determined by sieving process, indicate that silty material is dominant in all samples. Heavy mineral content increases in finer particles and consist mostly of quartz, and lesser amount of chlorite, magnetite, epidote, ilmenite, rutile, granat, biotite and tourmaline.

Major, minor, trace element contents, and also ΣCO_3 and TOC were determined by chemical analysis in bottom sediments. Distribution of these parameters were graphically displayed using Kriging method. Relationships among the geochemical parameters were firstly drawn by correlation graphs. It was determined that the source of the minerals present in bottom sediments is allogenic and quartz is the main component while calcite, chlorite and feldspar are in lesser amount. Smectite and illite are scarcely present in the lake sediments. Statistical interpretations suggest that high positive correlations exist between Al and clay percent, and also Si and sand percent. Heavy metal contamination in the lake sediments was investigated by using two different formulations. Sediment Enrichment Factor (SEF) classification suggested that, K values appear to be crustal composition while Ti and P are quite lower but other major elements and heavy metals have been enriched in the sediment layer. On the other hand, Geoaccumulation index values indicated that the sediment layer has been moderately contaminated by Cu and Pb while the other heavy metals such as Zn, Ni, Cr, Mn, Co, V and As, have not enriched in the sediment layer.

Principal Component Analysis (PCA) revealed that geochemical parameters, clay size materials, Al and heavy metals make a group with positive factor loads while Si, Ca, Mg, ΣCO_3 , sand and silty materials are in another group with negative factor loads.

1. AMAÇ

Bu çalışma, içme suyu olarak şu anda kullanılmayan ancak bu potansiyeli her zaman saklı, sulama amaçlı kullanımı ve su ürünleri açısından bölge halkı için önemi büyük ülkemizin 5. büyük gölü olan İznik Gölü'nün hidrojeokimyası ile çevre kayalar arasındaki ilişkiyi ve güncel dip çamurlarının jeokimyasal özelliklerini ortaya koymayı amaçlamıştır.

İznik Gölü gibi yaklaşık 300 km² lik oldukça geniş bir alana yayılan gölde, tekne , özel ekipman ve göl üzerinde birlikte çalışacak bir ekibe ihtiyacın duyulduğu bu oldukça zahmetli ve maliyeti yüksek çalışma İ.T.Ü. Maden Fakültesi, Maden Yatakları Jeokimya Anabilim Dalı'nın bu amaca cevap verebilen teçhizat ve laboratuvar imkanları kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Atmosferik yağışların minimum olduğu kurak yaz döneminde yapılan yoğun örneklemelerle 300 km² lik oldukça büyük bir alanı kaplayan göl sularında farklı derinlikler için hidrojeokimyasal parametrelere ait konsantrasyon dağılımlarının bir istatistik değerlendirme yöntemi olan kriking metodu yardımıyla ortaya konulması ve bu konsantrasyon artış trendlerinin gölü çevreleyen jeolojik birimlerle ve diğer çevre faktörleri ile bir bağlantısı olup olmadığının tespiti amaçlanmıştır.

İznik Göl suları, dere suları ve güncel dip çamurlarının jeokimyasal özelliklerinin belirlenmesi ve elde edilen sonuçların ışığı altında göl suları ve dip çamurları için kirliliğin söz konusu olup olmadığının ortaya konması ile bakteri popülasyonu ölçümleriyle göl sularında insan sağlığını tehdit eden bir tehlike olup olmadığı araştırılması bir diğer amacı oluşturmuştur. Göl sularında yapılan çalışmaların bir başka amacı ise jeokimyasal parametrelere ait konsantrasyon dağılımlarının bir istatistik değerlendirme yöntemi olan kriking metodu ile ortaya konması, göl sularının genel özelliklerinin farklı kimyasal sınıflama modellerinin kullanımı ile tespit edilmesi ve göle dökülen derelerin anyon ve katyon dağılımlarının genel yapısının ortaya çıkarılması ile istatistik uygulama tarzlarından PCA ve cluster

sonucunda elde edilen parametreler ile söz konusu bu dağılımlar arasındaki ilişkilerin ortaya konması ise amaçlardan bir diğerini oluşturmuştur. Bunlara ek olarak dip çamurlarında yapılan ağır metal analiz sonuçları kullanılarak, dip çamurlarının endüstriyel kirlilik yükü araştırılmıştır.

Jeokimyasal analizler sonucunda elde edilen parametreler ve tane boyu % değerleri sonuçlarına başlıca bileşenler analizi (PCA) uygulanmış, ve böylelikle tane boyu dağılımı ile jeokimyasal parametreler arasındaki ilişkinin karakterinin ortaya çıkarılması amaçlanmıştır. Ayrıca jeokimyasal parametreler ve tane boyu % değerleri arasında uygulanan cluster analizi ile yüksek korelasyon katsayılarına bağlı olarak birincil gruplaşmaların dışındaki beraberlikler ve bağımlılıkların tespiti amaçlanmıştır.

1.1 Çalışma Alanı

1.1.1 Coğrafi Durum

Çalışma alanı İznik ve Orhangazi İlçelerini içine alan 1/25000 ölçekli “Bursa-H22-b1 ve b2 ile Bursa- H23-a1 ve a2 paftalarında yer alır. Marmara bölgesinin güney doğusunda $40^{\circ} 30' 00''$ – $40^{\circ} 23' 30''$ kuzey enlemleri ile $29^{\circ} 20' 30''$ – $29^{\circ} 42' 50''$ doğu boylamları arasında yer alan İznik Gölü 312 km^2 lik yüz ölçümü ile denizden 85 m. yükseklikte, elips görünümüne sahip bir tatlı su gölüdür. Gölün doğu eksenindeki uzunluğu 40 km.yi, kuzey güney eksenindeki genişliği ise 12 km. yi bulur. Sonarla ilk olarak tarafımızdan yapılan batimetri çalışmasında göl morfolojisinde en derin bölgenin gölün güneydoğusundan geçen fay hattına bağlı olarak oluştuğu ve bu zonda maximum 67 m. derinliğin varlığı tespit edilmiştir .

İznik Gölü'ne bağlantılı akarsular genel olarak yağışlı mevsimde su taşırlar yazın ise tamamen kurur veya çok az su naklederler. Havzanın başlıca akarsuları Karadere, Nadir, Dereköy, Gölayağı, Müşküre ve Sölöz (Kocadere) dereleridir. Bunlardan

Gölayağı deresi dışındakiler göle doğru akarlar. İznik Gölünün suları Gölayağı deresi ve Karsak boğazı deresi ile Gemlik körfezine boşalmaktadır Gölün batısında yer alan Karsak boğazı, İznik depresyonunu Gemlik depresyonuna bağlayan bir birleştirme boğazıdır. Üst Kuvaterner’ de gölün bulunduğu havza bir kapalı havza iken, göl sularının boşalması ile Gemlik körfezine doğru boğaz oluşmuş olup aşınma ile bugünkü durum meydana gelmiştir.

Türkiye’nin 5. büyük gölü olan İznik Gölü ve havzası, Gemlik körfezi doğusunda yer alan İznik depresyonunda Doğu-Batı doğrultusu boyunca uzanmaktadır. Depresyonun kuzeyini İzmit kıyı dağları, güneyini Sarımeşe dağları ve uzantısı olan Kirazlıyayla , batıda Samanlı dağları (800 m), güneyde ise Katırlı dağları tarafından çevrelenir. Doğuda depresyon havzası Pamukova’ dan bir eşikle ayrılmaktadır. Depresyon etrafındaki dağ ve platolardan kaynaklanan akarsular, dar ve derin boğazlardan geçerek gölün kenarındaki kıyı ovaları oluşturmaktadır.

Havzanın toplam drenaj alanı 660 km²’dir. Bu drenaj alanı içinde İznik ovasının alanı 76 km², Orhangazi ovasının alanı 91 km² ve Gemlik ovasının alanı 6 km² dir. İznik ovası gölün doğusunda, Orhangazi ovası gölün batısında, Gemlik ovası da Gemlik körfezinin doğu ucunda bulunur. Gölün etrafındaki en önemli yerleşim birimleri Bursa iline bağlı İznik ve Orhangazi ilçeleridir. Ayrıca gölün kuzeyinde Çakırca ve Boyalıca, Keramet güneyinde ise Akharem , Mamure, Müslümsölüz, Paşapınarı, Narlıca, Müşküre ve Balarım köyleri yer almaktadır.

Bölgede dış ülkelere ve iç piyasaya gönderilen zeytin, üzüm, tütün üretiminden büyük gelir sağlanmaktadır. Ovalarda sulu tarım yer altı suyundan ve İznik gölünden pompalama ile yapılmaktadır. D.S.İ. tarafından gölden yapılan pompajla Orhangazi ovasında 1200 hektar alan sulanmaktadır.

İznik Gölü’nün en önemli kullanım alanlarından biri de su ürünleri üretimidir. Dünya Kerevit (*Actacus leptodactylus*) üretiminde % 20-30 paya sahip olan Türkiye’nin önemli miktardaki üretimi de İznik Gölü’nden sağlanmaktadır.

Gölde ekonomik öneme sahip su ürünleri; sazan, (*Cyprinus carpio*), akbalık (*Rutilus frisili*), yayın (*Siluris glanis*) üç balık türü yaşamaktadır. Göl civarında Balıkçılıkla uğraşan 160’ ın üzerine kooperatif üyesi vardır. Bunun dışında bölge halkının geçimi zeytincilik ve tarıma bağlıdır.

1.1.2 Meteorolojik Özellikler

İznik Gölü civarında Akdeniz iklimi hüküm sürmektedir. Yazlar sıcak ve kurak, kışlar ılık ve yağışlıdır. Bursa Bölgesinde yapılan 36 yıllık ölçümlerde ortalama sıcaklık Ocak ayında 5,3 °C ile en düşük, Temmuz ayında 24,2 °C ile en yüksek değerine ulaşmıştır.

Yapılan 33 yıllık ölçümlerde en az yağış 15.6 mm ile Ağustos ayında, en fazla yağış 96,6 mm ile Aralık ayında gerçekleşmiştir (Tablo 1.1).

Tablo 1.1 Bursa bölgesine ait aylık ortalama sıcaklıklar (°C) ve aylık ortalama yağış değerleri (mm).

Aylar	36 yıllık Ortalama °C	33 yıllık Ortalama yağış (mm)
Ocak	5,3	91
Şubat	5,9	84,8
Mart	8	72,2
Nisan	12,6	56,8
Mayıs	17,3	55,9
Haziran	21,6	30,2
Temmuz	24,2	29,6
Ağustos	23,9	15,6
Eylül	19,7	42,2
Ekim	15,5	56,9
Kasım	11,4	77,5
Aralık	7,5	96,6

1.1.3 Hidroloji

İznik Gölü civarında akarsular genel olarak yağışlı mevsimlerde su taşırlar, bu akarsuların boşalımları Orhangazi ovasındaki Gölayağı deresi ile bunun Gemlik körfezine kadar devamı olan Karsak deresi (boğazı) dışındakiler göle doğru akarlar. İznik Gölü'nün kuzeydoğusunda 273 km² lik bir alanı drene eden akımın en az olduğu Ekim Kasım aylarında 200 lt/sn debiye sahip, 2.4 m³/sn ortalama akıma sahip Karadere bulunmaktadır. Gölü besleyen bir diğer önemli su kaynağı da Gölün güneybatısındaki 92 km² lik bir sahayı drene eden Kocadere (Sölöz Çayı) dir. Bunun dışında göle akan diğer küçük dereler İznik Gölünün güneydoğusunda Kıran dere ile kuzey batısında yer alan Nadir deresidir. Gölayağı deresinin debisi kapakların açılma durumuna göre değişir, ortalama akım 3.7 m³/sn 'dir. İznik ovasının doğusunda şist mermer kontağından çıkan yaklaşık 360 lt/sn debili Dereköy kaynağı bölgedeki en önemli kaynaktır. İznik, Orhangazi ve Gemlik

ovalarında tek su taşıyan formasyon Plio-Kuvaterner alüvyonlardır. İznik ovasında alüvyon genellikle ince tanelidir, malzeme olarak homojenlik göstermektedir. Orhangazi ovası kuzeyinde alüvyon daha ince taneli olmakla birlikte kil oranı daha azdır. İznik ovasında akiferin iletkenlik katsayısı 120-2500 m³/gün/m arasındadır. İletkenlik değeri ve özgül debi ovanın kuzeyinde büyüktür.

Orhangazi ovasının iletkenlik katsayısı 200 m³ /gün/m civarındadır. İznik ovasında yer altı su işletmesine en uygun alan ovanın kuzeyidir. Bu kısımda 100-150m derinliğindeki kuyulardan 10-15 m dinamik seviyede 20-40 lt/sn su elde edilmektedir (DSİ, 1974).

1.1.4 Sosyal ve Ekonomik Yapı

İznik Gölü, tarihi ve turizmin yoğun olduğu İznik İlçesi'nin hemen yanında doğal güzellikler arasında sulama suyu olarak kullanımı ile balıkçılık faaliyetleri açısından büyük öneme sahip bir göldür. Ayrıca gelecekte Marmara bölgesinde yoğun kirlilikten uzak kalmış bir doğal su kaynağı olarak turizm ve su sporları merkezi olması ihtimalide vardır. Bu nedenle böyle bir milli kaynağın her yönüyle korunması ve gelecek nesillere kirlenmeden, doğal yapısı bozulmadan aktarılması büyük önem taşımaktadır. Bölgede ekonomik ağırlığı tarım teşkil eder. Özellikle İznik ovasından ihraç edilen üzüm, turfanda sebze üretimi bölgenin önemli gelir kaynaklarıdır. Bunun dışında zeytin, tütün ve tahıl üretimi önemli bir yer tutar. Bölgede sanayi Gemlik'te gelişmiştir, İznik Gölü'nün Orhangazi tarafında kurulu, Asil Çelik, Azot Sanayi, Suni İpek fabrikaları ve zeytin işleme tesisleri bulunmaktadır.

İznik ve Orhangazi' deki küçük ölçekli sanayiler ve gölün etrafında yapılan tarımsal faaliyetler sırasında kullanılan zirai ilaç ve gübreler bir diğer önemli tehlike unsurlarını oluşturmaktadır. Kıyı bitkileri ve canlıları kalıcı etkisi yüksek bu kimyasalların etkisi ile toplu halde ölmektedir. Ayrıca İznik ve Orhangazi'nin ilçelerinin artan nüfusları ile İznik Gölü'nü kirlilik açısından etkileyebilecek başlıca parametrelerdir. Şekil 1.1'de batıya doğru bir bakışla İznik İlçesi ve İznik Gölü'nden bir görünüm yer almaktadır.



Şekil 1.1 Abdullahdede tepesinden İznik İlçesi ve İznik Gölü'nün görünümü.



2. GÖL SINIFLAMA MODELLERİ

Göller bazen önemsiz su birikintileri olarak bazen de binlerce km² lik alanları kaplayan yapısal basenler olarak görülebilmektedirler. Hutchinson (1957) çalışmasında gölleri oluşturan 76 süreç tanımlamıştır. Bunlardan en önemlileri : Tektonik basenler, toprak kaymaları, rüzgar etkinliği, volkanik aktivite, çözelti aktivitesi, glasyal aktivite ve akıntı aktivitesidir. Göllerle ilgili yapılan ayrıntılı sınıflamalar ise fiziksel ve kimyasal özelliklere, organik çevrime ve kökene (jenetik) göre yapılan sınıflamalar olmak üzere üç gruba ayrılır.

Bir çok fiziksel mekanizmanın etkileşimi ile oluşan göller doğal su kaynakları içinde önemli bir yer tutmaktadır. Göllere haliçler gibi yaşam döngülerini sedimanlarla tamamen doldukları zaman tamamlayan, dinamik gelişmeye sahip oluşumlar gözüyle bakmamız gerekmektedir.

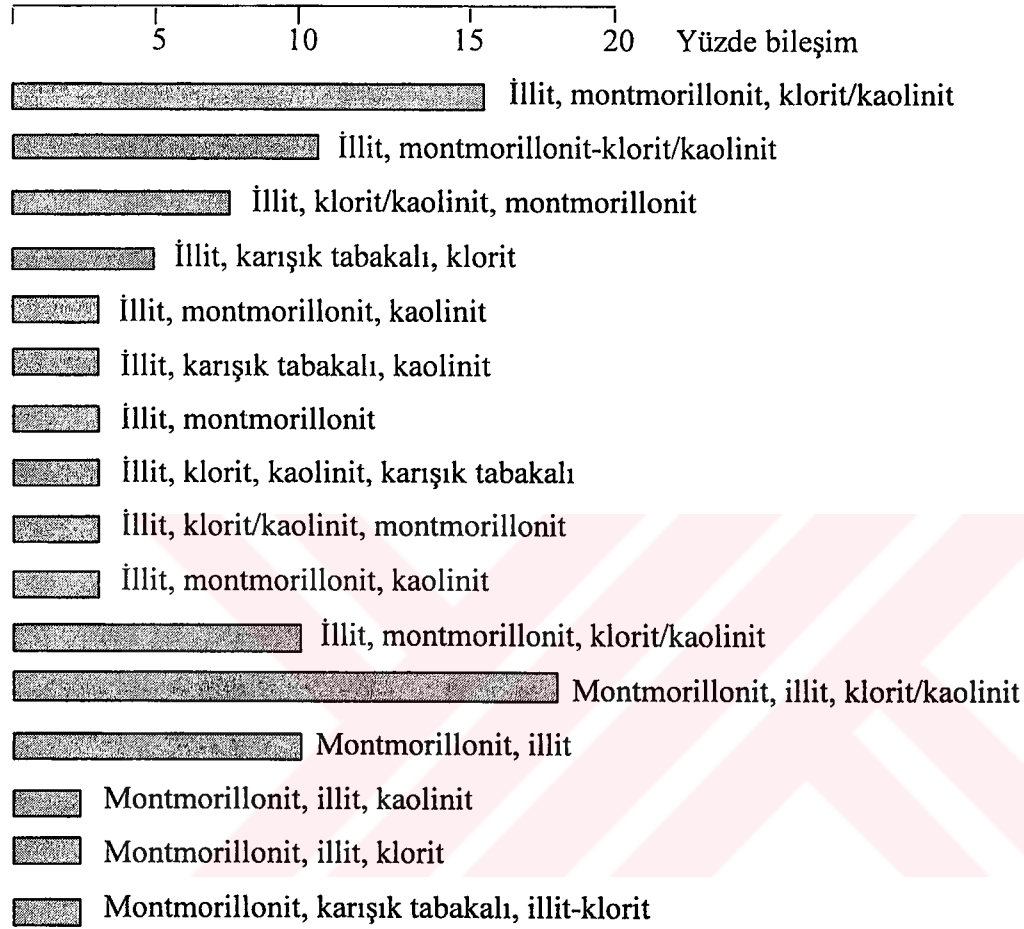
2.1 Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerine Göre

Bu sınıflamaya göre göller iki ayrı gruba ayrılmaktadır bunlar kırıntılı (klastik) ve kimyasal göllerdir. İznik Gölü kırıntılı (klastik) göller sınıfında yer aldığı için burada sadece kırıntılı göllerin genel özelliklerine değinilecektir.

2.1.1 Kırıntılı (Klastik) Göller

Kırıntılı göllerde genellikle, kıyılara yakın çökeller kaba taneli, deltasal, sahil kumu ve konglomera çökelleri olarak bulunurlar. Karbonatlar ve organik malzemelerden oluşan dip çamurları, göllerin merkezinde ya da derin kesimlerinde bulunurlar. Bir göle gelen malzemeler normal olarak nehir, kıyı aşınması ve erozyon kaynaklıdır. Göllerde su derinliği artmaya başladıkça su kolonu durgunlaşır ve çökeltme yavaşlar ve silt-kil boyutlu malzeme depolanır. Yüzey alanı geniş göllerin merkezindeki ince sedimanlar ince ve paralel laminasyonlar gösterebilirler, ancak bir çok derin gölde kilsi çamurlar tabakalanma göstermezler.

Bir çok klastik göldeki sedimanlar kırıntılıdır ve ana kayanın bileşimini yansıtırlar. Şekil 2.1’de güncel 40 göldeki ve eski yataklardaki sediman takımlarının bileşimini göstermektedir. Şekildeki sediman bileşenleri tipik detritik malzemelerdir ve harici lakustrin sediman olmadığını gösterir.



Şekil 2.1 . Güncel ve eski göllerdeki kil mineralleri birliği (Hutchinson, 1957)

Göllerde zannedildiği gibi tek tip bir kil minerali yoktur. Aksine gölssel yataklar kaynak malzemeyi ve iklimi yansıtan farklı kil mineralleriyle karakteristiktirler. (Hutchinson , 1957).

Bu bilgilerin ışığı altında İznik Gölü’nün Kırıntılı Göller sınıfında yer aldığından söz edebiliriz. İznik Gölü’nde dip çamurları yaygın olarak kuvarsın hakim olduğu ağır mineraller, karbonatlar, kil mineralleri ve organik materyallerden oluşan bir karışım halindedir. İznik gölü dip çamurlarında günümüzdeki kil mineral birliği ise smektit, illit ve klorit tarafından temsil edilmektedir

2.2 Organik Çevrime Göre Yapılan Sınıflama

Bir başka göl sınıflama modeli ise gölleri organik çevrim ve üretkenlik düzeylerine göre sınıflamadır. Bu şekilde yapılan sınıflama göllerin ekolojik koşullarını ve kirlilik derecelerini de bir ölçüde tanımlamaktır. Bu tasnife göre göller Oligotrofik, Mezotrofik, Ötrofik ve Distrofik göller olmak üzere 4 sınıfa ayrılır. İznik Gölü Mezotrofik karakteri taşıyan Oligotrofik bir göl olduğundan ve sahip olduğu bazı özelliklerle Ötrofik göl karakterinden uzak kaldığından bu bölümde yalnızca Oligotrofik, Mezotrofik, Ötrofik göllerin genel özellikleri ile birlikte İznik Gölü değerlendirilmiştir.

2.2.1 Az beslenmiş (Oligotrofik) göller

Oligotrofik göller sudaki besleyici maddeler (nutrient) ve organik yaşam bakımından zayıf, yani oldukça temiz göllerdir. Bu göllerde canlı türü fazla olabilir ancak buna karşılık popülasyonları azdır. Genelde derin olan bu göllerde derin kısım (hipolimnion) iyi gelişmiştir ve sıcaklığı düşüktür. Oksijen yılın her döneminde ve her derinlikte mevcuttur ve bu göller jeolojik olarak gençtir. İznik Gölü'nde organik çevrime göre yapılan bu sınıflama da bu grup içinde yer almaktadır. Hipolimnion kısmının (60 m.) su sıcaklığı tarafımızdan ilk olarak yerinde yapılan ölçümlerde ortalama 8.5 °C derece olarak özel 100 m. lik elektrot yardımıyla tespit edilmiştir, bu derinlikteki oksijen değerleri ise tarafımızdan ortalama 1.53 mg/l olarak tespit edilmiştir. Bu sırada tespit edilen ortalama yüzey suyu sıcaklığı ise 25 °C' dir. Ancak sahip olduğu zengin organik yaşam ve mevsimsel izlenen alg artışları nedeniyle bu gün İznik Gölü'nün tam bir Oligotrofik göl olduğunu söylemekte mümkün değildir.

2.2.2 Orta Derecede Beslenmiş (Mezotrofik) Göller

Mezotrofik göllerde alglerin ve organik maddelerin miktarı az beslenmiş göllere oranla çok daha fazladır, ancak yine de bu göllerde alg patlamaları görülmemektedir. Bu tür göllerde bitki ve canlı türü sayısı Oligotrofik göllere göre oldukça fazladır. Göllerde su kalitesi bu göl sınıfından itibaren bozulmaya başlar. Hipolimnion kısmındaki 1.5 mg/l ile oldukça düşük oksijen miktarı ve son yıllarda bilhassa yaz aylarında özellikle sığ kıyı kesimlerde rastlanan mevsimsel alg artışları İznik Gölü'nün bu sınıflamanın da özelliklerini taşıdığını göstermektedir.

2.2.3 Aşırı Beslenmiş (Ötrofik) Göller

Ötrofik göllerde aşırı miktarda organik madde vardır. Alg patlamaları olağandır. Bu göller sığ olduklarından derin kısmı (hipolimnion) çok azdır veya yoktur. Bu kesimde yok denecek kadar az oksijen olduğundan bu göllerde anaerobik parçalanma gerçekleşir. Bu göllerde canlı sayısının fazlalığına karşılık tür sayısı azdır. Bu canlıların göl dibinde birikmesi ve zamanla bu göllerin derinliğini azaltır. Göl etrafında yoğun bir bitki gelişimi olur ve gölün su seviyesi gittikçe azalır ve daha sonra bataklıklaşarak yok olur. Bu göller genellikle eski göllerdir ve kirlenmiş olarak tanımlanırlar. İznik Gölü'nde halen bir yaz döneminde 40 m derinlikte ortalama 6.2 mg/l - 60 m derinlikte 1.5 mg/l erimiş oksijen bulunması, kayda değer boyutlarda alg patlamalarına rastlanmaması, derinliğinin çok fazla olması, gölün günümüzde bu sınıfa geçiş yapabileceği ihtimalini ortadan kaldırmaktadır.

2.3 Kökenine Göre (Jenetik) Yapılan Sınıflama

Jenetik olarak göller altı sınıfa ayrılırlar: Tektonik kökenli göller, alüvyon baraj kökenli göller, yıkıntı ile engellenmiş göller, buzul kökenli göller, karstik göller. İznik Gölü oluşumunun tektonik kökenli kabul edildiğinden bu bölümde yalnızca tektonik göllerin genel özellikleri ile İznik Gölü birlikte ele alınmıştır.

2.3.1 Tektonik Göller

Bu göllerin yer aldığı bölge “Çek-ayır havza (pull-apart basin)” olarak isimlendirilmekte olup büyük çöküntü havzalarında oluşmuş, dislokasyonlarla sınırlandırılmışlardır. Meydana gelen tektonik hareketlerin sonucunda , eski hidrolojik sistemler dağılmış ve bozulmuşlardır. Tektonik hareketlerle meydana gelen ve eski su boşalma sistemlerinin tabanında kalan tektonik küvetler zamanla su ile dolarak tektonik gölleri oluşturmuşlardır.

İznik Gölü'de tektonik bir göldür. Önceleri İznik Gölü havzası büyük bir olasılıkla bir çöküntü havzası olarak kapalıydı ve suları dışarı akıyordu. Daha sonra, havzadaki su seviyesi belirli bir seviyeye gelince ve buna paralel çökmeler ve yükselmelerle bu gün Karsak Boğazı olarak isimlendirilen yer altı drenaj sistemi ile gölün fazla suları Gemlik Körfezi'ne boşalmaya başlamıştır. Önceden kapalı olan

havzada yer alan İznik Gölü'nde meydana gelen bu düzenli boşaltma işlemi, büyük bir ihtimalle göl havzasının daha fazla genişlemesine de engel olmuştur. Dışarıya akıntısı olmayan göllerin bir çoğu tektonik kökenlidir ve tektonik kuvvetler kapalı kalırsa bu göller zamanla tuz göllerine dönüşebilirler.

İznik Gölü gibi ortalama 40 m derinliğini koruyan ve fazla sularını sürekli boşaltan, yeni su girişleri ile tazelenen bir göl için böyle bir tehlikenin varlığından söz etmek mümkün değildir. Yağışlar, yüzey suları ve gölün güneyinden geçen aktif fay hattına bağlı muhtemel yer altı su girişleri buna karşılık buharlaşma ve diğer faktörlere bağlı kayıplarla İznik Gölü su rejimi bir dengeye gelerek günümüzde denizden 85 m yükseklikteki kotunu korumaktadır.

2.4 İznik Gölünün Genel Özellikleri

Bu bölüm de amaç; yukarıdaki sınıflama modellerinden fiziksel-kimyasal özelliklere göre yapılan sınıflamaya göre kırıntılı (klastik), organik çevrime göre yapılan sınıflamada mezotrofik karakter taşıyan, oligotrofik, kökene göre yapılan sınıflamada ise tektonik göller grubunda yer alan İznik Gölü'nün genel özelliklerini dünyadaki diğer göller ve yakın çevresindeki göller ile karşılaştırmaktır.

İznik Gölü'nde yenilenme zamanı, İznik gölü toplam su hacmi ile akarsulardan, yıllık yüzeysel yağışlardan ve yer altı sularından göle karışan su miktarlarının kullanımı ile aşağıdaki formül (Hutchinson 1957) yardımı ile 32.2 yıl olarak tespit edilmiştir.

Yenilenme zamanının hesaplanmasında İznik Gölü su hacmi, göle karışan akarsu, yüzeysel yağış ve yeraltısuları girişi kullanılmıştır.

Yenilenme zamanı = İznik Gölü T.S.H/(Akarsu+Yüzeysel yağış+Yeraltısuları)Girişi

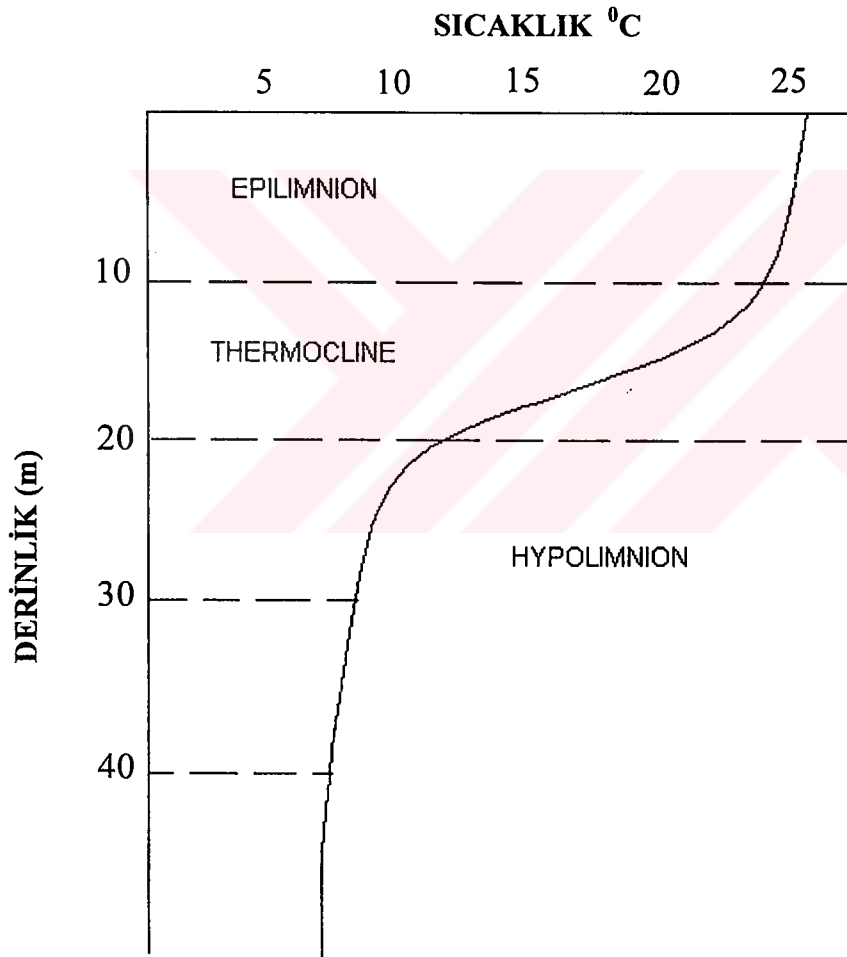
Bu bağıntıda İznik Gölü Toplam Su Hacmi: $12480 \times 10^6 \text{ m}^3$ olarak alınmıştır.

Yıllık akarsu girişi; üzerinde rasat istasyonu bulunan göle dökülen iki büyük derenin (Karadere ve Sölöz) ait yıllık ortalama debileri (DSİ, 1974): kullanılarak $132 \times 10^6 \text{ m}^3$ olarak hesaplanmıştır.

Yıllık yüzeysel yağış miktarı: 202.10^6 m^3 , bu değer İznik, Orhangazi ovalarına düşen yıllık 765 mm yağış miktarı (DSİ, 1974) esas alınarak ve göl yüzeyi 312 km^2 olarak kabul edilerek; $312 \times 10^6 \times 0.765 = 238.68 \times 10^6 \text{ m}^3$ olarak tespit edilmiştir

Göle yıllık yeraltısuyu boşalımı İznik ovası 10×10^6 ve Orhangazi ovası $7.1 \times 10^6 \text{ m}^3$ (DSİ, 1974) olmak üzere toplam $17.1 \times 10^6 \text{ m}^3$ değeri ile (DSİ, 1974) formülde yerine konmuştur.

İznik Gölü'nde yaz dönemine ait Epilimnion Thermoline ve Hypolimnion tabakalarının kalınlığı, gölde erimiş oksijen miktarı tespiti sırasında farklı derinliklerden 10 ayrı noktada yapılan sıcaklık ölçümlerinin (Tablo 2.1) kullanımı ile tespit edilmiştir (Şekil 2.2).



Şekil 2.2 İznik Gölü'nde 1996 yılı Ağustos ayına ait yaz dönemi su tabakalanması.

Tablo 2.1 10 farklı noktada yapılan sıcaklık ölçümlerine ait ortalama değerler

Derinlik (m)	Sıcaklık (°C)
Yüzey	25.4
10	25
20	11.3
30	9.6
40	8.9
50	8.7
60	8.4

İznik Gölü'nün kuzey kıyıları çok az miktarda kum – silt boyutunda malzeme ile kaplı olup bazı kesimleri tamamen kayalıktır. Dip çamurları kalın bir malzeme tabakasının olmadığı kuzeyde açık kahverengi iken derinliğin kuzeye oranla fazla olduğu ve kalın bir çamur tabakasına sahip güney bölgesinde ise tortullar gri-siyah renktedir. Gölün bitki örtüsü genelde az, İznik-Orhangazi ilçelerine yakın kıyılar geniş sazlık alanlarla kaplıdır. Gölün güney kıyılarında fay topografyasının da etkisiyle sazlıklar oldukça azdır.

İznik Gölü kararlı (steady-state) bir durumdadır. Günümüze kadar yapılan çalışmalarda göl seviyesi denizden 85 metre civarında verilmektedir. Günümüzdeki su seviyesi de denizden 85 yüksekliktedir. Mevsimsel olarak da Sapanca gölünde rastlanan türden su seviyesinde anormal artışlar şimdiye kadar kaydedilmemiştir. Tarihi İznik surlarının bir kısmının gölün hemen kıyısında yer alması göl seviyesinde geçen yüzyıllarda önemli bir değişiklik olmadığını göstermektedir. Berrak olan göl suyunun rengi- mevsimlere göre yeşilimsi-gri ve mavimsi-gri arasında değişir. Saydamlık bazı bölgelerde yaz döneminde özellikle gölün sakin olduğu sabah saatlerinde 7-8 m. lik değerlere ulaşmaktadır. Söz konusu bu değerler sıg ve saydamlık değerleri 25-50 cm arasında değişen Ulubat ve Manyas gölleri ile karşılaştırıldığında İznik Gölü sularının ne kadar temiz olduğu ortaya çıkmaktadır.

Göl suyu tarımsal yönden C_3S_2 karakterli (orta tuzlulukta- orta sodyumlu) sular sınıfında yer alır bu özelliğiyle de her türlü toprak için sulamaya elverişliliği söz konusudur. Göldeki oksijen dağılımı yüzeyde ve yüzeye yakın metrelerde yüksek dipte ise plankton dekompozasyonu nedeniyle düşüktür. pH değerlikleri genellikle

8.5 – 9 ile alkalen karakterdedir. Türkiye’de mevcut doğal göllerin toplam yüzey alanları yaklaşık 20.000 km² dir ve toplam 715.000 km² yüzey alanıyla ülkemiz yaklaşık % 0.02 değerinde bir limnik orana sahiptir.

Bu oran Rusya’ da % 2.3 Kanada’da % 8, Çin’de % 0.88 , A.B.D.’de % 1.2 ve Fransa’da % 0.09’ dur (Abraham, L., ve diğ. 1994). Bu oranlardan da görüldüğü gibi ülkemiz mevcut baraj gölleri dışında doğal su kaynağı olarak sınırlı sayıda göle sahiptir. Sahip olduğumuz doğal göllerin optimum kullanımı ve yapılacak bilimsel çalışmalarla bahis konusu kaynakların günümüzdeki durumlarının gelecek kuşaklara aktarılması büyük önem taşımaktadır.

İznik Gölü, dünyada mevcut, yüzey alanları 0.1 - 10⁵ km² arasında değişen toplam 249.349 adet tektonik gölden biridir. Göl 312 km² lik yüzey alanıyla , 10²–10³ km² yüzey alanına sahip tektonik göller kategorisinde yer alır. Bu kategorideki toplam göl sayısı 200 adet olup bu göllerin toplam yüzey alanları ise 52.000 km² dir. İznik Gölü yer aldığı ılıman iklim yapısına göre ise, 10²–10³ km² arasında yüzey alanına sahip dünyadaki 155 gölden biridir. Ayrıca İznik Gölü Herdendorf (1984)’ un 100 – 500 km² yüzey alanı arasında kaldığından büyük göller kategorisindedir. İznik Gölü’nün toplam hacmi 12480 x 10⁶ m³ tür.

Tektonik göller hacimleri ve süreklilik arz etmeleri ile dünyadaki global göl dağılımında belirgin bir yere sahiptirler. Hutchinson tektonik gölleri kalıntı denizler, ters yükselmiş drenajlar, tektonik graben ve rift göller şeklinde sınıflamıştır. Ancak volkanik göller ve buzul göllerde olduğu gibi, tektonik ve diğer kategorilerdeki göller arasındaki farklılıklar her zaman belirgin değildir. Herdendorf yaptığı çalışmalarda 1000-10.000 km² yüzey alanına sahip 11 gölün kökenini saptayamamış ve bunları “miscellaneous” göller olarak ayrı bir grupta toplamıştır. Geçen 18.000 yılda buzulların kıtalar üzerindeki hareketleri ve erimeleri, buz domları, su ortamlarını alçalıp yükselmesi ve nem oranındaki belirgin değişikliklere bağlı olarak dünyadaki göllerin dağılımı oldukça değişmiştir. Buna ülkemizden en güzel örnek; 6000 yıl önce uygarlığın ilk başladığı yer olan Çatal Hüyük’ ün kıyısında kurulduğu büyük Bataklık Gölü günümüzde tamamen kurumuş olmasıdır. İznik Göl baseni Orta Miyosen’den bu yana Anadolu ve Karadeniz blokları arasında sismik aktiviteye neden olan Kuzey Anadolu Fayı üzerinde yer almaktadır. Göl bu özelliği ile tipik bir çek ayr basendir. İznik

Gölü'nde, göl içinde derinliğe bağlı olarak azalan oksijen değerlerine rağmen , hiçbir nokta ve derinlikte 1mg/lt ile 0.1 mg/lt aralığı ile karakteristik olan (Saurda ve Bottjer, 1987) oksijensiz bir su tabakasına rastlanmamıştır.

Marmara bölgesinde Sapanca, Ulubat, Manyas gölleri etrafında alüvyonlardan oluşan geniş düzlükler İznik Gölü civarında sadece İznik ve Orhangazi ovaları ile sınırlıdır. Mevcut bütün doğal kaynaklarda olduğu gibi İznik Gölü' nün de bir çok parametrenin etkili olduğu bir oluşum modeli ile günümüze kadar ulaştığını ve bir gün sonlanarak paleo-göller arasındaki yerini alacağını söylemek mümkündür. Tablo 2.2'de İznik Gölü'nde bu çalışmada elde edilen sonuçlar dünyadaki diğer önemli göllere ait değerlerle (Herdendorf, 1990, Meybeck, 1995) karşılaştırmalı olarak verilmiştir.



Tablo 2.2 İznik Göl sularının temel parametrelerinin dünyadaki bazı göller ile birlikte gösterimi.

GÖL ADI	Alan km ²	Hacim km ³	Maksimum Derinlik (m)	Yenilenme (Yıl)	TDS mg/l	Na ⁺ mg/l	K ⁺ mg/l	Ca ⁺⁺ mg/l	Mg ⁺⁺ mg/l	SO ₄ ⁻ mg/l	Cl ⁻ mg/l	HCO ₃ ⁻ mg/l	SiO ₂ mg/l	PO ₄ - P mg/l	NO ₃ - N mg/l
İznik	312	124	65	32,2	1110	223	12,7	3,8	48,9	113,2	69,6	523	1,2	0,372	0,16
Hazar	374000	78200	1025	250	12666	3096	67	381	756	3000	5280	83	2,5		
Baykal	31500	22995	1740	350	99	3,6	1,0	16,1	3,05	5,5	0,44	66,6	2,9		
Tanganyika	32900	18900	1471	500	521	66,3	34,2	8,2	43,5	3,4	21	344		0,007	0,07
Superior	82800	12230	407	180	72	1,1	0,6	12,4	0,8	3,2	1,9	50		0,003	0,26
Malawi	22490	6141	706	150	203	20,9	6,3	19,8	4,7	5,3	4,2	142			
Michigan	57750	4920	282	80	201	3,4	0,9	32	10	15,5	6,2	130	3,1	0,010	0,09
Huron	59500	3537	229	23	161	3,2	0,8	28,1	6,7	17,2	6,3	95,9	2,3	0,005	0,23
Victoria	68460	2700	92	23	88	10,4	3,8	5,6	2,6	2,3	3,9	56,1	3,0		
Great Bear	31326	2381	452	110	120	4,2	0,8	16,2	6,9	14,8	4,8	68	4,6		
Geat Slave	28568	2088	625	8	147	6,7	0,9	26,8	5,3	15	6,7	85,9			
Issyk Kul	6240	1730	702	500	5855										
Ontario	19000	1637	245	8	233	12,6	1,4	40,3	8,1	29,4	27,5	113,2	0,3	0,008	0,35
Aral	64100	1020	68	20	10500										
Ladoga	17700	908	230	13	53	3,0	1,5	9,8	2,5	6,8	9,6	29,4			
Titicaca	8030	827	304	80	832	176	14	66	34	8,82	260				
Van	3740	607	457	80	16382	77,47	508	7,0	95	23,44	5450	231			
Kivu	2370	569	480	200	1151	121,6	97	4,8	87	28,8	55	762			
Erie	25657	483	64	2,6	223	11,5	1,2	37,4	8,3	25,7	24,6	112,8	1,5	0,015	
Hovsgol	2620	480	270	560											
Winnipeg	24367	371	18	3,5	165	6,0	2,0	20	8,6	3,0	5,2	116	4,1		
Onega	9700	295	127	16											
Maracaibo	13010	280	60												
Turkana	8660	237	114	14	2340	742	20,9	4,4	2,4	38,5	447	1067	18,0		
Athabaska	7935	204	120		84	3,3	0,9	3,4	32	5,1	3,3	36,2			
Dead	1020	188	433	125	309040	34940	7560	15800	41960	540	208000	240			
Vanern	5648	153	106	9	153									0,010	
Albert	5590	151	58		715	91	65	9,8	32,1	36,5	33	447	0,9	0,160	
Tahoe	500	124	501	250	64	6,1	1,7	9,4	2,5	2,5	1,9	40		0,006	
Nicaragua	8150	108	70		119	11	2	16	6		19	65			

3. ÇALIŞMA YÖNTEMİ

İznik gölü sularının hidrojeokimyasını ve göl tabanındaki dip çamurlarının jeokimyasal özelliklerini incelemeyi amaçlayan bu tez arazi ve laboratuvar çalışmalarından sonra yapılan büro çalışmaları ile üç bölümde gerçekleştirilmiştir.

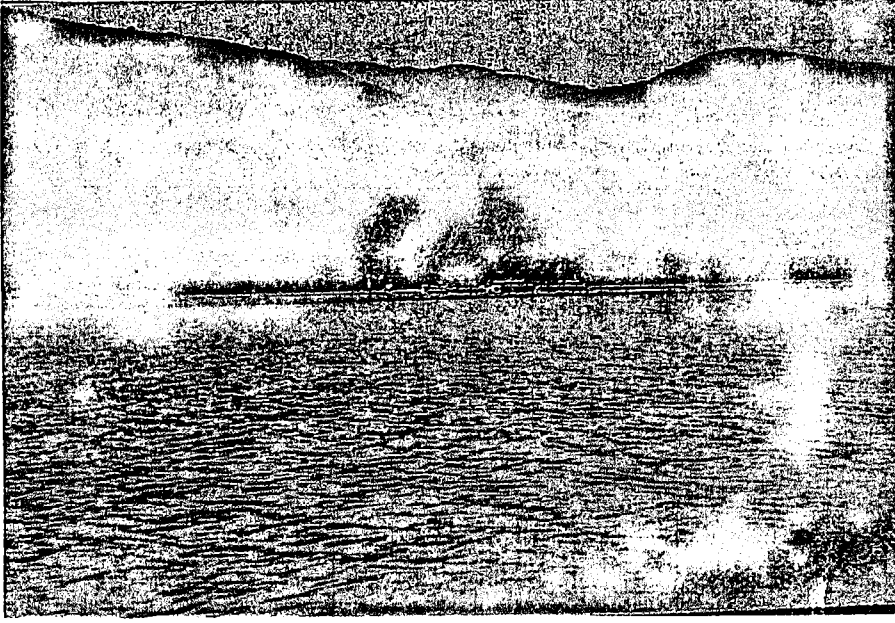
3.1 Arazide Yapılan Çalışmalar

İznik Gölü'nde (Şekil 3.1 – 3.3), 1995-1997 yılları çoğunlukla yaz dönemlerinde arazi çalışmaları, öncelikle göl ve dere suyu örneklemeleri ile göl tabanından dip çamur örneklemeleri yapılarak gerçekleştirilmiştir. Yerinde yapılan pH, erimiş oksijen, elektriksel iletkenlik, toplam askıda katı madde (TSM), batimetrik ve hidrodinamik ölçümler ve MTA 'nın hazırladığı jeolojik harita litolojik ve yapısal parametreleri açısından bir kez daha gözden geçirilmesi arazide yapılan diğer çalışmalar kapsamında yer almaktadır.

Yaklaşık 312 km² lik bir alanı kapsayan İznik Gölü'nden yerinde ölçümle tespiti yapılan pH, elektriksel iletkenlik ve erimiş oksijen değerleri toplam askıda katı madde miktarı ve batimetri hidrodinamik ölçümler dışında, farklı 95 noktadan (Şekil 3.7) toplam 223 adet göl su örnekleme yapılmıştır (Tablo 3.1). Göl sularının örneklenmesi ve dip çamurlarının alımı sırasında göl içinde hızlı ve güvenli bir çalışma olanağı sağlayan sürat teknesi kullanılmıştır (Şekil 3.4). Su örnekleme çalışmaları sırasında, Hydro-Bios TPN modeli transparan plastik, Teflon valfli, 1.7 litre kapasiteli Nansen örnekleyicisi kullanılmıştır (Şekil 3.5). Dip çamurları alımında ise özel yapım mesanger üniteli çamur kepçesi kullanılmıştır (Şekil 3.6). İznik gölünden aralarında yaklaşık 1,5 – 2 km mesafe olacak şekilde alınan su numunelerinin koordinatları maksimum beş uydu ile bağlantı kurabilen GPS (Magellan) koordinat tespit cihazının 2D modunun kullanımı ile tespit edilmiştir (Şekil 3.9).



Şekil 3.1 Çalışma alanı yer bulduru haritası.

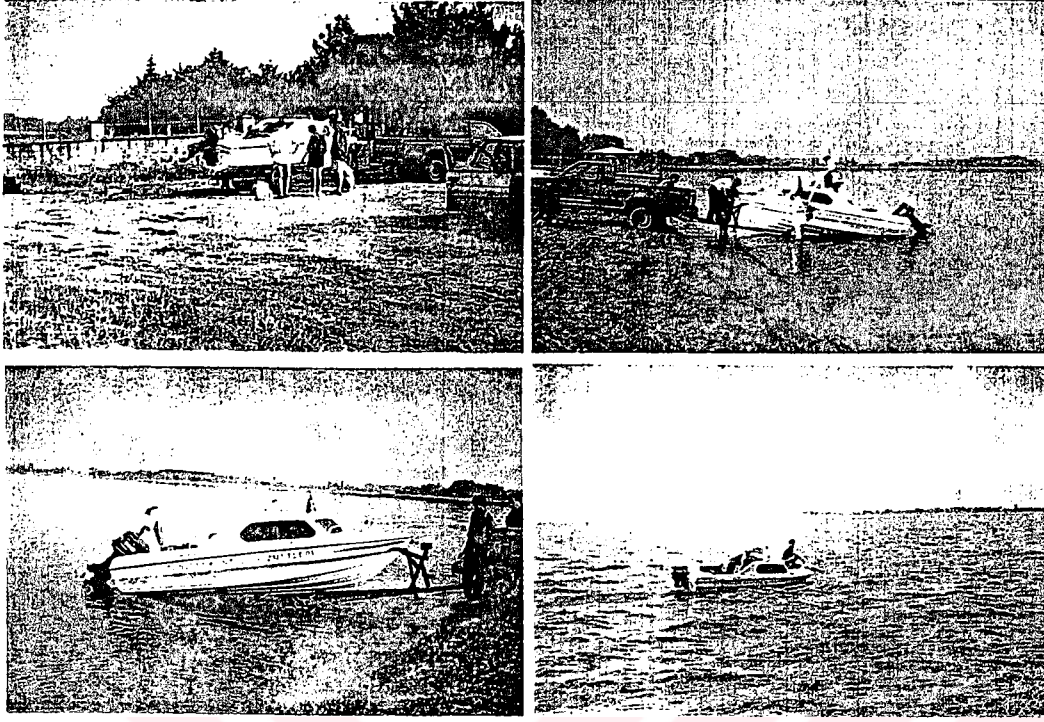


Şekil 3.2 İznik Gölü güneyinden geçen Kuzey Anadolu Fayının merkez koluna bağlı fay topografyasından bir görünüm



Şekil 3.3 İznik Gölü doğusundan batıya doğru bir görünüm

İznik Gölü'nden 95 noktada farklı derinliklerde öncelikle pH, elektriksel iletkenlik, erimiş oksijen tespiti yapılmıştır. Numune noktaları ve koordinat değerleri Ek A, Tablo A.1 'de analizi yapılan her bir parametreye ait sonuçlar ile birlikte ayrı ayrı verilmiştir.

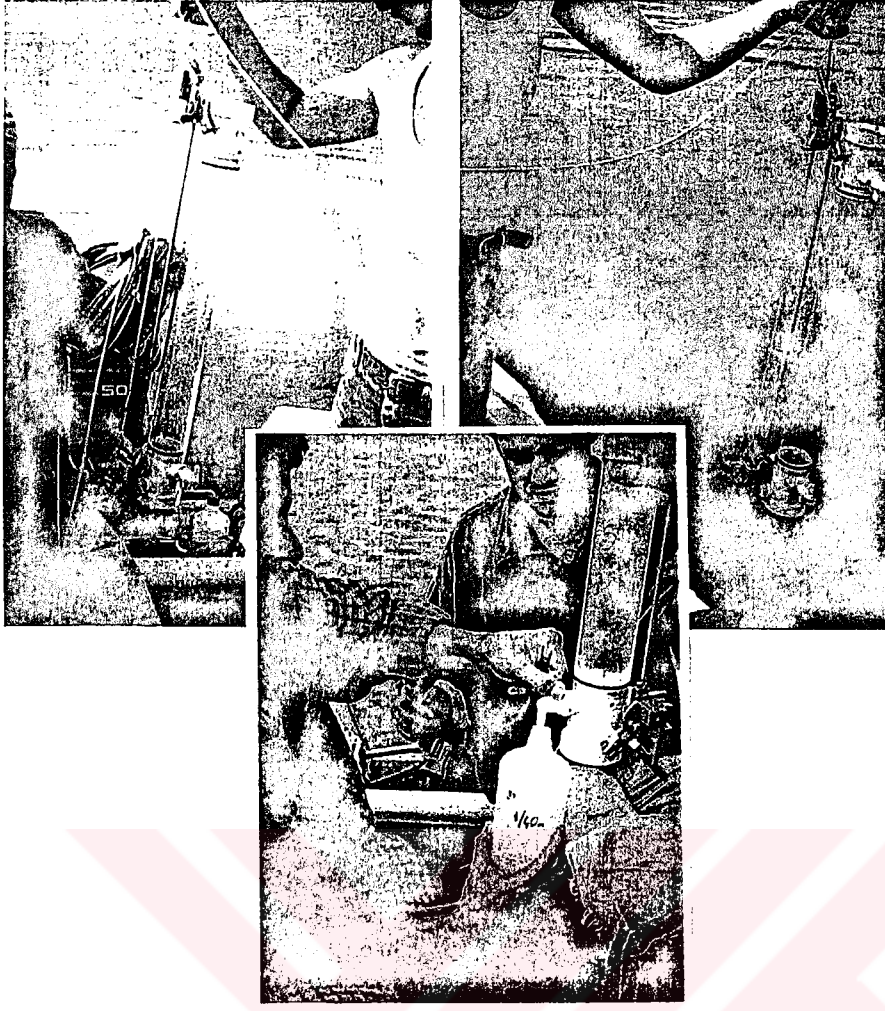


Şekil 3.4 İznik Gölü'nde çalışmalar sırasında kullanılan sürat teknesinin bir kamyonet yardımıyla göle indirilişi .

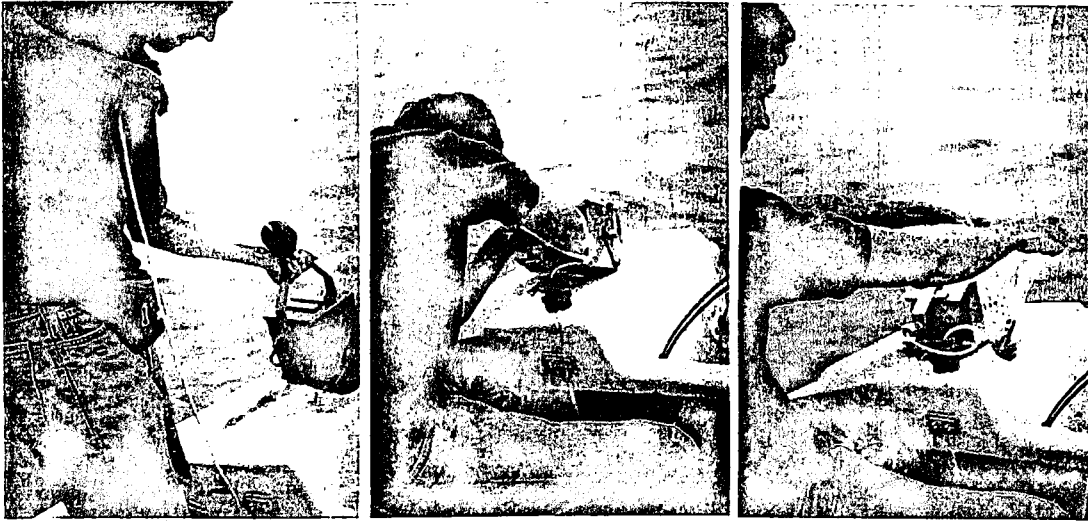
Tablo 3.1 İznik Gölünde farklı derinliklerde yapılan göl suyu örneklemeleri.

Derinlik (m)	Örnekleme sayısı
Yüzey	87
20	74
40	55
60	7
TOPLAM	223

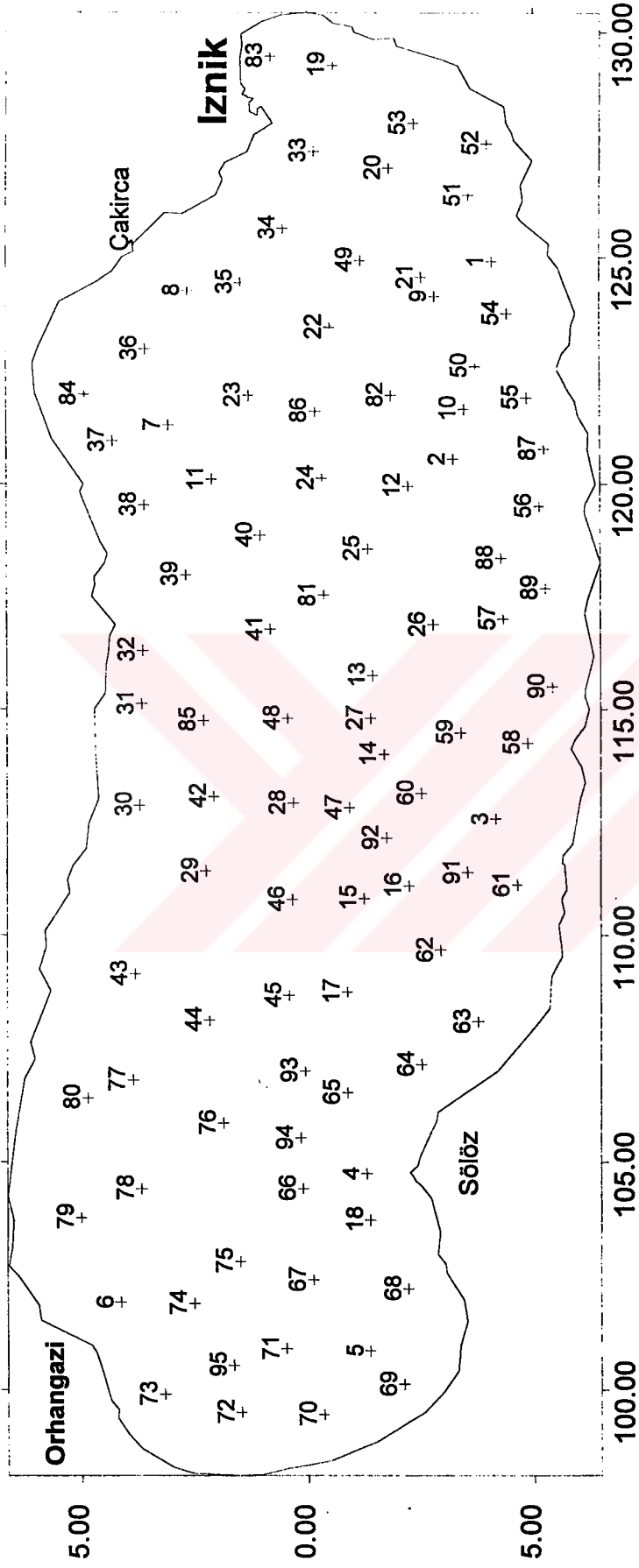
Toplam 223 örneğe; laboratuarda Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , ve ağır metal analizleri yapılabilmesi için polietilen kaplarda $\text{pH} < 2$ olacak şekilde Nitrik asit (HNO_3) ilavesi yapılmıştır (Yaklaşık 100 ml su örneğine % 65' lik 0.7 ml HNO_3 yeterli olmaktadır). İznik Gölü dip çamurlarının niteliğini açığa çıkarmak amacı ile zeminin kepçe ile numune alımına müsait olduğu değişik noktalardan 300 den 400 grama kadar değişen miktarlarda 19 noktada (Şekil 3.8). Witman tipi bir örnek alıcı kullanımı ile dip çamuru örnekleme yapılmıştır Dip çamuru örnekleme noktaları koordinat değerleri Ek C'de Tablo C.1'de verilmiştir.



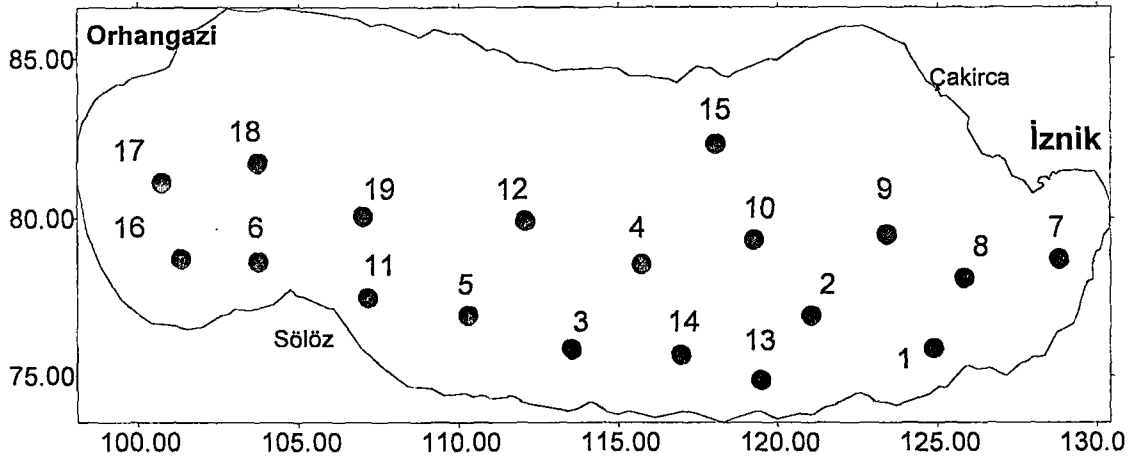
Şekil 3.5 İznik Gölünde Nansen cihazı ile farklı derinliklerden su örnekleme çalışmaları.



Şekil 3.6 İznik Gölünde özel yapım mesanger uniteli daldırma kepçesi ile dip çamur örnekleme çalışmaları.



Şekil 3.7. İznik Gölü su örnekleme noktaları koordinat haritası



Şekil 3.8 İznik Gölü dip çamuru örnekleme noktaları koordinat haritası



Şekil 3.9 İznik Gölü'nde koordinat tayininde GPS kullanımı.

Gölün özellikle kuzey kısımlarında birkaç noktanın dışında çamur tabakasının azlığı nedeni ile kepçe ile numune alımı mümkün olmamıştır. Dip çökel örneklerinin koordinatları su örnekleme noktalarında olduğu gibi küresel koordinat tayin sistemi (GPS) kullanılmıştır. İznik Gölü'nde elde edilen, güncel çökeller olarak nitelediğimiz ve incelemeye aldığımız örnekler yüzey ile 9-10 cm.' lik bir kısmı temsil etmektedir. Örnekler plastik torbalara alınarak numaralandırılmış ve analiz ve incelemeler için serin bir yerde saklanmıştır. Alınan örneklerden göl tabanına homojen yayılımı sağlayacak şekilde seçilen 19 örnekte jeokimyasal analizler,

toplam organik karbon (TOC), ΣCO_3 analizleri yapılarak istatistiksel değerlendirme metotları kullanılarak sonuçların değerlendirilmesine gidilmiştir.

3.2 Laboratuvar Çalışmaları

Laboratuvarda yapılan çalışmaları aşağıdaki şekilde 2 grupta kısaca özetleyebiliriz.

- 1- Göl ve derelerden alınan su örneklerinin başlıca anyon katyonların konsantrasyonlarının tespiti, seçilmiş bazı örneklerin buharlaştırma yolu ile konsantrasyonlarının artırılarak metal iyonlarının tespiti, su içindeki askıda maddenin jeokimyasal analizleri ile toplam koli incelemeleri.
- 2- Dip çamurlarında yapılan Jeokimyasal analizler, boyut analizi, XRD, DTA analizleri ve mikroskobik etütler.

Bu çalışmada göl ve derelerden alınan su örnekleri ile dip çamurlarının kimyasal analizleri, Taras, M..J. (1971) nin editörlüğünü yaptığı, su ve atık-suların kimyasal analizleri için uygulanan metotların yer aldığı yöntemlerden, ASTM'nin önerdiği standart metotlardan ve Bürküt (1986)'ün önerdiği yöntemlerden faydalanılarak laboratuvar olanaklarının elverdiği en uygun yöntemler seçilerek gerçekleştirilmiştir. Çalışmada gerekli olan analizler İ.T.Ü. Maden Fakültesi Maden Yatakları-Jeokimya anabilim dalı jeokimya laboratuvarlarında gerçekleştirilirken sadece 7 örnekte yurt dışında ICP analizi yaptırılmıştır. Göl sularında analizi yapılan anyon, katyon, ve metal iyonlarının hangi yöntemler kullanılarak analize tabii tutulduğu Tablo 3.2' de verilmiştir.

Tablo 3.2 Göl suyu kimyasal analizlerinde kullanılan yöntemler.

Aniyon ve Katyonlar	Atomik Absorpsiyon	Alev Fotometrik	Potansiyometrik	Titrimetrik	Kolorimetrik
Na^+ (mg/l)					
K^+ (mg/l)					
Ca^{2+} (mg/l)					
Mg^{2+} (mg/l)					
HCO_3^- (mg/l)					
CO_3^{2-} (mg/l)					
SO_4^{2-} (mg/l)					
Cl^- (mg/l)					
F^- (mg/l)					
PO_4^{3-} (mg/l)					
NO_3^- (mg/l)					
NO_2^- (mg/l)					
Si^{4+} (mg/l)					

Söz konusu analizlerde ;

Na ve K ; alev fotometresi ile, Ca ve Mg ; atomik absorpsiyon spektrometresiyle sudan direkt olarak, CO_3 ve HCO_3 ; fenol ftaleyn çözeltisi ilave edilen su örneğinin % 10 luk HCl ile titre edilmesiyle, SO_4 ; asit ve tuz karışımı ilave edilen su örneğine BaCl_2 karıştırılması sonucu meydana gelen bulanıklığın spektrokolorimetre ile okunmasıyla, NO_3 ; Brusin-sülfonilik asit-sülfürik asit (% 100 lük) karışımı kullanarak spektrokolorimetrik olarak, PO_4 ; Fosfovanadomolibdat kompleksi yöntemi ile spektrofotometrik, Cl, F; İyon spesifik elektrot yardımıyla potansiyometrik, Si ise silikomolibdat kompleksi yöntemi ile spektrofotometre vasıtasıyla tayin edilmiştir (Bürküt, 1986).

Askıda maddenin kimyasal bileşimi ise öncelikle askıda maddelerin (suspended material) ayrılarak toplanması amacıyla vakumlu filtre cihazından yararlanılmıştır. Sudan vakumlu filtre ünitesi yardımıyla süzülerek darası önceden alınmış selüloz as filtre kağıdı üzerinde toplanan askıda madde, etüvde 90°C de kurutulmuş ve daha sonra tekrar tartılarak askıda maddenin ağırlığı hesaplanmıştır.

Göl suyundaki askıda maddenin kimyasal bileşimini belirlemek için gölün değişik yerlerinden alınan örneklerden bazıları seçilmiş ve bunlar tek bir örnek olarak analize alınmıştır. Bu numunenin çözünleştirilmesi 15 ml % 64 lük Merck kalite HNO_3 asit kullanarak gerçekleştirilmiştir.

Kuruluğa kadar bekledikten sonra, 3 ml HNO_3 asit ile çözeltiye alınan numune mavi (ince) banttan süzülerek 25 ml lik balon jojeye saf su ile tamamlanmıştır. Daha sonra bu numunenin kimyasal bileşimi atomik absorpsiyon kullanarak Fe, Cu, Pb, Zn, Ni, Mn değerleri su hacmine göre normalize edilmiş değerler olarak $\mu\text{g/l}$ cinsinden tespit edilmiştir.

Laboratuarda incelemeye tabi tutulan çamur örnekleri makroskopik olarak incelendiğinde sadece birkaç örneğin kırıntılı malzeme içerdiği, geri kalan büyük kısmının kil ve silt boyutunda olduğu gözlenmiştir. Bu örneklerden mikroskobik incelemeler için epoksi matrisli ince kesitler yapılmıştır. Kil ve silt boyutlu malzemeler IR lamba altında kurutulmuş ve agat havanda öğütülerek kimyasal analizleri yapılmıştır. Sedimanlarda yapılan kimyasal analizler ve kullanılan yöntemler Tablo 3.3' de verilmiştir.

Silikat Analizi : Silis dışındaki majör oksitlerin (Al_2O_3 , Fe_2O_3 , Na_2O , K_2O , CaO , MgO , TiO_2 , MnO , P_2O_5) çözünleştirilmesinde 20 ml HF (% 37 lik Merck kalite) + 10 ml HNO_3 + 1-2 damla H_2SO_4 karışımı kullanılmıştır.

Söz konusu analizlerde Al_2O_3 , alüminon yöntemiyle, Fe_2O_3 phenonthrioline yöntemiyle, TiO_2 tiron yöntemiyle, P_2O_5 fosfovanadomolibdat yöntemiyle kolorimetrik olarak tayin edilmiştir (Bürküt, 1986).

Ağır Metal Analizleri : Sediman örneklerinde ağır metallerin (Pb, Zn, Cu, Mn, Co, Ni) tayini için, askıda madde analizlerinde olduğu gibi, 15 ml % 65 lik Merck kalite nitrik asit (HNO_3) çözünleştirilen numune kuruluğa kadar bekletildikten sonra 3 ml nitrik asitle çözeltiye alınmış ve atomik absorbsiyon spektrometresinde okumalar gerçekleştirilerek ppm cinsinden tespit edilmiştir.

Toplam Organik karbon : Toplam Organik Karbon (TOC) analizleri Henri ve diğ. (1974) adlı kaynakta belirtildiği gibi, Walkley-Black Titration yönteminde anlatıldığı şekilde titrimetrik olarak gerçekleştirilmiştir. Numunedeki organik karbon miktarı, potasyum kromat, sodyum florür, ortofosforik asit, sülfürik asit ve difenilamin indikatör bileşimiyle reaksiyona maruz bırakılan toz halindeki numunenin, demir-amonyum sülfat ile titre edilmesi ve sonuçta çözeltide yeşil rengin görüldüğü andaki rakamın formülde yerine konması sonucunda belirlenmiştir.

Tablo 3.3 İznik Gölü dip çamurlarına uygulanan jeokimyasal analiz yöntemleri.

	Analiz Teknikleri						
	A.A.S	Alev spektrometrik	Spectro-kolorimerik	Karbonat eritişi	Gravimetrik	Titrimetrik	ICP
Si							
Al, Fe, Ti, P, B							
Na, K							
Ca, Mg, Cu, Zn, Mn, Ni, Pb, Co, Sr, Ba, As, V, Cr,							
Mo, Ag, U, Th, Cd, Sb, Bi, La, W, Tl, Hg, Se, Te, Ga, Au							
ΣCO_3							
TOC							

Toplam Karbonat : İznik Gölü dip sedimanlarının toplam karbonat tayinlerinde, Normschliff firması tarafından dizayn edilmiş CO₂ gazı ölçüm aparatı kullanılmıştır. Yöntem hassas tartılmış 1 gr numunenin 1:1 sülfirik asit ile reaksiyonu sonucu meydana gelen karbondioksit gazı çıkışının neden olduğu ağırlık kaybının tekrar hassas terazi ile belirlenip formülde yerine konarak karbonat şeklinde hesaplanması esasına dayanır (Bürküt, 1986).



4. İZNİK GÖLÜ YAKIN CİVARININ JEOLJİSİ

İznik Gölü yakın civarının jeolojisi bugüne kadar bir çok araştırmacı tarafından ele alınmış ve yapılan incelemelerde İznik Gölü'nün de içinde bulunduğu bölgede Paleozoyik'ten Kuvaterner'e kadar çok çeşitli jeolojik birimler bulunduğunu ortaya koymuşlardır. Bu çalışmalardan; İznik Gölü civarında yer alan jeolojik birimlerle ilgili olanlar kronolojik olarak aşağıda özetlenmiştir.

Erk (1942), Bölge stratigrafisini şu şekilde özetlemiştir; Temelde Paleozoyik yaşlı şistler ile Permien yaşlı kireçtaşlarının yer aldığını ve bunların üzerine diskordan olarak Üst Triyas detritiklerinin geldiğini belirlemiştir. Alt Jura'yı detritik serilerin, Üst Jura'yı da kireçtaşlarının oluşturduğunu, Üst Kretase'yi yine kireçtaşı ve filişlerin , Eosen'i otokton ve şarye olarak çeşitli serilerin ve bütün bunların üzerindeki detritikleri ise fosilsiz Oligosen ve Neojen olarak tanımlamıştır.

Altınlı (1963), Üst Permien alttaki grovaklarla geçişli görmüş, Alt, Orta, Üst Jura'yı ayrı ayrı transgresif olarak nitelemiş ve genelde Orta-Üst Jura ve Üst Kretase'nin eski temel üzerine diskordanslı olarak geldiğini ileri sürmüştür.

Altınlı (1965), Permien'in eski temelin senklinal alçaklıklarına yerleşip korunduğunu, Bayırköy kumtaşı ile Bilecik kireçtaşının aldatıcı diskordanslı olduğunu ortaya koymuştur.

Bingöl (1973), Alt Triyas'tan önce bölgenin okyanuslaşmadığını ancak oldukça hareketli ve zaman zaman derin deniz özelliği gösterdiğini belirtmiştir.

Kaya (1977), Gemlik Orhangazi arasında kalan Paleozoyik temeli konu alan ayrıntılı bir çalışmada, Orhangazi çevresinde gözlenen alçak dereceli yeşil şist fasiyesi ürünü orta ile kaba taneli katmansız mermerleri tanımlamıştır.

Bargu (1978), Permien öncesi metamorfik kayaların Dereköy (Dereyörük) metamorfikleri ile İznik mermerlerinden oluştuğunu, Derbent formasyonun (Alt

Eosen), Üst Kretase ile Paleosen birimleri üzerinde açısal diskordanslı olduğunu ve bölgede Hersinyen öncesi, Hersinyen ve Alpin orojenezinin etkilerini saptamıştır.

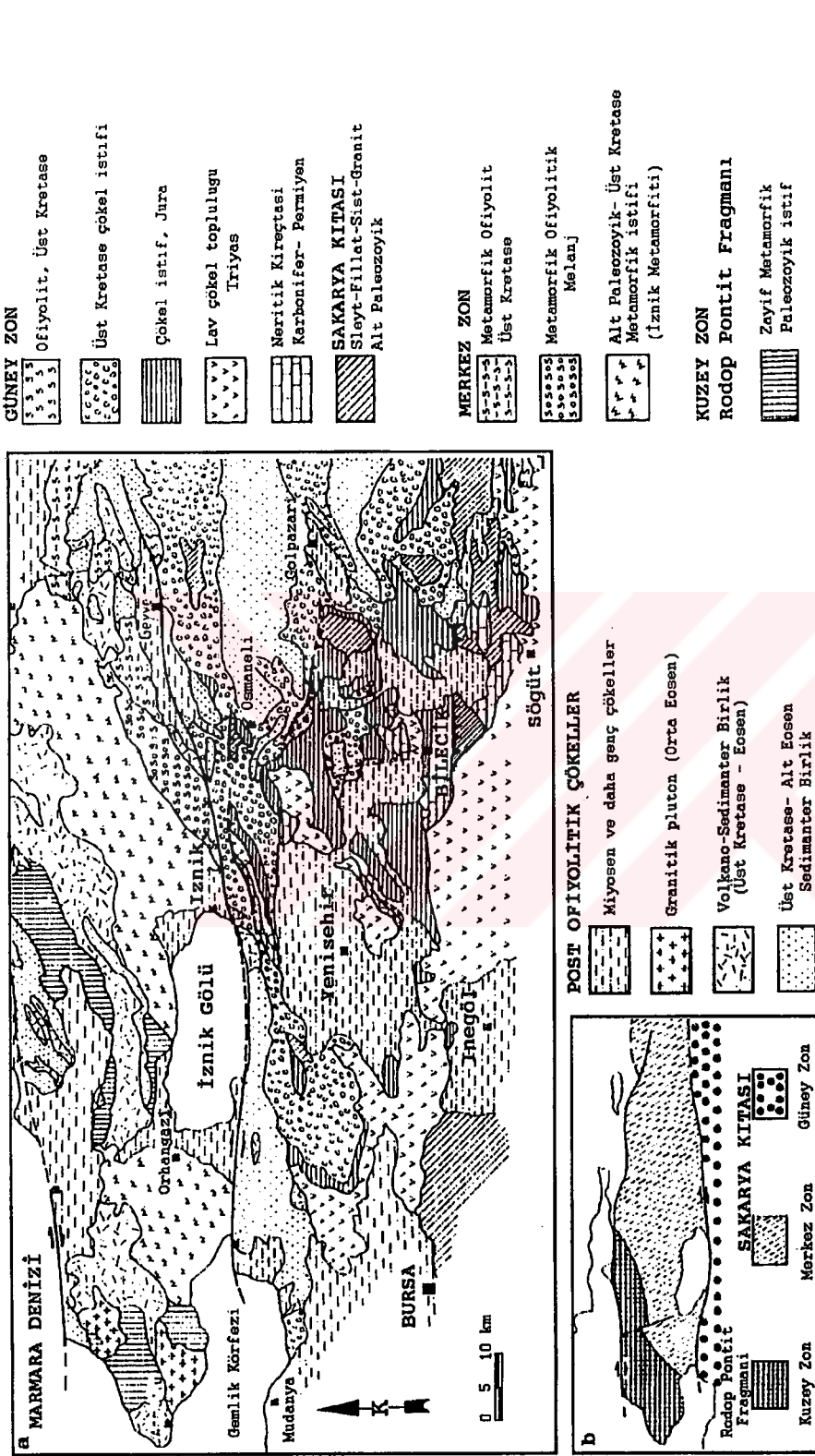
Göncüoğlu (1990), Armutlu yarımadasının geç Kretase öncesi tektonik birimlerini konu alan ayrıntılı bir çalışma yapmıştır. İznik Metamorfiti içinde üç farklı grup ayırtlamıştır bunlar, metamorfik temel, şist-mermer birimi ve Metamorfik olistostromlardır.

Yılmaz ve diğ. (1994), Kuzeybatı Anadolu'da geç Kretase yaşlı kıta kenarlarının jeolojik evrimi konulu yayında İznik gölü civarını tektonik birim olarak Rodop Pontit fragmanı olarak nitelenen kuzey zon ile güney ve merkez zon olmak üzere üç grupta incelemişlerdir. Güney ve merkez zonları da Sakarya kıtasına bağlı birimler olarak ele almışlardır.

Yazarlara göre Sakarya kıtası olarak bilinen tektonik birlik Geç Triyas'ta deforme olmuş iki farklı temel topluluğu ile bunların üzerinde gelişmiş kalın bir Mesozoyik istifinden oluşmaktadır. Merkez zon ise Sakarya kıtasının kuzey kesimlerinin metamorfik eşdeğeri olan İznik Metamorfik topluluğu ile NeoTetis okyanusu kuzey kolunun kalıntıları olan Geyve metaofiyolitinden oluşmuş ve bunların her ikisi de Geç Kretase'de metamorfizmaya uğramıştır.

Söz konusu çalışmada İznik Gölü'nün kuzeyinde yer alan Armutlu yarımadası ve dolaylarının Rodop Pontit fragmanının Sakarya kıtası ile çarpışması ve onun üzerine yerleşmesiyle gelişmiş çarpışmalı bir dağ kuşağı ile temsil edildiği belirtilmiştir. Geyve metaofiyoliti, Rodop Pontit fragmanı ve Sakarya kıtası arasında tektonik bir dilim halinde yer alan İntra-Pontit suture kuşağının tektonik evrimi ise Geç Kretase'de kuzeyde yer alan napların Sakarya kıtasına doğru ilerlemesi şeklinde özetlenmiştir (Şekil 4.1).

MTA tarafından hazırlanan Uludağ İznik Gölü arasının Jeolojisi konulu 7853 nolu 1986 tarihli genel rapordan derlenen İznik Gölü Yakın civarını kapsayan Bursa H22-b1,b2 ve Bursa H23-a1,a2, paftaları ile H22-b4,b5 ve H-23a4, a3 paftalarının kuzey kısımlarını içinde kalan İznik Gölü civarının ayrıntılı jeolojisi haritası Ek D'de verilmiştir (Genç ve diğ., 1986). Bu bölüm de kısaca özetlenen göl civarı jeolojisi söz konusu bu kaynaktan derlenmiştir.



Şekil: 4.1 (a) Armutlu Yarımadası ve civarının jeoloji haritası, (b) Bölgenin ana tektonik zonları (YILMAZ ve diğ., 1994)

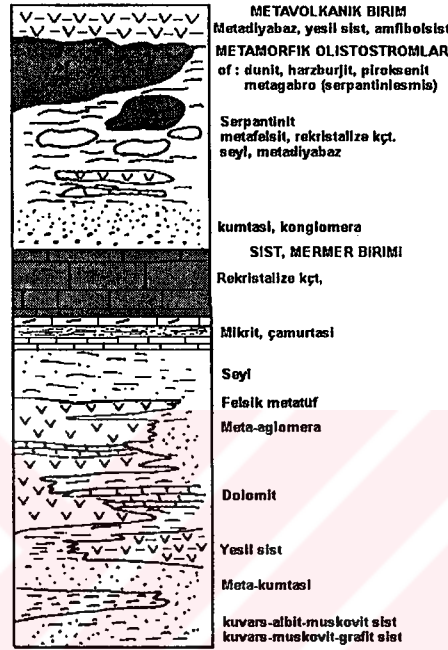
4.1 Stratigrafi

4.1.1 Paleozoyik

İznik Gölü etrafındaki jeolojik birimler arasında en eski birimi Paleozoyik yaşı, genç birimlerle transgresif veya tektonik olarak örtülen kayaçlar oluşturmaktadır. Bu birimin düzgün istiflenmesi görülemediğinden, içinde izoklinal kıvrımlanmalar da olabileceğinden kalınlık verilememektedir. Bu birimler İznik Gölünün kuzey, doğu ve batısında oldukça geniş bir alanda doğu-batı uzanımlı mostra vermektedir. Bu birime Paleozoyik yaşı transgresif olarak üzerine gelen Permien yaşı formasyona dayanılarak verilmiştir.

Permien: İznik Gölü civarında Permien, kireçtaşı ve kumtaşı-konglomera litolojileri ile temsil edilmiştir. Kuzey Batı Anadolu'da gözleendiği şekli ile Permien bir lokasyon dışında Triyas bloklu serinin spilitlerinde ve detritiklerinde değişik boyutlarda olistolitler halinde bulunmaktadır. Metamorfik temel üzerinde görülen Permien yaşı kayaçlar, tabanda konglomera, kumtaşı ve kireçtaşı mercekleri ile başlayıp üste doğru kireçtaşına geçiş gösterir. Tabanda yer alan konglomera ve kumtaşı sığ suda çökelmiştir. Çakılların yuvarlaklığı ve çeşitliliği uzaktan beslendiğini, feldispatlı kumtaşının ve ara seviyeler halinde şeylin görülmesi, yüksek enerjili sığ denizde çökeldiğini göstermektedir. Granitin üzerine geldiği yerlerde çoğunlukla granit çakıllarından oluşan konglomera ve kumtaşı gözlenir. Permien yaşı birimlerin en üstünde, Orta Sakarya bölgesinde Derbent kireçtaşı adıyla isimlendirilen koyu gri renkli, bol fusulinli, mercanlı, yer yer kumlu ve oolitik, resifal kireçtaşı yer almaktadır. Topografyada sert tepeler oluşturmaktadır. Olistolitler halinde Triyas bloklu serisi içinde görülen parçaları, çoğunlukla beyaz renkli, kalsit damarcıklı olup yer yer fosilsiz ve rekristalizedir. Yaklaşık kalınlığı 200 m. dir. Kireçtaşının kapsadığı fauna, canlıların yaşayabildiği ışıklı kuşakta temiz ve sığ sularda çökelmeyi işaretlemektedir. Fusulin, bryzoa, coral ve algler ışık kuşağında muhtemelen 50 m yi geçmeyen derinlikte gelişmiştir. Bölgedeki bir diğer önemli oluşum İznik metamorfisinin göl kıyı litolojisinin yaklaşık % 50 sini oluşturması açısından önemi büyüktür. Düşük dereceli metamorfiklerden ibarettir. Üç farklı tipte metamorfik oluşum söz konusudur. Bunlar alttan üste doğru , şist-mermer, metamorfik olistostromlar ve metavolkanitlerdir. İznik gölü çevresinde en

geniş yeri kaplayan bu en yaşlı formasyon İznik ovasının kuzey ve doğusu ile Orhangazi ovasının doğusunu ve Gemlik ovasının kuzeyini sınırlar. İstifin en üstünde yer alan metabazik kayaçlar yer yer 250 m kalınlığa ulaşırlar bu kısım metabazalt ve metadiyabazdan oluşmuştur ayrıca yer yer mikro-gabro ve mafik breşlere rastlanmaktadır (Şekil 4.2).



Şekil 4.2 İznik Metamorfizminin sütun kesiti (Güncüoğlu, 1990)

Bu birimin altında yer alan metamorfik olistostromlar ise serpantinize olmuş ultramafikler (dunit, harzburgit, piroksenit, metagabro), serpantinit, rekristalize kireçtaşı, şeyl, metadiyabaz ile temsil edilmektedir. İstifin en altında ise şist – mermer topluluğu ile rekristalize kireçtaşı, mikrit, çamurtaşı, şeyl, felsik metatuf, meta aglomera, dolomit, yeşilşist, meta kumtaşı, kuvars -albit- muskovit şist, kuvars- muskovit- grafit şist yer almaktadır (Güncüoğlu, 1990). İznik ovasının güneydoğusundaki Dereköy civarında çok ince dilimli serisit şistler hakimdir. Kuzeydoğu Elbeyli köyü ve kuzeyindeki Akköy civarında ise yeşil renkli klorit şistler hakimdir. İznik ovasının doğusunda ova alüvyonlarından başlayarak kuzeydoğuda Alıçyayla köyüne kadar uzanan sahada kristalize kalkerler hakim durumdadır. Orhangazi ovası doğusunda ve Gemlik ovası kuzeyinde de şistler aynı karakterdedir. Kristalize kalkerler bu kısımlarda da şistler içinde merccek halinde devamsız ve yer yer ara tabakalıdır.

4.1.2 Mesozoyik

Triyas: İznik Gölü'nün güney doğusunda yer alan, tektoniğin ve volkanizmanın aktif olduğu Triyas çökelleri konglomera, mikrokonglomera, kumtaşı mikalı kumtaşı, grovak, siltaşı, kiltası, kireçtaşı aralanmasından oluşur, radyolarit diyabaz ve spilit ara katkıdır. Birimi oluşturan litolojiler çok çeşitli çökelme ortamlarında oluşmuştur. Radyolarit ve çamurtaşları derin denizi işaret ederken konglomera ve kumtaşları ise sığ denizi karakterize eder. Olistolitlerin ortama gelişi çökelme çanağındaki tektonik hareketleri işaret etmektedir.

Jura: İznik Gölü'nün güneydoğusunda yer alan Jura'ya ait birimler, fosillerle denizel olduğu kanıtlanmış kalın tabakalı konglomera, kumtaşı, kireçtaşı , kiltalarını ile sığ sularda çökelmiş resifal kireçtaşları olarak ayırtlanmıştır.

Üst Kretase: İznik Gölü güneyinde kuzey çanak çökelleri olarak nitelendirilen Üst Kretase yaşlı formasyonlar alttan üste doğru derinliği ve hareketliliği zaman zaman değişen ve tamamen sığlaşarak Paleosen'e geçiş yapan bir denizin ürünü olan birbiri ile bazen büyük benzerlikler gösteren killi kireçtaşı, kumlu kireçtaşı, kireçtaşı, marn, kumtaşı ve konglomera seviyeleri, kireçtaşı olistolitleri, kiltası-marn aralanması, kalın şeyl-marn seviyeleri, kalın konglomeratik istifler, orta-kalın tabakalı karbonatlı kumtaşları, kumlu- killi kireçtaşı, kireçtaşı, konglomera ve kiltasından oluşmuş formasyonlarla temsil edilmektedir.

4.1.3 Senozoyik

Paleosen: Orta kalın tabakalı, resifal fasiyesteki kireçtaşı-kumlu kireçtaşından oluşmakta olup, bu birimin üst seviyelerinde yersel olarak saptanan olasılıklı alüvyon yelpazesi çökelleri olarak yorumlanan konglomeralar denizin batıdan doğuya doğru gerilediğini göstermektedir (Saner, 1977). Böylelikle Lias'tan itibaren devamlılık gösteren deniz Paleosen'de çekilmiştir.

Eosen: Eosen başında görülen yeni bir transgresyonla bölge tekrar deniz istilasına uğramıştır. Yersel olarak görülen kalın bir konglomera seviyesi ile başlayan Gemlik Grubu, aktif volkanizma ile birlikte Eosen sonuna kadar devam eder. Eosende önce bazaltik volkanizma hakim olmuş, giderek dasitik ve andezitik karakterli volkanizmaya geçmiştir. Volkanizma sonucu oluşan lavlar, tüfler, aglomeralar ve

volkanitlerden türeyen detritikler, Eosen istifinin genel karakterini oluşturmuştur. Sığ deniz çökellerinden oluşan Eosen istifi zaman zaman bataklıkli, laguner fasiyesleride ihtiva eder. Jipsli kömürlü seviyeler bu fasiyeslerin belirteçleridir. Bölgede litolojik karakterleri bazen birbirini andıran dokuz ayrı formasyon adlanması yapılmıştır.

Neojen: İznik Gölü civarında Neojen, daha yaşlı birimler üzerine diskordan gelir. Genç tektonik hareketlere bağlıdır. Hızlı depolanma sonucu oluşan konglomeralar sığ göllerde, akarsular tarafından deltalarda, akarsuyun göle kavuştuğu yerlerde oluşmuştur. Zamanla ortam duraylı ve sakin olunca kilaşı-marn-kireçtaşı çökelmiştir.

Kuvaterner: İznik gölü civarında Kuvaterner'in birikme şekillerinden, traverten, alüvyon yelpazesi, yamaç döküntüleri görülür. İznik ve Orhangazi ovalarında geniş alanları kaplayan alüvyon birikintileri günümüzde tarım yapılan alanlar olarak büyük öneme sahiptir.

4.2 Yapısal Jeoloji

İznik Gölü ve civarı genel olarak Kuzey Anadolu transform fayının etkisinde kalmış olup batıya doğru bir sıkışma sonucu Kuzey-Güney doğrultulu bindirmeler ile Doğu-Batı doğrultulu normal faylarla Kuzey-Güney yönünde açılmaya başlamıştır. Başka bir deyişle bölgedeki Doğu Batı yönlü sıkışma Kuzey-Güney yönlü gerilme ile karşılanmaya başlamıştır (Şengör, 1979). Bölgede doğrultu atımlı olarak izlenen fayı ise, Kuzey-Güney yönlü, Orta-Üst Miyosende başlayan sıkışma neticesinde Anadolu levhasının batıya hareketi ile gelişen Kuzey Anadolu fayından (KAF) ayrılan bir kol oluşturur. İznik Gölünün hemen güneyinden geçen, sağ yönlü doğrultu atımlı fayın etkisiyle doğudan batıya doğru yılda 1 - 0.5 cm hareket ettiği belirtilmiştir (Barka, 1992).

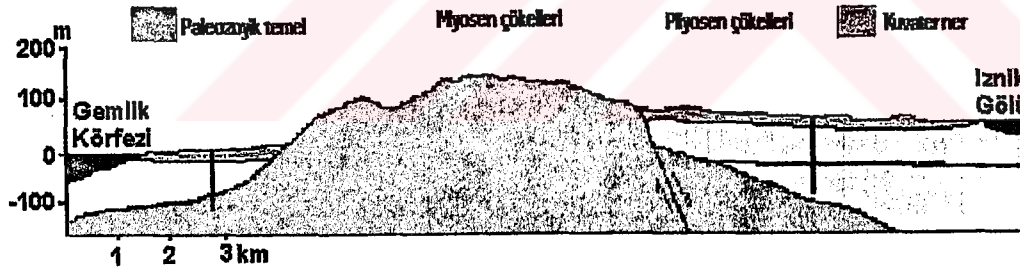
Tablo 4.1' de MTA'nın Marmara Bölgesinde yaptığı Maden aramalarında uzaktan algılama çalışmaları sırasında İznik Gölü civarında tespit edilen önemli faylar görülmektedir (Topçu, 1996). İznik Gölü havzası Üst Kretase ve Eosen boyunca Pontit-Anatolid kıtalarının yaklaşması, çarpışması ve bu olaylara bağlı olarak gelişen aktif tektonizmadan etkilenmiştir. Söz konusu kıtaların çarpışması sonrası devam eden levha hareketleri sonucu Doğu Anadolu'da Erzincan kenet kuşağından

başlayan, Pontit-Anatolid kenet kuşağı boyunca uzanan, Geyve-İznik-Gemlik üzerinden Gemlik Körfezine ulaşan Kuzey Anadolu Fay zonu oluşmuştur.

Tablo 4.1 Uydu görüntüleri yapısal analiz sonucu İznik Gölü civarında saptanmış bazı fayların özellikleri

Fay No	Pafta	Lokasyon	Doğrultu	Uzunluğu km	İçerinde Bulunduğu Litolojik Birimler
1	G23	İznik'in 5km Kuzeyi	K45D	27	Genç bazalt-Andezit lavları ve Metamorfik kayalar
2	G23 H23	İznik'in 7km Doğusu	K60D	17	Kristalize Kireçtaşı, Metamorfik Şist
3	H22 H23	İznik Gölü'nün 2 km Güneyi	K80D	16	Lav, Tüf, Aglomera, Kumtaşı, Sittası

İznik Gölü ve ovasının güney sınırından geçip Orhangazi, Gemlik ovası güney sınırından körfeze kadar uzanan bu fayın etkisi ile meydana gelen çek-ayır basen (en boy oranı 1/3) ile oluşan çöküntüde İznik Gölü ve ovası meydana gelmiştir. Çalışma sahasında Alp orojenezinin etkileri görülmektedir. Paleozoik şistlerde ve Eosen filişinde belirgin kıvrımlanmalar görülmektedir. Kristalize kalkerler ise daha çok kırık, çatlak ve eklemlidirler. İznik Gölü civarında jeosenklinal çökme, sığ deniz çökmesi ve kıta platformu üzerine çökme modelleri ayırt edilmektedir. İznik Gölü'nün denizden 85 m. yüksekte olması oluşumunun Gemlik Körfezi ile ilişkisi olmadığını göstermektedir (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. İznik Gölü Gemlik Körfezi arasının jeolojik kesiti (DSİ, 1974).

1.1 Ekonomik Jeoloji

İnceleme alanında işletilmeye uygun olan ve olmayan başlıca ekonomik oluşumlar, bakır, kurşun, çinko, arsenik, asbest, antimon, linyit, diyabaz, volkanik tüf, mermer, kireçtaşı ve jips'tir. Bursa H23-b4 paftasında İznik Gölü'nün güney batısında Kirazlıyayla köyü dolaylarında Lütisiyen yaşlı dasitik volkanizma ile oluşan yataкта ekonomik değerde kurşun çıkarılmaktadır. Üst Kretase yaşlı birimler içindeki tüfler,

tras imentosu için hammadde olarak kullanılmaktadır. Eosen ve Miyosen yaşı birimler içinde yer yer 1 metre kalınlığında kömür oluşumlarına rastlanmıştır, ancak ekonomik önemi olmayan bu oluşumlar işletilmemektedir. İznik Gölü kuzeyindeki Paleozoyik yaşı metaultrabazikler içinde görülen asbest oluşumları pek çok yarma ve galeriler ile incelenmiş, ancak ekonomik olmadıkları için işletilmemektedirler, yine metamorfik kayalar arasında yersel kırık ve yapısal özelliklere bağlı olarak oluşmuş ancak ekonomik olmayan mangan ve antıman tezahürleri mevcuttur. İznik Gölü'nün güney batısında Eosen yaşı birimler içinde halen işletilmeyen jips yatakları mevcuttur.



5. İZNİK GÖL SULARINDA YAPILAN ÇALIŞMALAR

5.1 Gölde Yerinde Yapılan Çalışmalar

Gölde yerinde yapılan çalışmalar altı başlık altında toplanmıştır. Türbidite, toplam askıda madde (TSM), pH, elektriksel iletkenlik, çözülmüş oksijen-sıcaklık, dip suları hareketi ve batimetrik ölçümler.

5.1.1 Toplam askıda madde (TSM) ölçümleri

Toplam askıda madde (TSM); göl veya akarsularda su kolonu içinde hareket halindeki organik ve inorganik partiküller olarak tanımlanabilir. Göl gibi bir doğal su kaynağı için TSM değerleri; toprak erozyonu ile akarsu kanallarındaki erozyonlara bağlı madde transferlerinin miktarına, göl içindeki mevcut akıntılara ve gölün derinliğine bağlı olarak değişkenlik gösterebilecek bir parametredir. Çok sığ göllerde rüzgara bağlı oluşan dalga hareketleri dip çökellerini harekete geçirerek TSM miktarında artışlara neden olabilir. Bu nedenle TSM ölçümlerinin göl sularında dalga hareketlerinin çok belirgin olmadığı sakin periyotlarda yapılması gereklidir. İznik gölü sığ göller sınıfında yer almamasına rağmen, gölde yapılan TSM ölçümleri sırasında bu noktaya dikkat edilmiş, göl sularının sakin olduğu günün erken saatlerinde ölçümler gerçekleştirilmiştir. TSM çoğu zaman türbidite (bulanıklılık) olarak isimlendirilmektedir ve bir çok doğal su kaynağı için bu parametre küçük partiküllerden veya kolloidlerden ibarettir. Bunlara aynı boyutlu bazı organik kökenli maddeleri de ilave edebiliriz.

TSM'lerin zararlı ve toksik maddeleri içeren partiküllerden ($<63 \mu\text{m}$) oluşması halinde doğal su ortamındaki canlı yaşamı (fitoplanktonlar ve balıklar) bundan olumsuz etkilenir. Ayrıca sudaki askıda katı maddeler gün ışığını absorblayarak yüzey suyu sıcaklığında artışlara neden olurlar ve buda suyun içerebileceği oksijen miktarında azalmalara neden olur. TSM ölçümleri; Marmara bölgesi gibi endüstriyel faaliyetlerin ve buna bağlı kirlenmenin yoğun olduğu bir bölgede endüstriyel

atıkların etkilerinden nispeten uzak kalan çevresinde sadece yoğun tarımsal faaliyetlerin gerçekleştiği ve sadece İznik ve Orhangazi gibi iki büyük ilçeye kıyısı olan İznik gölünde ilk kez Ağustos 1996 yılı Ağustos ayında portatif MEX-P (Sludge level dedector and Suspended solids meter) cihazı ile 19 farklı noktada toplam 57 ölçüm ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 5.1). Ölçümlerde türbidite (%) ile TSM (askıda katı madde, mg/l) arasındaki dönüşümler için, cihazın LOW: 0-100% = 0-100 g/l SiO₂ ölçüm aralığı ile temsil edilen kalibrasyon kademesi kullanılmıştır. Bu çalışmada farklı derinliklerde elde edilen TSM değerleri ve ölçüm yapılan noktalara ait koordinatlar Tablo 5.1' de verilmiştir.

Yerinde gerçekleştirilen TSM ölçümlerinde 3 metre derinlikte ortalama % 0.18 , 5 metre derinlikte ortalama % 0.23 ve 10 metre derinlikte ise ortalama % 0.31 değerleri tespit edilmiştir. Bu değerlerden 5 metre derinlik değerlerini mg/l cinsinden ifade etmek istersek 2,3 mg/l askıda katı maddeye karşılık gelmektedir. Laboratuara getirilen su örneklerinde askıda katı madde içindeki metal konsantrasyonunu tespit etmek amacıyla özel olarak hazırlanan vakumlu sistem yardımıyla göl suları 12,5 ϕ cm filtre kağıdından geçirilmiş bu arada filtre kağıdı üzerinde binoküler mikroskopla yapılan incelemeler göl suyunda ortalama 2.5 mg/l değerine sahip TSM değerinin öncelikle kil boyutundaki malzemeden oluştuğu, daha sonra silt boyutlu malzemenin geldiği çok nadir bazı örneklerde çok küçük boyutta kalsit, mika parçalarının da askıda madde olarak göl sularında bulunduğu tespit edilmiştir.

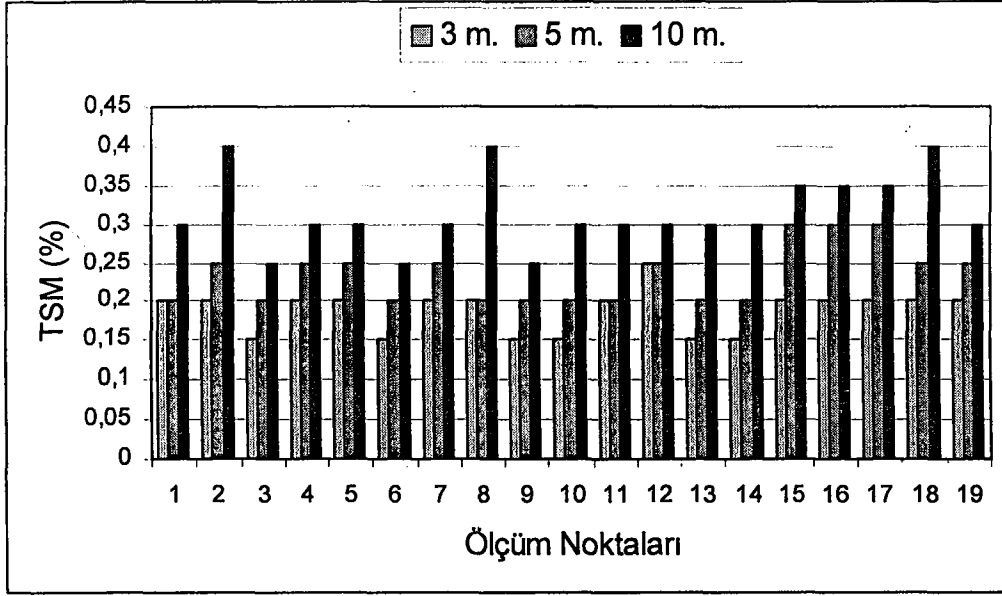
Bu incelemenin ışığında İznik Gölü'nün TSM miktarı bakımından oldukça iyi durumda olduğunu söyleyebiliriz. Elde edilen değerlerin dağılımı göle yoğun bir askıda madde transferinin olmadığını ve gölün sahip olduğu yüksek ortalama derinlik ile bazı partiküllerin dipten hareketlenerek su kolonunda dağılmasına olanak vermediği gözlenmiştir. Şekil 5.2' de görüldüğü gibi İznik Gölü'nde toplam askıda madde miktarı derinliğe bağlı olarak bir miktar artış gösterdiği görülmektedir. Bu sonuç toplam askıda madde miktarının elektriksel iletkenlik (us/cm) değerleri ile gösterdiği paralellik açısından ilgi çekicidir. Derin göllerde çok ince taneli partiküllerin graviteye bağlı olarak depolanması su kolonunu üst kısımlarında ince taneli partiküllere bağlı kirlenmeyi ortadan kaldırmaktadır, ancak aynı şeyi derinliği bir kaç metreyi geçmeyen göller için söylemek mümkün değildir.

Tablo 5.1 Koordinat ve derinlik değerleri ile birlikte yerinde yapılan TSM ölçümleri sonuçları.

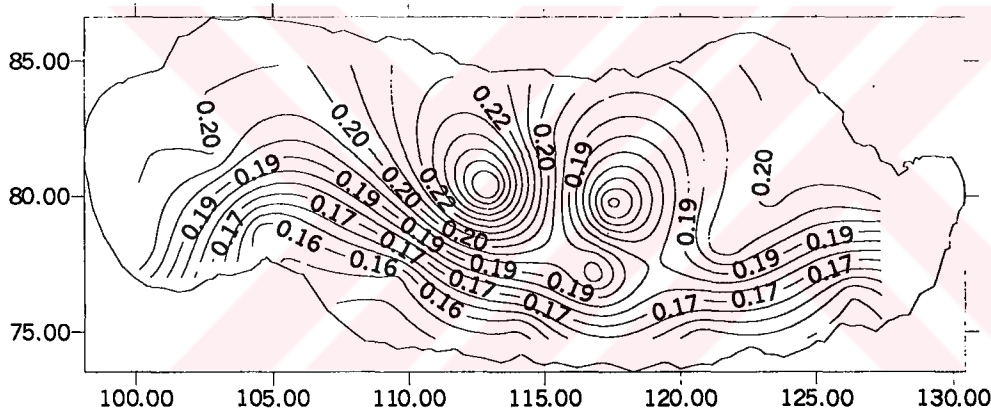
Lokasyon No	Enlem	Boylam	Derinlik metre	TSM %	Lokasyon No	Enlem	Boylam	Derinlik Metre	TSM %
1	40,26,15K	29,41,05D	3 5 10	0,20 0,20 0,30	11	40,25,88K	29,25,35D	3 5 10	0,20 0,20 0,30
2	40,27,37K	29,22,08D	3 5 10	0,20 0,25 0,40	12	40,29,25K	29,26,25D	3 5 10	0,25 0,25 0,30
3	40,23,34K	29,35,74D	3 5 10	0,15 0,20 0,25	13	40,26,12K	29,33,75D	3 5 10	0,15 0,20 0,30
4	40,25,23K	29,35,72D	3 5 10	0,20 0,25 0,30	14	40,24,22K	29,40,35D	3 5 10	0,15 0,20 0,30
5	40,24,97K	29,33,58D	3 5 10	0,20 0,25 0,30	15	40,28,70K	29,23,04D	3 5 10	0,20 0,30 0,35
6	40,23,51K	29,32,20D	3 5 10	0,15 0,20 0,25	16	40,28,20K	29,37,97D	3 5 10	0,20 0,30 0,35
7	40,27,30K	29,24,00D	3 5 10	0,20 0,25 0,30	17	40,27,55K	29,27,45D	3 5 10	0,20 0,30 0,35
8	40,25,41K	29,21,60D	3 5 10	0,20 0,20 0,40	18	40,27,45K	29,32,02D	3 6 10	0,20 0,25 0,40
9	40,25,04K	29,28,20D	3 5 10	0,15 0,20 0,25	19	40,27,55K	29,27,45D	3 5 10	0,20 0,25 0,30
10	40,25,88K	29,25,35D	3 5 10	0,15 0,20 0,30					



Şekil 5.1 İznik Gölü'nde yerinde yapılan TSM ölçümleri

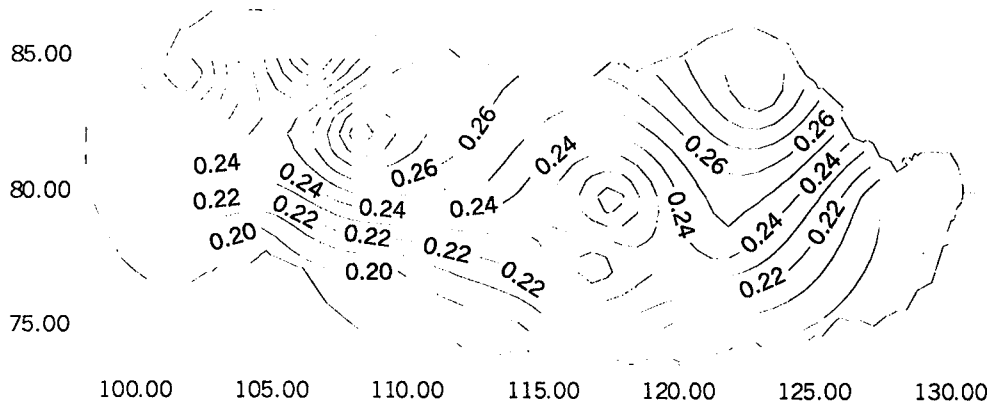


Şekil 5.2 Farklı derinlik ve noktalarda TSM (%) değerleri değişimi

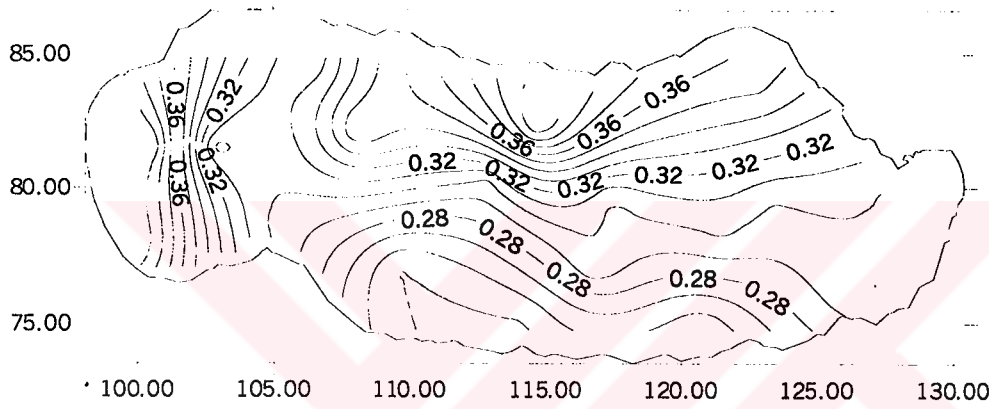


Şekil 5.3 3 m derinliğe ait TSM % dağılımı.

İznik Gölü'nde yerinde veya laboratuarda elde edilen ölçüm ve analiz sonuçlarının göldeki dağılımlarının grafiksel gösterimi için istatistiksel bir yöntem olan Kriking metodundan yararlanılmıştır. Kriking metodu, bir interpolasyon yöntemi olarak düzensiz dağılıma sahip orjinal dataların kullanımı ile düzenli bir grid üzerinde hesaplanmış yeni değerlerin oluşturulmasına olanak sağlar. Jeostatistik yaklaşımla interpolasyonun en belirgin avantajı, interpolasyonların tam ve kesin olmasıdır, ilgilenilen her hangi bir noktadan örnekleme yapılsa ve elde edilen sonuç Kriking çözümü ile değer atanarak bulunan değerle karşılaştırılsa bir farklılık olmadığı görülür.



Şekil 5.4 5 m derinliğe ait TSM % dağılımı.



Şekil 5.5 10 m derinliğe ait TSM % dağılımı.

Bu yönüyle kriking metodu bir istatistiksel yöntem olarak yorumlama hatalarının ortadan kalkmasına da olanak sağlar (Wackernagel, 1990). İznik Gölü'ne ait analiz sonuçlarına uygulanan kriking yöntemi uygulaması sırasında bilgisayar programından yararlanılmış olup göl sınırlarını belirleyen koordinatlı data kütüğü ile her bir parametrenin koordinatlı değerleri varyogram model tipi olarak lineer yöntemin kullanımı ile birbirleri ile karşılaştırılarak kontur diyagramları elde edilmiştir. 3 m. derinlikteki gölün kuzeyinin güneye göre nispeten daha yüksek TSM değerlerine sahip olduğunu göstermiştir. Bunda ölçüm yapılan bu derinlik değerinde kuzey kıyıların daha sık olmasına ve su hareketleri ile su kolonunda TSM artışlarının meydana gelmesine bağlanabilir. Söz konusu bu durum benzer şekilde 5 m ve 10 metre derinlik değerlerinde de izlenmiştir. Göl'ün derinliği yüksek güney kesimleri gölde ilk 10 m.'yi temsil eden bu ölçüm değerlerine göre, sık derinliğe sahip kuzey kesimlerine göre çok azda olsa daha düşük TSM değerleri göstermiştir (Şekil 5.3 -5.5).

5.1.2 pH ölçümleri

Su içindeki hidrojen iyonu konsantrasyonunun ko-logaritması olarak ifade edilen pH bütün doğal su kaynakları için oldukça önemli bir parametredir. pH değeri tespiti için serbest hidrojen veya hidroksil iyonlarının miktarlarının bilinmesi yeterlidir. Su çok fazla serbest hidrojen iyonuna sahipse asidik bunun tam tersi çok fazla hidroksil iyonuna sahip ise baziktir. Doğal sular için pH önemli bir belirleyici (endikatör) olduğundan suyun kimyasındaki değişimlerden hemen etkilenir, bu nedenle pH bir çok doğal su kaynağında olduğu gibi göllerinde de bazı genel özelliklerinin belirlenmesinde oldukça etkindir. pH deprem şiddetinin ölçümünde kullanılan Rihter ölçeği gibi logaritmik birimle ifade edilir, bir su örneğinin pH değeri 5 ise bu suyun pH değeri 6 olan sudan 10 kez daha asidik olduğunu gösterir. Kirlilik suyun pH değerinde değişime neden olur. Örnek olarak; kapatılmış bir kömür madeninden gelen suların pH değeri 2 civarındadır ve bu sular göl gibi kapalı bir sisteme karıştıklarında suda yaşayan pek çok canlının hayatta kalması imkansızdır çünkü bu pH değeri nötral sudan 100.000 kez daha asidiktir.

Suyun kimyasında dolayısıyla pH da meydana gelebilecek değişiklikler; sadece su içindeki canlı organizmaları etkilemekle kalmaz, aynı zamanda pH ın kirlilik ve diğer çevresel etkenlerin artışına neden olan bir belirleyici görevi görmesine de neden olabilir. Bir çok canlı organizma için pH'a bağlı yaşam sınırları en yüksek 9.6 en düşük 4.5 arasında değerleri arasındadır. pH su içinde bulunan anyon ve katyonlar ile metal iyonlarının duraylılığını ve göl tabanında dip sedimanlarında minerallerin oluşumunu denetlemesi bakımından Jeokimyasal ve Jeolojik açıdan önem taşımaktadır. Günümüzde; lagüner ortamlarda oluşmuş jeolojik birimlerde izlenen bazı değişiklikler bir çok araştırmacı tarafından ortamın pHındaki değişiklikler baz alınarak açıklanmaktadır.

Bu çalışmada İznik Gölündeki asitliği etkileyen faktörleri ortaya çıkarmak amacıyla yüzeyden ve 20, 40, 60m. derinlikten toplam 223 adet pH değeri 1995 yılının yaz aylarında yerinde tespit edilmiştir. Ölçümler WTW- Analitik standartları kullanılarak kalibre edilen 0.00-14.00 pH ve 0-100 °C aralığında ölçüm yapabilen portatif mikropresörlü WTW-pH96 modeli pH metre kullanılarak gerçekleştirilmiştir. GPS ile tespit edilen numune koordinatları ve pH değerleri Kriking metoduna uygulanarak İznik Gölü'nün (Şekil 5.7-5.9) farklı derinliklerdeki yaz dönemi pH

dağılım grafikleri elde edilmiştir. İznik Gölü'nde yerinde ve farklı derinliklerde ilk olarak yapılan pH ölçümleri sonucu yüzeyde bazik karaktere sahip olan göl suları, derinlik artışına bağlı olarak pH değerlerinde göreceli bir düşüş göstermiştir. Buna rağmen göl suları hemen her derinlik kademesinde alkalen karakterini korumuştur (Şekil 5.9), (Tablo 5.2).

İznik Gölünde yüzeyde atmosferik basıncın etkisi ile CO₂ kaybı olağan ve buna karşılık gelen yüksek pH değerleri ise normal bir sonuçtur, ancak göldeki derinliğe bağlı olarak basıncın artması ile söz konusu CO₂ kaybı azalır ve pH değerleri bazikten asidiğe doğru geçiş yapar. Ayrıca gölün kuzeyinde geniş yayılım gösteren alglerin gündüz CO₂ tüketiminin gölün kuzeyinde pH artışına neden olduğu söylenebilir.

Göller etrafındaki jeolojik birimler ve göllerin pH değerleri arasında basit bir genelleme yapacak olursak; andezit, trakit v.b. gibi çevre litolojisi magmatik kayalardan oluşan göller düşük tampon kapasitesine sahip göllerdir düşük alkalinite ve pH değerleri ile hemen farklılık gösterirler.

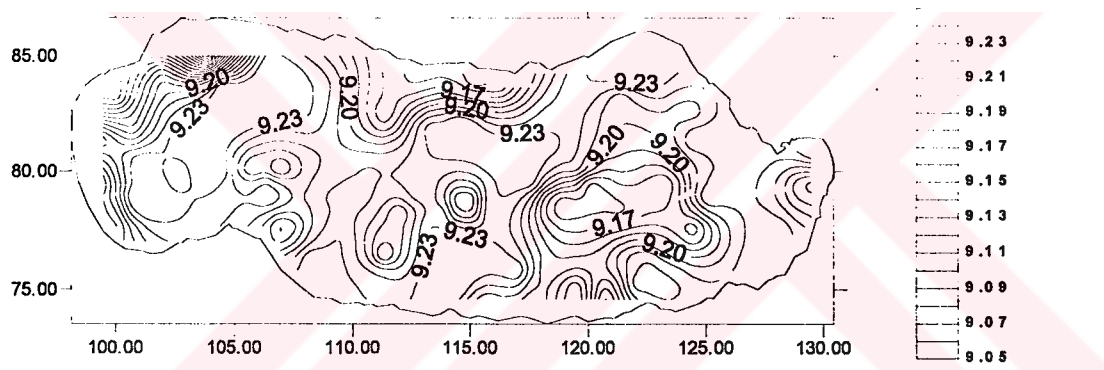
Çevre litolojisi çamurtaşı, kumtaşı, şeyl, çakıl, konglomera, aglomera, slate, fillit ve şisten oluşan göller ise magmatik kayalarla karbonatlı kayalar arasında tampon kapasitesine sahiptirler, ve geniş aralıkta alkalinite ve pH değerleri ile temsil edilirler. Metamorfize kireçtaşları yakınında çakıl, kum, kil, kireçtaşı ve aluvyon zonları arasında yer alan göllerde ise alkalinite 1,0 meq/l' den daha yüksektir ve bu göller hafif baziktirler (pH 7- 9 arası).

Bütün bu genellemelerin söz konusu birimlerin bir göl etrafında sadece bu şekilde gruplanması halinde geçerli olduğunu söyleyebiliriz. İznik Gölü'nün büyüklüğünden ve çevre jeolojisinin zenginliğinden dolayı yukarıda genellemesi yapılan grupların hepsini temsil eden bir veya birkaç litolojik birim göl çevresinde yer almaktadır. Ancak İznik Gölü sahip olduğu ortalama yüksek pH değeri ile etrafındaki geniş aluvyon düzlükleri ve kuzeyinde yer alan metamorfik kireçtaşı formasyonlarının etkisi altında bir pH dengesine sahiptir diyebiliriz, Gölün güneyinde yer alan magmatik kayaların muhtemel etkisi ise 312 km² lik gölün güney kıyılarında nispeten düşük pH değerleri ile ortaya çıkmış ve bu Kriking yöntemiyle elde edilen dağılım haritalarında tespit edilmiştir (Şekil 5.7 - 5.8).

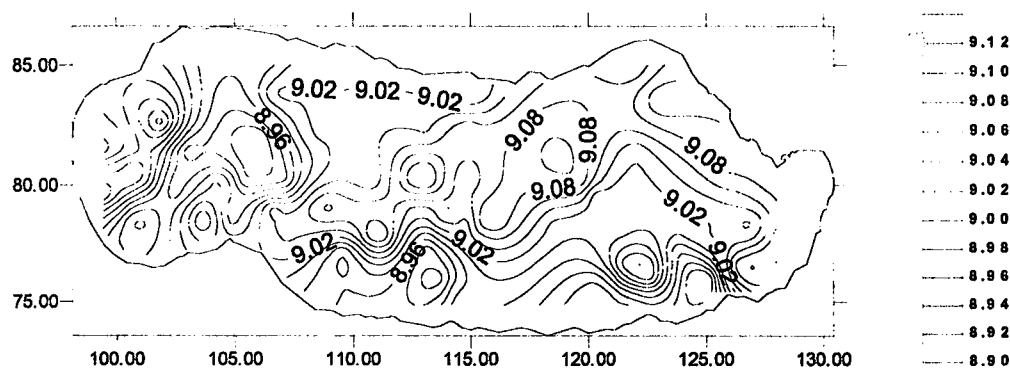
Tablo 5.2. İznik Gölünde farklı derinliklerde ölçülen pH değerlerinin istatistiksel parametreleri

PH	Yüzey	20 m	40 m	60 m	Toplam
Örnek sayısı	84	77	56	6	223
Ortalama	9,20	9,01	8,97	8,92	9,07
Standart sapma	3,57	0,06	6,14	2,99	0.12
Minumum değer	9,05	8,86	8,85	8,88	8,85
Maksimum değer	9,25	9,14	9,07	8,96	9,25

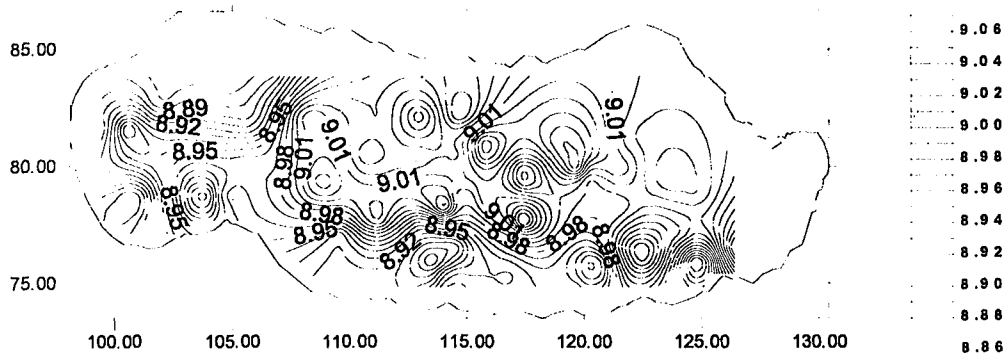
Şekil 5.7 de görüldüğü gibi yüzey suları Orhangazi ve İznik ilçeleri kıyılarında gölün geneline göre biraz daha düşük pH değerleri göstermiştir. Bunu iki kasabanın evsel atıklarının göl suyuna nazaran düşük olan pH değerlerinin yüzey sularına etkisi olarak değerlendirebiliriz.



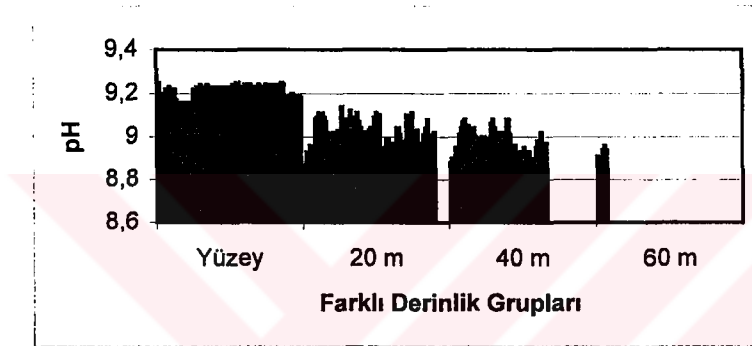
Şekil 5.6. pH değerleri dağılımının Kriking metodu ile gösterimi numune sayısı: 84; numunelerin alındığı derinlik: Yüzey



Şekil 5.7 p H değerleri dağılımının Kriking metodu ile gösterimi; numune sayısı: 77; numunelerin alındığı derinlik: 20 metre

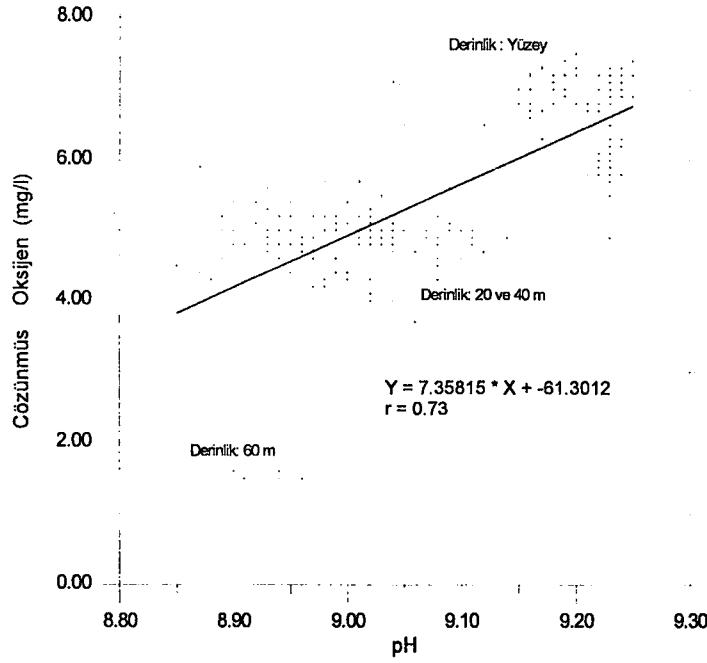


Şekil 5.8 pH değerleri dağılımının Kriking metodu ile gösterimi; numune sayısı: 56 numunelerin alındığı derinlik: 40 metre

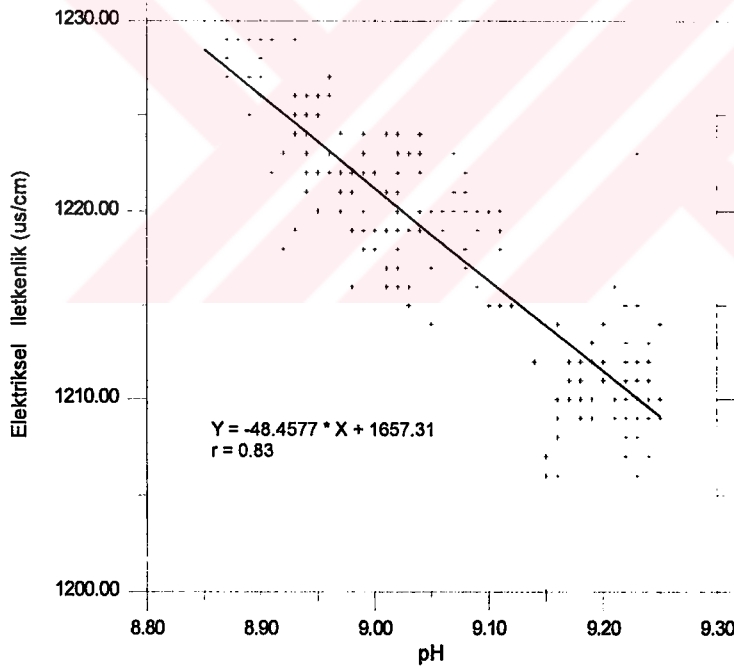


Şekil 5.9 İznik Gölü'nde farklı derinlik gruplarına bağlı pH değişimi.

Şekil 5.7' de 20 m. derinlikte gölün güney kıyıları boyunca E.İ ve Erimiş Oksijen dağılımında olduğu gibi pH değerlerinde de belirgin bir farklılık hemen göze çarpmaktadır. Gölün 40 ve 60 m derinlerinde ise göllerin hipolimnion (en derin) kısımlarının genel özelliği olan düşük pH değerleri İznik Gölü'nde de kendini göstermiştir. Şekil 5.8' de 40 m derinlikteki pH değerleri de göl güneyinde azalan pH değerleri ile tespit edilmiş olup bu metrelerde özellikle gölün kuzeybatı kesimlerinde de düşük değerler izlenmiştir. Gölün batı ve kuzey batısı su bitkilerince oldukça zengindir 20 ve 40 m. derinlikte görülen düşük pH değerleri bu su bitkilerinin çürümeleri sonucu ortaya çıkan humik asitlerin etkisine bağlanabilir. İznik Gölü'nde pH değerleri çözünmüş oksijen (mg/l) değerleri ile karşılaştırıldıklarında korelasyon katsayısı $r = 0.73$ olan gibi yüksek bir ilişki tespit edilmiştir. Bu korelasyon gölde oksijen değerlerinin Yüzey, 20-40 ve 60 metrelerde farklı değer grupları oluşturmasına rağmen yüksek pH değerlerine karşılık gelen yüksek oksijen değerleri ile ortaya çıkmıştır (Şekil 5.10).



Şekil 5.10 pH ve çözünmüş oksijen (mg/l) arasındaki ilişki



Şekil 5.11 pH ve elektriksel iletkenlik (µs/cm) arasındaki ilişki

Fiziksel parametrelerden elektriksel iletkenlik ile pH arasında $r = (-) 0.83$ korelasyon katsayısı ile oldukça yüksek negatif bir ilişki tespit edilmiştir. Bu ilişki İznik Gölü'nde Elektriksel iletkenlik değerlerindeki artışa karşılık gelen pH ın bazikten aside geçişinde derinliğe bağlı olarak karakteristik olan CO_2 miktarı artışı ile güçlü asit kökleri olan Cl^- ve SO_4^{2-} konsantrasyonlarındaki değişimlere bağlanabilir (Şekil

5.11). İznik Gölünde yüzey, 20, 40 ve 60 metre derinlikten yerinde ölçüm sonucu elde edilen 223 pH değeri ölçüm yapılan noktaların koordinat değerleri ile birlikte ekler kısmında EK A, Tablo A1 'de verilmiştir.

5.1.3 Elektriksel iletkenlik

İznik Göl sularında çözünmüş madde miktarının elektriksel ifadesi olan elektriksel iletkenlik E.İ. ($\mu\text{s}/\text{cm}$) değerleri , 1995 yılının Ağustos ayında; başta yüzey su örnekleri olmak üzere, 20m, 40m ve birkaç noktada da 60 m derinlikten bu gölde ilk defa kullanılan özel kablolu 0- 1999 ($\mu\text{s}/\text{cm}$) aralığında ve (-)5 , (+)50 $^{\circ}\text{C}$ 'ler arasında ölçüm yapabilen WTW LF 92 modeli portatif cihaz yardımıyla yerinde yapılan ölçümlerle tespit edilmiştir. Söz konusu değerler Kriking metoduna uygulanarak yüzey, 20 ve 40 metrelerdeki Eİ ($\mu\text{s}/\text{cm}$) değerlerinin göl içindeki dağılımları ortaya çıkarılmıştır (Şekil 5.13- 5.15).

Bütün bu derinlik değerlerine genel olarak baktığımızda yüzey suları düşük Eİ değerleri ile hemen göze çarpmaktadır. 20 ve 40 metrelerde ise hemen hemen birbirine yakın değerler elde edilmiştir (Şekil 5.12). Derinlik artışına bağlı Eİ değerleri artışını göl suyunda bulunan anyon ve katyonların dışında suyun sahip olduğu askıda katı madde miktarına bağlamak mümkündür. Gölde yerinde yapılan askıda katı madde ölçümlerinin derinliğe bağlı artışı, askıda katı madde miktarı ile genel olarak E.İ. değerleri dağılımı arasında doğrudan bir ilişki olduğu gerçeğini de ortaya çıkarmıştır.

Şekil 5.15 de görüldüğü gibi yüzey sularında E.İ. değerlerinin dağılımı hususunda kuzey- güney veya doğu-batı şeklinde belirgin bir ayrım yapmak mümkün değildir çünkü ne gölün kuzey bölgesinden tarımsal faaliyetler sonucunda suya karışan organik maddelerin ne de göle kıyısı olan Orhangazi ve İznik ilçelerinin evsel atıklarının göl yüzeyinde toplam çözünmüş madde miktarına belirgin bir etkisinden söz etmek mümkün değildir.

Bunda İznik Gölü'nün 350 km^2 lik yüzey alanının ve yüksek ortalama derinlik değerinin ve gölün sahip olduğu hacmin etkisi olduğunu söyleyebiliriz. İznik Gölü'nde 20m ve 40 m. deki E.İ. dağılımını Şekil 5.14 ve 5.15 yardımıyla ele aldığımızda ise Oksijen dağılımına paralel bir şekilde gölün güney kısmında birbirine

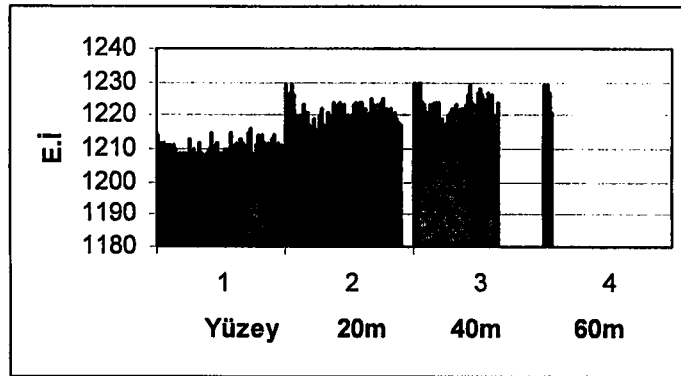
komşu yaklaşık 20 şer km² lik üç bölgede ve kuzey doğuda yüksek E.İ. değerleri hemen dikkat çekmektedir.

İznik Gölü'nün güney kıyılarına yakın noktalardaki özellikle 20 metreden sonra başlayan yüksek anomalileri sadece o bölge kaynaklı askıda katı madde miktarlarındaki düşey artışlara bağlı olduğu şeklinde yorumlamak; gölün güney kısmının su bitkileri ve bunların organik artıkları bakımından fakir olduğu gerçeğini gözönünde tuttuğumuzda zayıf kalmaktadır.

Bu nedenle gölün güney kıyılarının, göl içinde en derin noktaların birleşmesiyle oluşan fay hattına yakınlığını gözardı etmeden, olayı söz konusu bu derin ve nispeten daha durgun su kolonunda göl içindeki mevcut akıntılar yardımıyla gelip toplanan askıda katı maddelere bağlamak daha sağlıklı bir yorumlama olarak görülmektedir.

Göl'ün kuzey kısımlarında 40 m derinlikte yüksek E.İ. değerlerine sahip bir kaç çanağı ise bu bölgede mevcut yoğun su bitkilerinin organik artıklarının göl içindeki akıntılar yardımıyla oluşan toplanma noktaları olarak değerlendirilebiliriz. Göl suyu yılın büyük bir dönemi boyunca göl havzasındaki yağışlar, yüzeysel akıntılar ve yeraltı su tablasının göle doğru bir akış rejimi (DSİ, 1974) nedeniyle belirli bir dengeye gelmektedir .

İznik Gölünde yüzey, 20, 40 ve 60 metre derinlikten yerinde ölçüm sonucu elde edilen 223 elektriksel iletkenlik değeri ölçüm yapılan noktaların koordinat değerleri ile birlikte ekler kısmında EK A, Tablo A1 'de verilmiştir.

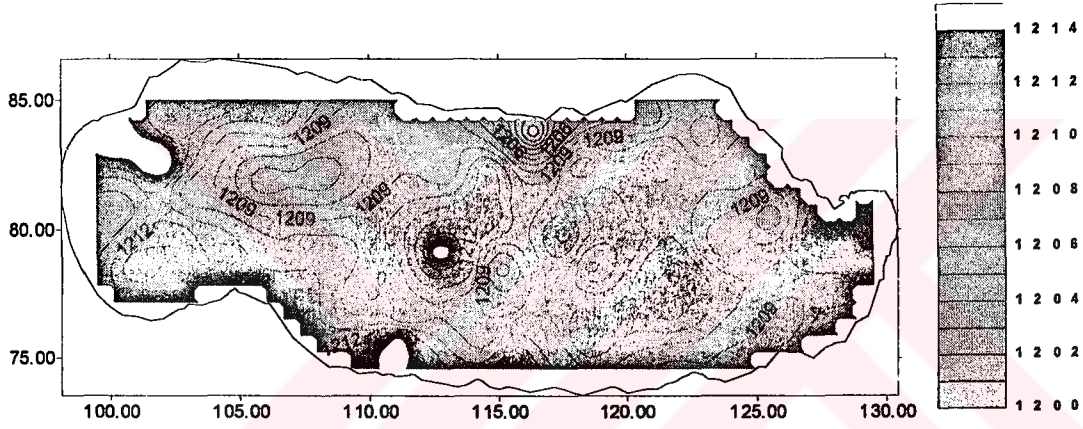


Şekil 5.12 E.İ. değerlerinin yüzey ve derinliğe bağlı dağılımı.

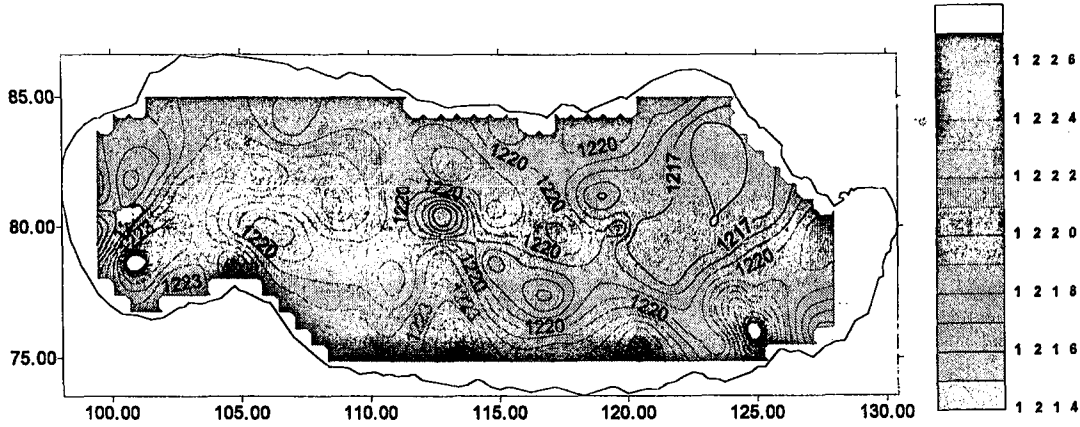
Analitik sonuçlara ait temel istatistiksel parametreler Tablo 5.3’de verilmiştir. İznik Gölü’nde elektriksel iletkenlik ve toplam çözünmüş madde miktarları arasında $r = 0.54$ ’lük bir korelasyon gerçekleşmiştir (Şekil (5.16).

Tablo 5.3 İznik Gölünde farklı derinliklerde ölçülen Elektriksel İletkenlik ($\mu\text{s}/\text{cm}$) değerlerinin istatistiksel parametreleri

E.İ ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	Yüzey	20 m	40 m	60 m	Toplam
Örnek sayısı	84	77	56	6	223
Ortalama	1210	1220	1222	1226	1217
Standart sapma	2,46	3,32	3,39	3,71	6,41
Minumum değer	1200	1212	1216	1221	1200
Maksimum değer	1216	1229	1230	1229	1230



Şekil 5.13 İletkenlik ($\mu\text{s}/\text{cm}$) değerlerinin dağılımının Kriking metodu ile gösterimi. numune sayısı: 84 numunelerin alındığı derinlik: yüzey



Şekil 5.14 İletkenlik ($\mu\text{s}/\text{cm}$) değerlerinin dağılımının Kriking metodu ile gösterimi. numune sayısı: 77 numunelerin alındığı derinlik: 20 m.

Şekil 5.15. İletkenlik ($\mu\text{s}/\text{cm}$) değerlerinin dağılımının Kriking metodu ile gösterimi. numune sayısı: 56 numunelerin alındığı derinlik: 40 m.

Şekil 5.16 Elektriksel iletkenlik ($\mu\text{s}/\text{cm}$) ve toplam çözünmüş madde ilişkisi.

5.1.4 Çözünmüş Oksijen

Hayat için vazgeçilmez olan oksijen organik maddelerin temelini oluşturan beş elementten biridir (O,H,C,N,S), bu elementler diğer elementlerin göçünü çökmesini ve çözünürlüklerini denetleyen başlıca etkenlerden redoks ile pH koşullarını belirlerler. Suyun kendisi dışında oksijen, göllerin en temel parametrelerindendir. Suda çözülmüş oksijenin aerobik solunuma sahip, suda yaşayan bütün metabolizmalar için önemi çok büyüktür. Bu nedenle oksijenin

kendine özgü çözünebilirliği ve özellikle göllerdeki dağılımının dinamikliği sudaki canlıların fiziksel gelişiminin hareket ve davranışlarının anlaşılmasında temel teşkil eder. Çözünmüş oksijenin kaynağını atmosfer, fotosentez olayı ve oksijenin hidromekanik dağılımı teşkil eder. Dünyada yeşil bitkilerin ürettiği oksijenin % 88.7'si su bitkilerine aittir. Bir çok inorganik besleyicilerin oksijen etkisi ile kuvvetli bir şekilde çözülmesi oksijen dağılımının bir sonucudur. İznik Gölü kuzeyi tamamen yarı batık, yaprakları su üstünde yüzen ve su altı su bitkileri ile kaplıdır. Yüzeydeki oksijen değerlerinin gölün kuzey bölgesinde düşük çıkmasının nedeni bu bitkilerin gündüz ürettikleri oksijeni bütün gece boyunca tüketmesi sonucudur. İznik Gölü'nde hakim rüzgar yönü olan ve genelde öğleden sonra esmeye başlayan kuvvetli poyraz nedeni ile örnekleme çalışmalarının sabahın erken saatlerinde göl henüz durgunken yapılması bu tür bir sonucun sağlıklı bir şekilde ortaya çıkmasına sebep olmuştur.

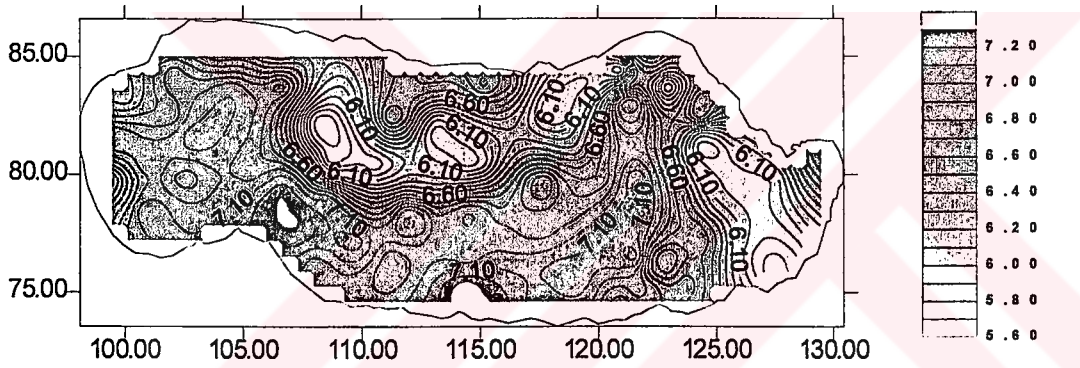
Böylelikle gölde şu anda mevcut su bitkilerinin dağılımının erimiş oksijen dağılımına etkileri açık bir şekilde ortaya çıkmıştır. İznik gölünde ilk olarak tarafımızdan kullanılan portatif mikroprosesörlü 0.0 mg/l ile 60 mg/l aralığında hassasiyete sahip, 800 ile 1080 mbar arasında atmosferik basınç düzenlemeli, DIN 38408-G22 standardında, 100 m. lik özel kablosu ile yerinde ölçüm yapabilen WTW OXI 96 oksimetre cihazı ile farklı derinliklerdeki erimiş oksijen (mg/l) miktarları tespit edilmiştir (Şekil 5.17). Farklı derinliklerdeki çözünmüş oksijen mg/l değerlerinin dağılımını Kriking yöntemi ile gösteren grafikler Şekil 5.18 -5.20 de , temel istatistiksel parametreleri ise Tablo 5.4 de verilmiştir . Şekil 5.18 de görüldüğü gibi İznik Gölü'nde Ağustos ayında yüzeyde oksijen dağılımı 5.60 ile 7.20 (mg/l) arasında değişmektedir. Özellikle İznik ilçesinin yer aldığı doğu kesimi ve kuzeye yakın derinliği 25-35 m arasında değişen ardışık birkaç bölgede yüzey sularında düşük oksijen değerleri tespit edilmiştir. Göl suyunun kalitesini olumsuz etkileyen besleyici tuzlar ile anyon ve katyonlar su sıcaklığının artış gösterdiği dönemlerde aşırı fitoplankton çoğalmasına, geceleri ise sürekli oksijen tüketiminden dolayı oksijen konsantrasyonunu olumsuz etkilemektedir., bu dönemlerde kaya balığı ölümlerine bile rastlanmıştır (Albay, 1996).

Su örneklerinde, yerinde ölçülen erimiş oksijen miktarları, fay topografyasının bir sonucu olarak çevresi dik yamaçlarla çevrili ve su bitkileri açısından fakir olan gölün güney bölgesinde, kuzey bölgesine nazaran daha yüksek değerler göstermiştir.

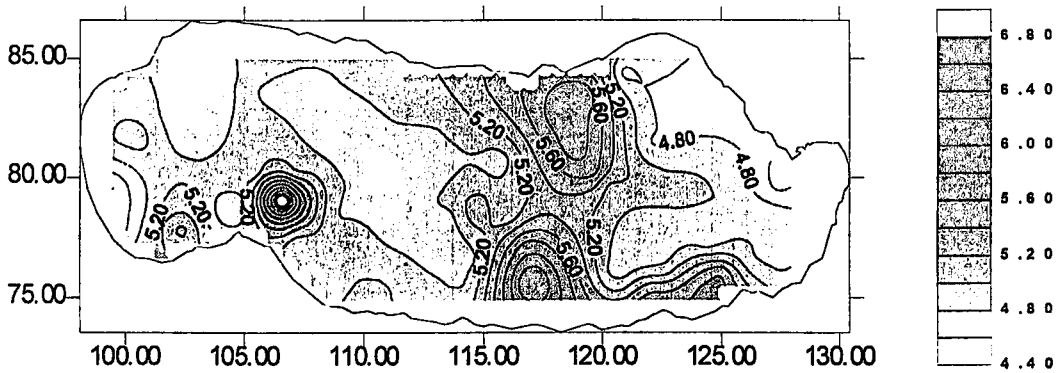
Gölün güney bölgesinin, günün büyük bir kısmında etkili olan poyraz rüzgarının yarattığı akıntı ve dalga gibi su hareketleri nedeniyle sürekli çalkantıda olmasının da bunun üzerinde ilave bir etkisinin olabileceğini göz önünde tutmak gerekmektedir.



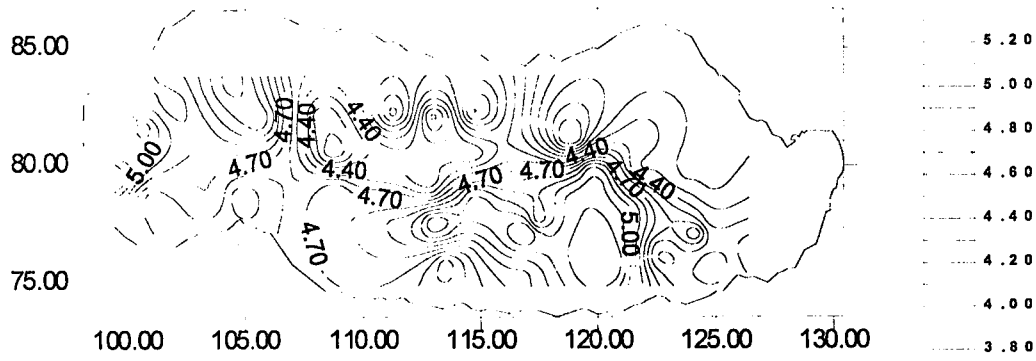
Şekil 5.17 Portatif oksimetre cihazının gölde kullanımı



Şekil 5.18 Yüzey su örneklerin çözünmüş oksijen (mg/Lt) değerleri dağılımının Kriking metodu ile gösterimi, numune sayısı: 84 .



Şekil 5.19 Çözünmüş oksijen (mg/Lt) değerleri dağılımının Kriking metodu ile gösterim numune sayısı: 77 numunelerin alındığı derinlik: 20m.



Şekil 5.20 Çözünmüş oksijen (mg/l) değerleri dağılımının Kriking metodu ile gösterimi numune sayısı: 56 numunelerin alındığı derinlik: 40 m.

Göldeki su bitkilerinin dağılımı güneydeki fay topografyası etkisi ile oluşan dik yamaçlar dışındaki bölgelerde homojen değildir. Bunun en belirgin nedenlerinden biri olarak; kuzeydeki geniş alüvyonlarda tarımsal faaliyetler sırasında yapılan gübreleme işlemleri sonucunda göl suyuna yüzeysel sular ve yeraltı suları yardımıyla karışan organik maddelerin bir çok su bitkisine ek bir besin kaynağı (nutridant) oluşturması ve bu bitkilerin popülasyonunu etkilemesi gösterilebilir.

Tablo 5.4 İznik Gölü'nde farklı derinliklerde ölçülen Çözünmüş Oksijen (mg/l) değerlerinin istatistiksel parametreleri.

Ç.O. (mg/l)	Yüzey	20 m	40 m	60 m	Toplam
Örnek sayısı	84	77	56	6	223
Ortalama	6.4	5.15	4.7	1.53	5.49
Standart sapma	0.51	0.41	0.40	5.16E-2	1.17
Minimum değer	5.5	4.5	3.70	1.5	1.5
Maksimum değer	7.5	7.09	5.40	1.6	7.5

Oksijenin çözünürlülüğü nonlineer olarak sıcaklıktan etkilenir ve çözünürlülük dikkate değer bir şekilde soğuk suda artar. İznik Gölü'nde derinliğe bağlı sıcaklık düşmesine karşılık 20 ve 40 metrelerde oksijen değerleri sırası ile ortalama 5.15 ve 4.7 mg/l değerlerini korumuş fakat gölün en derin hippolimnion zonunda sıcaklık 8 °C olmasına rağmen ortalama 1.53 mg/l değerine düşmüştür.

İznik Gölü'nde yaz aylarında göl yüzeyi ile 20 metre derinlik arasında yaklaşık 12-13 °C'lık sıcaklık farkı (Tablo 5.5) söz konusudur. Bu sıcaklık farkının etkisiyle bir su tabakalanmasının varlığı erimiş oksijen değerlerinin hemen hemen homojen bir şekilde bu metrede yayılım göstermesinden ortaya çıkmaktadır. Ayrıca 20 metre

derinlikte yine gölün güney bölgesine daha yakın noktalarda Göllüce ve Narlıca köyleri açıklarında derinliğe rağmen göreceli olarak yüksek oksijen değerleri tespit edilmiştir (Şekil 5.19).

Sıcaklığın 20 m derinliğe göre ortalama 2.5 °C değişim gösterdiği 40 metre derinlikte erimiş oksijen değerleri genelde azalma eğilimine girerken bu derinlik için en yüksek değerler 20 metre derinlikte olduğu gibi yine gölün güneyinde Narlıca ve Göllüce açıklarında izlenmiştir Şekil 5.20.

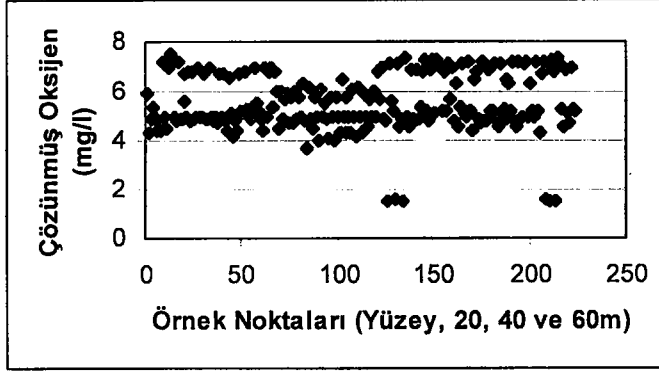
Tablo 5.5 56 nolu noktada derinliğe bağlı olarak çözünmüş oksijen ve sıcaklık °C değişimi.

Önek Nokta: 56		Su Kolonu derinliği :67 m
Derinlik	Çözünmüş Oksijen (mg/l)	Sıcaklık °C
Yüzey	7.1	25.1
20 m	5.6	11.2
40 m	5.2	8.9
60 m	1.6	8.1

Bu bize balıkçılar arasında söylenti halinde olan ve gölün bu bölgesinde zaman zaman görülen su kabarcıkları nedeniyle var olduğunu düşünebileceğimiz su kaynağının mevcut olabilme ihtimali üzerinde bir ışık tutmuştur. Bunu destekleyen parametrelerden biri tabiki yine gölün güneyinden geçen fay zonudur.

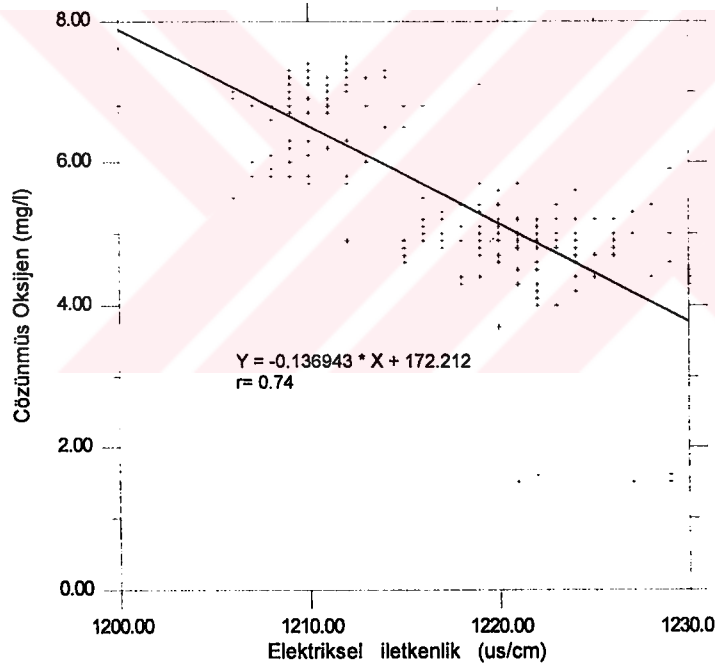
Söz konusu kaynağın bir ana fay zonu boyunca mı yoksa bütün göl etrafında göle doğru olan yer altı su tablasının bu bölgede gölü daha fazla beslemesine mi bağlı olduğunu kesin olarak söylemek mümkün değildir. Şayet böyle bir kaynak varsa bu kaynağın oksijen içeriğinin gölün bahis konusu derinlikteki oksijen değerinden yüksek olduğunu ifade etmek ise yanlış olmaz.

İznik Gölü'nde farklı derinliklerde 223 noktaya ait çözünmüş oksijen mg/l değerlerinin dağılımı Şekil 5.21'de verilmiştir. Yerinde oksijen okumaları sırasında altı noktadan da 60 m derinlikte oksijen ölçümü gerçekleştirilmiştir. Bu değerler 1.5, 1.6, 1.5, 1.6, 1.5 ve 1.5 olup bunların ortalama değerleri 1.53'tür. Bu İznik Gölü'nde tamamen oksijensiz bir hipolimnion tabakasının mevcut olmadığını göstermektedir.



Şekil 5.21 Farklı derinliklerden yerinde tespit edilen Çözünmüş Oksijen (mg/l) değerlerinin dağılımı.

Gölde çözünmüş oksijen (mg/l) ve elektriksel iletkenlik ($\mu\text{s}/\text{cm}$) arasındaki ilişki $r = (-) 0.74$ gibi yüksek bir korelasyon katsayısı ile yüksek oksijen değerlerine karşılık gelen düşük iletkenlik değerleri şeklinde gerçekleşmiştir (Şekil 5.22).



Şekil 5.22 Çözünmüş Oksijen (mg/l) ve Elektriksel İletkenlik ($\mu\text{s}/\text{cm}$) İlişkisi

Kuzeyde 40 nolu noktada 40 m. derinlikte 3.7 mg/l gibi 40 m için minimum değere karşılık oksijen miktarının derinliğin artışına paralel olarak 60 m. de daha fazla düşmesi beklenirken bunun gerçekleşmemiş olması İznik Gölü'nde güney kıyılarının 1-2 km açıklarında bir hat üzerinde kaynaklanan oksijen değeri yüksek bir yeraltısu kaynağının varlığından ilk olarak bilimsel verilere dayanarak söz etmemizi

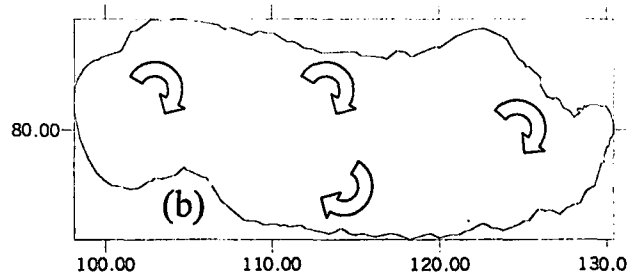
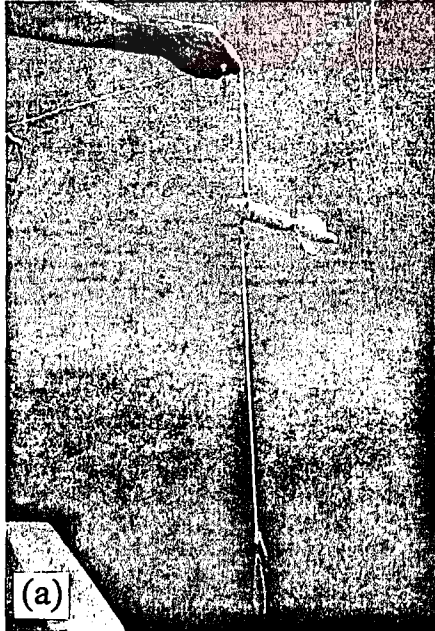
gerektirmektedir. İznik Gölünde yüzey, 20, 40, ve 60 metre derinlikten yerinde ölçüm sonucu elde edilen 223 Erimiş Oksijen (mg/l) değeri ölçüm yapılan noktaların koordinat değerleri ile birlikte ekler kısmında EK A, Tablo A1 'de verilmiştir.

5.1.5 Dip Suları Hareketi ölçümleri

İznik Gölü'nde farklı derinliklerdeki dip akıntı hızlarını ölçmek amacı ile flowmetre cihazı kullanımı ile aynı gün içinde ölçümler yapılmıştır. Ölçümler sırasında gölde hakim rüzgar yönü KD-GB yönünde tespit edilmiş ve İznik Gölü'nde ilk kez ortalama su kütlesi akıntı hızı tespit edilmiştir (Şekil 5.23 a). Gölün Kuzey, Güney, Doğu ve Batısında yapılan birer ölçümle derinlik farkına bağlı olarak akıntı hızında bir değişim olup olmayacağı araştırılmıştır. 10 ve 20 ve 40 metre derinliklerde akıntı hızının elde edilen ortalama ölçüm sonuçları m/saat cinsinden Tablo 5.6 da gösterilmiştir. Elde edilen farklı derinliklerdeki akıntı hızlarına göre gölde derinliğe bağlı olarak su kütlesi hareketinin azaldığı tespit edilmiştir. Hakim rüzgar anında akıntıların genel yönlerinin KD-GB olduğu, Güney sahili boyunca da doğudan batıya doğru geliştiği müşahade edilmiştir (Şekil 5.23 b).

Tablo 5.6. Farklı derinliklerde yapılan dip akıntı hızı ölçümleri

Derinlik	Ölçüm sayısı	Akıntı Hızı
10m	4	40,2 m/saat
20m	4	34.6 m/saat
40m	4	20.7 m/saat



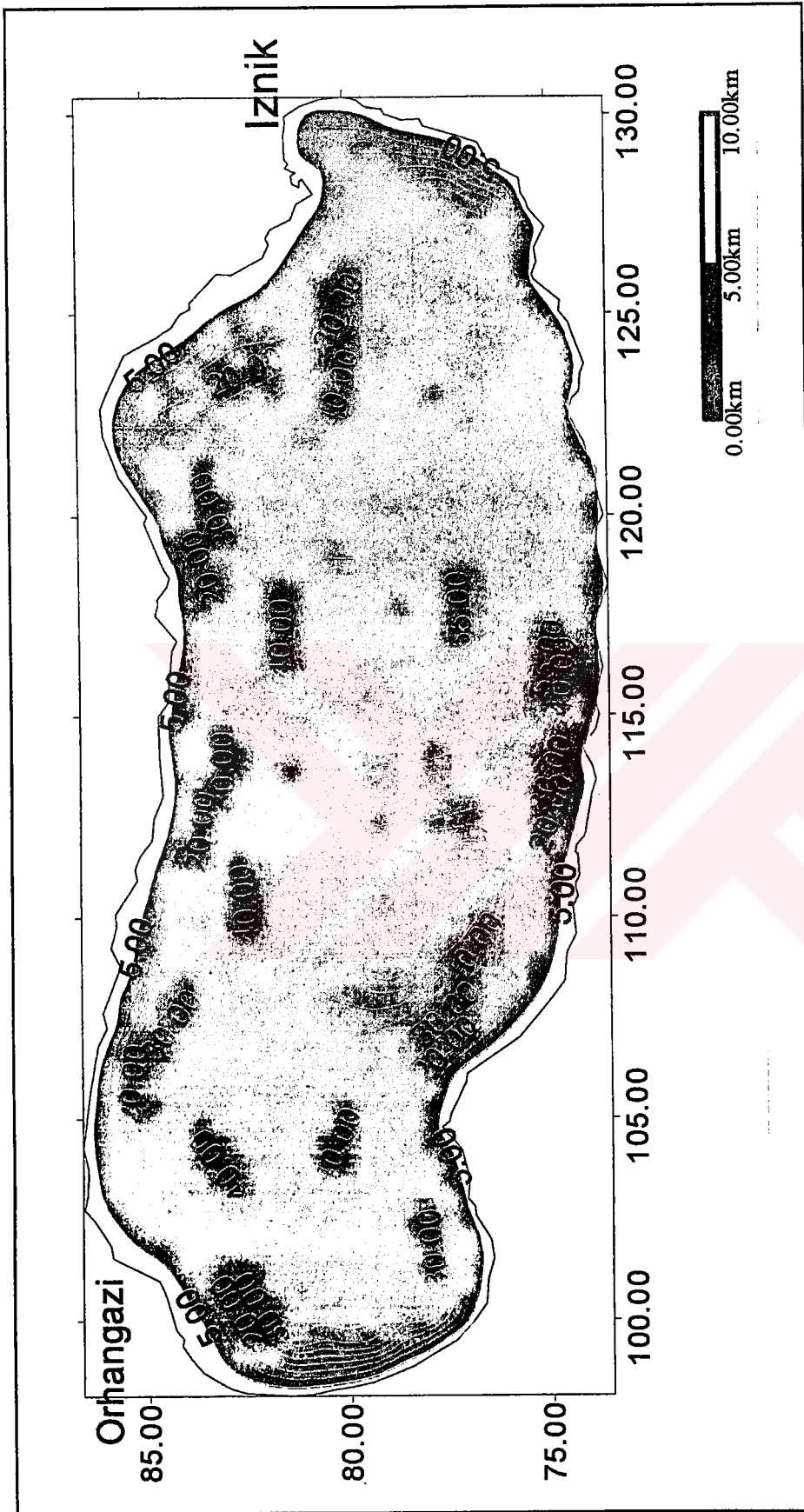
Şekil 5.23 (a) İznik Gölü'nde flowmetre kullanımı (b) akıntı yönleri

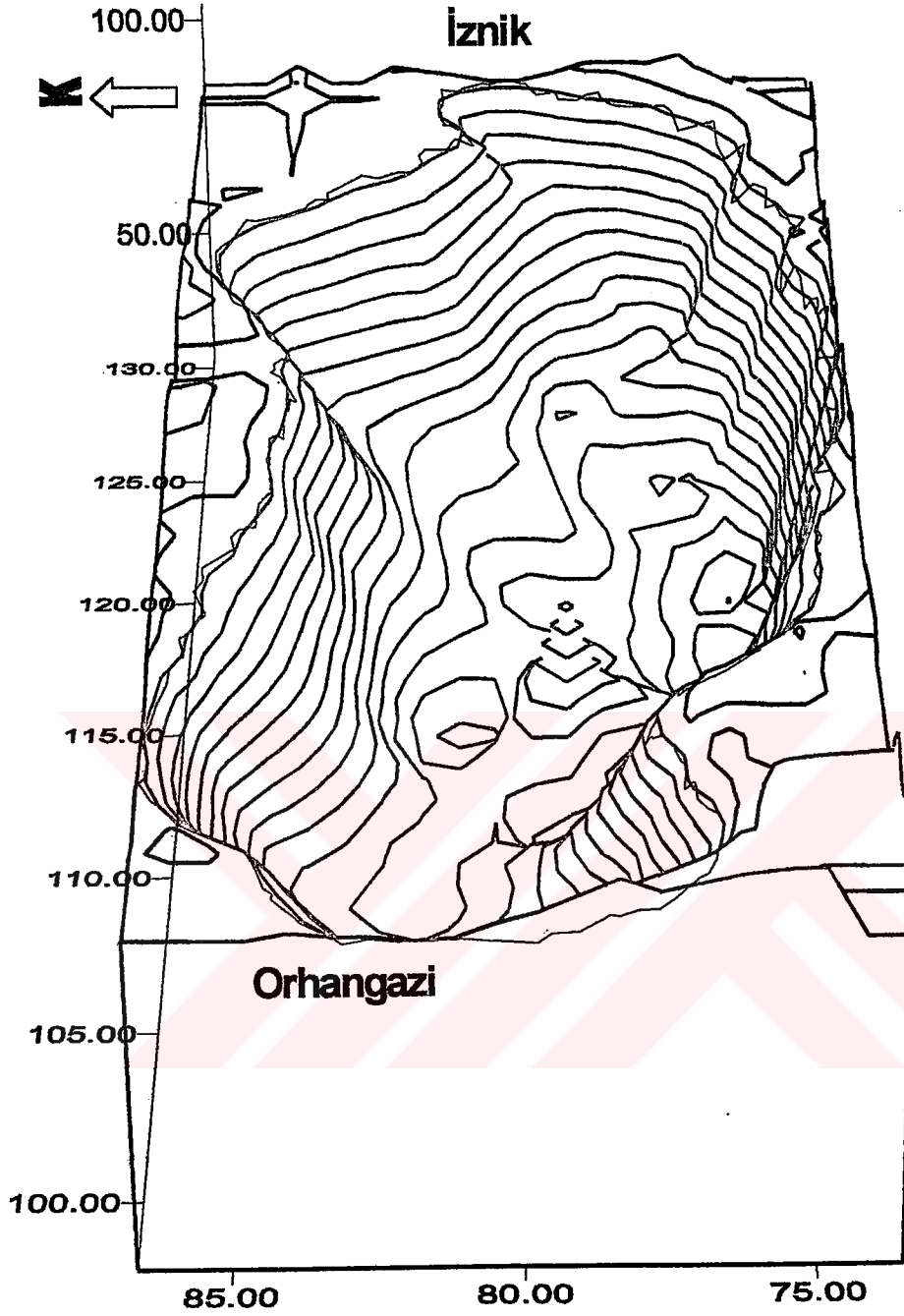
5.1.6 Batimetrik Ölçümler

İznik Gölü'nde literatürde bu güne kadar verilen derinlik değerleri iskandil ölçümlerine dayanarak verilmiş değerlerdir. Gölde ilk olarak tarafımızdan, 100 metre derinliğe kadar hassas ölçüm yapabilen sonar cihazı kullanılarak günümüzün teknolojisine uygun ölçümler gerçekleştirilmiştir (Şekil 5.24). Elde edilen sonuçlarda özellikle 70 m. nin biraz üzerinde verilen en derin nokta değerlerinin derinliğin çok fazla olduğu noktalarda çok sık yapılan ölçümlere rağmen 67 m derinliği geçmediği aradaki farkların iskandil ölçümleri sırasında meydana gelen ip seçimlerine dayandığı tespit edilmiştir. Göl yüzeyine yayılan ve GPS (Global Position System) kullanımı ile tayin edilen 85 adet koordinat noktasında yapılan hassas ölçümlerle Şekil 5.25'deki batimetri haritası elde edilmiştir. Bu haritada gölün merkezinde ortalama 40 metre derinliğe sahip bir çanak belirgin şekilde ortaya çıkmıştır kuzeye doğru yavaş yavaş sığlaşan bu çanak güneyde fay hattına bağlı olarak önce 67 metreye varan değerlerden sonra aniden çok dar bir alanda kıyı kotu olan denizden 85 m yüksekliğine ulaşmaktadır. Böylelikle İznik Gölü'nün güneyinden geçen fay hattının etkisiyle güney kıyıları boyunca yüksek derinlik değerlerine sahip olduğu tespit edilmiş. Elde edilen derinliğe bağlı 3 boyutlu blok diyagram ise Şekil 5.26.'da verilmiştir. Söz konusu derinlik değerleri ve koordinat noktaları Ek B, Tablo B.1 'de verilmiştir.



Şekil 5.24 İznik Gölü'nde sonar kullanılarak yapılan derinlik ölçümleri.





Şekil 5.26 İznik Gölü'nde sonarla yapılan derinlik ölçüleri kullanılarak bilgisayar yardımı ile çizilen üç boyutlu blok diyagram.

Şekil 5.26'da görülen bilgisayar yardımı ile çizilen blok diyagramda gölün güneyinden geçen fayın etkisi göl içine doğru dik bir topografya ile kendini göstermektedir.

5.2 Göl Su Örneklerinde Laboratuvar Çalışmaları

İznik Göl sularında yapılan laboratuvar çalışmaları; suda, anyon ve katyon ile metal analizlerini, askıda katı maddede ağır metal konsantrasyonlarının tespitini ve toplam koli incelemelerini kapsamaktadır.

5.2.1 Sodyum (Na^+)

Yeryüzünde çökelmiş evaporitler ve bazı kayalar içinde bulunan; kimyasal ayrışma sonrası biyolojik devrede kullanılmayan sodyum, hızla yeraltı ve yüzey sularına karışır. Sodyumun başlıca kaynakları, sodyum içeren feldispat, plajiyoklas, nefelin, sodalit, natrolit, jadeit, glokofan ve benzeri sodyum içeren minerallerdir. Sodyumun en önemli özelliği kimyasal iyonik bağ kurarak kolay çözünen tuzları oluşturmastır. Doğal sularda, sodyum miktarı çok değişkendir; yağış sularında ve çok hümid bölgedeki akarsularda sodyum 1mg/l'den az iken, sıcak ve arid iklimlerde bulunan kapalı havzalarda sular 100.000 mg/l ye kadar sodyum içerirler. Sodyumca ve çözülmüş tuzlarca derişik sularda NaCO_3^- , $\text{NaHCO}_3^-(\text{aq})$ ve NaSO_4^- karmaşık iyonları bulunabilir. Buharlaşıma sonucu, göllerde sodyum miktarı, kurak ve sıcak yörelerde, doyma noktasına erişebilir, NaCl veya Na_2SO_4 tuzları çökebilir (Bürküt ve diğ., 1998).

Sodyumca seyreltik suların toplam tuz miktarı 1000 mg/l civarındadır ve sodyum Na^+ şeklinde bulunur. İznik Göl suları da ortalama yaklaşık 1100 mg/l çözülmüş toplam iyon miktarı ve ortalama 220 mg/l Na^+ ile sodyumca seyreltik sular sınıfında yer aldığı söylenebilir. İznik gölünden alınan su örneklerine ait Na^+ (mg/l) analiz sonuçları ekler bölümünde verilmiştir. Tablo 5.7 de ise bu analiz sonuçlarına ait hesaplanmış istatistiksel parametreler yer almaktadır.

Tablo 5.7 Farklı derinlik gruplarına ait Na (mg/l) için hesaplanmış istatistiksel parametreleri.

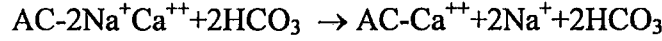
Na (mg/l)	Yüzey	20 m	40 m	60 m
Örnek sayısı	84	77	56	6
Ortalama	218,3	222,7	231,3	242,5
Standart sapma	5,65	5,47	4,81	2,73
Minimum değer	200	205	220	240
Maksimum değer	230	235	240	245

İznik gölü yakın civarında sodyum kaynağı olabilecek sodyum miktarının göldeki dağılımında etkin olabilecek jeolojik birimler üç ana grup altında özetlenebilir; Bunlar; 1- Gölün kuzeyinde yer alan Metamorfik topluluğun üyeleri, bunları kendi içinde 3 gruba ayırabiliriz; a) metamorfik kayalardan tremolit-aktinolit şistlerin, mineral parajenezleri içinde bulunan albit, b) glokofanlı şitler içinde bulunan glokofan, c) mermer ile kalkışistleri oluşturan kalsite eşlik eden albit. 2- Gölün güneydoğusunda , göl suları ile kontakta bulunan ve Eosen yaşlı olduğu kabul edilen volkanizma ürünü andezit-trakit birliği, 3- Gölün güneyindeki bazalt oluşumlarıdır. İznik Gölü'nde Na^+ dahil, analiz yapılan bütün anyon, katyonlar ile organik elementlerin dağılımını ve bu dağılımın göl etrafındaki jeolojik birimlerden hangisine doğru bir yönelim gösterdiğini tespit etmek amacı ile göl yüzeyi, 20 ve 40 metreler ait sodyum analiz sonuçlarına öncelikle Kriking metodu uygulanmış, böylelikle söz konusu bütün parametreler için göl sularındaki konsantrasyon dağılımları ve yönelimleri saptanmıştır. Na^+ (mg/l) değerlerinin söz konusu derinlik seviyeleri için göldeki dağılım değerleri sırası ile Şekil 5.27-5.29 'da gösterilmiştir. Bu dağılım grafiklerine göre Na^+ değerlerinde için ilk belirgin özellik konsantrasyon miktarlarında derinliğe bağlı nispi artışlardır. Bunun dışında her üç derinlik seviyesi için ve 60 m değerleri için gölün güney-güneydoğusun doğru bir artış tespit edilmiştir (Tablo 5.7). Geniş yüzey alanına sahip oldukça büyük bir gölde, gölün güney-güney doğusundaki jeolojik birimlerin, major element iyonlardan Na^+ 'un dağılımı üzerinde etkili olduğu söylenebilir. İznik Göl sularından elde edilen buharlaşma kalıntısında yapılan XRD analizi , buharlaşma kalıntısında oluşan ana mineralin Halit (NaCl) olduğunu göstermiştir. Oluşan mineraller çokluk sırasına göre,

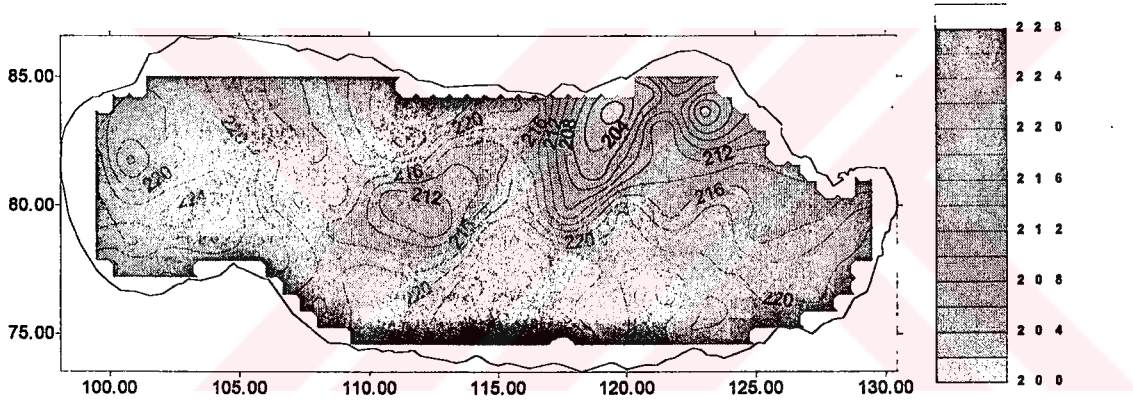
Halit> Huntit> Hidromanyezit' tir .

Suyun sertliğine etkisi olmayan sodyum iyonları içilecek sularda 200 mg/l den fazla bulunursa damar sertliğine, hipertansiyona, beyin ve böbrek fonksiyonlarının bozulmasına neden olur. Bununla birlikte sodyum insan sağlığı için gereklidir, kanın plazmasında ve hücre arası sıvılarda bulunan sodyum iyonları, kan dolaşımının dengelenmesinde önemli bir yer tutar. TS-266'ya göre üst sınırı 125 mg/l'dir. Sodali suların kökeni üzerinde bir çok araştırma yapılmıştır. Bazı araştırmacılar olayı iyon değişimine bağlarken, diğerleri sülfürleşmenin etkinliğini savunmuşlardır.

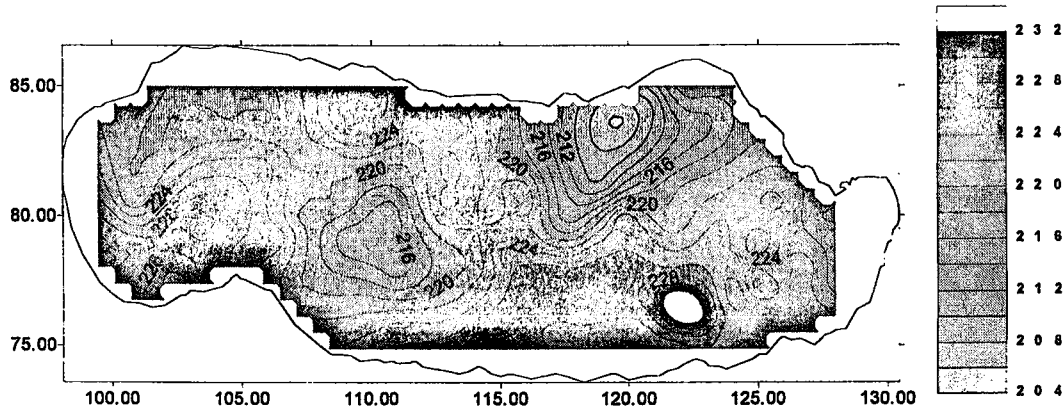
Sodali sularda sodyumu soğuran kolloid karmaşığı boldur. Aşağıdaki reaksiyon kolloid karmaşıklarının (AC) iyon değışimine örnektir,



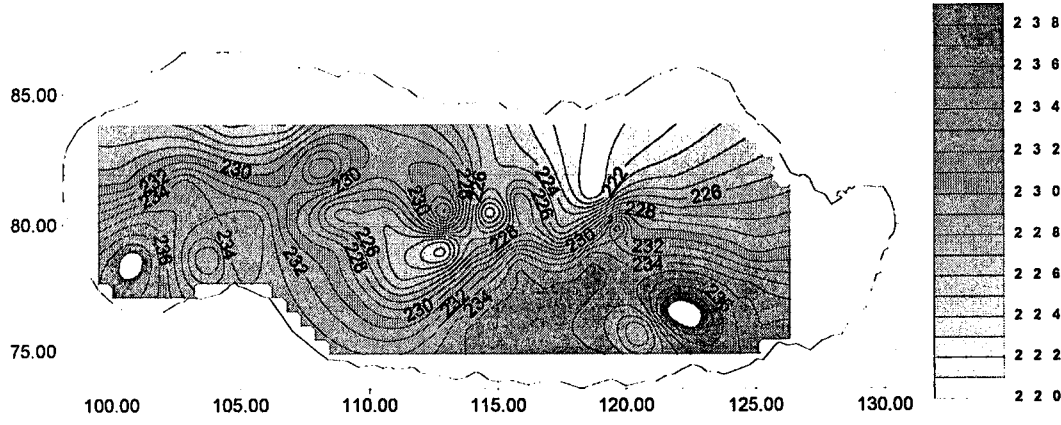
Sodali sular farklı koşullarda oluşabilirler, örneğın sodyum silikatlı arkoz kumlarının bozunumundan gelen sodyum iyonları veya organik maddelerin oksitleşmesi ile ortama katılan HCO_3^{-} iyonları, sodali suları oluşturabilir. Doğal sulardaki major katyonların boyutsal ve zamana bağılı dağılımı ikiye ayrılabilir, Bunlardan birincisi; göl içindeki konsantrasyonları biyotik kullanım yada çevredeki yaşamsal aktivitelerle nispeten değışen konservatif katyonlar. İkincisi ise konsantrasyonları metabolizmaların etkisiyle kuvvetli bir biçimde değışen dinamik iyonlardır. Çok küçük yaşamsal gereklilikleri ve tipik doğal su ortamlarındaki aktiviteleri ile major katyonlardan Na^{+} , Mg^{2+} ve K^{+} nispeten daha konservatiftir.



Şekil 5.27 Na^{+} (mg/l) değıerleri dağılımının Kriking metodu ile gösterimi
numune sayısı: 84; numunelerin alındığı derinlik: Yüzey



Şekil 5.28 Na^{+} (mg/l) değıerleri dağılımının Kriking metodu ile gösterimi;
numune sayısı: 77; numunelerin alındığı derinlik: 20 metre



Şekil 5.29. Na^+ (mg/l) değerleri dağılımının Kriking metodu ile gösterimi; numune sayısı: 56 numunelerin alındığı derinlik: 40 metre

5.2.2 Potasyum (K^+)

Potasyumun farklılığı, doğal sistemdeki değişik fizikokimyasal davranışlardan ileri gelmektedir. Potasyumun silikat ve alüminosilikat minerallerinden suya geçmesi çok zordur. Ancak bu minerallerin potasyumu verme sırası çoktan aza doğru, biyotit, muskovit, nefelin, feldispatlardır. Potasyum iyonları yerinde, bazı kil mineralleri ve bitkiler tarafından güçlü bir şekilde soğrulur.

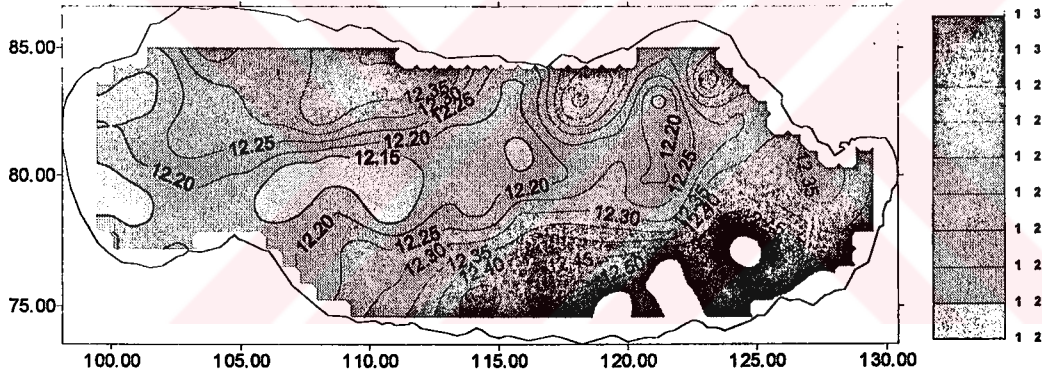
Böylelikle potasyum iyonlarının büyük bir kısmı karalarda tutulurken, çok azı doğal su kaynaklarına ulaşır. Deniz suyu (lagün) dahil buharlaşarak, sırası ile kalsiyum, sodyum, magnezyum, ve potasyum tuzları oluşur. Potasyum tuzlarının çökmesi için genelde havzaların, doğrudan ve dolaylı olarak deniz suyu ile ilişkisinin bulunmaması gerekir. İznik Gölü'nden alınan su örneklerine ait K^+ (mg/l) analiz sonuçları ekler bölümünde verilmiştir.

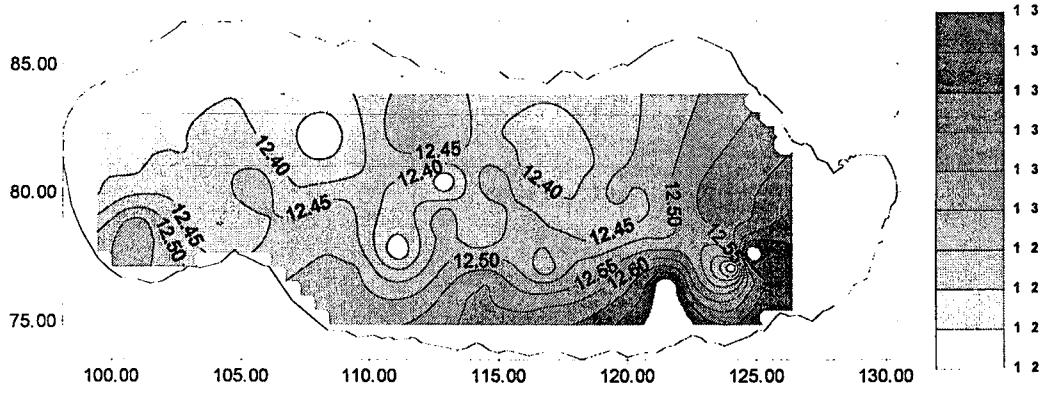
İznik Gölü'nün güneydoğusunda göl ile kontağı alüvyonlarla örtülü olan ve muhtemelen göl tabanının belli kısımlarını teşkil eden Eosen yaşlı volkanizma ürünü olan andezit ve trakitlerin göl sularındaki potasyum iyonu konsantrasyonu üzerinde etkili olduğu söylenebilir. Ayrıca yüksek klark derişim oranı ile gölün kuzeyinde yer alan metamorfik topluluk içindeki kireçtaşları, göldeki K^+ konsantrasyonunu etkileye bilecek parametreler arasında görülmüştür. İznik Gölü'nden alınan su örneklerine ait K^+ (mg/l) analiz sonuçları ekler kısmında verilmiştir. Tablo 5.8 de potasyum iyonlarının farklı derinlikler için hesaplanmış istatistiksel parametreleri yer almaktadır.

Tablo 5.8 Farklı derinlik gruplarına ait K^+ (mg/l) için hesaplanmış istatistiksel parametreleri.

K (mg/l)	Yüzey	20 m	40 m	60 m
Örnek sayısı	84	77	56	6
Ortalama	12,3	12,3	12,4	12,7
Standart sapma	0,13	0,14	0,12	4,02.E-2
Minimum değer	12,1	12,1	12,3	12,6
Maksimum değer	12,6	12,6	12,8	12,8

İznik Göl sularında K^+ (mg/l) analiz sonuçlarına uygulanan kriking yöntemi ile farklı derinlik seviyeleri için göldeki K^+ (mg/l) dağılım değerleri sırası ile Şekil 5.30-5.32 'de gösterilmiştir. Elde edilen grafiklerde K^+ iyonlarının gölde derinliğe bağlı olarak belirgin bir değişiklik göstermediği, güneydoğuya belli bir konsantrasyon artışı ile yönelimin dışında bütün gölde hemen hemen homojen dağıldığı tespit edilmiştir.





Şekil 5.32. K^+ (mg/l) değerleri dağılımının Kriking metodu ile gösterimi; numune sayısı: 56 numunelerin alındığı derinlik: 40 metre

5.2.3 Kalsiyum (Ca^{2+})

Doğal suların başlıca katyonlarından biri olan kalsiyumun çözünürlüğü; suda çözünmüş CO_2 miktarı artışına paralel olarak artar. Suda kalsiyum Ca^{2+} iyonu şeklinde bulunur, ancak kalsiyum, bikarbonat ve sülfat derişimleri yüksek (1000 mg/l den fazla) olan çözeltilerde $CaHCO_3^-$, $CaSO_4(aq)$ karmaşık iyon molekülleri halinde de bulunabilir, İznik Gölü'nden alınan su örneklerine ait Ca^{2+} (mg/l) analiz sonuçları ekler bölümünde. Tablo 5.9 da ise kalsiyum iyonlarının farklı derinlikler için ait hesaplanmış istatistiksel parametreleri yer almaktadır.

Doğal sularda kalsiyumun kaynağını, kalsit, aragonit, dolomit, anhidrit ve jips oluşturur. Diğer önemli kaynaklar magmatik ve metamorfik kayalarda bulunan apatit, vollastonit, flüorit, amfibol, ve piroksen grupları ile bazı feldspatların ayrışması sonucu ortaya çıkan kalsiyum iyonlarıdır. pH artışına bağlı olarak CO_3/HCO_3 oranı büyür ve kalsitin çökmesi gözlenir (Şahinci, 1991).

İznik Gölü'nde de yüksek pH ve yüksek bikarbonat miktarının bir sonucu olarak göl sularında ortalama 6 mg/l Ca^{2+} iyonu bulunması ve dip sedimanlarında kalsite rastlanması bu olayı desteklemektedir. İznik Gölü'nün kuzeyindeki Dereyörük Grubu içinde yer alan ultrabazik kayaların kalsiyumca nispeten zengin olması, ayrıca yine aynı grup içinde gölün özellikle kuzey batısında, metavolkanitler, metasedimanlar ve glokofanlı şistlerle, ilksel ilişkili ve bir cm kalınlığından metrelere varan kalınlığa kadar çeşitli kalınlıklarda ardalanımlı, kalsiyumca zengin karbonat (kalsit) ve kuvars+albit+muskovit parajenezli kalkışistlerin kalsiyum iyonlarının göl içindeki miktar ve dağılımını etkilemesi kaçınılmazdır. Göl'ün güneybatısında yer alan

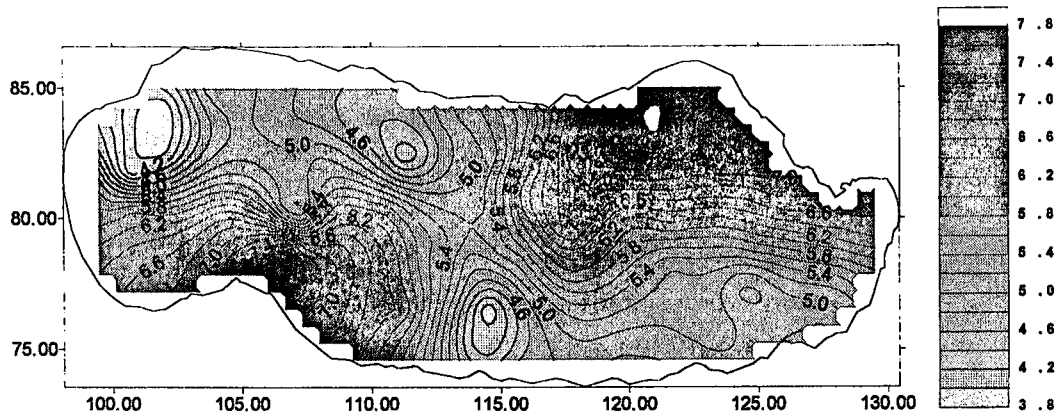
kumtaşı konglomera aralanmasından oluşan ve içinde ekonomik olmayan jips oluşumlarının gözlendiği formasyonun içerdiği CaSO_4 ile göl sularındaki Ca^{2+} iyonlarına muhtemel etkisinden söz edebiliriz. İznik Göl sularında Ca^{2+} (mg/l) analiz sonuçlarına uygulanan Kriking yöntemi ile farklı derinlik seviyeleri için göldeki Ca^{2+} (mg/l) dağılım değerleri sırası ile Şekil 5.33-5.35’ de verilmiştir.

Elde edilen dağılım grafiklerinde Ca^{2+} (mg/l) değerlerinin yukarıda belirtilen jeolojik birimlere doğru çok küçük farklarla da olsa iki yönlü trend göstermesi hayli ilginçtir.

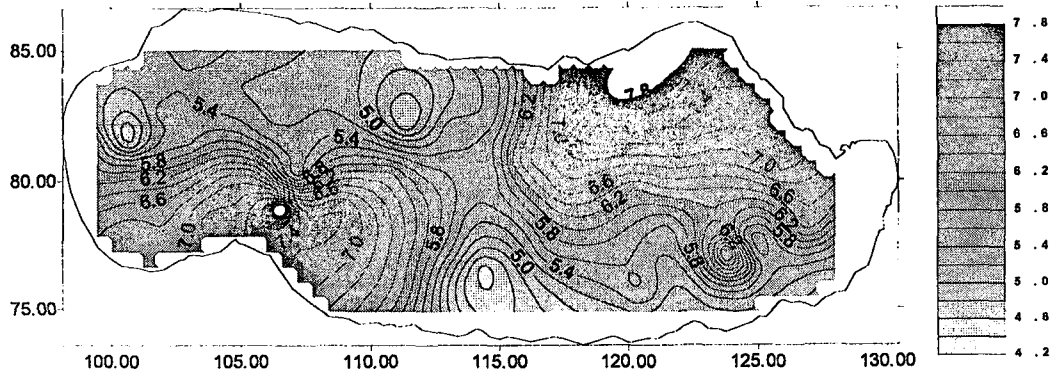
Derinliğe bağlı değişimde K^+ iyonlarına benzer şekilde, Ca^{2+} iyonları içinde farklılaşmanın çok fazla olmadığı genelde gölün çeşitli tabakalarında homojen bir dağılımın varlığı tespit edilmiştir. Tablo 5.9 ’da analiz sonuçlarına ait hesaplanmış istatistiksel parametreler yer almaktadır.

Tablo 5.9 Farklı derinlik gruplarına ait Ca^{2+} (mg/l) için hesaplanmış istatistiksel parametreleri.

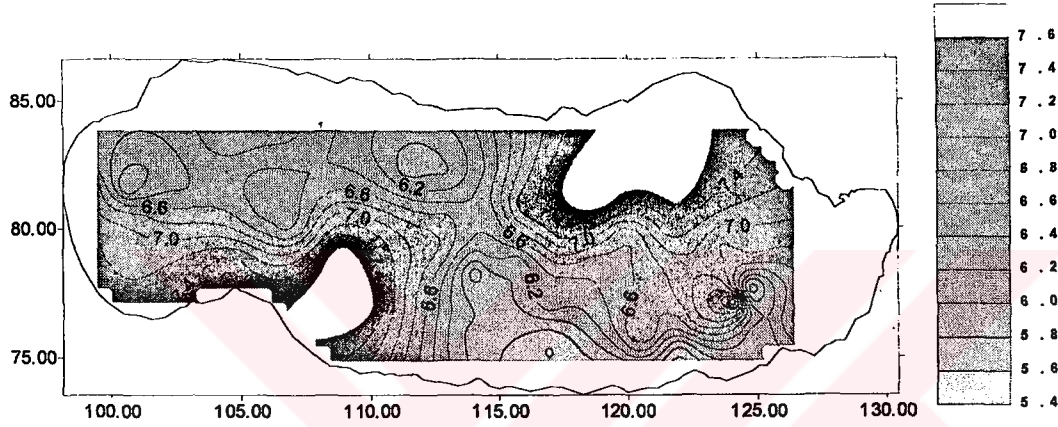
Ca (mg/l)	Yüzey	20 m	40 m	60 m
Örnek sayısı	84	77	56	6
Ortalama	5,72	6,01	6,63	7,21
Standart sapma	1,05	0,93	0,60	0,62
Minimum değer	3,79	4,30	5,5	6,4
Maksimum değer	7,80	7,90	7,80	7,9



Şekil 5.33 Ca^{2+} (mg/l) değerleri dağılımının Kriking metodu ile gösterimi
numune sayısı: 84; numunelerin alındığı derinlik: Yüzey



Şekil 5.34 Ca^{2+} (mg/l) değerleri dağılımının Kriking metodu ile gösterimi;
numune sayısı: 77; numunelerin alındığı derinlik: 20 metre



Şekil 5.35 Ca^{2+} (mg/l) değerleri dağılımının Kriking metodu ile gösterimi;
numune sayısı: 56 numunelerin alındığı derinlik: 40 metre

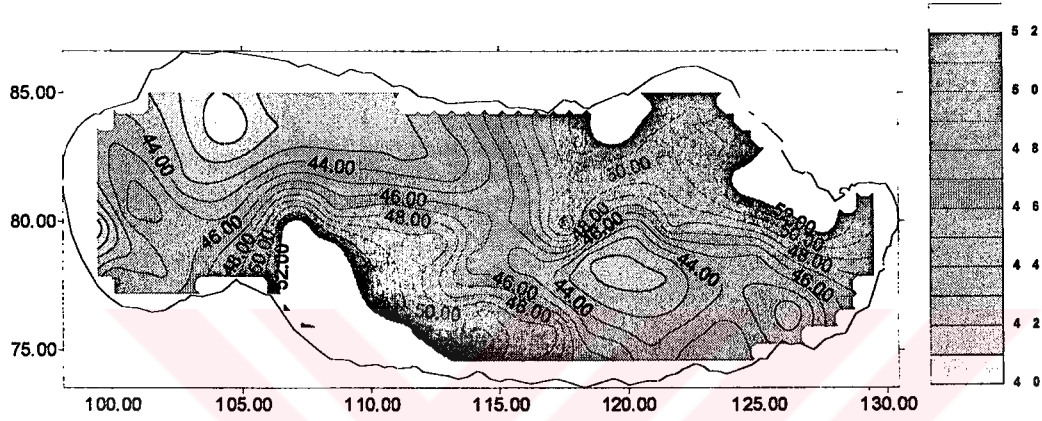
5.2.4 Magnezyum (Mg^{2+})

Magnezyum iyonlarının çapı sodyum ve kalsiyum iyonlarının çaplarından küçük olmasına karşılık, özgül elektriksel yükünün yüksekliği nedeniyle, su molekülleri tarafından hidratlaşması güçlüdür. Magnezyum toprak alkali metallerden de (Ca, Sr, Ba) farklılık gösterirken bir çok hareketli elementin (Na, Cl, K, Br, I) özelliğini taşır. Yapısındaki bu ikilik iyon yarı çapından ($0.66 \text{ \AA}$) kaynaklanmaktadır.

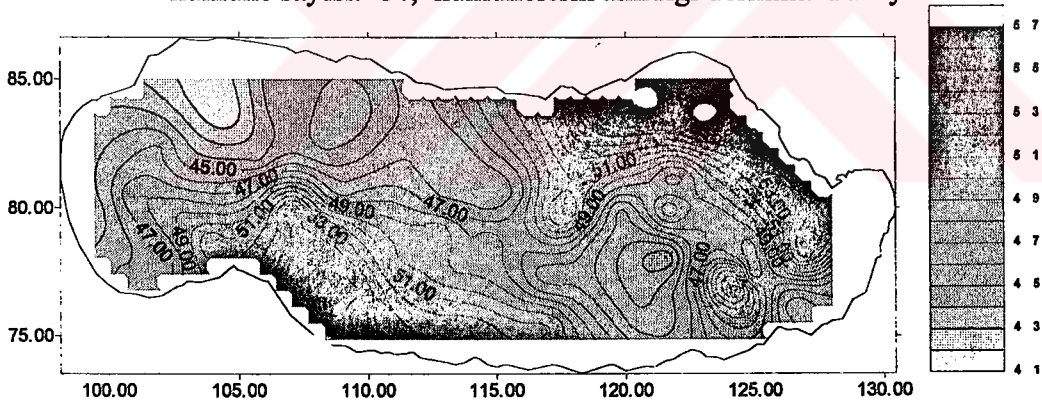
Magnezyum, asidik magma kökenli kayalarda mika ve bir kısım amfibollerde, bazik kayalarda ise olivin ve piroksende bulunur. Bitkilerin çürümesinden ortaya çıkan magnezyum iyonları, kolayca sular tarafından taşınır. Bu nedenle magnezyum kalsiyum gibi asid topraklarda çabuk yıkanır. Toprak, kalsiyum ve magnezyumca fakirleşir.

Tablo 5.10 Farklı derinlik gruplarına ait Mg^{2+} (mg/l) için hesaplanmış istatistiksel parametreleri.

Mg (mg/l)	Yüzey	20 m	40 m	60 m
Örnek sayısı	84	77	56	6
Ortalama	46,8	48,42	51,55	58,1
Standart sapma	3,61	4,06	2,91	0,75
Minimum değer	40	41	45	57
Maksimum değer	53	58	59	59



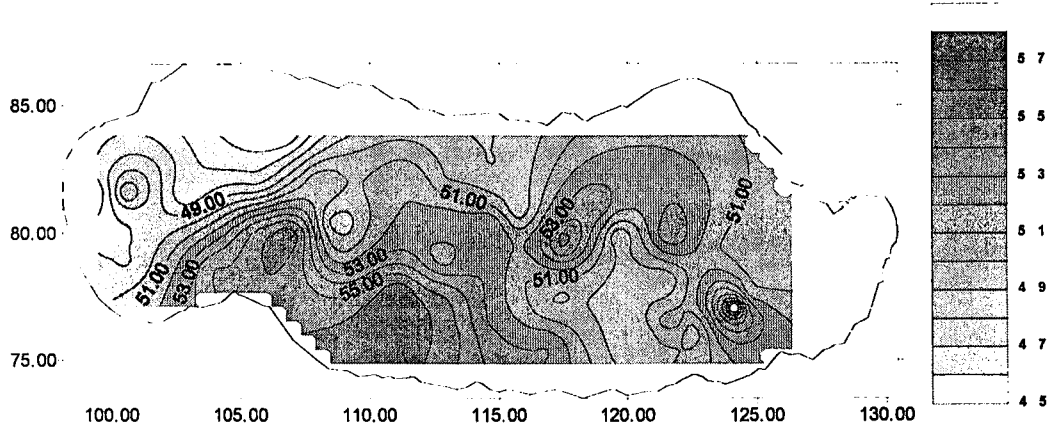
Şekil 5.36 Mg^{2+} (mg/l) değerleri dağılımının Kriking metodu ile gösterimi
numune sayısı: 84; numunelerin alındığı derinlik: Yüzey



Şekil 5.37 Mg^{2+} (mg/l) değerleri dağılımının Kriking metodu ile gösterimi;
numune sayısı: 77; numunelerin alındığı derinlik: 20 metre

İznik Göl sularında Mg^{2+} (mg/l) analiz sonuçlarına uygulanan kriking yöntemi ile farklı derinlik seviyeleri için göldeki Mg^{2+} (mg/l) dağılım değerleri sırası ile Şekil 5.36- 5.38 'de verilmiştir. İznik Gölü'nde Mg^{2+} (mg/l) dağılımının Şekil 5.36 ve 5.37 'de yüzey ve 20 m. derinlikler için belirgin şekilde Ca^{2+} iyonları gibi kuzeydoğu ve güneybatıya doğru olmak üzere iki yönlü yönelim göstermesi hayli

ilginç bir sonuç olarak karşımıza çıkar. İznik Gölü'nden alınan su örneklerine ait Mg^{2+} (mg/l) analiz sonuçları ekler bölümünde verilmiştir.



Şekil 5.38 Mg^{2+} (mg/l) değerleri dağılımının Kriking metodu ile gösterimi; numune sayısı: 56 numunelerin alındığı derinlik: 40 metre

Tablo 5.10 'da analiz sonuçlarına ait hesaplanmış istatistiksel parametreler yer almaktadır, Mg^{2+} iyonu konsantrasyonları K^{+} ve Ca^{2+} iyonlarından biraz farklı olarak göldeki derinlik artışına bağlı olarak özellikle 40 ve 60 m derinliklerde en yüksek değerlerine ulaşmışlardır.

5.2.5 Silisyum (Si^{6+})

Doğal sularda çözünmüş silisin büyük bir kısmı, silikat minerallerinin kimyasal ayrışması sonucu ortaya çıkar. Doğada genellikle silikatların ayrışması tek yönlüdür. SiO_3^{2-} iyonu suda çok az bulunur, silis daha çok orto silisik asit H_4SiO_4 tuzları veya $Si(OH)_4$ formülleri ile gösterilen kolloidler şeklindedir. Özellikle magmatik ve metamorfik kayaların yapısında bulunan silikatların ayrışması ile ortaya çıkan K, Na, Mg, Ca iyonları suya kolaylıkla geçtikleri halde, SiO_2 ve Al_2O_3 veya bunların bileşikleri daha zor çözünür. Silikatların ayrışması ile ortaya çıkan silisyum ve alüminyum iyonları, ortamın pH'ına bağlı olarak, değişik killeri oluştururlar, ortam asit ise kaolinit bazik ise montmorillonit veya illit oluşur. İznik Gölü dip sedimanlarında yapılan incelemelerde smektit ve illite rastlanması, göl sularının alkaline karakterine uygun bir sonuç olarak karşımıza çıkmıştır.

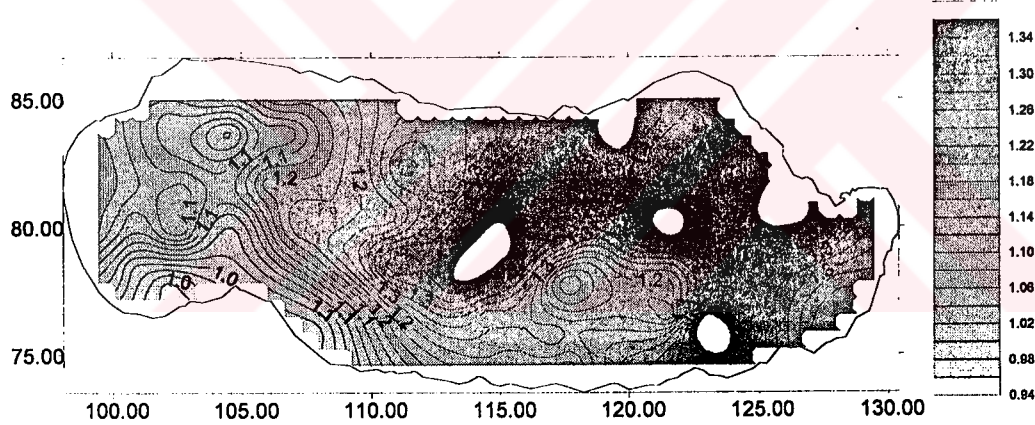
İznik Göl sularında farklı derinliklerde elde edilen Si^{6+} (mg/l) dağılımlarının belirgin şekilde gölün kuzey-kuzeydoğusundaki genç çökeller ile kireçtaşı içeren metamorfik istifeye doğru artış gösterdiği gözlenmiştir. İznik Gölü'nden alınan su örneklerine ait

Si^{6+} (mg/l) analiz sonuçları ekler bölümünde verilmiştir. İznik Göl sularında Si^{6+} (mg/l) analiz sonuçlarına uygulanan kriking yöntemi ile farklı derinlik seviyeleri için göldeki Si^{6+} (mg/l) dağılım değerleri sırası ile Şekil 5.39- 5.41 'de verilmiştir.

Tablo 5.11 Farklı derinlik gruplarına ait Si^{6+} (mg/l) için hesaplanmış istatistiksel parametreleri.

Si (mg/l)	Yüzey	20 m	40 m	60 m
Örnek sayısı	84	77	56	6
Ortalama	1,24	1,23	1,29	1,32
Standart sapma	0,10	0,13	9,1.E-2	2,78
Minimum değer	0,94	0,89	1,04	1,29
Maksimum değer	1,38	1,47	1,47	1,37

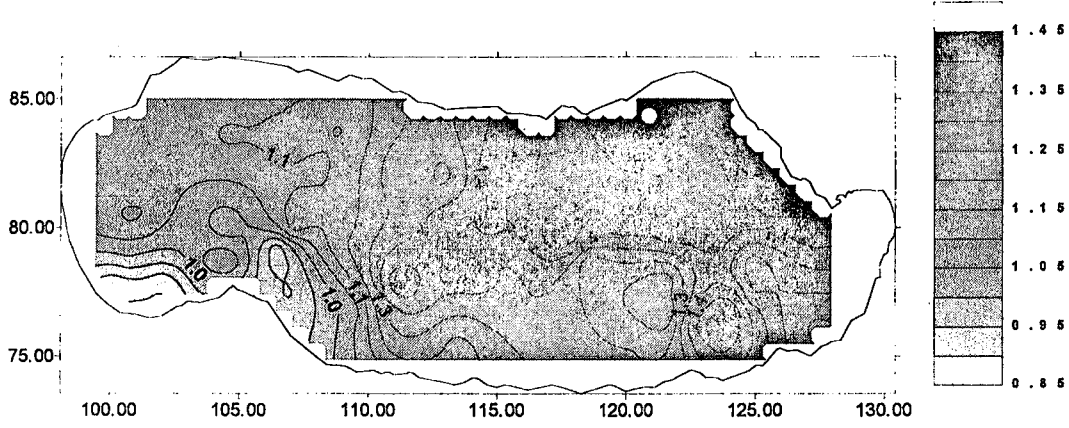
Doğal sularda silis miktarı 1-30 mg/l arasında değişir. Silisin çözünürlüğünü etkileyen parametrelerden biri de pH'dır. pH'ın yükselmesi ile silisin çözünmesi artar, pH 9' un üzerinde silis önemli miktarda çözünür.



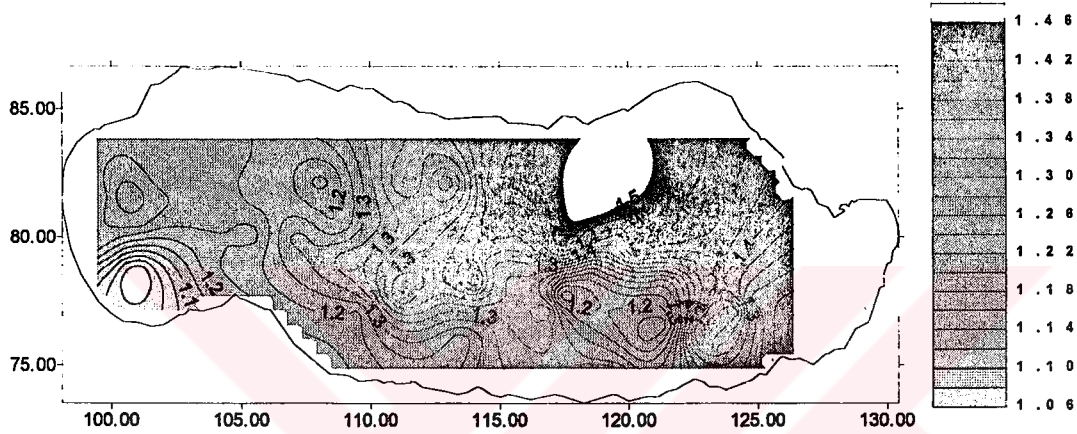
Şekil 5.39 Si^{6+} (mg/l) değerleri dağılımının Kriking metodu ile gösterimi
numune sayısı: 84; numunelerin alındığı derinlik: Yüzey

İznik Gölü'nde yüzeydeki alkalen karakterli pH derinlere nispeten alkalen karakterden uzaklaşma eğilimi göstermiştir, bu düşüşe paralel silis konsantrasyonu da 20 ve 40 m'lerdeki 1.23 ve 1.29 mg/l ortalama değerinden 60 m derinlikte ortalama 1.25 mg/l değerine kadar düşüş göstermiştir.

Tablo 5.11 de Si^{6+} analiz sonuçlarına ait hesaplanmış istatistiksel parametreler yer almaktadır.



Şekil 5.40 Si^6 (mg/l) değerleri dağılımının Kriking metodu ile gösterimi; numune sayısı: 77; numunelerin alındığı derinlik: 20 metre



Şekil 5.41 Si^6 (mg/l) değerleri dağılımının Kriking metodu ile gösterimi; numune sayısı: 56 numunelerin alındığı derinlik: 40 metre

5.2.6 Bikarbonat (HCO_3^-) ve Karbonat (CO_3^{2-})

Doğal sulara alkalinitenin yani asidik karakterdeki bir suyu nötr hale getirme özelliğinin başlıca kaynağı HCO_3^- ve CO_3^{2-} iyonlarıdır. Bu iyonlar inorganik karbonun doğal sulardaki basit iyonlarıdır. Doğal suların pH'ını sudaki CO_2 ve türevleri (HCO_3^- ve CO_3^{2-}) ile organik asitler, sodyum ve benzeri iyonları tanımlar. İznik Gölü gibi pH değerleri 8 civarında olan bir gölde egemen karbonat iyonu HCO_3^- 'dir. CO_3^{2-} ise pH'ı çok yüksek alkali sular için önemlidir. Oksitleyici ortamlarda, sülfid yataklarından gelen suların pH'sı çok düşük (asid) olduğundan HCO_3^- ve CO_3^{2-} iyonları izlenmeyebilir, çoğunlukla doğal sulara HCO_3^- değerleri 50-400 mg/l arasındadır. Sulama sularında bu iyonların bulunması sodyum fazlalığı tehlikesini azaltır. İznik Göl sularında ortalama değerlerin toplamı olarak 568 mg/l toplam karbonat iyonu tespit edilmiştir, bu değerler göl sularının sodyum içeriğine rağmen sulama amaçlı kullanılmasını sağlamaktadır.

İznik Gölü'nden alınan su örneklerine ait HCO_3^- ve CO_3^{2-} (mg/l) analiz sonuçları ekler bölümünde verilmiştir. İznik Göl sularında HCO_3^- ve CO_3^{2-} (mg/l) analiz sonuçlarına uygulanan Kriking yöntemi ile farklı derinlik seviyeleri için göldeki HCO_3^- ve CO_3^{2-} (mg/l) dağılım değerleri sırası ile HCO_3^- (mg/l) miktarları için Şekil 5.42 - 5.44 'te CO_3^{2-} (mg/l) değerleri için ise Şekil 5.45 - 5.47' de verilmiştir.

Elde edilen dağılım grafiklerinde, iki parametrenin gölde kutupsal dağılım gösterdiği tespit edilmiştir. CO_3^{2-} (mg/l) değerleri gölün kuzey doğusuna doğru artış gösteren yüksek pH değerleri ile benzer dağılım arz ederken, HCO_3^- (mg/l) değerleri dağılımı bunun tam aksi yöne doğru artış trendi göstermektedir. Tablo 5.11'de HCO_3^- , Tablo 5.12 'de ise CO_3^{2-} analiz sonuçlarına ait hesaplanmış istatistiksel parametreler yer almaktadır.

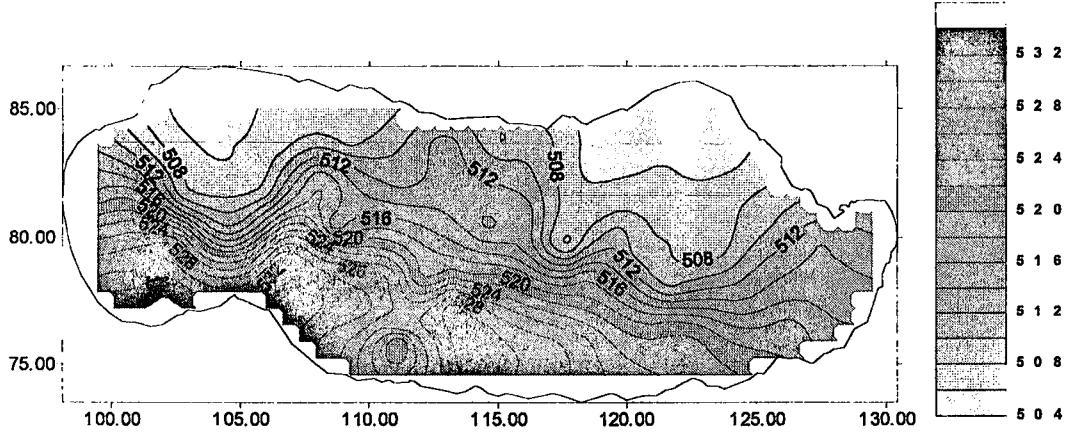
Tablo 5.12 Farklı derinlik gruplarına ait HCO_3^- , (mg/l) için hesaplanmış istatistiksel parametreleri.

HCO_3^- (mg/l)	Yüzey	20 m	40 m	60 m
Örnek sayısı	84	77	56	6
Ortalama	517	523,4	533,08	536
Standart sapma	8,91	12,02	11,69	4,47
Minimum değer	504	502	502	530
Maksimum değer	534	548	554	543

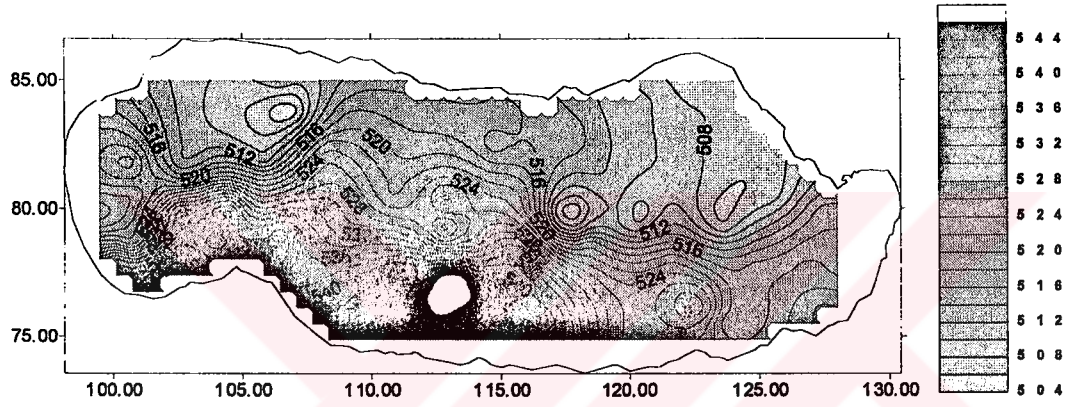
Tablo 5.13 Farklı derinlik gruplarına ait CO_3^{2-} (mg/l) için hesaplanmış istatistiksel parametreleri.

CO_3^{2-} (mg/l)	Yüzey	20 m	40 m	60 m
Örnek sayısı	84	77	56	6
Ortalama	48,6	45,01	41,1	3,95
Standart sapma	2,97	2,29	2,04	1,04
Minimum değer	45	40	36	38
Maksimum değer	55	50	46	41

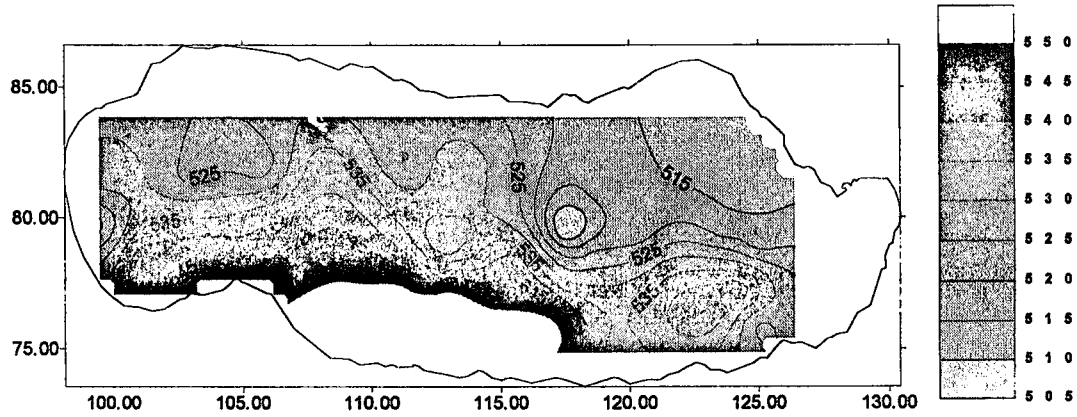
Gölde derinlere doğru azalan pH değerlerine karşılık karbonat değerlerinde de belirgin bir azalma tespit edilmiştir. Bikarbonat iyonları ise su kolonu içinde derinlere doğru artış göstermiştir.



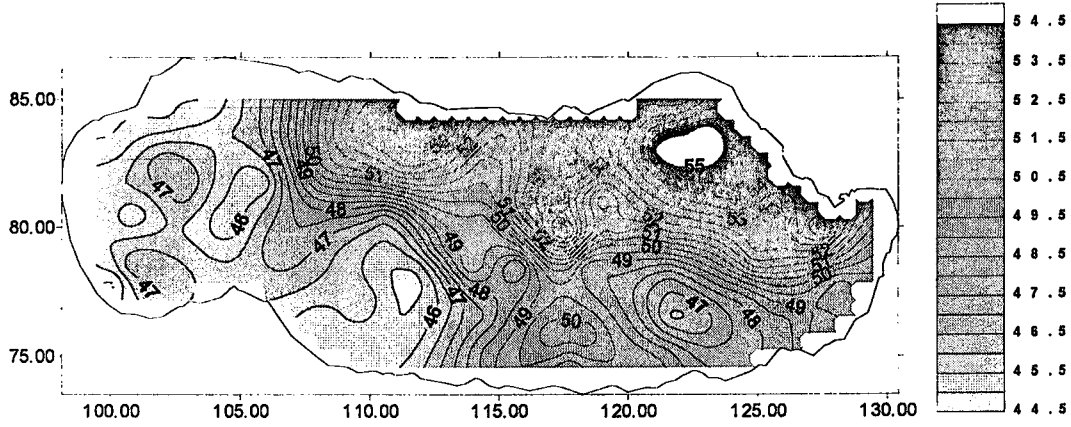
Şekil 5.42 HCO_3^- (mg/l) değerleri dağılımının Kriking metodu ile gösterimi
numune sayısı: 84; numunelerin alındığı derinlik: Yüzey



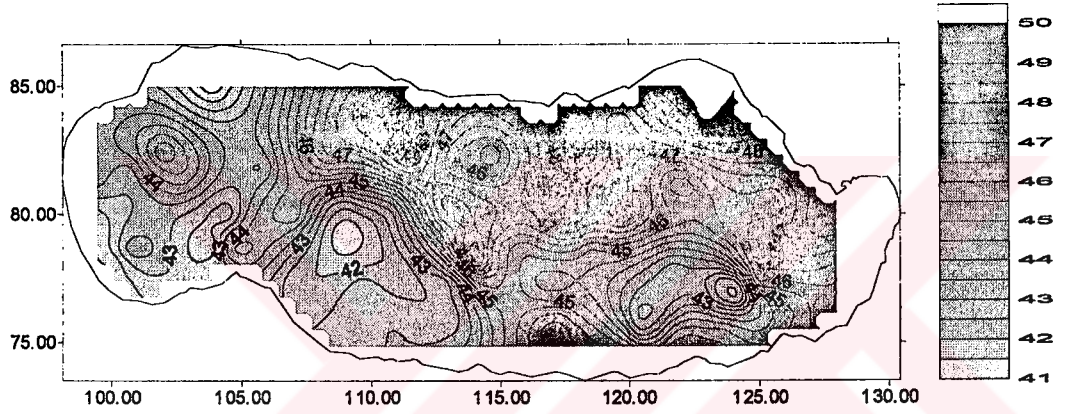
Şekil 5.43 HCO_3^- (mg/l) değerleri dağılımının Kriking metodu ile gösterimi;
numune sayısı: 77; numunelerin alındığı derinlik: 20 metre



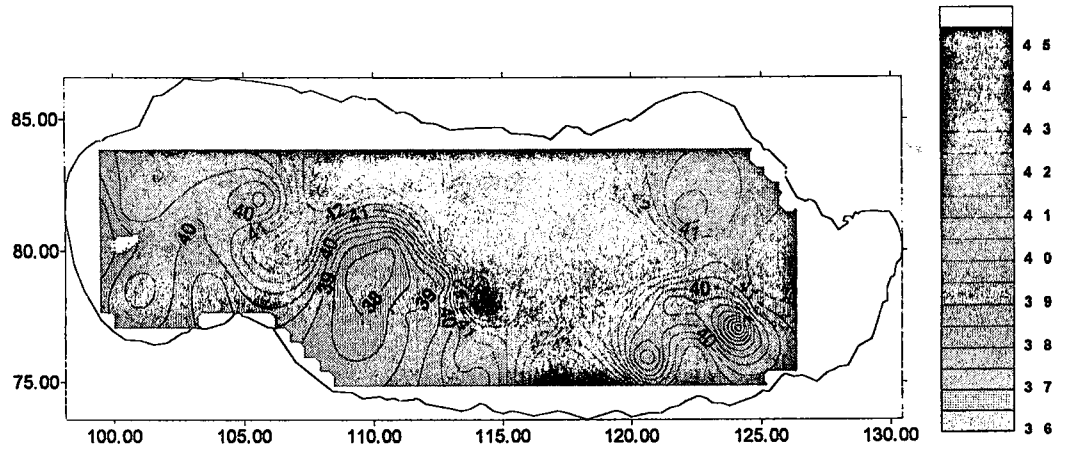
Şekil 5.44 HCO_3^- (mg/l) değerleri dağılımının Kriking metodu ile gösterimi; numune sayısı: 56 numunelerin alındığı derinlik: 40 metre



Şekil 5.45 CO_3^{2-} (mg/l) değerleri dağılımının Kriking metodu ile gösterimi
numune sayısı: 84; numunelerin alındığı derinlik: Yüzey



Şekil 5.46 CO_3^{2-} (mg/l) değerleri dağılımının Kriking metodu ile gösterimi; numune sayısı: 77; numunelerin alındığı derinlik: 20m.



Şekil 5.47 CO_3^{2-} Si^6 (mg/l) değerleri dağılımının Kriking metodu ile gösterimi; numune sayısı: 56 numunelerin alındığı derinlik: 40m.

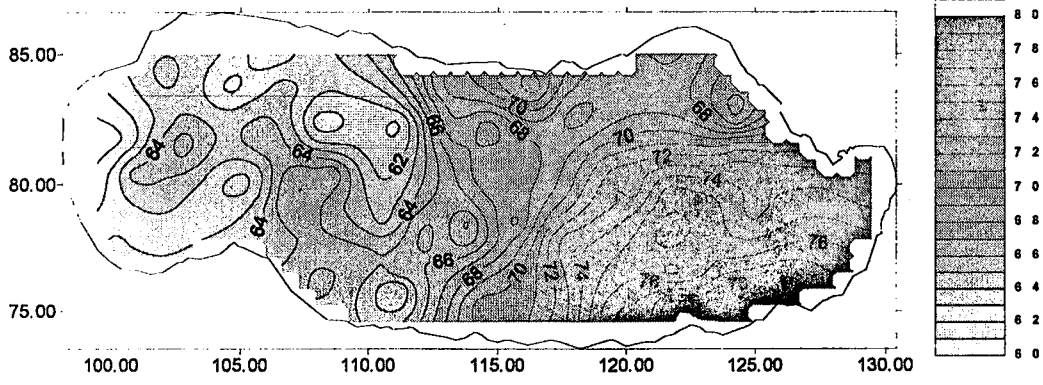
5.2.7 Klor (Cl)

Halojen grubunun bir elementi olan klor, grubun diğer elementlerine (F, Br, I) oranla daha fazla bulunur. Klorun tüm tuzları suda çözünür ve çözünürlüğü asid , alkali pH' tan etkilenmez. Doğal sularda yalnızca -1 değeri önemlidir. Ca, Mg, Na, K, Sr, Ba ve diğer elementlerle yaptığı tuzlar suda kolayca çözünürler. Asidik kayalarındaki içeriği bazik kayalara oranla beş kat daha fazladır. Genel olarak magmatik kayalarda doğal sulara taşınan klor önemsizdir. Klorür tuzlarının en büyük kaynağı evaporitlerdir. Hemen tüm doğal sularda klor izlenir. Yağışların fazla olduğu bölgelerdeki sık yeraltısularında 30 mg/l den az klor iyonu izlenirken kurak bölgelerde 1000 mg/l yi geçebilir. 150 mg/l den az klorlü sular her türlü kullanıma uygundur. İznik Gölü'nden alınan su örneklerine ait Cl^- (mg/l) analiz sonuçları ekler bölümünde verilmiştir.

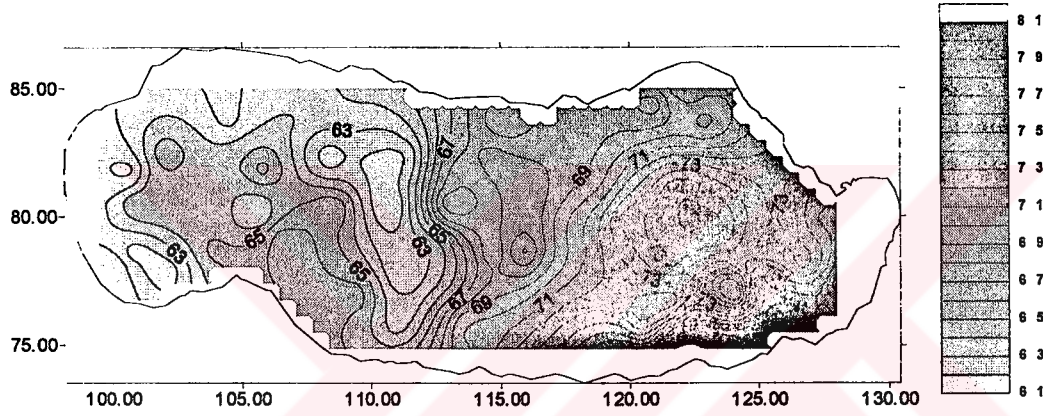
Farklı araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda 50 mg/l veya daha fazla klor konsantrasyonu tuzlu su girişine (Luscynski ve Swarzenski, 1966), 40 mg/l'den daha fazla klor konsantrasyonu tuzlu su kontaminasyonuna bağlanmaktadır. (Tremblay ve Anger, 1973). İznik Göl sularında Cl^- (mg/l) analiz sonuçlarına uygulanan kriking yöntemi ile farklı derinlik seviyeleri için göldeki Cl^- (mg/l) dağılım değerleri sırası ile Şekil 5.48.- 5.50. de verilmiştir. İznik Gölü'nde bütün derinliklerde homojen bir Cl konsantrasyonu dağılımı tespit edilmiştir. Klorun gölün güneydoğusuna doğru artan konsantrasyonu sodyum değerleri ile paralellik arz eder, elde edilen sonuç gölde klor iyonlarının dağılımının sodyuma bağlı olarak gerçekleştiğini ortaya koymuştur. Tablo 5.14.'de analiz sonuçlarına ait hesaplanmış istatistiksel parametreler yer almaktadır.

Tablo 5.14 Farklı derinlik gruplarına ait Cl^- (mg/l) için hesaplanmış istatistiksel parametreleri.

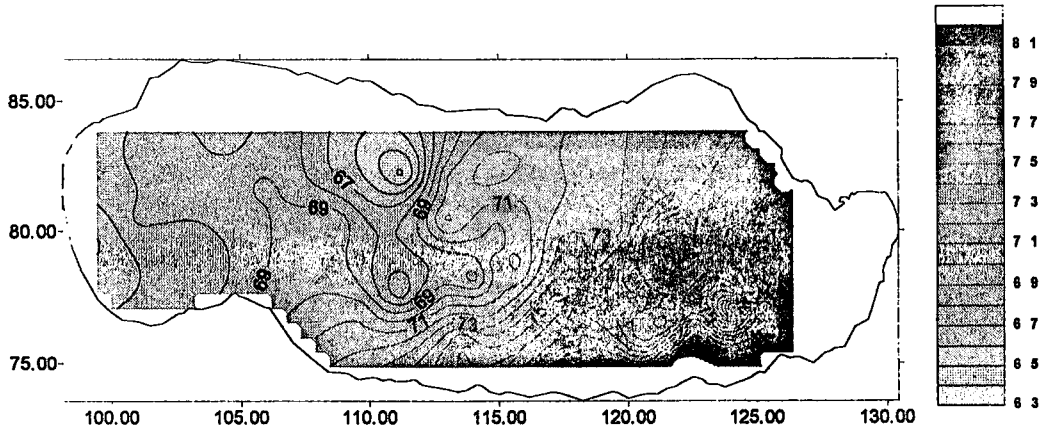
Cl^- (mg/l)	Yüzey	20 m	40 m	60 m
Örnek sayısı	84	77	56	6
Ortalama	68,3	68,6	71,9	81,6
Standart sapma	5,31	5,24	4,58	1,86
Minimum değer	60,09	60,59	63,5	79,59
Maksimum değer	80,5	81,59	82,6	84,3



Şekil 5.48 Cl^- (mg/l) değerleri dağılımının Kriking metodu ile gösterimi
numune sayısı: 84; numunelerin alındığı derinlik: Yüzey



Şekil 5.49 Cl^- (mg/l) değerleri dağılımının Kriking metodu ile gösterimi;
numune sayısı: 77; numunelerin alındığı derinlik: 20 metre



Şekil 5.50 Cl^- (mg/l) değerleri dağılımının Kriking metodu ile gösterimi;
numune sayısı: 56 numunelerin alındığı derinlik: 40 metre

5.2.8 Flüor (F⁻)

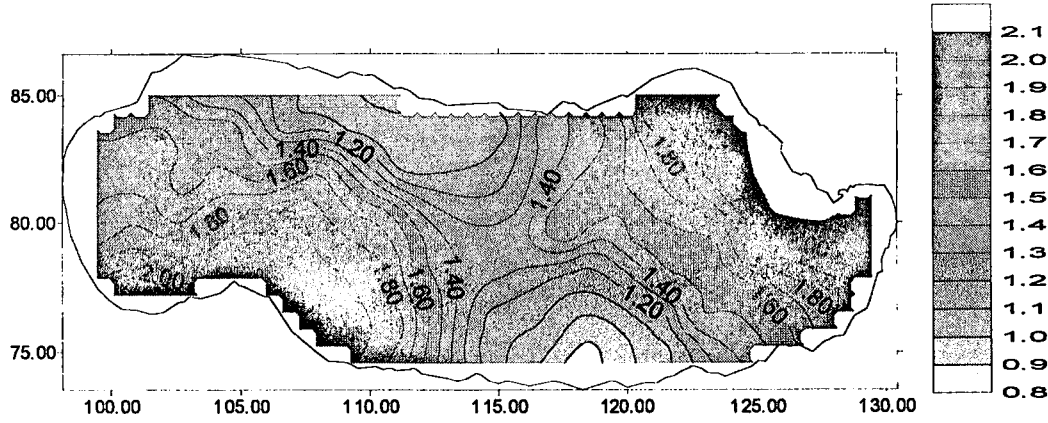
Flüor suda göç eden, biyolojik devrede önemli etkisi olan, kimyasal değeriği değişmeyen bir elementtir. Jips ve kalsiyum mineralleri ile beraber flüora kurak bölgelerde daha sık rastlanır. Volkanik kayaçlar içerdikleri 30-3200 ppm arasında değişen flüor değeri ve 1000 ppm flüor eşik değeri ile tortul kayaçlardan kolayca ayrılmaktadırlar. Volkanik kayaçlar içindeki flüor zenginleşmesi F-apatit tarafından kontrol edilmektedir. Flüor'un derişim miktarı, özellikle sodalı göllerde fazladır. Tatlı sodalı sular, tuzlu sülfatlı sulardan fazla flüor içerirler, göllerdeki tuz miktarı arttıkça, flüor azalır. Bunun nedeni flüorun sürekli olarak çökmesidir. İznik gölünden alınan su örneklerine ait F⁻ (mg/l) analiz sonuçları ekler bölümünde verilmiştir. İznik Göl sularında F⁻ (mg/l) analiz sonuçlarına uygulanan kriking yöntemi ile farklı derinlik seviyeleri için göldeki F⁻ (mg/l) dağılım miktarları sırası ile Şekil 5.51-5.53 'de verilmiştir. Ulaşılan sonuçlar; ortalama flüor konsantrasyonlarının gölde derinlik artışına göre 20 , 40 ve 60 metrelerde artış gösterdiği ancak 2.18 mg/l ile en yüksek konsantrasyon değerinin 20 metre derinlikte gerçekleştiği anlaşılmıştır. Gölde flüor dağılımının bir diğer ilginç yönü, dağılımın kalsiyuma benzer şekil ve yönde iki kutuplu olmasıdır bu bize flüorun göçünün suda bulunan kalsiyum tarafından denetlenmesi gerçeğinin İznik Gölü'nde de geçerli olduğuna işaret eder. Göllerdeki tuz miktarı arttıkça flüor azalır bunun nedeni flüorun kripto kristalin olarak çökmesidir.

Tablo 5.15 Farklı derinlik gruplarına ait F⁻ (mg/l) için hesaplanmış istatistiksel parametreleri.

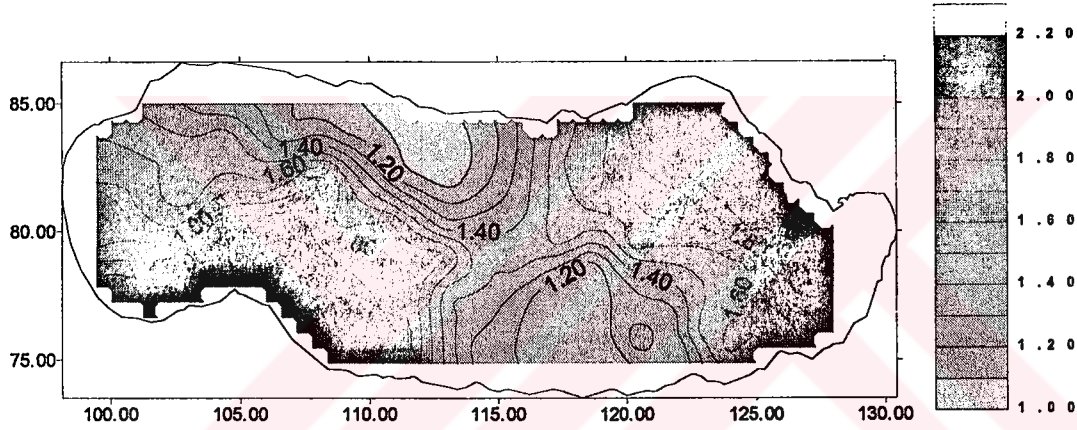
F ⁻ (mg/l)	Yüzey	20 m	40 m	60 m
Örnek sayısı	84	77	56	6
Ortalama	1,55	1,61	1,72	1,85
Standart sapma	0,33	0,30	0,21	0,10
Minimum değer	0,87	1,04	1,26	1,66
Maksimum değer	2,1	2,18	2,14	1,97

Flüor çökmesi toplam tuz miktarı 0.1-10 g/l arasında olan sularda hızlıdır, suda çok az flüor kalır. İznik Gölü de toplam 1 g/l' nin üzerinde toplam çözünmüş madde miktarı ile sodalı bir göl olmasına rağmen ortalama 1.6 mg/l flüor

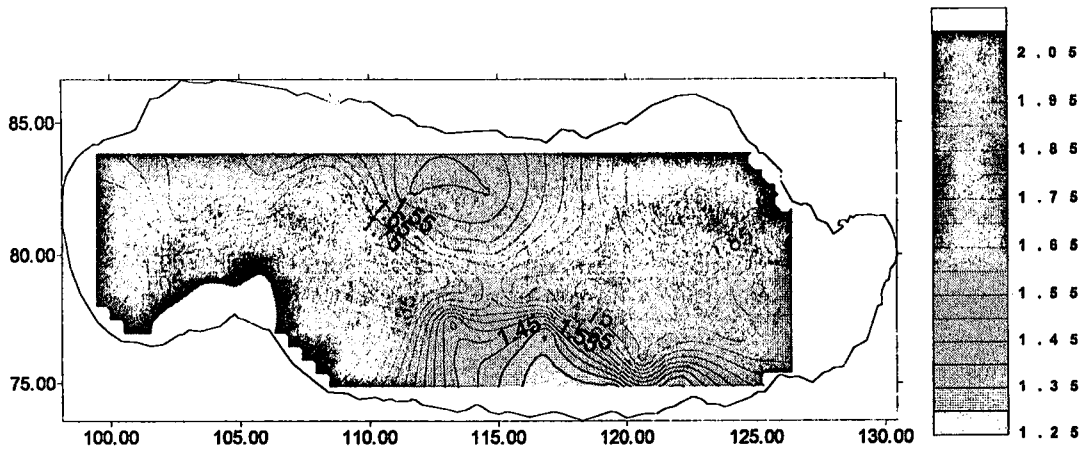
konsantrasyonuna sahiptir. Tablo 5.15’de analiz sonuçlarına ait hesaplanmış istatistiksel parametreler yer almaktadır.



Şekil 5.51 F^- (mg/l) değerleri dağılımının Kriking metodu ile gösterimi
numune sayısı: 84; numunelerin alındığı derinlik: Yüzey



Şekil 5.52 F^- (mg/l) değerleri dağılımının Kriking metodu ile gösterimi;
numune sayısı: 77; numunelerin alındığı derinlik: 20 metre



Şekil 5.53 FI^- (mg/l) değerleri dağılımının Kriking metodu ile gösterimi;
numune sayısı: 56 numunelerin alındığı derinlik: 40 metre

5.2.9 Sülfat (SO_4^{2-})

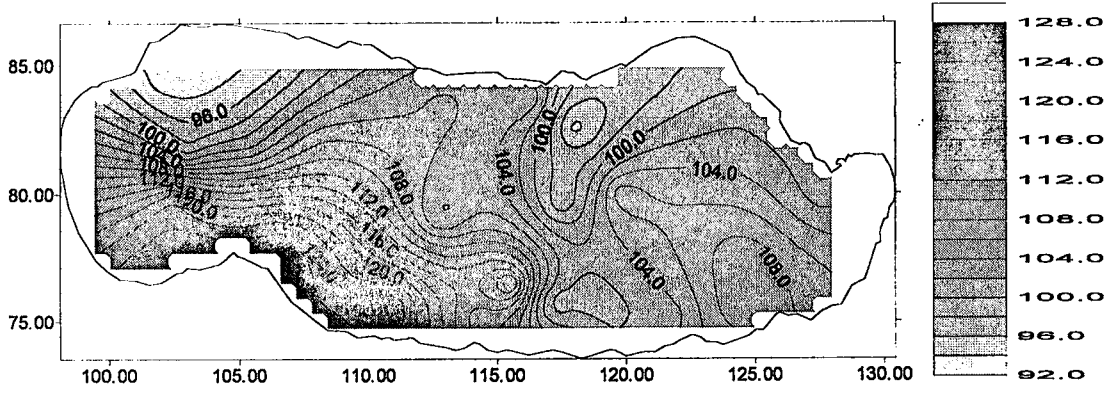
Doğal sular sülfat iyonunun artması ile önce klorürlü-sülfatlı, daha sonrada sülfatlı-klorürlü sulara dönüşür. Kurak iklimlerde, yağışların azlığı nedeniyle, kükürdün devri kapanmaz yani kükürt tekrar denize dönemez. Kurak iklim bölgelerinde kükürdü oksitlenmiş (SO_4^{2-}) ve indirgenmiş (H_2S) şekilleri aynı jeokimyasal sistem içinde yer alabilir. Jipslerin çözünmesi ile durgun ve çözünmüş tuzlarca zengin göl tabanındaki sularda bol miktarda SO_4^{2-} iyonları bulunabilir. Sülfat iyonlarının içme sularında 200 mg/l' yi , sulamada kullanılan suların ise 500 mg/l'yi aşması istenmez.

İznik Göl sularında SO_4^{2-} (mg/l) analiz sonuçlarına uygulanan Kriking yöntemi ile farklı derinlik seviyeleri için göldeki SO_4^{2-} (mg/l) dağılım değerleri sırası ile Şekil 5.54-5.56' da verilmiştir. Elde edilen dağılım grafiklerinde sülfat iyonu konsantrasyonlarının bütün derinlikler için gölün güney batısında yer alan jips ara katkılı formasyonlara doğru artış gösterdiği tespit edilmiştir. Bu bölgenin söz konusu jeolojik formasyondan geçerek İznik Gölü'ne dökülen Sölöz deresine yakınlığı, söz konusu derenin gölde sülfat iyonları dağılımında etkisinin olduğuna işaret etmektedir.

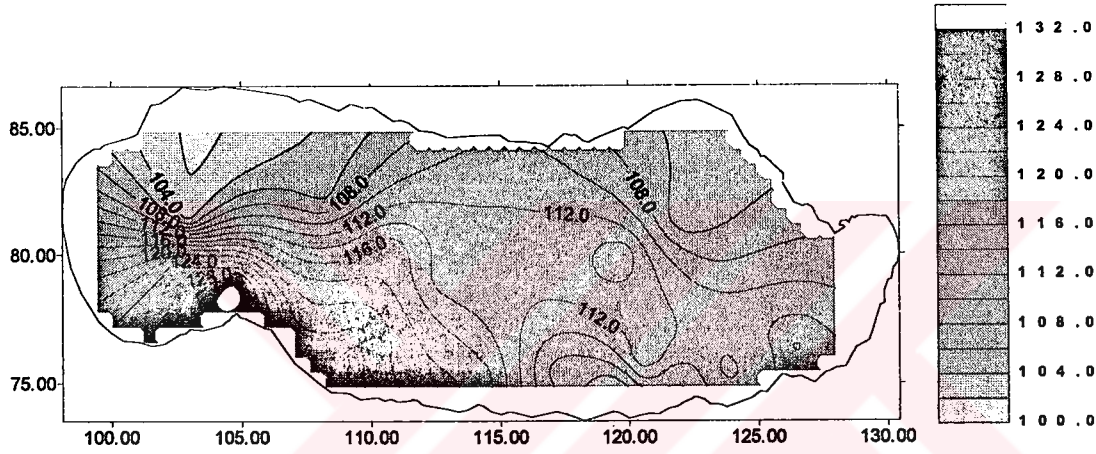
Ayrıca sülfat iyonları için diğer belirgin bir özellik gölde farklı derinliklerde yapılan ölçümlerde derinlik artışına paralel sülfat iyonu konsantrasyonu artışı tespit edilmiş olmasıdır. İznik Gölü'nden alınan su örneklerine ait SO_4^{2-} (mg/l) analiz sonuçları ekler bölümünde verilmiştir. Tablo 5.16 'da analiz sonuçlarına ait hesaplanmış istatistiksel parametreler yer almaktadır.

Tablo 5.16 Farklı derinlik gruplarına ait SO_4^{2-} (mg/l) için hesaplanmış istatistiksel parametreleri.

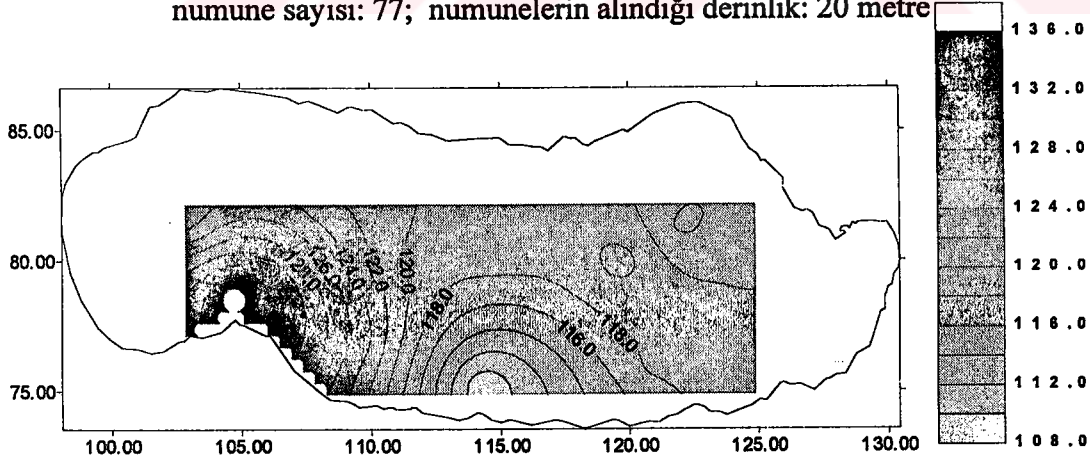
SO_4^{2-} (mg/l)	Yüzey	20 m	40 m	60 m
Örnek sayısı	84	77	56	6
Ortalama	108,2	112,9	121,6	112,5
Standart sapma	9,08	7,96	10,3	9,5
Minimum değer	93,5	101,4	108,6	103,4
Maksimum değer	133,3	133,5	166,5	130,3



Şekil 5.54 SO_4^{2-} (mg/l) değerleri dağılımının Kriking metodu ile gösterimi
numune sayısı: 84; numunelerin alındığı derinlik: Yüzey



Şekil 5.55 SO_4^{2-} (mg/l) değerleri dağılımının Kriking metodu ile gösterimi;
numune sayısı: 77; numunelerin alındığı derinlik: 20 metre



Şekil 5.56 SO_4^{2-} (mg/l) değerleri dağılımının Kriking metodu ile gösterimi;
numune sayısı: 56 numunelerin alındığı derinlik: 40 metre

5.2.10 Nitrit (NO₂⁻) ve Nitrat (NO₃⁻)

Gübre kullanımı, bitkisel ve hayvansal artıkların çürümesi, kullanma suyu, kanalizasyon ve sanayi atıkları suda bulunan nitrit ve nitratın kaynağını oluşturur. Nitrit ve nitrat sudaki organik kirlenmeyi gösterir. Nitrat ile birlikte fazla klorür bulunması doğal suların kanalizasyon suları ile kirlendiğinin en önemli belirtisidir. Nitrit azotu içme suyu üst sınırı 0.002 mg/l iken nitrat azotu için bu değer 5 mg/l'ye kadar çıkabilir. İznik gölünden alınan su örneklerine ait nitrit (NO₂⁻) ve nitrat (NO₃⁻) (mg/l) analiz sonuçları ekler bölümünde verilmiştir. Tablo 5.17.'de Nitrit (NO₂⁻), Tablo 5.18'de ise nitrat (NO₃⁻) analiz sonuçlarına ait hesaplanmış istatistiksel parametreler yer almaktadır.

Tablo 5.17 Farklı derinlik gruplarına ait NO₂⁻ (mg/l) için hesaplanmış istatistiksel parametreleri.

NO ₂ ⁻ (mg/l)	Yüzey	20 m	40 m
Örnek sayısı	84	77	56
Ortalama	0,078	0,079	0.03
Standart sapma	9,05.E-3	9,34.E-3	7,69.E-3
Minumum değer	0,07	0.06	0.03
Maksimum değer	0,09	0.09	0.06

Tablo 5.18 Farklı derinlik gruplarına ait NO₃⁻ (mg/l) için hesaplanmış istatistiksel parametreleri.

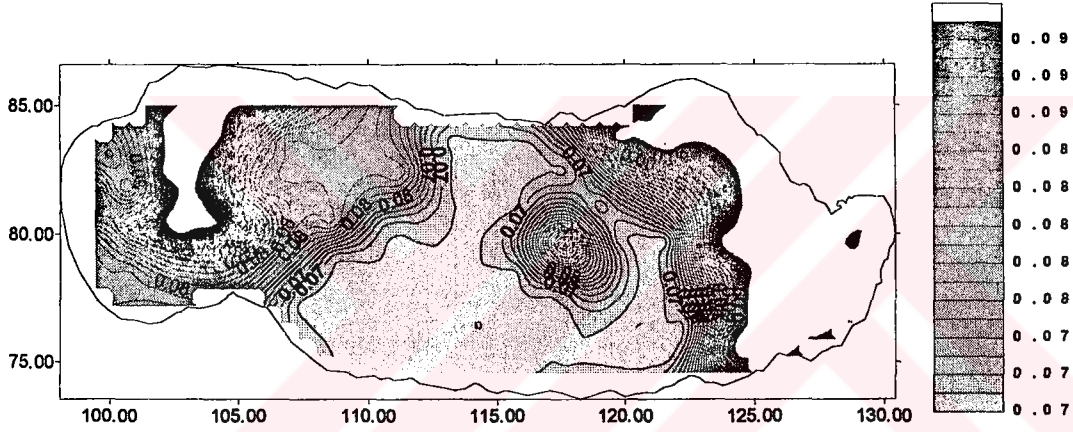
NO ₃ ⁻ (mg/l)	Yüzey	20 m	40 m	60 m
Örnek sayısı	84	77	56	6
Ortalama	0,76	0,74	0,72	0,71
Standart sapma	5.87.E-2	5,73.E-2	4,26.E-2	2,58.E-2
Minumum değer	0,7	0,7	0,7	0,7
Maksimum değer	0,85	0,85	0,85	0,75

İznik Göl sularında nitrit (NO₂⁻) ve nitrat (NO₃⁻) (mg/l) analiz sonuçlarına uygulanan Kriking yöntemi ile farklı derinlik seviyeleri için göldeki NO₂⁻ ve NO₃⁻ (mg/l) dağılım değerleri sırası ile NO₂⁻ (mg/l) değerleri için Şekil 5.57-5.59' da ; NO₃⁻ (mg/l) değerleri için Şekil 5.60- 5.62' de verilmiştir.

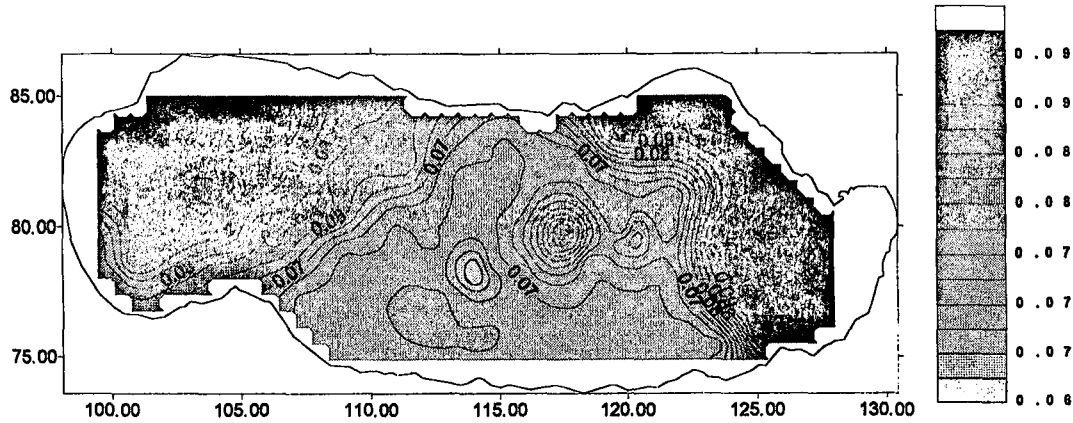
Nitrit değerlerinin İznik ve Orhangazi İlçeleri kıyılarına doğru artış göstermesi göle karışan evsel atıkların etkisini göstermesi bakımından ilginçtir. Nitritin dönüşüm ürünü olan nitrat değerleri de benzer şekilde gölün iki büyük ilçesinin kıyılarında maksimum değerlerine ulaşmıştır.

Ancak gerek nitrit gerekse nitrat konsantrasyonları kabul edilebilir sınırların altında kaldığından bu organik parametreler için İznik Gölü'nde henüz bir tehlikenin oluşmadığı tespit edilmiştir.

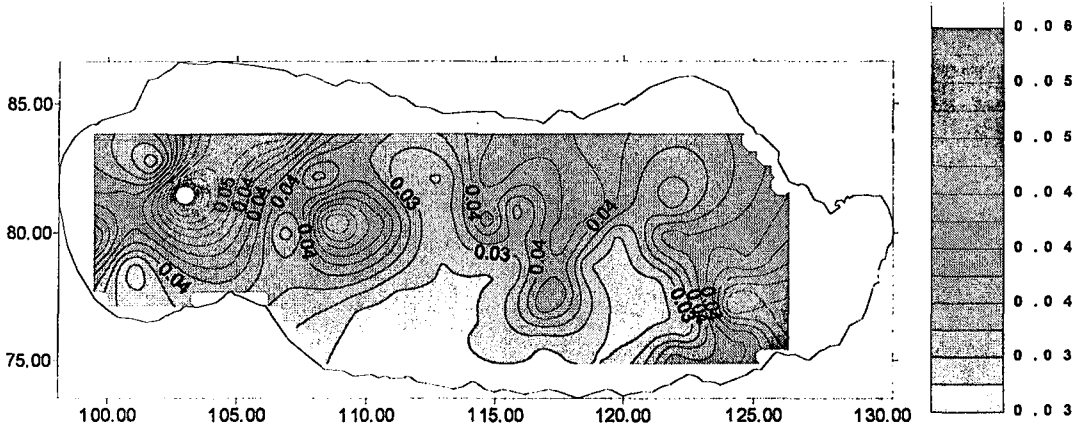
Ayrıca söz konusu bu iki parametrenin gölün en derin noktaları olan güney kıyılarında düşük değerler göstermesi bu bölgede fay hattına bağlı muhtemel su kaynaklarının büyük bir olasılıkla olabileceğı ihtimalini akla getirmiştir.



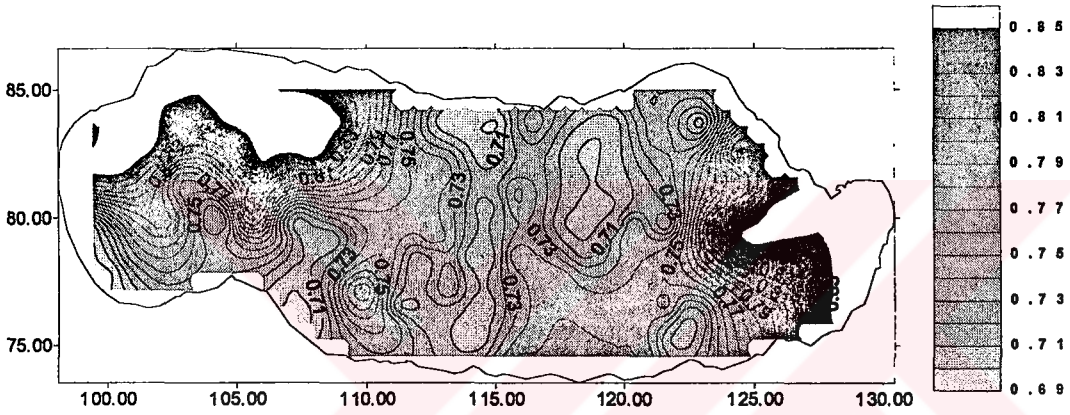
Şekil 5.57 NO_2^- (mg/l) değerleri dağılımının Kriking metodu ile gösterimi
numune sayısı: 84; numunelerin alındığı derinlik: Yüzey



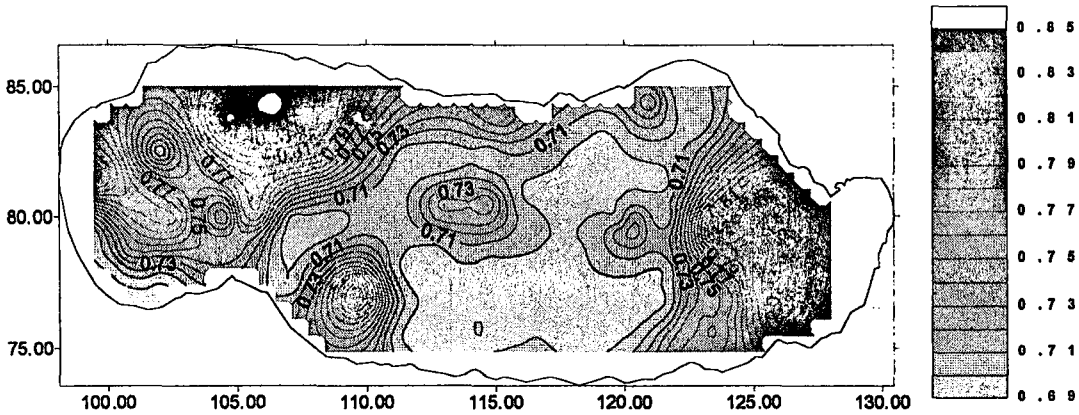
Şekil 5.58 NO_2^- (mg/l) değerleri dağılımının Kriking metodu ile gösterimi;
numune sayısı: 77; numunelerin alındığı derinlik: 20 metre



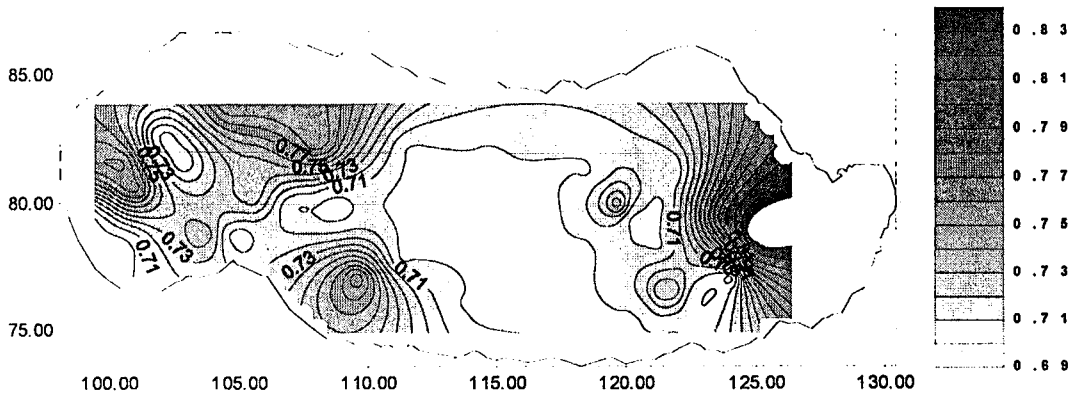
Şekil 5.59 NO_2^- (mg/l) değerleri dağılımının Kriking metodu ile gösterimi;
numune sayısı: 56 numunelerin alındığı derinlik: 40 metre



Şekil 5.60 NO_3^- (mg/l) değerleri dağılımının Kriking metodu ile gösterimi
numune sayısı: 84; numunelerin alındığı derinlik: Yüzey



Şekil 5.61 NO_3^- (mg/l) değerleri dağılımının Kriking metodu ile gösterimi;
numune sayısı: 77; numunelerin alındığı derinlik: 20 metre



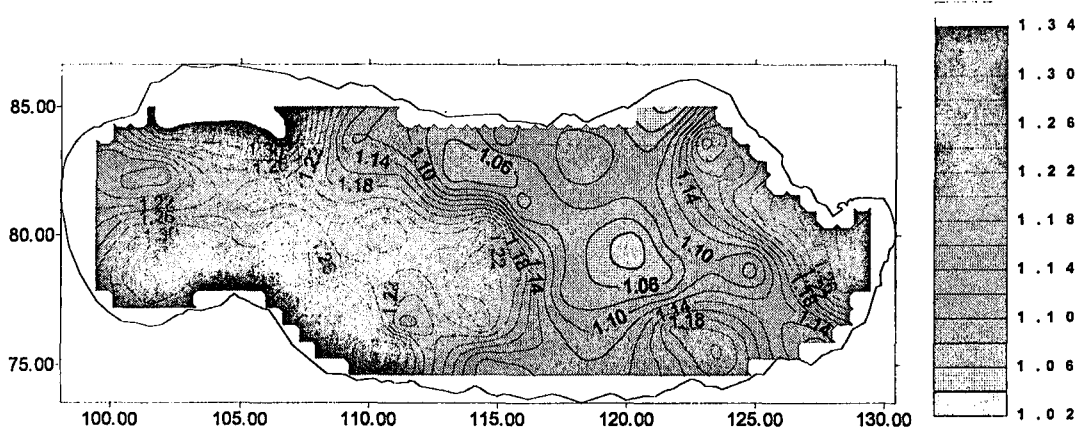
Şekil 5.62 NO_3^- (mg/l) değerleri dağılımının Kriking metodu ile gösterimi; numune sayısı: 56 numunelerin alındığı derinlik: 40 metre

5.2.11 Fosfat (PO_4^{2-})

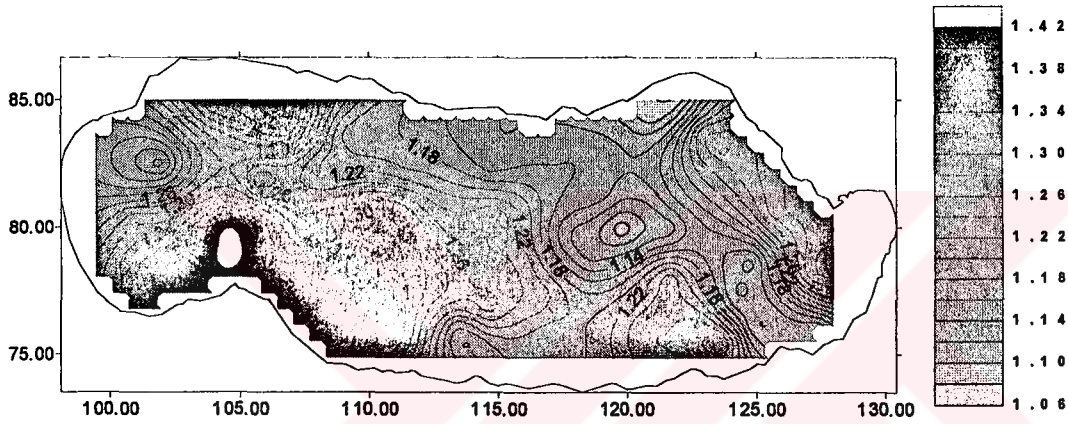
İznik Göl sularında PO_4^{2-} (mg/l) analiz sonuçlarına uygulanan kriking analizi ile farklı derinlik seviyeleri için elde edilen göldeki PO_4^{2-} (mg/l) dağılım değerleri sırası ile Şekil 5.63. - 5.65 'de verilmiştir. Elde edilen grafiklerde İznik Gölü'nde derinliğe bağlı fosfat artışı tespit edilmiştir. Fosfat değeri nitrit ve nitrata benzer şekilde göle kıyısı olan Orhangazi ve İznik İlçelerine doğru tarımsal faaliyetlerin yoğun olduğu alüvyon alanlarına doğru artan konsantrasyon değerleri göstermiştir. Ancak İznik Gölü etrafındaki yoğun tarımsal işlemler sırasında yapılan gübreleme çalışmalarının gölde aşırı bir fosfat konsantrasyonu artışına neden olduğunu söylemek pek de mümkün değildir. Göldeki ortalama $\text{PO}_4\text{-P}$ (mg/l) değeri Tablo 2.1' de yer alan diğer dünya gölleri ile karşılaştırıldığında İznik Gölü'nde belirgin bir fosfat konsantrasyonu farklılığından söz etmek mümkün değildir. İznik Gölü'nden alınan su örneklerine ait Fosfat (PO_4^{2-}) (mg/l) analiz sonuçları ekler bölümünde verilmiştir. Tablo 5.19'da analiz sonuçlarına ait hesaplanmış istatistiksel parametreler yer almaktadır.

Tablo 5.19 Farklı derinlik gruplarına ait PO_4^{2-} (mg/l) için hesaplanmış istatistiksel parametreleri.

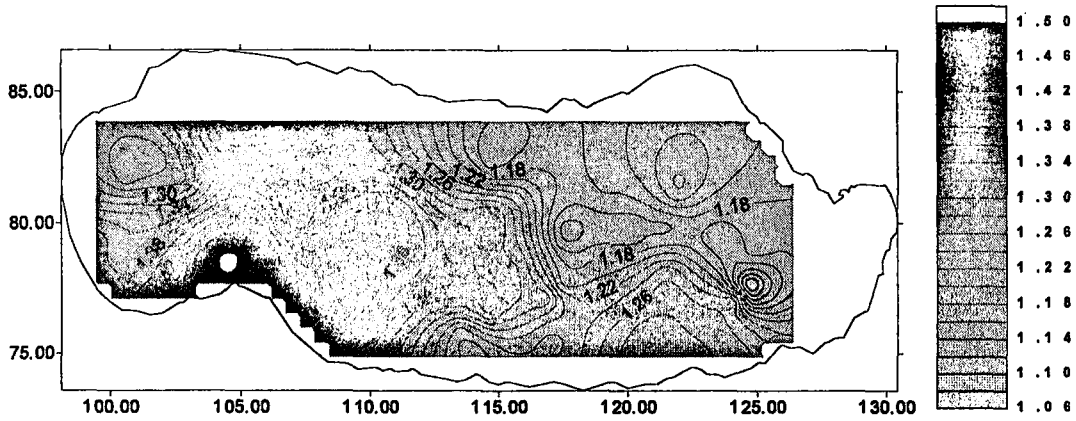
SO_4^{2-} (mg/l)	Yüzey	20 m	40 m	60 m
Örnek sayısı	84	77	56	6
Ortalama	1,18	1,24	1,28	1,30
Standart sapma	9,45.E-2	9,39.E-2	9,58.E-2	0,01
Minimum değer	1,01	1,07	1,03	1,27
Maksimum değer	1,36	1,42	1,50	1,33



Şekil 5.63 PO_4^{2-} (mg/l) değerleri dağılımının Kriking metodu ile gösterimi
numune sayısı: 84; numunelerin alındığı derinlik: Yüzey



Şekil 5.64. PO_4^{2-} (mg/l) değerleri dağılımının Kriking metodu ile gösterimi;
numune sayısı: 77; numunelerin alındığı derinlik: 20 metre



Şekil 5.65. PO_4^{2-} (mg/l) değerleri dağılımının Kriking metodu ile gösterimi;
numune sayısı: 56 numunelerin alındığı derinlik: 40 metre

5.2.12 Göl sularında ve askıda katı maddede ağır metal dağılımı

Elementler arasında oldukça geniş bir grubu oluşturan ağır metallerin göl ve deniz sularındaki konsantrasyonları, analitik kimyadaki iki esastan dolayı ortaya çıkarılamaz. (Stumm ve Baccini, 1978). Birincisi Pb, Zn, Cu, Ni, Cr, Co, Hg ve Cd gibi ağır metallerin eriyikleri $\mu\text{g/l}$ mertebesinde daha düşük konsantrasyonlar arz ederler. Bu nedenle bu elementlerin belirlenmesinde konsantrasyonu artırıcı yöntemlerin kullanılması gerekir (Stumm ve Morgan, 1970).

İkincisi ağır metaller iyi bir tampon olmadıklarından, örnekleme ve kimyasal işlemler sırasında kontaminasyon ile konsantrasyon azalmasına maruz kalırlar. Bu nedenle doğal sularda metal konsantrasyonları için sağlıklı bir temel değer (background) saptamak oldukça zordur (Turekian 1961). İznik Göl sularında farklı derinlik ve bölgelerden alınan su örneklerinde konsantrasyon artırıcı bir yöntem kullanılmadan yapılan ön analizlerde metal iyonları tespit edilememiştir. Bunun üzerine gölde seçilen yüzey, 20, 40 ve 60 metre derinliklere ait 25 örnekte diğer analizlerden sonra artan 1000 ml'lik su örnekleri 40-50 °C'de buharlaşmaya bırakılmış ve buharlaşma kalıntısı olarak geriye kalan 50 ml suda demir spektrokolorimetrik, diğerleri ise AAS'de analize tabi tutulmuşlardır.

Tablo 5.20 Yüzey su örneklerine ait ağır metal içerikleri

N. No	Fe $\mu\text{g/l}$	Cu $\mu\text{g/l}$	Pb $\mu\text{g/l}$	Zn $\mu\text{g/l}$	Ni $\mu\text{g/l}$	Mn $\mu\text{g/l}$
5	240	4	3	6	2	11
29	240	5	3	6	2	10
36	240	5	3	6	2	9
49	250	5	3	6	2	10
55	250	5	3	7	2	11
57	250	5	4	6	2	11
78	240	4	3	6	2	11
95	230	4	3	6	2	11

Yapılan hesaplamalarla farklı derinlikler için litrede $\mu\text{g/l}$ cinsinden suda ağır metal miktarları hesaplanmıştır (Tablo 5.20 – 5.23). Söz konusu bu değerlerin farklı derinlikler için ortalama değerleri Tablo 5.24 'de verilmiştir. Söz konusu tablodan

elde edilen ortalama değerlerin karşılaştırılma grafiği ise şekil 5.66'da sunulmuştur.

Tablo 5.21 20 m derinliğe ait su örneklerinde ağır metal içerikleri

N. No	Fe μg/l	Cu μg/l	Pb μg/l	Zn μg/l	Ni μg/l	Mn μg/l
5	250	5	4	6	2	11
29	240	5	3	6	2	11
36	230	4	3	6	2	11
49	250	4	4	6	2	10
55	250	5	3	7	2	11
57	250	5	4	7	2	11
78	240	4	3	6	2	10
95	240	4	3	6	2	10

Tablo 5.22 40 m derinliğe ait su örneklerinde ağır metal içerikleri

N. No	Fe μg/l	Cu μg/l	Pb μg/l	Zn μg/l	Ni μg/l	Mn μg/l
5	260	4	4	6	2	11
29	240	5	4	6	2	11
49	240	5	3	6	2	11
55	250	5	4	7	3	12
57	250	5	3	7	3	11
78	260	5	3	6	2	11
95	250	4	4	6	2	10

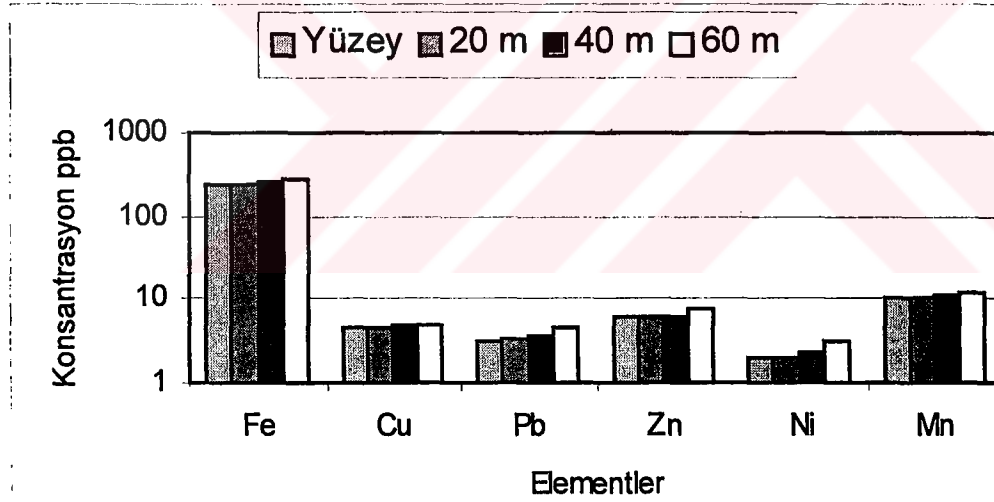
Tablo 5.23 60 m derinliğe ait su örneklerinde ağır metal içerikleri

N. No	Fe μg/l	Cu μg/l	Pb μg/l	Zn μg/l	Ni μg/l	Mn μg/l
55	280	5	4	8	3	11
57	270	5	5	7	3	12

Tablo 5.24 İznik Göl sularında derinliğe bağlı ağır metal konsantrasyonu ortalamaları .

Element	İznik Gölü ortalama değerleri (µg/l) 1995			
	Derinlik			
	Yüzey	20 m	40 m	60m
Fe	242,5	243,5	250	275
Cu	4,62	4,5	4,71	5
Pb	3,12	3,37	3,57	4,5
Zn	6,12	6,25	6,28	7,5
Ni	2	2	2,28	3
Mn	10,5	10,62	11	11,5

Tablo 5.24’ de görüldüğü gibi İznik Gölü’nde farklı derinliklere ait ağır metal konsantrasyonları demirin dışında derinliğe bağlı olarak belirgin bir farklılık göstermemektedir.



Şekil 5.66 Farklı derinlik değerlerine ait ağır metal konsantrasyonlarının birlikte grafiksel gösterimi

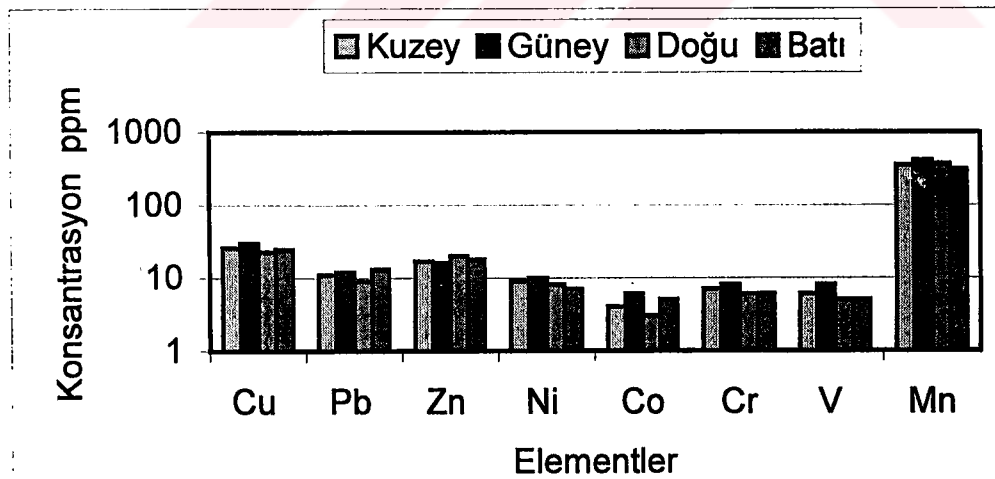
İznik Gölü’nde suda askıda katı madde içindeki ağır metal miktarlarını tespit etmek için ise amacı ile farklı dört bölgeden su örnekleme noktaları seçilmiştir. Gölün, kuzey (42 ve 29 nolu), güney (13 ve 58 nolu), doğu (51 ve 22 nolu) ve batı (72 ve 75 nolu) bölgelerinden seçilen 2 şer noktaya ait yüzey, 20 ve 40 m. derinliğe ait su örnekleri bu amaç için kullanılmıştır.

Yaklaşık her biri 4-5 lt. toplam hacme ulaşan bu gruplar özel düzenek yardımıyla ve vakum pompası vasıtası ile filtre kağıdından geçirilmiştir. Elde edilen askıda katı maddeler, filtre kağıdının yakılması sonucunda nitrik asit ile işleme tabi tutularak çözeltiye alınmış ve AAS de konsantrasyon miktarları su hacmine göre normalize edilmiş değerler olarak mg/l cinsinden tespit edilmiştir.

Tablo 5.25 Askıda katı madde içindeki ağır metal konsantrasyonları.

Ağır Metal (mg/l)	LOKASYON NO				Ortalama (mg/l)
	Kuzey	Güney	Doğu	Batı	
Cu	26	30	23	25	26
Pb	11	12	9	13	11.25
Zn	17	16	20	18	20.75
Ni	9	10	8	7	8.5
Co	4	6	3	5	4.5
Cr	7	8	6	6	6.75
V	6	8	5	5	6
Mn	350	410	370	310	360

Böylelikle kil-silt ve kısmen milimetre boyutunda mineral parçacıkları içeren numunelerde Cu, Pb, Zn, Ni, Co, Cr, V, Mn miktarları tespit edilmiştir Tablo 5.25 Şekil 5.67 'de ise İznik Gölü'nde farklı bölgelerden seçilmiş su örneklerinde askıda katı madde içinde metal dağılımları grafiksel olarak gösterilmiştir.



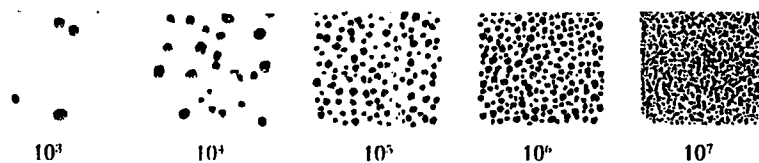
Şekil 5.67 Farklı bölgelerden seçilmiş su örneklerinde askıda katı madde içinde metal dağılımı.

Askıda katı maddede analizi yapılan ağır metallere ait ortalama değerler dip çamurları ortalama konsantrasyon değerlerinden daha az miktarlara erişmektedir. İznik Gölü güneyinde yer alan kumtaşı, kireçtaşı ve konglomeralardan oluşan sedimanter kayaçların magmatik kayaçlara oranla daha fazla oksitlenmiş olmaları ve Fe_2O_3/FeO oranının bu tür kayaçlarda yüksek oluşunun göl sularında demir dağılımında etkili olduğu ifade edilebilir.

5.2.13 Toplam Koli incelemeleri

Suların yardımıyla bir yerden bir yere taşınan ve hastalıklara neden olan birçok bakteri bilhassa sıcak kanlı canlıların, özellikle de insanların bağırsaklarında bulunur. Sularda bulunan tifo, dizanteri basili yada diğer patojen bakteri ve virüslerin doğrudan aranması oldukça zor işlemleri gerektirir. Bu nedenle bakteriyolojik analizlerde patojen belirti aramak yerine, suyun bakteriyolojik durumu hakkında bilgi veren koliform bakterilerin aranması daha uygundur. Göl gibi araştırma maliyetleri yüksek bir çalışma sahasında multidisipliner bir çalışmanın gereği olarak belirli noktalardan toplam aerobik bakteri tayinleri de eklenmiştir . Söz konusu çalışma özel Easicult TTC kit tüpleri ile inkübatör (kuluçka makinesi) içinde gerçekleştirilmiştir. Bakterilerin çoğalması için özel bileşime sahip TTC tüpleri, analizi yapılacak su örneği ile iyice ıslatıldıktan sonra, tüplerin ağzı kapatılarak 37 °C' ye kadar ısıtılmış olan inkübatör içine yerleştirilerek, 48 saat süreyle bekletilmiştir.

İznik Gölü'nde kuzey , güney, Orhangazi ve İznik açıkları olmak üzere 4 noktada yapılan analizlerde $10-10^3$ bakteri/ml değeri gözlenmiştir. Bu da İznik Gölü'nün toplam koli muhtevası açısından temiz olduğunu göstermektedir. İznik gölünde farklı 4 noktada yapılan analizlerin hiç birinde 10^7 bakteri/ml sayısı aşılmadığı için herhangi bir seyreltme işlemine dahi gerek duyulmamıştır (şekil 5.68).



şekil 5.68 . TTC aerobik bakteri tayin tablosu

5.3 İznik Gölü Havzasındaki Deresuyu Örneklerinin İncelenmesi

İznik Gölü'ne dökülen başlıca büyük üç dere bulunmaktadır, bunlar Karadere, Sölöz Deresi (Kocadere) ve Nadirdere adları ile anılırlar. Bahis konusu derelerin İznik Göl sularının fiziksel ve kimyasal parametrelerine etkisi olduğu açıktır. Çıkış noktaları ile göle döküldükleri noktalar arasında tedrici bir azalma gösteren bu dereler yaz aylarında kış dönemine göre daha düşük akış rejimine sahiptirler.

Bu çalışmada göl sularının genel özellikleri ile bir karşılaştırma teşkil etmesi bakımından bu üç derenin herbirinden İznik gölüne dökülmeden önce, bir km. ye 3 nokta düşecek şekilde yapılan örneklemelemlere ait analiz sonuçlarının ortalama değerleri Tablo 5.26 da sunulmuştur. Elde edilen sonuçlara baktığımızda göl civarındaki derelerin göl suyu gibi alkali karaktere sahip olduğu görülmüştür. Elektriksel iletkenlik değerleri göldeki ortalama değerlerin yaklaşık yarısı kadardır. Dere suyu örneklerinde kalsiyum miktarı göl ortalama konsantrasyonundan biraz daha yüksektir.

Magnezyum oranları ise göl suyunun sahip olduğu konsantrasyona yakındır. Göle dökülen dereler arasında en fazla karbonat konsantrasyonuna Sölöz ve Nadirdere'si sahipken, göl suyu konsantrasyonuna yakın sülfat miktarı ile gölün güney doğusundaki Sölöz deresi dikkat çekmiştir. Jips içeren kumtaşlarından geçen bu derenin yüksek sülfat konsantrasyonu göl sularında sülfat dağılımında da kendini göstermiş ve gölde konsantrasyon artışı bu derenin döküldüğü bölgeye doğru olduğu gözlenmiştir. İznik Gölü'ne dökülen derelerin elektriksel iletkenlik değerlerinin ve Na konsantrasyonunun göl değerlerinden düşük oluşu belirgin olarak ortaya çıkmaktadır.

Tablo5.26 İznik Gölüne dökülen derelere ait analiz sonuçları ortalama değerleri

	pH	Ç.O. (mg/l)	E.İ (us/cm)	Na (mg/l)	K (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Si (mg/l)
Karadere	8.1	7.6	412	15	3.0	15	24	0.3
Sölöz	8,0	7.4	585	35	3.5	32	43	0.4
Nadirdere	7.6	7,2	527	10	1,0	25	36	0.2
	HCO ₃ (mg/l)	CO ₃ (mg/l)	SO ₄ (mg/l)	Cl (mg/l)	F (mg/l)	PO ₂ (mg/l)	NO ₂ (mg/l)	NO ₃ (mg/l)
Karadere	160	38	69	20	0.5	1.3	0.1	0.55
Sölöz	282	30	102	13	0.9	0.8	0.1	0.47
Nadirdere	290	-	40	11	0.4	1.2	0.1	0.62

5.4 İznik Göl Sularının Hidrojeokimyasal Değerlendirmesi

Bu bölümde İznik Göl sularında analizi yapılan iyonlar ve temel fiziksel parametreler farklı kimyasal sınıflama, endeks ve yöntemlerle ele alınarak göl sularının genel özellikleri ortaya konmaya çalışılmıştır.

5.4.1 İyonlar ve fiziksel parametreler arası ilişkiler

Doğal sularda mevcut anyon ve katyonların evrimi üzerine yapılan başlıca çalışmalardan biri olan Gibbs (1970) te dünyadaki doğal suların Na/Na+Ca oranlarının TÇM (toplam çözünmüş madde) miktarları ile karşılaştırıldığında karakteristik bir yerleşimi işaret ettiği belirtilmiştir. Bu, söz konusu farklı yerleşim ile iyonların zenginleşmesinin buharlaşma kristalizasyon, kayaç ve çökeltmenin baskın olduğu üç parametreden birine bağlı olarak geliştiği öne sürülmüştür.

İznik Gölü'ne ait ilgili parametreler Şekil 5.69'da diyagrama yerleştirildiğinde göl suyunda mevcut iyonların kayaç baskın grubunda yer alırken aynı zamanda buharlaşma kristalizasyon sınırına gösterdiği yakınlık dikkat çekmiştir. İznik Gölü gibi oldukça büyük bir gölde iyon konsantrasyonlarının başta Na, K, Ca ve Mg olmak üzere ya gölün bir kıyısına doğru yada kutupsal yönelimli artışlar göstermesi, göl sularının kayaç baskın karakterli olduğunun bir diğer belirtisidir. Freeze ve Cherry (1979)'daki çalışmalarında yeraltısularının evrimlerini farklı mineralojik bileşimlere bağlı olarak açıklamışlardır.

Bir gölün farklı kesimlerinde farklı mineralojik bileşimi haiz formasyonların bulunması, su bileşimini değişik şekillerde etkiler ve sonuçta katyon ve anyonları birbirinden farklılıklar gösteren su tiplerinin ortaya çıkmasını sağlar. Göller için önemli olan bir diğer parametrede tuzluluğun belirlenmesidir, Ca^{2+}/Mg^{2+} , Ca^{2+}/Cl^{-} ve Na^{+}/Cl^{-} oranları tuzluluğun belirlenmesinde kullanılan başlıca oranlardır. Tablo 5.27.'da farklı derinliklere ait göl sularında analizi yapılan ilgili parametrelerin ortalama değerlerinin kullanımı ile hesaplanan, tuzluluğun belirtilmesinde kullanılan oranlar (Ca^{2+}/Mg^{2+} , Ca^{2+}/Cl^{-} , Na^{+}/Cl^{-}), TÇM (toplam çözünmüş madde), SAR (sodyum adsorbsion ratio) değerleri ile Schoeller indeksi (Schoeller, 1959) sonuçları verilmiştir.

$b = r(Cl^-(Na^++K^+)/Cl^-)$ formülü ile hesaplanan Schoeller indeksi gölde farklı derinliklerde iyon değişimini ortaya koymuştur. Çıkan eksi sonuçlar katyon ve anyon değişimlerinin çok iyi geliştiğini ve göl sularının kloro alkalın kararlılığına sahip olduğu göstermiştir. Bu indekste elde edilecek pozitif sonuçlar ise doğal sularda Na^+ ve K^+ un Mg^{2+} ve Ca^{2+} ile çok az bir değişim gösterdiğini belirtmektedir. Sulama sularında sodyum miktarının ayrı bir önemi vardır. Sulamadan sonra toprağın üst kısımlarında soğrulan sodyum, toprak yüzeyinde sert bir tabaka oluşturarak, toprağın geçirgenliğini azaltmaktadır. Sodyum tehlikesi olarak nitelenen SAR aşağıdaki bağıntı yardımı ile hesaplanmaktadır

$$SAR = Na^+ / ((Ca^{2+} + Mg^{2+}) / 2)^{1/2}$$

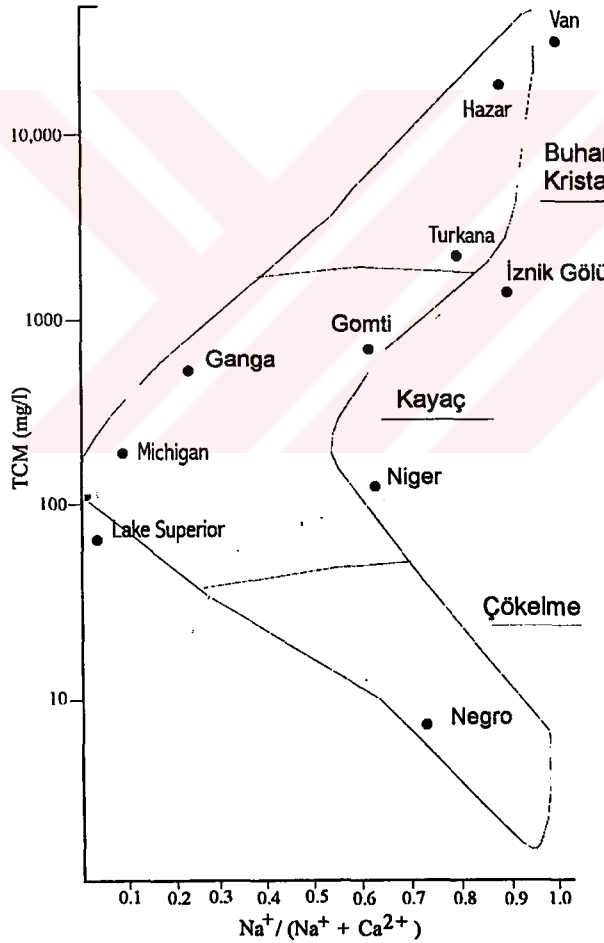
Bağıntıda iyonlar mek/l olarak alınmaktadır. Göl sularında elde edilen ortalama 6.6'lık SAR (%) değeri ile İznik Göl suları , çok iyi özellikte sulama suları sınıfında yer almıştır. İznik Göl sularında toplam çözünmüş madde miktarı ise derinliğe bağlı olarak oransal bir artış göstermiştir.

Tablo 5.27 İznik Göl sularında farklı derinliklere ait tuzluluk parametreleri, Schoeller indeksi TÇM ve SAR değerleri

Parametreler	TÇM mg/l	Na^+/Na^++Ca^{2+} mg/l	Ca^{2+}/Mg^{2+}	Ca^{2+}/Cl^-	Na^+/Cl^-	Scholler İndeksi	% SAR değeri
Derinlik							
Yüzey	1030	0,974	0,122	0,083	3,19	-3,07	6,63
20 m	1043	0,973	0,124	0,087	3,24	-3,13	6,63
40 m	1074	0,972	0,128	0,092	3,21	-3,00	6,65
60 m	1094	0,971	0,124	0,088	2,97	-2,33	6,50
Ortalama	1060,25	0,972	0,124	0,875	3,15	-2,88	6,60

Farklı derinlik değerleri için elde edilen Na^+/Cl^- oranları ortalaması 3.15 'tir. Bu oranın yüksekliği ve deriz suyu (0.86) ile temiz sular (1.0) değerlerinin üstünde kalması Mercado (1985)' e göre göle tuzlu su girişinin söz konusu olmadığını, Na^+/Cl^- oranının yüksek çıkmasının HCO_3^- konsantrasyonun yüksekliğine bağlı bir olay olduğu sonucunu ortaya koymaktadır. Cl^- iyonu sudaki materyaller ile kolaylıkla reaksiyona girmez ve su molekülleri ile sıkı sıkıya birleşme eğilimi gösterir. Raju ve Goud (1993) yaptıkları çalışmaya göre, İznik Gölü için geçerli olan $HCO_3^- > Ca^{2+} + Mg^{2+}$ değerlerinin iyon değişiminin az olduğu yumuşak sulara karşılık geldiğini söyleyebiliriz, aynı yazarlar $Ca^{2+} + Mg^{2+} > HCO_3^-$ değerlerinin ise sert sularda izlendiğini belirtmişlerdir. Gupta ve Subramanian (1994) deki çalışmalarında HCO_3^- 'in zengin olduğu sularda Mg^{2+} zenginleşmesi saptamışlardır.

Söz konusu bu durum İznik Gölü içinde ortaya çıkmıştır. İznik Gölü'nde Mg^{2+} , Na^+ 'dan dan sonra gölde ikinci hakim katyon durumundadır ve HCO_3^- ise hakim anyon olarak göl sularında bulunmaktadır. Sarin ve Krishnaswamy (1984) te doğal sularda yaptıkları çalışmalarda $(Ca^{2+}+Mg^{2+}) / (Na^++K^+)$ oranının 1 den büyük değerler almasını, hakim karbonatın tali altere silikatların ayrışmasına bağlı olarak geliştiğini belirtmişlerdir. İznik Gölü için yüksek Na^+ içeriği nedeniyle bu oran bütün derinlik değerleri için 1'den küçüktür ancak bu bize göl sularının iyon değişiminin şekillenmesinde karbonatların etkili olmadığını göstermeye yetmemektedir, çünkü İznik Gölü'nde hesaplanan kalsit doyma endeksi değerlerine göre, gölde kalsit çökelişi gerçekleşmektedir ve bu da bize Ca^{2+} iyonlarının sudaki konsantrasyonunun neden düşük miktarlarda kaldığına işaret etmektedir.

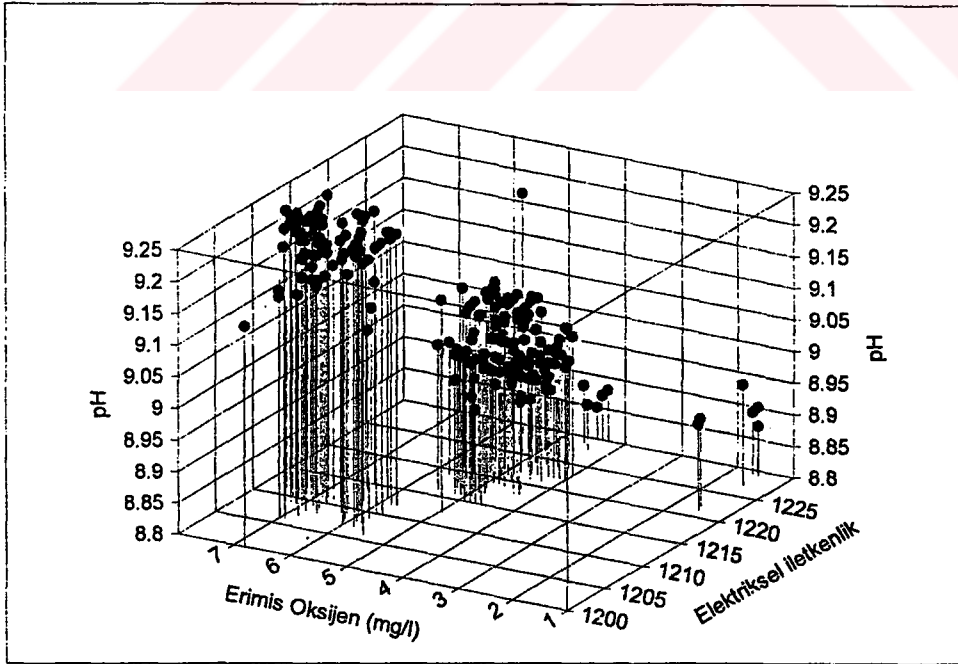


Şekil 5.69 İznik Gölü ve bazı göllerin TCM ve $Na^+ / (Na^+ + Ca^{2+})$ değerleri arasındaki ilişki

İznik Göl sularında toplam çözünmüş madde miktarının oldukça yüksek değerler izlemesi (ortalama 1060 mg/l), göl suyu kimyasal bileşiminin fiziksel ayrışmadan çok kimyasal ayrışma ile denetlendiğini göstermektedir. Na^+ -(Mg^{2+})- HCO_3^- - SO_4^{2-} su tipine sahip olan göl suyundaki iyon değişiminin başlıca anyon ve katyonlar arasında $\text{HCO}_3^- > \text{Na}^+ > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^- > \text{Mg}^{2+} > \text{CO}_3^{2-} > \text{K}^+ > \text{Ca}^{2+}$ şeklinde olduğu tespit edilmiştir.

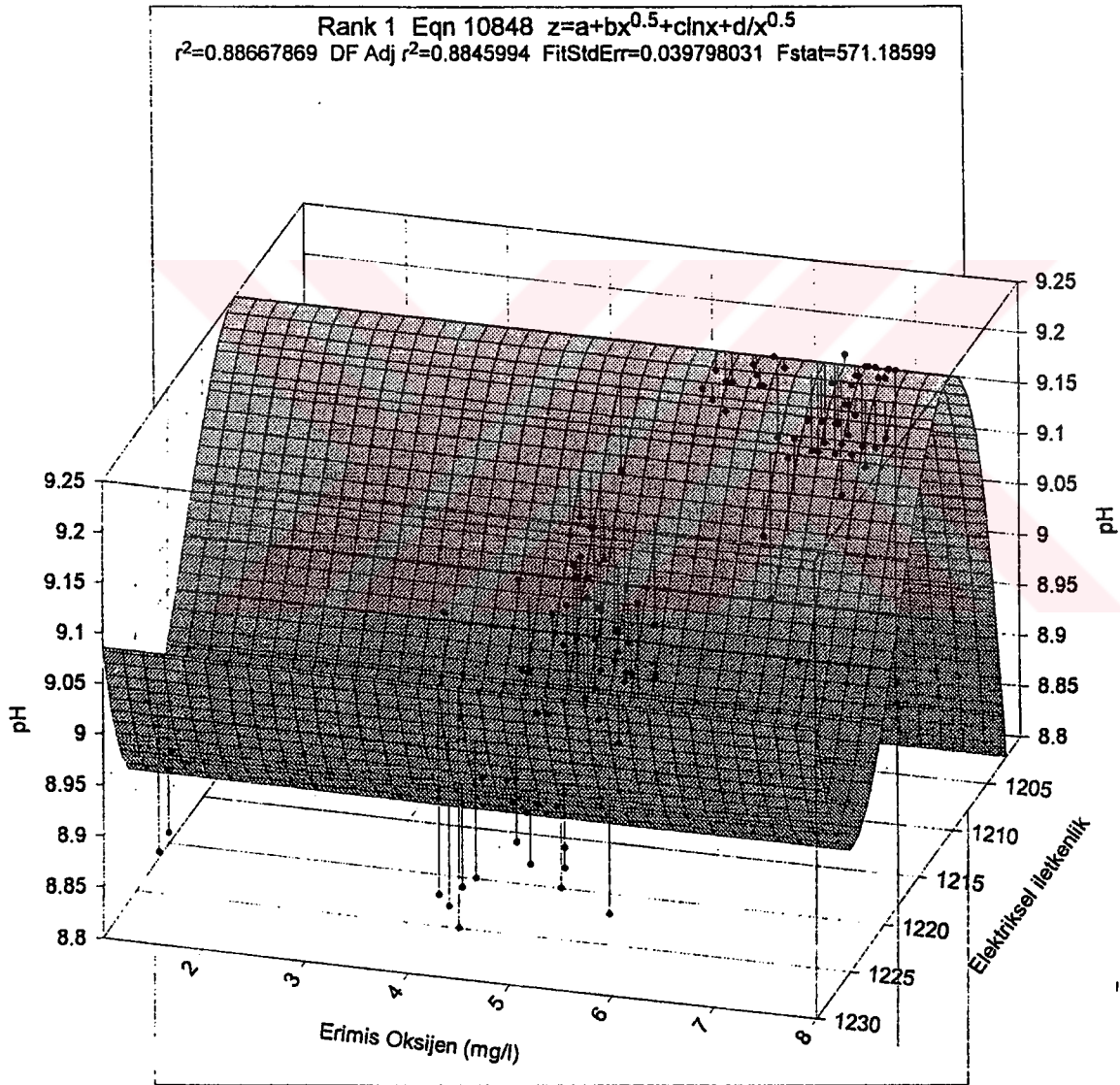
İznik Gölü'nde pH, elektriksel iletkenlik ve çözünmüş oksijen değerleri arasında üçlü ilişkinin karakteristiğini belirlemek amacıyla bilgisayar kullanılarak öncelikle bu noktaların birbirlerine göre konumları tespit edilmiş (Şekil 5.70), daha sonra bu noktalardan geçen yüzey hesaplanarak çizilmiştir (Şekil 5.71).

Elde edilen grafik yorumlandığında gölde pH, elektriksel iletkenlik ($\mu\text{s}/\text{cm}$) ve çözünmüş oksijen (mg/l) arasındaki ilişkinin dinamiği şu şekilde ortaya çıkmıştır. 1200 ile 1210 ($\mu\text{s}/\text{cm}$) elektriksel iletkenlik değerleri arasında göl sularının 9.2 ile maksimum pH değerine ulaştığı daha sonra artış eğilimine giren elektriksel iletkenlik değerlerine karşılık pH değerlerinde 8.9'a kadar bir düşüşün meydana geldiği, 1225 ($\mu\text{s}/\text{cm}$) elektriksel iletkenlik değerinden sonra ise göl sularının pH 8.95- 9.09 arasındaki değerlerle temsil edildiği ortaya çıkmıştır.

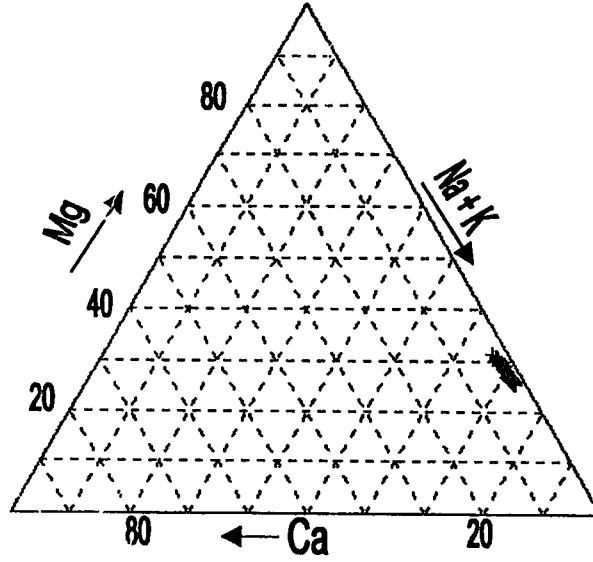


Şekil 5.70 pH, elektriksel iletkenlik ve çözünmüş oksijen değerlerinin üçlü gösterim grafiği.

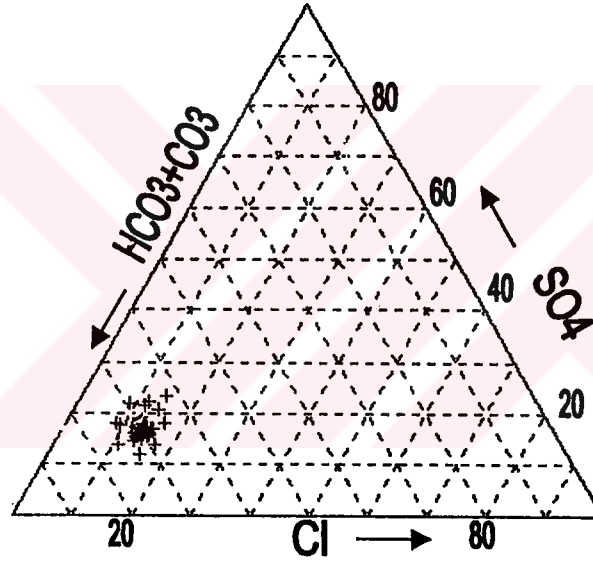
Çözünmüş oksijen değerleri ile pH arasında göldeki oksijen tabakalaşmasının bir sonucu olarak 3 ayrı gruplaşma izlenmiştir, birinci grup 5 mg/l ve daha fazla oksijen değerlerine karşılık gelen, pH 9 ve üzeri değerlerden oluşurken , ikinci grup 4 mg/l değerleri etrafında toplanan çözünmüş oksijen değerlerine karşılık pH 9.05'in altında kalan noktaların oluşturduğu gruptur, üçüncü grup ise 60 m derinlik değerlerinin düşük çözünmüş oksijen değerlerine karşılık gelen düşük pH değerleri tarafından oluşturulmuştur. Bu sonuçlar gölde oksijen ve pH arasındaki ilişkinin ve farklılaşmaların öncelikle çözünmüş oksijen tarafından denetlendiği ve bu parametreler arasındaki ilişkilerin dinamiğinin elektriksel iletkenlik ve pH arasındaki ilişki gibi düzensiz olmadığı sonucunu ortaya koymuştur.



Şekil 5.71 pH, elektriksel iletkenlik ve çözünmüş ve oksijen değerlerine ait üçlü noktalardan geçen yüzey ve denklemi.



Şekil 5.72 Göl sularında katyon dağılımı



Şekil 5.73 Göl sularında anyon dağılımı

Şekil 5.72-5.73'te verilen katyon diyagramında, İznik Göl suyu örneklerinin genelde yüksek Na yüzdesiyle "Na-Mg"lu sular, , anyon diyagramında ise yüksek HCO_3+CO_3 yüzdesiyle "karbonat oranı yüksek sülfatlı sular grubunda yer aldığı görülmüştür. Anyon ve katyon diyagramlarının paralel kenar diyagrama taşınmasıyla örneklerin alkali elementlerce (Na,K) daha zengin olduğu ve zayıf asit kökleri olan HCO_3+CO_3 toplamının güçlü asit kökleri olan $\text{Cl}+\text{SO}_4$ toplamından fazla olduğu su sınıfında yer aldığı tespit edilmiştir .

5.4.2.4 Schoeller (1955) sınıflaması

Schoeller suları klorür, sülfat ve karbonat miktarlarına göre sınıflandırmıştır. Bunlardan klorür konsantrasyonu diğerlerinden daha önemlidir.

Klorür Konsantrasyonu

Hiperklorürlü sular : Cl miktarı 700 mek/l den fazla olan sular

Klorotalasik sular : Cl miktarı 420-700 mek/l arasında olan sular

Klorürce zengin sular : Cl miktarı 140-200 “ “ “ “

Orta klorürlü sular : Cl miktarı 40-140 “ “ “ “

Oligoklorürlü sular : Cl miktarı 15-40 “ “ “ “

Olağan klorürlü sular : Cl miktarı 15 mek/l den az olan sular (Yeraltı suları).

Sülfat Konsantrasyonu

a- Hiposülfatlı sular : Sülfat miktarı >58 mek/l olan sular (Deniz suları)

b- Sülfatlı sular : Sülfat miktarı 24-58 mek/l arasında olan sular (İçme sularında üst sınır 24 mek/l dir).

c- Oligosülfatlı sular : Sülfat miktarı 6-24 mek/l arasında olan sular

d- Olağan sülfatlı sular : Sülfat miktarı <6 mek/l olan sular (Yeraltı suları)

Karbonat-bikarbonat konsantrasyonu

a- Hiperkarbonatlı sular : Karbonat miktarı >7 mek/l olan sular

b- Oligokarbonatlı sular : Karbonat miktarı 2-7 mek/l arasında olan sular (Yeraltı suları)

c- Olağan karbonatlı sular : Karbonat miktarı < 2 mek/l olan sular

Bu sınıflamaya göre İznik Göl suları ortalama 1.99 meq/l C miktarı ile olağan klorürlü, ortalama 2.34 meq/l sülfat miktarı ile olağan sülfatlı ve toplam ortalama 9.93 mek/l karbonat +bikarbonat konsantrasyonu ile hiperkarbonatlı sular grubunda yer almaktadır.

5.4.2.5 Sulın (1946) sınıflaması

Sulın doğal suları farklı genetik tip, grup ve alt gruplara ayırmıştır. Arazi yüzey koşulları sülfat-sodyum ve bikarbonat-sodyum; denizel ortam, klorür-magnezyum; derin yeraltı koşulları ise klorür-kalsiyum genetik tiplerini doğururlar. Gruplar, suyun

değişim durumunu belirleyen başlıca anyonları, alt grupları ise egemen katyonlar belirler. Buna göre Sulin suları qNa ve qCl oranlarına göre iki ana genetik gruba ayırmıştır:

$$qNa / qCl > 1 \text{ ve } qNa / qCl < 1; \quad (q = \% \text{ mek/l})$$

Eğer suda $qNa / qCl > 1$ ise, Na miktarı Cl miktarından fazladır. Bu fazlalık sodyumun sülfat veya karbonatlarla birleşerek aşağıdaki genetik su tiplerini oluşturmasını sağlar.

Eğer $(qNa - qCl) / qSO_4 < 1$ ise $\Rightarrow$ sülfat-sodyum tipi

Eğer $(qNa - qCl) / qSO_4 > 1$ ise $\Rightarrow$ bikarbonat-sodyum tipi

Eğer suda $qNa / qCl < 1$ ise, sudaki fazla klorür, Ca ve Mg ile birleşerek aşağıdaki genetik tipleri verir:

Eğer $(qCl - qNa) / qMg > 1$ ise $\Rightarrow$ kalsiyum-klorür tipi

Eğer $(qCl - qNa) / qMg < 1$ ise $\Rightarrow$ magnezyum-klorür tipidir.

Bu sınıflamaya göre İznik Göl suları değerlendirildiğinde $(qNa - qCl) / qSO_4$ oranının 1 den büyük olması nedeniyle göl sularının bikarbonat-sodyum tipinde olduğu ve bu sonuçla da göl sularının genetik olarak arazi ve yüzey koşullarının denetiminde olduğu tespit edilmiştir.

5.4.2.6 Kalsit doyma endeksi (Sc)

Kalsit ($CaCO_3$) saf suda çok az çözünür. Su içinde çözünmüş halde CO_2 varsa bunun asit etkisi ile $CaCO_3$ ' ın çözünmesi artar. İznik Göl sularında pH' ın yüzey suları için ortalama değeri 9.02 olup oldukça bazik özellik göstermektedir. Suyun bazik olması karbonatların çözünmesinden çok çökelmesini gerektirmektedir. Bu durumu ifade etmek için Kalsit Doyma Endeksi (Sc) terimi kullanılır ve aşağıdaki bağıntıyla gösterilir.

$$Sc = \log (aCa^{2+}) + \log (aHCO_3^-) + \log K_2 - \log 10^{-pH} - \log K_c \quad (1)$$

$Sc > 0$ ise suda $CaCO_3$ çökelmesi izlenir.

$Sc = 0$ ise su $CaCO_3$ ' ca doygundur.

Sc < 0 ise suda CaCO₃ çözünmesi meydana gelir

Sc (kalsit doyma endeksi) bağıntısında yer alan parametrelerin elde edilmesinde su analizlerinin mg/l değerleri kullanılır.

log aCa²⁺ parametresinde aCa²⁺ ; Ca aktivitesini ifade etmektedir.

Tuzların suda çözünürlüğünü iyonlar arası tepkime hızlarını etkileyen nedenlerden biri de iyon etkinliği (f_i) dir. İyon etkinliği ile herhangi bir iyonun derişimi (C_i) arasında şu bağıntı kullanılmaktadır.

a C_i = f_i x C_i ; burada f_i herhangi bir iyonun etkinlik katsayısıdır ve boyutsuzdur.

f_i teriminin logaritması ile herhangi bir iyonun değeri ve iyonlaşma gücü arasında da şu eşitlik vardır :

$$\log f_i = - A z_i^2 [I^{1/2} / (1 + I^{1/2}) - 0.21]$$

İznik Gölü yüzey su örneklerinin iyonlaşma gücü ortalama 0.0183 olarak hesaplanmıştır. Bağıntılarda A ; çözeltinin, dielektrik sabitesi (D) ile mutlak sıcaklığa (T⁰K) bağlı bir değişkendir ve belirli sıcaklıklar için A değerleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

T °C	0	5	10	15	20	25	30	35	40
A	0.49135	0.49480	0.49850	0.5024	0.5066	0.5111	0.5157	0.5206	0.5258

Göl sularında yüzeyde ölçülen sıcaklık değeri ölçüm yapılan mevsimde yüzeyde ortalama 25.1 ° C dir. Buna göre Ca için yukarıdaki bağıntıyı yazarsak ;

$$\begin{aligned} \log f_{Ca} &= - 0.51 \times 4 [0.0183^{1/2} / (1+0.0183^{1/2})-0.21] \\ &= - 0.51 \times 4 [(0.135/1.135)-0.21] \end{aligned}$$

$$\log f_{Ca} = 0.185 \Rightarrow f_{Ca} = 1.531 \text{ bulunur. Buradan}$$

Yüzey kalsiyum ortalama değeri 5.72 mg/l' dir. C_i değeri (iyon derişimi- mol/l) : 1.43. 10⁻⁴

Elde edilen sonuç yukarıdaki iyon etkinliği ve iyon derişimi formülünde yerine konursa

$$aCa^{2+} = 2.19 \cdot 10^{-4} \text{ ve } \log aCa^{2+} = -3.65$$

bulunur. Aynı hesaplamalar HCO₃⁻ için de yapılırsa ;

$a\text{HCO}_3^- = 9.43 \cdot 10^{-3}$ ve $\log a\text{HCO}_3^- = -2.025$ bulunur.

1 nolu eşitlikteki K_2 ve K_c değerleri sıcaklıklara göre hesaplanmış olup aşağıda Tablo 5.29 da verilmiştir. Yüzey su örneklerinin ortalama pH' sı 9.20 olarak tespit edilmiştir.

Tablo 5.29 Bazı kimyasal tepkimelerin denge sabiteleri (Jacobson ve Langmuir, 1972)

t ⁰ C	pK _{su}	pK _{CO₂}	pK ₁	pK ₂	pK _c	pK _d	pK _{CaSO₄}
0	14.94	1.12	6.58	10.63	8.34	16.56	2.200
5	14.73	1.19	6.52	10.56	8.35	16.63	2.220
10	14.53	1.27	6.46	10.49	8.36	16.71	2.250
15	14.35	1.34	6.42	10.43	8.37	16.79	2.270
20	14.17	1.40	6.38	10.38	8.39	16.89	2.290
25	14.00	1.46	6.35	10.33	8.41	17.00	2.310
30	13.83	1.52	6.33	10.29	8.45	17.12	2.330
35	13.68	1.57	6.31	10.25	8.50	17.25	2.354
40	13.53	1.62	6.30	10.22	8.55	17.39	2.376
45	13.40	1.66	6.29	10.20	8.59	17.53	2.398
50	13.26	1.71	6.29	10.17	8.64	17.68	2.420
60	13.02	1.78	6.30	10.15			
70	12.80	1.84	6.33	10.13			
80	12.60	1.90	6.36	10.13			

Burada ;

$$K_{su} = (a\text{H}^+)(a\text{OH}^-)/(a\text{H}_2\text{O}) \quad K_{\text{CO}_2} = (a\text{H}_2\text{CO}_3)/p\text{CO}_2 \quad K_1 = (a\text{H}^+)(a\text{HCO}_3^-)/(a\text{H}_2\text{CO}_3)$$

$$K_2 = (a\text{H}^+)(a\text{CO}_3^{2-})/(a\text{HCO}_3^-) \quad K_c = (a\text{Ca}^{2+})(a\text{CO}_3^{2-})/(a\text{CaCO}_3)$$

$$K_{\text{CaSO}_4} = (a\text{Ca}^{2+})(a\text{SO}_4^{2-})/(a\text{CaSO}_4) \quad K_d = (a\text{Ca}^{2+})^{1/2}(a\text{Mg}^{2+})^{1/2}(a\text{CO}_3^{2-})/[a\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2]$$

Göl suyunda ölçülen ortalama sıcaklık 25 °C olduğuna göre , 25 °C için bu değerler ;

$$\log K_2 = -10.33 \text{ ve } \log K_c = -8.41 \text{ bulunur.}$$

Sonuçta 1 nolu eşitlik tekrar yazılırsa ;

$$S_c = \log (a\text{Ca}^{2+}) + \log (a\text{HCO}_3^-) + \log K_2 - \log 10^{-\text{pH}} - \log K_c$$

$$S_c = -3.65 + (-2.025) + (-10.33) + 9.20 - (-8.41)$$

$$S_c = 1.60 > 0 \text{ olduğundan}$$

İznik Göl Sularında kalsit çökmesi izlenir yargısına varılır.

20, 40 ve 60 m derinlikler için yapılan diğer hesaplamalarda da $S_c > 0$ olduğundan İznik Göl sularının kalsit çökelişi gösterdiği tespit edilmiştir.

5.4.2.7 Karbonat doyma endeksi

6.5 – 9.5 arasında pH değerlerine sahip olan suların karbonat doygunluğu için Langelier tarafından endeks tanımlaması yapılmıştır.

$$SI = pH - pH_s = pH - [(pK_2' - pK_s') + pCa^{2+} + pAlk] \quad (2)$$

Burada pH ; laboratuvarında ölçülen suyun pH sı , pH_s ise CaCO₃ doyma pH sı, pK₂' ve pK_s yaklaşık sabiteler, pCa²⁺ ; Ca²⁺ iyonunun mol/l değerinin negatif logaritması, pAlk ; toplam alkalinitenin (CO₃²⁻ + HCO₃⁻) mek/l olarak negatif logaritması' dır. Doyma endeksinin yorumu da şu şekildedir,

SI > 0 ise suda CaCO₃ çökebilir.

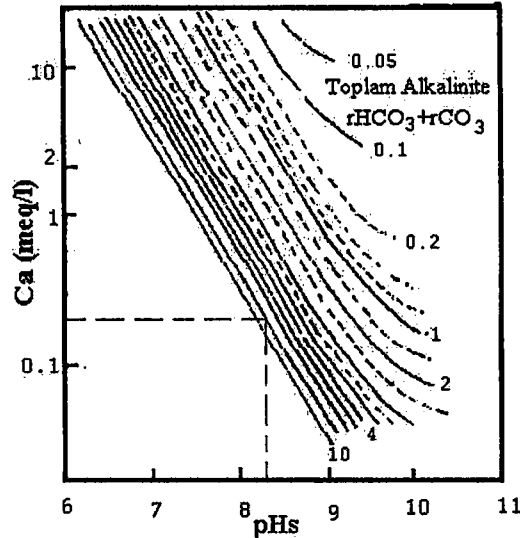
SI = 0 ise su CaCO₃ ca doygundur

SI < 0 ise su CaCO₃ çözündürebilir.

Yüzey sularının yerinde ölçülen ortalama pH' sı 9,02 ortalama toplam alkalinite 9.93 mek/l dir ve yüzey sularının ortalama Ca (mek/l) değeri ise 0.286 dır. Toplam alkalinite ve kalsiyum değerleri grafikte (Şekil 5.74) yerine konduğunda pH_s değeri 8.2 olarak bulunmuştur.

SI = pH – pH_s buradan

0.82=9.02-8.2 elde edilmiştir SI >0 olduğundan bu endekse göre de İznik göl sularında CaCO₃' çöktüğü olduğu tespit edilmiştir. .



Şekil 5.74 Kalsiyum Denge Diyagramı

5.4.2.8 Dolomit doyma endeksi (Sd)

Dolomitin çözünürlüğü de kalsitte olduğu gibi su içinde çözünmüş CO₂ gazına bağlıdır. Dolomitin su içinde çözünüp çökmesini ifade etmek için aşağıdaki eşitlikten yararlanılır.

$$Sd = \log [(aCa^{2+})(aMg^{2+})(aCO_3^{2-}) / Kd]^{1/2} . \quad (3)$$

Burada ;

Sd > 0.1 ise suda dolomit çökmesi izlenir

Sd = 0 ise su dolomit'ce doygundur.

Sd < 0 ise su dolomiti çözündürür.

Dolomit doygunluğunu belirlemek için gerekli olan aCa²⁺, aMg²⁺, aCO₃²⁻ ve Kd değerlerinden aMg²⁺ değeri, Magnezyum için yüzey sularında tespit edilen ortalama 46,80 mg/l değerinin kullanılması ile kalsiyum karbonat için doygunluk hesaplamalarında anlatıldığı şekilde bulunur. 25 °C için Kd değeri Tablo 5.29. da verilmiştir. Bu veriler (3) nolu eşitlikte yerine konduğunda;

$$Sd = 1.80 > 0$$

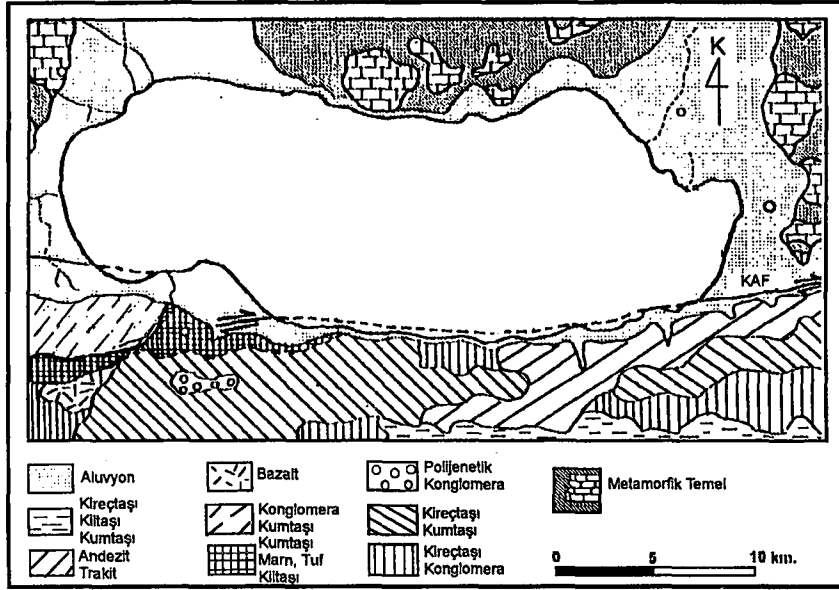
olduğundan İznik Gölü'nde dolomit CaMg(CO₃)₂ çökelişi izlenir sonucuna varılır.

5.4.2.9 Sülfat doyma endeksi

Sülfat doyma endeksinin (Ss) yorumu kalsit doyma endeksinde olduğu gibidir .İznik Göl sularında yüzey su örnekleri için yapılan hesaplamalarda Ss = -6.5<0 olduğundan ve diğer derinlik değerleri için Ss<0 ilişkisinin dışına çıkmadığından İznik Göl sularında sülfatın çözünür halde kaldığı sonucu çıkmıştır, göl sularındaki sülfat konsantrasyonunun fazlalığı bu nedene bağlı bir sonuçtur.

5.4.3 İznik Gölü civarındaki jeolojik birimlerin göl sularına etkisi

İznik Gölü civarındaki jeolojik birimler Kuzey Anadolu fay hattının gölün güneyinden geçen kolu ile iki ayrı gruba ayrılmaktadır. Kuzeyde Rodop- Pontit fragmanı olarak nitelenen zayıf metamorfik Paleozoyik istif ile Alt Paleozoyik-Üst Kretase yaşlı İznik Metamorfiti ve İznik ile Orhangazi ovalarını oluşturan post ofiyolitik Miyosen ve daha genç yaşlı çökeller yer almaktadır.



Şekil 5.75 İzmir Gölü civarının basitleştirilmiş jeoloji haritası (MTA Rapor No: 7853, 1986)

Güneyde ise Triyas yaşlı lav çökel topluluğu ile Jura ve Üst Kretase yaşlı çökel istifli bulunmaktadır (Yılmaz ve diğ., 1994). İzmir Gölü'nde analiz yapılan başlıca anyon ve katyonların, göldeki konsantrasyon artış yönlerinin göl yakın civarı litolojisi ile ve diğer antropojenik kaynaklarla ilişkisi Tablo 5.30'da verilmiştir.

Tablo.5.30 İzmir Gölü'nde iyon konsantrasyon artış yönleri ile litolojik ve antropojenik kaynakların ilişkisi

Anyon ve katyonlar	Konsantrasyon artış yönü	Konsantrasyon Artış Yönündeki Litoloji	İyon konsantrasyonu etkileyebilecek mineral veya antropojenik kaynaklar	Göldeki iyon konsantrasyonda etkili olabilecek diğer litolojik birimler veya kaynaklar
Na ⁺	Güney -Güneydoğu (Şekil 5.27-5.29)	A1	A2	A3
K ⁺	Güney-Güneydoğu (Şekil 5.30-5.32)	B1	B2	B3
Ca ²⁺	Kuzeydoğu-Güneybatı (Şekil 5.33-5.35)	C1	C2	C3
Mg ²⁺	Kuzeydoğu-Güneybatı (Şekil 5.36-5.38)	D1	D2	
SO ₄ ²⁻	Güneybatı (Şekil 5.54 -5.56)	E1	E2	
HCO ₃ ⁻	Güney-Güneybatı (Şekil 5.42-5.44)	F1	F2	
PO ₄ ³⁻	Doğu-Batı (Şekil 5.56-5.57)	G1	G2	

Ekler bölümünde verilen 7853 sayılı MTA raporundan basitleştirilmiş İznik Gölü yakın civarındaki jeolojik birimleri gösteren harita Şekil 5.75 te verilmiştir. Söz konusu haritada görüldüğü gibi gölün güneyinde Triyas yaşlı volkanizmanın ürünü andezit, trakit ve bazalt oluşumları ile Jura ve Üst Kretase yaşlı kireçtaşı, kumtaşı, kilitaşı, konglomeralardan oluşan çökel birimler yer alırken kuzeyde ise metamorfik temel yer almaktadır.

A1: Triyas yaşlı lav çökel topluluğu ile Jura ve Üst Kretase yaşlı çökel istifi

A2: Feldspat grubu mineraller, çökel kayalarda ikincil olarak bulunan NaCl, atmosfer

A3: Gölün kuzeyinde, metamorfik temel içinde yeralan, albit içeren tremolit aktinolit şistler, glokofan şistlerdeki glakofan, albit içeren mermer kalkışistler

B1: Triyas yaşlı lav çökel topluluğu ile Jura ve Üst Kretase yaşlı çökel istifi

B2 : Feldspat ve mika grubu mineraller,

B3 : Gölün kuzeyinde tarımsal faaliyet sırasında kullanılan potasyumlu gübreler

C1: Gölün güneyinde ekonomik olmayan jips oluşuklarının yer aldığı çökel ve volkanik kayalara ile gölün kuzeydoğusunda yer alan mermer kalkışist içeren metamorfik topluluğa olmak üzere iki kutuplu yönelim,

C2: Karbonatlı kayaçlar, jips, piroksen, amfibol grubu mineraller

C3: Gölün güneyinde yer alan çökel kayalar içindeki (kireçtaşı, kumtaşı, konglomera) karbonat, ile bazaltik kayaç içinde mevcut kalsik plajioloklas ve piroksen.

D1: Ca 'a benzer şekilde gölün güneyindeki çökel ve volkanik kayalar ile kuzeydoğusunda mermer kalkışist içeren metamorfik topluluğa olmak üzere iki kutuplu yönelim.

D2: Serpantin, piroksen, amfibol, ve mika grubu mineraller ile olivin.

E1: Gölün güneyinde ekonomik olmayan jips oluşuklarının yer aldığı çökel ve volkanik kayalara doğru yönelim

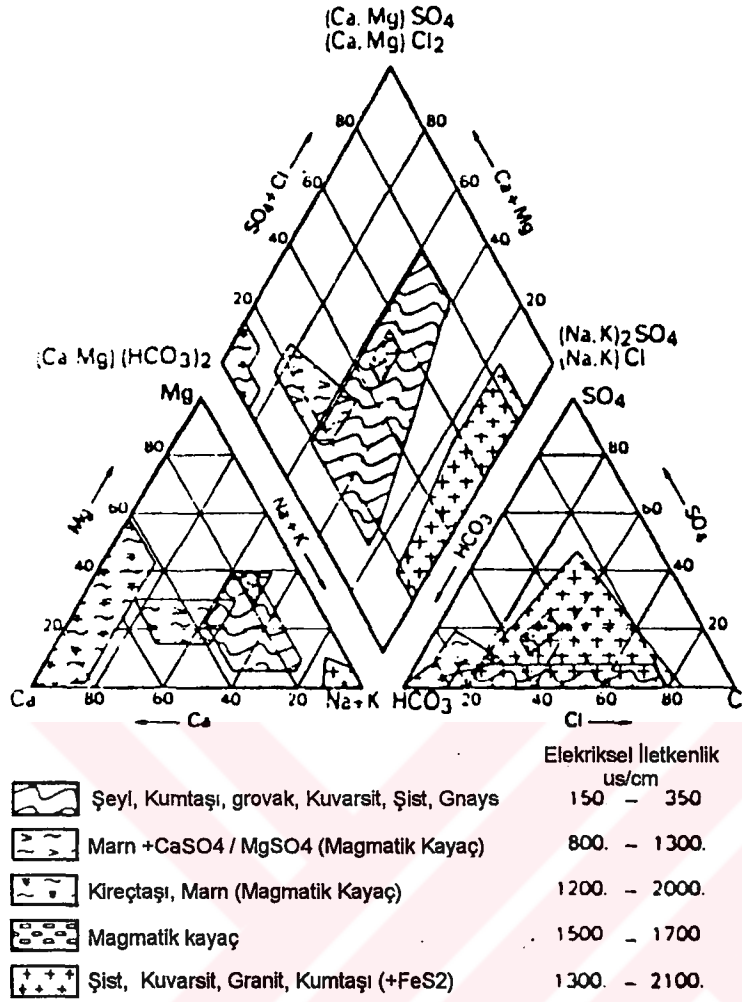
E2: Jips, sülfidler, atmosfere

F1: Gölün güneyinde, kireçtaşı içeren çökel kayalar doğru yönelim

F2: Karbonatlar, organik maddeler.

G1: Gölün doğu ve batısında yer alan Orhangazi ve İznik ovalarına doğru yönelim

G2: Organik maddeler,



Şekil 5.76 Başlıca kayaç türlerinden gelen suların Piper plot diyagramı üzerinde gösterimi.

İznik göl sularına ait piper sınıflaması sonuçları Zuurdeeg ve Weiden, 1985 tarafından modifiye edilmiş, Şekil 5.76'da verilen üçgen diyagramlar ile karşılaştırıldığında ortalama 1217 µs/cm elektriksel iletkenlik değeri ve (Na⁺+K⁺) oranı yüksek, magnezyumlu klorürlü su niteliği ile karışık sular grubunda yer alan göl sularının diyagramdaki her hangi bir gruba tam olarak karşılık gelmediği tespit edilmiştir. Ancak sonuçlar İznik Gölü'nün havza jeolojisi ile birlikte değerlendirildiğinde, göl sularının , kumtaşı, şist, kireçtaşı, marn ile magmatik kayalar tarafından şekillenmiş anyon ve katyon dağılımına sahip olduğu söylenebilir.

5.5 İznik Göl Suları Analiz Sonuçlarına Uygulanan İstatistiksel Değerlendirme Metotları

Bu bölümde göl sularında tespit edilen parametrelerin uygun jeoistatistik yöntemlerle ele alınarak değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Öncelikle, anyon ve katyonlardan oluşan data setine parametreler arasındaki gruplaşma ve bağımlılıkların faktör yükleri yardımıyla ortaya konulmasına olanak sağlayan başlıca bileşenler analizi (PCA- Principal Component Analysis), (Davis, 1986, Reyment, 1993), uygulanmıştır.

Bir diğer jeoistatistik değerlendirme metodu olan Cluster analizi (Anderberg, 1973, Davis, 1986, Brown, 1998) uygulaması ile anyon ve katyon analiz sonuçları arasındaki ilişkilerin ve benzerliklerin korelasyon katsayıları kullanımı ile bir dendogram üzerinde gösterimi gerçekleştirilmiştir.

Tablo 5.31 İznik Gölünde Yerinde ve Laboratuarda yapılan tüm analizlere ait temel istatistik parametreler.

	pH	Ç.O. (mg/l)	E.İ us/cm)	Na (mg/l)	K (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Si (mg/l)
Örnek Sayısı	223	223	223	223	223	223	223	223
Minimum	8,85	1,5	1200	200	12	3,8	40	0,9
Maksimum	9,25	7,5	1230	245	12,8	9	59	1,47
Ortalama	9,07	5,596	1217	223	12,37	6,102	48,91	1,256
Varyans	0,014	0,97	43,48	63,09	0,03	0,985	18,397	0,013
Standart Sapma	0,117	0,985	6,59	7,943	0,173	0,993	4,289	0,116
Eğrilik	0,01	0,462	-0,21	0,039	0,467	0,004	0,264	-0,584
Kurtosis	-1,329	-1,184	-0,83	0,422	-0,1	-0,578	-0,607	0,173
Median	9,06	5,2	1219	225	12,4	6,2	49	1,27
	HCO ₃ (mg/l)	CO ₃ (mg/l)	SO ₄ (mg/l)	Cl (mg/l)	F (mg/l)	PO ₄ (mg/l)	NO ₂ (mg/l)	NO ₃ (mg/l)
Örnek Sayısı	223	223	223	223	223	223	223	223
Minimum	474	36	95,5	60,1	0,88	1,02	0	0,7
Maksimum	551	55	166,5	84,3	2,3	1,51	0,09	0,85
Ortalama	523,37	45,256	113,29	69,684	1,623	1,234	0,066	0,74
Varyans	162,245	15,317	108,19	31,443	0,096	0,01	0,001	0,03
Standart Sapma	12,738	3,914	10,40	5,607	0,31	0,1	0,023	0,055
Eğrilik	0,02	0,231	1,283	0,377	-0,334	-0,025	-0,952	0,77
Kurtosis	-0,11	-0,358	4,52	-0,692	-0,659	-0,55	0,077	-0,816
Median	522	45	111,6	68,8	1,66	1,24	0,07	0,75

Bu bölümde İznik Göl suları analiz sonuçlarının istatistik parametreleri elde edilmiş (Tablo 5.31.) daha sonra Faktör analizi yöntemlerinden biri olan PCA (principal component analyses) ile Cluster analizi uygulaması yapılmıştır. Bu analizlerin yardımı ile göl sularındaki anyon ve katyonların birbirleri ile olan bağlantı ve bağımlılıklarına, gruplaşmalarına açıklık getirilmesi amaçlanmıştır.

5.5.1 Başlıca bileşenler analizi (PCA)

PCA analizlerinde analizlerin uygulandığı her bir parametre (mg/ l cinsinden) 223 örnek sayısı ile temsil edilirken, yapılan PCA analizine ait faktör yükleri korelasyon matrisi Tablo 5.32 de, toplam 13 parametre için faktör yükleri ise Tablo 5.33 de verilmiştir. Şekil 5.77-5.80 de ise 13 adet bileşenden oluşan göl suyu analiz sonuçlarına ait elde edilen 4 faktör yükünün grafiksel gösterimi sunulmuştur. Elde edilen bir numaralı faktör yükü PCA1 deki yüksek derecede pozitif (SO_4^{2-} , HCO_3^- , Na^+ , Mg^{2+}) ve yüksek derecede negatif (CO_3^{2-} , NO_2^-) anyon katyon birlikteliğinin ve % 34.417 lik toplam varyansın grafik gösterimi Şekil 5.77 de verilmiştir. En yüksek toplam varyansa sahip bu ilk gruplaşmada gölde hakim anyon ve katyonların pozitif grubu oluşturması bunun yanında karbonat, nitrit ve nitratın negatif gruplaşmayı oluşturmaları belirgin şekilde ortaya çıkmıştır

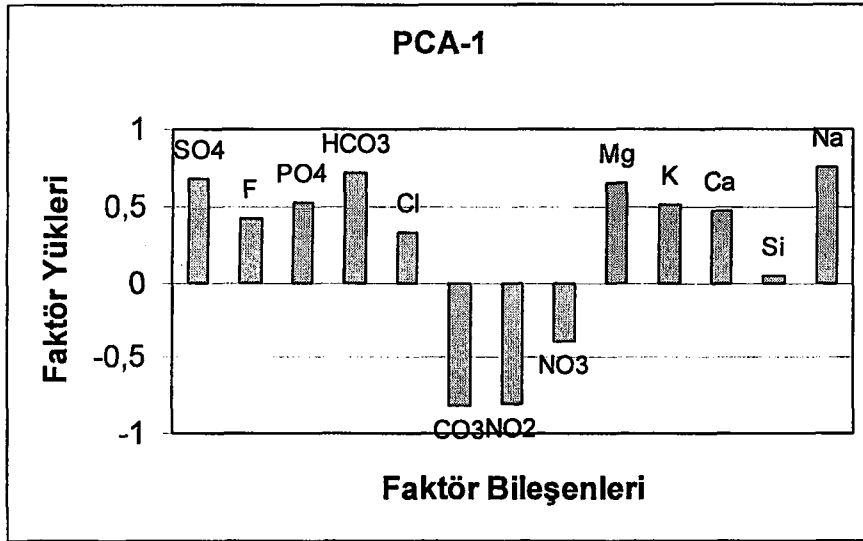
Tablo 5.32 Faktör yükleri korelasyon matrisi.

	SO ₄	F	PO ₄	HCO ₃	Cl	CO ₃	NO ₂
SO ₄	1,000						
F	0,382	1,000					
PO ₄	0,487	0,399	1,000				
HCO ₃	0,496	0,156	0,479	1,000			
Cl	-0,118	-0,071	-0,289	0,038	1,000		
CO ₃	-0,616	-0,270	-0,558	-0,586	-0,094	1,000	
NO ₂	-0,375	-0,089	-0,219	-0,496	-0,413	0,621	1,000
NO ₃	-0,226	-0,023	0	-0,280	-0,156	0,165	0,360
Mg	0,354	0,423	0,191	0,353	0,245	-0,308	-0,497
K	0,029	-0,053	-0,004	0,241	0,743	-0,334	-0,549
Ca	0,311	0,574	0,212	0,110	0,068	-0,253	-0,284
Si	-0,246	-0,118	-0,385	-0,193	0,466	0,143	-0,269
Na	0,479	0,080	0,312	0,544	0,389	-0,681	-0,690
	NO ₃	Mg	K	Ca	Si	Na	
NO ₃	1,000						
Mg	-0,396	1,000					
K	-0,077	0,287	1,000				
Ca	-0,287	0,583	0,001	1,000			
Si	-0,223	0,338	0,249	0,137	1,000		
Na	-0,114	0,219	0,550	0,056	-0,072	1,000	

Ayrıca PCA-1'in de kendi içinde yüksek pozitif değerleri için SO_4^{2-} , HCO_3^- , Na^+ , Mg^{2+} ile PO_4^{2-} ve K^+ 'dan oluşan gruplara ayrıldığı tespit edilmiştir. İki numaralı faktör yükü PCA-2'de başta Cl^- , K^+ , Si^{6+} arasında yüksek faktör yükleri ile ortaya çıkan negatif birlikteliğe daha düşük negatif yüklerle Na^+ , Mg^{2+} ve CO_3^{2-} da katılmıştır, buna karşılık PO_4^{2-} , SO_4^{2-} , HCO_3^- ve Ca^{2+} ile pozitif faktör yükleri gruplaşması ortaya çıkmıştır. PCA-2 % toplam 19.854 varyans değerine bağlı faktör yükleri ile temsil edilmiştir (Şekil 5.78.). Burada belirgin olarak katyonlar arasında Na^+ , Mg^{2+} , K^+ , ve anyon olarak ta Cl^- arasındaki ilişki kendini göstermiştir. Söz konusu bu ilişki PCA-1'in % toplam varyansından daha düşük değerlerde ortaya çıkmasına rağmen bu parametreler arasındaki ilişkinin varlığını göstermesi bakımından ilginçtir. Faktör yükü PCA-3'te % toplam 14.100 varyans değeri ile Ca^{2+} ile Mg^{2+} ve F^- 'un yüksek negatif faktör yükleri ile göl sularındaki birlikte hareketleri ortaya çıkmıştır. Bu faktör yükü düşük % toplam varyans değeri ile olsa bile Ca^{2+} ve F^- 'un birlikte hareketini göstermesi bakımından dikkat çekmiştir. Pozitif gruplaşma ise Na^+ , K^+ , HCO_3^- ve NO_3^- arasında gerçekleşmiştir (Şekil 5.79).

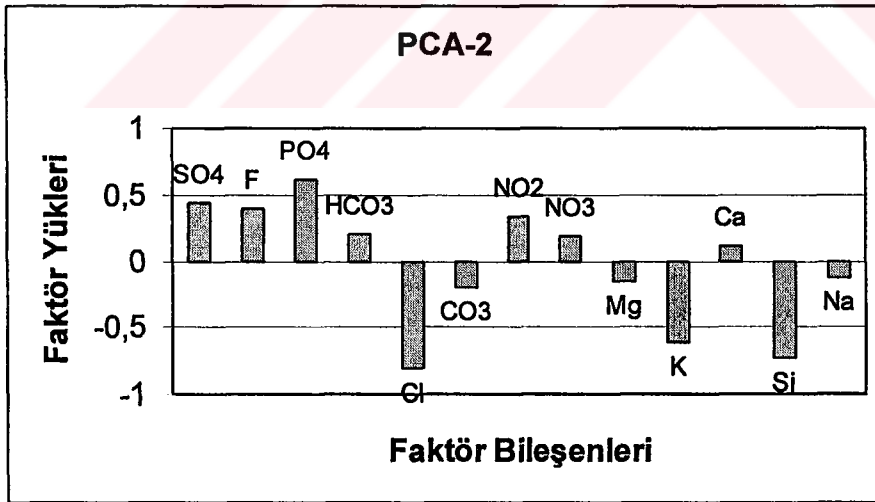
Tablo 5.33 Bileşenlerin faktör yükleri

	PCA-1	PCA-2	PCA-3	PCA-4
SO_4^{2-}	0,681	0,435	0,002	-0,109
F^-	0,413	0,396	-0,514	0,471
PO_4^{2-}	0,523	0,620	0,116	0,113
HCO_3^-	0,710	0,206	0,250	-0,282
Cl^-	0,323	-0,809	0,076	0,255
CO_3^{2-}	-0,817	-0,202	-0,253	-0,027
NO_2^-	-0,809	0,326	-0,093	0,110
NO_3^-	-0,393	0,192	0,348	0,709
Mg^{2+}	0,649	-0,160	-0,553	-0,013
K^+	0,509	-0,622	0,306	0,296
Ca^{2+}	0,471	0,104	-0,716	0,177
Si^{6+}	0,041	-0,729	-0,395	-0,071
Na^+	0,760	-0,124	0,473	0,081
Bileşenlerin varyansı	4,474	2,581	1,833	1,037
% Toplam varyans	34,417	19,854	14,100	7,976

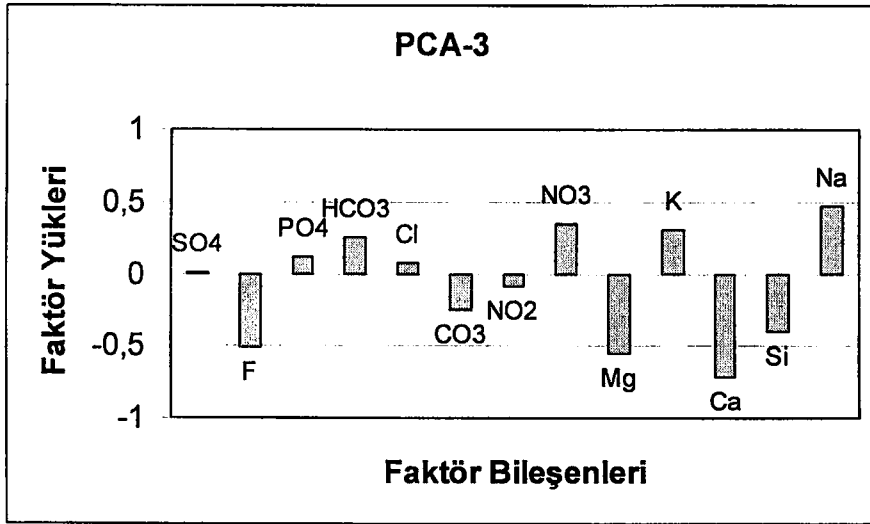


Şekil 5.77 Göl suları analiz sonuçlarına ait 1 nolu faktör yüklerinin grafiksel gösterimi

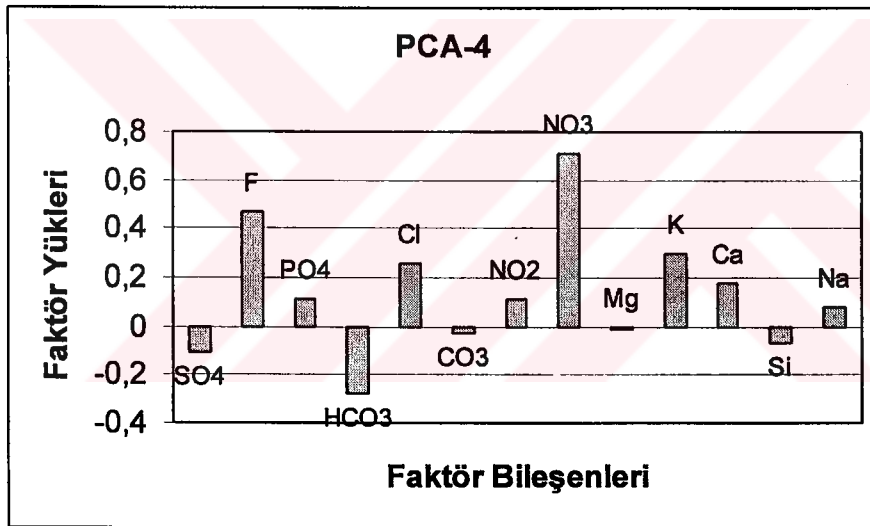
Dört numaralı faktör yükü PCA-4 ise 7.976 ile en düşük % toplam varyans değeri ile temsil edilirken, HCO_3^- , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} ve Si^{6+} arasında gölde hakim anyonlar ağırlıklı bir gruplaşmaya karşılık yüksek pozitif faktör yükü başta NO_3^- olmak üzere silis haricindeki diğer bütün katyonları bir arada hareketini göstermiştir (Şekil 5.80).



Şekil 5.78 Göl suları analiz sonuçlarına ait 2 nolu faktör yüklerinin grafiksel gösterimi



Şekil 5.79 Göl suları analiz sonuçlarına ait 3 nolu faktör yüklerinin grafiksel gösterimi



Şekil 5.80 Göl suları analiz sonuçlarına ait 3 nolu faktör yüklerinin grafiksel gösterimi

5.5.2 Cluster analizi

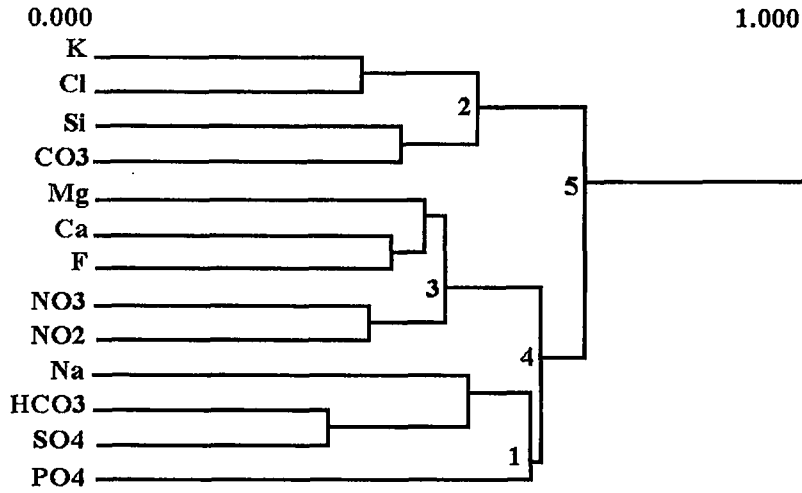
İznik Göl sularında çözünmüş anyon ve katyonlara uygulanan bir diğer istatistiksel değerlendirme yöntemi ise cluster analizidir. Cluster analizi benzer parametrelerin değerlendirilmesinde korelasyon katsayılarının kullanımına dayanan bir yöntemdir. Birbirleri ile ilk önce bağlanan veya aralarında yüksek benzerlik olan parametreler cluster oluştururlar. İki parametre birbiri ile ancak diğerlerine göre aralarında yüksek korelasyon varsa bağlanabilir (Davis, 1986). İznik Göl sularında tespit edilen

anyon ve katyonlar arasında gerçekleştirilen cluster analizinde her bir parametre için yüzey (84 adet) , 20 m. (77 adet), 40m' den (56 adet) oluşan derinlik grupları için ayrı ayrı analiz yapılmıştır. Tablo 5.20 de yüzey su örneklerine ait korelasyon matrisinde görüldüğü gibi HCO_3^- ve SO_4^{2-} arasında $r=0.672$ ile en yüksek korelasyonlu bağlantı, korelasyon katsayıları yardımı ile elde edilen cluster diyagramında (Şekil 5.68) önce Na^+ değerleri ile $r=0.476$ ile ikinci bağlantıyı oluşturmuş nihayet bu iki gruptan oluşan birliktelik $r= 0.38$ 'lik korelasyonla PO_4^{2-} ün katılımıyla 1 nolu noktada cluster teşkil etmiştir.

Söz konusu clusterı oluşturan anyon ve katyonların PO_4 dışında gölde hakim iyonlar grubunu oluşturmaları ilginçtir. K-Cl'un $r=0.639$ 'luk , $\text{Si}^{6+}-\text{CO}_3^{2-}$ 'ın $r=0.576$ korelasyon katsayılı birliktelikleri 2 nolu noktada ikinci cluster noktasını oluşturmuştur. Burada elde edilen sonuç gölde konsantrasyon yönelimi açısından sodyumla benzerlik gösteren Cl^- 'un , K^+ ile de bağlantısının olduğu göstermiştir.

Tablo 5.34 Yüzey su örneklerine ait korelasyon matrisi.

	Ca	Cl	CO_3	F	HCO_3	K	Mg
Ca	1,000						
Cl	-0,076	1,000					
CO_3	0,308	0,343	1,000				
F	0,592	-0,203	-0,044	1,000			
HCO_3	-0,135	-0,070	-0,539	-0,001	1,000		
K	-0,270	0,630	0,193	-0,341	-0,012	1,000	
Mg	0,543	0,047	0,273	0,464	0,139	-0,097	1,000
Na	-0,522	0,053	-0,442	-0,348	0,490	0,089	-0,441
NO_2	-0,159	-0,105	-0,025	0,223	-0,295	0,130	-0,220
NO_3	0,212	-0,079	0,158	0,506	-0,434	0,033	-0,023
PO_4	0,048	-0,448	-0,535	0,397	0,286	-0,210	0,060
Si	0,078	0,472	0,576	-0,193	-0,344	0,212	0,262
SO_4	0,047	-0,331	-0,544	0,302	0,672	-0,298	0,193
	Na	NO_2	NO_3	PO_4	Si	SO_4	
Na	1,000						
NO_2	0,054	1,000					
NO_3	-0,221	0,606	1,000				
PO_4	0,115	0,293	0,252	1,000			
Si	-0,331	-0,219	-0,143	-0,479	1,000		
SO_4	0,338	0,221	0,188	0,386	-0,451	1,000	



Şekil 5.81 İznic Gölü yüzey sularında iyonlar arası cluster diyagramı

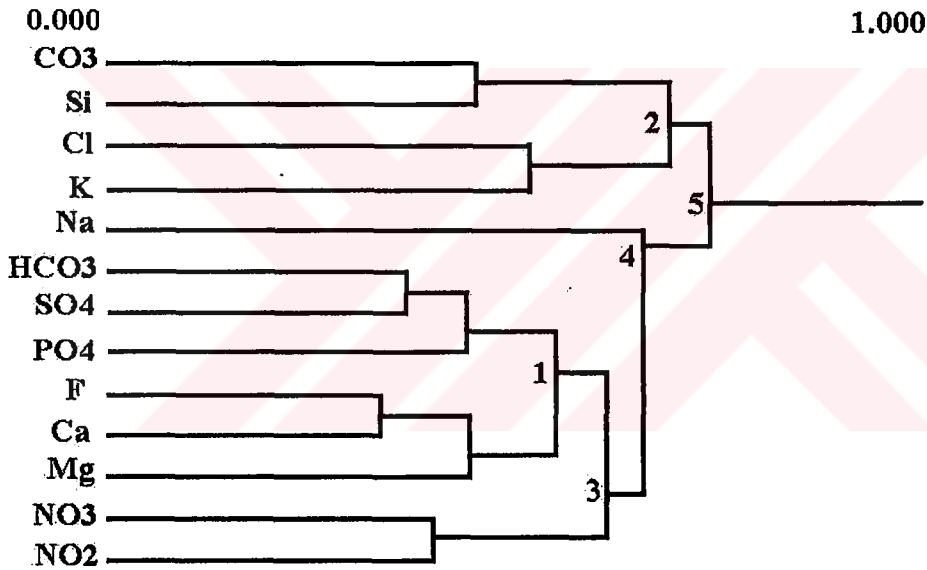
Ortaman bazikliği ile çözünürlüğü artan silisin göl sularında yüksek alkalinitenin başlangıç sınırlarının ilk belirtilerinden olan CO_3^{2-} ile birlikteliği dikkat çekicidir. Ca^{2+} - F^- 'un $r=0.592$ korelasyon katsayısı ile oluşturduğu birliktelik önce $r=0.502$ değeri ile Mg ile daha sonra bunlara kendi aralarında $r=0.06$ lık bir korelasyon bulunan NO_2^- ve NO_3^- 'ın katılımıyla 3 nolu noktada $r=0.496$ bir diğer cluster oluşmuştur.

Tablo 5.35 20 metre derinlikteki su örneklerine ait korelasyon matrisi

	Ca	Cl	CO ₃	F	HCO ₃	K	Mg
Ca	1,000						
Cl	-0,068	1,000					
CO ₃	0,009	0,269	1,000				
F	0,673	-0,135	-0,101	1,000			
HCO ₃	-0,135	-0,100	-0,431	0,070	1,000		
K	-0,302	0,496	0,130	-0,257	-0,030	1,000	
Mg	0,562	0,008	0,153	0,492	0,147	-0,062	1,000
Na	-0,341	0,139	-0,294	-0,147	0,353	0,295	-0,408
NO ₂	0,179	-0,152	0,020	0,394	-0,442	0,005	0,052
NO ₃	-0,129	-0,038	-0,015	0,157	-0,313	0,165	-0,156
PO ₄	0,099	-0,349	-0,493	0,325	0,407	-0,245	-0,027
Si	0,045	0,325	0,548	-0,221	-0,425	0,179	0,276
SO ₄	0,275	-0,325	-0,489	0,463	0,646	-0,262	0,150
	Na	NO ₂	NO ₃	PO ₄	Si	SO ₄	
Na	1,000						
NO ₂	-0,074	1,000					
NO ₃	-0,090	0,601	1,000				
PO ₄	0,191	0,043	0,162	1,000			
Si	-0,386	-0,154	-0,090	-0,592	1,000		
SO ₄	0,324	-0,128	-0,139	-0,565	-0,553	1,000	

F⁻ un sulu ortamda göçünün Ca²⁺ 'a bağlı olması bu sonucu desteklemektedir. 3 ve 1 nolu clusterlar, 4 nolu noktada r=0.363 korelasyon katsayısı ile birleştikten sonra, 5 nolu noktada da r=0.303' lük bir korelasyon değeri ile 2 nolu cluster ile birleşerek cluster diyagramını kapatmışlardır.

20 metre derinlik değerleri için elde edilen Tablo 5.35 deki korelasyon matrisi tablosu ve Şekil 5.82 deki diyagrama baktığımızda, yüzey değerlerine göre 20 m.' de 0.673 korelasyon değeri ile artış gösteren Ca²⁺-F⁻ beraberliğinin yine Mg²⁺ ile oluşturduğu birlikteliğin, HCO₃⁻-SO₄²⁻ ikili beraberliğine bağlanan PO₄²⁻ ile 1 nolu noktada r=0.445 değeri ile cluster oluşturduğu görülmüştür. Diğer yandan yüzey su örneklerinden daha düşük korelasyonlarla birliktelik oluşturan K⁺-Cl⁻ (r=0.496) ile CO₃²⁻-Si⁶⁺ birliktelikleri (r=0.548) yine 2 nolu clusterı oluşturmuşlardır.



Şekil 5.82 İznik Gölü 20 m derinlik örneklerine ait iyonlar arası cluster diyagramı

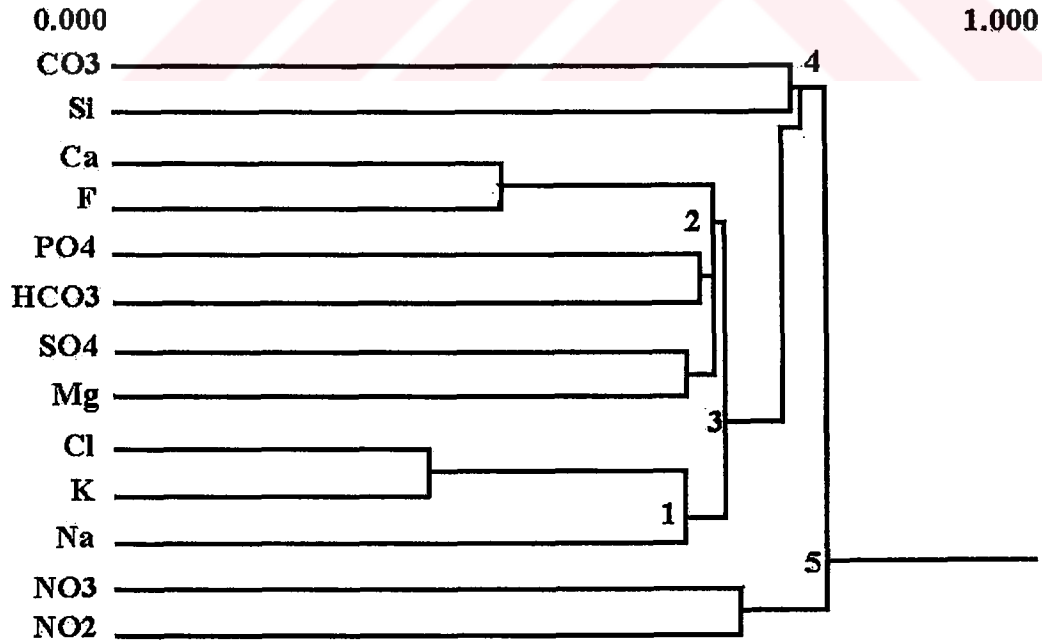
Bunlara bağlanan NO₂⁻-NO₃⁻ benzer korelasyonlarla (r=0.601) birbirleri ile bağımlılıklarını sürdürmüş ve ikili gruplar oluşturan bu altı parametre hepsi birden 3 nolu noktada r=0.383 korelasyon katsayısı ile 1 nolu nokta ile cluster oluşturmuşlardır. 1 ve 3 nolu clusterlar yüzey dendogramından farklı olarak Na⁺ değerleri ile 4 nolu noktada 0.371'lik bir korelasyon ile cluster oluşturmuşlardır. Nihayet 4 ve 2 nolu clusterlar r=0.260'lık bir korelasyonla 5 nolu noktada dendogramı kapatmışlardır. 20 m. derinlik değerleri için Na⁺'un yüzey su örneklerinde HCO₃⁻ ve SO₄²⁻ birlikteliğine bağlanmasından farklı olarak bağımsız

bir element gibi hareket ederek 1 ve 3 nolu clusterlarla 4 nolu noktada birleşmiş olması dikkat çekicidir.

Tablo 5.36 40 metre derinlikteki su örneklerine ait korelasyon matrisi

	Ca	Cl	CO ₃	F	HCO ₃	K	Mg
Ca	1,000						
Cl	-0,250	1,000					
CO ₃	-0,445	0,208	1,000				
F	0,591	-0,410	-0,370	1,000			
HCO ₃	-0,205	-0,084	-0,204	-0,099	1,000		
K	-0,389	0,663	0,021	-0,296	0,162	1,000	
Mg	0,131	-0,034	0,063	0,206	0,322	-0,067	1,000
Na	-0,300	0,288	0,049	-0,079	0,342	0,379	-0,034
NO ₂	0,180	-0,081	-0,330	0,088	-0,231	-0,093	-0,231
NO ₃	0,022	0,018	-0,096	0,230	-0,120	0,119	-0,212
PO ₄	0,263	-0,589	-0,309	0,349	0,371	-0,304	0,007
Si	0,119	0,287	0,266	-0,225	-0,359	-0,103	0,280
SO ₄	0,229	-0,255	-0,387	0,286	0,354	-0,152	0,387

	Na	NO ₂	NO ₃	PO ₄	Si	SO ₄
Na	1,000					
NO ₂	-0,121	1,000				
NO ₃	0,027	0,328	1,000			
PO ₄	-0,078	0,064	-0,032	1,000		
Si	-0,379	-0,101	-0,225	-0,483	1,000	
SO ₄	0,222	0,164	-0,046	0,266	-0,208	1,000



Şekil 5.83 İznik Gölü 40 m. derinliğe ait iyonlar arası cluster diyagramı

40 metre derinlik değerleri için elde edilen Tablo 5.36 ‘daki korelasyon matrisi tablosu ve ekil 5.83’ deki diyagramı incelediğimizde, CO_3^{2-} - Si^{6+} ’in 0.266 gibi düşük bir korelasyonla beraberliklerini devam ettirirken, Ca^{2+} - F^- beraberliği $r=0.591$ değeri ile 20 m. değerlerinden düşük yüzey su örneklerine ise benzer ilişki göstermiştir. 20 m. değerlerinde F^- ve Ca^{2+} ’a bağlanan Mg^{2+} bu kez doğrudan sülfat ile birliktelik göstermiş, NO_2^- ve NO_3^- ise bütün derinlik değerlerinde olduğu gibi beraberliklerini korumuşlardır.



6. DİP ÇAMURLARININ MİNERALojİSİ VE TANE BOYU DAĞILIMI

İznik Gölü dip çamurlarında yapılan mineralojik çalışmalar X-ışınları difraksiyonu, DTA analizi ve optik mikroskop incelemeleri olarak üç grup altında toplanmıştır. Epoksi matrisi içinde özel olarak hazırlanan dip çamur örneklerine ait ince kesitlerin mineralojik tanımlamaları, tane boyut ve biçim tayinleri optik mikroskopla yapılmıştır, ayrıca farklı tane boyutlarına ait numuneler ağır mineral içeriklerinin tespiti amacıyla binoküler mikroskopta incelenmiştir. X-ışınları difraksiyonu incelemelerinde alınan örneklerde tüm sediman çekimleri yapılmıştır. Bu çalışmalar optik mikroskop çalışmaları ile kontrol edilmiştir.

6.1 X-ışınları Difraksiyonu İncelemeleri

İznik Gölü'nden GPS koordinat cihazı yardımı ve çamur kepçesi kullanımı ile 19 farklı noktada dip çamur örnekleme yapılmıştır. Gölün kuzey kesimlerinden göl tabanının sert kayaç görünümüne sahip yapısı ve üzerindeki çamur tabakasının azlığı nedeni ile çamur kepçesi ile numune almak mümkün olmamıştır. Bu nedenle alınan numunelerin gölde dip çamur birikiminin gerçekleştiği 40 ve 60 m derinliklere ait olduğunu söylemek mümkündür. Şekil 3.8 de dip çamur örnekleme noktaları görülmektedir. Söz konusu örnek noktaların hepsinde tane boyu dağılım incelemesi analizi yapılırken bu 19 nokta arasında gölde homojen bir dağılımı sağlayan 14 noktada da X-ışını difraksiyonu (XRD) ve jeokimyasal analizler yapılmıştır. Dip çamuru alınabilen noktalara ait örnekler, laboratuarda 120 C⁰ de kurutma işlemine tabii tutulduktan sonra agat havanda öğütülmüş ve X-ışınları difraksiyonu incelemeleri için hazır hale getirilmiştir. Örneklerin mineralojik bileşim saptamaları 0-80⁰ arasında yapılan çekimlerde elde edilen difraktogramların değerlendirilmesi sonucunda saptanmıştır. İznik Gölü dip çamur örneklerinin, birbirlerine göre aralarında farklılıklar olmasına karşılık, oldukça homojen bir mineralojik bileşime sahip olduğu tespit edilmiştir. Örnekler genelinde belirlenen mineral birliği,

kuvars+ smektit+klorit+kalsit+feldspat+illit

şeklindedir. İznik Gölü'ne ait dip çamurlarında 7 A° klorit ile , 10 A° illit ve 14 A° ise dioktaedral smektit ile temsil edilmiştir. Kuvars difraktogramların tümünde, kendisine ait yansıma çizgilerini çok net olarak gösteren başlıca mineraldir. Mesafe değeri d=3.32-3.33 A° aralığında en önemli yansıması ile d:4.23 A° yaklaşık mesafe değerli yansımasına ait çizgiler her zaman yüksek şiddetli olarak izlenmiştir.

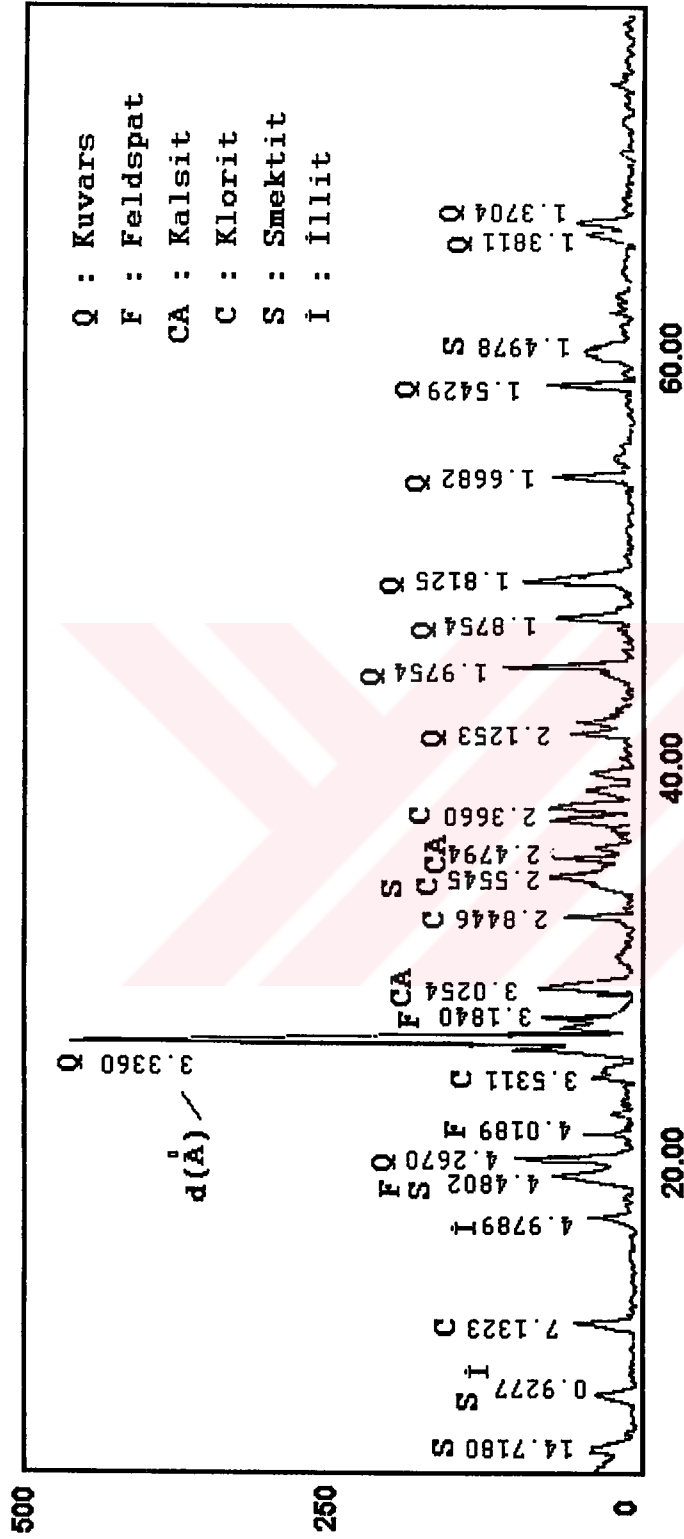
Kil minerallerinden smektit oldukça belirgin ayırtlanmıştır, d=14-15 A° arası mesafeli yansıma çizgisi ile bütün örneklerde rastlanan kil mineralidir, miktarının az olmasına bağlı olarak bazı örneklerde belirgin bazılarında ise az belirgindir, diğer önemli çizgilerinden bazıları örtme yapmıştır.

Kalsit bütün örneklerde d=3.02 A° yaklaşık mesafe değerli yansımasına ait çizgi ile her zaman belirgindir. Klorit yaklaşık d=7 A° mesafeli yansıma çizgisi ile tipiktir. Bazı örneklerde dedeksiyon limitine yakın azlıktadır.

Feldspat adı altında hem albit hem ortoz kastedilmiştir. Albit tüm örneklerde hakim feldspat olup, d=3.19 A° mesafe değerli yansıma çizgisi ayırt edicidir. Ortoza ait çizgiler maksimum şiddetli olan hariç izlenmemiştir.

İllit'in ise hem örneklerde çok az olması hem de bir çok çizgisinin diğer mineral pikleri tarafından örtülmesi 10 A° mineralleri olarak ifade edilmesine neden olmuştur. Difraktogramlarda kil minerallerinin azlığı İznik Gölü dip çamurlarında kil boyu sedıman bolluğu ile kil minerali çokluğu arasında bir farklılığın olduğu ve bir olasılıkla göl sularında otujenik olarak sığ kesimlerde meydana gelen kuvars çökeliminin, dip akıntıları ile gölün derin kesimlerine taşınarak biriktiğinden söz edilebiliriz. Yapılan granölometrik analizleri de göz önüne aldığımızda İznik Gölü dip çamurlarında kil boyutlu malzemenin az, silt-kil boyutlu kuvars tanelerinin nispeten fazla olduğu ortaya çıkmıştır.

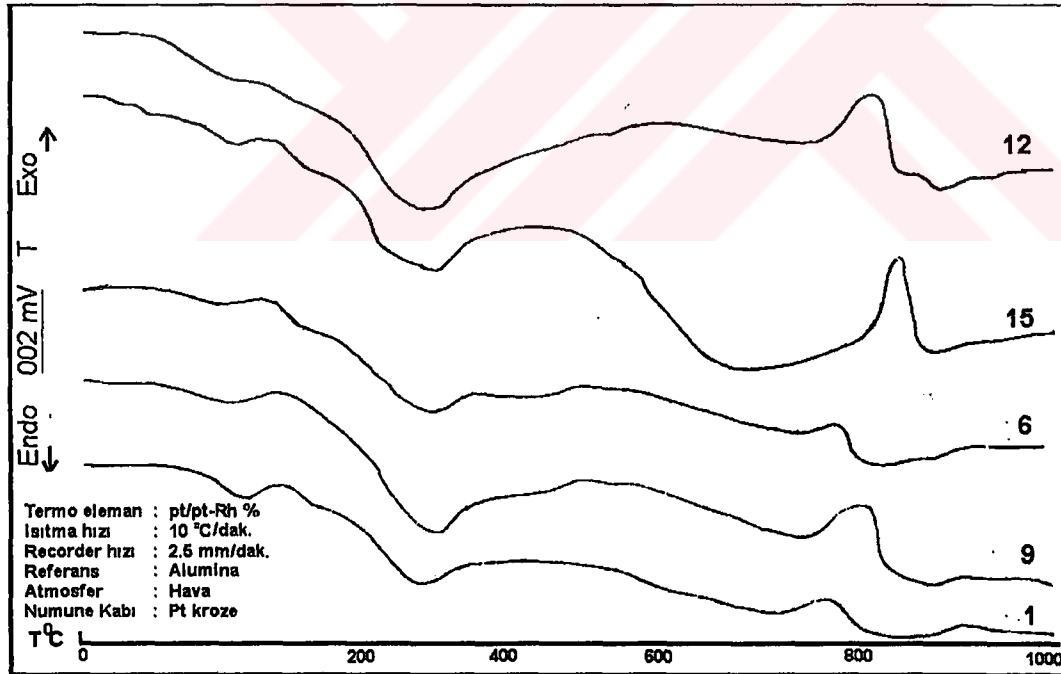
Böylelikle kil boyutlu malzemenin kil minerallerinden çok kuvars ve feldspattan olduğuunu söyleyebiliriz. 4 nolu dip çamur örneğine ve göl sularında buharlaşma kalıntısına ait difraktogramlar Şekil 6.1 ve 6.2 de verilmiştir. Şekil 6.2 de görüldüğu gibi buharlaşma kalıntısında mineraller çokluk sırasına göre Halit >Hidromanyezit >Huntit şeklinde takip edilmiştir.



Şekil 6.1 İznik Gölü 4 nolu dip çamur örneğine ait difraktogram.

6.2 Diferansiyel Termik Analiz (DTA)

İznik Gölü dip çamurlarında XRD analizlerini takiben diferansiyel termik analiz (DTA) çalışmaları yapılmıştır. İznik Gölü'nde farklı birkaç noktaya ait örneklerde yapılan analizlerde birbirinden çok farklı sonuçlar elde edilmemiştir. Bu nedenle bu çalışma ile ilgili olarak burada birbirinden azda olsa farklılıklar gösteren 1, 6, 9, 12, ve 15 nolu dip çamur örneklerine ait örneğe ait DTA sonuçları verilmiştir (Şekil 6.3.). Analizler İ.T.Ü. Maden Fakültesi, Maden Yatakları-Jeokimya anabilim dalında mevcut Linseiss L62- DTA cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Şekil 6.3' deki DTA sonuçları incelendiğinde 1, 6, 9 ve 15, nolu numuneler içindeki organik madde varlığını 100 °C de küçük bir ekzotermik pik vererek göstermiştir. 12 nolu gölün kuzeyinden alınan kum boyutlu malzemenin hakim ve TOC miktarının düşük olduğu nokta da ise bu pik izlenmemiştir. 1,6, ve 9 nolu örneklerde 350 ile 750 °C arasında oldukça geniş bir aralıkta endotermik reaksiyon göstermiştir. Aralığın geniş oluşu $\text{Fe}(\text{OH})_3$ in suyunu kaybederek Fe_2O_3 e dönüşümü ve bunun numunedeki diğer su kayıpları ile karışımı ile açıklanabilir.



Şekil 6.3 Dip çamur örneklerine ait DTA diyagramları

Kil tane boyulu malzemenin ve kil miktarının yüzdesinin düşüklüğü nedeni ile sadece 1 ve 9 nolu gölünün güneyinden iki örnek 940 °C de oluşan ekzotermik

reaksiyonlar dip çamurları içinde mevcut kil mineralinin (smektit) rezosundaki değişimi göstermektedir. 980 °C' den düşük pik vermesi ise düzensiz smektitin varlığını göstermektedir. Karbonat bozuşumuna karşılık gelen endotermik 800-900 °C pikleri 12 ve 9 nolu örneklerde az miktarda tespit edilmiştir. (Mackenzie, 1970).

6.3 İznik Gölü Dip Çamurlarında Tane Boyu Dağılımı

Göl ortamında dip çamurlarının oluşmasında ve dağılımında havzanın genel jeolojisi, yapısal jeolojisi, kimyasal, fiziksel ve organik faktörler önemli rol oynamaktadır. İznik Gölü dip çamurlarının tane boyları ve dağılımlarının incelenmesi jeokimyasal verilerle karşılaştırma açısından önemlidir zira göllerdeki çökelme süreci denizlerdekinden üç ana yönden farklılık gösterir, birincisi büyük yüzey alanına sahip göllerin dışındaki göller uzun periyotlu rüzgar kaynaklı dalgaların oluşumu açısından belirgin limitlere sahiptir ve buna bağlı enerji seviyelerini koruyabilmeleri denizel ortamlara göre çok alt sınırlardadır. Sınıflanmış kaba kum ve çakıl oluşumları bu tür göllerin sığ su alanlarını geniş bir şekilde sınırlar. İkinci olarak; göllerde gelgit akıntıları genelde mevcut değildir, bu nedenle gelgit ile ilgili akıntılardan söz etmeye bile değmez ve litoral zonlar çok az veya yoktur (Solomons ve Förstner, 1984).

Göller sedimanların taşınması yönünden genelde kapalı yada kapalıya yakın sistemlerdir, çünkü havzanın drenajı ile göl alanı arasındaki oran genelde çok yüksektir, sediman birikimi ve sedimantasyon oranları denizel ortamlardan belirgin şekilde yüksektir, bir gölün en derin bölgesindeki sedimantasyon oranı okyanus ortamından en az 10 kez daha fazladır, jeolojik olarak ifade edersek bir çok gölün oluşumu ile sonlanması arasındaki zaman dilimi çok kısadır, günümüzde tespit edilmiş bir çok fosil gölün devam süresi (ömrü) 0,02 milyon yıl ile 13,3 milyon yıl arasında değişmektedir (Picard ve High, 1972). Her hangi bir gölde, iklime bağlı bir seviyenin mineralojik izleri yada göl dibindeki materyallerin muhtemel diyajenezi hakkında bir yargıya varmak için bu gölün çanağının en derin yerinden örnekleme yapılabilir ancak sedimanların bütün bir gölü temsil etmesi ve sediman kaynaklarını belirlemesi mümkün değildir. Zamana bağlı değişimler sedimanlar içinde geçerlidir, uzun bir döneme ait biyolojik aktivitelerden sonra organik kalıntı topluluklarının meydana gelmesi ya da akarsuların tükendiği yerlerde kaba taneli

sediman topluluklarının oluşmasında olduğu gibi bir milimetreden birkaç santimetreye kadar değişen fraksiyonların derecelenmesi sedimanların mineral kompozisyonlarının değişmesine neden olur. Göl sedimanlarının kompozisyonu sürekli değişen partiküllerin bileşimine bağlıdır. Ancak depolanmadan sonra fiziksel parametreler bu sedimanların göl dibinde yeniden dağılımına neden olabilmektedir. Özellikle sığ göllerde rüzgar enerjisi göl içinde yeni bir süspansiyon oluşturarak dip çamurlarının dalga hareketleri ile göl dibinde yeniden dağılımına neden olmaktadır. Benzer durum, derin göllerin sığ kesimleri içinde geçerlidir, örneğin kum boyutlu malzemenin kendi içinde farklı dağılımlar gösterebilmesi gibi, çakıl boyutlu malzemenin varlığı halinde ise ayrı bir girişim söz konusu olacaktır (Solomons ve Förstner, 1984). Bu nedenle göllerin sığ kesimlerinde özellikle kum boyutlu malzemelerin dağılımında aynı gölde çalışmış araştırmacıların bulgularında bölgesel farklılıklar görülmektedir. Göllerin derin kesimleri silt-kil boyutunda ince taneli malzemenin yerleştiği daha duraylı bölgeler olarak sığ kesimlerden ayrılmaktadırlar. Oldukça derin bir göl olması nedeniyle İznik Gölü'nde rüzgara bağlı sürekli tekrarlanan bir yeniden dağılımdan sığ kesimlerin dışında söz etmek güçtür. Gölün kuzeyinde yer alan sığ kesimlerden numune almak, göl tabanının kayalık olması veya çok az taneli malzeme içermesi, çok az da olsa taneli malzemenin birikim gösterdiği noktalarda ise çamur matrisinden yoksun bu malzemenin kapanma ağzından akması nedeniyle sağlıklı örnekleme yapmak her zaman mümkün olamamıştır.

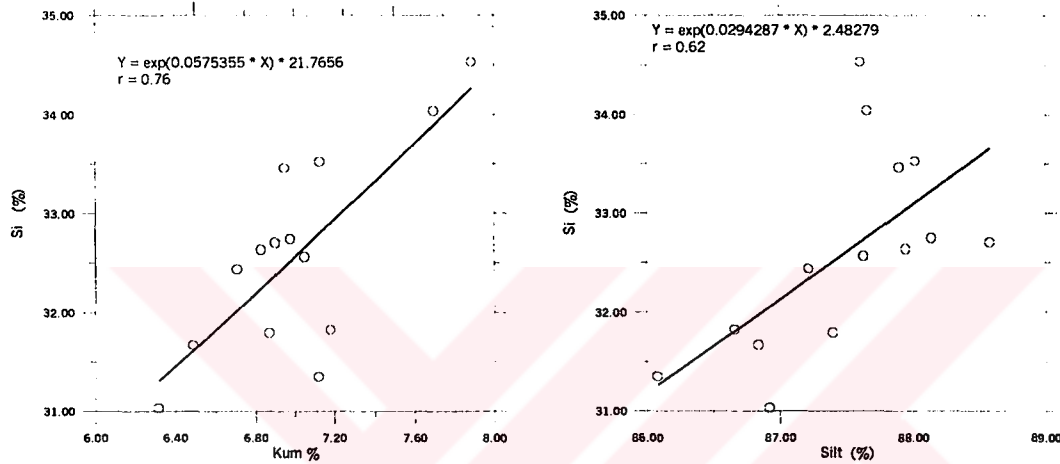
Tanelerin boyutu ve homojenliği özellikle göl basenine ait en önemli özellik dip topografyası ile taşıyıcı faktör olan yüzeyden derine doğru dip akıntılarında izlenen değişikliklerin etkisi altında şekillenmektedir. Tane boyu dağılım analiz sonuçlarında güncel dip çamurlarının hangi bileşenlerden oluştuğu tespit edilmiş ve sonuçlar yapılan jeokimyasal analizlerde elde edilen değerlerle karşılaştırılmıştır. Tablo 6.1'de dip çamurlarına ait kümülatif yüzde değerleri verilmiştir. Söz konusu değerler ASTM (1974) C371-71 Kod nolu standart yöntemi kullanılarak, 110 °C de kurutulup tartılmış, üst üste sıralanan çeşitli elek açıklığına sahip eleklerden , sarsıntılı tabla kullanımı ile geçirilmiş ve her bir numuneden kullanılan miktara göre ağırlık yüzdesi hesaplaması yapılarak numunelerin tane boyu dağılımı gerçekleştirilmiştir.

Tablo 6.1 İznik Gölü dip çamurları tane boyu dağılımı.

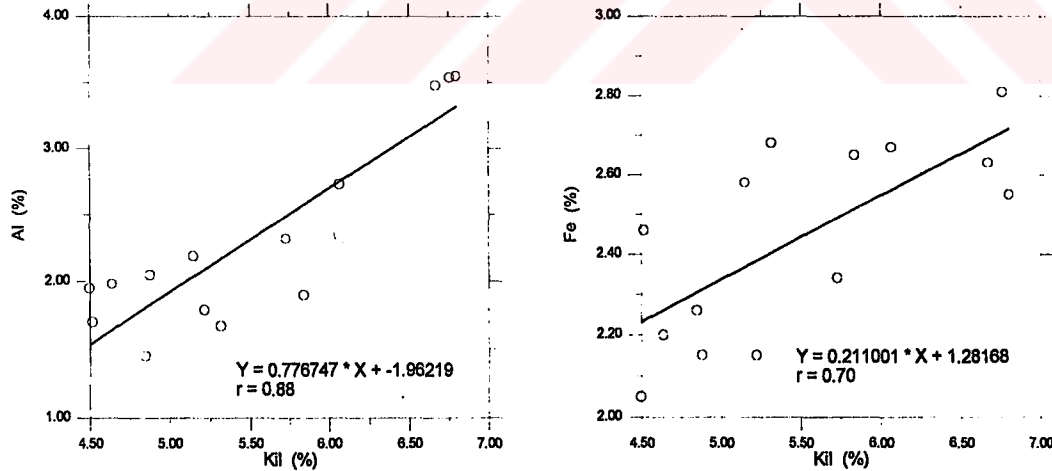
Numune. No	% Çakıl >0.30mm	% Kum 0.30-0.088 mm	% Silt 0.053-0.037 mm	%Kil <0.037mm	% Çamur %Silt + %Kil
US Mesh	50 (-)	50 -120	270-400	400 (+)	
1	-	7,10.	86,08	6,80	92,88
2	-	5,04	88,75	6,21	94,96
3	-	6,27	88,37	5,36	93,73
4	-	7,79	87,71	4,50	92,21
5	-	6,95	87,90	5,15	93,05
6	1,32	6,71	87,22	6,07	93,29
7	-	7,13	88,02	4,85	92,87
8	-	6,78	87,38	5,84	93,22
9	-	7,18	86,66	6,16	92,82
10	-	7,05	87,63	5,32	92,95
11	-	6,83	87,95	5,22	93,17
12	-	6,87	87,40	5,73	93,13
13	-	6,32	86,92	6,76	93,68
14	-	6,49	86,84	6,67	93,51
15	2,46	17,81	78,98	3,21	82,19
16	-	7,70	87,66	4,64	92,30
17	-	6,90	88,58	4,52	93,10
18	-	8,65	86,82	4,53	91,35
19	-	6,98	88,14	4,88	93,02

İznik Gölünden alınan karasal kökenli dip çamurlarında yapılan tane boyu analizinde 19 örnekten 18 tanesinde dip çamurlarının, Sheppard (1954) ve Folk (1974), tarafından yapılan sınıflamalara göre silt boyutunda olduğu tespit edilmiştir. Alınan örnekleri genelinde kum ve kil tane boyu oranlarında %1'den %3'e kadar gerçekleşen değişimlere karşılık, dip çamurlarında homojen bir tane boyu dağılımının söz konusu olduğu ortaya çıkmıştır. Göl tabanında silt boyutlu malzemenin hakim olması, İznik Göl havzasında yer alan ve gölü besleyen derelerin debilerinin ve göle doğru olan eğimlerinin düşük oluşu ve bu durumun kum ve çakıl boyutlu malzemenin dip çamurlarında zenginleşmesine engel olduğu sonucunu ortaya çıkarmıştır. Bu nedenle çakıl -kum boyutundaki kaba malzemeye sadece gölün güneyinde Sölöz deresinin döküldüğü bölgede 6 nolu örnekte ve kuzeyinde numune sığ kesimden alınan 15 nolu örnekte az miktarda izlenmiştir. Gölün sediman kepçesi ile numune almaya elverişli olan derinliği yüksek çoğu zaman merkez ve güney kesimleri genelinde silt boyutlu malzemenin hakim olması dip çamurları için en karakteristik özelliği olarak karşımıza çıkmıştır. Tane boyu

analizi yapılan 19 noktadan aynı zamanda jeokimyasal analizlerin de yapıldığı 14 numunede jeokimyasal parametreler ile tane boyu (%) miktarları arasında korelasyon analizleri yapılmıştır. Kum boyutundaki malzemenin gölün kuzeyine doğru sığ bölgelerde artış göstermesi (Şekil 6.6.) ve bu tane boyutu ile Si (%) miktarı arasında $r = (+) 0.62$ korelasyon katsayılı yüksek pozitif ilişkinin belirgin bir sonuç olarak karşımıza çıktığı görülmüştür. Gölün kuzeyine doğru nispi artış gösteren, silt boyutlu malzeme ile (Şekil 6.7), Si (%) arasında $r = (+) 0.62$ korelasyon katsayılı pozitif ilişki göl tabanında hakim mineral olan kuvars ile silt boyutundaki malzemenin dağılımlarının münasebetli olduğunu göstermiştir (Şekil 6.4).



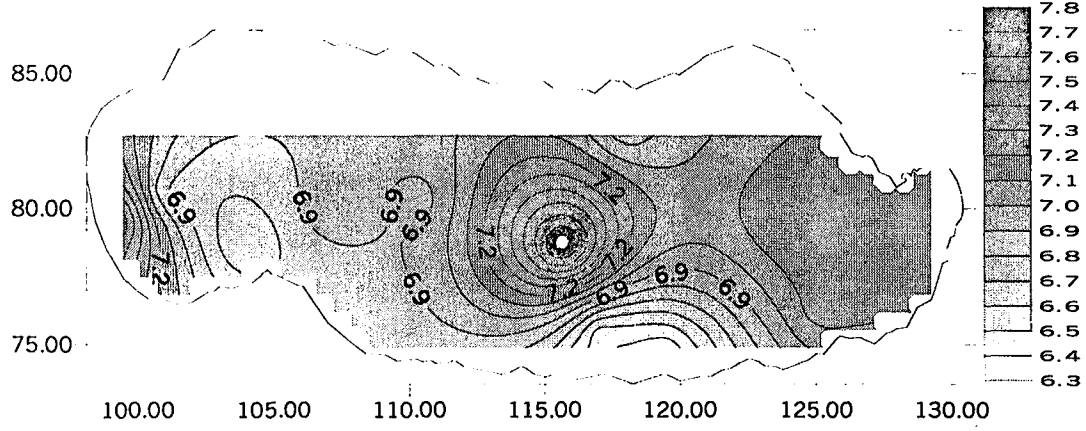
Şekil 6.4. Si (%) ile Kum (%) ve Silt (%) tane boyu değerleri arasındaki korelasyon grafiği



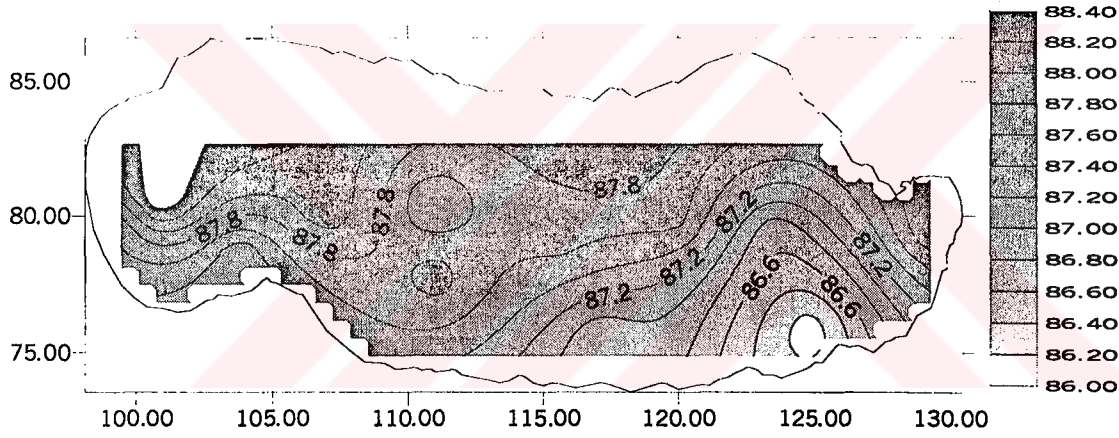
Şekil 6.5 Kil (%) tane boyu ile Al (%) ve Fe (%) miktarları arasındaki korelasyon grafiği

Gölün güneyinde derin noktalardan alınan örneklerde kil boyutlu malzemenin nispi artışlar göstermesi (Şekil 6.8), güney kıyıları boyunca fay hattına bağlı olarak uzanan ortalama 60 m derinliğe sahip zonda dip akıntıları bakımından daha sakin olan su kolonun kil boyutundaki malzemenin çökmesine olanak sağladığı ve bu kil

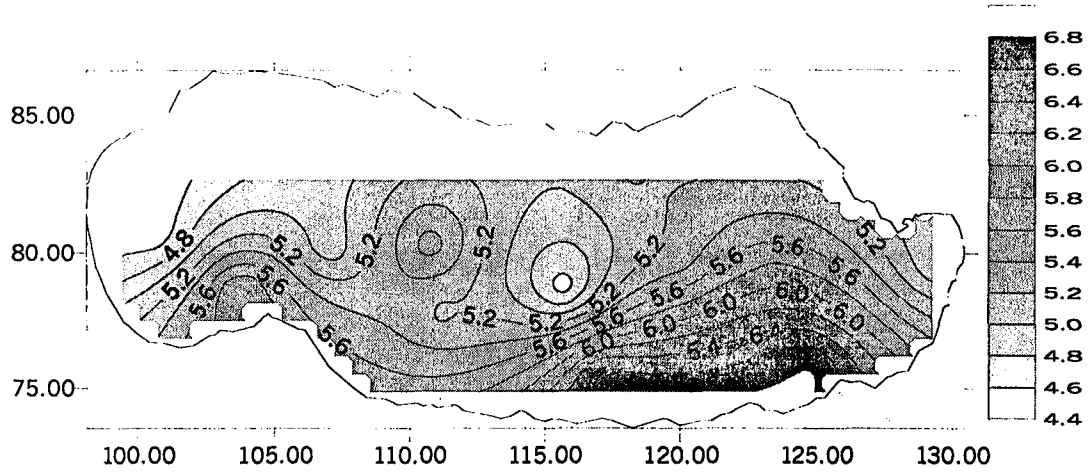
boyutlu malzeme ile dip çamurlarında yapılan jeokimyasal analizler sonucu tespit edilen (%) Al arasındaki $r = (+) 0.88$ ve (%) Fe ile ortaya çıkan $r = (+) 0.71$ korelasyon katsayılı ilişkilerin tane boyu analizi ile ilgili jeokimyasal parametreler arasında bir bağlantının varlığını ortaya koymuştur (Şekil 6.5).



Şekil 6.6 Kum % değerlerinin dip çamurlarında dağılımının Kriking metodu ile gösterimi.



Şekil 6.7 Silt % değerlerinin dip çamurlarında dağılımının Kriking metodu ile gösterimi.



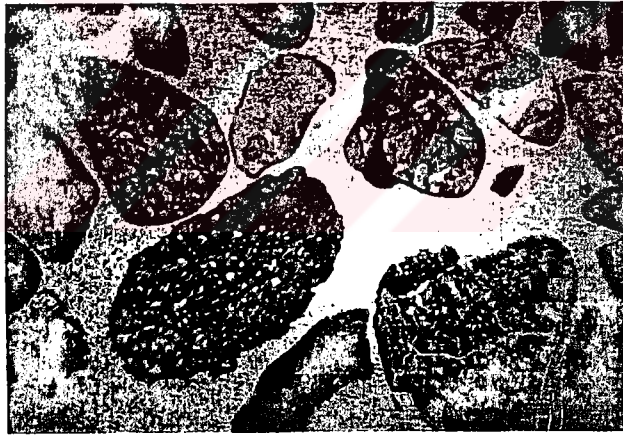
Şekil 6.8 Kil % değerlerinin dip çamurlarında dağılımının Kriking metodu ile gösterimi.

6.4 Optik Mikroskop İncelemeleri

İznik Gölü dip çamurlarından epoksi matrisi ile hazırlanan ince kesitlerde x-ışınları difraksiyon incelemelerinde saptanmış minerallerden smektit ve illit dışındakiler tespit edilmişlerdir.

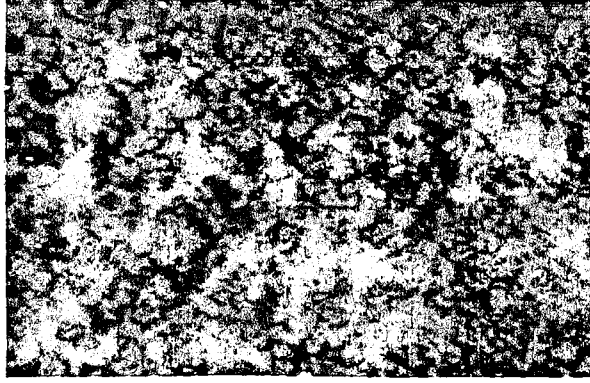
Bu bölümde mineral tanımlamalarına ek olarak boyut ve biçimleri de gözlemlenmiş, özellikle kum boyutlu bileşenlerin çokluk oranları belirlenerek, tane boyu dağılımları ve mineral türleri arasındaki ilişki kurulabilmektedir. Ayrıca yıkanmış örnekler binoküler mikroskopta, farklı tane boyutlarındaki ağır mineral içeriğindeki değişimleri tespit amacıyla etüd edilmiştir.

Kuvars çakıl ve kum boyutlu malzemenin başlıca mineralidir. İznik Gölünün kuzeyinden alınan 15 nolu örneğe ait, +50 mesh, boyutlu malzemedan hazırlanan ince kesit örneğinde 0.2x0.3mm boyutuna ulaşan ve 0.1x1.2 mm boyutlarında yaygın taneler bulunmaktadır, kuvarslar, dalgalı sönmeleri ile karakteristik iken metamorfik kayaç parçalarına, silisleşmiş amfibol tanelerine, feldispat parçacıklarına, biyotit kalıntılarına rastlanmıştır (Şekil 6.10).

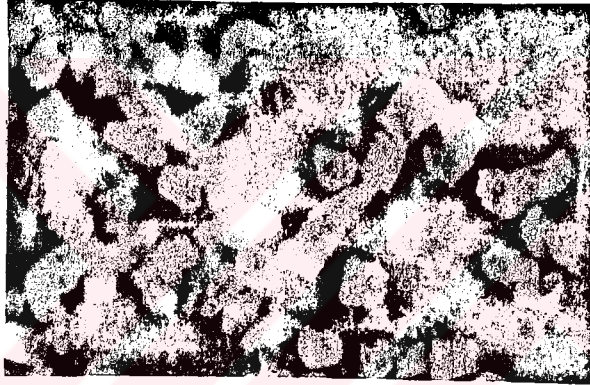


Şekil 6.9 İznik Gölü kuzey kesiminden iri bileşenli kuvarşça zengin 15 nolu örnek, polarize ışık (6.3x2.5)

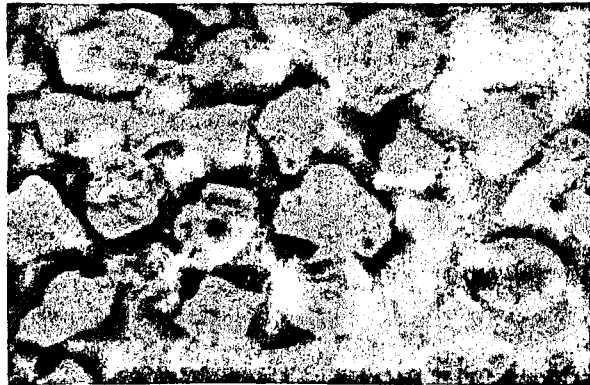
Silt ve kil tane boylu malzeme bakımından zengin olan gölün merkez ve güney kısımlarından alınan örneklerde de kuvars oldukça fazladır . Bu tür örneklerde 0.01 mm boyutlu taneler arasında bazen 0.04 mm. ye varan iri taneler de izlenmiştir. Çoğunlukla köşeli-yarı köşeli ve az da olsa yuvarlaklaşmış görünüşleri ile kuvars tanelerinin optik özellikleri belirgin olup her zaman berrak çoğu kez de kırıklı yapıları ve dalgalı yanıp sönmeleri ile kolayca ayırt edilebilmektedirler.



Şekil 6.10 İznik Gölü güneyinden 15 nolu örneğin (+) 325 mesh binoküler mikroskopta görünümü (6.3x2.5)



Şekil 6.11 İznik Gölü güneyinden 15 nolu örneğin (+) 270 mesh binoküler mikroskopta görünümü (6.3x2.5)



Şekil 6.10 İznik Gölü güneyinden 15 nolu örneğin (-) 50 mesh binoküler mikroskopta görünümü (6.3x2.5)

Şekil 6.10-6.12’de gölün kuzeyinden alınan 15 nolu yıkanmış örneğe ait + 325 mesh, +270 mesh ve -50 mesh tane boyundaki malzemenin binoküler mikroskoptaki görünüşleri verilmiştir. Yıkanmış örneklerde hakim mineral kuvarstır, bunun dışında başta manyetit ve hematit (bir kısmı limonitleşmiş) başta olmak üzere ağır mineraller izlenmiştir.

Binoküler mikroskopta yıkanmış örneklerin farklı tane boyutlarında ağır mineral içeriklerinin tespiti amacıyla yapılan incelemelerde baskın olarak köşeli yarı köşeli kuvarslara, klorit, manyetit, hematit, epidot, ilmenit, rutil, gröna ile az miktarda biyotit ve turmalin’e rastlanırken, zirkon tespit edilememiştir.

Örneklerde ince tane boyuna bağlı olarak ağır mineral içeriklerinde artışlar daha ziyade demir grubu minerallerde izlenmiştir. Rutil’lerin bir kısmı küt, bir kısmı ise iğnemsî prizmatik, manyetitler eş boyutu ince taneli, örnekler genelinde ise taneler köşeli yarı köşeli olarak tespit edilmiştir.



7. İZNİK GÖLÜ DİP ÇAMURLARININ JEOKİMYASI

Dip çamurlarında 14 örnekte Si, Al, Fe, Na, K, Ca, Mg, Ti, Cu, Pb, Zn, Mn, Ni, Co, Cr, Ba, Sr, V, As, B, toplam organik karbon (TOC), toplam ΣCO_3 tespit edilirken bu örneklerin arasından 7 örnekte Mo, Ag, U, Th, Cd, Sb, Bi, La, W, Tl, Hg, Se, Te, Ga, Au konsantrasyon miktarları ICP spektrometrik analizi sonucu elde edilmiştir.

Dip çamurları jeokimyasal analiz sonuçları TOC ve ΣCO_3 değerleri ile korelasyona analizine tabii tutulmuş İznik Göl sularının süzülmesi ile elde edilen askıda katı materyalde yapılan ağır metal analizleri diğer analizlerde elde edilen verilerle karşılaştırılmıştır. Dip çamurlarında yapılacak jeokimyasal analizler ile göl havzasının major element ve ağır metal konsantrasyonları hakkında bilgi sahibi olmak mümkündür. Bu nedenle, göl havzasındaki sedimanlar bir çok araştırmacı tarafından göl sularındaki ağır metal konsantrasyonlarını açıklamada bir indikatör olarak kullanılmaktadır.

Günümüze kadar bir çok araştırmacı tarafından sedimanların tane boyu ve kimyasal bileşimleri arasındaki ilişkilerin yoğun olarak araştırılmasından yola çıkılarak İznik Gölü'nden özellikle gölün merkezi ve güneyinden alınabilen kil-silt boyutundaki 19 numunede Tablo 3.3 de belirtilen metotlar kullanılarak (Bürküt, 1986) yapılan kimyasal analizler sonucunda major element ve ağır metal miktarları tespit edilmiştir (Tablo 7.1). Bütün bu verilerin ışığı altında öncelikle jeostatistik uygulamalarından Kriking yöntemi ile dip çökellerinin göl tabanında dağılım karakteristikleri ortaya çıkarılmıştır. Keza yapılan korelasyon hesaplamaları ile parametreler arasındaki ilişkiler ortaya konmaya çalışılmıştır.

İki farklı yöntemin ışığı altında İznik Gölü dip çamurlarında endüstriyel kirlilik yükü araştırılmış ve son olarak uygulanan istatistiksel değerlendirme metotlarından faktör ve cluster analizleri ile de tüm sediman örneklerine ait jeokimyasal parametreler ile TOC ve ΣCO_3 arasındaki bağımlılıklar ve benzerlikler belirlenmeye çalışılmıştır.

Major elementlerin oksit formu ateşte kayıp değerleri ile birlikte Tablo 7.2 de verilmiştir. Tablo 7.3' de ise tüm sedimanda yapılan % cinsinden TOC ve ΣCO_3 analiz sonuçları verilmiştir, bunların toplam değerlerinin Tablo 7.2 de yer alan ateşte kayıp değerleri içinde yer aldığını belirtebiliriz. Tablo 7.4 te ise 7 örneğe ait ICP analiz sonuçları yer almaktadır. Göllerde meydana gelen detritik materyaller, ince taneli ve düşük yoğunluklu olup, göllerin önemli kimyasal reaktifleridirler.

Tablo 7.1 Tüm çamur örneklerinde yapılan % ve ppm cinsinden element analiz sonuçları

Numune No	Si %	Al %	Fe %	Na %	K %	Ca %	Mg %	P %	Ti %	Mn ppm
1	31,35	3,55	2,55	0,93	0,88	4,05	0,74	0,10	0,03	1230
4	34,53	1,95	2,05	0,75	0,72	4,21	0,79	0,04	0,01	670
5	33,46	2,19	2,58	0,60	0,83	5,25	0,87	0,03	0,02	760
6	32,43	2,73	2,67	0,87	0,81	5,17	0,79	0,04	0,03	790
7	33,52	1,45	2,26	0,64	0,69	5,95	0,96	0,05	0,02	750
9	31,82	1,9	2,65	0,82	0,72	6,15	1,01	0,05	0,03	800
10	32,56	1,67	2,68	0,62	0,77	5,55	0,78	0,04	0,04	920
11	32,63	1,79	2,15	0,68	0,76	6,29	1,05	0,04	0,01	640
12	31,79	2,32	2,34	0,71	0,79	5,54	0,81	0,06	0,01	700
13	31,38	3,54	2,81	0,97	0,84	4,16	0,71	0,04	0,03	1120
14	31,67	3,48	2,63	0,95	0,85	4,24	0,77	0,05	0,03	980
16	34,04	1,98	2,2	0,67	0,71	4,27	0,81	0,06	0,02	690
17	32,70	1,7	2,46	0,70	0,73	6,12	0,97	0,06	0,02	720
19	32,74	2,05	2,15	0,95	0,84	5,12	0,93	0,05	0,01	650

Tablo 7.1' in devamı

Numune No	Sr ppm	Ba ppm	Cu ppm	Zn Ppm	Pb ppm	Ni ppm	Co ppm	Cr ppm	As ppm	V ppm	B ppm
1	268	222	134	84	40	64	20	56	8	58	20
4	213	127	32	61	27	42	13	38	3	36	15
5	226	183	100	85	36	63	18	47	4	41	17
6	248	193	112	89	39	65	22	53	5	42	19
7	174	88	35	62	21	44	17	42	4	40	11
9	217	134	55	60	33	62	19	37	6	46	12
10	202	124	61	74	38	59	17	56	8	49	10
11	198	103	45	58	26	44	12	35	5	43	13
12	220	186	115	79	45	61	14	41	3	39	12
13	243	192	125	84	44	60	27	51	8	51	18
14	290	240	60	81	40	54	18	48	7	47	16
16	244	97	90	62	26	45	12	36	4	38	13
17	210	171	70	72	25	46	16	34	4	42	10
19	195	124	70	59	29	42	11	44	3	34	11

Robbins ve Callender (1975), göl çamurlarının porozitesini % 70-95 olarak vermişlerdir. Bu değerler Blatt ve diğ. (1972)'nin kumlar için verdiği % 40'tan daha az değerlerle karşılaştırıldığında oldukça yüksektir. Kısaca çamurlar sahip oldukları daha yüksek kompaksiyon kapasiteleri ile tane boyu kriterine de bağlı olarak metal transferine kumlardan daha fazla olanak sağlarlar. Bunun nedeni, kil boyutlu sedimanlarda 1 gram için söz konusu olan m^2 'lerce yüzey alanı kum boyutlu tanelerde cm^2 lerle ifade edilebilmesidir. Graut (1925) farklı sediman örneklerinde tane boyuna bağlı olarak ortalama kimyasal bileşimler arasındaki ilişkiyi kaba taneli materyallerin ince tanelilere oranla Si içeriği bakımından zenginleşmeleri, Al, Fe ve K ca fakirleşmeleri ile özetlemiştir.

Söz konusu bu zenginleşmeyi, kum parçacıklarında geleneksel olarak kuvars tanelerinin varlığına bağlamış, Al, K, ve Fe in ince taneli kil fraksiyonunu tercih ettiğini belirtmiştir. İznik Gölü dip çamurlarına ait karakteristiklerin bu genel kabul çerçevesinin dışına çıkmadığı saptanmıştır. Dip çamurlarının kimyasal bileşimi, tane boyuna bağlı olarak değişebilir. Çevre jeolojisinin ve göllere malzeme taşıyan akarsuların etkisi ile mineralojik bileşimdeki değişimler kimyasal bileşimdeki farklılıklar şeklinde kendini gösterir. İznik Gölünde numune alınabilen noktalarındaki tane boyu dağılımlarının genelde homojen olması analiz sonuçlarına da yansımış ve kimyasal analiz sonuçlarında söz konusu bu noktalar için çok belirgin bir farklılık izlenememiştir.

Tablo 7.2 de görüldüğü gibi % SiO_2 miktarındaki değişimler İznik Gölü dip çamurlarında kil – silt boyutundaki kuvars miktarındaki artış ve azalışlar ile açıklanabilir.

K ve Al için ise kaba taneli malzemelerde azalan diğer metallere göre tane boyundan bağımsız bir değişim izlenmiştir. Bu olay K ve Al'un mobil olmayan element olmalarından kaynaklanan bir farklılık olarak dikkat çekmiştir. Tablo 7.3' de ise dip çamurlarında analizi yapılan TOC ve $\sum CO_3$ (%) analiz sonuçları yer almaktadır.

Dip çamurlarındaki organik ve karbonat kökenli malzemenin dağılımını göstermesi açısından oldukça önemli olan bu iki parametre arasında $r = (-) 0.25$ korelasyon katsayısı ile negatif bir ilişki tespit edilmiştir.

Tablo 7.4 te ise ICP spektrometrik analizi sonucunda ppm ve ppb cinsinden elde edilen sonuçlar verilmiştir. Analiz sonuçlarının büyük kısmının belli bir değerden küçük şeklinde ifade edilmesi nedeniyle bu değerler herhangi bir karşılaştırma veya istatistik metoda uygulanmamıştır.

Ancak İznik Gölü dip çamurlarında suda yaşayan canlılar için dolayısı ile su ürünlerinden faydalanan insanlar için özellikle Hg ve Cd açısından bir tehlikenin var olmadığını bu analizler sonucunda söylemek mümkün olmuştur.

Tablo 7.2 Tüm çamur örneklerinde % cinsinden major element oksit formu ve ateşte kayıp sonuçları.

Numune No	LOI %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	Na ₂ O %	K ₂ O %	CaO %	MgO %	P ₂ O ₅ %	TiO ₂ %	% Σ
1	20,49	59,16	6,67	3,65	1,24	1,06	5,67	1,22	0,24	0,040	99,44
4	18,21	65,14	3,67	2,93	1,00	0,86	5,89	1,30	0,09	0,013	99,10
5	18,67	63,13	4,12	3,69	0,80	1,00	7,35	1,44	0,07	0,027	100,29
6	17,88	61,18	5,13	3,82	1,17	0,97	7,24	1,30	0,09	0,040	98,82
7	19,19	63,25	2,73	3,23	0,86	0,83	8,33	1,58	0,12	0,027	100,14
9	19,13	60,05	3,57	3,79	1,10	0,86	8,61	1,67	0,12	0,040	98,94
10	20,82	61,44	3,14	3,83	0,83	0,92	7,77	1,29	0,09	0,053	100,18
11	18,83	61,56	3,37	3,07	0,91	0,91	8,81	1,73	0,09	0,013	99,29
12	19,95	59,98	4,36	3,35	0,95	0,94	7,76	1,34	0,14	0,013	98,78
13	19,71	59,20	6,66	4,02	1,30	1,00	5,82	1,17	0,09	0,040	99,01
14	19,45	59,76	6,54	3,76	1,27	1,02	5,94	1,27	0,12	0,040	99,17
16	19,28	64,22	3,72	3,15	0,90	0,85	5,98	1,34	0,14	0,027	99,60
17	18,66	61,70	3,20	3,52	0,94	0,88	8,57	1,60	0,14	0,027	99,23
19	18,83	61,78	3,85	3,07	1,27	1,01	7,17	1,53	0,12	0,013	98,64

Tablo 7.3 Tüm çamur örneklerinde % cinsinden TOC ve Σ CO₃ analiz sonuçları

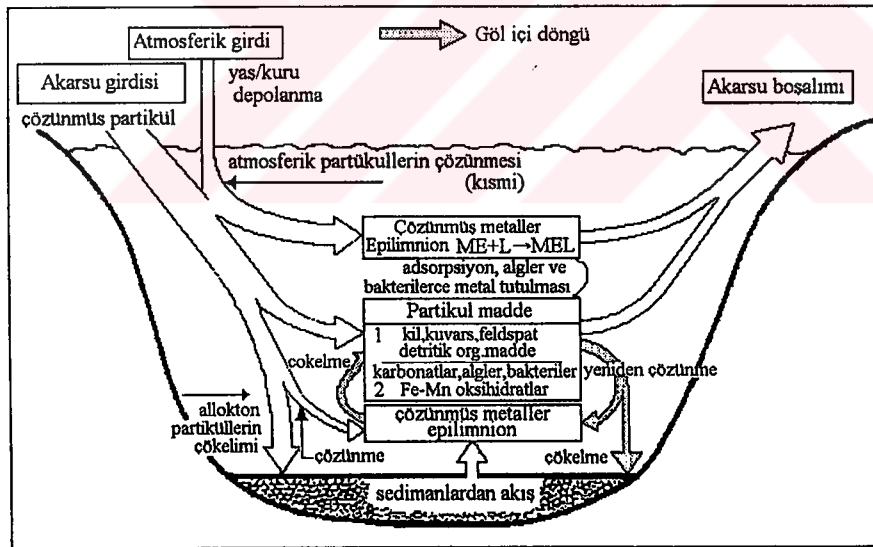
Numune No	TOC %	ΣCO ₃ %	Numune No	TOC %	ΣCO ₃ %
1	2,4	5,27	11	1,18	8,99
4	1,12	6,23	12	2,97	8,31
5	1,55	7,51	13	2,38	5,41
6	2,45	6,72	14	1,43	6,78
7	1,2	8,33	16	1,85	5,55
9	1,33	9,23	17	1,62	9,18
10	2,48	8,88	19	1,58	8,19

Tablo 7.4 Tüm çamur örneklerinde ICP spektrometrik analiz sonuçları.

Numune No	Mo ppm	Ag ppb	U ppm	Th ppm	Cd ppm	Sb ppm	Bi ppm	La ppm	W ppm	Tl ppm	Hg Ppb	Se ppm	Te ppm	Ga ppm	Au ppb
1	1.3	214	<5	7	0.80	1.5	<0.2	20	3	0.2	162	0.5	0.2	10.1	<1
4	0.8	93	<5	3	0.23	0.4	<0.2	10	<2	<0.2	61	<0.3	<0.2	3.8	<1
6	0.5	55	5	3	0.17	1.5	<0.2	11	<2	0.3	83	<0.3	<0.2	4.1	2
7	0.2	68	<5	3	0.13	0.4	<0.2	10	<2	<0.2	70	<0.3	<0.2	2.9	<1
9	0.6	<30	<5	3	0.25	0.4	<0.2	11	<2	0.2	69	<0.3	<0.2	4.5	<1
10	0.6	90	<5	3	0.30	0.4	<0.2	10	<2	<0.2	86	<0.3	<0.2	4.3	<1
13	0.5	<30	<5	4	0.19	0.3	<0.2	10	<2	<0.2	51	<0.3	<0.2	4.0	<1

7.1 Dip Çamurlarında Metal Dağılımı

Atmosfer, havzayı besleyen dereler, havzanın metalojenik yapısı ve endüstriyel atıklar, doğal su kaynakları için ağır metal kaynaklarını oluştururlar. Su ve suda askıda maddelerin üzerinde absorbe olarak veya çökmüş partiküllerin kristal yapılarında belirli konsantrasyonlara ulaşarak zenginleşebilirler. Tane boyu çökellerde metal miktarını etkileyen en önemli parametrelerden biridir. Şekil 7.1 de metal konsantrasyonlarını bir gölde etkileyen süreçler görülmektedir.



Şekil 7.1 Göllerde metal konsantrasyonunu etkileyen prosesler (Salamons, 1984)

Metaller özellikle soğurulmuş fazda, ince taneli kil ve silt miktarının toplamından oluşan çamur fazında fazla bulunurlar Roling ve Rantala (1992). Doğal su kaynaklarında yaşayan bitki ve su ürünleri ağır metallerin yüksek

konsantrasyonlarından zarar görüp taşıyıcı rolü üstlenerek insan sağlığı üzerinde de etkili olabilirler (Förstner ve Müller, 1973).

Biyokimyasal işlemler için gereken Cu, Zn, Fe, Mn ve Co elementlerinde görülebilecek yüksek konsantrasyonlar, toksik etkilere neden olarak enzim zehirlenmeleri ile sonuçlanabilirler (Ntekim, Ekwere ve Ukpong, 1993). Bu tür bir tehlikenin İznik Gölü için geçerli olup olmadığını açığa çıkarmak amacıyla Tablo 7.2 'deki her bir ağır metal analiz sonucu kullanılarak İznik Gölü dip çamurlarında metal konsantrasyon dağılım grafikleri elde edilmiştir.

İznik Gölü dip çamurlarındaki ağır metal ortalama konsantrasyon (ppm) değerleri Tablo 7.5'de Turekian ve Wedepohl (1961)'in ortalama çamur değerleri ile Azmatullah ve Ekwere (1985)'in ortalama sediman bileşimleri ile karşılaştırılmıştır. İznik gölünde elde edilen metal analiz sonuçları metal/Al oranlamasına tabii tutularak Bruland ve diğerleri (1974)'te olduğu gibi göl çamurlarındaki ağır metallerin dinamik davranışlarının göreceli mobilitelerinin incelemesinde kullanılmıştır.

Dip çamurlarında Al konsantrasyonu genelde kil dağılımına bağlıdır. Bu nedenle metallerdeki yüksek konsantrasyon artışına paralel Al artışları İznik Gölü çökeltme ortamındaki kil miktarındaki artışları göstermiştir. İznik Gölü sedimanlarındaki metallerin dağılım karakterlerinin saptanabilmesi için, metal ile alüminyum-demir- ΣCO_3 -TOC parametreleri arasındaki korelasyonlar incelenerek, dip çamurları metal konsantrasyonlarının ne tür özelliklere sahip olduğu ortaya konmaya çalışılmıştır.

Tablo 7.5 İznik Gölü dip çamurlarında ağır metal ortalama konsantrasyonlarının (ppm) iki farklı çalışma ile karşılaştırılması.

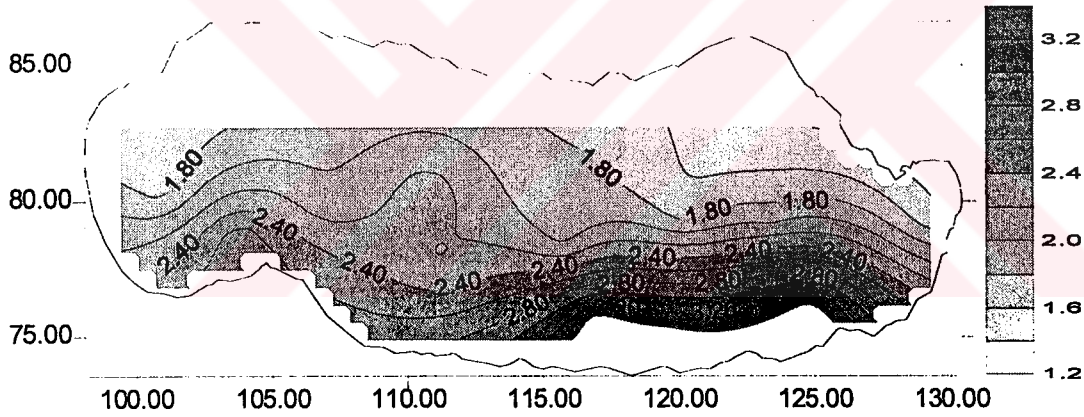
Elemet (ppm)	Ortalama Çamur Değerleri (Turekian ve Wedepohl, 1961)	Cross River Körfezi (Azmatullah ve Ekwere, 1985)	İznik Gölü Budakoğlu, 1999
Fe	46.700	-	24.414
Cu	45	28	78.85
Pb	20	25	33.5
Zn	95	53	83
Ni	68	39	49
Co	19	38	14
Mn	850	-	870
Cr	90	39	40

7.1.1 Alüminyum

Alüminyum kil mineralleri ve feldispatların ana bileşenidir, bu nedenle dip çamurlarındaki Al konsantrasyonundaki değişikliklerin başta kil minerallerindeki değişimlere bağlı olarak farklılık gösterdiğini söyleyebiliriz.

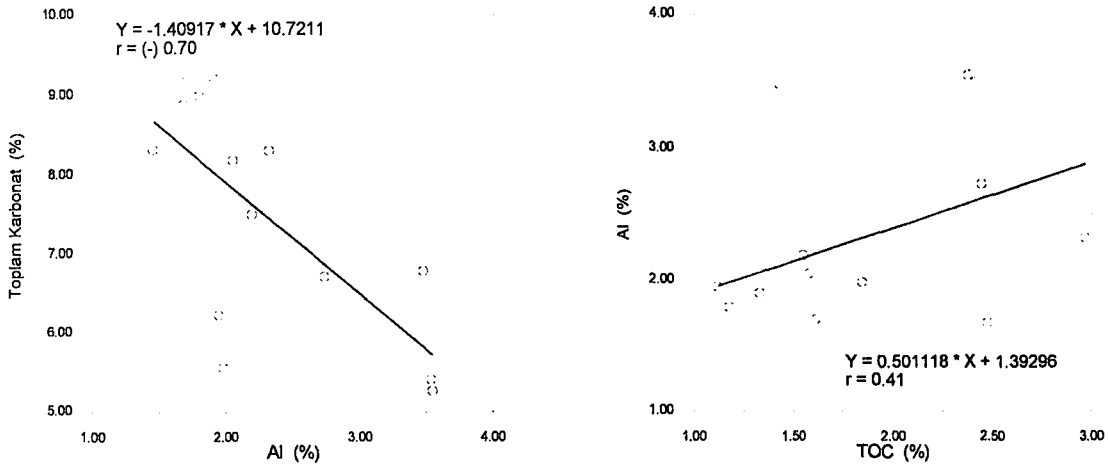
Analiz sonuçlarında dip çamurlarında Al (%) miktarı minimum 1.45 ile maksimum 3.55 değerleri arasında kalmış ortalama değer olarak 2.30 hesaplanmıştır. Şekil 7.2 de görüldüğü gibi dip çamurlarında Al konsantrasyonu gölün güney-güneydoğusuna doğru artış trendi göstermiştir.

İznik Gölü dip çamurlarında Al, $r = (-) 0.7$ korelasyon katsayısı ile toplam karbonatla ve $r = (-) 0.71$ korelasyon katsayısı ile Ca ile negatif korelasyona sahipken, $r = (+) 0.41$ korelasyon katsayısı ile TOC (%) değerleriyle zayıf pozitif korelasyon göstermiştir (Şekil 7.3). Al'un Na ve K ile olan korelasyonu sırası ile $r = (+) 0.77$ ve 0.80 olarak tespit edilmiştir.



Şekil 7.2 İznik gölü dip çamurlarında Al (%) değerlerinin krikling yöntemiyle elde edilen dağılım grafiği.

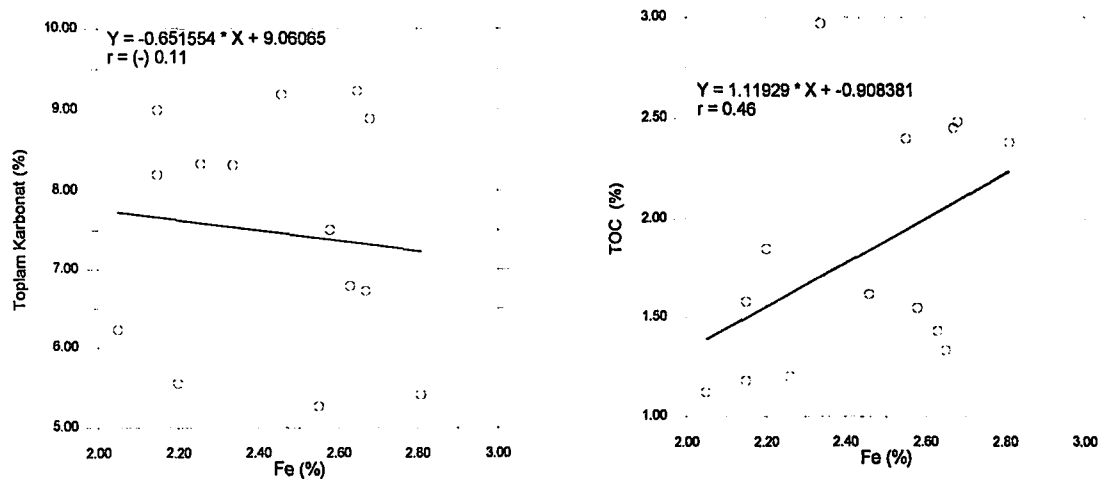
Ayrıca Al'un Mn, Cu, Pb, Zn ile yüksek pozitif korelasyona sahip olduğu tespit edilmiştir. Gölün en derin kısımlarındaki bu bölge göldeki su kolonunun en az hareketli kısmını temsil ettiğinden ince taneli malzemenin çökmesine uygun bir ortam sağlamaktadır. İznik Gölü dip çamurlarında Al'un Fe ile birlikte kil boyutu malzeme ile olan yüksek korelasyonu bir diğer belirgin özellik olarak karşımıza çıkmıştır (Şekil 5.6).



Şekil 7.3. Al (%) ile ΣCO_3 (%) ve TOC (%) değerleri arasındaki korelasyon grafiği

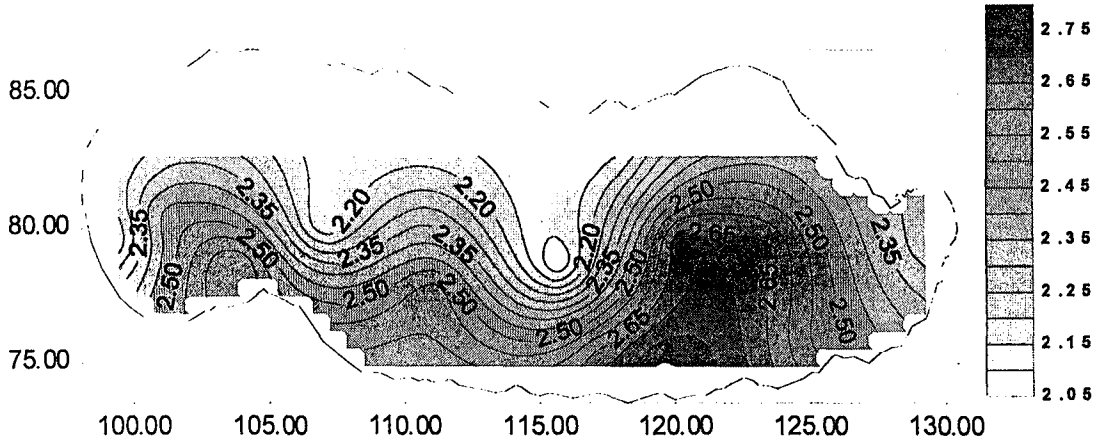
7.1.2 Demir

Doğal sularda Fe^{2+} konsantrasyonu belirgin olarak Fe^{3+} oksidasyonu ve Fe- oksidohidroksitlerin çökelişi ile kontrol edilir. Fe^{2+} 'ce zengin sular atmosferik oksijenle kontakta girdiğinde su kolonunda Fe ve Mn oksit bantları oluşur (Piispanen, 1985). Analiz sonuçlarında dip çamurlarında Fe (%) miktarı minimum 2.05 ile maksimum 2.81 değerleri arasında kalmış ortalama değer olarak 2.44 hesaplanmıştır. İznik Gölü dip çamurlarında Fe $r = (-)$ 0.11 korelasyon katsayısı ile toplam karbonatla negatif korelasyona sahipken, $r = (+)$ 0.46 korelasyon katsayısı ile TOC (%) değerleriyle zayıf pozitif korelasyon göstermiştir (Şekil 7.4). İznik Gölü dip çamurlarında Fe değerleri Al değerleri ile paralellik göstererek gölün güneyine doğru artan bir trend göstermiştir (Şekil 7.5).

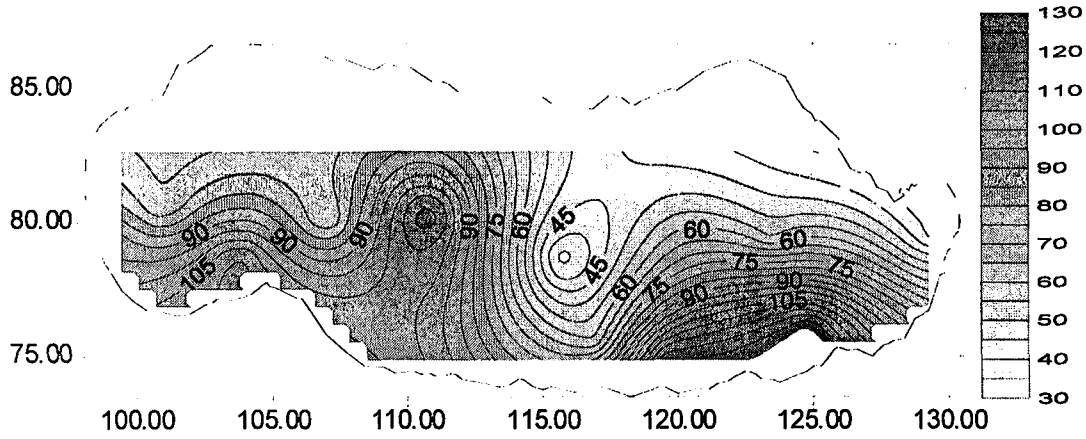


Şekil 7.4 Fe (%) ile ΣCO_3 (%) ve TOC (%) değerleri arasındaki korelasyon grafiği

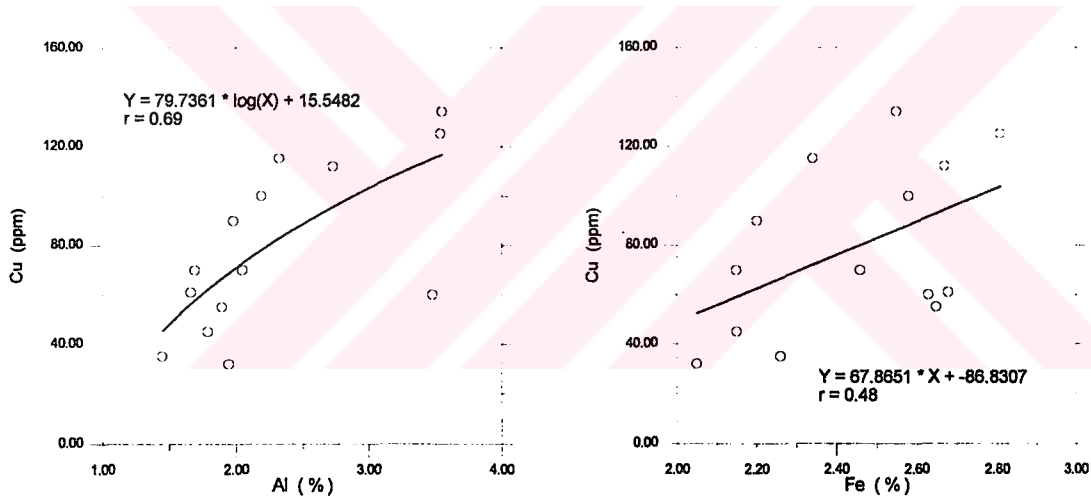
Fe ile Al arasında $r = (+) 0.54$ korelasyon katsayılı pozitif korelasyon tespit edilmiştir (Şekil 7.6.). Bunun yanında Fe,'in Ti, Mn, Ni ve Co ile yüksek korelasyonu izlenmiştir.



ppm'in biraz üzerindedir. Dip çamurlarındaki bakır konsantrasyonun göldeki dağılımı gölün güneyinde ve merkezinde bir bölgede artış trendi göstermiştir (Şekil 7.7.)



Şekil 7.7 İznik gölü dip çamurlarında Cu (ppm) değerlerinin Kriking yöntemiyle elde edilen dağılım grafiği.

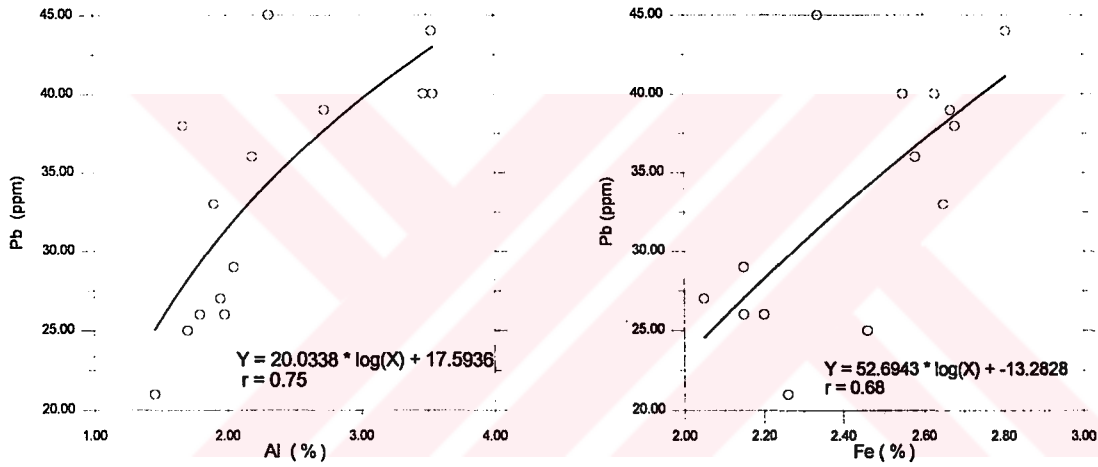


Şekil 7.8 Cu (ppm) ile Al (%) ve Fe (%) değerleri arasındaki korelasyon grafiği

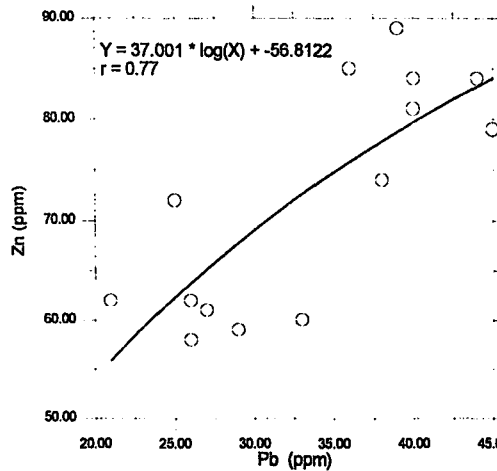
Şekil 7.8 'de Cu (ppm) değerlerinin Al (%) değerleri ile yüksek sayılabilecek bir korelasyona sahip olması ise bakırın dip çamurlarında kil miktarındaki değişimlerden etkilendiğinin bir işaretidir. Cu ile Fe arasında kuvvetli bir korelasyonun bulunmamasını Cu ile Al arasındaki yüksek korelasyon ile birlikte ele aldığımızda dip çamurlarında mevcut killerin demirce fazlaca zengin olmadığı söylenebilir. Bakırın, toplam organik karbon ve toplam karbonat ile korelasyonları sırası ile (+) 0.79, (-) 0.53 olarak bulunmuştur. Ayrıca Cu'nun Pb ve Zn ile yüksek korelasyonu dikkat çekmiştir.

7.1.4 Kurşun

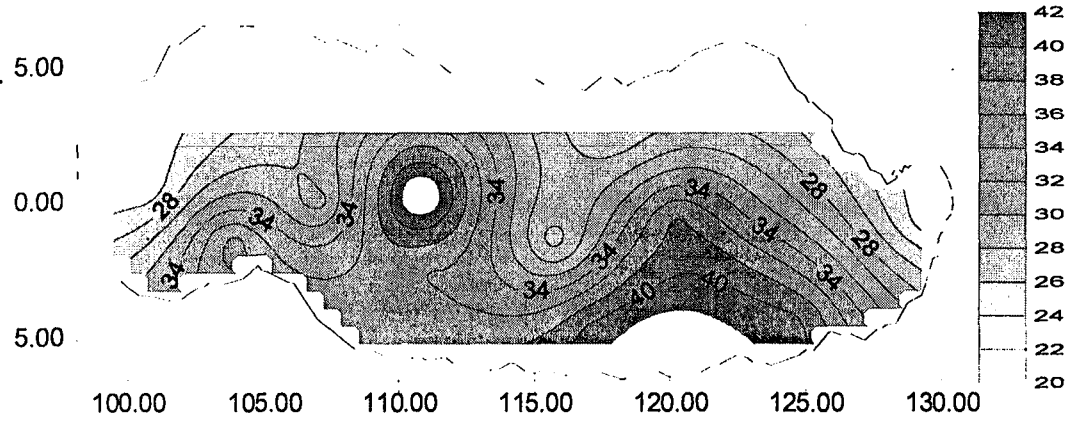
Yapılan analizler sonucunda İznik Gölü dip çamurlarında kurşun değerleri 21-45 ppm arasında olup ortalama değer 33.5 ppm'dir. Pb ile Al arasındaki $r = (+) 0.75$ korelasyon katsayılı yüksek korelasyon ince taneli materyalin yoğun olduğu kesimlerdeki zenginleşmenin ve Pb'nun kil ve feldspatlardan gelen Al'a bağlı olarak zenginleştiğinin işaretidir. Şekil 7.9'da Pb ile Fe ve Mn arasındaki sırası ile $r = (+) 0.68$ ve $r = (+) 0.62$ 'lik korelasyonlar ise bu iki elementin ince taneli materyalde zenginleştiğini ve Fe-Mn hidroksitlerin Pb'ni soğurduklarının bir diğer belirtisidir. Şekil 7.10'da ise Pb ile Zn arasındaki $r = 0.77$ 'lik yüksek korelasyon bu iki elementin jeokimyasal sistemdeki birlikte hareket edişine paralel bir sonuç olarak karşımıza çıkarken, Pb'nin toplam organik karbon ve toplam karbonat ile korelasyonları sırası ile $(+) 0.76$, $(-) 0.41$ olarak tespit edilmiştir.



Şekil 7.9 Pb (ppm) ile Al (%) ve Fe (%) değerleri arasındaki korelasyon grafiği



Şekil 7.10 Pb (ppm) ve Zn (ppm) değerleri arasındaki korelasyon grafiği



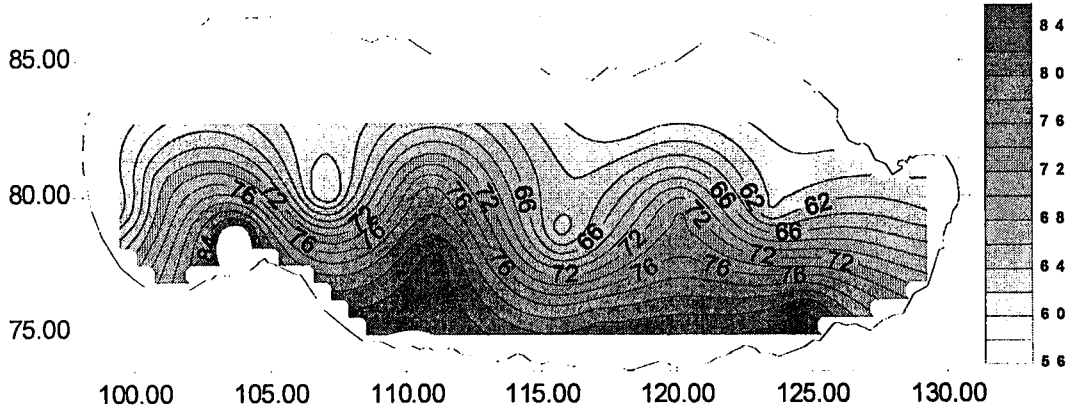
Şekil 7.11 İznik gölü dip çamurlarında Pb (ppm) değerlerinin Kriking yöntemiyle elde edilen dağılım grafiği.

Şekil 7.11' de görüldüğü gibi göl dip çamurlarında Pb (ppm) değerlerinin dağılımında gölün güneydoğusunda yoğunlaşan bir artış ortaya çıkmıştır. Pb için elde edilen dağılım grafiğinin Cu dağılım grafiğine benzerliği dikkat çekicidir.

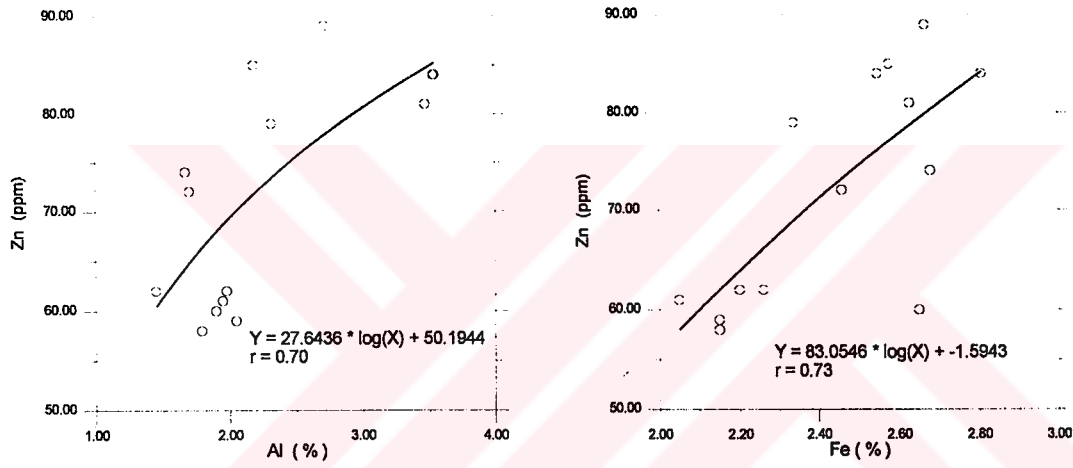
7.1.5 Çinko

Çinkonun kimyasal bozunum özelliği ve suda çözünürlüğünün nispeten düşük olması nedeni ile taşınımı genellikle detritik yolla olur. Detritik taşımada , başlıca elemanlar kuvars, muskovit ve feldspatlar çinko bakımından fakirken, klorit ve magnetitler önemli miktarda çinko içerirler. Kolloid demir oksitler ve diğer mineraller içinde bulunan Fe-oksitler çinkonun göçünde mühim rol oynar. Kil mineralleri, Fe-oksitler ve organik maddelerin ise güçlü bir şekilde çinkoyu soğurma özellikleri vardır.

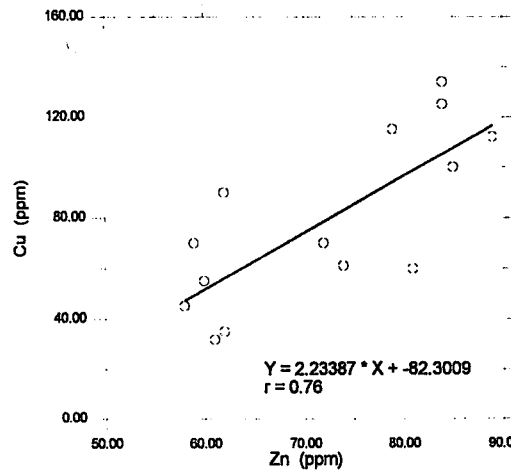
Dip çamurlarında Zn (ppm) miktarları minimum 58 ppm ile maksimum 89 ppm değerleri arasında kalmış ortalama değer olarak 72 ppm hesaplanmıştır. Bu ortalama değer şeyller için verilen 120 ppm ortalama değerinin altında kalmıştır. Zn değerleri Al ve Fe ile sırası ile $r=+$ 0.70 , $r=+$ 0.73 korelasyon katsayılı yüksek pozitif korelasyon göstermiştir (Şekil 7.13). Zn'nun $r=$ (-) 0.65 korelasyon katsayısı ile toplam karbonatla negatif korelasyona , $r=$ (+) 0.65 korelasyon katsayısı ile TOC (%) değerleriyle pozitif korelasyona sahip olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca Zn, Cu ile $r=$ (+) 0.76 korelasyon katsayısı ile pozitif ilişki göstermiştir (Şekil 7.14).



Şekil 7.12 İznik gölü dip çamurlarında Zn (ppm) değerlerinin Kriging yöntemiyle elde edilen dağılım grafiği.



Şekil 7.13 Zn (ppm) ile Al (%) ve Fe (%) değerleri arasındaki korelasyon grafiği



Şekil 7.14 Zn (ppm) ile Cu (ppm) değerleri arasındaki korelasyon grafiği

Dip çamurlarında Zn konsantrasyonu, derinliğin fazla, ince taneli malzemenin yerleşimi ile karakteristik olan gölün güney kıyılarına doğru diğer metaller ile paralel bir dağılım göstermiştir (Şekil 7.12.).

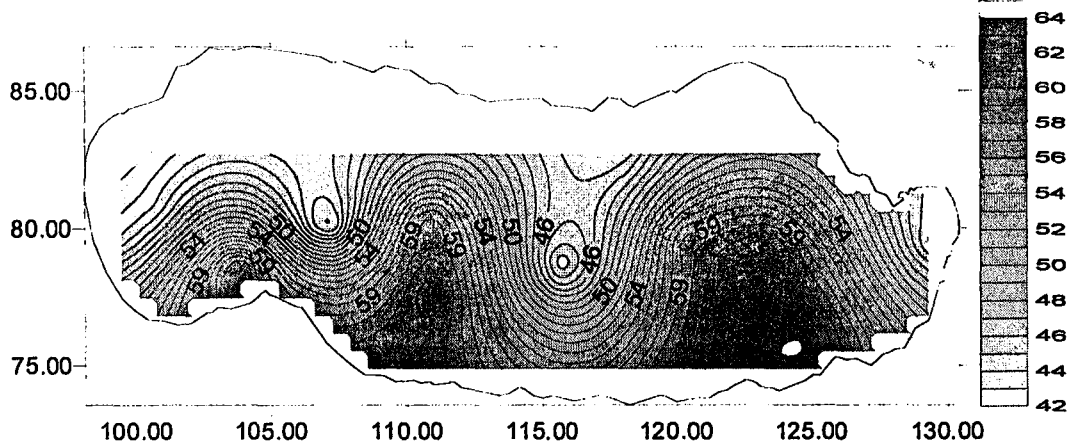
7.1.6 Nikel

Yerkabuğunda ortalama 75 ppm bulunan nikel ultrabazik ve bazik kayalarda serbest mineraller oluşturur. Alkali ortamlarda ve hidrojen sülfürün varlığında çökelişi ile bilinir.

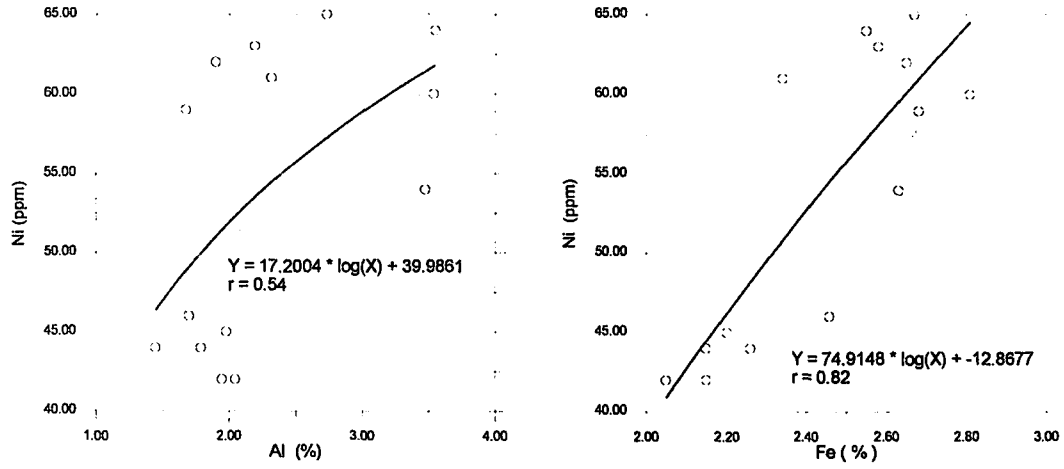
Dip çamurlarında Ni (ppm) miktarları minimum 42 ppm ile maksimum 65 ppm değerleri arasında kalmış ortalama değer olarak 53.6 ppm hesaplanmıştır. Bu ortalama değerler siyah şeyller için verilen 50-200 ppm aralığında yer almaktadır.

Ni konsantrasyonunun dip çamurlarındaki dağılımına baktığımızda, bu metalin de gölün güneyine doğru artış trendine sahip olduğu ve diğer metallerden farklı bir dağılım göstermediği tespit edilmiştir (Şekil 7.15). Ni değerleri Al ve Fe ile sırası ile $r = (+) 0.54$, $(+) 0.82$ korelasyon katsayılı pozitif korelasyon göstermiştir (Şekil 7.16).

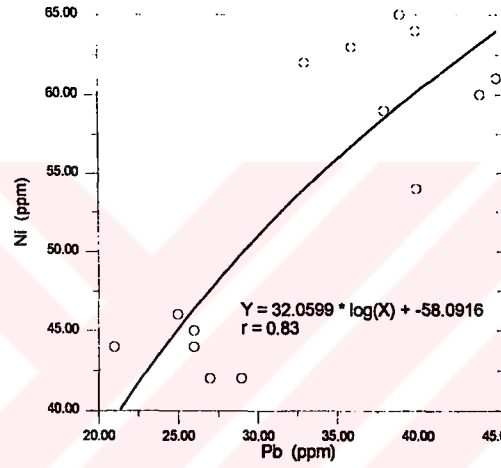
Nikel'in $r = (-) 0.17$ korelasyon katsayısı ile toplam karbonatla negatif korelasyona, $r = (+) 0.65$ korelasyon katsayısı ile TOC (%) değerleriyle pozitif ilişkiye haiz olduğu tespit edilmiştir. Bu değerlerin Zn'nun söz konusu parametrelerle olan ilişkisine çok yakın olduğu görülmektedir. Ayrıca dip çamurlarında Ni, Pb ile $r = (+) 0.83$ korelasyon katsayısı ile pozitif ilişki arz etmiştir (Şekil 7.17).



Şekil 7.15 İznik gölü dip çamurlarında Ni (ppm) değerlerinin Kriking yöntemiyle elde edilen dağılım grafiği.



Şekil 7.16 Ni (ppm) ile Al (%) ve Fe (%) değerleri arasındaki korelasyon grafiği



Şekil 7.17 Ni (ppm) ve Pb (%) değerleri arasındaki korelasyon grafiği

7.1.7 Kobalt

Co^{2+} iyon yarı çapı, Mg^{2+} ve Fe^{2+} iyon yarıçaplarına yakın olduğundan, bir çok silikat mineralinde bu elementlerin yerini alır. Kobalt, Mn oksitler, limonit ve killer tarafından güçlü bir şekilde soğrulur.

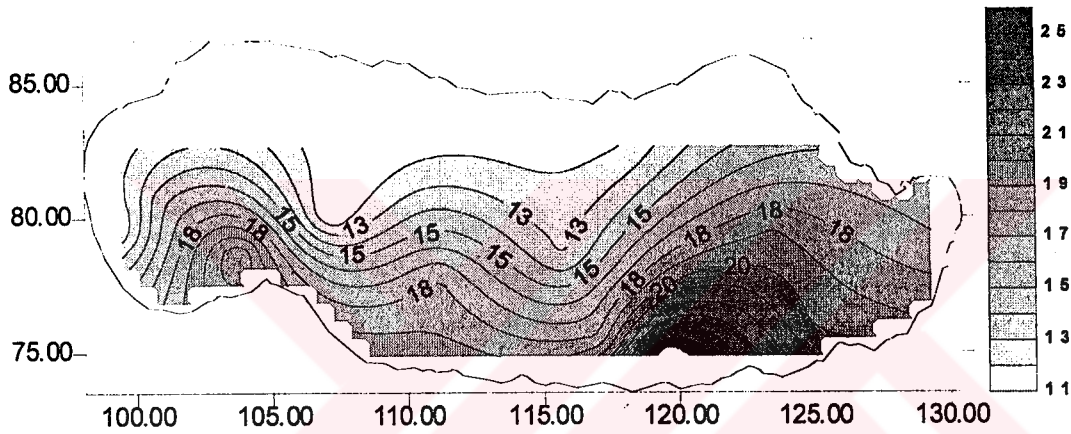
Dip çamurlarında Co (ppm) miktarları minimum 11 ppm ile maksimum 27 ppm değerleri arasında kalmış ortalama değer olarak 16.8 ppm hesaplanmıştır.

Bu ortalama değerli siyah şeyller için verilen 10-20 ppm kobalt içeriğine oldukça yakındır. Co değerlerinin Al ve Fe ile sırası ile $r=+$ 0.60 , $(+)$ 0.85 korelasyon katsayılı pozitif korelasyona haiz olduğu edilmiştir (Şekil 7.19).

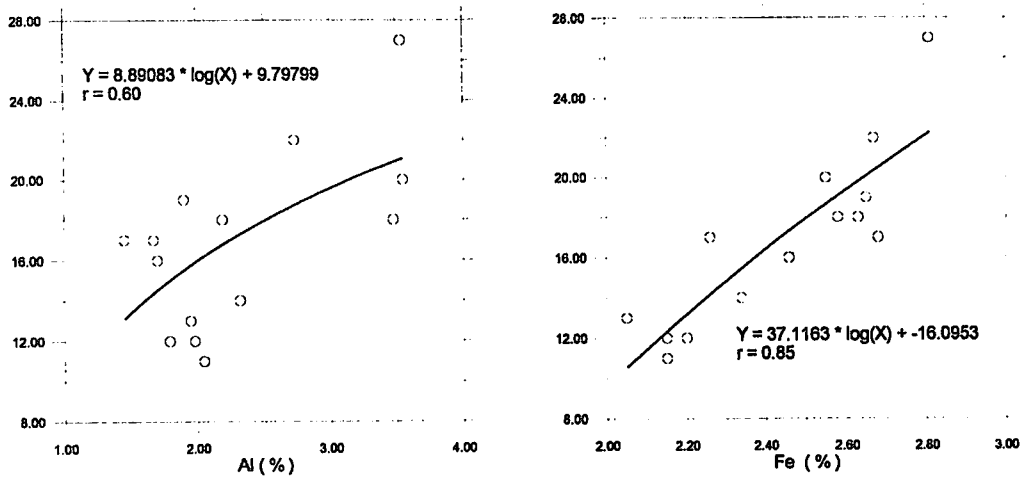
Co'nın $r = (-) 0.36$ korelasyon katsayısı ile toplam karbonatla negatif korelasyona , $r = (+) 0.38$ korelasyon katsayısı ile TOC (%) değerleriyle düşük pozitif korelasyona sahip olduğu belirlenmiştir.

Bu değerler Co'nın karbonat artışı ile azalma gösterirken, organik karbonla ise belirgin bir pozitif ilişkisinin olmadığını göstermiştir. Co'nın genel kimyasal özellikleri Ni'ye benzer, dip çamurlarında $r = (+) 0.70$ korelasyon katsayısı ile Co ile Ni arasında yüksek pozitif ilişki tespit edilmiştir (Şekil 7.20).

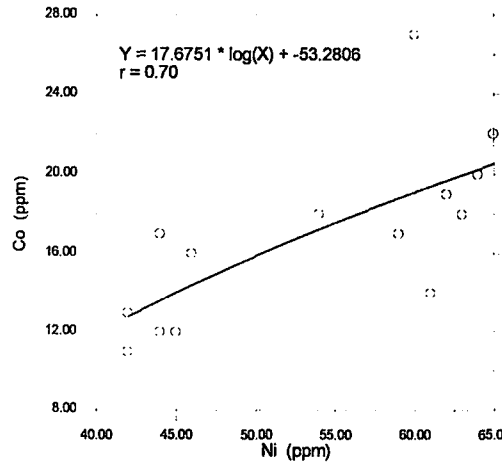
Co konsantrasyonunun dip çamurlarındaki dağılımının gölün güney – güneydoğusu ve doğusuna doğru artan bir trende sahip olduğunu söylemek mümkündür (Şekil 7.18).



Şekil 7.18 İznik gölü dip çamurlarında Co (ppm) değerlerinin Kriking yöntemiyle elde edilen dağılım grafiği.



Şekil 7.19 Co (ppm) ile Al (%) ve Fe (%) değerleri arasındaki korelasyon grafiği

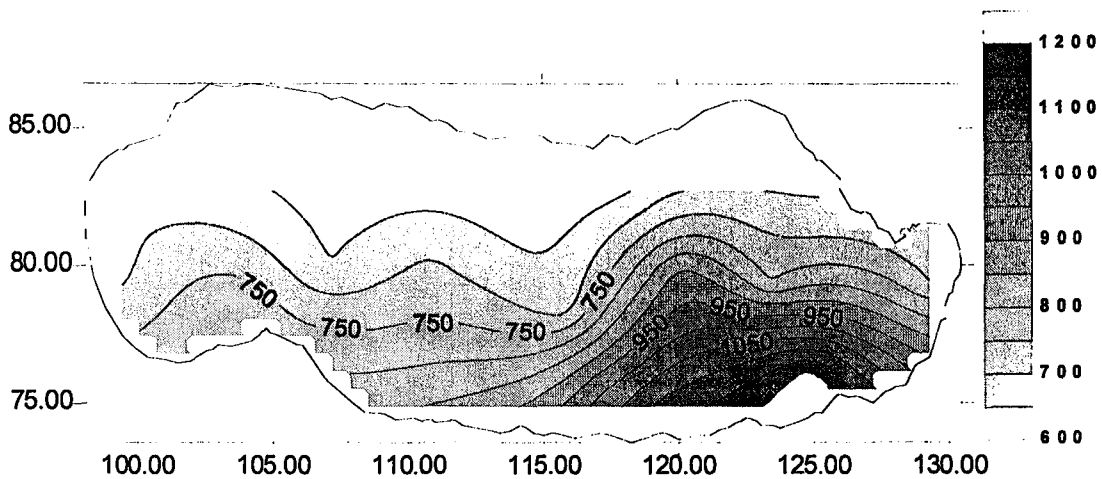


Şekil 7.20 Co (ppm) ve Ni (ppm) değerleri arasındaki korelasyon grafiği

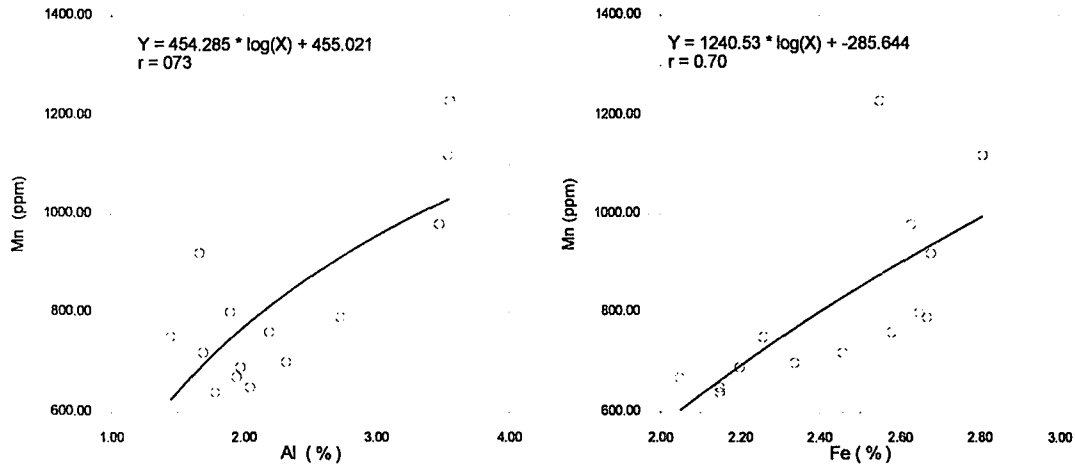
7.1.8 Mangan

Mn (ppm) miktarları minimum 640 ppm ile maksimum 1230 ppm değerleri arasında kalmış ortalama değer ise 815 ppm olarak hesaplanmıştır. Mn değerleri Al ve Fe ile sırası ile $r=+$ 0.73, $(+)$ 0.70 korelasyon katsayılı pozitif korelasyon göstermiştir (Şekil 7.22.). Mn'in $r=(-)$ 0.52 korelasyon katsayısı ile toplam karbonatla negatif korelasyona, $r=+$ 0.42 korelasyon katsayısı ile TOC (%) değerleriyle pozitif korelasyona sahip olduğu tespit edilmiştir.

Mn konsantrasyonunun dip çamurlarındaki konsantrasyon dağılımı, bu metalin de gölün güney-güneydoğusuna yönelimli bir trende sahip olduğunu ve diğer metallerden farklı bir dağılıma sahip olmadığını göstermiştir (Şekil 7.21).



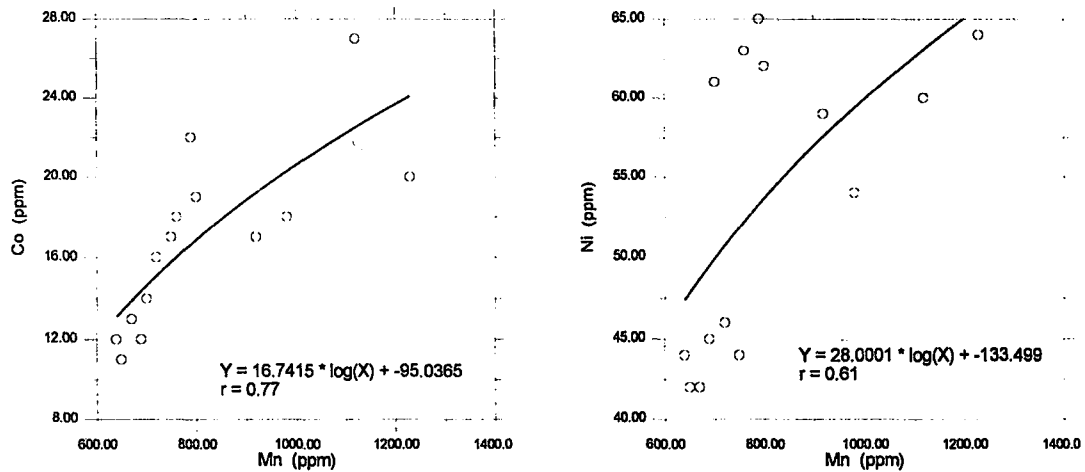
Şekil 7.21 İznik gölü dip çamurlarında Mn (ppm) değerlerinin Kriking yöntemiyle elde edilen dağılım grafiği.



Şekil 7.22 Mn (ppm) ve Al (%) ve Fe (%) değerleri arasındaki korelasyon grafiği

Mn, Co ve Ni ile sırası ile $r = (+) 0.77$, $r = (+) 0.61$ korelasyon katsayısı ile pozitif ilişki göstermiştir (Şekil 7.23).

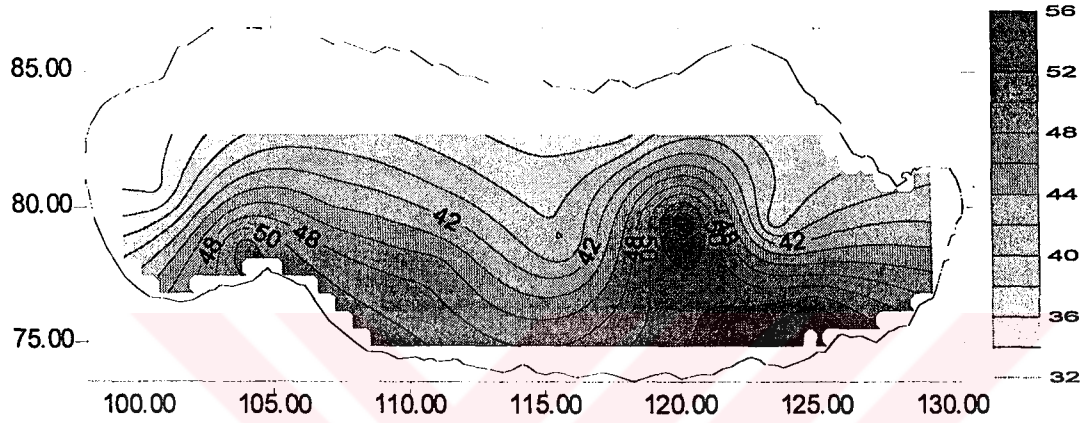
Mn ile Co ve Ni arasındaki yüksek korelasyonlar Mn ca zengin dip çamurlarında Ni-Co zenginleşmesine (Şekil 7.20) ve bu metallerin Mn hidroksitleri ile farklı redoks koşullarında çökmesine işaret eder. Aynı şekilde Co, Cr, Ni ve Zn nun Fe ile kuvvetli birliktelikleri bu metallerin Fe hidroksitler tarafından göl sedimanlarında redoks frontlarının değişimi ile yüze soğrulmanın bir sonucudur.



Şekil 7.23 Mn (ppm) ile Co (ppm) ve Mn (ppm) değerleri arasındaki korelasyon grafiği

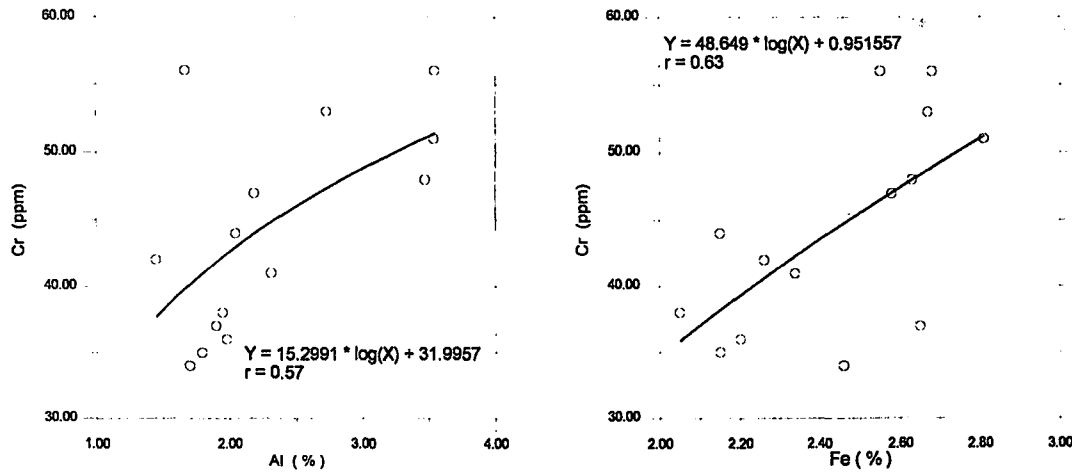
7.1.9 Krom

Yapılan analizler sonucunda İznik Gölü dip çamurlarında krom konsantrasyon değerleri 34-56 ppm arasında tespit edilmiş olup hesaplanan ortalama değer 44.1 ppm dir. Bu ortalama değer Turekian ve Wedepohl (1961) de verilen ortalama çamur değerlerinden ve literatürdeki şeyl ortalaması 100 ppm'den daha azdır. Cr ile Al arasında $r = (+) 0.57$ ile pozitif bir ilişki tespit edilirken, Fe ile $r = (+) 0.63$ lük korelasyon ise bu iki elementin ince taneli materyalde zenginleştiğini göstermektedir (Şekil 7.25).



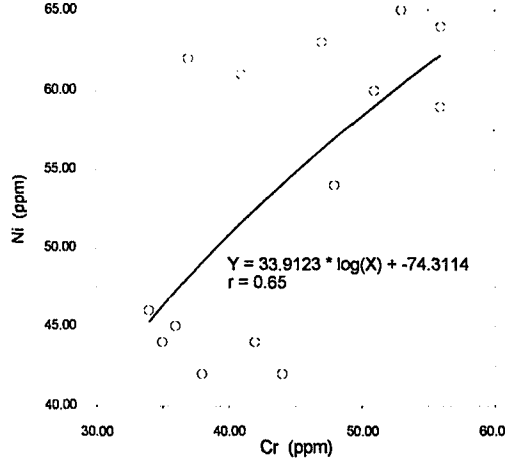
Şekil 7.24 İznik gölü dip çamurlarında Cr (ppm) değerlerinin Kriking yöntemiyle elde edilen dağılım grafiği.

Dip çamurlarında krom konsantrasyonu diğer ağır metaller gibi gölün güneyinden geçen fay hattına bağlı derin kısımlarda ince taneli malzemenin yerleştiği bölgelerde maksimum değerler göstererek gölün güneyine doğru bir artış trendi sergilemiştir (Şekil 7.24).



Şekil 7.25 Cr (ppm) ile Al (%) ve Fe (%) değerleri arasındaki korelasyon grafiği

Şekil 7.26 'da Cr ile Ni arasındaki $r = (+) 0.65$ ' lik pozitif korelasyon bu iki elementin birlikte hareket edişine paralel bir sonuç olarak karşımıza çıkmıştır.



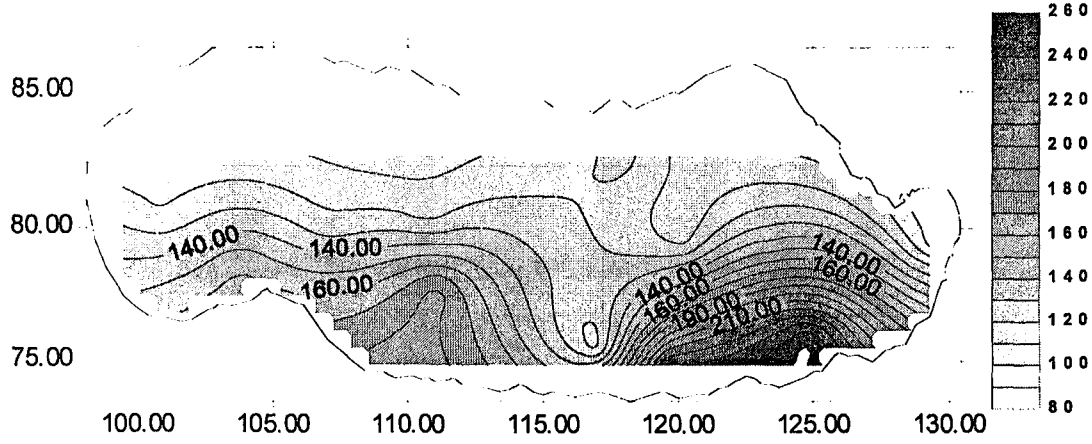
Şekil 7.26 Cr (ppm) ve Ni (ppm) değerleri arasındaki korelasyon grafiği

7.2 İznik Gölü Dip Çamurlarında İz Element Dağılımı

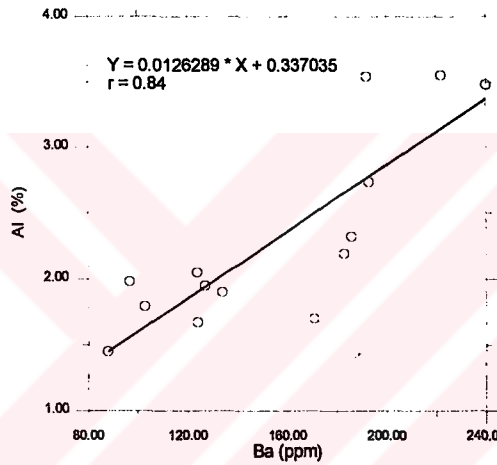
7.2.1 Baryum

Doğada pek fazla bulunmayan baryum, asidik magma kayalarına özgü bir elementtir ve alkali toprak elementler arasında en fazla soğurulma enerjisine sahiptir. Çözeltilerdeki baryum, killer, hidroksitler ve organik maddelerce soğurulur. Dip çamurlarında Ba (ppm) miktarları minimum 88 ppm ile maksimum 240 ppm değerleri arasında kalmış ortalama değer ise 156 ppm olarak hesaplanmıştır. Bu ortalama değer şeyller için verilen ortalama 10-5000 ppm aralığı için oldukça düşük bir değerdir.

Ba değerleri Al, (Şekil 7.28) Mn ve Fe ile sırası ile $r = (+) 0.84$, $(+) 0.63$, $(+) 0.62$ korelasyon katsayılı pozitif bir ilişki göstermiştir. Bu sonuç dip çamurlarında baryumun killer ve Fe-Mn-hidroksitler tarafından soğurulmuş olabileceği sonucunu doğurmuştur. Ba un dip çamurlarındaki konsantrasyon dağılımı, bu metalin gölün güney- güneydoğusuna doğru artış trendine sahip olduğunu göstermiştir. Ba diğer elementler gibi ince taneli malzemeyi tercih etmiş , Al ile pozitif korelasyon ve derinlik artışına paralel bir artış göstermiştir (Şekil 7.27).



Şekil 7.27 İznik gölü dip çamurlarında Ba (ppm) değerlerinin Kriking yöntemiyle elde edilen dağılım grafiği.

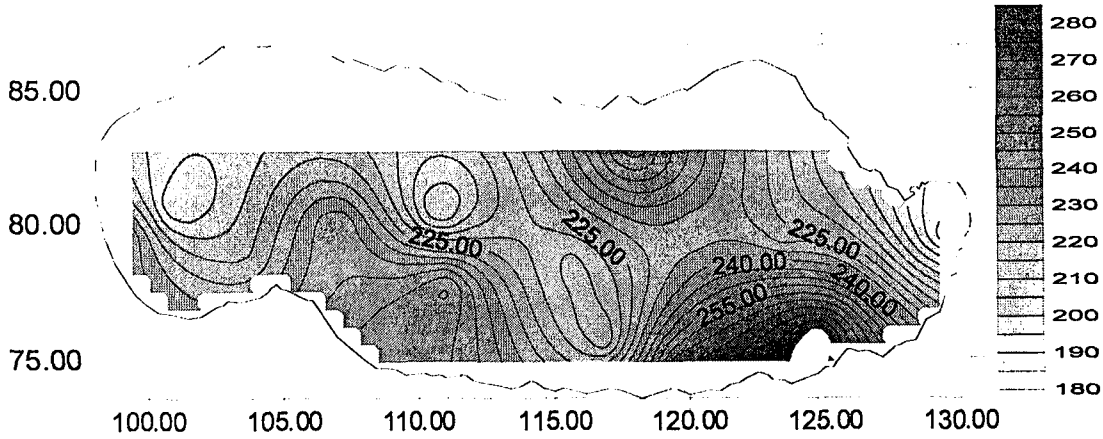


Şekil 7.28 Ba (ppm) ile Al (%) değerleri arasındaki korelasyon grafiği

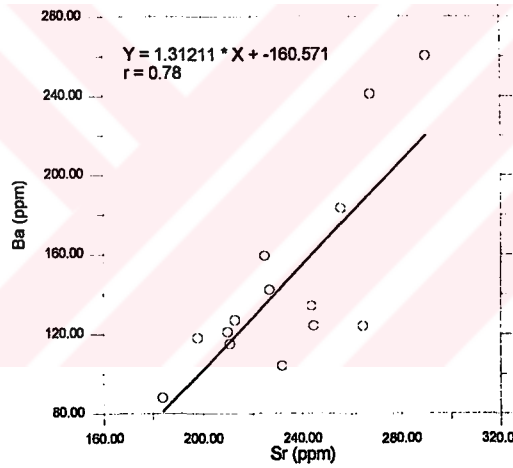
7.2.2 Stronsiyum

Sr (ppm) miktarları minimum 174 ppm ile maksimum 290 ppm değerleri arasında kalmış ortalama değer ise 224 ppm olarak hesaplanmıştır. Sr değerleri Al ve Fe ile sırası ile $r=+$ 0.86 , $(+)$ 0.49 korelasyon katsayılı pozitif korelasyon tespit edilmiştir. Stronsiyum konsantrasyonunun dip çamurlarındaki konsantrasyon dağılımı düzensiz görülmekle birlikte gölün güney doğusuna yönelimli bir trende sahip olduğunu söyleyebiliriz (Şekil 7.29). Kimyasal özellikleri açısından baryuma benzer davranışlar gösteren stronsiyumun en fazla zenginleşme gösterdiği çökeller çamur ve şeyllerdir. Göl, haliç ve lagünler stronsiyumun zenginleşme gösterdiği uygun sistemlerdir. Klorlu doğal sular stronsiyumun zenginleşmesi için uygun ortamlardır. İznik Gölü ortalama 69 mg/l Cl konsantrasyonu ile stronsiyum

zenginleşmesi için uygun bir ortam oluşturarak ve su kolonundaki stronsiyumun uygun şartlarda çökelimini sağlayarak dip çamurlarındaki zenginleşmeyi sağladığını söyleyebiliriz.



Şekil 7.29 İznik gölü dip çamurlarında Sr (ppm) değerlerinin Kriking yöntemiyle elde edilen dağılım grafiği.



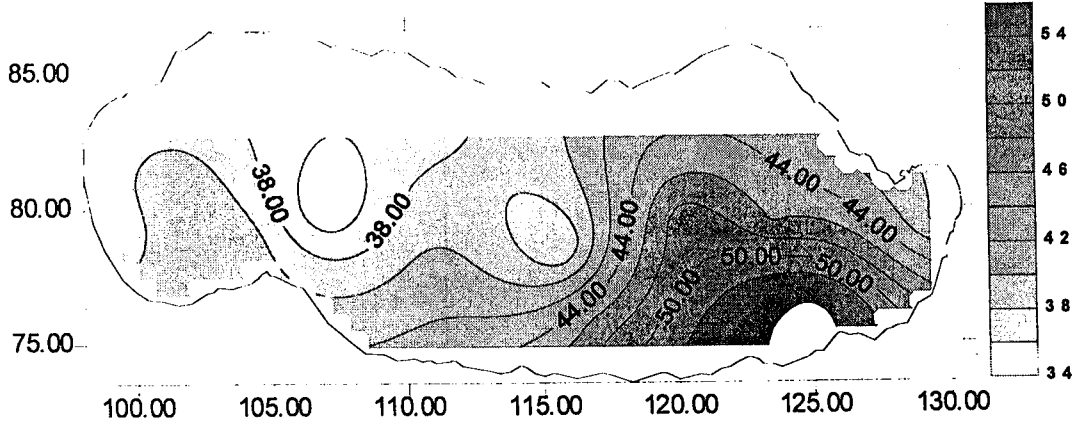
Şekil 7.30. Sr (ppm) ile Ba (ppm) değerleri arasındaki korelasyon grafiği

Sr ile Ba $r = 0.78$ 'lik yüksek korelasyon bu iki elementin dip çamurlarında birlikte hareket ettiğini göstermesi bakımından ilginçtir (Şekil 7.30).

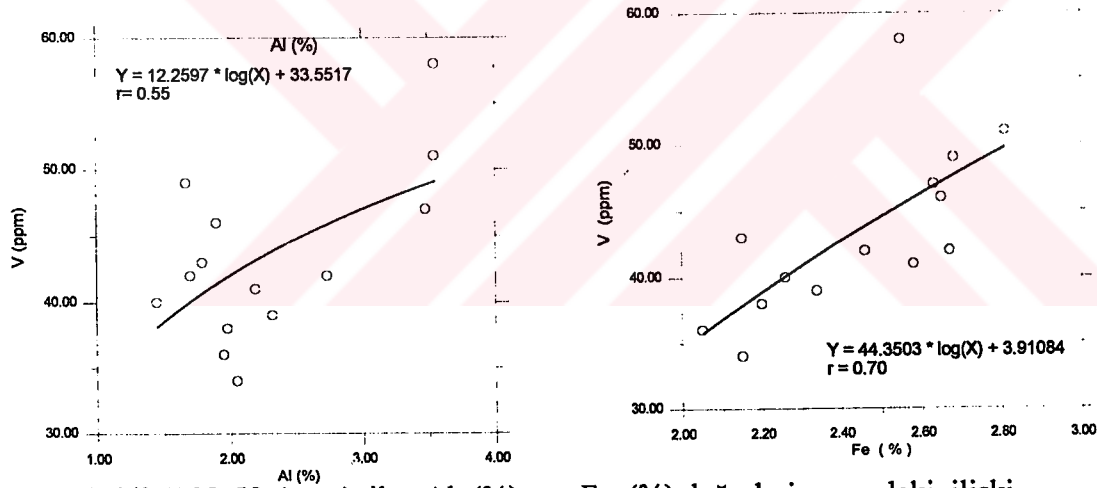
7.2.3 Vanadyum

Siderofil ve litofil bir element olan vanadyumun yer kabuğu ortalaması 135 ppm iken ultrabazik ve bazik kayalarda daha fazla miktarlarda bulunur. İznik Gölü dip çamurlarında vanadyum konsantrasyonunun değerleri 34-58 ppm arasında olup hesaplanan ortalama değer 43.2 ppm dir. Bu ortalama değer literatürde şeyller için verilen 130 ppm ortalama değerinden oldukça altındadır. V ile Al arasında $r = (+) 0.55$

ile pozitif bir ilişki tespit edilirken, Fe ile $r = (+) 0.70$ ' lik korelasyon ise vanadyumun ince taneli materyalde zenginleştiğinin bir diğer belirtisidir (Şekil 7.32). Dip çamurlarındaki vanadyum konsantrasyonu artış trendi derinliğin fazla ince taneli malzemenin miktarının artış gösterdiği gölün güneydoğusuna doğru tespit edilmiştir (Şekil 7.31)



Şekil 7.31 İznik gölü dip çamurlarında V (ppm) değerlerinin Kriging yöntemiyle elde edilen dağılım grafiği.

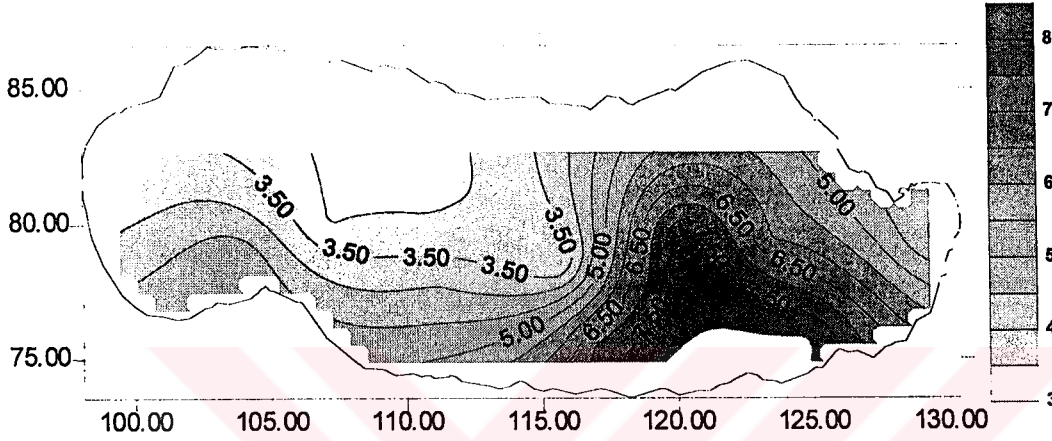


Şekil 7.32 V (ppm) ile Al (%) ve Fe (%) değerleri arasındaki ilişki.

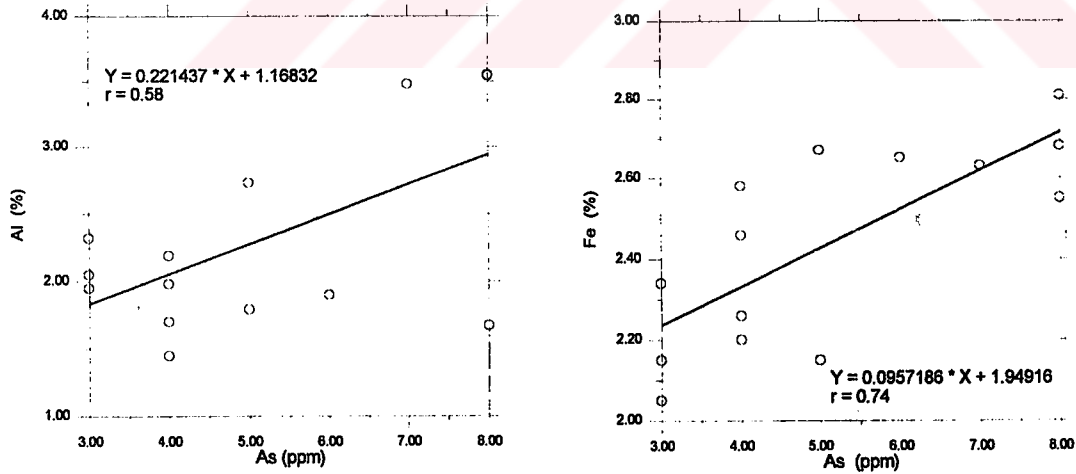
7.2.4 Arsenik

Kalkofil bir element olan arsenik ortalama olarak magmatik kayalarda 1.5 ppm, göl çökellerinde 15 ppm, toprak zeminde ise 5-10 ppm arasında bulunur. Bazik ve asidik kayalardaki arsenik miktarı farklılık göstermezken, riolit ve silisik volkan camlarında diğer magmatik kayalardan fazladır. Arsenik iyonlarının yarı çapları Si, Fe, Ti, iyon yarıçaplarına yakın olduğundan mineral yapılarında bu elementlerin yerini alabilirler.

İznik Gölü dip çamurlarında As (ppm) miktarları minimum 3 ppm ile maksimum 8 ppm değerleri arasında kalmış ortalama değer ise 5 ppm olarak hesaplanmıştır. As değerleri Al ve Fe ile sırası ile $r=+$ 0.58 , $r=+$ 0.75 korelasyon katsayılı yüksek pozitif korelasyon göstermiştir (Şekil. 7.34). As'in $r= (-)$ 0.26 korelasyon katsayısı ile toplam karbonatla ve $r= (+)$ 0.32 korelasyon katsayısı ile de TOC (%) değerleriyle düşük pozitif korelasyona sahip olduğu tespit edilmiştir



Şekil 7.33 İznik gölü dip çamurlarında As (ppm) değerlerinin Kriking yöntemiyle elde edilen dağılım grafiği.

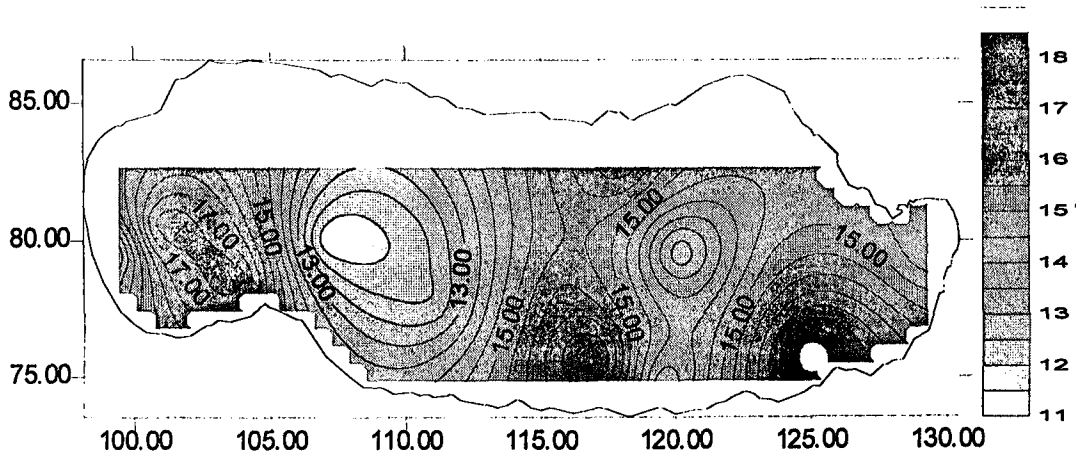


Şekil 7.34 As (ppm) ile Al (%) ve Fe (%) değerleri arasındaki ilişki.

As konsantrasyonunun dip çamurlarındaki dağılımına baktığımızda, bu metalin de gölün güneyine doğru artış trendine sahip olduğu ve diğer metallerden farklı bir davranış göstermediği tespit edilmiştir (Şekil 7.33).

7.2.5 Bor

İznik Gölü dip çamurlarında bor konsantrasyonun değerleri 11-19 ppm arasında olup hesaplanan ortalama değer 14.8 ppm'dir. Çökel oluşuklarda bor dentritik ve otojenik kil minerallerinde bulunur. Genellikle deniz çamurları, tatlı sulardakinden daha çok ince taneli malzeme içerdiklerinden daha fazla bor içerirler. Çamur ve şeyller 25-800 ppm aralığında ortalama 130 ppm bor içeriğine sahiptirler. Bu değerler İznik Gölü dip çamurlarının aşırı bir bor konsantrasyona sahip olmadığını göstermektedir. Düşük bor konsantrasyonunun nedeni tipik bir halojen element olarak sodalı ortamlardaki göçünün hızlı oluşudur, bunun nedeni ise borun çökelişini denetleyen kalsiyum ve magnezyumun sodalı sularda çok az bulunuşudur. İznik Gölü için Mustafa Kemal Paşa Çayı'ndan Apollont Gölü'ne olduğu gibi yüksek bor konsantrasyonuna sahip bir akarsuyun boşalımı söz konusu olmadığından, dip çamurlarında tespit edilen düşük miktardaki borun kaynağı hakkında yorum yapmak güçtür. Ancak bor u bünyesinde çok kuvvetli soğuran illit-mikalar ile feldspatların ve karbonatlı kavkılının bor konsantrasyonu üzerinde etkili olduğunu söyleyebiliriz. B ile Al ve Fe arasında sırasıyla $r = (+) 0.81$ ve $(+) 0.40$ 'lık pozitif korelasyon tespit edilmiştir. Dip çamurlarındaki bor konsantrasyon değerleri gölün güney-güneydoğu ve güney batısına doğru iki farklı yönde artış göstermiştir (Şekil 7.35). Bu sonuç bize bor miktarı ile ortamdaki kil oranı arasında var olan güçlü ilişkinin İznik Gölü dip çamurları içinde geçerli olduğunu göstermiştir. Ayrıca B'un $r = (-) 0.77$ korelasyon katsayısı ile toplam karbonatla negatif ve $r = (+) 0.25$ korelasyon katsayısı ile de TOC (%) değerleriyle düşük pozitif korelasyona sahip olduğu tespit edilmiştir.



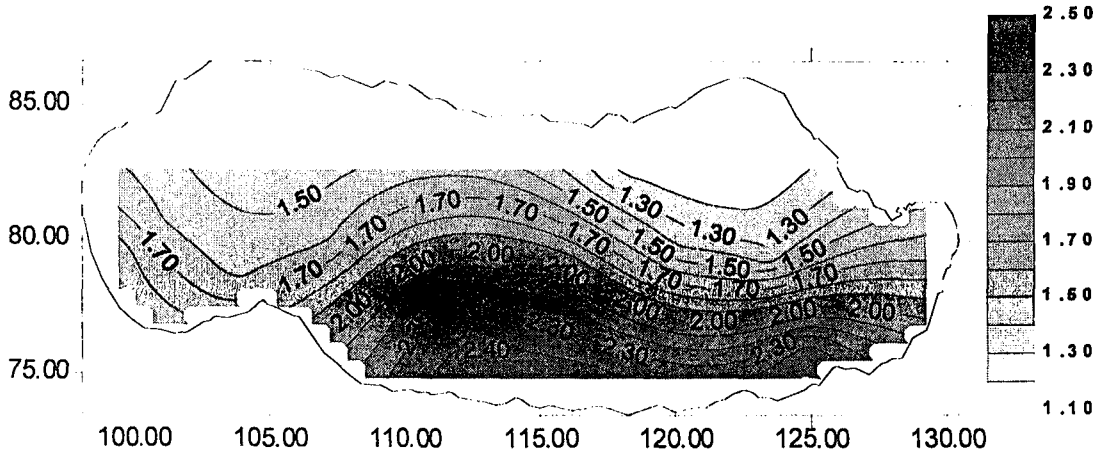
Şekil 7.35 İznik Gölü dip çamurlarında B (ppm) değerlerinin Kriking yöntemiyle elde edilen dağılım grafiği.

7.3 Toplam Organik Karbon (TOC)

Göllerde organik karbonun % 90'ı göl orjinli alg oluşumuna bağlı iken % 5'i yüzey su kaynaklı, % 5'i ise atmosferik şartlara bağlıdır (Andren ve Strand, 1981). Dip çamurlarında organik maddenin önemli bir kısmını humik ve fulvik asitler ile kalıntı organik madde (kerojen ve bitüm) gibi farklı bileşenler oluşturur. Organik karbon miktarı çökelin tane boyu ve mineral bileşimine bağlı olarak değişim gösterir. Organik madde miktarının ince tane boyunda artışı karakteristiktir.

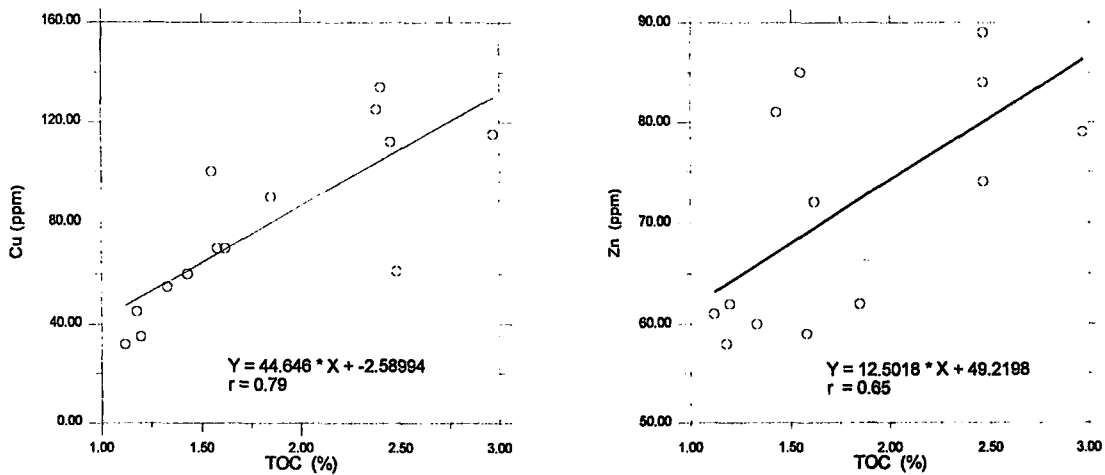
Bordovsky, 1965'teki çalışmasında kil minerallerinin fitoplanktonların bozunması sırasında oluşan organik maddelerin %50-60'ını absorbladığını belirtmiştir. TOC (%) değerlerinin birincil olarak İznik Gölü dip çamurlarının litolojik ve bentonik karışımların varyasyonlarına bağlı olarak değişim gösterdiğinden söz edebiliriz. Sedimanlardaki organik madde konsantrasyonunu, su kolonundaki daha çok birincil organik madde üretimi ile çözülmüş oksijen miktarı, sedimantasyonun hızı, su derinliği ve biyojenik faktörler belirler (Müller ve Sues, 1979. İbach, 1982, Peterson ve Calvert, 1990). Çökellerde organik madde artışında çökelin porozitesi, gözenek suyunun kimyası ve mikrobiyolojisi ile çökeli oluşturan partiküllerin özelliği gibi parametreler önemli rol oynar (Folger, 1972). Bu çalışmada elde edilen analiz sonuçlarının uniform olması (% 2 civarı), öncelikle TOC 'un % dağılımının dip çamurlarında çok fazla bir değişim göstermediğini ortaya çıkarmıştır. Organik karbonun gölsel bitki kökenli olarak, ince taneli malzemenin göl içindeki hareketini ve derin noktalarda yerleşimini takip ederek gölün güney kıyılarına yakın derin kesimlerde artış gösterdiğini söylemek mümkündür. Dip çamurlarına tedricen ve biyojenik malzemenin eklenmesi ve biyojenik malzemenin oran ve türündeki değişimler ile depolanma işleminden sonraki olayların hepsi birden İznik Gölü'nde TOC dağılımını denetleyen etkenlerdir. İznik Gölü dip çamurlarında TOC (%) değerlerinin Cu , Zn (Şekil 7.37) ve Pb, Ni (Şekil 7.38) , Cr, (Şekil 7.39) ppm değerleri ile sırası ile $r = (+) 0.79, (+) 0.65, (+) 0.76, (+) 0.58$, korelasyon katsayıları ile birbirine yakın pozitif bir korelasyonlara sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlar ile dip çamurlarındaki ağır metal konsantrasyonları ile TOC arasında bir ilişkinin varlığını göstermektedir. Cu ve diğer ağır metal değerlerinin dağılımının da doğu batı yönünde güneye doğru artan bir trendle dağılım göstermesi

ve TOC değerlerinin dağılımına yakın bir dağılım takip etmesi ilgi çekicidir (Şekil 7.36).

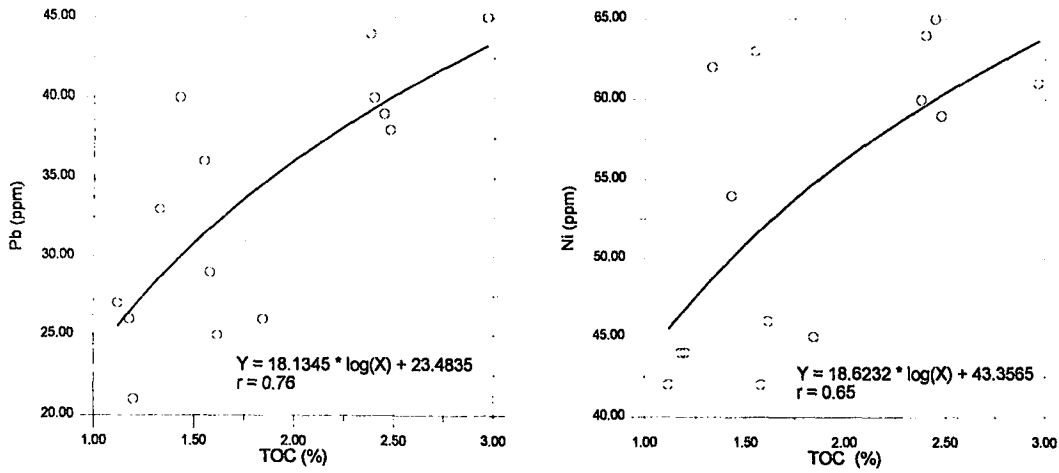


Şekil 7.36 İznik gölü dip çamurlarında TOC (%) değerlerinin kriging yöntemiyle elde edilen dağılım grafiği.

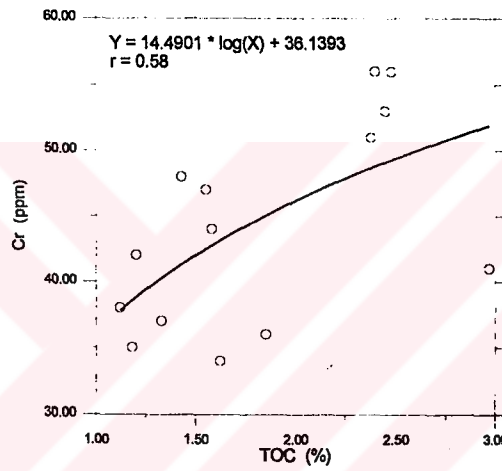
Cu, Zn ve Pb metal topluluğu veya bunların organik maddelerle oluştukları sülfidler doğrudan (organik madde içinde absorblanmış olarak) veya dolaylı olarak yüksek organik karbon içeriğine sahip sedimanlar tarafından absorblanırlar. Bir çok araştırmacı, organik materyallerle Cu ve Zn birleştiklerini göstermişlerdir. Graf (1960)'daki çalışmasında bitkilerde Zn'nun zenginleşebileceğini ve çeşitli kömür küllerinin % 1-2 Zn içeriğine karşılık bitkilerdeki küllerin % 1-5 oranında Zn içerebileceğini belirtmiştir. Varnavas (1993)'te yüzey sedimanlarında yaptığı çalışmada organik maddeler ile Cu arasında yüksek pozitif korelasyon olduğunu tespit etmiştir.



Şekil 7.37 TOC (%) değerleri ile Cu (ppm) ve Zn (ppm) değerleri arasındaki korelasyon grafiği.



Şekil 7.38 TOC (%) değerleri Pb (ppm) ve Ni (ppm) değerleri arasındaki korelasyon grafiği



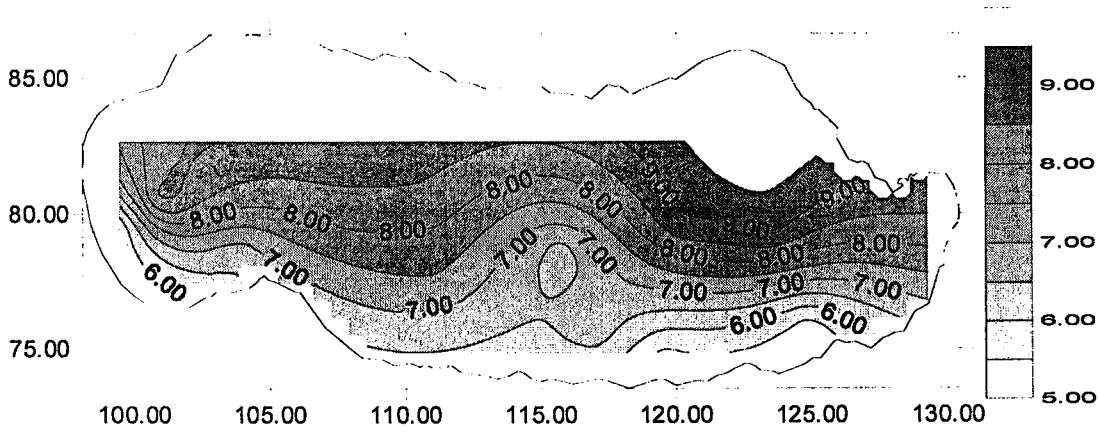
Şekil 7.39 TOC (%) değerleri ile Cr (ppm) değerleri arasındaki korelasyon grafiği

7.4 Toplam Karbonat

Karbonat mineralleri dip çamurlarının esas bileşenlerinden birini oluşturur. Bu mineraller daha ziyade aragonit kalsit ve magnezyum-kalsit minerallerinden oluşan kavkı ve çimento malzemesinden oluşmaktadır.

Söz konusu bu mineraller kristal yapılarına Ca, Mg dışında diğer metalleri pek almaz, bu özellikleri ile karbonatlar metal birikiminde konsantrasyonu azaltıcı yönde rol oynarlar. İznik Gölünde toplam karbonat değerleri % 5.2 ile 9.2 değişim aralığında ortalama % 7.4 değeri ile tespit edilmiştir. Söz konusu değerler ince

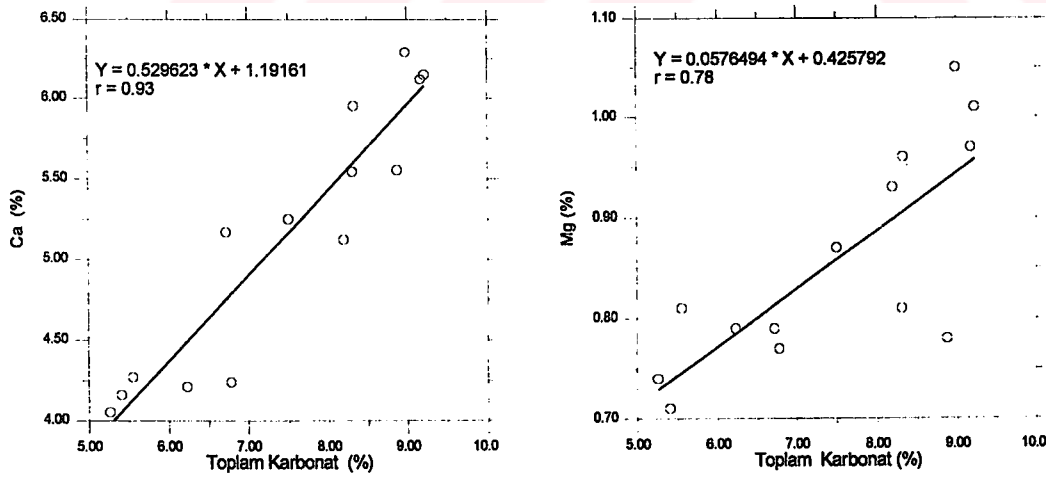
taneli malzemenin yönelimine ters yönde gölün kuzeyine doğru bir trend göstermiştir (Şekil 7.40).



Şekil 7.40 İznik gölü dip çamurlarında ΣCO_3 (%) değerlerinin kriging yöntemiyle elde edilen dağılım grafiği.

Toplam karbonat (%) değerleri ile ağır metal Cu, Pb, Zn, Ni, Co, Mn, Cr (ppm) değerleri arasında sırası ile $r = (-) 0.53$, $(-) 0.32$, $(-) 0.41$, $(-) 0.17$, $(-) 0.36$, $(-) 0.52$, $(-) 0.39$ değerli negatif korelasyonlar tespit edilmiştir.

Toplam karbonat ile Ca, Mg arasında sırası ile $r = 0.93$, 0.78 değerli yüksek pozitif korelasyon tespit edilmiştir (Şekil 7.41).



Şekil 7.41 ΣCO_3 (%) değerleri Ca (%) ve Mg (%) değerleri arasındaki korelasyon grafiği

7.5 İznik Gölü Dip Çamurlarında Endüstriyel Kirlilik Yükü

Doğal su kaynaklarında, özellikle göllerde insan kaynaklı tarıma ve endüstriye dayalı kirliliğin etkilerinin ortaya çıkarılmasında, dip çamur analizlerinin, yeni bir yorumlama aracı olarak kullanılmaya başlaması oldukça dikkat çekicidir. Doğal prosesler olarak nitelediğimiz ve doğal su ortamlarında dip çamurlarının oluşumunda etken olan nedenler insan aktivitelerinden ve çevre jeokimyasından kolayca etkilenmekte ve değişim gösterebilmektedir. Birçok metal bileşikler, hidrofobik organik kirletici ve besinler göl ve akarsu gibi doğal su kütlelerine veya barajlara partikül madde şeklinde girmekte ve çökme işleminin ardından dip çamurlarında zenginleşmektedirler.

Dip çamurlarında biriken bu kirleticiler, fiziksel, kimyasal ve biyolojik proseslerle, birikim sonrası tekrar su tabakasına geçiş yapabilir veya besin zincirinde depolanabilir. Böylelikle dip çamurları, sulu ortamlardaki çevre kirleticileri için bir kaynak ve düden görevini görürler (Johnson ve Nicholls 1988, Förstner ve diğ. 1993).

Gerçekte dip çamurlarının gölün su kütlelerine etkileri çok karışık, yorumlanması fazlasıyla güçtür. Bu durum çamur tabakasındaki ve çamur-su ara fazında redoksa bağlı çeşitli süreçler nedeniyle iyi açıklanamamaktadır (Pardo ve diğ. 1990). Pardo ve diğ. (1990)'a göre, su kütlelerindeki çamur tabakası metallerin taşıyıcısı ve kirliliğin olası kaynağıdır. Çünkü özellikle ağır metaller, bazı çevresel koşulların değişmesiyle örneğin pH, redoks potansiyeli veya organik kelatör bulunması gibi çamur tabakasında sabit kalmazlar.

Böylece dip çamurlarında ölçülen, araştırılan ağır metaller sadece su analizlerinden kaçan kirliliğin tespiti için değil, aynı zamanda, araştırma yapılan su kütlelerindeki kritik bölgeler hakkında da bilgi toplanmasını sağlar. Dolayısıyla su kalitesinin belirlenmesi çalışmalarında, çamur tabakasındaki metallerin tespiti önem kazanmaktadır. Tablo 7.1' de verilen ağır metal analiz sonuçları İznik Gölü dip çamurlarında endüstriyel kirlilik yükünün farklı iki yöntemle araştırılmasında kullanılmıştır.

Bu bölümde kullanılan farklı konsantrasyon aralıklarında ölçülen metallerin karşılaştırılması ve antropojenik kontaminasyon derecelerinin belirlenmesi için iki farklı yaklaşım kullanılmıştır. Bunlardan birincisi jeoakümülayon indexi (Igeo.) (Müller ve Suess 1979, Förstner ve diğ. 1993), ikincisi ise sediman zenginleştirme faktörüdür (SEF), (Kemp ve diğ. 1976). İznik Gölü dip çamur örneklerinde ölçülen her metalin sediman zenginleştirme faktörü aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$SEF = ((X/Al) \text{ örnek}) / ((X/Al) \text{ tablo})$$

burada;

X örnek : Sediman örneğinde ölçülen element konsantrasyonu

X tablo : Şeyl-ort Turekian ve Wedepohl

Al örnek : Sediman örneğinde ölçülen alüminyum konsantrasyonu

Al tablo : Şeyl-ort Turekian ve Wedepohl

Sediman zenginleşme faktörü hesaplamalarında Turekian ve Wedepohl (1961) e ait göl çamurlarına en yakın jeokimyasal bileşime sahip şeyl ortalamaları esas alınmıştır (Tablo.7.6).

Tablo 7.6 Şeyl ortalama değerleri (Turekian ve Wedepohl, 1961)

Si (%)	27,3	Ba	580	Sc	13	Cd	0,22
Al (%)	8	Sr	140	Pb	20	Ag	0,07
Fe (%)	4,7	Zr	160	Cs	5	Hg	0,18
Ca (%)	2,2	V	130	Be	3	Se	0,06
Mg (%)	1,5	Cr	90	U	3,7		
Na (%)	1	Ni	68	Sn	6		
K (%)	2,7	Zn	95	Mo	2,6		
Ti (%)	0,5	Cu	45	As	13		
P	700	Co	19	W	1,8		
Mn	850	Li	66	Sb	1,5		

Bu formüle göre, İznik dip çamurlarında ölçülen her metal alüminyum verisine ve Al yerkabuğu değerine göre normalize edilmiştir. Förstner ve Witmann (1979) ın çalışmalarında belirttiği gibi, Al konservatif bir element olup, yerkabuğu kaya kaynaklarından bu zamana, sediman tabakasında uniform bir yük oluşturduğu kabul edilmiştir. Förstner ve Witmann (1979) ın çalışmasında SEF değerlerinin değerlendirilmesi şu şekilde verilmiştir.

SEF~ 1 bu metallerin yaklaşık yer kabuğu kayası değerinde,

SEF< 1 bu metallerin yer kabuğu maddelerine geçiş yaptığı, (YMG)

SEF> 1 bu metallerin sediman tabakasında zenginleştiğini göster. (STZ)

Tablo 7.7. Dip çamurlarında SEF aralık, SEF ortalama ve Sediman kalitesi

Element	SEF aralık	SEF ortalama	Sediman kalitesi
Si	2,59-6,27	4,51	(STZ)
Fe	1,22-2,73	1,93	(STZ)
Na	2,08-3,71	2,82	(STZ)
K	0,70-1,36	1,06	Yerkabuğu
Ca	4,14-14,92	9,04	(STZ)
Mg	1,07	3,52	(STZ)
P	0,011	0,036	(YMG)
Ti	0,069-0,38	0,16	(YMG)
Cu	2,91-8,80	6,07	(STZ)
Pb	4,51-9,10	6,01	(STZ)
Zn	1,99-3,73	2,77	(STZ)
Ni	1,83-3,84	2,89	(STZ)
Cr	1,23-2,98	1,80	(STZ)
Mn	2,6-5,2	3,5	(STZ)
Co	2,18-4,94	3,21	(STZ)

Eğer SEF 2-5 arasında ise, çok düşük zenginleştirme değerleri olarak, yer kabuğu bileşimine uyumsuzluk ve farklı kaynaklardan madde girdisini gösterir; SEF >5 ise, dış kaynaklardan ortama gelen madde girdisine bağlı olarak zenginlemeyi gösterir.

İznik Gölü'nden 14 noktadan alınan dip çamur örneklerine ait parametrelerin, sediman zenginleştirme faktörü (SEF) hesaplamaları ve bunlara karşılık gelen sediman kaliteleri Tablo 7.7' de verilmiştir. Elde edilen sediman kaliteleri Si, Fe, Na, Ca, Mg, Cu, Pb, Zn, Ni, Cr, Mn, Co için dip çamurlarında bir zenginleşmenin olduğu, K için yer kabuğu değerlerine yakın bir değerden söz edilebileceğini ve nihayet, P ve Ti için bu elementleri yer kabuğu değerlerine geçiş yaptığını göstermiştir.

Çamurlardaki zenginleşme Si, Fe, Na, Ca, Mg, Zn, Ni, Cr, Mn, Co için düşük zenginleşme değerleri içinde kalırken bu sınıflama yöntemine göre sadece Cu ve Pb dış kaynaklı zenginleşme sınırına az da olsa bir geçiş göstermiştir.

Müller ve Suess (1979) tarafından önerilen ikinci kantitatif sediman tabakasındaki metal kirliliği formülü ise, “jeoakümülyasyon indeksi” dir ve yine jeokimyasal geri değerlerine göre hesaplanır.

$$I_{geo} = \ln(C_n/1.5 \times B_n)$$

Burada

C_n :ölçülen metal konsantrasyonu

B_n : Jeokimyasal temel değer (back ground) değeri

1.5 : ağır metallerdeki litolojik değişim için belirlenmiş bir faktör.

Bu formülden hesaplanan jeoakümülyasyon indeks değerlerinin sınıflandırılması Förstner ve diğ., (1993) tarafından en son şekli ile şöyle tanımlanmıştır.

Tablo 7.8 Jeoakümülyasyon indeksi Sınıflandırması (Förstner ve diğ., 1993)

Sediman jeoakümülyasyon indeksi, I _{geo}	I _{geo} sınıfı	Kirlilik şiddeti
>5	6	Çok kuvvetli kirli
>4-5	5	Kuvvetli-çok kuvvetli kirli
>3-4	4	Kuvvetli kirli
>2-3	3	Orta-kuvvetli kirli
>1-2	2	Orta kirli
>0-1	1	Temiz-orta kirli
<0	0	Pratikte kirlenmemiş-temiz

İznik Gölü, sediman tabakasından toplanan örneklerin 14 tanesinde analiz edilen metallerin sonuçlarına ait jeoakümülyasyon şiddetleri sıfır olan pratikte kirlenmemiş-temiz grubunu oluşturan elementler (Zn, Ni, Cr, Mn, Co, V, As) Tablo 7.9’ da verilmiştir .

Tablo 7.10’da ise Cu ve Pb değerlerine ait 0-1 aralığında değişim gösteren jeoakümülyasyon indeks değerleri görülmektedir. Söz konusu aralık indeks sınıflandırmasına göre (Tablo 7.8) kirlenme şiddeti bakımından, temiz-orta kirli grubunda yer almıştır. Bu sınıflama modeline göre ise Cu ve Pb için dip çamurlarında aşırı bir zenginleşmeden söz etmek mümkün olmamıştır. Ancak bu yöntemde de Cu ve Pb nin diğer parametrelerden belirgin şekilde ayrılması dip çamurlarının bu iki element açısından az da olsa bir zenginleşmenin söz konusu olduğu ortaya çıkmıştır.

Tablo 7.9 İznik Gölü dip çamurlarında tespit edilen metallerin jeoakümülyasyon indeks değeri.

Metal	Jeoakümülyasyon İndeksi	Sediman Kalitesi (Müller,1979)
Zn	<0	Kontamine olmamış
Ni	<0	Kontamine olmamış
Cr	<0	Kontamine olmamış
Mn	<0	Kontamine olmamış
Co	<0	Kontamine olmamış
V	<0	Kontamine olmamış
As	<0	Kontamine olmamış

Tablo 7.10 I-geo değeri 0'dan farklı sonuçlar gösteren Cu ve Pb'ye ait indeks tablosu.

N.No	I-geo/Cu	I-class	I-geo/Pb	I-class
1	0,99	1	0,42	1
13	-1,08	0	-0,15	0
16	0,57	1	0,26	1
18	0,73	1	0,38	1
19	-0,95	0	-0,51	0
22	-0,30	0	0,14	1
24	-0,15	0	0,34	1
39	-0,58	0	-0,21	0
46	0,77	1	0,58	1
56	0,89	1	0,55	1
57	-0,17	0	0,42	1
70	0,42	1	-0,21	0
71	0,05	0	-0,26	0
93	0,05	0	-0,05	0

Ülkemizin beşinci büyüklükteki İznik gölünde ilk defa yapılan bu tür bir çalışmanın endüstriyel kirliliğin henüz yoğunlaşmadığı bir dönemde gerçekleştirilmiş olması, bundan sonra belirli zaman dilimlerinde çalışma yapacak araştırmacılar için bir başlangıç ve karşılaştırma olanağı sağlaması bakımından önem taşımaktadır. İznik Gölü dip çamurları ağır metal analiz sonuçlarına göre, uygulanan her iki metot da göstermektedir ki göl sediman tabakasında Cu ve Pb dışında az da olsa zenginleşme göstermiş bir metal yoktur. İznik Gölü gibi bir doğal kaynağın endüstriyel kirlenmeden günümüz itibarı ile uzak kalmış olduğunun tespiti ülkemiz için büyük bir şanstır. Bundan sonra yapılacak çalışmalarla bu tespitin denetlenmesi ve gerekli görülmesi halinde bir takım tedbirlerin alınması mümkün olabilecektir.

7.6 İznik Gölü Dip Çamurlar Jeokimyasal Analiz Sonuçlarına Uygulanan İstatistiksel Değerlendirme Metotları

Bu bölümde dip çamurlarına ait jeokimyasal analiz sonuçlarının uygun jeoistatistik yöntemlerle ele alınarak değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Öncelikle bu amaca cevap verebilecek bir yöntem olan jeokimyasal-hidrojeokimyasal, petrografik, sedimanter data setlerini oluşturan parametreler arasındaki gruplaşma ve bağımlılıkların faktör yükleri yardımıyla ortaya konulmasına olanak sağlayan PCA analizi (Principal Component Analysis), (DavisS, 1986), İznik Gölü dip çamurlarına ait jeokimyasal analiz sonuçlarına ve bunlara eklenen TOC, ΣCO_3 ve tane boyu % değerlerine uygulanmıştır.

Bir diğer jeoistatistik değerlendirme metodu olan cluster analizi (Anderberg 1973, Davis, 1986) uygulaması ile dip çamurları analiz sonuçları arasındaki ilişkilerin ve benzerliklerin korelasyon katsayıları kullanımı ile bir dendogram üzerinde gösterimi gerçekleştirilmiştir. Analiz yapılan jeokimyasal parametrelere ait temel istatistiksel parametreler Tablo 7.11 de verilmiştir.

Tablo 7.11 Dip Çamuru jeokimyasal analiz sonuçlarına ait temel istatistik parametreleri.

	Si %	Al %	Fe %	Na %	K %	Ca %	Mg %	P %	Ti %	Mn ppm	Sr ppm
Örnek sayısı	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
Minimum	31,3	1,45	2,05	0,6	0,69	4,05	0,71	0,03	0,01	640	174
Maksimum	34,5	3,55	2,08	0,97	0,88	6,29	1,05	0,1	0,04	1230	290
Ortalama	32,6	2,3	2,44	0,77	0,78	5,14	0,85	0,05	0,02	815	224,8
Varyans	0,97	0,52	0,06	0,01	0	0,68	0,01	0	0	32949	961,9
Standart Sapma	0,98	0,72	0,24	0,13	0,06	0,82	0,1	0,01	0,01	181,5	31,01
Eğrilik	0,45	0,84	-0,19	0,25	0,02	-0,06	0,45	1,78	0,079	1,16	0,5
Kurtosis	-0,77	-0,75	-1,37	-1,49	-1,36	-1,48	-1,14	3,33	-1,09	0,17	-0,2
Meidan	32,59	2,01	2,5	0,73	0,78	5,21	0,81	0,05	0,02	755	218,5
	Ba ppm	Cu ppm	Zn ppm	Pb ppm	Ni ppm	Co ppm	Cr ppm	As ppm	V ppm	B ppm	
Örnek sayısı	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	
Minimum	88	32	58	21	42	11	34	3	34	10	
Maksimum	240	134	89	45	65	27	56	8	58	20	
Ortalama	156	78,87	72,14	33,5	53,6	16,85	44,14	5,14	43,28	14,07	
Varyans	2324	1136,3	131,51	60,57	85,17	19,36	60,44	3,67	41,14	11,61	
Standart Sapma	48,21	33,75	11,46	7,78	9,22	4,4	7,77	1,91	6,41	3,4	
Eğrilik	0,18	0,22	0,048	-0,04	-0,12	0,66	0,24	0,47	0,73	0,42	
Kurtosis	-1,18	-1,25	-1,63	-1,35	-1,75	0,09	-1,31	-1,26	0,09	-1,2	
Meidan	152,5	70	73	34,5	56,5	17	43	4,5	42	13	

7.6.1 Başlıca Bileşenler Analizi (PCA)

Başlıca bileşenler analizi (PCA) yöntemi ile varyans değerlerine bağlı olarak % element değerleri ve diğer parametreler arasındaki gruplaşmaların karakteri ve sistematığının ortaya çıkarılması amaçlanmıştır. Tablo 7.12’de jeokimyasal parametrelere ait ve PCA analizinde kullanılan faktör yükleri korelasyon matrisi yer almaktadır. Söz konusu korelasyon matrisi tablosunda ilk bakışta göze çarpan ilişkiler şunlardır. Öncelikle alüminyum (Al) ile ağır metaller arasındaki pozitif korelasyon oldukça belirgin olarak ortaya çıkmıştır. Silisin, Al ve diğer parametrelerle olan negatif korelasyonu izlenirken, Al % miktarını göz önüne aldığımızda, mevcut serbest silis miktarının diğer minerallerin bünyesinde bulunan silisten çok fazla miktarda olmasının silis ile diğer parametreler arasında belirli korelasyonun oluşmasına engel olduğunu söyleyebiliriz. Ayrıca Na ile K’un ve Ca ile Mg’un kendi aralarındaki yüksek korelasyonlara karşılık, Na ve K, Al ile pozitif bir ilişki sergilerken, Ca ve Mg’un Silis gibi diğer parametrelerden bağımsız hareket ettiği ortaya çıkmıştır. Ti’un Fe ile yüksek pozitif korelasyonu, Ti’un dip çamurlarında dağılımının Fe tarafından denetlendiği sonucunu ortaya çıkarmıştır.

Tablo 7.13’de ise toplam 27 parametreye ait % toplam varyans değerleri ile birlikte oluşan 5 adet faktör yükleri grubu yer almaktadır. Elde edilen faktör yükleri grupları tek tek değerlendirildiğinde aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir. Bir numaralı faktör yükü PCA1 deki yüksek derecedeki pozitif birliktelik, Zn, Cu, Ni, Co, Fe, Mn, Cr, V, Ti (geçiş metalleri), Ba, Sr, (toprak alkali metaller), Na, K, (alkali metaller), B ve As (ametal grubu) ile Al, Pb (diğer metaller), TOC ile kil ve çamur tane boyu arasında gerçekleşmiştir. Yüksek derecedeki negatif birliktelik ise Si, Mg, Ca, ΣCO_3 ve Kum, Silt tane boyu arasında izlenmiştir. Jha ve diğ., (1993) ile Vaithyanathan ve diğ., (1992)’nin çalışmalarında belirttikleri dere ve göl sedimanlarında, kuvars içeriğindeki artışa karşılık izlenen ağır metal konsantrasyonlarındaki azalmanın söz konusu bu gruplaşmalarda görüldüğü gibi İznik Gölü dip çamurları içinde geçerli olduğu tespit edilmiştir.

Bu en yüksek pozitif ve negatif gruplaşma toplam % 54.70’lik varyansla gerçekleşmiştir. Bir numaralı faktör yükü PCA-1’e ait faktör yükleri ve faktör bileşenlerini gösteren grafik Şekil 7.42’de verilmiştir.

Tablo 7.12 Dip çamurları analiz sonuçları faktör yükleri korelasyon matrisi

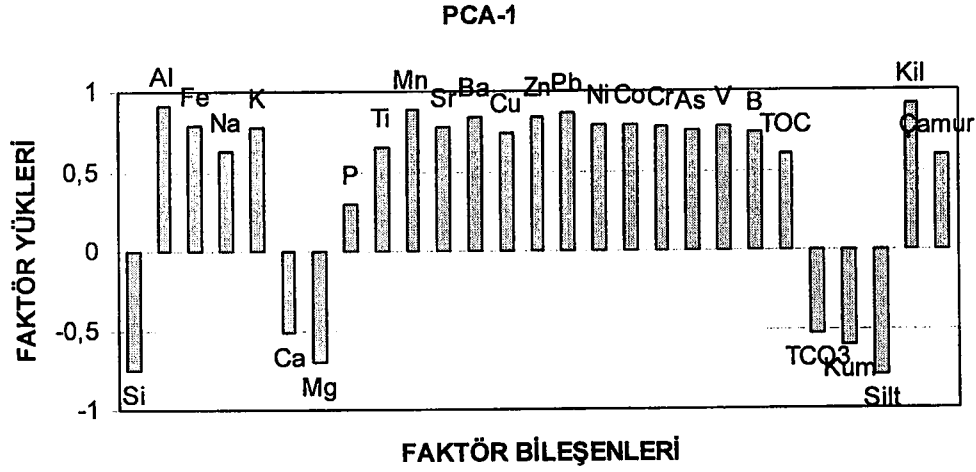
	Si	Al	Fe	Na	K	Ca	Mg	P	Ti	Mn	Sr	Ba	Cu	Zn	Pb	Ni	Co	Cr	As	V	B	TOC	ΣCO ₃	Kum	Silt	Kil	Çamur
Si	1,00																										
Al	-0,64	1,00																									
Fe	-0,66	0,53	1,00																								
Na	-0,60	0,77	0,30	1,00																							
K	-0,61	0,80	0,45	0,64	1,00																						
Ca	0,01	-0,71	-0,09	-0,52	-0,47	1,00																					
Mg	0,20	-0,69	-0,39	-0,36	-0,51	0,83	1,00																				
P	-0,36	0,33	-0,03	0,29	0,21	-0,26	-0,18	1,00																			
Ti	-0,46	0,33	0,85	0,21	0,23	-0,16	-0,41	0,08	1,00																		
Mn	-0,66	0,79	0,70	0,53	0,61	-0,52	-0,62	0,44	0,71	1,00																	
Sr	-0,44	0,85	0,48	0,56	0,59	-0,70	-0,65	0,34	0,43	0,62	1,00																
Ba	-0,65	0,83	0,62	0,55	0,76	-0,43	-0,56	0,28	0,36	0,63	0,79	1,00															
Cu	-0,51	0,66	0,49	0,35	0,65	-0,41	-0,58	0,39	0,25	0,53	0,55	0,63	1,00														
Zn	-0,49	0,70	0,73	0,27	0,68	-0,36	-0,66	0,09	0,49	0,61	0,63	0,85	0,75	1,00													
Pb	-0,71	0,73	0,69	0,43	0,72	-0,37	-0,67	0,09	0,45	0,62	0,60	0,76	0,71	0,79	1,00												
Ni	-0,62	0,52	0,82	0,20	0,51	-0,10	-0,43	0,11	0,62	0,58	0,48	0,64	0,68	0,78	0,83	1,00											
Co	-0,56	0,62	0,86	0,42	0,40	-0,24	-0,45	-0,01	0,70	0,74	0,43	0,57	0,51	0,70	0,58	0,70	1,00										
Cr	-0,45	0,59	0,64	0,37	0,70	-0,42	-0,68	0,11	0,67	0,74	0,42	0,53	0,52	0,72	0,67	0,64	0,61	1,00									
As	-0,65	0,58	0,74	0,38	0,43	-0,27	-0,42	0,21	0,84	0,88	0,48	0,41	0,29	0,43	0,52	0,53	0,67	0,66	1,00								
V	-0,70	0,61	0,70	0,34	0,46	-0,24	-0,38	0,44	0,74	0,91	0,50	0,52	0,43	0,51	0,53	0,61	0,67	0,61	0,92	1,00							
B	-0,28	0,81	0,40	0,50	0,64	-0,64	-0,59	0,16	0,27	0,59	0,72	0,66	0,61	0,68	0,52	0,54	0,60	0,55	0,38	0,47	1,00						
TOC	-0,51	0,41	0,45	0,16	0,43	-0,21	-0,62	0,29	0,34	0,42	0,31	0,44	0,79	0,65	0,76	0,64	0,37	0,57	0,32	0,36	0,24	1,00					
ΣCO ₃	-0,00	-0,70	-0,10	-0,45	-0,40	0,93	0,77	-0,29	-0,16	-0,52	-0,67	-0,38	-0,52	-0,40	-0,31	-0,16	-0,35	-0,39	-0,26	-0,27	-0,77	-0,24	1,00				
Kum	0,74	-0,53	-0,63	-0,44	-0,60	-0,08	0,11	0,15	-0,31	-0,41	-0,28	-0,59	-0,37	-0,58	-0,56	-0,42	-0,58	-0,41	-0,44	-0,40	-0,26	-0,31	-0,84	1,00			
Silt	0,64	-0,75	-0,53	-0,59	-0,48	0,49	0,51	-0,45	-0,54	-0,77	-0,70	-0,56	-0,47	-0,43	-0,65	-0,67	-0,57	-0,52	-0,68	-0,73	-0,64	-0,36	0,51	0,19	1,00		
Kil	-0,86	0,85	0,72	0,67	0,66	-0,35	-0,46	0,28	-0,58	0,80	0,69	0,72	0,55	0,62	0,79	0,73	0,73	0,61	0,75	0,77	0,63	0,44	-0,36	-0,62	-0,88	1,00	
Çamur	-0,73	0,52	0,63	0,42	0,60	0,09	-0,10	0,17	0,30	0,40	0,28	0,58	0,37	0,58	0,56	0,42	0,58	0,41	0,43	0,39	0,26	0,31	0,09	0,00	-0,18	0,61	1,00

Tablo 7.13 Dip çamuru analiz sonuçlarına ait faktör yükleri.

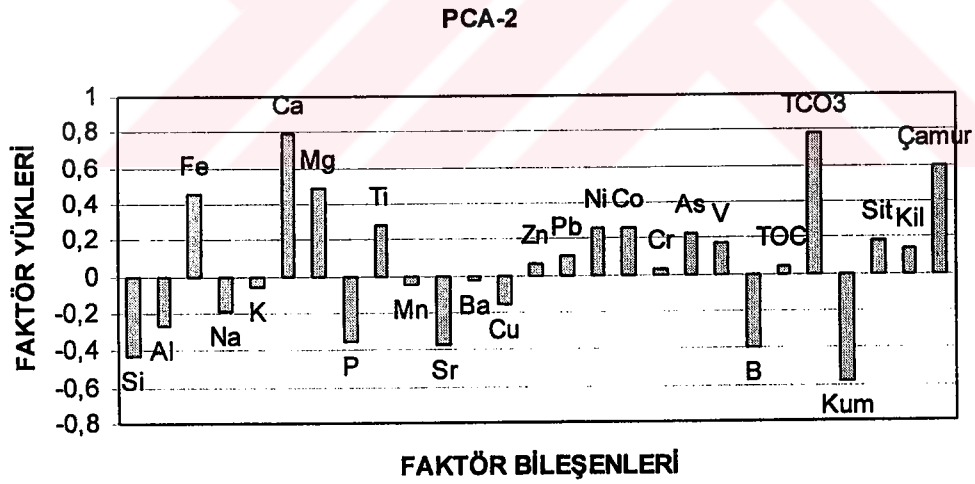
	PCA-1	PCA-2	PCA-3	PCA-4	PCA-5
Si	-0,759	-0,426	0,023	-0,336	0,329
Al	0,910	-0,264	-0,154	0,258	0,070
Fe	0,793	0,452	0,163	-0,197	0,174
Na	0,624	-0,187	-0,143	0,583	0,058
K	0,780	-0,063	-0,386	0,162	-0,035
Ca	-0,524	0,790	0,012	-0,015	-0,212
Mg	-0,700	0,489	0,036	0,363	-0,108
P	0,299	-0,352	0,286	0,263	-0,717
Ti	0,653	0,284	0,557	-0,225	0,197
Mn	0,886	-0,045	0,358	0,093	0,011
Sr	0,773	-0,374	-0,043	0,140	0,065
Ba	0,837	-0,024	-0,310	0,094	-0,041
Cu	0,738	-0,155	-0,296	-0,268	-0,349
Zn	0,834	0,063	-0,289	-0,355	0,048
Pb	0,860	0,101	-0,233	-0,206	-0,146
Ni	0,784	0,263	0,027	-0,360	-0,154
Co	0,790	0,253	0,139	-0,107	0,304
Cr	0,782	0,028	0,082	-0,292	0,117
As	0,753	0,221	0,525	0,090	0,124
V	0,782	0,170	0,494	0,108	-0,101
B	0,738	-0,395	-0,129	0,012	0,244
TOC	0,608	0,043	-0,175	-0,497	-0,478
ΣCO_3	-0,533	0,781	-0,007	0,044	-0,201
Kum	-0,600	-0,587	0,405	-0,233	-0,152
Silt	-0,792	0,182	-0,342	-0,185	0,145
Kil	0,913	0,133	0,080	0,257	-0,042
Çamur	0,593	0,591	0,414	0,222	0,163
Bileşenlerin varyansı	14,771	3,466	2,117	1,814	1,466
% Toplam varyans	54,709	12,837	7,842	6,717	5,430

12.837 % toplam varyans değeriyle temsil edilen 2 numaralı faktör yükü PCA-2’de Ca, Mg, ΣCO_3 birlikteliği PCA-1’in tersine yüksek pozitif faktör yükleri ile ön plana çıkmıştır. PCA-2’deki diğer pozitif gruplaşma parametreleri ise Fe, K, Ti, Zn, Pb, Ni, Co, Cr, As, V, TOC ve silt kil ve çamur tane boyudur. PCA-1’e benzer şekilde ağır metallerin daha düşük faktör yükleri ile de olsa PCA-2 ‘de birlikte hareket ettikleri sadece Cu’ ve Al’un negatif gruplaşmanın içinde yer aldıkları görülmüştür.

Bu sonuç bize ağır metal grubunun daha düşük toplam varyans değeri ile Ca, Mg, ve ΣCO_3 değeri ile de bir ilişkisinin olduğunu göstermiştir.



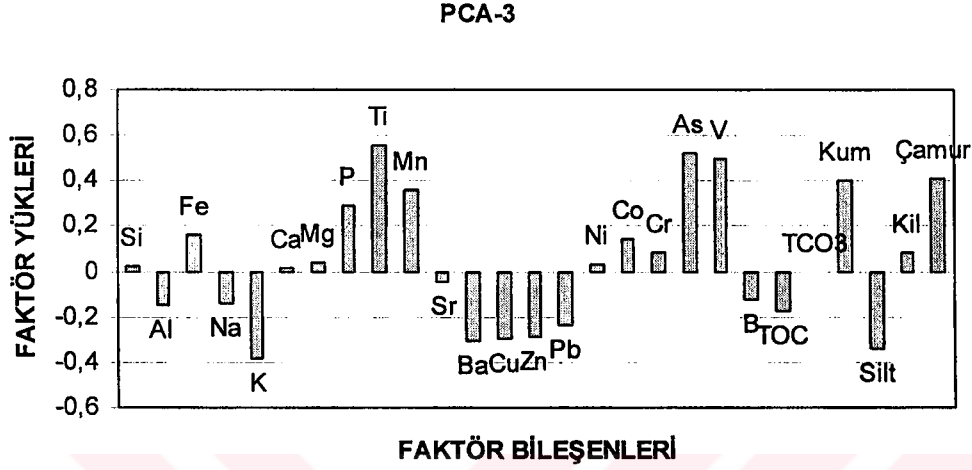
Şekil 7.42 Dip çamuru analiz sonuçlarına ait 1 nolu faktör yüklerinin grafiksel gösterimi



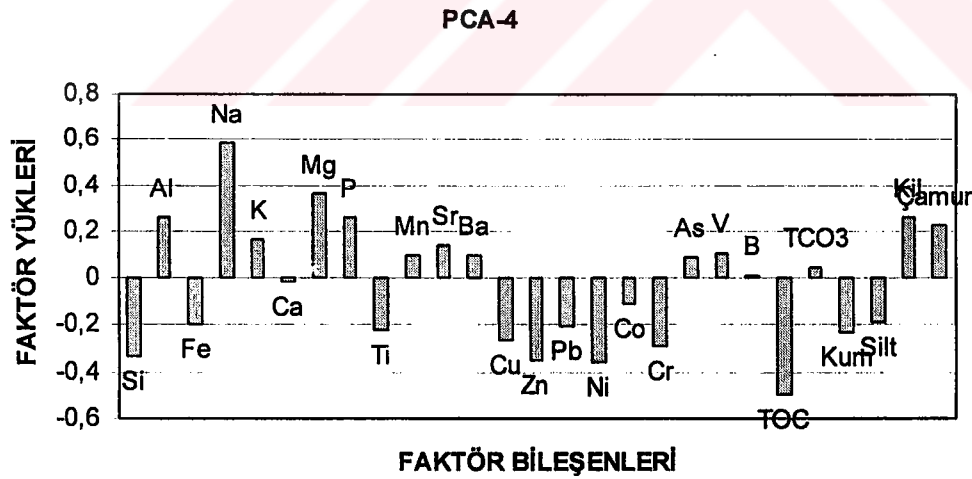
Şekil 7.43 Dip çamuru analiz sonuçlarına ait 2 nolu faktör yüklerinin grafiksel gösterimi

PCA-2’de negatif faktör yükleri olarak meydana gelen gruplaşmanın elemanları ise Si, Al, Na, P, Mn, Sr, Ba, Cu, B ile kum tane boyu arasında gerçekleşmiştir. Si ile kum tane boyu arasındaki beraberlik bu faktör yükü grubunda daha düşük toplam

varyans değeri de süreklilik arz ederken Al'un bu grubun diğer elemanları ile de bir ilişkisinin olduğunu göstermesi açısından dikkat çekmiştir. İki numaralı faktör yükü PCA-2'ye ait faktör yükleri ve faktör bileşenlerini gösteren grafik Şekil 7.43'te verilmiştir.



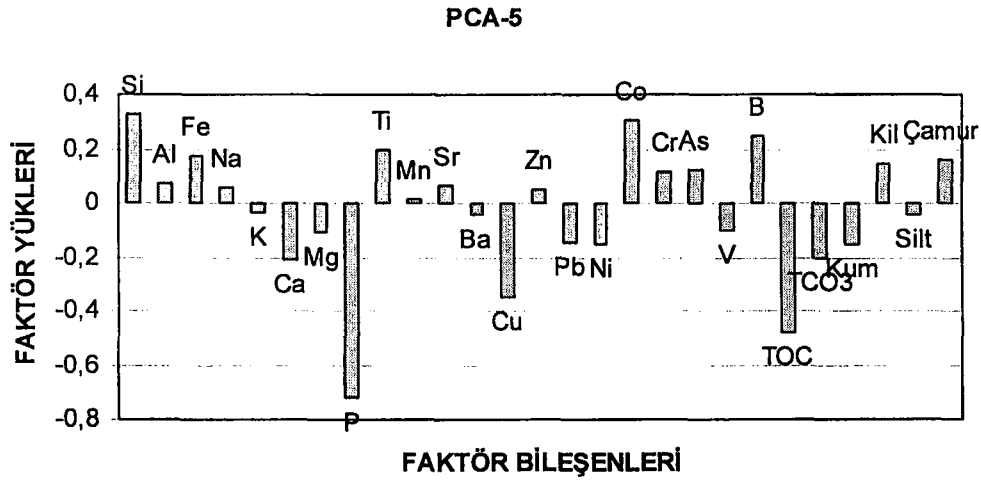
Şekil 7.44 Dip çamuru analiz sonuçlarına ait 3 nolu faktör yüklerinin grafiksel gösterimi



Şekil 7.45 Dip çamuru analiz sonuçlarına ait 4 nolu faktör yüklerinin grafiksel gösterimi

7.842 % toplam varyans değeri ile temsil edilen üç numaralı faktör yükü PCA-3'de K'un negatif gruplaşmanın öncülüğünü yaptığı daha sonra Silt tane boyu, Ba, Cr, Zn,

Pb, Ni, Al, Na, B, ve TOC'un bu grup içinde birlikte hareket ettiği görülmüştür. Pozitif birliktelikler ise Ti, As, V ile çamur tane boyunun yüksek faktör yükleri ile öncülüğünü yaptığı içinde Si, Fe, Ca, P, Co, Cr, As, V, ile ΣCO_3 ,kum ve kil tane boyunun yer aldığı grup tarafından oluşturulmuştur.



Şekil 7.46 Dip çamuru analiz sonuçlarına ait 5 nolu faktör yüklerinin grafiksel gösterimi

Bu faktör yükünde Cu, Zn, Pb, PCA-1' de olduğu gibi Al ile birlikte davranmışlardır. Üç numaralı faktör yükü PCA-3'e ait faktör yükleri ve faktör bileşenlerini gösteren grafik Şekil 7.44'te verilmiştir.

Faktör yükleri değerlerinin hem pozitif hem negatif değerler için belirgin şekilde azalma göstermeye başladığı dört numaralı faktör yükü PCA-4'te % 6.717 toplam varyans değeriyle ortaya çıkan gruplaşmalar, Si, Fe, Ca, Ti, Cu, Zn, Pb, Ni, Co, Cr, B, TOC, kum ve silt tane boyu arasında negatif faktör yükleri ile oluşurken, pozitif gruplaşma ise başta Na, Mg ve P olmak üzere Al, K, Mg, Mn, Sr, Ba, As, V, ΣCO_3 ile kil ve çamur tane boyu değerleri arasında gerçekleşmiştir. Dört numaralı faktör yükü PCA-4'e ait faktör yükleri ve faktör bileşenlerini gösteren grafik Şekil 7.45'te verilmiştir.

En düşük % toplam varyans değeri ile oluşan beş nolu faktör yükleri grubu PCA-5'te başta P, TOC, Cu, Ca, Mg, Pb, Ni, ΣCO_3 , ile kum ve silt boyutu arasında, negatif faktör yükleri ile, Si, B, Fe, Co, Cr, As, Al, Mn, Sr, kil ve çamur boyutu arasında ise pozitif faktör yükleri ile gruplaşma meydana gelmiştir (Şekil 7.46).

Bir numaralı faktör yüküne göre diğer faktör gruplarında yüksek pozitif ve negatif faktör yükü gruplaşmalarının oluşmamasının nedeni bir numaralı faktör yükünün % toplam varyansının diğer üç faktör yükünün toplam varyanslarının birleşiminden daha fazla olmasına bağlamak gerekir. Bu nedenle dip çamurlarında analizi yapılan jeokimyasal parametreler arasında, birlikte dağılım ve hareket etme kriterlerine bağlı olarak en sağlıklı gruplaşmanın yüksek % toplam varyans değeri ile bir numaralı faktör yükünde gerçekleşmiş olduğunu söylemek ile birlikte diğer faktör yüklerinde PCA-1 de görünmeyen diğer gruplaşmaların ortaya çıktığını belirtmek gerekir.

7.6.2 Cluster Analizi

Cluster analizi korelasyon katsayıları ve benzer ölçümler arasında (jeokimyasal, Paleontolojik v.b.) kullanılan ve birbirleri ile yüksek benzerliği olan parametrelerin öncelikle bağlanması ile oluşan ve sonuçların dendogram yardımı ile gösterildiği bir jeostatistik uygulamadır (Davis, 1986).

İznik Gölü dip çamurlarına uygulanan cluster analizi ile jeokimyasal parametreler arasındaki birincil bağlantıların dışında gruplaşmalar arasındaki ikincil ve daha ileri seviyedeki korelasyonların izlenebilmesi mümkün olmuştur. İlk bakışta izlenmesi mümkün olmayan gruplaşmalar arası korelasyonlar bu yolla ortaya çıkarılmıştır.

Dip çamurlarına ait parametreler arasında elde edilen korelasyon matrisinin (Tablo 7.13) kullanımı ile gerçekleştirilen cluster analizi ile ortaya çıkan sonuçlar, Şekil 7.47’de görülen dendogram yardımıyla şu şekilde değerlendirilmiştir.

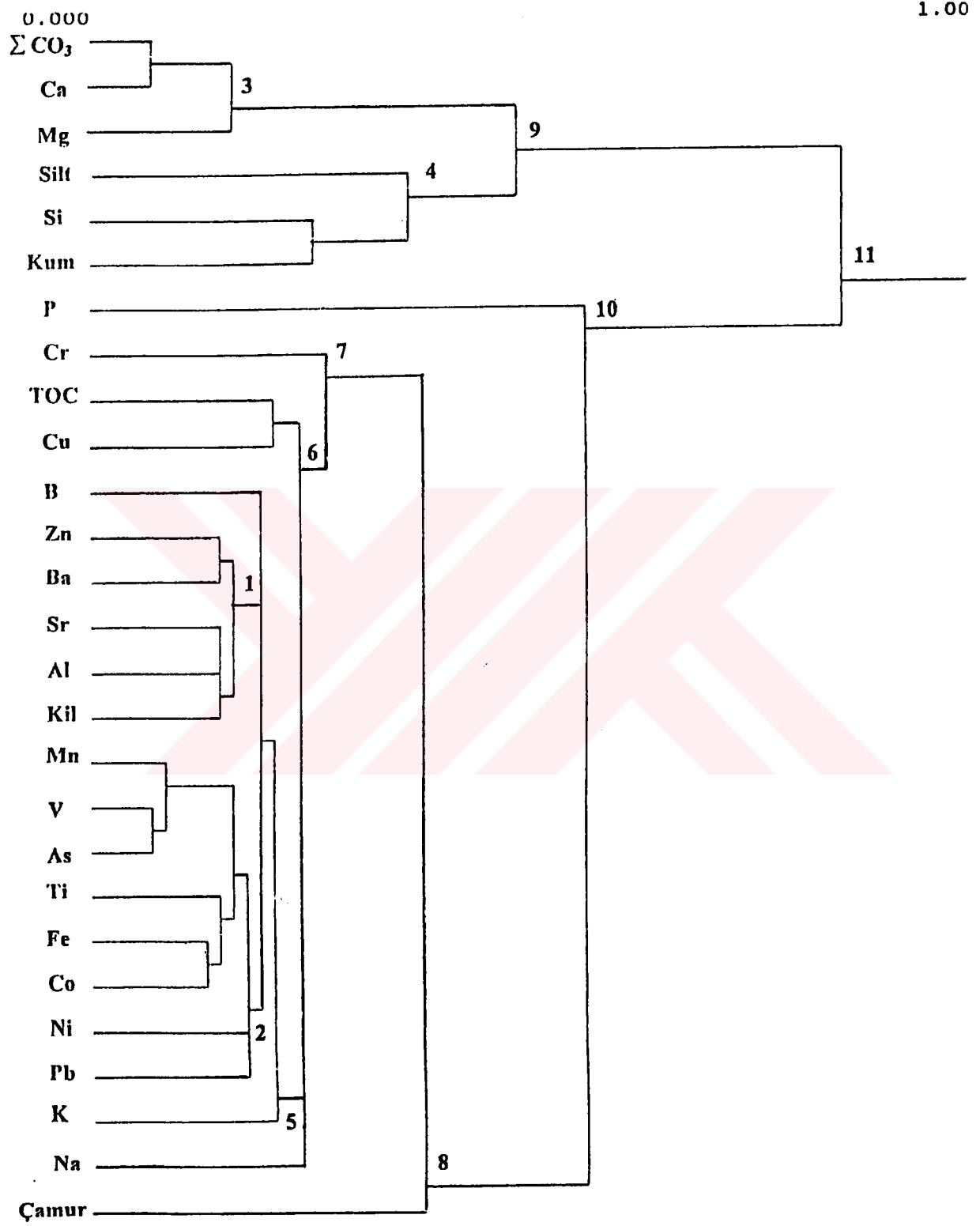
1 nolu clusterı Zn, Ba, Sr, Al ve % kil den oluşan ikili beraberlikler oluşturmuştur. İki nolu cluster ise Mn, V, As, Ti, Fe, Cu, Ni, Pb arasındaki ikili yüksek korelasyonlardan meydana gelmiştir. 1 ve 2 nolu cluster’lar genelde ağır metaller tarafından temsil edilirken bu grubun içinde Al, % kil, toprak alkaliler Ba ve Sr da yer almıştır.

Bu geniş çekirdek gruba dışardan B, $r = 0.82$ korelasyon katsayısı ile ve 5 numaralı cluster noktasında ise K, $r = 0.79$ ’ luk korelasyonla bağlanmıştır. Alkalilerin bu gruba bağlanma trendinin devam ettiği 6 nolu cluster’ı, 5 nolu cluster, TOC ve Cu ikili beraberliği ve bunlara $r = 0.74$ korelasyon katsayısı ile bağlanan Na

oluşturmuştur. 6 nolu cluster noktasına kadar ağır metal grubundan ayrı kalan Cr 7 nolu cluster noktasında $r = 0.73$ korelasyon katsayısı ile bu gruba katılmıştır.

Yüksek korelasyon katsayıları ile birbirlerine bağlanan diğer gruplarda 4 nolu cluster noktasında yer alan Si, silt ve kum tane boyu değerleri 9 nolu cluster noktasında $r = 0.40$ korelasyon katsayısı ile çamur tane boyu değerleri ile birleşmiş ve bu grup başta ağır metaller ile Al ve kil tane boyu değerlerini içeren 1,2,5,6,7,8 nolu cluster' lardan gelen parametrelerle 10 nolu noktada P'un da katılımı ile $r = 0.28$ korelasyon katsayısı birleşmişlerdir. 10 nolu cluster'ın ise Ca, Mg, ve ΣCO_3 'a ait yüksek korelasyonlu karbonat grubu ile 11 nolu cluster noktasında $r = 0.22$ 'lik korelasyonla bağlanması ile dendogram kapanmıştır.





Şekil 7.47 Dip çamuru analiz sonuçlarına ait dendrogram

8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

İznik Gölü Kuzey Anadolu fay hattı güney kolunun üzerinde yer alan, 313 km²' lik yüzey alanı ve 123.10⁸ m³'lük su hacmi ile ülkemizin 5. Marmara bölgesinin ise en büyük gölüdür. Farklı litolojileri kat eden dere ve yüzey suları ile, göl ile kontağı olan jeolojik birimlerin jeokimyası ile şekillenen İznik Göl sularının hidrojeokimyasal özellikleri ve dip çamurlarının bilhassa jeokimyasal karakteristiğinin tespiti amacıyla yapılan çalışmalar aşağıdaki sonuç ve değerlendirmelerin elde edilmesini sağlamıştır.

İznik Gölü, göl sınıflama modellerine göre değerlendirildiğinde fiziksel-kimyasal sınıflamaya göre kırıntılı (klastik), organik çevrime göre mezotrofik karakter taşıyan oligotrofik, kökensel sınıflamaya göre ise tektonik göller sınıfında yer almıştır.

Gölün, derinliğin merkeze doğru çok düşük bir eğimle arttığı kuzey kıyılarının çamur tabakasından çoğunlukla yoksun yer yer kayalık ve çok az miktarda çakıl ve kaba kum boyutunda malzeme içerdiği buna karşılık derinliğin yüksek olduğu merkez ve güney kesimlerde kalın bir çamur tabakasının varlığı tespit edilirken, göl suyunun saydamlık değerleri sakin bir peryotta 7-8 metre olarak ölçülmüştür.

İznik Gölü'nde ilk olarak 19 farklı noktada yerinde yapılan toplam 57 ölçümle gerçekleştirilen toplam askıda madde (TSM) ölçümleri sonucunda gölde derinliğe bağlı olarak 3, 5 ve 10 m. derinlikte sırası ile 1.8, 2.3 ve 3.1mg/l değerleri tespit edilmiştir. Söz konusu bütün derinlik değerlerinde gölün kuzey, doğu ve batısına doğru bir artış izlenmiş olup bunun nedeni bu bölgelerin gölün güneyine göre sığ olması ve bu derinliklerde yüksek olan dip akıntılarının TSM oranlarında Gölün güneyine göre nispi artışlar göstermesidir. Derinliğe bağlı olarak bir artış söz konusu olsa bile göle yoğun bir askıda madde transferinden söz edilemeyeceği ve gölün sahip olduğu yüksek ortalama derinlik ile düşük dip akıntı hızları nedeniyle bazı partiküllerin su kolonunda çok fazla dağılmasına olanak vermediği ortaya çıkmıştır. Ayrıca, mg/l cinsinden toplam askıda madde miktarlarının µs/cm

cinsinden elektriksel iletkenlik değerleri ile benzer şekilde derinliğe bağlı artış gösterdikleri tespit edilmiştir. Ayrıca İznik Gölü’nde çok ince taneli partiküllerin depolanmasının belirgin şekilde su kolonunun st kısımlarındaki kirlenmeyi ortadan kaldırdığını söylemek mümkündür.

Gölde yüzey, 20, 40 ve 60 m derinliklerden toplam 223 ölçümle gerçekleştirilen pH ölçümlerinde gölde derinliğe bağlı olarak alkalen karakterinden uzaklaşma eğilimi olduğu belirgin şekilde tespit edilmiştir. Gölde pH değişimlerinde , derinlik artışına bağlı olarak gl sularında CO₂ kaybının azalması ile gölde geniş yayılım alanları bulunan alglerin CO₂ tknetimi arasındaki dengenin etkili olduğu söylenebilir. evre kayaç litolojisi açısından aluvyonlar, metamorfize kayaçlar, kireçtaşı ve killi formasyonlar ile çevrili olan İznik Gölü’nde bu tür kayaçlar ile kontağı olan göllerin genel özelliği olan pH 7-9 aralığına yakın bütün derinlik değerlerinin ortalaması olarak yaz döneminde pH değeri 9.07 olarak tespit edilmiştir. Gl etrafındaki tarımsal aktiviteler sırasında kullanılan gübrelerin gölde yaşayan algler için çoğalmayı hızlandıran, besleyici (nutridant) olması alg patlamalarıyla aşırı CO₂ tknetimi artırmaktadır. Bu durum İznik gölünde tarımsal aktivitenin yoğun olduğu kesimlerde belirgin şekilde suda batık veya yüzen su bitkilerinin artışı şeklinde zaten belirgin şekilde gözlemlenebilmektedir. Gölde pH değerlerinin dağılımı bu durumdan belirgin şekilde etkilenmekte, yüksek pH değerleri gölün litolojik olarak aluvyon alanlarına su bitkilerinin ise zenginleşme noktalarına izlenmektedir. Bu nedenle İznik Gölü için en büyük tehlike pH değerinin bir yaz döneminde suda yaşayan bir çok canlı için yaşam sınırı olan 9.6 değerine yaklaşmasıdır. pH ile çözünmüş oksijen arasında $r = (+) 0.73$ korelasyon katsayısı ile belirgin bir pozitif ilişki tespit edilirken elektriksel iletkenlik ile $r = (-) 0.83$ korelasyon katsayısı ile yüksek bir ilişki tespit edilmiştir . Bu ilişki gölde elektriksel iletkenlik değerlerindeki artışa karşılık gelen pH’ın bazikten aside geçişinde, derinliğe bağlı olarak karakteristik olarak CO₂ miktarı artışı ile güçlü asit kökleri olana Cl⁻ ve SO₄²⁻ konsantrasyonlarındaki değişimlere bağlanabilir.

Gölde yüzey, 20, 40 ve 60 m derinliklerden toplam 223 ölçümle gerçekleştirilen çözünmüş oksijen ölçümleri derinlik artışına paralel olarak azalma eğilimi göstermesine rağmen gölde disareobik bir su tabakasına rastlanmamıştır. Gölde mevcut su bitkilerinin oksijen dağılım karakteristiğindeki etkileri derinlik artışı ile

ortadan kalkmakta olup başka faktörlerin denetimi altına girmektedir. Göldeki oksijen dağılımı yüzey ve yüzeye yakın metrelerde yüksek dipte ise plankton dekompozasyonu nedeniyle düşüktür. 20 ve 40 m’lerde oksijen değerleri sırası ile ortalama 5.15 ve 4.7 mg/l değerlerini korumuş fakat gölün en derin hippolimnon zorununda sıcaklık yaz döneminde 8 °C olmasına rağmen ortalama 1.53 mg/l değerinde olduğu tespit edilmiştir. Bu sıcaklık farklarının etkisiyle oluşana su tabakalarında oksijen değerleri homojen bir şekilde dağılım göstermiştir. Gölün güneyinde Göllüce ve Narlıca köyleri açıklarında derinliğe rağmen göreceli olarak yüksek oksijen değerleri tespit edilmiştir, bu durum gölün güneyinden geçen fay hattına bağlı olarak göle gölün söz konusu derinlik değerindeki çözünmüş oksijen miktarından daha yüksek oranda oksijen içeren bir yer altı su kaynağının girişim yapabileceği olasılığını akla getirmiştir. Ayrıca çözünmüş oksijen ve elektriksel iletkenlik değerleri arasında $r = (-) 0.74$ korelasyon katsayısı ile yüksek negatif bir korelasyonun varlığı tespit edilmiştir.

Elektriksel iletkenlik değerlerini tespit etmek amacı ile yüzey, 20, 40 ve 60 m derinliklerden alınan örneklerde yerinde yapılan toplam 223 ölçüm ile bu parametreye ait düşey ve yatay değişimler tespit edilmiştir. Derinlik artışına bağlı olarak elektriksel iletkenlik değerlerinde gözlenen artışın göl suyunda anyon ve katyonların dağılımı ve askıda katı madde oranındaki değişimlerden kaynaklandığını, yatayda ise farklı derinliklerin hepsinde yüksek elektriksel iletkenlik değerlerinin genelde kıyılara yakın noktalarda artış göstermesi dikkat çekmiştir.

İznik Gölü’nde 4 farklı noktada 10, 20 ve 40 metre derinliklerde gerçekleştirilen 12 ölçümde derinliğe bağlı olarak su kütlesi hareketinde belirgin azalmalar tespit edilmiş olup, gölde KD-GB hakim rüzgar anında yapılan ölçümler ile gölde akıntı hızlarının genelde düşük olduğu sonucu ortaya çıkmıştır.

Gölde koordinatları GPS ile tespit edilen 85 noktada sonarla yapılan ölçümler sonucunda gölde en fazla 67 m derinlik tespit edilmiş olup, gölün merkezinde 40 m derinliğinde bir çanak belirgin şekilde ortaya çıkmış kuzeye doğru çok yavaş bir şekilde sığlaşan bu çanağın, gölün güneyinden geçen fay hattının oluşturduğu topografya ya bağlı olarak çok dar bir alanda 67 m derinlik değerlerinden göl kıyı kotu olan denizden 85m. yüksekliğine ulaştığı belirlenmiştir.

Göl sularından farklı 4 kıyı noktasından alınan örneklerde yapılan analizlerde hiçbir örnekte 10^3 bakteri/ml değeri aşılmamıştır. Bu da İznik Gölü'nün bakteriyolojik açıdan temiz olduğunu ve tehlike arz edecek bir durumun söz konusu olmadığını göstermiştir.

Göl sularında tespit edilen her bir hidrojeokimyasal parametrenin farklı derinliklerdeki dağılımları kriking metodu ile grafiksel olarak gösterilmiştir. İznik Gölü'nde, derinliğe ve iyon konsantrasyonlarındaki artışlara bağlı olarak sertlik derecesinde ve çözünmüş madde miktarında nispi artışlar görülmüştür. Ortalama 1060 mg/l çözünmüş iyon miktarı ile hafif tuzlu sular sınıfında kalan gölün, anyon ve katyon dağılımına göre ise Na-Mg'lu, karbonat oranı yüksek, sülfatlı su karakterine sahip olduğu anlaşılmıştır.

Ayrıca göl suları alkali elementlerce (Na+K) zengin, zayıf asit köklerinin (HCO_3^- + CO_3^{2-}) güçlü asit kökleri (Cl^- + SO_4^{2-}) toplamından fazla olduğu, olağan klorürlü, olağan sülfatlı, hiperkarbonatlı sular sınıfında yer almaktadır. Gölde kalsit ve dolomit çökelişi gerçekleşirken sülfatın çözünür halde kaldığı tespit edilmiştir. Na-Mg- HCO_3 - SO_4 su tipine sahip olan gölün iyon konsantrasyonlarının mg/l cinsinden çokluk sıralaması ise $\text{HCO}_3^- > \text{Na} > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^- > \text{Mg} > \text{CO}_3^{2-} > \text{K} > \text{Ca}$ şeklinde tespit edilmiştir. Göl suları iyon konsantrasyonlarının ($\text{Na}/\text{Na}+\text{Ca}$) ile toplam çözünmüş madde miktarı (TÇM) (mg/l) değerlerine bağlı olarak çevre kayaçlarının etkisiyle şekillendiği sonucu ortaya çıkmıştır.

Göl sularında ve askıda katı maddede yapılan metal analizleri göl sularında söz konusu bu parametreler için bir tehlikenin söz konusu olmadığını sonuçların dünya ortalama değerlerine yakın olduğunu ortaya koymuştur. Göl suları analiz sonuçlarına uygulanan istatistiksel metotlardan başlıca bileşenler analizi (PCA) ile % toplam varyans değerlerine bağlı olarak pozitif birlikteliğin SO_4^{2-} , HCO_3^- , Na^+ , Mg^{2+} , un yüksek Ca^{2+} , K^+ , Cl^- , F^- ve PO_4^{2-} 'ın ise gösterdiği düşük faktör yükleri ile temsil edildiği ortaya çıkmıştır. Negatif gruplaşmanın ise CO_3^{2-} ve NO_2^- , NO_3^- arasında kaldığı tespit edilmiştir.

Göl sularında farklı derinlik gruplarına ayrı ayrı uygulanan cluster analizleri ile anyon ve katyon değerleri arasında bağımlılık ve benzerlikler ortaya çıkarılmıştır. (Ca^{2+} , F^-), (K^+ , Cl^-), (NO_2^- , NO_3^-), (HCO_3^- , SO_4^{2-})'gibi ikili beraberlikler arasındaki bağımlılığın bütün derinlik değerleri için değişme göstermediği tespit edilirken bu

ikili beraberliklerin birbirleri ile ve gölde mevcut diğer iyonlarla ilişkilerini ortaya koyan ikincil ve daha büyük cluster noktalarında ise değişiklikler olduğu görülmüştür.

Gölden alınan dip çamurlarına XRD çekimleri ile örnekler genelinde miktarlarda çok az değişimler görülmekle birlikte belirlenen mineral birlikteliği kuvars + kalsit + feldspat + klorit + smektit + muskovit + illit şeklindedir. Dip çamurlarına uygulanan elek analizi ile tane boyu dağılımı tespit edilmiş ve gölde silt tane boyunun hakim olduğu tespit edilmiştir

Dip çamurlarında yapılan jeokimyasal incelemelerle major element, ağır metal ve iz element, miktarları, ΣCO_3 ve TOC değerleri ile birlikte tespit edilmiş söz konusu bu parametrelerin göldeki dağılımları ise kriking metodunun kullanımı ile grafiksel olarak gösterilmiştir. Jeokimyasal parametreler arasındaki ilişkiler öncelikle korelasyon grafikleri ile tespit edilmiştir. Dip çamurunu oluşturan mineral kaynaklarının allojenik olduğu, kuvarsın baskın mineral olduğu, kalsit içeriğinden sonra klorit ve feldspat ve içeriklerinin birbirlerine yakın olduğu smektit ve illitin ise diğer minerallere göre çok az bulunduğu tespit edilmiştir. Tane boyu dağılımları ile jeokimyasal parametreler arasındaki korelasyon analizlerinde Al ile kil tane boyu, Si ile kum ve silt tane boyu malzeme arasında yüksek pozitif korelasyonlar elde edilmiştir.

Dip çamurlarında ağır metal konsantrasyonlarına bağlı olarak iki farklı yöntemin kullanımı ile endüstriyel kirlilik yükü araştırılmış sediman zenginleşme faktörü'ne (SEF) göre, K'un yerkağı , P ve Ti'un yerkağı elementlerine geçiş, bunların dışındaki ağır metal ve major elementlerin ise çamur tabakasında zenginleşme gösterdiği ortaya çıkmıştır. Jeokümülyasyon indeksine göre ise ağır metaller arasından Cu ve Pb'nin kontaminesiz orta kontamine grubunda kaldığı bunun dışındaki Zn, Ni, Cr, Mn, Co, V ve As için dip çamurlarında bir akümülyasyonun söz konusu olmadığı anlaşılmıştır. Dip çamurlarına uygulanan başlıca bileşenler (PCA) analizi ile jeokimyasal parametreler ve tane boyu dağılımları arasında kil boyutu malzeme ile Al ve ağır metal grubu elementlerin içinde yer aldığı bir grubun pozitif faktör yükleri ile bir grup oluşturduğu, buna karşılık, Si, Ca, Mg, ΣCO_3 , kum ve silt tane boyutunun negatif faktör yükleri ile başka bir gruplaşmayı temsil ettiği ortaya çıkmıştır. Jeokimyasal parametreler ve tane boyu % değerleri arasında uygulanan cluster analiz ile yüksek korelasyon katsayılarına bağlı birincil gruplaşmaların dışındaki daha ileri kademedeki beraberlikler ve birliktelikler ortaya çıkarılmıştır.

İznik Gölü dip çamurlarında kum, silt ve kil boyutlu malzemedan oluşmak üzere başlıca üç tane boyu tespit edilirken, bunların göl tabanındaki dağılımının silt bileşeni baskın karasal kökenli yüzey sedimanları şeklinde görülmüştür. Gölde derinliğin artışına paralel olarak kil tane boyunda nispi artışlar izlenirken kum tane boyutunun gölün kuzeyinde sığ kesimlere doğru artış gösterdiği saptanmıştır Göl alanının genelde örneklemeye olanak sağlayan merkez ve güney kesimlerinde silt bileşenli malzemenin izlenmesi üç nedenden kaynaklanmaktadır. Birincisi İznik Gölü'ne çok büyük bir akarsu bağlı su girişinin olmaması, ikincisi göle dökülen mevcut derelerin debilerinin ve göle doğru olan eğimlerinin düşük olması, üçüncüsü ise, gölde tarafımızdan farklı derinliklerde tespit edilen akıntı hızının silt boyutlu malzemenin birikimine uygun olmasıdır. Bu özellikler İznik Gölü'nde düşük enerjiye sahip bir ortamın varlığı sonucunu ortaya çıkarmıştır.

İznik Gölü, Orhangazi ve İznik İlçelerinde devam eden yapılaşma, gölün etrafındaki tarımsal faaliyetler ve Orhangazi'de kurulu küçük ölçekli sanayi kuruluşlarına rağmen bilimsel parametreler bazında halen temiz bir suya sahip olma özelliğini korumaktadır. Göl suyunun bu özelliğini korunmasında iki önemli faktörün etkisinin olduğu ortaya çıkmıştır, birincisi su seviyesinin yükseldiği bahar aylarında karsak boğazının açılan kapakları ile gölün fazla sularının gemlik körfezine boşaltılması, ikincisi ise göl tabanında mevcut dip çamurlarının ağır metal konsantrasyonlarını absorblamasıdır.

KAYNAKLAR

- Abraham , L., ve diğ., 1995. *Physics and Chemistry of Lakes*, Springer-Verlag, Heidelberg.
- Albay, M., 1996. İznik Gölü Kirlenme Düzeyinin Biyolojik Yönden İncelenmesi *Doktora Tezi*, İstanbul Univ. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Altınlı, İ.E., 1963. İnegöl Havzasının Jeolojisi ve Hidrolojisi, *İst. Üniv. Fen Fak. Mec.* Seri B C.30, S. 1-2.
- Altınlı, İ.E., 1965. Yenişehir Havzasının Jeolojisi ve Hidrolojisi, *İst. Üniv. Fen Fak. Mec.* Seri B 30, 122.
- Anderberg, M.R., 1973. *Cluster Analysis for Applications*, Academic press, Inc., New York.
- Andren, A.W., Strand, J.W., 1981. Atmospheric Deposition of Particulate Organic Matter and Polyaromatic Hydrocarbons in Lake Michigan. *Atmospheric Pollutions in Natural Waters*. Ann Arbor Science, Ann Arbor, 459-479.
- ASTM, 1974. C371-71.
- Azmatullah, M., Ekwere, S.J., 1985. Heavy Metal Distribution in Sediments from Cross River Estuary, Southeastern Nigeria. *J. Min Geol.*, 21, 165-169.
- Bargu, S., 1978. İznik-Yenişehir (Bursa) –Osmaneli (Bilecik) Civarının Jeolojisi. *İst. Üniv. Fen Fak. Doktora Tezi*.
- Barka, A.A, 1992. North Anatolian Fault Zone, *Annales Tectonicae*, 6, 164-195
- Bingöl, E., Akyürek, B., Korkmazer, B. 1973, Biga Yarımadasının Jeolojisi ve Karakaya Formasyonunun Bazı Özellikleri. *50. Yıl Uluslar arası Yerbilimleri Kongresi*, Tebliğ, Ankara.
- Blatt, H., Middleton, G., Murray, R., 1972. *Origine of Sedimentary Rocks*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs.
- Bordovsky, O.K., 1965. Sources of Organic Matter in Marine Basins. *Marine Geol.* 3, 5-31.

- Bruland, K.W., Bertine, K., Koide, M., Goldberg, E.D., 1974.** History of Metal Pollution in Southern California Coastal Zone, *Environ. Sci. Technol.*, **8**, 425-432.
- Bürküt, Y., 1986.** *Uygulamalı Jeokimya (Analiz Metotlu)*, İst. Tek. Üniv. Sayı. 1327, Gümüşsuyu.
- Bürküt, Y., Suner, F., Esenli, V., 1998.** Çayırhan-Beypazarı Bölgesi (Ankara), Tenardit-Trona Oluşum Koşulları, *Yerbilimleri (Geosound)* **32**, 191-197.
- Brown, C.E., 1998.** *Applied Multivariate Statistics in Geohydrology and Related Sciences*, Springer, Heidelberg.
- Davis, J.C., 1986.** *Statistics and Data Analsis in Geolog*, Jhon Wiley & Sons.
- DSİ, 1974.** *İznik, Orhangazi Ovaları Hidrojeolojik Etüd Raporu*, Bursa.
- DSİ, 1984.** *Bursa Bölgesi Su Kaynaklarının Hidrojeolojik Araştırması*, Ankara.
- Erk, S., 1942.** Bursa ve Gemlik Arasındaki Bölgenin Jeolojisi, *M.T.A. Yayını Seri:B* No:9.
- Folger, D.W., 1972.** Texture and Organic Carbon Content of Bottom Sediments in Plain Estuaries. *Geol. Soc. of American Mem*, **133**, 391-408.
- Folk, R.L., 1974,** *Petrology of Sedimentary Rocks*, Hemphill Publishing Co. Drawer M. University Station Austin, Texas,
- Förstner, U., Müller, G., 1973.** *Anorganische Schadstoffe im Neckar*, Ruperto Carola **51**, 67-71.
- Förstner, U., Withman, G., 1979.** *Metal Pollution in the Aquatic Environment*, Springer –Verlag, Berlin Heidelberg New York.
- Förstner, U., Ahlf, W., Calmano, W., 1993,** Sediment Quality Objectives and Criteria Development in Germany, *Water Science and Technology*, **28**, No 8-9, 307.
- Freeze, R.A., Cherry, J.A., 1979.** *Groundwater*, Englewood, Cliffs, NJ, Prentice-Hall.
- Genç, Ş., ve diğ. 1986.** Uludağ-İznik Gölü Arasının Jeolojisi, *MTA raporu* No: 7853, Ankara.
- Gibbs, R.J., 1970.** Mechanism Controlling World Water Chemistry, *Science*, **170**, 1088-1090.
- Göncüoğlu, M.C., Erendil, M., 1990.** Armutlu Yarımadasının Geç Kretase Öncesi Tektonik Birimleri, *Türkiye 8. Petrol Kongresi*, Bildiri.

- Graf, D.L.**, 1960. Geochemistry of Carbonat Sediments and Sedimentary Carbonat Rocks, *Illinois State, Geol. Survey.*, 829-843.
- Graut, F.F.**, 1925. Relation of Texture and Composition of Clays, *Bull. Geo.Soc.Amer.*, **36**, 393-416.
- Gubta, L.P., Subramanian, V.**, 1994. Environmental Geochemistry of The River Gomti, *Env. Geol. Water Sci.* **24**, 253-243.
- Henry, E.G., Wilson, R.F.**, 1974. An Inexpensive Titration Method for The Determination of Organic Carbon in Recent Sediments. *Jour. Sed.Pet.* **44**, 249-253.
- Herdendorf, C.E.**, 1984. Inventory of The Morphometric and Limnologic Characteristics of The Large Lakes of The World. Ohio State Univ. *Sea Grant Program Tech Bull* 17, OHSU, 78.
- Herdendorf, C.E.**, 1990. Distrubution of The World's Large Lakes, In Tilzer M.M., Serruya C. (eds). *Large Lakes, Ecological Structure and Function*. pp.3-38.
- Hutchinson, G.E.**, 1957, A Tereatise an Limnology *Geograph, Physics and Chemistry*, Wiley, New York 1. pp.1015.
- Ibach, L.I.J.**, 1982. Relationship Between Sedimantation Rate and tTotal Organic Carbon in Ancient Marine Sediments. *Amer. Assoc. Petrol Geol. Bull.* **66**, 170-188.
- Jha, P.K., 1993. Vaithiyanathan, P., Subraminian, V.**, 1993. Mineralogical Characteristics of the Sediments of A Himalayan River. *Environ. Geology*, **22**, 13-20.
- Jacobson, R.L., Lungmuir, D.**, 1972. An Accurate Method for Calculating Saturation Levels of Groundwater, *Trans. Cave Research. Group of Great Britain* **14**, 2
- Johnson, M.G., Nicholls, K.H.**, 1988, Temporal and Spatial Trends in Metal Loads to Sediments of Lake Simcoe, Ontorio, *Water, Air & Soil Pollution*, **39**, No.3/4, p.337.
- Kaya, O.**, 1977. Gemlik-Orhangazi Alanının Paleozoyik Temel yapısına Yaklaşım, *Yerbilimleri Hacc. Univ.* **3**, 115-128.
- Krouskoph, K.B.**, 1985. *Introduction to Geochemistry*. McGraw-Hill, New York.
- Lahn, E.**, 1948. Türkiye Göllerinin Jeolojisi ve Jeomorfolojisi Hakkında Bir Etüd, *MTA, Seri B*, No:12.

- Luszczynski, N.J., Swarzensky, W.V., 1966.** Saltwater Encroachment in Southern Nassau and SE Queens Counties, Long Island, New York, *U.S. Geo. Surv. P*, 1613-F.
- Meybeck, M., 1995.** Les Lacs at Leur Bassin, *In Limnologie Generale* (R.Pourriot, M. Meybeck eds), Masson Paris, 6-59.
- Mackenzie, R.C. 1970.** *Differential Thermal Analysis*, Fundamental Aspects, V. 1, Academic Press, London and New York.
- Mercado, A., 1985.** The Use of Hydrogeochemical Patterns in Carbonate, Sand, and Sandstone Aquifers to Identify Intrusion and Flushing of Saline Water, *Ground Water*, **23**, 635-645.
- Müller, P.J., Sues, E., 1979.** Productivity, Sedimentation Rate and Sedimentary Organic Matter in The Oceans. I-Organic Carbon Preservation. *Deep Sea Research*, **26**, 1347.
- Ntekim, E.E.U., Ekwere, S.J., Ukpong, E.E., 1993.** Heavy Metal Distribution Sediments from Calabar River, Southeastern Nigeria, *Environ. Geol.*, **21**, 237-241.
- Pardo, A. 1990.** Determination and Speciations of Heavy Metals in Sediments of Pisuerga River., *Water Research*, **24**, No.3, p.373.
- Peterson, T.F., Calvert, S.E., 1990.** What Controls the Formation of Organic carbon Rich Sediments and Sedimentary Rocks. *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull.* **74**, 454-466.
- Picard, G.L, High, L.R., 1972.** Criteria or Recognizing Lacustrine rocks Rocognition of Ancient Sedimentary Environments. *Soc. Econ. Palaen. Min.Spec.Publ.* 16:108.
- Piisphanen, R., 1985.** Geochemistry of Ground Water Iron Presipitation in Light of an Occurrence in Glaciofluvial Material. Near Hameenjarvi, Finland. *Geol. Foren. Stockh. Forh.* 107, p.143-152.
- Piper, A.M., 1953.** A Graphic Procedure in Geochemical Interpretation of Water Analyses. *U.S. Geol. Surv. Groundwater Note* 12.
- Raju, S.C., Goud, P.P.V., 1993.** Quality Characterization of Groundwater in Kosilgar Project Area, *Env. Geol. Water. Sci.*, **275**, 512-533.
- Reyment, R.A., 1993.** *Applied Factor Analysis in The Natural Sciences*, Cambrige University Press, 371 p.
- Robbins, J.A., Callender, E., 1975.** Diagenesis of Manganese in Lake Michigan Sediments, *Am.J.Sci.*, **225**, 512-533.

- Saner, S.**, 1977. Geyve-Osmaneli-Gölpazarı-Taraklı Alanının Jeolojisi, *MTA Jeo. Daires. Arşivi* Ankara.
- Sarin, M.M., ve diğ.**, 1984. Major Ion Chemistry of the Ganga Brahmaputra River Sistem. *Geochem. Cosmochim. Acta*, **52**, 997-1009.
- Schoeller, H.**, 1955. *Arid Zone Hydrology*, Recent Developments UNESCO, p. 83-85.
- Şengör, A.M.C.**, 1979. The North Anatolian Fault: Its Age Offset and Tectonic Significance. *Jour. Geol. Soc., London*, **136**, 269-282.
- Shepard, F.P.**, 1954. Nomenclature Based on Sand-Silt-Clay Ratios. *Jour. Sed-Petr.*, **24**, 151-158.
- Solomons, W., Förstner, U.**, 1984. *Metals in The Hydrocycle*, Springer- Verlag . Heidelberg .
- Stum, W., Morgan, J.J.**, 1970. *Aquatic Chemistry*, Wiley Interscience, New York.
- Stum, W., Bacchini, P.**, 1978. *Lakes Chemistry, Geology, Physics*. Springer-Verlag, New York, **4**, 91-123.
- Şahinci, A.**, 1991. Doğal Suların Jeokimyası, D.E.Ü. İzmir.
- Taras, M.J.**, 1971. *Standart Methods for Water and Waste Water*, ed. Chair. Greenberg, A.E., Hoak, R.D., Rand, M.C.
- Topçu, T.**, 1996. İstanbul, İzmit, Yalova, Bursa, Bilecik Dolaylarının Maden Aramalarına Yönelik Uzaktan Algılama Çalışmaları, *MTA Raporu*, Ankara.
- Tremblay, J.J.D., Anger, H.**, 1973. Saltwater Intrusion in The Summerside Area. *Groundwater*, **11**, 285-295.
- Turekian, K.K., Wedepohl, K.H.**, 1961. Distribution of The Elements in Some Major Units of The Earth Crust. *Bull. Geol.Soc. Am.*, **72**, 297-323.
- Turekian, K.K.**, 1977. The Rate of Metal in Oceans, *Geochimica Cosmochimica, ACTA* (41), 8:1139.
- Wackernagel, H.**, 1990. *Multivariate Geostatistics, An Introduction With Application*, Springer-Verlag, Heidelberg.
- Vaithiyanathan, P., Ramanathan, A., Subraminian, V.**, 1992. Sediment Transport in Cauvey River Basin Sediment Characteristics and Controlling Factors, *Jurn. Hydro.*, **139**, 197-210.
- Varnavas, S.P.**, 1993. Antropogenic Input of Pb, Zn, Cr, Cu and C org. In Patraicos Bay, Greece. *Mar. Envir. Research*, **70**, 211-222.

Yılmaz, Y., Genç, C., Yiğitbaş, E., Bozcu, M., Yılmaz, K., 1994. Kuzeybatı Anadolu'da Geç Kretase Yaşlı Kıta Kenarlarının Jeolojik Evrimi, Türkiye 10. Petrol Kongresi, Ankara.

Zuurdeeg, B. W., Weiden, M.J.J., 1985. Geochemical aspects of European Bootled Geo., *Thermal-Mineral Water and Hydrology*. Theophrastus Publ. Athens, 235-264.



EK A

Tablo A1 İznik Gölü'nde yerinde tespit edilen pH, elektriksel iletkenlik (E.İ),
çözülmüş oksijen (Ç.O) ile Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Si^{6+} katyonlarına ait
analiz sonuçlarının koordinat ve derinliğe bağlı gösterimi.

Örnek No	Enlem der,dk,sn	Boylam der,dk,sn	Derinlik metre	pH	E.İ	Ç.O.	Na^+ (mg/l)	K^+ (mg/l)	Ca^+ (mg/l)	Mg^+ (mg/l)	Si^{6+} (mg/l)
1	40,23,87K	29,38,92D	20	8,87	1229	5,9	225	12,6	5,5	50	1,35
1	40,23,87K	29,38,92D	40	8,88	1230	4,3	235	12,7	6,0	53	1,33
2	40,23,37K	29,35,77D	20	8,93	1226	4,9	225	12,5	5,7	44	1,24
2	40,23,37K	29,35,77D	40	8,90	1228	5,4	230	12,7	6,9	49	1,20
3	40,24,10K	29,30,61D	20	8,90	1227	5,0	225	12,5	4,6	52	1,19
3	40,24,10K	29,30,61D	40	8,87	1230	4,4	235	12,6	6,0	55	1,22
4	40,25,88K	29,25,35D	20	8,96	1226	4,7	225	12,3	7,2	51	1,14
4	40,25,88K	29,25,35D	40	8,95	1225	4,4	235	12,4	7,5	55	1,21
5	40,25,62K	29,22,24D	Yüzey	9,25	1214	7,2	225	12,1	6,5	44	1,02
5	40,25,62K	29,22,24D	20	8,93	1229	5,0	230	12,3	6,8	46	1,03
5	40,25,62K	29,22,24D	40	8,85	1230	4,5	240	12,6	7,1	49	1,05
6	40,28,70K	29,23,04D	Yüzey	9,19	1212	7,0	220	12,2	3,8	43	1,09
7	40,29,10K	29,38,79D	Yüzey	9,20	1212	7,5	215	12,1	7,8	50	1,30
8	40,27,80K	29,38,79D	Yüzey	9,20	1211	7,2	210	12,3	7,5	51	1,35
9	40,24,48K	29,38,74D	20	8,94	1226	5,0	220	12,3	7,7	57	1,44
9	40,24,48K	29,38,74D	40	9,01	1224	4,8	235	12,3	7,7	59	1,43
10	40,24,39K	29,36,96D	Yüzey	9,22	1212	7,2	225	12,6	5,1	43	1,19
10	40,24,39K	29,36,96D	20	9,08	1220	4,9	235	12,6	5,2	45	1,15
10	40,24,39K	29,36,96D	40	9,04	1223	4,9	240	12,8	6,5	52	1,20
11	40,24,65K	29,35,50D	Yüzey	9,21	1210	6,7	220	12,3	6,2	45	1,32
11	40,24,65K	29,35,50D	20	9,09	1220	5,6	225	12,3	6,5	45	1,37
11	40,24,65K	29,35,50D	40	9,07	1220	5,0	235	12,5	6,8	49	1,39
12	40,25,15K	29,33,91D	Yüzey	9,20	1211	6,8	225	12,4	5,9	43	1,13
12	40,25,15K	29,33,91D	40	9,08	1221	4,8	235	12,5	6,3	50	1,18
13	40,25,39K	29,32,78D	Yüzey	9,23	1208	6,8	225	12,3	5,4	44	1,35
13	40,25,39K	29,32,78D	20	9,11	1218	4,9	225	12,3	5,5	47	1,30
13	40,25,39K	29,32,78D	40	9,02	1221	5,0	235	12,5	6,0	51	1,32
14	40,25,34K	29,31,48D	Yüzey	9,22	1211	7,0	220	12,2	4,8	45	1,38
14	40,25,34K	29,31,48D	20	9,05	1220	5,0	220	12,3	5,2	48	1,35
14	40,25,34K	29,31,48D	40	9,05	1217	5,0	230	12,4	5,7	53	1,42
15	40,25,61K	29,29,89D	Yüzey	9,22	1209	6,7	215	12,1	6,3	50	1,37
16	40,25,66K	29,29,28D	20	9,11	1219	4,9	215	12,1	6,5	50	1,40
16	40,25,66K	29,29,28D	40	9,03	1223	4,9	225	12,3	7,1	57	1,39
17	40,26,11K	29,27,94D	Yüzey	9,22	1211	7,0	215	12,2	6,8	52	1,24
17	40,26,11K	29,27,94D	20	9,09	1220	5,0	215	12,2	7,2	53	1,18
17	40,26,11K	29,27,94D	40	9,04	1223	4,8	230	12,5	7,7	51	1,29
18	40,25,78K	29,24,49D	20	9,07	1223	5,0	230	12,3	7,3	52	1,12
18	40,25,78K	29,24,49D	40	9,04	1224	4,7	230	12,4	7,4	55	1,19

Tablo A1'in devamı

19	40,26,10K	29,42,03D	Yüzey	9,17	1211	6,7	220	12,4	6,5	50	1,27
20	40,25,64K	29,40,94D	20	9,01	1221	5,0	225	12,4	6,6	56	1,29
21	40,24,96K	29,39,05D	Yüzey	9,16	1210	6,7	220	12,6	4,7	44	1,30
21	40,24,96K	29,39,05D	20	9,01	1221	4,8	230	12,6	5,0	46	1,26
21	40,24,96K	29,39,05D	40	9,00	1219	4,4	235	12,8	5,5	52	1,32
22	40,26,12K	29,38,28D	Yüzey	9,16	1208	6,6	220	12,4	5,9	47	1,34
22	40,26,12K	29,38,28D	20	9,02	1216	5,1	225	12,4	6,3	47	1,38
22	40,26,12K	29,38,28D	40	8,97	1224	4,2	230	12,6	6,8	51	1,41
23	40,27,13K	29,37,26D	20	9,02	1217	4,8	220	12,4	7,2	46	1,36
23	40,27,13K	29,37,26D	40	8,99	1224	4,4	225	12,5	7,7	53	1,44
24	40,26,55K	29,36,02D	Yüzey	9,16	1209	6,7	220	12,2	6,0	43	1,35
24	40,26,55K	29,36,02D	20	9,02	1216	5,2	225	12,2	6,2	45	1,35
24	40,26,55K	29,36,02D	40	8,99	1219	5,1	230	12,4	6,6	50	1,45
25	40,25,78K	29,34,85D	Yüzey	9,15	1207	6,8	220	12,3	6,2	42	1,20
25	40,25,78K	29,34,85D	20	9,02	1219	5,3	225	12,3	6,2	46	1,22
25	40,25,78K	29,34,85D	40	9,00	1218	5,1	235	12,4	6,5	51	1,26
26	40,24,97K	29,33,58D	20	9,03	1215	4,9	230	12,3	5,6	45	1,30
26	40,24,97K	29,33,58D	40	9,00	1219	5,4	235	12,4	6,4	50	1,33
27	40,25,64K	29,32,00D	Yüzey	9,16	1206	7,0	225	12,2	5,2	46	1,36
27	40,25,64K	29,32,00D	20	9,03	1216	5,5	225	12,3	5,3	49	1,30
27	40,25,64K	29,32,00D	40	8,98	1216	5,2	230	12,4	6,2	53	1,32
28	40,26,64K	29,31,06D	20	9,14	1212	4,9	225	12,2	5,6	46	1,32
28	40,26,64K	29,31,06D	40	8,99	1218	4,4	235	12,3	6,7	53	1,34
29	40,27,64K	29,30,16D	Yüzey	9,16	1209	7,0	225	12,3	4,0	45	1,32
29	40,27,64K	29,30,16D	20	9,04	1220	5,0	220	12,3	4,3	46	1,31
29	40,27,64K	29,30,16D	40	8,99	1220	5,0	230	12,5	5,9	52	1,35
30	40,28,33K	29,31,10D	Yüzey	9,16	1209	6,8	225	12,4	4,9	44	1,27
31	40,28,34K	29,32,75D	Yüzey	9,15	1206	7,0	220	12,2	5,4	47	1,30
31	40,28,34K	29,32,75D	20	9,00	1218	5,4	220	12,3	5,4	49	1,37
32	40,28,29K	29,33,57D	Yüzey	9,15	1200	6,8	220	12,2	5,9	49	1,33
33	40,26,15K	29,41,05D	Yüzey	9,22	1213	6,0	215	12,3	6,5	53	1,35
33	40,26,15K	29,41,05D	20	9,08	1222	4,5	220	12,3	6,7	54	1,39
34	40,26,35K	29,39,77D	Yüzey	9,22	1207	6,0	215	12,4	6,7	52	1,38
34	40,26,35K	29,39,77D	20	9,08	1217	4,9	225	12,4	7,1	53	1,41
35	40,27,10K	29,39,05D	Yüzey	9,23	1210	5,7	215	12,3	6,9	53	1,34
36	40,28,20K	29,37,97D	Yüzey	9,23	1208	5,9	200	12,5	7,2	51	1,32
36	40,28,20K	29,37,97D	20	9,12	1215	4,7	215	12,5	7,4	58	1,40
37	40,28,60K	29,36,50D	Yüzey	9,24	1207	5,8	205	12,3	7,8	52	1,35
37	40,28,60K	29,36,50D	20	9,06	1219	4,7	210	12,2	7,9	58	1,46
38	40,28,25K	29,35,56D	Yüzey	9,23	1209	6,0	200	12,4	7,7	53	1,38
38	40,28,25K	29,35,56D	20	9,08	1221	4,9	205	12,4	7,9	56	1,42
39	40,27,65K	29,34,43D	Yüzey	9,22	1212	5,8	205	12,5	7,3	51	1,31
39	40,27,65K	29,34,43D	20	9,09	1220	5,0	210	12,4	7,5	53	1,37
40	29,35,10K	40,26,88D	Yüzey	9,23	1209	6,3	205	12,2	6,8	49	1,33
40	29,35,10K	40,26,88D	20	9,11	1215	4,8	210	12,2	7,1	50	1,38
40	29,35,10K	40,26,88D	40	9,06	1220	3,7	220	12,4	7,8	54	1,47
41	40,26,75K	29,32,77D	Yüzey	9,24	1209	6,2	220	12,1	6,3	46	1,34
41	40,26,75K	29,32,77D	20	9,07	1221	4,9	225	12,2	6,5	46	1,32

Tablo A1'in devamı

41	40,26,75K	29,32,77D	40	9,08	1221	4,5	230	12,4	7,3	49	1,38
42	40,27,45K	29,30,95D	Yüzey	9,23	1208	5,8	215	12,2	4,8	43	1,25
42	40,27,45K	29,30,95D	20	9,04	1224	5,0	225	12,2	5,3	45	1,22
42	40,27,45K	29,30,95D	40	9,04	1222	4,0	230	12,5	6,0	50	1,26
43	40,28,52K	29,28,34D	Yüzey	9,22	1208	6,1	220	12,4	4,5	42	1,20
43	40,28,52K	29,28,34D	20	9,02	1221	5,0	230	12,4	5,1	43	1,15
44	40,27,55K	29,27,45D	Yüzey	9,23	1206	5,5	215	12,2	5,3	44	1,18
44	40,27,55K	29,27,45D	20	9,02	1223	4,9	220	12,1	5,3	44	1,14
44	40,27,55K	29,27,45D	40	9,02	1222	4,1	235	12,3	6,4	52	1,19
45	40,26,65K	29,27,80D	Yüzey	9,21	1209	5,8	220	12,1	5,1	47	1,20
45	40,26,65K	29,27,80D	20	9,02	1224	5,0	220	12,2	6,1	47	1,15
45	40,26,65K	29,27,80D	40	9,02	1223	4,0	225	12,4	7,1	49	1,22
46	40,26,43K	29,29,26D	Yüzey	9,22	1210	5,8	210	12,1	5,9	48	1,22
46	40,26,43K	29,29,26D	20	9,02	1221	5,0	215	12,1	6,2	48	1,25
46	40,26,43K	29,29,26D	40	8,98	1222	4,3	225	12,4	6,9	52	1,29
47	40,26,07K	29,30,69D	Yüzey	9,23	1215	6,5	210	12,2	5,5	50	1,33
47	40,26,07K	29,30,69D	20	9,03	1223	5,0	220	12,2	5,8	50	1,30
47	40,26,07K	29,30,69D	40	9,02	1221	4,3	220	12,5	6,8	51	1,35
48	40,26,41K	29,32,05D	Yüzey	9,23	1212	5,8	215	12,2	5,3	46	1,36
48	40,26,41K	29,32,05D	20	9,04	1223	5,0	220	12,3	5,5	45	1,38
48	40,26,41K	29,32,05D	40	9,00	1222	4,3	220	12,5	6,5	53	1,40
49	40,26,10K	29,39,40D	Yüzey	9,23	1210	6,1	215	12,4	5,7	45	1,30
49	40,26,10K	29,39,40D	20	9,02	1220	5,0	220	12,5	5,9	47	1,23
49	40,26,10K	29,39,40D	40	8,98	1222	4,2	230	12,6	6,8	50	1,35
50	40,24,72K	29,37,60D	Yüzey	9,23	1211	6,2	220	12,5	5,2	44	1,38
50	40,24,72K	29,37,60D	20	9,09	1219	5,0	235	12,5	5,5	46	1,41
50	40,24,72K	29,37,60D	40	9,08	1218	4,3	240	12,6	6,9	49	1,44
51	40,24,22K	29,40,35D	Yüzey	9,22	1208	5,9	220	12,5	4,9	42	1,25
51	40,24,22K	29,40,35D	20	9,11	1220	5,0	225	12,5	5,3	44	1,23
51	40,24,22K	29,40,35D	40	9,08	1222	4,6	235	12,7	6,7	52	1,27
52	40,24,10K	29,41,25D	Yüzey	9,23	1212	5,7	220	12,6	4,8	45	1,20
52	40,24,10K	29,41,25D	20	9,09	1216	5,0	225	12,6	5,0	45	1,18
53	40,25,04K	29,41,57D	Yüzey	9,23	1209	6,0	220	12,4	5,3	47	1,22
53	40,25,04K	29,41,57D	20	9,10	1220	5,0	220	12,5	5,6	48	1,26
54	49,24,07K	29,38,15D	Yüzey	9,23	1209	6,8	220	12,5	5,1	46	1,37
54	49,24,07K	29,38,15D	20	9,01	1219	5,7	225	12,6	5,5	49	1,43
55	40,23,50K	29,36,80D	Yüzey	9,23	1209	7,0	220	12,6	4,9	45	1,32
55	40,23,50K	29,36,80D	20	9,23	1223	4,9	225	12,7	5,0	45	1,26
55	40,23,50K	29,36,80D	40	8,94	1223	4,8	235	12,8	5,5	50	1,29
55	40,23,50K	29,36,80D	60	8,91	1229	1,5	240	12,8	6,7	58	1,25
56	40,23,45K	29,35,15D	Yüzey	9,24	1210	7,1	220	12,6	4,8	46	1,28
56	40,23,45K	29,35,15D	20	8,93	1224	5,6	225	12,6	5,1	47	1,26
56	40,23,45K	29,35,15D	40	8,94	1226	5,2	235	12,7	5,9	50	1,30
56	40,23,45K	29,35,15D	60	8,90	1229	1,6	245	12,8	6,9	57	1,25
57	40,24,13K	29,34,10D	Yüzey	9,24	1209	7,1	225	12,5	4,9	50	1,26
57	40,24,13K	29,34,10D	20	8,99	1222	4,6	225	12,5	5,0	51	1,29
57	40,24,13K	29,34,10D	40	8,96	1222	4,9	235	12,6	5,6	53	1,30
57	40,24,13K	29,34,10D	60	8,88	1229	1,5	240	12,8	6,4	58	1,23

Tablo A1'in devamı

58	40,23,51K	29,32,20D	Yüzey	9,25	1210	7,4	225	12,5	4,0	52	1,23
58	40,23,51K	29,32,20D	20	8,99	1224	5,0	230	12,5	4,5	53	1,20
58	40,23,51K	29,32,20D	40	8,89	1229	4,6	235	12,6	5,9	54	1,27
59	40,24,38K	29,32,25D	Yüzey	9,25	1209	6,9	225	12,4	3,9	50	1,25
59	40,24,38K	29,32,25D	20	8,97	1221	4,9	225	12,4	4,3	50	1,27
59	40,24,38K	29,32,25D	40	8,93	1224	4,8	235	12,6	6,0	53	1,28
60	40,25,15K	29,30,65D	Yüzey	9,23	1210	6,9	220	12,3	5,2	47	1,35
60	40,25,15K	29,30,65D	20	8,93	1224	4,9	220	12,3	5,5	49	1,30
60	40,25,15K	29,30,65D	40	8,92	1223	5,4	230	12,5	6,2	55	1,32
61	40,24,18K	29,29,15D	Yüzey	9,22	1215	6,8	220	12,3	6,1	53	1,19
61	40,24,18K	29,29,15D	20	8,97	1222	5,2	225	12,3	6,3	53	1,25
62	40,25,04K	29,28,20D	Yüzey	9,23	1209	7,3	220	12,3	6,6	52	1,15
62	40,25,04K	29,28,20D	20	8,95	1222	5,2	220	12,4	6,9	55	1,10
62	40,25,04K	29,28,20D	40	8,91	1222	4,8	230	12,5	7,8	56	1,22
63	40,24,32K	29,27,15D	Yüzey	9,24	1211	6,9	215	12,2	7,0	52	1,02
64	40,25,17K	29,26,15D	Yüzey	9,17	1212	7,3	220	12,2	7,5	55	1,06
64	40,25,17K	29,26,15D	20	9,04	1222	5,1	220	12,2	7,2	55	0,95
65	40,26,13K	29,26,00D	Yüzey	9,24	1210	7,3	220	12,0	7,7	52	1,14
65	40,26,13K	29,26,00D	20	9,04	1219	7,1	225	12,2	7,9	53	0,90
66	40,26,48K	29,24,60D	Yüzey	9,24	1211	7,0	225	12,2	6,6	45	1,05
66	40,26,48K	29,24,60D	20	9,01	1221	5,2	230	12,2	6,9	48	1,01
67	40,26,36K	29,23,25D	Yüzey	9,22	1213	6,8	225	12,2	6,2	46	1,17
67	40,26,36K	29,23,25D	20	8,94	1225	5,2	230	12,2	6,4	49	1,08
68	40,25,34K	29,23,13D	Yüzey	9,23	1212	7,1	220	12,2	6,7	45	0,95
68	40,25,34K	29,23,13D	20	8,98	1221	5,7	225	12,3	6,8	46	0,90
69	40,25,41K	29,21,60D	Yüzey	9,18	1212	7,0	220	12,2	6,5	46	1,05
69	40,25,41K	29,21,60D	20	8,96	1223	4,8	230	12,2	6,9	46	0,92
70	40,26,36K	29,21,10D	Yüzey	9,17	1210	6,3	225	12,0	6,0	40	1,16
70	40,26,36K	29,21,10D	20	9,10	1215	4,6	230	12,2	6,3	44	1,10
70	40,26,36K	29,21,10D	40	8,95	1220	5,4	235	12,4	7,2	49	1,22
71	40,27,02K	29,22,02D	Yüzey	9,24	1211	7,1	220	12,0	5,9	47	1,11
71	40,27,02K	29,22,02D	20	9,09	1220	5,1	220	12,2	6,0	48	1,17
71	40,27,02K	29,22,02D	40	8,89	1227	5,0	235	12,4	6,9	49	1,23
72	40,27,35K	29,21,10D	Yüzey	9,23	1211	7,2	225	12,2	5,5	44	1,18
72	40,27,35K	29,21,10D	20	8,99	1223	5,2	225	12,1	5,7	45	1,12
72	40,27,35K	29,21,10D	40	8,87	1228	4,4	230	12,4	6,9	47	1,20
73	40,28,24K	29,21,50D	Yüzey	9,12	1215	6,5	220	12,2	4,5	45	1,16
74	40,28,08K	29,22,90D	Yüzey	9,21	1216	6,8	220	12,2	3,9	44	1,11
74	40,28,08K	29,22,90D	20	9,11	1219	4,9	220	12,3	5,5	46	1,14
74	40,28,08K	29,22,90D	40	8,93	1225	4,7	230	12,4	6,3	49	1,20
75	40,27,30K	29,24,00D	Yüzey	9,24	1209	7,2	220	12,3	5,1	43	1,15
75	40,27,30K	29,24,00D	20	8,93	1224	4,8	225	12,4	5,5	45	1,10
75	40,27,30K	29,24,00D	40	8,90	1226	4,8	235	12,4	6,4	47	1,22
76	40,27,33K	29,26,10D	Yüzey	9,23	1206	6,9	220	12,3	5,2	44	1,19
76	40,27,33K	29,26,10D	20	8,89	1225	5,2	225	12,3	5,3	44	1,12
76	40,27,33K	29,26,10D	40	8,89	1225	5,2	230	12,4	6,3	48	1,24
77	40,28,32K	29,26,45D	Yüzey	9,24	1211	7,1	215	12,3	4,8	42	1,10
77	40,28,32K	29,26,45D	20	9,03	1219	4,8	220	12,3	5,1	45	1,18

Tablo A1'in devamı

77	40,28,32K	29,26,45D	40	8,99	1222	4,6	225	12,4	6,7	45	1,24
78	40,28,34K	29,24,70D	Yüzey	9,24	1210	7,1	220	12,3	5,0	40	1,02
78	40,28,34K	29,24,70D	20	8,95	1222	5,0	220	12,2	5,2	41	1,16
78	40,28,34K	29,24,70D	40	8,87	1227	5,3	225	12,4	6,8	46	1,20
79	40,29,27K	29,24,50D	Yüzey	9,05	1214	6,5	220	12,4	5,2	41	1,15
79	40,29,27K	29,24,50D	20	8,97	1222	4,9	220	12,4	5,5	41	1,10
80	40,29,25K	29,26,25D	Yüzey	9,24	1212	6,3	215	12,3	4,9	43	1,20
80	40,29,25K	29,26,25D	20	8,97	1220	5,2	220	12,2	5,3	45	1,13
81	40,26,12K	29,33,75D	Yüzey	9,24	1213	7,2	210	12,2	6,9	51	1,33
81	40,26,12K	29,33,75D	20	8,95	1222	4,8	215	12,2	6,7	53	1,47
81	40,26,12K	29,33,75D	40	8,94	1224	4,6	225	12,4	7,3	56	1,46
82	40,25,23K	29,35,72D	Yüzey	9,16	1214	7,2	220	12,3	5,2	42	1,22
82	40,25,23K	29,35,72D	20	9,01	1216	4,9	225	12,4	5,5	42	1,18
82	40,25,23K	29,35,72D	40	8,98	1219	5,0	235	12,5	6,8	49	1,26
83	40,26,35K	29,42,50D	Yüzey	9,24	1212	7,1	215	12,4	6,7	50	1,29
84	29,37,26K	40,29,09D	Yüzey	9,25	1210	7,2	215	12,3	7,8	51	1,32
84	29,37,26K	40,29,09D	20	9,04	1220	5,0	220	12,3	7,9	53	1,41
85	40,27,45K	29,32,02D	Yüzey	9,24	1212	6,3	215	12,2	5,1	45	1,33
85	40,27,45K	29,32,02D	20	9,08	1221	5,2	220	12,3	5,3	47	1,39
85	40,27,45K	29,32,02D	40	8,95	1226	5,0	225	12,4	6,5	49	1,42
86	40,26,18K	29,36,70D	Yüzey	9,18	1211	7,2	215	12,2	6,2	48	1,37
86	40,26,18K	29,36,70D	20	9,01	1217	5,2	220	12,3	6,5	50	1,39
86	40,26,18K	29,36,70D	40	9,02	1218	4,3	230	12,5	7,3	54	1,43
87	40,23,34K	29,35,74D	Yüzey	9,16	1209	6,7	225	12,5	4,8	44	1,30
88	40,24,13K	29,34,61D	Yüzey	9,19	1213	7,2	220	12,5	5,1	45	1,25
88	40,24,13K	29,34,61D	60	8,94	1222	1,6	245	12,8	7,7	58	1,24
89	40,23,39K	29,34,10D	Yüzey	9,19	1209	7,0	230	12,5	4,9	47	1,19
89	40,23,39K	29,34,10D	60	8,96	1227	1,5	245	12,8	7,9	59	1,25
90	40,23,38K	29,32,60D	Yüzey	9,20	1214	7,3	225	12,4	4,6	49	1,20
91	40,24,33K	29,32,60D	Yüzey	9,18	1209	6,8	220	12,3	6,3	50	1,22
91	40,24,33K	29,32,60D	60	8,94	1221	1,5	240	12,7	7,7	59	1,24
92	40,25,36K	29,30,13D	Yüzey	9,19	1212	7,4	215	12,2	5,6	49	1,34
93	40,26,35K	29,26,68D	Yüzey	9,18	1210	7,1	215	12,1	4,8	53	1,22
93	40,26,35K	29,26,68D	20	8,93	1219	5,3	220	12,1	5,3	55	1,18
93	40,26,35K	29,26,68D	40	8,97	1220	4,6	230	12,4	6,3	57	1,27
94	40,26,45K	29,25,64D	Yüzey	9,19	1210	6,9	220	12,2	6,2	47	1,10
94	40,26,45K	29,25,64D	20	8,92	1218	5,1	225	12,3	6,8	49	1,06
94	40,26,45K	29,25,64D	40	8,97	1220	4,7	235	12,5	6,5	55	1,19
95	40,27,37K	29,22,08D	Yüzey	9,18	1211	7,0	215	12,2	4,1	46	1,15
95	40,27,37K	29,22,08D	20	9,02	1217	5,3	220	12,2	4,5	46	1,10
95	40,27,37K	29,22,08D	40	8,97	1224	5,2	230	12,4	6,0	52	1,26

Tablo A2 İznik Gölü'nde HCO₃, CO₃, SO₄, Cl, F, PO₄, NO₃, NO₂, anyonlarına ait analiz sonuçlarının koordinat ve derinliğe bağlı gösterimi.

Örnek No	Enlem der,dk,sn	Boylam der,dk,sn	Derinlik metre	HCO ₃ mg/l	CO ₃ mg/l	SO ₄ mg/l	Cl (mg/l)	F (mg/l)	PO ₄ (mg/l)	NO ₂ (mg/l)	NO ₃ (mg/l)
1	40,23,87K	29,38,92D	20	519	44	110,2	78,2	1,59	1,12	0,09	0,80
1	40,23,87K	29,38,92D	40	523	40	119,4	80,2	1,70	1,24	0,04	0,75
2	40,23,37K	29,35,77D	20	525	42	113,5	71,7	1,39	1,26	0,07	0,70
2	40,23,37K	29,35,77D	40	537	38	118,0	73,6	1,76	1,29	0,03	0,70
3	40,24,10K	29,30,61D	20	545	43	111,2	70,4	1,35	1,15	0,07	0,70
3	40,24,10K	29,30,61D	40	474	41	166,5	76,2	1,42	1,20	0,03	0,70
4	40,25,88K	29,25,35D	20	538	45	133,5	65,1	2,02	1,43	0,08	0,75
4	40,25,88K	29,25,35D	40	542	40	137,2	68,2	2,10	1,51	0,04	0,70
5	40,25,62K	29,22,24D	Yüzey	530	47	123,1	62,6	1,96	1,34	0,08	0,75
5	40,25,62K	29,22,24D	20	523	44	126,3	61,3	1,93	1,36	0,09	0,75
5	40,25,62K	29,22,24D	40	542	41	127,6	66,9	2,06	1,36	0,03	0,70
6	40,28,70K	29,23,04D	Yüzey	507	45	93,5	64,4	1,59	1,35	0,09	0,85
7	40,29,10K	29,38,79D	Yüzey	506	55	98,2	68,6	1,78	1,09	0,09	0,75
8	40,27,80K	29,38,79D	Yüzey	506	54	101,9	65,3	2,07	1,16	0,09	0,85
9	40,24,48K	29,38,74D	20	518	40	109,3	65,7	1,60	1,12	0,09	0,75
9	40,24,48K	29,38,74D	40	543	36	166,4	67,1	1,80	1,24	0,05	0,70
10	40,24,39K	29,36,96D	Yüzey	521	46	111,0	74,9	1,23	1,20	0,07	0,75
10	40,24,39K	29,36,96D	20	528	43	114,5	71,3	1,20	1,25	0,07	0,70
10	40,24,39K	29,36,96D	40	541	41	119,3	72,3	1,71	1,28	0,03	0,75
11	40,24,65K	29,35,50D	Yüzey	511	51	107,2	73,3	1,45	1,04	0,07	0,70
11	40,24,65K	29,35,50D	20	510	48	115,4	74,4	1,54	1,07	0,07	0,70
11	40,24,65K	29,35,50D	40	517	44	120,8	72,8	1,77	1,15	0,03	0,75
12	40,25,15K	29,33,91D	Yüzey	520	49	102,6	73,5	1,16	1,07	0,07	0,75
12	40,25,15K	29,33,91D	40	528	43	119,3	75,3	1,75	1,19	0,04	0,70
13	40,25,39K	29,32,78D	Yüzey	519	47	103,8	66,8	1,33	1,21	0,07	0,75
13	40,25,39K	29,32,78D	20	535	45	109,1	65,3	1,42	1,24	0,07	0,70
13	40,25,39K	29,32,78D	40	541	42	118,4	69,6	1,80	1,30	0,03	0,70
14	40,25,34K	29,31,48D	Yüzey	521	49	102,6	63,3	1,35	1,23	0,07	0,70
14	40,25,34K	29,31,48D	20	531	49	111,5	66,8	1,48	1,25	0,06	0,70
14	40,25,34K	29,31,48D	40	537	46	117,2	67,5	1,76	1,32	0,03	0,70
15	40,25,61K	29,29,89D	Yüzey	528	45	108,6	62,6	1,77	1,22	0,07	0,75
16	40,25,66K	29,29,28D	20	542	42	122,3	61,8	1,83	1,33	0,07	0,70
16	40,25,66K	29,29,28D	40	549	39	125,7	66,1	1,92	1,37	0,03	0,70
17	40,26,11K	29,27,94D	Yüzey	527	46	119,5	64,1	1,83	1,24	0,07	0,70
17	40,26,11K	29,27,94D	20	531	41	122,8	64,8	1,87	1,31	0,07	0,70
17	40,26,11K	29,27,94D	40	547	38	126,3	69,2	1,89	1,38	0,04	0,70
18	40,25,78K	29,24,49D	20	537	42	132,1	65,3	2,08	1,41	0,08	0,75
18	40,25,78K	29,24,49D	40	545	39	134,2	67,2	2,14	1,49	0,04	0,75
19	40,26,10K	29,42,03D	Yüzey	513	50	103,4	73,6	2,06	1,34	0,09	0,85
20	40,25,64K	29,40,94D	20	520	47	111,9	72,1	2,10	1,32	0,09	0,85
21	40,24,96K	29,39,05D	Yüzey	514	48	109,8	75,4	1,54	1,13	0,09	0,80
21	40,24,96K	29,39,05D	20	520	46	111,3	76,8	1,63	1,12	0,09	0,80
21	40,24,96K	29,39,05D	40	541	40	118,5	77,6	1,76	1,04	0,05	0,80
22	40,26,12K	29,38,28D	Yüzey	507	51	106,1	75,1	1,59	1,11	0,09	0,85
22	40,26,12K	29,38,28D	20	505	46	108,3	76,6	1,63	1,15	0,09	0,85
22	40,26,12K	29,38,28D	40	518	41	117,8	78,2	1,81	1,14	0,04	0,80
23	40,27,13K	29,37,26D	20	510	45	104,5	75,8	1,76	1,17	0,07	0,70
23	40,27,13K	29,37,26D	40	515	40	115,6	75,2	2,11	1,25	0,03	0,70

Tablo A2 nin devamı

24	40,26,55K	29,36,02D	Yüzey	509	50	106,3	72,2	1,55	1,02	0,07	0,75
24	40,26,55K	29,36,02D	20	505	47	112,1	74,6	1,68	1,09	0,08	0,75
24	40,26,55K	29,36,02D	40	514	43	119,3	75,1	1,75	1,14	0,03	0,70
25	40,25,78K	29,34,85D	Yüzey	517	48	103,5	72,7	1,24	1,06	0,08	0,70
25	40,25,78K	29,34,85D	20	519	45	110,2	71,3	1,12	1,12	0,07	0,70
25	40,25,78K	29,34,85D	40	521	42	118,6	73,8	1,82	1,18	0,03	0,70
26	40,24,97K	29,33,58D	20	535	44	108,7	70,6	1,10	1,23	0,07	0,70
26	40,24,97K	29,33,58D	40	542	41	119,4	75,3	1,30	1,29	0,04	0,70
27	40,25,64K	29,32,00D	Yüzey	520	48	102,8	67,4	1,38	1,22	0,07	0,70
27	40,25,64K	29,32,00D	20	533	46	112,3	69,2	1,41	1,24	0,07	0,70
27	40,25,64K	29,32,00D	40	539	43	118,1	70,7	1,65	1,30	0,03	0,70
28	40,26,64K	29,31,06D	20	530	48	113,6	70,1	1,32	1,25	0,07	0,75
28	40,26,64K	29,31,06D	40	532	44	117,5	72,3	1,58	1,32	0,03	0,70
29	40,27,64K	29,30,16D	Yüzey	511	52	106,1	60,8	1,01	1,16	0,08	0,75
29	40,27,64K	29,30,16D	20	519	49	104,2	61,7	1,11	1,20	0,08	0,70
29	40,27,64K	29,30,16D	40	525	43	120,7	63,6	1,45	1,28	0,03	0,70
30	40,28,33K	29,31,10D	Yüzey	511	53	106,3	69,2	1,06	1,06	0,07	0,70
31	40,28,34K	29,32,75D	Yüzey	508	51	105,1	70,9	1,16	1,11	0,07	0,70
31	40,28,34K	29,32,75D	20	517	47	111,2	70,1	1,21	1,14	0,07	0,75
32	40,28,29K	29,33,57D	Yüzey	510	52	105,8	72,6	1,29	1,09	0,07	0,75
33	40,26,15K	29,41,05D	Yüzey	513	54	101,2	74,1	2,09	1,27	0,09	0,85
33	40,26,15K	29,41,05D	20	517	48	110,6	75,2	2,12	1,31	0,09	0,80
34	40,26,35K	29,39,77D	Yüzey	510	52	103,5	73,5	2,11	1,24	0,09	0,85
34	40,26,35K	29,39,77D	20	507	46	105,2	72,8	2,18	1,29	0,09	0,85
35	40,27,10K	29,39,05D	Yüzey	508	54	102,2	72,1	2,05	1,22	0,09	0,80
36	40,28,20K	29,37,97D	Yüzey	505	55	101,7	67,4	2,03	1,24	0,09	0,70
36	40,28,20K	29,37,97D	20	507	50	104,3	68,5	2,08	1,27	0,09	0,70
37	40,28,60K	29,36,50D	Yüzey	504	53	97,2	68,7	1,89	1,05	0,09	0,75
37	40,28,60K	29,36,50D	20	510	49	106,5	67,4	1,95	1,09	0,09	0,75
38	40,28,25K	29,35,56D	Yüzey	505	52	99,6	68,1	1,52	1,10	0,09	0,70
38	40,28,25K	29,35,56D	20	511	47	102,3	68,8	1,71	1,14	0,09	0,70
39	40,27,65K	29,34,43D	Yüzey	506	54	97,2	67,3	1,43	1,12	0,07	0,70
39	40,27,65K	29,34,43D	20	515	49	110,5	68,4	1,66	1,16	0,07	0,70
40	29,35,10K	40,26,88D	Yüzey	507	50	100,4	70,7	1,59	1,08	0,07	0,70
40	29,35,10K	40,26,88D	20	512	47	103,6	69,9	1,63	1,15	0,07	0,70
40	29,35,10K	40,26,88D	40	518	43	112,1	72,3	1,72	1,18	0,04	0,70
41	40,26,75K	29,32,77D	Yüzey	515	52	104,2	67,2	1,27	1,06	0,07	0,75
41	40,26,75K	29,32,77D	20	522	47	111,3	66,8	1,36	1,22	0,07	0,70
41	40,26,75K	29,32,77D	40	525	43	116,4	70,7	1,59	1,26	0,03	0,70
42	40,27,45K	29,30,95D	Yüzey	513	51	107,7	67,6	1,09	1,05	0,07	0,75
42	40,27,45K	29,30,95D	20	520	46	109,2	68,1	1,05	1,19	0,07	0,70
42	40,27,45K	29,30,95D	40	534	43	113,6	71,3	1,47	1,22	0,03	0,70
43	40,28,52K	29,28,34D	Yüzey	507	52	105,2	62,5	1,06	1,12	0,08	0,85
43	40,28,52K	29,28,34D	20	518	48	106,9	63,8	1,19	1,19	0,08	0,80
44	40,27,55K	29,27,45D	Yüzey	511	50	107,5	60,1	1,70	1,18	0,08	0,85
44	40,27,55K	29,27,45D	20	525	47	105,6	61,2	1,86	1,21	0,08	0,80
44	40,27,55K	29,27,45D	40	538	44	122,7	67,3	1,91	1,30	0,03	0,80
45	40,26,65K	29,27,80D	Yüzey	515	47	118,6	65,7	1,75	1,22	0,08	0,75
45	40,26,65K	29,27,80D	20	530	42	119,3	66,1	1,66	1,30	0,08	0,70
45	40,26,65K	29,27,80D	40	542	39	124,1	69,8	1,83	1,37	0,05	0,70

Tablo A2'nin devamı

46	40,26,43K	29,29,26D	Yüzey	518	46	109,8	61,7	1,63	1,26	0,07	0,75
46	40,26,43K	29,29,26D	20	522	43	117,3	60,6	1,71	1,33	0,07	0,70
46	40,26,43K	29,29,26D	40	534	38	120,4	67,8	1,80	1,41	0,04	0,70
47	40,26,07K	29,30,69D	Yüzey	518	48	103,2	65,5	1,43	1,25	0,07	0,75
47	40,26,07K	29,30,69D	20	520	46	112,7	64,2	1,75	1,27	0,07	0,70
47	40,26,07K	29,30,69D	40	523	39	118,4	68,5	1,85	1,34	0,03	0,70
48	40,26,41K	29,32,05D	Yüzey	511	49	105,3	68,3	1,25	1,25	0,07	0,70
48	40,26,41K	29,32,05D	20	524	47	114,6	68,5	1,36	1,26	0,07	0,75
48	40,26,41K	29,32,05D	40	529	44	119,5	69,9	1,55	1,32	0,04	0,70
49	40,26,10K	29,39,40D	Yüzey	512	52	108,3	73,6	1,87	1,06	0,09	0,85
49	40,26,10K	29,39,40D	20	514	47	110,5	72,7	1,60	1,12	0,09	0,80
49	40,26,10K	29,39,40D	40	519	42	117,4	76,3	1,68	1,17	0,04	0,85
50	40,24,72K	29,37,60D	Yüzey	522	46	104,7	75,4	1,49	1,21	0,07	0,70
50	40,24,72K	29,37,60D	20	531	44	108,2	76,2	1,50	1,27	0,07	0,75
50	40,24,72K	29,37,60D	40	546	42	118,5	80,2	1,65	1,27	0,03	0,70
51	40,24,22K	29,40,35D	Yüzey	519	48	101,2	78,1	1,63	1,11	0,09	0,80
51	40,24,22K	29,40,35D	20	522	45	111,6	77,6	1,69	1,14	0,09	0,85
51	40,24,22K	29,40,35D	40	528	41	119,9	80,5	1,73	1,20	0,05	0,80
52	40,24,10K	29,41,25D	Yüzey	517	49	104,8	77,5	1,75	1,09	0,09	0,85
52	40,24,10K	29,41,25D	20	525	46	111,3	75,3	1,81	1,12	0,09	0,80
53	40,25,04K	29,41,57D	Yüzey	515	48	105,2	76,1	1,88	1,27	0,09	0,85
53	40,25,04K	29,41,57D	20	519	46	110,8	77,8	1,85	1,31	0,09	0,80
54	49,24,07K	29,38,15D	Yüzey	521	47	108,5	79,3	1,43	1,23	0,09	0,75
54	49,24,07K	29,38,15D	20	518	45	112,8	78,5	1,62	1,29	0,07	0,75
55	40,23,50K	29,36,80D	Yüzey	523	48	103,2	80,5	1,11	1,17	0,07	0,70
55	40,23,50K	29,36,80D	20	525	46	107,6	81,6	1,18	1,26	0,07	0,75
55	40,23,50K	29,36,80D	40	537	42	118,1	82,2	1,33	1,29	0,04	0,70
55	40,23,50K	29,36,80D	60	533	39	111,5	84,3	1,67	1,31	0,00	0,70
56	40,23,45K	29,35,15D	Yüzey	525	49	101,7	77,2	0,92	1,13	0,07	0,75
56	40,23,45K	29,35,15D	20	526	46	103,8	77,8	1,12	1,22	0,07	0,70
56	40,23,45K	29,35,15D	40	531	44	115,4	80,3	1,27	1,28	0,03	0,70
56	40,23,45K	29,35,15D	60	538	40	109,3	83,6	1,89	1,33	0,00	0,70
57	40,24,13K	29,34,10D	Yüzey	529	50	100,9	71,5	1,07	1,14	0,07	0,75
57	40,24,13K	29,34,10D	20	541	47	107,5	72,7	1,16	1,18	0,07	0,70
57	40,24,13K	29,34,10D	40	540	45	112,8	77,1	1,29	1,21	0,03	0,70
57	40,24,13K	29,34,10D	60	543	41	107,4	80,5	1,85	1,29	0,00	0,70
58	40,23,51K	29,32,20D	Yüzey	532	48	112,4	70,7	1,19	1,11	0,07	0,70
58	40,23,51K	29,32,20D	20	543	44	117,5	70,2	1,25	1,16	0,07	0,70
58	40,23,51K	29,32,20D	40	551	40	108,7	75,6	1,40	1,19	0,03	0,70
59	40,24,38K	29,32,25D	Yüzey	530	47	133,3	68,4	1,21	1,25	0,07	0,70
59	40,24,38K	29,32,25D	20	545	45	115,1	69,2	1,33	1,27	0,07	0,70
59	40,24,38K	29,32,25D	40	550	41	118,4	72,3	1,45	1,33	0,03	0,70
60	40,25,15K	29,30,65D	Yüzey	531	46	118,5	65,3	1,45	1,24	0,07	0,75
60	40,25,15K	29,30,65D	20	548	43	119,2	64,8	1,40	1,28	0,07	0,70
60	40,25,15K	29,30,65D	40	549	40	122,7	70,6	1,44	1,34	0,03	0,70
61	40,24,18K	29,29,15D	Yüzey	529	45	125,3	62,5	1,83	1,30	0,07	0,75
61	40,24,18K	29,29,15D	20	544	43	119,2	63,2	1,92	1,34	0,07	0,70
62	40,25,04K	29,28,20D	Yüzey	531	46	120,5	65,8	1,89	1,28	0,07	0,80
62	40,25,04K	29,28,20D	20	545	43	122,4	66,5	1,96	1,33	0,07	0,85
62	40,25,04K	29,28,20D	40	551	38	125,1	70,7	2,04	1,39	0,03	0,80
63	40,24,32K	29,27,15D	Yüzey	530	45	125,4	66,4	2,03	1,26	0,07	0,70

Tablo A2'nin devamı

64	40,25,17K	29,26,15D	Yüzey	534	46	120,6	64,9	1,97	1,29	0,07	0,70
64	40,25,17K	29,26,15D	20	536	42	121,3	66,2	2,02	1,32	0,07	0,70
65	40,26,13K	29,26,00D	Yüzey	532	47	121,2	65,3	1,91	1,31	0,08	0,75
65	40,26,13K	29,26,00D	20	539	44	119,7	66,8	2,05	1,35	0,08	0,70
66	40,26,48K	29,24,60D	Yüzey	513	45	128,4	61,7	1,87	1,28	0,09	0,70
66	40,26,48K	29,24,60D	20	541	42	130,2	64,2	2,02	1,42	0,09	0,70
67	40,26,36K	29,23,25D	Yüzey	528	46	121,7	63,4	1,69	1,32	0,09	0,80
67	40,26,36K	29,23,25D	20	537	43	125,3	64,8	1,73	1,34	0,09	0,80
68	40,25,34K	29,23,13D	Yüzey	534	47	124,2	62,8	2,01	1,32	0,08	0,75
68	40,25,34K	29,23,13D	20	546	43	128,1	61,2	2,05	1,37	0,08	0,70
69	40,25,41K	29,21,60D	Yüzey	532	45	124,2	63,1	2,03	1,30	0,08	0,70
69	40,25,41K	29,21,60D	20	539	42	127,3	64,2	2,09	1,33	0,08	0,70
70	40,26,36K	29,21,10D	Yüzey	527	46	116,4	61,5	1,71	1,25	0,08	0,70
70	40,26,36K	29,21,10D	20	514	42	120,5	62,6	1,76	1,28	0,08	0,70
70	40,26,36K	29,21,10D	40	517	39	126,5	65,8	1,89	1,39	0,05	0,70
71	40,27,02K	29,22,02D	Yüzey	525	45	120,2	64,6	1,78	1,28	0,09	0,80
71	40,27,02K	29,22,02D	20	518	43	123,6	65,3	1,73	1,31	0,09	0,80
71	40,27,02K	29,22,02D	40	531	40	125,3	68,2	1,85	1,34	0,04	0,80
72	40,27,35K	29,21,10D	Yüzey	519	46	119,3	60,4	1,68	1,21	0,09	0,85
72	40,27,35K	29,21,10D	20	522	44	120,4	62,7	1,72	1,23	0,09	0,85
72	40,27,35K	29,21,10D	40	533	39	122,7	67,3	1,84	1,29	0,04	0,80
73	40,28,24K	29,21,50D	Yüzey	514	45	105,1	61,8	1,60	1,19	0,08	0,85
74	40,28,08K	29,22,90D	Yüzey	511	47	103,3	63,2	1,63	1,16	0,09	0,85
74	40,28,08K	29,22,90D	20	515	46	105,8	65,8	1,60	1,15	0,09	0,70
74	40,28,08K	29,22,90D	40	527	41	119,3	69,2	1,72	1,23	0,03	0,70
75	40,27,30K	29,24,00D	Yüzey	509	47	99,6	65,8	1,55	1,21	0,09	0,75
75	40,27,30K	29,24,00D	20	512	45	102,3	64,7	1,50	1,26	0,09	0,75
75	40,27,30K	29,24,00D	40	524	40	122,8	68,3	1,65	1,28	0,06	0,70
76	40,27,33K	29,26,10D	Yüzey	509	45	108,5	65,1	1,53	1,22	0,08	0,85
76	40,27,33K	29,26,10D	20	511	43	109,9	66,4	1,61	1,22	0,09	0,80
76	40,27,33K	29,26,10D	40	522	39	120,6	69,2	1,69	1,33	0,04	0,75
77	40,28,32K	29,26,45D	Yüzey	507	48	99,8	63,6	1,10	1,35	0,08	0,85
77	40,28,32K	29,26,45D	20	503	45	104,1	64,2	1,19	1,39	0,09	0,85
77	40,28,32K	29,26,45D	40	529	42	119,6	68,5	1,58	1,42	0,05	0,80
78	40,28,34K	29,24,70D	Yüzey	506	46	98,3	61,6	1,60	1,31	0,09	0,85
78	40,28,34K	29,24,70D	20	509	43	101,4	62,7	1,56	1,32	0,09	0,85
78	40,28,34K	29,24,70D	40	525	41	118,2	67,4	1,69	1,41	0,05	0,80
79	40,29,27K	29,24,50D	Yüzey	505	45	97,2	63,5	1,29	1,36	0,09	0,85
79	40,29,27K	29,24,50D	20	510	41	106,1	62,9	1,33	1,39	0,09	0,80
80	40,29,25K	29,26,25D	Yüzey	507	47	95,5	61,2	1,19	1,34	0,09	0,85
80	40,29,25K	29,26,25D	20	512	44	103,6	63,4	1,26	1,42	0,09	0,85
81	40,26,12K	29,33,75D	Yüzey	505	54	96,3	69,5	1,63	1,08	0,09	0,70
81	40,26,12K	29,33,75D	20	502	48	101,7	70,2	1,55	1,12	0,09	0,70
81	40,26,12K	29,33,75D	40	502	42	114,2	73,4	1,74	1,12	0,04	0,70
82	40,25,23K	29,35,72D	Yüzey	509	47	105,5	76,8	1,51	1,05	0,07	0,75
82	40,25,23K	29,35,72D	20	521	43	110,6	75,4	1,40	1,25	0,07	0,70
82	40,25,23K	29,35,72D	40	533	39	116,3	78,2	1,80	1,26	0,03	0,70
83	40,26,35K	29,42,50D	Yüzey	511	51	105,7	72,8	2,07	1,32	0,09	0,85
84	29,37,26K	40,29,09D	Yüzey	505	52	95,40	69,3	1,93	1,03	0,09	0,75
84	29,37,26K	40,29,09D	20	507	50	106,2	71,2	1,98	1,08	0,09	0,70

Tablo A2'nin devamı

85	40,27,45K	29,32,02D	Yüzey	512	50	105,3	66,3	1,12	1,03	0,07	0,70
85	40,27,45K	29,32,02D	20	515	45	108,6	67,4	1,19	1,15	0,07	0,70
85	40,27,45K	29,32,02D	40	529	42	112,1	72,6	1,45	1,14	0,04	0,70
86	40,26,18K	29,36,70D	Yüzey	508	51	100,9	75,2	1,59	1,09	0,07	0,70
86	40,26,18K	29,36,70D	20	511	46	103,2	75,8	1,65	1,11	0,07	0,70
86	40,26,18K	29,36,70D	40	520	43	113,2	78,4	1,73	1,15	0,04	0,70
87	40,23,34K	29,35,74D	Yüzey	524	49	105,2	77,5	1,05	1,15	0,07	0,75
88	40,24,13K	29,34,61D	Yüzey	527	50	101,5	74,1	0,91	1,11	0,07	0,75
88	40,24,13K	29,34,61D	60	535	38	103,4	79,6	1,83	1,28	0,00	0,70
89	40,23,39K	29,34,10D	Yüzey	528	48	104,6	72,8	0,88	1,13	0,07	0,75
89	40,23,39K	29,34,10D	60	530	40	107,2	81,2	1,90	1,25	0,00	0,75
90	40,23,38K	29,32,60D	Yüzey	530	49	112,7	70,3	1,08	1,10	0,07	0,75
91	40,24,33K	29,32,60D	Yüzey	528	45	120,4	65,8	1,78	1,16	0,07	0,70
91	40,24,33K	29,32,60D	60	537	39	130,3	80,7	1,97	1,27	0,00	0,75
92	40,25,36K	29,30,13D	Yüzey	519	45	117,5	66,7	1,50	1,21	0,07	0,70
93	40,26,35K	29,26,68D	Yüzey	527	47	122,6	66,6	1,94	1,30	0,08	0,70
93	40,26,35K	29,26,68D	20	532	45	124,4	65,2	2,01	1,30	0,08	0,70
93	40,26,35K	29,26,68D	40	541	43	126,2	69,3	2,05	1,32	0,03	0,70
94	40,26,45K	29,25,64D	Yüzey	517	46	125,3	61,7	1,85	1,25	0,09	0,85
94	40,26,45K	29,25,64D	20	528	44	128,2	62,4	1,98	1,39	0,08	0,80
94	40,26,45K	29,25,64D	40	537	42	135,5	68,7	2,07	1,43	0,04	0,75
95	40,27,37K	29,22,08D	Yüzey	520	46	102,7	60,9	1,66	1,18	0,08	0,85
95	40,27,37K	29,22,08D	20	526	43	104,6	61,2	1,71	1,21	0,09	0,80
95	40,27,37K	29,22,08D	40	532	41	111,3	67,5	1,86	1,25	0,04	0,80

EK B

Tablo B1 İznik Gölünde sonarla tespit edilen derinlik değerlerine ait koordinat noktaları.

İstasyon No	Enlem der,dk,sn	Boylam der,dk,sn	Derinlik metre	İstasyon No	Enlem der,dk,sn	Boylam der,dk,sn	Derinlik metre
6	40,28,70K	29,23,04D	70	52	40,24,10K	29,41,25D	56
8	40,27,80K	29,38,79D	70	53	40,25,04K	29,41,57D	50
10	40,24,39K	29,36,96D	42	54	49,24,07K	29,38,15D	35
11	40,24,65K	29,35,50D	44	55	40,23,50K	29,36,80D	26
12	40,25,15K	29,33,91D	32	56	40,23,45K	29,35,15D	23
13	40,25,39K	29,32,78D	35	57	40,24,13K	29,34,10D	19
14	40,25,34K	29,31,48D	33	58	40,23,51K	29,32,20D	31
15	40,25,61K	29,29,89D	36	59	40,24,38K	29,32,25D	29
16	40,25,66K	29,29,28D	25	60	40,25,15K	29,30,65D	44
17	40,26,11K	29,27,94D	24	61	40,24,18K	29,29,15D	59
18	40,25,78K	29,24,49D	42	62	40,25,04K	29,28,20D	33
19	40,26,10K	29,42,03D	68	64	40,25,17K	29,26,15D	61
20	40,25,64K	29,40,94D	54	65	40,26,13K	29,26,00D	51
21	40,24,96K	29,39,05D	48	66	40,26,48K	29,24,60D	47
22	40,26,12K	29,38,28D	39	67	40,26,36K	29,23,25D	53
23	40,27,13K	29,37,26D	45	68	40,25,34K	29,23,13D	55
25	40,25,78K	29,34,85D	41	69	40,25,41K	29,21,60D	52
26	40,24,97K	29,33,58D	32	70	40,26,36K	29,21,10D	46
27	40,25,64K	29,32,00D	42	71	40,27,02K	29,22,02D	44
28	40,26,64K	29,31,06D	31	72	40,27,35K	29,21,10D	46
29	40,27,64K	29,30,16D	37	73	40,28,24K	29,21,50D	76
30	40,28,33K	29,31,10D	70	74	40,28,08K	29,22,90D	45
31	40,28,34K	29,32,75D	62	75	40,27,30K	29,24,00D	43
32	40,28,29K	29,33,57D	68	76	40,27,33K	29,26,10D	38
33	40,26,15K	29,41,05D	64	77	40,28,32K	29,26,45D	45
34	40,26,35K	29,39,77D	64	78	40,28,34K	29,24,70D	45
35	40,27,10K	29,39,05D	71	79	40,29,27K	29,24,50D	54
36	40,28,20K	29,37,97D	64	80	40,29,25K	29,26,25D	46
38	40,28,25K	29,35,56D	59	82	40,25,23K	29,35,72D	32
39	40,27,65K	29,34,43D	56	83	40,26,35K	29,42,50D	72
40	29,35,10K	40,26,88D	40	84	29,37,26K	40,29,09D	61
41	40,26,75K	29,32,77D	42	85	40,27,45K	29,32,02D	45
42	40,27,45K	29,30,95D	34	86	40,26,18K	29,36,70D	45
43	40,28,52K	29,28,34D	61	87	40,23,34K	29,35,74D	26
44	40,27,55K	29,27,45D	38	88	40,24,13K	29,34,61D	26
45	40,26,65K	29,27,80D	40	89	40,23,39K	29,34,10D	26
46	40,26,43K	29,29,26D	38	90	40,23,38K	29,32,60D	41
47	40,26,07K	29,30,69D	66	91	40,24,33K	29,32,60D	19
48	40,26,41K	29,32,05D	36	92	40,25,36K	29,30,13D	31
49	40,26,10K	29,39,40D	32	93	40,26,35K	29,26,68D	46
50	40,24,72K	29,37,60D	31	94	40,26,45K	29,25,64D	42
51	40,24,22K	29,40,35D	38	95	40,27,37K	29,22,08D	45

EK C

Tablo C1 İznik Gölü'nde dip çamuru örnekleri koordinat noktaları.

Örnek No	Enlem der,dk,sn	Boylam der,dk,sn
1	40,23,87K	29,38.92D
2	40,23,37K	29,35.77D
3	40,24,10K	29,30.61D
4	40,24,65K	29,35.50D
5	40,25,66K	29,29.28D
6	40,25,78K	29,24.49D
7	40,26,10K	29,42.03D
8	40,24,96K	29,39.05D
9	40,26,12K	29,38.28D
10	40,26,55K	29,36.02D
11	40,25,17K	29,26.15D
12	40,26,43K	29,29.26D
13	40,23,45K	29,35.15D
14	40,26,36K	29,23.25D
15	40,27,65K	29,34.43D
16	40,26,36K	29,21.10D
17	40,27,02K	29,22.02D
18	40,27,30K	29,24.00D
19	40,26,35K	29,26.68D

ÖZGEÇMİŞ

Murat Budakoğlu, 1966 yılında Diyarbakır'da doğdu. Ankara Kocatepe Mimar Kemal Lisesi'nden 1984 yılında mezun oldu. 1990 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümünden mezun olarak Jeoloji Mühendisi, 1993 yılında ise İ.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji programını tamamlayarak Yüksek Mühendis ünvanlarını aldı. 1990 yılından itibaren İ.T.Ü. Maden Fakültesi Maden Yatakları-Jeokimya Anabilim Dalında Araştırma Görevlisi olarak görev yapan Murat Budakoğlu İngilizce bilmektedir.

YAYINLARI

- 1- Suner, F., Celenli, A., Hacıoğlu, E., **Budakoğlu, M.**, (1991). İstanbul Civarı Barit Oluşumları, *Akdeniz Üniversitesi Isparta Mühendislik Fakültesi Dergisi* , Isparta, Turkey, p 215-227.
- 2- **Budakoğlu, M.**, Burkut, Y., (1995), Trend Surface and Cluster Analysis of Iznik Lake Surface Water,. *The Fifth Symposium on Mining Chemistry, Istanbul, Turkey, 7-10 November, p .117-124*
- 3- Yavuz, F., Burkut, Y., **Budakoğlu, M.** (1995). Niggli-Magmatik Kayaçların Nigli Parametrelerini Hesaplayan ve Değerlendiren İnteraktif Quickbasic programı,, *Jeoloji Mühendisliği*, v.46, p. 55-63.
- 4- Suner, F., **Budakoğlu, M.**, (1995). Thenardite Formation in Central Anatolia, Turkey, *3 rd Biennial SGA Meeting, 28-31 August, Prague, Czech Republic. P. 637-640.*
- 5- Gultekin., A.H., Orgun, Y., **Budakoğlu, M.**, (1995) Borate Deposits of Turkey. *European Union of Geosciences (EUG 8) Strasbourg France vol. 7 p. 293.*
- 6- Gultekin, A.H., Yavuz, F., **Budakoğlu, M.**, (1996). Çiniyeri-Küre (Tire, İzmir) Plaser Titanyum Sahasından Alınan Toprak dere Kumları Titanyum İçeriklerinin Yönelim Yüzeyi Yöntemiyle İncelenmesi: (Menderes Masifi-Batı Anadolu) , *Turkish Journal of Earth Sciences*, v. 5, p. 1-10.
- 7- Burkut, Y., Suner F., **Budakoğlu M.**, (1997) Some Anionic İon Exchange Capasites of Zeolitic Tuffs Western Anatolia (Turkey), *European Union of Geosciences (EUG 9) Strasbourg France vol. 59/4A p. 545.*
- 8- Suner, F., Celenli, A., Kumral, M., **Budakoğlu, M.**, (1997) The Investigation of Barite Occurencess Around Istanbul. *The fourth biennial SGA meeting Turku Finland. p.587-594*

- 9- **Budakoglu, M., Kumral, M., Suner, F., (1998), A Geochemical Approach to the The Genesis of Dursunbey (Balıkesir) Manganese Occurrences, NW Turkey ; The Sixt Symposium on Mining Chemistry, Siofok, Hungaryrkey, 20-30 September p.211-216.**
- 10- **Budakoglu, M., Suner, F., (1999), Albite Occurrences and Their Economic Significance in Mugla- Milas Southwestern Anatolia Turkey. 34th Forum on the Geology of Industrial Minerals, OGS and U.S. Geological Survey, Oklahoma-Norman, p. 341-345.**
- 11- **Budakoğlu M., Çelenli A., and others (1999) Quartzite Occurrences in Mugla –Milas, Kocayayla Region Southwestern Anatolia, Turkey European Union of Geosciences (EUG 10) Strasbourg France vol. D05A p. 327.**
- 12- **Budakoğlu, M., Celenli A., Kumral M., (1999), The Economic Significance of the Feldspar Deposits in Turkey, 35th Forum on the Geology of Industrial Minerals, OGS and U.S. Geological Survey, 2-7 May Salt lake City Utah, Abstract Book .**
- 13- **Gultekin., A.H., Orgun, Y., Budakoğlu, M., (1999), The Kızılcaören fluorite-barite-REE deposits related to tertiary alkaline volcanics, Eskişehir, Turkey, Proceedeings of the fifth biennial SGA meeting London, United Kingdom p.647-650.**

GÖREV ALDIĞI PROJELER

1. Kastamonu Taşköprü Cu-Zn-Co Araştırma Projesi, DPT, 1991-1993.
2. Yerli Zeolitlerin Sanayi ve Çevre Korumada Kullanımı Projesi, DPT, 1992-1995.
3. Türkiye Kömürlerinden Doğal Gaz Üretimi Teknolojisi Projesi, DPT, 1993-1996.
4. Düşük Kaliteli Kömürlerin Radyoaktif Atıkların Arıtımında Kullanımı Projesi, DPT, 1995-1999.
5. Haliç Dip Suları Kirlenme ve Rehabilitasyon Araştırma Projesi, DPT, 1996-2000.

ÜYESİ BULUNDUĞU KURULUŞ

TMMOB, Jeoloji Mühendisleri Odası.

ORGANİZASYON KOMİTESİ ÜYELİĞİ

The Fifth International Symposium on Mining Chemistry, November 7-10, İstanbul, 1995.

ALDIGI BURS

Başarılı Türk Gençlerini teşvik etmek amacı ile verilen TEV Münir Birsal Bursu ,1990-1993.