

2007\_466

TÜBİTAK

TÜRKİYE BİLİMSEL VE TEKNOLOJİK ARAŞTIRMA KURUMU  
THE SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL RESEARCH COUNCIL OF TURKEY

**Çevre, Atmosfer, Yer ve Deniz Bilimleri Araştırma Grubu**  
Environment, Atmospheric, Earth and Marine Sciences Research Grant Group

4AYDAG-586  
Aylm

Q/ 93388

Proje No: 105Y085

## Küresel İklim Değişimlerinin Türkiye'deki Göl Ekosistemlerine Etkileri

Prof. Dr. Temel OĞUZ  
Prof. Dr. Meryem BEKLİOĞLU YERLİ  
Onur KERİMOĞLU

ARALIK 2007  
MERSİN

## İNDİRİMLER

### GİRİŞ

Türkiye'deki göl ekosistemleri üzerindeki iklim etkileri, üzerinde henüz yeterince durulmamış çevresel konulardan birisidir. Bu doğrultuda yapılabilecek çalışmaların çekirdeğini oluşturmaları amacıyla gerçekleştirilen bu araştırmada Türkiye'deki belli başlı göllerle ilgili veriler toplanıp bir araya getirilmiş ve veri setleri üzerinde istatistiksel analizler ve yorumlar yapılarak iklim-göl ekosistemi ilişkilerine ışık tutulmuştur. Bu çalışmayı ÇAYDAG 105Y085 numaralı proje kapsamında destekleyen TÜBİTAK'a şükranlarımızı sunarız. Ayrıca, proje süresince Onur Kerimoğlu'nun Erdemli – Deniz Bilimleri Enstitüsü'ne yaptığı ziyaretler esnasında, sağladığı imkânlardan dolayı Deniz Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne içtenlikle teşekkür ederiz.

### Önsöz

Türkiye'deki göl ekosistemleri üzerindeki iklim etkileri, üzerinde henüz yeterince durulmamış çevresel konulardan birisidir. Bu doğrultuda yapılabilecek çalışmaların çekirdeğini oluşturmaları amacıyla gerçekleştirilen bu araştırmada Türkiye'deki belli başlı göllerle ilgili veriler toplanıp bir araya getirilmiş ve veri setleri üzerinde istatistiksel analizler ve yorumlar yapılarak iklim-göl ekosistemi ilişkilerine ışık tutulmuştur. Bu çalışmayı ÇAYDAG 105Y085 numaralı proje kapsamında destekleyen TÜBİTAK'a şükranlarımızı sunarız. Ayrıca, proje süresince Onur Kerimoğlu'nun Erdemli – Deniz Bilimleri Enstitüsü'ne yaptığı ziyaretler esnasında, sağladığı imkânlardan dolayı Deniz Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne içtenlikle teşekkür ederiz.

<b>İÇİNDEKİLER</b>	
<b>1 GİRİŞ</b>	11
1.1 ATMOSFERİK SALINIMLAR VE ETKILERİ	11
1.1.1 Kuzey Atlantik Salinimi (NAO)	11
1.1.2 EAWR	14
1.1.3 Doğu Atlantik Salinimi (EA)	16
1.1.4 Diğer Önemli Salinim Sistemleri	17
1.2 İKLİMSEL DEĞİŞKENLİĞİN GÖLLER ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ	18
1.2.1 Su sıcaklığı ve Buzlanma zamanlamalarındaki değişimler	18
1.2.1.1 Nedenleri	18
1.2.1.2 Sonuçları	19
1.2.2 Tabakalaşma ve Karışım	21
1.2.2.1 Nedenleri	21
1.2.2.2 Sonuçları	21
1.2.3 Göle Giren Akımlardaki Değişimler	22
1.2.3.1 Nedenleri	22
1.2.3.2 Sonuçları	22
1.2.4 Su Seviyesi Değişimleri	23
1.2.4.1 Nedenleri	23
1.2.4.2 Sonuçları	24
1.2.5 Önemli Noktalar	25
1.3 BU ÇALIŞMANIN AMAÇ VE KAPSAMI	25
<b>2 GEREÇ VE YÖNTEM</b>	27
2.1 GÖLLER	27
2.1.1 İznik Gölü	27
2.1.2 Manyas (Kuş) Gölü	28
2.1.3 Uluabat Gölü	29
2.1.4 Eymir ve Mogan Gölleri	29
2.1.5 Tuz Gölü	29
2.1.6 Van Gölü	30
2.1.7 Marmara Gölü	31
2.1.8 Işıklı Gölü	31
2.1.9 Eğirdir Gölü	31
2.1.10 Beyşehir Gölü	32
2.1.11 Burdur Gölü	32
2.2 VERİLER	34
2.2.1 Veri Setleri	34
2.2.1.1 Meteorolojik Veriler	34
2.2.1.2 Hidrolojik Veriler	35
2.2.1.3 Fiziksel-Kimyasal-Biyolojik veriler	35
2.2.2 Veri Kaynakları	37
2.2.3 Verilerin İşlenmesi	38
2.3 İSTATİSTİKSEL YÖNTEMLER	40
2.3.1 Çoklu Doğrusal Regresyon	40
2.3.2 Empirik Dikgen Fonksiyon (EOF - Empirical Orthogonal Function) Analizi	41
2.3.3 Kümelelerası Korelasyon Analizi (CCA (Canonical Correlation Analysis))	44
2.3.4 Faktör Analizi (Factor Analysis - FA)	45
<b>3 BULGULAR</b>	47
3.1 VERİ TABANI	47
3.1.1 Ham Veriler	47
3.1.2 İşlenmiş Veriler	48
3.2 ELDEKİ VERİLERİN GÖRSEL OLARAK İNCELENMESİ	50
3.2.1 Göl Arası Uyum ve Değerlerin Doğallığı	50
3.2.1.1 Meteorolojik Parametreler	50
3.2.1.2 Hidrolojik Parametreler	57
3.2.1.3 Göl Çıkışları Fiziksel-Kimyasal Parametreler	59
3.2.2 Mevsimler/Aylar Arası Uyum	64

3.2.2.1	Meteorolojik Parametreler .....	65
3.2.2.2	Hidrolojik Parametreler .....	71
3.2.2.3	Göl Çıkışları Fizikselli-Kimyasal Parametreler .....	73
3.3	<b>PARAMETRELERİN BİRBİRLERİ VE İNDİSLERLE UYGUNLUKLARININ GÖRSEL İNCELEMESİ .....</b>	76
3.4	<b>BÖLGEMİZİ ÇEVRELEYEN BÜYÜK ÖLÇEKLİ ATMOSFER SİSTEMLERİNİN TANIMLANMASI .....</b>	79
3.4.1	<i>Salınım İndekslerinin Seçimi .....</i>	79
3.4.2	<i>Bölgedeki Deniz Seviyesi Basınç Sahasının EOF Analizi .....</i>	82
3.5	<b>HİDRO-METEOROLOJİK PARAMETRELERİN BİRBİRLERİ ARASINDAKI VE BÖLGESEL DENİZ SEVIYESİ BASINÇ SAHASI İLE İLİŞKİLERİNİN ÇOK DEĞİŞKENLİ YÖNTEMLERLE ANALİZİ .....</b>	89
3.5.1	<i>Analiz Stratejisi .....</i>	89
3.5.2	<i>Değişken Çiftleri Arasındaki İlişkiler .....</i>	90
3.5.2.1	DSB-Basınç .....	90
3.5.2.2	DSB – Hava Sıcaklığı .....	94
3.5.2.3	DSB – (B-Y) .....	97
3.5.2.4	DSB – Su Seviyesi .....	99
3.5.2.5	(B-Y) – Su Seviyesi .....	99
3.6	<b>İKLİMSEL DEĞİŞKENLİĞİN MOGAN GÖLÜ EKOLOJİSİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ .....</b>	104
3.6.1	<i>Büyük Ölçekli Salınımlar ile Meteorolojik Koşulların Bağlantısının Mogan Gölü için Doğrulanması .....</i>	104
3.6.2	<i>Mogan Gölü'ndeki Bazı Değişkenlerin Çok Değişkenli Yöntemlerle Analizi .....</i>	106
3.6.3	<i>Değişken Çiftleri Arasındaki İlişkilerin Görsel Olarak İncelenmesi .....</i>	112
3.6.3.1	Asağıdan-Yukarı Yaklaşım .....	112
3.6.3.2	Yukarıdan-Asağı Yaklaşım .....	116
4	<b>TARTIŞMA VE SONUÇLAR .....</b>	125
4.1	<b>VERİLERİN TOPLANMASI .....</b>	125
4.2	<b>BÜLGULARIN YORUMLANMASI .....</b>	126
4.2.1	<i>DSB sahasının EOF analizi .....</i>	126
4.2.2	<i>Hidro-meteorolojik parametrelerin İndisler ve birbirleri arasındaki uyum .....</i>	126
4.2.3	<i>Mogan gölü ekosistemi üzerindeki iklim etkinliği .....</i>	129
4.3	<b>SONUÇLAR .....</b>	131
4.4	<b>ÖNERİLER .....</b>	132
	<b>KAYNAKLAR .....</b>	135

## **Tablo Listesi**

Tablo 2.1: Çalışılan göllerin karakteristik özellikleri.....	33
Tablo 2.2 Göller ve Meteorolojik istasyonların koordinat bilgileri .....	34
Tablo 2.3: Meteorolojik Bulgular, istasyonlar ve verilerin zamansal kapsamları.....	35
Tablo 2.4: Proje kapsamında kullanılacak olan Hidrolojik Bulgular .....	35
Tablo 2.5: Fiziksel-Kimyasal Bulgular .....	36
Tablo 2.6 Biyolojik Bulgular .....	37
Tablo 2.7 Buharlaşma verisi çoklu doğrusal regresyon sonuçları .....	39
Tablo 3.1 Çalışmanın geri kalanında kullanılacak veriler.....	64
Tablo 3.2: DSB EOF Analizi ilk 4 Temel Bileşende Uyumluluk Gösteren Sistemler .....	87
Tablo 3.3: DSB – Basınç Çifti Kümelerarası Korelasyon Sonuçları .....	91
Tablo 3.4: DSB – Hava Sıcaklığı Çifti Kümelerarası Korelasyon Sonuçları .....	95
Tablo 3.5: DSB-(B-Y) Çifti Kümelerarası Korelasyon Sonuçları .....	97
Tablo 3.6: DSB-Su Seviyesi Çifti Kümelerarası Korelasyon Sonuçları .....	99
Tablo 3.7: (B-Y) – Su Seviyesi Çifti Kümelerarası Korelasyon Sonuçları .....	100
Tablo 3.8: Faktör Analizi Sonuçları .....	107

Tablo 3.9: Yıllık ortalamalı hava sıcaklığı .....	108
Tablo 3.10: Yıllık yağış量 .....	108
Tablo 3.11: Yıllık ortalama rüzgar hızı .....	108
Tablo 3.12: Yıllık ortalama rüzgar yönü .....	108
Tablo 3.13: Yıllık ortalama rüzgar hızının varyansı .....	108
Tablo 3.14: Yıllık ortalama rüzgar yönünün varyansı .....	108
Tablo 3.15: Yıllık ortalama rüzgar hızının standart偏差 .....	108
Tablo 3.16: Yıllık ortalama rüzgar yönünün standart偏差 .....	108
Tablo 3.17: Yıllık ortalama rüzgar yönünün standart偏差 .....	108
Tablo 3.18: Yıllık ortalama ab .....	108
Tablo 3.19: Yıllık ortalama ev .....	108
Tablo 3.20: Yıllık ortalama rüzgar hızının standart偏差 .....	108
Tablo 3.21: Yıllık ortalama rüzgar yönünün standart偏差 .....	108
Tablo 3.22: Yıllık ortalama rüzgar hızının standart偏差 .....	108
Tablo 3.23: Yıllık ortalama rüzgar yönünün standart偏差 .....	108
Tablo 3.24: Yıllık ortalama rüzgar hızının standart偏差 .....	108
Tablo 3.25: Yıllık ortalama rüzgar yönünün standart偏差 .....	108
Tablo 3.26: Yıllık ortalama PC'd .....	108
Tablo 3.27: Yıllık ortalama PC'd standart偏差 .....	108
Tablo 3.28: Kış (AOI), İlkbahar (MAM), Yaz (JJA), Sonbahar (SON) mevsimlerindeki PC'ler .....	108
Tablo 3.29: Kış mevsimindeki PC'ler .....	108
Tablo 3.30: Kış mevsimindeki PC'ler .....	108
Tablo 3.31: Kış mevsimindeki hava sıcaklığı .....	108
Tablo 3.32: Kış mevsimindeki hava sıcaklığı .....	108

## **Şekil Listesi**

Şekil 1.1: DSB EOF ve istasyon tabanlı NAO.....	13
Şekil 1.2: İstasyon ve EOF tabanlı NAO indeksleri (N.H. EOF: Kuzey Yarıküre DSB EOF tabanlı NAO, A.S. NAO: Atlantik Sektörü DSB EOF tabanlı EOF, Bkz. metin).....	13
Şekil 1.3: EAWR olumlu (+) modu (Kutiel ve Benaroch, 2002).....	15
Şekil 1.4: EAWR olumsuz (-) modu (Kutiel ve Benaroch, 2002) .....	15
Şekil 1.5: EA yıllık ortalama zaman serileri ( <a href="http://climexp.knmi.nl">http://climexp.knmi.nl</a> sayfasından sorgulama yapılarak elde edilmiştir).....	17
Şekil 1.6: NAO sinyalinin sırayla meteorolojik, fiziksel ve biyolojik ara basamaklarla berrak- su zamanlamasına etkisini gösteren diagram (Straile, 2003b'den alınmıştır).....	20
Şekil 2.1: Proje kapsamında çalışılan göllerin dağılımı .....	27
Şekil 2.2 Beyşehir istasyonu buharlaşma verisi çoklu doğrusal regresyon sonuçları .....	39
Şekil 3.1 Teslim edilen verilerin şematik gösterimi.....	47
Şekil 3.2 Verilerin Dönüşürlmesi.....	49
Şekil 3.3 Serilerin yan yana bitirilmesi .....	49
Şekil 3.4: Yıllık ortalama basınç .....	51
Şekil 3.5: Yıllık ortalama basınç z-değerleri.....	51
Şekil 3.6: Yıllık ortalama hava sıcaklığı .....	52
Şekil 3.7: Yıllık ortalama hava sıcaklığı z-değerleri.....	52
Şekil 3.8: Yıllık ortalama aylık toplam yağış .....	53
Şekil 3.9: Yıllık ortalama aylık toplam yağış z-değerleri .....	53
Şekil 3.10: Yıllık ortalama aylık toplam buharlaşma .....	54
Şekil 3.11: Yıllık ortalama aylık toplam buharlaşma z-değerleri .....	54
Şekil 3.12: Yıllık ortalama rüzgar .....	55
Şekil 3.13: Yıllık ortalama rüzgar z-değerleri .....	55
Şekil 3.14: Yıllık ortalama aylık toplam güneşlenme şiddeti .....	56
Şekil 3.15: Yıllık ortalama aylık toplam güneşlenme şiddeti z-değerleri .....	56
Şekil 3.16: Yıllık ortalama su seviyesi .....	57
Şekil 3.17: Yıllık ortalama su seviyesi z-değerleri .....	57
Şekil 3.18: Yıllık ortalama akım .....	58
Şekil 3.19: Yıllık ortalama akım z-değerleri .....	58
Şekil 3.20: Yıllık ortalama su sıcaklığı .....	59
Şekil 3.21: Yıllık ortalama su sıcaklığı z-değerleri .....	60
Şekil 3.22: Yıllık ortalama elektriksel iletkenlik .....	60
Şekil 3.23: Yıllık ortalama elektriksel iletkenlik z-değerleri .....	61
Şekil 3.24: Yıllık ortalama çözünmüş inorganik azot (Dissolved Inorganic Nitrogen-DIN) ..	61
Şekil 3.25: Yıllık ortalama çözünmüş inorganik azot (Dissolved Inorganic Nitrogen-DIN) z- değerleri .....	62
Şekil 3.26: Yıllık ortalama PO4 .....	62
Şekil 3.27: Yıllık ortalama PO4 z-değerleri .....	63
Şekil 3.28: Kış (AOS), İlkbahar (MNM), Yaz (HTA), Sonbahar (EEK) ortalama basınç z- değerleri .....	65
Şekil 3.29: Kış ayları ortalama basınç z-değerleri .....	66
Şekil 3.30: Kış (AOS), İlkbahar (MNM), Yaz (HTA), Sonbahar (EEK) ortalama hava sıcaklığı z-değerleri .....	66
Şekil 3.31: Kış ayları ortalama hava sıcaklığı z-değerleri .....	67
Şekil 3.32: Kış (AOS), İlkbahar (MNM), Yaz (HTA), Sonbahar (EEK) ortalama aylık toplam yağış z-değerleri .....	67

Şekil 3.33: Kış ayları toplam yağış z-değerleri .....	68
Şekil 3.34: İlkbahar (MNM), Yaz (HTA), Sonbahar (EEK) ortalama aylık toplam buharlaşma z-değerleri.....	68
Şekil 3.35: Kış ayları toplam buharlaşma z-değerleri .....	69
Şekil 3.36: Kış (AOS), İlkbahar (MNM), Yaz (HTA), Sonbahar (EEK) ortalama rüzgar hızı z-değerleri.....	69
Şekil 3.37: Kış ayları ortalama rüzgar hızı z-değerleri .....	70
Şekil 3.38: Kış (AOS), İlkbahar (MNM), Yaz (HTA), Sonbahar (EEK) ortalama aylık toplam güneşlenme şiddeti z-değerleri.....	70
Şekil 3.39: Kış ayları ortalama aylık toplam güneşlenme şiddeti z-değerleri.....	71
Şekil 3.40: Kış (AOS), İlkbahar (MNM), Yaz (HTA), Sonbahar (EEK) ortalama su seviyesi z-değerleri.....	71
Şekil 3.41: Kış ayları ortalama su seviyesi z-değerleri .....	72
Şekil 3.42: Kış (AOS), İlkbahar (MNM), Yaz (HTA), Sonbahar (EEK) ortalama akım z-değerleri.....	72
Şekil 3.43: Kış ayları ortalama akım z-değerleri.....	73
Şekil 3.44: Kış (AOS), İlkbahar (MNM), Yaz (HTA), Sonbahar (EEK) ortalama su sıcaklığı z-değerleri.....	74
Şekil 3.45: Kış (AOS), İlkbahar (MNM), Yaz (HTA), Sonbahar (EEK) ortalama elektriksel iletkenlik z-değerleri .....	74
Şekil 3.46: Kış (AOS), İlkbahar (MNM), Yaz (HTA), Sonbahar (EEK) ortalama çözünmüş inorganik azot z-değerleri.....	75
Şekil 3.47: Kış (AOS), İlkbahar (MNM), Yaz (HTA), Sonbahar (EEK) ortalama PO <sub>4</sub> z-değerleri.....	75
Şekil 3.48: Basınç, Buharlaşma – Yağış, Sıcaklık, Su Seviyesi, Kuzey Atlantik Salınımları (NAO) ve Doğu Atlantik - Batı Rusya (EAWR) Salınımları.....	77
Şekil 3.49: Basınç, Buharlaşma – Yağış, Sıcaklık, Su Seviyesi, Kuzey Atlantik Salınımları (NAO) ve Doğu Atlantik - Batı Rusya (EAWR) Salınımları (kışılık (A, O, §) ortalamalar) .....	78
Şekil 3.50: NAO (üst panalde sürekli) - EAWR (üst panaelde kesikli).....	79
Şekil 3.51: NAO (üst panalde sürekli) - EA (üst panaelde kesikli) .....	80
Şekil 3.52: NAO (üst panalde sürekli) - MO (üst panaelde kesikli) .....	80
Şekil 3.53: EAWR (üst panalde sürekli) - EA (üst panaelde kesikli) .....	81
Şekil 3.54: EAWR (üst panalde sürekli) - MO (üst panaelde kesikli) .....	81
Şekil 3.55: MO(üst panalde sürekli) - EA (üst panaelde kesikli).....	82
Şekil 3.56: EOF Analizi için Seçilen Bölge .....	83
Şekil 3.57: SLP Kış Ortalamaları Temel Bileşen-1 (PC) Zaman Serileri .....	84
Şekil 3.58: SLP Kış Ortalamaları Temel Bileşen-2 (PC) Zaman Serileri .....	85
Şekil 3.59: SLP Kış Ortalamaları Temel Bileşen-3 (PC)-3 Zaman Serileri.....	85
Şekil 3.60: SLP Kış Ortalamaları Temel Bileşen-4 (PC) Zaman Serileri .....	86
Şekil 3.61: SLP Kış Ortalamaları ilk 4 Temel Bileşen Uzamsal Yapıları .....	86
Şekil 3.62: SLP'nin ilk 10 Temel Bileşeni (PC) arasında indekslerle en yüksek korrelasyonun mutlak değeri ve bu korrelasyon değerine ulaşan temel bileşenin sıra numarası (örn. EA ile 6. aydaki en yüksek korrelasyon (ilk 10 Temel Bileşen içinde), SLP'nin 5. Temel Bileşeninde Ulaşılmış).....	88
Şekil 3.63: Çokdeğişkenli yöntemlerle analiz stratejisi .....	90
Şekil 3.64: Basınç (Pres) Temel Bileşen-1 (PC) Zaman Serisi (tüm panellerde sürekli çizgi)	92
Şekil 3.65: Basınç (Pres) Temel Bileşen-2 (PC) Zaman Serisi (tüm panellerde sürekli çizgi)	92
Şekil 3.66: Basınç (Pres) Temel Bileşen-3 (PC) Zaman Serisi (tüm panellerde sürekli çizgi)	93

Şekil 3.67: Yılın her bir ayında Basıncın ilk 3 Temel Bileşeninin (PC) NAO, EAWR ve EA ile ulaştığı korrelasyon değeri. (Artı: p<0.05, Çember: p<0.01, Karo: p<0.0001)	94
Şekil 3.68: Hava Sıcaklığı (Ta) Temel Bileşen-1 (PC) Zaman Serisi (tüm panellerde sürekli çizgi).....	95
Şekil 3.69: Hava Sıcaklığı (Ta) Temel Bileşen-2 (PC) Zaman Serisi (tüm panellerde sürekli çizgi).....	96
Şekil 3.70: Yılın her bir ayında Hava Sıcaklığının ilk 3 Temel Bileşeninin (PC) NAO, EAWR ve EA ile ulaştığı korrelasyon değeri. (Artı: p<0.05, Çember: p<0.01, Karo: p<0.0001) .....	96
Şekil 3.71: Buharlaşma-Yağış (B-Y, E-P) Temel Bileşen-1 (PC) Zaman Serisi (tüm panellerde sürekli çizgi) .....	98
Şekil 3.72: Buharlaşma-Yağış (B-Y, E-P) Temel Bileşen-2 (PC) Zaman Serisi (tüm panellerde sürekli çizgi) .....	98
Şekil 3.73: Yılın her bir ayında Buharlaşma-Yağış ilk 3 Temel Bileşeninin (PC) NAO, EAWR ve EA ile ulaştığı korrelasyon değeri. (Artı: p<0.05, Çember: p<0.01, Karo: p<0.0001) .....	99
Şekil 3.74: Su Seviyesi (WLev) Temel Bileşen-1 (PC) Zaman Serisi (tüm panellerde sürekli çizgi).....	101
Şekil 3.75: Su Seviyesi (WLev) Temel Bileşen-2 (PC) Zaman Serisi (tüm panellerde sürekli çizgi).....	101
Şekil 3.76: Su Seviyesi (WLev) Temel Bileşen-3 (PC) Zaman Serisi (tüm panellerde sürekli çizgi).....	102
Şekil 3.77: Buharlaşma-Yağış (E-P) Temel Bileşen-3 (PC) Zaman Serisi (tüm panellerde sürekli çizgi) .....	102
Şekil 3.78: Yılın her bir ayında Su Seviyesinin ilk 3 Temel Bileşeninin (PC) NAO, EAWR ve EA ile ulaştığı korrelasyon değeri. (Artı: p<0.05, Çember: p<0.01, Karo: p<0.0001) .....	103
Şekil 3.79: Yıllık Ortalama Hava Sıcaklığı, EAWR ve NAO Kış (Aralık-Ocak-Şubat) Ortalamaları.....	105
Şekil 3.80: Kış ayları (Aralık-Ocak-Şubat) aylık ortalama toplam yağış, EAWR ve NAO Kış (Aralık-Ocak-Şubat) Ortalamaları.....	105
Şekil 3.81: 3 Basamaklı Çok Değişkenli analiz stratejisi.....	106
Şekil 3.82: İlk Faktör Analizinden sonra kalan değişkenlerin 2. Faktör analizi sonuçları, 3 boyutlu görünüm .....	108
Şekil 3.83: İlk Faktör Analizinden sonra kalan değişkenlerin 2. Faktör analizi sonuçları, ilk 2 Faktör .....	109
Şekil 3.84: Toplam Fitoplankton ve <i>Arctodiaptomus Bacilifera</i> (yıllık ortalamalar) .....	109
Şekil 3.85: Fitoplankton 1. Temel Bileşen (her iki panel sürekli çizgi), sıcaklık (üst panel sürekli çizgi), elektriksel iletkenlik (alt panel kesikli çizgi) .....	110
Şekil 3.86: Fitoplankton 2. Temel Bileşen (her iki panel sürekli çizgi), sıcaklık (üst panel sürekli çizgi), elektriksel iletkenlik (alt panel kesikli çizgi) .....	111
Şekil 3.87: Zooplankton 1. Temel Bileşen (her iki panel sürekli çizgi), sıcaklık (üst panel sürekli çizgi), elektriksel iletkenlik (alt panel kesikli çizgi) .....	111
Şekil 3.88: Zooplankton 2. Temel Bileşen (her iki panel sürekli çizgi), sıcaklık (üst panel sürekli çizgi), elektriksel iletkenlik (alt panel kesikli çizgi) .....	112
Şekil 3.89: Çözünmüş inorganik azot (DIN) (Sürekli Çizgi) ve kışlık ortalama hava sıcaklığı (Kesikli Çizgi) .....	113
Şekil 3.90: Çözünmüş inorganik azot (DIN) (Sürekli Çizgi) ve yıllık ortalama aylık yağış (Kesikli Çizgi) .....	114

Şekil 3.91: Rüzgar (m/s), askıda katı madde (mg/l) ve su seviyesi (Noktalar:Alçak, Daireler=Yüksek) .....	115
Şekil 3.92: Rüzgar (m/s), toplam fosfor (mg/l) ve su seviyesi ((Noktalar:Alçak, Daireler=Yüksek) .....	115
Şekil 3.93: Yazlık ortalama toplam fosfor ve yazlık ortalama hava sıcaklığı.....	116
Şekil 3.94: Daphnia:Toplam Kladoser oranı ve Elektriksel İletkenlik .....	117
Şekil 3.95: Kladoser:Kopepod oranı ve Elektriksel İletkenlik.....	117
Şekil 3.96: Kladoser:Kopepod oranı ve Buharlaşma – Yağış (E-P) .....	118
Şekil 3.97: Daphnia:Kladoser oranı ve Buharlaşma – Yağış (E-P) .....	118
Şekil 3.98: Kladoser:Kopepod oranı ve Hava Sıcaklığı (Büyüme Sezonu).....	119
Şekil 3.99: Kladoser:Kopepod oranı ve Hava Sıcaklığı (Yaz).....	120
Şekil 3.100: Kladoser:Kopepod oranı ve Hava Sıcaklığı (Kış) .....	120
Şekil 3.101: Klorofil-a ve Hava sıcaklığı (Gelişme Sezonu) .....	121
Şekil 3.102: Klorofil-a ve Hava sıcaklığı (Sonbahar) .....	121
Şekil 3.103: Klorofil-a (ilkbahar) ve Kış ayları Hava sıcaklığı .....	122
Şekil 3.104: Klorofil-a ve Kuzey Atlantik Salınımı Kış ortalamaları .....	123
Şekil 3.105: Klorofil-a ve Doğu Atlantik/Batı Rusya Kış ortalamaları .....	123
Şekil 3.106: Kladoser:Kopepod oranı ve Kuzey Atlantik Salınımı Kış ortalamaları .....	124
Şekil 3.107: Kladoser:Kopepod oranı ve Doğu Atlantik/Batı Rusya Kış ortalamaları.....	124

## **Özet**

İklim değişimlerinin Türkiye'deki içsular üzerindeki etkileri, şimdije kadar yeteri kadar çalışılmamış bir konudur. Bu çalışmada, ilerde yapılacak çalışmaların çekirdeğini oluşturmak üzere bazı çalışmalar yapılmıştır. İlgili kurum ve kuruluşlardan, Türkiye'deki belli başlı göllere ait bulunabilen meteorolojik, hidrolojik ve fizikal-kimyasal veriler toplanarak bir araya getirilmiş, görsel kalite kontrolleri yapılarak bir bulgu tabanı içinde derlenmiştir. Ayrıca, bölgedeki atmosfer sisteminin baskın bileşenleri EOF (Empirical Orthogonal Function) analizi kullanılarak tanımlanmış, hidro-meteorolojik parametrelerin birbirleri arasındaki ve atmosferik salınım sistemleri (NAO, EAWR, EA) ile olan ilişkileri, EOF ve CCA (Canonical Correlation Analysis) gibi istatistiksel metodlar kullanılarak saptanmış ve istatistiksel anlam düzeyi çok yüksek sonuçlar elde edilmiştir. Bulunabilen en uzun veri seti olan Mogan gölüne ait 15 senelik (1991-2006) veri seti iklimsel değişimlerin göllerin biyolojik karakterleri üzerindeki etkilerinin anlaşılması için uygulanabilecek analizlere ve yaklaşılara örnek olarak sunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** NAO, EAWR, EA, EOF, CCA, Mogan Gölü

## **Abstract**

Impacts of climatic changes on in-land waters of Turkey is a topic that has not been sufficiently investigated yet. In this study, some exploratory work have been performed to form the core of further studies on the subject. The available meteorological, hydrological and physical-chemical data that have been collected by different govermental institutions have been gathered, checked for quality controll and compiled in the form of a database. The internal consistency among hydro-meteorological parameters and their connection with the atmospheric oscillation systems (NAO, EAWR) have been examined using the EOF (Empirical Orthogonal Function) and the CCA (Canonical Correlation Analysis). These analyses identified the dominant components of regional atmospheric system as well as their influence of on the hydro-meteorological properties of the lake ecosystems. The 15-year long data set of Lake Mogan, as the longest available found, was used to exemplify the approaches and methodologies that can be employed for understanding the influence of climate variability on biological properties of lakes.

Keywords: NAO, EAWR, EA, EOF, CCA, Lake Mogan

# **1 GİRİŞ**

İklim; atmosfer, yer yüzeyi, kar ve buz, okyanuslar, diğer su kütleleri, canlıları ve bunların etkileşimlerini içeren, karmaşık bir sistemdir (Le Treut ve ark., 2007). Bu sistemdeki değişimler ise, hem uzamsal (mekânsal) hem de zamansal anlamda bileşenleri olan ve özellikle son dönemde dünya kamuoyunun gündem maddeleri arasında yer tutan bilimsel araştırma konularından biridir. "İklim değişimlerinin" Türkiye'deki göl ekosistemlerine olan etkilerinin incelendiği bu çalışmada, uzun dönemli eğilimler (ki bunlar üzerindeki insan etkisi son dönemdeki tartışmaların odak noktasını oluşturmaktadır) ile bunlar üzerindeki daha kısa dönemli salınımlar analiz edilmiştir. İklimsel salınımların oluşmasına, belli frekanslarla değişen güneş lekesi yoğunlukları, dünyanın ve güneşin yörüngelerindeki değişimleri ifade eden Milankovitch salınımları, atmosferik dolaşım sistemlerindeki karmaşık etkileşimlerin yarattığı atmosferik salınımlar gibi kaynaklar neden olabilir. Bunlar, farklı zaman ölçüğünde değişimler yaratmakla birlikte, atmosferik dolaşım sistemlerine bağlı olan etkiler, meteorolojik istasyonlardan elde edilen verilerle analiz edilmeye uygun zaman ölçüğindedir ve bu çalışmada "iklimsel değişimleri" kavramının esasını oluşturmaktadır.

## **1.1 ATMOSFERİK SALINIMLAR VE ETKİLERİ**

Atmosferik Salınım kavramı, ilk defa Sir Gilbert Walker'in Güney Salınımı (Southern Oscillation) ve Kuzey Atlantik Salınımı'nı (North Atlantic Oscillation - NAO) keşfetmesiyle başlamıştır. İlk zamanlar fazla ilgi görmeyen bu kavramlara verilen önem, bu tür salınımların etkilerinin anlaşılmaya başlandığı 1960'lardan beri gittikçe artmıştır ve bugün de bu kavramlarla ilgili yapılan çalışmalar, iklim bilimlerinde önemli bir yer tutmaktadır (Bridgman ve Oliver, 2006). Bu bölümde, bu çalışmada etkileri anlaşılmaya çalışılan NAO, EAWR (East Atlantic\West Russia – Doğu Atlantik\Batı Rusya) ve EA (East Atlantic – Doğu Atlantik) salınımları, mekanizmaları ve dünyada ve ülkemizde yarattığı başlıca etkiler kapsamında, dünyanın daha çok farklı coğrafyalardaki etkinliğiyle bilinen ve bu çalışmaya dahil edilmeyen diğer önemli salınımlar ise genel hatlarıyla ele alınacaktır.

### **1.1.1 Kuzey Atlantik Salınımı (NAO)**

NAO indeksi, temel olarak istasyon ve EOF (Empirical Orthogonal Functions – Ampirik Dikgen Fonksiyonlar) tabanlı olmak üzere 2 farklı şekilde tanımlanır. EOF tabanlı NAO, en az kuzeydeki alçak ve güneydeki yüksek basınç sistemlerini içine alacak kadar geniş bir coğrafyadaki, belli bir jeopotansiyel yükseklikteki basıncın, ızgara (doğrular üzerinde düzgün aralıklarla) veri setinin korelasyon (veya kovaryans) matrisinin EOF (Bkz. Bölüm 2.3) analizinin yapılarak, örümlüklerin (pattern) ortaya çıkarılmasına dayanır (Wallace ve Gutzler, 1981; Barnston ve Livezey, 1987; Von Storch ve Zwiers, 1999). Yapılan çalışmalarda görülmüştür ki, bu analizler sonucunda ortaya çıkan en baskın örümlükler, hem mekânsal yapılarıyla (İzlanda alçak, Azorlar yüksek) hem de zaman serileriyle ilk olarak Wallace'ın göstermiş olduğu NAO'yu işaret etmektedirler. Ayrıca, daha önce fark edilmemiş sistemler de, bu analizler sonucunda çıkan daha az baskın örümlükler sayesinde fark edilmiş ve isimlendirilmiştir (Wallace ve Gutzler, 1981; Barnston ve Livezey, 1987). İstasyon tabanlı NAO ise, etki merkezi Azor adaları civarında bulunan yüksek basınç sistemindeki deniz seviyesi basıncının normalize anomalileriyle, etki merkezi İzlanda civarında bulunan alçak basınç sistemindeki deniz seviyesi basıncının normalize anomalilerinin farkı olarak tanımlanır. Kuzeyde ve Güneyde seçilen bu birer istasyonun, o bölgedeki basınç sistemini temsil ettiği kabul edilir; Rogers (1997), Stykkisholmur (İzlanda) ve Ponta Delgada (Azorlar), Hurrel (1995), Stykkisholmur (İzlanda) ve Lizbon (Portekiz) ve Jones (1997) da

Güney Batı İzlanda ve Cebelitarık (Portekiz) istasyonlarını tercih etmişlerdir. İstasyon tabanlı NAO, kolayca hesaplanabilir olmasına ve yalnızca 2 istasyondaki verilerin yeterli olması sayesinde zamanda daha geriye gitmeye olanak tanımamasına rağmen, basınç merkezlerinin yıllar-ichi ve yıllar-arası uzamsal değişimlerini hesaba katmaz.

Şekil 1.1'de üst bölümde, 1899-2007 Atlantik Sektörü (20N-80N, 90W-40E), Deniz Seviyesi Basınç sahasının EOF analizinin NAO'ya denk gelen 1. temel bileşeninin uzamsal yapısını, alt bölümdeki renkli alanlar, aynı bileşenin zamansal serisini ve yine alt bölümdeki siyah çizgi ise istasyon (Stykkisholmur, İzlanda - Ponta Delgada, Azores (Rogers, 1997) tabanlı NAO zaman serisini göstermektedir. İki zaman serisinin arasındaki korelasyon 0.92'dir.

(<http://www.cgd.ucar.edu/cas/jhurrell/indices.info.html#naopcdjfm>)

Ayrıca, NAO'nun diğer istasyon tabanlı indeksleri (Rogers, Hurrell, Jones) ve biri 1950'den itibaren tüm Kuzey Yarıküredekî (20N-90N) Deniz Seviyesi Basıncı (DSB), diğeri 1800'dan itibaren Atlantik Sektörü (20N-80N, 90W-40E) Deniz Seviyesi Basıncı olmak üzere iki farklı EOF tabanlı NAO indekslerini de birbiri ile karşılaştırmak ve olası farkları saptamak amacı ile, bu 5 indeks, hepsinin bir arada görüleceği 1950'den günümüz'e kadarki zaman dilimi için, en baskın oldukları genişletilmiş kiş (Aralık-Ocak-Şubat-Mart) dönemi ortalamaları Şekil 1.2'de çizilmiştir. Göründüğü gibi, bu 5 indeks, esas olarak birbirleri ile büyük bir uyum içinde seyretmekle birlikte, Hurrell-NAO'daki değişkenlikler daha belirgindir. Topluca bir referans kaynağı olması açısından, NAO ile ilgili veri kaynakları da aşağıda listelenmiştir.

Kuzey Yarıküre'deki DSB sahası EOF modları ile NAO dahil EAWR, EA gibi indeksleri de veren Amerikan NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration)'a bağlı CPC (Climate Prediction Center):

Bilgi: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/teledoc/telecontents.shtml>

Veri: [ftp://ftp.cpc.ncep.noaa.gov/wd52dg/data/indices/tele\\_index.nh](ftp://ftp.cpc.ncep.noaa.gov/wd52dg/data/indices/tele_index.nh)

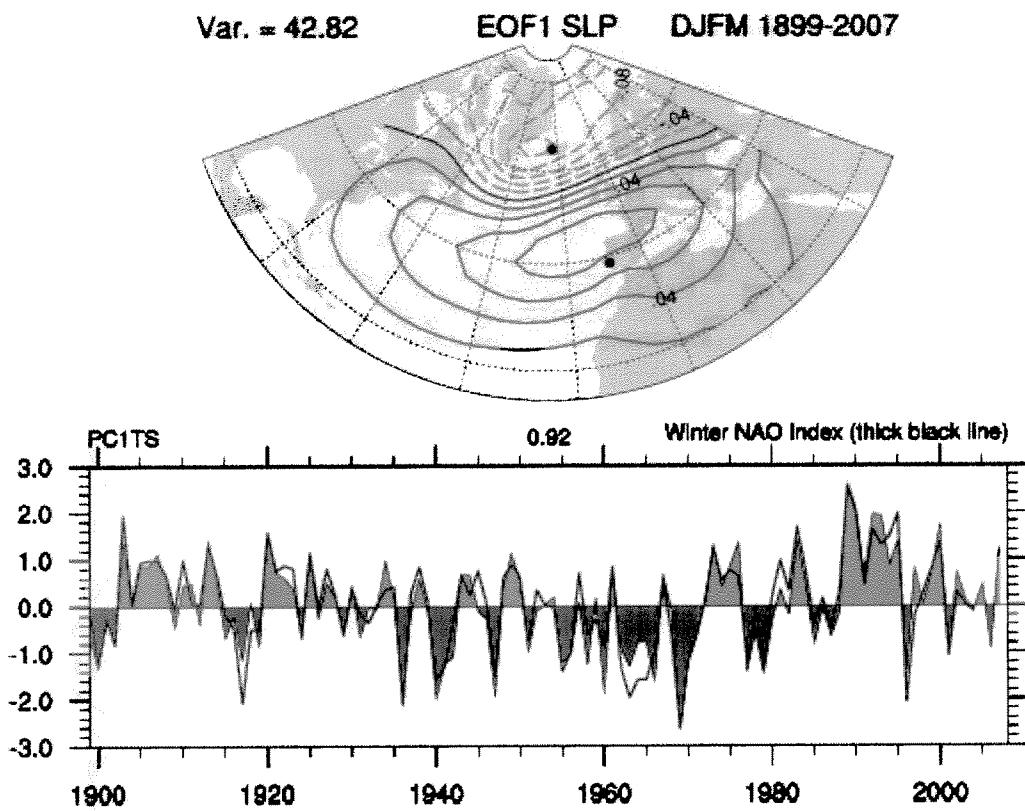
NOAA bünyesindeki sayfada aynı zamanda NAO-Jones verileri de bulunmuştur.

Veri: <http://www.cdc.noaa.gov/Correlation/jonesnao.data>

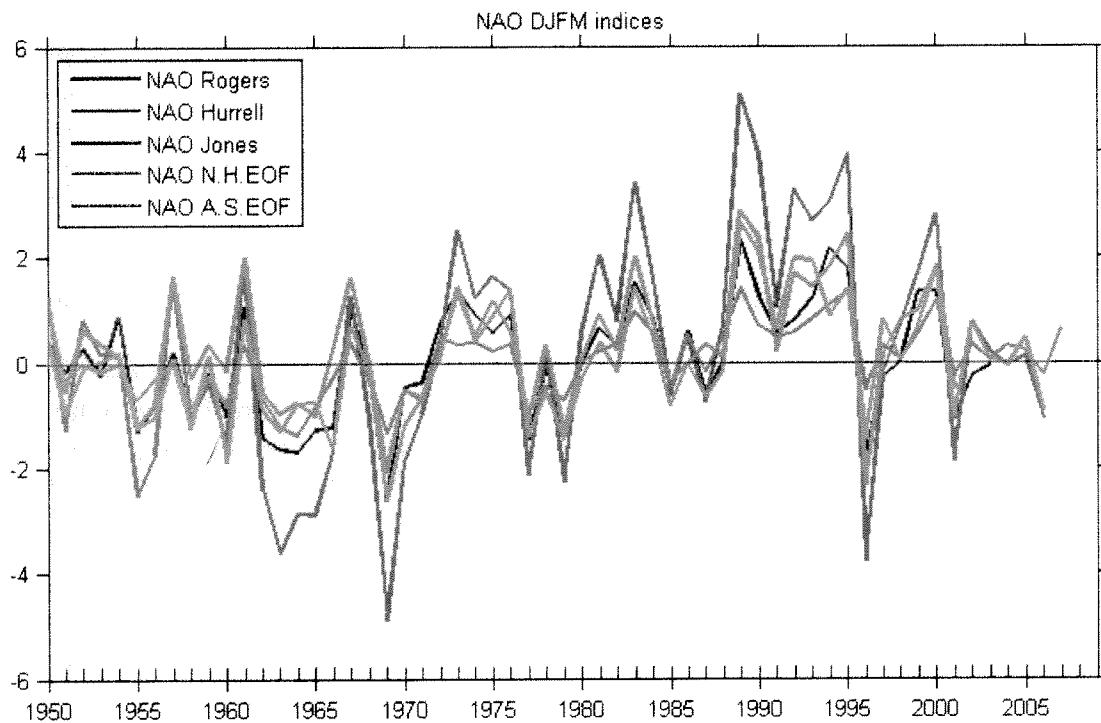
Amerikan NCAR (National Center of Atmospheric Research)'e bağlı CGD (Climate & Global Dynamics Division) bünyesindeki NAO ile yaptığı çalışmalar ile ünlü Jim Hurrell'in sayfası, hem Atlantik Sektörü DSB sahası EOF modları, hem NAO-Hurrell indeksi, hem de NAO-Rogers indeksi için veri ve bilgi sağlamaktadır:

Bilgi: <http://www.cgd.ucar.edu/cas/jhurrell/indices.html>

Veri: <http://www.cgd.ucar.edu/cas/jhurrell/indices.data.html>



Şekil 1.1: DSB EOF ve istasyon tabanlı NAO



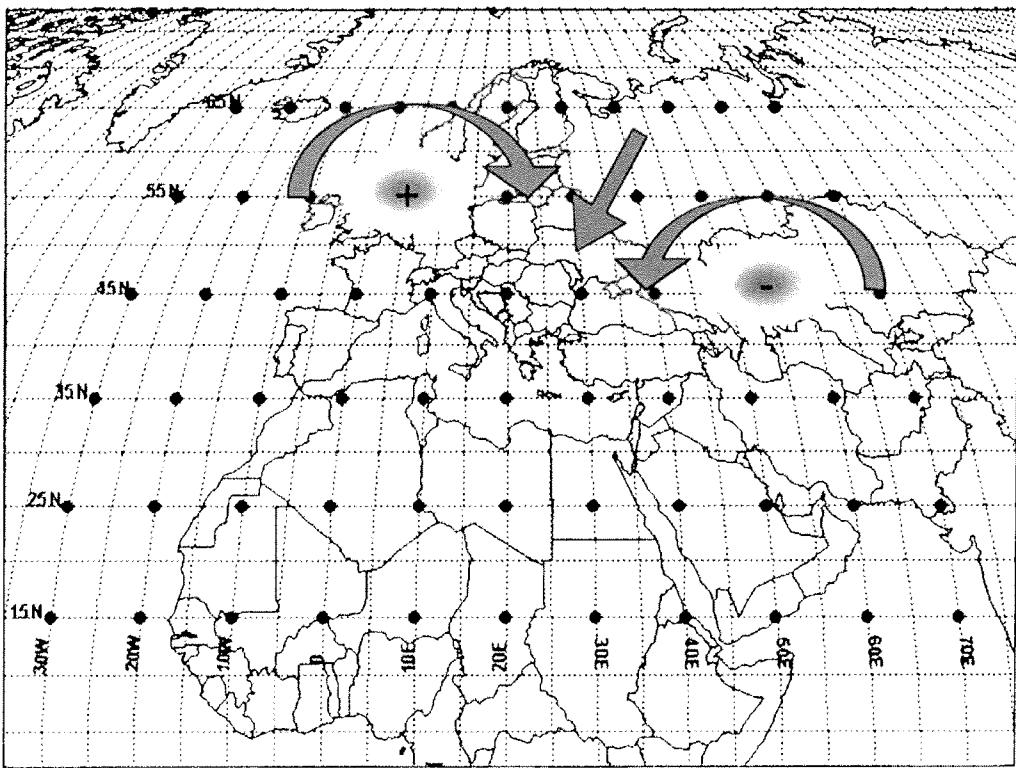
Şekil 1.2: İstasyon ve EOF tabanlı NAO indeksleri (N.H. EOF: Kuzey Yarıküre DSB EOF tabanlı NAO, A.S. NAO: Atlantik Sektörü DSB EOF tabanlı EOF, Bkz. metin)

Şekil 1.1'de de görüldüğü gibi yıllık salınımlar dışında, NAO zaman serisinde dikkat çeken başka bir nokta, NAO'nun belirli zaman aralıklarında, pozitif ve negatif değerlerini, birbirini takip eden yıllarda sürdürme eğiliminde olmasıdır. Buna örnek olarak, 1905-1930 arası pozitif, 1940-1970 arası negatif, 1980'den günümüze kadar pozitif şeklindeki salınımlar gösterilebilir. Hurrell, bu onyıllar-arası pozitif-negatif dalgalarının, Avrupa'daki sıcaklık ve yağış rejimlerinde büyük farklılıklara yol açtığını çok etkili biçimde gündeme getirmiştir (Hurrell, 1995), ve bu da, takip eden yıllarda NAO ile ilgili yapılan çalışma sayısının, her geçen yıl katlanarak artmasına katkıda bulunmuştur (Wanner ve ark., 2001, şekil-6). NAO'nun pozitif dönemlerinde, Batı'dan gelen nemli ve sıcak hava kütlesi, Kuzey Avrupa üzerinde yoğunlaşarak, bu bölgelerde özellikle NAO'nun etkinliğinin arttığı kiş aylarında, yağışlı ve ılık şartlar oluşturur. Bu dönemlerde Güney Avrupa, Orta Doğu ve Kuzey Afrikada, tam tersi soğuk ve kurak kiş şartları görülür. NAO'nun negatif dönemlerinde ise bu etkiler ters yüz olur (Hurrell, 1995).

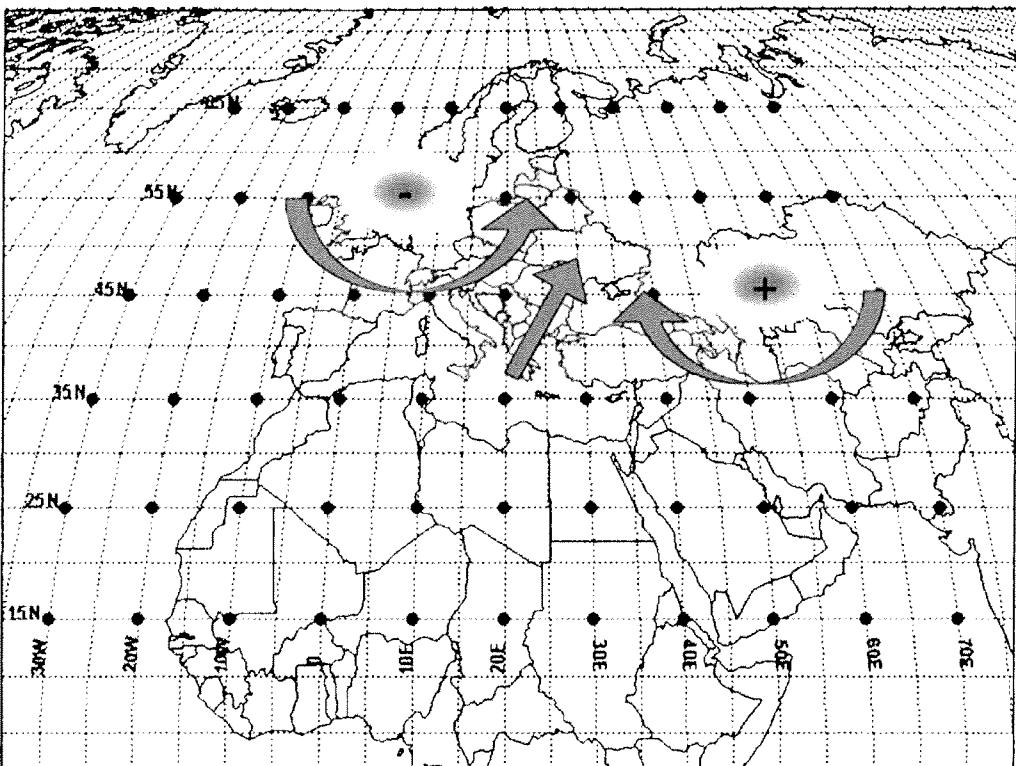
NAO'nun Amerika, Avrupa, Orta Doğu ve Kuzey Afrika'daki lokal hidro-meteorolojik koşullar üzerindeki etkisi bir çok çalışmaya konu olmuştur ve bu bölgelerdeki özellikle sıcaklık ve yağış'ın çok güçlü bir şekilde NAO'dan etkilendiği gösterilmiştir (Wanner ve ark., 2001; Hurrell ve VanLoon, 1997; Pozo-Vazquez ve ark., 2001; Krichak ve Alpert, 2005; Ben-Gai ve ark., 2001). Ayrıca, NAO'nun karasal ekosistemlerde çoğunlukla haya sıcaklıkları ve hidrolojik etkilerinden, deniz ekosistemlerinde ise çoğunlukla deniz suyu sıcaklıkları ve dalgı boyu etkilerinden kaynaklanan kontrolü, özellikle son zamanlarda gittikçe önem kazanan konulardan biridir (Ottersen ve Stenseth, 2001; Stenseth ve ark., 2002; Beaugrand ve ark., 2002; Dippner ve Ottersen, 2001; Smayda ve ark., 2004; Pershing ve ark., 2004; Ottersen ve ark., 2004; Durant ve ark., 2004). İklimsel şartların göl ekosistemlerine olan etkileri, Bölüm 1.2'de ayrıca mereek altına alınmıştır. Elektrik ihtiyacının önemli bir kısmını hidroelektrik kaynaklarından karşılayan Norveç'te, elektrik kullanımı üretlerinin NAO ile olan ilişkisi, bu konudaki ilginç çalışmaların biri olarak göze çarpar (Hurrel ve diğ., 2003). Ülkemizde de, NAO'nun Türkiye'deki yağış rejimi (Turkes ve Erlat, 2003, 2005), nehir akışları (Kalayci ve Kahya, 2006; Cullen ve deMenocal, 2000) ve sıcaklık (Karabork ve ark., 2005) üzerine olan etkileri çalışılmış ve istatistiksel olarak anlamlı etkiler gözlemlenmiştir. Ayrıca Oğuz'un, NAO ve EAWR'ın, Karadeniz'in fiziksel ve kimyasal özelliklerini, fitoplankton, zooplankton ve balık türleri de dahil olmak üzere biyolojik özelliklerini, besin tuzları zenginleşmesi ile beraber dikte ettiğini gösterdiği çalışmaları (Oguz ve ark., 2006; Oguz ve Gilbert, 2007), konunun dünya çapında çarpıcı örnekleri arasındadır.

### 1.1.2 EAWR

Barnston ve Livezey tarafından, Kuzey Yarı Küredeki uzun dönemli (35 yıl) 700hPa jeopotansiyel yükseklikteki basincın gridli (izgara) verisi üzerine bir tür EOF analizi (Döndürümüş Temel Bileşen Analizi) yaptıkları ve daha önce bilinmeyen başka örünlükleri de bulup isimlendirdikleri çalışmada, bugün genelde EAWR veya NCP (North Caspian Pattern – Kuzey Hazar Örünlüğü) diye bilinen örünlük bulunup EU2 (Eurasian Pattern Type 2) olarak isimlendirilmiştir (Barnston ve Livezey, 1987). Daha sonra Kutiel ve Benaroch (2002), tarafından Avrasya ve Kuzey Avrupa'da 500 hPa yüksekliğindeki basınç serilerinin, birbirleri arasındaki doğrusal korelasyonları hesaplanarak basınç merkezlerinin yerleri kesinleştirilmiştir (bkz. Şekil 1.3 ve Şekil 1.4).



Şekil 1.3: EAWR olumlu (+) modu (Kutiel ve Benaroch, 2002)



Şekil 1.4: EAWR olumsuz (-) modu (Kutiel ve Benaroch, 2002)

Bu sistem, Hazar Denizi ve Kuzey Denizi civarında bulunan merkezlerin, basınç anomalilerinin etkileşiminden meydana gelir. EAWR'in pozitif modunda (Şekil-2), Hazar merkezi'ndeki negatif basınç anomalileri saatin ters yönüne bir hareketle, Sibirya üzerindeki soğuk ve kuru havayı, Türkiye ve Balkanlar üzerinden Akdeniz'e doğru iterken, Kuzey Denizi merkezindeki pozitif basınç anomalileri de İskandinavyadaki soğuk ve kuru havayı saat yönünde bir hareketle yine Balkanlar üzerinden Güney'e doğru indirir. (Kutiel ve Benaroch, 2002; Krichak ve ark., 2002; Kutiel ve ark., 2002). Sonuçta Türkiye'nin Kuzeyinde oluşan Güneybatı doğrultulu bir hava akımının etkisiyle Türkiye'de soğuk ve kuru hava koşulları oluşur. EAWR'in negatif modunda ise (Şekil 1.3) Hazarda oluşan saat yönündeki ve Kuzey Denizinde oluşan saatin ters yönündeki harekete bağlı olarak Türkiye'nin Güneyinde oluşan Kuzeydoğu doğrultulu hava akımın etkisiyle Türkiye'de ılık ve nemli hava koşulları oluşur (Kutiel ve Turkes, 2005). EAWR'in Türkiye de dahil olmak üzere, Doğu Akdeniz'deki yağış rejimlerine ve sıcaklıklara etkisi çalışılmış olmakla birlikte (Kutiel ve Turkes, 2005; Gunduz ve Ozsoy, 2005; Krichak ve Alpert, 2005), EAWR ile ilgili Avrupa'nın geri kalanında yapılmış az miktarda çalışmaya rastlanmıştır (Rodriguez-Puebla ve ark., 2001). Hasanean (2004), Mısır'daki kiş sıcaklıklarının EAWR'dan etkilendiğini göstermiştir. Oğuz, EAWR'in Karadeniz ekosistemi üzerinde NAO ile birlikte dönüşümlü olarak etkinlik gösterdiğini anlatmıştır (Oğuz ve ark., 2006).

Bilgi: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/teledoc/telecontents.shtml>

Veri: [ftp://ftp.cpc.ncep.noaa.gov/wd52dg/data/indices/tele\\_index.nh](ftp://ftp.cpc.ncep.noaa.gov/wd52dg/data/indices/tele_index.nh)

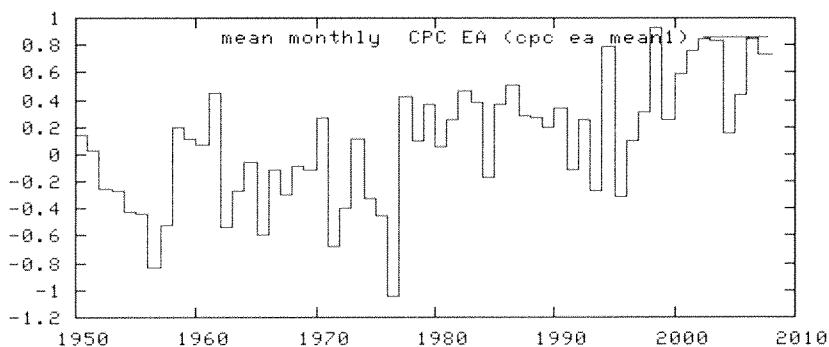
### 1.1.3 Doğu Atlantik Salınımı (EA)

Burada kullanılan EA (Doğu Atlantik) salınımı, Barnston ve Livezey'in (1987) çalışmasında gösterilen "East Atlantic Pattern'a benzemekle birlikte, Wallace ve Guzler (1981)'ın tanımlamış olduğu "the eastern Atlantic Pattern" ile karıştırılmamalıdır. EA, Kuzey-Güney doğrultulu yapısıyla NAO'ya benzemekle beraber, özellikle güneyindeki güçlü bir yarı-tropik etkileşim yüzünden NAO'dan ayrıılır. Basınç merkezleri, NAO'nun basınç merkezlerinin güneydoğusunda kalır. EA, tarihsel kaydının (1950'den günümüze) ilk bölümünde negatif evre, sonraki bölümünde ise pozitif evre olmak üzere, güçlü bir onyıllar-arası değişkenlik göstermiştir (Bkz.Şekil 1.5) (<http://www.cpc.noaa.gov/data/teledoc/ea.shtml>).

EA'nın pozitif evreleri, Avrupa'nın tamamında yüksek sıcaklıklar, Avrupa'nın Kuzeyinde normalden ıslak, Güneyinde ise normalden kuru koşullara neden olur. Wibig (1999), Avrupa üzerinde 500 hPa jeopotansiyel yükseklik sahasıyla Avrupa'nın tamamını temsil eden 321 istasyondaki yağış verilerinin ilişkisini gösterdiği çalışmada, Aralık ve Mart aylarında EA'ya karşılık gelen bir örümlüğün yağışla ilişkili olduğunu göstermiştir. İspanya'da yağışların NAO ve EAWR'a daha az da olsa anlamlı olarak EA'dan etkilendiği gösterilmiştir (Rodriguez-Fonseca ve Serrano, 2002; Cararmelo ve Orgaz, 2007). Birleşik Krallık ve İrlanda'da ise, yağış örümlüklerinin beklenildiği gibi NAO değil, daha çok EA etkisinde olduğu iddia edilmiştir (Murphy ve Washington, 2001). Aynı şekilde, Birleşik Krallık'daki bir kelebek türünün (*Arctica Caja*) de bolluk ve büyümeye hızının, NAO ile değil, EA ile ilişki içinde olduğu belirlenmiştir (Conrad ve ark., 2003). Ayrıca Atlantik Denizindeki yüzey tuzluluğu'nun mekansal örümlükleriyle EA arasında benzerlik bulunmuştur (Mignot ve Frankignoul, 2004). Türkiye'deki sıcaklık veya hidrometeorolojik parametrelerin EA ile olan ilişkisiyle ilgili yapılmış herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Bilgi: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/teledoc/telecontents.shtml>

Veri: [ftp://ftp.cpc.ncep.noaa.gov/wd52dg/data/indices/tele\\_index.nh](ftp://ftp.cpc.ncep.noaa.gov/wd52dg/data/indices/tele_index.nh)



Şekil 1.5: EA yıllık ortalama zaman serileri (<http://climexp.knmi.nl> sayfasından sorgulama yapılarak elde edilmiştir)

#### 1.1.4 Diğer Önemli Salınım Sistemleri

Coğrafi anlamda ülkemizi birincil derecede ilgilendiren atmosfer sistemi ile sürekli ve doğrudan ilişkili olmadığı için çalışma kapsamına alınmayan, ancak dünya çapındaki etkileri ile çok önemli olan bazı salınım sistemlerinden bu bölümde bahsedilmektedir.

##### *Akdeniz Salınımı (Mediterranean Oscillation - MO):*

NAO'nun Akdeniz bölgesindeki etkinliği (NAO'nun pozitif fazında bölgedeki normalden yüksek basınç ve az yağış, NAO'nun negatif fazında tam tersi) zaten bilindiği halde, Akdeniz'deki daha küçük ölçekli bir sistemin bu bölgedeki iklimsel elamanlar üzerinde daha etkin olabileceği iddia edilmiştir (Conte 1989, Palutikof 1996). Bölgesel DSB (Deniz Suyu Basıncı) sahasının PCA analizi ile bulunarak Akdeniz Salınımı (MO) adı verilen bu örümlüğün pozitif fazlarında, siklon gelişiminin (cyclonogenesis) bölgede normalden yoğun, negatif fazlarında ise normalden zayıf olduğu gösterilmiştir (Susej, 2006). MO sistemi, başlangıçta bu proje içinde de çalışılması düşünülen bir sistem olduğu halde, Bölüm 3.2'de gösterileceği gibi, zaman serilerinin NAO ile büyük bir uyum içinde olduğu görülmüş ve ele alınmaktan vazgeçilmiştir.

Veri için: <http://www.cru.uea.ac.uk/~andrewh/moi.html>

##### *El Niño-Güney Salınımı (El Niño-Southern Oscillation - ENSO):*

Walker Dolaşımı olarak bilinen bir dolaşım sistemi, Güney Pasifikteki okyanus ve iklim sistemini düzenler. Normal koşullarda, alize (trade) rüzgârları, Batı Pasifik'e doğru eser ve yüzeydeki sıcak suyu Endonezya yakınlarında biriktir. Bu nedenle Batı Pasifikte, su seviyesi ve su sıcaklıklarını Doğu Pasifik'e göre daha yüksektir. Ayrıca Doğu Pasifikte, rüzgarın yüzey suyunu batıya sürüklemesi nedeniyle derindeki besin tuzları açısından zengin sular yukarı pomplananır ("upwelling"). El nino, bu sistemin zayıflayarak, nemli ve sıcak hava kütlesinin Doğu Pasifik'e akın etmesiyle tüm Güney Amerika'da ve Kuzey Amerika'nın orta kısımlarına kadar son derece önemli etkiler yaratır, 4 ila 7 senede bir tekrarlayan olaylara verilen isimdir. Bu dönemlerde yukarı pompalama etkisi de yok olduğu için, Doğu Pasifikteki besin tuzları konsantrasyonu da azalarak, zincirleme ekolojik tepkiler meydana gelir. La nina ise, Walker Dolaşımının daha da güçlenerek tam tersi etkilerle sonuçlanmasına verilen genel isimdir. Alize (Trade) rüzgârları güçlenerek, sıcak ve nemli havayı Batı Pasifikte hapseder ve bu bölgelerde firtinalı yağışlar meydana getirir. Aynı dönemlerde Batı Pasifikte ise yukarı pompalama olayları iyice güçlendiği için okyanustaki canlılık artar, ve yine bir dizi zincirleme ekolojik tepkiler meydana gelir. Bu olayların gücü, okyanus sıcaklıklarındaki değişim veya Güney Salınımı İndeksinin (SOI) değerleriyle ölçülür.

<http://www.bom.gov.au/climate/enso/>

[http://ess.geology.ufl.edu/usra\\_esse/ENSO\\_Mechanism.html](http://ess.geology.ufl.edu/usra_esse/ENSO_Mechanism.html)  
[http://www.cdc.noaa.gov/ENSO/enso\\_description.html](http://www.cdc.noaa.gov/ENSO/enso_description.html)  
<http://iri.columbia.edu/climate/ENSO/>

#### *Madden-Julian Salınımı (Madden-Julian Oscillation - MJO)*

Ekvator bölgesindeki büyük ölçekli, etkinliğini yaklaşık 30-60 gün süren bir salınımdır. Hint Okyanusunda ortaya çıkan ve büyük bir hızla (800 km/gün) doğuya doğru yol alır ve bu bölgelerde rüzgâr hızı ve yönü, bulutluluk, yağış, deniz yüzeyi sıcaklığı gibi önemli atmosferik ve okyanussal parametrelerinde değişkenliğe yol açar. ENSO ile veya Musonlar ile etkileşim içinde olabildiği gösterilmiştir.

<http://www.apsru.gov.au/mjo/index.asp>  
<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/MJO/mjo.shtml#educational%20material>

#### *Pasifik On-yıllar Arası Salınımı (Pacific Decadal Oscillation - PDO)*

PDO terimi ilk defa 1996 yılında balıkçılık alanında doktora çalışması yapan Steven Hare'in Arktik Somon üretimi ile Pasifik iklimi arasındaki ilişkiyi araştırmasında kullanılmıştır. Etkinliğini Kuzey Pasifikte süren PDO, ENSO'ya benzeyen bir sistem olmakla birlikte, sıcak ve soğuk döngülerini, ENSO'dan farklı olarak 6-18 ay değil, 20-30 yıl sürmektedir. PDO'nun sıcak durumları, Kuzey Batı Amerika'da normalden yüksek ve Güney Doğu Amerika'da normalden düşük sıcaklıklar, Güney Amerika'da normalden yüksek ve Kuzey Amerika'da normalden düşük yağışlar ile sonuçlanmaktadır.

<http://jisao.washington.edu/pdo/>  
<http://www.atmos.washington.edu/~mantua/REPORTS/PDO/PDO.cs.htm>

## **1.2 İKLİMSEL DEĞİŞKENLİĞİN GÖLLER ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ**

Yapılan bir çok çalışmada, göllerdeki su sıcaklıklarının, besin tuzlarının, silikat, kalsiyum gibi maddelerin, alkalinité, pH, gibi kimyasal özelliklerin, klorofil-a ve zooplankton gibi biyotik bileşenlerin hem farklı göller arasında, hem de atmosferik dolaşım indeksleriyle uyumluluk içinde olabildikleri gösterilmiştir (Weyhenmeyer, 2004; George ve ark., 2000; Baines ve ark., 2000). Bu bölümde, görülen bu ilişkilere neden olabileceği gösterilmiş olan mekanizmalardan bahsedilecektir. Meteorolojik koşullardaki değişimlerin en dolaylı etkileri, genel olarak su yüzeyindeki doğrudan etkileşim sayesinde göllerin fiziksel ve hidrolojik özelliklerinde görülür. İklim sinyallerinin, gölün daha karmaşık yapılarına ulaşmasında bu fiziksel ve hidrolojik değişkenlerin, bir ara basamak oluşturduğu düşünülmektedir. Bu nedenle, bu bölüm, fiziksel ve hidrolojik değişkenler merkezinde, bir neden-sonuç ilişkisi içinde ele alınmıştır. Bölüm sonunda ise, bu başlıkların altında olmayan, ama yine de önemli olan noktalar vurgulanmaktadır.

### **1.2.1 Su sıcaklığı ve Buzlanma zamanlamalarındaki değişimler**

#### *1.2.1.1 Nedenleri*

Su yüzeyindeki doğrudan etkileşim sayesinde, göllerdeki su sıcaklıklarının hava sıcaklıklarını ile ilintili olması zaten beklenen bir durumdur. Göllerdeki su sıcaklıklarının, gerek aradaki uzun mesafelere rağmen birbirleri arasında, gerekse iklimsel salınım indeksleri ile gözlenen uyumluluk, göl sıcaklıkları üzerindeki daha geniş kapsamlı bir atmosfer denetimini işaret eder (George ve ark., 2000; Gerten ve Adrian, 2001; Livingstone ve Dokulil, 2001; Blenckner ve Chen, 2003). Fakat, göllerdeki su sıcaklıkları, su derinliği ve karışım düzenlerine bağlı olarak iklim değişimlerine verdikleri tepkilerde farklılıklar gösterir. Örneğin derin göller, sahip oldukları büyük miktardaki su kütlesine oranla küçük bir etkileşim alanına (göl yüzeyi) sahip oldukları için hava sıcaklıklarındaki değişimlere daha geç ve az tepki verirler (Straile ve

Adrian, 2000). Ayrıca, göllerdeki tabakalaşma rejimine bağlı farklılıklar olduğu da gösterilmiştir (Bkz. Bölüm 1.2.2). Senede bir defa karışan (monomiktik) veya iki defa karışan (dimiktik) göllerde, azışıklı (hypolimnion) tabakaya ulaşana kadar sıcaklık değişimlerinin etkisi sönükleşebilir, hatta yok olabilir (Gerten ve Adrian, 2001). Bununla beraber, derin göller, kışın aldıkları iklim sinyalini, genelde bahar sonuna kadar kaybeden sığ göllerin aksine, yaz sonuna kadar, hatta bir sonraki yılın yaz sezonuna kadar saklayabilir (Straile, 2003).

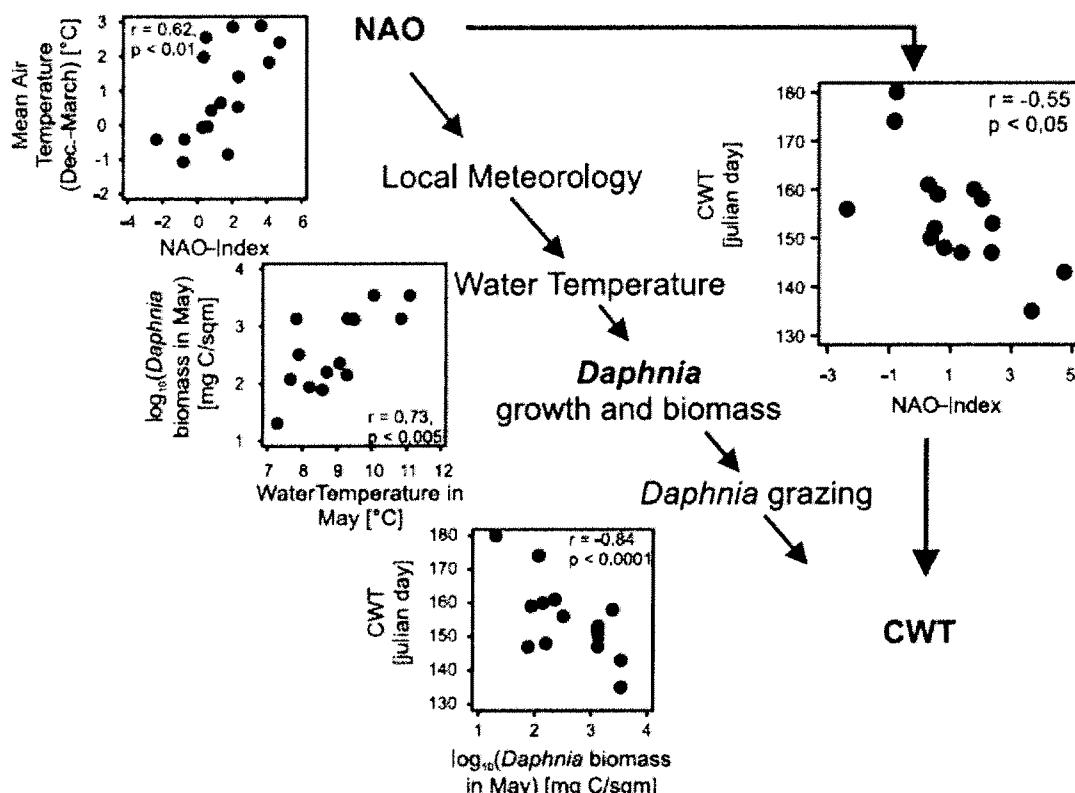
Kış aylarında su yüzeyinin buzlanması, buzlanmanın derinliği ve yüzeydeki buzun çözülme zamanlamasının da hem hava sıcaklıklarıyla, hem de iklimsel salınımlarıyla ilişkili olduğu gösterilmiştir (Palecki ve Barry, 1986; Livingstone, 1999; Yoo ve D'Odorico, 2002). Göl yüzeyinin buzlanma zamanlamaları, hem kış sıcaklıklarını yansitan bir iklim göstergesi olduğu, hem de özellikle buzlanma sürelerinin 3-4 ayı bulabildiği kuzey göllerinde olmak üzere önemli ekolojik sonuçları olabildiği için üzerinde çok miktarda araştırma yapılan bir konudur (Magnuson ve ark., 2000).

#### 1.2.1.2 Sonuçları

Su sıcaklığındaki değişimlerin, besin tuzları konsantrasyonlarını da etkilediği gösterilmiştir. Azotun, sıcak geçen kış aylarında, göle gelen akımlara karışmadan önce topraktan sızması sırasında, topraktaki bakteriler tarafından asimilasyonu, sıcaklıkla beraber arttığı için, sistemde azaldığı çeşitli defalar gösterilmiştir (George ve ark., 2004; George ve ark., 2004). Buna karşılık, Weyhenmeyer (2004), daha yüksek enlemlerde, soğuk geçen kişlarda toprak donacağı için besin tuzlarının çözülmesinin zorlaşmasına bağlı olarak da soğuk geçen kişları takip eden sezonlarda göldeki besin tuzların konsantrasyonlarının düştüğünü göstermiştir. Sıcaklığın fosfata etkisi daha dolaylı bir yoldandır: Bölüm 1.3.2'de görüleceği gibi özellikle çok karışıklı göllerde (polymictic) dip çamurundan fosfat salımı, göl açısından çok önemli bir fosfor kaynağı olabilmektedir. Bununla birlikte, dip çamurunun yüzey tabakasında ancak oksijenli koşullarda gerçekleştirilebilen demir-fosfor bağlanması, dip çamurunu sağlamlaştırır ve çamurdan suya fosfor difüzyonunu azaltır. Ancak dip çamuru üzerindeki ölü maddenin demineralizasyonu, artan sıcaklıkla beraber artacağı ve bu, oksijen tüketen bir süreç olduğu için, artan sıcaklıklarla beraber dip çamuru anoksik hale getirebilir ve bu da demir-fosfor bağlanması azaltacağı için göldeki fosfor konsantrasyonları artabilir (Scheffer, 1998; Liikanen ve ark., 2002).

Bir çok zooplankton türünün çoğalma hızı, vücut büyümesi, yumurta gelişimi gibi yaşam öyküsü özelliklerinin (life history trait) sıcaklığından etkilendiği bilinmektedir (Wetzel, 1983). Ancak, partenogenetik olarak çoğalan kladoser'ler gibi içsel (intrinsic) büyümeye hızları yüksek olan türlerin, kopepodlar gibi gelişme süreleri daha uzun olan ve daha karmaşık yaşam döngülerine sahip olan türlerle göre çevresel koşullara daha hızlı tepki verdiği görülmüştür (Straile, 2004). Çeşitli çalışmalarla, NAO'nun pozitif fazı'na bağlı olarak Kuzey Avrupa'da oluşan yüksek sıcaklıklarla beraber özellikle su ısınmasını izleyen tabakalaşma ve üst tabakanın fitoplankton büyümeyesine bağlı besin ihtiyacı bakımından zenginleşmesi sonrası, *Daphnia*, *Keratella* ve *Bosmina* cinslerine bağlı türlerin hem biyokütlesinin arttığı hem de yoğunluk artışı (patlama) zamanının öne alındığı arttığı gösterilmiştir (Straile, 2000; Straile ve Adrian, 2000; Gerten ve Adrian, 2000). Ancak, sıcaklıkla beraber gözlenen bu artışlar, ancak beslenme ihtiyacının karşılandığı durumlarda görülebilir. Bu ihtiyaç karşılanmadığı zaman, artan sıcaklığın metabolik ihtiyaçları artırmasıyla örneğin yine *Daphnia* üzerinde ters etki yaptığı da görülmüştür (George, 2000). Özellikle *Daphnia* gibi süzme kapasitesi yüksek olduğu için alg patlamalarını bastıran (Sommer U, 1986) bir türde

ortaya çıkan bu etkiler, NAO gibi sistemlerin, sıcaklık üzerinden berrak-su zamanlamasını etkileyebileceğini gösterir (Straile, 2003b, 2002)(Bkz. Şekil 1.6). Sıcaklıkla berrak su zamanlaması arasında görülen bu etkileşim, bir plankton modelinde de gösterilebilmiştir (Scheffer ve ark., 2001). Su sıcaklığının bir başka etkisi olarak da, özellikle güney göllerinde ve yaz aylarında, sıcaklıkla beraber artan demineralizasyon, dekomposisyon gibi oksijen tüketen süreçlere bağlı olarak, özellikle de durgun (çalkantısız) koşullarda göldeki oksijenin tükeniği, bunun da Balık ölümleriyle sonuçlandığı bilinmektedir.



Şekil 1.6: NAO sinyalinin sırayla meteorolojik, fiziksnel ve biyolojik ara basamaklarla berrak-su zamanlamasına etkisini gösteren diyagram (Straile, 2003b'den alınmıştır)

Göl yüzeyindeki buzlanma, birincil üretim için gerekli ışığı engellediği için, havanın ısınma şartlarına bağlı olarak buzun çözünme zamanlaması, alg patlamalarının zamanlaması üzerine doğrudan etki eder. Bölüm 1.2'de anlatıldığı gibi, hava sıcaklığı da büyük ölçekli salınımların etkisinde olduğu için, bu salınımların aynı zamanda alg patlaması zamanlamaları üzerinde de etkin olabildiği gösterilmiştir (Blenckner ve Chen, 2003; Gerten ve Adrian, 2000; Weyhenmeyer ve ark., 1999). Kuzey göllerinde, gölün uzun süre buz altında kalmasının neden olduğu anoksik koşulların, balık ölümleriyle sonuçlandığı çok uzun zamandır bilinmektedir (Greenbank, 1945; Jeppesen ve ark., 2000). Bunun da, balığın zooplankton üzerindeki baskısının azaltarak, su berraklığının artmasına neden olduğu ileri sürülmüştür (Jeppesen ve ark., 1998; Jeppesen ve ark., 2000)

## **1.2.2 Tabakalaşma ve Karışım**

### *1.2.2.1 Nedenler*

Göller, mevsimsel bir dinamik içinde yüzeylerinden ısı kaybeder veya ısı kazanırlar. Bu, yeterince derin göllerde, su kolonunda hem bir sıcaklık, hem de buna bağlı olarak bir yoğunluk gradyanı oluşmasına neden olur. Gölün morfometrisine ve iklim rejimine göre, göller genellikle, bu sıcaklık farkının yılda iki defa (bahar aylarında) kaybolarak tüm su kolonunun karışmasına karşılık gelen “dimiktik” tabakalaşma yapısına sahip olmakla birlikte, farklı türde tabakalaşma çeşitleri de mevcuttur (Wetzel, 1983). Tabakalaşmanın şiddeti, hava sıcaklıklarında meydana gelen değişimlerden hem yıl içinde, hem de yıllar arası olmak üzere, etkilenirler. Derin veya tabakalaşmış göllerde rüzgâr’la ortaya çıkabilecek bir su hareketi, tabakalaşmanın gücüne göre, daha önce değinilen “yükarı pompalama” (upwelling) olarak bilinen bir mekanizmayla hypolimnion’daki maddelerin epilimnion’a karışmasına neden olur. Oschlies (2001), NAO ile Atlantik Denizindeki yukarı pompalama serilerinin arasındaki uyumluluğu ve Atlantik’teki nitrat temininin 60%’lara kadar değiştirdiğini göstermiştir.

Rüzgâr, yüzeyden gölün tabanına doğru yayılan ve yüzeye kendini “dalgalanma” olarak belli eden bir su hareketine neden olur. Bu hareketin hızı, rüzgârin şiddetine bağlı olduğu kadar rüzgârin gölün yüzeyinde ne kadar yol aldığına da bağlıdır. Rüzgârin göl yüzeyinde aldığı yol, gölün rüzgârin esme doğrultusunda, karşılıklı iki kıyısının arasındaki uzaklıktır. Rüzgâr hızı ve göl yüzeyinde alınan yol arttıkça, dalganın yatay hızı artar. Dalganın derinlikle beraber üssel olarak azalan hızı, tabakalaşma olmayan sıçrıcı göllerde tabanda bir gerilim yaratır. Dip çamurundan suya ne kadar karışım olacağı, tabandaki gerilimin şiddetine ve dip çamurunun yapısına bağlıdır (Hamilton ve Mitchell, 1997). Buna karşın resuspension miktarı, dalgâh hızıyla sürekli bir ilişki göstermez, ancak belli bir kritik gerilim şiddetinin ardından başlar (Scheffer, 1998; Hamilton ve Mitchell, 1996). Dalganın yatay hızı, derinlikle beraber üssel olarak azaldığı için, derin göllerden çok sıçrıcı göllerde etkili olabilen bir mekanizmadır.

Yapılan literatür taramasında, yine önemli bir biyo-geo-kimyasal mekanizma olan, genellikle yüzey suyunun aniden soğuyup dibenin sıcaklıkgradienti’nden kalın su kütlesiyle yer değiştirmesi olarak bilinen “downwelling” konusuyla ilgili göllerde yapılmış benzer içerikli bir çalışmaya rastlanmamıştır.

### *1.2.2.2 Sonuçları*

Büyük göllerde yukarı pompalamanın gözlemlenmesine ve bu olayın besin tuzları, fitoplankton ve bakteri toplulukları gibi bileşenler üzerinde yarattığı sonuçlarına dair çalışmalar bulunmakla birlikte (De Wever ve ark., 2005; Verburg ve ark., 2003) göller düzeyinde bu olayların iklimle olan ilişkisi konusunda yapılmış çok fazla çalışma yoktur. Straile ve ark., 2003 büyük ve derin bir göl olan Konstanz Gölü’nde yaptığı çalışmada, NAO’nun olumlu olduğu dönemlerde bölgedeki kış sıcaklıklarının, tabakalaşmayı bozacak kadar düşmemesi nedeniyle, bu dönemlerde hypolimnion’dan epilimnion’a madde taşınınının sınırlı kaldığını göstermiştir.

Karışımın, fitoplankton tür komposisyonuna etki edebileceği de gösterilmiştir. Weyhenmeyer (1999), İsviçre’deki göllerde yaptığı çalışmada, Diatom türünün diğer fitoplankton türlerine olan oranının NAO ile olumlu ilişki içinde olduğunu göstermiştir. Bunun nedenini, NAO’nun olumlu modlarında, bölgede kış mevsimi hava sıcaklıklarının artarak, buzun erken

çözülmesine neden olması ve bunun da, normalde ince buz tabakasının altında, dolayısıyla durgun suda oluşabilen dinoflagellate baskın fitoplankton patlamasının, buzsuz ve karışıklı ortamda oluşarak durgun suda çöken diatomlara avantaj sağlamaşına bağılmıştır.

Sığ göllerde rüzgârin Askıda Katı Madde ve dip çamurunun kompozisyonuna göre toplam fosfor'a (Degroot, 1981; Kristensen ve ark., 1992; Sondergaard ve ark., 1992; Hamilton ve Mitchell, 1996), bunlar üzerinden de fitoplankton (Carrick ve ark., 1993) üzerine yaptığı etkiler, arazi, laboratuar ve model çalışmalarında güçlü bir şekilde gösterilmiştir.

Rüzgâr, büyük ölçekli bir sistemin kontrolünde olsun-olmasın, her zaman vardır ancak, sığ göllerde derinlik azaldıkça etkisinin artacağı düşünülürse, iklim kontrolünde oluşan su seviyesi dalgalanmalarıyla birlikte birbirini tamamlayan bir çift olarak, önemi artar.

### **1.2.3 Göle Giren Akımlardaki Değişimler**

#### **1.2.3.1 Nedenleri**

Büyük ölçekli atmosfer sistemleri ile nehir akımlarının ilişkisi dünyanın çok çeşitli coğrafi bölgelerinde yapılan çalışmalarla belgelenmiştir. Marengo (1995), Güney Amerika'daki akışların Güney Salınınimin uç (extreme) fazlarından etkilendiğini göstermiştir. Kahya ve Dracup (1993), Amerika Birleşik Devletlerindeki nehir akımlarının El Niño/Güney Salınımı (ENSO), Cullen ve ark. (2002) ise Orta Doğu'daki nehirlerin kiş ayları akımının Kuzey Atlantik Salınımı (NAO) etkisinde olduğunu göstermişlerdir. Coulibaly ve ark. (2000), yinelenen sinir ağları (RNN - Recurrent Neural Networks) kullanarak, Kanada'daki akımların ENSO, NAO ve PNA gibi salınım indisleri kullanılarak tahmin edilmesi üzerine yaptığı çalışmada, anlamlı sonuçlar elde etmiştir.

Ülkemizde de, yine Cullen ve deMenocal (2000), Fırat ve Dicle nehirlerinin Aralık-Nisan ortalama akımlarının NAO ile ters bir ilişki içinde olduğunu göstermiş, bunun da yine NAO ile uyum içinde olan sıcaklık ve yağış ile ilintili olduğunu iddia etmiştir. Kalaycı ve Kahya (2006), yaptıkları çalışmada, Türkiye coğrafyasını kapsamlı bir şekilde ifade eden 78 nehir istasyonu üzerinde yaptıkları çalışmada, nehir akımlarındaki kiş ortalamalarındaki değişkenliklerin önemli bir bölümünün NAO ve ile uyum içinde olduğunu ve bunun da yine bu uyuma destek veren yağış üzerinden olduğunu göstermişlerdir.

#### **1.2.3.2 Sonuçları**

Göle gelen yüzey akımları, havzadaki toprak yapısı, bitki örtüsü ve akıntı hızına göre değişen konsantrasyonlarda besin tuzları ve askıda katı madde barındırır. İnsan müdahalesine bağlı olarak ağır metaller ve diğer kimyasalları da müdahalenin türüne göre değişen konsantrasyonlarda barındırabilir. Göllere gelen akımların azalması göllere taşınan besin tuzu yüklerinin azalmasına neden olabilir ancak göl içi mekanizmalar ve özellikle ortamdaki çözünmüş oksijen miktarına bağlı olarak azot ve fosfor yoğunlukları artabilir (Özen ve ark., 2005). Weyhenmeyer ve ark. (2004) İsviçre' te 2000 yılında yaşanan bir aşırı yağışlı kiş döneminden sonra inceleme yapılan 5 gölde, su berraklığının, besin tuzlarının ve buna bağlı olarak da fitoplankton topluluk yapısının değiştigini göstermiştir. Bunun nedenini büyük ölçüde, aşırı yağışın, kıyı erozyonuna bağlı olarak göllere gelen yüzey akımlarını organik madde bakımından zengin (humic) hale getirmesine bağılmıştır. Benzer şekilde, George ve ark.'ın (2004) yaptıkları çalışmada, NAO'nun olumlu fazında İngiltere'de artan yağışlara bağlı olarak, çözünmüş reaktif fosfat (SRP)'de artış olduğunu göstermiştir. Bunun nedeninin,

ıslanınca topraktan çözülen fosfatın yağışın az olduğu durumlarda geri toprak tarafından sağlanması, fakat yağışın çok olduğu durumlarda, geri sağlanmasına fırsat kalmadan göle eklenmek üzere akıntıya kapılması olabileceğini iddia edilmiştir.

Göle gelen akımların doğrudan etkilerinden başka, dolaylı sonuçları da olabilir. Göle giren akımların, buharlaşma haricinde çıktıtı olan göllerde, hidrolik beklemeye süresindeki ( $\tau_r$ ) değişimler üzerinden dolaylı olarak göl ekosistemlerini etkilemesi de karşılaşılan bir durumdur. Göle giren akımın aynı miktarda gölden çıkışını kabul edersek, akım (Q), gölde bulunan toplam su hacmi (V) ile birlikte hidrolik beklemeye süresi ( $\tau_r$ ) belirler.

$$(\tau_r) = V/Q$$

Artan yağışlara bağlı olarak artan akımlarla beraber, göldeki hidrolik beklemeye süresinin azalmasına bağlı olarak, azotun sistemden atılmasının en güçlü mekanizmalarından olabilen denitrifikasyon ve sedimana gömülmeye gibi süreçlere daha az gireceği için, sistemdeki Azot artabilir (Scheffer, 1998). Sistemdeki tuzun da, özellikle gölden su çıkışında buharlaşmanın rolünün artarak, beklemeye zamanını artırması (yıkama hızının azaltması) sonucu arttığı gösterilmiştir (Sanford ve Wood, 1991; Zavialov ve ark., 2003; Verschuren ve ark., 1999). Jeppesen ve ark (2007), tuzluluğun tatlı su ekosistemlerini nasıl etkileyebileceğine dair bir örnek vermiştir. Fosfatın da aynı şekilde yıkama etkisindeki azalmaya bağlı olarak artması beklenir, ancak bu konuda yapılmış herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Hidrolik beklemeye süresinin akımlardaki azalmaya bağlı olarak uzamasının, yarı kurak Akdeniz havzasındaki göllerde çok daha etkin olması muhtemeldir. Anadolu platosundaki 2 gölün art arda yaşanan 4-5 yıllık kurak periyotlarda tuzluluk miktarının 2 katına çıktığı gösterilmiştir (Beklioğlu ve Tan, basında).

#### 1.2.4 Su Seviyesi Değişimleri

##### 1.2.4.1 Nedenler

Su seviyeleri, akışlar ve çevrede oluşan hidro-meteorolojik koşullardan etkilenmekle ve dolayısıyla bu koşulları yansıtma birlikte, bu ilişkiler çoğu zaman kolayca bulunamazlar. Bunun nedeni, gölün havza yapısı, havzadaki pozisyonu ve gölün morfometrisiyle ilgili etkileşim içindeki birçok parametrenin gölün su seviyesine etki etmesidir. Yine aynı nedenlerle, göllerdeki su seviyesi'nin benzer meteorolojik koşullara verdikleri tepki, gölden göle büyük farklılıklar gösterebilir (Magnuson, 2005). Burada iklim çalışmaları açısından önemli bir nokta, özellikle çevresinde yoğun tarım faaliyetlerinin yürütüldüğü havzalarda, su seviyeleri üzerindeki insan etkisidir. Su seviyesi serilerinin, sezonluk ve yıllar arası değişimlerinde bu etkinin hesaba katılması gerekmektedir (Gorniak ve Piekarski, 2002). Su seviyesi değişimlerindeki insan etkisi de, havza yapısına, kültürel yapıya ve ekonomik gereksinimlere göre ülkeden ülkeye farklılık gösterebilmektedir (Coops ve ark., 2003).

Brunk, göllerdeki su seviyelerinin yağış koşullarına hesaplanabilir bir gecikmeyle cevap verdiği ve bu gecikmenin kimi zaman 2 yıla kadar vardığını göstermiştir (Brunk 1959). Nicholson (1999), Afrikadaki 2 gölde yaptığı çalışmada, bu göllerdeki su seviyesi eğilimleriyle yağış eğilimlerinin tutarlı olduğu, ancak bazı tutarsız değişimlerin yorumlanabilmesinin ancak detaylı bir su bütçesi çalışması yaptıktan sonra mümkün olabileceğini iddia etmiştir. Rodionov (1994), "Great Lakes" bölgesinde su seviyeleriyle kiş yağışı arasındaki ilişkilerin, hava sıcaklığının (örn. 1930-1959) dengede olduğu dönemlerde daha yüksek olduğunu göstermiştir. Bunun yanında, su seviyelerinin Pasifik/Kuzey Amerika

(PNA) benzeri bir sisteme tepki verdiği tespit etmiştir. Mistry ve Conway (2003), Doğu Afrika'daki Victoria Gölü'nün su seviyelerinin, hem bölgedeki yağış rejimiyle hem de Güney Salınımı'yla (SO) anlamlı uyum içinde olduğunu göstermiştir.

Ülkemizde hidrolojisi çalışılmış (Batur 1996; Sen ve ark., 1999; Altunkaynak ve ark., 2003), ve iyi bilinen Van Gölü'nün su seviyesi değişimlerinin bazı meteorolojik değişkenlerle olan ilişkisi, aylık poligonal iklim diyagramları kullanılarak gösterilmiştir (Kadioglu ve ark., 1997). Ayrıca Cengiz (2005), Türkiye'deki göl seviyelerinin kapsamlı bir homojenlik analizini de ilk defa olarak yaptığı çalışmasında, Kuzey Atlantik Salınımı (NAO) ve Güney Salınımı'nın (SO) Türkiye'deki göl seviyelerine olan etkilerini araştırmış, NAO ile anlamlı ters ilişkiler gözlemlerken, SO ile anlamlı bir ilişki olmadığı sonucuna varmıştır.

Sığ göllerdeki su seviyeleri, büyük yüzey alanı : hacim oranlarına sahip olduğu için özellikle buharlaşma-yağış farkının fazla olduğu dönemlerde, ciddi sıkıntılarla yol açacak ve hatta gölün yokmasına varacak miktarlarda azalmasına neden olabilir. (Magnuson ve ark., 1997). Ülkemizde özellikle son yıllarda göllerin büyük bir hızla yok oluş sürecine girdikleri gözlemlenmektedir.

(<http://limnology.metu.edu.tr/staticcontent/golgozlemleri2007.pdf>)

#### 1.2.4.2 Sonuçları

Su seviyesi değişimlerinin en çok telaffuz edilen iki etkisi, sığ göllerdeki bitki gelişimi ve dip çamuru karışımı üzerine olan etkileridir.

Beklioglu ve ark. (2006), Türkiye'deki 5 gölde yaptıkları çalışmada, genel olarak su seviyesindeki azalmaların, taban eğimine de duyarlı olmakla birlikte, daha fazla ışık alabilecekleri nedeniyle, su içi bitkiler üzerinde gölün morfometrik yapısına bağlı olarak olumlu bir etki yaptığını göstermiştir. Suyun üzerinden dışarı çıkan, "emergent" bitkiler ile diğer bitkiler arasındaki yüzey kapsam oranının, su seviyesi arttıkça doğrusal olmayan biçimde azaldığı gösterilmiştir (Chow-Fraser, 2005). Sulak alanlarda, su seviyesi dalgalanmaları, kurak ve ıslak döngüler olarak adlandırılır. Sulak alanlardaki bu kurak ve ıslak döngülerin şiddeti, bitki türlerinin baskın rollerinin değişmesine veya tam olarak kaybolarak, yerlerini başka türlere bırakmaları şeklinde sonuçlanır (van der Valk, 2005). Su seviyesindeki değişimlerin frekansı ve değişim aralıklarının da, tür çeşitliliği, "species evenness" gibi ekosistem özellikleri üzerinde de etkisi olduğu gösterilmiştir (Riis ve Hawes, 2002; Geest ve ark., 2005).

Su seviyesi değişimleri, bölüm 1.2.2.2'de de濂ildiği gibi, dip çamuru karışımı açısından, rüzgâr ile verimli bir ikili olabilirler. Bunun nedeni, rüzgar hızı değişimse bile, su seviyesi düşükçe, tabanda oluşan gerilim artacağı için karışımın artmasıdır (Scheffer 1998). Hakanson, yaptığı model çalışmasında, göllerde askıda madde konsantrasyonu açısından olabilecek en kötü senaryonun, su sevisinin yıllar içindeki doğal sezonluk salınınının yanında, kademeli olarak düşmesi olduğunu göstermiştir (Hakanson ve ark., 2000). Aynı zamanda askıda maddenin, bu kademeli azalmaya karşı bir süre direnç gösterdikten sonra, belli bir sınır değerinden sonra bir anda, doğrusal olmayan bir şekilde tepki verdigiğini de göstermiştir. Yukarıda anlatılan su seviyesi – bitki ilişkisi de, dip çamuru karışımı üzerinde ayrıca bir etki yaratır: tabandaki köklü bitkiler, çamuru sağlamlaştırdığı için "resuspension'"ını önemli miktarlarda azaltırlar (Jeppesen ve ark., 1997; Meijer ve ark., 1999; Madsen ve ark., 2001) ve *Daphnia* gibi büyük zooplanktonlara balıktan korunma için barınak sağlarlar. Bu özelliklerile sistemin bulanık durumdan berrak duruma geçmesinde, berrak

durumda da uygun ışık koşulları sayesinde daha iyi gelişme fırsatı bulduğu için, bu iki mekanizmanın berrak duruma olumlu geri besleme anlamı olduğu için berrak durumun korunmasında önemli rolleri olduğu düşünülür (Scheffer ve ark., 1993).

### 1.2.5 Önemli Noktalar

Önceki bölümde neden-sonuç ilişkisi içinde ele alınmaya çalışılan mekanizmalar, daha önce de yeri geldikçe dephinildiği gibi, farklı koşullarda farklı sonuçlar doğurabilir ve/veya önemleri artabilir veya azalabilir. Blenckner (2005), yaptığı kavramsal modelde, çevresel (iklimsel) bir etkinin, önce, coğrafi pozisyon, havza yapısı ve göl morfometrisinden oluşan bir “arazi” (landscape) filtresinden, sonra da gölün geçmişinden ve göl içi biyotik/abiyotik ilişkilerden oluşan bir “dahili” göl filtresinden geçtikten sonra gölün tepkisinin ortaya çıktığını ileri sürmüştür. Bu bağlamda, örneğin iki gölün benzer iklimsel koşullara farklı cevap veriyor olmasının nedeni düşünüldüğünde, bu filtreleri oluşturan tüm unsurların tek tek gözden geçirilmelidir. Örneğin, 1.2.4.2’de dephinilen su içi bitkilerin zooplanktona barınak sağlamaşının, aslında daha çok ılıman kuşakta bulunan göllerin bir özelliği olduğu, yarı tropik iklimlerde bulunan göllerde, su içi bitkileri içinde toplanan küçük balıkların varlığı nedeniyle bu ilişkilerin geçerli olmadığı gösterilmiştir (Meerhoff ve ark., 2006; Meerhoff ve ark., 2007; Jeppesen ve ark., 2007).

Kapsam dışına çıkmamak adına yukarıdaki bölümlerde ele alınmayan başka bir konu ise, iklim değişimlerinin: sistemin taşıma kapasitesinin, sistemdeki biyoçeşitliliğin ve nadide, tehlikedeki, kilit taşı gibi niteliklere sahip türlerin tehdidine ve istilacı ve rahatsızlık verici niteliğindeki türlerin ise sistemde kendilerine yer bulmasına neden olabileceği (Mooij ve ark., 2005). Bu bahsedilen sonuçlar, genellikle son derece karmaşık mekanizmalar sonucu orta çıktıği için, iklim değişimlerinin bunlara etkisiyle ilgili henüz somut ve genelleyici sonuçlara ulaşışlamamıştır.

Ekosistemlerde var olan süreçler, doğrusal olmayan ve kimi zaman da histerik olarak işleyebilir. Bunun nedeni, olumlu geri besleme mekanizmalarının varlığıdır (May, 1977). Bu nedenle, iklim değişimlerinin olası etkileri, her zaman kolaylıkla anlaşılması zor olabilir. Bu geri besleme mekanizmalarının başka bir sonucu da, değişen koşullara karşı tepki vermekte direnç gösteren sistemin, belli bir sınır değeri aşımından sonra ani tepki vermesidir (Scheffer ve ark., 2001; Scheffer ve Carpenter, 2003). Geri besleme mekanizmalarının sistem içinde çok önemli role sahip olduğu siğ göller de, bu şekilde davranış gösteren sistemlerden biridir (Scheffer ve ark., 1993). Scheffer ve ark. (2001), yaptığı model çalışmada, sıcaklık değişiminin göllerde bahar ayı berrak-su durumunun ortaya çıkmayacağını belirleyecek kadar sistem durumunu değiştirebileceğini iddia etmiştir. Bu çalışması, oldukça ciddi eleştirilere maruz kalmış olsa da (Jeppesen ve ark., 2003; Van Donk ve ark., 2003), konunun önemini ortaya koyan bir çalışma olması bakımından önemlidir.

## 1.3 BU ÇALIŞMANIN AMAÇ VE KAPSAMI

Bölüm 1.2’de sunulan örneklerden anlaşılabileceği gibi, göl ekosistemleri üzerindeki iklimsel etkilerin anlaşılması, bir çok karmaşık mekanizmanın uzun dönemli etkileşimlerinin görsel ve istatistiksel yöntemler ve matematiksel modellerle irdelenmesini, ve bu çalışmaların yapılmasına imkan tanıtmaya olanak tanıyacak zamansal kapsama - yoğunluğa sahip, detaylı veri setlerini gerektirir.

Türkiye, tatlısu kaynakları göreceli olarak zengin bir ülke olsa da, son yıllarda yoğun bir şekilde gündeme yer tutan küresel iklim değişimlerinin bölgede yol açması beklenen kuraklık nedeniyle bu kaynakları tehdit altındadır. Gerek su niceliği, gerekse su niteliğindeki ciddi değişimlerle sonuçlanabilecek bu tehdide rağmen, Türkiye'deki göl ekosistemleri üzerindeki iklim etkisi henüz yeterince çalışmamıştır. Bu bağlamda, bu projenin uzun vadeli genel amacı, Türkiye'deki göller üzerinde iklim etkilerinin saptanmasına yönelik bir çalışma programının çekirdeğini oluşturarak, ileriki yıllarda bu programı daha geniş kapsamlı ve geniş katılımlı hale dönüştürmektir.

Projenin yukarıda belirtilen hedefe ulaşmasına katkıda bulunacağı düşünülen kısa vadeli amaçları ise, büyük ölçekli atmosfer sistemlerinin, yerel meteorolojik koşullar üzerinden göllerdeki fiziksel-kimyasal ve biyolojik unsurlar üzerindeki etkinliğinin istatistiksel yöntemlerle sinanması ve bu çalışmaların yapılmasına olanak tanıyacak ölçüde, çeşitli kurum ve kuruluşlardan verilerin bir sistem içinde toplanarak bir araya getirilmesi olarak sıralanabilir.

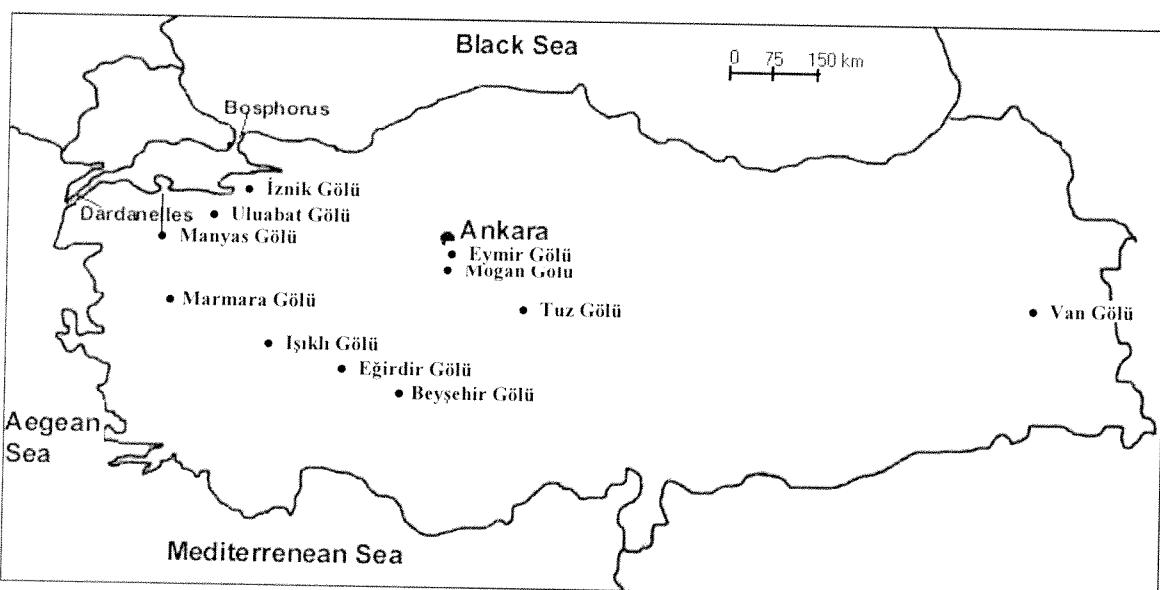
Çalışma yapılrken, eksikliği hissedilerek ikincil bir amaç haline gelen başka bir konu ise, Türkiye'deki iklimsel elemanların büyük ölçekli atmosfer sistemleri ile bağlantılarının tanımlanması işidir. Türkiye'deki yağış, sıcaklık, nehir akımları gibi hidrolojik ve meteorolojik parametreler üzerindeki NAO ve El-Nino - Güney Salınımları gibi sistemlerin etkinliklerinin ayrı ayrı ele alındığı bir çok çalışma olmasına rağmen (Karabork ve ark., 2005; Kahya ve Karabork, 2001; Turkes ve Erlat, 2003; Cullen ve deMenocal, 2000; Kutiel ve ark.. 2002), birden çok salınım sisteminin etkinliği hesaba katılarak atmosferik dolaşım sistemindeki değişimlerin daha genel bir perspektiften ele alındığı bir çalışmaya rastlanamamıştır. Bu çalışmanın, bu anlamda da, Türkiye'deki iklimsel dinamiklerin anlaşılmasına katkıda bulunacağı düşünülmektedir.

Çalışmada, sahip oldukları geniş yüzey alanı sayesinde iklimsel etkileri daha iyi yansıtabileceği düşünülen büyük göllere öncelik verilmiş olsa da, uzun dönemli veri setine sahip küçük göllerin de, çalışmaya dahil edilmesi gereklilik haline gelmiştir.

## 2 GEREÇ ve YÖNTEM

### 2.1 GÖLLER

Ülkemizde farklı büyüklüklerde ve coğrafi bölgelerde 200 doğal ve 75 baraj gölü olmak üzere çok sayıda göl bulunmaktadır. Ancak uzun dönemli ve sistematik ölçümler dikkate alındığında, çok az sayıda göller için bu tür çalışmaların yapıldığı ortaya çıkmaktadır. Gölérin yüzey alanları büyükçe atmosferle olan etkileşimlerinin artması ve daha belirgin bir hal alması nedeniyle, bu araştırmada, yüzey alanı büyük ve kuzeyden güneşe farklı iklimsel bölgeleri temsil eden göller üzerinde yoğunlaşmış ve toplam 12 göl seçilmiştir (Bakınız Tablo 2.1). Ülkemiz kuzey-güney doğrultusunda Akdeniz ve Karadeniz gibi iki farklı iklim kuşağının arasında bulunmaktadır. Bu farklı iklim kuşaklarının etkisi meteorolojik parametrelerin kuzey-güney gradiyansının büyüğünden açıkça ortaya çıkmaktadır. Benzer farklılıklar batı-doğu doğrultusunda da yükseklik farklarına bağlı olarak ortaya çıkmaktadır. Bu bağlamda, seçilen göllerin bu farklılıklarını da ortaya koyabilmeleri için kuzey-güney ve batı-doğu doğrultularında olabildiğince dağılmış olmalarına dikkat edilmiştir. Ayrıca, göl seçiminde uzun dönemli, sürekli ve birbirini tamamlayan bulgu setlerinin varlığı da önemli bir seçim ölçüdü olmuştur. Bu bölümde seçilen göllerle ilgili Çevre ve Orman Bakanlığı kaynaklarından derlenen bazı genel bilgiler ve değerlendirmelere yer verilmiştir. Bu bölümden itibaren, göller, Kuzey-Güney doğrultusundaki sırası (İznik, Manyas, Uluabat, Eymir, Mogan, Tuz, Van, Marmara, Işıklı, Eğirdir, Beyşehir, Burdur) değerlendirilecek veya listleneceklərdir.



Şekil 2.1: Proje kapsamında çalışılan göllerin dağılımı

#### 2.1.1 İznik Gölü

Bursa ilinin Orhangazi ilçesi yakınlarında, 29.830 hektar yüzölçümüne sahip olan, Marmara Bölgesinin en büyük, Türkiye'nin ise beşinci büyük doğal gölü olan İznik Gölü, tektonik bir tatlı su gölüdür. 1963'te gölün batısındaki seddenin yapımı sonucunda 416 ha sulak alan kurutulmuştur. Su tutma amacıyla da yapılan bu sedde, gölü kısmen bir rezervuara dönüştürülmüştür. En büyükleri kuzeydoğudaki Karasu ve güneybatıdaki Sölöz olmak üzere,

derelerin göle girdiği noktalarda küçük deltalar ve geniş sazlıklar oluşmuştur. Alan sık sazlıkların arasında karışık koloniler kuran küçük karabatak ve gece balıkçılı ile önem kazanmıştır.

Nedeni tam bilinmemekle birlikte, İznik Gölü kiş aylarında önemli sayıda su kuşu barındırmamaktadır. Yine de, İç Anadolu gölleri donduğunda kuşlar için önemli bir stıgnak oluşturduğu söylenebilir. 1990 yılında Sit Alanı ilan edilen bu göl, bütünüyle tarım alanları ve zeytinliklerle çevrilidir. Tarım alanları için gölden su alınmaktadır. Ürünlerinin başında bir tür mantar hastalığı nedeniyle 1980'lerden beri büyük azalma gösteren kerevit gelir. Orhangazi'deki sanayi tesislerinden, çevredeki yerleşim birimlerinden ve küçük zeytinyağı fabrikalarından göle atıklar karışmaktadır. Bundan kaynaklanan aşırı fitoplankton gelişimi ve toplu balık ölümleri dikkat çekmektedir.

### 2.1.2 Manyas (Kuş) Gölü

Marmara Denizinin güneyinde, İnegöl Ovası ile Gönen Ovası arasında kalan çöküntü çukurları dizisi içinde oluşan bir tatlı su gölüdür. Diğer göl olan Uluabat'tan alçak bir eşikle ayrılmaktadır. İdari olarak Balıkesir İlinin Bandırma ve Manyas ilçeleri sınırları içinde bulunmaktadır. Barındırdığı kuş varlığı ve ekolojik değerleri yönünden taşıdığı önemi ve ünү ülke sınırlarını aşmış bir Ramsar alanıdır. En derin yeri 4 metre civarında olup, ortalama derinliği 1-2 metredir. Koloidal kıl ihtiyacı ettiği için suyu devamlı bulanıktır. İlkbaharda göl suları yükselir ve kıyıları kaplar. Yaz aylarında ise geri çekilir. Bu ritmik olay her yıl düzenli olarak tekrarlanmaktadır. Gölün normal su seviyesindeki alanı 16800 hektar civarındadır. Gölün beslenmesi; güneyden gelen Kocaçay ve kuzeyden gelen Sığırıcı Deresi ve göl alanına düşen yağışlarla olmaktadır. Boşalması ise; buharlaşma, sulama amacıyla çekilen sular ve güneydoğudan çıkan (Kara dere) göl ayağının Susurluk çayına taşıdığı sularla gerçekleşmektedir.

Kuş gölü adından da anlaşılacağı üzere, kuş toplulukları yönünden yurdumuzun en zengin göllerinden biridir. Her yıl değişik türden 3 milyona yakın kuşun uğradık yeridir. Bu güne kadar yapılan gözlemler neticesinde, Milli Park ve çevresinde 255 kuş türü tespit edilmiştir. Buna 22 tür bazı yıllar, 66 tür ise her yıl muntazam olarak kuluçkaya yatomaktadır. Diğer türler ise göç esnasında uğramaktadırlar. İlman bir iklime sahip olması, böcek, solucan, kurbağa, balık ve diğer besin maddelerince zengin oluşu, kuşların beslenmesi, barınması ve kışlaması için ideal bir ortam oluşturmaktadır. Kuş Cenneti kuşlar için olduğu kadar, balıkların beslenmeleri ve üremeleri için de ideal ortam oluşturmaktadır. Bu nedenle su ürünleri yönünden de ülkemizin en zengin göllerinden biridir. Gölde sazan, yayın, turna ve tatlı su kefali gibi ticari değeri olan balıkların yanında, çamşak, kavınne, acı balık, kızılkanat gibi kuşların beslenmesinde önemli yer tutan küçük balıklarda bulunmaktadır. Ayrıca bol miktarda tatlı su istakozu mevcuttur. Çeşitli yılanlar, kurbağalar, kaplumbağalar ve yumuşakçalar gölde ve çevresinde yaşayan diğer hayvan türlerinden bazlılardır.

Kuş Cenneti Milli Parkı, 1976 yılında Avrupa Konseyineee iyi korunan ve yönetilen koruma alanlarına verilen "A" sınıfı diploma ile ödüllendirilmiştir. Diploma 1981, 1986 ve 1991 yıllarında beş yıllık dönemlerle üç kez yenilenmiştir. Sığırıcı Deresinin oluşturduğu Delta (64 hektar) 27.7.1959 tarihinde Milli Park, gölün tamamını içerisinde alan 25.000 hektarlık saha ise 1977 yılında Su Kuşları Koruma ve Üretme Sahası ilan edilmiştir. 30.12.1993 tarihinde TBMM'nce Ramsar Sözleşmesi listesine dahil edilmiştir.

### **2.1.3 Uluabat Gölü**

İdari olarak Bursa ilinin Karacabey ve Mustafa Kemalpaşa ilçeleri içerisinde yer almaktadır. Bursa kent merkezine 34 km, Balıkesir iline ise 90 km mesafede olan göl, Marmara Denizi'nin güneyinde, doğu-batı doğrultusunda uzanan tektonik kökenli Yenişehir-Bursa-Gönen çöküntü alanında oluşmuştur. Aynı çöküntü alanındaki Kuş Gölü'nden alçak bir eşikle ayrılmaktadır. Gölün yüzey alanı yıllara ve mevsimlere göre değişiklik göstermekle beraber günümüz'e kadar 24000 ile 13500 hektar arasında değerler verilmiştir. Gölün güney-batı kıyıları 1993 yılında yapılan seddelerle çevrilmiş ve gölün bu kesimi tarıma açılarak geçmiş olduğu gibi geniş alanlara yayılması engellenmiştir. Ortalama derinliği 2.5 metre olan gölün suyu koloidal kıl ihtiyaç ettiği için, göldeki su seviyesine bağlı olarak su içi bitkisi varlığı ile de belirlenen şekilde (Bkz. Beklioğlu ve ark., 2006), yoğunlukla bulanıktır. Göl besleyen en önemli su kaynağı Mustafa Kemalpaşa Çayı'dır.

Uluabat Gölü, besin tuzları yoğunluğunun zengin olduğu bir göldür. Uygun iklim koşullarının yanı sıra geniş sazlık alanların varlığı ve açık su yüzeylerine sahip olması, su içi bitkilerince de zengin olduğu dönemlerde, değişik türden yüz binlerce su kuşuna beslenme ve barınma olanağı sağlamaktadır. Uluabat Gölü plankton ve dip canlıları bakımından ülkemizin en zengin göllerinden biridir. Gölde, 21 değişik balık türünün varlığı bu zenginliğin en önemli göstergelerindendir. Uluabat Gölü, sucul bitkiler yönünden de ülkemizin en zengin sulak alanlarından biridir. Türkiye'nin en geniş nilüfer yataklarına sahiptir. Planktonlar ve dip canlıları bakımından zengin oluşu, değişik türden çok miktarda canlıların üremesi ve beslenmesi için ideal bir ortam oluşturmuştur. Uluabat Gölü, kuş varlığı yönünden sadece ülkemizin değil, Avrupa ve Ortadoğu'nun da en önemli sulak alanlarından biridir. Göl, dünya çapında yok olma tehlikesi altında olan küçük karabatak ve tepeli pelikan gibi kuş türlerinin ülkemizdeki en önemli üreme alanıdır.

Yöredeki kirletici vasıfı yüksek işletme ve tesislerin pek çokunda arıtma tesisi bulunmaması veya yeterli olmaması gölde kirlenmeye neden olmaktadır. Sulak alan ekosisteminin tamamı ile sistemle ilişkili doğal karakteri korunmuş habitatları da kapsayan sınırlar dahilindeki bölge, 1998 yılında Ramsar Sözleşmesi listesine dahil edilerek alanın doğal yapısının ve ekolojik karakterinin korunması uluslararası düzeyde taahhüt edilmiştir.

### **2.1.4 Eymir ve Mogan Gölleri**

İmrak Vadisi'ne alüvyon dolması ile oluşan, vadinin yukarıındaki Mogan ve aşağıdaki Eymir gölleri, hidrolojik olarak bağlantılı göllerdir. Eymir gölü, güney batı ucundan Mogan'dan gelen sularla temel girdisini sağlamaktadır. Eymir gölü, 1970'lerden itibaren göle yapılan atık su deşarji nedeni ile giderek ötrosif duruma gelmiş, 1995'de atıksu deşarji uzaklaştırılmış olsa da, sedimanda biriken organik materyal, gölün berrak su durumuna geçme sürecini karmaşık hale getirmektedir (Beklioglu ve ark., 2003). Mogan gölü ise, tam tersine, 1970'lerden önce bulanık su durumundayken, sonradan temiz su durumuna geçmiş, ve bugünde, şehir insanların dirlence mekanlarından biri olarak kullanılmaktadır (Zhang ve ark., 2003). Aslında küçük yüzey alanları nedeni ile atmosfer etkileşimleri diğer göllere nazaran daha zayıf olan bu göller, sahip oldukları fiziksel-kimyasal ve biyolojik veri setleri nedeni ile çalışmaya dahil edilmişlerdir.

### **2.1.5 Tuz Gölü**

İç Anadolu Bölgesinde, doğudan Kızılırmak masifi, güneyden Obruk, batıdan Cihanbeyli ve kuzeyden Haymana platolarıyla çevrili çukur alanın kuzeydoğusundaki en alçak bölümünde

yer almaktadır. Kapalı bir havzada yer alan ve tektonik kökenli olan bu göl, Türkiye'nin Van Gölünden sonra ikinci büyük gölüdür. Büyüklüğüne karşın ülkemizin en sıçrık göllerinden biridir. Derinliği birçok yerde 0,5 metreyi geçmemektedir. Suyun bol olduğu İlkbahar aylarında göl alanı 164 200 hektara ulaşır. Türkiye'nin en az yağış alan yeri olduğu için akarsu bakımından çok fakirdir. Aşırı buharlaşmanın da etkisiyle gölün tamamına yakını yazın kurur. Kurulan bölgelerde 30 cm'yi bulan tuz tabakası oluşur. Sadece ülkemizin değil dünyanın da en tuzlu göllerinden biridir. Suyun yoğunluğu  $1.225 \text{ gr/cm}^3$ 'dur. Tuz oranı ise 32'4 ppb'dir.

Gölde, tuz konsantrasyonunun yüksekliği nedeniyle sucul bitkilere rastlanmaz. Göl çevresinde, ancak akarsu etkisinde kalan bölgelerde tuza dayanıklı, seyrek bitki örtüsüne rastlanır. Kuş varlığı yönünden Türkiye'nin en zengin göllerinden biridir. Kışın kapladığı çok geniş su alanı su kuşları için önemli bir kışlama alanı oluşturur. Ayrıca, Tuz Gölü civarında, Tuz Gölü ile ekolojik olarak ilişkili, Kulu Gölü, Samsam Gölü, Uyuz Gölü, Kozanlı Saz Gölü, Boluk Gölü, Tersakan Gölü, Eşmekaya Gölü ve Hirfanlı Barajı gibi değişik karakterde irili ufaklı pek çok sulak alan mevcuttur. Bu alanların birbirine çok yakın ve değişik karakterde oluşu; farklı habitat isekleri olan değişik türde ve çok zengin bir yaban hayatının barınmasına, beslenmesine ve üremesine olanak sağlayan eşeine az rastlanır degerde sulak alanlar kompleksi oluşturmaktadır, bu durum gölün önemini daha da artırmaktadır. Tuz Gölü, flamingoların ülkemizdeki en önemli kuluçka alanıdır. Gölün orta kesimlerinde her biri 5-6 bin yuvalan oluşan dev kuluçka kolonileri bulunmaktadır. Bölgenin herhangi bir koruma statüsü yoktur.

#### 2.1.6 Van Gölü

Nemrut volkanının patlamasıyla akan lavların Muş Ovası'na doğru olan gölün eski çıkışını kapatmasıyla oluşmuş Türkiye'nin en büyük gölün yüz ölçümü yaklaşık 390000 hektardır. Van Gölü hem tatlusu hem de deniz ekosistemlerinden farklı bir sucul ekosistemdir. Suları tuzlu ve sodalıdır. Göl suyu tuzluluk oranı %19, pH'sı ise 9,8'dir. Gölün ortalama derinliği 171 m, en derin yeri ise 451 metredir.

Van Gölü dünyanın en büyük sodalı gölüdür. Gölün tuzlu-sodalı suları, biyolojik çeşitliliği sınırlamaktadır. Gölde bilinen 103 tür fitoplankton, 36 tür zooplankton ve tek bir tür balık (İnci Kefali, *Chalcalburnus Tarichi*) yaşamaktadır. Van sazlığında kuluçkaya yatan yaz ördeği, gölün batısındaki yarımadada üreyen toy, adalarda kuluçkaya yatan Van Gölü martısı ile Van Gölü'ne özgü bir balık türü olan inci kefali Van Gölü'nün uluslararası öneme sahip sulakalarla içerisinde yer almاسını sağlamaktadır.

Göl çevresindeki başlıca yerleşim birimlerinin kanalizasyon sistemleri olmasına rağmen atıksu arıtma tesisleri yok veya yetersiz kalarak çalıştırılamamakta ve göle gelen kirliliğin kaynağını oluşturmaktadır. Göle gelen sanayi kaynaklı kirliliğin büyük bir kısmı ise et entegre tesisleri ile un ve şeker fabrikalarından kaynaklanmaktadır. Havzada yer alan tarım alanlarının sulanmasında Gölü besleyen derelerin suları kullanılmaktadır. Van Gölü kıyılarda yer alan kumsallar rekreatif amaçlı kullanılmaktadır. Göl balıkçılık açısından önem taşımaktadır. İnci kefali bölge pazarlarında satılmak üzere önemli miktarlarda yakalanmaktadır. Van Gölü çevresi sahip olduğu doğal ve arkeolojik değerler açısından Doğu Anadolu Bölgesinin turizm potansiyeli yüksek olan alanlarındanandır. Van Göl'ündeki adalar 1990 yılında Arkeolojik Sit Alanı ilan edilmiştir.

### **2.1.7 Marmara Gölü**

Manisa'nın kazası Salihli'nin kuzeyindeki bir göl. Gölün bulunduğu saha çukur olup, batı ve kuzeyi tepelerle çevrilidir. Doğu kısmı Gediz Ovasına, kuzeybatı kısmı Akhisar Ovasına açık olup, buralardan alüvyon setleriyle ayrılır. Bu durum, Marmara Gölüne set gölü karakterini verir. Gediz çöküntü havzası içinde bulunan gölün seviyesi, Gediz Ovasının seviyesinden daha alçaktır. Derinliği az olan gölün yüzölçümü  $44,5 \text{ km}^2$ 'dir. Gediz Nehri ile Demrek Deresinden ve kuzeydeki Kum Çayından göle kanallar açılmıştır. Bu kanallar bilhassa İlkbahar sonlarında kabarık olan akarsuların sularını göle taşırlar. Göl kapalı bir çukurda olup, suları tuzludur.

### **2.1.8 Işıklı Gölü**

Büyük Menderes Nehrinin besleyen kaynakların üzerinde, Akdağ'ın güneyinde yer alan, Denizli ilinin Çivril İlçesinin yakınlarında, 7300 hektar yüzölçümüne sahip olan bir tatlısu gölündür. Gölün batı, güney ve doğu kıyıları sedde ile çevrilmiştir. Seddeleme sonucunda en yüksek işletme kotunda olan 871 metrede göl alanı 6580 hektara ulaşmakta, 816,5 metreye indirildiğinde 1550 hektara düşmektedir. Göl artık Devlet Su İşlerince Işıklı Barajı olarak adlandırılmaktadır. Kış ve İlkbahar aylarında gölde su depolanmakta ve bu su 72 300 hektarlık tarım arazisinin sulanmasında kullanılmaktadır. Büyük Menderes Nehrinin besleyen kollardan biri olan Kufi deresinin suyu göle yönlendirilmiştir.

Göl ortasında küçük saz adaları bulunmaktadır. Kuzeydoğu'da Kufi çayının alüvyon depolandığı yerlerde bataklık bitki örtüsü görülür. Gölün batı ve doğu kıyılarında kavaklıklar vardır. Alaca Balıkçıl, Bıyıklı Sumru ve Gülen Sumru gibi balık türleri Işıklı Gölü'nün uluslararası öneme sahip sulak alan statüsü kazanmasını sağlamaktadır. Ancak balıkçılık etkinlikleri kontrollsüz ve kaçak olarak yapılmaktadır. Su seviyesinin çok yükseldiği bahar aylarında, sazlık ve bataklık gibi kuşların üremesine uygun olan ortamların oluşumu engellenmekte, önemli beslenme imkânı sağlayan çamur düzlükleri sular altında kalmaktadır. Işıklı Gölü rekreatif amaçlı kullanılmakta olup, göl kıyısında balık restoranları mevcuttur. Gölün koruma statüsü bulunmamaktadır.

### **2.1.9 Eğirdir Gölü**

Göller bölgesinde yer alan büyük bir göldür. Gölün kuzeyde kalan bölümü Hoyran, Göl'ü güneyde kalan bölümü ise Eğirdir Gölü olarak isimlendirilmektedir. İdari olarak Isparta İl sınırları içinde yer almaktadır. Beyşehir Gölü'nden sonda Türkiye'ni ikinci büyük tatlı su gölündür. Jeolojik olarak tektonik bir göldür. Ancak, göl çanağının biçimlenmesinde karstik olaylar da etkili olmuştur. Göl derinliği yıllara ve mevsimlere göre değişmekle birlikte, ortalama derinlik 7 ile 12 metredir. Göl beslenmesi yağışlardan, drenaj alanı yüzeysel akışından ve yer altı suyu akışından (kaynaklar dahil) olmaktadır. Ancak, göl besleyen çayların suları yaz mevsiminde sulamada kullanılması nedeniyle göle ulaşamamaktadır.

Ekolojik karakteri itibarıyle Beyşehir Gölüne benzemektedir. Gölün derin kısımları orta, sıçrıkları ise yüksek besin tuzu yoğunluğuna sahiptir. Su ürünleri yönünden zengin bir yapıya sahiptir. 1960 yılından önce 11 balık türü bulunmakta iken, daha sonra üretilmeye başlanan yırtıcı bir tür olan uzun sudak göldeki diğer balık türlerini bitirmiştir. Sadece çok az sayıda sazan balığı Hoyran kesimindeki sıçrıkların varlığını sürdürmeye çalışmaktadır. Gölde çok zengin olan tatlısu istakozu da hastalık nedeniyle tamamen tükenmiştir. Daha sıçrıklı olan Hoyran Gölündeki geniş sazlık alanlar, su kuşları için kuluçka ve beslenme ortamı oluşturmaktak, kuzeyden gelen kuşlar için önemli bir uğrak alanı olmaktadır. Küçük Karabatak, Alaca Balıkçıl, Küçük Balıkçıl, Bıyıklı Sumru, Hoyran Gölünde kuluçkaya yatan

önemli türlerdir. Gölün sonbahar ve kış aylarındaki ortalama kuş popülasyonu 30.000 civarındadır. Bölgenin herhangi bir koruma statüsü yoktur.

#### **2.1.10 Beyşehir Gölü**

Göller yöresinde, Beyşehir İlçesinin kuzeyinde, Şarkikaraağaç İlçesinin güneyinde Sultan dağları ile Anamas dağları arasındaki tektonik çukurlukta yer alan ülkemizin en büyük tatlı su gölüdür. Tektonik kökenli olmasına rağmen göl alanın biçimlenmesinde karstik olaylar etkili olmuştur. Gölün güney ve kuzey kıyıları sağlam olup, en derin yeri 10 metreyi bulmaktadır. Göl su seviyesi ve alanı yıllara ve mevsimlere göre değişiklik göstermektedir. 1960-1990 döneminde, en düşük seviyesi Ekim 1975'te 1121,96 metre olarak tespit edilmiştir. Bu seviyedeki göl alanı 64.500 hektar olmuştur. En yüksek su seviyesi ise, Mart 1981'de 1125,50 metre olarak gerçekleşmiştir. Bu kottaki göl alanı 74.600 hektardır. Göl suları altındaki tepe uzantılarının oluşturduğu büyülü küçüklü 32 ada bulunmaktadır. Gölün beslenimi Sultan dağları ve Anamas dağlarından inen çaylar ve dereler, güneyindeki ve batısındaki mezozoik kalkerlerin çatlaklarından gelen pınarlar, göl dibindeki kaynaklar ve doğrudan göl yüzeyine düşen yağışlarla olmaktadır. Gölün boşalımı ise batı yakasında kuzey-güney doğrultuda yer alan dikenler vasıtıyla suyun Manavgat havzasına taşınması, tarımsal amaçlı kullanım ve buharlaşma yoluyla gerçekleşmektedir.

Burdaklı hayatı, doğal güzellikleri ve tarihi değerleri ile göllerimiz içerisinde özel bir yeri olan Beyşehir Gölü; güzel mavi rengi, irili ufaklı adaları, kumsalları, karstik mağaraları ve bozulmamış bitki örtüsü ile ülkemizin en güzel göllerinden biridir. Akarsuların döküldüğü bölgeler ve sazlıkların yoğun olarak bulunduğu doğu ve kuzey kıyıları bol besin tuzlu karakter göstermektedir. Ancak, büyük bir bölümü ekolojik olarak orta gidalıdır. Su ürünleri üretimi yönünden Göller Bölgesindeki en önemli göldür. Başta sazan olmak üzere akbalık, çiçek balığı, gövde, saribalık ve çamura gölde bulunan balık türleridir. Beyşehir Gölü'nün kuluçka alanı olarak önemi 1930'lu yıllarda beri bilinmektedir. Tepeli Pelikanın ilk bilinen kuluçka kolonileri Beyşehir Gölü adalarında tespit edilmiştir. Adalar, av baskısı ve insan etkinliklerinden nispeten uzak olması sebebiyle karabataklar, balıkçılardır, martılar ve yırtıcılar için beslenme ve kuluçka alanı olarak önem taşımaktadır. Ayriice, çok besinli karakter gösteren ve sueul canlılar bakımından zengin olan doğu kıyıları ve güneybatı ucundaki sazlıklar, dalgıçlar, yaban ördekleri ve balıkçılar için kuluçka alanı oluşturduğu gibi aynı zamanda iyi bir beslenme alanıdır. Beyşehir Gölü'nün tamamını içeren alan 38.750 hektarlık saha 11.11.1993 tarihinde Milli Park ilan edilmiştir.

#### **2.1.11 Burdur Gölü**

Yüzölçümü 23700 hektar olan Burdur Gölü, Söğüt dağı ile Suludere-Yayladağ küteleri arasında, kuzeydoğu-güneybatı doğrultusunda uzanan oluk şeklindeki tektonik çöküntünün sularla dolması sonucu oluşan Türkiye'nin en derin göllerinden birisidir. Kuzeybatıda yer alan Kapı burnu önlerinde derinliği 100 metreyi bulur. Göl suyu, tuzlu ve arseniklidir. Gölün beslenmesi, göl alanına düşen yağışlar, göle ulaşan mevsimlik ve sürekli akarsular ile yer altı suyu akımı ile, boşalması ise, havza dışına boşalıp olmadığı için buharlaşma ile olmaktadır. Havza dışına boşalıp olmadığı için göl su seviyesi ve alanı, yağışlara bağlı olarak, yıllara ve mevsimlere göre değişiklikler göstermektedir. 1959/1996 yılları arasındaki ölçümlerde, su düzeyi Mayıs 1970'de 857,45 metreye ulaşmış, Mayıs 1996'da ise 848,15 metre düzeye inmiştir. Bu düşüş ciddi boyutlarda sulak alan habitatı kaybına yol açmış, su kuşları için büyük önem taşıyan sağlam kırımların kurumasına sebep olmuştur.

Yapılan araştırmalarda gölün oligotrofik karaktere sahip, besin maddeleri yönünden fakir bir göl olduğu belirtilmektedir. Burdur Gölü, bitki coğrafyası bakımından Akdeniz floristik bölgesinde yer almaktadır. Göl suyunda arsenik bulunması ve sodyum sülfat ve klorür miktarının oldukça yüksek olması nedeniyle su içi bitkilerine rastlanmaz. Bitki toplulukları sadece güney kesimdeki akarsuların göle karıştığı ve tuzluluğun nispeten daha az olduğu bölgelerde bulunmaktadır. Burdur Gölü'nün asıl önemi, nesli dünya çapında tehlikede olan ve Batı Palearktik bölgede doğal olarak rastlanan dikkuyruk ördeğinin dünya popülasyonunun %70'inin gölde kışlamasından kaynaklanmaktadır. Türün ve yaşama alanlarının korunması için, Uluslararası Sukuşları ve Sulak Alanlar Araştırma Birliği (IWRB) ile Sukuşları ve Sulak Alanlar Birliği (WWF) 1984 yılından beri uluslararası bir araştırma ve koruma programı yürütmektedir. Yeryüzündeki en önemli kışlama alanı olan Burdur Gölü'nün korunması türün neslini devam ettirebilmesi açısından büyük önem taşımaktadır.

1994 yılında gölün yaklaşık % 50'sini kapsayan (12.600 ha) bölümü Ramsar Sözleşmesi listesine dahil edilmiştir. Burdur Gölü ve çevresinde 38.125 hektarlık alan ise 1993 yılında Orman Bakanlığı, Milli Parklar ve Av Yaban Hayatı Genel Müdürlüğü'ne "Yaban Hayatı Koruma Sahası" olarak ilan edilmiştir. 1993 yılında gölde avelığın tamamen yasaklanması ve etkili denetim neticesinde gölde kışlayan sukuşu sayısında önemli ölçüde artış kaydedilmiştir. 1990'lı yılların başında 100-150 bir civarında seyreden kuş sayısı, 1996-1997 yıllarında 300000'e yaklaşmıştır.

Çalışma kapsamındaki göllerle ilgili bulunup yukarıda derlenen bilgilerin, göllerin özellikle son dönemde (20005 sonrası) yaşanan kuraklığa bağlı olarak ciddi değişimler geçirdiği ve bu bilgilerin güncellenmesinin gerekli olduğu düşünülse de, herhangi bir kaynakta güncel bilgilere ulaşlamamıştır. Tablo 2.1'de çalışılan göllerin bazı karakteristik özellikleri topluca verilmektedir.

Tablo 2.1: Çalışılan göllerin karakteristik özellikleri

	Yüzey Alanı (ha)	Ort. Derinlik (m)	Max. Derinlik (m)	Rakım (m)
<b>İznik</b>	~29830	30	65	84
<b>Manyaş</b>	~16800	1-2	4	15
<b>Uluabat</b>	~20000	2.5	10	8
<b>Eymir</b>	125	3.1	6	967
<b>Mogan</b>	700	2.1	3.5	973
<b>Tuz</b>	<164200	0.5-1	2	903
<b>Van</b>	~390000	171	451	1646
<b>Marmara</b>	6800	2.6	4	79
<b>Işıklı</b>	7300	2.4	8	821
<b>Eğirdir</b>	46800	8-10	~15	916
<b>Beyşehir</b>	65600	2.1	~10	1125
<b>Burdur</b>	23700	42	100	857

## 2.2 VERİLER

### 2.2.1 Veri Setleri

#### 2.2.1.1 Meteorolojik Veriler

Göllerin coğrafi olarak yakınındaki meteorolojik istasyonların, göllerin etrafındaki meteorolojik koşulları yansıttığı düşünülen bu çalışmada, göllerin ve her bir göl için kullanılma potansiyeli değerlendirilen meteorolojik istasyonların koordinat bilgileri Tablo 2.2'de verilmiştir.

Tablo 2.3'de her bir göl için Devlet Meteoroloji İşleri (DMİ) Genel Müdürlüğü'nden alınan tüm meteorolojik verilerin zaman kapsamları gösterilmektedir. Tabloda, *italic* yazılar ile coğrafi olarak daha yakın olan meteorolojik istasyonların varlığının anlaşılırak bu verilerin sağlanmasının ardından analizlerde kullanılmayan veriler ayırt edilmektedir. Örneğin, çalışmanın başında, gelişmiş ve eski bir meteorolojik istasyon olan Denizli istasyonu ile temsil edilebileceği düşünülen Işıklı Gölü'ne daha yakın bir istasyon olan Dinar istasyonunda bazı meteorolojik parametrelere ait verilerin aynı zaman aralığı içinde bulunduğu fark edilmiştir. Ancak Dinar istasyonunda, güneşlenme şiddeti ve buharlaşma verileri olmadığı için, bu veriler, yine Denizli istasyonuyla temsil edilmeye devam edilmiştir. Yağışın da buharlaşma ile mekânsal anlamda uyumlu olması gereği düşünülerek, Dinar istasyonunda bulunmasına rağmen yağış içinde de Denizli istasyonu verileri kullanılmıştır. Bu durumda Denizli istasyonundaki verileri bulunmasına rağmen, basınç, sıcaklık ve rüzgâr hızı verileri, 1975-2006 şeklinde gösterilmiştir. Meteorolojik veriler, aylık çözünürlükte olup, buharlaşma, yağış ve güneşlenme şiddeti için aylık toplamları, basınç, sıcaklık ve rüzgâr için aylık ortalamaları ifade etmektedir.

Tablo 2.2 Göller ve Meteorolojik istasyonlarının koordinat bilgileri

GÖL	KOORDİNAT		İSTASYON	KOORDİNAT	
Iznik	40° 46' N	29° 31' E	Bursa	40° 11' N	29° 04' E
Manyas	40° 11' N	28° 00' E	Bandırma	40° 21' N	27° 58' E
Uluabat	40° 12' N	28° 40' E			
Eymir	39° 57' N	32° 53' E	Ankara	39° 55' N	32° 51' E
Mogan	39° 46' N	32° 47' E			
Tuz	38° 46' N	33° 20' E	Kulu	39° 05' N	33° 04' E
Van	38° 37' N	42° 57' E	Van	38° 29' N	43° 24' E
			Aydın	37° 51' N	27° 50' E
Marmara	38° 37' N	28° 05' E	Manisa	38° 37' N	27° 25' E
			Akhisar	38° 55' N	27° 50' E
			Salihli	38° 29' N	28° 07' E
Işıklı	38° 14' N	29° 55' E	Denizli	37° 46' N	29° 05' E
			Dinar	38° 04' N	30° 09' E
Eğirdir	38° 02' N	30° 53' E	Eğirdir	37° 51' N	30° 50' E
Beyşehir	37° 45' N	31° 36' E	Beyşehir	37° 41' N	31° 44' E
Burdur	37° 44' N	30° 11' E	Burdur	37° 43' N	30° 17' E

Tablo 2.3: Meteorolojik Bulgular, istasyonlar ve verilerin zamansal kapsamları

GÖL	Meteoro-lojik İstasyon	BASINÇ (mb)	MAX-MİN-ORT SICAKLIK (°C)	GÜNEŞLENME ŞİDDETİ (Cal/cm²)	RÜZGAR HIZI (m/sn)	BUHAR-LAŞMA (mm)	YAĞIŞ (mm)
<b>İznik</b>	Bursa	1975-2006	1975-2006	1975-2006	1975-2006	1975-2006	1975-2006
<b>Manyas</b>							
<b>Uluabat</b>	Bandırma	1975-2006	1975-2006	-	1975-2006	1975-2006	1975-2006
<b>Eymir</b>							
<b>Mogan</b>	Ankara	1975-2006	1975-2006	1975-2006	1975-2006	1975-2006	1975-2006
<b>Tuz</b>	Kulu	1975-2006	1975-2006	-	1975-2006	1985-2006	1975-2006
<b>Van</b>	Van	1975-2006	1975-2006	1975-2006	1975-2006	1975-2006	1975-2006
	Aydın	1975-2006	1975-2006	1984-2006	1975-2006	1975-2006	1975-2006
<b>Marmara</b>	Manisa	1975-2006	1975-2006		1975-2006		1975-2006
	Akkısar			1984-06		1975-2006	
	Salihli					1984-2006	
<b>İşkiklî</b>	Denizli	1975-2006	1975-2006	1975-2006	1975-2006	1975-2006	1975-2006
	Dinar	1975-2006	1975-2006		1975-2006	1995-2006	1975-2006
<b>Eğirdir</b>	Eğirdir	1985-2006	1975-2006	-	1985-2006	2003-2006	1975-2006
<b>Beyşehir</b>	Beyşehir	2006-2006	1975-2006	-	1975-2006	1975-2006	1975-2006
<b>Burdur</b>	Burdur	1975-2006	1975-2006	1996-2006	1975-2006	1975-2006	1975-2006

### 2.2.1.2 Hidrolojik Veriler

İlgi alanı kapsamındaki göllere ait hidrolojik verilerin her bir göl için kapsadıkları zaman aralığı ve verilerin kaynakları Tablo 2.4'de verilmiştir. Tabloda görülen EİEİ kaynaklı veri setlerinden seviye verileri dijital olarak elde edilmiş, akım verileri ise ilgili kaynaklardan taranarak dijital ortama aktarılmıştır. DSİ kaynaklı veri setleri ise, bu çalışma süresinde elde edilmiş olmayıp, projedeki araştırmacılar tarafından DSİ tarafından yayınlanan basılı kaynaklardan dijital ortama aktarılan verilerden oluşmaktadır.

Tablo 2.4: Proje kapsamında kullanılacak olan Hidrolojik Bulgular

GÖL	Seviye		Akım	
	Dönem	Kaynak	Dönem	Kaynak
<b>İznik</b>	55-00	EİEİ	81-00	EİEİ
<b>Manyas</b>	69-99	EİEİ	53-00	EİEİ
<b>Uluabat</b>	61-00	EİEİ	38-00	EİEİ
<b>Eymir</b>	93-04	DSİ	93-04	DSİ
<b>Mogan</b>	61-04	DSİ	61-04	DSİ
<b>Tuz</b>	60-00	EİEİ	69-00	EİEİ
<b>Van</b>	44-01	EİEİ	61-00	EİEİ
<b>Marmara</b>	69-95	DSİ	80-91	DSİ
<b>İşkiklî</b>	60-01	DSİ	88-98	DSİ
<b>Eğirdir</b>	53-00	EİEİ	69-97	EİEİ
<b>Beyşehir</b>	54-00	EİEİ	64-00	EİEİ
<b>Burdur</b>	68-96	EİEİ	69-95	EİEİ

### 2.2.1.3 Fiziksnel-Kimyasal-Biyolojik veriler

Bundan önceki kısımda ele alınan hidrolojik ve meteorolojik parametrelerin ölçüm, kontrol ve kayıtları, Devlet Su İşleri, Elektrik İşleri Etüt İdaresi ve Devlet Meteoroloji İşleri kurumları tarafından sistematik olarak gerçekleştirilmesi nedeniyle bu verilere ulaşmak ve kullanmak

görece kolay olmuştur. Ancak, bu tür sistematik ölçüm ve izleme çalışmaları, biyolojik parametreler için herhangi bir kurum tarafından yürütülmemektedir. Bu nedenle, göllerin ekolojik açıdan değerlendirilmesi için gereken veriler oldukça sınırlıdır. DSİ tarafından, çoğunlukla içme suyu olarak kullanılabilme potansiyellerinin araştırılması - kontrol altında tutulması amacıyla ile göl çıkışlarında yapılan düzenli ölçümler, kısmen de yine DSİ tarafından belli yıllarda, yöre halkından veya göllerin ekonomik paydaşlarından gelen şikayetler doğrultusunda yapılan limnolojik çalışmalar dışında kurumsal düzeyde yapılmış başka çalışmaya rastlanmamıştır.

Başa ULAKBİM Kütüphanesi, çeşitli bilimsel dergiler ve kişisel kaynaklar (teknik raporlar, yayınlar, vs.) taranarak elde edilen fiziksel ve kimyasal verilerin ve biyolojik verilerin zaman kapsamları, sırasıyla Tablo 2.5'de ve Tablo 2.6'da verilmiştir. Tablo 2.5'de "+" işaretini ile belirtilen yıllar için bilgi bulunduğu belirtilmektedir. Kapsanan yılарın tamamında bilgi bulunmadığı veya kapsanan yıllarda belirtilen yıllardan farklı yılар için bilgi bulunduğu durumlar ayrıca belirtilmiştir. Tablo 2.5'in "Göl Çıkışları" başlıklı kolonunda, DSİ'nin belirtilen göllerin ayaklarında (çıkışlarında) uzun dönemde, yılda birkaç defa periyotla yapmış olduğu çeşitli fiziksel ve kimyasal parametrelerin ölçümlerinin zaman kapsamları görülmektedir.

Tablo 2.5: Fiziksel-Kimyasal Bulgular

Göller	Kapsanan yıllar	Su Sıcaklığı	Elekt. İletk.	Tuzlu- luk	Bulanık- lık	Besin Tuzları	Chl-a	Çöz. O2	pH	Göl Çıkışları
<b>İznik</b>	93-94	+	+	-	+	+	-	+	+	85-06
<b>Manyas</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	84-03
<b>Uluabat</b>	86-90, 98, 99, 01, 02	-	-	-	-	+	+	-	+	-
<b>Eymir</b>	93-04	+	97-04	97-04	+	+	+	+	97-04	91-06
<b>Mogan</b>	71-77, 91-06	+	93-06	97-06	+	+	+	+	+	95-05
<b>Tuz gölü</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Van</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	88-05
<b>Marmara</b>	81, 85, 91	91.92	-	-	81, 85, 91	85, 91	91	91, 92	-	79-06
<b>İşıklı</b>	85-91, 99, 00	-	-	-	+	+	99-00	89-91, 99-00	+	86-06
<b>Eğirdir</b>	84, 88, 89, 92-94, 98	85-90	+	+	+	+	-	+	+	-
<b>Beyşehir</b>	84, 86-92, 95-97	+	+	-	+	+	-	+	-	-
<b>Burdur</b>	84	-	-	-	-	+	-	-	-	-

Tablo 2.6 Biyolojik Bulgular

	Fitoplankton	Zooplankton	Bahık	Bitki	Kuş
<b>İznik</b>	-	-	-	-	-
<b>Manyas</b>	-	-	-	-	-
<b>Uluabat</b>	2002	-	85-00	54, 87	89, 93, 96, 99
<b>Eymir</b>	97-06	97-06	98-06	98-06	00-03
<b>Mogan</b>	97-03	97-06	2001	91, 92, 96, 98	93-94, 01-02
<b>Tuz gölü</b>	-	-	-	-	-
<b>Van</b>	-	-	-	-	-
<b>Marmara</b>	-	-	73-86, 94	-	-
<b>Işıklı</b>	92, 99	99-00	92, 99	82, 87, 88, 98	89, 97
<b>Eğirdir</b>	99	88, 89, 99	58-69, 76, 90	-	-
<b>Beyşehir</b>	53, 79, 84, 97	-	82-84	98	-
<b>Burdur</b>	-	-	-	-	-

## 2.2.2 Veri Kaynakları

Elde bulunan verilere ilişkin kullanılan temel kaynakların dökümünün, kolay erişim ve birliktelik bakımından raporun sonundaki “Kaynaklar” listesinden ziyade bu bölümde verilmesi uygun görülmüştür.

1. Akbulut N.E., Akbulut A., Barlas N., Bayarı S., Karaytuğ S., Çelik K., Alper A., Özatlı D., Yılmaz İ. (2004) “Uluabat Gölü ve Gölü Besleyen Su Kaynakları Üzerinde Limnoekolojik Çalışmalar” TÜBİTAK Proje No: YDAPÇAĞ-101Y040
2. Albay M.(1996) “İznik Gölü Kirlenme Düzeyinin Biyolojik Yonden İncelenmesi” İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Temel Bilimleri Anabilim Dalı (İç Sular Biyolojisi Programı) Doktora Tezi
3. Altınayar G., Ertem B., Aydoğan F., Akkaya H. (1998) “ Beyşehir Gölü Sorunlar, Nedenleri ve Çözüm Yolları” Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü İşletme ve Bakım Dairesi Başkanlığı
4. Altınayar G., (1998) “Uluabat Gölü Su Bitkileri Sorunları Nedenleri ve Çözüm Yöntemleri Üzerinde Çalışmalar” Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü İşletme ve Bakım Dairesi Başkanlığı
5. Altınayar G., (1998) “Manyas ve Uluabat Göllerini Bitki Tür ve Toplulukları ile ‘Kuççenneti Milli Parkı’ Bitki Örtüsünde Görülen Kurumaların Nedenleri Üzerinde Değerlendirmeler” Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü İşletme ve Bakım Dairesi Başkanlığı
6. Altınayar G., Ertem B., Aydoğan F., Yıldırım S. (1994) “Marmara Gölünde Su Yabancıtları Sorunları Nedenleri ve Çözüm Yolları Üzerinde Çalışmalar” Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü İşletme ve Bakım Dairesi Başkanlığı
7. Ayhan A., Güzel A., Küçüködük M., Durak Y., Obalı O., Tütüncü T. (1996) “Beyşehir Gölü’nün Su Kaynaklarının Korunması, Kimyasal ve Bakteriyolojik Kirliliği’nin Araştırılması” TÜBİTAK Proje No: DEBAG-31/DPT
8. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü İşletme ve Bakım Dairesi Başkanlığı (1993) “Mogan Gölü Limnolojik Etüt Raporu”
9. Erkakan F., Bayrak M., Ekmekçi F.G., Sipahiler F., Turhan L.F., Keskin N., Cirik S., Özeren C., Teke Y., Yılmaz M., Menengiç M., Akyürek M., Akyürek, H., Karakoyun S., Deredam R., Alp, A. Balık İ., İlter M. (1992) “Eğirdir Gölü Stok Tesbiti” TÜBİTAK Proje No: DEBAG-77/G

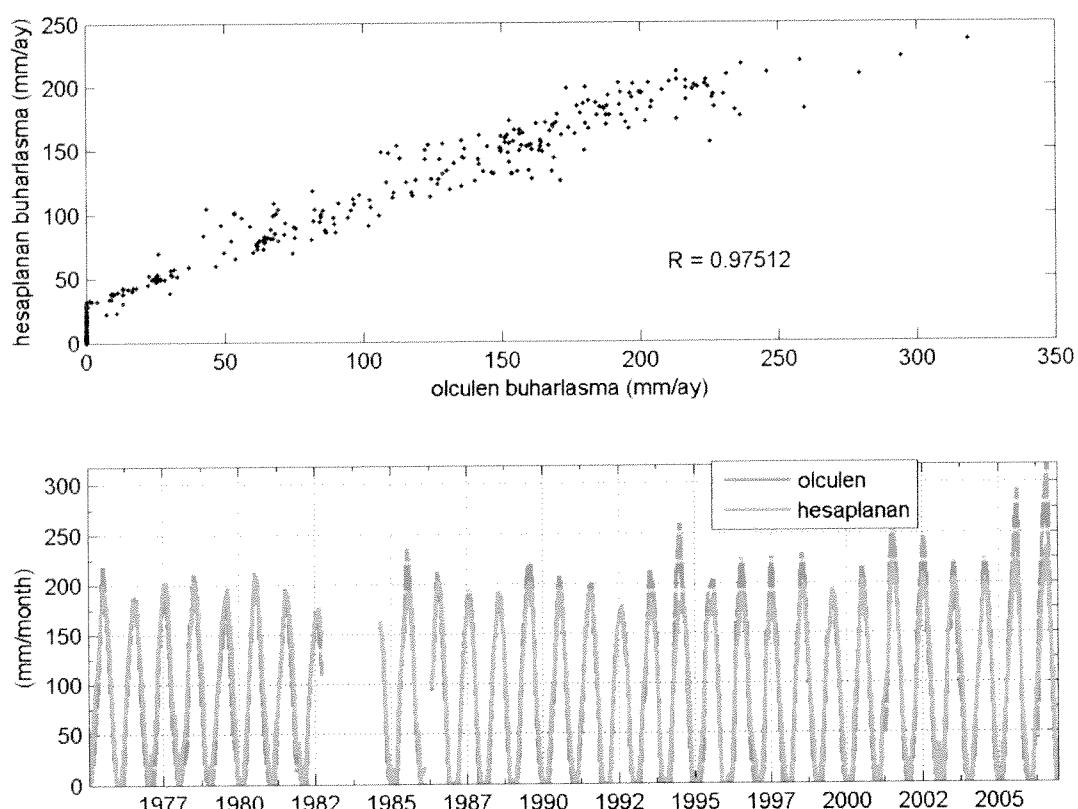
10. Erkakan F., Ekmekçi F.G., Turhan L.F., Balık İ., Keskin N., Akyürek M., Bayrak M., Cırık S., Menengiç M., Deredam R., Karakoyun S., İlter M. (1992) "Eğirdir Gölü Stok Tesbiti" TÜBİTAK Proje No: DEBAG-15/G
11. Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü Hidrolik Etütler Dairesi Başkanlığı (2002) "Göl Seviyeleri"
12. Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü Hidrolik Etütler Dairesi Başkanlığı (2003) "Su Akımları Aylık Ortalamaları"
13. Günay Y., Durusu A., Tabuman F.C. (1985) "Isparta ve Yöresindeki Göllerde Su Kalitesi Evsel ve Endüstriyel Atıklarla İlgili Parametreler" TÜBİTAK Proje No: ÇAG-47
14. Kazancı N., Girgin S., Dügel M., Oğuzkurt D., Mutlu B., Dere Ş., Barlas M., Özçelik M. (1999) "Köyceğiz, Beyşehir, Eğirdir, Akşehir, Eber, Çorak, Kovada, Yarışlı, Bafa, Salda, Karataş, Çavuşçu Gölleri, Küçük ve Büyük Menderes Deltası, Güllük Sazlığı, Karamuk Bataklığı'nın Limnolojisi, Çevre Kalitesi ve Biyolojik Çeşitliliği" Türkiye İçsuları Araştırma Dizisi: IV
15. Merter Ü. (1986) "Isparta ve Yöresindeki Göllerde Su Kalitesi" TÜBİTAK Proje No: ÇAG-45/G
16. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü (1991) "Eğirdir Gölü Ekolojisi ve Ekonomik Su Ürünlerinin İncelenmesi" TÜBİTAK Proje No: DEBÇAG-51
17. Tanyolaç J., Karabatak M. (1974) "Mogan Gölünün Biyolojik ve Hidrolojik Özelliklerinin Tesbiti" Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Genel Zooloji Kürsüsü, TÜBİTAK Proje No: VHAG-91
18. Telli S. (2000) "Uluabat Gölü Yüzey Sularının Kirliliğinin İncelenmesi" Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi
19. (?) "Işıklı Gölündeki Su Bitkisi Sorunları, Nedenleri ve Çözüm Yolları Üzerinde Çalışmalar (1999-2000)

### 2.2.3 Verilerin İşlenmesi

Veriler ile çalışma yapmayı güçleştiren eksik değerlerin kısmen de olsa giderilebilmesi ve eldeki verilerin en iyi şekilde değerlendirilebilmesi için, sistematik olmayan eksik veriler doğrusal interpolasyon yöntemiyle doldurulmuştur. Eksik bir haneye rastlandığında, bu hane önceki aynı ayın geçmiş ve sonraki senelerdeki değerlerinin ortalaması ile, bu değerlerin olmadığı durumda, aynı sene içindeki bir önceki ay ve bir sonraki ayın değerlerinin ortalaması ile doldurulmuştur. Bu şekilde, göllere atanan verilerde bulunan toplam 53364 adet haneden 4778 adedinin (tüm verinin yaklaşık % 9'u) boş olduğu tesbit edilmiş, bu boşluklardan 815 adedi yıllar arası interpolasyonla, 812 adedi aylar arası interpolasyonla olmak üzere toplam 1627 adedi doldurulabilmiş, 3151 (tüm verinin %5.9'u) adedi ise boş bırakılmıştır.

Meteorolojik istasyonların tamamında, kış aylarında, hava sıcaklığının 0 °C'in altında olması nedeniyle buharlaşma çanağı donduğu için devreden çıkarılmaktadır. Bu nedenle, özellikle Van gibi kış mevsiminin uzun sürdüğü iç ve yüksek bölgelerde 4 aya varan sürelerle, buharlaşma verisi bulunmamaktadır. Halbuki kış aylarında da az da olsa buharlaşma gerçekleşmektedir. Buharlaşma, mekanistik modellerle hesaplanabildiği halde, bu modellerde kullanılan bağıl nem, aerodinamik direnç gibi parametreler elde bulunmadığı için, bu modeller kullanılarak bu ölçülemeyen değerler hesaplanamamaktadır. Bu nedenle, sıcaklık ve

rüzgâr'dan büyük oranda etkilendiği bilinen buharlaşmanın eksik olan kış değerleri, bu iki parametre kullanılarak çoklu doğrusal regresyonla doldurulmuştur. Özellikle kış aylarında buharlaşma ve sıcaklık-rüzgar çiftleri arasındaki ilişkinin doğrusallığını iyice kaybettiği bilindiği halde, bu yöntem, pratik imkan dahilleri içinde uygulanabilecek bulunabilen tek yöntem olması sebebiyle her şeye rağmen tercih edilmiştir. Şekil 2.2'de, bu çalışmalara bir örnek olarak, Beyşehir istasyonunda ölçülen buharlaşma ile aynı istasyondaki sıcaklık ve rüzgar verilerinin çoklu doğrusal regresyonunda elde edilen hesaplanan buharlaşmanın saçılım ve karşılaştırmalı grafikleri verilmiştir. Regresyonda, sıcaklığın çok düşüğü istisnai durumlarda buharlaşmayı negatif olarak hesapladığı görülmüştür. Bu durumlarda, buharlaşma "0" kabul edilmiştir. Şekil 2.2'de üst panelde, ölçülen ve hesaplanan değerler arasındaki korelasyon katsayısı 0.975 olarak görülmektedir. Tablo 2.7'de tüm istasyonlar için ulaşılan korelasyon katsayıları verilmiştir. Tüm korelasyonlar çok yüksek anlam düzeyine sahiptir.



Şekil 2.2 Beyşehir istasyonu buharlaşma verisi çoklu doğrusal regresyon sonuçları

Tablo 2.7 Buharlaşma verisi çoklu doğrusal regresyon sonuçları

İstasyon	Katsayı	İstasyon	Katsayı
Bandırma	0.972	Denizli	0.966
Bursa	0.959	Burdur	0.983
Ankara	0.981	Kulu	0.982
Van	0.968	Salihli	0.992
Akhisar	0.983	Dinar	0.994
Manisa	0.000	Eğirdir	0.998
Aydın	0.971	Beyşehir	0.975

Son olarak, gerek bir arada çizilen grafiklerin daha anlaşılır olmasını sağlayan, gerekse, bazı istatistiksel yöntemler uygulanırken kullanılması gereken z-değerlerinin hesaplanmasıından bahsedilecektir. Bu işlem, aşağıdaki formüle göre yapılmaktadır:

$$z_i = \frac{x_i - \mu}{\sigma}$$

Burada,  $z_i$ , ölçülen  $x_i$  değerinin z-değerini,  $\mu$  tüm serinin ortalamasını,  $\sigma$  ise tüm serinin standart sapmasını ifade etmektedir. Aslında ölçülen değerden ortalamanın çıkarılması sonucu elde edilen değere anomali, bu değerin de standart sapmaya bölünmesine normalize etmek denmektedir. Dolayısıyla z-değerini normalize anomali değeri olarak tanımlamak mümkündür.

## 2.3 İSTATİSTİKSEL YÖNTEMLER

### 2.3.1 Çoklu Doğrusal Regresyon

Coklu doğrusal regresyon modeli, bit bağımlı (tepkii) değişkeninin, 2 veya daha fazla bağımsız değişkenle olan ilişkisini, gözlem verilerine bir doğrusal denklem oturtarak açıklamayı hedefler. Her bir gözlemdeki  $p$  adet bağımsız değişkeni  $x_i$ , karşılık gelen bir bağımlı değişkeni  $y$  olarak ifade edelim. Regresyon modeli, bir sabit terim,  $x_1, x_2, \dots, x_p$  bağımsız değişkenleri, bu değişkenlerin her biri için parametre değerleri  $\beta_i$  ve bir hata terimi  $\varepsilon$  ile şöyle tanımlanır:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_p x_p + \varepsilon$$

Bu model, tepki değişkeni  $Y$  nin grafiğinin doğrusal olacağı için değil,  $Y$  nin her bir  $x_i$  değişkeninin, bu değişkenin  $\beta_i$  parametresinin doğrusal bir fonksiyonu olduğunun kabulu nedeniyle doğrusal olarak adlandırılır. Yani, örneğin

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2^2 + \varepsilon$$

modelinde  $Y$  nin grafiği, doğrusal olmayacağı halde, model doğrusaldır.

Doğrusal regresyon modelinde,  $\beta_i$  parametrelerinin bulunması için çeşitli yollar bulunmakla birlikte, bu çalışmada en küçük kareler yöntemi kullanılmıştır. Yukarıdaki modelde hata terimi,  $n$  adet gözlem için, aşağıdaki matris notasyonu ile gösterilebilir:

$$\hat{\varepsilon} = \vec{y} - X\hat{\beta}$$

Bu notasyondaki  $\beta$  ve  $\varepsilon$  nin üzerindeki  $\hat{\cdot}$  lar, bu terimlerin, tahmin edilen (estimated) değerler olduğunu vurgulamaktadır. En küçük kareler yönteminde, yukarıdaki  $\varepsilon$  nin karelerini ( $-\varepsilon$  değerlerinin de mutlak hata katkısını hesaplamak amacıyla), minimize edecek  $\beta_i$  değerleri aranmaktadır. Yani, ifadeler yerlerine yerleştirildiğinde, Toplam Hataların Kareleri (THK) şöyle ifade edilebilir.

$$THK = \sum (y_i - \hat{y}_i)^2 = \vec{y}^T \vec{y} - \hat{\beta}^T X^T \vec{y}$$

Bundan sonra, her bir  $\beta_i$  parametresinin kısmi türevi alınarak bulunan normal denklemler, 0'a eşitlenerek (THK'nin minimum değerinde bu parametrelerin fonksiyonunun türevinin (eğiminin) 0 olması gereklidir) çözüldüğünde parametrelerin değerleri hesaplanabilmektedir.

Çoklu doğrusal regresyon hesaplamalarında MATLAB 7.1'deki "regress" fonksiyonu kullanılmıştır.

Yararlanılan kaynaklar: von Storch ve Zwiers, 1999; Chapra ve Canale, 1997

### 2.3.2 Ampirik Dikgen Fonksiyon (EOF - Empirical Orthogonal Function) Analizi

Geniş bir bilim topluluğunda bilinip kullanılan PCA (Principal Component Analysis – Temel Bileşen Analizi), meteoroloji ve okyanus bilimi çevrelerinde daha çok EOF adıyla anılır. EOF Analizi, aslında aynı sisteme ait olduğu düşünülen ancak bir çok kolona (parametre, istasyon) temsil edilen bir veri sahasını, bu veri sahasının içerdiği değişkenliğin önemli bölümünün sıkıştırılmış olduğu çok daha az sayıda kolona (mod), açıklamakta kullanılır.

Elimizde herhangi bir parametrenin (bizim durumumuzda sıcaklık, basınç, vs.)  $M$  adet konumdaki, her biri  $N$  adet zaman basamağındaki değerlerinden oluşan bir veri seti olduğunu düşünelim. Bu veri seti, kolonları konumlara, satırları zaman basamaklarına denk gelecek tek bir  $F$  matrisi ile ifade edilebilir. Yani,

$$F = \begin{bmatrix} F_1(1) & F_2(1) & \dots & F_M(1) \\ F_1(2) & F_2(2) & \dots & F_M(2) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ F_1(N) & F_2(N) & \dots & F_M(N) \end{bmatrix}$$

$F$ 'nin temel bileşenleri, klasik olarak kovaryans yöntemiyle bulunmaktadır. Öncelikle  $F$ 'nin konumsal kovaryans matrisi,  $F$ 'nin transpozu ile  $F^T$  ile çarparak elde edilebilir.

$$R_{FF} = F^T \times F = \begin{bmatrix} \langle F_1 F_1 \rangle & \langle F_1 F_2 \rangle & \dots & \langle F_1 F_M \rangle \\ \langle F_2 F_1 \rangle & \langle F_2 F_2 \rangle & \dots & \langle F_2 F_M \rangle \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \langle F_M F_1 \rangle & \langle F_M F_2 \rangle & \dots & \langle F_M F_M \rangle \end{bmatrix}$$

Burada,  $\langle F_i F_j \rangle$ ,  $F_i$  ve  $F_j$  ( $i$  ve  $j$  konumlarındaki) zaman serileri arasındaki

$$\langle F_i F_j \rangle = \langle F_j F_i \rangle = \frac{1}{N-1} \sum_{t=1}^N F_i(t) F_j(t)$$

olarak tanımlanan kovaryansı ifade etmektedir. Eğer  $F$ 'deki zaman serileri standart sapmalarına bölünerek normalize edilmişlerse,  $R_{FF}$ , kovaryans değil, korelasyon matrisi olur.

Kovaryans (veya korelasyon) matrisi elde edildikten sonra, aşağıdaki özproblemi'nin (eigenproblem) çözülmesi gereklidir

$$R_{FF} \times E = E \times \Lambda$$

Buradaki  $A$ , köşegen elementlerinde,  $R_{FF}$ 'nin özdeğerlerini (eigenvalue)  $\lambda_k$  ( $k=1,2,\dots,M$ ) içeren  $M \times M$  matristir ve bu özdeğerler genelde büyükten küçüğe doğru sıralanır. Boyutu  $M \times M$  olmasına rağmen yalnızca  $i!=k$  :  $\lambda_k$ ,  $k=1,2,\dots,K$  ( $K \leq \min(N, M)$ ) eleman 0'dan büyük olduğu için, aslında efektif boyutu  $K \times K$  dir. Bu aynı zamanda, ilk  $K$  temel bileşenin (modun) hesaplanabileceği anlamına gelir.  $E$  ise, yine boyutu  $M \times M$  olan matristir ve kolonlarındaki  $\lambda_k$  ya denk gelen vektörleri  $E^k$ ,  $R_{FF}$ 'nin özvektörleridir (eigenvector):

$$E = \begin{bmatrix} E_1^1 & E_1^2 & \dots & E_1^M \\ E_2^1 & E_2^2 & \dots & E_2^M \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ E_M^1 & E_M^2 & \dots & E_M^M \end{bmatrix}$$

Yalnızca 0'dan büyük olan  $\lambda_k$  lara denk gelen  $E^k$  özvektörleri kullandığı için,  $E$ 'nin de efektif boyutu  $M \times K$  dir (M:Konumlar, K:Modlar).

$E^k$  özvektörlerinin bir özelliği,  $(E^T \times E + E \times E^T - I, I: \text{Özdeşlik Matris})$ 'yı sağlaması, yani uzamsal olarak birbirlerinden bağımsız, başka bir deyişle, dikgen (orthogonal) olmalarıdır. Her biri  $M$  eleman içeren  $E^k$  vektörleri,  $k$  Modu'nun uzamsal EOF örünlüğünü içerirler. Bunlara, Ampirik Dikgen Fonksiyon (EOF), Temel Bileşen yükleri, Temel Vektörler veya kısaca yükelemeler denilmektedir.

$k$  EOF modunun ( $E^k$ ) zaman içindeki (1 ile N'inci zaman basamağı arasındaki) değişimleri de,  $F$  matrisinin ( $F_m(t)$ )  $E^k$  özvektörüne izdüşürülmesiyle (project) hesaplanabilen  $A^k(t)$  zaman serisiyle ifade edilir.

$$A^k(t) = \sum_{m=1}^M E_m^k F_m(t)$$

Buradaki  $k=1,2,\dots,K$  modları,  $m=1,2,\dots,M$  konumları,  $t=1,2,\dots,N$  zaman basamaklarını göstermektedir. Matris notasyonu ile aynı işlem şöyle de tarif edilebilir:

$$A = E^T \times F$$

$E^T$   $K \times M$ ,  $F$   $M \times N$  boyutlarında olduğu için,  $A$ , bu hesaplamadan  $K \times N$  boyutunda çıkar.  $A$  matrisinin, her bir moda denk gelen  $K$  adet satırı, zaman basamaklarına denk gelen  $N$  adet eleman içerir.  $A^k(t)$  zaman serilerine, Temel Bileşenler, Zaman Katsayıları, Özvektör zaman serileri, veya kısaca skorlar da denmektedir.

Her bir  $A_k$ ,  $F$  sahasındaki değişkenliğin mod  $k$  tarafından açıklanan değişkenliği ile orantılıdır ve bu açıklanan değişkenlik ( $AD$ ), yüzde cinsinden şöyle hesaplanır:

$$AD = \frac{\Lambda_k}{\sum_{i=1}^K \Lambda_i} \times 100$$

Orijinal  $F$  sahası, her bir  $E^k$  uzamsal EOF örümlüğünün, denk gelen  $A^k$  Temel Bileşen ile çarpılarak tüm  $K$  modlarında toplanmasıyla tamamıyla yeniden elde edilebilir:

$$F_m(t) = \sum_{k=1}^K E_m^k A^k(t)$$

Halbuki bu işlemde, değişkenliğin zaten büyük kısmını açıklayan  $H$  ( $H < K$ ) adet mod kullanılırsa, yaklaşık, sıkıştırılmış ve daha az gürültü (noise) içeren bir  $\hat{F}$  matrisi elde edilmiş olur:

$$\hat{F}_m(t) = \sum_{k=1}^H E_m^k A^k(t)$$

Bu,  $F$  sahasındaki değişkenliğin büyük bir kısmı temsil edildiği halde, veri boyutunun önemli miktarda azalmasını sağlar. Bazen, bu birkaç mod, anlamlı fiziksel süreçlere tekabül eder ve başka bazı yöntemler (doğrusal korelasyon, vs.) kullanılarak bu ilişkiler aydınlatılabilir.

$R_{FF}$  kovaryans matrisinin boyutu, kolon sayısının karesi ile orantılı olarak arttığı için, özellikle çok büyük veri setlerinde, gerektirdiği yer ve işlem çokluğu nedeniyle, yukarıda anlatılan bu klasik çözüm, verimsiz olabilemektedir. Tüm ayrıştırma işlemini bir defada,  $R_{FF}$  gibi büyük ve geçici bir basamak kullanmaksızın yapabilen, üstelik de hesapsal açıdan daha kararlı bir yöntem olduğu söylenen SVD (Singular Value Decomposition – Tekil Değer Ayırımı) yöntemine de, çalışmada kullanılan yöntem olduğu için degeinilecektir. SVD yöntemi, herhangi bir  $M \times N$  boyutundaki matrisin, 3 Matrisin çarpımı olarak yazılabileceği gerçeği üzerine kuruludur: Bir  $U M \times M$  matrisi, pozitif veya 0 elemanlardan oluşan bir  $\Gamma M \times N$  köşegen matrisi ve bir  $V N \times N$  matrisinin transpozu:

$$F = U \times \Gamma \times V^T$$

$\Gamma$  matrisinin köşegeninde yer alan  $\gamma_k$  değerlerine, tekil değerler denir ve genellikle büyükten küçüğe sıralanırlar.  $\gamma_k$  değerleri, klasik kovaryans yönteminde gösterilen  $A_k$  değerleri ile orantılıdır, öyle ki:  $A_k = \gamma_k^2$ .  $U$  matrisinin kolonları birbiri ile dikgendir (orthogonal) ve yine önceki bölümde anlatılan  $E$  özvektörleri ile eşittir. Yani  $F$  sahasının her bir  $\gamma_k$  tekil değerine denk gelen konumsal EOF örümlükleri durumundadır.  $V^T$  matrisinin satırları da birbirlerine dikgendirler ve bunlar da, yine yukarıda anlatılan  $A^k$  zaman serileri ile orantılıdır. Bu orantının katsayısı tekil değerlerdir:

$$A = \Gamma \times V^T$$

$$A^k(t) = \gamma_k V^{Tk}(t)$$

Yukarıda da belirtildiği gibi, yapılan çalışmalarda Temel Bileşenler, SVD yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır.  $U$ ,  $\Gamma$  ve  $V$  matrisleri, MATLAB 7.1'deki "svd" fonksiyonu kullanılarak elde edilmişlerdir.

Yararlanılan kaynak: Venegas, 2001

### 2.3.3 Kümelerarası Korelasyon Analizi (CCA (Canonical Correlation Analysis))

Kümelerarası korelasyon analizi, iki veri seti arasındaki doğrusal bağlantıları bulmak için kullanılır. İki veri sahası  $S$  ve  $P$ , Bölüm 2.3.2'deki  $F$  veri sahası gibi kolonlarda sırasıyla  $M_S$  ve  $M_P$  adet uzamsal konum, ve satırlarda her ikisinde de  $N$  adet zamansal konum olmak üzere, sırasıyla  $N \times M_S$  ve  $N \times M_P$  boyutlarda matrisler olarak ifade edilsin. Bu sahaların her birinin kovaryans matrislerini ve bu iki sahanın çapraz-kovaryans matrisleri, sırasıyla  $R_{SS}$ ,  $R_{PP}$  ve  $R_{SP}$ , şöyle elde edilir:

$$R_{SS} = S^T \times S = \begin{bmatrix} \langle S_1 S_1 \rangle & \langle S_1 S_2 \rangle & \dots & \langle S_1 S_{M_S} \rangle \\ \langle S_2 S_1 \rangle & \langle S_2 S_2 \rangle & \dots & \langle S_2 S_{M_S} \rangle \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \langle S_{M_S} S_1 \rangle & \langle S_{M_S} S_2 \rangle & \dots & \langle S_{M_S} S_{M_S} \rangle \end{bmatrix}$$

$$R_{PP} = P^T \times P = \begin{bmatrix} \langle P_1 P_1 \rangle & \langle P_1 P_2 \rangle & \dots & \langle P_1 P_{M_P} \rangle \\ \langle P_2 P_1 \rangle & \langle P_2 P_2 \rangle & \dots & \langle P_2 P_{M_P} \rangle \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \langle P_{M_P} P_1 \rangle & \langle P_{M_P} P_2 \rangle & \dots & \langle P_{M_P} P_{M_P} \rangle \end{bmatrix}$$

$$R_{SP} = S^T \times P = \begin{bmatrix} \langle S_1 P_1 \rangle & \langle S_1 P_2 \rangle & \dots & \langle S_1 P_{M_P} \rangle \\ \langle S_2 P_1 \rangle & \langle S_2 P_2 \rangle & \dots & \langle S_2 P_{M_P} \rangle \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \langle S_{M_S} P_1 \rangle & \langle S_{M_S} P_2 \rangle & \dots & \langle S_{M_S} P_{M_P} \rangle \end{bmatrix}$$

$R_{SS}$ ,  $R_{PP}$  ve  $R_{SP}$  matrisleri oluşturulduktan sonra,  $Q_S$  ve  $Q_P$  matrisleri aşağıdaki işlemlerle oluşturulur:

$$Q_S = R_{SS}^{-1} \times R_{SP} \times R_{PP}^{-1} \times R_{SP}^T$$

$$Q_P = R_{PP}^{-1} \times R_{SP}^T \times R_{SS}^{-1} \times R_{SP}$$

Daha sonra bu  $Q_S$  ve  $Q_P$  kombinasyonlarının her birinin aşağıdaki özproblemleri (eigenproblem) çözülür.

$$Q_S \times \Pi_S = \Pi_S \times A$$

$$Q_P \times \Pi_P = \Pi_P \times A$$

Bu denklemdeki  $A$ , çapraz elementlerinde,  $Q_S$  ve  $Q_P$  matrislerinin birbirlerine eşit olan  $K$  adet moda denk gelen özdeğerlerini (eigenvalue)  $A^k$  ( $k=1,2,\dots,K$ ) taşıır. Aynı şekilde, sırasıyla  $M_S \times M_S$  ve  $M_P \times M_P$  boyutlarında matrisler olan  $\Pi_S$  ve  $\Pi_P$ , kolonlarında sırasıyla  $Q_S$  ve  $Q_P$  matrislerinin özvektörlerini (eigenvector) taşırlar. Özproblemler çözülüp özvektörler ve özdeğerler bulununca, uzamsal “Kümelerarası Korelasyon Örünlükleri” (Canonical Correlation Patterns)'ni  $E_S^k, E_P^k$  ( $k=1,2,\dots,K$ ) kolonlarında barındıran  $E_S, E_P$  matrislerini ve zamansal “Kümelerarası Korelasyon Katsayıları” (Canonical Correlation Coefficients) 'ni

$A_S^k, A_P^k$  ( $k=1,2,\dots,K$ ) kolonlarında barındıran  $A_S$ ,  $A_P$  matrisleri aşağıdaki işlemlerle bulunabilir

$$E_S = R_{SS} \times \Pi_S$$

$$E_P = R_{PP} \times \Pi_P$$

$$A_S = S \times \Pi_S$$

$$A_P = P \times \Pi_P$$

Buradan bulunan her bir kümedeki  $E_S^k, E_P^k$  uzamsal örümlüklerinin kümeye içinde birbirlerine dik olma şartı bulunmamakla beraber,  $A_S^k, A_P^k$  zaman katsayıları arasında böyle bir şart vardır. Kümeler arası ilişkiler, her bir kümenin belli bir mod'daki katsayı serisinin, karşı kümedeki denk gelen mod'daki katsayı serisi ile arasındaki korelasyonlar değerlendirerek anlaşılır. Bunun yanında, her bir kümenin birinci zaman katsayıları olan  $A_S^1, A_P^1$  arasındaki en yüksektir ve takip eden modlarda giderek azalır. Yani, katsayı serileri, karşı kümedeki denk gelen katsayı serisi ile aralarındaki korelasyon değerleri, ilk modda en yüksek olacak ve giderek düşecek şekilde dizilirler. Yapılan çalışmalarda, kümeler arası korelasyon katsayısı serilerinin birbirleri arasındaki ilişkileri ölçmek için hesaplanan "korelasyon katsayıları" ifadeleri ile karışıklık yaratmaması için, bu serilerden  $(A_S^k, A_P^k)$  "kümelerarası değişkenler" olarak bahsedilmiştir)

Özellikle  $M_S$  ve  $M_P$ 'nin büyük olduğu, çok miktarda uzamsal konum serisiyle ifade edilen sahalar üzerine uygulanan CCA'erde, katsayı serileri arasında olağanüstü büyük korelasyonlar elde edilebilir. Bunun nedeni, veri sahalarındaki aslında gerçek değişkenliğe katkıda bulunmayan gürültü (noise) kaynaklarının bir şekilde bu olağanüstü korelasyonları yaratan "kümelerarası değişkenlerin" oluşturulmasında katkıda bulunmaktadır. Bu nedenle, CCA'den önce, veri sahalarının, baskın değişkenliklerinin EOF analizi gibi bir yöntemle izole edilip gürültülerinin azaltılarak, filtre edilmesi tavsiye edilir (Barnett ve Preisendorfer, 1987; Bretherton ve ark., 1992). Yapılan çalışmalarda da, CCA kullanılmadan önce EOF ile veri sahaları sıkıştırılarak yalnızca baskın değişkenlikleri barındırıyor duruma getirilmiştir.

Yararlanılan kaynak: Venegas, 2001

#### 2.3.4 Faktör Analizi (Factor Analysis - FA)

PCA ile zaman zaman karıştırılan bir yöntem olan FA, kovaryans yapısını PCA gibi az sayıda faktörle açıklamaya çalışırken, çok temel bazı farklılarla bunu yapar: Birincisi, kullanılacak mod sayısı kendiliğinden belirlenen PCA'nın aksine, FA'da dışarıdan yapay bir şekilde belirlenen faktör sayısı kadar dikgen fonksiyon kullanılmaktadır. İkincisi, FA'da, PCA'dan farklı olarak her bir değişkenin (parametre, istasyon) yalnızca ortak değişkenliğe (covariability) katkıda bulunan kısmı modele katılırken, değişkenlerdeki paylaşılmayan değişkenlik, modelin dışında tutulur. Ayrıca, bu iki modeldeki dikgen fonksiyonların (PCA'da modlar, FA'da faktörler) anımları ve amaçları da farklıdır; PCA, değişkenlik kaynaklarını temel bileşenler ile birbirinden ayırmaya çalışırken, FA, ortak değişkenliğin kaynaklarını faktörlerde toplamaya çalışır. Bu bağlamda, yorumlar, PCA'da, her bir değişkenin hesaplanan temel bileşenleri açıklama gücü, FA'da ise hesaplanan faktörlerin her

bir değişkeni açıklama eksenlerinde yapılır (Preisendorfer, 1988, Mc Garigal ve diğerleri, 2000).

Aşında FA ile elde edilebilecek faktörler gözlemlenebilir olsa, bu faktörleri bağımsız değişken olarak kabul ederek, her bir FA'ya girdi olacak her bir değişkeni de bağımlı değişken olarak kabul ederek, Bölüm 2.3.1'de anlatılan Çoklu Doğrusal Regresyon kullanılabilir ve değişkenleri tarif eden bir model yaratılabilirdi. Ancak faktörler, FA'dan önce bilinmediği için, yeni bir stratejiye ihtiyaç duyulmaktadır. Faktör modeli, vektör notasyonu ile şöyle ifade edilebilir:

$$Y = AF + \varepsilon$$

Bu modele göre,  $Y$  değişkenleri;  $A \times F$  ifadesi ile tarif edilen ortak değişkenlikler ve  $\varepsilon$  ile tarif edilen paylaşılmayan değişkenliklerin toplamı olarak anlatılmaktadır.  $F$  faktörlerinin ağırlıklarını olarak çalışan  $A$  parametrelerine aynı zamanda "faktör yüklemeleri" (factor loadings) de denmektedir. Model açık halde gösterilecek olursa,  $M$  adet  $Y_m$  ( $m=1,2,\dots,M$ ) değişkeninin,  $K$  adet  $F^k$  ( $k=1,2,\dots,K$ ) faktörü ile

$$\begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_M \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_1^1 & A_1^2 & \dots & A_1^K \\ A_2^1 & A_2^2 & \dots & A_2^K \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ A_M^1 & A_M^2 & \dots & A_M^K \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} F^1 \\ F^2 \\ \vdots \\ F^K \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \vdots \\ \varepsilon_M \end{bmatrix}$$

şeklinde doğrusal olarak ilişkili olduğu düşünülmektedir. Bu ifadelerdeki  $Y$ ,  $A$  ve  $\varepsilon$ 'nin kovaryans matrisleri  $\Sigma(Y^T Y)$ ,  $\Psi(\varepsilon^T \varepsilon)$ ,  $\Phi(F^T F)$  arasındaki ilişki,  $A$  ile  $\varepsilon$ 'nın bağımsız olduğu ( $A\varepsilon^T = \varepsilon A^T = 0$ ) kabul edilirse,

$$\begin{aligned} Y^T Y &= (AF + \varepsilon)(AF + \varepsilon)^T \\ \Sigma &= A\Phi A^T + \Psi \end{aligned}$$

olarak ortaya çıkar. Ayrıca, bu ifadeyi destekleyen bir sonuç, en başta gösterilen modelin  $F^T$  ile çarpılması ile de elde edilir ( $A\varepsilon^T = \varepsilon A^T = 0$ )

$$\begin{aligned} (Y = AF + \varepsilon) \times F^T \\ Y F^T = A\Phi \end{aligned}$$

Buradan, değişkenler ( $Y$ ) ile Faktörler ( $F$ ) arasındaki tüm ilişkinin  $A\Phi$  ile ifade edilebildiği anlaşılmaktadır. Faktör değişkenlerinin normalize edildiği ve birbiri ile dikgen (orthogonal) olduğu durumda, yan,  $\Phi=I$  iken,  $A$ , bu bilginin yegane taşıyıcısı durumuna gelir. FA'daki nihai amaç,  $A$  yüklemelerini ve  $\Psi$  paylaşılmayan değişkenleri kullanarak olabilen en az sayıda dikgen  $F$  bağımsız faktörü ile değişken setinin kovaryans ( $\Sigma$ ) yapısını izah etmektir. Faktörlerin çıkarılması için, ağırlıksız en küçük kareler (unweighted least squares), genelleştirilmiş en küçük kareler (generalized least squares), en büyük olasılık (maximum likelihood), temel eksen faktörlemesi (principal axis factoring), vs. gibi bir çok yöntem bulunmaktadır (Costello ve Osborne, 2005). Yapılan analizlerde kullanılan MATLAB 7.1'in "factoran" fonksiyonu en büyük olasılık (maximum likelihood) yöntemini kullanmaktadır.

Kaynaklar: Preisendorfer, 1988; Mc Garigal ve ark. 2000; Costello ve Osborne, 2005

### 3 BULGULAR

#### 3.1 VERİ TABANI

Proje kapsamında toplanan verilerin bir veri tabanı çerçevesinde, internet üzerinden akademik kullanıma açılması ile ilgili olarak, verilerin alındığı kurumlar ile (EIEI, DSI) yazışmalar yapılmıştır. Ancak, iki kurumun da bu konudaki yanıtları, verilerin ancak satın alınan birinci şahıslar tarafından kullanılabileceği ve paylaşılamayacağı şeklinde olmuştur. Verilerin hedeflendiği gibi paylaşılamayacağının anlaşılması ardından, toplanan verilerin akademik kullanıma açık bir veri tabanı yönetim sistemine aktarılmasından vazgeçilmiştir. Veriler, herhangi bir işlemden geçirilmemiş, olduğu gibi kurumlardan alındıkları isimleri ve dosya formatlarını koruyan hallerinin yanı sıra, boşlukları doldurulmuş, olası hataları elenmiş ve her bir parametre için kullanılacak istasyonların kolonlar halinde bitirilerek düzenlenmiş ve proje kapsamındaki analizlerde kullanılmış ve yeni analizlerde kullanılmaya hazır halleriyle de verilmektedir. Rapor ile birlikte CD ortamında teslim edilen verilerin düzeni, şematik olarak Şekil 3.1'de gösterilmektedir. Bu bölümde, iki genel kümedeki (ham ve işlenmiş) dosyaların içerikleri, kısaca anlatılmaktadır.

Name	Ext	Size
..\\[veriler]	<DIR>	
..\\[ham]		
..\\[fiziksel_kimyasal_biyolojik]		
..\\[DSI_gol_cikisları]		
..\\[hidrolojik]		
..\\[akim]		
..\\[EIEI]		
..\\[seviye]		
..\\[EIE]		
..\\[meteorojilik]		
..\\[24.01.07]		
..\\[29.07.06]		
..\\[islenmis]		
..\\[fiziksel_kimyasal]		
..\\[hidrolojik]		
..\\[meteorojilik]		

Şekil 3.1 Teslim edilen verilerin şematik gösterimi

##### 3.1.1 Ham Veriler

Ham veriler, verilerin alındıkları kaynakları da doğal olarak gruplayacağı için, parametrelerin karakterlerine göre, “fiziksel\_kimyasal”, “hidrolojik” ve “meteorojilik” adlı klasörler altında gruplandırılmışlardır.

Şekil 3.1'de içeriğinin de göründüğü “fiziksel\_kimyasal” klasöründe, DSI'nin göllerin çıkış ayaklarından toplac'ğı fiziksel ve kimyasal veriler bulunmaktadır. Dosya isimleri, verilerin sistemden çekilme tarihlerini ve ölçümlerin yapıldığı istasyonların yerlerini yansıtmaktadır.

“hidrolojik” adlı klasördeki veriler, akım ve seviye adları altında iki alt gruba daha ayrılmıştır. Akım dosyası, EIE'nin “Su Akımları Aylık Ortalamaları – 2003 ” yayınından, yayında ele alınan ve ilgi alanındaki göllere gelen akımların, aylık ortalamalar bölümlerinden alınan verileri içermektedir. Bu klasördeki veri dosyaları, doğrudan dijital olarak edinilmemeleri nedeniyle, sözü geçen yayından tarayıcı yardımıyla taramıp, bir OCR (Optical Character Recognition – Optik Karakter Tanımlama) programı ile dijitalleştirildiği için, daha sonra kontrolü yapılmış olduğu halde, hata işleme potansiyeline sahiptirler. Bu klasörün içinde bulunan, ve EIE'nin istasyon numarası ile isimlendirilmiş her bir veri dosyasının içinde,

ölçüm istasyonun isim, alet ve tam koordinatları ile ilgili bilgiler de bulunmaktadır. Seviye klasörü, yine EİE'nin "Göl Seviyeleri – 2007" adlı yayınındaki, bu defa doğrudan dijital olarak elde edilebilen ve tüm göllere ait göl seviyelerinin, günlük, aylık ortalama, aylık en yüksek ve aylık en düşük değerlerini içeren dosyaları içermektedir. Her bir veri dosyası, ölçüm istasyonuyla ilgili koordinat, yağış alanı, seviye ölçügibi gerekebilecek bilgileri de içermektedir. Bu klasörün de içindeki dosyalar, EİE'nin istasyon numaralandırma sistemine göre isimlendirilmiştir.

"meteorolojik" adlı klasörde, 2006 Temmuz ayında ve 2007 Ocak ayında gerçekleştirilen veri alımlarında edinilen veriler bulunmaktadır. Her bir klasördeki her bir veri dosyası, dosyanın içinde belirtilen parametreyle ilgili, Bölüm 2'de listesi verilen tüm istasyonlardaki verileri içermektedir.

### 3.1.2 İşlenmiş Veriler

Verilerin rapor, kitap gibi basılı ortamlarda sunulmaları ve saklanmaları, işlenmeleri ve dijital ortamlarda saklanmaları, farklı formatlarda farklı verimlerde başarılabilirliği için, genel olarak, verilerin elde edildikleri formatlar, işlenmeleri ve dijital ortamlarda saklanmaları için uygun değildir. Bunun yanında, insanı ve insanı olmayan faktörlere bağlı hatalar ve eksiklikler içerebilmektedirler. Bu nedenle, verilerin hemen elde edildikten sonra bu tür noksanlıklarının giderilmesi amacı ile işlemenden geçirildiklerinde, verilerin saklanması ve ileride yapılacak analizlerde kolaylık sağlayacak bir hale getirilebilirler.

Kullanılan verilerin tamamı, orijinal olarak yılların tablonun y ekseninde, ayların da x ekseninde gösterildiği "buys-ballot" tabloları halinde elde edilmiştir. Bu düzen, özellikle mevsimsel ve yıllık ortalamalarla çalışılacağı zaman bir takım kolaylıklar sağlayan, basılı kaynaklara aktarılacağı zaman da sayfa yapısına uygun olmakla birlikte, bütün zaman serisini, ortalama almaksızın mevsimsel salınımlarıyla birlikte değerlendirmeyi zorlaştırmakta ve birden çok veri sahasını yan yana veya alt alta kullanışlı bir şekilde birleştirmeyi imkansız kılmaktadır. Bu nedenle, veriler, her türlü matematiksel dönüşümün yapılmasında daha kullanışlı olan değerlerin tek bir kolonda tablolara çevrilmiştir. Dönüşüm, şematik olarak Şekil 3.2'de gösterilmiştir. Şekilde, sağ tarafta da görülebileceği üzere, bu benimsenen standart gösterimde, ilk kolonda yıllar, ikinci kolonda aylar, üçüncü kolonda ise değerler bulunmaktadır.

Verilere ulaşmayı kolaylaştmak ve verilerin saklanması daha verimli hale getirmek için tek kolon haline getirilen seriler her bir parametre için ve tüm göllere atanan istasyonlar bir arada olmak üzere birleştirilmiştir. Bu sayede, kullanılacak yazılımda tek bir metin dosyası açıldığında, bu dosyanın içindeki her bir kolondaki veriler birer değişken olarak kullanılabilmektedir ve belli bir düzen içinde saklanması gereken dosyaların sayısı onda birine inmektedir. Şekil 3.3'de örnek olarak yağış parametresinin saklandığı .txt dosyasından bir bölüm görülmektedir. "NaN" (Not a Number) olarak ifade edilen eksik değer gösteriminin bir örneğinin de sergilendiği Şekil 3.3'de, Van gölünün 1975 yılı 8. ayındaki hane eksiktir.

	A	B	C	D	E	F
1		Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat
2	1955	85.20	85.14	85.16	85.16	85.21
3	1956	84.89	84.92	84.97	85.04	85.23
4	1957	84.91	84.88	84.86	84.79	84.80
5	1958	84.48	84.42	84.48	84.55	84.61
6	1959	84.60	84.56	84.53	84.60	84.66
7	1960	84.67	84.64	84.60	84.71	84.76
8	1961	84.58	84.54	84.54	84.59	84.63
9	1962	84.26	84.24	84.25	84.24	84.30
10	1963	84.14	84.13	84.24	84.54	84.82
11	1964	84.76	84.72	84.87	84.95	85.01

yyyy	mm	level
1955	1	85.16
1955	2	85.21
1955	3	85.30
1955	4	85.33
1955	5	85.31
1955	6	85.25
1955	7	85.16
1955	8	85.09
1955	9	84.98
1955	10	84.89
1955	11	84.92
1955	12	84.97
1956	1	85.04
1956	2	85.23

Şekil 3.2 Verilerin Dönüşürlmesi

Yıl	Ay	Manyas	Uluabat	Iznik	Eymir	Mogan	Van	Marmara	İsikli	Burdur	Tuz	Egirdir	Beyşehir
1975	1	160.90	160.90	63.90	57.60	57.60	23.90	95.80	56.60	55.00	45.40	267.40	179.40
1975	2	112.00	112.00	65.20	35.20	35.20	31.50	48.20	47.30	48.20	45.40	96.80	55.10
1975	3	64.40	64.40	91.50	19.10	19.10	32.20	50.10	71.90	20.10	38.10	46.20	37.50
1975	4	62.20	62.20	47.80	80.40	80.40	10.70	28.80	59.70	24.80	77.20	124.50	58.40
1975	5	55.00	55.00	57.00	98.70	98.70	63.50	50.70	53.60	93.40	111.10	163.20	67.50
1975	6	95.00	95.00	64.60	75.70	75.70	17.20	28.10	18.30	34.30	41.00	28.60	9.10
1975	7	4.70	4.70	3.70	3.90	3.90	6.30	0.10	0.40	13.70	4.70	4.80	2.90
1975	8	24.50	24.50	10.10	24.40	24.40	NaN	4.00	0.40	5.50	3.70	19.90	9.60
1975	9	4.80	4.80	4.70	0.20	0.20	5.70	0.90	0.90	0.60	0.40	3.30	1.60
1975	10	52.60	52.60	54.20	20.00	20.00	27.60	36.60	21.90	21.10	18.10	31.50	49.10
1975	11	84.80	84.80	69.60	58.80	58.80	38.30	127.90	107.60	54.30	19.60	113.30	53.80
1975	12	149.50	149.50	112.70	40.50	40.50	36.50	55.10	90.30	74.40	57.90	87.50	36.40
1976	1	62.20	62.20	72.50	75.00	75.00	18.30	46.90	54.40	70.50	58.50	133.60	78.10
1976	2	42.60	42.60	19.80	18.50	18.50	69.10	40.30	51.70	40.40	39.50	44.50	42.20

Şekil 3.3 Serilerin yan yana bitişirilmesi

İşlenmiş veriler klasöründe, her bir parametre ve her bir göl için atanmış istasyonlardaki (Bkz. Bölüm 2.2) seriler, Bölüm 2.2.3'de anlatıldığı gibi eksiklikleri bir miktar giderilmiş, yukarıda anlatılan şekilde dönüştürülmüş ve yan yana bitişirilmiş halleriyle "fiziksel-kimyasal", "hidrolojik" ve "meteorolojik" alt klasör isimleri ile sunulmuştur (Şekil 3.1). Meteorolojik veriler, aylık ortalama basınç (mb), aylık en düşük sıcaklık (°C), aylık en yüksek sıcaklık (°C), aylık ortalama sıcaklık (°C), aylık toplam yağış (mm), aylık ortalama rüzgar hızı (m/s) parametreleri için Bölüm 2.2.1'de anlatıldığı gibi her bir göl için seçilen istasyonlardaki zaman serilerinin yanı sıra, Bölüm 2.2.3'de anlatıldığı gibi kış ayları değerleri doldurulmuş aylık toplam buharlaşma (mm) ve bu parametre kullanılarak oluşturulmuş Buharlaşma-Yağış (B-Y) (mm) parametrelerini de kapsamaktadır. Hidrolojik veriler, her bir göldeki seviye (m) ve akım serilerini ( $m^3/s$ ) (Eymir'deki değerler çok küçük olduğu için L/s), fiziksel-kimyasal veriler ise Manyas, Uluabat, Beyşehir, Eğirdir ve İşıklı göl (çıkış) ayaklarındaki su sıcaklığı(°C), elektriksel iletkenlik (mohm/cm), fosfat ( $PO_4^{(mg/l)}$ ) ve nitrat (çözünmüş inorganik azot) ( $mg/l$ ) serilerini kapsamaktadır. Klasörlerin içinde her bir parametre için tek bir .txt dosyası olup, Şekil 3.3'deki gibi, her bir göl için atanmış serileri yan yana olmak üzere o parametre için kullanılan tüm verileri barındırmaktadır. Her bir seride kullanılan birim, istasyon bilgisi gibi bilgiler, tekrar verilmemiş olup, bu bilgilere ham verilerin saklandığı dosyalardan ulaşmak mümkündür.

## **3.2 ELDEKİ VERİLERİN GÖRSEL OLARAK İNCELENMESİ**

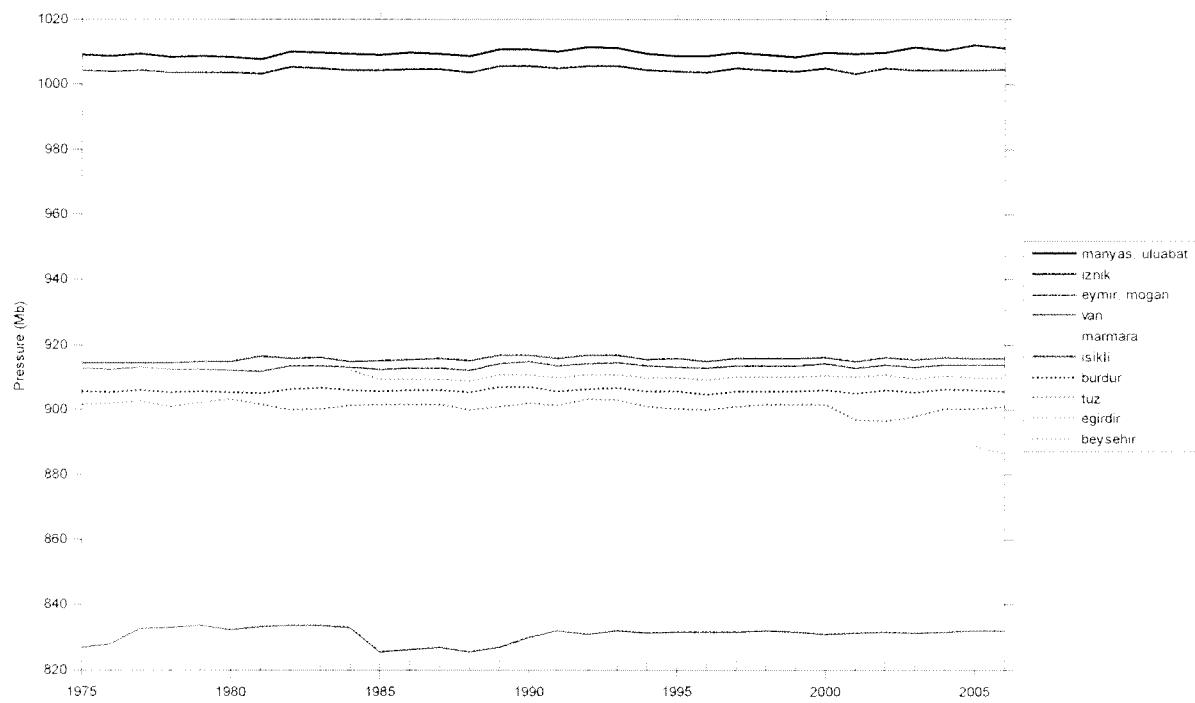
İklimsel etkilerin araştırıldığı böyle çalışmalarda, yapılacak yorumların sağlıklı olabilmesi için, kullanılacak verilerdeki değişkenliğin olabildiğince doğal kaynaklı olması istenir. Başka bir deyişle, verilerin toplanması, kaydedilmesi ve işlenmesi gibi süreçlerde, kimi zaman ortaya çıkan insan hatası, alet değişikliği, şehirleşme gibi iklim dışı etkilerin en az seviyede olması istenir. Veriler üzerinde doğal olmayan etkilerin olup olmadığı (homojenliğinin) anlaşılması için kullanılan istatistiksel ve matematiksel yöntemler bulunmakla (Peterson ve dig. 1998) birlikte, bu tür yöntemlerin, projede hali hazırda yer alan personel tarafından öğrenilmesi ve uygulanması için gereken sürenin, çalışanın daha öncelikli hedeflerine ulaşılamamasına neden olacak düzeyde olması nedeniyle, verilerin kalite kontrolü yalnızca görsel olarak gerçekleştirılmıştır. Verilerin görsel olarak incelenmesinin başka bir yararı da, fark edilebilecek anlamlı ilişkilerin çalışanın ilerleyen bölgelerinde yapılması planlanan istatistiksel veri analizleri ve yorumlamaları gibi işlere ışık tutucu ve yol gösterici nitelikte olmasıdır.

### **3.2.1 Göller Arası Uyum ve Değerlerin Doğallığı**

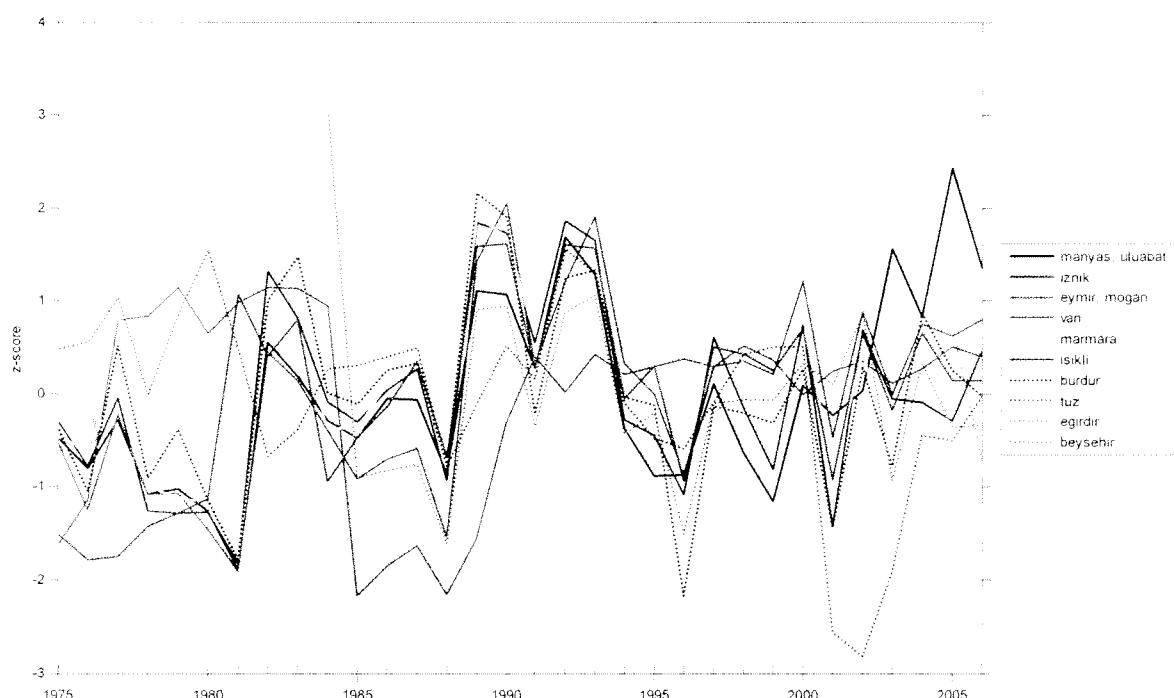
Her bir parametrenin değişkenlik gösterdiği değer aralığının, parametrelerin doğal şartlarda içinde bulunması gereken değer aralığı göz önünde bulundurularak incelendiği grafikler, tüm göllerin bir arada gerçek değerlerle çizilmiştir. Bu grafikler, farklı göller arasında uygunluğun anlaşılması yönünde de biraz fikir verse de, özellikle ölçeklerin çok farklı olduğu su seviyesi, basınç, akım gibi parametrelerde göller arası uygunluk/uygunsuzluklar tamamen görünmez olmaktadır. Bu nedenle, göller arasındaki ilişkilerin daha net bir şekilde ortaya çıkarılması amacıyla her bir göldeki her bir parametrenin z-değerleri kullanılarak yapılan çizimler de, gerçek değerlerle yapılan çizimlerin gösterildiği grafiklerin hemen altında gösterilmektedir. Bir serinin z-değeri, serideki her bir değerin anomalî değerinin (değerin serinin ortalamasından uzaklılığı) serinin standart sapmasına bölünerek normalize edilmesiyle elde edilmektedir. Bu sayede, her bir seri, farklı göllerden gelse ve farklı parametreleri ifade ediyor olsa da, ortak bir ölçüye kavuşuyor ve beraber gösterildiklerinde, birbirleri arasındaki uyumu da gösterebiliyor duruma gelmektedir. Bölüm 3.2.1.1, Bölüm 3.2.1.2 ve Bölüm 3.2.1.3'de sırasıyla meteorolojik, hidrolojik parametreler ve göl çıkışlarını yansitan fiziksel-kimyasal parametrelerin gerçek değer ve z-değer serileri gösterilmektedir.

#### *3.2.1.1 Meteorolojik Parametreler*

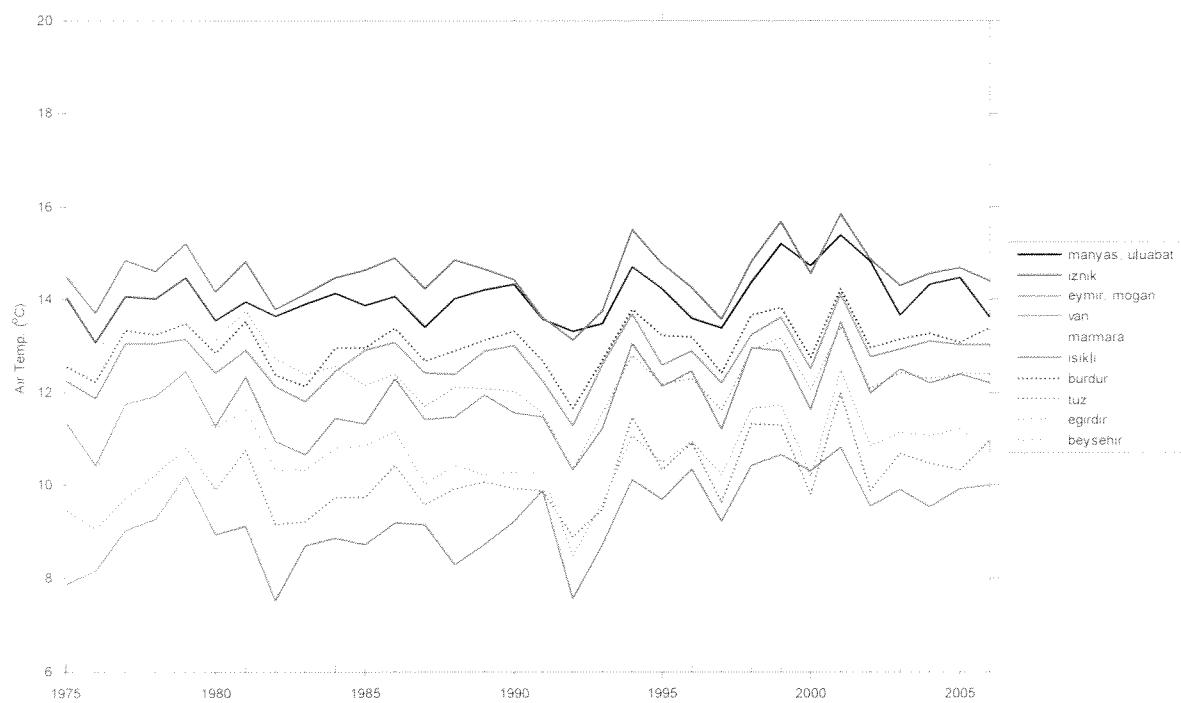
Göller arası uyumluluk, basınç (Şekil 3.4, Şekil 3.5) ve hava sıcaklığı (Şekil 3.6, Şekil 3.7) z-değerleri grafiklerinde, çok açık bir şekilde görülmekte ve onyıllar içi salınım şeklindeyken, yağış (Şekil 3.8, Şekil 3.9), buharlaşma (Şekil 3.10, Şekil 3.11) ve rüzgar (Şekil 3.12, Şekil 3.13) z-değerleri ancak bir süre incelendikten sonra fark edilebilmektedir. Buharlaşmada yine onyıllar içi bir uyum, yağış ve rüzgarda daha çok onyıllar arası uyum görülmektedir. Özellikle yıllık ortalama aylık toplam yağışların 75-85 arası bir çok istasyonun normalden (0'dan) yüksek, 85-95 arası Van istasyonu hariç tüm istasyonlarda normalden alçak, 95-2005 arasında ise yine Van istasyonu hariç tüm istasyonlarda normalden yüksek olduğu görülmektedir. Diğer parametrelerde göre daha az sayıda bulunan güneşlenme şiddetinin ise, son 30 yıl içinde dikkat çekici biçimde tüm istasyonlarda artmakta olduğu görülmektedir (Şekil 3.14, Şekil 3.15).



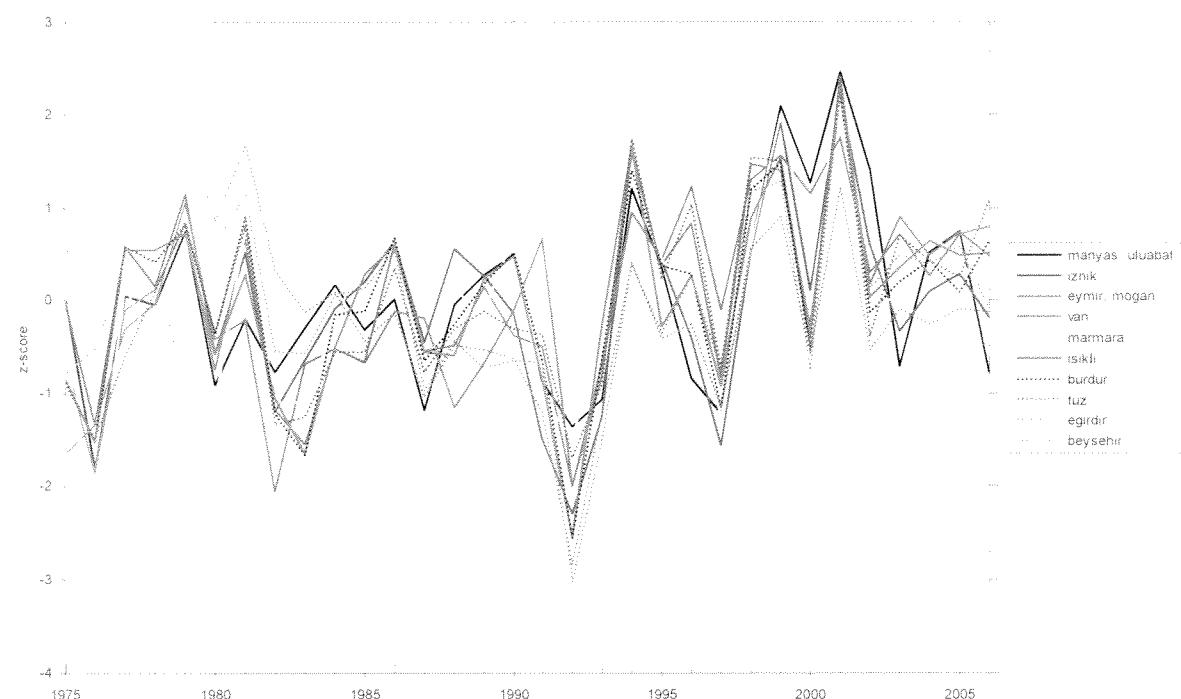
Şekil 3.4: Yıllık ortalama basınç



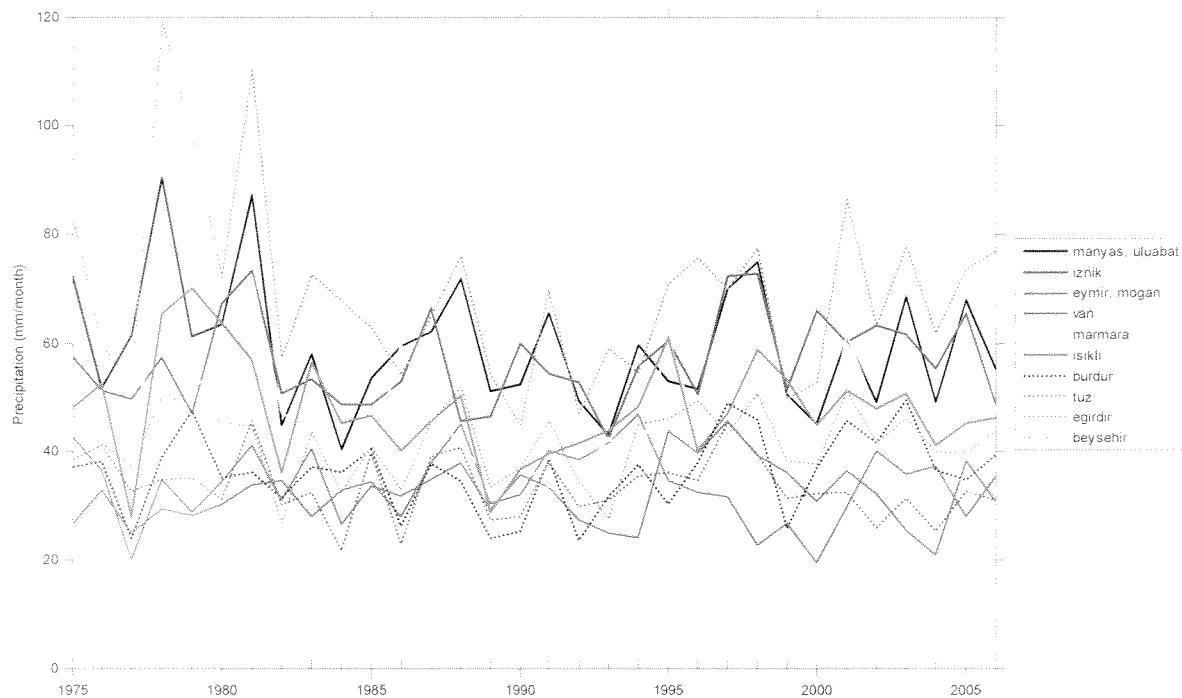
Şekil 3.5: Yıllık ortalama basınç z-değerleri



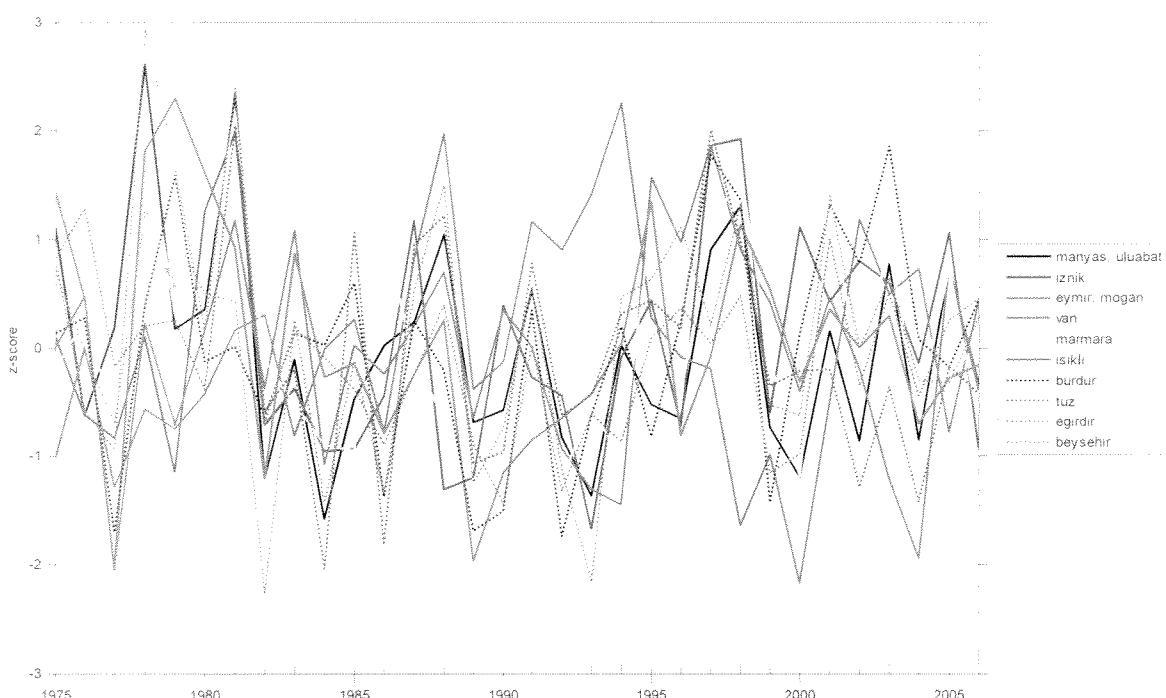
Şekil 3.6: Yıllık ortalama hava sıcaklığı



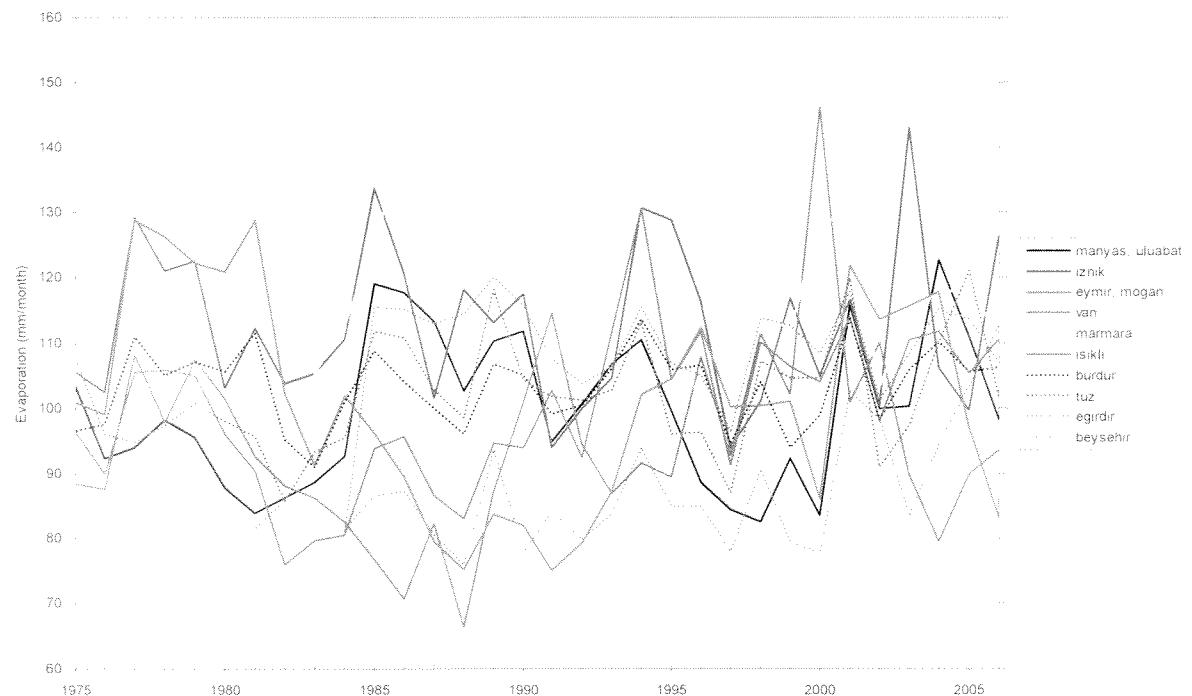
Şekil 3.7: Yıllık ortalama hava sıcaklığı z-değerleri



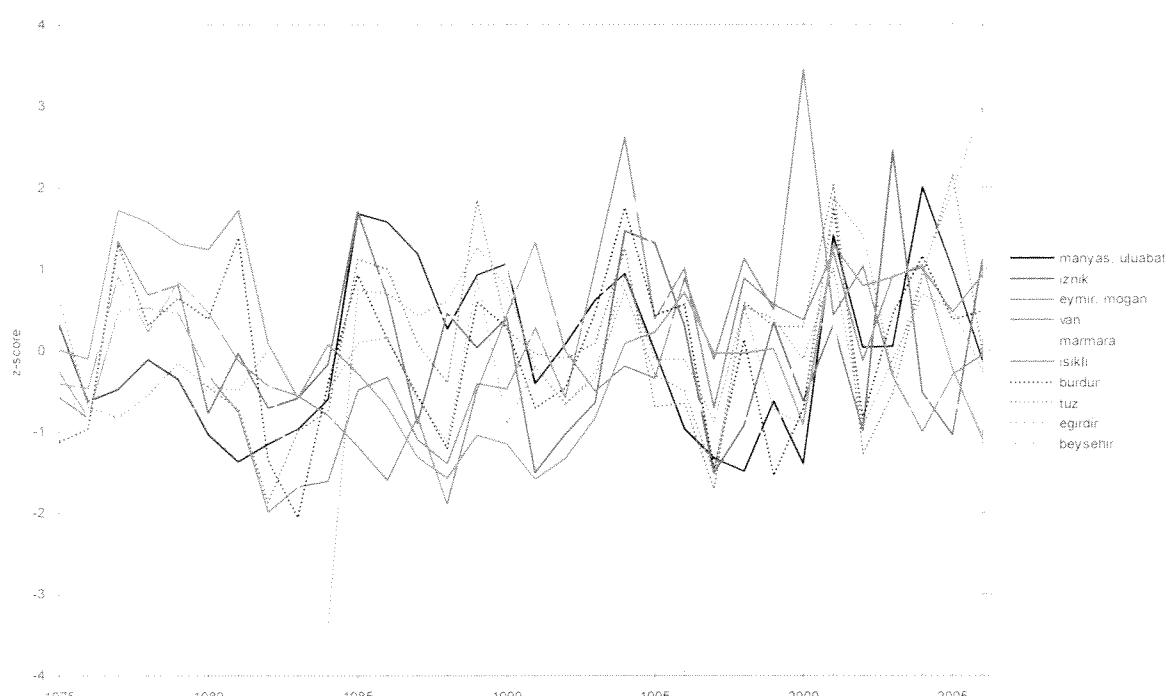
Şekil 3.8: Yıllık ortalama aylık toplam yağış



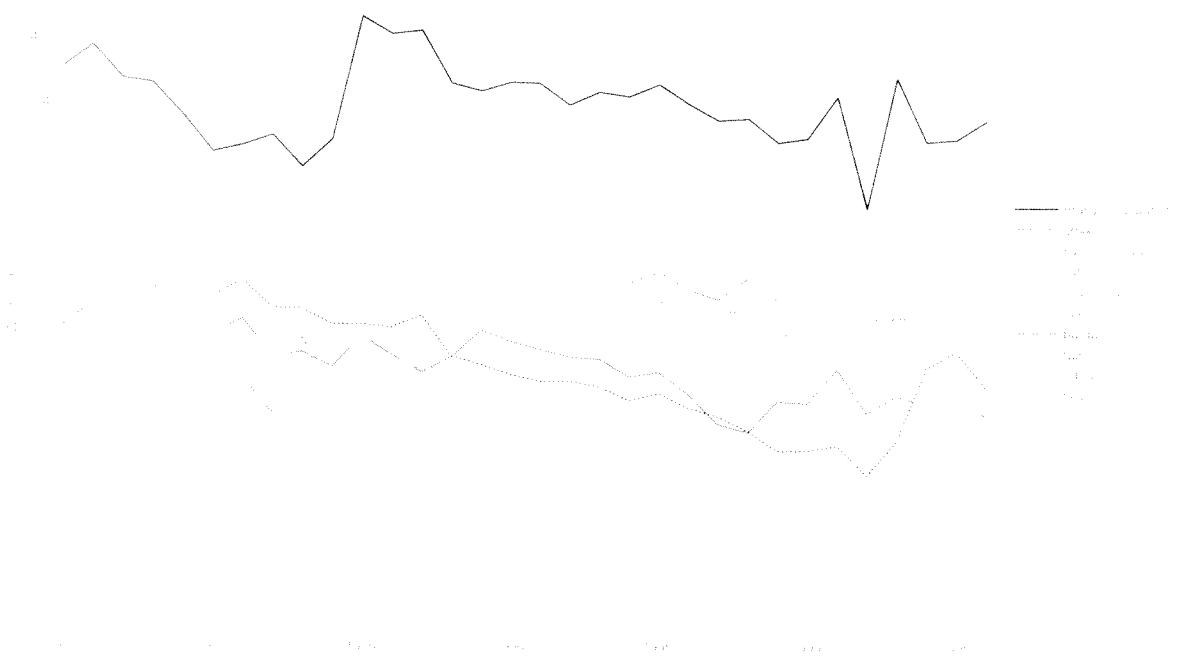
Şekil 3.9: Yıllık ortalama aylık toplam yağış z-değerleri



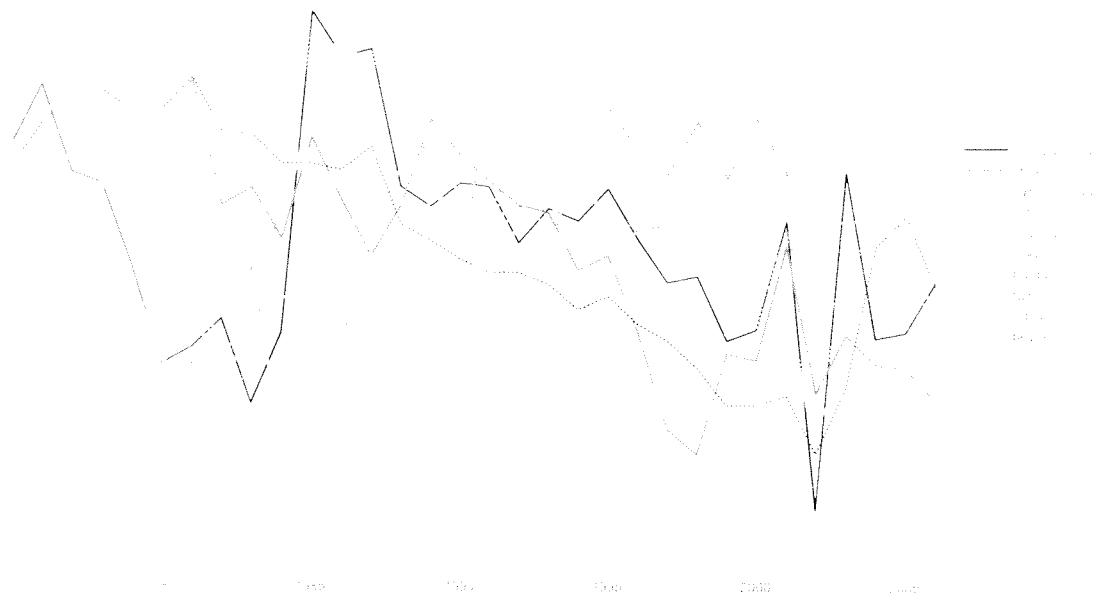
Şekil 3.10: Yıllık ortalama aylık toplam buharlaşma



Şekil 3.11: Yıllık ortalama aylık toplam buharlaşma z-değerleri



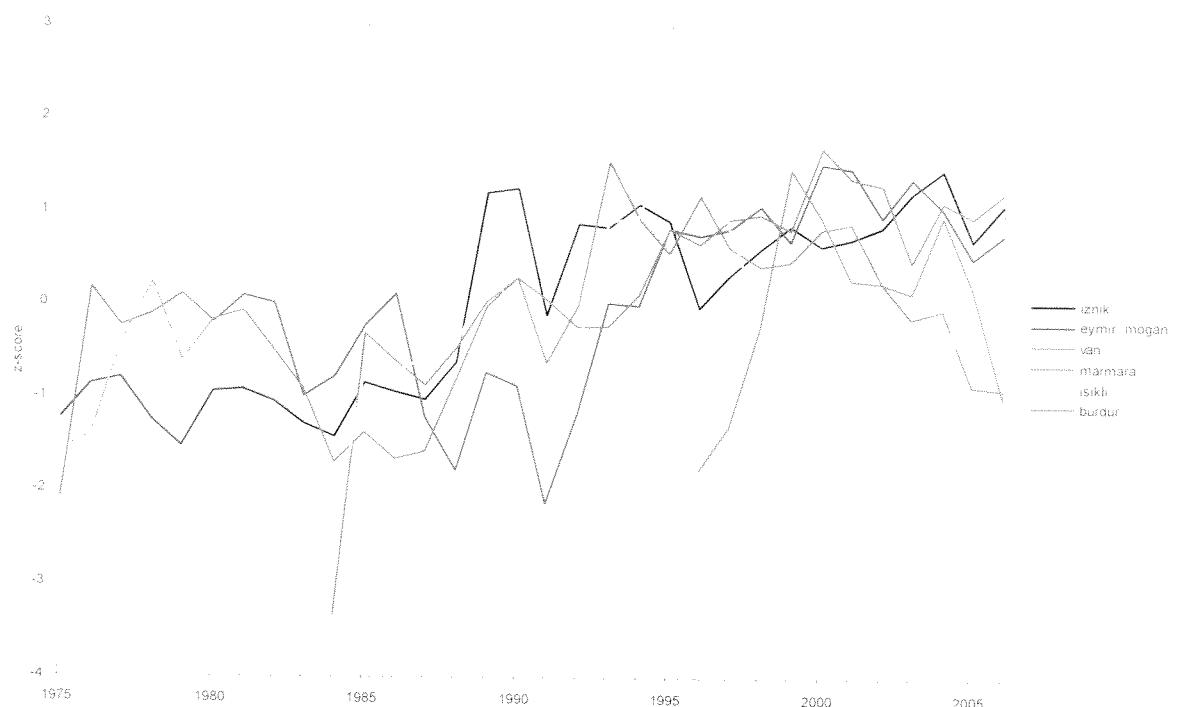
Şekil 3.12: Yıllık ortalama rüzgar



Şekil 3.13: Yıllık ortalama rüzgar z-değerleri



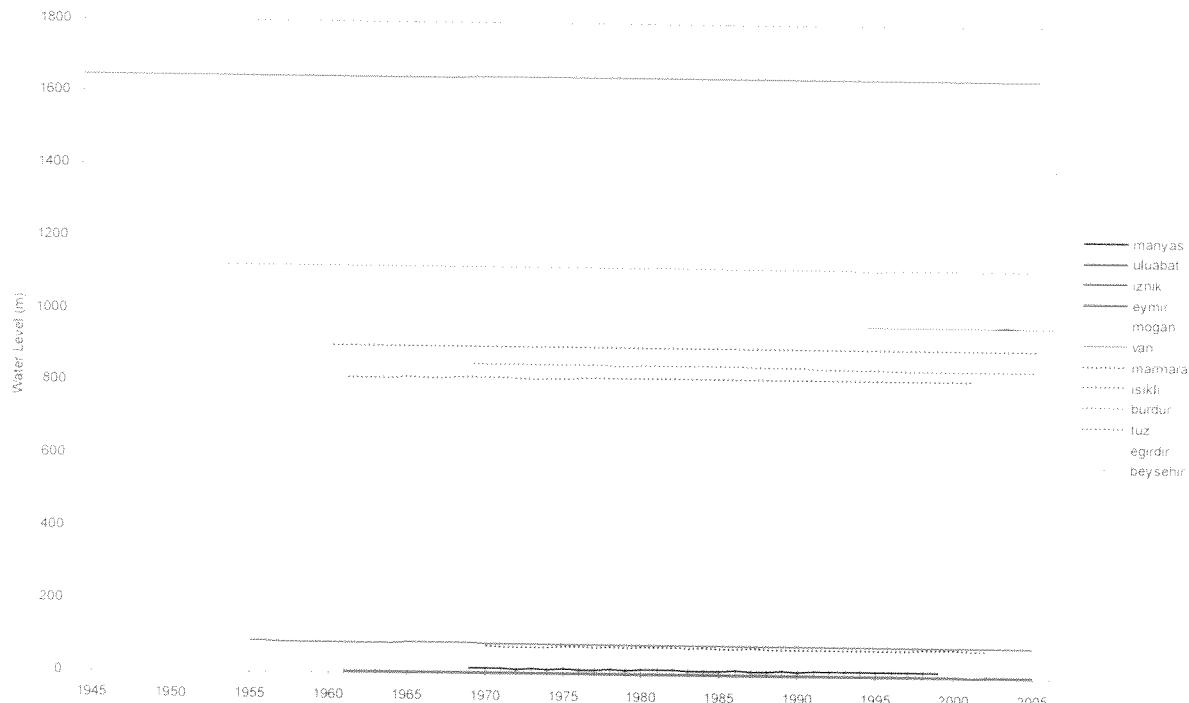
Şekil 3.14: Yıllık ortalama aylık toplam güneşlenme şiddeti



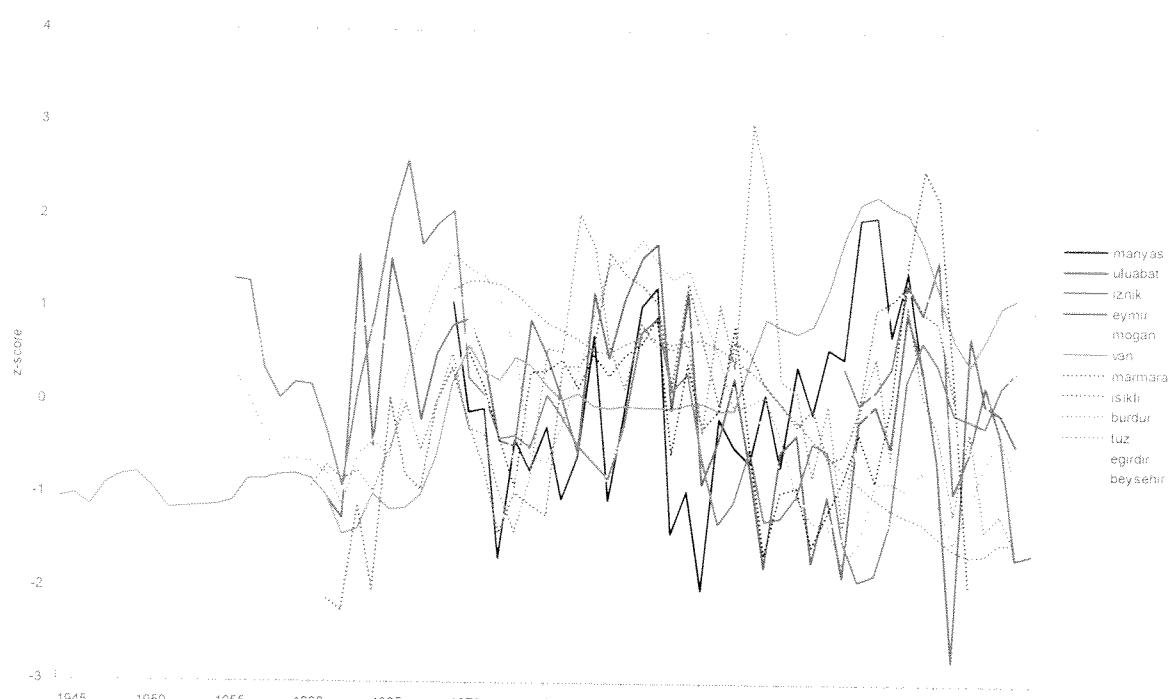
Şekil 3.15: Yıllık ortalama aylık toplam güneşlenme şiddeti z-değerleri

### 3.2.1.2 Hidrolojik Parametreler

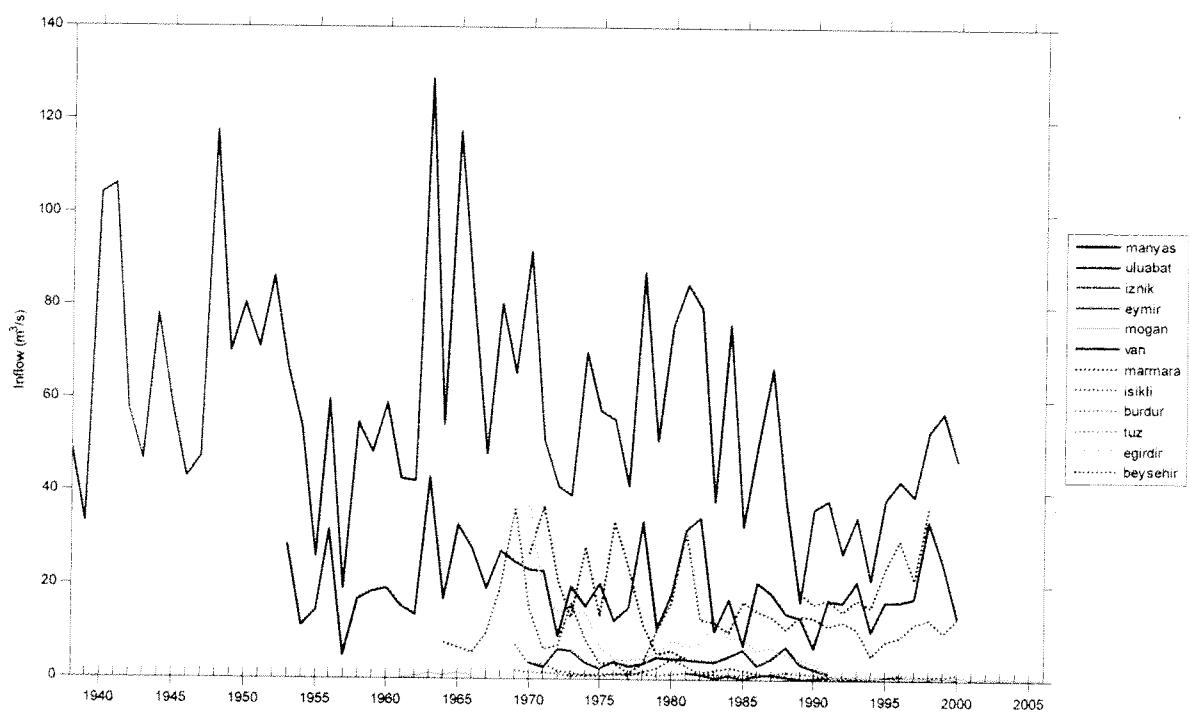
Su seviyesi (Şekil 3.16, Şekil 3.17) ve akımlar (Şekil 3.18, Şekil 3.19) için her bir gölde farklı uzunlukta veri olması nedeniyle daha karmaşık görüntüler ortaya çıkmaktadır. Ancak, meteorolojik verilerin başladığı tarih olan 75'den sonrasında odaklanılırsa, bazı göllerin (Van, Tuz) uyumsuzluğuyla birlikte, yine 75-85 ve 95-2005 arası normalden yüksek, 85-95 arası ise normalden alçak su seviyeleri ve akımların olduğu anlaşılmaktadır.



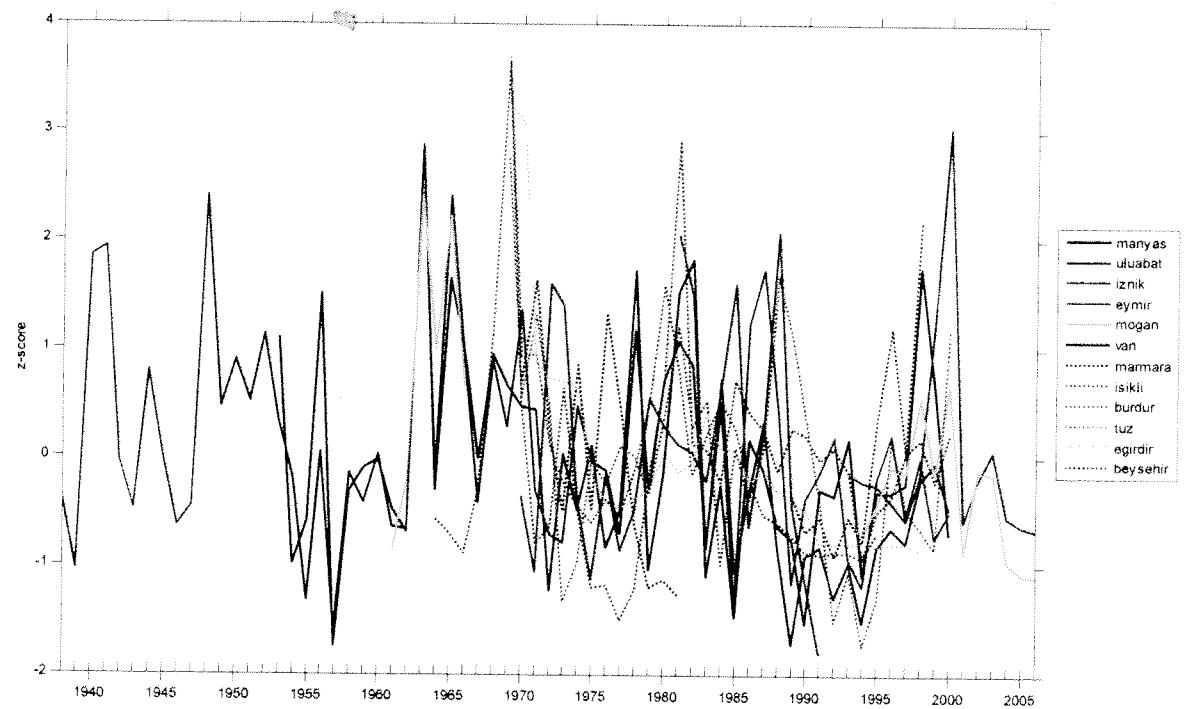
Şekil 3.16: Yıllık ortalama su seviyesi



Şekil 3.17: Yıllık ortalama su seviyesi z-değerleri



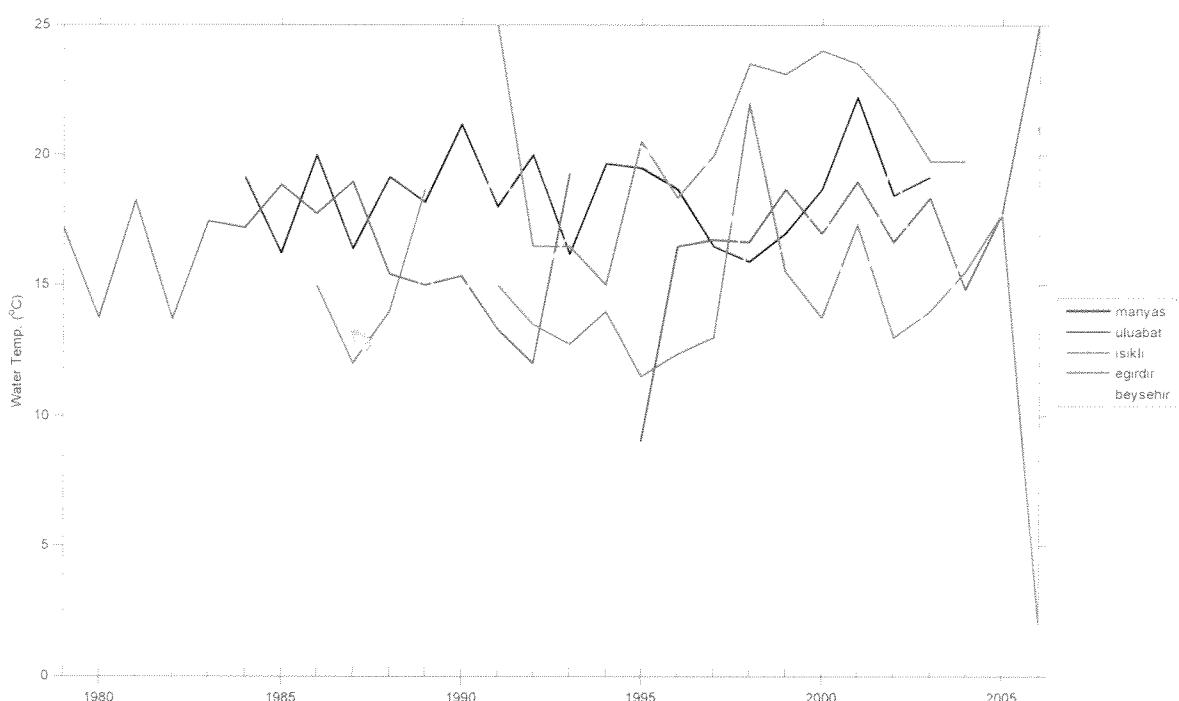
Şekil 3.18: Yıllık ortalama akım



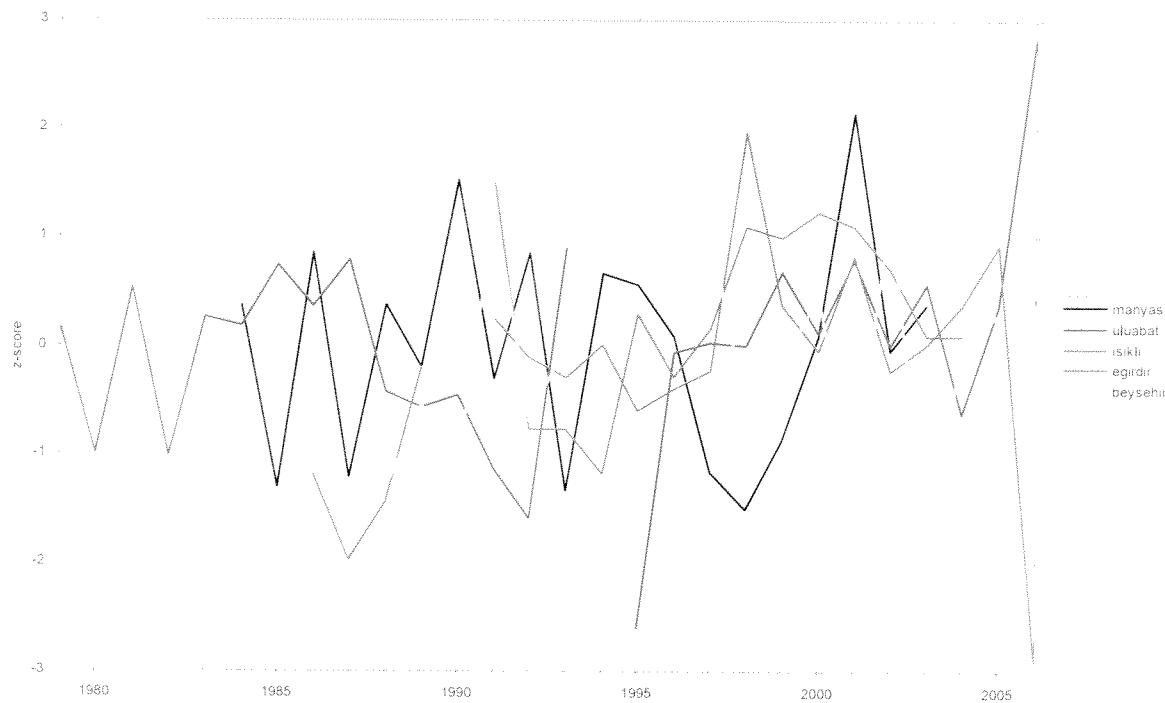
Şekil 3.19: Yıllık ortalama akım z-değerleri

### 3.2.1.3 Göl Çıkışları Fiziksel-Kimyasal Parametreler

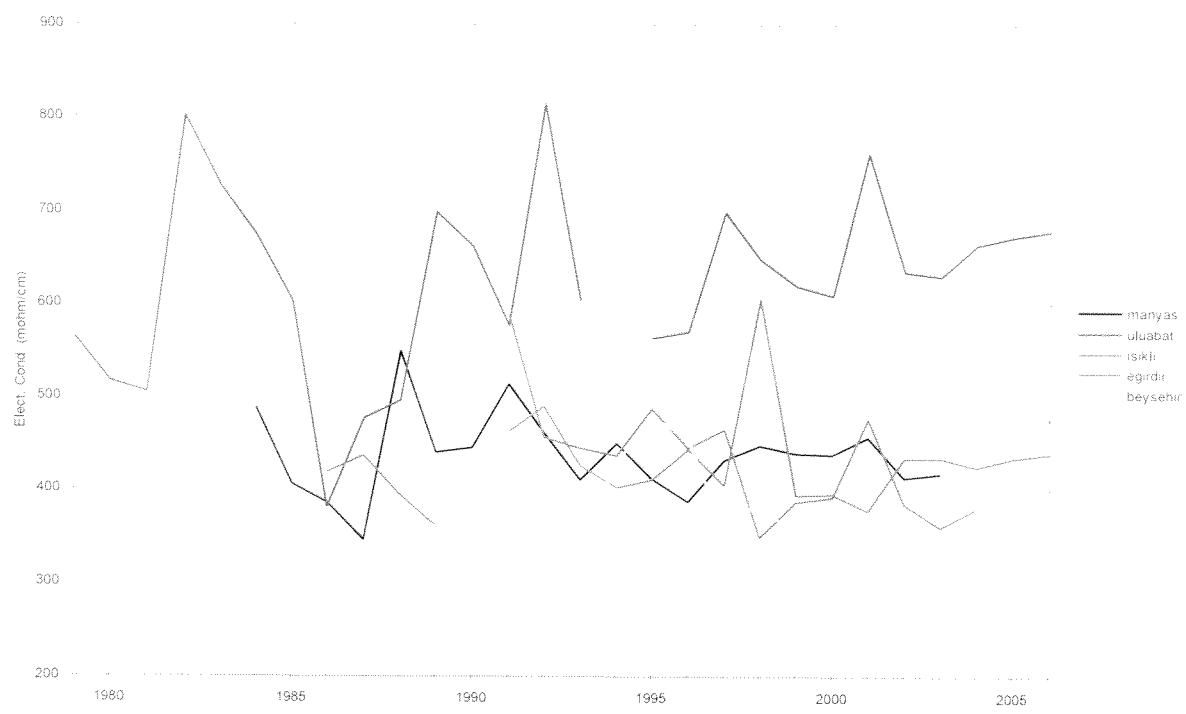
Fiziksel ve Kimyasal verilerin, sadece 5 göl için bulunması, aylık periyotta değil, yılda birkaç defa, düzensiz aralıklarla olmalı, uzun dönemli olmamaları ve göllerden değil, göl çıkışlarından olması, bu parametrelerin sağlıklı yorumlanabilmelerinin önündeki başlıca engellerdir. Su sıcaklıklarında (Şekil 3.20, Şekil 3.21) herhangi bir uyum veya düzen görünmemesinin en olası nedeni, çizili değerlerin, hava sıcaklıklarındaki değişimlere çok çabuk bir şekilde tepki verebilen bir parametre olan su sıcaklığının, aylık ortalamaları değil, yalnızca ölçüm yapılan gündeki koşulları yansıtıyor olmasıdır. Elektriksel iletkenlikte (Şekil 3.22, Şekil 3.23) ise, 90'lardan başlayarak hafif bir eğilim-benzeri azalış dikkat çekmektedir. Azot (Şekil 3.24, Şekil 3.25) ve Fosfatta (Şekil 3.26, Şekil 3.27) ise, aykırı değerler dikkati çekmekte ve bunlardaki değişkenliklerin doğal olmadığı, insan etkisiyle gölde oluşan değişimleri yansittığı veya bu verilerin ölçümü veya kaydı sırasında ortaya çıkan olabilecek hataları yansittığı izlenimini uyandırmaktadır.



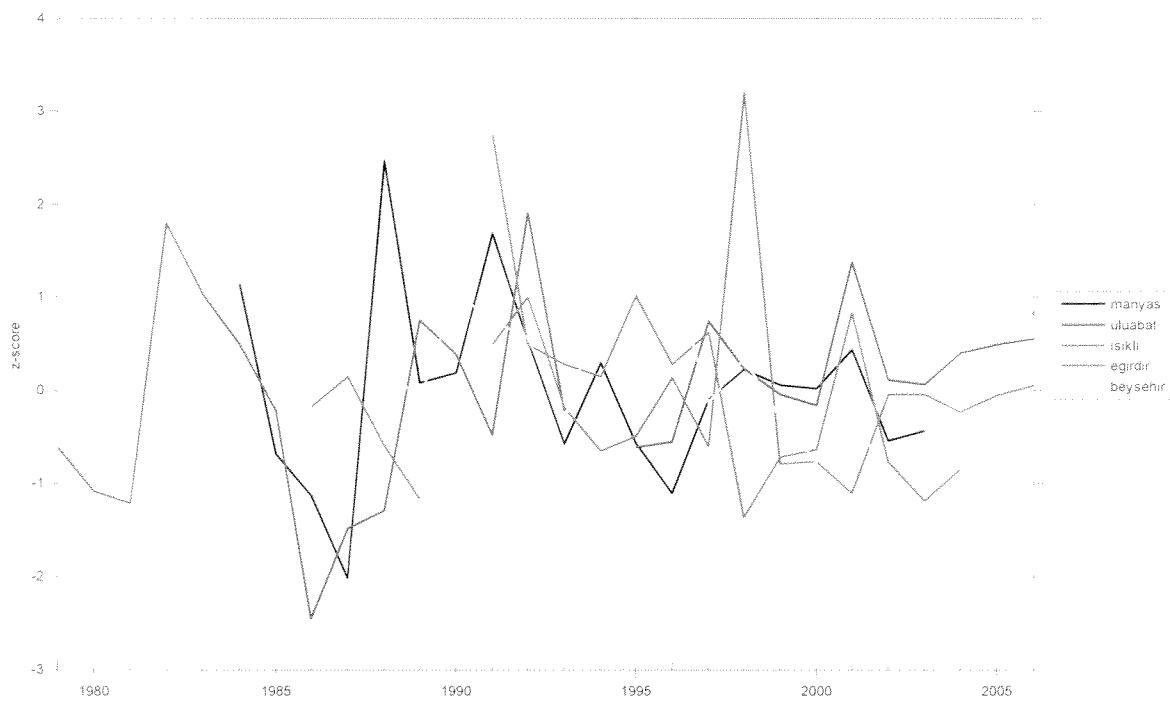
Şekil 3.20: Yıllık ortalama su sıcaklığı



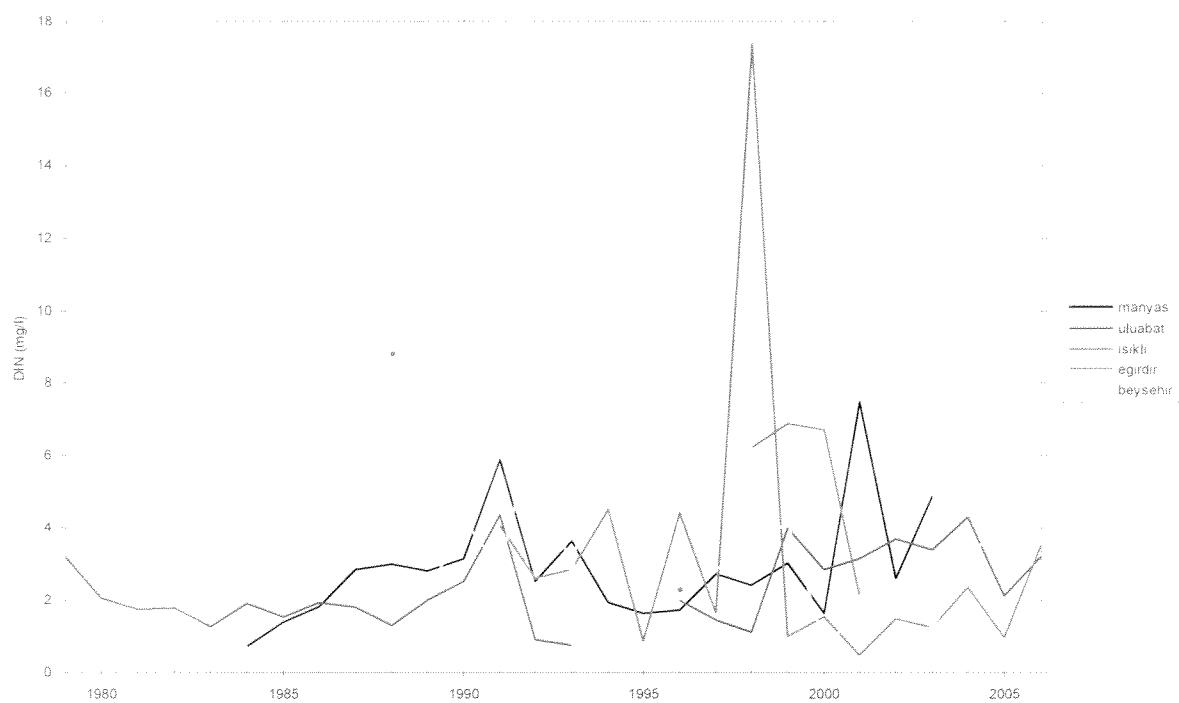
Şekil 3.21: Yıllık ortalama su sıcaklığı z-değerleri



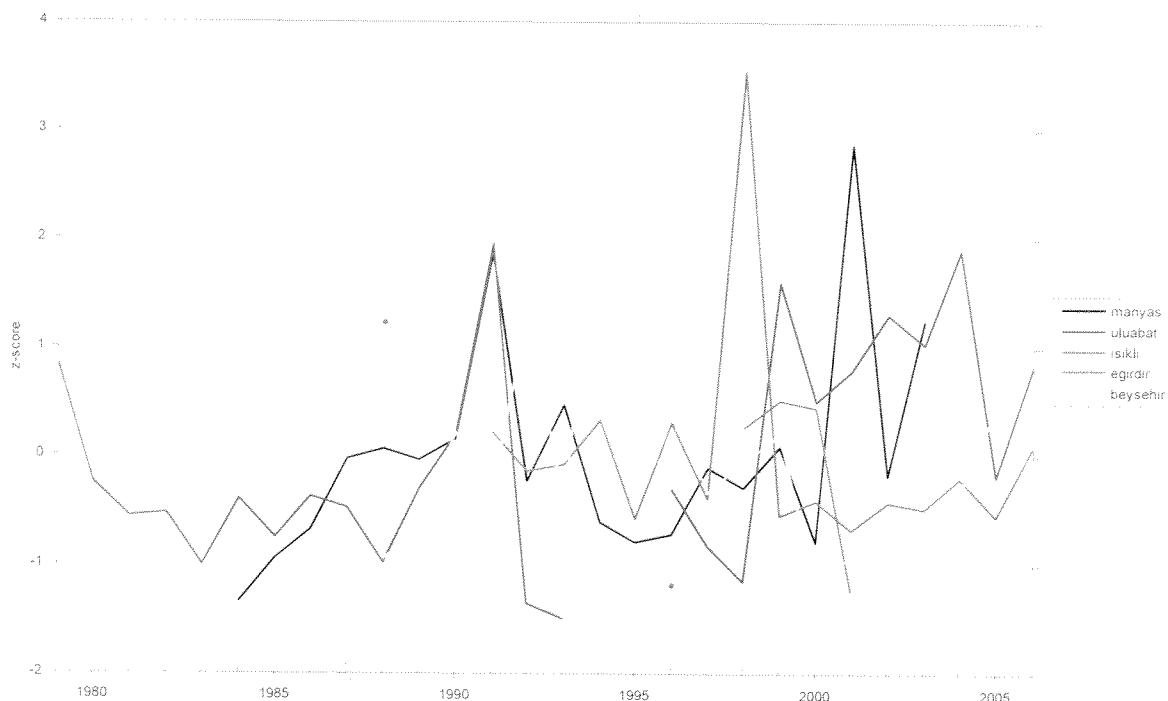
Şekil 3.22: Yıllık ortalama elektriksel iletkenlik



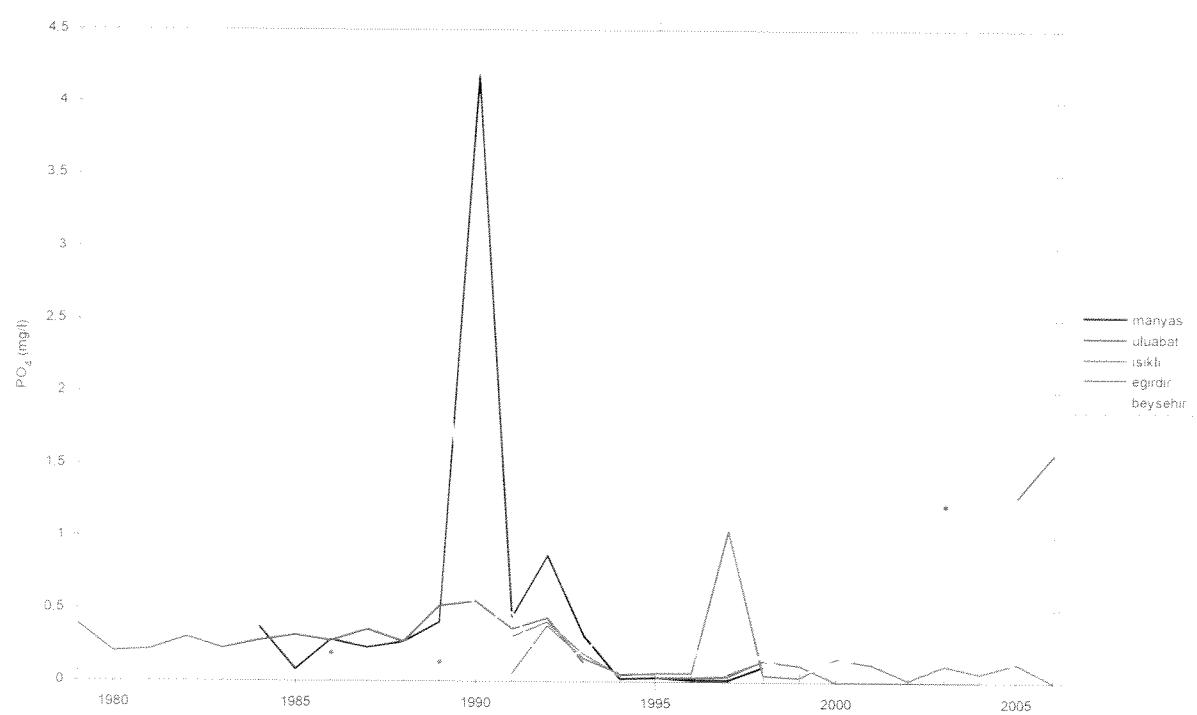
Şekil 3.23: Yıllık ortalama elektriksel iletkenlik z-değerleri



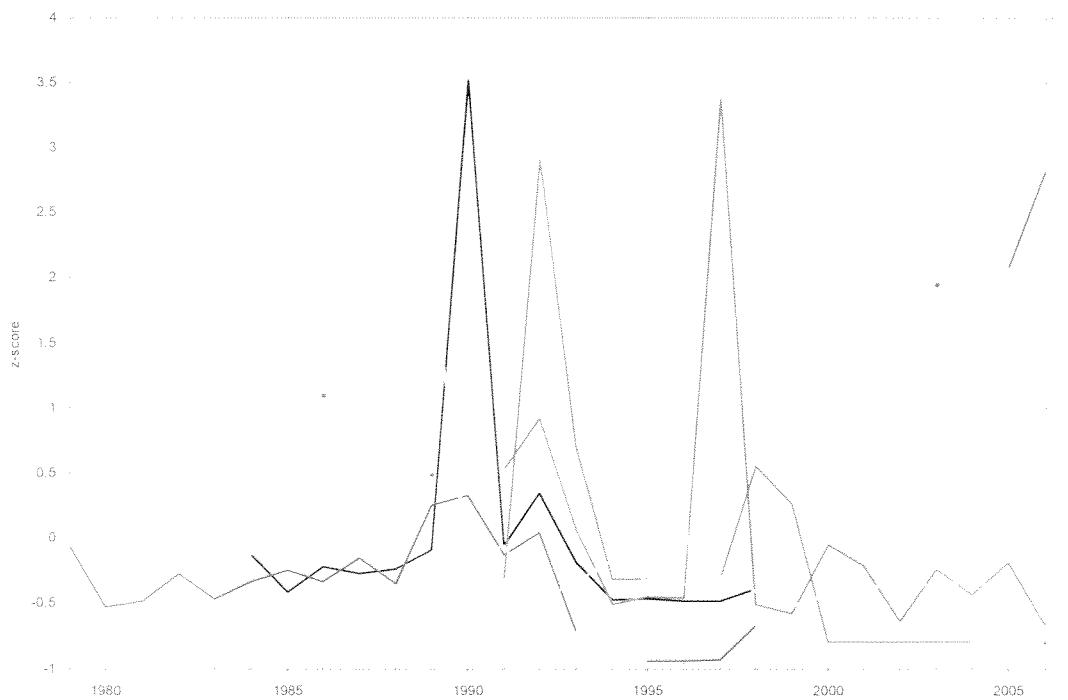
Şekil 3.24: Yıllık ortalama çözünmüş inorganik azot (Dissolved Inorganic Nitrogen-DIN)



Şekil 3.25: Yıllık ortalama çözünmüş inorganik azot (Dissolved Inorganic Nitrogen-DIN) z-değerleri



Şekil 3.26: Yıllık ortalama PO<sub>4</sub>



Şekil 3.27: Yıllık ortalama PO4 z-değerleri

Bu görsel incelemeler sonucunda, veri serilerinin uzunluğu, değerlerin kabul edilen aralıklar içinde olması ve diğer istasyonlarda gösterilen düzende olan uygunluğu göz önünde bulundurularak çalışmanın geri kalanında kullanılmasına karar verilen istasyonlar her bir parametre için Tablo 3.1'de listelenmiştir. Elde zaten az sayıda istasyon olması ve görsel incelemelerde uygun görünmeyen değerlerin, çok değişkenli analizlerde ortaya çıkabilecek farklı frekanslarda iklim sinyalleri taşıyabileceğinin düşünülmesi nedeniyle, olabildiğince çok istasyonu elde tutmaya gayret gösterilmiştir. Göl çıkışlarındaki fiziksel ve kimyasal veriler, Tablo 3.1'de yalnızca, kapsadıkları zamanın uzunluğuna göre kabul veya red edilmiş olup, bu parametreler, yalnızca sonraki bölümde mevsimler/ayalar arası uyumları açısından ele alınacaktır. Bu çalışmada yorumların esas odak noktasını oluşturacak olan, parametrelerin birbirleriyle ve iklimsel sistemlerle olan uyumlarının görsel ve istatistiksel yöntemlerle ele alındığı bölümlerde ise, bu parametrelerdeki değişimlerin doğal olmayan etkileşimleri yansıtıyor olma olasılığı çok yüksek olduğu gerekçesiyle, tartışmalara dahil edilmeyeceklerdir.

Tablo 3.1 Çalışmanın geri kalanında kullanılacak veriler

Göller	Basınç	Hava Sic.	Yağış	Buhar-laşma	Rüzgar	Gün. Şid.	Su Sev.	Akim	Su Sic.	Elekt. İletk.	Azot	Fosfat
Manyas	✓	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	✗
Uluabat	✓	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓
İznik	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	-	-	-
Eymir	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗	-	-	-	-
Mogan	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗	-	-	-	-
Van	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	-	-	-
Marmara	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	-	-	-	-
İşikli	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓	✗	✓
Burdur	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	-	-	-	-
Tuz	✓	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓	-	-	-	-
Eğirdir	✗	✓	✓	✗	✗	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Beyşehir	✗	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓

### 3.2.2 Mevsimler/Aylar Arası Uyum

Bölüm 3.2.1'de, her bir parametrenin farklı istasyonlarda benzer eğilimler ve salım düzeleri içinde oldukları gösterilmiştir. Bu uygunluklar, yine ön bir analiz çalışması olarak, parametrelerin farklı aylardaki veya mevsimlerdeki istasyon ortalamalarının bir arada çizilerek yıl içi (sezonal) uygunluklarının araştırılmasına olanak tanımaktadır. Bölüm 3.2.2.1, 3.2.2.2 ve 3.2.2.3'de sırasıyla, meteorolojik, hidrolojik ve göl çıkışlarındaki fizikselleşimsel parametrelerin mevsimsel ortalama ve kış ayları serileri gösterilmektedir. Her bir parametre için yukarıda belirtilen istasyonların dışında kalan istasyonlar çıktıktan sonra, eksik veri sorunu önemli ölçüde azalmıştır. Ancak, varlığını sürdürden az sayıdaki eksik veriler, içinde bulundukları ayın z-değerinin hesaplanması tamamen olağansızlığından kaynaklıdır, ve bu değerler yok sayılarak hesaplanacak z-değerlerinin geçerliği daha da eksik yansıtacağı düşünüülerek, bu eksikler de doldurulmuştur. Toplanan verilerin çalışmaya uygun hale getirilmesi aşamasında (Bkz. Bölüm 3.1) aylar ve yıllar arasında olmak üzere doğrusal interpolasyon yöntemiyle iki defa boşlukları doldurulan verilerde geriye kalan eksik değerler, içinde bulundukları serinin tüm yıllarının aynı aylarındaki değerlerin ortalamalarıyla doldurulmuştur.

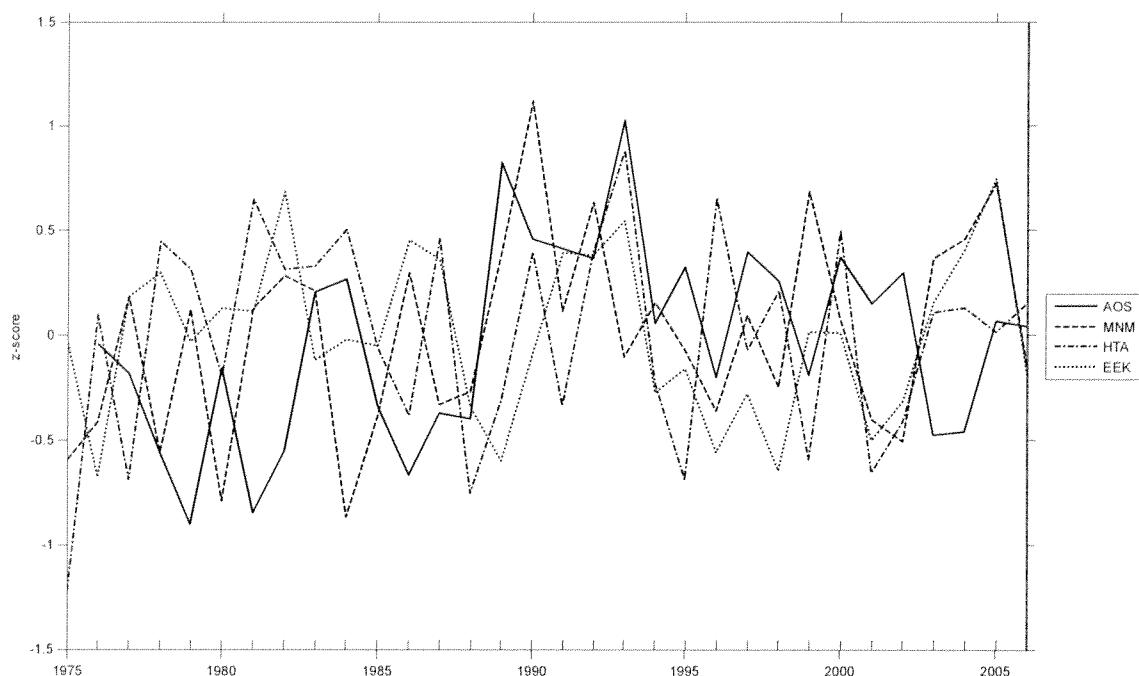
Daha önce değinildiği Bölüm 3.2.2.1, 3.2.2.2 ve 3.2.2.3'deki grafikler çizilmeden önce, varyansı yüksek istasyonların yanılık (bias) yaratmasını engellemek amacıyla, her bir serinin gerçek değerleri değil, z-değerleri istasyonlar arası ortalamaya dahil edilmiştir. Burada dikkat edilmesi gereken bir nokta, "seri" sözcüğünün, bir parametrenin bir istasyondaki tüm bir zaman serisini değil, aylık zaman serilerini temsil ettiğidir (örn. Ocak ayları serisi: 01.1975, 01.1976, ..., 01.2006). Mevsimsel seriler hesaplanırken de, her bir mevsime ait aylık serilerin ortalamaları alınmıştır. Bu nedenle, örneğin Şekil 3.30'de kış ayları hava sıcaklığı ortalamaları, gerçek değerlerde olduğu gibi çizimdeki en düşük değerleri oluşturmamaktadır. Böylelikle, farklı mevsimler ve farklı ayların yalnızca kendi içlerindeki değişkenliğini gösteren seriler, tam olarak üst üste oturmakta ve birbirleri arasındaki uygunluk veya uygunluklar daha iyi bir şekilde görülmektedir.

Mevsim ortalamaların gösterildiği grafiklerde, kış ayları, Aralık, Ocak, Şubat; İlkbahar ayları, Mart, Nisan, Mayıs; yaz ayları, Haziran, Temmuz, Ağustos ve sonbahar ayları, Eylül, Ekim, Kasım olarak kabul edilmiştir. Kış ortalamalarına dahil edilen Aralık ayı, bir önceki yılın

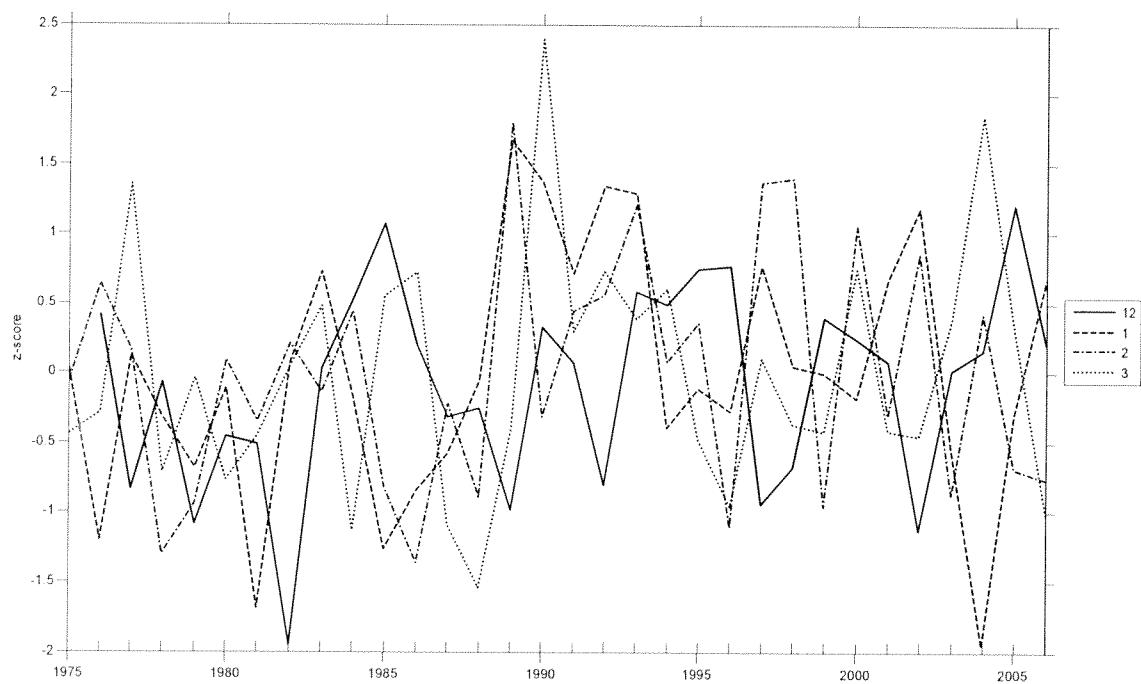
Aralık ayı olduğu için Aralık ayları ve Kış ortalamaları 1974 yılına ait veri olmadığı için, 1976 yılından başlamaktadır. Ayrıca, Ocak ve Şubat aylarına ait Buharlaşma verisi bulunmadığı için, Şekil 3.34'de kış ortalamaları ve Şekil 3.35'de Ocak ve Şubat ayları, çizimlerde yer almamaktadır.

### 3.2.2.1 Meteorolojik Parametreler

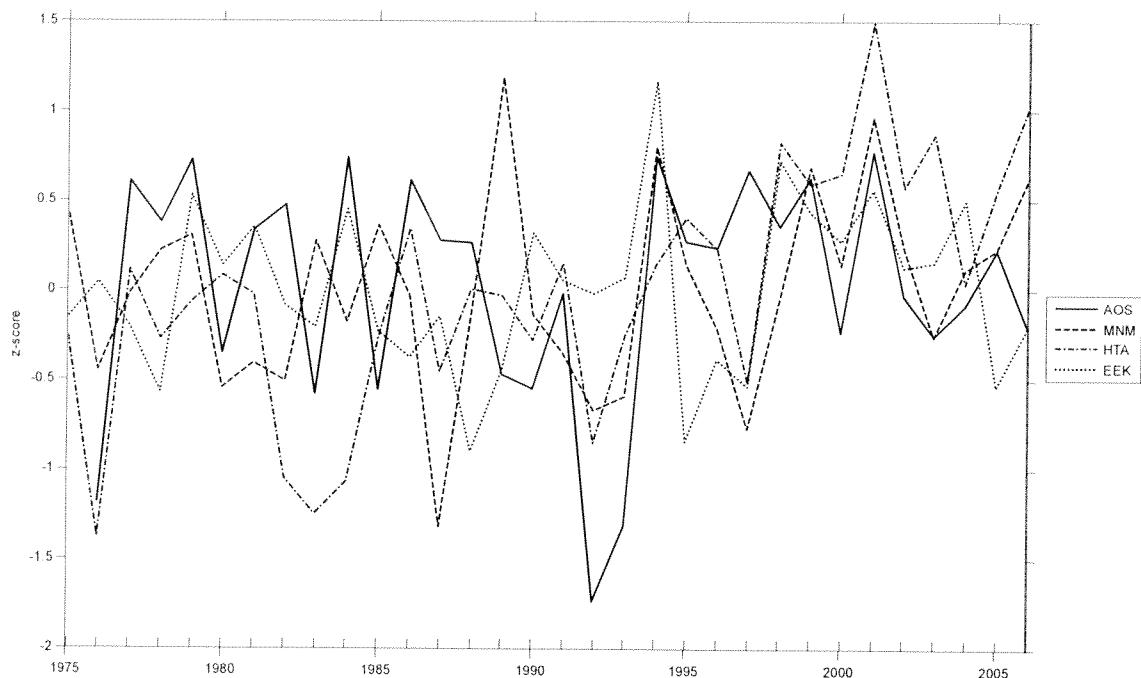
Meteorolojik parametrelerin mevsimsel ortalamaları ve kış ayları ortalamaları, genel olarak yıllar arası düzende birbirleriyle uyum içinde seyretmektedir. Yağış (Şekil 3.32, Şekil 3.33), en fazla değişkenlige ve mevsimler-aylar arasında en az uyuma sahip parametre olarak karşımıza çıksa da, mevsimsel ortalamalarda, aşırı (extreme) değerlerin görüldüğü yillardaki uyumun varlığı dikkat çekmektedir. Basınç (Şekil 3.28, Şekil 3.29) ve sıcaklıkta (Şekil 3.30, Şekil 3.31) yıllar arası salınımlarda görülen uyumun yanı sıra görülen onyillar arası periyotta gerçekleşen hafif salınımlardaki uygunluklar, rüzgar (Şekil 3.36, Şekil 3.37) ve güneşlenme şiddetindeki (Şekil 3.38, Şekil 3.39) güçlü salınımlarda çok daha açık bir şekilde görülmektedir. Bir çok istasyonda kış ayları (Ocak, Şubat) değerleri bulunmadığı ve yalnızca değerlerin olduğu istasyonların ortalamasının yanlış bir sonuç yarataceği düşünüldüğü için Ocak, Şubat ve kış ayları sezonluk ortalamaları çizilmeyen buharlaşma parametresinde de, Aralık-Mart arasında olmasa da, mevsimler arasındaki onyillar ve yıllar arası uygunluk dikkat çekmektedir (Şekil 3.34, Şekil 3.35).



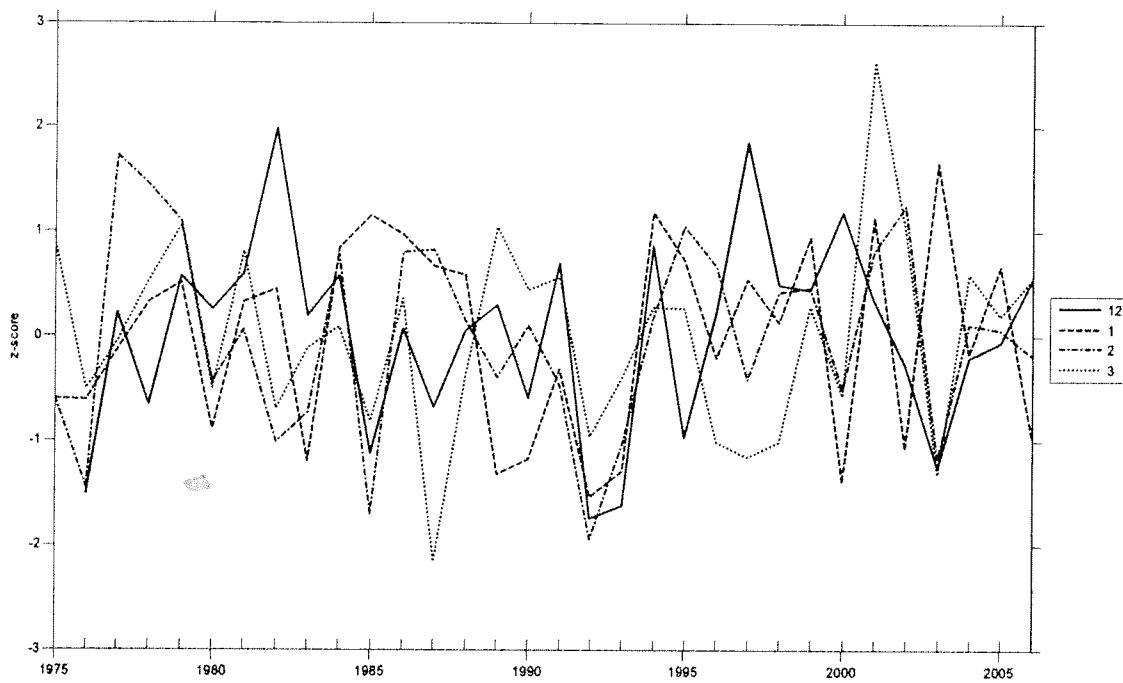
Şekil 3.28: Kış (AOS), İlkbahar (MNM), Yaz (HTA), Sonbahar (EEK) ortalama basınç z-değerleri



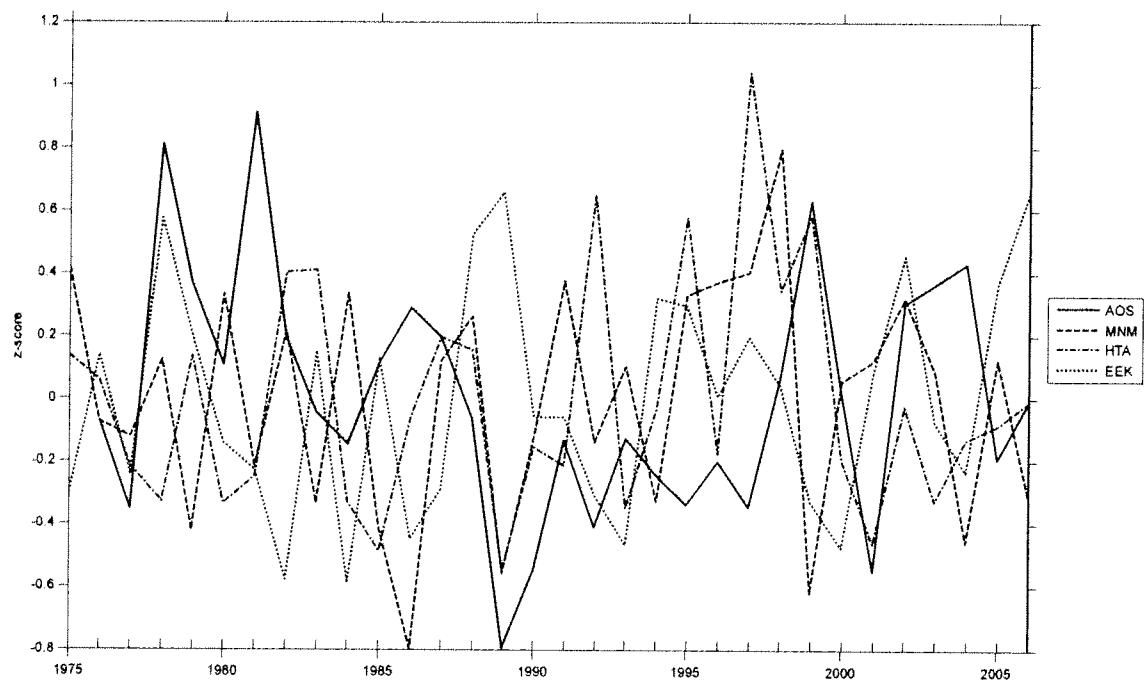
Şekil 3.29: Kış ayları ortalama basınç z-değerleri



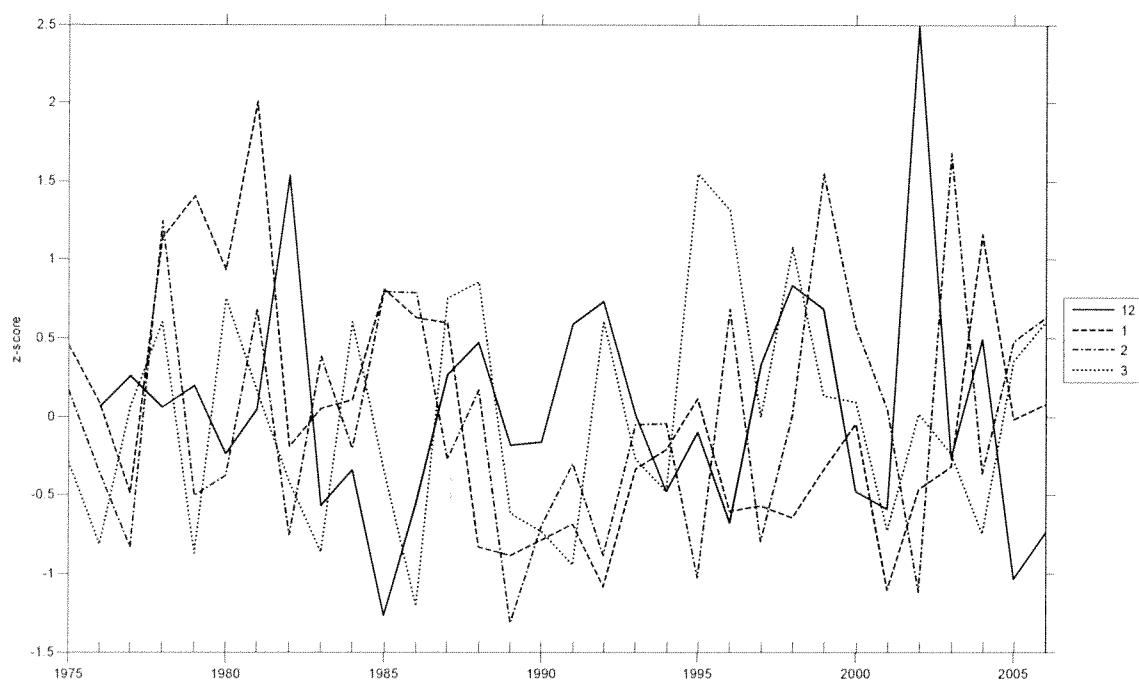
Şekil 3.30: Kış (AOS), İlkbahar (MNM), Yaz (HTA), Sonbahar (EEK) ortalama hava sıcaklığı z-değerleri



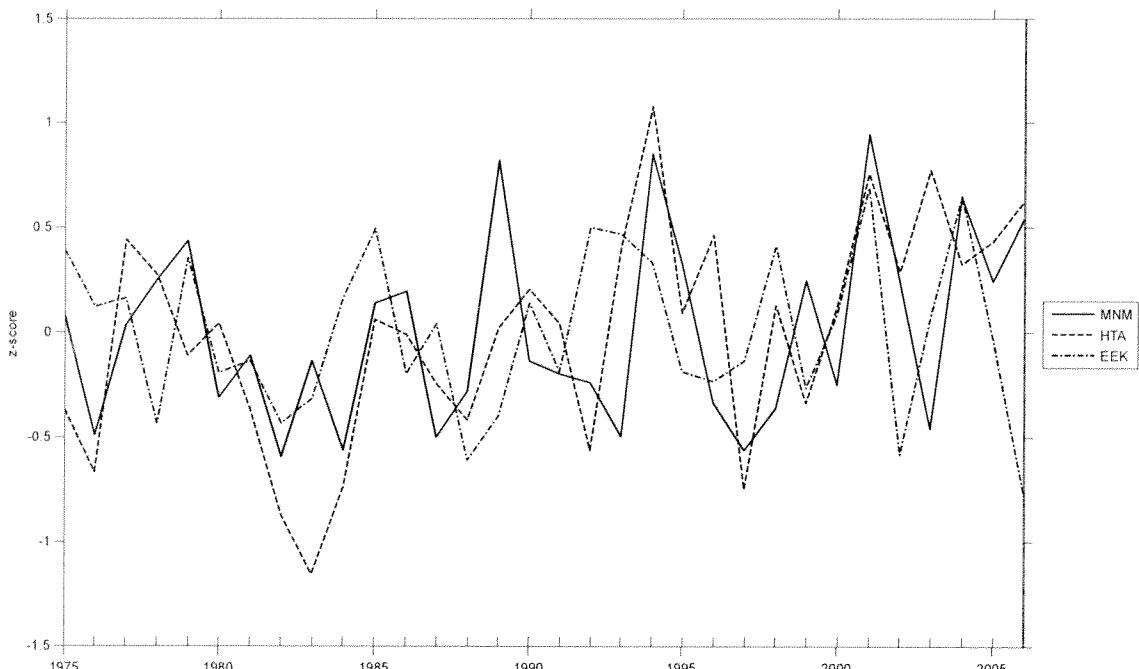
Şekil 3.31: Kış ayları ortalama hava sıcaklığı z-değerleri



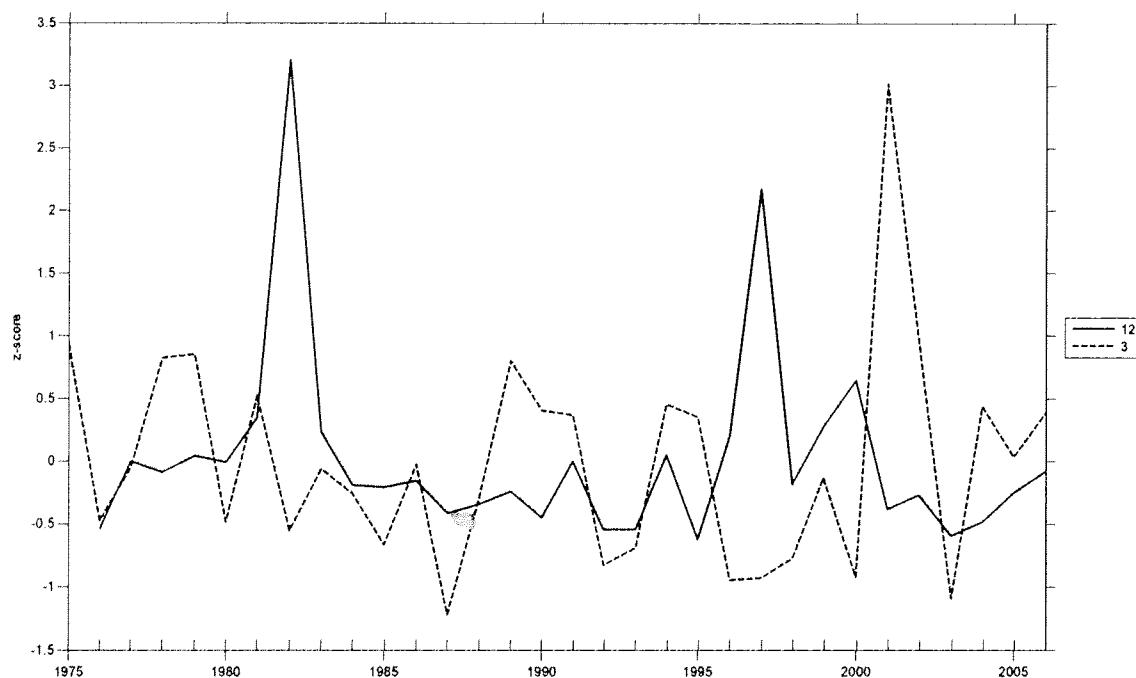
Şekil 3.32: Kış (AOS), İlkbahar (MNM), Yaz (HTA), Sonbahar (EEK) ortalama aylık toplam yağış z-değerleri



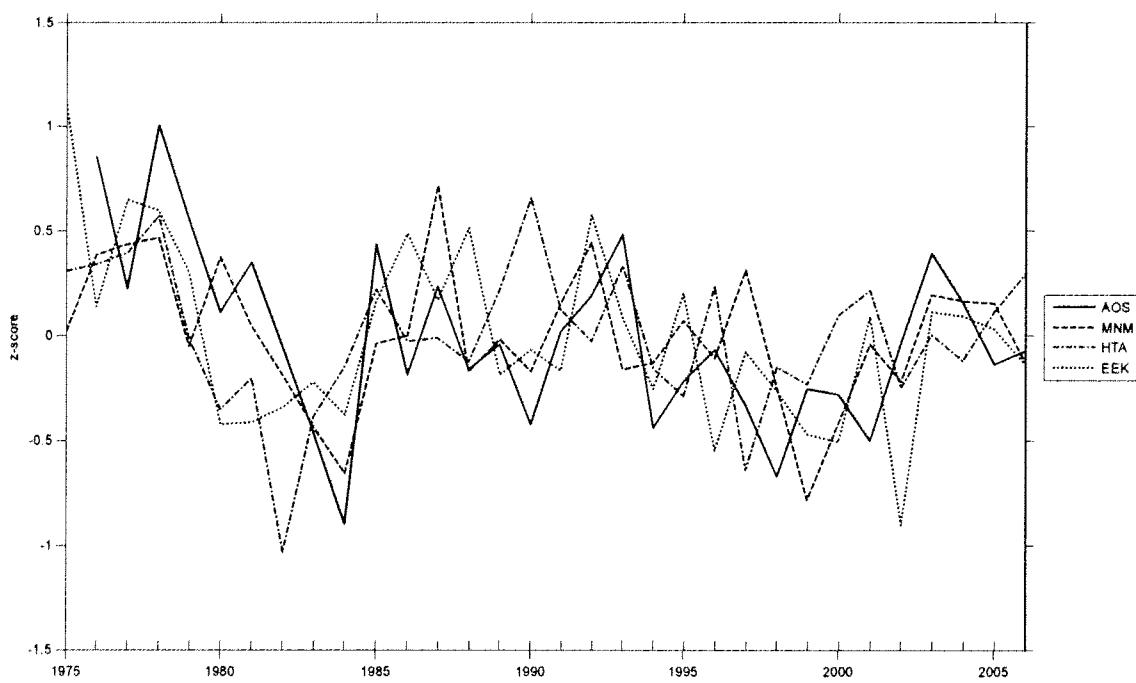
Şekil 3.33: Kış ayları toplam yağış z-değerleri



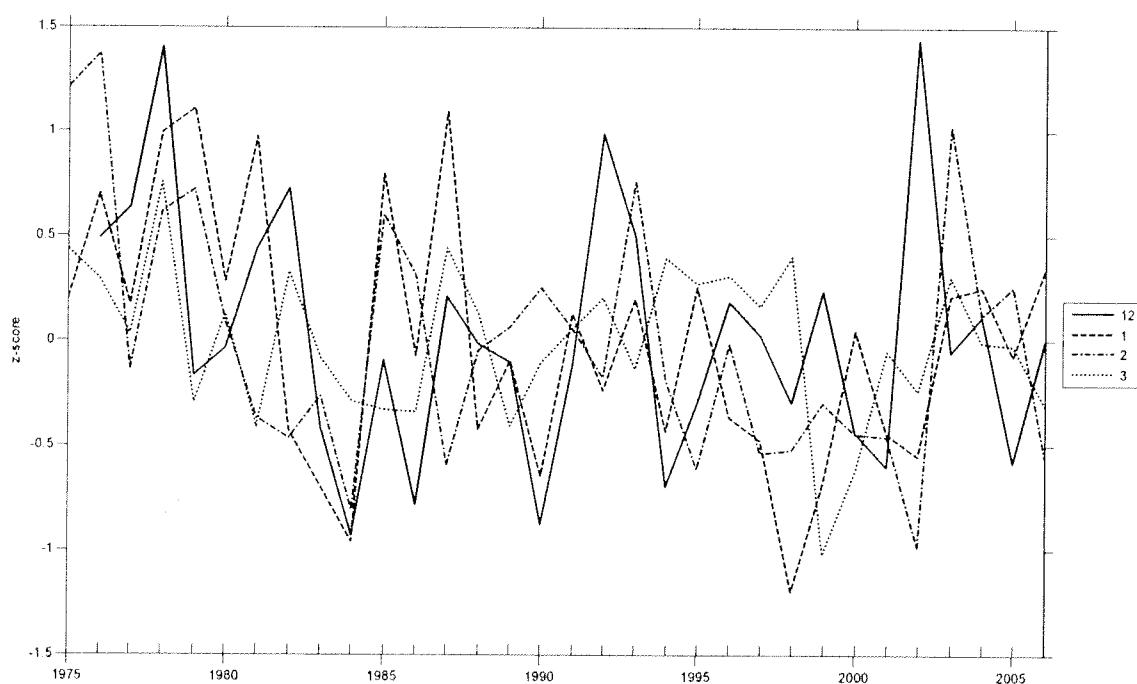
Şekil 3.34: İlkbahar (MNM), Yaz (HTA), Sonbahar (EEK) ortalama aylık toplam buharlaşma z-değerleri



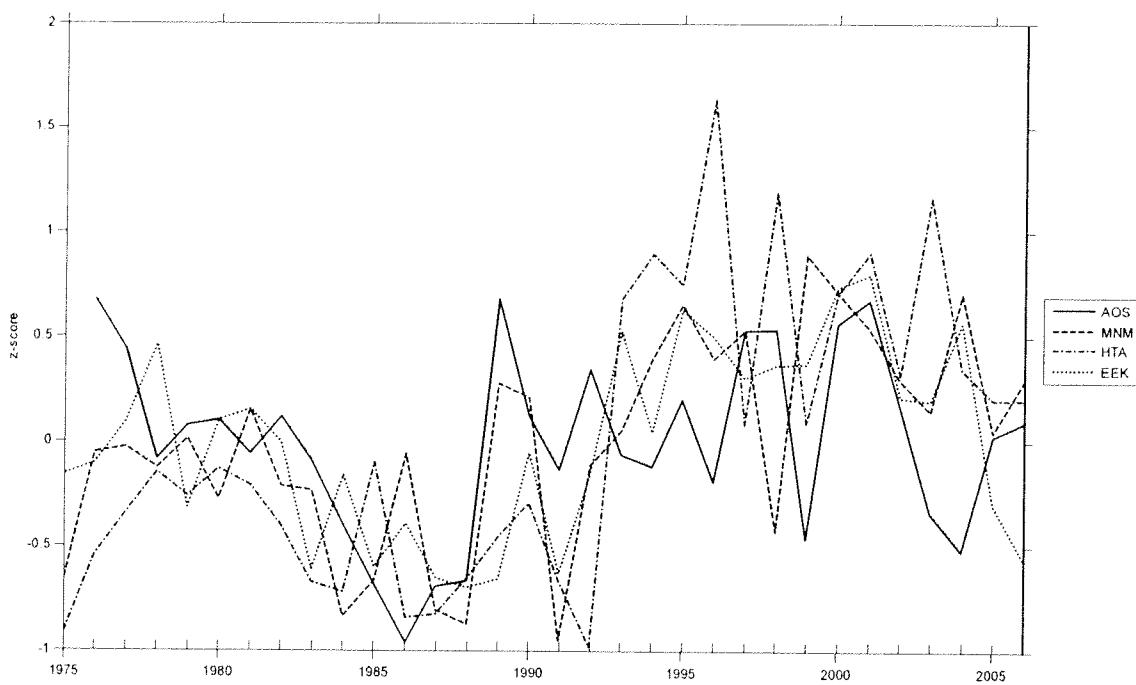
Şekil 3.35: Kış ayları toplam buharlaşma z-değerleri



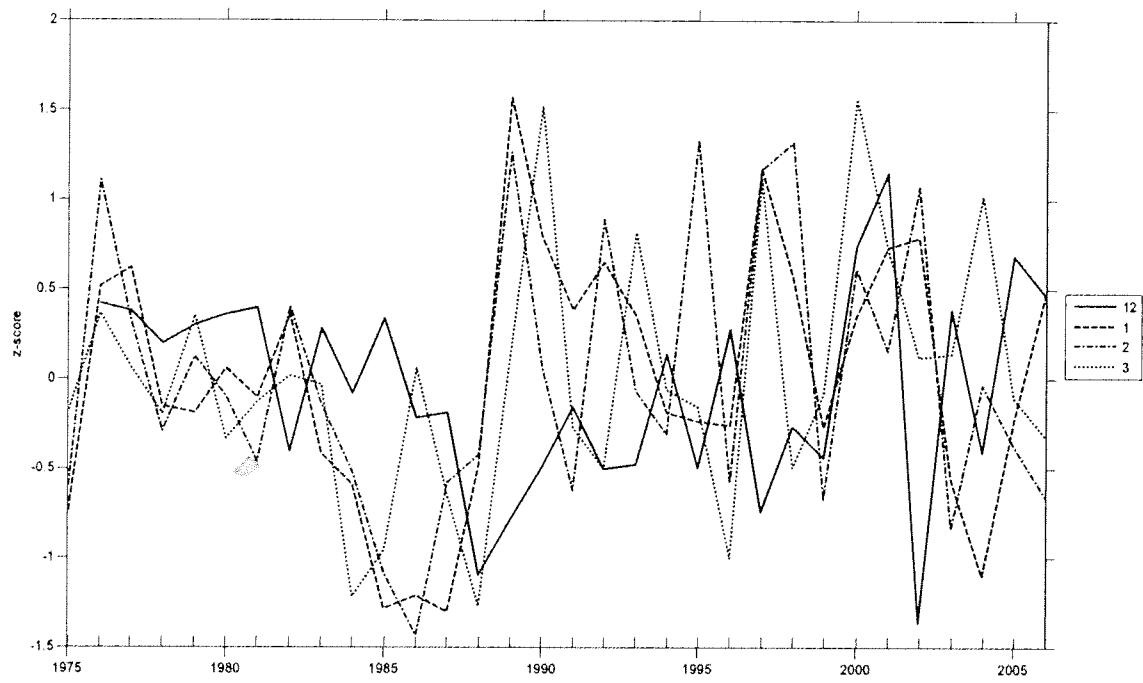
Şekil 3.36: Kış (AOS), İlkbahar (MNM), Yaz (HTA), Sonbahar (EEK) ortalama rüzgar hızı z-değerleri



Şekil 3.37: Kış ayları ortalama rüzgar hızı z-değerleri



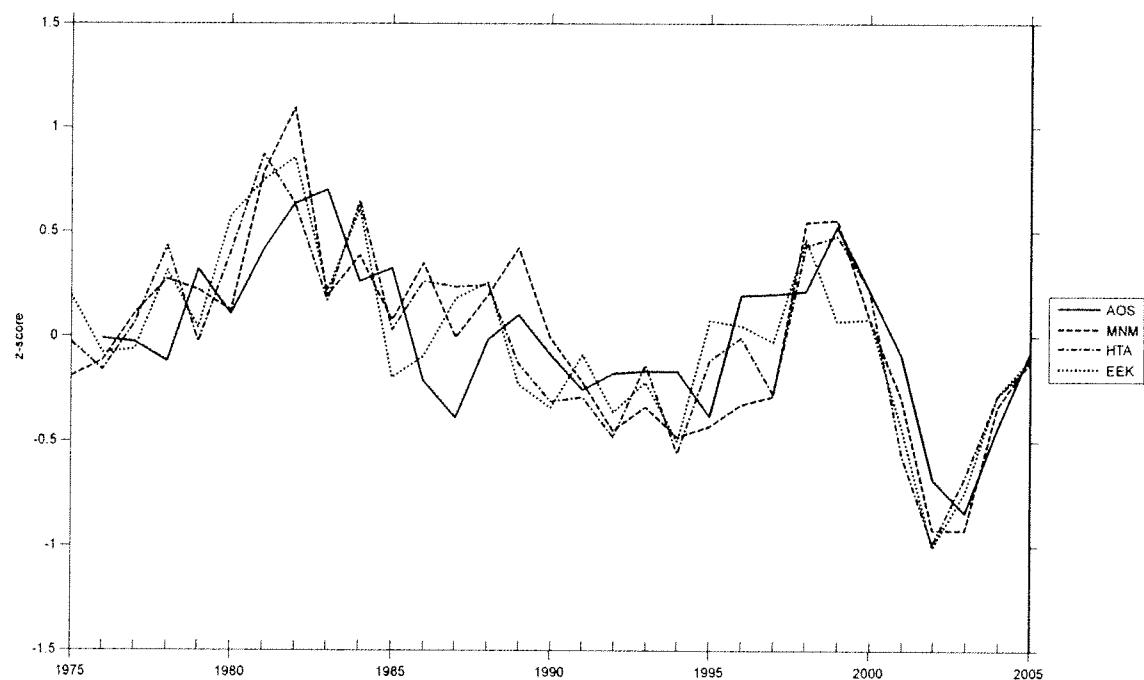
Şekil 3.38: Kış (AOS), İlkbahar (MNM), Yaz (HTA), Sonbahar (EEK) ortalama aylık toplam  
güneşlenme şiddeti z-değerleri



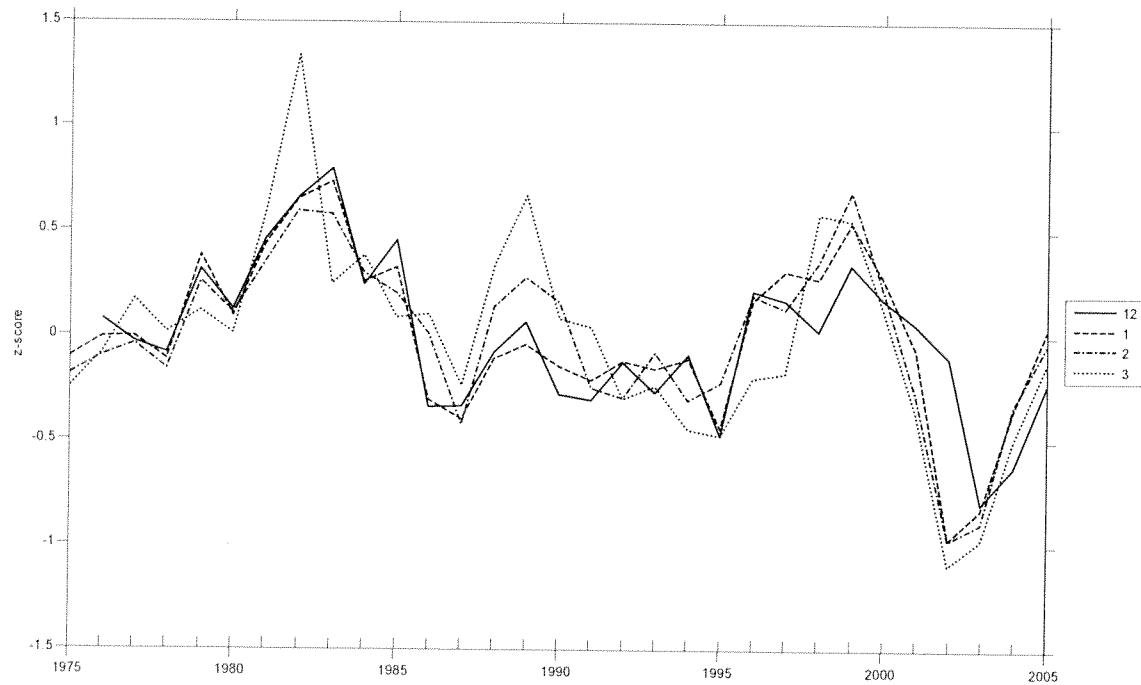
Şekil 3.39: Kış ayları ortalama aylık toplam güneşlenme şiddeti z-değerleri

### 3.2.2.2 Hidrolojik Parametreler

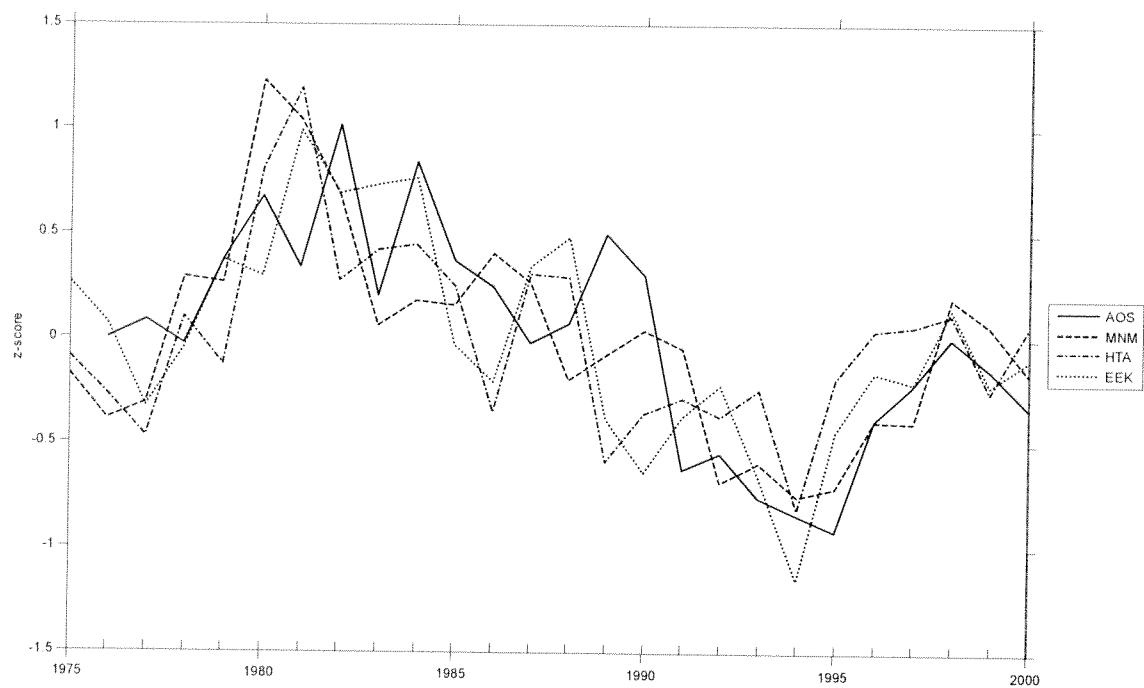
Göllerin hidrolojik karakterlerinde bölüm 3.2.1.2'de çok açık bir şekilde görünmeyen ama yine de dikkat çekilen onyıllar arası periyotta gerçekleşen salınımlar, seviye (Şekil 3.40, Şekil 3.41) ve akım (Şekil 3.42, Şekil 3.43) serilerinde, tüm mevsimlerin ve ayların büyük uyumuyla bu bölümde çok açık bir şekilde ortaya çıkmaktadır.



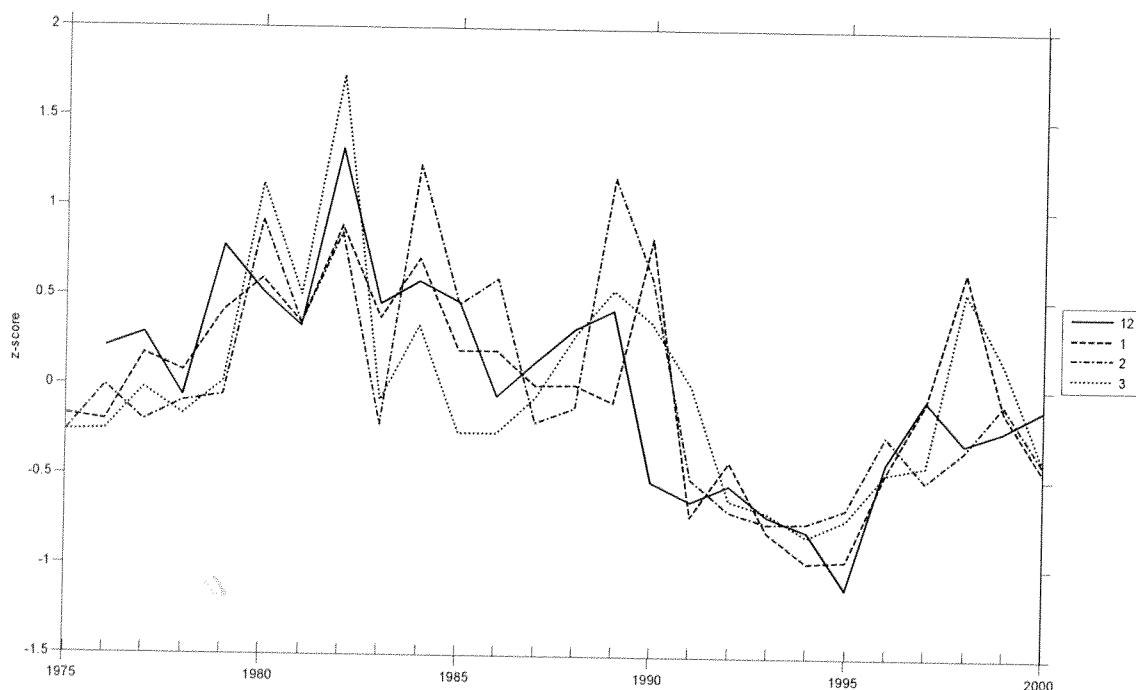
Şekil 3.40: Kış (AOS), İlkbahar (MNM), Yaz (HTA), Sonbahar (EEK) ortalama su seviyesi z-değerleri



Şekil 3.41: Kış ayları ortalama su seviyesi z-değerleri



Şekil 3.42: Kış (AOS), İlkbahar (MNM), Yaz (HTA), Sonbahar (EEK) ortalama akım z-değerleri

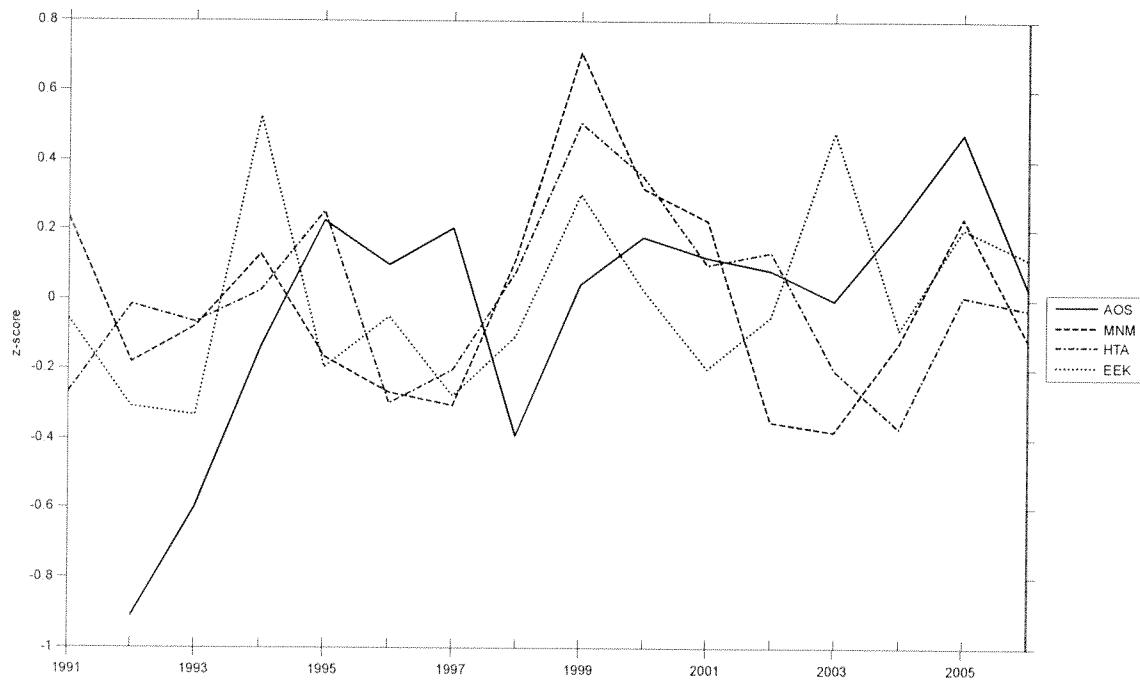


Şekil 3.43: Kış ayları ortalama akım z-değerleri

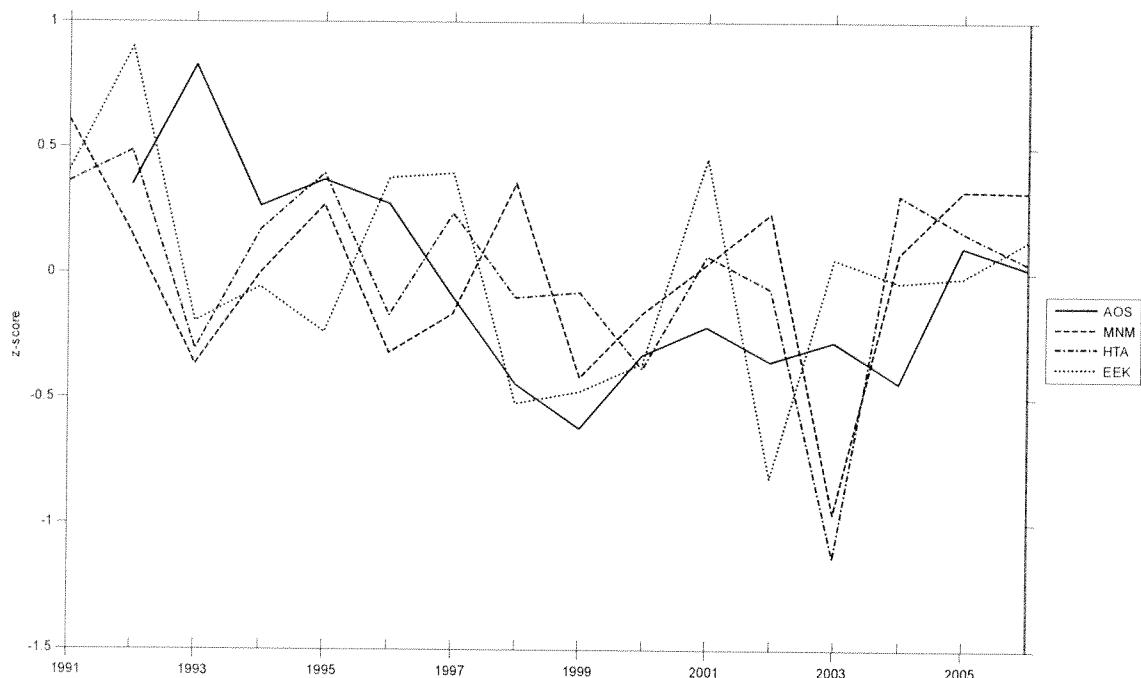
### 3.2.2.3 Göl Çıktıları Fiziksel-Kimyasal Parametreler

Bu gruptaki parametreler değerlendirilirken, verilerin aylık ortalamaları değil, senede bir kaç defa düzensiz olarak yapılan ölçümlerin (Bölüm 2.2.1) doğrusal interpolasyon yöntemi ile sene içine yayılması (Bölüm 2.2.3) ile elde edilen veri sahalarını yansittığı göz önünde bulundurulmalıdır. Bu nedenle, özellikle aylar arasındaki uyumlar, interpolasyon işleminin yapay ve beklenen bir sonucudur ve bu nedenle kış ayları ile çizilen grafikler gösterilmemektedir. Ancak, mevsimler arası uyum veya uyumsuzlukların yorumlanması, her bir mevsim büyük olasılıkla birbirinden bağımsız en az bir ölçüm içereceği için bir dereceye kadar fikir sağlayabilir. Su sıcaklığı, 1999 yılındaki zirve ve bu zirvenin 2'şer yıllık artış ve azalış yılları dışında mevsimler arasında büyük bir uyum göstermemektedir (Şekil 3.44). Elektriksel iletkenlikte ise, istasyonların yıllık ortalamalar halinde ayrı ayrı gösterildiği grafiklerde (Şekil 3.22, Şekil 3.23), 1990 öncesi görülen diplerin neden olduğu ölçek nedeni ile net bir şekilde görünmeyen azalma eğilimi, son 15 senelik periyottaki daha uygun bir ölçekle ve mevsimsel ortalamalarda belirgin bir şekilde ortaya çıkmıştır (Şekil 3.45). Nittratta, herhangi bir uyum görünmemekle (Şekil 3.46) birlikte, fosfatta 90'ların başındaki azalma eğiliminin, tüm mevsimlerde görünmesi dikkat çekmektedir (Şekil 3.47).

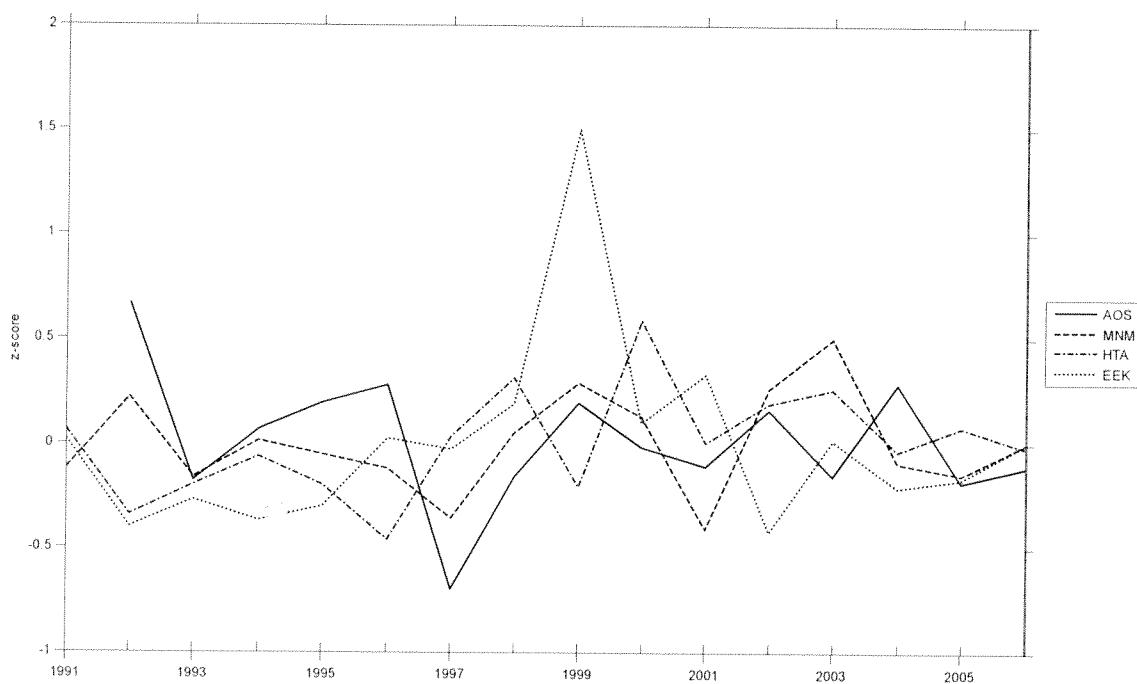
Bu parametrelerde görülen uyumların bir kısmı, ilgi çekici görünse de, değişkenliklerin iklim kaynaklı olduğunu iddia etmek, çok gerçekçi olmayabilir. Bu değişkenliklerin kaynaklarının anlaşılabilmesi için, daha yoğun ve farklı parametrelerin de değerlendirilebilmesine imkan tanıyacak kapsamında veri setlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle, parametrelerin birbiri arasındaki ilişkilerin ve iklimin etkisinin değerlendirileceği sonraki bölümlerde bu parametreler ele alınmayacağıdır.



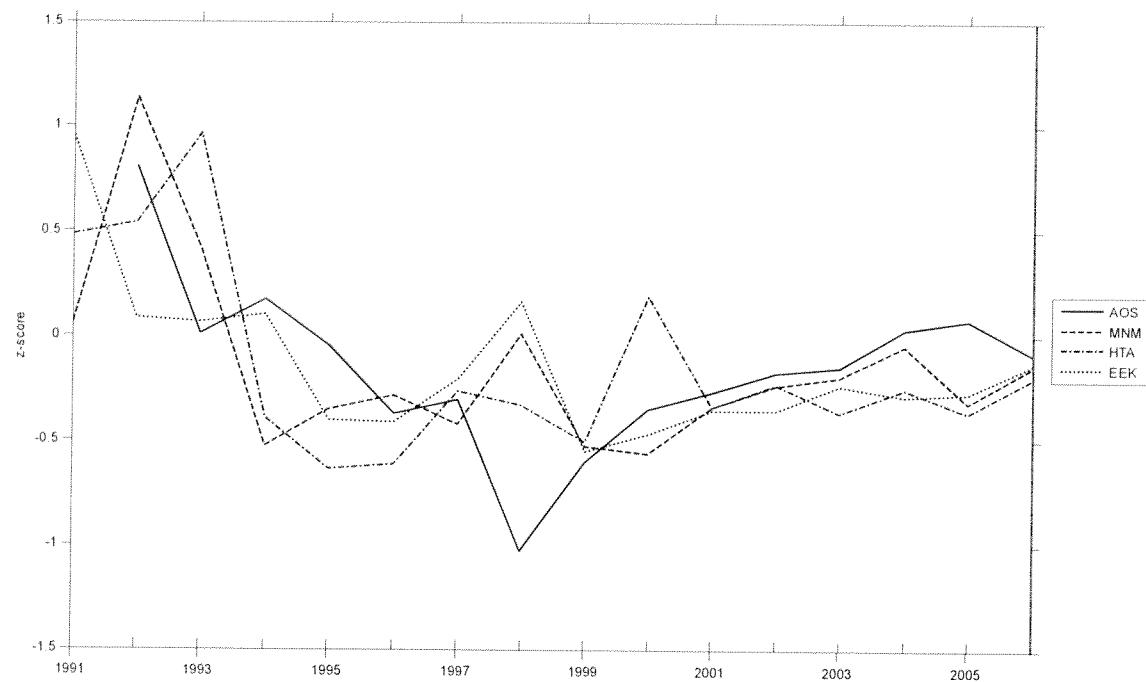
Şekil 3.44: Kış (AOS), İlkbahar (MNM), Yaz (HTA), Sonbahar (EEK) ortalama su sıcaklığı z-değerleri



Şekil 3.45: Kış (AOS), İlkbahar (MNM), Yaz (HTA), Sonbahar (EEK) ortalama elektriksel iletkenlik z-değerleri



Şekil 3.46: Kış (AOS), İlkbahar (MNM), Yaz (HTA), Sonbahar (EEK) ortalama çözünmüş inorganik azot z-değerleri



Şekil 3.47: Kış (AOS), İlkbahar (MNM), Yaz (HTA), Sonbahar (EEK) ortalama PO<sub>4</sub> z-değerleri

Eldeki bulguların kalite kontrolünün görsel olarak incelenerek gerçekleştirildiği bu bölümde, verilerin çoğunun beklenen değerler arasında değişimler göstermekte olduğu saptanmıştır. Özellikle meteorolojik ve hidrolojik parametrelerde birbiri ile ve farklı coğrafik bölgeler

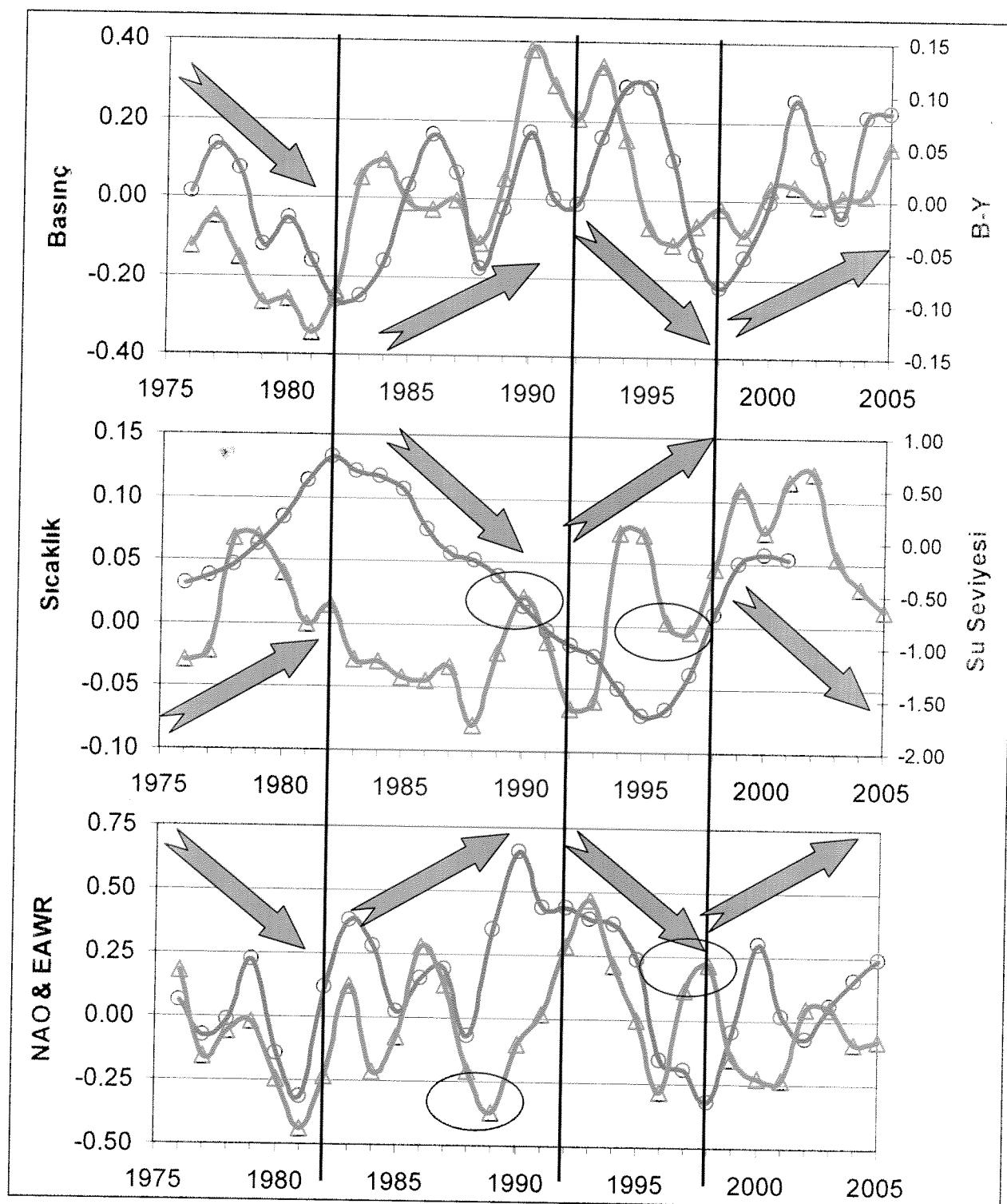
arasında farklı periyotlardaki uyumlu salınımların varlığı ortaya konmuştur. Bu benzerlikler, ülkemizi de içine alan coğrafyanın aynı küresel iklim olaylarının etkisi altında bulunduğu işaret etmektedir.

### 3.3 PARAMETRELERİN BİR BİRLERİ VE İNDİSLERLE UYGUNLUKLARININ GÖRSEL İNCELEMESİ

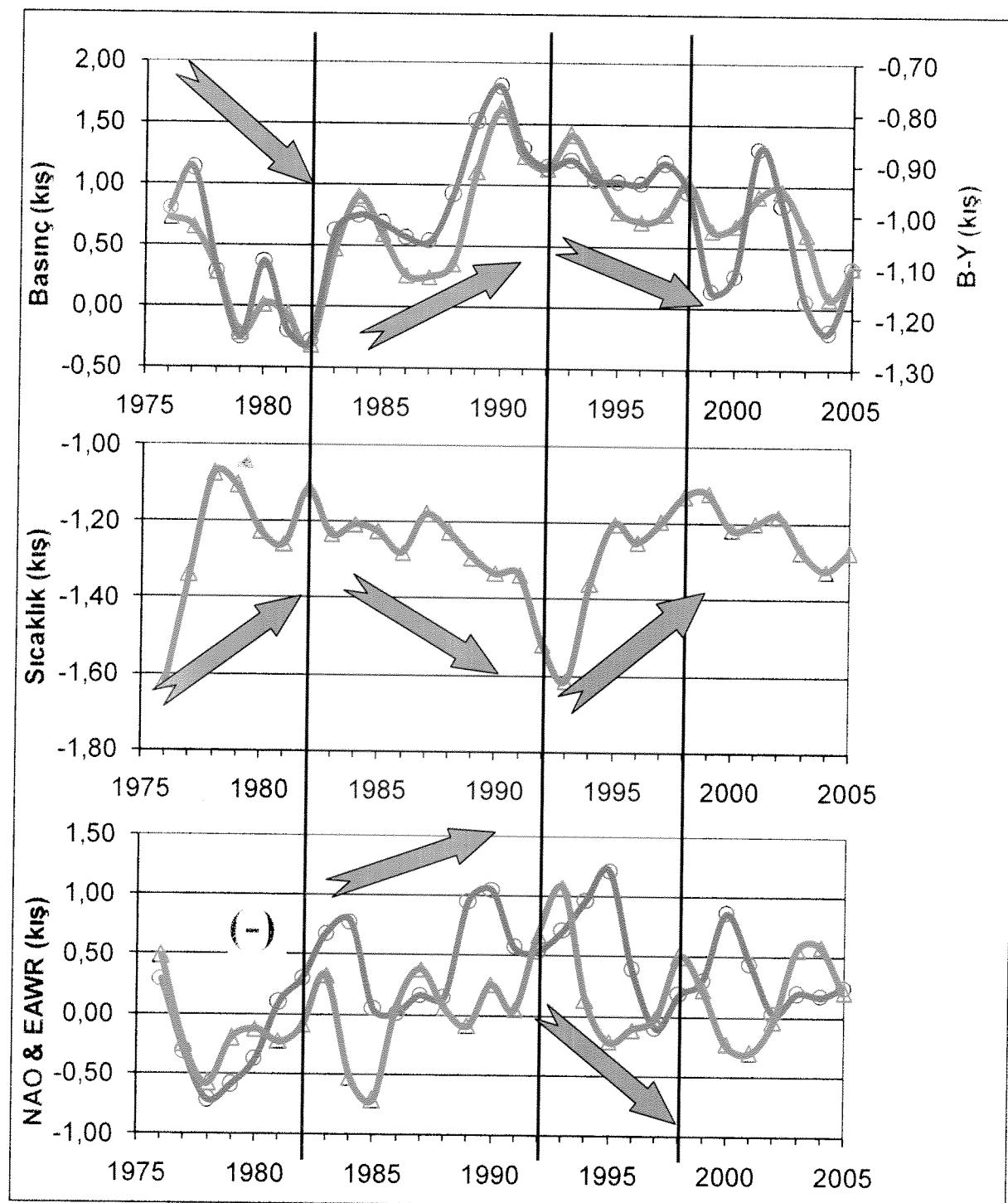
Eldeki bulguların görsel değerlendirmesinin yapıldığı Bölüm 3.2.1'de ortaya koyulduğu gibi, meteorolojik ve hidrolojik parametreler, istasyonlar arasında benzerlik göstermektedir. Bu benzerlik, Bölüm 3.2.2'de bu uyumlu istasyonların ortalamaları ile çalışarak, mevsimler ve aylar arasındaki uyumun ortaya çıkarılabilmesini olanaklı kılmıştır. Bu bölümde ise, bazı parametrelerin istasyon ortalamaları alınarak oluşturulan serilerin birbirleri arasındaki ve Kuzey Atlantik Salınımı (North Atlantic Oscillation – NAO, bkz. Bölüm 1.1) ve Doğu Atlantik – Batı Rusya Salınımı (East Atlantic West Russia – EAWR, Kuzey Denizi – Hazar düzeni (North Sea – Caspian Pattern - NCP) olarak da bilinir, bkz. Bölüm 1.1) ile uyumları, yine görsel olarak sınınamaktadır. Bu tür bir çalışma, uygulanacak kantitatif yöntemlerden önce bu tür etkileşimler hakkında fikir sahibi olmak açısından yararlıdır.

**Sekil 3.48**'de basınç, buharlaşma-yağış, sıcaklık ve su seviyesi parametrelerinin istasyon ortalamalarının, NAO ve EAWR salınımlarının bir arada yıllık ortalama z-değerlerinin zaman serileri görülmektedir. Seriler, gerçek z-değerleri çizildiğinde ortaya çıkan paraziti azaltabilmek için bu gerçek serilerin 3-yıllık hareketli ortalamalarının alınmasıyla oluşturulmuştur. Örnek olarak 1976'da görülen değer, aslında 1975, 1976 ve 1977 değerlerinin ortalamasıdır. Şekilde üst panelde, kırmızı renkle basınç ve mavi renkle buharlaşma – yağış (B-Y); orta panelde kırmızı renkle sıcaklık ve mavi renkle su seviyesi; alt panelde kırmızı renkle EAWR ve mavi renkle NAO salınımları gösterilmiştir. Üst paneldeki basınç ve buharlaşma - yağış parametrelerinin birbirleriyle uyum gösterdiği görülmektedir. Aynı şekilde, orta panelde sıcaklık ve su seviyesi zaman serilerinin de oldukça uyumlu değişimler gösterdiği görülmektedir. NAO, 1995'e kadar EAWR ile büyük bir uyum içinde seyretmekte iken, bu uyum 1995'ten sonra gözlenmemektedir. Her bir parametre, siyah çizgilerle ayrılan ve eğilimleri kabaca mavi oklarla gösterilen, yaklaşık 10 senelik periyotlu dalgalanmaların yanı sıra bu eğilim-benzeri değişimlerin üzerinde tipik periyodu 4-5 sene olan dalgalanmalar barındırmaktadır. NAO negatif fazına doğru alçalırken, sıcaklık ve göl su seviyelerinin arttığı, basıncın ve buharlaşma – yağış farkının ise azaldığı görülmektedir.

Özellikle NAO'nun etkilerinin kış aylarında daha çok ortaya çıktıgı bilinmektedir (Hurrel, 1995).**Sekil 3.49**'de basınç, buharlaşma-yağış ve sıcaklık parametrelerinin istasyon ortalamalarının, NAO ve EAWR salınımlarının bu defa kışlık ortalama (aralık, ocak, şubat) z-değerlerinin yine 3-yıllık hareketli ortalamaları görülmektedir. Kış aylarındaki basınç ve buharlaşma-yağış parametrelerinin arasındaki ilişki, yıllık ortalamaların göre daha güçlü olarak görülebilmektedir. Aynı şekilde, NAO-EAWR arasındaki yine 1995'e kadar olan uyum da, daha net olarak görülebilmektedir. Bunun yanında, NAO'nun 1982'ye kadar olan döneminde her ne kadar net bir azalma eğiliminden bahsetmek zor olsa da, bu dönemde NAO'nun çoğunlukla negatif değerlerde seyretmeye olduğuna dikkat edilmelidir.



Şekil 3.48: Basınç, Buharlaşma – Yağış, Sıcaklık, Su Seviyesi, Kuzey Atlantik Salinimi (NAO) ve Doğu Atlantik - Batı Rusya (EAWR) Salinimları



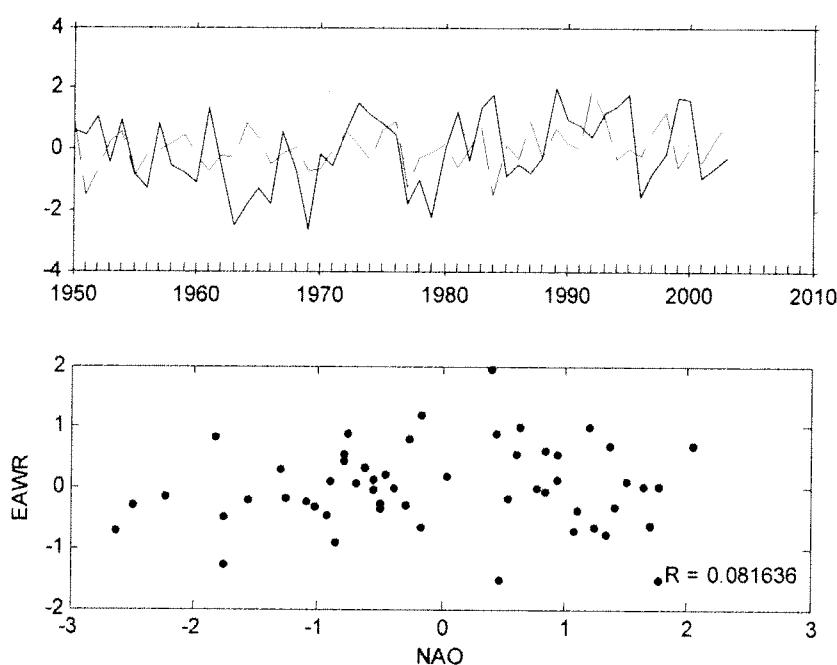
Şekil 3.49: Basınç, Buharlaşma – Yağış, Sıcaklık, Su Seviyesi, Kuzey Atlantik Salinimi (NAO) ve Doğu Atlantik - Batı Rusya (EAWR) Salinimları (kışılık (A, O, Ş) ortalamalar)

Bu bölümde dikkat çekilen uygunlıkların yorumlanması, Bölüm 4'deki Tartışma ve Sonuçlar bölümüne bırakılmıştır. GörSEL incelemeler sonucu ortaya atılan fikirler, daha somut biçimde bir sonraki bölümde ele alınacak istatistiksel yöntemler yardımıyla güçlendirilmiştir.

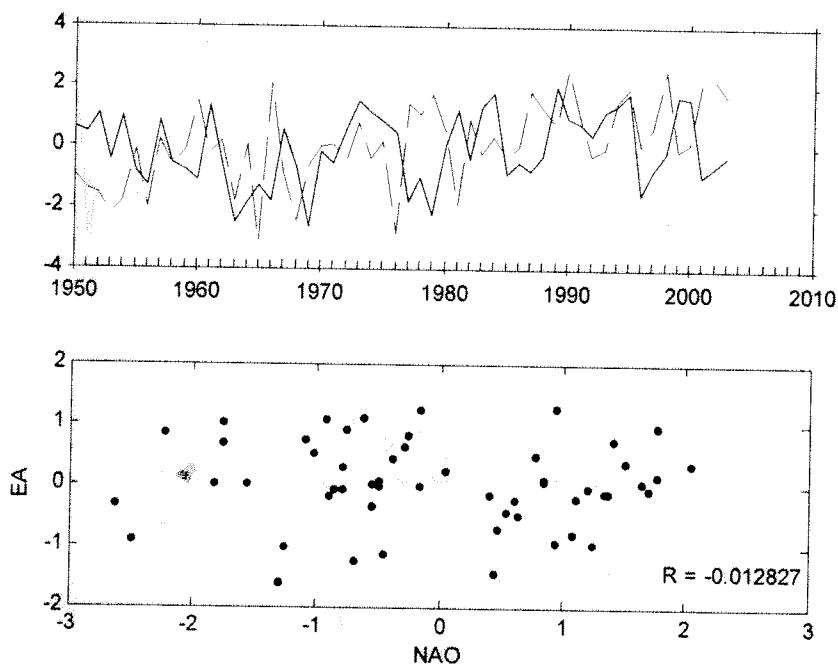
### 3.4 BÖLGEMİZİ ÇEVRELEYEN BÜYÜK ÖLÇEKLİ ATMOSFER SİSTEMLERİNİN TANIMLANMASI

#### 3.4.1 Salınım İndekslerinin Seçimi

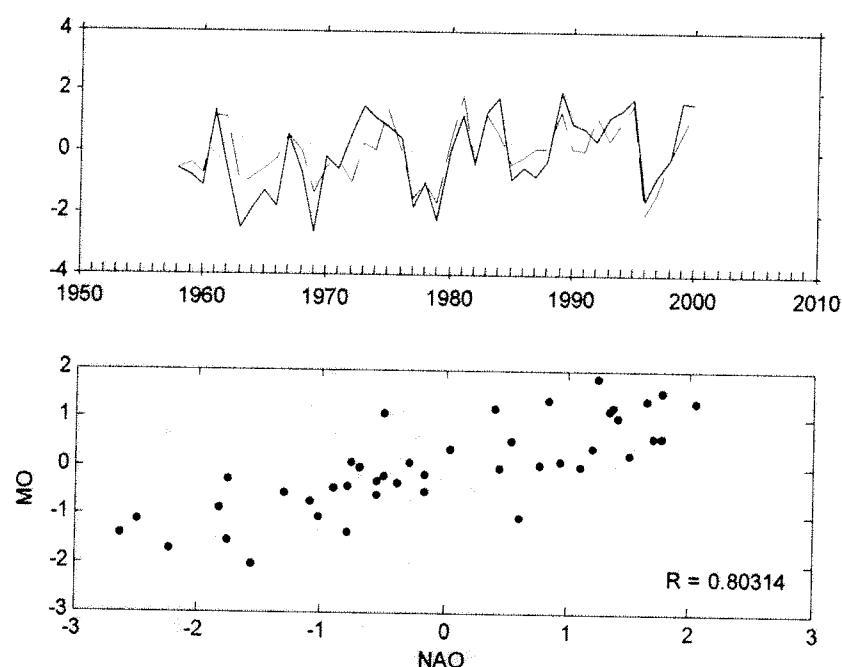
İlk olarak, birçok salınım indeksi arasından, bölgemizle coğrafi olarak ilgili olan NAO, EAWR, EA ve MO (Mediterranean Oscillation – Akdeniz Salınımı) seçilmiştir. Ancak, araştırmaya dahil edilecek salınım indekslerinin farklı atmosferik süreçleri yansittığından emin olmak amacıyla, yukarıda sayılan indekslerin her birinin, bir dğeriyle gösterebileceği doğrusal bağımlılığı anlayabilmek amacıyla bu 4 indeks içindeki toplam 6 kombinasyon çifti, görsel inceleme için bir arada çizilmiş ve birbirleri arasındaki doğrusal ilgileşim (korelasyon) değerleri hesaplanmıştır (Şekil 3.50 - Şekil 3.55). Bu analize göre, MO'nun zaman serilerinin, NAO zaman serileri ile büyük bir ilişki (Şekil 3.52) içinde olduğu görülmüştür. Zaten başka kaynaklarda da, böyle bir ilişkinin varlığı doğrulanmaktadır (Susełj, 2006). Ancak, MO'nun uzamsal yapısının, Akdeniz'deki meteorolojik elemanların yine uzamsal değişkenliği üzerindeki etkilerinin çalışıldığı bu tür araştırmalarda, hala açıklama gücü olan bir sistem olarak değerini korumuştur. Türkiye'deki hidro-meteorolojik parametrelerin uzamsal yapıları ile değil, yalnızca zaman serileri ile ilgilenilen bu çalışmada ise, MO'nun, NAO'nun temsil ettiği sistem dışında, özgün bir etkileşim mekanizması öneremeyeceği düşünülerek çalışılmaktan vazgeçilmiştir.



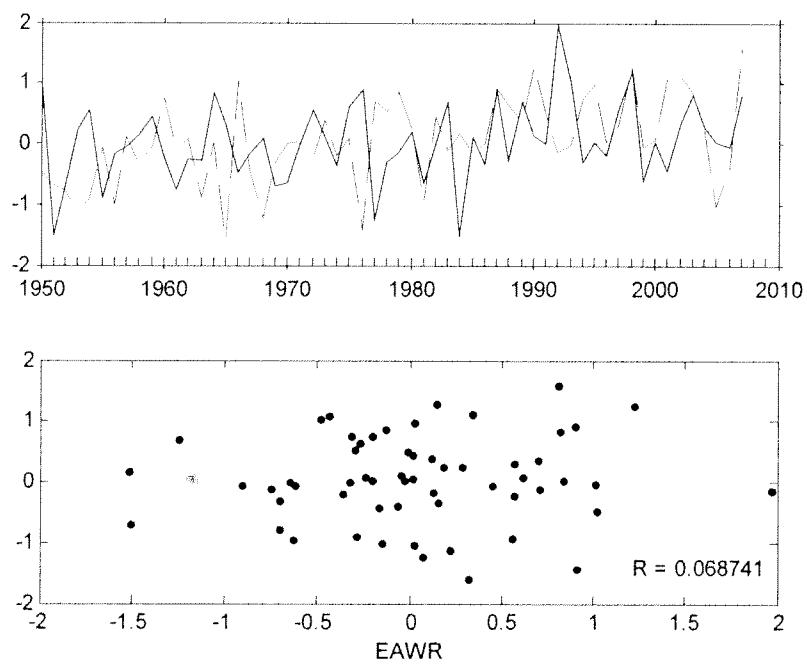
Şekil 3.50: NAO (üst panalde sürekli) - EAWR (üst panaelde kesikli)



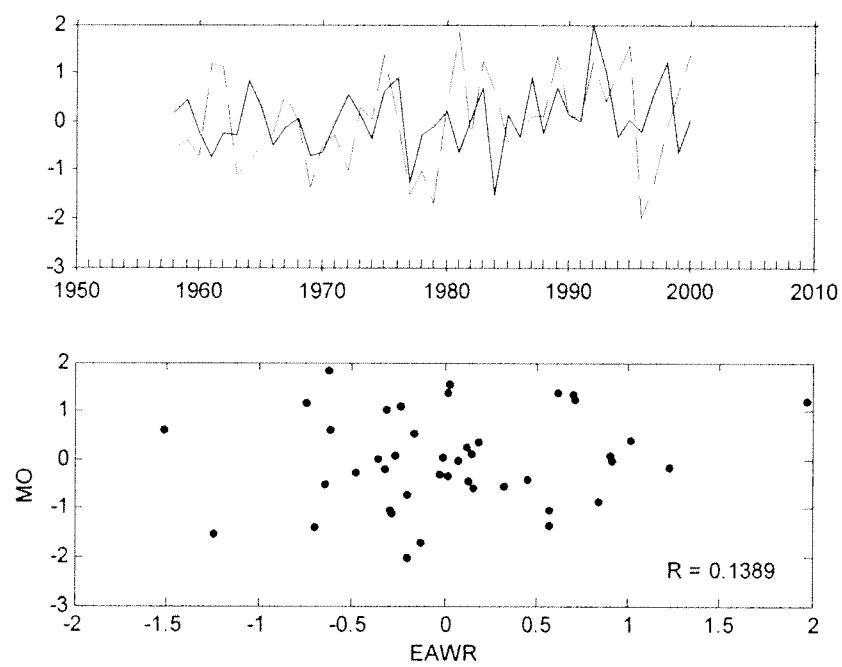
Şekil 3.51: NAO (üst panalde sürekli) - EA (üst panaelde kesikli)



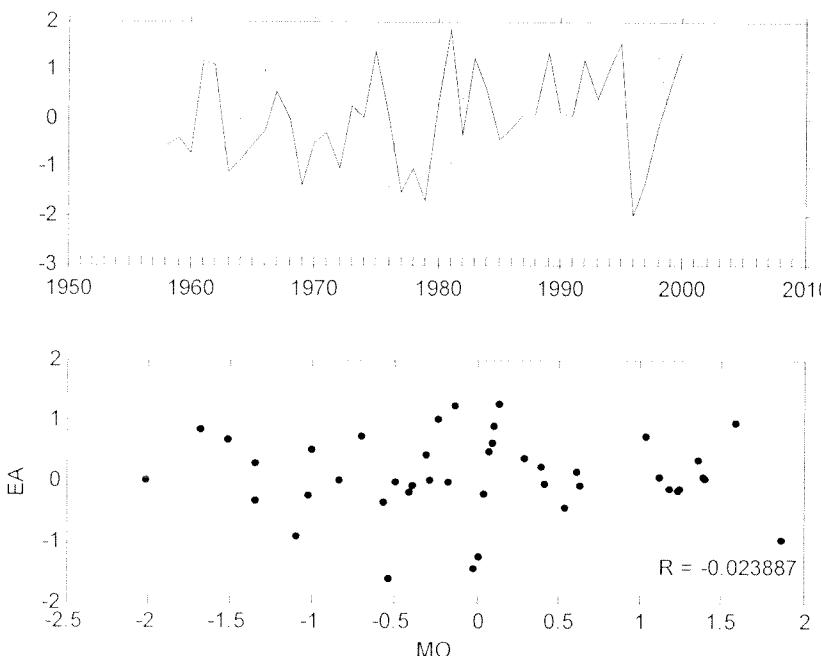
Şekil 3.52: NAO (üst panalde sürekli) - MO (üst panaelde kesikli)



Şekil 3.53: EAWR (üst panalde sürekli) - EA (üst panaelde kesikli)



Şekil 3.54: EAWR (üst panalde sürekli) - MO (üst panaelde kesikli)

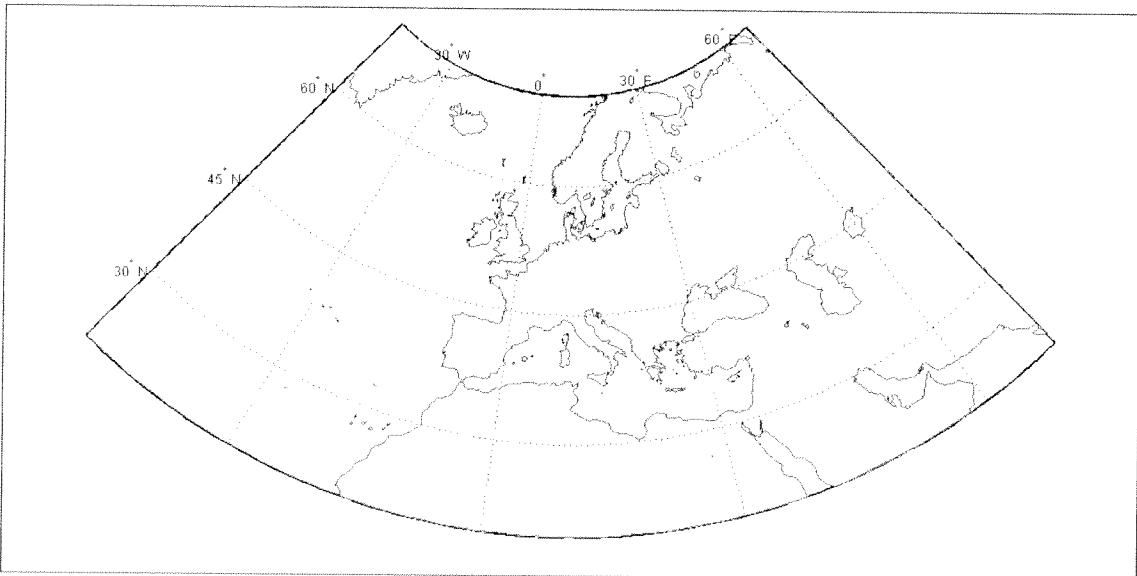


Şekil 3.55: MO(üst panelde sürekli) - EA (üst panelde kesikli)

### 3.4.2 Bölgedeki Deniz Seviyesi Basınç Sahasının EOF Analizi

İnternet üzerinden çoğu zaman kolayca ulaşılabilen istasyon tabanlı salinim indeksleri, birçok karmaşık atmosferik sürecin bir özeti sunarak, konuya çok yakın olmayan araştırmacıların da çalışmaları sistemler üzerindeki iklim etkisini anlamaya yönelik çalışmalar yapmalarını sağlasa da, bazı dezavantajları da beraberinde getirirler. Bunlardan biri, bu salinimları yaratan basınç merkezlerinin aslında sabit değil, hem yıl içi hem de yıllar arasında az da olsa yer değiştirmeleri nedeniyle (Portis ve ark., 2001), istasyon tabanlı indekslerin, bu salinimları aslında tam olarak yansıtmamasıdır. Bu tür çalışmalarında istasyon tabanlı indekslerle sınırlı kalmanın getirdiği başka bir dezavantaj ise, bu tür indekslerle ifade edilmediği halde, bölgemiz açısından önemli olabilecek atmosferik süreçlerin gözden kaçırılarak önemlerinin anlaşılamaması tehlikesidir. Şu ana kadar tanımlanmış indeksler, dünyanın belli başlı yerlerdeki daha küçük ölçekli meteorolojik olayları açıklayabilme kabiliyetleri nedeniyle bu belli başlı yerlerdeki araştırmacılar tarafından kapsamlı bir takım analizler sonucunda öne çıkarılarak basite indirgenmiştir (Wallace ve Gutzler, 1981; Barnston ve Livezey, 1987; Hurrell, 1995). Hâlbuki bölgemizde, bildığımız kadariyla henüz böyle kapsamlı bir araştırma bulunmamaktadır. Bu tür araştırmalarda, genel olarak yapılan bölgeyi fazlaıyla kapsayacak bir alandaki belli bir jeopotansiyel yükseklikteki basınç sahasının EOF analizi yapılarak, bu analizlerden çıkan baskın temel bileşenlerin, bölgedeki iklimsel değişkenler (sicaklık, yağış, vs) üzerindeki etkileri, tek değişkenli veya çok değişkenli yöntemler kullanılarak anlaşılmaya çalışılır (Krichak ve ark., 2002; Wibig, 1999; Xoplaki ve ark., 2000).

Bu bölümde, daha sonra bölgedeki hidro-meteorolojik koşullarla olan ilişkileri anlamak üzere, seçilen salinim indekslerini yaratan atmosferik süreçleri kapsayan bir alandaki (20-70N, 50W-70E) (Şekil 3.56) DSB (Deniz Seviyesi Basıncı) sahası üstünde yapılan EOF analizi anlatılmaktadır.

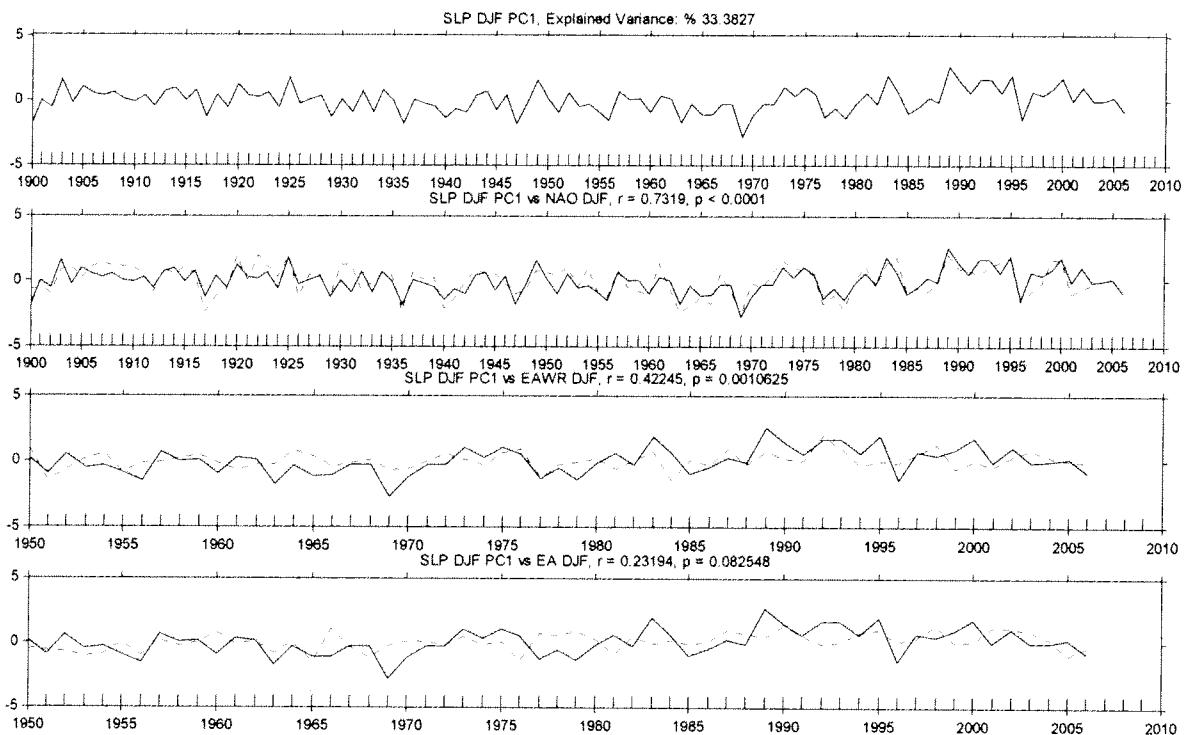


Şekil 3.56: EOF Analizi için Seçilen Bölge

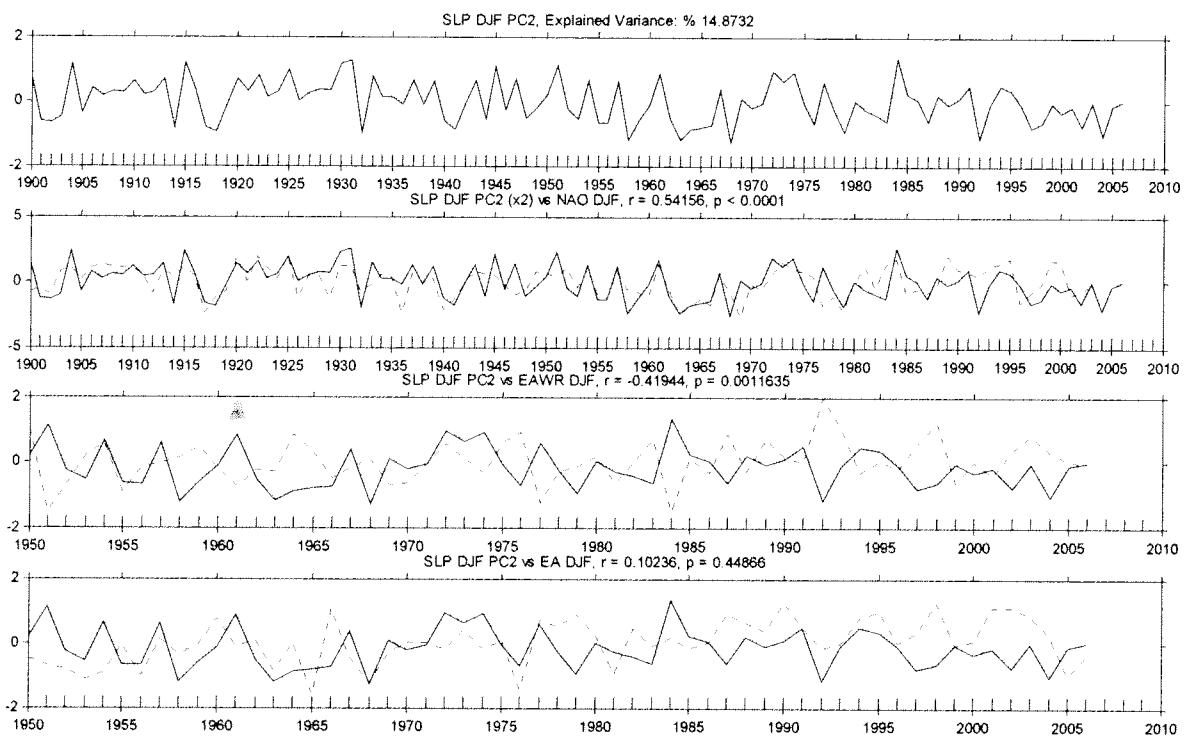
Analizde, <http://www.cgd.ucar.edu/cas/guide/Data/trenpaol.html> adresinde bulunan ve “NCAR-SLP” (National Center of Atmospheric Research – Sea Level Pressure) olarak anılan  $5^{\circ} \times 5^{\circ}$  uzamsal, günlük zamansal çözünürlükteki DSB veri seti (Trenberth ve Paolino, 1980), 1899-2006 yılları aralığındaki, aylık ortalamaları ile kullanılmıştır. Kişi aylarında, basınç sistemindeki değişkenliğin (varyans) azaldığı ve ele alınan salınım indekslerinin etkinliklerinin en üst düzeye çıktığı bilinmektedir. Bu nedenle burada, SLP sistemini daha iyi yansıtıcı düşünülen kişi ayları ortalamaları (Aralık, Ocak, Şubat) üzerinde yapılan analiz sonuçları verilmektedir. Şekil 3.57 - Şekil 3.60’da sırasıyla ilk 4 temel bileşenin (PC – Principal Component) zaman serileri gösterilmektedir. Her bir şekil 4 çizim içermektedir. En üstteki çizim, temel bileşen zaman serisinin yalnızca kendisini, üstten 2. 3. ve 4. çizimler, sırayla, NAO, EAWR ve EA istasyon tabanlı serileri ile uyumluluğunu, doğrusal korelasyon katsayısını ve anlam düzeyini göstermektedir. Şekil 3.61 ise, ilk 4 temel bileşenin uzamsal (spatial) yapılarını göstermektedir.

Şekiller incelendiğinde, 1. Bileşeni, gerek NAO istasyon zaman serileri ile yüksek düzeydeki uyumu, gerekse uzamsal yapısıyla büyük ölçüde NAO’nun pozitif fazını yansımaktadır. 1. Bileşen aynı zamanda, zaman serileri ile EAWR’ın pozitif fazını yansıtıyor olsa da, uzamsal olarak, NAO’nun mutlak alçak ve mutlak yüksek merkezleri nedeniyle gölgeleniyor olabileceği düşünülmektedir. EAWR salınımından sorumlu olan kuşaksal basınç merkezlerinin mutlak zit karakterdeki merkezler değil, yalnızca alçak ve yüksek basınç anomalilerinin merkezi olduğu için, bu en baskın temel bileşende uzamsal olarak NAO gibi güçlü yapılar göstermesi zaten beklenmeyecek bir durumdur. 2. Bileşenin zaman serileri, hem NAO’nun yine pozitif fazını, EAWR’ın ise bu defa negatif fazını temsil etmektedir. 2. Bileşenin uzamsal yapıları incelenirse, literatür bilgisi ile çok tutarlı bir şekilde, NAO’nun güneydeki basınç merkezi, EAWR’ın Hazar merkezi, ve üst üste binmiş şekilde ise NAO’nun kuzeydeki basınç merkezi ve EAWR’ın Kuzey denizi merkezinin oluşturduğu üçlü yapı görülmektedir. Zaman serileri ile de tutarlı biçimde, gösterilen bu 3'lü sistem, NAO’nun pozitif fazını, EAWR’ın ise negatif fazını meydana getirmektedir. 3. Bileşen, yine hem zamansal, hem uzamsal tutarlılıkla diğer sistemlerin etkisi olmaksızın EA sistemini göstermektedir. 4. Bileşende ise 3 salınım sisteminin birlikte oluşturdukları karmaşık uzamsal yapıya ek olarak, 3 sistemle de belli derecede uygunluk gösteren zaman serisi bulunmaktadır.

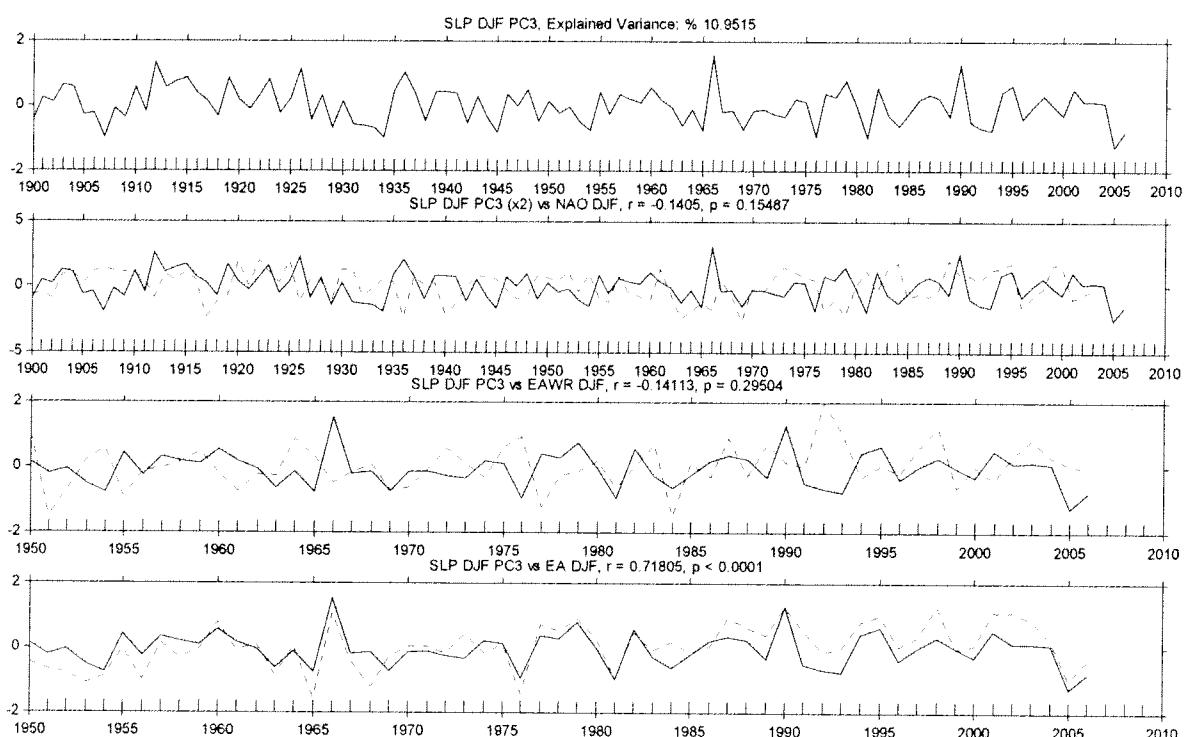
NAO'nun negatif fazının da bu 4. Bileşende temsil edildiği görülmektedir. Bu ilk 4 bileşen, SLP kış ortalamalarının 70%' e yakın değişkenliğini açıklamaktadır. 5. Bileşenden itibaren ise açıklanan değişkenlik 6% seviyelerine düşüğü için geri kalan bileşenlerin detaylı olarak açıklanması gerekli görülmemektedir. Ancak, Atlantik Sektörü DSB'nın EOF analizi ilk 10 bileşeninin tüm sistem içinde yüzde cinsinden açıkladıkları değişkenlikler ve her bir bileşenin zaman serileri ve uzamsal yapılarında karşılaşılan atmosfer sistemleri, Tablo 3.2'de özetlenmiştir. Tabloda, ilk 4 Bileşenin her birinde ortaya çıkan sistemler, fazlarına göre (+ veya -) işaretlenmiştir. Tabloda, her bir sistemin zamansal hanesinde, temel bileşenler ile doğrusal korelasyonlarda ulaşılan anlam düzeyi de, tek işaret:  $<0.05$ , çift işaret:  $<0.01$  ve üç işaret  $<0.001$  olmak üzere, işaret sayısı ile vurgulanmıştır. Şans eseri ortaya çıkmış olabilecek olan uzamsal yapıların incelenerek yorumlanmasıın yaratabileceği karmaşayı engellenmesi amacıyla ile yalnızca zaman serilerinde herhangi bir sistemle uyumluluk gösteren temel bileşenlerin uzamsal yapıları incelenerek yorumlanmıştır.



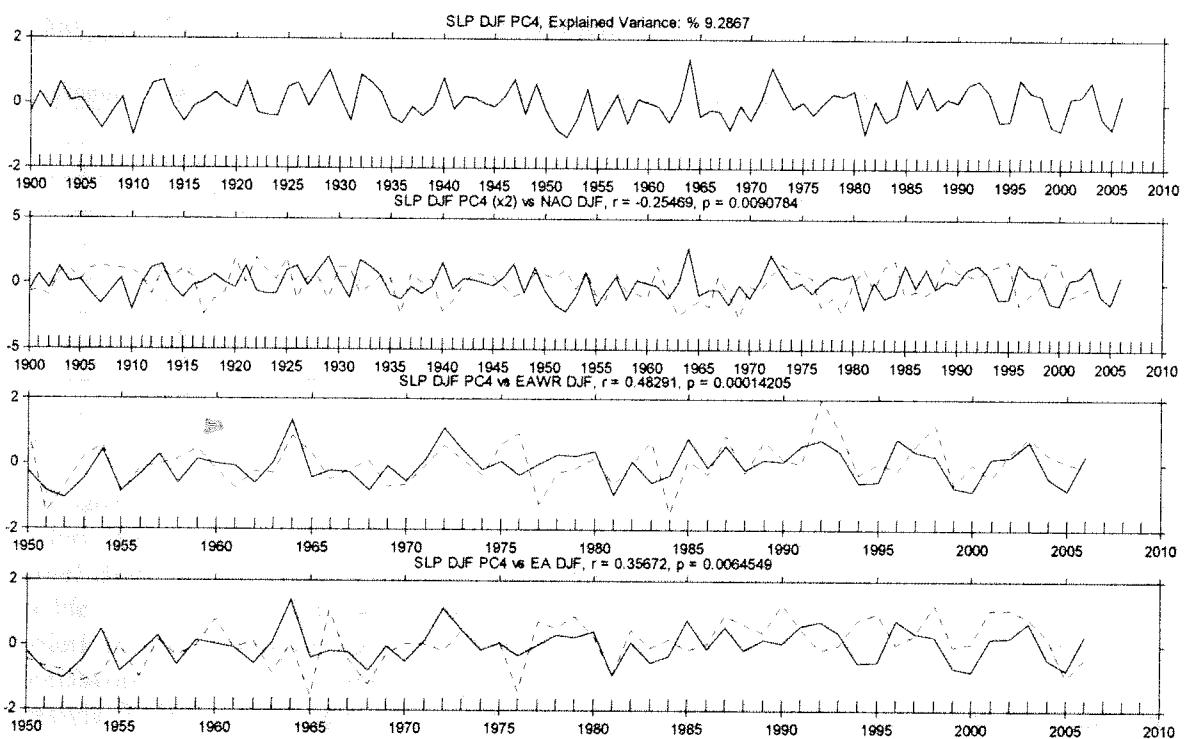
Şekil 3.57: SLP Kış Ortalamaları Temel Bileşen-1 (PC) Zaman Serileri



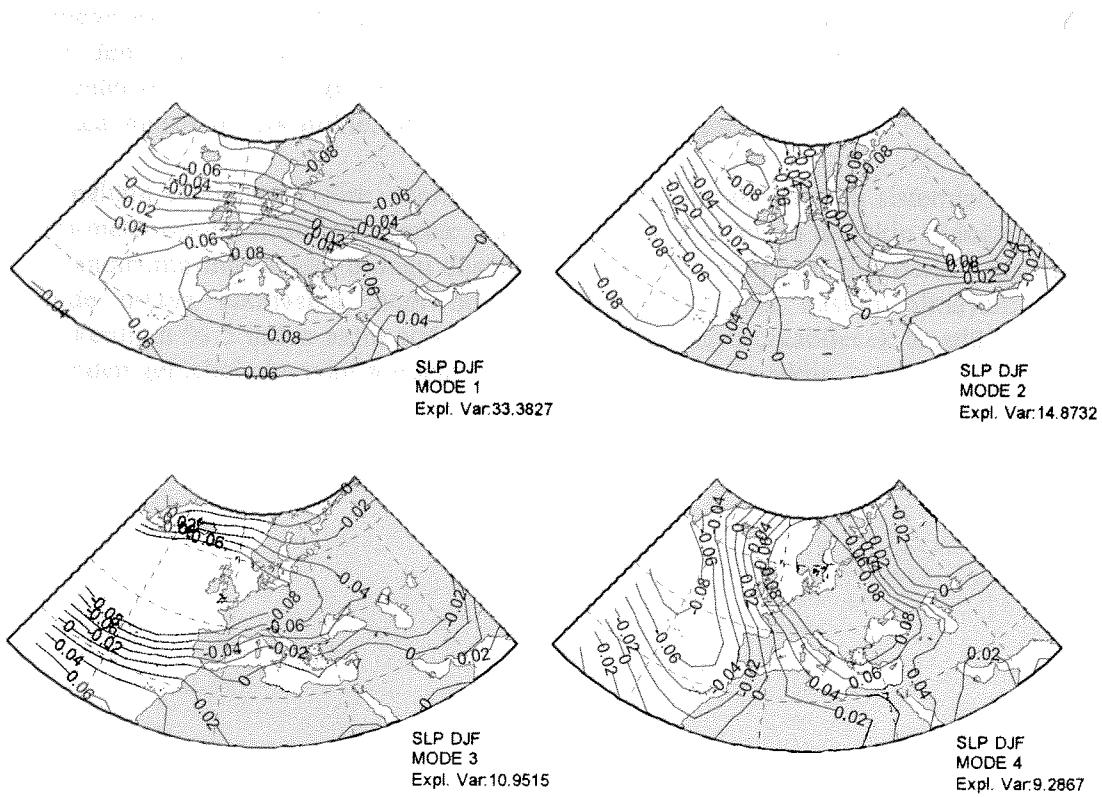
Şekil 3.58: SLP Kış Ortalamaları Temel Bileşen-2 (PC) Zaman Serileri



Şekil 3.59: SLP Kış Ortalamaları Temel Bileşen-3 (PC)-3 Zaman Serileri



Şekil 3.60: SLP Kış Ortalamaları Temel Bileşen-4 (PC) Zaman Serileri



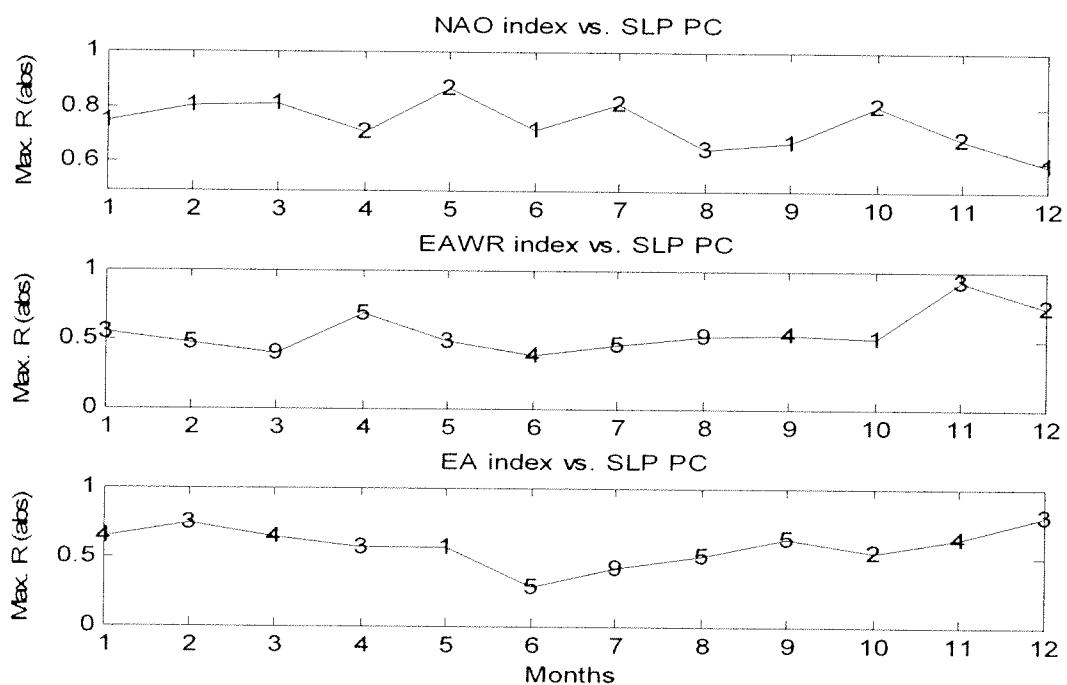
Şekil 3.61: SLP Kış Ortalamaları ilk 4 Temel Bileşen Uzamsal Yapıları

Tablo 3.2: DSB EOF Analizi ilk 4 Temel Bileşende Uyumluluk Gösteren Sistemler

T. Bileşen	açıkladığı değişkenlik	NAO		EAWR		EA	
		zamansal	uzamsal	zamansal	uzamsal	zamansal	uzamsal
1	33.4	+++	+	++			
2	14.9	+++	+	--	-		
3	10.95					+++	+
4	9.3	--	?	++	?	++	?
5	6.5						
6	4					-	?
7	3.4						
8	2.5						
9	2.05						
10	1.6						

SLP sahasının sezonluk (yıl-içi) değişimlerinin de anlaşılması amacı ile her bir ayın zaman serileri üzerinde de EOF analizi yapılmıştır. Şekil 3.62'de bu analizlerde ortaya çıkan ilk 10 Temel Bileşenin zamansal serilerinin, ele alınan 3 salının indeksi ile olan ilişkileri, özet bir şekilde verilmektedir. En üstteki panelde, her ayda bulunan ilk 10 Temel Bileşenin zaman serileri arasında, istasyon bazlı NAO indeksi ile en yüksek korelasyonlar ve bu en yüksek korelasyonları sağlayan Temel Bileşen numarası verilmiştir. 2. ve 3. panellerde de aynısı, sırasıyla EAWR ve EA için verilmiştir. Bu şekilde, SLP sahasının, yıl içinde bu 3 salının sistemini değiştiren güçlerle barındırdıkları anlaşılmaktadır. NAO, yılın bütününde çoğunlukla yüksek bir etkinlikte (korelasyon katsayısı  $> 0.6$ ), ve ulaşılan katsayırlarda şüpheye yer vermeyecek şekilde SLP sahasının ilk 3 temel bileşeninde ortaya çıkmaktadır. EAWR'ın ise Ekim'den başlayarak, yılın son aylarında etkinliğini artırdığı ve yine baskın temel bileşenlerde ortaya çıktıgı anlaşılmaktadır. EA da, yaz ayları hariç, yılın bütününe yayılan oldukça yüksek bir etkinlikle, SLP sahasında temsil edilmektedir.

Bu analizin sonuçlarına göre, sonraki bölümde ele alınacak olan, bu sistemlerin ülkemizdeki hidro-meteorolojik koşulları üzerine olan etkilerinin, 3 indeksin de etkin olduğu kış aylarıyla sınırlandırılmasının uygun olduğu düşünülmektedir. Bu, hem bazı ilişkilerin daha belirgin bir şekilde ortaya çıkmasına, hem de yılın diğer aylarında baskın olmayan, sistemdeki değişkenliğin % 5'inden azını açıklayan indekslerle ortaya çıkabilecek tesadüf korelasyonlar üzerinden gerçekçi olmayan sonuçlar çıkarılmasını engelleyecektir.



Şekil 3.62: SLP'nin ilk 10 Temel Bileşeni (PC) arasında indekslerle en yüksek korrelasyonun mutlak değeri ve bu korrelasyon değerine ulaşan temel bileşenin sıra numarası (örn. EA ile 6. aydaki en yüksek korrelasyon (ilk 10 Temel Bileşen içinde), SLP'nin 5. Temel Bileşeninde Ulaşılmış)

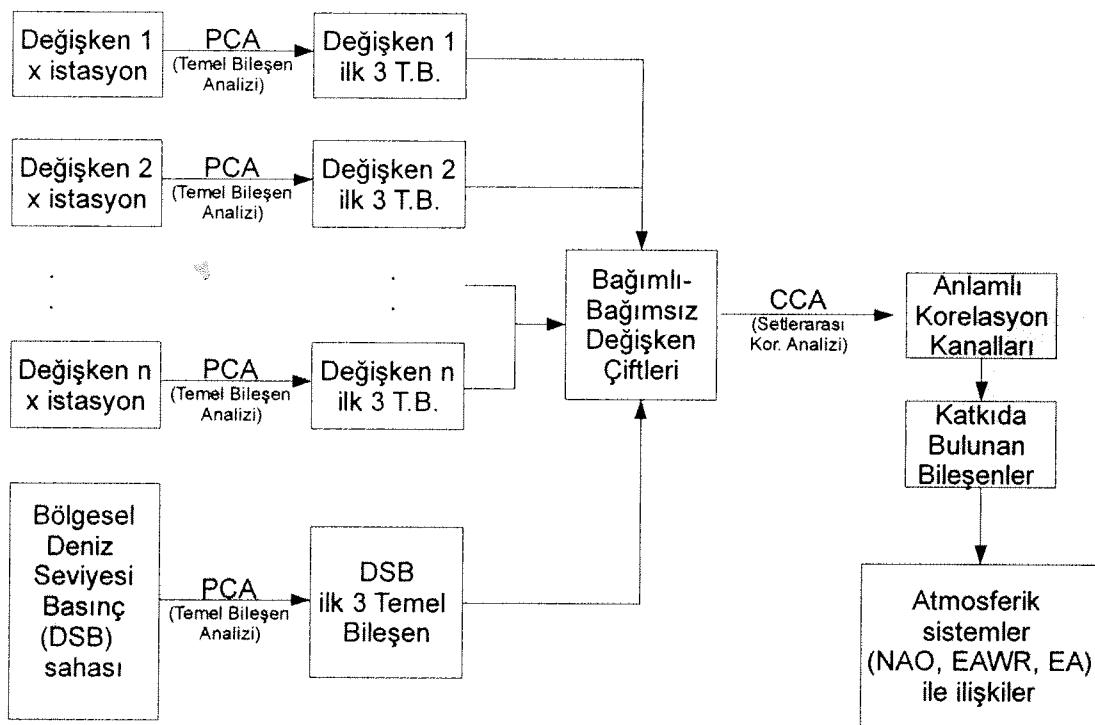
### **3.5 HİDRO-METEOROLOJİK PARAMETRELERİN BİR BİRLERİ ARASINDAKİ VE BÖLGESEL DENİZ SEVİYESİ BASINÇ SAHASI İLE İLİŞKİLERİNİN ÇOK DEĞİŞKENLİ YÖNTEMLERLE ANALİZİ**

Bu bölümde, daha önce yalnızca görsel yöntemlerle ele alınan hidro-meteorolojik değişkenlerin birbirleri arasındaki ve atmosferik sistemlerle olan etkileşimleri, niceleyici yöntemlerle ele alınmaktadır.

#### **3.5.1 Analiz Stratejisi**

Şekil 3.63'de akış şeması gösterilen analiz stratejisi, aslında 2 temel eleman içermektedir: Temel Bileşen Analizi (PCA) ve buradan çıkan Temel Bileşenler (TB) üzerinde uygulanan Kümeler arası İlişki Analizi (CCA). PCA ile göllerde x sayıda istasyon ile tanımlanan hidrolojik ve meteorolojik parametrelerden (Basınç, Buharlaşma-Yağış Farkı, Sıcaklık, Göl Seviyesi) ve Atlantik üzerinde 1000'den fazla ızgara (grid) noktası ile tanımlanan Deniz Seviyesi Basınç (DSB) sahalarından, bu sistemlerin değişkenliklerinin en düşük %60'ını ifade edebilen ilk 3 Temel Bileşen elde edilmiştir. Daha sonra, 3'er TB ile ifade edilen bu parametreler, birbirlerine etki edebileceği düşünülen bağımlı-bağımsız değişken çiftleri olarak gruplanarak, üzerinde CCA uygulanmıştır. CCA'da, her bir veri kümesi için o kümedeki değişkenlerin (bizim durumumuzda temel bileşenler) lineer kombinasyonu olacak şekilde, diğer veri kümelerinin karşılık gelen kümelerarası değişkeniyle arasındaki korelasyon en yüksek olan bir kümelerarası değişken tanımlanır. Buna, birinci kümelerarası değişken denir. Bu şekilde, iki veri kümelerinde yer alan en az sayıda değişken sayısının kadar (bizim durumumuzda eşit, 3'er tane) kümelerarası değişken hesaplanır. Her bir kümelerarası değişken, karşılık geldiği kümelerarası değişken hariç tüm diğer kümelerarası değişkene dikgen olduğu için, kümelerarası her bir korelasyon, iki veri kümeleri arasındaki farklı mekanizmalar sayesinde var olan bağımsız birer korelasyon kanalını ifade eder. Ancak, istatistiksel olarak anlamlı olan korelasyon kanalları bulunduğuunda bile, bu korelasyonlara hangi fiziksel mekanizmaların sebep olduğu anlaşılmamaktadır. Bu sebeplerin anlaşılması amacı ile, anlamlı korelasyonlar içinde olan her bir kümelerarası değişkenin, kendi kümelerindeki değişkenler (Temel Bileşenler) ile olan korelasyonuna bakılmıştır. Anlamlı kanalların kümelerarası değişkeni ile anlamlı korelasyonlar gösteren Temel Bileşenlerin, bu anlamlı kanalın oluşmasında katkıda bulundukları düşünülmektedir. Anlamlı kanalların iki tarafındaki değişken kümelerinin katkıda bulunan bileşenlerinin de istatistiksel olarak ilişkili oldukları istasyon tabanlı salınım indisleri karşılaştırılarak, bir anlamda çapraz sağlaması yapılmakta ve parametreler üzerinde doğrudan etkisinin dışında, başka parametrelere de dolaylı etkileri olan salınım indisleri ortaya çıkarılmaktadır. Sirabella ve ark. (2001) Barents Denizi ve Kuzey Denizindeki morina balığı, deniz sıcaklığı ve NAO arasında anlamlı ilişkiler bulduğu çalışmalarında, aynı yaklaşımı benimsemişlerdir. Benzer yaklaşımlar, Li ve Kafatos (2000), ve Xoplaki ve ark. (2000) tarafından da benimsenmiştir.

Tabeloda Elde edilen korelasyonlar  
kullanılarak, 3 temel bileşenin  
Aşağıdaki verilerin: Gürültüse  
mihalı ve istatistiksel anlamlılık  
değerini göstermektedir.  
Bu tabloda, 3 temel bileşenin  
korelasyonlar, 3 temel bileşenin  
değişkenlerin korelasyonu ve  
parametrelere de etkisi gösterilmektedir.  
Tablo 3.63: 3 temel bileşenin  
korelasyon ve etkisi



Şekil 3.63: Çokdeğişkenli yöntemlerle analiz stratejisi

### 3.5.2 Değişken Çiftleri Arasındaki İlişkiler

Bölgemizi çevreleyen atmosfer sistemini temsil ettiği düşünülen deniz seviyesi basınç (DSB) sahasının göller etrafındaki hidro-meteorolojik koşullar üzerindeki etkileri, yöntemin çalışırlığını göstererek dolaysız ve hassas bir değişken olan basınç, göllerdeki su sıcaklığını doğrudan etkileyeceği için önemli bir değişken olan sıcaklık, göllerdeki hidrolojik koşulları belirlediği için yine önemli bir değişken olan Buharlaşma-Yağış (B-Y), ve de yine göllerdeki ekolojik yaşam için hayatı öneme sahip su seviyesi değişkenleri ele alınarak anlaşılmaya çalışılmıştır. Tüm analizler, Bölüm 3.4'de gösterildiği gibi tüm salınım sistemlerinin etkinliklerinin en üst düzeyde olduğu Kış ayları (Aralık, Ocak, Şubat) ortalamaları ile yapılmıştır.

#### 3.5.2.1 DSB-Basınç

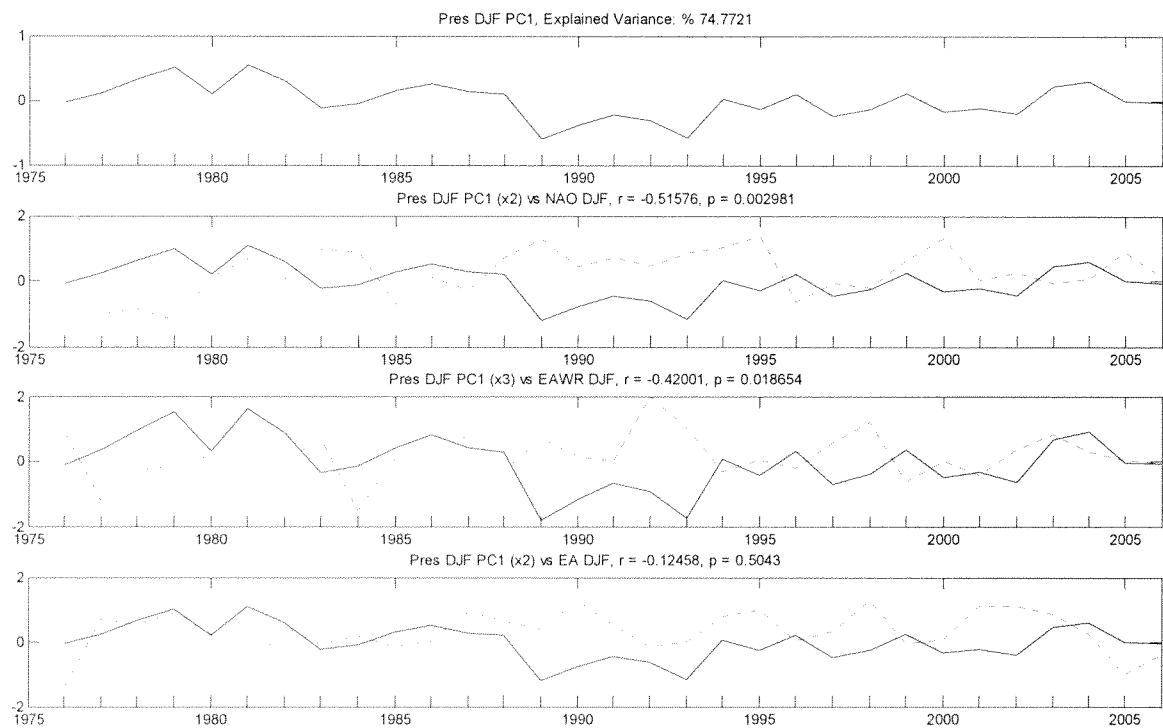
Atlantik sektörü DSB sahasındaki değişimlerin, yerel hidro-meteorolojik koşullar üzerindeki etkilerinin en dolaysız olarak ortaya çıkması gereken yerel basınç sahası üzerinde yapılacak analizin, aynı zamanda geliştirilen bu analiz stratejisinin yararlılığının sınanmasına olanak tanıyacağı düşünülmektedir. Tablo 3.3'de DSB-Basınç çiftinin CCA sonuçları verilmiştir. Tablo'da *Kümelerarası Korelasyonlar* yazısının altındaki satırda, bu iki veri kümesi için tanımlanan 3'er tane kümelerarası değişken arasındaki korelasyon katsayıları ve anlam düzeyleri verilmiştir. Göründüğü gibi, ilk iki kümelerarası korelasyon, sırayla çok yüksek anlamlı ve yüksek anlamlı düzeyde olup, iki kanallı bir DSB-Basınç etkileşimi önermektedir. Bu iki anlamlı korelasyona neden olan mekanizmanın anlaşılması amacıyla, her bir küme için oluşturulan kümelerarası değişken ile her bir kümedeki temel bileşenlerin korelasyon sonuçları, tablonun geri kalanında verilmiştir. DSB'nin 1. kanaldaki korelasyona 1. temel bileşenini ile, 2. kanaldaki korelasyona ise 2. Bileşeni ile katkıda bulunduğu, Basıncın ise, 1. kanala 1. temel bileşeni ile, 2. kanala ise 2. ve 3. bileşenleri ile katkıda bulunduğu

anlaşılmaktadır. Yani, bekleneneceği gibi, Atlantik Sektörü DSB sahasındaki değişimler, 2 farklı kanaldan, çok güçlü bir şekilde yerel basınç sahasını etkilemektedirler.

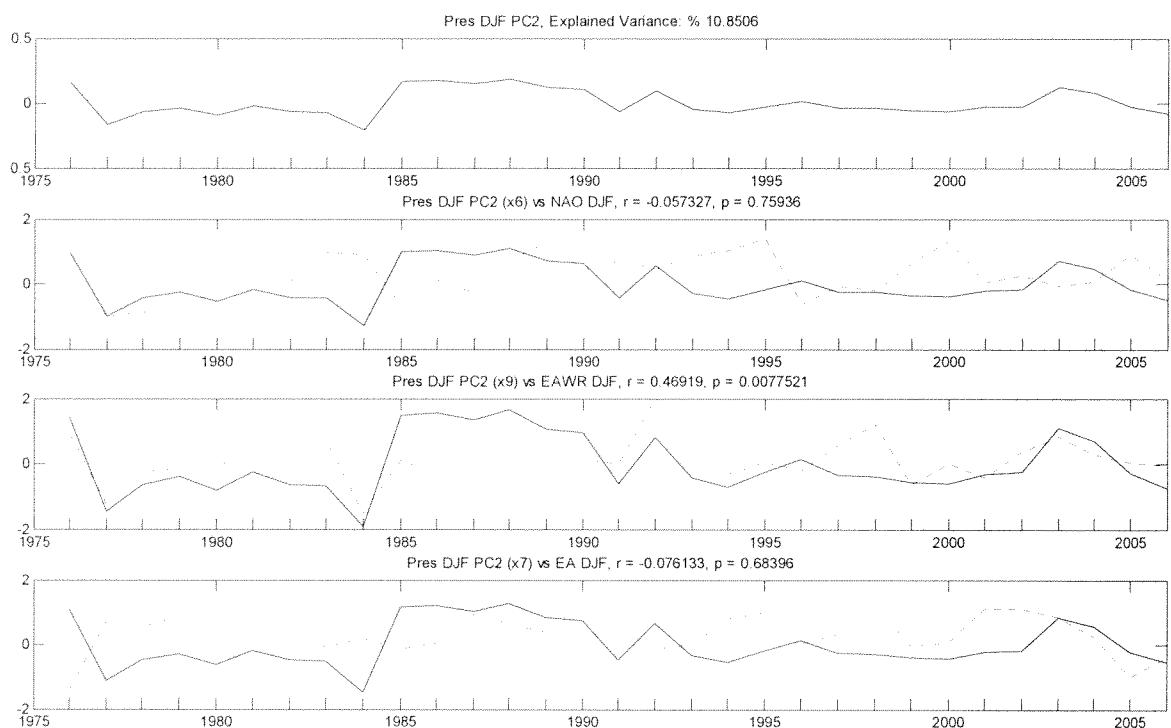
Tablo 3.3: DSB – Basınç Çifti Kümelerarası Korelasyon Sonuçları

	Kor. Katsayısı	Anlam Düzeyi	Kor. Katsayısı	Anlam Düzeyi	Kor. Katsayısı	Anlam Düzeyi
<i>Kümelerarası Korelasyonlar</i>						
	Kümelerarası Korelasyon 1		Kümelerarası Korelasyon 2		Kümelerarası Korelasyon 3	
	0.7274	0.0001	0.4375	0.0138	0.0200	0.9150
<i>DSB Kümesi Değişkenleri ve Temel Bileşenleri Korelasyonları</i>						
	DSB Kümesi 1. Değişken		DSB Kümesi 2. Değişken		DSB Kümesi 3. Değişken	
DSB Temel Bilesen 1	0.9887	0.0001	0.1467	0.4311	-	-
DSB Temel Bilesen 2	0.0439	0.8145	-0.9821	0.0001	-	-
DSB Temel Bilesen 3	-0.1998	0.2811	0.1796	0.3336	-	-
<i>Basınç Kümesi Değişkenleri ve Temel Bileşenleri Korelasyonları</i>						
	Basınç Kümesi 1. Değişken		Basınç Kümesi 2. Değişken		Basınç Kümesi 3. Değişken	
Basınç Temel Bilesen 1	-0.9880	0.0001	0.0939	0.6152	-	-
Basınç Temel Bilesen 2	-0.0189	0.9196	0.7153	0.0001	-	-
Basınç Temel Bilesen 3	-0.1536	0.4095	-0.6924	0.0001	-	-

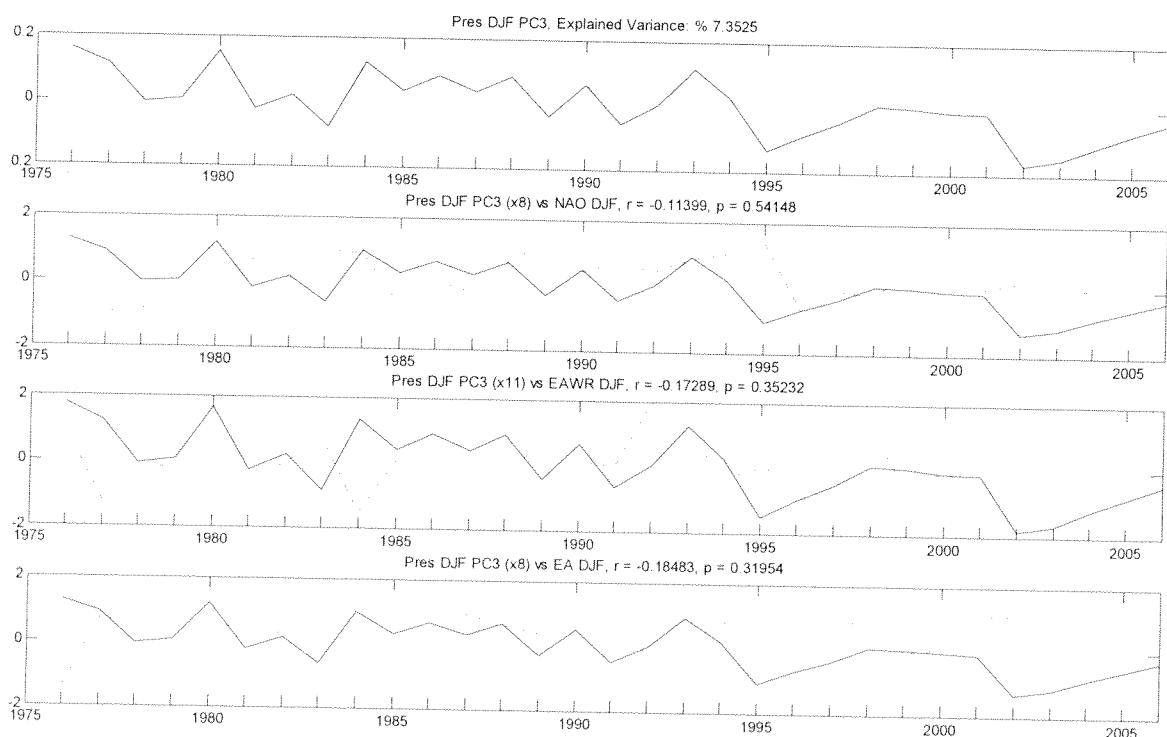
Bölüm 3.4.2’de DSB’nin 1. Bileşeninin hem zaman serileriyle, hem de uzamsal yapılarıyla NAO’yu yansittığı ve uzamsal yapılarıyla olmasa bile zaman serileriyle EAWR’dan etkiler içerdigi gösterilmiştir (Bkz. Şekil 3.57 ve Şekil 3.61). Yerel basınç sahasının 1. İlişki kanalına katkıda bulunan 1. Temel Bileşeninin (sürekli çizgi) ve NAO, EAWR ve EA (kesikli çizgiler) ile uygunluklarının gösterildiği Şekil 3.64’den de anlaşıldığı gibi, Türkiye’deki basınç sistemi, NAO ile yüksek anlamlı düzeyde, EAWR ile de anlamlı düzeyde uyumluluk içindedir. DSB’nin 2. Bileşeninin ise yine hem zaman serileriyle, hem de uzamsal yapılarıyla NAO-EAWR ikili sistemini yansittığı gösterilmiştir (Şekil 3.58). Yerel basınç sahasının 2. İlişki kanalında katkıda bulunan 2. ve 3. Temel bileşenleri, NAO, EAWR ve EA ile uygunluklarıyla birlikte sırasıyla Şekil 3.65 ve Şekil 3.66’de verilmiştir. 2. Bileşen, EAWR ile yüksek anlam düzeyinde uyumluluk gösterirken, 3. Bileşenin bu 3 sistemle herhangi bir uyum içinde olmadığı anlaşılmaktadır. Sonuç olarak, Atlantik Sektörü DSB sahasının Türkiye’deki yerel basınç sahası üzerindeki etkilerinin, NAO ve EAWR tarafından büyük oranda açıklanabilecek 2 güçlü kanal vasıtasyyla gerçekleşmekte olduğu söylenebilir. Korelasyonlardaki pozitif ve negatif ilişkilerin açıklamalarına, Tartışma ve Sonuç Bölümünde (Bölüm 4) yer verilmiştir.



Şekil 3.64: Basınç (Pres) Temel Bileşen-1 (PC) Zaman Serisi (tüm panellerde sürekli çizgi)

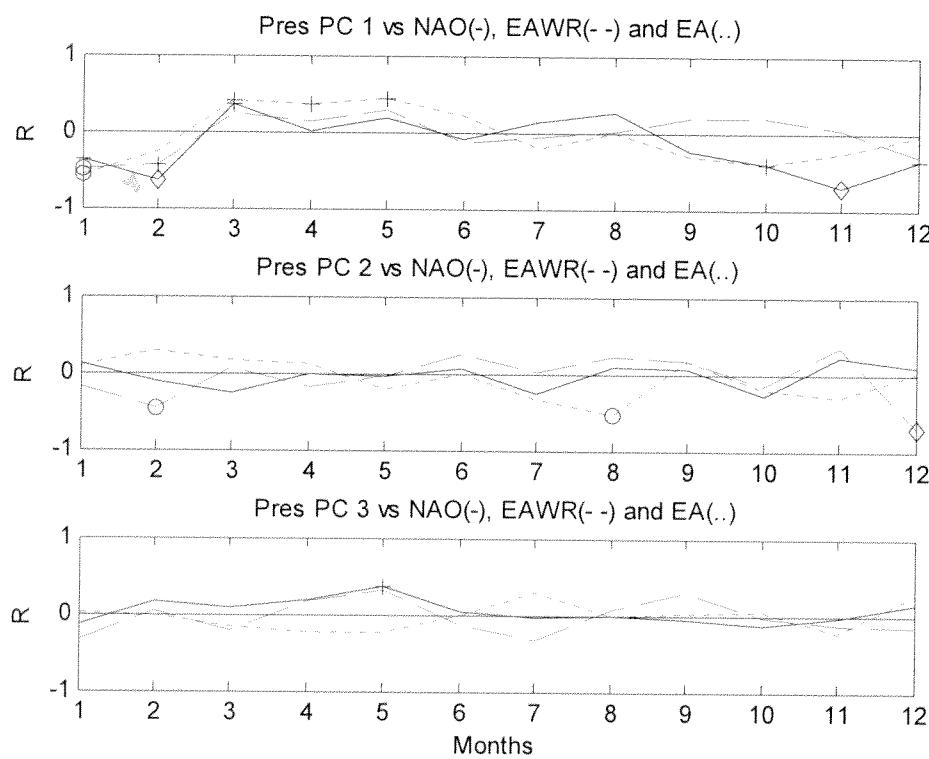


Şekil 3.65: Basınç (Pres) Temel Bileşen-2 (PC) Zaman Serisi (tüm panellerde sürekli çizgi)



Şekil 3.66: Basınç (Pres) Temel Bileşen-3 (PC) Zaman Serisi (tüm panellerde sürekli çizgi)

Kış ayları ortalamaları için detaylı olarak çözümlenen istatistiksel analizler, NAO, EAWR ve EA sistemlerinin yıl içinde değişen etkinliklerinin anlaşılabilmesi amacıyla yılın her ayı için de yapılmıştır. Ancak, bu 3 farklı sistemin Türkiye'deki etkilerinin anlaşılmaya çalışıldığı ilk çalışma olan ve bu bağlamda birincil amacı keşif olması gereken bu çalışmada, her bir ay için bu tür detaylı açıklamaları sonraki çalışmalarla bırakarak sezonluk değişimleri özet olarak ele almak daha doğru olacaktır. Şekil 3.67'de yerel basınç sahasının ilk 3 temel bileşeninin zaman serilerinin, NAO, EAWR ve EA sistemleri ile gerçekleşen doğrusal korelasyon katsayılarının, yılın her bir ayında ulaştığı değerler gösterilmektedir. Görüldüğü gibi, yerel basınç sahasının birinci bileşeni, Kış aylarında 3 sistemle de anlamlı ilişkiler göstermektedir. EA ile bu anlamlı ilişkilerin Haziran'a kadar devam etmesi dikkat çekmektedir. Yine, ilişkilerin pozitif veya negatif olamalarıyla ilgili yorumlara Tartışma ve Sonuçlar bölümünde (Bölüm 4) yer verilmiştir.



Şekil 3.67: Yılın her bir ayında Basınçın ilk 3 Temel Bileşeninin (PC) NAO, EAWR ve EA ile ulaştığı korelasyon değeri. (Artı:  $p<0.05$ , Çember:  $p<0.01$ , Karo:  $p<0.0001$ )

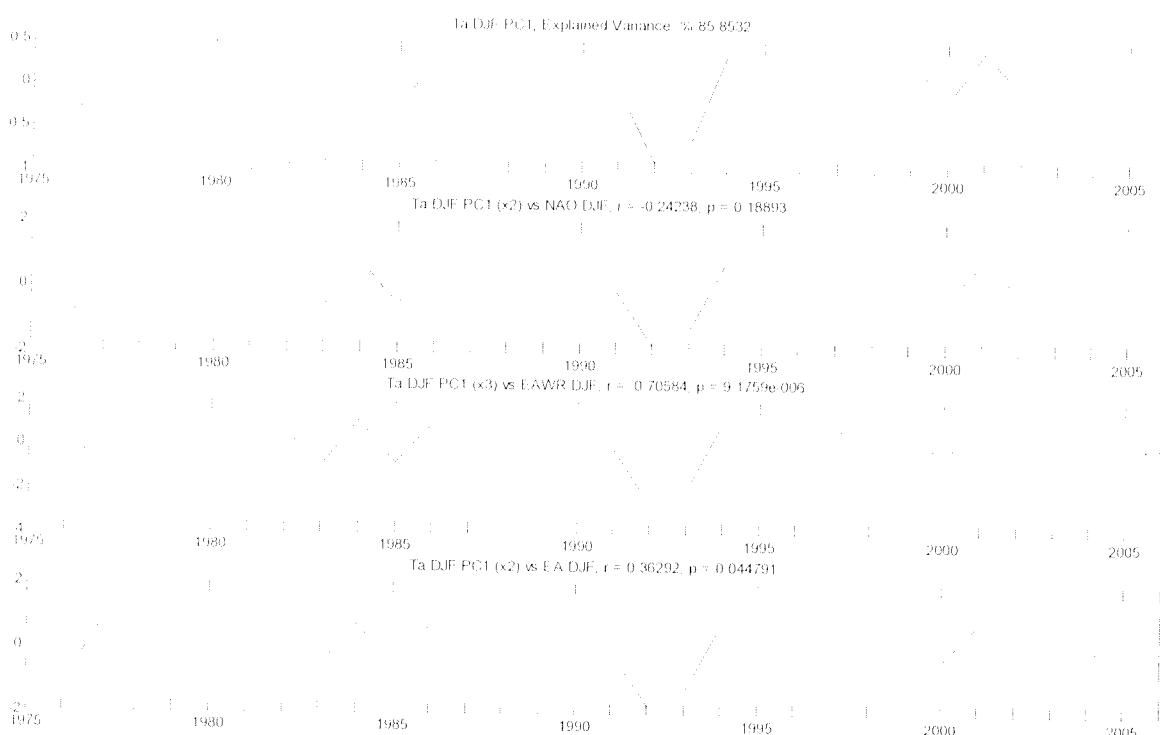
### 3.5.2.2 DSB – Hava Sıcaklığı

Atlantik sektörü DSB sahası ile 10 istasyonla temsil edilen Türkiye'deki hava sıcaklığı sahası arasındaki kümelearası korelasyon sonuçları, Tablo 3.4'de verilmiştir. İki kümedeki ilk ikişer kümelearası değişken arasında sırasıyla çok yüksek anlamlı ve anlamlı düzeyde görülen ilişkiler, basınç üzerinde olduğu gibi sıcaklık üzerinde de DSB'nin 2 kanallı bir etkisini öne rmektedir. İlk kanaldaki 1. Kümelearası değişken ile DSB'nin tüm bileşenleri arasında görülen yüksek anlam düzeyindeki ilişkiler, DSB'nin ilk 3 temel bileşeninde temsil edilen 3 salınınm sisteminin de ilişkiye katkısı olduğunu öne rmektedir. Sıcaklık sahasında da 1. kanalda yalnızca 1. temel bileşenin katkısı, Şekil 3.68'da görüldüğü gibi EAWR'ın çok yüksek anlamlı düzeyde ve EA'nın da anlamlı düzeyde etkisini öne rmektedir. 2. kanalda ise, DSB'nin NAO ve EAWR sistemlerini yansitan 1. ve 2. temel bileşenlerine karşılık, sıcaklık sahasında herhangi bir sistemle uygunluk göstermeyen 2. temel bileşeni katkıda bulunmaktadır (Şekil 3.69).

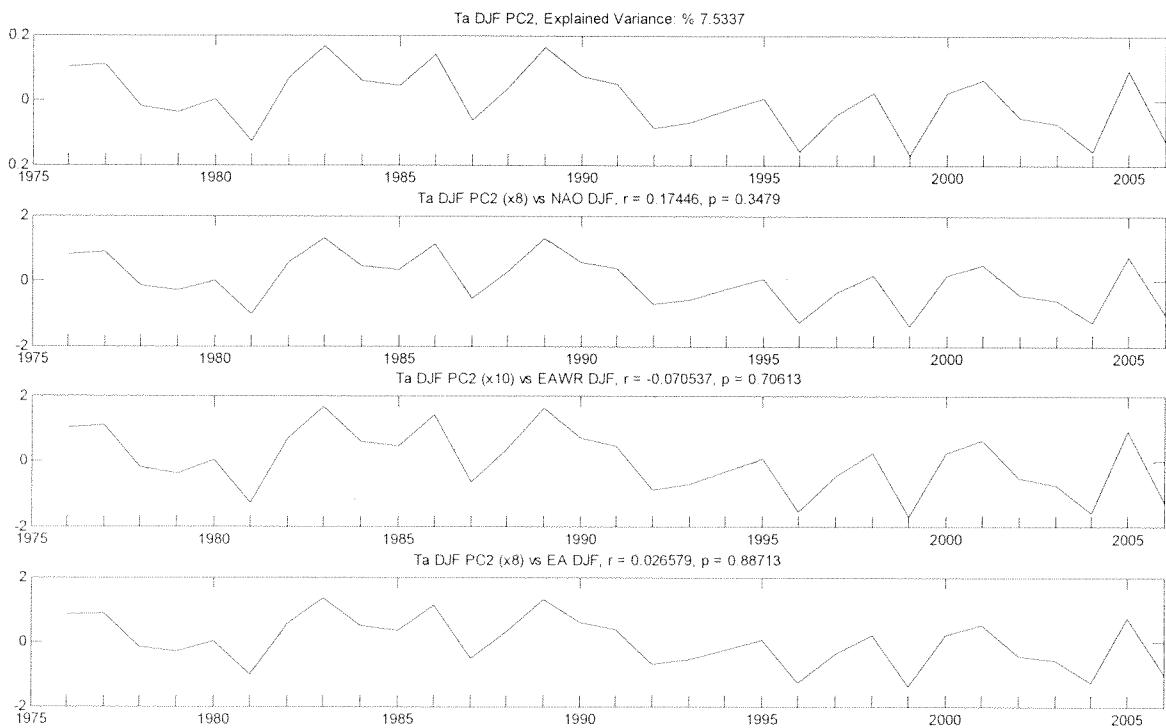
NAO, EAWR ve EA'nın hava sıcaklıklarının baskın temel bileşenleri üzerindeki etkinlik gücünün sene içindeki değişimini gösterdiği Şekil 3.70'de, Mart, Mayıs, Haziran ve Eylül dışında her ayda, 3 sistemden en az birinin, anlamlı, yüksek anlamlı veya çok yüksek anlamlı düzeylerde sıcaklığın en baskın temel bileşeni üzerinde etkinliği olduğu anlaşılmaktadır. Ancak, bu 3 sistem arasında özellikle EAWR, çok yüksek anlamlı olarak etkinliğinin olduğu 5 ay ve yüksek anlamlı olarak etkinliğinin olduğu 1 ay olmak üzere sıcaklık sistemi üzerinde etkin olduğu toplam 6 ay ile dikkat çekmektedir.

Tablo 3.4: DSB – Hava Sıcaklığı Çifti Kümelerarası Korelasyon Sonuçları

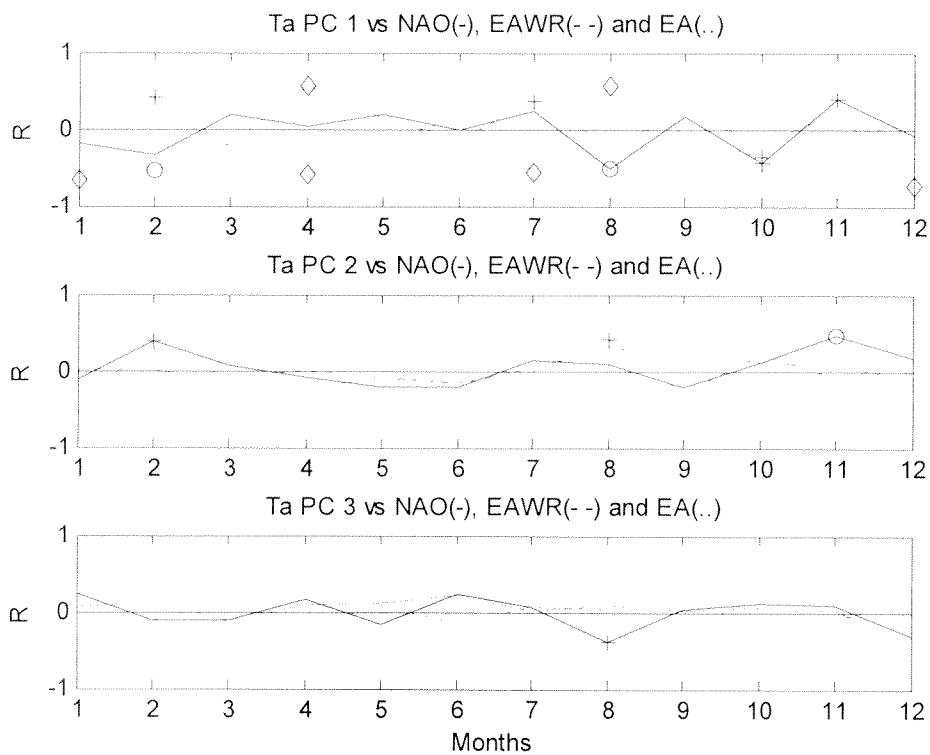
	Kor. Katsayısı	Anlam Düzeyi	Kor. Katsayısı	Anlam Düzeyi	Kor. Katsayısı	Anlam Düzeyi
<b>Kümelerarası Korelasyonlar</b>						
	Kümelerarası Korelasyon 1		Kümelerarası Korelasyon 2		Kümelerarası Korelasyon 3	
	0.6525	0.0001	0.3604	0.0464	0.1667	0.3701
<b>DSB Kümesi Değişkenleri ve Temel Bileşenleri Korelasyonları</b>						
	DSB Kümesi 1. Değişken		DSB Kümesi 2. Değişken		DSB Kümesi 3. Değişken	
DSB Temel Bileşen 1	0.5981	0.0004	0.7664	0.0001	-	-
DSB Temel Bileşen 2	-0.5561	0.0012	0.5105	0.0033	-	-
DSB Temel Bileşen 3	-0.6920	0.0001	0.1390	0.4559	-	-
<b>Sıcaklık Kümesi Değişkenleri ve Temel Bileşenleri Korelasyonları</b>						
	Sıcaklık Kümesi 1. Değişken		Sıcaklık Kümesi 2. Değişken		Sıcaklık Kümesi 3. Değişken	
Sıcaklık Temel Bileşen 1	-0.9749	0.0001	-0.2110	0.2546	-	-
Sıcaklık Temel Bileşen 2	-0.1865	0.3151	0.9484	0.0001	-	-
Sıcaklık Temel Bileşen 3	0.1216	0.5145	-0.2368	0.1997	-	-



Şekil 3.68: Hava Sıcaklığı (Ta) Temel Bileşen-1 (PC) Zaman Serisi (tüm panellerde sürekli çizgi)



Şekil 3.69: Hava Sıcaklığı (Ta) Temel Bileşen-2 (PC) Zaman Serisi (tüm panellerde sürekli çizgi)



Şekil 3.70: Yılın her bir ayında Hava Sıcaklığının ilk 3 Temel Bileşeninin (PC) NAO, EAWR ve EA ile ulaşığı korrelasyon değeri. (Artı:  $p < 0.05$ , Çember:  $p < 0.01$ , Karo:  $p < 0.0001$ )

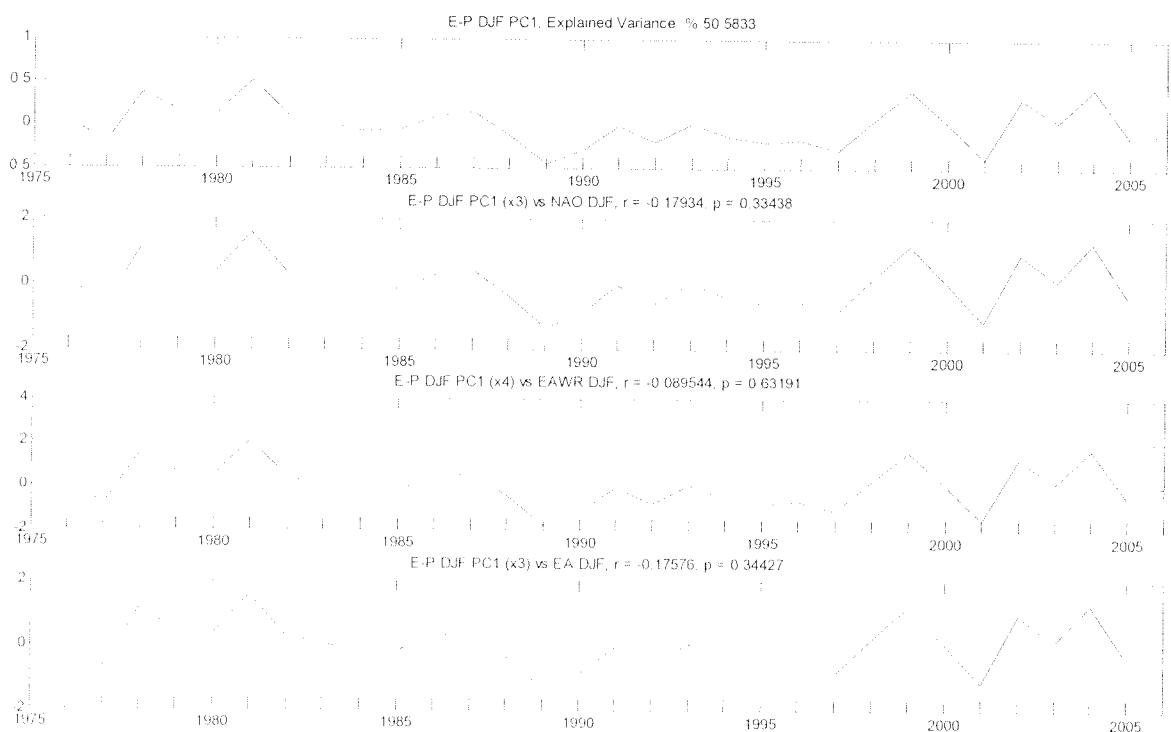
### 3.5.2.3 DSB – (B-Y)

Kış aylarında gerçek buharlaşma değerleri olmadığından, her bir aydaki rüzgar ve sıcaklık parametreleri kullanılarak çoklu doğrusal regresyon yöntemi kullanılarak üretilen aylık toplam buharlaşma değerlerinden (Bkz Bölüm 2.3.1) aynı aydaki aylık toplam yağış verilerinin çıkarılarak elde edilen (B-Y) birleşik parametresi, göller açısından hidrolojik olarak önemli bir kavramdır. Hem mekansal, hem zamansal olarak karmaşık bir parametre olsa da, DSB'nin (B-Y) üzerindeki olası etkilerinin ipucunu verebilecek kümelerarası korelasyon analizinin sonuçları Tablo 3.5'de verilmiştir. DSB'nin istatistiksel olarak anlamlı tek kanaldan (B-Y)'ye ulaşan etkilerine, DSB'nin NAO ve EAWR'in pozitif fazını temsil eden 1. Bileşeni ve NAO'nun pozitif, EAWR'in negatif fazını temsil eden 2. Bileşeni; (B-Y)'nin ise herhangi bir sistemle uyumluluğu görünmeyen 1. ve 2. Bileşenleri katkıda bulunmaktadır (Şekil 3.71 ve Şekil 3.72).

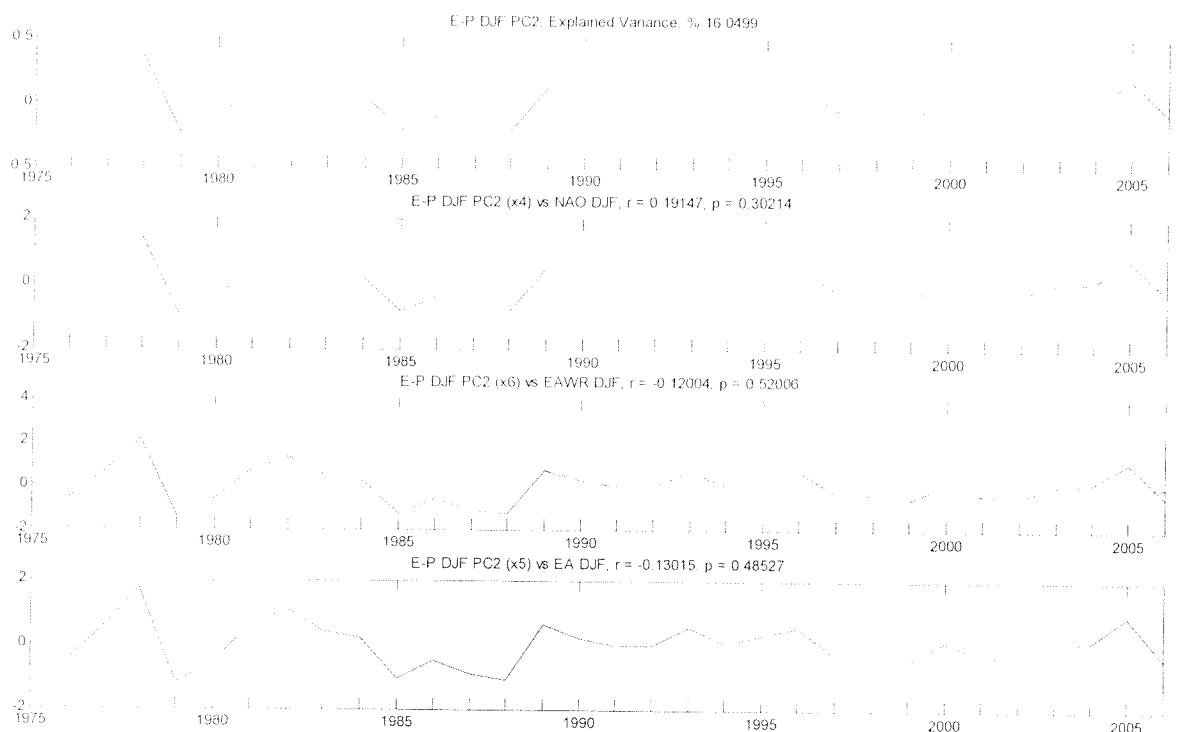
NAO, EAWR ve EA sistemlerinin (B-Y)'nin ilk 3 temel bileşeni ile uygunluk güçlerinin yıl içi değişimlerinin gösterildiği Şekil 3.73'de, (B-Y)'nin ilk temel bileşeninin, Kış ortalamaları temel bileşenlerinde hiç görünmeyen biçimde, EA ile özellikle Ocak ve Şubat aylarında olmak üzere, güçlü uyumluluklar gösterdiği görülmektedir. (B-Y)'nin ikinci temel bileşeninin ise, NAO ve EAWR ile, yine kış ortalamalarında görülmemesine rağmen anlamlı ilişkiler içinde olduğu görülmektedir. Bu karşılıkların nedenleri, Bölüm 4'de, ele alınmaktadır.

Tablo 3.5: DSB-(B-Y) Çifti Kümelerarası Korelasyon Sonuçları

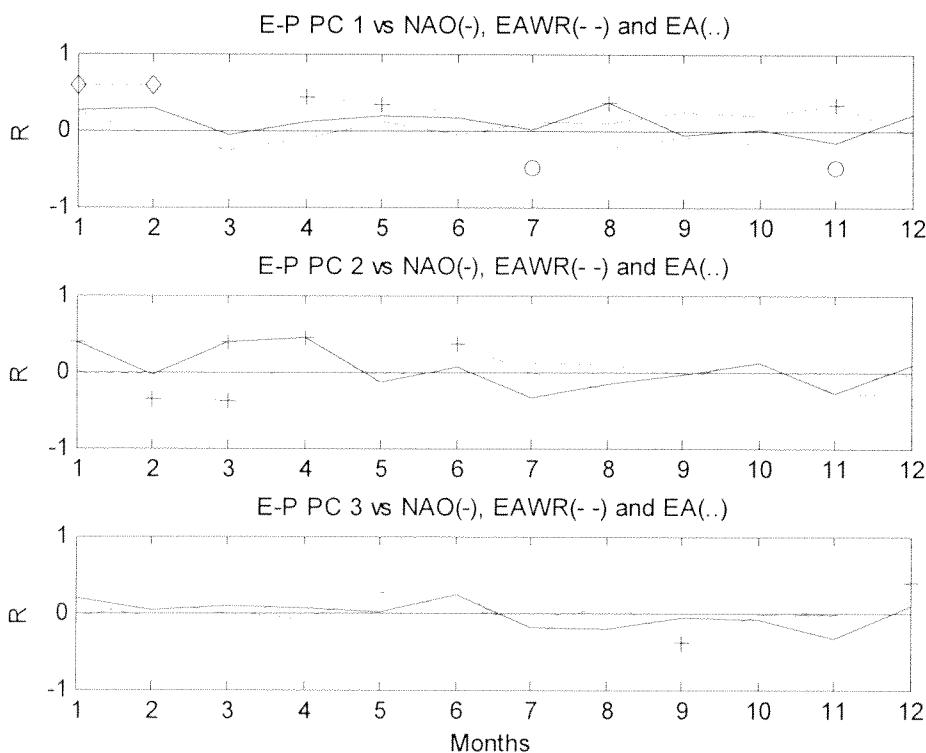
	Kor. Katsayısı	Anlam Düzeyi	Kor. Katsayısı	Anlam Düzeyi	Kor. Katsayısı	Anlam Düzeyi
<i>Kümelerarası Korelasyonlar</i>						
	Kümelerarası Korelasyon 1		Kümelerarası Korelasyon 2		Kümelerarası Korelasyon 3	
	0.4462	0.0119	0.2130	0.2500	0.1370	0.4625
<i>DSB Kümesi Değişkenleri ve Temel Bileşenleri Korelasyonları</i>						
	DSB Kümesi 1. Değişken		DSB Kümesi 2. Değişken		DSB Kümesi 3. Değişken	
DSB Temel Bileşen 1	0.5014	0.0041	-	-	-	-
DSB Temel Bileşen 2	0.8113	0.0001	-	-	-	-
DSB Temel Bileşen 3	-0.0264	0.8877	-	-	-	-
<i>(B-Y) Kümesi Değişkenleri ve Temel Bileşenleri Korelasyonları</i>						
	(B-Y) Kümesi 1. Değişken		(B-Y) Kümesi 2. Değişken		(B-Y) Kümesi 3. Değişken	
(B-Y) Temel Bileşen 1	-0.8306	0.0001	-	-	-	-
(B-Y) Temel Bileşen 2	0.4814	0.0061	-	-	-	-
(B-Y) Temel Bileşen 3	-0.2801	0.1269	-	-	-	-



Şekil 3.71: Buharlaşma-Yağış (B-Y, E-P) Temel Bileşen-1 (PC) Zaman Serisi (tüm panellerde sürekli çizgi)



Şekil 3.72: Buharlaşma-Yağış (B-Y, E-P) Temel Bileşen-2 (PC) Zaman Serisi (tüm panellerde sürekli çizgi)



Şekil 3.73: Yılın her bir ayında Buharlaşma-Yağış ilk 3 Temel Bileşeninin (PC) NAO, EAWR ve EA ile ulaştığı korrelasyon değeri. (Artı:  $p<0.05$ , Çember:  $p<0.01$ , Karo:  $p<0.0001$ )

#### 3.5.2.4 DSB – Su Seviyesi

Göllerin su seviyelerindeki değişimler, Bölüm 1.2'de anlatılmış olduğu gibi, havza karakteri, göl morfometrisi, vs. gibi parametrelerin karmaşık bir fonksiyonudur. Coğrafi olarak birbirinden uzak olan ve havza karakterleri de tamamen farklı olan göllerden oluşan su seviyesi veri setinin, Atlantik Sektörü DSB sahası gibi, ancak bir takım ara basamaklar dolayısıyla etkilerinin olabileceği bir parametre ile doğrudan ilişkilerinin bulunması beklenmeyen bir durumdur. Ancak, yine de olası bir etkileşimin ipuçlarını verebileceği düşünülerek, bu iki veri seti arasında da kümelerarası korelasyon analizi yapılmıştır. Tablo 3.6'de, şaşırtıcı olmayan bir şekilde, bu iki küme arasında, istatistiksel olarak anlamlı hiçbir etkileşim kanalı bulunmadığı görülmektedir.

Tablo 3.6: DSB-Su Seviyesi Çifti Kümelerarası Korelasyon Sonuçları

	Kor. Katsayı	Anlam Düzeyi	Kor. Katsayı	Anlam Düzeyi	Kor. Katsayı	Anlam Düzeyi
<i>Kümelerarası Korelasyonlar</i>						
	Kümelerarası Korelasyon 1		Kümelerarası Korelasyon 2		Kümelerarası Korelasyon 3	
	0.3004	0.1067	0.2162	0.2513	0.1121	0.5555

#### 3.5.2.5 (B-Y) – Su Seviyesi

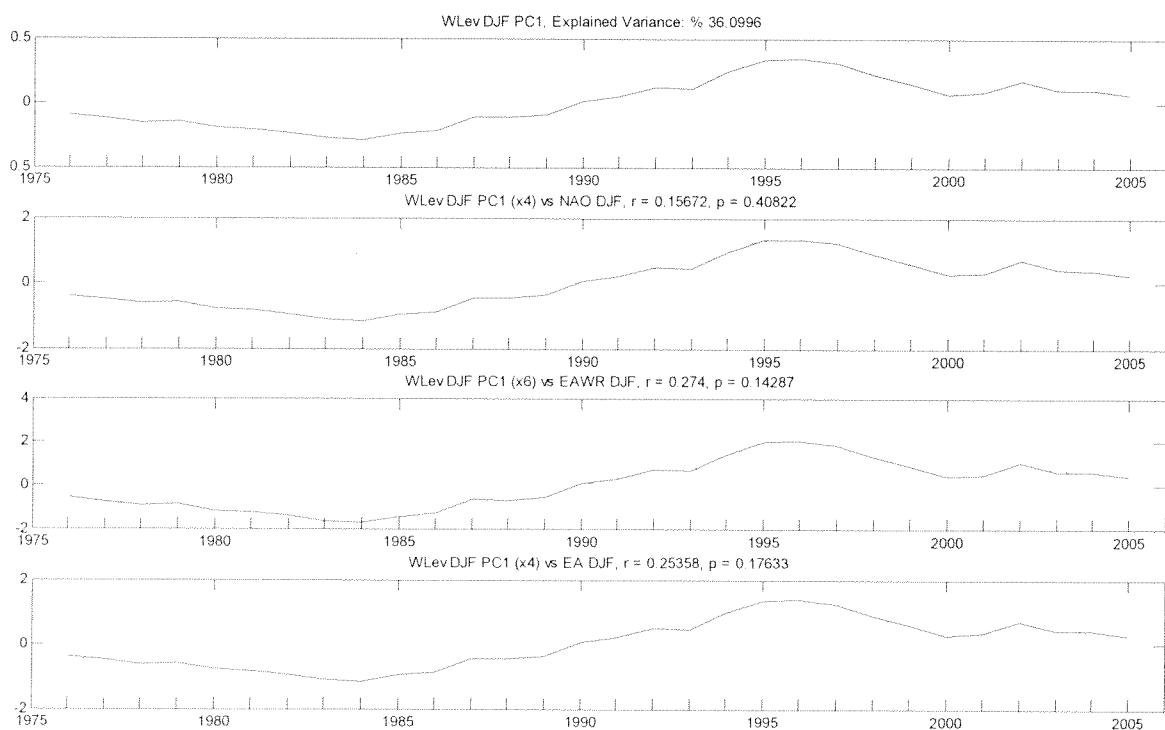
Önceki bölümde, DSB'nin göllerin su seviyeleri üzerinde doğrudan bir etkilerinin olmadığı gösterilmiş idi. Buharlaşma-Yağış birelşik parametresinin ise, göl yüzeyinden doğrudan ve yüzey akımları, yer altı suyu girdileri gibi süreçler ile dolaylı olmak üzere göllerdeki su seviyeleri üzerinde etkisi olması beklenmektedir. Tablo 3.7'da DSB'nin, gerçekten de (B-Y)

üzerinde tek bir kanaldan olsa da, çok yüksek anlam düzeyinde etkin olduğu görülmektedir. Su seviyesinin, ilk 3 temel bileşeni, bu etkileşime sırasıyla yüksek anlamlı, çok yüksek anlamlı ve anlamlı düzeylerde katkıda bulunmaktadır. Ne var ki, su seviyesinin bu katkıda bulunan temel bileşenlerinin hiç biri, NAO, EAWR ya da EA sistemleri ile uygunluk göstermemektedirler (Şekil 3.74, Şekil 3.75 ve Şekil 3.76). (B-Y) parametresinin, kümelerarası ilişkiye çok yüksek anlam düzeyinde olmak üzere katkıda bulunan tek bileşeni olan 3. Bileşeni de, 3.5.2.3'de ele alınan ilk 2 bileşeni gibi, bu 3 sistemden herhangi biri ile uygunluk göstermemektedir.

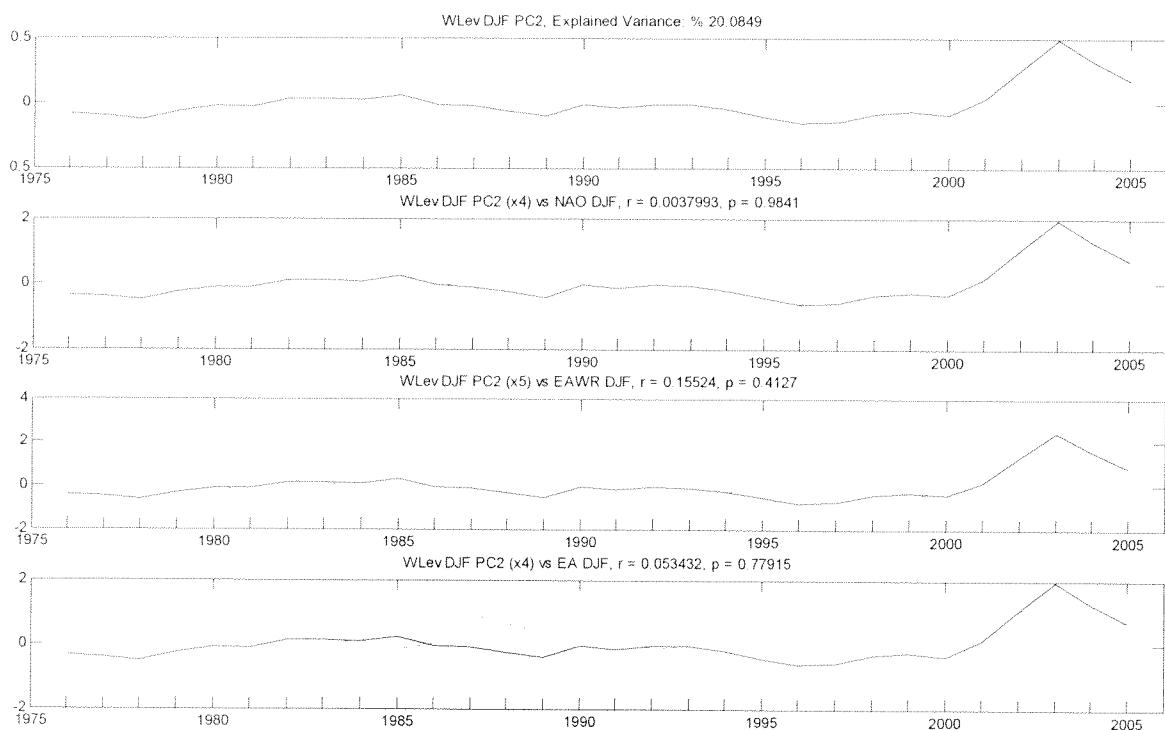
(B-Y)'nin NAO, EAWR ve EA ile yıl içinde değişen uygunlukları daha önce alınmıştı ve, kişlik ortalamalardaki sonuçların aksine, aylık ortalamalarda bazı sistemlerle uygunluklar gösterdiği ortaya konmuştu. Su seviyelerinin ise, aylık ortalamalarda da, bu tür uygunlukları sıklıkla göstermediği, Şekil 3.78'de görülmektedir. Yalnızca, 3. temel bileşenin, sistematik olmayan biçimde yılın farklı zamanlarında, farklı sistemler ile uygunluk gösterdiği, bu sistemli olmayan benzeşmelerin de tesadüf eseri yakalanmış olabileceği düşünülmektedir.

Tablo 3.7: (B-Y) – Su Seviyesi Çifti Kümelerarası Korelasyon Sonuçları

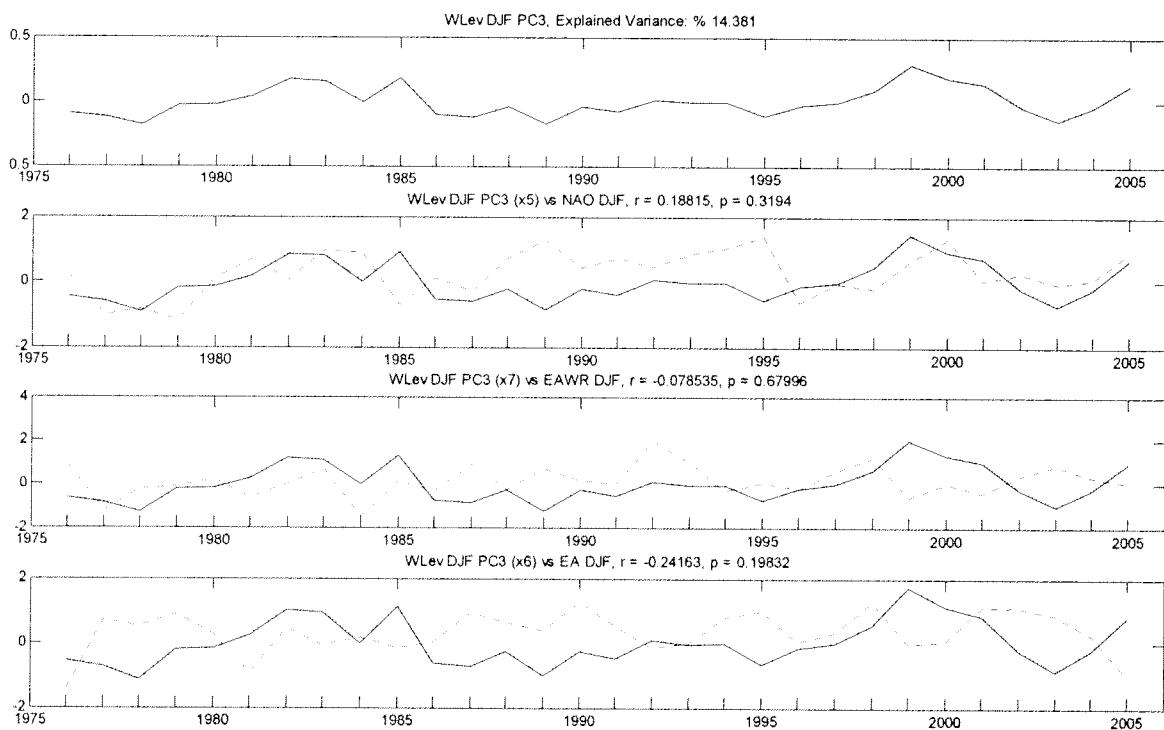
	Kor. Katsayısı	Anlam Düzeyi	Kor. Katsayısı	Anlam Düzeyi	Kor. Katsayısı	Anlam Düzeyi
<b>Kümelerarası Korelasyonlar</b>						
	Kümelerarası Korelasyon 1		Kümelerarası Korelasyon 2		Kümelerarası Korelasyon 3	
	0.6592	0.0001	0.1879	0.3201	0.0118	0.9507
<b>Su Seviyesi Kümesi Değişkenleri ve Temel Bileşenleri Korelasyonları</b>						
	Su Seviyesi Kümesi 1. Değişken		Su Seviyesi Kümesi 2. Değişken		Su Seviyesi Kümesi 3. Değişken	
Su Seviyesi Temel Bileşen 1	0.5106	0.0039	-	-	-	-
Su Seviyesi Temel Bileşen 2	0.7733	0.0001	-	-	-	-
Su Seviyesi Temel Bileşen 3	0.3759	0.0406	-	-	-	-
<b>(B-Y) Kümesi Değişkenleri ve Temel Bileşenleri Korelasyonları</b>						
	(B-Y) Kümesi 1. Değişken		(B-Y) Kümesi 2. Değişken		(B-Y) Kümesi 3. Değişken	
(B-Y) Temel Bileşen 1	0.1019	0.5922	-	-	-	-
(B-Y) Temel Bileşen 2	-0.0400	0.8337	-	-	-	-
(B-Y) Temel Bileşen 3	-0.9955	0.0001	-	-	-	-



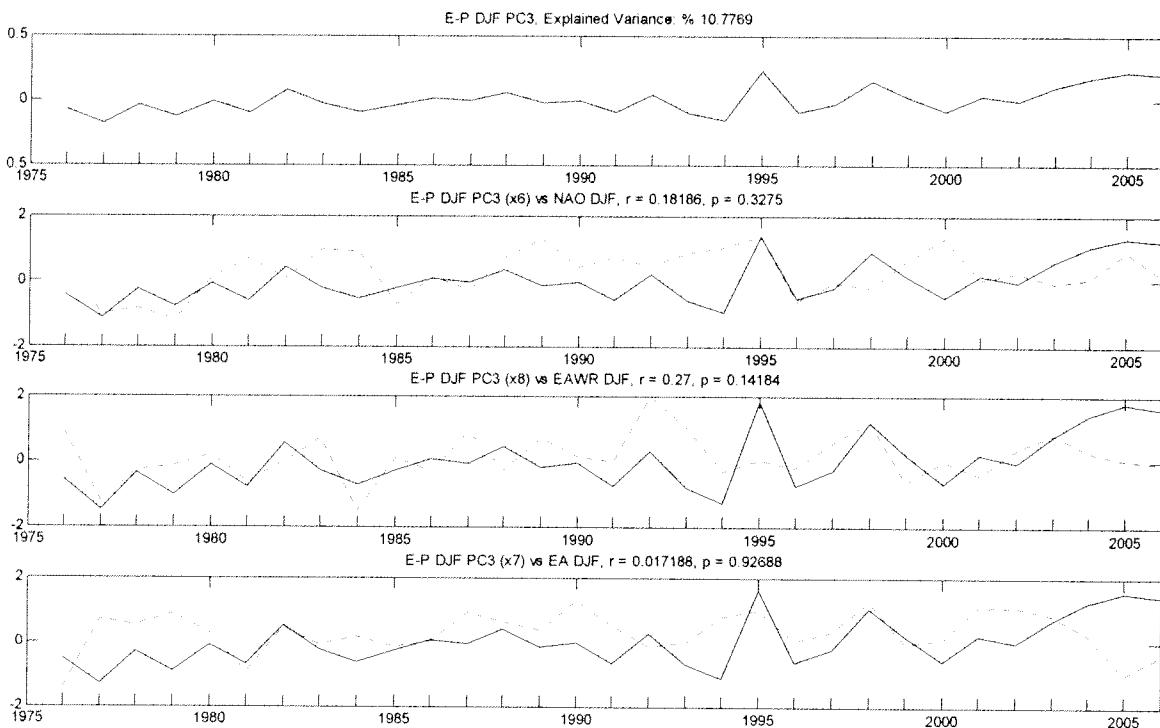
Şekil 3.74: Su Seviyesi (WLev) Temel Bileşen-1 (PC) Zaman Serisi (tüm panellerde sürekli çizgi)



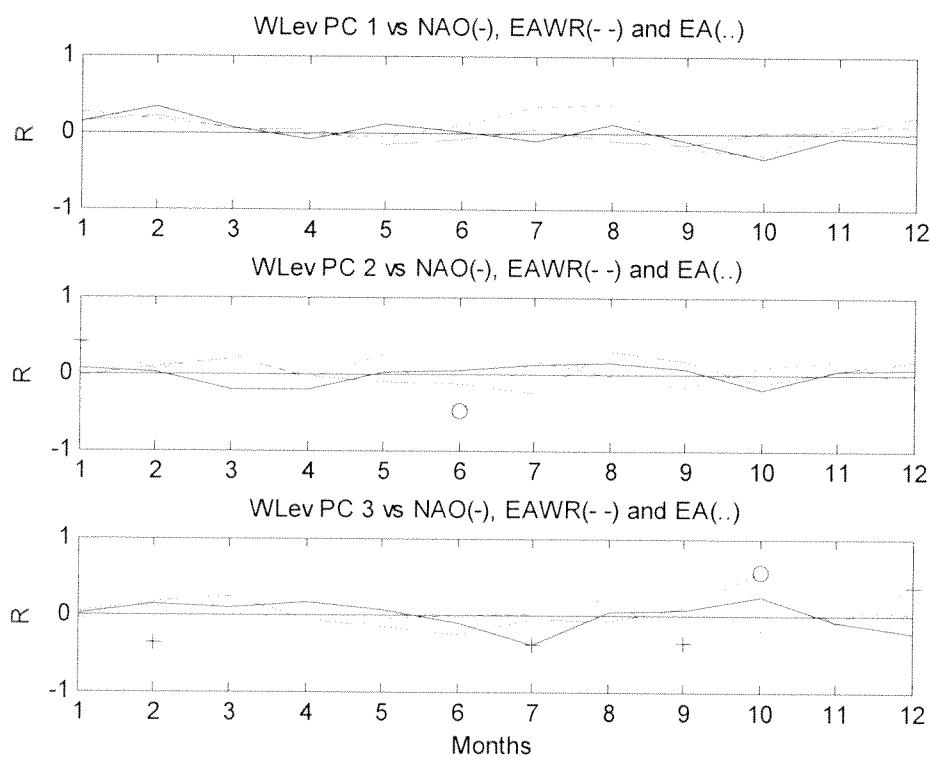
Şekil 3.75: Su Seviyesi (WLev) Temel Bileşen-2 (PC) Zaman Serisi (tüm panellerde sürekli çizgi)



Şekil 3.76: Su Seviyesi (WLev) Temel Bileşen-3 (PC) Zaman Serisi (tüm panellerde sürekli çizgi)



Şekil 3.77: Buharlaşma-Yağış (E-P) Temel Bileşen-3 (PC) Zaman Serisi (tüm panellerde sürekli çizgi)



Şekil 3.78: Yılın her ayında Su Seviyesinin ilk 3 Temel Bileşeninin (PC) NAO, EAWR ve EA ile ulaştiği korrelasyon değeri. (Artı:  $p < 0.05$ , Çember:  $p < 0.01$ , Karo:  $p < 0.0001$ )

### **3.6 İKLİMSEL DEĞİŞKENLİĞİN MOGAN GÖLÜ EKOLOJİSİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ**

Çalışma kapsamındaki Eymir ve Mogan Gölleri dışında kalan göller için bulunabilen fiziksel, kimyasal ve biyolojik verilerin sürekli olmaması ve farklı kaynaklardan toplandıkları için yöntemsel farklılıklar içermesi nedeniyle (Verilerin kapsamı için Bkz. Bölüm 2.2.1.3 ve değerlendirmeler için Bölüm 4.1), iklimsel değişimlerin göllerin biyolojik parametreler üzerindeki etkinliğinin anlaşılması için elverişli değildir.

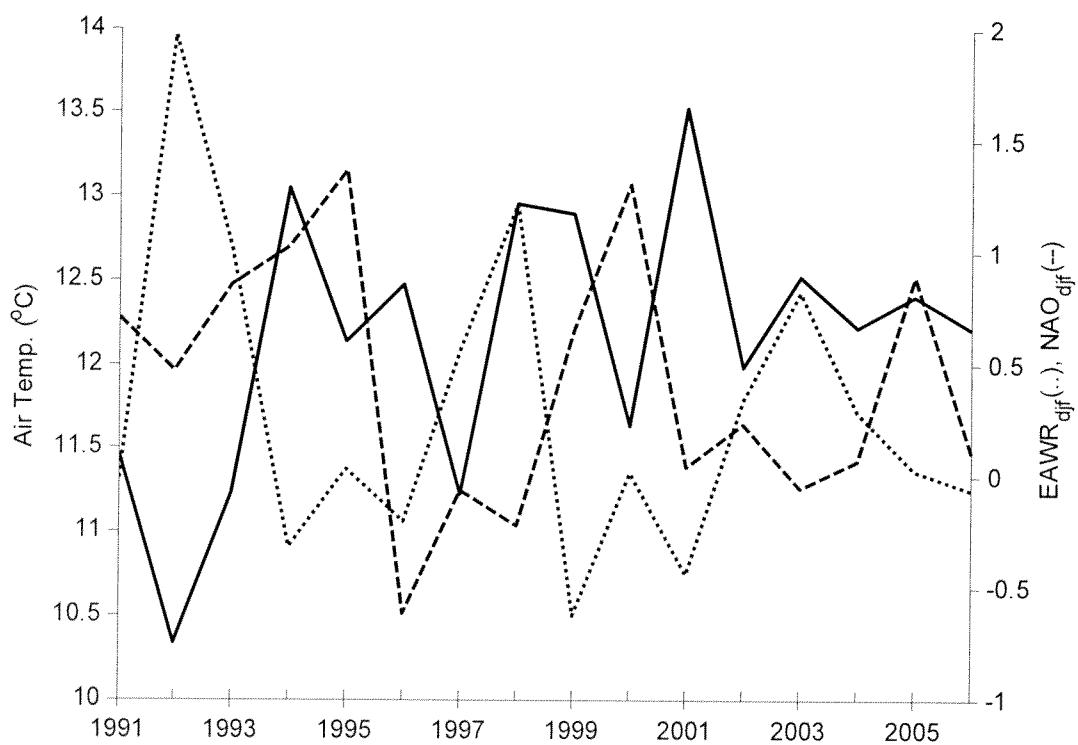
Eymir gölünü temsil eden veri yoğunluğu ve uzunluğu, Mogan gölüne göre daha iyi olmasına rağmen, Eymir gölü de, insan müdahalesinin en az seviyede olmasının gerekli olduğu böyle bir çalışmada, uygun değildir. Bunun nedenini, Eymir gölü ekosisteminin, uzun süre marus kaldığı atıksu deşarjı, sonrasında bu atıksu deşarjinin uzaklaştırması ve yürütülen biyomanipülasyon çalışmaları gibi insan müdahaleleri nedeniyle son 10 yıl içinde ciddi değişimlere uğramış olmasıdır (Beklioglu ve ark., 2003, Beklioglu ve Tan, basında).

Veri uzunluğu ve yoğunluğu yetersiz olmasına rağmen, iklimsel değişikliklerin göl ekosistemlerine olan etkilerinin anlaşılmasıında en azından yöntemsel bir örnek sunabileceği düşüncesiyle, Mogan Gölünden 1991'den beri toplanan fiziksel, kimyasal ve biyolojik veriler kullanılarak yapılan analizler, bu bölümde verilmektedir.

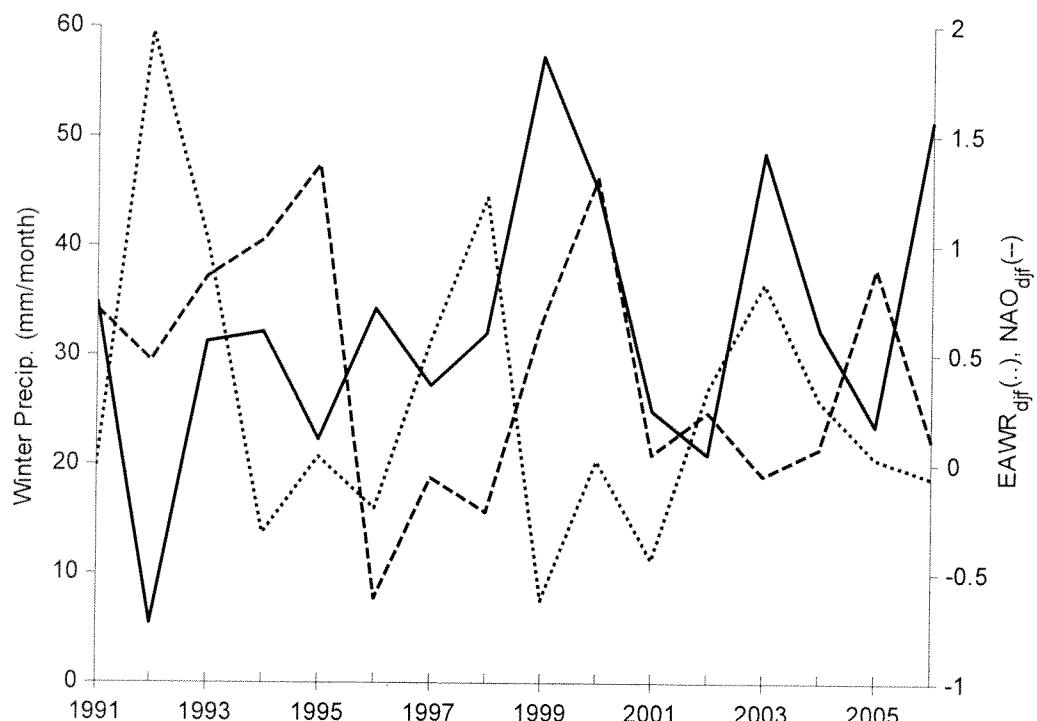
#### **3.6.1 Büyük Ölçekli Salınımalar ile Meteorolojik Koşulların Bağlantısının Mogan Gölü için Doğrulanması**

Mogan Gölünün içinde bulunduğu Ankara iline ait meteorolojik istasyonda kaydedilen sıcaklık değerleri, Şekil 3.79'da görüldüğü gibi, EAWR ile genel olarak ters ilişki göstermektedir. Yani EAWR'ın yüksek (pozitif) olduğu yıllarda Sibirya'dan gelen akımın etkisiyle sıcaklık düşmekte, EAWR'ın düşük (negatif) olduğu yıllarda ise Güney'den gelen akımın etkisiyle sıcaklık yükselmektedir. Bu ilişkinin özellikle 1998 ve 2003de bozulması ise bu yıllarda, soğuk hava getiren EAWR'ın pozitif moduna karşılık, NAO'nun sıcak hava getiren negatif modda (Bkz. Şekil 3.79) olması olarak açıklanabilir.

Benzer şekilde, kişilik ortalama yağışların EAWR ile genel olarak ters ilişki içinde olduğu görülmektedir (Şekil 3.80). Yine, 1998 ve 2003'de yağışı azaltan pozitif EAWR'a karşılık, yağışı artıran pozitif NAO ile uyumsuzlukların kısmen açıklandığı söylenebilir (Şekil 3.80).



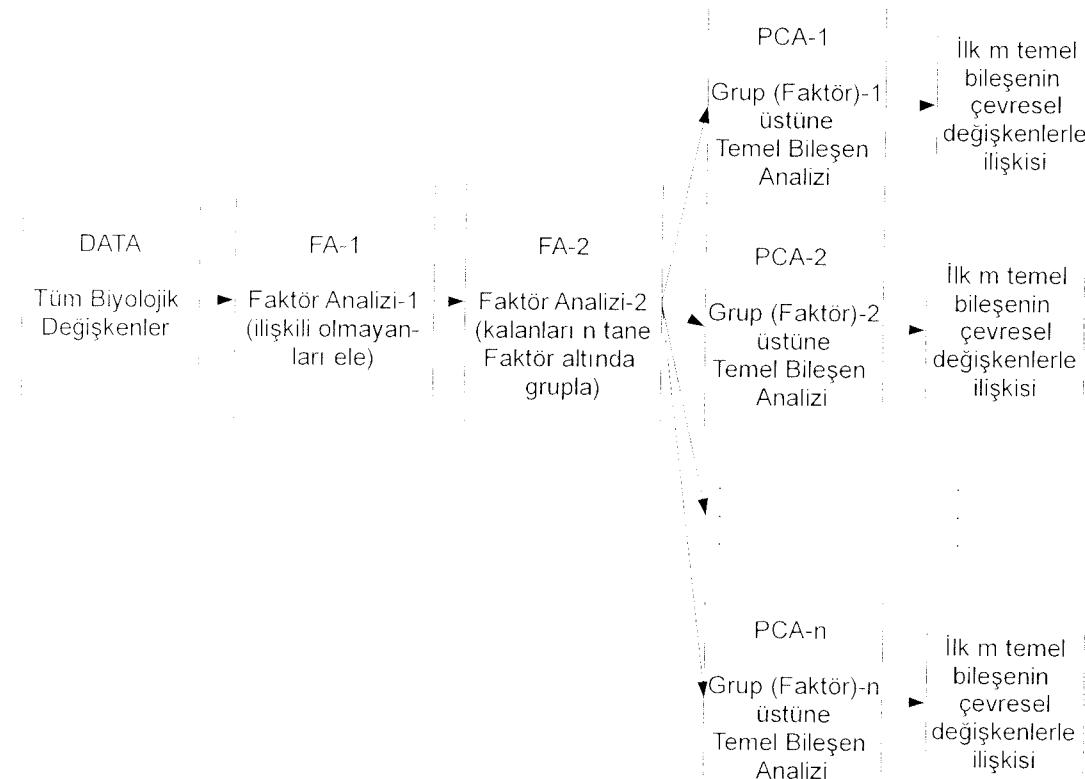
Şekil 3.79: Yıllık Ortalama Hava Sıcaklığı (sürekli çizgi), EAWR (noktalı çizgi) ve NAO (kesikli çizgi) Kış (Aralık-Ocak-Şubat) Ortalamaları



Şekil 3.80: Kış ayları (Aralık-Ocak-Şubat) aylık ortalama toplam yağış (sürekli çizgi), EAWR (noktalı çizgi) ve NAO (kesikli çizgi) Kış (Aralık-Ocak-Şubat) Ortalamaları

### 3.6.2 Mogan Gölü'ndeki Bazı Değişkenlerin Çok Değişkenli Yöntemlerle Analizi

Bu analizi yapmaktaki amaç, Mogan Gölü ekosistemi oluşturan birçok biyolojik değişken arasında birbirleriyle ilişki içinde olan fonksiyonel gruplar olup olmadığını anlamasıdır. Böyle gruplar varsa da, bunların çevresel değişkenlerden nasıl etkilendiğinin ortaya çıkarılmasıdır. Bu hedefe ulaşmak için, 3 basamaklı bir çok değişkenli analiz stratejisi benimsenmiştir (Şekil 3.81). İlk basamakta, bir faktör analiziyle, veri setindeki diğer değişkenlerle beraber hareket eden ve veri setindeki değişkenlerden bağımsız olan değişkenler ayıklanmıştır. İkinci Basamakta, yeni bir faktör analiziyle, sistemdeki bu beraber olan değişkenler grplara ayrılmıştır. Üçüncü basamakta ise içinde farklı sayıda değişken barındıran her bir grubun baskın karakterleri, bir Temel Bileşen Analizi ile ortaya çıkarılmıştır. Son olarak, her grubun en baskın bileşenlerinin, bu analiz için sıcaklık ve tuzluluğa vekâleten elektriksel iletkenlik olarak belirlenen çevresel değişkenlerle olan ilişkisi incelenmiştir.



Şekil 3.81: 3 Basamaklı Çok Değişkenli analiz stratejisi

Faktör Analizinde  $\Psi$ , bir değişkenin kendine özgü (diğer değişkenlerle paylaşılmayan) değişkenliğinin bir ölçütür.  $\Psi$ ’e yaklaşıkça, değişkenin kendine özgüluğu artar, ve sistemdeki paylaşılan değişkenliğe katkıda bulunmayan bir değişken olarak sisteme elenebileceğini gösterir. Birinci Faktör Analizinde 0.75 değeri, değişkenlerin elenmesi için sınır değer olarak kabul edilmiştir. İki Faktör analizinin de sonuçlarının özetlendiği Tablo 3.8 incelenirse, 0.75 ile 0.70 arasında bir çok değişken bulunurken, bu değerden daha yüksek  $\Psi$ ’ye sahip ilk değişken 0.81 ile Klorofil-a’dır. Elenmeyecek değişkenlerin ise  $\Lambda$  değerlerine göre en verimli olarak 3 faktörle açıklanıldığı görüldü.  $\Lambda$  ise, (standart normalize serilerde)

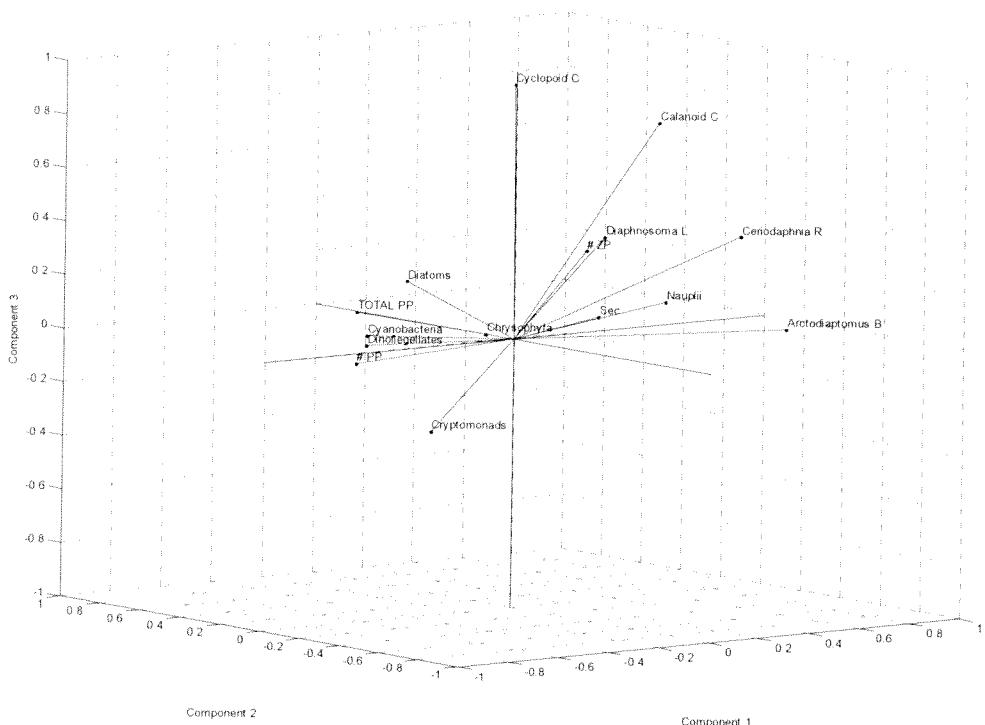
yne 0 ile 1 arasında değişen bir aitlik ölçütüdür. 1'e yaklaşıldıkça aidiyetin arttığı bu ölçütte, gruplara dahil edilme sınır değeri olarak 0,40 değeri benimsenmiştir (Tablo 3.8). Yine, bu değerin hemen üstünde bir çok, altında ise daha seyrek aralıklarla değerler olduğu Tablo 3.8'de görülmektedir. Ayrıca böylesine değişkenleri katı bir şekilde ayırmayan, birden çok gruba dahil edilmeyi olanaklı kıalan bir sınır değeri seçilmesinin her bir grupta olabildiğince fazla değişken olmasını sağlayarak, bazı değişkenlerde saklı halde durabileceği düşünülen sinyallerin yitirilmesini engelleyeceği düşünülmüştür. Tablo 3.8'de değişkenlerin  $\Lambda$  değerleri, değişkenin dahil edildiği grubun kolonunda koyu olarak işaretlenmiştir.

Tablo 3.8: Faktör Analizi Sonuçları

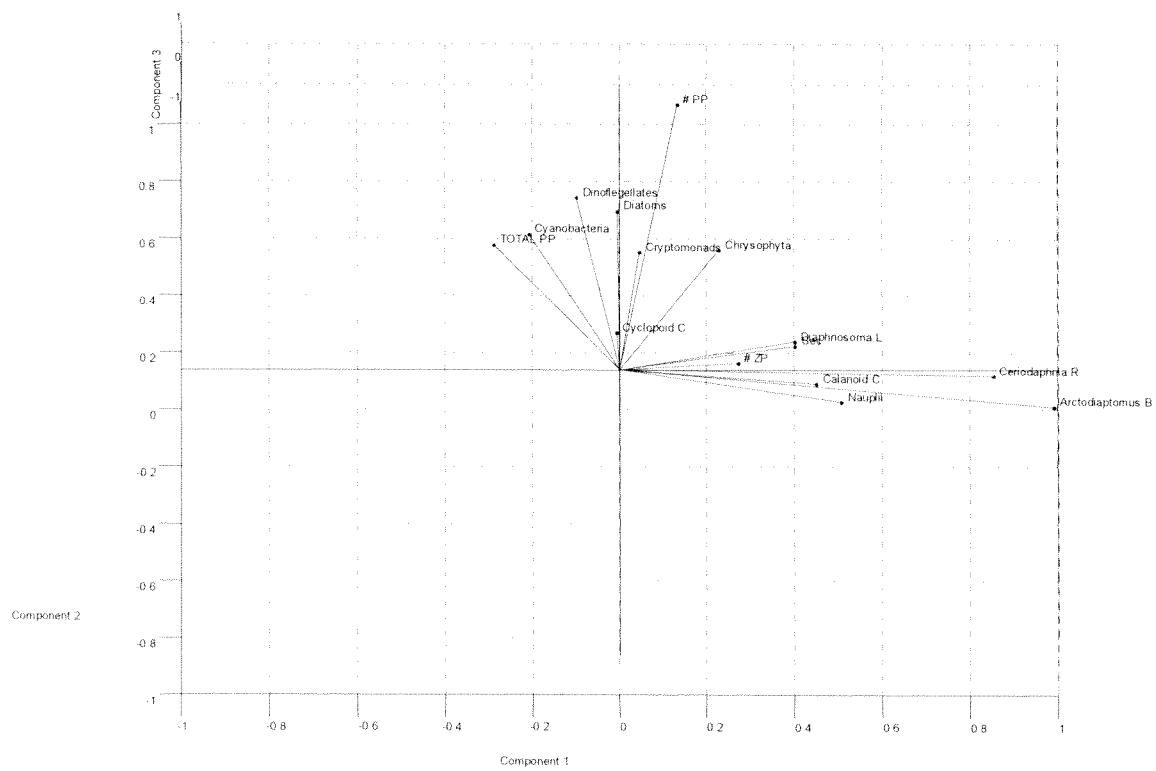
Değişken	$\Psi$	$\lambda_1$	$\lambda_2$	$\lambda_3$
'O_2 sif'	0,960151			
'O_2'	0,944479			
'Sec'	0,610384	0,084187	<b>0,610506</b>	0,099047
'pH'	0,844647			
'Sil'	0,924433			
'Chla'	0,806159			
'TP'	0,961046			
'SRP'	0,913908			
'DIN'	0,97507			
'Diatoms'	0,723399	<b>0,519097</b>	-0,0524	0,066283
'Chlorophyta'	0,827707			
'Dinoflagellates'	0,518583	<b>0,633074</b>	-0,26593	-0,09959
'Cryptomonads'	0,593187	<b>0,477215</b>	0,233107	-0,35319
'Cyanobacteria'	0,446987	<b>0,500389</b>	-0,54906	-0,03403
'Chrysophyta'	0,664444	<b>0,401327</b>	<b>0,410149</b>	-0,07919
'Euglenophyta'	0,827167			
'TOTAL PP'	0,348561	<b>0,462741</b>	-0,66074	0,02719
'# PP'	0,030074	<b>0,959929</b>	0,104957	-0,19351
'Arctodiaptomus B'	0,416216	0,028252	<b>0,672339</b>	0,361865
'Diaphnosoma L'	0,726915	0,102136	0,171811	<b>0,48284</b>
'Eucyclops sp'	0,963694			
'Mesocyclops sp'	0,991263			
'Daphnia pulex'	0,854063			
'Nauplii'	0,712843	-0,06193	<b>0,410184</b>	0,33922
'Calanoid C'	0,051006	-0,11069	0,144466	<b>0,957012</b>
'Cyclopoid C'	0,36054	-0,05975	-0,17808	<b>0,777287</b>
'Ceriodaphnia R'	0,371373	0,047736	<b>0,512871</b>	<b>0,602753</b>
'Chydorus S'	0,959331			
'# ZP'	0,747353	-0,01466	<b>0,422927</b>	0,371685

İlk faktör analizinden geriye kalan değişkenlerin, 2. faktör analiziyle oluşturulan 3 faktöre  $\lambda$  değerlerine göre izdüşürülmesiyle elde edilen çizimlerden, ve bu grupların bu 3 faktörün oluşturduğu uzaydaki geometrik dağılımları da görülmektedir. Şekil 3.82'da 3 faktör birden çapraz bir bakış açısıyla gösterilmektedir. Bu çizimden, ekosistem açısından fazla fonksiyonu olmayan Copepotite'lerin (Cyclopoid ve Calanoid) 3. Faktör tarafından temsil edildiği anlaşılmaktadır. Bu nedenle, 3. Faktör, tartışmanın geri kalanında ele alınmayacağından emin olmak istenmektedir. Birinci çizimdeki ilk 2 faktörü ön plana çıkarılan Şekil 3.83'de ise, ekosistem fonksiyonu açısından hayatı öneme sahip 2 grubun, fitoplankton ve zooplankton türlerinin sırasıyla 1. ve 2. Faktörler tarafından temsil edildiği anlaşılmaktadır. Yani, sistemdeki ilişki (uygunluk) kaynakları, biri fitoplanktonu, ikincisi zooplanktonu temsil ediyor olmak üzere, 2 eksende

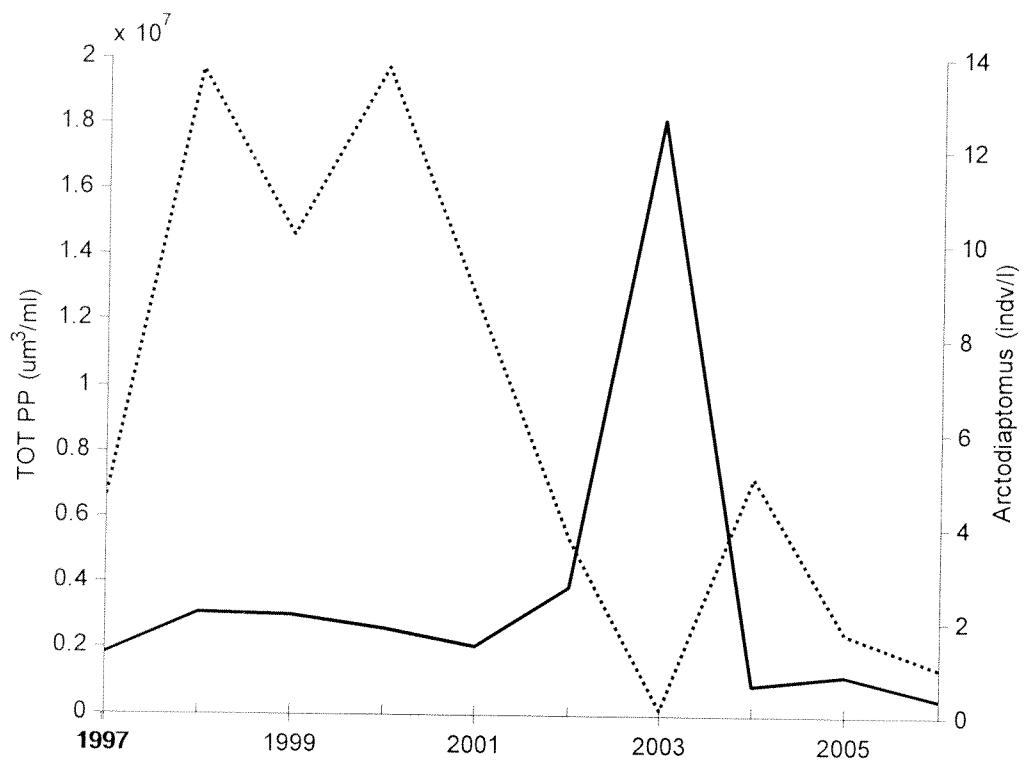
yoğunlaştırılabilmektedir. Çabuk bir kavrayış olanağı vermesi açısından, yine Şekil 3.83'de tüm fitoplankton türlerinin toplamını ifade eden "Total PP"nin yönüne en ters olan değişkenin, "Arctodiaptomus B."nın (*Arctodiaptomus Bacilifera*) sistemdeki en etkin otçul beslenen zooplankton olduğu önerilmektedir. Bu zooplankton türünün fitoplankton üzerindeki baskınlığı, sadece bu değişkenin yıllık ortalamalarını gösteren Şekil 3.84'de de görülebilmektedir.



Şekil 3.82: İlk Faktör Analizinden sonra kalan değişkenlerin 2. Faktör analizi sonuçları, 3 boyutlu görünüm



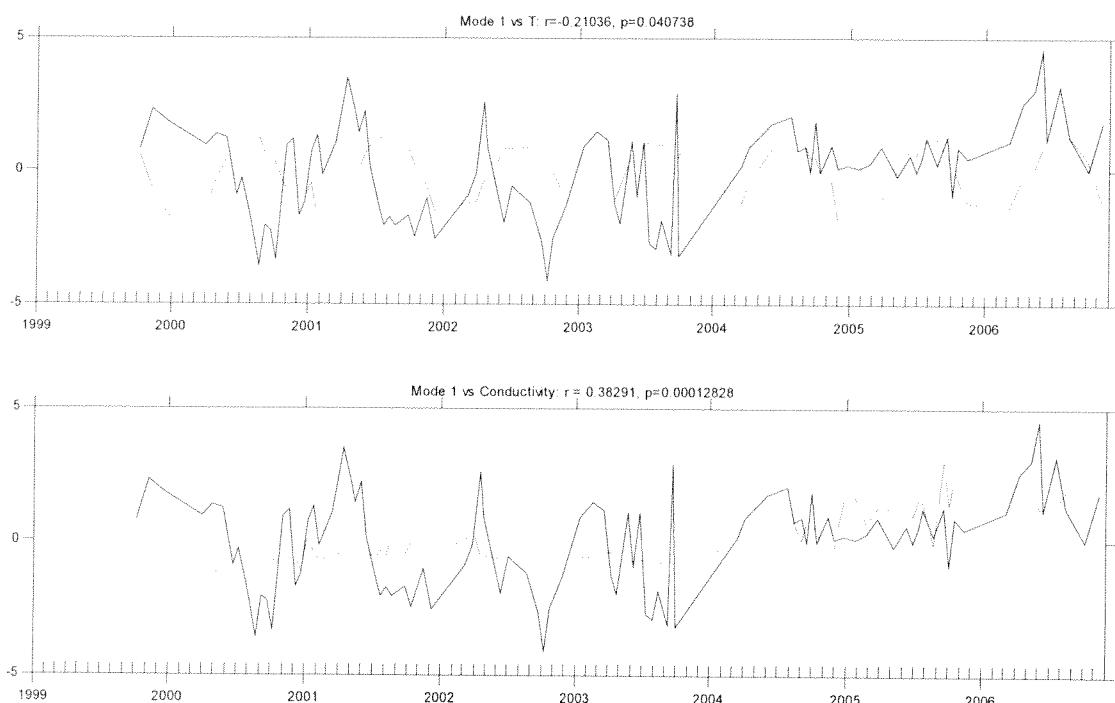
Şekil 3.83: İlk Faktör Analizinden sonra kalan değişkenlerin 2. Faktör analizi sonuçları, ilk 2 Faktör



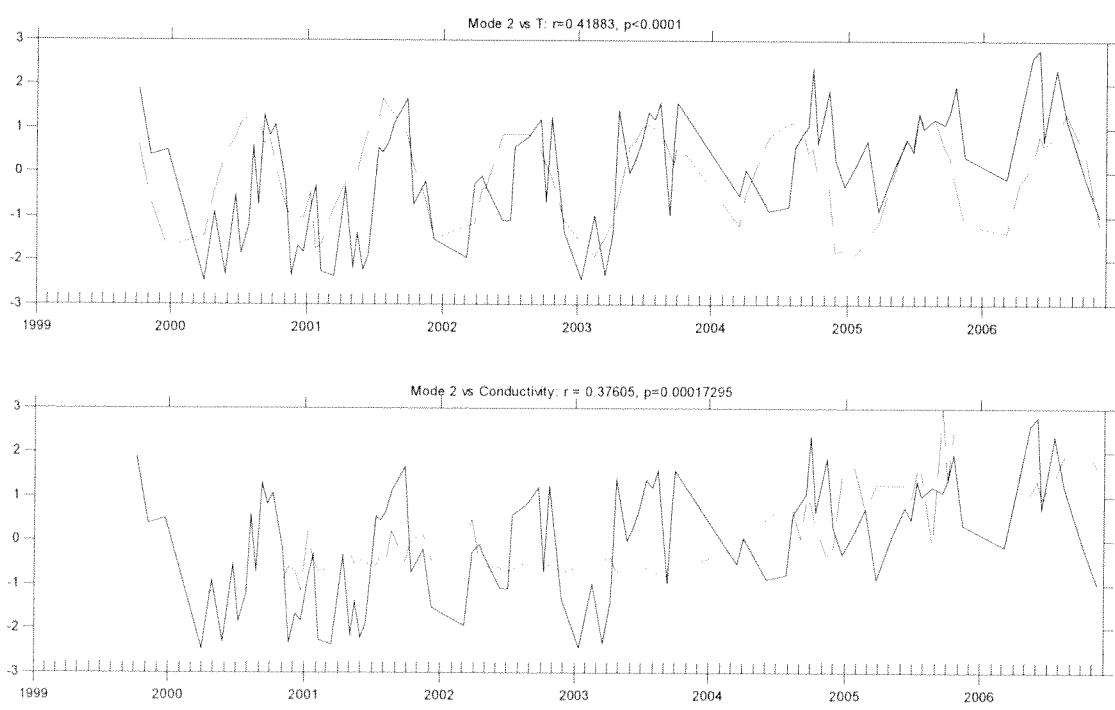
Şekil 3.84: Toplam Fitoplankton (sürekli çizgi) ve *Arctodiaptomus Bacilifera* (kesikli çizgi) (yıllık ortalamalar)

Birinci faktör tarafından ifade edilen fitoplankton değişkenleri tarafından oluşturulan veri sahasının temel bileşen analizi ile elde edilen 1. ve 2. temel bileşen, sıcaklık ve elektriksel iletkenlikle gösterdiği uyum ve aralarındaki doğrusal korelasyon katsayı ve anlam değerleri, sırasıyla Şekil 3.85 ve Şekil 3.86'da gösterilmiştir. Fitoplankton hem 1. Bileşeni hem de 2. Bileşeni, sıcaklığıla sezonsallığı bağlı bir ilişkiyi, sırasıyla anlamlı ve çok yüksek anlamlı olarak göstermektedir. Burada, 1. Bileşenin ilkbahar patlamasını, 2. Bileşenin ise yaz patlamasını gösterdiği düşünülmektedir. 1. Bileşenin ifade ettiği ilkbahar patlaması, 2004'den itibaren karakter değiştiriyor gibi görülmektedir. Yine hem 1. Bileşen, hem de 2. Bileşen, Elektriksel İletkenlik ile, muhtemelen iki değişkende de artan eğilimlerin neden olduğu yüksek anlam değerinde korelasyonlar göstermektedir.

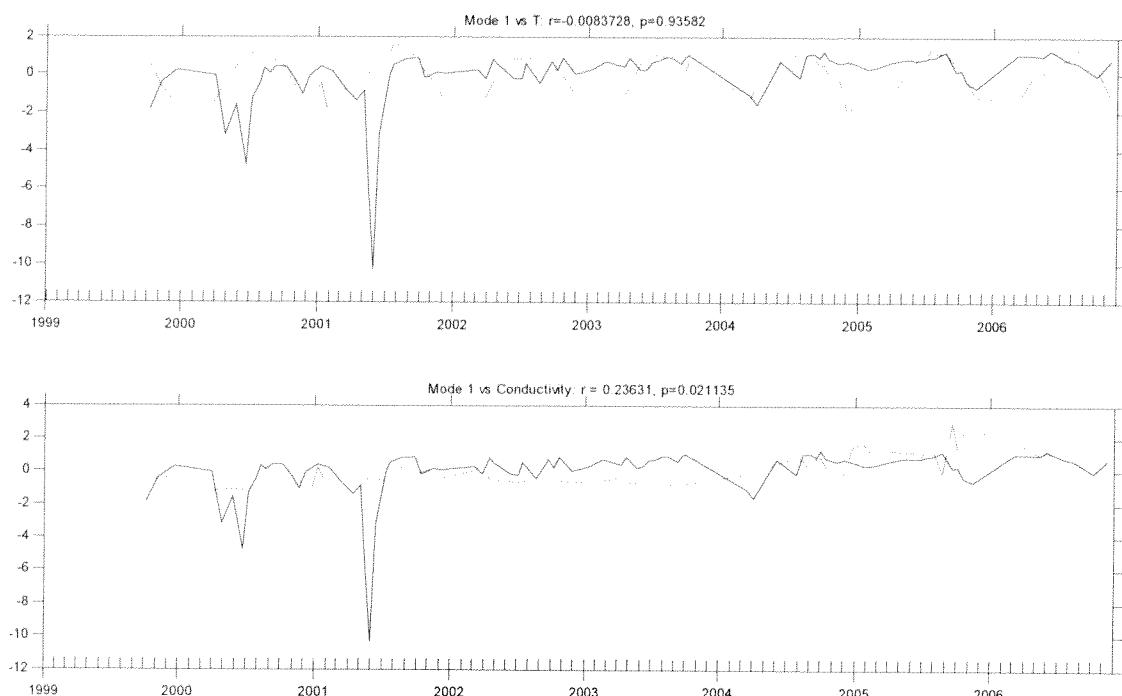
İkinci Faktör tarafından ifade edilen Zooplankton değişkenleri tarafından oluşturulan sahanın Temel Bileşen Analizi ile elde edilen 1. ve 2. Temel Bileşenler ise, Şekil 3.87 ve Şekil 3.88'de gösterilmektedir. Zooplanktonun 2 bileşeninde de sıcaklığıla anlamlı bir ilişki gözlenmezken, elektriksel iletkenlikle sırasıyla anlamlı ve çok yüksek anlamlı ilişkiler bulunmuştur. 1. Bileşendeki aykırı değer nedeniyle büyük ölçüde kirlenen uygunluk, 2. Bileşende, büyük oranda Elektriksel İletkenlikteki artış eğilimine denk gelen Zooplanktondaki azalış eğilimi nedeniyle güçlü bir negatif korelasyonla kendini ortaya çıkarmaktadır.



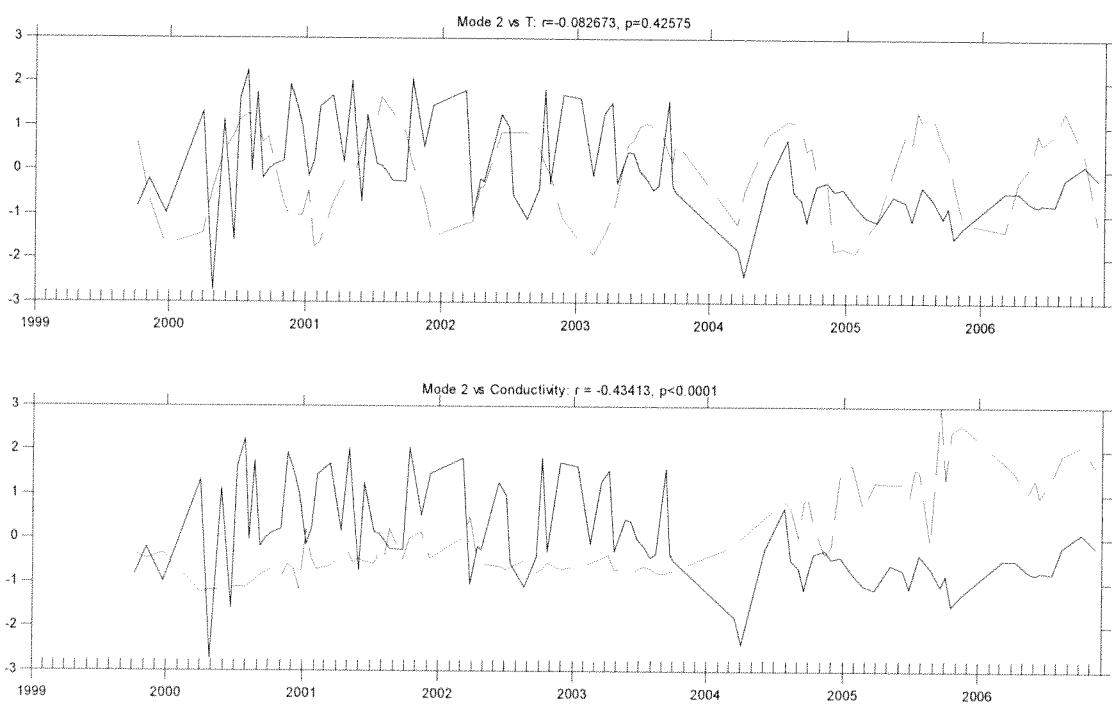
Şekil 3.85: Fitoplankton 1. Temel Bileşen (her iki panel sürekli çizgi), sıcaklık (üst panel sürekli çizgi), elektriksel iletkenlik (alt panel kesikli çizgi)



Şekil 3.86: Fitoplankton 2. Temel Bileşen (her iki panel sürekli çizgi), sıcaklık (üst panel sürekli çizgi), elektriksel iletkenlik (alt panel kesikli çizgi)



Şekil 3.87: Zooplankton 1. Temel Bileşen (her iki panel sürekli çizgi), sıcaklık (üst panel sürekli çizgi), elektriksel iletkenlik (alt panel kesikli çizgi)



Şekil 3.88: Zooplankton 2. Temel Bileşen (her iki panel sürekli çizgi), sıcaklık (üst panel sürekli çizgi), elektriksel iletkenlik (alt panel kesikli çizgi)

Bir çok değişkenin çoğu zaman doğrusal olmayan etkileşimler içinde karmaşık sistemler oluşturduğu bu tür sistemlerde, çok değişkenli yöntemleri kullanırken, sıkılıkla karşılaşılan bir hata, bu analizlerin çıktılarından kesin sonuçlar çıkararak sistem davranışının hakkında güçlü yargılara varılmasıdır. Oysaki bu tür analizler, keşif amaçlı kullanılarak sistemle ilgili bir takım soruları ön plana çıkarmak ve bazı ön saptamalar yapmak amaçlı kullanıldıklarında çok daha fazla yararlılık sağlarlar. Fitoplankton ve zooplankton gruplarının temel bileşenlerinde görülen ve mevsimsellik dışında fitoplanktondaki artış, zooplanktonda azalış şeklinde görülen eğilimlerin nedeni, bu iki grubun sistemde doğrudan güçlenmesi – zayıflaması olarak açıklanabilir. Bunun yanında, bu iki grubun topluluk yapılarındaki değişimlerin de temel bileşenlerde kendini artış-azalış eğilimleri olarak ortaya çıkarabileceğinin göz önünde bulundurularak, topluluk yapılarındaki değişimler de çok değişkenli yöntemlerle yapılan bu ilişkilerin nedenlerinin de ele alınacağı çalışmanın bundan sonraki bölgelerine dâhil edilmelidir.

### 3.6.3 Değişken Çiftleri Arasındaki İlişkilerin Görsel Olarak İncelenmesi

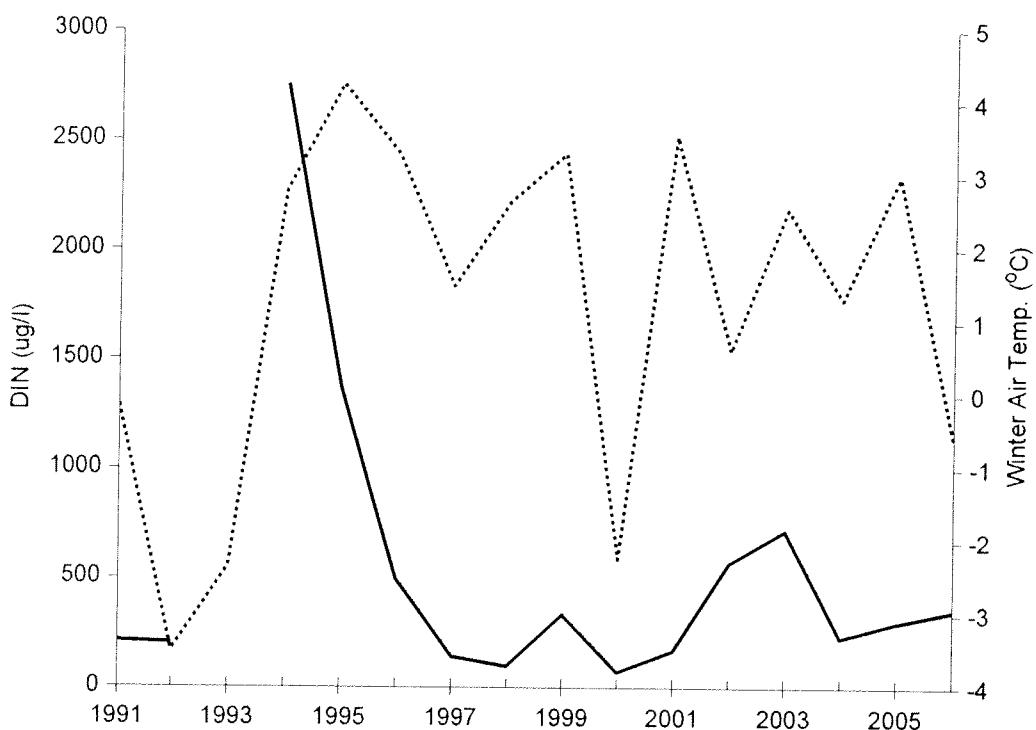
Bu bölümde, Mogan Gölü ekosisteminde geleneksel olarak veya çok değişkenli yöntemlerden alınan sonuçların önerdiği gibi ilişkili olabileceği düşünülen değişken çiftlerinin uyumluluğu görsel olarak incelenmektedir. Bunu yaparken, iklimin gölün değişik besin katmanlarındaki etkileri aşağıdan-yukarı (Bottom-up) ve yukarıdan-aşağı (Top-down) yaklaşım eksenlerinde ele alınmayı çalışılmıştır.

#### 3.6.3.1 Aşağıdan-Yukarı Yaklaşım

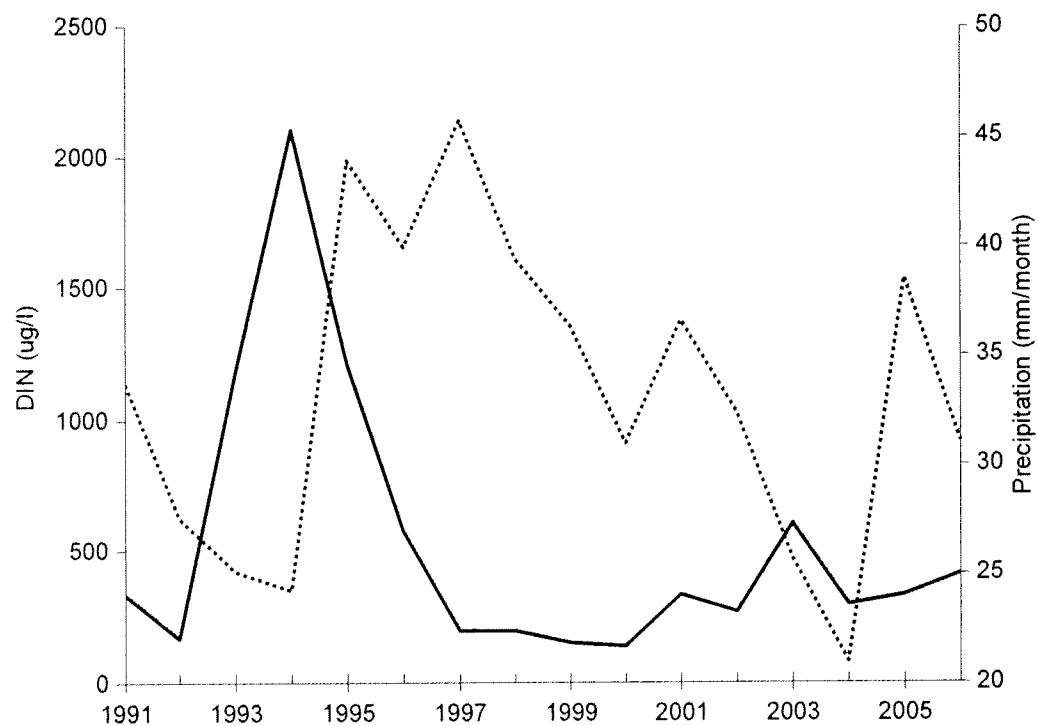
Bu yaklaşım, büyük ölçekli sistemlerin kontrolünde oluşan hidro-meteorolojik koşulların öncelikle göldeki besin tuzu konsantrasyonlarını etkileyerek, iklim sinyalinin göldeki en alt

beslenme düzeyi olan fitoplankton üzerinden daha üst beslenme seviyelerine kadar yayılması üzerine kuruludur. Bölüm 1.2'de anlatıldığı gibi, hidro-meteorolojik koşullar, içinde bulunan iklim kuşağı, havza yapısı, gölün morfometrisi gibi etkenlere de bağlı olarak, besin tuzlarını farklı mekanizmalarla etkileyebilir.

Çözünmüş inorganik azot'un (DIN) topraktan süzülürken kış aylarındaki yüksek hava sıcaklıklarında bakteriler tarafından daha fazla özümsenmesine bağlı olarak göldeki konsantrasyonunun azaldığı gösterilmiştir (Bkz. Bölüm 1.2). Şekil 3.89'de kışlık (Aralık-Ocak-Şubat) hava sıcaklıklarının azot (kış ayları verisi olmadığı için Mart-Nisan-Mayıs ortalamaları) ile böyle ters bir uyum içinde olmadığı görülmektedir. Ayrıca, havza yapısının dikte edeceğİ biçimde yağışın, azot ile artan yağışlarla dinlenme süresinin azalarak denitrifikasyon ve sedimana gömülme gibi süreçlerle Azot kaybının azalmasına bağlı olarak ve aşırı yağışlarda, topraktan hızla ve karşılıklı bir şekilde süzülen su nedeniyle sökülmeyi artırarak pozitif bir ilişki içinde olması beklenebilir. Azotun (yıllık ortalama) yağışla beraber gösterildiği Şekil 3.90'de böyle bir ilişki görülmemektedir.

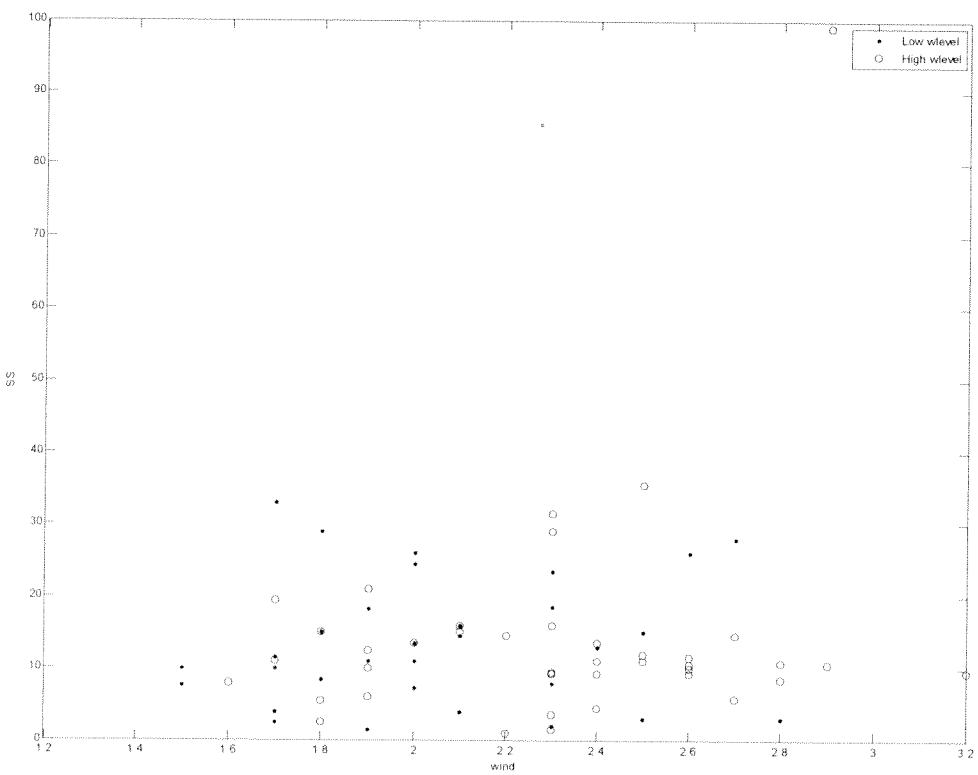


Şekil 3.89: Çözünmüş inorganik azot (DIN) (Sürekli Çizgi) ve kışlık ortalama hava sıcaklığı (Kesikli Çizgi)

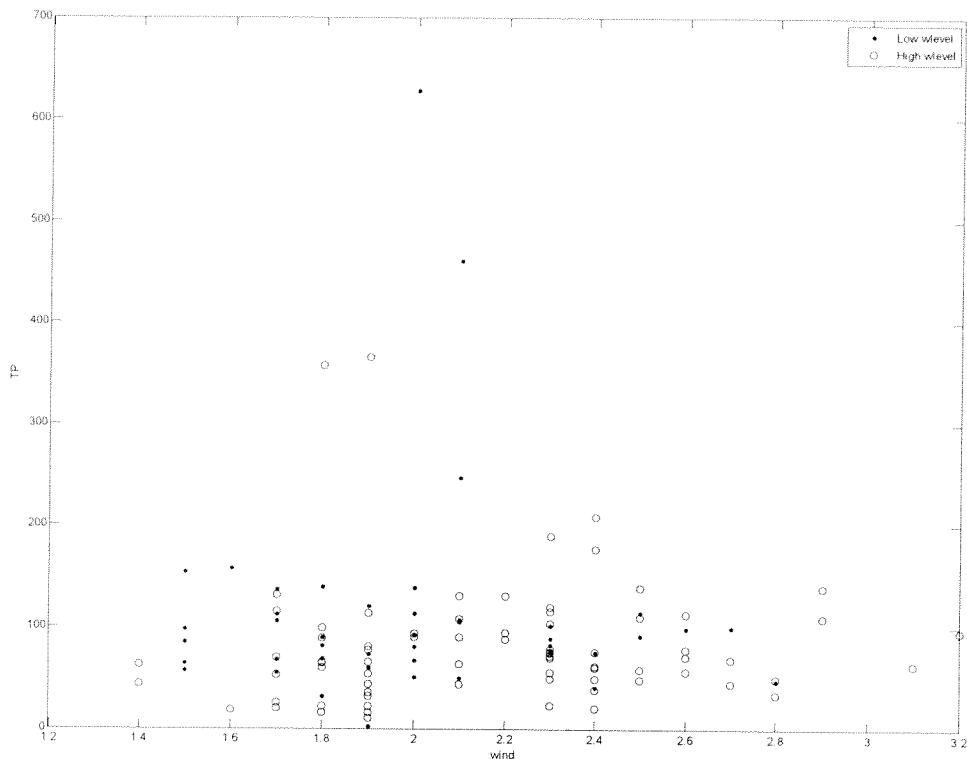


Şekil 3.90: Çözünmüş inorganik azot (DIN) (Sürekli Çizgi) ve yıllık ortalama aylık yağış (Kesikli Çizgi)

Şekil 3.91'de rüzgarın (y - ekseni) özellikle su seviyesi alçakken sığ bir göl olan Mogan'ın tabanını daha da çok karıştıracağı için, pozitif ilişki içinde olmasının bekendiği askıda katı madde (x - ekseni) ile saçılım grafiği gösterilmektedir (tüm aylar). Bu saçılımda, rüzgar  $\sim 2.2$  m/s'nın altındayken, su seviyesine bağlı bir etki olduğu söylenebilir, çünkü bu değerin altında askıda katı madde konsantrasyonunun yüksek olduğu ölçümlerde su seviyesi de alçaktır (su seviyesi medyanına göre). Su seviyesinin alçak olduğu durumlarda ölçülen askıda katı madde ölçümleri görmezden gelindiğinde, rüzgarla pozitif bir ilişki biraz daha görünür olmaktadır. Rüzgar hızı  $\sim 2.2$  m/s'den yüksek olduğunda ise su seviyesi, önemini kaybetmeyecektir ve taban her durumda karışmaktadır. Şekil 3.92'da ise rüzgar ile dip çamurunun karışmasına bağlı olarak etkileneceği düşünülen toplam fosfor dağılımı, yine alçak ve yüksek su seviyeleri işaretlenerek verilmiştir. Rüzgarla pozitif bir ilişki iddia edilemese de, en yüksek toplam fosfor seviyelerinin su seviyesinin alçak durumlarında ortaya çıkması dikkat çekicidir. Yaz aylarındaki yüksek sıcaklıkta artan demineralizasyon ve çürüme gibi oksijen tüketen süreçler nedeniyle oksidize mikro zone'u bozularak anoksik duruma gelebilecek alt tabakada, fosfor-ferrik birleşmesi reaksiyonu, demirin indirgenmesiyle yavaşlayarak sediman'dan Fosfor salınımı artabilir. Şekil 3.93'de anlaşılmaya çalışılan bu etki, fosfor ve sıcaklıklarda görülen ortak bir artış eğilimine rağmen, zirveler ve tabanlardaki zıtlıklar nedeni ile güçlü bir şekilde ortaya çıkamamaktadır.



Şekil 3.91: Rüzgar (m/s), askıda katı madde (mg/l) ve su seviyesi (Noktalar:Alçak, Daireler=Yüksek)



Şekil 3.92: Rüzgar (m/s), toplam fosfor (mg/l) ve su seviyesi ((Noktalar:Alçak, Daireler=Yüksek)

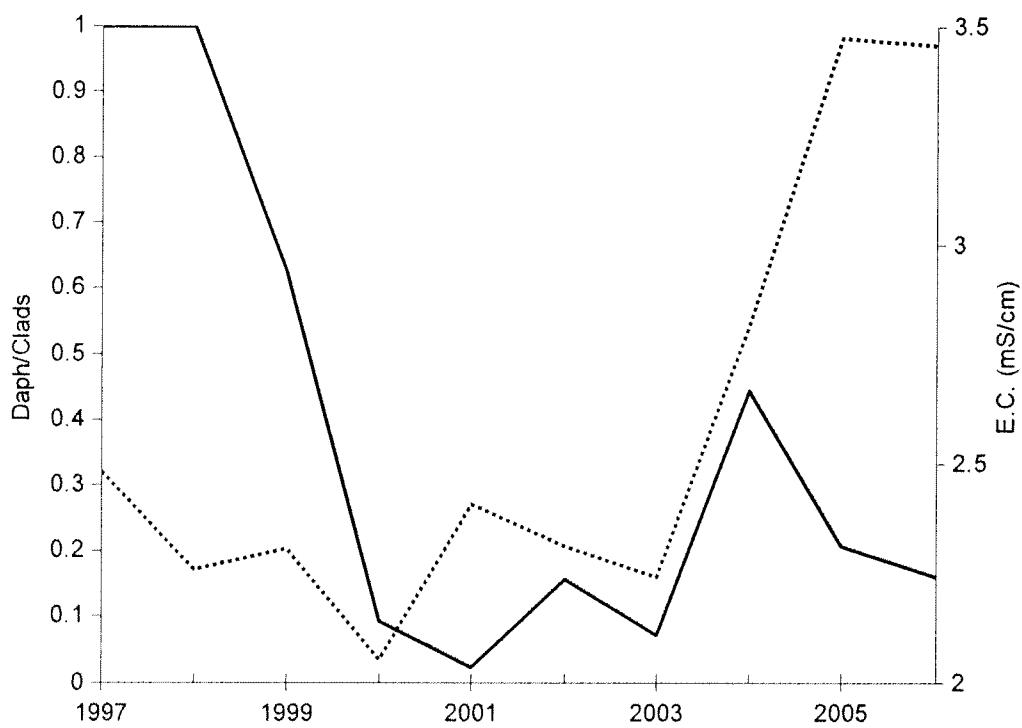


Şekil 3.93: Yazlık ortalama toplam fosfor ve yazlık ortalama hava sıcaklığı

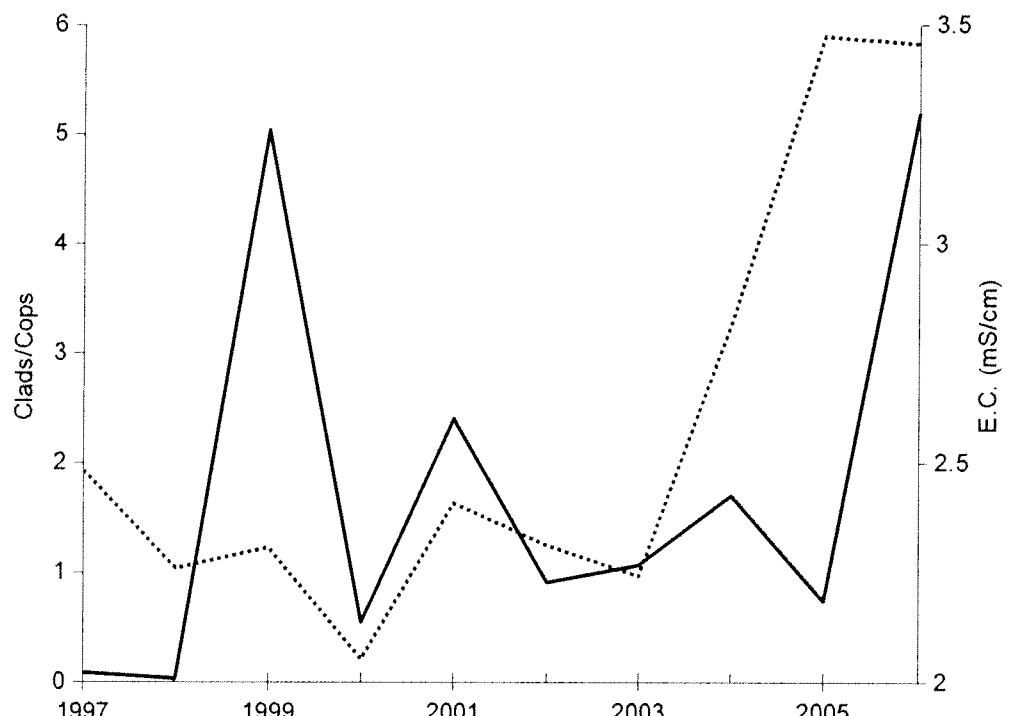
### 3.6.3.2 Yukarıdan-Aşağı Yaklaşım

Yukarıdan-Aşağı yaklaşım, hidro-meteorolojik koşullardan doğrudan etkilenen sıcaklık, tuzluluk gibi gölün fiziksel ve kimyasal özelliklerinin, iklim sinyalini balık, zooplankton gibi üst ve ara beslenme katmanlarındaki canlılar üzerinden daha alt beslenme seviyelere ulaştırması üzerine kuruludur.

Çok değişkenli analizlerde (bkz. Bölüm 3.6.2) zooplankton ile elektriksel iletkenlik (tuzluluk) arasında sırayla azalan ve artan eğilimlere bağlı ters bir ilişki önerilmekte idi. Farklı zooplankton gruplarının tuzluluğa karşı toleranslarının ve sıcaklığa olan tepkilerinin farklı olduğu bilinmektedir (Aladin, 1991). Göl ekosistemlerinde tuzluluğa bağlı değişimlerin özellikle *Daphnia* türünün belli bir tuzluluk seviyesinden sonra sistemden kaybolmasına bağlı olarak göllerde rejim değişikliğine varacak kadar büyük olabileceği yakın zamanda gösterilmiştir (Jeppesen ve ark., 2007). Tuzluluğun Mogan Gölü'ndeki farklı zooplankton türleri üzerinde böyle seçici bir etkisinin olup olmadığı konusunda bir fikir edinmek amacıyla, Şekil 3.94 ve Şekil 3.95'de sırasıyla *Daphnia*:Toplam Kladoser oranı ve Kladoser:Kopepod oranı Elektriksel İletkenlikle birlikte yıllık ortalamalar einsinden verilmiştir. İki durumda da beklenen ters ilişkiler, gözlenmemektedir. Bu bölümde gözlenen bekentiler dahilinde ve beklenen dışı ilişkilerin tümü, tartışma ve sonuçlar bölümünde (Bölüm 4) ele alınmaktadır.



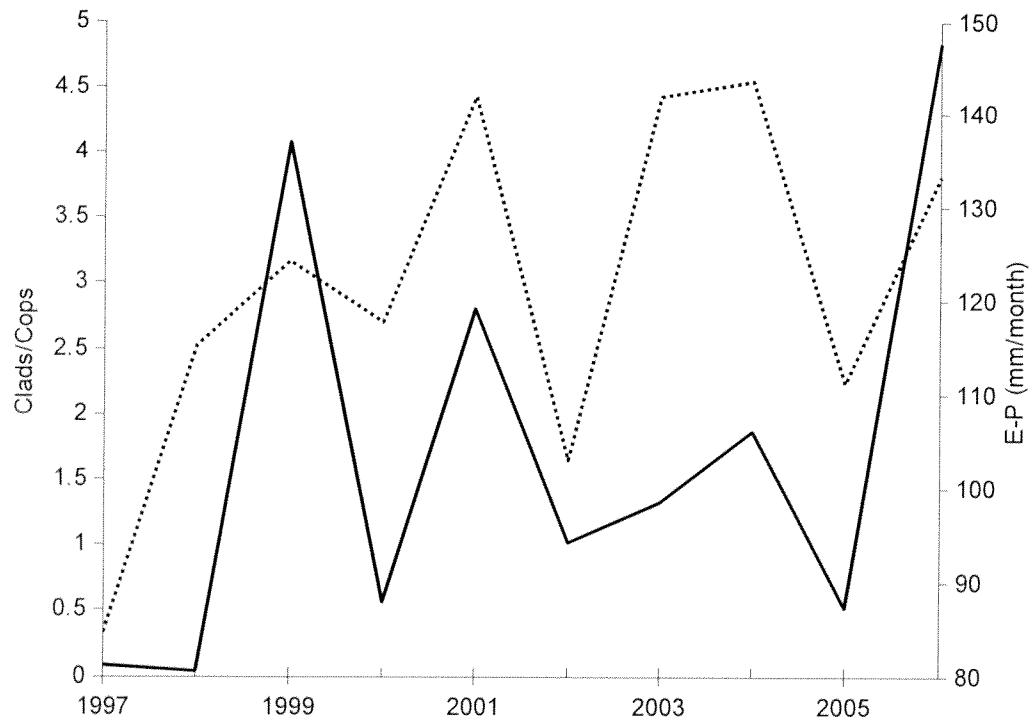
Şekil 3.94: Daphnia:Toplam Kladoser oranı ve Elektriksel İletkenlik



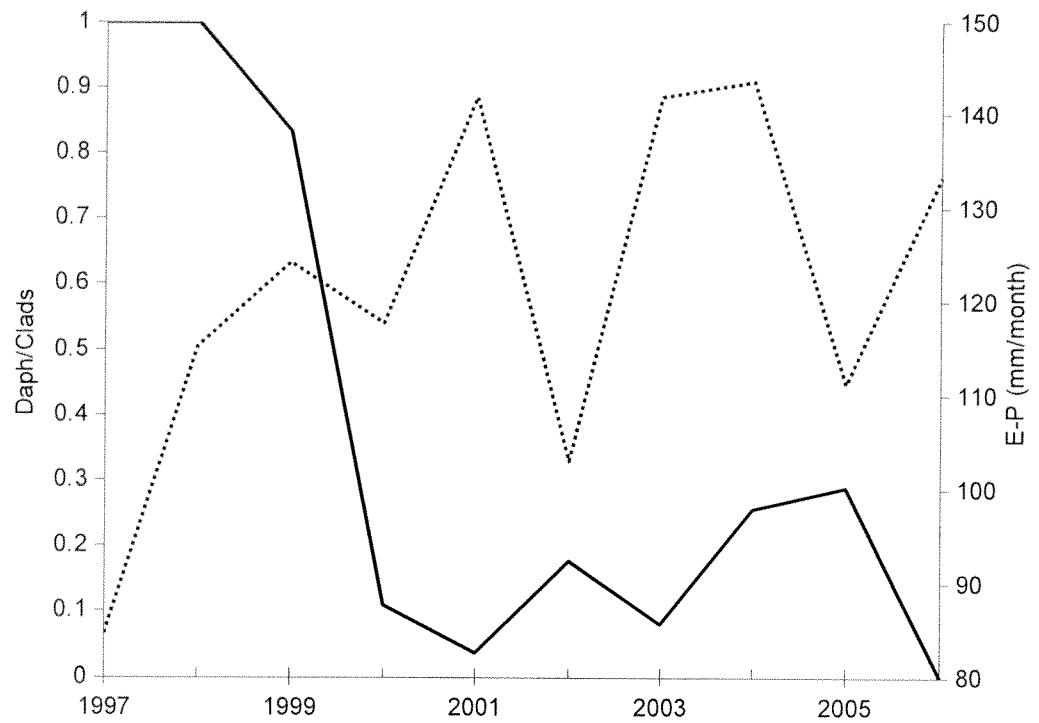
Şekil 3.95: Kladoser:Kopepod oranı ve Elektriksel İletkenlik

Gölün hidrolojik şartlarının zooplankton topluluğuna etki edebilecek tuzluluk haricinde bir mekanizma bilinmemektedir, ancak elektriksel iletkenlik verisinin toplanması sırasında ortaya çıkmış olabilecek hatalar göz önünde bulundurularak göl hidrolojisine ve dolayısıyla tuzluluğuna doğrudan etkisi olan B-Y (buharlaşma-yağış farkı)'nın zooplankton topluluk

yapısı ile ilişkisi olup olmadığı araştırılmıştır. Gerçekten de Şekil 3.96'de kuraklığa simgeleyen E-P'nin Kladoser:Kopepod oranı ile, beklenmedik bir şekilde pozitif ilişki içinde olduğu, Şekil 3.97'de *Daphnia*:Toplam Kladoser oranının ise beklentiği gibi ters içinde olduğu görülmektedir.

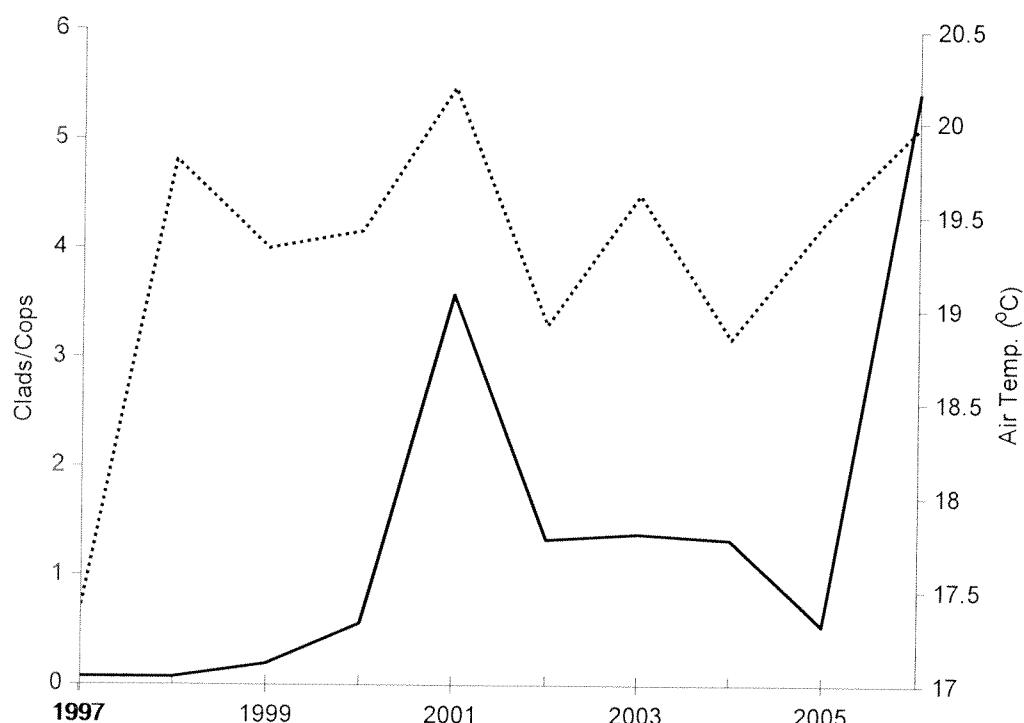


Şekil 3.96: Kladoser:Kopepod oranı ve Buharlaşma – Yağış (E-P)



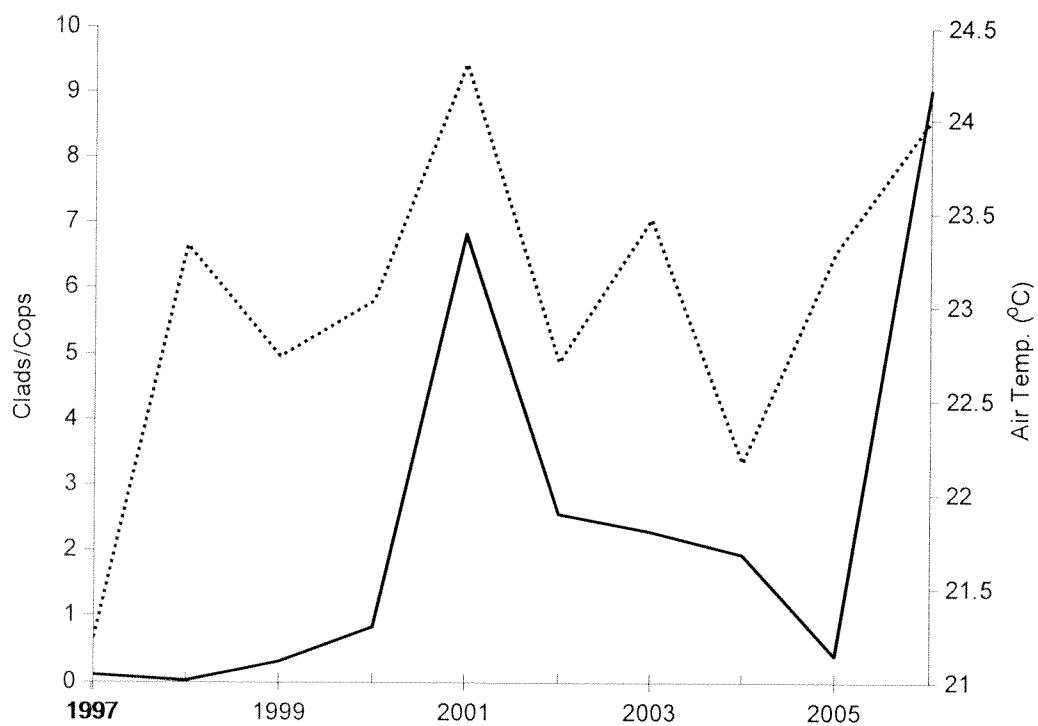
Şekil 3.97: Daphnia:Kladoser oranı ve Buharlaşma – Yağış (E-P)

Bölüm 1.2'de, Kladoser gibi yaşam öyküsü daha az karmaşık olan zooplankton türlerinin sıcaklığa daha hızlı tepki gösterdikleri belirtilmişti. Şekil 3.98'de gelişme mevsimi olan Nisan-Eylül aralığındaki ortalama Kladoser:Kopepod oranındaki zirvelerin hava sıcaklığındaki zirvelere tepki olarak oluşmuş olabileceği görülmektedir.

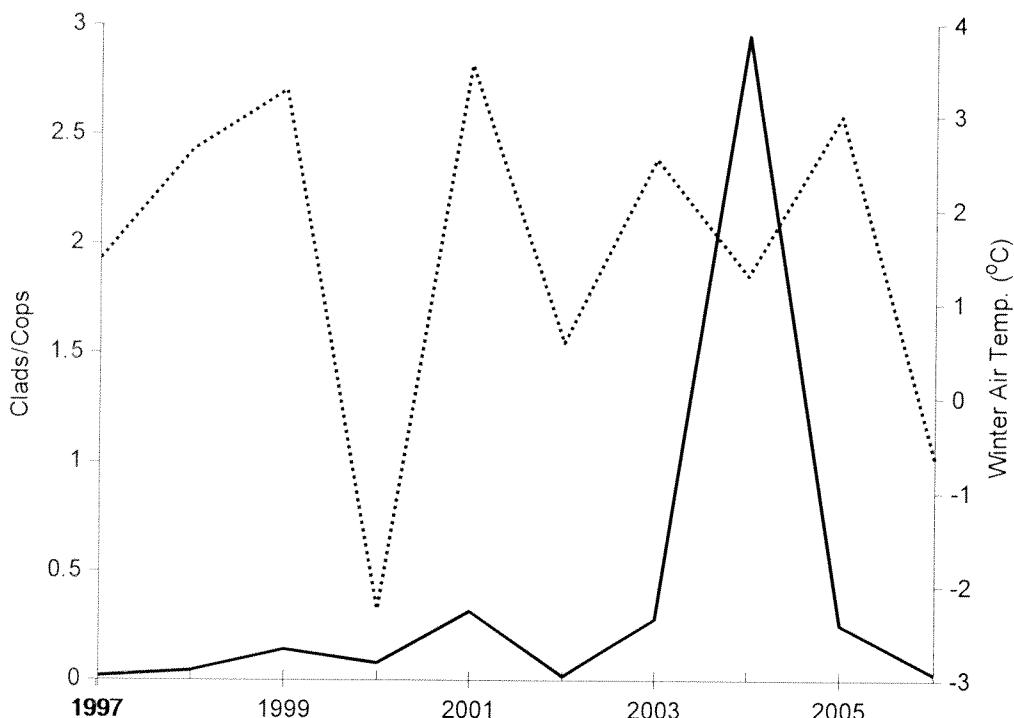


Şekil 3.98: Kladoser:Kopepod oranı ve Hava Sıcaklığı (Büyüme Sezonu)

Özellikle yaz aylarındaki aşırı sıcaklarda, demineralizasyon ve çürümeye bağlı olarak göldeki çözünmüş oksijenin tüketdiği durumlarda, balık ölümlerinin gerçekleştiği, ülkemizdeki göllerde zaman zaman gerçekleşen bir durumdur. Sistemdeki balığın azalması ise, büyük zooplankton türleri üzerindeki baskıyı azaltacağı için, zooplankton topluluk yapısının değişmesine neden olur. Yaz ayları (Haziran, Temmuz, Ağustos) ortalama Kladoser:Kopepod oranının, yaz ayları ortalama hava sıcaklığı ile verildiği Şekil 3.99'de yine bazı zirvelerin ortak olduğu dikkat çekmektedir. Daha çok Kuzeydeki göllerde görülen bir durum da, kış aylarındaki hava sıcaklığına bağlı olarak gölün uzun süre buz altında kalarak oksijensiz koşulların olması ve yine balık ölümlerinin gerçekleşmesidir. Sonucu ise, yine azalan balık baskısı ile büyük Zooplankton türlerinin oranının artması şeklinde olmaktadır. Bu durumun sinandığı Şekil 3.100'de böyle bir ilişki görülmemektedir.



Şekil 3.99: Kladoser:Kopepod oranı ve Hava Sıcaklığı (Yaz)



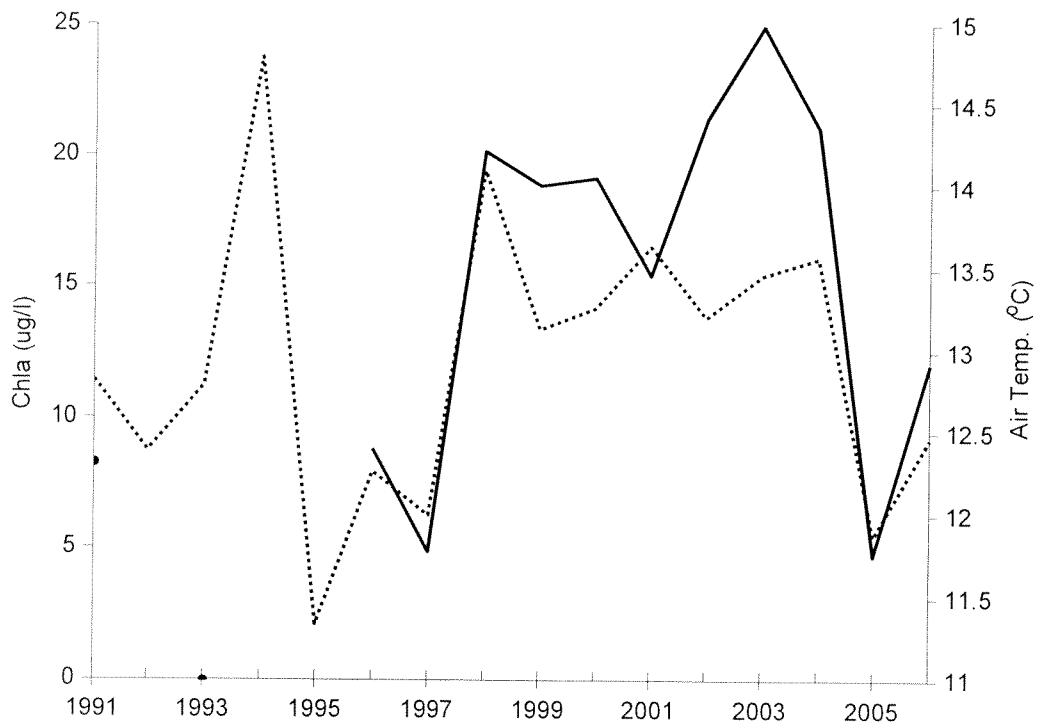
Şekil 3.100: Kladoser:Kopepod oranı ve Hava Sıcaklığı (Kış)

Sıcaklıktaki değişimlerin fitoplankton gelişimi üzerindeki etkisinin anlaşılması amacıyla oluşturulan Şekil 3.101'de ve Şekil 3.102 sırasıyla gelişme sezonu (Mart-Ekim) ortalamaları ve sonbahar ortalamaları ile klorofil-a ve hava sıcaklığı gösterilmiştir. Gelişme sezonunda, 1997'den itibaren iki parametrede birden görülen kararlı artış ve bunlar üzerindeki zıtlık gösteren zirveler ve dipler, yorum yapmayı güçleştirirken, 1996'dan itibaren sürekli veri

bulunan Sonbahar dönemindeki Hava sıcaklığındaki en güçlü ekstremlere, klorofil-a'nın da yine aynı yöndeki güçlü ekstremlerle karşılık gelmesi dikkat çekicidir. Bu da, genel bilgiye uygun olarak, artan sıcaklıkla beraber birincil üretimdeki artış fikrini savunur niteliktedir.

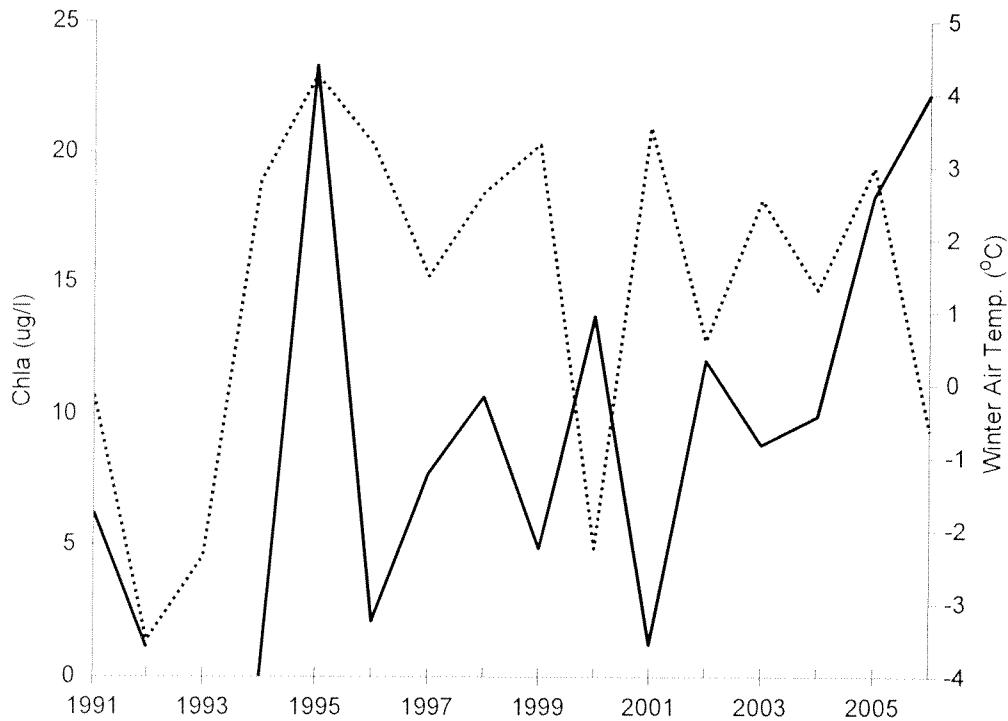


Şekil 3.101: Klorofil-a ve Hava sıcaklığı (Gelişme Sezonu)



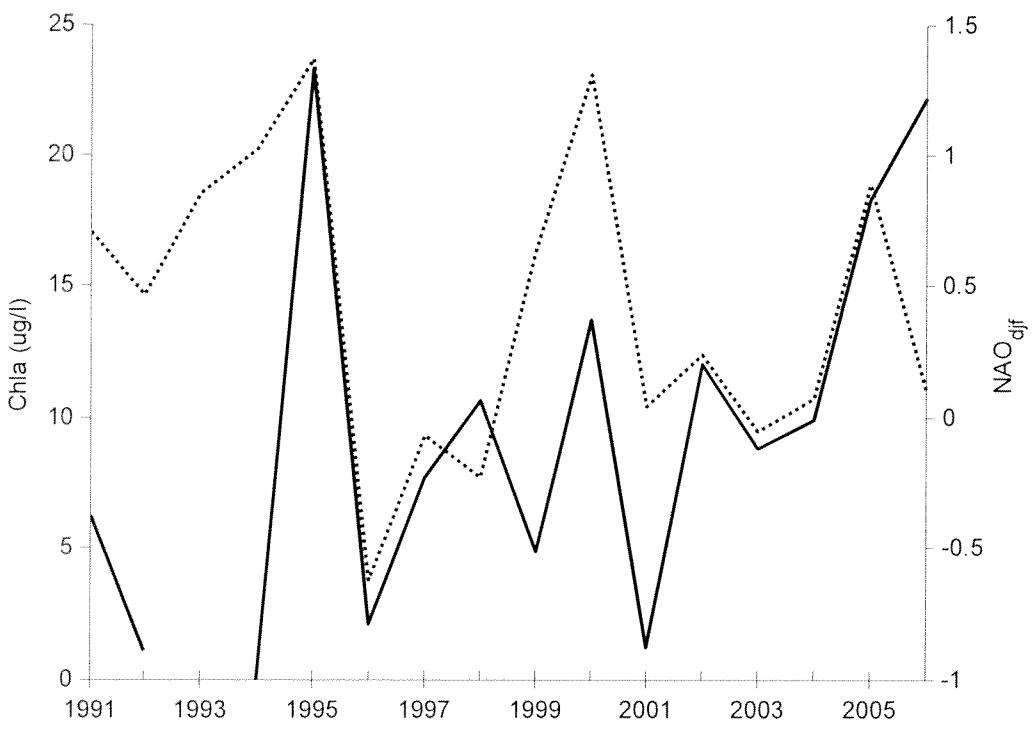
Şekil 3.102: Klorofil-a ve Hava sıcaklığı (Sonbahar)

Şekil 3.103'de ise, ilkbahar (Mart Nisan Mayıs) Klorofil-a ortalama değerlerine karşılık kış ayları ortalama hava sıcaklıklarını gösterilmektedir. Sıcak geçen kişıldan sonra, ilkbahardaki düşük Klorofil-a oranları, sıcak geçen kişılarda gölde oluşabilen birincil üretim aktivitesinin göldeki besin tuzlarını azaltarak, takip eden ilkbaharda, normalden az birincil üretim yapılmasını sağlıyor olabilir. Ancak bu, elde kış aylarını temsil eden besin tuzu ve fitoplankton verisinin olup bunlarla doğrulandığı oranda güçlü olarak savunulabilirdi.

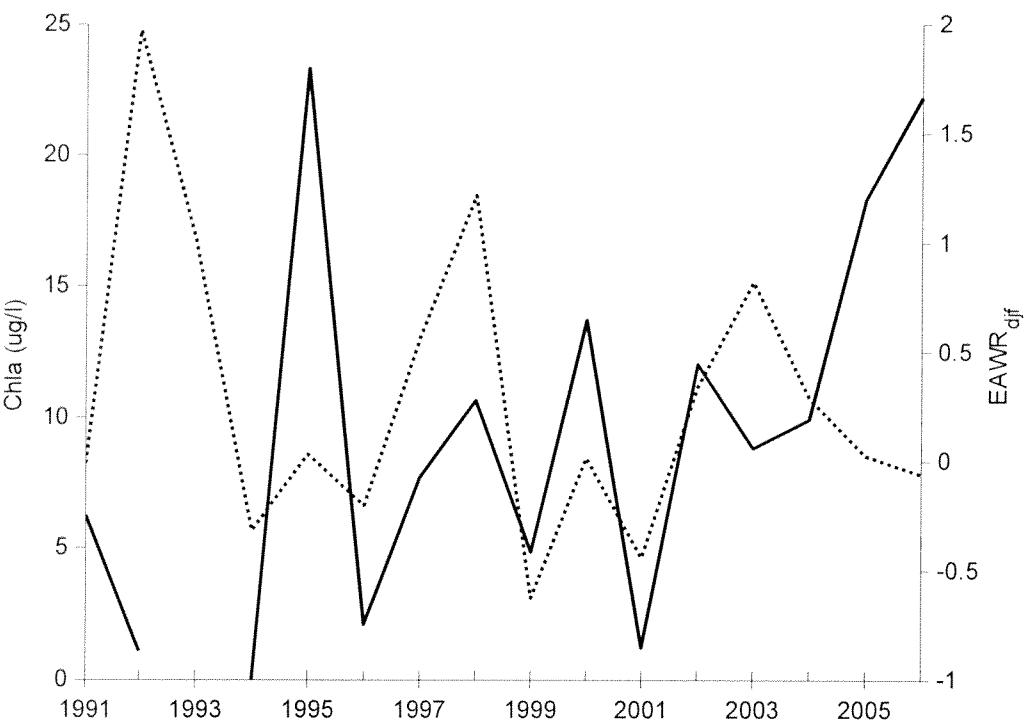


Şekil 3.103: Klorofil-a (ilkbahar) ve Kış ayları Hava sıcaklığı

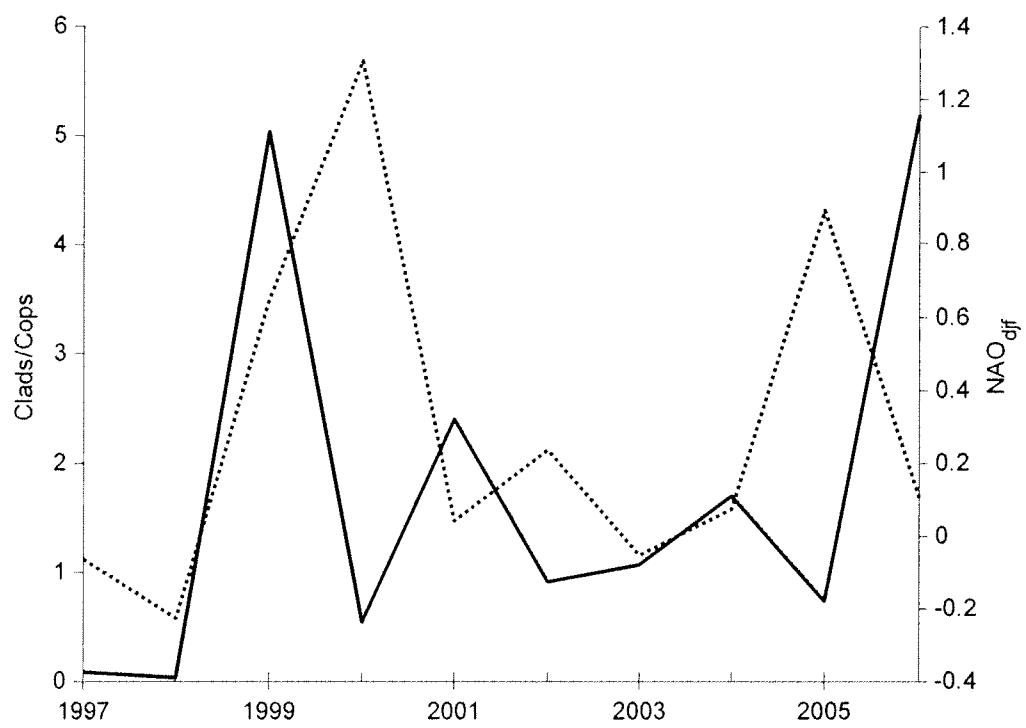
Buraya kadar, besin ağının farklı seviyelerindeki çiftler arasındaki herhangi bir ilişkinin çok güçlü bir şekilde öne çıkmadığı görülmüştür. Ancak yine de, iklimsel sinyallerin birbirini güçlendiren ve zayıflatılan, veri setinde temsil edilen ve edilmeyen birçok etkileşim kanalıyla ulaştığı bazı sonuç elemanları üzerindeki etkisinin daha görülebilir olabileceği düşünülmektedir. Bu tür uygunlukların gözden kaçırılmaması amacı ile, fitoplankton baskınlığını temsil eden klorofil-a ve zooplankton topluluk yapısındaki olası değişimleri temsil eden Kladoser:Kopepod oranı, salınım indeksleri ile beraber çizilmiştir. Şekil 3.104 ve Şekil 3.105'da Klorofil-a'nın sırasıyla NAO ve EAWR'in kişilik ortalamaları gösterilmiştir. İki çizimde de pozitif uygunluklar dikkat çekmektedir. Şekil 3.106 ve Şekil 3.107'de ise Kladoser:Kopepod oranı, sırasıyla yine NAO ve EAWR'in kişilik ortalamaları ile beraber gösterilmiştir. Çok açık ve tutarlı olmamakla beraber, zirvelerde zıtlıklar görülmektedir.



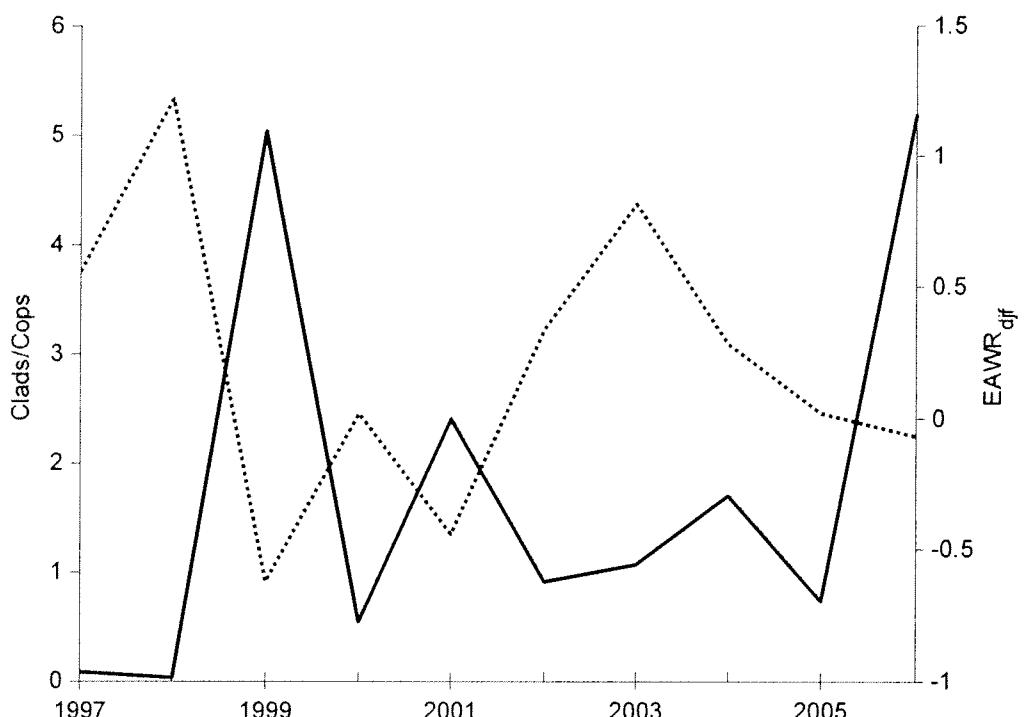
Şekil 3.104: Klorofil-a ve Kuzey Atlantik Salınımı Kış ortalamaları



Şekil 3.105: Klorofil-a ve Doğu Atlantik/Batı Rusya Kış ortalamaları



Şekil 3.106: Kladoser:Kopepod oranı ve Kuzey Atlantik Salınımı Kış ortalamaları



Şekil 3.107: Kladoser:Kopepod oranı ve Doğu Atlantik/Batı Rusya Kış ortalamaları

## **4 TARTIŞMA VE SONUÇLAR**

### **4.1 VERİLERİN TOPLANMASI**

Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'ne bağlı (DMİ) yaygın meteorolojik istasyon ağı sayesinde, çalışma kapsamındaki göller temsil edebilecek meteorolojik veriler derlenebilmiştir. Ayrıca, DMİ'nin bu verilerin akademik amaçlarla kullanımında sergiledikleri destekleyici tutum veri alımının hem maliyetsiz, hem de çok hızlı bir şekilde gerçekleşmesini sağlamıştır. İklimle ilgili çalışmalarda uzun dönemli verilere ihtiyaç duyulur ve kabul edilen eşik değer 30 senedir. Bu çalışmada, 1975-2006 yıllarını kapsayan meteorolojik veriler kullanılmıştır ve zaman kapsamı yeterlidir. Aslında, DMİ'ye bağlı birçok istasyonda, 1950'lerden itibaren veri bulunmasına rağmen, bu kurum, yalnızca kalite kontrolleri yapılmış verilerin dağıtımını yaptığı için eski veriler kullanılamamıştır. Ancak, kurumun bu kalite kontrol süreci hızla devam ettiği için, ileride yapılacak çalışmalarda bu sorunun giderek ortadan kalkacağı düşünülmektedir.

Göllerdeki su seviyesi ve nehir akımları gibi parametrelerin izlenmesi ve ilgili verilerin toplanması, Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EIEİ) Genel Müdürlüğü ve Devlet Su İşleri (DSİ) Genel Müdürlüğü tarafından gerçekleştirilmektedir. DSİ'nin çalışma kapsamındaki göl ve akarsu sayısı, EIEİ'ninkilere göre fazla olmasına rağmen, verilerin genelde günlük çözünürlükte ve basılı halde bulunması nedeni ile bu verileri kullanmak, derleyip düzenleme uğraşının proje çalışanlarına gerçekleştirilemesinin pratik imkan sınırları dahilinde olmaması nedeniyle mümkün olamamıştır. EIEİ ise toplanan verileri, düzenli periyotlarla yayinallyamakta ve bu yayinallyarda, böyle bir projede kullanılmaya daha elverişli biçimde, her bir göldeki aylık ortalamaların da verildiği bölümler bulunmaktadır. Bu nedenle, EIEİ bünyesinde bulunan verilerin kullanılması, güvenli ve hızlı bir şekilde mümkün olmuştur.

Çalışma kapsamındaki göller için bulunabilen fiziksel, kimyasal ve biyolojik verilerin büyük bir çoğunluğu, maalesef yeterli uzunlukta değildir ve zaman içinde süreklilik göstermemektedirler (Bölüm 2.2.1.3). Ayrıca, toplanabilen verilerin birçoğu, analiz yöntemlerinde farklılıklar olması muhtemel farklı kişi ve kurumlar tarafından elde edilmiştir. Bu tür verilerin hassas iklimsel sinyalleri yansıtamayacakları düşünülmektedir. Bu nedenlerle elde edilebilen veriler arasında, Eymir ve Mogan Gölleri dışında sürekli ve tutarlı veri setine sahip göl bulunmamaktadır. Eymir gölündeki insanı etkenlere bağlı değişiklikler nedeniyle, bu göldeki veri seti de çalışmaya müsait değildir. Mogan gölüne ait veri setinin, böyle bir çalışmada kullanılmaya en uygun veri seti olduğu sonucuna varılmıştır (Bölüm 3.6). Ancak elde bulunan verilerin gerek zaman kapsamı, gerek frekansı gerek de barındırdığı parametre sayısı açısından yeterli olmayan bu gölle ilgili yapılan çalışmalar, iklimin göller üzerindeki etkileri ile ilgili güçlü sonuçlar çıkarmak ve iddialarda bulunmaktan çok, bu tür etkilerin ortaya çıkarılmasıyla ilgili yapılabilecek çalışmalara bir örnek sunmak amacını taşımaktadır. Ayrıca, göl çıkışlarını yansitan verilerin de, görece uzun dönemli oldukları ve tek bir kurum tarafından edinildikleri için yöntemsel farklılıklardan görece daha az etkilenmiş olabilecekleri göz önünde bulundurularak, iklim sinyallerini taşıyabilecekleri düşünülmüş ve görsel analizlere tabi tutulmuşlardır. Ancak, bu veri setlerindeki zaman frekansının yetersiz olması nedeniyle (senede birkaç defa, düzensiz aralıklarla), iklim etkisiyle ilgili yorum yapılmamıştır (Bölüm 3.2).

## **4.2 BULGULARIN YORUMLANMASI**

### **4.2.1 DSB sahasının EOF analizi**

Bölgedeki atmosfer sisteminin değişkenlik kaynaklarının izole edilip bölgедe adı geçen salınım sistemleri ile ilişkilerinin araştırılarak tanımlanması amacı ile 20N-70N - 50W-70E ile sınırlanan alandaki DSB (Deniz Seviyesi Basıncı) sahasının EOF analizi yapılmıştır. Kış ayları (Aralık, Ocak, Şubat) ortalamaları ile yapılan analizlerin detaylı olarak anlatıldığı Bölüm 3.4.2'de, belirtilen alandaki DSB sahasının 1. Temel Bileşeninin NAO ve EAWR'ın pozitif fazlarını, 2. Temel Bileşeninin yine NAO'nun pozitif fazı ve EAWR'ın negatif fazlarını, 3. Bileşenin EA'yı temsil ettiği gösterilmiştir. Ayrıca, aylık bazda yapılan çalışmalarda da, yılın tüm aylarında, NAO'nun sistemin en baskın ilk 3 temel bileşeninden en az biriyle temsil edildiği gösterilmiştir. EAWR'ın ve EA'nın ise, kış aylarında yine ilk temel bileşenlerde ve güçlü bir şekilde temsil edilmektedirken, bahar ve yaz aylarında etkinliklerinin kaybolduğu gösterilmiştir. Bölgemizi çevreleyen DSB sahasının 1296 adet (108 yıl x 12 ay) 25 x 11 (meridyen x paralel) grid noktalı haritası (matrisi) ile yansıtılan büyük ölçekli atmosfer sistemindeki tüm değişkenliğin %70 'e yakın bir bölümü, ilk 4 temel bileşende yoğunlaştırılarak, aynı boyutta 4 haritada yansıtılabilir duruma getirilmiştir. Bu bileşenlerin çıkartılması, büyük ölçekli atmosfer sisteminin hidro-meteorolojik parametreler üzerindeki etkinliğinin sızanacağı çalışmalarda değerli araçlar olarak kullanılabilceekleri için ayrıca önem taşımaktadır.

### **4.2.2 Hidro-meteorolojik parametrelerin İndisler ve birbirleri arasındaki uyum**

Bölüm 3.2.1'de, hidro-meteorolojik parametrelerin yıllar-arası ve onyıllar-arası salınımlarında geniş bir coğrafyaya yayılan istasyonlar arasında çok belirgin bir uyum gözlenmiştir. Bu uyum, büyük ölçekli atmosfer sisteminin bu parametreler üzerindeki kontrolünü göstermektedir. Böyle bir kontrolün varlığının doğrulanabilmesi için, iklimle ilgili olan ve olmayan, gürültüler içeren, düşük frekanslı ve yüksek frekanslı salınımlardan oluşan veri setlerinin sadeleştirilerek iklim sinyallerinin öne çıkarılması gerekmektedir. İklimsel sinyallerin öne çıkışmasını sağlayabilecek bir yöntem, yılın belli dönemlerinin izole edilerek çalışılmasıdır. Örneğin kış aylarında, hem hidro-meteorolojik parametrelerdeki değişkenliğin azaldığı, hem de atmosfer sistemlerinin etkinliğinin arttığı bilinmektedir.

Bölüm 3.2.2'de mevsimlerin birbirleri arasındaki uyum ve uyumsuzlukları araştırılmış ve gerek mevsimler arasında, gerekse istatistiksel analizlerle yoğunlaşacak kış ayları arasında, yıllık veya kısılık ortalamalarla çalışmayı engellemeye uyumsuzluklar bulunmadığı anlaşılmıştır. Sinyallerin yoğunlaştırılarak tek boyutta ifade edilmesini sağlamaya yönelik kolaylıkla uygulanabilecek bir yöntem, her bir zaman basamağında tüm istasyonların ortalamalarını alarak mekansal derinliği ortadan kaldırmaktır.

Bölüm 3.3'de istasyonlar arası ortalamalar alınarak parametrelerin birbirleri ve salınım indisleri arasındaki uyumlar, görsel olarak incelenmiştir. Giriş bölümünde detaylı bir şekilde anlatıldığı gibi, NAO'nun pozitif fazlarında, Batı'dan gelen ılık ve nemli hava kütlesi, Kuzey'e yönelmekte ve ülkemizin de içinde bulunduğu Güney Avrupa ve Kuzey Afrika'yı kapsayan geniş bir bölgедe soğuk ve kurak koşulların yaşanmasına neden olmaktadır. EAWR'ın pozitif fazlarında ise, Hazar üzerinde oluşan negatif basınç anomalileri, bu bölgедe siklonik bir hava hareketi yaratarak Sibirya üzerinden soğuk ve kurak havanın gelmesine neden olmaktadır. Yani bir anlamda, NAO ve EAWR, benzer anomalilerde bölgemizde sebep oldukları benzer koşullar ile, birbirlerinin tamamlayıcısı gibi çalışmaktadır. Şekil 3.48'de, NAO'nun özellikle 1980-1995 arasında görülen belirgin pozitif fazlarında, sıcaklığın, tutarlı

ve ardışık olarak negatif anomalilerinde, B-Y'nin (Buharlaşma-Yağış) ise çoğunlukla, daha fazla buharlaşma daha az yağış, yani kurak koşulları ifade eden pozitif anomalilerinde seyrettiği görülmektedir. NAO'nun negatif fazlarında ise genel olarak tam tersi koşullar ortaya çıkmaktadır. Ancak, EAWR'in NAO'nun tersi anomalilerde olduğu zamanlarda (80'lerin sonu, 90'ların sonu), özellikle sıcaklık serilerinde beklenmedik artışlar ve azalışlar meydana geldiği görülmektedir.

Krichak ve ark. (2002), bu iki sistemin etkilediği başka bir önemli unsur olan yağışın, Akdeniz bölgesinde, NAO ve EAWR'in ortak pozitif fazlarında güçlü bir şekilde olumsuz, ortak negatif fazlarında güçlü bir şekilde olumlu ve karşıt fazlarında kararsız anomaliler meydana getirdiğini göstermişlerdir. Burada elde edilen sonuçlar, yağış için olmasa bile, sıcaklık düzenleri için, bu sonuçları destekler niteliktedir. Su seviyesi de, B-Y'den etkilenen bir unsur olarak, B-Y'nin yıllar arası salınımlarını filtre ederken, on-yıllar arası salınımlarını yansıtıyor görünümündedir. Kış ayları serilerinde de (Şekil 3.49), yukarıda anlatılan genel özellikler görünüme birelikte, yıllık ortalama serilerinde ortaya çıkmayan, ancak bu serilerde çok daha belirgin bir şekilde ortaya çıkan bir ayrıntı, 1993 yılında EAWR'in gösterdiği çok güçlü pozitif anomaliye, sıcaklığın da aynı oranda cevap vermesi olarak göze çarpmaktadır. Sonuç olarak, bu görsel incelemeler sonucunda, hidro-meteorolojik parametreler ile NAO ve EAWR arasında bir etkileşimin varlığı saptanmıştır.

İstasyonların ortalamalarını alarak değişken sayısını azaltmak, yukarıda anlatılan birtakım analizlerin kolayca yapılarak bazı ön fikirlerin oluşmasını sağlasa da, önemli olabilecek bazı sinyallerin sökülebilmesine, hatta yokmasına neden olabilir. Sistemdeki önemli sinyallerin özümsenerek kantitatif olarak değerlendirilmesi, ancak bazı istatistiksel yöntemler yardımıyla mümkün olur. Bölüm 3.5'de CCA (Kümelerarası Korelasyon Analizi) ile hidro meteorolojik parametrelerin büyük ölçekli atmosfer sistemi ile ve birbirleri arasındaki ilişkiler ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır.

Büyük ölçekli atmosfer sisteminin bölgedeki hidro-meteorolojik parametreler üzerindeki etkinliği, CCA metodu kullanılarak araştırılmıştır. CCA, bağımlı-bağımsız bir değişken kümesi çiftinin her biri için, birbirleri arasındaki korelasyon maksimum olacak şekilde, kaynağını her bir değişken kümesindeki elemanların doğrusal kombinasyonlarından alan bileşenlerinin hesaplanmasına dayalı bir yöntemdir. Bu bileşenler, aslında "kümelerarası korelasyon örünlükleri" adı verilen bir uzamsal, "kümelerarası korelasyon katsayıları" adı verilen bir zamansal vektörden oluşmaktadır. Ancak, çalışmada kullanılan hidro-meteorolojik parametreler, mekansal olarak düzgün aralıklı bir ızgara yapısı halinde olmadığı için, elde edilen uzamsal vektörler kullanılamamaktadır. Bu nedenle bu analizlerin çıktılarından yalnızca "kümelerarası korelasyon katsayıları" kullanılmıştır. Bu vektörlerin başka değişkenlerle olan korelasyonlarına bakılırken herhangi bir terim karmaşasına neden olmamak için bunlara "kümelerarası değişkenler" hitap edilmiştir. İki kümelerarası değişkenin arasındaki anlamlı ilişkiler, bu iki küme arasındaki birbirinden bağımsız korelasyon kanallarını ifade eder. Anlamlı korelasyon kanallarına her bir kümede hangi bileşenin katkıda bulunduğu anlaşılmaması için, her bir anlamlı korelasyon kanalını meydana getiren kümelerarası değişken ile kendisini aralarındaki doğrusal kombinasyonlar ile meydana getiren temel bileşenler arasındaki ilişkilere bakılmıştır.

Değişken kümelerindeki eleman sayısı arttıkça, sistemdeki fiziksel süreçlerle ilgisi olmayan, yalnızca gürültü niteliği taşıyan sinyallerin de bu kümelerarası değişkenlerin oluşturulmasına katkıda bulunma olasılığı artmaktadır ve ortaya doğal olmayan, olağanüstü seviyelerde

korelasyonlar çıkmaktadır. Bu nedenle, CCA'den önce, değişken kümeleri EOF analizine tabi tutulmuş ve yalnızca en çok değişkenlik açıklayan 3'er temel bileşeni CCA'ye gönderilmiştir, böylelikle CCA'da oluşturulan kümeler arası değişkenlere yalnızca her bir kümedeki değişkenliğin önemli bir kısmından sorumlu olan, dolayısıyla fiziksel süreçlerle ilgili olma olasılığı yüksek sinyallerin katkıda bulunması sağlanmıştır. CCA analizlerinde büyük ölçekli atmosfer sistemini temsilen kullanılan DSB'nin ilk 3 temel bileşeni, sistemdeki değişkenliğin önemli bir kısmını (% 59.25) taşımakta ve NAO, EAWR ve EA salınım sistemlerinin tümü, bu ilk 3 temel bileşende yansıtılmaktadır.

Önerilen yöntemin kabul edilebilir, akla yatkın sonuçlar elde edip edemediğinin anlaşılması amacıyla ilk olarak, aslında aynı sistemin bütünü ile bir parçasının arasındaki çok yüksek çıkması beklenen ilişkiyi sinamaktan ibaret olan DSB-Basınç çifti CCA ile analiz edilmiştir. Buradan çıkan sonuçların tatmin edici bulunmasının ardından, atmosfer sistemlerindeki değişkenliklerin, göllerdeki su seviyesi ve su sıcaklıklarına doğrudan etkisi olan hava sıcaklıkları üzerindeki etkilerinin analiz edilmesi amacıyla DSB-Su seviyesi ve DSB-Sıcaklık ilk 2 değişken çifti belirlenmiştir. Ancak, karmaşık süreçlerin bir sonucu olan su seviyesi ile DSB arasında doğrudan bir ilişki görülemeyebileceği, görülse bile bu ilişkiyi doğrulamaya yarayacağı düşünülerek DSB-(B-Y) değişken çifti de analiz edilmiştir. Beklenildiği gibi DSB-Su seviyesi arasında istatistiksel olarak anlamlı sonuçlar elde edilmeyip, bu ilişkinin büyük ölçekli ayağı olan DSB-(B-Y) arasındaki ilişkiler anlamlı bir şekilde ortaya çıkınca, bu ilişkinin diğer yarısı olarak da nitelenebilecek küçük ölçekli ayağı olan (B-Y)-Su seviyesi çifti de analiz edilmiştir. Aşağıda, sırasıyla bu sayılan çiftler ile yapılan CCA sonuçları değerlendirilmektedir.

*DSB – Basınç:* DSB olarak ifade edilen geniş ölçekli basınç sisteminin, kendisinin aslında küçük bir parçası olan ve Türkiye'deki yerel basınç sistemini ifade eden "basınç" ile, çok güçlü bir şekilde bağlantılı olması beklenir. Gerçekten de, bir adet çok yüksek anlamlı ( $<0.0001$ ), bir adet de anlamlı ( $<0.05$ ) korelasyon kanalından gerçekleşen güçlü bir etkileşimin varlığı Tablo 3.3'de gösterilmiştir. Bu anlamlı korelasyon kanallarının her birine katkıda bulunan bileşenlerin NAO ve EAWR ile gözlenen uygunlukları, bu salınım sistemlerinin anlamlı korelasyon kanallarının oluşmasının arkasındaki fiziksel nedenler oldukları önerilse de, bu fikirleri somutlaştmak, ancak kümelerarası değişkenlerin uzamsal yapılarının incelenmesiyle mümkün olabilirdi. Ancak daha önce belirtildiği gibi, bu da, ancak elde düzenli aralıklarla basınç ve diğer verilerin olmasıyla mümkün olabilirdi. Basınçın ilk 3 temel bileşeninin yılın her bir ayında NAO, EAWR ve EA ile ilişkilerinin gösterildiği Şekil 3.67'de, tüm salınım sistemlerinin kiş aylarında yüksek bir etkinlikle basınç üzerinde etkili olduğu görülmektedir.

*DSB - Sıcaklık:* DSB ile sıcaklığın, 2 kanaldan, sırasıyla çok yüksek anlamlı ve anlamlı düzeylerde pozitif ilişkilerinin olduğu görülmüştür (Tablo 3.4). DSB'nin 3 temel bileşeninin de korelasyon kanallarından en az birinde etkili olduğu, Sıcaklığın ise ilk temel bileşeninin, EAWR ile çok güçlü bir şekilde (korelasyon katsayıısı: -0.71, anlam:  $<0.0001$ ) ilişki içinde olduğu dikkat çekmektedir. Bu ilişki, basitçe, EAWR'in pozitif fazlarında, Kuzey'den Türkiye üzerine gelen soğuk havanın sıcaklıklarını düşürmesi gerektiğini yansımaktadır. Sıcaklığın, Aralık, Ocak, Şubat ve Nisan aylarındaki 1. Temel Bileşeninin de EAWR ile en az yüksek anlamlı düzeyde ilişkili olması, EAWR'in kiş aylarında tutarlı bir şekilde hava sıcaklıklarını, dolayısıyla da su sıcaklıklarını etkilediğini göstermektedir. Ayrıca, yine sıcaklığın kiş ayları ortalamalarının ilk temel bileşenindeki EA'nın da, aylık bazda, Kasım, Şubat ve Nisan aylarında devreye girdiği görülmektedir.

*DSB – (B-Y):* DSB'nin (B-Y)'yi tek bir anlamlı kanaldan etkilediği, (B-Y)'nin bu kanala katkıda bulunan temel bileşenlerinin ise ele alınan 3 salınım sisteminden hiç biriyle anlamlı bir ilişki içinde olmadığı gösterilmiştir. DSB'nin (B-Y) üzerinde etkin olduğu böylelikle ortaya konulduğu halde, bu anlamlı ilişki kanalının oluşmasında hangi fiziksel süreçlerin etkin olmuş olabileceğiyle ilgili bir şey söylememektedir. Bu 3 salınım sistemi ile anlamlı bir ilişki bulunmaması; (i) (B-Y)'nin, burada ele alınmayan, tamamen farklı fiziksel süreç(ler) tarafından kontrol ediliyor olması, (ii) yağış gibi değişkenliği çok olan bir parametrenin 3 aylık ortalaması alınınca taşıdığı sinyalleri kaybetmiş olması, (iii) kiş aylarında ölçüm değerleri olmadığı için, sıcaklık ve rüzgar ile çoklu regresyona tabi tutularak eksik değerleri doldurulan buharlaşma parametresinin gerceği yansıtımıyor olması gibi sebeplerden bir veya daha fazlasıyla açıklanabilir. Bunlardan ilkinin doğruluğunun veya yanlışlığının anlaşılması, daha önce dephinildiği gibi ancak CCA sonuçlarının uzamsal bileşenlerinin de incelenemiyor olmasıyla mümkün olabilirdi. Sebeplerden ikincisi, Şekil 3.73'de, (B-Y)'nin Temel Bileşenlerinin, 3 salınım sistemi ile ilişkilerinin aylık bazda incelenmesiyle destek bulmaktadır. Çünkü 1. Temel Bileşen üzerinde başta EAWR olmak üzere 3 sistemin de yılın çeşitli dönemlerinde etkili olduğu, aynı şekilde 2. Bileşen üzerinde de NAO ve EAWR'ın etkin olduğu görülmektedir. Yani, (B-Y) parametresinin ortalamalarının alınması, bazı sinyallerin kaybedilmesine neden olmuş olabilir. Olası sebeplerden sonucusu ise, (B-Y)'nın zaten DSB ile anlamlı bir korelasyon kanalı içinde olması nedeniyle, zayıf bir olasılık olarak görülmektedir.

*DSB - Su seviyesi:* Daha önce belirtildiği gibi, su seviyesi; havza karakteri, göl morfometrisi gibi parametrelerin etki ettiği karmaşık bir etkileşim sonucunda ortaya çıkan karmaşık bir tepkidir. Bu nedenle, DSB ile doğrudan bir ilişkisinin olmaması (Tablo 3.6), şaşırtıcı değildir.

*(B-Y) - Su seviyesi:* DSB'nin su seviyesi üzerine olan etkisinin, DSB'nin (B-Y) üzerine olan etkisi ve (B-Y)'nin de su seviyesi üzerine olan etkisi olmak üzere iki basamakta gerçekleştiği düşünülebilir. Daha önce DSB'nin (B-Y) üzerinde etkisi olduğu, gösterilmiş ve tartışılmıştı. (B-Y)'nin de su seviyesi üzerine olan etkisi gösterilebilirse, DSB'nin su seviyesi üzerine olan etkisi, dolaylı da olsa gösterilmiş olacaktır. Tablo 3.7'de görüldüğü gibi, (B-Y)'nin su seviyesi üzerinde, tek bir korelasyon kanalı vasıtıyla, çok yüksek anlam düzeyinde etkisi bulunmaktadır. Su seviyesi üzerinde DSB'nin herhangi bir korelasyon kanalı vasıtıyla etkin olmaması, zaten DSB ile ifade edilen büyük ölçekli atmosfer sisteminin içindeki salınım sistemlerinin, su seviyesi temel bileşenleri ile ilişkili olmayacağıının habercisi idi. Şaşırtıcı olmayan biçimde, su seviyesinin ne kiş ortalamaları, ne de aylık ortalamaları temel bileşenlerinin bu 3 salınım sistemi ile ilişkili olmadıkları görülmüştür. Buna rağmen (B-Y) ile su seviyesi arasındaki çok yüksek anlam düzeyindeki ilişki, bu iki parametre arasındaki ilişkinin, tamamen özgün fiziksel süreçler vasıtısı ile, belli bir sistem içinde, tutarlı biçimde gerçekleşmekte olduğunu göstermektedir.

#### 4.2.3 Mogan gölü ekosistemi üzerindeki iklim etkinliği

Daha önce de zaman zaman yeri geldikçe dephinildiği gibi, göl ekosistemlerindeki karmaşık etkileşimler nedeniyle, iklimsel etkilerinin anlaşılması ancak uzun dönemli, düzenli, yüksek frekanslı ve homojen (istasyon özelliklerinde, kullanılan yöntemlerde, vs. zaman içinde meydana gelen farklılıklar nedeni ile verilerin doğal olmayan değişkenlikler içermediği) veri setleri ile mümkün olabilmektedir. Hatta, gölün yapısına bağlı olarak, veri setlerinin göldeki besin ağının karmaşaklılığı ile orantılı sayıda değişken içmesi ve gölün heterojen yapısını kabul edilebilir şekilde temsil etmesi gibi şartların da eklenmesi gereklili hale gelebilir. Çalışma

kapsamında, herhangi bir gölde bu şartları tam olarak yerine getirebilen bir veri seti bulunamamıştır. Ancak yine de, iklimsel değişimlerin göl-içi mekanizmalara olan etkilerinin saptanması ile ilgili yapılabilecek analizlere yöntemsel bir örnek sunmak amacı ile, eldeki veri seti yetersiz de olsa Mogan Gölü ekosistemi üzerindeki iklim etkinliğiyle ilgili bazı çalışmalar yapılmıştır (Bkz. Bölüm 3.6).

Önceki bölümlerde çok değişkenli yöntemlerle gösterilen büyük ölçekli atmosfer sisteminin, seçilen 12 göl üzerindeki hidro-meteorolojik koşullara olan etkisi, Mogan gölү için de NAO ve EAWR salınım sistemleri özellinde doğrulanmıştır. Veri setinin ifade ettiği etkileşimler ile ilgili bazı ön fikirlere ulaşmak amacı ile çok değişkenli yöntemler kullanılmıştır. Faktör Analizi (FA) yöntemi ile veri setine yansyan ortak değişkenliğin kaynakları grplara ayrılmış, daha sonra da her bir gruptaki farklı değişkenlik kaynaklarının ortaya çıkarılması amacı ile her bir grup, Temel Bileşen Analizine tabi tutulmuştur. Son olarak da, her bir gruptaki bu farklı değişkenlik kaynaklarının, göldeki fiziksel süreçlerle (sıcaklık ve tuzluluk) olan ilişkilerini ortaya çıkarmak amacı ile korelasyonlarına bakılmıştır. FA, Mogan Gölündeki ortak değişkenliğin kaynaklarını, fitoplankton, zooplankton ve ekosistem dinamiklerinde önemli bir yer tutmayan copepotite'ler olmak üzere son derece anlaşıtlabilen biçimde üç fonksiyonel gruba ayırmıştır. Sıcaklığın, fitoplankton grubunun hem 1. hem 2. temel bileşeni ile mevsimselliğe bağlı güçlü bir ilişki içinde bulunduğu, artış eğilimindeki elektriksel iletkenlik ile de fitoplankton grubunun yine artış eğimlinin yansığı ilk 2 bileşeni ile, zooplanktonun ise azalış eğiliminin yansığı 2. bileşeni ile çok güçlü ilişkiler içinde bulundukları gösterilmiştir (Şekil 3.85 – 3.88). Bunlar, sistemle ilgili aydınlatıcı olduğu gibi, arkalarındaki mekanizmaların açığa çıkartıldığı oranda değer kazanacak saptamlardır. Mogan Gölü üzerindeki iklimsel etkilerin anlaşılmaya çalışıldığı bölümün geri kalanında, literatür bilgisi dahilinde bu ilişkilerin ortaya çıkmasında rol oynamış olabileceği veya iklimsel etkileşim ağında özgün nedenleri-sonuçları olabileceği düşünülen değişken çstlerinin ilişkileri araştırılmıştır.

İklimsel koşulların, öncelikle göldeki besin tuzu konsantrasyonları etkileyerek, iklim sinyallerinin besin zinciri boyunca üst basamaklarına doğru tırmanması, iklimin ekosistem üzerindeki aşağıdan-yukarı kontrolünü ifade eder. Böyle bir etkinin Mogan gölünde saptanması amacı ile hava sıcaklığı, yağış, rüzgar gibi parametrelerin nitrat ve fosfat ile ilişkilerinin araştırıldığı çizimlerde, (Şekil 3.89-3.93) bazı dikkat çekici noktalar olmakla beraber, bu etkiler güçlü bir şekilde doğrulanamamıştır. Bunun olası sebepleri arasında, (i) Mogan Gölündeki besin tuzlarının daha güçlü iklim dışı süreçlerden etkileniyor olması, (ii) her yıl farklı sayıda ve farklı zaman dilimlerinde yapılmış olan ölçümlerin, farklı göl içi dinamikleri (fitoplankton bahar patlamasından önce - sonra) yansıtıyor olması, (iii) kapsanan zaman diliminin, normal koşulların ve aşırı değişimlerin (NAO'nun 90'lardaki aşırı fazları (Bkz. Şekil 1.2) bir arada görülmemesine olanak tanımaması gibi etkenler sayılabilir. Bunların değerlendirilebilmesi için, birinci durumda veri setinde daha fazla parametreye, ikinci durumda düzenli ve planlı aralıklarla gerçekleştirilen bir izleme-ölçüm programı ile oluşturulmuş bir veri setine, üçüncü durumda ise uzun dönemli bir veri setine ihtiyaç duyulmaktadır.

İklimsel sinyallerin göllerdeki fiziksel bir ara katman (su sıcaklığı, tuzluluk) aracılığıyla fitoplankton, zooplankton, balık gibi canlılar üzerindeki etkisinin besin zincirinin diğer halkaları içindeki yayılımı, iklimin yukarıdan-aşağı kontrolünü ifade eder. Çok değişkenli analizlerde zooplankton grubunun azalma eğilimi içinde olan temel bileşenlerinin, zooplankton türlerindeki genel bir azalmanın dışında, türlerin tuzluluğa karşı toleranslarının

farklı olması nedeniyle zooplankton topluluk kompozisyonunda oluşabilecek farklılaşmalara da işaret ediyor olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca, elde balık verisi bulunmadığından, iklimin balık üzerinde yarattığı etkilerin dolaylı olarak zooplankton tür kompozisyonundaki değişimlerde de kendini ortaya çıkarabileceği düşünülmektedir. Bütün bu etkilerin ortaya konulması amacıyla, *Daphnia* : Toplam Kladoser ve Kladoser : Kopepod gibi oranların yıllar arası değişimlerinin, bunlar üzerinde doğrudan veya dolaylı etkileri olabileceği düşünülen parametreler ile aralarındaki ilişkiler incelenmiştir.

Tuzluluğun göstergesi olan elektriksel iletkenliğin ve Kladoser : Kopepod ve *Daphnia* : Toplam Kladoser oranları üzerinde beklendiği gibi ters bir etkisi olduğu görülmemiştir. Ölçülen elektriksel iletkenlik değerlerinin, tuzluluğu yansıtılabilme başarısında çeşitli nedenlerle (aletsel hatalar, farklı kaynaklardan etkilenmiş olabilecek anyon-katyon dengesi, vs) ortaya çıkmış olabilecek yetersizlikler göz önünde bulundurularak, tuzluluk üzerindeki atmosfer koşullarının etkisini ifade eden (B-Y)'nin de bu oranlar ile ilişkileri sınanmıştır. (B-Y)'nin Kladoser : Kopepod oranı ile pozitif, *Daphnia*:Toplam Kladoser oranı ile negatif ilişkiler içinde olduğu önerilse de, bu fikirlerin, elde verisi olmayan balık baskısı, bitki yoğunluğu ve rotiferlerin sistemdeki rekabet gücü gibi unsurlar değerlendirilmeden katı bir şekilde ortaya konamayacağı düşünülmektedir.

Partenogenetik olarak çoğalan ve yaşam döngüleri basit olan Kladoser gibi türlerin, sıcaklık, tuzluluk gibi fiziksel koşullarda meydan gelen değişimlere, Kopepod gibi türlerde oranla daha çabuk ve dolaysız tepkiler vermeleri beklenir. Kladoser : Kopepod oranını ile hava sıcaklığı arasında kısmi bir tutarlılık görülmekle birlikte, böyle bir etkinin yine ancak düzenli ve yoğun zaman basamaklarında oluşan bir veri seti ile güçlü bir şekilde ortaya konabileceği düşünülmektedir. İklimsel şartların etkisiyle değişimlere balık baskısının zooplankton topluluk kompozisyonu üzerindeki sonuçları, tutarlı ilişkilerle ortaya çıkmamaktadır.

Sıcaklığın, sıcaklıktan olumlu olarak etkilenen büyümeye hizına bağlı olarak birincil üretim üzerinde, yine kesin yorumlar yapmayı engelleyen tutarsızlıklara rağmen etkilerinin olduğu gösterilmiştir. Benzer şekilde, sıcak geçen kiş aylarında az da olsa devam eden birincil üretimin, besin tuzları konsantrasyonunun azalmasına neden olarak, bahar dönemindeki birincil üretimi azalttığını destekleyen ilişkiler de bulunmuştur. NAO ve EAWR salının sistemlerinin, tüm bu karmaşık etkileşimlerle sönükleşebilecek veya güçlenebilecek etkilerinin gözden kaçırılmaması amacıyla çizilen Klorofil-a ve Kladoser : Kopepod oranları ile yapılan çizimlerindeki uygunluklar ve zıtlıklar dikkat çekmektedir.

Bu çalışmalar, Mogan Gölü ekosisteminin, iklimsel elemanlardaki değişikliklere ilişkin bazı fikirler sunmuş olsa da yukarıda da değindiği gibi, ancak daha fazla parametreyi barındıran, yüksek frekanslı ve uzun dönemli veri setleriyle yapılacak çalışmalar ile daha sağlıklı bir şekilde ortaya konulabilirler.

#### 4.3 SONUÇLAR

Bu çalışma kapsamında, toplam 12 gölün meteorolojik, hidrolojik ve fiziksel-kimyasal veri setleri derlenerek bir araya getirilmiştir. Proje kapsamında kurumlardan edinilen veriler, sistemli bir şekilde bilgisayar ortamında klasörler halinde düzenlenerek, hem kurumlardan edinildikleri ham halleriyle hem de bazı hataları giderilmiş ve bitirilmiş halleriyle CD ortamında raporla birlikte teslim edilmektedir.

Bölgemizin etki alanları içinde kaldığı salınım sistemlerini (NAO, EAWR, EA) kapsayan bir alandaki (20N-70N - 50W-70E) DSB (Deniz Seviyesi Basıncı) sahasının EOF analizi yapılarak atmosfer sistemindeki değişkenliğin büyük bölümünün (% 70), NAO, EAWR ve EA salınımılarını yansittığı gösterilmiştir. Gölleler üzerindeki hidro-meteorolojik koşulların hem birbirleri arasında, hem de NAO ve EAWR salınım sistemleri ile anlamlı mekanizmalar çerçevesindeki ilişkileri, hem görsel hem de istatistiksel olarak sınanmıştır. Büyük ölçekli atmosfer sisteminin, hava sıcaklıklarını doğrudan, su seviyelerini B-Y (Buharlaşma-Yağış) üzerinden dolaylı olmak üzere, kuvvetli bir şekilde etkilediği gösterilmiştir.

İklimin göl ekosistemleri üzerindeki etkilerinin anlaşılması ile ilgili Mogan Gölü özelinde yaklaşımsal ve yöntemsel örnekler sunulmuştur. Çok değişkenli analizlerde, fitoplankton ve zooplankton gruplarının, ortak değişkenliğin iki önemli fonksiyonel grubu olduğu anlaşılmıştır. Bu gruplar ile sıcaklığın genelde mevsimselliğe bağlı, tuzluluğun ise azalış-artış eğilimlerine bağlı ilişkiler içinde oldukları görülmüştür. Değişken çiftleri ile yapılan analizlerde ise iklimin, sıcaklık ve tuzluluk gibi fiziksel-kimyasal koşullar üzerinden canlı hayatına olan etkilerinin, dikkat çekici unsurlar barındırdığı, besin tuzları üzerindeki etkilerinin ise güçlü bir şekilde öne çıkmadığı gösterilmiştir. Her durumda, etkileşimlerin güçlü veya gücsüzlüğünün doğrulanması, daha yeterli veri setleri üzerindeki daha fazla araştırmaya mümkün görünümmektedir.

Matematiksel modeller, göllerdeki birçok değişken ve bunların etkileşimlerinin oluşturduğu sistemlerde rol oynayan önemli mekanizmaların ortaya çıkarılması ve bu sistemlerin gelecekteki farklı senaryolar (değişen çevre koşulları, afetler, vs.) çerçevesinde davranışlarını tahmin etme konularında yararlılık göstermektedir. Proje önerisinde Türkiye'deki göller üzerindeki iklim etkilerinin, kurulacak matematiksel modeller yardımıyla aydınlatılması hedeflerden biri olarak ortaya konmuştur. Ancak, bu hedefin gerçekçi olmadığı proje çalışmalarının başlamasından sonra ortaya çıkmıştır. Ülkemizdeki göller üzerine yapılan araştırma ve ölçümler üzerine yapılan envanter çalışmaları bu konudaki fakirliğimizi yansitan gerçeği açıkça ortaya koymuştur. Maalesef, herhangi bir göl için yeterince zamansal süreklilikte ve biyolojik çeşitlilikte uzun ölçekli bir veri seti bulunmadığı görülmüştür. Eymir ve Mogan Gölleri için gerekeli bir veri seti bulunmasına rağmen, bunlar zamansal olarak düzenli aralıklara, yeterli zamansal çözünürlüğe, ve tüm besin ağını kapsaması gereken değişkenlere (örnek: fitoplankton, zooplankton, balık yoğunluğu, ışık koşulları, vs.) sahip değildir. Bu nedenle bu proje kapsamında matematiksel modeller yardımcı ile hipotez destekleme, model gerçekliliğini saptama gibi çalışmalar gerçekleştirilemiştir. Ancak, oluşturulan veri tabanının ülkemizdeki göller üzerinde çalışan araştırmacılar tarafından zaman içinde desteklenerek zenginleştirilmesi, iklim-göl ekosistem ilişkileri üzerinde ileride yapılabilecek model çalışmaları için, geç bile kalınmış olsa, bir olağan yaratması temenni edilmektedir.

#### 4.4 ÖNERİLER

Bu çalışmada, göller bazında uzun dönemli veri setlerinin eksikliği çok güçlü bir şekilde hissedilmiştir. Bu eksikliklerin giderilmesinin ancak, konunun önemini vurgulayacak ve yöntemsel örnekler sunacak çalışmalarla ve sistemli izleme, veri toplama ve veri depolama programlarını devreye sokacak büyük ölçekli çalışmalarla giderilebileceği düşünülmektedir. Daha uzun vadede de, yöntemsel ve ilkesel prosedürlerin somutlaştırıldığı ölçüde, bu izleme veri toplama ve depolama işlerinin kamu kurum ve kuruluşlarının sahiplenilerek sürekli hale getirilmesinin gerekmektedir. Türkiye'deki kurumların sahip oldukları verilerin akademik

kullanıma açılmasına bile uzak durmaları, üzerinde durulması ve tartışmaya açılması gereken bir durumdur. Çeşitli kurum ve kuruluşlarca toplanan verilerin verimli biçimde kullanılamaması, acilen çözülmesi gereken bir problemdir. Bu problemin çözülebilmesinin, ancak genel müdürlükler, hatta bakanlıklar seviyesinde varılacak mutabakatlarla mümkün olabileceği düşünülmektedir. Üniversitelerin teknik ve ilkesel taslaklar oluşturarak bu problemin çözümünde rol oynayabilecekleri düşünülmektedir.

Ülkemizdeki meteorolojik elemanlarda gözlenen salınımlar, aradaki mesafelere rağmen farklı coğrafi lokasyonlarda büyük uygunluklar göstermekle beraber, sıcaklık ve yağış gibi parametrelerin nicelik olarak özellikle Kuzey-Güney doğrultusunda etkin biçimde değiştiği bir coğrafi kuşakta bulunmaktadır. İliman ve yarı-tropik iklimlerde, göllerin özellikle ilişkilerin karmaşık olduğu kıyı bölgelerindeki biyolojik etkileşimlerin büyük farklılıklar içerebildikleri bilinmektedir. Bu nedenle, bu Kuzey-Güney gradyanını kapsayan çalışmaların, iklim değişimlerinin uzun vadeli sonuçları hakkında fikir verici olabileceği düşünülmektedir.

Meteorolojik parametrelerle göl seviyesi arasında istatistiksel olarak anlamlı bağlantılar bulunmuş olmasına rağmen, bu bağlantıların daha güçlü bir şekilde ortaya çıkışının önünde aşılabılır engeller olduğu düşünülmektedir. Çalışma kapsamında ele alınan 12 göl, havza karakterleri bakımından önemli farklılıklar göstermektedirler. Bunlara örnek olarak rakımın düşük olduğu ova göllerinden İznik, Uluabat, Manyas gölleri, rakımın yüksek olduğu Anadolu platosunda bulunan Burdur, Beyşehir, Van gölleri gösterilebilir. Havza karakterleri ise, su seviyelerinin, meteorolojik koşullara vereceği tepkilerin zamanlamasını büyük ölçüde değiştirebilir. Bu çalışmada, zaten az sayıda olan göllerin farklı gruplar halinde incelenerek sayılarının iyice azaltılması yoluna gidilmemiştir. Ancak, daha çok sayıda göl ile yapılabilecek çalışmalarda havza karakterlerinin de meteorolojik koşullar ile göl seviyeleri arasındaki ilişkiye katkısı göz önünde bulundurularak, deniz seviyesi basıncı veya çeşitli indeksler ile göl su seviyeleri arasındaki ilişki daha güçlü bir şekilde ortaya çıkarılabileceği düşünülmektedir.

Ekosistemlerin işleyişlerinin kavranması üzerine gerçekleştirilen çalışmaları üç aşamalı olarak düşünmek mümkündür. Birinci aşama bulguların bir veri-tabanı içinde derlenmesi, kalite kontrollarının yapılarak zamansal ve mekansal çözünürlüklerinin ortaya konması, görsel analizlerin gerçekleştirilmesidir. Şimdiye kadar bu tür bir çalışma yapılmaması nedeniyle proje kapsamında gerçekleştirilen çalışmalar ileride çeşitli gruplar tarafından yapılabilecek çalışmalar için bir referans ve alt-yapı oluşturacaktır. İkinci aşama işlenmiş verilerin bazı istatistiksel modeller kullanarak açıklanmaya çalışılması ve ekosistem değişkenleri ile sistemleri kontrol eden değişkenler arasındaki ilişkilerin ortaya konmasıdır. Üçüncü aşamada ise bu ilişkilerin matematiksel modeller kullanarak sorgulanması detaylarının açıklanmasıdır. Gerek verilerdeki sınırlamalar, gerekse verileri toparlanma sürecindeki sıkıntılar birinci ve ikinci aşamaların düşünüldenden daha fazla zaman almasına yol açmış ve üçüncü aşamaya ilişkin çalışmalara proje kapsamında yer verilememiştir. Konunun matematiksel modeller yardımıyla ele alınabilmesi, görünürde hali hazırda yeterli veri bulunmadığı için, ancak istenilen detayda ve çözünürlükte uzun-öçekli veri setlerinin üretilmesini de kapsayan projelerin hayatı geçirilmesiyle mümkün görülmektedir.

Önümüzdeki yıllarda bölgemiz için öngörülen ısınma ve kuraklık, IPCC'nin 4. değerlendirme raporunda dile getirildiği kadarıyla, bölgemizdeki su kaynakları üzerinde çok ciddi sonuçlar doğurabilir. Bu etkilerle yüzleşmeden önce, konunun bilimsel olarak iyice irdelenip önlemlerin alınması, bölgemin refahı açısından büyük önem taşımaktadır. Meteorolojik

koşulların uzun dönemli eğilimleri ile ilgili olan bu olgu, her ne kadar düşük frekanslı iklim salınımlarının ele alındığı bu çalışmanın dışında kalsa da, konunun önemi ve şu ana kadar konu ile ilgili yapılan çalışmaların azlığı, yapılabilecek çalışmalarla ilgili fikir belirtmeyi gerekli hale getirmektedir. Öncelikle, bölgesel küçük ölçekli modeller yardımıyla, farklı salınım senaryoları ile elde edilmiş olan büyük ölçekli model sonuçlarının çözünürlüğü bögümüz için artırılmalıdır. Bu çıktılar ile kritik bölgeler öncelikli olmak üzere havza modelleri kurulup çalıştırılmalı, bunların çıktıları ile de bölgeler bazında kapsamlı yönetim planları oluşturulmalıdır. Su kaynakları niceliğinin üzerindeki baskının değerlendirilmesinin yanında, ısınma ve kuraklaşmanın, su kaynakları niteliğinin üzerindeki etkileri de göz önünde bulundurulmalıdır. Yukarıda değinilen matematiksel modellerin gelecekte değişecik iklim koşullarının etkilerinin anlaşılması konusunda kullanılması da mümkündür.

## KAYNAKLAR

1. Aladin, N. V., Salinity Tolerance and Morphology of the Osmoregulation Organs in Cladocera with Special Reference to Cladocera from the Aral Sea, *Hydrobiologia*, 225, 291 (1991).
2. Altunkaynak, A., Ozger, M., and Sen, Z., Triple diagram model of level fluctuations in Lake Van, Turkey, *Hydrology and Earth System Sciences*, 7, 235 (2003).
3. Baines, S. B., Webster, K. E., Kratz, T. K., Carpenter, S. R., and Magnuson, J. J., Synchronous behavior of temperature, calcium, and chlorophyll in lakes of northern Wisconsin, *Ecology*, 81, 815 (2000).
4. Barnett, T. P., and Preisendorfer, R., Origins and Levels of Monthly and Seasonal Forecast Skill for United-States Surface Air Temperatures Determined by Canonical Correlation-Analysis, *Monthly Weather Review*, 115, 1825 (1987).
5. Barnston, A. G., and Livezey, R. E., Classification, Seasonality and Persistence of Low-Frequency Atmospheric Circulation Patterns, *Monthly Weather Review*, 115, 1083 (1987).
6. Batur S., Van Gölünün Su Bütçesi ve Havza İklimi. MSc. Thesis – İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, (2006).
7. Beaugrand, G., Reid, P. C., Ibanez, F., Lindley, J. A., and Edwards, M., Reorganization of North Atlantic marine copepod biodiversity and climate, *Science*, 296, 1692 (2002).
8. Beklioglu, M. & C. O. Tan. 2007. Drought complicated restoration of a Mediterranean shallow lake by biomanipulation. Archive für Hydrobiologie, basimda
9. Beklioglu, M., Altinayar, G., and Tan, C. O., Water level control over submerged macrophyte development in five shallow lakes of Mediterranean Turkey, *Archiv Fur Hydrobiologie*, 166, 535 (2006).
10. Beklioglu, M., Ince, O., and Tuzun, I., Restoration of the eutrophic Lake Eymir, Turkey, by biomanipulation after a major external nutrient control I, *Hydrobiologia*, 490, 93 (2003).
11. Ben-Gai, T., Bitan, A., Manes, A., Alpert, P., and Kushnir, Y., Temperature and surface pressure anomalies in Israel and the North Atlantic Oscillation, *Theoretical and Applied Climatology*, 69, 171 (2001).
12. Blenckner, T., A conceptual model of climate-related effects on lake ecosystems, *Hydrobiologia*, 533, 1 (2005).
13. Blenckner, T., and Chen, D. L., Comparison of the impact of regional and North Atlantic atmospheric circulation on an aquatic ecosystem, *Climate Research*, 23, 131 (2003).
14. Bretherton, C. S., Smith, C., and Wallace, J. M., An Intercomparison of Methods for Finding Coupled Patterns in Climate Data, *Journal of Climate*, 5, 541 (1992).
15. Bridgman, H.A., Oliver, J.E., The Global Climate System – Patterns, Processes, and Teleconnections. Cambridge University Press, New York, (2006).
16. Cararmelo, L., and Orgaz, M. D. M., A study of precipitation variability in the Duero Basin (Iberian Peninsula), *International Journal of Climatology*, 27, 327 (2007).
17. Carrick, H. J., Aldridge, F. J., and Schelske, C. L., Wind Influences Phytoplankton Biomass and Composition in a Shallow, Productive Lake, *Limnology and Oceanography*, 38, 1179 (1993).
18. Cengiz T.M. Türkiye Göl Seviyelerinin Hidroklimatolojik Analizi, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, (2005).

19. Chapra, S.C., Canale, R.P., Numerical Methods for Engineers: With Programming and Software Applications, 3<sup>rd</sup> Edition. McGraw-Hill, New York, (1997)
20. Chow-Fraser, P., Ecosystem response to changes in water level of Lake Ontario marshes: lessons from the restoration of Cootes Paradise Marsh, *Hydrobiologia*, 539, 189 (2005).
21. Conrad, K. F., Woiwod, I. P., and Perry, J. N., East Atlantic teleconnection pattern and the decline of a common arctiid moth, *Global Change Biology*, 9, 125 (2003).
22. Conte, M., Giuffrida, A., and Tedesco, S., The Mediterranean Oscillation. Impact on precipitation and hydrology in Italy Climate Water. *Publications of the Academy of Finland*, Helsinki, (1989).
23. Coops, H., Beklioglu, M., and Crisman, T. L., The role of water-level fluctuations in shallow lake ecosystems - workshop conclusions, *Hydrobiologia*, 506, 23 (2003).
24. Costello, A.B., Osborne, J.W. Best Practices in Exploratory Factor Analysis: Four Recommendations for Getting the Most From Your Analysis, *Practical Assessment, Research & Evaluation* 10(7): 1-9., (2005).
25. Coulibaly, P., Anctil, F., Rasmussen, P., and Bobee, B., A recurrent neural networks approach using indices of low-frequency climatic variability to forecast regional annual runoff, *Hydrological Processes*, 14, 2755 (2000).
26. Cullen, H. M., and deMenocal, P. B., North Atlantic influence on Tigris-Euphrates streamflow, *International Journal of Climatology*, 20, 853 (2000).
27. Cullen, H. M., Kaplan, A., Arkin, P. A., and Demenocal, P. B., Impact of the North Atlantic Oscillation on Middle Eastern climate and streamflow, *Climatic Change*, 55, 315 (2002).
28. De Wever, A., Muylaert, K., Van der Gucht, K., Pirlot, S., Cocquyt, C., Descy, J. P., Plisnier, P. D., and Vyverman, W., Bacterial community composition in Lake Tanganyika: Vertical and horizontal heterogeneity, *Applied and Environmental Microbiology*, 71, 5029 (2005).
29. Degroot, W. T., Phosphate and Wind in a Shallow Lake, *Archiv Fur Hydrobiologie*, 91, 475 (1981).
30. Dippner, J. W., and Ottersen, G., Cod and climate variability in the Barents Sea, *Climate Research*, 17, 73 (2001).
31. Durant, J.M., Stenseth, N.C., Anker-Nielsseni T., Harris, M.P., Thompson, P.M., Wanless, S., Marine birds and climate fluctuation in the North Atlantic . In *Marine Ecosystems and Climate Variation* (eds. N.C.Stenseth, G. Ottersen, J. W. Hurrell, A. Belgrano), pp 153-157, Oxford University Press, New York, (2004).
32. George, D. G., Jarvinen, M., and Arvola, L., The influence of the North Atlantic Oscillation on the winter characteristics of Windermere (UK) and Paajarvi (Finland), *Boreal Environment Research*, 9, 389 (2004).
33. George, D. G., Maberly, S. C., and Hewitt, D. P., The influence of the North Atlantic Oscillation on the physical, chemical and biological characteristics of four lakes in the English Lake District, *Freshwater Biology*, 49, 760 (2004).
34. George, D. G., Talling, J. F., and Rigg, E., Factors influencing the temporal coherence of five lakes in the English Lake District, *Freshwater Biology*, 43, 449 (2000).
35. George, D. G., The impact of regional-scale changes in the weather on the long-term dynamics of Eudiaptomus and Daphnia in Esthwaite Water, Cumbria, *Freshwater Biology*, 45, 111 (2000).
36. Gerten, D., and Adrian, R., Climate-driven changes in spring plankton dynamics and the sensitivity of shallow polymictic lakes to the North Atlantic Oscillation,

- Limnology and Oceanography*, 45, 1058 (2000).
37. Gerten, D., and Adrian, R., Differences in the persistency of the North Atlantic Oscillation signal among lakes, *Limnology and Oceanography*, 46, 448 (2001).
  38. Gorniak, A., and Piekarski, K., Seasonal and multiannual changes of water levels in lakes of northeastern Poland, *Polish Journal of Environmental Studies*, 11, 349 (2002).
  39. Greenbank, J., Limnological Conditions in Ice-Covered Lakes, Especially as Related to Winter-Kill of Fish, *Ecological Monographs*, 15, 343 (1945).
  40. Gunduz, M., and Ozsoy, E., Effects of the North Sea Caspian pattern on surface fluxes of Euro-Asian-Mediterranean seas, *Geophysical Research Letters*, 32, 4 (2005).
  41. Hakanson, L., Parparov, A., and Hambright, K. D., Modelling the impact of water level fluctuations on water quality (suspended particulate matter) in Lake Kinneret, Israel, *Ecological Modelling*, 128, 101 (2000).
  42. Hamilton, D. P., and Mitchell, S. F., An empirical model for sediment resuspension in shallow lakes, *Hydrobiologia*, 317, 209 (1996).
  43. Hamilton, D. P., and Mitchell, S. F., Wave-induced shear stresses, plant nutrients and chlorophyll in seven shallow lakes, *Freshwater Biology*, 38, 159 (1997).
  44. Hasanean, H. M., Wintertime surface temperature in Egypt in relation to the associated atmospheric circulation, *International Journal of Climatology*, 24, 985 (2004).
  45. Hurrel, J.W., Kushnir, Y., Ottersen, G., Visbeck, G., An Overview of the North Atlantic Oscillation. In *the North Atlantic Oscillation: climatic significance and environmental impact* (eds. J. Hurrell, Y. Kushnir, G. Ottersen, and M. Visbeck), pp. 263-279. American Geophysical Union, (2003).
  46. Hurrell, J. W., and VanLoon, H., Decadal variations in climate associated with the north Atlantic oscillation, *Climatic Change*, 36, 301 (1997).
  47. Hurrell, J. W., Decadal Trends in the North-Atlantic Oscillation - Regional Temperatures and Precipitation, *Science*, 269, 676 (1995).
  48. Jeppesen, E., Jensen, J. P., Sondergaard, M., Lauridsen, T., and Landkildehus, F., Trophic structure, species richness and biodiversity in Danish lakes: changes along a phosphorus gradient, *Freshwater Biology*, 45, 201 (2000).
  49. Jeppesen, E., Jensen, J. P., Sondergaard, M., Lauridsen, T., Pedersen, L. J., and Jensen, L., Top-down control in freshwater lakes: The role of nutrient state, submerged macrophytes and water depth, *Hydrobiologia*, 342, 151 (1997).
  50. Jeppesen, E., Meerhoff, M., Jacobsen, B. A., Hansen, R. S., Sondergaard, M., Jensen, J. P., Lauridsen, T. L., Mazzeo, N., and Branco, C. W. C., Restoration of shallow lakes by nutrient control and biomanipulation-the successful strategy varies with lake size and climate, *Hydrobiologia*, 581, 269 (2007).
  51. Jeppesen, E., Sondergaard, M., and Jensen, J. P., Climatic warming and regime shifts in lake food webs - some comments, *Limnology and Oceanography*, 48, 1346 (2003).
  52. Jeppesen, E., Sondergaard, M., Jensen, J. P., Mortensen, E., Hansen, A. M., and Jorgensen, T., Cascading trophic interactions from fish to bacteria and nutrients after reduced sewage loading: An 18-year study of a shallow hypertrophic lake, *Ecosystems*, 1, 250 (1998).
  53. Jeppesen, E., Sondergaard, M., Pedersen, A. R., Jurgens, K., Strzelczak, A., Lauridsen, T. L., and Johansson, L. S., Salinity induced regime shift in shallow brackish lagoons, *Ecosystems*, 10, 47 (2007).
  54. Jones, P. D., Jonsson, T., and Wheeler, D., Extension to the North Atlantic

- Oscillation using early instrumental pressure observations from Gibraltar and southwest Iceland, *International Journal of Climatology*, 17, 1433 (1997).
55. Kadioglu, M., Sen, Z., and Batur, E., The greatest soda-water lake in the world and how it is influenced by climatic change, *Annales Geophysicae-Atmospheres Hydrospheres and Space Sciences*, 15, 1489 (1997).
56. Kahya, E., and Dracup, J. A., United-States Streamflow Patterns in Relation to the El-Nino Southern Oscillation, *Water Resources Research*, 29, 2491 (1993).
57. Kahya, E., and Karabork, M. C., The analysis of El Nino and La Nina signals in streamflows of Turkey, *International Journal of Climatology*, 21, 1231 (2001).
58. Kalayci, S., and Kahya, E., Assessment of streamflow variability modes in Turkey: 1964-1994, *Journal of Hydrology*, 324, 163 (2006).
59. Karabork, M. C., Kahya, E., and Karaca, M., The influences of the Southern and North Atlantic Oscillations on climatic surface variables in Turkey, *Hydrological Processes*, 19, 1185 (2005).
60. Krichak, S. O., and Alpert, P., Decadal trends in the east Atlantic-west Russia pattern and Mediterranean precipitation, *International Journal of Climatology*, 25, 183 (2005).
61. Krichak, S. O., and Alpert, P., Signatures of the NAO in the atmospheric circulation during wet winter months over the Mediterranean region, *Theoretical and Applied Climatology*, 82, 27 (2005).
62. Krichak, S. O., Kishcha, P., and Alpert, P., Decadal trends of main Eurasian oscillations and the Eastern Mediterranean precipitation, *Theoretical and Applied Climatology*, 72, 209 (2002).
63. Kristensen, P., Sondergaard, M., and Jeppesen, E., Resuspension in a Shallow Eutrophic Lake, *Hydrobiologia*, 228, 101 (1992).
64. Kutiel, H., and Benaroch, Y., North Sea-Caspian Pattern (NCP) - an upper level atmospheric teleconnection affecting the Eastern Mediterranean: Identification and definition, *Theoretical and Applied Climatology*, 71, 17 (2002).
65. Kutiel, H., and Turkes, M., New evidence for the role of the North Sea - Caspian Pattern on the temperature and precipitation regimes in continental Central Turkey, *Geografiska Annaler Series a-Physical Geography*, 87A, 501 (2005).
66. Kutiel, H., Maher, P., Turkes, M., and Paz, S., North Sea Caspian Pattern (NCP) - an upper level atmospheric teleconnection affecting the eastern Mediterranean - implications on the regional climate, *Theoretical and Applied Climatology*, 72, 173 (2002).
67. Le Treut, H., R. Somerville, U. Cubasch, Y. Ding, C. Mauritzen, A. Mokssit, T. Peterson and M. Prather: Historical Overview of Climate Change. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, New York, (2007).
68. Li, Z.T. and Kafatos, M., Interannual variability of vegetation in the United States and its relation to El Nino/Southern Oscillation, *Remote Sensing of Environment* 71(3): 239-247, (2000).
69. Liikanen, A., Murtoniemi, T., Tanskanen, H., Vaisanen, T., and Martikainen, P. J., Effects of temperature and oxygen availability on greenhouse gas and nutrient dynamics in sediment of a eutrophic mid-boreal lake, *Biogeochemistry*, 59, 269 (2002).
70. Livingstone, D. M., and Dokulil, M. T., Eighty years of spatially coherent Austrian

- lake surface temperatures and their relationship to regional air temperature and the North Atlantic Oscillation, *Limnology and Oceanography*, 46, 1220 (2001).
71. Livingstone, D. M., Ice break-up on southern Lake Baikal and its relationship to local and regional air temperatures in Siberia and to the North Atlantic Oscillation, *Limnology and Oceanography*, 44, 1486 (1999).
72. Madsen, J. D., Chambers, P. A., James, W. F., Koch, E. W., and Westlake, D. F., The interaction between water movement, sediment dynamics and submersed macrophytes, *Hydrobiologia*, 444, 71 (2001).
73. Magnuson, J. J., Kratz, T. K., Benson, B. J., Eds., *Long-Term Dynamics of Lakes in the Landscape* Oxford Univ. Press, Oxford, (2005).
74. Magnuson, J. J., Robertson, D. M., Benson, B. J., Wynne, R. H., Livingstone, D. M., Arai, T., Assel, R. A., Barry, R. G., Card, V., Kuusisto, E., Granin, N. G., Prowse, T. D., Stewart, K. M., and Vuglinski, V. S., Historical trends in lake and river ice cover in the Northern Hemisphere, *Science*, 289, 1743 (2000).
75. Magnuson, J. J., Webster, K. E., Assel, R. A., Bowser, C. J., Dillon, P. J., Eaton, J. G., Evans, H. E., Fee, E. J., Hall, R. I., Mortsch, L. R., Schindler, D. W., and Quinn, F. H., Potential effects of climate changes on aquatic systems: Laurentian Great Lakes and Precambrian Shield Region, *Hydrological Processes*, 11, 825 (1997).
76. Marengo, J. A., Variations and Change in South-American Streamflow, *Climatic Change*, 31, 99 (1995).
77. May, R. M., Thresholds and Breakpoints in Ecosystems with a Multiplicity of Stable States, *Nature*, 269, 471 (1977).
78. Mc Garigal, K., Cushman, S., Stafford, S., Multivariate Statistics for Wildlife And Ecology Research. Springer-Verlag, New York, (2000).
79. Meerhoff, M., Fosalba, C., Bruzzone, C., Mazzeo, N., Noordoven, W., and Jeppesen, E., An experimental study of habitat choice by Daphnia: plants signal danger more than refuge in subtropical lakes, *Freshwater Biology*, 51, 1320 (2006).
80. Meerhoff, M., Iglesias, C., De Mello, F. T., Clemente, J. M., Jensen, E., Lauridsen, T. L., and Jeppesen, E., Effects of habitat complexity on community structure and predator avoidance behaviour of littoral zooplankton in temperate versus subtropical shallow lakes, *Freshwater Biology*, 52, 1009 (2007).
81. Meijer, M. L., de Boois, I., Scheffer, M., Portielje, R., and Hosper, H., Biomanipulation in shallow lakes in The Netherlands: an evaluation of 18 case studies, *Hydrobiologia*, 409, 13 (1999).
82. Mignot, J., and Frankignoul, C., Interannual to interdecadal variability of sea surface salinity in the Atlantic and its link to the atmosphere in a coupled model, *Journal of Geophysical Research-Oceans*, 109, 14 (2004).
83. Mistry, V. V., and Conway, D., Remote forcing of East African rainfall and relationships with fluctuations in levels of Lake Victoria, *International Journal of Climatology*, 23, 67 (2003).
84. Mooij, W. M., Hulsmann, S., Domis, L. N. D., Nolet, B. A., Bodelier, P. L. E., Boers, P. C. M., Pires, L. M. D., Gons, H. J., Ibelings, B. W., Noordhuis, R., Portielje, R., Wolfstein, K., and Lammens, E., The impact of climate change on lakes in the Netherlands: a review, *Aquatic Ecology*, 39, 381 (2005).
85. Murphy, S. J., and Washington, R., United Kingdom and Ireland precipitation variability and the North Atlantic sea-level pressure field, *International Journal of Climatology*, 21, 939 (2001).
86. Nicholson, S. E., Historical and modern fluctuations of Lakes Tanganyika and Rukwa and their relationship to rainfall variability, *Climatic Change*, 41, 53 (1999).

87. Oguz, T., and Gilbert, D., Abrupt transitions of the top-down controlled Black Sea pelagic ecosystem during 1960-2000: Evidence for regime-shifts under strong fishery exploitation and nutrient enrichment modulated by climate-induced variations, *Deep-Sea Research Part I-Oceanographic Research Papers*, 54, 220 (2007).
88. Oguz, T., Dippner, J. W., and Kaymaz, Z., Climatic regulation of the Black Sea hydro-meteorological and ecological properties at interannual-to-decadal time scales, *Journal of Marine Systems*, 60, 235 (2006).
89. Oschlies, A., NAO-induced long-term changes in nutrient supply to the surface waters of the North Atlantic, *Geophysical Research Letters*, 28, 1751 (2001).
90. Ottersen, G., Alheit, J., Drinkwater, K., Friedland, K., Hagen, E., Stenseth, N.C., The responses of fish populations to ocean climate fluctuations. In *Marine Ecosystems and Climate Variation* (eds. N.C.Stenseth, G. Ottersen, J. W. Hurrell, A. Belgrano), pp 153-157, Oxford University Press, New York, (2004).
91. Ottersen, G., and Stenseth, N. C., Atlantic climate governs oceanographic and ecological variability in the Barents Sea, *Limnology and Oceanography*, 46, 1774 (2001).
92. Özen A., B. Karapinar Ç. B. Muluk Ö. Karabulut & M. Beklioglu., Shift to turbid water state with loss of submerged plants five years after biomanipulation in Lake Eymir, Turkey. 29. "Shallow Lakes in a changing world" the 5th international Symposium on the Ecology and Management of Shallow Lakes, Dalsen, the Netherlands, (2005).
93. Palecki, M. A., and Barry, R. G., Freeze-up and Break-up of Lakes as an Index of Temperature-Changes During the Transition Seasons - a Case-Study for Finland, *Journal of Climate and Applied Meteorology*, 25, 893 (1986).
94. Palutikof, J.P., Conte, M., Casimiro Mendes, J., Goodess, C.M., Espirito Santo, F., Climate and climate change. In: Brandt, C.J., Thornes, J.B., (eds) Mediterranean desertification and land use. John Wiley and Sons, London, (1996)
95. Pershing, A.J., Grene C.H., Planque, B., Fromentin, J., The influences of climate variability on North Atlantic zooplankton populations. In *Marine Ecosystems and Climate Variation* (eds. N.C.Stenseth, G. Ottersen, J. W. Hurrell, A. Belgrano), pp 153-157, Oxford University Press, New York (2004).
96. Peterson T.C., Easterling D.R., Karl T.R., Groisman P., Nicholls N., Plummer N., Torok S., Auer L., Boehm R., Gullet D., Vincent L., Heino R., Tuomenvirta H., Mestre O., Szentimrey T., Salinger J., Forland E.J., Hanssen-Bauer I., Alexandersson H., Jones P., Parker D., Homogeneity adjustments of in situ atmospheric climate data: a review, *International Journal of Climatology*, Vol 18:1493-1517, (1998).
97. Portis, D. H., Walsh, J. E., El Hamly, M., and Lamb, P. J., Seasonality of the North Atlantic oscillation, *Journal of Climate*, 14, 2069, (2001).
98. Pozo-Vazquez, D., Esteban-Parra, M. J., Rodrigo, F. S., and Castro-Diez, Y., A study of NAO variability and its possible non-linear influences on European surface temperature, *Climate Dynamics*, 17, 701 (2001).
99. Preisendorfer,R.W., Principal Component Analysis in Meteorology and Oceanography (Developments in Atmospheric Science, Vol. 17). Elsevier, Amsterdam, (1988).
100. Riis, T., and Hawes, I., Relationships between water level fluctuations and vegetation diversity in shallow water of New Zealand lakes, *Aquatic Botany*, 74, 133 (2002).
101. Rodionov, S. N., Association between Winter Precipitation and Water-Level Fluctuations in the Great-Lakes and Atmospheric Circulation Patterns, *Journal of Climate*, 7, 1693 (1994).

102. Rodriguez-Fonseca, B., and Serrano, E., Winter 10-day coupled patterns between geopotential height and Iberian Peninsula rainfall using the ECMWF precipitation reanalysis, *Journal of Climate*, 15, 1309 (2002).
103. Rodriguez-Puebla, C., Encinas, A. H., and Saenz, J., Winter precipitation over the Iberian peninsula and its relationship to circulation indices, *Hydrology and Earth System Sciences*, 5, 233 (2001).
104. Rogers, J. C., North Atlantic storm track variability and its association to the north Atlantic oscillation and climate variability of northern Europe, *Journal of Climate*, 10, 1635 (1997).
105. Sanford, W. E., and Wood, W. W., Brine Evolution and Mineral Deposition in Hydrologically Open Evaporite Basins, *American Journal of Science*, 291, 687 (1991).
106. Scheffer, M., and Carpenter, S. R., Catastrophic regime shifts in ecosystems: linking theory to observation, *Trends in Ecology & Evolution*, 18, 648 (2003).
107. Scheffer, M., Carpenter, S., Foley, J. A., Folke, C., and Walker, B., Catastrophic shifts in ecosystems, *Nature*, 413, 591 (2001).
108. Scheffer, M., Ecology of Shallow Lakes – Chapman & Hall, London, (1998).
109. Scheffer, M., Hosper, S. H., Meijer, M. L., Moss, B., and Jeppesen, E., Alternative Equilibria in Shallow Lakes, *Trends in Ecology & Evolution*, 8, 275 (1993).
110. Scheffer, M., Straile, D., van Nes, E. H., and Hosper, H., Climatic warming causes regime shifts in lake food webs, *Limnology and Oceanography*, 46, 1780 (2001).
111. Sen, Z., Kadioglu, M., and Batur, E., Cluster regression model and level fluctuation features of Van Lake, Turkey, *Annales Geophysicae-Atmospheres Hydrospheres and Space Sciences*, 17, 273 (1999).
112. Sirabella, P., Giuliani, A., Colasimo, A., Dippner, J.W., Breaking down the climate effects on cod recruitment by principal component analysis and canonical correlation, *Marine Ecology-Progress Series*, 216: 213-222, (2001).
113. Smayda, T.J., Borkman, D.G., Beaugrand, G., Belgrano, A., Responses of marine phytoplankton populations to fluctuations in marine climate. In *Marine Ecosystems and Climate Variation* (eds. N.C.Stenseth, G. Ottersen, J. W. Hurrell, A. Belgrano), pp 153-157, Oxford University Press, New York, (2004).
114. Sondergaard, M., Kristensen, P., and Jeppesen, E., Phosphorus Release from Resuspended Sediment in the Shallow and Wind-Exposed Lake Arreso, Denmark, *Hydrobiologia*, 228, 91 (1992).
115. Stenseth, N. C., Mysterud, A., Ottersen, G., Hurrell, J. W., Chan, K. S., and Lima, M., Ecological effects of climate fluctuations, *Science*, 297, 1292 (2002).
116. Straile, D., A fresh (water) perspective on the impacts of the NAO on North Atlantic ecology. In *Marine Ecosystems and Climate Variation* (eds. N.C.Stenseth, G. Ottersen, J. W. Hurrell, A. Belgrano), pp 153-157, Oxford University Press, New York, (2004).
117. Straile, D., and Adrian, R., The North Atlantic Oscillation and plankton dynamics in two European lakes - two variations on a general theme, *Global Change Biology*, 6, 663 (2000).
118. Straile, D., Johnk, K., and Rossknecht, H., Complex effects of winter warming on the physicochemical characteristics of a deep lake, *Limnology and Oceanography*, 48, 1432 (2003).
119. Straile, D., Livingstone, D.M., Weyhenmeyer, G.A., George, D.G., The response of freshwater ecosystems to climate variability associated with the North Atlantic oscillation. In *the North Atlantic Oscillation: climatic significance and environmental*

- impact* (eds. J. Hurrell, Y. Kushnir, G. Ottersen, and M. Visbeck), pp. 263-279. American Geophysical Union, (2003b).
120. Straile, D., Meteorological forcing of plankton dynamics in a large and deep continental European lake, *Oecologia*, 122, 44 (2000).
  121. Straile, D., North Atlantic Oscillation synchronizes food-web interactions in central European lakes, *Proceedings of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences*, 269, 391 (2002).
  122. Suselj, K., Mediterranean Oscillation, the Main Mode of Atmospheric Variability Above the Mediterranean Region. *Geophysical Research Letters* 8: 02145, (2006)
  123. Trenberth, K.E., Paolino, D.A., The Northern Hemisphere Sea-Level Pressure Data Set: Trends, Errors and Discontinuities. *Monthly Weather Review*, 108, 855, (1980).
  124. Turkes, M., and Erlat, E., Climatological responses of winter precipitation in Turkey to variability of the North Atlantic Oscillation during the period 1930-2001, *Theoretical and Applied Climatology*, 81, 45 (2005).
  125. Turkes, M., and Erlat, E., Precipitation changes and variability in turkey linked to the North Atlantic oscillation during the period 1930-2000, *International Journal of Climatology*, 23, 1771 (2003).
  126. van der Valk, A. G., Water-level fluctuations in North American prairie wetlands, *Hydrobiologia*, 539, 171 (2005).
  127. Van Donk, E., Santamaria, L., and Mooij, W. M., Climate warming causes regime shifts in lake food webs: A reassessment, *Limnology and Oceanography*, 48, 1350 (2003).
  128. Van Geest, G. J., Wolters, H., Roozen, F., Coops, H., Roijackers, R. M. M., Buijse, A. D., and Scheffer, M., Water-level fluctuations affect macrophyte richness in floodplain lakes, *Hydrobiologia*, 539, 239 (2005).
  129. Venegas, S.A., Statistical Methods for Signal Detection in Climate, Danish Center for Earth System Science, Niels Bohr Institute for Astronomy, Physics and Geophysics, DCESS Report No.2., Copenhagen, (2001)
  130. Verburg, P., Hecky, R. E., and Kling, H., Ecological consequences of a century of warming in Lake Tanganyika, *Science*, 301, 505 (2003).
  131. Verschuren, D., Tibby, J., Leavitt, P. R., and Roberts, C. N., The environmental history of a climate-sensitive lake in the former 'White Highlands' of central Kenya, *Ambio*, 28, 494 (1999).
  132. Von Storch, H., Zwiers, F.W., Statistical Analysis in Climate Research, Cambridge University Press, Cambridge (1999).
  133. Wallace, J. M., and Gutzler, D. S., Teleconnections in the Geopotential Height Field During the Northern Hemisphere Winter, *Monthly Weather Review*, 109, 784 (1981).
  134. Wanner, H., Bronnimann, S., Casty, C., Gyalistras, D., Luterbacher, J., Schmutz, C., Stephenson, D. B., and Xoplaki, E., North Atlantic Oscillation - Concepts and studies, *Surveys in Geophysics*, 22, 321 (2001).
  135. Wetzel, R.G., Limnology. 2nd ed. -Saunders College Publishing, New York, (1983).
  136. Weyhenmeyer, G. A., Blenckner, T., and Pettersson, K., Changes of the plankton spring outburst related to the North Atlantic Oscillation, *Limnology and Oceanography*, 44, 1788 (1999).
  137. Weyhenmeyer, G. A., Synchrony in relationships between the North Atlantic Oscillation and water chemistry among Sweden's largest lakes, *Limnology and Oceanography*, 49, 1191 (2004).
  138. Weyhenmeyer, G. A., Willen, E., and Sonesten, L., Effects of an extreme precipitation event on water chemistry and phytoplankton in the Swedish Lake

- Malaren, *Boreal Environment Research*, 9, 409 (2004).
- 139. Wibig, J., Precipitation in Europe in relation to circulation patterns at the 500 hPa level, *International Journal of Climatology*, 19, 253 (1999).
  - 140. Xoplaki, E., Luterbacher, J., Burkard, R., Patrikas, I., and Maheras, P., Connection between the large-scale 500 hPa geopotential height fields and precipitation over Greece during wintertime, *Climate Research*, 14, 129 (2000).
  - 141. Yoo, J. C., and D'Odorico, P., Trends and fluctuations in the dates of ice break-up of lakes and rivers in Northern Europe: the effect of the North Atlantic Oscillation, *Journal of Hydrology*, 268, 100 (2002).
  - 142. Zavialov, P. O., Kostianoy, A. G., Emelianov, S. V., Ni, A. A., Ishniyazov, D., Khan, V. M., and Kudryshkin, T. V., Hydrographic survey in the dying Aral Sea, *Geophysical Research Letters*, 30, 4 (2003).
  - 143. Zhang J., Jorgensen, S.E., Tan, C.O., Beklioglu M., Structurally dynamical modelling - Lake Mogan, Turkey as a case study., *Ecological Modelling* 164, 103 (2003).

**TÜBİTAK**  
**PROJE ÖZET BİLGİ FORMU**

<b>Proje No:</b> ÇAYDAG-105Y085
<b>Proje Başlığı:</b> Küresel İklim Değişimlerinin Türkiyedeki Göl Ekosistemlerine Etkileri
<b>Proje Yürüttücüsü:</b> Prof. Dr. Temel OĞUZ
<b>Yardımcı Araştırmacılar:</b> Prof. Dr. Meryem BEKLİOĞLU YERLİ Onur KERİMOĞLU
<b>Projenin Yürüttüldüğü Kuruluş ve Adresi:</b> Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Deniz Bilimleri Enstitüsü, Fiziksel Oşinografi Bölümü, 33731 Erdemli, Mersin
<b>Destekleyen Kuruluş(ların) Adı ve Adresi:</b> -
<b>Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri:</b> 15/10/2005 – 15/10/2007
<b>Öz</b> Türkiye'deki 12 göle ait veriler toplanarak hidro-meteorolojik parametrelerin birbirleri arasındaki ve salınım sistemleri (NAO, EAWR, EA) ile olan ilişkileri EOF (Empirical Orthogonal Function) ve CCA (Canonical Correlation Analysis) gibi metorlarla araştırılmış ve anlam düzeyi yüksek sonuçlar elde edilmiştir. Bölgedeki büyük ölçekli atmosfer sisteminin baskın bileşenleri, EOF analizi kullanılarak tanımlanmıştır. Mogan Gölünün biyolojik yapısı üzerindeki iklimsel etkilerin anlaşılmasına yönelik analizler yapılmıştır.
<b>Anahtar Kelimeler:</b> NAO, EAWR, EA, EOF, CCA, Mogan Gölü
<b>Projeden Yapılan Yayınlar:</b> 1. Onur Kerimoğlu, Temel Oğuz, Meryem Beklioğlu, 2006, "Impacts of Global Climate Changes on Lake Ecosystems in Turkey", Climate change and the Middle East: Past, Present and Future, Istanbul Technical University, Istanbul, Turkey, 20-23 Nov 2006.