

T.C.
RECEP TAYYİP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KARADENİZ TÜRKİYE KIYILARI DENİZ SUYU YÜZEY
SICAKLIKLARININ METEOROLOJİK YÖNDEN
DEĞERLENDİRİLMESİ

ABDULLAH METİN ÇAKIROĞLU

TEZ DANIŞMANI

DOÇ. DR. ERTUĞRUL AĞIRBAŞ

TEZ JÜRİLERİ

DOÇ. DR. RAHŞAN EVREN MAZLUM

DOÇ. DR. COŞKUN ERÜZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
SU ÜRÜNLERİ ANABİLİM DALI

RİZE-2019

Her Hakkı Saklıdır

T.C.
RECEP TAYYİP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KARADENİZ TÜRKİYE KIYILARI DENİZ SUYU YÜZEY
SICAKLIKLARININ METEOROLOJİK YÖNDEN DEĞERLENDİRİLMESİ

Doç. Dr. Ertuğrul AĞIRBAŞ danışmanlığında Abdullah Metin ÇAKIROĞLU tarafından hazırlanan bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulu kararıyla oluşturulan jüri tarafından 05/09/2019 tarihinde Su Ürünleri Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS** tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Unvanı Adı Soyadı

İmzası

Başkan : Doç. Dr. Ertuğrul AĞIRBAŞ
Üye : Doç. Dr. Rahşan Evren MAZLUM
Üye : Doç. Dr. Coşkun ERÜZ

(Handwritten signatures of the jury members)


Doç. Dr. Ferhat KALAYCI
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

ÖNSÖZ

“Karadeniz Türkiye Kıyıları Deniz Suyu Yüzey Sıcaklıklarının Meteorolojik Yönden Değerlendirilmesi” isimli bu çalışma, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Anabilim Dalı’nda “Yüksek Lisans Tezi” olarak hazırlanmıştır.

Bu çalışmayı yapma olanağı sağlayan, yüksek lisans öğrenimim boyunca önerileri ve paylaşımlarıyla yardımını ve desteğini esirgemeyen çok değerli danışman hocam Sayın Doç. Dr. Ertuğrul AĞIRBAŞ’a teşekkürlerimi borç bilirim. Beni bu günlere getiren, öğrencilik hayatım boyunca katkı sağlayan, emek veren hocalarıma da ayrıca teşekkür ederim.

Abdullah Metin ÇAKIROĞLU

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Tarafımdan hazırlanan “Karadeniz Türkiye Kıyıları Deniz Suyu Yüzey Sıcaklıklarının Meteorolojik Yönden Değerlendirilmesi” başlıklı bu tezin, Yükseköğretim Kurulu Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesindeki hususlara uygun olarak hazırladığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal işlemi kabul ettiğimi beyan ederim.
05/09/2019

Abdullah Metin ÇAKIROĞLU

***Uyarı:** Bu tezde kullanılan özgün ve/veya başka kaynaklardan sunulan içeriğin kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.*

ÖZET

KARADENİZ TÜRKİYE KIYILARI DENİZ SUYU YÜZEY SICAKLIKLARININ METEOROLOJİK YÖNDEN DEĞERLENDİRİLMESİ

Abdullah Metin ÇAKIROĞLU

**Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Su Ürünleri Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi
Danışmanı: Doç. Dr. Ertuğrul AĞIRBAŞ**

Deniz suyu yüzey sıcaklığının uzun yıllara dayanan durumunun ve anomalilerinin ortaya konulması, global iklimsel indekslerle ilişkilendirilmesi, deniz yüzey suyu sıcaklığının biyosfer içindeki mevcut ve olası etkilerinin belirlenmesi için önem taşımaktadır. Bu çalışmada ülkemiz Karadeniz kıyılarından seçilen 7 ayrı noktadaki meteoroloji gözlem istasyonlarından elde edilen geçmiş yıllara ait (1970-2018) deniz yüzey suyu sıcaklığı (DSYS) verileri, temel bileşenler analizi (Principal Component Analysis) ile kümelendirme çalışması yapılarak, karakteristik özelliği aynı olan iki havzanın incelenmesi hedeflenmiştir. Ayrıca deniz suyu yüzey sıcaklıklarının global iklimsel salınım indisleri ile olan ilişkileri incelenmiştir. Regresyon analizleri deniz suyu yüzey sıcaklıklarında 0.04-0.05 °C dolaylarında istatistiki bir artışın bölgesel olduğu kadar küresel iklimsel salınım faktörlerinden kaynaklandığı tespit edilmiştir. Diğer taraftan NAO ile DSYS arasında istatistiki bir ilişki olmamasına rağmen dönemsel olarak etkileşimlerin olduğu tespit edilmiştir. Güney salınım ile DSYS arasında ise negatif bir ilişki olduğu görülmüştür.

2019, 33 sayfa

Anahtar Kelimeler: Deniz Yüzey Suyu Sıcaklığı, Global Salınım İndeksleri, Karadeniz.

ABSTRACT

THE METEOROLOGICAL INVESTIGATION OF SEA SURFACE TEMPERATURE ALONG THE BLACK SEA COAST OF TURKEY

Abdullah Metin ÇAKIROĞLU

**Recep Tayyip Erdogan University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Fisheries
Master Thesis
Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Ertuğrul AĞIRBAŞ**

It is important to determine the condition and anomalies of sea surface temperature and to correlate with global climatic indices and to determine the current and possible effects of sea surface temperature in the biosphere. In this study, sea surface temperature (SST) data (1970-2018) obtained from meteorological observation stations in 7 different locations which are selected from the Black Sea coasts of our country were performed by clustering with principal component analysis (PCA) and the aim to examine of the same characteristic feature of two station. In addition, the relationship between sea surface temperature and global climatic index data of the past years (1970-2018) was investigated. Regression analysis revealed that a statistical increase in sea water surface temperatures around 0.04-0.05 °C was caused by global as well as climatic oscillating factors. On the other hand, although there was no statistical relationship between NAO and SST, it was found that there were periodic interactions. There was a negative relationship between the southern oscillation and SST.

2019, 33 pages

Keywords: Sea Surface Temperature, Global Climatic Index, Black Sea

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	I
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	II
ÖZET.....	III
ABSTRACT.....	IV
İÇİNDEKİLER	V
ŞEKİLLER DİZİNİ	VI
TABLolar DİZİNİ.....	VIII
SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ	IX
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş	1
1.2. Karadeniz'in Genel Atmosferik Özellikleri	2
1.3. Deniz Suyu Yüzey Sıcaklığı.....	3
1.4. Türkiye'yi Etkileyen İklimsel Salınım İndeksleri	4
1.4.1. Kuzey Atlantik Salınım (NAO).....	5
1.4.2. Arktik Salınım (AO).....	6
1.4.3. Güney Salınımı (ENSO).....	7
1.5. Önceki Çalışmalar	9
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	11
2.1. Çalışma Sahası.....	11
2.2. Benzerlik Analizleri.....	12
3. BULGULAR	16
3.1. Deniz Suyu Yüzey Sıcaklığı (DSYS).....	16
3.2. Kuzey Atlantik Salınımı İndisi (NAO Index).....	20
3.3. Güney Salınımı İndisi (SO Index)	21
3.4. Arktik Salınımı İndisi (AO Index).....	22
4. TARTIŞMA ve SONUÇLAR	24
5. ÖNERİLER	28
KAYNAKLAR	29
ÖZGEÇMİŞ	33

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.	Karadeniz'in yüzey akıntı dolaşımı	2
Şekil 2.	Negatif ve Pozitif NAO (URL-2)	6
Şekil 3.	Pozitif AO (URL-3).	6
Şekil 4.	Negatif AO (URL-3).	7
Şekil 5.	La Nina Salınımı (URL-4)	8
Şekil 6.	El Nino Salınımı (URL-4)	9
Şekil 7.	Çalışma bölgesi ve meteoroloji gözlem istasyonları..	12
Şekil 8.	Meteoroloji Gözlem İstasyonlarından Alınan Verilerin Benzerlik Analizi.	13
Şekil 9.	Meteoroloji Gözlem İstasyonlarından Alınan Verilerin Özdeğerler Analizi.	14
Şekil 10.	Meteoroloji Gözlem İstasyonlarından Alınan Verilerin Özdeğerler Analizi.	14
Şekil 11.	Meteoroloji Gözlem İstasyonlarından Alınan Verilerin Varyans Analizi.	15
Şekil 12.	İstasyonlara Ait Deniz Suyu Yüzey Sıcaklığının Uzun Dönemli Değişimi	17
Şekil 13.	İstasyonlara Ait Deniz Suyu Yüzey Sıcaklıklarının Karşılaştırılması	18
Şekil 14.	Uzun Dönemli Aylık Ortalama Deniz Suyu Yüzey Sıcaklıklarının Karşılaştırılması.	19
Şekil 15.	Yıllara göre ortalama deniz suyu sıcaklığındaki değişim (A: Batı Havza, B: Doğu Havza)..	20
Şekil 16.	Ortalama Deniz Suyu Sıcaklığı ve Kuzey Atlantik Salınımı İndisi arasındaki ilişki (A: Batı Havza, B: Doğu Havza, Bar grafiği: NAO indisi, Çizgi grafiği: Ortalama deniz suyu sıcaklığı)..	21
Şekil 17.	Ortalama Deniz Suyu Sıcaklığı ve Güney Salınımı İndisi arasındaki ilişki (A: Batı Havza, B: Doğu Havza, Bar grafiği: SO indisi, Çizgi grafiği: Ortalama deniz suyu sıcaklığı)..	22
Şekil 18.	Ortalama Deniz Suyu Sıcaklığı ve Arktik Salınımı İndisi arasındaki ilişki (A: Batı Havza, B: Doğu Havza, Bar grafiği: AO indisi, Çizgi grafiği: Ortalama deniz suyu sıcaklığı)..	23
Şekil 19.	1970-2018 dönemi için uydudan elde edilen ortalama DSYS (URL-4).	25

Şekil 20.	Karadeniz geneli için uzun dönemli kış DSYS değişimi (Oğuz vd., 2006).	26
Şekil 21.	Uzun dönemli (1850-2018) sıcaklık anomalileri (URL-6).	27



TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1.	İstasyonlara Ait Verilerin Temel Bileşen Analizindeki Öneminin Özeti.....	13
-----------------	---	----



SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ

%	Yüzde
DSYS	Deniz Suyu Yüzey Sıcaklığı
NAO	Kuzey Atlantik Salınım
AO	Arktik Salınım
ENSO	Güney Salınım
SST	Deniz Suyu Yüzey Sıcaklığı
PCA	Temel Bileşenler Analizi
H ₂ S	Hidrojen Sülfür
°C	Santigrat Derece
NCP	Kuzey Denizi Hazar Paterni
MEVBİS	Meteorolojik Veri Bilgi ve Satış Sunum Sistemi
ANOVA	Tek Yönlü Varyans Analizi

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Denizler biyosfer içersinde önemli bir yere sahip olan ekosistemlerdir. Deniz suyu yüzey sıcaklığının (DSYS) artması veya azalması denizlerdeki ekolojik dengeleri değiştirerek pek çok canlıyı etkilediği gibi, denizlerden ekonomik olarak yararlanan önemli bir kesimi de yakından ilgilendirmektedir. Denizel ekosisteme direkt olarak etki eden deniz suyu sıcaklığı ayrıca iklimsel olayların oluşmasında da önemli bir faktördür. Deniz suyu yüzey sıcaklığı hava ve deniz yüzeyleri arasındaki ısı değişiminin tahmin edilmesinde kullanılan önemli bir jeofiziksel parametredir. Yüzey suyu sıcaklığındaki değişimler küresel iklim modelleri için gerekli olan dünyanın ısı dengesinin ortaya konmasında ve atmosferik sirkülasyonların tayinininde oldukça önemlidir.

İklimsel değişimler atmosferik dolaşımdaki sapmalar ile doğrudan ilişkilidir. Olağan atmosfer koşullarının ekstrem fazlarının oluşmasında iklimsel salınım indislerinin etkileri oldukça fazladır. Deniz suyu sıcaklığının uzun yıllara dayanan durumunun ve anomalilerinin ortaya konulması, global iklimsel indekslerle ilişkilendirilmesi, deniz yüzey suyu sıcaklığının biyosfer içindeki mevcut ve olası etkilerinin belirlenmesi için önem taşımaktadır. Küresel ölçekli hava sistemleri ve Karadeniz'in bölgesel iklim şartları arasında yakın bağlantı olduğunu gösteren çok sayıda çalışma vardır (Niermann vd., 1999; Oğuz, 2005; Oğuz vd., 2006; Oğuz ve Gilbert, 2007).

Karadeniz; yüzey alanı $4.2 \times 10^5 \text{ km}^2$ ve hacmi $5.3 \times 10^5 \text{ km}^3$ olan, 40° - 46° N enlemleri ile 27° - 41° E boylamları arasında yer alan yarı kapalı bir iç denizdir. Güneybatıda İstanbul ve Çanakkale boğazlarının imkân verdiği ölçüde diğer denizlerle bağlantısı bulunur. Bu kısıtlı su değişimi, sadece yüzeyden 150 m derinliğe kadar (toplam hacmin %15'i) oksijen içeren, daha derinde ise hidrojen sülfür bulunduran neredeyse tamamı oksijensiz bir ortamın oluşmasına yol açar. Karadeniz, oksijenli yüzey tabakalarının altında yer alan ve havzanın derinlerine doğru inildikçe artış gösteren, yüksek derişimde hidrojen sülfür (H_2S) içerir (Yılmaz, 2002). Bu yapısı ile

Karadeniz dünya üzerindeki en büyük anoksik havza olma özelliğine de sahiptir (Mee, 1992; Tuğrul vd., 1992).

Siklonik bir sınır akıntısı (Sırt Akıntısı (Rim Current) Karadeniz'in genelindeki sirkülasyonun ana özelliğini oluşturmaktadır (Oğuz vd., 1993). Bu temel dolaşım sistemi; merkezi kısmı işgal eden, siklonik, iki veya üç hücresi bulunan, bunların çevresi boyunca bir dizi antisiklonik girdapları ve basenin en doğu köşesinde yer alan bir antisiklonik dolaşımı (Batım Girdabı) içeren karmaşık bir sistemdir. Bunun yanında İstanbul Boğazının batısında, Sinop'un doğusunda ve Kırım Yarımadasını her iki tarafında, sırt akıntısının kıyılarında bulunan çeşitli antisiklonik girdaplar gözlenmiştir (Oğuz vd., 1993) (Şekil 1).



Şekil. 1. Karadeniz'in yüzey akıntı dolaşımı (Oğuz vd., 1993).

1.2. Karadeniz'in Genel Atmosferik Özellikleri

Türkiye'de iklim olaylarını, basınç merkezlerinin durumu ve çeşitli yönlerden etkili olan hava kütlelerinin mevsimlik değişimleri düzenlemektedir. Başka bir ifade ile oluşum bölgeleri ve karakterleri bakımından farklı hava kütlelerinin mevsimlere göre farklılaşan etki alanında bulunduğundan geçiş kuşağı özelliğine sahiptir (Erinç, 1996;

Koçman, 1993). Türkiye genelinde Akdeniz iklimi özellikleri görülmekte olup, kış mevsiminde kutbi, yaz mevsiminde ise tropikal hava kütlelerinin etkisinde kalmaktadır. Türkiye'nin tamamında olduğu gibi Karadeniz Bölgesi de orta kuşaktaki Batı Rüzgârları etkisinde kalmakta olup yaz mevsiminde farklı, kış mevsiminde farklı hava kütlelerinin etkisi altında kalmaktadır. Bu hava kütleleri bölgede sıcaklık ve yağış gibi bütün iklimsel paramterleri de önemli oranda etkisi altına almaktadır (Atalay ve Mortan, 2003). Karadeniz, kış periyodu boyunca, Avrupa üzerinden gelen alçak basınç sistemi ile Sibirya'dan gelen yüksek basınç sisteminin etkisi altında kalmaktadır. Yaz periyodunda ise bölge Kuzey Afrika ve Basra'dan gelen alçak basınç sisteminin etkisi altına girmektedir. Bu sistemler, hem yaz hem de kış periyodu boyunca batıdan doğuya doğru bir hava hareketi oluşturmaktadır (Sen, 1989).

Topoğrafyadaki önemli doğal engeller Karadeniz'deki atmosferik hareketleri ve siklonların geçişini etkiler. Batıdaki Karpat Dağları ve Balkan Dağları hava hareketini engellediklerinden dolayı, dağların seviyesinin Karadeniz bölgesine göre daha alçak olduğu Marmara bölgesinde siklonlar daha rahat geçit veren tek alan konumundadır. Güney sınırındaki Kuzey Anadolu ve Kafkas sıradağlarının yapısı, bölgedeki hava akımının hızını ve yönünü şekillendiren en önemli faktördür. Kuzeydeki düz topoğrafya ise hava akımlarına engel olmazlar ve bu sebeple, özellikle Balkanlardan gelen yüksek basınç sistemini ve buna bağlı uzun süreli soğukların kuzeyden bölgeye taşınmasına neden olur.

1.3. Deniz Suyu Yüzey Sıcaklığı

Denizlerin yüzey sularının sıcaklıkları deniz suyu yüzey sıcaklığı olarak nitelendirilmektedir (Soloviev ve Lukas, 2006; Maiyza vd., 2010). DSYS en önemli iklim değişkenlerinden biridir (Kaplan vd.,1998). DSYS'nin uzun yıllara dayanan durumunun ortaya konulması ekosisteme olası etkilerinin belirlenmesi için önem taşımaktadır. Deniz yüzey sıcaklığı, küresel atmosferik salınımlar, yağış miktarları, yoğunluk farklılıkları ve akıntı değişimleri gibi birçok sebepten etkilenmektedir. Bu gibi etkenler nedeniyle deniz suyu yüzey sıcaklığında artışlar veya azalışlar olmaktadır. Ancak son zamanlarda iklim değişikliği etkilerinin daha belirgin olması ile sıcaklık değişimi daha çok artış yönünde gerçekleşmektedir.

Karadeniz’de deniz suyu yüzey sıcaklığı mevsimsel ve bölgesel değişimler gösterir. Kış aylarında (Şubat-Mart) yüzey suyu sıcaklığı Karadeniz ortalaması olarak 6-7 °C’ye kadar düşerken; güney kesimlerinde 8-9 °C, kuzey kesimlerinde ise 2-3 °C ‘dir. Tuzluluğun da düşük olması nedeniyle kış aylarında Azak Denizi ve Odessa körfezi’nde sular donmaktadır. Buz kütleleri bazı yıllarda (1929 ve 1954) İstanbul Boğazı’na kadar ulaşmıştır. Yaz aylarında (Temmuz-Ağustos) ise ortalama 20-22 °C olan deniz suyu yüzey sıcaklığı, güney ve doğu kıyılarında 24-25 °C ye kadar yükselmektedir (Oğuz, vd., 1991).

1.4. Türkiye’yi Etkileyen İklimsel Salınım İndeksleri

Atmosferik salınım kavramı, ilk defa Sir Gilbert Walker’ın Güney Salınımı (ENSO) ve Kuzey Atlantik Salınımı’nı (NAO) keşfetmesiyle başlamıştır. İlk zamanlar fazla ilgi görmeyen bu kavramlara verilen önem, bu tür salınımların etkilerinin anlaşılmasıyla başladığı 1960’lardan beri gittikçe artmıştır ve bu gün de bu kavramlarla ilgili yapılan çalışmalar, iklim bilimlerinde önemli bir yer tutmaktadır (Bridgman ve Olive, 2006).

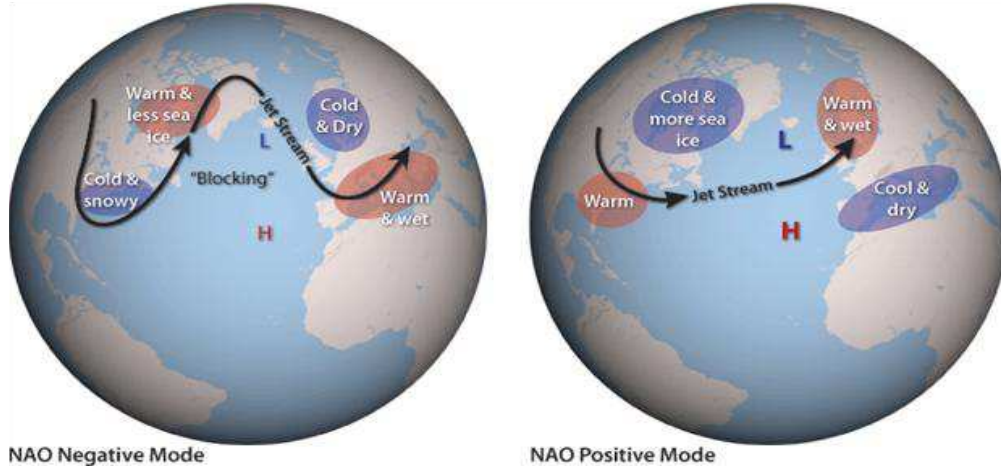
Uzun bir periyod içerisinde atmosferin ortalama hareketine atmosferik sirkülasyon denir. Atmosferdeki bu hareketin en önemli sebebi Ekvator bölgesinin aşırı derecede ısınması ile kutup bölgelerinin aşırı derecede soğumasıdır. Bu iki bölge arasındaki sıcaklık farkından dolayı atmosferik sirkülasyon oluşmaktadır. Global ölçekte iklimsel koşullarda yıllar arası değişimleri yaratan ve ekstrem iklimik olayların ortaya çıkmasında etkili olan esas faktör, atmosfer sirkülasyonunda görülen değişimlerdir. Bu değişimlerin bir bölümü hemen hemen periyodik olarak gerçekleşmekte ve bu nedenle "Salınım (Osilasyon)" olarak adlandırılmaktadır.

İklimsel değişiklikleri en iyi yansıtan parametrelerden biri de deniz suyu yüzey sıcaklığıdır. Deniz suyu yüzey sıcaklığındaki değişimler küresel düzeyde atmosferik hareketleri şekillendirmekte ve etki alanlarını belirlemektedir. Küresel salınım indisleri etkilediği bölgelerde yaşanan hava olayları ile doğrudan ilişkilidir.

1.4.1. Kuzey Atlantik Salınımı (NAO)

Kuzey Atlantik Salınımı (NAO), Azor adaları üzerinde etkisini süredüren yüksek basınç merkezi ile Grönland ve İzlanda üzerinde egemen alçak basınç merkezi arasındaki geniş ölçekli atmosferik basınç dalgalanması olarak tanımlanmaktadır (Şekil 2). Kuzey Atlantik Salınımı özellikle Aralık-Şubat aylarında Amerika'nın batı kıyılarından Sibirya'ya ve Arktik'ten Subtropikal Atlantik'e kadar Akdeniz bölgesini de içine alan kesimde iklim mekanizmalarını kontrol eden önemli meteorolojik bir unsurdur (Hurrell vd. 2003). Etkisini sürdürdüğü bölgelerde Kuzey Atlantik Salınımı nem ve sıcaklık naklini, fırtınaların sayısını, yönünü, özelliklerini ve yaşanan hava olaylarını belirler.

Kuzey Atlantik Salınımı indisi, genellikle İzlanda ve Azor bölgesi'nde bulunan 2 ayrı istasyonun normalleştirilmiş deniz seviyesi basınçları arasındaki farka dayanarak hesaplanır. İndis değerinin +1 ve daha büyük olması durumunda Kuzey Atlantik Salınımı kış indisi kuvvetli pozitif, -1 ve daha az olması durumunda ise kuvvetli negatif olarak değerlendirilir (Hurrell, 1995). Salınım indisinin pozitif olması durumunda İzlanda Alçak ve Azor Yüksek basınç merkezlerinin arasındaki atmosferik basınç farkı yüksektir. Bu durumda Karadeniz üzerinde etkili olan basınç sistemi Azor Yüksek basınç merkezidir ve Karadeniz üzerinde düşük deniz yüzey suyu sıcaklıkları, azalan buharlaşma miktarları ve düşük hava sıcaklıkları gözlemlenir. Salınım indisinin negatif modunda ise deniz yüzey suyu sıcaklıklarının arttığı ılıman atmosfer koşulları gözlemlenir.



Şekil 2. Negatif ve Pozitif NAO (URL-1)

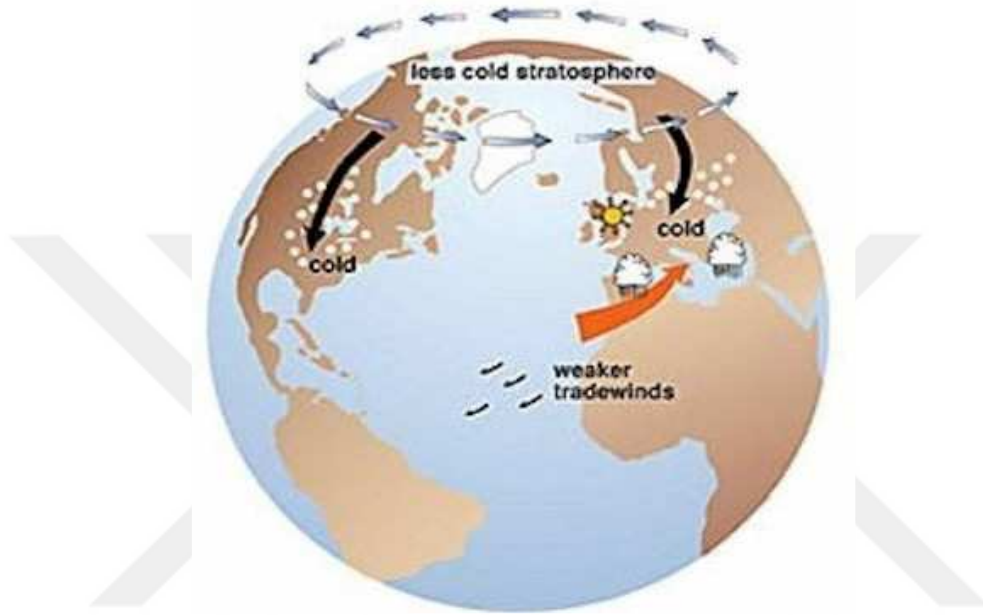
1.4.2. Arktik Salınım (AO)

Kuzey yarımkürenin kutba yakın bölgelerinde hava çok soğuktur. Bu soğuk hava, ağır olduğu için yüzeye çökme eğilimi gösterir. Bu harekete bağlı olarak deniz seviyesinde bir yüksek basınç, onun üzerinde de bir alçak basınç oluşur. Atmosferin üst seviyelerinde oluşan bu alçak basınca kutbi girdap denir. Kutbi girdap ne kadar güçlüyse, kutup bölgesindeki soğuk havayı çevresine o denli iyi sararak yukarı çeker ve yüzeyden güney enlemlere kaçmasına engel olur (Thomson, 1993). Kutbi girdabın güçlü, kutup ve İzlanda bölgesindeki basınç değerlerinin düşük olduğu bu duruma pozitif AO denir (Şekil 3).



Şekil 3. Pozitif AO (URL-2).

Tam aksine, kutbi girdabın güçlenemediği, böylece soğuk havanın yüzeyde kalarak kutup bölgesindeki ve çevresindeki deniz seviyesi basınç değerlerini yükselttiği duruma da negatif AO denir (Şekil4). Yüzeyde kalan bu soğuk hava kolaylıkla güney enlemlere kaçar, böylece özellikle kuzey ve batı Avrupa'da soğuk hava akımları görülür.

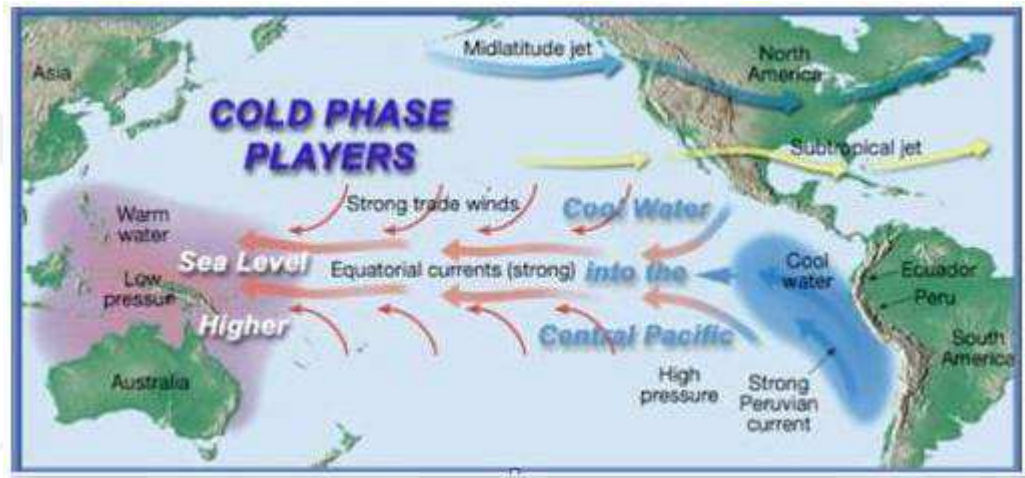


Şekil 4. Negatif AO (URL-2).

1.4.3. Güney Salınımı (ENSO)

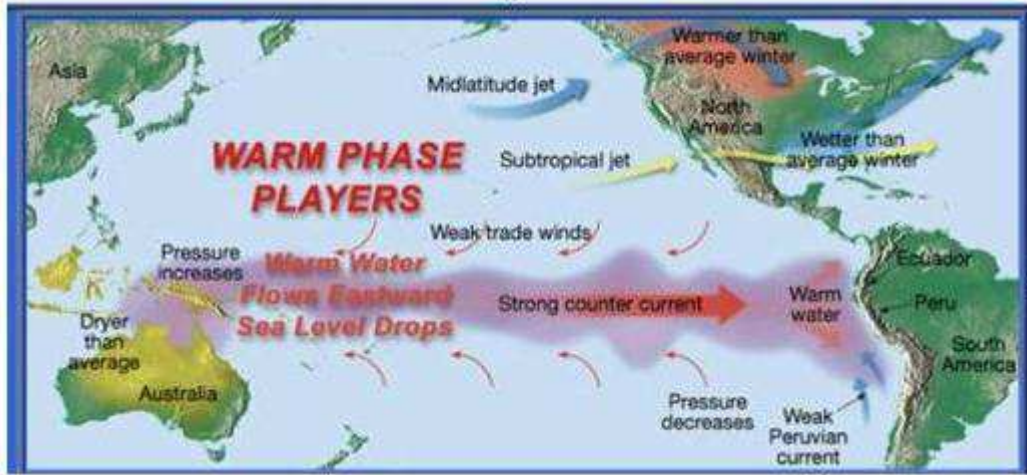
Güney Salınımı (Southern Oscillation: SO) tropik enlemlerde, doğu ve batı Pasifik okyanusu arasında atmosferik basıncın karşılıklı değişimini ifade eden büyük ölçekli bir salınımdır ve yıllar arası iklimsel değişimlerin en dikkate değer işareti olarak kabul edilir. Bu salınının uç noktadaki fazları El Nino ve La Nina adları ile bilinirler. El Nino olayları güneydoğu Pasifik'te normalden daha yüksek atmosfer basıncına karşılık gelir. La Nina olayları ise El Nino olaylarının tam tersi şartları ifade eder (Kahya vd. 2006).

Olağan atmosfer koşullarında alize rüzgârları, Ekvatorial Batı Büyük Okyanus'ta güneşle ısınan okyanus sularını batıya doğru yani Avustralya kıyılarına sürükler. Böylece dipten yükselen ve bu alanda etkili olan Humboldt/Peru soğuk su akıntısı batıya sürüklenen sıcak suyun yerine geçer. Bu durumda Güney Amerika'nın batı kıyılarında kurak bir dönem görülür. Ancak soğuk su akıntısı etkili olduğunda sudaki oksijen miktarı artar bu da balık miktarını artırır. Bu nedenle Peru ve Şili'deki balıkçılık etkinliklerinde önemli bir hareketlilik görülür. Bu olağan koşullarda etkili olan salınım La Nina'dır (Şekil 5).



Şekil 5. La Nina Salınımı (URL-3).

Alize rüzgârlarının zayıfladığı periyotda yüzeyde ısınan sıcak okyanus suları batıya, yani Avustralya kıyılarına sürüklenemez. Böylelikle dipten gelen Humboldt/Peru soğuk su akıntısı yüzeye çıkamaz. Su yüzeyinde sıcaklık arttığı için yükselici hava hareketlerinde artış görülür ve bölgenin iklimi oldukça yağışlı geçer. Ayrıca soğuk su akıntısı engellendiği için sudaki oksijen miktarı da artmaz ve kıyılardaki balıkçılık etkinlikleri olumsuz etkilenir. Bu durumda etkili olan salınım ise El Nino'dur (Şekil 6).



Şekil 6. El Nino Salınımı (URL-3).

1.5. Önceki Çalışmalar

Dünya üzerindeki her bir salınım, atmosferdeki dolaşımı ve birbirlerini etkilemektedir. Bu etkinin şiddeti ve etkilenme zamanı, salınım indekslerinin şiddetine ve oluştukları bölgeler arasındaki uzaklığa bağlı olarak değişmektedir. Bu nedenle araştırmacılar öncelikle ve çoğunlukla çalışma bölgelerine yakın olan salınım indekslerini tercih etmektedirler. Türkiye için de en çok çalışılan salınım indeksleri Arktik Salınımı (AO), Kuzey Atlantik (NAO) ve El Niño/ üneyli Salınım (ENSO) indeksleri olmuştur (Demircan, 2018).

NAO indisindeki dalgalanmalar, Akdeniz de dahil olmak üzere Avrupa'nın çoğunda iklim değişkenliğinin ana belirleyicisidir. Bununla birlikte, Ortadoğu'nun Muson bölgesine yakın olması nedeniyle, NAO'nun Orta Doğu üzerindeki doğrudan etkisi şimdiye kadar yeterince incelenmemiştir (Kahya, 2011).

Türkiye'nin Karadeniz Bölgesi kıyılarında DSYS değerleri 1971-2010 döneminde 13,97 °C (İnebolu) ile 15,81 °C (Hopa) arasında değişme olup, Amasra'dan İnebolu'ya azalma, Samsun dışında Sinop-Hopa arasında batıdan doğuya gidildikçe artış göstermektedir. DSYS değerleri hava sıcaklığı ile pozitif ve yüksek düzeyde, Kuzey Atlantik Salınım indeksi (NAO) ile negatif ve düşük düzeyde, Kuzey Denizi- Hazar Paterni indeksi (NCP) ile negatif ve düşük düzeyde, El Nino Güney Salınım indeksi (ENSO) ile negatif ve orta düzeyde ilişkilidir (Güçlü, 2013).

Arktik Salınım ile Türkiye’de minimum sıcaklık değerleri arasında bir ters orantı göze çarpmaktadır. Arktik salınım arttıkça Türkiye’de soğuk bir kış mevsimi yaşanırken Arktik salınım azaldıkça ölkemizde nispeten ılık bir kış mevsimi hüküm sürmektedir (Bozyurt, 2017).

Su sıcaklığının artması tarımsal kirlilik ve atık suların neden olduğu ötrofikasyon, iç su ve denizlerimizde su seviyesinin yükselmesi ile birlikte su bitkilerinin artmasına, karasallaşma problemine ve suda oksijen yetersizliğine yol açmıştır. Örneğın Sakarya Nehri ve İzmit Körfezi’nde zaman zaman görölen kitle halinde balık ölümleri bu nedene bağlanabilir (Düzgüneş 2008).

Ölkemiz balıkçılığı için büyük önem taşıyan hamsi balıkları Kuzey Karadeniz sularının ısınması ve besin üretiminin artması ile birlikte daha ısınmış Güney Karadeniz yerine kuzey sularında kalmayı tercih edebilecekler ve ölkemiz kıyı sularına gelmeyeabileceklerdir (Sağlam vd., 2008).

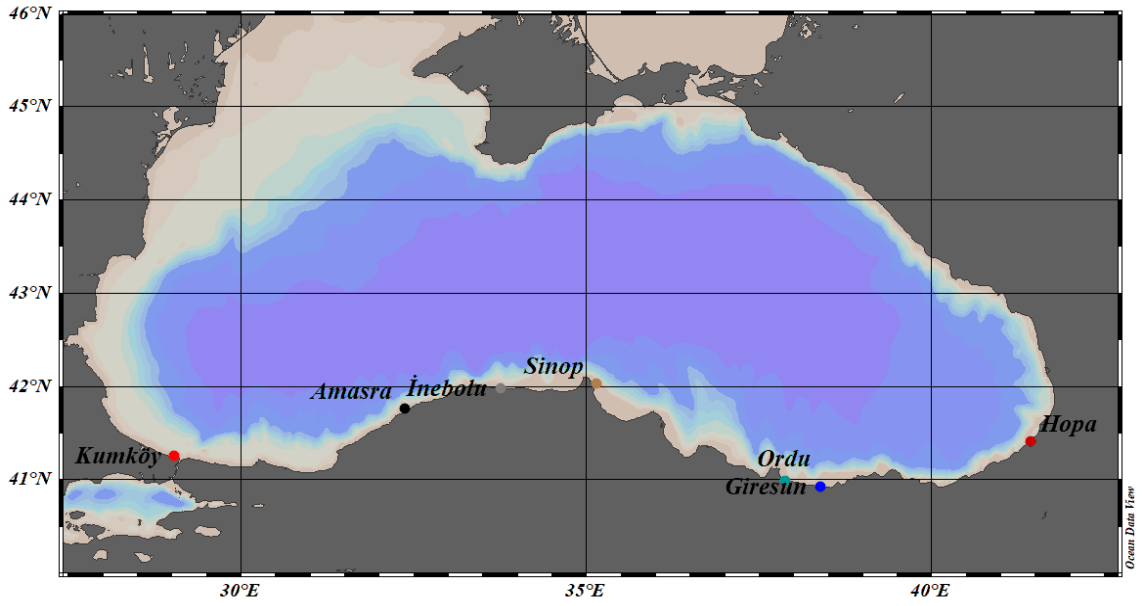
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Çalışma Sahası

Çalışmada Karadeniz'in kıyı kesiminde bulunan sırasıyla batıdan doğuya doğru; Kumköy meteoroloji istasyon müdürlüğü, Amasra meteoroloji istasyon müdürlüğü, İnebolu meteoroloji istasyon müdürlüğü, Sinop meteoroloji istasyon müdürlüğü, Ordu meteoroloji istasyon müdürlüğü, Giresun meteoroloji istasyon müdürlüğü ve Hopa meteoroloji istasyon müdürlüklerince ölçülmüş geçmiş yıllara ait (1970-2018) deniz suyu yüzey sıcaklık verileri kullanılmıştır. İstasyonların havza bazlı incelemesinde batı havzasını; Kumköy, Amasra ve İnebolu meteoroloji istasyon müdürlükleri, doğu havzasını ise Sinop, Ordu, Giresun ve Hopa meteoroloji istasyon müdürlükleri oluşturmaktadır. Çalışma alanı Şekil 7'de gösterilmiştir.

Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından kalite kontrol ve format dönüşümleri yapıldıktan sonra arşivlenen deniz suyu yüzey sıcaklık verileri, Meteorolojik Veri Bilgi Satış ve Sunum Sistemi (MEVBİS) tarafından sağlanmıştır. Grafikler ve istatistiksel analizler (tek yönlü varyans analizi (ANOVA), linear regrasyon) Sigma Plot 11.0 programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir (URL-4).

İklimsel salınım indisler için (NAO, SOI) East Anglia Üniversitesi (University of East Anglia) İklimsel Araştırma Merkezi (Climatic Research Unit) tarafından çevrimiçi olarak sunulan veriler kullanılarak oluşturulmuştur (URL-5).



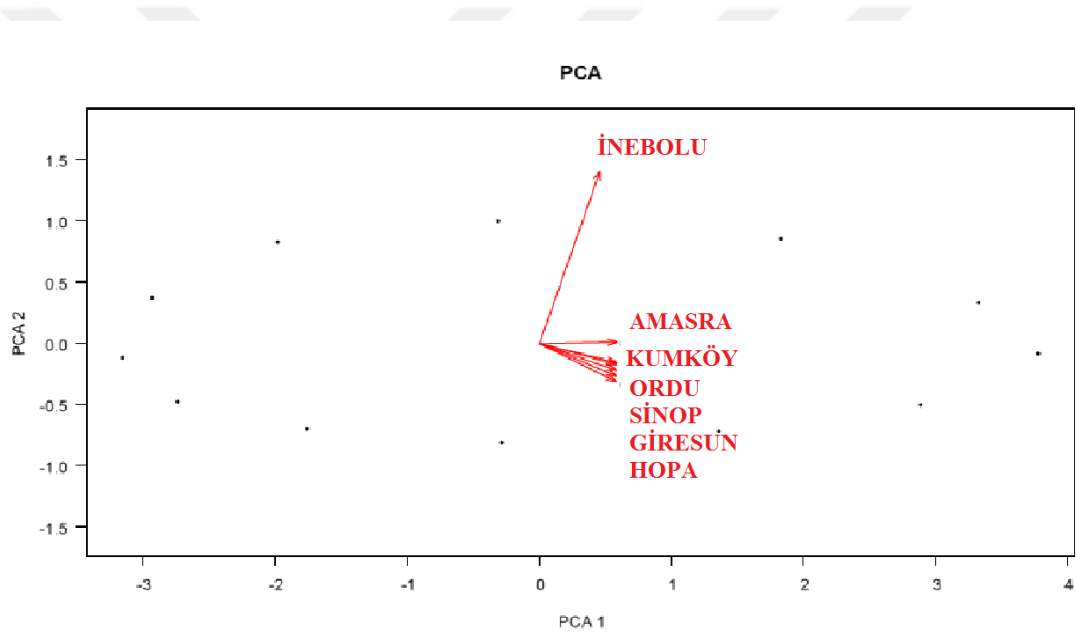
Şekil 7. Çalışma bölgesi ve meteoroloji gözlem istasyonları

2.2. Benzerlik Analizleri

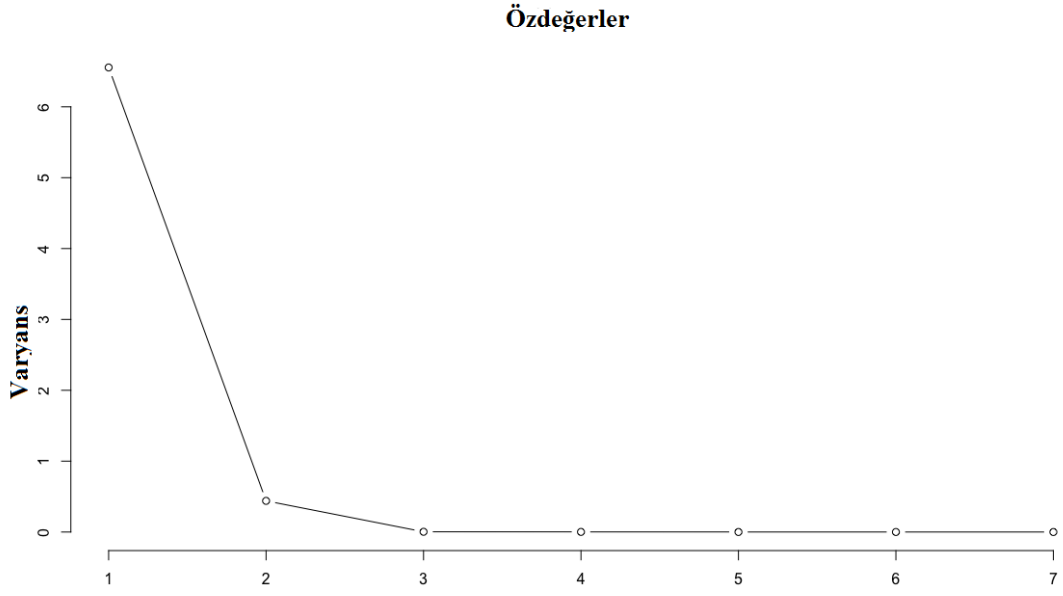
Çalışma alanındaki Meteoroloji Gözlem İstasyonlarından alınan 1970 ve 2018 yılları arasındaki aylık ortalama deniz suyu yüzey sıcaklık verileri doğrultusunda temel bileşenler analizi (Principal Component Analysis, PCA) ile kümelendirme çalışması yapılmıştır (Tablo 1). Kümülatif benzerlik analizine bakıldığında istasyonlar arasında minum %93 oranında benzerlik oranı tespit edilmiştir (Tablo 1). Meteorolojik verilerin varyans analizine bakıldığında PC1 ve PC2 analizleri verilerin %90'ından fazlasını temsil ettiği görülmektedir (Şekil 11). İstasyonlar arasındaki farklılıklara bakıldığında sadece İnebolu ve Amasra'dan alınan meteorolojik veriler diğer istasyonlardan alınan verilerden farklı vektörel büyüklük göstermiştir (Şekil 8). İstasyonların özdeğerler analizine bakıldığında ise PC1 ve PC2 analizleri +1 değerini aşan varyansa sahip olup diğer analizlerin etkisinden daha fazla değere sahiptir (Şekil 9-10).

Tablo 1. İstasyonlara ait verilerin temel bileşen analizindeki öneminin özeti.

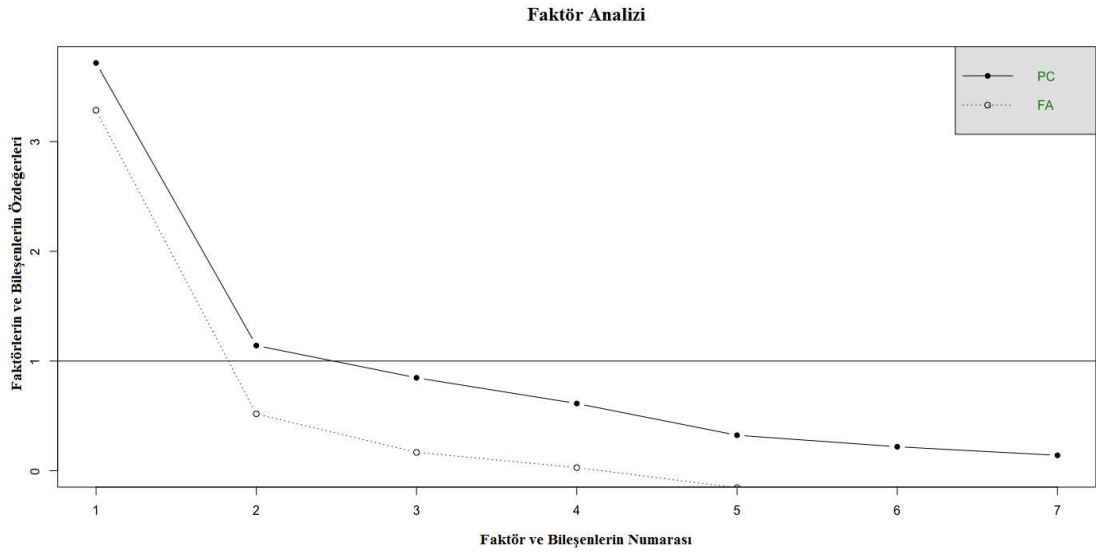
	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7
Standart Sapma	25.603	0.66294	0.05705	0.03949	0.01707	0.01241	0.009007
Varyans Oranı	0.9365	0.06278	0.00046	0.00022	0.00004	0.00002	0.000010
Kümülatif Oran	0.9365	0.99924	0.99970	0.99992	0.99997	0.99999	1.000.000



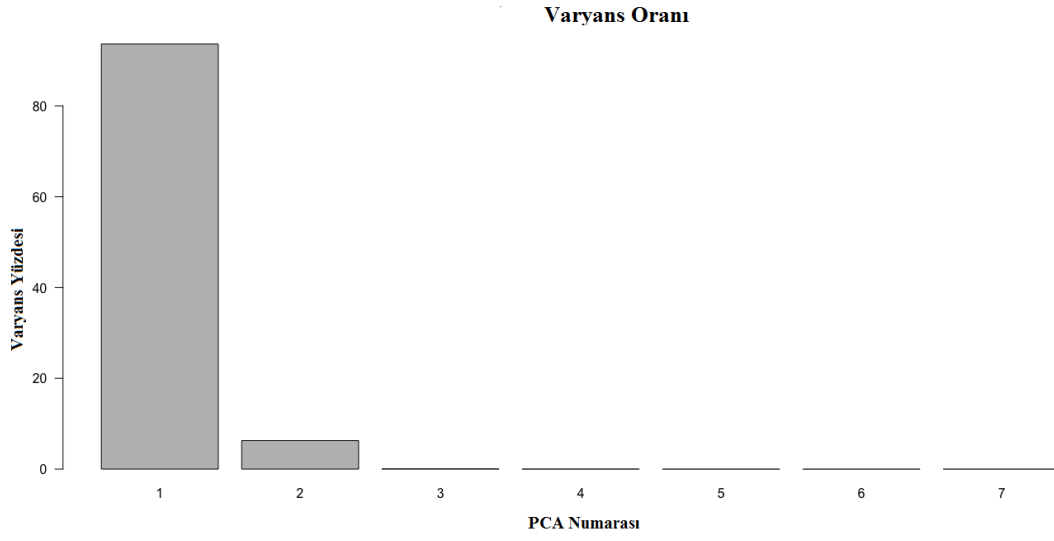
Şekil 8. Meteoroloji Gözlem İstasyonlarından Alınan Verilerin Benzerlik Analizi.



Şekil 9. Meteoroloji Gözlem İstasyonlarından Alınan Verilerin Özdeğerler Analizi.



Şekil 10. Meteoroloji Gözlem İstasyonlarından Alınan Verilerin Özdeğerler Analizi.

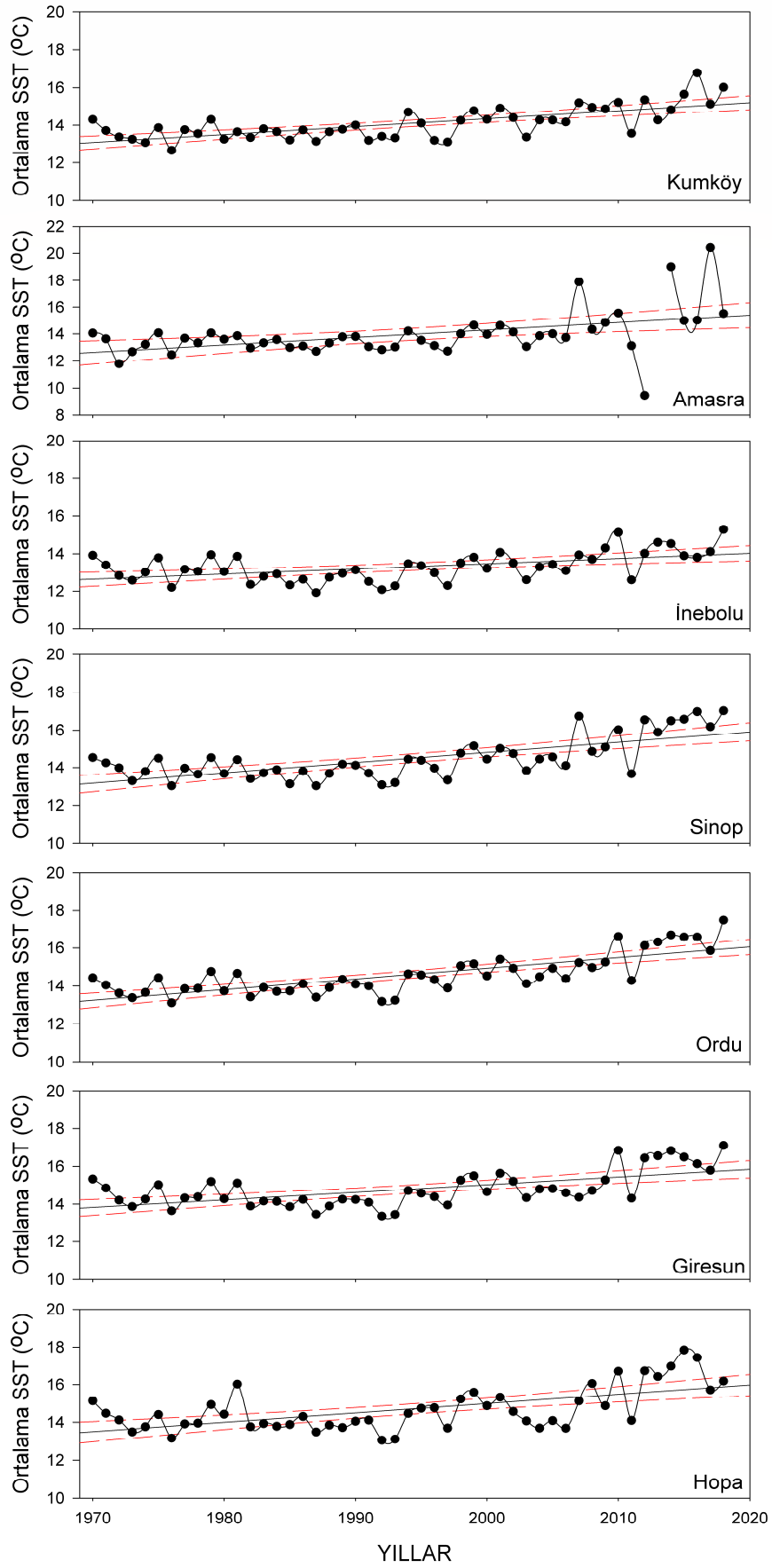


Şekil 11. Meteoroloji Gözlem İstasyonlarından Alınan Verilerin Varyans Analizi.

3. BULGULAR

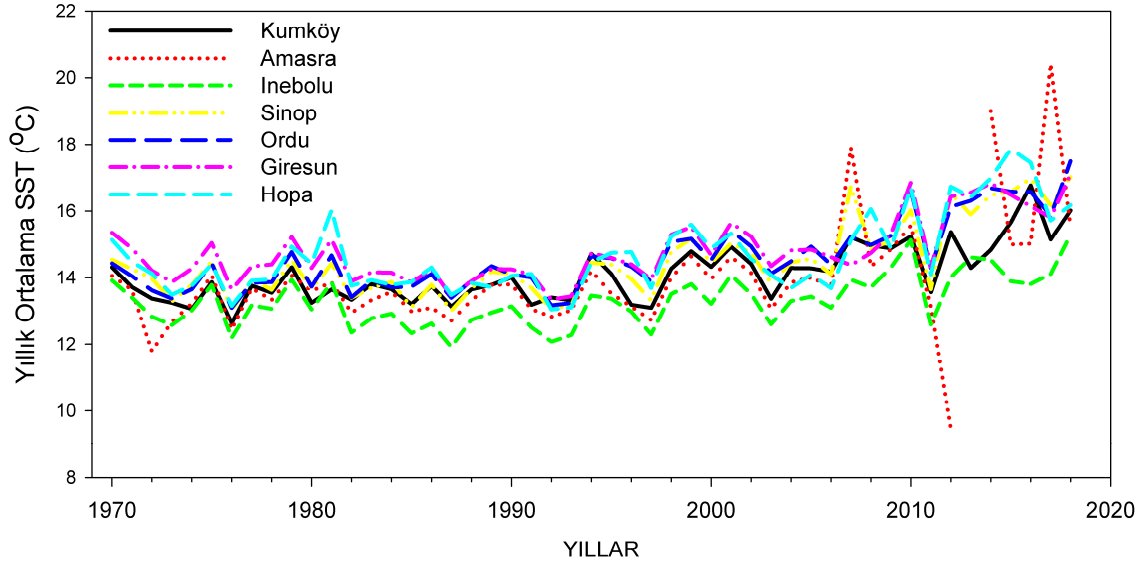
3.1. Deniz Suyu Yüzey Sıcaklığı (DSYS)

Çalışma bölgesine ait uzun dönemli yıllık ortalama deniz suyu yüzey sıcaklıklarının genel olarak geçmişten günümüze sürekli bir artış eğilimi içerisinde olduğu tespit edilmiştir (Şekil 12). Ortalama deniz suyu sıcaklıkları 9,47°C (Amasra, 2012) ile 20,42 (Amasra, 2017) arasında değişim göstermiş olup batıdan doğuya doğru artış sergilemiştir. 1970 ile 1995 yılları arasında ortalama deniz suyu yüzey sıcaklıkları; Kumköy meteoroloji istasyonu 13,6 °C, İnebolu meteoroloji istasyonu 12,93 °C, Amasra meteoroloji istasyonu 13,34 °C, Sinop meteoroloji istasyonu 13,81 °C, Ordu meteoroloji istasyonu 13,91 °C, Giresun meteoroloji istasyonu 14,26 °C, Hopa meteoroloji istasyonu 14,07 °C, 1995 ile 2019 yılları arasındaki ortalama deniz suyu yüzey sıcaklığı ise Kumköy meteoroloji istasyonu 14,64 °C, İnebolu meteoroloji istasyonu 13,72 °C, Amasra meteoroloji istasyonu 14,65 °C, Sinop meteoroloji istasyonu 15,22 °C, Ordu meteoroloji istasyonu 15,35 °C, Giresun meteoroloji istasyonu 15,39 °C, Hopa meteoroloji istasyonu 15,37 °C olarak ölçülmüştür. Tüm istasyonlarda ortalama deniz suyu yüzey sıcaklığının 12-14°C'den 14-16°C'ye yükseldiği gözlemlenmektedir (Şekil 12).



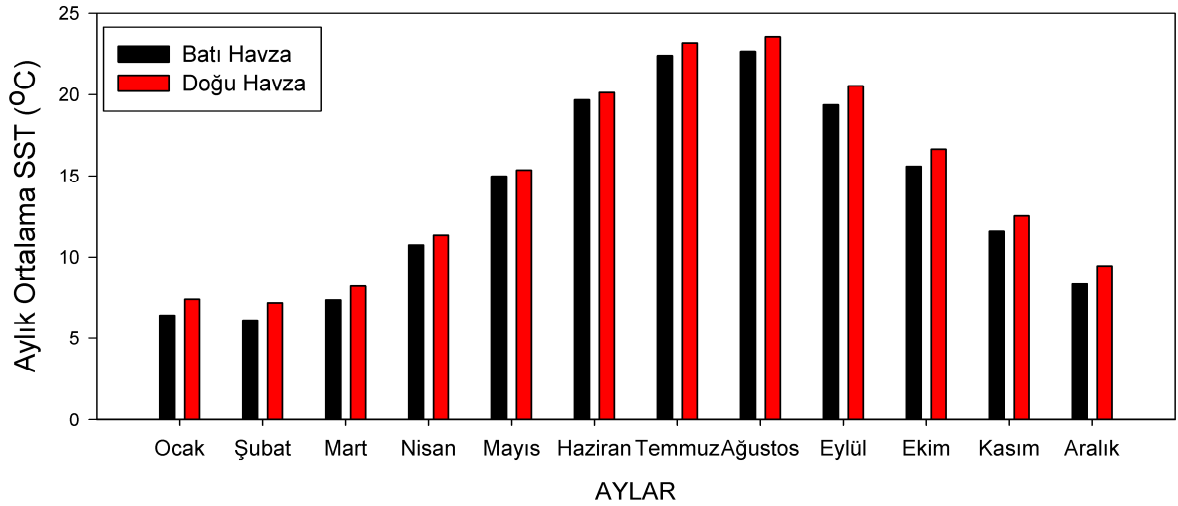
Şekil 12. İstasyonlara ait deniz suyu yüzey sıcaklığının uzun dönemli değişimi

İstasyonların ortalama deniz suyu yüzey sıcaklıkları karşılaştırıldığında 2006 yılına kadar benzer bir değişim trendi gösterdiği gözlemlenmektedir (Şekil 13). 2006 yılından sonra Amasra ve İnebolu istasyonlarına ait ortalama deniz suyu yüzey sıcaklıkları farklılık sergilemiştir. Genel olarak istasyonlarda istatistiksel önemli farklılıklar tespit edilmiştir (ANOVA, $p < 0.001$)



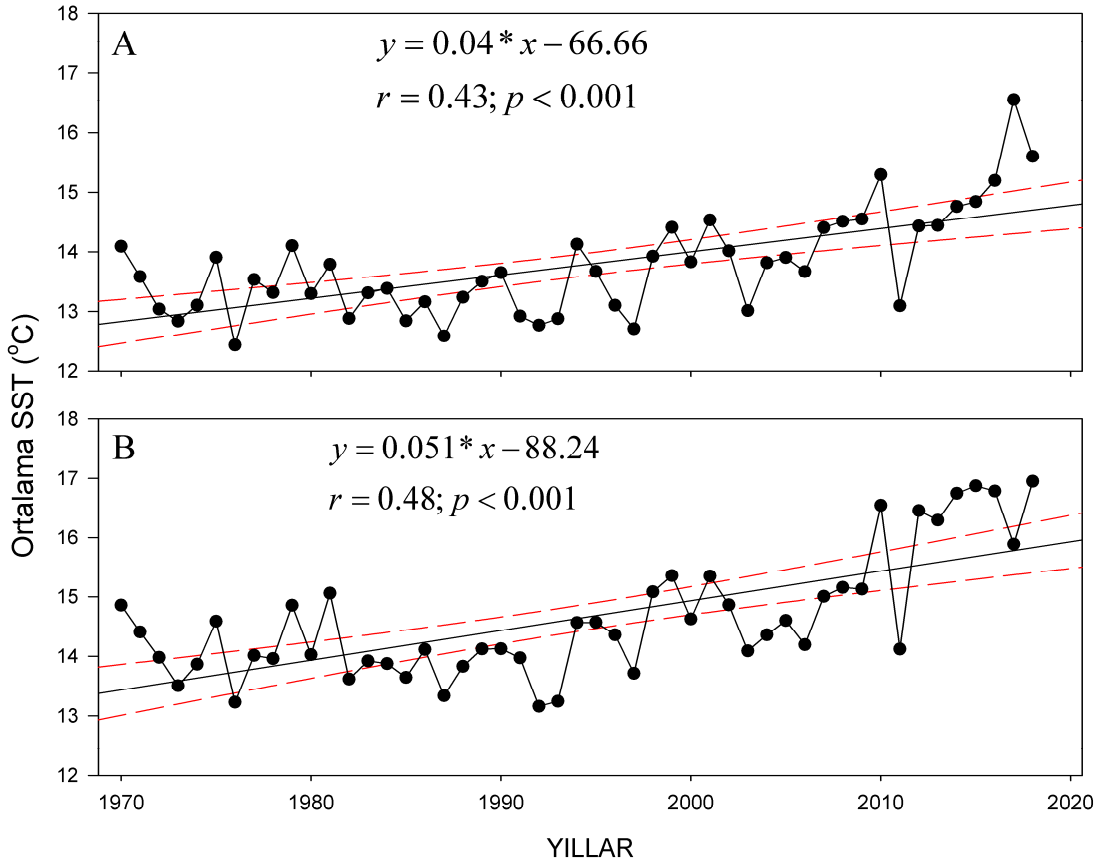
Şekil 13. İstasyonlara ait deniz suyu yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması

Çalışma süresince aylık ortalamalar açısından havza ölçeğinde bir karşılaştırma yapıldığında Doğu Havza'ya ait aylık ortalamaların Batı Havza'dan yüksek olduğu tespit edilmiştir (Şekil 14), ancak gözlemlenen bu farklılık istatistiki olarak önemli değildir. (Mann-Whitney U, $p > 0.05$). Aylık ölçekte Batı Havza'da sıcaklıklar 6,12-22,63 °C arasında değişim gösterirken Doğu Havza'da ise 7,20-23,59 °C arasında değişmiştir. Sıcaklığın en düşük olduğu ay Şubat olurken en yüksek sıcaklık Ağustos ayında kaydedilmiştir.



Şekil 14. Uzun dönemli aylık ortalama deniz suyu yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılması

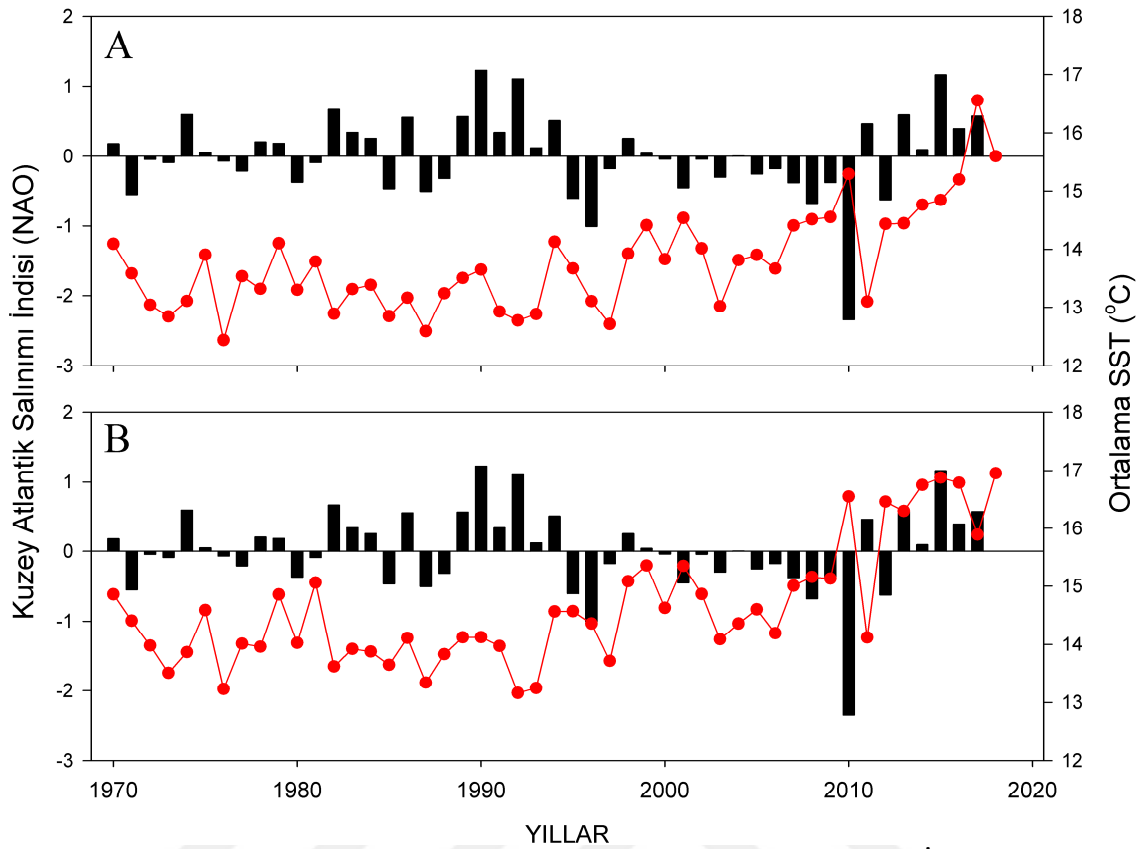
İstasyonlar göz ardı edilip havza ölçeğinde bir değerlendirme yapıldığında tüm periyotlarda doğu havza (Sinop, Ordu, Giresun ve Hopa) aylık ortalama deniz suyu yüzey sıcaklıklarının (13,16-16,95 °C), batı havza (Kumköy, Amasra ve İnebolu) sıcaklıklarından (12,44-16,55°C) daha yüksek olduğu ve istatistiki olarak farklı olduğu tespit edilmiştir (Mann-Whitney U, $p < 0,001$). Batı Havza uzun yıllar ortalama deniz suyu yüzey sıcaklığı 13,77 °C, Doğu Havza ise 14,65 °C olarak gözlemlenmiştir. Doğu ve Batı Havzadaki ortalama deniz suyu yüzey sıcaklıklarındaki değişime bakıldığında ise her iki havza da uzun dönemli olarak deniz suyu sıcaklığı artış göstermiştir. Regresyon analizleri uzun yıllar ortalama deniz suyu yüzey sıcaklıklarında, Batı Havzada 0.04 °C dolaylarında, Doğu Havzada 0.05 °C dolaylarında bir artış olduğunu göstermiştir (Şekil 15).



Şekil 15. Yıllara göre ortalama deniz suyu sıcaklığındaki değişim (A: Batı Havza, B: Doğu Havza).

3.2. Kuzey Atlantik Salınımı İndisi (NAO Index)

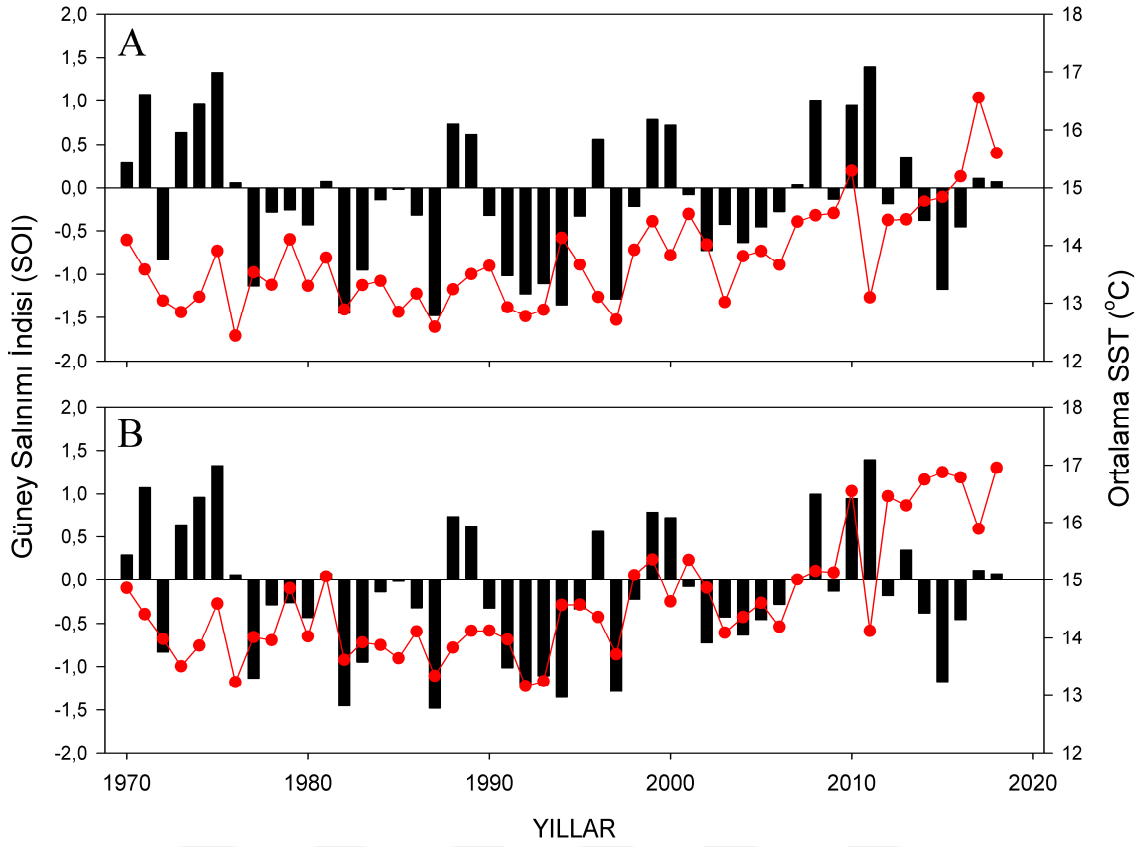
NAO indeks ile DSYS arasında düzensiz bir ilişki görülmektedir (Şekil 16). Batı Havzada 1970 ile 1994 yılları arasında çoğunlukla pozitif bir ilişki söz konusu iken, 1994 ile 2010 yılları arasında negatif ilişki gözlemlenmiştir. 2010 yılından 2019 yılına kadar pozitif ilişki görülmektedir. Doğu Havzada ise Batı Havzadaki gibi düzensiz ilişkiye paralel bir durum söz konusudur. 1990'lı yılların ortasına kadar pozitif ilişki görülmektedir. 1994 ile 2010 yılları arasında negatif ilişki mevcutken, 2010 yılından sonra pozitif ilişki söz konusudur.



Şekil 16. Ortalama Deniz Suyu Sıcaklığı ve Kuzey Atlantik Salınımı İndisi arasındaki ilişki (A: Batı Havza, B: Doğu Havza, Bar grafiği: NAO indisi, Çizgi grafiği: Ortalama deniz suyu sıcaklığı).

3.3. Güney Salınımı İndisi (SO Index)

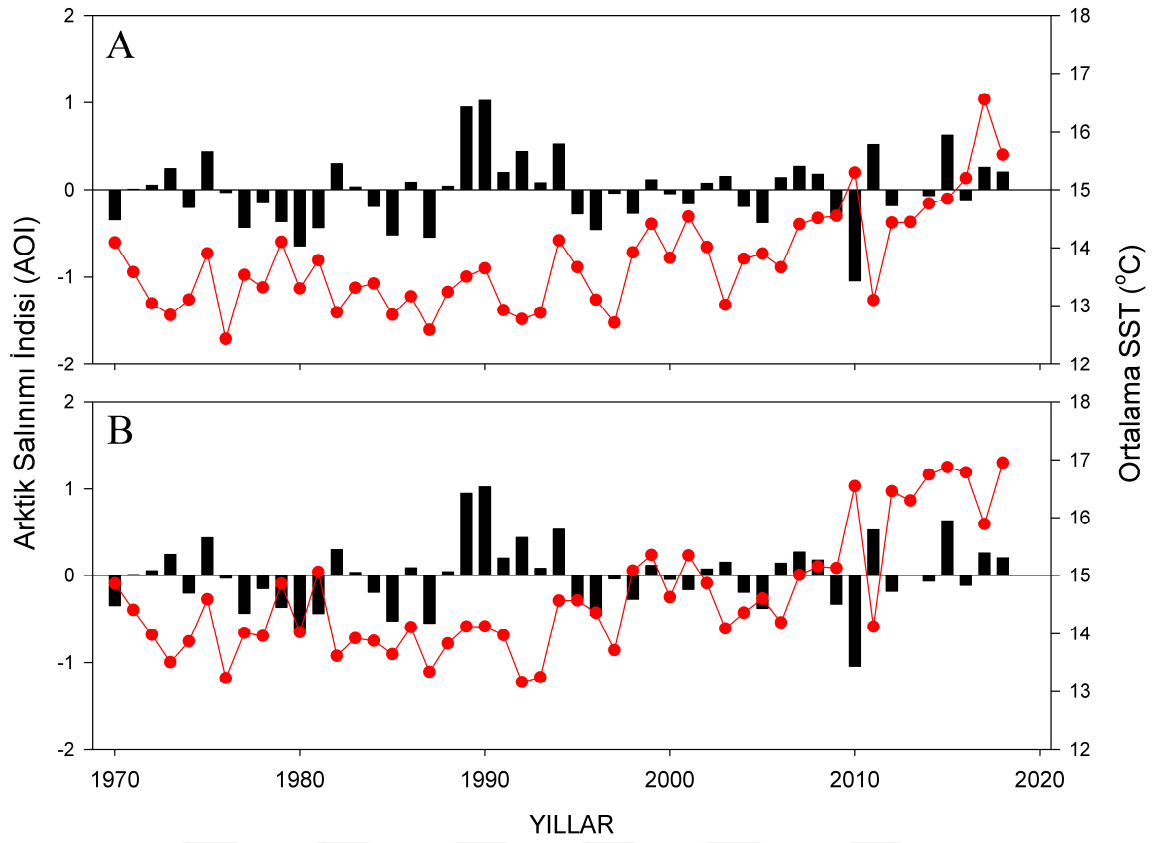
SO indeks ile her iki havzadaki ortalama deniz suyu yüzey sıcaklığı arasında düzensiz bir ilişki görülmektedir (Şekil 17). Batı ve Doğu Havzada 1970'li yılların ortasına kadar pozitif bir ilişki söz konusu iken, 1975 ile 2008 yılları arasında negatif ilişki gözlemlenmektedir. 2008 yılları ile 2013 yılları arasında pozitif ilişki, 2013 yılından sonra ise negatif ilişki görülmektedir. Spearman korelasyon analizi DSYs ile SO indisi arasında negatif ve istatistiki açıdan önemli bir ilişki olduğunu ortaya koymuştur (Spearman Korelasyonu, $p < 0,001$).



Şekil 17. Ortalama Deniz Suyu Sıcaklığı ve Güney Salınımı İndisi arasındaki ilişkisi (A: Batı Havza, B: Doğu Havza, Bar grafiği: SO indisi, Çizgi grafiği: Ortalama deniz suyu sıcaklığı).

3.4. Arktik Salınımı İndisi (AO Index)

AO indisi ile iki havzadaki ortalama deniz suyu yüzey sıcaklığı arasında düzensiz ve negatif bir ilişki görülmektedir (Şekil 18). Batı ve Doğu Havzada 1989-1994 yılları ile 2011-2018 yılları arasında pozitif ilişki söz konusu iken, diğer dönemlerde deniz suyu yüzey sıcaklığının AO indisi ile negatif bir ilişki sergilediği tespit edilmiştir (Şekil 18). Yapılan korelasyon analizlerinde her iki havza için AO ile deniz suyu yüzey sıcaklığı arasında istatistikî açıdan önemli ilişkiler ($p < 0,001$) tespit edilmiştir.



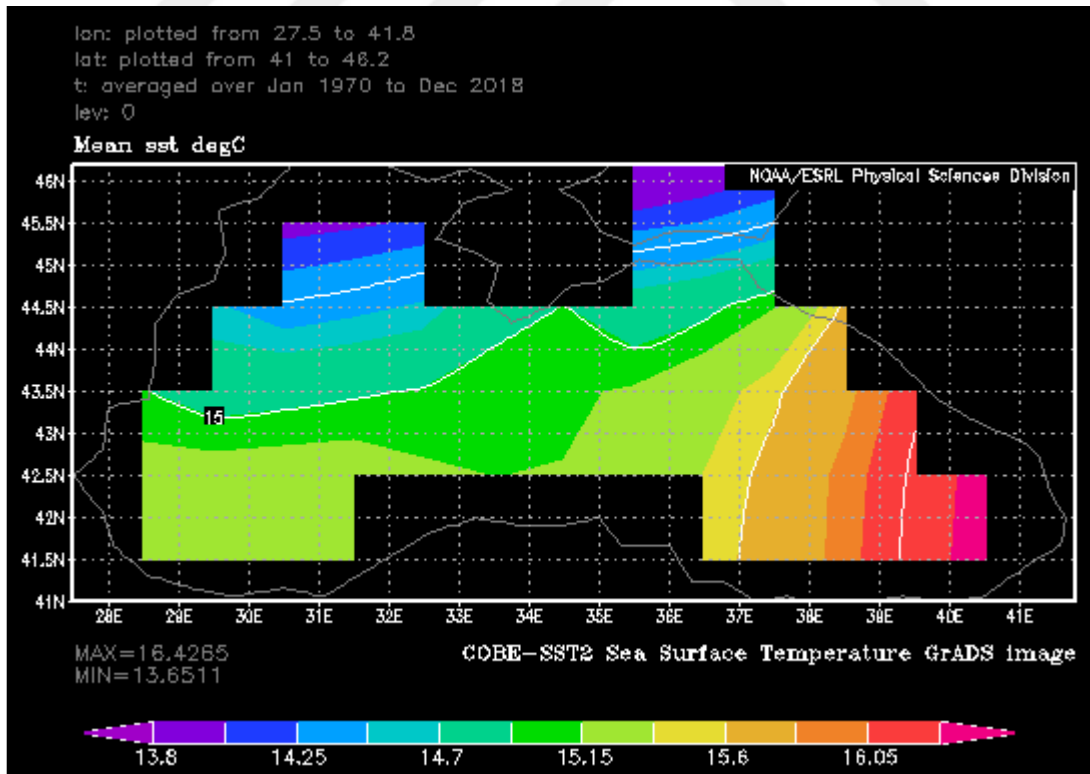
Şekil 18. Ortalama Deniz Suyu Sıcaklığı ve Arktik Salınımı İndisi arasındaki ilişki (A: Batı Havza, B: Doğu Havza, Bar grafiği: AO indisi, Çizgi grafiği: Ortalama deniz suyu sıcaklığı).

4. TARTIŞMA ve SONUÇLAR

Karadeniz Türkiye kıyıları deniz suyu sıcaklıklarının meteorolojik yönden değerlendirildiği bu çalışmada 1970-2018 yılları arasında ülkemiz Karadeniz kıyı şeridi boyunca meteoroloji gözlem istasyonları tarafından ölçülen deniz suyu yüzey sıcaklıkları kullanılmıştır. Çalışma süresince 7 farklı gözlem istasyonunda aylık olarak kaydedilen veriler kullanılmıştır. Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün sağladığı veriler bölgeyi etkileyen iklimsel indisler ışığında daha detaylı bir şekilde incelenmiş ve aralarındaki muhtemel ilişkiler ortaya konulmaya çalışılmıştır. Çalışma neticesinde elde edilen veriler bulgular kısmında sunulmuş olup, bu bölümde ise mevcut bulgular bölgede yapılmış olan diğer çalışmalar ile detaylı bir şekilde tartışılmıştır.

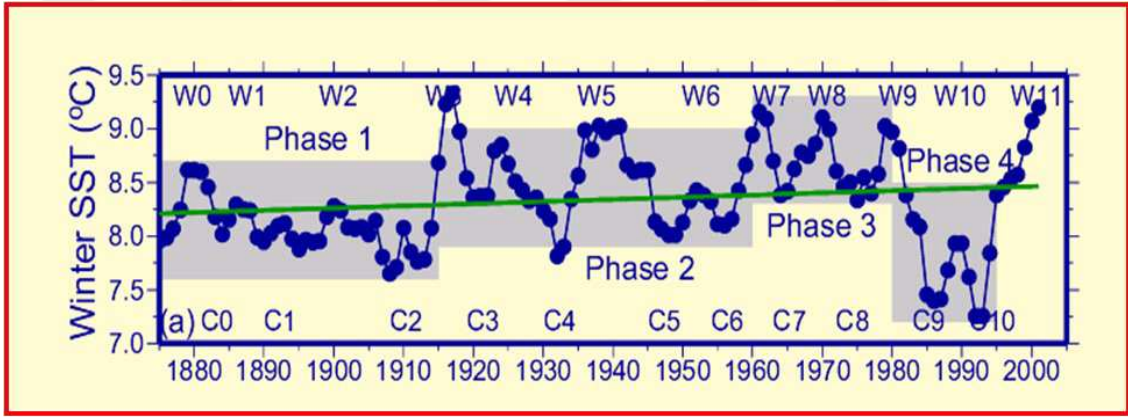
Kapalı havza olan Karadeniz, atmosferik iklimsel değişime karşı duyarlı bir karaktere sahiptir. Karadeniz'de deniz suyu yüzey sıcaklıkları mevsime bağlı olarak oldukça önemli oranda değişmektedir. Havaaların ısınmasına bağlı olarak ilkbahar aylarında ve mütakiben erken yaz döneminde havaaların ısınmasıyla birlikte su sıcaklığıda yükselmeye başlar. Sonbahar ve kış döneminde ise deniz suyu yüzey sıcaklığı hava sıcaklığına oranla yüksektir ve sular daha yavaş soğur (Ivanov, 1985). Karadeniz'de Eylül ayından itibaren sıcaklık düşüşlerinin başladığı ve en düşük değerlere Ocak-Şubat aylarında ulaştığı rapor edilmektedir. Diğer taraftan ilkbaharla birlikte başlayan artış Temmuz ve Ağustos aylarında yüzey suyu sıcaklıklarının en yüksek değerlere ulaştığı dönem olarak kaydedilmiştir (Ivanov, 1985). Doğu Karadeniz'de yürütülen bir çalışmada ortalama en yüksek deniz suyu yüzey sıcaklığı Ağustos 1996'da (25 °C), en düşük su sıcaklığı ise Şubat 1997 döneminde (8 °C) ölçülmüştür (Sivri, 1999). Oğuz vd. (2008) tarafından havzanın iç bölgelerinde farklı dönemlerde (Şubat 1990; Nisan 1993, Ağustos 1993, Mayıs 2001 ve Mart 2003) yürüttükleri çalışmada ilk 50-60 m'lik yüzey tabaka sularında yılın soğuk geçen dönemlerinde su sıcaklığını 6-7 °C ve sıcak dönemlerinde ise 22-26 °C arasında değiştiğini rapor etmişlerdir. Ağırbaş (2010) tarafından Güney Doğu Karadeniz kıyısal ekosisteminde yürütülen çalışmada deniz suyu yüzey sıcaklığı en yüksek Temmuz-Ağustos döneminde (24-25,5 °C) ölçülmüştür. En düşük sıcaklıklar ise Şubat-Mart döneminde (9-9,5 °C) kaydedilmiştir. Mevcut çalışmada ise en düşük ortalama DSYS 6,12 °C ile Şubat ayında ve en yüksek sıcaklık ise 23,59 °C ile Ağustos ayında

kaydedilmiştir. Güney Doğu Karadeniz kıyılarında yürütülen başka bir çalışmada ise 10 yıllık in-situ verilerine göre DSYS'lerinin giderek arttığını ve bu dönem içerisinde en düşük sıcaklık 7,9 °C olarak ölçülürken en yüksek sıcaklık ise 28,1 °C olarak rapor edilmiştir (Ağırbaş vd., 2015). Aynı araştırma ekibi uydudan elde edilmiş DSYS'lerinin aynı eğilime sahip olduğunu ve sıcaklığın 6,6-27,9 °C arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Diğer taraftan Karadeniz'in geneli için aynı dönemi kapsayacak (1970-2018) uydu verilerine göre son 49 yıl içerisinde bölgede ortalama DSYS 13,65-16,4 °C arasında değişim göstermiştir (Şekil 19). Bu çalışmada ise 49 yıllık dönem içerisinde yıllık ortalama deniz suyu sıcaklıkları 9,47 °C ile 20,42 °C arasında değişirken sıcaklıkların her geçen gün giderek arttığını da göstermiştir. Şekil 18'de görüleceği üzere Doğu Havza sıcaklık ortalamaları Batı Havza'dan yüksektir. Mevcut çalışmada da gerek aylık ortalamalar ve gerekse yıllık ortalamalar açısından havzanın doğu kısmındaki artış dikkat çekicidir. Elde edilen bulgular Oğuz vd. (2008)'nin bulguları ile benzerlik gösterirken daha çok ölçekli yürütülen çalışmalara göre düşük çıkmıştır. Bu farklılığın en temel nedeni ise bölgesel ve dönemsel farklılıktır.



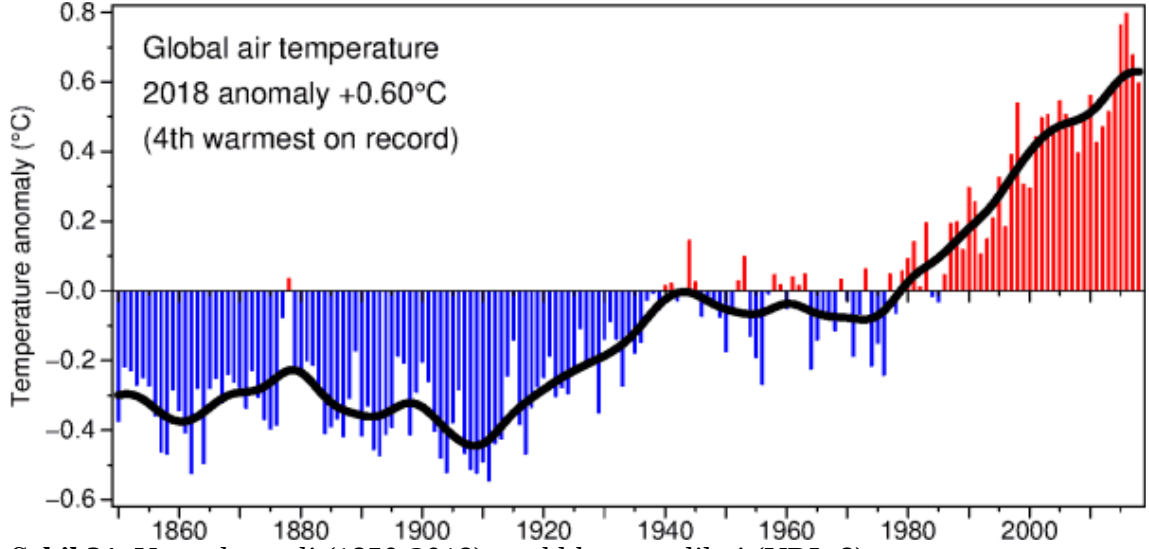
Şekil 19. 1970-2018 dönemi için uydudan elde edilen ortalama DSYS (URL-6)

Karadeniz geneli için yürütülen uzun dönemli çalışmalar kış dönemi DSYS'nın önemli oranda değiştiğini göstermektedir (Oğuz vd., 2006; Şekil 20). Önceki çalışmalar son dönemlerde Karadeniz'de DSYS'de ciddi oranda artış olduğunu rapor etmektedir (Oğuz, 2005; Alkan vd., 2012). Gözlemlenen bu değişim bölgesel olduğu kadar küresel ölçekte etkili olan iklimsel salınımlardan da kaynaklanmaktadır. Ancak, Oğuz vd. (2006) Karadeniz geneli için DSYS'nın periyodik bazı salınımlar gösterdiğini ve dönemsel olarak ısınma eğiliminde olan havzanın bazı dönemlerde ise soğuma paterni gösterdiğini rapor etmişlerdir. Aynı araştırma grubu Karadeniz'in 1880-1910 ve 1980-2000 dönemlerinde soğuma eğiliminde olduğunu ancak diğer dönemlerde ve özellikle 2000'li yıllardan sonra ciddi ısınma eğiliminde olduğunu bildirmişlerdir (Şekil 20).



Şekil 20. Karadeniz geneli için uzun dönemli kış DSYS değişimi (Oğuz vd., 2006)

Küresel anlamda bir değerlendirme yapıldığında hava sıcaklıklarının ve buna bağlı olarak DSYS giderek arttığı görülmektedir. Yeni yayımlanan iklim raporuna göre 2018 yılının 1800'lerden bu yana en sıcak dördüncü yıl olduğunu bildirmektedir (URL-7). Bu durum Türkiye için 2010 yılından sonra en sıcak ikinci yıl olarak kayıtlara geçmiştir. Uzun dönemli (1850-2018) sıcaklık anomalileri hava sıcaklığının 2018 yılında 0,6 °C arttığını göstermektedir (Şekil 21). Şekil 20'den de görüleceği üzere küresel ölçekte bir artış eğilimi meydana gelirken özellikle 80'li yıllardan sonra bu trendin daha da hızlı olduğu dikkat çekmektedir.



Şekil 21. Uzun dönemli (1850-2018) sıcaklık anomalileri (URL-8)

Son 49 yıl içerisinde gözlemlenen bu değişimin bölgesel mi yoksa küresel ölçekli mi olduğunu araştırmak adına eldeki mevcut veri setinin iklimsel salınım indisleri ile olan ilişkisi mevcut bu çalışma ile ortaya konulmaya çalışılmıştır. Bilindiği üzere Kuzey Atlantik Salınımı Akdeniz ve Avrupa üzerinde iklimsel değişkenliği belirleyen ana unsurlardan biridir (Kahya, 2011). Yapılan analizlerde NAO ile DSYS arasında istatistiki bir ilişki olmamasına rağmen dönemsel olarak etkileşimler tespit edilmiştir. Ancak güney salınım ile DSYS arasında negatif ve güçlü ilişkiler tespit edilmiştir. Güçlü (2013) 1971-2010 dönemi için Türkiye'nin Karadeniz kıyıları için DSYS değerleri ile NAO arasında negatif ve düşük düzeyde ve El Nino Güney Salınım indeksi (ENSO) ile negatif ve orta düzeyde bir ilişki tespit etmiştir (Güçlü, 2013). Ağırbaş vd. (2015) 2002-2011 dönemi için kış dönemi DSYS ile kış dönemi NAO arasında istatistiki anlamda negatif ve güçlü ilişkiler tespit etmiş (Pearson korelasyonu = -0.84, $p = 0.002$) ve bölgenin NAO'dan etkilendiğini rapor etmişlerdir.

Bu çalışma ile Türkiye'nin Karadeniz kıyılarında DSYS'ında bir artış olduğu ve özellikle son 10 yılda bu trendin daha da hissedilir olduğu görülmüştür. Tespit edilen bu artış ve iklimsel salınım indisleri ile olan ilişki bu artışın bölgesel olduğu kadar küresel kaynaklı olduğunu göstermiştir.

5. ÖNERİLER

Yarı kapalı ve izole bir sistem olan Karadeniz iklimsel değişimlere karşı son derece hassas bir ekosistemdir. Bundan dolayı yapısında meydana gelecek en ufak bir değişiklik tüm sistemi etkilemektedir. Bu çalışma ile DSYS'larında tespit edilen önemli artış ve iklimsel salınım indisleri ile olan istatistiki ilişki sistemin yoğun bir ısınma trendi içinde olduğunu göstermiştir.

Son dönemlerde özellikle NAO kış indislerinin alışılmışın dışında uzun süreli pozitif anomalilerin kaydedilmesi antropojenik kaynaklı küresel ısınmaya bağlanmaktadır (Gillett vd., 2003). Bundan dolayı bölgedeki antropojenik faaliyetlerin bundan sonraki çalışmalarda değerlendirilmesinde fayda vardır.

Benzer şekilde diğer iklimsel salınım indislerinin de son dönemlerde güçlendiği rapor edilmektedir. Bundan dolayı artan hava sıcaklıklarının ve buna bağlı olarak artan DSYS'larının muhtemel nedenleri daha fazla analiz edilmeli ve tartışılmalıdır. Özellikle bölgeyi etkisi altına alan Doğu Atlantik Batı Rusya (EAWR) salınım indisleri ile olan ilişkisinin araştırılması bölge için üretilecek olan iklim projeksiyonlarına ışık tutacaktır.

KAYNAKLAR

- Agirbas, E., Feyzioglu, A.M., Aytan, U., Valente, A. and Yildiz, I., 2015.** Are trends in SST, surface Chlorophyll-a, primary production and wind stress similar or different over the decadal scale in the south-eastern Black Sea? *Cahiers de Biologie Marine*, 56. 329-336.
- Ağırbaş, E., 2010.** Güneydoğu Karadeniz’de Pigment Konsantrasyonu ve Birincil Üretimin Çevre Koşulları İle Etkileşimi. Doktora Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye, 199 s.
- Alkan, A., Zengin B., Serdar, S. ve Oguz, T., 2012.** Long-Term (2001-2011) Temperature, salinity and chlorophyll-a variations at a Southeastern coastal site of the Black Sea. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 13, 57-68.
- Atalay, İ. ve Mortan, K., 2003.** Resimli ve Haritalı Türkiye Bölgesel Coğrafyası, İnkılap Yayınları, İstanbul.
- Bozyurt, O. ve Özdemir, A., 2017.** Arktik Salınımının Yıllar Arası Gösterdiği Eğilimler ile Türkiye’de Minimum Ortalama Sıcaklık Değerleri Üzerindeki Etkileri, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, Cilt 19, Sayı 1, 23-135.
- Bridgman, H.A. and Oliver, J.E., 2006.** The Global Climate System–Patterns, Processes and Teleconnections, Cambridge University Press, New York. DOI: 10.1002/joc.1605.
- Demircan, M., Gürkan, H., Türkoğlu, N. ve Çiçek, İ., 2018.** Sıcaklıklardaki Türdeşlik Kırıklıklarının Kuzey Atlantik Salınımı (NAO) İndisi ile İlişkisi, Ankara Üniversitesi, Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi (TÜCAUM), TÜCAUM 30. Yıl Uluslararası Coğrafya Sempozyumu, Ankara, 3-6 Ekim.
- Düzgüneş, E., Sağlam, N. ve Balık, İ., 2008.** Küresel Isınma ve İklim Değişikliği. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 25, 89-94.
- Erinç, S., 1996.** Klimatoloji ve Metodları, Alfa Basım Yayım Dağıtım, İstanbul.
- Gillett, N.P., Graf, H.F. ve Osborn, T.J., 2003.** İklim Değişikliği ve Kuzey Atlantik Salınımı. Kuzey Atlantik Salınımında: İklimsel Önem ve Çevresel Etki. *Amerikan Jeofizik Birliği Dergisi*, 193-209. DOI: 10.1029 / 134GM09.
- Güçlü, Y., 2013.** Türkiye’nin Karadeniz Bölgesi Kıyısı Boyunca Deniz Suyu Yüzey Sıcaklığı Anomalileri. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi*, 10 s.
- Hurrell J.W., 1995.** Decadal trends in the North Atlantic Oscillation and relationships to regional temperature and precipitation. *Science*, 269, 676-679.

- Hurrell, J.W., Kushnir, Y., Ottersen, G. and Visbeck, M., 2003.** The North Atlantic Oscillation: Climate Significance and Environmental Impact, *Geophys.* 134. 279. DOI: 10.1029/GM134.
- Ivanov, L., 1985.** The Fisheries Resources of the Mediterranean Part Two: Black Sea, General Fisheries Commission for the Mediterranean, Rome, 2016, 115-116.
- Kahya, E., 2011.** The Impacts of NAO on the Hydrology of the Eastern Mediterranean. In *Hydrological, Socioeconomic and Ecological Impacts of the North Atlantic Oscillation in the Mediterranean Region*. 57-71.
- Kaplan, A., Cane, M.A., Kushnir, Y., Clement, A.C., Blumenthal, M. and Rajagopalan, B., 1998.** Analyses of global sea surface temperature. *Journal of Geophysical Research*, 103, 567-589A.
- Koçman, A., 1993.** Türkiye İklimi, Ege Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayınları, İzmir.
- Maiyza, I., Said, M. and Kamel, M., 2010.** Sea surface temperature anomalies in the South Eastern Mediterranean Sea. *Journal of King Abdulaziz University*, 21, 151-159. DOI: 10.4197.
- Mee, L., 1992.** The Black Sea In Crisis: A Need For Concerted International Action, *Ambio*, 21, 256-286.
- Niermann, U., Kideys, A.E., Gordina, A. and Bingel, F., 1999.** The role of environmental conditions on the distribution of eggs and larvae of anchovy (*Engraulis encrasicolus* L.) in the Black Sea. *ICES Journal of Marine Science*, 56, 58-64.
- Oguz, T., 2005.** Black ecosystem response to climatic teleconnections. *Oceanography*, 18, 122-133.
- Oguz, T., Dippner, J.W. and Kaymaz Z., 2006.** Climatic regulation of the black sea hydro-meteorological and ecological properties at inter-annual-to-decadal time scales. *Journal of Marine Systems*, 60, 235-254.
- Oguz, T. and Gilbert, D., 2007.** Brupt 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 I*, 54, 220-242.
- Oğuz, T., Latif, M.A., Sur, H.I., Özsoy, E. and Ünlüata, Ü., 1991.** On the dynamics of the southern Black Sea in: *Black Sea Oceanography*. Kluwer Academic Publishers, 46-63.

- Oğuz, T., Latun, V. S., Latif, M. A., Vladimirov, V. V., Sur, H. İ., Markov, A., A. Özsoy, E., Kotovshchikov, V. V, Ereemeev, V. V. and Ünlüata, Ü., 1993.** Circulation in the surface and intermediate layers of the Black Sea. Deep-Sea Research I, 40, 1597-1612.
- Partal, T. and Kahya, E., 2006.** Trend Analysis in Turkish Precipitation Data. Hydrologic Process, 20, 2011-2026.
- Sağlam, H., Kutlu, S., Başçınar, S., Dağtekin, M., Selen, H. ve Şahin, A., 2008.** Deniz salyangozunda direkte alternatif farklı tuzak modellerinin geliştirilmesi. Proje no: TAGEM/HAYSÜD/2005/09/02/02. Su Ürünleri Merkez Araştırma Enstitüsü, Trabzon.
- Sen, O., 1989.** Variations of Aerosols at Izmir, Turkey Determined by Neutron Analysis, Atmospheric Environment. 22, 795-801.
- Sivri, N., 1999.** Solaklı Deresi Girdilerinin Kıyusal Pelajik Ekosisteme Etkileri, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon. 182 s.
- Soloviev, A.V. and Lukas, R., 2006.** The Near-Surface Layer of the Ocean Structure, Dynamics and Applications, Springer, New York. DOI: 10.1007/978-94-007-7621-0.
- Thompson, D. and Wallace, J., 1998.** The Arctic Oscillation signature in wintertime geopotential height and temperature fields. Geophys. Res. Lett. 25, 1297-1300.
- Tuğrul, S., Baştürk, O., Saydam, C. ve Yılmaz, A., 1992.** Changes in the Hydrochemistry of Black Sea Inferred from Water Density Profiles. Journal of Nature, 359, 137-139.
- URL-1, 2019.** [http://energyeducation.ca/encyclopedia/North Atlantic Oscillation#cite_note-1](http://energyeducation.ca/encyclopedia/North_Atlantic_Oscillation#cite_note-1) (16 Mayıs 2019).
- URI-2, 2019.** http://nsidc.org/cryosphere/artic-meteorology/weather_climate_patterns.html (18 Mayıs 2019).
- URL-3, 2019.** https://www.researchgate.net/figure/Wind-circulation-pattern-over-Pacific-ocean-during-a-normal-years-andb-El-Nino-years_fig1_263522403 (26 Mayıs 2019).
- URL-4, 2019.** <https://mevbis.mgm.gov.tr/mevbis/ui/index.html#/Workspace> (16 Nisan 2019)
- URL-5, 2019.** <http://www.cru.uea.ac.uk> (30 Mayıs 2019).
- URL-6, 2019.** https://www.esrl.noaa.gov/psd/cgi-bin/GrADS.pl?dataset=COBE-SST2+Sea+Surface+Temperature&DB_id=157&file=%2FDatasets%2FCOBE2%2Fss (02 Haziran 2019).

URL-7, 2019. <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/reporting-state-climate-2018> (18 Haziran 2019).

URL-8, 2019. <http://www.cru.uea.ac.uk/> (23 Haziran 2019).

Yılmaz, A., 2002. Türkiye Denizlerinin Biyo-jeokimyası. Dağılımlar ve Döngüler, Turkish Journal of Engineer Science, 26, 219-235.



ÖZGEÇMİŞ

Abdullah Metin ÇAKIROĞLU, 06.06.1988'de Ankara'da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Ankara'da tamamladıktan sonra 2006 yılında Trabzon Meydan Meteoroloji Müdürlüğü'nde Rasatçı olarak göreve başlamıştır. 2010 yılında Anadolu Üniversitesi Açık Öğretim Fakültesi Tarım Önlisans Programından mezun olmuştur. 2013 yılında Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi'nde lisans öğrenimini tamamlamış ve aynı yıl içerisinde görevine Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Tahminler Dairesi'nde devam etmiştir. 2017 yılında İstanbul Meteoroloji Bölge Müdürlüğü'ne atanmış ve açılışıyla birlikte İstanbul Havalimanı'nda görevine devam etmiştir. Halen Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Anabilim Dalı'nda yüksek lisans öğrenimine devam etmektedir.