

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**





KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN DENİZ SUYU SICAKLIKLARI ÜZERİNDEKİ OLASI
ETKİLERİNİN İNCELENMESİ: KARADENİZ ÖRNEĞİ

Betül Sezanur TOKGÖZ

ORCID : - - -

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
"İNŞAAT YÜKSEK MÜHENDİSİ"
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 11 / 05 / 2023

Tezin Savunma Tarihi : 16 / 06 / 2023

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Adem BAYRAM

ORCID : - - -

İkinci Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Sinan NACAR

Trabzon 2023

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında
Betül Sezanur TOKGÖZ Tarafından Hazırlanan**

**İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN DENİZ SUYU SICAKLIKLARI ÜZERİNDEKİ OLASI
ETKİLERİNİN İNCELENMESİ: KARADENİZ ÖRNEĞİ**

başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 18 / 05 / 2023 gün ve 2004 sayılı
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda
YÜKSEK LİSANS TEZİ
olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan : Prof. Dr. Şerife Yurdağül KUMCU

Üye : Doç. Dr. Adem BAYRAM

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Tuğçe ANILAN

Prof. Dr. Asim KADIOĞLU
Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

“İklim Değişikliğinin Deniz Suyu Sıcaklıkları Üzerindeki Olası Etkilerinin İncelenmesi: Karadeniz Örneği” başlıklı bu çalışma, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Yüksek Lisans Tez çalışmam boyunca engin tecrübelerinden yararlandığım, ilgi ve desteklerini benden esirgemeyen, konu seçimi ile başlayarak çalışmanın her aşamasında bizzat bulunan, ihtiyaç duyduğum her anda değerli bilgilerini ve zamanını benimle paylaşan danışman hocam Doç. Dr. Adem BAYRAM’a ve Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümünden ikinci danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Sinan NACAR’a saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Değerli zamanlarını ayırarak tezimi değerlendiren hocalarım Prof. Dr. Şerife Yurdagül KUMCU ve Dr. Öğr. Üyesi Tuğçe ANILAN’a çok teşekkür ederim.

Tez çalışmam sırasında kıymetli zamanını ayırıp sabırla ve ilgiyle bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan, karşılaştığım sorunların çözümünde büyük bir özveri ve fedakarlıkta bulunan, güler yüzünü ve samimiyetini esirgemeyen Arş. Gör. Betül METE’ye çok teşekkür ederim.

Bu süreçte bana destek olan, moral ve motivasyon sağlayan, yanımda olduğunu her an hissettiren sevgili eşim Burak TOKGÖZ’e, hayatım boyunca bana güvenen, her zaman yanımda olan, maddi ve manevi destek ve sevgilerini esirgemeyen canım anneme, babama ve kardeşime sonsuz teşekkür ederim.

Bu çalışmanın bilime, bölgemize ve ülkemize yararlı olmasını dilerim.

Betül Sezanur TOKGÖZ

Trabzon, 2023

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “İklim Değişikliğinin Deniz Suyu Sıcaklıkları Üzerindeki Olası Etkilerinin İncelenmesi: Karadeniz Örneği” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Doç. Dr. Adem BAYRAM ve ikinci danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Sinan NACAR sorumluluklarında tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 16/06/2023

Betül Sezanur TOKGÖZ

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	VII
SUMMARY	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ	IX
TABLolar DİZİNİ.....	XII
SEMBOLLER DİZİNİ	XIII
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Literatür Taraması	4
1.3. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	11
1.4. Genel Dolaşım Modelleri ve Ölçek İndirgeme Yaklaşımı	12
1.5. SSP Senaryoları.....	13
1.6. Birleştirilmiş Model Yaklaşımı	14
1.7. Klasik Regresyon Analizi.....	14
1.8. Yapay Sinir Ağları.....	15
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	17
2.1. Çalışma Alanı	17
2.2. Kullanılan Veriler.....	18
2.3. Ölçek İndirgeme Modellerinde Kullanılacak Değişkenlerin Belirlenmesi	19
2.4. Çalışmada Kullanılan Meteoroloji İstasyonlarının Belirlenmesi	20
2.5. Verilerin Normalize Edilmesi	20
2.6. İstatiksel Ölçek İndirgeme Modellerinin Kurulması.....	21
2.7. Yanlılık Düzeltme Yöntemi	22
3. BULGULAR VE İRDELEME	24
3.1. Sarıyer Meteoroloji Gözlem İstasyonu.....	24
3.2. İnebolu Meteoroloji Gözlem İstasyonu	28
3.3. Sinop Meteoroloji Gözlem İstasyonu.....	33
3.4. Giresun Meteoroloji Gözlem İstasyonu	37

3.5. Hopa Meteoroloji Gözlem İstasyonu	41
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	48
5. KAYNAKLAR	52
6. EKLER.....	61
ÖZGEÇMİŞ	



Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN DENİZ SUYU SICAKLIKLARI ÜZERİNDEKİ OLASI
ETKİLERİNİN İNCELENMESİ: KARADENİZ ÖRNEĞİ

Betül Sezanur TOKGÖZ

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Doç. Dr. Adem BAYRAM
İkinci Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Sinan NACAR
2023, 60 Sayfa, 5 Sayfa Ek

Bu çalışmanın amacı iklim değişikliğinin deniz suyu sıcaklıkları üzerindeki olası etkilerini incelemektir. Bu amaçla Türkiye'nin Karadeniz kıyılarında yer alan meteoroloji gözlem istasyonlarından beşine ait 1963-2014 dönemi gözlem verileri kullanılmıştır. CMIP6 arşivinden seçilen dört genel dolaşım modeline (GDM) ait iyimser (SSP2-4.5) ve kötümser (SSP5-8.5) senaryo çıktılarının bölgesel ölçeğe indirgenmesi ile istasyonların her biri için gelecek dönem (2023-2052 ve 2053-2082) deniz suyu sıcaklık değerleri elde edilmiştir. Kaba çözünürlüğe sahip GDM çıktılarının bölgesel ölçeğe indirgenmesinde klasik regresyon analizi (KRA) ve yapay sinir ağları (YSA) olmak üzere iki yöntem kullanılmıştır. Kök ortalama karesel hata, ortalama mutlak hata, saçılım indeksi ve Nash-Sutcliffe verimlilik katsayısı olmak üzere dört farklı performans istatistiği kullanılarak KRA ve YSA yöntemlerinin ölçek indirgeme başarıları karşılaştırılmıştır. Performans istatistiklerine göre YSA tabanlı modellerin ölçek indirgeme başarılarının KRA'ya kıyasla daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu sebeple gelecek dönem deniz suyu sıcaklıklarının tahmin edilmesinde YSA tabanlı modeller kullanılmıştır. SSP2-4.5 ve SSP5-8.5 senaryoları için gelecek dönem yıllık ortalama deniz suyu sıcaklıkları tahmin değerlerinin geçmiş dönem gözlem verilerine kıyasla değişimi irdelenmiştir. SSP2-4.5 senaryosu altında 2023-2052 dönemi yıllık ortalama deniz suyu sıcaklıklarının 0.67 ile 1.11 °C, SSP5-8.5 senaryosu altında ise 0.56 ile 1.03 °C arasında artabileceği öngörülmektedir. 2053-2082 döneminde ise SSP2-4.5 senaryosu altında 1.23 ile 1.71 °C, SSP5-8.5 senaryosu altında ise 2.06 ile 2.80 °C arasında artışlar beklenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Birleştirilmiş model, Deniz suyu sıcaklığı, İklim değişikliği, Karadeniz, Yapay sinir ağları

Master Thesis

SUMMARY

INVESTIGATION OF POSSIBLE EFFECTS OF CLIMATE CHANGE ON SEAWATER
TEMPERATURES: A CASE STUDY FOR BLACK SEA

Betül Sezanur TOKGÖZ

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Civil Engineering Graduate Program
Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Adem BAYRAM
Second Supervisor: Asst. Prof. Dr. Sinan NACAR
2023, 60 Pages, 5 Pages Appendix

The aim of this study is to investigate the possible effects of climate change on the seawater temperatures (SWT) in the case of the Black Sea. The monitoring data from five meteorological stations operated along the coast of Turkey was for the period 1963-2014. The SWT values for the future period (2023-2052 and 2053-2082) were obtained for each station by downscaling the optimistic (SSP2-4.5) and pessimistic (SSP5-8.5) scenario outputs, belonging to four general circulation models (GCMs) chosen from the CMIP6 archive, to regional scale. The coarse-resolution GCM outputs were downscaled to a regional scale using two statistical downscaling techniques: conventional regression analysis (CRA) and artificial neural networks (ANNs). Four performance statistics, namely root mean square error, mean absolute error, scatter index, and Nash-Sutcliffe efficiency coefficient, were used to compare the downscaling efforts of the CRA and ANNs techniques. The downscaling capability of the ANN-based models was higher than that of the CRA-based models based on the performance statistics. For this reason, the ANN-based models were preferred to forecast the future SWT values. Considering the average annual SWT values, the variation of the values estimated under the SSP2-4.5 and SSP5-8.5 scenarios with the monitoring data was studied. It is predicted that the average annual values may rise by 0.67 to 1.11 °C under the SSP2-4.5 scenario and 0.56 to 1.03 °C under the SSP5-8.5 scenario for the period 2023-2052. It is also expected that these values may rise by 1.23 to 1.71 °C under the SSP2-4.5 scenario 2.06 to 2.80 °C under the SSP5-8.5 scenario for the period 2053-2082.

Keywords: Combined model, Sea water temperature, Climate change, Black Sea, Artificial neural networks

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.	Yapay sinir ağı mimarisi.....	16
Şekil 2.	Güney Karadeniz kıyısındaki meteoroloji gözlem istasyonlarının konumu	18
Şekil 3.	Sarıyer meteoroloji gözlem istasyonu deniz suyu sıcaklıkları (1963-2014) için YSA_5 modelinden elde edilen a) eğitim b) doğrulama ve c) test veri setleri tahmin değerleri ile gözlem verilerinin karşılaştırılması	25
Şekil 4.	Sarıyer meteoroloji gözlem istasyonu için a) SSP2-4.5 ve b) SSP5-8.5 senaryoları altında 2023-2052 dönemi aylık ortalama deniz suyu sıcaklık tahmin değerlerinin geçmiş dönem (1985-2014) gözlem verilerine göre değişimleri.....	26
Şekil 5.	Sarıyer meteoroloji gözlem istasyonu için a) SSP2-4.5 ve b) SSP5-8.5 senaryoları altında 2053-2082 dönemi aylık ortalama deniz suyu sıcaklık tahmin değerlerinin geçmiş dönem (1985-2014) gözlem verilerine göre değişimleri.....	27
Şekil 6.	Sarıyer meteoroloji gözlem istasyonu için SSP2-4.5 ve SSP5-8.5 senaryoları altında gelecek dönem (2023-2052) aylık ortalama deniz suyu sıcaklık tahmin değerlerinin geçmiş dönem (1985-2014) gözlem verilerine göre değişimleri.....	28
Şekil 7.	Sarıyer meteoroloji gözlem istasyonu için SSP2-4.5 ve SSP5-8.5 senaryoları altında gelecek dönem (2053-2082) aylık ortalama deniz suyu sıcaklık tahmin değerlerinin geçmiş dönem (1985-2014) gözlem verilerine göre değişimleri.....	28
Şekil 8.	İnebolu meteoroloji gözlem istasyonu deniz suyu sıcaklıkları (1963-2014) için YSA_15 modelinden elde edilen a) eğitim b) doğrulama ve c) test veri setleri tahmin değerleri ile gözlem verilerinin karşılaştırılması.....	30
Şekil 9.	İnebolu meteoroloji gözlem istasyonu için a) SSP2-4.5 ve b) SSP5-8.5 senaryoları altında 2023-2052 dönemi aylık ortalama deniz suyu sıcaklık tahmin değerlerinin geçmiş dönem (1985-2014) gözlem verilerine göre değişimleri.....	30
Şekil 10.	İnebolu meteoroloji gözlem istasyonu için a) SSP2-4.5 ve b) SSP5-8.5 senaryoları altında 2053-2082 dönemi aylık ortalama deniz suyu sıcaklık tahmin değerlerinin geçmiş dönem (1985-2014) gözlem verilerine göre değişimleri.....	31

Şekil 11.	İnebolu meteoroloji gözlem istasyonu için SSP2-4.5 ve SSP5-8.5 senaryoları altında gelecek dönem (2023-2052) aylık ortalama deniz suyu sıcaklık tahmin değerlerinin geçmiş dönem (1985-2014) gözlem verilerine göre değişimleri.....	32
Şekil 12.	İnebolu meteoroloji gözlem istasyonu için SSP2-4.5 ve SSP5-8.5 senaryoları altında gelecek dönem (2053-2082) aylık ortalama deniz suyu sıcaklık tahmin değerlerinin geçmiş dönem (1985-2014) gözlem verilerine göre değişimleri.....	32
Şekil 13.	Sinop meteoroloji gözlem istasyonu deniz suyu sıcaklıkları (1963-2014) için YSA_15 modelinden elde edilen a) eğitim b) doğrulama ve c) test veri setleri tahmin değerleri ile gözlem verilerinin karşılaştırılması	34
Şekil 14.	Sinop meteoroloji gözlem istasyonu için a) SSP2-4.5 ve b) SSP5-8.5 senaryoları altında 2023-2052 dönemi aylık ortalama deniz suyu sıcaklık tahmin değerlerinin geçmiş dönem (1985-2014) gözlem verilerine göre değişimleri	35
Şekil 15.	Sinop meteoroloji gözlem istasyonu için a) SSP2-4.5 ve b) SSP5-8.5 senaryoları altında 2053-2082 dönemi aylık ortalama deniz suyu sıcaklık tahmin değerlerinin geçmiş dönem (1985-2014) gözlem verilerine göre değişimleri	35
Şekil 16.	Sinop meteoroloji gözlem istasyonu için SSP2-4.5 ve SSP5-8.5 senaryoları altında gelecek dönem (2023-2052) aylık ortalama deniz suyu sıcaklık tahmin değerlerinin geçmiş dönem (1985-2014) gözlem verilerine göre değişimleri.....	36
Şekil 17.	Sinop meteoroloji gözlem istasyonu için SSP2-4.5 ve SSP5-8.5 senaryoları altında gelecek dönem (2053-2082) aylık ortalama deniz suyu sıcaklık tahmin değerlerinin geçmiş dönem (1985-2014) gözlem verilerine göre değişimleri.....	37
Şekil 18.	Giresun meteoroloji gözlem istasyonu deniz suyu sıcaklıkları (1963-2014) için YSA_15 modelinden elde edilen a) eğitim b) doğrulama ve c) test veri setleri tahmin değerleri ile gözlem verilerinin karşılaştırılması	38
Şekil 19.	Giresun meteoroloji gözlem istasyonu için a) SSP2-4.5 ve b) SSP5-8.5 senaryoları altında 2023-2052 dönemi aylık ortalama deniz suyu sıcaklık tahmin değerlerinin geçmiş dönem (1985-2014) gözlem verilerine göre değişimleri	39
Şekil 20.	Giresun meteoroloji gözlem istasyonu için a) SSP2-4.5 ve b) SSP5-8.5 senaryoları altında 2053-2082 dönemi aylık ortalama deniz suyu sıcaklık tahmin değerlerinin geçmiş dönem (1985-2014) gözlem verilerine göre değişimleri	40
Şekil 21.	Giresun meteoroloji gözlem istasyonu için SSP2-4.5 ve SSP5-8.5 senaryoları altında gelecek dönem (2023-2052) aylık ortalama deniz suyu sıcaklık tahmin değerlerinin geçmiş dönem (1985-2014) gözlem verilerine göre değişimleri.....	40

Şekil 22.	Giresun meteoroloji gözlem istasyonu için SSP2-4.5 ve SSP5-8.5 senaryoları altında gelecek dönem (2053-2082) aylık ortalama deniz suyu sıcaklık tahmin değerlerinin geçmiş dönem (1985-2014) gözlem verilerine göre değişimleri.....	41
Şekil 23.	Hopa meteoroloji gözlem istasyonu deniz suyu sıcaklıkları (1963-2014) için YSA_25 modelinden elde edilen a) eğitim b) doğrulama ve c) test veri setleri tahmin değerleri ile gözlem verilerinin karşılaştırılması	42
Şekil 24.	Hopa meteoroloji gözlem istasyonu için a) SSP2-4.5 ve b) SSP5-8.5 senaryoları altında 2023-2052 dönemi aylık ortalama deniz suyu sıcaklık tahmin değerlerinin geçmiş dönem (1985-2014) gözlem verilerine göre değişimleri	43
Şekil 25.	Hopa meteoroloji gözlem istasyonu için a) SSP2-4.5 ve b) SSP5-8.5 senaryoları altında 2053-2082 dönemi aylık ortalama deniz suyu sıcaklık tahmin değerlerinin geçmiş dönem (1985-2014) gözlem verilerine göre değişimleri	44
Şekil 26.	Hopa meteoroloji gözlem istasyonu için SSP2-4.5 ve SSP5-8.5 senaryoları altında gelecek dönem (2023-2052) aylık ortalama deniz suyu sıcaklık tahmin değerlerinin geçmiş dönem (1985-2014) gözlem verilerine göre değişimleri.....	45
Şekil 27.	Hopa meteoroloji gözlem istasyonu için SSP2-4.5 ve SSP5-8.5 senaryoları altında gelecek dönem (2053-2082) aylık ortalama deniz suyu sıcaklık tahmin değerlerinin geçmiş dönem (1985-2014) gözlem verilerine göre değişimleri.....	45
Ek Şekil 1.	Sarıyer meteoroloji gözlem istasyonu deniz suyu sıcaklıklarının zamana bağlı değişimi	64
Ek Şekil 2.	İnebolu meteoroloji gözlem istasyonu deniz suyu sıcaklıklarının zamana bağlı değişimi	64
Ek Şekil 2.	Sinop meteoroloji gözlem istasyonu deniz suyu sıcaklıklarının zamana bağlı değişimi	64
Ek Şekil 4.	Giresun meteoroloji gözlem istasyonu deniz suyu sıcaklıklarının zamana bağlı değişimi	65
Ek Şekil 5.	Hopa meteoroloji gözlem istasyonu deniz suyu sıcaklıklarının zamana bağlı değişimi	65

TABLULAR DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Meteoroloji gözlem istasyonlarında takibi yapılan deniz suyu sıcaklıklarına (°C) ait temel istatistikler.....	19
Tablo 2. Karadeniz kıyılarında yer alan meteoroloji gözlem istasyonları.....	20
Tablo 3. Nash-Sutcliffe verimlilik katsayısı için belirlenen performans aralıkları	22
Tablo 4. Sarıyer meteoroloji gözlem istasyonu deniz suyu sıcaklığı parametresi için ölçek indirgeme modellerinin performans istatistikleri.	25
Tablo 5. İnebolu meteoroloji gözlem istasyonu deniz suyu sıcaklığı parametresi için ölçek indirgeme modellerinin performans istatistikleri	29
Tablo 6. Sinop meteoroloji gözlem istasyonu deniz suyu sıcaklığı parametresi için ölçek indirgeme modellerinin performans istatistikleri	33
Tablo 7. Giresun meteoroloji gözlem istasyonu deniz suyu sıcaklığı parametresi için ölçek indirgeme modellerinin performans istatistikleri	37
Tablo 8. Hopa meteoroloji gözlem istasyonu deniz suyu sıcaklığı parametresi için ölçek indirgeme modellerinin performans istatistikleri	42
Ek Tablo 1. Sarıyer meteoroloji gözlem istasyonu deniz suyu sıcaklıkları için regresyon analizinden elde edilen fonksiyonlara ait ağırlıklar.....	61
Ek Tablo 2. İnebolu meteoroloji gözlem istasyonu deniz suyu sıcaklıkları için regresyon analizinden elde edilen fonksiyonlara ait ağırlıklar.....	62
Ek Tablo 3. Sinop meteoroloji gözlem istasyonu deniz suyu sıcaklıkları için regresyon analizinden elde edilen fonksiyonlara ait ağırlıklar.....	62
Ek Tablo 4. Giresun meteoroloji gözlem istasyonu deniz suyu sıcaklıkları için regresyon analizinden elde edilen fonksiyonlara ait ağırlıklar.....	63
Ek Tablo 5. Hopa meteoroloji gözlem istasyonu deniz suyu sıcaklıkları için regresyon analizinden elde edilen fonksiyonlara ait ağırlıklar.....	63

SEMBOLLER DİZİNİ

CFSR	: Climate Forecast System Reanalysis (İklim tahmin sistemi yeniden analizi)
CMIP3	: Coupled Model Intercomparison Project Phase 3 (Birleştirilmiş model karşılaştırma projesi faz 3)
CMIP5	: Coupled Model Intercomparison Project Phase 5 (Birleştirilmiş model karşılaştırma projesi faz 5)
CMIP6	: Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (Birleştirilmiş model karşılaştırma projesi faz 6)
CNRM-ESM2-1	: National Centre for Meteorological Research and European Centre for Research and Advanced Training in Scientific Computation Earth System Model (Ulusal meteorolojik araştırma merkezi ve Avrupa bilimsel hesaplama yer sistem modeli araştırma ve ileri eğitim merkezi)
GDM	: Genel dolaşım modeli
H2S	: Hidrojen sülfür
IPCC	: Intergovernmental Panel on Climate Change (Hükümetlerarası iklim değişikliği paneli)
KDH	: Kuantil delta haritalama
KRA	: Klasik regresyon analizi
MGİ	: Meteoroloji gözlem istasyonu
MGM	: Meteoroloji Genel Müdürlüğü
MPI-ESM1-2-HR	: Max Planck Institute Earth System Model (Max Planck Enstitüsü yer sistem modeli)
MRI-ESM2-0	: Meteorological Research Institute Earth System Model (Meteorolojik Araştırma Enstitüsü yer sistem modeli)
NorESM2-MM	: Norwegian Climate Centre Earth System Model (Norveç İklim Merkezi yer sistem modeli)
NS	: Nash Sutcliffe
KOKH	: Kök Ortalama Karesel Hata
OMH	: Ortalama mutlak hata
RCP	: Representative Concentration Pathway (Temsili konsantrasyon rotası)

SI	: Saçılım indeksi
SPSS	: Statistical Package for the Social Sciences (Sosyal bilimler için istatistik programı)
SSP	: Shared Socioeconomic Pathway (Ortak sosyoekonomik rota)
YSA	: Yapay sinir ağıları



1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

İklim, insan sağlığını, refahını ve faaliyetlerini birçok bakımdan etkilemektedir. İnsanoğlu, yüzyıllar boyunca, iklim ve çevre koşullarıyla uyumlu bir yaşam tarzı meydana getirmek için barınaklarını, yiyecek ve enerji üretimlerini düzenleme çabası içinde olmuştur. Dünya genelinde çevresel ve ekonomik açıdan ciddi bir tehdit olarak kabul edilen iklim değişikliği iklim sistemlerinde meydana gelen uzun vadeli ve istatistiksel olarak ölçülebilir değişiklikler olarak tanımlanmaktadır (Türkeş, 2003).

Jeolojik zaman ölçeğinde, dünya iklimi güneşin ışınlarının dünya yüzeyine olan etkisi, volkanik aktivite, atmosferin bileşimi, deniz seviyesi değişimleri, okyanus akıntıları ve levha hareketleri gibi etkenler sebebiyle sürekli olarak değişmiş fakat bu değişimler milyonlarca yıl içinde gerçekleşmiştir (Türkeş, 2003). Ancak sanayi devriminden itibaren, iklimde doğal değişimin yanı sıra insani faaliyetlerin de etkin olduğu bir dönem başlamıştır. Özellikle fosil yakıtların kullanılması, arazi kullanımı değişiklikleri, ormanların tahrip edilmesi, endüstriyel faaliyetler, sanayileşme ve kentleşme gibi insani faaliyetler sonucunda, atmosferdeki sera gazı birikimleri hızla artmaktadır. Sera gazları, yerkürenin radyasyon dengesini bozmaktadır. Bu durumun iklim üzerindeki en önemli ve en belirgin etkisi ise, doğal sera etkisini kuvvetlendirerek, şehirleşmenin de katkısıyla, dünyanın yüzey sıcaklıklarını arttırma eğilimi göstermesidir (IPCC, 2007). İklim değişikliğinin; tarımdan insan sağlığına, ekonomiden politikaya kadar birçok alan üzerinde etkisi olması sebebiyle ülke yöneticilerinin iklim değişikliğinin etkilerini iyi bir şekilde değerlendirmesi ve bu değişikliklerin sonuçlarına hazırlıklı olması gerekmektedir (Demir vd., 2008). İnsan faaliyetlerinin neden olduğu iklim değişikliği, son yıllarda ulusal ve uluslararası ortamlarda tartışılan en önemli konulardan biri olmuştur (Demircan, 2022). İklim değişikliğinin bilimsel temelleri, etkileri ve gelecekteki risklerinin yanı sıra olası adaptasyon ve öteleme seçenekleri hakkında düzenli değerlendirmeler sağlamak üzere Dünya Meteoroloji Örgütü ve Birleşmiş Milletler Çevre Programı aracılığıyla 1988 yılında Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) kurulmuştur (MGM, 2015). Kurulduğu

tarihten itibaren iklim değişikliğiyle mücadele ve uyum konularında karar vericilere yol göstermek amacıyla belirli aralıklarda kapsamlı raporlar yayımlanmıştır. IPCC'nin 2013 yılında yayımlanmış olduğu raporda yüzey sıcaklığının sanayi öncesi döneme göre 0.9 °C yükseldiğine ve sıcaklık artışında insan etkisinin yaklaşık olarak % 95 düzeyinde olduğuna değinilmiştir (IPCC, 2013). IPCC'nin 1.5 °C Küresel Isınma Özel Raporu'nda ise insan faaliyetlerinin sanayi öncesi döneme göre dünyanın 1.0 °C ısınmasına sebebiyet verdiği ifade edilmiştir (IPCC, 2018). Küresel ısınmanın etkilerini şimdiden, kuraklık, taşkın gibi aşırı hava olayları, deniz su seviyelerinde yükselme ve Arktik buzullarının erimesi şeklinde göstermeye başladığından bahsedilmiştir. 2019 yılında yayımlanan bir diğer IPCC raporunda küresel ısınmanın şu ana kadar yeryüzünde meydana getirdiği değişiklikler; deniz suyu sıcaklıklarında artış, kutuplardaki buz kütlelerinde azalma, çözünmüş oksijen konsantrasyonlarında düşüş ve deniz su seviyelerinde yükseliş olarak sıralanmıştır. Raporunda ayrıca iklim sisteminde meydana gelen değişikliklerin gelecek dönemlerde etkisini artırarak devam edeceği ve bu durumun ekosisteme ciddi zararlar vereceği ifade edilmektedir (IPCC, 2019). Söz konusu değişikliklerin boyutunun sera gazı emisyonlarının miktarına ve dünyamızın duyarlılığına bağlı olduğu belirtilmiştir (URL-1, 2022). İklim değişikliğine bağlı olarak meydana gelen olaylar tüm canlılar ve ekosistemler için büyük risk oluşturmakta ve tüm dünyada endişe uyandırmaktadır (Hereher, 2020).

İklim geçmişten günümüze insanların yaşamını her alanda doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle gelecek dönemin iklimini tahmin etme fikri uzun yıllardan beri insanoğlunun konusu olmuştur (MGM, 2015). İklim değişikliğinin etkilerinin önlenmesi ya da en aza indirilmesi için gelecek dönemlerde yaşanabilecek iklimin belirlenmesine ve etki değerlendirilmesinin yapılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu doğrultuda gelecek yıllarda iklim değişikliği hakkında önemli bilgiler edinilmesi ve bu şartların dünyamızda nasıl değişiklikler meydana getireceğinin belirlenmesi için iklim modelleme çalışmaları yapılmaktadır (Kılıç, 2018).

Genel dolaşım modelleri (GDM'ler), iklim modelleme çalışmalarında sıklıkla kullanılmaktadır (Akçakaya, 2013). GDM'ler iklim olaylarını fiziksel olarak modellemek ve benzeştirmek için Dünya genelinde birçok araştırma merkezi, üniversite ve bilimsel kuruluş tarafından geliştirilmiştir. Üç boyutlu model denklemlerine zaman faktörü eklenerek sayısal çözümler yapılabilmektedir (Dabanlı, 2017). Bu modeller artan sera gazları emisyonlarına iklim sisteminin tepkisini göstermede en gelişmiş araçlardır. GDM'ler iklimi, atmosferde 10 ile 80 atm arasında değişen farklı basınç seviyelerinde, yatay düzlemde 200 ile 600 km

çözünürlükteki üç boyutlu kutucuklar (grid) yardımı ile tanımlarlar. Bu temsil yeteneği, küresel resmi görmemize yardımcı olurken çözünürlük bakımından nispeten kaba olmaları sebebiyle bölgesel ve yerel iklimleri yakalamada yetersiz kalmaktadır (Batıbeniz, 2014). Kaba çözünürlüklü atmosferik modellerin etkisini yorumlamak için yüksek çözünürlüklü sonuçlara ihtiyaç duyulmaktadır (Okkan ve Inan, 2015). Bu ihtiyaçtan dolayı, kaba çözünürlüklü GDM verilerinin ölçek indirgeme yöntemleri kullanılarak bölgesel ölçeğe indirgenmeleri gerektiği ifade edilmektedir (Kırdemir ve Okkan, 2019).

Ölçek indirgeme yöntemleri literatürde dinamik ve istatistiksel olarak iki gruba ayrılmaktadır. Fiziksel iklim modellerine dayanan dinamik ölçek indirgeme yöntemleri, küresel ölçekte elde edilen verilerden başlangıç ve sınır koşullarını alırken topoğrafik özellikleri de göz önünde bulundurarak daha yüksek çözünürlükte çalışma imkanı sağlamaktadır. Ancak bu modeller fazla sayıda girdi istemesi, deneyimli personel ve yüksek kapasiteli bilgisayarlara ihtiyaç duyulması, GDM'lerden gelen belirsizliklerle beraber uygulama aşamasında işlem yükünün fazla olması gibi olumsuzluklara sahiptir. Bu nedenle modellemede kullanılan değişken sayısının az olması, kullanım, uygulama ve performanslarını test etme kolaylığı gibi üstünlükleri sayesinde istatistiksel ölçek indirgeme yöntemi daha pratik ve tercih edilen bir yöntem olarak anılmaktadır (Chen vd., 2012; Wagesho vd., 2012; Okkan ve Karakan, 2016; Akhter vd., 2019; Nacar vd., 2021). İstatistiksel ölçek indirgeme yöntemleri GDM çıktıları ile yerel ölçekli gözlenmiş değişkenler arasında istatistiksel ilişkilerin kurulmasına dayanan yöntemlerdir (Okkan ve Kırdemir, 2016). Çok değişkenli regresyon türleri, yapay sinir ağları (YSA), korelasyon analizi ve daha birçok yöntem istatistiksel ölçek indirgeme amacıyla kullanılmaktadır (Fistikoglu ve Okkan, 2010; Okkan ve Fistikoglu, 2014; Nacar vd., 2021).

İklim modeli çalışmalarının bir diğer önemli kısmını ise senaryolar oluşturmaktadır. İklimin ölçülebilir değişkenlere sahip olması modellenmesine katkı sağlarken karmaşık bir sistem olması iklimi doğrudan ve dolaylı olarak etkileyen faktörlerle ilgili senaryolar üretmeyi gerektirmektedir (Gregory ve Duran, 2001). İklim değişikliğinin gelecekte yol açabileceği durumları inceleyebilmek için senaryolar oluşturulmaktadır. Bu noktadan hareketle iklim değişikliği etki çalışmalarında kullanılmak üzere IPCC tarafından yayımlanan değerlendirme raporlarında çeşitli senaryolara yer verilmiştir. IPCC, dördüncü değerlendirme raporunda (2007) emisyon raporları özel senaryoları (SRES), beşinci değerlendirme raporunda (2013) temsili konsantrasyon rotaları (RCP) ve altıncı değerlendirme raporunda (2021) ortak sosyo-ekonomik rotaları (SSP) yayımlamıştır. Son

yayımlanan ve SSP olarak adlandırılan senaryolar farklı temel dünyalar öngörüsü ile beş farklı temel yaklaşım sunmaktadır (O'Neill vd., 2016; Ozdemir vd., 2020).

İklim değişikliğinin gelecekteki etkileri ile ilgili olarak üretilen senaryolar iklimdeki değişikliklerin sürekli bir eğilimde devam edeceğini göstermektedir. Karmaşık iklim yapısı nedeniyle küresel ısınmaya bağlı iklim değişikliklerinden en çok etkilenebilecek Akdeniz ülkelerinden biri de Türkiye'dir. Değişken topografyası ve üç tarafının denizlerle çevrili olması nedeniyle Türkiye'de iklim değişikliğinin bölgesel olarak farklı biçimlerde ve çeşitli boyutlarda meydana gelmesi beklenmektedir. Bu sebeple Türkiye'nin iklimdeki değişim eğilimleri ve gelecekteki değişim olasılıkları açısından ayrıntılı bir şekilde araştırılması önem arz etmektedir (Öztürk, 2002; Şen vd., 2013). İklim değişikliği ve etkileri, tüm ülkeler gibi Türkiye'nin de gündeminde olan ve araştırmacıların üzerinde çalıştığı önemli bir konudur. İklim değişikliğinin, küresel boyutta iklim parametreleri ve hidrolojik döngü üzerinde etkisinin belirlenmesi adına birçok araştırmacı tarafından ulusal ve uluslararası çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar literatür taraması başlığı altında verilmektedir.

1.2. Literatür Taraması

Araya-Osses vd. (2020), Şili'de (Güney Amerika) iklim değişikliğinin sıcaklık ve yağış üzerindeki olası etkilerini araştırmışlardır. Gelecekteki iklimi değerlendirmek için altı CMIP5 modeli kullanılarak üç farklı senaryo altında (RCP2.6, RCP4.5 ve RCP8.5) elde ettikleri veriler ışığında minimum ve maksimum sıcaklıkların tüm mevsimler boyunca Şili topraklarında artış gösterdiğini ve yağışların da mekansal değişkenliğe bağlı olarak değişken eğilimlere sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Ayalew vd. (2022), iklim değişikliğinin Tana Gölü Havzası (Etiyopya) hidrolojisi üzerindeki olası etkisi araştırmak için bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Geçmişte gözlemlenen (1976-2005) sıcaklık ve yağış verilerini referans dönemi olarak kullanarak, RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları altında bölgesel iklim modeli projeksiyon verilerini, 2011-2040, 2041-2070 ve 2071-2098 dönemleri için tahmin etmişlerdir. Akarsu tarafından Tana Gölü'ne taşınan akımın 2080'lerde RCP4.5 senaryosuna göre yazın % 69.87 ve ilkbaharda mevsiminde % 30.13, RCP8.5 senaryosuna göre ise yazın % 43.82 ve ilkbaharda % 56.18 oranında azalacağını tespit etmişlerdir. Sonbahar ve kış mevsimlerinde ise RCP4.5 senaryosuna göre sırasıyla % 61.29 ve 38.71 oranlarında, RCP8.5 senaryosuna göre sırasıyla % 55.19 ve 44.81 oranlarında artacağını saptamışlardır. Dehghani vd. (2022), Khorramabad Ovası'nın (İran) yeraltı suyu seviyesini RCP8.5 senaryosu altında

beş GDM kullanarak tahmin etmek için bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. İklim değişikliği modellenmesi sonuçlarına göre gelecek dönemlerde ve tüm aylarda sıcaklık parametresinin artış (yaklaşık 1.68-2.79 °C) ve yeraltı suyu seviyesinin ise düşüş (yaklaşık 1.0-1.5 m) eğiliminde olduğunu tahmin etmişlerdir. Tarekegn vd. (2022), iklim değişikliğinin Andasa Havzası'nın (Etiyopya) hidrolojisi üzerindeki etkisini 2013-2099 dönemi için incelemeyi amaçlamayan çalışmalarında HadCM3 iklim modeline ait RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarını kullanmışlardır. Elde ettikleri sonuçların uzun vadeli ortalaması artan sıcaklık ve azalan yağış eğilimlerini göstermektedir. Yeboah vd. (2022), Volta Havzası'nda (Gana) RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları kapsamında dört bölgesel iklim modelini kullanarak iklim tahminlerini değerlendirmişlerdir. Volta Havzası'nın yağış modelinin RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları altında zamanla azalacağını ve her iki senaryoda da maksimum ve minimum sıcaklıkların artacağını öngörmüşlerdir. Zango vd. (2022), Carp Nehri Havzası'nda (Ottawa, Kanada) iklim değişikliğinin su miktarı ve kalitesi üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Gelecek iklim zaman serilerini, RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları altında dokuz bölgesel iklim modelinin çıktılarının istatistiksel olarak küçültülmesiyle elde etmişlerdir. Sonuç olarak iklim değişikliği ve kentleşmenin etkilerinin mekansal ölçek ve coğrafi konuma bağlı olarak büyük ölçüde değiştiğini belirlemişlerdir. Yıllık ortalama su miktarının 2050 yılına kadar % 6.75 ile 9.34 arasında azalacağını, yıllık ortalama azot ve fosfor yüklerinin ise sırasıyla % 1.20 ile 24.84 ve % 19.15 ile 23.81 arasında değişebileceğini saptamışlardır.

Demir vd. (2008), Türkiye için gelecek iklim öngörülerinin elde edilmesi amacıyla gerçekleştirmiş oldukları çalışmada, HadAMP3 GDM'nin A2 senaryo çıktılarıyla geçmiş (1961-1990) ve gelecek (2071-2100) dönem simülasyonlarını değerlendirmişlerdir. Türkiye genelinde 2071-2080 yılları içinde ortalama sıcaklıklarda 4.00-5.00 °C artış olacağını tahmin etmişlerdir. Mevsimsel olarak en büyük sıcaklık değişiminin ise yazın olacağı belirtmişlerdir. Türkiye'de toplam yağış miktarındaki yıllık değişimin ise azalma eğiliminde olacağı sonucuna varmışlardır. Önoğlu vd. (2011), Türkiye'nin iklimsel bölgeleri üzerinde sıcaklık ve yağış değişkenleri için mevsimsel analizler gerçekleştirmişlerdir. IPCC'nin dördüncü değerlendirme raporunda geliştirmiş olduğu senaryo çıktılarıyla geçmiş dönem (1961-1990) ve gelecek dönem (2071-2100) simülasyonları için değerlendirmeler yapmışlardır. Gelecek simülasyonuna göre, Türkiye üzerinde sıcaklıklardaki artışın yazın 5.00-6.00 °C, sonbahar ve ilkbaharda 3.00-4.00 °C ve kışın 2.00-3.00 °C arasında olabileceğini tespit etmişlerdir. Gelecek senaryosunda yağış için ise Doğu Karadeniz Bölgesi'nde kış yağışlarında artış ve Türkiye'nin güneyinde kış yağışlarında azalmalar ve

sonbahar yağışlarında artışlar olabileceğini saptamışlardır. Şen vd. (2013), Türkiye’de iklim değişikliğinin etkilerini ortaya koymak amacıyla referans dönem (1950-2012) yağış ve sıcaklık verilerini kullanarak iklim değişikliğinin olası etkilerini 2010-2100 dönemi için incelemişlerdir. Geçmiş dönem verileriyle yapmış oldukları değerlendirmede, ülkemizde sıcaklıkların artış eğilimi gösterdiği ve bu artışın son zamanlarda daha belirgin olduğu sonucuna varmışlardır. Gelecek dönem için ise CMIP3 senaryo simülasyonlarını temel alarak değerlendirme yapmışlar ve Türkiye’nin genelinde ortalama sıcaklıklarda 5.00 °C’lik bir artış tahmin etmişlerdir. Türkiye’nin batı ve güney bölümlerinde ise yağışlarda % 30 oranında azalma öngörmüşlerdir. Demircan vd. (2014), iklim değişikliğinin yağış ve sıcaklık değişkenleri üzerindeki olası etkilerini HadGEM-2S modelini kullanarak RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarını altında 2013-2099 dönemi için araştırmışlardır. 2071-2099 döneminde RCP4.5 senaryosuna göre Ege ve Güney Doğu Anadolu Bölgesi’nde sıcaklıklarda yazın 4.00-5.00 °C artışlar, RCP8.5 senaryosuna göre ise Türkiye genelinde 6.00 °C’ye varan artışlar olabileceğini öngörmüşlerdir. 2013-2099 dönemi için gelecek senaryolarında ülke genelinde kış yağışlarında artış ile sonbahar yağışlarında azalış olacağını tahmin etmişlerdir. Kale (2020), iklim değişikliğinin Ankara ana su havzaları üzerinde olası etkilerini araştırmıştır. Çalışmada IPCC’nin 4. ve 5. değerlendirme raporlarında yer alan senaryo çıktıları ile geçmiş dönem (1970-2007) yağış ve sıcaklık verilerini kullanmıştır. Çalışma sonucunda yağışlarda kışın % 10’a varan, ilkbaharda ise % 10 ile 20 arasında değişen anomaliler tespit etmiştir. Mevsimsel olarak ortalama sıcaklıklarda geçmiş dönem verilerine göre kış ve ilkbaharda 2.00-6.00 °C arasında değişen anomaliler beklendiğini tespit etmiştir. Nacar (2020), iklim değişikliğinin Doğu Karadeniz Havzası sıcaklık ve yağış değişkenleri üzerindeki olası etkilerini incelemek amacıyla yapmış olduğu çalışmada CMIP5 arşivinden seçilmiş olan dört adet küresel ölçekli GDM senaryo veri setlerinde yer alan değişkenleri girdi olarak kullanarak referans dönem (1981-2005) ve gelecek dönem (2020-2100) verilerini üretmiştir. Çalışmanın sonucunda iyimser ve kötümser senaryolar için havzanın güneyindeki istasyonlarda ortalama 2.50-3.50 °C, kuzeyindeki istasyonlarda ise ortalama 2.00-3.00 °C sıcaklık artışlarının beklendiğini tespit etmiştir. Yağış değerlerinde ise havzanın güney bölümünde % 25 oranında düşüşlerin, batı ve kıyı bölümlerinde yer alan istasyonlarda ise ilkbahar aylarında % 100’lere varan artışların beklendiğini saptamıştır. Koç (2021), iklim değişikliğinin Bolu ilinin sıcaklık, yağış ve iklim yapısı üzerinde olası etkilerini araştırmak amacıyla RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarını kullanarak günümüzdeki durum ile 2050 ve 2070 yılları arasındaki durumu karşılaştırmıştır. Çalışmanın sonunda gelecek dönemde Bolu

ilinde sıcaklıkların artacağını ve sıcaklık, yağış gibi değişkenlere bağlı olarak iklim yapısında büyük değişiklikler yaşanacağını tespit etmiştir.

İklimsel olayların oluşmasında, sıcaklık ve yağış kadar önemli olan faktörlerden biri de deniz suyu sıcaklıklarıdır. Deniz suyu sıcaklıklarındaki değişimler denizlerin fiziksel ve kimyasal yapısını bozarak pek çok canlının yanı sıra denizlerden yararlanan toplumları da olumsuz etkilemektedir (Erişmiş, 2019). Deniz suyu sıcaklığı gelecek dönemki iklimin tahmininde önemli bir parametredir (Çakıroğlu, 2019). IPCC iklim değişikliği araştırmalarında, deniz suyu sıcaklığının önemli bir çevresel parametre olduğunu vurgulamaktadır (Houghton, 1996). İklim değişikliğinin deniz suyu sıcaklığı üzerindeki etkisini doğru bir şekilde incelemek ve yıllar içinde deniz suyu sıcaklıklarındaki eğilimleri belirlemek amacıyla birçok araştırmacı tarafından ulusal ve uluslararası çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

Calvo vd. (2011), Katalan Denizi'ndeki L'Estartit gözlem istasyonunda (İber Adası, İspanya) haftalık olarak takibi yapılan deniz suyu sıcaklık verilerini kullanarak yapmış oldukları çalışmada sıcaklıkların 1974-2011 dönemi dikkate alındığında artan bir eğilimde olduğu ve bu durumun gittikçe daha belirgin bir hal aldığı sonucuna varmışlardır. Shirvani vd. (2015), otoregresif hareketli ortalamalar modellerini kullanarak Basra Körfezi'nde iklim değişikliğinin deniz suyu sıcaklıkları üzerinde etkisini araştırmışlardır. Eğitim verisi olarak 1950-2016 dönemi ve test verisi olarak Ocak 2007-Haziran 2011 dönemi deniz suyu sıcaklık verilerini kullanmışlardır. Çalışmanın sonunda 1950-1969, 1970-1989 ve 1990-2011 dönemleri dikkate alındığında Basra Körfezi'nde deniz suyu sıcaklıklarının yaklaşık $0.57\text{ }^{\circ}\text{C}$ arttığını tespit etmişlerdir. Han ve Lee (2020), Kore Yarımadası çevresindeki deniz suyu yüzey sıcaklığındaki değişimleri incelemek amacıyla Ulusal Balıkçılık Bilimi Enstitüsü ve Japonya Meteoroloji Ajansı'ndan temin ettikleri 1968-2018 dönemi verileri ile bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Sonuç olarak deniz suyu sıcaklıklarının son 51 yılda yaklaşık $1.23\text{ }^{\circ}\text{C}$ arttığını ve bu durumun küresel eğilimin 2.5 katı olduğunu tespit etmişlerdir. Pisano vd. (2020), Kopernik Deniz Ortamı İzleme Servisi'nden temin ettikleri uydu verilerini kullanarak, Akdeniz ve Cebelitarık Boğazı'nın batısı için 1982-2018 zaman aralığında deniz suyu sıcaklığının eğilimini incelemişlerdir. Akdeniz'de yıllık ortalama $0.041 \pm 0.006\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'lik bir ısınma eğilimi olduğunu batı havzasında ise yıllık ortalama $0.036 \pm 0.006\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'den $0.048 \pm 0.006\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'ye yükselen değerlerde bir eğilim tespit ettiklerini belirtmişlerdir. Bashevkin vd. (2022), San Francisco Körfezi'nde son 50 yılda su sıcaklıklarının değişimini araştırmak için genelleştirilmiş katkı modellerini kullanarak bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Sonuç olarak

yıllar içinde su sıcaklıklarının yılda 0.017 °C arttığını ve ortalama olarak son 50 yılda su sıcaklıklarının artış eğiliminde olduğunu tespit etmişlerdir. Chust vd. (2022), Fransa ile İspanya arasında kalan Biskay Körfezi için deniz suyu sıcaklıklarının eğilimlerini incelemişlerdir. Çalışmada 1986-2019 dönemi deniz suyu sıcaklıklarının 0.25 ± 0.05 °C'lik bir artış eğiliminde olduğunu tespit etmişlerdir. Sanchez-Cabeza vd. (2022), Kaliforniya Körfezi (Meksika) doğusunda yer alan Mazatlan kıyı bölgesinde deniz suyu sıcaklıklarındaki eğilimleri 1973-2016 dönemine ait gözlem verilerini kullanarak araştırmışlardır. Çalışma alanında ortalama 0.57 ± 0.01 °C'lik bir ısınma eğilimi tahmin etmiş olup bu tahminin küresel eğilimden daha yüksek olduğu ifade etmişlerdir.

Güçlü (2013), Karadeniz'in Türkiye kıyılarında 1971-2010 dönemi deniz suyu yüzey sıcaklığı anomalilerinin eğilimini incelemiştir. Yedi meteoroloji gözlem istasyonunun deniz suyu yüzey sıcaklık verilerini kullanarak yapmış olduğu çalışmada, 1971-2010 dönemi genelinde yüzey sıcaklıklarının Ordu ve Hopa istasyonu hariç artış eğiliminde olduğunu tespit etmiştir. Erişmiş (2019), çalışmasında 1970-2017 zaman aralığında Türkiye'deki dört bölge için yirmi iki deniz suyu sıcaklığı ölçüm istasyonunun verilerini kullanarak sıcaklıklardaki eğilimleri tespit etmeyi amaçlamıştır. Belirlenen istasyonların aylık, yıllık ve mevsimlik eğilim değerlerini incelediğinde, istasyonların büyük kısmında artan bir eğilim olduğunu tespit etmiştir. Aylık eğilimlerde % 98.00, yıllık eğilimler de % 86.30 oranında artış belirlerken mevsimlik eğilimde ise en yüksek eğilim değerlerinin sırasıyla yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde görüldüğünü saptamıştır. Saraçoğlu (2020), Çanakkale'de yer alan Gökçeada için 2006-2015 yılları arasında ölçülen deniz suyu sıcaklıklarının eğilimini araştırmıştır. Sonuç olarak aylık ortalama deniz suyu sıcaklıklarının, yaz aylarında azalan, kış aylarında artan eğilimler gösterdiğini tespit etmiştir. Aylık minimum deniz suyu sıcaklıklarının kış mevsimi hariç azalma eğiliminde olduğunu saptamıştır. Aylık maksimum deniz suyu sıcaklıklarının ise kış ve sonbahar aylarında artma, ilkbahar ve yaz aylarında azalma eğilimde olduğunu belirtmiştir. Ağırbaş ve Çakıroğlu (2021), Karadeniz'in Türkiye kıyılarında deniz suyu yüzey sıcaklıklarının 1970-2018 dönemindeki değişimini incelemişlerdir. Bu amaçla yedi meteoroloji gözlem istasyonunda ölçülen deniz suyu yüzey sıcaklık verilerini kullanarak regresyon analizleri gerçekleştirmişlerdir. Sonuç olarak deniz suyu yüzey sıcaklıklarında 0.04-0.05 °C aralığında bir artış tespit etmişlerdir. Eroğlu (2021), Türkiye'deki iklim değişikliğinin etmenlerini detaylı olarak incelemiştir. Çalışmada 1970-2018 dönemi için MGM'den elde edilen sıcaklık, yağış, nem, buharlaşma, deniz suyu sıcaklığı, toprak sıcaklığı ve karla örtülü gün sayısı verileri kullanılmıştır. Veriler, önce

kendi içlerinde trend analizi teknikleri kullanarak incelenip, sonrasında birbirleri arasındaki korelasyonları araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar ışığında hava, deniz ve toprak sıcaklıklarının önemli artış eğilimine sahip oldukları; yağış, nem ve karlı gün sayısının ise azalma eğilimi gösterdiği saptamıştır. Gönülal (2021), Gökçeada'nın Kaleköy istasyonunda yüzey suyu sıcaklıklarının 1972-2018 dönemindeki değişimini incelemiştir. Çalışma sonucunda yüzey suyu sıcaklıklarının 1.61 °C arttığını belirlemiştir. Kalıpcı vd. (2021) Türkiye kıyıları boyunca deniz suyu sıcaklıklarındaki değişimleri araştırmışlardır. Çalışmada MGM'den Karadeniz, Akdeniz, Ege ve Marmara denizleri için temin ettikleri 1970-2019 yılları deniz suyu sıcaklığı verilerini kullanmışlardır. 2010-2019 yılları arasında ortalama deniz suyu sıcaklıklarında artışın belirginleştiğini tespit etmişlerdir. 1970-1979 ve 2010-2019 dönemi ortalama deniz suyu sıcaklıklarını karşılaştırdıklarında sıcaklıkların Akdeniz ve Karadeniz'de 1.20 °C, Marmara Denizi'nde 1.50 °C, Ege Denizi'nde ise 0.90 °C arttığını belirlemişlerdir. Çarpar (2022), iklim değişikliğinin Karadeniz kıyılarındaki etkisi incelenmek amacıyla deniz suyu sıcaklığının da içinde bulunduğu çeşitli iklim parametrelerinde 1979-2016 yılları arasındaki değişimleri incelemiştir. Çalışmada ERA-Interim, ERA-5 ve CFSR yeniden analiz veri setlerini kullanmış, eğilimlerin belirlenmesinde ise Mann-Kendall ve Sen's Slope yöntemlerini uygulamıştır. Tüm Karadeniz'de deniz suyu sıcaklıklarının, Karadeniz'in doğusunda ise rüzgar hızları ve dalga yüksekliklerinin artış eğilimi gösterdiklerini tespit etmiştir. Yağışlardaki yıllık değişimlerin ise Karadeniz'de yağış şiddetini arttırdığını saptamıştır. Demircan (2022), Türkiye denizlerindeki sıcaklık artışını ortaya koymak amacıyla MGM'den temin ettiği 1970-2021 dönemine ait deniz suyu sıcaklık verileri ile Karadeniz, Akdeniz, Ege ve Marmara denizleri için bir çalışma gerçekleştirmiştir. Denizlerdeki su sıcaklığının 2002 yılından itibaren yaklaşık 0.40-1.40 °C'lik bir artış eğiliminde olduğunu ve maksimum artışların yaklaşık 2.30-3.50 °C arasında tespit edildiğini belirtmiştir. Ayrıca diğer denizlere kıyasla Karadeniz sularının daha fazla ısındığını saptamıştır.

Literatürde iklim değişikliğinin yağış ve sıcaklık değişkenleri üzerindeki etkilerini çeşitli senaryolar altında inceleyen pek çok çalışma bulunmaktadır. Deniz suyu sıcaklıklarındaki eğilimleri araştıran çalışmalar da pek çok araştırmacı tarafından gerçekleştirilmiştir. Fakat, iklim değişikliğinin gelecek dönem deniz suyu sıcaklıkları üzerindeki olası etkilerini araştıran çalışmalar oldukça sınırlıdır. Clark vd. (2003), iklim değişikliğinin Kuzey Denizi'ndeki morina popülasyonu üzerinde olası etkilerini incelemek amacıyla, Hadley modeline ait 2000-2050 dönemi çıktıları kullanarak bir çalışma

gerçekleştirmişlerdir. Modelden elde ettikleri çıktılara göre gelecek dönem deniz suyu sıcaklıklarında 0.30 ile 1.20 °C arasında bir artış meydana gelebileceğini tahmin etmişlerdir. Sonuç olarak artan deniz suyu sıcaklıklarının morina popülasyonu üzerinde bir düşüşe sebebiyet verebileceğini belirtmişlerdir. Shaltout ve Omstedt (2014), Akdeniz ve çevresindeki alt havzalarda topluluk modeli yaklaşımıyla 24 GDM'nin dört farklı senaryo çıktılarını kullanarak iklim değişikliğinin deniz suyu sıcaklığına etkisini incelemişlerdir. 2020-2029 dönemi için RCP2.6, RCP4.6, RCP6.0 ve RCP8.5 senaryolarına göre yıllık ortalama deniz suyu sıcaklık artışını sırasıyla 0.45, 1.15, 1.42 ve 2.56 °C olarak tahmin etmişlerdir. L'Heveder vd. (2016), Batı İngiliz Kanalı'nda birleştirilmiş model yaklaşımıyla üç GDM'nin iki farklı senaryo (RCP2.6 ve RCP8.5) çıktılarını kullanarak 2100 yılına kadar deniz suyu sıcaklığındaki mevsimsel değişiklikleri araştırmışlardır. Deniz suyu sıcaklıklarındaki artışın 2100 yılına kadar 0.5 ile 2.5 °C arasında değişebileceğini tahmin etmişlerdir. Deniz suyu sıcaklığındaki bu artışın Batı İngiliz Kanalı'ndaki deniz biyolojisini güçlü bir şekilde etkileyebileceğini belirtmişlerdir. Meier vd. (2019), Baltık Denizi'nde iklim değişikliğinin deniz suyu sıcaklıkları ve siyanobakteriler üzerindeki olası etkilerini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda 2069-2098 dönemi yaz mevsiminde 1976-2015 dönemine göre deniz suyu sıcaklıklarının RCP8.5 ve RCP4.5 senaryoları için sırasıyla 3.5 ve 2.00 °C artacağını tahmin etmişlerdir. Artan deniz suyu sıcaklıklarının siyanobakteri popülasyonunda da artışa neden olabileceğini vurgulamışlardır. Noori vd. (2019), Basra ve Umman körfezlerinde uygun bir ortogonal ayrıştırma modeli kullanarak iklim değişikliğinin deniz suyu sıcaklığı üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Gelecek dönemde (2020-2100) en büyük ısınmanın yaz aylarında gerçekleşeceğini ve Basra ve Umman körfezleri için yıllık ortalama deniz suyundaki sıcaklık artışının 2100 yılına kadar yaklaşık 2.20 °C olacağını tahmin etmişlerdir. Zhu vd. (2021), iklim değişikliğinin Kuzey Atlantik deniz suyu sıcaklıkları üzerindeki etkisini incelemek için bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. 2020-2070 dönemi için deniz suyu sıcaklıklarının 2.50 °C'lik bir artış eğiliminde olduğunu tespit etmişlerdir. Michel vd. (2022), İsviçre'de nehir suyu sıcaklıklarının ayrıntılı bir analizini gerçekleştirmek için İsviçre Platosunda ve Alp bölgelerinde yer alan 12 havza için iklim değişikliğinin etkisini, düşük, orta ve yüksek emisyon yolları da (RCP2.6, RCP4.5 ve RCP8.5) dahil olmak üzere fizik tabanlı modeller zinciri kullanarak incelemişlerdir. Değerlendirme sonuçlarında 21. yüzyılda nehir sularının açık bir şekilde ısındığını ve yıllık ortalama nehir sıcaklığı artışının yüzyılın sonunda (2080-2090), 0.9 ile 3.5°C arasında değişeceğini tespit etmişlerdir.

1.3. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Literatür incelendiğinde iklim değişikliğinin, sıcaklık ve yağış değişkenleri üzerindeki etkilerini araştıran pek çok çalışma olduğu anlaşılmaktadır. İklim değişikliğinin deniz suyu sıcaklıklarındaki artışlarda önemli bir role sahip olmasına rağmen dünya genelinde bu konudaki çalışmaların oldukça kısıtlı olduğu belirlenmiştir. Özellikle Karadeniz’de iklim değişikliğinin gelecek dönemler için deniz suyu sıcaklıkları üzerindeki olası etkilerini araştıran bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu çalışmada, Karadeniz kıyılarında iklim değişikliğinin deniz suyu sıcaklıkları üzerindeki olası etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır. Bu kapsamda, Sarıyer, İnebolu, Sinop, Giresun ve Hopa olmak üzere beş meteoroloji gözlem istasyonuna (MGİ) ait deniz suyu sıcaklık verileri ile CMIP6 arşivinden seçilen CNRM-ESM2-1, MPI-ESM1-2-HR, MRI-ESM2-0 ve NORESM2-MM isimli GDM’lere ait senaryo çıktıları kullanılmıştır. İyimser senaryoyu temsil eden SSP2-4.5 ile kötümser senaryoyu temsil eden SSP5-8.5 senaryoları altında beş MGİ için gelecek dönem (2023-2052 ve 2053-2082) aylık ortalama deniz suyu sıcaklık değerleri üretilmiştir. Ölçek indirgeme modellerinin kurulmasında kaba çözünürlüklü dört GDM’nin geçmiş dönem senaryosuna ait ortalama hava sıcaklığı değerleri girdi değişkeni, istasyonlardan ölçülen deniz suyu sıcaklıkları ise model çıktısı olarak kullanılmıştır. Ölçek indirgeme yöntemi olarak klasik regresyon analizi (KRA) ve YSA yöntemleri kullanılmış ve GDM çıktıları bölgesel ölçeğe indirgenmiştir. Kök ortalama karesel hata (KOKH), ortalama mutlak hata (OMH), saçılım indeksi (SI), ve Nash-Sutcliffe (NS) verimlilik katsayısı olmak üzere dört farklı istatistik yardımıyla KRA ve YSA yöntemlerinin ölçek indirgeme başarıları karşılaştırılmıştır. En yüksek performansı gösteren modeller kullanılarak GDM’lerin gelecek dönem senaryolarına ait sıcaklık değerleri model girdileri olarak tanımlanmış ve sonuç olarak Karadeniz kıyılarında yer alan beş MGİ’ye ait aylık ortalama deniz suyu sıcaklık değerleri gelecek dönem için birleştirilmiş model yaklaşımıyla iki farklı senaryo altında üretilmiştir. Son olarak gelecek dönem deniz suyu sıcaklık verilerinin geçmiş döneme kıyasla değişimleri irdelenmiştir.

1.4. Genel Dolaşım Modelleri ve Ölçek İndirgeme Yaklaşımı

İklim değişikliği ve etkilerinin belirlenmesi dünya gündeminde yer alan önemli konulardan biridir. Bu kapsamda ulusal ve uluslararası birçok kurum ve kuruluş çeşitli çalışmalar yürütmektedir. İklim modelleme çalışmaları iklim değişikliği etkilerinin belirlenmesinde kullanılan en kapsamlı çalışmalardır. İklim modelleri atmosfer, okyanuslar, kara yüzeyleri ve buzullar arasındaki etkileşimi gösteren ve matematiksel denklemlere dayanan bilgisayar programlarıdır. Bu modeller geçmişe ve geleceğe dair projeksiyonlar üretmektedir. GDM'ler iklim çalışmalarında sıklıkla kullanılmaktadır. İklimin geçmişte nasıl değiştiğini ve gelecekte nasıl değişebileceğini anlamak için atmosferin genel döngüsündeki geniş ölçekli özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir (Demir, 2016).

GDM'ler atmosfer, okyanus, kara yüzeyleri, buzullar ve güneşten gelen enerjinin dünya iklimini nasıl ve hangi şekilde etkilediğini analiz eden karışık matematiksel modellerdir. Bilgisayar gücüne bağlı olarak ortalama 200 km çözünürlüğe sahip olan GDM'ler hava durumunu belirlemek, iklimi anlamak ve iklim değişikliğini tahmin etmek gibi çeşitli amaçlar için kullanılmaktadırlar. GDM'ler 10 güne kadar kabul edilebilir nitelikte hava tahminleri yapabilmekte ve 50-100 yıllık simülasyonlar oluşturabilmektedir. Düşük çözünürlüğe sahip verilere dayalı olarak küresel iklim ve hava olayları belirlenebilmesine rağmen bu verilerin bölgesel ölçekli model sonuçlarıyla karşılaştırılmasıyla gerçekçi sonuçlar sağlanamamaktadır (Batıbeniz, 2014; Nacar, 2020). GDM'ler kaba çözünürlüğe sahip olduklarından iklim modellerinde kullanılabilmesi için bölgesel ölçeğe indirgenmelidir. GDM'lerin bölgesel çözünürlüğe indirgenmesi için sık kullanılan yaklaşımlar dinamik ve istatistiksel ölçek indirgeme yöntemleridir.

Dinamik ölçek indirgeme yöntemleri bölgesel iklim modelleri yardımıyla GDM'leri 10 km çözünürlüğe kadar düşürebilmektedir. Ancak, bu yöntemlerinin kullanılması yüksek kapasiteli bilgisayarlar ve uzman personel gerektirmekte ve uzun zaman almaktadır (Wilby vd., 2004). İstatistiksel ölçek indirgeme yöntemi GDM'lerin büyük ölçekli atmosferik değişkenlerini doğrudan bölgesel ölçekli değişkenlere dönüştüren istatistiksel yaklaşımları içerir. İstatistiksel ölçek indirgeme kolay kullanım, düşük hesaplama maliyeti ve istasyon temelinde iklim verilerinin üretilmesine olanak sağlama gibi üstünlüklere sahiptir (Trzaska ve Schnarr, 2014).

Bu çalışmada IPCC'nin yayımladığı altıncı değerlendirme raporunda yer alan CMIP6 arşivinden seçilmiş dört farklı GDM'ye ait SSP2.45 ve SSP5.85 senaryo çıktıları

kullanılmıştır. GDM'ler istatistiksel ölçek indirgeme yöntemi kullanılarak bölgesel ölçeğe indirgenmiştir. Bu GDM'ler aşağıda verilmektedir. Çalışmanın bundan sonraki bölümlerinde bu GDM'lerin isimleri sırasıyla CNRM, MPI, MRI ve NOR şeklinde kısaltılarak kullanılmıştır.

- CNRM-ESM2-1 (National Centre for Meteorological Research and European Centre for Research and Advanced Training in Scientific Computation Earth System Model),
- MPI-ESM1-2-HR (A Higher-Resolution Version of the Max Planck Institute Earth System Model),
- MRI-ESM2-0 (Meteorological Research Institute Earth System Model Version 2.0),
- NorESM2-MM (Norwegian Climate Centre Earth System Model)

1.5. SSP Senaryoları

IPCC tarafından altıncı değerlendirme raporu kapsamında sunulan ortak sosyo-ekonomik rotalar (shared socio-economic pathways, SSPs) en güncel iklim değişikliği senaryoları olup 21. yüzyıl senaryoları olarak da ifade edilmektedir. SSP'ler, bu senaryo grubu içerisinde yer alan sosyoekonomik modellemeler ile RCP senaryolarının hedeflerini birleştirerek iklim değişikliğine yönelik olarak dünyanın gidebileceği beş farklı yol sunmaktadır (O'Neill vd., 2016; Hausfather 2019; Ozdemir vd., 2020). Temel iklim sistemi bileşenleri (atmosfer, kara yüzeyi, okyanus ve deniz buzu) esas alınarak oluşturulan SSP senaryoları kapsamında geleceğe ait muhtemel yollar, SSP1: sürdürülebilir odaklı büyüme ve eşitlik dünyası, SSP2: trendlerin tarihsel örüntülerini büyük ölçüde takip ettiği yolun ortasında bir dünya, SSP3: parçalanmış ve yeniden dirilen milliyetçilik dünyası, SSP4: sürekli artan eşitsizliğin olduğu bir dünya ve SSP5: ekonomik çıktı ve enerji kullanımında hızlı ve kısıtlamasız büyümenin olduğu bir dünya şeklinde tanımlanmıştır (Özdemir, 2022).

SSP'nin temel senaryoları farklı küresel iklim modellerine ait olarak ışımsal zorlama değerlerine göre alternatif alt gruplara ayrılmaktadır. Bunlar IPCC'nin altıncı değerlendirme raporunda yer alan SSP1-1.9, SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0, SSP4-3.4, SSP4-6.0, SSP5-3.4OS ve SSP5-8.5 senaryoları olarak adlandırılmıştır. Bu tez çalışması kapsamında, iki farklı gelecek senaryosu olan SSP2-4.5 ve SSP5-8.5 senaryoları kullanılmıştır. SSP2-4.5,

orta seviye sera gazı emisyonları senaryosu SSP5-8.5 ise yüksek sera gazı emisyonları senaryosu olarak ifade edilmektedir. Her iki senaryoya göre yüzyılın sonunda küresel yüzey sıcaklığının sırasıyla ortalama 2.8 ve 4.5 °C artacağı öngörülmektedir (IPCC, 2021).

1.6. Birleştirilmiş Model Yaklaşımı

Gelecekteki iklim koşulları hakkında doğru tahmin bilgisine ulaşmak iklim değişikliği çalışmaları açısından oldukça önemlidir. Birleştirilmiş model (ensemble) yaklaşımı, gelecekteki iklim koşulları hakkında tahminler yapmak için farklı tahmin sistemlerinin sonuçlarını çeşitli şekillerde bir araya getirerek daha başarılı ve güvenilir bir tahmin olasılık yoğunluk fonksiyonu elde eden yöntemdir (Oza, 2006).

İklim sisteminin simülasyonunda kullanılan modellerde; başlangıç koşulları, kullanılan eşitliklerdeki kabuller, yaklaşımlar ve değişebilen parametrelerden kaynaklı hatalar oluşabilmektedir. Bu hataların giderilmesi amacıyla birleştirilmiş model yaklaşımı model belirsizliklerini hesaba katmakta ve daha güçlü ve genellenebilir sonuçlar elde etmektedir. Çeşitli çalışmalarda birleştirilmiş model yaklaşımının tek modellenmiş sistemlere göre daha başarılı tahminler ürettiği belirtilmiştir (Doblas-Reyes vd., 2004; Çakır, 2012). Birleştirilmiş model yaklaşımı, iklimsel tahminlerdeki belirsizliği azaltmaya ve tahmin doğruluğunu arttırmaya olanak sağladığından iklim değişikliği çalışmalarında önemli bir yere sahiptir. Bu çalışmada dört genel dolaşım modeli (CNRM, MPI, MRI ve NOR) kullanılarak KRA ve YSA'ya dayalı birleştirilmiş modeller oluşturulmuştur.

1.7. Klasik Regresyon Analizi

Regresyon analizi, istatistiksel bir yöntem olup bir bağımlı değişken ile bir veya daha fazla bağımsız değişken arasındaki ilişkiyi değerlendirmek için kullanılmaktadır (Bayazıt, 1981; Alpar, 2017). Regresyon analizi, değişkenler arasında anlamlı bir ilişkinin varlığını ve bu ilişkiyi ifade eden regresyon denklemini elde etmeyi amaçlamaktadır. Ayrıca, elde edilen denklemi kullanarak tahminler yapmayı ve bu tahminlerin güven aralıklarını hesaplamayı da içermektedir (Şentürk, 2008). Bu çalışma kapsamında doğrusal, üs, üstel ve kuadratik olmak üzere toplam dört fonksiyon (y_D , $y_Ü$, y_E ve y_K) kullanılmış ve Eşitlik (1)-(4) ile verilen ağırlıklar regresyon analizi sonucunda belirlenmiştir.

$$y_D = w_0 + w_1x_1 + w_2x_2 + w_3x_3 + \dots + w_nx_n \quad (1)$$

$$y_{\ddot{U}} = w_0x_1^{w_1}x_2^{w_2}x_3^{w_3}x_4^{w_4} \dots x_n^{w_n} \quad (2)$$

$$y_E = w_0 + \exp(w_1 + w_2x_1 + w_3x_2 + \dots + w_{n+1}x_n) \quad (3)$$

$$y_K = w_0 + w_1x_1 + w_2x_2 + \dots + w_5x_1x_2 + w_6x_1x_3 + \dots + w_{11}x_1^2 + w_{12}x_2^2 + \dots + w_{14}x_4^2 \quad (4)$$

Bu eşitliklerde deniz suyu sıcaklıklarını y , ağırlıkları w ve bağımsız değişkenleri x temsil etmektedir.

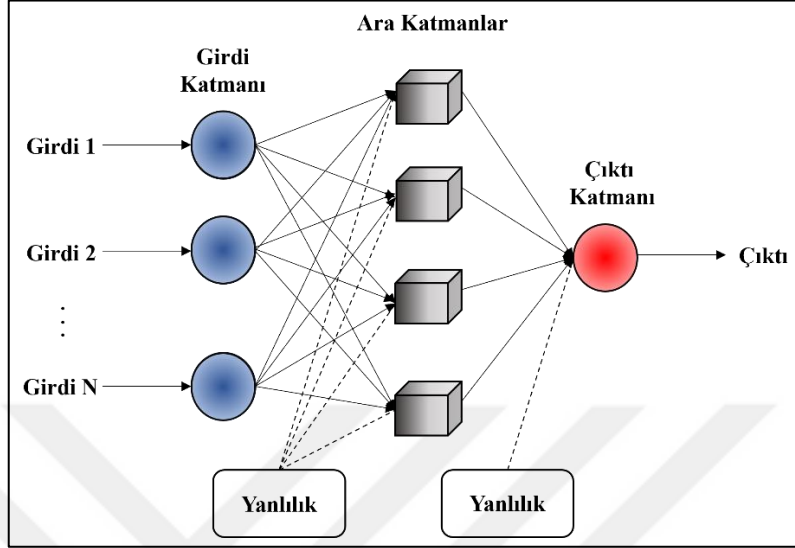
1.8. Yapay Sinir Ağları

YSA, basit biyolojik sinir sisteminin işleyiş şeklini simüle etmek amacıyla tasarlanan bilgisayar yazılımlarıdır (Akgürbüz, 2017). YSA biyolojik sinir sistemlerinde olduğu gibi nöronların bir araya gelmesiyle oluşturulmaktadır. YSA genellikle giriş katmanı, ara katman ve çıktı katmanı olmak üzere üç katmandan oluşan bir mimariye sahiptir (Şekil 1).

YSA, girdi ve çıktı değişkenleri arasındaki ilişkileri doğrusal olmayan bir şekilde modelleyebilmesi sayesinde, bir ön bilgiye veya varsayıma ihtiyaç duymadan çalışabilmektedir. YSA'da amaç girdilere karşılık beklenen çıktıları öğrenmektir. YSA modelinde, girdilerin etkinliği ve önemi ağırlıklar aracılığıyla sağlanmaktadır. Bilgi, bu ağırlıklarda saklanmakta ve ağırlık zeka seviyesi ile öğrenme performansı, ağırlık değerlerinin doğru bir şekilde belirlenmesiyle sağlanmaktadır (Okkan, 2013).

Bilgiler ağa girdi katmanından iletilir. Ağırlık değerleri kullanılarak ara katmanlarda işlenir ve çıktı katmanına gönderilir. Girdi verildiğinde ağın istenen çıktıyı üretebilmesi için ağırlıkların belirlenmesi gerekmektedir. Ağırlık doğru ağırlıklarının bulunması işlemi, ağın eğitilmesi olarak adlandırılmaktadır. Bu süreçte ağ, verilere uyum sağlamak ve istenen çıktıları üretebilmek için ağırlıklarının güncellenmesiyle optimize edilmektedir (Kaastra ve Boyd, 1996; Haykin, 1999; Hamzaçebi ve Kutay, 2004). YSA çalışmalarında ağın eğitimi gerçekleştirilirken girdi ve çıktı verilerinin tümü kullanılmamalıdır. Bu nedenle veriler eğitim, doğrulama, test olarak bölümlere ayrılmalıdır. Eğitim aşamasındaki iterasyon sayısı ağın doğrulama ve test aşamalarındaki performanslarını etkilemektedir. Uygun iterasyon sayısını belirlemek için her iterasyonun

sonucuna göre ağın performansı değerlendirilerek iterasyon sayısının değiştirilmesi gerekmektedir (Okkan ve Karakan, 2015; Özdin, 2019).



şekil 1. Yapay sinir ağı mimarisi

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Çalışma Alanı

Yarı kapalı bir deniz olan Karadeniz, 40° 56' - 46° 33' K ile 27° 27' - 41° 42' D koordinatları arasında yer almaktadır (Şekil 2). Marmara Denizi'ne İstanbul Boğazı, Ege ve Akdeniz'e Çanakkale Boğazı ve Azak Denizi'ne Kerch Boğazı ile bağlanan Karadeniz, 461×103 km²'lik yüzey alanına (Azak Denizi dahil, Marmara denizi hariç) ve 0.55×106 km³'lük su hacmine sahiptir. Dünyanın en büyük havzası olan Karadeniz'in kıyı çizgisi uzunluğu 8,350 km'dir. Ortalama derinliği yaklaşık 1300 m olan bu su kütesinin maksimum derinliği 2,588 m'ye ulaşmaktadır (Ozsoy ve Unluata, 1997; Yıldız, 2010; Bingölbali, 2018). Karadeniz Asya ve Avrupa kıtaları arasında yer almakta ve Ukrayna, Rusya, Gürcistan, Türkiye, Bulgaristan ve Romanya ile çevrelenmektedir (Tahtacı ve Ayat, 2022). Karadeniz M.Ö. 6000 yılına kadar bir tatlı su gölü iken sonrasında tuzlu bir denize dönüşmüştür. Tuzluluk oranı % 1.80 civarındadır (Akaydin, 2014). Dinyeper, Dinyester, Don Irmağı, Kuban Irmağı, Doğu ve Orta Avrupa'yı kapsayan Tuna Nehri Karadeniz'e dökülen önemli nehirlerdir. Nehirler aracılığıyla Karadeniz'e yıllık tatlı su girişi 400 km³'tür. Ülkemizde Karadeniz'e en fazla su deşarjı Kızılırmak, Yeşilirmak ve Sakarya akarsuları tarafından yapılmaktadır. Her biri yıllık yaklaşık 6 km³ taşıma hacmine sahiptir. Yüksek su seviyesi ve düşük tuzluluk sebebiyle Karadeniz ile Marmara Denizi arasında bir su alışverişi meydana gelmektedir. Su yüzey akıntıları ile Marmara Denizi'ne doğru hareket ederken dip akıntılar ile Karadeniz'e dönmektedir (Çelikkale vd., 1999; Dura, 2014). Dünya'nın en büyük hidrojen sülfür (H₂S) rezervi olan Karadeniz'de 150-200 m'den sonraki derinliklerde çözünmüş oksijenin miktarındaki ani düşüşler ve H₂S gazının varlığı canlı yaşamını sınırlandırmaktadır (URL-2, 2023). Karadeniz'in fiziksel parametreleri mevsimlere göre değişmektedir. Bu değişimler daha çok yüzey sularında görülmektedir. Sıcaklık değişimleri daha çok yüzeye en yakın su kütlelerini etkilemektedir. Genel olarak 100 m'nin altındaki suların sıcaklığı nispeten sabit kalırken, yaklaşık 50-60 m derinliğe kadar olan su kütleleri mevsimlere bağlı olarak sıcaklık açısından belirgin farklılıklar göstermektedir (Çelikkale vd., 1999; Dura, 2014).

İklim değişikliğinin bir sonucu olarak deniz suyunda meydana gelen sıcaklık değişimleri göz önüne alındığında yarı kapalı ya da kapalıya yakın Karadeniz gibi sistemlerin sıcaklık değişikliklerine karşı daha duyarlı olduğu tespit edilmiştir (Burman vd., 2022). Karadeniz ile 1,700 km kıyı şeridine sahip olan Türkiye olası iklimsel değişimlerden en çok etkilenecek ülkeler arasındadır (Çokaçar, 2021). Bu çalışmada, ülkemiz Karadeniz kıyılarını temsilen Sarıyer, İnebolu, Sinop, Giresun ve Hopa olmak üzere beş MGI'ye ait aylık ortalama deniz suyu sıcaklıkları kullanılmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. Güney Karadeniz kıyısındaki meteoroloji gözlem istasyonlarının konumu

2.2. Kullanılan Veriler

Çalışma kapsamında Karadeniz kıyılarında yer alan MGI'ler belirlenmiş ve deniz suyu sıcaklık verileri Meteoroloji 11. Bölge Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Verilerin kullanılabilirlik durumuna göre 52 yıllık kesintisiz gözlem verisine sahip beş adet meteoroloji gözlem istasyonu seçilmiştir. Her bir istasyon için veriler % 58'i eğitim (1963-1992), % 21'i doğrulama (1993-2003) ve % 21'i test (2004-2014) olacak şekilde üç veri setine ayrılmıştır. İstasyonlarda 1963-2014 döneminde takibi yapılan deniz suyu sıcaklığı değişkenine ait temel istatistikler Tablo 1'de verilmektedir. Aylık ortalama deniz suyu sıcaklık değerlerine ait zaman serileri de ekler bölümünde (Ek Şekil 1-5) verilmektedir.

Tablo 1. Meteoroloji gözlem istasyonlarında takibi yapılan deniz suyu sıcaklıklarına (°C) ait temel istatistikler

Veri Setleri		Sarıyer	İnebolu	Sinop	Giresun	Hopa
Eğitim	Min.	3.30	4.60	6.40	6.40	6.10
	Ort.	14.00	13.80	15.20	15.50	15.90
	Mak.	24.90	24.80	25.50	26.40	26.60
	SS.	6.20	5.10	5.70	6.00	6.10
Doğrulama	Min.	3.70	4.70	5.20	5.10	5.40
	Ort.	14.50	14.10	14.90	15.30	15.80
	Mak.	26.00	24.30	25.90	25.30	26.40
	SS.	6.30	5.60	6.10	5.90	6.30
Test	Min.	4.70	6.40	6.80	6.30	7.10
	Ort.	15.00	14.50	16.00	16.20	16.30
	Mak.	26.30	24.10	26.80	26.90	27.00
	SS.	6.40	5.10	6.00	5.90	6.20
Tümü	Min.	3.30	4.60	5.20	5.10	5.40
	Ort.	14.40	14.00	15.30	15.60	15.90
	Mak.	26.30	24.80	26.80	26.90	27.00
	SS.	6.30	5.20	5.80	6.00	6.10

Min: en küçük değer, Ort: ortalama değer, Mak: en büyük değer ve SS: standart sapma

2.3. Ölçek İndirgeme Modellerinde Kullanılacak Değişkenlerin Belirlenmesi

İklim değişikliği küresel sıcaklık değerlerinin artmasına sebebiyet vermektedir. Söz konusu artışlar aynı zamanda deniz suyu sıcaklıklarının da artmasına neden olmaktadır (Kurt, 2020). Yapılan ön analizler sonucunda hava sıcaklığının deniz suyu sıcaklığı üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmada ölçek indirgeme modellerinin kurulmasında kaba çözünürlüğe sahip GDM'lerin istasyonların bulunduğu koordinatlara denk gelen sayısal ağ merkezlerine ait geçmiş dönem hava sıcaklığı parametreleri ve ay sayıları sisteme girdi değişkeni olarak tanımlanmış ve istasyonlardan ölçülen deniz suyu sıcaklıkları model çıktısı olarak kullanılmıştır. Karadeniz kıyılarında yer alan beş MGI'ye ait gelecek dönem aylık ortalama deniz suyu sıcaklık değerleri ise GDM'lerin gelecek dönem senaryolarına ait sıcaklık değerleri model girdileri olarak tanımlanıp üretilmiştir.

2.4. Çalışmada Kullanılan Meteoroloji İstasyonlarının Belirlenmesi

Meteoroloji 11. Bölge Müdürlüğü'nden Karadeniz kıyılarındaki 13 MGİ için deniz suyu sıcaklık verileri temin edilmiştir. Deniz suyu sıcaklığı verilerinin incelenmesi sonucunda Amasra şamandıra ve Hopa şamandıra MGİ'lerde 2021 yılından itibaren ölçüm yapıldığı belirlenmiştir. Cide kuzey mendirek feneri, İnebolu kuzey mendirek feneri, Hopa ana mendirek feneri ve Giresun Palamut kayalığı ışıklı şamandıra feneri MGİ'ler için ise ortalama 11 yıllık verilerin mevcut olduğu tespit edilmiştir. Amasra ve Ordu MGİ'ler için ise süregelen yıllarda fazlasıyla eksik verinin mevcut olduğu saptanmıştır. Bu sebeple yeterli veriye sahip beş MGİ belirlenmiş ve eksik veriler ise regresyon yöntemiyle tamamlanmıştır. Yeterli ve kesintisiz veriye sahip istasyonların konum bilgileri Tablo 2'de verilmektedir.

Tablo 2. Karadeniz kıyılarında yer alan meteoroloji gözlem istasyonları

İstasyon Adı	Enlem (K)	Boylam (D)
Sarıyer	41.2505	29.0384
İnebolu	41.9789	33.7636
Sinop	42.0299	35.1545
Giresun	40.9227	38.3878
Hopa	41.4065	41.4330

2.5. Verilerin Normalize Edilmesi

Normalizasyon, veri setindeki değerleri belirli bir aralığa veya ölçeğe dönüştürme işlemi olarak tanımlanmaktadır. Bu işlem genellikle verilerin karşılaştırılabilir hale gelmesini sağlamak, farklı ölçeklere sahip özelliklerin etkisini dengelemek ve verilerin daha etkili şekilde işlenebilmesini sağlamak amacıyla uygulanmaktadır (Gulbag vd., 2008; Partovian vd., 2016; Mete vd., 2023). Model girdi ve çıktılarının ölçeklendirilmesi yani normalize edilmesi KRA ve YSA gibi yöntemlerin performansları üzerinde etkili olmaktadır. Verilerin belirli bir aralıkta ölçeklendirilmesi, farklı ortalama ve standart sapmalara sahip değişkenlerin aynı ölçekte temsil edilmesini ve hatalı girilen değerler ile uç değerlerin etkilerinin ortadan kaldırılmasını sağlamaktadır (Jayalakshmi ve Santhakumaran, 2011). Normalizasyon işlemi, istatistiksel ölçek indirgeme modelleri kurulmadan önce GDM ve gözlem verilerine uygulanmış, ölçek indirgeme işlemi sonucunda verilere

anormalizasyon işlemi uygulanarak verilerin eski ölçeğine gelmesi sağlanmıştır. Veriler Eşitlik (5) kullanılarak normalize edilmiştir.

$$Xn = \frac{x-x_{min}}{x_{max}-x_{min}} a + b \quad (5)$$

Bu eşitlikte Xn normalize edilmiş değeri, x işlem görmemiş değeri, x_{max} en büyük değeri ve x_{min} en küçük değeri temsil etmektedir. Bu çalışmada a ve b katsayıları sırasıyla 0.8 ve 0.1 olarak seçilmiş ve modellemede kullanılan tüm veriler 0.1 ile 0.9 arasında normalize edilmiştir.

2.6. İstatiksel Ölçek İndirgeme Modellerinin Kurulması

Ölçek indirgeme modelleri kurulurken CNRM, MPI, MRI ve NOR olmak üzere dört GDM'ye ait kaba çözünürlüklü geçmiş dönem senaryo veri setlerinde yer alan aylık ortalama sıcaklık değişkenleri ve ay sayıları model girdileri, istasyonlardan (Sarıyer, İnebolu, Sinop, Giresun ve Hopa) ölçülen deniz suyu sıcaklık değerleri ise model çıktısı olarak tanımlanmıştır. GDM'lerin kaba ölçekli çıktılarının bölgesel ölçeğe indirgenmesi amacıyla KRA ve YSA tabanlı istatistiksel ölçek indirgeme yöntemleri kullanılmıştır. KRA yönteminde doğrusal, üs, üstel ve kuadratik olmak üzere dört fonksiyon (DF, ÜF, EF ve KF) için birer model, YSA yönteminde ise 5, 10, 15, 20 ve 25 nörona sahip beş model oluşturulmuştur. Ölçek indirgeme modellerinin kurulmasında verilerin % 58'i eğitim (1963-1992 dönemi), % 21'i doğrulama (1993-2003 dönemi) ve kalan % 21'i test (2004-2014 dönemi) veri setlerine ayrılmıştır. KRA ve YSA tabanlı ölçek indirgeme modellerinin performansları KOKH, OMH, SI ve NS istatistikleri kullanılarak belirlenmiş ve istatistikler Eşitlik (6)-(9) ile hesaplanmıştır.

$$KOKH = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (t_i - td_i)^2} \quad (6)$$

$$OMH = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |(t_i - td_i)| \quad (7)$$

$$SI = \frac{\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (t_i - td_i)^2}}{\bar{t}} \quad (8)$$

$$NS = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (t_i - td_i)^2}{\sum_{i=1}^N (t_i - \bar{t})^2} \quad (9)$$

Bu eşitliklerde t_i gözlem değerlerini, td_i tahmin değerlerini, \bar{t} gözlem değerleri ortalamasını ve N veri sayısını ifade etmektedir. NS verimlilik katsayısı, Nash ve Sutcliffe (1970) tarafından önerilen bir istatistik olup, birçok hidrolojik tahminin doğruluğunu değerlendirmek için kullanılmaktadır. Bu istatistik, gözlenen ve hesaplanan veriler arasındaki yakınlık derecesini ölçmek için kullanılmaktadır. NS verimlilik katsayısı, $-\infty$ ile 1 arasında değer almaktadır. NS verimlilik katsayısının 0 ile 1 arasında olması, yöntemin genelde kabul edilebilir bir performans sergilediğini ifade etmektedir (Nash ve Sutcliffe, 1970; Yılmaz, 2014; Nacar, 2020). NS istatistiği için model performansı yeterlilik düzeyi aralıkları Tablo 3'te verilmektedir (Moriasi vd., 2007).

Tablo 3. Nash-Sutcliffe verimlilik katsayısı için belirlenen performans aralıkları

Performans	Çok İyi	İyi	Yeterli	Yetersiz
NS	$0.75 < NS < 1$	$0.65 < NS < 0.75$	$0.50 < NS < 0.65$	$NS < 0.50$

2.7 Yanlılık Düzeltme Yöntemi

Kaba çözünürlüklü iklim modellerinin yerel ölçeğe indirgenmesinde oldukça etkili olan istatistiksel ölçek indirgeme modelleri iklim değişikliği çalışmalarında sıklıkla kullanılmaktadır. İklim modellerinin doğasında bulunan yanlılık, ölçek indirgeme modellerinin performansını etkileyerek iklim projeksiyonlarında belirsizliklerin ortaya çıkmasına yol açmaktadır (Ballı, 2019; Kırdemir ve Okkan, 2019). Mekansal çözünürlüklerinin yetersizliği ve atmosferik süreçlerin modellenmesindeki kısıtlar gibi sebeplerden ötürü GDM'lerin belirli bir yanlılığının mevcut olduğu bilinmektedir (IPCC, 2013). Bu nedenle, daha güvenilir sonuçların elde edilebilmesi için ölçek indirgeme modellerinin yanında yanlılık düzeltme işlemleri de uygulanmaktadır. Yanlılık düzeltme yöntemleri, incelenen değişkene ait model ve gözlem verilerinin, dağılım fonksiyonlarının tanımlanarak birinden diğerine simülasyonların transfer edilmesi esasına dayanmaktadır (Ballı, 2014). Bu çalışma kapsamında iklim modelleme çalışmalarında sıklıkla kullanılan kuantil delta haritalama (KDH) yanlılık düzeltme yöntemi uygulanmıştır.

KDH yanlılık düzeltme yöntemi GDM çıktılarına ait dağılımların gözlenen veriler üzerine uygun bir şekilde konumlandırma ilkesiyle gerçekleştirir. Bu yöntemde, verilerin uyum gösterdiği teorik dağılımlar, referans dönem dağılımları altında değerlendirilir. Geçmiş ve gelecek dönemler için her bir ayda eklenen olasılık değerleri ve bu değerlere karşılık gelen kuantil değerleri, gözlenen dağılımların altında hesaplanır. Böylece düzeltilmiş gelecek dönem verileri elde edilir. KDH yöntemi ile düzeltilmiş değerler Eşitlik (10) ile hesaplanmaktadır (Cannon vd., 2015; Okkan ve Kırdemir, 2016; Kırdemir ve Okkan, 2019).

$$y_{cor}(t) = F^{-1}F(y_{mod}(t), \theta_{referans}), \theta_{obs} \quad (10)$$

Burada, $y_{cor}(t)$ t zamanındaki düzeltilmiş değerleri, $y_{mod}(t)$ t anındaki iklim modelinden elde edilen referans dönem veya gelecek dönem senaryolarına ait değerleri, $\theta_{referans}$ ve θ_{obs} sırasıyla benzeştirilen referans ve gözlenmiş verilerden elde edilmiş dağılım parametrelerini, $F(.)$ ve $F^{-1}(.)$ ise sırasıyla referans dağılımına ait eklenik olasılık fonksiyonunu ve gözlenmiş verilere ait ters kümülatif olasılık fonksiyonunu ifade etmektedir (Kırdemir ve Okkan, 2019).

KDH metodu, ileriye yönelik projeksiyon verilerinin düzeltilmesinde kullanılan bir yöntem olup, modellenmiş verilerdeki yanlılıkları düzeltme amacıyla doğrudan rölatif değişimleri dikkate almaktadır. KDH ile düzeltilmiş deniz suyu sıcaklık değerlerinin elde edilmesinde Eşitlik (11) kullanılmaktadır (Cannon vd., 2015).

$$y_{cor}(t) = F^{-1}(F(y_{mod}(t), \theta_{mod}), \theta_{obs}) \left(\frac{y_{mod}(t)}{F^{-1}(F(y_{mod}(t), \theta_{mod}), \theta_{REF})} \right) \quad (11)$$

Bu çalışmada Eşitlik (11) kullanılarak model çıktılarına KDH yanlılık düzeltme işlemi uygulanmış ve ölçek indirgeme süreçlerindeki yanlılıklar geçmiş ve gelecek dönemler için giderilmiştir. Bu işlemten sonra Sarıyer, İnebolu, Sinop, Giresun ve Hopa MGİ deniz suyu sıcaklıkları geçmiş dönem (1985-2014) gözlem verileri aylık ortalamaları ile SSP2-4.5 ve SSP5-8.5 senaryoları altında tahmin edilen gelecek dönem aylık ortalama tahmin değerleri karşılaştırılarak olası değişim miktarları belirlenmiştir.

3. BULGULAR VE İRDELEME

Çalışma kapsamında ilk olarak IBM SPSS Statistics 26 programı ile regresyon analizleri gerçekleştirilmiştir. Analizlerde kullanılan fonksiyonlara ait ağırlıklar eğitim veri seti için belirlenmiş ve fonksiyonlarda yerlerine konarak doğrulama ve test veri setleri için model tahmin sonuçları hesaplanmıştır. Sonrasında veri setlerine YSA yöntemi uygulanmış ve her bir veri seti için hata değerleri belirlenmiştir. En küçük KOKH, OMH ve SI ile en büyük NS değerleri dikkate alınarak en uygun model belirlenmiştir. Sonrasında GDM'lere ait SSP2-4.5 ve SSP5-8.5 senaryoları sıcaklık değerleri girdi parametresi olarak kullanılarak 2023-2052 ve 2053-2082 dönemleri deniz suyu sıcaklıkları tahmin edilmiştir.

İstasyonların geçmiş dönem (1985-2014) gözlem verileri gelecek dönem (2023-2052 ve 2053-2082) tahmin değerleri ile karşılaştırılarak olası değişim miktarları belirlenmiş ve elde edilen bulgular istasyon bazında irdelenmiştir.

3.1. Sarıyer Meteoroloji Gözlem İstasyonu

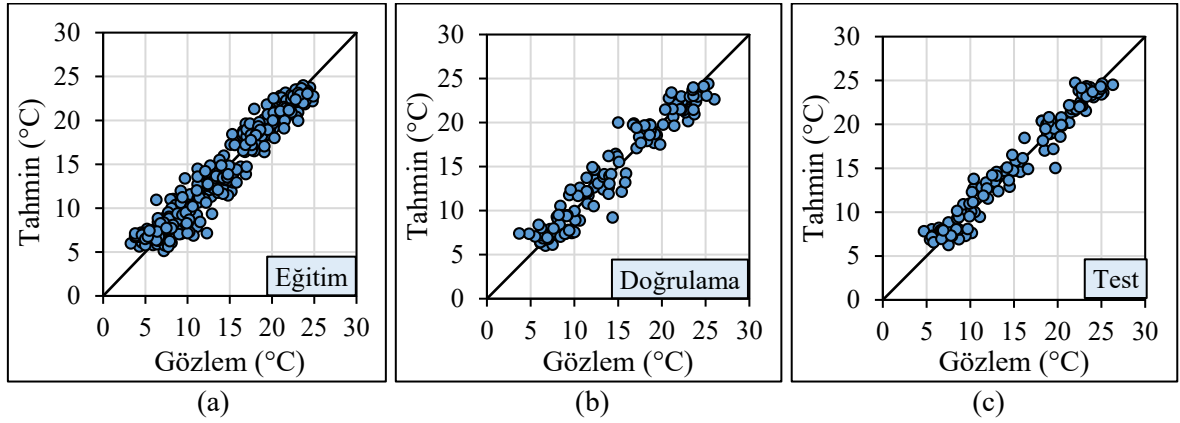
Regresyon analizlerinden elde edilen ağırlıklar her bir fonksiyon için Ek Tablo 1'de, ölçek indirgeme modellerinin eğitim, doğrulama ve test veri setlerine ait performans istatistikleri ise Tablo 4'te verilmektedir. Tablo 4 incelendiğinde en küçük KOKH, OMH ve SI ile en büyük NS verimlilik katsayısı değerleri KRA yönteminde eğitim, doğrulama ve test veri setleri için KF'den, YSA yönteminde ise eğitim veri seti için YSA_20'den, doğrulama ve test veri setleri için YSA_10'dan elde edilmiştir. Tablo 4 incelendiğinde KRA'ya kıyasla YSA tabanlı modellerin daha yüksek performans değerlerine sahip oldukları görülmektedir. YSA tabanlı modellere ait NS verimlilik katsayısı değerleri eğitim veri seti için 0.937 ile 0.947, doğrulama veri seti için 0.935 ile 0.938 ve test veri seti için ise 0.960 ile 0.963 arasında değişmektedir. Bu bulgular YSA yöntemi kullanılarak geliştirilen modellerin gelecek dönem deniz suyu sıcaklığı tahmininde başarılı olduklarını ortaya koymaktadır. Sarıyer MGI'ye ait YSA tabanlı modellerde eğitim, doğrulama ve test veri setleri için hesaplanan performans istatistiklerinin birbirine yakın sonuçlar verdiği görülmektedir.

Tablo 4. Sarıyer meteoroloji gözlem istasyonu deniz suyu sıcaklığı parametresi için ölçek indirgeme modellerinin performans istatistikleri

VS	Pİ	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9
Eğitim	KOKH, °C	1.870	1.849	1.668	1.508	1.485	1.443	1.495	1.430	1.559
	OMH, °C	1.442	1.427	1.316	1.206	1.170	1.140	1.174	1.124	1.233
	SI	0.133	0.132	0.119	0.107	0.106	0.103	0.106	0.102	0.111
	NS	0.909	0.911	0.928	0.941	0.943	0.946	0.942	0.947	0.937
Doğrulama	KOKH, °C	1.965	1.982	1.679	1.623	1.581	1.564	1.603	1.591	1.565
	OMH, °C	1.552	1.573	1.366	1.287	1.237	1.236	1.278	1.246	1.248
	SI	0.135	0.136	0.116	0.112	0.109	0.108	0.110	0.110	0.108
	NS	0.902	0.900	0.928	0.933	0.936	0.938	0.935	0.936	0.938
Test	KOKH, °C	1.511	1.495	1.474	1.443	1.268	1.233	1.258	1.244	1.244
	OMH, °C	1.180	1.181	1.199	1.142	1.006	0.966	1.002	0.978	0.971
	SI	0.101	0.100	0.099	0.097	0.085	0.082	0.084	0.083	0.083
	NS	0.944	0.945	0.947	0.949	0.960	0.963	0.961	0.962	0.962

VS: Veri seti, Pİ: Performans istatistiği, M1: DF, M2: ÜF, M3: EF, M4: KF, M5: YSA_5, M6: YSA_10, M7: YSA_15, M8: YSA_20, M9: YSA_25

Beş farklı nöron sayısına sahip modeller için gelecek dönem deniz suyu sıcaklık değerlerindeki değişimler dikkate alınarak en büyük sıcaklık farkının YSA_5 modelinden elde edildiği belirlenmiş ve irdelemeler bu model üzerinden gerçekleştirilmiştir. YSA_5 modeli tahmin değerlerine ait saçılım grafikleri Şekil 3'te verilmektedir.

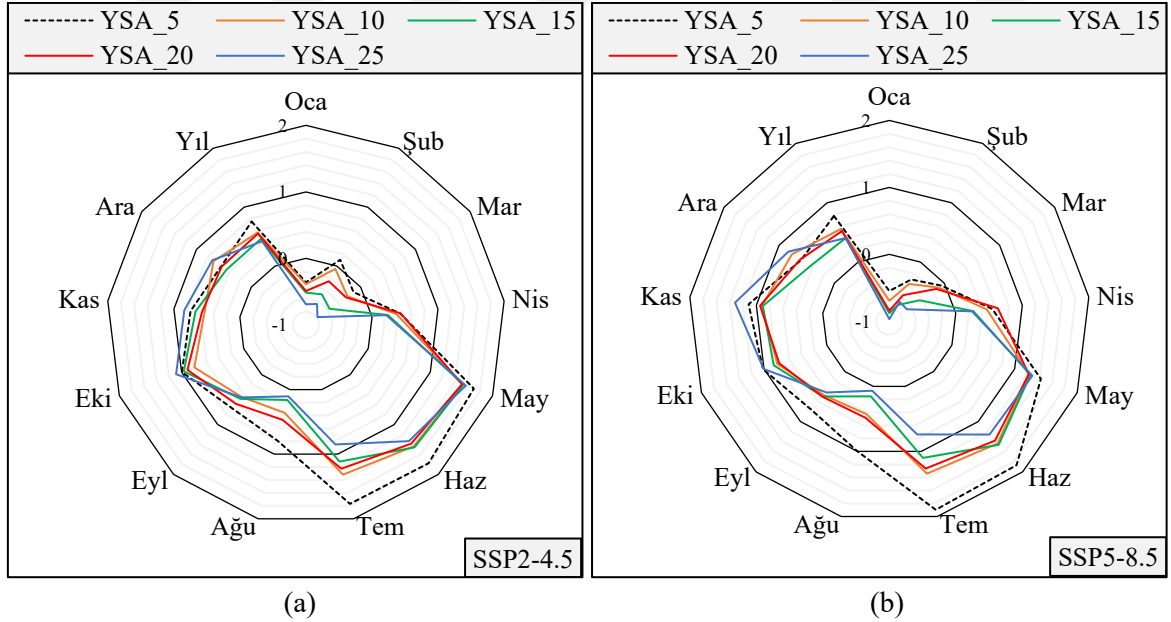


Şekil 3. Sarıyer meteoroloji gözlem istasyonu deniz suyu sıcaklıkları (1963-2014) için YSA_5 modelinden elde edilen a) eğitim b) doğrulama ve c) test veri setleri tahmin değerleri ile gözlem verilerinin karşılaştırılması

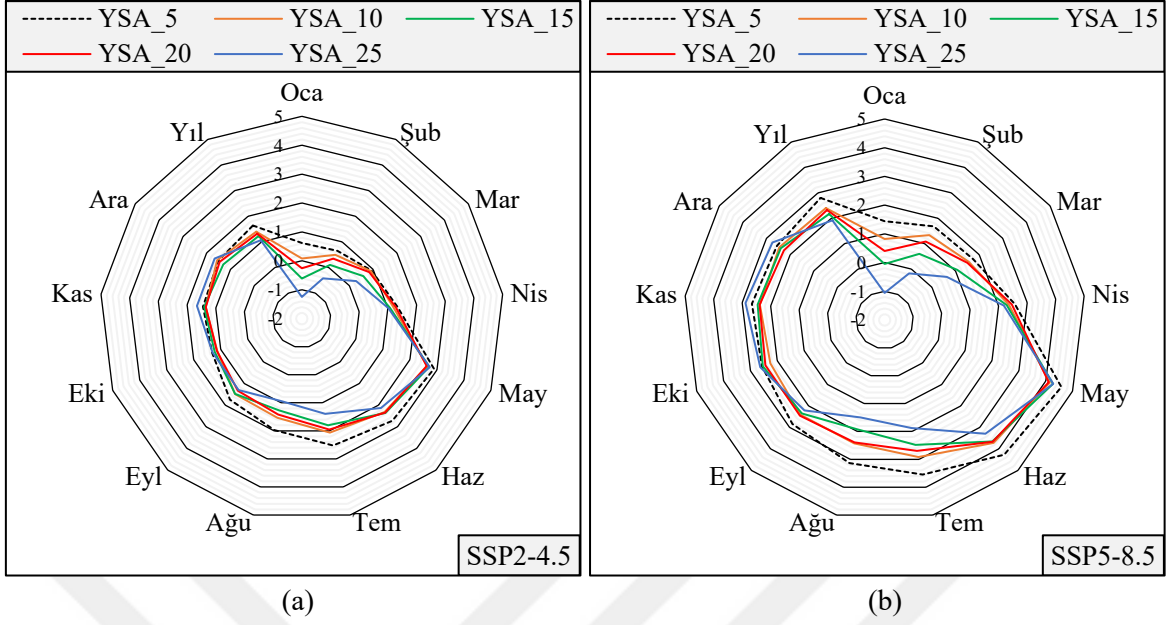
Saçılım grafiklerinde tahmin değerleri ile gözlem verileri birbirlerine yaklaştıkça verilerin dağılımı 45°'lik eğim çizgisine yaklaşmaktadır (Kushwaha ve Kumar 2017; Nacar vd., 2021). Şekil 3 incelendiğinde değerlerin eğim çizgisiyle uyumlu bir şekilde dağıldığı

görülmektedir. Bu durum YSA yöntemi kullanılarak geliştirilen modelin çalışmada kullanılması için yeterli doğruluk düzeyinde olduğunu göstermektedir.

Sarıyer MGİ için gelecek dönem (2023-2052 ve 2053-2082) deniz suyu sıcaklıklarında geçmiş döneme (1985-2014) kıyasla meydana gelmesi öngörülen değişim miktarları radar grafikleri ile Şekil 4 ve 5'te verilmektedir. Şekil 4 incelendiğinde, Sarıyer MGİ'de YSA_5 modeli için 2023-2052 dönemi SSP2-4.5 senaryosu altında aylık ortalama deniz suyu sıcaklıklarının -0.36 ile 1.78 °C arasında değişeceği ve yıllık ortalama deniz suyu sıcaklık değerinde 0.75 °C'lik bir artış meydana geleceği tahmin edilmektedir. SSP5-8.5 senaryosu altında ise aylık ortalama deniz suyu sıcaklıklarının -0.55 ile 1.90 °C arasında değişeceği ve yıllık ortalama deniz suyu sıcaklık değerinde ise 0.78 °C'lik bir artış meydana geleceği tahmin edilmektedir. Her iki senaryo için de Ocak ayındaki sıcaklıklarda bir miktar düşüş (SSP2-4.5 için 0.36 °C ve SSP5-8.5 için 0.55 °C) saptanmıştır. En büyük sıcaklık artışının ise SSP2-4.5 için 1.78 °C ile Haziran ayında ve SSP5-8.5 için 1.90 °C ile Temmuz ayında gerçekleşeceği belirlenmiştir. Deniz suyu sıcaklıklarındaki değişim mevsimsel olarak değerlendirildiğinde en büyük sıcaklık değişiminin SSP2-4.5 ve SSP5-8.5 senaryoları için sırasıyla 1.45 ve 1.59 °C olarak yaz mevsiminde meydana geleceği tahmin edilmiştir.



Şekil 4. Sarıyer meteoroloji gözlem istasyonu için a) SSP2-4.5 ve b) SSP5-8.5 senaryoları altında 2023-2052 dönemi aylık ortalama deniz suyu sıcaklık tahmin değerlerinin geçmiş dönem (1985-2014) gözlem verilerine göre değişimleri



Şekil 5. Sarıyer meteoroloji gözlem istasyonu için a) SSP2-4.5 ve b) SSP5-8.5 senaryoları altında 2053-2082 dönemi aylık ortalama deniz suyu sıcaklık tahmin değerlerinin geçmiş dönem (1985-2014) gözlem verilerine göre değişimleri

Şekil 5 incelendiğinde, Sarıyer MGİ’de 2053-2082 dönemi için SSP2-4.5 senaryosu altında aylık ortalama deniz suyu sıcaklıklarının 0.62 ile 2.89 °C arasında değişeceği ve yıllık ortalama deniz suyu sıcaklık değerinde 1.64 °C’lik bir artış meydana geleceği tahmin edilmektedir. SSP5-8.5 senaryosu altında ise aylık ortalama deniz suyu sıcaklıklarının 1.44 ile 4.58 °C arasında değişeceği ve yıllık ortalama deniz suyu sıcaklık değerinde ise 2.80 °C’lik bir artış meydana geleceği tahmin edilmektedir. SSP2-4.5 ve SSP5-8.5 senaryoları için en küçük sıcaklık artışlarının için sırasıyla 0.62 ve 1.44 °C olarak Ocak ayında, en büyük sıcaklık artışlarının ise 2.89 ve 4.58 °C olarak Mayıs ayında gerçekleşeceği tahmin edilmiştir. Deniz suyu sıcaklıklarındaki değişimler mevsimsel olarak irdelendiğinde en büyük değişimin SSP2-4.5 ve SSP5-8.5 senaryoları için sırasıyla 2.40 ve 3.65 °C olarak yaz mevsiminde meydana geleceği tahmin edilmiştir.

Sarıyer MGİ’de aylık ortalama deniz suyu sıcaklıklarının geçmiş dönem gözlem verileri ile gelecek dönem tahmin değerleri arasındaki değişim, sıcaklık farklarının (Δt , °C) renklendirilmesiyle Şekil 6 ve 7’de verilmektedir. Şekil 6 ve 7 incelendiğinde uzun yıllar ortalama deniz suyu sıcaklık değerlerinde SSP2-4.5 ve SSP5-8.5 senaryolarına göre YSA_5 için 0.75-1.64 °C ve 0.78-2.80 °C, YSA_10 için 0.57-1.40 °C ve 0.56-2.40 °C, YSA_15 için 0.46-1.23 °C ve 0.41-2.17 °C, YSA_20 için 0.55-1.32 °C ve 0.52-2.32 °C, YSA_25 için 0.42-1.06 °C ve 0.40-1.92 °C aralığında artışlar beklenmektedir. Deniz suyu sıcaklık

değerlerinde 2053-2082 döneminde daha fazla artışın beklendiği ısı haritalarından net bir şekilde görülmektedir. Yıllık ortalama deniz suyu sıcaklıklarındaki en büyük artışlar YSA_5 modelinden elde edilmiştir.

Senaryolar	Modeller	Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara	Yıl
SSP2-4.5	YSA_5													
	YSA_10													
	YSA_15													
	YSA_20													
	YSA_25													
SSP5-8.5	YSA_5													
	YSA_10													
	YSA_15													
	YSA_20													
	YSA_25													
$\Delta t, ^\circ\text{C}$	-0.97	-0.73	-0.49	-0.25	-0.01	0.23	0.47	0.71	0.94	1.18	1.42	1.66	1.90	

Şekil 6. Sarıyer meteoroloji gözlem istasyonu için SSP2-4.5 ve SSP5-8.5 senaryoları altında gelecek dönem (2023-2052) aylık ortalama deniz suyu sıcaklık tahmin değerlerinin geçmiş dönem (1985-2014) gözlem verilerine göre değişimleri

Senaryolar	Modeller	Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara	Yıl
SSP2-4.5	YSA_5													
	YSA_10													
	YSA_15													
	YSA_20													
	YSA_25													
SSP5-8.5	YSA_5													
	YSA_10													
	YSA_15													
	YSA_20													
	YSA_25													
$\Delta t, ^\circ\text{C}$	-1.25	-0.76	-0.28	0.21	0.69	1.18	1.67	2.15	2.64	3.12	3.61	4.10	4.58	

Şekil 7. Sarıyer meteoroloji gözlem istasyonu için SSP2-4.5 ve SSP5-8.5 senaryoları altında gelecek dönem (2053-2082) aylık ortalama deniz suyu sıcaklık tahmin değerlerinin geçmiş dönem (1985-2014) gözlem verilerine göre değişimleri

3.2. İnebolu Meteoroloji Gözlem İstasyonu

İnebolu MGİ için regresyon analizinden elde edilen ağırlıklar her bir fonksiyon için Ek Tablo 2’de, ölçek indirgeme modellerinin eğitim, doğrulama ve test veri setlerine ait performans istatistikleri ise Tablo 5’te verilmektedir. Tablo 5 incelendiğinde en küçük

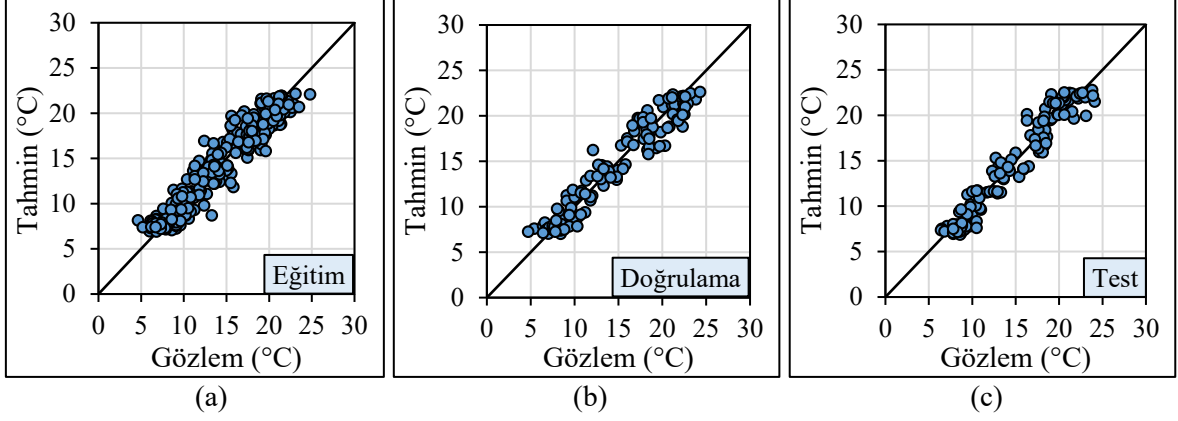
KOKH, OMH ve SI ile en büyük NS verimlilik katsayısı değerleri KRA yönteminde, eğitim ve test veri setleri için KF'den, doğrulama veri seti için EF'den, YSA yönteminde ise eğitim veri seti için YSA_15'ten, doğrulama veri seti için YSA_20'den ve test veri seti için ise YSA_5'ten elde edilmiştir. KRA yöntemine kıyasla YSA yöntemi daha başarılı tahmin performansı göstermiştir. YSA tabanlı modellere ait NS verimlilik katsayıları eğitim veri seti için 0.916 ile 0.928, doğrulama veri seti için 0.932 ile 0.935 ve test veri seti için ise 0.929 ile 0.934 arasında değişmektedir. Model sonuçları göstermektedir ki gelecek dönem deniz suyu sıcaklıklarının tahmininde YSA yöntemi yeterli düzeydedir.

Tablo 5. İnebolu meteoroloji gözlem istasyonu deniz suyu sıcaklığı parametresi için ölçek indirgeme modellerinin performans istatistikleri

VS	Pİ	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9
Eğitim	KOKH, °C	1.933	1.877	1.613	1.499	1.481	1.455	1.372	1.423	1.373
	OMH, °C	1.553	1.495	1.289	1.184	1.157	1.155	1.065	1.095	1.066
	SI	0.141	0.136	0.117	0.109	0.108	0.106	0.100	0.103	0.100
	NS	0.857	0.866	0.901	0.914	0.916	0.919	0.928	0.923	0.928
Doğrulama	KOKH, °C	1.833	1.800	1.652	1.652	1.416	1.449	1.444	1.409	1.446
	OMH, °C	1.468	1.470	1.293	1.307	1.176	1.202	1.182	1.176	1.170
	SI	0.130	0.127	0.117	0.117	0.100	0.102	0.102	0.100	0.102
	NS	0.891	0.895	0.911	0.911	0.935	0.932	0.932	0.935	0.932
Test	KOKH, °C	1.861	1.772	1.601	1.507	1.310	1.364	1.332	1.343	1.329
	OMH, °C	1.534	1.467	1.293	1.239	1.033	1.091	1.088	1.084	1.079
	SI	0.129	0.123	0.111	0.104	0.091	0.094	0.092	0.093	0.092
	NS	0.868	0.880	0.902	0.913	0.934	0.929	0.932	0.931	0.932

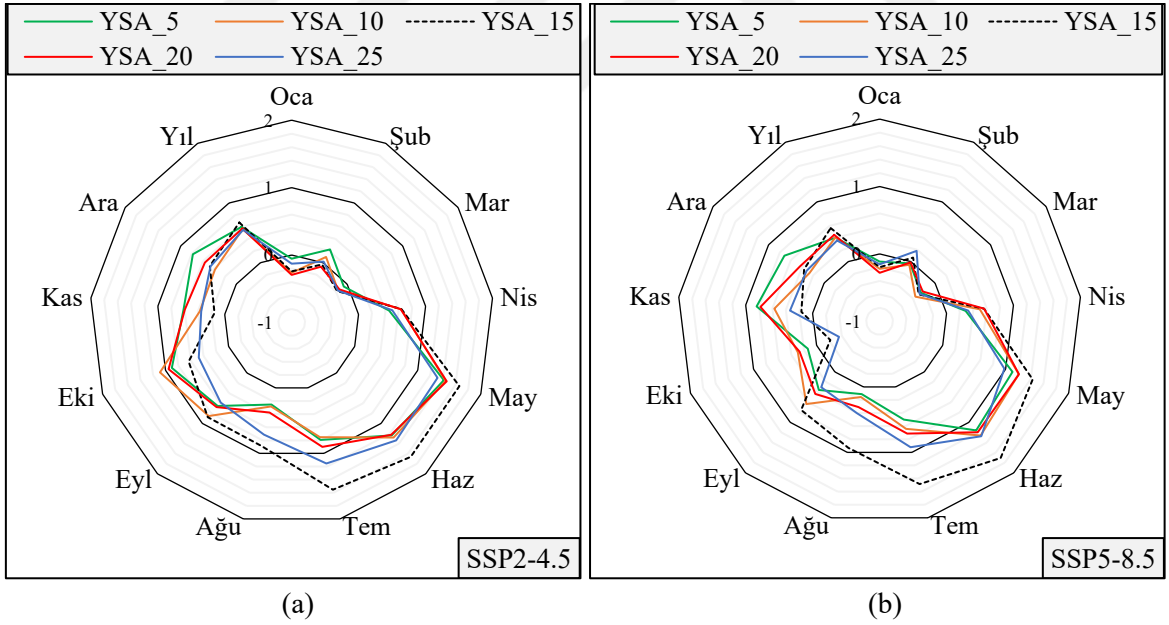
VS: Veri seti, Pİ: Performans istatistiği, M1: DF, M2: ÜF, M3: EF, M4: KF, M5: YSA_5, M6: YSA_10, M7: YSA_15, M8: YSA_20, M9: YSA_25

İnebolu MGI'ye ait beş farklı nöron sayısına sahip modeller için gelecek dönem deniz suyu sıcaklık değerlerindeki değişimler dikkate alınarak en büyük sıcaklık farkının YSA_15 modelinden elde edildiği belirlenmiş ve irdelemeler bu model üzerinden gerçekleştirilmiştir. YSA_15 modeli tahmin değerlerine ait saçılım grafikleri Şekil 8'de verilmektedir.

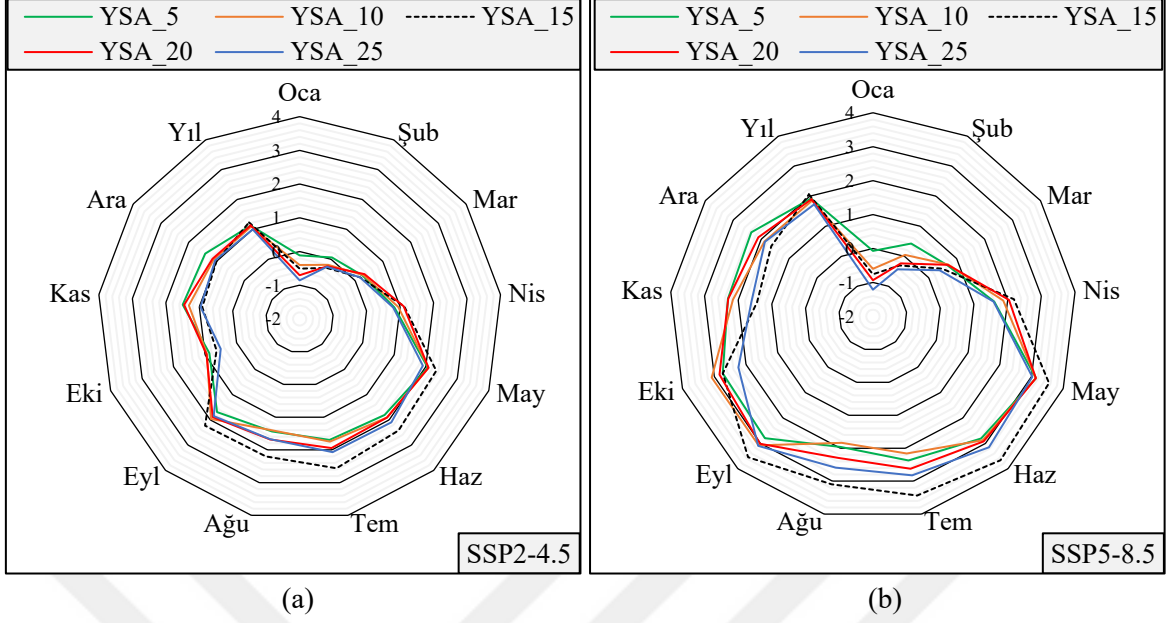


Şekil 8. İnebolu meteoroloji gözlem istasyonu deniz suyu sıcaklıkları (1963-2014) için YSA_15 modelinden elde edilen a) eğitim b) doğrulama ve c) test veri setleri tahmin değerleri ile gözlem verilerinin karşılaştırılması

İnebolu MGI için gelecek dönem (2023-2052 ve 2053-2082) deniz suyu sıcaklıklarında geçmiş döneme (1985-2014) kıyasla meydana gelmesi öngörülen değişim miktarları Şekil 9 ve 10'da radar grafikleri ile gösterilmektedir.



Şekil 9. İnebolu meteoroloji gözlem istasyonu için a) SSP2-4.5 ve b) SSP5-8.5 senaryoları altında 2023-2052 dönemi aylık ortalama deniz suyu sıcaklık tahmin değerlerinin geçmiş dönem (1985-2014) gözlem verilerine göre değişimleri



Şekil 10. İnebolu meteoroloji gözlem istasyonu için a) SSP2-4.5 ve b) SSP5-8.5 senaryoları altında 2053-2082 dönemi aylık ortalama deniz suyu sıcaklık tahmin değerlerinin geçmiş dönem (1985-2014) gözlem verilerine göre değişimleri

Şekil 9 incelendiğinde İnebolu MGI'de YSA_15 modeli için 2023-2052 dönemi SSP2-4.5 senaryosuna göre yıllık ortalama deniz suyu sıcaklık değerinde $0.67\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'lik bir artış meydana geleceği tahmin edilmiştir. Aylık ortalama deniz suyu sıcaklıklarının ise -0.24 ile $1.66\text{ }^{\circ}\text{C}$ arasında değişeceği belirlenmiştir. SSP5-8.5 senaryosu altında ise yıllık ortalama deniz suyu sıcaklık değerinde $0.56\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'lik bir artış meydana geleceği öngörülmüş ve aylık ortalama deniz suyu sıcaklıklarının -0.30 ile $1.71\text{ }^{\circ}\text{C}$ arasında değişeceği belirlenmiştir. Her iki senaryo için de Ocak (SSP2-4.5 için $0.24\text{ }^{\circ}\text{C}$ ve SSP5-8.5 için $0.20\text{ }^{\circ}\text{C}$) ve Mart (SSP2-4.5 için $0.18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ve SSP5-8.5 için $0.30\text{ }^{\circ}\text{C}$) aylarında sıcaklıklarda bir miktar düşüş saptanmaktadır. En büyük sıcaklık artışlarının SSP2-4.5'e göre Mayıs ile Haziran aylarında ($1.66\text{ }^{\circ}\text{C}$) ve SSP5-8.5'e göre Haziran ayında ($1.71\text{ }^{\circ}\text{C}$) yaşanacağı belirlenmiştir. Mevsimsel olarak irdelendiğinde deniz suyu sıcaklıklarında en büyük değişimin SSP2-4.5 ve SSP5-8.5 senaryoları için sırasıyla 1.36 ve $1.38\text{ }^{\circ}\text{C}$ olarak yaz mevsiminde gerçekleşeceği tahmin edilmiştir.

Şekil 10 incelendiğinde, İnebolu MGI'de 2053-2082 dönemi için aylık ortalama deniz suyu sıcaklıklarının SSP2-4.5 senaryosu için -0.51 ile $2.56\text{ }^{\circ}\text{C}$ ve SSP5-8.5 senaryosu için -0.76 ile $3.67\text{ }^{\circ}\text{C}$ arasında değişeceği tahmin edilmiştir. Yıllık ortalama deniz suyu sıcaklık değerlerinin SSP2-4.5 ve SSP5-8.5 senaryoları için sırasıyla 1.23 ve $2.06\text{ }^{\circ}\text{C}$ artacağı belirlenmiştir. En büyük sıcaklık artışının SSP2-4.5 için Temmuz ayında ($2.56\text{ }^{\circ}\text{C}$) ve SSP5-

8.5 için Haziran ayında (3.67 °C) gerçekleşeceği belirlenmiştir. İyimsen ve kötümser senaryolar için Ocak (SSP2-4.5 için 0.51 °C ve SSP5-8.5 için 0.76 °C) ve Şubat (SSP2-4.5 için 0.29 °C ve SSP5-8.5 için 0.31 °C) aylarında sıcaklıklarda bir miktar düşüş öngörülmektedir. Mevsimsel olarak en büyük sıcaklık değişiminin SSP2-4.5 ve SSP5-8.5 senaryoları için sırasıyla 2.39 ve 3.40 °C olarak yaz aylarında meydana geleceği tahmin edilmiştir.

İnebolu MGİ için gelecek dönem aylık ortalama deniz suyu sıcaklık tahmin değerleri ile geçmiş dönem gözlem verileri arasındaki değişimin daha net görülmesi için sıcaklık farkları (Δt , °C) renklendirilerek görselleştirilmiştir (Şekil 11 ve 12).

Senaryolar	Modeller	Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara	Yıl
SSP2-4.5	YSA_5													
	YSA_10													
	YSA_15													
	YSA_20													
	YSA_25													
SSP5-8.5	YSA_5													
	YSA_10													
	YSA_15													
	YSA_20													
	YSA_25													
Δt , °C	-0.36	-0.18	-0.01	0.16	0.33	0.50	0.68	0.85	1.02	1.19	1.36	1.54	1.71	

Şekil 11. İnebolu meteoroloji gözlem istasyonu için SSP2-4.5 ve SSP5-8.5 senaryoları altında gelecek dönem (2023-2052) aylık ortalama deniz suyu sıcaklık tahmin değerlerinin geçmiş dönem (1985-2014) gözlem verilerine göre değişimleri

Senaryolar	Modeller	Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara	Yıl
SSP2-4.5	YSA_5													
	YSA_10													
	YSA_15													
	YSA_20													
	YSA_25													
SSP5-8.5	YSA_5													
	YSA_10													
	YSA_15													
	YSA_20													
	YSA_25													
Δt , °C	-1.21	-0.80	-0.40	0.01	0.42	0.82	1.23	1.64	2.04	2.45	2.86	3.27	3.67	

Şekil 12. İnebolu meteoroloji gözlem istasyonu için SSP2-4.5 ve SSP5-8.5 senaryoları altında gelecek dönem (2053-2082) aylık ortalama deniz suyu sıcaklık tahmin değerlerinin geçmiş dönem (1985-2014) gözlem verilerine göre değişimleri

Şekil 11 ve 12 incelendiğinde uzun yıllar ortalama deniz suyu sıcaklık değerlerinde tüm modellerde her iki senaryoya göre deniz suyu sıcaklıklarında artışlarının olacağı beklenmektedir. Ancak en büyük değişim YSA_15 modelinden elde edilmiştir. YSA_15 modeline göre sıcaklık artışlarının SSP2.4-5 senaryosunda 0.67-1.23 °C arasında SSP5.8-5 senaryosunda ise 0.56-2.06 °C arasında değiştiği görülmüştür.

3.3. Sinop Meteoroloji Gözlem İstasyonu

Sinop MGİ için regresyon analizinden elde edilen ağırlıklar Ek Tablo 3'te, KRA ve YSA tabanlı ölçek indirgeme modellerinin eğitim, doğrulama ve test veri setlerine ait performans istatistikleri ise Tablo 6'da verilmektedir.

Tablo 6. Sinop meteoroloji gözlem istasyonu deniz suyu sıcaklığı parametresi için ölçek indirgeme modellerinin performans istatistikleri

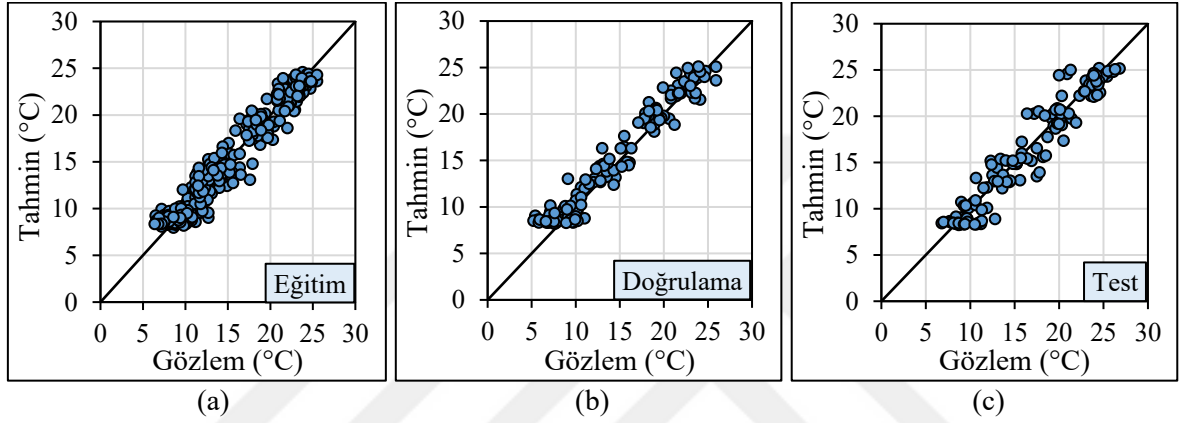
VS	Pİ	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9
Eğitim	KOKH, °C	1.940	1.766	1.498	1.330	1.301	1.238	1.262	1.248	1.258
	OMH, °C	1.560	1.405	1.221	1.074	1.032	0.994	1.012	0.993	1.005
	SI	0.128	0.117	0.099	0.088	0.086	0.082	0.083	0.082	0.083
	NS	0.882	0.903	0.930	0.945	0.947	0.952	0.950	0.951	0.951
Doğrulama	KOKH, °C	1.975	1.845	1.615	1.507	1.434	1.403	1.451	1.405	1.459
	OMH, °C	1.584	1.414	1.263	1.215	1.167	1.133	1.170	1.155	1.192
	SI	0.132	0.124	0.108	0.101	0.096	0.094	0.097	0.094	0.098
	NS	0.893	0.907	0.929	0.938	0.944	0.946	0.942	0.946	0.942
Test	KOKH, °C	2.211	2.025	1.757	1.661	1.527	1.548	1.537	1.496	1.508
	OMH, °C	1.817	1.581	1.340	1.237	1.154	1.181	1.149	1.118	1.130
	SI	0.138	0.126	0.109	0.104	0.095	0.096	0.096	0.093	0.094
	NS	0.861	0.883	0.912	0.922	0.934	0.932	0.933	0.936	0.935

VS: Veri seti, Pİ: Performans istatistiği, M1: DF, M2: ÜF, M3: EF, M4: KF, M5: YSA_5, M6: YSA_10, M7: YSA_15, M8: YSA_20, M9: YSA_25

Tablo 6 incelendiğinde, en küçük KOKH, OMH ve SI ile en büyük NS verimlilik katsayısı değerlerinin KRA yönteminde eğitim, doğrulama ve test veri setleri için KF'den, YSA yönteminde ise eğitim ve doğrulama veri setleri için YSA_10'dan, test veri seti için YSA_20'den elde edildiği görülmektedir. KRA yöntemine kıyasla daha küçük KOKH, OMH ve SI ile daha büyük NS verimlilik katsayısı değerlerine sahip olması sebebiyle deniz suyu sıcaklıklarının tahmin edilmesinde YSA tabanlı modeller tercih edilmiştir. YSA tabanlı

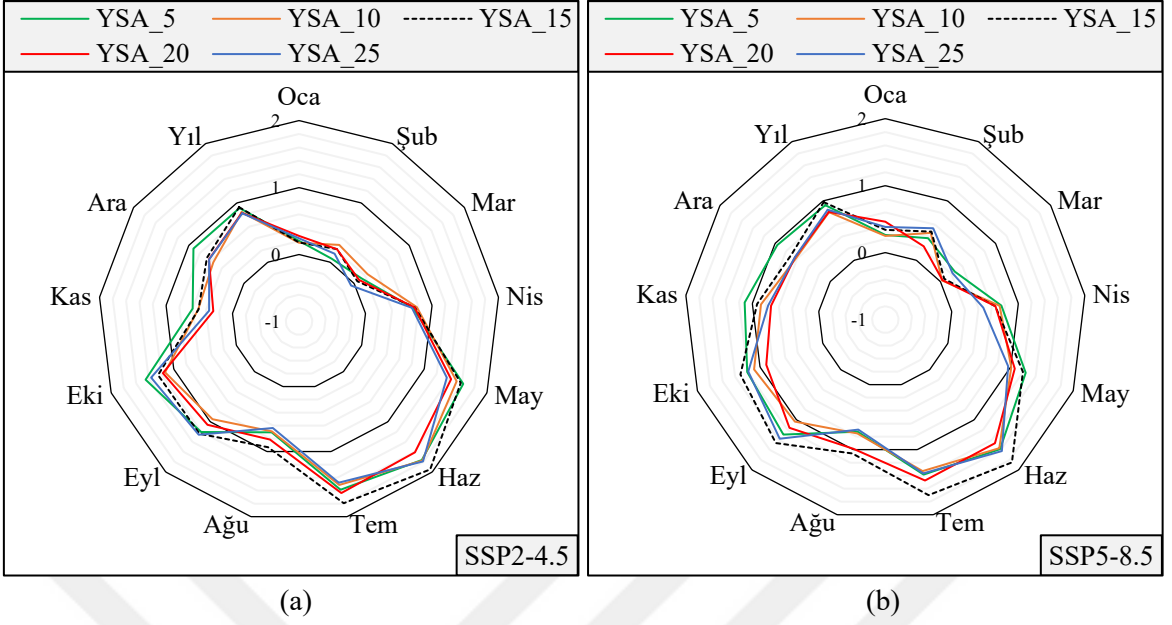
modellere ait NS verimlilik katsayısı değerleri eğitim veri seti için 0.947 ile 0.951 arasında, doğrulama veri seti için 0.942 ile 0.946 arasında ve test veri seti için ise 0.932 ile 0.936 arasında değişmektedir.

Sinop MGİ'ye ait gelecek dönem deniz suyu sıcaklık değerlerindeki değişimler dikkate alınarak en büyük sıcaklık farkının YSA_15 modelinden elde edildiği belirlenmiş ve irdelemeler bu model üzerinden gerçekleştirilmiştir. YSA_15 modeli tahmin değerlerine ait saçılım grafikleri Şekil 13'te verilmektedir.

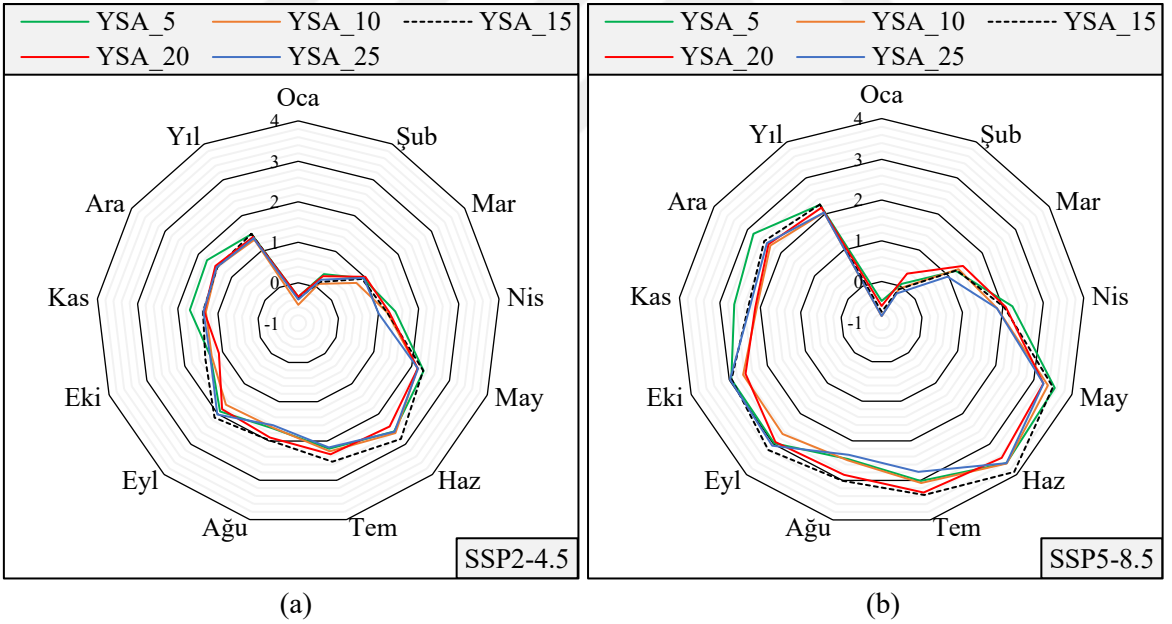


Şekil 13. Sinop meteoroloji gözlem istasyonu deniz suyu sıcaklıkları (1963-2014) için YSA_15 modelinden elde edilen a) eğitim b) doğrulama ve c) test veri setleri tahmin değerleri ile gözlem verilerinin karşılaştırılması

Gelecek dönem (2023-2052 ve 2053-2082) Sinop MGİ deniz suyu sıcaklıklarında geçmiş döneme (1985-2014) kıyasla meydana gelmesi öngörülen değişim miktarları Şekil 14 ve 15'te radar grafikler ile gösterilmektedir. Şekil 14 incelendiğinde, Sinop MGİ'de YSA_15 modeli için hemen hemen her ay ve her iki senaryoda da gelecek dönemlerde sıcaklık artışları beklenmektedir. Aylık ortalama deniz suyu sıcaklıklarının SSP2-4.5 senaryo çıktılarına göre 0.18 ile 1.95 °C, SSP5-8.5 senaryo çıktılarına göre ise 0.34 ile 1.85 °C arasında değişeceği tahmin edilmiştir. Her iki senaryo için yıllık ortalama deniz suyu sıcaklık değerlerinde sırasıyla 0.93 ve 0.98 °C artış meydana geleceği tahmin edilmiştir. SSP2-4.5 ve SSP5-8.5 senaryoları için en küçük sıcaklık artışının sırasıyla 0.06 ve 0.07 °C olarak Mart ayında, en büyük sıcaklık artışının ise sırasıyla 1.95 ve 1.85°C olarak Haziran ayında gerçekleşeceği tahmin edilmiştir. Mevsimsel olarak en büyük sıcaklık değişiminin SSP2-4.5 ve SSP5-8.5 senaryoları için sırasıyla 1.56 ve 1.54 °C olarak yazın meydana geleceği belirlenmiştir.



Şekil 14. Sinop meteoroloji gözlem istasyonu için a) SSP2-4.5 ve b) SSP5-8.5 senaryoları altında 2023-2052 dönemi aylık ortalama deniz suyu sıcaklık tahmin değerlerinin geçmiş dönem (1985-2014) gözlem verilerine göre değişimleri



Şekil 15. Sinop meteoroloji gözlem istasyonu için a) SSP2-4.5 ve b) SSP5-8.5 senaryoları altında 2053-2082 dönemi aylık ortalama deniz suyu sıcaklık tahmin değerlerinin geçmiş dönem (1985-2014) gözlem verilerine göre değişimleri

Şekil 15 incelendiğinde, Sinop MGI'de 2053-2082 dönemi için SSP2-4.5 senaryosu altında aylık ortalama deniz suyu sıcaklıklarının -0.38 ile 2.83 °C, SSP5-8.5 senaryosu altında ise -0.75 ile 3.91 °C arasında değişeceği tahmin edilmiştir. Yıllık ortalama deniz suyu sıcaklık değerinde SSP2-4.5 senaryosu için 1.49 °C ve SSP5-8.5 senaryosu için 2.26

°C'lık bir artış meydana geleceği öngörülmektedir. Ocak ayında her iki senaryo için de sıcaklıklarda bir miktar düşüş (SSP2-4.5 için 0.38 °C ve SSP5-8.5 için 0.75 °C) beklenmektedir. En büyük sıcaklık artışının ise SSP2-4.5 ve SSP5-8.5 için sırasıyla 2.83 ve 3.91 °C olarak Haziran ayında gerçekleşeceği belirlenmiştir. Deniz suyu sıcaklıklarındaki değişim mevsimsel olarak değerlendirildiğinde en büyük sıcaklık değişiminin SSP2-4.5 ve SSP5-8.5 senaryoları için sırasıyla 2.45 ve 3.43 °C olarak yaz mevsiminde meydana geleceği tahmin edilmiştir.

Sinop MGI'de aylık ortalama deniz suyu sıcaklıklarının geçmiş dönem gözlem verileri ile gelecek dönem tahmin değerleri arasındaki değişim, sıcaklık farklarının (Δt) renklendirilmesiyle Şekil 16 ve 17'de ısı haritaları ile verilmektedir. Şekil 16 ve 17 incelendiğinde, uzun yıllar ortalama deniz suyu sıcaklık değerlerinin gelecek dönemlerde gittikçe artacağı öngörülmektedir. Deniz suyu sıcaklıklarında en az değişim YSA_10 modeli çıktılarında görülürken en fazla değişim YSA_15 modeli çıktılarında görülmüştür. SSP2-4.5 senaryosuna göre YSA_10 modelinde 0.84 ile 1.33 °C, YSA_15 modelinde ise 0.93 ile 1.49 °C arasında artışlar öngörülmektedir. SSP5-8.5 senaryosuna göre ise YSA_10 modelinde 0.81 ile 2.04 °C ve YSA_15 modelinde 0.98 ile 2.26 °C arasında değişen artışlar beklenmektedir.

Senaryolar	Modeller	Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara	Yıl
SSP2-4.5	YSA_5													
	YSA_10													
	YSA_15													
	YSA_20													
	YSA_25													
SSP5-8.5	YSA_5													
	YSA_10													
	YSA_15													
	YSA_20													
	YSA_25													
Δt , °C		-0.06	0.11	0.28	0.44	0.61	0.78	0.95	1.11	1.28	1.45	1.61	1.78	1.95

Şekil 16. Sinop meteoroloji gözlem istasyonu için SSP2-4.5 ve SSP5-8.5 senaryoları altında gelecek dönem (2023-2052) aylık ortalama deniz suyu sıcaklık tahmin değerlerinin geçmiş dönem (1985-2014) gözlem verilerine göre değişimleri

Senaryolar	Modeller	Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara	Yıl
SSP2-4.5	YSA_5													
	YSA_10													
	YSA_15													
	YSA_20													
	YSA_25													
SSP5-8.5	YSA_5													
	YSA_10													
	YSA_15													
	YSA_20													
	YSA_25													
Δt, °C		-0.85	-0.46	-0.06	0.34	0.74	1.13	1.53	1.93	2.32	2.72	3.12	3.51	3.91

Şekil 17. Sinop meteoroloji gözlem istasyonu için SSP2-4.5 ve SSP5-8.5 senaryoları altında gelecek dönem (2053-2082) aylık ortalama deniz suyu sıcaklık tahmin değerlerinin geçmiş dönem (1985-2014) gözlem verilerine göre değişimleri

3.4. Giresun Meteoroloji Gözlem İstasyonu

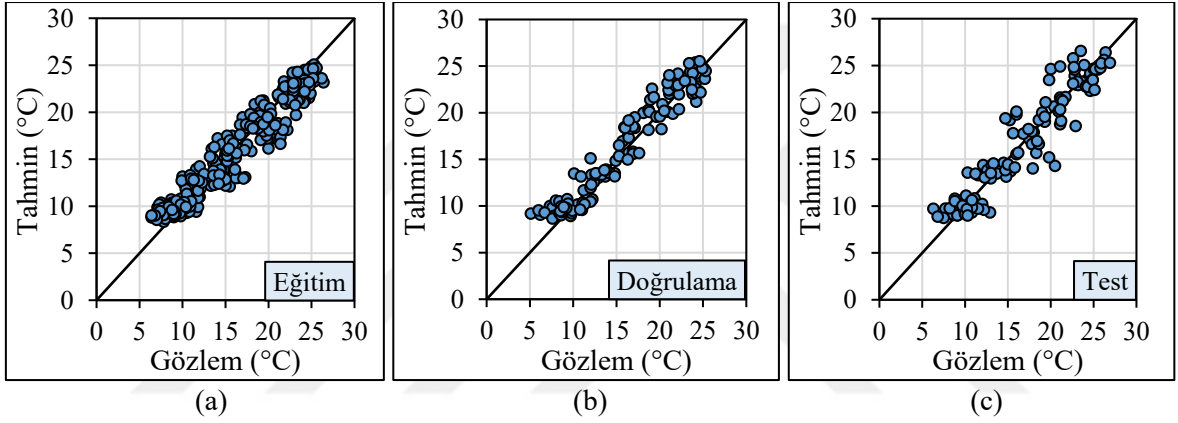
Giresun MGİ için regresyon analizinden elde edilen ağırlıklar Ek Tablo 4’te, KRA ve YSA tabanlı ölçek indirgeme modellerinin eğitim, doğrulama ve test verilerine ait performans istatistikleri ise Tablo 7’de verilmektedir.

Tablo 7. Giresun meteoroloji gözlem istasyonu deniz suyu sıcaklığı parametresi için ölçek indirgeme modellerinin performans istatistikleri

VS	Pİ	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9
Eğitim	KOKH, °C	2.066	1.749	1.466	1.278	1.697	1.177	1.606	1.382	1.561
	OMH, °C	1.674	1.406	1.206	1.037	1.384	0.948	1.327	1.131	1.266
	SI	0.133	0.113	0.095	0.082	0.110	0.076	0.104	0.089	0.101
	NS	0.882	0.915	0.941	0.955	0.920	0.962	0.929	0.947	0.933
Doğrulama	KOKH, °C	2.889	2.585	2.143	2.141	1.483	1.372	1.484	1.503	1.530
	OMH, °C	2.461	2.091	1.779	1.794	1.212	1.150	1.218	1.211	1.251
	SI	0.188	0.168	0.140	0.140	0.097	0.089	0.097	0.098	0.100
	NS	0.762	0.809	0.869	0.869	0.937	0.946	0.937	0.935	0.933
Test	KOKH, °C	3.256	3.092	2.557	2.470	1.894	1.959	1.794	1.916	1.792
	OMH, °C	2.748	2.527	2.046	1.954	1.485	1.557	1.420	1.477	1.305
	SI	0.201	0.191	0.158	0.152	0.117	0.121	0.111	0.118	0.111
	NS	0.695	0.725	0.812	0.824	0.897	0.889	0.907	0.894	0.907

VS: Veri seti, Pİ: Performans istatistiği, M1: DF, M2: ÜF, M3: EF, M4: KF, M5: YSA_5, M6: YSA_10, M7: YSA_15, M8: YSA_20, M9: YSA_25

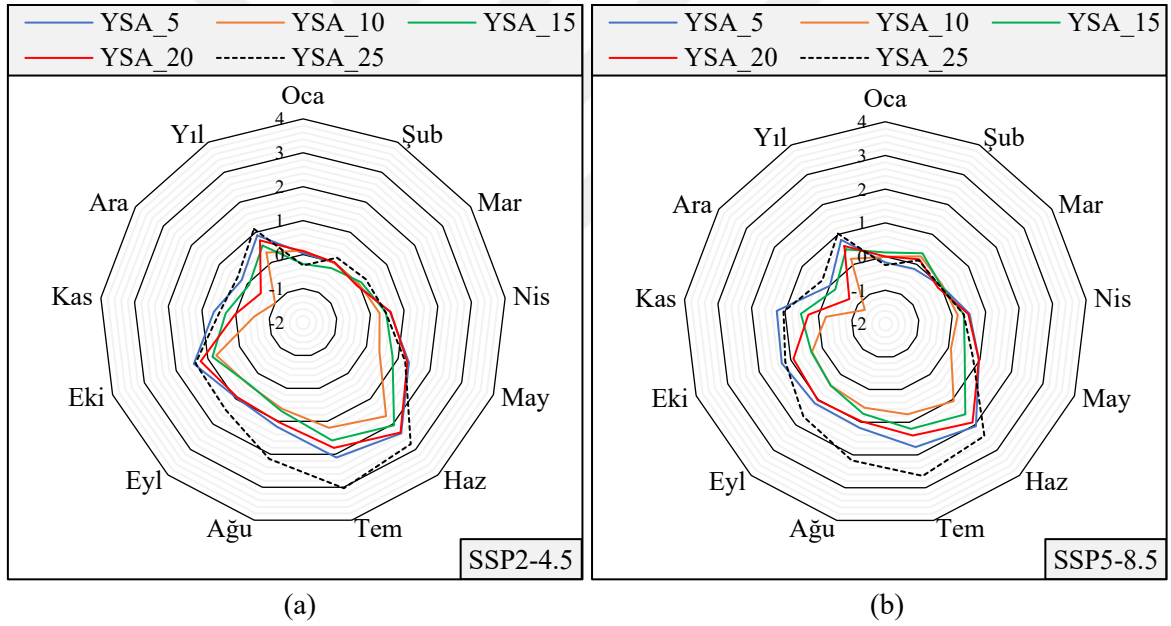
En küçük KOKH, OMH ve SI ile en büyük NS verimlilik katsayısı değerleri KRA yönteminde eğitim ve test veri setleri için KF, doğrulama veri seti için EF'den, YSA yönteminde ise eğitim ve doğrulama veri setleri için YSA_10, test veri seti için YSA_25'ten elde edilmiştir. YSA tabanlı modellere ait NS verimlilik katsayısı değerleri eğitim veri seti için 0.920 ile 0.962, doğrulama veri seti için 0.933 ile 0.946 ve test veri seti için ise 0.889 ile 0.907 arasında değişmektedir. Giresun MGİ'ye ait gelecek dönem deniz suyu sıcaklıklarındaki değişimler dikkate alınarak en büyük farkın YSA_25 modelinden elde edildiği belirlenmiş ve irdelemeler bu model üzerinden gerçekleştirilmiştir. YSA_25 modeli tahmin değerlerine ait saçılım grafikleri Şekil 18'de verilmektedir.



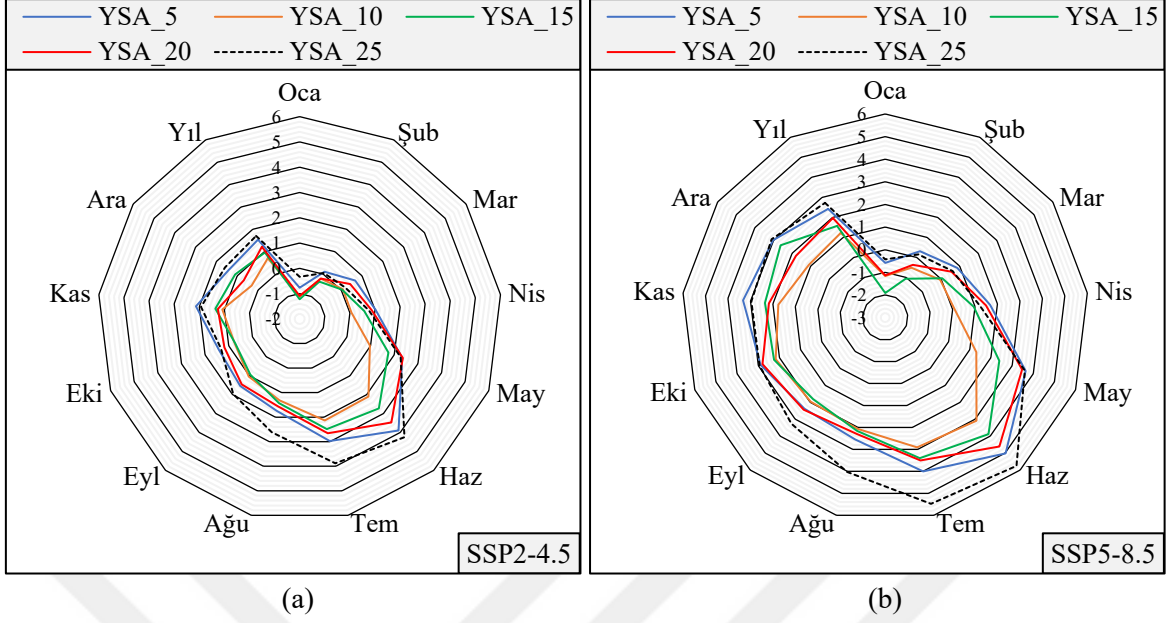
Şekil 18. Giresun meteoroloji gözlem istasyonu deniz suyu sıcaklıkları (1963-2014) için YSA_25 modelinden elde edilen a) eğitim b) doğrulama ve c) test veri setleri tahmin değerleri ile gözlem verilerinin karşılaştırılması

Giresun MGİ için geçmiş döneme (1985-2014) kıyasla gelecek dönem (2023-2052 ve 2053-2082) deniz suyu sıcaklıklarında meydana gelmesi öngörülen değişim miktarları radar grafikleri ile Şekil 19 ve 20'de gösterilmektedir. Şekil 19 ve 20 incelendiğinde Giresun MGİ'de YSA_25 modeli için 2023-2052 dönemi yıllık ortalama deniz suyu sıcaklıklarının SSP2-4.5 senaryosu altında 1.11 °C, SSP5-8.5 senaryosu altında 1.03 °C artacağını tahmin edilmiştir. Aylık ortalama deniz suyu sıcaklıklarının SSP2-4.5 için -0.32 ile 3.03 °C ve SSP5-8.5 için -0.25 ile 2.64 °C arasında değişeceği belirlenmiştir. SSP2-4.5 ve SSP5-8.5 senaryoları için Ocak ayındaki sıcaklıklarda bir miktar düşüş (SSP2-4.5 için 0.34 °C ve SSP5-8.5 için 0.25 °C) öngörülmektedir. En büyük artışın Temmuz ayında (SSP2-4.5 için 3.03 °C ve SSP5-8.5 için 2.64 °C) meydana geleceği belirlenmiş ve mevsimsel olarak en büyük sıcaklık değişiminin SSP2-4.5 ve SSP5-8.5 senaryoları için sırasıyla 2.65 ve 2.41 °C olarak yaz mevsiminde gerçekleşeceği tahmin edilmiştir.

Giresun MGI'de 2053-2082 dönemi için hazırlanmış olan radar grafikleri incelendiğinde aylık ortalama deniz suyu sıcaklık değerlerinde SSP2-4.5 ve SSP5-8.5 senaryosu çıktıklarına göre sırasıyla -0.33 ile 4.25 °C ve 0.43 ile 5.75 °C arasında değişen miktarlarda artışlar beklenmektedir. 2053-2082 dönemi yıllık ortalama deniz suyu sıcaklık değerlerinde SSP2-4.5 için 1.71 °C, SSP5-8.5 için 2.73 °C artış meydana geleceği tahmin edilmiştir. Her iki senaryo için de Ocak ayında sıcaklıklarda bir miktar düşüş (SSP2-4.5 için 0.33 °C ve SSP5-8.5 için 0.43 °C) olacağı tahmin edilse de genel olarak tüm aylarda ortalama sıcaklık değerlerinde artışlar beklenmektedir. En büyük sıcaklık değişiminin yaz mevsiminde SSP2-4.5 ve SSP5-8.5 senaryoları için sırasıyla 3.58 ve 5.09 °C olarak gerçekleşeceği tahmin edilmiştir. En büyük sıcaklık artışının ise SSP2-4.5 ve SSP5-8.5 senaryoları için sırasıyla 4.25 ve 5.75 °C olarak Haziran ayında meydana geleceği belirlenmiştir.



Şekil 19. Giresun meteoroloji gözlem istasyonu için a) SSP2-4.5 ve b) SSP5-8.5 senaryoları altında 2053-2052 dönemi aylık ortalama deniz suyu sıcaklık tahmin değerlerinin geçmiş dönem (1985-2014) gözlem verilerine göre değişimleri



Şekil 20. Giresun meteoroloji gözlem istasyonu için a) SSP2-4.5 ve b) SSP5-8.5 senaryoları altında 2053-2082 dönemi aylık ortalama deniz suyu sıcaklık tahmin değerlerinin geçmiş dönem (1985-2014) gözlem verilerine göre değişimleri

Giresun MGİ için gelecek dönem aylık ortalama deniz suyu sıcaklık tahmin değerleri ile geçmiş dönem gözlem verileri arasındaki değişimin daha net görülmesi için sıcaklık farkları (Δt) renklendirilerek Şekil 21 ve 22'de ısı haritaları ile verilmektedir.

Senaryolar	Modeller	Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara	Yıl
SSP2-4.5	YSA_5													
	YSA_10													
	YSA_15													
	YSA_20													
	YSA_25													
SSP5-8.5	YSA_5													
	YSA_10													
	YSA_15													
	YSA_20													
	YSA_25													
$\Delta t, ^\circ\text{C}$		-1.26	-0.90	-0.55	-0.19	0.17	0.53	0.89	1.24	1.60	1.96	2.32	2.68	3.03

Şekil 21. Giresun meteoroloji gözlem istasyonu için SSP2-4.5 ve SSP5-8.5 senaryoları altında gelecek dönem (2023-2052) aylık ortalama deniz suyu sıcaklık tahmin değerlerinin geçmiş dönem (1985-2014) gözlem verilerine göre değişimleri

Senaryolar	Modeller	Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara	Yıl
SSP2-4.5	YSA_5													
	YSA_10													
	YSA_15													
	YSA_20													
	YSA_25													
SSP5-8.5	YSA_5													
	YSA_10													
	YSA_15													
	YSA_20													
	YSA_25													
Δt, °C		-1.91	-1.27	-0.64	0.00	0.64	1.28	1.92	2.56	3.20	3.83	4.47	5.11	5.75

Şekil 22. Giresun meteoroloji gözlem istasyonu için SSP2-4.5 ve SSP5-8.5 senaryoları altında gelecek dönem (2053-2082) aylık ortalama deniz suyu sıcaklık tahmin değerlerinin geçmiş dönem (1985-2014) gözlem verilerine göre değişimleri

Şekil 21 ve 22 incelendiğinde uzun yıllar ortalama deniz suyu sıcaklık değerlerinde SSP2-4.5 senaryosuna göre 0.33 ile 1.71 °C arasında değişen artışlar beklenmektedir. SSP5-8.5 senaryosuna göre ise 0.18 ile 2.73 °C arasında değişen artışların olacağı tahmin edilmektedir. Deniz suyu sıcaklıklarında beklenen artışın 2023-2052 dönemine kıyasla 2053-2082 döneminde daha fazla olacağı da açıkça görülmektedir. En büyük değişimlerinin YSA_25 modeli senaryo çıktılarında elde edilmiştir.

3.5. Hopa Meteoroloji Gözlem İstasyonu

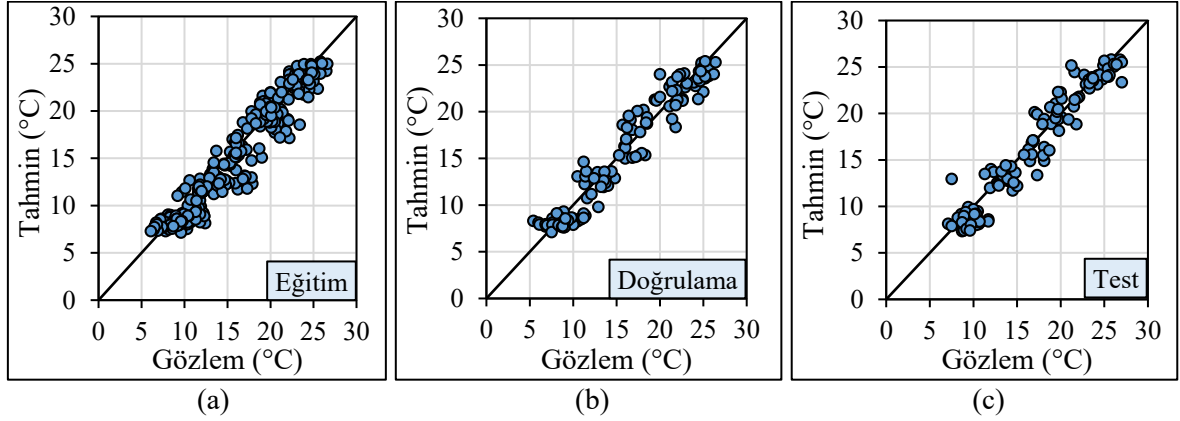
Hopa MGİ için regresyon analizinden elde edilen ağırlıklar her bir fonksiyon için Ek Tablo 5'te, YSA ve KRA tabanlı ölçek indirgeme modellerinin eğitim, doğrulama ve test verilerine ait performans istatistikleri ise Tablo 8'de verilmektedir. Tablo 8 incelendiğinde en küçük KOKH, OMH ve SI ile en büyük NS verimlilik katsayısı değerleri KRA yönteminde eğitim, doğrulama ve test veri setleri için KF'den, YSA yönteminde ise eğitim veri seti için YSA_5'ten, doğrulama veri seti için YSA_25'ten ve test veri seti için YSA_20'den elde edilmiştir. KRA yöntemine kıyasla daha küçük KOKH, OMH ve SI ile daha büyük NS verimlilik katsayısı değerlerine sahip olması sebebiyle gelecek dönem deniz suyu sıcaklıkları tahmininde YSA tabanlı modeller kullanılmıştır. YSA tabanlı modellere ait NS verimlilik katsayısı değerleri eğitim veri seti için 0.930 ile 0.959, doğrulama veri seti için 0.930 ile 0.937 ve test veri seti için ise 0.935 ile 0.946 arasında değişmektedir. Hopa MGİ'ye ait gelecek dönem deniz suyu sıcaklık değerlerindeki değişimler dikkate alınarak en büyük

sıcaklık farkının YSA_25 modelinden elde edildiği belirlenmiş ve irdelemeler bu model üzerinden gerçekleştirilmiştir. YSA_25 modeli tahmin değerlerine ait saçılım grafikleri Şekil 23'te verilmektedir.

Tablo 8. Hopa meteoroloji gözlem istasyonu deniz suyu sıcaklığı parametresi için ölçek indirgeme modellerinin performans istatistikleri

VS Pİ	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	
Eğitim	KOKH, °C	1.889	1.737	1.557	1.378	1.225	1.454	1.231	1.271	1.602
	OMH, °C	1.503	1.374	1.245	1.082	0.947	1.154	0.956	0.996	1.239
	SI	0.119	0.109	0.098	0.087	0.077	0.091	0.077	0.080	0.101
	NS	0.903	0.918	0.934	0.948	0.959	0.943	0.959	0.956	0.930
Doğrulama	KOKH, °C	2.520	2.390	2.124	2.119	1.663	1.622	1.581	1.637	1.583
	OMH, °C	2.075	1.967	1.715	1.728	1.349	1.320	1.303	1.325	1.329
	SI	0.160	0.152	0.135	0.134	0.106	0.103	0.100	0.104	0.100
	NS	0.840	0.856	0.886	0.886	0.930	0.934	0.937	0.932	0.937
Test	KOKH, °C	2.331	2.178	1.861	1.799	1.503	1.487	1.479	1.428	1.576
	OMH, °C	1.912	1.791	1.449	1.386	1.183	1.165	1.174	1.085	1.218
	SI	0.143	0.134	0.114	0.110	0.092	0.091	0.091	0.088	0.097
	NS	0.857	0.875	0.909	0.915	0.940	0.942	0.942	0.946	0.935

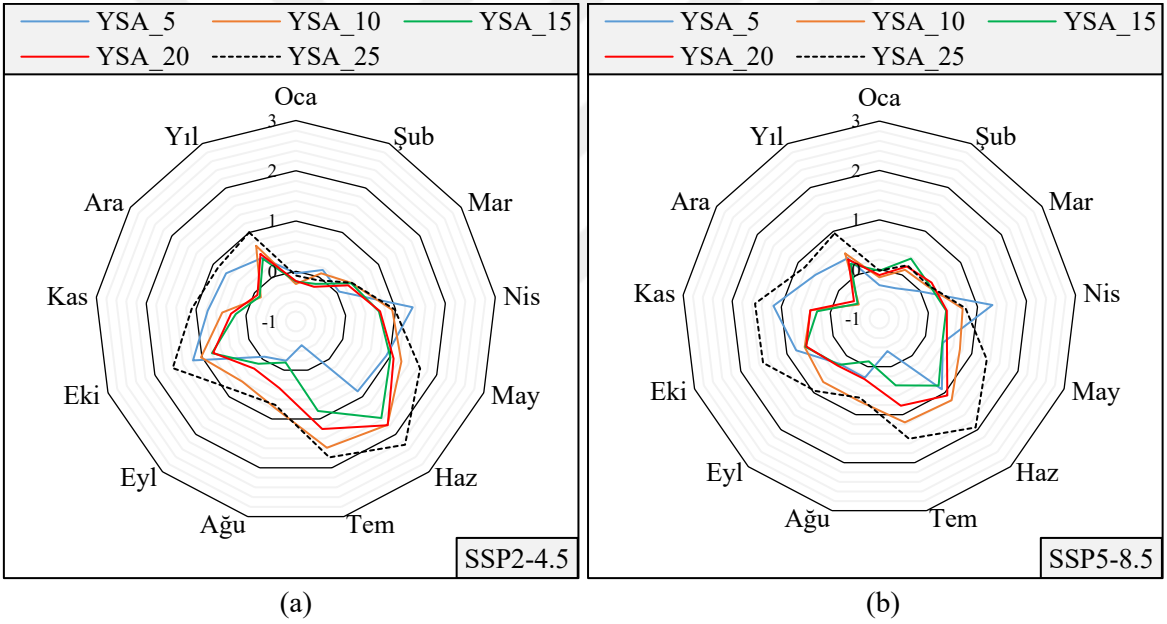
VS: Veri seti, Pİ: Performans istatistiği, M1: DF, M2: ÜF, M3: EF, M4: KF, M5: YSA_5, M6: YSA_10, M7: YSA_15, M8: YSA_20, M9: YSA_25



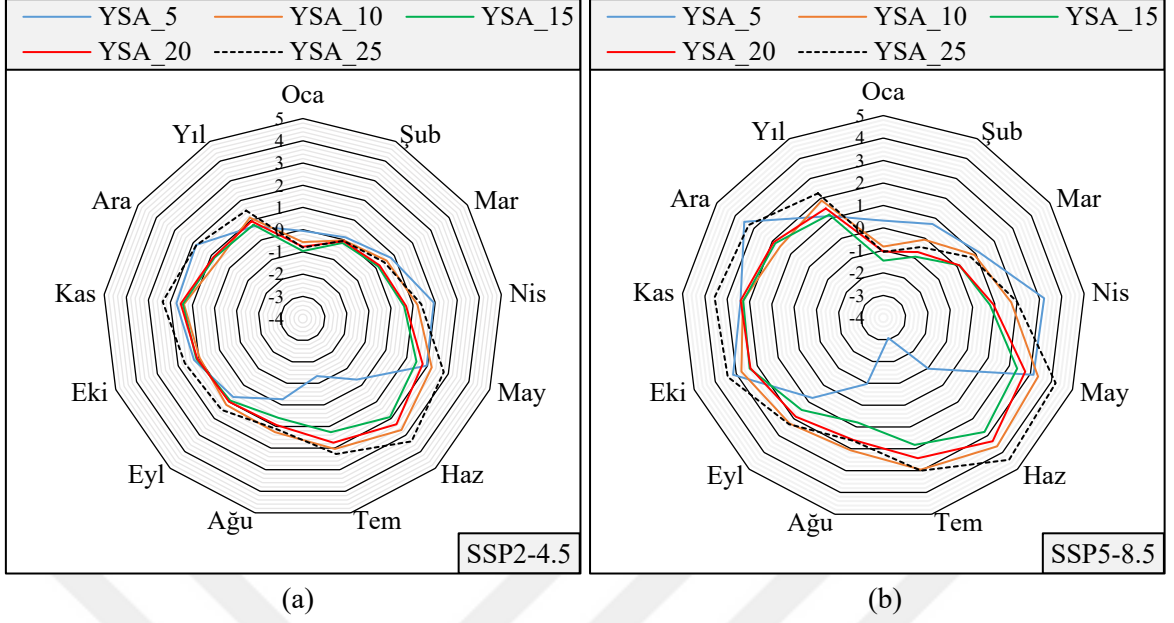
Şekil 23. Hopa meteoroloji gözlem istasyonu deniz suyu sıcaklıkları (1963-2014) için YSA_25 modelinden elde edilen a) eğitim b) doğrulama ve c) test veri setleri tahmin değerleri ile gözlem verilerinin karşılaştırılması

Hopa MGİ için geçmiş dönem (1985-2014) gözlem verilerine kıyasla gelecek dönem (2023-2052 ve 2053-2082) deniz suyu sıcaklıklarında meydana gelmesi öngörülen değişim miktarları Şekil 24 ve 25'te radar grafikleri ile gösterilmiştir.

Şekil 24 incelendiğinde Hopa MGI’de YSA_25 modeli için SSP2-4.5 senaryosu altında 2023-2052 dönemi aylık ortalama deniz suyu sıcaklıklarının -0.09 ile 2.28 °C arasında değişeceği ve yıllık ortalama deniz suyu sıcaklık değerinde 1.00 °C’lik bir artış olacağı öngörülmektedir. SSP5-8.5 senaryosu altında ise aylık ortalama deniz suyu sıcaklıklarının -0.03 ile 1.94 °C arasında değişeceği ve yıllık ortalama deniz suyu sıcaklık değerinde ise 0.95 °C’lik bir artış meydana geleceği tahmin edilmektedir. Sıcaklıklarda bir miktar düşüşün Ocak ayında SSP2-4.5 için 0.09 °C ve SSP5-8.5 için 0.03 °C ile gerçekleşeceği öngörülmektedir. En büyük sıcaklık artışının ise Haziran ayında (SSP2-4.5 için 2.28 °C ve SSP5-8.5 için 1.94 °C) meydana geleceği belirlenmiştir. Mevsimsel olarak en büyük sıcaklık değişiminin her iki senaryo için sırasıyla 1.59 ve 1.36 °C olarak yazın meydana gelmesi beklenmektedir.



Şekil 24. Hopa meteoroloji gözlem istasyonu için a) SSP2-4.5 ve b) SSP5-8.5 senaryoları altında 2023-2052 dönemi aylık ortalama deniz suyu sıcaklık tahmin değerlerinin geçmiş dönem (1985-2014) gözlem verilerine göre değişimleri



Şekil 25. Hopa meteoroloji gözlem istasyonu için a) SSP2-4.5 ve b) SSP5-8.5 senaryoları altında 2053-2082 dönemi aylık ortalama deniz suyu sıcaklık tahmin değerlerinin geçmiş dönem (1985-2014) gözlem verilerine göre değişimleri

Şekil 25 incelendiğinde Hopa MGİ’de 2053-2082 dönemi için aylık ortalama deniz suyu sıcaklıklarının SSP2-4.5 senaryosu için -0.81 ile 3.38 °C arasında değişeceği ve yıllık ortalama deniz suyu sıcaklık değerinde 1.49 °C’lik bir artış meydana geleceği tahmin edilmiştir. SSP5-8.5 senaryosu altında ise aylık ortalama deniz suyu sıcaklıklarının -1.06 ile 4.44 °C arasında değişeceği ve yıllık ortalama deniz suyu sıcaklık değerinde ise 2.26 °C’lik bir artış meydana geleceği öngörülmektedir. Sıcaklıklarda bir miktar düşüşün her iki senaryo için Ocak (SSP2-4.5 için 0.81 °C ve SSP5-8.5 için 1.06 °C) ve Şubat (SSP2-4.5 için 0.05 °C ve SSP5-8.5 için 0.44 °C) aylarında gerçekleşeceği öngörülmektedir. En büyük sıcaklık artışının ise Haziran ayında SSP2-4.5 ve SSP5-8.5 için sırasıyla 3.38 °C ve 4.44 °C olarak meydana geleceği belirlenmiştir. Mevsimsel olarak değerlendirildiğinde Hopa MGİ hariç tüm istasyonlarda, tüm senaryolara göre en büyük sıcaklık değişiminin yazın mevsiminde gerçekleşeceği öngörülmüştür. Hopa MGİ için ise en büyük sıcaklık değişiminin SSP2-4.5 senaryosu için 2.25 °C olarak yine yaz mevsiminde gerçekleşmesi beklenirken SSP5-8.5 senaryosu için 3.10 °C olarak sonbahar mevsiminde meydana gelmesi beklenmektedir.

Hopa MGİ’de aylık ortalama deniz suyu sıcaklıklarının geçmiş dönem değerleri ile gelecek dönem tahmin verileri arasındaki değişimin daha net görülmesi için sıcaklık farkları (Δt) renklendirilerek görselleştirilmiştir (Şekil 26 ve 27).

Senaryolar	Modeller	Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara	Yıl
SSP2-4.5	YSA_5													
	YSA_10													
	YSA_15													
	YSA_20													
	YSA_25													
SSP5-8.5	YSA_5													
	YSA_10													
	YSA_15													
	YSA_20													
	YSA_25													
$\Delta t, ^\circ\text{C}$	-0.51	-0.28	-0.05	0.18	0.42	0.65	0.88	1.12	1.35	1.58	1.82	2.05	2.28	

Şekil 26. Hopa meteoroloji gözlem istasyonu için SSP2-4.5 ve SSP5-8.5 senaryoları altında gelecek dönem (2023-2052) aylık ortalama deniz suyu sıcaklık tahmin değerlerinin geçmiş dönem (1985-2014) gözlem verilerine göre değişimleri

Senaryolar	Modeller	Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara	Yıl
SSP2-4.5	YSA_5													
	YSA_10													
	YSA_15													
	YSA_20													
	YSA_25													
SSP5-8.5	YSA_5													
	YSA_10													
	YSA_15													
	YSA_20													
	YSA_25													
$\Delta t, ^\circ\text{C}$	-3.07	-2.45	-1.82	-1.20	-0.57	0.06	0.68	1.31	1.93	2.56	3.19	3.81	4.44	

Şekil 27. Hopa meteoroloji gözlem istasyonu için SSP2-4.5 ve SSP5-8.5 senaryoları altında gelecek dönem (2053-2082) aylık ortalama deniz suyu sıcaklık tahmin değerlerinin geçmiş dönem (1985-2014) gözlem verilerine göre değişimleri

Aylık ortalama deniz suyu sıcaklık değerlerinde yüzyıl sonlarına doğru önemli artışlar meydana geleceği öngörülmektedir. Tüm model çıktılarına göre deniz suyu sıcaklıklarındaki artışın ilerleyen dönemlerde giderek artacağı tahmin edilmektedir. Farklı nöron sayısına sahip YSA tabanlı beş model için SSP2-4.5 senaryosuna göre 0.41 ile 1.49 °C, SSP5-8.5 senaryosuna göre ise 0.25 ile 2.26 °C arasında bir artış beklenmektedir. Hopa istasyonu için en büyük değişimler YSA_25 modelinden elde edilmiştir. Deniz suyu sıcaklıklarının 2023-2052 döneminden başlayarak 2053-2082 dönemine kadar gittikçe artacağı görülmektedir.

Deniz suyu sıcaklık parametresi için oluşturulan radar grafikleri ve ısı haritaları genel olarak incelendiğinde SSP2-4.5 ve SSP5-8.5 senaryolarına ait model çıktılarında, aylık ortalama değerlerinin artma veya azalma yönünden birbirine benzer sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. SSP2-4.5 senaryosuna ait aylık ortalama deniz suyu sıcaklık değerlerinin herhangi bir aydaki artış veya azalış eğilimi SSP5-8.5 senaryosunda da benzer şekilde seyretmiştir. Bu benzerliğin istasyon özelinde her iki dönem içinde gerçekleştiği belirlenmiştir. Ayrıca modellerine ait SSP2-4.5 ve SSP5-8.5 çıktıları arasında da bir uyum olduğu görülmektedir.

Güney Karadeniz kıyılarını kapsayan bu çalışmada, gelecek dönem senaryo çıktılarına göre olması beklenen deniz suyu sıcaklık artışlarının bölgede ciddi sorunlara sebebiyet vereceği tahmin edilmektedir. Sorunların değerlendirilmesinde IPCC'nin yayımlanmış olduğu raporlar bizlere ışık tutmaktadır. IPCC'nin dördüncü değerlendirme raporunda 1971-2010 yılları arasındaki deniz suyu sıcaklıklarında her on yılda ortalama 0.11 °C'lik bir artış olduğu ve bu artışın devam ettiği ifade edilmiştir (IPCC, 2007). 2013 yılında yayımlanan IPCC raporunda, küresel iklim değişiminin, okyanusların ısınmasına, yağış rejimlerinin değişmesine, deniz ortamlarının asitlenmesine ve deniz biyo-çeşitliliğinin kaybına yol açtığı belirtilmektedir. Raporunda okyanusların 1970'lerden beri %93 daha fazla ısındığı saptanmıştır. Su sıcaklıklarının artmasının fitoplanktonların çoğalmasına ve toksik türlerin yaygınlaşmasına sebep olduğu açıklanmıştır. Ayrıca insan kaynaklı faktörlerin de etkisiyle, denizel ekosistemlerin ciddi şekilde zarar görebileceği ifade edilmiştir (IPCC, 2013). IPCC'nin 1.5 °C Küresel Isınma Özel Raporu, insan etkinlikleri sonucu dünyanın sanayi öncesi döneme göre 1.0 °C ısındığını belirtmektedir. Bu ısınmanın devam etmesi durumunda 2030-2052 yılları arasında dünya sıcaklığındaki artışların 1.5 °C'ye ulaşacağı öngörülmektedir. Rapor yüzyıl sonuna kadar sıcaklıklarda meydana gelecek 1.5 °C'lik artışın, karasal ve denizel ekosisteme ciddi zarar vereceğini, türler üzerindeki baskıyı arttıracak ve mercan kayalıklarının yaklaşık % 90'ının yok olma tehlikesiyle karşılaşacağını ifade etmektedir (IPCC, 2018). IPCC'nin altıncı değerlendirme raporunda, insan faaliyetlerinin etkin olduğu iklim değişikliğinin; sıcaklıkların aşırı artmasına, taşkın, kuraklık, yangın gibi doğal afetlerin sık hale gelmesine, deniz su seviyelerinin yükselmesine, deniz suyu sıcaklıklarının artmasına ve asitlenmelere sebebiyet verdiği belirtilmiştir. Rapor iklim değişikliğinin bu olumsuz etkilerinin; dünyaya ve toplumlara ciddi zarar vereceğini belirtmekte, gıda üretiminin azalması, ekosistem ve biyolojik çeşitliliğin yok olma tehlikesi yaşaması ve ekonomik büyümenin yavaşlaması gibi geri döndürülemez risklerle karşı

karşıya olduğunu öngörmektedir. Ayrıca doğaya ve insanlara yönelik kayıpların artacağını ifade etmektedir (IPCC, 2022).

Türkiye, jeopolitik konumu itibarıyla iklim değişikliği bakımından hassas ve riskli bir bölgede yer almaktadır. IPCC'nin hazırlamış olduğu raporda (IPCC, 2018), Türkiye'de sanayi öncesi döneme kıyasla ortalama sıcaklık artışının 1.5 °C'yi şimdiden aştığı tespit edilmiştir. IPCC'nin Etkiler, Uyum ve Kırılabilirlik raporunda iklim değişikliğinin Türkiye'ye etkileri değerlendirilmiştir. Rapora göre Avrupa'nın Türkiye'nin içinde bulunduğu bölgelerinde aşırı sıcaklar sonucu günümüzdeki yıllık yaklaşık 2,700 ölüm sayısının 2050 yılında 30,000'e yükselmesi öngörülmektedir. Türkiye'nin yağış rejimindeki değişiklikler ve hava sıcaklıklarının artması sonucu toprak erozyonunda artış olacağı belirtilmiştir. İklim değişikliğinin etkisiyle artan sıcaklık ve yükselen deniz su seviyeleri nedeniyle Türkiye'nin kıyı bölgelerinin zarar göreceği öngörülmektedir. İklim değişikliğinin sonucu olarak kuraklığın artması ve su varlığının azalması değerlendirmeler arasındadır. Rapora göre yüksek emisyon olması durumunda Beyşehir Gölü'nün 2070 yılında kuruma tehlikesinde olduğu ve Akdeniz Bölgesi'ndeki yeraltı su kaynaklarının tükenebileceği belirtilmiştir. Türkiye'de deniz suyu sıcaklıklarındaki artışlar ise raporun önemli başlıkları arasında yer almaktadır. Su sıcaklığındaki artışların denizlerdeki biyolojik çeşitliliği etkileyeceği ve bu durumun Türkiye'deki su ürünleri sektöründe olumsuz etkilere neden olacağı ifade edilmektedir. Akdeniz balık türlerinin emisyonun seyrine göre yaklaşık %10 ile 60 arasında kayba uğrayabileceği belirtilmiştir. Doğu Akdeniz'de ekonomik açıdan değerli deniz türlerinin %20'den fazlasının 2060 yılına kadar neslinin tükenebileceği tahminler arasındadır. Rapora göre Karadeniz'de ise artan su sıcaklıklarının çözülmüş oksijen seviyesini azaltacağını ve balık türlerinin dağılımında değişikliklere neden olacağı ifade edilmektedir (IPCC, 2022). Ülkemizde iklim değişikliğinin bir diğer olumsuz etkisi ise Marmara Denizi'nde gerçekleşen müsilaj olayıdır. Danovaro vd. (2009), deniz suyu sıcaklıklarındaki artışların müsilaj vakaları ile doğrudan bir ilişki içinde olduğunu belirtmiş ve iklim değişikliğinin etkisindeki sıcaklık artışlarının bölgede müsilaj olaylarını arttırdığını ifade etmişlerdir. Ülkemizde ilk 2007 yılında Marmara Denizi'nin kuzeydoğusunda görülen müsilaj, çeşitli balık ve omurgasız türleri için tehlike oluşturmanın yanı sıra balıkçılık endüstrisini ve turizm sektörünü olumsuz etkileyerek ülkemiz denizleri için büyük tehlike arz etmektedir (Eren, 2021).

Güney Karadeniz kıyılarında gelecek dönem senaryo çıktılarına göre 21. yüzyıl sonlarında deniz suyu sıcaklıklarında 1.23 ile 2.80 °C arasında artışlar meydana geleceği

tahmin edilmektedir. Bu seviyedeki artışların bölgede ciddi sorunlara yol açacağı düşünülmektedir. Verilen bilgiler doğrultusunda Karadeniz'in güney kıyılarında iklim değişikliğinin etkilerinin yoğun bir biçimde hissedileceği net bir şekilde ortaya konulmaktadır. Karadeniz kıyılarında gelecek dönemde artan deniz suyu sıcaklıklarının, deniz ekosistemini ve bölge ekonomisini olumsuz etkileyebileceği düşünülmektedir. Deniz suyunda olası sıcaklık artışının çözünmüş oksijen miktarının azalmasına ve su ürünlerinin olumsuz etkilenmesine sebebiyet verebileceği tahmin edilmektedir.



4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmanın amacı iklim değişikliğinin deniz suyu sıcaklıkları üzerindeki olası etkilerini araştırmaktır. Çalışma alanı olarak Karadeniz’de yer alan ve 52 yıllık kesintisiz gözlem verisine sahip olan Sarıyer, İnebolu, Sinop, Giresun ve Hopa meteoroloji gözlem istasyonları (MGİ) dikkate alınmıştır. İklim değişikliğinin ortalama deniz suyu sıcaklıkları üzerindeki etkileri CMIP6 arşivinden seçilen dört genel dolaşım modelinin (GDM) SSP2-4.5 ve SSP5-8.5 senaryo çıktıları kullanılarak birleştirilmiş model yaklaşımı ile araştırılmıştır. GDM’lerin kaba çözünürlüklü çıktılarının bölgesel ölçeğe indirgenmesinde klasik regresyon analizi (KRA) ve yapay sinir ağları (YSA) yöntemleri kullanılmıştır. Her istasyon için KRA yönteminde doğrusal, üs, üstel ve kuadratik fonksiyonlar (DF, ÜF, EF ve KF), YSA yönteminde ise farklı nöron sayılarına sahip beş model (YSA_5, YSA_10, YSA_15, YSA_20 ve YSA_25) kurulmuştur. Yöntemlerin performansını karşılaştırmak için kök ortalama karesel hata (KOKH), ortalama mutlak hata (OMH), saçılım indeksi (SI) ve Nash-Sutcliffe (NS) verimlilik katsayısı istatistikleri kullanılmıştır. KRA yöntemine göre daha düşük KOKH, OMH ve SI değerleri ile daha yüksek NS verimlilik katsayısı değerine sahip olan YSA modellerinde GDM’lere ait gelecek dönem sıcaklık değişkeni senaryo çıktıları girdi parametresi olarak girilmiş ve beş MGİ için gelecek dönem (2023-2052 ve 2053-2082) deniz suyu sıcaklıkları tahmin edilmiştir. Daha sonra model çıktılarına kuantil delta haritalama (KDH) yanlılık düzeltme işlemi uygulanmıştır. Çalışmanın ana sonuçları aşağıda maddeler halinde verilmektedir.

- Deniz suyu sıcaklıklarının tahmin edilmesinde KRA yönteminde en iyi performans istatistikleri; İnebolu ve Giresun MGİ için eğitim ve test veri setlerinde KF’den, doğrulama veri setinde EF’den, Sarıyer, Sinop ve Hopa MGİ için ise eğitim, doğrulama ve test veri setlerinde KF’den elde edilmiştir. KRA yöntemine kıyasla YSA yönteminin daha başarılı sonuçlar verdiği belirlenmiştir.
- Farklı nöron sayılarına sahip YSA modellerinin deniz suyu sıcaklıklarını tahmin etmede birbirlerine yakın performanslara sahip oldukları ve verilerin bölgesel ölçeğe indirgenmesinde tüm modellerin başarılı sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. YSA tabanlı

modeller arasında Sarıyer MGİ için YSA_5, İnebolu ve Sinop MGİ için YSA_15, Giresun ve Hopa MGİ için ise YSA_25 en iyi model olarak belirlenmiştir.

- SSP2-4.5 senaryosu altında istasyonların yıllık ortalama deniz suyu sıcaklık değerlerinde 2023-2052 döneminde 0.67 ile 1.11 °C, 2053-2082 döneminde ise 1.23 ile 1.71 °C artışlar meydana geleceği tahmin edilmektedir. SSP5-8.5 senaryosu için bu değerlerin 2023-2052 döneminde 0.56 ile 1.03 °C ve 2053-2082 döneminde ise 2.06 ile 2.80 °C arasında olacağı öngörülmektedir.
- Modeller gelecek dönem deniz suyu sıcaklıklarında genel olarak bir artışın meydana gelebileceğini tahmin etmektedir. Bu artışların SSP2-4.5 senaryosuna kıyasla SSP5-8.5 senaryosunda ve 2023-2052 dönemine kıyasla 2053-2082 döneminde daha fazla olacağı belirlenmiştir. Dolayısı ile en büyük sıcaklık artışlarının tüm modellerde SSP5-8.5 senaryosu altında 21. yüzyıl sonlarında meydana gelmesi beklenmektedir.
- Deniz suyu sıcaklıkları mevsimsel olarak incelendiğinde SSP2-4.5 senaryosu altında tüm istasyonlar için en büyük artışların 2023-2052 döneminde 1.36 ile 2.65 °C, 2053-2082 döneminde ise 2.25 ile 3.58 °C arasında ve yaz mevsiminde meydana geleceği belirlenmiştir. SSP5-8.5 senaryosu altında en büyük artışların 2023-2052 döneminde tüm istasyonlar için 1.36 ile 2.41°C arasında olacağı öngörülmektedir. 2053-2082 döneminde Sarıyer, İnebolu, Sinop ve Giresun MGİ için en büyük sıcaklık artışlarının 3.40 ile 5.09 °C arasında yaz mevsiminde, Hopa MGİ için ise 3.10 °C olarak sonbaharda meydana geleceği tahmin edilmektedir.
- Mevsimsel olarak en az sıcaklık değişimlerinin tüm istasyonlarda her iki senaryo ve her iki dönem için kış mevsiminde meydana geleceği öngörülmüştür. SSP2-4.5 senaryosu altında tüm istasyonlar için deniz suyu sıcaklıklarının 2023-2052 döneminde 0.06 ile 0.36 °C ve 2053-2082 döneminde ise 0.07 ile 0.44 °C arasında, SSP5-8.5 senaryosu altında ise 2023-2052 döneminde -0.08 ile 0.51 °C ve 2053-2082 döneminde 0.55 ile 1.89 °C arasında değişeceği tahmin edilmektedir.

Bu tez, iklim değişikliğinin deniz suyu sıcaklıkları üzerindeki olası etkileri üzerine odaklanarak literatüre katkı sağlamayı hedeflemektedir. Çalışmadan elde edilen verilerin gelecekte yapılacak çalışmalar için sağlam bir temel oluşturması amaçlanmakta ve çalışmanın aşağıdaki durumlar dikkate alınarak geliştirilebileceği düşünülmektedir.

- İklim değişikliğinin deniz suyu sıcaklıkları üzerine olası etkilerinin daha kapsamlı araştırılması için daha fazla istasyonda ve günlük verilerin kullanılması önerilmektedir.
- Çalışma kapsamında iki farklı senaryo altında çalıştırılan dört farklı GDM'ye ait senaryo çıktıları kullanılmıştır. Benzer bir çalışmanın daha fazla GDM kullanılarak yapılmasının çalışmanın kapsamını genişleteceği ve olası sıcaklık artışlarının daha kapsamlı değerlendirilmesine fırsat tanıyacağı düşünülmektedir.
- Çalışmada istatistiksel ölçek indirgeme yönteminden faydalanılmıştır. Mevcut GDM'ler ve kullanılacak farklı GDM çıktıları için dinamik ölçek indirgeme yöntemi ile ölçek indirgeme yapılarak istatistiksel ölçek indirgeme ile karşılaştırılması gelecek çalışmalar için düşünülebilir.
- Çalışmada KRA ve YSA tabanlı istatistiksel ölçek indirgeme yöntemleri kullanılmıştır. Farklı ölçek indirgeme yöntemleri kullanılarak daha uygun sonuçların elde edilebilirliği araştırılabilir.
- Bu çalışma kapsamında elde edilen verilerin ileride yapılması muhtemel çalışmalar için altlık oluşturacağı düşünülmektedir.

5. KAYNAKLAR

- Ağırbaş, E., & akıroğlu, A. M. (2021). Güney Karadeniz Kıyıları Deniz Suyu Yüzey Sıcaklığının Uzun Dönemli Değişimi, (33-47), Salihoğlu, B. ve ztrk, B. (Ed.) İklım Değişikliği ve Türkiye Denizleri zerine Etkileri, Türk Deniz Araştırmaları Vakfı, İstanbul.
- Akaydin, A. (2014). *Doğu Karadeniz Sularından Yakalanan Ekonomik neme Sahip Bazı Balık Türlerinde Ağır Metal Birikiminin Değerlendirilmesi*. Giresun Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Giresun.
- Akçakaya, A., Eskioğlu, O., Atay, H., & Demir, . (2013). *Yeni Senaryolar ile Türkiye için İklım Değerikliği Projeksiyonları-TR2013-CC*. Ankara: Meteoroloji Genel Müdürlüğü Yayını.
- Akgrbz, Z. B. (2017). *Gökçekaya Barajı Enerji retim Miktarının Yapay Sınır Ağları ile Değerlendirilmesi*. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya.
- Akhter, M. S., Shamseldin, A. Y., & Melville, B. W. (2019). Comparison of Dynamical and Statistical Rainfall Downscaling of CMIP5 Ensembles at a Small Urban Catchment Scale. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 33,(4-6), 989-1012.
- Alpar, R. (2017). *ok Değerkenli İstatistiksel Yöntemler*. Ankara: Detay Yayıncılık.
- Araya-Osses, D., Casanueva, A., Roman-Figueroa, C., Uribe, J. M., & Paneque, M. (2020). Climate Change Projections of Temperature and Precipitation in Chile Based on Statistical Downscaling. *Climate Dynamics*, 54(9), 4309-4330.
- Ayalew, D. W., Asefa, T., Moges, M. A., & Leyew, S. M. (2022). Evaluating the Potential Impact of Climate Change on the Hydrology of Ribb Catchment, Lake Tana Basin, Ethiopia. *Journal of Water and Climate Change*, 13(1), 190-205.
- Ballı, C. (2014). *Bias Correction of Precipitation Simulated by Regional Climate Model with Different Configurations Over Turkey*. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Ballı, C. (2019). *İklım Değerikliğinin Kar Erimelerine ve Akımlarına Etkisinin Belirlenmesi Projesi*. Tarım ve Orman Bakanlığı Su Ynetimi Genel Mdrlğ, Ankara.
- Bashevkin, S. M., Mahardja, B., & Brown, L. R. (2022). Warming in the Upper San Francisco Estuary: Patterns of Water Temperature Change from Five Decades of Data. *Limnology and Oceanography*, 67(5), 1065-1080.

- Batıbeniz, F. (2014). *Yüksek Çözünürlükteki Bölgesel İklim Modeli Simülasyonu ile Ekstrem İklim İndekslerinin Belirlenmesi*. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Bayazıt, M. (1981). *Hidrolojide İstatistik Yöntemler*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası.
- Bingölbali, B. (2018). *Karadeniz'in Güney Batı Kıyıları için İç İç Geçmiş Karelej Sistemli Dalga Tahmin Modelinin Geliştirilmesi ve Dalga İklim Analizi*. Bursa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Bursa.
- Burman, T.E., Catlos, B.A., & Meyerson, M.D. (2022). *The Sea in the Middle: The Mediterranean World. (650-1650)*, ABD: University of California Press.
- Calvo, E., Simo, R., Coma, R., Ribes, M., Pascual, J., Sabates, A., & Pelejero, C. (2011). Effects of Climate Change on Mediterranean Marine Ecosystems: The Case of the Catalan Sea. *Climate Research*, 50(1), 1-29.
- Cannon, A. J., Sobie, S. R., & Murdock, T. Q. (2015). Bias Correction of GCM Precipitation by Quantile Mapping: How Well Do Methods Preserve Changes in Quantiles and Extremes?. *Journal of Climate*, 28(17), 6938-6959.
- Chen, H., Xu, C. Y., & Guo, S. (2012). Comparison and Evaluation of Multiple GCMs, Statistical Downscaling and Hydrological Models in the Study of Climate Change Impacts on run off. *Journal of Hydrology*, 434, 36-45.
- Chust, G., Gonzalez, M., Fontan, A., Revilla, M., Alvarez, P., Santos, M., & Uriarte, A. (2022). Climate Regime Shifts and Biodiversity Redistribution in the Bay of Biscay. *Science of the Total Environment*, 803, 149622.
- Clark, R. A., Fox, C. J., Viner, D., & Livermore, M. (2003). North Sea Cod and Climate Change Modelling the Effects of Temperature on Population Dynamics. *Global Change Biology*, 9(11), 1669-1680.
- Çakır, S. (2012). *Hava Öngörüsünde Uyarlanabilir Ensemble Modellemesi*. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.
- Çakıroğlu, A. M. (2019). *Karadeniz Türkiye Kıyıları Deniz Suyu Yüzey Sıcaklıklarının Meteorolojik Yönden Değerlendirilmesi*, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Rize.
- Çarpar, T. (2022). *Response of Black Sea Coastline to Climate Change Impacts*. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.
- Çelikkale, M. S., Düzgüneş, E., & Okumuş, İ. (1999). *Türkiye Su Ürünleri Sektörü*. (32-35), Yayın no: 1992-2, I. Baskı, İstanbul: İstanbul Ticaret Odası, Lebib Yalkın Yayınları ve Basım İşleri.

- Çokaçar, T. (2021). *Karadeniz Deniz Yüzey Sıcaklık Artışları: Uydu Gözlemleriyle Güncel Trendler Üzerine Bir Değerlendirme*. (24-32). Salihoğlu, B. ve Öztürk, B. (Ed.) İklim Değişikliği ve Türkiye Denizleri Üzerine Etkileri, Türk Deniz Araştırmaları Vakfı, İstanbul.
- Dabanlı, İ. (2017). *Türkiye’de İklim Değişikliğinin Yağış-Sıcaklığa Etkisi ve Kuraklık Analizi: Akarçay Örneği*. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.
- Danovaro R., Fonda Umani S., & Pusceddu A. (2009). Climate Change and the Potential Spreading of Marine Mucilage and Microbial Pathogens in the Mediterranean Sea. *Plos One*, 4(9), e7006.
- Dehghani, R., Poudeh, H. T., & Izadi, Z. (2022). The Effect of Climate Change on Groundwater Level and its Prediction using Modern Meta-Heuristic Model. *Groundwater for Sustainable Development*, 16, 100702.
- Demir, İ., Kılıç, G., & Coşkun, M. (2008). Türkiye ve Bölgesi için PRECIS Bölgesel İklim Modeli Çalışmaları. *İklim Değişikliği ve Çevre*, 1(1), 11-17.
- Demir, İ. (2016). Küresel İklim Değişikliği ve İklim Değişikliği Çalışmaları, *21. Yüzyılda Fen ve Teknik*, 1(5), 11-18.
- Demircan, M., Demir, Ö., Atay, H., Eskioğlu, O., Yazıcı, B., Gürkan, H., Tuvan, A., & Akçakaya, A. (2014). Türkiye’de Yeni Senaryolara Göre İklim Değişikliği Projeksiyonları. *Coğrafya Sempozyumu, Bildiriler Kitabı*, s. 1-10 Ankara.
- Demircan, M. (2022). İklim Değişikliğinin Türkiye Denizlerine ve Su Ürünleri Yetiştiriciliğine Etkisi. *JENAS Journal of Environmental and Natural Studies*, 4(2), 96-108.
- Doblas-Reyes, F. J., Hagedorn, R., Balmaseda, M. A., & Palmer, T. N. (2004). Multi Model Seasonal Forecasting for the North Atlantic and Europe. *Fisica de la Tierra*, 16, 115-125.
- Dura, N. (2014). *Orta ve Batı Karadeniz Sularından Yakalanan Ticari Öneme Sahip Bazı Balık Türlerinde Ağır Metal Birikiminin Değerlendirilmesi*. Giresun Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Giresun.
- Eren, Z. (2021). Zararlı Alg Patlaması ve Marmara Denizindeki Müsilaj Problemi İlişkisi. *JENAS Journal of Environmental and Natural Studies*, 3(2), 203-213.
- Erişmiş, M. (2019). *Türkiye’de Deniz Suyu Sıcaklıklarındaki Eğilimler*. Çankırı Karatekin Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Çankırı.
- Eroğlu, S. (2021). *Investigating the Climate Change in Turkey by Trend Analysis Techniques*. Gaziantep Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Gaziantep.

- Fistikoglu, O., & Okkan, U. (2010). Statistical Downscaling of Monthly Precipitation Using NCEP/NCAR Reanalysis Data for Tahtali River Basin in Turkey. *Journal of Hydrologic Engineering*, 16(2), 157-164.
- Gönülal, O. (2021). *Kuzey Ege Denizi Son 46 Yıllık Deniz Suyu Sıcaklığı Değişimleri (1972-2018)*. (63-69). Salihoğlu, B. ve Öztürk, B. (Ed.) İklim Değişikliği ve Türkiye Denizleri Üzerine Etkileri, Türk Deniz Araştırmaları Vakfı, İstanbul.
- Gregory, W. L., & Duran, A. (2001). *Scenarios and Acceptance of Forecasts*. in *Principles of Forecasting*. (519-540), International Series in Operations Research and Management Science, Boston: Springer.
- Gulbag, A., Temurtas, F., & Yusubov, I. (2008). Quantitative Discrimination of the Binary Gas Mixtures using a Combinational Structure of the Probabilistic and Multilayer Neural Networks. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 131(1), 196-204.
- Güçlü, Y. (2013). Türkiye'nin Karadeniz Bölgesi Kıyısı Boyunca Deniz Suyu Yüzey Sıcaklığı Anomalileri (1971-2010 dönemi). *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi*, 10(1), 863-896.
- Hausfather, Z. (2019). CMIP6: the next generation of climate models explained. Erişim adresi: <https://www.carbonbrief.org/cmip6-the-next-generation-of-climate-models-explained>, Erişim tarihi: 02.08.2023.
- Hamzaçebi, C., & Kutay, F. (2004). Yapay Sinir Ağları ile Türkiye Elektrik Enerjisi Tüketiminin 2010 Yılına Kadar Tahmini. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 19(3), 227-233.
- Han, I. S., & Lee, J. S. (2020). Change the Annual Amplitude of Sea Surface Temperature Due to Climate Change in a Recent Decade Around the Korean Peninsula. *Journal of the Korean Society of Marine Environment and Safety*, 26(3), 233-241.
- Haykin, S. (1999). *Neural Networks: A Comprehensive Foundation*. New Jersey: Prentice Hall.
- Hereher, M. E. (2020). Assessment of Climate Change Impacts on Sea Surface Temperatures and Sea Level Rise-the Arabian Gulf. *Climate*, 8(4), 50.
- Houghton, E. (1996). *Climate Change 1995: The Science of Climate Change*. Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Vol. 2, Cambridge University Press.
- IPCC, (2007). *Climate Change 2007: Synthesis Report*. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (eds. Core Writing Team, Pachauri, R. K., & Reisinger, A.) IPCC, Geneva, Switzerland, 104 pp.

- IPCC, (2013). Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, İngiltere ve New York, NY, USA, s. 1535.
- IPCC, (2018). Summary for Policymakers. IPCC Special Report on the Impacts of Global Warming of 1.5°C Above pre-industrial Levels and Related Global Greenhouse Gas Emission Pathways, in the Context of Strengthening the Global Response to the Threat of Climate Change, Sustainable Development, and Efforts to Eradicate Poverty (eds. Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Portner, H., O., Roberts, D., Skea, J., Shukla, P., R., Pirani, A., Moufouma-Okia, W., Prean, C., Pidcock, R., Connors, S., Matthews, J., B., R., Chen, Y., Zhou, X., Gomis, M., I., Lonnoy, E., Maycock, T., Tignor M., & Waterfield T.) In Press.
- IPCC, (2019). Technical Summary. IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate (eds. Portner, H. O., Roberts, D. C., Masson Delmotte, V., Zhai, P., Tignor, M., Poloczanska, E., Mintenbeck, K., Alegria, A., Nicolai, M., Okem, A., Petzold, J., Rama, B., & Weyer, N. M.) In Press.
- IPCC, (2021). Summary for Policymakers. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (eds. MassonDelmotte, V.P., Zhai, A., Pirani, S.L., Connors, C., Pean, S., Berger, N., Caud, Y., Chen, L., Goldfarb, M.I., Gomis, M., Huang, K., Leitzell, E., Lonnoy, J.B.R., Matthews, T.K., Maycock, T., Waterfield, O., Yelekçi, R., & Yu, B.) Cambridge University Press. In Press.
- IPCC, (2022). Summary for Policymakers. Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (eds. Portner, H. O., Roberts, D. C., Tignor, M., Poloczanska, E. S., Mintenbeck, K., Alegria A., Craig, M., Langsdorf, S., Loschke, S., Moller, V., Okem, A., & Rama, B.) Cambridge University Press. In Press.
- Jayalakshmi, T., & Santhakumaran, A. (2011). Statistical Normalization and Back Propagation for Classification. *International Journal of Computer Theory and Engineering*, 3(1), 1793-8101
- Kaastra, I., & Boyd, M. (1996). Designing a Neural Network for Forecasting Financial and Economic Time Series. *Neurocomputing*, 10, 215-236.
- Kale, M. M. (2020). İklim Değişikliği Çerçevesinde Ankara İli Ana Su Havzaları Gelecek Projeksiyonu: Sakarya ve Batı Karadeniz Havzaları. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 18(2), 191-215.
- Kalıpçı, E., Başer, V., Türkmen, M., Genç, N., & Cüce, H. (2021). Türkiye Kıyılarında Deniz Suyu Sıcaklık Değişiminin CBS ile Analizi ve Ekolojik Etkilerinin Değerlendirilmesi. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 7(2), 278-288.

- Kılıç, L. (2018). İklim Değişikliğinin Tarım Üzerine Olası Etkileri. *21. Yüzyılda Fen ve Teknik*, 1(9), 1-6.
- Kırdemir, U., & Okkan., U. (2019). Farklı Yanlılık Düzeltme Yöntemlerinin İstatistiksel Ölçeğe İndirgenmiş Yağış Projeksiyonlarına Uygulanması. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 21(2), 868-881.
- Koç, İ. (2021). Küresel İklim Değişikliğinin Bolu'da Bazı İklim Parametreleri ve İklim Tiplerine Etkisi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 23(2), 706-719.
- Kurt, D. (2020). *İklim Değişikliğinin Çukurova Bölgesi Su Kaynakları Üzerine Olan Etkilerinin Değerlendirilmesi*. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana.
- L'Heveder, B., Speich, S., Ragueneau, O., Gohin, F., & Bryere, P. (2017). Observed and Projected Sea Surface Temperature Seasonal Changes in the Western English Channel from Satellite Data and CMIP5 Multi-model Ensemble. *International Journal of Climatology*, 37(6), 2831-2849.
- Mete, B., Nacar, S., Bayram, A., & Baki, O. T. (2023). Regresyon ve Yapay Sinir Ağları Yöntemleri ile Akarsularda Askıda Katı Madde Konsantrasyonu Tahmini. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 9(1), 125-135.
- Meier, H. M., Dieterich, C., Eilola, K., Groger, M., Hoglund, A., Radtke, H., & Wahlstrom, I. (2019). Future Projections of Record-Breaking Sea Surface Temperature and Cyanobacteria Bloom Events in the Baltic Sea. *Ambio*, 48, 1362-1376.
- MGM, (2015). *Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Yeni Senaryolar ile Türkiye İklim Projeksiyonları ve İklim Değişikliği*. Araştırma Dairesi Başkanlığı Klimatoloji Şube Müdürlüğü, Ankara: Meteoroloji Genel Müdürlüğü Matbaası.
- Michel, A., Schaepli, B., Wever, N., Zekollari, H., Lehning, M., & Huwald, H. (2022). Future Water Temperature of Rivers in Switzerland Under Climate Change Investigated with Physics-Based Models. *Hydrology and Earth System Sciences*, 26(4), 1063-1087.
- Nacar, S. (2020). *İklim Değişikliğinin Doğu Karadeniz Havzası Sıcaklık ve Yağış Parametreleri Üzerindeki Olası Etkilerinin İncelenmesi*. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon.
- Nacar, S., Kankal, M., & Okkan, U. (2021). EraInterim Re-analiz Verileri Kullanılarak İstatistiksel Ölçek İndirgeme Yöntemi ile Doğu Karadeniz Havzası Aylık Ortalama Sıcaklık Değerlerinin Tahmin Edilmesi. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 7(1), 136-148.
- Nash, J. E., & Sutcliffe, J. V. (1970). River Low Forecasting through Conceptual Models Part I-A Discussion of Principles. *Journal of Hydrology*, 10(3), 282-290.

- Noori, R., Tian, F., Berndtsson, R., Abbasi, M. R., Naseh, M. V., Modabberi, A., & Klove, B. (2019). Recent and Future Trends in Sea Surface Temperature Across the Persian Gulf and Gulf of Oman. *Plos One*, 14(2), e0212790.
- Okkan, U. (2013). *İklim Değişikliğinin Akarsu Akışları Üzerindeki Etkilerinin Değerlendirilmesi*. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İzmir.
- Okkan, U., & Fistikoglu, O. (2014). Evaluating Climate Change Effects on Runoff by Statistical Downscaling and Hydrological model GR2M. *Theoretical and Applied Climatology*, 117(1), 343-361.
- Okkan, U., & Inan, G. (2015). Statistical Downscaling of Monthly Reservoir Inflows for Kemer Watershed in Turkey: Use of Machine Learning Methods, Multiple GCMs and Emission Scenarios. *International Journal of Climatology*, 35(11), 3274-3295.
- Okkan, U., & Karakan, E. (2015). *İklim Değişikliğinin Balıkesir İli İçme Suyu Potansiyeline Etkilerinin Modellenmesi: İçme Suyu Talebinin 2015-2030 Projeksiyonu*. T.C. Balıkesir Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi.
- Okkan, U., & Kirdemir, U. (2016). Downscaling of Monthly Precipitation Using CMIP5 Climate Models Operated Under RCPs. *Meteorological Applications*, 23(3), 514-528.
- Okkan, U., & Karakan E. (2016). İklim Değişikliğinin İkizcetepeler Barajı Akımlarına Etkilerinin Modellenmesi. 2015-2030 Projeksiyonu. *Teknik Dergi*, 27(2), 7379-7401.
- O'Neill, B.C., Tebaldi, C., Van Vuuren, D. P., Eyring, V., Friedlingstein, P., Hurtt, G., & Sanderson, B. M. (2016). The Scenario Model Intercomparison Project (ScenarioMIP) for CMIP6. *Geoscientific Model Development*, 9(9), 3461-3482.
- Oza, N. C. (2006), Ensemble Data Mining Methods, Encyclopedia of Data Warehousing and Mining, Idea Group Reference, ss. 448-452.
- Önol, B., Ünal, Y. S., & Dalfes, H. N. (2011). İklim Değişimi Senaryosunun Türkiye Üzerindeki Etkilerinin Modellenmesi. *İTÜ Dergisi/d*, 8(5), 169-177.
- Ozdemir, S., Ozkan, K., & Mert, A. (2020). An Ecological Perspective on Climate Change Scenarios. *Biological Diversity and Conservation*, 13(3), 361-371.
- Özdemir, S. (2022). *Batı Akdeniz'de İklim Değişimine Göre Asli Orman Ağacı Türlerinin Dağılımı Modellenmesi*. Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Isparta.
- Özdin, M. (2019). *İklim Değişikliğinin Susurluk Havzası Yağışları Üzerindeki Etkilerinin Yapay Sinir Ağları ile Analizi*. Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya.

- Ozsoy, E., & Unluata, U. (1997). Oceanography of the Black Sea: A Review of Some Recent Results. *Earth-Science Reviews*, 42(4), 231-272.
- Öztürk, K. (2002). Küresel İklim Değişikliği ve Türkiye'ye Olası Etkileri. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 22(1), 47-65.
- Partovian, A., Nourani, V., & Alami, M. T. (2016). Hybrid Denoising-Jittering Data Processing Approach to Enhance Sediment Load Prediction of Muddy Rivers. *Journal of Mountain Science*, 13(12), 2135-2146.
- Pisano, A., Marullo, S., Artale, V., Falcini, F., Yang, C., Leonelli, F. E., & Buongiorno Nardelli, B. (2020). New Evidence of Mediterranean Climate Change and Variability from Sea Surface Temperature Observations. *Remote Sensing*, 12(1), 132.
- Sanchez-Cabeza, J. A., Herrera-Becerril, C. A., Carballo, J. L., Yanez, B., Alvarez-Sanchez, L. F., Cardoso-Mohedano, J. G., & Ruiz-Fernandez, A. C. (2022). Rapid Surface Water Warming and Impact of the Recent 2013-2016 Temperature Anomaly in Shallow Coastal Waters at the Eastern Entrance of the Gulf of California. *Progress in Oceanography*, 202, 102746.
- Saraçoğlu, F. A. (2020). Gökçeada Sıcaklık ve Deniz Suyu Sıcaklıklarının Eğilim Analizi. *Haliç Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 3(1), 1-17.
- Shaltout, M., & Omstedt, A. (2014). Recent Sea Surface Temperature Trends and Future Scenarios for the Mediterranean Sea. *Oceanologia*, 56(3), 411-443.
- Shirvani, A., Nazemosadat, S. J., & Kahya, E. (2015). Analyses of the Persian Gulf Sea Surface Temperature: Prediction and Detection of Climate Change Signals. *Arabian Journal of Geosciences*, 8(4), 2121-2130.
- Şentürk, M. K. (2008). *Akım Gözlem İstasyonu Olmayan Havzalarda Su Potansiyelinin Belirlenmesi*. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Şen, Ö. L., Bozkurt, D., Göktürk, O. M., Dündar, B., & Altürk, B. (2013). Türkiye'de İklim Değişikliği ve Olası Etkileri, 3. *Taşkın Sempozyumu*, s. 1-9, İstanbul, Türkiye.
- Tahtacı, K., & Ayat, B. (2022). Karadeniz'in Fırtınalılığındaki Uzun Dönemli (1979-2019) Değişimler. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 37(4), 2147-2162.
- Tarekegn, N., Abate, B., Muluneh, A., & Dile, Y. (2022). Modeling the Impact of Climate Change on the Hydrology of Andasa Watershed. *Modeling Earth Systems and Environment*, 8(1), 103-119.
- Trzaska, S., & Schnarr, E. (2014). *A review of downscaling methods for climate change projections*. United States Agency for International Development by Tetra Tech ARD, 1-42.

- Türkeş M. (2003). 23 Mart Dünya Meteoroloji Günü Kutlaması: Gelecekteki İklimimiz Paneli. *Bildiriler Kitabı*, ss: 12-37.
- URL-1, Erişim adresi: <http://climate.nasa.gov/effects>, The Effects of Climate Change, Erişim Tarihi: 02.08.2023.
- URL2, Erişim adresi: <https://www.cografyaci.gen.tr/denizlerimiz-ve-ozellikleri>, Erişim tarihi: 02.08.2023.
- Wagesho, N., Jain, M. K., & Goel, N. K. (2012). Effect of Climate Change on Runoff Generation: Application to Rift Valley Lakes Basin of Ethiopia. *Journal of Hydrologic Engineering*, 18(8), 1048-1063.
- Wilby, R. L., Charles, S. P., Zorita, E., Timbal, B., Whetton, P., & Mearns, L. O. (2004). Guidelines for Use of Climate Scenarios Developed from Statistical Downscaling Methods. Supporting Material of the Intergovernmental Panel on Climate Change, ss: 27.
- Yeboah, K. A., Akpoti, K., Kabo-bah, A. T., Ofosu, E. A., Siabi, E. K., Mortey, E. M., & Okyereh, S. A. (2022). Assessing Climate Change Projections in the Volta Basin Using the CORDEX-Africa Climate Simulations and Statistical Bias-correction. *Environmental Challenges*, 6, 100439.
- Yıldız, İ. (2010). *Güney Karadeniz'de Mesozooplankton Kompozisyonu ve Dağılımı*. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon.
- Zango, B. S., Seidou, O., Sartaj, M., Nakhaei, N., & Stiles, K. (2022). Impacts of Urbanization and Climate Change on Water Quantity and Quality in the Carp River Watershed. *Journal of Water and Climate Change*, 13(2), 786-816.
- Zhu, L., Liu, Q., Liu, X., & Zhang, Y. (2021). RSST-ARGM: a Data-Driven Approach to Long-Term Sea Surface Temperature Prediction. *EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking*, 2021(1), 171.

6. EKLER

Ek Tablo 1. Sarıyer meteoroloji gözlem istasyonu deniz suyu sıcaklıkları için regresyon analizinden elde edilen fonksiyonlara ait ağırlıklar

Katsayılar	Regresyon fonksiyonları			
	DF	ÜF	EF	KF
w0	-0.051	1.109	-0.040	0.200
w1	0.156	0.229	-1.891	-0.794
w2	0.335	0.385	0.589	-0.003
w3	0.550	0.472	0.700	0.254
w4	0.003	0.009	0.522	-0.118
w5	0.049	0.067	0.207	0.110
w6			0.307	0.883
w7				0.187
w8				0.233
w9				-0.738
w10				0.920
w11				0.431
w12				-1.075
w13				-0.504
w14				-1.284
w15				0.272
w16				0.780
w17				-0.147
w18				0.390
w19				0.050
w20				1.488

Ek Tablo 2. İnebolu meteoroloji gözlem istasyonu deniz suyu sıcaklıkları için regresyon analizinden elde edilen fonksiyonlara ait ağırlıklar

Katsayılar	Regresyon fonksiyonları			
	DF	ÜF	EF	KF
w0	-0.038	1.047	0.071	0.302
w1	0.199	0.321	-2.660	-0.207
w2	0.036	0.075	0.901	-0.197
w3	0.244	0.207	0.384	0.144
w4	0.319	0.249	0.456	-0.173
w5	0.198	0.338	0.557	-0.356
w6			0.803	0.433
w7				0.389
w8				0.000
w9				0.008
w10				0.098
w11				0.680
w12				-1.386
w13				-0.453
w14				0.156
w15				0.213
w16				0.157
w17				0.416
w18				-0.054
w19				0.094
w20				1.168

Ek Tablo 3. Sinop meteoroloji gözlem istasyonu deniz suyu sıcaklıkları için regresyon analizinden elde edilen fonksiyonlara ait ağırlıklar

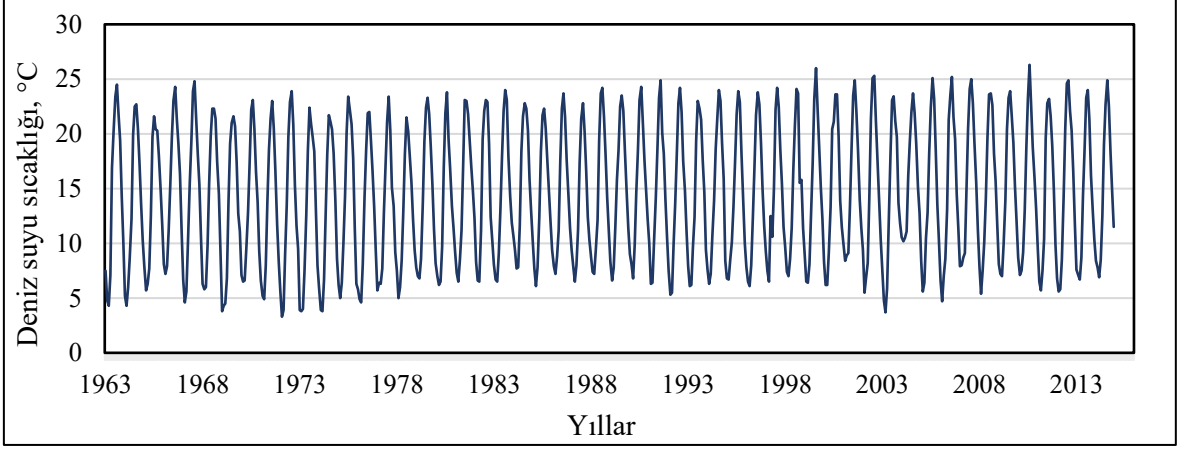
Katsayılar	Regresyon fonksiyonları			
	DF	ÜF	EF	KF
w0	-0.083	1.183	0.068	0.316
w1	0.185	0.385	-2.940	-0.448
w2	0.584	0.463	1.109	0.409
w3	0.029	0.133	0.881	-0.365
w4	0.146	0.170	0.415	-0.281
w5	0.131	0.261	0.623	-0.443
w6			0.540	0.337
w7				0.756
w8				0.273
w9				-0.121
w10				-0.814
w11				0.835
w12				-2.166
w13				0.106
w14				0.397
w15				0.671
w16				0.279
w17				0.802
w18				0.324
w19				-0.474
w20				1.273

Ek Tablo 4. Giresun meteoroloji gözlem istasyonu deniz suyu sıcaklıkları için regresyon analizinden elde edilen fonksiyonlara ait ağırlıklar

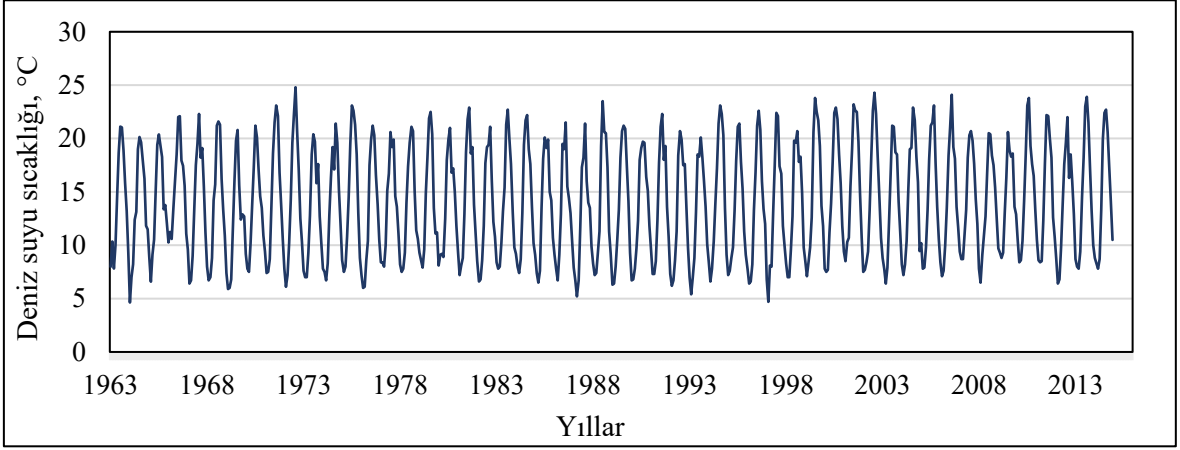
Katsayılar	Regresyon fonksiyonları			
	DF	ÜF	EF	KF
w0	-0.141	1.263	0.071	0.346
w1	0.191	0.423	-3.211	-0.437
w2	0.565	0.485	1.180	0.159
w3	0.183	0.321	0.772	-0.241
w4	-0.029	0.083	0.668	-0.499
w5	0.244	0.276	0.722	-0.344
w6			0.620	0.517
w7				0.697
w8				0.148
w9				-0.084
w10				-0.620
w11				0.429
w12				-1.508
w13				0.426
w14				0.883
w15				1.455
w16				0.229
w17				0.691
w18				-0.179
w19				-0.552
w20				0.218

Ek Tablo 5. Hopa meteoroloji gözlem istasyonu deniz suyu sıcaklıkları için regresyon analizinden elde edilen fonksiyonlara ait ağırlıklar

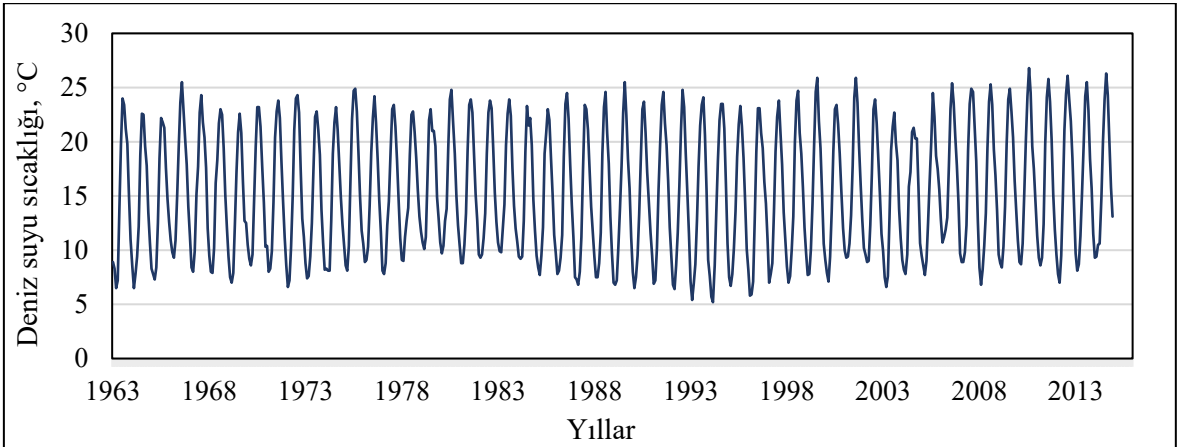
Katsayılar	Regresyon fonksiyonları			
	DF	ÜF	EF	KF
w0	-0.096	1.194	0.040	0.251
w1	0.162	0.317	-2.630	-0.392
w2	0.312	0.324	0.940	-0.100
w3	0.666	0.534	0.557	0.369
w4	0.037	0.083	0.691	-0.337
w5	-0.037	0.098	0.561	-0.303
w6			0.523	0.309
w7				0.309
w8				0.154
w9				0.475
w10				-1.677
w11				-0.686
w12				-0.893
w13				1.746
w14				0.682
w15				0.917
w16				0.181
w17				1.613
w18				-0.454
w19				-0.490
w20				-0.005



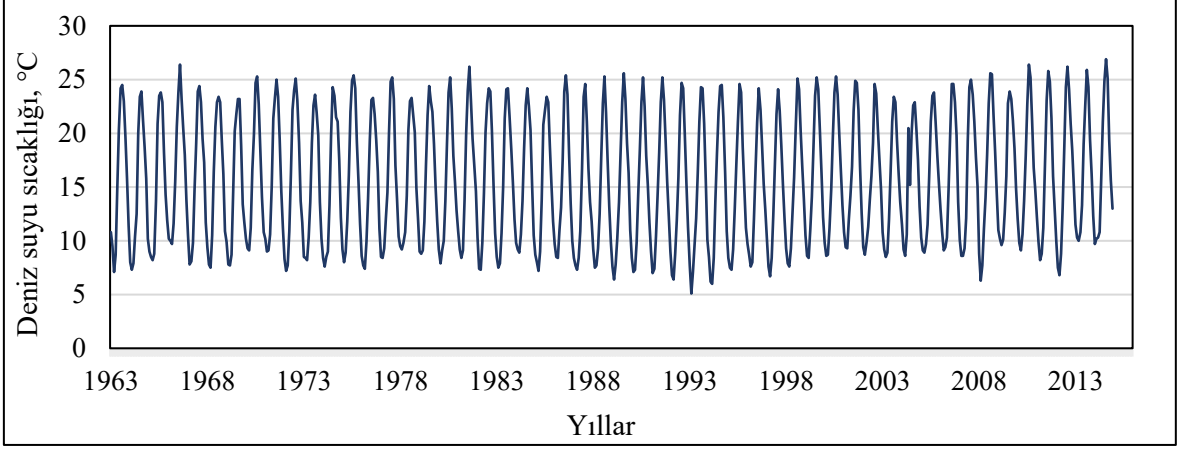
Ek Şekil 1. Sarıyer meteoroloji gözlem istasyonu deniz suyu sıcaklıklarının zamana bağlı değişimi



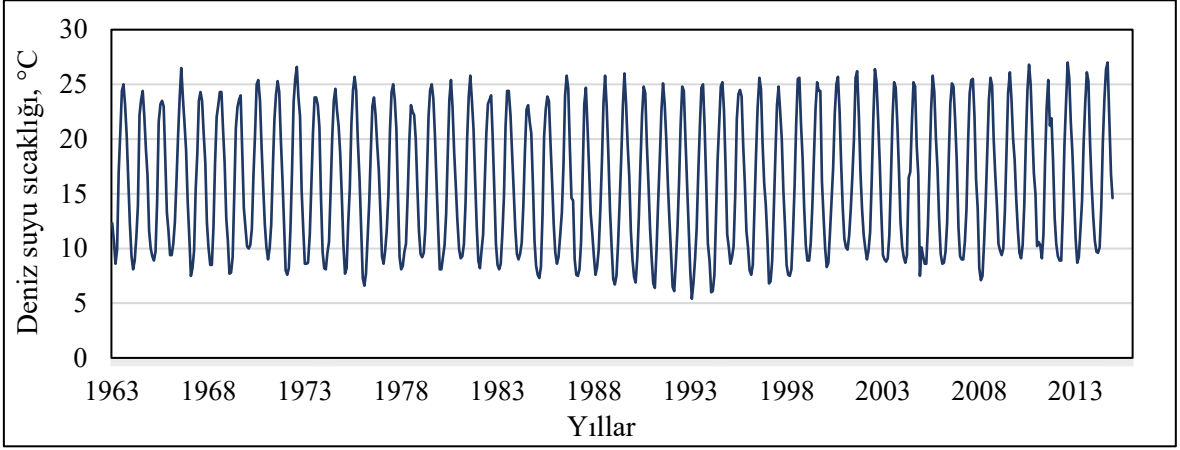
Ek Şekil 2. İnebolu meteoroloji gözlem istasyonu deniz suyu sıcaklıklarının zamana bağlı değişimi



Ek Şekil 3. Sinop meteoroloji gözlem istasyonu deniz suyu sıcaklıklarının zamana bağlı değişimi



Ek Şekil 4. Giresun meteoroloji gözlem istasyonu deniz suyu sıcaklıklarının zamana bağlı değişimi



Ek Şekil 5. Hopa meteoroloji gözlem istasyonu deniz suyu sıcaklıklarının zamana bağlı değişimi

ÖZGEÇMİŞ

Betül Sezanur TOKGÖZ ilköğrenimini 2003-2008 yılları arasında Hatay ve İstanbul, orta ve lise öğrenimini 2008-2015 yılları arasında Trabzon'da tamamladı. 2015-2016 eğitim-öğretim yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde mesleki eğitimine başlayan Betül Sezanur TOKGÖZ 2018-2019 eğitim-öğretim yılı bahar döneminde İnşaat Mühendisi olarak mezun oldu. 2019-2020 eğitim-öğretim yılı güz döneminde Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans öğrenimine hak kazanmıştır. Halen yüksek lisans öğrenimine devam etmekte ve iyi derecede İngilizce bilmektedir. Bafra İlçe Milli Eğitim Müdürlüğü'nde memur olarak görev yapmaktadır.