

|   |  |
|---|--|
| Research Article  | <h2 style="text-align: center;">Climate Change's Impact on Turkish Seas' Temperature and Aquaculture</h2> <h3 style="text-align: center;">İklim Değişikliğinin Türkiye Denizlerinin Sıcaklığına ve Su Ürünlerine Etkileri</h3> <p style="text-align: right;">Mesut Demircan<sup>1</sup> </p> |
| <p><b>Submission Date</b><br/>01 / 04 / 2022</p> <p><b>Admission Date</b><br/>01 / 06 / 2022</p> <div style="text-align: center;"> </div> |  |
| <p style="font-size: 8px; margin: 0;">How to Cite:</p>  | <p>Demircan, M. (2022). Climate Change's Impact on Turkish Seas' Temperature and Aquaculture. <i>Journal of Environmental and Natural Studies</i>, 4 (2), 96-108. <a href="https://doi.org/10.53472/jenas.1096917">https://doi.org/10.53472/jenas.1096917</a></p>                            |

**ABSTRACT:**

Climate is one of the most important elements that play a role in shaping the habitats, lifestyles and physical characteristics of all living things in the Biosphere. Sea creatures are a part of the biosphere. Climate change is an important threat not only to our entire planet but also to oceans, seas and sea creatures. Turkey is surrounded by seas with different ecology and climate, namely the Mediterranean, Aegean, Marmara and Black Seas. Aquaculture and fishing are important sources of income in Turkey's seas and freshwaters. In addition, transportation, tourism, sports, etc. activities are socio-economic activities carried out in its seas and waters. The increase in temperature in the seas of Turkey, especially in the Mediterranean, transforms the seas into tropical seas and invader species migrate to the region from tropical seas. In this study, the temperature increase in Turkish seas will be tried to be revealed. In the light of this change, possible changes in Turkish seas and the effects of climate change on seas and fishery products will be discussed. The data obtained from the measurements of the marine meteorology observation systems of the Turkish State Meteorological Service between the years 1970-2021 were analyzed for the Mediterranean, Aegean Sea, Marmara and Black Sea. Sea surface temperatures (SST) in the seas surrounding Turkey have increased by about 0.4 - 1.4 °C in the last two decades, and it has been determined that the maximum increases are between about 2.3 - 3.5 °C in this period. According to Mann-Kendall Slope Analysis, the increases in DSSs are at a significant level  $\alpha: 0.001$ . The highest increase in SSTs was detected in the Black Sea.

**KEYWORDS:** *Climate Change, Mediterranean, Black Sea, Aegean Sea, Sea Surface Temperature (SST)*

**Öz:**

İklim, Biyosferdeki (Canlı-kürenin) tüm canlıların yaşam alanlarını, yaşam şekillerini ve canlıların fiziksel özelliklerinin şekillenmesinde rol oynayan en önemli unsurdan bir tanesidir. Canlı-kürenin bir parçasını da deniz canlıları oluşturmaktadır. İklim değişikliği, tüm gezegenimiz için olduğu kadar, denizler ve deniz canlıları için de önemli bir tehdittir. Türkiye; Karadeniz, Marmara, Ege ve Akdeniz olmak üzere ekoloji ve iklim özellikleri apayrı denizlerle çevrilidir. Türkiye'de su ürünleri yetiştiriciliği ile avcılığı, denizlerinde ve tatlı sularında yürütülen önemli bir geçim kaynağıdır. Ayrıca, taşımacılık, turizm, spor vb. faaliyetler denizlerinde ve sularında yapılan sosyo-ekonomik faaliyetlerdir. Türkiye denizlerindeki sıcaklık artışı, özellikle Akdeniz'deki sıcaklık artışı, denizleri tropik denizlere dönüştürmekte ve tropik denizlerden istilacı türler bölgeye göç etmektedir. Bu çalışmada, Türkiye denizlerindeki sıcaklık artışı ortaya konmaya çalışılacaktır. Bu değişim ışığında Türkiye denizlerinde olası değişimler ve iklim değişikliğinin denizlere ve su ürünlerine etkileri tartışılacaktır. Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün deniz meteoroloji gözlem sistemlerine ait, 1970-2021 yılları arasındaki ölçümlerinden alınan veriler ile Karadeniz, Marmara Denizi, Ege Denizi ve Akdeniz için analiz edilmiştir. Türkiye'yi çevreleyen denizlerdeki deniz suyu sıcaklarında (DSS), son yirmi yılda yaklaşık 0,4 – 1,4°C artış gerçekleşmiş olup bu dönem içinde

<sup>1</sup> **Corresponding Author:** Meteoroloji 16. Bölge Müdürlüğü, [demircanm@gmail.com](mailto:demircanm@gmail.com), ORCID: 0000-0002-5334-7898

maksimum artışların yaklaşık 2,3 – 3,5°C arasında olduğu da tespit edilmiştir. DSS'lerdeki artışlar Mann-Kendall Eğim Analizine göre  $\alpha: 0.001$  anlamlı seviyededir. En fazla artış Karadeniz'de tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** İklim Değişikliği, Akdeniz, Karadeniz, Ege Denizi, Deniz Suyu Sıcaklığı.

## GİRİŞ:

İklim, Dünyayı oluşturan fiziksel sistemlerden biri olan canlı-küredeki (Biyosfer) tüm canlıların yaşam alanlarını, yaşam şekillerini ve canlıların fiziksel özelliklerinin şekillenmesinde rol oynayan en önemli unsurlardan bir tanesidir. Buna ek olarak, Dünyanın sisteminde cansızların oluşturduğu diğer kürelerin Su-küre (Hidrosfer), Kara-küre (Litosfer), Buz-küre (Kriosfer) ve Nefes-kürenin (Atmosfer) de şekillenmesinde ve bu kürelerdeki olayların gelişmesinde önemli bir rol üstlenmektedir. İklimde meydana gelen değişimler bu kürelerde de değişime yol açmaktadır. Bazı küreler, iklimde meydana gelen değişimlere ya da salınlara hızlı tepki verirken, bazı kürelerde tepki süresi daha uzun sürmektedir.

Demircan doktora tezinde (2019, a), bu kürelerin içindeki dinamik süreçlerde oluşan değişimler ile bu değişimlerin diğer kürelerle karşılıklı olarak etkileşimleri sonucu oluşan salınlara bağlı olarak, iklimin sürekli bir değişim gösterdiğini ifade etmiştir. Canlılar Dünya üzerinde iklim ile uyumlu olarak gelişmiş ve dağılım göstermişlerdir. İklimdeki değişim süreçlerinde, uyum sağlayan canlılar, diğer bir anlatımla değişim ile değişebilen canlılar yaşamlarını ettirmişler, bunu sağlayamayanlar ise yok olmuşlardır. Canlıların Dünyadaki dağılımlarını ve türlerindeki çeşitliliklerini anlamak için yaşadıkları bölgelerin iklimini ve sınıflarını bilmek gerekir. Bunun en güzel örneği belirli coğrafik bir bölgede ve özel iklim koşullarında ortaya çıkan endemik türlerdir.

Denizlerde yaşayan canlılar da iklimde meydana gelen değişimler nedeniyle deniz sularının ısınması ve fiziksel özelliklerindeki değişimler sonucunda farklı bölgelere yayılmaya başlamışlardır.

Yeryüzünde okyanuslar, denizler, göller, nehirler ve buzullar; su ve su kaynaklarını oluşturmaktadır. Su kaynakları canlıların ve insanların Dünya üzerindeki dağılımlarını etkilemekte olup insanlar geçmişten günümüze yerleşim yerlerini, su kaynakları çevresine kurmaktadır. Ayrıca, deniz kıyıları çevresinde kurulan medeniyetlerin sosyo-ekonomik faaliyetleri deniz ticareti, su ürünleri, balıkçılık ve benzeri iş kolları üzerinde gelişmiş olup bu durum deniz kenarında yaşayan toplumların kültürlerini de şekillendirmiştir.

İnsan neslinin yol açtığı, günümüzde etkilerini görmeye başladığımız ve önlemlerin alınmadığı durumda gelecekte de etkilerini görmeye devam edeceğimiz iklim değişikliği bu günlerde ulusal ve uluslararası ortamlarda tartışılan en önemli çevre sorunlarından bir tanesidir.

İklim, paleo-klimatoloji çalışmalarından anlaşıldığı üzere Dünyanın oluşumundan beri sıcak ve soğuk dönemler halinde sürekli bir değişim göstermektedir. İklimde görülen "sıcak/soğuk", "ıslak/kuru" dönemler (yıllar) arasındaki döngüden oluşan bu değişime "iklim salınımları" ya da "iklim değişebilirliği" denilmektedir.

İklim değişikliği veya diğer ifadesi ile küresel ısınma ise doğal iklim salınımları dışında; tarih sürecinde özellikle "Sanayi Devrimi" sonrasında başlamış karbon kaynaklarının kullanımıyla, insanların yürüttüğü sosyo-ekonomik faaliyetlerinin yol açtığı çevre ve atmosfer kirliliği/tahribi sonucu oluşan ve insan kaynaklı etkiyle iklimde oluşan değişikliktir. Sanayi, arazi kullanım değişimi, yeşil alanlardan şehirlere geçiş, orman ve anız yangınları, tarım, hayvancılık, çevre kirliliği vb. insan faaliyetlerinden kaynaklanan bu etkiler, atmosferde bulunan doğal sera etkisini güçlendirmektedir. Güçlenen sera etkisi daha fazla enerjinin yeryüzünde kalmasına neden olmakta, böylelikle küresel ortalama sıcaklık yükselmektedir. Son yıllarda sıcaklıkların, küresel sıcaklık normallerinden yaklaşık 0,5 ila 1,2°C daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

İklim değişikliği; Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nde (UNFCCC, 1992) "karşılaştırılabilir zaman dönemlerinde gözlenen doğal iklim değişkenliğine ek olarak, insan faaliyetlerinin doğrudan ya da dolaylı olarak atmosfer bileşimini etkilemesi sonucu iklimde meydana gelen değişiklik" olarak tanımlanmaktadır.

Hidrosferde (Su Küreyi) bulunan su miktarı, su döngüsü (hidrolojik döngüsü) şeklinde sürekli yenilenen, bununla birlikte zamana ve bölgeye bağlı olarak değişen, kısıtlı bir kaynağa sahiptir. Su döngüsü ile Dünyamızda dolaşan suyun miktarı ise yaklaşık olarak 1,39 milyon km<sup>3</sup> olduğu öngörülmektedir. Dünyanın üçte ikisini okyanus, deniz ve göl suları oluşturmaktadır. Okyanus ve denizlerin oluşturan tuzlu sular; toplam su miktarının yaklaşık %97,5'ini, göl ve nehirler oluşturan tatlı sular ise Dünya su bütçesinin yaklaşık %2,5'ini oluşturmaktadır.

Türkiye; Karadeniz, Marmara, Ege ve Akdeniz olmak üzere; ekolojisi ve iklimi ayrı özellikler gösteren denizler ile çevrilidir. Türkiye'de su ürünleri yetiştiriciliği ve avcılığı hem denizlerinde, hem de tatlı sularında önemli bir geçim kaynağıdır. Ayrıca, taşımacılık, turizm, spor vb. faaliyetler denizlerimizde ve sularımızda yapılan sosyo-ekonomik faaliyetlerdir.

Tarım ve Orman Bakanlığı Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü tarafından yayımlanan “Ürün Raporu, Su Ürünleri” raporunda su ürünleri üretiminin; avcılık ve yetiştiricilik olmak üzere iki üretim şekli bulunmaktadır. Ülkemizin denizleri, balıkçılık sektörünün en önemli bölümünü oluşturmaktadır. Toplam kıyı uzunluğu 8.333 km olan denizlerimizin sıcaklık ve tuzluluğu güneyden kuzeye apayrı özelliklerdedir. Denizlerimizin ayrımlı özellikleri, avcılık ve yetiştiricilik yapılmasını olanaklı kılmıştır. İç sularımız; 200 civarında doğal göl, 300’den fazla baraj gölü, yaklaşık 750 gölet ve 33 büyük akarsu avcılık ve yetiştiricilik açısından önemli alanlardır. Türkiye’de ekonomik olarak yaklaşık yüz adet deniz canlısı türü öne çıkmaktadır. Su ürünleri sektörü geçtiğimiz elli yılda hızlı bir gelişme göstermiştir. Sektör, uluslararası ticaretteki payı ile küresel balıkçılıktaki yerini almış, küresel ekonomide de kendini göstermiştir. Birçok ülkenin ekonomisinde, balık ve balık ürünleri ihracatı dikkat çeken bir yer tutmaktadır. Dünya su ürünleri üretimi yıllara sarıh incelendiğinde avlanma ilişkili su ürünleri miktarları dalgalanırken, yetiştiriciliğe bağlı üretim miktarı artan bir ivme göstermektedir. Türkiye’nin su ürünleri üretimi, geçmişte avcılığa dayanırken, yetiştiricilik payında yıllar içinde artış görülmektedir. Türkiye denizleri içerisinde en fazla avcılık Karadeniz’de olup 2019 yılı Türkiye avcılık miktarındaki payı %80’dir. Karadeniz’i sırasıyla; Marmara Denizi, Ege Denizi ve Akdeniz izlemektedir. 2019 yılı rakamlarına göre su ürünlerinin avcılık şekli bir önceki yıla göre %47,5 artış göstermiş olup 463 bin 168 ton hasılat gözlemlenmiştir. Su ürünleri avcılığı bir önceki yıla kıyasla, denizde %52, iç sularda ise %4,8 artmıştır. Türkiye denizlerinde avlanılan en önemli balık türü “Hamsi” balığıdır. Hamsinin av sezonu miktarındaki değişimi, su ürünleri üretim miktarını önemli ölçüde değiştirmektedir. Çaç, ülkemizde tüketim alışkanlığı olmamakla birlikte, balık unu ve yağı hammadde olarak en fazla avlanılan ikinci balık türüdür. Beyaz Kum Midyesi ve Deniz Salyangozu, denizlerde balıklar dışında avı yapılan iki önemli tür olmakla birlikte, ülkemizde tüketimi bulunmamakla birlikte yurt dışına ihraç edilmektedir. Su ürünleri yetiştiriciliğinde denizlerde Levrek ve Çupra; iç sularda ise Alabalık miktar olarak öne geçmekte ve ekonomik katkısı fazladır. Ülkemizde, tüm Dünya benzer şekilde, avlanabilecek ürünlerin varlık büyüklüğüne erişilmiştir ve avcılık yaparak üretimi artırma olanağı bulunmamaktadır. Avcılık konusunda politikalar yapılırken, denizler ve iç suların her çeşit kirlenme ve bozulmaya karşı korunması, ilk öncelik olarak dikkat edilmesi gerekmektedir. 2020’nin ilk aylarında tüm Dünyayı etkisi altına alan Covid-19’un su ürünleri üretimini de etkilemiştir. Türkiye’de su ürünleri yetiştiriciliğinde, 2020 yılının ilk aylarında hava şartlarının uygunluğu ve balık hasadının planlı tarihten önce yapılması sayesinde Covid-19’un üretim miktarına etkisi önlenmiştir (Çöteli, F.T., 2020).

Bilgüven ve Can (2018) çalışmalarında son yıllarda Türkiye’deki yetiştiricilik sistemlerinde meydana gelen dikkat çeken gelişmeler olduğunu; deniz balık çiftliklerinde yeni teknikler kullanılarak açık ve derin sulara uyumlu hale getirildiğini, Dünya standartlarının üzerinde bir teknolojiyle kafes boyut ve yapılarında, kullanılan ağ ile yemleme sistemlerinde iyileştirmeler yapıldığını ifade etmişlerdir.

Türkiye İstatistik Kurumunun “Su Ürünleri” bülteninde, 2020 yılı su ürünleri üretiminin 2019 yılına göre %6,1 azaldığı ve 785.811 ton gerçekleştiği belirtilmiştir. Bu miktarın %37,1’ini deniz balıkları ile %5’ini diğer deniz ürünleri avcılığı ve %53,6’sını iç su yetiştiriciliği ile %4,2’ini iç su avcılığı ürünleri oluşturmuştur. Deniz balıkları avcılığı ürünleri miktarı 291.910 ton olarak gerçekleşmiştir. Bu balık türlerinden en yüksek miktarda Hamsi balığı 171.253 ton, Çaç 26.804 ton ve Palamut-Torik ise 22.743 ton olmuştur. 2020 yılında yetiştiricilik üretiminin 293.175 tonu denizlerde ve 128.236 tonu iç sularda yapılmıştır. Türlelere göre yetiştiricilik ürünlerin miktarları; iç sularda Alabalık 127.905 ton, denizlerde ise Levrek 148.907 ton ve Çipura 109.749 ton olarak gerçekleştiği ifade edilmektedir (TUİK, 2020).

Denizcilik Genel Müdürlüğü’nün (2020), “Deniz Ticareti İstatistikleri Bülteni”ne göre, 2020 yılında Türkiye limanlarında işlem gören yük miktarı 2019 yılına göre %2,6 arttığı ve 496.642.652 ton olarak gerçekleştiği açıklanmaktadır. 2020 yılı Mart itibarı ile başlayan Covid-19 tedbirleri, 2020 yılının ikinci çeyreğinde kısmî düşüşe neden olmuş, ancak bununla birlikte bir önceki yıla göre toplamda yaklaşık 12.5 milyon ton artarak rekor yenilemiştir. 2020 yılında işlem gören konteyner miktarının da 2019 yılına göre %0,3 arttığı ve 11.626.650 TEU olarak gerçekleştiği ifade edilmiştir (DGM, 2020).

Dünyada ve Türkiye’de deniz ticareti, balıkçılık, su ürünleri yetiştiriciliği sektörlerindeki ekonomik pazar büyümektedir. Küresel sıcaklıklardaki artışlar nedeniyle kutuplar ve dağlarda buzullar erimektedir. Buzullardaki bu erime deniz seviyelerinde artışlara, tuzluluk seviyelerinde azalışlara yol açmaktadır. Deniz seviyelerindeki yükselmeler, nehirlerin denize ulaştığı havza ağzlarında ve deltalarda tatlı suların tuzlanmasına neden olmaktadır. İklim değişikliğine bağlı deniz suyu sıcaklıklarındaki artışlar, deniz canlılarını ve denizcilik faaliyetlerini oldukça olumsuz etkilemektedir. Türkiye denizlerindeki sıcaklık artışı, özellikle Akdeniz’deki sıcaklık artışı, denizlerimizi tropik denizlere dönüştürmekte ve tropik denizlerden istilacı türler bölgemize göç etmektedir. Ayrıca, küresel olarak kara ve denizlerdeki sıcaklık artışı meteorolojik kaynaklı afetlerin sayı ile şiddetlerinde artışa ve tekrar sürelerinde azalmaya yol açmaktadır. Özellikle, meteorolojik karakterli afetler, denizlerde biriken enerji nedeniyle kıyı bölgelerde daha da şiddetli bir şekilde meydana gelmekte, ekonomik kayıplara yol açmakta ve çevre ile sektörler için tehdit oluşturmaktadır.

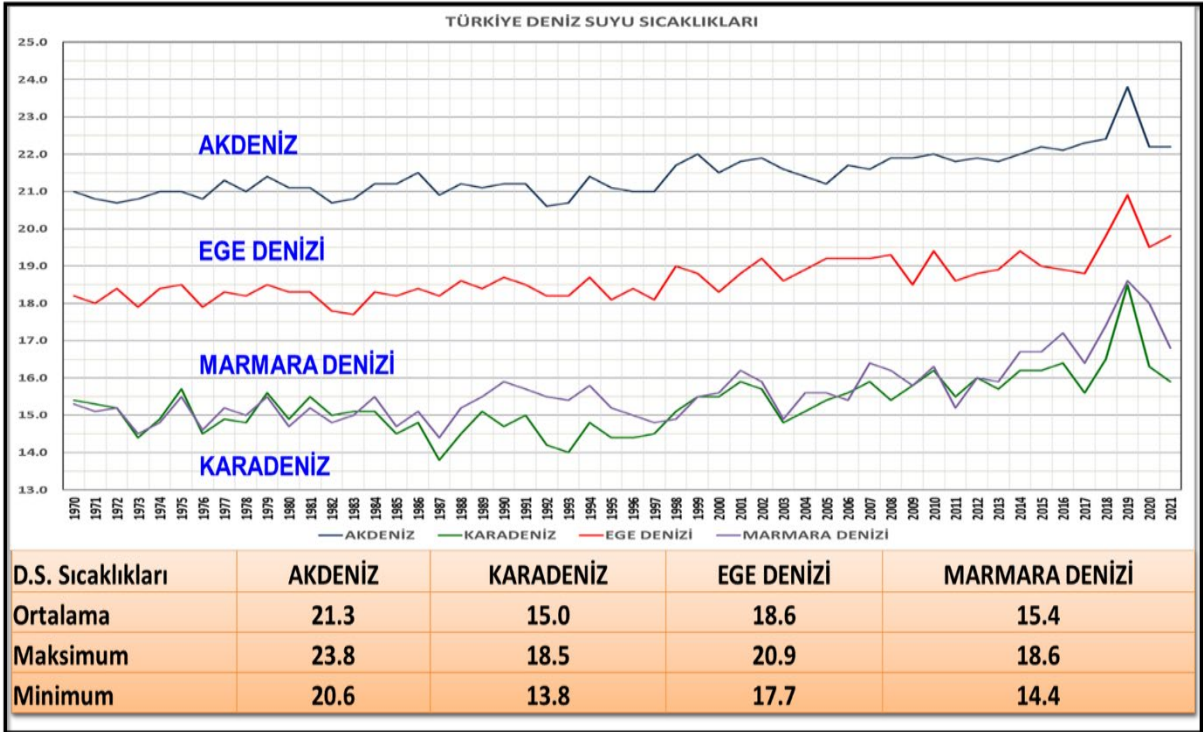
Bu çalışmada, Türkiye denizlerindeki sıcaklık artışı ortaya konmaya çalışılacaktır. Bu değişim ışığında Türkiye denizlerinde olası değişimler, iklim değişikliğinin denizlere ve su ürünlerine etkileri tartışılacaktır.

## 1. Method:

Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün deniz meteoroloji gözlem sistemlerinden 1970-2021 yılları arasındaki ölçümlerinden alınan veriler Akdeniz, Ege Denizi, Marmara ve Karadeniz için analiz edilmiştir. Veri analizlerinde karşılaştırma dönemi için Dünya Meteoroloji Organizasyonunun tavsiye ettiği normallerden 1981-2010 dönemi normal olarak kullanılmıştır.

Verilerdeki uzun yıllar eğilimini belirlemek için "MAKESENS", Excel makro yazılım paketi kullanılmıştır. Salmi, T. vd. (2002), MAKESENS yazılımı, atmosferdeki konsantrasyonların ve yağış verilerinin uzun yıllık değerlerine ait zaman serilerinin trendlerini belirlemek ve tahmin etmek için geliştirmiştir. MAKESENS ile iki tür istatistiksel yöntem kullanılmaktadır; parametrik olmayan Mann-Kendall istatistiksel yöntemi ile tekdüze bir artış veya azalma trendinin varlığı araştırılabilirken; ayrıca, Sen's istatistiksel yöntemi ile doğrusal bir trendin eğimi tahmin edilebilmektedir.

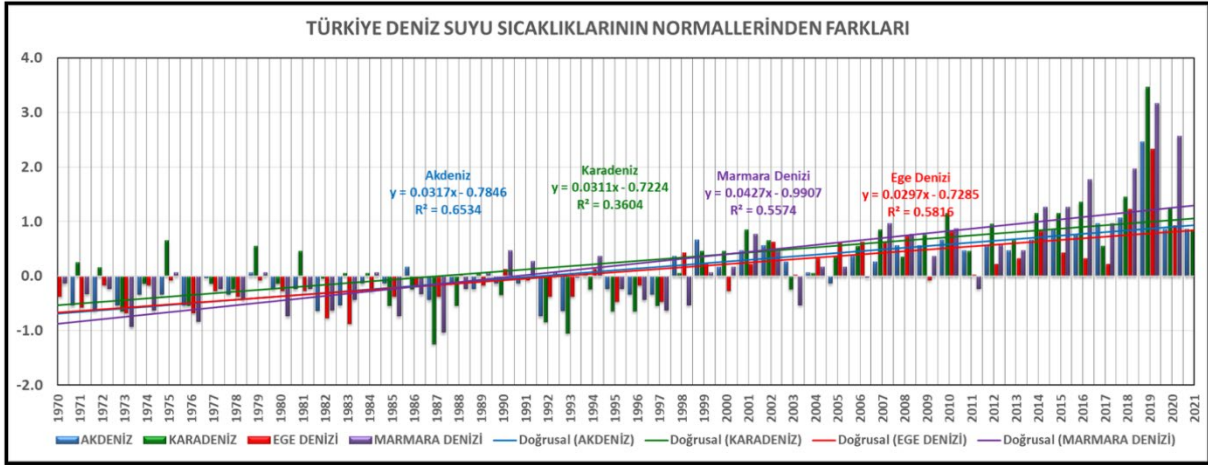
Denizlerin kıyısında sürekli ölçüm ve gözlemler yapılırken, karadan uzak bölgelerde ancak gemi seyirleri sırasında ya da uydu gözlemleri ile veri üretilmektedir. Bu veriler, modeller aracılığıyla kalite kontrol ve doğrulama işlemleri ile beraber noktasal (gridli) küresel veri setlerine dönüştürülmektedir. Modeller geçmişe doğru çalıştırıldığında veri setlerinin ismi tekrar analiz veri setleri olmaktadır. Çalışmaya konu denizlerdeki sıcaklık değişimlerini alansal olarak ortaya koymak için ERA-5 tekrar analiz veri setlerinde yer alan deniz suyu sıcaklıkları (Sea Surface Temperature - SST) ve climate-reanalyzer (<https://climaterealyzer.org/>) ara yüzü kullanılmıştır.



Şekil 1. Karadeniz, Marmara Denizi, Ege Denizi ve Akdeniz'in 1970 ile 2021 yılları arasında yıllık ortalama deniz suyu sıcaklıkları (DSS) grafiği. 1970-2021 dönemi maksimum ile minimum ve 1981-2010 dönemi normal (ortalama) değerleri.

Türkiye'yi çevreleyen denizlerinin deniz suyu sıcaklıklarının (DSS) 1981-2010 dönemi normal; Akdeniz'de 21,3°C, Ege Denizi'nde 18,6°C, Marmara Denizi'nde 15,4°C ve Karadeniz'de 15,0°C'dir. Maksimum DSS'ler; Akdeniz'de 23,8°C, Ege Denizi'nde 20,9°C, Marmara Denizi'nde 18,6°C ve Karadeniz'de 18,5°C'dir. Minimum DSS'ler; Akdeniz'de 20,6°C, Ege Denizi'nde 13,8°C, Marmara Denizi'nde 14,4°C ve Karadeniz'de 13,8°C'dir (Şekil 1).

Türkiye denizlerinin DSS'leri 1997 yılından itibaren, Dünyadaki sıcaklıkların artışına benzer şekilde artış göstermektedir (Şekil 2). Karadeniz, Marmara Denizi, Ege Denizi ve Akdeniz'de ortaya çıkan sıcaklık artışlarının  $\alpha$ : 0.001 güvenilirlik seviyesinde anlamlı olduğu görülmektedir (Tablo 1). En yüksek artışların 2019 yılında Karadeniz'de 3,5°C, Marmara Denizinde 3,2°C, Akdeniz'de 2,5°C ve Marmara Denizinde 2,3°C olduğu belirlenmiştir.



Şekil 2. Karadeniz, Marmara Denizi, Ege Denizi ve Akdeniz'in 1970 ile 2021 yılları arasında yıllık ortalama DSS'lerin normallerinden (1981-2010) farkları.

Tablo 1. Akdeniz, Ege Denizi, Marmara Denizi ve Karadeniz'in 1970 – 2021 yılları yıllık ortalama DSS değerlerinin Mann-Kendall Eğim Analizi (MGM gözlem verilerinden). (Mann-Kendall güvenilirlik (anlamlılık) seviyeleri; \*\*\*= $\alpha$ : 0.001, \*\*= $\alpha$ : 0.01 güvenilirlik seviyesinde, \* $\alpha$ : 0.05 ve + $\alpha$ : 0.1 güvenilirlik seviyesini gösterir.)

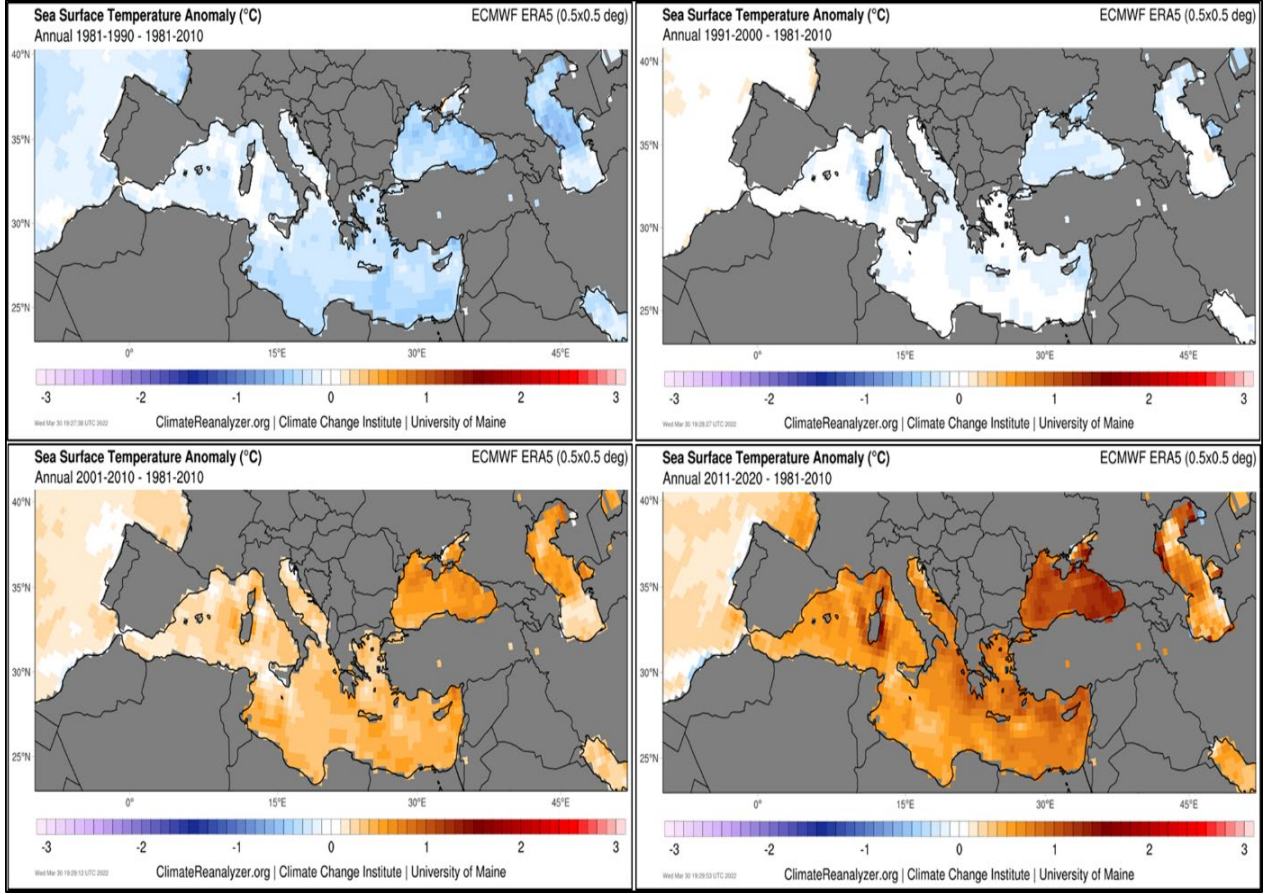
| Mann-Kendall Eğim (Trend) Analizi |         |         |    |        |                       |
|-----------------------------------|---------|---------|----|--------|-----------------------|
| Zaman Serisi / Denizler           | İlk Yıl | Son Yıl | n  | Test Z | Güvenilirlik Seviyesi |
| AKDENİZ                           | 1970    | 2021    | 52 | 6.8797 | ***                   |
| KARADENİZ                         | 1970    | 2021    | 52 | 4.5472 | ***                   |
| EGE DENİZİ                        | 1970    | 2021    | 52 | 6.1112 | ***                   |
| MARMARA DENİZİ                    | 1970    | 2021    | 52 | 5.9092 | ***                   |

Tablo 2. Akdeniz, Ege Denizi, Marmara Denizi ve Karadeniz'in onar yıllık dönemlerdeki ortalama DSS değerlerinin normallerinden (1981-2010) farkları ve dönem içindeki maksimum değerleri (MGM gözlem verilerinden).

| Dönem     |          | AKDENİZ | KARADENİZ | EGE DENİZİ | MARMARA DENİZİ |
|-----------|----------|---------|-----------|------------|----------------|
| 1981-1990 | Ortalama | -0,2    | -0,2      | -0,3       | -0,3           |
|           | Maksimum | 0,2     | 0,5       | 0,1        | 0,5            |
| 1991-2000 | Ortalama | -0,1    | -0,3      | -0,1       | -0,1           |
|           | Maksimum | 0,7     | 0,5       | 0,4        | 0,4            |
| 2001-2010 | Ortalama | 0,4     | 0,5       | 0,5        | 0,4            |
|           | Maksimum | 0,7     | 1,2       | 0,8        | 1,0            |
| 2011-2020 | Ortalama | 0,9     | 1,2       | 0,7        | 1,4            |
|           | Maksimum | 2,5     | 3,5       | 2,3        | 3,2            |

Akdeniz, Ege Denizi, Marmara Denizi ve Karadeniz'in 1981-1990, 1991-2000, 2001-2010 ile 2011-2021 dönemleri için ortalama deniz suyu sıcaklıklarının değerleri hesaplanmıştır. Bu değerlerin normallerinden (1981-2010) farkları hesaplanarak elde edilen değerlerin dağılımları incelendiğinde üçüncü dönemden itibaren DSS'lerde artışların olduğu görülmektedir (Şekil 3, Tablo 2). Günümüzü ifade eden son dönemdeki artışların Akdeniz ile Ege Denizi'nde 0,5 - 1,5°C ve Marmara Denizi ile Karadeniz'de 1,0 - 1,5°C artışlar görülmektedir. Türkiye'nin en büyük iki gölü olan Tuz Gölü ve Van Gölü'nde de artışlar benzer şekildedir (Şekil 3). ERA-5 veri seti ile MGM gözlem verileri de uyuşmaktadır (Tablo 2). Ayrıca, 2011-2020 dönemindeki en yüksek artışın Ege Denizi'nde 2,3°C, Akdeniz'de 2,5°C, Marmara Denizi'nde 3,2°C ve Karadeniz'de 3,5°C olarak tespit edilmiştir.





Şekil 3. Karadeniz, Marmara Denizi, Ege Denizi ve Akdeniz'in 1981-1990, 1991-2000, 2001-2010 ile 2011-2021 dönemleri ortalama deniz suyu sıcaklıklarının normallerinden (1981-2010) farkları dağılımları (ECMWF ERA-5 re-analiz verilerinden).

## 2. Bulgular ve Tartışma

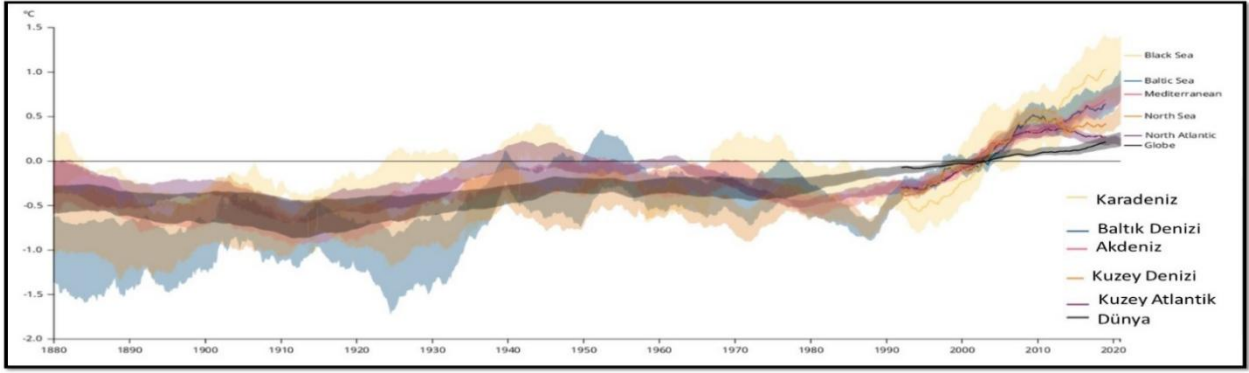
Dünyamızda ve benzer şekilde Türkiye'de kara ve deniz suyu sıcaklıkları, iklim değişikliğinin etkilerine bağlı olarak artmaktadır.

Meteoroloji Genel Müdürlüğü "2021 Yılı İklim Değerlendirmesi" raporunda Türkiye ortalama sıcaklığının 2021 yılında 14,9°C olduğunu, bu değer Türkiye ortalama sıcaklık normalinden (1981–2010 normali 13,5°C) 1,4°C daha sıcak olduğu ifade edilmektedir. Türkiye ortalama sıcaklıkları serisinde 1998'den itibaren normalinden sıcak yıllar görüldüğü ve en sıcak yılın 15,5°C ortalama sıcaklık değeriyle 2010 yılı; 2021 yılı ortalama sıcaklığının ise en sıcak 4. yıl olduğu belirtilmektedir (MGM, 2022, a).

Demircan vd. (2015) çalışmalarında deniz suyu sıcaklıklarındaki (DSS) aylık, mevsimlik ve yıllık değişimlerin hava sıcaklıklarının da değişimine yol açtığını önermişlerdir. Akdeniz DSS'lerindeki 1993 yılında ve 1997 yılında ortaya çıkan kırılmaların, Türkiye ortalama sıcaklıklarındaki türdeşlik kırılmalarıyla örtüştüğünü ifade etmişlerdir. Demircan (2019) tezinde Türkiye'deki sıcaklık artışlarının 1993 yılında Anadolu'nun karasal kesimlerinde ve 1997 yılında kıyı kesimlerinde başladığı, illerdeki ortalama sıcaklık artışlarının 1998 yılından itibaren süreklilik kazandığı önermiştir.

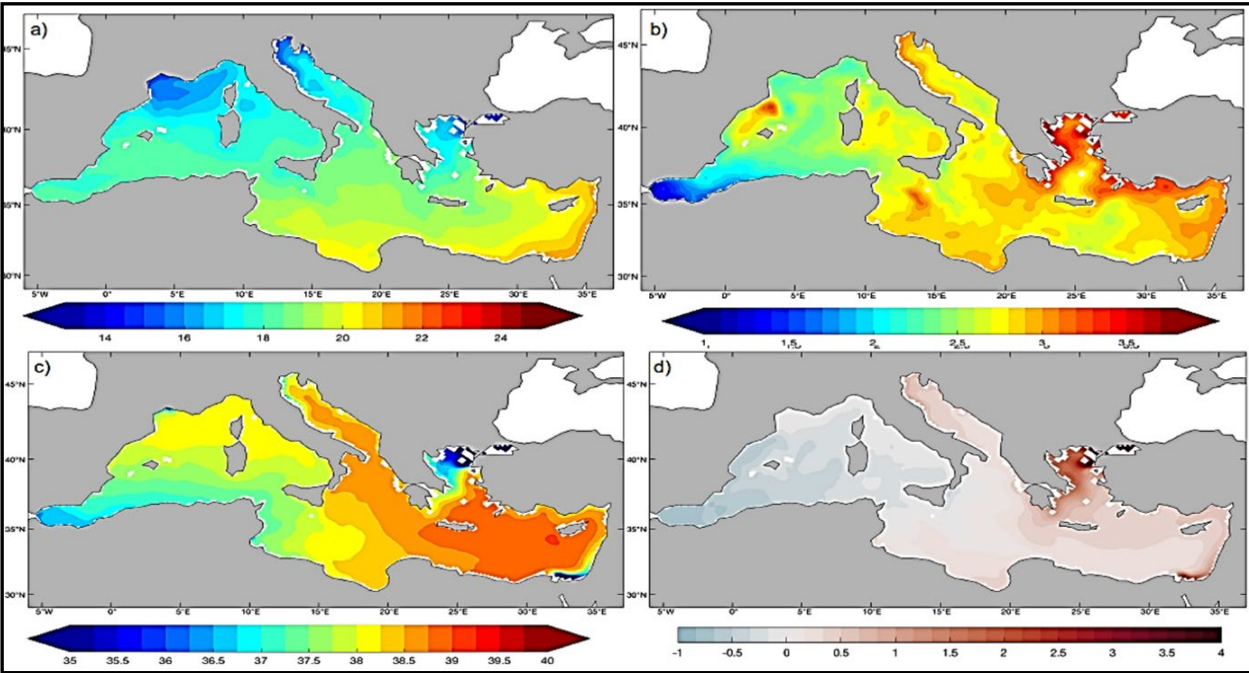
Türkiye İklim Değişikliği 7. Ulusal Bildirimi (2018) raporunda iklim değişikliğinin mevcut durumu, geleceği ve sektörlere etkisi detaylı şekilde irdelenmiştir. Denizlerimizdeki DSS artışlarının ve deniz suyu seviyesi yükselmelerinin denizcilik ve su ürünlerine etkisine dikkat çekilmektedir.

Avrupa Çevre Ajansı (2022) tarafından, iklim değişikliğinin etkilerinden biri deniz suyu sıcaklığındaki (DSS) artış olduğu ifade edilmektedir. Beş Avrupa denizinin tamamının 1870'ten, özellikle de 1970'lerin sonundan beri önemli ölçüde ısındığını ve 1982 ile 2018 arasında, DSS'lerin Kuzey Atlantik'te on yılda yaklaşık 0,3°C ve Karadeniz'de on yılda yaklaşık 0,6°C arttığı belirtilmektedir (Şekil 4).



Şekil 4. Farklı Avrupa denizlerinde deniz suyu sıcaklıkları anomalisi (Avrupa Çevre Ajansı, 2022)

Türkiye iklim değişikliği öngörülerinin (projeksiyon) çıktılarını özetle, Türkiye'de yıllık ortalama sıcaklıklarında 2016-2040 döneminde 1,0 – 2,0°C; 2041–2070 döneminde 1,5 – 4,0°C ve 2071 – 2099 döneminde 1,5 – 5°C arasında artışlar öngörüldüğünü belirtilmiştir. Yağış öngörülerinde ise tüm dönemlerde genel olarak kış mevsiminde yağış miktarında artışlar olacağı; ilkbahar mevsiminde Türkiye'nin kıyı ve kuzeydoğu bölümleri dışında kalan bölgelerde yağış miktarında azalışlar olacağı; yaz mevsiminde ülkenin batı kıyıları ve kuzeydoğu bölümleri dışında yağış miktarında azalışlar olacağı ve sonbahar mevsiminde genel olarak yağış miktarında bir azalma olacağı ifade edilmektedir. Yaz mevsiminde oluşacak yağışların özellikle Türkiye'nin batı ve kuzey bölgelerinde sellere neden olabileceği belirtilmiştir. Ayrıca sıcaklıklardaki artışlar ekstrem meteorolojik olayların (fırtına, dolu ve hortum vb.) sayısında, şiddetinde ve tekrar sıklığında artışa yol açabileceğini önermektedirler. Su Yönetimi Genel Müdürlüğü'nün (İDSKEP, 2016) projesinde de 2015-2100 döneminde Marmara ve Karadeniz bölgelerinde aşırı yağış ve sel baskını olasılıklarının artabileceği sonucuna varılmıştır (Demircan vd. 2017, Demircan 2019).

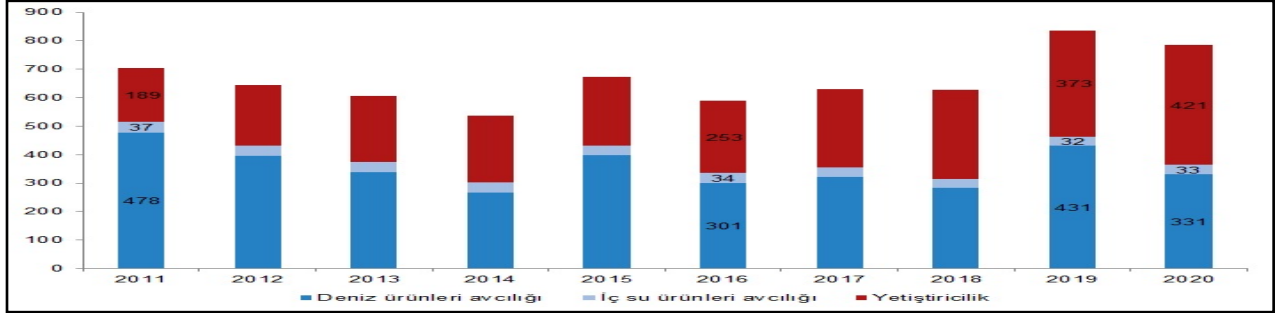


Şekil 5. a) Ortalama DSS (°C, 1976–2005 dönemi) ile b) RCP8.5 projeksiyonuna göre referans dönem ortalama DSS'den farkı (°C, 2070–2099 dönemi); c) Deniz yüzey tuzluluğu (DYT) (psu, 1976–2005 dönemi) ile d) RCP8.5 projeksiyonuna göre referans dönem DYT'den farkı (psu, 2070–2099 dönemi) (Parras-Berrocal vd. 2020).

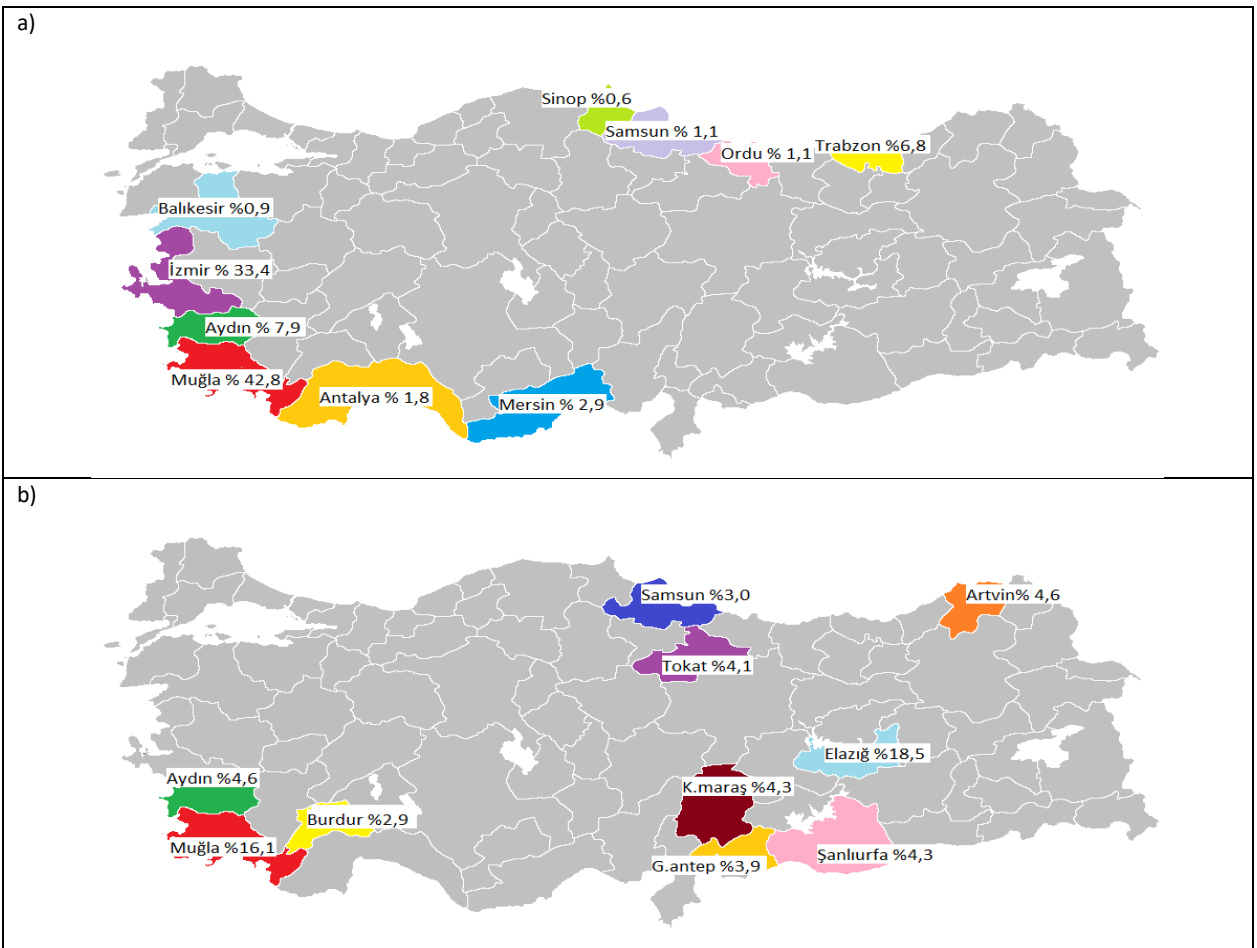
Parras-Berrocal vd. (2020) çalışmalarında iklim değişikliği Temsili Konsantrasyon Rotalarının RCP8.5 senaryolarına göre, 21. yüzyılın sonunda Akdeniz'in havzanın çoğunda daha sıcak ve daha tuzlu olacağını ve 2070–2099 döneminde DSS'nin, 1976–2005 dönemine kıyasla 2,7°C ve ortalama tuzluluk oranının 0,2 psu artacağını önermişlerdir (Şekil 5).

Sakallı (2017), çalışmasında ve araştırmalarda Akdeniz DSS'lerinin 0,4°C/10yıl artış olduğunu ve 1986-2015 referans dönemine göre 2100 yılına kadar 5,8°C artış olabileceğini önermiştir.

Darmaraki vd. (2019) çalışmalarında Akdeniz DSS'lerinin 1976-2005 dönemine göre yüz yılın sonuna kadar yaklaşık 1 – 3,6°C (RCP4.5 ve RCP8.5 Senaryolarına göre) artış olabileceğini önermektedirler.



Şekil 6. Su ürünleri üretimi, 2011-2020 (Ölçek: x1000 ton) (TUİK, 2020).



Şekil 7. a) Denizlerde su ürünleri yetiştiriciliği yapılan illerimizden önemlileri, b) İç sularda su ürünleri yetiştiriciliği yapılan illerimizden önemlileri (Çöteli, F.T., 2020).

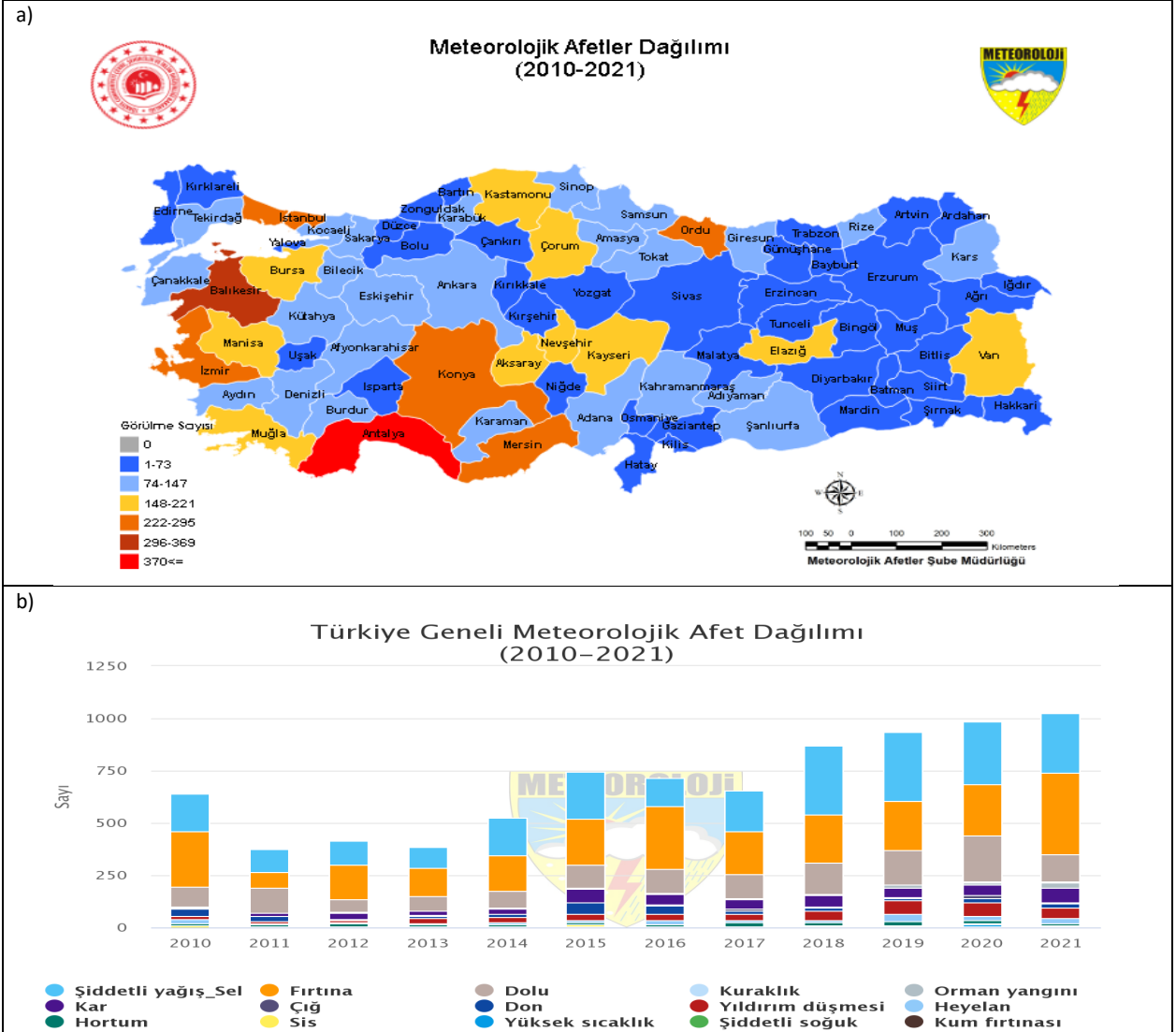
Türkiye’de su ürünleri üreticiliği (avcılık ve yetiştiricilik) giderek artmaktadır; 2019 yılında 836 bin ton ve 2020 yılında pandemiye rağmen 785 bin ton olarak gerçekleşmiştir (Şekil 6) (TUİK, 2020). Türkiye denizlerinde yetiştiricilik yapılan önemli iller; Muğla %42,8, İzmir %33,4 Aydın %7,9 ve Trabzon %6,8 Deniz yetiştiriciliği genelde Ege Denizinde bulunmaktadır. Türkiye iç sularında yetiştiricilik yapılan önemli iller; Elazığ %18,5, Muğla %16,1 ve Aydın ile Artvin’de %4,6’dır (Şekil 7) (Çöteli, F.T., 2020).

Deniz seviyesindeki meydana gelebilecek yükselmeler (özellikle 2050 yılından sonra) yeraltı suları, kıyı kesimi, nehirlerin denize döküldüğü nehir ağzı, delta ve ovalarda; nehir sularının ve toprakların tuzlanmasına yol açabilecektir. İklim değişikliği nedeniyle



ortaya çıkan deniz kıyısı, göl ve nehir yataklarındaki değişimler; kıyı kesimleri altyapısını, balık ve deniz ürünleri yetiştiriciliği yapılan alanları ve bunların ulaşım yollarını etkileyebilecektir.

Meteoroloji Genel Müdürlüğü “Türkiye Meteorolojik Afetler Değerlendirmesi (2010-2021)” raporunda meteorolojik afetlerin yıllık veri sayıları serisinde, en yüksek meteorolojik afetin 2021 yılında gerçekleştiği görülmektedir (Şekil 8). Türkiye’de özellikle 2018 yılından sonra meteorolojik afetlerin yıllık sayılarında göze çarpan bir artış olduğu ifade edilmektedir. Her yıl fırtına, şiddetli yağış/sel ve dolu afetlerinin görüldüğü belirtilmektedir. Belirtilen dönem için Türkiye’yi etkileyen meteorolojik afetler içinde ilk üç sırayı; % 32 ile fırtına, % 30 şiddetli yağış/sel ve dolu afeti % 17,2 ifade edilmektedir (MGM, 2022, b).



Şekil 8. a) Meteorolojik afetlerin Türkiye dağılımı (2010-2021), b) Meteorolojik afetlerin yıllara göre dağılımı (2010-2021) (MGM, 2022, b).

DSS artışları, deniz suyundaki buharlaşma miktarını artırabileceği; bu durum tuzluluk oranında ve şiddetli yağış/sel olaylarının artmasına neden olabilecektir. Bu hadiseler ise başta kıyı şeritleri ve beslenme alanlarının bozulmasına, denizlerde ve su kaynaklarında kirliliğe neden olabilecektir. Ayrıca, DSS artışları ve denizlerde biriken enerji, rüzgâr, fırtına ve hortumların şiddetini de artırabilecektir. 2018 yılında Akdeniz’de gözlemlenen Medicana (Tropikal siklon benzeri (sub)tropikal Akdeniz fırtınaları) ve son yıllarda görülen hortumların sayısının artması da bu nedenledir. Üretim alanlarında, şiddetli rüzgâr/fırtına/hortumlarda ve şiddetli yağış/sellerdeki artış su ürünleri yetiştiriciliğinde kullanılan kafes ve platform gibi yapılara zarar verebilecektir. Çötel’i’nin (2020) çalışmasında gösterdiği üretim yapılan iller ile MGM’nin (2022) raporunda en çok meteorolojik kaynaklı afet sayıları dikkate alındığında bu konuda tedbirlerin geliştirilmesinin önemi daha iyi anlaşılacaktır. Bilgüven ve Can (2018) çalışmalarında kafes ve ağ sistemlerinin Dünya standartlarında olduğunu ifade etmektedir. Bununla birlikte bu planlamalarda meteorolojik kaynaklı afetlerin şiddetlerindeki artışlar ve gelecekte olası şiddet artışları da dikkate alınmalıdır. Hava sıcaklıklarındaki artış depolama ve soğutma

sistemlerinin aşırı çalışmasına ve elektrik tüketimine yol açabilecektir. Ayrıca, özellikle yaz dönemlerinde deniz turizmi için sahil kentlerimize gelen turistlerin nüfusu artması, konforlu bir tatil için iklimlendirme sistemlerinin aşırı kullanılması da buna eklenecektir. Bu durumda elektrik ihtiyacı artacak ve elektrik iletim hatlarında riskler ortaya çıkabilecektir.

Sıcaklık değişimleri, belirli bir konum için belirli türlerin yaşam koşullarının uygunluğu üzerinde farklı etkilere neden olacaktır. Sıcaklıkta gerçekleşen değişimler aynı zamanda oksijen seviyesinde düşüş, toksik alg çoğalmaları, zararlılar/hastalıklarda ve istilacı balıkların yaygınlığında artışa neden olabilecektir. Oksijen seviyesinde düşüş ile toksik alg çoğalmaları açısından en fazla risk altında olan denizimiz; kapalı bir sisteme sahip olması nedeniyle Karadeniz'dir. Diğer taraftan sanayi bölgeleri ile çevrili olan Marmara Denizi için de benzer risk söz konusudur. Ilıman bölgelerde artan sıcaklıklar, sıcak su seven türler ile bu türlerin üremelerinde artış, büyüme oranlarında hızlanma ve daha uzun olgunlaşma dönemleri sağlayabilecektir. Soğuk su seven türler ise soğuk bölgelere doğru göç edecektir.

DSS'lerdeki artış ve deniz suyundaki kirlenmeler, ayrıca denizlerin atmosferik karbondioksit için yutak alanı olması, denizlerdeki oksijen seviyesinin azalmasına ve asitleşmesine neden olabilecektir. Deniz suyu sıcaklığındaki değişimler besin kaynaklarının azalmasına neden olabilecektir. Ayrıca, Türkiye denizlerine özgü endemik türlerin yok olmasına neden olabileceklerdir. Deniz, göl ve nehir sularındaki sıcaklık, hastalık/zararlılarının artması, denizlerdeki zehirli alglerin ve asitleşmesinin artışı, oksijen seviyesinde azalmalar balıkların ölmesine yol açabilecektir.

Hali hazırda Akdeniz DSS'nin artmasıyla birlikte, Hint Okyanusunda yaşayan balık türleri, Akdeniz'e ve buradan diğer denizlere göç etmeye başlamışlardır. Bu türler, Akdeniz havzasında yaşayan balık türlerine ve deniz turizmi yapan insanlara zarar vermeye başlamıştır.

Denizel ve kıyı alanlarında yerleşik halk, meteorolojik ekstrem olayların yol açacağı afetler, deniz suyu yükselmesinden kaynaklı riskler vb. nedeniyle sağlık açısından; deniz ve su ürünleri ile ilgili üretim faaliyetlerinde oluşabilecek verim azalışı ve maliyet artışından ekonomik olarak risk altında olacaktır. Toplam yağışlarda azalış ve şiddetli yağışlardaki artış; su kıtlığı, su kirliliği ve su kaynaklarına ulaşımdaki sıkıntılara neden olabilecektir. Su sıkıntıları halk sağlığı ve özellikle yaz aylarında gelen turistlerin sağlığı konusunda tehditler oluşturabilecektir. Ayrıca su kıtlığı ve kirliliği denizel ve iç sulardaki su ürünleri yetiştiriciliğini etkileyecektir. Son zamanlarda örnekleri görüldüğü gibi göllerin kurumasına neden olabilecektir.

Su ve deniz ürünleri ile geçimini sağlayan toplumun balıkçılık faaliyetleri; balıkçılık mevsimindeki değişim, balıkların gelişmemesi ve balık göçleri nedeni ile baskı altında olacaktır. İklim değişikliğinin deniz suyu tuzluluğu ve asidik özelliğinde değişimlere yol açması; deniz canlılarının yumurta bırakma zamanı, üreme özelliklerinde ve üreme ortamında tehditlere ve değişimlere neden olabilecektir. Aynı zamanda bu olay balıkların sağlıklı bir şekilde büyümesini, yetişmesini ve ürün kalitesini etkileyebilecektir.

McCauley ve Beitinger (1992) çalışmalarında deniz suyu sıcaklığındaki gerçekleşen her 1°C'lik artış için Kanal Yayın Balığının optimum yetiştirme alanının yaklaşık 240km kuzeye kayacağı öngörüsünde bulunmuşlardır (Cochrane vd. 2009). Kanal yayın balığı yüksek sıcaklıklarda gerçekleştirilen yetiştiricilik göz önünde bulundurulduğunda maliyetler ve sıcaklık artışının bazı faydalarının anlaşılması açısından çok iyi bir örnek niteliğindedir.

Sıcak su seven balıklarda birim alan başına üretim artışı, ortalama su sıcaklığının yükselmesi ile artabilecektir. Bununla birlikte 30°C üzerindeki sıcaklıklarda besleme ve büyüme oranlarında azalma gözlemlenebilmektedir. Ancak soğuk su seven balıklar için daha serin alanlarda verim artarken sıcak alanlarda da bu verim düşebilecektir. Soğuk/serin suda yetişen su ve deniz ürünleri türleri, artan deniz suyu sıcaklıkları nedeniyle daha serin bölgelere göç edebilecektir. Bölgede kalan türler ise gelişimini ve yağlanmasını tamamlayamayacaktır.

## SONUÇ:

Tüm Dünyada ve Türkiye'de denizcilik ve su ürünleri sektörü ekonomik olarak gelişen sektörlerdendir. Türkiye, üç yanı denizler ile çevrili olup hâlihazırda Akdeniz, Ege, Marmara ve Karadeniz'de başta balıkçılık, su ürünleri yetiştiriciliği, taşımacılık, turizm olmak üzere denizcilik ile ilgili tüm sektörler deniz suyu sıcaklıklarındaki (DSS) artışlardan etkilenmektedir. Ayrıca, DSS'lerdeki artışlar meteorolojik/iklim kaynaklı afetlerin şiddetlerini ve meydana gelme sıklıklarını da artırmaktadır.

Türkiye'yi çevreleyen denizlerdeki DSS'de son yirmi yılda yaklaşık 0,4 – 1,4°C artış gerçekleşmiş olup bu dönem içinde maksimum artışların yaklaşık 2,3 – 3,5°C arasında olduğu da tespit edilmiştir. DSS'lerdeki en fazla artış Karadeniz'de tespit edilmiştir. DSS'lerde yüz yılın sonuna (2100 yılına) kadar 2 – 5°C artış olacağı öngörülmektedir.

Türkiye'nin denizleri iklim değişikliği yanında kirlilik tehlikesiyle de karşı karşıya bulunmaktadır. 2021 yılında Marmara Denzinde yaşanan deniz salyası (müsila) sorunu bunun ilk işaretlerindedir. Deniz salyasının oluşmasının etmenlerinden iki tanesi olan sıcaklık artışı ve oksijensizleşmenin etkileri iklim değişikliği ile birlikte güçlenecektir.

Sonuç olarak, iklim değişikliği tüm canlıların yaşam koşullarını ve tüm sektörleri etkileyecektir. Bu etkinin zararlarını en aza indirmek için uyum çalışmaları yapılmalı ve stratejiler belirlenmelidir. Türkiye'de denizlerin sıcaklık, tuzluluk, kimyasal içerik değişimleri ve bunların gelecekteki öngörülmesi üzerine yapılan çalışmalar yeterli sayıya ulaşmamıştır. Bu durum aslında Türkiye'de denizcilik ve denizcilik faaliyetlerine verilen önemle de ilişkilidir. Türkiye denizleri için yapılacak uyum çalışmalarının bilimsel altlığı oluşturmak ve doğru stratejileri belirleyebilmek için denizlerde gözlem ağları kurulmalı/geliştirilmeli, toplanan veriler ve modellemeler ile bilimsel çalışmalara önem verilmelidir.

İklim değişikliğini su ürünleri üzerine etkisini doğru bir şekilde belirleyebilmek için iklim ve su ürünleri (Bu durum; tarım ürünleri, hayvancılık, diğer sektörler içinde geçerlidir.) ilişkisinin iyi belirlenmesi gerekir. Bunu sağlamak için su ürünleri (ve sayılan diğer konular) üretimine ilişkin verilerin tutulması gerekir. Ayrıca bu verilerin doğru ve yapay etkilerden arındırılmış (destekleme, ürün fiyat ve talep artışı vb.) olması doğru ilişki kurmak için gereklidir. Tanımlanan bu ürün verileri ile iklim arasında ortaya çıkarılacak ilişki, hem iklim değişikliği etkisini doğru bir şekilde ortaya koymak için, hem de iklimsel tahminler ile kısa/orta dönemler için gelecek planlarında kullanılabilir.

#### ETİK STANDARTLAR:

**Çıkar Çatışması:** Yazar ve üçüncü kişilerle olası çıkar çatışması yoktur.

**Etik Kurul İzni:** Araştırma için Etik Kurul kararına gerek yoktur.

**Finansal Destek:** Finansal bir destek yoktur.

#### KAYNAKÇA:

- Avrupa Çevre Ajansı (2022). <https://www.eea.europa.eu/ims/european-sea-surface-temperature>, Erişim tarihi, 30.03.2022
- Bilgüven M., Can G., 2018.Balık Yemlerinde Balık Unu Yerine Tavuk Ununun Kullanılma Olanakları, Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, Cilt:32 Sayı:2 Sayfa: 189-200
- Climate Re-Analyzer (2022). the Climate Change Institute at the University of Maine ve the National Science Foundation, <https://climateranalyzer.org/>. Erişim Tarihi: 30.03.2022
- Cochrane, K., De Young, C., ve Bahri, T., (2009).Climate change implications for fisheries and aquaculture, Overview of current scientific knowledge, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome
- Demircan, M., Çiçek, İ., Türkoğlu, N., Ekici, M., Arabacı, H. ve Akçakaya, A., (2015). Ortalama Sıcaklıklardaki Türdeşlik Kırılmalarının İklim Göstergeleriyle İlişkisi, VII. Uluslararası Katılımlı Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, 28-30 Nisan 2015
- Demircan, M., Arabacı, H., Gürkan, H., Eskioğlu, O., Coşkun, M., (2017). Climate Change Projections for Turkey: Three Models and Two Scenarios, Türkiye Su Bilimi ve Yönetimi Dergisi (Turkish Journal Of Water Science & Management), ISSN:2536 474X Publication number:6777, Volume: 1 Issue: 1, Ankara
- Demircan, M., Türkoğlu, N., Çiçek, İ., (2017). Climate Change: From Model to Sectoral Applications, International Congress on 75th Anniversary of Turkish Geography Society (TGS 75th Year), 8-10 November 2017, Ankara, Turkey
- Demircan, M., (2019). Sıcaklık Verilerindeki Kırılma Tarihleriyle İklim İndekslerinin İlişkisi, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı, Fiziki Coğrafya Bilim Dalı, Ankara, (a)
- Demircan, M.,(2019). İklim Değişikliği: Sektörel İklim Ürünleri ve Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS). TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 16. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara (b)
- Denizcilik Genel Müdürlüğü (DGM), (2020). İstatistik Bülteni, Deniz Ticareti İstatistikleri, 2 Şubat 2021, <https://denizcilik.uab.gov.tr/uploads/pages/yayinlar/denizcilik-istatistikleri-bulteni-2020-02-02-2021-6114cee0349da.pdf>, Erişim tarihi: 04.04.2022
- ERA-5, Avrupa Orta Vadeli Hava Tahmin Merkezinin (the European Centre for Medium-Range Weather Forecasts - ECMWF) tekrar analiz model verileri, <https://www.ecmwf.int/en/forecasts/datasets/reanalysis-datasets/era5>, Erişim tarihi: 04.04.2022
- McCauley, R., ve Beitinger, T., (1992). Predicted effects of climate warming on the commercial culture of the channel catfish, *Ictalurus punctatus* . *GeoJournal* 28, 61–66 (1992). <https://doi.org/10.1007/BF00216407>
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM)(2022). 2021 Yılı İklim Değerlendirmesi Raporu, Ankara (a)
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM)(2022). Türkiye Meteorolojik Afetler Değerlendirmesi (2010-2021) Raporu, Ankara (b)
- Parras-Berrocal, I. M., Vazquez, R., Cabos, W., Sein, D., , Mañanes, R., Perez-Sanz, J., ve Izquierdo, A., (2020). The climate change signal in the Mediterranean Sea in a regionally coupled atmosphere-ocean model, *June 2020 Ocean Science* 16(3):743-765, DOI: 10.5194/os-16-743-2020

- Sakallı, A., (2017). Sea Surface Temperature Change In The Mediterranean Sea Under Climate Change: A Linear Model For Simulation Of The Sea Surface Temperature Up To 2100, *Applied Ecology And Environmental Research*, 15(1): 707-716. ISSN 1589 1623 (Print), ISSN 1785 0037 (Online), DOI: [http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1501\\_707716](http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1501_707716)
- Darmaraki, S., Somot, S., Sevault, F. et al. (2019). Future evolution of Marine Heatwaves in the Mediterranean Sea. *Clim Dyn* 53, 1371–1392 (2019). <https://doi.org/10.1007/s00382-019-04661-z>
- Çöteli, F.T., (2020). Ürün Raporu Su Ürünleri 2020, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Ekonomi Ve Politika Geliştirme Enstitüsü, Tepge Yayın No: 317, ISBN: 978-605-7599-43-8
- TUİK, (2020). Su Ürünleri, Türkiye İstatistik Kurumu, Sayı: 37252, 04 Haziran 2021, <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Su-Urunleri-2020-37252>, Erişim tarihi: 04.04.2022
- Türkiye İklim Değişikliği 5. Bildirimi (TİDBB) (2013). T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara, Türkiye
- T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü (SYGM), (2016). İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi (İDSKEP), Ankara
- Türkiye İklim Değişikliği 7. Ulusal Bildirimi (TİDYUB), (2018). T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara, Türkiye
- United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) (1992). <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/conveng.pdf>



**EXTENDED SUMMARY:**

Climate is one of the most important elements that play a role in shaping the habitats, lifestyles and physical characteristics of all living things in the Biosphere. Sea creatures are a part of the biosphere. Climate change is an important threat not only to our entire planet but also to oceans, seas and sea creatures. Turkey is surrounded by seas with different ecology and climate, namely the Mediterranean, Aegean, Marmara and Black Seas. Aquaculture and fishing are important sources of income in Turkey's seas and freshwaters. In addition, transportation, tourism, sports, etc. activities are socio-economic activities carried out in its seas and waters. The increase in temperature in the seas of Turkey, especially in the Mediterranean, transforms the seas into tropical seas and invader species migrate to the region from tropical seas. In this study, the temperature increase in Turkish seas will be tried to be revealed. In the light of this change, possible changes in Turkish seas and the effects of climate change on seas and fishery products will be discussed. The data obtained from the measurements of the marine meteorology observation systems of the Turkish State Meteorological Service between the years 1970-2021 were analysed for the Mediterranean, Aegean Sea, Marmara and Black Sea. Sea surface temperatures (SST) in the seas surrounding Turkey have increased by about 0.4 - 1.4 °C in the last two decades, and it has been determined that the maximum increases are between about 2.3 - 3.5 °C in this period. According to Mann-Kendall Slope Analysis, the increases in DSSs are at a significant level  $\alpha$ : 0.001. The highest increase in SSTs was detected in the Black Sea.

Changes in Sea Surface Temperature (SST) may also result in decreased oxygen levels, toxic algal blooms, increased pests/diseases and the prevalence of invasive fish. Due to its closed system, the Black Sea is at a lot of risks in terms of toxic algae growth with a decrease in oxygen level. On the other hand, there is a similar risk for the Marmara Sea, which is surrounded by industrial zones. Increasing temperatures in temperate climatic regions will lead to an increase in the reproduction of marine species growing in warm water, an acceleration in growth rates and longer maturation periods. Marine species that grow in cold water will migrate toward cold regions. An increase in SSTs and pollution in seawater may cause the extinction of endemic species of Turkish seas. Residents in marine and coastal areas will be at risk in terms of health disasters caused by meteorological extreme events and risks arising from seawater rise, etc. and they will be at risk economically due to the decrease in efficiency and cost increase that may occur in production activities related to marine and aquaculture products. Decrease in total precipitation and increase in heavy precipitation; water scarcity and water pollution may cause problems in accessing water resources. Water shortages may pose threats to public health and the health of tourists, especially in summer. Fishing activities of the community that makes a living with water and seafood; will be under pressure due to the change in the fishing season, underdeveloped fish and fish migration.

Turkey's seas face the danger of pollution as well as climate change. The sea saliva (mucilage) problem in the Marmara Sea in 2021 is one of the first signs of this. The effects of temperature increase and deoxygenation, which are two of the factors in the formation of sea saliva, will be strengthened with climate change.

As a result, climate change will affect the living conditions of all living things and all sectors. In order to minimize the damages of this effect, adaptation studies should be carried out and strategies should be determined. Studies on temperature, salinity, and chemical content changes of the seas in Turkey and their future predictions have not reached sufficient numbers. This situation is actually related to the importance given to maritime and maritime activities in Turkey. In order to form the scientific basis of adaptation studies for Turkish seas and to determine the right strategies, observation networks should be established/developed in the seas and it should be given importance to the collected data, modelling and scientific studies.

In order to accurately determine the impact of climate change on fishery products, the relationship between climate and fishery products (This is valid for agricultural products, livestock, and other sectors) must be well defined. In order to achieve this, it is necessary to keep data on the production of fishery products (and other issues listed). In addition, it is necessary to establish a correct relationship that these data are accurate and free from artificial effects (an increase in production support, product price and demand, etc.). The relationship to be revealed between these defined product data and climate can be used both to accurately reveal the impact of climate change and to make climatic forecasts and future plans for short/medium terms.