

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KARADENİZ DENİZ YÜZEY SICAKLIĞININ YERSEL VE UZAKTAN  
ALGILAMA TEKNİKLERİYLE UZUN DÖNEMLİ ANALİZİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Barış DEMİR**

**Deniz Ulaştırma Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Deniz Ulaştırma Mühendisliği Programı**

**MAYIS 2015**



**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KARADENİZ DENİZ YÜZEY SICAKLIĞININ YERSEL VE UZAKTAN  
ALGILAMA TEKNİKLERİYLE UZUN DÖNEMLİ ANALİZİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Barış DEMİR**

**(512131023)**

**Deniz Ulaştırma Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Deniz Ulaştırma Mühendisliği Programı**

**Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Burcu ÖZSOY ÇİÇEK**

**MAYIS 2015**



İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün **512131023** numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Barış DEMİR**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**KARADENİZ DENİZ YÜZEY SICAKLIĞININ YERSEL VE UZAKTAN ALGILAMA TEKNİKLERİYLE UZUN DÖNEMLİ ANALİZİ**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

**Tez Danışmanı :** **Yrd. Doç. Dr. Burcu ÖZSOY ÇİÇEK**  
İstanbul Teknik Üniversitesi

**Jüri Üyeleri :** **Doç. Dr. Vesile Selma ÜNLÜ**  
İstanbul Üniversitesi

**Yrd. Doç. Dr. Sevilay CAN**  
İstanbul Teknik Üniversitesi

**Teslim Tarihi :** **04 Mayıs 2015**  
**Savunma Tarihi :** **28 Mayıs 2015**



*Aileme ve tüm sevdiklerime,*



## ÖNSÖZ

İçinde yaşadığımız evrende, özellikle son yüzyılda meydana gelen, şu an ve gelecekteki en büyük sorunlarımızdan biri de şüphesiz küresel iklim değişikliği problemidir. Teknolojik gelişmeler, sınırsız tüketim, geri dönüşümdeki yetersizlikler, ormanlık alanların azalması ve Dünya nüfusundaki artış gibi birçok nedenden meydana gelen sorunlar Dünyamızı olumsuz yönde etkilemiştir ve etkilemeye devam etmektedir. Küresel ısınmadan etkilenen kaynaklarımızın başında da denizlerimiz gelmektedir. Denizlerimizde meydana gelen değişiklikler çeşitlilik göstermektedir.

Bu çalışmada, ticaret hacminin yüksek olduğu, İstanbul ve Çanakkale Boğazları'yla tüm Dünya'ya bağlanan bir deniz olan Karadeniz'in deniz yüzey suyu sıcaklığındaki değişimler analiz edilerek ele alınmıştır, bunları incelemek içinse uzaktan ve yersel algılama yöntemleri kullanılmıştır.

Çalışmamda yararlandığım kaynaklardaki tüm yazar ve araştırmacılara, çalışmam için gerekli verileri edindiğim T.C Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne, tüm çalışmam boyunca bana yol gösteren sayın hocam Yard. Doç. Dr. Burcu ÖZSOY ÇİÇEK'e ve çalışmalarında benden desteklerini esirgemeyen babam Cahit DEMİR, annem Fatma DEMİR ve ablam Zeynep AKAY'a teşekkürlerimi sunarım.

Mayıs 2015

Barış DEMİR



# İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
<b>ÖNSÖZ</b> .....	vii
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	ix
<b>KISALTMALAR</b> .....	xi
<b>TABLO LİSTESİ</b> .....	xiii
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b> .....	xv
<b>ÖZET</b> .....	xvii
<b>SUMMARY</b> .....	xxi
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
1.1 Küresel İklim Değişikliği ve Sera Etkisi .....	4
1.1.1 Küresel iklim değişikliğinin deniz ekosistemine etkisi .....	9
1.1.2 Küresel iklim değişikliği ve Karadeniz ekosistemi .....	12
1.2 Deniz Yüzey Suyu Sıcaklığı .....	17
1.3 Yapılan Çalışmanın Amacı .....	20
<b>2. ÇALIŞMA ALANI VE DATA</b> .....	<b>21</b>
2.1 Çalışma Alanı .....	21
2.1.1 Karadeniz'in genel özellikleri .....	21
2.1.2.Zonguldak .....	24
2.2 Data.....	25
2.2.1 Yersel algılama yöntemleri (in situ) .....	25
2.2.2 Uzaktan algılama yöntemleri (Remote sensing).....	29
<b>3. YÖNTEM</b> .....	<b>31</b>
3.1 Yersel Algılama Yöntemi (in situ) Analizi.....	31
3.2 Uzaktan Algılama Yöntemi (Remote Sensing) Analizi.....	31
3.3 Yersel ve Uzaktan Algılama Yöntemi Verilerinin Karşılaştırılması.....	32
<b>4. ANALİZ SONUÇLARI</b> .....	<b>37</b>
4.1 2000-2012 Yılları Arasındaki Karadeniz Deniz Havzası Uzaktan Algılama Yöntemi Ortalama SST Grafik ve Değerlendirmeleri.....	37
4.2 2000-2012 Yılları Arasındaki Zonguldak Deniz Havzası Uzaktan Algılama Yöntemi SST Grafik ve Değerlendirmeleri.....	48
4.3 Zonguldak Deniz Yüzey Sıcaklığı 1970-2010 Yılları Arasındaki Uzun Dönemli Yersel Algılama Yöntemi Analizi .....	61
4.4 2000-2012 Yılları Arasındaki Zonguldak Deniz Yüzey Sıcaklığı Uzaktan ve Yersel Algılama Verilerinin Karşılaştırılması.....	65
<b>5. SONUÇ VE ÖNERİLER</b> .....	<b>75</b>
<b>KAYNAKLAR</b> .....	<b>77</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ</b> .....	<b>81</b>



## KISALTMALAR

<b>SST</b>	: Sea Surface Temperature ( Deniz Yüzey Sıcaklığı)
<b>WMO</b>	: World Trade Organization ( Dünya Ticaret Örgütü )
<b>UNEP</b>	: United Nations Enviroment Programme ( Birleşmiş Milletler Çevre Programı )
<b>RCP</b>	: Representative Concentration Pathways ( Temsili Konsantrasyon Rotaları )
<b>Ppm</b>	: Parts Per Million ( Milyonda Bir Birim )
<b>NAO</b>	: North Atlantic Oscillation ( Kuzey Atlantik Salınımı )
<b>EAWR</b>	: Eastern Atlantic-Western Russia ( Doğu Atlantik-Batı Rusya Salınımı )
<b>AB</b>	: Avrupa Birliği
<b>TÜDAV</b>	: Türkiye Deniz Araştırmaları Vakfı
<b>In Situ</b>	: Yersel Algılama
<b>Remote Sensing</b>	: Uzaktan Algılama
<b>VOS</b>	: Voluntery Observing Ships ( Gönüllü Gözlem Gemileri )
<b>ICOADS</b>	: International Comprehensive Ocean-Atmosphere Data Set ( Uluslararası Kapsamlı Okyanus-Atmosfer Veri Seti )
<b>AVHRR</b>	: Advenced Very High Resolution Radiometer ( İleri Çok Yüksek Çözünürlüklü Radyometre )
<b>VISSR</b>	: Visible Infrared Spin Scan Radiometer ( Görünür Kızılötesi Spin Tarama Radyometresi )
<b>MODIS</b>	: Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer ( Orta Çözünürlüklü Görüntülemeli Spektroyometre )
<b>SEAWIFS</b>	: Sea-Viewing Wide Field-of-View Sensor ( Geniş Çaplı Deniz İnceleme Sensörü )
<b>OTB</b>	: Orbital Test Bed ( Yörüngesel Test Yatağı )
<b>NOAA</b>	: International Ocean and Atmosphere Administration ( Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi )



## TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
<b>Tablo 1.1</b> : Temsili Konsantrasyon Rotası Senaryoları (RCPs).....	8
<b>Tablo 2.1</b> : 2014 yılında gönderilen bazı meteoroloji uyduları.....	29
<b>Tablo 2.2</b> : Deniz Yüzey Sıcaklığı (SST) yapan uydulardan bazıları .....	30
<b>Tablo 4.1</b> : 2000-2004 yılları arasındaki Karadeniz deniz yüzey sıcaklığı arasındaki yüksek farklar.....	41
<b>Tablo 4.2</b> : 2005-2009 yılları arasındaki Karadeniz deniz yüzey sıcaklığı arasındaki yüksek farklar.....	44
<b>Tablo 4.3</b> : 2010-2012 yılları arasındaki Karadeniz deniz yüzey sıcaklığı arasındaki yüksek farklar.....	47
<b>Tablo 4.4</b> : 2000-2004 yılları arasındaki Zonguldak deniz yüzey sıcaklığı arasındaki yüksek farklar.....	51
<b>Tablo 4.5</b> : 2005-2009 yılları arasındaki Zonguldak deniz yüzey sıcaklığı arasındaki yüksek farklar.....	56
<b>Tablo 4.6</b> : 2010-2012 yılları arasındaki Zonguldak deniz yüzey sıcaklığı arasındaki yüksek farklar.....	60
<b>Tablo 4.7</b> : 1970-2010 yılları arasındaki yıllık Zonguldak deniz yüzey sıcaklığı ortalamaları. ....	64
<b>Tablo 4.8</b> : 2000-2012 yılları arasındaki Zonguldak yersel ve uzaktan algılama yöntemi karşılaştırmasında ortaya çıkan r korelasyon katsayısı değerleri .....	72



## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

<b>Şekil 1.1</b> : 2015 yılı ocak ayı ortalama sıcaklık değerlerinin 1981-2010 yılları bazlı kara ve okyanuslardaki sıcaklıklar dağılımlarının gösterimi. ....	2
<b>Şekil 1.2</b> : Atmosferik CO <sub>2</sub> konsantrasyonunun Şubat 1959-2015 yıllarındaki değişimi. Kaynak : www.esrl.noaa.gov .....	5
<b>Şekil 1.3</b> : 1986-2005'ten 2081-2100 yılları arasındaki RCP 2.6 – 8.5 senaryoları... 6	6
<b>Şekil 1.4</b> : 1986-2005 yılları baz alınarak deniz suyu seviyelerinde meydana gelen son yy'daki artış grafiği .....	10
<b>Şekil 1.5</b> : 1901-2012 yılları arasındaki deniz yüzey sıcaklığının uydu görüntüleri ve değişik kombinasyonlarla elde edilmiş değişimi. ....	11
<b>Şekil 1.6</b> : Tropik ve Sabtropik bölgelerde meydana gelen ısı artışı ve balıkçılık faaliyetlerine etkisinin balık termometresiyle gösterimi.....	12
<b>Şekil 1.7</b> : + pozitif NAO, - negatif NAO .....	13
<b>Şekil 1.8</b> : 1930-2005 yılları arasındaki karadeniz SST değişimleri. ....	14
<b>Şekil 1.9</b> : Yıllık ortalama SST anormalliği, Kuzey Atlantik ve Doğu Atlantik – Batı Rusya Salınımı iklim değişikliği.....	14
<b>Şekil 1.10</b> : Karadeniz ortalama deniz suyu artışının çizgisel gösterimi. ....	16
<b>Şekil 1.11</b> : Sudaki derinliğe bağlı sıcaklık değişimi ve katmanlar.....	18
<b>Şekil 2.1</b> : Karadeniz.....	21
<b>Şekil 2.2</b> : Karadeniz'in akıntı sürkülasyonu.....	22
<b>Şekil 2.3</b> : Karadeniz'deki oksijen ve sülfürik hidrojenin derinliğe göre dağılımı. ..	24
<b>Şekil 2.4</b> : Zonguldak Merkezdeki Gözlem İstasyonları. (kırmızı renk Merkez Gözlem İstasyonu, Sarı renk Güney Mendirek Feneri İstasyonu) Kaynak : Google Earth....	24
<b>Şekil 2.5</b> : Sabit şamandıra – Sürüklenen şamandıra.....	26
<b>Şekil 2.6</b> : Zonguldak güney mendirek feneri istasyonu- Kaynak : www.mgm.gov.tr .....	27
<b>Şekil 2.7</b> : Türkiye Deniz Otomatik Meteoroloji Gözlem İstasyonları ve deniz suyu sıcaklıkları. Kaynak: mgm.gov.tr.....	28
<b>Şekil 3.1</b> : 2000-2012 yılları arasındaki Zonguldak havzası ortalama sıcaklığının uzaktan algılama verilerinin Seadas programından alınması .....	34
<b>Şekil 3.2</b> : 2000-2012 yılları arasındaki Karadeniz havzası ortalama sıcaklığının uzaktan algılama verilerinin Seadas programından alınması .....	35
<b>Şekil 4.1</b> : Karadeniz 2000-2012 yılları arasındaki yıllık deniz yüzey suyu sıcaklık ortalaması .....	37
<b>Şekil 4.2</b> : 1950-2014 yılları arasındaki kış ayı NAO indeksi.....	38
<b>Şekil 4.3</b> : 2000-2004 yılları arasındaki Karadeniz günlük uzaktan algılama ortalama deniz yüzey sıcaklığı grafiği .....	40
<b>Şekil 4.4</b> : Karadeniz 2005-2009 yılları arasındaki günlük uzaktan algılama ortalama deniz yüzey sıcaklığı grafiği .....	42
<b>Şekil 4.5</b> : Karadeniz 2010-2012 yılları arasındaki günlük uzaktan algılama ortalama deniz yüzey sıcaklığı verileri. ....	45
<b>Şekil 4.6</b> : Zonguldak 2000-2004 yılları arasındaki günlük uzaktan algılama deniz yüzey sıcaklığı verileri. ....	49
<b>Şekil 4.7</b> : Zonguldak 2005-2009 yılları arasındaki günlük uzaktan algılama deniz yüzey sıcaklığı verileri. ....	53
<b>Şekil 4.8</b> : Zonguldak 2010-2012 yılları arasındaki günlük uzaktan algılama deniz yüzey sıcaklığı verileri .....	58

<b>Şekil 4.9</b> : 1970-1979 yılları arasındaki Zonguldak ortalama deniz yüzey sıcaklıkları.....	61
<b>Şekil 4.10</b> : 1980-1989 yılları arasındaki Zonguldak ortalama deniz yüzey sıcaklıkları.....	62
<b>Şekil 4.11</b> : 1990-1999 yılları arasındaki Zonguldak ortalama deniz yüzey sıcaklıkları.....	62
<b>Şekil 4.12</b> : 2000-2010 yılları arasındaki Zonguldak ortalama deniz yüzey sıcaklıkları.....	63
<b>Şekil 4.13</b> : Zonguldak 2000 Yılı Yersel ve Uzaktan Algılama Yöntemi Karşılaştırması doğrusal korelasyon grafiği.....	66
<b>Şekil 4.14</b> : Zonguldak 2001 Yılı Yersel ve Uzaktan Algılama Yöntemi Karşılaştırması doğrusal korelasyon grafiği.....	66
<b>Şekil 4.15</b> : Zonguldak 2002 Yılı Yersel ve Uzaktan Algılama Yöntemi Karşılaştırması doğrusal korelasyon grafiği.....	67
<b>Şekil 4.16</b> : Zonguldak 2003 Yılı Yersel ve Uzaktan Algılama Yöntemi Karşılaştırması doğrusal korelasyon grafiği.....	67
<b>Şekil 4.17</b> : Zonguldak 2004 Yılı Yersel ve Uzaktan Algılama Yöntemi Karşılaştırması doğrusal korelasyon grafiği.....	68
<b>Şekil 4.18</b> : Zonguldak 2005 Yılı Yersel ve Uzaktan Algılama Yöntemi Karşılaştırması doğrusal korelasyon grafiği.....	68
<b>Şekil 4.19</b> : Zonguldak 2006 Yılı Yersel ve Uzaktan Algılama Yöntemi Karşılaştırması doğrusal korelasyon grafiği.....	69
<b>Şekil 4.20</b> : Zonguldak 2007 Yılı Yersel ve Uzaktan Algılama Yöntemi Karşılaştırması doğrusal korelasyon grafiği.....	69
<b>Şekil 4.21</b> : Zonguldak 2008 Yılı Yersel ve Uzaktan Algılama Yöntemi Karşılaştırması doğrusal korelasyon grafiği.....	70
<b>Şekil 4.22</b> : Zonguldak 2009 Yılı Yersel ve Uzaktan Algılama Yöntemi Karşılaştırması doğrusal korelasyon grafiği.....	70
<b>Şekil 4.23</b> : Zonguldak 2010 Yılı Yersel ve Uzaktan Algılama Yöntemi Karşılaştırması doğrusal korelasyon grafiği.....	71
<b>Şekil 4.24</b> : Zonguldak 2011 Yılı Yersel ve Uzaktan Algılama Yöntemi Karşılaştırması doğrusal korelasyon grafiği.....	71
<b>Şekil 4.25</b> : Zonguldak 2012 Yılı Yersel ve Uzaktan Algılama Yöntemi Karşılaştırması doğrusal korelasyon grafiği.....	72

# KARADENİZ DENİZ YÜZEY SUYU SICAKLIĞININ UZAKTAN VE YERSEL ALGILAMA TEKNİKLERİYLE UZUN DÖNEMLİ ANALİZİ

## ÖZET

18. yüzyılda başlayan süreçle birlikte insanlık tarım toplumundan sanayi toplumuna geçmiştir. İnsan gücünün yerini makinalar almış ve üretim olanakları hızlanmıştır. Sanayileşmeyle birlikte günümüzdeki en büyük sorunlardan biri olarak sera gazı etkisi ve bununla birlikte küresel iklim değişikliği ortaya çıkmıştır. Küresel iklim değişikliği Dünya üzerinde bir çok değişime sebep olmaya başlamıştır.

İklimler uzun vadede değişim özelliği göstermektedir. İklimlerin zaman içerisinde değişmesi normal bir süreçtir. Bu süreç normal dengesinde devam ederken küresel iklim değişikliği sorunuyla birlikte dengesini kaybederek iklim anormallikleri ortaya çıkmaya başlamıştır. Özellikle son yüz yılda etkilerini daha çok gördüğümüz bu problem, eğer sera gazı salınımları bu şekilde artmaya devam ederse geleceğimizi de olumsuz anlamda etkileyecektir.

Küresel iklim değişikliği Dünya üzerinde bir çok alanda etkisini göstermektedir. Buzullardaki erimeler, deniz suyu seviyelerindeki artışlar, kuraklıklar ve Dünya sıcaklık ortalamalarındaki artışlar gibi birçok sorun teknolojinin gelişmesiyle birlikte yapılan çalışmalarda artık daha belirgin bir şekilde ortaya koyulmaktadır. Küresel iklim değişikliğinden etkilenen alanların arasında deniz ve okyanuslar da önemli bir yere sahiptir. Bu su kütleleri Dünya yüzeyinin yaklaşık olarak %70'ini kaplamaktadır ve bu oranda büyük paya sahip su kütlelerinin küresel iklim değişikliğinden etkilenmesi ise kaçınılmazdır.

Yapılan akademik çalışmalar ve çeşitli kuruluş raporlarında Dünya üzerinde meydana gelen iklim değişikliğinden Türkiye'nin de etkilendiği ortaya koyulmuştur. Türkiye denizlerindeki sıcaklık değişimleri de bu çalışmalarda açıkça görülmektedir.

Deniz yüzey sıcaklığı, çeşitli atmosferik salınımlar, dış besleme kaynakları, yağış rejimleri, yoğunluk oranları ve buna bağlı akıntı değişimleri gibi birçok nedenden etkilenmektedir. Bu sebepler nedeniyle deniz suyu sıcaklıkları artmakta veya azalmaktadır; fakat özellikle son çeyrekte daha çok ısınma eğilimine girmişlerdir. Bunun nedeni olarak da küresel iklim değişikliği olarak gösterilmektedir.

Bu bağlamda yapılan çalışmada, uzun dönemde Karadeniz deniz yüzey sıcaklığındaki değişimler incelenmiştir ve Karadeniz deniz yüzey sıcaklığına küresel iklim değişikliğinin etkisi ortaya koyulmaya çalışılmıştır. Deniz yüzey sıcaklığı genel anlamda yersel ve uzaktan algılama yöntemleriyle ölçülmektedir. Yapılan çalışmada da bu iki ölçüm yöntemiyle yapılan uzun dönemli deniz yüzey sıcaklığı ölçümleri analiz edilmiştir ve iki ölçüm yönteminin ne derece tutarlı olduğu yapılan istatiki çalışmada ortaya koyulmuştur.

Çalışmanın birinci bölümünde küresel iklim değişikliği tanımlanmıştır. Küresel iklim değişikliği üzerinde en büyük etkiye sahip sera gazı salınımları açıklanmış ve bu salınımlardaki artış ortaya koyulmuştur. Ayrıca küresel iklim değişikliği üzerine dünya kuruluşlarının yaptıkları çalışmalar ve gelecekte iklim değişikliğinin ne denli olacağına dair bilgisayar modelli senaryolara yer verilmiştir. Daha sonra küresel iklim değişikliğinin deniz ekosistemine etkileri, Karadeniz ve küresel iklim değişikliği başlıkları altında küresel iklim değişikliğinin hem Karadenize hem de deniz ekosistemine etkileri belirtilmiştir. Birinci bölümde ayrıca deniz yüzey sıcaklığı

bölümüne yer verilmiştir. Bu bölümde deniz yüzey sıcaklığının iklim değişikliğini yansıtmaya özelliğinden bahsedilmiştir ve deniz yüzey sıcaklığına etki eden faktörler açıklanmıştır. Bu değişikliklerde anormalliklere sebep olan Dünya üzerindeki atmosferik olaylardan örnekler verilmiştir. Birinci bölümün son bölümünde ise yapılan çalışmanın amacı belirtilmiştir.

Çalışmanın ikinci bölümünde yapılan çalışmanın gerçekleştirildiği alandan bahsedilmiştir ve deniz yüzey sıcaklığı ölçüm yöntemleri hakkında bilgiler verilmiştir. İlk olarak Karadeniz tüm özellikleriyle ele alınmıştır. Başlangıçta Karadeniz'in jeopolitik öneminden bahsedilmiştir. Daha sonra Karadeniz'in fiziksel özellikleri açıklanmıştır. Karadeniz'in kapladığı alandan, yoğunluğundan, tuzluluk seviyesinden, bağlantılı olduğu denizlerle olan akıntı tiplerinden, genel akıntı sürkilasyonlarından, Karadeniz'i besleyen büyük akarsu kaynaklarından bahsedilmiştir ve son olarak Karadeniz deniz suyu kimyasal özelliklerine değinilmiştir.

Çalışma alanındaki bir diğer lokasyon olan Zonguldak deniz havzası için açıklamalara yer verilmiştir. Zonguldak'ın coğrafi konumu belirtilerek çalışmada kullanılacak ölçümlerin alındığı Zonguldak meteorolojik ölçüm istasyonlarına yer verilmiştir. Bununla birlikte Türkiye'deki tüm deniz yüzey sıcaklığı yersel algılama ölçümü yapan kıyı istasyonları gösterilmiştir.

İkinci bölümün ikinci kısmında deniz yüzey sıcaklığı ölçüm yöntemlerine değinilmiştir. Deniz yüzey suyu ölçüm yöntemlerinin tarihsel gelişiminden bahsedilerek yersel ve uzaktan algılama yöntemlerine genel bir bakış yapılmıştır. Daha sonra yersel algılama yöntemleri detaylı şekilde açıklanmıştır, yersel algılama yöntemleri olan şamandıralardan yapılan ölçümler, gönüllü gözlem gemilerinden yapılan ölçümler ve sahil gözlem istasyonlarından yapılan ölçümlerden bahsedilmiştir. Yersel algılama yöntemlerinden sonra uzaktan algılama yöntemlerine değinilmiştir. Meteorolojik uyduların kısaca tarihsel gelişiminden bahsedilmiştir ve meteorolojik uydulara örnekler verilmiştir. Meteorolojik uydulardan deniz yüzey sıcaklığını ölçen uydulardan bahsedilmiştir ve çalışmada kullanılan AVHRR uydusuna değinilmiştir.

Çalışmanın üçüncü bölümünde çalışmadan kullanılan yöntemlerden bahsedilmiştir. İlk olarak yersel algılama yöntemi için 1970-2010 yılları için Zonguldak meteoroloji gözlem istasyonundan alınan günlük deniz yüzey sıcaklığı verileri sunulmuştur ve bu değerlerin Microsoft excell programında işlenişinden bahsedilmiştir.

Uzaktan algılama yöntemleri için 2000-2012 yılları arasındaki Karadeniz ve Zonguldak lokasyonu günlük deniz yüzey sıcaklığı 13 yıllık dönemi için re-analizleri yapılmış uydu bazlı haritaların, myocean.com internet sitesinden elde edildiği belirtilmiştir. Myocean.com internet sitesinin bu kaynaklara AVHRR uydusundan elde ettiği ve işlediği belirtilmiştir. Daha sonra bu verilerin işlenmesi için kullanılan Seadas programından bahsedilmiştir. Programın nasıl kullanıldığını açık bir şekilde ifade edebilmek için programın özelliklerinden belirtilmiş ve grafiklerle görsel olarak sunulmuştur.

Çalışmanın dördüncü bölümünde, üçüncü bölümde uygulanan methodların sonuçlarına yer verilmiştir. Dördüncü bölümün ilk bölümünde 2000-2012 yılları arasındaki uzaktan algılama yöntemiyle Karadeniz ortalama günlük deniz yüzey sıcaklığı analizi sonuçları açıklanmıştır. İkinci bölümde 2000-2012 yılları arasındaki uzaktan algılama yöntemiyle Zonguldak günlük deniz yüzey sıcaklığı analizi sonuçları açıklanmıştır. Üçüncü bölümde 1970-2010 yılları arasındaki yersel algılama yöntemiyle Zonguldak günlük deniz yüzey sıcaklığı analizi sonuçları açıklanmıştır. Dördüncü bölümün son bölümünde ise 2000-2012 yılları arasındaki uzaktan ve yersel

algılama yöntemi sonuçları karşılaştırılmış ve bu yöntemlerin birbirleriyle olan tutarlılık oranları korelasyon analiziyle ortaya koyulmuştur.

Çalışmanın beşinci bölümünde uzaktan ve yersel algılama yöntemleriyle elde edilen sonuçlarla ilgili yorumlara ve önerilere yer verilmiştir.



# LONG TERM SEA SURFACE TEMPERATURE ANALYSIS IN BLACK SEA BY IN-SITU AND REMOTE SENSING TECHNIQUES

## SUMMARY

Humanity gave up the agricultural society and began a new system with industrial revolution around 18th century machines took the place of manpower and so production facilities are accelerated. Green house gas which is one of the main problems nowadays and thereby global climate change arose with the industrial revolution. Global climate change cause many different and dangerous problems on Earth.

Climates show the characteristic of changing in the long term. It is a normal process the changing of the climates in time. Climate abnormalities begin to arise with the global climate change problem while this normal process goes on in the normal stability. This global climate change problem of which we see the ill effects especially in the last century will effect our future negatively if these green house gas emissions goes on increasingly.

Global climate change show its ill effects on Earth in different areas. Melting on glaciers, rises on sea water levels, droughts and rises on the Earth temperature averages are only a few problems according to technological devices and modern detailed studies. Seas and oceans have an important place among these areas that are effected global climate change. These water masses cover %70 of the Earth and it is inevitable for these huge masses to be effected by the global climate change.

It has been shown that Turkey was also effected the climate change occuring around the world on the academic studies and different institution reports. Temperature changes in seas of Turkey are clearly seen on these studies, too.

Sea surface temperature is effected by many reasons such as different atmospheric emissions, precipitation regimes, external power supplies, density rates and accordingly stream changes. Because of these reasons, sea water temperatures can increase or decrease but especially in the last quarter it shows the tendency of increasing. The reason of this is probably the global climate change.

In the studies that were made in this area, Black Sea surface temperature changes in long term are examined and global climate change effect on Black Sea surface temperature are is tried to be presented. Sea surface temperature is generally measured by the methods of in situ and remote sensing. In this study, long term sea surface temperature measurements are analysed with these two measurement methods and the consistency of these two methods is presented in the statistical study.

In the first part of this study, global climate change is defined. The green house gas emissions that have the biggest effect on global climate change is explained and the increase of these emissions is shown. Besides, the studies of world wide institutes on global climate change and computer-model scenarios about which extend of future climate change will be are exhibited.

Then, effects of global climate changes on sea ecosystem and under the title of Black Sea and global climate change, effects of global climate change on both Black Sea and sea ecosystem are all underlined. Additionally, in the first part, sea surface temperatures are taken place. In this part, the reflection feature of climate change of

sea surface temperature is mentioned and the factors that effect sea surface temperature are explained.

Some various examples of atmospheric events that cause abnormalities on the Earth are given. In the last part of the first part the aim this study is explained.

In the second part of the study, the area of the study is mentioned and a detailed information about the sea surface temperature measurement methods is given. Firstly, the Black Sea is handled in all aspects. In the very first beginning, the geopolitic importance of Black Sea is explained.

Then, the physical features of Black Sea is mentioned. The Black Sea's covering space, density, salinity level, stream types linked with other seas, general stream circulation, the largest rivers feeding the Black Sea are all spoken out and Black Sea sea water chemical features are mentioned.

Detailed explanations for Zonguldak sea basin which is another important location of our working area. Geographic location of Zonguldak is given and Zonguldak meteorological measuring stations that gives measurements for this study. Additionally, all coast stations that make sea surface temperature measuring in Turkey are shown.

In the second part of the second section, the sea surface temperature measuring methods are mentioned. The historical development of sea surface water measuring methods are explained and in situ and remote sensing methods are generally told.

Then in situ methods are explained in detail and the measurements from buoys-one of the in situ methods-, measurements from voluntary observing ships and measurements from coast observation stations are given.

After that remote sensing methods are handled. The historical development of meteorological satellites is shortly mentioned and there are some examples of the meteorological satellites. Satellites measuring sea surface temperature from meteorological satellites are dealt and especially AVHRR satellite that was used for this study is explained.

In the third part of the study, the methods that are used for this study are examined. Firstly, for in situ sensing method for 1970-2010 years, the daily sea surface temperature data taken from Zonguldak meteorology observaton station are presented and the processing these values on Microsoft Excell program are mentioned.

For remote sensing methods, between 2000-2012 Black Sea and Zonguldak location daily sea surface temperature re-analyse of 13-year are made and satellite based maps are taken from myocean.com web site.

Myocean.com we site took these sources from AVHRR satellite. Then Seadas program which was used for processing this data is defined. The features of the program are mentioned in order to explain clearly how the program is used and illustrated with graphics

In the fourth part of the study, the results of the methods applied in the part three are given. In the first part of the fourth part, the Black Sea average daily sea surface temperature analyse results between 2000 and 2012 by remote sensing method are explained. In the second part, Zonguldak average daily sea surface temperature analyse results between 2000 and 2012 by remote sensing method are explained.

In the third part, Zonguldak average daily sea surface temperature analyse results between 1970and 2010 by in situ sensing method are explained. In the last part of the fourth part, between 2000 and 2012 remote sensing method and in situ sensing method are compared and the consistency rates of these methods is put forth by correlation analyse.

In the fifth part of the study, the comments and suggestions about the results taken by remote and in situ sensing methods take place.



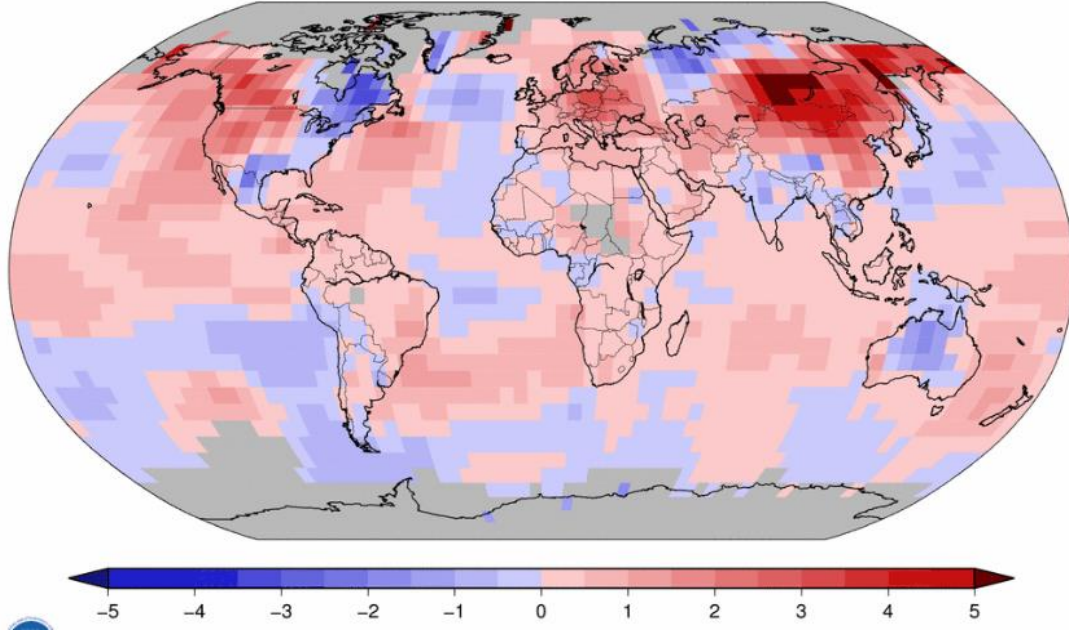
## 1. GİRİŞ

18. yy'da sanayi devrimiyle başlayan süreçte tarımsal toplumdan sanayi toplumuna geçiş hız kazanmıştır. Artık yüzlerce insanın günlerce çalışarak üretebilecekleri ürünleri, daha az insan gücüyle ve bunu birkaç gün hatta birkaç saat içerisinde üretebilen makineler yapmaya başlamıştır. İnsanlar daha önce ısınma ve çeşitli amaçlar için kullanılan kömürü dönemin en büyük icadı olan buharlı makinelerin enerji ihtiyacını karşılamak için kullanmaya başlamışlardır. Böylelikle Kömür kullanımı sonucu ortaya çıkan gaz salınımları, atmosferi etkilemeye başlayan ilk büyük etkenler olarak ortaya çıkmıştır. Daha sonraları teknolojik gelişim hız kazanmış, buna bağlı olarak eğitim, sağlık, ulaşım gibi insan hayatına etki eden faktörlerle; yaşam standartları, insan ömrü ve dünyadaki nüfus oranı da buna paralel olarak artmıştır. Buharlı makinelerden modern makinelere geçiş ile birlikte kullanılan enerji kaynakları da değişim göstermiştir. Kömürün yanında petrol ve doğalgaz gibi fosil yakıtlar kullanılmaya başlanmıştır. Hem nüfus artışıyla insanların ulaşım, ısınma gibi ihtiyaçlarından, hem de sanayide enerji ihtiyacından doğan fosil yakıt kullanımı böylelikle hız kazanmıştır.

Güneş'ten gelen ışınlar Dünya yüzeyinden atmosfere yansır. Yansıyan ışınları atmosferde bulunan su buharı, karbondioksit, metan, ozon gibi gazları tutar ve böylelikle Dünya'da ısınma meydana gelir. Bu olaya sera etkisi denir [1]. Yukarıda değindiğimiz gibi sanayi devrimiyle başlayan süreçte fosil yakıt kullanımından dolayı ortaya çıkan ve sera gazı olarak adlandırılan gaz salınımları, atmosferdeki bu tür gazların zaman içerisinde artmasına neden olur. Artan gazlar Güneş ışınlarının atmosferde daha fazla tutunması sebebiyle de Dünya'daki ısınmayı büyük oranda artırır. 2015 yılı ocak ayı okyanus ve karalardaki sıcaklık anormallikleri 1981-2010 yılları ortalamaları baz alınarak şekil 1.1'de gösterilmiştir.

Atmosfer sera etkisiyle zaman içerisinde belirli oranlarla ısınmaktadır. Bu olaya küresel ısınma denir ve normal bir süreçtir. Ormanların yok edilmesi, tarım faaliyetlerinin artması, fosil yakıtların kullanılması gibi antropojenik yani insan aktiviteleri kaynaklı ısınma, bu normal ısınma sürecinde değişimlere ve Dünya

sıcaklık ortalamalarında gereğinden fazla artışa neden olmuştur. Bu artış son yıllarda insanlık için en büyük tehlike haline gelen küresel iklim değişikliğine sebep olmuştur. Değişim ise her geçen gün hızlanmaktadır, insanlığı ve doğayı ciddi boyutlarda etkilemeye devam etmektedir.



**Şekil 1.1** : 2015 yılı ocak ayı ortalama sıcaklık değerlerinin 1981-2010 yılları bazlı kara ve okyanuslardaki sıcaklıklar dağılımlarının gösterimi.

(Normal değer sıfırdır. Gri alanlar hesaplanamayan değerleri göstermektedir. Mavi ve kırmızı değerler ortalama altı ve üstü olan min.- max. değerlerdir.) Kaynak : [www.ncdc.noaa.gov](http://www.ncdc.noaa.gov)

Dünya'nın oluşumundan bu yana iklim değişiklikleri farklı bölgelerde, değişen zaman periyotlarında devam eden bir olgu olarak yaşanmıştır fakat; özellikle son yüz yılda yaşanan değişim kadar hiç bir dönemde bu denli hızlı bir değişiklik olmamıştır [2]. Daha önceki dönemlerde yaşanan değişikliklerde insan rolü etkili olmamıştır ama şuan ki değişikliğin en büyük sorumlusu insandır.

Yerleşik toplumdan tarım toplumuna geçene kadar insanlık iklim değişikliklerine ayak uydurmaya çalışmış, bunu göçlerle ve çeşitli yollarla aşmaya çalışmıştır. Yerleşik hayata geçişle birlikte iklim gözlemleri artmaya başlamış, artık bu değişikliklerle başa çıkma yolları aranmıştır. Sanayi devrimi sonrası değişikliğin etkisinin hissedilmeye başlamasıyla Dünya kuruluşları çeşitli raporlar hazırlayarak hem değişimi bilimsel methodlarla inceleyip görmeye hem de değişiklikle başa çıkma adına çeşitli önlemler almaya çalışmışlardır.

Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) ve Birleşmiş milletler Çevre Programı (UNEP) kuruluşları küresel iklim değişikliğini bilimsel bazlı araştırmak ve incelemek adına 1988 yılında Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'ni (IPCC) kurmuşlardır. IPCC İlk değerlendirme raporunu 1990 yılında yayınlamıştır. Bu yayından sonra dört adet daha değerlendirme raporu yayınlamıştır ve güncel olarak 2013 yılında yayınlanan IPCC 5. Değerlendirme Raporu bulunmaktadır [3].

Değerlendirme raporlarında küresel iklim değişikliğinin etkileri belirtirmiştir. Bu etkileri; kara ve deniz buzullarının erimesi, kar örtüsünün erimesi, deniz seviyelerinin yükselmesi, iklim kuşaklarının yer değiştirmesi, deniz sıcaklıklarının değişmesi, şiddetli hava olayları ve etkilerinin artması, kuraklık, çölleşme, erezyon, tatlı su kaynaklarının azalması, tarım alanlarının, denizlerin zarar görmesi ve bunların sonucunda besin kaynaklarının azalması, salgın hastalıklar, insan ve diğer canlı yaşamına etkileri olarak sınıflandırabiliriz.

Küresel iklim değişikliği okyanus ve denizleri büyük oranda etkilemektedir. Dünyada artan sıcaklık sebebiyle kar ve buzul kütleleri erimekte, buna bağlı olarak su seviyeleri artmaktadır. Şöyle ki, son 20 yıllık uydu bazlı gözlemlere bakıldığında su seviyeleri 3,2 mm artmıştır ve son 80 yılda olan artışın yaklaşık iki katı seviyesindedir [4]. Bunun yanında Dünya genelinde artan sıcaklık ortalamaları deniz yüzey sıcaklık ortalamalarını da arttırmıştır. Artan sıcaklık ortalamaları çeşitli atmosferik olayları, yağış rejimlerini, akıntı sürkilasyonlarını, denizden soluyan canlıların yaşamlarını, soğuk denizlerde yaşayan balıkların göç yollarındaki değişimlerle sıcak denizlere adapte olmaya çalışmalarını, denizden elde edilen ürün çeşitliliğinin değişmesi ve ürün miktarının azalması gibi birçok sorunu da beraberinde getirmiştir.

Okyanus ısınmalarında büyük derecede artış meydana geldiği zaman atmosferik olayları etkilemektedir. Güney Amerika Salınımı olarak adlandırılan El Nino buna en güzel örnektir. El Nino sebebiyle meydana gelen atmosferik olaylar ve canlı yaşamına etkisi 1.2 bölümünde açıklanacaktır.

Deniz ve okyanuslar sera gazı etkisini azaltan en önemli unsurlardır çünkü; Güneş'ten gelen karbondioksiti üçte bir oranında yutarlar. Son yıllarda karbondioksit seviyelerinde artışın meydana gelmesiyle deniz ve okyanuslarda bu yutma hızı yavaşlamıştır, bu bağlı olarak karbondioksit gazı yüzeyde birikmeye başlamıştır. Bu birikime Okyanus asitleşmesi adı verilir. Asitleşme sonucunda karbondioksit miktarı

artar ve küresel ısınma hızlanır. Sudaki oksijen oranı ve suyun pH derecesinde düşüş meydana geldiği için oksijen soluyan canlıların yaşamını da olumsuz yönde etkilemektedir.

Küresel iklim değişikliği Türkiye denizlerini de etkilemiştir. Dünyada artan su seviyeleri ve deniz yüzey sıcaklıkları Türkiye denizlerinde de artışa sebep olmuştur. Bu artışlar Türkiye denizleri arasındaki akıntı şekillerini, canlı türlerinin değişimini, balıkların göç ve yumurtlama dönemlerini gibi birçok faktörü etkilemektedir. Bu çalışmada Türkiye'nin jeopolitik açıdan önemli bir denizi olan Karadeniz'in, deniz yüzey sıcaklıkları yersel ve uzaktan algılama yöntemleriyle incelenmiştir ve küresel iklim değişikliğinin Karadeniz yüzey sıcaklığı üzerinde etkisi analiz edilerek ortaya koyulması amaçlanmıştır. Yersel algılama çalışmaları için Zonguldak deniz bölgesi, Uzaktan algılama çalışmaları için de Karadeniz bütünüyle ele alınmıştır.

### **1.1 Küresel İklim Değişikliği ve Sera Etkisi**

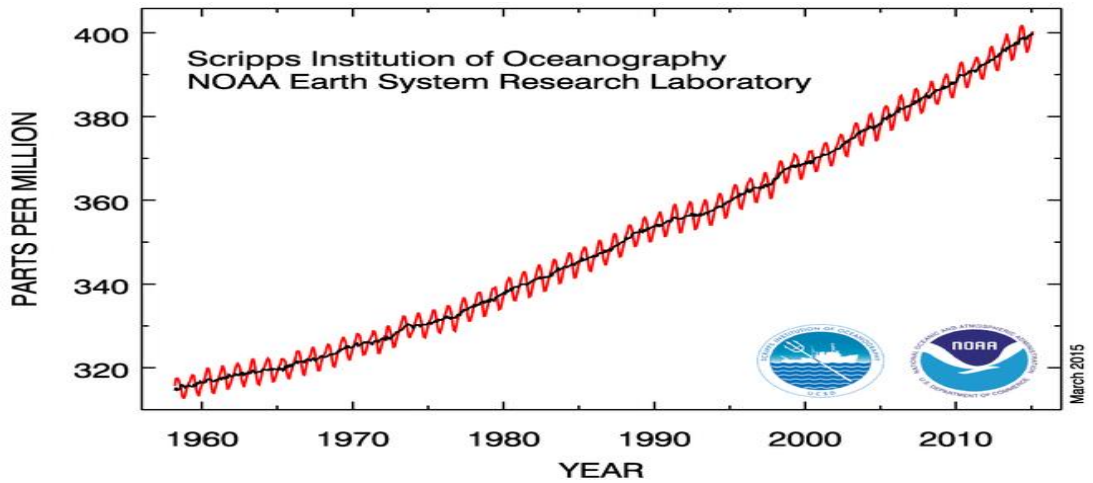
İklim değişikliği belirli bir bölgedeki dönemlik yağış, sıcaklık ve nem ortalamalarda meydana gelen değişiklikleri ifade etmektedir. Normal bir süreç olan iklim değişikliği Dünya var olduğundan bu yana Güneş enrejisindeki değişimler, volkanik faaliyetler, Dünya eksen ve yörüngesinde meydana gelen değişimler gibi olaylardan kaynaklanmaktadır. Küresel iklim değişikliği kavramı ise normal iklim değişikliğinin yanı sıra antropojenik etkenlerle belirli dönemlerde meydana gelen atmosferdeki bozulmalar kaynaklı ve büyük etkileri olan iklim değişiklikleri anlamına gelmektedir. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi küresel iklim değişikliğini *“karşılaştırılabilir zaman dilimlerinde gözlenen doğal iklim değişikliklerine ek olarak, doğrudan veya dolaylı olarak küresel atmosferin bileşimini bozan insan faaliyetleri sonucunda iklimde oluşan bir değişiklik”* olarak tanımlamıştır [5].

Küresel iklim değişikliği kavramını anlamak için sera etkisi ve küresel ısınma kavramlarından bahsetmek gerekir. Atmosferi oluşturan gazlar azot % 78, oksijen % 21 ve diğer gazlar %1 (karbondioksit, neon, argon, helyum, kripton, hidrojen, ozon)'dır. Atmosferdeki bu gazlar geçirgen bir özelliğe sahip olup, yer yüzeyinden yansıyan Güneş ışınlarının uzaya geçişini kolaylaştırır fakat; atmosferde bulunan karbondioksit (CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>), nitrooksit (N<sub>2</sub>H), ozon (O<sub>3</sub>) gibi gazlar tarafından bu ışınların bir kısmının uzaya geçişi önlenir. Tutulan ışınların bir bölümü bu gazlar

sayesinde yer yüzüne yansır ve tıpkı bir sera gibi Dünya’da ısınma meydana gelir. Bu olaya sera etkisi denir [1].

Karbondiyoksit (CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>) ve diazotmonoksit (N<sub>2</sub>O) gibi temel sera gazları, tarım, sanayi, ulaşım, fosil yakıt kullanımı gibi faaliyetler sebebiyle her geçen gün artmaktadır. Bu artış sonucu atmosferde biriken bu gazlar da artmakta, Dünya üzerinde anormal derecede ısınmalara sebep olmaktadır. Anormallikleri başlatan ısınma, iklim üzerinde de büyük etki yapmakta ve ona küresel bir boyut kazandırmaktadır. İşte bu tarz antropojenik etkenlerle sera gazlarında meydana gelen artışla oluşan büyük çaplı ısınmaya küresel ısınma, geniş alana etki edip Dünya ikliminde meydana getirdiği değişikliklere de küresel iklim değişikliği denmektedir.

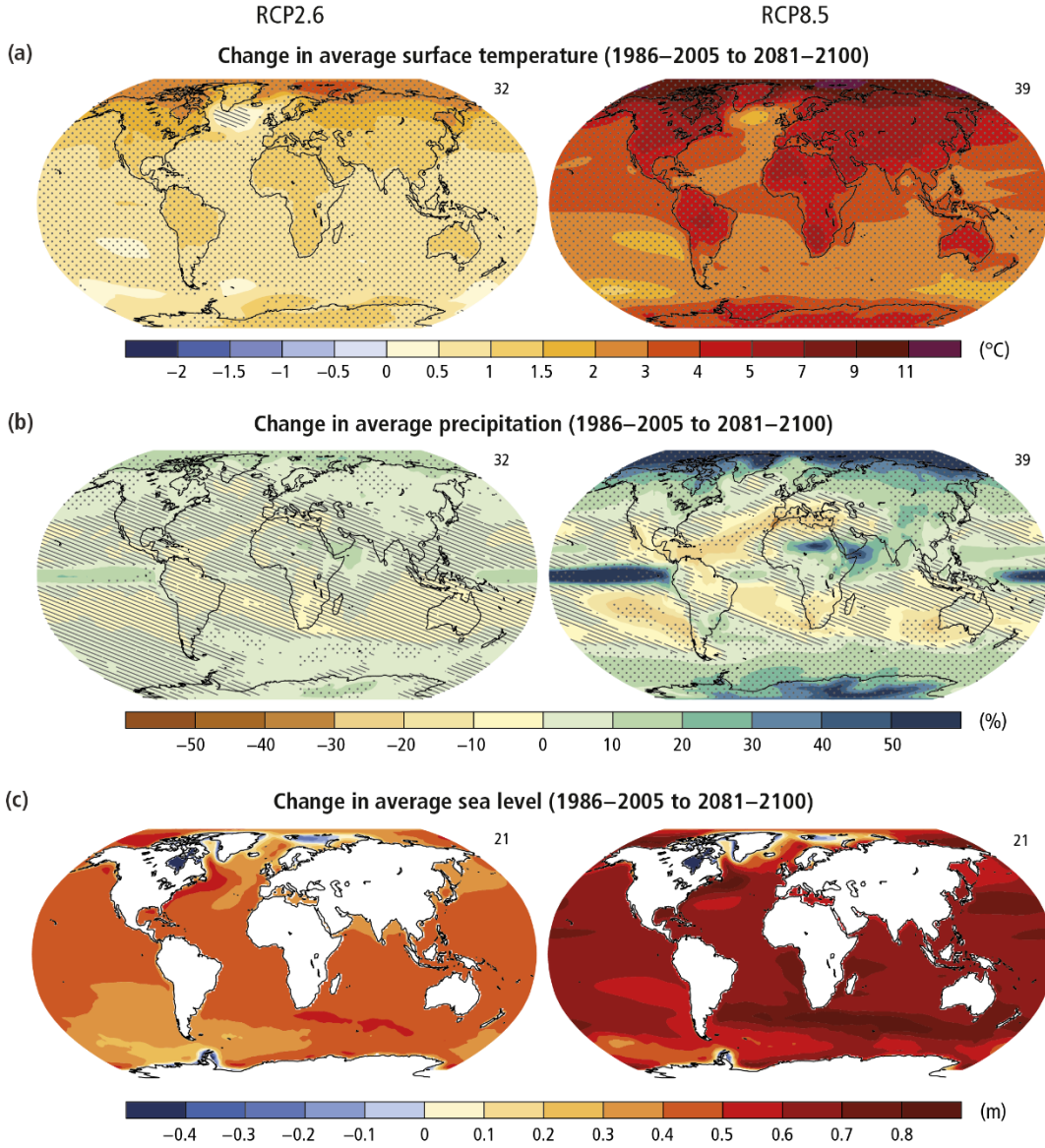
İnsanı faaliyetler sonucu ortaya çıkan gazların en önemlisi karbondiyoksit (CO<sub>2</sub>), gazdır çünkü; atmosfere karışan karbondiyoksitin yaklaşık %80’i fosil yakıt kullanımıyla alakalıdır. Atmosferik bilgi toplama ve gözlem istasyonu Manua Loa Observatory’nin şuanki gözlemlerine göre atmosferdeki karbondiyoksit oranı şubat 2015’te şekil 1.2’de gösterildiği gibi 400.26 ppm’e kadar yükselmiştir ve 2000-2015 yılları arasında karbon miktarındaki artış tarihteki en yüksek seviyeyi görmüştür [6] [7]. Isınmanın devam etmesi durumunda atmosferdeki karbondiyoksit miktarının 21. yüz yılın sonunda sanayi devrimi öncesinin yaklaşık iki katına çıkacağı tahmin edilmektedir [8].



**Şekil 1.2 :** Atmosferik CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun Şubat 1959-2015 yıllarındaki değişimi. Kaynak : [www.esrl.noaa.gov](http://www.esrl.noaa.gov)

Artan sera gazı emisyonlarına karşı gelecekte yeryüzündeki meydana gelebilecek muhtemel sıcaklık değişimi, deniz su seviyesi artışı, yağış değişimi gibi etkenler ve bunlara bağlı riskler Beşinci IPCC değerlendirme Raporu’nda geçmiş deneyimler,

modeller ve değerlendirmelerden yola çıkılarak Temsili Konsantrasyon Rotaları RCP (Representative Concentration Pathways) senaryolarıyla uzmanlar tarafından ortaya koyulmuştur. Bu senaryolardan RCP2.6 ve RCP8.5 senaryoları kullanılarak oluşturulan 1986-2005 yıllarıyla 2081-2100 yılları arasındaki yüzey sıcaklığı, deniz yüzey sıcaklığı ve yağış rejimi değişimleri şekil 1.4'te gösterilmiştir [9].



**Şekil 1.3:** 1986-2005'ten 2081-2100 yılları arasındaki RCP 2.6 – 8.5 senaryoları.

(a) Dünya yüzey sıcaklıklarındaki değişim, (b) yağış rejimindeki değişim, (c) deniz suyu seviyesindeki değişim. Kaynak : IPCC 5. Değerlendirme Raporu, Kasım 2014.

Senaryo, geleceğin hayali olarak canlandırılması veya gelecekteki alternatif durumların betimlenmesidir. Buna rağmen senaryo, tahmin ile karıştırılmaktadır. Senaryo geleceğin tahmini değil, olması muhtemel alternatif durumların ortaya

konmasıdır [10]. Senaryolar, iklim gibi yüksek belirsizliğe sahip karmaşık sistemlerin gelecekteki olası değişiminin anlaşılması ve değerlendirilmesinde önemli bir role sahiptir. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) de bu sebeple 2100 yılından önce, 2100 yılına kadar olabilecek ve 2100 deki iklim değişiklikleri üzerinde en önemli etkiye sahip sera gazı ve hava kirletici emisyonları bazlı bilgisayar modellemeleri olan RCP Emisyon senaryolarını hayata geçirip varsayımlar yapmaya çalışmıştır.

RCP senaryoları araştırmacılara sosyo-ekonomik ve fiziksel sistemlerdeki değişimi dikkate alırken, bugünün kararlarının sonuçlarını uzun dönemli keşfetme imkanı verir. Senaryolar aynı zamanda ekonomistler, teknoloji experleri, iklim araştırmacıları, atmosferik kimyacı ve coğrafyacılar gibi iklim üzerinde çalışan farklı disiplinlerdeki kişiler arasında bir entegrasyon formu oluşturur [11].

Dört adet ana RCP senaryosu vardır: bunlar tablo 1.1’de gösterildiği gibi RCP 8.5, RCP 6.0, RCP 4.5 ve RCP 2.6’dır.

RCP 8.5 senaryosu radyoaktif gücün  $8.5 \text{ W/m}^2$ ’ye yaklaştığı en yüksek risk grubu senaryosudur. 2100 yılında artan yüksek nüfus popülasyonunu, kişi başına düşen gelirlerin gittikçe azaldığını kabul ederek, uzun zamanlı enerji talebinin, sera gazı emisyonlarının ve arazi kullanımının etkisiyle teknolojinin gelişmesi ve enerji yoğunluğunun artmasını baz alarak varsayımlar yapar.  $\text{CO}_2$  eşdeğer konsantrasyonların yaklaşık olarak 2100 yılında  $1370 \text{ ppm}$ ’e ulaştığını öngörür [12].

RCP 6.0 senaryosu uzun zamandaki sera gazı emisyon trendlerini, kısa ömürlü türleri ve arazi kullanımındaki değişimleri radyoaktif gücün yaklaşık  $6.0 \text{ W/m}^2$ ’de olduğunu ve yüz yılın son çeyreğinde emisyonun azalacağını kabul ederek 2100 öncesi değerlerin dikkate alınmaksızın 2100 yılı sonrasındaki muhtemel verilerin değerlendirilmesindeki senaryoyu ifade eder.  $\text{CO}_2$  eşdeğer konsantrasyonların yaklaşık olarak 2100 yılında  $850 \text{ ppm}$ ’e ulaştığını öngörür [13].

RCP 4.5 senaryosu 2100 yılında uzun zamandaki sera gazı emisyon trendlerini, kısa ömürlü türleri ve arazi kullanımındaki değişimleri radyoaktif gücün yaklaşık  $4.5 \text{ W/m}^2$ ’de olduğunu, 2050 yılından itibaren radyoaktif enerji ve emisyonlarda düşüş olacağını kabul ederek 2100 yılından önceki verileri dikkate alarak değerlendirilmesindeki senaryoyu ifade eder.  $\text{CO}_2$  eşdeğer konsantrasyonların 2100 yılında yaklaşık  $650 \text{ ppm}$ ’e ulaştığını öngörür [14].

RCP 2.6 senaryosu ise emisyon konsantrasyonu kaynaklı oluşacak sıcaklığın 2°C'nin üstüne çıkmasını önleyen hafifletme senaryolarındaki literatür temsilcisidir. Bu senaryo emisyon ve radyoaktif güç salınımı açısından literatürün en başlangıcını oluşturur. Radyoaktif ışımanın 2100 öncesi dönemde ~3.0 W/m<sup>2</sup>'ye ulaşmadan düşüşünü ön görür ve 2100 yılının ilk çeyreğinde CO<sub>2</sub> eşdeğer konsantrasyonlarının yaklaşık 490 ppm'e ulaşip sonra düşüş trendine geçtiğini varsayan senaryodur [15].

**Tablo 1.1 : Temsili Konsantrasyon Rotası Senaryoları (RCPs)**

Adı (RCP's)	Işınımsal Zorlama	Zaman	Işınımsal Zorlama Değişimi	Konsantrasyonlar (CO <sub>2</sub> eşdeğer)	Emisyonlar (Kyoto Protokolü Sera Gazları)
<b>RCP 8.5</b>	> 8.5 W/m <sup>2</sup>	2100'de	Yükselme	> ~1370 (2100'de)	2100'e kadar artış devam ediyor
<b>RCP 6.0</b>	~6.0 W/m <sup>2</sup>	2100 sonrası	Hedefi geçmeden Stabilizasyon	~ 850 ppm (2100'de)	Yüzyılın son çeyreğinde düşüş
<b>RCP 4.5</b>	~4.5 W/m <sup>2</sup>	2100 öncesi	Hedefi geçmeden Stabilizasyon	~ 650 ppm (2100'de)	Yüzyılın ortalarından itibaren düşüş
<b>RCP 2.6</b>	~3.0 W/m <sup>2</sup>	2100 öncesi	3.0 W/m <sup>2</sup> 'e ulaşmadan zirve ve düşüş	Zirve ~ 490 ppm ve düşüş (2100'de)	Yüzyılın ilk çeyreğinde düşüş

Kaynak: IPCC Sentez Raporu, kasım 2014

RCP senaryolarından anlaşılacağı gibi sera gazı emisyon kullanımını azaltılmazsa, ormansızlaşma ve arazi kullanımı bu şekilde devam ederse gelecekte Dünya çok ciddi ve geri dönüşü olmayan sorunlarla karşılaşacaktır.

### 1.1.1 Küresel iklim değişikliğinin deniz ekosistemine etkisi

Dünya'daki yaşam okyanuslarla birlikte başlamıştır ve su ile yaşam arasında kaçınılmaz bir bağ vardır. Yeryüzünde şu anda var olan su kütesinin 1.3 milyar kübik kilometresi gezegenin %71'ini kaplar ve karasal yaşam alanından yaklaşık 300 kat daha fazla yaşam hacmi oluşturur [5]. Dünya yüzeyini bu oranda kaplayan ve canlı yaşamını etkileyen su kütleleri okyanus ve denizlerin, küresel iklim değişikliğinden etkilenmesi kaçınılmazdır. Doğadaki bileşimlerin çeşitliliği nedeniyle bilimsel çalışmalarda deniz ve okyanusların iklimsel değişiklikten hangi oranda etkileneceği, hangi türlerde yok olma meydana geleceği ve hangi türlerin yer değiştireceği konuları tam olarak bilinmemekle birlikte yapılan çalışmalardaki tahminlerin her geçen gün gerçekleştiği görülmektedir [16] [17].

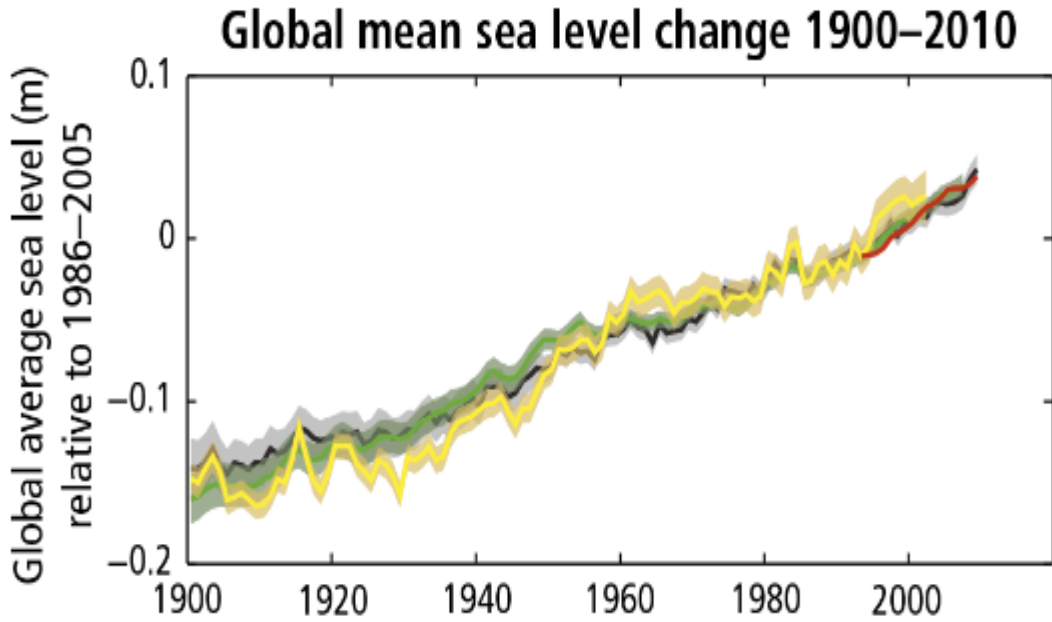
Deniz canlıları gelişimleri boyunca zaman içerisinde değişen koşullara ayak uydurmayı başaramışlardır; fakat ısınma artık küresel bir boyuta ulaşmıştır ve bu durum ciddi boyutlarda değişiklik göstermiştir [6] [18].

Dünya okyanus ve denizleri atmosferdeki karbondioksit gazının büyük bir kısmını yutar. Şöyle ki, atmosferdeki CO<sub>2</sub> yoğunluğu yaklaşık olarak milyonda 390 civarındadır ama okyanuslar onun her gün 30 milyon tonunu yutar. Bu olay küresel ısınma etkisini azaltır fakat yeni bir sorunu da beraberinde getirir bu sorun okyanus asitleşmesidir [19]. Okyanus asitleşmesi evrenin karbon kimyasını değiştirir. Okyanuslar her ne kadar antropojenik salınımları üçte bir gibi büyük bir oranda yutuyorsa da, bu yutma denizdeki karbondioksit miktarı arttıkça yavaşlar ve karbondioksit gazı yüzeyde tutunmaya başlar. Sonuç olarak karbondioksit yoğunluğu daha hızlı artar ve küresel iklim değişikliği hızlanır [20].

Asitleşme okyanuslardaki pH derecesini etkiler. Karbondioksit gazı son yüz yılda hidrojen iyon konsantrasyonunda yaklaşık %26 oranında artmaya sebep olmuş bu da okyanuslardaki pH oranını 0.1 oranında düşürmüştür. Deniz suyunda karbondioksit miktarındaki küçük bir artış, suyu soluyan canlıların vücutlarına hızlı bir şekilde nüfuz etmesi anlamına gelmektedir. Değişim çok hızlı olduğu için, birçok tür okyanus asitleşmesine genetik olarak uyum sağlayamamaktadır. Bunun sonucunda da deniz canlılarında büyüme ve gelişme sorunları görülmektedir. [21] [19] [22]. Örneğin; copepod, salyangoz, deniz yıldızı ve brittlestar gibi canlıların vücutlarındaki pH değişimini dengeleyebilme çabaları, bu canlıların üreme ve gelişme yeteneklerini azaltmaktadır [19].

Eğer sera gazları aynı şekilde salınmaya devam ederse, bilim adamlarının senaryolarına göre, atmosferdeki CO<sub>2</sub> oranı 2050’de yaklaşık 500 ppm’e ve 2100’de yaklaşık 800 ppm’e ulaşacak. Bu değerler endüstri öncesi değerlere göre %150’lik bir artış olacağı ve okyanusun üst katmanlarındaki pH değerinin 7,8 veya 7,7’ye düşeceği anlamına gelmektedir [19].

Küresel ısınmayla birlikte atmosfer ve okyanuslar ısınmış, kar ve buz kütleleri zarar görmüş, rüzgar ve fırtına frekansları değişmiş, böylece deniz suyu seviyeleri artmıştır. Uluslararası İklim Değişikliği Paneli IPCC’nin araştırmalarına göre şekil 1.4’te gösterildiği gibi son yüz yılda yaklaşık 19 cm oranında yükselme meydana geldiği, gelecek yüz yılda da 40-60 cm oranında yükselme meydana geleceği ve bu yükselmenin en büyük sebebinin küresel ısınma olduğu vurgulanmıştır [16] [23].

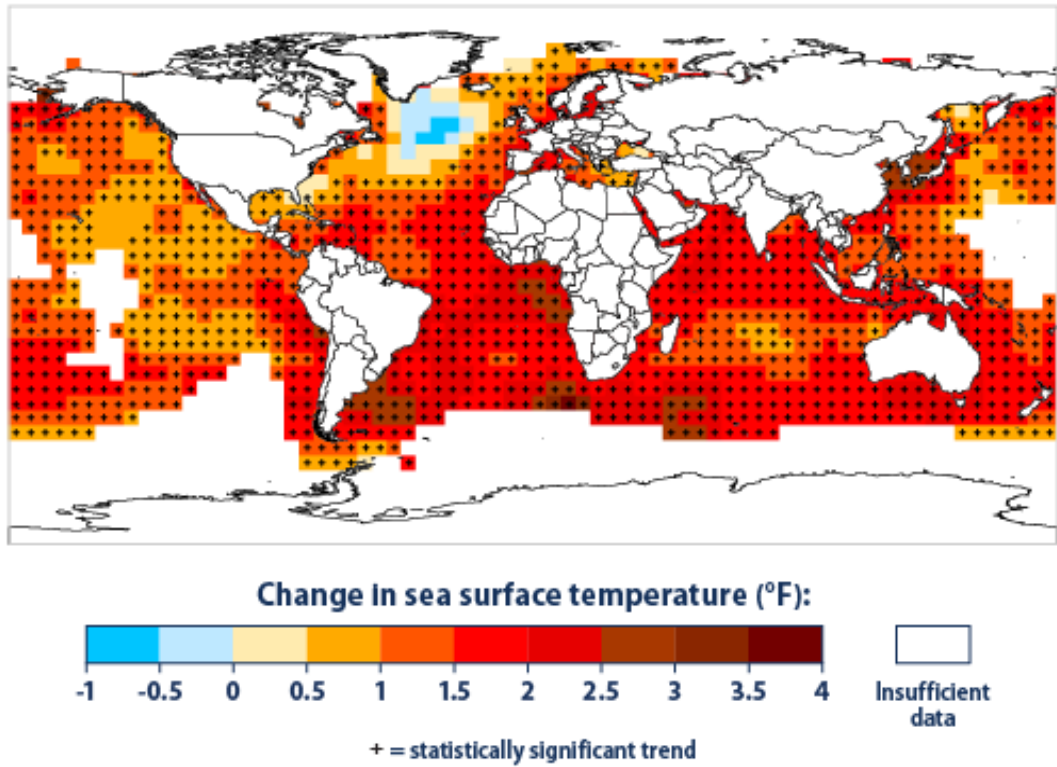


**Şekil 1.4 :** 1986-2005 yılları baz alınarak deniz suyu seviyelerinde meydana gelen son yy’daki artış grafiği

(Her bir renk farklı data setiyle yapılan ölçümleri göstermektedir. Tüm data setleri 1993’te aynı değerdedir, kırmızı renk alimetric uydu datasının ilk yılını göstermektedir) Kaynak: IPCC Sentez Raporu-Kasım 2014

Küresel ısınmanın deniz ekosistemi üzerindeki en önemli etkilerinden birisi de deniz suyu sıcaklıklarındaki artış olmuştur. Şekil 1.5’te gösterildiği gibi 1901-2012 yılları arasında deniz yüzey sıcaklıklarında ciddi oranda bir değişim meydana gelmiştir. Sudaki sıcaklık artışı deniz canlılarının ölmesine, göç yollarının, yaşam alanlarının

değişimine ve değişen akıntı rejimlerinin ortaya çıkmasına yol açmaktadır. Karayipler’de 1989-1990 yıllarında deniz suyu sıcaklığında 2°C artış görülmüştür ve mercanların kitlesel ölümüne yol açmıştır. Mercanların yok olması denizlerdeki biyoçeşitliliğin zarar görmesinin yanı sıra denizlerin karbondioksit emiliminin de azalmasına yol açmaktadır. Küresel ısınma sonucu yaşanan atmosferik ritim bozuklukları da farklı akıntıların ve rüzgarların görülmesine neden olacaktır. Bu da kıyılardaki yaşamı, balıkçılık ekonomisini, deniz ulaşımını ve turizmini derinden etkileyecektir. Küresel ısınmanın anlaşılmasında deniz suyu sıcaklık değişimi en önemli göstergedir [24].



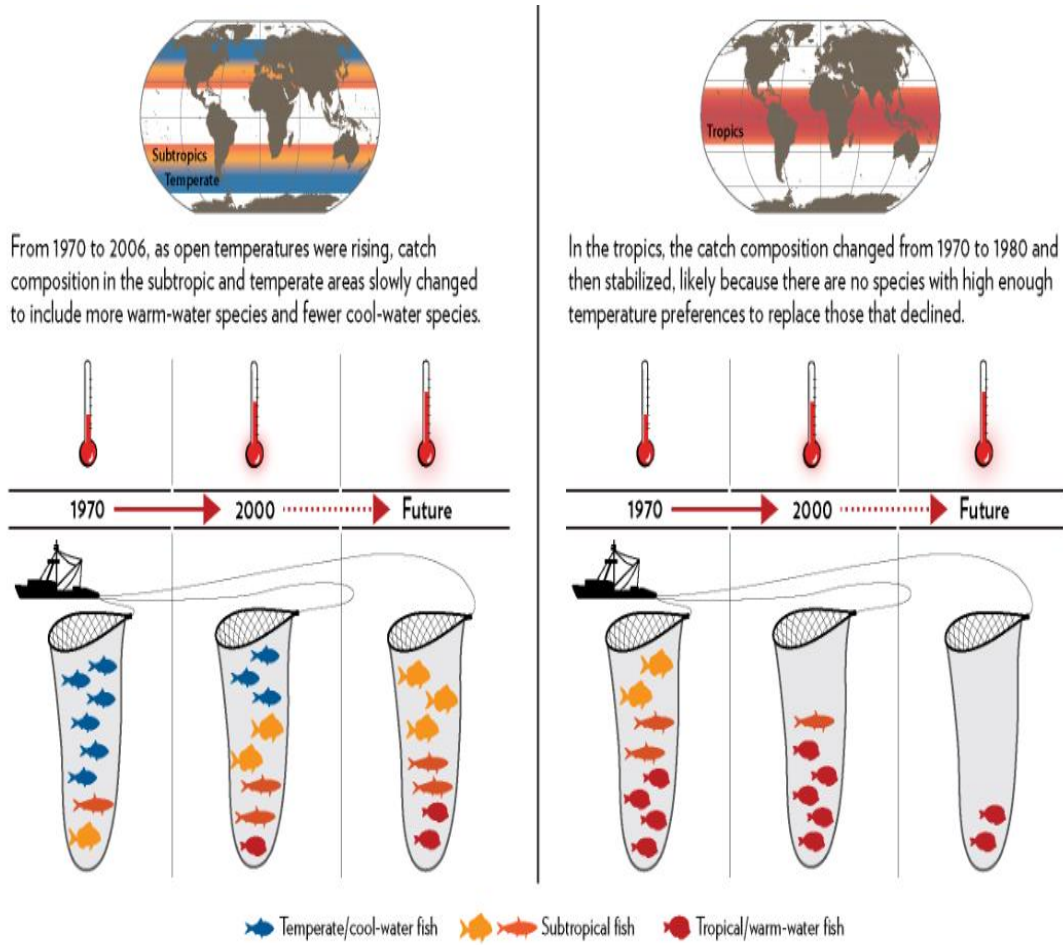
**Şekil 1.5 :** 1901-2012 yılları arasındaki deniz yüzey sıcaklığının uydu görüntüleri ve değişik kombinasyonlarla elde edilmiş değişimi.

(+ değerler aşırı ısınma, - değerler ise aşırı soğuma trendlerini göstermektedir. Beyaz renk hesaplanmayan alanlardır.) Kaynak : IPCC 5. Değerlendirme Raporu, kasım 2013

Balıkların vücut ısıları deniz sıcaklığı tarafından modere edilmektedir. Denizlerdeki sıcaklık artışı balıkların göç, yumurtlama, beslenme, sindirim vb. faaliyetlerini etkilemektedir [25] [26] [27]. Düşük düzeyli artışlara yapıları gereği adapte olabilen balıklar olmakla birlikte sıcaklıktaki belirgin bir artış bu türlerin göç yollarını

değiştirmesine, üreme faaliyetlerini yapamamalarına ve yok olmalarına kadar ciddi sorunlara neden olmaktadır [28] .

Okyanuslardaki ısınma balıkçılık faaliyetlerini de ciddi oranda etkilemektedir. 1970'ten 2000'li yıllara kadar uzanan süreçteki sıcaklık artışına bağlı çeşitli tropikal bölgelerde yaşanan balıkların göç yollarındaki değişim ve adaptasyon sorunuyla birlikte, türlerin yok olmasından kaynaklanan balık miktarı ve çeşitliliğindeki azalmanın balıkçılık faaliyetlerine etkisi Şekil 1.6'da sembolik olarak gösterilmiştir [29].



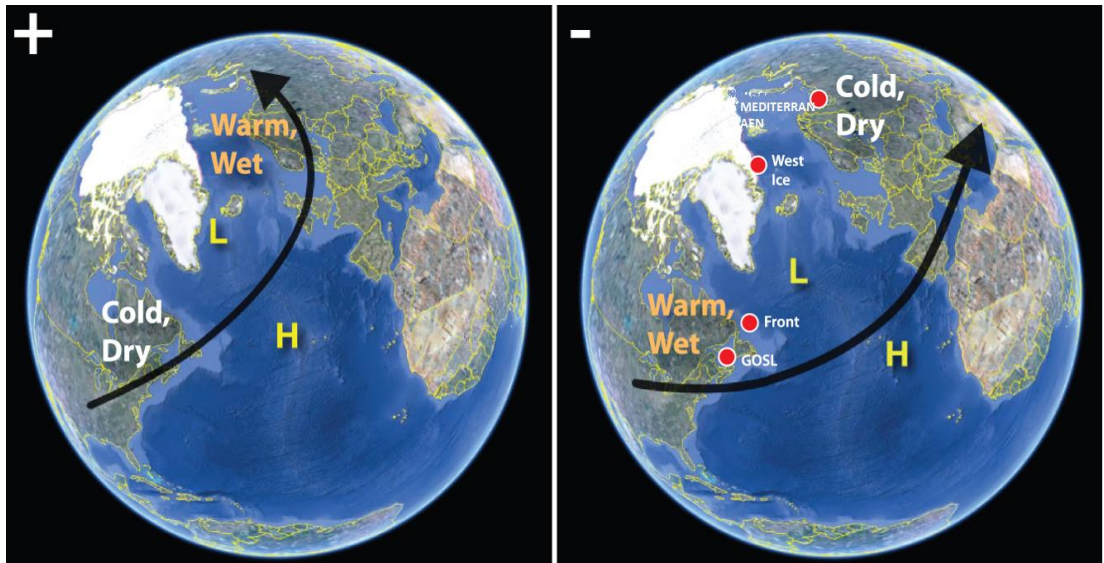
**Şekil 1.6 :** Tropik ve Sabtropik bölgelerde meydana gelen ısı artışı ve balıkçılık faaliyetlerine etkisinin balık termometresiyle gösterimi.

Kaynak : [www.news.ubc.ca](http://www.news.ubc.ca)

### 1.1.2 Küresel iklim değişikliği ve Karadeniz ekosistemi

Atmosferde meydana gelen büyük ölçekli salınımlar dönemsel bir karaktere sahiptir. İklim anormallikleridir ve çok uzak mesafelerde bulunan bölgelerde iklim

değişikliğine sebep olabilirler [30]. Bu atmosferik sirkülasyonlar arasında yer alan NAO olarak adlandırılan Kuzey Atlantik Salınımı ve EAWR olarak adlandırılan Doğu Atlantik Batı Rusya Salınımı, Avrupa ve Akdeniz basininde kısa veya uzun dönemli iklimsel etkiler yaratmaktadır [31]. Dünya'daki eşit olmayan ısı dağılımı nedeniyle kutup bölgelerindeki deniz seviyesinde yüksek basınç vardır. Tropik bölgelerde ise alçak basınç vardır. Bu iki bölge arası bir tepkime olarak alt tropik ve alt kutbu bölgelerde yarı kalıcı basınç alanı oluşur. Çoğunlukla Azor bölgesinde yüksek, İzlanda bölgesinde ise alçak basınç vardır, NAO endeksi bu iki bölge arasındaki basınç farkının normale indirgenmiş halidir. Eğer iki basınç alanı da normal değerinin üstündeyse yani İzlanda alçak basıncı daha alçak, Azor yüksek basıncı daha yüksekse, NAO endeksi pozitif olur. Tam tersi durumda, İzlanda da alçak basınç gitmiş yerine bir yüksek basınç gelmişse, Azor adaları civarında da siklonlar (alçak basınçlar) varsa , endeks negatiftir [32]. Pozitif ve negatif NAO Kuzey Atlantik Salınımı ve etki alanları şekil 1.7'de gösterilmiştir.

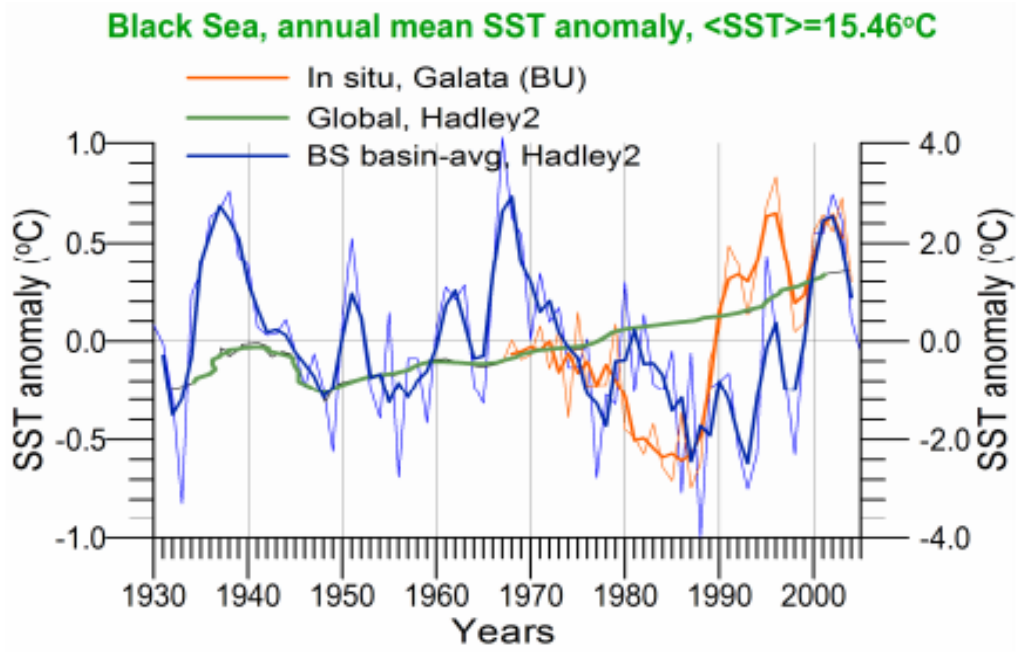


**Şekil 1.7 :** + pozitif NAO, - negatif NAO

Kaynak : [www.nsidc.org](http://www.nsidc.org)

Atmosferik sürkilasyonlar deniz yüzey sıcaklıklarını etkilemektedirler. Karadeniz üzerinde de etkili olan bu değişimler, deniz yüzey sıcaklığında zaman içindeki değişimlere neden olmuştur. AB Devlet Çevre Raporu 2001-2006/7'de Karadeniz üzerinde meydana gelen yüzey sıcaklığı değişimleri irdelenmiş olup 1930-2005 yılları arasındaki sıcaklık anormallikleri Bulgaristan Galata lokasyonundan insitu

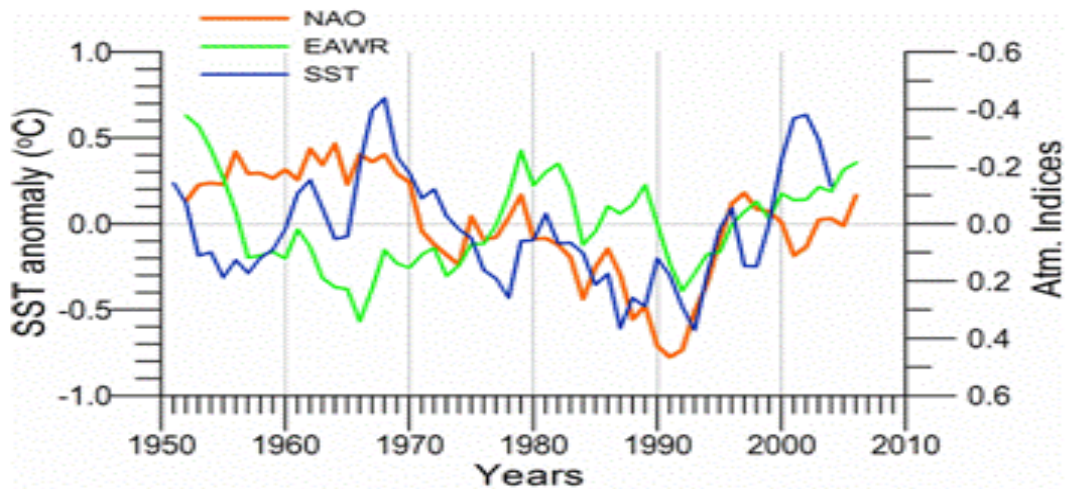
verileri ile Global Hadley2 (tropik atmosfer sirkülasyonu) ve Karadeniz basin-avg (Hadley sürkilasyonları) bazlı verileri şekil 1.8’de gösterildiği gibi analiz edilmiştir.



**Şekil 1.8 :** 1930-2005 yılları arasındaki karadeniz SST değişimleri.

(kırmızı renk Galata insitu ve mavi renk basin ortalaması, yeşil renk Hadley2 data bilgilerini göstermektedir.) Kaynak : State of Environment Report 2001 - 2006/7

Ayrıca raporda 1950-2010 NAO ve EAWR endeksleri bazlı değişimlerle birlikte SST’de meydana gelen dalgalanmalar analiz edilerek karadeniz yüzey sıcaklıkları arasındaki anormallikler gösterilmiştir (şekil 1.9)



**Şekil 1.9 :** Yıllık ortalama SST anormalliği, Kuzey Atlantik ve Doğu Atlantik – Batı Rusya Salınımı iklim değişikliği.

(Turuncu çizgi NAO, Yeşil çizgi EAWR, Mavi çizgi SST)

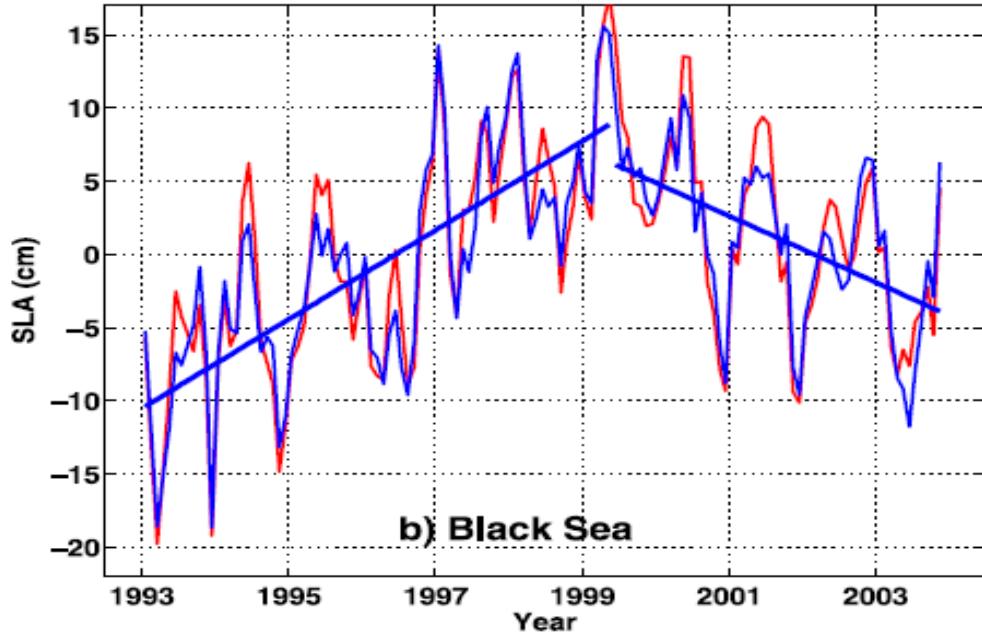
Kaynak : State of Environment Report 2001 - 2006/7

Yıllık ortalama SST varyasyonlarına bakıldığında ortalama 1.0°C ısınma-soğuma döngüsü gerçekleştiği görülmüştür. 1937-1957 yılları arasında 0.9 °C soğuma, 1957-1978 yılları arasında 1.0°C ısınma, daha sonra önemli sayılabilecek ~1.5°C civarında görülen soğuma ve ısınma değişimleri 1973-1993 ve 1993-2002 yılları arasında görülmüştür. 1993-2002 yıllarındaki güçlü ısınma trendi ortalama deniz yüzeyi sıcaklığını 1960'lardaki değerlere getirmiştir (Şekil 1.8) [33].

Atmosferik sirkülasyonların (NAO ve EAWR) deniz yüzey sıcaklığındaki etkisi özellikle 1981-1993 yılları arasındaki soğuma döngüsü şeklinde görülmüştür (Şekil 1.9) [31]. Yine de bu sirkülasyonların tek başına Karadeniz yüzey sıcaklıkları üzerinde etkili olduğunu söylemek yanlış olur bunun için iklim değişikliği bütünüyle ele alınmalıdır. Karadeniz deniz yüzey sıcaklık verileri üzerindeki çalışmalar iklim değişikliğiyle birlikte son yıllarda hız kazanmış bu konu üzerine çeşitli çalışmalar yapılmıştır [34] [35] [36].

Küresel çaplı iklim değişikliği nedeniyle deniz suyu seviyelerinde de değişimler meydana gelmiştir. Herhangi bir bölgedeki kısa zamanlı deniz seviyesi değişimi atmosfer basıncı, gel-git, rüzgar gibi etkenlerle açıklanabilmektedir fakat; uzun döneme baktığımızda bu değişimlerin iklim değişikliğiyle paralellik gösterdiği görülür [37]. Küresel ısınma sonucu buzulların eriyerek zaman içerisinde deniz suyu seviyelerini arttırdığı ve arttırmaya devam ettiği herkes tarafından bilinen bir gerçektir. Diğer yandan ısınmayla deniz suyu da ısınır genişler yoğunluk artar ve su seviyesinde artış meydana gelir [38].

Karadeniz de iklim değişikliğinden etkilenmiş su seviyesinde artış meydana gelmiştir. 1992-2005 yılları arasındaki yükselme bir önceki on yıla göre 2-3 kat artmış yıllık yükselmesi 8-9 mm civarında meydana gelmiştir ve bilgisayar modeli öngörüler 21 yy. sonuna kadar değişmezse karadeniz suları iklim değişikliği sebebiyle 20 mm civarında yükselebilecektir [39]. 1993-2003 yılları arasında karadeniz ortalama deniz seviyesindeki sezonsal ve mevsimlik olmayan artış trendleri şekil 1.10'da gösterilmiştir [40].



**Şekil 1.10** : Karadeniz ortalama deniz suyu artışının çizgisel gösterimi.

(Mavi dalga mevsimsel, kırmızı dalga mevsimsel olmayan) Kaynak: Vigo et al. Journal of Marine Research

İklim değişikliği karadenizde deniz canlıları ve balıklar üzerinde de etkili olmaktadır. TÜDAV (Türkiye Deniz Araştırmaları Vakfı) raporuna göre artan sıcaklık ve tuzluluk oranlarına bakılırsa ileriki yıllarda Karadeniz bir Akdenizleşme etkisi altına girebilir. Örnek verecek olursak mıgır, baraküda, peygamber balığı gibi sıcak su balıklarının son yıllarda Karadeniz'e girmesi termofilik türlerin arttığına göstergesidir. İleriki yıllarda bu olay besin zincirindeki değişimlere sebep olabilecektir. Bunlarla birlikte Karadeniz'de planktonlarla beslenen hamsi, çaça gibi balıkların planktonların ağırlığını denizden hafiflettiği bilinmektedir. Ancak bu türlerdeki azalma planktonların diplerde birikmesine neden olacak ve Hidrojen sülfür ( $H_2S$ ) birikimi hızlanacaktır, dolayısıyla  $H_2S$  tabakası yükselecektir [16].

Raporda Akdeniz ve Karadeniz su sirkülasyonları arasında meydana gelebilecek değişikliklerin olası sonuçlarına da yer verilmiştir. Akdeniz'den Karadeniz'e İstanbul Boğazı'ndan alt akıntı yoluyla geçen, tuzluluk ve sıcaklık oranı yüksek sularla, Karadeniz'den Akdeniz'e geçen tuzluluk ve sıcaklık oranı düşük üst akıntı suları canlıların göçlerini ve dağılımını düzenler. İklimsel değişikliklerle birlikte deniz suyundaki olası artış termofilik balıkların Karadeniz'e geçişlerini etkileyeceği için

gelecekte Karadeniz'deki balık türleri ve avlanma kriterleri değişecek, tür çeşitliliği artacak ve avlanan balıkların miktarları da değişecektir [16] [41].

## 1.2 Deniz Yüzey Suyu Sıcaklığı

Deniz suyunun en önemli fiziksel parametresi, iklim değişikliğinin etkisini en iyi yansıtan özelliği sıcaklığıdır [42]. Su sıcaklığı denizlerdeki kimyasal, fiziksel ve yaşamsal olayları doğrudan veya dolaylı olarak büyük oranda etkilemektedir.

Deniz suyunun ısınmasındaki en önemli faktör güneşten gelen radyasyonlardır. Güneş radyasyonunun suya nüfuz etmesinde ise deniz yüzeyinin pürüzlülük parametresi, enlem derecesi, güneş ışınlarının geliş açısı ve bulutluluk faktörleri etkilidir [43] [44].

Deniz suyunun ısınmasına etki eden diğer faktörler şunlardır;

1. Yer kabuğunun iç kısmından deniz katmanlarına konveksiyonla ısının iletilmesi,
2. Su buharı yoğunlaşması sebebiyle oluşan ısı,
3. Kimyasal ve biyolojik olaylar sonucu oluşan ısı,
4. Yüzeyden esen rüzgarların ve med-cezir akıntılarında kaynaklanan ısının konveksiyon yoluyla suya iletilmesi,
5. Suda bulunan radyoaktif maddelerin ayrışması sonucu meydana gelen ısı [45].

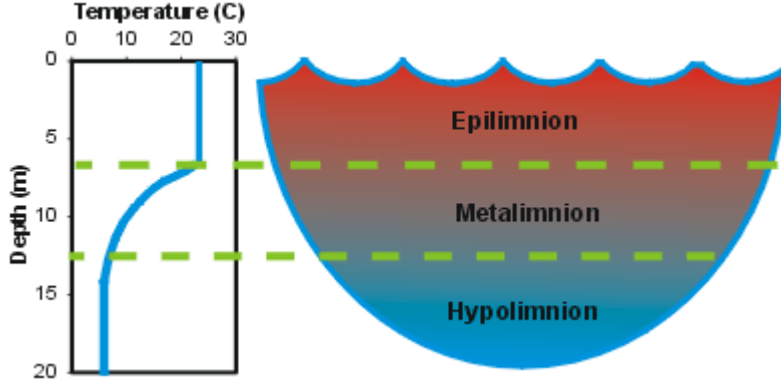
Deniz suyunun soğumasına etki eden faktörler ise;

1. Deniz yüzeyine düşen güneş ışınlarının yansımaları,
2. Atmosferik olaylara bağlı ısı konveksiyonları,
3. Buharlaşma ile deniz yüzeyinde oluşan ısı kaybı,

olarak maddelendirilebilir [45].

Deniz ve okyanuslardaki sıcaklık derinlere gittikçe azalır. Bu tabakalaşma sonucu en üstte ılıman bir katman olan yüzey tabakası (epilimnion), onun altında geçiş tabakası

(metalimnionle) ve en dip katman olan soğuk tabaka (hipolimnion) meydana gelir (Şekil 1.11).



**Şekil 1.11** : Sudaki derinliğe bağlı sıcaklık değişimi ve katmanlar.

Kaynak: [www.upstatefreshwater.org](http://www.upstatefreshwater.org)

Deniz suyunun maksimum 100 m derinliğine kadarki kısmında güneş ışınlarının etkisinin ilk belirdiği nokta olan ve atmosfer kaynaklı koşullara direkt maruz kalan katman yüzey tabakası (epilimnion) bulunur. Bu tabaka genellikle kış mevsiminde sabit bir ısıda kalır fakat yaz aylarında mevsimsel termokline rastlanır.

Yüzeysel tabakanın hemen altında bulunan geçiş tabakası termoklinde (metalimnion) su sıcaklığı 5°C'ye kadar düşmektedir. Ekvator ve çevresinde bu tabaka 100 m derinliktedir, 15 dereceden sonraki enlemlerdeyse 100-200 m arasında bulunur. 50 dereceden sonraki enlemlerde ise geçiş tabakası yüzeyde bulunur. Bu verilere dayanarak Dünya genelindeki termoklin tabakasının 10 ile 200m arasında değişmekte olduğunu söyleyebiliriz [46].

Okyanusların büyük bir kısmını oluşturan dip katmanda (hipolimnion) ise sıcaklık 5°C'den 2°C'ye düşer ve ortalama su sıcaklığı 3,8°C'dir.

Deniz ve okyanuslarda sıcaklık derinliğe göre değiştiği gibi yatay şekilde de değişmektedir. Coğrafi bölge farklılıklarının yanı sıra atmosfer basıncının değişmesi, rüzgarlar, dalgalar, geçiş tabakası, diverjans, koverjans, atmosfer ve deniz arasındaki ısı-kütle değişimi gibi faktörler yüzey suyu sıcaklığının yatay değişimi üzerinde etkili olmaktadır. 27°C ortalama sıcaklığa sahip Ekvator bölgesi en yüksek, ortalama -2°C'ye sahip Kutuplar bölgesi ise en soğuk değerlere sahiptir. Buna nazaran Ekvator

dışında olup, sıcak sulara sahip Kızıl Deniz, İran Körfezi gibi iç denizlerde yüksek sıcaklıklar görülebilmektedir [45].

Güneş ışınlarının önemli bir bölümü denizler tarafından abzorbe edilir fakat; bu miktar denizin durağan veya çalkantılı olması durumuna göre değişiklik gösterebilir [46] [47]. Bununla birlikte denizlerin yansıtma kat sayısı düşük olduğu için yansıma yoluyla ısı kaybı düşüktür. Deniz ve okyanuslar belirli dönemlerde bir ısı kaynağı işlevi görerek etraflarına ısı yayar. Bu ısı miktarı deniz yüzey suları sıcaklığına ve havanın nispi nemine bağlı olarak değişir. Sıcaklık arttığı ve nispi nem düştüğü oranda etrafa verilen ısı artar. Bununla birlikte denizlerin atmosferden sıcak olduğu durumlarda denizler atmosfere konveksiyon yoluyla da bir miktar ısı verirler ama bütün bu ısı yayılmaları mevsimlere ve bölgelere göre farklılık gösterebilir[46].

Bazen de okyanus ve deniz yüzey sularındaki büyük oranda ısınma çeşitli atmosferik olaylardaki değişime neden olabilir. Bunun en güzel örneği El Niño Güney salınımıdır. Batı Tropikal Pasifik Okyanusu'nda ısınan yüzey suyu, doğu boyunca uzanarak Güney Amerika kıyılarına kadar uzanarak Humbolt Akıntısı'nın besince zengin soğuk sularının yerine geçmesi sonucu her 2-5 yılda bir Güney Amerika'nın batı kıyılarında okyanus akıntılarının yönünde ve yüzey sularında ani değişikliklere sebep olur, ortalama bir kaç yıl süren bu olay El Niño olarak isimlendirilmektedir [48]. Güneş batıdaki, Endonezya ve Avustralya yakınlarındaki deniz yüzey sularını ısıttıkça, bu sıcak ve nemli hava atmosfere yükselir ve suyun yüzeyine yakın bir alçak basınç sisteminin oluşmasına sebep olur. Yükselen hava soğur ve nemini kaybeder; sonuçta bu sahaya yağmurlar yağdırır. Kuruyan hava atmosferin daha üst kısımlarındaki rüzgârlar tarafından doğuya götürülür. Hava doğu yönlü hareketi boyunca ağırlaşır ve serinler, Ektavor ve Peru'ya ulaşırken alçalmaya başlar ve okyanus yüzeyine yakın bir yüksek basınç oluşturur. Alçak kesimlerde Alize rüzgarları olarak bilinen hava akımları Endonezya'ya yani batıya doğru hareket eder böylece döngü tamamlanmış olur [49] [50]. El Niño etkilediği bölgeye çok ciddi zararlar vermektedir. Besin değeri bakımından zengin soğuk deniz suyunun, sıcak ve besin değeri bakımından fakir deniz suyu ile yer değiştirmesi sonucu balık yaşamında ve buna bağlı olarak ekonomide büyük kayıplar meydana gelir. Sıcak deniz suları Ekvator ve Peru kıyılarında ısı ve

nemin yükselmesine sebep olarak normalde kurak olan bu ülkelerde selli yağmurlar ve fırtınalar oluşturur ve can kayıplarına varan olumsuz sonuçlar doğurur [51].

Görüldüğü gibi deniz yüzey suyu gerek atmosferik olaylarda, gerek canlı yaşamı ve habitatı etkilemesi bakımından çok büyük etkiye sahiptir. Deniz yüzey sıcaklığını arttıran veya azaltan etkilerin belirlenmesi, küresel ısınmanın deniz ve okyanuslardaki ısınmayı geçmişten bu yana nasıl etkilediğinin bilinmesi ve gelecekte ne derecede etkileceğinin tahmin edilebilmesi son derece önemlidir. Bu tahmin için de geliştirilen çeşitli yöntemler mevcuttur. Bu yöntemlere 2.2 bölümünde yer verilmiştir.

### **1.3 Yapılan Çalışmanın Amacı**

Küresel iklim değişikliğinin etkileri her geçen gün daha çok hissedilmektedir ve günümüzde iklim değişikliği üzerine yapılan çalışmalar gelişen teknolojiyle birlikte hız kazanmıştır. Yapılan çalışmalarda küresel iklim değişikliğinin varlığı kesinleşmiştir ve artık bu değişikliği önlemeye yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Bunun yanı sıra bu etkilerin gelecekte nasıl gerçekleşeceği konusunda çalışmalar da bilgisayar modelli incelemelerle gösterilmeye çalışılmaktadır. Bu çalışmalara en güzel örnek olarak bölüm 1.1’de gösterilerin Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) ‘nin yaptığı RCP senaryoları gösterilebilir.

İklim değişikliğini üzerine yapılan çalışmalarda buzullardaki erimelerin gerçekleşmesi ve su seviyelerinin artması, karalardaki ısınma ve çölleşme, tatlı su kaynaklarının tükenmesi gibi parametreler dikkate alınmaktadır. Bu parametreler arasındaki en önemli parametrelerden biri de deniz yüzey suyu sıcaklığıdır. Dünya üzerindeki deniz ve okyanuslarda bu değişiklik üzerine yapılan bir çok çalışma bulunmaktadır fakat; Türkiye denizlerine baktığımızda çalışmalar sınırlı sayıdadır. Coğrafi konumu bakımından Avrupa ve Asya kıtaları arasında bulunan ve önemli ticaret yollarına sahip, canlı türleri bakımından zengin bir deniz olan Karadeniz üzerine ise yapılan bir kaç çalışma dışında uzun dönemli bir deniz yüzey sıcaklık analizi bulunmamaktadır.

Bu çalışmada deniz yüzey sıcaklığı üzerine gelişen teknolojiyle birlikte ortaya çıkan uzaktan ve yersel algılama sistemleri kullanılarak, Karadeniz yüzey sıcaklığındaki değişimlerin analiz edilmesi, küresel ısınmanın bu değişimde ne derece etkili olduğu ve bazı ölçüm yöntemlerinde ülke çapındaki eksiklikler ortaya konularak öneriler getirilmesi amaçlanmıştır.

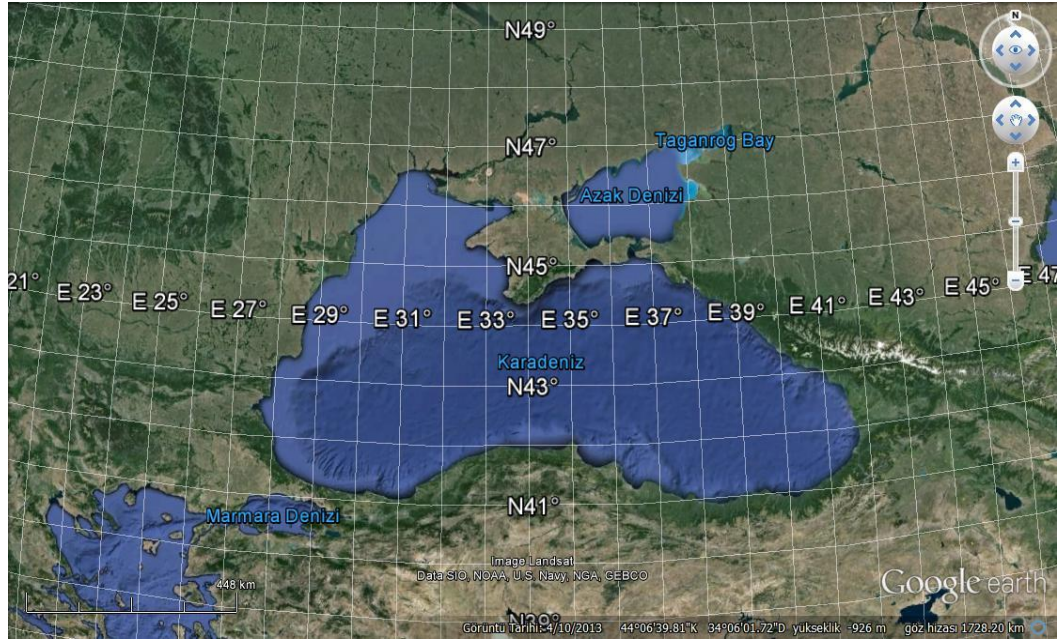
## 2. ÇALIŞMA ALANI VE DATA

### 2.1 Çalışma Alanı

#### 2.1.1 Karadeniz'in genel özellikleri

Karadeniz 40°55' ve 46°32' kuzey enlemleriyle, 27°27' ve 41°42' doğu boylamları arasında yer alır (Şekil 2.1). Avrupa ve Asya kıtalarının arasında kalan havza, İstanbul ve Çanakkale Boğazları'yla Marmara denizi, Ege denizi ve Akdenize bağlanmaktadır. Ayrıca Kerch Boğazı'yla da kuzeyinde bulunan Azak denizine bağlanır. Bu konumuyla jeopolitik açıdan son derece önemli bir noktada olan karadeniz, önemli ticaret yollarını da kapsamaktadır.

Karadeniz yaklaşık 423 bin kilometre kare kapladığı yüzey alanıyla dünyanın en büyük kapalı denizlerinden birisi olmaktadır. Bu alan dünya okyanuslarındaki suyun yaklaşık %0,12'sini oluşturur. Kıyısız olarak 4.740 km uzunluğa sahip olan karadenizin maximum su derinliği 2.212 m olmakla birlikte ortalama su derinliği 1.315 m'dir. Deniz yüzeyindeki maximum tuzluluk oranı ‰22, ortalama tuzluluk oranı ‰18'dir [46,53].



Şekil 2.1 : Karadeniz



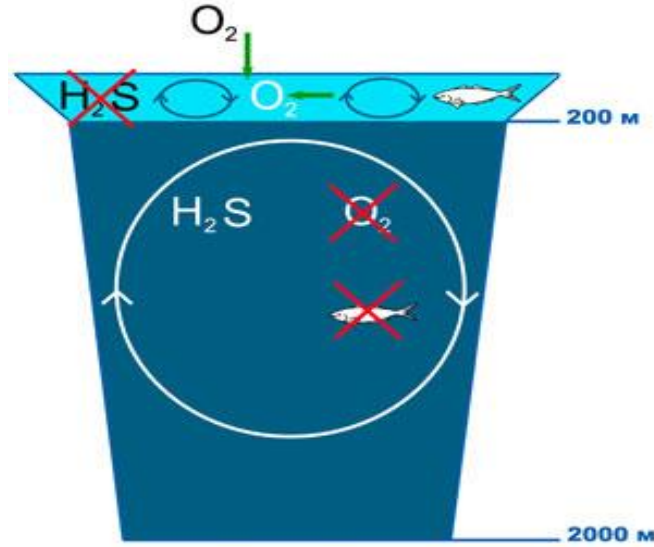
8.Kırım antisiklonik anaför akıntısı 9. Yarı sabit siklonik anaför akıntısı.) Kaynak: [www.south-stream-offshore.com](http://www.south-stream-offshore.com)

Karadeniz’de yoğunluğun sebebiyle giriş çıkış yapan su akıntıları vardır. Daha düşük tuzluluktaki (‰10) Azak denizi tuzları üst akıntı yoluyla Karadeniz’e, tuzluluğu yoğun Karadeniz ise (‰17-18) alt akıntıyla Kerch Boğazı yoluyla Azak denizine giriş yapar. Diğer yandan daha yüksek tuzluluğa sahip Akdeniz suları (Marmara suları yüzeyde ‰22, 150 m’de ‰38) dip akıntısı olarak Marmara’ya girer. Marmara’dan akan tuzlu sular da Karadeniz’in 200 m üzerindeki üstünde tuz tabakalaşmasına sebep olur [46,55]. Karadeniz’de tuzluluk oranının Akdeniz’e göre daha düşük olmasının sebeplerinden biri büyük tatlı su kaynaklarının Karadeniz’e dökülmesidir. Ülkemiz dışından gelen büyük akarsu kaynakları olarak Tuna nehri (203 km<sup>3</sup>), Dnyester ve Bug Nehirleri (54.7km<sup>3</sup>) , ülkemizde doğup Karadeniz’e dökülen büyük kaynaklar olarak da Sakarya, Kızılırmak ve Yeşilirmak (6 km<sup>3</sup>) gösterilebilir [46].

Toplam olarak Karadeniz’e nehirler vasıtasıyla yıllık yaklaşık 357 km<sup>3</sup> su dökülmektedir. İstanbul Boğazı’ndan alt akıntı yoluyla yaklaşık 153 km<sup>3</sup> su girmektedir ve 225 km<sup>3</sup> yağış almaktadır. İstanbul Boğazı yoluyla Karadeniz’den çıkan su miktarı ise 387 km<sup>3</sup> olup üst akıntı yoluyla gerçekleşmektedir. Su kayıpları da buharlaşma yoluyla yıllık yaklaşık 387 km<sup>3</sup> olarak gerçekleşmektedir. [56].

Karadeniz’de derinlik arttıkça oksijen değeri düşmektedir. Buna karşılık H<sub>2</sub>S konsantrasyonu hızla artmaktadır [57]. Şekil 2.3’te gösterildiği gibi Karadeniz’in 200 m’den sonrası tamamen oksijensizdir ve H<sub>2</sub>S’li su bulunur, bu yüzden birçok canlı yaşayamamaktadır. Karadeniz 500 bin yıldan bu yana mutlak kükürtlü hidrojen gazı ile doymuş dünya üzerindeki birkaç göl dışında, bu büyüklükteki tek anoksik deniz örneğini taşımaktadır [58].

Karadeniz’de deniz sıcaklığı akıntılarla birlikte değişmekle beraber deniz yüzey sıcaklığını hava sıcaklığı belirler. Sıcaklık değişimlerinin çoğu 50-100 m tabakası arasında gerçekleşir. Kışın su sıcaklığı ortalama 6-7°C’ye kadar düşerken, güney kesimlerinde 8-9°C, kuzey kesimlerinde ise 2-3°C’dir. Yaz aylarında ise ortalama 20-22°C olan yüzey suyu sıcaklığı, doğu ve güney kıyılarında 24-25°C ye kadar yükselmektedir. Tuzluluğun düşük olması nedeniyle kışın Odessa körfezi ve Azak denizinde sular donmaktadır [46].



**Şekil 2.3 :** Karadeniz'deki oksijen ve sülfürik hidrojenin derinliğe göre dağılımı.

Kaynak: [www.blacksea-education.ru](http://www.blacksea-education.ru)

### 2.1.2. Zonguldak

Zonguldak Türkiye'nin Batı Karadeniz Bölgesi'nde bulunan Karadeniz'e kıyısı bulunan bir şehirdir. Çalışmada kullanılacak yersel algılama sistem verileri (insitu) olarak Zonguldak lokasyonu seçilmiştir. Zonguldak merkezinde iki adet gözlem istasyonu bulunmaktadır (şekil 2.4). İlki Zonguldak Gözlem İstasyonu 41°,4492 Kuzey 31°,7779 Doğu koordinatları arasında bulunan ve uzunluğu 135 m olan bir istasyondur. Çalışmada kullanılan veriler bu lokasyondan alınmıştır. Diğer gözlem istasyonu ise Zonguldak Güney Mendirek Feneri İstasyonu'dur. Her iki istasyon da T.C Meteoroloji Genel Müdürlüğü Ankara İstasyonu'na bağlıdır.



**Şekil 2.4 :** Zonguldak Merkezdeki Gözlem istasyonları. (kırmızı renk Merkez Gözlem İstasyonu, Sarı renk Güney Mendirek Feneri İstasyonu) Kaynak : Google Earth

## 2.2 Data

Deniz yüzey suyu ölçümleri karasal hava gözlemlerini tamamlayan, deniz hava sıcaklıkları arasında bağlantıyı gösteren, okyanus yüzey sıcaklığı ve okyanus ısı içeriği hakkında bilgi veren önemli bir iklimsel kayıt yöntemidir. Isı ölçümleri 18. yy'da başlamış olup, daha önce denizciler tarafından yapılan gözlemlere dayanmakta ve herhangi bir ölçüm methodu uygulanmamaktaydı. Dünyadaki ölçümlerde ilk veriler 1700'lü yılların sonunda Uluslararası Kapsamlı Atmosfer Veri Seti (ICADS) tarafından elde edilmişti; fakat hala gözlemler çok seyrek yapılmaktaydı; ta ki 1853 yılında 1. Uluslararası Denizcilik Meteoroloji Konferansı toplanana kadar. Bu tarihten sonra aylık birkaç raporla ibaret olan SST gözlemleri binlere yükseldi. Denizciler başlangıçta efektif ve güvenli seyirler için meteorolojik gözlemler yapmaktaydı. Daha sonraları gözlemler numerik hava tahminleri ve fırtına tehlikeleri için gönüllü gözlem gemi gemileri (VOS) sayesinde toplandı ve gerçek zamanlı olarak iletildi. Daha sonra gemi doğrultusunda yapılan şamandıra ve yüzey ölçüm yöntemleriyle, kıyasal ölçüm yapılan şamandıralar ve istasyonlarla SST ölçümleri yapıldı [59]. Günümüzde de şamandıra, istasyon ve gemiler vasıtasıyla yüzey ölçümleri yapılmaya devam etmektedir.

Gelişen teknolojiyle birlikte uzaktan algılama yöntemleri devreye girmiş klasik yöntemlerle birlikte uydu bazlı sıcaklık ölçümleri yapılmaya başlanmıştır. Bölge istasyonlarının kurulmasıyla da klasik şamandıraların yerini teknolojik otomatik veri toplayıp istasyona ileten şamandıralar almıştır. Hem uzaktan hem de yerler algılama yöntemleri kullanılarak en doğru ölçümler analiz edilerek deniz yüzey suyu sıcaklıkları belirlenmeye devam etmektedir.

### 2.2.1 Yersel algılama yöntemleri (in situ)

Yersel algılama yöntemlerini şamandıralarla yapılan ölçümler, gemilerden yapılan ölçümler ve sahil meteoroloji istasyonlarından yapılan ölçümler olarak üçe ayırabiliriz.

- **Şamandıradan yapılan ölçümler**

Şamandıralardan yapılan ölçümler sürüklenen ve sabit şamandıralar olmak üzere ikiye ayrılır. Bu şamandıraların görünüşleri şekil 2.5'teki gibidir. Bu şamandıralar saatlik olarak rüzgârın hızı, yönü ve hamlesini, basıncı, hava ve deniz suyu sıcaklığını, çiğ

noktası sıcaklığını, dalga yüksekliği ile dalga dönemini ölçerek uydular aracılığıyla üs istasyona rapor ederler.



**Şekil 2.5:** Sabit şamandıra – Sürüklenen şamandıra

Kaynak : [www.noaa.gov](http://www.noaa.gov)

Üs istasyonlarında da normal iletişim kanallarıyla kullanıcılara ulaştırılır. Ayrıca bu veriler sonradan kullanılmak üzere saklanmaktadır. Şamandıra verileri deniz durumu tahmini, dalga modelleme, sayısal hava tahmini, iklim değişikliği ve iklim tahmini, uydu uzaktan algılama ve bir çok ülkede kıyısız modelleme çalışmalarında verilerin doğrulanması, kalibrasyonu ile onaylanması gibi değişik amaçlar içinde kullanılmaktadır [60].

- **Gönüllü gözlem gemileri (VOS)**

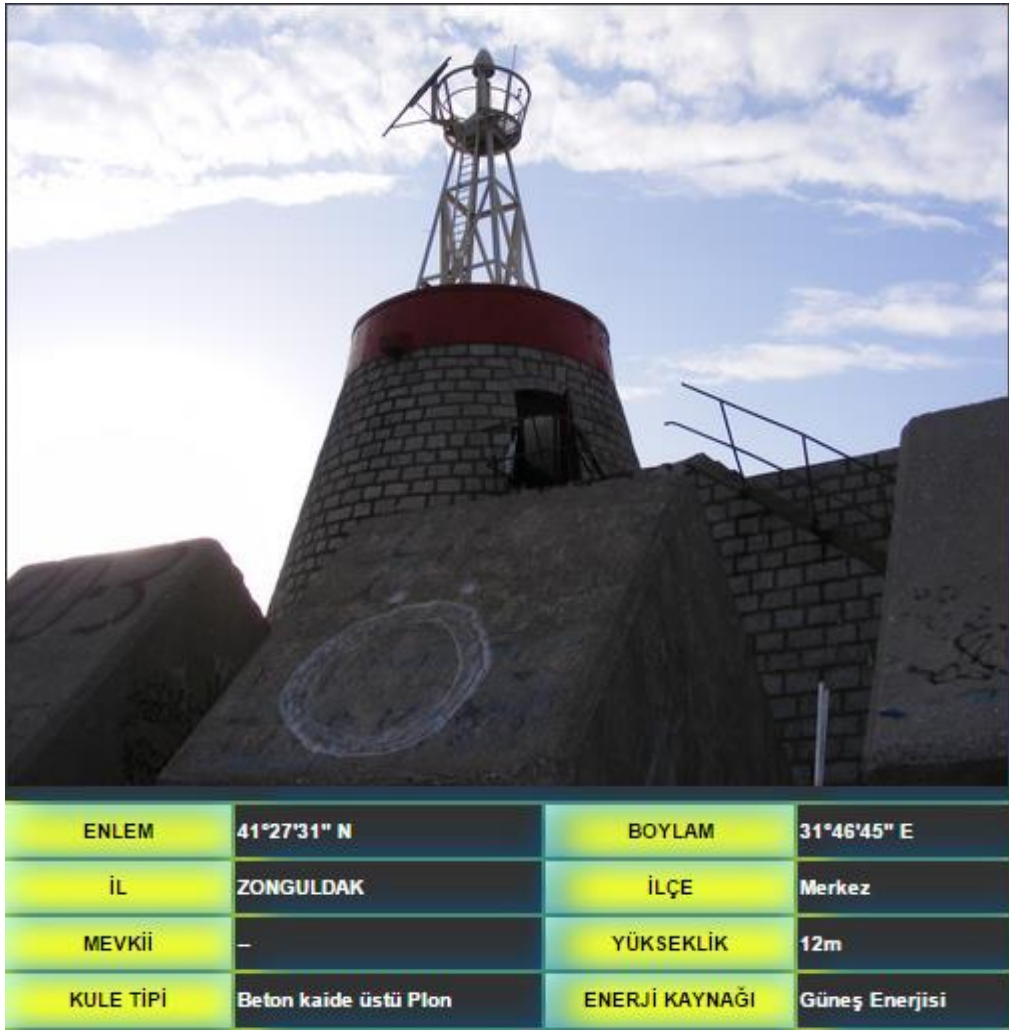
Gözlemlerle yapılacak verilere duyulan ihtiyacı karşılamak ve denizlerle ilgili klimatolojik harita ve atlasların hazırlanması ile diğer bilimsel amaçlara yönelik kullanılması için rüzgâr, yüzey akıntısı, dalga, yağış, görüş, kapalılık, hava ve deniz suyu sıcaklığı, nem, deniz buzu, buz toplanması, basınç, basınç sistemleri ve tropikal siklonlarla ilgili bilgilerin toplanması ve denizler üzerinde gerçek zamanlı gözlemlerin

yapılıp denizciler için tehlike arz eden durumların anında bildirilmesinde gönüllü gözlem gemileri (VOS) önemli işlevlere sahiptir [60].

Gönüllü gözlem gemileri için gerekli teçhizatlar, hassas kadranlı barometre veya dijital elektronik barometre, Kuru ve yaş termometre (sapan ya da açık bir barınak içinde yer ), barograf, deniz sıcaklık termometresi ( kova ile veya tekneye monte ile).

- **Sahil meteoroloji istasyonları**

Sahil meteoroloji istasyonlarında; bulutluluk miktarı, rüzgâr yönü, hızı ve hamlesi, hava sıcaklığı, atmosferik basınç, halihazır hava, geçmiş hava, deniz suyu sıcaklığı, denizin hali ve denizde görüş uzaklığı ölçümleri yapılmaktadır. Zonguldak lokasyonundaki güney mendirek fenerindeki istasyon şekil 2.6'da gösterilmiştir. Türkiye'de 70 civarında Deniz Otomatik Meteoroloji Gözlem İstasyonu bulunmaktadır. Bu istasyonlar şekil 2.7'de gösterilmiştir.



**Şekil 2.6 :** Zonguldak güney mendirek feneri istasyonu- Kaynak : [www.mgm.gov.tr](http://www.mgm.gov.tr)



Şekil 2.7 : Türkiye Deniz Otomatik Meteoroloji Gözlem İstasyonları ve deniz suyu sıcaklıkları. Kaynak: mgm.gov.tr

## 2.2.2 Uzaktan algılama yöntemleri (Remote sensing)

Yer çekimi kanunlarının etkisinde kalarak dünya etrafında dönen cisimlere uydu denir. Uzaktan algılama yöntemlerinde uydular kullanılan en teknolojik araçlardır. Uzayda ayna görevi gören uydular, yerden aldığı sinyalleri tekrar daha geniş alanı kapsayarak dünyaya gönderirler. Uydular yörüngelerine ve amaçlarına göre sınıflara ayrılır. Yörüngeleri açısından 3'e ayrılırlar: Alçak yörüngeli uydular, orta yörüngeli uydular ve yüksek yörüngeli uydular. Kullanım amaçlarına göre ise 4 bölümde incelenirler: Meteorolojik uydular, askeri amaçlı uydular, araştırma uyduları ve haberleşme uyduları [61,62].

Meteoroloji uyduları, hava olaylarını küresel olarak inceleme olanağı sağlayan uzaktan algılama cihazlarıdır. Dünya çevresindeki yörüngelerinde hareket ederlerken, sensörleri (radyometre) tarafından kaydedilen verileri belirli aralıklarla yer istasyonlarına gönderirler. Uyduların en önemli faydalarından biri, yer gözlem istasyonları kurulamadığı için verilerin toplanamadığı okyanus, çöl, dağlık alanlar, kutup bölgeleri vs. gibi çok geniş alanlardan meteorolojik bilgilerin elde edilmesidir.

Meteorolojik uydular yörüngelerine göre temel olarak iki kısma ayrılırlar, bunlar Geostationary (Sabit Yörüngeli) Uydular ve Polar (Kutupsal Yörüngeli) Uydulardır [60].

İlk meteoroloji uydusu olan Vanguard 2, 17 Şubat 1959'da fırlatılmıştır. Uydunun amacı bulutların yoğunluğunu ve rezistansını ölçmektir ancak bundan çok sınırlı bilgi edinilmiştir. Bu yüzden ilk başarı sonuçlar elde edilen uydu 1 Nisan 1960'da NASA tarafından fırlatılan TIROS-1 olarak kabul edilir [63]. Dünya yörüngesine gönderilen çok sayıda uydu vardır 2014 yılı başlı Dünya yörüngesinde bulunan meteorolojik uydular tablo 2.1'de gösterilmiştir.

**Tablo 2.1 :** 2014 yılında gönderilen bazı meteoroloji uyduları

Uydu Adı	Uluslararası Kod	Gönderilme Tarihi	Dakika Periyodu
FENGYUN 2G	2014-090A	31.12.2014	1436.1
HIMAWARI 8	2014-060A	06.10 2014	1436.1
METEOR M2	2014-037A	08.07 2014	101.4
DMSP 5D-3 F19 (USA 249)	2014-015A	03.04.2014	101.9
GPM	2014-009C	27.01.2014	92.5

Uyduların uzaktan algılama sistemleri cisimler tarafından yansıtılan ve cisimlerin vücut sıcaklığına bağlı olarak yaydıkları elektromagnetik radyasyonun, uzaya yerleştirilen platformlar (uydu) üzerinde bulunan radyometreler (pasif algılama) ve radarlar (aktif algılama) tarafından ölçülmesi prensibine dayanır. Bulutluluk, ozon miktarı ve konsantrasyonu, buzul alanlarının, atmosferik sıcaklık ve nem profillerinin, yağış miktarının tespiti, kara ve deniz yüzeyi sıcaklıklarının belirlenmesi pasif algılama ile, okyanus dalga boyu, dalga yüksekliği, deniz yüzeyi rüzgar hızı ve yönünün tespiti aktif algılama ile yapılır [60].

Meteorolojik uydular arasında deniz yüzey sıcaklığı ölçümü yapan uydular da vardır. Bu uydulardan bazıları tablo 2.2’de gösterilmiştir. Çalışmada kullanılan uzaktan algılama sistemi için verileri tablo 2.2’de gösterilerin İleri Çok Yüksek Çözünürlüklü Radyometre (AVHRR) uydusundan, myocean.com internet adresi aracılığıyla alınmıştır.

**Tablo 2.2 :** Deniz Yüzey Sıcaklığı (SST) yapan uydulardan bazıları

<b>Uydu Adı</b>	<b>Açılımı</b>	<b>Gönderilme Tarihi</b>
<b>NOAA AVHRR</b>	<b>Advanced Very High Resolution Radiometer</b>	<b>Ekim 1978</b>
GMSS-VISSR	Visible Infrared Spin Scan Radiometer	Ekim 1999
MODIS	Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer	1999 Terra 2002 Aqua
SEAWIFS	Sea-Viewing Wide Field-of-View Sensor	Ağustos 1997
OTB	Orbital Test Bed	Temmuz 2015

### 3. YÖNTEM

#### 3.1 Yersel Algılama Yöntemi (in situ) Analizi

Karadeniz deniz yüzey sıcaklığı yersel algılama yöntem analizi için jeopolitik konumu açısından önemli deniz trafik hatları üzerinde olması ve İstanbul Boğazı'na yakınlığı nedeniyle Zonguldak deniz bölgesi seçilmiştir. Bu bölge için T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün 1970-2012 yılları arasında Zonguldak'ta günlük olarak ölçüm yaptığı veriler alınmıştır ve deniz yüzey sıcaklık değişimleri yıllık olarak grafiklerle analiz edilmiştir.

#### 3.2 Uzaktan Algılama Yöntemi (Remote Sensing) Analizi

Karadeniz deniz yüzey sıcaklığı uzaktan algılama sistem verileri için myocean.com internet sitesindeki İleri Çok Yüksek Çözünürlüklü Radyometre (AVHRR) uydusundan alınıp tekrar değerlendirme analizi yapılmış uydu görüntüleri alınmıştır ve Seadas adlı programda hem Zonguldak hem de tüm Karadeniz su havzası 2000-2012 yılları arasındaki 13 yıllık günlük sıcaklık değerleri not edilmiştir, tutulan istatistiklerden analizler yapılmıştır. AVHRR uydusu ilk olarak Ekim 1978 yılında Amerika Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi (NOAA) tarafından uzaya gönderilmiştir. Değişik bazda ölçümler yapmak üzere 6 adet kanalı bulunan AVHRR uydusunun 4. Kanalı gece bulut haritası ve deniz yüzey sıcaklığının görüntülerini alıp analiz etmek amaçlıdır. L4 olarak adlandırılan kanalın dalga boyu 10.30-11.30 mikrometre ( $\mu\text{m}$ ) arasındadır [64]. Myocean.com internet sitesi de bu kaynağı kullanarak Karadeniz bazlı SST analizini yayınlamıştır.

Myocean.com'dan alınan re-analiz görüntülerinin seadas adlı programda görüntülenmesi ve verilerin nasıl alındığı şekil 3.1 de Zonguldak, Şekil 3.2'de de tüm karadeniz su havzası için gösterilmiştir.

Seadas programında çalıştırılan harita pikseller içerir ve her bir piksel için kelvin ölçü birimiyle gösterilen sıcaklık değerleri mevcuttur. Çalışmada Zonguldak deniz bölgesindeki yersel ve uzaktan algılama sistemi değerlerinin aynı hat üzerinde yapılabilmesi için Zonguldak Meteoroloji Gözlem İstasyonu'nun bulunduğu bölge

koordinatlarını veren 129x174 pikseli kullanılmıştır. Program bilgisayarın faresini piksel üzerine getirince sıcaklık değerini kelvin cinsinden günlük olarak vermektedir. Tüm Karadeniz deniz bölgesi için ise programda günlük harita açıldıktan sonra toplam tuşuna basıldığı zaman program otomatik olarak günlük ortalama minimum maksimum ve ortalama sıcaklık değerlerini kelvin cinsinden vermektedir. Tüm bu veriler kelvin sıcaklık ölçü biriminden santigrat derece'ye Microsoft Excell programı yardımıyla çevirilmiştir ve gün gün kaydedilerek günlük ortalama deniz yüzey sıcaklığı verileri grafiklerle analiz edilmiştir.

### **3.3 Yersel ve Uzaktan Algılama Yöntemi Verilerinin Karşılaştırılması**

Yersel ve uzaktan algılama verileri karşılaştırılması için 2000-2012 yılları arasındaki 13 yıllık dönemde Zonguldak lokasyonu günlük sıcaklık değerleri için AHVRR uydusundan ve Meteoroloji Müdürlüğü'nden alınan veriler microsoft excell programı yardımıyla lineer korelasyon grafikleriyle analiz edilmiştir ve r katyası oranlarına bakılarak karşılaştırmadaki sonuçların doğruluğu incelenmiştir.

Korelasyon analizi iki veya daha fazla değişken arasındaki ilişkiyi belirlemek ve bu ilişkiyi kullanarak o konuyla ilgili tahminler ya da değerlendirmeler yapabilmek amacıyla uygulanır [65].

İki değişken incelendiğinde çıkan sonuçlar -1 ve +1 aralığında bulunur. Bu katsayı sonucu "r" ile gösterilir. X ve Y değişkenleri arasında çıkan r değeri -1'e yakınsa negatif korelasyon, +1'e yakınsa pozitif korelasyon var demektir. Eğer sonuçlar 0'a yakınsa iki değişken arasında herhangi bir bağlantı yok demektir [65].

Korelasyon katsayısının hesaplanması aşağıdaki örnekte gösterilmiştir:

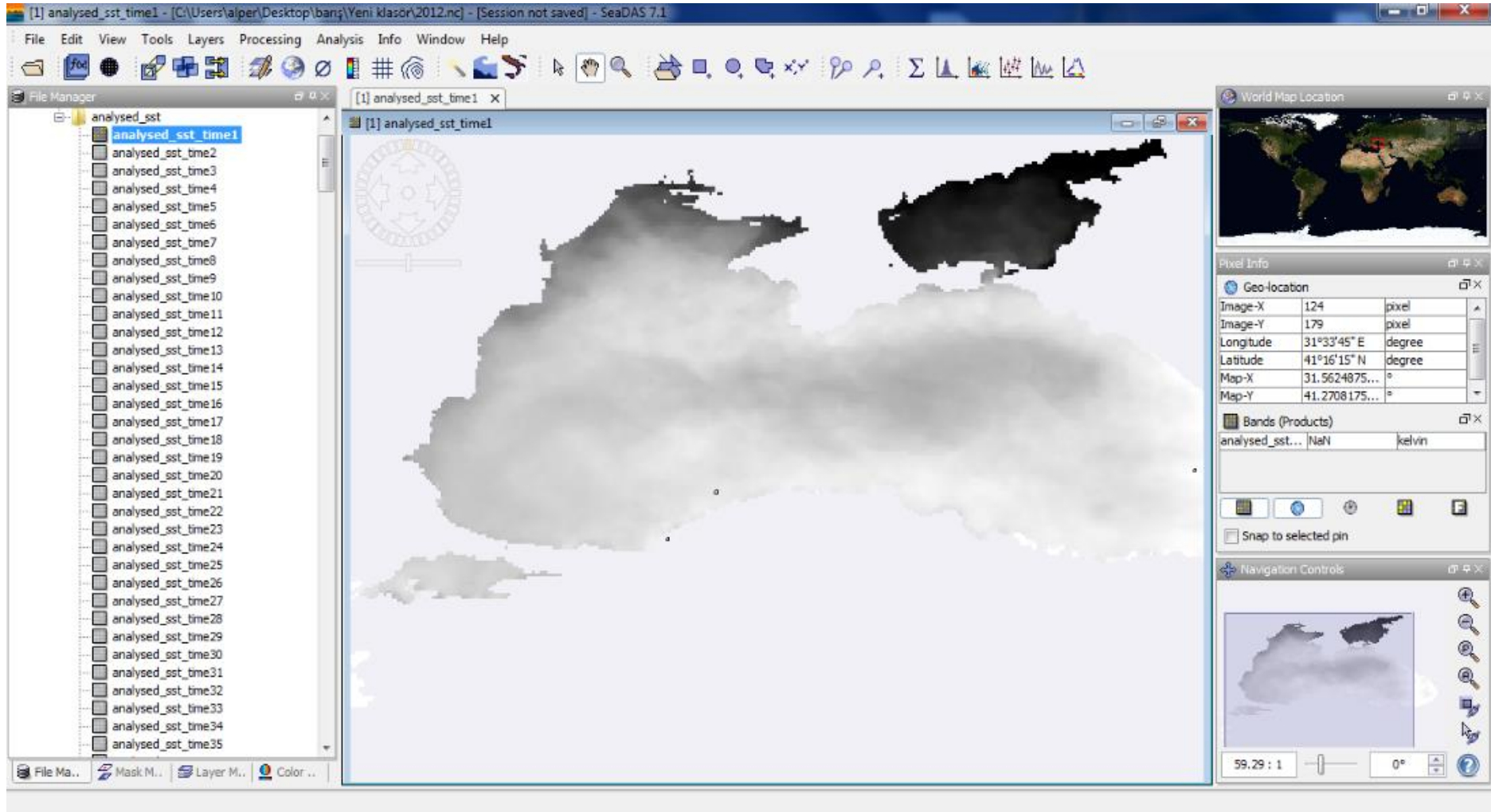
Veri				
<i>x</i>	1	1	3	5
<i>y</i>	2	8	6	4

$$r = \frac{n\sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \sqrt{n(\sum y^2) - (\sum y)^2}}$$

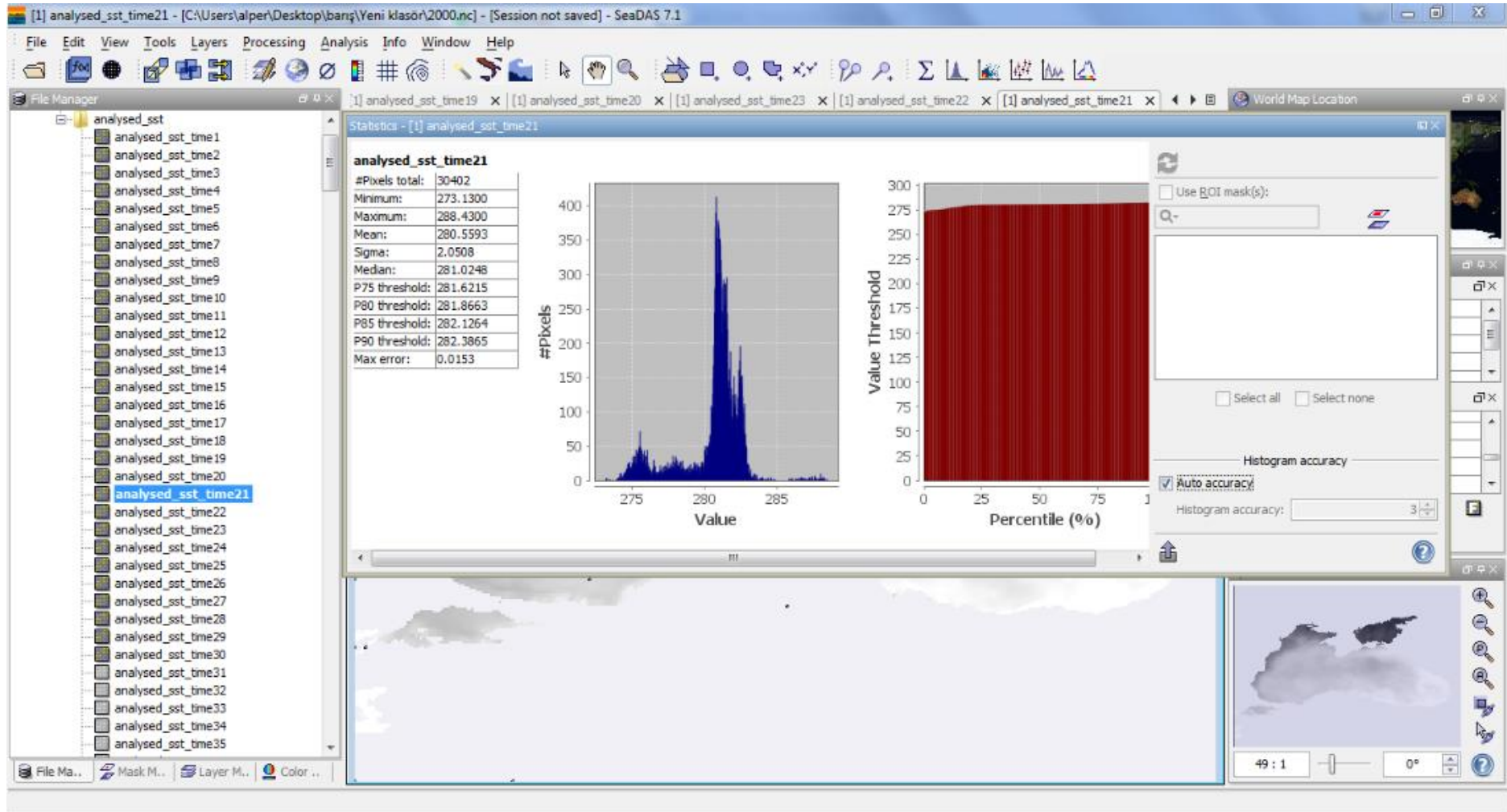
$$r = \frac{4(48) - (10)(20)}{\sqrt{4(36) - (10)^2} \sqrt{4(120) - (20)^2}}$$

$$r = \frac{-8}{59.329} = -0.135$$

Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınan verilerde 2008 yılının aralık ayı ve 2012 yılının eylül, ekim, kasım ve aralık ayları günlük deniz suyu sıcaklık verileri mevcut olmadığından bu veriler değerlendirmeye katılmamıştır ve AHVRR uydusundan alınan veriler de bu verilere göre düzenlenerek karşılaştırılmıştır.



Şekil 3.1 : 2000-2012 yılları arasındaki Zonguldak havzası ortalama sıcaklığının uzaktan algılama verilerinin Seadas programından alınması.



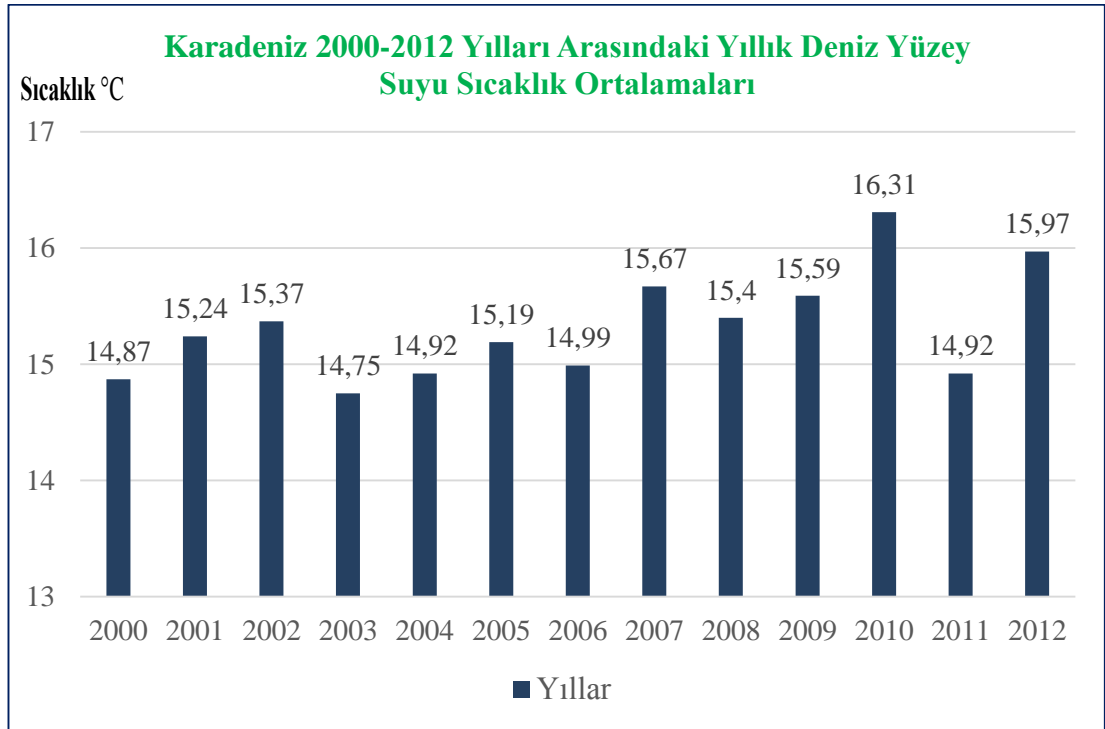
Şekil 3.2 : 2000-2012 yılları arasındaki Karadeniz havzası ortalama sıcaklığının uzaktan algılama verilerinin Seadas programından alınması.



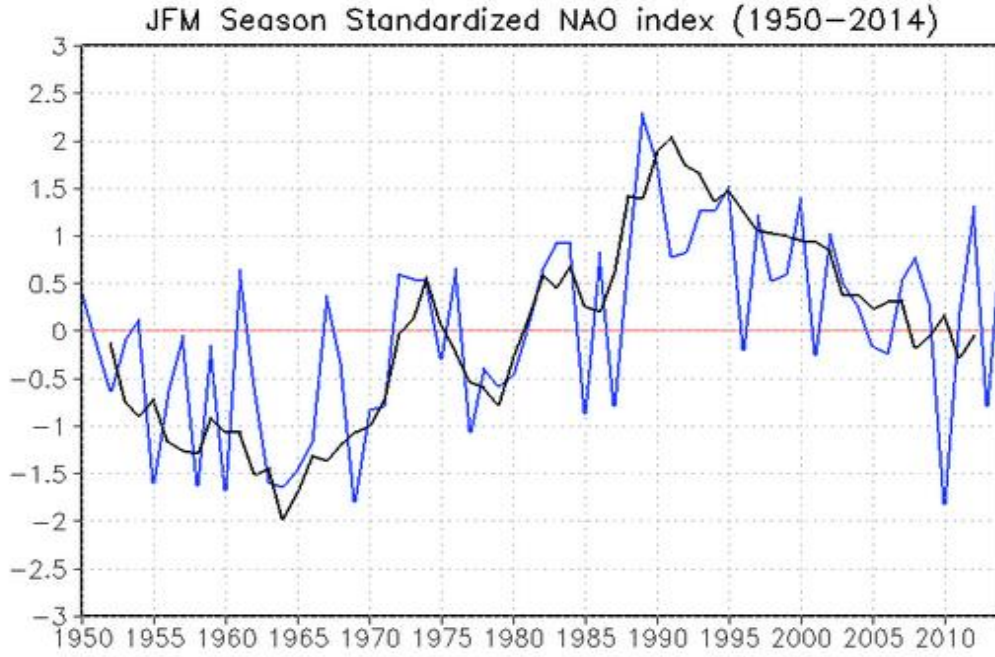
#### 4. ANALİZ SONUÇLARI

Uzaktan ve yersel algılama yöntemleriyle yapılan ölçümler sonucu ortaya çıkan veriler grafik ve tablolara aktarılıp değerlendirilmiştir. Sırasıyla bölüm 4.1’de Karadeniz, bölüm 4.2’de Zonguldak için 2000-2012 yılları arasındaki uzaktan algılama yöntemi analizleri, bölüm 4.3’te Zonguldak için 1970-2012 yılları arasındaki yersel algılama yöntemi analizi ve son olarak bölüm 4.4’te Zonguldak için 2000-2012 yılları arasındaki hem uzaktan hem yersel algılama yöntemleri karşılaştırma analizi sonuçları belirtilmiştir.

##### 4.1 2000-2012 Yılları Arasındaki Karadeniz Deniz Havzası Uzaktan Algılama Yöntemi Ortalama SST Grafik ve Değerlendirmeleri



**Şekil 4.1:** Karadeniz 2000-2012 yılları arasındaki yıllık deniz yüzey suyu sıcaklık ortalaması



**Şekil 4.2:** 1950-2014 yılları arasındaki kış ayı NAO indeksi

Kaynak: [www.cpc.ncep.noaa.gov](http://www.cpc.ncep.noaa.gov)

Şekil 4.1'deki 2000-2012 yılları arasındaki Karadeniz uzaktan algılama deniz yüzey suyu sıcaklık verileri yıllık ortalamalarına bakıldığında ortalamaların genel olarak 15°C üzerinde olduğu görülmektedir. Aynı zamanda sıcaklık ortalamaları arasındaki yıllık bazlı dalgalanmalar da dikkat çekmektedir. Bu dalgalanmaların değerlendirilmesi için bölüm 1.1.2'de bahsedildiği gibi Karadeniz üzerinde etkili olan atmosferik salınımların etkisi incelenmek istenmiştir. Şekil 4.2'de gösterildiği gibi NAO indeksi incelenmiştir ve 2000-2012 yılları arasındaki ortalamalarla aynı yıllardaki NAO indeksi arasında ters orantı dikkat çekmiştir. Bu sonuç NAO indeksinin Karadeniz yüzey sıcaklığı üzerinde son derece etkili olduğunu göstermiştir.

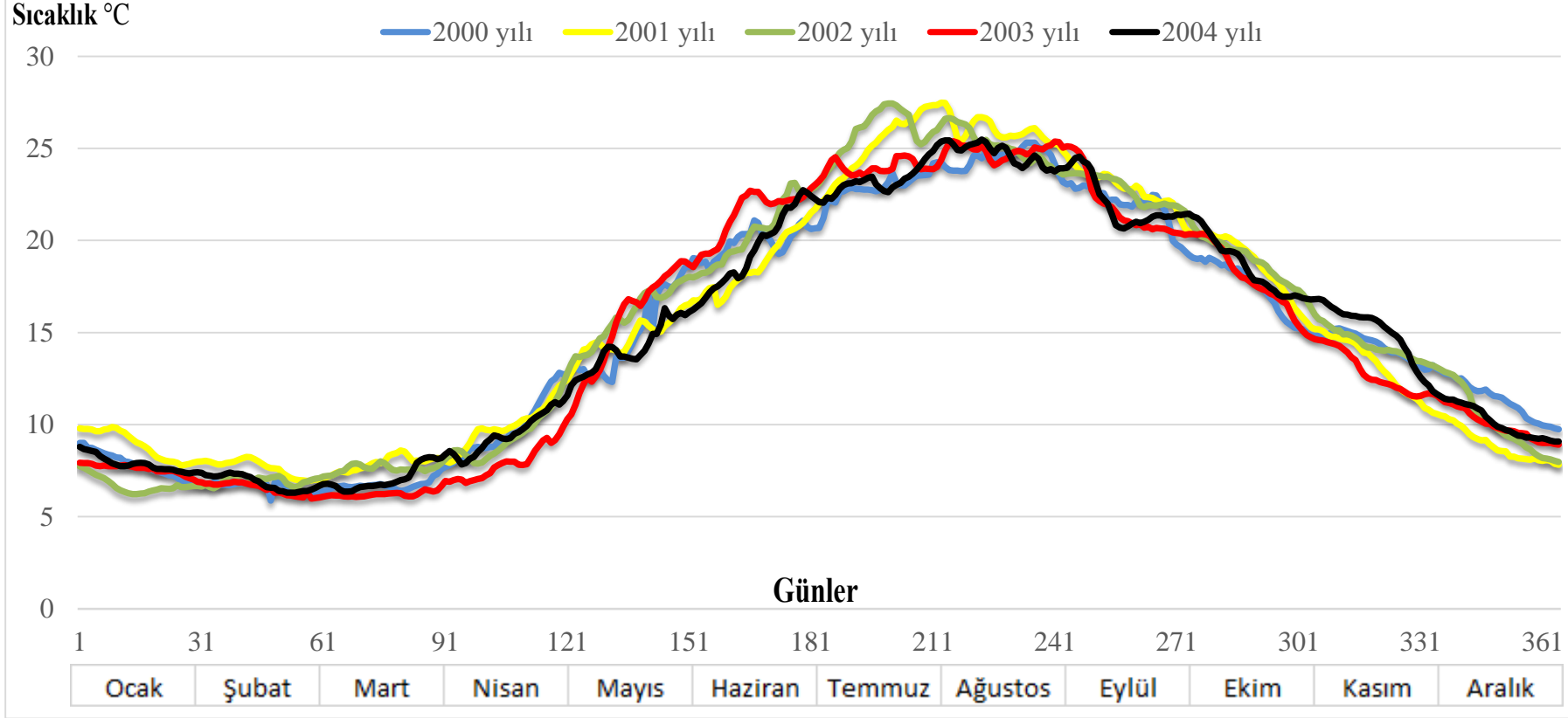
Şekil 4.3'teki Karadeniz 2000-2004 yılları arasındaki 5 yıllık deniz yüzey sıcaklığı ortalama verilerine bakıldığında kış mevsiminin ilk ayında diğer yıl sıcaklıkları çok yakın seyretmesine rağmen 2001-2002 yılları arasında yaklaşık 3°C fark olduğu görülmektedir. Bu fark şubat ayında azalmıştır ve mart ayının sonuna kadar 5 yıl için de yaklaşık olarak benzer seviyede ilerlemiştir. Mart ayının sonuna kadar 2000 ve 2004 yıllarıyla aynı oranda giden 2003 yılı sıcaklık değerleri mart ayının sonunda yaklaşık 1°C'lik azalma göstermiş ve bu fark nisan ayının sonuna doğru 2°C'yi bulmuştur. Haziran ayının ilk 5 gününden sonra 2003 yılı deniz yüzey sıcaklık değerleri artış göstermiş ve mayıs ayının ortalarına doğru 5 yılın sıcaklığı birbirlerine

çok yakın seyretmiştir. Mayıs ayının ortasından sonra 2003 yılı sıcaklık değerleri 2002 yılıyla birlikte artışını sürdürmüştür ve 2004 yılına göre yaklaşık 3°C fark meydana gelmiştir. Diğer 5 yıla göre yıla en yüksek seviyede başlayan 2001 yılı sıcaklık değerleri ile yıla 2000, 2003 yıllarıyla çok yakın değerde başlayan 2004 yılı sıcaklık değerleri haziran ayıyla birlikte diğer 3 yıla oranla 2°C'lik eksi yönde fark göstermiştir ve bu fark haziran ayının ortalarına kadar belirtilen 2 yıl için devam etmiştir. Haziran ayının ortasından sonra 2004 yılı 2000 ve 2002 yıllarına artış göstererek yaklaşmıştır fakat 2001 yılı hala düşük seyretmektedir. Bununla birlikte 2003 yılında ciddi bir artış meydana gelmiş, 2001 yılıyla farkı yaklaşık olarak 4°C olmuştur.

Temmuz ayının başında 5 yılın değerleri de tekrar aynı seviyeye gelmiştir ve ortalama sıcaklık değerleri yaklaşık olarak 22°C olmuştur. Yıla en düşük seviyede başlayan 2002 yılı Temmuz ayının ortasında 5 yıl içerisinde en yüksek 2. değer olan 27,44°C'ye ulaşmıştır ve 2000, 2003 ve 2004 yıllarına oranla yaklaşık 5°C'lik ciddi farkla dikkat çekmektedir. Aynı dönemde 2001 yılı da ciddi bir artış göstermiştir ve diğer 3 yıla oranla yaklaşık 3°C yüksek değerde görülmüştür. Bu iki yıldaki artış ağustos ayının başlarında hala en yüksek seviyededir ve 2001 yılı 5 yıldaki maksimum değer olan 27,49°C'yi görmüştür. Bu dönemden sonra diğer 3 yıl da bu yıllara yaklaşmıştır. Kasım ayına kadar 5 yılda da diğer yıllara göre ağustos ayının sonuna doğru 2003 ve 2004 yıllarındaki yaklaşık 1°C'lik bir fark dışında ciddi farklılıklar görülmemiştir. Kasım ayında 2004 yılı diğer 4 yıla oranla daha yüksek seyretmiştir, Kasım ayının ortasında fark diğer yıllara göre yaklaşık 3°C olmuştur. Kasım ayının sonuna doğru yıla en yüksek seyirde başlayan 2001 yılı en düşük seviyeye ulaşmıştır. Yıla 2003 ve 2004 yıllarıyla yaklaşık değerde başlayan 2002 yılı ise en yüksek seviyeye ulaşmıştır ve yıl sonunda bu iki yıl arasındaki farkın yaklaşık 2°C olduğu görülmüştür. 2002, 2003 ve 2004 yılları ise yıl sonunu çok yakın değerlerde tamamlamışlardır.

2000-2004 yılları arasındaki dikkat çeken 3°C'nin üzerindeki farklar tablo 4.1'de gösterilmiştir.

## Karadeniz 2000-2004 yılları arasındaki günlük uzaktan algılama ortalama deniz yüzey sıcaklığı grafiği

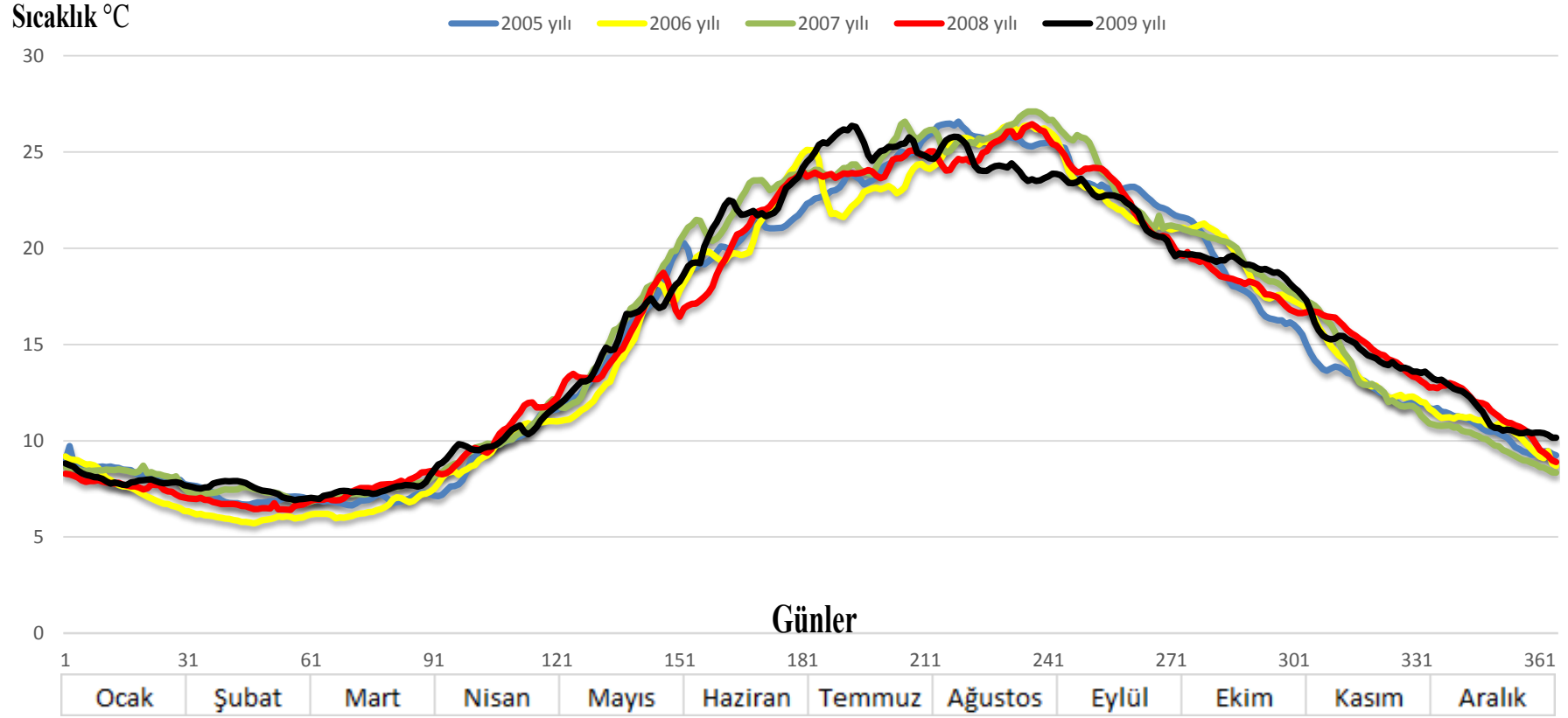


Şekil 4.3 : 2000-2004 yılları arasındaki Karadeniz günlük uzaktan algılama ortalama deniz yüzey sıcaklığı grafiği

**Tablo 4.1:** 2000-2004 yılları arasındaki Karadeniz deniz yüzey sıcaklığı arasındaki yüksek farklar

<b>YILLAR</b>	<b>AY</b>	<b>GÜN</b>	<b>SICAKLIK FARKI °C</b>
2001-2000	TEMMUZ	30	3,71
2001-2000	AĞUSTOS	3	3,47
2002-2000	TEMMUZ	20	4,51
2003-2000	NİSAN	17	3,35
2001-2002	OCAK	10	3,26
2003-2001	HAZİRAN	16	4,46
2001-2003	AĞUSTOS	1	3,48
2004-2001	TEMMUZ	24	3,49
2002-2003	TEMMUZ	21	3,66
2002-2004	TEMMUZ	21	4,82
2002-2004	MAYIS	20	3,12
2004-2003	KASIM	21	3,24
2003-2004	MAYIS	16	3,18
2003-2004	HAZİRAN	14	4,26

## Karadeniz 2005-2009 yılları arasındaki günlük uzaktan algılama ortalama deniz yüzey sıcaklığı verileri



Şekil 4.4 : Karadeniz 2005-2009 yılları arasındaki günlük uzaktan algılama ortalama deniz yüzey sıcaklığı grafiği

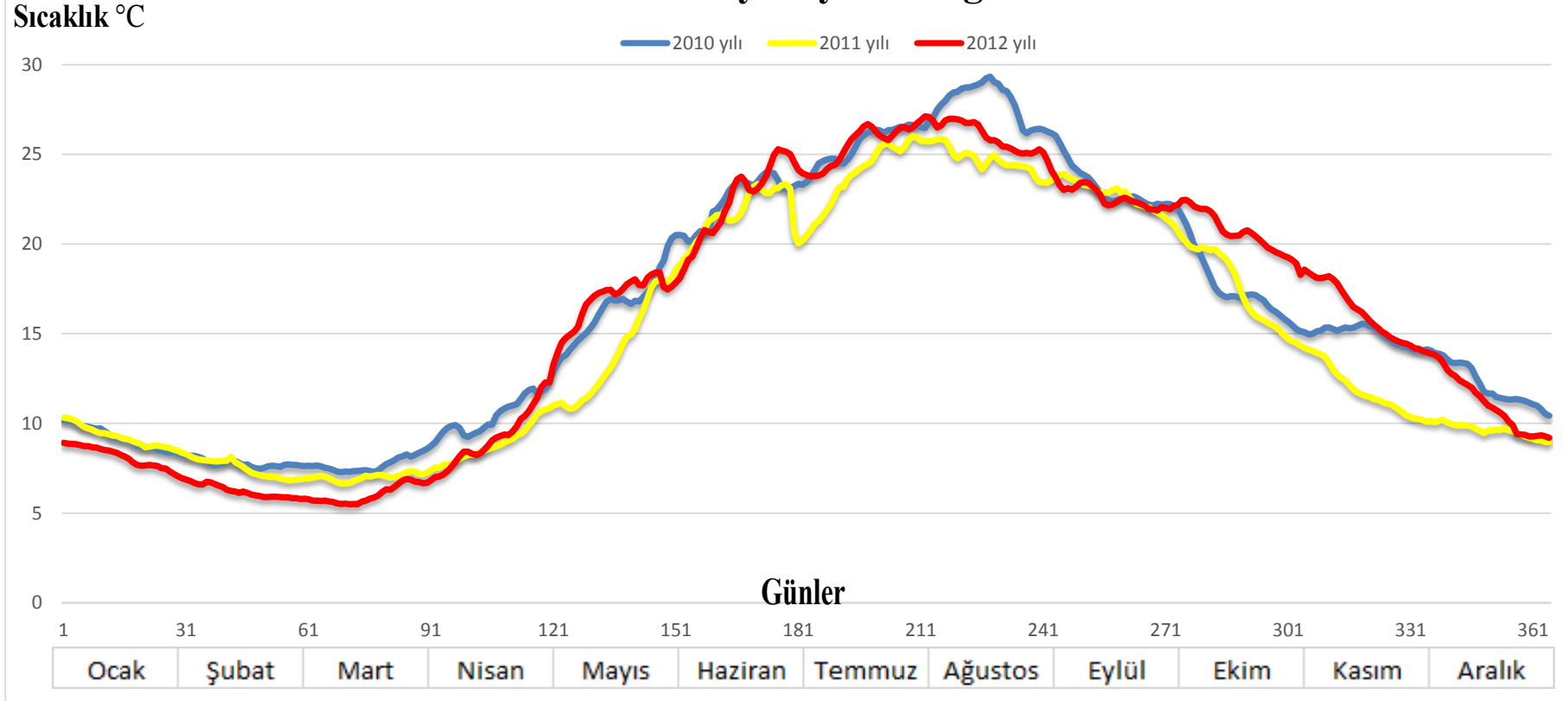
Şekil 4.4'teki Karadeniz 2005-2009 yılları arasındaki 5 yıllık deniz yüzey sıcaklığı ortalama verilerine bakıldığında şubat ayının ilk haftasına kadar 5 yılın sıcaklık ortalamalarının da yaklaşık değerlerde seyrettiği görülmektedir. Şubat ayının ortalarına doğru diğer 3 yıla kıyaslandığında 2007 ve 2009 yıllarında yaklaşık 2°C'lik artı yönde bir fark meydana gelmiştir. Daha sonra sıcaklık trendleri dengeli bir şekilde devam etmiştir, fark olarak ise civarında 2009 yılı nisan ayının başında, 2008 yılı ise nisan ayının sonunda diğer yıllara oranla yaklaşık 1°C artı yöndedir. Mayıs ayının sonuyla haziran ayının başında 2008 yılı ortalamaları diğer dönemlere göre düşüş göstermiştir 2005 ve 2007 yılları ise artış trendindedir. Bu yıllar arasındaki fark yaklaşık olarak yaklaşık 3°C'yi bulmuştur. Haziran ayının ilk haftasında 2009 yılında ani bir sıcaklık artışı görülmüş 2008 yılıyla yaklaşık 5°C bir fark meydana gelmiştir. Bu tarihten sonra yıllar ağustos ayının ortasına kadar 2-5 °C arasında yaklaşık olarak sıcaklıklar dengesiz bir şekilde eğilim göstermiştir. Özellikle temmuz ayının ortalarına doğru 2009 yılıdaki en yüksek 2. değer olan 26,3°C'ye ulaşmıştır ve 2006 yılıyla arasındaki fark yaklaşık 5°C'dir. Temmuz ayının ortasından sonra 2007 ile 2006 yılları arasında yaklaşık 4°C fark olmuştur. Ağustos ayının ortasından sonra 2009 yılında diğer 4 yıla göre bir düşüş trendi ortaya çıkmış, diğer yıllarla farkı yaklaşık 4°C'ye kadar çıkmıştır ve eylül ayının ortalarına doğru düşmüş 5 yılın ortalamaları da birbirine yaklaşmıştır. Bu dönemden sonra ise 2005, 2006 ve 2007 yılları düşüş eğilimine girmiş 2008 ve 2009 yılları ise bu 3 dönemle aralarındaki farkı yaklaşık +2°C olarak korumuşlardır. Dönem sonunda ise 5 değerinde birbirlerine çok yakın oldukları görülmektedir.

2004-2009 yılları arasındaki dikkat çeken 3°C'nin üzerindeki farklar tablo 4.2'de gösterilmiştir.

**Tablo 4.2:** 2005-2009 yılları arasındaki Karadeniz deniz yüzey sıcaklığı arasındaki yüksek farklar

<b>YILLAR</b>	<b>AY</b>	<b>GÜN</b>	<b>SICAKLIK FARKI °C</b>
2005-2008	HAZİRAN	2	3,78
2007-2006	HAZİRAN	18	3,59
2007-2006	TEMMUZ	26	3,45
2009-2006	TEMMUZ	12	4,55
2007-2008	HAZİRAN	7	4,34
2007-2008	MAYIS	31	3,09
2007-2009	AĞUSTOS	27	3,61
2009-2008	HAZİRAN	9	3,01

## Karadeniz 2010-2012 yılları arasındaki günlük uzaktan algılama ortalama deniz yüzey sıcaklığı verileri



Şekil 4.5 : Karadeniz 2010-2012 yılları arasındaki günlük uzaktan algılama ortalama deniz yüzey sıcaklığı verileri.

Şekil 4.5'teki Karadeniz 2010-2012 yılları arasındaki 3 yıllık deniz yüzey sıcaklığı ortalama verilerine bakıldığında mart ayının son günlerine kadar 2010, 2011 yılları benzer sıcaklıklarda gitmiştir; fakat 2012 yılında yaklaşık olarak 1°C düşük olarak seyretmiştir. Sonraki ayda 2011 ve 2012 yılları birbirlerine yaklaşmış 2010 yılı bu yıllara yaklaşık 2°C'e farkla artış göstermiştir. Mayıs ayında ise 2012 yılı diğer yıllara göre daha fazla bir artış göstermiştir ve 2010 yılıyla birlikte 2011 yılına yaklaşık olarak 4-5°C artı yönde fark meydana getirmiştir. Mayıs ayının sonunda 3 yılın sıcaklık değerleri de birbirlerine yaklaşmıştır ve haziran ayının sonuna kadar benzer eğilimler göstermişlerdir. Temmuz ayının başında 2010 ve 2012 yılları sıcaklıkları benzer şekilde geçmesine rağmen 2011 yılında 3°C'lik bir düşüş bir meydana gelmiştir. Temmuz ayının sonundan ağustos ayının ortalarına kadar bu 3 yıl tekrar benzer sıcaklık değerlerinde gözlemlenmiştir. Ağustos ayının ortasından Eylül ayının ortasına kadar 2010 yılında ciddi bir artış görülmesine karşın 2011 ve 2012 yılları yaklaşık 1°C farkla eğilimlerine devam etmişlerdir. 3 yıl arasındaki en yüksek sıcaklık değerinin görüldüğü bu dönemde 2010 yılı 29,33°C ile maksimum seviyeye ulaşmıştır ve diğer 2 yılları arasında yaklaşık olarak 5°C'lik bir fark yaratmıştır. Ekim ayının başında 2011 yılı sıcaklıkları düşme trendine girmiştir özellikle 2012 yılıyla arasındaki fark ortalama 2-5°C arasında değişerek başta artıp yılın son günlerine doğru 2012 yılıyla birlikte aynı seviyede tamamlamıştır. Bununla birlikte 2010 yılı da 2011 yılıyla birlikte düşme trendine girmesine rağmen kasım ayında yaklaşık 3°C'lik artış göstererek devam etmiş ve yılı diğer yıllara oranla yaklaşık 1°C farkla tamamlamıştır.

2010-2012 yılları arasındaki dikkat çeken 3°C'nin üzerindeki farklar tablo 4.3'te gösterilmiştir.

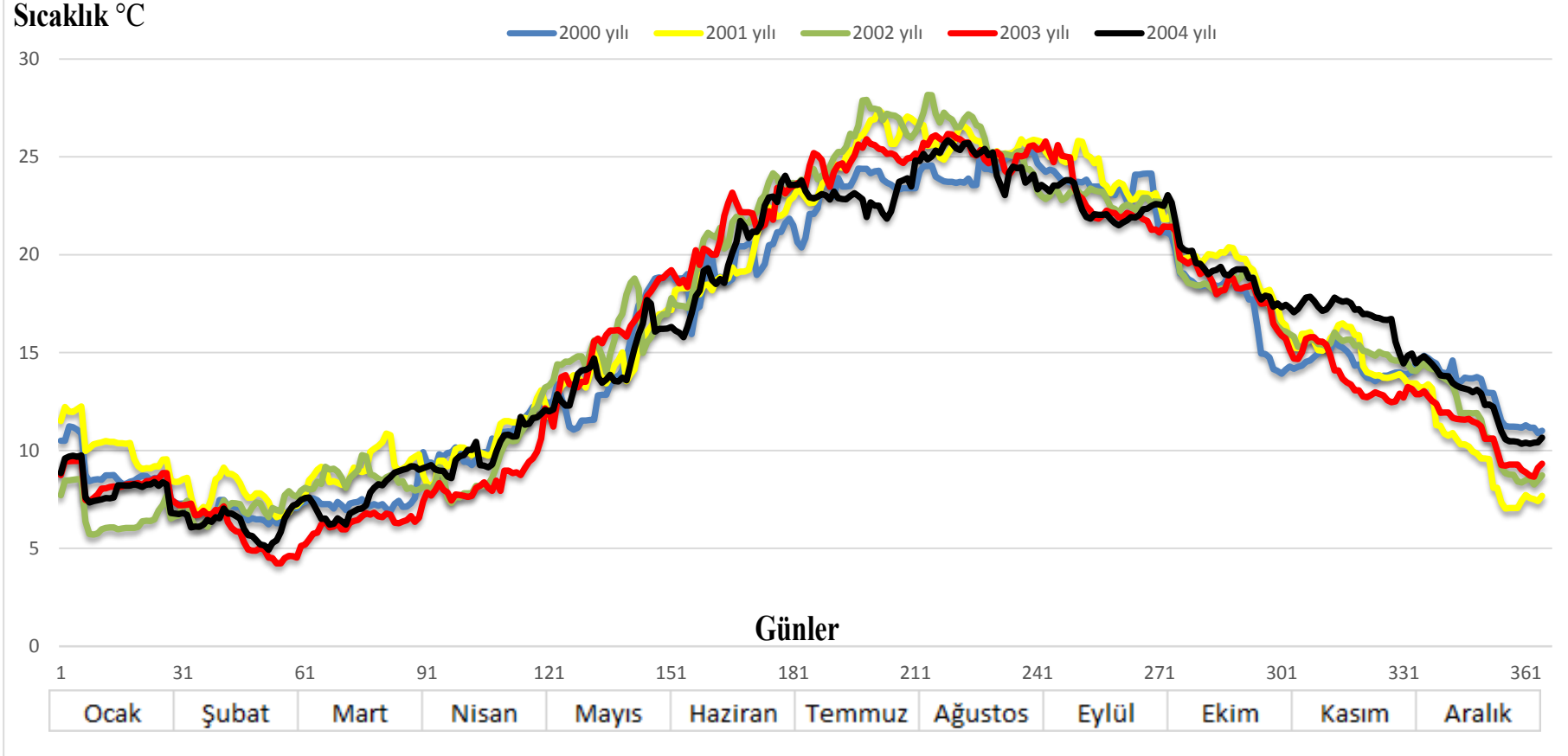
**Tablo 4.3:** 2010-2012 yılları arasındaki Karadeniz deniz yüzey sıcaklığı arasındaki yüksek farklar.

<b>YILLAR</b>	<b>AY</b>	<b>GÜN</b>	<b>SICAKLIK FARKI °C</b>
2010-2011	ARALIK	2	4,04
2010-2011	KASIM	17	4,01
2010-2011	AĞUSTOS	16	4,86
2010-2011	TEMMUZ	2	3,34
2010-2011	MAYIS	13	3,98
2012-2010	KASIM	3	3,65
2012-2010	EKİM	14	3,97
2010-2012	AĞUSTOS	18	3,55
2012-2011	KASIM	30	4
2012-2011	KASIM	13	5,09
2012-2011	ARALIK	1	3,87
2012-2011	EKİM	23	4,46
2012-2011	TEMMUZ	2	4,13
2012-2011	MAYIS	10	5,28

#### 4.2 2000-2012 Yılları Arasındaki Zonguldak Deniz Havzası Uzaktan Algılama Yöntemi SST Grafik ve Değerlendirmeleri

Şekil 4.6'daki Zonguldak 2000-2004 yılları arasındaki 5 yıllık günlük deniz yüzey sıcaklığı verilerine bakıldığında 2000, 2003 ve 2004 yıllarının değerleri şubat ayının ortalarına kadar benzer özellikler göstermiştir fakat; 2001 yılı ile 2002 yılları arasında aynı döneme kadar olan yaklaşık 3-5°C arasında değişen değerler dikkat çekmektedir. Şubat ayının ortasında tüm yıllar birbirine yaklaşmıştır. Daha sonra 2003 yılının Nisan ayının sonuna kadar diğer 4 yıla oranla en düşük seviyede kaldığı görülmektedir. Bu döneme kadar 2001 yılı sıcaklıkları en yüksek değerler olarak dikkat çekmektedir ve mart ayının ortasından sonuna yaklaşırken 2003 yılıyla arasındaki farkın 4°C civarında olduğu görülmektedir. Mayıs ayının ilk günlerinde tüm değerler birbirine çok yakın olmakla beraber ilk haftasından sonra 2002 yılında bir artış 2000 yılında ise bir azalma meydana gelmiştir. Bu aradaki fark yaklaşık 3°C'dir. Mayıs ayının sonuna doğru 2000 yılı bir artış gösterme eğilimine girmekle beraber 2004 ve 2001 yıllarında bir azalma göze çarpmaktadır. Aradaki fark yaklaşık 5°C'dir. Mayıs ayının sonunda ise tam tersi bir durum meydana gelmiş 2002 yılı sıcaklık değerleri düşerken 2000, 2003 ve 2004 yıllarında bir artış meydana gelmiştir. Yaklaşık olarak fark 3°C'dir. Haziran ayının başında 2000 ve 2001 yılları diğer yıllara göre normal bir seyirde devam ederken 2003 yılı artış göstermiş 2000 ve 2004 yıllarında ise düşüş meydana gelmiştir. Bu yıllar arasındaki fark yaklaşık olarak 3°C'dir. Haziran ayının ortalarına doğru tüm değerler birbirine yaklaşmıştır. Temmuz ayının başında diğer 3 yıl aynı seyrederken 2000 ve özellikle 2004 yılında ciddi oranda bir düşüş görülmüştür fark yaklaşık 3 gün için 5°C'dir. Bu tarihten sonra yıllardaki sıcaklık değerleri temmuz ayının ortalarına kadar çok yakın seyretmiştir. Temmuz ayının ortasından sonuna kadar olan kısımda 2000 ve 2004 yılları düşüş diğer yıllar ise yükselme eğilimi göstermektedir. Temmuz ayının sonunda 2002 yılıyla 2004 yılı arasındaki fark yaklaşık 6°C olmuştur. Ağustos ayında ise 2002 yılı yükselme trendine devam ederken 2000 yılı da düşüş eğiliminde olmuştur. Aralarındaki fark 5°C civarındadır. Diğer yıllar birbirlerine çok yakın değerlerdedir. Bu dönemden sonra eylül ayında görülen en büyük fark artış eğilimindeki 2001 yılıyla, düşüş eğilimindeki 2003 ve 2004 yılları arasında görülmüştür. 2003 ve 2004 yılları arasındaki fark yaklaşık 4°C civarında olmuştur.

## Zonguldak 2000-2004 yılları arasındaki günlük uzaktan algılama deniz yüzey sıcaklığı verileri



Şekil 4.6 : Zonguldak 2000-2004 yılları arasındaki günlük uzaktan algılama deniz yüzey sıcaklığı verileri.

Bu dönemden sonra sıcaklık değerleri kasım ayına kadar yaklaşık değerlerde seyretmiştir. Kasım ayının ilk günlerinde 2000 yılı düşüş yaşarken 2004 yılı ise artış göstermiştir. Aralarındaki fark yaklaşık 4°C civarındadır. Kasım ayının ortalarına gelindiğinde 2000 yılı artış göstererek diğer değerlere yaklaşırken bu kez 2003 yılı düşüş eğilimine girmiştir. 2004 yılı hala yüksek seyretmektedir ve 2003 yılıyla arasındaki fark yaklaşık 4°C civarındadır. Aralık ayı boyunca ise 2004 yılı hala diğer yıllara göre yüksek seyrederken 2000 yılı 2004 yılını geçerek yılı en yüksek seviyede tamamlamıştır. Kasım ayında diğer yıllara göre düşük seyreden 2003 yılı artış göstermiştir, aralık ayında 2003 yılının yerini 2001 yılı alarak yılı en düşük seviyede tamamlamıştır. 2004 yılıyla arasındaki fark yaklaşık olarak 4°C civarında olmuştur.

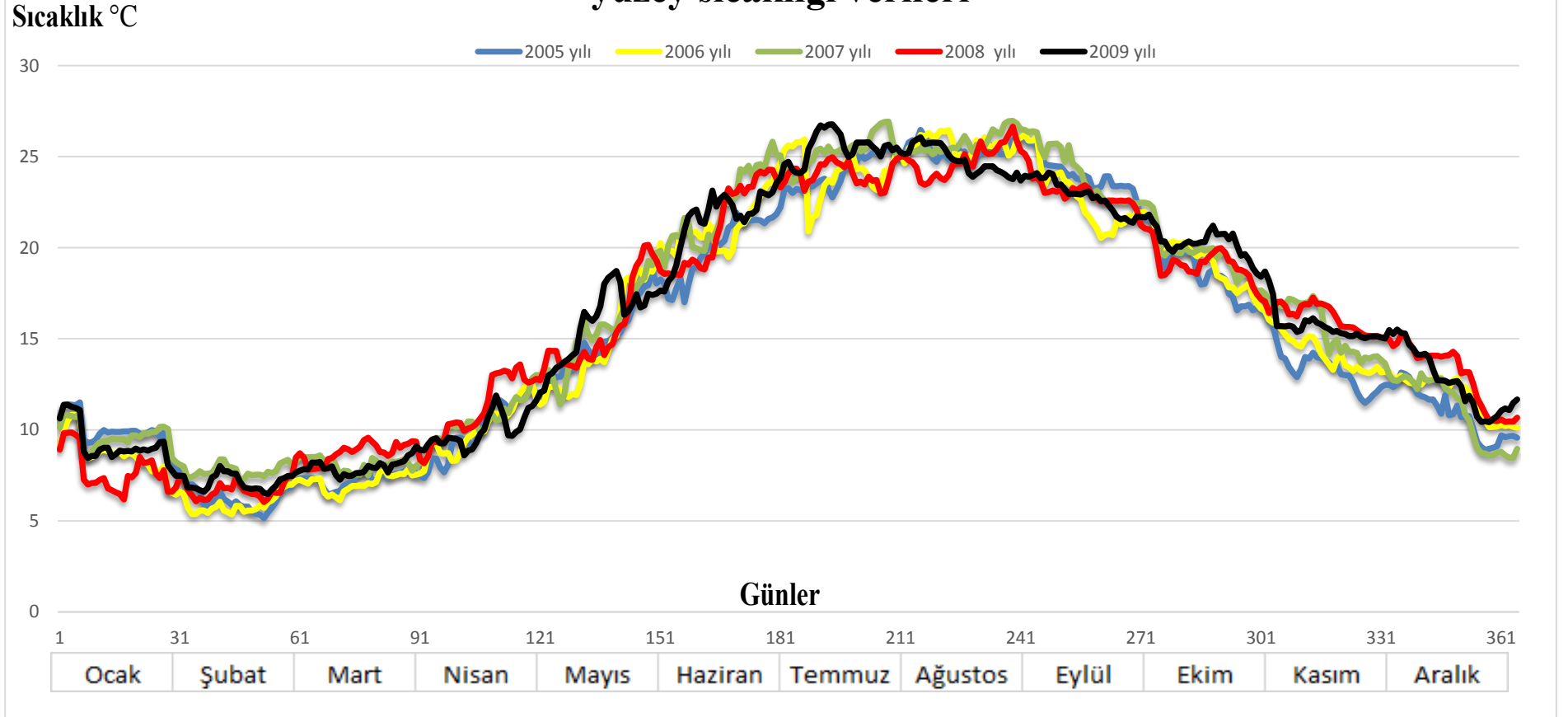
2000-2004 yılları arasındaki dikkat çeken 3°C'nin üzerindeki farklar tablo 4.4'te gösterilmiştir.

**Tablo 4.4:** 2000-2004 yılları arasındaki Zonguldak deniz yüzey sıcaklığı arasındaki yüksek farklar.

<b>YILLAR</b>	<b>AY</b>	<b>GÜN</b>	<b>SICAKLIK FARKI °C</b>
2001-2000	MART	21	3,84
2001-2000	MAYIS	12	3,56
2001-2000	HAZİRAN	6	3,07
2001-2000	TEMMUZ	30	3,66
2001-2000	AĞUSTOS	1	3,38
2001-2000	EKİM	30	3,56
2000-2001	ARALIK	21	4,83
2002-2000	AĞUSTOS	5	3,59
2002-2000	TEMMUZ	27	3,69
2002-2000	HAZİRAN	20	3,63
2002-2000	MAYIS	12	4,05
2003-2000	TEMMUZ	6	3,11
2003-2000	HAZİRAN	16	4,42
2003-2000	MAYIS	15	3,06
2000-2003	NİSAN	19	3,02
2004-2000	KASIM	3	3,28
2004-2000	EKİM	29	3,45

2004-2000	TEMMUZ	3	3,41
2004-2000	MAYIS	12	3,13
2001-2002	OCAK	10	4,61
2003-2001	HAZİRAN	15	3,84
2001-2003	MART	19	4,09
2001-2003	NİSAN	21	3,43
2004-2001	ARALIK	27	4,13
2001-2004	EYLÜL	12	3,49
2001-2004	TEMMUZ	23	5,08
2001-2004	AĞUSTOS	1	3,49
2002-2003	ŞUBAT	28	3,31
2002-2003	MART	15	3,12
2002-2003	AĞUSTOS	4	3,29
2002-2003	TEMMUZ	24	5,36
2002-2003	MAYIS	21	4,39
2004-2003	KASIM	22	4,26
2003-2004	TEMMUZ	2	5,08
2003-2004	HAZİRAN	14	3,42

## Zonguldak 2005-2009 yılları arasındaki günlük uzaktan algılama deniz yüzey sıcaklığı verileri



Şekil 4.7 : Zonguldak 2005-2009 yılları arasındaki günlük uzaktan algılama deniz yüzey sıcaklığı verileri.

Şekil 4.7'deki Zonguldak 2005-2009 yılları arasındaki 5 yıllık günlük deniz yüzey sıcaklığı verilerine bakıldığında ocak ayının ilk haftası 5 yılın da sıcaklık değerlerinin çok yakın olduğu görülmektedir. İlk haftadan sonra 2008 yılı 10 günlük bir düşme trendinin ardından ocak ayı sonuna doğru diğer yıllarla aynı seviyeye gelmiştir. En yüksek farkı 2005 yılıyla olmuştur ve yaklaşık 3°C civarındadır. Bu dönemden sonra 2008 yılı sıcaklık değerleri nisan ayının sonuna kadar artarak devam etmiş ve en yüksek sıcaklık değeri olmuştur. Yıla en yüksek değerde başlayan 2009 yılı ise nisan sonunda diğer yıllara göre en düşük değerde kalmıştır. 2008 yılıyla arasındaki farkı yaklaşık 4°C civarındadır. Ayrıca nisan ayına kadarki çizelgeye bakıldığında şubat ayından sonra artış gösteren 2008 yılı mart ayı boyunca 2006 ve 2009 yıllarına oranla yaklaşık 2°C'lik farkla ilerlemiştir. Daha sonra bu fark nisan ayında çok düşük seviyelere inmiştir. Mayıs ayında hala en yüksek seviyede seyreden 2008 yılı mayıs ayının ilk haftasında düşüş gösteren 2007 yılıyla yaklaşık 3°C'lik bir farkla ilerlemiştir. Bu tarihten sonra mayıs ayının ortalarına doğru 2008 yılı 2006 yıllarıyla birlikte 3 günlük bir düşüş yaşarken 2009 yılı ciddi oranda artış göstermiştir. 2009 yılıyla 2006 yılı arasındaki fark mayıs ayının ortasında yaklaşık 3°C olmuştur. Sonraki 5 günde sıcaklık değerleri birbirine yaklaşmıştır fakat 3 günlük dönemde 2009 yılı artışına devam etmiş ve 2006 ve 2008 yıllarıyla yaklaşık olarak 4°C'lik bir fark meydana getirmiştir. Mayıs ayının son haftası ise aksi bir durum meydana gelmiş bu kez 2006 ve 2008 yıllarında bir artış görülürken 2009 yılı düşüş eğilimine girmiştir. Mayıs ayının son günlerinde 2008 yılındaki artış 2009 yılındaki düşüşle 4°C'lik bir fark meydana getirmiştir. Haziran ayında 2009 yılı 2006 ve 2007 yıllarıyla artış gösterirken 2008 ve 2005 yıllarında belirgin düşüşler görülmüştür. 2009 ve 2005 yılları arasındaki fark bu dönemin ikinci haftasında yaklaşık 4°C civarında olmuştur. Haziran ayının ortası bazı yıllar için değişik özellikler göstermiştir. 2008 ve 2009 yılları artış trendine girerken 2005, 2006 ve 2007 yılları düşüş trendinde olmuştur. Bu dönemdeki en yüksek fark 2009 yılı ile 2006 yılı arasında yaklaşık 3°C'lik bir oranla görülmüştür. Haziranın son haftasından temmuz ayının ilk haftasına kadar olan süreçte 2007 yılında bir artış görülmüştür ve diğer yıllara göre en yüksek seviyededir. En düşük yıl olarak 2005 yılı görülmektedir. Bu iki yıl arasındaki fark 3°C civarındadır. Temmuz ayının ikinci haftasında 2009 yılı değerleri tekrar artık tepe noktaya gelmiş bununla birlikte 2006 yılında ciddi bir düşüş görülmüştür. Aralarındaki bu fark yaklaşık 6°C civarındadır. Temmuz ayının ortasında tüm yıl değerleri birbirine yaklaşmış olmasına rağmen temmuzun son haftasında 2007 yılı tekrar artmış 2006 ve

2008 yılları düşüş göstermiştir. 2007 yılı 2008 yılına oranla yaklaşık 3°C'lik bir fark yaratmıştır. Temmuz ayının sonuna doğru 5 yıl değeri de birbirine çok yaklaşırken Ağustos ayının başında 2006 yılı ciddi bir artış göstermiştir fakat 2008 yılı tekrar düşmüştür. Bu tarihten sonra 2008 yılı sıcaklık değerleri yıl sonuna kadar diğer yıllarla karşılaştırıldığında inişli çıkışlı çok dengesiz bir şekilde ilerlemiştir. Ağustos ayının sonunda 2007 yılı tekrar çıkış göstermiştir 2009 yılında da tekrar bir düşüş görülmüştür ve aralarındaki fark yaklaşık 3°C'dir. Eylül ayının ortalarında 2006 yılı düşüş yaşamış 2005 yılında ise gözle görülür bir artış olmuştur. Aralarındaki fark yaklaşık 3°C'dir. Eylül ayının ortasından ekim ayının ortalarına kadar olan süreçte 5 yıllık değerlerin birbirlerine çok yakın olduğu gözlemlenmiştir. Bu dönemden sonra 2009 yılı en çok artış gösteren yıl olmuştur, genel olarak yıl boyunca sıcaklıkları en alt seviyede devam eden 2005 yılı ise tekrar en düşük seviyeye gerilemiştir. Ekim ayının sonuna kadar bu iki yıl arasındaki fark yaklaşık 4°C'ye ulaşmış ve azalarak devam etmiştir. Kasım ayının ilk çeyreğinde 2008 yılı son çeyreğinde ise 2009 yılı artış göstermiştir. Bu iki yıla nazaran 2005 yılı tekrar düşüş göstermiştir ve en ciddi farklar bu yıllar arasında görülmüştür. Sırasıyla 2008, 2009 yılları ile 2005 yılı arasında yaklaşık 3'er °C'lik farklar görülmüştür. Kasım ayının sonunda 2008 ve 2009 yılları diğer yıllardan ayrılarak yüksek seviyede ilerlemiş, diğer yıllarda düşük seviyede birbirlerine yakın seyretilmişlerdir. Bu 2 yılın diğer 3 yıla farkı yaklaşık 4°C civarındadır ve aralık ayının ilk haftasına kadar azalarak devam etmiştir. Aralık ayının ortasında 2009 yılı düşüş göstermesine rağmen yılı diğer yıllara göre en yüksek seviyede tamamlamıştır. Aralık ayının ortasında 2008 yılı ise en yüksek seviyedeki yıldır; fakat yıl sonunda 2. Konuma gelmiştir. Yılı en düşük seviyede bitiren yıl sıcaklığı ise 2007 yılıdır ve en yüksek seviyedeki 2009 yılıyla yaklaşık 3°C'lik bir farktır.

Şekil 4.6'daki Zonguldak 2010-2012 yılları arasındaki günlük deniz yüzey sıcaklığı verilerine baktığımızda, şubat ayının sonuna kadar 2010 ve 2011 yılları arasında bir denge olduğu görülmesine rağmen 2012 yılında yaklaşık 2°C'lik düşüş ve artışlar görülmüştür. Mart ayının başında ise 2011 yılı da 2012 yılı seviyelerine gelmiş ve 2010 yılıyla aralarındaki fark yaklaşık olarak 4°C'yi bulmuştur. Mart ayının sonunda bu 3 yıl da birbirine çok yaklaşmıştır fakat bu tarihten sonra mayıs ayına kadar 2010 ve 2012 yılları dengede giderken 2011 yılı yaklaşık olarak bu yılları 2-5°C'lik farktaki düşük oranda sıcaklık değerleriyle takip etmeye devam etmiştir.

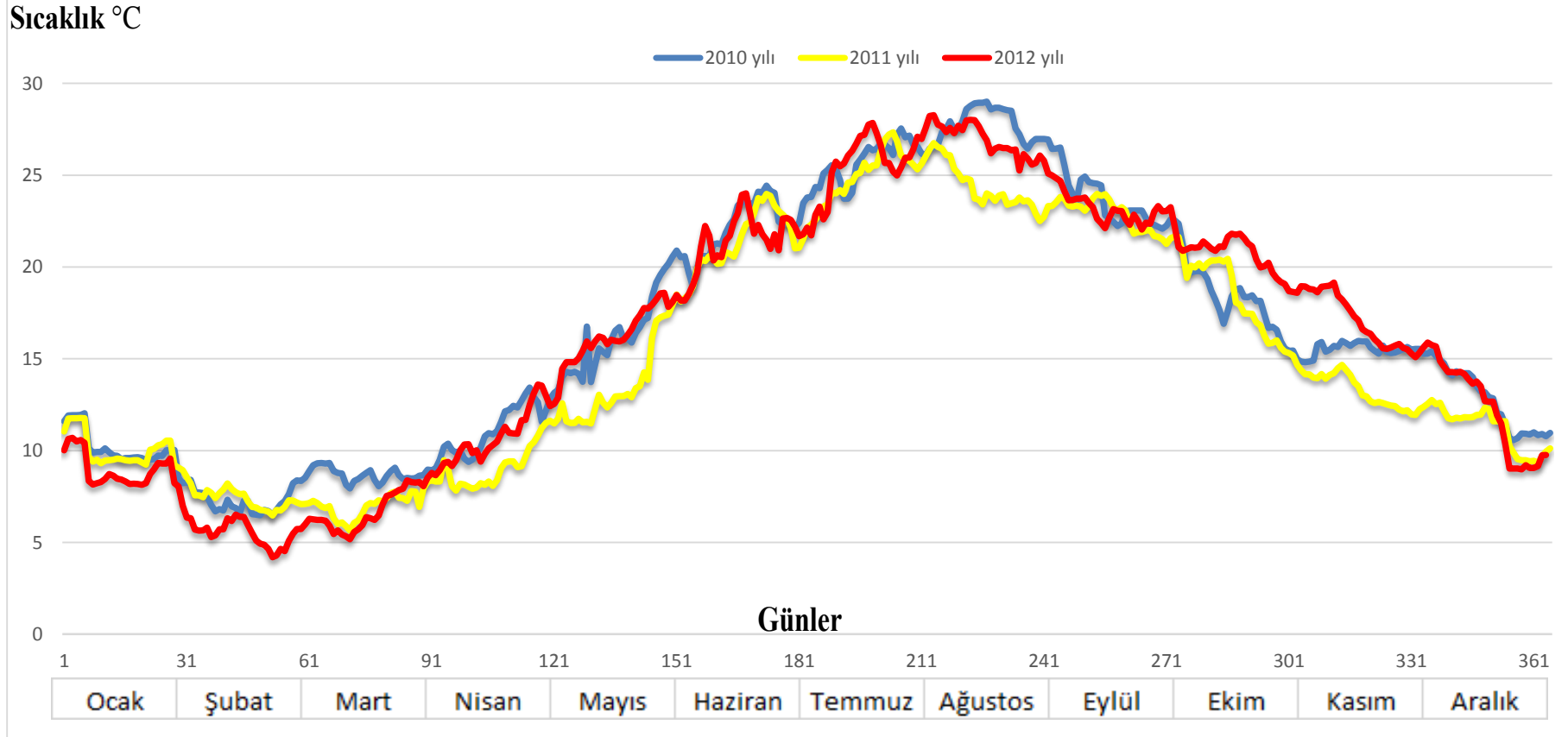
2005-2009 yılları arasındaki dikkat çeken 3°C'nin üzerindeki farklar tablo 4.5'te gösterilmiştir.

**Tablo 4.5:** 2005-2009 yılları arasındaki Zonguldak deniz yüzey sıcaklığı arasındaki yüksek farklar.

<b>YILLAR</b>	<b>AY</b>	<b>GÜN</b>	<b>SICAKLIK FARKI °C</b>
2006-2005	HAZİRAN	22	3,96
2005-2006	EYLÜL	10	3,22
2007-2005	KASIM	7	4,11
2007-2005	HAZİRAN	1	4,62
2007-2005	TEMMUZ	15	4,16
2008-2005	ARALIK	26	3,44
2008-2005	KASIM	18	3,49
2005-2008	OCAK	25	3,75
2009-2005	KASIM	28	3,55
2009-2005	EKİM	14	3,56
2009-2005	TEMMUZ	7	4,02
2009-2005	HAZİRAN	19	3,97
2009-2005	MAYIS	8	3,48
2009-2006	TEMMUZ	12	4,52

2009-2006	HAZİRAN	18	3,18
2009-2006	MAYIS	17	4,3
2008-2006	KASIM	19	3,19
2008-2006	HAZİRAN	18	3,78
2007-2006	TEMMUZ	25	3,68
2007-2006	HAZİRAN	21	3,03
2007-2006	OCAK	29	3,38
2007-2008	TEMMUZ	27	3,88
2007-2008	OCAK	29	3,44
2007-2009	AĞUSTOS	30	3,21
2009-2007	MAYIS	19	3,03
2009-2008	MAYIS	17	3,91
2009-2008	HAZİRAN	14	3,68
2008-2009	NİSAN	28	3,56

## Zonguldak 2010-2012 yılları arasındaki günlük uzaktan algılama deniz yüzey sıcaklığı verileri



Şekil 4.8 : Zonguldak 2010-2012 yılları arasındaki günlük uzaktan algılama deniz yüzey sıcaklığı verileri

Mayıs ayı sonuna doğru 2010 yılında diğer 2 yıla oranla 3°C'lik bir fark görülmesine rağmen Haziran ayının başında 3 yılın değeri de aynı seviyeye gelmiştir. Bu tarihten sonra Temmuz ayı ortalarına kadar 2012 yılı dengesiz bir şekilde yaklaşık 2°C'lik düşüş artışlar yaşarken diğer 2 yıl benzer seviyelerde seyretmiştir. Ağustos ayının başında benzer sıcaklıkta görülen yıllar bu dönemden sonra değişim göstermeye başlamıştır. 2010 yılı en yüksek seviyeye ulaşırken onu 1-2°C farkla 2012 yılı takip etmiştir; fakat 2011 yılında ciddi bir düşüş gözlenmiş, ağustos ayının ortasında 2010 yılı ile 2011 yılı arasındaki fark 4°C'ye yaklaşmıştır. Eylül ayı boyunca 3 yılın sıcaklık değerleri de birbirine çok yakın seyretmiştir. Ekim ayının başında 2012 ve 2011 yılları artarken 2010 yılı düşüş yaşamıştır Ekim ayı ortasında 2012 ile 2010 yılı arasında yaklaşık 5°C'lik bir fark oluşmuştur. Ekim ayının ortasından kasım ayının başına kadar olan süreçte 2010 yılı hafif artmış 2011 yılı da düşme göstermiştir. Bu iki yıl birbirine yaklaşırken 2012 yılıyla aralarındaki fark açılmıştır. Bu fark 3-5°C arasında aralık ayının son iki haftasına kadar devam etmiştir. Kasım ayında 2010 yılı bu sefer 2012 yılına yaklaşmıştır ve 2011 yılıyla aralarındaki fark yaklaşık 3°C civarında Aralık ayının son iki haftasına kadar devam etmiştir. Yılın sonunda ise 2011 ve 2012 yılları daha düşük seyrederken 2010 yılı bu iki yıla oranda yılı yaklaşık 1°C farkla yüksek tamamlamıştır.

Zonguldak deniz yüzey sıcaklığında 2010-2012 yılları arasında görülen en yüksek farklar Tablo 4.6'da gösterilmiştir.

**Tablo 4.6:** 2010-2012 yılları arasındaki Zonguldak deniz yüzey sıcaklığı arasındaki yüksek farklar

<b>YILLAR</b>	<b>AY</b>	<b>GÜN</b>	<b>SICAKLIK FARKI °C</b>
2010-2011	KASIM	29	3,53
2010-2011	ARALIK	2	3,39
2011-2010	EKİM	16	3,38
2010-2011	EYLÜL	1	4,47
2010-2011	AĞUSTOS	16	5,54
2010-2011	MAYIS	17	3,76
2010-2011	NİSAN	23	3,59
2012-2010	KASIM	1	4,13
2012-2010	EKİM	15	4,18
2010-2012	HAZİRAN	24	3,17
2010-2012	MART	7	3,43
2012-2011	ARALIK	1	3,25
2012-2011	KASIM	5	5,03
2012-2011	EKİM	27	4,41
2012-2011	AĞUSTOS	14	4,28
2012-2011	MAYIS	9	4,39

### 4.3 Zonguldak Deniz Yüzeý Sıcaklığı 1970-2010 Yılları Arasındaki Uzun Dönemli Yersel Algılama Yöntemi Analizi

Karadeniz’de meydana gelen deniz yüzeý sıcaklığının uzun dönemli olarak görebilmek için T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nden alınan 1970-2010 yılları arasındaki 41 yıllık Zonguldak deniz yüzeý suyu günlük verileri incelenmiş, bu yılların sıcaklık ortalamaları alınmıştır. Bu ortalamalardaki yıllık değişimler analiz edilmiştir.

1970-1979 yılları arasındaki 10 yıllık deniz yüzeý sıcaklığı ortalamaları şekil 4.9’da, 1980-1989 yılları arasındaki 10 yıllık deniz yüzeý sıcaklığı ortalamaları şekil 4.10’da, 1990-1999 yılları arasındaki 10 yıllık deniz yüzeý sıcaklığı ortalamaları şekil 4.11’de, 2000-2010 yılları arasındaki 11 yıllık deniz yüzeý sıcaklığı ortalamaları ise şekil 4.12’de gösterilmiştir.



**Şekil 4.9 :** 1970-1979 yılları arasındaki Zonguldak ortalama deniz yüzeý sıcaklıkları.

Zonguldak 1970-1979 yılları arasındaki 10 yıllık dönem incelendiğinde 10 yılın ortalama değerinin 14°C olduğu görülmektedir. 1970, 1971, 1972, 1976 ve 1979 yıllarında ortalama sıcaklıkların 14°C üzerine çıktığı, 1973, 1974, 1976, 1977 ve 1978 yıllarında ise 14°C’nin altında olduğu görülmektedir. 1971 yılında 15,15°C ve 1972 yılında 14,87°C’de olan ortalama sıcaklık değerleri normal üstü değerler olarak dikkat çekmektedir. 10 yıl içerisinde en düşük sıcaklık ortalaması görülen yıl ise 13,03°C ile 1976 yılına aittir.



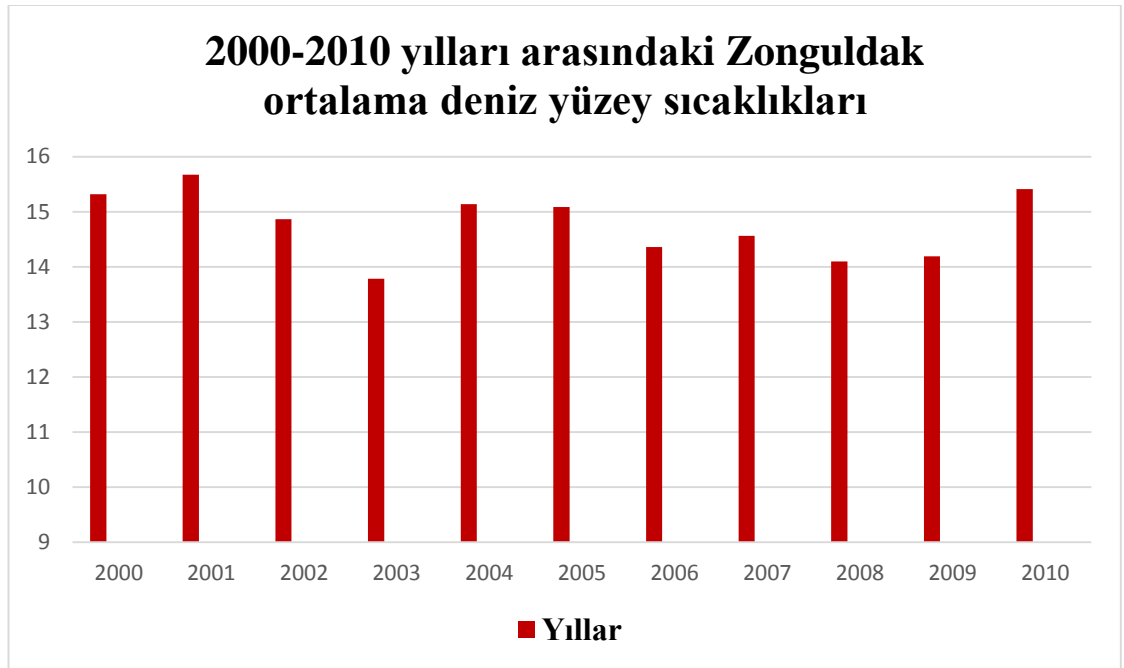
**Şekil 4.10 :** 1980-1989 yılları arasındaki Zonguldak ortalama deniz yüzey sıcaklıkları

1980-1989 yılları arasındaki 10 yıllık ortalama Zonguldak deniz yüzey sıcaklığı verileri incelendiğinde 10 yılın ortalamasının  $13,60^{\circ}\text{C}$  olduğu görülmektedir. 1980 ve 1987 yılları dışında tüm yıllar 10 yılın ortalaması olan  $13,60^{\circ}\text{C}$ 'den yüksektedir. 10 yıllık dönemde en yüksek deniz yüzey sıcaklığı ortalamaları  $14,4^{\circ}\text{C}$  ile 1981 yılında görülmüştür. En düşük sıcaklık ise yıllık ortalamaların altında kalan 1980 yılında  $13,1^{\circ}\text{C}$  ile görülmüştür.



**Şekil 4.11 :** 1990-1999 yılları arasındaki Zonguldak ortalama deniz yüzey sıcaklıkları.

1990-1999 yılları arasındaki 10 yıllık Zonguldak deniz yüzey sıcaklığı verileri incelendiğinde 10 yılın ortalamasının 13,76°C olduğu görülmektedir. 1991, 1994, 1996, 1998 ve 1999 yıllarındaki ortalamaların 10 yılın ortalaması olan 13,76 °C üzerinde olduğu görülmektedir. 1999 yılı 14,96°C ortalama ile diğer yıllara göre anormallik gösteren bir yıl olarak dikkat çekmektedir. 1994 yılı ise 1999 yılına yakın bir değer olan 14,48 °C ile 2. Yüksek ortalamaya sahip yıl olarak görülmektedir. 1990, 1992, 1993, 1995, 1996 ve 1997 yılları 10 yıllık ortalama değer olan 13,76°C'nin altında kalmıştır. Bu yıllar arasındaki minimum değer olarak 1993 yılındaki 12,89°C'lik değer dikkat çekmektedir.



**Şekil 4.12 :** 2000-2010 yılları arasındaki Zonguldak ortalama deniz yüzey sıcaklıkları

2000-2010 yılları arasındaki 11 yıllık Zonguldak deniz yüzey sıcaklığı verileri incelendiğinde 11 yılın ortalama değerinin 14,77°C olduğu görülmektedir. 11 yıllık dönemde 2000, 2001, 2002, 2004, 2005 ve 2010 yılları 14,77 °C ortalamasının üstünde seyretmişlerdir. 2003, 2006, 2007, 2008 ve 2009 yılları ise 14,77°C ortalamasının altında kalmıştır. 11 yıllık dönemde diğer 10'ar yıllık dönemlere nazaran ortalama sıcaklık değerlerinde belirgin bir artış göze çarpmaktadır. 2001 ve 2010 yıllarındaki sırasıyla 15,67°C ve 15,40°C'lik ortalamalar en yüksek değerler olarak karşımıza çıkmaktadır.

Genel olarak 41 yıllık bir değerlendirme yapmak gerekirse, Zonguldak deniz yüzey sıcaklığı ortalamaları ~13-14°C arası civarında seyretmektedir. 1970-1979 yılları

arasındaki dönemde 1971 yılındaki 15,15°C ve 1990-1999 yılları arasındaki dönemde 1999 yılındaki 14,96°C'lik sıcaklık anormallikleri dışında 2000 yılından önceki 30 yıllık dönemde 15°C'ye varabilen bir yıl ortalamasına rastlanmamıştır. Ancak 2000'li yıllara gelindiğinde 2010 yılına kadar 5 yılda sıcaklık ortalamaları 15°C'yi geçmiş, 2003 yılı dışında ise 14°C ortalama altına düşen yıl görülmemiştir. Artan sera gazı etkileriyle birlikte Dünya'yı geniş oranda etkileyen küresel ısınmanın Karadeniz deniz yüzey sıcaklığının artışında da etkili olduğu görülmektedir. 1970-2010 yılları arasındaki 41 yıllık Zonguldak ortalama deniz yüzey suyu sıcaklık verileri tablo 4.1'de gösterilmiştir.

**Tablo 4.7 :** 1970-2010 yılları arasındaki yıllık Zonguldak deniz yüzey sıcaklığı ortalamaları.

Yıllar	Sıcaklık °C	Yıllar	Sıcaklık °C	Yıllar	Sıcaklık °C	Yıllar	Sıcaklık °C
1970	14,11	1980	13,10	1990	13,72	2000	15,31
1971	15,15	1981	14,44	1991	13,96	2001	15,67
1972	14,87	1982	13,43	1992	13,12	2002	14,86
1973	13,24	1983	13,99	1993	12,98	2003	13,78
1974	13,71	1984	13,72	1994	14,48	2004	15,13
1975	14,48	1985	13,65	1995	13,45	2005	15,08
1976	13,03	1986	13,29	1996	13,74	2006	14,36
1977	13,69	1987	12,57	1997	13,32	2007	14,56
1978	13,61	1988	13,89	1998	13,84	2008	14,09
1979	14,11	1989	13,96	1999	14,96	2009	14,18
						2010	15,40

1985-1987 ve 1991-1993 yılları arasında bariz derecede bir düşüş trendi görülmektedir. Oğuz T. vd, 2005 yılında tüm Karadeniz havzası için yaptığı çalışmada aynı dönemler arasında soğuma trendi olduğunu vurgulamış ve bu trendi Kuzey Atlantik Salınımı etkisiyle açıklamıştır. Bu iki dönem dışında da nispeten ısınma olduğunu vurgulamıştır.

Belkin I, 2008'de yaptığı çalışmada, uydu sistemleriyle elde ettiği sıcaklık verilerinde Karadeniz'in 1991-2001 yılları arasında 2°C'lik bir artış olduğunu belirtmiştir.

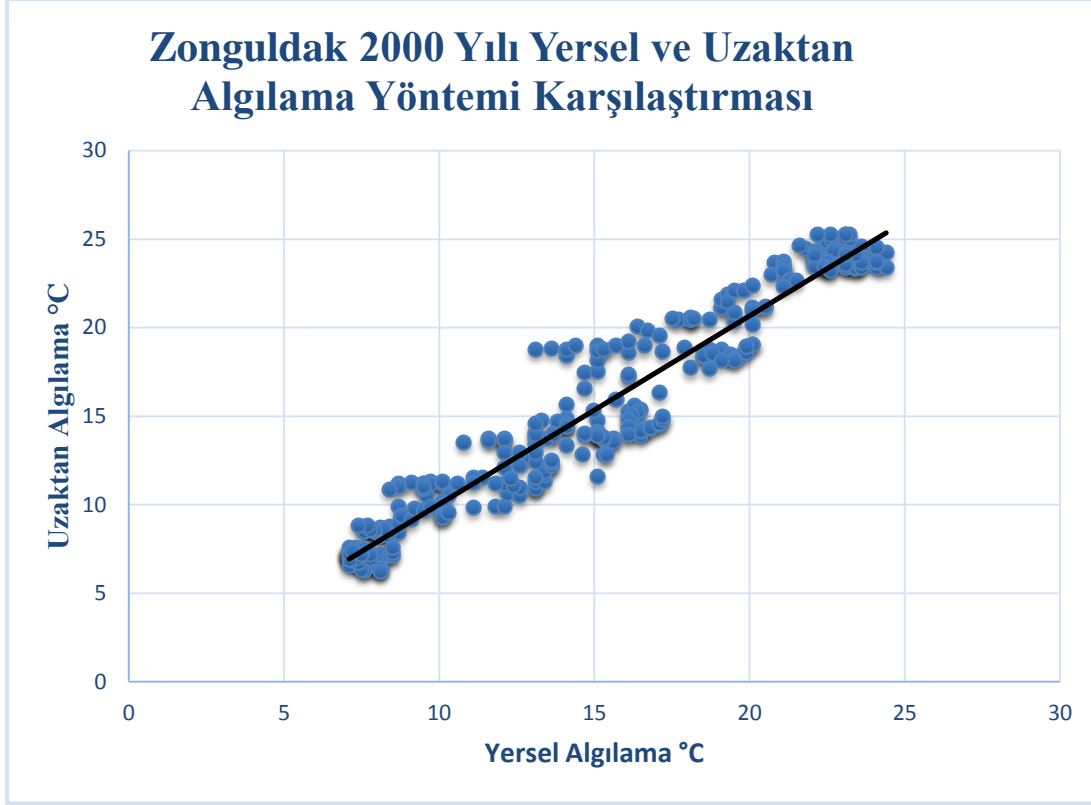
Yine Ginzburg vd. 2004'teki çalışmasında Kasım 1981'den Aralık 2000 yılına kadar yaptığı gözlemlerde Karadeniz ortalama sıcaklıklarının her yıl 0,09°C arttığını belirtmiştir. Ayrıca 2000 yılının 1967'den bu yana en sıcak yıl olduğunu söylemiştir.

Heileman S. vd, 2008 yılında yaptıkları çalışmada 1987'den 2000 yılına kadar 13,8°C'den 15,8°C'ye 2°C'lik bir artış meydana geldiğini ortaya koymuşlardır.

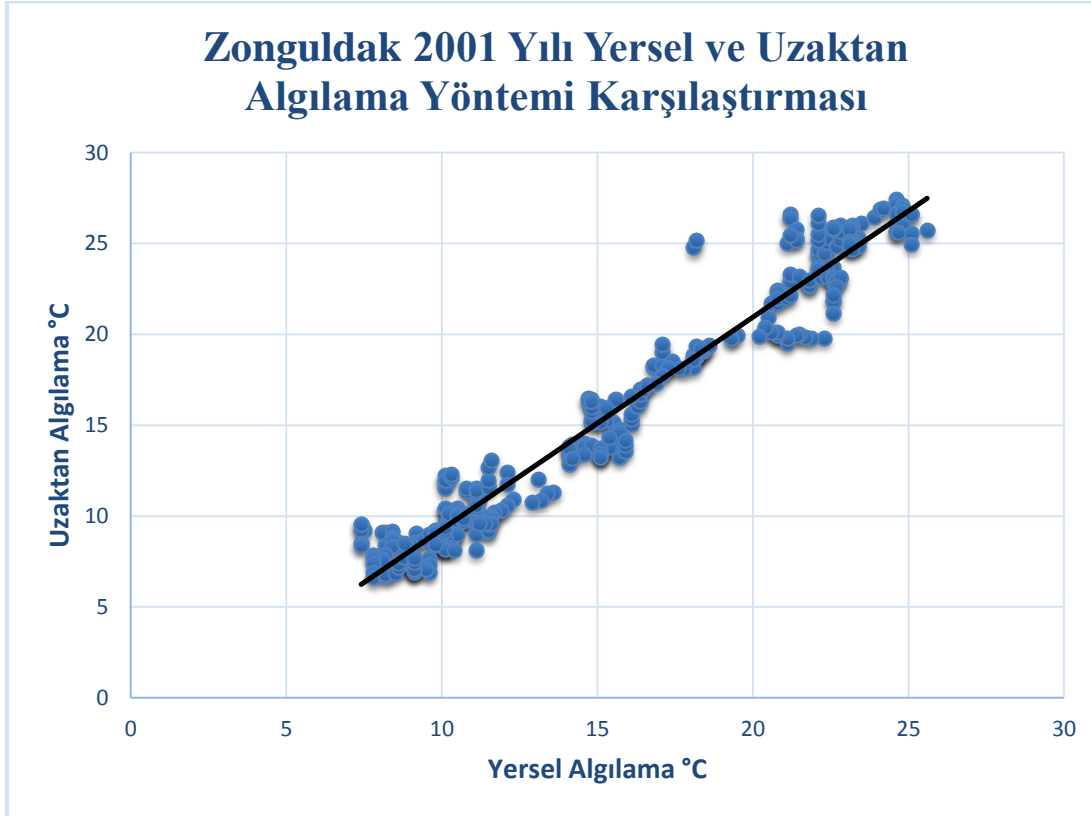
Yapılan çalışmada, Zonguldak için bazı yıllarda anormal sıcaklık artışları veya azalmaları görülmesine rağmen genel olarak 2000'li yıllara gelindiğinde 2000 öncesine oranla yaklaşık 2°C'lik bir artış görülmüştür. Diğer çalışmalar incelendiğinde Karadeniz üzerinde etkili olan ısınma trendinin kıyısal alanda da etkisini gösterdiği ortaya çıkmıştır ve yaklaşık olarak 2°C'lik artışın en büyük sebebinin küresel ısınma olduğu vurgulanmıştır. Ayrıca Karadeniz'in bölgesel ve küresel bazlı iklim olaylarına karşı çok duyarlı olduğu da ortaya koyulmuştur.

#### **4.4 2000-2012 Yılları Arasındaki Zonguldak Deniz Yüzey Sıcaklığı Uzaktan ve Yersel Algılama Verilerinin Karşılaştırılması**

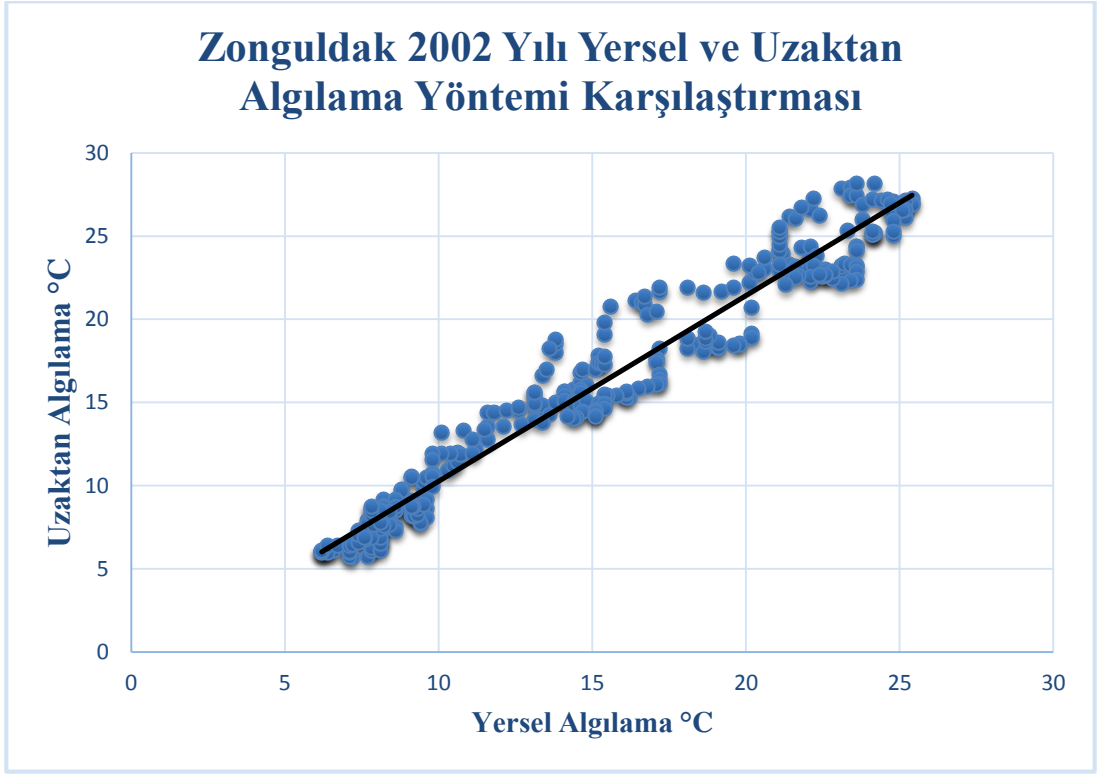
Deniz yüzey suyu sıcaklığı ölçümleri için genel anlamda iki adet ölçüm yöntemi vardır. Bunlar uzaktan algılama ve yersel algılama sistemleriyle yapılan ölçümlerdir. İki sistemin sonuçlarının ne derece birbirine benzediklerini ve ileride yapılacak olan çalışmalarda ne derece olumlu sonuç verebileceklerini görmek adına ikisi arasındaki farklar incelenmek istenmiştir. Bunun için de 2000-2012 yılları arasındaki Zonguldak deniz yüzey sıcaklık verileri karşılaştırılmıştır. 2000-2012 yılları arasındaki lineer kolerasyon grafikleri şekil 4.13, şekil 4.14, şekil 4.15, şekil 4.16, şekil 4.17, şekil 4.18, şekil 4.19, şekil 4.20, şekil 4.21, şekil 4.22, şekil 4.23, şekil 4.24, şekil 4.25'te gösterilmiştir.



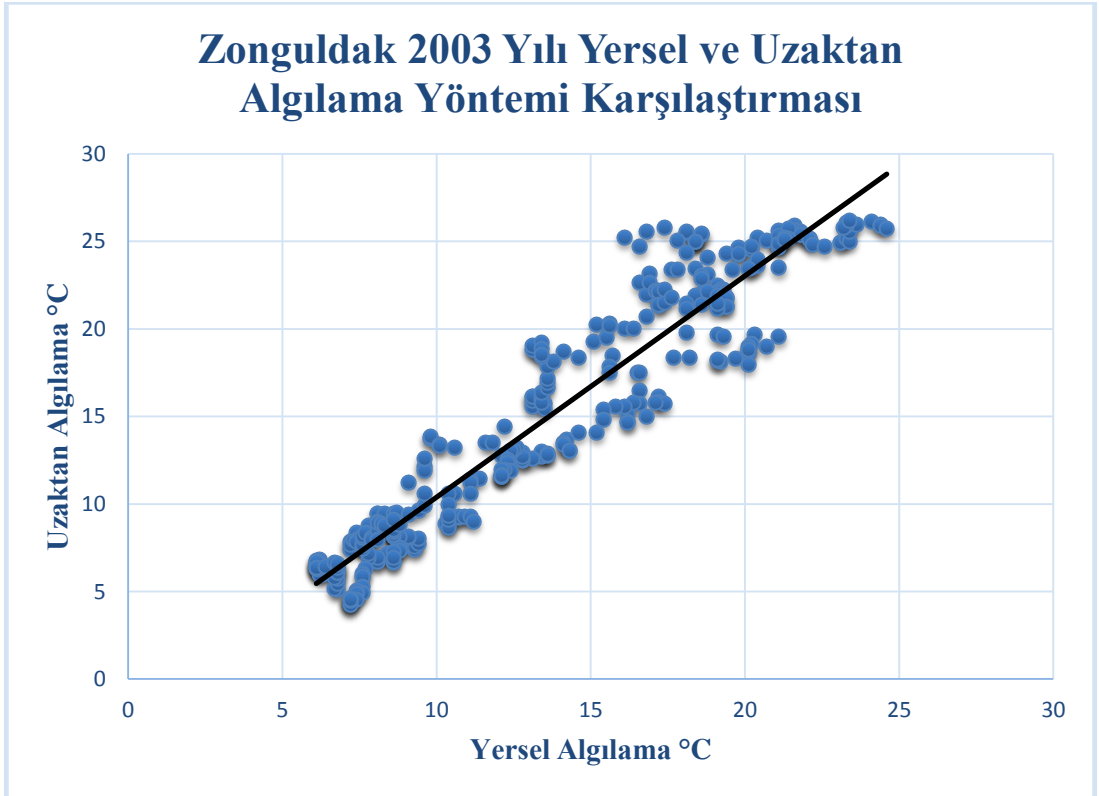
Şekil 4.13: Zonguldak 2000 Yılı Yersel ve Uzaktan Algılama Yöntemi Karşılaştırması doğrusal korelasyon grafiği.



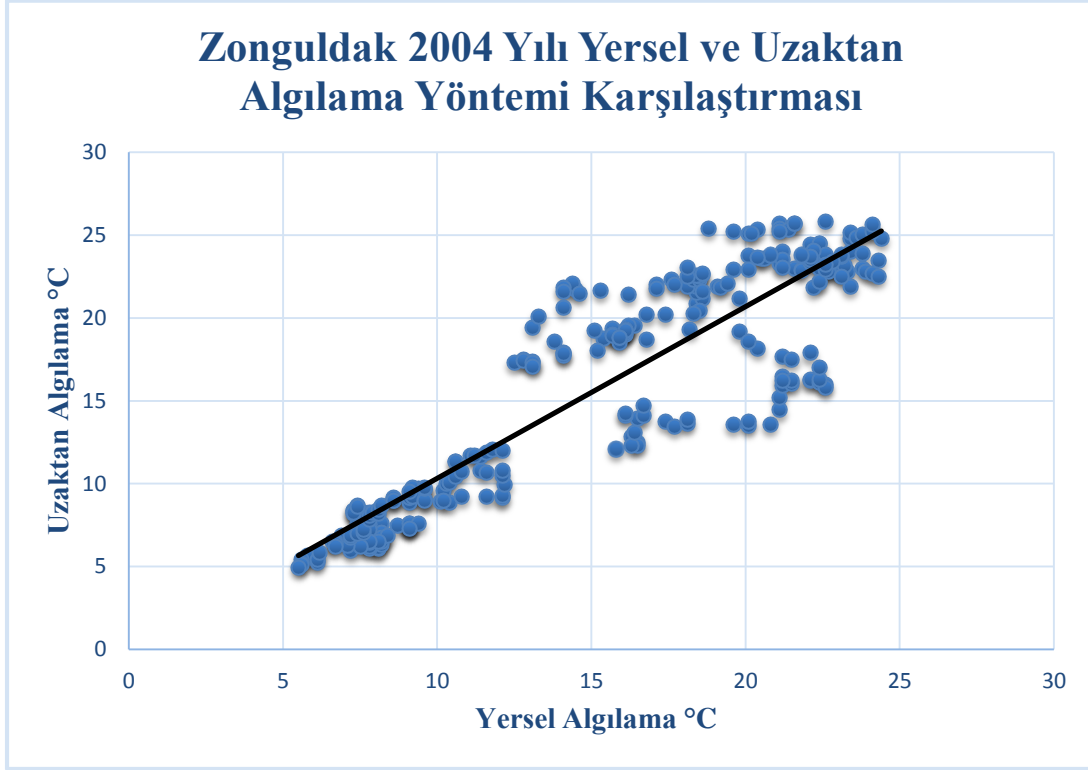
Şekil 4.14 : Zonguldak 2001 Yılı Yersel ve Uzaktan Algılama Yöntemi Karşılaştırması doğrusal korelasyon grafiği.



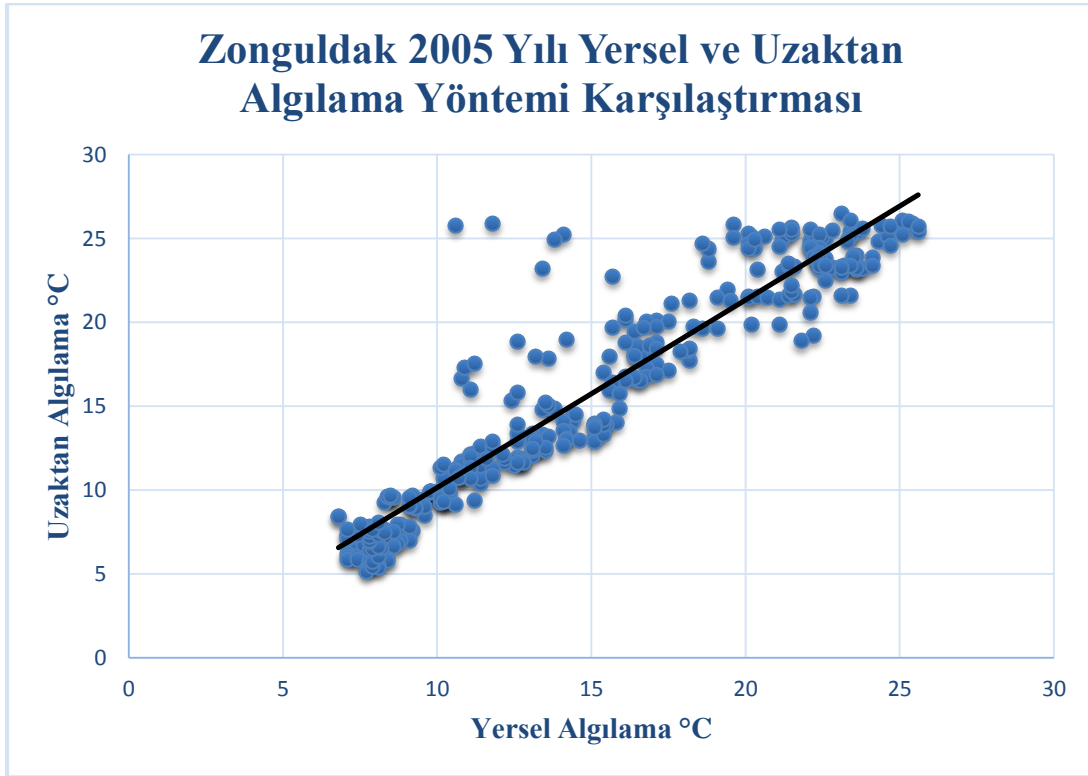
Şekil 4.15 : Zonguldak 2002 Yılı Yersel ve Uzaktan Algılama Yöntemi Karşılaştırması doğrusal korelasyon grafiği



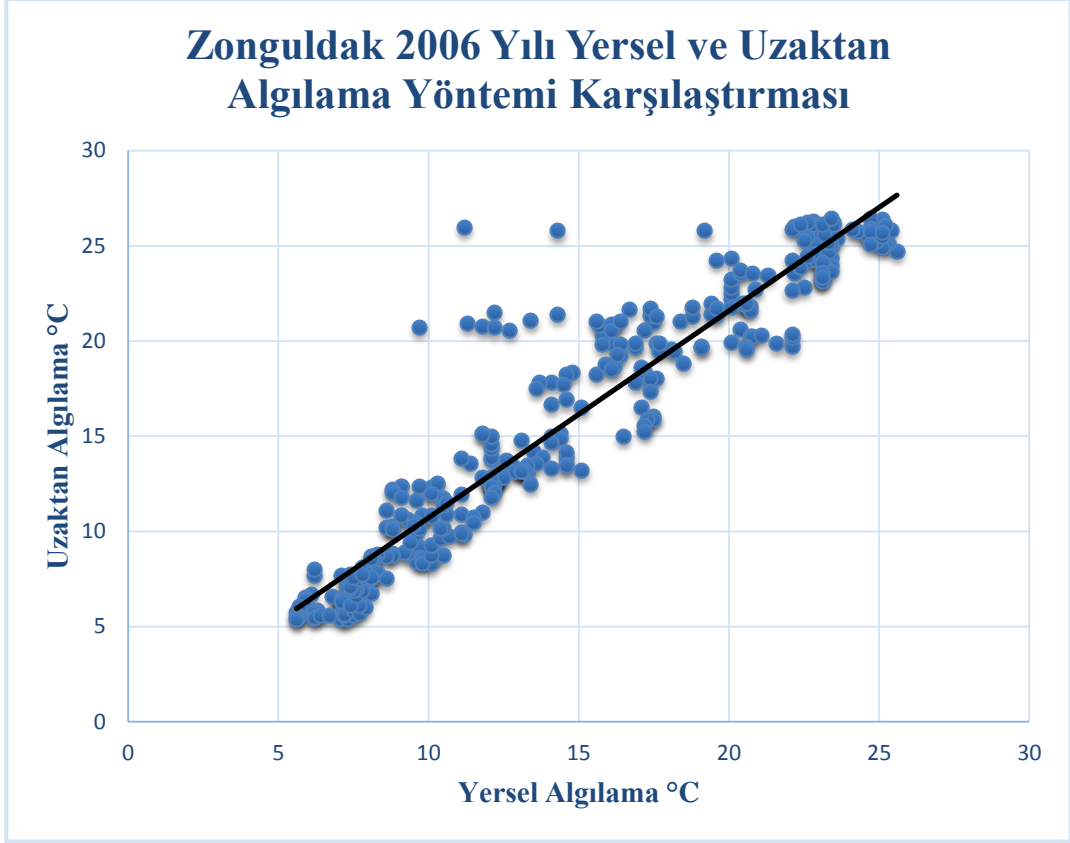
Şekil 4.16 : Zonguldak 2003 Yılı Yersel ve Uzaktan Algılama Yöntemi Karşılaştırması doğrusal korelasyon grafiği



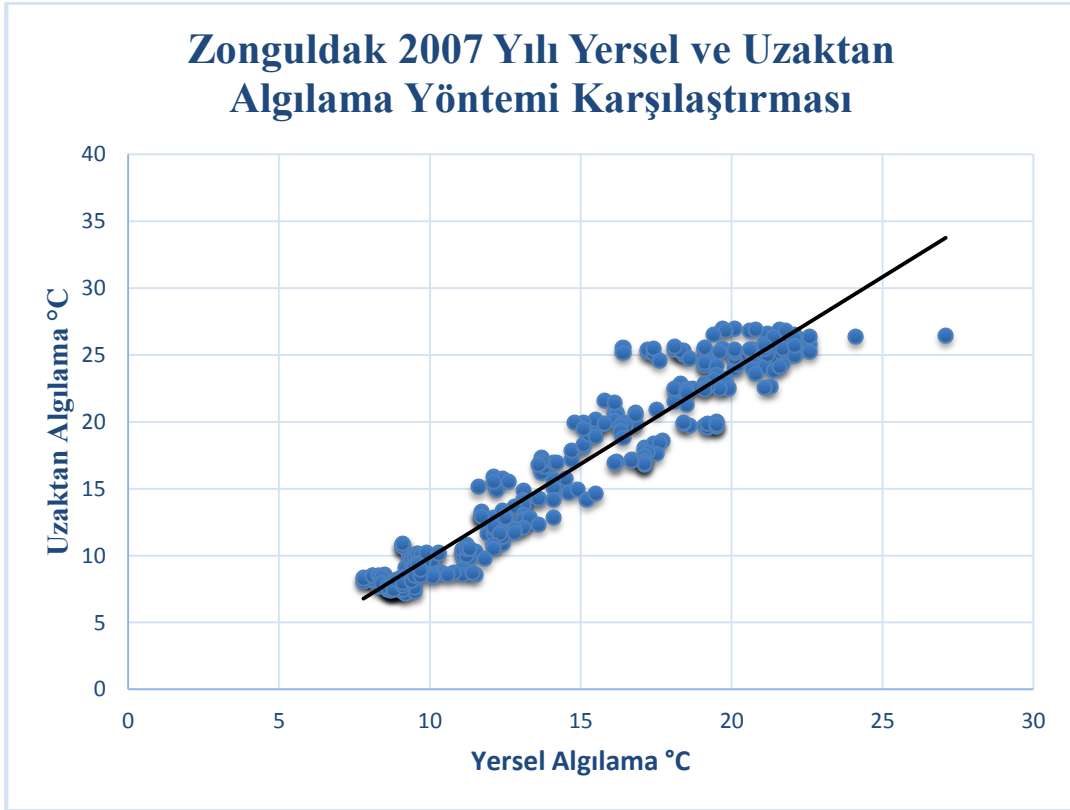
**Şekil 4.17 :** Zonguldak 2004 Yılı Yersel ve Uzaktan Algılama Yöntemi Karşılaştırması doğrusal korelasyon grafiği



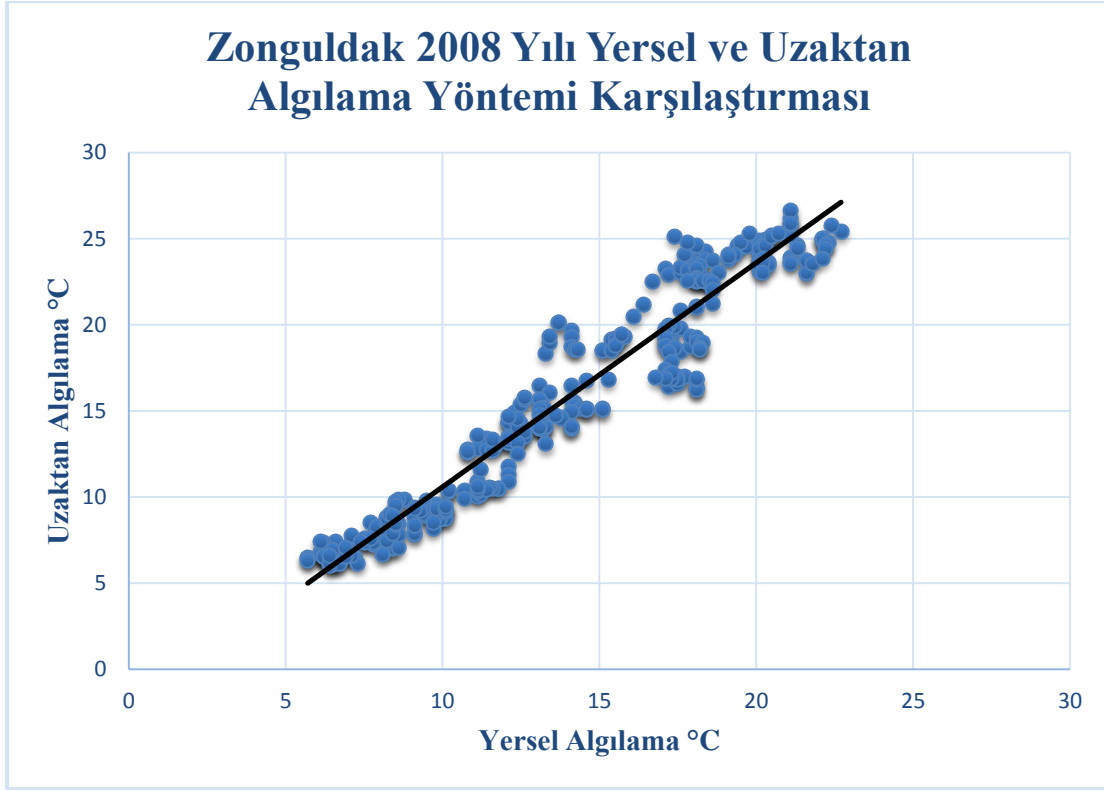
**Şekil 4.18 :** Zonguldak 2005 Yılı Yersel ve Uzaktan Algılama Yöntemi Karşılaştırması doğrusal korelasyon grafiği



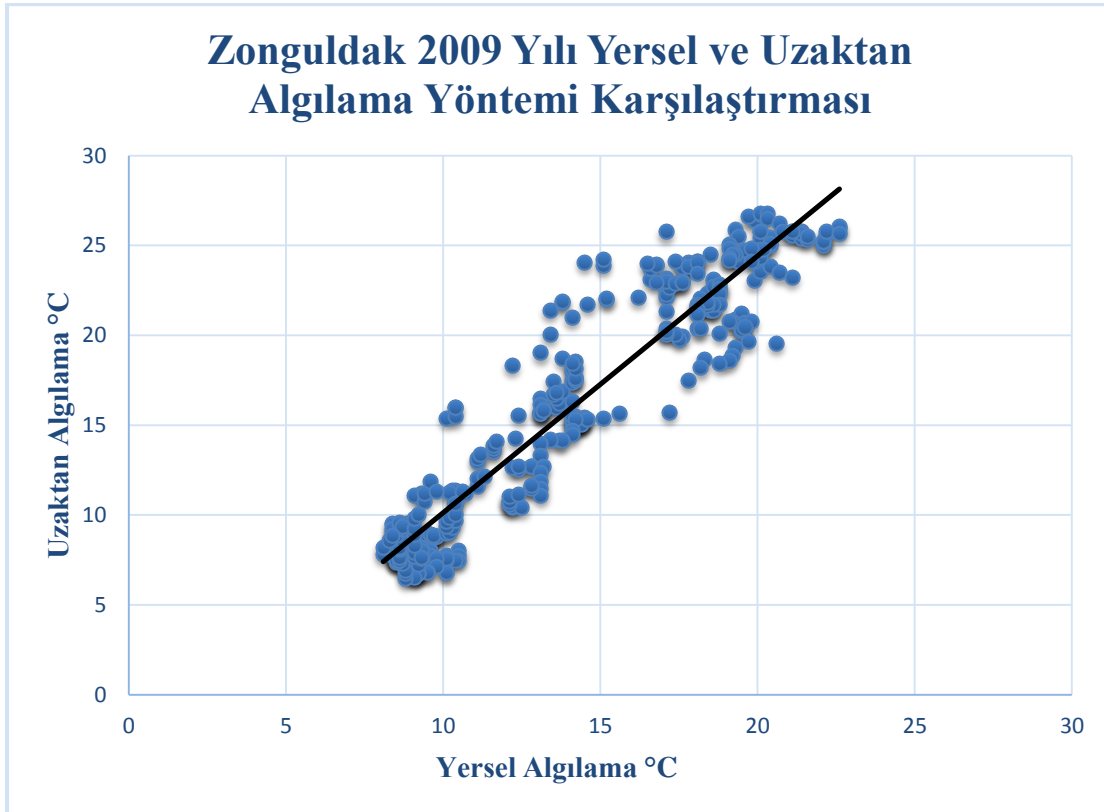
**Şekil 4.19 :** Zonguldak 2006 Yılı Yersel ve Uzaktan Algılama Yöntemi Karşılaştırması doğrusal korelasyon grafiği.



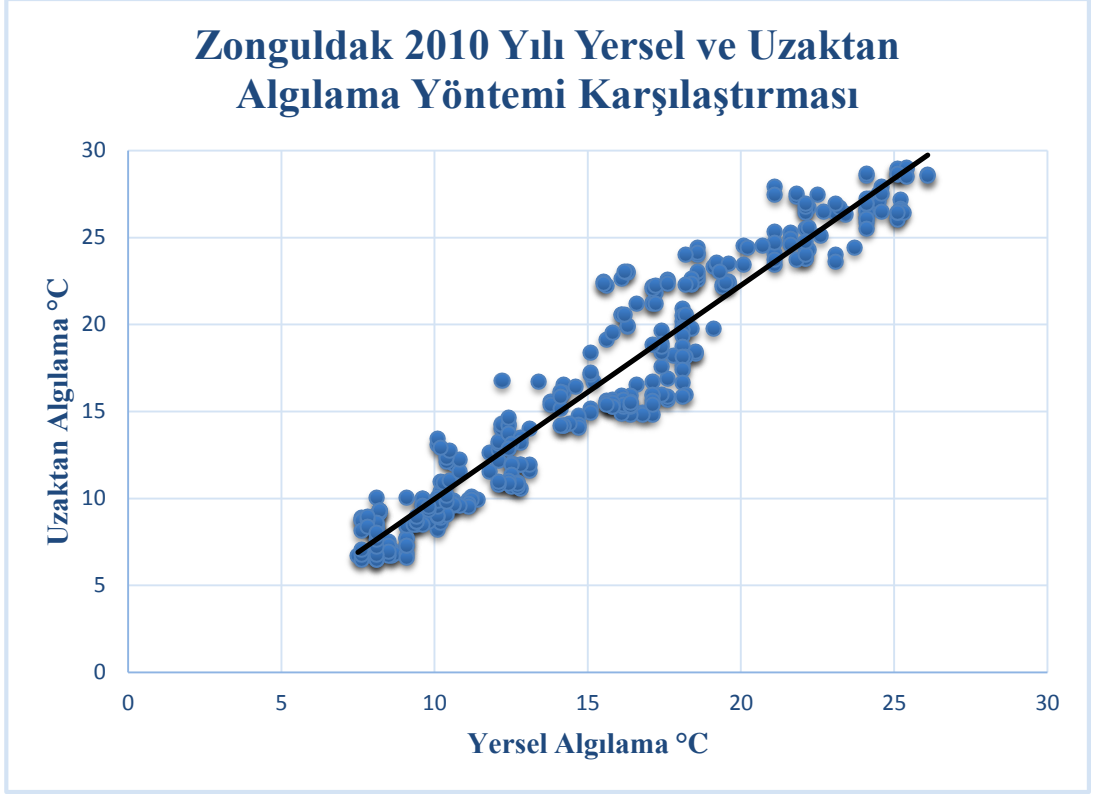
**Şekil 4.20 :** Zonguldak 2007 Yılı Yersel ve Uzaktan Algılama Yöntemi Karşılaştırması doğrusal korelasyon grafiği.



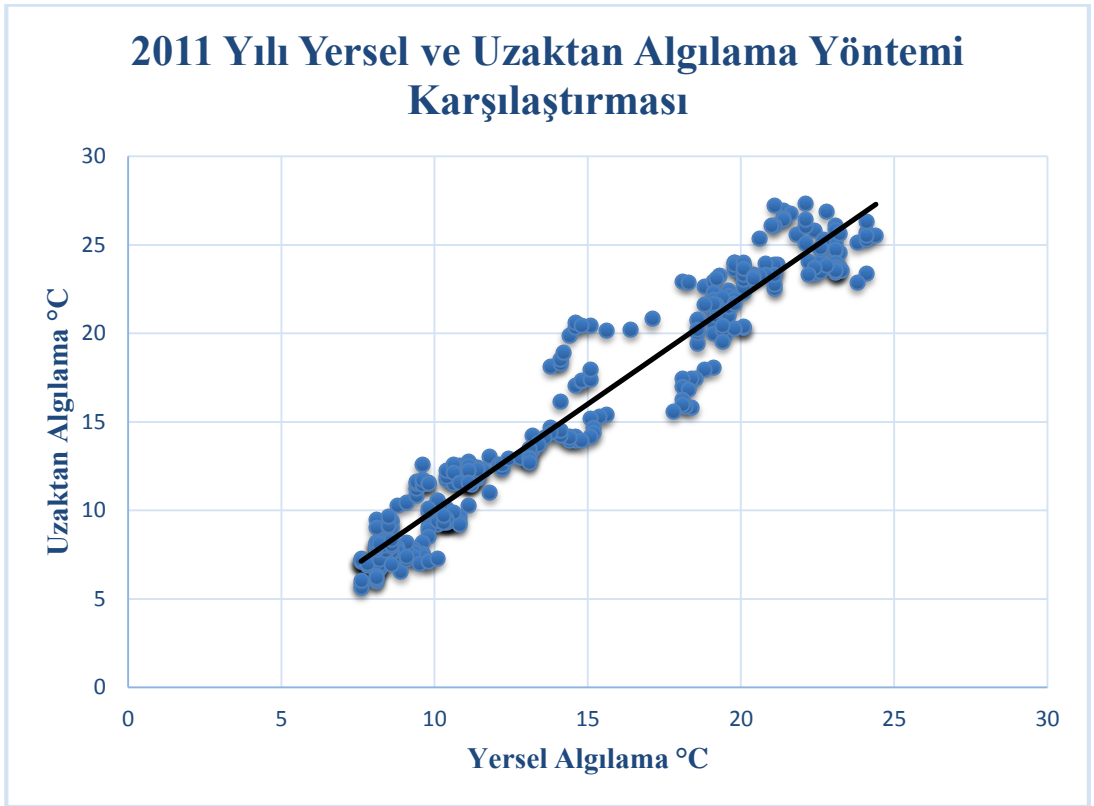
**Şekil 4.21** : Zonguldak 2008 Yılı Yersel ve Uzaktan Algılama Yöntemi Karşılaştırması doğrusal korelasyon grafiği.



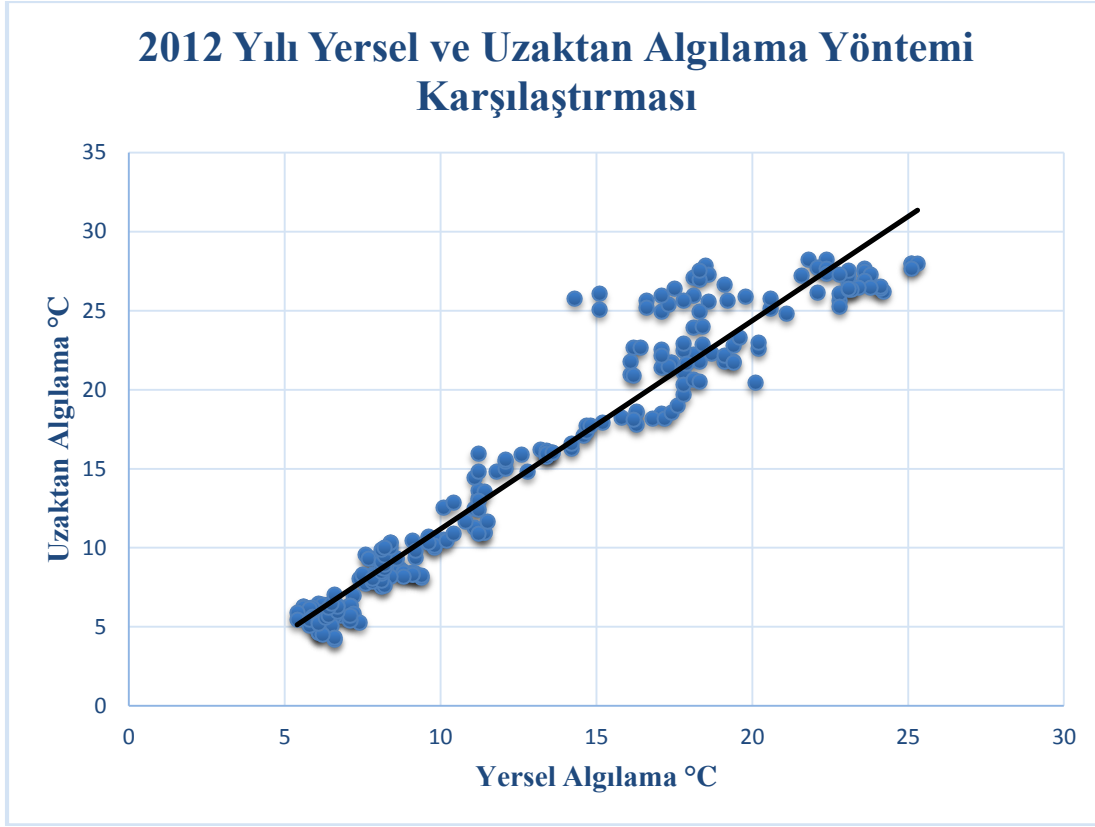
**Şekil 4.22** : Zonguldak 2009 Yılı Yersel ve Uzaktan Algılama Yöntemi Karşılaştırması doğrusal korelasyon grafiği.



**Şekil 4.23 :** Zonguldak 2010 Yılı Yersel ve Uzaktan Algılama Yöntemi Karşılaştırması doğrusal korelasyon grafiği.



**Şekil 4.24 :** Zonguldak 2011 Yılı Yersel ve Uzaktan Algılama Yöntemi Karşılaştırması doğrusal korelasyon grafiği.



**Şekil 4.25 :** Zonguldak 2012 Yılı Yersel ve Uzaktan Algılama Yöntemi Karşılaştırması doğrusal korelasyon grafiği.

Uygulanan korelasyon analizinde ortaya çıkan ‘r’ değerleri tablo 4.8’de gösterildiği gibidir.

**Tablo 4.8 :** 2000-2012 yılları arasındaki Zonguldak yersel ve uzaktan algılama yöntemi karşılaştırmasında ortaya çıkan r korelasyon katsayısı değerleri.

<b>Yıllar</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>
<b>r Korelasyon Katsayısı</b>	0,97	0,97	0,97	0,95	0,90	0,94	0,94
<b>Yıllar</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	-
<b>r Korelasyon Katsayısı</b>	0,96	0,96	0,94	0,96	0,97	0,96	-

Yapılan analiz sonucunda 2000-2012 yıllarındaki 13 yıllık dönemde Zonguldak deniz yüzey sıcaklıkları yersel ve uzaktan algılama yöntemleriyle günlük olarak korelasyon analiziyle karşılaştırıldığında çıkan sonuçlar, Şahin M. vd, 2010 yılında yaptığı çalışmadaki gibi +1 değerine çok yakın çıkmıştır. Ayrıca Gabriela N. Williams vd, 2014 yılında Patagonia, Arjantin de yaptıkları 2004-2009 yılları arasındaki SST karşılaştırmasında sıcaklık değerlerinin birbirine çok yakın çıktığını ve r değerlerinin +1'e oldukça yakın olduğunu belirtmişlerdir. Genellikle ortalama farkın 1,49°C ile 1,64°C arasında değiştiğini söylemişlerdir.

Bu sonuçlar yersel ve uzaktan algılama yöntemleriyle yapılan ölçümlerde pozitif doğrusal ilişki olduğunu göstermiştir.

Bazı günlerdeki sıcaklık değerlerinde ortaya çıkan yüksek farkın sebebi, hem insan faktörlü hem de doğal koşullardan oluşabilecek hatalardan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Ölçümlerde yapılan hataların kat sayısı ne kadar azaltılırsa aradaki fark daha da azalacaktır ve sonuçlar +1 değerine büyük oranda yaklaşacaktır.

Gelişen teknolojiyle birlikte özellikle uzaktan algılama yöntemiyle yapılan ölçümlerdeki hatalar giderilebilirse, belirli günlerdeki birebir aynı sonuçların varlığı ve de genel olarak değerlerin birbirine yakın çıkması sebebiyle, gelecekte uzaktan algılama yöntemlerinin yersel algılama yöntemlerinin yerini alabilmesi muhtemel olacaktır.



## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Gerçekleştirilen analizler ve incelenen diğer çalışmalar karşılaştırıldığında, Kuzey Atlantik Salınımı NAO'nun belirli dönemlerde Karadeniz deniz yüzey sıcaklığında ciddi değişimlere sebep olduğu görülmüştür. Bu değişimler sıcaklıklar üzerinde belirli dönemlerde dalgalanmalara sebep olmakla birlikte, 21. Yüzyılın başından itibaren Karadeniz'de hem kıyı hemde açık deniz bölgelerindeki deniz yüzey sıcaklığı ortalamalarında 21.Yüz yıl öncesine oranla artış olduğu gözlenmiştir.

Yersel ve uzaktan algılama yöntemleriyle yapılan günlük deniz yüzey suyu sıcaklığı ölçümleri karşılaştırıldığında iki yöntem arasındaki korelasyonun birbirine çok yakın olduğu görülmüştür, hatta belirli günlerdeki ölçümlerin birebir aynı olduğu ortaya çıkmıştır. Bu benzerlikle birlikte bazı günlerdeki farklılıkların da gerek yersel algılama gerekse uzaktan algılama yöntemlerinde yapılan ölçümlerdeki hatalardan kaynaklandığı düşünülmektedir. Yine de gelişen teknoloji göz önüne alındığında özellikle uzaktan algılama yöntemlerindeki hataların giderilebileceği düşünülürse gelecekte uzaktan algılama yöntemlerinin yersel algılama yöntemlerine alternatif olabileceği ve yersel algılama yöntemlerinde karşılaşılan insan hatası faktörünün yerine daha güvenilir olabileceği görülmektedir.

Türkiye'de yapılan yersel ölçüm yöntemleri incelendiğinde özellikle şamandıra sayısının yetersiz olduğu ve bunların gelişen teknolojiye ayak uydurmakta zorlandığı görülmüştür. Türkiye'nin sahil gözlem istasyonlarıyla bağlantılı bir şekilde yersel algılama yöntemlerindeki gelişen teknolojiye ayak uydurması ve ölçüm cihazları sayısının arttırarak daha verimli sonuçlar alabilmesi, deniz yüzey suyu sıcaklıklarındaki değişimlerin incelenmesi ve olumsuz değişimlere karşı önlemler alınabilmesi açısından faydalı olacaktır.

Sosyal, ekonomik ve ekolojik dinamikler göz önüne alındığında, Karadeniz'in hem bölgesel hem de küresel bazda ekosistemdeki değişimlere yüksek oranda duyarlı olduğu görülmüştür. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli IPCC'nin

senaryolarında da hem bölgesel hemde geniş alanları baz alan senaryo çalışmalarında artan sıcaklıkların ekosistemler üzerindeki etkisini açık bir şekilde ortaya koymaktadır.

Uluslararası kuruluşların yaptığı değerlendirmelerle oluşturulan iklim değişikliği senaryolarından özellikle Türkiye coğrafyası bazlı bölümlerin alınarak geniş çaplı olarak değerlendirilmesi, Türkiye'deki küresel iklim değişikliğinin etkilerinin görülmesi ve gerekli önlemlerin alınması konusunda yararlı olacaktır.

## KAYNAKLAR

- [1] **Samimi, A., & Zarinabadi, S.** (2012). *Reduction of greenhouse gases emission and effect on environment*. Journal of American Science, 8(8), 1011-1015.
- [2] **Hunter, J. W.** (2003). *İklime Özen Göstermek. İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ve Kyoto Protokolü için Kılavuz*. Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı ve Çevre ve Orman Bakanlığı, ISBN: 92 9219 001 6.
- [5] **Robison, B.H.** (2004). Deep pelagic biology. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 300, 253–272.
- [6] **Root, T.L. et al.** (2003). *Fingerprints of global warming on wild animals and plants*. Nature, pp. (tier 2), pp.57–60.
- [7] **Belkin, I.M.** (2009). *Rapid warming of Large Marine Ecosystems*. Progress in Oceanography, pp. 81(1-4), pp.207–213.
- [9] IPCC 5. Değerlendirme Sentez Raporu, Kasım 2014
- [10] **Riahi, K., Rao, S., Krey, V., Cho, C., Chirkov, V., Fischer, G., ... & Rafaj, P.** (2011). RCP 8.5—A scenario of comparatively high greenhouse gas emissions. *Climatic Change*, 109(1-2), 33-57.
- [11] **Van Vuuren, D. P., Edmonds, J. A., Kainuma, M., Riahi, K., & Weyant, J.** (2011). A special issue on the RCPs. *Climatic Change*, 109(1-2), 1-4.
- [12] **Van Vuuren, D. P., Edmonds, J., Kainuma, M., Riahi, K., Thomson, A., Hibbard, K., ... & Rose, S. K.** (2011). The representative concentration pathways: an overview. *Climatic Change*, 109, 5-31.
- [13] **Masui, T., Matsumoto, K., Hijioka, Y., Kinoshita, T., Nozawa, T., Ishiwatari, S., ... & Kainuma, M.** (2011). An emission pathway for stabilization at 6 Wm<sup>-2</sup> radiative forcing. *Climatic Change*, 109(1-2), 59-76.
- [14] **Thomson, A. M., Calvin, K. V., Smith, S. J., Kyle, G. P., Volke, A., Patel, P., ... & Edmonds, J. A.** (2011). RCP4. 5: a pathway for stabilization of radiative forcing by 2100. *Climatic Change*, 109(1-2), 77-94.
- [15] **Van Vuuren, D. P., Stehfest, E., den Elzen, M. G., Kram, T., van Vliet, J., Deetman, S., ... & van Ruijven, B.** (2011). RCP2. 6: exploring the possibility to keep global mean temperature increase below 2 C. *Climatic Change*, 109(1-2), 95-116.
- [17] **Edwards, M., & Richardson, A. J.** (2004). Impact of climate change on marine pelagic phenology and trophic mismatch. *Nature*, 430(7002), 881-884.

- [18] **Belkin, I.M.** (2009). *Rapid warming of Large Marine Ecosystems*. Progress in Oceanography, pp. 81(1-4), pp.207–213.
- [19] **Marah J. Hartd & Carl Safina.** (2010). Scientific American journal, 303,pp. 66 – 73, August.
- [20] **Ries, J. B., Cohen, A. L., & McCorkle, D. C.** (2009). Marine calcifiers exhibit mixed responses to CO<sub>2</sub>-induced ocean acidification. *Geology*, 37(12), 1131-1134
- [22] **Doney, S. C., Fabry, V. J., Feely, R. A., & Kleypas, J. A.** (2009). Ocean acidification: the other CO<sub>2</sub> problem. *Marine Science*, 1.
- [23] IPCC 4. Değerlendirme Raporu, Kasım 2007
- [24] **Dalğın S.** (2009) *Deniz Suyu Sıcaklığı Değişimlerinin Gösteriminde En Uygun Enterpolasyon Yönteminin Belirlenmesi*. Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı
- [25] **Brander, K. M.** (2007). Global fish production and climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(50), 19709-19714.
- [27] **Houlihan, D., Boujard, T., Jobling, M.** (2001). “Food Intake In Fish”. Blackwell Science Ltd., 131 – 145
- [30] **Karakoç A., Tağul Ş.** İzmir ve Ankara’da Yağış Paterni ile Kuzey Atlantik Salınımı (NAO) Arasındaki İlişki, The Journal of International Social Research, Cilt: 7 Sayı: 30 Volume: 7 Issue: 30
- [31] **TÜRKEŞ, Murat and, ERLAT, Ecmel.** (2008). “Influence of the Arctic Oscillation on Variability of Winter Mean Temperatures in Turkey”, Theoretical and Applied Climatology, S. 92, s. 75-85.
- [33] **T. Oguz et al.** (2007). State of Environment Report 2001 - 2006/7, Chapter 12 - Overall Assessment of the Present State of the Black Sea Ecosystem
- [34] **Ginzburg A., Kostionay A., Sherement N.** (2007). The Black Sea Enviroment, The Handbook of Environmental Chemistry Vol 5, Part Q 255-275
- [35] **Alexandrov V., Genev M., Aksoy H.** (2005). The İmpact of climate variability and change on water resources in the western coastal zone onf the Black Sea, Regional Hydrological Impacts of Climatic Change, Impact Assesment and Decision Making, IAHS publ. 295, 62-72
- [36] **Shapiro, G. I., Aleynik, D. L., and Mee, L. D.** (2010). Long term trends in the sea surface temperature of the Black Sea, Ocean Sci., 6, 491-501, doi:10.5194/os-6-491
- [39] **Keskin, S., Podoja, K., & Bektas, O.** (2011). Coastal uplift along the eastern Black Sea coast: new marine terrace data from Eastern Pontides, Trabzon (Turkey) and a Review. *Journal of Coastal Research*, 27(6A), 63-73.
- [40] **Vigo, I., Garcia, D., & Chao, B. F.** (2005). Change of sea level trend in the Mediterranean and Black seas. *Journal of Marine Research*, 63(6), 1085-1100.

- [41] Climate forcing and its impacts on the Black Sea marine biota.( 2010). *N 30 in CIESM Workshop Monographs. F. Briand, Ed. Monaco : CIESM*
- [42] **Oguz, T., Dippner, J.W. & Kaymaz, Z.** 2006, *Journal of Marine Systems*, pp. 60(3-4), pp.235–254.
- [43] **Kocataş, A.** (1986). Oseanology. Ege Üniv., *Fen Fakültesi Kitaplar Serisi No: 142, Bornova, İzmir, 645 pp.*
- [44] **Deser C., Alexander, M. A., Xie, S. P., & Phillips, A. S.** (2010). Sea surface temperature variability: Patterns and mechanisms. *Annual Review of Marine Science*, 2, 115-143.
- [45] **Bahar M., Durukanoğlu F., Erüz Ç.** (1995). Denizel ortamda su ürünleri yetiştiriciliği yapılacak alanların belirlenmesinde su sıcaklığının önemi, *Doğu Anadolu Bölgesi II. Su Ürünleri Sempozyumu.*
- [46] **Alkan A., Zengin B., Yıldırım C., Serdar S.** (2004). Trabzon Açıklarında Deniz Suyunun Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinin İncelenmesi, *2001-2003 Sonuç Raporu.*
- [47] **Lalli, C., & Parsons, T. R.** (1997). *Biological Oceanography: An Introduction: An Introduction.* Butterworth-Heinemann.
- [48] **Kucera, M.** (2009). Determination of past sea surface temperatures. *Encyclopedia of Ocean Sciences (Second edition), Elsevier. pp 3611-3626. doi:10.1016/B978-012374473-9.00700-1*
- [50] **Rasmusson, E. M., & Wallace, J. M.** (1983). Meteorological aspects of the El Nino/southern oscillation. *Science*, 222(4629), 1195-1202.
- [51] **Koutavas, A., Lynch-Stieglitz, J., Marchitto, T. M., & Sachs, J. P.** (2002). El Nino-like pattern in ice age tropical Pacific sea surface temperature. *Science*, 297(5579), 226-230.
- [52] **Trillmich, F., Ono, K. A., Costa, D. P., DeLong, R. L., Feldkamp, S. D., Francis, J. M., ... & York, A. E.** (1991). The effects of El Nino on pinniped populations in the eastern Pacific. In *Pinnipeds and El Nino* (pp. 247-270). Springer Berlin Heidelberg.
- [53] **Anita K., Zaitsev Yu. P., Alexandrov B.G.** (2001). Berlinsky N.A., European Environment Agency, Europe's biodiversity-biogeographical regions and seas, *The Black Sea-an oxygen poor sea Report.*
- [55] **Oguz, T., P. La Violette, U. Unluata.** (1992). Upper layer circulation of the southern Black Sea: Its variability as inferred from hydrographic and satellite observations. *J. Geophys. Res.* 97.
- [56] **Tolmazin, D.** (1985). Charging coastal oceanography of the Black Sea. 1: Northwestern shelf. *Progress in oceanography*, 15, 217-276.
- [57] **Feyzioğlu A., Sivri N.** (2003). E.U. *Journal of Fisheries & Aquatic Sciences Cilt/Volume 20, Sayı/Issue (1-2): 75 – 79*
- [58] **İzdar, E., Duman, M.** (1993). Karadeniz'in Anoksik Ortamında Metal Sülfidlerin Depolanabilirliği, *D.E.Ü., Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü., 1-8.*

- [59] **Kent, E. C., Kennedy, J. J., Berry, D. I., & Smith, R. O.** (2010). Effects of instrumentation changes on sea surface temperature measured in situ. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 1(5), 718-728.
- [61] **Altıbaş, Ü.** (1999). Uzaktan Algılamanın Temel İlkeleri ile kullanılan Uydular ve Algılayıcılar. *Map Camp*, 99.
- [63] **Kidder, S. Q., Haar, T.H.V.** (1995). *Satellite meteorology: an introductory*. Gulf Professional Publishing.
- Url-1** [3] < <https://www.ipcc.ch/> > alındığı tarihi: 14.03.2015
- Url-2** [4] < <http://ocean.nationalgeographic.com/ocean/critical-issues-sea-level-rise/> > alındığı tarih : 14.03.2015
- Url-3** [8] < <http://www.meteoroloji.org.tr/sayfa/28-kuresel-isinma-ve-iklim-degisikligi.htm> >, alındığı tarih: 03.03.2015
- Url-4** [16] < <http://www.tudav.org/index.php/tr/iklim-degisikligi/197-iklim-degisikligi-ve-denizler-raporu> >, alındığı tarihi: 03.03.2015
- Url-5** [21] < [ww.pmel.noaa.gov/co2/story/Quality+of+pH+Measurements+in+the+NODC+Data+Archives](http://ww.pmel.noaa.gov/co2/story/Quality+of+pH+Measurements+in+the+NODC+Data+Archives) > alındığı tarihi, 04.03.2015
- Url-6** [26] < <http://maviyasam.odu.tr/files/sayi4.pdf> > alındığı tarih: 04.03.2015
- Url-7** [28] < <http://www.gbrmpa.gov.au/managing-the-reef/threats-to-the-reef/climate-change/what-does-this-mean-for-species/fish> > alındığı tarihi:04.03.2015
- Url-8** [29] <[http://news.ubc.ca/wp-content/uploads/2013/05/CheungGrapic\\_Web1.jpg](http://news.ubc.ca/wp-content/uploads/2013/05/CheungGrapic_Web1.jpg)> alındığı tarih: 04.03.2015
- Url-9** [32] <<http://havadelisi.com/2011/01/05/ao-ve-nao-nedir-ne-degildir/>> alındığı tarih : 07.03.2015
- Url-10** [37] <<http://global.britannica.com/EBchecked/topic/530603/sea-level#ref119308>> alındığı tarih :08.03.2015
- Url-11** [38] < <http://ocean.nationalgeographic.com/ocean/critical-issues-sea-level-rise/> > alındığı tarih :08.03.2015
- Url-12** [49] **Türkeş M., Sümer U, Kılıç G.,** El Nino Güney salınımı, küresel bir Okyanus/Atmosfer olayı.  
<http://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/elnino.pdf> alınma tarihi : 10.03.2015
- Url-13** [54] < [www.south-stream-offshore.com](http://www.south-stream-offshore.com) > alındığı tarih: 12.04.2015
- Url-14** [60] < [www.mgm.gov.tr](http://www.mgm.gov.tr) > alındığı tarih : 10.03.2015
- Url-15** [62] < [www.hvkk.tsk.tr/tr/IcerikDetay.aspx?ID=238](http://www.hvkk.tsk.tr/tr/IcerikDetay.aspx?ID=238) > alındığı tarih: 10.03.2015
- Url-16** [64] < <http://noaasis.noaa.gov/NOAASIS/ml/avhrr.html> > alındığı tarih: 12.04.2015
- Url-17** [65] [http://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/233/mod\\_resource/content/4/11-Coklu%20Regresyon.pdf](http://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/233/mod_resource/content/4/11-Coklu%20Regresyon.pdf) > alındığı tarih: 12.04.2015

## ÖZGEÇMİŞ



- Ad Soyad** : Barış DEMİR
- Doğum Yeri ve Tarihi** : Balıkesir / 10.10.1989
- Adres** : Osmangazi Mah. Çakmak Sok. No:4/A D.2  
Odunpazarı/ Eskişehir
- E-Posta** : barisdemir10@gmail.com
- Ön Lisans** : Anadolu Üniversitesi  
İşletme Fakültesi  
Lojistik Bölümü 2013
- Lisans** : Bülent Ecevit Üniversitesi  
Deniz İşletmeciliği ve Yönetimi Yüksekokulu  
Denizcilik İşletmeleri Yönetimi Bölümü 2012
- Lisans 2** : Anadolu Üniversitesi  
İşletme Fakültesi  
İşletme Bölümü 2015

