

Açık Denizde Plankton Varlığı ile Hidrokarbon Enerji Kaynaklarının Belirlenmesi Çalışmaları: Doğu Karadeniz Örneği

Determination of Plankton Presence and Hydrocarbon Energy Resources in the Open Sea: The Example of the Eastern Black Sea

Güzide KALYONCU ERGÜLER¹ 

¹Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü (MTA), Çevre Araştırmaları Dairesi, 06530, Ankara, Türkiye

Öz

Hidrokarbon kaynaklarına olan ihtiyaç, yenilenebilir enerji kaynakları kullanımı artsa da, gerek nüfus gerek endüstrideki artış nedeniyle sürmektedir. Tüklenen karasal ortamdaki enerji kaynakları ve artan enerji ihtiyacı nedeniyle arama faaliyetleri denizel ortamlara yönelmiştir. Açık denizlerde hidrokarbon enerji kaynağı aramak çok sayıda belirsizlik içermekte ve bu belirsizliklere bağlı olarak maliyetlerin yükselmesine neden olmaktadır. Hidrokarbon alanların tespitinde uzun soluklu çabalara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmada 20.000 km²'lik Doğu Karadeniz deniz alanında öncelikli alan tespiti amacıyla, sediment çökelimleri tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu amaçla, doğal koşullarında hareket kabiliyeti olmayan planktonların ortam koşullarındaki hareketleri incelenmiştir. Planktonlar hareketlerini, akıntının doğasına göre belirlerler. Buzullarda dahi görülebilen bu canlılar, Doğu Karadeniz'de de ağırlıklı olarak görülür. Zooplankton adı verilen hayvanlardan veya fitoplankton adı verilen bitkilerden oluşan planktonlar zamanla deniz tabanına inerek nehirler yoluyla denize giren inorganik maddelerle karışır ve böylece enerji kaynaklarını oluşturma potansiyeli taşırlar. Bu çalışmada plankton varlığından yola çıkarak 20.000 km² açık deniz alanına ait uzaktan algılama ile elde edilen bulanıklık ve sıcaklık haritaları ile sediment çökelim alanlarının varlığı incelenmiştir. Bulanıklık haritaları için seki diskteki disk ölçümleri ile yerinde yapılan elektriksel kondüktivite (Ec), potansiyel hidrojen (pH), sıcaklık (°C) ölçümü alınmış ve meteorolojik veriler incelenmiştir. Yapılan detay harita incelemeleri ile İyidere- Hopa açık deniz alanında sekiz alan potansiyel mikro sediment çökelme alanı olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Plankton, Sıcaklık Haritası, Bulanıklık Haritası, Seki Disk, Açık Deniz Maden Aramacılığı

Abstract

Although energy use is increasing due to the need for hydrocarbon, it is eroding both because of population and industry. Due to depleted terrestrial energy resources and increasing vegetation, it has turned to marine environments. There are many methods in the carbon system in the high seas, and this excessive dependency causes defeats. Shorter efforts are not observed in hydrocarbon alloys. In this study, site selection, sediment deposits that are not considered to be used in the 20,000 km² Eastern Black Sea marine area. To this end, it conveys the emotions of plankton that are not related to the transferred movements. Planktons determine movement, current according to current. These creatures, which can be seen even in glaciers, can be seen in the Eastern Black Sea Region. Plankton, which consists of animals called zooplankton or plants called phytoplankton, sometimes descends to the sea base and mixes with organic materials given to the sea through rivers and has the capacity to create energy. In this study, let's plan the precipitation with the plankton 20.000 km² sea direction visual and the old precipitation and maps of the plankton temperature. Take electrical conductivity (Ec), potential-to-potential (pH), temperature (C) in situ with secchi disc measurements for turbidity, and meteorological travels. With the detailed map examinations, they show İyidere- Hopa as a potential micro-deposition area in the open sea area.

Keywords: Plankton, Heat Map, Turbidity Map, Secchi Disk, Offshore Mining

I. GİRİŞ

Hidrokarbon, en temel organik molekül türünü ifade eder. Sadece iki elementten; hidrojen ve karbondan oluşur. Genel olarak, hidrokarbon molekülleri, hidrojen atomları ile çevrili merkezi bir yapı oluşturan bir veya daha fazla karbon atomu ile yapılandırılır. Alkanlar, alkenler, alkinler ve aromatik hidrokarbonlar olmak üzere dört ana hidrokarbon türü vardır. Hidrokarbonlar ve türevleri fosil yakıtların ana bileşenleridir ve oksijenle yanarken enerji açığa çıkarır. Metan, CH₄ kimyasal formülüne sahip bir alkandır ve fosil yakıt türü olan doğal gazın ana hidrokarbon bileşenidir. Hidrokarbon yanma reaksiyonu, ekzotermik reaksiyon olduğundan ısı enerjisi açığa çıkmaktadır. Açık denizlerde metan kaynağını oluşturan bir nedende deniz planktonlarıdır.

Deniz planktonları deniz tabanından bağımsız sürüklenirler. Bu nedenden dolayı planktonlar yüzen organizmalar olarak kabul edilir. Planktonlar okyanuslardaki fotosentezin oldukça yüksek oranda olmasına neden olur. Böylece karbondioksitin belli bir seviyede kalmasını sağlarlar. Ayrıca, dünyanın zamanla ısınmasını engelleyici mikroskobik bariyerdir de denilebilir. Fito ve zoo olarak iki temel yapısı olan planktonlardan; bitkisel kökenli

olanlar (fitoplanktonlar), su yüzeyinde güneş ışığından yararlanırlar. Metan yığılım etkisinin daha yüksek etkisi olduğu düşünülen hayvansal kökenli olanlar ise (zooplanktonlar) biyolojik olarak isimlendirilir. Planktonların gerek özellikleri gerek yapıları bakımından çok çeşitlilik sunmalarından dolayı araştırmacılar tarafından farklı sınıflandırmalara tabii tutulmuştur. Bunlar daha çok biyolojik özellikleri ve boylarının dikkate alınması ile yapılır. Planktonlar boylarına göre femto, pico, ultra, nanno, mikro, makro, mega ön adlarından biri ile birlikte ifade edilen planktonlar (<0.2 µm ila > 20mm) ön adlarından biri ile birlikte ifade edilerek isimlendirilirler [1,2]. Aslında planktonlar yüksek protein içermeleri nedeniyle birçok canlının besin kaynağını oluştururlar. Birincil üretici olarak bilinen bu canlılar gruplara ayrılarak isimlendirilir. Denizel fitoplankton da en sık rastlanan grupsa Diatomophyceae grubudur. Denizel zooplankton olarak en çok bilinenler Holoplankton, Coelenteratlar, Copepoda, Cladocera'dır [3]. Fitoplanktonlar ise, güneşten CO₂, H₂O ve diğer besinlerden yüksek enerjili organik biyolojik oluşum sürecinin açıklanmasında ve fotosentez ile tüm deniz ortamlarında en önemli birincil üreticidir.

Plankton ve partiküler maddenin izotopik bileşimleri arasındaki ilişkiler incelendiğinde nehir sularının nehir kesiminde %70 kırıntılı-humus madde ve %30 planktonojenik maddeden oluşan materyali taşıdığı ve hidrokarbon gazlarının jeokimyasında karşılaştırılabilir konsantrasyonlarda metan (0,3-5 µl/L) ve doymamış olanlar da dahil olmak üzere daha ağır hidrokarbonlarla karakterize edilmektedir [4]. Birçok paleo-öşinografik çalışma, planktonik ve bentik örneklerden veya her ikisinden alınan foraminifer oksijen ve karbon kararlı izotop bileşimlerine (δ18O, δ13C) dayanmaktadır [5]. Foraminifer karbonat testlerinin δ13C değerlerinin metan sızıntısına diğer tortu parametrelerine göre çok daha duyarlı olduğu görülmektedir [6]. Kuzeydoğu Atlantik Okyanusu'ndaki Blake Ridge diapirinde gaz hidratlarının varlığı için, geç Holosen'de metan sızıntısının bentik foraminiferlerin ekolojisi ve jeokimyası üzerindeki etkisini incelemiştir [7]. Stratigrafideki anormal derecede düşük graph13C foraminifer değerleri genellikle paleo-metan sızıntısı aktivitelerini yansıtabilecek şekilde yorumlanmaktadır [8]. Metan zenginleşmesini [9] zooplankton kaynağı ile net bir şekilde açıklamaktadır. Metanojenler, [10] esasen zooplankton kaynaklıdır. Metanotrofik bakterilerin zooplankton için önemli bir besin kaynağı sağlayabileceğini ve metan oksidasyonunun, özellikle kış aylarında birçok gölde potansiyel olarak önemli bir bentik-pelajik karbon ve enerji bağlantısını temsil ettiğini göstermiştir [11]. Sudaki trofik etkileşimlerin metan biyojeokimyasal döngüsünü [12] önemli ölçüde etkilediği belirtilmiştir. Metanı yüzeye taşıyan fiziksel mekanizmaların (örneğin yukarı doğru kabarma) [13] aynı zamanda gelişmiş birincil üretimi ve CO₂ düşüşünü destekleyen besin açısından zenginleştirilmiş suyu da taşıyabileceğini düşünülmüştür. Açık

denizlerdeki metan sızıntısı alanları zamanla yoğunlukları dikkate alarak sera gazı yutakları olarak görülebilir. Planktonlar tarafından üretilen asetati kullanan potansiyel olarak metanojenik Archaea'yı barındırır ve bu durum metan üretimi için doğrudan bir substrat geçişini göstermektedir [14,15,16].

Bu çalışma kapsamında sediment yığılım alanlarının tespitine yönelik haritalama çalışmaları yapılmıştır. Bu amaç doğrultusunda öncelikli alanların haritalandırılması ve belirlenmesine yönelik çalışmalar Maden Tetkik Arama (MTA) Genel Müdürlüğünde sürdürülmüştür. Haritaların oluşturulmasında kullanılan verilerin analizleri detaylı açıklanmıştır.

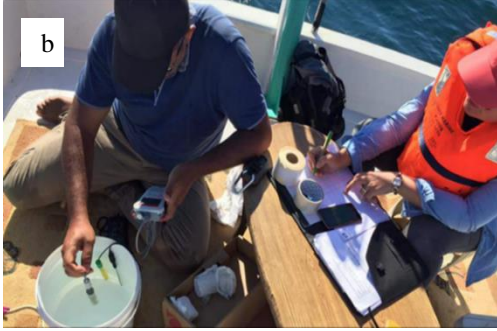
II. MATERYAL VE METOD

Bu çalışmada alan sınırlandırma çalışmaları yapılmak amacıyla uzaktan algılama haritaları için veriler yerinde yapılan ölçümler ile sağlanmıştır. Çalışma kapsamında Seki disk ve meteorolojik veriler ile doğru harita bulgularına erişim ve bu erişim ile sağlanan haritalama çalışmalarında deniz yüzeyinde olası plankton halkasının belirlenmesi amaçlanmıştır.

2.1. Seki Disk

Bu çalışmada literatürde yer aldığı üzere [17,18,19] ölçüm doğruluğu için güneş ışığı açısı, ölçüm zaman aralığı gibi ön tespitler yapılmıştır. Arazi çalışmasında ölçüm algoritması hazırlanarak ve tüm alanlarında aynı şekilde uygulanmıştır. Bu nedenle, güneşin mümkün olduğu kadar dik olduğu zamanlarda ölçüm alınmıştır. Sınırlı olan ölçüm zamanıyla programlamaya gidilmiş ve ölçüm vakti sürece dahil edilerek hesaplanmıştır. Ölçümlerin etkin kullanımını sağlamak için her biri farklı piksel alanına düşecek şekilde en az 500 m ara ile ölçüm alınmıştır. Piksel alanı, 14 banda sahip orta çözünürlüğü (görünür kızılötesi bölgede 15 metre/piksel, kısa dalga kızılötesi bölgesinde 30 metre/piksel ve termal kızılötesi bölgesinde 90 metre/piksel) kapsar. Tablo 1'de mevki baz alınarak alınan ölçümlerin her bir mevki alanından üç tanesine yer verilmiştir. Seki disk, MTA Genel Müdürlüğü Deniz Araştırmaları Dairesinden temin edilmiştir. Yerinde yapılan elektriksel kondüktivite (Ec), potansiyel hidrojen (pH), sıcaklık (t°C) ölçümlerde Dumlupınar Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü ekipmanları kullanılmıştır (Şekil 1).





Şekil 1. Arazi çalışmalarından ölçüm görüntüleri (a) seki disk, (b) Ec, pH, t°C

2.2. Meteorolojik Verilerin İncelenmesi

Açık deniz sediment yığılım alanları olarak görülen plankton halkalarının belirlenmesi amacıyla alınan haritaların tarihleri oldukça büyük öneme sahiptir. Doğru alan tespiti için binlerce sayıda var olan uzaktan algılama harita sayısını incelenen bir sayıda tutmak doğru tarihlere ait haritaların eldesi ile mümkündür. Bu çalışma kapsamında gerek bulanıklık haritaları gerek sıcaklık haritalarının tarihsel veri görünümünün elde edilmesi ile alan belirleme çalışmaları yapılmıştır. Başka bir deyişle, doğru yere bakabilmek için doğru görüntü tarihi belirlenmesi gerekmektedir.

Çalışma kapsamında sıcaklık ve bulanıklık haritalarının tarihsel görüntüsünün daha etkin seçimini sağlamak için meteorolojik verilere ihtiyaç duyulmuştur. Bulanıklık haritaları için yağış miktarları incelenmiş, sıcaklık haritalarının öncelikli tarihli olanlarının ve sıcaklık farkının en fazla olabileceği tarihlerin belirlenmesi amacıyla hava sıcaklığı verilerinin yüksek deniz suyunun ise düşük sıcaklıkta olduğu tarihler belirlenmeye çalışılmıştır. Doğal koşullarda ki bulanıklık sebebi olan yağışlı günlerin çıkartılması ile daha açık bulutsuz gözleme imkanı bulunan uygun tarihli haritaların incelenmesi için belirlemeler yapılmıştır. Tüm meteorolojik bulgular Rize ili için analiz edilmiştir.

2.3. Hamsi Populasyonunun İncelenmesi

Hamsi balığının biyolojik özelliği gereği zooplankton olarak hayata başlaması ve sayısının deniz suyu sıcaklığı ile ters orantılı bir dağılım göstermesi nedeniyle uzaktan algılama haritalarında sediment halkalarının tespitini kolaylaştırmaktadır. Plankton alanlarına ait deniz suyu sıcaklık verisine sahip olunamadığından deniz suyunun soğuk olduğu yılların tespiti için hamsi populasyonu incelenmiştir. Bu amaçla Karadeniz’de su soğuduğunda ortaya çıkan hamsi, deniz suyu çok soğuk olduğunda ise populasyon miktarında görülen artış haritalardaki halkaların tespitine olanak sağlamaktadır. Ayrıca sıcaklık haritalarındaki anomalinin yakalanması için deniz suyu sıcaklığı ile hava sıcaklığı farkının olabildiğince en fazla olması bu ilişkiyi daha anlamlı hale getirir. Hamsi populasyonunu incelerken, hamsi ile beslenen palamut ve lüfer miktarları araştırılmıştır. Hamsi

populasyonu çok olan yılların deniz suyu sıcaklığı düşüktür ve sıcaklık haritalarının daha etkin seçilimine olanak sağlanmaktadır. Düşük deniz suyu sıcaklıklarının belirlenmesi amacıyla su ürünleri avcılık verilerinden alınan [20], yüksek oranda olan 2007 ve 2016 yıllarına ait hamsi populasyonu haritalama çalışmaları kapsamında detaylı incelenmiştir.

2.4. Uzaktan Algılama Çalışmaları

Terra uydusu üzerine monte edilen ve 18 Aralık 1999 tarihinde uzaya fırlatılan ASTER (Gelişmiş uzay kaynaklı termal yayılma ve yansımaya radyometresi /The Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) sensörü, birçok veri alanlarını içeren ve kızıl ötesi bölgesi olan; elektromanyetik spektrumun görünür yakın, kısa dalga ve termal kızılötesi alanlarından veri elde etmektedir. Görüntü genişliği 185 x 185 km olan Landsat TM’den elde edilen veriler jeoloji, oşinografi, arazi uygulamaları ve değişim belirlenmesi gibi mühendislik alanlarında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

Çalışma kapsamında Rize (İyidere)-Artvin (Hopa) boyunca ülkemiz münhasır deniz alanlarını kapsayan alan, uzaktan algılama verileri ve teknikleri kullanılarak incelenmiştir. Deniz yüzeyi sıcaklığını hesaplarken ASTER ve Landsat TM uydu verilerindeki termal kızılötesi bantlar, görünür yakın ve kısa dalga kızılötesi bantlardan ayrılarak, Universal Transverse Mercator (UTM), World Geodetic System 1984 (WGS 84) projeksiyon ve datum sistemine göre jeo-referanslandırılmıştır. Analizden önce bulutlu alanlar ve kara alanları uygun bir eşik değeri kullanılarak maskelenmiştir. Deniz yüzeyi sıcaklık radyans türünden dağılımının hesaplanması için, veri saklama kolaylığı açısından uydu tarafından DN (Sayısal Numara)’ye çevrilen sıcaklık değerleri birim çevirme katsayısı kullanılarak işleme koyulmuştur. Radyansa dönüştürülen ASTER Termal band değerlerinden ilk aşamada “parlaklık sıcaklık” değerleri elde edilmiş ve buradan “Çok-Banlı Deniz Yüzeyi Sıcaklığı - Multi-Channel Sea Surface Temperature (MCSST)” algoritması kullanılarak santrigrat derece cinsinden sıcaklık hesaplaması gerçekleştirilmiştir [21, 22]. Deniz yüzeyi sıcaklığı 1°C aralığında haritalanmıştır. Deniz yüzeyi sıcaklık dağılım haritalarında maviden kırmızıya geçen renk ölçeği, düşükten yükseğe doğru sıcaklık değerlerini temsil etmek üzere kullanılmıştır. Uydu verilerinden elde edilen değerlerin tarihsel bazda karşılaştırmasının yapılabilmesi amacıyla birbirleri ile çakışan tüm sıcaklık aralıklarında aynı renk tonu kullanılmıştır. Haritalama yapılırken karaya ait alanlar KYM/321 sahte renk kompoziti (false colour composite) ile görüntülenmiştir.

Deniz yüzeyi bulanıklığını hesaplarken ise ASTER ve Landsat TM uydu verilerindeki görünür yakın kızılötesi bantlar UTM, WGS 84 projeksiyon ve datum sistemine göre jeo-referanslandırılmıştır. Analizden önce bulutlu

ve karaya ait alanlar maskelenmiştir. Bulanıklık formülleri uygulanarak [21, 23] deniz yüzeyi bulanıklığı 1'er birim aralıklı olacak şekilde haritalanmıştır. Görüntüler seçilirken farklı yıllardaki görüntülerin mümkün olduğunca benzer hava koşulları ile uyumluluğu için [24] aynı aylarda seçilmesine özen gösterilmiştir.

III. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çözünmüş mineralleri içeren besin ve protein kaynağı da olan denizel ortamların tabanları doğalgaz ve petrol ağırlıklı hidrokarbon yataklar ile gaz hidrat alanları ilk sırada olmak üzere masif sülfür yatakları içerebilir. Bu yatakların bulunması önce arama çalışmalarına [25] bağlıdır.

Bazı temel türler, metanı enerji ve karbon kaynağı olarak kullanan simbiyotik bakterilere sahiptir, ancak diğerleri (vestimentiferan solucanlar) enerji için sülfür kullanır. İç kıta sahanlığı habitatları, çok sayıda nehirde gelen besinlerle beslenir ve bu nedenle, kıyıya yakın biyota, nitrat açısından zenginleştirilmiş fitoplankton tarafından desteklenir. Örneğin, Meksika Körfezi ekosisteminin planktonunun üretkenliği ve tür bileşimi, kaynak su (Karayipler) ve buna eşlik eden fiziksel süreçler tarafından kontrol edilir ve yoğun deniz hayvanı popülasyonlarıyla çevrili petrol ve tuz göllerine ulaşmaktadır [26].

Önceki çalışmalarda Güneydoğu Karadeniz'in uydu gözlemlerinin sonuçları sunulmuştur [27]. Deniz tabanındaki hidrokarbonların doğal sızıntılarından kaynaklanan deniz yüzeyindeki petrol kirliliğinin izlenmesi için uzaktan algılama teknikleri kullanılmıştır. Uzaktan algılama çalışmalarında çok sensörlü yaklaşımın, verilerin daha kapsamlı bir şekilde yorumlanmasına katkıda bulunduğunu ve deniz yüzeyi kirliliği dağılımının daha iyi anlaşılmasına yardımcı olduğunu belirlemişlerdir. Aynı çalışmada yüksek çözünürlüklü uydu verileri kullanarak, yüzey petrol alanları mekansal ve zamansal değişkenliğine dair net bir resim ve coğrafi dağılımlarının bu bölgedeki doğal hidrokarbon sızıntılarının coğrafi konumları ile ilişkili olduğunu göstermişlerdir. Gerçek deniz tabanı kaynak konumunun kesin tahmini için SAR'ı kullandıklarını ve yüzey rüzgârlarının ve akımlarının, petrol yüzeylerinin deniz yüzeyine taşınması, yayılması, evrimi ve kalıcılığı üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Dinamik ve dolaşım süreçlerinin ve doğal faktörlerin (mevcut meandering, vortikal aktivite ve rüzgar sıraları) etkilerinin, salınan petrolün seyri ve durumunu belirtmiştir. Karadeniz'in güneydoğusundaki deniz dibindeki doğal hidrokarbonların gösterdiği deniz yüzeyindeki petrol kirliliğinin ayrıntılı haritalarını bir araya getirmiş ve en ağır kirlilik bölgelerini özetlemişlerdir [27].

Fiziksel-kimyasal su ölçümlerinin sonuçları genellikle fitoplanktonların yaşama amaçlarına uygun değildir [28]. Karadeniz'de oksijenli yüzey sularının en fazla

150-200 metre derinliğe kadar uzandığı [29,30] ve derinlikle artan değişim gösteren hidrojen sülfür içermektedir [30]. Çünkü oksijenli sularla sülfürlü sulara arasındaki yoğunluk farkı, düşey karışımlar yoluyla derin sulara oksijen geçiş imkanı sunamaz. Oksijenli tabakanın alt sınırı lokal olarak değiştiğinden; sülfürlü anoksik suların başladığı derinlik de tabii olarak bölgesel olarak farklılık gösterir. Bu sülfürlü tabakanın başlama sınırı siklonik döngü bölgelerinde genelde 80 metre ile başlar ve 100 metreye ulaşır. Derinlere doğru inildikçe hidrojen sülfür konsantrasyonu düzenli bir artış gösterdiği daha önce yapılan hassas ölçümlerde görülmüştür [31].

Hamsi balığı Karadeniz'de su soğuduğunda ortaya çıkar. Deniz suyu çok soğuk olduğunda ise popülasyon miktarını artırır. Hamsi popülasyonunu incelerken, hamsi ile beslenen palamut ve lüfer miktarlarını da incelemek gerekir. Popülasyonu çok olan yıllar deniz suyu sıcaklığı düşüktür ve sıcaklık haritalarının daha etkin seçimini sağlamak için bu düşük deniz su sıcaklıkları belirlenmesi amacıyla TÜİK hamsi popülasyonu incelenmiştir (Tablo 1). 2007 ve 2016 yıllarını kapsayan veri çizelgesi hamsi popülasyonu avcılardan 30 katına ulaşan popülasyonda olduğu belirlenmiştir. Yapılan inceleme sonrasında uzaktan algılama haritalarında belli periyod pikleri olan; 2000, 2007, 2011 ve 2015 yılları uzaktan algılama görüntülerinin öncelikli incelenmiştir. Fitoplankton ve zooplankton yüzeyde spesifik dağılım göstermiştir ve fitoplankton için termoklin tabakası oluşturmuştur [32]. Birincil fitoplankton üretimini etkileyen faktörler ışık, sıcaklık, tuzluluk, besinler, küçük besinler ve organik gereksinimler olarak açıklamaktadır [33]. Yaşamlarının ilk evresini plankton olarak sürdüren organizmalara meroplankton olarak bilinmekte, bu grupta yer alan balık, yumurta ve lavralar da ihtiyoplankton olarak adlandırılmaktadır [34, 35]. Hamsiler, plankton olarak yaşamlarına başlamaları hem de plankton ile beslenmeleri oldukça ilginç olup, Karadeniz hamsisi yumurtalarını beşinci ila onuncu ay arasında döker. Bu nedenle Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül, Ekim ayları plankton halkalarını arama çalışmalarında incelenecek görüntü aylarını oluşturmaktadır.

Tablo 1. 2007 ve 2016 yılları oldukça hamsi popülasyonu (ton) ([20]'den oluşturulmuştur)

Yıl	Hamsi	Palamut	Lüfer	Toplam Yiyici (Palamut+ Lüfer)	Hamsi / (Palamut +Lüfer)
2000	280000	12000	4250	16250	17.23
2001	320000	13460	13060	26520	12.07
2002	373000	6286	25000	31286	11.92
2003	295000	6000	22000	28000	10.54
2004	340000	5701	19901	25602	13.28
2005	138569	70797	18357	89154	1.55
2006	270000	26690	8399	35089	7.69
2007	385000	5965	6858	12823	30.02

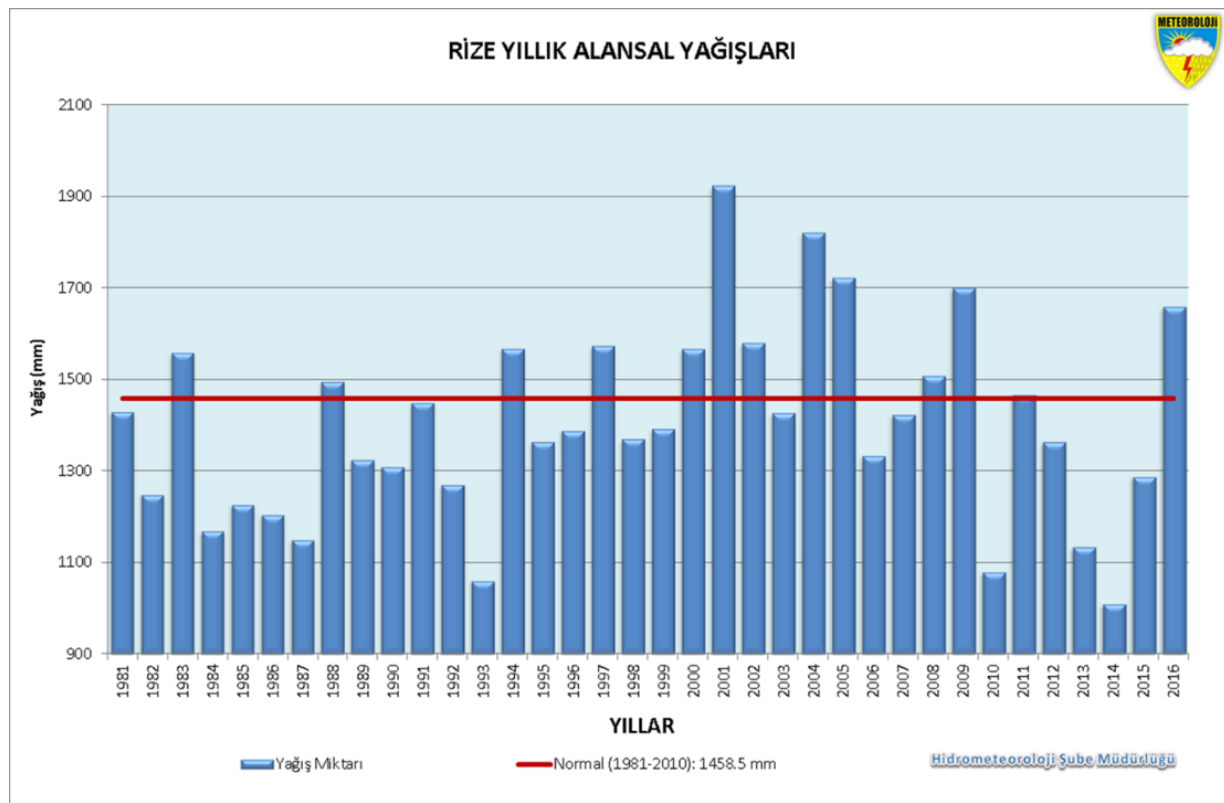
2008	251675	6448	4048	10496	23.98	$D = f * (B2/B1)$ (1) Eşitlikte, D= Bulanıklık, B1= Bant1, B2= Bant2, ifade eder ve sabit sayı olan f: 17.3965 olarak alınmıştır.
2009	204699	7036	5999	13035	15.70	
2010	229023	9401	4744	14145	16.19	
2011	228491	10019	3122	13141	17.39	
2012	163982	35764	7390	43154	3.80	
2013	179615	13158	5225	18383	9.77	
2014	96440	19032	8356	27388	3.52	
2015	193492	4573	4136	8709	22.22	
2016	102595	39460	9574	49034	2.09	

Arazi çalışmalarında seki disk ve yerinde yapılan yüze yakın ölçümün aynı mevkii alanı içerisinde kalan üç tanesi olacak şekilde bir kısmı Tablo 2’de verilmiştir. Uzaktan algılama merkezinde ASTER verisiyle su bulanıklığı hesaplanır. Literatürde pek çok türde formüle rastlamak mümkündür. Her biri farklı parametreler kullanılarak üretilebilir. yapılan arazi çalışmalarından elde edilen secci disk verileri bulanık haritaları için kullanılarak hesaplamalar doğrultusunda Eşitlik (1) de verilmiştir;

Rize’nin yıllık ve aylık olmak üzere periyodik yağış ve sıcaklık analizleri yapılarak iklim süreci belirlenerek çalışmalar sürdürülmüştür. Rize jeomorfolojik özellikleri nedeniyle diğer illerimizin aksine nisan mayıs ayında en az yağış almaktadır. Bu nedenle bu aylar bulanıklık görüntü incelemede yer almıştır. Ayrıca, Şekil 2’de görüldüğü üzere 2006, 2010, 2013, 2014 ve 2015 en az yağış alınan yıllardır. Yağış tablosu (Tablo 3) incelendiğinde, Mart ve Nisan en az yağışlı aylardır.

Tablo 2. Seki disk ölçümü alınan alanların değerleri.

Mevkii	Ölçüm Tarihi	Ölçüm Saati	Koordinat Bilgisi	pH	Ec	T°C	Seki disk	
							Beyaz (m)	Siyah (m)
İyidere 1	08.10.2017	09:25	41 01 35 9 N 40 21 33 4 E	8.34	24.50	29.00	1.275	2.516
İyidere 4	08.10.2017	10:40	41 3 01 6 N 40 21 077 E	9.74	25.10	30.80	8.05	1.96
İyidere 6	08.09.2017	11:05	41 04 011 N 40 20 636 E	8.45	25.1	29.6	9.60	2.73
Derepazarı 1	08.09.2017	11:25	41 05 497 N 40 22 987 E	8.49	25.2	30.1	9.60	2.51
Derepazarı 3	08.09.2017	12:20	41 04 518 N 40 23 792 E	8.42	25	30.7	7.76	2.3
Derepazarı 5	08.09.2017	12:50	41 03 396 N 40 24 555 E	8.46	24.8	30.7	5.74	1.86
Çayeli 2	09.10.2017	11:10	41 07 938 N 40 41 042 E	6.1	25.2	30.5	5.575	2.5
Çayeli 5	09.10.2017	11:45	41 06 261 N 40 43 099 E	6.11	25.10	30.00	8.84	3.18
Çayeli 6	09.10.2017	11:50	41 05 730 N 40 43 389 E	6.11	25.10	28.70	5.82	2.19
Rize 1	09.10.2017	08:45	41 02 805 N 40 31 366 E	8.37	24.80	30.30	5.00	2.69
Rize 2	09.10.2017	08:50	41 03 31 N 40 31 234 E	8.37	24.90	30.50	9.00	3.33
Rize 6	09.10.2017	09:27	41 05 356 N 40 31 027 E	8.35	24.90	30.00	7.50	1.65
Hopa 1	10.10.2017	09:35	41 25 385 N 41 25 551 E	6.20	25.30	30.00	6.37	3.20
Hopa 3	10.10.2017	09:55	41 26 264 N 41 23 753 E	6.23	25.60	30.00	6.00	3.00
Hopa 6	10.10.2017	10:27	41 27 890 N 41 22 426 E	6.28	25.70	30.30	15.96	4.435
Arhavi 3	10.09.2017	13:00	41 23 322 N 41 138 45 E	6.65	26.60	30.90	17.36	5.50
Arhavi 9	10.09.2017	14:30	41 18 741 N 41 10 111 E	6.67	26.90	30.40	7.96	2.46
Arhavi 11	10.09.2017	14:45	41 17 641 N 41 10 455 E	6.67	26.80	29.90	9.01	2.755
Pazar 3	09.09.2017	14:30	41 13 557 N 40 51 609 E	6.20	25.60	30.80	12.10	2.5
Pazar 5	09.09.2017	14:50	41 12 490 N 40 53 061 E	6.18	25.80	31.50	9.00	3.00
Pazar 7	09.09.2017	15:20	41 11 159 N 40 54 858 E	6.20	25.00	29.50	7.30	2.43



Şekil 2. Rize İli Yıllık Yağışları [36]

Tablo 3. Rize ili aylık yağış tablosu [37]

Ay (Ölçüm Periyodu 1928 - 2020)												
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX	X	XI	XII
<i>Ortalama Sıcaklık (°C)</i>	6.80	6.80	8.10	11.6	16.0	20.30	22.90	23.20	20.30	16.40	12.30	8.80
<i>Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)</i>	10.60	10.70	11.90	15.4	19.4	23.50	25.90	26.50	24.00	20.40	16.40	12.80
<i>Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)</i>	3.80	3.60	4.90	8.30	12.7	16.70	19.60	10.00	16.90	13.10	9.10	5.70
<i>Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)</i>	2.20	3.10	3.60	4.60	5.60	6.60	5.40	5.20	5.00	4.20	3.00	2.20
<i>Ortalama Yağışlı Gün Sayısı</i>	15.80	14.70	16.30	15.3	15.7	15.20	15.10	15.40	15.40	15.60	14.30	15.10
<i>Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)</i>	232.6	187.2	159.4	96.0	96.3	134.7	151.6	196.9	254.8	292.3	255.2	244.5
<i>En Yüksek Sıcaklık (°C)</i>	24.00	28.10	32.60	35.8	38.2	36.10	35.40	35.60	35.00	33.80	30.40	26.70

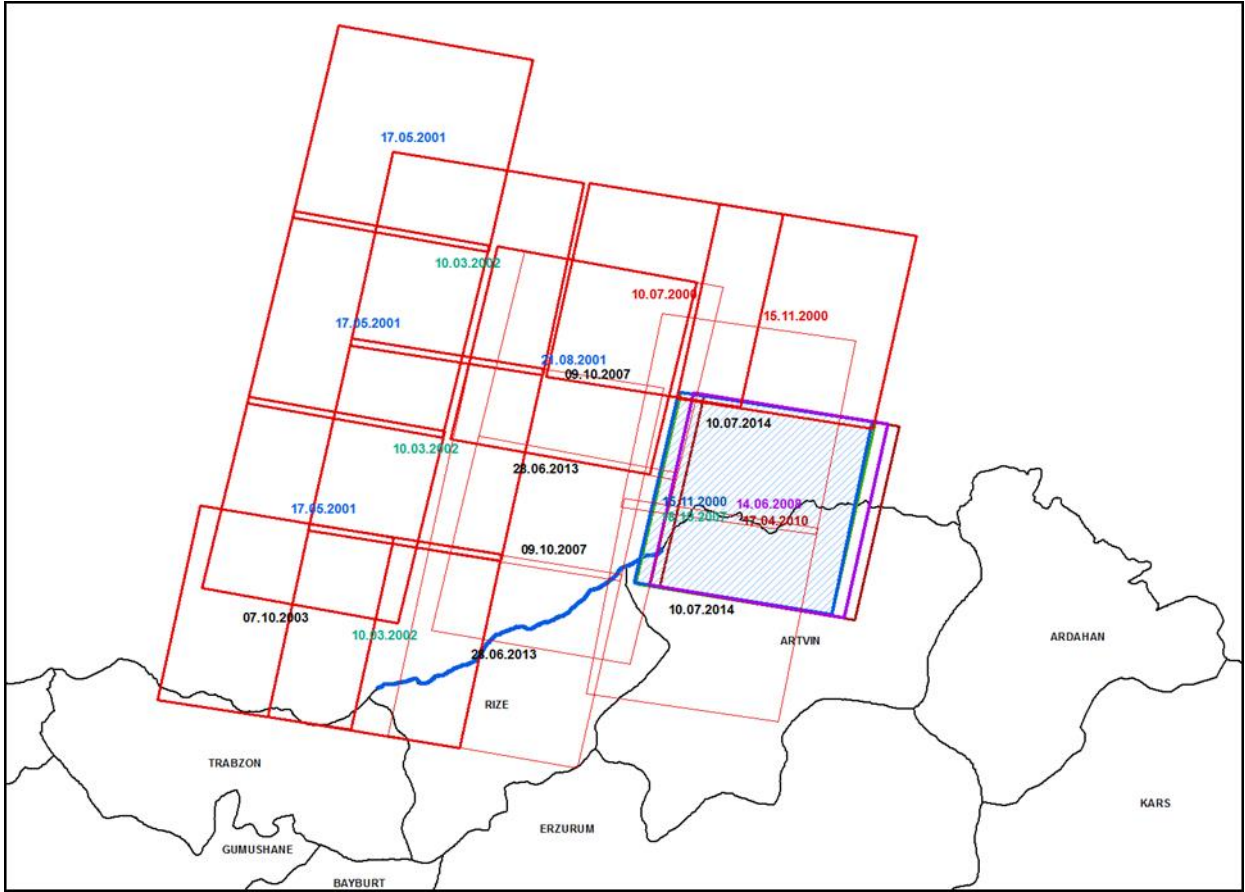
İncelenen tarihlerde veya arşivde bulunamadığı takdirde bu tarihlere yakın tarihlerdeki, belirtilen deniz alanına ait ASTER ve Landsat TM (Tematik Haritalama/Thematic Mapper) uydu görüntüleri (Tablo 4) ERDAS IMAGINE v9.1 ve PCI Geomatica 2017 yazılımları kullanılarak analiz edilmiş, ArcMap v9.2 yazılımı ile 1/100.000 ölçeğinde haritalanmıştır. Çalışma alanını kapsayan ASTER uydu görüntülerinin coğrafi konum ve tarihleri Şekil 3'te Landsat 5 TM uydu görüntülerinin coğrafi konum ve tarihleri ise Şekil 4'te gösterilmiştir.

ASTER ve Landsat TM uydu verileri analizlerinin ve gerekli algoritmaların uygulanmasının ardından deniz yüzeyi sıcaklık ve deniz yüzeyi bulanıklık dağılım haritaları elde edilmiştir. Uzaktan algılama analizleri neticesinde elde edilen sıcaklık ve bulanıklık dağılım haritalarında bazı noktalar dikkat çekmiştir. Bunlardan birisi, bulutlu alanların maskelenmesine karşın bulut ve

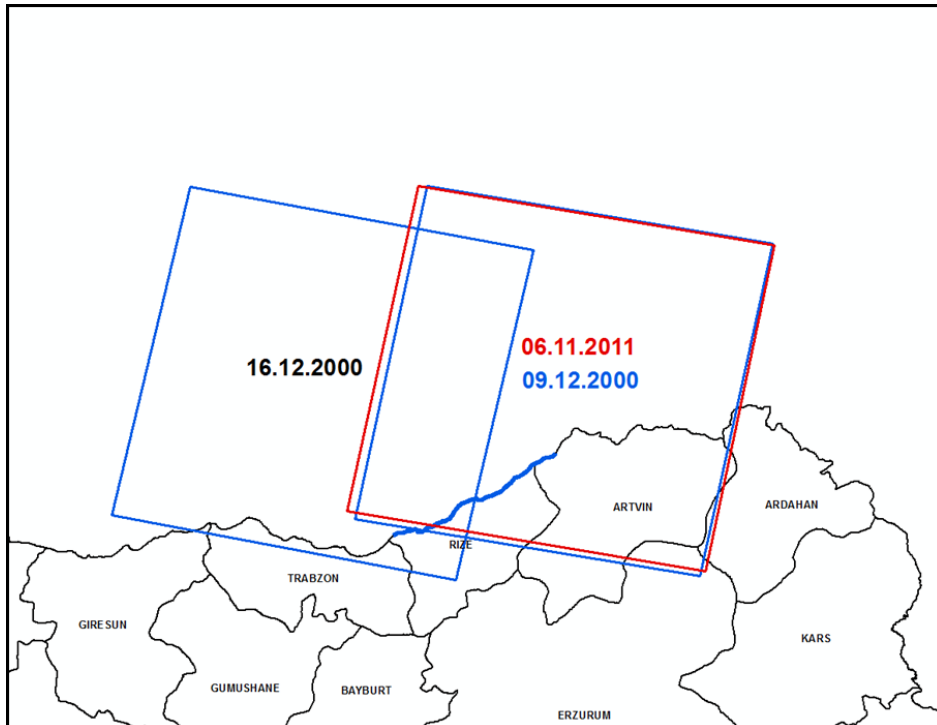
pusa bağlı değişimlerin bazı görüntülere yansdığı gözlemlenmiştir. Yani bulut maskesinin yoğun bulut kütlesi dışında kalan daha az yoğun, sis veya pus gibi öğeleri maskeleyemediği gözlemlenmiştir. Bir diğer nokta, bazı görüntülerin alındığı sırada alanda bulunan gemilerin deniz yüzeyi sıcaklık anomalisi yansması oluşturmaktadır. Bir başka nokta da elde edilen haritalarda akarsuyun denize döküldüğü alanlarda sıcaklık ve bulanıklık anomalilerinin görülmesidir ki; bu yer yüzeyinden gelen sular ile deniz suyu sıcaklığının ve yoğunluğunun farklı olmasından kaynaklanan doğal bir durumdur. ASTER ve Landsat TM uydu verilerinden elde edilen sıcaklık ve bulanıklık değerleri yalnızca deniz yüzeyi ile ilgili irdelenmiştir. Plankton halkalarının belirlenmesi için görüntülerinin incelendiği haritalardan bazıları olan Şekil 5 ve Şekil 6 aşağıda yer almaktadır.

Tablo 4. Rize (İyidere)-Artvin (Hopa) çalışma alanına ait ASTER ve Landsat TM uydu verileri

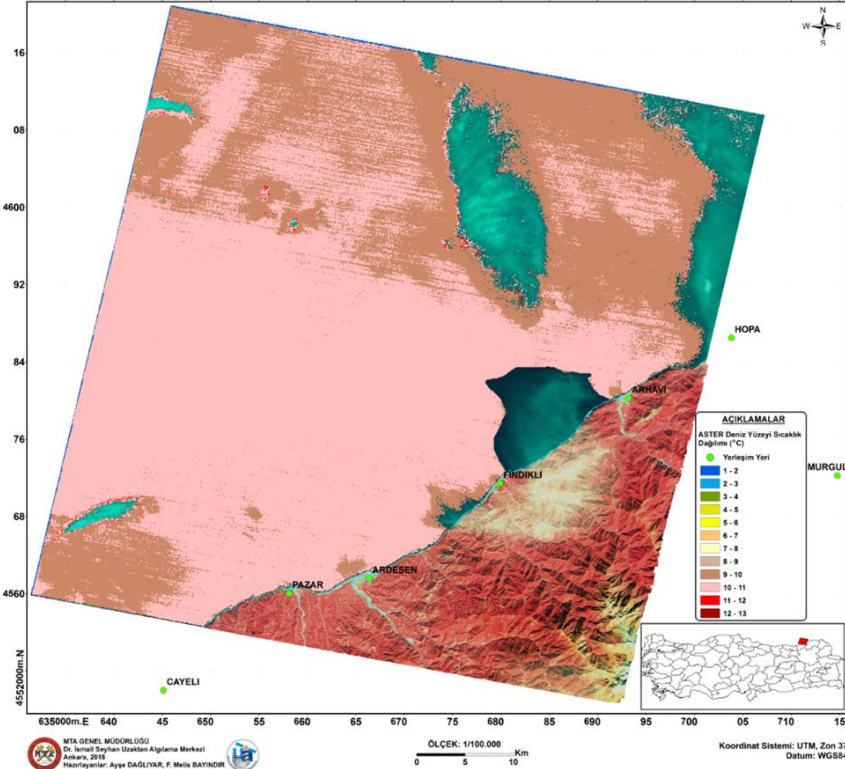
Görüntü Adı	Granul ID- Path/Row	Tarih
ASTER	ASTB000710082834	10.07.2000
	ASTB001115082646	15.11.2000
	ASTB001115082637	15.11.2000
	ASTB140710080734	10.07.2014
	ASTB010517082905	17.05.2001
	ASTB010517082856	17.05.2001
	ASTB010517082914	17.05.2001
	ASTB010821082656	21.08.2001
	ASTB011102081755	02.11.2001
	ASTB011102081804	02.11.2001
	ASTB011102081813	02.11.2001
	ASTB020310081458	10.03.2002
	ASTB020310081440	10.03.2002
	ASTB020310081449	10.03.2002
	ASTB031007081327	07.10.2003
	ASTB030608081938	08.06.2003
	ASTB030608081946	08.06.2003
	ASTB030608081955	08.06.2003
	ASTB071009081941	09.10.2007
	ASTB071009081932	09.10.2007
ASTB071018081323	18.10.2007	
ASTB080614081350	14.06.2008	
ASTB100417081326	17.04.2010	
ASTB130628081348	28.06.2013	
ASTB130628081340	28.06.2013	
ASTB140710080743	10.07.2014	
LANDSAT 5 TM	172/31	09.12.2000
	172/31	06.11.2011
	173/31	16.12.2000



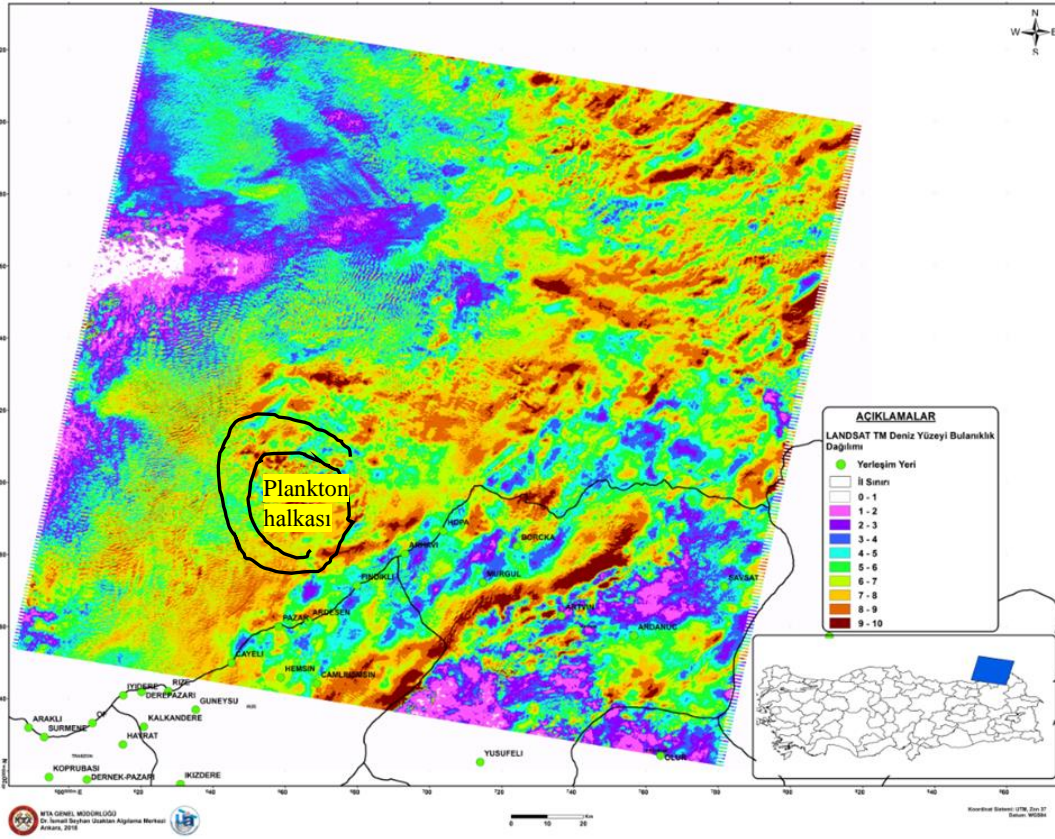
Şekil 3. Çalışma alanını kapsayan ASTER uydu görüntülerinin coğrafi konum ve tarihleri



Şekil 4. Çalışma alanını kapsayan Landsat TM uydu görüntülerinin coğrafi konum ve tarihleri



Şekil 5. Çalışma kapsamında hazırlanan deniz yüzeyi sıcaklık dağılım haritalarından bir örnek (ASTB071009081941 Granul ID'li 09.10.2007 tarihli uydu görüntüsünden).



Şekil 6. Çalışma kapsamında hazırlanan deniz yüzeyi bulanıklık dağılım haritalarından bir örnek (172/31 Granul ID'li, 06.11.2011 tarihli Landsat TM uydu görüntüsünden)

Yapılan yerinde ölçümler ile belirlenen bulanıklık katsayısı kullanılarak bulanıklık haritaları, meteorolojik veriler ile değerlendirilen farklı tarihlere ait sıcaklık ve bulanık haritalarında tekrarlanan plankton halkaları incelenmiştir. İyidere-Hopa arası Doğu Karadeniz deniz alanında, plankton yığılımlarının sürekliliği tespit edilen sekiz alan öncelikli çalışma alanı olarak belirlenmiştir.

3.1. Sonuç ve Değerlendirmeler

Plankton incelemelerinde yola çıkarak olası hidrokarbon alanlarının tespitine yönelik hazırlanan bu çalışmada, incelenen meteorolojik veriler, hamsi popülasyonu, yerinde seki disk ölçümleri ve elde edilen bulgular ile sıcaklık ve bulanıklık haritalarında gereken sabitler belirlenmiştir. Uzaktan algılama veri haritalarının oluşturularak kendi hareket mekanizması olmayan planktonların çevresel etmenlerle oluşturduğu sediment halkaları ile sediment yığılım alanlarının tespitine yönelik bulgular değerlendirilmiştir. Yüksek metan yığılım alanlarının oluşturacağı olası maden alanları hakkında öngörü sunulmuştur.

Madencilik faaliyetlerinde arama çalışmaları doğası gereği yüksek bütçe gerekliliği nedeniyle çalışma alanının bilimsel veriler ile daraltılmasına başka bir deyişle öncelikli alan çalışmalarına ihtiyaç duyar. Plankton halkaları sıcaklık ve bulanıklık haritalarında tespit edilerek Doğu Karadeniz deniz alanında sekiz alan öncelikli alan tespiti olarak değerlendirilmiştir. Bu çalışma kapsamında tespit edilen alanlar yaklaşık 20 000 km² deniz alanını kaplayan alan içerisinde öncelikli çalışılması (jeofizik, sondaj vb.) gereken alanlardır. Sediment yığılımı gerçekleşen alanların tespiti plankton izleri ile gerçekleştirilmiştir. Her sediman yığılımından potansiyel maden sahaları doğmasa da sediman maden yataklarının oluşumu için açık deniz sediment yığılım alanlarının tespiti şarttır. Günümüz olanakları ile bu bilgilerin değerlendirmelerinin yapılması kaynak arama çalışmaları için oldukça önemlidir. Bu ön bulgular karınca yuvalarında ki yığılı toprakların kuzeyi göstermesi gibi maden aramacılığında da bakılacak yönün belirlenmesine katkı sunmaktadır. Çalışma kapsamında belirlenen açık deniz alanları ile yeni hidrokarbon sahaları için öncelikli etüt alanlarının varlığı ve bu alanların ayrıntılı çalışmalar kapsamında değerlendirilmesi gerekliliği sonucuna ulaşılmıştır.

3.1.1. Teşekkür bölümü

Bu çalışma, MTA Genel Müdürlüğü tarafından 2018-38-14-04 no.lu ‘Doğu Karadeniz Gaz Hidratlarının Oluşum Mekanizmasının Belirlenmesi ve Çevresel Etkilerinin Araştırılması’ projesi kapsamında desteklenmiş olup proje raporundan üretilmiştir. Yerinde yapılan secchi disk ölçümlerinde yardımlarını gördüğüm Sayın Prof. Dr. Zeynal Abiddin Ergüler’e, uzaktan algılama haritalarının temini için Sayın Ayşe Dağlıyar ve Sayın Melis Bayındır’a çok teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

- [1] Koray, T. (2002). Denizel Fitoplanktonlar. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları No:32, 228 pp. İzmir.
- [2] Şahin, Y. ve Akyurt, İ. (2010). Planktonlar ve Fotobiyoreaktörler. Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi. Volume: 1 Number: 2. 83-92.
- [3] Cirik, S. ve Gökpinar, Ş. (1993). Plankton Bilgisi ve Kültürü. Ege Su Ürünleri Fakültesi Yayınları No:47. 274.
- [4] Galimov, E.M., Kodina, L.A., Stepanets, O.V. et al. (2006). Biogeochemistry of the Russian Arctic. Kara Sea: Research results under the SIRRO project, 1995–2003. *Geochem. Int.* 44. 1053–1104.
- [5] Dessandier, PA., Borrelli, C., Yao, H. et al. (2020). Foraminiferal $\delta^{18}O$ reveals gas hydrate dissociation in Arctic and North Atlantic ocean sediments. *Geo-Mar Lett* 40. 507–523.
- [6] Panieri G, Graves C ve James R. (2016). Paleomethane emissions recorded in foraminifera near the landward limit of the gas hydrate stability zone offshore western Svalbard . *Geochemistry Geophysics Geosystems*. 17(2):521-537.
- [7] Panieri, G et al. (2014). Late Holocene Foraminifera Of Blake Ridge Diapir: Assemblage Variation And Stable-Isotope Record In Gas-Hydrate Bearing Sediments. *Marine Geology* 353. 99-107.
- [8] Wan, S. et all. (2018). Foraminifera From Gas Hydrate-Bearing Sediments Of The Northeastern South China Sea: Proxy Evaluation And Application For Methane Release Activity. *Journal of Asian Earth Sciences* 168. 125-136.
- [9] Schmale, O., Wäge, J., Mohrholz, V., Wasmund, N., Gräwe, U., Rehder, G., Labrenz, M. ve Loick Wilde, N. (2018). The contribution of zooplankton to methane supersaturation in the oxygenated upper waters of the central Baltic Sea. *Limnology and Oceanography*. 63 (1).412-430.
- [10] Traganza, E.D., J.W. Swinnerton ve Cheek C.H. (1979). Methane supersaturation and ATP-zooplankton blooms in near-surface waters of the Western Mediterranean and the subtropical North Atlantic Ocean. *Deep-Sea Res.* 23A, 1237-1245.
- [11] Bastviken, D., Ejlertsson, J., Sundh, I. ve Tranvik, L. (2003). Methane as a Source of Carbon and Energy for Lake Pelagic Food Webs. *Ecology*. 84. 4. 969-981.
- [12] Devlin, S. P. et al. (2015). Top consumer abundance influences lake methane efflux. *Nat. Commun.* 6:8787.
- [13] Pohlman, J.W., Greinert, J., Ruppel, C., Silyakova, A., Vielstädte, L., Casso, M., Mienert, J. ve Bünz, S. (2017). Enhanced CO₂ uptake at a shallow Arctic Ocean seep field

- overwhelms the positive warming potential of emitted methane. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 114 (21). 5355-5360.
- [14] Mau, S. Tu, T-H. Becker, M. dos Santos Ferreira, C. Chen, J-N. Lin, L-H. Wang, P-L. Lin S. ve Bohrmann G. (2020). Methane Seeps and Independent Methane Plumes in the South China Sea Offshore Taiwan. *Front. Mar. Sci.* 7:543.
- [15] Grossart, H.-P., Frindte, K., Dziallas, C., Eckert, W. ve Tang, K. W. (2011). Microbial methane production in oxygenated water column of an oligotrophic lake. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 108. 19657–19661.
- [16] Bogard, M. J., Del Giorgio, P. A., Boutet, L., Chaves, M. C. G., Prairie, Y. T., Merante, A., et al. (2014). Oxic water column methanogenesis as a major component of aquatic CH₄ fluxes. *Nat. Commun.* 5:5350.
- [17] U.S. Environmental Protection Agency. (1993). *Methods for the determination of inorganic substances in environmental samples: Cincinnati, OH, U.S. Environmental Protection Agency EPA/600/R-93/100.* 178 p. USEPA 180.1.
- [18] International Organization for Standardization. (1999). *Water quality — Determination of turbidity: Geneva, Switzerland, International Organization for Standardization. ISO 7027.* 10.
- [19] ASTM International. (2003). D6855-03 Standard test method for determination of turbidity below 5 NTU in static mode: ASTM International, Annual Book of Standards, Water and Environmental Technology, 2003, vol. 11.01. West Conshohocken. Pennsylvania. 13.
- [20] TÜİK. (2017). Su ürünleri üretim miktarları. Türkiye İstatistik Kurumu. Alınılma adresi: <http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=temelist> (20.04.2017).
- [21] Tachikawa, T. (2005). *Mapping of Water Turbidity and Chlorophyll – A Concentration & Mapping of Water Surface Temperature Lecture Notes, Earth Remote Sensing Data Analysis Center.*
- [22] Xing, Q. Chen, C.Q. ve Shi, P. (2006). Method of integrating Landsat-5 and Landsat-7 data to retrieve sea surface temperature in coastal waters on the basis of local empirical algorithm. *Ocean Sci. J.* 41. 97–104.
- [23] Mukherjee, S., Joshi, P.K., Mukherjee, S., Ghosh, A., Grag, R.D. ve Mukhopadhyay, A. (2013). Evaluation of vertical accuracy of open source Digital Elevation Model (DEM). *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation.* 21. 205-217.
- [24] Özçalık, H. Torun, A., T. ve Bilgilioğlu, S., S. (2020). Landsat uydu görüntüleri kullanılarak Mogan Gölü'nün su yüzeyi ve arazi örtü değişiminin belirlenmesi. *Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi* 2(2); 77-84.
- [25] Ehsani, A. ve Sivrikaya O. (2018). Okyanus ve Deniz Altı Madenciliğinin Kısa Tarihçesi. *Karaelmas Fen ve Müh. Derg.* 8(1):396-402.
- [26] Rowe, G. T. (2017). Offshore Plankton and Benthos of the Gulf of Mexico. *Habitats and Biota of the Gulf of Mexico: Before the Deepwater Horizon Oil Spill.* 641-767.
- [27] Marina, I. ve M. Lavrova, O., Y. (2017). Multi-sensor satellite survey of natural oil slicks in the southeastern Black Sea, *Proc. SPIE* 10422, Remote Sensing of the Ocean, Sea Ice, Coastal Waters, and Large Water Regions, 1042215.
- [28] Aryawati, R. ve Thoha, H. (2011). Hubungan Kandungan Klorofil-A Dan Kelimpahan Fitoplankton Di Perairan Berau Kalimantan Timur. *Maspari Journal.* 2. 89-94.
- [29] Sorokin, Yu.I. (1983). The Black Sea. In: Ketchum, P.H. (Ed.), *Ecosystems of the World, Ciltl 26. Estuaries and Enclosed Seas.* Elsevier, Amsterdam. 253-291.
- [30] Codispoti, L.A., Friederich, G.E., Murray, J.W. ve Sakamoto, C. M. (1991). Chemical variability in the Black Sea: implications of continuous vertical profiles that penetrated the oxic/anoxic interface. *Deep-Sea Res I.* 38. Suppl.2. 691-S710.
- [31] Sorokin, Yu.I. (2002). *The Black Sea ecology and oceanography.* Backhuys Publishers. Leiden. 875.,
- [32] Pratiwi, N.T. M., Wulandari, D.Y., Ayu, I.P. ve Iswantari, A. (2017). Diversity and Spatial Distribution of Plankton in Connected Waters of Bali Strait, Between Eastern Part of Java and Western Part of Bali Island. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 54.
- [33] Dragsted, L.O. Vanhaecke, L. Brennan, L. Noerma, S. Nowrotek, M. ve Wright, A. L. (2020). *Advances in Marine Plankton. Scientific Research An academic Publicer Books.*
- [34] Konsulov, A. ve Kamburska, L. (1998). Black Sea Zooplankton Structural Dynamic and Variability off the Bulgarian Black Sea Coast During 1991-1995. In: *NATO TUBlack Sea Project: Ecosystem Modelling as a Management Tool for the Black Sea, Symposium on Scientific Results, L. Ivanov and T. Oguz (eds.), Kluwer Academic Publishers.* 281-292.
- [35] Satılmış, H.H. ve Bat, L. (2010). *Yunus Araştırma Bülteni.* 10:2.
- [36] MGM. (2017). *Meteoroloji Genel Müdürlüğü, İstasyon Bilgileri Veritabanı.*
- [37] MGM. (2020). *Meteoroloji Genel Müdürlüğü, İstasyon Bilgileri Veritabanı.*