

İTÜ, Bilişim Enstitüsü'nün 706121010 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Mehmet Cihan AKTAŞ, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı "KARADENİZDE DALGA ENERJİSİ POTANSİYELİNİN UYDU VERİLERİ YARDIMIYLA BELİRLENMESİ; İSTANBUL ÖRNEĞİ" başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı: **Prof. Dr. Dursun Zafer ŞEKER**

İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Cem Gazioğlu**

İstanbul Üniversitesi

Doç. Dr. Zaide Duran

İstanbul Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi: 13 Mayıs 2019

Savunma Tarihi: 14 Haziran 2019



ÖNSÖZ

İTÜ Bilişim Enstitüsü Bilişim Uygulamaları Anabilim Dalı Coğrafi Bilgi Teknolojileri programında gerçekleştirilen bu Yüksek Lisans tez çalışmasında yenilenebilir enerji kaynaklarından olan dalga enerjisi potansiyelinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu potansiyelin belirlenmesinde veri kaynağı olarak uydular tarafından toplanan veriler kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan uydu verilerinin güvenilirliği belirlenmeye çalışılırken uydu verilerinin kullanımının sağladığı avantajlar uygulamalı olarak gösterilmiştir.

Tez çalışmamın her aşamasında hem bilgisi hem de manevi desteğiyle bana yol gösteren danışman hocam Prof. Dr. Dursun Zafer ŞEKER'e teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca 9 yıldır görev yaptığım Seyir Hidrografi ve Oşinografi Dairesi Başkanlığında desteklerini esirgemeyen çalışma arkadaşlarım ve kurum amirlerime sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Uzun süre aynı kurumda birlikte çalıştığım ve tez çalışmam esnasında yardımlarını esirgemeyen değerli arkadaşım Sabri MUTLU'ya teşekkürlerimi sunarım.

Ömrüm boyunca desteklerini esirgemeyen ve her fırsatta yanımda olan Annem, Babam, Kardeşim ve Eşime gösterdikleri sabır, anlayış ve destek için şükranlarımı sunarım.

13 Mayıs 2019

Mehmet Cihan AKTAŞ



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR	ix
SEMBOLLER	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xvii
SUMMARY	xix
1. GİRİŞ.....	1
2. DALGA ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ	11
2.1 Dalga Ölçüm Şamandıraları ile Dalga Ölçümü:.....	11
2.2 Uzaktan Algılama Yöntemleri İle Dalga Ölçümü:.....	11
2.3 Dalga Yüksekliği Ölçümü Yapan Kuruluşlar ve Uydular.....	12
2.3.1 CNES ve OSTM (Ocean Surface Topography Mission) Projesi.....	12
2.3.1.1 Jason 2	13
2.3.1.2 Jason 3	13
2.3.2 Uydu verilerinin hassasiyeti	13
2.3.3 Diğer projeler.....	14
2.3.3.1 Cryosat 2	15
2.3.3.2 HaiYang	15
2.3.3.3 SARAL.....	15
3. DALGA ENERJİSİ ÜRETİM SİSTEMLERİ.....	17
3.1 Kıyıya Kurulan Yapılar	17
3.1.1 Kıyıda oluşan dalgaların hareketinden enerji elde etme.....	17
3.1.2 Konik kanal sistemi	18
3.2 Denize Kurulan Yapılar.....	19
3.2.1 Wave Dragon.....	19
3.2.2 Pelamis.....	19
4. UYGULAMA	21
4.1 Uydu Verileri ile Dalga Yüksekliğinin Belirlenmesi Yöntemi	21
4.1.1 Kontrol şamandıralarının belirlenmesi	21
4.1.2 Uydu verilerinin format dönüşümlerinin yapılması	22
4.1.3 Uydu ve şamandıra verilerinin grafiksel karşılaştırılmaları.....	25
4.1.4 Uydu ve şamandıra verilerinin regresyon analizi ile karşılaştırılması	27
4.2 Çalışma Bölgesinin Belirlenmesi	30
4.3 Verilerin İnternet Ortamından İndirilmesi ve Analizi.....	34
4.3.1 SARAL Uydusu verilerinin analizi	34
4.3.2 HY 2A verisi analizleri.....	35
4.3.3 Jason2 Uydusu verisi analizleri	36
4.3.4 Jason 2N Uydusu verisi analizleri	37
4.3.5 SARAL - D Uydusu verisi analizleri.....	37

4.3.6 Tüm uydu verilerinin karşılaştırılması.....	38
4.3.7 Çalışma bölgesinde yapılan diğer çalışmalar.....	39
4.4 Dalga Gücü ve Enerjisi.....	41
4.4.1 Çalışma bölgesi için SARAL Uydu verileri ile dalga gücü ve enerjisi...	44
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	47
KAYNAKLAR.....	49
ÖZGEÇMİŞ.....	51



KISALTMALAR

AB	: Avrupa Birliği
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
CNES	: Centre National d'Etudes Spatiales
ECMWF	: European Center for Medium-Range Weather Forecasts
ESA	: European Space Agency
GCOS	: Global Climate Observing System
HY	: HaiYang Uydusu
ICSU	: International Council for Science
IEA-OES	: International Energy Agency – Ocean Energy Systems
IOC	: Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO
ISRO	: Department of Space Indian Space Research Organisation
MTEP	: Milyon Ton Eşdeğer Petrol
NASA	: National Aeronautics and Space Administration
NBDC	: National Data Bouy Center
NetCDF	: Network Common Data Form
SARAL	: Satellite with Argos and Altika
OECD	: Organisation for Economic Co-operation and Development
OSTM	: Ocean Surface Topography Mission
SWH, Hs	: Significant Wave Height
UNEP	: United Nations Environment Programme
UEA	: Uluslararası Enerji Ajansı

SEMBOLLER

H_s	: Belirgin Dalga Yüksekliği
T_e	: Dalga Periyodu
P	: Dalga Gücü
ρ	: Deniz Suyunun Özgül Ağırlığı
g	: Yer Çekimi İvmesi
t	: Zaman





ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Meteorolojik ölçümler yapan bazı uydu isimleri ve bilgileri.....	15
Çizelge 4.1 : Uydu verilerinin karşılaştırılması.....	38
Çizelge 4.2 : Örnek uydu verisi seti (SARAL).....	39
Çizelge 4.3 : Türkiye'de 2023 yılında üretilmesi beklenen güç miktarları.....	42





ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : 1973 yılı, OECD Ülkeleri enerji üretim kaynakları oranları.....	2
Şekil 1.2 : 2016 yılı, OECD Ülkeleri enerji üretim kaynakları oranları.....	2
Şekil 1.3 : 2016-2040 döneminde Yeni Politikalar Senaryosu dikkate alındığında kaynaklara göre enerji arzı altyapısı için yatırımlar	4
Şekil 1.4 : Türkiye'nin elektrik enerjisine olan talebinin yıllara göre değişimi	5
Şekil 1.5 : Almanya'nın yıllara göre enerji üretim tüketim grafiği	6
Şekil 1.6 : Su dalgasının hareketi.....	8
Şekil 1.7 : Dalganın fiziksel özellikleri.....	8
Şekil 2.1 : Jason1 uydusu ve şamandıra ile belirlenen dalga yüksekliklerinin karşılaştırılması.....	13
Şekil 2.2 : Belirgin dalga yüksekliklerinin şamandıra verileri ile karşılaştırılması...	14
Şekil 3.1 : Dalganın osilasyonundan enerji elde etme prensibi	17
Şekil 3.2 : Konik kanal sistemi	18
Şekil 3.3 : Wave Dragon sisteminin çalışma prensibi	19
Şekil 3.4 : Wave Dragon.....	19
Şekil 3.5 : Pelamis sistemi	20
Şekil 4.1 : NBDC'ye ait olan ve dalga yüksekliği ölçümü yapan şamandıraların konumları (Kırmızı renkte gösterilen şamandıralar veri kontrolü yapıldığında son sekiz saattir veri sağlamayan şamandıraları işaret etmektedir).....	21
Şekil 4.2 : Şamandıra konumlarının ve uydu güzergâhının gösterilmesi.	22
Şekil 4.3 : NetCDF verilerinin Excel'e kayıt eden programın şeması	23
Şekil 4.4 : Uydu ve şamandıra verilerinin grafik ile karşılaştırılma şeması.....	24
Şekil 4.5 : 2015 yılında aynı bölge için 41044 şamandırası ile Jason2 uydusunun dalga yüksekliği ölçüm sonuçlarının karşılaştırılması.....	25
Şekil 4.6 : 2015 yılında aynı bölge için 42055 şamandırası ile Jason2 uydusunun dalga yüksekliği ölçüm sonuçlarının karşılaştırılması.....	25
Şekil 4.7 : Ekim 2016 yılı - Mart 2017 döneminde aynı bölge için 46026 şamandırası ile Jason2N uydusunun dalga yüksekliği ölçüm sonuçlarının karşılaştırılması.....	26
Şekil 4.8 : 41044 Şamandırası ile Jason 2 verilerinin regresyon analizi ve veri farklarının grafiği	27
Şekil 4.9 : 41044 Şamandırası ve Jason 2N verilerinin uyum grafiği	27
Şekil 4.10 : 42055 Şamandırası ile Jason 2 verilerinin regresyon analizi ve veri farklarının grafiği	28
Şekil 4.11 : 42055 Şamandırası ve Jason 2N verilerinin uyum grafiği	28
Şekil 4.12 : 46026 Şamandırası ve uydu verileri fark grafiği.....	29

Şekil 4.13 : 46026 Şamandırası ve uydu verilerinin uyum grafiği	29
Şekil 4.14 : Çalışma alanı (Open Street Map).	30
Şekil 4.15 : HY-2A (H2) Uydusunun yörüngesi ve çalışma alanı (AVISO+).	31
Şekil 4.16 : Jason2 (J2) Uydusunun yörüngesi ve çalışma alanı (AVISO+).	31
Şekil 4.17 : Jason2N (J2N) uydusunun yörüngesi ve çalışma alanı (AVISO+).	32
Şekil 4.18 : SARAL (AL) uydusunun yörüngesi ve çalışma alanı (AVISO+).	32
Şekil 4.19 : SARAL - D (AL-D) Uydusunun yörüngesi ve çalışma alanı (AVISO+).....	33
Şekil 4.20 : Çalışma bölgesinin 2015 yılı için Hs - Zaman grafiği	34
Şekil 4.21 : Çalışma bölgesinin 2013 - 2016 yılları arası Hs - Zaman grafiği	35
Şekil 4.22 : Çalışma bölgesinin 2015 yılı Hs-Zaman grafiği	36
Şekil 4.23 : Çalışma bölgesinin 2015 yılı Hs-Zaman grafiği	36
Şekil 4.24 : Çalışma bölgesinin Ekim 2016 – Mart 2017 dönemi Hs-Zaman grafiği	37
Şekil 4.25 : Çalışma bölgesinin Ekim 2016 – Mart 2017 dönemi Hs-Zaman grafiği	38
Şekil 4.26 : Türkiye Kıyıları Rüzgâr ve Derin Deniz Atlas'ında ki çalışma bölgesi değerlendirmesi (Özhan ve Abdalla, 2002).	40
Şekil 4.27 : 'Türkiye Kıyıları Rüzgar ve Derin Deniz Dalga Atlası' ölçüm bölgesi (Özhan ve Abdalla, 2002).	41
Şekil 4.28 : 'Türkiye Kıyıları Rüzgar ve Derin Deniz Dalga Atlası' çalışma bölgesi için belirgin dalga yüksekliği değerleri (Özhan ve Abdalla, 2002).	41
Şekil 4.29 : Dünya dalga gücü değerleri ve dalga enerjisi üretim bölgeleri	42
Şekil 4.30 : Akdeniz'de bulunan dalga ve akıntı enerjisi üretim tesisleri (Url-8).....	43
Şekil 4.31 : Çalışma alanı için Hs - Tm grafiği (Türkiye Kıyıları Rüzgar ve Derin Deniz Atlası)	44
Şekil 4.32 : 2013 - 2016 dönemi SARAL uydu verileri ile belirlenen dalga gücü grafiki	46

KARADENİZDE DALGA ENERJİSİ POTANSİYELİNİN UYDU VERİLERİ YARDIMIYLA BELİRLENMESİ; İSTANBUL ÖRNEĞİ

ÖZET

Günümüzde enerji, bireysel ve toplumsal olarak temel ihtiyaçlardan biri haline gelmiş bulunmaktadır. İnsanlar ev ve iş hayatlarında enerjiye bağımlı olarak yaşamakta, boş vakitlerinde bile elektrik ile çalışan elektronik eğlence cihazları ile vakit geçirmektedirler. İçinde bulunduğumuz zaman dilimine bakıldığında günlük hayatın içinde insanların en önemli endişelerinden biri mobil cihazlarının enerjilerinin tükenmesidir. Enerji, bireysel olarak kişilerin ihtiyaçlarından biri olduğu gibi, devletlerinde en önemli ihtiyaçlarından biridir. Devletlerarası mücadeleler ateşli silah ve insan gücüne bağlı olmaktan çıkmış, ekonomik olarak güçlü olma savaşına dönüşmüştür. Ekonomik olarak güçlü olmanın en önemli koşullarından biri de, enerji talebinin devletlerin kendi iç kaynakları ile karşılanabilmesidir.

Uzunca bir süre enerjiye olan ihtiyacın karşılanmasında doğada bol miktarda bulunan fosil yakıtlar kullanılmış, neredeyse tüm enerji ihtiyacı altyapısı fosil yakıtların kullanımı üzerine kurulmuştur. Bununla birlikte fosil yakıtların kullanımı sonucu çevresel sorunların ortaya çıktığı fark edilmiş ve alternatif enerji kaynakları arayışına başlanmıştır. Bu kapsamda da ilk akla gelen enerji kaynağı, yenilenebilir temiz enerji kaynakları olmuştur.

Aslında yenilenebilir temiz enerji kaynakları çok uzun yıllardır insanlar tarafından kullanılmaktadır. Yel değirmenleri, akarsu değirmenleri gibi sistemler yenilenebilir enerjinin küçük ölçekte ve kapasitede kullanımına ilişkin örneklerdir. Günümüzde ise teknolojinin gelişmesi ile rüzgâr, akarsu, güneş gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının verimliliği artmış, bu durumda bu kaynakların temel enerji kaynağı olarak görülmelerine neden olmuştur.

Günümüzde yenilenebilir enerji kaynakları dendiğinde ilk akla gelen kaynaklar, akarsu, rüzgâr ve güneştir. Bunların yanında, genel olarak okyanusa kıyısı olan toplumların faydalandığı bir diğer enerji kaynağı da dalga enerjisidir. Dalga enerjisi çok uzun yıllardır insanların ilgisini çekmiştir. Okyanus dalgalarından elektrik üreten, ilk bilinen patent başvurusu 1799 yılına kadar dayanmaktadır. 1910 yılında Fransa’da Bordeaux yakınlarında, Royan kasabasında Bochaux-Praceique evinin aydınlatmasını sağlamak için dalga enerjisini kullanmıştır. Aynı şekilde 1932 yılında dalgaların büyük gücünü hisseden Osborn Havelock Papazları 1933 de dalga enerjisi düşüncelerine patent almışlardır. Dalga enerjisi konusunda 1932 yılından 2001 yılına kadar alınan patent sayısı 259 iken günümüz teknolojilerinin ve imalat sektörünün gelişmesi sonucu 2003 Mart ayı itibariyle, iki yıl içinde 292 ye ulaşmıştır.

Türkiye’de ise dalga enerjisi konusunda henüz üretim faaliyeti bulunmamaktadır. Üretim faaliyeti öncesi yapılması gerekli olan dalga enerjisi potansiyeli belirleme çalışmaları ise yapılmakta olsa da, genel olarak bu çalışmalar dalga enerjisinin temel faktörü olan dalga yüksekliğini ölçmekten ziyade, modellemelerden faydalanılarak

yapılmaktadır. Bunun temel nedeni ise, deniz koşullarından dolayı dalga büyüklüğü ölçme işlemlerinin oldukça masraflı ve teknik olarak zor olabilmesidir.

Bu zorluğun önüne geçebilmek amacıyla alternatif dalga yüksekliği ölçme teknikleri gözden geçirilmiştir. Bunlar arasında, dünya etrafında belirli bir yörüngede hareket etmekte olan uydular ile dalga yükseklik değerlerinin belirlenebilmesi en yeni yöntem olarak değerlendirilmiştir. Bu işleme uygun algılayıcılar ile 2000'li yılların başından itibaren uydular yardımıyla dalga yükseklik değerleri ölçülebilmektedir. Gelişen teknoloji ve ihtiyaçlar ile birlikte daha fazla ve daha kapasiteli uydularda uzaya gönderilmiş, bu sayede hem ölçüm değerlerinin doğruluğu, hem de ölçüm yapılan alan miktarı artmıştır.

Yapılan bu çalışmada da, Karadeniz'in İstanbul'a olan kıyılarında ki dalga enerjisi potansiyeli incelenmiş, incelemenin yapılabilmesi için gerekli olan dalga yüksekliği verisi için ise SARAL/ALTİKA uydu verileri kullanılmıştır.



DETERMINATION OF WAVE ENERGY POTENTIAL IN THE BLACK SEA WITH SATELLITE DATA; ISTANBUL EXAMPLE

SUMMARY

Nowadays, Energy has become one of the basic needs of individual and society. People live in their home and business lives dependent on energy, even in their spare time they spend time with electronic entertainment devices. One of the most important concerns of people in daily life is the depletion of the energy of mobile devices. In addition to individuals' energy needs, energy is one of the most important needs in their state. The inter-state struggles ceased to be dependent on firearms and manpower, and turned into a war of economic power. One of the most important conditions of being economically powerful is that the demand for energy can be met by the state's own means. In this context, states have entered into a competition with each other. This competition is carried one step further each day for every country and state and with the evaluation of every possible opportunity, it is tried to take a step forward in this competition.

Fossil fuels, which are abundant in nature, have been used in meeting the need for energy for a long time throughout the world, and almost all energy needs infrastructure is based on the use of fossil fuels. Negative situations for a long time attention of fossil fuel use, moreover, has limited quantities of the type of fuel that it will run out one day have been ignored. After the use of fossil fuels, environmental problems have emerged and the search for alternative energy sources has been started. In this search, the first outstanding sources of energy are renewable and clean energy sources. In this context, it has caused them to become the first source of energy that comes to mind as they have no problems such as being renewable and depleting energy sources which are defined as clean and have limited negative effects on nature.

In addition to all these, renewable clean energy sources are used by people for a long time, even if they are not very comprehensive. Systems such as windmills, stream mills are examples of the use of renewable energy in small scale and capacity. Today, with the development of technology, the efficiency of renewable energy sources such as wind, stream, solar has increased, in this case, these sources are seen as the basic energy source. Therefore, the development and establishment of these systems all over the world continues at an increasing rate. With this increase, it is expected that the renewable clean energy resources will be used more in the future and that they will have more share in energy production. The use of these resources has become a necessity rather than a necessity due to the increasing use of these resources in Turkey and the fact that fossil resources are very limited.

Today, renewable energy sources are the first sources that come to mind, streams, wind and sun. These energy sources are being used more and more to develop tools for the

transformation of these resources. In addition, the ocean waves are another source of energy that societies are aware of and benefit from, which are mostly on the coast of the ocean. Sea waves have been attracting people for many years. The first known patent application, which produces electricity from ocean waves, dates back to 1799. In 1910, near Bordeaux in France, he used wave energy to illuminate the Bochaux-Praceique house in the town of Royan. In 1932, the Kings of Osborn Havelock, who felt the great power of the waves, patented their ideas of wave energy in 1933. As a result of the development of today's technologies and manufacturing sector, it reached 292 in two years as of March 2003, while the number of patents received from 1932 to 2001 on wave energy was 259.

In Turkey, there is no production activity on wave energy. Although the studies to determine the wave energy potential required before the production activity are being carried out, in general, these studies are carried out by using models rather than measuring the wave height, which is the basic factor of the wave energy. The main reason for this is that the wave size measurement due to sea conditions can be very costly and technically difficult. In addition, these measuring systems are not produced in Turkey and are supplied from other countries. These are the factors that make it difficult to work on this subject.

In order to prevent these difficulties, alternative wave height measurement techniques have been reviewed. These include the determination of satellite and wave height values that are moving in a particular orbit around the Earth, which is seen as a more appropriate method. This process is suitable for the satellites with sensors and waveform height values can be measured from the beginning of the 2000's. With developing technology and needs, more and more capacity satellites have been sent to space, thus increasing both the accuracy of measurement values and the amount of area measured.

In this study, in order to determine the accuracy of satellite data, wave meters and satellites receiving data from the same region were taken and then this data was compared. Satellite data is downloaded from aviso+ internet for comparison. Due to the lack of satellite data data formats, the conversion process has been performed so that the downloaded data will be read in Excel format. For this conversion, the mat-Lab program was used and a program was written in Mat-Lab. This data, which is to be read in Excel format, is shown graphically by using the mat-Lab program. In these charts, satellite data and buoy data were compared.

With the success of the comparison results, the wave height data on the shores of the Black Sea in Istanbul has been determined as long-term through satellites. The internet address of Aviso+ was used as the data source. The downloaded data has also been converted to the appropriate formats in the mat-Lab program. After these operations, long-term averages of all data were determined and as a result of these determination procedures, wave height data were drawn against time.

In addition, some of the systems that transform the wave power into wave energy have been investigated and study structures have been studied. In this examination, the systems are briefly explained under two separate headings: established on the shore

and established on the sea. In this context, it has been added to the study in ways that show the working principles of these systems and the views of these systems.

The relationship between wave height and wave power was investigated after the determination of the wave height values. The results were determined by the wave power potential of the Black Sea. In order to determine the wave power potential, wave period information was needed and therefore, especially for the Black Sea Wave period equations were investigated. The results of these studies have been obtained with the knowledge of the wave period. The results for determining the wave power values and determining how these values change over the year are shown in graphs.

In order to determine the results, wave energy conversion systems and the wave power values of the seas in the region of these systems have been investigated. With this comparison, the wave power potential of the Black Sea and the wave energy that can be provided for Istanbul were determined.

With all these evaluations and investigations, it has been concluded that wave energy could be an important energy source for Turkey in the following periods. Although the amount of wave energy is small compared to fossil fuels, there is a source of energy that can be used in wave power in the Turkish seas. In this context, wave power is also needed and it is thought that it can be used with the aim of closing the energy deficit.

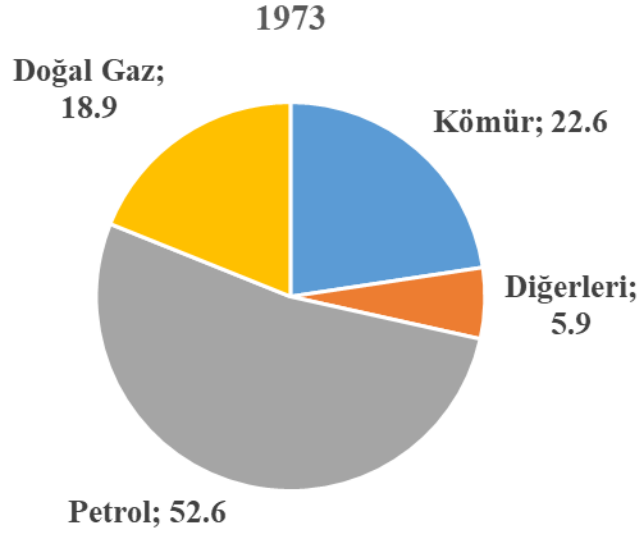


1. GİRİŞ

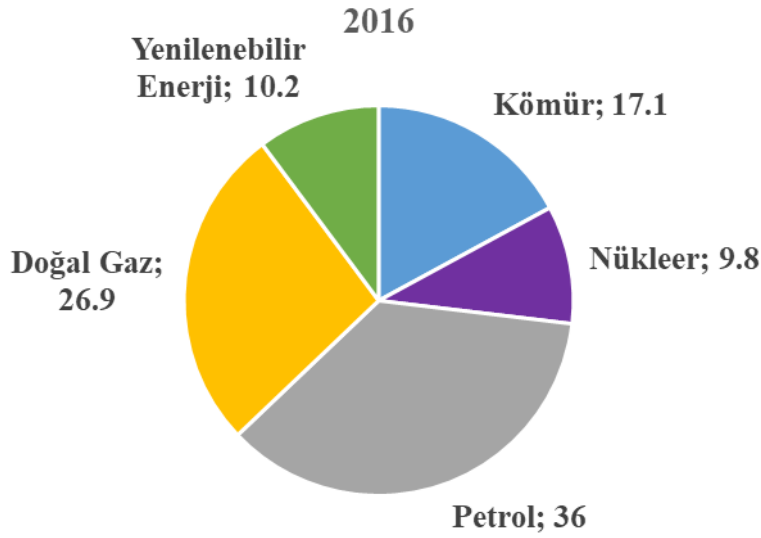
Türkiye üç tarafı denizlerle (Ege, Akdeniz ve Karadeniz) çevrili bir coğrafya üzerinde kurulmuş bulunmaktadır. Bu üç denizin yanı sıra İstanbul ve Çanakkale Boğazları arasında bulunan, ekonomik ve stratejik yönden önemli bir iç deniz olan Marmara Denizi'ne sahiptir. Türkiye'nin coğrafi konum olarak denizler ile ilişkisi çok fazla olsa da, denizlerden ekonomik olarak faydalanma düzeyinin yeterince yüksek olmadığı görülmektedir. Genel olarak denizlerden avcılık ve turizm faaliyetleri yönünden faydalanma ön planda tutulmaktadır. Bunların dışında denizlerden faydalanılabilecek birçok unsur olsa da, bu unsurlardan çok fazla faydalanılmadığı görülmektedir. Denizlerden faydalanılabilecek ve önemli olduğu düşünülen bir konuda, Türkiye'nin denizlerinden elde edebileceği enerjidir.

Türkiye gibi gelişmekte olan ülkeler, gelişen sanayileri ve artan nüfusları ile birlikte her geçen gün daha fazla enerjiye ihtiyaç duymaktadır. Türkiye için ayrıca bir sorunda sanayi ve nüfus artışının tüm ülke coğrafyasına homojen olarak dağılmayıp, bu artışın daha çok Marmara Bölgesi ve İstanbul'da gerçekleşmesidir. Bu nedenle İstanbul'un enerji ihtiyacı Türkiye'nin de olduğu gibi sürekli olarak artmaktadır.

Türkiye'de olduğu gibi dünyada da gelişen teknoloji ve sanayi ile birlikte, ekonomi ve sosyal kalkınma açısından enerji kaynakları toplumların bir numaralı ihtiyaçları haline gelmiştir. İnsanlık tarihi boyunca enerjiye ihtiyaç her daim olsa da, Endüstri Devrimi sonrasında enerji kaynaklarına olan talep artmış ve bu artış günümüzde de devam etmektedir. Uzunca bir süredir dünyada ihtiyaç duyulan enerjinin çok büyük bir kısmı fosil kaynaklardan (kömür, petrol ve doğal gaz) karşılanmaktadır. Şekil 1.1 ve Şekil 1.2 'de OECD ülkelerinin enerji üretimi için kullandıkları enerji kaynaklarının 1973 ve 2016 yılına ait oranları gösterilmektedir. Görülmektedir ki geçen zaman içinde fosil yakıtların toplam oranı 94%'lerden 80%'lere düşmüştür. Fosil yakıt kullanım oranının düşmesi olumlu bir gelişme olarak görülse de, bu seviyenin henüz istenilen seviyede olmadığı düşünülmektedir (İAE, 2017).



Şekil 1.1 : 1973 yılı, OECD Ülkeleri enerji üretim kaynakları oranları.

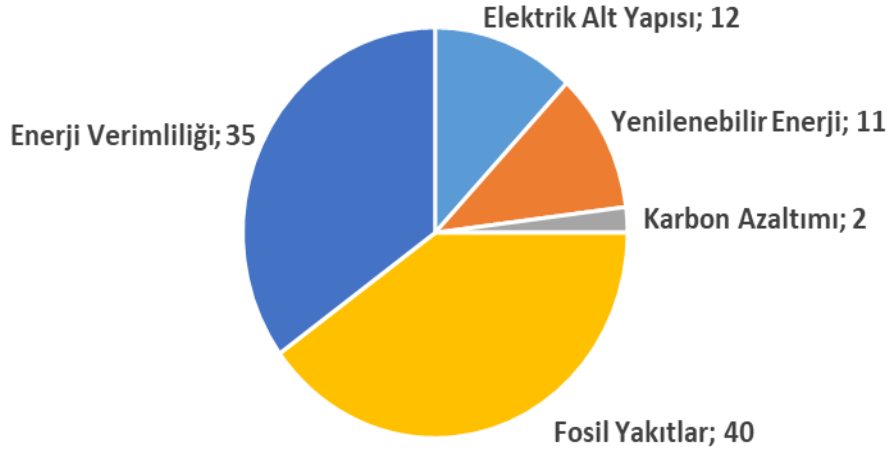


Şekil 1.2 : 2016 yılı, OECD Ülkeleri enerji üretim kaynakları oranları.

Günümüzde fosil enerji kaynakları yüksek oranda kullanıyor olsa da, ilerleyen zamanlarda bu oranın yüksek kalmasının sürdürülebilir olamadığı öngörülmektedir. Bunun temel nedeni ise fosil yakıt kaynaklarının dünyada sınırlı miktarda bulunmasıdır. Dünyanın sahip olduğu rezervler incelendiğinde petrol rezervlerinin 51, doğalgaz rezervlerinin 53, kömür rezervlerinin ise 114 yıl içinde tükeneceği öngörülmektedir (ETKB, 2017). Ayrıca fosil yakıtların kullanımının çevresel sorunlara da neden olduğu uzun süredir bilinmektedir. Enerji üretiminin yanı sıra, günlük hayatta da fosil yakıt kaynakları insanlar tarafından yoğun olarak kullanılmaktadır. Dünya, sanayi devriminden bu yana geçen süre içerisinde enerji

ihtiyacının karşılanmasında yoğun olarak fosil yakıtları kullanmış ve uzunca bir süre neredeyse tüm enerji yatırımlar fosil yakıtlara yapılmıştır. Bu nedenle ulaşım, ısınma, pişirme gibi birçok işlemde fosil yakıtlar kullanılmaktadır. Bu kullanım yoğunluğu da çevresel sorunları arttırmaktadır. Tüm bunlara rağmen çevre konusundaki bilincinin ve farkındalığın artması ile birlikte üreticiler daha çevreci ve elektrikle çalışan ulaşım araçları ve ısınma sistemleri geliştirmektedirler. Bu sayede çevresel etkilerin azaltılması amaçlanmaktadır.

Fosil yakıtların olumsuz etkilerinden dolayı bu kaynakların çıkarılması, iletilmesi, işlenmesi ve kullanılması gibi sektörlere yapılacak yatırımlarında ileride azalacağı beklenmektedir. Uluslararası Enerji Ajansı (UEA) verilerine göre enerji sektörüne 2016 ile 2040 yılları arasında küresel ölçekte toplam 66,5 trilyon Amerikan Dolar'ı yatırım yapılacağı tahmin edilmektedir. Şekil 1.3'te, 2040 yılına kadar enerji ihtiyacının karşılanması için yapılması planlanan yatırımların yüzdesel olarak hangi alanlarda yapılacağı göstermektedir (ETKB, 2017). Şekil 1.2 ve Şekil 1.3 incelendiğinde, 2016 yılında enerji üretiminde fosil kaynakların kullanım oranının 80% olmasına rağmen, önümüzde ki dönemde fosil yakıtlara yapılan yatırımların şu anki kullanım oranına göre düşeceği, buna karşılık daha çok verimliliğin artırılması ve yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesi yönünde yatırımların yapılacağı anlaşılmaktadır. Bu kapsamda yenilenebilir temiz enerji kaynaklarından üretilen elektriğin Avrupa Birliği (AB) bölgesinde kullanım miktarlarına bakıldığında önemli artışlar dikkat çekmektedir. Eurelectric tarafından yayınlanan verilere göre 2015 yılında AB'de üretilen elektriğin %29'u yenilenebilir enerji kaynaklarından %56'sı ise düşük karbon kaynaklarından üretilmiştir (ETKB, 2017).



Şekil 1.3 : 2016-2040 döneminde Yeni Politikalar Senaryosu dikkate alındığında kaynaklara göre enerji arzı altyapısı için yatırımlar.

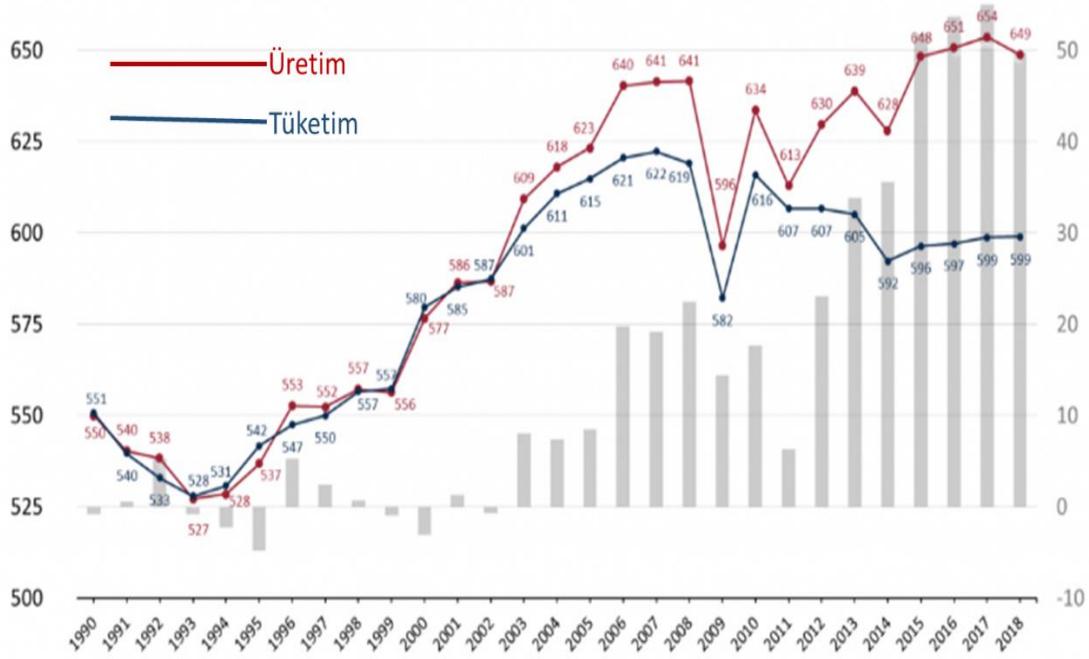
Gelişmelere bakıldığında uzun yıllardan beri bilinen ve kullanılan, ancak fosil yakıtlarla rekabet edemediği için geri planda kalan yenilenebilir enerji kaynakları tekrar önem kazanmaya başladığı anlaşılmaktadır. Özellikle fosil kaynak rezervleri bakımından zengin olmayan AB ülkeleri, sanayileşmiş Uzakdoğu ülkeleri ile enerji tüketimi çok büyük boyutlarda olan Amerika Birleşik Devletleri (ABD), yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması konusunda öncü olmuşlardır. Şekil 1.2’de görülebileceği üzere yenilenebilir enerji kaynakları oran olarak henüz küçük bir paya sahip olsalar da bu oran giderek artmaktadır.

Yapılan senaryolara göre, 2040 yılına kadar olan dönemde fosil yakıtların paylarının nispeten azalmasına rağmen bu yakıtlar hâkim kaynaklar olmaya devam edecektir. Nükleer enerjinin birincil enerji kaynakları içindeki payının artacağı öngörülmekte, yenilenebilir enerji kaynaklarının 2040 yılındaki payının %16,1 olacağı beklenmektedir. Mevcut politikalar senaryosuna göre küresel elektrik talebinin 2040 yılına kadar yıllık ortalama %2,3 olmak üzere %80 oranında artacağı beklenmektedir. Yenilenebilir kaynaklarının yıllık ortalama %9,8 büyüme payları ile en hızlı büyüme oranına sahip enerji kaynağı olması beklenmektedir. Nükleer enerji yıllık ortalama %2,3 ve hidroelektrik yıllık ortalama %1,8 büyüme oranına sahip olacaktır. Bu üç kaynağın beklenen büyüme oranı, toplam birincil enerjinin büyüme oranından daha fazladır. Fosil yakıtlar arasında en fazla büyüme oranına sahip olan kaynak yıllık ortalama %1,5 büyüme oranı ile doğal gazdır. Doğal gazı sırasıyla yıllık ortalama %0,4 ve %0,2 büyüme oranları ile petrol ve kömür izlemektedir (ETKB, 2017).

Enerji ihtiyacı ve bu ihtiyacın karşılanmasında fosil yakıtların kullanılması, bu kaynaklar üzerinde söz sahibi olmak isteyen ülkelerin kendi aralarında siyasal çekişmelere girmelerine de sebep olmaktadır. Türkiye’de hem bu enerji için yapılan mücadelelerde avantajlı bir konum sağlama, hem de komşu coğrafyalarda yaşanan olumsuz durumlardan en az şekilde etkilenmek istemektedir. Türkiye’nin enerji ve doğal kaynaklara olan talebi, ekonomik büyüme ve nüfus artışı sebebiyle her geçen gün artış göstermektedir. 2002 yılından bu yana Türkiye, yıllık %5,5’lik büyüme oranıyla OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) üyesi ülkeler içerisinde elektrik talebinde en hızlı artış gösteren ülke olmuştur. Şekil 1.4 Türkiye’nin son yıllardaki enerji ihtiyacının ne şekilde arttığını göstermektedir (Url-1).



Şekil 1.4 : Türkiye'nin elektrik enerjisine olan talebinin yıllara göre değişimi.



Şekil 1.5 : Almanya'nın yıllara göre enerji üretim tüketim grafiği.

Enerji talebi karşılaştırması yapılmak istendiğinde gelişmiş bir ekonomi ve sanayiye sahip olan Almanya'nın yıllara göre üretimi ve ihtiyacı Şekil 1.5'te gösterilmektedir (Appunn ve diğ, 2019). Gelişmişlik olarak farklı olan iki farklı ülkenin enerji ihtiyaçlarının değişimini iki grafiği inceleyerek görülebilmektedir. Görüldüğü üzere ekonomik olarak gelişmişlik seviyesi ile enerji ihtiyacı paralel olarak değişmektedir.

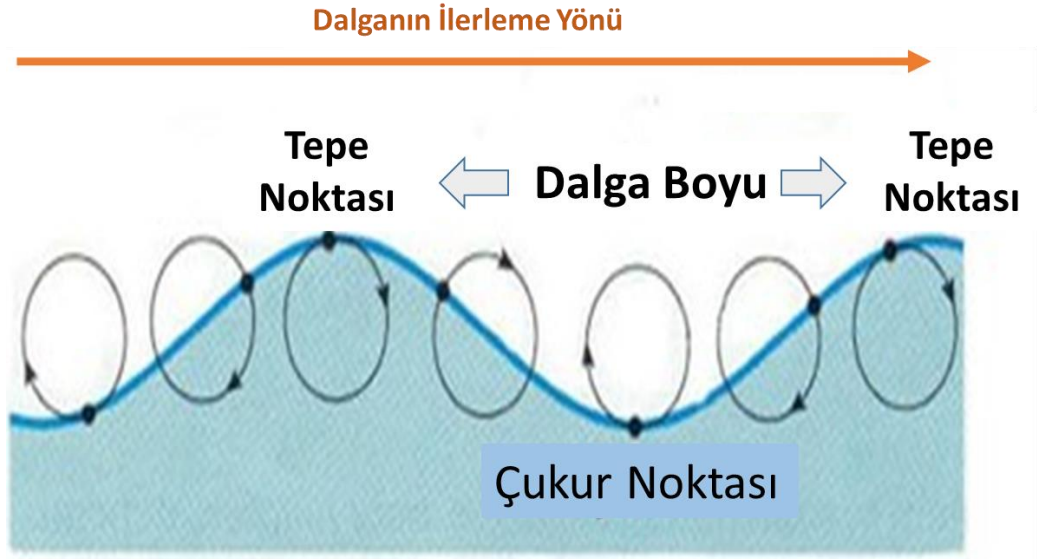
Türkiye'nin 2016 yılında 136,23 Milyon Ton Eşdeğer Petrol (MTEP) değerine ulaşan yıllık enerji arzı bir önceki yıla nazaran yaklaşık %5,5'lik bir artış göstermiştir. 2016 yılı verilerine göre enerji arzında %32,7 ile ham petrol ve petrol ürünleri birinci sıraya yükselirken, kömür az bir farkla ikinci sırada kalmış, doğal gaz ise üçüncü sıraya gerilemiştir. Geri kalan %13,4'lük bölüm ise hidrolik dahil olmak üzere yenilenebilir kaynaklardan sağlanan elektrikten karşılanmıştır. 2014-2016 dönemi kıyaslandığında, petrol ve petrol ürünleri, jeotermal ve rüzgârın birincil enerji arzındaki payının sürekli arttığı, doğal gaz ve biyoenerji ve atıkların payının ise sürekli azaldığı görülmektedir (EÜAŞ, 2017). Türk enerji piyasalarının temel iki özelliği devamlı artan talep ve enerji kaynaklarının temininde dışa bağımlılıktır. Türkiye enerji stratejisi çerçevesinde atmakta olduğu adımlarla bu bağımlılığı azaltmayı hedeflemektedir (Url-2).

Dünyaya bakıldığında ise toplam birincil enerji tüketimi 2011 yılı itibari ile 12,3 milyar TEP'dir. Bu tüketimin %87 gibi büyük bir çoğunluğu petrol, doğalgaz ve kömürden oluşan fosil yakıtlardan meydana gelmektedir. Dünyada %6,4 ile

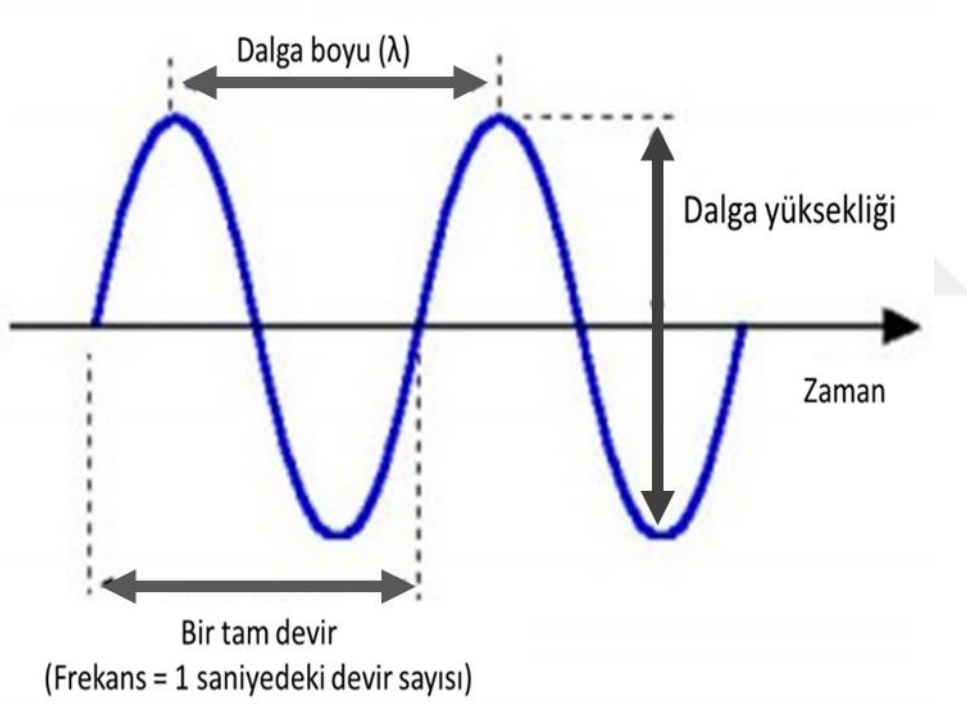
hidroelektrik ve %1,6 oranıyla diğer yenilenebilir kaynakları; toplam tüketim içerisinde yer almaktadır. Türkiye’de ise toplam tüketim 114 MTEP ile %90,3 fosil yakıtlardan gelmektedir. Türkiye’de yenilenebilir kaynakları oranı hidroelektrik %3,9 diğer yenilenebilir kaynakları oranı ise %2,7’dir. Enerji bakımından dışa olan bağımlılığı azaltmak ve ortadan kaldırmak Türkiye için önde gelen amaçlardan biridir. Son yıllarda tüm dünya ülkeleri politikalarını yenilenebilir enerji kaynaklarına daha fazla önem vermek üzerine kurmuşlardır. Bu sayede dünya için küresel ısınmanın önlenmesi, ülkeler içinde enerjide dışa bağımlılığın azaltılması amaçlanmaktadır. 1990 yılında dünyadaki enerjinin yaklaşık %12’ü yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanmakta iken 2010 yılında %14’ü yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanmaktadır. Enerji fiyatlarının ve tüketiminin artışına karşın 2020 yılından yenilenebilir enerji ile enerji ihtiyacının %20 sinin karşılanacağı öngörülmekte olup bu oran AB’de %21 olarak hedeflenmektedir. Görülmektedir ki yenilenebilir enerji kaynaklarının hem kullanımı hem de kapasitesi giderek artmaktadır (Polat ve diğ., 2012).

Denizler ve okyanuslar sürekli hareket halinde olan değişken yapılardır. Dünyanın kendi eksenindeki hareketi, basınç değişimleri ve rüzgâr, güneş ve ayın çekim etkisi, depremler gibi etkenler denizlerde ki su kütesinin hareket halinde olmasına neden olmaktadır.

Denizlerde oluşan dalgaların en belirgin olanı ve denizle ilgili olarak en çok karşılaşılan dalga türü rüzgâr tarafından oluşturulandır. Deniz ya da okyanus dalgası, rüzgârın yani hareketli hava kütesinin bu hareketi esnasında deniz yüzeyine temas etmesi neticesinde sürtünme kuvveti etkisiyle deniz yüzeyinde de bir hareket oluşturmasıdır. Oluşan bu hareketler zincirleme bir tepki oluşturur ve oluşan bu hareketler dizisine dalga denir. Açık denilerde bu dalga hareketi düzensiz olsa da, kıyıya yaklaştıkça dalga şekilleri düzenli bir hale gelmeye başlar. Dalga içerisindeki su tanecikleri her ne kadar ileri yönlü hareket ediyor görülseler de çember hareketi yaparak aynı noktaya geri dönmektedirler. Bu nedenle dalgalar gerçekte su kütesinin ilerlemesi değil rüzgâr ve deniz yüzeyi arasında sürtünmeden oluşan enerjinin ilerlemesidir.



Şekil 1.6 : Su dalgasının hareketi.



Şekil 1.7 : Dalganın fiziksel özellikleri.

Su dalgaları temel olarak;

- Dalga Yönü: Dalganın belirli bir konuma göre fiziksel olarak ilerlediği yön.
- Dalga Boyu: İki tepe ya da iki çukur gibi birbirini tekrarlayan iki nokta arası mesafe. Düzensiz dalgalar için ortalama değer alınabilir.

- Dalga Yüksekliği: Dalganın ulaştığı en yüksek konumun denge noktasından olan mesafe.
- Tepe Noktası Yüksekliği (Dalga Sırtı).
- Dip Noktası Yüksekliği (Dalga ukuru).

zelliklerine sahiplerdir. Deniz dalgalarının ölçülmesi amaçlandığında da ölçülen değerler genel olarak bu değerler olmaktadır.

Bu ölçümlerde ki önemli bir nokta, deniz dalgalarının her birinin diğerinden farklı fiziksel özellikte olmasıdır. Her ne kadar önceki tanımlamalarda deniz dalgalarını düzgün ve eř özellikteki dalgalar gibi tanımlasak da, deniz dalgaları birçok küçük dalganın toplamından oluşan ve parametreleri sürekli değişen bir dalga biçimidir. Bu nedenle dalga yüksekliği ölçümünde özel tanımlamalar kullanılmaktadır ve bu tanımlamalardan en çok kullanılanı Belirgin Dalga Yüksekliği (Significant Wave Height (SWH)) değeridir. SWH aynı zamanda H_s ile de gösterilmektedir. H_s belirli bir süre içinde ölçülmüş belli bir dalga kaydının üçte-birine karşı gelen en büyük dalgaların ortalamasıdır (Ainsworth, 2006).



2. DALGA ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ

2.1 Dalga Ölçüm Şamandıraları ile Dalga Ölçümü:

Genel olarak tüm ölçüm yöntemlerinde olduğu gibi dalga ölçümünde de yerinde ölçüm yöntemleri ve uzaktan algılama yöntemleri kullanılmaktadır. Yerinde ölçüm yöntemlerinden en çok kullanılanı, dalga ölçüm şamandıraları ile ölçüm yapmaktır. Dalga ölçüm şamandıraları ile şamandıranın bulunduğu konum için en doğru ve anlık olarak ölçüm yapılabilmektedir. Dalga ölçüm şamandıralarının bir diğer avantajı da günün yirmi dört saati ölçüm yapılabilmesidir. Bu sayede aralıksız veri toplanabilmekte ve bu ölçüm sonuçları ile daha iyi analizler yapılabilmektedir.

2.2 Uzaktan Algılama Yöntemleri İle Dalga Ölçümü:

Dalga ölçümünde kullanılan ve bu çalışmada verilerinden faydalanılan diğer ölçüm yöntemi ise Uzaktan Algılama yöntemlerinin kullanılmasıdır. Aktif uzaktan algılama yöntemleri ile uydu üzerinde bulunan bir vericiden deniz yüzeyine elektro manyetik dalgalar gönderilir ve geri yansıyan dalgaların gidişi geliş sürelerinden faydalanılarak deniz yüzeyindeki dalga yükseklik bilgileri elde edilir (Url-3). Cryosat-2, Envisat, Ers-1, Ers-2, Geosat, JASON-1, JASON-2, Saral, Topex ve Poseidon gibi uydular dalga yüksekliği değerlerini ölçebilmektedir. Yeni geliştirilen uydular ile ölçüm sonuçlarının doğruluğu, uydulara eklenen yeni algılayıcılar ile de ölçüm yapılan parametreler her geçen gün artmaktadır. (Url-4).

Şamandıra ile yapılan dalga yüksekliği ölçümlerinin bazı avantajları olsa da, bu ölçümlerin uydular aracılığı ile yapılabilmesi sayesinde dalga özellikleri ile ilgili verilerin toplanması oldukça kolaylaşmıştır. Özellikle ölçüm şamandıralarının deniz şartlarında işletilmesi ve idamesi çeşitli sorunlara neden olabilmektedir. Özellikle şamandıraların denizde bulunması ve her türlü çevre koşuluna açık olması, hem şamandıraların hem de verilerin güvenliği için risk oluşturmaktadır. Ayrıca şamandıralar hem teknik olarak her derinlikte ki denize konulamamakta, hem de kanun ve nizamlar gereğince deniz üzerinde istenilen her noktaya konulamamaktadır.

Denizde bulunan yasak bölgeler, demirleme sahaları, gemi trafiği içinde bulunan konumlarda şamandıra ile ölçüm yapmak uygun olmayan sahalardır.

Uzaktan algılama yöntemleri ise tüm bu sorunlar için oldukça başarılı çözümler sağlamaktadır. Anlık veri ihtiyacının bulunmadığı durumlarda, uyduların veri topladığı her bölgenin dalga verilerine ulaşıp analiz edilebilmektedir. Bu sayede hem maliyet avantajı sağlanmakta, hem de birden çok bölgenin verisine ulaşılabilmektedir.

2.3 Dalga Yüksekliği Ölçümü Yapan Kuruluşlar ve Uydular

2.3.1 CNES ve OSTM (Ocean Surface Topography Mission) Projesi

Fransız Uzay Ajansı tarafından 1992 yılında başlatılan OSTM projesi hala devam etmekte ve uydular vasıtasıyla veri toplamaktadır. Fırlatılan ilk uydu olan Topex/Poseidon'dan sonra Jason1 ve ardından yeni uydular ile proje daha da iyi duruma gelmiş bulunmaktadır.

OSTM kapsamında ki JASON uydu ailesi, dünya denizlerinin hareketliliğini izlemek, deniz ve atmosfer arasındaki ilişkiyi keşfetmek, küresel iklim tahminlerini geliştirmek ve şiddetli fırtına olaylarını izlemek amacıyla CNES (Centre National d'Etudes Spatiales) ve NASA (National Aeronautics and Space Administration) ortaklığında oluşturulmuştur. JASON uydu görev serisinin ismi Yunan mitolojisinde ki kahraman bir denizcinin isminden esinlenilerek, İngilizce Joint Altimetry Satellite Oceanography Network ile Fransızca Journées Altimétriques Satellitaires pour l'Océanographie kelimelerinin ilk harflerinden oluşturulmuştur (Url-5).

CNES ve NASA tarafından başlatılan JASON görevinin temel amacı, okyanus hareketliliğini izlemek ve tahmin etmek için deniz yüzeyi yüksekliğini ve yüzey rüzgâr hızını gerçek zamanlı olarak ölçmektir. JASON uydu ailesinde bulunan 3 adet uydunun uzaya gönderilme tarihleri sırası ile 2001'de Jason-1, 2008'de Jason-2 ve 2016'da Jason-3 şeklindedir. Bu uydular gerçek zamanlı olarak okyanus seviyesi, dalga yükseklikleri ve rüzgâr hızı verilerini toplamaktadırlar. Bu veriler, CNES tarafından yükseklik ve hassas konumlandırma birimi tarafından işlenmekte ve meteorolojik çalışmalar başta olmak üzere birçok alanda kullanıma sunulmaktadır (Url-6).

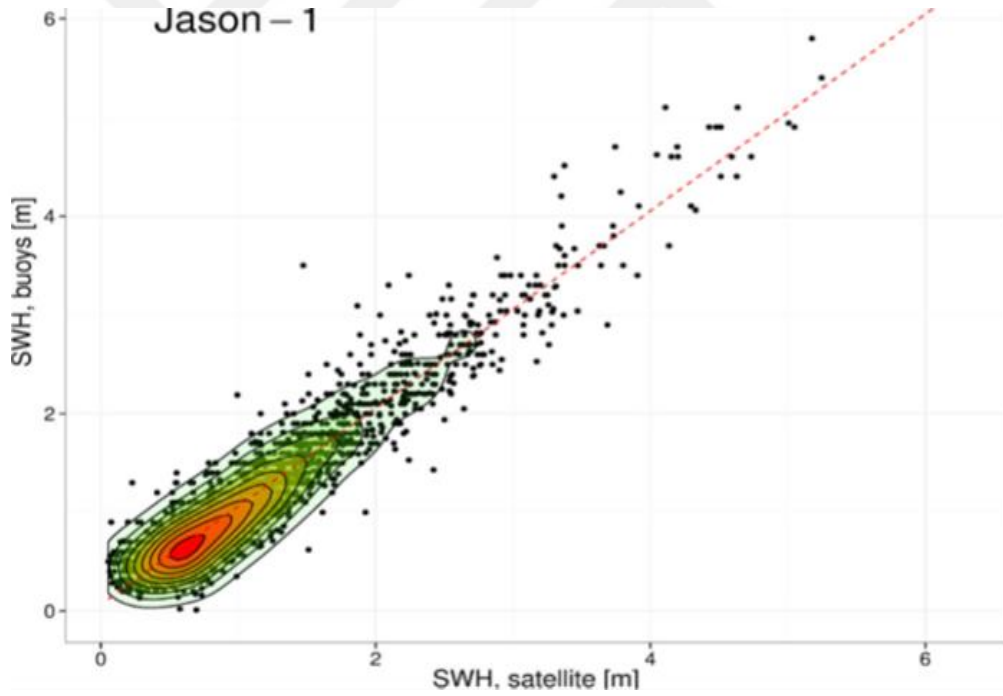
2.3.1.1 Jason 2

20 Temmuz 2008’de fırlatılan Jason 2 uydusu görece kısa bir tekrar döngüsüne(10 gün) sahip olması nedeni ile aynı noktadan daha kısa aralıklarla veri alabilen, bu nedenle de geniş aralıklı bir veri alma yörüngesine sahip bir ölçüm uydusudur. Jason-2, yerini aldığı Topex/Poseidon (1992-2005) ve Jason 1 (2001-2013) ile aynı yörüngede uçmaya devam etmektedir. Jason 2’nin ölçüm hassasiyeti 2,5 cm civarındadır (Url-7).

2.3.1.2 Jason 3

17 Ocak 2016’da fırlatılan Jason 3 uydusu Jason 2 ile aynı yörüngede uçmaktadır ve bu sayede hem Jason 2 uydusunun veri toplama sıklığını arttırmıştır, hem de Jason 2 devre dışı kaldığında onun görevini devam ettirecektir (Url-7).

2.3.2 Uydu verilerinin hassasiyeti



Şekil 2.1 : Jason1 uydusu ve şamandıra ile belirlenen dalga yüksekliklerinin karşılaştırılması.

Uyduların dalga yüksekliği ölçümündeki başarısının ne olduğu merak edilen bir durumdur. Bu uydulardan Jason1 Uydusunun veri kalitesini belirlemek amacıyla bazı çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalardan biri olan ve Baltık Denizinde yapılan çalışma sonucu ortaya çıkan uydu verisi – şamandıra verisi grafiği Şekil 2.1’de gösterilmiştir. Grafik incelendiğinde, hem ilgili bölgede ki dalga yükseklik değerlerinin Jason1

2.3.3.1 Cryosat 2

Cryosat-2, European Space Agency (ESA) tarafından idamesi yapılmakta olan ve 2005 yılından beri ölçüm yapmakta olan bir diğer uydudur.

2.3.3.2 HaiYang

HaiYang (HY) uydu projesi Çin Halk Cumhuriyeti'nin yürütmekte olduğu projedir. Projenin ismi olan HaiYang Çince'de okyanus anlamına gelmektedir. HY projesi 2002 yılında HY-1 uydusunun atılması ile başlamış ve şu anda aktif olarak veri toplamakta olan uydu olan HY-2'nin aynı noktadan tekrar geçme süresi 24 gündür. İlerleyen dönemlerde HY-3 uydusunun da atılması ile projeye devam edilmesi planlanmaktadır.

2.3.3.3 SARAL

SARAL uydu projesi ise Hindistan Uzay Araştırma Organizasyonu (ISRO) tarafından yürütülmektedir. 2013 yılında uzaya gönderilen SARAL uydusunu ismi İngilizce Satellite with ARGos and ALtika kelimelerinden türetilmiştir. Aynı noktadan tekrar geçme zaman aralığı otuz beş gündür. Bu nedenle daha yakın aralıklı bir yörüngeye sahiptir ve bu sayede daha yakın aralıklı veri toplayabilir ALtika, Ka bandında çalışmakta olan, daha iyi ölçüm yapabilen ve CNES tarafından üretilmiş olan algılayıcıdır. Bu sayede CNES tarafından yürütülmekte olan JASON projesi ile SARAL uydularının birbirinin tamamlayıcısı olması amaçlanmıştır (Url-7).

Çizelge 2.1 : Meteorolojik ölçümler yapan bazı uydu isimleri ve bilgileri.

Uydu İsmi	Periyot (gün)	Fırlatılma Tarihi	Görev Dışı Kalma Tarihi
GEOSAT	17	1985	1990
ERS-1	35	1991	2000
Topex/Poseidon	10	1992	2011
ERS-2	35	1995	2011
GFO	17	1998	2008
Jason-1	10	2001	2013
ENVISAT	30–35	2002	2012
Jason-2	10	2008	Görevde
CryoSat-2	30	2010	Görevde
HY-2	14/168	2011	Görevde
SARAL	35	2013	Görevde
Sentinel-3	27	2016	Görevde
Jason-3	10	2016	Görevde

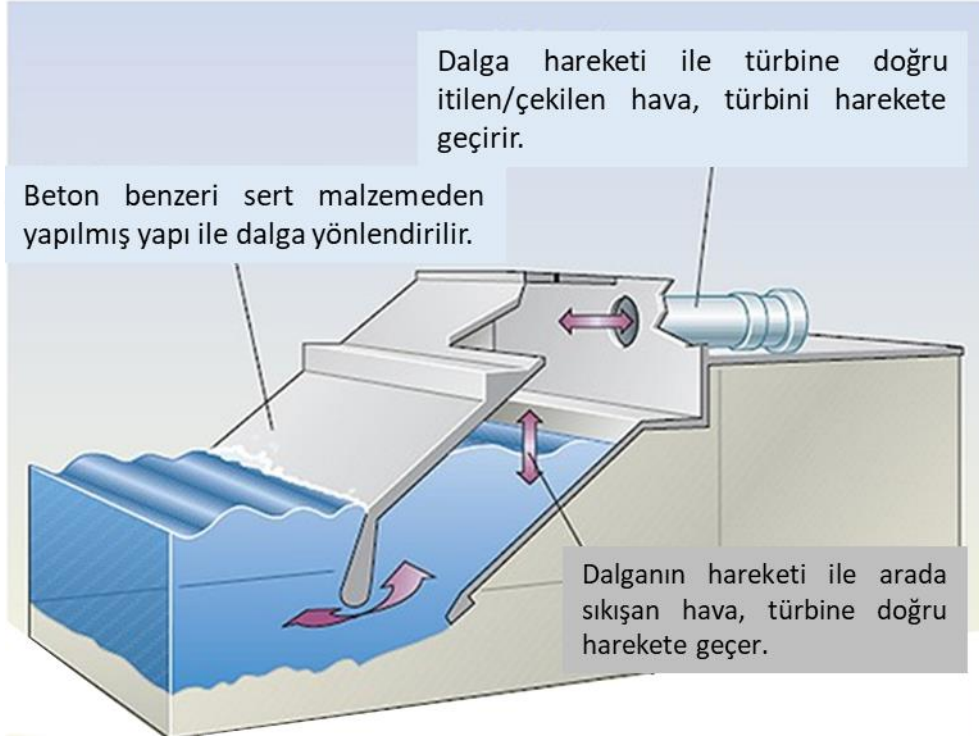


3. DALGA ENERJİSİ ÜRETİM SİSTEMLERİ

3.1 Kıyıya Kurulan Yapılar

3.1.1 Kıyıda oluşan dalgaların hareketinden enerji elde etme

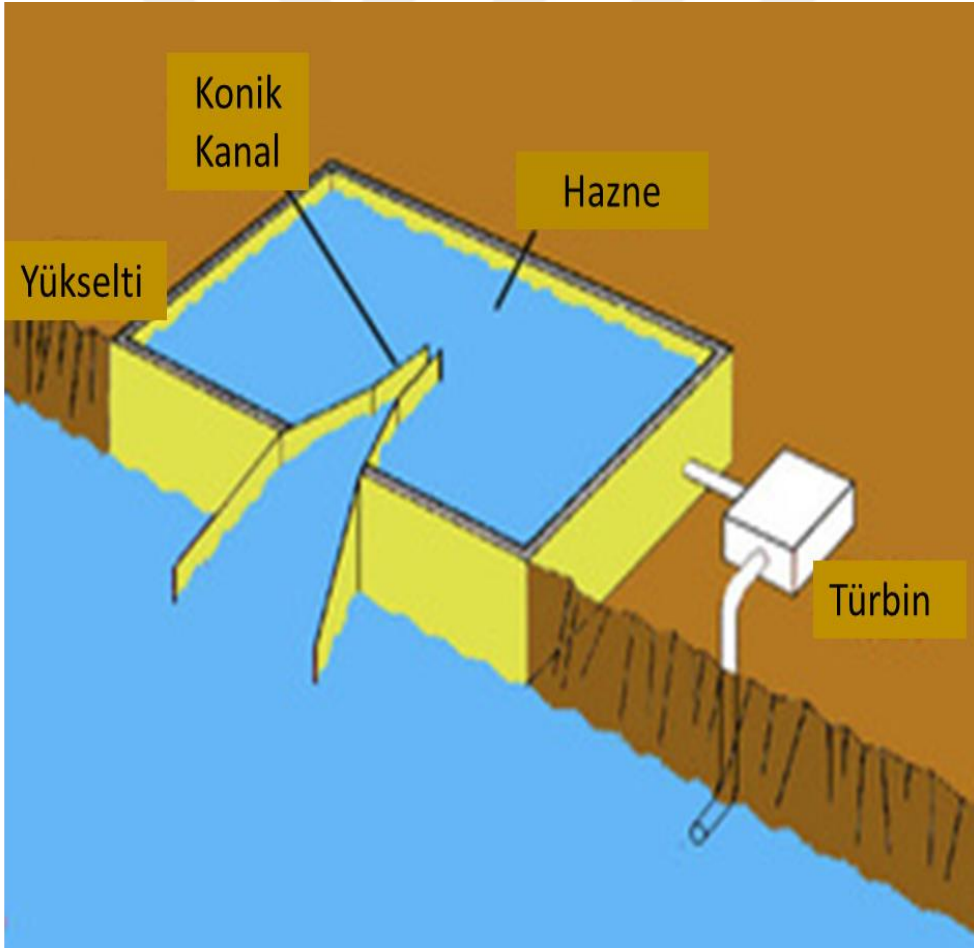
Bu sistemlerin çalışma prensibi, kıyıya vuran dalgaların bir hazne içerisine yönlendirilmesi ve hazne içerisinde bulunan havayı sıkıştırması şeklindedir. Sıkışan hava bir türbinden üzerinden hazne dışına gönderilir ve bu sırada türbin içinde oluşan hareketten enerji elde edilir. Dalga geri çekilirken ise sistem içerisinde vakum etkisi oluşur ve havanın tekrar içeri çekilmesi sağlanır. İçeri çekilen hava yine türbinden geçirilerek hazneye dolar bu sayede yine enerji elde edilir (Url-8).



Şekil 3.1 : Kıyıda oluşan dalgardan enerji elde etme prensibi.

3.1.2 Konik kanal sistemi

Konik kanal sistemi ile dar bir kanala sokulan deniz dalgası ivme kazanır ve artan kinetik enerjisi sayesinde yüksekte bulunan hazne içine doldurulur. Sonrasında deniz seviyesinden yüksekte olan su bir türbinden geçirilerek denize tekrar bırakılır ve bu sayede enerji elde edilir. Bu sistemler su seviyesinin 3 ila 5 metre üzerinde duvar yüksekliğine sahip, uçurumun kenarına inşa edilmiş hazneyi besleyen, gittikçe daralan bir kanaldan oluşmaktadır. Kanalın daralması dalga yüksekliğinin artmasına neden olur ve yükselen dalgalar kanal duvarlarından haznenin içine boşalır. Su haznede depolandığı için hareketli dalganın kinetik enerjisi potansiyel enerjiye dönüşür. Depolanan su türbine verilir. Çok az hareketli parçası olduğundan düşük bakım maliyetine ve yüksek bir güvenilirliğe sahiptir. Bu sistemde ihtiyaç duyulana kadar enerji depolanabilmektedir. Ancak sistemleri bütün kıyı kesimleri için uygun değildir (Url-8).

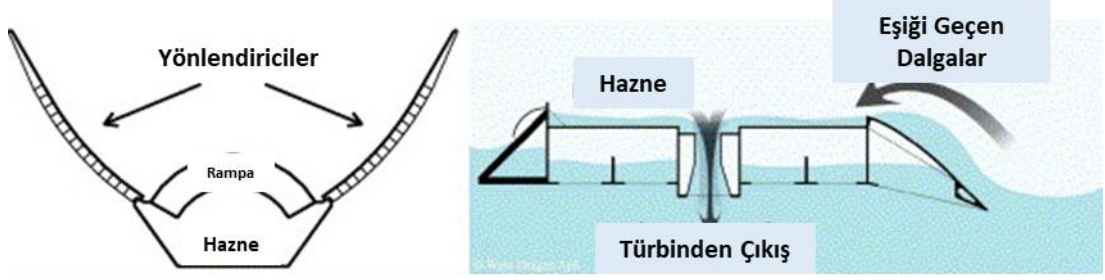


Şekil 3.2 : Konik kanal sistemi.

3.2 Denize Kurulan Yapılar

3.2.1 Wave Dragon

Denize kurulan bu sistemde dalga gücü ile hareket eden deniz suyu, sahip olduğu kinetik enerji sayesinde deniz seviyesinden daha yüksekte olan havuz içerisine toplanır. Yüksekte kalan su, tekrar alçakta kalan denize doğru hareket ederken bir türbin içerisinden geçirilir ve bu sayede enerji elde edilir (Url-8).



Şekil 3.3 : Dalga Ejderhası (Wave Dragon) sisteminin çalışma prensibi.



Şekil 3.4 : Dalga Ejderhası (Wave Dragon).

3.2.2 Pelamis

Deniz yüzeyinde yüzen ve birbirine hidrolik pistonlarla bağlanmış olan silindirik yapılardan oluşan bu sistem, her bir silindirin diğerinden bağımsız olarak hareket

etmesi ile dalga gücünün dönüşümünü sağlamaktadır. Sistemde bulunan hidrolik pistonlar elektrik jeneratörlerini çalıştırır ve bu sayede elektrik üretimi sağlanır (Url-8).



Şekil 3.5 : Pelamis sistemi.

4. UYGULAMA

4.1 Uydu Verileri ile Dalga Yüksekliğinin Belirlenmesi Yöntemi

Çalışma sırasında dalga yüksekliklerini belirleyebilmek için temel veri seti olarak Jason 2 (Jason 2N) uydusundan alınan veriler kullanılmıştır. Uydu verilerinin kullanımını öncesi dalga ölçüm şamandırası verileri ile karşılaştırma yapılmak istenmiştir. Öncelikli olarak çalışma bölgesi olan Karadeniz’de veri alınabilecek dalga ölçüm şamandıralarının mevcudiyeti incelenmiştir. Bölgede dalga ölçümü yapan uygun durumda bir şamandıra bulunamaması üzerine şamandıralar ile dalga parametrelerini ölçen ve yayınlayan kurumlar araştırılmıştır. Bu kapsamda National Data Bouy Center (NBDC)’nin Atlantik ve Pasifik Okyanuslarında bulunan şamandıraları incelenmiştir. NBDC’nin birçok şamandıra ile veri topladığının ve bu verilerin ulaşılabilir durumda olması nedeni ile NBDC’ye ait şamandıraların verileri kullanılmıştır.

4.1.1 Kontrol şamandıralarının belirlenmesi



Şekil 4.1 : NBDC’ye ait olan ve dalga yüksekliği ölçümü yapan şamandıraların konumları (Kırmızı renkte gösterilen şamandıralar veri kontrolü yapıldığında son sekiz saattir veri sağlamayan şamandıraları işaret etmektedir).

NBDC'ye ait olan şamandıralar ve Jason 2 uydusunun veri aldığı güzergâh incelemiş, uydu güzergâhına en yakın konumda bulunan ve uygun veri sağlayan şamandıralardan 3 adeti belirlenmiştir.

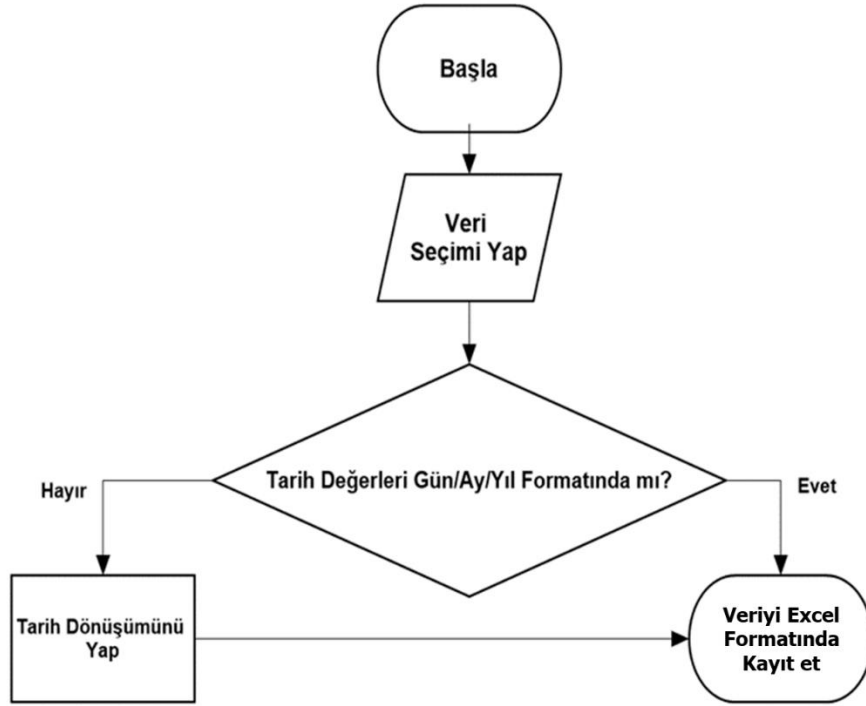


Şekil 4.2 : Şamandıra konumlarının ve uydu güzergâhının gösterilmesi.

Uygun durum ve konumda olduğu değerlendirilen 3 adet şamandıranın belirlenen zaman içindeki verileri NBDC'nin internet sitesinden indirilmiş ve Excel formatına dönüştürülerek kayıt edilmiştir.

4.1.2 Uydu verilerinin format dönüşümlerinin yapılması

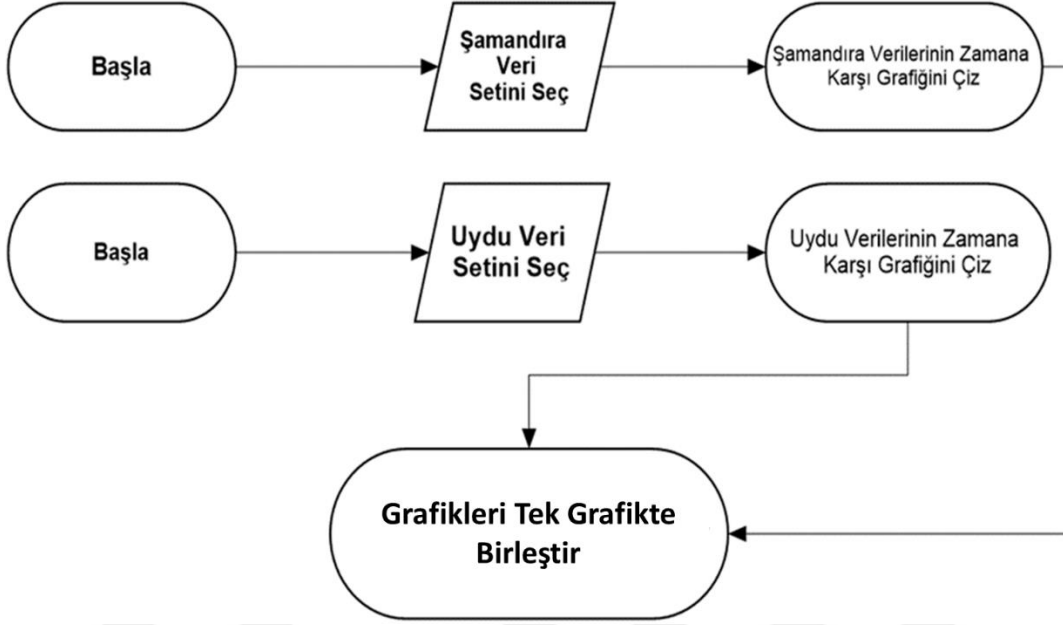
Bir sonraki aşamada uydu verilerinin incelenmesine geçilmiştir. Bu inceleme sonunda şamandıralar ile aynı bölgede ve aynı zaman dilimi içerisinde veri toplayan uydular belirlenerek istenen konum ve zamanda ki veriler CNES'in AVISO+ internet sitesinden Network Common Data Form (NetCDF) formatında olmak üzere indirilmiş ve kayıt edilmiştir. Kayıt altına alınan uydu verilerinin NetCDF formatında olması nedeni ile bu verilerin okunabilir duruma getirilmesi için MatLab programından faydalanılmış, bu tez kapsamında yazılan kısa bir MatLab programı ile veriler Excel'de görüntülenebilecek formata dönüştürülmüştür. Ayrıca NetCDF verileri incelendiğinde, verilerin zaman değerlerinin saniye biriminde olduğu görülmüştür. Bu nedenle zaman değerlerinin gün ay yıl formatına da dönüştürülmesi sağlanmıştır. MatLab Programı ile NetCDF verilerinin Excel Formatına dönüştürülmesini sağlayan program şu şekilde çalışmaktadır:



Şekil 4.3 : NetCDF verilerinin Excel'e kayıt eden programın şeması.

1. MatLab programında ilgili script çalıştırılır,
2. Program sizden ilgili NetCDF dosyasını seçmenizi ister, ilgili dosya seçilir,
3. NetCDF dosyası içindeki veriler MatLab tarafından okunur ve her bir sütunun içerisindeki veri tanımlaması yapılır. Dosya içerisinde Enlem, Boylam, zaman ve Dalga Yüksekliği verileri bulunmaktadır.
4. NetCDF verilerinin zaman formatı 2000 yılının ilk saniyesinden başlamak üzere birer saniye olarak artan sayı değerleri şeklinde olduğundan, ilgili zaman formatının anlaşılabilir olması için Yıl – Ay – Gün – Saat formatına dönüştürülür.
5. Veriler excel dosyası olarak istenilen isimle saklanır.

Excel formatına dönüştürülen uydu verilerinin doğrululuğunun tespiti için şamandıra verileri ile karşılaştırılması amaçlanmıştır. Bu işlem için de MatLab programında bir program yazılmış ve bu program ile aynı döneme ait dalga yüksekliği verileri grafiksel olarak karşılaştırılmıştır. Yazılan programın işleyiş algoritması şu şekildedir:

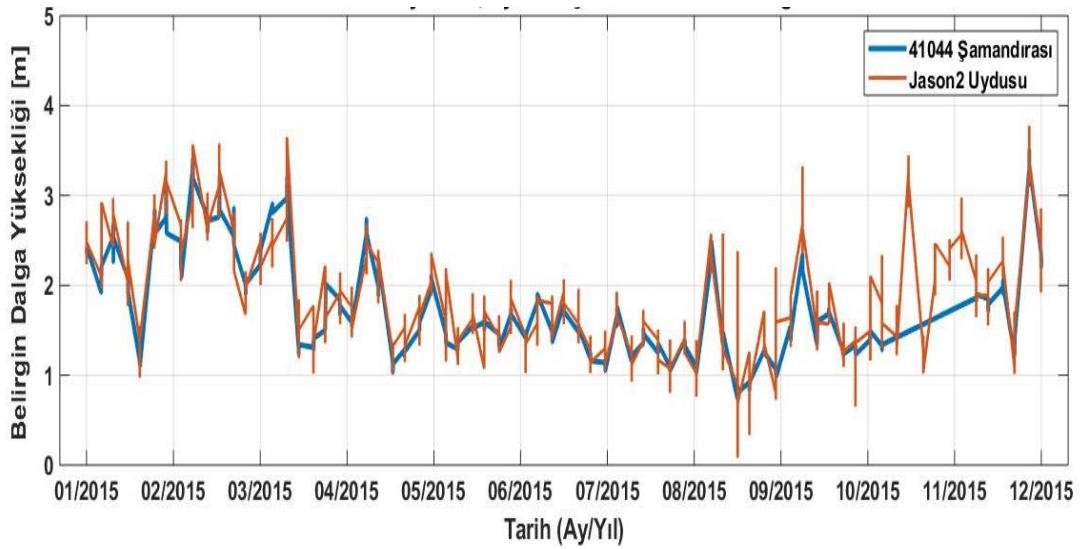


Şekil 4.4 : Uydu ve şamandıra verilerinin grafik ile karşılaştırılma şeması.

1. MatLab programında ilgili script çalıştırılır,
2. Excel formatında ki şamandıra verileri okutulur,
3. Şamandıra tarafından toplanan dalga yüksekliği verileri ile istenilen dönem için zamana karşı dalga yüksekliği grafiği çizdirilir,
4. Excel formatında ki uydu verileri okutulur,
5. Uydu tarafından toplanan dalga yüksekliği verileri ile istenilen dönem için zamana karşı dalga yüksekliği grafiği çizilir,
6. İki grafik için gerekli düzenlemeler yapılarak, grafikler üst üste çizdirilir ve oluşan sonuç grafiği kayıt edilir.

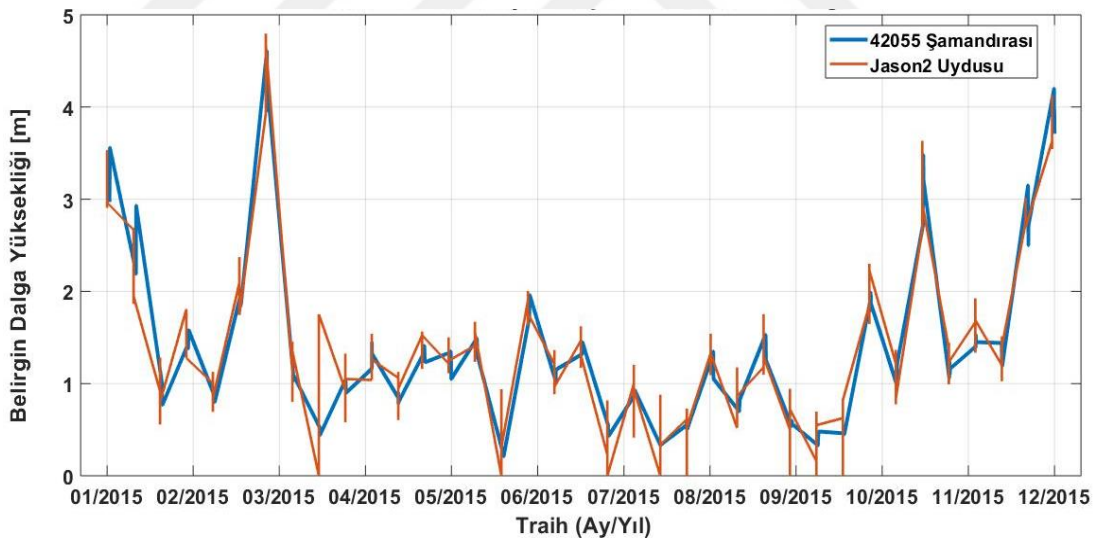
Bu işlemler sonucunda şamandıra ve uydular tarafından ölçülen belirgin dalga yüksekliği (Hs) verilerinin karşılaştırıldığı sonuç grafiklerine ulaşılmış olur. Her bir istasyon (şamandıra) için alınan uydu verileri ile şamandıra verileri grafikler halinde gösterilmiştir.

4.1.3 Uydu ve şamandıra verilerinin grafiksel karşılaştırılmaları



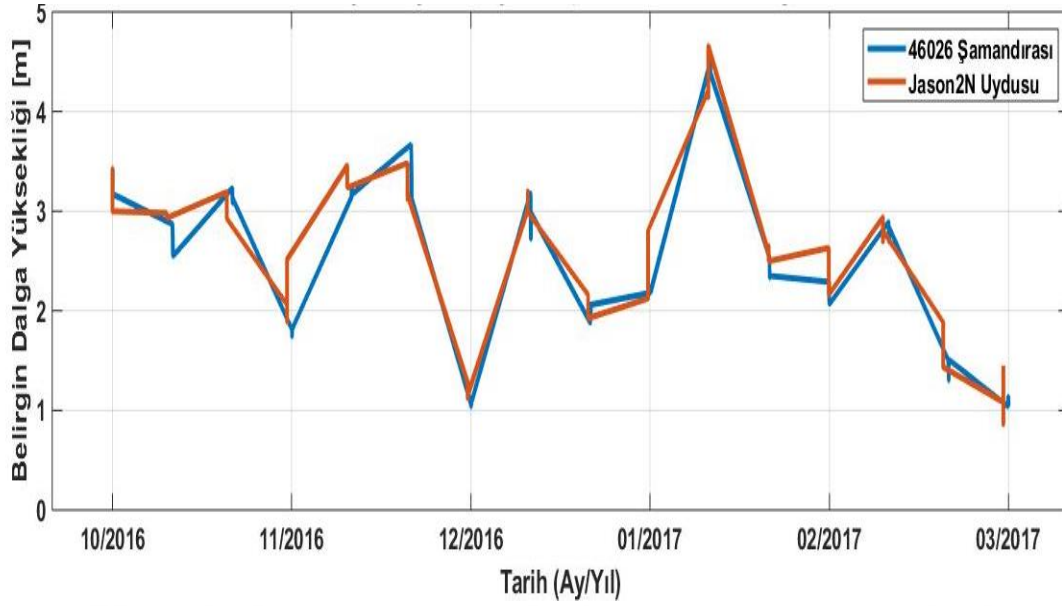
Şekil 4.5 : 2015 Atlas Okyanusu'nda 41044 şamandırası ile Jason2 uydusunun dalga yüksekliği ölçüm sonuçlarının karşılaştırılması.

Şekil 4.5 'te verilen grafik ile şamandıra ve uydu verisi değerlerinin oldukça benzer oldukları görülmektedir. Ekim ayının başından Kasım ayının sonuna kadar geçen dönemde şamandıra verisi bulunmamaktadır.



Şekil 4.6 : 2015 Meksika Körfezi'nde 42055 şamandırası ile Jason2 uydusunun dalga yüksekliği ölçüm sonuçlarının karşılaştırılması.

Şekil 4.6 'da verilen grafik ile şamandıra ve uydu verisi değerlerinin oldukça benzer oldukları görülmektedir.



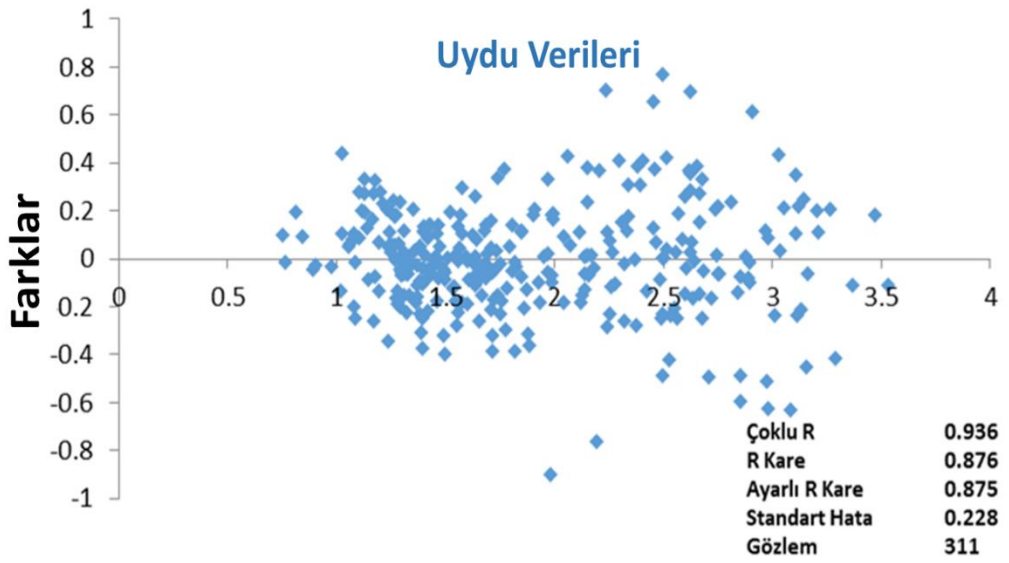
Şekil 4.7 : Ekim 2016 yılı - Mart 2017 döneminde Büyük Okyanus’da 46026 şamandırası ile Jason2N uydusunun dalga yüksekliği ölçüm sonuçlarının karşılaştırılması.

Şekil 4.7’de ilk iki grafiktekinden farklı olarak Jason 2 verileri yerine Jason 2N verileri kullanılmıştır. Jason 2N verileri Kasım 2016’da alınmaya başladığından ve Mart 2017’den sonraki dönemin verisi henüz ulaşılabilir olmadığından kısa süreli veri karşılaştırması yapılabilmektedir.

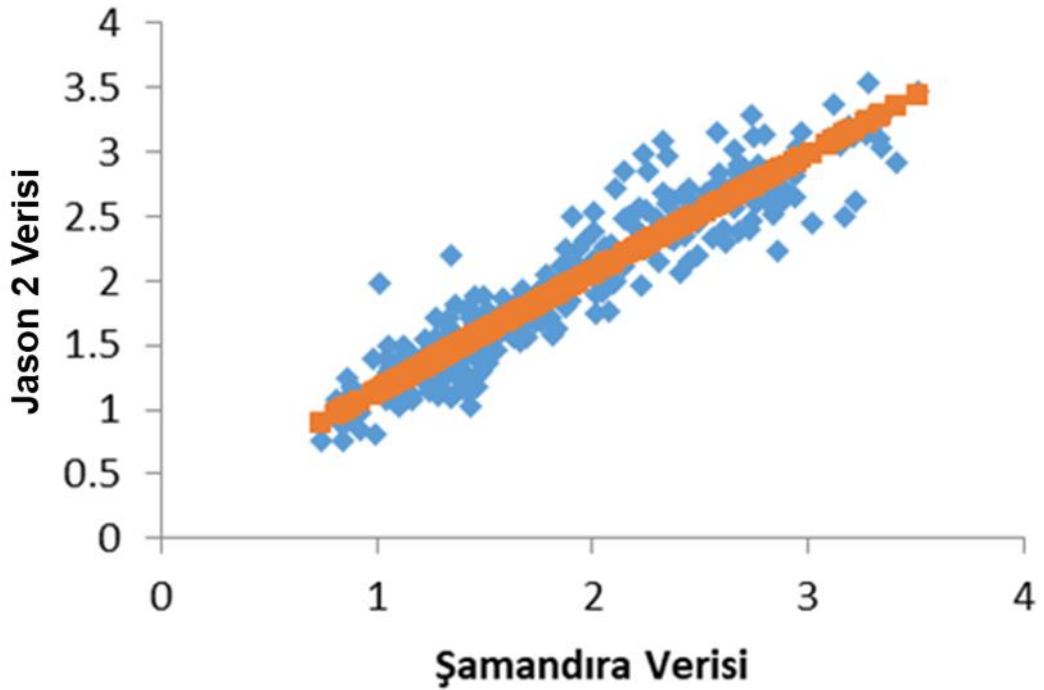
Her üç grafikte de görüldüğü gibi uydu verileri ile şamandıra verileri arasında belirgin bir benzerlik görülebilmektedir. Grafikler incelendiğinde ortaya çıkan önemli bir sonuçta Jason 2N verilerinin Jason 2 verilerine göre çok daha iyi sonuçlar vermiş olmalarıdır. Bunun nedeni araştırılmış ve muhtemel nedenin Ekim 2016 tarihinde Jason 2 Uydusuna yüklenen yeni bir Sayısal Yükseklik Ölçüm (Digital Evaluation Meter) yazılımının olduğu düşünülmektedir. Bu tarihten itibaren eski yazılım olan Poseidon 3 yazılımı durdurulmuş ve AVISO+ internet sayfasında Jason 2 uydu verisi setlerinin yerine Jason 2N isimli veri setleri konmaya başlanmıştır. Görülmektedir ki teknoloji ilerledikçe uydularda yazılım ve donanım olarak ilerlemekte, bu ilerlemeler sonucunda her geçen gün veri kalitesi artmaktadır.

Şamandıra verileri ile uydu verileri arasındaki benzerlik düzeyinin daha iyi anlaşılabilmesi için istatistiksel bir yöntem olan Regresyon Analizi yöntemi de uygulanmıştır.

4.1.4 Uydu ve şamandıra verilerinin regresyon analizi ile karşılaştırılması

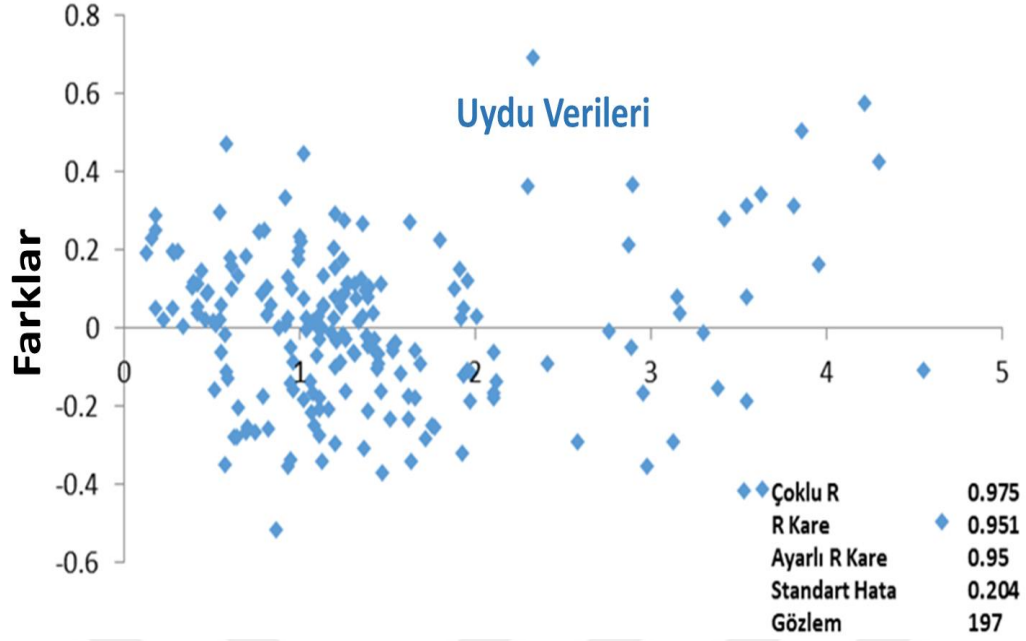


Şekil 4.8 : 41044 Şamandırası ile Jason 2 verilerinin regresyon analizi ve veri farklarının grafiği.

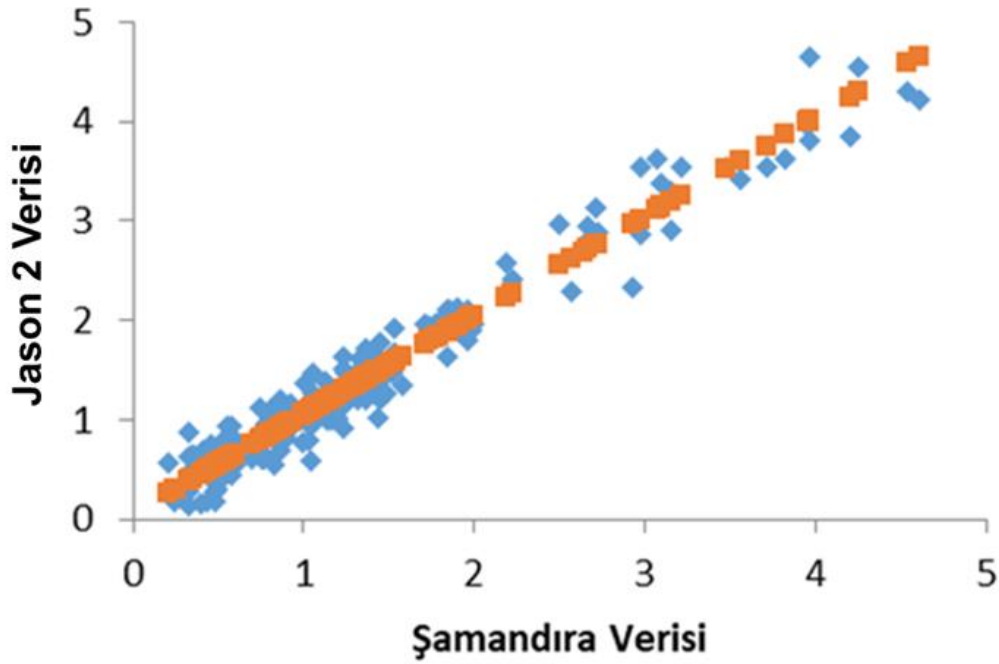


Şekil 4.9 : 41044 Şamandırası ve Jason 2N verilerinin uyum grafiği.

41044 istasyonu şamandıra verileri ile Jason2N Uydu verileri Regresyon Analizi sonuçların incelenmiş, R Kare ve Ayarlı (Düzeltilmiş) R Kare değerlerinin 0,876 çıkması nedeni ile uydu ve şamandıra ölçüm değerinin uyumlu olduğu sonucuna varılmıştır.

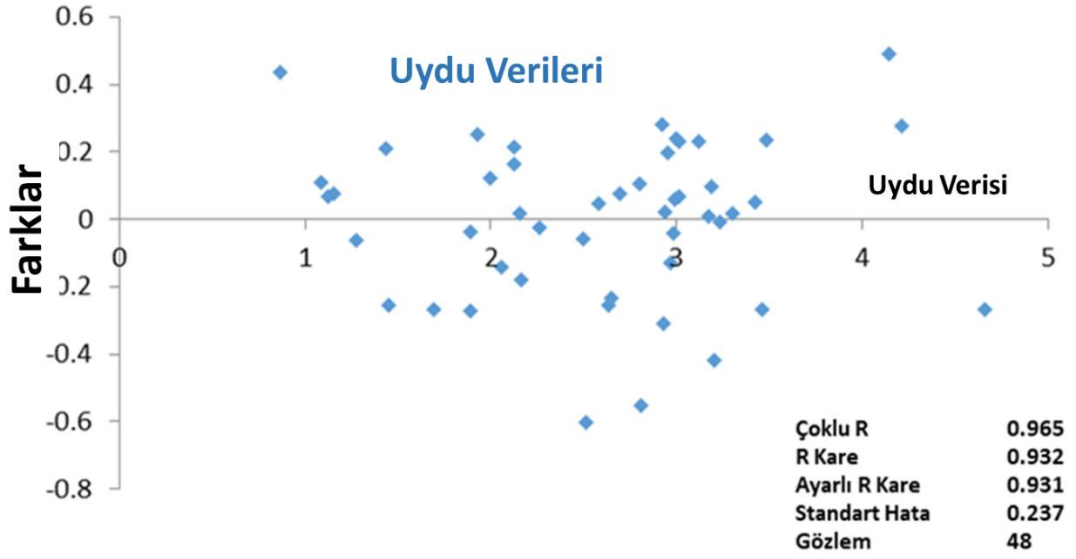


Şekil 4.10 : 42055 Şamandırası ile Jason 2 verilerinin regresyon analizi ve veri farklarının grafiği.

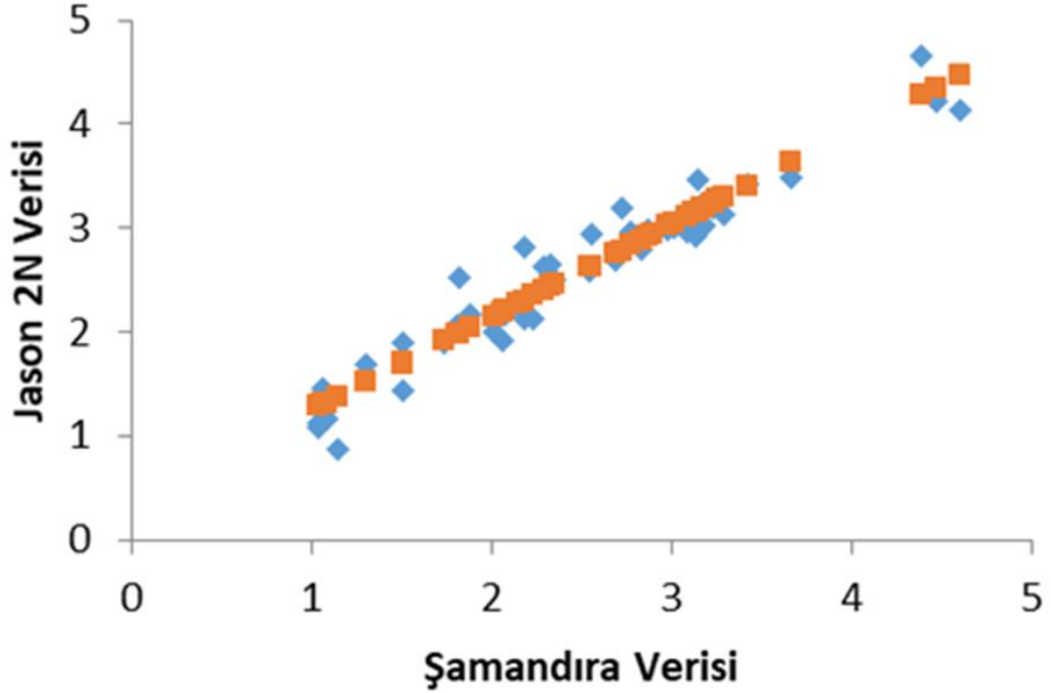


Şekil 4.11 : 42055 Şamandırası ve Jason 2N verilerinin uyum grafiği.

42055 istasyonu şamandıra verileri ile Jason2N Uydu verileri Regresyon Analizi sonuçların incelenmiş, R Kare ve Ayarlı (Düzeltilmiş) R Kare değerlerinin 0,951 çıkması nedeni ile uydu ve şamandıra ölçüm değerinin uyumlu olduğu sonucuna varılmıştır.



Şekil 4.12 : 46026 Şamandırası ve uydu verileri fark grafiği.



Şekil 4.13 : 46026 Şamandırası ve uydu verilerinin uyum grafiği.

46026 istasyonu şamandıra verileri ile Jason2N Uydu verileri Regresyon Analizi sonuçların incelenmiş, R Kare ve Ayarlı (Düzeltilmiş) R Kare değerlerinin 0,93'e yakın bir değer olduğu görülmüş, uydu ve şamandıra ölçüm değerinin uyumlu olduğu sonucuna varılmıştır.

Uydu verileri ve şamandıra verilerinin hem grafiksel hem de regresyon analizi ile karşılaştırmaları yapılmış ve her üç istasyonda da şamandıra verileri ile uydu verilerinin oldukça benzer olduğu görülmüştür. Seçilen istasyonlardan 41044

istasyonu Atlas Okyanusu açıklarında bulunduğundan ve okyanustaki ölçümleri, 42055 istasyonu Meksika Körfezinde bulunduğundan denizdeki ölçümleri, 46026 istasyonu ise kıyıya yakın konumda bulunduğundan kıyı bölgesi ölçüm sonuçlarını görmek açısından da seçilmişlerdir ve her üç şamandırada uzun süreli ölçümlerde uydu verilerinin güvenilirliğini doğrulamıştır. Çalışmanın bu kısmında olumlu sonuçlar alındığından dolayı Karadeniz’de de uydu verilerinin kullanılmasının uygun olduğu değerlendirilmiştir.

4.2 Çalışma Bölgesinin Belirlenmesi



Şekil 4.14 : Çalışma alanı (Open Street Map).

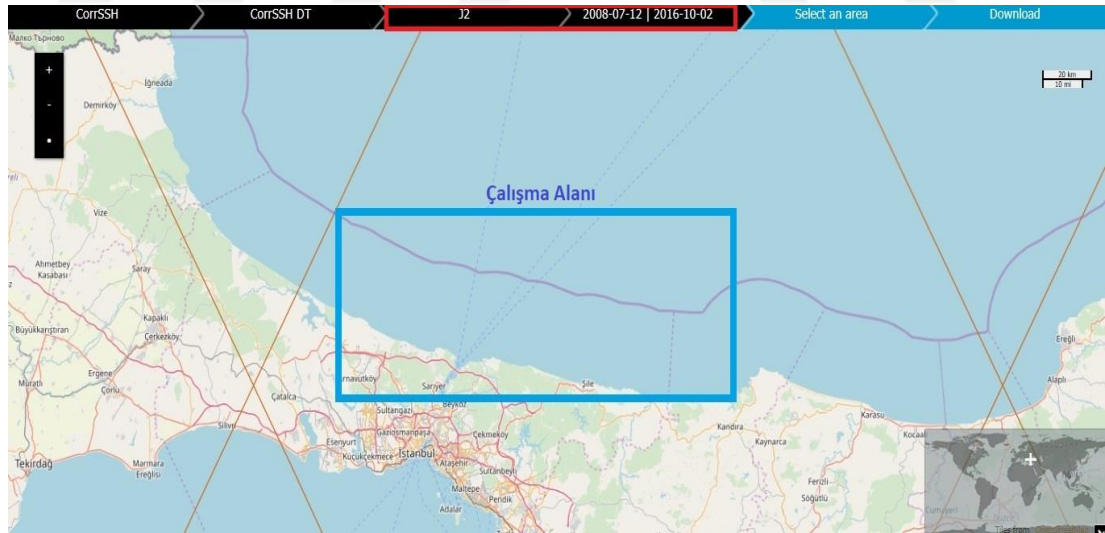
Çalışmanın temel amacı, Karadeniz’in İstanbul kıyalarına yakın bölgesinde oluşan dalga yüksekliklerini uydu verileri ile belirlemek ve dalga hareketinden elde edilebilecek olan dalga enerjisinin büyüklüğünü tespit etmektir. Çalışmanın ilk bölümünde Jason2 ve Jason2N uyduları ile toplanan veriler ile şamandıra – uydu verileri karşılaştırılmış, karşılaştırmanın olumlu sonuçları üzerine çalışma alanı verilerinin de uydular vasıtasıyla toplanabileceği sonucuna varılmıştır. Bu kapsamda çalışma bölgesinden geçen ve dalga yüksekliği verisi sağlayan tüm uydular incelenmiştir. İnceleme sonucunda çalışma bölgesi içerisinden geçen ve AVISO+ internet adresinden veri sağlanabilen uyduların HY-2A (H2) Uydusu, Jason2 (J2) Uydusu, Jason2N (J2N) Uydusu, SARAL (AL) Uydusu ve SARAL-D (AL-D) uyduları olduğu belirlenmiştir.

Belirlenen beş adet uydunun yörüngeleri ve veri topladıkları zaman aralıkları incelenmiş ve aşağıdaki şekiller ile gösterilmiştir.



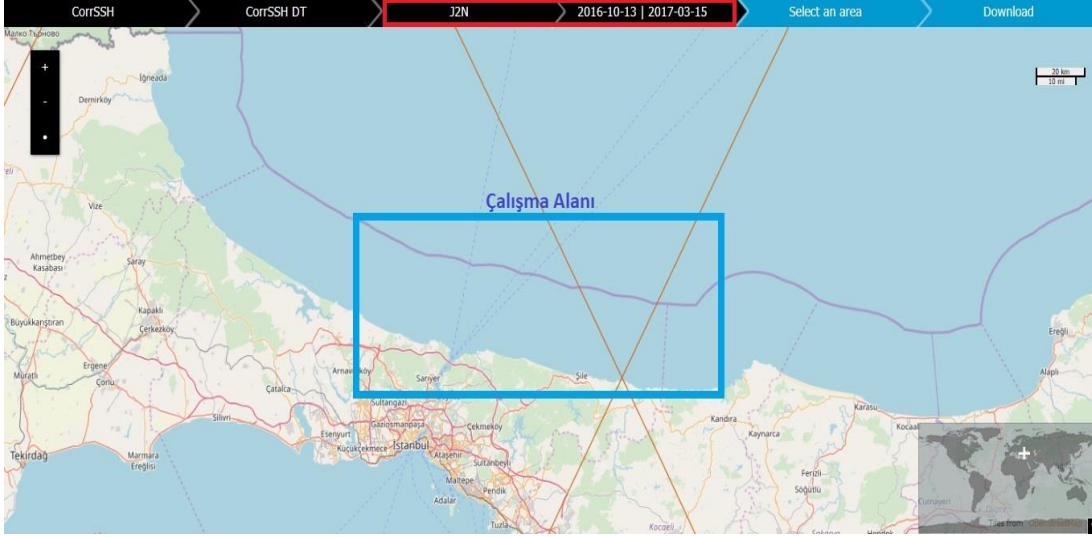
Şekil 4.15 : HY-2A (H2) Uydusunun yörüngesi ve çalışma alanı (AVISO+).

Şekil 4.15 de HY-2A Uydusunun yörüngesini ve bu yörüngeyi çalışma alanı içinde kalan kısmı gösterilmiştir. Uydu çizgilerle gösterilen yörünge boyunca ilerlemekte ve bu hat boyunca veri toplamaktadır. AVISO+ internet sitesinden HY-2A uydusunun 12.04.2014 ile 27.08.2017 tarihleri arasındaki verilerine ulaşılabilir.



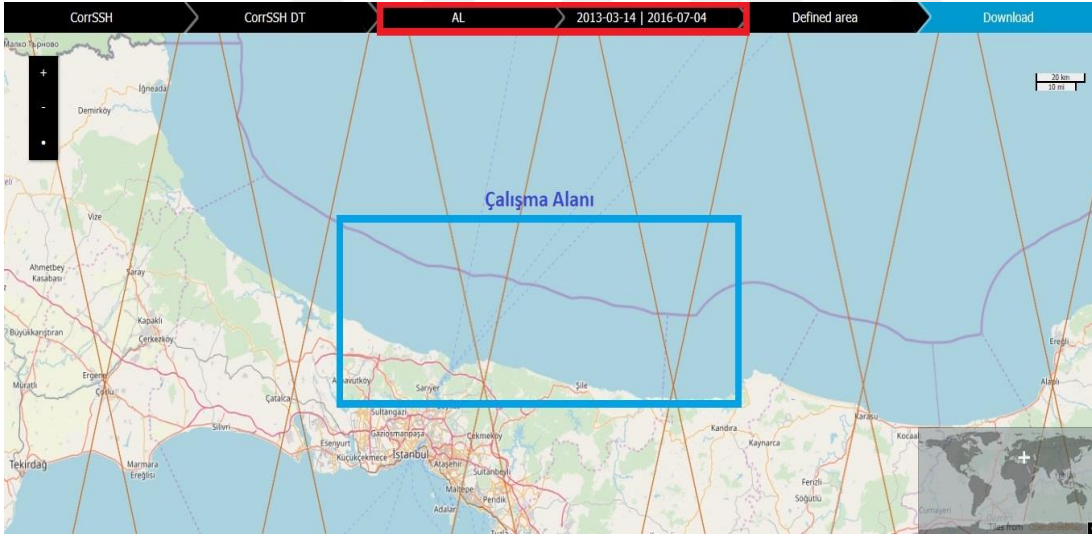
Şekil 4.16 : Jason2 (J2) Uydusunun yörüngesi ve çalışma alanı (AVISO+).

Şekil 4.16 Jason2 Uydusunun yörüngesini ve çalışma alanını göstermektedir. Şekil incelendiğinde uydunun veri toplanmak istenen bölgeden veri topladığı görülmektedir. AVISO+ internet sitesinden Jason2 uydusunun 12.07.2008 ile 02.10.2016 tarihleri arasındaki verilerine ulaşılabilir.



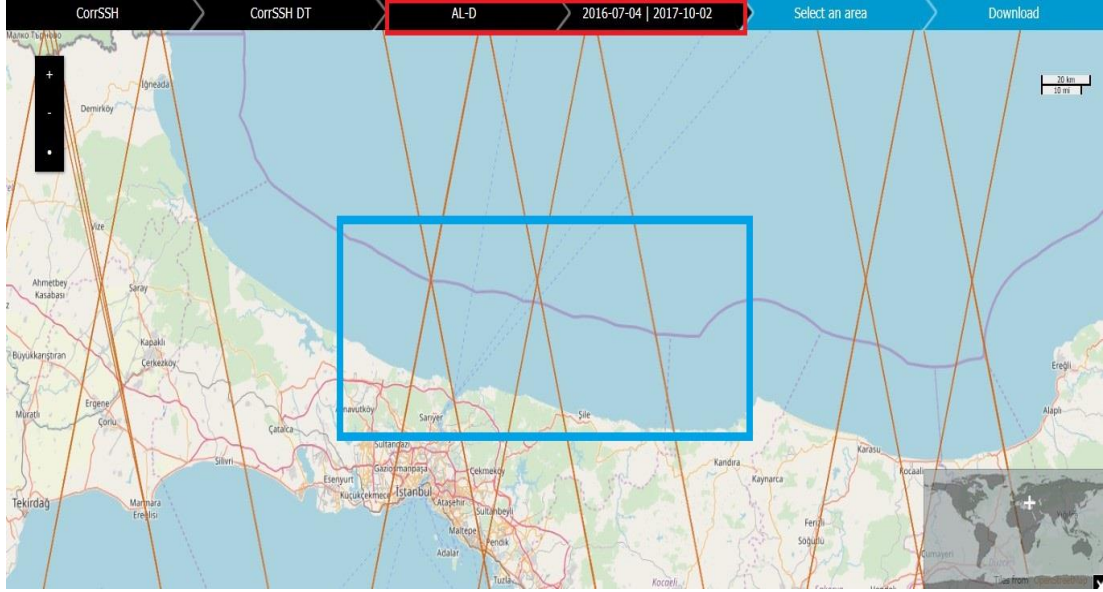
Şekil 4.17 : Jason2N (J2N) uydusunun yörüngesi ve çalışma alanı (AVISO+).

Şekil 4.17 Jason2N uydusunun yörüngesini ve çalışma alanını göstermektedir. Şekil incelendiğinde uydunun çalışma alanının belirli bir kısmından veri topladığı görülmektedir. AVISO+ internet sitesinden Jason2 uydusunun 13.10.2016 ile 15.03.2017 tarihleri arasındaki verilerine ulaşılabilir.



Şekil 4.18 : SARAL (AL) uydusunun yörüngesi ve çalışma alanı (AVISO+).

Şekil 4.18 SARAL uydusunun yörüngesini ve çalışma alanını göstermektedir. Şekil incelendiğinde uydunun çalışma alanının büyük bir kısmından veri topladığı görülmektedir. AVISO+ internet sitesinden SARAL uydusunun 14.03.2013 ile 04.07.2016 tarihleri arasındaki verilerine ulaşılabilir.



Şekil 4.19 : SARAL - D (AL-D) Uydusunun yörüngesi ve çalışma alanı (AVISO+).

Şekil 4.19 SARAL - D uydusunun yörüngesini ve çalışma alanını göstermektedir. Şekil incelendiğinde uydunun çalışma alanının büyük bir kısmından veri topladığı görülmektedir. AVISO+ internet sitesinden SARAL - D uydusunun 04.07.2016 ile 02.10.2017 tarihleri arasındaki verilerine ulaşılabilmektedir.

Uydu rotalarını ve çalışma alanını gösteren şekillerden her uydunun farklı bir yörüngesi olduğu ve buna bağlı olarak farklı hatlar boyunca veri topladıkları görülmektedir. Ayrıca uyduların hızlarına ve yörüngelerine göre veri bir bölgeden ikinci kez toplanana kadar geçen süre yani periyotları da değişmektedir. Bu parametrelere göre bir değerlendirme yapılarak çalışma alanı için en uygun uydu ya da uyduların seçimi için bir çalışma yapılması gerekebilir.

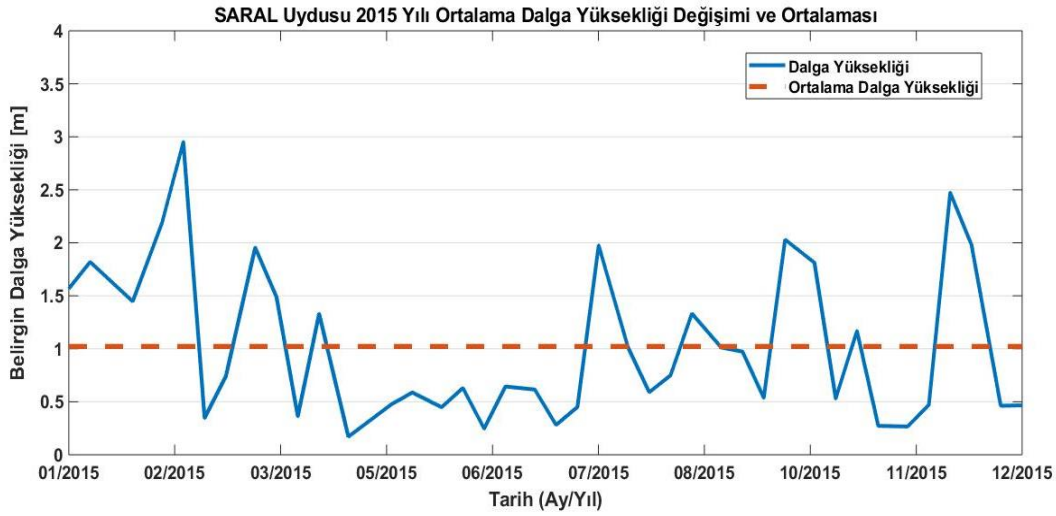
Uydu yörüngelerinin ve veri toplama aralıklarının incelenmesi sonucunda veri sağlayan uydulardan SARAL uydusunun çalışma bölgesi için en uygun uydu olduğuna karar verilmiştir. SARAL uydusu Şekil 4.18’de görüldüğü gibi, çalışma alanı içerisinde geçen en fazla hatta sahiptir. Veri sağlama süresi olarak incelendiğinde ise 2013 – 2016 yılları arasında ki yaklaşık kırk ay gibi bir süre ile veri sağlamaktadır. Bu durum SARAL uydusunun en uygun uydu olarak belirlenmesine sebep olmuştur. Dalga yüksekliklerinin ve dalga enerjisinin belirlenmesi çalışmasına SARAL Uydusu ile başlanmış, sonrasında tüm uydular için bir yıllık veya mümkün olan en süre olacak şekilde veri değerlendirmesi de yapılmıştır.

4.3 Verilerin İnternet Ortamından İndirilmesi ve Analizi

Çalışma alanının belirlenmesinden sonra uydu verileri temel veri kaynağımız olan AVISO+ internet sitesinden istenilen zaman aralıkları için netCDF formatında indirilmiştir. Bu aşamadan sonra indirilen verilerin format dönüşümleri yapılmış ve analiz yapmaya hazır hale getirilmiştir.

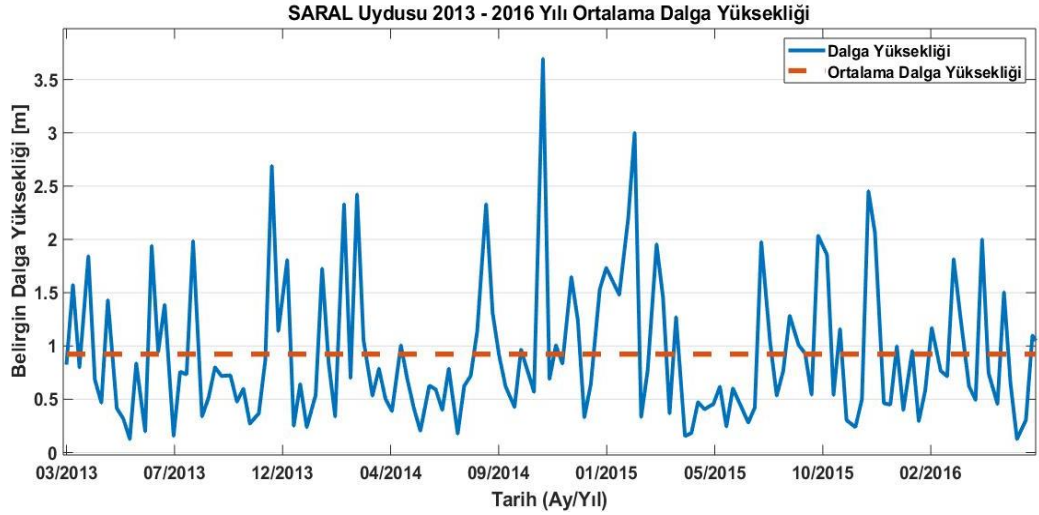
4.3.1 SARAL Uydusu verilerinin analizi

SARAL uydusunun verilerinden faydalanılarak bir yıllık değişimi görmek amacı ile 2015 yılının, daha uzun dönem içinse 2013 – 2016 yılları arasının belirgin dalga yüksekliği – zaman grafikleri çizilmiştir. Şekil 4.20’de 2015 yılına ait belirgin dalga yüksekliği değişim grafiği görülmektedir. Şekil 4.20 ve veri seti incelendiğinde, çalışma bölgesinde ortalama dalga yüksekliği değerinin 1,09 m, en düşük dalga yüksekliği değerinin nisan ayında 0,16 m ve en yüksek dalga yüksekliği değerinin ise ocak ayında 2,95 m olduğu görülmektedir.



Şekil 4.20 : Çalışma bölgesinin 2015 yılı için Hs - Zaman grafiği.

SARAL Uydusunun veri sağladığı tüm dönem olan Mart 2013 ile Temmuz 2016 arası dönem için çizilen grafik ise Şekil 4.21’de görülmektedir.



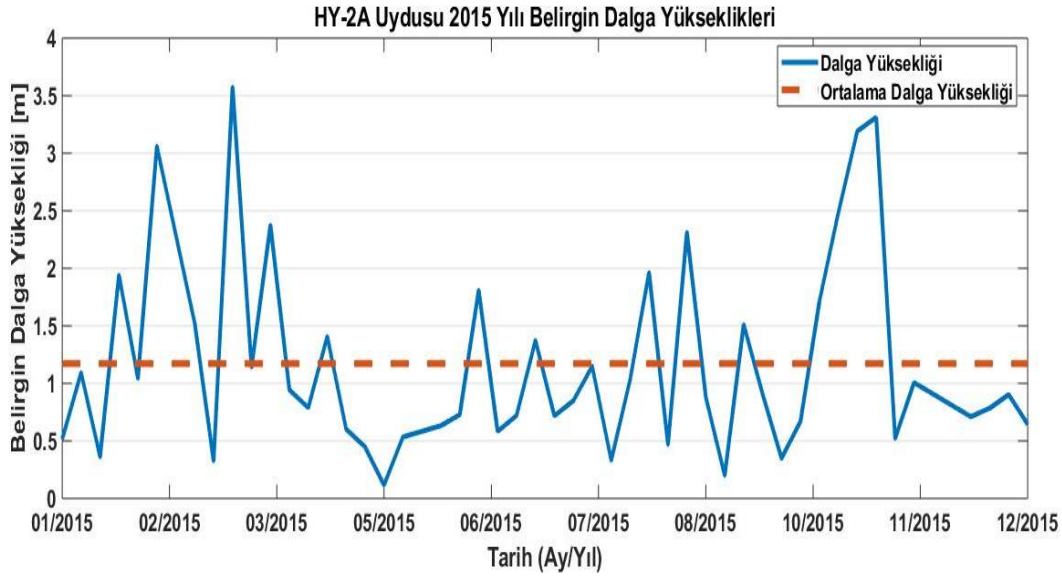
Şekil 4.21 : Çalışma bölgesinin 2013 - 2016 yılları arası Hs - Zaman grafiği.

Şekil 4.21 incelendiğinde çalışma bölgesinde belirgin dalga yükseklik değerlerinin 0,1 m ile 3,7 m arasında değiştiği anlaşılmaktadır. Ayrıca tüm verilerin aritmetik ortalaması alınmış ve ortalama belirgin dalga yüksekliği değeri 0,93 m olarak belirlenmiştir. Üç yıllık döneme bakıldığında e yüksek dalga yüksekliği değerinin 3,7 m olduğu, en düşük dalga yüksekliği değerinin ise 0,13 m olduğu görülmektedir.

4.3.2 HY 2A verisi analizleri

HY 2A Uydusu Çin Uzay Ajansı tarafından, oşinografik gözlem yapılması amacıyla fırlatılan ve 2011 yılından bu yana görev yapmakta olan ikinci nesil bir uydudur. Bir alan içerinden daha uzun zaman aralıkları ile daha fazla noktadan veri toplayabilmektedir.

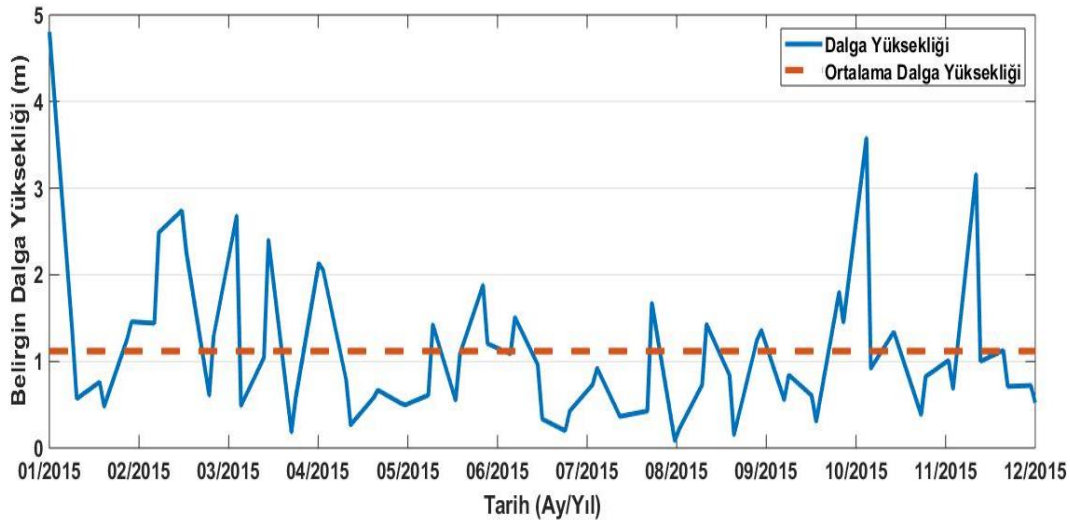
Şekil 4.22 incelendiğinde 2015 yılı boyunca HY-2A uydusu tarafından ölçülen belirgin dalga yüksekliği değerleri ve bu değerlerin ortalaması görülmektedir. 2015 yılı için ortalama dalga yüksekliğinin 1,17 m, en büyük dalga yüksekliği değerinin şubat ayı sonunda 3,58 m ve en küçük dalga yüksekliği değerinin ise mayıs ayı başında 0,12 m olduğu veri setleri ve grafiklerden belirlenmiştir.



Şekil 4.22 : Çalışma bölgesinin 2015 yılı Hs-Zaman grafiği.

4.3.3 Jason2 Uydusu verisi analizleri

Jason2 Uydusu daha önce bahsedildiği üzere CNES tarafından işletilen uydulardan biridir. Jason2 20 Haziran 2008 tarihinden bu yana oşinografik veri toplamakta olan bir uydudur. Jason 2'nin çalışma alanı içerisinde geçen bir yörüngesi olmadığından çalışma alanı dışında kalan en yakın veri noktalarının verileri ile analizler yapılmaya çalışılmıştır. Analiz sonucu 2015 yılı için ortalama dalga yüksekliği değeri 1,12 m, en büyük dalga yüksekliği değeri ocak ayı başında 4,80 m ve en küçük dalga yüksekliği değeri temmuz ayı sonunda 0,09 m olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.23 : Çalışma bölgesinin 2015 yılı Hs-Zaman grafiği.

4.3.4 Jason 2N Uydusu verisi analizleri

Jason 2 Uydusunun yeni parametrelerle ölçüm yapan versiyonu olan Jason 2N uydusu Kasım 2016'dan itibaren veri toplamaya başladığından dolayı, bir yıllık veri analizi yapılamamıştır. Bu nedenle tüm verilerin olduğu dönem olan Kasım 2016'dan Mart 2017'ye kadar olan dönemin veri analizi yapılmıştır. Bu dönemin kış aylarına denk gelmesi nedeni ile ortalama değer 1,43 m olarak bulunmuştur. En yüksek dalga boyu değeri 4,65 m ile ocak ayında, en düşük dalga boyu değeri ise 0,37 m ile mart ayı başında belirlenmiştir.



Şekil 4.24 : Çalışma bölgesinin Ekim 2016 – Mart 2017 dönemi Hs-Zaman grafiği.

4.3.5 SARAL - D Uydusu verisi analizleri

SARAL – D Uydusu da tıpkı Jason 2N gibi 2016 yılından itibaren veri toplamaya başlayan bir uydudur. Veri toplama dönemi Jason 2N ile örtüştüğünden dolayı, Jason 2N ile aynı zaman diliminde ki verileri üzerinde durulmuştur. Bu dönem için veriler incelendiğinde ortalama dalga yüksekliğinin 1,47 m olduğu, en yüksek dalga yüksekliği değerinin aralık ayı sonunda 7,35 m olduğu, en düşük dalga yüksekliği değerinin ise 0,18 m ile şubat ayı başlarında olduğu görülmüştür.



Şekil 4.25 : Çalışma bölgesinin Ekim 2016 – Mart 2017 dönemi Hs-Zaman grafiği.

4.3.6 Tüm uydu verilerinin karşılaştırılması

Çizelge 4.1 : Uydu verilerinin karşılaştırılması.

Uydu İsmi	Veri Dönemi	Ortalama Hs (m)	En Büyük Hs (m)	En Küçük Hs (m)
SARAL	2015 Yılı	1,09	2,95	0,16
HY-2A	2015 Yılı	1,17	3,58	0,12
Jason 2	2015 Yılı	1,12	4,80	0,09
Jason 2N	2016 -2017 Kış	1,43	4,65	0,37
SARAL-D	2016 -2017 Kış	1,47	7,35	0,18

Çizelge 4.1 de uydular tarafından ölçülen dalga yüksekliği değerlerinin bir karşılaştırması verilmiştir. Çizelge 4.1’de 2015 yılı için SARAL, HY-2A ve Jason 2 uydu verilerinin, 2016-2017 kış dönemi için ise Jason 2N ve SARAL- D uyduları arasında bir kıyaslama yapılabilmektedir. 2015 yılı için ortaya çıkan sonuçlar incelendiğine ortalama değerler ve en küçük değerlerin birbirlerine yakın olduğu, buna karşılık en büyük değerler arasında belirgin bir farklılık olduğu görülmektedir.

Jason 2N ve SARAL-D Uydularının 2016 – 2017 kış aylarını içeren verileri incelendiğinde ortalama değerlerin yakın olduğu, buna karşılık en küçük ve en büyük dalga yüksekliği değerlerinin ise birbirlerinden oldukça farklı olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.2 : Örnek uydu verisi seti (SARAL).

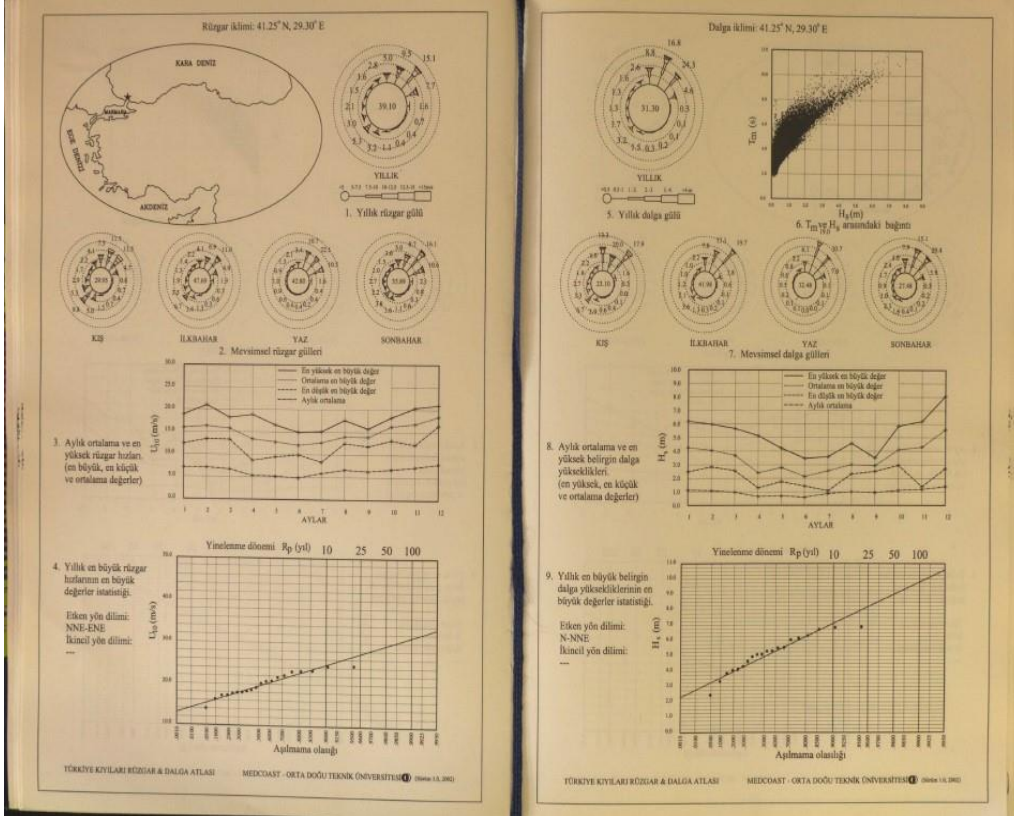
Boylam	Enlem	Tarih	Dalga Yüksekliği (m)
28.676140	41.623104	5.01.2015 16:39	1.555
28.655444	41.562336	5.01.2015 16:39	1.507
28.634779	41.501566	5.01.2015 16:39	1.647
28.614144	41.440793	5.01.2015 16:39	1.561
29.188425	41.328005	13.01.2015 03:36	2.039
29.167853	41.388757	13.01.2015 03:36	2.000
29.147252	41.449506	13.01.2015 03:36	1.824
29.126619	41.510252	13.01.2015 03:36	1.764
29.105957	41.570995	13.01.2015 03:36	1.722
29.085264	41.631735	13.01.2015 03:36	1.570

Aynı bölgede ve aynı yıl yada dönem içerisinde çalışma yapıldığında, ortalama dalga yüksekliği değerlerinin benzer olması fakat uç değerlerde farklılıklar olması beklenen bir sonuçtur. Uydular aynı alan içerisinden farklı zamanlarda geçmektedirler. Ayrıca uyduların yüksek hızlarından dolayı, çalışma bölgesinden çok kısa süre içerisinde geçip gitmektedirler. Çalışma alanına ait örnek bir veri seti Çizelge 3-2 de görülmektedir. Çizelge 3-2 incelendiğinde 05.01.2015 saat 16.39’da çalışma bölgesine giren uydu, yine aynı dakika içerisinde çalışma bölgesini terk etmiştir. Tüm dünya çevresini dolaşan uydu yaklaşık 8 gün sonra tekrar çalışma bölgesine girmiş ve yörüngesi boyunca veri alarak aynı dakika içerisinde çalışma bölgesinden ayrılmıştır. Görüldüğü üzere uydu 8 gün boyunca çalışma bölgesinden veri almamış, bu süre zarfında gerçekleşen dalga büyüklüklerini ölçmemiştir. Bu süre aralığında çalışma bölgesinden geçen başka bir ölçüm uydu ise bu zaman aralığına ait olan verileri toplamıştır. Bu nedenle veri alınamayan aralıkta oluşabilecek bir uç değer bir uydu tarafından tespit edilebilirken, diğer uydu tarafından tespit edilemeye bilmektedir. Bu nedenlerden dolayı uç değerlerde farklılıklar olması beklenen bir sonuçtur.

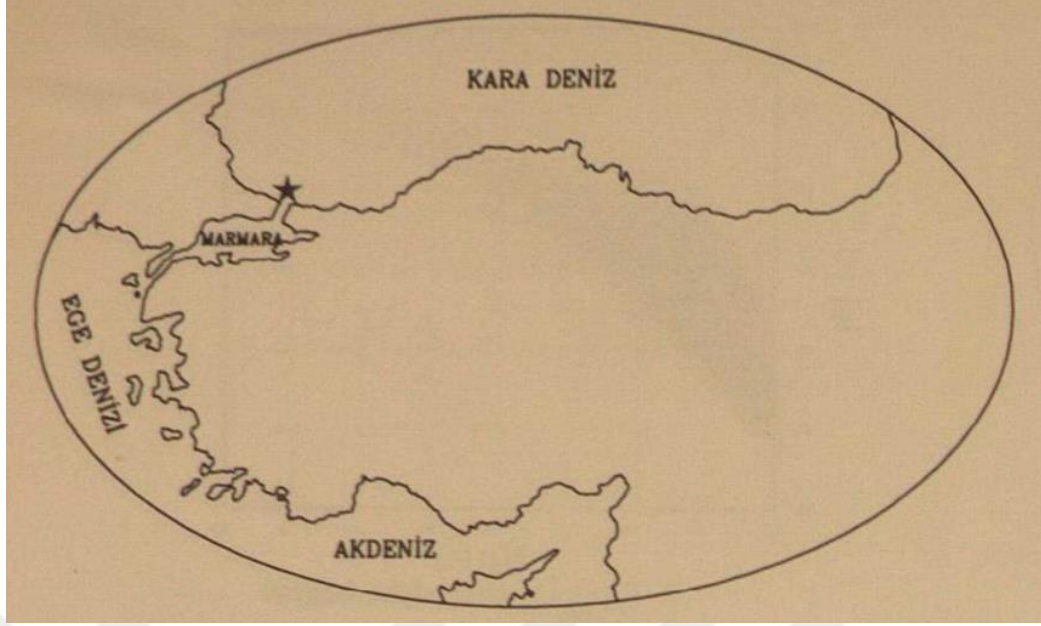
4.3.7 Çalışma bölgesinde yapılan diğer çalışmalar

Elde edilen sonuçların doğruluğu hakkında fikir sahibi olmak adına farklı bir kaynak olan ‘Türkiye Kıyıları Rüzgâr ve Derin Deniz Dalga Atlası’ incelenmiştir. Atlas’ta verilen değerler Şekil 4.26 ve 4.27 ve 4.28’de görülmektedir. İlgili şekiller ve şekilde

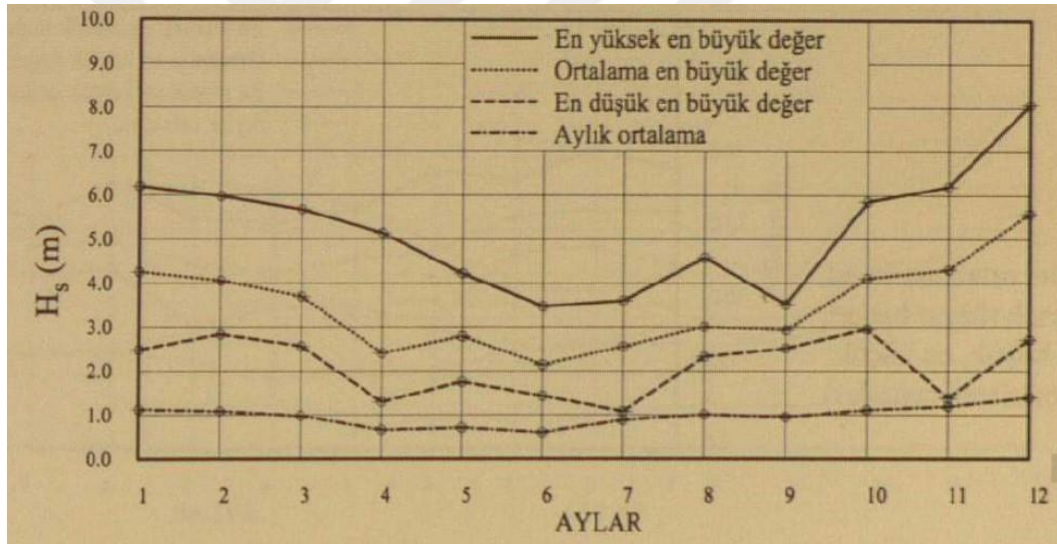
verilen grafikler incelendiğinde, dalga yüksekliği değerlerinin bahar sonu ve yaz başında en düşük değerlerde olduğu görülmektedir. Ayrıca yine aynı şekillerde belirgin dalga yüksekliği ortalama değerinin 1 m civarında olduğu görülmektedir. Bu sonuçlar uydu verilerinin doğruluğunu çalışma bölgesi içinde göstermektedir (Özhan ve Abdalla, 2002).



Şekil 4.26 : Türkiye Kıyıları Rüzgâr ve Derin Deniz Atlas'ında ki çalışma bölgesi değerlendirmesi (Özhan ve Abdalla, 2002).



Şekil 4.27 : 'Türkiye Kıyıları Rüzgar ve Derin Deniz Dalga Atlası' ölçüm bölgesi (Özhan ve Abdalla, 2002).



Şekil 4.28 : 'Türkiye Kıyıları Rüzgar ve Derin Deniz Dalga Atlası' çalışma bölgesi için belirgin dalga yüksekliği değerleri (Özhan ve Abdalla, 2002).

4.4 Dalga Gücü ve Enerjisi

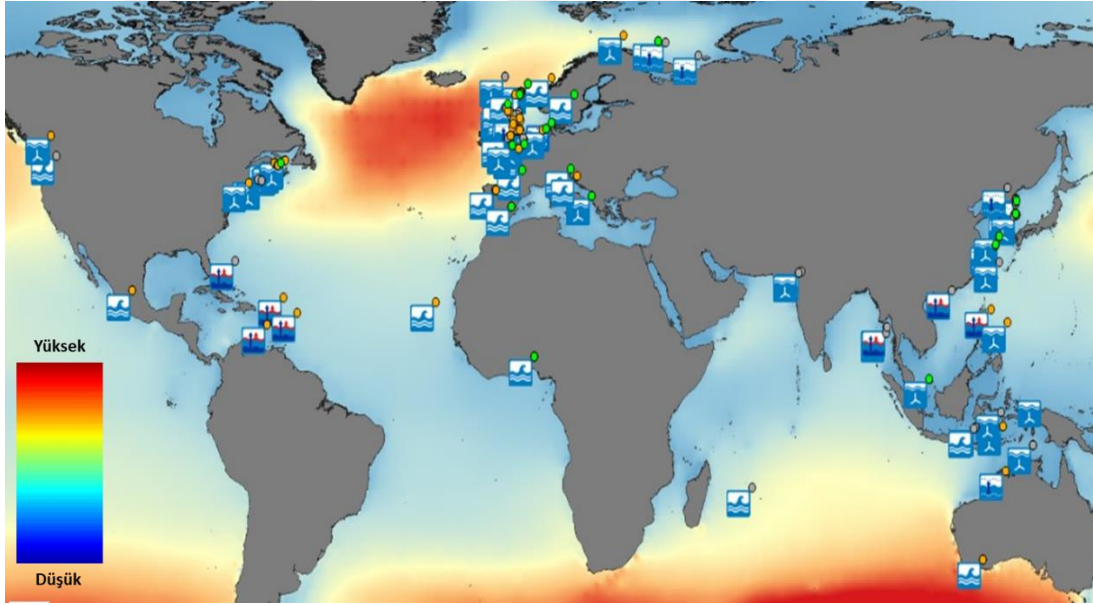
Enerjiye olan talebin giderek artması nedeni ile yenilenebilir temiz enerji kaynaklarından faydalanılma isteği dünyada olduğu gibi ülkemizde de giderek artmaktadır. 2023 yılı itibarı ile Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilmesi planlanan enerji değerleri incelendiğinde ulaşılan sonuçlar Çizelge 4.1 ‘de görülmektedir (Karagöl ve Kavaz, 2017)

Çizelge 4.3 : Türkiye'de 2023 yılında üretilmesi beklenen güç miktarları.

Hidroelektrik	Rüzgâr	Güneş	Jeotermal	Biyokütle
34.000 MW	20.000 MW	5.000 MW	1.000 MW	1.000 MW

Çizelge 4.3 de görüldüğü üzere yenilenebilir enerji kaynaklarından Hidroelektrik enerjisinin üretimde ilk sırada olacağı, onu rüzgâr, güneş, jeotermal ve biyokütlenin izleyeceği tahmin edilmektedir. Çizelgeden Türkiye'nin yakın zamanlı planlarında dalga enerjisinden faydalanmanın olmadığı görülmektedir.

Dünya da dalga enerjisini kullanımı incelendiğinde ise, Okyanuslara kıyısı olan ülkelerinin dalağa enerji tesisleri kurdukları ve bu enerjiden faydalandıkları görülmektedir. Şekil 4.29 dünya denizlerindeki dalga enerjisi potansiyelini ve hali hazırda kurulu olan dalga enerjisi üretim tesislerini göstermektedir (Url-9).



Şekil 4.29 : Dünya dalga gücü değerleri ve dalga enerjisi üretim bölgeleri.

Dünya üzerinde ilk ticari dalga enerjisi üretim tesisi Islay LIMPET, Birleşik Krallık 'da 2000 yılında faaliyete geçmiştir (Pelc ve Fujita, 2002). Kıyıda kurulan bu ilk dalga enerjisi üretim tesisi maksimum 500 KW güç üretebilmekte idi (Pelc ve Fujita, 2002). Kurulan ilk tesisten sonra Birleşik Krallık 'ta dalga enerjisi üretim tesislerinin kurulmasına devam edilmiştir. Bu kapsamda Birleşik Krallığın deniz kaynaklı enerji üretim miktarı 2017 yılında rekor kırarak 4 GWh 'e ulaşmış bulunmaktadır (Url-10). Birleşik Krallık' ta ki bu artışın tüm dünyada devam edeceği tahmin edilmektedir. Uluslararası Enerji Ajansı Okyanus Enerji Sistemleri (IEA-OES) en iyi durum senaryosuna göre Dünya'da 2050 yılında Dalga enerjisi üretim miktarının 190 GW

olacağı tahmin edilse de, ulaşılmak istenen hedef tüm Dünya’da 500 GW olmasıdır. Avrupa ülkeleri için ise 2020 yılına kadar dalga enerjisi kurulu gücünün 10 GW’a, 2030 sonuna kadar 16 GW’a, 2050 yılına kadar ise 100 GW’a ulaşarak Avrupa ülkeleri elektrik talebinin % 15’ini karşılayacağı tahmin edilmektedir. Tüm dünyada okyanus enerji sistemlerine bugüne kadar 600 milyon Euro yatırım yapılmıştır. Bu yatırımlar Uluslararası Enerji Ajansına göre artarak devam edecektir (European Comission, 2014).

Şekil 4.29 incelendiğinde dalga enerjisi üretim tesisleri okyanusa kıyısı olan ülkelerde yoğunlukta olduğu görülmekte ise de, gelişen teknoloji ve enerji ihtiyacı nedeni ile denizlere de kurulmaya başlanmıştır. Türkiye’nin de bulunduğu bölge olan Akdeniz bölgesini incelediğimizde, İtalya ve Fransa’nın, Akdeniz’de dalga enerjisi üretim tesisleri kurdukları Şekil 4.30’da görülmektedir. Fransa’da bulunan bir test ve araştırma merkezi, İtalya’da akıntı ve dalga enerjisi üretim tesisleri hali hazırda kurulu durumdadır (Url-10).



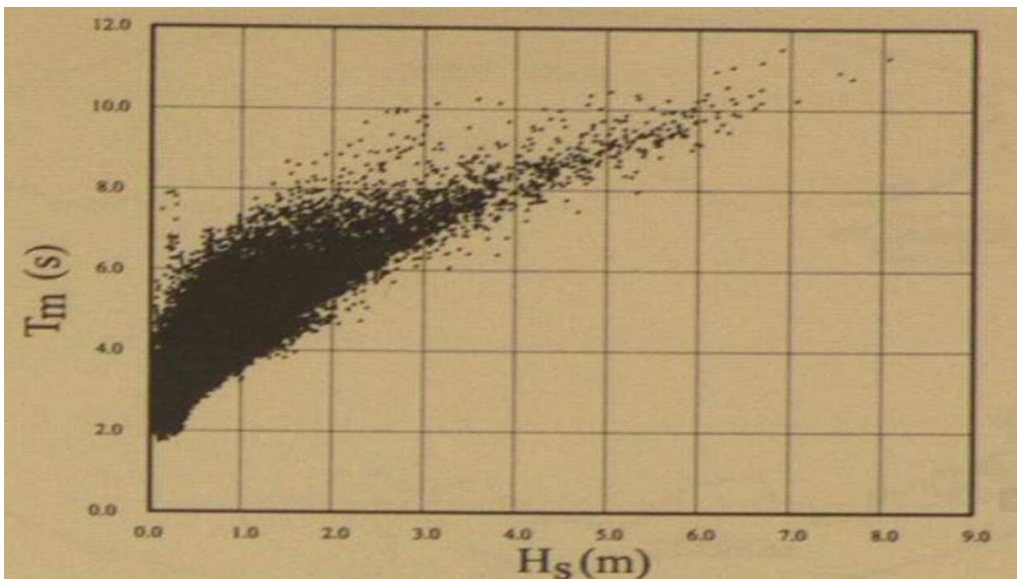
Şekil 4.30 : Akdeniz’de bulunan dalga ve akıntı enerjisi üretim tesisleri (Url-9).

4.4.1 Çalışma bölgesi için SARAL Uydu verileri ile dalga gücü ve enerjisi

Dalga enerjisi büyüklüğünün hesaplanması için yapılan çalışmalar incelendiğinde birden çok hesaplama yöntemi ve matematiksel denklem olabildiği, bunun nedeninin de hesaplama yapılmak istenen konuma göre hesaplama yönteminin ve matematiksel denklemin de değişebilmesinden kaynaklı olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle uygun matematiksel denklemin belirlenmesi için yapılan araştırma sonucu, Aydoğan B. Ayat B. Yüksel Y. tarafından yapılan “Black Sea wave energy atlas from 13 years hindcasted wave data” çalışmasında Karadeniz için belirlenen 3.1 denkleminin kullanılmasına karar verilmiştir. İlgili çalışmada, European Center for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) tarafından sağlanan veriler ile çalışma yapılmış ve Karadeniz için dalga gücü denklemi 3.1’de ki gibi tanımlanmıştır (Aydoğan ve diğ., 2013).

$$\text{Dalga Gücü} = P = (\rho \cdot g^2) / (64 \cdot \pi) H_s^2 \cdot T_e = 0.49 H_s^2 \cdot T_e \text{ kW/m} \quad (4.1)$$

İlgi çalışmada belirtilen Dalga Enerjisi denkleminde değişkenler dalgaların belirgin yüksekliği (H_s) ve Dalga Periyodu (T_e) dur. Uydu verilerinden Belirgin Dalga Yükseklikleri belirlenmiştir fakat dalga periyodu değerleri ise uydu verileri içerisinde bulunmamaktadır. Dalga periyotlarının belirlenebilmesi amacıyla Karadeniz’de Belirgin Dalga Yüksekliğinin, Dalga Periyodu değerleri ile nasıl değiştiği araştırılmış ve “Türkiye Kıyıları Rüzgâr ve Derin Deniz Dalga Atlası” incelendiğinde iki değer arasında bir ilişki olduğu görülmüştür (Şekil 4.31).



Şekil 4.31 : Çalışma alanı için H_s - T_m grafiği (Türkiye Kıyıları Rüzgâr ve Derin Deniz Atlası).

Şekil 4.31’de verilen H_s - T_m değerlerinin oluşturduğu grafiğin matematiksel ifadesi araştırılmış ve Karadeniz için dalga periyodu ile belirgin dalga yüksekliği arasındaki ilişkinin matematiksel ifadesinin 4.2’de ki gibi olduğu görülmüştür (Yüksel ve diğ.).

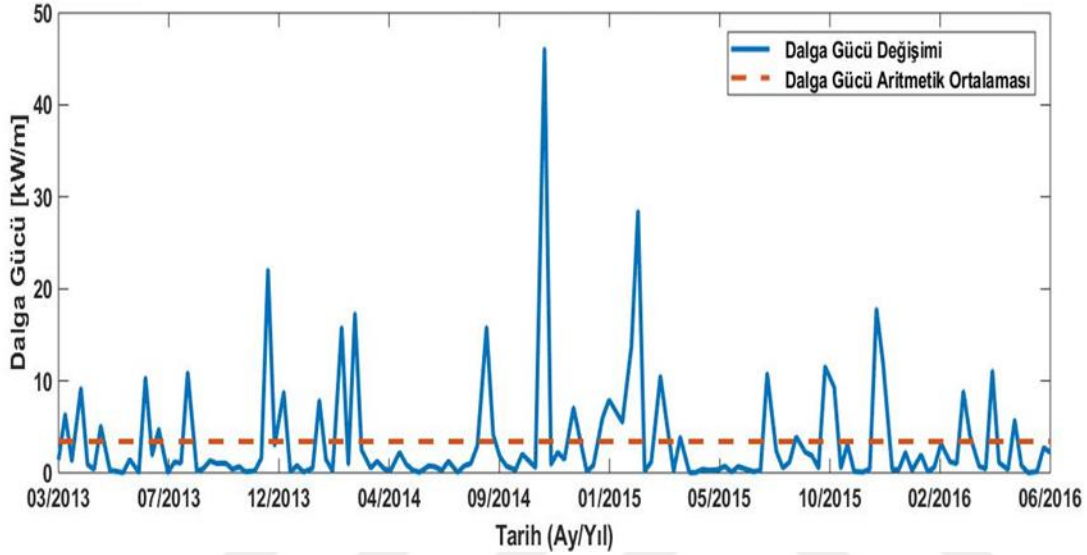
$$T = 4,5125 \cdot H_s^{0,3235} \quad (4.2)$$

Tablo 4.1 : 2015 yılı için SARAL uydu verileri ile bulunan güç değerleri.

Tarih	H_s (m)	T (s)	Güç (kW/m)
05.01.2015	1.568	5.219	6.283
13.01.2015	1.820	5.477	8.888
29.01.2015	1.447	5.085	5.213
09.02.2015	2.188	5.814	13.640
17.02.2015	2.952	6.404	27.341
16.03.2015	1.954	5.604	10.485
24.03.2015	1.488	5.132	5.570
9.04.2015	1.330	4.949	4.290
14.05.2015	0.588	3.800	0.643
25.05.2015	0.448	3.481	0.343
02.06.2015	0.631	3.887	0.758
29.06.2015	0.615	3.856	0.715
15.07.2015	0.451	3.487	0.347
23.07.2015	1.976	5.625	10.767
03.08.2015	1.013	4.532	2.280
27.08.2015	1.333	4.952	4.310
07.09.2015	1.012	4.531	2.275
15.09.2015	0.973	4.473	2.075
01.10.2015	2.029	5.674	11.450
12.10.2015	1.812	5.469	8.801
28.10.2015	1.168	4.745	3.172
24.11.2015	0.471	3.538	0.385
02.12.2015	2.473	6.048	18.117
10.12.2015	1.981	5.629	10.819
21.12.2015	0.462	3.515	0.368

Tablo 4.1 de 2015 yılında, çalışma bölgesinde SARAL uydu verilerinden elde edilen SWH değerleri ve 4.1, 4.2 denklemleri ile elde edilen T ve P değerleri örnek olarak görülmüştür. Görüldüğü üzere uydunun geçtiği anda ki dalga yüksekliğine bağlı olarak güç değeri de değişmektedir.

Uydunun veri sağladığı 2013 – 2016 arası için P değerlerinin zamana karşı grafiği ise Şekil 4.32 de verilmiştir.



Şekil 4.32 : 2013 - 2016 dönemi SARAL uydu verileri ile belirlenen dalga gücü grafiği.

Uydu verilerinden üretilen dalga gücü değerlerinin aritmetik ortalaması alındığında ise ulaşılan yaklaşık değer: $P_{ort} = 3,41$ kW/m olarak belirlenmiştir.

Daha önceki çalışmalarda çalışma bölgesinin dalga gücü potansiyelinin en düşük beklentide hesabında yaklaşık 2 kW/m, en yüksek beklenti hesabında ise yaklaşık 8 kW/m olarak belirlenmiştir. Bu kapsamda ulaşılan sonucun beklenen aralıkta olduğu değerlendirilmektedir (Sağlam ve diğ., 2010).

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, uzaktan algılama sistemlerinin öneminin gösterilmesi amacıyla, günümüzün önemli konularından biri olan enerji ihtiyacının karşılanmasına yönelik olarak dalga yüksekliği ölçümü konusu ele alınmıştır. Günümüzde çeşitli amaçlar ile dünya üzerinde gözlem ve ölçümler yapılmaktadır ve bu yöntemler teknolojinin gelişmesi ile her geçen gün daha güvenilir ve hassas olmaya başlanmıştır. Bu çalışma, yapılacak ölçüm ve gözlemlerde uydu sistemlerinin kullanılabilirliği hakkında fikir vermektedir.

Bu çalışmada dalga yüksekliği ölçümü ile enerji potansiyelinin belirlenmesi amaçlansa da, dalga yüksekliğinden farklı olan birçok parametre günümüzde uydular tarafından belirlenebilmekte ve bilimsel çalışmalarda kullanılabilir. Uydular sayesinde ortam koşullarından bağımsız olarak veri sağlanabilmekte ve bu sayede zorlu çevre koşullarında ölçüm yapabilme olanağı sağlanabilmektedir.

Uydular ile veri toplamanın birçok avantajı olsa da bazı eksik kaldıkları noktalar da bulunmaktadır. Bunlardan bu çalışma sırasında karşılaşılan bir eksiklik, veri toplama zamanının ve yerinin ihtiyaca göre belirlenememesidir. Bu çalışmada da veri sağlanan uydular dünya etrafında belirli bir periyotta dönmekte olduklarından dolayı veri topladıkları bölge ve zaman kısıtlı olmaktadır. Görülmüştür ki uydular, periyot sürelerine bağlı olarak beş gün ya da daha uzun bir periyotta veri toplamakta ve çalışma bölgesinden çok hızlı geçmelerinden dolayı çok kısa bir süre boyunca veri toplayabilmektedirler. Bu durum, uzun süreli analizlerde önemsenmeyecek büyüklükte hatalara neden olsa da kısa süreli analiz yapılması durumunda doğru sonuçların alınamamasına neden olabilir.

Bu durumda uyduların ana veri sağlayıcısından ziyade, destekleyici veri sağlayıcı sistemler olarak tanımlanması daha doğru olabilir. Bunun yanında her geçen gün veri toplama kabiliyetleri artan uyduların gelecekte çok daha iyi sonuçlar verebileceği kuşku götürmez bir gerçektir. Bu konu da Türkiye'nin daha fazla çalışma yaparak yeni

ve kendi ihtiyaçlarına uygun uydulara sahip olması, enerji alanında olduğu gibi bilimsel altyapı gerektiren diğer alanlarda da ön plana çıkmasına sebep olacaktır.

Bu çalışmada ortaya çıkan bir diğer sonuçta, uyduların kombine kullanımının önemidir. Uyduların aynı bölgeden farklı zamanlarda geçmesi, aynı bölge için tüm uydu verilerinin aynı anda kullanılabilceğini düşündürmektedir. Bu kapsamada daha büyük boyutlu bir çalışma ile tüm denizlerimiz dalgalar enerjisi potansiyeli ortaya konabilir.

Çalışma sonuçları dalga gücü açısından incelendiğinde, Türkiye'nin Batı Karadeniz kıyılarının dalga gücü potansiyeli, dünyada hlihazırda faal olan tesislerin bulunduğu ve dalga gücünü enerjiye çevrildiği bölgelere kıyasla düşük kaldığı belirlenmiştir. Fakat dalga gücünün kullanım tarihçesine bakıldığında, dalgadan enerji elde etme faaliyetlerinin 1970'li yıllarda yaşanan petrol krizi ile başladığı görülmektedir. Bu da uzunca bir süre ihtiyaç duyulmadığı için önemsenmeyen enerji kaynaklarının, ihtiyaç halinde kullanılmak zorunda kalınacağına bir örnektir. İlk kurulduklarında görece az enerji üreten sistemler, şu anda kat be kat fazla enerji üretebilmektedirler. Türkiye'nin de gelecek de kullanımına yönelik olarak, dalga enerjisi üretimi için en uygun yerleri belirlemesinin gerekli olduğu yadsınamaz bir gerçektir. Gelecekte daha da geliştirilecek sistemler ile daha yüksek enerji retilbilecek, bu da enerji ihtiyacının karşılanmasında dalga enerjisinin etkin bir rol oynamasını sağlayacaktır.

Çalışma bölgesi için 1 m'lik dalga enerjisini sahip olduğu enerji potansiyeli yıllık olarak yaklaşık 30 MWh olmaktadır. Türkiye için kişi başına yıllık elektrik tüketim değeri ise ortalama 2862 kWh olarak verilmektedir. Bu durumda çalışma bölgesinde 1 m'lik dalga enerjisinin 10 kişinin bir yıllık elektrik ihtiyacını karşılayabileceği görülmektedir. Kullanılan dalga enerjisi alanına bağlı olarak dalga enerjisi potansiyeli de artmaktadır. Enerjiye duyulan ihtiyacın boyutları her geçen gün artarken çok yakın bir gelecekte dalga enerjisinin bu ihtiyaı karşılamada aranan yöntemlerden biri olacağı oldukça açıktır.

KAYNAKLAR

- Ainsworth** (2006). When Do Ocean Waves Become 'Significant'? A Closer Look at Wave Forecasts, *Mariners Weather Log*, Vol. 50, No. 1, April 2006
- Appunn, K & Bieler, F & Haas, Y & Wettengel, J** (2019). Germany's energy consumption and power mix in charts,
- Aydoğan, B. Ayat, B. Yalçın, Y.** (2013). "Black Sea wave energy atlas from 13 years hindcasted wave data", *Renewable Energy*, Volume 57, September 2013, Pages 436-447.
- European Comission**, (2014). 12 - *Uluslararası Avrasya Sosyal Bilimler Dergisi* Yıl: 5, Cilt: 5, Sayı: 17 Sayfa: 75.
- EÜAŞ.** (2017). *Elektrik Üretim Sektör Raporu*, Elektrik Üretim Anonim Şirketi Strateji Geliştirme Dairesi Başkanlığı Stratejik Planlama Müdürlüğü, Mayıs 2018
- İAE** (2017). Key World Energy Statistics 2017 s, 7 International Energy Agency, <<https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld2017.pdf>> erişim tarihi 10.04.2019
- Karagöl, E.T., Kavaz, İ** (2017). Dünyada ve Türkiye'de Yenilenebilir Enerji, Siyaset, Ekonomi Ve Toplum Araştırmaları Vakfı, *Analiz*, S.197, Nisan 2017
- Özhan, E. ve Abdalla, S.** (2002). "Türkiye Kıyıları Rüzgar ve Derin Deniz Atlası", *Kıyı Alanları Yönetimi Türk Milli Komitesi / MEDCOAST*, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara, Haziran 2002, 445 sayfa.
- Pelc, R., Fujita, R.M.** (2002). Renewable Energy From the Ocean, *Marine Policy* 26 (2002) 471-479
- Polat, S& Şekerci, H** (2012). Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Konumu Ve Gelecek Hedefleri <http://www.emo.org.tr/ekler/c7d4b893c29b329_ek.pdf> Erişim Tarihi: 09.04.2019.
- Sağlam, M., Sulukan, E. ve Uyar, T., S.** (2010). Wave Energy and Technical Potential of Turkey, *Journal of Naval Science and Engineering*, 6 (2) 34-50
- Yüksel, Y. & Çevik, E. & Aydoğan, B. & Arı, A. & Saraçoğlu, K.E. & Alpli, R. & Bekar, B.** Türkiye Denizleri Dalga İklim Modeli Ve Uzun Dönem Dalga İklim Analizi,
- Url-1** <http://www.mfa.gov.tr/turkiye_nin-enerji-stratejisi.tr.mfa> erişim tarihi 05.04.2019.
- Url-2** <http://www.mfa.gov.tr/turkiye_nin-enerji-stratejisi.tr.mfa> erişim tarihi 09.04.2019.
- Url-3** < <http://www.altimetry.info/radar-altimetry-tutorial/how-altimetry-works/>> erişim tarihi 10.04.2019.

- Url-4** < <http://www.altimetry.info/missions/current-missions/>> erişim tarihi 09.04.2019.
- Url-5.** <<http://www.altimetry.info/radar-altimetry-tutorial/how-altimetry-works/basic-principle/>> erişim tarihi 16.04.2019.
- Url-6.** <https://en.wikipedia.org/wiki/Jason-1#cite_note-1> erişim tarihi 16.04.2019
- Url-7.** < <http://www.altimetry.info/missions/>> erişim tarihi 16.04.2019.
- Url-8** <<http://www.alternative-energy-tutorials.com/wave-energy/>> erişim tarihi 16.04.2019
- Url-9** <(<https://www.ocean-energy-systems.org/ocean-energy-in-the-world/gis-map/>)> erişim tarihi 16.04.2019
- Url-10** <<https://marineenergy.biz/2018/03/29/tidal-wave-generate-4gwh-in-a-record-year-for-uk-renewables/>> erişim tarihi 16.04.2019

ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Mehmet Cihan AKTAŞ
Doğum Tarihi ve Yeri : 01.01.1980 Ankara
E-posta : aktasmehm@itu.edu.tr

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans:** 2007, Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Fizik Mühendisliği Bölümü
- **Yüksek Lisans:** 2019, İstanbul Teknik Üniversitesi, Bilişim Enstitüsü, Bilişim Uygulamaları Anabilim Dalı, Coğrafi Bilgi Teknolojileri Programı