



**METEOROLOJİK PARAMETRELERİN DENİZ SUYU SEVİYESİ
DEĞİŞİMLERİNE ETKİSİ**

Erhan COŞKUN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE BİLİMLERİ ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ŞUBAT 2019

Erhan COŞKUN tarafından hazırlanan “METEOROLOJİK PARAMETRELERİN DENİZ SUYU SEVİYESİ DEĞİŞİMLERİNE ETKİSİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi Çevre Bilimleri Ana Bilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Lale BALAS

İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Başkan: Prof. Dr. A. Çağlan GÜNAL

Biyoloji Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Aslı NUMANOĞLU GENÇ

İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Atılım Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Tez Savunma Tarihi: 15/02/2019

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Prof. Dr. Sena YAŞYERLİ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Erhan COŞKUN

15/02/2019

METEOROLOJİK PARAMETRELERİN DENİZ SUYU SEVİYESİ DEĞİŞİMLERİNE ETKİSİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Erhan COŞKUN

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Şubat 2019

ÖZET

Türkiye kıyısız su kütlelerinde oluşan seviye değişimleri üzerinde gelgit etkisi azdır. Bu nedenle Türkiye kıyılarında deniz suyu seviye değişimleri, hava basıncı ve rüzgar parametrelerinin değişimlerinden büyük ölçüde etkilenmektedir. Bu çalışma ile meteorolojik değişimler, deniz suyu seviyesi değişimleri ile ilişkilendirilmiştir. Uygulama alanı olarak İzmir İç Körfezi seçilmiştir. Harita Genel Komutanlığı'nın Menteş istasyonuna ait 1999-2016 yılları arası deniz seviyesi, rüzgar hızı ve yönü ve basınç verileri kullanılmıştır. Menteş istasyonunda deniz seviyesinden 4 metre yukarıda ölçülen rüzgar verileri logaritmik rüzgar profili yasası kullanılarak 10 metre seviyesine çıkarılmıştır. Deniz seviyesinden gelgit etkisinin elimine edilmesi için de 25 saatlik yürüyen ortalama filtresi kullanılmıştır. Gelgit etkisi çıkarıldıktan sonra geriye kalan deniz seviyesi verilerine olan basınç etkisi ele alınmıştır. Ters barometre etkisi olarak adlandırılan 1 mb basınç artışına denk gelen 1 cm deniz seviyesi düşüşü hesaplanarak, deniz seviyesi verisinden basınç etkisi de çıkarılmıştır. Geriye kalan veri için rüzgar analizleri yapılmış, deniz suyu seviyeleri ile rüzgar hızı ve yönü ilişkisi incelenmiştir. Kuzeyden ve doğudan esen rüzgarın deniz seviyesini artırdığı, güneyden ve batıdan esen rüzgarların ise deniz seviyesini azalttığı görülmüştür. Lokal meteorolojik katkının, bölgedeki deniz seviyesi değişimlerinde en önemli katkıyı yaptığı gözlenmiştir. İzmir Körfezi'nde deniz seviyesi değişimleri en çok gelgit ve rüzgar sürüklemesi kombinasyonundan meydana gelmektedir. Gelgit etkisi ortalama değerlerde ± 23 cm ye ulaşırken, ortalama rüzgar sürüklemesi etkisi 50 cm yüksekliğe ulaşmaktadır.

Bilim Kodu : 90318

Anahtar Kelimeler : Deniz suyu seviyesi, kıyı su kütlesi, rüzgar iklimi, hava basıncı, meteorolojik veri

Sayfa Adedi : 55

Danışman : Prof. Dr. Lale BALAS

THE EFFECT OF METEOROLOGICAL PARAMETERS ON SEA LEVEL CHANGES

(M. Sc. Thesis)

Erhan COŞKUN

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

February 2019

ABSTRACT

The effect of the tide on the level changes occurring on the inland sea water in Turkey is very small. For this reason, sea water level changes on the coasts of Turkey are highly affected by air pressure and changes in wind parameters. With this study, meteorological changes are associated with sea water level changes. Izmir Bay was selected as the field of application. The data belonging to Menteş Station of the General Command of Mapping on the sea water level, wind speed and direction and air pressure in between years 1999-2016 has been used. The data concerning wind measured at 4 meters was increased to the level of 10 meters on the basis of the logarithmic wind profile law. For the elimination of the effect of tide on the sea level, the running mean filter of 25 hours was used. Following the elimination of the effect of tide, the effect of pressure on the remaining data concerning sea level was handled. 1 cm sea level decrease corresponding to 1 mb pressure increase, called as adverse barometer effect, was also calculated; and the effect of pressure was eliminated from the data concerning sea level. Wind analyses were performed for the remaining data. It has been observed that north and east wind increases the sea level, while south and west wind decreases sea level. It has been observed that the local meteorological contribution appears to be the most important in regional sea level variations. In İzmir Bay, the observed sea level variations result mainly from the combination of two elevations: astronomical tides and surges. While the former is of minor importance; being ± 23 cm, the latter may reach up to 50 cm elevation under the effect of the meteorological factors in average values.

Science Code : 90318

Key Words : Sea level, coastal water body, wind climate, air pressure, meteorological data

Page Number : 55

Supervisor : Prof. Dr. Lale BALAS

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamda değerli zamanını harcayarak katkı ve yardımlarını esirgemeyen, tecrübe ve birikimlerini aktararak bana yol gösteren değerli danışmanım Prof. Dr. Lale BALAS'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Verilere kolayca ulaşmamı sağlayan Gazi Üniversitesi Deniz ve Su Bilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi'ne, manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan değerli aileme ve kıymetli paylaşımlarıyla katkılarını sunan Dr. Nihal YILMAZ'a ve Çağdaş ÇAKIR'a, en içten teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	viii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	ix
RESİMLERİN LİSTESİ	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR TARAMASI	5
2.1. Dünyada Yapılan Çalışmalar.....	5
2.2. İzmir’de Yapılan Çalışmalar.....	7
3. YÖNTEM VE UYGULAMALAR	9
3.1. Logaritmik Rüzgar Profili Yasası ve Rüzgar Gülü Analizleri	9
3.2. Gelgit Etkisinin Çıkarılması	17
3.3. Meteorolojik Etkiler	19
3.3.1. Basınç Etkisi.....	19
3.3.2. Rüzgar Etkisi	20
4. BULGULAR VE YORUM.....	25
5. TARTIŞMA.....	29
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	31
KAYNAKLAR	33
EKLER.....	35

	Sayfa
EK-1. İstasyonların rüzgar yönü ve hızı dağılım grafikleri.....	36
EK-2. Gelgit Analizleri.....	40
EK-3. Basınç analizleri	49
ÖZGEÇMİŞ.....	55

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. Pürüzlülük sınıfları	10
Çizelge 3.2. İstasyonlar	10
Çizelge 4.1. Ortalama, minimum ve maksimum değerler.....	25

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. İzmir Körfezindeki Menteş istasyonunun lokasyonu	2
Şekil 3.1. Menteş istasyonu konumu ve rüzgar gülü	11
Şekil 3.2. İzmir Bölge ve Menteş istasyonu 2012-2016 arası çakışık zamanlar rüzgar gülü karşılaştırması	11
Şekil 3.3. Menteş-İzmir Bölge rüzgar hızları saçılım grafiği	12
Şekil 3.4. Urla ve Menteş istasyonu 2012-2016 arası çakışık zamanlar rüzgar gülü karşılaştırması	12
Şekil 3.5. Menteş-Urla rüzgar hızları saçılım grafiği	13
Şekil 3.6. UBBMF ve Menteş istasyonu 2012-2016 arası çakışık zamanlar rüzgar Gülü karşılaştırması	13
Şekil 3.7. Menteş-UUBMF rüzgar hızları saçılım grafiği	14
Şekil 3.8. Güzelbahçe ve Menteş istasyonu 2012-2016 arası çakışık zamanlar rüzgar gülü karşılaştırması	14
Şekil 3.9. Menteş-Güzelbahçe Feneri rüzgar hızları saçılım grafiği	15
Şekil 3.10. KSIŞ ve Menteş istasyonu 2012-2016 arası çakışık zamanlar rüzgar gülü karşılaştırması	15
Şekil 3.11. Menteş-KSIŞ rüzgar hızları saçılım grafiği	16
Şekil 3.12. İK Anok ve Menteş istasyonu 2012-2016 arası çakışık zamanlar rüzgar gülü karşılaştırması	16
Şekil 3.13. Menteş-İK Anok rüzgar hızları saçılım grafiği	17
Şekil 3.14. Menteş istasyonu karışık yarıgünlük gelgit etkisinin gösterimi	18
Şekil 3.15. 2010 yılı deniz seviyesinin zamanla değişimi	18
Şekil 3.16. 2010 yılı GA deniz seviyesi ve Basınç ilişkisi	20
Şekil 3.17. 2015 yılı fırtınalı günlerde rüzgar ve deniz seviyesi etkileşimi.....	22
Şekil 3.18. 2010 yılı GBA deniz seviyesi ve K-G doğrultusundaki rüzgar hızı ilişkisi.	23
Şekil 3.19. 2010 yılı GBA deniz seviyesi ve D-B doğrultusundaki rüzgar hızı ilişkisi.	23

Şekil	Sayfa
Şekil 4.1. Deniz seviyesi değişimi	26
Şekil 4.2. GA deniz seviyesi değişimi	26
Şekil 4.3. Gelgit büyüklüğü değişimi	27
Şekil 4.3. GBA deniz seviyesi değişimi.....	27

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 1.1. Menteş istasyonu.....	9

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklamalar

r	Korelasyon katsayısı
mm/yıl	Milimetre bölü yıl
mb	Milibar
$\ln$	Logaritma e
v	Rüzgar hızı
v_0	Başlangıç seviyedeki rüzgar hızı
H	Seviye yüksekliği
H_0	Başlangıç yüksekliği
z_0	Pürüzlülük boyu
Δh	Deniz seviyesinde düşey yöndeki değişim
ΔP_a	Basınç değişimi
ρ	Deniz suyu yoğunluğu
g	Yerçekimi ivmesi
kg m^{-3}	Kilogram bölü metreküp
m s^{-2}	Metre bölü saniyekare

Kısaltmalar

Açıklamalar

B	Batı
D	Doğu
D-OMGİ	Denizel Otomatik Meteorolojik Gözlem İstasyonu
G	Güney
GA	Gelgitten arındırılmış
GBA	Gelgit ve basınçtan arındırılmış
GMSL	Global mean sea level
GPS	Global Positioning System

Kısaltmalar**Açıklamalar****HGK**

Harita Genel Komutanlığı

İK Anok

İzmir Körfezi A Noktası Işıklı Şamandıra

K

Kuzey

KSİŞ

Kubilay Sığılığı Işıklı Şamandıra

MAK

Maksimum

MGM

Meteoroloji Genel Müdürlüğü

MIN

Minimum

NOAA

National Oceanic and Atmospheric Administration

ODTÜ

Orta Doğu Teknik Üniversitesi

OMGİ

Otomatik Meteorolojik Gözlem İstasyonu

ORT

Ortalama

POP

Parallel Ocean Program

PSMSL

Permanent Service for Mean Sea Level

TUDES

Türkiye Ulusal Deniz Seviyesi İzleme Sistemi

UBBMF

Urla Balıkçı Barınağı Mendirek Feneri

1. GİRİŞ

Türkiye kıyı su kütlelerinde oluşan seviye değişimleri üzerinde gelgit etkisi azdır. Bu nedenle Türkiye kıyılarında deniz suyu seviye değişimleri, hava basıncı ve rüzgar parametrelerinin değişimlerinden büyük ölçüde etkilenmektedir. Bu çalışma ile meteorolojik değişimler, deniz suyu seviyesi değişimleri ile ilişkilendirilmiştir.

Meteorolojik veriler kullanılarak, hava basıncı ve rüzgar parametrelerinin deniz suyu seviyesi değişimleri üzerindeki, yıllık ölçekteki etkileri araştırılmıştır. Ölçümlere dayalı olarak fırtına dönemleri ve rüzgar kabarması ilişkisi incelenmiştir. Uygulama alanı olarak İzmir İç Körfezi seçilmiştir.

Gelgit döngüleri günlük gelgit, yarı-günlük gelgit ve karışık yarı-günlük gelgitler olmak üzere üçe ayrılır. Dünya üzerindeki bir noktanın Güneş'in karşısından arka arkaya iki kez geçmesi için gerekli olan süreye Güneş günü denir. Dünya üzerindeki bir noktanın Ay'ın karşısındaki bir noktadan arka arkaya iki kez geçmesi için gerekli olan süreye ise Ay günü denir. Güneş günü 24 saat, Ay günü 24 saat 50 dakikadır. Günlük gelgit döngüsü her ay gününde bir yüksek ve bir alçak gelgitten oluşur. Aya bağlı günlük gelgit bileşeni O_1 dir. Yarı-günlük gelgit döngüsü ise her Güneş gününde neredeyse eşit büyüklükte olmak üzere iki yüksek ve iki alçak gelgitten oluşur [14].

Gelgit bileşenleri lokasyona bağlı olarak değişim gösterir. Dominant günlük gelgit bileşenleri K_1 (güneşe bağlı), O_1 (aya bağlı), P_1 (güneşe bağlı), Q_1 (büyük aya bağlı eliptik) ve S_1 (güneşe bağlı) iken, bunların periyotları sırasıyla 23.93, 25.82, 24.07, 26.87, ve 24.0 saattir. Yarı-günlük gelgit bileşenleri ise M_2 (birincil aya bağlı), S_2 (birincil güneşe bağlı), N_2 (büyük aya bağlı eliptik), ve K_2 (aya ve güneşe bağlı) iken, bunların periyotları sırasıyla 12.42, 12.00, 12.66, ve 11.97 saattir. Bu gelgite bağlı farklı periyotlardaki sinüoidal dalgaların toplamı sonucunda spring-neap gelgit büyüklükleri oluşur. Eğer bu gelgit büyüklüğü 2 metreden küçük ise, bölge mikrogelgit, eğer 2 ila 4 metre arasında ise mezogelgit, 4 ila 6 metre arasında ise makrogelgit ve 6 metreden büyük ise hipergelgit bölgesi olarak sınıflandırılır [18].

Akdenizde kaydedilmiş 4 en etkili gelgit bileşeni M_2 , S_2 , K_1 , ve O_1 dir [16]. Türkiye sahillerinde genellikle karışık yarı-günlük gelgit etkilidir. Her güneş gününde farklı büyüklükte iki yüksek ve iki alçak gelgit oluşur. İzmir Körfezi, karışık yarıgünlük gelgit etkisiyle, mikrogelgit bölgesi olan Doğu Akdeniz çevresinde yer alır. Menteş Gelgit İstasyonu ölçümlerine göre, ortalama yüksek gelgit büyüklüğü yaklaşık olarak 17 cm iken, ortalama alçak gelgit büyüklüğü 3.8 cm yi geçmemektedir [1]. Menteş İstasyonunun lokasyonu Şekil 1.1’de verilmiştir.



Şekil 1.1. İzmir Körfezindeki Menteş istasyonunun lokasyonu.

Diğer yandan küresel ısınmanın dünya ve akdeniz bölgesi üzerindeki etkisinin yadsınamaz olduğu bilinmektedir. Birçok çalışma, kutuplardaki buzulların erimesi ile birlikte global ortalama deniz suyu seviyesinde önemli bir artış olduğunu göstermektedir. Akdeniz bölgesindeki su seviyesi yükselmesi ise daha düşük bir eğilimle meydana gelmektedir. Ancak projeksiyonlara göre, 2021-2050 arasında 7 ila 12 cm arasında deniz seviyesi artışı beklenmektedir[4].

Deniz seviyesi ile ilgili ihtiyaçlara hizmet etmek amacıyla Harita Genel Komutanlığı (HGK), Türkiye Ulusal Deniz Seviyesi İzleme Sistemi (TUDES) istasyonları ile kıyılarımızdaki uzun dönemli deniz seviyesi değişimlerini ölçümlemiştir. HGK ülkemizde bölgesel erken uyarı sisteminin kurulmasına yönelik olarak Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırmaları Enstitüsü koordinatörlüğünde yürütülen bu çalışmalara; mareograf istasyonlarından elde edilen gerçek zamanlı deniz seviyesi verileri ile destek sağlamaktadır. Bu kapsamda akustik prensiple çalışan ve kendi kendini kalibre

edebilen deniz seviyesi ölçer ile meteorolojik algılayıcılar Antalya-II ve Bodrum-II mareograf istasyonlarına 1998 yılı Aralık ayında kurularak faaliyete geçirilmiştir. Daha sonra, 1999 yılı Nisan ayında Menteş ve Erdek mareograf istasyonları da sayısal ve otomatik mareograf istasyonu ile modernize edilmiş ve TUDES'in ilk bölümü hayata geçirilmiştir. TUDES, hâlihazırda Türkiye ve Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti kıyılarında toplam 20 adet mareograf istasyonu ve Harita Genel Komutanlığında bulunan veri merkezinden oluşmaktadır.

Bu çalışmada meteorolojik parametrelerin deniz seviyesine etkisini incelemek amacıyla, HGK'nın Menteş istasyonuna ait 1999-2016 arası deniz seviyesi, rüzgar hızı, rüzgar yönü ve basınç verileri kullanılmıştır. Rüzgar hızının ekstrapolasyonu için logaritmik rüzgar profili yasası, deniz seviyesinden gelgit etkisinin elimine edilmesi için de 25 saatlik yürüyen ortalama filtresi kullanılmıştır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

2.1. Dünya’da Yapılan Çalışmalar

Wang ve arkadaşları, 2016 yılında yayınladıkları çalışmada Macau ve çevresinin, deniz seviyesi yükselmesi değerlerinin, tarihi ve geleceğe yönelik tahminlerini gerçekleştirmiştir. 1925-2010 arası saatlik mareograf verileri (Macau ve çevresi), global etkileri de görebilmek için aynı periyottaki GMSL verileri, uydu altimetre verileri 1993-2012 arası Deniz seviyesinin gelecekteki değişim tahminleri için CMIP5 çoklu-model çıktıları. 1925-2010 arası Saatlik gelgit verisinden, günlük ve yarıgünlük salınımları elemek adına, aylık ortalama deniz seviyesi değerleri hesaplanmıştır. Düşey kara hareketini bulmak için, uydu altimetre verilerinden mareograf verileri çıkarılmıştır. SimCLIM yazılımı ile model verileri çalışılmıştır. Mareograf ölçümlerine dayanarak, deniz seviyesi yükselme oranı son 40 yıl için 1.35 mm’den 4.2 mm ye çıktığı görülmüştür Macau’da. Uydu altimetre verisi, 93-2012 yılları arasında Macau yanındaki denizin, ortalamadan %10 daha hızlı yükseldiğini göstermektedir. Altimetre-Mareograf verilerinden, Düşey kara hareketinin neredeyse hiç olmadığı anlaşılmıştır [17].

2016 yılında Finlandiya Meteoroloji Enstitüsü tarafından yayınlanan çalışmada, Baltık Denizinde jeostrofik rüzgarın deniz seviyesi üzerindeki etkileri araştırılmıştır. 1933-2012 arası 36 mareograf istasyonu verisi (Permanent Service for Mean Sea Level (PSMSL) veritabanından), 1899–2012 yılları arası günlük deniz seviyesi basıncı verileri kullanılmıştır. Tüm veriler ortak bir datum üzerine dönüştürülmüştür. Zonal ve meridyonel jeostrofik rüzgar bileşenleri de, günlük ortalama deniz seviyesi basınç verilerinden hesaplanmıştır. 1933-2012 arası uzun dönem lineer trendler, deniz seviyesi serilerinden çıkarılmıştır. Buna bağlı olarak rüzgar ve basınç zaman serileri detrend edilmiştir. Aslında deniz seviyesi, gerçek yer rüzgarı tarafından etkilenmekte ancak, bu çalışmada istatistiksel bir analiz yapılacağı için, basınç ve rüzgarı birlikte temsil eden jeostrofik rüzgar bir atmosferik girdi olarak alınmıştır. Bu sayede daha uzun süreli ve homojen zaman serileri elde edilmiştir. 1933-2012 arası Baltık denizi ortalama deniz seviyesi -43 ile +51 cm arası değişmektedir. Tüm istasyonlarda ölçülen ortalama deniz seviyeleri yüksek korelasyon göstermiştir ($r=0.59-0.995$). Baltık denizinin güneybatısı hariç, deniz seviyesinin yatay jeostrofik rüzgar ile kolare ($r=0.5-0.8$) olduğu bulunmuştur. Ayrı bir önceki ayın rüzgarı ile

de ($r=0.4-0.6$) korelasyon mevcuttur. Bu gecikmeli etki, Danimarka boğazındaki su taşınımına ve rüzgar ve basıncın Baltık Denizindeki direkt etkisine bağlanmıştır [7].

Wong ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada Hong Kong kıyılarında ölçülen yıllık ortalama deniz seviyelerinin trendleri belirlenerek, Güney Çin Denizi ile karşılaştırılmıştır. Son 50 yıldaki Hong Kong'un deniz seviyesi değişiminin belirlenmesi amaçlanmıştır. NPQB mareograf istasyonundan 1958-2003 arası veriler kullanılmıştır. Hawaii Üniversitesi tarafından geliştirilmiş bir veri analizi programı ile öncelikle saatlik verilerden günlük ortalamalar elde edilmiş, 1 günlük veya daha az eksik veriler lineer interpolasyon yöntemiyle doldurulmuştur. Gelgitlerin periyodik etkisini çıkarmak için, önce dominant olan günlük ve yarıgünlük gelgit bileşenleri, saatlik verilerden çıkarılmıştır. Sonrasında 119-nokta konvolusyon filtresi ile kalan yüksek frekanslı enerji çıkarılmıştır. Aylık ortalamalar da, eğer 7 günden fazla eksik veri bulunmuyorsa hesaplanmıştır. 1954-2003 arası 50 yıllık dönemde yıllık ortalama deniz seviyesi yükselmesi 2.3 ± 0.6 mm/yıl olarak bulunmuştur. Bu son 50 yıldaki Güney Çin Denizindeki yükselme ile eşdeğerdir. 54-87 yılları arası yıllık ortalama deniz seviyesi azalan bir trend izlemiştir (-2.0 ± 0.5 mm/yıl). 87-99 arası ise 22.1 ± 2.3 mm/yıl oranında bir artış vardır. 99-2003 arası ise 21.0 ± 5.1 mm/yıl oranında düşüş vardır. 80li yılların ortasından itibaren gerçekleşen yüksek salınlımlı ortalama deniz seviyesi, global ortalama deniz yüzeyi sıcaklığındaki artışa bağlanmıştır [19].

Doğu Çin Denizindeki bölgesel deniz seviyesi değişimlerine rüzgar geriliminin etkilerinin araştırılması ve lokal rüzgarın ve Kuzey Pasifik rüzgarının katkısının değerlendirilmesini amaçlayan çalışmada, AVISO tarafından sağlanan 1993-2008 arası uydu altimetre verisi ve NOAA İklim Tahmini Merkezi tarafından sağlanan 1980-2014 arası okyanus akım verileri kullanılmıştır. NOAA tarafından sağlanan 3 aylık ortalama deniz yüzeyi sıcaklık anomalilerini içeren Nino indeksi kullanılmıştır. Veriler Parallel Ocean Program (POP) Modeli ile modellenmiştir. Pasifik rüzgarının ve lokal rüzgarın, Doğu Çin Denizinin seviyesine olan etkilerini belirlemek için iki duyarlı simulasyon oluşturulmuştur. Tüm bu verileri bir model gridine interpolate edilerek, uniform bir çözünürlükte aylık rüzgar verisinin yeni zaman serileri elde edilmiştir (1989-2008 arası). Modelleme sonucunda, ECS'de deniz seviyesi değişiminde rüzgarın büyük rolü olduğu anlaşılmıştır. Mevsimlik değişimler hem lokal rüzgar, hemde remote rüzgar tarafından yaklaşık eşit şekilde etkilenmiştir. Ancak yıllar-arası deniz seviyesi değişimlerine, Kuzey Pasifik üzerinden

esen remote rüzgar, lokal rüzgardan çok daha fazla etki etmiştir [8].

Singh ve Aung yaptıkları çalışmada Pasifik bölgesinde 12 tropikal ada için hava basıncının deniz seviyeleri üzerindeki etkilerini incelemiştir. Deniz seviyesine indirgenmiş standart atmosfer basıncı bilindiği üzere 1013.25 mb dır. Bu çalışmada da ortalama değer olarak bu alınarak, basınç anomalilerinin, deniz seviyesi anomalilerine yaptığı ters etki incelenmiştir. 1997-98 ve 2002-03 el nino episotları sonrasında basınç anomalilerinin positif olduğunu ve dolayısıyla deniz seviyesi anomalilerinin negatif olduğu görülmüştür. El ninoyu takip eden la nina yıllarında ise basınç anomalilerinin negatifleştiğini ve deniz seviyesi anomalilerinin arttığı görülmüştür [12].

Smith yaptığı çalışmada, Massachusetts'te 1982-2015 yılları arasında hava basıncının deniz seviyesi üzerine yaptığı etkileri araştırmıştır. Bunun için Nantucket ve Boston Limanı yakınlarındaki 2 istasyondan saatlik hava basıncı verileri ile, mareograf verilerini derlemiştir. Gelgit verilerini ters barometrik düzeltme faktörü kullanarak düzeltmiştir. Bunun için tüm zaman serilerinin ortalama basıncı bulunmuş ve her bir basınç değerinden bu ortalama basınç çıkarılmıştır. Daha sonra ters barometrik ilişki ile basınç değerleri deniz seviyesine dönüştürülmüştür. Mevsimsel analizler yapılırken ise sadece yıl boyunca en az %75 veri devamlılığı olan yıllar kullanılmıştır. Sonuç olarak ortalama basıncın yıllar boyunca kış, sonbahar ve yaz aylarında düştüğü, ilkbaharda ise çok az arttığı görülmüştür. Buna bağlı olarak da deniz seviyesi ters yönde etki göstermiştir [13].

2.2. İzmir'de Yapılan Çalışmalar

Alpar tarafından 1997 yılında yapılmış çalışmada, basınç ve rüzgarın deniz seviyesi değişimlerine etkisi araştırılmıştır. 1990 yılının, HGK Menteş istasyonunun deniz suyu seviyesi verileri ile MGM'nin İzmir Bölge Meteoroloji İstasyonundan basınç ve rüzgar verileri kullanılmıştır. Saatlik deniz suyu seviyesinden, 119-nokta gelgit yoketici filtre kullanılarak günlük ve yarıgünlük gelgit etkileri çıkarılmış, günlük ve sonrasında aylık ortalamalar bulunmuştur. Rüzgar gerilimi bileşenleri, sabit sürüklenme katsayısı 2.5×10^{-3} alınarak ikinci dereceden gerilme denklemi ile hesaplanmıştır. Bu hesaplama, rüzgar kuvvetinin etkisini ölçen bağıl bir rüzgar gerilimi değeri sağlamıştır. Temel istatistik yöntemlerle, rüzgar yönünün ve sebep olduğu sürüklemelerin frekans dağılımı gösteren histogramlar oluşturulmuştur. Sonuç olarak, 2 günden daha az frekans bandında deniz suyu

seviyesi ile basınç arasında $r = -0.369$ değerinde bir korelasyon bulunmuştur. Aylık ortalamalar da incelendiğinde, deniz seviyesi ile basınç arasında ters ilişki görülmüştür. Kısa dönem deniz seviyesi değişimleri ağırlıklı olarak Doğu-Batı rüzgar bileşeni tarafından etkilendiği sonucuna varılmıştır (Günlük kara-deniz meltemi etkisi). Batılı rüzgarlar su seviyesini yükseltirken, güney ve güneydoğu rüzgarları (özellikle yüksek hızda esen) su seviyesini azalttığı görülmüştür. Uzun periyotlarda ise Kuzey-Güney rüzgarları deniz seviyesine etki etmiştir. İzmir Körfezinde rüzgarın deniz seviyesine etkisi göstermek için günlük ortalama K-G ve D-B rüzgar stresi bileşenleri, ortalama deniz seviyesi ile birlikte gösterilmiştir [2].

Simav ve arkadaşları (2011) tarafından yılında yapılan çalışmada, deniz seviyesine etki eden faktörlerden atmosferik (basınç ve rüzgar), sterik etkiler (sıcaklık, tuzluluk) ve düşey kara hareketleri incelenmiştir. Veri kaynağı olarak bu çalışmada HGK'nın 1985-2001 arası Antalya ve Menteş(İzmir) mareograf istasyonları deniz seviyesi ölçümleri, meteorolojik etki için 2 boyutlu bir barotropik model çıktıları, hidrografik veri (sıcaklık ve tuzluluk için), GPS verisi (düşey kara hareketi ölçümü için) kullanılmıştır. Öncelikle saatlik deniz seviyesi verilerinden aylık ortalamalar bulunmuştur. Sonra tüm aylardan, bulunan aylık ortalamalar çıkarılarak gelgit döngüsü bertaraf edilmiştir. Sonrasında en küçük kareler lineer regresyon metoduyla atmosferik ve sterik trendler ortaya çıkarılmıştır. CATS yazılımı ile düşey kara hareketinin hızı GPS verilerinden hesaplanmıştır. 1985-2001 arası deniz seviyesi trendi Menteş için 5.5 ± 1.0 mm/yıl olarak tespit edilmiştir. Atmosferik etki $0.6-0.9$ mm/yıl iken, sterik katkı 6.4 ± 0.7 mm/yıl olarak tespit edilmiştir. Ayrıca GPS verilerine göre Menteş'te düşey kara hareketi trendi -1.3 ± 0.5 mm/yıl olarak bulunmuştur. 1985-1993 periyodunda, Menteş'te ölçülen deniz seviyesi -14 mm/yıl oranında düşmüştür. Diğer yandan 1993-2001 yılları arasında ise 12 mm/yıl oranında bir artış görülmüştür. Bu sonuçlarda 4.5 mm/yıl değerinde açıklanmayan bir büyüklük geriye kalmaktadır [11].

3. YÖNTEM VE UYGULAMALAR

3.1. Logaritmik Rüzgar Profili Yasası ve Rüzgar Gücü Analizleri

1999-2016 yılları arası mareograf, rüzgar ve basınç ölçümlerinden oluşan veri setinden Menteş istasyonunda (bkz. Resim 3.1) ait rüzgar hızı ve yönü 4 metre seviyesinde ölçülmektedir. Dünya genelinde meteorolojik amaçlı yer seviyesi rüzgar ölçümleri 10 metre seviyesinde yapıldığından, Menteş ölçümleri logaritmik rüzgar profili yasası kullanılarak [3], 10 metre seviyesine çıkarılmıştır.



Resim 3.1. Menteş istasyonu [17]

$$\frac{v}{v_0} = \frac{\ln(H/z_0)}{\ln(H_0/z_0)} \quad (3.1)$$

v = hesaplanacak 10m'deki rüzgar hızı

v_0 = başlangıç rüzgar hızı

H = Hesaplanacak seviye yüksekliği

H_0 = Hızın ölçüldüğü yükseklik

z_0 = Pürüzlülük boyu (sürtünme katsayısı, topografyaya bağlı)

Pürüzlülük sınıfları Çizelge 3.1 de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Pürüzlülük sınıfları [3]

Pürüzlülük Sınıfı	Tanım	Pürüzlülük boyu z_0 (m)
0	Su yüzeyi	0.0002
1	Rüzgar kırıcıların az olduğu açık alanlar	0.03
2	Rüzgar kırıcılarının 1 km'den fazla ara ile sıralandığı tarım arazileri	0.1
3	Rüzgar kırıcılığı yüksek kentsel alanlar ve tarım arazileri	0.4
4	Yoğun popülasyonlu şehir veya ormanlık alanlar	1.6

Menteş mareograf istasyonu deniz kıyısında olduğu için, pürüzlülük boyu 0.0002 m olarak kabul edilmiştir.

Sonrasında, İzmir Körfezinde aşağıda koordinatları verilen (bkz. Çizelge 3.2) HGK tarafından işletilen mareograf istasyonu ve MGM tarafından işletilen Meteoroloji İstasyonlarının rüzgar verileri incelenerek ve karşılaştırılarak, deniz seviyesi ölçümü yapılan Mentş mareograf istasyonu noktasını (bkz. Şekil 3.1) hangisinin meteorolojik açıdan daha iyi temsil ettiği kontrol edilmiştir.

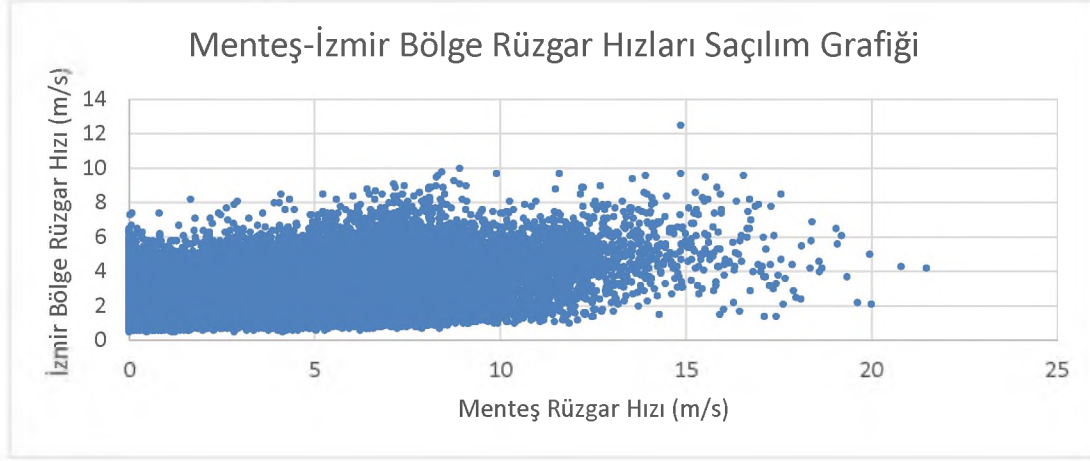
Çizelge 3.2. İstasyonlar

İstasyon Adı	Enlem	Boylam	İşleten kurum	Ölçülen veri tipi
Menteş	38.396 K	26.749 D	HGK	Mareograf-Rüzgar(4 m)
Urla	38.3628 K	26.8322 D	MGM	OMGİ
Urla Balıkçı Barınağı Mendirek Feneri (UBBMF)	38.3658 K	26.7733 D	MGM	D-OMGİ
İzmir Bölge	38.3949 K	27.0819 D	MGM	OMGİ - Sinoptik - Günlük Klima
Güzelbahçe Feneri	38.3794 K	26.8861 D	MGM	D-OMGİ
Kubilay Sığılı Işıklı Şamandıra (KSIŞ)	38.4467 K	26.7175 D	MGM	D-OMGİ
İzmir Körfezi A Noktası Işıklı Şamandıra (İK Anok)	38.4256 K	26.9133 D	MGM	D-OMGİ

Meteoroloji istasyonlarından elde edilen 2012-2016 yılları arası rüzgar verileri öncelikle kendi içlerinde hız ve yön bakımından dağılımları incelenmiştir (bkz. Ek-1). Daha sonra ise, aynı aralıkta ölçülen Menteş rüzgar verileri ile çakışık zaman analizi yapılmıştır.

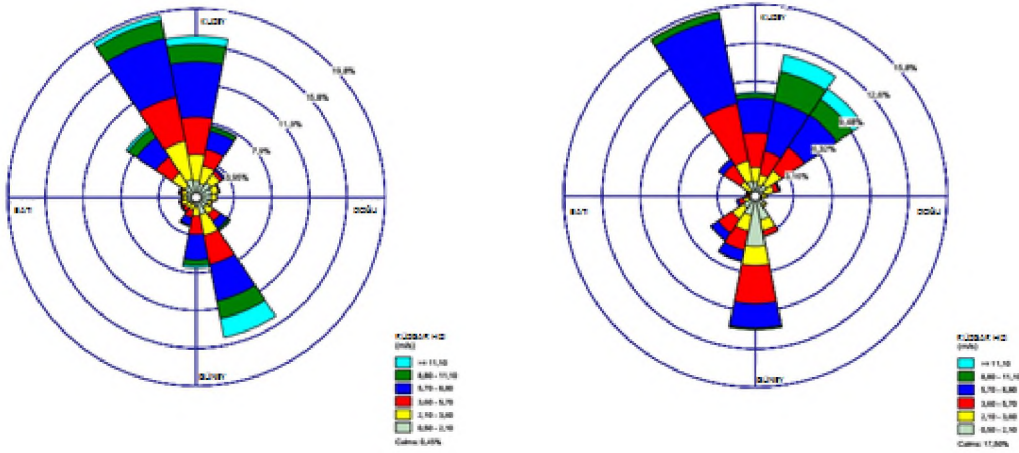


Rüzgar hızları incelendiğinde ise Menteş istasyonu ile İzmir Bölge istasyonu arasında 0.41 değerinde korelasyon katsayısı bulunmuştur (Bkz. Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Menteş-İzmir Bölge rüzgar hızları saçılım grafiği

Menteş'te görülen rüzgar yönlerine en yakın ölçümler Urla istasyonunda görülmüştür. Urla istasyonunda hakim rüzgarlar sırasıyla yaklaşık %20, %17 ve %15 ölçülme sıklığı ile kuzeybatı, kuzey ve güneygüneydoğudur (Bkz. Şekil 3.4).

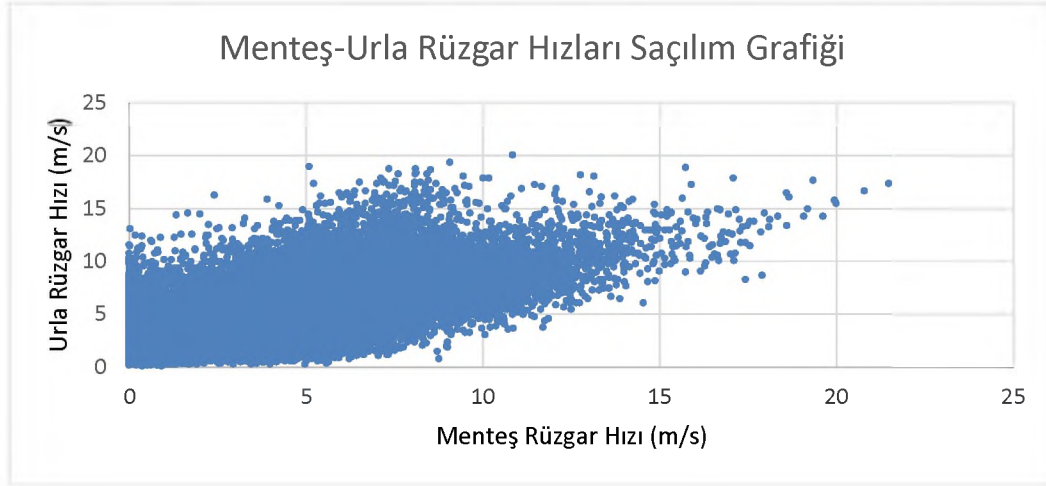


Urla Rüzgar Gülü

Menteş Rüzgar Gülü

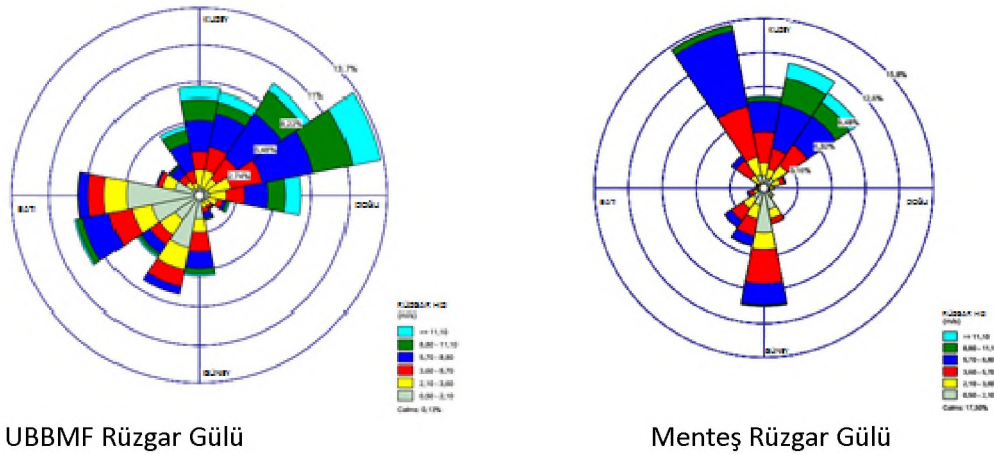
Şekil 3.4. Urla ve Menteş istasyonu 2012-2016 arası çakışık zamanlar rüzgar gülü karşılaştırması

Rüzgar hızları incelendiğinde ise Menteş istasyonu ile Urla istasyonu arasında 0.68 değerinde korelasyon katsayısı bulunmuştur (Bkz.Şekil 3.5).



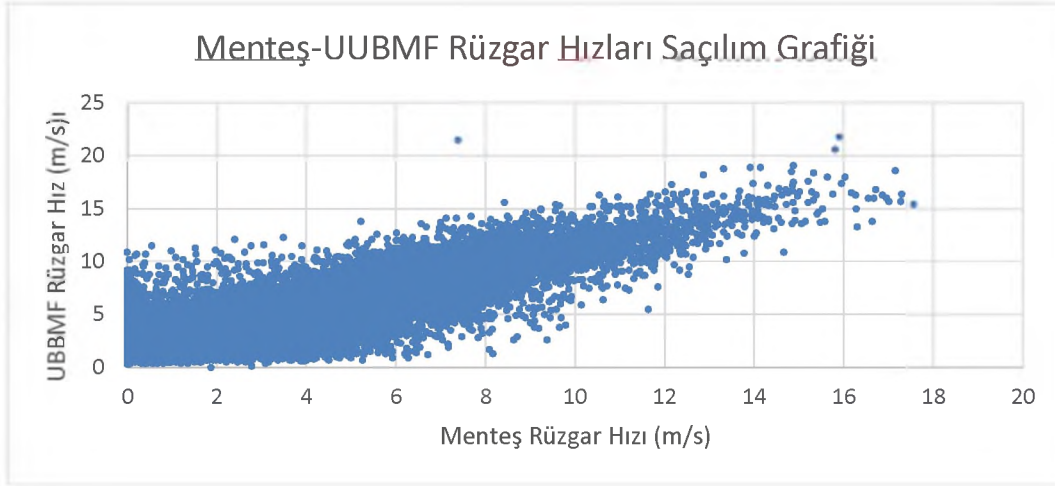
Şekil 3.5. Menteş-Urla rüzgar hızları saçılım grafiği

UBBMF istasyonunda ise hakim rüzgar yönü doğukuzeydoğu iken, istasyonun deniz üzerinde olmasından kaynaklı çok yönlü bir dağılım olduğu görülmüştür (Bkz. Şekil 3.6)



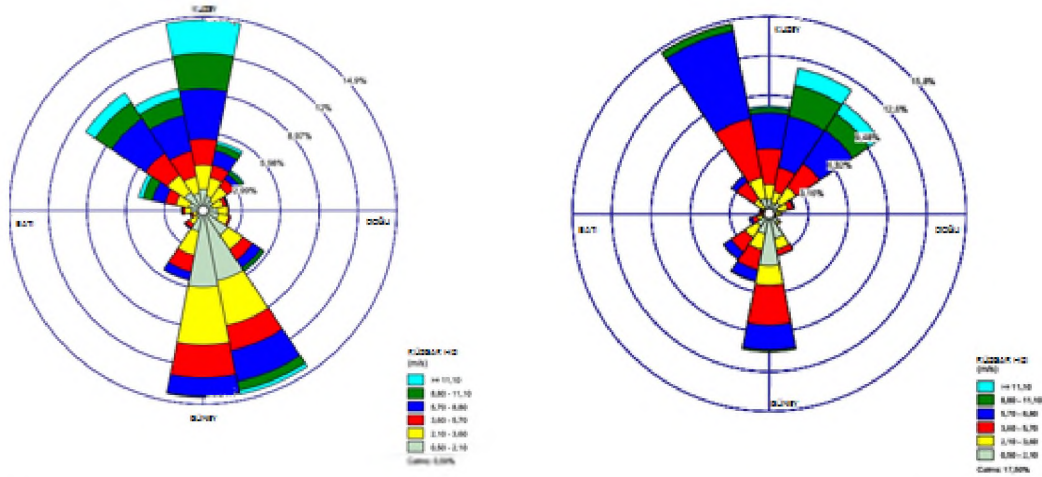
Şekil 3.6. UBBMF ve Menteş istasyonu 2012-2016 arası çakışık zamanlar rüzgar gülü karşılaştırması

Rüzgar hızları incelendiğinde Menteş istasyonu ile UBBMF istasyonu arasında 0.85 değerinde korelasyon katsayısı bulunmuştur (Bkz.Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Menteş-UUBMF rüzgar hızları saçılım grafiği

Güzelbahçe istasyonu incelendiğinde, hakim yönlerin kuzey, güney ve güneygüneydoğu olduğu gözlemlenmiştir (Bkz. Şekil 3.8)

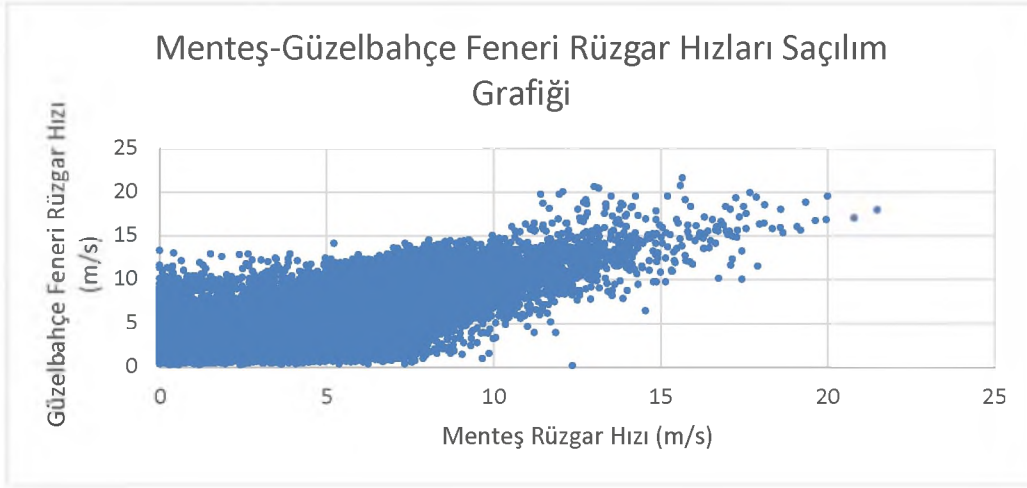


Güzelbahçe Rüzgar Gülü

Menteş Rüzgar Gülü

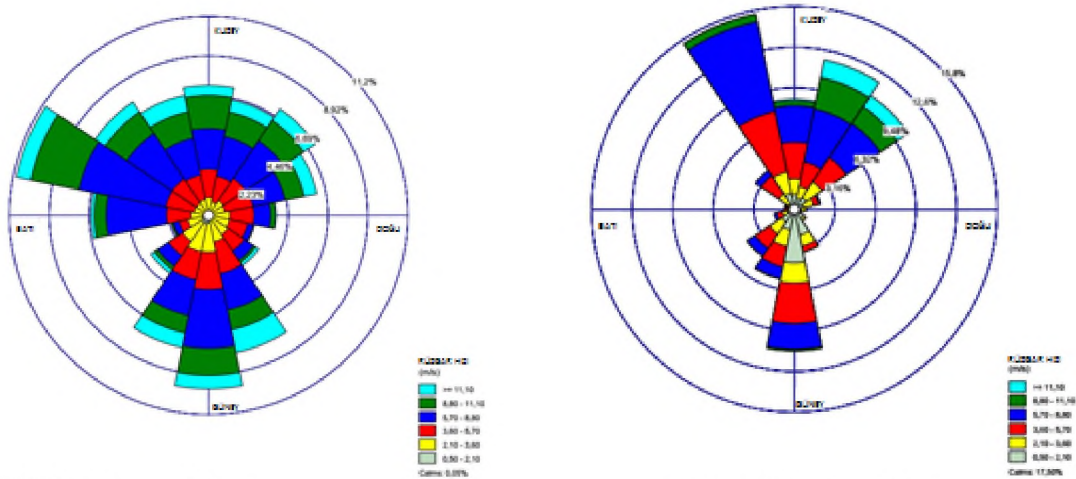
Şekil 3.8. Güzelbahçe ve Menteş istasyonu 2012-2016 arası çakışık zamanlar rüzgar gülü karşılaştırması

Rüzgar hızları incelendiğinde ise Menteş istasyonu ile Güzelbahçe istasyonu arasında 0.75 değerinde korelasyon katsayısı bulunmuştur (Bkz. Şekil 3.9).



Şekil 3.9. Menteş-Güzelbahçe Feneri rüzgar hızları saçılım grafiği

KSIŞ istasyonu incelendiğinde, hakim rüzgar yönü batıkuzeybatı gözükse de, deniz üzerindeki şamandıra istasyonu olmasından kaynaklı rüzgar yönünde çok yönlü bir dağılım gözlenmiştir (Bkz. Şekil 3.10).

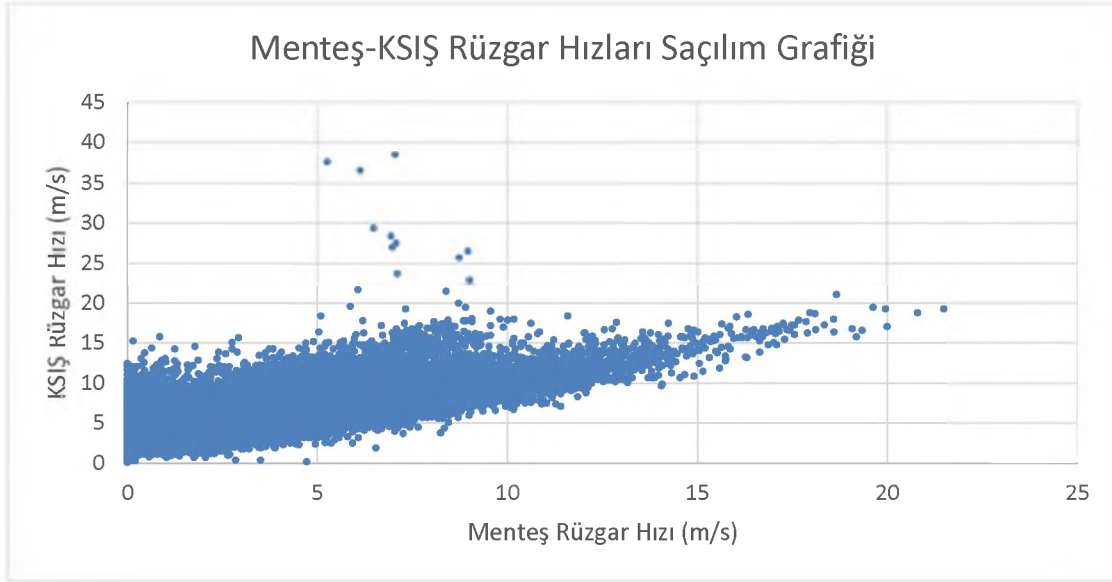


KSIŞ Rüzgar Gülü

Menteş Rüzgar Gülü

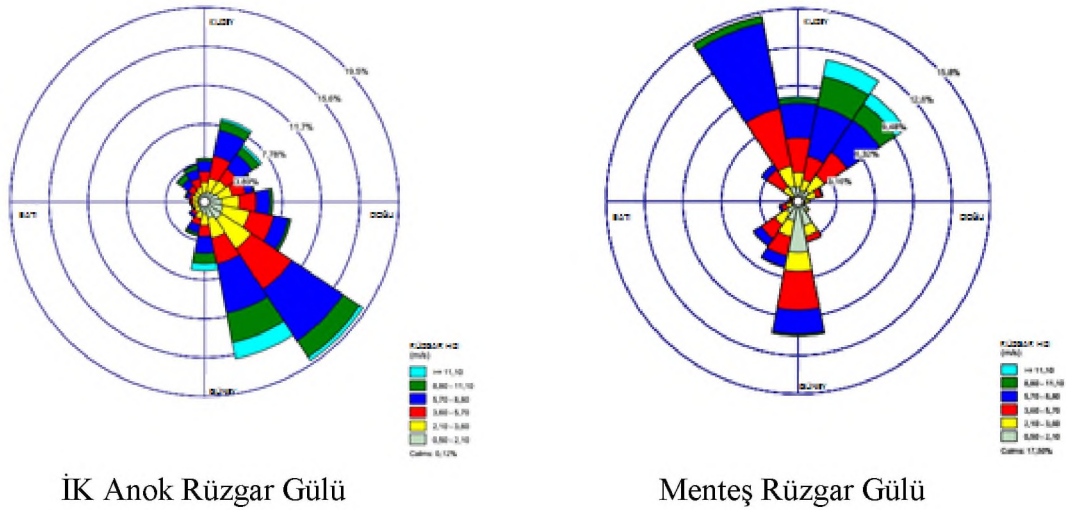
Şekil 3.10. KSIŞ ve Menteş istasyonu 2012-2016 arası çakışık zamanlar rüzgar gülü karşılaştırması

Rüzgar hızları incelendiğinde ise Menteş istasyonu ile KSIŞ istasyonu arasında 0.73 değerinde korelasyon katsayısı bulunmuştur (Bkz. Şekil 3.11).



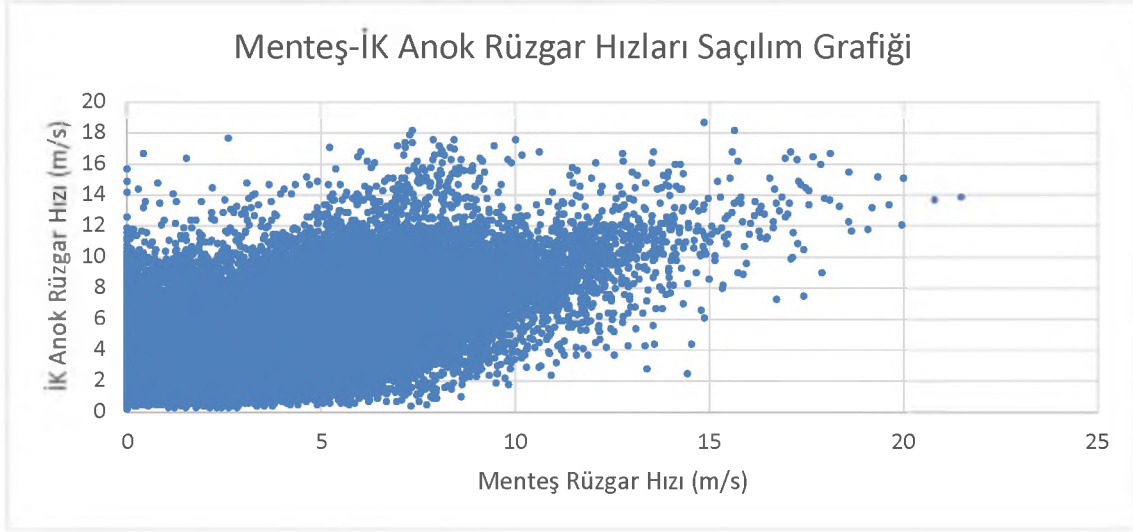
Şekil 3.11. Menteş-KSIŞ rüzgar hızları saçılım grafiği

İK Anok istasyonu incelendiğinde ise hakim rüzgar yönünün güneydoğu olduğu anlaşılmıştır (Bkz. Şekil 3.12).



Şekil 3.12. İK Anok ve Menteş istasyonu 2012-2016 arası çakışık zamanlar rüzgar gülü karşılaştırması

Rüzgar hızları incelendiğinde ise Menteş istasyonu ile İK Anok istasyonu arasında 0.61 değerinde korelasyon katsayısı bulunmuştur (Bkz. 3.13).



Şekil 3.13. Menteş-İK Anok rüzgar hızları saçılım grafiği

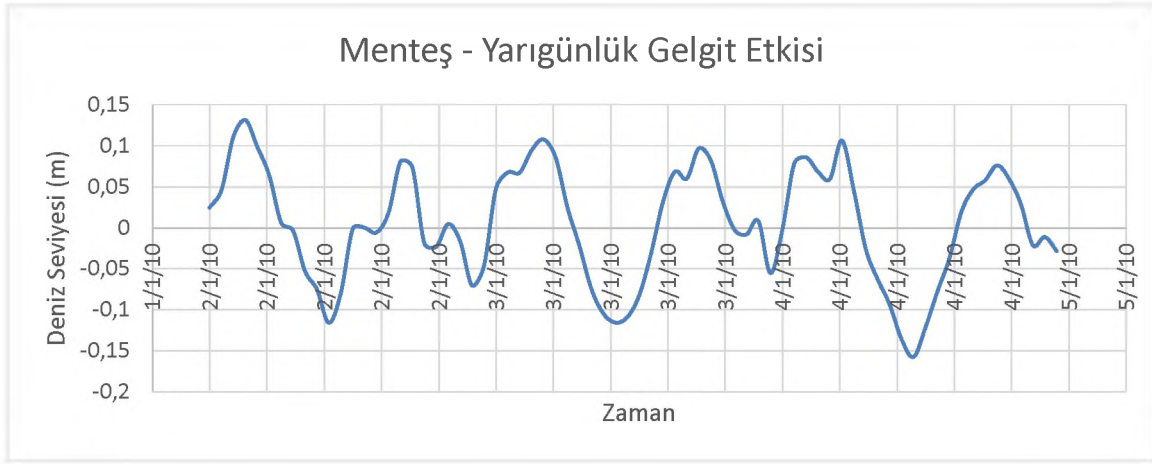
Tüm değerlendirmeler sonucunda, rüzgar hızı açısından Menteş'e en yakın istasyon UBBMF olmuştur. Ancak uzun dönem veri eksikliğinden dolayı en yakındaki Urla istasyonu, yön uyumsuzluğu ve yine uzun dönem veri eksikliği sebebiyle UBBMF istasyonları tercih edilememiştir. İstasyonların rüzgar hızı ve yönü dağılım grafikleri Ek-1'de sunulmuştur.

İncelemeler sonunda, MGM'den elde edilen rüzgar verilerinde boşluklar, belirli yöne sabitlenmeler, uzun dönem veri eksikliği ve Menteş istasyonu ile uyumsuzluk gibi faktörler değerlendirildiğinde, Menteş istasyonunun kendi rüzgar verilerinin kullanılmasına karar verilmiştir.

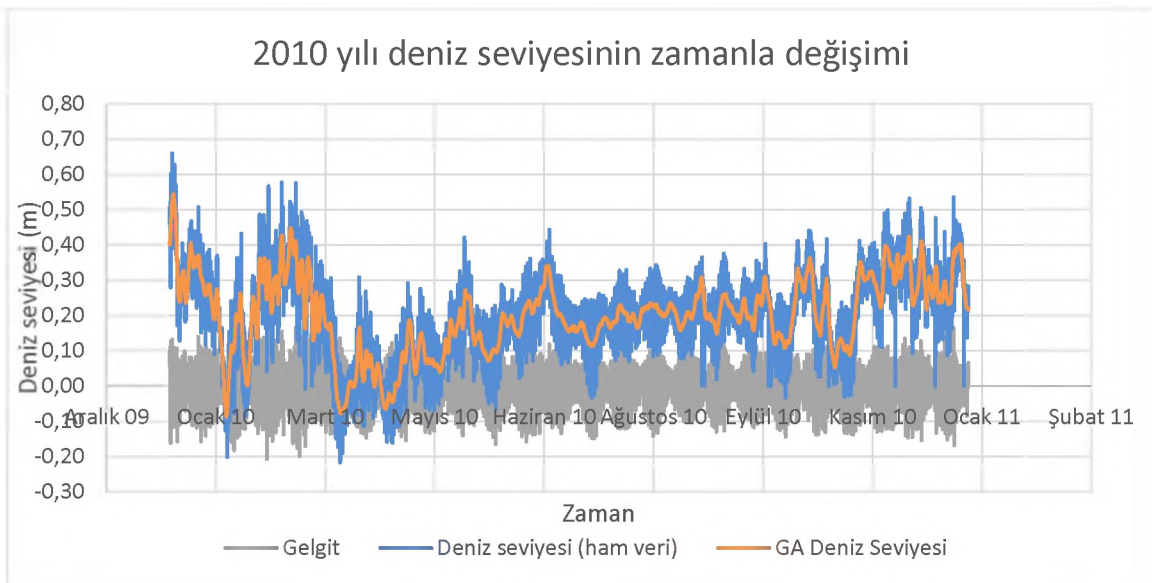
3.2. Gelgit Etkisinin Çıkarılması

Mareograf ölçümlerinden elde edilen deniz seviyesi değerleri içerisinde Ay ve Güneş'in de hareketlerinden etkilenen gelgit etkisindeki deniz seviyesi değişimlerini de içermektedir. Dolayısıyla meteorolojik parametrelerin etkin olduğu deniz seviyesi değerlerinin incelenmesi için, öncelikle gelgit verisinin elenmesi gerekmektedir. Bu doğrultuda Türkiye kıyılarına etki eden karışık yarıgünlük gelgit [20] (bkz. Şekil 3.14) etkisinin çıkarılması

için, aya bağlı dalga periyotları (M2 tipi 12.42 saat ve O1 tipi 25.82 saat) ve güneşe bağlı dalga periyotlarını (S2 tipi 12 saat ve K1 tipi 23.93) [9] elemek üzere, oşinografide en çok kullanılan filtreler olan yürüyen ağırlıklı ortalama filtresi, Lanczos-window cosine filtresi, Butterworth filtresi ve Kaiser-Bessel filtreleri arasından yürüyen ortalama filtresi seçilerek, 25 saatlik yürüyen ortalama filtresi [15] oluşturulmuş ve kullanılmıştır. Her bir deniz seviyesi verisinin ve ondan önceki 12 saat ve sonraki 12 saatlik verilerin ortalaması alınmaktadır (toplamda 25 saat). Filtreleme ile gelgit etkisinden arındırılmış (GA) deniz seviyesi değerleri elde edilmiş olup 2010 yılı için örnek çalışma Şekil 3.15 de ve diğer tüm analizler Ek-2’de sunulmuştur.



Şekil 3.14. Menteş istasyonu karışık yarıgünlük gelgit etkisinin gösterimi



Şekil 3.15. 2010 yılı deniz seviyesinin zamanla değişimi

3.3. Meteorolojik Etkiler

Meteorolojik parametrelerden havadaki basınç değişimleri ile rüzgar yönü ve hızındaki değişimler deniz seviyesinin değişmesine neden olurlar.

3.3.1. Basınç etkisi

Atmosfer basıncındaki değişimler deniz seviyesinin düşey yönde değişimine neden olur. Bu etkileşime “ters barometre etkisi” adı verilir [12] ve aşağıdaki formülasyon ile tanımlanır [8].

$$\Delta h = -\frac{\Delta P_a}{\rho g} \quad (3.2)$$

Δh = Deniz seviyesinde düşey yöndeki değişim

ΔP_a = Basınç değişimi

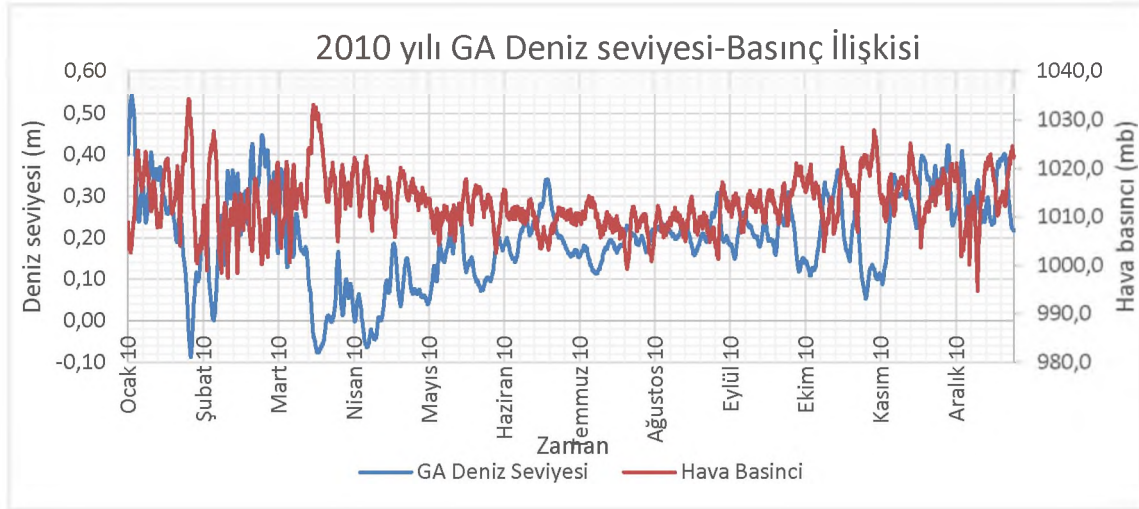
ρ = deniz suyu yoğunluğu

g = yerçekimi ivmesi

Deniz suyu yoğunluğu $\rho = 1026 \text{ kg m}^{-3}$ ve yerçekimi ivmesi $g = 9.8 \text{ m s}^{-2}$ olarak alındığında;

$$\Delta h = -0.993 \Delta P_a \quad (3.3)$$

olmaktadır. Δh santimetre, ΔP_a ise milibar birimindedir. Dolayısıyla Atmosfer basıncının 1 milibar artması, deniz seviyesinin yaklaşık 1 santimetre azalmasına sebep olmaktadır [10]. Atmosfer basıncı ile deniz seviyesi arasındaki bu ilişki Şekil 3.16’da 2010 yılına ait örnek grafikte ve Ek-3’te sunulan yıllara bağlı analizlerde açıkça görülmektedir.



Şekil 3.16. 2010 yılı GA deniz seviyesi ve basınç ilişkisi

Mart ayı ortalarında basınç 1030 mb'ın üzerine çıkarken, deniz seviyesi de önemli bir düşüş ile -0.07 mm'ye gerilemiştir. Sonrasında basınç düşme eğilimi gösterirken, deniz seviyesi de artma eğilimi göstermiştir. Yine Ocak ayı sonlarında aynı şekilde basınç 1035 mb'a kadar yükselmiş ve deniz seviyesi -0.09 mm'ye kadar azalmıştır.

Menteş istasyonunda 1999-2016 arası tüm basınç verilerinin ortalaması 1015.08 mb'dir. Dolayısıyla gelgit etkisinden arındırılmış deniz seviyesi değerlerinden basınç etkisini de çıkarmak için, her bir saate ait basınç değeri, 1015.08 mb'lık ortalama değerden çıkarılarak deniz seviyesi üzerine yaptığı ters etkiler bulunmuştur [13]. Bu sayede gelgitten arındırılmış deniz seviyesi değerlerinden basınç etkisi de çıkarılmış ve gelgit ve basınç etkisinden arındırılmış (GBA) deniz seviyesi değerleri elde edilerek rüzgar analizleri yapılmıştır.

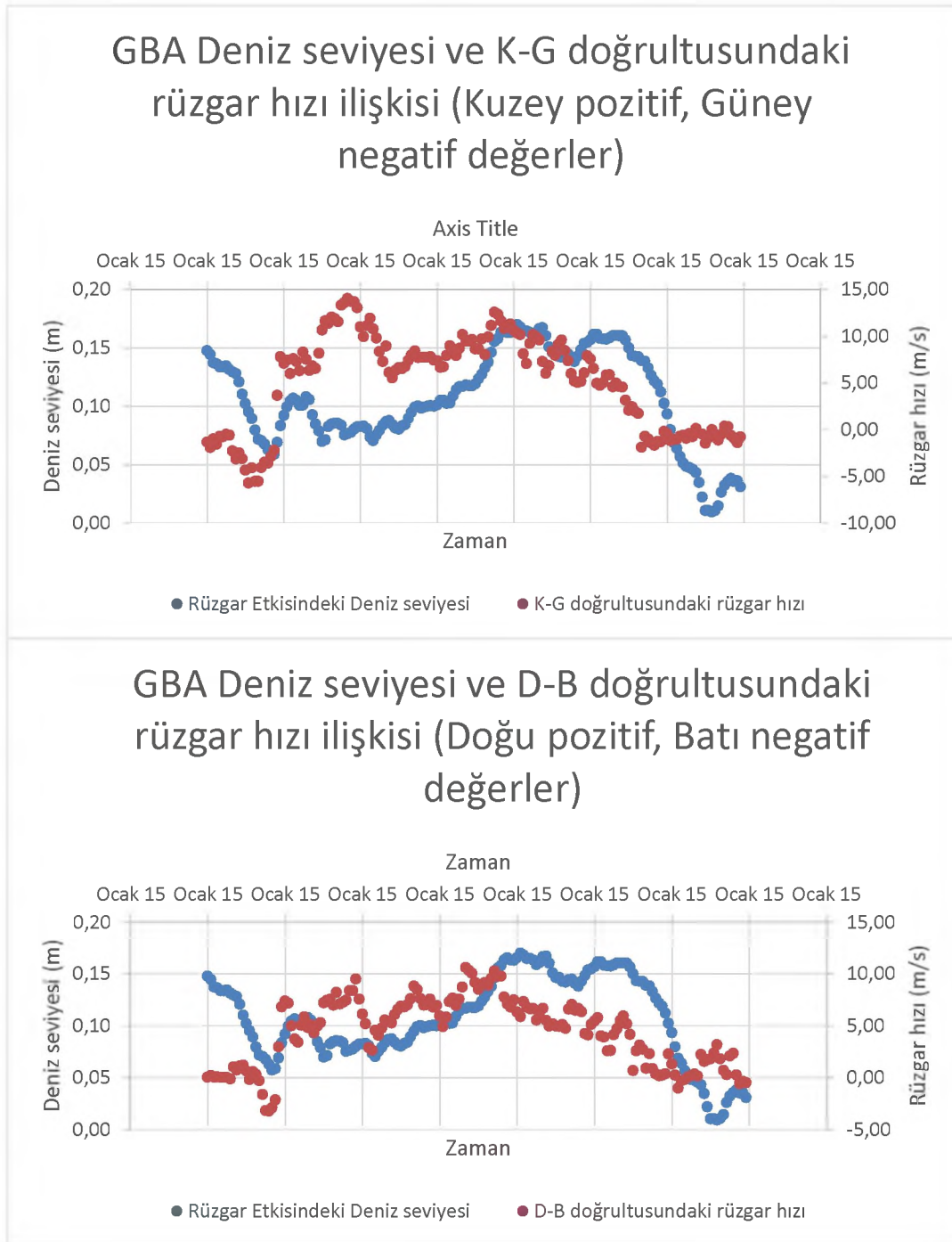
3.3.2. Rüzgar etkisi

Rüzgarın deniz yüzeyi üzerindeki sürüklenme kuvveti atmosferin deniz seviyesinin değişimine neden olan ikinci etki olup, bu kuvvet rüzgar hızının karesi ile doğru orantılı olarak artar [4]. Bu sürüklenme etkisi ile deniz suyu harekete geçmeye başlar. Rüzgarın etkisi ile sürüklenen su miktarı; sığ deniz sularında rüzgarın esme yönünde, derin sularda ise kuzey yarım kürede sağa doğru, güney yarım kürede ise sola doğru dik açı yaparak sürüklenir.

Deniz yüzeyinde rüzgar etkenli kayma gerilmelerinin, su düzeyinde meydana getirdiği değişime, fırtına kabarması (storm surge) adı verilir (bkz. Şekil 3.17) [6]. Fırtına kabarmasında; rüzgar ve basınç kuvvetleri, suyu, kıyıya doğru itmektedir. Tropikal fırtınalar, kasırgalar veya kıyıdan uzakta deniz/okyanusta bulunan kuvvetli alçak basınç sistemlerinin neden olduğu normal deniz seviyesinin yükselmesi fırtına kabarmasına neden olmaktadır.

Rüzgar karadan denize doğru eserken deniz seviyesi azalma, rüzgar denizden karaya eserken ise sürüklenme etkisiyle deniz seviyesi artma eğilimi gösterir. Dolayısıyla kara-deniz meltemleri deniz seviyesine kısa periyotlarda (günlük) etki etmektedir.

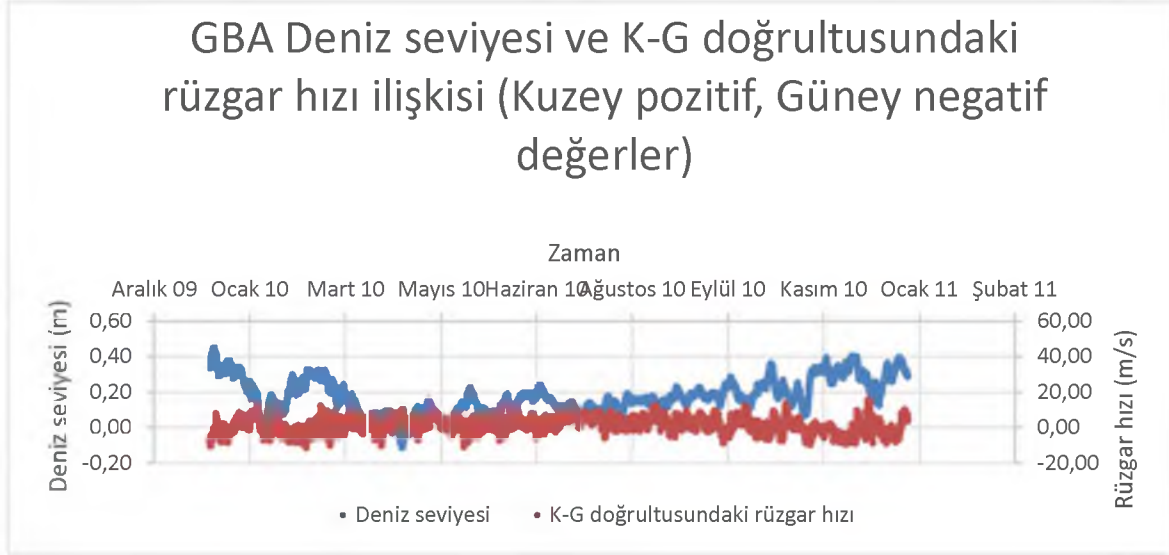
Menteş'e ait lokal rüzgarın etkileri rüzgar yönü bileşenlerine ayrılarak, Kuzey (pozitif) - Güney (negatif) doğrultusu ve Doğu (pozitif) - Batı (negatif) doğrultusuna ait analizler Şekil 3.17 - Şekil 3.19'da sunulan grafiklerde incelenmiştir.



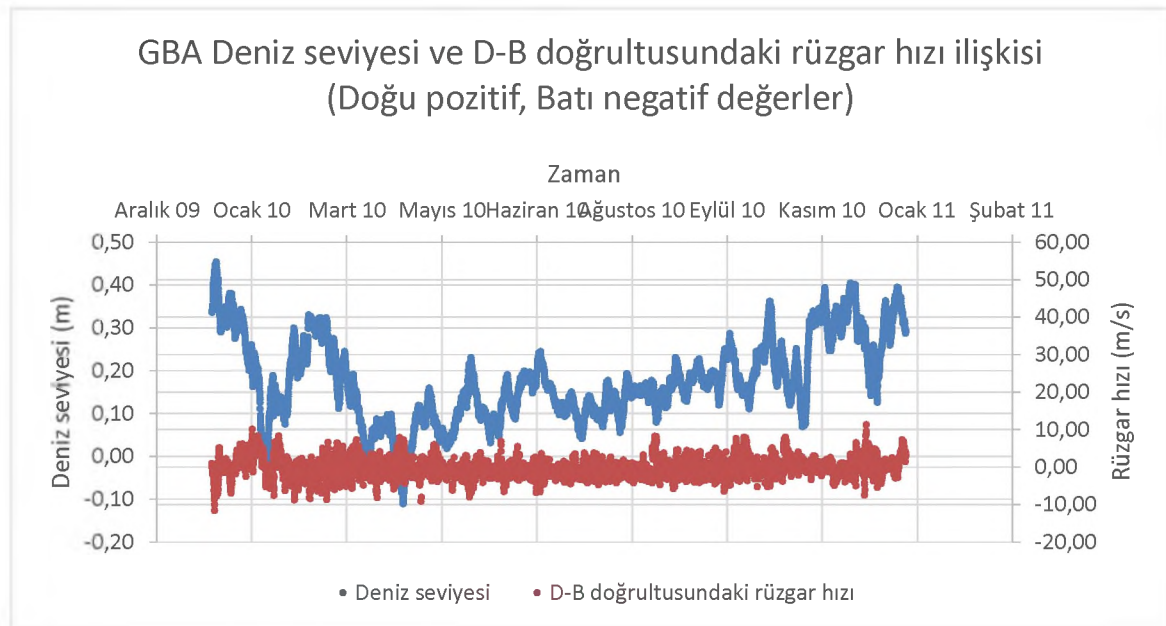
Şekil 3.17. 2015 yılı fırtınalı günlerde rüzgar ve deniz seviyesi etkileşimi

Şekil 3.17'deki örnekte görüldüğü üzere rüzgar güneybatı'dan eserken deniz seviyesinde azalma, kuzeydoğu'dan fırtınaya döndüğünde ise deniz seviyesinde artış olmuştur. Dolayısıyla Menteş istasyonunda rüzgar kuzeyden yani denizden karaya eserken deniz seviyesinde artış, güneyden yani kardan denize eserken ise azalma olmaktadır. Aynı şekilde rüzgar doğudan yani denizden karaya eserken deniz seviyesinde artış, batıdan yani karadan denize eserken deniz seviyesinde azalma görülmüştür. 1999-2016 arasındaki tüm

veri seti incelendiğinde, Menteş İstasyonunda ortalama deniz seviyesinin 5 cm yükseldiği görülmüştür.



Şekil 3.18. 2010 yılı GBA deniz seviyesi ve K-G doğrultusundaki rüzgar hızı ilişkisi



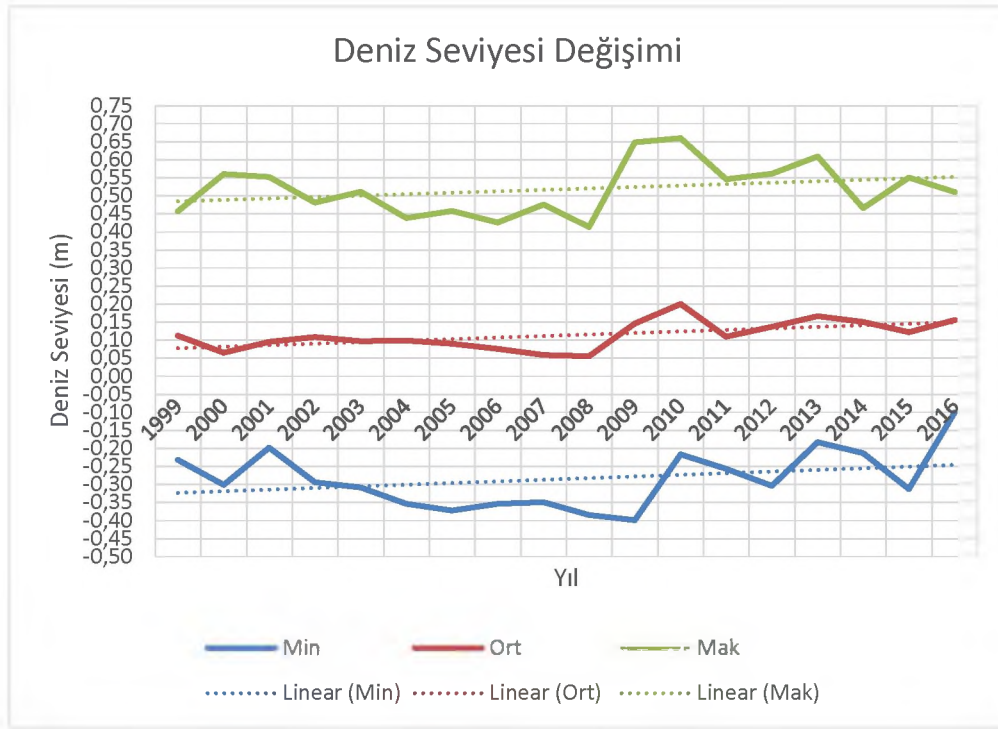
Şekil 3.19. 2010 yılı GBA deniz seviyesi ve D-B doğrultusundaki rüzgar hızı ilişkisi

4. BULGULAR VE YORUM

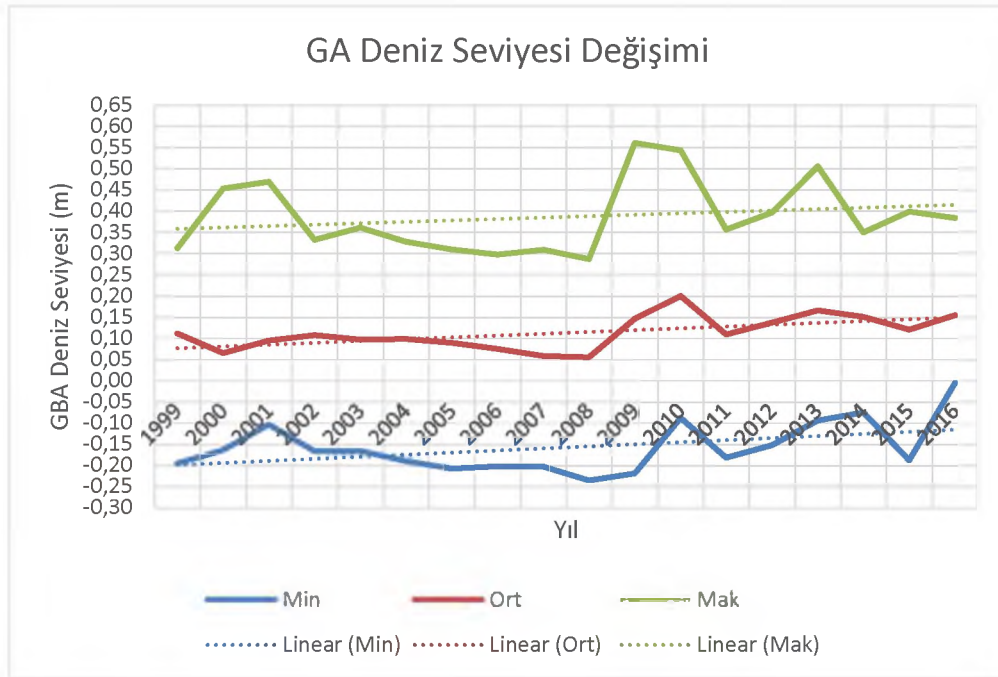
Gerçekleştirilen çalışmalar neticesinde varılan ortalama, minimum ve maksimum değer analizleri Çizelge 4.1’de verilmiş olup, grafikli analizler Şekil 4.1-Şekil 4.4’te sunulmuştur.

Çizelge 4.1. Ortalama, minimum ve maksimum değerler

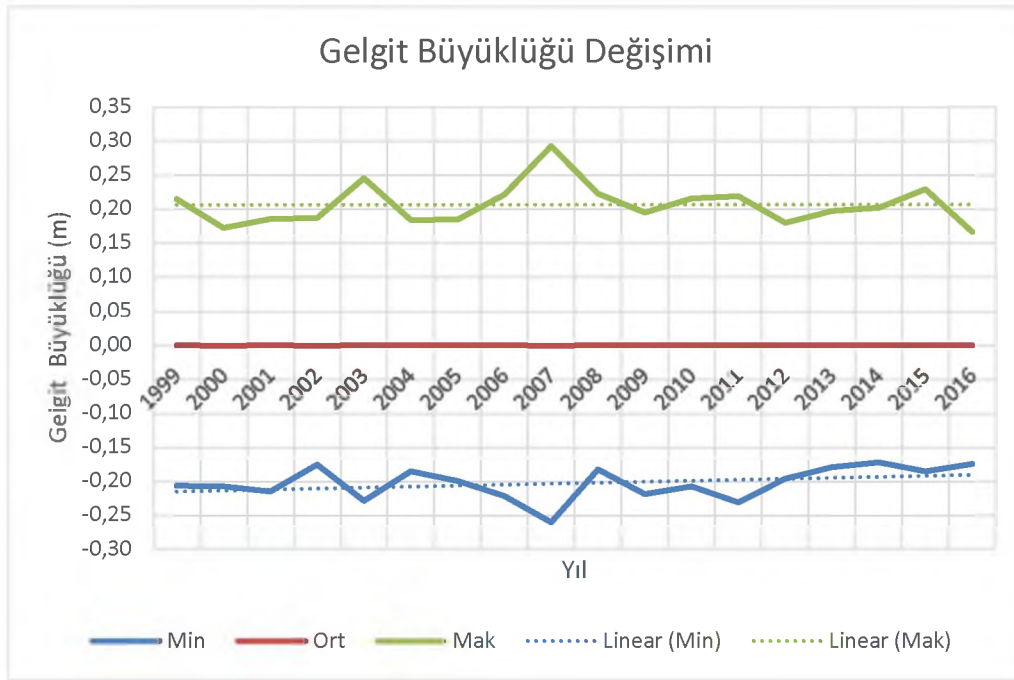
		1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Deniz Seviyesi (m)	Min	-0.23	-0.30	-0.20	-0.29	-0.31	-0.35	-0.37	-0.35	-0.35
	Ort	0.11	0.07	0.09	0.11	0.10	0.10	0.09	0.08	0.06
	Mak	0.46	0.56	0.55	0.48	0.51	0.44	0.46	0.43	0.48
GA Deniz Seviyesi (m)	Min	-0.19	-0.16	-0.10	-0.17	-0.17	-0.19	-0.21	-0.20	-0.20
	Ort	0.11	0.07	0.09	0.11	0.10	0.10	0.09	0.08	0.06
	Mak	0.31	0.45	0.47	0.33	0.36	0.33	0.31	0.30	0.31
Gelgit Büyüklüğü (m)	Min	-0.21	-0.21	-0.21	-0.17	-0.23	-0.18	-0.20	-0.22	-0.26
	Ort	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Mak	0.21	0.17	0.19	0.19	0.25	0.18	0.18	0.22	0.29
GBA Deniz Seviyesi (m)	Min	-0.01	-0.07	-0.06	-0.10	-0.10	-0.10	-0.15	-0.07	-0.17
	Ort	0.12	0.08	0.11	0.13	0.10	0.12	0.11	0.10	0.08
	Mak	0.30	0.43	0.44	0.34	0.36	0.30	0.30	0.29	0.26
		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Deniz Seviyesi (m)	Min	-0.39	-0.40	-0.22	-0.26	-0.30	-0.18	-0.21	-0.31	-0.10
	Ort	0.06	0.15	0.20	0.11	0.14	0.17	0.15	0.12	0.16
	Mak	0.41	0.65	0.66	0.55	0.56	0.61	0.47	0.55	0.51
GA Deniz Seviyesi (m)	Min	-0.24	-0.22	-0.09	-0.18	-0.15	-0.09	-0.07	-0.19	-0.01
	Ort	0.06	0.15	0.20	0.11	0.14	0.17	0.15	0.12	0.15
	Mak	0.29	0.56	0.54	0.36	0.40	0.51	0.35	0.40	0.38
Gelgit Büyüklüğü (m)	Min	-0.18	-0.22	-0.21	-0.23	-0.20	-0.18	-0.17	-0.18	-0.17
	Ort	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Mak	0.22	0.19	0.22	0.22	0.18	0.20	0.20	0.23	0.17
GBA Deniz Seviyesi (m)	Min	-0.10	-0.09	-0.09	-0.04	-0.09	-0.01	-0.08	-0.14	0.02
	Ort	0.07	0.10	0.20	0.13	0.14	0.18	0.16	0.14	0.17
	Mak	0.30	0.49	0.47	0.31	0.41	0.42	0.36	0.39	0.36



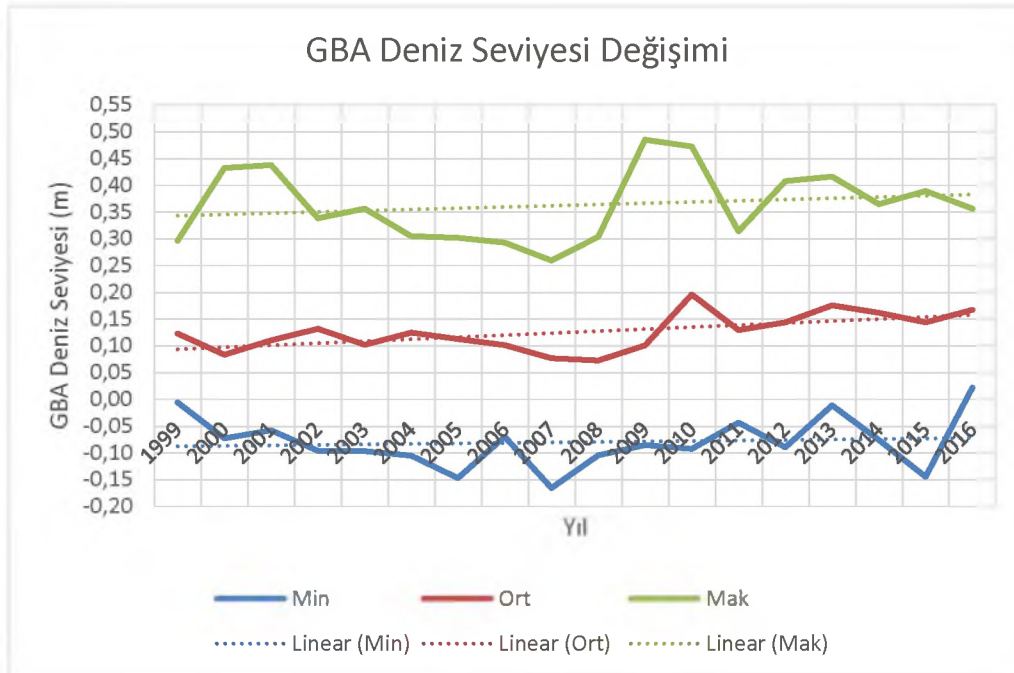
Şekil 4.1. Deniz seviyesi değişimi



Şekil 4.2. GA deniz seviyesi değişimi



Şekil 4.3. Gelgit büyüklüğü değişimi



Şekil 4.4. GBA deniz seviyesi değişimi

1999-2016 arasındaki tüm veri seti incelendiğinde, Menteş İstasyonunda ortalama deniz seviyesinin 5 cm yükseldiği görülmüştür. Gelgit etkisi ± 23 cm seviyesindedir ve 2007 yılında +29 cm ve -26 cm ile maksimuma ulaşmıştır. Meteorolojik etkiler ise ortalama 65 cm seviyesinde bir değişime sebep olmaktadır ve 2008 yılında -24 cm ve 2009 yılında +56

cm ile maksimum seviyeye ulaşmıştır. Sadece rüzgar etkisi göz önüne alındığında ortalama 43 cm seviyesinde bir değişim gözlenmektedir ve 2007 yılında -17 cm ile minimum 2009 yılında ise +49 cm ile maksimum etkilere ulaşmıştır.

5. TARTIŞMA

İzmir Körfezi'nde geçmişte yapılan çalışmalardan, Alpar tarafından 1997 yılında yapılmış çalışmada, basınç ve rüzgarın deniz seviyesi değişimlerine etkisi araştırılmıştır[2]. Bu çalışmada 1990 yılının Menteş istasyonu deniz suyu seviyesi verileri ile MGM'nin İzmir Bölge istasyonu verileri kullanılmıştır. Dolayısıyla tek bir yıllık veri kullanılması ve meteorolojik veri kaynağı olarak İzmir Bölge istasyonunun kullanılması açısından bu tez çalışması ile farklılıklar göstermektedir. Gelgit etkisinin elimine edilmesi için hazır bir filtre olan 119 nokta gelgit yokedici filtreden faydalanılmıştır. Bu tez çalışmasında ise 25 saatlik yürüyen ortalama filtresi üretilmiştir. Sonuçlar yine de benzerlik göstermiştir. İki çalışmada da deniz seviyesi ile basınç arasında ters ilişki görülmüştür. Güneyli rüzgarların su seviyesini azalttığı iki çalışmada da görülmüştür.

Simav ve arkadaşları (2011) tarafından yılında yapılan çalışmada, deniz seviyesine etki eden faktörlerden atmosferik etkiler (basınç ve rüzgar) ile birlikte, bu tez çalışmasından farklı olarak sterik etkiler ve düşey kara hareketi etkileri de incelenmiştir [11]. Veri kaynağı olarak HGK'nın 1985-2001 arası Menteş mareograf istasyonları deniz seviyesi ölçümleri, meteorolojik etki için 2 boyutlu bir barotropik model çıktıları, hidrografik veri ve GPS verisi kullanılmıştır. Gelgit etkisinin elimine edilmesi için saatlik deniz seviyesi verilerinden aylık ortalamalar bulunmuştur. Sonra tüm aylardan, bulunan aylık ortalamalar çıkarılmıştır. Bu çalışmada ayrıca deniz suyu seviyesi trendleri de çalışılmıştır. Bu anlamda yöntem açısından iki çalışma büyük farklılıklar göstermektedir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada meteorolojik veriler kullanılarak, hava basıncı ve rüzgar parametrelerinin deniz suyu seviyesi değişimleri üzerindeki, günlük ve aylık ölçekteki etkileri araştırılmıştır. Ölçümlere dayalı olarak fırtına dönemleri ve rüzgar kabarması ilişkisi incelenmiştir.

Uygulama alanı olarak İzmir İç Körfezi seçilmiştir. HGK'nın Menteş istasyonuna ait 1999-2016 yılları arası deniz seviyesi, rüzgar hızı ve yönü ve basınç verileri kullanılmıştır. Menteş istasyonunda 4 metrede ölçülen rüzgar verileri logaritmik rüzgar profili yasası kullanılarak 10 metre seviyesine çıkarılmıştır. Sonrasında, İzmir Körfezinde HGK tarafından işletilen Menteş mareograf istasyonunun ve MGM tarafından işletilen Meteoroloji İstasyonlarının rüzgar verileri incelenerek ve karşılaştırılarak, deniz seviyesi ölçümü yapılan Menteş mareograf istasyonu noktasını hangisinin meteorolojik açıdan daha iyi temsil ettiği kontrol edilmiştir. MGM'den elde edilen rüzgar verilerinde boşluklar, belirli yöne sabitlenmeler, uzun dönem veri eksikliği ve Menteş istasyonu ile uyumsuzluk gibi faktörler değerlendirildiğinde, Menteş istasyonunun kendi rüzgar verilerinin kullanılmasına karar verilmiştir. Deniz seviyesinden gelgit etkisinin elimine edilmesi için de 25 saatlik yürüyen ortalama filtresi kullanılmıştır.

Gelgit etkisi çıkarıldıktan sonra geriye kalan deniz seviyesi verilerine olan basınç etkisi ele alınmıştır. Ters barometre etkisi olarak adlandırılan 1 mb basınç artışına denk gelen 1 cm deniz seviyesi düşüşü de hesaplanarak, deniz seviyesi verisinden basınç etkisi de çıkarılmıştır. Geriye kalan veri için rüzgar analizleri yapılmıştır. Tüm veriler için uzun dönem, ortalama, minimum ve maksimum değer analizleri yapılmıştır.

Kuzeyden ve doğudan esen rüzgarın deniz seviyesini artırdığı, güneyden ve batıdan esen rüzgarların ise deniz seviyesini azalttığı görülmüştür. Bu analizler 1999-2016 yılları arasındaki tüm yıllar için yapılmış ve grafikler bu çalışmanın eklerinde sunulmuştur. Ayrıca, lokal meteorolojik katkının, bölgedeki deniz seviyesi değişimlerinde en önemli katkıyı yaptığı gözlenmiştir.

İzmir Körfezi'nde deniz seviyesi değişimleri en çok gelgit ve rüzgar sürüklemesi kombinasyonundan meydana gelmektedir. Gelgit etkisi ± 23 cm ye ulaşırken, rüzgar sürüklemesi etkisi 50 cm yüksekliğe ulaşmaktadır. 1999-2016 arasındaki tüm veri seti incelendiğinde, Menteş İstasyonunda ortalama deniz seviyesinin 5 cm yükseldiği görülmüştür.

Bu çalışmada deniz seviyesine etki eden sterik etkiler (kütle katkısı ve deniz tuzluluğu-sıcaklığı) ve düşey kara hareketi etkileri dikkate alınmamıştır. Gelecekte bu konu üzerinde yapılacak çalışmalarda bu etkilerinde gözönüne alınması faydalı olacaktır. Ayrıca rüzgar verilerinin modellenmesinin yapılarak, harita üzerinde etkilerin daha net görülebileceği tahmin edilmektedir.

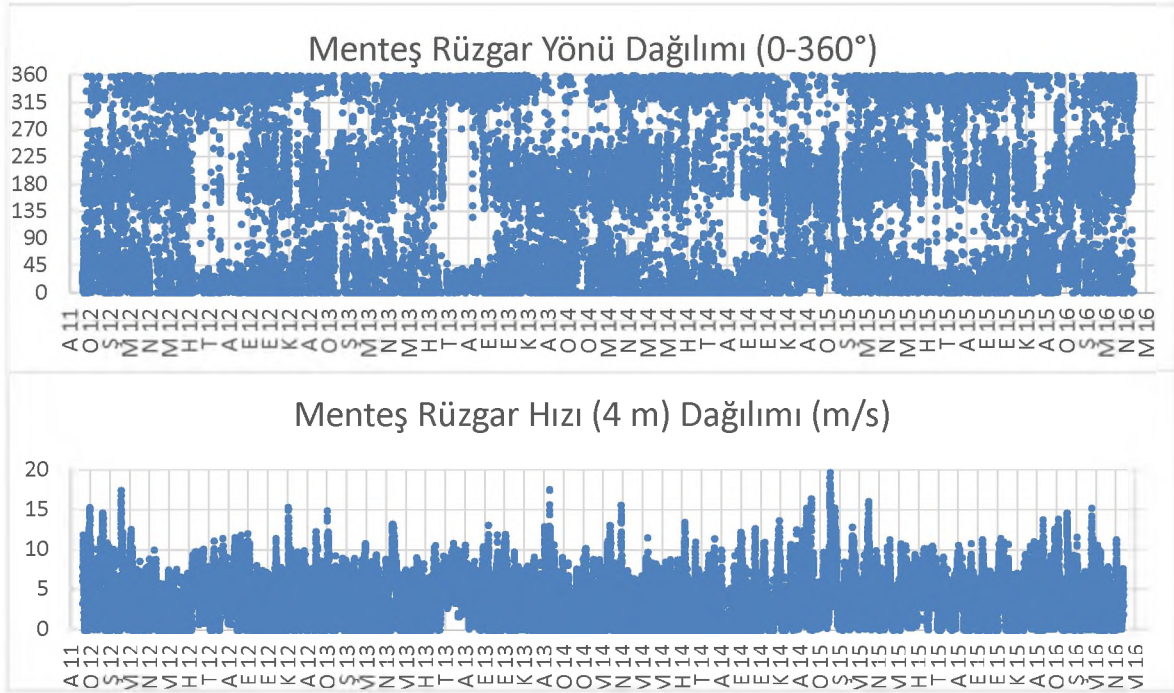
KAYNAKLAR

1. Alpar, B. ve Yüce, H. (1996). Sea level variations in the eastern coasts of the Aegean Sea. *Estuarine Coastal and Shelf Science*. 42. pp 509-21.
2. Alpar, B., Burak, S. ve Gazioglu, C. (1997). Effect of weather system on the regime of sea level variations in IzmirBay. *Turkish J. Mar. Sci.* 3. 83-92.
3. Banuelos-Ruedas, F., Angeles-Camacho, C. and Rios-Marcuello, S. (2011). Methodologies Used in the Extrapolation of Wind Speed Data at Different Heights and Its Impact in the Wind Energy Resource Assessment in a Region. *Potential Estimation and Siting Assessment*.
4. Gualdi S. and Co-authors, 2013: The CIRCE simulations: a new set of regional climate change projections performed with a realistic representation of the Mediterranean Sea. *Bull. Amer. Meteo. Soc.*, 94, 65-81
5. Gürdal, M. A. (2002). Deniz seviyesi değişimlerine neden olan etkiler, *Harita Dergisi*, Sayı: 127, 19-33.
6. Jarvinen, B.R. & Lawrence, M.B. (1985). An evaluation of the SLOSH storm surge model. 66. 1408-1411.
7. Johansson, M., and Kahma, K. (2016). On the statistical relationship between the geostrophic wind and sea level variations in the Baltic Sea. *Boreal Environment Research*. 25-43.
8. Li, Y., Zuo, J., Lu, Q., Zhang, H. and Chen, M. (2015). Impacts of wind forcing on sea level variations in the East China Sea: Local and remote effects. *Journal of Marine Systems*. 154.
9. Pawlowicz, R., Beardsley, B. and Lentz, S. (2002). Classical tidal harmonic analysis with error analysis in MATLAB using T_TIDE. *Computers & Geosciences*. 28. 929-937.
10. Pugh, D.T. (1996). *Tides, surges and mean sea-level*. UK: John Wiley and Sons. 194-197.
11. Simav, M., Yildiz, H., Türkezer, A., Lenk, O. ve Özsoy, E. (2011). Sea level variability at Antalya and Menteş tide gauges in Turkey: Atmospheric, steric and land motion contributions. *Studia Geophysica et Geodaetica*. 56.
12. Singh, A. and Aung, T. (2005). Effect of barometric pressure on sea level variations in the Pacific region. *The South Pacific Journal of Natural Science*. 23.

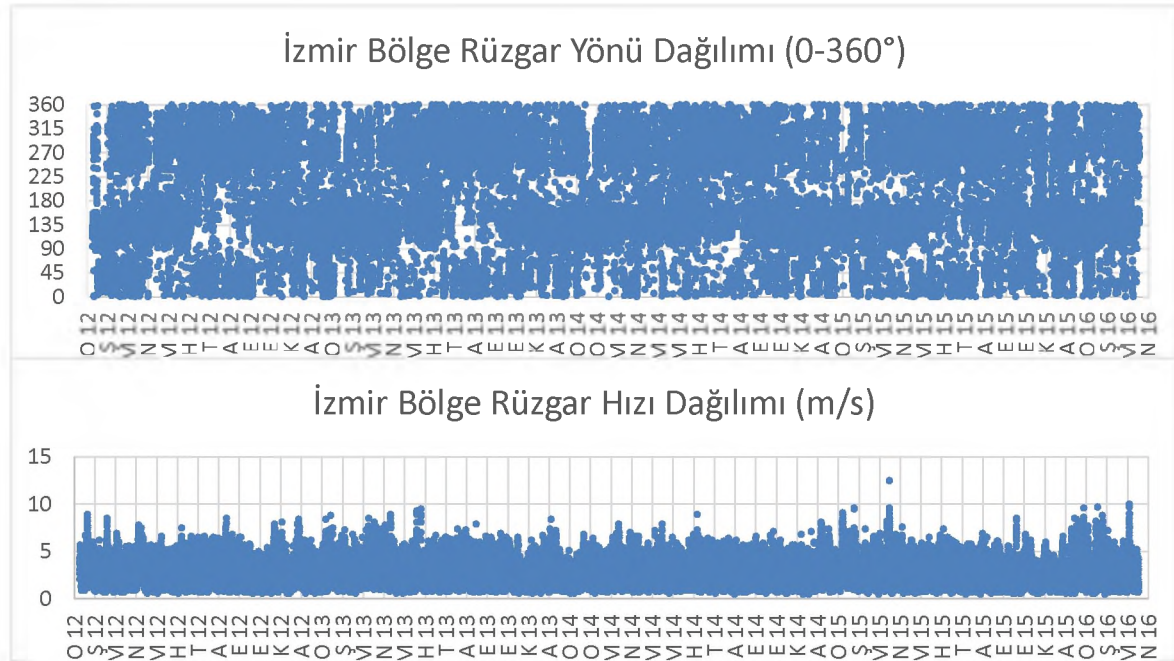
13. Smith, S. (2016). Contributions of recent barometric pressure trends to rates of sea level rise in southeastern Massachusetts (USA). *Regional Studies in Marine Science*. 8.
14. Sumich, J. L. (1996). *An Introduction to the Biology of Marine Life*. Sixth edition Dubuque, IA: Wm. C. Brown. 30-35.
15. Thomson, R.E. and Emery, W. (2014). *Data Analysis Methods in Physical Oceanography*, Third and revised edition, New York: Elsevier. 425-591.
16. Tsimplis, M. N., Proctor, R. and Flather, R. A. (1995). A two-dimensional tidal model for the Mediterranean Sea. *Journal of Geophysical Research Oceans*. 16223-239.
17. Wang, L., Huang, G., Zhou, W. et al. (2016). Historical Change and Future Scenarios of Sea Level Rise in Macau and Adjacent Waters. *Adv. Atmos. Sci.* 33. 462.
18. Wolanski, E. and Elliott, M. (2016). Estuarine water circulation. *Estuarine Ecohydrology*. 35-76.
19. Wong, W., Li, K.W. and Yeung, K.H. (2003). Long term sea level change in Hong Kong. *Hong Kong Meteorological Society Bulletin*. 13. 24-40.
20. Yildiz, H., Demir, C., Gürdal, M., Akabalı, A., Demirkol, ., Ayhan, M. ve Türkoęlu, Y. (2003). Antalya-II, Bodrum-II, Erdek ve Menteş mareograf istasyonlarına ait 1984-2002 yılları arası deniz seviyesi ve jeodezik ölçülerin değerlendirilmesi. *Harita Dergisi*. Özel Sayı. 1-75.

EKLER

EK-1. İstasyonların rüzgar yönü ve hızı dağılım grafikleri

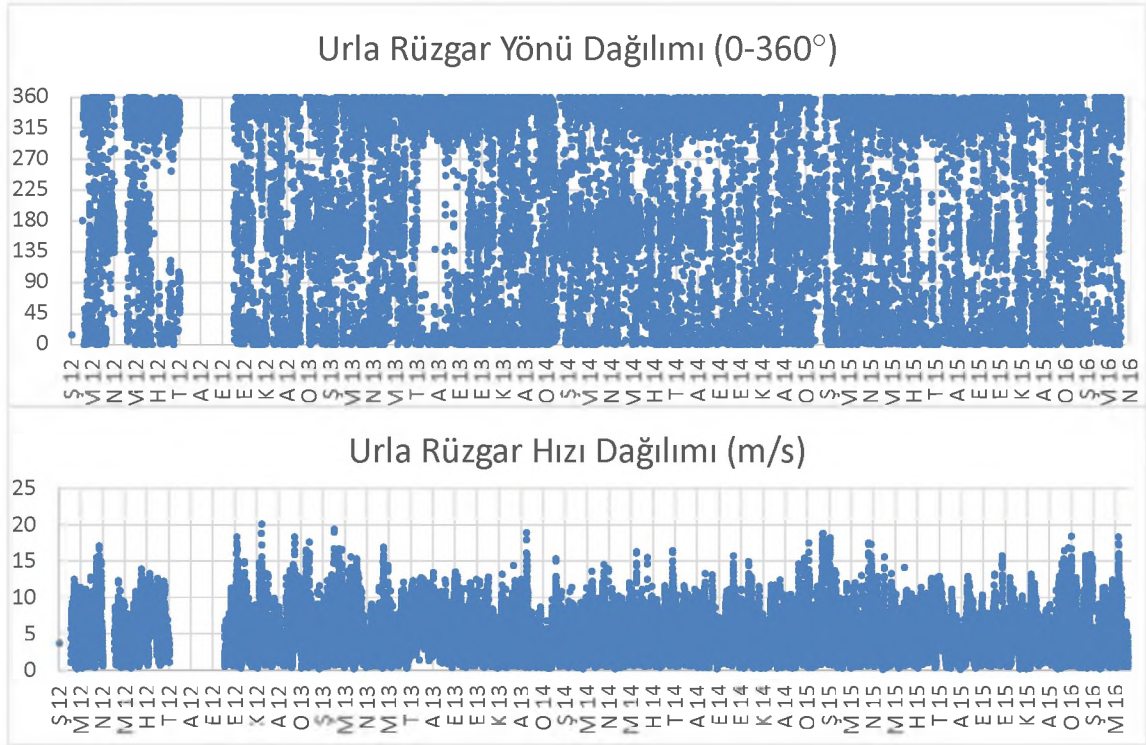


Şekil 1.1. Menteş istasyonu 2012-2016 arası rüzgar yönü ve hızı dağılımı grafikleri

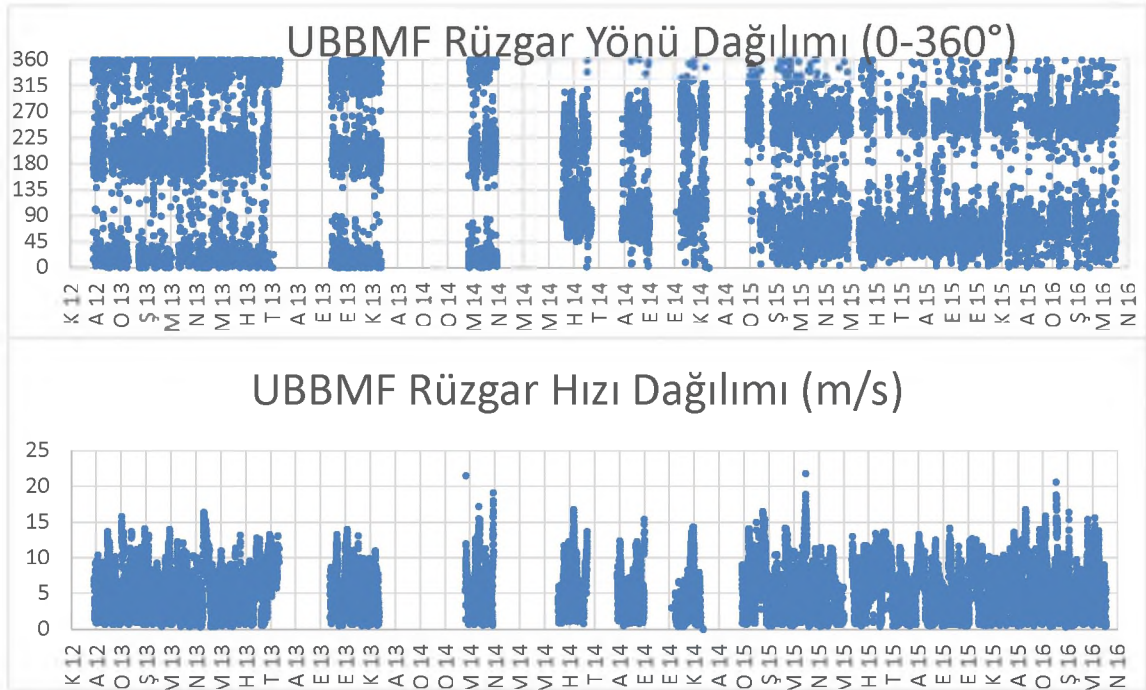


Şekil 1.2. İzmir Bölge istasyonu 2012-2016 arası rüzgar yönü ve hızı dağılımı grafikleri

EK-1. (devam) İstasyonların rüzgar yönü ve hızı dağılım grafikleri

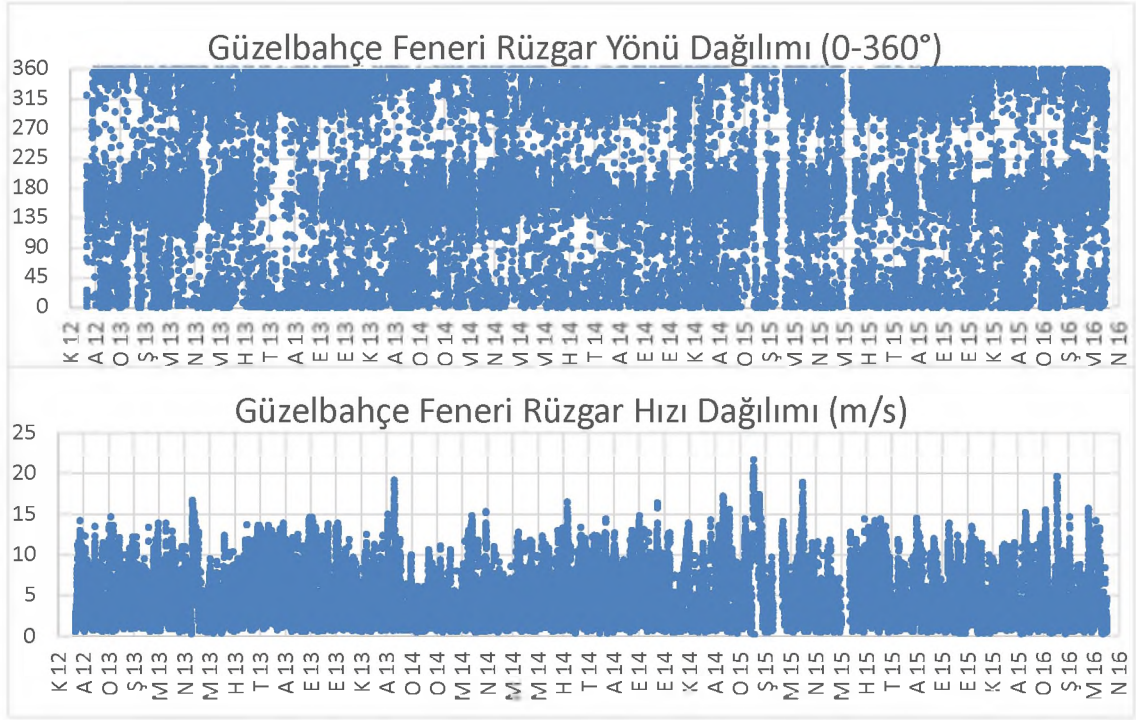


Şekil 1.3. Urla istasyonu 2012-2016 arası rüzgar yönü ve hızı dağılımı grafikleri

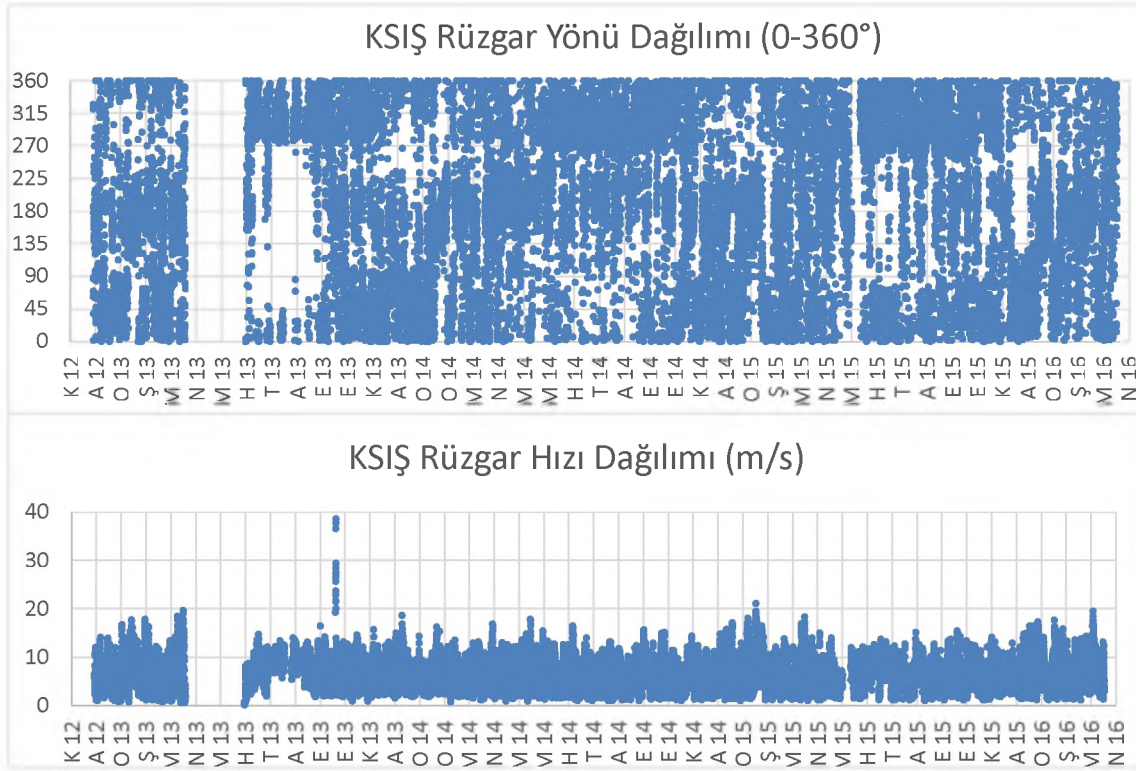


Şekil 1.4. UBBMF istasyonu 2012-2016 arası rüzgar yönü ve hızı dağılımı grafikleri

EK-1. (devam) İstasyonların rüzgar yönü ve hızı dağılım grafikleri

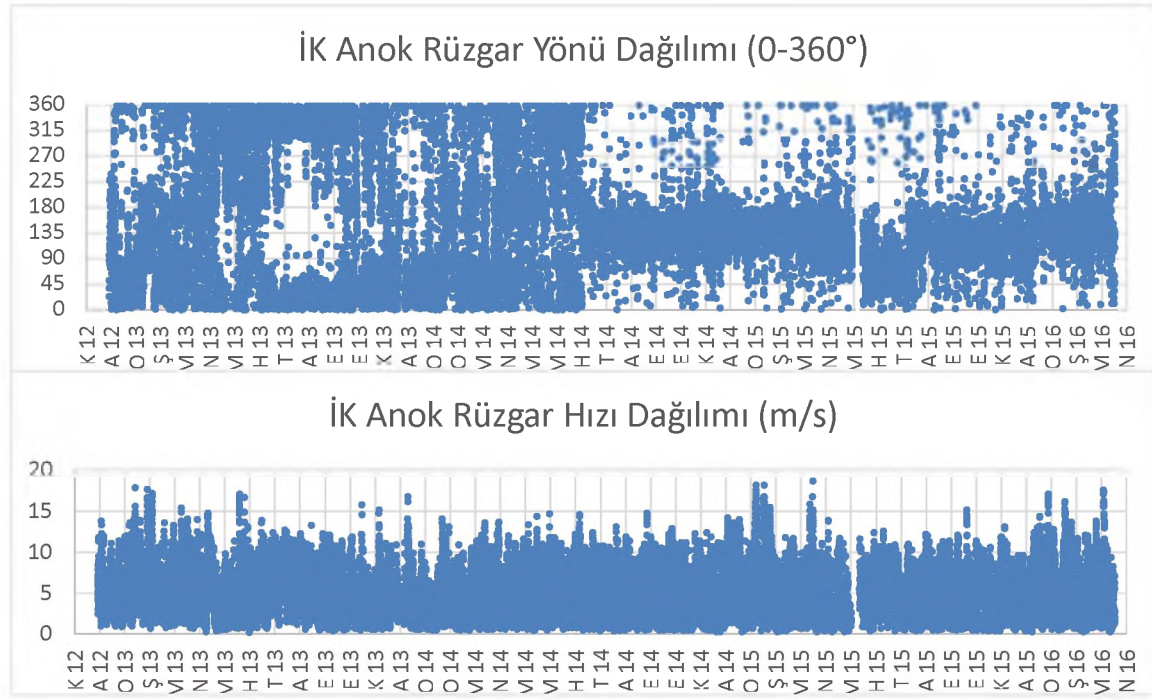


Şekil 1.5. Menteş istasyonu 2012-2016 arası rüzgar yönü ve hızı dağılımı grafikleri



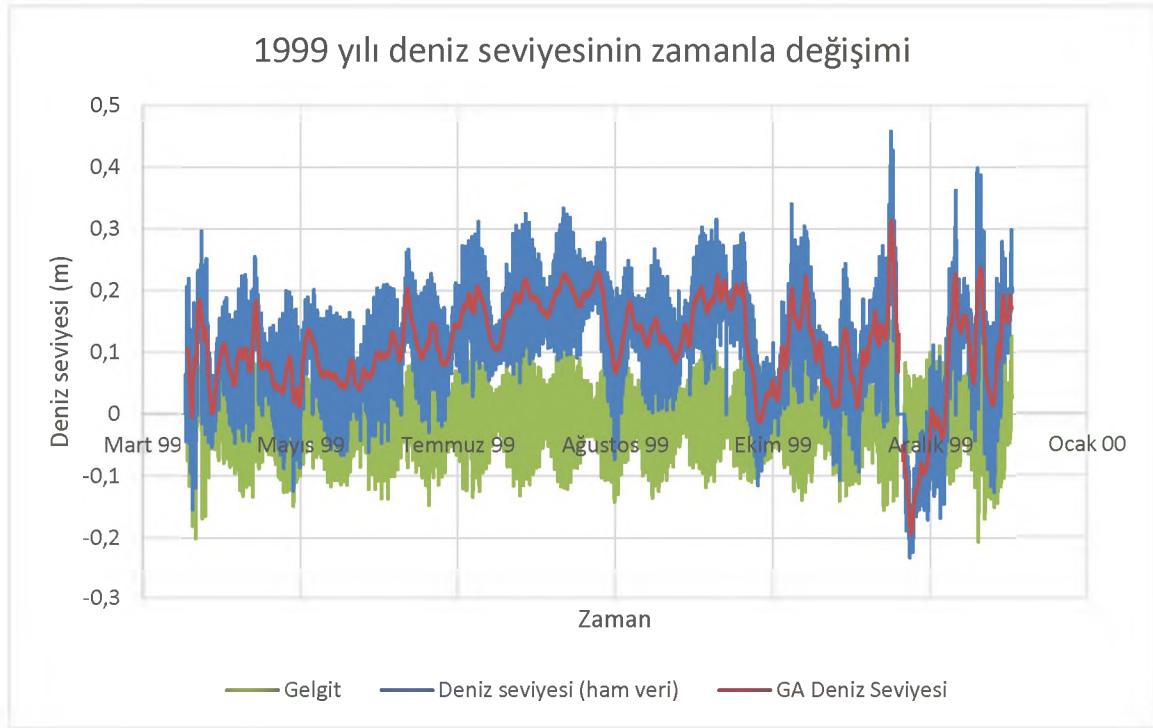
Şekil 1.6. KSIŞ istasyonu 2012-2016 arası rüzgar yönü ve hızı dağılımı grafikleri

EK-1. (devam) İstasyonların rüzgar yönü ve hızı dağılım grafikleri

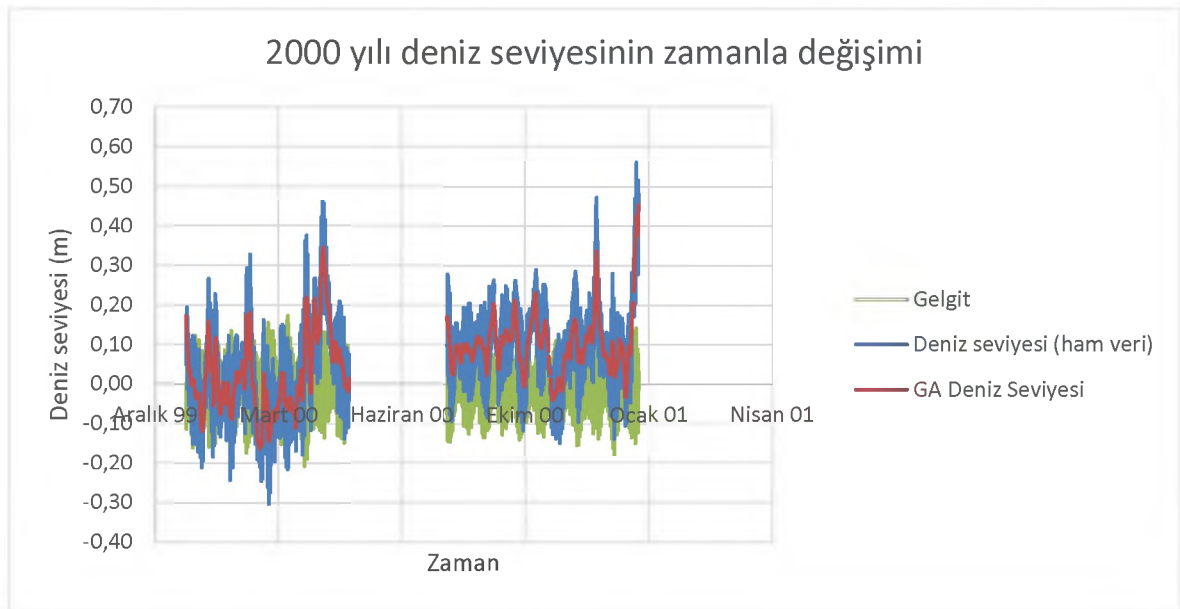


Şekil 1.7. İK Anok istasyonu 2012-2016 arası rüzgar yönü ve hızı dağılımı grafikleri

EK-2. Gelgit Analizleri

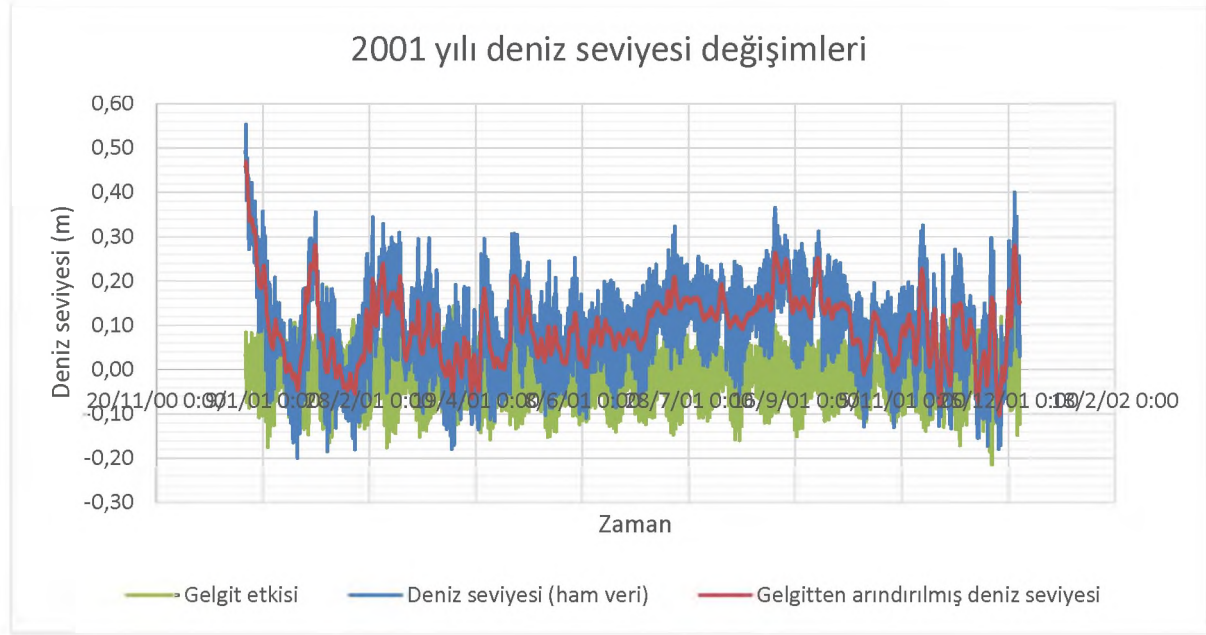


Şekil 2.1. 1999 yılı deniz seviyesinin zamanla değişimi

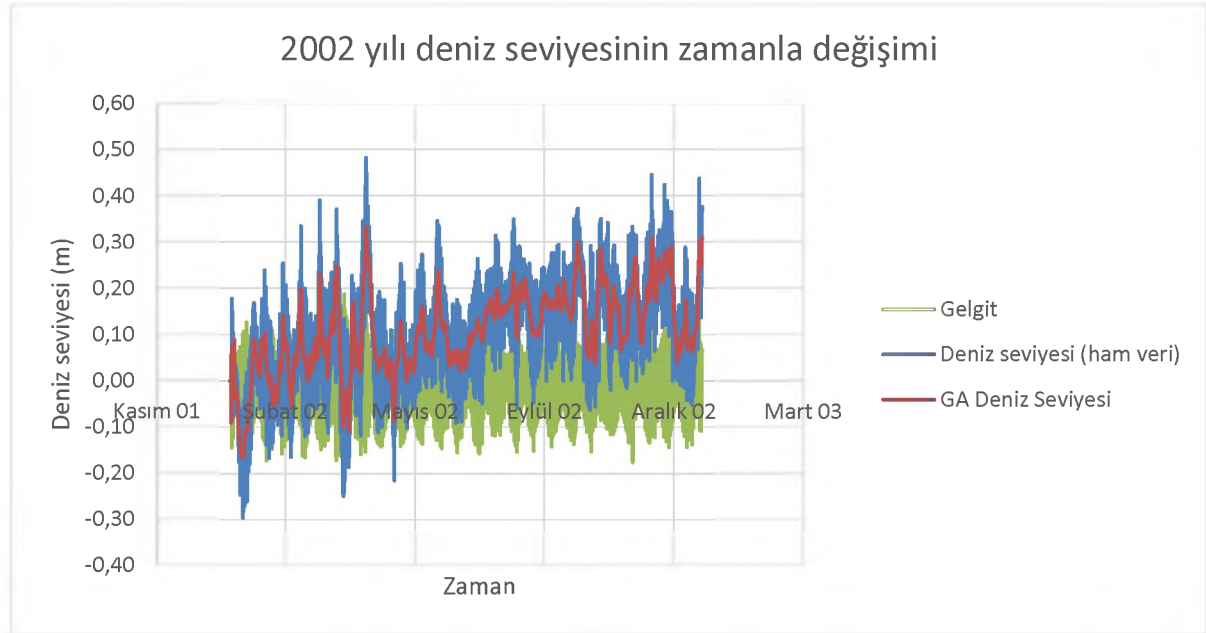


Şekil 2.2. 2000 yılı deniz seviyesinin zamanla değişimi

EK-2. (devam) Gelgit Analizleri

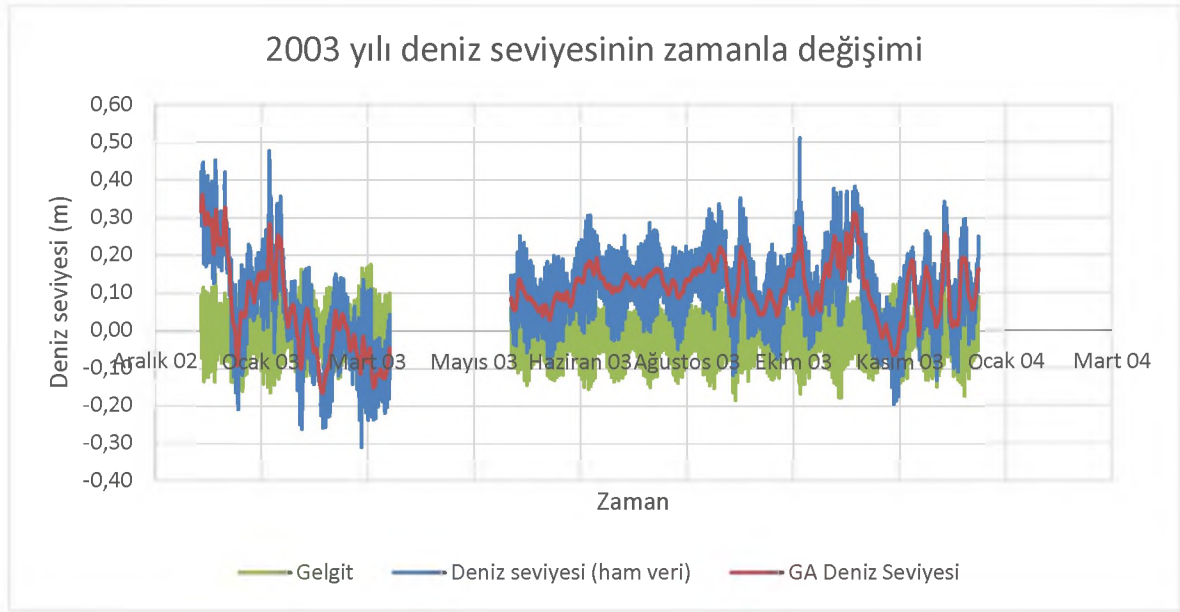


Şekil 2.3. 2001 yılı deniz seviyesinin zamanla değişimi

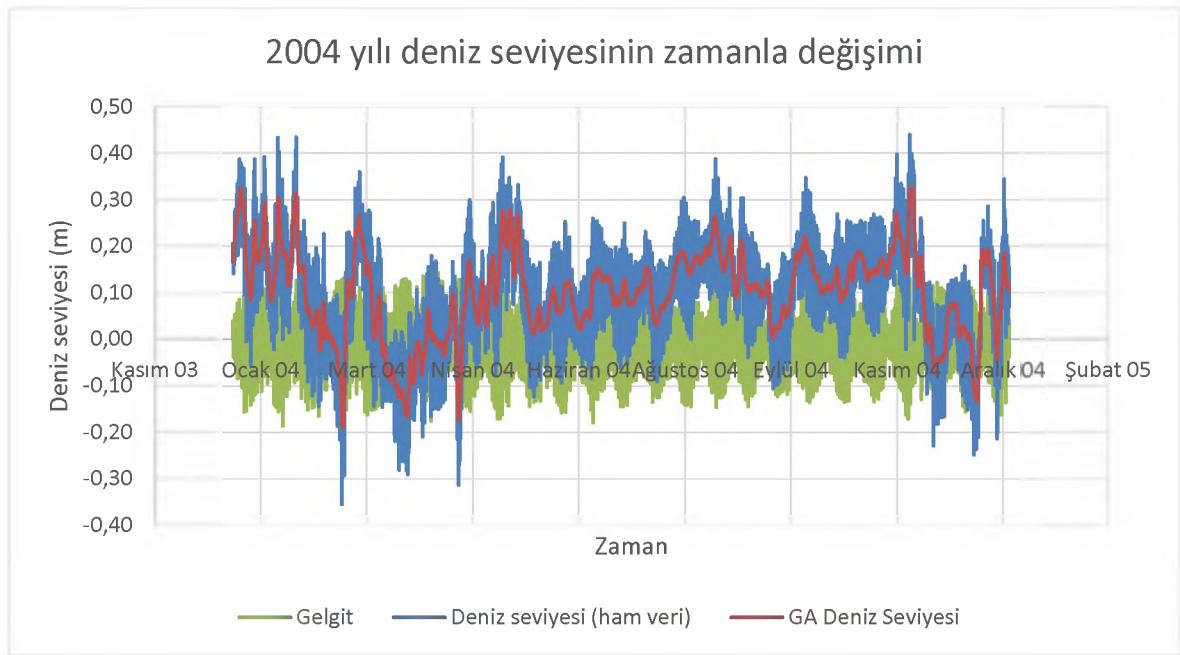


Şekil 2.4. 2002 yılı deniz seviyesinin zamanla değişimi

EK-2. (devam) Gelgit Analizleri

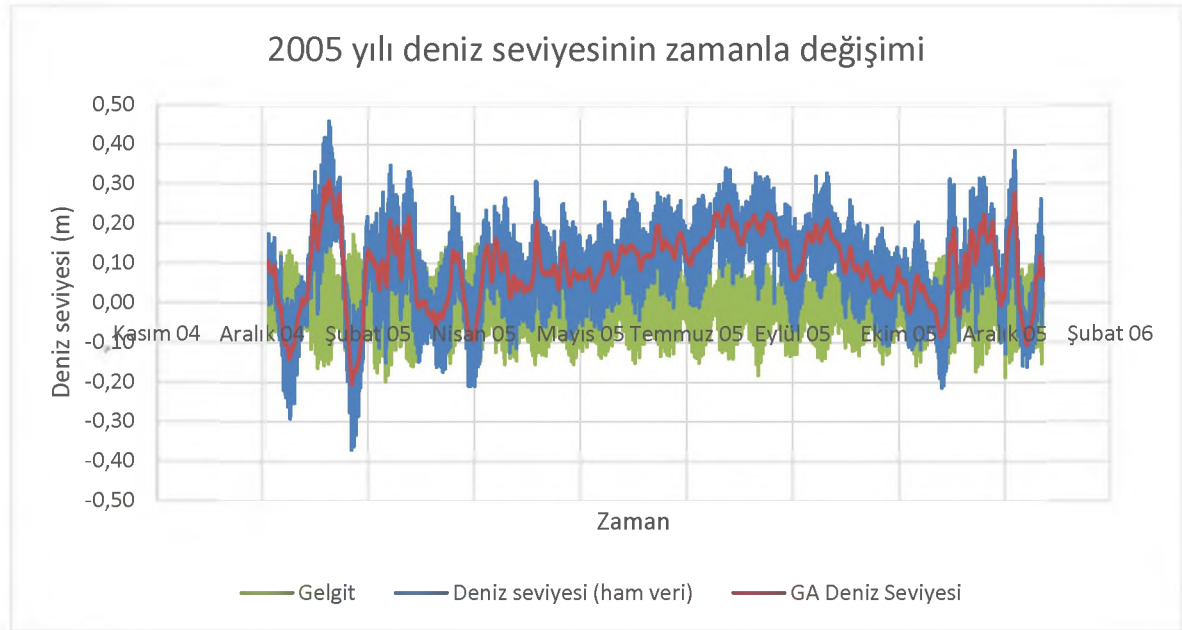


Şekil 2.5. 2003 yılı deniz seviyesinin zamanla değişimi

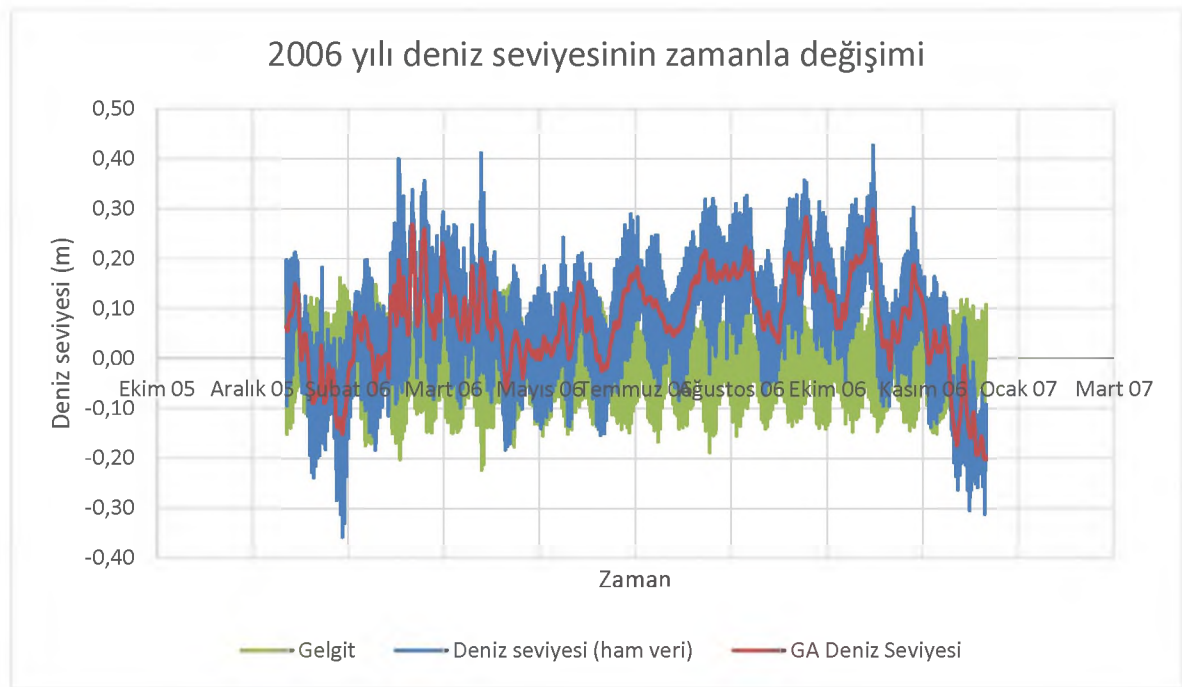


Şekil 2.6. 2004 yılı deniz seviyesinin zamanla değişimi

EK-2. (devam) Gelgit Analizleri

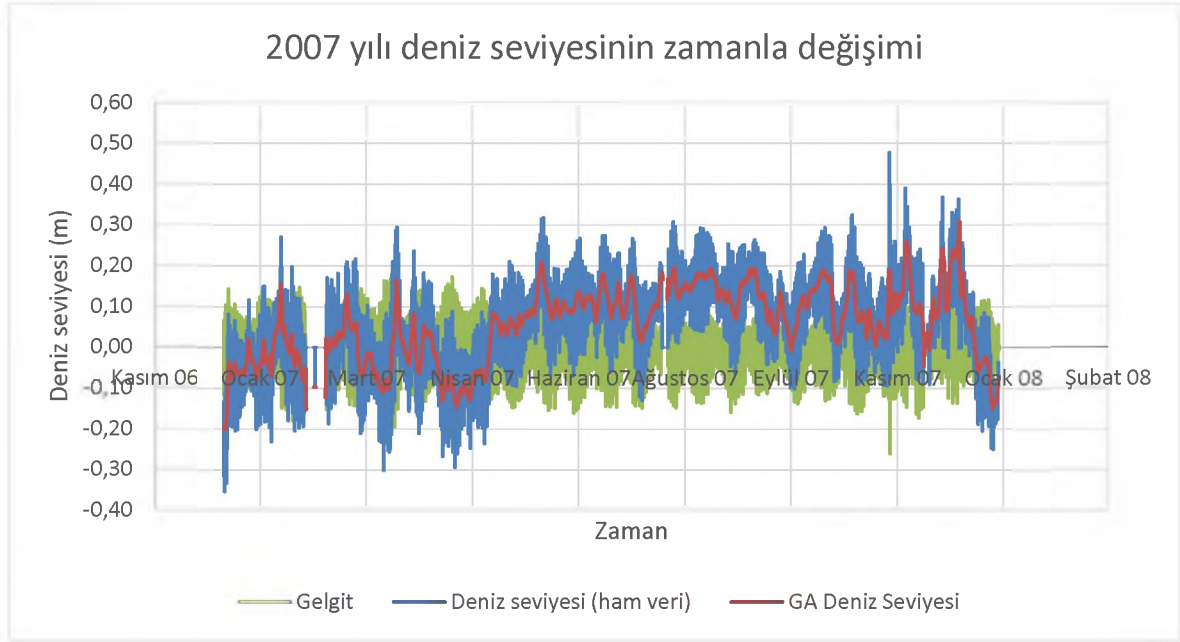


Şekil 2.7. 2005 yılı deniz seviyesinin zamanla değişimi

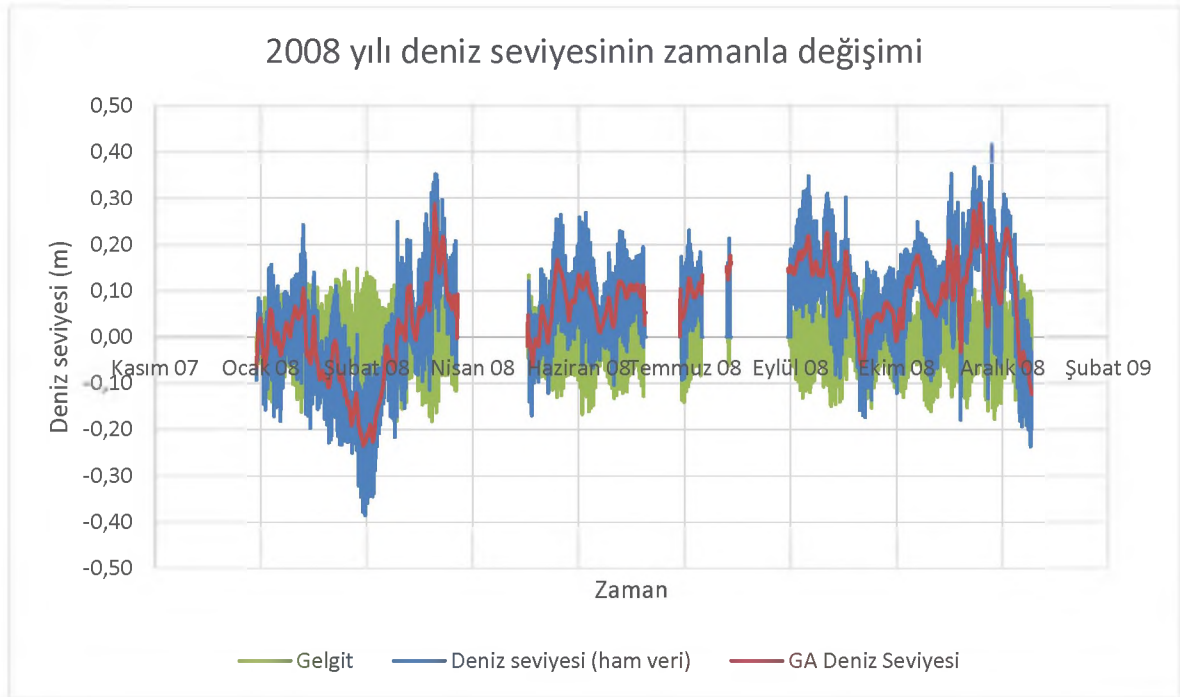


Şekil 2.8. 2006 yılı deniz seviyesinin zamanla değişimi

EK-2. (devam) Gelgit Analizleri

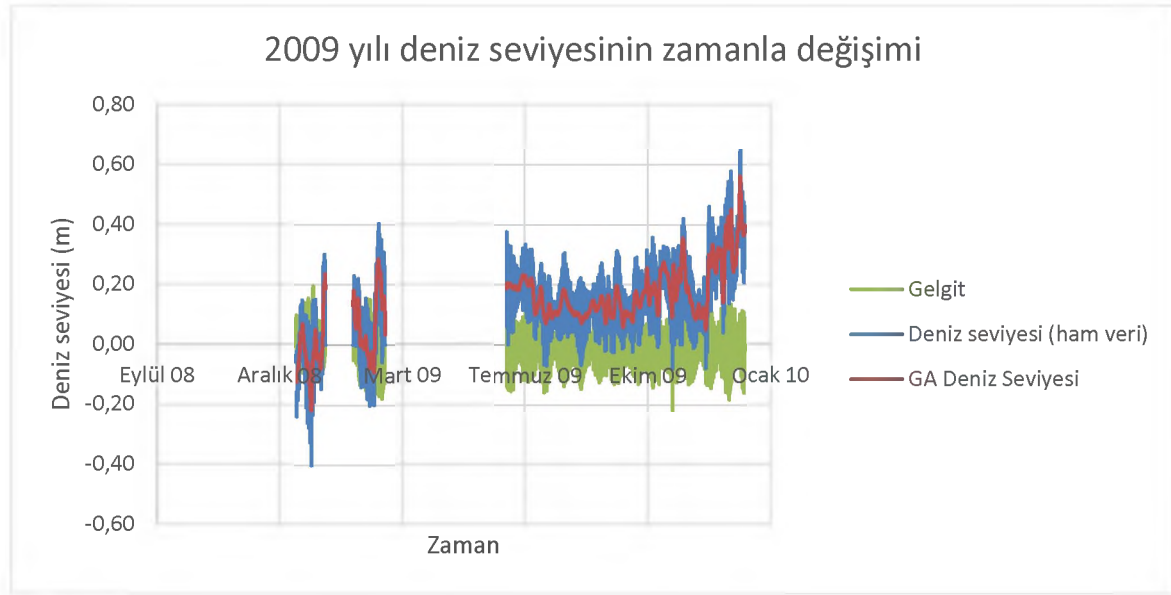


Şekil 2.9. 2007 yılı deniz seviyesinin zamanla değişimi

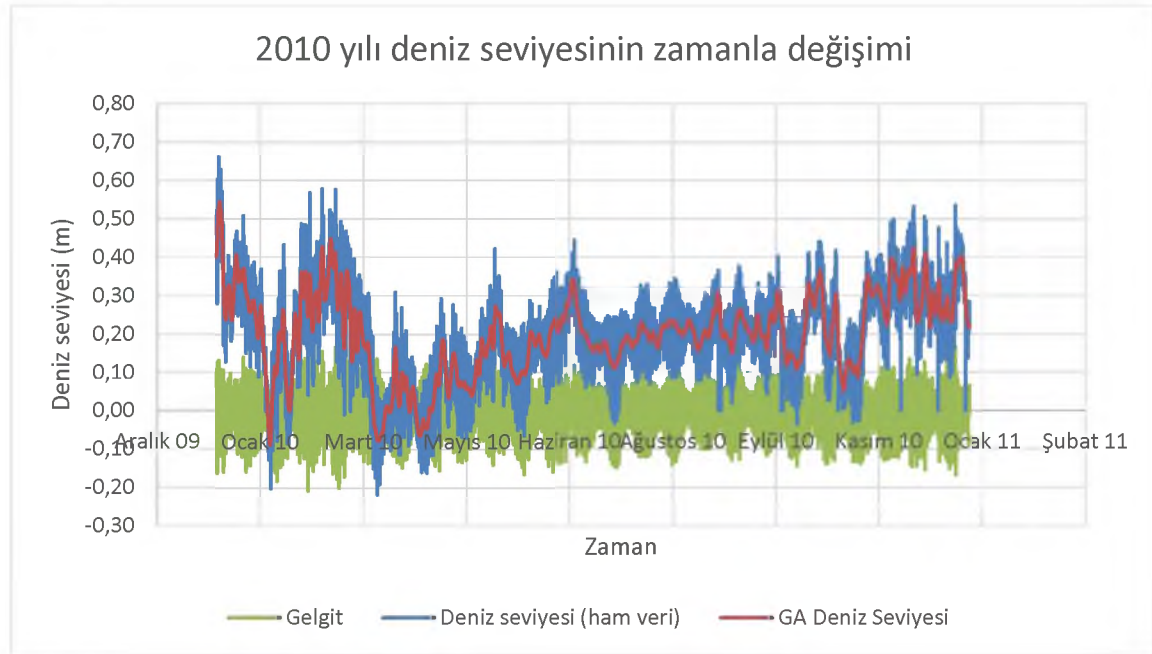


Şekil 2.10. 2008 yılı deniz seviyesinin zamanla değişimi

EK-2. (devam) Gelgit Analizleri

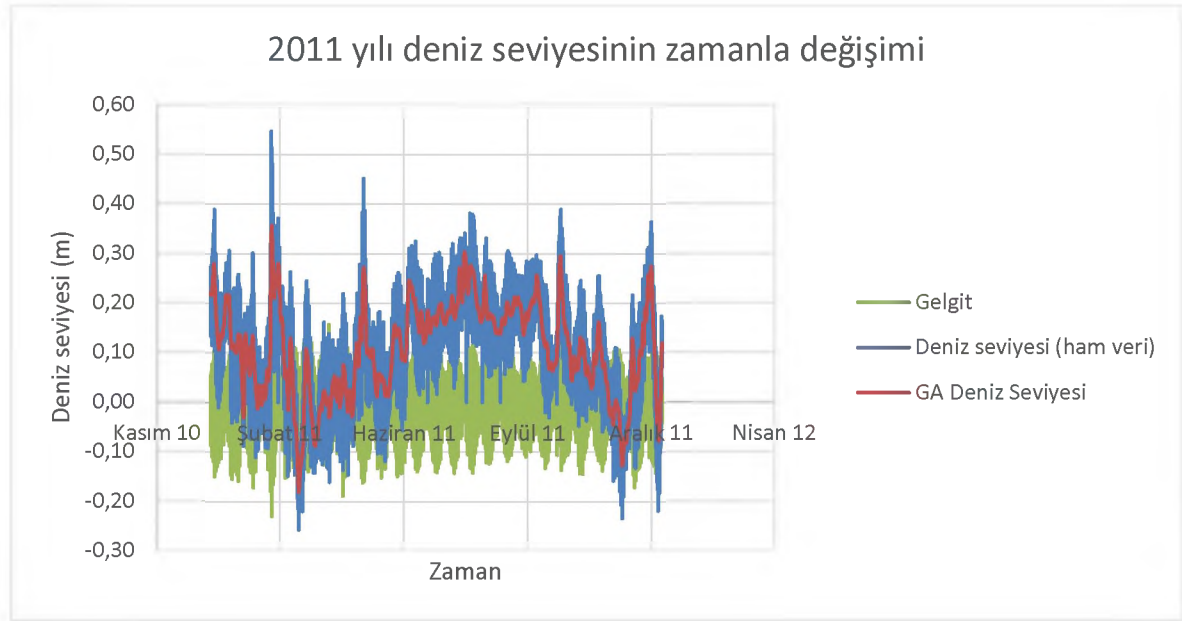


Şekil 2.11. 2009 yılı deniz seviyesinin zamanla değişimi

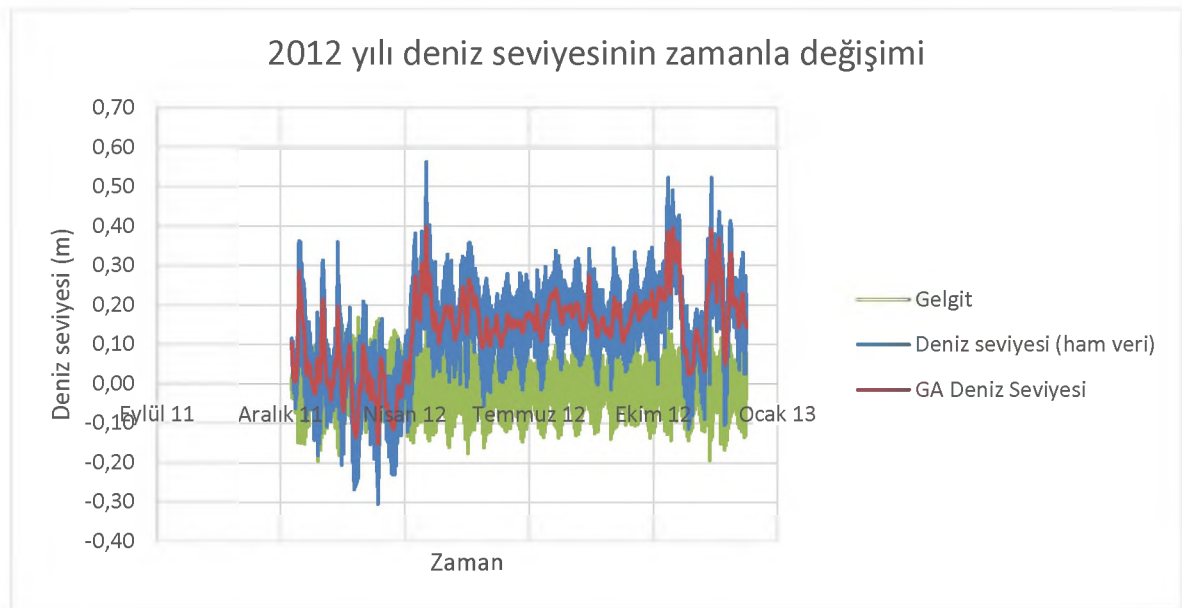


Şekil 2.12. 2010 yılı deniz seviyesinin zamanla değişimi

EK-2. (devam) Gelgit Analizleri

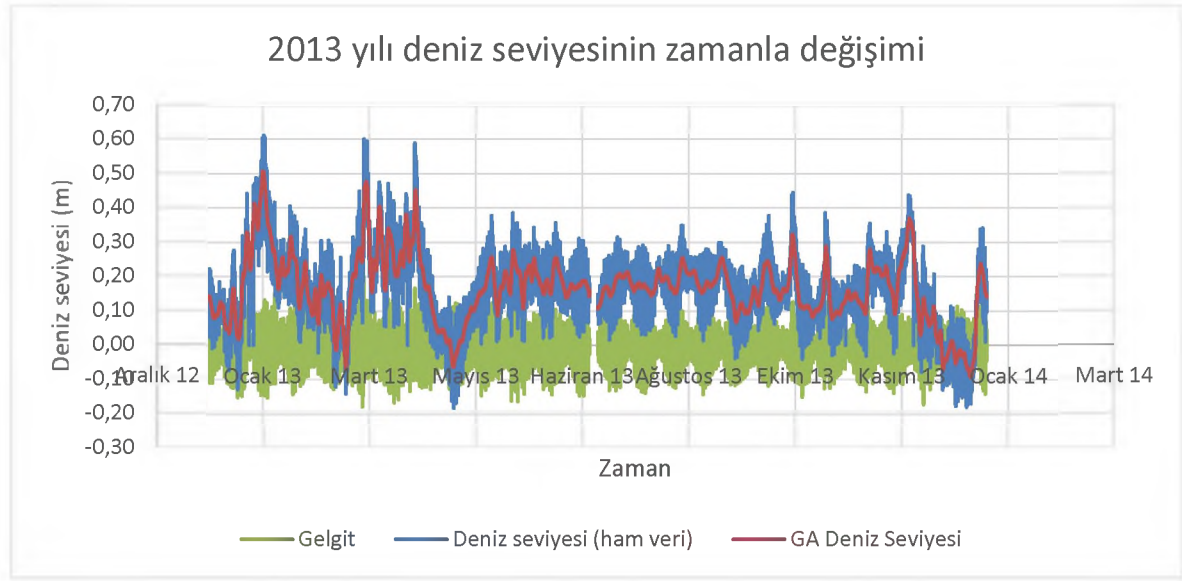


Şekil 2.13. 2011 yılı deniz seviyesinin zamanla değişimi

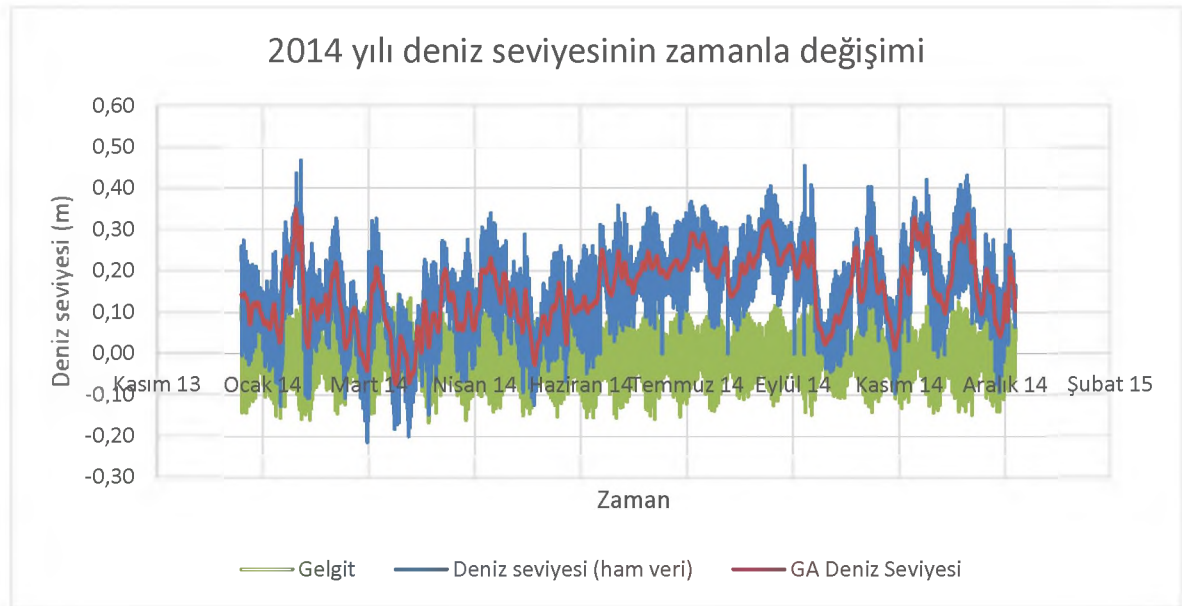


Şekil 2.14. 2012 yılı deniz seviyesinin zamanla değişimi

EK-2. (devam) Gelgit Analizleri

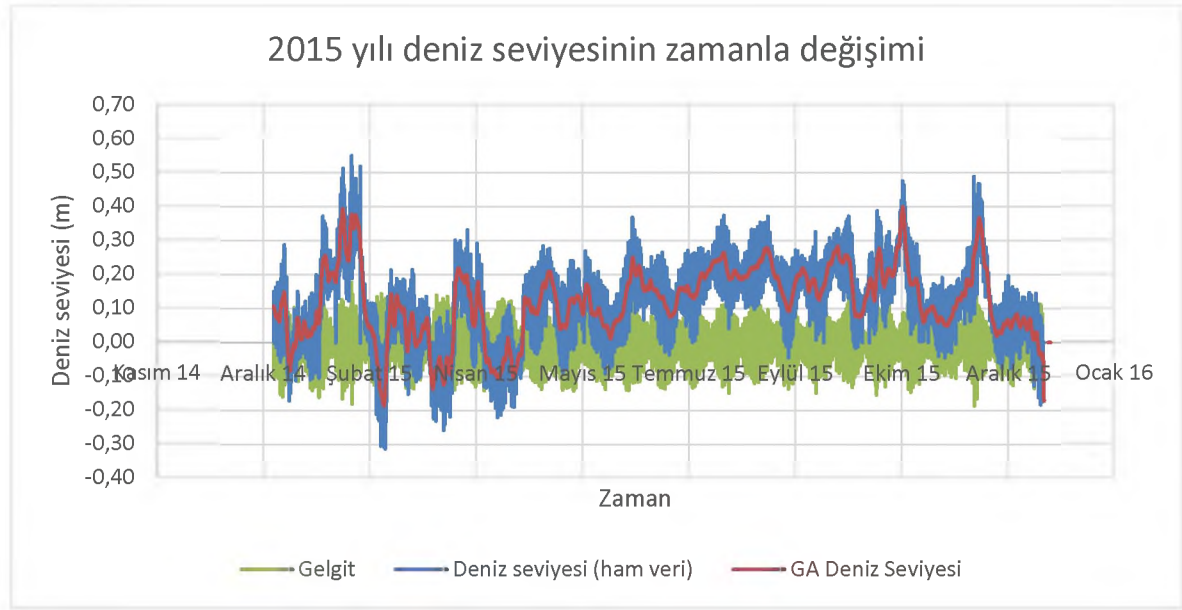


Şekil 2.15. 2013 yılı deniz seviyesinin zamanla değişimi



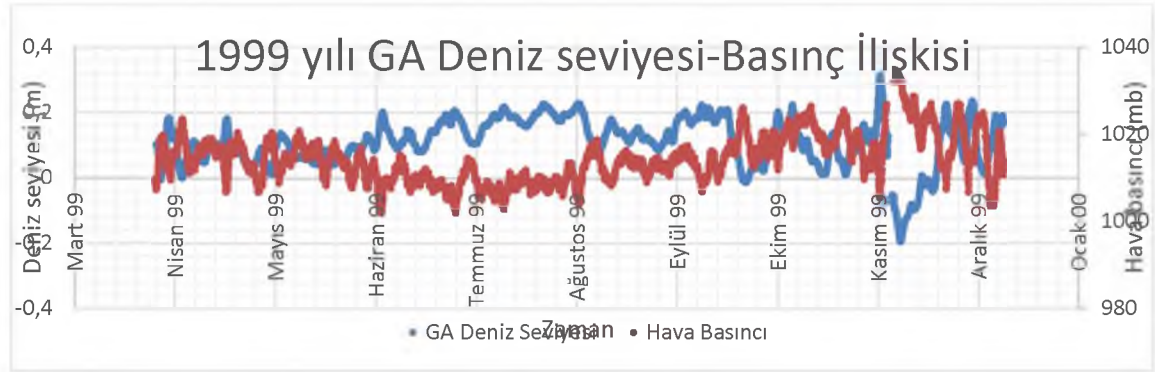
Şekil 2.16. 2014 yılı deniz seviyesinin zamanla değişimi

EK-2. (devam) Gelgit Analizleri

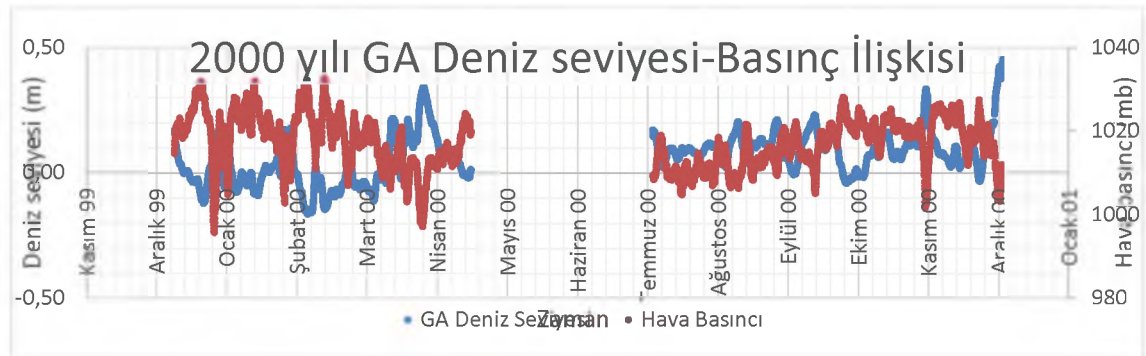


Şekil 2.17. 2015 yılı deniz seviyesinin zamanla değişimi

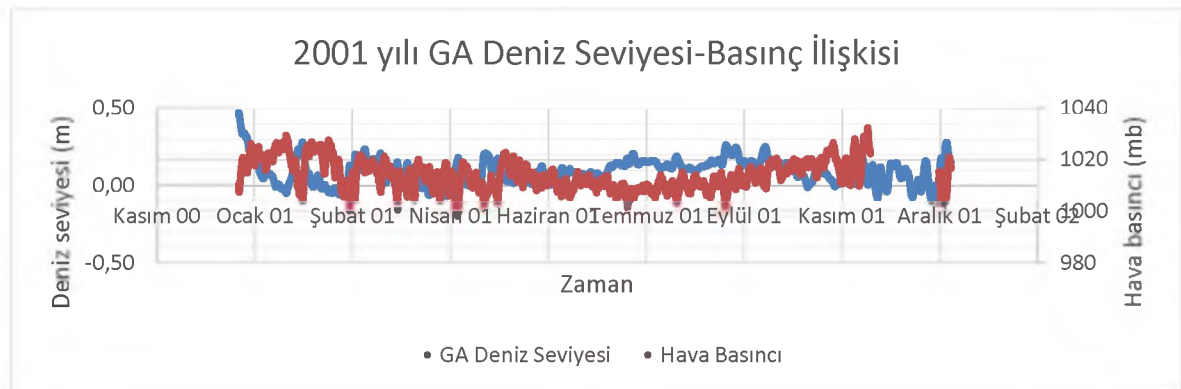
EK-3. Basınç analizleri



Şekil 3.1. 1999 yılı GA Deniz seviyesi-Basınç ilişkisi

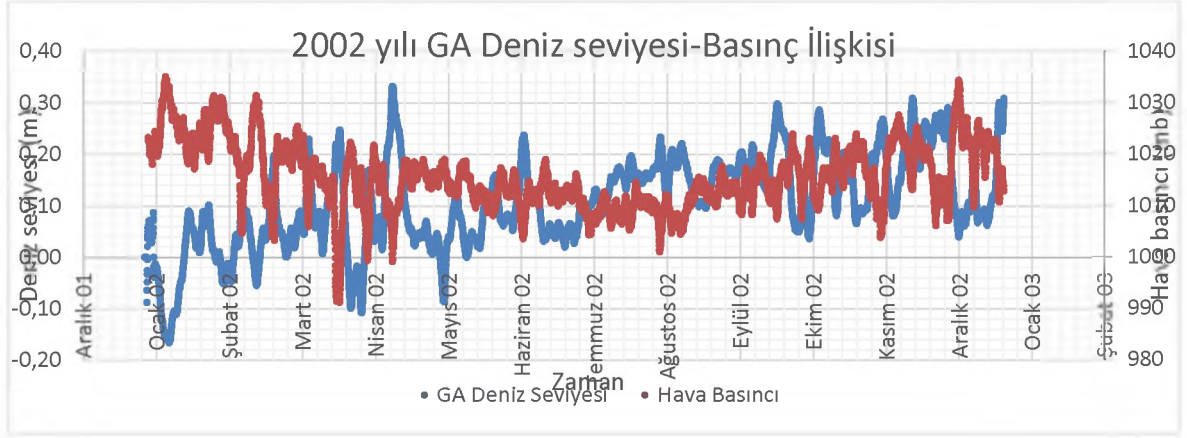


Şekil 3.2. 2000 yılı GA Deniz seviyesi-Basınç ilişkisi

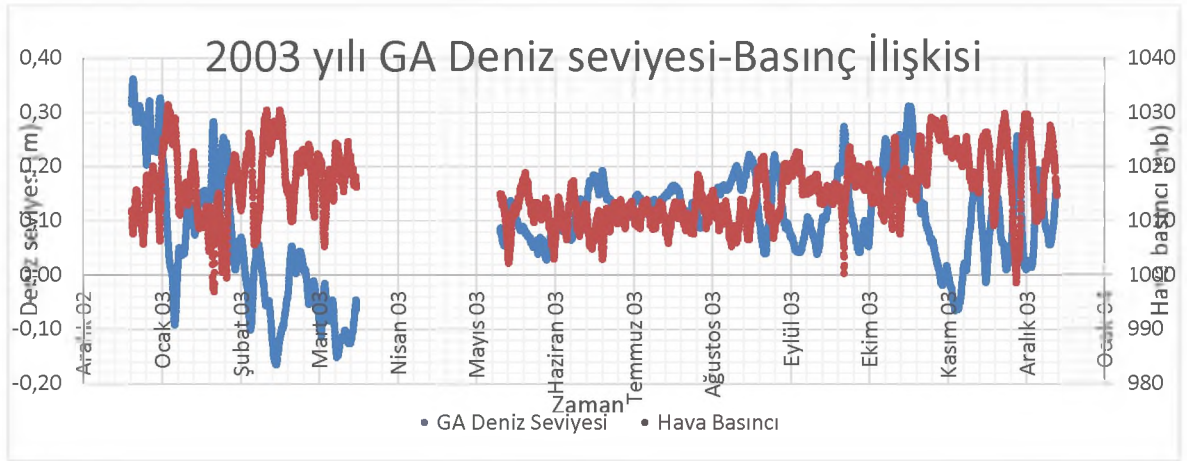


Şekil 3.3. 2001 yılı GA Deniz seviyesi-Basınç ilişkisi

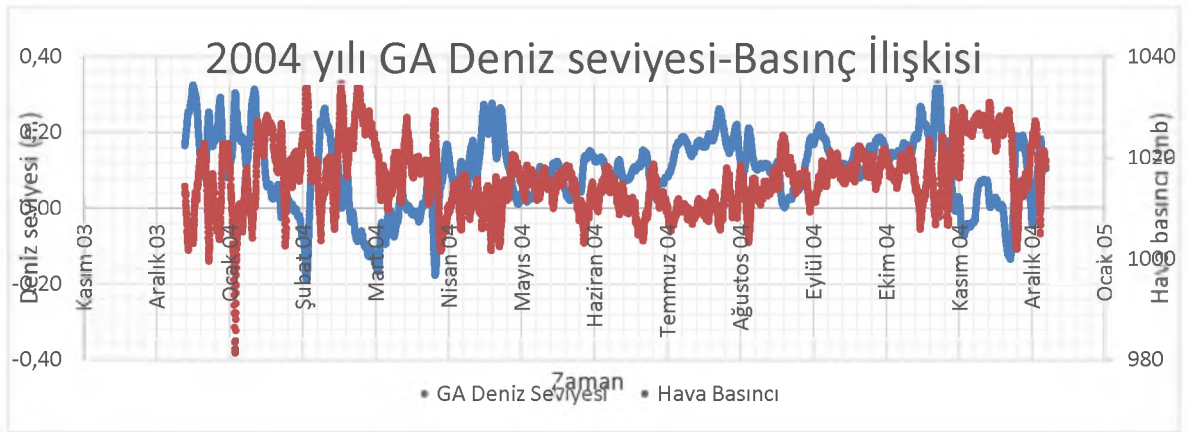
EK-3. (devam) Basınç analizleri



Şekil 3.4. 2002 yılı GA Deniz seviyesi-Basınç ilişkisi

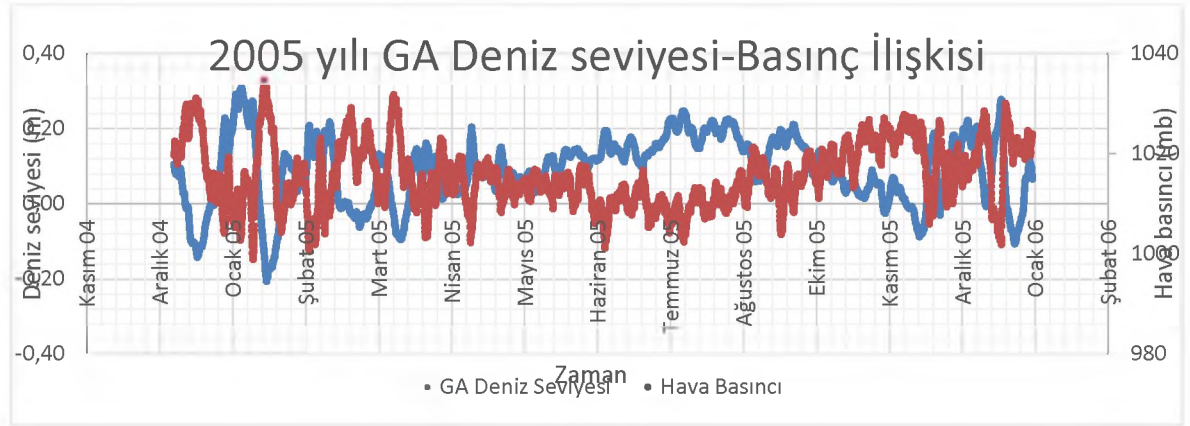


Şekil 3.5. 2003 yılı GA Deniz seviyesi-Basınç ilişkisi

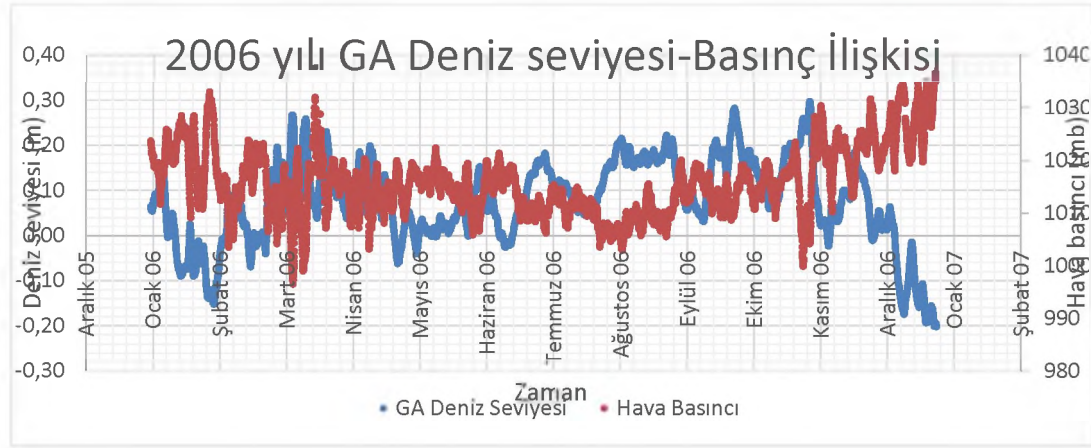


Şekil 3.6. 2004 yılı GA Deniz seviyesi-Basınç ilişkisi

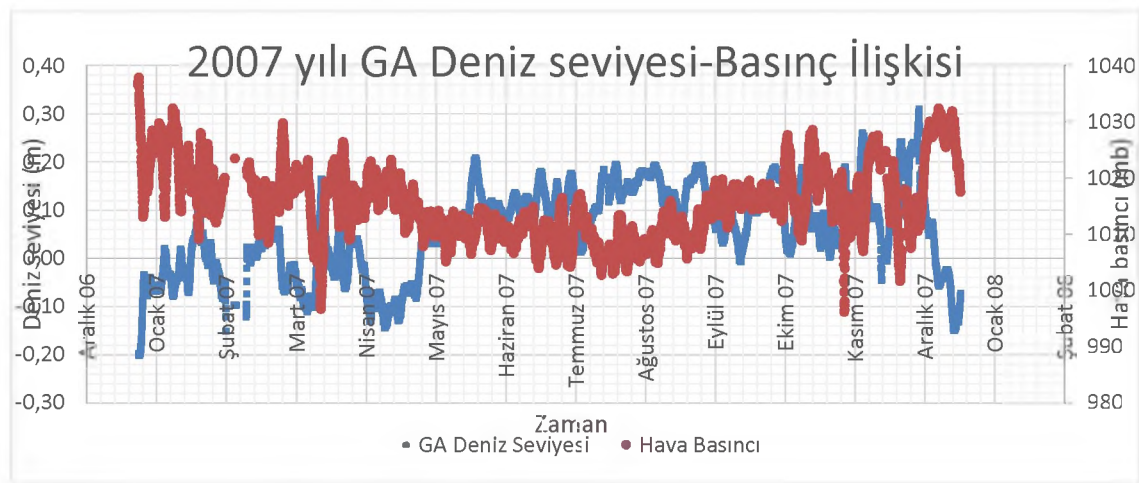
EK-3. (devam) Basınç analizleri



Şekil 3.7. 2005 yılı GA Deniz seviyesi-Basınç İlişkisi

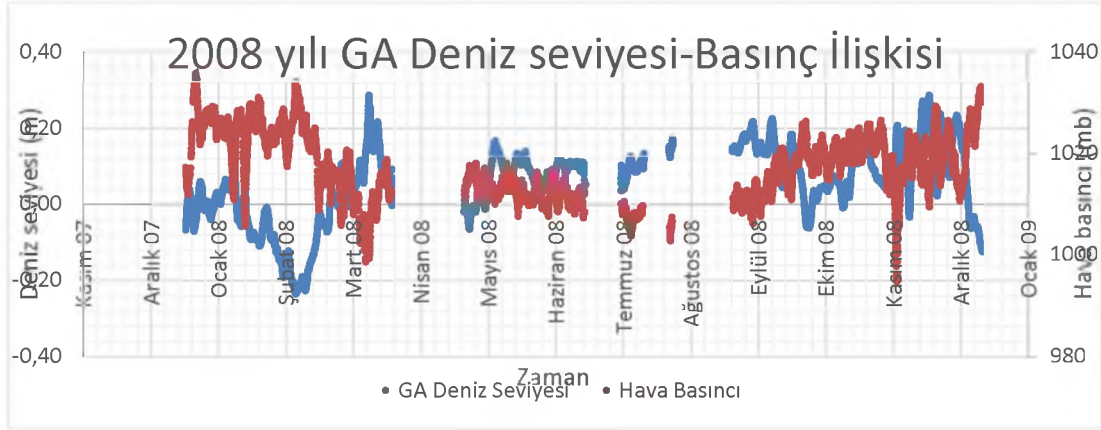


Şekil 3.8. 2006 yılı GA Deniz seviyesi-Basınç İlişkisi

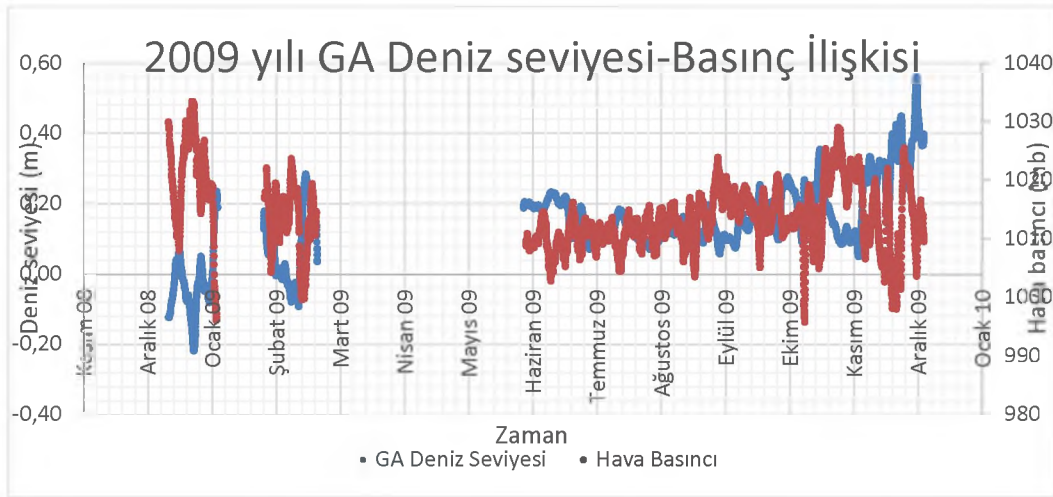


Şekil 3.9. 2007 yılı GA Deniz seviyesi-Basınç İlişkisi

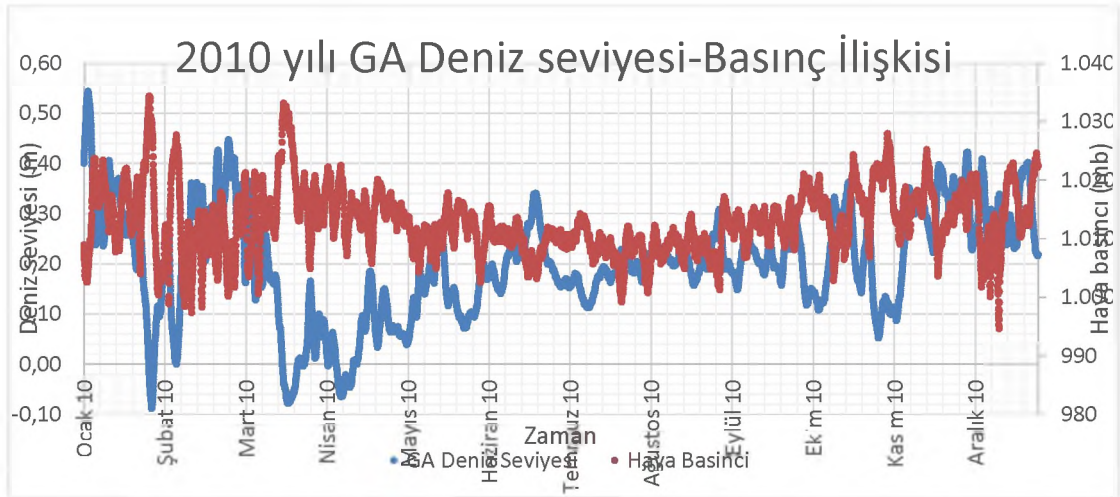
EK-3. (devam) Basınç analizleri



Şekil 3.10. 2008 yılı GA Deniz seviyesi-Basınç İlişkisi

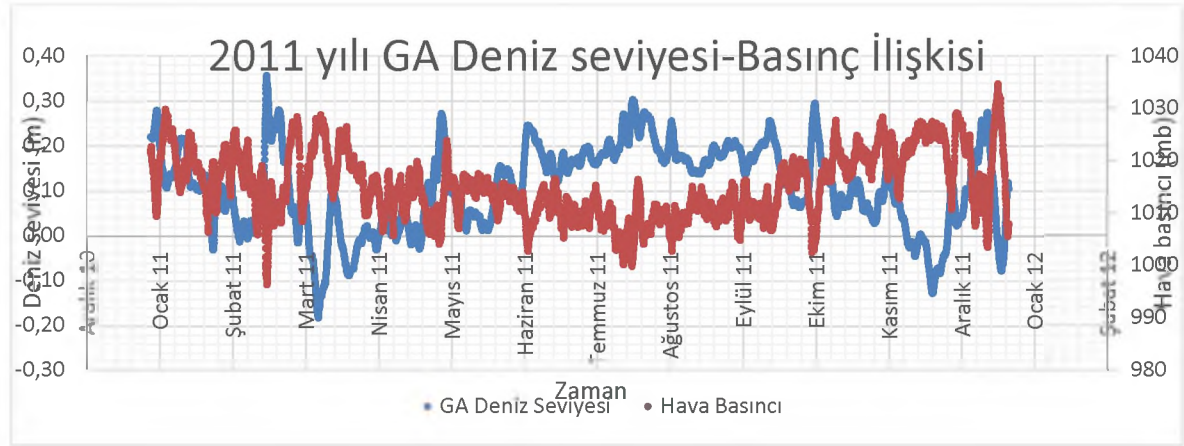


Şekil 3.11. 2009 yılı GA Deniz seviyesi-Basınç İlişkisi

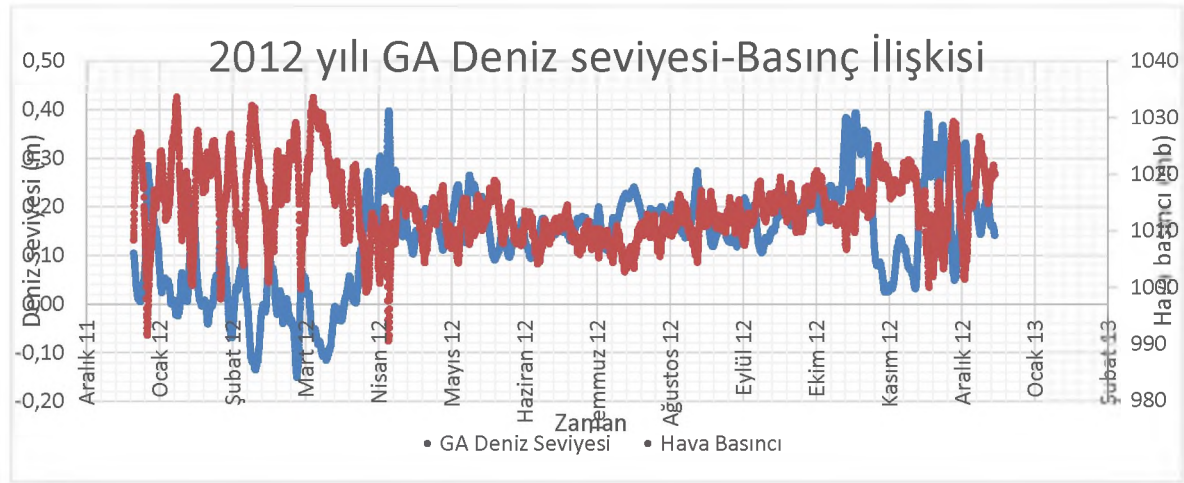


Şekil 3.12. 2010 yılı GA Deniz seviyesi-Basınç İlişkisi

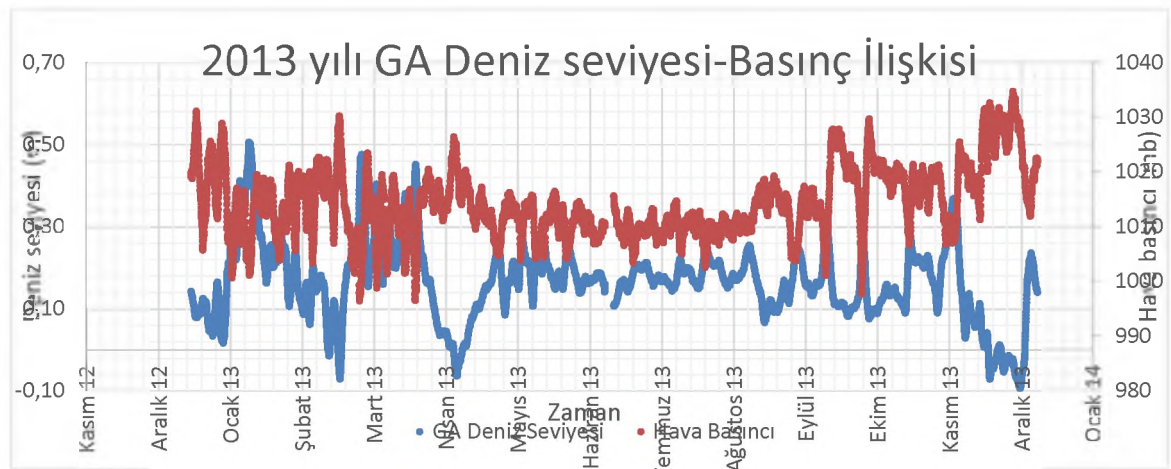
EK-3. (devam) Basınç analizleri



Şekil 3.13. 2011 yılı GA Deniz seviyesi-Basınç ilişkisi

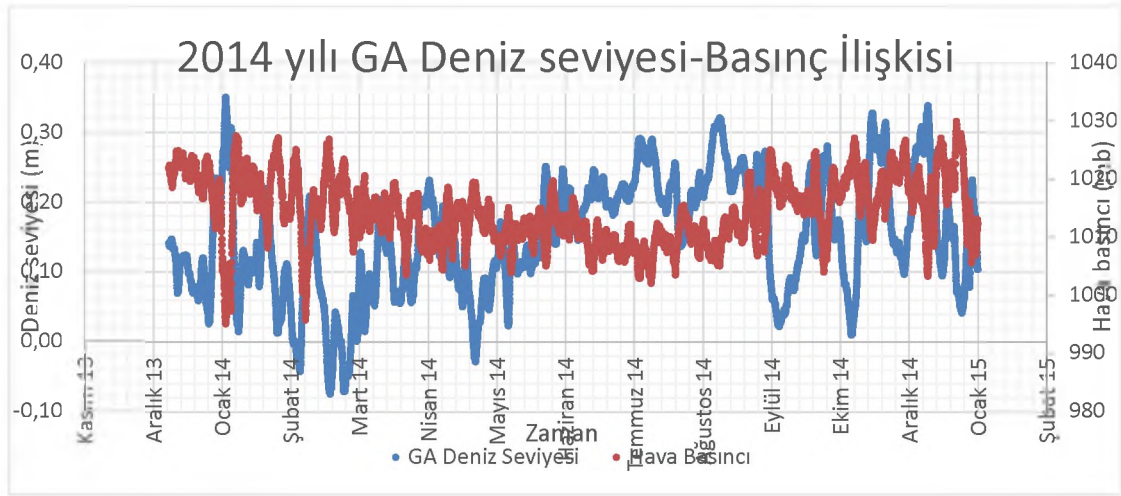


Şekil 3.14. 2012 yılı GA Deniz seviyesi-Basınç ilişkisi

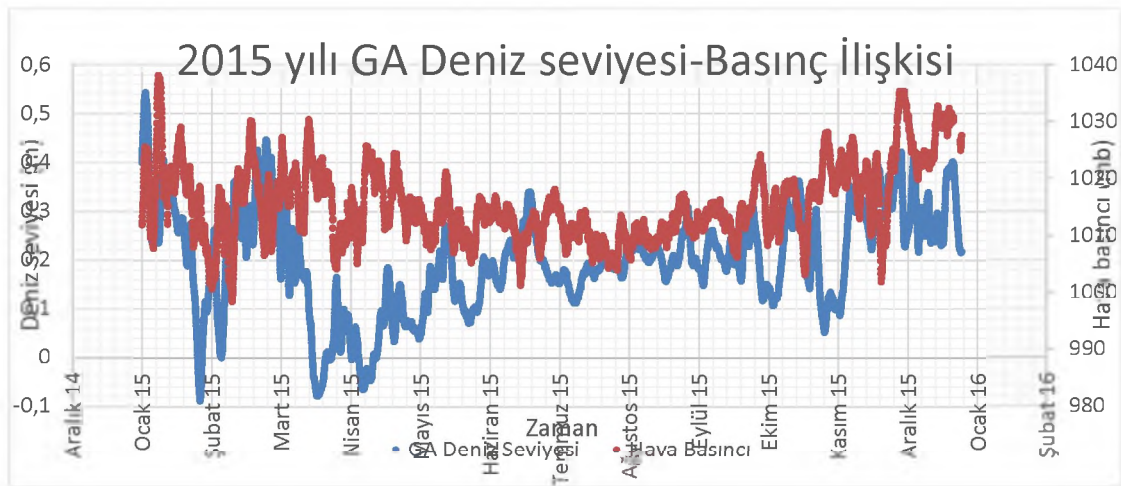


Şekil 3.15. 2013 yılı GA Deniz seviyesi-Basınç ilişkisi

EK-3. (devam) Basınç analizleri



Şekil 3.16. 2014 yılı GA Deniz seviyesi-Basınç ilişkisi



Şekil 3.17. 2015 yılı GA Deniz seviyesi-Basınç ilişkisi

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : COŞKUN, Erhan
 Uyuğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 19.04.1989, Fatih
 Medeni hali : Evli
 Telefon : 0 (553) 292 36 90
 e-mail : erhan.coskun@gazi.edu.tr



Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi / Çevre Bilimleri	2019
Lisans	İstanbul Teknik Üniversitesi / Meteoroloji Mühendisliği	2013
Lise	Dede Korkut Anadolu Lisesi	2007

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2017-Halen	EUAS International ICC	Mühendis
2013-2017	Elektrik Üretim A.Ş.	Mühendis

Yabancı Dil

İngilizce

Hobiler

Klasik gitar, yüzme, bilgisayar oyunları.

Yayınlar

- Coşkun, E. ve Balas, L. (2018). Sea Level changes in Izmir Bay. *International Journal Of Engineering Research And Development*, PP.68-73.
- Kadioglu, M., Coşkun, E., Tilev Tanrioer, S., Kahraman, A. (2014). Severe Non-tornadic Winds in Turkey. 9th EGU Alexander von Humboldt International International Conference on High Impact Natural Hazards Related to the Euro-Mediterranean Region, Istanbul, Turkey.



GAZİ GELECEKTİR...