

T.C.
RECEP TAYYİP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KÜÇÜK ÖLÇEKLİ BİR YAPAY PLAJIN İZLENMESİ VE
PERFORMANSININ ANALİZİ

ENES GÜLKAYA

TEZ DANIŞMANI
PROF. DR. SERVET KARASU

II. DANIŞMAN

DOÇ. DR. MURAT KANKAL

TEZ JÜRİLERİ

DOÇ. DR. VEYSEL ŞADAN ÖZGÜR KIRCA

DR. ÖĞR. ÜYESİ CÜNEYT BAYKAL

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

RİZE-2019

Her Hakkı Saklıdır

T.C.
RECEP TAYYİP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

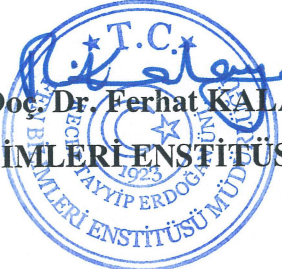
**KÜÇÜK ÖLÇEKLİ BİR YAPAY PLAJIN İZLENMESİ VE
PERFORMANSININ ANALİZİ**

Prof. Dr. Servet KARASU danışmanlığında, Enes GÜLKAYA tarafından hazırlanan bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulu kararıyla oluşturulan jüri tarafından 20/08/2019 tarihinde İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS** tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri	Unvanı Adı Soyadı
Başkan	: Prof. Dr. Servet KARASU
Üye	: Doç. Dr. Veysel Şadan Özgür KIRCA
Üye	: Dr. Öğr. Üyesi Cüneyt BAYKAL

İmzası

S. Karasu
Doç. Dr. Veysel Şadan Özgür KIRCA
Dr. Öğr. Üyesi Cüneyt BAYKAL


Doç. Dr. Ferhat KALAYCI
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

ÖNSÖZ

Bu çalışma, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır. Küçük ölçekli bir yapay plajın izlenmesi ve performansının analizi isimli tez çalışmasını bana öneren ve tez sürecinin her aşamasında bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım, her danıştığımda bana değerli zamanlarını ayıran ve her sorun yaşadığımda yanına çekinmeden gidebildiğim, öğrencisi olmaktan ve kendisi ile çalışmaktan onur duyduğum danışman hocam Sayın Prof. Dr. Servet KARASU'ya teşekkür ederim.

Bu tez çalışmasının tamamlama süresince bana bilgi ve deneyimleri ile yol gösteren ikinci danışman hocam Sayın Doç. Dr. Murat KANKAL'a sonsuz saygı ve şükranlarımı sunarım.

Tez çalışmamda özellikle dalga analizi konusunda çok değerli fikir ve görüşlerini benimle paylaşarak katkı sağlayan değerli hocam Doç. Dr. Adem AKPINAR'a içten şükranlarımı sunarım.

Arazi çalışmalarında her türlü yardım ve desteği sağlayan değerli hocam Öğr. Gör. Yusuf CEYLAN'a minnetlerimi sunarım.

Gerek saha gerekse ofis çalışmalarında bana yardımcı olan değerli arkadaşlarım Barbaros Hayrettin KOCAPİR ve Adem KAÇALİN'e teşekkür ederim.

Hayatımın her aşamasında yanımda olan, verdiğim kararlarda desteklerini her zaman hissettiğim, bana çok büyük maddi ve manevi katkılarda bulunan aileme tüm kalbimle teşekkür ederim.

Enes GÜLKAYA

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Tarafımdan hazırlanan “Küçük Ölçekli Bir Yapay Plajın İzlenmesi ve Performansının Analizi” başlıklı bu tezin, Yükseköğretim Kurulu Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesindeki hususlara uygun olarak hazırladığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal işlemi kabul ettiğimi beyan ederim. 15/10/2019

Enes GÜLKAYA

***Uyarı:** Bu tezde kullanılan özgün ve/veya başka kaynaklardan sunulan içeriğin kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.*

ÖZET

KÜÇÜK ÖLÇEKLİ BİR YAPAY PLAJIN İZLENMESİ VE PERFORMANSININ ANALİZİ

Enes GÜLKAYA

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi
Danışmanı: Prof. Dr. Servet KARASU

Büyük miktarlardaki kumun kıyıdan denize doğru yerleştirilmesi şeklinde yapılan yapay besleme; dünyanın birçok yerinde erozyon kontrol metodu olarak, her geçen gün daha fazla uygulama sahası bulmaktadır. Sadece erozyon kontrolü için değil; dinlenme ve eğlenme maksatlı doğala yakın bir plajın önemi, herkes tarafından kabul edilmektedir. Rize İli Alipaşa Mahallesi'nde Rize Belediyesi tarafından küçük bir yapay plaj oluşturulmuştur. Bu çalışmanın amacı oluşturulan yapay plajın gelişim sürecinin gözlenerek performansının belirlenmesidir. Çalışma kapsamında ilgili bölgede 15 ay süreyle batimetri çalışmaları, dalga ve sediment analizleri yapılmıştır. Başlangıçta daha sık olmak üzere ortalama her iki ayda bir ölçüm yapılmasına gayret edilmiştir. Eş zamanlı ölçülen derinlikler bilgisayar programında toplanarak değerlendirilmiş ve bölgenin batimetrik haritası çıkartılmıştır. Arazi çalışmaları sonucunda, iki tarafında mahmuz bulunan bölgedeki besleme malzemesinin tamamının bölgeden uzaklaştığı gözlemlenmiştir. Kıyıya dik taşınımın engellenmediği yapay plajların daha uzun ömürlü olmaları için mutlaka ilave tedbirlerin alınması gerektiği sonucuna varılmıştır. Birçok kıyı yapısı projelerinde olduğu gibi yapay besleme projeleri de oldukça yüksek maliyetli projelerdir. Dolayısıyla yapılan çalışmanın göstermiş olduğu performansın değerlendirilmesi ile daha sonra yapılacak çalışmalara yol gösterilecektir.

2019, 85 sayfa

Anahtar Kelimeler: Yapay Besleme, Batimetri Çalışmaları, Dalga Analizi, Rize.

ABSTRACT

MONITORING OF A SMALL SCALE ARTIFICIAL BEACH AND ANALYSIS OF ITS PERFORMANCE

Enes GÜLKAYA

**Recep Tayyip Erdogan University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Civil Engineering
Master Thesis
Supervisor: Prof. Dr. Servet KARASU**

Artificial nourishment is a method by placing huge amounts of sand from the shore towards the sea and implemented in various applications as an erosion control method in many parts of the World. The importance of a beach, which is similar to natural, not only for erosion control but also recreational purposes is accepted by everyone. A small beach was artificially nourished by Rize Municipality in Alipaşa District of Rize Province. The aim of this study is to monitor and determine the performance of this artificial beach. Bathymetric surveys, wave and sediment analyzes were carried out in the region within the scope of the study. The artificial beach in the region was observed for 15 months. Attempts were made to measure on average every two months, more frequently at baseline. Simultaneously measured depths and positions were collected in the computer program, and the bathymetric map of the region was drawn. As a result of field studies, it was observed that all of the material in the fed area, which had spurs on both sides, moved away from the area. It was concluded that additional measures should be taken in order to ensure longer life of artificial beaches where cross-shore transport is not prevented. As in many coastal structure projects, artificial nourishment projects are also quite costly projects. Therefore, the performance of current application will guide for future studies.

2019, 85 pages

Keywords: Artificial Beach, Bathymetry Studies, Wave Analysis, Rize.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	I
TEZ ETİK BEYANNAMESİ	II
ÖZET	III
ABSTRACT.....	IV
İÇİNDEKİLER	V
ŞEKİLLER DİZİNİ	VIII
TABLolar DİZİNİ	X
SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ	XI
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Literatür Özeti	2
1.3. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	8
1.4. Yapay Kıyı Beslemesi.....	8
1.4.1. Yapay Besleme Hakkında Genel Bilgiler	9
1.4.1.1. Tasarım ve İnşa Profilleri	10
1.4.1.2. Besleme Malzemesinin Plaj Profiline Yerleştirilebileceği Bölgeler	10
1.4.2. Plaj Besleme Yöntemleri	11
1.4.2.1. Doğrudan (Direkt) Yerleştirme.....	11
1.4.2.2. Yakın Kıyı Yerleştirilmesi.....	12
1.4.2.3. Sürekli Stok.....	12
1.4.3. Yapılarla Birlikte Besleme Yapılması	12
1.4.4. Planlama Kriterleri.....	13
1.4.5. Yapay Besleme Malzemesinin Seçimi	14
1.4.6. Yapay Besleme Projelerinin Tasarım Şeması	15
1.4.6.1. Bölgesel Sorunlar	16
1.4.6.2. Proje Amaçları ve Performans Kriterleri	16
1.4.6.3. Bölge Özellikleri.....	16
1.4.6.4. Alternatif Tasarımların Mühendislik Değerlendirmesi	17
1.4.6.5. Proje Ekonomisi	18
1.4.6.6. Tercih Edilen Alternatifin Seçimi.....	19

1.4.6.7. Son Tasarım ve İnşa	19
1.4.6.8. Gözlem, Bakım, Onarım ve Yeniden Besleme.....	19
1.4.7. Yapay Besleme Performans Ölçütleri	20
1.4.8. Yapay Beslemesinin Çevresel Etkileri	21
1.4.9. Yapay Besleme Projelerinin İzlenmesi.....	22
1.4.9.1. Performans İzleme	23
1.4.9.2. Plaj ve Açık Deniz Profillerinin Araştırılması.....	23
1.4.9.3. Kum Örnekleri	26
1.4.9.4. Hava Fotoğrafları.....	26
1.4.9.5. Genel (Araştırma) Amaçları İzleme	26
1.5. Kıyı Profilleri	27
1.5.1. Normal Profil.....	27
1.5.2. Fırtına Profili	28
1.6. Katı Madde Taşınımı	28
1.6.1. Kıyıya Dik Katı Madde Taşınımı	29
1.6.2. Kıyı Boyu Katı Madde Taşınımı	29
1.7. Doğu Karadeniz Bölgesinin Dalga İklimi ve Katı Madde Rejimi	30
1.7.1. Dalga İklimi	30
1.7.2. Katı Madde Rejimi	30
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR	32
2.1. Yapay Plaj Yapılan Bölge	32
2.2. Materyal ve Yöntem.....	34
2.2.1. Arazi Çalışmaları	34
2.2.1.1. Kara Ölçümleri	34
2.2.1.2. Deniz Batimetrisinin Belirlenmesi.....	35
2.2.2. İskandil Sistemi.....	36
2.2.3. Konumlama	37
2.2.4. Ses Yayılım Hızı	37
2.2.5. Bot Üzerindeki Uzunluklar	38
2.2.6. Hat Aralıkları	39
2.2.7. Çalışma Zamanları	40
2.2.8. Veri Toplama	41

2.2.9.	Veri İşleme.....	42
2.2.10.	Ölçümlerin Kalite Kontrolü	43
2.2.11.	Taban Malzemesinin Özellikleri	44
2.3.	Açık Deniz Dalga Şartlarının Belirlenmesi	46
3.	BULGULAR.....	49
3.1.	Taban Batimetrisinin Değişimi	49
3.2.	Profiller	54
3.3	Besleme Yapılan Bölge ve Çevresi.....	56
3.4.	Kalan Malzeme Oranı	59
3.5.	Kıyı Çizgisinin Ortalama Gerileme Miktarları	67
3.6.	Ortalama Tabaka Kalınlıkları.....	68
4.	TARTIŞMA ve SONUÇLAR.....	70
5.	ÖNERİLER.....	72
	KAYNAKLAR	73
	EKLER.....	77
	ÖZGEÇMİŞ	85

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.	Beslenmiş bir plajın çevresinde gözlemlenen katı madde taşınım safhaları (Karasu, 2004).	9
Şekil 2.	Tasarım ve inşa profilleri (Karasu, 2004).	10
Şekil 3.	Besleme bölgeleri (Karasu, 2004)	11
Şekil 4.	Denizden taranan kumun plaja pompalanması (Rosati vd, 2002).	12
Şekil 5.	Yapılı kıyı besleme örnekleri (Karasu, 2004)	13
Şekil 6.	Yapay besleme proje tasarım şeması (Behnke ve Grosskopf, 1995).	15
Şekil 7.	CRAB (Kıyı Araştırma Amfibi Arabası) (Dean, 2002)	25
Şekil 8.	SHOALS Sistemi (Dean, 2002)	25
Şekil 9.	Yapay plajın yapıldığı bölge ve çevresi. Kırmızı dikdörtgen ile gösterilen bölgede yapay plaj yapılmıştır. Sarı dikdörtgen ile gösterilen bölgede ise arazi çalışmaları gerçekleştirilmiştir.	33
Şekil 10.	Mahmuzların boyutları	33
Şekil 11.	Can yeleğine monte edilmiş GPS sistemi ile kara ölçümlerinin ve 1 metre derinliğe kadar deniz ölçümlerinin yapılması	35
Şekil 12.	Ölçümlerde kullanılan mobil bot ve bota kurulan ekipmanlar	36
Şekil 13.	Ses yayılım hızı ölçümü ve SeaCast programında ölçüm değerlerinin incelenmesi.	38
Şekil 14.	Veri işleme için gerekli ölçümler	38
Şekil 15.	Ölçüm yapılan alan ve izlenen hatlar	39
Şekil 16.	Önceden belirlenmiş hatlar üzerinde ölçümlerin yapılması	42
Şekil 17.	PDS2000 programına aktarılarak incelenen profiller	43
Şekil 18.	Taban malzemesi numunelerinin alınması	44
Şekil 19.	Çalışma sahası ve seçilen istasyonlar	48
Şekil 20.	Beslemeden önce-18.06.2017 tarihleri arası besleme yapılan bölgenin ve çevresinin taban topoğrafyasının değişimi	50
Şekil 21.	2.08.2017-27.11.2017 tarihleri arası besleme yapılan bölgenin ve çevresinin taban topoğrafyasının değişimi	51
Şekil 22.	16.02.2018-18.08.2018 tarihleri arası besleme yapılan bölgenin ve çevresinin taban topoğrafyasının değişimi	52
Şekil 23.	Beslenen bölgenin farklı tarihlerde çekilmiş hava fotoğrafları	53
Şekil 24.	Batimetrik harita üzerinde kesit alınan yerlerin gösterimi	54
Şekil 25.	A-A kesiti	54

Şekil 26. B-B kesiti.....	55
Şekil 27. C-C kesiti.....	55
Şekil 28. Besleme yapılan bölge ve çevresinde kalan malzeme oranlarını belirlemek için oluşturulan A, B ve C bölgeleri.....	56
Şekil 29. Beslenen malzemenin 1., 2. ve 3. ölçümler arasındaki değişimi.....	57
Şekil 30. Beslenen malzemenin 4., 5. ve 6. ölçümler arasındaki değişimi.....	58
Şekil 31. Beslenen malzemenin 7. ve 8. ölçümler arasındaki değişimi.....	59
Şekil 32. A, B ve C bölgelerinde kalan malzeme oranları.....	60
Şekil 33. Alipaşa yapay plaj yapılan bölge 30.05.2017 - 18.06.2017 (1. ölçüm-2. ölçüm) aralıklarında dalgaların yükseklik, periyot ve yön grafikleri.	62
Şekil 34. Alipaşa yapay plaj yapılan bölge 18.06.2017 - 02.08.2017 (2. ölçüm-3. ölçüm) aralıklarında dalgaların yükseklik, periyot ve yön grafikleri.	63
Şekil 35. Alipaşa yapay plaj yapılan bölge 02.08.2017 – 08.10.2017 (3. ölçüm-4. ölçüm) aralıklarında dalgaların yükseklik, periyot ve yön grafikleri.	63
Şekil 36. Alipaşa yapay plaj yapılan bölge 08.10.2017 – 27.11.2017 (4. ölçüm-5. ölçüm) aralıklarında dalgaların yükseklik, periyot ve yön grafikleri.	64
Şekil 37. Alipaşa yapay plaj yapılan bölge 27.11.2017 – 16.02.2018 (5. ölçüm-6. ölçüm) aralıklarında dalgaların yükseklik, periyot ve yön grafikleri.	64
Şekil 38. Alipaşa yapay plaj yapılan bölge 16.02.2018 – 06.04.2018 (6. ölçüm-7. ölçüm) aralıklarında dalgaların yükseklik, periyot ve yön grafikleri.	65
Şekil 39. Alipaşa yapay plaj yapılan bölge 06.04.2018 – 17.08.2018 (7. ölçüm-8. ölçüm) aralıklarında dalgaların yükseklik, periyot ve yön grafikleri.	65
Şekil 40. Zaman aralıklarına göre oluşturulan dalga gülleri.	66
Şekil 41. Kıyı çizgisinin gelişimi	68
Şekil 42. A, B ve C bölgelerinde ortalama tabaka kalınlıkları	69

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. Avrupa ülkelerinde yapılan yapay besleme projelerinin sayıları ve hacimleri..	2
Tablo 2. Çalışma tarihi, saatleri ve iki ölçüm arası geçen zaman. (Çalışma saatleri deniz ölçümlerine aittir.)	40
Tablo 3. Ölçümlere çıkmadan önce Kordil Navigation Pro programına girilen veriler	41
Tablo 4. Zemin numuneleri ve medyan dane çapları	45
Tablo 5. A, B ve C bölgelerinde kalan malzeme oranları	60
Tablo 6. Ölçüm periyotlarına göre $H_{1/100}$ değerleri.....	61
Tablo 7. Kıyı çizgisinin ortalama gerileme miktarları	67
Tablo 8. Bölgelere göre ortalama tabaka kalınlıkları	69

SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ

ft	Feet
yd	Yarda
CRAB	Coastal Research Amphibious Buggy
SHOALS	Scanning Hydrographic Operational Airborne Lidar Survey
SBM	Sverdrop-Bretschneider-Munk
Q_d, Q_b	Doğu ve Batıya Taşınan Sediment Debisi (L^3/T)
Q_n	Net Sediment Taşınım Debisi (L^3/T)
$H_{1/100}$	Bütün Veriden Yola Çıkılarak Hesaplanan En Büyük 1/100 Dalga'nın Ortalaması
H	Dalga Boyu
T	Dalga Periyodu
TUDKA	Türkiye Ulusal Düşey Kontrol Ağı
GNSS	Global Navigation Satellite System
GPS	Global Positioning System
NMEA	National Marine Electronics Association
RTK	Real-Time Kinematik
SVP	Sound Velocity Profiler
ASTM	American Society for Testing and Materials
USCS	Unified Soil Classification System
SWAN	Simulating Waves Nearshore

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Kıyıların korunmasında ve kıyı boyunca hareket halindeki malzemenin tutulmasında çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Kıyı beslemesi, diğer isimleriyle “kıyı dolgusu, kıyı restorasyonu”, denizden çıkartılan büyük miktarda kaliteli kumun, kumsala veya kıyıda denize doğru yerleştirilerek, kıyıların korunması ve genişletilmesidir. Kıyı besleme projeleri, doğal malzeme kullanılması açısından erozyona karşı en sürdürülebilir yöntemler arasında sayılmaktadır.

Yapay besleme, kıyıları korumak için kıyı tahkimatları ve mahmuzlar gibi sert yapılara alternatif olarak kullanılan yumuşak bir yapı tipidir (Dean, 2002). Yapay kıyı beslemesi, erozyona maruz olan kıyılarda, kıyıyı ve kıyı gerisini korumanın yanı sıra insanlara eğlenme ve dinlenme amaçlı alanlar sağlamak için de yapılır.

Besleme malzemesi, genellikle kıyının denge profilinden daha dik olarak yerleştirilir. Besleme ile kıyıda meydana gelen dengesizlik, kıyı boyu ve kıyıya dik katı madde hareketi sonrası zamanla dengeye gelir. Besleme malzemesinin plaja yerleştirilmesinde değişik tasarım planları kullanılır. Kumul (dune) beslemede, malzeme aktif plajın arkasına yerleştirilir. Kıyı ve profil beslemede, daha geniş bir kıyı elde etmek için besleme malzemesi plaj profili boyunca yerleştirilir. Bar beslemede ise malzeme açık denizde yapay bir bar oluşturacak şekilde yerleştirilir. Bu tür besleme yapısı, deniz tabanına konulan kum adacığı vasıtasıyla yüksek fırtına dalgalarını kırarak kıyıyı koruyan, gerektiğinde kıyıyı kumla geri besleyen doğal bir sualtı koruma yapısıdır. Bu yapılar, sakin günlerde normal boyuttaki dalgaların geçişine izin vererek, doğal su dolaşımının sürmesini sağlarlar (Otay ve Work, 1996).

Bu bölümde, öncelikli olarak yapay beslemeyle ilgili dünyada ve ülkemizde yapılan çalışmalar hakkında bilgi verilmiştir. Daha sonra yapay besleme yöntemleri hakkında genel bilgiler verilmiştir. Son kısımda ise katı madde taşınımından ve bunların Doğu Karadeniz’deki etkilerinden bahsedilmiştir.

1.2. Literatür Özeti

Yapay kıyı beslemesi, erozyonla mücadelede dünyanın birçok yerinde uygulama sahası bulmaktadır. Birçok ülkede farklı kıyı besleme tipleri ve yaklaşımları uygulanmaktadır. İlk yapay kıyı besleme projesi 1922 yılında New York Coney Island'ta yapılmıştır (Dornhelm, 1995). Dünyada ve ülkemizde gerçekleştirilen yapay kıyı beslemesi uygulamalarına yönelik bilgiler aşağıdaki gibi özetlenmiştir.

Hanson vd. (2002), Avrupa'da yapay kıyı beslemesinin yoğun olarak tercih edildiği ülkelerdeki proje hacimlerini, besleme yapılan yerleri ve sayılarını Tablo 1'de göstermiştir.

Tablo 1. Avrupa ülkelerinde yapılan yapay besleme projelerinin sayıları ve hacimleri

Ülke	Besleme projelerinin başladığı yıl	Toplam besleme hacmi ($\times 10^6 \text{ m}^3$)	Besleme yapılan bölge	Toplam yapılan besleme sayısı
Hollanda	1970	110	30	150
İspanya	1980	110	400	600
Almanya	1951	50	60	130
Danimarka	1974	31	13	118
İngiltere	1954	20	32	35
İtalya	1969	15	36	36
Fransa	1962	12	26	115

Kumada vd. (2010), Japonya'da Pasifik Okyanusu'na bakan ve yapay burunlarla çevrili Jinkoji sahilinde, dane büyüklüğü 2,5 mm ile 13 mm arasında değişen 87.000 m^3 çakıl kullanılarak yapılan besleme projesini incelemişlerdir. Çakıl tabakalarının oluşum mekanizmasını ve bunların tahkimat duvarlarını korumadaki etkisini araştırmak için gözlemler yapmışlardır. Besleme malzemesi olarak kullanılan çakılın, tahkimatın önünde 1/8'lik bir eğimde biriktiğini, böylece tahkimata bir miktar koruma sağladığını ve besleme malzemesinin açık denizde stabil bir şekilde biriktiğini tespit etmişlerdir.

Pupienis vd. (2014), Litvanya'nın Palanga Kenti'nde aşınmış kumsalları yeniden inşa etmek için yapılan plaj besleme projesini incelemişlerdir. Bu besleme projesinde

yaklaşık 500.000 m³ kum, 2,5 km'lik sahil şeridi boyunca yerleştirilmiştir. Besleme malzemesi karadaki bir kum ocağından ve Baltık Denizi'nden temin edilmiştir. Besleme sırasında ve sonrasında meydana gelen değişimleri belirlemek için 10 farklı profilde ölçümler yapılmıştır. Yapılan besleme sonrası kıyı şeridinin kısmen stabil hale geldiği, rekreasyon alanlarının arttığı belirlenmiştir

Ishikawa vd. (2014), Japonya'da bulunan Ninomiya sahilinde çakılla yapılan beslemenin etkisini araştırmışlardır. Saha verilerine dayanarak, kumsal plajı çakıl ile besleyerek geri kazanma yöntemini, BG modelini (Bagnold'un konseptine dayalı plaj değişikliklerini tahmin etmek için kullanılan üç boyutlu bir model) kullanarak sayısal olarak incelemişlerdir. Beslenen malzemenin kıyı boyunca taşınmasını önlemek için iki adet mahmuz tasarlamışlar ve etkilerini göstermişlerdir.

Frandsen vd. (2015), aşınmış kumsallar ve kıyı beslemeleri ile ilgili deneysel çalışmalar yapmışlardır. İri çakıl-çakıl-kum karışımı ile beslenen kumsalların kıyı koruması üzerindeki performansını test etmişlerdir. Mevcut bir plajın fiziksel modelini 1/3 ölçeğinde inşa etmişlerdir. Kanada'nın Quebec kentindeki 122 m uzunluğundaki açık hava kanalında, büyük ölçekli deneyler yapmışlardır. Düzenli dalgaların, gelgit değişimi olan ve olmayan düzensiz dalgaların kumsaldaki etkileri üzerinde çalışmışlardır. Sonuç olarak iri çakıl-çakıl-kum karışımı malzemenin, kıyı korumasında kullanılmasının daha etkili olduğunu görmüşlerdir. Sahil birkaç fırtınaya maruz kaldığında bile beslemede kullanılan malzemenin uzun süre boyunca şeklini korumaya meyilli olduğunu gözlemlemişlerdir.

Giardino vd. (2015), farklı besleme tasarımlarının morfolojik gelişimini, fiziksel deneyler ve sayısal modelleme ile incelemişlerdir. Özellikle, iki farklı kıyı beslemesi tasarımı ve farklı dalga koşulları için deneyler ve model çalışmaları yapmışlardır. Modellerde beslenen profil boyunca dalgaların etkisini gözlemlemişlerdir.

Fredriksson vd. (2017), İsveç'in güney sahilinde yer alan bir plajı korumak için gereken kum hacmini hesaplarken, deniz seviyesinin yükselmesi nedeniyle meydana gelebilecek erozyondaki artışı da dikkate alan bir yöntem geliştirmişlerdir. Bu yöntem

göre, kumsalları korumak için gereken kum hacminin, ortalama deniz seviyesinin 2100 yılına kadar 1 metre kadar yükseldiği bir senaryo ve kıyı boyu kum taşınımından kaynaklanan uzun vadeli morfolojik değişimi içeren bir senaryo için yaklaşık 44 milyon m³ olduğunu hesaplamışlardır.

Spodar vd. (2017), Fransa'da yapılmış olan en büyük plaj yenileme projesini incelemişlerdir. Proje Şubat 2014'te kuzey Fransa kıyılarındaki Dunkirk'te tamamlanmıştır. Bir navigasyon kanalından çıkarılan 1,5x10⁶ m³ kum, Dunkirk'in çeşitli yerleşim bölgelerini koruyan “Digue des Allies” adlı sahile 150-300 m genişliğinde yerleştirilmiştir. Spodar vd. plajın morfolojik değişikliklerini izlemek için 2,5 yıl boyunca yüksek çözünürlüklü topografya çalışmaları yapmışlardır. İlk beslenme hacminin %9,2'sine tekabül eden 138.200 m³ kumun, besleme alanı üzerinden yaklaşık 2 yıl içerisinde erozyona uğradığını gözlemlemişlerdir. Hidrodinamik ölçümlerde, dalgaların ve dalga kaynaklı akımların, gelgit akımlarına kıyasla kıyı boyu kum taşınımında önemli bir rol oynadığını görmüşlerdir. İkinci yılda, beslenmeden sonraki ilk yıla göre erozyonda hafif bir azalma olduğu ortaya çıkmıştır.

Marinho vd. (2017), Portekiz'in Barra Costa Nova Plajı'ndaki kıyı besleme çalışmasını ve gelen dalgalar nedeniyle deniz dibinde oluşan kısa ve uzun süreli morfolojik kıyı değişimlerini, 2009-2015 yılları arasında, beslemeden hemen önce ve sonra her yıl toplanan hidrografik verilere bağlı olarak incelemişlerdir. Morfolojik değişimleri, sediment hacmindeki değişiklikleri ve besleme performansını, Coğrafi Bilgi Sistemi tekniklerini kullanarak belirlemişlerdir. Genel olarak yaptıkları analizde, beslenen alanlardaki kısa süreli kayıpların (bir aylık aralıklarla) beslenen hacmin %50'sine ulaşabileceğini ve beslenen malzemenin açık denize doğru önemli bir hareketinin olduğunu gözlemlemişlerdir. Ayrıca, bazı batimetrik analizlerde, kıyı boyu taşınım nedeniyle besleme malzemesinin mevcut plajın doğusundaki alanlara doğru taşındığı ortaya çıkmıştır.

Tonnon vd. (2018), dalga iklimini dikkate alarak erozyon oranları, besleme ömrü ve mega beslemelerin bakım hacimlerinin modeline dayalı tahminler yapmışlardır. Bu amaçla 2DH (Delft3D) ve 1D (UNIBEST-CL + ve LONGMOR) sayısal modelleri,

Sand Motor mega beslemesinin verileri kullanılarak kalibre edilmiş ve daha sonra erozyon oranları, besleme ömrü ve bakım hacimleri için grafikler elde ederek mega besleme modellemeleri geliştirmişlerdir. İlk olarak 2DH işlem tabanlı ve 1D sahil şeridi sayısal modellerini, Hollanda'daki Ter Heijde yakınlarındaki mega beslemenin ölçüm verileri üzerinde kalibre etmişlerdir. Daha sonra erozyon oranları ve mega beslemelerin ömrü için tasarım grafiklerini, çeşitli genişlik-uzunluk oranlarına ve hacimlerine sahip mega beslemeler için 1D ve 2DH hesaplamalarını esas alarak elde etmişlerdir. Mega beslemelerin şeklini ve boyutunu korumak için uzun vadeli etkiler ve besleme gereksinimlerini incelemişlerdir.

Pagán vd. (2018), çalışmalarında İspanya'da aynı kaynaktan beslenen üç plajı incelemişlerdir. Bu üç plajda meydana gelen değişimin farklı olduğunu tespit etmişlerdir. Centro plajının ilk beslemeden sonra %12,8'lik kayıpla en istikrarlı olduğunu, Carrer de Mar plajının ise %20,9' luk bir kayıpla en istikrarsız olduğunu gözlemlemişlerdir. Centro plajını en istikrarlı yapan faktörlerden birinin, dalga enerjisini kıran deniz çayırlarının olduğunu belirlemişlerdir.

Yapay besleme sadece eğlenme, dinlenme ve kıyı koruma amaçlı olarak yapılmamaktadır. Bazı canlılara yaşam alanı oluşturmak için yapılan besleme projeleri de bulunmaktadır. Örneğin Jackson vd. (2007), çalışmalarında, bazı yengeç türlerinin yumurtlama oranlarını arttırmak için bir nehir ağzı sahilini çakılla beslemenin etkisini incelemişlerdir. Beslemede kullanılan malzeme boyutunun yumurtaların hayatta kalması ve nem tutma nedeniyle daha önemli olabileceğini belirtmişlerdir.

Ülkemizde de yapay besleme ile ilgili çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar aşağıdaki gibi özetlenmiştir.

Boğuşlu (1998), suni kıyı beslemesi ve batık açık deniz dalgakıranı ile birlikte deneysel çalışmalar yapmıştır. Burada kullanılan parametrelerin kıyı korunmasında ve plaj oluşturulmasındaki etkilerini incelemiştir. Deneysel çalışmada, Doğu Karadeniz kıyılarına ait dalga parametrelerini ve katı madde özelliklerini dikkate almıştır. Suni kıyı beslemesinde beslenen kıyıda kalan hacim oranı üzerine en önemli etkenlerden

birinin kıyı besleme genişliği olduğu ve besleme genişliği arttıkça beslenen kıyıda kalan hacim oranının belirgin bir şekilde azaldığı sonucuna varmıştır. Ayrıca batık profil beslemeli yapının, batık dalgakıranlı yapıya ve yapısız duruma göre en iyi sonucu verdiği; batık dalgakıranın genişliği artırıldığında, kıyıda kalan malzeme hacminin de arttığı ve dalga yüksekliğinin kıyıda kalan malzeme üzerindeki etkisinin, diğer parametrelerin yanında daha az olduğu sonuçlarını çıkartmıştır.

Bağcıoğlu (2001), sediment çapının, dalga yüksekliğinin ve dalga periyotlarının değişiminin erozyon ve birikmeye etkisini 'Beach Fill Module 1.0' programı ile araştırmıştır. Kıyıdaki mevcut sediment çapı ile kıyı beslemede kullanılacak yeni sedimentin çaplarını karşılaştırarak; profil tiplerini, yerleştirilmesi gereken dolgu hacimlerini ve tekrar besleme faktörlerini belirlemiştir. Daha sonra fırtına dalgaları ve değişen su seviyeleri ile oluşan kıyı erozyonu için iki boyutlu nümerik bir model (SBEACH 32) kullanmıştır. Uygulama sonucunda dalgaların enerjilerini sönmelenmesini ve kırılmasını etkileyen bar formasyonlarının olmamasının erozyonunun esas sebebi olduğu anlaşılmıştır. Bar formasyonlarının yokluğunda doğanın kıyı erozyonu ile yeni bir dinamik stabilite oluşturacağını, bu da morfolojik yapıların özellikle açık kıyı barlarının korunması gerektiğini göstermiştir.

Karasu (2004), yapay besleme performansını temsil etmek üzere belirlenen kalan malzeme oranına; taban eğiminin, dane çapının, dalga yüksekliğinin, berm yüksekliğinin ve dalga periyodunun etkisi fiziksel bir modelle incelemiştir. Bu parametreler için fiziksel model verileri kullanarak regresyon analizleri yapmış, boyutlu ve boyutsuz denklemler kurmuştur. Çalışma sonucunda; besleme bölgesinde kalan malzeme oranını etkileyen en önemli parametrenin taban eğimi olduğunu, daha sonra ise sırasıyla dane çapı, dalga yüksekliği ve berm yüksekliğinin etkin olduğunu belirlemiş, dalga periyodunun etki oranının ise çok az olduğu sonucuna varmıştır.

Esen vd. (2007), Antalya'nın Side ilçesinde bulunan bir otelin önünde 300 m uzunluğundaki bir plajda meydana gelen kıyı gerilemesini engellemek için sert yapılarla birlikte (iki adet mahmuz ve açık deniz batık dalgakıranı) kıyı beslemesi önermişlerdir.

Saha çalışmaları ile birlikte geliştirilen matematik modelle en uygun kumsal besleme alternatifi projelendirilmiştir.

Otay ve Mert (2011), 1999 Kocaeli depremi atıklarıyla doldurulan İzmit Körfezi kıyılarını doğal haline dönüştürmek amacıyla Derince’de bir pilot çalışma yapmışlardır. Proje alanının jeolojisini, sediment özelliklerini, morfolojik yapısını, rüzgar ve dalga rejimini; mevcut veriler ve yeni ölçüm, laboratuvar deneyi ve bilgisayar analizleri ile araştırmışlardır. Batimetrik ölçümler kıyının Denge Profili Teorisi’ne uymadığını göstermiştir. Yeni kum beslemesiyle kıyının tekrar dengeye kavuşması için alternatif genişliklerde dolgu seçenekleri üretmişlerdir. Yapılacak dolgunun zaman içinde kıyıya dik sediment taşınımı ile kısmen denize kayacağını hesaplamışlardır. Dengelenme sonunda net kumsal kazancının %50’nin üzerinde kalabilmesi için yaklaşık 90.000 m³ kum gerektiğini hesaplamışlardır. Dengelenme sonunda 600 m uzunluğunda ve 20 m genişliğinde bir kumsal kazanılacağı görülmüştür.

Karasu vd. (2014), Rize Alipaşa mevkiinde yapılması düşünülen yapay plaj için alternatifleri deneysel olarak araştırmışlardır. Bölgede taban topoğrafyasını ve kıyı çizgisini belirlemek için arazi çalışmaları yapmışlardır. Bölgedeki doğal malzemenin özelliklerini belirlemek amacıyla kıyı çizgisinden ve muhtelif derinliklerden alınan malzemelerin granülometrilerini belirlemişlerdir. Çalışma kapsamında 5 ayrı deney yapmışlardır. Birinci deneyde, mevcut kıyıyı dalgalara maruz bırakıp kıyı çizgisi ve taban topoğrafyasında meydana gelen değişimleri ölçmüşlerdir. Daha sonra, yapılması planlanan yapay plajı koruyup oyulmaları en aza indirebilecek 4 farklı alternatif yapı oluşturularak dalgalara maruz bırakmışlar, kıyı çizgisi ve taban topoğrafyasında meydana gelen değişimleri ölçüp değerlendirmişlerdir. Yapılan deney sonuçlarına göre; iki mahmuz arasına kıyıdan itibaren 40. ve 50. m’ler arasına taban kotu -2.6 m, kret kotu -1.60 m, kret genişliği 4 m ve uzunluğu 100 m olacak şekilde 1 m yüksekliğinde kum tepesi yapıldığının ekonomik olduğunu, bunun yanı sıra kıyı estetiği ve çevreye uyumlu olması sebebiyle ilk tercih edilecek seçenek olduğunu tespit etmişlerdir.

Literatür çalışmalarından da görülebileceği gibi dünyanın birçok bölgesinde yapay plaj uygulamaları oldukça yaygındır. Ülkemizde ise orta veya büyük ölçekli bir yapay

plaj uygulaması bulunmamakla birlikte, küçük ölçekli olarak bölgesel plajlarda karadan taşınan kumlarla plaj düzenlemeleri yapıldığı bilinmektedir. Ancak yapılan bu küçük ölçekli projelerin hiçbirinin performansının takip edildiğine dair herhangi bir bilgi bulunmamaktadır. Ülkemizde yapılan beslemelerin bir kısmı sert yapılarla birlikte gerçekleştirilmiştir. Bazılarında hem mahmuz hem de batık dalga kıranlar kullanılmıştır. Bu çalışmada söz konusu olan besleme projesi de yine mahmuzlarla korunmaktadır.

1.3. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Rize Belediyesi, şehir merkezine 6 km uzaklıkta olan Alipaşa Mahallesi sahil kesiminde bazı düzenlemeler yapmıştır. Düzenleme kapsamında, yürüyüş yolu ile birlikte piknik ve dinlenme amaçlı kamelyalar inşa etmişlerdir. Yapılan bu düzenlemelerin devamındaki bir bölgede ise halkın denizle buluşmasını sağlayacak bir yapay plaj oluşturulmuştur. Bu çalışmanın amacı Alipaşa Mahallesi'nde yapılan yapay plajın zamanla nasıl bir performans gösterdiğini analiz etmektir. Bu amaç doğrultusunda, besleme yapılmadan önce 1 ölçüm, besleme yapıldıktan sonra 8 ölçüm, toplamda 9 arazi ölçümü yapılmıştır. Arazi ölçümleri, başlangıçta daha sık olmak üzere ortalama her iki ayda bir yapılmıştır. Bu zaman aralıklarını içeren dalga verileri elde edilmiş ve araziden katı madde örnekleri toplanmıştır. Arazi çalışmalarında yüksek hassasiyetli GPS ve echosounder kullanılmıştır. Eş zamanlı ölçülen derinlikler bilgisayar programında toplanarak değerlendirilmiş ve bölgenin batimetrik haritası çıkartılmıştır. Bu çalışmalar neticesinde elde edilen sonuçlarla geçmişte bu konu hakkında yapılan çalışmalarla beraber dikkate alınıp, yapay plajda katı madde taşınımına neden olan muhtemel sebepler değerlendirilmiştir.

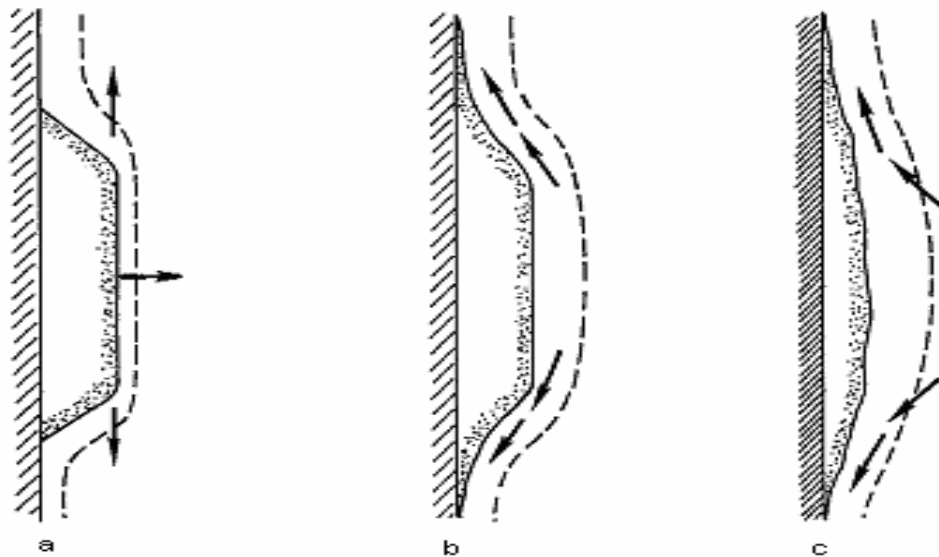
1.4. Yapay Kıyı Beslemesi

Kıyıların korunmasında ve kıyı boyunca hareket halindeki malzemenin tutulmasında çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Yapay besleme, kıyıları korumak için kıyı tahkimatları ve mahmuzlar gibi sert yapılara alternatif olarak kullanılan yumuşak bir yapı tipidir. Büyük miktarlarda ve iyi kalitedeki kumun kıyıdan açığa doğru yerleştirilmesidir (Dean, 2002).

Kıyılar için sistemdeki kum açığından dolayı meydana gelen kıyı erozyonu ciddi bir problemdir. Yapay besleme ile sisteme kum eklemek problemin çözülmesinde uygulanan tekniklerden biridir. Tahkimatlar, mahmuzlar ve kıyı duvarları gibi sert yapılarla kıyıyı korumak sadece o bölgede etkili olabilir. Ancak bu tür yapılar bitişik kıyılarda başka problemlere neden olabilirler (Otay ve Work, 1996).

1.4.1. Yapay Besleme Hakkında Genel Bilgiler

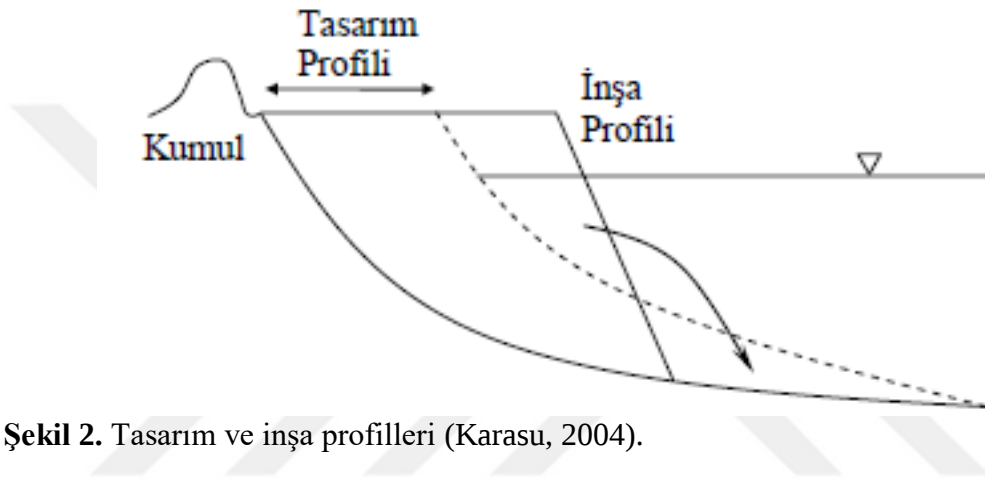
Yapay kıyı beslemesi; kıyı bölgesini korumak için büyük miktarlardaki malzemenin, kıyıdan denize doğru yerleştirilmesidir. Besleme; kıyıyı korumak, eğlenme-dinlenme amaçlı plaj oluşturmak veya her iki fonksiyonu bir arada yerine getirmek için yapılır. Plaj besleme malzemesi, genellikle plajın denge profilinden daha dik olarak yerleştirilir. Planda veya profilde beslenme sonrası meydana gelen dengesizlik, kıyı boyu ve kıyıya dik katı madde hareketi sonrası zamanla dengeye gelir. Plaj besleme projesinin safhaları Şekil 1’de görülmektedir. Başlangıçta çok dik hale gelen profiller nedeniyle hızlı bir şekilde kıyıya dik taşınım ve kıyı boyu taşınım meydana gelmektedir (a). Profiller dengeye ulaştıktan sonra kıyıya doğru taşınım ve dalgalar nedeniyle kıyı boyu taşınım olur (b ve c). Plaj besleme profili, yapımı veya yeniden beslemeyi takip eden ilk birkaç yıl belirgin bir şekilde değişikliğe uğrar (Karasu, 2004).



Şekil 1. Beslenmiş bir plajın çevresinde gözlemlenen katı madde taşınım safhaları (Karasu, 2004).

1.4.1.1. Tasarım ve İnşa Profilleri

Beslenmiş plaj profilinin dengeye ulaştıktan sonra alması beklenen şekil, tasarım profilidir. Tasarım profilinin alacağı şekil, besleme malzemesinin çapına bağlıdır. Projeye göre inşa edilmesi gerekli olan profil ise inşa profilidir. İnşa profili, daha dik eğime sahiptir ve genellikle birkaç ay içinde daha düz bir denge profiline ulaşır. Tasarım ve inşa profilleri Şekil 2’de görülmektedir (Karasu, 2004).

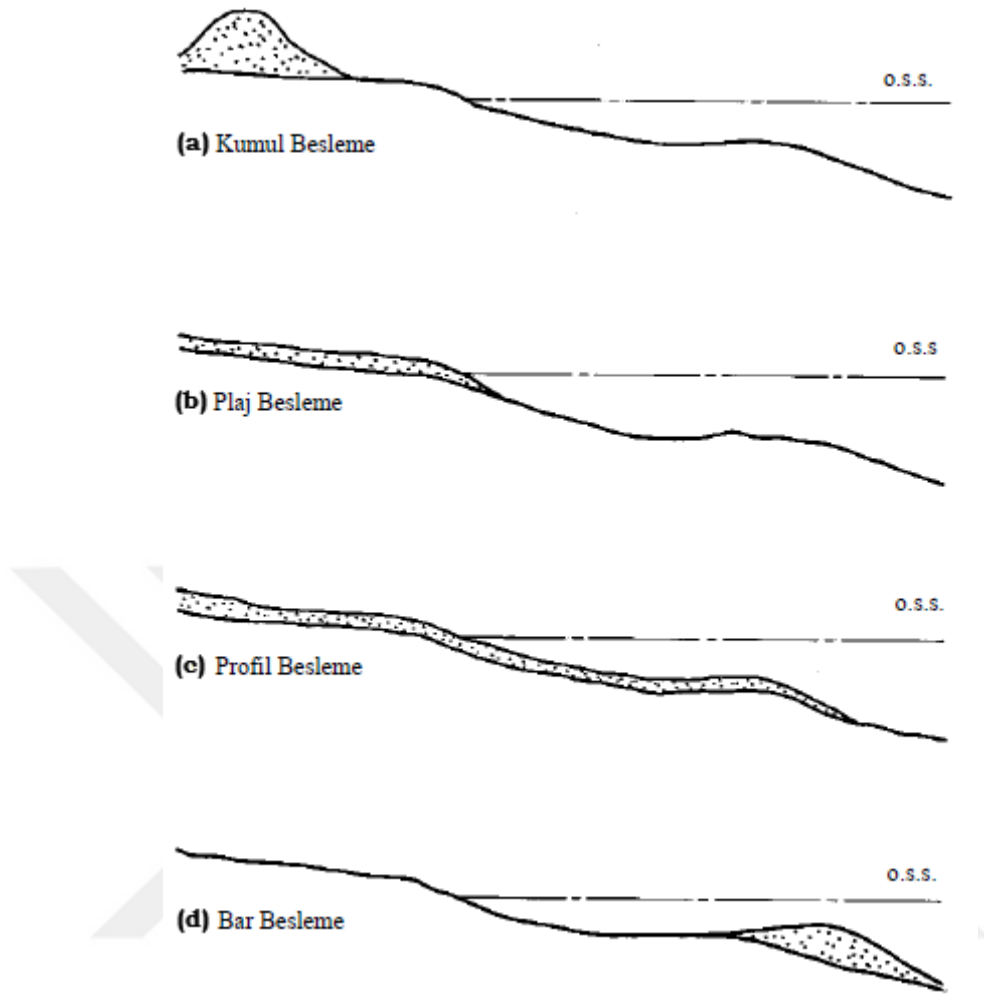


Şekil 2. Tasarım ve inşa profilleri (Karasu, 2004).

1.4.1.2. Besleme Malzemesinin Plaj Profiline Yerleştirilebileceği Bölgeler

Besleme malzemesinin plaja yerleştirilmesinde değişik tasarım planları kullanılır. En sık kullanılan yerleştirme bölgeleri Şekil 3’te görülmektedir. Kumul beslemede, malzeme aktif plajın arkasına yerleştirilir (Şekil 3.a). Plaj beslemede, ortalama su seviyesinin üzerinde daha geniş ve daha yüksek berm elde etmek için malzeme plaja yerleştirilir (Şekil 3.b). Profil beslemede, malzeme tüm plaj profili boyunca yerleştirilir (Şekil 3.c). Bar beslemede ise malzeme açık denizde yapay bir bar şeklinde yerleştirilir (Şekil 3.d).

Seçilen tasarım şekli, malzemenin getirileceği kaynağa ve plajdaki yerleştirme imkanlarına bağlıdır. Eğer malzemenin temin edileceği yer karada ise ve taşıma kamyonlarla yapılacaksa (a) ve (b) tipleri daha ekonomiktir. Eğer malzemenin kaynağı denizde ise (c) ve (d) tipleri daha pratik ve ekonomik olur (Karasu, 2004).



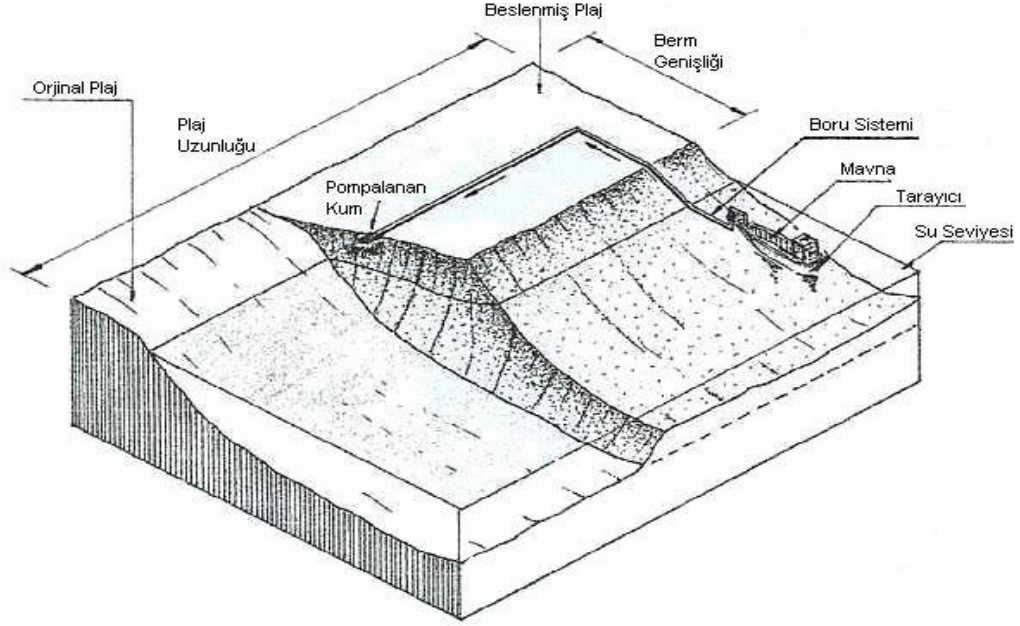
Şekil 3. Besleme bölgeleri (Karasu, 2004)

1.4.2. Plaj Besleme Yöntemleri

Plaj besleme yöntemleri doğrudan yerleştirme, yakın kıyı yerleştirme ve sürekli stok olmak üzere üç ana başlıkta incelenmektedir.

1.4.2.1. Doğrudan (Direkt) Yerleştirme

En sık kullanılan yerleştirme metodudur. Başka yerlerden taşınan veya denizden taranarak elde edilen besleme malzemesi, hidrolik pompalarla plaja pompalanır. Daha sonra malzeme arzu edilen şekilde plaja yerleştirilir (Şekil 4) (Rosati vd, 2002).



Şekil 4. Denizden taranan kumun plaja pompalanması (Rosati vd, 2002).

1.4.2.2. Yakın Kıyı Yerleştirilmesi

Bu metot, sadece denizden taranarak elde edilen büyük hacimdeki malzemenin, daha ucuz maliyetle yakın kıyıya yerleştirilmesi prensibine dayanır. Denizden taranan malzeme sığ sulara pompalanır ve dalga etkileriyle kıyıya doğru taşınır. Yakın kıyı beslemesi daha ekonomik olmasına rağmen, kıyının gerisini koruması bakımından yeterli faydayı sağlamamaktadır (Rosati vd, 2002).

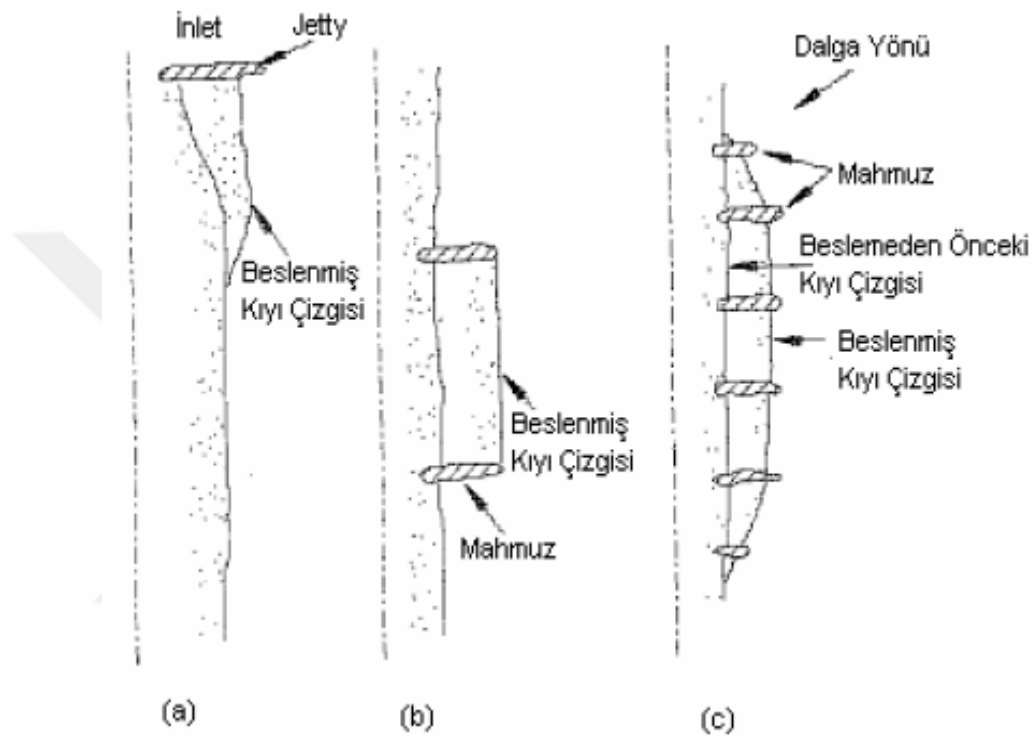
1.4.2.3. Sürekli Stok

Bu metotta kum, kıyıdaki mahmuz vb. bir yapının memba kısmında tutulur ve plajın mansap kısmına ihtiyaç oldukça baypas edilir. Bu metot kıyı beslemeden daha çok bir baypas yöntemi olarak da düşünülebilir (Rosati vd, 2002).

1.4.3. Yapılarla Birlikte Besleme Yapılması

Mahmuz vb. kıyı yapılarının kullanımı plaj besleme projelerinin performansını yükseltir. Proje uzunluğunun nispeten küçük olduğu veya kıyının bir giriş ağzı (inlet) tarafından belirgin bir şekilde etkilendiği yerlerde, kıyı boyunca olabilecek malzeme

kayıplarını engellemek için Şekil 5.a ve Şekil 5.b’de görüldüğü gibi, yapıların yapılması kayıpları önler. Yapıların uygulamasının diğer bir amacı ise, kıyı boyu katı madde taşınım oranını ve uç kısımlardaki kayıpları azaltarak proje ömrünü uzatmaktır (Şekil 5.c). Yapıların memba veya mansap kısmının hemen yanındaki plajlar, bitişikteki yapıların olumsuz etkilerinden korunmak için beslenmelidir (Karasu, 2004).



Şekil 5. Yapılı kıyı besleme örnekleri (Karasu, 2004)

1.4.4. Planlama Kriterleri

Yapay beslemeyle koruyucu plajların planlanması için şunlar gereklidir:

- Hakim kıyı boyu taşınım yönünün belirlenmesi ve problemlili alanın malzeme eksikliğinin tespiti,
- Aktif kıyı boyu hareketin olduğu bölgedeki malzemenin çap vb. karakteristiklerinin belirlenmesi,
- Başlangıç beslemesinde ve periyodik beslemelerde kullanılacak malzemenin seçimi ve değerlendirilmesi, ayrıca doğal malzeme ile yapay beslemede kullanılan malzemenin karşılaştırılması,

- Plaj berm yüksekliği ve genişliğinin belirlenmesi,
- Ön kıyı eğiminin belirlenmesi,
- Besleme yerinin belirlenmesi (Karasu, 2004).

1.4.5. Yapay Besleme Malzemesinin Seçimi

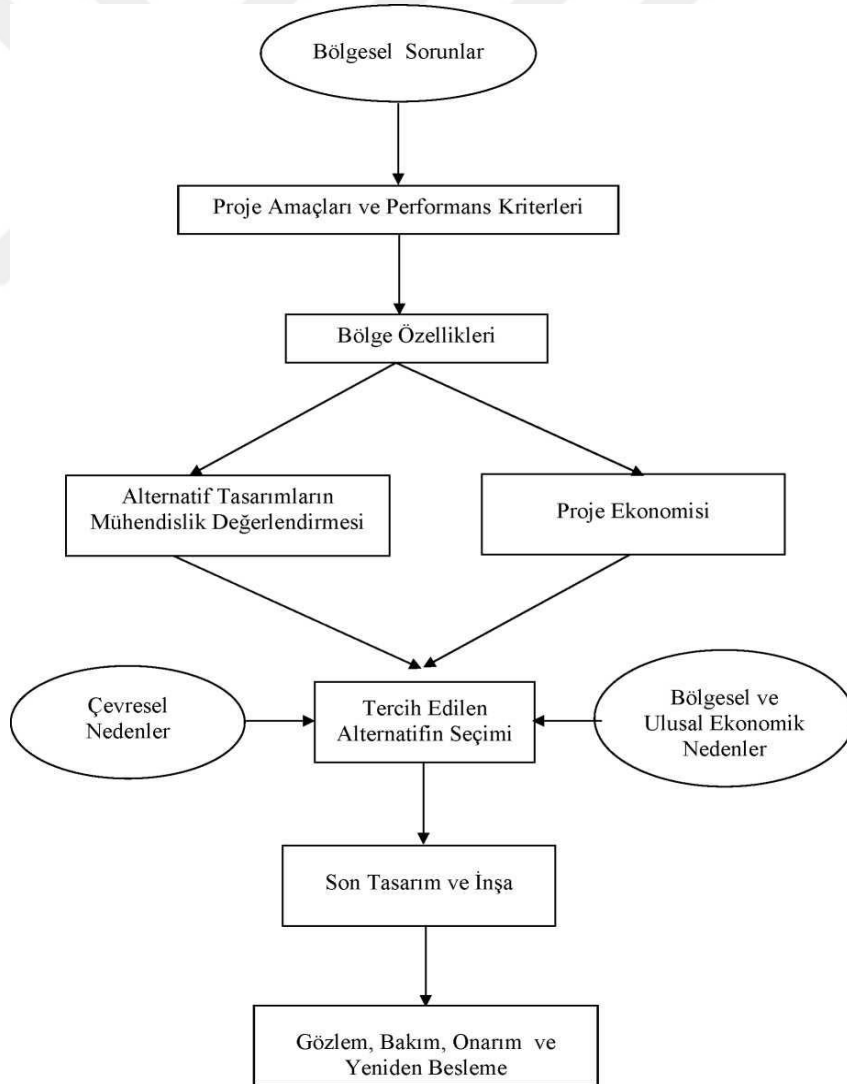
Doğal kumun karakteristiklerinin ve kıyı boyu taşınım yöntemlerinin belirlenmesinden sonraki adım, yapay beslemede ve periyodik beslemelerde kullanılacak malzemenin seçimidir. Kumlar mekanik olarak plaja yığıldığı zaman, dalgalar besleme tabakasının yüzeyinde bir dizilme hareketine başlayıp, ince parçacıkları denize doğru, iri malzemeyi kıyıya doğru bırakırlar. Bu dizilme, iri parçacık tabakası dalga rejimiyle uyumlu hale gelinceye kadar ve eğim normal dalga şartları için geçici olarak sabit hale kavuşuncaya kadar devam eder. Koruyucu tabaka fırtına tarafından bozulursa, alttaki malzeme tekrar aynı yönteme maruz kalır.

Eğer, doğal plaj malzemesinden daha ince bir malzeme bir fırtınaya maruz kalırsa, fırtına bu malzemeyi, boyutuyla uyumlu bir derinliğe taşır. Besleme malzemesi, doğal malzemedan daha iri ise, ön kıyıda kalır. Ayrıca daha dik bir plaj oluşturması da mümkündür. Eğer besleme malzemesi çok iriyse, normal şartlar altında dengeli bir hale gelir. Fakat bu, dinlenme ve eğlenme amaçlı bir plaj için arzu edilmeyen bir durum olur. Eğer besleme malzemesi doğal malzemedan daha ince ise, büyük miktarlarda malzeme açık denize sürüklenip kaybolur.

İri parçacıklar genellikle daha azdır ve kaybolma oranları düşüktür. İnce parçacıklar ise daha boldur ve kıyı boyu ile açık denizde hızlı hareket ederler. Stabil kalan veya çok az değişimin olduğu bir bölge, doğal malzemenin karakteristik boyutları ve besleme malzemesinin uygunluğunu değerlendirmek için kullanılabilir. Doğal malzemeye aynı dane boyutundaki veya biraz daha iri olan malzemeyi, besleme malzemesi olarak kullanmak genellikle uygundur. Eğer besleme için böyle malzeme mevcut ise, gerekli besleme hacmi direkt olarak proje boyutlarından belirlenebilir (Behnke ve Grosskopf, 1995).

1.4.6. Yapay Besleme Projelerinin Tasarım Şeması

Yapay besleme tasarım yöntemi, ihtiyacın tanımlanması ve proje amacının belirlenmesi ile başlar. Problemi anlamak, gerekli bilgileri elde etmek ve çözümleri geliştirmek için bölge özellikleri belirlenmelidir. Alternatif tasarımlar; beklenen fiziksel performansa, proje ekonomisine ve çevresel etkilere bağlı olarak değerlendirilmelidir. Seçilen alternatifin yapımını; gözlemlene, bakım ve periyodik besleme takip eder. Yapay besleme tasarım yöntemi Şekil 6'da özetlenmektedir. Proje tasarımı; keşif, fizibilite ve inşa öncesi mühendislik değerlendirmesi gibi çalışmanın çeşitli seviyelerine bağlı olarak çok değişik detaylı çalışmalar içerebilir. Bu çalışmalar aşağıdaki gibi özetlenebilir (Behnke ve Grosskopf, 1995).



Şekil 6. Yapay besleme proje tasarım şeması (Behnke ve Grosskopf, 1995).

1.4.6.1. Bölgesel Sorunlar

Bölgedeki kıyı yapılarında veya kıyı gerisinde hasar meydana gelmesi, mevcut plajların tahrip olması gibi durumlarda yapılan proje çalışmalarıyla sorunun nasıl çözüleceğine karar verilir (Behnke ve Grosskopf, 1995).

1.4.6.2. Proje Amaçları ve Performans Kriterleri

a- Problemin Durumu: Fırtına hasarlarını azaltma, plaj erozyonunu kontrol, dinlenme ve eğlenme, navigasyon projelerinden taranan malzemeleri yerleştirme gibi bir veya birkaç durum için projeler tasarlanabilir.

b- Performans Kriterleri: Proje tasarımında, ekonomik performans ana tercihlerden biridir. Çevresel zorlamalar veya bölgesel nedenlerden dolayı bazı ilave ölçütler ve sınırlamalar da projede yer alır (Behnke ve Grosskopf, 1995).

1.4.6.3. Bölge Özellikleri

a- Kıyı Çizgisinin Tarihsel Değişimi: Kıyı çizgisinin değişim verileri, uzun dönem kıyı çizgisi erozyon oranlarını ve hacim değişimlerini hesaplamak için kullanılır. Kıyı çizgisi değişim analizi; tarihsel kıyı çizgisi haritalarına, plaj profiline, açık deniz batimetri verilerine ve hava fotoğraflarına dayandırılır.

b- Profil Şekli ve Değişebilirliği: Plaj profil verileri; kısa dönem plaj değişim analizi ve modellemesinde kullanılır. Profil şeklinin bölgesel ve zamansal değişebilirliği ve kıyı boyunun tepkisi, geliştirilen tasarım için gereklidir.

c- Kapama Derinliği (*Depth of Closure*): Katı madde hareketinin denize doğru olan sınırı, besleme hacmi hesaplarında ve katı madde taşınım modellemelerinde kritik bir parametredir. Bu derinlik ya analitik olarak hesaplanır veya yapılan ölçümlerle tespit edilir.

d- Açık Deniz Batimetrisi: Aktif derinliğin ötesindeki açık deniz batimetrisinin detayları, dalga transformasyonu modellemesinde veya açık deniz ödünç malzeme kaynaklarının belirlenmesinde gereklidir.

e- Kıyı Oşinografisi: Proje alanı boyunca su seviyesi ve dalga şartlarının bilinmesi, katı madde taşınımı ve alternatif yapay besleme tasarımlarının değerlendirilmesi için gereklidir.

f- Katı Madde Bütçesi: Katı madde bütçesi; erozyonu, yığılmayı ve ilgili alana belli zaman aralığında giren ve çıkan katı madde taşınımını belirler. Katı madde bütçeleri, uzun dönemli yeniden besleme ihtiyaçlarını hesaplamak için kıyı boyu taşınım bilgileri sağlar.

g- Katı Madde Özellikleri: Doğal malzemenin ve besleme malzemesinin özelliklerini bilmek, besleme malzemesinin vereceği tepkiyi ve uygunluğu hesaplamak için gereklidir. Katı madde çapı, rengi ve çevreye uygunluğu düşünülmelidir.

h- Ödünç Katı Madde Kaynakları: Yapay besleme malzemesi için kıyı ve açık deniz kaynakları belirlenmeli ve bu kaynaklar; katı madde kalitesi, miktarı, taşınma ve yerleştirme masrafları, fiziksel ve çevresel etkiler yönünden değerlendirilmelidir (Behnke ve Grosskopf, 1995).

1.4.6.4. Alternatif Tasarımların Mühendislik Değerlendirmesi

Uygun alternatif tasarımların seçimi: Başlangıçta, verilen bir proje için birkaç mühendislik tasarım seçeneği düşünülmelidir. Alternatif tasarımlar seçilirken, proje bölgesini etkileyen kıyı ile ilgili bilgilere, tasarım seçeneklerinin fiziksel performansına ve mühendislik tecrübesine dikkat edilmelidir. Uygun alternatif tasarımlar seçilirken; ekonomik durum, çevresel etkiler ve bölgesel tercihler düşünülmelidir.

Yapay beslemelerde, farklı berm yüksekliklerini de içeren birkaç en kesit şekli seçilmelidir. Bazı durumlarda fırtınalara karşı ilave koruma ve beslemenin stabilitesini

sağlamak için mahmuzlar, dalgakıranlar ve kıyı duvarları ile birlikte besleme yapılabilir. Fiziksel ve ekonomik etmenlere bağlı olarak, en kesitler, besleme karakteristikleri ve yapılar proje uzunluğu boyunca değişebilir. Seçilen yapay besleme tasarımının, kıyı boyu proje sınırları içindeki ve bu proje bölgesinin bitimindeki bölgelere etkileri de dikkate alınmalıdır (Behnke ve Grosskopf, 1995).

1.4.6.5. Proje Ekonomisi

a- Hasarlar: Uzun dönem erozyon hasarları proje şartları olmaksızın belirlenir. Kıyı çizgisi gerilemesinin ortalama oranı proje süresi boyunca devam edecektir. Proje tasarımları uzun dönem kıyı çizgisi gerilemesini dikkate alarak periyodik yeniden beslemeleri içerdiğinden dolayı, uzun dönemli erozyon hasarları proje alternatifleriyle birlikte dikkate alınmazlar.

Fırtına nedenli ekonomik hasarlar proje şartları olmaksızın hesaplanırlar. Her bir tasarım alternatifi, fırtına nedenli erozyonun, dalga etkilerinin ve taşkınların neden olduğu yapı hasarlarına dayandırılır. Analiz esnasında bu üç hasar mekanizması da düşünülür. Fakat her bir yapı üzerinde en büyük hasara neden olan tek bir mekanizma dikkate alınır.

b- Faydalar: Verilen bir projenin ekonomik faydası; kıyı çizgisi gerilemesinin ve malzeme kaybının azaltılması, hasarların minimuma inmesi, eğlenme ve dinlenme amaçlı faydaların toplamından oluşmaktadır.

c- Proje Maliyeti: Bir projenin toplam tutarı; malzemenin temin edilip yerleştirilmesinin yanı sıra, planlama, mühendislik, yeniden besleme, bakım, onarım ve gözlemlene gibi maliyetlerin toplamından oluşmaktadır (Behnke ve Grosskopf, 1995).

1.4.6.6. Tercih Edilen Alternatifin Seçimi

Mühendislik ve ekonomik analizlerin sonuçları, tercih edilen proje tasarımının seçiminde değerlendirilir. Projenin ekonomikliği, seçimde oldukça önemlidir. Fayda maliyet oranı daha büyük olan alternatif tasarım seçilir (Behnke ve Grosskopf, 1995).

1.4.6.7. Son Tasarım ve İnşa

Son tasarım esnasında, projeyi daha uygun hale getirmek için bazı tasarım parametrelerinde küçük değişiklikler yapılabilir. Proje planları, özellikleri ve iş akış şeması hazırlanır. Proje özellikleri; besleme bölgesi sınırlarını, ödünç malzemesinin kaynağını, taşınmasını ve yerleştirilmesini, inşa profilini ve tolerans payı gibi bilgileri içermektedir.

Projenin inşası sırasında gözlemlene, müteahhidin getirdiği malzemenin boyutları ve miktarı açısından önemli bir rol oynamaktadır. Çünkü dalgaların etkileriyle yerleştirilen malzemenin bölgeye yayılması söz konusudur (Behnke ve Grosskopf, 1995).

1.4.6.8. Gözlem, Bakım, Onarım ve Yeniden Besleme

Yapay beslemenin bitiminin hemen ardından, proje performansını değerlendirmek için gözlemler yapılmalıdır. Profil ölçümleri, katı madde numuneleri, hava fotoğrafları, dalga ve su seviyesinin gözlemlenmesi doğru sonuçlara ulaşılmasını sağlar. Fiziksel gözlem verileri olmaksızın, proje performansının nasıl olduğuna karar vermek zordur.

Gerçek performans ile tahmin edilen performansı karşılaştırmak, projenin etkinliği ve yeniden besleme planları açısından faydalı bilgiler sağlar.

Periyodik olarak yıllık ortalama kayıplardan veya büyük fırtınalar esnasında oluşan kayıplardan dolayı yeniden besleme yapılır. Bakım ve yeniden besleme

ihtiyaçları proje ömrü boyunca düzenli olarak dikkate alınmalıdır (Behnke ve Grosskopf, 1995).

1.4.7. Yapay Besleme Performans ltleri

Bir yapay besleme projesinin amacı, rekreasyon, fırtına koruması, estetik ve çevresel amaçlar için daha geniş bir plaj sağlamaktır. Plajın mr başlangıçtaki ve sonraki yenileme maliyetlerini garanti etmek için yeterli olmalıdır. Bir fırtına nedeniyle, beklenmeyen veya tahmin edilemeyen besleme kaybı gibi olumsuz durumlar, yerel komşu plajlardan çok daha hızlı bir şekilde aşınan alanların oluşması; mümkün olduğu kadar düşük olmalıdır.

Beslenen plajın diğer ilgili özellikleri renk, sediment büyüklüğü ve çevresel uygunluğudur. Bu zelliklerin her birinin önemi, projeden projeye değişir. Kum renginin turizmi tanıtmaq için plajların ayırt edici özelliği olduğu bölgelerde, doğal rengine yakın bir uyum sağlanmalıdır.

Besleme kumu doğal kum boyutuna oldukça yakın bir eşleşme sağlamalıdır. Beslemeden sonra varsa kayaların çıkarılması masraflı ve yıkıcı bir işlem olabileceğinden, besleme bölgesi içindeki kayaların en aza indirgenmesi gerekir. Eğlence ve turizmi geliştirmek için yoğun olarak kullanılan plajlar için renk ve sediment boyutuna daha fazla önem verilmektedir.

Besleme projesi performans ltleri konusundaki endişeleri etkileyebilecek çeşitli insan faktörleri vardır. Besleme ncesi bir kıyı şeridi tehdit altındaki yapılarla kötü bir şekilde aşınmışsa, kum rengi veya kayaların varlığına ilişkin kaygılar daha az olabilir (Dean, 2002).

1.4.8. Yapay Beslemesinin Çevresel Etkileri

Büyük miktarlarda sedimentlerin yerleştirilmesini içeren yapay besleme projeleri, yakın bölgedeki yaşayan canlılar üzerinde önemli etkilere neden olma potansiyeline sahiptir. Bu etkiler sadece izleme programlarının sonuçları ile belirlenebilir.

Aynı zamanda, mevcut biyolojik sistemlerin niteliğine bağlı olarak etkilerin hem kısa hem de uzun vadeli olabileceği de önemlidir. Etkiler hem ödünç alanında hem de baskın olarak kumun yerleştirildiği alanda meydana gelebilir (Dean, 2002).

Kısa vadeli ve uzun vadeli etkiler aşağıdaki şekilde özetlenir:

Kısa vadeli etkiler üç farklı türde incelenebilir:

1. Bölgede yaşayan canlıların doğrudan beslenen malzemenin altında kalması,
2. Ölümcül veya zarar veren bulanıklık,
3. Besleme projesi için kullanılan ekipmanın etkileri

Uzun vadeli etkiler ise şunları içerir:

1. Doğal hallerinden daha sert olan plajlar,
2. Uzun vadeli bir bulanıklık kaynağı,
3. Bu bölgede yaşayan canlı türlerini etkileyebilecek değişmiş sediment bileşimleri

Plaj beslemesi, kaplumbağa yumurtlaması için iyileştirilmiş alanlar ve bazı tehlike altındaki kuşlar için iyileştirilmiş yuva alanları oluşturulması örneklerinde olduğu gibi çevre üzerinde olumlu etkiler de oluşturabilir (Dean, 2002).

1.4.9. Yapay Besleme Projelerinin İzlenmesi

Yapay besleme projelerinin izlenmesi, projeye özgü ve genel olmak üzere iki ana başlık altında incelenebilir. Ancak bazı projeler yalnızca izin gerekliliklerini yerine getirmek için izlenebilir. Proje izleme planı, izlemenin amaçlarına bağlıdır ve proje değişimi beklentileri ile orantılıdır.

Proje izleme; dalgaları, rüzgarları, akımları ve gelgitleri içerebilir. Belirli bir projenin performansını ölçmek için projeye özgü izleme gerçekleştirilirken, genel amaçlar için izlemenin gayeleri aktarılabilir ve izlenen proje dışındaki projelere fayda sağlayacak bilgiler elde edilebilir.

Genel amaçlar için izleme, esasen daha fazla bilginin, özellikle proje gelişiminden sorumlu olan gerekliliklerin belirlenmesini içerir. Buna bağlı olarak, izleme yalnızca belirli bir projenin performansını belgelemek üzere tasarlanmış olsa da, diğer projelere aktarılacak bazı bilgiler sağlamaktadır. Bazı durumlarda, ilgi sadece yenileme yapılması gerektiğinde olabilir. Kuru kumsal genişliği genellikle projenin uygulandığı yer için birincil öneme sahip olduğundan, proje süresi boyunca önceden belirlenmiş yerlerde, önceden belirlenmiş zamanlarda ve şiddetli fırtınalardan sonra hava fotoğrafları veya su hattında yapılan basit ölçümler yeterli olabilir. Bununla birlikte, fırtınalar plaj genişliğini önemli ölçüde azaltabilir, kumu geçici veya kalıcı olarak açık denize çekebilir. Bu gibi durumlarda, proje alanı içinde kalan kum hacmini belirleyen izleme, özellikle fırtına nedeniyle malzemenin çoğunun açık denize çekilecek şekilde olduğu durumlarda, performansın kabul edilebilir olduğuna dair proje yatırımcılarına güvence sağlamalıdır.

Genel olarak izleme planları, her biri proje özellikleri ve öngörülen değişimle uyumlu olması gereken mekansal ve zamansal boyutları içermektedir (Dean, 2002).

1.4.9.1. Performans İzleme

Çoğu zaman, bir yapay besleme projesinin yüklenicileri, kısıtlı finansal kaynaklarını, izleme amaçlarından daha çok, aşınmış plajlara ilave kumların yerleştirilmesine yönlendirecektir.

Proje performansının fiziki izlenmesi için, daha önceden mevcut değilse bir araştırma temelini oluşturulması için, plaj ve deniz araştırmaları, kum numuneleri, hava ve kara fotoğrafları, meteorolojik veriler ve dalga verileri dahil olmak üzere bir çok unsur vardır. Bu unsurların tümü her izleme planına dahil edilmeyebilir. Proje performansını değerlendirmek için izleme, proje öncesinde ve sonrasında yapılmalıdır (Dean, 2002).

1.4.9.2. Plaj ve Açık Deniz Profillerinin Araştırılması

Plaj ve açık deniz profillerinin incelenmesi, fiziksel izlemenin temelini oluşturur ve birkaç yaklaşımla gerçekleştirilebilir.

Profil çizgileri arasındaki aralık ve araştırmaların sıklığı, projenin beklenen mekansal ve zamansal değişimi ile orantılı olmalıdır. Projelerin çoğu kilometrelerce uzunlukta olabilir ve birkaç yüz metre uzunluktaki profiller, hacimlerin tanımlanması için yeterli olmaktadır. Bazı projeler için, ara noktalar yerleştirilebilir. Ek olarak daha yakın yerleştirilmiş noktalar ve profiller, genellikle proje alanı içindeki veya bitişiğindeki mahmuz ve dalgakıranlar gibi yapıların yakınında uygundur.

Daha önce belirtildiği gibi, profil ölçümlerinin sıklığı beklenen projenin değişimi ile orantılı olmalıdır. Makul büyüklükteki projeler ve beklenen değişim, besleme öncesi ve sonrası araştırmalara ek olarak, önceki araştırmalardaki beklenmeyen davranışları belirlemediği sürece uygun ölçüm aralığı bir yıl, bir buçuk yıl ve iki yıldır.

Araştırmaların bir amacı proje alanında kalan hacmi ölçmekse, profiller kapama derinliğini (aktif derinliği) aşan derinliklere yayılmalıdır. Genellikle, profillerin kara

bölümlerini ve deniz bölümlerini araştırmak için farklı süreçler kullanılır, karadaki süreçlerin doğrulukları, deniz bölümüne uygulananlardan daha büyüktür. Profilin kara kısımlarına genellikle normal ölçüm süreçleri uygulanmakta ve bu yöntem denize en azından sıg derinliklere kadar uzanmaktadır. Profilin kara ve deniz kısımları için farklı yöntemler kullanılıyorsa, çalışmaların bu iki kısmı için makul bir örtüşme elde edilmesi arzu edilir, bu nedenle doğruluğu değerlendirmek için uygun bir yöntem belirlenmelidir. Araştırmaları gerçekleştirmek için uygulanan yöntemler aşağıda sıralanmıştır.

En yaygın yöntem, arazi ve suda yürüyerek (*wading*) yüzey araştırmalarını, sıradan tesviye süreçlerini kullanarak yapmak ve derinliklerini elde etmek için bir derinlikölçer (*echosounder*) kullanmaktır. Çalışmaların karada kalan kısımlarını düşük gelgitte ve denize doğru olan kısımlarını yüksek gelgitte yaparak bu iki tip çalışma için “örtüşme” en üst seviyeye çıkarılır. Batimetri su yüzeyi yükselmesine göre ölçüldüğü için, çalışma sırasındaki su seviyesinin belirlenmesi gerekir. Su yüzeyi kotu genellikle bir gelgit ölçer ile elde edilir. Dikey referanstaki küçük bir hata, büyük bir hacimsel hataya yol açabilir. Su seviyesindeki bu olası hatadan dolayı, incelenen profilin iki bölümünün üst üste binmesi ve kara ve deniz bölümlerinin mümkün olan en kısa sürede incelenmesi önemlidir. Kuşkusuz, iki çalışma arasında geçen sürede önemli bir fırtına olayı gerçekleşebilir.

Profilin açık deniz kısmını doğru bir şekilde oluştururken ortaya çıkan zorluklar nedeniyle, çeşitli alternatifler geliştirilmiştir. Bir tekneden açık deniz profilini ölçmek için kinematik GPS kullanımı bu alternatiflerden biridir. Bu yöntemle, teknenin dikey yükselmesi de GPS'ten elde edilmekte ve bu sayede gelgit ölçümleri için ihtiyaç duyulmamaktadır.

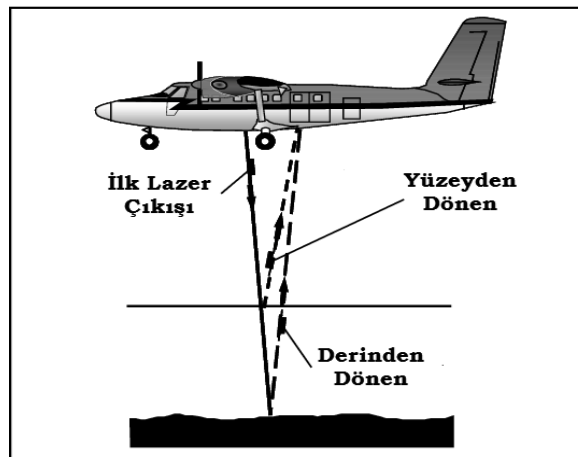
Su derinliğinin ölçümünde bir derinlikölçer kullanılmasına alternatif olarak çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. En etkili olanlardan biri karada manevra yapabilen ve yaklaşık 2 m yüksekliğinde, 6 m derinliğindeki sularda hareket edebilen tekerlekli bir araç olan CRAB (Kıyı Araştırma Amfibi Arabası)'dır. Bu aracın (Şekil 7) yatay ve dikey koordinatları kinematik GPS ile belirlenir. Elde edilen profilin dikey doğruluğu yaklaşık 3 cm'dir. Prensipte benzer ancak kendiliğinden itilmeyen diğer cihazlar

arasında deniz kızıkları ve tekerlekli araçlar da bulunur. Bunlar, açık denizde incelenecek bir hat üzerinde önceden belirlenmiş bir konuma tekne ile çekilir ve genellikle yüksek bir direğe yerleştirilmiş araştırma prizmalarına sahiptir. Cihaz yatay ve dikey koordinatları prizmaların üzerinde bulunan elektronik “toplama istasyonu” ile belirlemektedir.



Şekil 7. CRAB (Kıyı Araştırma Amfibi Arabası) (Dean, 2002)

Diğer bir deniz tabanı ölçüm sistemi ışıklı radar “SHOALS (Scanning Hydrographic Operational Airborne Lidar Survey)” sistemidir. SHOALS (Şekil 8), bir uçağa monte edilmiş ve yaklaşık 3 Secchi Derinlikli (1 “Secchi Derinlik”, su yüzeyinin altına indirilmiş 30 cm beyaz bir diskin yüzeyden görülebileceği maksimum derinliktir) suya nüfuz edebilen bir lazer sistemidir. Lazer saniyede 800 veya daha fazla kez yanıp söner ve önceden belirlenmiş bir açıda salınır, böylece uçak yüksekliğinin genellikle üçte biri olan bir alanı kaplar (Dean, 2002).



Şekil 8. SHOALS Sistemi (Dean, 2002)

1.4.9.3. Kum Örnekleri

Tasarım sürecinde, besleme öncesi doğal plajın ve ödünç alanındaki malzemenin özelliklerini ortaya koymak için genellikle kum numuneleri alınır. Mevcut sahilde numunelerin sayısı ve yerleri esnektir ve değişkenliğe bağlıdır, ancak her profil için kumul, sahil bermi, sahil yüzü ve 3 metrelik (veya bir metre) derinlik aralıklarında numuneler alınabilir. Araştırmaya alınacak her profilde kum örnekleme yapılabilir. Beslemeden sonra, herhangi bir kum örnekleme bir amaç için yapılmalıdır. Örneğin, bir kum örnekleme, eğer doğal ve besleme sedimentleri önemli ölçüde farklılık gösteriyorsa veya besleme sedimentleri çok zayıf bir şekilde sınıflandırılmışsa, besleme malzemesinin performansı veya besleme malzemesinin doğal malzemeye harmanlanması için gereken süreyi ölçmede yardımcı olabilir. Genellikle beslemeden sonraki kum örnekleme, beslenmeden hemen sonra ve sediment özellikleri stabil olana kadar aralıklarla yapılabilir (Dean, 2002).

1.4.9.4. Hava Fotoğrafları

Hava fotoğrafları, proje performansının genel bir göstergesidir, özellikle de kalan kuru plajın takibi için önemlidir. Düşük gelgitte çekilmiş yüksek kaliteli hava fotoğrafları, kuru kumsal genişliğinin yaklaşık ölçümleri için temel sağlayabilir. Hava fotoğrafları diğer yöntemlere oranla ucuzdur. Genellikle beslemeden hemen önce ve hemen sonra çekilmektedir (Dean, 2002).

1.4.9.5. Genel (Araştırma) Amaçları İzleme

Amaç ne olursa olsun, performans izleme ile ilgili olarak daha önce tartışılan değişkenlere ek olarak dalgaların, su seviyelerinin, rüzgarların ve akımların ölçümü gerekli olmaktadır (Dean, 2002).

1.5. Kıyı Profilleri

Dalgalar genel halde, belli bir açı yaparak kıyıya ulaşırlar. Bu dalgaların enerjilerinin kıyı çizgisine paralel bileşeni kıyı boyu katımadde taşınımına, kıyı çizgisine dik bileşeni ise kıyıya dik taşınımına yol açar. Batimetrik değişim sonucunda kıyı kesitinin almış olduğu yapıya kıyı profili adı verilir.

Kıyıya dik malzeme taşınımı, genellikle birim genişlikteki bir kıyının, kıyıya dik yöndeki kıyı profili kesiti üzerinde incelenir. Kıyı profilini etkileyen esas parametre, kıyıya dik taşınım olmakla beraber, kıyıya paralel taşınımında etkisi bazen çok önemli olmaktadır.

Kıyı değişimleriyle ilgili çalışmalarda yaz profili ve kış profili olarak iki tip kıyı profili tanımlanmaktadır. Ancak dünyanın farklı iklim kuşağında olan bölgelerinde, örneğin yaz aylarında, Bermuda Sahillerinde bir fırtına sonucu, kış profili oluşurken, sakin bir dönemde kış ortasında yaz profili oluşabilmektedir (Boğuşlu, 1998). Bruun (1962), geliştirdiği modelde, deniz suyu seviyesindeki değişmelere açık denize doğru katı madde hareketine yol açarak oluşturulan bir kıyı profili düşünmüştür. Su seviyesinde yükselme, kıyı şeridinde belli miktarda malzemenin erozyona uğradığı deniz tabanına çökmesine sebep olmaktadır. Böylece başlangıçtaki su seviyesi tabana göre sabit tutulur. Bu model kısmen de olsa, küçük ölçekli laboratuvar deneyleri ile de kontrol edilmiştir.

1.5.1. Normal Profil

Herhangi bir kıyı incelendiğinde fırtınalı havalar dışında, normal deniz koşullarında kıyıda küçük ve dikliği az (büyük periyotlu) dalgalı durumda meydana gelen profile normal profil adı verilir.

Dalgalar sığ suda ilerlerken, tabanda kütle taşınımı artar ve buna paralel olarak açık deniz yönünden kırılma çizgisine kadar katı madde taşınımı olur. Dalga, burada kırıldıktan sonra büyük miktarda katı madde askı haline geçer. Askı haline geçen bu

malzeme, kırılan dalga enerjisi ile kıyı şeridinin ön yüzüne doğru tırmanır. Tırmanan suyun büyük bir miktarı, taban su seviyesinin düşük olması nedeniyle de zemine sızar. Böylece geri dönüşteki su miktarı oldukça azalır ve malzeme kıyıda yığılır. Bu olayla geri dönüşten kaynaklanan hidrolik sıçrama oldukça küçüktür. Bu nedenle normal dalgalar kıyıda birikim oluşturur (Boğuşlu, 1998).

1.5.2. Fırtına Profili

Fırtınalı havalarda kıyıda oluşan profile fırtına profili veya kış profili adı verilir. Bu profilin en belirgin özelliği açık deniz tarafında oluşan bir kum tepesidir.

Dalga yüksekliklerinin artması ve periyotlarının küçülmesi dolayısıyla hem ortalama su seviyesinde, sakin su seviyesine göre büyük artış olması, hem de kıyıya çok sık dalga gelmesi dolayısıyla derine büyük miktarda su sızması sonucu kıyıda yeraltı su seviyesi kısa zamanda taban yüzeyine kadar artış gösterir. Bu artış nedeniyle derine sızan su miktarı ihmal edilebilecek mertebelere iner ve tırmanma ve geri dönüş sırasındaki su seviyeleri hemen hemen eşit hale gelir. Tırmanma sırasında kıyıya doğru katı madde taşınımından daha büyük miktarda geri dönüş sırasında açığa doğru taşınır. Çünkü tırmanma sırasında taşınım kıyı eğiminin tersine iken geri dönüş sırasında eğim yönündedir ve katı maddelerin kendi ağırlıkları taşınımı kolaylaştırır. Bunun sonucunda fırtına başlangıcından itibaren kısa bir süre içerisinde kıyıda hızlı bir erozyon meydana gelir. Kıyidan açığa doğru çekilen katı maddeler bir noktada toplanmaya başlar. Bu noktaya dalga etkisi ile açıktan da katı madde gelmekte olduğundan burada katı maddeler bir tepe oluştururlar. Bu tepe oluşumu sonucunda daha önce kıyıya yakın kırılan dalgalar bu tepe üstünde kırılarak enerjilerini kaybetmeye başlarlar ve kıyıda erozyon sona erer. Fırtına profilinde tepe oluşumu kıyının erozyonunun sınırlı kalması açısından son derece önemli bir role sahiptir (Boğuşlu, 1998).

1.6. Katı Madde Taşınımı

Bir kıyı bölgesinde, kıyıya dik gelen dalgalar kıyıya dik taşınımına neden olurken, kıyıyla bir açı yaparak gelen dalgalar hem kıyıya dik hem de kıyı boyu taşınım

oluştururlar. Genelde dalgalar kıyıya bir açı oluşturacak şekilde yaklaşır. Bu nedenle kıyılarda genel anlamda hem kıyıya dik hem de kıyı boyu taşınım oluşmaktadır. Kış aylarında taşınım açık deniz yönünde olması nedeniyle oyulmalar oluşur ve sahil yatık bir profil haline dönüşür. Yaz aylarında taşınım kara yönünde olacağından yığılma oluşur ve sahil dikleşir (Bayraktar, 2009).

1.6.1. Kıyıya Dik Katı Madde Taşınımı

Kıyı ile belli bir açı yaparak gelen dalgaların enerjisinin kıyıya paralel bileşeni kıyı boyu, kıyıya dik bileşeni ise kıyıya dik taşınımı oluşturur. Kıyıya dik malzeme taşınımı, birim genişlikteki bir kıyının kıyıya dik yöndeki kesiti üzerinde incelenir. Kıyı profilini etkileyen esas parametre kıyıya dik katı madde taşınımıdır. Ancak kıyıya sonradan inşa edilmiş kıyı yapıları (mahmuzlar, balıkçı barınakları, limanlar vb.) kıyı boyu taşınımı etkilediklerinden kıyı profilinde önemli değişikliklere yol açmaktadır.

Kıyı profili, normal (yaz) profil ve fırtına (kış) profili olmak üzere ikiye ayrılır. Kıyı profilinde, hangi şartlarda yığılma ve oyulma olacağı dalga parametrelerine bağlıdır. Yapılan araştırmalar, derin deniz dalga dikliğinin (H_0/L_0) en önemli etken olduğunu göstermektedir (Özölçer, 1998).

1.6.2. Kıyı Boyu Katı Madde Taşınımı

Dalga enerjisinin kıyıya paralel bileşeninin neden olduğu ve yönü kıyıya paralel olan katı madde taşınımına kıyıya paralel taşınım adı verilir. Derin denizde kıyı ile belli bir α_0 açısı yapan dalgalar, sapmanın etkisi ile kıyıya yaklaştıkça, kıyıya dik gelme eğilimindedirler. Kırılma anında bir α_b açısı yaparlar ve genellikle $\alpha_b < \alpha_0$ 'dır. Bu nedenle dalgaların hem kıyıya paralel hem de kıyıya dik enerjileri söz konusudur. Kıyıya paralel enerji bileşeni, kıyıya yakın bir bölgede su kütlesi hareketine neden olur. Bu harekete kıyı boyu akıntısı adı verilir. Kıyı boyu katı madde taşınımını doğuran asıl etken kıyı boyu akıntılardır (Bayraktar, 2009).

1.7. Doğu Karadeniz Bölgesinin Dalga İklimi ve Katı Madde Rejimi

1.7.1. Dalga İklimi

Katı madde hareketine neden olan en önemli etmen dalgalardır. Bu yüzden incelenen yörenin uzun süreli dalga değerlerinin (dalga iklimi) belirlenmesi gereklidir. Bu değerlere göre yörenin belirgin dalga özellikleri belirlenip, aynı değerlere göre de tasarım gerçekleştirilir. Bu değerler fiziksel modelleme ve sayısal modellemeler için en önemli verilerdir. Dalga değerleri iki yoldan elde edilebilmektedir.

Dalga verilerini elde etme yöntemlerinden biri, doğrudan ölçüm yolu ile belirlemek, diğeri ise rüzgar verilerinden dalgaları elde etmektir. Doğrudan ölçüm yöntemi en uygun yöntem olmasına karşılık, ülkemiz kıyılarında henüz sürekli bir istasyon kurulmuş değildir. Özel olarak yerel istasyonlar kurulmuş ise de, bunlar sürekli hale henüz getirilememiştir. Bu durum ise, kıyılarımız üzerinde yapılan çalışmalar için bir dezavantaj teşkil etmektedir. Dalga verilerini elde etmenin diğeri bir yöntemi olan rüzgar verilerine dayanarak elde edilen veriler de kendi aralarında ikiye ayrılmaktadır. Birincisi meteorolojik istasyonların rüzgar değerlerinden, diğeri ise uydular aracılığı ile alınmış olan sinoptik haritalardan yararlanılarak elde edilmektedir.

Her iki yöntemden elde edilen rüzgar verilerini dalga tahminlerine (belirgin dalga parametreleri) dönüştürmek için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir (Günbak, 1992).

1.7.2. Katı Madde Rejimi

Denizlerin en önemli katı madde kaynağı akarsulardır. Doğu Karadeniz Bölgesinde çeşitli büyüklüklerde birçok akarsu mevcuttur. Bu akarsuların eğimleri ve akış hızları büyük olduğundan, denize fazla miktarda katı madde taşımaktadırlar. Bu miktar Doğu Karadeniz Bölgesinde yaklaşık 3 ~ 5 milyon ton/yıl, ülkemizin tümünden ise yaklaşık 500 milyon ton/ yıl olarak tahmin edilmektedir (Barlas, 1990).

Doğu Karadeniz Bölgesinde hakim dalgalar batıdan doğuya doğru olduğundan, kıyılardaki taşınım da bu yönde meydana gelmektedir. Özellikle bu bölgede korunması istenilen yerlerin batısındaki akarsular önemli bir kaynak teşkil etmektedirler. Koruma yapılarının yer seçiminde, kaynağın yakın ve yeterli olması önemli bir avantajdır. (Boğuşlu, 1998)



2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

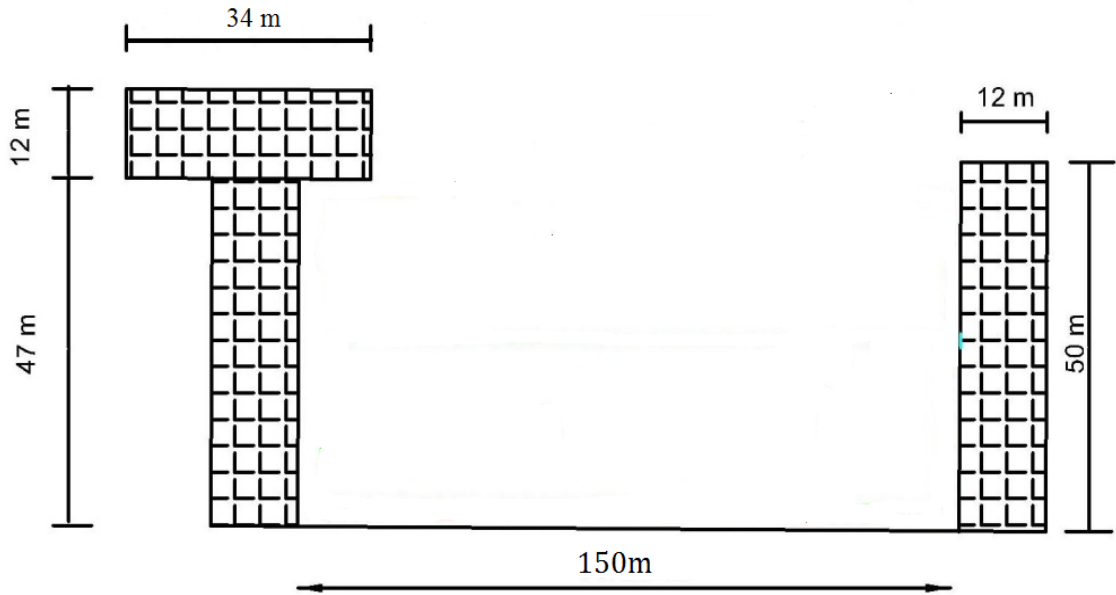
Bu çalışmada, Rize İli Merkez Alipaşa Mahallesi'nde yapılan yapay plajın performansının belirlenmesi için besleme yapıldıktan sonra bu bölgede 30.05.2017-17.08.2018 tarihleri arasında 8 arazi çalışması yapılmıştır. Arazi çalışmaları kapsamında belirlenen bölgede batimetri ölçümleri yapılmış ve katı madde örnekleri alınmıştır. Ayrıca arazi çalışmaları zaman aralıklarına göre dalga analizi yapılmıştır. Daha sonra batimetrik ölçümlerden elde edilen sonuçlar değerlendirilip, profiller, kalan malzeme oranı, kıyı çizgisinin ortalama gerilemesi ve ortalama tabaka kalınlıkları belirlenerek yorumlanmıştır.

2.1. Yapay Plaj Yapılan Bölge

Rize İli Merkez Alipaşa Mahallesi'nde yapay plaj yapılan bölge, şehir merkezine yaklaşık 6 km uzaklıkta, batıda Alipaşa ve doğuda Çiftekavak Balıkçı Barınakları arasında yer almaktadır. Bu kıyı bölgesi Rize Belediyesi tarafından rekreasyon alanı olarak 2012 yılında düzenlenerek halka açılmıştır. Bu kapsamda çok sayıda kamelya ve duş yeri yapılmıştır. Bölgenin doğu tarafında doğal kayalar bulunmaktadır. Tüm kıyı bölgesi tahkimatlarla koruma altındadır. İki barınağın arasında iki adet mahmuz bulunmaktadır (Şekil 9). Mahmuzların boyutları ile ilgili detaylar Şekil 10'da sunulmuştur. Bu iki mahmuzun arasında kalan bölgede besleme yapılmıştır (Şekil 9). Besleme 8 Mayıs 2017 tarihinde başlayıp 17 gün sürmüş 25 Mayıs 2017 tarihinde tamamlanmıştır.



Şekil 9. Yapay plajın yapıldığı bölge ve çevresi. Kırmızı dikdörtgen ile gösterilen bölgede yapay plaj yapılmıştır. Sarı dikdörtgen ile gösterilen bölgede ise arazi çalışmaları gerçekleştirilmiştir.



Şekil 10. Mahmuzların boyutları

2.2. Materyal ve Yöntem

Üzerinde çalışılan yapay plajın izlenmesi, yapay beslemede malzemenin taşınımının hangi nedenlerden kaynaklanabileceği, taşınımın nasıl bir yol izlediği, belirli zaman aralıklarında yapılan arazi çalışmalarıyla tespit edilmeye çalışılmıştır.

2.2.1. Arazi Çalışmaları

Bir kıyıda yapılan yapay besleme projesinin performansı ile ilgili gerekli bilgileri elde etmek ve çözümler geliştirmek için bölge özellikleri belirlenmelidir. Öncelikli olarak çalışma alanında besleme yapılmadan önce kıyı çizgisinden ve 1-1,5 metre derinlikten alınan numunelerin elek analizleri sonucunda, medyan dane çapı (D_{50}) 0,30 mm olarak belirlenmiştir. Besleme malzemesi olarak Rize şehir merkezinde inşa edilmekte olan bir alışveriş merkezi inşaatının temelinden çıkan kum kullanılmıştır. Beslemede kullanılan malzemenin medyan dane çapı ise (D_{50}) 0,35 mm'dir. Besleme malzemesi çap açısından doğal malzeme ile benzer özellik göstermektedir.

Daha sonra bölgenin batimetrisinin elde edilmesi amaçlanmıştır. Çalışmalar deniz ve kara olmak üzere iki kısımda gerçekleştirilmiştir.

2.2.1.1. Kara Ölçümleri

Kara ölçümleri için Topcon HiPer V (Çok yönlü GNSS alıcısı) gezici uydu alıcısı kullanılmıştır. Kotu belli olan bir referans noktasına göre uydu alıcısının yükselti ayarları yapılmıştır. Gezici uydu alıcısı can yeleğine sabitlenerek GPS sisteminde saniyede bir kez ölçüm alınarak kıyı topoğrafyası belirlenmiştir. Bu sistemle özellikle plajın yapıldığı kumsal bölgede yaklaşık olarak 1 m derinliğe kadar denize girilerek ölçümler yapılmıştır (Şekil 11).

Ölçümler yapılırken CORS-TR sistemi kullanılmıştır. CORS sürekli gözlem yapan referans istasyonları anlamına gelmektedir. Ölçüm esnasında, ölçümü yapılan noktaların koordinat ve yükseklik bilgilerini alabilmek için kullanılan GPS'nin internete

bağlı olması gerekmektedir. İnternet üzerinden uydu bağlantıları kurulduktan sonra en yakın istasyondan istenilen tüm bilgiler santimetre doğruluğunda ve güvenilir olarak elde edilebilmektedir.



Şekil 11. Can yeleğine monte edilmiş GPS sistemi ile kara ölçümlerinin ve 1 metre derinliğe kadar deniz ölçümlerinin yapılması

2.2.1.2. Deniz Batimetrisinin Belirlenmesi

1-1,5 metreden daha derin bölgelerdeki taban topoğrafyasını belirlemek için mobil bir bot kullanılmıştır. Sağlamış olduğu stabilite ve yüksek manevra kabiliyeti ile hatların oldukça düzgün olması sağlanmıştır. Mobil bot aşağıdaki ekipmanlar ile donatılmıştır (Şekil 12).

- Topcon HiPer V gezici uydu alıcısı
- Ohmex SonarMite-BTX Singlebeam Echosounder
- AML Oceanographic BASE X cihazı: Ölçümlerde yüksek hassasiyetin sağlanması için sesin sudaki yayılma hızını ölçmek için kullanılan bir cihazdır.

- Bilgisayar: Navigasyon, derinlik ve konumsal verileri eşzamanlı olarak kayıtmek için kullanılmıştır.



Şekil 12. Ölçümlerde kullanılan mobil bot ve bota kurulan ekipmanlar

2.2.2. İskandil Sistemi

Derinlik ölçümlerinde 235 kHz frekansındaki Ohmex SonarMite-BTX Singlebeam Echosounder kullanılmıştır. Bu yankılı derinlikölçer (echosounder) ile 10 m'ye kadar yüksek çözünürlükte ölçüm yapılmıştır. Akıllı transducer ve dip izleme özelliği sayesinde derinlikler dijital olarak RS232 portu üzerinden kalite notu ile beraber bilgisayara kaydedilmiştir. Kaydedilen derinlik değerleri kalite notu filtresine tabi tutulmuş ve güvenilmeyen değerler kayıt dışına çıkarılmıştır. Hem yankılı derinlikölçerden gelen hem de SonarMite'den gelen veriler eş zamanlı olarak 1/1000 saniye (milisaniye) hassasiyetinde zaman etiketi ile beraber birbirinden bağımsız olarak kaydedilerek daha sonra işlenmek üzere toplanmışlardır. Eş zamanlı veriler Kordil Navigation Pro yazılımı ile toplanmıştır. Ayrıca ardışık değerler teker teker incelenerek ve genel eğilime bakılarak tüm veriler gözden geçirilmiştir. İstenmeyen dış etkenlere

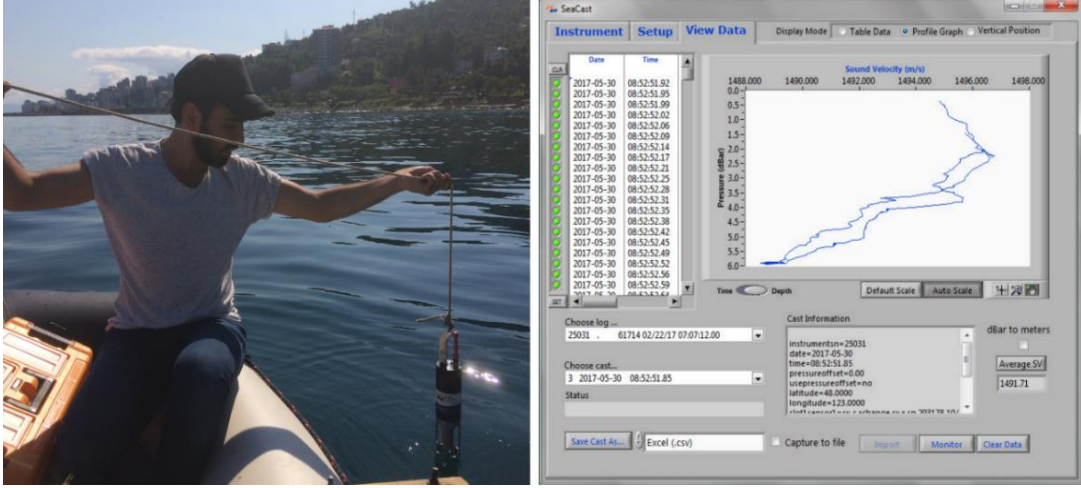
maruz kalmış, zıplama yapmış veya gerçekçi olmayan veriler ayıklanmıştır. Derinlikler, batimetrik ölçmelerle eş zamanlı yapılan su seviyesi değişimleri dikkate alınarak, su seviyesinden bağımsız olarak TUDKA (Türkiye Ulusal Düşey Kontrol Ağı) datumuna indirgenmiştir.

2.2.3. Konumlama

Konumlama Topcon HiPer V gezici GNSS (Global Navigasyon Uydu Sistemi) sistemi ile yapılmıştır. Ülke nirengi ağına bağlı ve bot üzerinde konumlandırılan gezici istasyon sayesinde yüksek hassasiyet ve konumsal doğruluk sağlanarak veriler toplanmıştır. GPS antenine ait ham veriler de eş zamanlı olarak kaydedilmiştir. Su seviyesi, ölçümlere başlamadan önce Alipaşa Balıkçı Barınağında kotu bilinen sabit bir noktadan tespit edilmiştir. Benzer şekilde ölçümler bittiğinde tekrar okuma yapılarak herhangi bir değişim olup olmadığı belirlenmiştir. Başlangıçta ve sonda yapılan okumaların lineer olup olmadıklarını teyidi için Kordil Navigation Pro yazılımı ile kaydedilen NMEA (Amerikan Ulusal Deniz Elektronik Birliği) GGA mesajı ve bu mesajdan çıkarılan RTK anten kotları kullanılmıştır. Çalışmanın başı ve sonu arasındaki değişim 5 cm' den daha az olduğu için tek bir ortalama değer alınmıştır.

2.2.4. Ses Yayılım Hızı

Ölçümlerde yüksek hassasiyet sağlamak amacıyla AML Oceanographic BASE X cihazı ile sesin sudaki yayılma hızı ölçülmüştür. Cihazın 10 metre derinliğe kadar suya daldırılmasına özen gösterilmiştir. Sesin sudaki yayılım hızına göre tüm derinlikler için hız düzeltmesi yapılmıştır (Şekil 13).



Şekil 13. Ses yayılım hızı ölçümü ve SeaCast programında ölçüm değerlerinin incelenmesi

2.2.5. Bot Üzerindeki Uzunluklar

Bot üzerinde bulunan GPS anteni, su seviyesi ve yankılı derinlikölçer (echosounder) transduceri arasındaki düşey mesafeler Şekil 14’de gösterilmiştir (A: Su seviyesi ile GPS anteni arasındaki düşey mesafe, B: Transducer draft: Su seviyesi ile transducer aynasının arasındaki düşey mesafe).



Şekil 14. Veri işleme için gerekli ölçümler

2.2.6. Hat Aralıkları

Yapay plaj yapılan bölgenin doğusunu ve batısını kapsayacak bir alan ölçüm yapılacak bölge olarak seçilmiştir. Yapay besleme yapılan bölgeden taşınan kumun hangi yönde hareket ettiğini, ne kadar malzemenin ne yönde taşındığını belirlemek için yaklaşık olarak 750 m uzunluğunda 250 m genişliğindeki bir bölgede -10 m'ye kadar ölçümler yapılmıştır.

Ölçümlerde hat aralıkları, arazi ölçümlerini zorlaştırmamak ve batimetri değerlerini makul doğrulukta ve rahatlıkla inceleyebilmek için yaklaşık 15 metre olacak biçimde tasarlanmıştır ve 15 m'den daha geniş aralık bırakılmamaya özen gösterilmiştir (Şekil 15).



Şekil 15. Ölçüm yapılan alan ve izlenen hatlar

Arazi çalışmasının yapılacağı bölgede ilk ölçümde hatlar, başlangıç ve bitiş koordinatlarının Autocad programına aktarılması ve bu iki koordinat arası kıyıya paralel olacak şekilde bir doğru çizilip bu doğruya 15'er metre aralıklarla dik doğruların çizilmesiyle oluşturulmuştur.

Sonraki ölçümlerde rotalar, bir önceki ölçümde arazi üzerinde oluşturulan hatlar esas alınarak oluşturulmuştur. Bu sayede tüm ölçümlerde aynı hatlar üzerinden gidilerek ölçümler sonucu elde edilen verilerin daha sağlıklı bir şekilde karşılaştırılması amaçlanmıştır.

2.2.7. Çalışma Zamanları

Besleme çalışmaları başlamadan önce, 01.05.2017 tarihinde, yapay plaj yapılacak yerde ve çevresinde ölçüm yapılarak denizin batimetrik haritası çıkarılmıştır. Besleme tamamlandıktan hemen sonra arazi çalışmalarına 30 Mayıs 2017 tarihinde başlanmıştır. Başlangıçta daha sık olmak üzere ortalama her iki ayda bir ölçüm yapılmasına gayret edilmiştir. Aynı ölçüm izleri takip edilerek 15 ay boyunca denizde ve karada toplam 8 ölçüm gerçekleştirilmiştir. Özellikle beslemeden kısa bir süre sonra ölçüm yapılarak beslemenin ilk tepkisi belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışma yapılan tarih ve saatler Tablo 2’de görülmektedir.

Tablo 2. Çalışma tarihi, saatleri ve iki ölçüm arası geçen zaman. (Çalışma saatleri deniz ölçümlerine aittir.)

Çalışma Numaraları	Çalışma Tarihleri	Çalışma Saatleri	Ölçümler Arasında Geçen Zaman
1. Ölçüm	30 Mayıs 2017	Başlama Saati 13.00 Bitiş Saati 16.00	19 Gün
2. Ölçüm	18 Haziran 2017	Başlama Saati 15.20 Bitiş Saati 16.30	45 Gün
3. Ölçüm	2 Ağustos 2017	Başlama Saati 16.35 Bitiş Saati 18.35	67 Gün
4. Ölçüm	8 Ekim 2017	Başlama Saati 08.50 Bitiş Saati 11.00	50 Gün
5. Ölçüm	27 Kasım 2017	Başlama Saati 13.45 Bitiş Saati 15.45	81 Gün
6. Ölçüm	16 Şubat 2018	Başlama Saati 10.00 Bitiş Saati 12.00	49 Gün
7. Ölçüm	6 Nisan 2018	Başlama Saati 09.50 Bitiş Saati 11.50	133 Gün
8. Ölçüm	17 Ağustos 2018	Başlama Saati 07.00 Bitiş Saati 09.20	

Deniz ölçümleri yaklaşık olarak 2-3 saat sürmüştür. Kara ölçümleri ise deniz ölçümleri tamamlandıktan hemen sonra yapılmıştır. Böylece her ölçüm yaklaşık 4-5 saatte tamamlanmıştır. Sadece 18 Haziran 2017 (2. ölçüm) tarihindeki ölçüm hedeflenen ölçüde gerçekleştirilememiştir. Olumsuz hava şartları nedeniyle sadece mahmuzların içerisi ve çevresinin bir kısmı ölçülebilmıştır. Takip eden günlerde de olumsuz hava şartları devam edince ölçüm tamamlanamamıştır. Ancak malzeme hareketinin olduğu yeterli büyüklükteki bölgeden veri toplanmıştır.

2.2.8. Veri Toplama

Veri toplamak için bot üzerinde bulunan bilgisayar kullanılmıştır. Her çalışmadan önce su seviyesi kotu, su seviyesi ile GPS anteni arasındaki düşey mesafe (A) ve Transducer draft (B) tek tek ölçülerek veriler bilgisayarda bulunan Kordil Navigation Pro programına girilmiştir (Tablo 3). Zaman etiketli veriler, zaman ortak parametresi ile Kordil Sonar Magic ile işlenerek derinliğin okunduğu andaki konumsal veriler hesaplanmıştır.

Tablo 3. Ölçümlere çıkmadan önce Kordil Navigation Pro programına girilen veriler

Çalışma Tarihleri	Su kotu (m)	Su Seviyesi ile GPS Anteni Arasındaki Düşey Mesafe (A) (m)	Dönüştürücü Derinliği (Transducer Draft) (B) (m)	Ortalama Ses Hızı (m/s)
30 Mayıs 2017	0.26	1.17	0.26	1491
18 Haziran 2017	0.26	1.21	0.22	1503
2 Ağustos 2017	0.25	1.23	0.20	1518
8 Ekim 2017	0.02	1.21	0.22	1509
27 Kasım 2017	0.09	1.10	0.33	1488
16 Şubat 2018	0.32	1.20	0.23	1472
6 Nisan 2018	0.37	1.21	0.22	1477
17 Ağustos 2018	0.31	1.19	0.24	1520

Ölçümlere başlanmadan önce takip edilecek hatlar Kordil Navigation Pro yazılımına yüklenerek, ölçme botu ile azami derecede bu hatların üzerinden gidilmesine özen ve gayret gösterilmiştir. Eş zamanlı veriler Kordil Navigation Pro yazılımı ile toplanmıştır.

Kordil Navigation Pro kendi içerisinde terminal emülatörü barındırarak, seri port üzerinden alınan verilerin geldiği zamanı yüksek hız ve çözünürlükte milisaniye mertebesinde zaman bilgisi ile etiketleyip veriyi kaydeder. Bir taraftan seyir hatları takip edilirken, diğer bir yandan da ölçülmüş güzergâhlar da ekranda çizilerek takip edilmişlerdir (Şekil 16).



Şekil 16. Önceden belirlenmiş hatlar üzerinde ölçümlerin yapılması

2.2.9. Veri İşleme

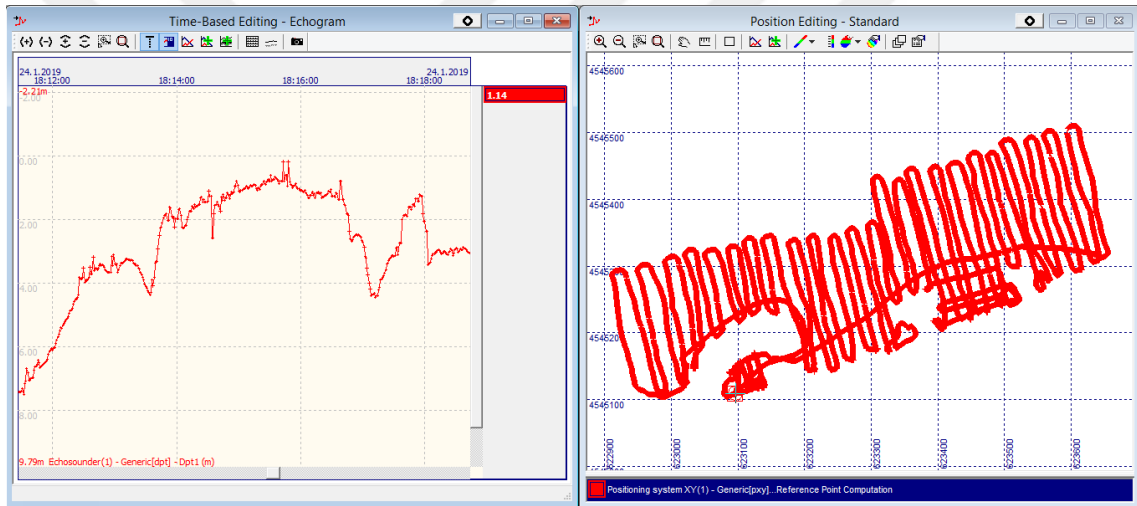
Veri işleme sırasında Kordil Geodesy Tools + Sonar Magic ile PDS2000 programları kullanılmıştır. Kordil Geodesy Tools + Sonar Magic iskandil tekniğinin ve endüstri standardı yazılımların kullandığı aynı prensip ile çalışan bir koordinat ve veri işleme yazılımıdır. Yazılım aslen yankılı derinlikölçer için kullanılmakta olup farklı sensörler için de kullanılabilir. Programın çalışma prensibi, yankılı derinlikölçer (veya farklı cihazlar) verisinin alındığı anda konumsal veriyi de zaman ortak parametresi ile hesaplayarak koordinat çıktısı olarak vermesidir. Zaman etiketi ile toplanan veriler Kordil Sonar Magic yazılımı ile birleştirilerek gerekli hız, bottaki uzunluklar ve su seviyesi yükseklikleri (Tablo 2) ile düzeltilmiştir.

PDS2000 hidrografik ölçme ve değerlendirme yazılımıdır. Tarih ve zaman verisi bulunan koordinatlar PDS2000 programına aktarılmış, elde edilen profiller incelenmiş

ve gerçekçi olmayan veriler atılmıştır (Şekil 17). Düzenlenmiş olan profiller PDS2000 plot modülünde kotlandırılmış ve harita yapılmıştır. Ham veriler aşağıdaki sıra ve kriterlere göre işlenmiştir:

- RTK (Gerçek zamanlı kinematik) olmayan tüm konum verileri işleme sokulmamış olup atılmıştır.

- PDS2000 Singlebeam Editor programı kullanılarak, derinlik ölçümlerinde istenmeyen dış etkenlere maruz kalmış bozuk, düzensiz seyreden, zıplama veya gerçekçi olmayan değerler tespit edilerek ayıklanmış ve atılmıştır (Şekil 17).



Şekil 17. PDS2000 programına aktarılarak incelenen profiller

- Hiç bir yumuşatmaya tabi tutulmayan nihai koordinatlar PDS2000 1m x 1m'lik sayısal ağ (grid) editörüne yüklenerek ve üç boyutlu olarak incelenerek, PDS2000 Singlebeam Editor programında atlanan veya yorumlanamayan detaylar üç boyutlu olarak yorumlanmış ve gerekli düzeltme veya silme işlemlerine tabi tutulmuştur.

2.2.10. Ölçümlerin Kalite Kontrolü

Tüm ölçümler ve değerlendirmeler sırasında aşağıdaki kontroller ölçümlerin kalitesinin denetim altında tutulması için yerine getirilmiştir.

Farklı günlerde yapılan batimetrik ölçümler için önceki alanlar üzerinde de ekstra ölçümler alınarak kesişen hatlar incelenmiş, gel git, derinlik okumaları veya ses hızı değişimlerinden kaynaklı olası hataların varlığına yönelik yakın noktalarda kontroller yapılmıştır. Yapılan kontrollerde gerçekçi olmayan veya makul kabul edilmeyen bir sapmaya rastlanmamıştır.

Karadeniz'de ortalama su seviyesi değişme aralığının az olduğu bilinmektedir. Alpar vd. (2000), aylık ortalama en yüksek ve en düşük deniz seviyesi arasındaki farkın 19 cm olduğunu ve Volkov ve Landerer (2015), Karadeniz'in ortalama mevsimsel deniz seviyesi anomalilerinin 20 cm olduğunu bildirmişlerdir. Defant (1961), Karadeniz'deki gelgit büyüklüklerinin dünyadaki diğer denizlerle karşılaştırıldığında çok küçük (3-9 cm) olduğunu belirtmiştir. Bu duruma bağlı olarak gelgitler ve diğer ortalama su seviyesi değişimi kaynakları arazi çalışmalarında dikkate alınmamıştır.

2.2.11. Taban Malzemesinin Özellikleri

Yapay besleme yapılan bölgenin taban malzemesinin özelliklerinin belirlenmesi için arazi çalışmalarının ardından kıyı çizgisinden, kıyı çizgisi gerisinden ve 1 metre derinlikten alınan malzemelerin granülometrilere belirlenmiştir (Şekil 18).



Şekil 18. Taban malzemesi numunelerinin alınması

Numunelerin dane boyu dağılımını belirlemek için elek analizi deneyi yapılmıştır. Derlenen yaş numunelerden 0,5-1,0 kg arasında alınarak 105 °C’de 24 saat etüvde kurutularak danelendirilmiştir. Kurutulmuş zemin örnekleri hassas terazide tartılarak kuru kütleleri belirlenmiş ve elek setinin en üstündeki eleğe konularak yaklaşık 10 dakika süre ile elek sarsıcıda sallanmıştır. Daha sonra her bir elek üzerinde kalan zemin miktarı tartılarak ağırlıkları bulunmuş ve elekten geçen zeminin yüzdece kütleleri ($\% P = \text{Elekten geçen zemin kütlesi} / \text{Elenen zemin kütlesi}$) belirlenmiştir. Elek analizi deneyi ASTM (2007) standardında belirtilen yöntemlere göre yapılmış ve deneylerde bu standarda belirtilen elek göz çapına sahip elekler kullanılmıştır. Elde edilen veriler kullanılarak zemin örneklerinin dane çapı dağılım (granülometri) eğrileri elde edilmiştir. Granülometri eğrisi çizilirken yatay eksen logaritmik olarak seçilmiş ve bu eksene dane çapları mm olarak işaretlenmiştir. Düşey ekseni ise aritmetik olarak seçilerek bu eksene % geçen malzeme miktarı işaretlenmiş ve sonuçta granülometri eğrileri elde edilmiştir. Granülometri eğrileri üzerinden medyan dane çapı (D_{50}) değerleri okunarak numune alınan bölgelerdeki numune değişimi değerlendirilmiştir (Tablo 4).

Tablo 4. Zemin numuneleri ve medyan dane çapları

Numune Alınan Tarih	Numune Alınan Yer	Medyan Dane Çapı (mm)
07.06.2017	K1y1 çizgisi	0,36
	K1y1 çizgisi gerisi	0,35
18.06.2017	-1 metre	0,29
	K1y1 çizgisi	0,35
03.08.2017	-1 metre	1,89
	K1y1 çizgisi	2,10
08.10.2017	K1y1 çizgisi	2,03
	K1y1 çizgisi gerisi	6,27
27.11.2017	K1y1 çizgisi	4,31
	K1y1 çizgisi gerisi	13,40
16.02.2018	K1y1 çizgisi	6,63
	K1y1 çizgisi gerisi	0,92
06.04.2018	K1y1 çizgisi	2,94
	K1y1 çizgisi gerisi	1,70
17.08.2018	K1y1 çizgisi	1,21
	K1y1 çizgisi gerisi	0,83

Besleme yapılmadan önce başka bir çalışma kapsamında alınan malzeme örneklerine göre, yapılan elek analizleri sonucunda medyan dane çapının (D_{50}), kıyı çizgisinde 0,30 mm olduğu tespit edilmiştir.

Besleme yapıldıktan sonra dalgalarla birlikte besleme tabakasının yüzeyinde hareket başlamış, 27.11.2017 tarihine kadar, ince malzeme denize doğru, iri malzeme kıyıya doğru birikmiştir. Daha sonra meydana gelen oyulmalarla birlikte kıyı çizgisinde nispeten daha ince malzemeler kalmıştır. Elek analizi sonucu elde edilen tüm granülometri eğrileri Ek 1- Ek 16 arasında gösterilmiştir.

2.3. Açık Deniz Dalga Şartlarının Belirlenmesi

Çalışılan bölge dalga şartlarının belirlenebilmesi için Akpınar vd. (2016) tarafından geliştirilmiş üçüncü nesil spektral dalga tahmin modeli SWAN Cycle III versiyon 41,01 kullanılmıştır. Dalga tahmin modelinin ihtiyaç duyduğu iki girdi verisinden ilki tüm Karadeniz'i içine alan GEBCO (*The General Bathymetric Chart of the Oceans*) batimetri dosyası ve ikincisi ise CFSR (*Climate Forecast System Reanalysis*) rüzgar alanları internet sitelerinden indirilerek analize hazır hale getirilmiştir. SWAN simülasyonları için tüm Karadeniz'i içine alan yaklaşık 1170 km'ye 880 km'lik bir alan içeren üniform (homojen), dikdörtgen (düzgün) biçimli bir hesaplama alanı tanımlanmıştır. Bu alan yaklaşık 8° enlem (40° K – 48° K) ve 15° boylamı (27° D – 42° D) kapsamaktadır. Coğrafik alan x ve y yönlerinde sırasıyla 226 ve 121 sayısal ağ noktasının sınırladığı sayısal çözünürlüğü yaklaşık $0,067^{\circ} \times 0,067^{\circ}$ ye eşit oluşturulmuştur. Spektral alan 360° lik bir döngüde 24 eşit yöne bölünmüş ve hesaplamalar 0,04 Hz ve 1,0 Hz arasında 30 logaritmik alansal frekansta yapılmıştır. Model sonuçlarının çıktısı için zamansal çözünürlük 30 dk olarak kurulmuş ve SWAN model üçüncü nesil ve durgun olmayan modda uygulanmıştır. Modelde, Karadeniz hemen hemen kapalı bir deniz olduğundan dolayı sınır şartı kullanılmamış ve akıntılar kapsanmamıştır.

Dalga model hesaplamaları için fiziksel ayarlamaların çoğu SWAN modelin varsayılan ayarlamalarına dayanmaktadır. Ancak, rüzgar girdisi ve köpüklenme

süreçleri için bu çalışmada farklı ayarlamalar tercih edilmiştir. Akpınar vd (2016), farklı rüzgar girdisi ve köpüklenme formülasyonları arasında oluşturulan kombinasyonlar neticesinde ve farklı köpüklenme katsayısının kullanılması durumunda model performansının nasıl değiştiğini incelemiş ve Karadeniz için optimum bir ayarlama sunmuştur. Bu çalışmada da Akpınar vd. (2016) tarafından önerilen fiziksel ayarlamalar kullanılmıştır. Buna göre; rüzgar girdisi süreci için Komen vd. (1994) formülasyonu ve köpüklenme süreci için Janssen (1991a-b) formülasyonu kullanılmış, köpüklenme katsayısı 1,5 olarak ayarlanmıştır. Dörtlü dalga etkileşimleri için $\lambda=0.25$ ve $C_{nl4}=3 \times 10^7$ değerlerini kullanan Hassellmann vd. (1985)'in Ayrık Etkileşim Yaklaşımı aktif edilmiştir. JONSWAP taban sürtünme formülasyonu Zijlema ve van Vledder (2012)'ye dayanarak $C_{fjon}=0.038 \text{ m}^2 \text{ s}^{-3}$ kullanılmıştır. Derinlik etkileşimli dalga kırılması $\alpha=1$ ve $\gamma=0.73$ değerlerini kullanan Battjes ve Janssen (1978)'in yaklaşımı ile modellenmiştir. Üçlü dalga etkileşimleri Eldeberky (1996)'nın yaklaşımına dayanarak aktif edilmiştir. Böylelikle, hem açık deniz (rüzgar dalga artışı, köpüklenme ve dörtlü dalga etkileşimleri) hem de yakın kıyı (taban sürtünmesi, taban etkileşimli dalga kırılması ve üçlü dalga etkileşimleri) fiziksel süreçlerini içeren bir spektral dalga modellemesi 30.05.2017 – 17.08.2018 tarihleri arası için gerçekleştirilmiş ve istenilen bütün rüzgar ve dalga parametreleri istenilen bütün bölgelerde bu zaman aralığı için biriktirilmiştir.

Bu çalışmada Alipaşa mahmuzların bulunduğu bölgelere (Şekil 19) odaklanılmak istendiğinden, her bir alt bölgenin rüzgâr ve dalga şartlarını temsil edecek şekilde bölgenin açıklarında 4 istasyon seçilmiştir. Simülasyon sonuçları incelenmiş ve her alt bölge için kendi içinde tüm istasyonların benzer özellikler gösterdiği tespit edilmiştir. Bu nedenle, bölgede seçilen bir istasyon için sonuçlar, 30.05.2017 – 17.08.2018 tarihleri arasında her bir ölçüm için ayrı ayrı irdelenmiştir.

Bu çalışmada kullanılan dalga verileri, Karasu vd. (2019) tarafından yapılan Bilimsel Araştırma Projesi (BAP) kapsamında gerçekleştirilen dalga analiz verilerinden, bu çalışma zaman aralıklarına göre seçilerek alınmıştır.



Şekil 19. Çalışma sahası ve seçilen istasyonlar

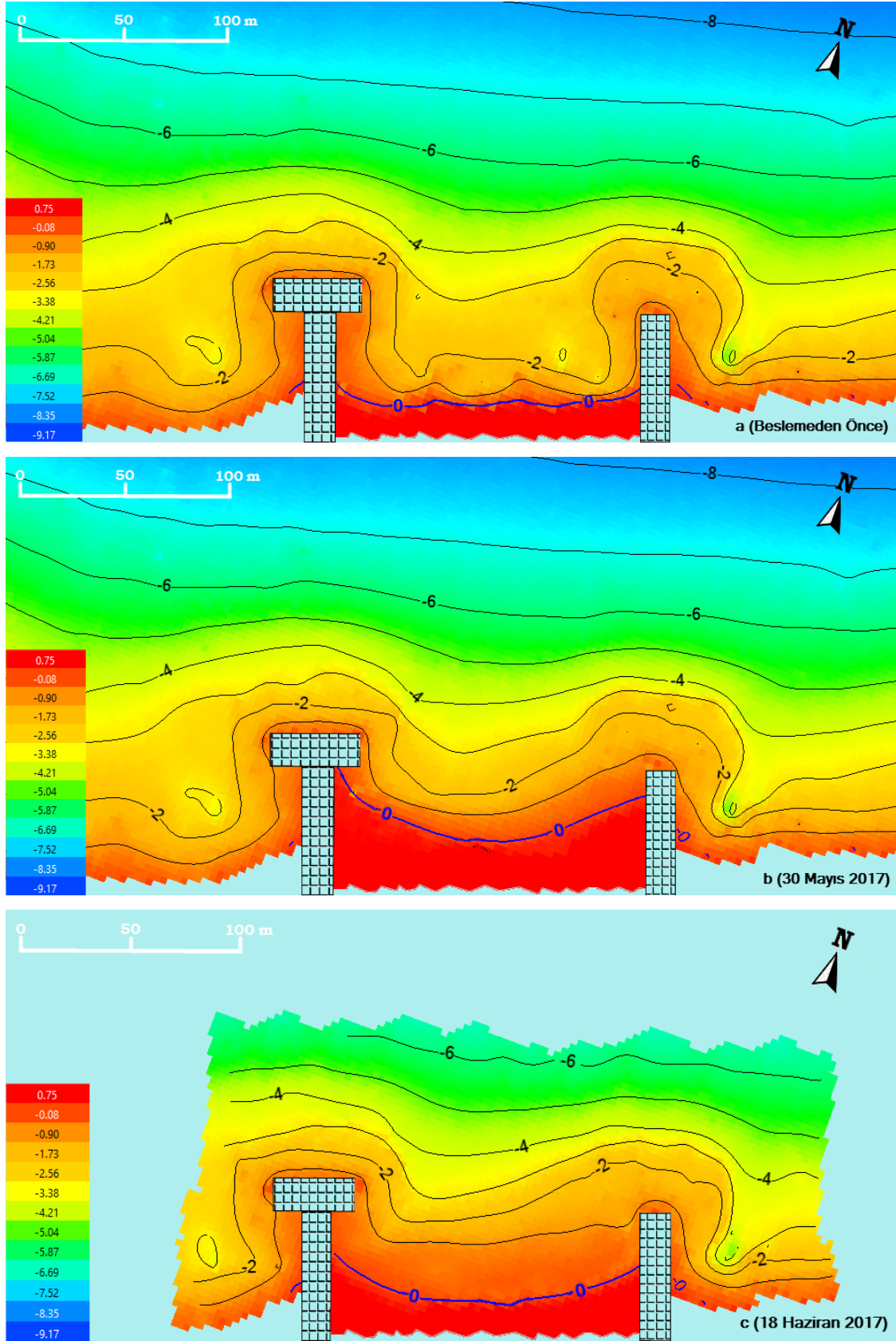
3. BULGULAR

Bu çalışmada besleme yapılan bölgeyi içeren geniş bir alanda, belirli zaman aralıklarında arazi ölçümleri yapılmıştır. Yapay besleme yapılan bölgeden taşınan kumun hangi yönde hareket ettiğini, ne kadar malzemenin ne yönde taşındığını belirlemek için, yapay plaj yapılan bölgenin doğusunu ve batısını kapsayacak şekilde bir çalışma alanı belirlenmiştir.

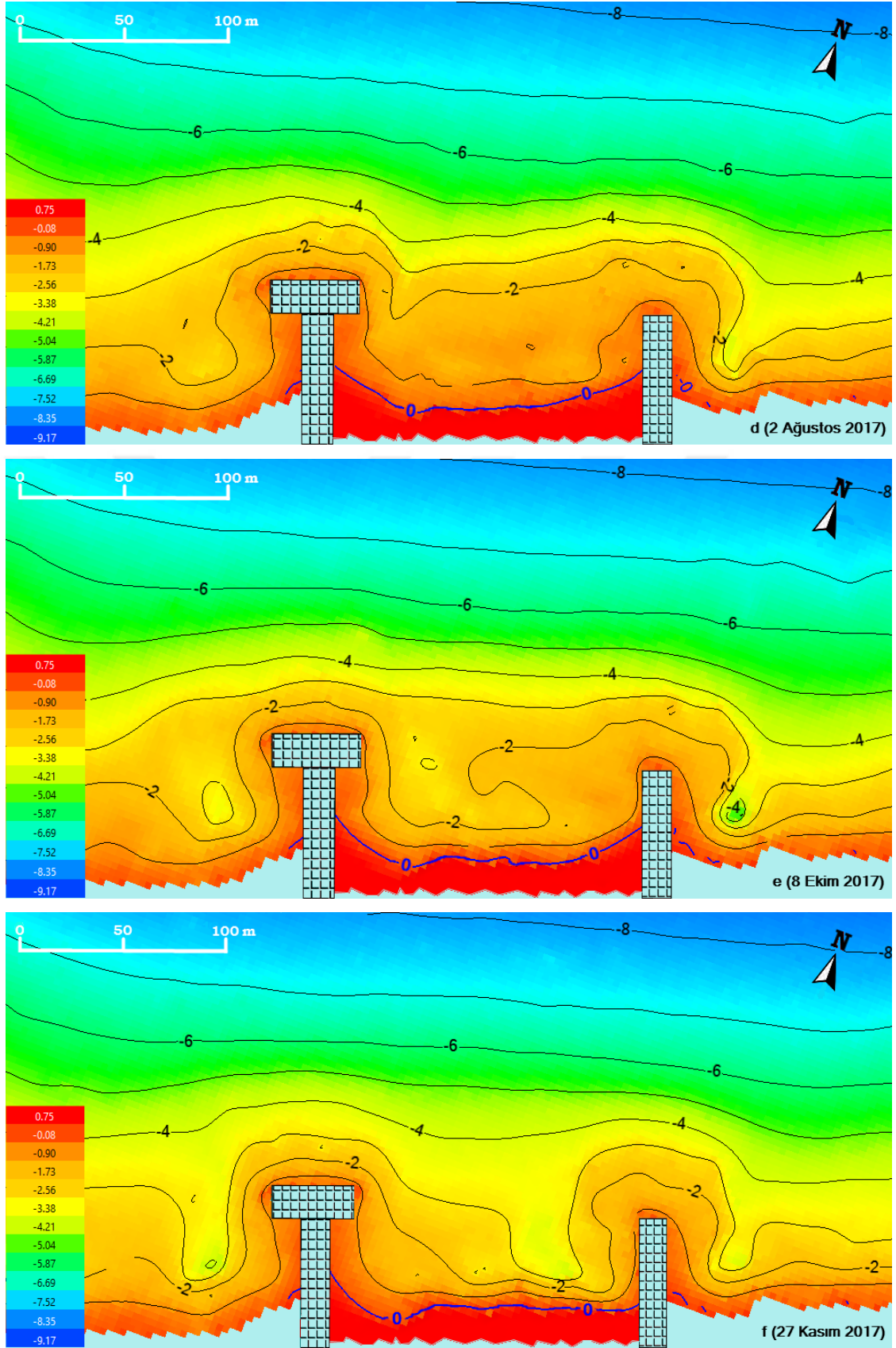
Arazi ölçümleri sonucunda elde edilen veriler bilgisayar ortamına aktarılmıştır. PDS2000 programında veriler işlenerek her bir ölçüm için batimetri haritaları oluşturulmuştur.

3.1. Taban Batimetrisinin Değişimi

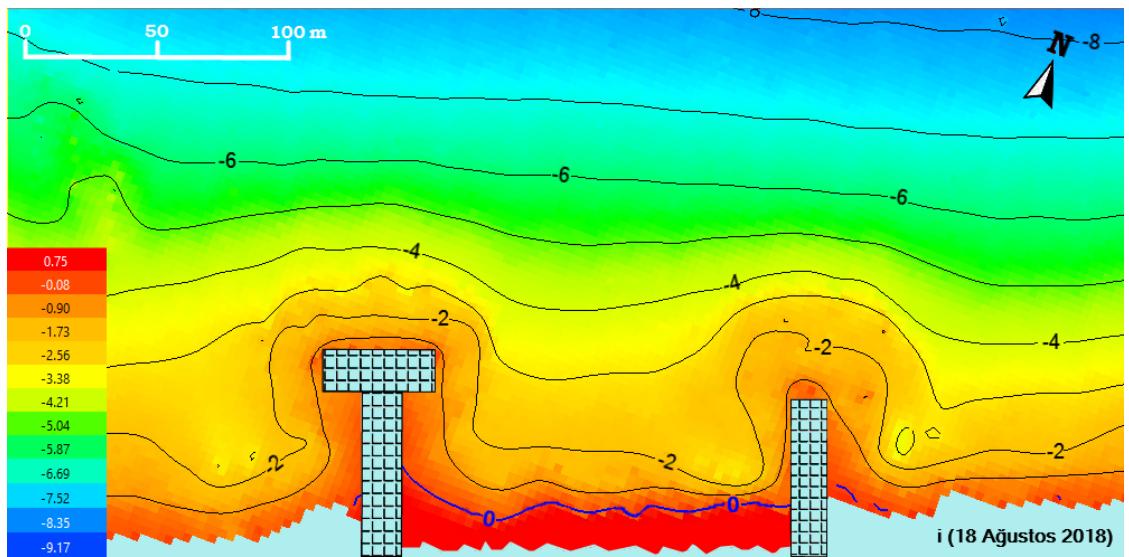
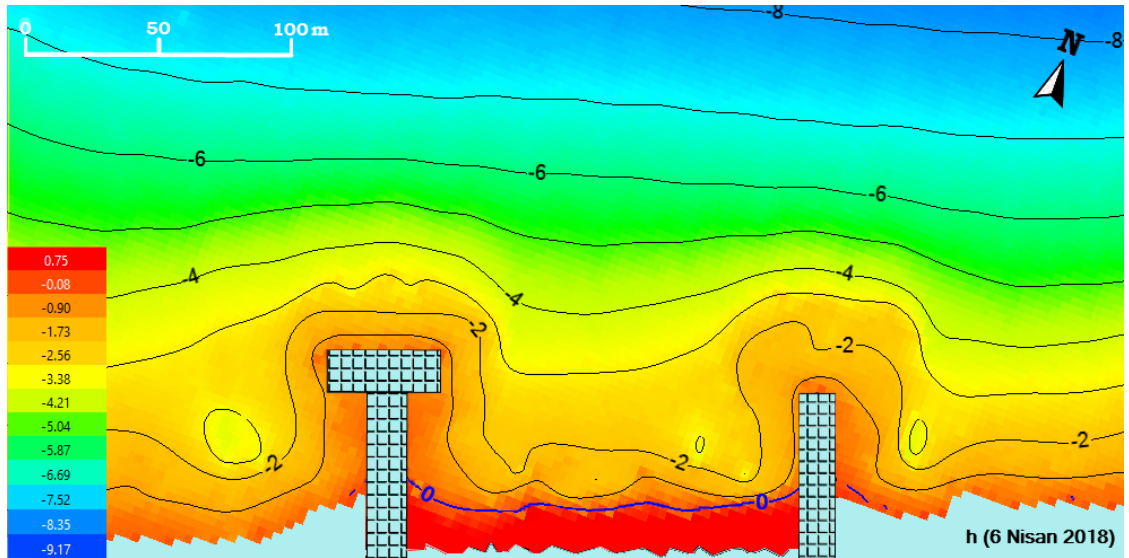
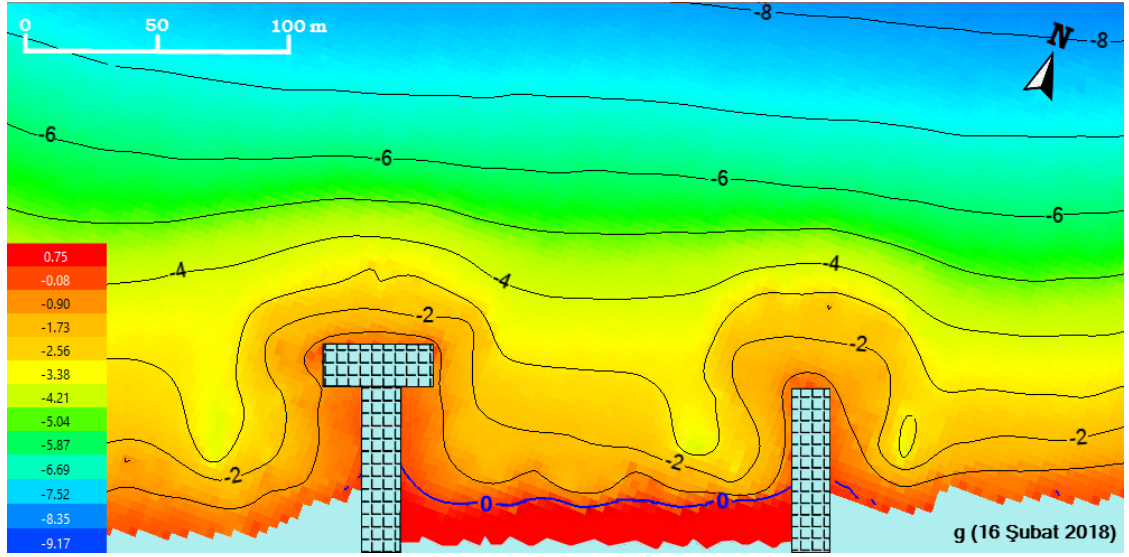
Besleme bölgesinin ve çevresinin zamanla değişimini belirlemek için yapılan tüm ölçümlere ait batimetri haritaları Şekil 20, Şekil 21 ve Şekil 22’de verilmiştir. Besleme yapılan bölgede ölçümlerle eş zamanlı olmasa da hava fotoğrafları da çekilmiştir (Şekil 23). Batimetri haritalarından ve hava fotoğraflarından da görüldüğü gibi, besleme malzemesi çok kısa sürede bölgeden uzaklaşmıştır. Malzeme, beslemeden hemen sonra hızlı bir şekilde kıyıya dik olarak taşınmaktadır. Daha sonra da kıyıya paralel şekilde etkin dalga yönüne bağlı olarak doğruya doğru hareket ettiği gözlemlenmiştir.



Şekil 20. Beslemeden önce-18.06.2017 tarihleri arası besleme yapılan bölgenin ve çevresinin taban topoğrafyasının değişimi



Şekil 21. 2.08.2017-27.11.2017 tarihleri arası besleme yapılan bölgenin ve çevresinin taban topoğrafyasının değişimi



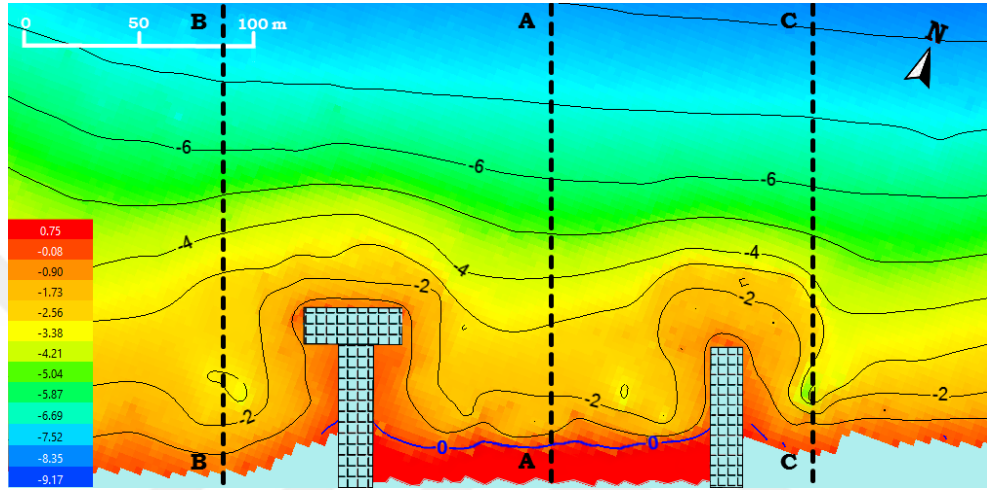
Şekil 22. 16.02.2018-18.08.2018 tarihleri arası besleme yapılan bölgenin ve çevresinin taban topoğrafyasının değişimi



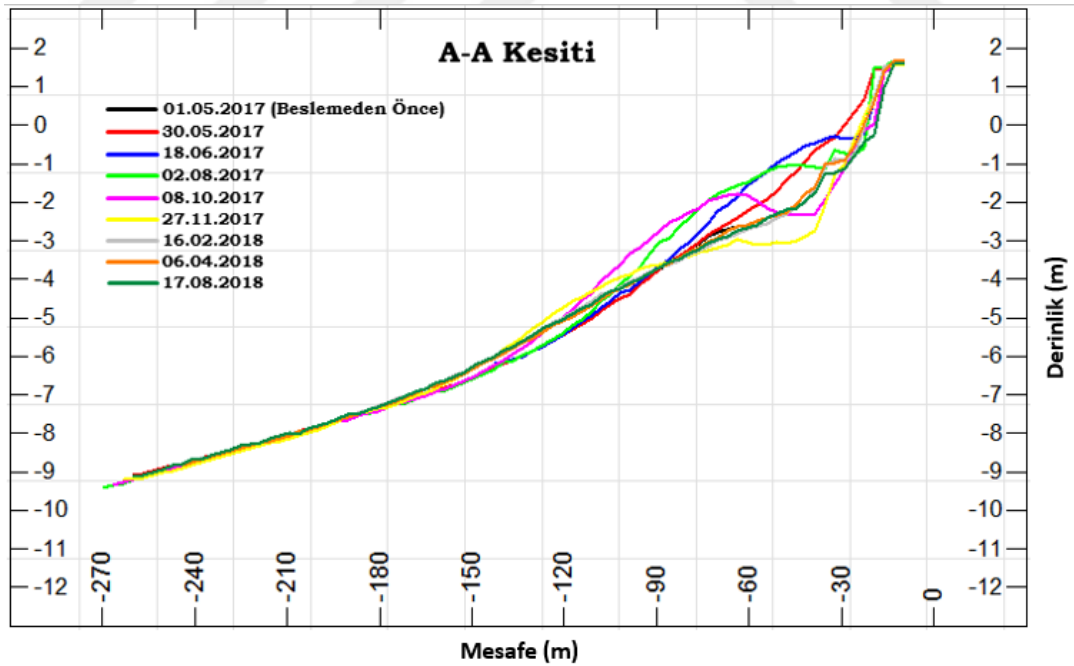
Şekil 23. Beslenen bölgenin farklı tarihlerde çekilmiş hava fotoğrafları

3.2. Profiller

Mahmuzların yaklaşık olarak ortasından A-A kesiti (Şekil 25), T mahmuzun solundan B-B kesiti (Şekil 26) ve I mahmuzun sağından C-C kesiti (Şekil 27) alınmıştır. Kesit alınan yerler Şekil 24’te verilmiştir.



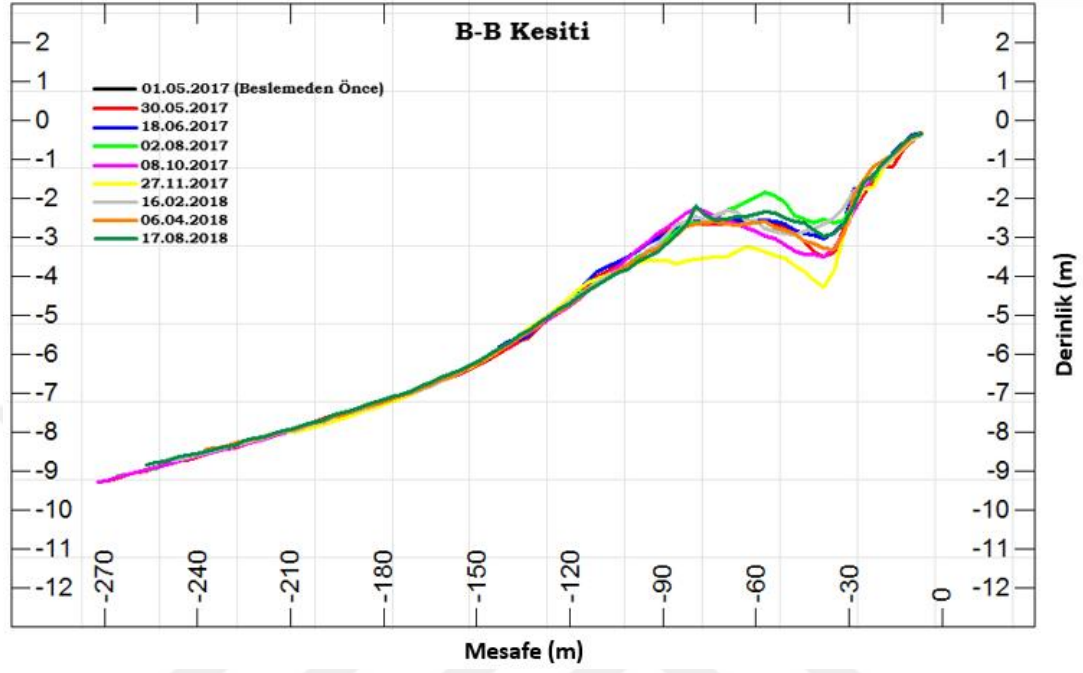
Şekil 24. Batimetrik harita üzerinde kesit alınan yerlerin gösterimi



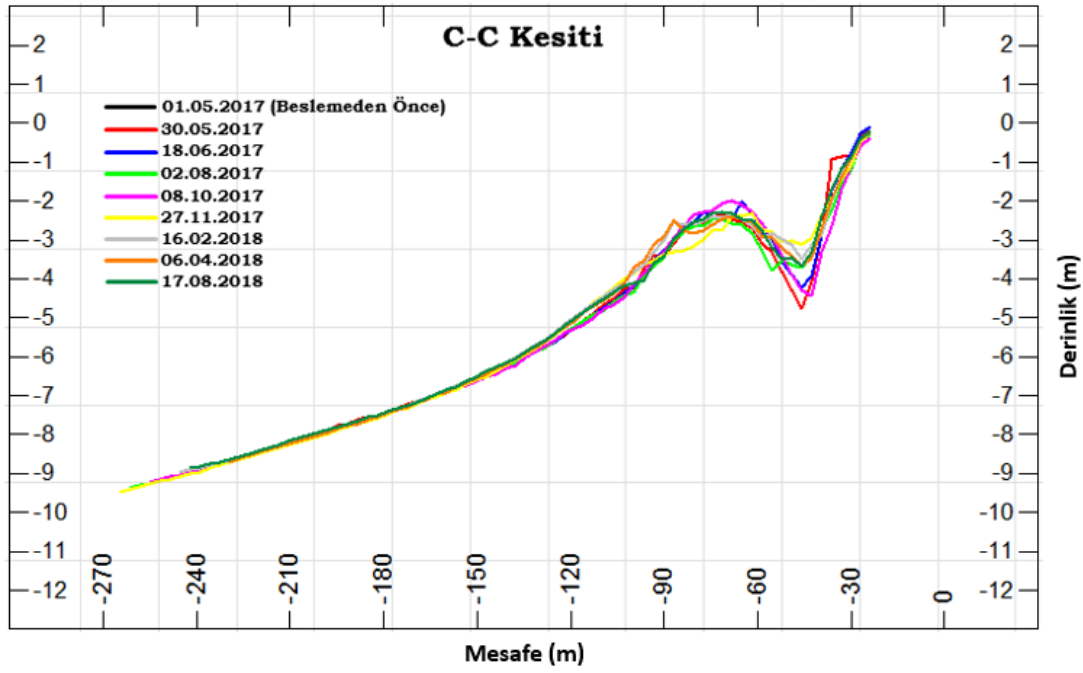
Şekil 25. A-A kesiti

A-A kesitinde, besleme malzemesinin kıyıya dik taşınımı belirgin bir şekilde görülmektedir. Kıyının genel eğimi 1/27 iken, mahmuzlarla korunan bölgede ise eğim

1/17'dir. Yaklaşık 8 metre derinlikten sonra ise tabanda herhangi bir hareket olmadığı belirlenmiştir.



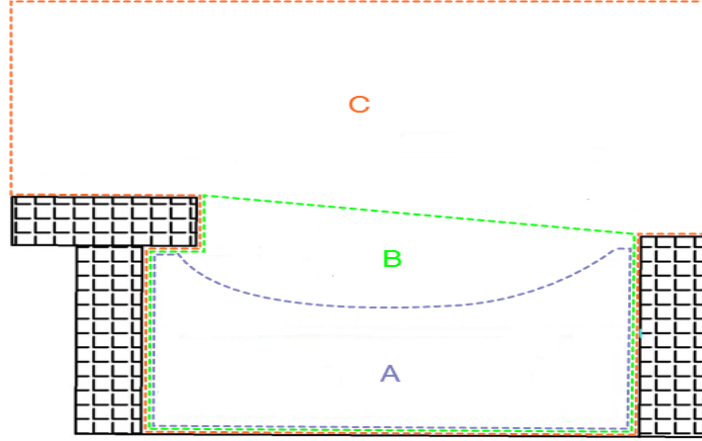
Şekil 26. B-B kesiti



Şekil 27. C-C kesiti

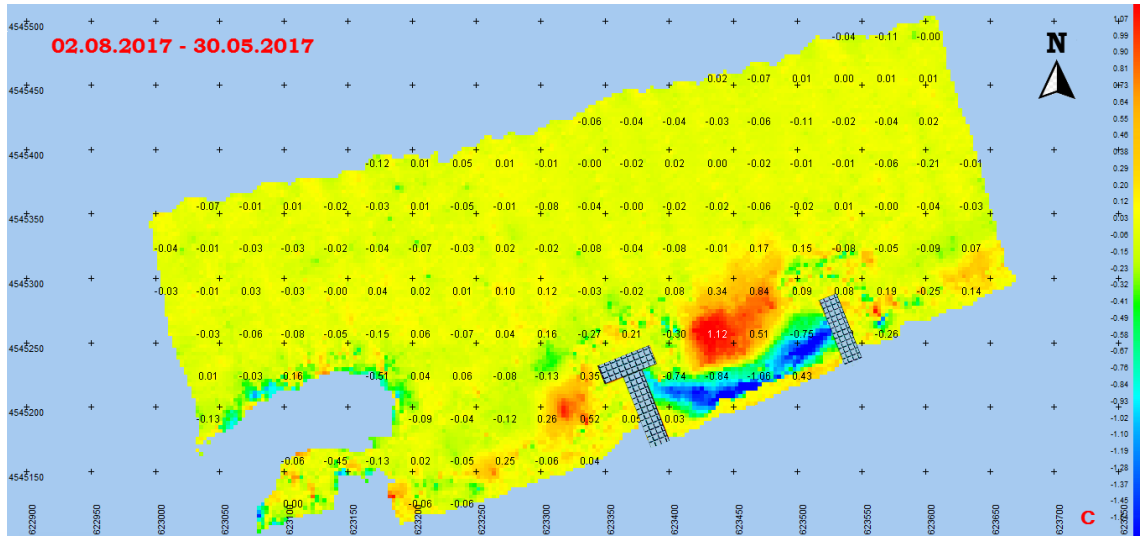
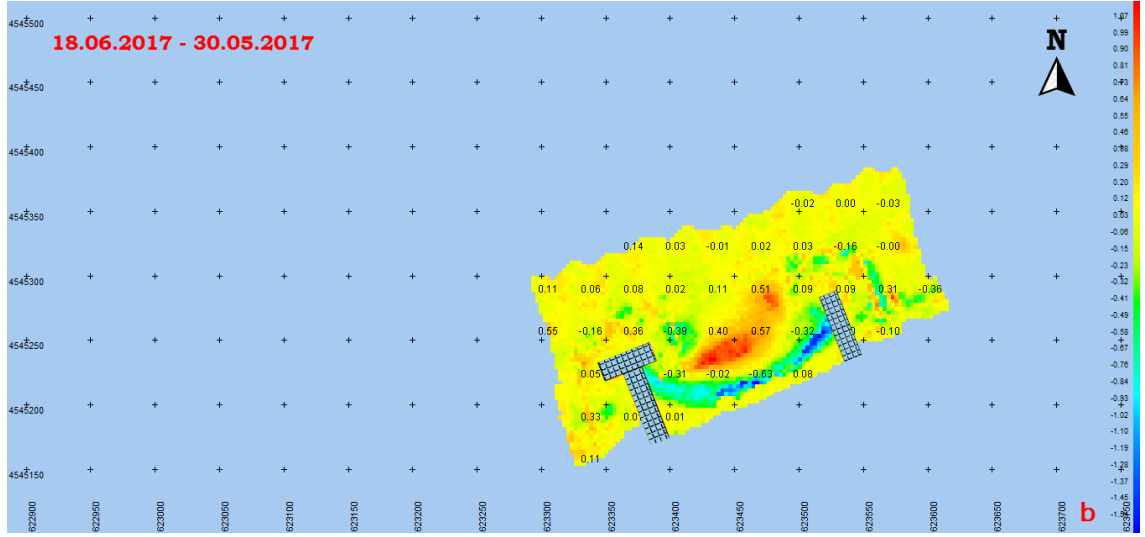
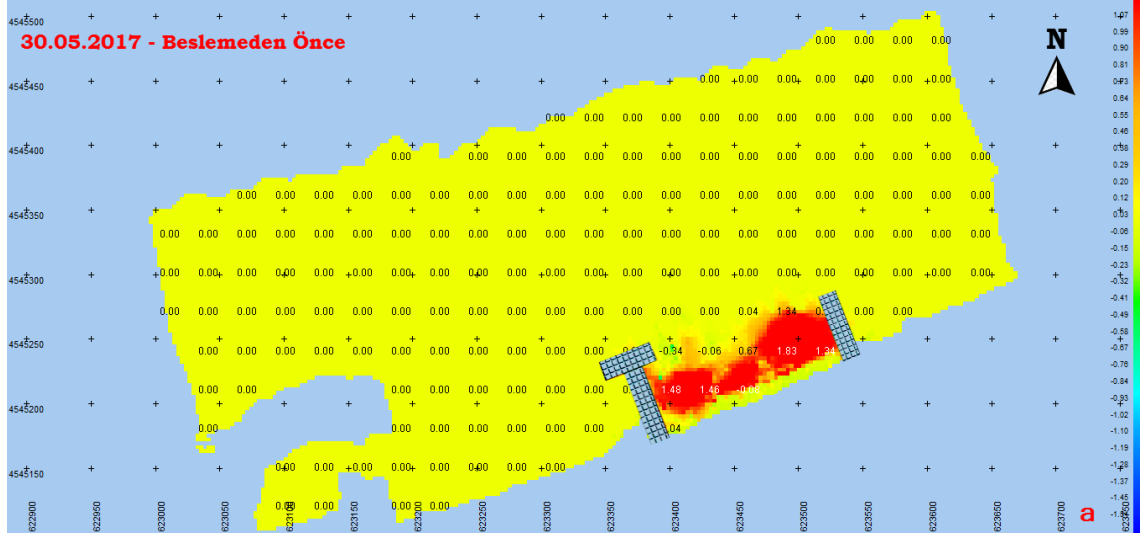
3.3 Besleme Yapılan Bölge ve Çevresi

Besleme yapılan bölgede zamanla ne kadar malzeme kaldığını belirlemek ve kıyı çizgisinin değişimini incelemek için bölge A, B ve C kısımlarına ayrılmıştır (Şekil 28).

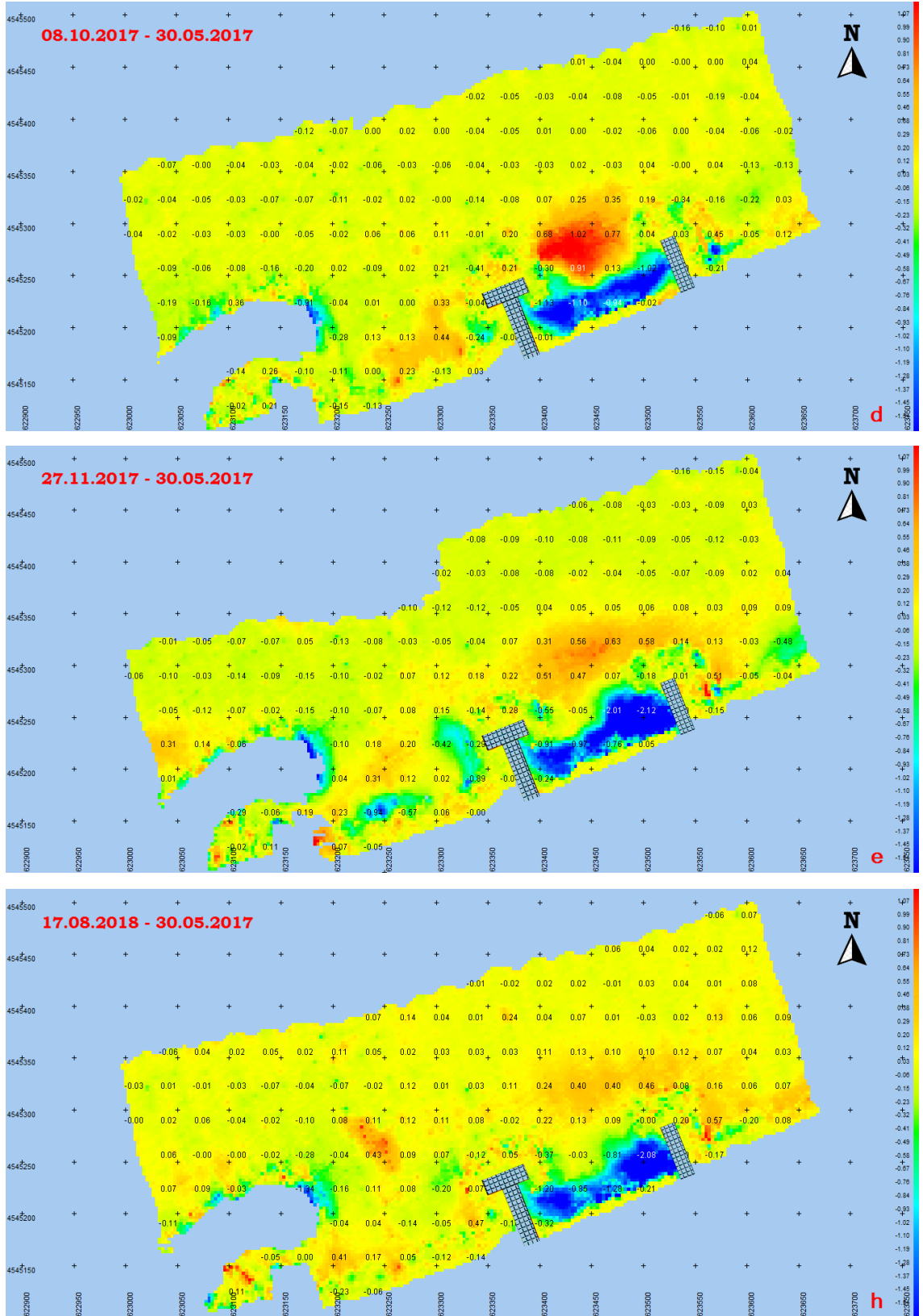


Şekil 28. Besleme yapılan bölge ve çevresinde kalan malzeme oranlarını belirlemek için oluşturulan A, B ve C bölgeleri

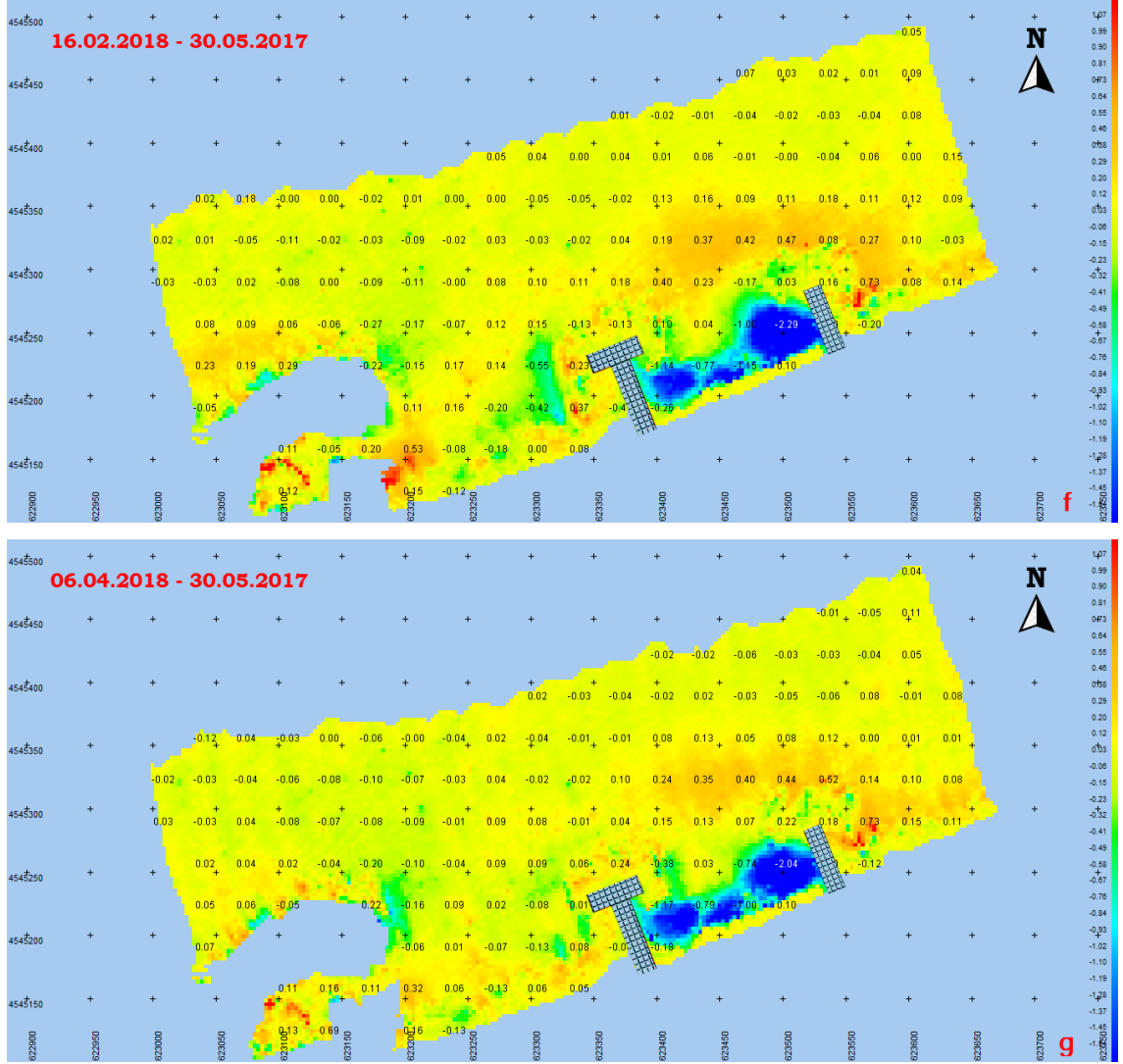
A bölgesi sadece besleme yapılan kısmı, B bölgesi kıyı çizgisinden başlayarak mahmuzlarla korunan alanı ve C bölgesi ise kıyı çizgisinden başlayarak, mahmuzlarla korunan bölge ve 8 metre derinlik arasında kalan bölgeyi göstermektedir. B bölgesi A bölgesini, C bölgesi ise A ve B bölgelerini de kapsamaktadır. Yaklaşık iki hafta süren besleme çalışmaları süresince toplam 8.000 m³ kum kullanılmıştır. Bir taraftan besleme yaptırılırken, diğer taraftan malzeme kıyıda açığa doğru hareket etmektedir. Dolayısıyla A bölgesinde (yaklaşık -0,5 m derinliğe kadar olan kısım) 6.000 m³, B bölgesinde ise 8.000 m³ malzeme konulduğu tespit edilmiştir. Bölgelerde kalan malzeme miktarları ve oranları hesaplanırken bu değerler dikkate alınmıştır. Ölçüm yapılan tarihle ilk ölçüm arasında meydana gelen oyulma ve dolmalar bu batimetrik haritalarda görülmektedir. Şekil 29.a'da beslemeden önce yapılan ölçümle beslemeden hemen sonra yapılan ölçüm arasındaki fark görülmektedir. Bu fark beslenen malzemeyi göstermektedir. Şekil 29.b,c ve Şekil30.d'de beslenen bölgede ve mahmuzlarla korunan bölgede oyulmaların başladığı ve beslenen malzemenin kıyıya dik yönde taşındığı görülmektedir. Şekil 30.e,f ve Şekil 31,g,h'de ise mahmuzlarla korunan bölgede oyulmaların devam ettiği mahmuzların dışına taşınan malzemenin kıyıya paralel şekilde daha çok doğuya doğru hareket ettiği gözlemlenmektedir.



Şekil 29. Beslenen malzemenin 1., 2. ve 3. ölçümler arasındaki değişimi



Şekil 30. Beslenen malzemenin 4., 5. ve 6. ölçümler arasındaki değişimi



Şekil 31. Beslenen malzemenin 7. ve 8. ölçümler arasındaki değişimi

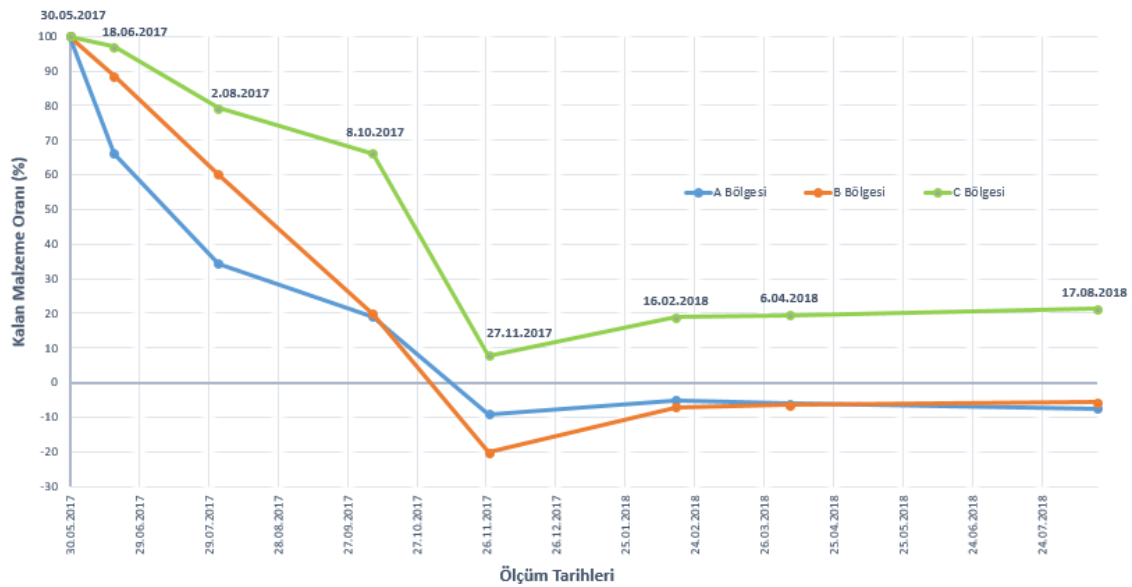
3.4. Kalan Malzeme Oranı

Besleme bölgesinde (A), mahmuzların arasında (B) ve C bölgesinde kalan malzeme oranları Tablo 5'te ve grafik olarak Şekil 32'de verilmiştir. Örneğin A bölgesinde beslemeden sonraki birinci, ikinci ve üçüncü ölçüm için hesaplanan hacim değerleri sırasıyla 5744 m³, 3799 m³ ve 1975 m³'dür. Birinci ölçüm referans alınarak, birinci ölçüm ile ikinci ölçüm arasındaki fark 1945 m³ olarak bulunmuştur. Birinci ölçüme oranla beslenen bölgede (A bölgesi) %33,9'luk oyulma gerçekleşmiştir. Benzer şekilde birinci ölçüm ile üçüncü ölçüm arasında fark 3769 m³'tür. Bu ölçümler arasında ise aynı bölgede %65,6'luk oyulma gerçekleştiği belirlenmiştir. Birinci ölçümde bulunan hacim değerine %100 dersek, ikinci ölçümde ve üçüncü ölçümde bölgede kalan

malzeme miktarları %66,1 ve %34,4 olarak bulunmuştur. Aynı işlemler diğer ölçümler ve diğer bölgeler için uygulanarak her ölçüm için bölgelerde kalan malzeme miktarları ile oyulma ve dolma miktarları hesaplanmıştır.

Tablo 5. A, B ve C bölgelerinde kalan malzeme oranları

Ölçüm Tarihleri	Kalan Malzeme					
	A Bölgesi		B Bölgesi		C Bölgesi	
	Kalan Malzeme Miktarı (m ³)	Kalan Malzeme Oranı (%)	Kalan Malzeme Miktarı (m ³)	Kalan Malzeme Oranı (%)	Kalan Malzeme Miktarı (m ³)	Kalan Malzeme Oranı (%)
1. Ölçüm (30.05.2017)	5744,35	100	7771,42	100	7915,45	100
2. Ölçüm (18.06.2017)	3798,71	66,1	6886,82	88,6	7676,16	97
3. Ölçüm (02.08.2017)	1974,95	34,4	4668,21	60,1	6281,02	79,3
4. Ölçüm (08.10.2017)	1097,66	19,1	1534,71	19,8	5250,55	66,3
5. Ölçüm (27.11.2017)	-520,17	-9,1	-1565,57	-20,1	619,24	7,8
6. Ölçüm (16.02.2018)	-284,47	-5	-563,13	-7,2	1491,45	18,8
7. Ölçüm (06.04.2018)	-350,41	-6,1	-497,37	-6,4	1543,51	19,5
8. Ölçüm (17.08.2018)	-436,26	-7,6	-439,30	-5,7	1681,35	21,2



Şekil 32. A, B ve C bölgelerinde kalan malzeme oranları

Beslenen malzemenin, 2. ölçümde kıyıdan açığa doğru kıyıya dik bir şekilde harekete başladığı ve malzemenin beklendiği gibi hızlı bir şekilde 19 günde %34'ünün A bölgesinden, %12'sinde B bölgesinden ayrıldığı gözlemlenmiştir. 3. ölçümle 2. ölçüm arasında dalga yüksekliklerinin (Tablo 6) artması ile kıyıda oyulma oranı artmış, malzemenin A bölgesinden %65'i, B bölgesinden ise %40'ı kıyıdan açığa doğru ayrılmış, C bölgesinde ise %20 oranında oyulmalar meydana gelmiştir. 4. ölçümle 3. ölçüm arası oyulmalar devam etmiş malzemenin A bölgesinde %20'si, B bölgesinde %20'si ve C bölgesinde %66'sı kalmıştır. 5. ölçümde (27.11.2017) beslenen malzemenin tamamının A ve B bölgesinden çekildiği ve orijinal taban malzemesinde de oyulmalar meydana geldiği tespit edilmiştir. 5. ölçüm ve 4. ölçüm arasında meydana gelen fırtınalar ve oluşan dalgalar, oyulmaların en önemli nedenlerinden biridir. İki ölçüm arası oluşan dalga yükseklikleri de bu durumu teyit etmiştir (Tablo 6). Kalan malzeme oranlarından görüldüğü üzere beslemede kullanılan malzemenin tamamı yaklaşık 5 ay içerisinde besleme bölgesinden uzaklaşmıştır. 6. ölçümde A, B ve C bölgelerinde sığlaşma oluşmuştur. 7. ve 8. ölçümlerde A bölgesinde tekrar oyulmalar oluşurken B ve C bölgelerinde sığlaşma devam etmiş, malzeme hareketi stabil hale gelmiştir.

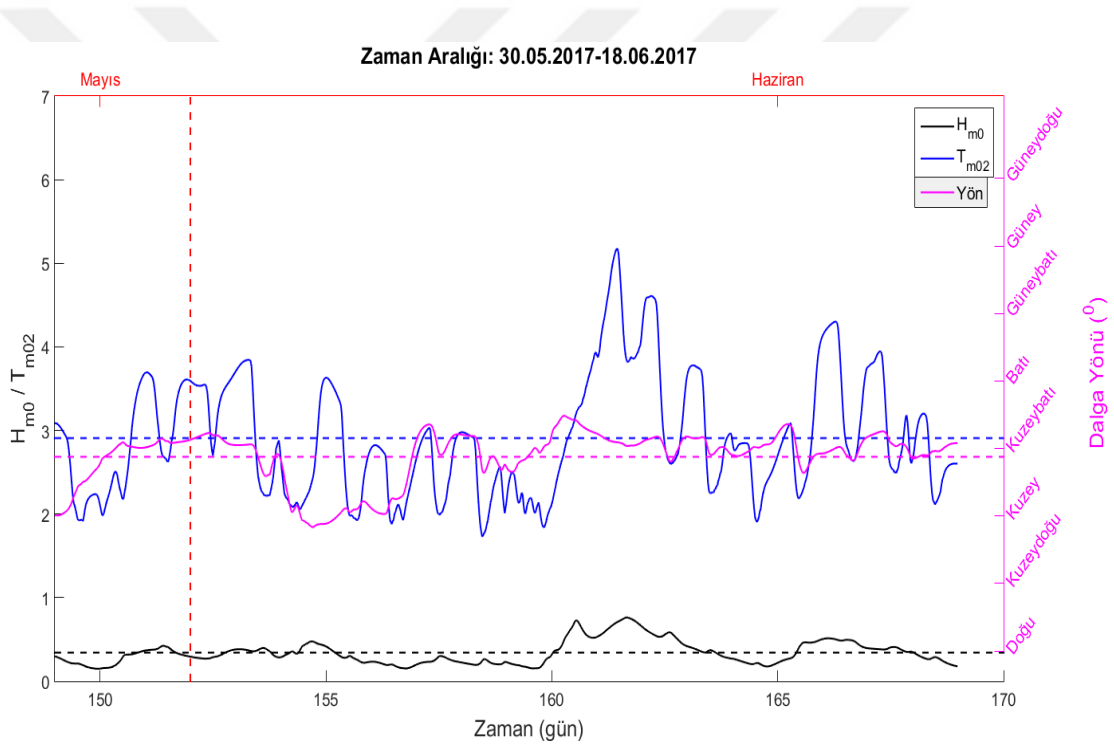
Tablo 6. Ölçüm periyotlarına göre $H_{1/100}$ değerleri.

Zaman Aralığı	$H_{1/100}$ (m)
30.05.2017 - 18.06.2017 (1. ölçüm - 2. ölçüm)	0,64
18.06.2017 - 02.08.2017 (2. ölçüm - 3. ölçüm)	1,35
02.08.2017 - 08.10.2017 (3. ölçüm - 4. ölçüm)	0,98
08.10.2017 - 27.11.2017 (4. ölçüm - 5. ölçüm)	2,17
27.11.2017 - 16.02.2018 (5. ölçüm - 6. ölçüm)	2,08
16.02.2018 - 06.04.2018 (6. ölçüm - 7. ölçüm)	1,71
06.04.2018 - 17.08.2018 (7. ölçüm - 8. ölçüm)	0,82

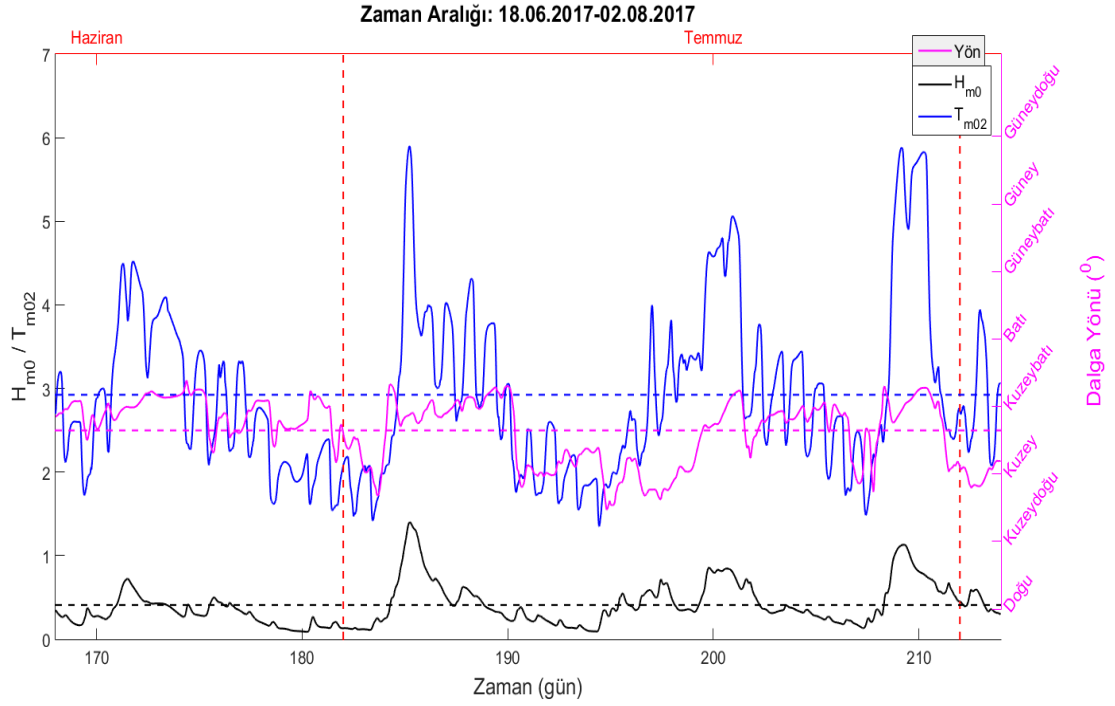
Elde edilen dalga verilerine göre, dalga yüksekliği $H_{1/100}$ değerlerine bakıldığında (Tablo 6) 2. ölçüm ile 3. ölçüm arasındaki zaman diliminde gelen dalgaların yüksekliği, 1. ölçüm ile 2. ölçüm arası zaman diliminde gelen dalgaların yüksekliğinden daha fazladır. Bu duruma bağlı olarak mahmuzların arasında meydana gelen oyulmalar 2.

ölçüm ile 3. ölçüm arasında, 1. ölçüm ve 2. ölçüm arasına göre daha fazladır. 3. ölçüm ve 4. ölçüm arası oyulmalar dalga yüksekliklerine bağlı olarak devam etmiştir. 4. ölçüm ve 5. ölçüm arası dalga yüksekliklerinin artmasıyla beslenen malzemenin tamamı mahmuzların dışına taşınmış orijinal taban malzemesinde de oyulmalar meydana gelmiştir. Dalga yükseklikleri en çok bu iki ölçüm arasında artmıştır. Buna bağlı olarak da en fazla oyulma bu iki ölçüm arasında meydana gelmiştir. Dalga yüksekliği arttıkça bölgeden uzaklaşan malzeme miktarı da aynı şekilde artmıştır.

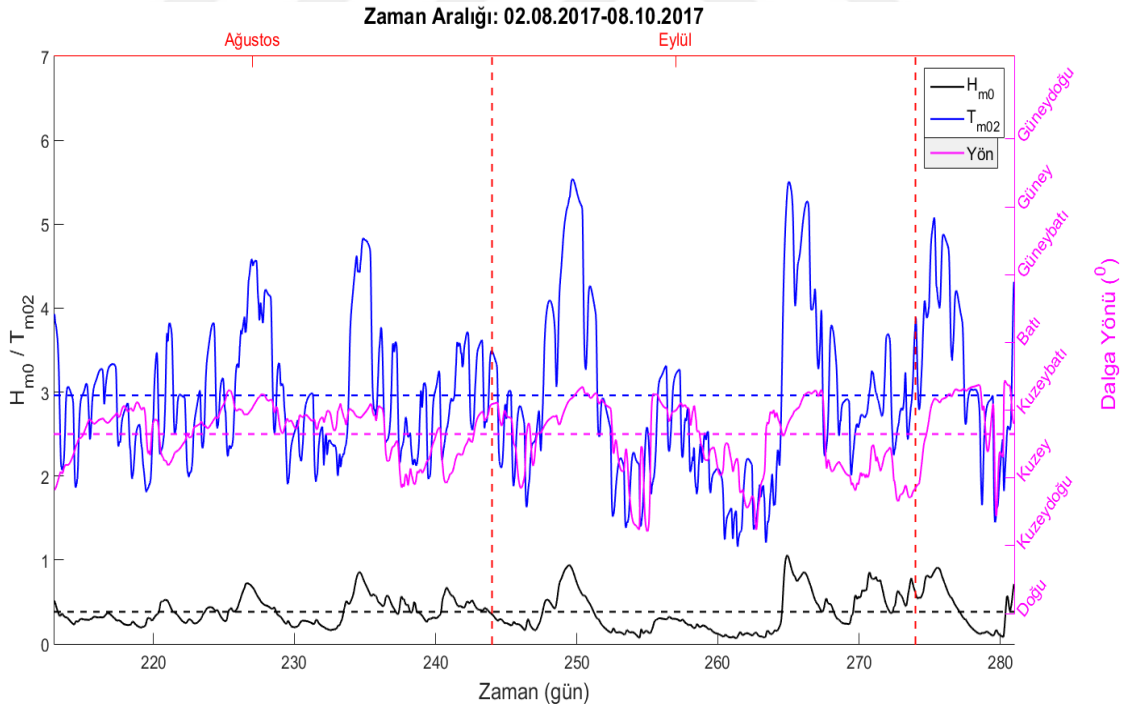
Ölçüm periyotlarına göre gelen dalgaların yükseklik, periyot ve yönleri de Şekil 33-Şekil 39 arasında gösterilmiştir.



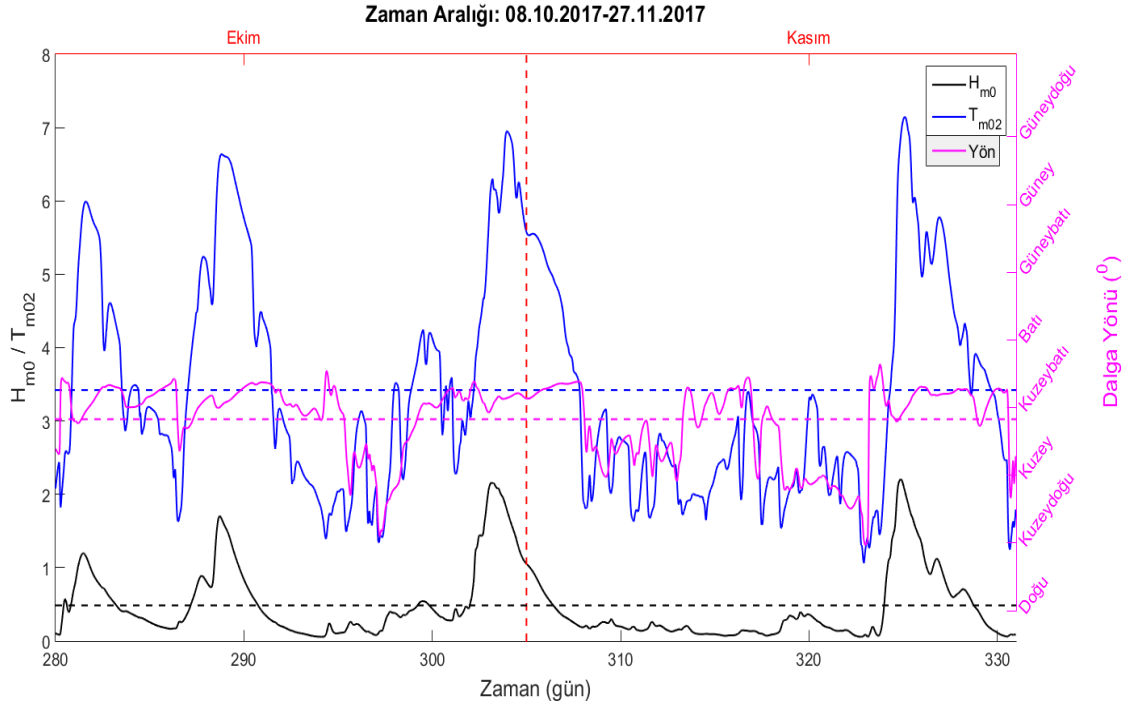
Şekil 33. Alipaşa yapay plaj yapılan bölge 30.05.2017 - 18.06.2017 (1. ölçüm-2. ölçüm) aralıklarında dalgaların yükseklik, periyot ve yön grafikleri.



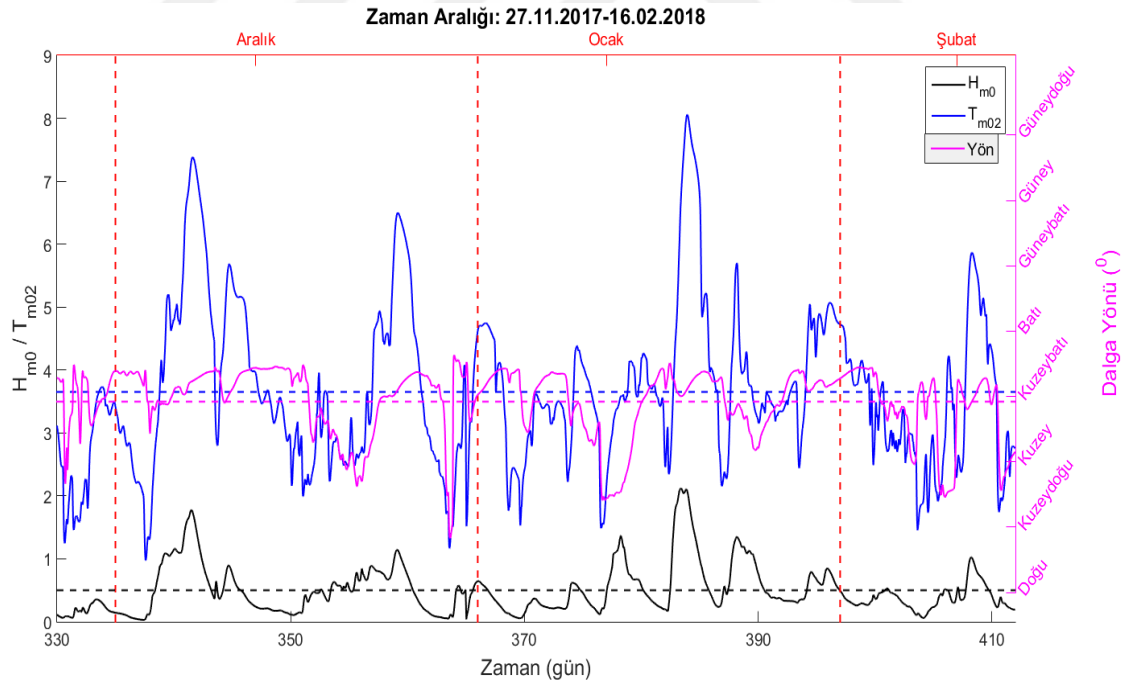
Şekil 34. Alipaşa yapay plaj yapılan bölge 18.06.2017 - 02.08.2017 (2. ölçüm-3. ölçüm) aralıklarında dalgaların yükseklik, periyot ve yön grafikleri.



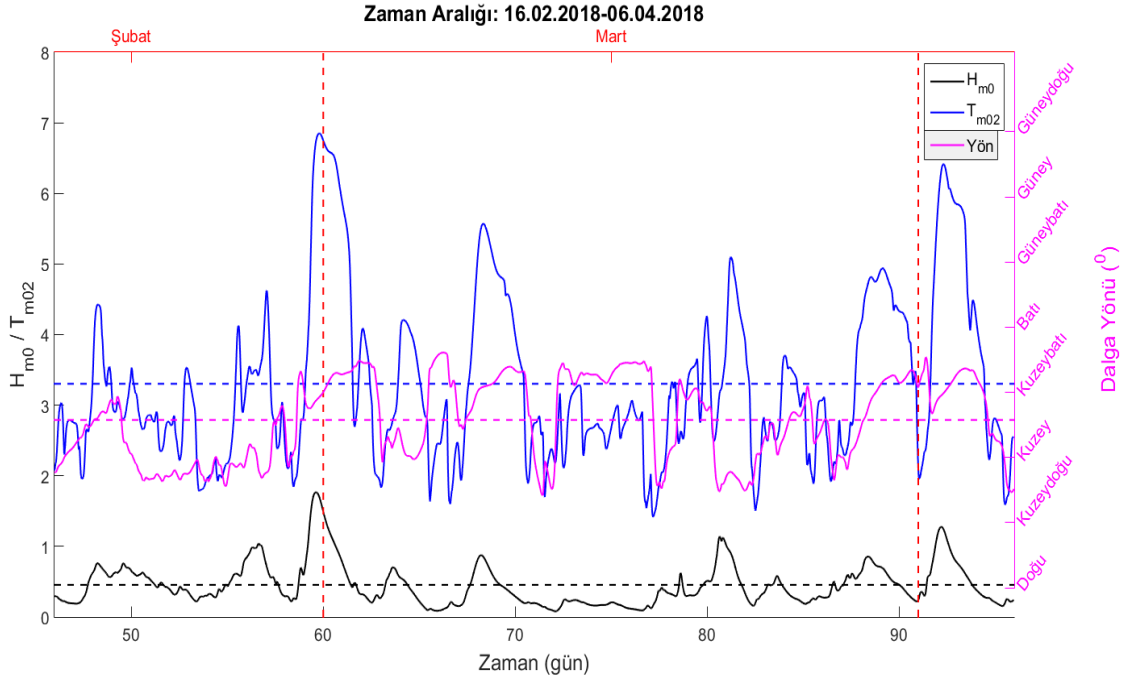
Şekil 35. Alipaşa yapay plaj yapılan bölge 02.08.2017 – 08.10.2017 (3. ölçüm-4. ölçüm) aralıklarında dalgaların yükseklik, periyot ve yön grafikleri.



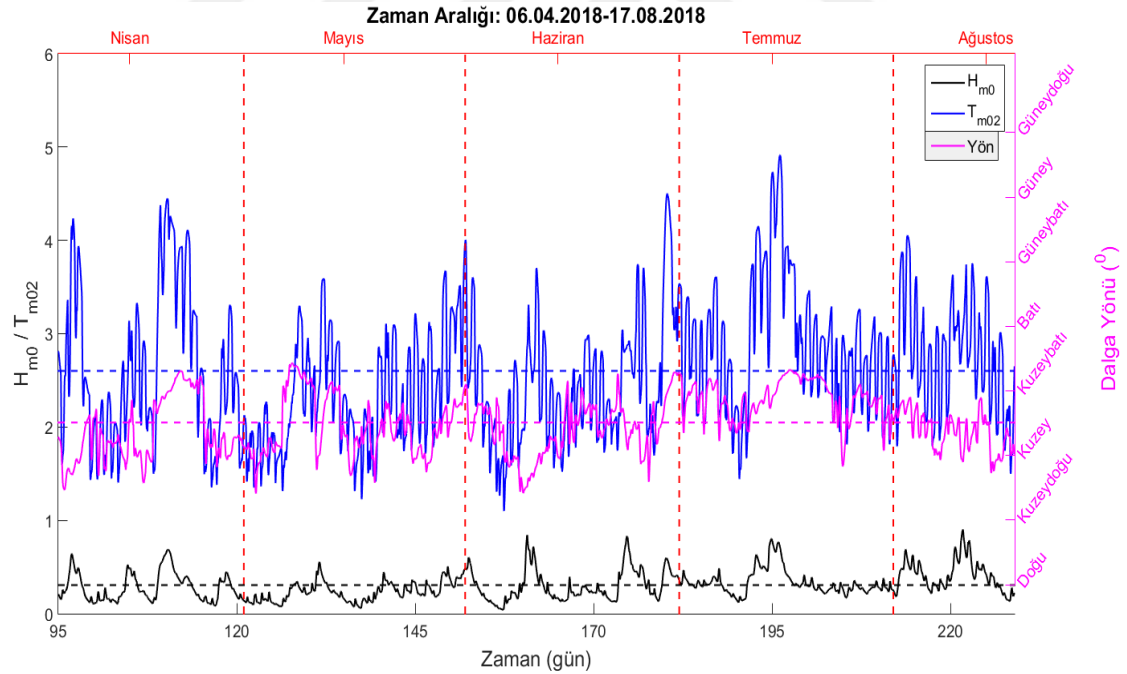
Şekil 36. Alipaşa yapay plaj yapılan bölge 08.10.2017 – 27.11.2017 (4. ölçüm-5. ölçüm) aralıklarında dalgaların yükseklik, periyot ve yön grafikleri.



Şekil 37. Alipaşa yapay plaj yapılan bölge 27.11.2017 – 16.02.2018 (5. ölçüm-6. ölçüm) aralıklarında dalgaların yükseklik, periyot ve yön grafikleri.

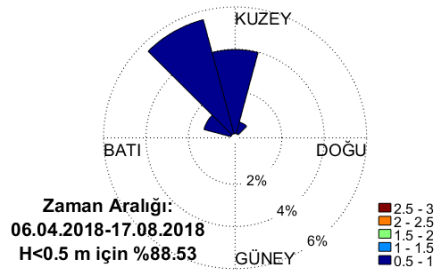
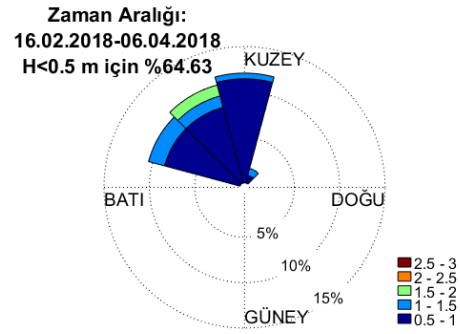
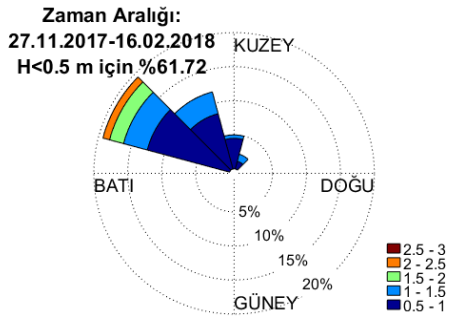
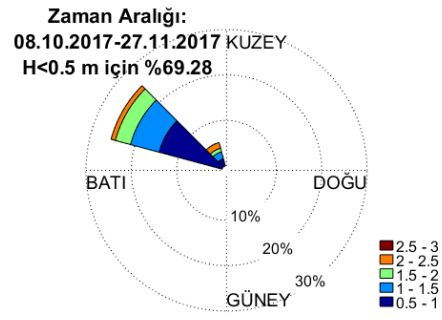
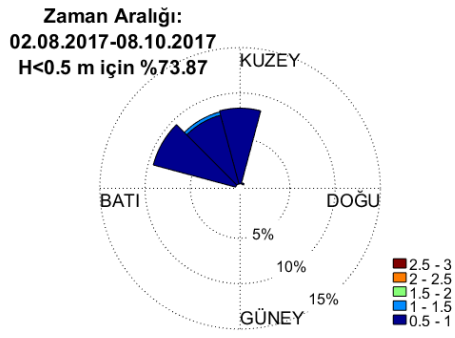
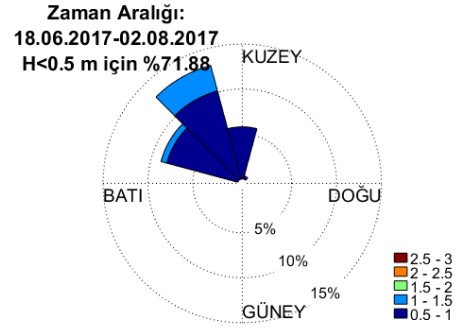
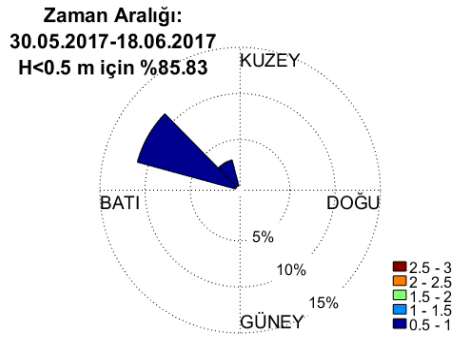


Şekil 38. Alipaşa yapay plaj yapılan bölge 16.02.2018 – 06.04.2018 (6. ölçüm-7. ölçüm) aralıklarında dalgaların yükseklik, periyot ve yön grafikleri.



Şekil 39. Alipaşa yapay plaj yapılan bölge 06.04.2018 – 17.08.2018 (7. ölçüm-8. ölçüm) aralıklarında dalgaların yükseklik, periyot ve yön grafikleri.

Zaman aralıklarına göre oluşturulmuş olan dalga gülleri de Şekil 40'da gösterilmiştir. Dalga güllerinden de görüldüğü gibi etkin dalga yönü kuzeybatıdır.



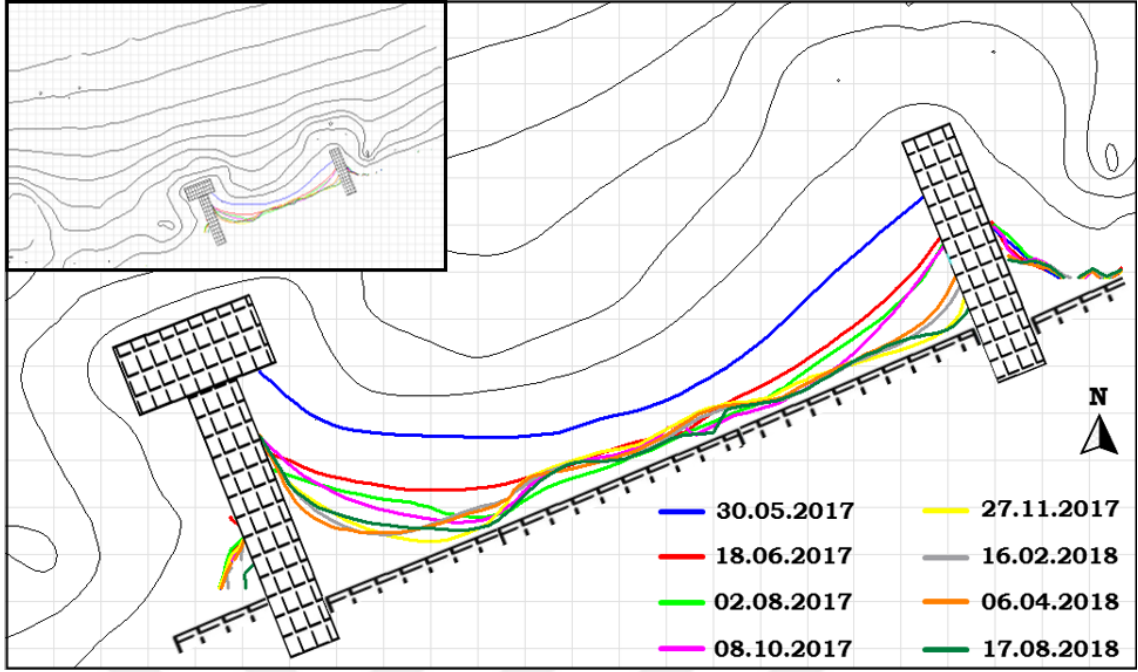
Şekil 40. Zaman aralıklarına göre oluşturulan dalga gülleri.

3.5. Kıyı Çizgisinin Ortalama Gerileme Miktarları

Beslenmiş kıyı çizgisinde meydana gelen ortalama gerileme miktarları belirlenmiştir (Tablo 7). Besleme öncesi kıyı çizgisi hemen kıyı duvarının önünde bulunmaktaydı. Dolayısıyla orta kısımlarda tahkimatlardan dolayı halkın denizden faydalanacağı herhangi bir olanak yoktu. Sadece sol mahmuz civarında halkın faydalanabileceği ortalama 6,1 m'lik plaj genişliği vardı. Beslemeden sonra ise sol mahmuz civarında yaklaşık 60 m, sağ mahmuz civarında yaklaşık 30 m ve orta kısımda ise yaklaşık 9 m olmak üzere ortalama 21,1 m'lik bir plaj genişliği oluşmuştur. Zamanla gelen dalgalar nedeniyle oluşan oyulmalarla plaj genişliği giderek azalmış, son ölçümde görüldüğü gibi ortalama 5,8 m'lik bir plaj genişliği kalmıştır. Orta kısımlarda yine tahkimatlardan dolayı halkın denizden faydalanacağı herhangi bir olanak kalmamıştır. Plaj beslemeden önceki haline geri dönmüştür. Kıyı çizgisindeki ortalama gerileme miktarları da besleme bölgesinde kalan malzeme oranına benzer şekilde zamanla azalmaktadır (Şekil 41).

Tablo 7. Kıyı çizgisinin ortalama gerileme miktarları

Ölçüm Tarihleri	Plajın ortalama genişliği (m)	Kıyı Çizgisindeki Toplam Gerileme (%)
Beslemeden Önce (01.05.2017)	6.1	-
1. Ölçüm (30.05.2017)	21.1	-
2. Ölçüm (18.06.2017)	11.6	45
3. Ölçüm (02.08.2017)	8.7	58.8
4. Ölçüm (08.10.2017)	8.6	59.2
5. Ölçüm (27.11.2017)	6.4	69.7
6. Ölçüm (16.02.2018)	6.6	68.7
7. Ölçüm (06.04.2018)	6.9	67.3
8. Ölçüm (17.08.2018)	5.8	72.5



Şekil 41. Kıyı çizgisinin gelişimi

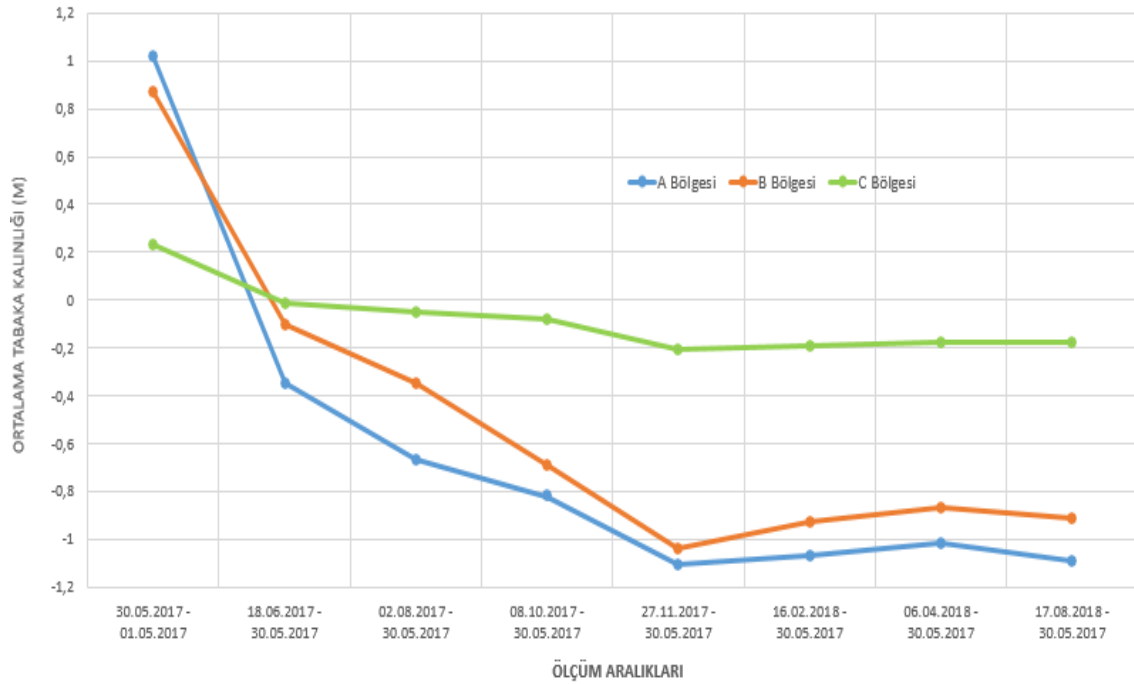
3.6. Ortalama Tabaka Kalınlıkları

Besleme bölgesinde (A), mahmuzların arasında (B) ve C bölgesinde oluşan ortalama tabaka kalınlıkları Tablo 8’de ve grafik olarak Şekil 42’de verilmiştir. İlk ortalama tabaka kalınlıkları, besleme yapıldıktan sonraki ilk ölçümle besleme yapılmadan önceki ölçüme göre belirlenmiştir. Sonraki ölçümlerdeki ortalama tabaka kalınlıkları beslemeden sonraki ilk ölçüm referans alınarak belirlenmiştir.

Bölgelerde oluşan oyulmalara paralel olarak ortalama tabaka kalınlıklarının da azaldığı görülmüştür. A ve B bölgelerinde ortalama tabaka kalınlıkları benzer şekilde hareket ettiği, 27.11.2017 tarihine kadar sürekli azaldığı görülmüştür. Bu tarihe kadar A ve B bölgelerinde ortalama tabaka kalınlığı yaklaşık 2 m azalmıştır. 27.11.2017 tarihinden sonra A ve B bölgelerindeki ortalama tabaka kalınlığında, beslenen malzemenin de bölgeyi tamamen terk etmesi ile değişim fazla olmamış daha stabil hale gelmiştir. C bölgesindeki ortalama tabaka kalınlığında da 27.11.2017 tarihine kadar azalma görülmüş fakat bu azalma yaklaşık 0,50 m kadar olmuştur. A ve B bölgelerine göre daha küçük bir azalma görülmüştür. 27.11.2017 tarihinden sonra C bölgesinin ortalama tabaka kalınlığında da değişim stabil hale gelmiştir.

Tablo 8. Bölgelere göre ortalama tabaka kalınlıkları

Ölçüm Aralıkları	Ortalama Tabaka Kalınlıkları (m)		
	A Bölgesi	B Bölgesi	C Bölgesi
30.05.2017 - 01.05.2017	1,02	0,87	0,23
18.06.2017 - 30.05.2017	-0,35	-0,10	-0,01
02.08.2017 - 30.05.2017	-0,67	-0,35	-0,05
08.10.2017 - 30.05.2017	-0,82	-0,69	-0,08
27.11.2017 - 30.05.2017	-1,11	-1,04	-0,21
16.02.2018 - 30.05.2017	-1,07	-0,93	-0,19
06.04.2018 - 30.05.2017	-1,02	-0,87	-0,18
17.08.2018 - 30.05.2017	-1,09	-0,91	-0,18



Şekil 42. A, B ve C bölgelerinde ortalama tabaka kalınlıkları

4. TARTIŞMA ve SONUÇLAR

Dünyanın birçok yerinde oldukça sık ve çok büyük miktarlarda kum kullanılarak yapılan yapay plajlar ülkemizde oldukça sınırlı sayıdadır. Yapılan plajların ise nasıl bir performans gösterdiği ile ilgili çok fazla çalışma bulunmamaktadır. Oysaki yapılan çalışmaların performansının takip edilmesi yapılan hataları engelleyerek bundan sonra yapılacak çalışmaların başarısını etkileyecektir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

Besleme malzemesi olarak 8.000 m³ kum kullanılmıştır. Besleme işlemi iki hafta sürdüğünden bir taraftan besleme yapılırken, diğer taraftan beslenen malzeme kıyıdan açığa doğru hareket etmiştir. Bu yüzden malzemenin 6.000 m³'ü beslenen bölgede tamamı mahmuzlarla korunan bölgenin içinde kalmıştır. Besleme malzemesinin ilk ay yaklaşık 2.000 m³'ü beslenen bölgeden, 1.200 m³'ü mahmuzlarla korunan bölgeden uzaklaşmıştır. 2. ay sonunda beslenen bölgeden 3.700 m³'ü, mahmuzlarla korunan bölgeden 3.500 m³'ü, 4 ay sonunda beslenen bölgeden 4.700 m³'ü, mahmuzlarla korunan bölgeden 6.500 m³'ü ve 5 ay sonunda beslenen malzemenin tamamı kıyıya dik şekilde beslenen bölgeden ve mahmuzlarla korunan bölgeden uzaklaşmıştır. Malzeme 5. aydan sonra dalga yönünün de etkisiyle kıyıya paralel şekilde doğuya doğru dağılmaya devam etmiştir. Hakim dalga yönünden gelen dalgaların kıyıya dik gelmesi nedeniyle kıyıya dik katı madde taşınımı, mahmuzlarla koruma altındaki bu bölgede bile engellenememiştir.

Besleme yapıldıktan sonra, kıyı çizgisinde ve kıyı çizgisi gerisinde 27.11.2017 tarihine kadar, ince malzeme denize doğru, iri malzeme kıyıya doğru birikmiştir. Daha sonra meydana gelen oyulmalarla birlikte kıyı çizgisinde nispeten daha ince malzemeler kalmıştır.

Beslemeden önce bölgede ortalama 6,1 m plaj genişliği varken beslemeden sonra bu plaj genişliği ortalama 21,1 m'ye çıkmıştır. Kıyı çizgisindeki geri çekilme miktarları kalan malzeme oranına benzer şekilde beslenen malzemenin kıyıdan uzaklaşması ile

giderek azalmış ve plaj genişliği ortalama 5,8 m'ye düşmüştür. Plaj beslemeden önceki haline geri dönmüştür.

Ortalama tabaka kalınlığında da besleme malzemesi kıyıdan uzaklaştıkça azalmalar görülmüştür. Besleme malzemesi beslenen bölgeden ve mahmuzların arasından tamamen uzaklaşana kadar, 27.11.2017 tarihine kadar, ortalama tabaka kalınlığındaki azalmalar A ve B bölgelerinde yaklaşık 2 m iken C bölgesinde ise yaklaşık 0,5 m de kalmıştır. Daha sonra 3 bölgede de ortalama tabaka kalınlığındaki değişimler daha stabil hale gelmiştir.

Her iki taraftan mahmuzlarla sınırlandırılarak kıyı boyu taşınımın engellendiği bir bölgeye konulan besleme malzemesi hızlı bir şekilde kıyıya dik taşınımına maruz kalmıştır. Açığa taşınan malzeme zamanla kıyıya paralel taşınım ile etkin dalga yönüne bağlı olarak doğuya doğru hareket etmiştir.

Kıyıya dik yönde hareketin engellenmediği bir yapay plaj oluşumunda tüm malzemenin kısa bir zamanda tamamıyla besleme bölgesinden uzaklaştığı tespit edilmiştir. Eğimin dik olduğu bölgelerde yapılacak besleme projelerinde, doğal malzemeye benzer malzeme ile besleme yapılsa bile kıyıya dik taşınımı engelleyecek tedbirler mutlaka alınmalıdır.

Daha önce bölgede yapılan çalışmalarla karşılaştırıldığında, bu çalışmalarda da kıyıya dik taşınımın oldukça ön plana çıktığı, bu arazi çalışması ile benzerlik gösterdiği görülmektedir.

Bölge insanı bir besleme projesinin başarısını özellikle kıyı çizgisinde meydana gelen gerilemeye bakarak karar vermektedir. Bu besleme projesinde de kıyı çizgisi kısa sürede önemli ölçüde gerileyerek beslemeden önceki haline döndüğü için başarısız olarak görülmüştür.

5. ÖNERİLER

Besleme yapılan bölgede kıyıya dik taşınım engellenmelidir. Gerekli çalışmalar ve maliyet analizleri yapıp kıyıya dik taşınımı engelleyecek en verimli yapının hangisi olacağına karar verilmeli arazide uygulanmalıdır.

Kıyı yapıları projeleri oldukça maliyetli projelerdir. Dolayısıyla laboratuvar çalışmaları, sayısal model sonuçları ve daha önce yapılmış arazi çalışmalarından elde edilen tecrübelerden faydalanılmalıdır.

Daha güvenilir dalga ve akıntı verileri elde etmek için bölgede uzun süreli dalga ve akıntı ölçümleri de yapılmalıdır.

Bölgede yapılacak dalga ve akıntı ölçümleriyle birlikte sayısal modellemeler geliştirilmelidir. Geliştirilecek modellemelerde alternatif çözümler için fayda maliyet analizi yapılmalıdır.

Kalan malzeme oranları ve ortalama tabaka kalınlığı grafiklerinde, A ve B bölgelerinin çok benzer şekilde hareket ettikleri görülmüştür. Daha sonraki çalışmalar için benzer bir durumla karşılaşılan kıyıda A ve B bölgeleri tek bir bölge olarak alınabilir.

Proje alanından hacimsel taşınma senaryoları ile tasarım aşamasında bir yapay besleme projesinin performansının öngörülmesi, benzer projelere genel bir anlayış aktarmada faydalı olacaktır.

KAYNAKLAR

- Akpınar, A., Bingölbalı, B. and Van Vledder, G.P., 2016.** Wind and wave characteristics in the Black Sea based on the SWAN wave model forced with the CFSR winds. *Ocean Engineering*, 126, 276-298. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2016.09.026>.
- Alpar, B., Doğan, E., Yüce, H. and Altıok, H., 2000.** Sea level changes along the Turkish coasts of the Black Sea. *The Aegean Sea and the Eastern Mediterranean*, 1 (1), 141-156.
- Bağcıoğlu, E., 2001.** Kıyı Yenileme Çalışmalarının Genel Karakteristiklerinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir, Türkiye, 91 s.
- Barlas, S., 1990.** Türkiye Akarsularının taşıdıkları katımadde miktarları ve bunların alansal dağılımları. *Elektrik İdaresi Etüt İşleri Bülteni*, 146-147.
- Battjes, J.A. and Janssen, J.P.F.M., 1978.** Energy loss and set-up due to breaking of random waves. 16th International Conference on Coastal Engineering, Hamburg, Germany, 27 August-3 September, 1, 563-587.
- Bayraktar, E.A., 2009.** Doğu Karadeniz Kıyılarında T Mahmuzlarının Kıyıya Etkileri ve Balıkçı Barınaklarının Sığılması. Yüksek Lisans Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye, 139 s.
- Behnke, D. and Grosskopf, W., 1995.** Design aspects of corps beach nourishment projects. Coastal Engineering Technical Note, I-61, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Coastal Engineering Research Center, 1-11.
- Boğuşlu, H., 1998.** Kıyı Koruma ve Geliştirmesinde Suni Kıyı Beslemesinin Etkisinin Araştırılması. Doktora Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye, 126 s.
- Bruun, P., 1962.** Sea level rise as a cause of shore erosion. *American Society of Mechanical Engineers, Journal of Waterways and Harbors Division*, 1, 116-130.
- Dean, R., 2002.** Beach Nourishment: Theory and Practice. World Scientific Publishing Company, ISBN-10: 0821838431, 420 s.
- Defant, A., 1961.** *Physical Oceanography*, Pergamon Press, vol. 2, pp. 827.
- Dornhelm, R., 1995.** The Coney Island Public Beach and boardwalk improvement of 1923. *Shore and Beach*, 63 (1), 7-11.

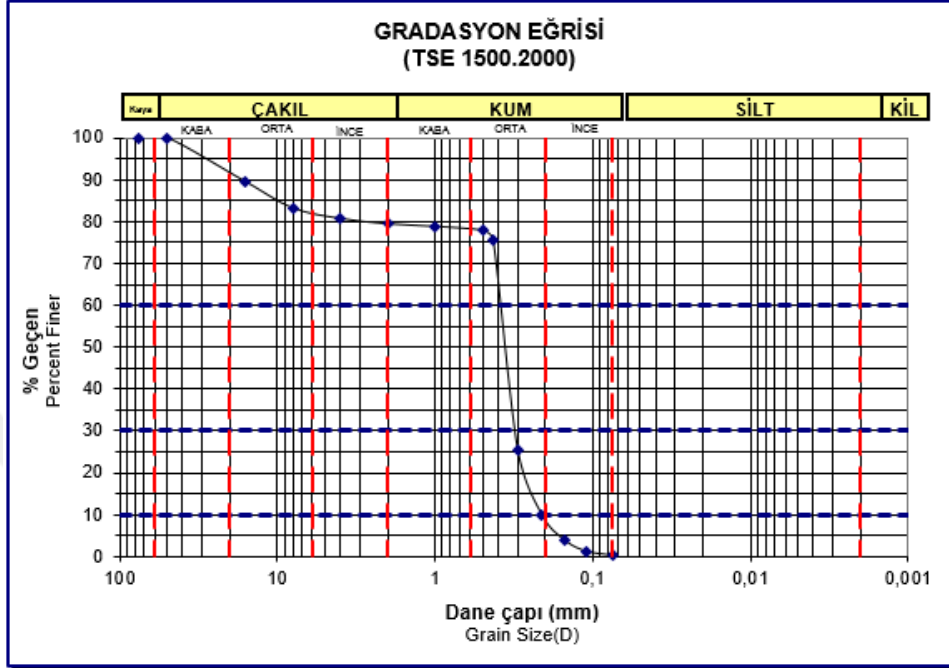
- Eldeberky, Y. and Battjes, J.A., 1996.** Spectral modeling of wave breaking: Application to Boussinesq equations. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 101, 1253-1264. DOI: <https://doi.org/10.1029/95JC03219>.
- Esen, M., Baykal, C., Güler, I., Ergin, A. ve Yalçın, A., 2007.** Yapay besleme ile kıyı dengelenmesi, örnek uygulama; bir kıyı aşınımı sorunu. 6. Ulusal Kıyı Mühendisliği Sempozyumu, İzmir, 26-29 Ekim, 491-498.
- Frandsen, J.B., Xharde, R. and Berube, F., 2015.** Beach nourishment project: Large scale flume experiments–evaluation of cobble-gravel-sand beaches. American Society of Mechanical Engineers 34th International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering, Newfoundland, Canada, 31 May-5 June, 1-10.
- Fredriksson, C., Almström, B., Hanson, H. and Larson, M., 2017.** Estimation of required beach nourishment volumes along the south coast of Sweden during 2017-2100. *Journal of Water Management and Research*, 73, 77-84.
- Giardino, A., Rooijen, A.V., Broekema, Y. and Voudoukas, M.I., 2015.** Physical and numerical modelling of different nourishment design. 36th International Assn for Hydro-Environment Engineering and Research World Congress, The Hague, Netherland, 28 June-3 July, 1-12.
- Günbak, A.R., 1992.** Introduction coastal and harbour engineering. Ders Notları, ODTÜ, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ankara.
- Hanson, H., Brampton, A., Capobianco, M., Dette, H., Hamme, L., Laustrup, C., Lechuga, A. and Spanhoff, R., 2002.** Beach nourishment projects, practices, and objectives a European overview. *Coastal Engineering*, 47, 81-111.
- Hasselman, K., Raney, R.K., Plant, W.J., Alpers, W., Shuchman, R.A., Lyzenga, D.R., Rufenach, C.L. and Tucker, M.J., 1985.** Theory of synthetic aperture radar ocean image: A Marsden View. *Journal of Geophysical Research Oceans*, 90, 4659-4686. DOI: <https://doi.org/10.1029/JC090iC03p04659>.
- Ishikawa, T., Uda, T., Miyahara, S., Serizawa, M., Fukuda, M. and Hara, Y., 2014.** Recovery of sandy beach by gravel nourishment – example of Ninomiya Coast in Kanagawa Prefecture. 34th International Conference on Coastal Engineering, Seoul, Korea, 15-20 June, 1-15.
- Jackson, N.L., Smith, D.R., Tiyyarattanachai, R. and Nordstrom, K.F., 2007.** Evaluation of a small beach nourishment project to enhance habitat suitability for horseshoe crabs. *Geomorphology*, 89, 172-185.
- Janssen, P.A., 1991a.** Quasi-Linear Theory of wind-wave generation applied to wave forecasting. *Journal of Physical Oceanography*, 21 (11), 1631-1642.

- Janssen, P.A., 1991b.** Consequences of the effect of surface gravity waves on the mean air flow. International Union of Theoretical and Applied Mechanics (IUTAM), Sydney, Australia, 193-198.
- Karasu, S., 2004.** Yapay Besleme Performansına Etki Eden Parametrelerin Belirlenmesi. Doktora Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye, 130 s.
- Karasu, S., Akpınar, A. ve Ceylan Y., 2019.** Rize Alipaşa Yapay Plajının gözlemlenmesi ve performansının analizi. Yayınlanmamış Bilimsel Araştırma Raporu, RTEÜ BAP projesi.
- Karasu, S., Kömürcü, M.I., Uzlu, E., Yüksek, Ö., Kankal, M. ve Önsoy, H., 2014.** Rize Alipaşa Mevkii yapay plaj önerisi. TMMOB İnşaat Mühendisleri 8. Ulusal Kıyı Mühendisliği Sempozyumu, İstanbul, 7-9 Kasım, 181-192.
- Komen, G.J., Cavaleri, L., Donelan, M., Hasselmann, K., Hasselmann, S. and Janssen, P.A.E.M., 1994.** Dynamics and Modeling of Ocean Waves. Cambridge University Press, No: 9780521577816, USA, 532 s.
- Kumada, T., Uda, T., Matsu-ura, T. and Sumiya, M., 2010.** Field experiment on beach nourishment using gravel at Jinkoji Coast. 32nd International Conference on Coastal Engineering, Shanghai, China, 30 June-5 July, 1-13.
- Marinho, B., Coelho, C., Larson, M. and Hanson, H., 2017.** Simulating cross-shore evolution towards equilibrium of different beach nourishment schemes. Coastal Dynamics, 121, 1732-1746.
- Otay, E. ve Mert, A., 2011.** Derince Sahili özelinde tahrip edilmiş İzmit Körfezi kıyılarının doğal yapıya dönüştürülmesi. 7. Kıyı Mühendisliği Sempozyumu, Trabzon, 20-23 Kasım, 517-525.
- Otay, E. and Work, P.A., 1996.** Influence of nearshore berm on beach nourishment. 25th International Conference on Coastal Engineering, Orlando, Florida, 2-6 September, 3722-3749.
- Özölçer, İ.H., 1998.** Kıyıların Korunmasında Mahmuzların Etkilerinin Araştırılması. Doktora Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye, 165 s.
- Pagan, J.I., Lopez, M., Lopez, I., Tenza-Abril, A.J. and Aragonés, L., 2018.** Study of the evolution of gravel beaches nourished with sand. Science of the Total Environment, 626, 87-95. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.01.015>.
- Pupienis, D., Fedorovic, J. and Jarmalavicius, D., 2014.** Beach nourishment experiment in Palanga, Lithuania. Journal of Coastal Research, 70, 490-495. DOI: 10.2112/SI70-083.1.

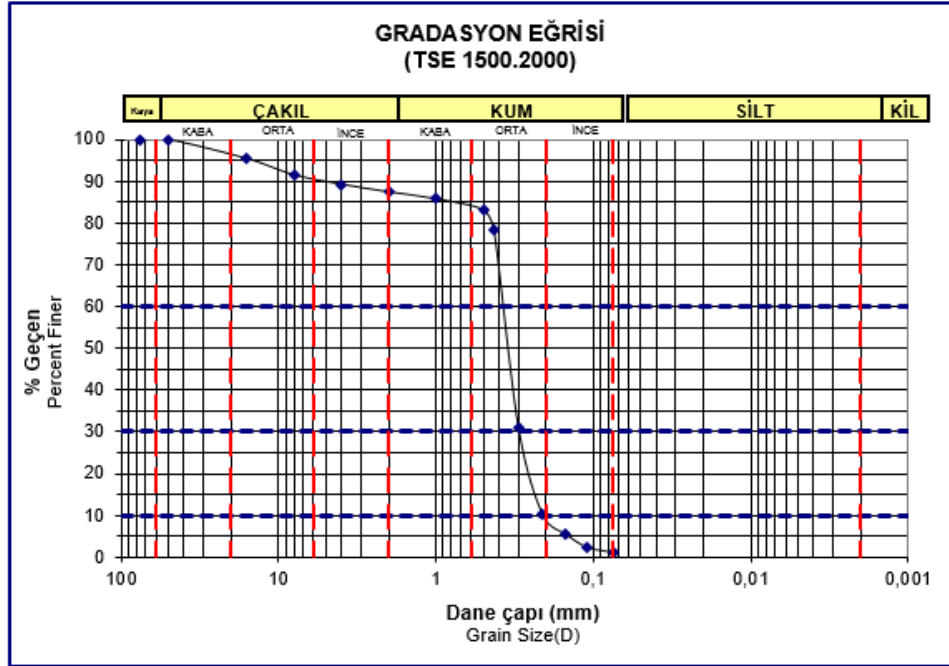
- Rosati, J.D., Walton, T.L. and Bodge, K., 2002.** Longshore sediment transport. Coastal Engineering Research Center, 2 (3), 1-79.
- Spodar, A., Hequette, A., Ruz, M.H., Cartier, A., Forain, N., Sipka, V. and Gregoire, P., 2017.** Evolution of a beach nourishment project using dredged from navigation channel, Dunkirk, northern France. Journal of Coastal Conservation, 22 (3), 457-474. DOI: 10.1007/s11852-017-0514-8.
- Tonnon, P.K., Huisman, B.J.A., Stam G.N. and van Rjin, L.C., 2018.** Numerical modelling of erosion rates, life span and maintenance volumes of mega nourishments. Coastal Engineering, 131, 51-69. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2017.10.001>.
- Volkov, D.L. and Landerer, F.W., 2015.** Internal and external forcing of sea level variability in the Black Sea. Climate Dynamics, 45 (9), 2633-2646.
- Zijlema, M., Van Vledder, G.P. and Holthuijsen, L.H., 2012.** Bottom friction and wind drag for wave models. Coastal Engineering, 65, 19-26. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2012.03.002>.

EKLER

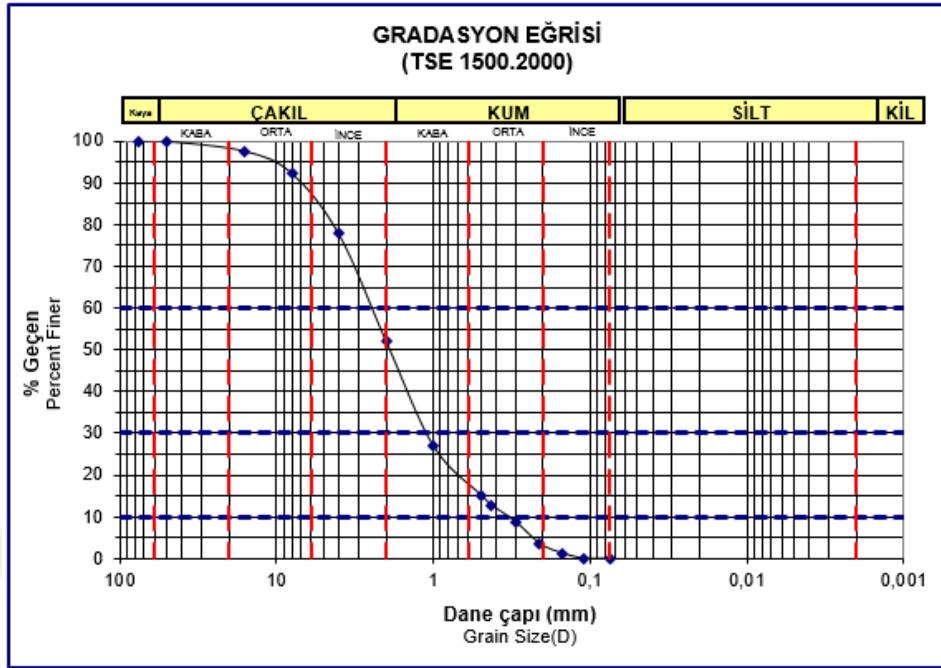
Ek 1. 07.06.2017 tarihinde besleme yapılan bölgede kıyı çizgisinden alınan numune için elde edilen granülometri eğrisi



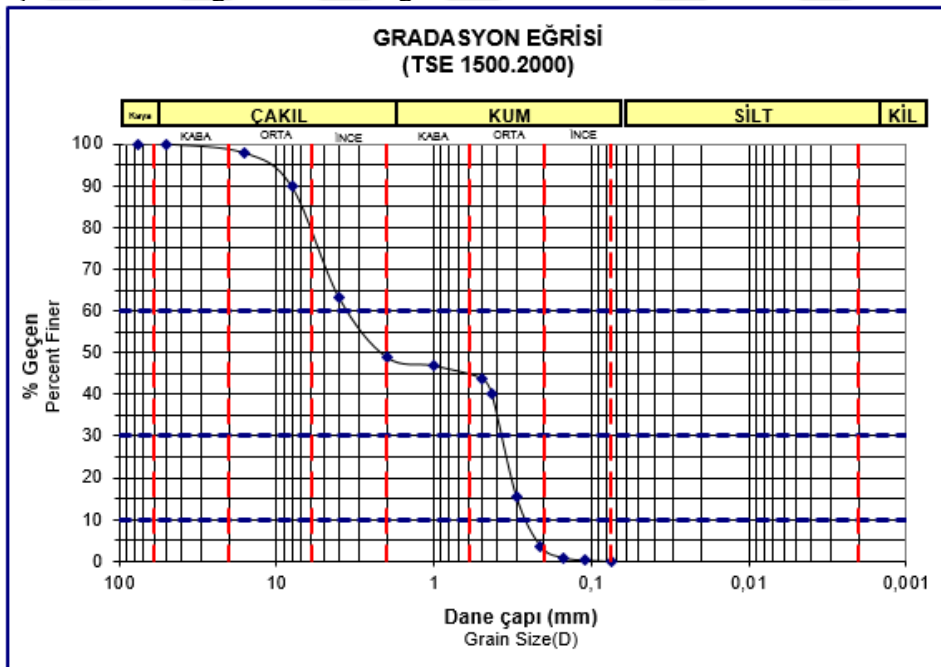
Ek 2. 07.06.2017 tarihinde besleme yapılan bölgede kıyı çizgisi gerisinden alınan numune için elde edilen granülometri eğrisi



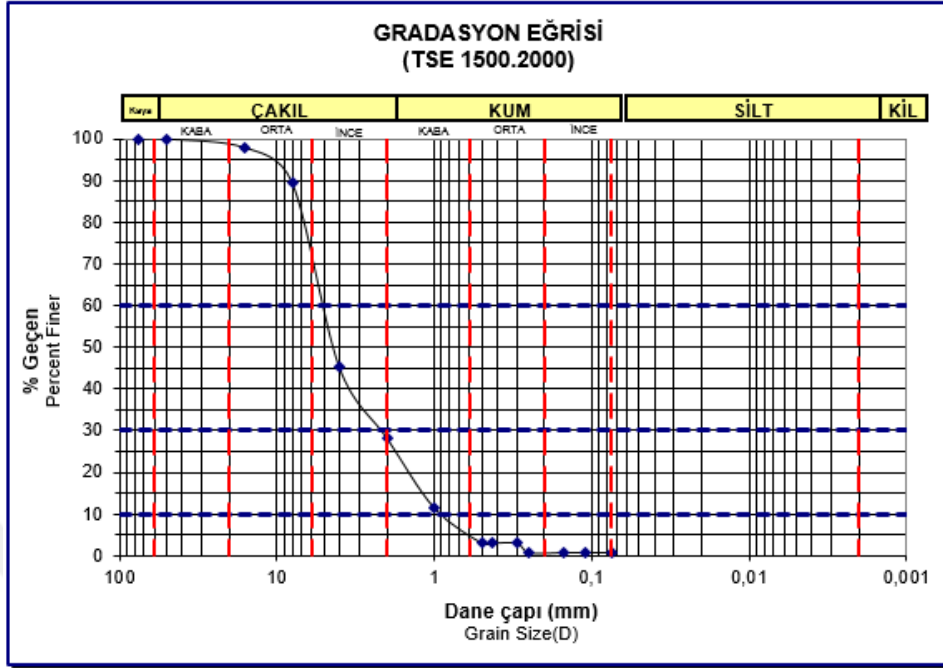
Ek 5. 03.08.2017 tarihinde besleme yapılan bölgede -1 metre derinlikten alınan numune için elde edilen granülometri eğrisi



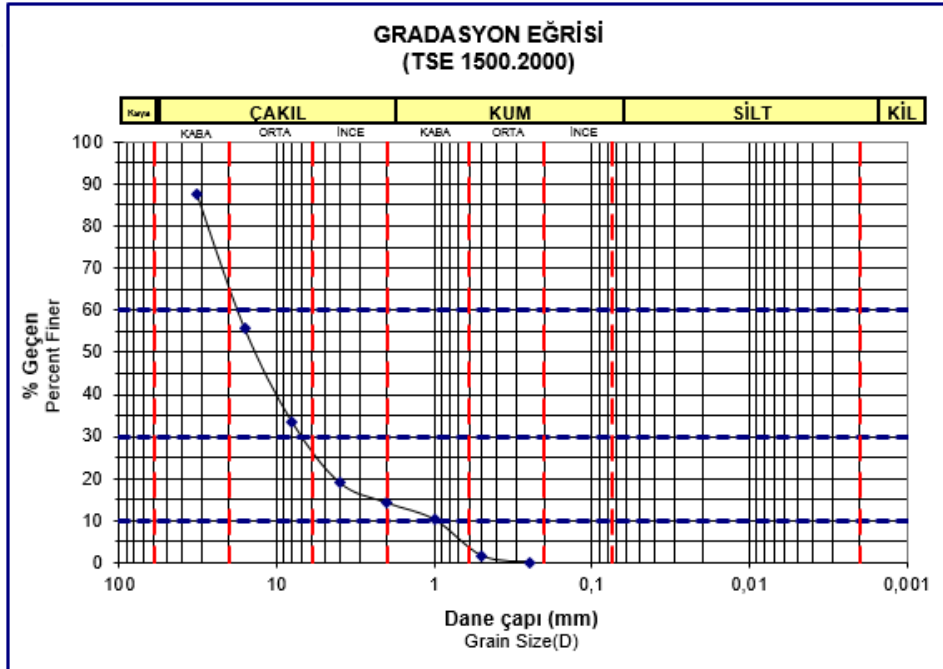
Ek 6. 03.08.2017 tarihinde besleme yapılan bölgede kıyı çizgisinden alınan numune için elde edilen granülometri eğrisi



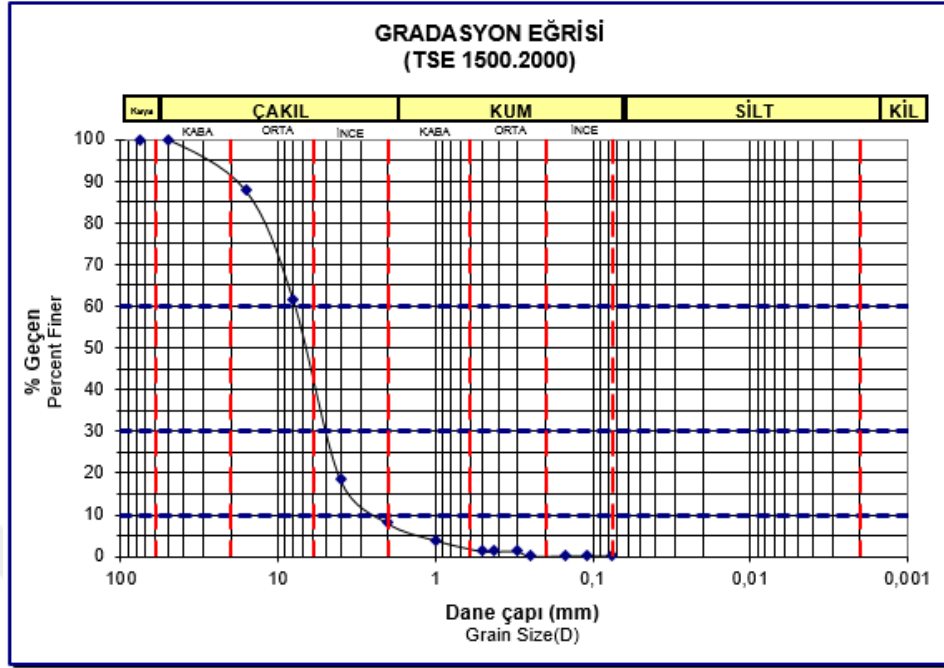
Ek 9. 27.11.2017 tarihinde besleme yapılan bölgede kıyı çizgisinden alınan numune için elde edilen granülometri eğrisi



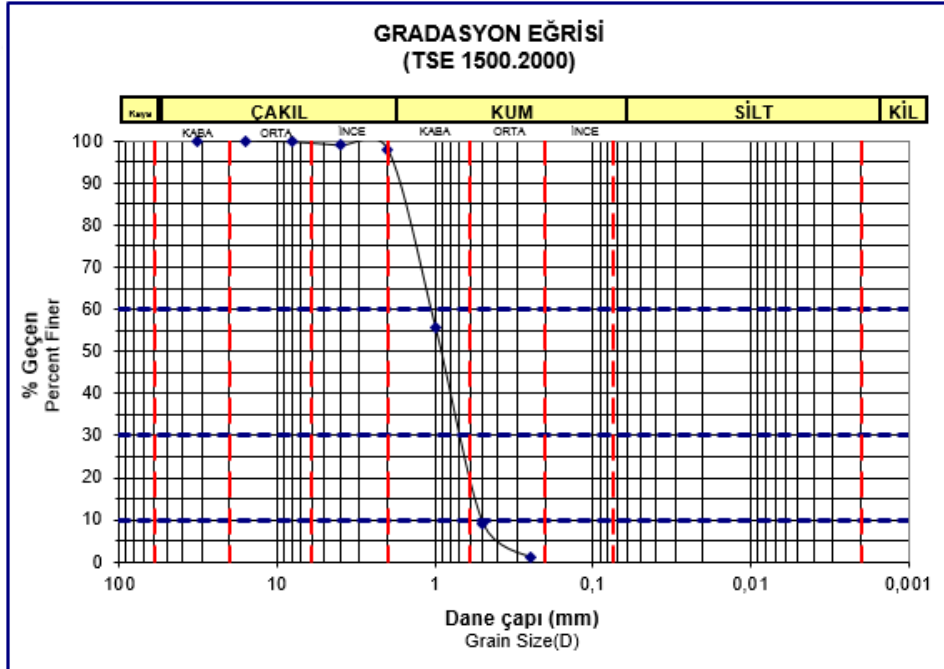
Ek 10. 27.11.2017 tarihinde besleme yapılan bölgede kıyı çizgisi gerisinden alınan numune için elde edilen granülometri eğrisi



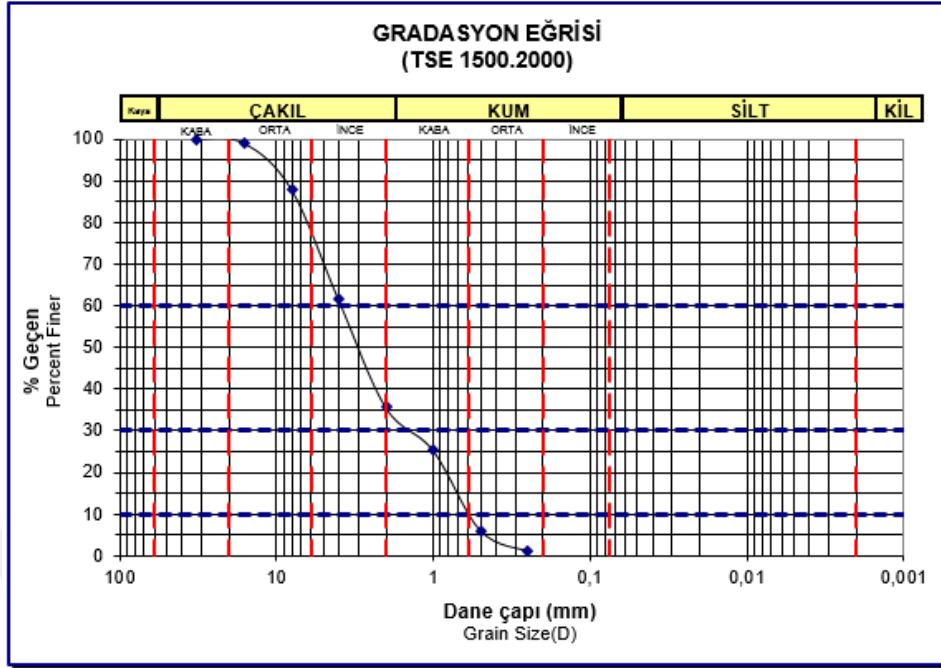
Ek 11. 16.02.2018 tarihinde besleme yapılan bölgede kıyı çizgisinden alınan numune için elde edilen granülometri eğrisi



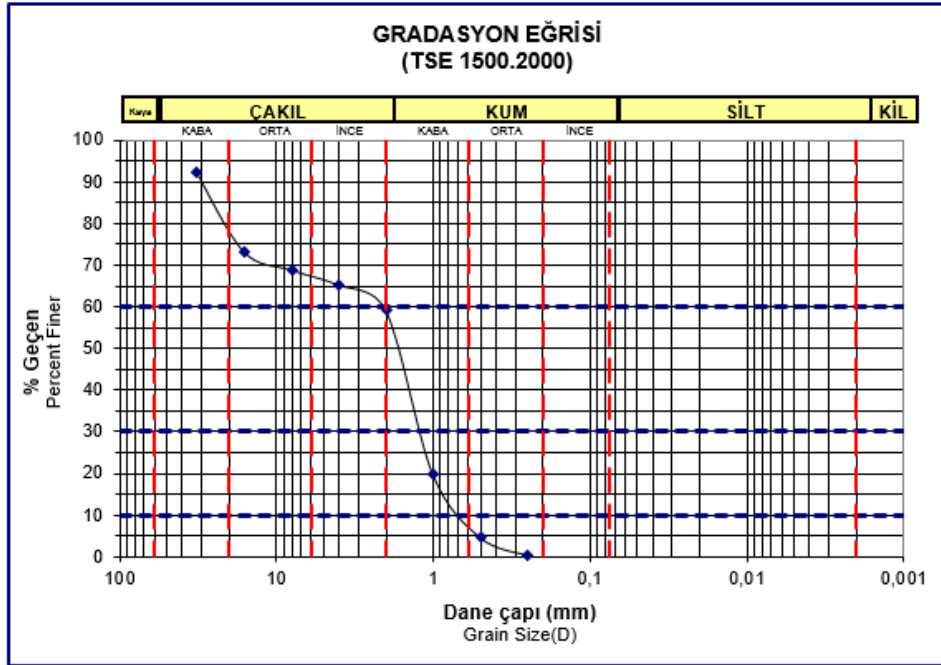
Ek 12. 16.02.2018 tarihinde besleme yapılan bölgede kıyı çizgisi gerisinden alınan numune için elde edilen granülometri eğrisi



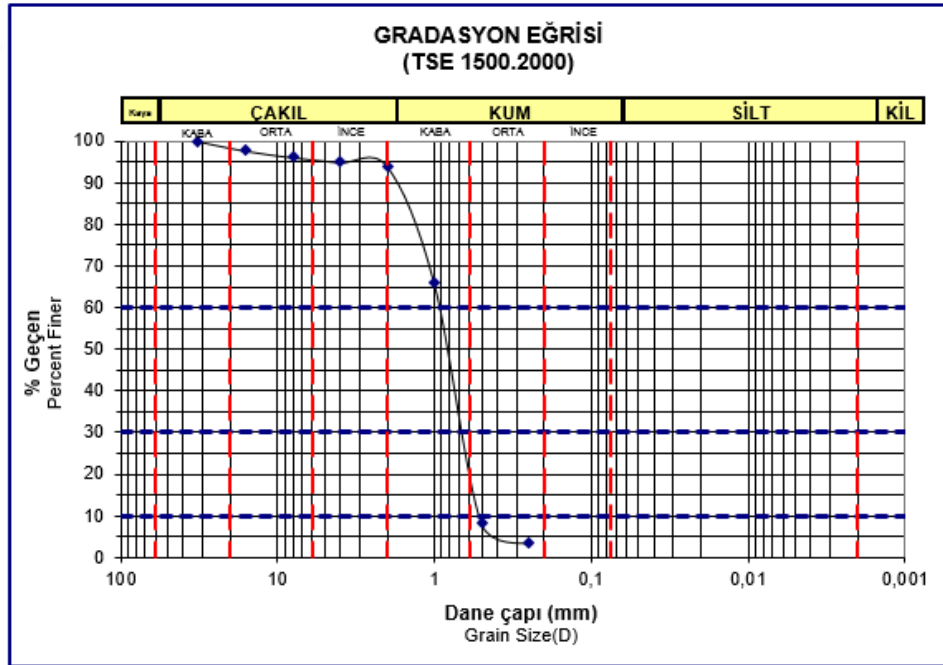
Ek 13. 06.04.2018 tarihinde besleme yapılan bölgede kıyı çizgisinden alınan numune için elde edilen granülometri eğrisi



Ek 14. 06.04.2018 tarihinde besleme yapılan bölgede kıyı çizgisi gerisinden alınan numune için elde edilen granülometri eğrisi



Ek 16. 17.08.2018 tarihinde besleme yapılan bölgede kıyı çizgisi gerisinden alınan numune için elde edilen granülometri eğrisi



ÖZGEÇMİŞ

Enes GÜLKAYA, 01/11/1994 tarihinde Artvin’de doğdu. İlköğrenimini 2008 yılında Rize ili Çayeli ilçesinde İshakoğlu İlköğretim Okulu’nda ve Ortaöğrenimini 2012 yılında Rize Çayeli Anadolu Lisesi’nde tamamladı. 17/09/2012 tarihinde başladığı lisans eğitimini 16/06/2016 tarihinde Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü’nde tamamladı. 2016 yılında Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda başladığı yüksek lisans öğrenimine halen devam etmektedir. 01/02/2019 tarihinden itibaren Limak İnşaat A.Ş. Firması Yusufeli Barajı ve HES İnşaatı Relökasyon Yolları şantiyesinde İnşaat Mühendisi olarak çalışmaktadır.