

**KIYI BOYU SEDİMENT TAŞINIMININ
MODELLENMESİ**

Mehmet ÜLGER

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HAZİRAN 2006
ANKARA**

Mehmet ÜLGER tarafından hazırlanan KIYI BOYU SEDİMENT TAŞINIMININ
MODELENMESİ adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu
onaylarım.

Doç. Dr. Lale BALAS

Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ Anabilim Dalında
Yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: : PROF. DR. AYŞEN ERGİN

Üye : PROF. DR. İBRAHİM GÜRER

Üye :DOÇ. DR. AHMET CEVDET YALÇINER

Üye : DOÇ. DR. CAN E. BALAS

Üye : DOÇ. DR. LALE BALAS

Tarih : 30/06/2006

Bu tez, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Mehmet ÜLGER

KIYI BOYU SEDİMENT TAŞINIMININ MODELLENMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Mehmet ÜLGER

GAZİ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Haziran 2006

ÖZET

Bu tez çalışmasında, zamana ve yere göre değişebilen rüzgar dalgaları ve su seviyesindeki değişimler etkisiyle oluşan kıyı boyu sediment taşınımı ve bunun sonucunda kıyı çizgisinde meydana gelen değişimler incelenmiş ve sayısal olarak benzeştirilmiştir. Benzeştirmelerde, dalgakıran, açık deniz dalgakıranı, deniz duvarı, iskele, mahmuz gibi çeşitli kıyı yapılarının etkilerini benzeştirebilen GENESIS sayısal modeli kullanılmıştır. Model uygulamalarında çalışma alanı olarak Ordu ili Cumhuriyet ve Turna Suyu Mahalleleri sınırları içerisinde yer alan kıyı bölgesi seçilmiştir. Ordu iline ait 16 yıllık (1990-2005) saatlik ortalama rüzgar verileri kullanılarak yöreye ait rüzgar ve dalga iklimi belirlenmiş, dalga etkisiyle kıyı bölgesinde meydana gelen sediment taşınım miktarları ve mevcut durumdaki kıyı yapılarının, Ulaştırma Bakanlığı Samsun Bölge Müdürlüğünün (UBSBM) kıyı bölgesindeki hasarı önlemek amacıyla önermiş olduğu yapıların ve diğer alternatif tasarımların kıyı bölgesindeki etkileri incelenmiştir.

Bilim Kodu : 911.1.083

Anahtar Kelimeler : Kıyasal sediment, kıyıboyu taşınım, sayısal modelleme, rüzgar dalgası, kıyı çizgisi, mahmuz, açık deniz dalgakıranı

Sayfa Adedi : 98

Tez Yöneticisi : Doç. Dr. Lale BALAS

NUMERICAL MODELLING OF LONGSHORE SEDIMENT TRANSPORT

(M. Sc. Thesis)

Mehmet ÜLGER

GAZİ UNIVERSITY

INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

June 2006

ABSTRACT

In this study longshore sediment transport and resultant shoreline changes have been investigated and numerically simulated under the effect of wind waves that change in time and in space and under the effect of water level changes. In the simulations, numerical model GENESIS that includes the effects of coastal structures like breakwaters, offshore breakwaters, sea walls, piers and groins. Model has been applied to shoreline of coastal city Ordu, Cumhuriyet and Turna Suyu Province. Long term wind analysis has been performed based on 16 years(1990-2005) period hourly averaged wind data of Ordu and wind climate has been determined. The longshore sediment transport rates and effects of existent coastal structures on the shoreline have been investigated. The shoreline changes due to coastal structures proposed by Ministry of Transport Samsun Regional Directorate (UBSBM) to protect the shoreline have been analysed. Other alternative coastal structures have been proposed to protect the shoreline and their effects have been simulated.

Science Code : 911.1.083

Key Words :Coastal sediment, longshore transport, numerical modelling, wind waves, shoreline, groin, offshore breakwater

Page Number : 98

Adviser : Assoc. Prof. Dr. Lale BALAS

TEŞEKKÜR

Bana her zaman yol gösteren ve çalışmalarım boyunca değerli bilgi, katkı ve manevi desteği ile bana ışık tutan değerli ve sevgili hocam Doç. Dr. Lale BALAS'a, daima yaptıklarımda yanımda olan, beni maddi ve manevi yönden destekleyen sevgili annem Zahide ÜLGER, babam Cahit ÜLGER, kardeşlerim Selçuk, Süreyya ve Papatya ÜLGER'e, TOBB Sanayi Müdürü Mehmet Ali BAYRAM'a, Tez çalışmam esnasında gerekli bilgi ve belgelerin sağlanması hususunda yardımlarını esirgemeyen DLH Araştırma Dairesi Başkanlığına teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	x
RESİMLERİN LİSTESİ.....	xiii
HARİTALARIN LİSTESİ.....	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xv
1. GİRİŞ	1
2. ÇALIŞMA ALANI	6
3. DALGA İKLİMİ.....	14
3.1. Rüzgar İklimi.....	14
3.2. Dalga İklimi.....	15
3.3. Dalga İstatistiği.....	17
4. GENESIS.....	18
4.1. GENESIS'in Kapasitesi ve Sınırları.....	18
4.2. GENESIS'in Dosya Yapısı.....	20
4.3. Kıyı Çizgisi Değişimi Modellemesinin Temel Varsayımları.....	21
4.4. Kıyı Çizgisi Değişikliği için Denklem Sistemi.....	22
4.4.1. Kum taşınım oranı.....	24
4.4.2. Kıyı çizgisi konumunda doğrudan değişim.....	25
4.4.3. Kıyı akıntısı taşıma derinliği.....	25

Sayfa

4.4.4. Ortalama profil şekli ve eğim.....	27
4.4.5. Dalga transformasyonu.....	29
4.4.6. Çözüm Ağı Sistemi ve Sonlu Farklar Çözüm Planı.....	42
5. SAYISAL MODEL UYGULAMALARI.....	45
5.1. Mevcut Durum.....	46
5.2. UBSBM'nin Önerdiği Proje.....	50
5.3. Tasarım-1.....	54
5.4. Tasarım-2.....	56
5.5. Tasarım-3 ve Tasarım-4.....	58
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	63
KAYNAKLAR.....	66
EKLER.....	68
EK-1 Ordu yöresi yönlerine göre rüzgar hızı ve oluşum sayıları	69
EK-2 Rüzgar ve dalga iklimi.....	77
EK-3 Yönlerine göre uzun dönem belirgin dalga yüksekliği aşılma olasılığı.....	79
EK-4 Genesis girdi ve çıktı dosyaları.....	83
EK-5 Sediment numuneleri için elek analizi sonucu.....	97
ÖZGEÇMİŞ.....	98

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. Yönlere göre kabarma alanı uzunlukları.....	15
Çizelge 3.2. Yönlere göre yılda 10 gün gelme olasılığı olan dalgaların belirgin dalga yükseklikleri (H) ve dalga dönemleri (T).....	16
Çizelge 3.3. Etkin rüzgar yönleri ve dağılım oranları.....	16
Çizelge 3.4. Etkin dalga yönleri ve dağılım oranları.....	16

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Çalışma alanının 1986-2005 yılları arasındaki kıyı durum planı.....	7
Şekil 2.2. UBSBM tarafından 2004 yılı sonlarında yapılan kıyı koruma yapıları.....	8
Şekil 2.3. UBSBM tarafından önerilen 8 adet açık deniz dalgakıranı.....	13
Şekil 3.1. Ordu ili rüzgar gülü.....	14
Şekil 3.2. Kabarma alanı çalışması.....	15
Şekil 4.1. Genesis modeli girdi ve çıktı dosyaları.....	20
Şekil 4.2. Kıyı çizgisi değişikliği hesabı için tanım taslağı (a) Kesit görünümü, (b) Plan görünümü	23
Şekil 4.3. Sinüsoidal dalga profili	29
Şekil 4.4. Doğrusal batimetri halinde dalga sapması	35
Şekil 4.5. Dalga sapması tanımları.....	35
Şekil 4.6. Derin suda limit dalga dikliğine sahip dalga.....	38
Şekil 4.7. Dalga akıntıları (a) Kıyı boyu akıntıları, (b) Dik yaklaşım açısı ile yaklaşan dalga nedeniyle oluşan rip akıntısı, (c) Belli bir yaklaşım açısı ile yaklaşan dalga nedeniyle oluşan rip akıntısı.....	41
Şekil 4.8. GENESIS Modeli Çözüm Ağı.....	42
Şekil 5.1. Mevcut kıyı durumunun modellemeye tanımlanması.....	45
Şekil 5.2. Mevcut durumda Kuzey Batı (NW) yönünden belirgin dalga yüksekliği (H_s) = 1 m, belirgin dalga dönemi (T) = 3 sn değerleri için 1 yıl sonrasındaki kıyı değişimi.....	47
Şekil 5.3. Mevcut durumda Kuzey Kuzey Batı (NNW) yönünde H_s = 1 m, T = 3 sn değerleri için 1 yıl sonrasındaki kıyı değişimi.....	48
Şekil 5.4. Mevcut durumda Kuzey Kuzey Doğu (NNE) yönünde H_s = 1 m, T = 4 sn değerleri için 3 ay sonrasındaki kıyı değişimi.....	48

Şekil	Sayfa
Şekil 5.5. Mevcut durumda Kuzey Doğu (NE) yönünde Hs = 0,5 m, T = 2 sn değerleri için 1 yıl sonrasındaki kıyı değişimi.....	49
Şekil 5.6. Mevcut durumda Doğu Kuzey Doğu (ENE) yönünde Hs = 0,5 m, T = 2 sn değerleri için 1 yıl sonrasındaki kıyı değişimi.....	49
Şekil 5.7. UBSBM tarafından önerilen proje için NW yönünde Hs = 1m, T = 3 sn Permeabilite (p) = 0,2 değerleri için 7 ay sonrasındaki kıyı değişimi.....	51
Şekil 5.8. UBSBM tarafından önerilen proje için NW yönünde Hs = 1m, T = 3 sn p = 0,3 değerleri için 5 ay sonrasındaki kıyı değişimi.....	52
Şekil 5.9. UBSBM tarafından önerilen proje için NNW yönünde Hs = 1 m, T = 3 sn p = 0,2 değerleri için 10 ay sonrasındaki kıyı değişimi.....	52
Şekil 5.10. UBSBM tarafından önerilen proje için NNW yönünde Hs = 1 m, T = 3 sn p = 0,3 değerleri için 8 ay sonrasındaki kıyı değişimi.....	53
Şekil 5.11. UBSBM tarafından önerilen proje için NNE yönünde Hs = 1 m, T = 4 sn p = 0,2 değerleri için 3 ay sonrasındaki kıyı değişimi.....	53
Şekil 5.12. UBSBM tarafından önerilen proje için NNE yönünde Hs = 1 m, T = 4 sn p = 0,3 değerleri için 3 ay sonrasındaki kıyı değişimi.....	54
Şekil 5.13. Tasarım-1 için NW yönünde Hs = 1m, T = 3 sn değerleri için 1 yıl sonrasındaki kıyı değişimi.....	55
Şekil 5.14. Tasarım-1 için NNW yönünde Hs = 1m, T = 3 sn değerleri için 1 yıl sonrasındaki kıyı değişimi.....	55
Şekil 5.15. Tasarım-1 için NNE yönünde Hs = 1m, T = 4 sn değerleri için 1 yıl sonrasındaki kıyı değişimi.....	56
Şekil 5.16. Tasarım-2 için NW yönünde Hs = 1m, T = 3 sn değerleri için 1 yıl sonrasındaki kıyı değişimi.....	57
Şekil 5.17. Tasarım-2 için NNW yönünde Hs = 1m, T = 3 sn değerleri için 1 yıl sonrasındaki kıyı değişimi.....	57

Şekil	Sayfa
Şekil 5.18. Tasarım-2 için NNE yönünde $H_s = 1\text{m}$, $T = 4\text{ sn}$ değerleri için 1 yıl sonrasındaki kıyı değişimi.....	58
Şekil 5.19. Tasarım-3 için NW yönünde $H_s = 1\text{m}$, $T = 3\text{ sn}$ değerlerin için 1 yıl sonrasındaki kıyı değişimi.....	59
Şekil 5.20. Tasarım-3 için NNW yönünde $H_s = 1\text{m}$, $T = 3\text{ sn}$ değerleri için 1 yıl sonrasındaki kıyı değişimi.....	60
Şekil 5.21. Tasarım-3 için NNE yönünde $H_s = 1\text{m}$, $T = 4\text{ sn}$ değerleri için 1 yıl sonrasındaki kıyı değişimi.....	60
Şekil 5.22. Tasarım-4 için NW yönünde $H_s = 1\text{m}$, $T = 3\text{ sn}$ değerleri için 1 yıl sonrasındaki kıyı değişimi.....	61
Şekil 5.23. Tasarım-4 için NNW yönünde $H_s = 1\text{m}$, $T = 3\text{ sn}$ değerleri için 1 yıl sonrasındaki kıyı değişimi.....	61
Şekil 5.24. Tasarım-4 için NNE yönünde $H_s = 1\text{m}$, $T = 4\text{ sn}$ değerleri için 1 yıl sonrasındaki kıyı değişimi.....	62

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1. M1'in batı ve doğu kısımları (a) Çalışma alanı, (b) M1'in batısındaki yığılma, (c) M1'in doğusundaki oyulma.....	9
Resim 2.2. Mahmuz-2'nin mevcut durumu.....	10
Resim 2.3. Açık deniz dalgakıranı ve Mahmuz -3	11
Resim 2.4. Mahmuz-3 ün doğusunda kıyı boyunca yerleşim yerlerinde ve ekili arazide meydana gelen hasarlar.....	12

HARİTALARIN LİSTESİ

Harita	Sayfa
Harita 2.1. Çalışma alanı.....	6
Harita 3.1. Kabarma alanı çalışması	15

SİMGELER VE KISALTMALAR

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

Simgeler	Açıklama
A	Ölçü parametresi
a_1, a_2	Boyutsal olamayan parametreler
b	Dalga kırılmasını ifade eden alt simge
C	Dalga yayılma hızı
C_g	Lineer dalga teorisine göre, dalga grubu hızı
C_0	Derin su dalga yayılma hızı
D	Su derinliği
D_B	Su düzeyi üstünde kalan düşey uzunluk
D_C	Su düzeyi altındaki kapanma derinliği
D_{LT}	Kıyı akıntısıyla kum taşınım derinliği
D_{LT0}	Kıyı akıntısı taşımasının azami derinliği
d_{50}	Kıyı kumsal tane boyutu
E_{a1}, E_{a0}	Özgül dalga enerjisi
g	Yerçekimi ivmesi
H	Dalga yüksekliği
H_0	Derin su belirgin dalga yüksekliği
H_d	Dönen dalganın yüksekliği
H_s	Gelen dalganın yüksekliği

Simgeler**Açıklama** **H_e**

Bir yılda sadece 12 saat süreli meydana gelen dalga yüksekliği

 $(H_{1/3})_b$

Kırılma derinliğindeki belirgin dalga yüksekliği

 K_1, K_2

Kalibrasyon parametresi

 K_d

Dönme katsayısı

 K_r

Sapma katsayısı

 K_s

Sığlaşma katsayısı

 k

Dalga numarasını

 L

Herhangi bir derinlikteki dalga boyu

 L_0

Derin su dalga boyu

 P

Basınç

 P_1, P_0

Enerji akıları

 p_0

Kumun porozitesi

 q_0

Açık denizden gelen kum taşınımı

 q_s

Kıyıdan gelen kum taşınımı

 ρ_s

Kum yoğunluğu

 ρ

Su yoğunluğu

 T

Dalga dönemi

 T_e

Bir yılda sadece 12 saat süreli meydana gelen dalga dönemi

 u

Yatay hız bileşeni

 ΔV

Birim hacim değişikliği

 Δx

Kıyı çizgisinin kıyı boyu uzunluğu

Simgeler**Açıklama****w**

Açısal frekans, düşey hız bileşeni

y_{LT}

Kıyı bölgesi genişliği

Δy

Kıyı çizgisinin kıyı boyu uzunluğu

θ_{bs}

Kırılan dalgaların dalga yaklaşım açısı

Tanβ

Kıyı çizgisinden, kıyı akıntısı kum taşınması derinliğine kadar olan ortalama dip eğimi

γ

Kırılma indeksi

φ

Potansiyel akım fonksiyonu

α₀

Derin su dalga sırtının batimetri ile yaptığı yaklaşım açısı

Kısaltmalar**Açıklama****GENESIS**

Kıyı çizgisi değişikliği benzeşimi için geliştirilmiş sayısal model

UBSBM

Ulaştırma Bakanlığı Samsun Bölge Müdürlüğü

M1

Mahmuz –1

M2

Mahmuz-2

M3

Mahmuz-3

ADD

Açık deniz dalgakıranı

N

Kuzey

NNW

Kuzey kuzey batı

NW

Kuzey batı

WNW

Batı kuzey batı

W

Batı

Kısaltmalar	Açıklama
WSW	Batı güney batı
SW	Güney batı
SSW	Güney güney batı
S	Güney
SSE	Güney güney doğu
SE	Güney doğu
ESE	Doğu güney doğu
E	Doğu
ENE	Doğu kuzey doğu
NE	Kuzey doğu
NNE	Kuzey kuzey doğu

1. GİRİŞ

Dünya nüfusunun yaklaşık üçte ikisinin yaşadığı, deniz ve kara arasındaki geçişi sağlayan kıyı alanları ülkeler için sosyo-ekonomik olarak önemli yerlerdir.

Bu alanlarda yer alan liman, iskele, barınak yerleri yada kıyı alanlarının korunması amacıyla yapılan dalga kıranlar, mahmuzlar, kıyı duvarları vb. yapılar, gelişmiş yada gelişmekte olan ülkelerde hızlı bir şekilde artış göstermektedir. Çoğunlukla yüksek maliyetli olan bu yapılar yapılırken, uygun kıyı alanlarının seçilmesi, çevreye en az zarar verecek şekilde tasarlanması, ekonominin gözetilmesi gibi hususlara dikkat edilmesi gerekmektedir.

Kıyı alanlarında, doğal (iklim değişikliği gibi) yada yapay nedenler (kıyı yapıları gibi) etkisiyle akıntı düzeni değişmekte, kıyı boyu ve kıyıya dik sediment taşınımı artmakta, bunun sonucunda kıyılarda erozyon (oyulma) yada yığılma meydana gelmektedir.

Kıyı boyu sediment taşınımının temel etkeni dalga kırılması ile oluşan akıntılardır. Dalga etkenli akıntıların benzeştirilebilmesi için dalga transformasyon çalışması yapılmalıdır. Dalga transformasyonu temel olarak, derin denizde rüzgar etkisiyle oluşan dalgaların derin denizden sığ denize doğru ilerlerken uğradıkları sapma, dönme, sıkışma, yansıma ve kırılma olaylarını içermektedir. Sediment taşınımının başarı ile benzeştirilebilmesi dalga etkisiyle oluşan akıntı düzenin, dalga etkisiyle oluşan akıntı düzeni de dalga transformasyonun başarı ile benzeştirilebilmesine bağlıdır.

Dalgalar, açık kıyılardaki, katı madde taşınımını kontrol eden ve kıyı morfolojisini belirleyen ana unsurdur. Bu nedenle katı madde taşınımının incelenebilmesi için dalgalar iyi anlaşılmalı ve sediment taşınımı çalışması yapılabilmesi için de proje bölgesinin dalga iklimi belirlenmelidir.

Sediment taşınımı modellenmesi aşağıdaki çalışmaları içerir;

1-) Dalga İkliminin belirlenmesi

2-) Dalga transformasyon çalışması (sapma, dönme, sığlaşma, yansıma ve kırılma olayları) yapılarak rüzgar etkisiyle derin denizde oluşan dalgaların kıyıya taşınması ve kıyı bölgesinde dalga yüksekliklerinin, dalga yaklaşım açılarının, gerilme akısı dağılımların belirlenmesi

3-) Dalga etkisiyle oluşan akıntı düzenin belirlenmesi

4-) Dalga etkisiyle oluşan akıntılarla sediment taşınım yönü ve taşınan madde miktarının belirlenmesi ve kıyı yapılarının bu taşınım üzerindeki etkilerinin araştırılması.

Kıyılar üzerinde oluşan değişikliklerin özellikle de zaman içerisinde gerçekleşen taşınım olaylarının, alansal ölçümlerle belirlenmesi veya fiziksel modellerle incelenmesi hem zor hem de pahalı çalışmalar gerektirmektedir. Her geçen gün gelişen ve kapasitesi artan bilgisayarlar ile kıyılardaki sediment hareketlerinin sayısal benzeşim modelleri kullanılarak modellenmesi ve bu sayede kıyı alanında uzun dönemler içerisinde meydana gelen değişimlerin (oyulma, yığılma) başarılı bir şekilde benzeştirilmesi sağlanabilmektedir.

Bu tez çalışmasında, Ordu ili Cumhuriyet ve Turna Suyu mahallesi kıyı bölgesi çalışma alanı olarak seçilmiş, çalışma alanı olarak seçilen yaklaşık 1700 metre uzunluğundaki kıyıda oluşan kıyı erozyonunun engellenmesi için Ulaştırma Bakanlığı Samsun Bölge Müdürlüğü (UBSBM) tarafından önerilen 8 adet açık deniz dalgakıranı ve yapılabilecek diğer alternatif koruma yapıları, kıyı hattı değişim modeli olan GENESIS (Generalized Model for Simulating Shoreline Change) sayısal modeli kullanılarak modellenmiştir. Bu model kıyı yapılarının etkisini de gözleterek kıyısal sediment taşınımını başarılı bir şekilde benzeştirmektedir [1].

Kıyılusal alanlarda sediment taşınımıyla ilgili bazı çalışmalar

Sediment taşınım modelleri, kıyılusal alanlarda hidrodinamik sistemlerdeki sediment hareketinin anlaşılabilmesini ve benzeştirilmesini hedeflerler. Bir sediment taşınım modelinin sonuçları, sediment yığılması ve aşınması (erozyon) miktarlarını, sediment taşınım kıyıboyu yollarını ve şekillerini, kıyı yapıları ile etkileşimlerini içerir. Sediment taşınım modellerinin büyük bir çoğunluğu, zamana göre değişen hidrodinamik ve sediment taşınımı eşitliklerini çözmektedirler.

Kıyılusal alanlardaki sediment türlerinin, dane çaplarının ve taşınım mekanizmalarının farklılığından ötürü, sediment hareketini benzeştirmek üzere farklı matematiksel eşitlikler çözümlenmektedir [2,3]. Kohezif ve kohezif olmayan sediment türlerinin hareketlerindeki farklılıklar, farklı eşitlikler ile incelenmektedir. Bu nedenle kum taşınımı ve çamur hareketi farklı modeller ile benzeştirilmektedir. Sediment taşınım modellerinin büyük bir çoğunluğunda sayısal olarak çözümlenen temel eşitlikler aşağıdakileri içermektedir:

- 1-) Kütlenin korumu denklemi: Akıntı hızı tahminlerini ve çeşitli sediment karakteristikleri kullanılarak, sediment derişimleri hesaplanır. Çözüm türbülans etkileri de içerebilir [4].
- 2-) Hareket denklemi: Akışkan-sediment karışımının hareket dengesi çözülerek, askıdaki maddelerin taşınımına olan etkileri incelenebilir.
- 3-) Sediment taşınım denklemi: Sedimentin ortalama akıntıyla yatayda ve derinlik boyunca ilerlemesi, türbülans ile dağılımı ve çökmesi çözümlenir.

Bu eşitlikler sayısal olarak çözümlenmeden önce, dane çapı, sediment yoğunluğu, kritik kesme gerilmesi, taban kesme gerilmesi, çökme hızı gibi sediment özellikleri belirlenmelidir [5]. Birçok sediment taşınım modelleme çalışmaları, doğru sediment dağılımlarının ancak kıyı alanındaki tuzluluk dağılımını etkileyen nehir akışı, gelgit akıntıları, deniz tabanı bitki örtüsü, ve topografyanın doğru olarak belirlenmesi ile

incelenebileceğini göstermiştir. Bu da kıyı alanındaki akıntı düzeninin doğruluğunun sediment taşınımı benzeştirmelerindeki önemini vurgulamaktadır [6, 7].

Hayter ve Mehla (1986), iki boyutlu, derinlik boyunca ortalama değerlerle çalışan, sonlu elemanlar (FE) kohezif sediment taşınımı modeli (CSTM-H) geliştirmişlerdir. Model, su geçitlerinde bakım ve işletmenin devamlılığı için tarama yapılmasına neden olabilecek sediment yığılması miktarını ve tekrar birikme süresini tahmin etmek için geliştirilmiştir. Yayılma ve ilerleme denkleminin üzerinde Galerkin ağırlıklı kalanlar yöntemi uygulanmıştır. Model sonuçları oyulma-yığılma deneylerinden elde edilen sonuçlarla doğrulanmıştır [8].

Glenn ve Grant (1987), hareketli sedimentli bir tabanda, dalga ve akıntının birleşimi için basit bir model önermişlerdir. Momentumun korunumu ve sediment kütle denklemleri, askı maddesi konsantrasyonu ve taşınım profilleri, dalga ve akıntı etkenleri ile çözülmüştür. Çalışma içerisinde, akıntı dalga etkileşiminin, ortalama askı maddesi konsantrasyonu ve taşınımı üzerine etkisini göstermek için örnek çözümler verilmiştir [9].

Kıyısız alanlarda sediment taşınımı, sediment birikimi ve aşınması, sistemin hidrodinamiğini de etkiler. Yüksek miktarlardaki sediment birikimi gelgit akışını hızlandırıp akış düzenini değiştirebilir. Bu nedenle sediment taşınım modelleri 1-2 gelgit devinimi süresince benzeşim için kullanılmalıdır. Dinamik kıyı sistemleri için uygulanan modeller, kıyı tabanının zaman içerisinde morfolojik değişimine olanak verebilmelidir [10, 11].

Normal dalga koşullarında, kıyı boyu sediment taşınımı, sedimentin kıyıya paralel kıyı boyu akıntılarıyla taşınması hareketidir. Sediment benzer şekilde kıyıya dik yönde de taşınır ve kıyı tabanının denge profilini belirler. Büyük dalgalar ve fırtına kabarmaları ile artan su düzeyi kıyı boyu ve kıyıya dik yöndeki sediment taşınımını hızlandırır. Doğada her iki taşınım aynı anda olabildiği halde, genelde basitleştirici yaklaşımlar ile mühendislik uygulamalarında, kıyı boyu ve kıyıya dik yöndeki sediment taşınımı ayrı ayrı modellenmektedir. Kıyı boyu sediment taşınımı modelleri

yaklaşık olarak son 50 yıldır kullanılmaya başlanmıştır. Kıyıya dik yöndeki taşınım ise son 20 yıldır modellenmektedir. Kıyı boyu sediment taşınım modelleri, kıyıya dik yöndeki taşınım modellerinden daha fazla gelişmiş ve doğrulanmıştır [12, 13].

Kıyı boyu taşınımında dalga yüksekliği, dalga yaklaşım açısı ve sediment büyüklüğü önemli etkenlerdir [14]. Sediment dane çapı etkisi birçok araştırmacı tarafından incelenmiş ve bir sediment taşınım katsayısı olarak ifade edilmiştir [15]. Dean (1987), sediment dane çapı büyüdükçe, sediment taşınım katsayısının azaldığını göstermiştir [16].

En yaygın olarak kullanılan kıyı boyu sediment taşınımı modellerinden birisi US Army Corps of Engineers tarafından geliştirilen GENESIS dir. Diğer kıyı boyu sediment taşınımı modellerinden bazıları Dean and Dalrymple (2001) and Dean and Yoo (1992)' de sunulmuştur [17].

En yaygın olarak kullanılan kıyıya dik yöndeki sediment taşınımı modeli yine US Army Corps of Engineers tarafından geliştirilen SBEACH 'dir [18]. Diğer kıyıya dik yöndeki sediment taşınımı modellerinden bazıları Dean and Dalrymple (2001) de verilmiştir.

J. K. Miller and R. G. Dean (2004) tarafından bir kıyı çizgisi değişimi modeli geliştirilmiş ve saha ölçümleri ile gerçekleştirilmiştir. Model su seviyesi değişimi ve dalga verileri ile çalışmakta ve kıyı çizgisinin kıyı boyu ve kıyaya dik yöndeki zamanla değişimini benzeştirmektedir. Modelde bölgesel gelgit ve rüzgar kabarması etkisi de gözetilmektedir. Kumsaldaki birikme hızı kırılma bölgesi Froude Sayısı, aşınma hızı ise kırılan dalga yüksekliği ile ilişkilendirilmiştir [19].

2. ÇALIŞMA ALANI

Ordu ili 37-38 derece doğu meridyenleri, 40-41 derece kuzey paralelleri arasında yer almaktadır. Doğuda Giresun, Batıda Samsun, Güneyde Sivas ve Tokat, Kuzeyde Karadeniz ile çevrili olup toplam kıyı uzunluğu 100 km kadardır (Harita 2.1) [20].



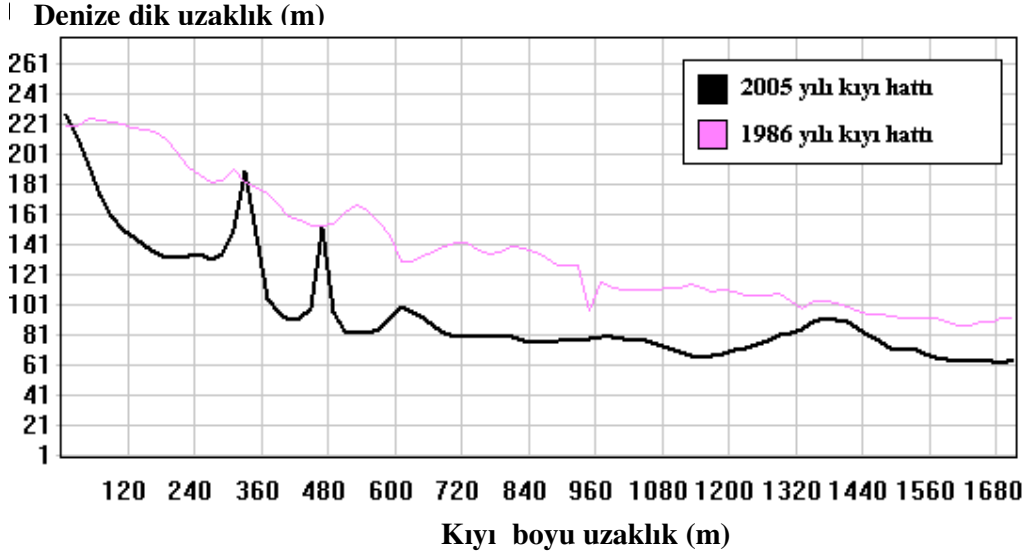
Harita 2.1. Çalışma alanı

Ordu kıyıları özellikle Karadenizin “Kuzey - Batı” yönlü dalgalarının vermiş olduğu hasarlar nedeniyle kıyı koruma yapılarına ihtiyaç duymaktadır. Bu yüzden merkeze yakın kıyılarda bu hasarları azaltmak amacıyla bir çok mahmuz ve dalgakıran yapılmıştır.

Bu yapılar, yapıldıkları alanlarda kısmi de olsa hasarları engelledikleri halde, kıyının ilerleyen kesimlerinde oyulma ya da yığılmalara neden olabilmekte, kıyı morfolojisinin sürekli olarak değişmesine yol açmaktadırlar. Ordu ilinin doğusunda yer alan Cumhuriyet ve Turna Suyu Mahallesi sınırları içerisinde yer alan kıyı bölgesi bunun güzel bir örneğidir.

Cumhuriyet ve Turna Suyu mahalleri sınırları içerisinde yer alan kıyı bölgesinde yıllar içerisinde meydana gelen erozyonun boyutu, Ulaştırma Bakanlığı Samsun

Bölge Müdürlüğü (UBSBM) tarafından hazırlanmış olan 1986 ve 2005 yılları kıyı bölgesine ait durum planında açık olarak görülmektedir .Yaklaşık olarak yirmi yıllık süre zarfında iç kesimlere doğru 80 metreye varan kıyı erozyonu meydana gelmiştir. (Şekil 2.1)



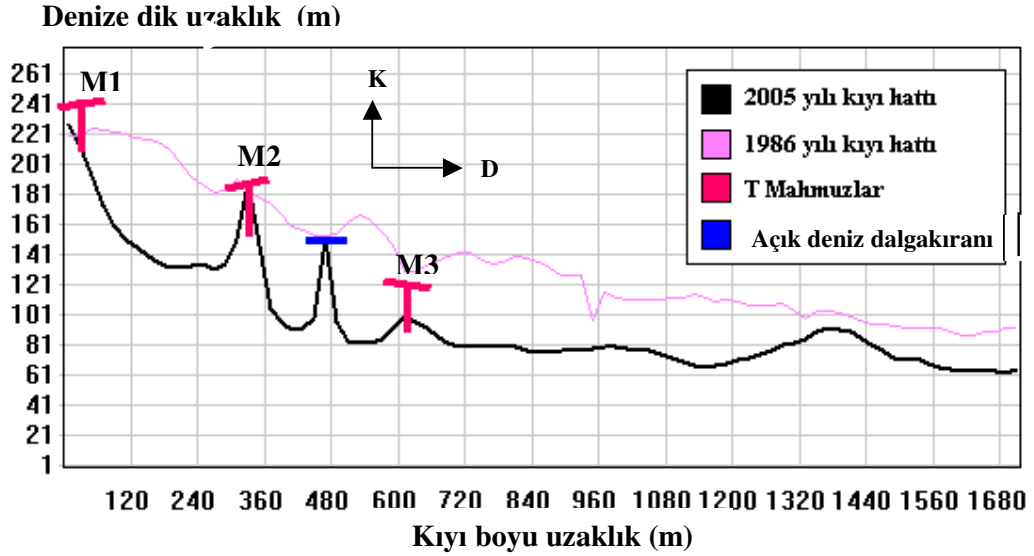
Şekil 2.1. Çalışma alanının 1986-2005 yılları arasındaki kıyı durum planı

Kıyı erozyonu sonucu , bölgedeki yerleşim yerleri ve tarım alanları zarar görmüştür. Bu zararın engellenmesi amacıyla 2004 yılı sonlarında bölgeye UBSBM tarafından 2 adet T mahmuz (M2 ve M3) ve 1 adet açık deniz dalgakıranı (ADD) yapılmıştır (Şekil 2.2).

6 Şubat 2006 tarihinde yerinde yapılan incelemeler neticesinde, varolan yapıların yapıldıkları lokal alanlar dışında gerekli korumayı sağlayamadığı, kıyı hattının doğusunda kıyı erozyonunun devam ettiği, yerleşim yerlerinin ve tarım alanlarının bu erozyondan etkilenerek büyük zararlara uğradığı görülmüştür.

Şekil 2.2 de ve resimlerde de görüleceği üzere dalgaların vermiş olduğu zararlar küçümsenemeyecek boyutlara ulaşmıştır. Yerleşim yerlerinde bulunan kişiler ile yapılan görüşmelerde ve 1700 metrelik kıyı hattı boyunca yerinde yapılan

incelemelerde, mevcut mahmuzların yetersiz kaldığı, gerekli önlemler alınmaz ise dalgaların kıyı bölgesine vereceği zararların artarak devam edeceği gözlemlenmiştir.



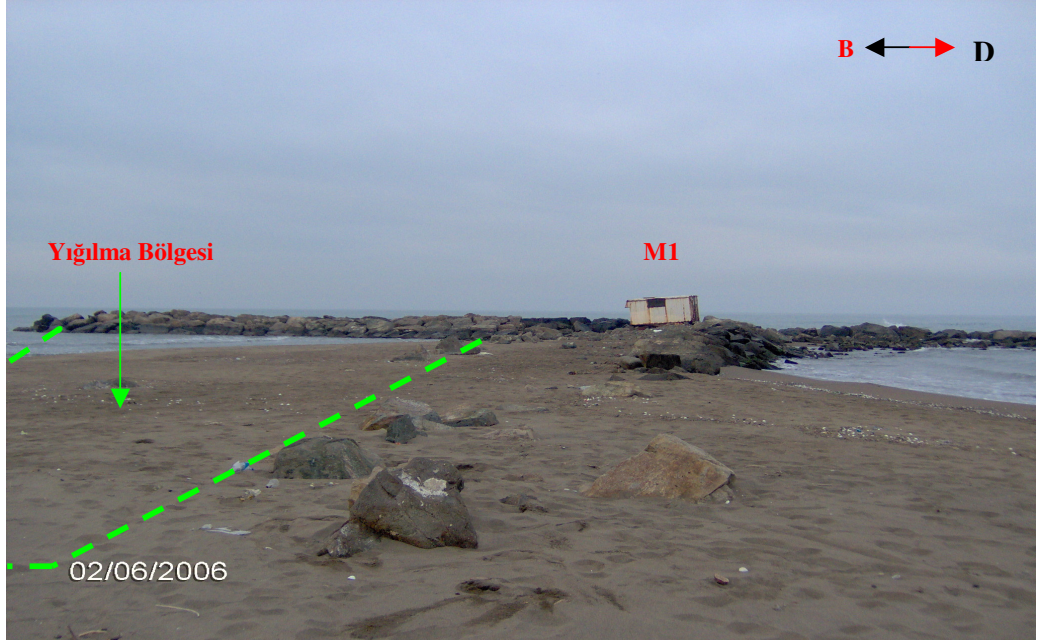
Şekil 2.2. UBSBM tarafından 2004 yılı sonlarında yapılan kıyı koruma yapıları

Bu tez çalışmasında Şekil 2.2 de verilen, M1'in doğusunda yer alan kıyı boyu çalışma alanı olarak seçilmiştir (Resim 2.1.a).

Çalışma alanının en batısında yer alan M1'in yapım tarihiyle ilgili net bir bilgi elde edilememiştir. Bu mahmuzun, çalışma alanı dışında kalan Batı kısmında kuzey – batı yönlü dalgaların etkisiyle kum yığılması (Resim 2.1.b), doğusunda ise oyulma (Resim 2.1.c) meydana gelmiştir.

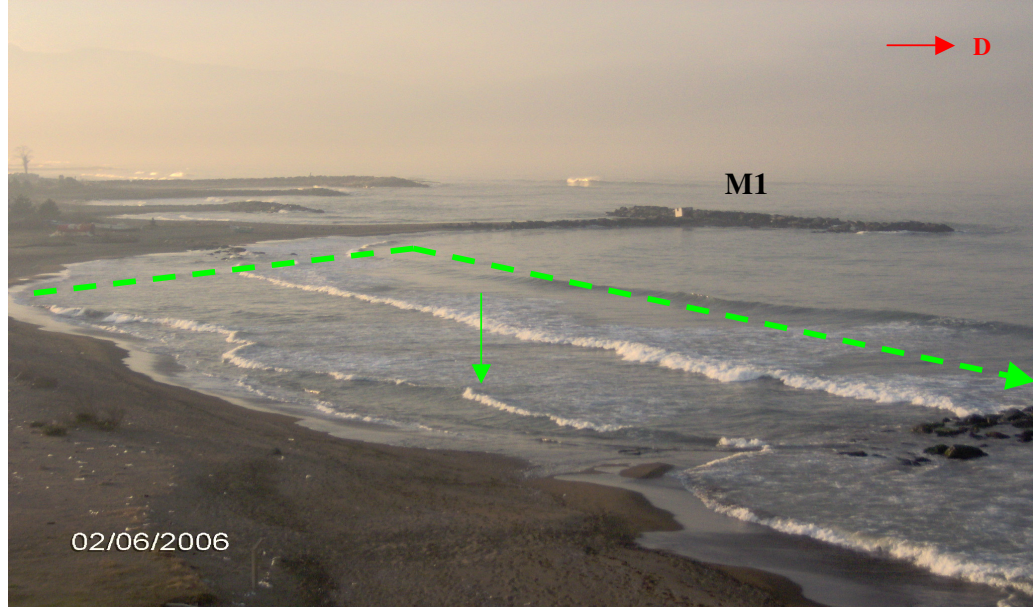


(a)



(b)

Resim 2.1. M1'in batı ve doğu kısımları (a) Çalışma alanı, (b) M1'in batısındaki yığılma, (c) M1'in doğusundaki oyulma



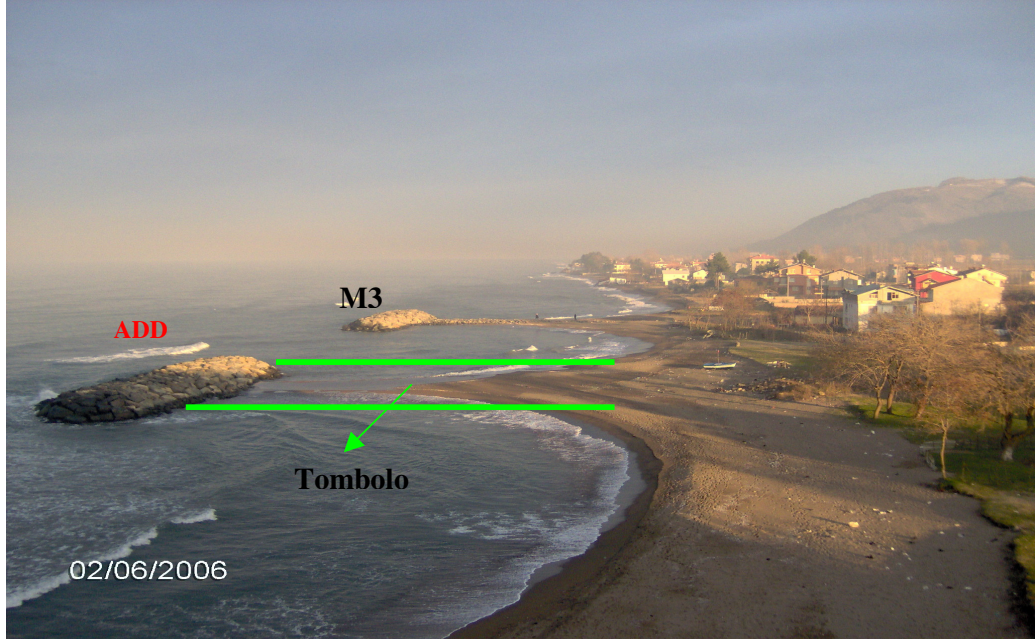
(c)

Resim 2.1.(Devam) M1'in batı ve doğu kısımları (a) Çalışma alanı, (b) M1'in batısındaki yığılma, (c) M1'in doğusundaki oyulma

UBSBM tarafından 2004 yılı sonlarında yapılan 2 ve 3 numaralı T mahmuzların batısında yığılma (Resim 2.2), açık deniz dalga kıranında ise tombolo oluşumu meydana gelmiştir (Resim 2.3).



Resim 2.2. Mahmuz-2'nin mevcut durumu



Resim 2.3. Açık deniz dalgakıranı ve Mahmuz -3

Bu tez çalışması kapsamında görüntülenen M3'ün doğusundaki kıyı boyu hasarları resimlerde sunulmaktadır (Şekil 2.4.a - Şekil2.4.d).



(a)

Resim 2.4. Mahmuz-3'ün doğusunda kıyı boyunca yerleşim yerlerinde ve ekili arazide meydana gelen hasarlar (a),(b),(c),(d)



(b)



(c)

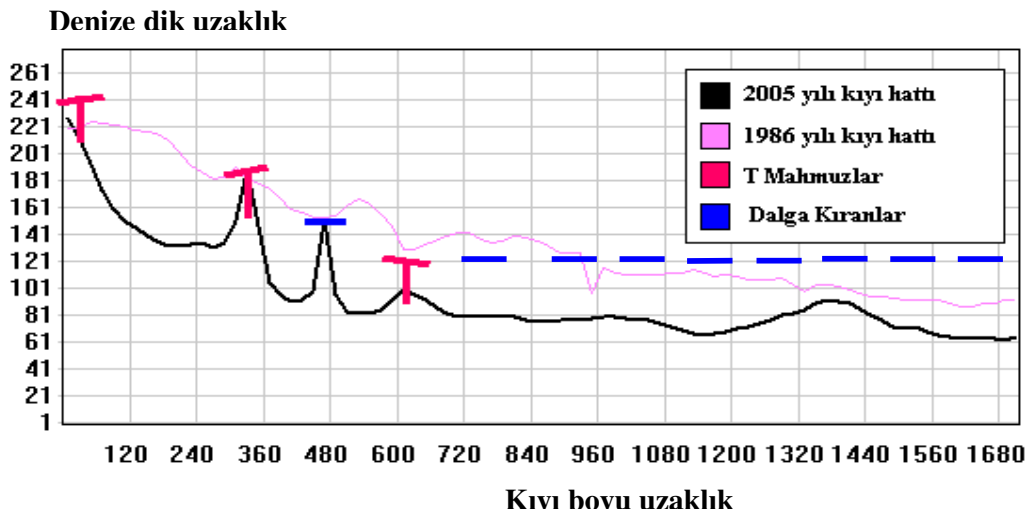
Resim 2.4. (Devam) Mahmuz-3'ün doğusunda kıyı boyunca yerleşim yerlerinde ve ekili arazide meydana gelen hasarlar (a),(b),(c),(d)



(d)

Resim 2.4. (Devam) Mahmuz-3'ün doğusunda kıyı boyunca yerleşim yerlerinde ve ekili arazide meydana gelen hasarlar (a),(b),(c),(d)

Resim 2.4'de görülen hasarları önlemek amacıyla UBSBM tarafından kıyıya paralel her biri 60 m uzunluğunda 8 adet açık deniz dalgakıranı projelendirilmiştir (Şekil 2.3). İlerleyen bölümlerde, önerilen bu 8 adet açık deniz dalgakıranı ve diğer alternatif koruma sistemleri sayısal model yardımıyla incelenecektir.



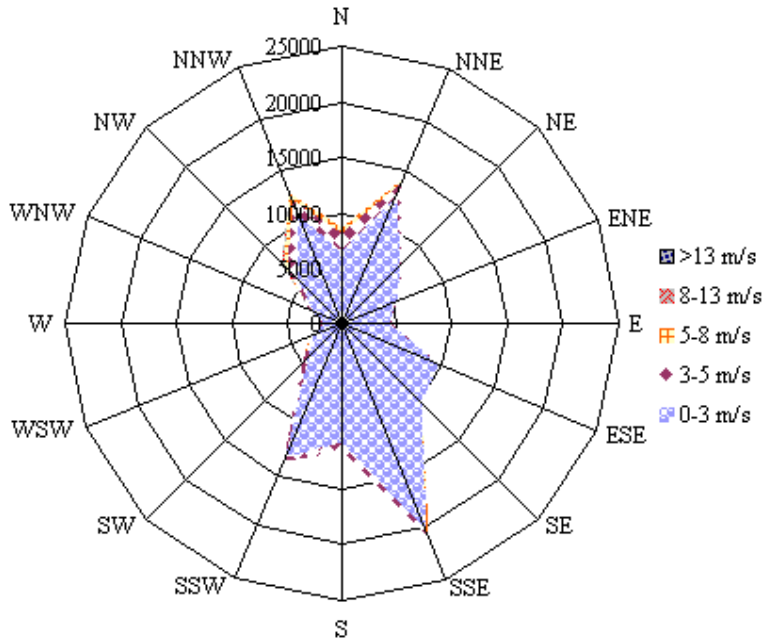
Şekil 2.3. UBSBM tarafından önerilen 8 adet açık deniz dalgakıranı

3. DALGA İKLİMİ

Dalgalar, kıyılardaki katı madde taşınımını sağlayan ve kıyı morfolojisini belirleyen ana unsurdur. Bu nedenle katı madde taşınımının incelenebilmesi için çalışma alanının dalga iklimi belirlenmelidir. Dalga ikliminin belirlenmesinde, doğrudan dalga ölçüm teknikleri yada bu imkan yoksa yörenin uzun dönemli rüzgar verilerinin sayısal yöntemler ile dalga verilerine çevrilmesi teknikleri kullanılmaktadır. Bir kıyı bölgesini etkileyen rüzgar ve dalgaların genel özelliklerini belirleyen rüzgar ve dalga iklimi, hemen hemen tüm kıyı ve deniz etkinlikleri için incelenmesi gereken temel bir unsurdur. Bu bakımdan öncelikle rüzgar ikliminin belirlenmesi bu verilerin dalga verilerine çevrilmesi gerekmektedir.

3.1. Rüzgar İklimi

Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünden alınan Ordu rüzgar istasyonuna ait 16 yıllık (1990-2005) rüzgar verileri kullanılarak hızlarına göre rüzgar oluşum sayıları belirlenmiş (EK-1) ve rüzgar gülü elde edilmiştir (Şekil 3.1).

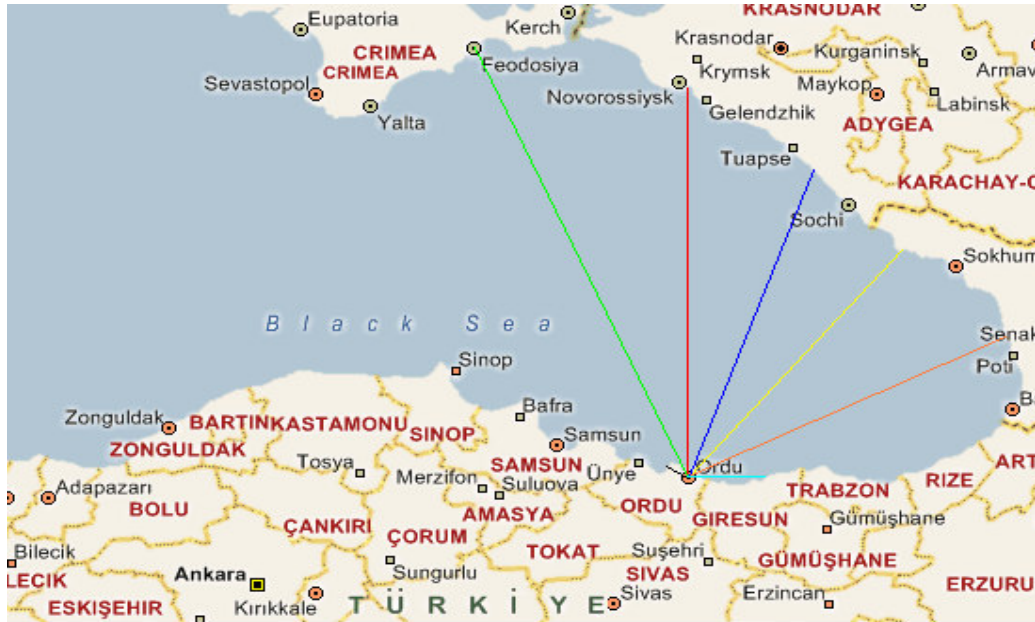


Şekil 3.1. Ordu ili rüzgar gülü

3.2. Dalga İklimi

Dalga yüksekliklerinin yeterince uzun süreli ölçümlerinin Ülkemizde mevcut olmaması nedeniyle yörelere ait dalga yükseklikleri, rüzgar verileri kullanılarak istatistiksel yöntemlerle belirlenmektedir.

Ordu istasyonuna ait 16 yıllık (1990-2005) rüzgar verilerinin dalga yüksekliklerine çevrilmesi için kabarma alanı uzunluğu (fetch length) çalışması yapılmış (Şekil 3.2, Çizelge 3.1) ve Shore Protection Manual [21] yöntemi kullanılarak rüzgar verileri dalga verilerine çevrilmiştir(Çizelge 3.2).



Harita 3.1. Kabarma alanı çalışması

Çizelge 3.1 Yönlere göre kabarma alanı uzunlukları

Yön	Kabarma Uzunluğu (km)	Yön	Kabarma Uzunluğu (km)
Kuzey Batı (NW)	16	Kuzey Doğu (NE)	336
Kuzey Kuzey Batı (NNW)	496	Doğu Kuzey Doğu (ENE)	344
Kuzey (N)	416	Doğu (E)	88
Kuzey Kuzey Doğu (NNE)	352		

Yöreyle ait 16 yıllık saatlik ortalama rüzgar verileriyle dalga yükseklikleri ve dalga dönemleri elde edilmiştir. Bu değerler içerisinde, modellemede kullanılacak değerler alınarak Çizelge 3.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.2. Yönlere göre yılda 10 gün gelme olasılığı olan dalgaların belirgin dalga yükseklikleri (H) ve dalga dönemleri (T)

Yön	H(m)	T(sn)	Yön	H(m)	T(sn)
Kuzey Batı (NW)	1,03	2,94	Kuzey Doğu(NE)	0,32	2
Kuzey Kuzey Batı(NNW)	0,90	3,06	Doğu Kuzey Doğu (ENE)	0,26	1,75
Kuzey (N)	0,79	3,10	Doğu (E)	0,35	2
Kuzey Kuzey Doğu (NNE)	0,91	3,64			

NATO TU-WAVES Projesi kapsamında hazırlanmış olan “ Türkiye Kıyıları İçin Rüzgar ve Derin Deniz Dalga Atlası” incelenmiştir [22]. Ordu’ya en yakın açık deniz koordinatları, 41.25° N, 37.70° E olarak belirlenmiştir (Ek-2). Kıyı bölgesi için etkin rüzgar ve dalga yönleri Çizelge 3.3 ve Çizelge 3.4 de görülmektedir.

Çizelge 3.3. Etkin rüzgar yönleri ve dağılım oranları

Yön	Yüzdesi
WNW-NW	14.0
NNW-N	7.6
NNE-ENE	3.5

Çizelge 3.4. Etkin dalga yönleri ve dağılım oranları

Yön	Yüzdesi
WNW-NW	21,5
NNW-N	18,5
NNE-ENE	6,6

Ordu rüzgar istasyonundan alınan rüzgar verileri ve elde edilen dalga verileri, “Türkiye Kıyıları İçin Rüzgar ve Derin Deniz Dalga Atlası” beraber incelendiğinde çalışma alanı için etkin dalga yönünün NW ve NNW olduğu görülmektedir.

3.3. Dalga İstatistiği

Kıyı çizgisi değişimi modellemesi için modellemede kullanılacak belirgin dalga yüksekliklerinin oluşma olasılık analizlerinin yapılması gerekmektedir.

Uzun dönem dalga istatistiği

Kıyı boyu sediment taşınımının hesaplanmasında uzun dönem dalga istatistikleri kullanılmaktadır [23]. Uzun dönem dalga istatistiklerinin belirlenmesinde log-normal olasılık dağılımı kullanılmıştır. Log-normal dağılım için belirgin dalga yüksekliği oluşma olasılığı $P(H_s)$,

$$P(H_s) = 1 - \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{H_s} \frac{1}{\sigma_s H_s} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{z_s - \mu_s}{\sigma_s} \right)^2 \right] dH_s \quad (3.1)$$

ile tanımlanmıştır.

Burada, $z_s = \ln(H_s)$ dir. μ_s ve σ_s sırasıyla $\ln(H_s)$ in ortalaması ve standart sapmasıdır.

$$\mu_s = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \ln(H_s) \quad (3.2)$$

$$\sigma_s^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N \left[\ln(H_s) \right]^2 \quad (3.3)$$

ile ifade edilmektedir.

16 yıllık saatlik ortalama rüzgar verileri kullanılarak elde edilen belirgin dalga yüksekliklerinin uzun dönem derin deniz dalga yüksekliği istatistiği çalışmasının sonuçları her dalga yönü için ayrı ayrı olmak üzere Ek-3'de gösterilmiştir.

4. GENESIS

GENESIS (Kıyı Çizgisi Değişikliği Benzeşimi için Genelleştirilmiş Sayısal Model), kıyı çizgisi boyunca dalga etkenli sediment taşınımının ve bunun sonucu olarak kıyı çizgisindeki uzun süreli değişimin benzeşimi için geliştirilmiş bir programdır.

GENESIS; kıyı çizgisinin, kıyıya paralel yada dik kıyı yapıları, kıyı dolgusu ve kıyı beslemesi etkisiyle değişimini benzeştirmektedir. Modellenmek istenen kıyı çizgisi üzerinde mahmuz, dalga kıran ve kıyı duvarı istenilen şekilde yerleştirilebilmektedir.

4.1. Genesis'in Kapasitesi ve Sınırları

GENESIS modeli çeşitli kıyı yapılarının etkileşimindeki bir kıyının değişen dalga parametreleri etkisiyle değişimini benzeştirmek amacıyla geliştirilmiştir. GENESIS'in bir çok uygulamasında, açık deniz dalgakıranı, mahmuz, kıyı şeridinin belli bir kısmındaki kumların yenilenmesi ve doğal düzensizliklere karşı kıyı çizgisi değişiminin belirlenmesi istenmektedir. GENESIS ve benzer modeller uzun dönemde en iyi kıyı çizgisi tepkisini belirlemeyi hedeflerler.

GENESIS Modeli, aşağıda belirtilen durumlarda kıyı çizgisi değişiminin benzeştirilmesinde uygulanamaz,

- a- Kumsalın iç kısımlardan kaynaklanan değişimi veya gelgit akıntısıyla kum taşınımı,
- b- Rüzgar etkenli akıntılarla kum taşınımı ve kıyı değişikliği,
- c- Fırtına kabarması etkenli kıyı erozyonu,
- d- Aşınmış yapılarının etkileri.

Kapasitesi

- 1-) Mahmuzlar, dalgakıranlar, kıyı dolgusu ve kıyı duvarlarının isteğe bağılı sayıları ve kombinasyonları incelenebilir.
- 2-) T ve Y şekilli bileşik mahmuz yapılarının etkileri incelenebilir.
- 3-) Mahmuzların çevresinden dolaşan ve mahmuzlardan geçen kum dikkate alınır.
- 4-) Açık deniz dalga girdilerinin isteğe bağılı dalga yükseklikleri, dalga dönemleri ve yönleri incelenebilir.

Sınırlamaları

- a-) Yapılardan dalga yansıması ihmal edilmektedir.
- b-) Tombolo (Kıyı çizgisi açık deniz dalgakıranı ile temas edemez).
- c-) Gelgit etkisiyle su düzeyi değişimi ihmal edilmektedir.

GENESIS Modelinde yer alan alt modeller; dalga transformasyonu, dalgalar ile yapılar arasındaki etkileşim, sediment taşınımı ve kıyı çizgisi değişikliği modelleridir. Belirlenen kıyı ve yapı konfigürasyonları için uzun dönemde kıyı değişikliğinin benzeşimine bağılı olarak GENESIS, kıyı korumada karşılaşılan sorunlar ve bunların çözümlerinin geliştirilmesi ve alternatif tasarımların değerlendirilmesi için önemli bir araçtır.

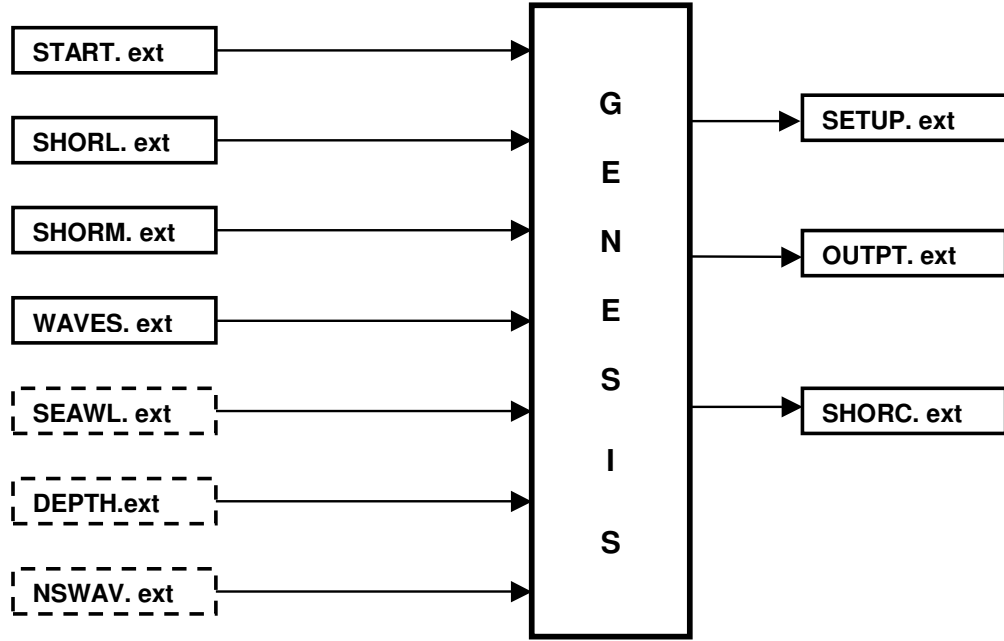
GENESIS Modelinin bütün uygulamalarında aşağıdaki bilgilerin sağlanması zorunludur :

- a-) Benzeşimi başlatmak için kıyı çizgisinin ilk konumu,
- b-) Dalga verisi (Derin deniz dalga yüksekliği, dalga dönemi ve dalga geliş açısı),
- c-) Su derinlikleri ve kum tanelerinin büyüklüğü,
- d-) Yapı ve kıyı dolgu konfigürasyonu,
- e-) Sınır şartları (modellenecek kıyı çizgisinin sağ ve sol sınırları).

Girdi ve çıktı veri akışının hazırlanması ve analizi GENESIS Modelindeki benzeşim süresinin (CPU) önemli bir bölümünü kapsamaktadır.

4.2. Genesis'in Dosya Yapısı

GENESIS Modelini çalıştırmak için ihtiyaç duyulan veri akışının hazırlığı ve benzeşim sonuçlarının yorumu, projenin kavramlaştırılma sürecinin temelini oluşturmaktadır. Kıyı çizgisi modellemesinin başarı derecesi, büyük ölçüde girdilerin hazırlanmasına ve analizine bağlıdır.



Şekil 4.1. Genesis modeli girdi ve çıktı dosyaları

Girdi Dosyaları

GENESIS' i çalıştırmak için Çizelge 4.1'de kalın çizgilerle çerçevesi alınmış olan START, SHORL, SHORM ve WAVES adlı dört adet girdi dosyası gereklidir. Bu dosyalar kıyı profili, dalga verileri, sediment dane çapı vb. bilgileri uygun biçimde içermektedir. SEAWL, DEPTH ve NSWAV adlı dosyalar ise proje ve START dosyaları tarafından istendiği takdirde veri içerirler. Örnek girdi dosyaları Ek-4 de verilmiştir.

Çıktı Dosyaları

SETUP dosyası benzeşim süresinde, GENESIS Modeli tarafından belirlenen hata ve uyarı mesajlarını içerir. OUTPT dosyası, kıyı çizgisinin hesaplanmış en son konumunu, kıyı boyunca kıyı akıntılarının net ve brüt kum taşıma oranlarını ve benzeşimin temel sonuçlarını, SHORC dosyası ise benzeşimin son zaman aşamasında hesaplanan kıyı çizgisi konumlarını içerir. Örnek girdi dosyaları Ek-4 de verilmiştir.

4.3. Kıyı Çizgisi Değişimi Modellemesinin Temel Varsayımları

Kıyı çizgisi değişim modellemesi varsayımları aşağıda verilenleri içermektedir:

- a-) Kıyı yapıları sabittir.
- b-) Sınır koşulları sabittir.
- c-) Kum kırılan dalgalar ile kıyı boyunca taşınır.
- d-) Kıyı çizgisi değişimi uzun dönemde belirlenmektedir.

4.4. Kıyı Çizgisi Değişikliği için Denklem Sistemi

Şekil 4.2’de, “y” kıyı çizgisinin konumunu belirtirken, “x” kıyı boyunun uzunluğunu göstermektedir. Kıyı çizgisindeki kıyıya dik yöndeki değişim Δy , kıyı çizgisinin kıyı boyu uzunluğu ise Δx , su düzeyi üstünde kalan düşey uzunluk D_B (berm height) ve su düzeyi altındaki dalga etkisi ile sediment taşınımının son bulduğu kapanma derinliği D_C (closure depth) ile gösterilmektedir.

$\Delta V = \Delta x \Delta y (D_B + D_C)$ birim hacim değişikliği, hacime dört bir tarafından giren veya çıkan net kum miktarı ile belirlenmektedir. Kıyı akıntısı da hacim değişikliğinde bir etkindir. Kıyı akıntısı boyunca kum taşınım oranı Q olduğunda, net hacim değişikliği $\Delta Q \Delta t = (\partial Q / \partial x) \Delta x \Delta t$ olarak gösterilmektedir.

Kıyı boyuna dik yöndeki kum taşınımında, birim hacim dengesinin de önemi vardır. Kıyıdan gelen kum taşınımı q_s ve açık denizden gelen kum taşınımı q_0 toplamı $q = q_s + q_0$ oranını ve $\Delta q \Delta x \Delta t$ ise ilgili hacim değişikliğini verir. Hacim değişikliği kum taşınımına eşitlendiğinde, $\Delta V = \Delta x \Delta y (D_B + D_C) = \Delta Q \Delta t = (\partial Q / \partial x) \Delta x \Delta t$ eşitliği elde edilir.

Terimlerin yeniden düzenlenmesi ve $\Delta t \rightarrow 0$ koşulu gözetildiğinde, kıyı çizgisi konumunun değişiklik oranı için aşağıdaki eşitlik elde edilir.

$$\frac{\partial y}{\partial t} + \frac{1}{(D_B + D_C)} \left(\frac{\partial Q}{\partial x} - q \right) = 0 \quad (4.1)$$

Eş. 4.1’in çözümü için, modellenecek kıyı çizgisinin başlangıç konumu, kıyının sağ ve sol sınır şartları ve Q , q , D_B , D_C için değerlerin bilinmesi gereklidir.

4.4.1. Kum taşınım oranı

Kıyı boyunca kumun taşınması

GENESIS Modelinde kullanılan kıyı boyu akıntıları ile kum taşınımı ampirik eşitliği aşağıdaki gibidir.

$$Q = \left(H^2 C_g \right)_b \left(a_1 \sin 2\theta_{bs} - a_2 \cos \theta_{bs} \frac{\partial H}{\partial x} \right)_b \quad (4.2)$$

Burada;

H : Dalga yüksekliği (m)

C_g : Lineer dalga teorisine göre, dalga grubu hızı (m/sn)

b : Dalga kırılmasını ifade eden alt simge

θ_{bs} : Kırılan dalgaların dalga yaklaşım açısı

a₁ ve a₂ boyutsal olamayan parametreleri ise,

$$a_1 = \frac{K_1}{16(S-1)(1-p)(1.416)^{5/2}} \quad (4.3)$$

$$a_2 = \frac{K_2}{8(S-1)(1-po)\tan \beta (1.416)^{7/2}} \quad (4.4)$$

eşitlikleriyle tanımlanmıştır.

Burada;

K_1 : Ampirik katsayı, kalibrasyon parametresi (0,58 olarak alınmıştır)

S : ρ_s / ρ

ρ_s : Kum yoğunluğu (kuartz kumu için $2,65 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ olarak alınmıştır)

ρ : Su yoğunluğu (deniz suyu için $1,03 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ olarak alınmıştır)

p_0 : Kumun porozitesi (0,4 olarak alınmıştır)

K_2 : Kalibrasyon parametresi olarak işlem gören ampirik katsayı (0,35 olarak alınmıştır)

$\tan\beta$: Kıyı çizgisinden, kıyı akıntısı kum taşınması derinliğine kadar olan ortalama dip eğimidir.

K_1 ve K_2 katsayıları GENESIS Modelinde kalibrasyon parametresi olarak değerlendirilmektedir. Bunların değerleri, kıyı çizgisi değişim değerleri ve kıyı akıntısı tarafından taşınan kum oranının yönü ile belirlenmektedir. K_1 değerinin 0,58 olarak alınmasını, K_2 değerinin ise 0,5-1 K_1 değerini aşmaması önerilmektedir.

4.4.2. Kıyı çizgisi konumunda doğrudan değişim

Kıyı dolgusu veya kıyıdan kum çekilmesi sonucunda kıyı çizgisinin konumu doğrudan değişebilir. GENESIS, kıyı dolgusu nedeniyle pozitif (denize doğru) veya kıyıdan kum çekilmesinden dolayı negatif (karaya doğru) olarak kıyı çizgisi konumunun, zamanın ve yerin bir değişkeni olarak tanımlanmasına izin vermektedir.

4.4.3. Kıyı akıntısı taşıma derinliği

Mahmuzlarda oluşan kum geçişi ve dolaşımı miktarını hesaplamak için , verilen dalga parametreleri etkisinde kıyıboyu taşınımının gerçekleştiği taşıma derinliği aşağıdaki eşitlikle hesaplanmaktadır.

$$D_{LT} = \frac{1,27}{\gamma} \left(H_{1/3} \right)_b \quad (4.5)$$

Burada;

D_{LT} : Kıyı akıntısıyla kum taşınım derinliği (m)

1,27 : $H_{1/10}$ en büyük dalga yüksekliği ile $H_{1/3}$ belirgin dalga yüksekliği arasındaki dönüşüm faktörü.

γ : Kırılma indeksi, kırılma noktasında dalga yüksekliğinin su derinliğine oranı

$(H_{1/3})_b$: Kırılma derinliğindeki belirgin dalga yüksekliği (m)

Eğer γ : 0,78 olarak alınırsa, taşınım derinliği $D_{LT} = 1,6H_{1/3}$ olarak hesaplanır.

Yüksek dalgalar haricinde kapanma derinliği D_C genellikle taşınım derinliğinden daha küçük bir değerdir.

GENESIS Modelinde Eş. 4.4'te ortaya çıkan ortalama kumsal eğimi $\tan\beta$ 'yı hesaplamak için “kıyı akıntısı taşınımının azami derinliği” D_{LT0} terimi kullanılmaktadır. D_{LT0} derinliği aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır,

$$D_{LT0} = \left(2,3 - 10,9H_0 \right) \frac{H_0}{L_0} \quad (4.6)$$

Burada;

H_0 / L_0 : Derin su dalga dikliği

H_0 : Derin su belirgin dalga yüksekliği (m)

L_0 : Derin su dalga boyu (m)

Lineer dalga teorisinde, derin deniz dalga boyu $L_0 = gT^2/2\pi$ dir. Burada, g yerçekimi ivmesi (m^2/sn) ve T (sn) ise dalga dönemidir. Eğer spektral dalga bilgisi verilmiş ise, T burada pik spektral dalga dönemi olarak alınır, aksi takdirde, belirgin dalga – dalga dönemi ilişkisi kullanılır.

GENESIS Modelinde, D_{LT0} parametresinin tüm kıyı akıntıları için geçerli olduğu varsayılır. Dalga özellikleri mevsimsel olarak değişebileceği için kıyı akıntısı taşıma azami derinliği tanımı, bir sonraki tanımda belirtildiği gibi ortalama profil şeklini ve kıyı eğimini yansıtacaktır.

4.4.4. Ortalama profil şekli ve eğim

Profilin şeklini belirlemek amacıyla,

$$D = Ay^{2/3} \quad (4.7)$$

Burada, D : su derinliği (m) ve A : ölçü parametresi olarak adlandırılan ampirik bir katsayıdır ($m^{1/3}$). Ölçü parametresi “ A ” kumsal tane boyutu ile ilişkilendirilmiştir. A parametresi, kıyı kumsal tane boyutu d_{50} (mm) nin bir fonksiyonu olarak tanımlanmıştır.

$$A = 0.41 \left(d_{50} \right)^{0.94}, \quad d_{50} < 0.4 \quad (4.8)$$

$$A = 0.23 \left(d_{50} \right)^{0.32}, \quad 0.4 \leq d_{50} < 10 \quad (4.9)$$

$$A = 0.23 \left(d_{50} \right)^{0.28}, \quad 10 \leq d_{50} < 40 \quad (4.10)$$

$$A = 0.46 \left(d_{50} \right)^{0.11}, \quad 40 \leq d_{50} \quad (4.11)$$

Denge profili için ortalama yakın kıyı eğimi $\tan \beta$ Eş. 4.7 kullanılarak $\partial D / \partial y$ eğimi hesaplanmaktadır.

$$\tan \beta = A \left(y_{LT} \right)^{-1/3} \quad (4.12)$$

Burada y_{LT} kıyı bölgesi genişliğidir ve aşağıdaki eşitlik ile hesaplanmaktadır.

$$y_{LT} = \left(D_{LTO} / A \right)^{3/2} \quad (4.13)$$

Eş. 4.12 ve Eş. 4.13 den ortalama eğim aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır.

$$\tan \beta = \left(\frac{A^3}{D_{LTO}} \right)^{1/2} \quad (4.14)$$

Kapanma Derinliği (D_C) ise,

$$D_C = 2.28 H_e - 68.5 \left(\frac{H_e^2}{g T_e^2} \right) \quad (4.15)$$

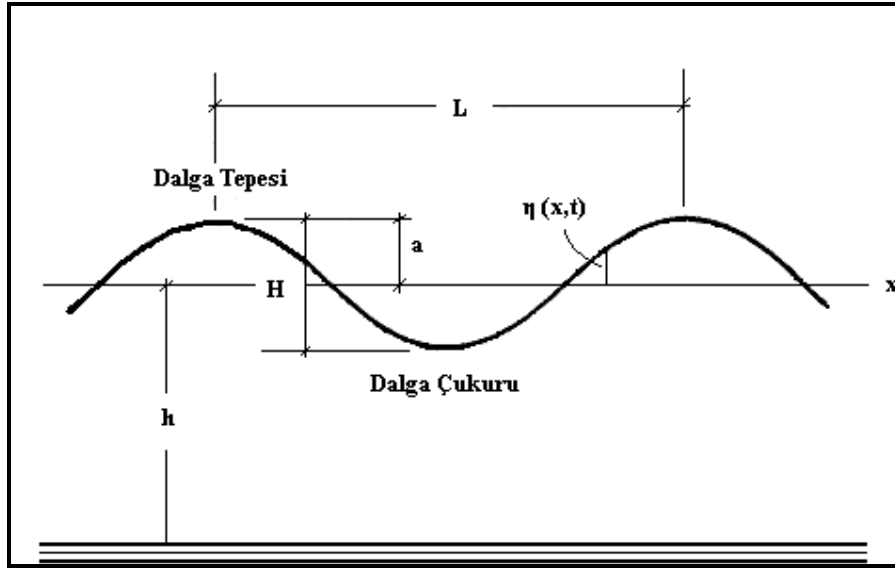
denleminden elde edilir. Burada, H_e ve T_e yakın kıyıda bir yılda sadece 12 saat süreli meydana gelen dalga yüksekliği ve dalga dönemidir.

4.4.5. Dalga transformasyonu

Kıyı boyu sediment taşınımının temel nedeni, dalga kırılması ile oluşan akıntılar olduğu için, öncelikle dalga transformasyon çalışması yapılmalıdır. Dalga transformasyonu temel olarak, derin denizde rüzgar etkisiyle oluşan dalgaların sığ denize doğru ilerlerken uğradıkları sapma, dönme, sıkışma, yansıma ve kırılma olaylarını içermektedir.

Dalga Mekaniği

Şekil 4.3’de sinüsoidal bir dalganın temel özellikleri verilmiştir. Aynı noktadan ardışık iki dalga çukuru veya iki dalga tepesinin geçebilmesi için gereken zaman aralığına dalga dönemi (T) denir. İki dalga tepesi ve iki dalga çukuru arasındaki mesafe dalga boyu (L) olarak tanımlanır.



Şekil 4.3. Sinüsoidal dalga profili

Derin denizdeki dalga boyu (L_0), herhangi bir derinlikteki dalga boyu (L) ile aşağıdaki eşitlik yardımıyla bağıntılandırılmaktadır

$$L_0 = \frac{gT^2}{2\Pi} \quad (4.16)$$

$$L = L_0 \tanh(kh) \quad (4.17)$$

Yukarıdaki eşitliklerde (g) yerçekimi ivmesini, (h) su derinliğini, (k) ise dalga numarasını simgeler.

Dalga numarası (k), dalga boyunun; açısal frekans (w) ise, dalga döneminin bir fonksiyonudur.

$$k = \frac{2\Pi}{L} \quad (4.18)$$

$$w = \frac{2\Pi}{T} \quad (4.19)$$

Bir dalga tepesi ile dalga çukuru arasındaki düşey mesafe dalga yüksekliğidir, (H). Sakin su yüzeyi ile dalga çukuru veya dalga tepesi arasındaki düşey mesafe ise dalga genliğidir, (a). Dalga yayılma hızı (C), dalga boyunun dalga dönemine oranıdır. Grup hızı (C_g) ise, aynı yönde ilerleyen fakat farklı dalga dönemine ve dalga numarasına sahip iki dalganın yayılma hızlarının toplamıdır.

$$C = \frac{L}{T} \quad (4.20)$$

$$C_g = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{2kh}{\sinh(2kh)} \right) C \quad (4.21)$$

Dalgalar kıyıya doğru ilerledikçe derinliğin etkisini hissetmeye başlamakta ve bunun sonucunda boyları değişmektedir. Dalgalar su derinliğinin dalga boyuna oranına göre iki türde sınıflandırılırlar.

Birinci sınıflandırma:

$$\frac{h}{L} < \frac{1}{20} \quad \text{ise sığ su dalgası}$$

$$\frac{1}{20} < \frac{h}{L} < \frac{1}{2} \quad \text{ise geçiş su dalgası}$$

$$\frac{1}{2} < \frac{h}{L} \quad \text{ise derin su dalgası}$$

İkinci sınıflandırma:

$$\frac{h}{L} < \frac{1}{20} \quad \text{uzun dalga}$$

$$\frac{1}{20} < \frac{h}{L} \quad \text{kısa dalga}$$

Periyodik dalgaların matematiksel ifadesi zor olduğundan dalga problemlerinin çözümünde lineer dalga teorisi tercih edilmektedir. Ancak bu teorinin gerçekçi sonuçlar vermesi için dalga yüksekliğinin dalga boyu ve su derinliği ile karşılaştırıldığında oldukça küçük olması gereklidir. Bu teori küçük genlikli sinüsoidal dalgalara uygulanabilir. Lineer dalga teorisinin uygulanması, dalgaların süperpozisyonunun yapılabilmesine olanak tanımaktadır.

Lineer dalga teorisi uygulamalarında yapılan temel varsayımlar:

Sabit derinlik ve sabit dalga dönemi koşulları gereklidir,
İki boyutlu hareket söz konusudur,
Dalgalar ilerlerken enerji kaybına uğramaz,
Dalga şeklini korur,
Akışkan homojendir ve sıkıştırılmaz,
Viskozite, türbülans, yüzey gerilme etkileri ihmal edilir,
Dalga yüksekliği dalga boyuna oranla çok küçüktür. ($H/L \rightarrow 0$),
Coriolis kuvvetinin etkisi ihmal edilmiştir.

İki boyutlu, çevrintisiz akıma ait süreklilik denklemi:

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad (4.22)$$

Burada, u : yatay hız bileşeni, w : düşey hız bileşenidir.

Potansiyel akım teorisine göre u ve w hız bileşenleri aşağıdaki eşitlikle tanımlanmaktadır.

$$u = \frac{\partial \phi}{\partial x} \quad (4.23)$$

$$w = \frac{\partial \phi}{\partial z} \quad (4.24)$$

Burada, ϕ potansiyel akım fonksiyonudur. Eş. 4.23 ve Eş. 4.24 deki değerler süreklilik denkleminde yerine konulduğunda potansiyel akıma ait Laplace diferansiyel denklemi elde edilir.

$$\frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial z^2} = 0 \quad (4.25)$$

Kararsız akım için Bernoulli denklemi, enerjinin korunumu prensibinden yararlanılarak aşağıdaki eşitlikle yazılabilir.

$$-\frac{\partial \phi}{\partial t} + \frac{u^2 + w^2}{2} + \frac{P}{\rho} + gz = 0 \quad (4.26)$$

Burada, P: basınç, ρ : akışkanın yoğunluğu, g: yerçekimi ivmesi, t: zamandır.

Hız terimleri ikinci dereceden olduğu için ihmal edilirse, Bernoulli denklemi şu hali alacaktır.

$$-\frac{\partial \phi}{\partial t} + \frac{P}{\rho} + gz = 0 \quad (4.27)$$

Deniz tabanının geçirimsiz ve yatay olduğu kabul edildiğinde deniz tabanındaki düşey hız bileşeni sıfır olacaktır.

$$w = \left. \frac{\partial \phi}{\partial z} \right|_{z=-h} = 0 \quad (4.28)$$

Serbest yüzeyde ($z = \eta$), düşey hız bileşeni, kinematik sınır koşulu ile tanımlanmaktadır.

$$w = - \left. \frac{\partial \phi}{\partial z} \right|_{z=\eta} = \frac{\partial \eta}{\partial t} \quad (4.29)$$

Serbest yüzeyde ($z = \eta$), basınç $P = 0$ olduğunda "Eş. 4.30" da verilen dinamik sınır koşulu elde edilir.

$$-\frac{\partial \phi}{\partial t} + g\eta = 0 \quad (4.30)$$

Dalga profili Eş. 4.31 de ifade edilmektedir.

$$\eta = a \sin \left[2\pi \left(\frac{x}{L} - \frac{t}{T} \right) \right] = a \sin(kx - \sigma) \quad (4.31)$$

Eş. 4.29 ve Eş. 4.30 bağıntılandırıldığında aşağıdaki denklem elde edilir.

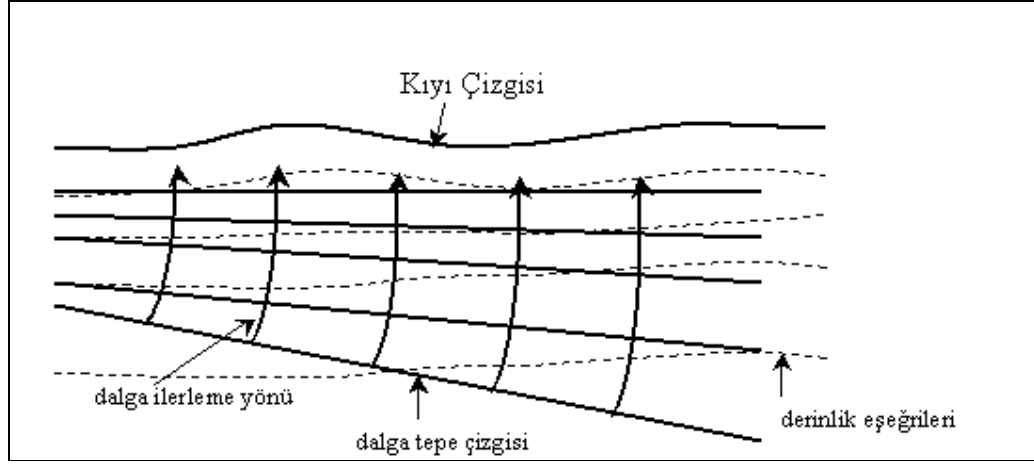
$$-\frac{\partial^2 \phi}{\partial t^2} + g \frac{\partial \phi}{\partial z} = 0 \quad (4.32)$$

Laplace ve Eş. 4.32 lineer denklem takımları çözüldüğünde potansiyel akım fonksiyonu elde edilir.

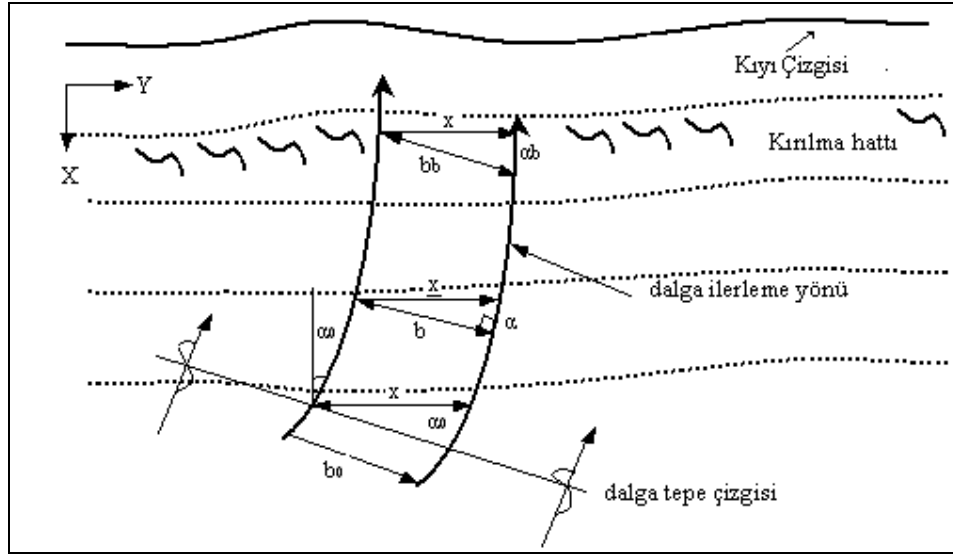
$$\phi = \frac{-aC \cosh(k(z+h))}{\sinh(kh)} \cos(kx - \sigma) \quad (4.33)$$

Sapma

Kıyıya belli bir açı ile ilerleyen dalgaların kıyıya yakın tarafları taban etkisini daha önce hissederek yavaşlarlar. Bunun sonucunda dönerek batimetri çizgilerine paralel hale gelirler. Bu olaya sapma denir. Az eğimli kıyılarda dalganın davranışı esas olarak sapma olayı ile belirlenir. Şekil 4.4’de doğrusal batimetri halinde dalga sapması, Şekil 4.5’de ise dalga sapmasını tanımlayan geometrik özellikler gösterilmiştir.



Şekil 4.4. Doğrusal batimetri halinde dalga sapması [Kamphius, 2000]



Şekil 4.5. Dalga sapması tanımları [Kamphuis, 2000]

Şekil 4.5’de, α_0 derin su dalga sırtının batimetrisi ile yaptığı yaklaşım açısı, C_0 derin su dalga yayılma hızı, α dalga sırtının batimetrisi ile yaptığı yaklaşım açısı, C dalga yayılma hızıdır.

Dalgaların yaklaşım açıları ve dalga boyları Snell Yasası ile bağlantılıdır ve aşağıdaki eşitlikle ifade edilir:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \alpha_0} = \frac{L}{L_0} = \frac{C}{C_0} \quad (4.34)$$

Dalga tepelerinin genişlikleri, derin suda b_0 , sığ suda b olarak alındığında sapma katsayısı (K_r) aşağıdaki eşitlikle tanımlanmaktadır.

$$K_r = \sqrt{\frac{\cos \alpha}{\cos \alpha_0}} = \sqrt{\frac{b_0}{b}} \quad (4.35)$$

Sığlaşma

Dalgalar kıyıya doğru ilerledikçe azalan derinliğin etkisini hissederek ve bunun sonucunda dalgaların boyları kısalmaya başlar ve dikleşirler. Bu olaya sığlaşma (shoaling) denir. Sığlaşma katsayısı, enerji akılarının denkleğinden elde edilir.

$$P_1 = P_0 \quad (4.36)$$

$$b_1 E_{a1} C_1 n_1 = b_0 E_{a0} C_0 n_0 \quad (4.37)$$

$$\frac{H_1}{H_0} = \sqrt{\frac{C_0 n_0}{C_1 n_1}} \sqrt{\frac{b_0}{b_1}} = K_s K_r \quad (4.38)$$

Burada, C_n grup hızı, K_s sığlaşma katsayısı, P_1 , P_0 enerji akıları, E_{a1} , E_{a0} özgül dalga enerjisidir. Özgül dalga enerjisi, birim dalga uzunluğuna düşen dalga enerjisi olarak tanımlanmaktadır.

Sığlaşma katsayısı değişen su derinliklerindeki grup hızlarının oranıyla bağıntılıdır. Dalga enerjisinin türbülans veya taban pürüzlülüğü yüzünden kaybolmaksızın kıyıya doğru taşındığı kabulü yapılırsa lokal dalga yüksekliği (H_1) , derin deniz dalga yüksekliği (H_0) ile sapma ve sığlaşma katsayılarının çarpımına eşittir.

$$H_1 = K_s K_r H_0 \quad (4.39)$$

Yansıma

Kırılmaya uğramadan herhangi bir eğime sahip yüzeye çarpan dalgalar burada yansır (reflection). Eğer yüzey, dalga enerjisini harcamamışsa veya bir bölümünü harcamışsa yansıma meydana gelir. Yüzey düşey ve geçirimsiz ise tam yansıma oluşur, bu durumda gelen dalga ile yansıyan dalganın özellikleri aynıdır. Yansıma katsayısı, yansıyan dalganın genliğinin gelen dalganın genliğine oranıdır.

Dönme

Dalgalar derin sulardan sığ sulara ilerlerken bir dalgakıran veya bir engelle karşılaşırlarsa, dalgalar korunan saha içine yatay dalga enerjisi taşınımıyla dönerek girerler. Bu olay dönme (diffraction) olarak adlandırılır.

$$K_d = \frac{H_d}{H_s} \quad (4.40)$$

Burada K_d dönme katsayısı, H_d dönen dalganın yüksekliği, H_s gelen dalganın yüksekliğidir.

Dönme katsayısı uzun dalga için kısa dalgaya oranla daha büyüktür, bu yüzden liman içinde uzun dalgalar kısa dalgalardan daha tehlikelidirler.

Dalga Kırılması

Dalgaların teorik olarak kırılma şartlarının belirlenmesi için kinematik ve dinamik stabilite kriterleri gözönüne alınır.

Kinematik stabilite kriteri

Dalga tepesinde akışkan taneciklerinin yatay yörüngesel hızları dalga yayılma hızını aşarsa kırılma meydana gelir.

$$u_c \geq C \quad (4.41)$$

Dinamik stabilite kriteri

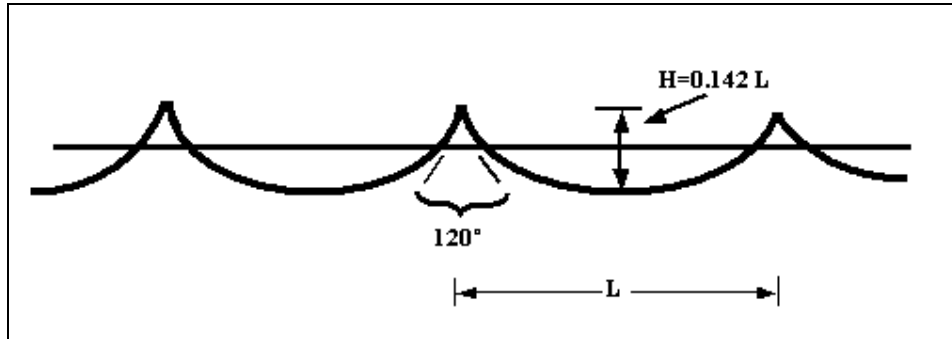
Su yüzeyinde akışkan taneciklerinin sahip olduğu maksimum düşey ivme yerçekimi ivmesine eşit olursa kırılma oluşur.

$$\frac{dw}{dt} \geq g \quad (4.42)$$

Derin suda dalga kırılması

Derin su dalga kırılması maksimum diklik sınırının aşılması sonucunda oluşur. Derin suda maksimum diklik sınırı aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

$$\frac{H_0}{L_0} = 0,142 \cong \frac{1}{7} \quad (4.43)$$



Şekil 4.6. Derin suda limit dalga dikliğine sahip dalga

Bu limit dikliğe, dalga tepesindeki su taneciklerinin hızları dalga yayılma hızına eşit olduğunda erişilir.

GENESIS Modelinde fiziksel olarak mümkün olmayan yükseklikteki dalgaları kontrol etmek amacıyla Eş. 4.43 de ki yükseklik sınırlaması uygulanmaktadır.

Sığ suda dalga kırılması

Sığ suda ilerleyen dalgalar derinliğin azalmasıyla taban etkisini hissetmeye başlarlar. Dalga dönemi sabit olmasına rağmen, dalga boyları kısalır, bunun sonucunda dalga yayılma hızı azalır, dalga tepeleri sıklaşır. Tabana yakın su taneciklerinin yörüngesel hızları dalga yayılma hızına eşit olduğunda dalga maksimum yüksekliğe erişir ve stabilitesi bozulur. Bunun sonucunda kırılma olayı meydana gelir.

Kırılma dalga yüksekliği H_b ile kırılma derinliği d_b arasında aşağıdaki eşitlik geçerlidir.

$$\frac{H_b}{d_b} = 0,78 \quad (4.44)$$

Dalgalar, kıyı eğimine ve dalga dikliğine bağlı olarak başlıca üç grupta kırılırlar Spilling (köpürerek kırılan dalga), Plunging (sıçrayarak kırılan dalga), Surging (kabarak kırılan dalga). Dalga kırılmasının gruplanması aşağıda tanımlanan, kıyı eğimine, derin deniz dalga boyuna ve kırılan dalga yüksekliğine bağlı boyutsuz parametreye ξ_b göre yapılmaktadır.

$$\xi_b = \frac{m}{\sqrt{H_b / L_0}} \quad (4.45)$$

$\xi_b < 0.4$ →Spilling

$0.4 < \xi_b < 2.0$ →Plunging

$\xi_b > 2.0$ →Surging

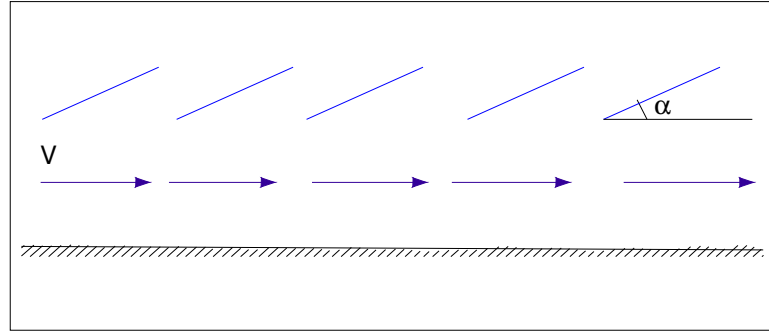
Dalga akıntıları

Dalga akıntılarının incelenmesi, akıntıların dalgalarla etkileşimlerinin anlaşılması, sediment taşınımı, kıyı çizgisi değişimlerinin incelenmesi ve kıyı yapılarının tasarımı gibi konularda önemli rol oynamaktadır.

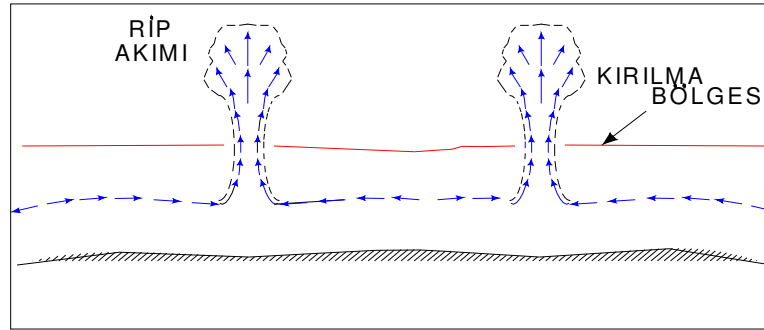
Dalgalar, açık denizden kıyıya doğru ilerlerken dalga transformasyonu bölümünde açıklanan çeşitli değişimlere uğramaktadırlar. Bu değişimlerden bir tanesi de dalga kırılmasıdır.

Dalga akıntıları temel olarak dalga kırılması nedeniyle oluşmaktadırlar. Kırılma bölgesinde kıyıya paralel oluşan dalga kaynaklı akıntılara, kıyı boyu akıntısı denir. Kıyı boyu akıntıları sediment taşınımında önemli rol oynamaktadırlar. Kıyı boyunca oluşan dalga yüksekliğindeki değişim, ortalama su seviyesinde artışlara neden olur. Bu değişim, yüksekliği fazla olan dalgadan düşük olan dalgaya doğru bir akım oluşturur. Burada kıyı boyu akıntıları birleşerek denize doğru dönerler. Bu akıntılar rip akıntıları olarak adlandırılır. Kıyı boyu akıntıları ve rip akıntıları iki boyutlu bir kıyı akıntı sistemi oluştururlar (Şekil 4.7 a-b-c). Dalga akıntı alanını bulabilmek için ilk olarak bu akıntıyı yaratan dalganın özelliklerinin, kırılma bölgesinin ve gerilme akısı dağılımının doğru olarak belirlenmesi gerekmektedir.

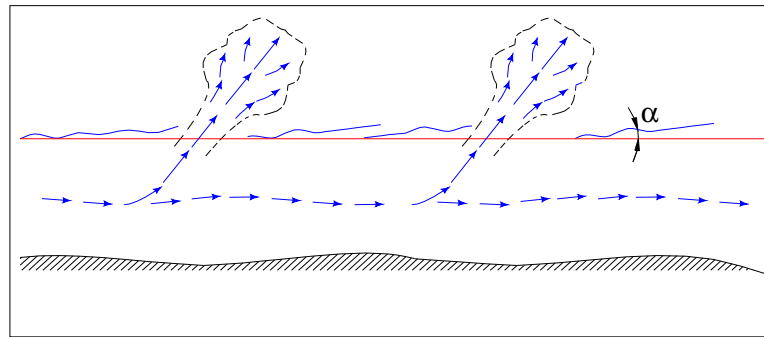
GENESIS Modelinde dalga ilerlemesi benzeştirilmesi için lineer teoriye dayalı dalga sığlaşması, sapması,dönmesi ve kırılması etkileri gözetilerek yumuşak eğim eşitlikleri çözülmektedir.



(a)



(b)

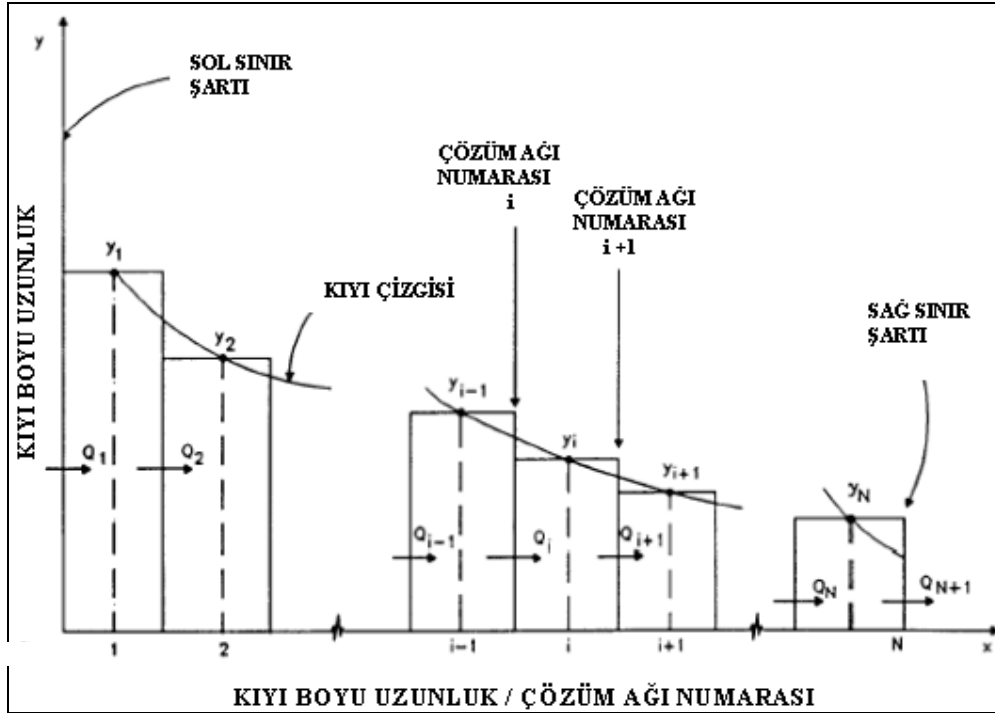


(c)

Şekil 4.7. Dalga akıntıları (a) Kıyı boyu akıntıları, (b) Dik yaklaşım açısı ile yaklaşan dalga nedeniyle oluşan rip akıntısı, (c) Belli bir yaklaşım açısı ile yaklaşan dalga nedeniyle oluşan rip akıntısı.

4.4.6. Çözüm ağı sistemi ve sonlu farklar çözüm planı

GENESIS Modelinde Şekil 4.8’de verilen şaşırtmacalı bir çözüm ağı kullanılmıştır. Kıyı çizgisi konumları y_i çözüm ağı orta noktalarında ve taşınım oranları Q çözüm ağı kenarlarında hesaplanmaktadır. Sol ve sağ sınırlar sırasıyla çözüm ağı numarası 1 ve n üzerine konumlanmıştır. Toplamda, çözüm ağı sayısı n dir. Buna göre, ilk çözüm ağı noktası (sol sınır) $i = 1$ den başlamakta ve son çözüm ağı noktası (sağ sınır) $i = n+1$ olarak tanımlanmaktadır. Taşınım oranının değeri sol sınırda Q_1 ve sağ sınırda Q_{N+1} dir. Q dalga koşullarının bir fonksiyonu olduğundan, dalga parametreleri Q noktalarında hesaplanmaktadır. Yapıların uç kısımları aynı şekilde Q noktalarında konumlandırılmaktadır. Kıyı dolguları, nehirler tarafından taşınan kum, diğer kum kaynakları ve batıklar “ y ” noktalarına konumlandırılmaktadır.



Şekil 4.8. GENESIS modeli çözüm ağı

Kum taşınımına izin verilen bir sınırda yansıma koşulu uygulanır. Yansıma koşulu sol ve sağ sınırlar üzerinde aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$Q_1 = Q_2 \quad (\text{sol sınır}) \quad (4.46)$$

$$Q_{N+1} = Q_N \quad (\text{sağ sınır}) \quad (4.47)$$

Kum taşınımına izin verilmeyen bir sınırdaki $\Delta Q = 0$ dır. Buna göre $\Delta y = 0$ olur ve y değeri bu sınırlarda değişmez.

Taşıma Oranları

M dalga kaynaklarının bulunduğu ve m kaynağı tarafından üretilmiş i . çözüm ağı noktasındaki taşıma oranı $Q_{i,m}$ olarak gösterilmektedir. Toplam taşıma oranı i aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır.

$$Q_i = \sum_{m=1}^M Q_{i,m} \quad (4.48)$$

Bu hesaplarda elde edilen taşıma oranları ise, Q_g ve Q_n dir.

Brüt taşıma oranı Q_g hesap süresince çözüm alanında sağa (Q_{rt}) ve sola (Q_{lt}) doğru taşınımın toplamı olarak tanımlanmaktadır.

$$Q_g = Q_{rt} + Q_{lt} \quad (4.49)$$

Brüt taşınım oranının, yönle bir ilgisi yoktur ve dolayısıyla pozitif bir değerdir. Bir limanda veya girişte yer alan bir seyir kanalına veya rıhtıma komşu olan bir menfeze sağdan veya soldan gelen kum orada tutulacaktır.

Net taşıma oranı Q_n ise çözüm alanında hesaplama süresince sağdan ve soldan oluşan taşınımların farkıdır ve aşağıdaki şekilde hesaplanır,

$$Q_n = Q_{rt} - Q_{lt} \quad (4.50)$$

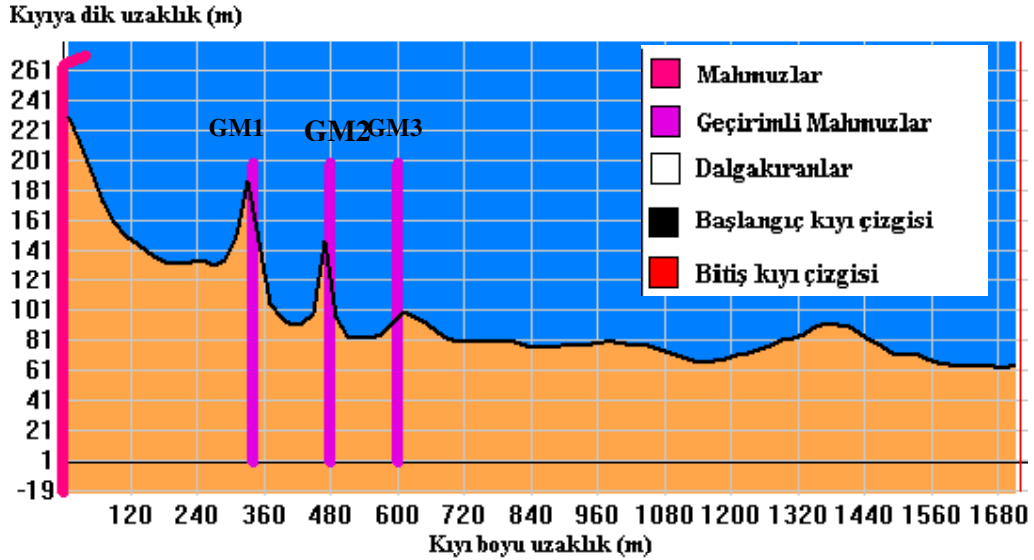
Net oran toplam taşınımı göstermektedir ve aşınacak veya birikecek kıyı bölümünü tespit etmek için gerekli olan miktardır. Kıyı çizgisindeki uzun dönem değişikliklerin belirlenmesinde GENESİS Modeli net Q oranlarını kullanmaktadır.

5. SAYISAL MODEL UYGULAMALARI

1700 m uzunluğundaki kıyı hattı için, kıyı boyu uzunluk ve kıyaya dik uzunluk 20 şer metre aralıklarla bölünmüş ve bir çözüm ağı oluşturulmuştur.

Çalışma alanında kıyının belli noktalarından alınan sediment için elek analizi yapılmış ve kıyının homojen yapıda olduğu kabul edilerek ortalama dane çapı $D_{50} = 0,52$ mm olarak belirlenmiştir (Ek-5).

Mevcut kıyı hattında Resim 2.2 ve Resim 2.3’de görüldüğü gibi Mahmuz-2 ve Mahmuz-3’de kum yığılması, Açık Deniz Dalgakıranında ise tombolo oluşumu meydana gelmiştir. Model uygulamalarında bu durum tanımlanamayacağı için, bu üç kıyı koruma yapısı geçirimli mahmuz olarak tanımlanmıştır (GM1,GM2,GM3) (Şekil 5.1).



Şekil 5.1. Mevcut kıyı durumunun modellemede tanımlanması

Kıyı boyunca sediment hareketi ve bunun sonucu meydana gelen kıyı çizgisi değişimi; mevcut durum, UBSBM tarafından önerilen proje ve bu çalışmada önerilen alternatif kıyı koruma sistemleri (Tasarım 1,2,3,4) için, GENESIS sayısal modeli ile benzeştirilmiş ve sonuçlar incelenmiştir.

5.1. Mevcut Durum

Mevcut durumda, kıyı hattının en batısında denize dik uzunluğu ve batıya bakan uç kısmının uzunluğu 40 metre olan 1 adet T mahmuz (M1), kıyı hattının 320 metre doğusuna yerleştirilmiş denize dik kısmı 50 metre ve paralel kısmının uzunluğu 90 metre olan 1 adet T mahmuz (M2), kıyı hattının 480 metre batısına yerleştirilmiş 60 metre uzunluğunda 1 adet açık deniz dalgakıranı ve kıyı hattının 600 metre batısına yerleştirilmiş denize dik kısmı ve paralel kısmının uzunluğu 60 metre olan 1 adet T mahmuz (M3) bulunmaktadır (Şekil 2.2). T mahmuzlarda kum yığılması, açık deniz dalga kıranında ise tombolo oluşumu meydana geldiğinden model uygulamalarında bu yapılar geçirimli mahmuz olarak tanımlanmıştır (Şekil 5.1).

Geçirimli mahmuzlar için geçirimlilik katsayısı (p) 0,2 olarak belirlenmiştir (Bkz. Bölüm 5.3.).

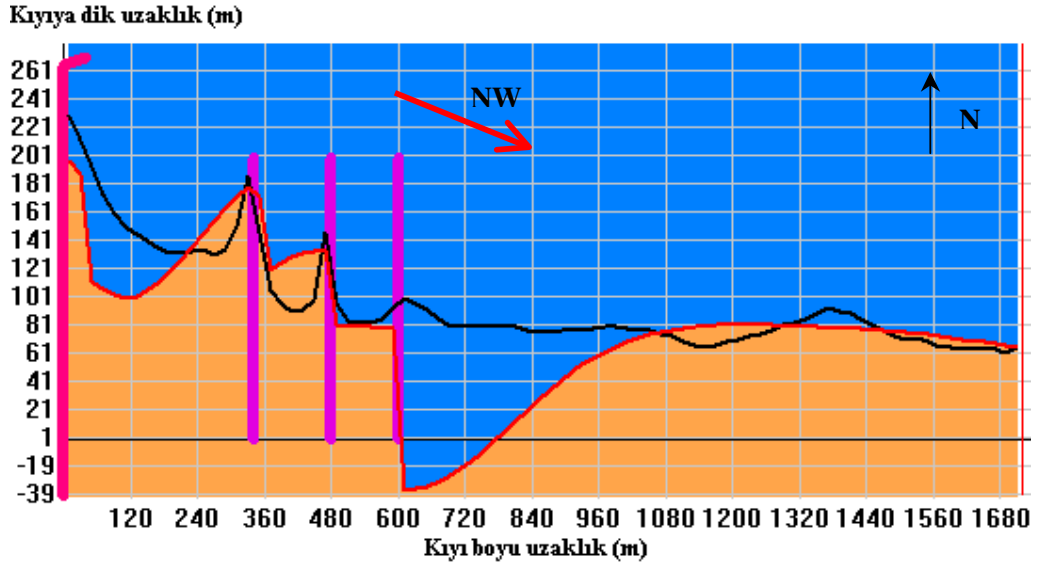
NW yönünden 1m belirgin dalga yüksekliği ve 3 sn dalga dönemi ile yaklaşan dalgalar etkisinde, M1 ile GM1 arasında ve GM3 den başlayarak kıyı hattının 400m doğusuna kadar kıyı çizgisinde büyük ölçekli erozyon yönünde değişimin meydana geleceği görülmektedir (Şekil 5.2). M1 ile GM1 arasındaki erozyon $1,31 \times 10^5 \text{ m}^3/\text{yıl}$, GM3'ün doğusunda kalan bölümdeki erozyon ise $3,90 \times 10^5 \text{ m}^3/\text{yıl}$ olarak gerçekleşmektedir. Sistemin tamamı için hacimsel değişim $- 4,76 \times 10^5 \text{ m}^3/\text{yıl}$ (erozyon) dır.

NNW yönünden 1m belirgin dalga yüksekliği ve 3 sn dalga dönemi ile yaklaşan dalgalar etkisinde, M1 ile GM1 arasındaki erozyonun, NW yönünden yaklaşan dalga etkisine göre daha az olduğu, GM3 ün doğusundaki kıyı hattında ise erozyon - yığılma yönündeki değişimin daha fazla olduğu görülmektedir (Şekil 5.3). M1-GM1 arasındaki erozyon $5,9 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{yıl}$ dır. GM3 ün doğusunda kalan bölümdeki erozyon $4,58 \times 10^5 \text{ m}^3$, yığılma ise $2,88 \times 10^5 \text{ m}^3/\text{yıl}$ boyutunda meydana gelmiştir. Sistemin tamamı için hacimsel değişim $-2,56 \times 10^5 \text{ m}^3/\text{yıl}$ (erozyon) dır.

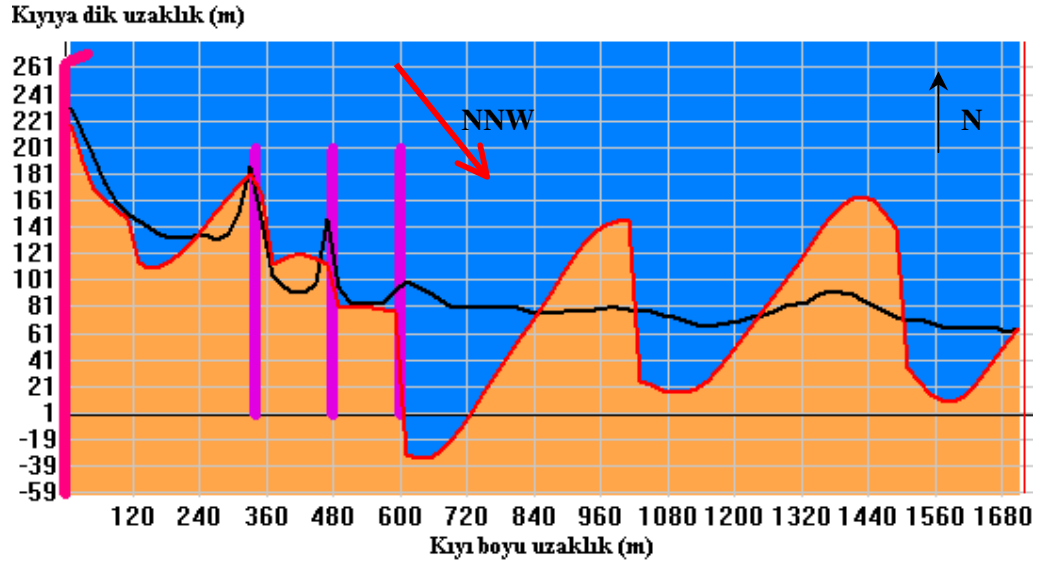
NNE yönünden 1m belirgin dalga yüksekliği ve 4 sn dalga dönemi ile yaklaşan dalgalar etkisinde, 3 ay sonunda M1 in doğusu tamamen kumla dolmaktadır. Bu yön için erozyon açısından kritik bölgenin GM1 in hemen batısındaki kıyı hattı olduğu görülmektedir (Şekil 5.4).

NE ve ENE yönünden 0.5 m belirgin dalga yüksekliği ve 2 sn dalga dönemi ile yaklaşan dalgalar etkisinde, kıyı hattındaki değişim küçük boyutlarda gerçekleşmektedir (Şekil5.5, Şekil 5.6). Her iki yön için de kritik bölgenin GM1 in hemen batısı olduğu görülmektedir .

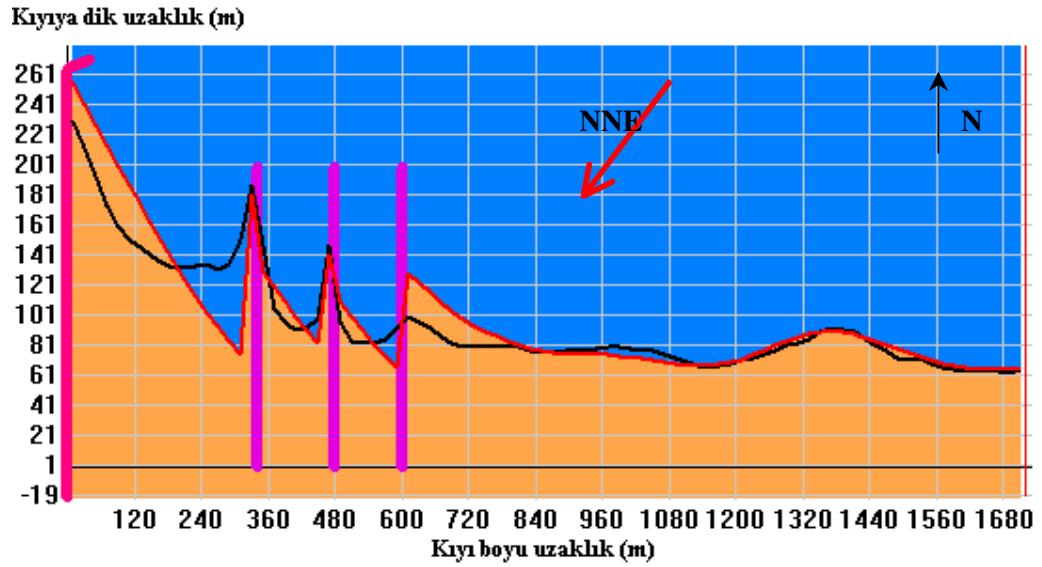
NW, NNW yönleri için model sonuçlarına bakıldığında, çalışma alanında M1 ile GM1 arasındaki kıyı hattı ve GM3 ün doğusundaki kıyı hattında erozyon-yığılma yönünde büyük ölçekli kıyı değişimlerinin meydana geleceği görülmektedir.



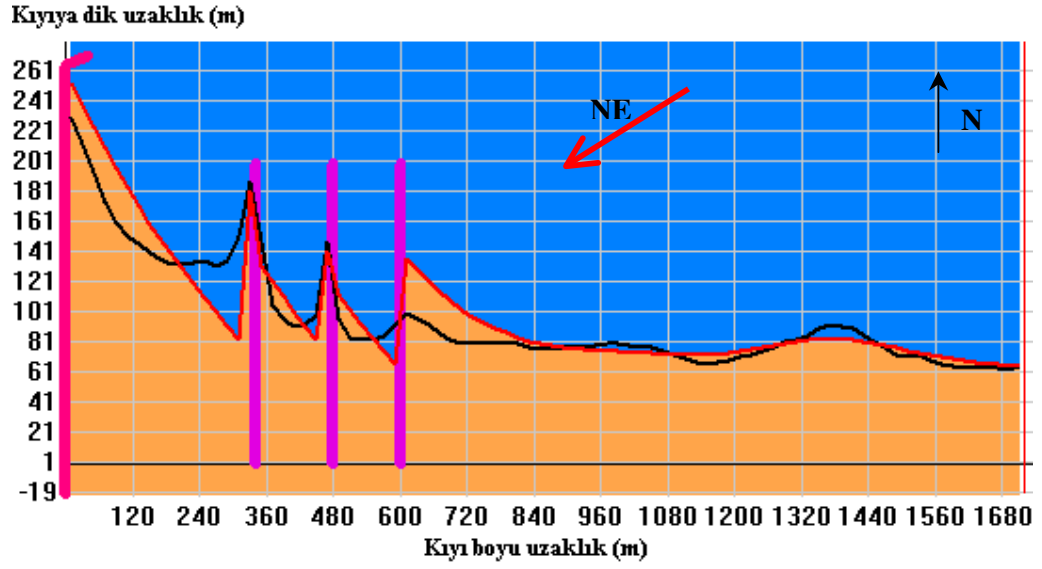
Şekil 5.2. Mevcut durumda Kuzey Batı (NW) yönünden belirgin dalga yüksekliği (H_s) = 1 m, belirgin dalga dönemi (T) = 3 sn değerleri için 1 yıl sonrasındaki kıyı değişimi



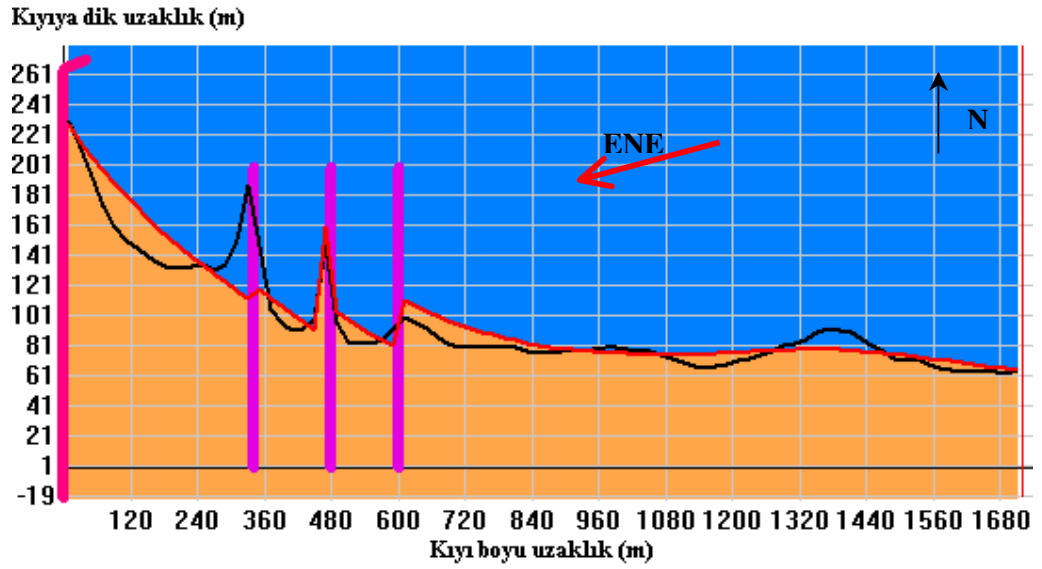
Şekil 5.3. Mevcut durumda Kuzey Kuzey Batı (NNW) yönünde $H_s = 1$ m, $T = 3$ sn değerleri için 1 yıl sonrasındaki kıyı değişimi



Şekil 5.4. Mevcut durumda Kuzey Kuzey Doğu (NNE) yönünde $H_s = 1$ m, $T = 4$ sn değerleri için 3 ay sonrasındaki kıyı değişimi



Şekil 5.5. Mevcut durumda Kuzey Doğu (NE) yönünde $H_s = 0,5$ m, $T = 2$ sn değerleri için 1 yıl sonrasındaki kıyı değişimi



Şekil 5.6. Mevcut durumda Doğu Kuzey Doğu (ENE) yönünde $H_s = 0,5$ m, $T = 2$ sn değerleri için 1 yıl sonrasındaki kıyı değişimi

5.2. UBSBM'nin Önerdiği Proje

UBSBM kıyı alanının doğusunda meydana gelen hasarı önlemek amacıyla, kıyı hattının 720'nci metresinden itibaren kıyaya uzaklığı 60 metre olan, 60 metre aralıklarla ve 60 metre uzunluğunda 8 adet açık deniz dalgakıranı önermiştir (Şekil 2.3).

UBSBM'nin GM3 ün doğusunda kalan kıyı hattı için önerdiği 8 adet açık deniz dalga kıranı için NW yönünden yaklaşan dalgalar etkisinde model sonuçlarına bakıldığında, ilk açık deniz dalgakıranında $p=0.2$ değeri için 7 ay sonunda, $p=0.3$ değeri için 5 ay sonunda tombolo oluşumunun meydana geldiği, açık deniz dalgakıranlarının projelendirildiği kıyı hattında, kıyı ile fazla etkileşim gösterdiği görülmektedir. (Şekil 5.7, Şekil 5.8).

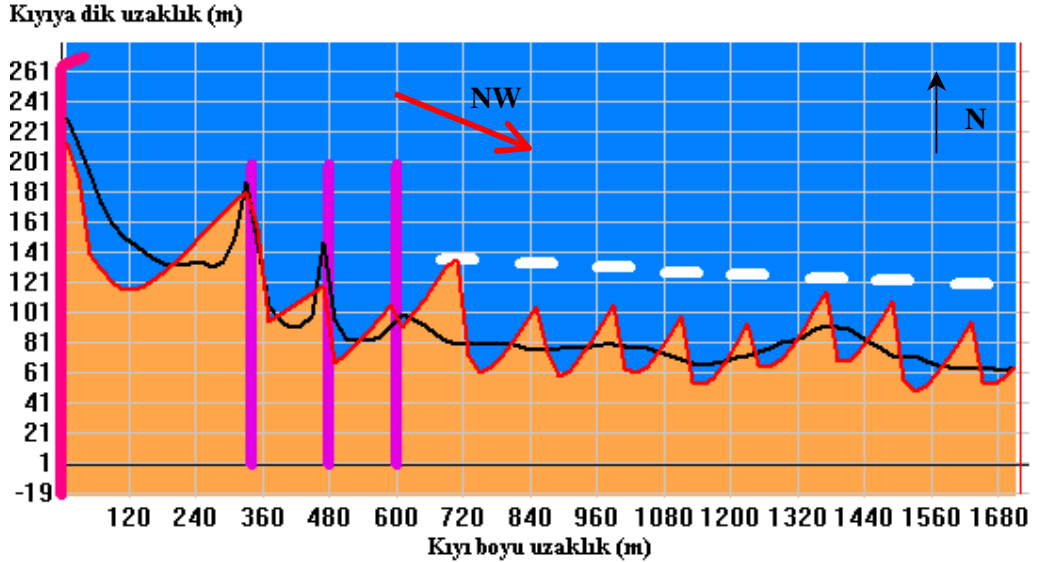
NNW için de benzer kıyı profoli sonuçları elde edilmiş, $p=0.2$ değeri için 10 ay, $p=0.3$ değeri için 8 ay sonunda ilk dalgakırandaki tombolo oluşumu meydana gelmiştir. Kıyı hattının doğusunda NW yönündeki duruma benzer şekilde açık deniz dalgakıranları etkisinde kıyı çizgisinin önemli ölçüde değiştiği görülmektedir. (Şekil 5.9, Şekil 5.10).

NNE yönünde 3 ay sonunda M1in tamamen kum ile dolduğu görülmektedir. UBSBM'nin önerdiği proje için kıyı hattının en doğusundaki açık deniz dalga kıranı kritik konumdadır (Şekil 5.11, Şekil 5.12).

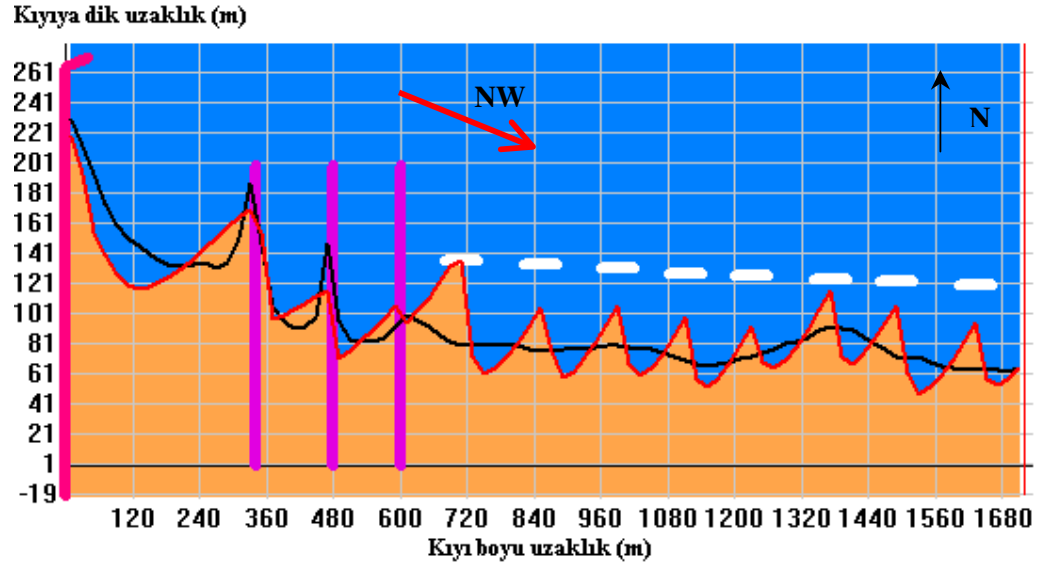
Geçirimli mahmuzlar için geçirimsizlik katsayısı (p) 0,0 ve 1,0 değerleri arasında değişmektedir. Sınır değerlerde 0,0 değeri mahmuzlar için tam geçirimsiz, 1,0 değeri ise mahmuzlar için tam geçirimli olarak tanımlanmaktadır. GENESIS modeli için geçirimsizlik katsayısının 0,2 den az alınmaması önerilmektedir. Model uygulamalarında geçirimsizlik katsayısı olarak 0,2 ve 0,3 değerleri kullanılmış ve iki durum için hacimsel değişimler incelenmiş ve çalışma alanındaki kıyı hattı için uygun olan değer belirlenmeye çalışılmıştır. Geçirimli mahmuzlar için geçirimsizlik katsayısı model uygulamalarında UBSBM tarafından önerilen projede NW-NNW

yönlerinde kalibre edilmiştir(Şekil 5.7- Şekil5.10). Etkin yönler için geçirimsizlik katsayısı 0.2 den 0.3'e çıkarılması geçirimli mahmuzlardan geçen kum hacminin fazlalığı ilk açık deniz dalgakıranında tombolo oluşumunun, sahadaki oluşum süresinden daha önce meydana gelmesine yol açmaktadır. 1994 yılı sonlarında yapımı tamamlanan mevcut açık deniz dalgakıranında yaklaşık olarak 1 yıl gibi bir sürede tombolo oluşumunun meydana geldiği gözlenmiştir. Yapılan sayısal denemeler, tombolo oluşum süresinin geçirimli mahmuzlar için geçirgenlik katsayısının $p= 0.2$ olarak alınması ile daha gerçekçi olarak yansıtıldığını göstermiştir. Bu nedenle model uygulamalarında mevcut durum ve alternatif tasarımlar için $p= 0.2$ olarak alınmıştır.

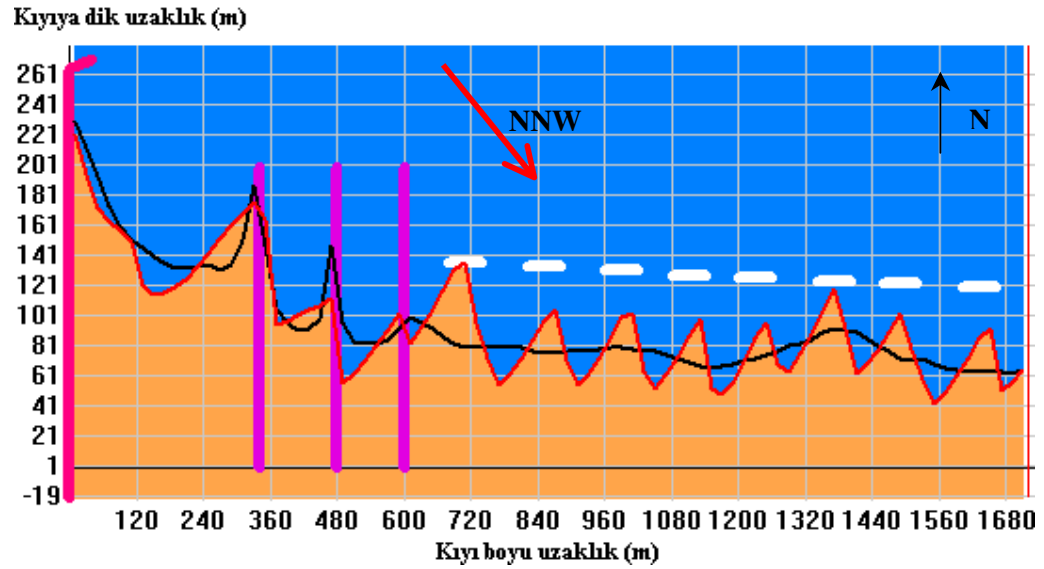
Genel olarak UBSBM nin önerdiği projede açık deniz dalgakıranlarının kıyı hattına yakın olarak projelendirildiği, kıyı ile yapıların fazla etkileşim göstereceği ve buyüzden kıyı hattında tombolo oluşumlarının meydana geleceği, kıyı hattının M1-GM1 arasındaki bölümü için herhangi bir önlem alınmadığından, buradaki kıyı erozyonunun devam edeceği görülmektedir.



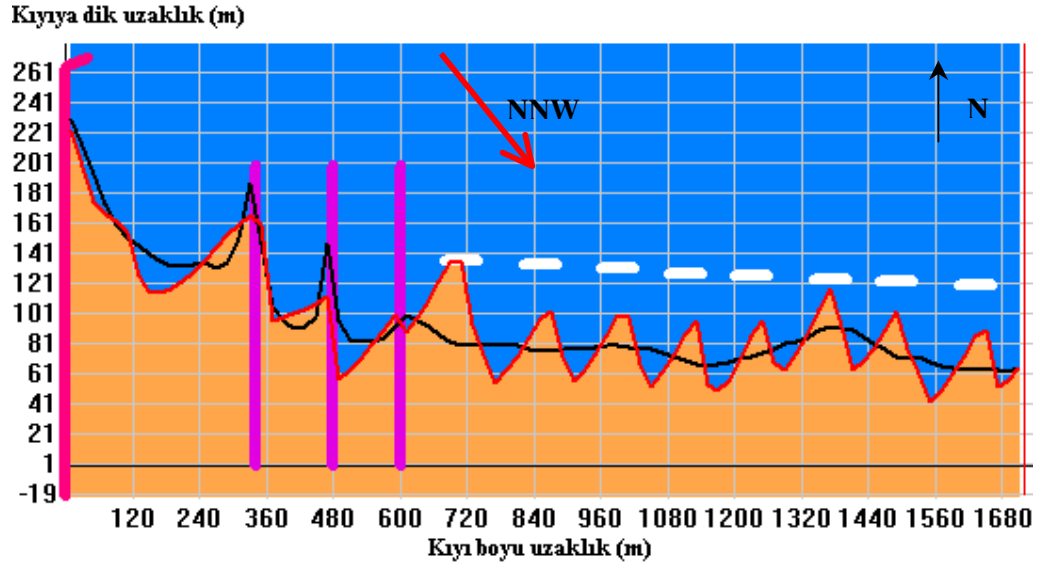
Şekil 5.7. UBSBM tarafından önerilen proje için NW yönünde $H_s = 1\text{m}$, $T = 3\text{ sn}$ Permeabilite (p) = 0,2 değerleri için 7 ay sonrasındaki kıyı değişimi



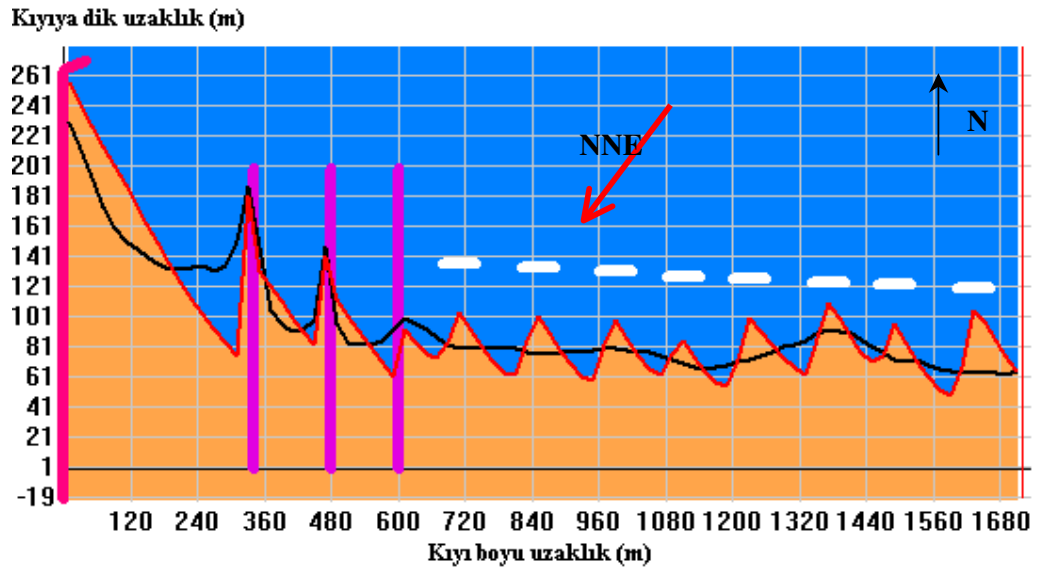
Şekil 5.8. UBSBM tarafından önerilen proje için NW yönünde $H_s = 1\text{ m}$, $T = 3\text{ sn}$ $p = 0,3$ değerleri için 5 ay sonrasındaki kıyı değişimi



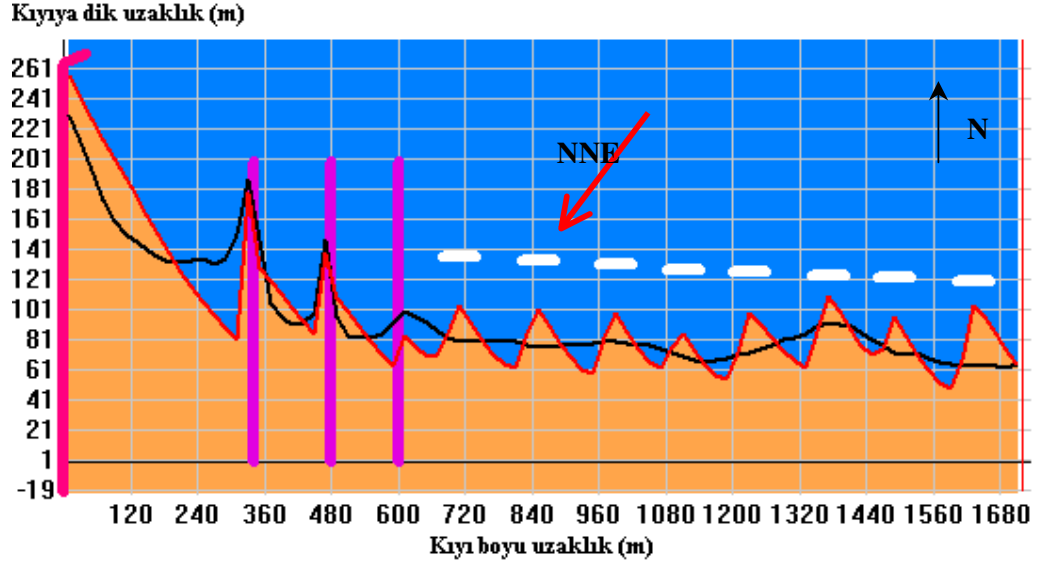
Şekil 5.9. UBSBM tarafından önerilen proje için NNW yönünde $H_s = 1\text{ m}$, $T = 3\text{ sn}$ $p = 0,2$ değerleri için 10 ay sonrasındaki kıyı değişimi



Şekil 5.10. UBSBM tarafından önerilen proje için NNW yönünde $H_s = 1$ m, $T = 3$ sn $p = 0,3$ değerleri için 8 ay sonrasındaki kıyı değişimi



Şekil 5.11. UBSBM tarafından önerilen proje için NNE yönünde $H_s = 1$ m, $T = 4$ sn $p = 0,2$ değerleri için 3 ay sonrasındaki kıyı değişimi



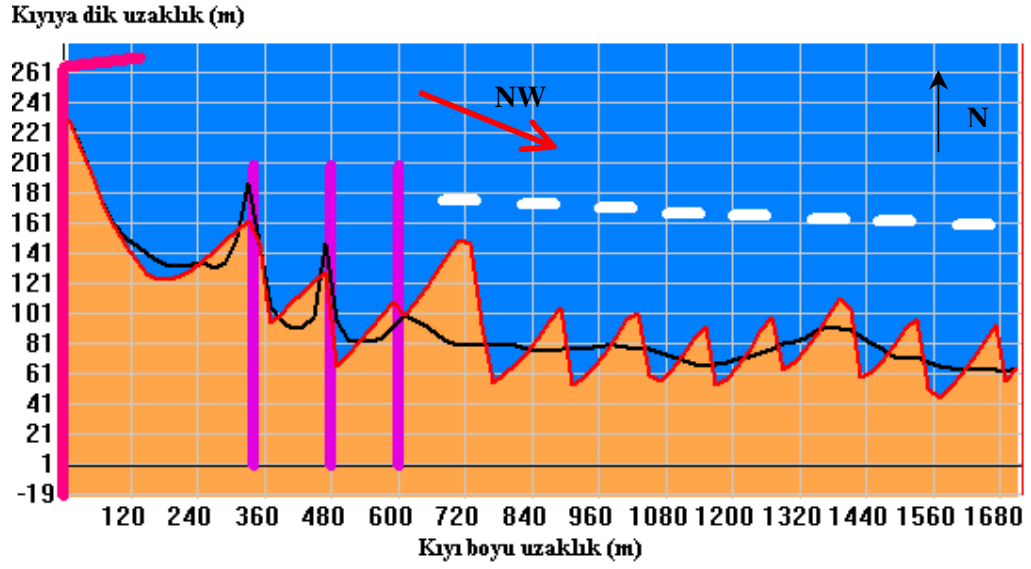
Şekil 5.12. UBSBM tarafından önerilen proje için NNE yönünde $H_s = 1$ m, $T = 4$ sn $p = 0,3$ değerleri için 3 ay sonrasındaki kıyı değişimi

5.3. Tasarım-1

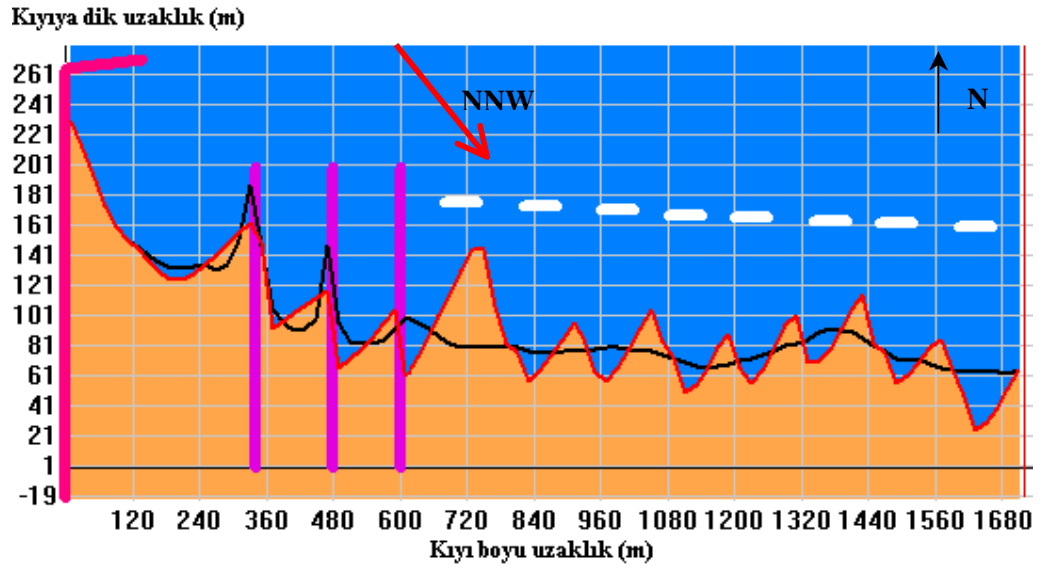
Kıyı bölgesinde, UBSBM'nin önermiş olduğu projedeki açık deniz dalgakıranları kullanılacak ise, tombolo oluşumunu engellemek amacıyla dalgakıranların minimum 40 metre daha denize doğru çekilmesi, M1-GM1 arasındaki kıyı erozyonunu engellemek amacıyla M1 in doğuya bakan uç kısmının 80 metre uzatılması gerekmektedir. Bu durumda NW yönünden gelen dalgalar için GM3 ün doğusundaki ilk dalgakıranın bulunduğu kıyı hattında $9,2 \times 10^4$ m³/yıl lık bir yığılma meydana gelmiştir. M1-GM1 arasında gerekli koruma sağlanmıştır (Şekil 5.13). Sistemin tamamı için hacimsel değişim $1,65 \times 10^3$ m³/yıl (yığılma) dır.

NNW yönünden gelen dalgalar etkisinde NW yönüne benzer bir kıyı profili meydana gelmektedir (Şekil 5.14). Sistemin tamamı için hacimsel değişim $1,06 \times 10^3$ m³/yıl (yığılma) dır.

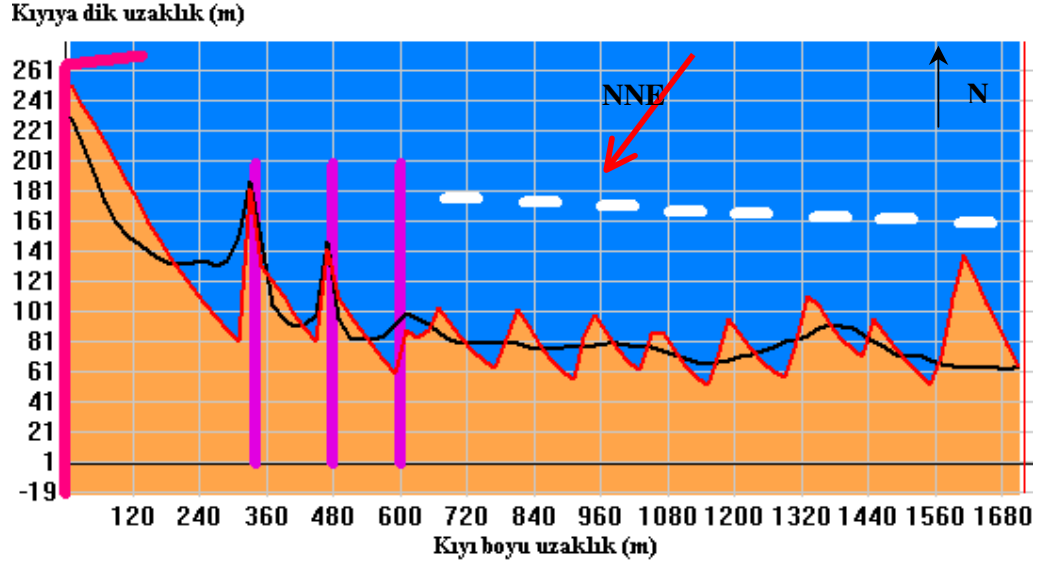
NNE yönü için M1 in tamamen kumla dolması engellenmiştir. GM1 in hemen batısı erozyon yönünden kritik noktadır(Şekil 5.15). Sistemin tamamındaki hacimsel değişim $1,75 \times 10^3$ m³/yıl (yığılma) dır.



Şekil 5.13. Tasarım-1 için NW yönünde $H_s = 1\text{m}$, $T = 3\text{ sn}$ değerleri için 1 yıl sonrasındaki kıyı değişimi



Şekil 5.14. Tasarım-1 için NNW yönünde $H_s = 1\text{m}$, $T = 3\text{ sn}$ değerleri için 1 yıl sonrasındaki kıyı değişimi



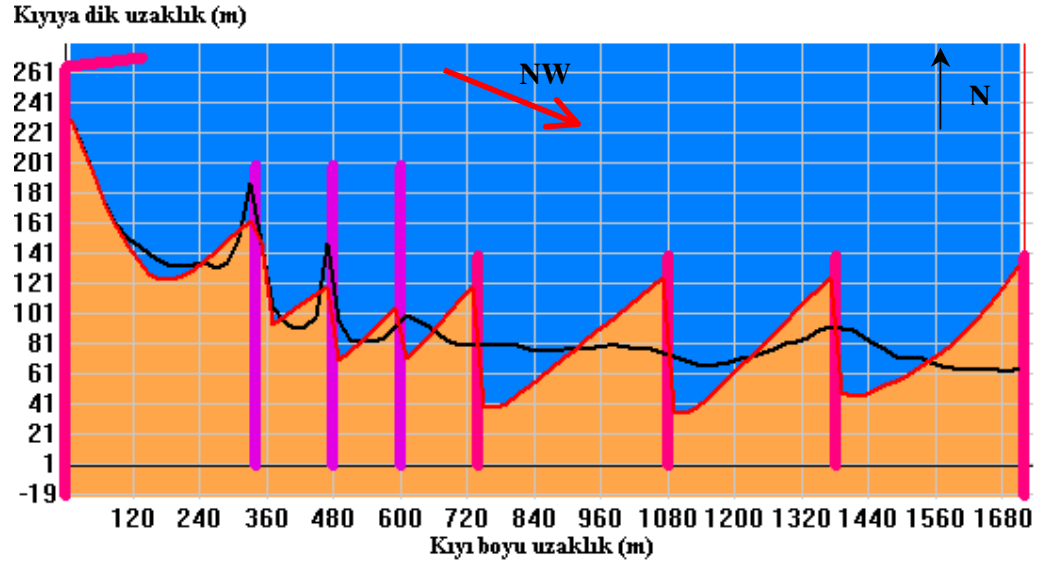
Şekil 5.15. Tasarım-1 için NNE yönünde $H_s = 1\text{m}$, $T = 4\text{ sn}$ değerleri için 1 yıl sonrasındaki kıyı değişimi

5.4. Tasarım-2

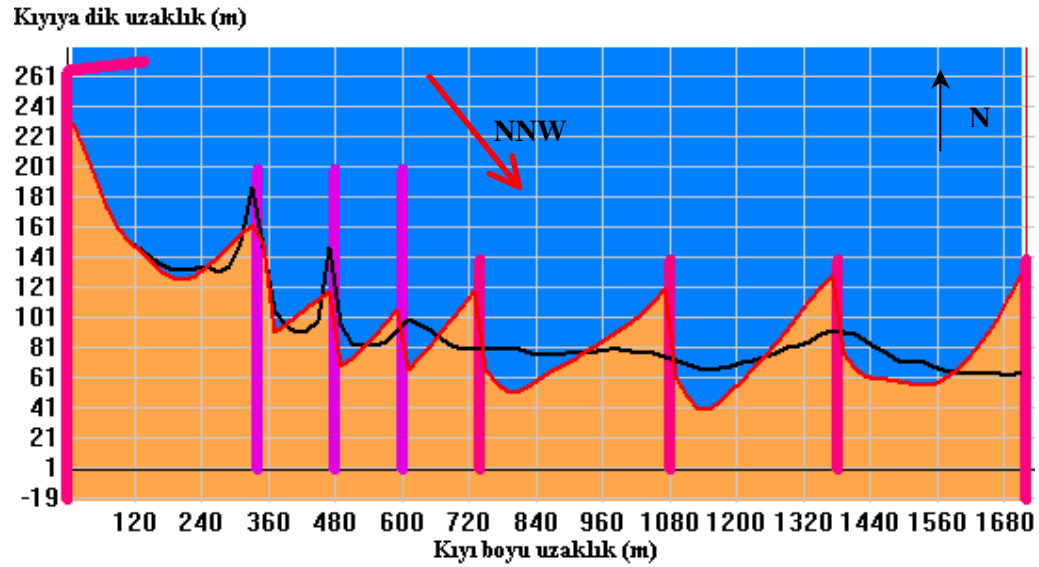
Kıyı koruma yapılarından biride mahmuzlardır. Tasarım-2 de kıyı hattının doğusu için denize dik uzunluğu 60 metre olan 4 adet mahmuzun kıyı çizgisinde meydana getireceği değişim incelenmiştir.

NW yönünden yaklaşan dalgalar etkisinde model sonuçlarına bakıldığında, kıyı hattının doğusuna yerleştirilen 4 adet mahmuzun batıya bakan kısımlarında yığılma, doğuya bakan kısımlarında erozyon meydana geleceği görülmektedir. Sistemin tamamı için hacimsel değişim $1,59 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{yıl}$ (yığılma) dır (Şekil 5.16). NNW yönü için sistemin tamamındaki hacimsel değişim $1,1 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{yıl}$ (yığılma) olarak hesaplanmıştır (Şekil 5.17).

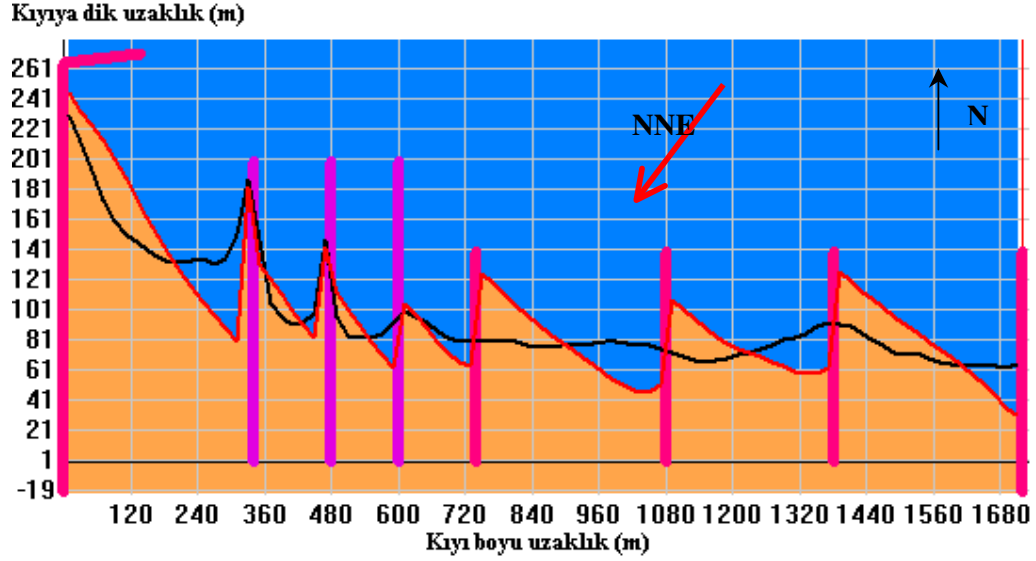
NNE yönünden gelen dalgalar etkisinde, tasarımda önerilen 4 adet mahmuzun doğu kısımlarında yığılma, batı kısımlarında erozyon meydana gelmiştir. Kıyı hattındaki hacimsel değişim $4 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{yıl}$ (yığılma) olarak gerçekleşmiştir (Şekil 5.18).



Şekil 5.16. Tasarım-2 için NW yönünde $H_s = 1\text{m}$, $T = 3\text{ sn}$ değerleri için 1 yıl sonrasındaki kıyı değişimi



Şekil 5.17. Tasarım-2 için NNW yönünde $H_s = 1\text{m}$, $T = 3\text{ sn}$ değerleri için 1 yıl sonrasındaki kıyı değişimi



Şekil 5.18. Tasarım-2 için NNE yönünde $H_s = 1\text{m}$, $T = 4\text{ sn}$ değerleri için 1 yıl sonrasındaki kıyı değişimi

5.5. Tasarım-3 ve Tasarım-4

Tasarım-2 de 4 adet mahmuzun kıyının belli bölgelerinde yığılmalara, belli bölgelerinde ise erozyonlara yol açtığı görülmektedir. Bu erozyonları önlemek amacıyla, bu mahmuzların 3'ünün uç kısımları doğuya doğru 100 m uzatılmış ve 3 adet L mahmuz tasarlanmıştır (Tasarım-3).

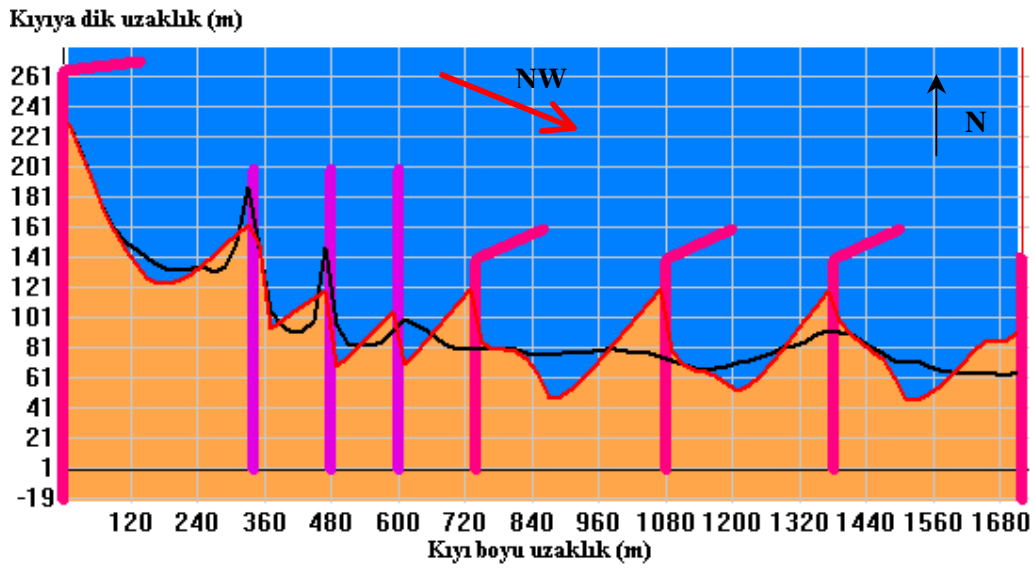
Benzer bir tasarımla kıyı hattındaki değişimi incelemek amacıyla 3 adet L mahmuz ve kıyı hattının en doğusundaki mahmuz 40 metre daha uzatılmıştır. (Tasarım-3).

NW yönünden 1m dalga yüksekliği ve 3 sn dalga dönemi ile yaklaşan dalgalar etkisinde, Tasarım-3 de sistemdeki hacimsel değişim $1,75 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{yıl}$ (yığılma), Tasarım-4 için $1,4 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{yıl}$ (yığılma) dır (Şekil 5.19, Şekil 5.22).

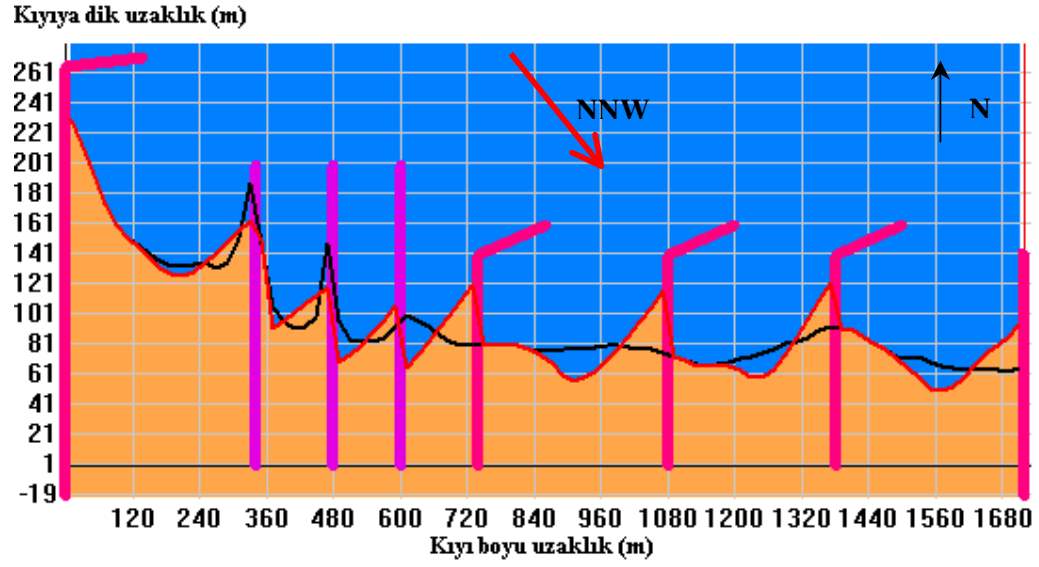
NNW yönünden 1m dalga yüksekliği ve 3 sn dalga dönemi ile yaklaşan dalgalar etkisinde, Tasarım-3 de sistemdeki hacimsel değişim $2,54 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{yıl}$ (yığılma), Tasarım-4 için $5,5 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{yıl}$ (yığılma) boyutunda gerçekleşmektedir (Şekil 5.20, Şekil 5.23).

NNE yönünden 1m dalga yüksekliği ve 4 sn dalga dönemi ile yaklaşan dalgalar etkisinde, Tasarım-3 de sistemdeki hacimsel değişim $1,10 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{yıl}$ (yığılma), Tasarım-4 için $1,5 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{yıl}$ (yığılma) dır (Şekil 5.21, Şekil 5.24).

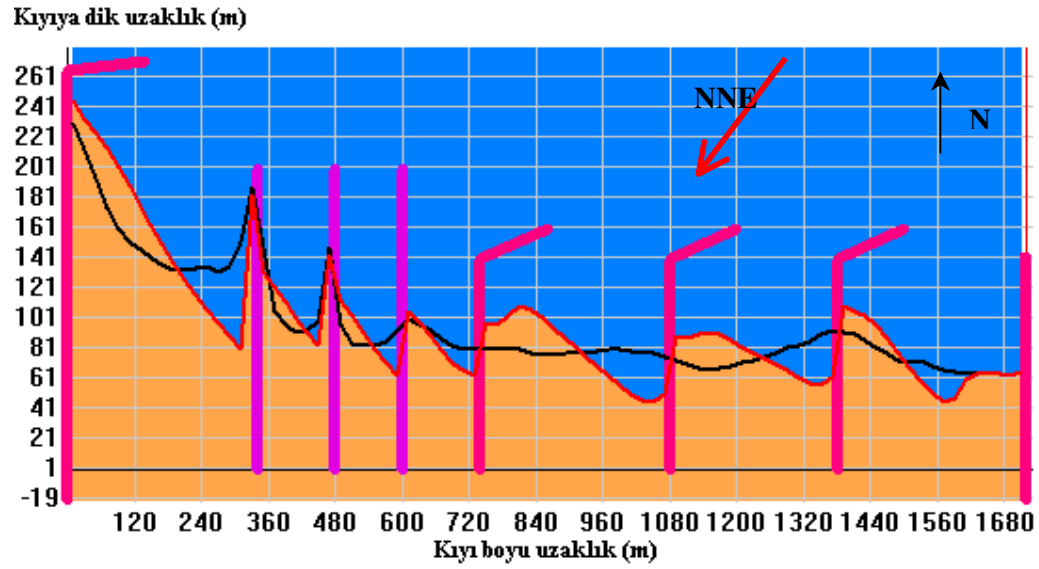
Tasarım-3 ve Tasarım-4 için hacimsel değişimler incelendiğinde mahmuz boylarının arttırılmasının kıyı hattındaki erozyonları büyük ölçüde azalttığı ve daha dengeli bir kıyı çizgisi değişimi meydana getirdiği görülmektedir.



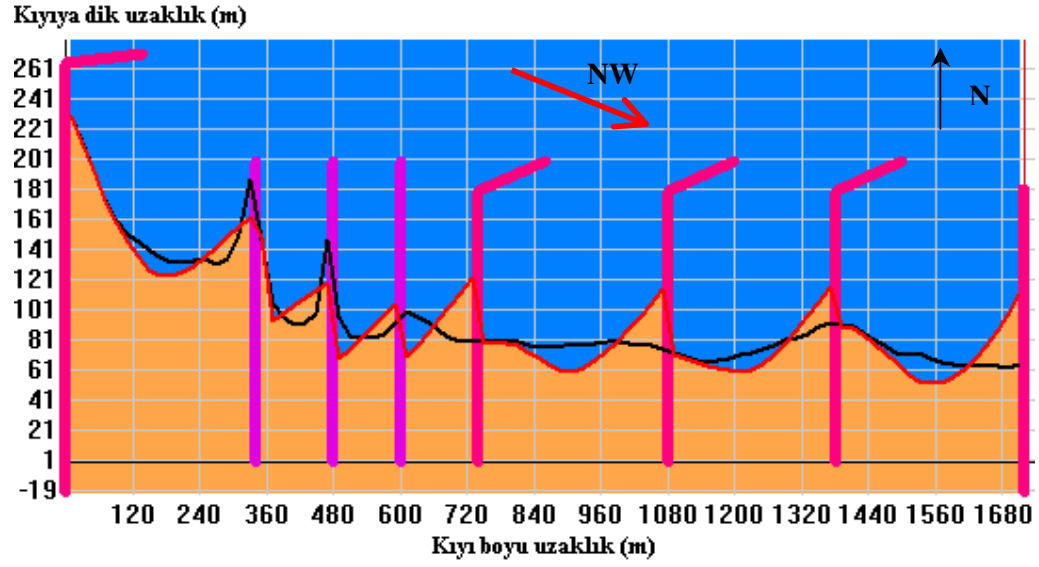
Şekil 5.19. Tasarım-3 için NW yönünde $H_s = 1\text{m}$, $T = 3\text{sn}$ değerlerin için 1 yıl sonrasındaki kıyı değişimi



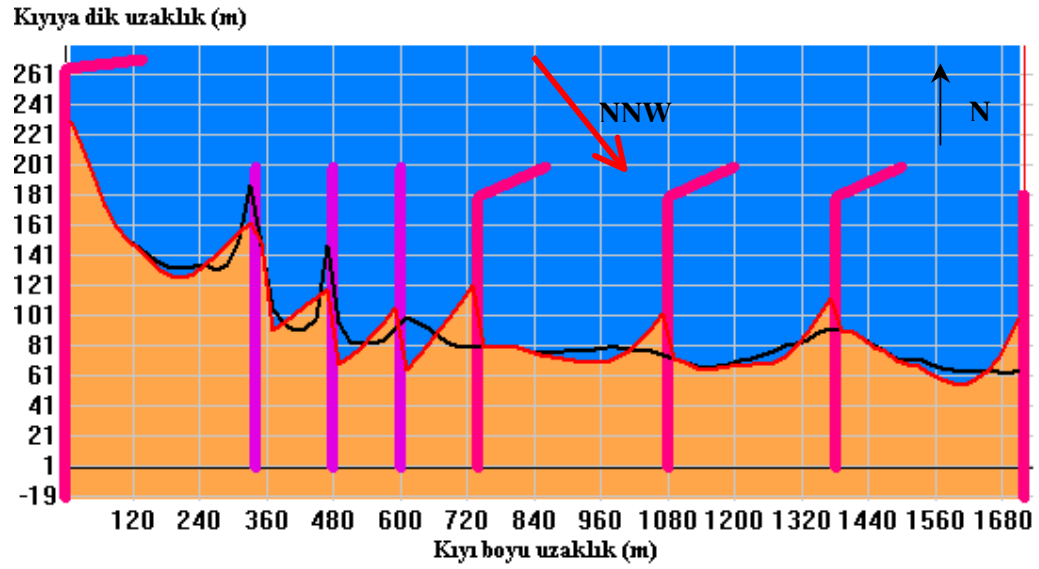
Şekil 5.20. Tasarım-3 için NNW yönünde $H_s = 1\text{m}$, $T = 3\text{ sn}$ değerleri için 1 yıl sonrasındaki kıyı değişimi



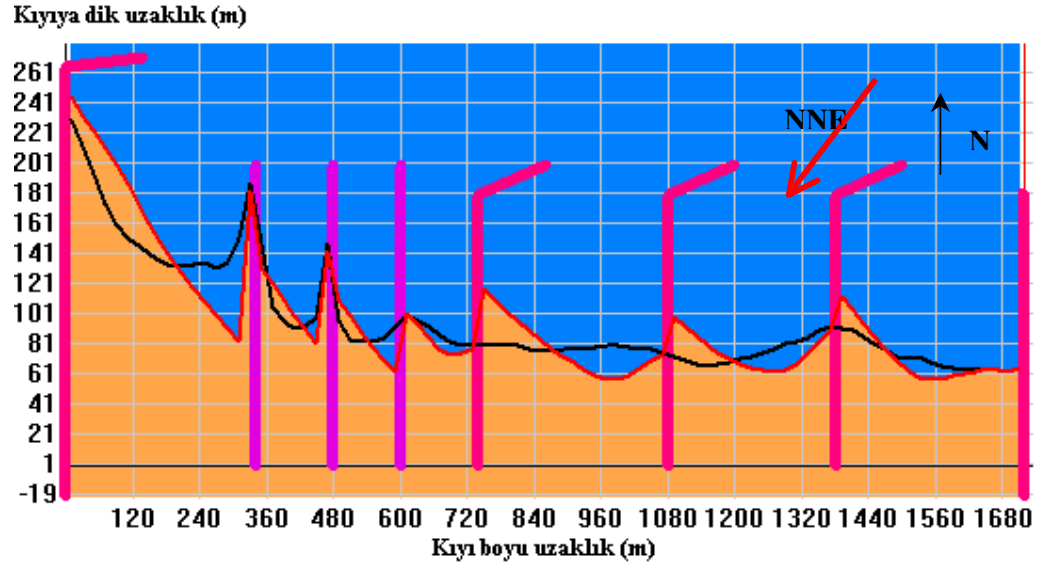
Şekil 5.21. Tasarım-3 için NNE yönünde $H_s = 1\text{m}$, $T = 4\text{ sn}$ değerleri için 1 yıl sonrasındaki kıyı değişimi



Şekil 5.22. Tasarım-4 için NW yönünde $H_s = 1\text{m}$, $T = 3\text{ sn}$ değerleri için 1 yıl sonrasındaki kıyı değişimi



Şekil 5.23. Tasarım-4 için NNW yönünde $H_s = 1\text{m}$, $T = 3\text{ sn}$ değerleri için 1 yıl sonrasındaki kıyı değişimi



Şekil 5.24. Tasarım-4 için NNE yönünde $H_s = 1\text{m}$, $T = 4\text{ sn}$ değerleri için 1 yıl sonrasındaki kıyı değişimi

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Ordu ilinin doğusunda yer alan Cumhuriyet ve Turna Suyu mahallesi sınırları içerisinde bulunan kıyı bölgesinde dalga etkisi sonucu meydana gelen kıyı hasarını önlemek amacıyla, Devlet Meteoroloji İşlerinden alınan Ordu istasyonuna ait rüzgar verileri ve UBSBM den temin edilen kıyı durumu ve batimetri bilgileri kullanılarak sayısal model GENESIS ile benzeştirmeler ve sahada incelemeler yapılmıştır.

Ordu ili rüzgar istasyonuna ait 16 yıllık (1990-2005) rüzgar verilerinin dalga yükseklikleri ve dalga dönemine çevrilmesi için kabarma alanı uzunluğu (fetch length) çalışması yapılmış ve Shore Protection Manual yöntemi kullanılarak rüzgar verileri dalga verilerine çevrilmiştir.

Rüzgar, dalga verileri ve çalışma alanında yapılan incelemeler neticesinde (mevcut mahmuzların tamamının batısında kum yığılması, doğusunda ise oyulma meydana gelmiştir) çalışma alanı için etkin dalga yönünün NW(kuzey batı) ve NNW (kuzey kuzey batı) olduğu belirlenmiştir. Doğu yönünden gelebilecek dalgalar için kıyı çizgisindeki değişimin görülebilmesi amacıyla model uygulamalarında dalga yüksekliği ve dalga dönemi en büyük olan NNE (kuzey kuzey doğu) yönü çalışılmıştır.

Çalışma alanında kıyının belli noktalarından alınan sediment için elek analizi sonucunda ortalama dane çacı $D_{50} = 0,52$ mm olarak belirlenmiştir.

Model uygulamalarında mevcut durumdaki mahmuzların tamamında kum yığılması ve açık deniz dalgakıranında tombolo oluşumu meydana geldiği (Şekil 2.2, Resim 2.2 ve Resim 2.3) ve modelde bu durumun tanımlanamayacağı için bu yapılar geçirimli mahmuz olarak tanımlanmıştır.

Geçirimli mahmuzlar için geçirimlilik katsayısı model uygulamalarında NW ve NNW yönlerinde kalibre edilmiş ve $p=0,2$ olarak belirlenmiştir (Şekil 5.7-Şekil 5.10).

Tüm model uygulamalarında NW, NNW yönleri için belirgin dalga yüksekliği 1 metre ve dalga dönemi 3 sn, NNE yönü için belirgin dalga yüksekliği 1 metre ve dalga dönemi 4 sn alınarak kıyı hattının mevcut durumu, UBSBM'nün önerdiği proje ve bu tez kapsamında incelenen alternatif tasarımlar incelenmiştir.

Mevcut durumda etkin dalga yönleri NW ve NNW yönünden gelen dalgalar etkisinde M1 ile GM1 arasında ve GM3'ün doğusundaki kıyı hattında erozyonun devam edeceği görülmektedir (Şekil 5.2, Şekil 5.3). Bu kısımlarda kıyı hasarlarının ilerleyen yıllarda da devam edeceği ve dolayısıyla bu bölgelerdeki yerleşim alanları ve ekili alanların zarar göreceği düşünülmektedir. M1-GM1 arasında kalan kıyı alanını ve GM3 ün doğusunda kalan kıyı alanındaki hasarı engellemek amacıyla uygun kıyı yapılarının yapılması gerekmektedir.

UBSBM'nin GM3 ün doğusunda kalan kıyı hattında meydana gelen hasarlarını önlemek amacıyla projelendirdiği 8 adet açık deniz dalgakıranı için model sonuçları incelendiğinde; açık deniz dalga kıranlarının kıyı hattına yakın projelendirildiği ve bu nedenle açık deniz dalgakıranlarının kıyı ile fazla etkileşim göstereceği ve kıyı hattında tombolo oluşumlarının meydana geleceği, M1 ile GM1 arasında herhangi bir önlem alınmadığından kıyı hattının bu bölümünde erozyonun devam edeceği görülmektedir (Şekil 5.7 - Şekil 5.12).

Tombolo oluşumunu engellemek amacıyla dalgakıranların minimum 40 metre daha denize doğru çekilmesi, M1-GM1 arasındaki kıyı erozyonunu engellemek amacıyla M1 in doğuya bakan uç kısmının 80 metre uzatılmasının (Tasarım-1) gerekli olduğu görülmektedir (Şekil 5.13 - Şekil 5.15).

Kıyı hattında açık deniz dalgakıranlarından kaynaklanan erozyon-yığılma yönündeki dengesiz kıyı çizgisi görünümünü engellemek amacıyla alternatif olarak bu alanda mahmuzlarla bir korumanın sağlanabileceği düşünülerek, öncelikle kıyı hattının doğusunda 4 adet mahmuz (Tasarım -2) önerilmiştir (Şekil 5.16 - Şekil 5.18). Mahmuzların arasında kalan alandaki erozyonu engellemek amacıyla bu mahmuzların 3'ünün uç kısımları doğuya doğru 100 metre uzatılmış ve 3 adet L

mahmuz (Tasarım-3) tasarlanmıştır (Şekil 5.19 - Şekil5.21) . Bu alanda meydana gelen erozyon bu şekilde azaltılmış, benzer bir tasarımla 3 adet L mahmuz ve kıyı hattının en doğusundaki mahmuz 40 metre daha uzatılmış (Tasarım-4) ve Tasarım-3 ye göre çok daha dengeli bir kıyı hattı elde edilmiştir (Şekil 5.22 - Şekil5.24). Mahmuz boylarının arttırılmasının kıyı hattındaki erozyonları büyük ölçüde azalttığı ve daha dengeli bir kıyı çizgisi değişimi meydana getirdiği görülmüştür.

İyi bir modelleme için modelde kullanılacak olan verilerin iyi hazırlanması ve kıyı bölgesinin iyi gözlemlenmiş olması gerekmektedir. Genesis modeli ile yapılan benzeştirmeler sonucunda Ordu ili Cumhuriyet ve Turnasuyu mahallesi sınırları içerisinde yer alan kıyı hattı için Tasarım-4 de belirtilen kıyı koruma yapılarının bölgedeki kıyı hasarlarını engelleyeceği görülmektedir.

Bu tez çalışmasında kıyısal sediment taşınımı incelenmiş ve GENESIS sayısal modeli ile başarılı benzeştirmeler yapılmıştır. Sayısal modeller kıyı çizgisi değişimlerinin benzeştirilmesinde önemli araçlardır.

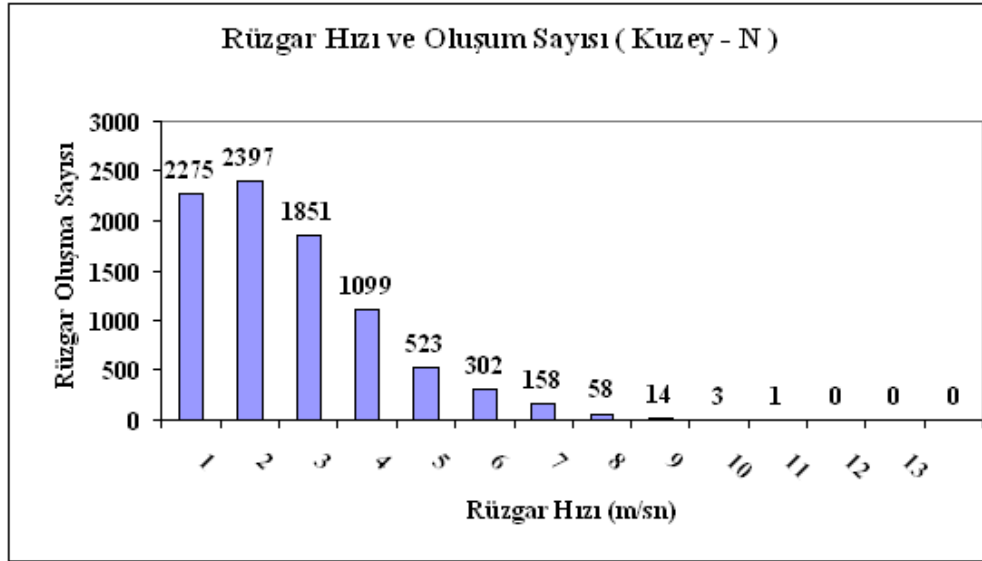
KAYNAKLAR

1. Hanson, H. And Kraus, N.C., “GENESIS: Generalized model for simulating shoreline change: Report 1 and Report 2, Technical reference” *CERC-89- 19, Vicksburg* 11-60 (1989- 1991).
2. Soulsby, R.L., “Manual of Marine Sands”, *Thomas Telford*, London, 1-70 (1994).
3. Whitehouse, R., Soulsby, R.L., Roberts, W., Mitchener, H., “Dynamics of estuarine muds”, *Thomas Telford*, London, 5-26 (2000).
4. Li, Z. And Davies, A.G. “Turbulence closure modelling of sediment transport beneath large waves”, *Continental Shelf Research*, 21 (3): 243-262 (2001).
5. WL delft hydraulics, “User Manual Delft3D-FLOW and Delft3D-WAQ, WL delft hydraulics”, *Delft*, 8-36 (2001).
6. Davies, A.G. And Thorne, P.D., “Modelling and measurement of sediment transport by waves in the vortex ripple regime”, *Journal of Geophysical Research*, 110-120 (2005).
7. Malarkey, J. And Davies A.G., “UWB 1DV Sand Transport Model, in SANDPIT, Sand Transport and Morphology of Offshore Mining Pits”, *Aqua Publications*, The Netherlands. 1-8 (2005).
8. Hayter, E.J., Mehta A.J., “Modeling cohesive sediment transport in estuarial waters”, *Applied Mathematical Modeling*, 10(4): 294-303 (1986).
9. Glenn, S.M. And Grant W.D., “Stratification correction for combined wave and current flows”, *Journal of Geophysical Resource*, 92(C8): 8244 - 8264 (1987).
10. Van Rijn, L.C., Davies A.G., van de Graaff, J. And Ribberink, J.S., “SEDMOC: Sediment Transport Modelling in Marine Coastal Environments”, *Aqua Publications*, Amsterdam, 415 (2001).
11. Davies, A.G., Berx, B.E., Brown J.M. And Villaret, C., “Morphological modelling of trenches and pits in wave-current flows”, *Aqua Publications, The Netherlands*, 1-14 (2005).
12. Thorne, P.D., Davies A.G. And Williams J.J., “Measurements of bedforms and sediment in suspension under waves”. *Proceedings of the 28th International Conference on Coastal Engineering*, Wales, 3007-3019 (2002).
13. Villaret, C. And Davies A.G., “Numerical modeling of littoral sand transport”, *Proceedings of the 29th International Conference on Coastal Engineering*, Lisbon, 1678-1689 (2004).

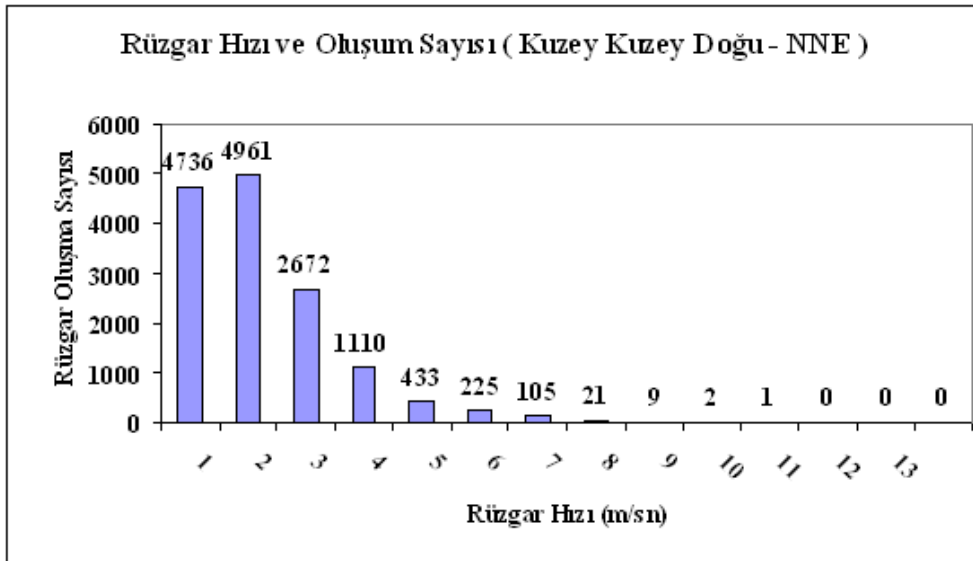
14. Ashton, A., Murray, A. B. And Arnoult, O., “Formation of coastline features by large-scale instabilities induced by high-angle waves”, *Nature* 414: 296-300 (2001).
15. Dean, R.G. And Yoo C.H., “Beach–Nourishment Performance Predictions”, *ASCE*, 118 (6): 567- 586 (1992).
16. Dean, R. G. “Coastal Sediment Processes: Toward Engineering Solutions”, *ASCE*, 1 -24 (1987).
17. Dean, R. G. And Dalrymple, R. A., “Coastal Processes With Engineering Applications” *Cambridge University Press*, United Kingdom, 475 (2001).
18. Larson, M., and Kraus, N. C., “SBEACH: Numerical model for simulating storm-induced beach change: Report 1” *CERC-89-9, Vicksburg*, (1989).
19. Miller, J. K. And Dean, R. G. “A Simple New Shoreline Evolution Model”, *Coastal Engineering 2004 Proceedings Of The 29th International Conference*, Lisbon, 2: 2009-2021 (2004).
20. İnternet: Ordu Valiliği www.ordu.gov.tr (2006).
21. SPM Shore Protection Manual, Coastal Engineering Research Center, Department of the Army, *US Army Corps of Engineers*, Washington DC, USA, 3-140 (1984).
22. Özhan, E. ve Abdalla, S.. “Türkiye Kıyıları İçin Rüzgar ve Derin Deniz Dalga Atlası”, *Ulaştırma Bakanlığı*, Ankara, 20-30 (1999).
23. Yüksel, Y., Çevik, E., Çelikoğlu, Y., “Dalga istatistiği” Kıyı ve Liman Mühendisliği, *TMMB İnşaat Mühendisleri Odası Ankara Şubesi*, Ankara, 159-165 (1998).
24. Kamphuis, J.W., “Introduction to Coastal Engineering and Management, 16”, *World Scientific*, Singapore, 149-169 (2000).

EKLER

EK-1 Ordu yöresi yönlere göre rüzgar hızı ve oluşum sayıları

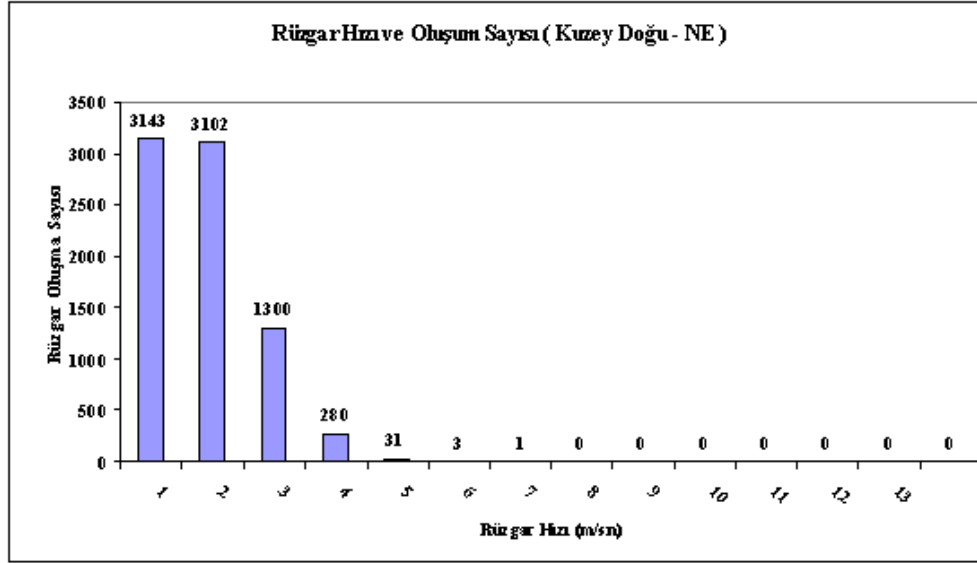


(a)

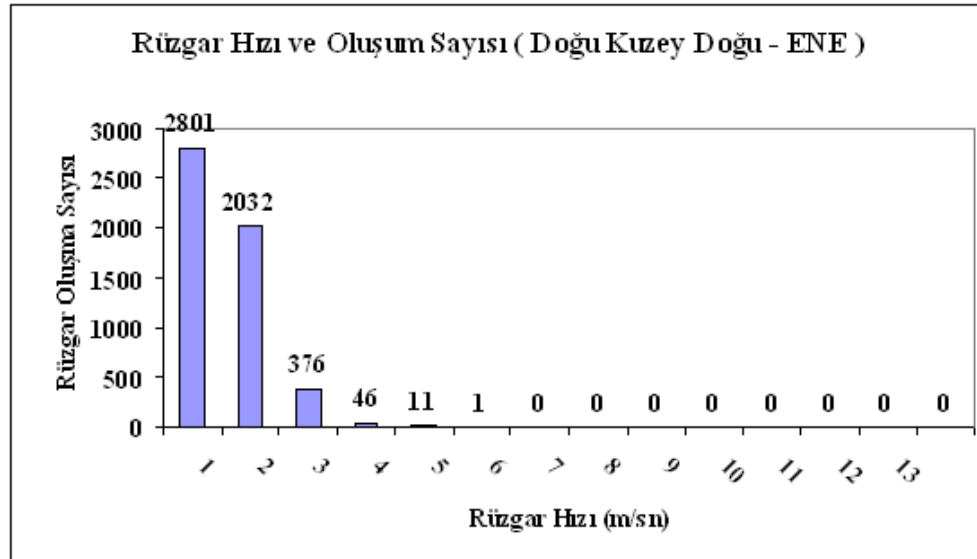


(b)

EK-1 (Devam) Ordu yöresi yönlerine göre rüzgar hızı ve oluşum sayıları

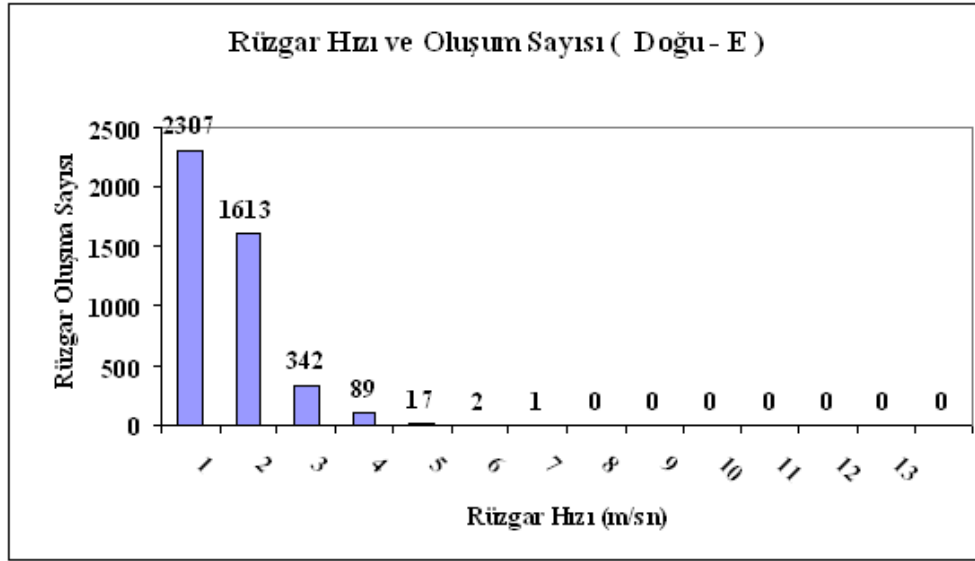


(c)

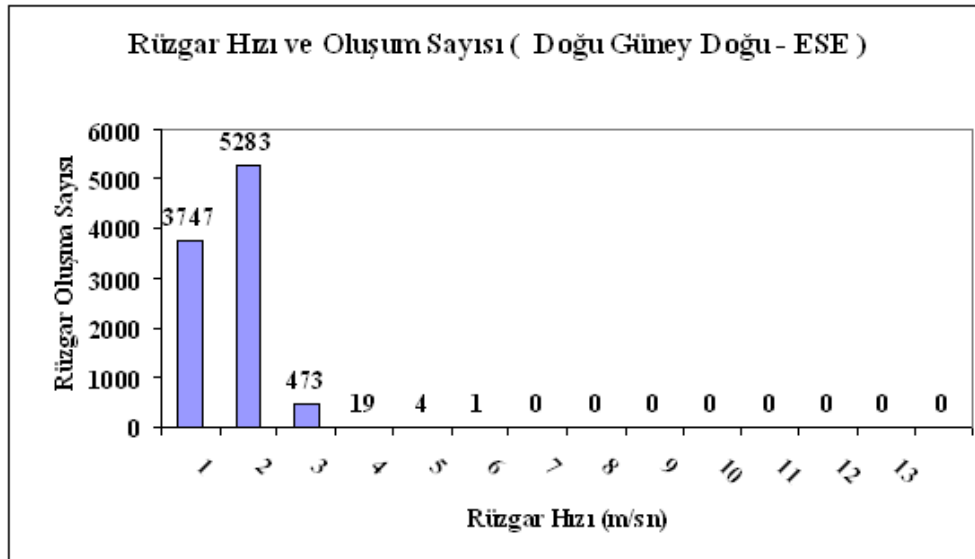


(d)

EK-1 (Devam) Ordu yöresi yönlere göre rüzgar hızı ve oluşum sayıları

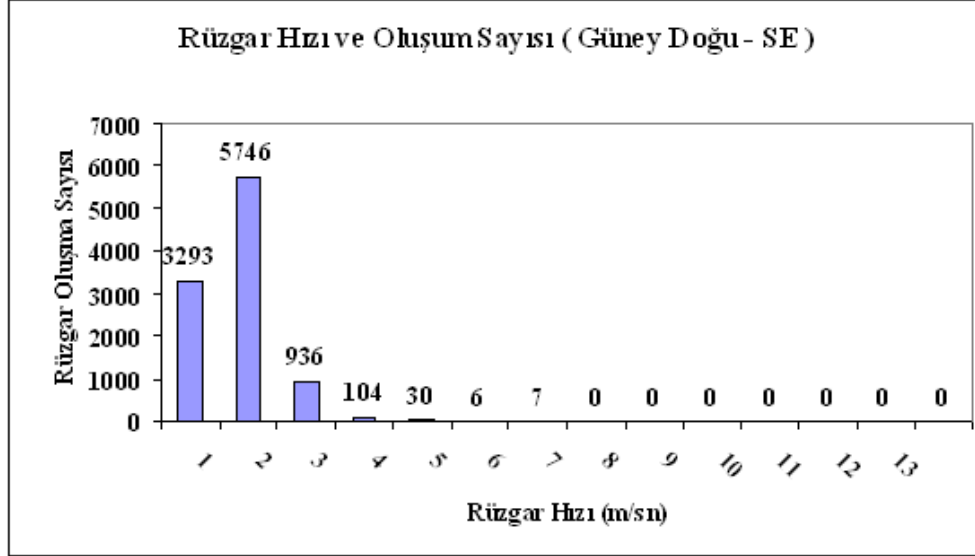


(e)

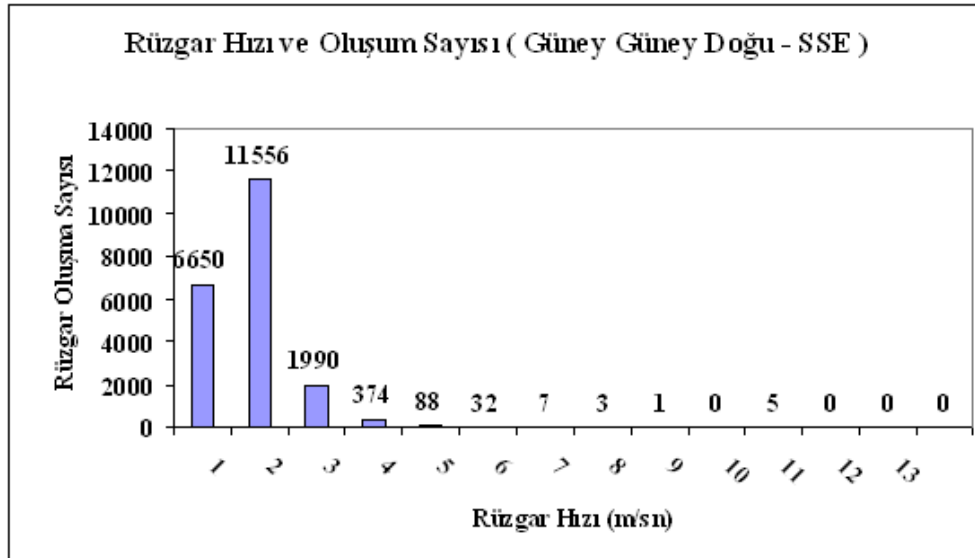


(f)

EK-1 (Devam) Ordu yöresi yönlerine göre rüzgar hızı ve oluşum sayıları

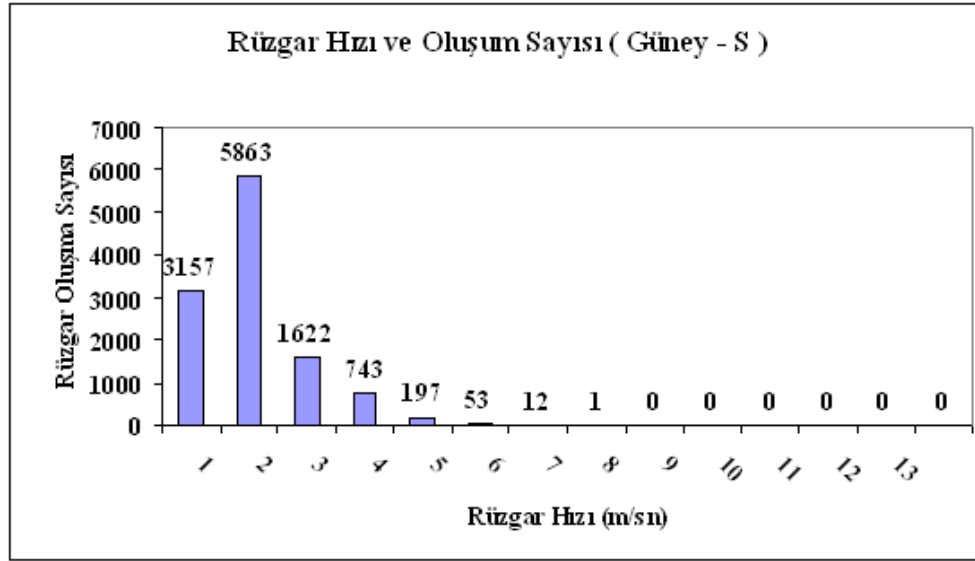


(g)

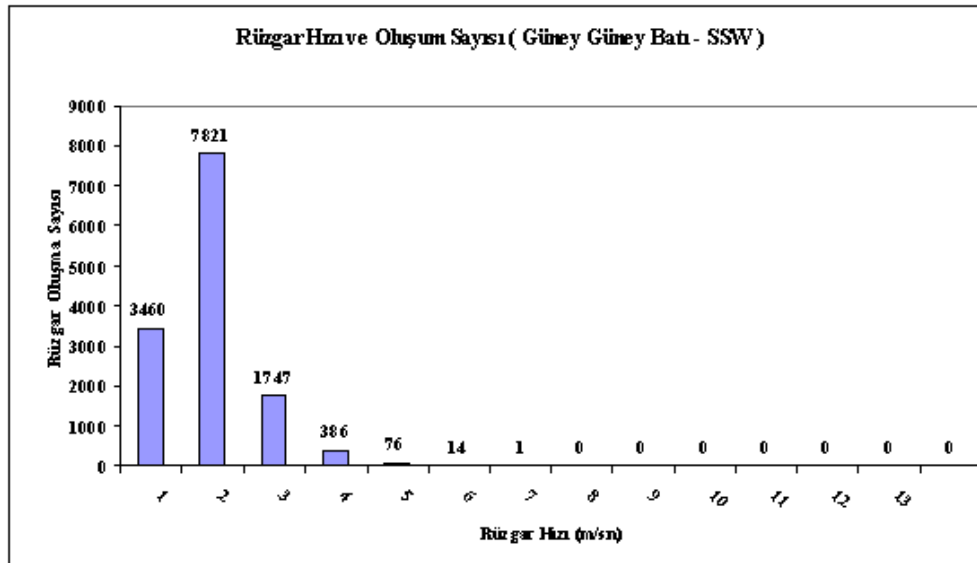


(h)

EK-1 (Devam) Ordu yöresi yönlerine göre rüzgar hızı ve oluşum sayıları

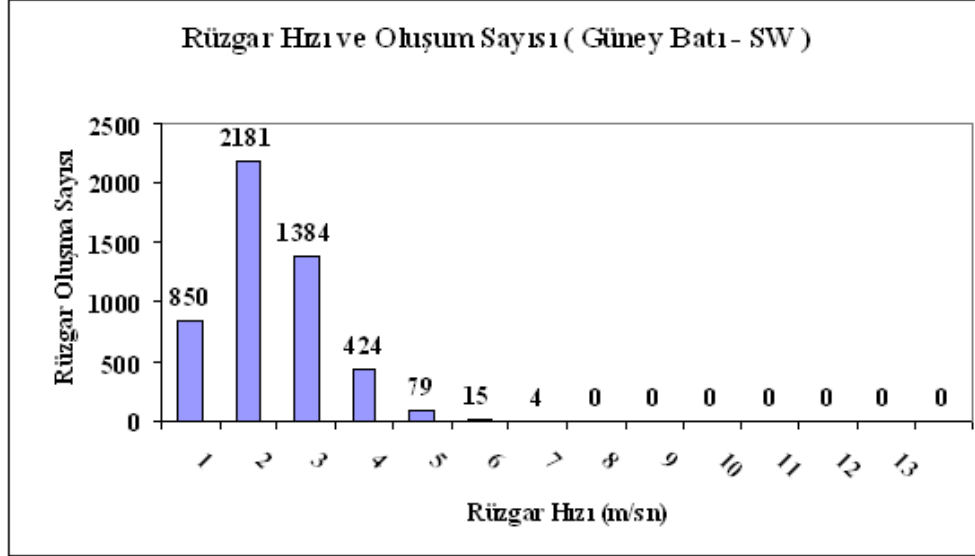


(i)

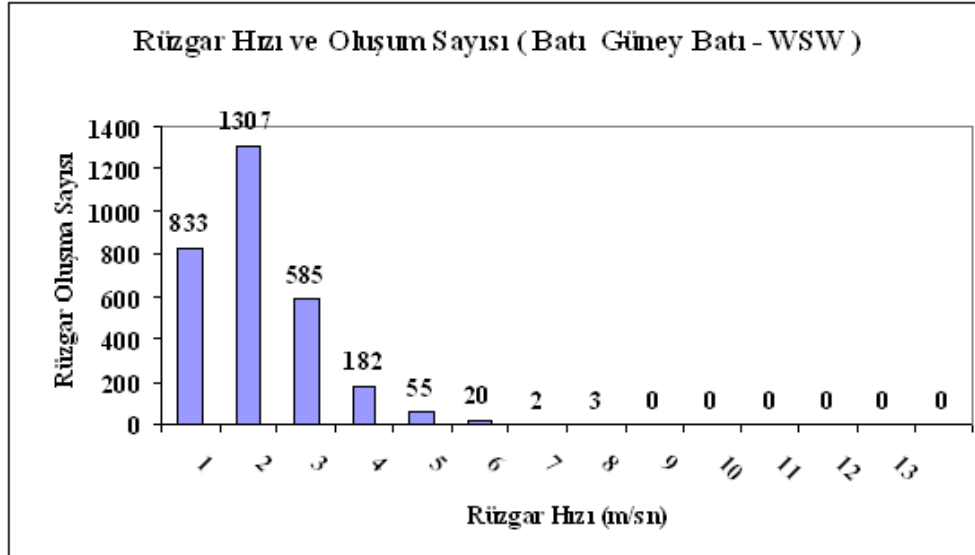


(j)

EK-1 (Devam) Ordu yöresi yönlere göre rüzgar hızı ve oluşum sayıları

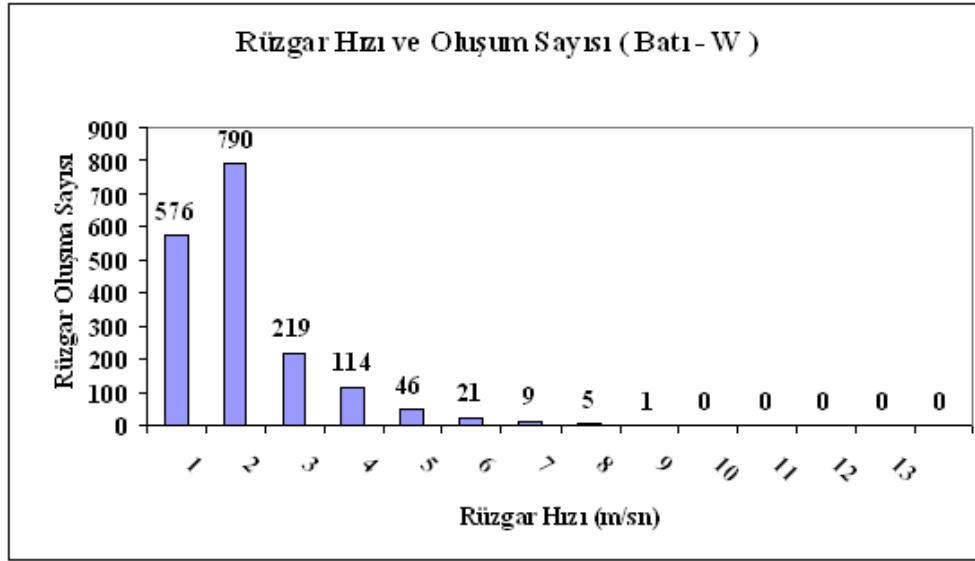


(k)

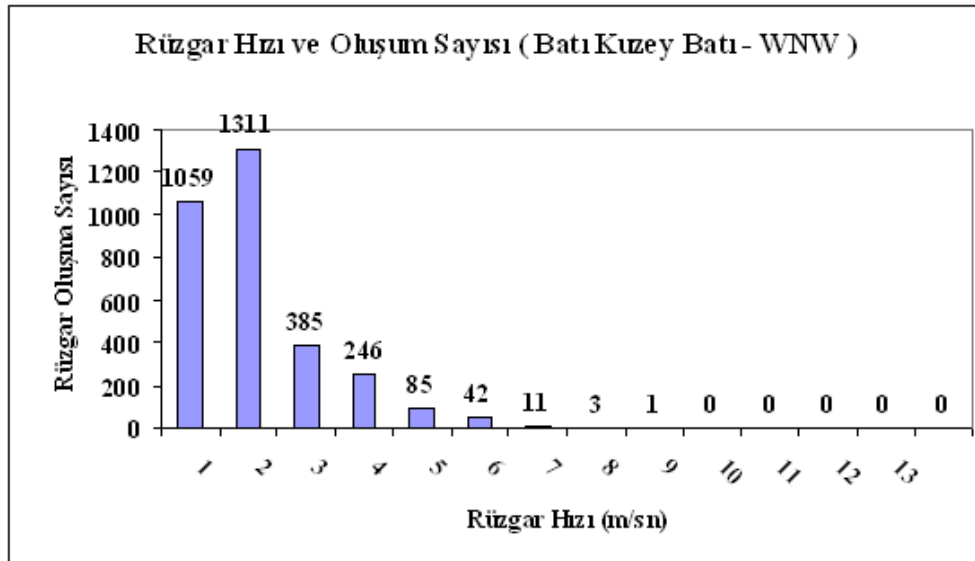


(l)

EK-1 (Devam) Ordu yöresi yönlere göre rüzgar hızı ve oluşum sayıları

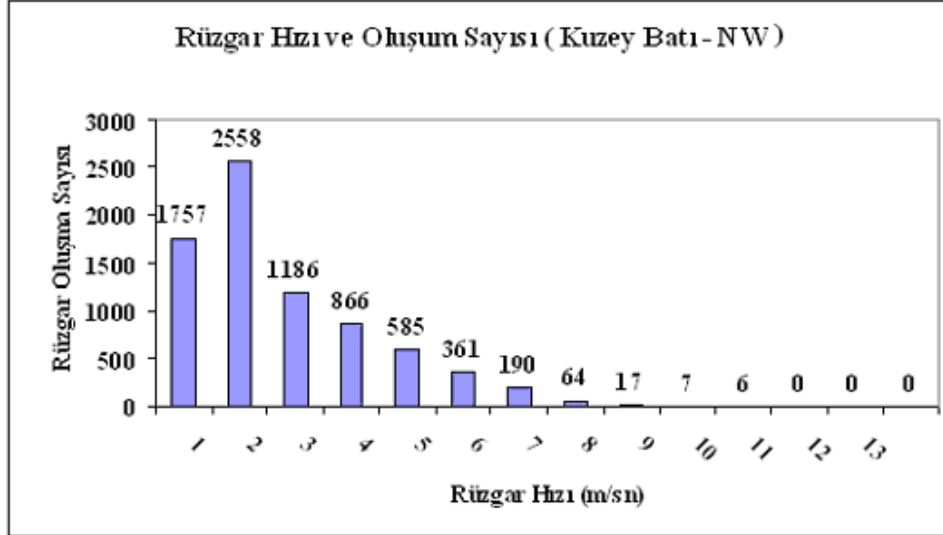


(m)

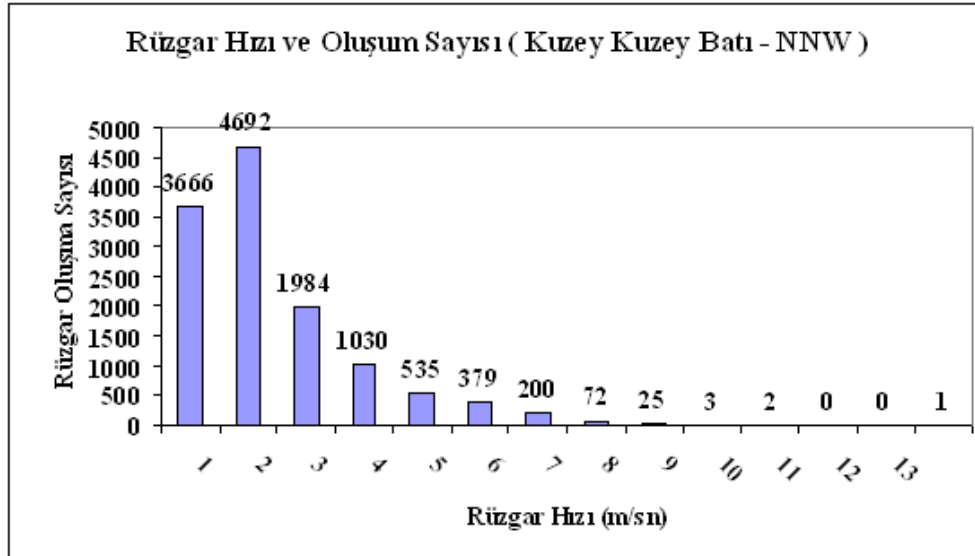


(n)

EK-1 (Devam) Ordu yöresi yönlere göre rüzgar hızı ve oluşum sayıları



(o)



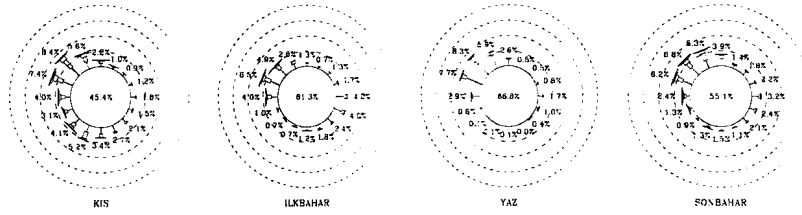
(p)

EK-2 Rüzgar ve dalga iklimi

Rüzgar İklimi: 41.25° N, 37.70° E

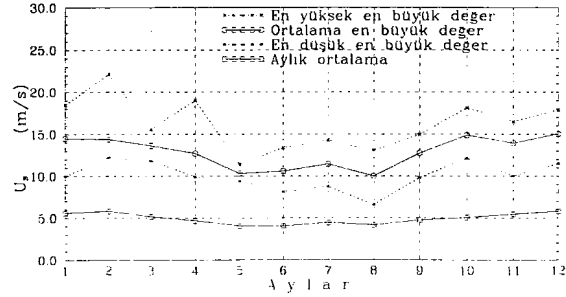


1. Yıllık rüzgar gülü



2. Mevsimsel rüzgar gülleri

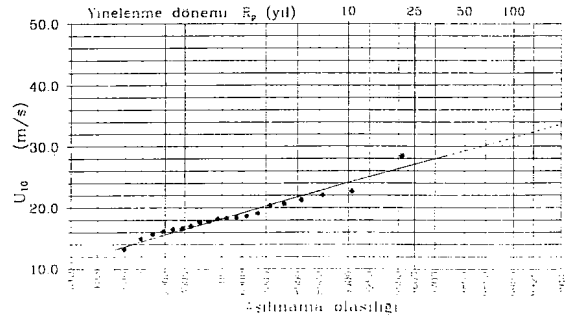
3. Aylık ortalama ve en yüksek rüzgar hızları (en büyük, en küçük ve ortalama değerleri).



4. Yıllık en büyük rüzgar hızlarının en büyük değer istatistiği.

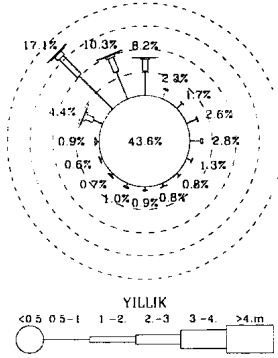
Etken yön dilimi:
SW-WSW

İkincil yön dilimi:
ENE

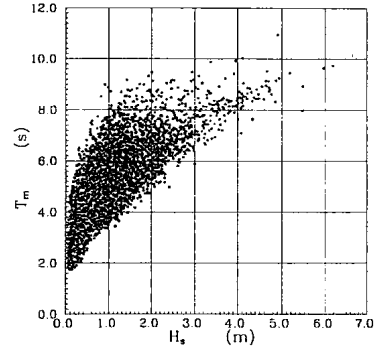


EK-2 (Devam) Rüzgar ve dalga iklimi

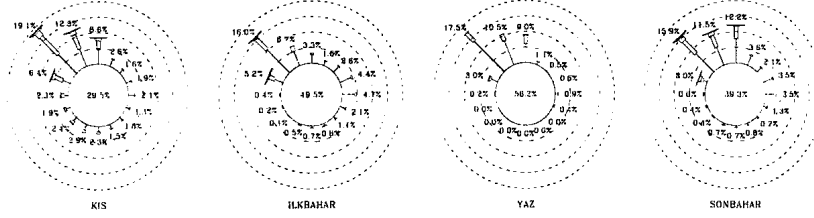
Dalga İklimi: 41.25° N, 37.70° E



5. Yıllık dalga gücü

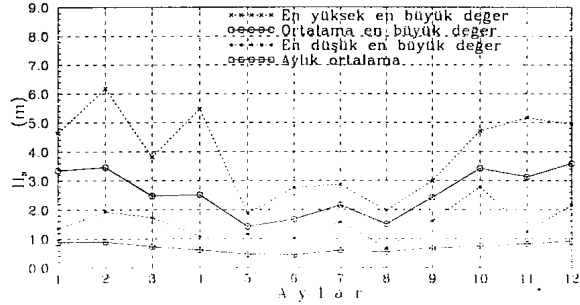


6. T_m ve H_s arasındaki bağıntı



7. Mevsimsel dalga gülleri

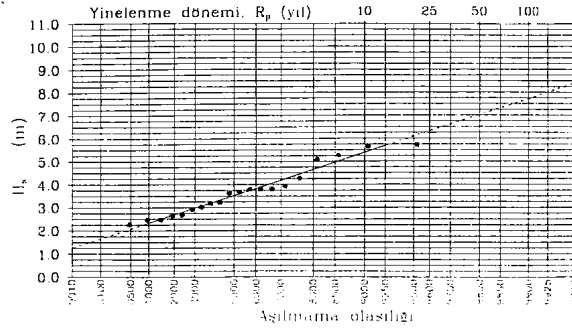
8. Aylık ortalama ve en yüksek (en yüksek, en küçük ve ortalama) belirgin dalga yükseklikleri (H_s).



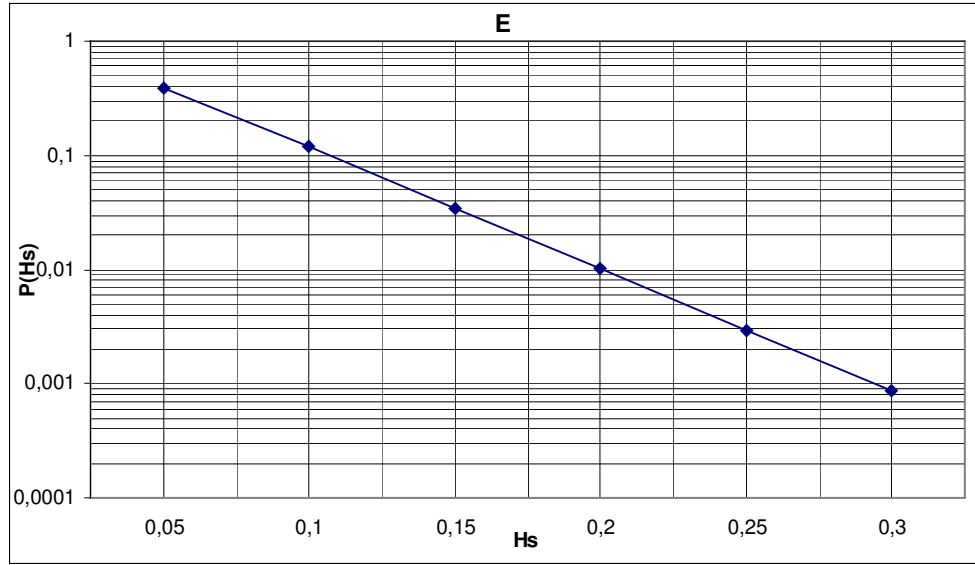
9. Yıllık en büyük belirgin dalga yükseklerinin en büyük değerler istatistiği.

Etken yön dilimi:
NW-N

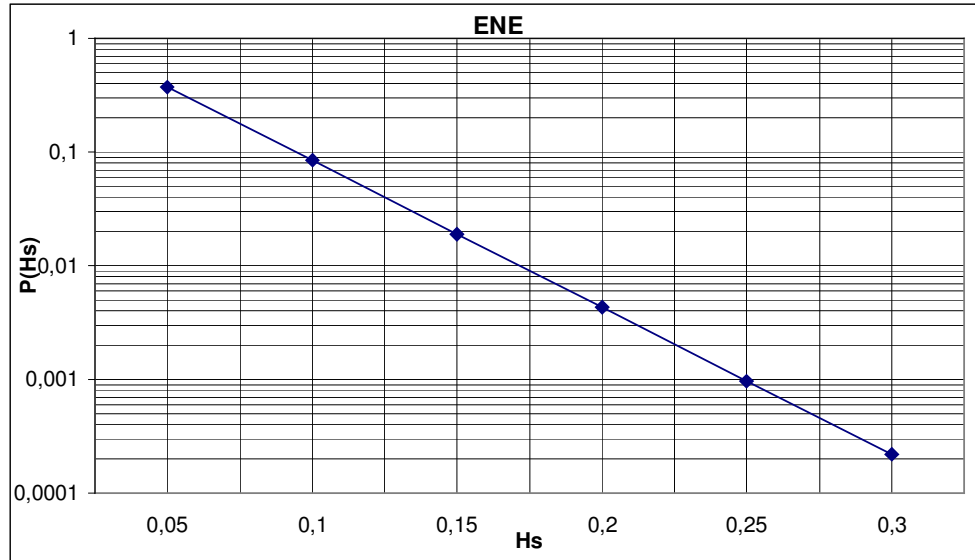
İkincil yön dilimi:
ESE



EK-3 Yönlere göre uzun dönem belirgin dalga yüksekliği aşılma olasılığı

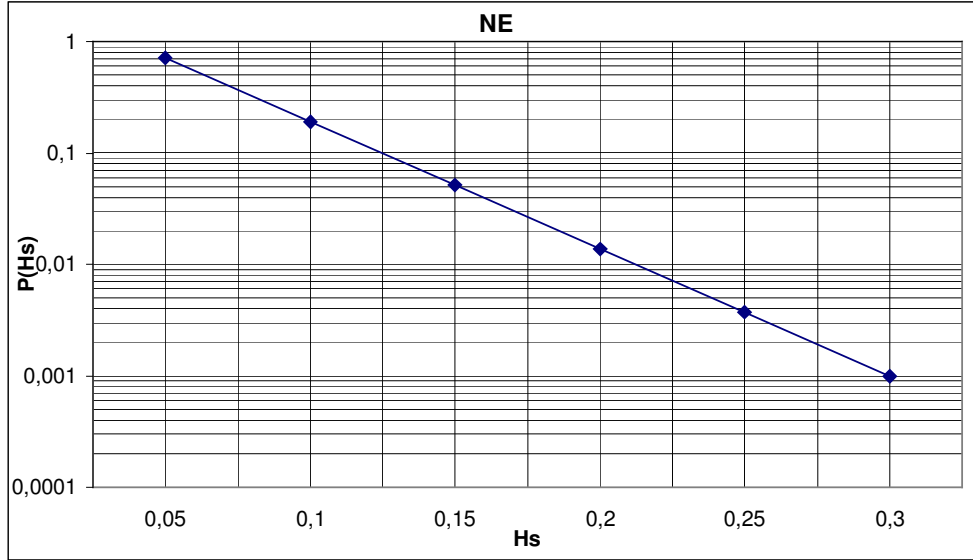


(a)

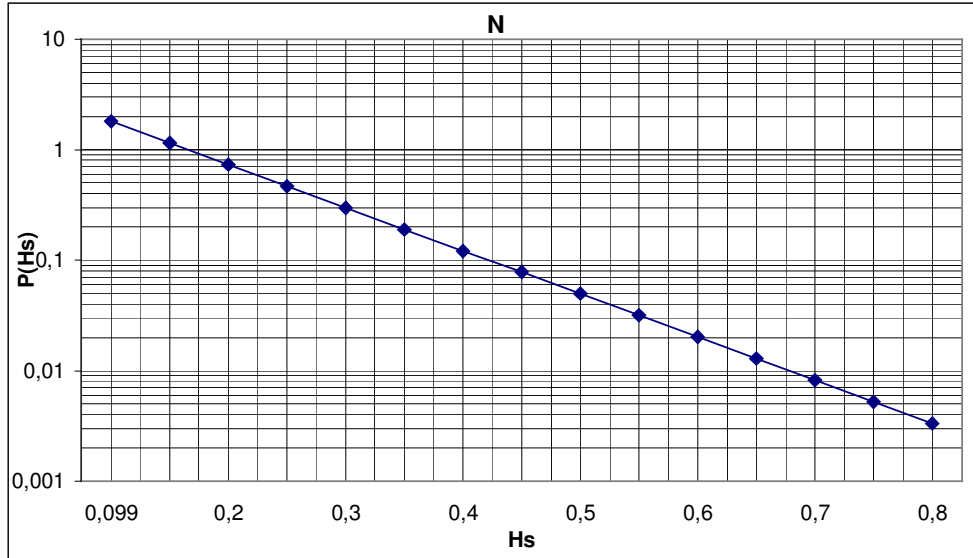


(b)

EK-3 (Devam) Yönlere göre uzun dönem belirgin dalga yüksekliği aşılma olasılığı

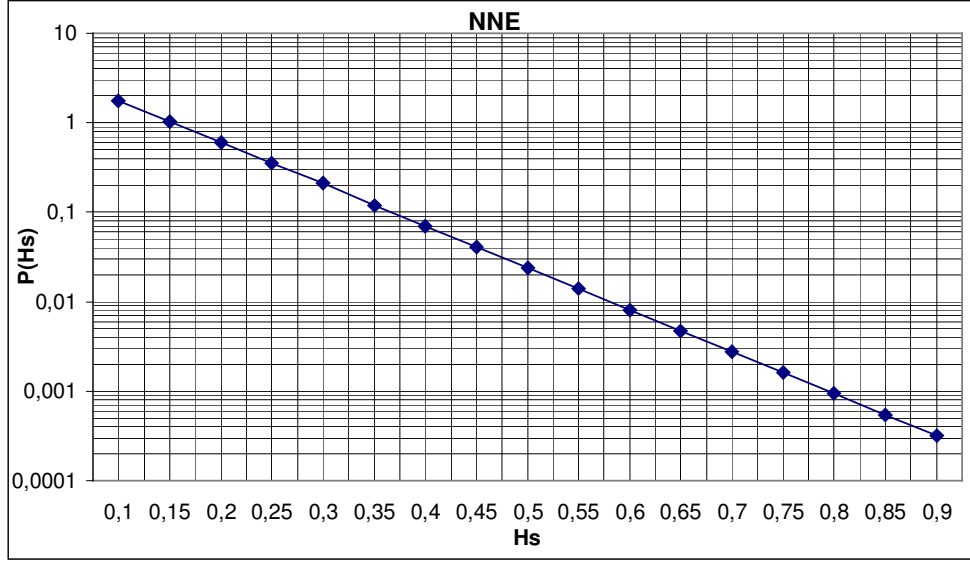


(c)

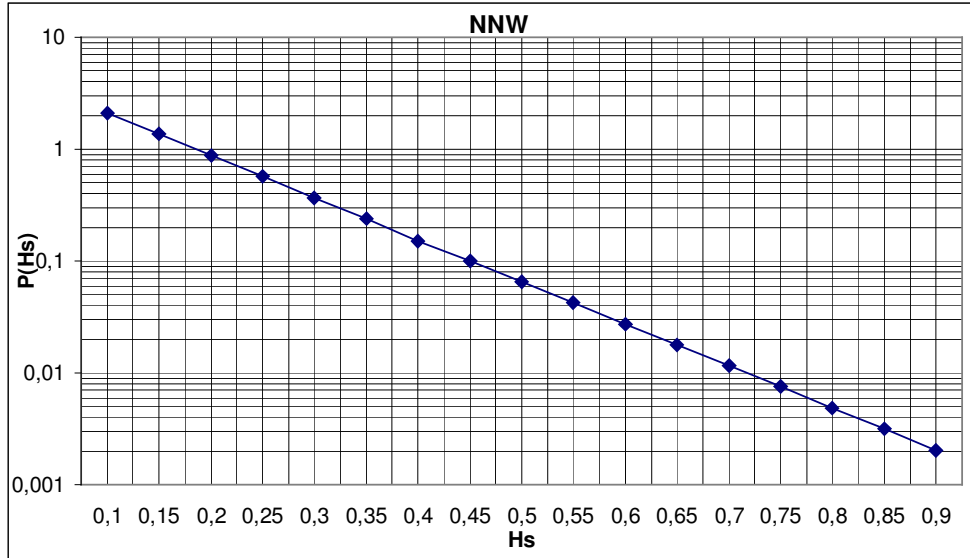


(d)

EK-3 (Devam) Yönlere göre uzun dönem belirgin dalga yüksekliği aşılma olasılığı

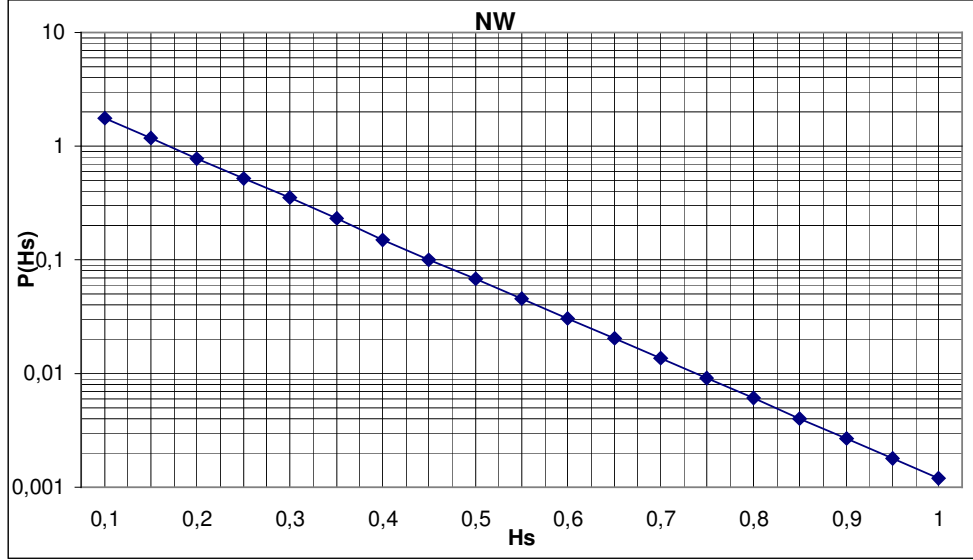


(e)



(f)

EK-3 (Devam) Yönlere göre uzun dönem belirgin dalga yüksekliği aşılma olasılığı



(g)

EK- 4 Genesis girdi ve çıktı dosyaları

```
*****
**
* INPUT FILE START.DAT TO GENESIS VERSION 3.0 - CREATED BY
GENESIS95 *
*****
**
A----- MODEL SETUP -----
-----A
A.1 RUN TITLE
    Tasarım-4
A.2 INPUT UNITS (METERS=1, FEET=2): ICONV
    1
A.3 TOTAL NUMBER OF CALCULATION CELLS AND CELL LENGTH: NN, DX
    86 20
A.4 GRID CELL NUMBER WHERE SIMULATION STARTS AND NUMBER OF
CALCULATION
    CELLS (N = -1 MEANS N = NN): ISSTART, N
    1 86
A.5 VALUE OF TIME STEP IN HOURS: DT
    6
A.6 DATE WHEN SHORELINE SIMULATION STARTS
    (DATE FORMAT YYMMDD: 1 MAY 1992 = 920501): SIMDATS
    20050101
A.7 DATE WHEN SHORELINE SIMULATION ENDS OR TOTAL NUMBER OF TIME
STEPS
    (DATE FORMAT YYMMDD: 1 MAY 1992 = 920501): SIMDATE
    20060101
A.8 NUMBER OF INTERMEDIATE PRINT-OUTS WANTED: NOUT
    1
A.9 DATES OR TIME STEPS OF INTERMEDIATE PRINT-OUTS
    (DATE FORMAT YYMMDD: 1 MAY 1992 = 920501, NOUT VALUES): TOUT(I)
    20050601
A.10 NUMBER OF CALCULATION CELLS IN OFFSHORE CONTOUR SMOOTHING
WINDOW
    (ISMOOTH = 0 MEANS NO SMOOTHING, ISMOOTH = N MEANS STRAIGHT
LINE.
    RECOMMENDED DEFAULT VALUE = 11): ISMOOTH
    11
A.11 REPEATED WARNING MESSAGES (YES=1, NO=0): IRWM
    1
A.12 LONGSHORE SAND TRANSPORT CALIBRATION COEFFICIENTS: K1, K2
    0.58 0.35
A.13 PRINT-OUT OF TIME STEP NUMBERS? (YES=1, NO=0): IPRINT
    1
B----- WAVES -----
-----B
B.1 WAVE HEIGHT CHANGE FACTOR. WAVE ANGLE CHANGE FACTOR AND AMOUNT
(DEG)
    (NO CHANGE: HCNGF=1, ZCNGF=1, ZCNGA=0): HCNGF, ZCNGF, ZCNGA
    1 1 0
```

EK-4 (Devam) Genesis girdi ve çıktı dosyaları

B.2 DEPTH OF OFFSHORE WAVE INPUT: DZ
35

B.3 IS AN EXTERNAL WAVE MODEL BEING USED (YES=1, NO=0): NWD
0

B.4 COMMENT: IF AN EXTERNAL WAVE MODEL IS NOT BEING USED, CONTINUE TO B.9

B.5 NUMBER OF SHORELINE CALCULATION CELLS PER WAVE MODEL ELEMENT: ISPW
1

B.6 NUMBER OF HEIGHT BANDS USED IN THE EXTERNAL WAVE MODEL TRANSFORMATIONS
(MINIMUM IS 1, MAXIMUM IS 9): NBANDS
1

B.7 COMMENT: IF ONLY ONE HEIGHT BAND WAS USED CONTINUE TO B.9

B.8 MINIMUM WAVE HEIGHT AND BAND WIDTH OF HEIGHT BANDS: HBMIN, HBWIDTH
0 0

B.9 VALUE OF TIME STEP IN WAVE DATA FILE IN HOURS (MUST BE AN EVEN MULTIPLE OF, OR EQUAL TO DT): DTW
6

B.10 NUMBER OF WAVE COMPONENTS PER TIME STEP: NWAVES
1

B.11 DATE WHEN WAVE FILE STARTS (FORMAT YYMMDD: 1 MAY 1992 = 920501): WDATS
20050101

C----- BEACH -----
-----C

C.1 EFFECTIVE GRAIN SIZE DIAMETER IN MILLIMETERS: D50
0.52

C.2 AVERAGE BERM HEIGHT FROM MEAN WATER LEVEL: ABH
2

C.3 CLOSURE DEPTH: DCLOS
13

C.4 ANY OPEN BOUNDARY? (NO=0, YES=1): IOB
0

C.5 COMMENT: IF NO OPEN BOUNDARY, CONTINUE TO D.

C.6 TIME BASE IN BOUNDARY MOVEMENT SPECIFICATION(S)?
(SIMULATION PERIOD = 1, DAY = 2, TIME STEP = 3): ITB
1

C.7 OPEN BOUNDARY ON LEFT-HAND SIDE? (NO=0, YES=1): IOB1
0

C.8 COMMENT: IF A GROIN ON LEFT-HAND BOUNDARY, CONTINUE TO C.10.

C.9 BOUNDARY MOVEMENT PER TIME BASE ON LEFT-HAND BOUNDARY, IN SYSTEM OF
UNITS SPECIFIED IN A.2 (PINNED BEACH => YC1 = 0): YC1
0

C.10 OPEN BOUNDARY ON RIGHT-HAND SIDE? (NO=0, YES=1): IOBN
0

C.11 COMMENT: IF A GROIN ON RIGHT-HAND BOUNDARY, CONTINUE TO D.

C.12 BOUNDARY MOVEMENT PER TIME BASE ON RIGHT-HAND BOUNDARY, IN SYSTEM OF
UNITS SPECIFIED IN A.2 (PINNED BEACH => YCN = 0): YCN

EK-4 (Devam) Genesis girdi ve çıktı dosyaları

```
D----- NON-DIFFRACTING GROINS -----
-----D
D.1 ANY NON-DIFFRACTING GROINS? (NO=0, YES=1): INDG
    1
D.2 COMMENT: IF NO NON-DIFFRACTING GROINS, CONTINUE TO E.
D.3 NUMBER OF NON-DIFFRACTING GROINS: NNDG
    3
D.4 GRID CELL NUMBERS OF NON-DIFFRACTING GROINS (NNDG VALUES):
IXNDG(I)
    18 25 31
D.5 LENGTHS OF NON-DIFFRACTING GROINS FROM X-AXIS (NNDG VALUES):
YNDG(I)
    200 200 200
E----- DIFFRACTING (LONG) GROINS AND JETTIES -----
-----E
E.1 ANY DIFFRACTING GROINS OR JETTIES? (NO=0, YES=1): IDG
    1
E.2 COMMENT: IF NO DIFFRACTING GROINS, CONTINUE TO F.
E.3 NUMBER OF DIFFRACTING GROINS/JETTIES: NDG
    5
E.4 GRID CELL NUMBERS OF DIFFRACTING GROINS/JETTIES (NDG VALUES):
IXDG(I)
    1 38 55 70 87
E.5 LENGTHS OF DIFFRACTING GROINS/JETTIES FROM X-AXIS (NDG VALUES):
YDG(I)
    265 180 180 180 180
E.6 DEPTHS AT SEAWARD END OF DIFFRACTING GROINS/JETTIES(NDG
VALUES): DDG(I)
    1.6 2.5 2.6 2.7 2.8
F----- ALL GROINS/JETTIES -----
-----F
F.1 COMMENT: IF NO GROINS OR JETTIES, CONTINUE TO G.
F.2 PERMEABILITIES OF ALL GROINS AND JETTIES (NNDG+NDG VALUES):
PERM(I)
    1.6 0.2 0.2 0.2 0
    0 0 0
F.3 IF GROIN OR JETTY ON LEFT-HAND BOUNDARY, DISTANCE FROM
SHORELINE
    OUTSIDE GRID TO SEAWARD END OF GROIN OR JETTY: YG1
    0
F.4 IF GROIN OR JETTY ON RIGHT-HAND BOUNDARY, DISTANCE FROM
SHORELINE
    OUTSIDE GRID TO SEAWARD END OF GROIN OR JETTY: YGN
    0
G----- DETACHED BREAKWATERS -----
-----G
G.1 ANY DETACHED BREAKWATERS? (NO=0, YES=1): IDB
    1
G.2 COMMENT: IF NO DETACHED BREAKWATERS, CONTINUE TO H.
G.3 NUMBER OF DETACHED BREAKWATERS: NDB
    4
G.4 ANY DETACHED BREAKWATER ACROSS LEFT-HAND CALCULATION BOUNDARY
(NO=0, YES=1): IDB1
    0
```

EK-4 (Devam) Genesis girdi ve çıktı dosyaları

```
G.5 ANY DETACHED BREAKWATER ACROSS RIGHT-HAND CALCULATION BOUNDARY
(NO=0, YES=1): IDBN
0
G.6 GRID CELL NUMBERS OF TIPS OF DETACHED BREAKWATERS:
(2 * NDB - (IDB1+IDBN) VALUES): IXDB(I)
1 8 38 44 55 61 70 76
G.7 DISTANCES FROM X-AXIS TO TIPS OF DETACHED BREAKWATERS
(1 VALUE FOR EACH TIP SPECIFIED IN G.6): YDB(I)
265 271 180 200 180 200 180 200
G.8 DEPTHS AT DETACHED BREAKWATER TIPS (1 VALUE FOR EACH TIP
SPECIFIED IN G.6): DDB(I)
1.6 2.4 2.5 3.1 2.6 3.2 2.7 3.3
G.9 TRANSMISSION COEFFICIENTS FOR DETACHED BREAKWATERS (NDB
VALUES): TRANDB(I)
0
H----- SEAWALLS -----
-----H
H.1 ANY SEAWALL ALONG THE SIMULATED SHORELINE? (YES=1, NO=0): ISW
0
H.2 COMMENT: IF NO SEAWALL, CONTINUE TO I.
H.3 GRID CELL NUMBERS OF START AND END OF SEAWALL (ISWEND = -1
MEANS
ISWEND = N): ISWBEG, ISWEND

I----- BEACH FILLS -----
-----I
I.1 ANY BEACH FILLS DURING SIMULATION PERIOD? (NO=0, YES=1): IBF
1
I.2 COMMENT: IF NO BEACH FILLS, CONTINUE TO J.
I.3 NUMBER OF BEACH FILLS DURING SIMULATION PERIOD: NBF
0
I.4 DATES OR TIME STEPS WHEN THE RESPECTIVE FILLS START
(1 DATE FORMAT YYMMDD: 1 MAY 1992 = 920501, NBF VALUES):
BFDATS(I)

I.5 DATES OR TIME STEPS WHEN THE RESPECTIVE FILLS END
(1 DATE FORMAT YYMMDD: 1 MAY 1992 = 920501, NBF VALUES):
BFDATE(I)

I.6 GRID CELL NUMBERS OF START OF RESPECTIVE FILLS (NBF VALUES):
IBFS(I)

I.7 GRID CELL NUMBERS OF END OF RESPECTIVE FILLS (NBF VALUES):
IBFE(I)

I.8 ADDED BERM WIDTHS AFTER ADJUSTMENT TO EQUILIBRIUM CONDITIONS
(NBF VALUES): YADD(I)

J----- BYPASSING -----
-----J
J.1 ANY BYPASSING OPERATIONS DURING SIMULATION PERIOD? (NO=0,
YES=1): IBP
0
```

EK-4 (Devam) Genesis girdi ve çıktı dosyaları

```
J.2  COMMENT: IF NO BYPASSING OPERATIONS, CONTINUE TO K.
J.3  READ BYPASSING RATES FROM A FILE OR SPECIFY BELOW?
      (FILE=1, BELOW=2): IBPF
      2
J.4  COMMENT: IF BYPASSING OPERATIONS ARE SPECIFIED BELOW, CONTINUE
      TO J.8
      -- BYPASSING OPERATIONS SPECIFIED IN SEPARATE DATA FILE --
J.5  DATE OR TIME STEP WHEN BYPASS DATA FILE STARTS AND ENDS,
      RESPECTIVELY
      (FORMAT YYMMDD: 1 MAY 1992 = 920501): QQDATS QQDATE
J.6  CELL NOS. WHERE BYPASS FILE STARTS AND ENDS, RESPECTIVELY:
      IQQS, IQQE

J.7  COMMENT: END OF BYPASS DATA FILE SECTION. CONTINUE TO K.
      -- BYPASSING OPERATIONS SPECIFIED IN THIS FILE --
J.8  NUMBER OF BYPASSING OPERATIONS DURING SIMULATION PERIOD: NBP
      0
J.9  DATES OR TIME STEPS WHEN THE RESPECTIVE OPERATIONS START
      (DATE FORMAT YYMMDD: 1 MAY 1992 = 920501, NBP VALUES):
      BPDATS(I)
      20050101
J.10 DATES OR TIME STEPS WHEN THE RESPECTIVE OPERATIONS END
      (DATE FORMAT YYMMDD: 1 MAY 1992 = 920501, NBP VALUES):
      BPDATE(I)
      20060101
J.11 GRID CELL NUMBERS OF START OF RESPECTIVE OPERATIONS (NBP
      VALUES): IBPS(I)
      31
J.12 GRID CELL NUMBERS OF END OF RESPECTIVE OPERATIONS (NBP VALUES):
      IBPE(I)
      32
J.13 BYPASSING RATES AS TOTAL AVERAGE VOLUME PER HOUR (CY/HR OR
      M3/HR,
      ACCORDING TO UNITS GIVEN IN A.2) FOR RESPECTIVE OPERATIONS
      (NBP VALUES): QBP(I)
      100
```

EK-4 (Devam) Genesis girdi ve çıktı dosyaları

Outpt.ext

RUN: Tasarım-4

```
INITIAL SHORELINE POSITION (M)
 230.00 212.00 194.00 174.00 160.00 151.00 146.00 141.00
136.00 132.00
 132.00 134.00 135.00 131.00 135.00 151.00 187.00 147.00
105.00 96.00
 91.00 92.00 99.00 147.00 96.00 84.00 83.00 83.00
85.00 93.00
 100.00 96.00 92.00 87.00 82.00 80.00 80.00 80.00
80.00 80.00
 80.00 78.00 76.00 76.00 77.00 77.00 77.00 79.00
80.00 80.00
 79.00 78.00 77.00 75.00 73.00 70.00 67.00 66.00
67.00 69.00
 71.00 73.00 75.00 78.00 81.00 83.00 85.00 90.00
93.00 91.00
 90.00 86.00 81.00 78.00 73.00 71.00 72.00 69.00
66.00 65.00
 64.00 64.00 65.00 64.00 62.00 65.00
```

```
SHORELINE POSITION (M) AFTER 1125 TIME STEPS. DATE IS 20050101
 230.00 211.99 193.96 173.92 160.01 151.05 145.68 139.71
133.70 129.49
 128.28 129.77 133.87 140.20 148.13 156.46 163.83 151.02
91.57 95.65
 100.58 106.60 113.43 120.23 74.88 79.06 82.80 87.46
93.98 102.06
 73.30 80.18 85.11 88.98 93.45 99.90 108.76 79.87
79.95 79.89
 79.74 77.55 75.27 74.69 74.52 73.75 73.54 74.02
74.58 75.19
 76.54 79.79 85.70 94.40 72.84 69.93 66.87 65.79
66.60 68.17
 69.47 70.44 71.52 73.34 76.11 80.61 87.23 95.83
106.25 90.88
 89.94 85.88 80.81 77.60 72.41 70.19 69.72 66.37
63.16 61.37
 60.78 61.55 63.33 66.69 73.09 84.28
```

LAST TIME STEP. DIFFRACTED WAVES ALONGSHORE

```
BREAKING WAVE HEIGHT
 0.01 0.02 0.02 0.03 0.05 0.05 0.05 0.08 0.14
0.19
 0.26 0.34 0.40 0.45 0.48 0.49 0.48 0.46 0.44
0.44
```

EK-4 (Devam) Genesis girdi ve çıktı dosyaları

0.45	0.46	0.46	0.46	0.47	0.50	0.54	0.57	0.60	0.61
0.61	0.61	0.62	0.63	0.63	0.63	0.62	0.58	0.04	
0.05									
0.06	0.08	0.10	0.13	0.16	0.20	0.25	0.30	0.34	
0.39									
0.43	0.46	0.48	0.50	0.49	0.05	0.05	0.07	0.08	
0.11									
0.13	0.17	0.21	0.26	0.31	0.37	0.42	0.46	0.49	
0.48									
0.04	0.05	0.06	0.07	0.09	0.12	0.16	0.20	0.25	
0.30									
0.35	0.40	0.44	0.46	0.47	0.47	0.45			

BREAKING WAVE ANGLE TO X-AXIS									
-1.53	-1.53	-1.53	-1.53	-1.53	-3.03	-2.72	2.94	8.81	
13.40									
18.02	21.55	24.06	25.69	25.55	23.90	22.17	20.29	19.19	
19.92									
20.63	20.59	20.48	20.38	20.90	22.97	26.13	28.75	30.20	
30.65									
30.65	31.00	31.54	31.83	31.88	31.43	30.65	28.49	28.34	
28.43									
28.72	29.09	29.39	29.68	29.95	30.24	30.70	31.35	31.96	
32.23									
32.23	32.08	31.69	31.26	30.07	30.33	30.71	31.38	32.11	
32.69									
33.13	33.83	34.82	35.81	36.78	37.27	36.71	35.05	33.32	
30.89									
29.55	28.87	27.83	26.76	26.75	27.99	29.47	30.94	33.18	
36.17									
39.17	41.63	42.62	42.62	42.62	42.62	42.62			

GROSS TRANSPORT VOLUME (M3) FROM 20050101 TO 20060101									
3	6	13	35	82	74	46	228	967	
2269									
3768	5449	6860	6974	3815	4274	6353	5523	4541	
8518									
8369	5119	3341	7880	4826	13045	16030	16759	15186	
11640									
7768	18421	25215	28176	26955	21419	12303	0	67	
94									
155	299	550	955	1699	3067	4908	7080	9909	
12712									
14701	15018	13084	8351	0	91	132	208	329	
559									
1034	1908	3347	5324	7770	9899	10523	8972	5750	
0									
67	102	165	274	505	856	1421	2810	4566	
6695									
9480	12169	13879	14088	11496	4977	5053			

EK-4 (Devam) Genesis girdi ve çıktı dosyaları

NET	TRANSPORT	VOLUME (M3)	FROM	20050101	TO	20060101			
3	6	13	35	82	74	46	228	967	
2269									
3768	5449	6860	6974	3815	-369	-1871	5523	4541	
8518									
8369	5119	501	-3705	4826	13045	16030	16759	15186	
11640									
7768	18421	25215	28176	26955	21419	12303	0	67	
94									
155	299	550	955	1699	3067	4908	7080	9909	
12712									
14701	15018	13084	8351	0	91	132	208	329	
559									
1034	1908	3347	5324	7770	9899	10523	8972	5750	
0									
67	102	165	274	505	856	1421	2810	4566	
6695									
9480	12169	13879	14088	11496	4977	-5053			

	TRANSPORT	VOLUME	TO THE	LEFT (M3)	FROM 20050101	TO 20060101			
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	-2322	-4112	0	0
0	0	0	-1419	-5792	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	-5053		

[illegible]

EK-4 (Devam) Genesis girdi ve çıktı dosyaları

```

67      102      165      274      505      856      1421      2810      4566      6695
9480    12169    13879    14088    11496    4977      0
*****
OUTPUT OF BREAKING WAVE STATISTICS FOR SELECTED LOCATIONS
N.B. WAVE DIFFRACTION IS NOT ACCOUNTED FOR!
GRID CELL NUMBERS
      1      1      3      5      6      8      10      12      13
15
      17      18      20      22      24      25      27      29      30
32
      34      36      37      39      41      43      44      46      48
49
      51      53      55      56      58      60      61      63      65
67
      68      70      72      73      75      77      79      80      82
84

AVERAGE UNDIFFRACTED BREAKING WAVE HEIGHTS (M) .
      0.40      0.40      0.40      0.40      0.40      0.30      0.43      0.53      0.56
0.59
      0.56      0.51      0.50      0.52      0.53      0.52      0.57      0.62      0.64
0.64
      0.63      0.65      0.64      0.62      0.63      0.64      0.65      0.65      0.66
0.66
      0.66      0.65      0.64      0.65      0.67      0.69      0.70      0.70      0.71
0.70
      0.70      0.66      0.62      0.61      0.60      0.61      0.64      0.65      0.71
0.71

AVERAGE UNDIFFRACTED BREAKING WAVE ANGLE TO SHORELINE (DEG)
      58.92    58.92    40.75    33.55    22.87    22.35    25.90    17.26    13.58
5.19
      -2.48    47.95    13.72     6.29    -4.40    32.33    16.07    12.03     8.37
13.06
      23.22    15.21     7.91    29.24    30.04    36.63    32.17    33.07    29.45
29.34
      27.32    17.59    40.45    38.97    34.76    28.46    30.32    32.78    28.47
18.89
      12.30    34.90    40.85    42.95    41.91    29.87    39.72    36.90    32.46
26.44

AVERAGE LONGSHORE TRANSPORT RATE BASED ON UNDIFFRACTED WAVES *100
(M3/SEC)
      0.31      0.31      0.34      0.32      0.25      0.12      0.32      0.38      0.33
0.15
      -0.06     0.60      0.25      0.14     -0.09     0.57      0.40      0.39      0.29
0.43
      0.64      0.50      0.27      0.83      0.85      0.98      0.94      0.97      0.92
0.93
      0.87      0.59      1.02      1.02      1.04      0.99      1.07      1.16      1.09
0.77
      0.50      1.01      0.96      0.93      0.88      0.80      1.00      1.03      1.17
1.01

```

EK-4 (Devam) Genesis girdi ve çıktı dosyaları

```

LONGSHORE TRANSPORT FOR LAST TIME STEP *100 (M3/SEC)
0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.02 0.04
0.07 0.09 0.09 0.09 0.09 0.09 0.09 0.09 0.10
0.09
0.09 0.08 0.08 0.08 0.09 0.14 0.17 0.20 0.20
0.19
0.17 0.22 0.25 0.26 0.24 0.18 0.10 0.00 0.00
0.00
0.00 0.01 0.01 0.02 0.03 0.06 0.10 0.14 0.19
0.23
0.24 0.21 0.16 0.08 0.00 0.00 0.00 0.00 0.01
0.01
0.02 0.04 0.07 0.10 0.14 0.15 0.14 0.11 0.06
0.00
0.00 0.00 0.00 0.01 0.01 0.02 0.03 0.06 0.10
0.16
0.23 0.30 0.33 0.30 0.23 0.11 -0.04

CALCULATED FINAL SHORELINE POSITION (M)
229.99 211.98 193.93 173.85 160.03 151.09 145.40 138.54
131.67 127.01
126.40 129.30 134.62 141.53 148.95 156.01 162.35 150.28
91.74 96.50
101.83 107.39 113.03 118.56 68.62 74.06 80.58 88.25
96.82 105.90
64.51 73.37 82.13 91.06 100.43 110.36 120.98 79.78
79.91 79.80
79.52 77.16 74.65 73.52 72.45 70.88 69.78 69.59
70.67 73.37
77.93 84.43 92.75 102.81 72.70 69.86 66.75 65.60
66.24 67.42
68.09 68.21 68.42 69.86 73.91 80.92 90.16 100.72
112.15 90.77
89.89 85.79 80.64 77.23 71.83 69.12 67.38 63.16
58.93 55.74
55.06 58.31 64.29 72.61 83.69 98.38

CALCULATED SEAWARDMOST SHORELINE POSITION (M)
230.00 212.00 194.00 174.00 160.03 151.09 146.00 141.00
136.00 132.00
132.00 134.00 135.00 141.53 148.95 157.17 187.00 151.51
105.00 96.50
101.83 107.39 113.68 147.00 96.00 84.74 83.52 88.27
96.82 105.90
100.00 96.01 92.04 91.06 100.43 110.36 120.98 80.00
80.00 80.00
80.00 78.00 76.00 76.00 77.00 77.00 77.00 79.00
80.00 80.00
79.00 84.43 92.75 102.81 73.00 70.00 67.00 66.00
67.00 69.00
71.00 73.00 75.00 78.00 81.00 83.00 90.16 100.72
112.15 91.00

```

EK-4 (Devam) Genesis girdi ve çıktı dosyaları

```
90.00  86.00  81.00  78.00  73.00  71.00  72.00  69.00
66.00  65.00
    64.00  64.00  65.00  72.61  83.69  98.38
CALCULATED LANDWARDMOST SHORELINE POSITION (M)
    229.99  211.98  193.93  173.85  160.00  151.00  145.40  138.54
131.67  127.01
    126.40  129.30  132.38  131.00  135.00  151.00  162.35  147.00
91.40  95.24
    91.00  92.00  99.00  118.56  68.62  74.06  80.58  82.99
85.00  93.00
    64.51  73.37  82.13  86.88  82.00  80.00  80.00  79.78
79.91  79.80
    79.52  77.16  74.65  73.52  72.45  70.88  69.78  69.59
70.67  73.37
    76.52  77.27  76.89  75.00  72.70  69.86  66.75  65.60
66.24  67.42
    68.09  68.21  68.42  69.86  73.91  80.52  85.00  89.73
93.00  90.77
    89.89  85.79  80.64  77.23  71.83  69.12  67.38  63.16
58.93  55.74
    55.06  58.31  63.26  63.83  62.00  65.00

CALCULATED REPRESENTATIVE OFFSHORE CONTOUR POSITION (M)
    529.99  518.51  507.04  495.56  484.08  472.61  464.44  457.54
451.47  446.34
    442.22  439.17  436.81  434.96  432.94  430.51  427.49  423.76
419.55  415.85
    412.17  408.47  404.71  400.91  397.08  394.21  392.34  391.09
390.38  389.97
    389.23  388.85  388.72  388.73  388.77  388.71  387.98  386.43
384.82  383.22
    381.74  380.53  379.34  378.36  377.46  376.68  376.12  375.85
375.98  376.16
    376.35  376.48  376.43  376.06  375.23  374.47  373.90  373.64
373.81  374.20
    374.81  375.60  376.58  377.76  379.15  380.74  382.15  383.16
383.55  383.10
    382.14  380.74  379.01  377.12  375.20  373.49  372.37  371.91
372.23  373.45
    375.68  380.20  384.72  389.24  393.76  398.28

CALIBRATION/VERIFICATION ERROR =      42.1999

CALCULATED VOLUMETRIC CHANGE = +5.05E+03 (M3)
SIGN CONVENTION:  EROSION (-), ACCRETION (+)
```

EK-4 (Devam) Genesis girdi ve çıktı dosyaları

C O A S T A L E N G I N E E R I N G R E S E A R C H C E N T E R
&
L U N D I N S T I T U T E O F T E C H N O L O G Y

```
*****      *****      **      **      *****      *****      *****      *****
*****      *****      **      **      *****      *****      *****      *****
**      **      **      ***      **      **      **      **      **      **      **
**      **      **      ***      **      **      **      **      **      **      **
**      **      **      ****      **      **      **      **      **      **      **
**      *****      ****      **      *****      *****      **      *****
**      ***      *****      **      *****      *****      *****      *****
**      ***      **      **      *****      **      **      **      **      **
**      **      **      **      ***      **      **      **      **      **      **
**      **      **      **      ***      **      **      **      **      **      **
*****      *****      **      **      *****      *****      *****      *****
*****      *****      **      **      *****      *****      *****      *****
```

```
+-----+
|  VERSION  3.0  |
+-----+
      USER NO. 472
```

VERSION 3.0, DEC 1995

Setup.ext
RUN: Tasarım-4

METRIC UNITS

GROIN X-COORDINATES

1 18 25 31 38 55 70 87

DISTANCE TO GROIN TIPS FROM X-AXIS

265.00 200.00 200.00 200.00 180.00 180.00 180.00 180.00

GROIN PERMEABILITIES

1.60 0.20 0.20 0.20 0.00 0.00 0.00 0.00

X-COORDINATES OF DETACHED BREAKWATER TIPS

1 8 38 44 55 61 70 76 81

87

DISTANCE TO BREAKWATER TIPS FROM X-AXIS

265.00 271.00 180.00 200.00 180.00 200.00 180.00 200.00
180.00 180.00

EK-4 (Devam) Genesis girdi ve çıktı dosyaları

DETACHED BREAKWATER TRANSMISSION COEFFICIENTS

0.00 0.00 0.00 0.00 0.00

DATES OR TIME STEPS WHEN FILLS START

DATES OR TIME STEPS WHEN FILLS END

X-COORDINATES WHERE FILLS START

X-COORDINATES WHERE FILLS END

DX = 20.0 DT = 6.00 ISSTART = 1 N = 86 NTS =
236
NWAVES = 1 DCLOS = 13.0 ABH = 2.0 DZ = 35.0 D50 =
0.52
HCNGF = 1.0 ZCNGF = 1.0 ZCNGA = 0.0 K1 = 0.58 K2
= 0.35

SHORELINE POSITION AFTER 0.YEARS = 236 TIME STEPS. DATE IS
20060101

229.99	211.98	193.93	173.85	160.03	151.09	145.40	138.54
131.67	127.01						
126.40	129.30	134.62	141.53	148.95	156.01	162.35	150.28
91.74	96.50						
101.83	107.39	113.03	118.56	68.62	74.06	80.58	88.25
96.82	105.90						
64.51	73.37	82.13	91.06	100.43	110.36	120.98	79.78
79.91	79.80						
79.52	77.16	74.65	73.52	72.45	70.88	69.78	69.59
70.67	73.37						
77.93	84.43	92.75	102.81	72.70	69.86	66.75	65.60
66.24	67.42						
68.09	68.21	68.42	69.86	73.91	80.92	90.16	100.72
112.15	90.77						
89.89	85.79	80.64	77.23	71.83	69.12	67.38	63.16
58.93	55.74						
55.06	58.31	64.29	72.61	83.69	98.38		

SHORELINE CHANGE AFTER 0.YEARS = 236 TIME STEPS. DATE IS
20060101

-0.01	-0.02	-0.07	-0.15	0.03	0.09	-0.60	-2.46	-
4.33	-4.99							
-5.60	-4.70	-0.38	10.53	13.95	5.01	-24.65	3.28	-
13.26	0.50							
10.83	15.39	14.03	-28.44	-27.38	-9.94	-2.42	5.25	
11.82	12.90							
-35.49	-22.63	-9.87	4.06	18.43	30.36	40.98	-0.22	-
0.09	-0.20							
-0.48	-0.84	-1.35	-2.48	-4.55	-6.12	-7.22	-9.41	-
9.33	-6.63							
-1.07	6.43	15.75	27.81	-0.30	-0.14	-0.25	-0.40	-
0.76	-1.58							

EK-4 (Devam) Genesis girdi ve çıktı dosyaları

```
-2.91   -4.79   -6.58   -8.14   -7.09   -2.08    5.16   10.72
19.15   -0.23
      -0.11   -0.21   -0.36   -0.77   -1.17   -1.88   -4.62   -5.84   -
7.07   -9.26
      -8.94   -5.69   -0.71    8.61   21.69   33.38
```

OUTPUT LAST TIMESTEP NO. 236 DATE IS 20060101

OFFSHORE WAVE DATA INPUT:

HZ = 1.00000 T = 3.00000 ZZ = 67.5000

CALIBRATION/VERIFICATION ERROR = 42.1999

CALCULATED VOLUMETRIC CHANGE = +5.05E+03 (M3)

SIGN CONVENTION: EROSION (-), ACCRETION (+)

Shorc.ext

```
*****
*****
```

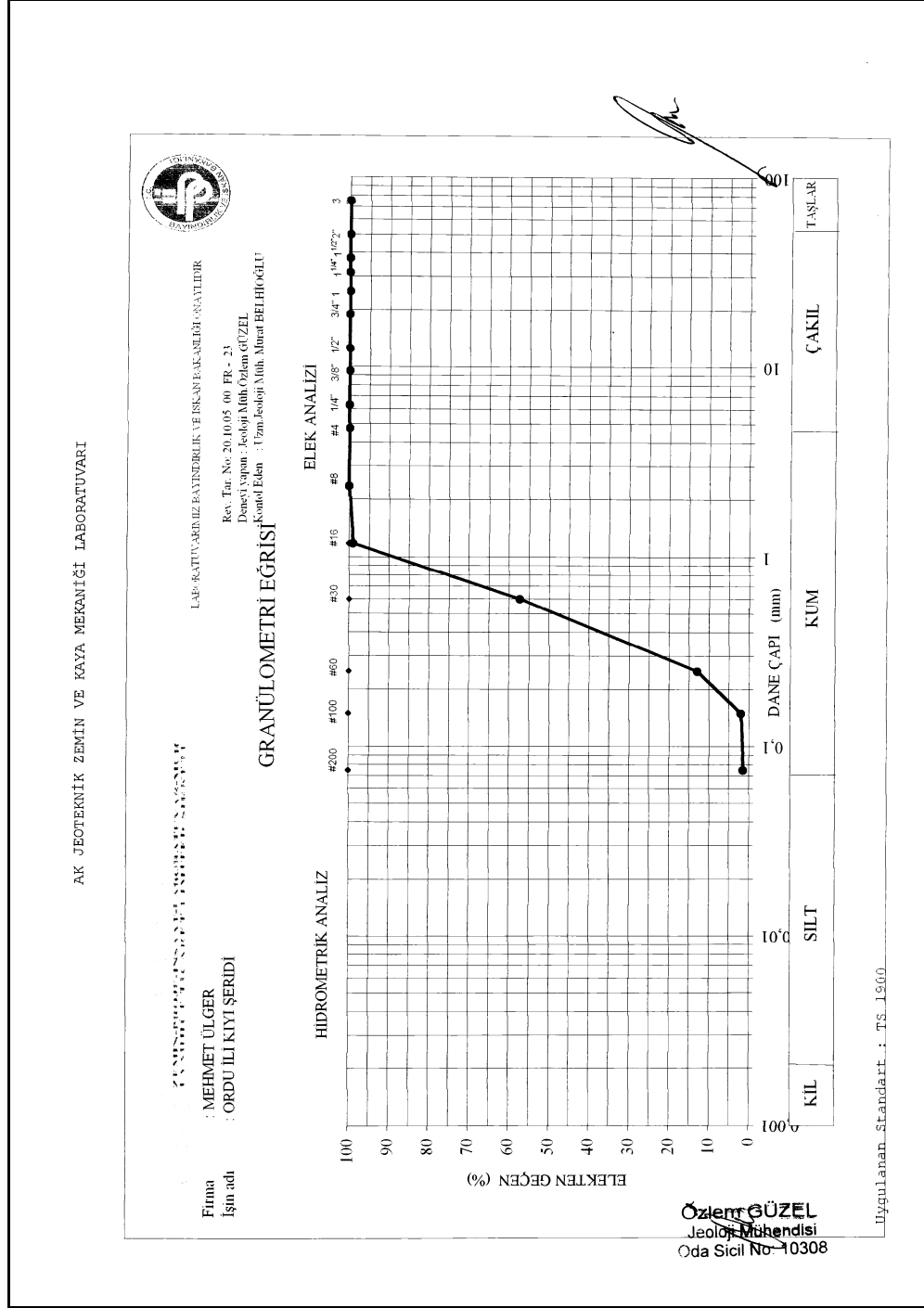
FINAL SHORELINE LOCATION. BY COPYING THIS FILE TO SHORL.DAT AND UP-
DATING

START.DAT, THE MODEL MAY BE RUN AGAIN FOR A NEW CONFIGURATION.

```
*****
*****
```

```
  229.99  211.98  193.93  173.85  160.03  151.09  145.40  138.54
131.67  127.01
  126.40  129.30  134.62  141.53  148.95  156.01  162.35  150.28
91.74   96.50
  101.83  107.39  113.03  118.56   68.62   74.06   80.58   88.25
96.82  105.90
   64.51   73.37   82.13   91.06  100.43  110.36  120.98   79.78
79.91   79.80
   79.52   77.16   74.65   73.52   72.45   70.88   69.78   69.59
70.67   73.37
   77.93   84.43   92.75  102.81   72.70   69.86   66.75   65.60
66.24   67.42
   68.09   68.21   68.42   69.86   73.91   80.92   90.16  100.72
112.15   90.77
   89.89   85.79   80.64   77.23   71.83   69.12   67.38   63.16
58.93   55.74
   55.06   58.31   64.29   72.61   83.69   98.38
```

EK-5 Sediment numuneleri için elek analizi sonucu



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : ÜLGER, Mehmet
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 12.05.1980 Sivas
Medeni hali : Bekar
Telefon : 0 (312) 389 49 36
e-mail : mehmetulger@yahoo.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi / İnş. Müh.	2006
Lisans	Erciyes Üniversitesi / İnşaat Müh.	2002
Lise	Başkent Lisesi	1997

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2002-2003	Onur Müh. A.Ş.	Şantiye Şefi
2004	TOBB	İnşaat Mühendisi

Yabancı Dil

İngilizce

Hobiler

Bilgisayar teknolojileri