

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

Mustafa DEMİRCİ

**KIYIYA DİK PROFİL DEĞİŞİMLERİNİN
DENEYSEL İNCELENMESİ**

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA, 2006

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KIYIYA DİK PROFİL DEĞİŞİMLERİNİN
DENEYSEL İNCELENMESİ**

Mustafa DEMİRCİ

DOKTORA TEZİ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**Bu tez / / 2006 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği /
Oyçokluğu İle Kabul Edilmiştir.**

**İmza
Yrd. Doç. Dr. M. Sami AKÖZ
DANIŞMAN**

**İmza
Prof. Dr. M. Salih KIRKGÖZ
ÜYE**

**İmza
Prof. Dr. Recep YURTAL
ÜYE**

**İmza
Yrd. Doç. Dr. Zeliha SELEK
ÜYE**

**İmza
Yrd. Doç. Dr. Fatih ÜNEŞ
ÜYE**

**Bu tez Enstitümüz İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.
Kod No:**

**Prof. Dr. Aziz ERTUNÇ
Enstitü Müdürü
İmza ve Mühür**

**Bu Çalışma Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi
Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No: MMF 2004 D5**

**Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların
kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.**

ÖZ

DOKTORA TEZİ

KIYIYA DİK PROFİL DEĞİŞİMLERİNİN DENEYSEL İNCELENMESİ

Mustafa DEMİRCİ

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman : Yrd. Doç Dr. M. Sami AKÖZ

Yıl : 2006, **Sayfa:** 150

Jüri : Yrd. Doç. Dr. M. Sami AKÖZ
Prof. Dr. M. Salih KIRKGÖZ
Prof. Dr. Recep YURTAL
Yrd. Doç. Dr. Fatih ÜNEŞ
Yrd. Doç. Dr. Zeliha SELEK

Kıyı bölgelerinde kıyıya dik doğrultudaki katı madde hareketi kıyı morfolojisinde önemli değişimlere sebep olmaktadır. Deniz duvarları, mahmuz ve dalgakıranlar gibi yapıların projelendirilmesinde, kıyıda oluşacak dolma ve aşınma ile bunların önlenmesinde kıyı-deniz doğrultusundaki katı madde hareketinin doğru şekilde tahmin edilmesinin önemi büyüktür. Bu çalışmada, 1/8, 1/10 ve 1/15 başlangıç kıyı eğimine sahip tabanlar üzerinde kıyıya dik doğrultudaki sediment taşınımı ile ilgili deneysel çalışmalar yapılmıştır. Farklı derin-su dalga dikliklerine sahip düzenli dalgalar ile yapılan deneylerde sediment ortalama tane çapları $d_{50}=0.25, 0.32, 0.45, 0.62$ ve 0.8 mm için fırtına koşullarında oluşan kıyı profillerinin geometrik özellikleri ve kıyı-deniz doğrultusunda taşınımı etkileyen parametreler incelenmiştir. Ayrıca deneysel çalışmadan elde edilen bulgulara dayalı olarak yapılan regresyon analizlerinden bar parametreleri ile ilgili denklemler üretilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kıyı Bölgesi, Kıyıya Dik Sediment Taşınımı, Kıyı Profilleri, Bar Parametreleri, Regresyon Analizi

ABSTRACT

Ph. D THESIS

LABORATORY INVESTIGATION OF CROSS-SHORE PROFILE CHANGES

Mustafa DEMİRCİ

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
UNIVERSITY OF ÇUKUROVA

Supervisor : Assist. Prof. Dr. M. Sami AKÖZ

Year : 2006, **Pages:** 150

Jury : Assist. Prof. Dr. M. Sami AKÖZ
Prof. Dr. M. Salih KIRKGÖZ
Prof. Dr. Recep YURTAL
Assist. Prof. Dr. Fatih ÜNEŞ
Assist. Prof. Dr. Zeliha SELEK

The cross-shore sediment transport in a coastal region may cause considerable changes in beach morphological properties. The accurate estimation of the cross-shore sediment transport is important for the designing of the marine structures such as seawalls, jetties, breakwaters etc, and the preventing coastal erosion and accretion due to on-off shore sediment transportation. In this study, the experiments on cross-shore sediment transport are carried out in a laboratory wave channel for initial beach slopes of 1/8, 1/10 and 1/15. Using the regular waves with different deep-water wave steepnesses generated by a pedal-type wave generator, the geometrical characteristics of beach profiles under storm conditions and the parameters affecting on-off shore sediment transport are investigated for the beach materials with the medium diameter of $d_{50} = 0.25, 0.32, 0.45, 0.62$ and 0.8 mm. In addition, from the regression analyses of the experimental data, the expressions for determining the bar parameters are presented.

Keywords: Coastal Region, Cross-Shore Sediment Transport, Beach Profiles, Bar Parameters, Regression Analysis

TEŞEKKÜR

Doktora tezimin esnasında, çalışmalarına yön vererek yardım ve bilgi konusunda bana her türlü desteği sağlayan danışman hocam, sayın Yrd. Doç. Dr. M. Sami AKÖZ'e içtenlikle teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca doktora tezimin konusunu belirleyen ve tez yürütme esnasında bilgi ve tecrübelerini esirgemeyen sayın hocam Prof. Dr. M. Salih KIRKGÖZ'e teşekkürü bir borç bilirim.

Deneyisel çalışmalarım sırasında ve tez yazım aşamasında bana yardımcı olan bütün mesai arkadaşlarıma teşekkürü bir borç bilirim.

Son olarak, maddi ve manevi yardımlarını esirgemeyerek bana her zaman destek olan aileme sonsuz şükranlarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

SAYFA NO

ÖZ	I
ABSTRACT	II
TEŞEKKÜR	III
İÇİNDEKİLER	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ	IX
SİMGELER VE KISALTMALAR	XI
1. GİRİŞ	1
2. KIYIYA DİK SEDİMENT TAŞINIMI	3
2.1. Kıyı Bölgesi.....	3
2.2. Katı Madde Hareketinin Başlangıcı	4
2.3. Kıyı Bölgesinde Hidrodinamik Denge ve Katı Madde Kaynakları	12
2.4. Kıyıya Dik Doğrultudaki Madde Taşınımı ve Kıyı Profilleri.....	14
2.4.1 Kıyı Profilleri	16
2.4.1.1. Kış Profili	19
2.4.1.2. Yaz Profili	20
2.5. Kıyıdaki Katı Maddelerin Fiziksel Özellikleri.....	21
2.6. Katı Madde Taşınımını Etkileyen Faktörler.....	21
2.6.1 Dalgalar	21
2.6.2 Akıntılar	22
2.6.3 Gel-Gitler.....	22
2.6.4 Rüzgarlar	22
2.6.5 Sediment Hareketleri.....	23
2.6.6 Malzeme Özellikleri.....	23
3. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	24
4. DENEY DÜZENİ ve YÖNTEMİ	41
5.1. Deney Düzeni.....	41
5.2. Deney Yöntemi.....	46

5. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	51
5.1. Giriş.....	51
5.2. Deneysel Bulgular.....	51
5.2.1 Boyutsuz Bar Başlangıç Mesafesi.....	61
5.2.2 Boyutsuz Kret Mesafesi.....	65
5.2.3 Boyutsuz Bar Bitiş Mesafesi.....	69
5.2.4 Rölatif Bar Başlangıç Derinliği.....	73
5.2.5 Rölatif Bar Kret Derinliği.....	77
5.2.6 Rölatif Bar Bitiş Derinliği.....	81
5.2.7 Bar Hacmi.....	85
5.3. Regresyon Analizi.....	89
5.3.1 Bar Başlangıç Mesafesi - X_b	89
5.3.2 Bar Kret Mesafesi- X_t	100
5.3.3 Bar Bitiş Mesafesi - X_s	111
5.3.4 Rölatif Bar Kret Derinliği- h_t	122
5.3.5 Bar Hacmi- V_{bar}	130
6. SONUÇLAR.....	141
KAYNAKLAR.....	144
ÖZGEÇMİŞ.....	150

ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA NO

Çizelge 4.1. Deney Şartları	49
Çizelge 5.1. X_b için Bağımsız Değişkenlere Göre Determinasyon Katsayısındaki Azalma Oranları.....	90
Çizelge 5.2. X_b için Boyutlu Regresyon Analizinden Elde Edilen Regresyon Katsayıları.....	91
Çizelge 5.3. X_b için Boyutsuz Değişken Alternatiflerinden Elde Edilen Determinasyon Katsayıları.....	92
Çizelge 5.4. X_b için Boyutsuz Bağımsız Değişkenlere Göre Determinasyon Katsayılarındaki Azalma Oranı	93
Çizelge 5.5. X_b için Boyutsuz Regresyon Analizinden Elde Edilen Regresyon Katsayıları.....	94
Çizelge 5.6. X_b için Deneysel ve Regresyon analizinden Elde Edilen Bulgular	95
Çizelge 5.7 X_b için Önceki Çalışmalarla Karşılaştırmalar.....	97
Çizelge 5.8. X_b/L_0 , X_b/d_{50} ve X_b/H_0 ile H_0/L_0 Arasındaki İlişki.....	99
Çizelge 5.9. X_t için Bağımsız Değişkenlere Göre Determinasyon Katsayısındaki Azalma Oranları.....	101
Çizelge 5.10. X_t için Boyutlu Regresyon Analizinden Elde Edilen Regresyon Katsayıları.....	102
Çizelge 5.11. X_t için Boyutsuz Değişken Alternatiflerinden Elde Edilen Determinasyon Katsayıları.....	103
Çizelge 5.12. X_t için Boyutsuz Bağımsız Değişkenlere Göre Determinasyon Katsayılarındaki Azalma Oranı	104
Çizelge 5.13. X_b için Boyutsuz Regresyon Analizinden Elde Edilen Regresyon Katsayıları.....	105
Çizelge 5.14. X_t için Deneysel ve Regresyon analizinden Elde Edilen Bulgular	106
Çizelge 5.15 X_t için Önceki Çalışmalarla Karşılaştırmalar.....	108
Çizelge 5.16. X_t/L_0 , X_t/d_{50} ve X_t/H_0 ile H_0/L_0 Arasındaki İlişki	110

Çizelge 5.17. X_s için Bağımsız Değişkenlere Göre Determinasyon	
Katsayısındaki Azalma Oranları.....	112
Çizelge 5.18. X_s için Boyutlu Regresyon Analizinden Elde Edilen	
Regresyon Katsayıları.....	113
Çizelge 5.19. X_s için Boyutsuz Değişken Alternatiflerinden Elde Edilen	
Deyetminasyon Katsayıları.....	114
Çizelge 5.20. X_s için Boyutsuz Bağımsız Değişkenlere Göre Determinasyon	
Katsayılarındaki Azalma Oranı	115
Çizelge 5.21. X_s için Boyutsuz Regresyon Analizinden Elde Edilen	
Regresyon Katsayıları.....	116
Çizelge 5.22. X_s için Deneysel ve Regresyon analizinden Elde Edilen	
Bulgular	117
Çizelge 5.23 X_s için Önceki Çalışmalarla Karşılaştırmalar.....	119
Çizelge 5.24. X_s/L_0 , X_s/d_{50} ve X_s/H_0 ile H_0/L_0 Arasındaki İlişki.....	121
Çizelge 5.25. h_t için Boyutsuz Değişken Alternatiflerinden Elde Edilen	
Deyetminasyon Katsayıları.....	122
Çizelge 5.26. h_t için Boyutsuz Regresyon Analizinden Elde Edilen	
Regresyon Katsayıları.....	123
Çizelge 5.27. h_t için Deneysel ve Regresyon analizinden Elde Edilen	
Bulgular	124
Çizelge 5.28 h_t için Önceki Çalışmalarla Karşılaştırmalar.....	126
Çizelge 5.29. h_b/L_0 , h_b/H_0 ve h_b/d_{50} ile H_0/L_0 ile Arasındaki İlişki	128
Çizelge 5.30. h_t/L_0 , h_t/H_0 ve h_t/d_{50} ile H_0/L_0 ile Arasındaki İlişki	128
Çizelge 5.31. h_s/L_0 , h_s/H_0 ve h_s/d_{50} ile H_0/L_0 ile Arasındaki İlişki	129
Çizelge 5.32. V_{bar} için Bağımsız Değişkenlere Göre Determinasyon	
Katsayısındaki Azalma Oranları.....	131
Çizelge 5.33. V_{bar} için Boyutlu Regresyon Analizinden Elde Edilen	
Regresyon Katsayıları.....	132
Çizelge 5.34. V_{bar} için Boyutsuz Değişken Alternatiflerinden Elde Edilen	
Deyetminasyon Katsayıları.....	133
Çizelge 5.35. V_{bar} için Boyutsuz Bağımsız Değişkenlere Göre Determinasyon	

Katsayılarındaki Azalma Oranı	134
Çizelge 5.36. V_{bar} için Boyutsuz Regresyon Analizinden Elde Edilen Regresyon Katsayıları.....	135
Çizelge 5.37. V_{bar} için Deneysel ve Regresyon analizinden Elde Edilen Bulgular	136
Çizelge 5.38 V_{bar} için Önceki Çalışmalarla Karşılaştırmalar.....	138
Çizelge 5.39. V_{bar}/L_0^2 , V_{bar}/d_{50}^2 ve V_{bar}/H_0^2 ile H_0/L_0 Arasındaki İlişki	140

ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA NO

Şekil 2.1. Kıyı Bölgesi	4
Şekil 2.2. Küresel Bir Tane Üzerine Etkiyen Kuvvetler	5
Şekil 2.3. Kıyı Katı Madde Dengesi	13
Şekil 2.4. Kıyı Profilindeki Mevsimlik Değişimler	20
Şekil 3.1. Kış Şartlarında Oluşan Kıyı Profili, Silvester ve Hsu (1982).....	27
Şekil 4.1. Dalga Kanalı	43
Şekil 4.2. Dalga Kanalı ve Dalga Üretici Motor	44
Şekil 4.3. Pedal Tipi Dalga Üreticisi.....	44
Şekil 4.4. Deneylerde Kullanılan Malzemelerin Granülometri Eğrileri	45
Şekil 4.5. Profil Ölçer.....	45
Şekil 4.6. Kıyı Profili ve Ölçüm Noktaları	47
Şekil 5.1. Denge Konumundaki Kış Profilleri, $m=1/8$	54
Şekil 5.2. Denge Konumundaki Kış Profilleri, $m=1/10$	56
Şekil 5.3. Denge Konumundaki Kış Profilleri, $m=1/15$	58
Şekil 5.4. Kış Profili ve Bar Parametreleri.....	60
Şekil 5.5. $d_{50}=0.25$ mm için Boyutsuz Bar Başlangıç Mesafesi	62
Şekil 5.6. $d_{50}=0.32$ mm için Boyutsuz Bar Başlangıç Mesafesi	62
Şekil 5.7. $d_{50}=0.45$ mm için Boyutsuz Bar Başlangıç Mesafesi	63
Şekil 5.8. $d_{50}=0.62$ mm için Boyutsuz Bar Başlangıç Mesafesi	63
Şekil 5.9. $d_{50}=0.80$ mm için Boyutsuz Bar Başlangıç Mesafesi	64
Şekil 5.10 $d_{50}=0.25$ mm için Boyutsuz Bar Kret Mesafesi.....	66
Şekil 5.11 $d_{50}=0.32$ mm için Boyutsuz Bar Kret Mesafesi.....	66
Şekil 5.12 $d_{50}=0.45$ mm için Boyutsuz Bar Kret Mesafesi.....	67
Şekil 5.13 $d_{50}=0.62$ mm için Boyutsuz Bar Kret Mesafesi.....	67
Şekil 5.14 $d_{50}=0.80$ mm için Boyutsuz Bar Kret Mesafesi.....	68
Şekil 5.15 $d_{50}=0.25$ mm için Boyutsuz Bar Bitiş Mesafesi	70
Şekil 5.16 $d_{50}=0.32$ mm için Boyutsuz Bar Bitiş Mesafesi	70
Şekil 5.17 $d_{50}=0.45$ mm için Boyutsuz Bar Bitiş Mesafesi	71
Şekil 5.18 $d_{50}=0.62$ mm için Boyutsuz Bar Bitiş Mesafesi	71

Şekil 5.19 $d_{50}=0.80$ mm için Boyutsuz Bar Bitiş Mesafesi	72
Şekil 5.20 $d_{50}=0.25$ mm için Rölatif Bar Başlangıç Derinliği	74
Şekil 5.21 $d_{50}=0.32$ mm için Rölatif Bar Başlangıç Derinliği	74
Şekil 5.22 $d_{50}=0.45$ mm için Rölatif Bar Başlangıç Derinliği	75
Şekil 5.23 $d_{50}=0.62$ mm için Rölatif Bar Başlangıç Derinliği	75
Şekil 5.24 $d_{50}=0.80$ mm için Rölatif Bar Başlangıç Derinliği	76
Şekil 5.25 $d_{50}=0.25$ mm için Rölatif Bar Kret Derinliği	78
Şekil 5.26 $d_{50}=0.32$ mm için Rölatif Bar Kret Derinliği	78
Şekil 5.27 $d_{50}=0.45$ mm için Rölatif Bar Kret Derinliği	79
Şekil 5.28 $d_{50}=0.62$ mm için Rölatif Bar Kret Derinliği	79
Şekil 5.29 $d_{50}=0.80$ mm için Rölatif Bar Kret Derinliği	80
Şekil 5.30 $d_{50}=0.25$ mm için Rölatif Bar Bitiş Derinliği	82
Şekil 5.31 $d_{50}=0.32$ mm için Rölatif Bar Bitiş Derinliği	82
Şekil 5.32 $d_{50}=0.45$ mm için Rölatif Bar Bitiş Derinliği	83
Şekil 5.33 $d_{50}=0.62$ mm için Rölatif Bar Bitiş Derinliği	83
Şekil 5.34 $d_{50}=0.80$ mm için Rölatif Bar Bitiş Derinliği	84
Şekil 5.35 $d_{50}=0.25$ mm için Boyutsuz Bar Hacmi	86
Şekil 5.36 $d_{50}=0.32$ mm için Boyutsuz Bar Hacmi	86
Şekil 5.37 $d_{50}=0.45$ mm için Boyutsuz Bar Hacmi	87
Şekil 5.38 $d_{50}=0.62$ mm için Boyutsuz Bar Hacmi	87
Şekil 5.39 $d_{50}=0.80$ mm için Boyutsuz Bar Hacmi	88

SİMGELER VE KISALTMALAR

γ_s	: Katı madde özgül ağırlığı
γ_w	: Suyun özgül ağırlığı
ρ	: Suyun özgül kütlesi
u	: Tane seviyesindeki akım hızı
c_F	: Şekil direnci katsayısı
c_D	: Katı madde şekline ve Reynold sayısına bağlı olan direnç katsayısı
c_L	: Kaldırma kuvveti katsayısı
c_A	: Ek su kütlesi katsayısı
A	: Yörüngesel hareketin genliği
ω	: Açısal frekans
t	: Zaman
s	: Rölatif yoğunluk
ρ_s	: Katı madde özgül kütlesi
τ_0	: Taban kayma gerilmesi
h	: Akım derinliği
I	: Hidrolik Gradyan
f_w	: Dalga sürtünme katsayısı
τ	: Toplam taban kayma gerilmesi
τ'	: Sürtünme direnci
τ''	: Şekil direnci
ψ_m	: Shields parametresi
q	: Net taşınım miktarı
ψ_c	: Katı madde taşınımının başladığı kritik shields parametresi
w_o	: Çökelme hızı
s	: Tanenin sudaki ağırlığı
g	: Yerçekimi ivmesi
u_b	: Taban yörünge hızını
d_{50}	: Ortalama tane çapı

τ_{cr}	: Hareket başlangıcındaki kayma gerilmesi
A_w	: Boyutsuz katsayı
A_{wb}	: Türbülansın bir fonksiyonu
ΔF	: Birim alan başına enerji akısı dağılımı
F_D	: Taşınım yönünü belirleyen fonksiyon
K_D	: Boyutsuz katsayı
u_r	: Ursel parametresi
H_0	: Derin su dalga yüksekliği
L_0	: Derin su dalga uzunluğu
w_s	: Çökelme hızı
T	: Dalga periyodu
m	: Başlangıç taban eğimi
C	: Amirik bir sayı
H_0/L_0	: Derin su dalga dikliği
W_s/gT	: Boyutsuz çökelme parametresi
q_s	: x doğrultusundaki sediment taşınım miktarı
λ	: Sedimentin porozitesi
ν	: Suyun kinematik viskozitesi
$\tan\beta$	: Başlangıç taban eğimi
k_q	: Debi katsayısı
E	: Dalga enerjisi
l_g	: Dalga grup hızı
V_l	: Kıyıboyu akıntı hızı
U_z	: Derinlik boyunca akışkan hızları
C_z	: Sediment konsantrasyonu
η	: Dalga profili
D	: Herhangi bir hacim için enerji dağılımı
D_{EQ}	: Denge profili altındaki enerji dağılımı
AT	: Kayalarla korunmuş kıyılardaki şekil parametresi
Γ	: Kayalarla korunmuş kıyılardaki kırılma indisi
A	: Kayalarla korunmamış kıyılardaki kırılma indisi

1. GİRİŞ

Kıyı mühendisliği uygulamaları kıyı yapılarının tasarımı, kıyı erozyonunun önlenmesi, limanların kumlanmaya karşı korunması ve deniz desajlarının projelendirilmesi gibi pratikte çok sık karşılaşılan problemleri kapsamaktadır. Bu tür problemlerin sağlıklı bir şekilde çözülebilmesi için deniz taban hareketi mekaniğinin doğru bir şekilde anlaşılması gerekmektedir.

Deniz ile karanın birleşim yerinde, deniz ile karanın karşılıklı etkileşiminin olduğu bölgeye kıyı bölgesi adı verilir. Kıyı bölgesini oluşturan zeminin katı madde yapısı ince taneli, iri taneli, sürekli kaya ve bunların bileşimi şeklinde olabilir. Kıyı bölgesinde en önemli konu tabanı oluşturan taneli yapıdaki katı maddenin (sediment) taşınımı ile ilgilidir. Sediment taşınımına bağlı olarak, uzun vadede kıyı morfolojisinde oluşabilecek kararlı durumların dışında, belirli bir kıyı bölgesinin aşınması veya dolması söz konusu olabilir. Aşınma ve dolma durumlarının analizi için kıyı bölgelerindeki hidrodinamik proseslerin iyi anlaşılması gerekmektedir. Kıyı bölgelerindeki gerek koruma amaçlı gerekse özel amaçlı çeşitli mühendislik uygulamalarında bazen sebep bazen de sonuç bakımından sediment hareketlerinin incelenmesi gerekmektedir.

Kıyıdan optimum yararlanma, kıyı gerisini koruma vb. amaçlarla yapılan kıyı yapıları genelde hareketli tabanlara oturmaktadır. Tabandaki malzeme hareketinin miktarı, yönü ve değişimi; yapılacak bir kıyı yapısının stabilitesini, maliyetini ve estetiğini önemli ölçüde etkilemektedir. Özellikle kıyıya dik malzeme hareketi bazı yapılarda kumlanma, bazılarında ise erozyon sonucu stabilite sorunlarına ve dolayısıyla da yapının ekonomik ömrünün kısılmasına ve onarım maliyetlerinin artmasına sebep olmaktadır. Bu sebeple, kıyı yapılarının projelendirilmesinde en önemli faktörlerden bir tanesi kıyı profilleridir. Dalga enerjisinin büyük bir bölümünün sönmüldüğü deniz taban profilleri, zaman içerisinde ve çeşitli dalga şartlarında farklı özelliklerde oluşabilirler. Dalga şartları, taban eğimi, tabandaki malzeme özellikleri vb. parametreler, katı madde taşınımını ve bunun sonucu olarak da taban profillerinin değişimini önemli ölçüde etkilemektedir.

8500 km uzunluğunda kıyı şeridine sahip ülkemizde de kıyı koruma ve kumsal oluşturulması ile ilgili problemler mevcuttur. Bu problemlerin giderilmesi amacıyla arazi ve laboratuvar çalışmaları yapılmakta, kıyılarımızdan daha verimli faydalanılmasına yönelik çözümler sunulmaya çalışılmaktadır.

Bu çalışmada, İnşaat Mühendisliği Laboratuvarındaki dalga kanalında modellenen üç farklı kıyı eğimine sahip tabanlar üzerinde kıyıya dik doğrultudaki sediment taşınımı ve bunun neticesinde oluşan kıyı profillerinin geometrik özellikleri incelenmiş, oluşan bu profiller üzerinde etkili olan parametreler araştırılmıştır. Fırtına koşullarında gerçekleştirilen deneylerde taban malzemesi olarak beş farklı ortalama tane çapına sahip kum malzemesi kullanılmıştır. Ayrıca kıyıya dik doğrultudaki sediment taşınımı ile ilgili yapılan bu deneysel çalışmalardan elde edilen bulgular ile regresyon analizi yapılmış, oluşan bar tipi kıyı profillerinin geometrik özelliklerini etkileyen parametreler için boyutlu ve boyutsuz denklemler elde edilmiştir.

2. KIYIYA DİK SEDİMENT TAŞINIMI

2.1. Kıyı Bölgesi

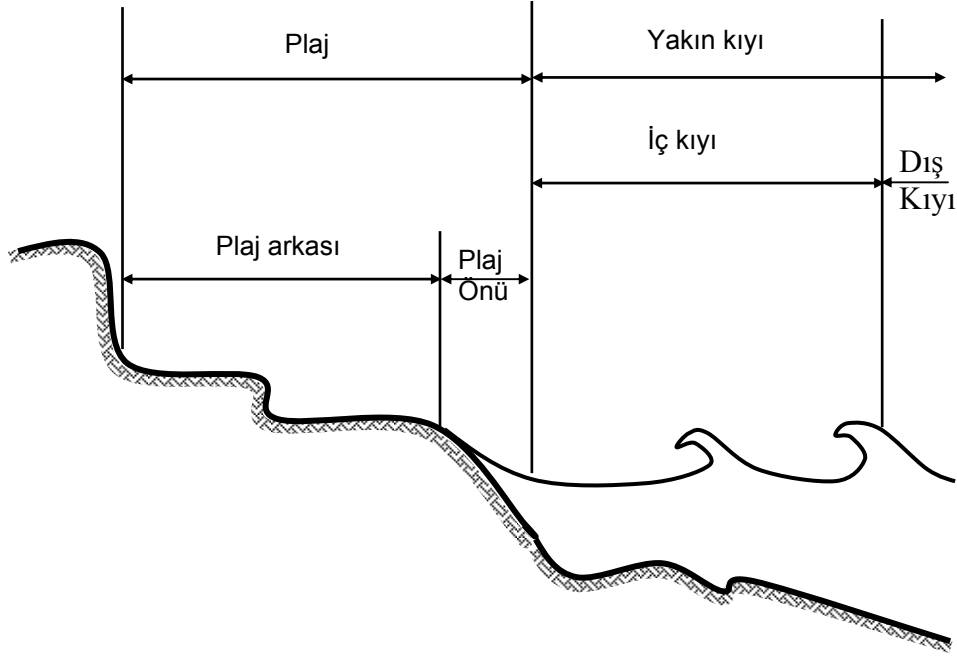
Deniz ile karanın birleşim yerinde deniz-kara karşılıklı etkileşiminin ortaya çıktığı bölgeye, kıyı bölgesi adı verilir (Şekil 2.1). Kıyı bölgesi içerisinde, denizin normal şartlar altında kara içerisinde ulaşabildiği en iç noktaları birleştiren çizgiye ise kıyı çizgisi denir.

Kıyı bölgeleri, sert ve yumuşak yapıdaki kıyılar olmak üzere iki gruba ayrılır. Dalgalara karşı rijit yapıdaki dik profillerden oluşan sert kıyılar (kayalık kıyılar) kıyı mühendisliği açısından fazla öneme sahip değildirler. Bu kıyılardaki değişimler, yüzyıllarla ifade edilebilecek uzun sürelerde meydana gelir. Daha ince malzemedan oluşan yumuşak kıyıların eğimleri oldukça düşüktür. Bu kıyılar, dalga enerjisini profillerindeki değişimler ile sönümlerler. Kıyı bölgesindeki meteorolojik şartlara bağlı olarak, yumuşak kıyılarda mevsimlik, aylık ve hatta günlük olarak değişimler gözlenebilir. Yumuşak kıyıları oluşturan malzeme, kum, çakıl, silt vb. katı maddelerden oluşabilir ve genel olarak kumsal olarak isimlendirilir. Sediment taşınımını etkileyen mekanizmadaki farklılıklar nedeniyle kıyı bölgesini üç kısma ayırmak uygun olur:

a) Dış kıyı: Dalga hareketinin tabanda hissedildiği yer ile dalga transformasyonunu müteakip kırılma noktası arasındaki kısım.

b) İç kıyı: Dalga kırılma noktası ile kıyı çizgisi arasındaki dalga kırılması ile birlikte akıma aşırı ölçüde çalkantıların ve hava kabarcıklarının karıştığı bölge.

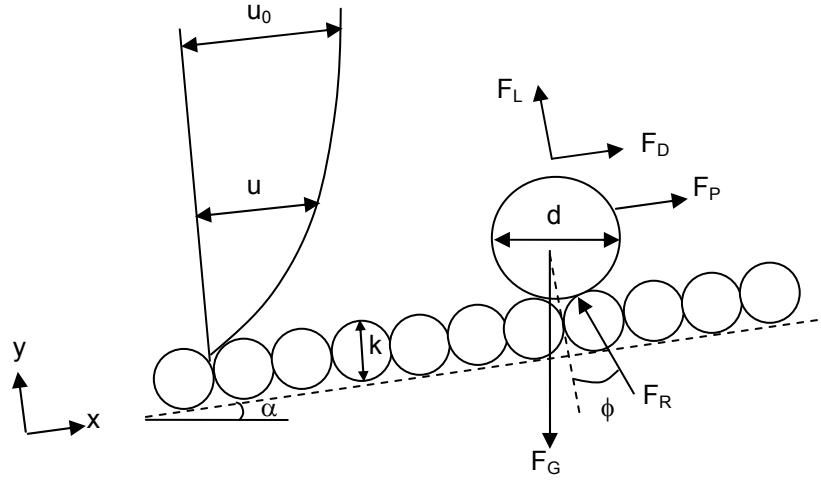
c) Plaj: Kıyı çizgisi ile katı madde hareketinin kara tarafında son bulduğu nokta arasında kalan konsolide olmamış malzemenin oluşturduğu kısım.



Şekil 2.1 Kıyı Bölgesi

2.2. Katı Madde Hareketinin Başlangıcı

Bir tanenin harekete geçmesi, bu taneyi etkileyen kuvvetlerin büyüklüğüne bağlıdır. Tanenin etkisi altında olduğu bu kuvvetler (Şekil 2.2) nedeniyle ilk harekete başladığı duruma kritik durum adı verilir. Akım içindeki taneye etki eden hidrodinamik kuvvetler, taneyi yerinde tutmaya çalışan direnç kuvvetlerini (ağırlık vb.) aştıklarında tane harekete başlar. Bu duruma kritik şartlar ve bu durumdaki hidrodinamik kuvvetlere de kritik kuvvetler adı verilir. Akım içindeki taneye etki eden kritik kuvvetler şunlardır (Nielsen, 1992; Raudkiwi, 1990):



Şekil 2.2 Küresel Bir Tane Üzerine Etkiyen Kuvvetler

Ağırlık kuvveti (F_G):

$$F_G = \frac{\pi D^3}{6} (\gamma_s - \gamma_w) \quad (2.1)$$

Burada $\pi D^3/6$ tane hacmi, γ_s katı madde özgül ağırlığı, γ_w suyun özgül ağırlığıdır.

Hidrodinamik Direnç Kuvveti (F_D):

Viskoz veya türbülanslı akıma maruz kalan bir tane direnç kuvvetlerini de hissetmektedir. Direnç kuvvetleri ikiye ayrılmaktadır:

a) Şekil direnci:

$$F_{D,F} = c_F \frac{1}{2} \rho \frac{\pi D^2}{4} u |u| \quad (2.2)$$

Burada $\pi D^2 / 4$ kesit alanı; ρ suyun özgül kütlesi; u tane seviyesindeki akım hızı; c_F şekil direnci katsayısıdır.

b) Sürtünme direnci:

$$F_{D,S} = c_s \frac{1}{2} \rho D^2 u |u| \quad (2.3)$$

Burada c_s sürtünme direnci katsayısıdır.

Bu iki kuvvetin bileşkesi olan direnç kuvveti;

$$F_D = c_D \frac{1}{2} \rho \frac{\pi D^2}{4} u |u| \quad (2.4)$$

şeklinde ifade edilebilir. Burada c_D katı madde şekline ve Reynold sayısına bağlı olan direnç katsayısıdır.

Hidrodinamik Kaldırma Kuvveti (F_L):

Kaldırma kuvveti akışkan partiküllerinin hızının karesiyle doğru, yörüngesel hareketinin yarıçapı ile ters orantılıdır. Bu durumda yörüngesel hareketin tane çapı ile aynı mertebede olduğu kabul edilmektedir. D^3 hacmine sahip katı madde tanesine etkiyen hidrodinamik kaldırma kuvveti şu şekilde ifade edilebilir:

$$F_L = c_L \rho \frac{u^2}{D} D^3 = c_L \rho u^2 D^2 \quad (2.5)$$

Burada c_L kaldırma kuvveti katsayısıdır.

Ek su kütlesi (F_A):

Tek yönlü düzenli akım haline göre salınımlı akımın sahip olduğu düzensiz akım yapısından kaynaklanan ek su kütlesi dikkate alınmalıdır. Yani tanenin etrafındaki bir miktar akışkan kütlesinin de ivmelenmesinden dolayı ek bir atalet etkisi oluşmaktadır:

$$F_A = c_A \rho \frac{\pi D^3}{6} \frac{du}{dt} \quad (2.6)$$

Burada c_A ek su kütlesi katsayısı olup tane biçimine ve cidara olan yakınlığa bağlıdır. du/dt ise yörüngesel hareketin ivmesini göstermektedir.

Basınç kuvveti (F_P):

Dalga etkisiyle akımın du/dt ivmesiyle hareket etmesinden dolayı basınç gradyanında meydana gelen değişim yani anlık basınç gradyanı nedeniyle taneye etkiyen kuvvettir. Bu kuvvet yer değiştiren akışkanın atalet kuvvetiyle orantılıdır:

$$F_P = \frac{\pi D^3}{6} \rho \frac{du}{dt} \quad (2.7)$$

Atalet kuvveti (F_M):

Bu kuvvet tane üzerine etkiyen bütün dış kuvvetlerin (ağırlık, direnç ve kaldırma) bileşkesine eşit ve zıt yöndedir. Atalet kuvveti ivmeli akışkan akımının neden olduğu ek su kütlesi ve anlık basınç kuvvetinin toplamından ibarettir. Burada $(1+c_A)$ toplamı c_M atalet katsayısı olarak isimlendirildiğinde atalet kuvveti;

$$F_M = c_M \rho \frac{\pi D^3}{6} \frac{du}{dt} \quad (2.8)$$

şeklinde ifade edilebilir.

Reaksiyon kuvveti (F_R):

Tabandaki her bir tanenin değme noktasındaki reaksiyon kuvvetidir. Lineer dalga teorisi yaklaşımı yapılarak,

$$u = A\omega \cos \omega t \quad (2.9)$$

şeklinde yazılabilir. Burada A yörüngesel hareketin genliği, ω açısal frekans, t zamandır. Aynı şekilde direnç kuvveti de :

$$F_D = c_D \rho \frac{\pi D^3}{6} A\omega \sin \omega t |A\omega \sin \omega t| \quad (2.10)$$

Hareketin başlangıcı için faz açısının 90° olması durumunda direnç kuvveti etkin olmakta buna karşın faz açısının 0° olması halinde ise atalet kuvveti etkin olmaktadır. Bu durumda dalga etkisindeki bir taneye etki eden atalet ve direnç kuvvetlerini mukayese etmek amacıyla oranladığımızda (Nielsen, 1992);

$$\frac{F_M}{F_D} = \frac{\rho \frac{\pi}{6} D^3 c_M A \omega^2}{\frac{1}{2} \rho \frac{\pi}{4} D^2 c_D A^2 \omega^2} = \frac{4}{3} \frac{c_M}{c_D} \frac{D}{A} \quad (2.11)$$

elde edilir.

Tane çapı 0.5 mm'den (orta büyüklükte kum ve ince malzeme) küçük olan taneler harekete başladığında sınır tabakası içindeki rejimin laminar kaldığı belirlenmiştir. Tane çapının 0.5 mm'den büyük olduğu (kaba kum ve iri taneli malzeme için R_e sayısı artmaktadır. Sonuç olarak 0.5 mm tane çapının kritik bir değer olduğu ve tek yönlü akım için tanımlanan Shields diagramında tane çapına bağlı benzer açıklamaların, bu hal için de geçerli olabileceği belirtilmektedir. Bunun nedeni küçük çaplı taneler için malzemenin viskoz alt tabaka içine gömülmesiyle oluşan "hidrolik cilalı cidar"ın altındaki ince taneli malzemenin hareketi, viskoz kuvvetlerin etkisiyle oluşmasındandır. Büyük çaplı malzemede ise sınır tabakasının dışına taşan tanelerin etrafını küçük çevrıntiler kaplamaktadır. Böylece tanenin alt ve üst kısmındaki basınç farkları tane hareketini sağlayan bir faktör olarak ortaya çıkmaktadır (Ünal, 1996). Bu durumda dalga etkisinde bir katı madde tanesi üzerine etkileyen akışkan kuvvetlerini ölçmek için boyutsuz hareketlilik parametresi tanımlanmıştır. Dalga etkisindeki kum taneler ($D \approx 0.2$ mm) için, direnç kuvvetinde basınç kuvveti hakim olmaktadır. Bundan dolayı tabandaki bir kum tanesi üzerine etkileyen toplam tedirgin edici kuvvet yaklaşık olarak yörüngesel hızın genliğinin ($A\omega$) karesiyle orantılıdır. Hareketlilik parametresi şu şekilde ifade edilmiştir.

$$\Psi = \frac{(A\omega)^2}{(s-1)gD} \quad (2.12)$$

Burada tanımlanan s ($=\rho_s/\rho$) rölatif yoğunluk, ρ_s katı madde özgül kütesidir.

Kararlı akımda katı madde hareketinin başlangıcının incelenmesi için tabandaki kum taneler üzerine etkileyen kuvvetler arasındaki dengenin farklı bir yorumu da Shields (1936) tarafından verilmiştir:

$$\theta = \frac{\tau_0}{\rho(s-1)gD} = \frac{u_*^2}{(s-1)gD} \quad (2.13)$$

Burada θ , Shields parametresi olarak bilinmektedir. Bu parametre özellikle kararlı akım için uygundur. Çünkü kararlı akımda taban kayma gerilmesi τ_0 ve dolayısıyla u_* kayma hızı kolayca hesap edilebilmektedir:

$$\tau_0 = \gamma d I \quad (2.14)$$

Burada d akım derinliği, I hidrolik gradyandır.

Benzer düşünce ile dalga hareketi için Shields parametresi (toplam kayma gerilmesine karşılık gelen) genellikle pik taban kayma gerilmesi dikkate alınarak tanımlanmıştır. O halde dalga etkisindeki bir tane için Shields parametresi;

$$\theta = \frac{\tau}{\rho(s-1)gD} = \frac{\frac{1}{2}f_w(A\omega)^2}{(s-1)gD} = \frac{1}{2}f_w\Psi \quad (2.15)$$

şeklinde ifade edilebilir. Burada f_w dalga sürtünme katsayısı, τ pik taban kayma gerilmesidir.

Toplam taban kayma gerilmesi τ , sürtünme direnci τ' ve şekil direnci τ'' olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Katı madde taşınımı için bunların herbirinin önemi oldukça farklıdır (Engelund ve Hansen 1972). Şekil direnci taban şekillerinin menba ve mansapları arasında meydana gelen basınç farkından dolayı oluşur ve bu yüzeydeki katı madde tanelerinin bireysel olarak stabilitesini direkt olarak etkilemez. Yüzey tanelerini tedirgin eden asıl etki genellikle sürtünme direncinden dolayıdır. Sürtünme direncine karşılık gelen Shields parametresi şöyle yazılır:

$$\theta = \frac{\tau}{\rho(s-1)gD} \quad (2.16)$$

Bu formül, hareket eden katı madde konsantrasyonlarının büyüklüğü ve hareketin başlamasının belirlenmesi için sıkça kullanılmaktadır. τ' katı madde taşınımı dolayısıyla efektif gerilme olarak da adlandırılmaktadır.

Taban düzlemse şekil direnci yoktur, yani $\tau'=\tau$ ve $\theta'=\theta$ 'dır. Düzlem taban halinde kararlı akımda olduğu gibi dalga hareketinde de sürtünmeden kaynaklanan taban direnci, sabit pürüzlü tabanlı akımlardakinden daha büyüktür. Bunun nedeni, hareket eden kumlar tarafından akımdan tabana transfer edilen momentumdur. Bununla birlikte bu momentum transferini belirlemek oldukça zordur. Bundan dolayı dalga etkisindeki hareketli kumun üzerindeki sürtünme direncini hesaplamak için henüz kabul edilen bir metod yoktur. Diğer bir deyişle hareketlilik parametresi ψ katı madde hareketini ölçmek için yeterince uygun değildir. Problemin karmaşıklığından dolayı katı madde taneleri üzerinde dalgalar tarafından oluşturulan kuvvetin D/A oranına bağımlı olması ihmal edilmektedir. Bu nedenle katı madde hareketinin tane pürüzlülük Shields parametresi ile belirlenmesi Madsen ve Grant (1976) tarafından önerilmiştir ve bu yaklaşım iyi sonuçlar vermiştir. Engelund ve Hansen (1972) ve Nielsen (1979), ortalama tane çapı d_{50} olan kumun düzlem tabandaki tane pürüzlülüğü için $2.5d_{50}$ değerini kullanmışlardır ve buna karşılık gelen tane pürüzlülük Shields parametresini $\theta_{2.5}$ olarak tanımlamışlardır.

$$\theta_{2.5} = \frac{\frac{1}{2}f_w\rho(A\omega)^2}{\rho(s-1)gD} = \frac{1}{2}f_{2.5}\Psi \quad (2.17)$$

Burada tanımlanan bu özel tane pürüzlülük sürtünme faktörünün ($f_{2.5}$) hesaplanması için Swart (1974)'ın formülü esas alınabilir:

$$f_{2.5} = \exp\left[5.213\left(\frac{2.5D_{50}}{A}\right)^{0.194} - 5.977\right] \quad (2.18)$$

2.3. Kıyı Bölgesinde Hidrodinamik Denge ve Katı Madde Kaynakları

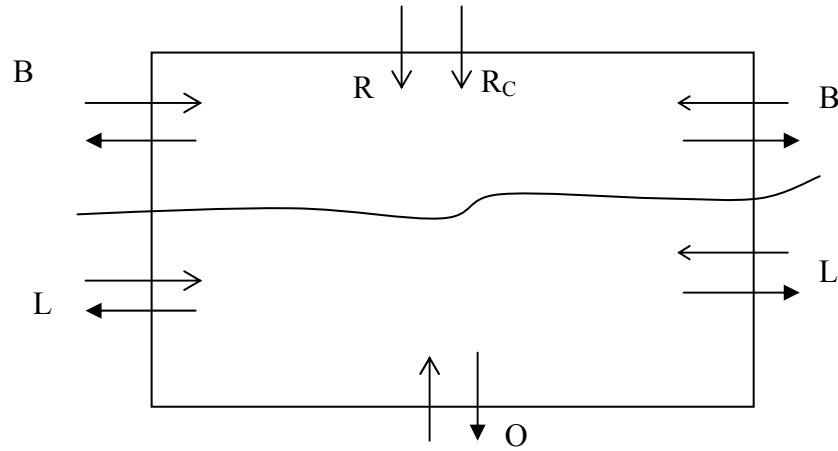
Kıyı bölgeleri sert ve yumuşak kıyılar olmak üzere iki gruba ayrılır. Dalgalara karşı rijit yapıdaki dik profillerden oluşan sert kıyılar kıyı mühendisliği açısından fazla öneme sahip değildirler.

Kıyı mühendisliği açısından yumuşak kıyılar önem arzeder. Yumuşak kıyıları oluşturan malzeme kum, çakıl, silt ve benzeri katı maddelerden oluşabilir ve genel olarak plaj ve kumsal olarak isimlendirilirler. Yumuşak kıyıları oluşturan kum ve çakılın ana kaynağı, karalar içerisinde çeşitli etkenlerle oluşan erozyon ve kayaların parçalanması ile oluşan malzemedir. Bunlar sel ve akarsular yoluyla denize taşınırlar ve bu zaman süresince iri malzemeler, kum ve çakıl boyutuna ve şekline dönüşürler. Denize taşınan katı maddeler dalga ve akıntı etkileri ile kıyı bölgesine dağılırlar.

Kıyılardaki katı maddeler, dalga akıntılarının kıyı gerisinde zaman zaman ulaştıkları sert kıyılardan kopardıkları katı maddelerden de oluşabilir. Daha küçük kaynak ise açık denizden kıyıya doğru taşınan net katı maddelerdir.

Çeşitli ana kaynaklardan oluşan katı maddeler, kıyı bölgesinde sürekli hareket halinde olduklarından herhangi bir kıyı bölgesi ele alındığında bu bölgenin katı madde kaynağı, bitişik kayalardan dalgalar, akıntılar ve rüzgar etkisi ile gelen katı maddeler olabilir.

Bir kıyı bölgesinde çeşitli kaynaklardan gelen malzeme olmasına karşın, bir kısım malzeme de başka bir kıyı bölgesine veya açık denizlere taşınabilir. Bu da ilgili bölge için malzeme kaybı demektir. Ayrıca, kıyılardan ve açıktan kum-çakıl alınması da önemli ölçüde malzeme kaybına sebep olmaktadır. Bir kıyı bölgesine giren ve çıkan malzemeler Şekil 2.3’de bir sistem olarak gösterilmiştir.



Şekil 2.3 K1y1 Katı Madde Dengesi

Şekil 2.3'te L kıyı boyu katı madde taşınım debisini; O kıyıya dik sediment taşınım debisini; B rüzgarların sahil üzerinde taşıdığı debiyi; R akarsulardan gelen sediment debisini; RC kayalardan aşınan malzeme debisini göstermektedir. Koyu renkli uçlara sahip oklar sistemden çıkan (kayıplar), açık renkli uçlara sahip oklar sisteme giren (kaynaklar) malzemeleri göstermektedir. Kıyı bölgesinde, kaynak ve kayıpların durumuna göre aşağıdaki üç durum görülebilir:

- 1) Kaynakların kayıplardan fazla olması durumu - yığılma
- 2) Kaynakların kayıplardan az olması durumu - erozyon
- 3) Kaynakların kayıplara eşit olması durumu - denge

Kıyı bölgeleri dış kıyıda sürüntü maddesi, iç kıyıda sürüntü ve askı maddesi biçiminde sediment taşınımına maruz kalır. Kıyıya eğik olarak yaklaşan dalgalar kıyı-deniz yönünde sediment taşınımı yanında kıyıboyu taşınımına da sebep olurlar. Kıyı-deniz yönü sediment taşınımı kısa dönem kıyı profili değişimlerinde etkili olduğu halde, kıyı boyu taşınımı uzun dönemdeki değişimin en önemli nedenini oluşturmaktadır.

2.4. Kıyıya Dik Doğrultudaki Katı Madde Taşınımı ve Kıyı Profilleri

Kıyıya ulaşan dalgaların yakın kıyı bölgesinde kıyı çizgisine paralel bileşenleri kıyı boyu katı madde taşınımına sebep olurken kıyı çizgisine dik bileşeni kıyıya dik yönde katı madde taşınımına yol açar. Katı madde taşınımının etkin olduğu derinliğe kadar bazen erozyon bazen de dolma meydana gelir.

Dalga ve/veya akıntı etkisi altında kıyıya dik doğrultudaki katı madde taşınımının belirlenmesi, kıyı profillerinin oluşumu dolayısıyla kıyı çizgisinin değişimi ve deniz yapılarının stabilitesi açısından oldukça önemlidir.

Kıyıya dik doğrultudaki madde taşınım miktarı ve yönü ile ilgili de çok sayıda deneysel ve teorik çalışmalar yapılmıştır.

Watanabe (1982), laboratuvarında dalga kanalında ortalama tane çapı $d_{50} = 0.2$ mm olan kum malzemesi ve kıyı taban eğimi 1/10 ve 1/15 arasında değişen eğimler üzerinde yaptığı deneysel çalışmalar sonucunda Shields parametresini ve kıyıya dik doğrultudaki taşınan katı madde debisini aşağıdaki şekilde tanımlamıştır:

$$\psi_m = \frac{\tau_b}{\rho s g d} \quad (2.19)$$

$$q = w_0 d^7 (\psi_m - \psi_c) \psi_m^2 \quad (2.20)$$

Denklemlerde ψ_m shields parametresi, q birim genişlik için net taşınım miktarı, ψ_c katı madde taşınımının başladığı kritik shields parametresi, w_0 çökme hızı, ρ suyun yoğunluğu, s tanenin sudaki ağırlığı ve g yerçekimi ivmesi, d ise ortalama tane çapıdır.

Madsen ve Grant (1976)'in kıyıya dik taşınım debisi için önerdikleri formül aşağıdaki gibidir:

$$q = 12.5 w_0 d \psi_m^3 \quad (2.21)$$

Burada w_0 çökme hızı, ψ_m shields parametresi, d ise ortalama tane çapıdır. ψ_m Shields parametresi aşağıda ifade edilmiştir.

$$\psi_m = \frac{f_w U_b^2}{2sgd} \quad (2.22)$$

Burada f_w dalga sürtünme faktörünü, U_b taban yörünge hızını, s katı madde taneciğinin su içerisindeki özgül ağırlığını, d ise ortalama tane çapını tanımlamaktadır.

Dibajnia ve Watanabe (1992)'nin, düzenli dalgalar kullanarak gerçekleştirdikleri deneyler sonucunda kıyıya dik taşınım debisi için verdikleri formül şöyledir:

$$q = \left[A_w \frac{(\tau - \tau_{cr})}{\rho g} \overline{u_b} + A_{wb} \frac{\Delta F}{\rho g} \right] F_D \quad (2.23)$$

Denklem (2.23)'teki ilk terim tabandaki katı madde taşınımını, ikinci terim ise askı halindeki katı madde taşınımını göstermektedir. Denklemdeki yer alan parametreler;

$$\overline{u_b} = \frac{w_p H_s}{2 \sinh(K_p h)} \quad (2.24)$$

$$F_D = \tanh \left[K_D \frac{(f_w \Pi)_c - (f_w \Pi)}{(f_w \Pi)_c} \right] \quad (2.25)$$

$$\Pi = \frac{u_b^2 h}{\gamma' g d L_o} \quad (2.26)$$

$$\tau = \rho \frac{f_w u_b^2}{2} \quad (2.27)$$

şeklindedir ve τ taban kayma gerilmesi, τ_{cr} hareket başlangıcındaki kayma gerilmesi, u_b taban yörünge hızı, A_w boyutsuz katsayı (kırılma bölgesi 0.15, açık deniz bölgesi 0.45), A_{wb} türbülansın bir fonksiyonu, ΔF birim alan başına enerji akısı dağılımı, F_D taşınım yönünü belirleyen fonksiyon ve K_D boyutsuz katsayıyı göstermektedir.

Nishimura ve Sunamura (1987), kıyıya dik katı madde debisi için aşağıdaki ifadeyi vermişlerdir:

$$q = w_0 d B u_r^{0.2} \psi (\psi - 0.13 u_r) \quad (2.28)$$

Burada u_r Ursel parametresi olarak bilinen dalga boyu, yüksekliği ve su derinliğine bağlı olan taşınım yönlerinin belirlenmesinde kullanılan boyutsuz bir sayıdır.

$$u_r = \frac{HL^2}{h^3} \quad (2.29)$$

Burada H , L ve h sırasıyla dalga yüksekliği, dalga boyu ve su derinliği; $B = -1.15 \times 10^{-7}$, dir.

2.4.1 Kıyı Profilleri

Kıyıya dik malzeme taşınımı, birim genişlikteki bir kıyının kıyıya dik yöndeki kesiti üzerinde incelenir ve bu kesite kıyı profili adı verilir (Kapdaşlı, 1992). Kıyı profilinde, hangi şartlarda aşınma (fırtına profili), hangi şartlarda dolma (yaz profili) oluşacağını belirlemede esas faktör dalga parametreleridir.

Kıyı profili için bir başka tanım da şu şekilde yapılmıştır: Zaman içinde değişken özelliğe sahip kıyı batimetrisinin belirli dalga ve akıntı koşullarında sahip olduğu şekle kıyı profili denir (Yüksel, 2005).

Kıyı profilini etkileyen esas parametre kıyı-deniz doğrultusundaki katı madde taşınımı olmakla birlikte, kıyıya paralel taşınımın da etkisi bazen önemli olmaktadır. Özellikle kıyı yapıları gibi çeşitli etkenler sonucu kıyıya paralel sediment taşınımında dengenin bozulması durumunda kıyı profillerinde değişim söz konusu olmaktadır. Yapılan araştırmalar, bu konuda en önemli faktörün, derin-su dalga dikliği (H_0/L_0) olduğunu göstermiştir. Katı madde taneciklerinin çökme hızı (w), ortalama tane çapı (d_{50}) ve taban eğimi (m) de diğer etkileyici faktörlerdir.

Dean (1973), yaptığı deneysel çalışmalar sonucunda kıyı-deniz doğrultusundaki sediment taşınımının belirlenmesine yönelik aşağıdaki ifadeleri sunmuştur:

$$\frac{0.6H_0gT}{\pi L_0 w_s} < 1 \quad \text{kıyıya doğru taşınım}$$

$$\frac{0.6H_0gT}{\pi L_0 w_s} > 1 \quad \text{denize doğru taşınım}$$

Burada H_0 ve L_0 dalga yüksekliği ve uzunluğu, w_s çökme hızı, T ise dalga periyodudur.

Sunamura ve Horikawa (1974) kıyı profilleri ile ilgili yapmış oldukları deneysel çalışmalar sonucunda derin su dalga dikliği (H_0/L_0), kıyı eğimi (m) ve kıyıyı oluşturan katı maddenin granülometrik değişimine (d_{50}/L_0) bağlı olarak kıyı profillerini üç ayrı grupta ifade etmişlerdir.

$$C = \frac{H_0}{L_0} (\tan \beta)^{0.27} \left(\frac{d_{50}}{L_0} \right)^{-0.67} \quad (2.30)$$

Burada C amprık bir sayıdır. C katsayısının aldığı değere göre şu şekilde sınıflandırma yapılmıştır:

$C < 4$	kıyıya doğru taşınım (dolma) - yaz profili
$4 < C < 8$	denge profili
$8 < C$	denize doğru taşınım (aşınma) - kış profili

Kraus ve ark. (1991) ise boyutsuz çökelme parametresi (H_0/T_w)' ye bağlı olarak kıyı profilini aşağıdaki şekilde tanımlamışlardır.

$\frac{H_0}{T_w} > 1$	kış profili
$\frac{H_0}{T_w} < 1$	yaz profili

Burada w katı maddenin çökelme hızıdır. H_0 derin su dalga yüksekliği, T ise dalga periyodudur.

Mevcut dalga şartlarının kıyı üzerinde yeterince uzun bir süre etkili olması durumunda kıyı profillerinin göreceli olarak sabit formda kaldıkları kabul edilmektedir. Bu durumda profil boyunca herhangi bir noktada net katı madde taşınımı olmamaktadır (Denge profili). Kıyı profilinin denge durumunda olması gelen dalga enerjisinin tamamının harcandığını gösterir. Kıyı profili üzerindeki sediment taşınımı dengenin bozulmasıyla birlikte meydana gelmektedir.

Kriebel ve ark. (1986) laboratuvarda yaptıkları deneysel çalışmalar sonucunda aşağıdaki ifadeyi kıyı profillerini tanımlamak amacıyla sunmuşlardır:

$$C^* = \frac{gTH_0}{\pi wL_0} \quad (2.31)$$

Buna göre;

$C^* < 1.7$	yaz profili
$C^* > 1.7$	kış profili

Arazide yapmış oldukları çalışmalarda ise C^* ifadesinin 8.8'den küçük olması durumunda yığılma, 8.8'den büyük olması durumunda ise aşınma profilinin oluştuğunu gözlemlemişlerdir.

Larson ve ark.(1989), benzer şekilde kıyı profilini tanımlamak amacıyla aşağıdaki ifadeyi sunmuşlardır:

$$C^{**} = \frac{H_0}{L_0} \left(\frac{wT}{H_0} \right) \quad (2.32)$$

Buna göre C^{**} değeri laboratuvar koşullarında, 0.0007'den büyük ise yaz profili, 0.0007'den küçük ise kış profili, arazi şartlarında ise 0.00027'den büyük olması durumunda yaz profili, 0.00027'den küçük olması durumunda ise kış profili oluşmaktadır.

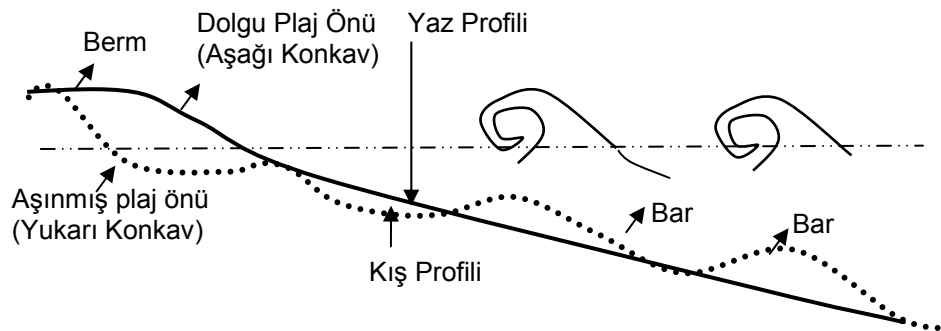
2.4.1.1 Kış Profili

Fırtınalı havalarda kıyıda oluşan profile kış profili denir (Kapdaşlı, 1992). Kış aylarında çoğunlukla dik ve yüksek dalgalar meydana gelir. Bu dalgalar ön kıyıda erozyona sebep olur ve ön kıyıda yukarıya-konkav profilin oluşmasına sebep olur. Bu profilin en belirgin özelliği açık deniz tarafında oluşan bir kum tepesidir. Fırtına durumunda dalga yüksekliklerinin artması ve periyotlarının küçülmesi nedeniyle hem ortalama su seviyesinde durgun su seviyesine göre büyük artış olması, hem de kıyıya çok sık dalga gelmesi nedeniyle derine büyük miktarda su sızması sonucu kıyıda yeraltı su seviyesi kısa sürede taban yüzeyine kadar artış gösterir. Bu artıştan dolayı derine sızan su miktarı ihmal edilebilecek mertebelere iner ve tırmanma ile geri dönüş arasındaki su seviyeleri hemen hemen eşit hale gelir. Tırmanma sırasında kıyıya doğru taşınan katı madde miktarından daha fazlası geri dönüş sırasında açığa doğru taşınır. Çünkü tırmanma sırasında taşınım kıyı eğiminin tersine iken geri dönüş sırasında eğim yönündedir. Fırtına başlangıcından kısa bir süre içinde kıyıda hızlı bir erozyon başlar. Bu noktaya dalga etkisi ile açıktan da katı madde gelmekte olduğundan burada katı maddeler bir tepe (bar) oluştururlar (Şekil 2.4). Bu bar

oluşumunun sonucunda daha önce kıyıya yakın kırılan dalgalar bu bar üstünde kırılarak enerjilerini kaybetmeye başlarlar ve kıyıda erozyon sona erer. Malzeme açığa doğru hareket eder. Ön kıyıdan sökülen malzeme “bar” oluşmasına neden olur.

2.4.1.2 Yaz Profili

Herhangi bir kıyı dikkate alındığında fırtınalı havalar dışında normal deniz koşullarına meydana gelen profile yaz profili denir (Kapdaşlı, 1992). Yaz aylarındaki düşük diklikteki dalgalar ise kum malzemesini kıyıya doğru iterek barın kıyıya doğru göçmesine ve aşağıya-konkav profilin oluşmasına neden olur. Genel olarak bir kıyıya bakıldığında bu kıyıya ulaşan dalgalar normal koşullarda uzun periyotlu ve küçük dalga yüksekliğine sahiptirler. Böyle bir dalga kıyı üzerinde kırıldıktan sonra kıyı profili üzerinde tırmanır. Normal profil üzerinde tırmanan su kütesinin bir kısmı yeraltına sızarak geriye bu yolla döner. Ayrıca kıyıya seyrek dalga ulaştığı için yeraltı su seviyesinde yükselme olmaz. Bunun sonucunda normal dalga koşullarında tırmanma arasındaki su seviyesi ile geri dönüş sırasındaki su seviyesi arasında oldukça önemli bir fark oluşur. Tırmanma sırasındaki büyük su kütlesi hareketi ile kıyıya doğru taşınan katı maddelerin bir kısmı zayıf geri dönüş akımı nedeniyle kıyıda kalır, geri taşınmaz. Bu oluşum sonucunda kıyıda yığılma meydana gelir. Bu profilin üstündeki düz kısım “berm” olarak anılır (Şekil 2.4). Bu aylarda daha çok uzun taşınım dalgaları oluşur ve bunun sonucu kara yönünde daha çok malzeme taşınarak kıyı önünde sediment yığılması meydana gelir. Bu profile yaz profili denir.



Şekil 2.4 Kıyı Profilindeki Mevsimlik Değişimler

Kıyı profilinde, hangi şartlarda kış profili, hangi şartlarda yaz profili olduğunu belirlemede esas faktör, dalga parametreleridir. Yapılan araştırmalar göstermiştir ki, bu konuda en önemli parametre derin-su dalga dikliğidir (H_0 / L_0). Katı madde taneciklerinin çökme hızı (w), ortalama tane çapı (d_{50}) ve taban eğimi (m) de diğer önemli parametrelerdir.

2.5. Kıyıdaki Katı Maddelerin Fiziksel Özellikleri

Kıyıdaki katı maddelerin sınıflandırılmasında göz önüne alınan temel parametre tane çapıdır. Katı maddeler tane çapına göre; çakıl, kum, kil ve silt olarak adlandırılırlar, fakat kıyıda görülen katı maddelerin büyük bir kısmı kum ve çakıldan ibarettir.

Tane çapını temsil etmek için pek çok değişken tanımlanmıştır. Bunlardan en yaygın olanı, medyan çapıdır. Kıyılarda bulunan kum ve çakıl malzemelerin ortalama çapları (d_{50}) sırasıyla 0.15-2 ve 2-50 mm arasındadır. Kıyıdaki katı madde tanelerinin sınıflandırılmasında kullanılan diğer bir parametre de malzemenin özgül ağırlığıdır. Kıyı bölgesinde görülen katı maddenin çoğunluğunu oluşturan kuvars kumunun özgül ağırlığı 2,60-2,75 t/m³ arasındadır.

2.6. Katı Madde Taşınımını Etkileyen Faktörler

Kıyılardaki katı madde hareketinin önemli bir kısmı, yakın kıyı bölgesinde meydana gelir. Açık denizden gelen dalgaların kırılması sonucu oluşan akım şartları (türbülanslar, kayma gerilmeleri vb) kıyı bölgesi içerisinde katı madde hareketine neden olmaktadır. Bu şartları doğuran faktörler aşağıda verilmiştir.

2.6.1 Dalgalar

Kıyı değişimlerini doğuran en önemli etmen, su dalgalarıdır. Dalgaların olmaması halinde, kıyı değişimleriyle ilgili sorunların büyük bir kısmı oluşmazlar. Açık denizde su yüzeyine aktarılan rüzgar enerjisi, dalgaların oluşumuna neden

olarak dalga enerjisine dönüşür, kıyıya yaklaştıkça deniz tabanı ile su kütlesinin karşılıklı etkileşimi sonucu katı madde taşınımına neden olur ve bu yolla sönümlenir.

Dalga enerjisinin büyük bir kısmı katı madde taşınımı yoluyla sönümlenirken diğer bir kısmı da dalga tırmanması yoluyla potansiyel enerjiye dönüşür. Geri kalan kısmı ise ses, ısı gibi diğer enerji türlerine dönüşür.

2.6.2 Akıntılar

Dalgalar kırılma bölgesine yaklaştıkça, su içinde, dalgaların doğurduğu taban hareketi de şiddetlenir ve bu dalgalar şiddetli yerel akıntılar meydana getirirler. Dalga akıntılarından başka, gel-git akıntıları, yoğunluk akımları ve büyük ölçekli deniz akıntıları da ortaya çıkmaktadır.

2.6.3 Gel-Gitler

Gel-gitler, dünya, ay ve güneşin birbiri üzerindeki çekim etkileri sonucu su seviyesinde meydana gelen günlük değişimlerdir. Gel-git olayı enlem derecesine bağlı olarak bazı kıyılarda yok denebilecek kadar küçük mertebelerde iken bazı kıyılarda ise yaşamı etkileyecek mertebelerde olabilmektedir. Bazı kıyılarda özellikle körfezlerde günlük seviye değişimi 7-8 m civarında olabilmektedir. Su kütlesinin gel-git olayında, günlük gelip gidişi sırasında önce kıyıya doğru, sonrada açığa doğru 2.0 m/s civarında akımların doğmasına yol açar. Bu nedenle, kıyıda zaman zaman kuvvetli katı madde hareketlerinin oluşmasına sebebiyet verir.

2.6.4 Rüzgarlar

Rüzgarlar kumları sahilden uzağa sürükleyip kum tepecikleri halinde yığarak kıyılar üzerinde etkili olurlar. Rüzgarlar, daha çok ince malzemeleri sürükler, daha iri malzemeler ise kıyıda kalır. Bu şekilde oluşan kum tepeciklerinin en önemlisi, kıyının hemen önünde oluşan ön tepeciktir.

2.6.5 Sediment Hareketleri

Sediment hareketleri kıyı ve deniz yapılarının oluşturduğu veya etkilediği akımlardan kaynaklandığı gibi hayvansal ve bitkisel biyolojik aktivitenin sonucunda da söz konusu olabilmektedir.

2.6.6 Malzeme Özellikleri

Katı madde taşınımında etkili olan malzemenin özelliklerini tane özellikleri ve yığınsal özellikler altında incelemek mümkündür:

Tane özellikleri :

- i. Tane büyüklüğü
- ii. Tane biçimi
- iii. Batmış rölatif özgül kütle
- iv. Dayanıklılık

Yığınsal özellikler :

- i. Tane dağılımı
- ii. Permeabilite
- iii. Porozite

3. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Kıyı-deniz doğrultusundaki sediment taşınımı ve bunun sonucunda oluşan kıyı profilleri ve profil özellikleri ile ilgili araştırmacılar tarafından birçok teorik ve deneysel çalışmalar yapılmıştır. Aşağıda yapılan bu çalışmalar özetlenmiştir.

Noda (1972), model ve prototip arasındaki ölçek etkisini incelemek amacıyla labotaruvarda 20 m uzunluğunda 0.5 m genişliğinde ve 0.6 m derinliğindeki dalga kanalında kıyı profilleri ile ilgili deneysel çalışmalar yapmıştır. Deneyler 1/10 başlangıç eğiminde ortalama tane çapları $d_{50}=0.3$ mm ve 0.6 mm olan taban malzemeleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Yaptığı deneysel çalışmalardan elde ettiği bulgulara göre derin su dalga dikliğinin (H_0/L_0) ve boyutsuz dalga yüksekliğinin (H_0/d_{50}) kıyı barlarının oluşumunda etkili parametreler olduğunu, denge konumundaki kıyı profillerinin tanımlanmasında kullanılabileceğini belirtmiştir.

Hottari ve Kawamata (1980), kıyıya dik sediment taşınımı incelemek amacıyla teorik ve deneysel çalışma gerçekleştirmişlerdir. Yaptıkları çalışmada kıyı bölgesinde kıyıya dik sediment taşınımını tanımlayan bir model geliştirmişlerdir. Bu modelde sediment tanesini hareket ettiren ve harekete karşı kuvvetlerin dengesinden faydalanarak bir C parametresi tanımlamışlardır. Bu C parametresinin yardımıyla kıyı bölgesinde kıyı-deniz doğrultusunda katı madde taşınım yönünü ve oluşan kıyı profillerini belirlemişlerdir:

$$C = \frac{H_0}{L_0} \tan\beta \left(\frac{W_s}{gT} \right)^{-1} \quad (3.1)$$

Burada H_0/L_0 derin su dalga dikliği, $\tan\beta$ başlangıç taban eğimi, W_s/gT ise boyutsuz çökme parametresidir. Buna göre;

$C < 0.5$	kıyıya doğru taşınım (dolma) - yaz profili
$C = 0.5$	denge profili
$C > 0.5$	denize doğru taşınım (aşınma) - kış profili

Net sediment taşınımının yönünü belirlemek için aşağıda verilen taşınan katı maddenin korunumu eşitliğinden yararlanılmıştır:

$$\frac{\partial h}{\partial t} = \frac{1}{(1-\lambda)} \frac{\partial q_s}{\partial x} \quad (3.2)$$

Burada h su derinliği, q_s x doğrultusundaki sediment taşınım miktarı, λ sedimentin porozitesi, t ise zamanı göstermektedir.

Watanabe ve ark. (1982), kıyıya dik sediment taşınımını bir seri deneysel çalışma yaparak incelemişlerdir. Kırılma bölgesinin içindeki ve dışındaki sediment taşınım oranlarını kıyı profillerinde meydana gelen değişimler yardımıyla bulmuşlar ve katı madde taşınım miktarlarını taban kayma gerilmesi ve Shields parametresi ile ilişkindirmişlerdir.

Laboratuvarda dalga kanalında modelledikleri 1/10 ve 1/20 başlangıç eğimine sahip tabanlar üzerinde üç farklı dalga periyodundaki düzenli dalgalar ile gerçekleştirdikleri deneylerde 0.2 mm ve 0.7 mm ortalama tane çapına sahip iki farklı taban malzemesi kullanmışlardır. Taban malzemesinin ince ($d_{50}=0.2$ mm) ve taban eğiminin 1/10 olması durumunda katı madde taşınımının genellikle askı modunda denize doğru ve ripple (kum dalgacıkları) oluşumunun her zaman kırılma bölgesinin dışında olduğunu gözlemlemişlerdir. Başlangıç eğiminin 1/20 olması halinde ise ripple oluşumunun köpüklenme bölgesinde olduğu gözlemlenmiştir. $d_{50}=0.7$ mm olması durumunda ise sediment taşınımının askı modundan ziyade sürüntü şeklinde kıyıya doğru gerçekleştiği ve tabandaki ripple oluşumunun daha az olduğu görülmüştür.

Sawaragi ve Deguchi (1980), denge durumundaki kıyı profillerine ve sedimentin korunumu eşitliğine dayalı bir kıyıya dik sediment taşınım modeli geliştirmişlerdir. $d_{50}=0.54$ mm ve 0.34 mm ortalama tane çapına sahip iki farklı taban malzemesi kullanmışlardır. Başlangıç taban eğimi 1/20 olarak alınmıştır. Deneysel çalışmalardan elde ettikleri bulgulara göre kıyıya dik sediment taşınım yönünü belirlemek için aşağıdaki boyutsuz ifadeyi tanımlamışlardır:

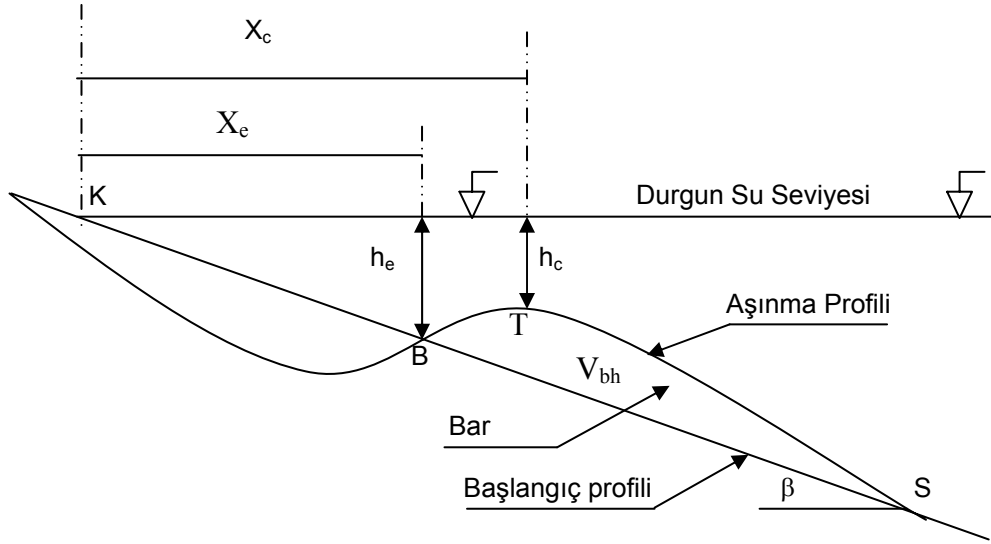
$$N_{sr} = \frac{gTd_{50}}{2\pi v} > 10^3 \quad (3.3)$$

Burada v suyun kinematik viskozitesidir. Buna göre;

$$\begin{array}{ll} N_{sr} > 10^3 & \text{kıyıya doğru taşınım} \\ N_{sr} < 10^3 & \text{denize doğru taşınım} \end{array}$$

Gourlay (1980), iki farklı taban malzemesi kullanarak dengedeki kıyı profillerini laboratuvar koşulları altında incelemiştir. Deneyler 14.7 m uzunluğunda, 3.05 m genişliğinde, 0.6 m derinliğindeki dalga kanalında gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada $d_{50}=0.22$ mm kum ve $d_{50}=1.55$ mm kırılmış kömür kullanılmıştır. Deneysel sonuçlardan boyutsuz çökme parametresi (H_0/Tw) 'nin köpüklenme bölgesinin hidroliğinde ve farklı tipte kıyı profillerinin oluşmasında önemli bir parametre olduğu görülmüştür. Ayrıca kıyı permeabilitesinin kıyı yüzeyini oldukça etkilediği anlaşılmıştır.

Silvester ve Hsu (1989), diğer araştırmacıların yapmış oldukları çalışmalardan elde ettikleri bulguları değerlendirerek kış şartlarında oluşan bar parametrelerinin geometrik özellikleri ile ilgili ifadeler sunmuşlardır. Bu ifadeleri yapmış oldukları lineer regresyon analizlerinin sonucunda elde etmişlerdir. Çalışmalarını, başlangıç taban eğimleri 1/50-1/4 ve ortalama tane çapları $d_{50}=0.22$ -0.47 mm arasında değişen taban malzemeleri kullanarak gerçekleştirmişlerdir. Şekil 4.1'de de gösterilen kış şartlarında oluşan kıyı profillerinin geometrik özellikleri ile ilgili önermiş oldukları ifadeler aşağıda sunulmuştur:



Şekil 3.1 Kış Şartlarında Oluşan Kıyı Profili, Silvester ve Hsu (1989)

Bar tepesinin başlangıç kıyı çizgisine olan uzaklığı:

$$\frac{X_c}{L_0} = 0.022 + 1.508 \frac{(H_0/L_0)}{\tan\beta} + 0.14 \left[\frac{(H_0/L_0)}{\tan\beta} \right]^2 \quad (3.4)$$

Burada H_0 ve L_0 sırasıyla derin-su dalga yüksekliği ve uzunluğu, $\tan\beta$ taban eğimidir.

Durgun su seviyesinden bar tepesine kadar olan derinlik:

$$\frac{h_c}{L_0 \tan\beta} = 0.0269 + 0.391 \frac{X_c}{L_0} \quad (3.5)$$

Profil denge noktasının kıyı çizgisine olan uzaklığı:

$$\frac{X_e}{L_0} = 0.96 \frac{(H_0/L_0)}{\tan\beta} \quad (3.6)$$

Durgun su seviyesinden profil denge noktasına kadar olan derinlik:

$$h_e = X_e \tan \beta \quad (3.7)$$

Denge konumunda oluşan oluşacak barın hacmi:

$$\frac{V_{\text{bar}}}{H_0/L_0} = 160 \frac{H_0}{L_0} \tan \beta + 11.56 \left[\frac{H_0}{L_0} \tan \beta \right]^2 \quad (3.8)$$

Bodge (1987), kıyıboyu katı madde debisinin kıyıya dik dağılımı için aşağıdaki formülü geliştirmiştir:

$$q_y(x) = k_q \frac{1}{h} \frac{d}{dx} (EC_g) V_l \left(\frac{dh}{dx} \right)^{0.5} \quad (3.9)$$

Burada, k_q debi katsayısı, h su derinliği, E dalga enerjisi, l_g dalga grup hızı, V_l kıyıboyu akıntı hızı, dh/dx taban eğimidir.

Bodge, katı madde debisinin, kıyıya dik yöndeki dağılımının biri kıyı çizgisi üzerinde, diğeri kırılma bölgesinin ortasında olmak üzere iki modlu olduğunu belirtmiştir.

Kraus ve ark. (1991), kıyıya dik doğrultudaki sediment taşınımı ile ilgili var olan yığılma ve erozyon kriterlerinin bir değerlendirilmesini yapmışlardır. Yığılma ve erozyonla ilgili sunulan kriterlerin yetersiz olduğu ve önerilen ifadenin kıyı-deniz doğrultusundaki sediment taşınım mekanizmasını tam olarak yansıtmadığı sonucunu ortaya koymuşlardır.

Chen ve Graf (1991), kıyıya dik doğrultudaki katı madde taşınımını incelemişlerdir. Taşınan katı madde debisinin akışkan hızı ve sediment konsantrasyonuyla ilişkili olduğu yaklaşımıyla aşağıdaki denklemi sunmuşlardır:

Bu denklemin kullanılabilmesi için derinlik boyunca akışkan hızları (U_z) ve sediment konsantrasyonu (C_z) ölçülmelidir.

$$q = \int_0^{h-\eta} U(z)C(z)dz \quad (3.10)$$

Burada, h su derinliğini, η dalga profilini, z tabandan olan yüksekliği göstermektedir.

Chen ve Graf, denklemlerin geçerliliğini araştırmaya yönelik laboratuvar çalışmaları yapmışlardır. Küçük ölçekli bir laboratuvar kanalında, yatay kanal tabanı üzerinde 2 cm yüksekliğinde 8 cm boyunda suni üçgensel kum dalgacıkları oluşturmuşlardır. Ölçüm kesitinin memba tarafından sürekli sediment beslemesi yapmışlar, mansap tarafında ise deney süresince toplanan katı madde hacmini ölçmüşlerdir. Aynı zamanda düşey bir kesitte de hızları ve konsantrasyonları ölçmüşlerdir. Akış ve sediment karakteristikleri ise sırayla şöyledir: Su derinliği 0.25 m, dalga yüksekliği 0.065 m, dalga periyodu 1.76 sn, tabana yakın maksimum hız 0.195 m/sn, ortalama derinlikteki akıntı hızı 0.08 m/sn ve ortalama tane çapı 0.18 mm'dir. Yaptıkları çalışmalardan denklemlerin iyileştirilmesi gerektiği sonucuna varmışlardır.

Nairn (1991), prototip özelliklerine sahip oldukça büyük bir kanalda (324 m uzunluğunda, 7 m derinliğinde ve 5 m genişliğinde) kumul erozyonu üzerine deneysel çalışma yapmıştır. Laboratuvar çalışmaları yanında büyük bir fırtına sonucu oluşan kumul erozyonu konusunda, arazi verileri de elde etmiştir. Yapılan çalışma sonucu sayısal model geliştirilmiş fakat sayısal model, arazi ve laboratuvar verileriyle uyum göstermemiştir.

Roelvink (1991), Delf Üniveritesi'nde kıyıya dik taşınımın morfolojik ve hidrodinamik özellikleri ile ilgili deneysel çalışma yapmış, dalga grubunun gelişimini tanımlayan zamana bağlı bir boyutlu model sunmuştur. Model, literatürde sunulan modellerden daha basit bir davranış sergilemesine rağmen daha genel ve geniş bir uygulanabilirliğe sahiptir. Bununla birlikte formüllerin doğruluğu ve geçerliliği araştırılmaktadır.

Quick ve ark. (1991) kıyıya dik katı madde taşınımını, dalga kırılma ve kabarma noktası arasında belirlenen kontrol hacminin zamansal ortalama davranışını dikkate alarak incelemiştir. Bunun için dalga şartları, taban eğimi ve malzeme

özellikleri arasında teorik ilişkiler kurmuştur. Çalışma sonucunda, malzeme çapı artmasının taban eğimini artırdığı, kıyı geçirimsizliğinin ve çapın taban eğimine önemli derecede etki ettiği belirlenmiştir.

Sato ve Mitsunobu (1991), çalışmalarında, düzensiz dalga etkisi altında meydana gelen kıyı profili değişimi için sayısal bir model geliştirmişlerdir. Modelin uygulanabilirliği literatürdeki deneysel verilerle test edilmiştir. Model, kısa dalgaların deformasyonunu, uzun ve kısa dalgalar arasındaki etkileşimi, tabana yakın hız değişiminin hesabını, sediment taşınım formülünün uygulamasını kapsamaktadır. Modelin geçerliliği laboratuvar verileriyle test edilmiştir. Düzensiz dalgaların köpüklenme bölgesinde oluşturduğu uzun dalgaların, sedimentin kıyıya taşınmasında katkıda bulunduğu ortaya çıkmıştır. Uzun dalgaların, kısa dalgalar ve ters doğrultudaki akıntılara göre toplam net taşınımında daha etkin olduğu gözlenmiştir. Modelde, dalga ve akıntı hesapları doğruya yakın elde edilmesine rağmen, sediment taşınımı aynı doğrulukta elde edilememiştir.

Uda (1991) tarafından, Japonya'daki 22 kıyı bölgesinde oluşan erozyonun sebepleri araştırılmış ve bu sebepler, altı ana gruba ayrılarak en önemlileri şu şekilde ifade edilmiştir:

- a) Yapılar tarafından kıyı boyu malzeme taşınımının engellenmesi
- b) Açık deniz mendireklerinin korunmuş taraflarındaki yakın kıyı akıntılarının oluşmasıyla kıyı erozyonunun başlaması
- c) Akarsulardan gelen katı maddenin azalması.

Larson ve Kraus (1992) erozyon ve yığılma profillerini incelemişler ve deneysel verileri kullanarak, erozyon ve yığılma kriterleri yanında bar parametreleri için de formüller önermişlerdir. Bar parametreleri için önerilen formüller aşağıda verilmiştir.

Bar tepe noktasının sakin su seviyesine düşey uzaklığı (h_{bt}) için önerilen eşitlik aşağıda verilmiştir.

$$h_{bt}=0.66H_0 \quad (3.11)$$

Bar hacmi (V_{bh}) için önerilen eşitlik ise aşağıda verilmiştir.

$$V_{bh}=0.088H_0^{2.26}w^{-1.36}T^{0.55} \quad (3.12)$$

Foster ve ark. (1994), Yeni Zelanda'nın Mt. Maunganui kıyısının sediment dengesi ve denge durumundaki kıyı profilleri ile ilgili arazi çalışmaları yapmışlardır. Gel-gitler sonucu oluşan kumsaldaki erozyon bölgeleri, Taurange limanı taranarak elde edilen malzeme ile beslenmiştir. Besleme yapılmadan önce, besleme süresince ve beslemeden sonra batimetrik ölçümler alınmış ve değerlendirilmiştir. Her bir kesitin kıyıya dik boyutu 5'e bölünerek bu bölgelerdeki erozyona uğrayan veya yığılan miktarlar belirlenmeye çalışılmıştır.

Lee (1994), kıyı çizgisine dik deniz taban profilleri (Submarine Profilleri, SP) üzerine çalışmıştır. Açık deniz dalgalarıyla denge konumuna ulaşmış olan profil Submarine Denge Profili (SEP) olarak tanımlanmıştır. Lee, daha önceki arazi gözlemlerini, laboratuvar deneylerini ve bu geometrinin (SEP) oluşmasına sebep olan ilgili mekanizmanın teorisini açıklamıştır. Çalışmada, SEP'in geometrisini temsil eden analitik bir model kurulmuştur. Lineer olmayan regresyon analizi kullanılarak geliştirilen SEP Modeli, Meksika Körfezi ve Güney Atlantik kıyılarındaki profillerle uygunluk göstermesine rağmen Pasifik Kıyısı'ndaki profillerle uygunluk göstermemiştir. Deneyler, dalga kanalı içerisinde ayarlanabilir gömülü bir platformda yapılmıştır. Platformun derinliği ve eğimi değiştirilerek belli bir dalga şartı ve sabit tane çapı için katı maddenin kıyıya ve açığa hareketi incelenmiştir. Sayısal model, tane boyutunun değişmesi durumunda, katı madde hareketinin nasıl değiştiğini belirleyememektedir.

Larson (1996), düzensiz dalgaların etkisi altında kıyı profilinin değişimini ve kıyıya dik ortalama net taşınımını hesaplayan bir sayısal model geliştirmiştir. Düzensiz dalgalar için kıyıya dik taşınım formülleri, düzensiz dalga alanını temsil yeteneğine sahip tekil dalgaların taşınımalarının toplanmasıyla kurulmuştur. Tekil dalgaların taşınım ilişkileri büyük bir dalga kanalındaki düzenli dalga deneylerine dayandırılmıştır. Bu çalışmada ayrıca açık deniz barının üzerinde kırılan dalgaların etkileri araştırılmıştır. Önerilen formüller, düzenli dalgalarla yapılmış laboratuvar bulgularıyla irdelenmiştir. Fakat formüllerin, açık deniz bar oluşumunun belirlenmesinde başarılı olamadığı anlaşılmıştır. Bunun sebebi olarak dalgaların

kıyıya dik kesitte bar üzerinden geçerken oluşan değişimlerinin iyi temsil edilememesi gösterilmiştir. Ayrıca model, yığılma şartlarında, erozyon şartlarındaki kadar başarılı olamamıştır.

Zheng ve Dean (1996), sediment taşınımının nedeni olarak, kıyının denge halinden sapmasını göstermişler ve buna dayalı teorik bir “kıyıya dik taşınım” modeli önermişlerdir. Lineer olmayan bu model, lineer modellerle ve geliştirilen başka modellerle karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmalarda, laboratuvar bulguları ile iki büyük fırtınanın arazi bulguları kullanılmıştır. Geliştirilen model özellikle kıyı oyulmasını kapsamaktadır. Kıyı yığılması dikkate alınmamıştır. Geliştirilen modelin oldukça iyi sonuçlar verdiği görülmüştür.

Leon'yev (1996), fırtına koşulları altında kıyı bölgesindeki kısa dönem mevsimlik değişimleri ile ilgili bir çalışma yapmıştır. Yapılan bu çalışmada, kıyıya dik taşınım debisi; dalga akıntı nedeniyle oluşan taşınım (q_w), dalga tırmanması sonucu oluşan taşınım (q_R) şeklinde iki gruba ayrılmış ve toplam taşınım da, bu ikisinin toplamı olarak ele alınmıştır. Bu çalışmada kıyı profili üç bölgeye ayrılmıştır. Bu bölgeler; sığlaşma bölgesi, kırılma bölgesi ve tırmanma bölgesidir. Katı madde taşınım debilerine göre kıyı profilinin değişimi de modellenmiştir. Model, arazi ve laboratuvar verileriyle karşılaştırılmış ve oldukça iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Özellikle kısa süreli fırtına koşullarında kıyı erozyonunun tespit edilmesi açısından yararlı olduğu belirtilmiştir. Hesaplarda malzeme çapının dikkate alınmaması modelin en büyük eksikliklerinden birisidir.

Yüksek ve ark. (1995), Türkiye'nin Doğu Karadeniz Bölgesindeki kıyı erozyonu ile ilgili bir çalışma yapmışlar ve erozyonun sebeplerini ortaya koymuşlardır. İnsanların kıyı üzerine etkisi ve bunun sonucu olarak dengenin bozulması araştırılmıştır. Erozyonun sebebi olarak bu bölge üzerinde sahilden doldurulan toprak ile yapılan oto yol inşasını göstermişlerdir. Bir başka sebep de yanlış yer seçiminden dolayı balıkçı limanları gibi kıyı yapıların planlanması ve tasarımı göstermişlerdir. Bu bölge üzerindeki dalga ve rüzgar verileri ortaya konmuş erozyona ve uğrayan bölgeler belirtilmiştir. Erozyona karşı planlanan mühendislik yapıları için tasarım kriterleri ortaya konmuş ve plajların yeniden kurulması için acil çözüm önerileri getirmişlerdir.

Çevik (1997), dalga şartlarına bağlı olarak kıyı morfolojisinin değişimini incelemek için 1/5 ve 1/10 taban eğimlerinde $d_{50}=1.28$ mm tane çapı kullanarak deneysel çalışma gerçekleştirmiştir. Dalga kanalı 20 m uzunluğunda, 1 m genişliğinde ve 1 m yüksekliğindedir. Dalga periyodu 0.9-2.6 sn ve dalga yüksekliği ise 5-16 cm arasında değişen düzenli dalgalarla yaptığı deneylerde her bir profil için minimum 1000 adet dalga üretilmiştir.

Çevik, sörf parametresi $\xi = \tan \beta / \sqrt{H_0 / L_0}$ ifadesinin kıyı profillerinin tanımlanmasında dalga dikliği (H_0/L_0)’den daha etkili olduğunu bunun sebebinin de bu parametrenin kırılma mekanizmasını oldukça iyi tanımladığını belirtmiş ve bunu, yaptığı deneysel çalışmada da göstermiştir. 1/10 eğimli taban üzerinde, aynı dalga dikliği ile kıyıya yaklaşan dalga, kıyı eğiminin daha yatık olması nedeniyle kırılma tipi, 1/5 eğime göre farklılık göstermiştir. Bu farklılık, hesaplanan surf parametrelerinden de görülmüştür. 1/5 eğimde surging tipinde kırılan dalga, 1/10 eğimde plunging tipinde kırılmakta ve plunging tipi kırılmada yer çekimi etkisinde geri dönüş akımı tam olarak çekilmeye fırsat bulamadan bir sonraki ardışık dalga yaklaşmakta böylece askı modundaki katı madde kıyı çizgisinde yığılabilmektedir. Bu da surf parametresinin kıyı profilinin şekillenmesini derin su dalga dikliğine göre daha iyi tanımladığını göstermektedir. Ayrıca bu çalışmada elde edilen kıyı profilleri, Sunamura ve Horikawa (1974)’nın Denklem 2.30’da verdiği C parametresine göre değerlendirilmiş, oldukça uyum sağladığı görülmüştür.

Hsu (1998), fırtına koşulları altında oluşan kıyı profillerinin geometrik özellikleri ile ilgili teorik ve deneysel çalışma yapmıştır. Dalga kırılma açısı, dalga dikliği ve kıyı eğiminin etkilerini dikkate alarak sörf parametresini yeniden düzenlemiş ve bunun sonucunda da fırtına profilinin geometrik karakteristiklerini belirlemeye çalışmıştır. Üç boyutlu hareketli bir model üzerinde iki farklı kıyı eğimi kullanarak fırtına profilinin geometrik özellikleri ve dalga karakteristikleri arasındaki ilişkiler regresyon analiziyle değerlendirmiş ve bu çalışma sonucunda aşağıdaki ifadeler önerilmiştir.

Bar tepe noktasının kıyı çizgisine olan uzaklığı:

$$\frac{X_c}{L_0} = 0.40\xi_0^{-1.12} \quad (3.13)$$

Burada $\xi_0 = \tan\beta(H_0 / L_0)^{1/2}$ sörf parametresi, H_0 ve L_0 sırasıyla derin-su dalga yüksekliği ve uzunluğudur.

Profil denge noktasının kıyı çizgisine olan uzaklığı:

$$\frac{X_e}{L_0} = 0.19\xi_0^{-1.42} \quad (3.14)$$

Profilin denge noktasının sakin su seviyesine olan uzaklığı:

$$\frac{h_e}{L_0} = 0.15\xi_1^{-1.02} \quad (3.15)$$

Burada $\xi_1 = 10\xi_0$

Orjinal profille zaman içerisinde oluşan yeni profilin başlangıç noktasından durgun su seviyesine olan uzaklık X_m olarak ifade edilirse, kıyı çizgisinden orijinal profille oluşan profilin kesiştiği başlangıç noktasına olan uzaklık aşağıdaki şekilde sunulmuştur:

$$\frac{X_m}{L_0} = 0.40\xi_0^{-0.99} \quad (3.16)$$

Larson ve ark. (1998), düzenli dalgalar ile deneysel çalışma yapmış ve kırılmaya bağlı olarak oluşan katı madde taşınımını esas alarak kıyı bölgesini dört bölgeye ayırmışlardır.

Açık deniz ortamından kırılma noktasına kadar olan bölgeyi birinci bölge olarak tanımlamışlar ve bu bölgede taşınan sediment taşınım miktarı ;

$$q = q_b e^{-\lambda x} \quad (3.17)$$

şeklinde ifade etmişlerdir. Burada, x kırılma noktasından olan yatay mesafe, q_b kırılma noktasındaki sediment taşınım miktarı, λ boyutsuz bir sayı olup aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır:

$$\lambda = 10.3 \left(\frac{D}{H_b} \right)^{0.47} \quad (3.18)$$

İkinci bölge, kırılma noktasından köpüklenme bölgesine kadar olan bölgedir. 3.17’de verilen ifade bu bölge için de geçerli olmaktadır. λ önceki bölgeye göre %80 azalmaktadır.

Üçüncü bölge, kırılmanın tamamen geliştiği köpüklenme bölgesinden kıyıya kadar olan kısımdır ve bu bölgede taşınan sediment miktarı;

$$D > D_{EQ} - \frac{\varepsilon}{k} \frac{\partial h}{\partial x} \quad \text{ise} \quad q = k \left(D - D_{EQ} + \frac{\varepsilon}{k} \frac{\partial h}{\partial x} \right) \quad (3.19)$$

$$D > D_{EQ} - \frac{\varepsilon}{k} \frac{\partial h}{\partial x} \quad \text{ise} \quad q = 0 \quad (3.20)$$

bağıntıları kullanılabilir. Burada ε ve k deneysel katsayılar, D herhangi bir hacim için enerji dağılımını, D_{EQ} ise denge profili altındaki enerji dağılımını göstermektedir.

Larson ve ark., dördüncü bölgenin, kırılma bölgesinden dalga tırmanmasının son bulunduğu kısım olduğunu ve bu bölgede katı madde taşınımının üçüncü bölge sonundaki maksimum değerden sıfıra doğru azaldığını belirtmişlerdir.

Çelikoğlu ve ark. (1999), kıyıya dik sediment taşınımını incelemek için üç farklı tane çapı ve iki farklı taban eğimi kullanarak 20 m uzunluğunda, 1 m genişliğinde ve 1 m yüksekliğindeki dalga kanalında deneysel çalışma yapmışlardır. Deneylerde 1/5 ve 1/10 taban eğimleri ve $d_{50}=0.45, 1.28$ ve 0.67 mm ortalama tane çapına sahip kum malzeme kullanmışlardır. Deneylerden elde ettikleri bulgulara göre dalga kırılmasının sediment hareketinde çok önemli bir etken oluşu görülmüştür.

Dalga kırılması sırasında oluşan türbülans nedeniyle tabandaki sediment askı haline geçerek açığa doğru hareket etmekte, bir sonraki gelen dalga ise bu askıdaki sedimenti ileriye doğru hareket ettirerek kıyıya doğru bir katı madde hareketine neden olmaktadır. Belirli bir zaman sonra kıyı denge durumuna ulaşmakta ve bu durumda net taşınım sıfır olmaktadır. Tabandaki malzemelerin tane çapı dağılımı da sediment taşınım oranını etkileyen bir diğer parametredir.

Munoz- Perez ve ark. (1999), kayalık kıyı bölgeleri için bir kıyı denge modeli sunmuşlardır. Modelde, birim hacimde uniform enerji dağılımının olduğu kabul edilmiş ve batık kayalar üzerinde dalga kırılmasından dolayı dalga etkisinin azaldığı görülmüştür. Denge profil modellerinde kullanılan şekil parametresinin, sediment tane çapı ve çökme hızının tüm şartları temsil edemediği sonucuna varılmıştır. Kayalarla korunmuş kumsallar için şekil parametresi aşağıdaki şekilde verilmiştir:

$$\frac{AT}{A} = \left(\frac{\gamma}{\Gamma}\right)^{\frac{4}{3}} \quad (3.21)$$

Burada, AT ve Γ sırasıyla kayalarla korunmuş kıyılardaki şekil parametresi ve kırılma indisini gösterirken, A ve γ sırasıyla kayalarla korunmamış kıyılardaki şekil parametresi ve kırılma indisini göstermektedir.

Munoz- Perez ve ark. ayrıca kıyı profilinin denklemi aşağıdaki şekilde sunmuşlardır:

$$x = \frac{h}{m} + \left(\frac{h}{A}\right)^{\frac{3}{2}} \quad (3.22)$$

Burada, x kıyıdan olan yatay uzaklık, h su derinliği, m taban eğimi, A kumlu sahillerde şekil parametresidir. Sığ su bölgesinde (3.22) denklemindeki birinci, derin-su bölgesinde-ise ikinci terimin etkin olduğunu belirlemişlerdir. Elde ettikleri bulgulardan şekil parametresinin, çökme hızı ve sediment tane çapına bağlı olarak ifade edilemeyeceği ve profil boyunca dalga transformasyonunun ve taban

jeolojisinin, profil şeklinin oluşmasında önemli bir rol oynadığı sonucuna varmışlardır.

Sabatier ve Provansal (2000), 1985 ile 1996 yılları arasındaki zaman dilimi için Espiguette kıyısındaki 10 m derinlikteki dolma kum barının morfolojik özelliklerini incelemişlerdir. Bu çalışmadaki sonuçlar, kıyı çizgisine göre barların yükselmesinin dalga hareketiyle ilgili olabileceğini göstermiştir. Ayrıca zamana göre bar yükselmesinin denize doğru olduğu görülmüştür. Kıyı boyu sediment taşınımının rolü tam olarak anlaşılamamıştır. Bar hareketi ve kıyı çizgisinin yerinin belirlenmesi ile ilgili var olan modellerin sediment alanı için uygun olmadığı, kum barlarının tahmini yükselmesinin anlaşılması için uzun inceleme ve analizlerin gerekli olduğu sonucuna varılmıştır.

Ruessink ve ark. (2002), yakın kıyı bölgesindeki bar tepe noktasının uzun süreli değişimini, uzaktan algılama yöntemiyle belirlemeye çalışmışlardır. Kurdukları radar sistemiyle kıyı profili boyunca su derinliklerini ölçerek taban profilini çıkarmaya çalışmışlar ve elde ettikleri profili sayısallaştırmışlardır. Su seviyesindeki değişimler (gel-git, fırtına kabarması), radar sistemiyle su derinliğinin uzun süreli ölçümleri için büyük sorun oluşturmuştur. Bunun için, radar verileri yardımıyla elde edilen bar konumuyla, arazi ölçümleri arasında yapılan regresyon analizlerinde, korelasyon katsayıları 0.30 ile 0.84 arasında çıkmıştır.

Faraci ve Foti (2001), düzenli ve düzensiz dalgalarla yapmış oldukları deneylerde ripple (kum dalgacıklarının) oluşumunu incelemişlerdir. Kum dalgacıklarının yüksekliği, genişliği ve dikliği dalga ve yapısal özelliklere göre ifadelendirilmeye çalışılmıştır. Kum dalgacığı oluşumunda, dalganın düzenli veya düzensiz oluşunun herhangi bir önemi olmadığı sonucuna varılmıştı. Kum dalgacığı hareket hızının, literatürdeki teorik ifadelerle uyum içerisinde olduğu gözlemlenmiştir.

Trim ve ark. (2002), yaptıkları çalışmada, gelgit etkisi altındaki çakıllı kıyı bölgesindeki sediment taşınımını incelemek için Brighton üniversitesindeki 10x0.45x0.5m boyutlarındaki tank içinde deneysel çalışma yapmışlardır. Deneylerde, beş farklı ortalama sediment tane çapı ve iki farklı taban eğimi kullanılmıştır. Çalışma sonunda gel git etkilerinin kıyı davranışı üzerindeki etkilerinin dalga

iklimine bağlı bulunduğu gözlemlenmiştir. Fırtına koşulları altında bar hareketi, sel ve gel-git etkisiyle ortalama su seviyesinin altında gerçekleşmiştir. Gel-git hareketinin yaz profilindeki “berm”in boyutunun artmasına, kış profilindeki “bar”ın kıyıya doğru sürüklenmesine sebep olduğu görülmüştür.

Benavente ve ark.(2002), İspanya’daki fırtına dalgalarının oluşturacağı kıyı profillerinin tahmini ile ilgili bir arazi çalışması yapmışlardır. Bu amaçla her kıyı için dalgaların neden olduğu kıyı zararlarının miktarı ve kıyıların doğal davranışı arasında bir karşılaştırma yapmışlardır. Kıyıların morfodinamik davranışı ile ilgili bilgi aylık olarak 32 kıyının topoğrafik gözlemlerinden ve ardarda gelen 30 ayın performansından elde edilmiştir. Fırtınanın oluşturacağı maksimum kıyı zararları görsel gözlemler yapılarak bulunmuştur. Elde ettikleri bulgulardan kıyı taban eğilimleriyle kıyı zararlarının miktarı arasında bir ilişkinin olduğu gözlemlenmiştir.

Günaydın ve Kapdaşlı (2002), laboratuvarında düzenli ve düzensiz dalgalar kullanarak kıyı erozyonu ile ilgili deneysel çalışma yapmışlardır. Çalışmada ortalama tane çapı 0.35 mm ve özgül ağırlığı 2.63 olan doğal plaj kumu kullanılmıştır. Başlangıç taban eğimi 1/5 seçilmiştir. Çalışmada erozyon boyu, uzunluğu, maksimum erozyon noktası gibi kıyı erozyonunun karakteristikleri ölçülmüştür. Ölçülen kıyı erozyon parametreleri daha önceki yapılan çalışmalarla karşılaştırılmıştır.

Kömürcü (2002), kıyıya dik sediment taşınımını incelemek için laboratuvarında deneyler gerçekleştirmiştir. Deneylerde kullanılan ortalama tane çapları $d_{50}=0.18, 0.26, 0.33$ ve 0.40 mm’dir. Taban eğimleri ise 1/10, 1/15 ve 1/25’tir. Deney sonuçları sonucu ortaya çıkan bar parametrelerini incelemek için regresyon analizleri yapılmış ve bar parametreleri için denklemler üretilmiştir. Ayrıca deney sonuçları YSA(yapay sinir ağları) yöntemiyle irdelenmiş ve bar parametreleri belirlenmiştir. Bar parametreleri için aşağıdaki denklemleri üretmiştir;

Barın başlangıç noktasının orijinal kıyı çizgisine yatay uzaklığı (X_{bb});

$$\frac{X_{bb}}{L_0} = 0.1512m^{-1.3775} \left(\frac{H_0}{L_0} \right)^{0.7391} \left(\frac{H_0}{wT} \right)^{0.2848} \quad (3.23)$$

Barın tepe noktasının orijinal kıyı çizgisine yatay uzaklığı (X_{bt});

$$\frac{X_{bt}}{L_0} = 0.1303m^{-1.4106} \left(\frac{H_0}{L_0} \right)^{0.6867} \left(\frac{H_0}{wT} \right)^{0.3158} \quad (3.24)$$

Barın bitiş noktasının orijinal kıyı çizgisine yatay uzaklığı (X_{bt});

$$\frac{X_{bs}}{d_{50}} = 1.6901m^{-0.7115} \left(\frac{H_0}{L_0} \right)^{-0.4433} \left(\frac{H_0}{d_{50}} \right)^{1.007} \quad (3.25)$$

Barın tepe noktasının durgun su seviyesine düşey uzaklığı (h_{bt});

$$\frac{h_{bt}}{d_{50}} = 0.0116m^{-0.6592} \left(\frac{H_0}{L_0} \right)^{-0.4758} \left(\frac{H_0}{d_{50}} \right)^{1.1801} \quad (3.26)$$

Bar hacmi (V_{bh});

$$\frac{V_{bh}}{d_{50}^2} = 0.0627m^{-0.1223} \left(\frac{H_0}{L_0} \right)^{-0.8938} \left(\frac{H_0}{d_{50}} \right)^{2.2587} \quad (3.27)$$

Rozynski (2003), Güney Doğu Baltık Kıyısı'nda kıyıya dik sediment taşınımının uzun süreli gözlem değerleriyle deney sonuçları arasındaki ilişkiyi korelasyon analizleriyle değerlendirmiştir. İncelenen bölge, 0.22 mm çaplı malzemeden oluşan yumuşak eğimli çoklu bar sistemine sahip bir kıyı bölgesidir. Korelasyon analizleri sonucu iç barın değişim oranı, dış bar değişiminin %60'ı kadar olduğu, küçük dalgalarda bu durumun söz konusu olmadığı belirtilmiş, buna neden olarak da dalgaların dış bardan etkilenmeden geçtiği belirtilmiştir.

Türker ve Kapdaşlı (2006), dengedeki plaj profillerinin belirlenmesinde yardımcı olan yüzey parametresinin sadece sediment karakteristiklerinin değil aynı

zamanda dalga etkilerini de içermesi gerektiğini savunmuşlardır. Dalga etkilerini kıyı bölgesindeki birim hacme düşen dalga enerjisi dağılım oranını integre ederek ilave etmişler böylelikle enerjinin korunumu yoluyla dalga enerjisi kuvvetinin plaj profili üzerindeki etkisini incelemeye çalışmışlardır. Elde ettikleri bulgulardan yüzey parametresinin yalnızca sediment karakteristiklerinden değil aynı zamanda da dalga boyundan da etkilendiği, dalga boyu büyüdükçe yüzey parametresinin arttığı ve sediment tane çapı arttıkça da yüzey parametresinin küçüldüğü görülmüştür.

Özölçer ve ark. (2006), T şekilli mahmuz parametrelerinin kıyı dolgusu üzerine etkilerini incelemişlerdir. Mahmuz parametreleri (uzunluk, baş uzunluğu ve mahmuzlar arası mesafe) ve dalga parametrelerinin (dalga boyu, uzunluğu ve açısı) kıyı dolgusu üzerine etkisi bir dalga kanalında düzenli dalgalarla yapılan bir deneysel çalışma ile incelenmiştir. Bu deneysel çalışmanın, CERC (Kıyı Erozyonu Araştırma Merkezi) tarafından verilen nümerik formülle karşılaştırılması yapılmış ve oldukça uyum sağladığı görülmüştür.

4. DENEY DÜZENİ ve YÖNTEMİ

4.1. Deney Düzeni

Dalga Kanalı

Fırtına koşulları altında kıyıya dik doğrultudaki sediment taşınımı ve oluşan kıyı profillerinin geometrik özellikleri ile ilgili yapılan deneysel çalışmalar, İnşaat Mühendisliği Laboratuvarında 12 m uzunluğunda, 0.40 m genişliğinde ve 0.60 m derinliğindeki cam duvarlı dalga kanalında gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.1 ve 4.2). Dalga kanalının bir ucunda eğimli kıyı tabanı yer alırken diğer ucunda dalga üreticisi bulunmaktadır. Kanalda dalgalar, pedal-tipi dalga üreticisi yardımıyla üretilmiştir (Şekil 4.3). Üretilen dalgaların karakteristik özellikleri, pedalı döndüren elektrikli motor hızının ve motorun pedala bağlandığı kol uzunluğunun ayarlanabilir olmasından dolayı değiştirilebilmektedir. Bu şekilde, dalga periyotları 0.47 ile 0.76s arasında değişen düzenli dalgalar üretilmiştir.

Taban Eğimi ve Malzeme Özellikleri

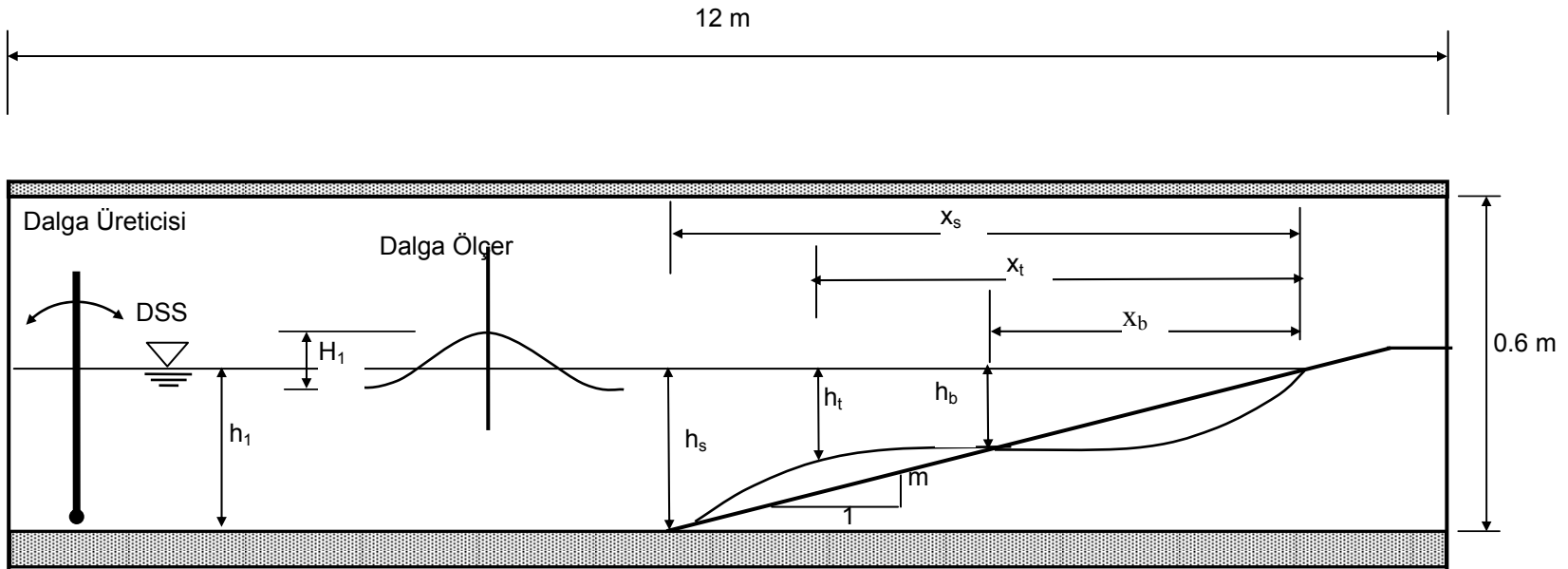
Deneyler, dalga kanalının içine yerleştirilen 1/8, 1/10, 1/15 kıyı taban eğimlerinde gerçekleştirilmiştir. Kıyı malzemesi olarak beş farklı ortalama tane çapına sahip kum malzemesi kullanılmıştır. Deneylerde kullanılan kum malzemesinin ortalama tane çapları: $d_{50}=0.25, 0.32, 0.45, 0.62$ ve 0.80 mm dir. Şekil (4.4)'de kullanılan bu kıyı malzemelerinin elek analizi sonuçları gösterilmiştir.

Profil Ölçer

Fırtına koşulları altında farklı dalga ve kıyı şartları için oluşan kıyı profillerini ölçebilmek amacıyla dalga kanalı üzerinde hareket edebilen profil ölçer kullanılmıştır. Taban profil ölçüm aletiyle ölçümler alınmış ve profiller ortaya konmuştur (Şekil 4.5).

Video Kamera

Pedal tipi dalga üreticisi ile üretilen düzenli dalgaların yükseklikleri ORIENT VC-3240 dijital video yardımıyla belirlenmiştir. Bu amaçla dalga kanalının cam duvarına ölçülendirme yapılmış ve bu ölçülendirmeden geçen dalgaların yükseklikleri dijital video kamera ile yapılan kayıtlardan tespit edilmiştir. Deney sırasında dalga yükseklikleri ORIENT VC-3240 dijital video kamera ile ölçülmüştür. Cam duvara bir şerit yerleştirilmiş, bu şeritten belirli bir zaman aralığında geçen dalga yüksekliklerinin ortalaması alınarak dalga yükseklikleri ölçülmüştür.



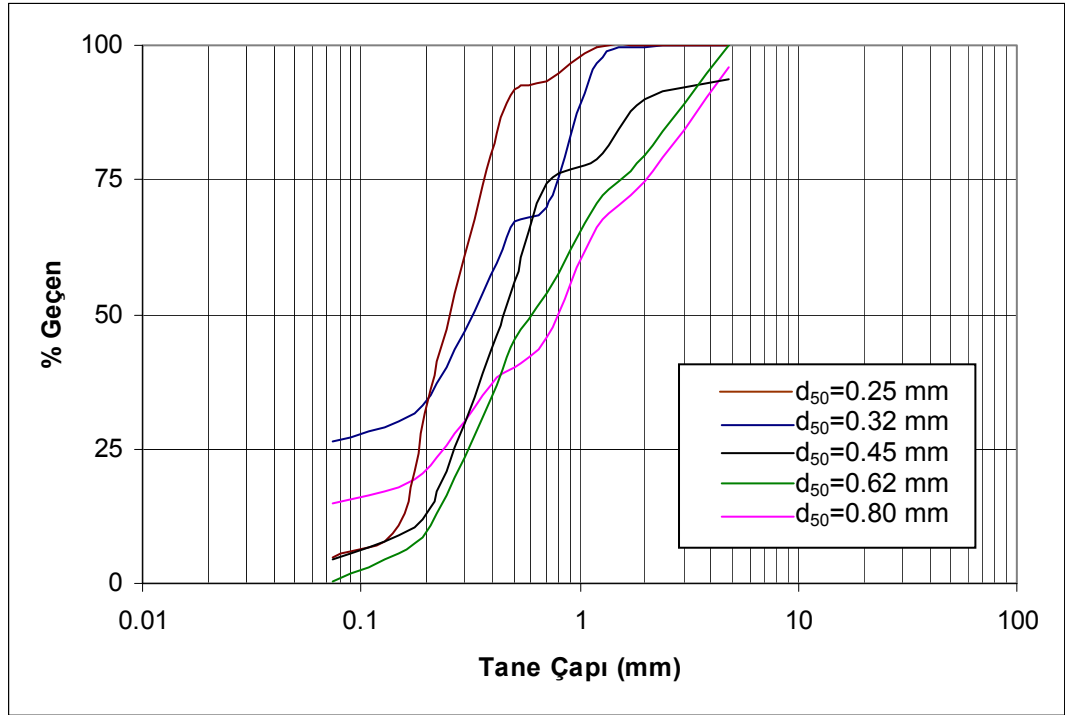
Şekil 4.1 Dalga Kanalı



Şekil 4.2 Dalga Kanalı ve Dalga Üretici Motor



Şekil 4.3 Pedal-Tipi Dalga Üreticisi



Şekil 4.4 Deneylerde Kullanılan Malzemelerin Granülometre Eğrileri



Şekil 4.5 Profil Ölçer

4.2. Deney Yöntemi

Bu çalışmada, fırtına koşulları altında meydana gelen katı madde taşınımı ve bu koşullar altında kıyı profillerinin geometrik özelliklerini incelemek amaçlandığı için Sunamura ve Horikawa (1974) tarafından verilen (2.30) ifadesindeki C parametresi 8'den büyük olacak şekilde deney şartları oluşturulmaya çalışılmıştır.

Pedal tipi dalga üreticisi ile üretilen düzenli dalgaların yükseklikleri video kamera tarafından kayıtlardan elde edilmiştir. Bunun için dalga kanalının cam duvarına ölçülendirme yapılmış ve bu ölçülendirmeden geçen belirli sayıdaki dalga'nın yüksekliklerinin ortalaması alınarak o dalga için dalga yüksekliği tespit edilmiştir.

Benzer şekilde dalga periyodunun belirlenmesi için dalga kanalının cam duvarı üzerine yerleştirilen düşey işaretten belirli sayıda geçen dalgaların geçme zamanı kronometre yardımıyla belirlenmiş ve geçen dalga sayısına bölünmüştür. Bu işlem belli sayıda tekrarlanmış ve bunların ortalaması alınarak o dalga için periyot tespit edilmiştir.

Deneyler üç farklı eğime sahip kıyı tabanları üzerinde gerçekleştirilmiştir. 1/8, 1/10 ve 1/15. Deneylerde taban malzemesi olarak kullanılan kumun ortalama tane çapları ise $d_{50}=0.25, 0.32, 0.45, 0.62$ ve 0.80 mm'dir. Çizelge 5.1'de de görüldüğü gibi bu beş farklı ortalama tane çapına sahip kum malzeme ile her eğim için deneyler ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir. Deneylerin başlangıcında yarımşar saatlik zaman dilimlerinde ölçüm alınırken daha sonraları 1'er ve 2'şer saatlik zaman dilimlerinde ölçümler alınmıştır. Bunun sebebi başlangıçta hızlı bir değişim söz konusu iken sonraları bu değişimin yavaşlamasıdır. Profil ölçümleri, ölçüm noktalarındaki değerlerin değişmemeye başladığı zamana kadar bir başka deyişle profilin dengeye ulaşmasına kadar sürdürülmüştür. Profilin dengeye ulaşmasının başka işaretleri de bar başlangıç, tepe ve bitiş noktalarının yerinin değişmemesi ve dalga kırılma noktasının hemen hemen aynı kalmasıdır. 1/8 ve 1/10 eğimlerinde profil yaklaşık olarak 12 saatte denge konumuna ulaşırken 1/15 eğiminde ise bu değer 15 saate kadar çıkabilmektedir. Profil dengeye ulaştıktan sonra oluşan profilin ve barların geometrik özellikleri profil ölçer yardımıyla tespit edilmiştir. Her bir ölçüm noktaları

arasındaki yatay mesafe 15 cm'dir. Buna göre 1/8 taban eğimi için 16; 1/10 taban eğimi için 20; 1/15 taban eğimi için de 30 noktadan ölçüm alınmıştır. Ölçümler, kenar etkisinden kaçınmak için kanal orta noktalarından alınmıştır.



Şekil 4.6 Kıyı Profili ve Ölçüm Noktaları

Kanaldaki dalganın uzunluğu lineer dalga teorisi kullanılarak bulunmuştur:

$$L = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh \frac{2\pi d}{L} \quad (4.1)$$

Benzer şekilde derin-su dalga yüksekliği ve dalga uzunluğu aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

$$H_0 = \frac{H_1}{\left[\frac{2 \cosh^2 \frac{2\pi d_1}{L_1}}{\frac{4\pi h_1}{L_1} + \sinh \frac{4\pi d_1}{L_1}} \right]^{1/2}} \quad (4.2)$$

$$L_0 = \frac{gT^2}{2\pi} \quad (4.3)$$

Çizelge 4.1 Deney Şartları

Deney No	Ortalama Tane Çapı d_{50} (mm)	Taban Eğimi (m)	Peryod T (s)	Derin-Su Dalga Dikliği H_0/L_0	C
1	0.25	1/8	0.60	0.181	18.19
2			0.63	0.232	24.88
3			0.69	0.127	15.33
4			0.76	0.130	17.93
5			0.83	0.070	10.92
6		1/10	0.60	0.181	17.13
7			0.63	0.232	23.43
8			0.69	0.130	14.44
9			0.76	0.130	16.88
10			0.83	0.070	10.29
11		1/15	0.60	0.181	15.35
12			0.63	0.232	20.99
13			0.69	0.127	12.94
14			0.76	0.130	15.13
15			0.83	0.070	9.22
16	0.32	1/8	0.52	0.214	15.10
17			0.60	0.181	15.40
18			0.63	0.232	21.10
19			0.69	0.127	13.00
20			0.76	0.130	15.20
21			0.83	0.070	9.30
22		1/10	0.52	0.214	14.20
23			0.60	0.181	14.80
24			0.69	0.127	12.20
25			0.69	0.158	15.30
26			0.76	0.130	14.30
27			0.83	0.070	8.70
28		1/15	0.60	0.181	13.00
29			0.63	0.232	17.80
30			0.69	0.127	10.10
31			0.76	0.130	12.80
32	0.45	1/8	0.60	0.181	12.09
33			0.63	0.232	16.54
34			0.69	0.127	10.19
35			0.76	0.130	11.92
36		1/10	0.60	0.181	11.38
37			0.63	0.232	15.57
38			0.69	0.127	9.59
39			0.76	0.130	11.22
40		1/15	0.60	0.181	10.20
41			0.63	0.232	13.95
42			0.69	0.127	8.60
43			0.76	0.130	10.05

Çizelge 4.1.(Devam)

44	0.62	1/8	0.60	0.181	9.96
45			0.63	0.232	8.35
46			0.69	0.127	11.42
47			0.76	0.130	8.23
48		1/10	0.60	0.181	9.32
49			0.63	0.232	12.75
50			0.69	0.127	8.12
51			0.76	0.130	9.19
52		1/15	0.60	0.181	9.90
53			0.63	0.232	13.54
54			0.76	0.130	9.76
55	0.80	1/8	0.47	0.261	8.70
56			0.52	0.238	9.00
57			0.52	0.262	9.90
58			0.63	0.232	11.40
59			0.76	0.130	8.20
60		1/10	0.47	0.257	8.10
61			0.52	0.263	9.40
62			0.63	0.232	10.70
63		1/15	0.52	0.263	8.40
64			0.63	0.232	9.60

5. BULGULAR VE TARTIŞMA

5.1. Giriş

Laboratuvarında düzenli dalgalarla yapılan deneysel çalışmalarda fırtına şartlarında meydana gelen kıyıya dik doğrultudaki katı madde taşınımı incelenmiş, farklı tane çapı ve kıyı eğimlerinde oluşan kıyı profillerinin geometrik özellikleri ve bu profillerin oluşumunda etkili olan parametreler araştırılmıştır. Ayrıca deneysel çalışmadan elde edilen bulguların deneyde kullanılan tane özellikleri, yapısal özellikler ve dalga karakteristikleri ile olan ilişkisini istatistiksel olarak belirlemek amacıyla regresyon analizleri yapılmıştır. Regresyon analizleri MINITAB paket bilgisayar programı ile gerçekleştirilmiş, boyutlu ve boyutsuz denklemler üretilmiştir. Aşağıda yapılan deneysel ve regresyon analiz çalışmalarından elde edilen bulgular sunulmaktadır.

5.2. Deneysel Bulgular

Kıyıya dik doğrultudaki katı madde taşınımı ve oluşan kıy profillerinin geometrik özelliklerini belirlemeye yönelik yapılan deneysel çalışmada üç farklı kıyı eğimi kullanılmıştır: 1/8, 1/10 ve 1/15. Katı madde taşınımı ve kıyı profilleri üzerinde tane çapının etkisinin araştırılması amacıyla ortalama tane çapları $d_{50} = 0.25, 0.32, 0.45, 0.62$ ve 0.80 mm olan taban malzemesi kullanılmıştır. Bu tane çapları ile deneyler her bir eğim için ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir. Dalga kanalında periyodu $T = 0.47 - 0.76$ s ve derin-su dalga dikliği $H_0/L_0 = 0.070 - 0.263$ arasında değişen düzenli dalgalar pedal tipi dalga üreticisi yardımıyla üretilmiş, dalga profilleri yapılan video kayıtlardan tespit edilmiştir. Kıyı profillerinin geometrik özellikleri profil ölçer yardımıyla belirlenmiştir.

Şekil 5.1–5.3’te $m = 1/8, 1/10$ ve $1/15$ başlangıç eğimine sahip kıyı tabanları üzerinde $d_{50} = 0.25 - 0.80$ mm arasında değişen ortalama tane çapları için fırtına koşulları altında oluşan kıy profilleri sunulmuştur.

Şekillerden de görüleceği gibi derin-su dalga diklikleri arttıkça deniz tarafına doğru olan net taşınım artmakta dolayısıyla deniz tarafında oluşan barın hacmi de artmaktadır. Ayrıca artan H_0/L_0 değerlerinde barlar daha açığa doğru taşınmakta böylelikle bar tepe noktasının durgun su seviyesinden olan mesafesi ile bar başlangıç ve bitiş noktalarının kıyı çizgisine olan yatay mesafeleri de artış göstermektedir.

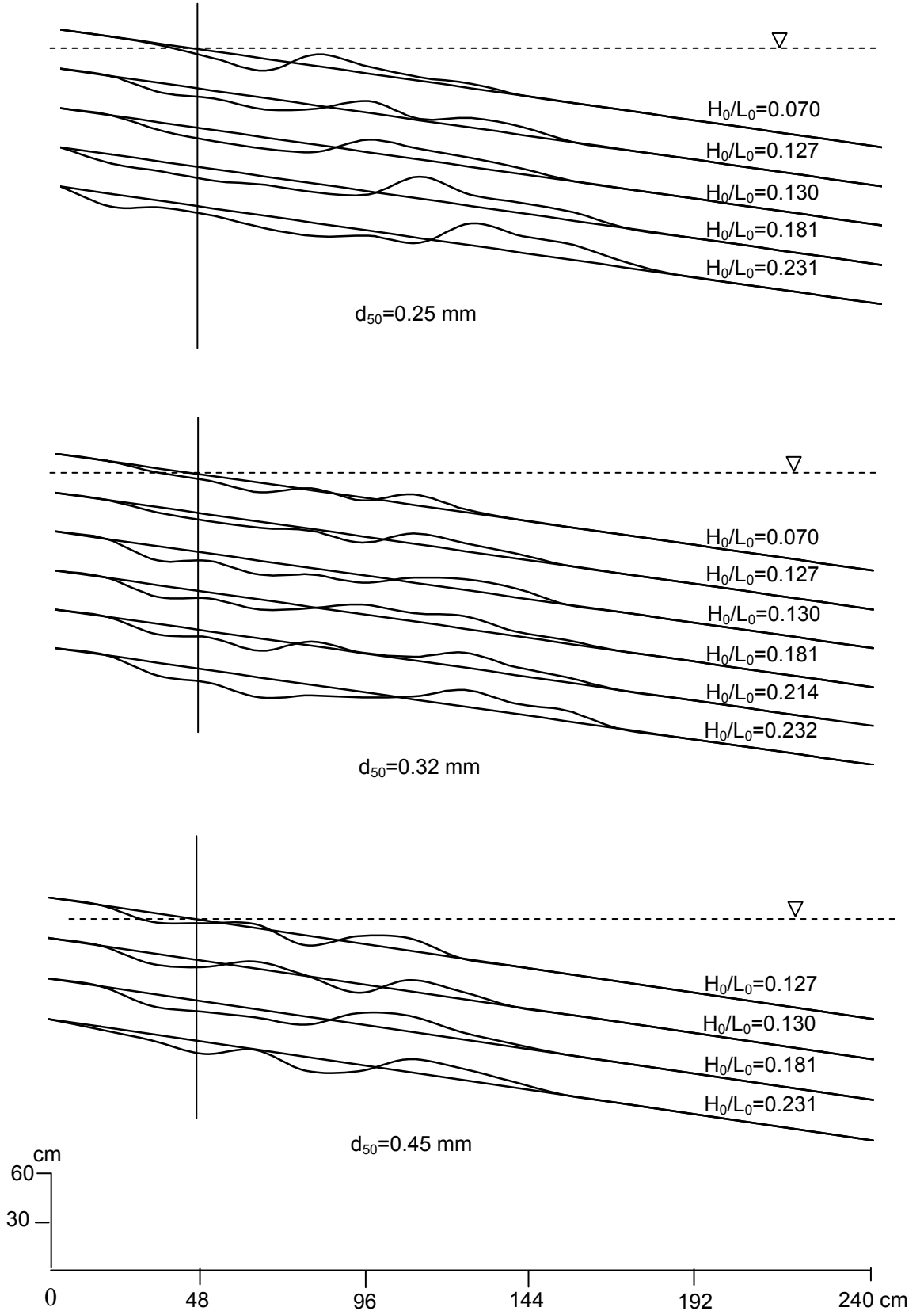
Taban malzemesine göre katı madde taşınımı irdelendiğinde ortalama tane çapı küçüldükçe deniz tarafına doğru daha fazla katı madde taşınımı gerçekleşmekte bunun neticesinde de kıyı çizgisine yakın bölgelerde daha fazla aşınma söz konusu olmaktadır. Malzemenin kıyı ön yüzünden denize doğru taşınmasıyla oluşan erozyon sonucu kıyı çizgisi de gerilemektedir. Bu çalışmada kullanılan deney şartları altında oluşan kış profilleri incelendiğinde kaba tanelinin ($d_{50} > 0.5\text{mm}$) daha dik kıyı eğimine neden olduğu açıkça görülmektedir.

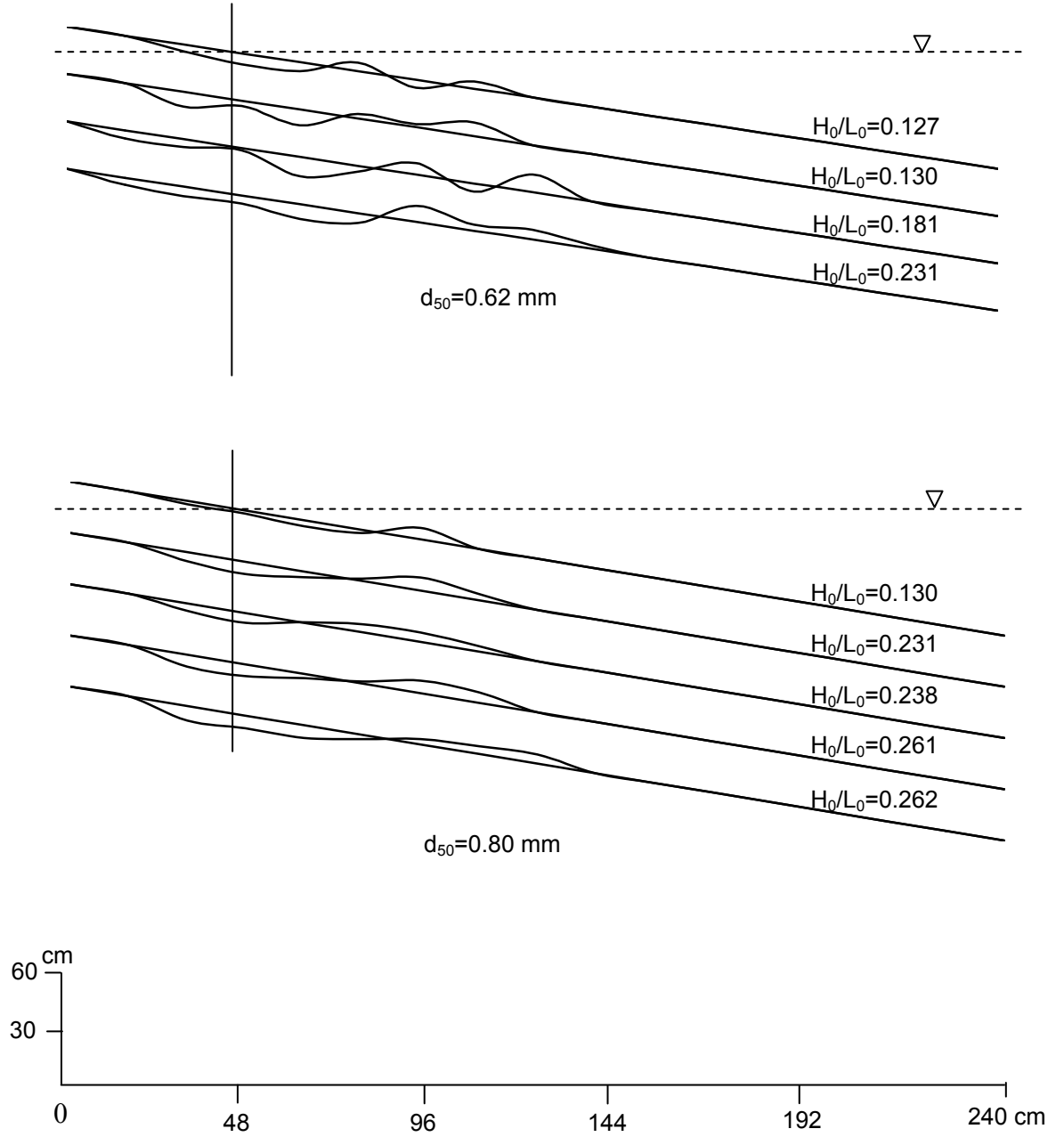
Aynı eğime fakat farklı tane çaplarına sahip kıyı tabanları üzerinde gerçekleşen sediment taşınımında da farklılık söz konusu olmaktadır. Aynı eğime sahip tabanlar üzerinde tane çapı küçüldükçe açığa doğru taşınım artmakta dolayısıyla barın hacmi de artmaktadır. Bir başka deyişle ince taneli malzemeye sahip kıyı bölgelerinde daha fazla katı madde taşınımı olmakta bunun neticesinde de kıyı ön yüzünde daha fazla aşınma (erozyon) meydana gelmektedir. Ayrıca bar başlangıç ve bitiş noktasının kıyı çizgisinden olan yatay mesafeleri malzeme çapının küçülmesiyle artış göstermektedir.

Aynı ortalama tane çapına sahip malzemenin farklı taban eğimleri üzerindeki davranışı irdelendiğinde ise taban eğiminin küçülmesi ile birlikte bar başlangıç ve bitiş noktalarının kıyı çizgisine olan yatay mesafelerinde genelde bir artışın olduğunu söylemek mümkün gözükmemektedir. Ayrıca taban eğiminin küçülmesiyle bar hacminde artış söz konusu olmaktadır.

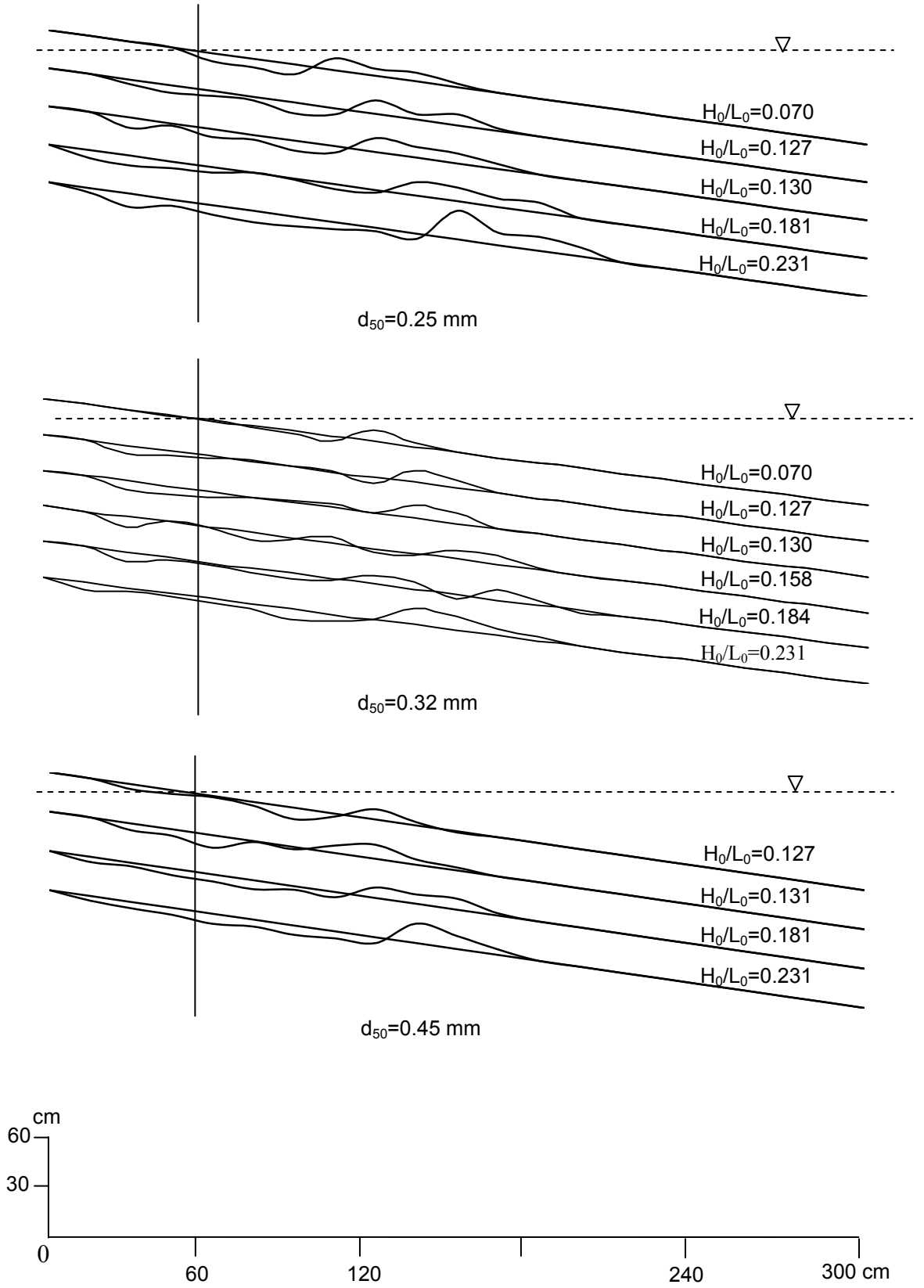
Boyutsuz çökme parametresi, H_0/wT 'nin aldığı değerler ortalama tane çapının artmasıyla birlikte artmaktadır. Bu çalışmada H_0/wT 'nin aldığı değerler $d_{50}=0.25$ için 0.85; $d_{50}=0.32$ için 0.86; $d_{50}=0.45$ için 0.93; $d_{50}=0.62$ için 0.94; $d_{50}=0.80$ için 1.11'dir. Gourlay (1980), 1/13 başlangıç kıyı eğimi ve $d_{50}=0.22$ mm ortalama tane çapına sahip taban malzemesi kullanarak yapmış olduğu deneysel çalışmalarda

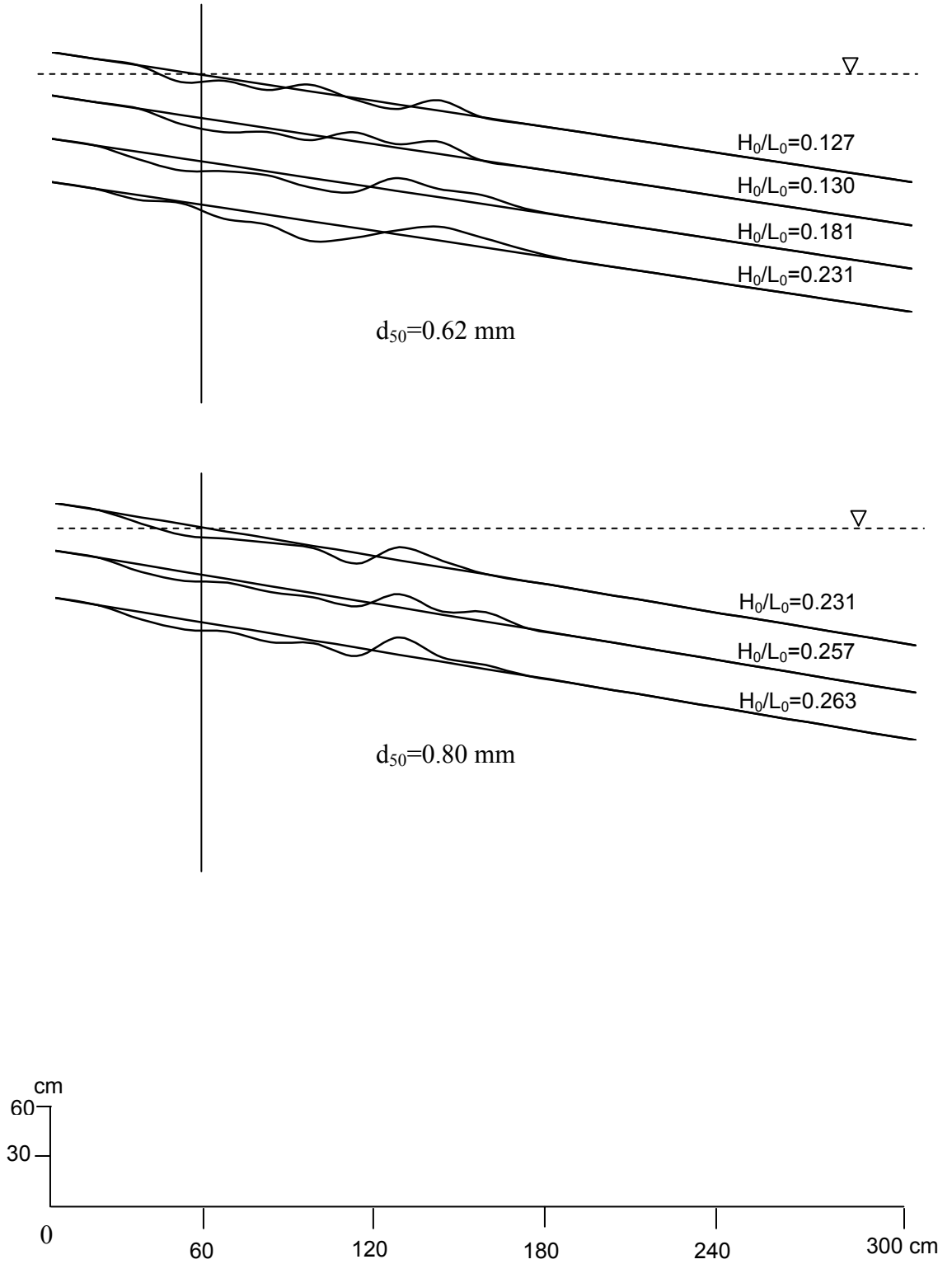
bar tipi kıyı profilleri için boyutsuz çökelme parametresini $H_0/wT=1.4$ olarak tespit etmiştir. Benzer şekilde Kraus ve ark. (1991), H_0/wT 'nin 1 değerini aşmasıyla birlikte denize doğru taşınım dolayısıyla bar oluşumunun söz konusu olduğunu açıklamışlardır.

Şekil 5.1 Denge Konumundaki Kış Profilleri, $m = 1/8$

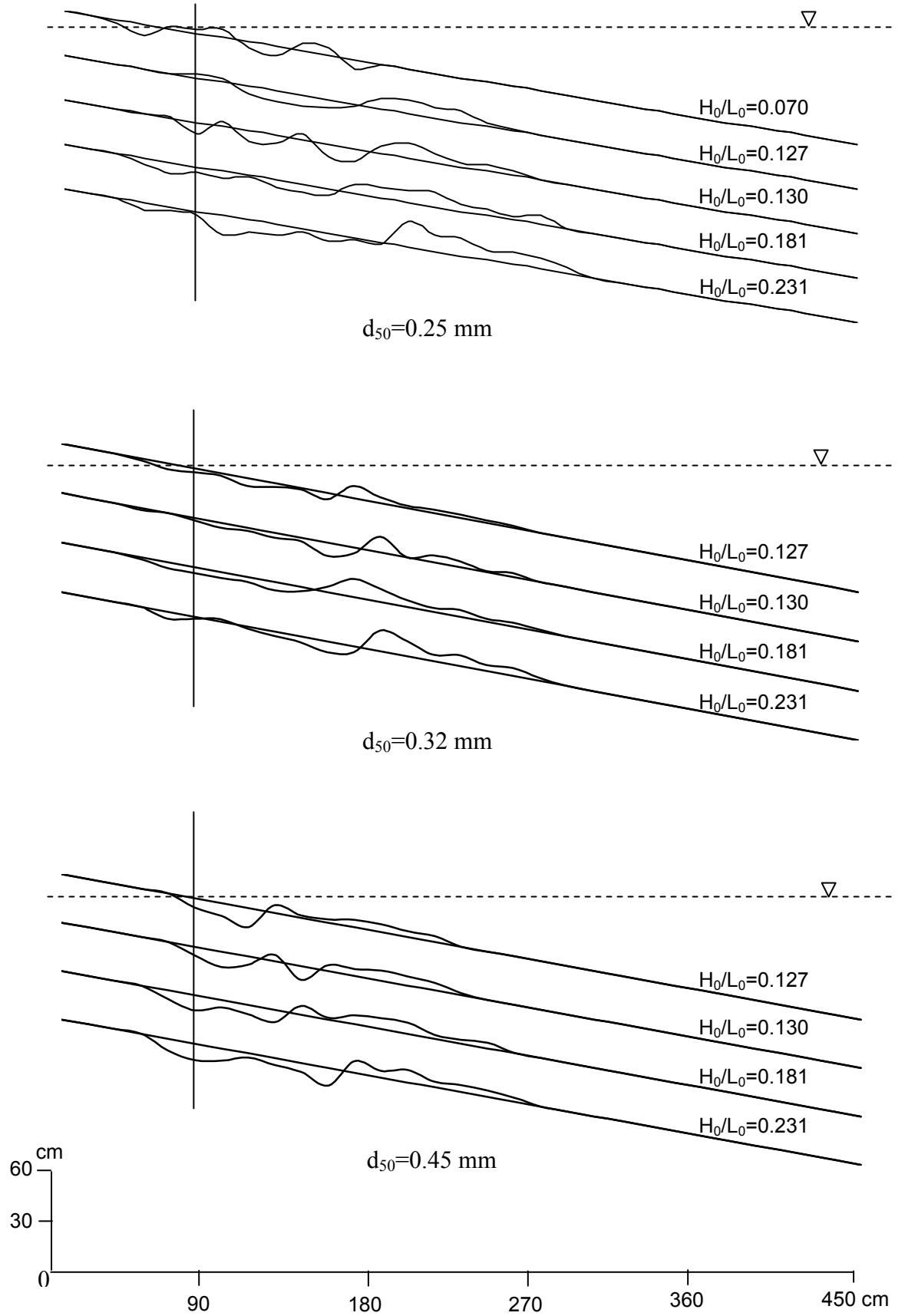


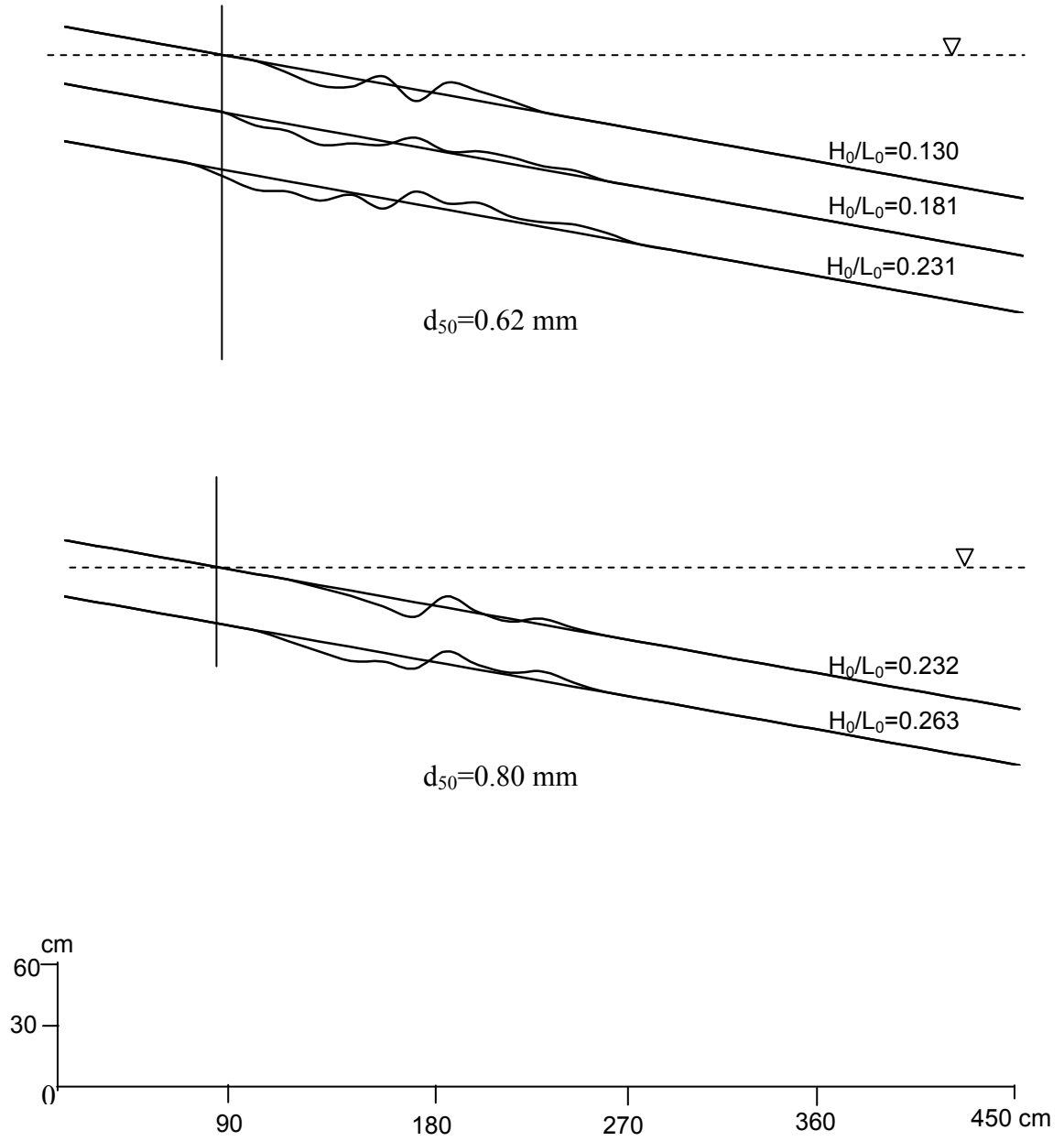
Şekil 5.1 (Devam)

Şekil 5.2 Denge Konumundaki Kış Profilleri, $m = 1/10$



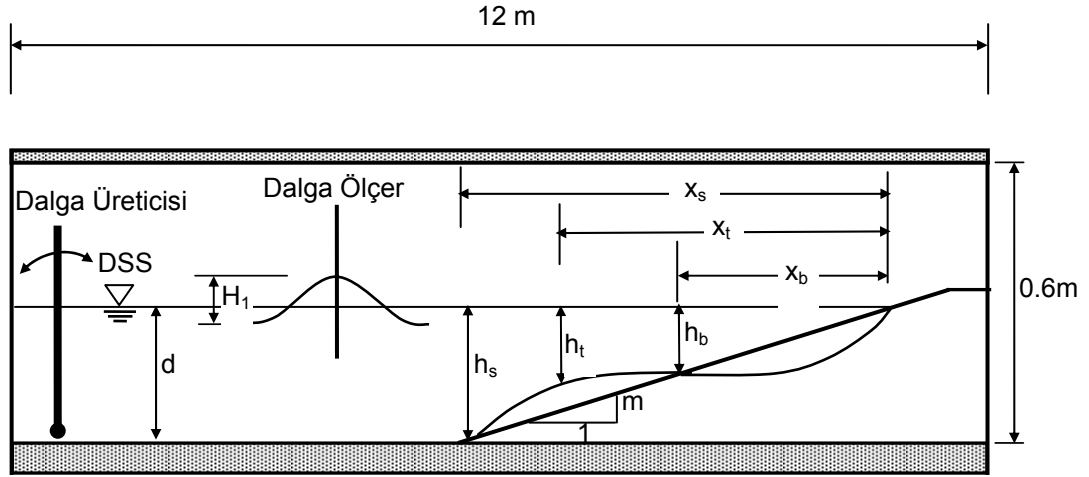
Şekil 5.2 (Devam)

Şekil 5.3 Denge Konumundaki Kış Profilleri, $m = 1/15$



Şekil 5.3 (Devam)

Denge konumundaki kıyı profilinin Şekil 5.4'te gösterilen geometrik karakteristikleri L_0 dalga boyuna bölünmek suretiyle boyutsuz hale getirilmiş ve bu şekilde elde edilen boyutsuz büyüklüklerin derin-su dalga dikliğine göre değişimleri farklı eğim ve tane çapları için aşağıda sunulmuştur (Şekil 5.5–5.38).



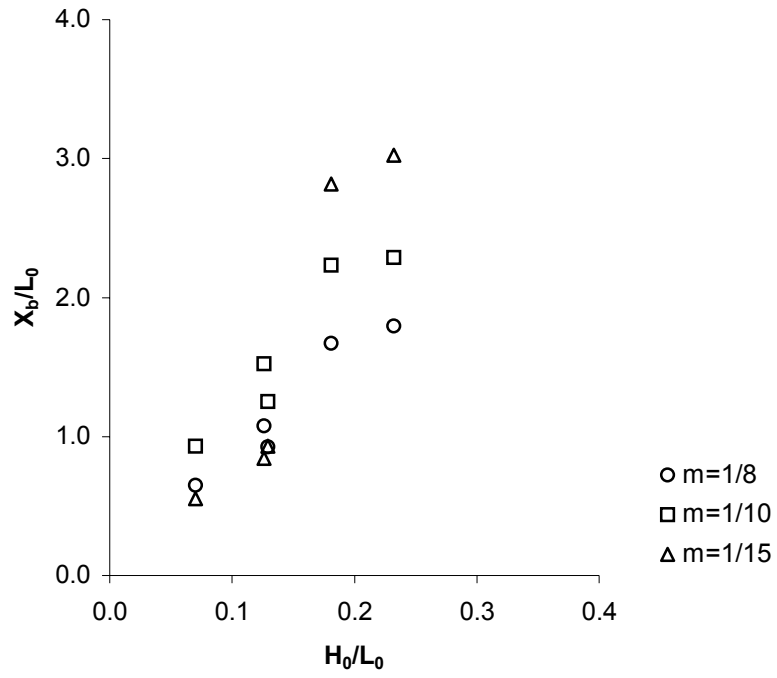
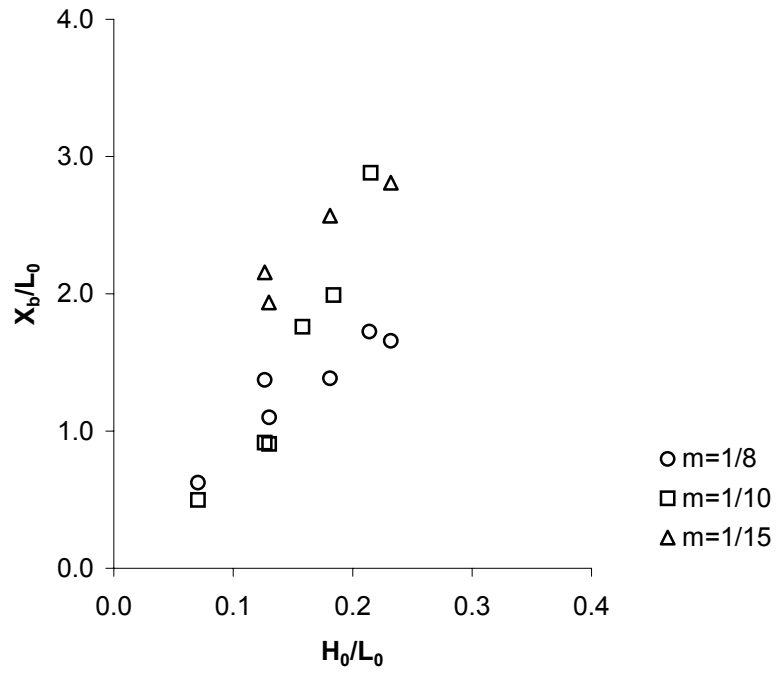
Şekil 5.4 Kış Profili ve Bar Parametreleri

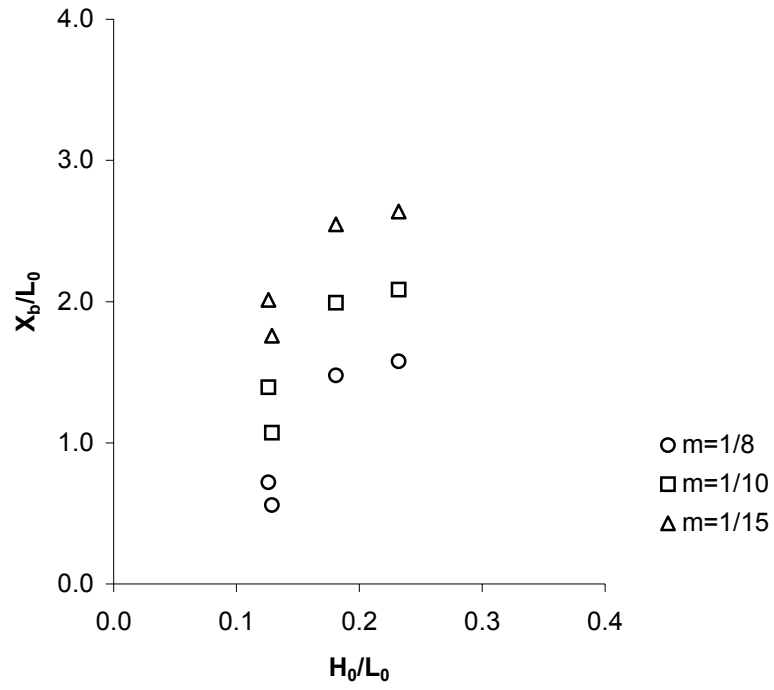
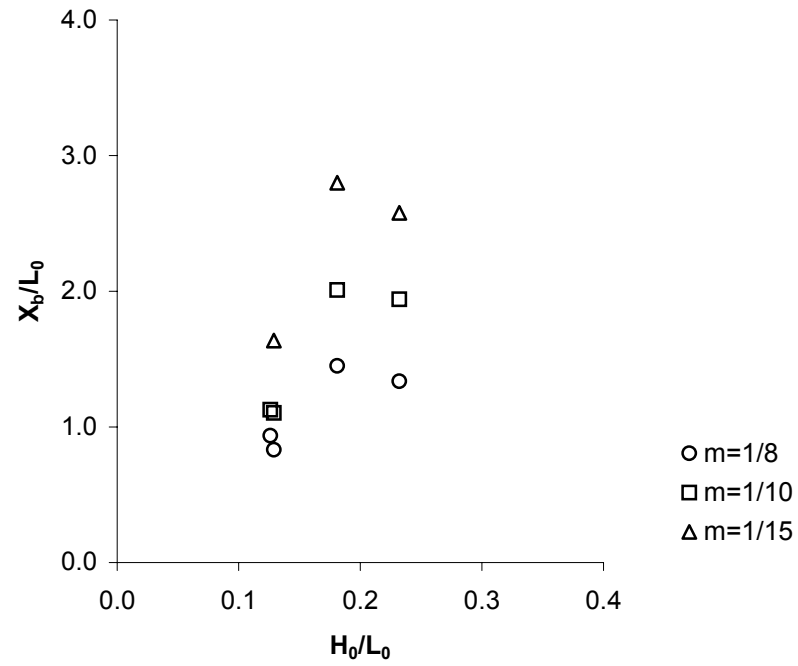
5.2.1 Boyutsuz Bar Başlangıç Mesafesi

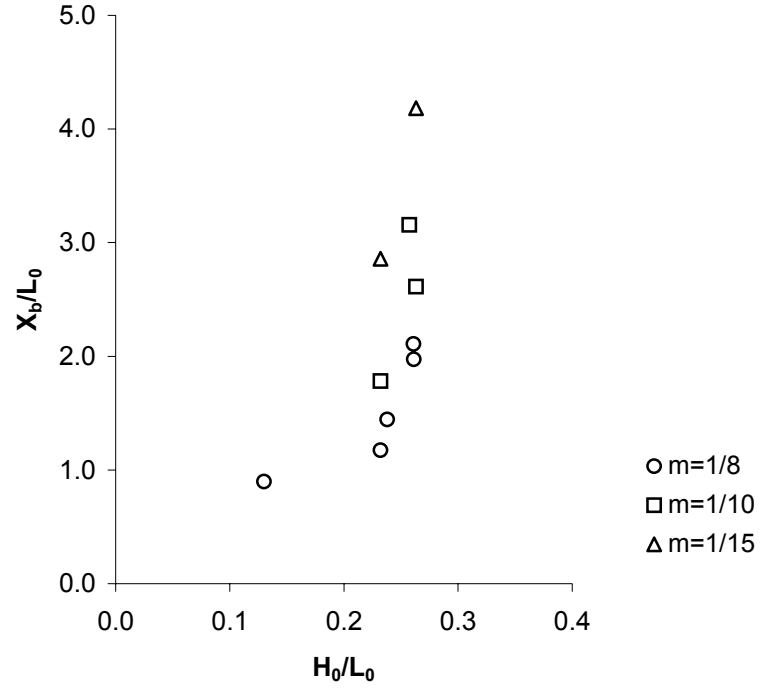
Bar başlangıcının kıyı çizgisine olan yatay mesafesi X_b , derin-su dalga uzunluğu, L_0 , a bölünerek boyutsuz hale getirilmiştir. Bu şekilde elde edilen boyutsuz bar başlangıç mesafesinin farklı eğim ve ortalama tane çapları için derin-su dalga dikliğine göre değişimleri aşağıda verilmiştir.

Boyutsuz Bar Başlangıç Mesafesi - X_b/L_0

Kıyı profilinin denge konumuna ulaştıktan sonra oluşan barın kıyı çizgisine olan boyutsuz mesafesinin derin-su dalga dikliği ile değişimi $d_{50}=0.25, 0.32, 0.45, 0.62$ ve 0.80 mm ortalama tane çapına sahip tabanlar için incelenmiş; Şekil 5.5–5.9’da bu değişim $1/8, 1/10$ ve $1/15$ kıyı eğimleri için sunulmuştur. Şekillerden de görüleceği gibi her üç eğim için de derin-su dalga dikliğinin artmasıyla birlikte boyutsuz bar başlangıcı da artış göstermektedir. Tane çapının etkisini incelemek amacıyla bu deneyde çalışılan tüm tane çapları için derin-su dalga dikliğinin artmasıyla birlikte boyutsuz bar başlangıç mesafeleri de artmaktadır. $d_{50}=0.25$ mm tane çapı için $1/8$ ve $1/10$ eğimlerine göre $1/15$ eğiminde daha hızlı bir artış görülürken $d_{50}=0.80$ mm için $1/10$ ve $1/15$ eğimlerinde bu hızlı artış görülmektedir. Ortalama tane çapı için $d_{50}=0.32$ mm olan taban için ise sadece $1/10$ eğiminde hızlı artış söz konusu olmaktadır. $d_{50}=0.45$ ve 0.62 mm için artış hızları her üç eğim için de yaklaşık aynı olmaktadır.

Şekil 5.5 $d_{50}=0.25$ mm için Boyutsuz Bar Başlangıç MesafesiŞekil 5.6 $d_{50}=0.32$ mm için Boyutsuz Bar Başlangıç Mesafesi

Şekil 5.7 $d_{50}=0.45$ mm için Boyutsuz Bar Başlangıç MesafesiŞekil 5.8 $d_{50}=0.62$ mm için Boyutsuz Bar Başlangıç Mesafesi



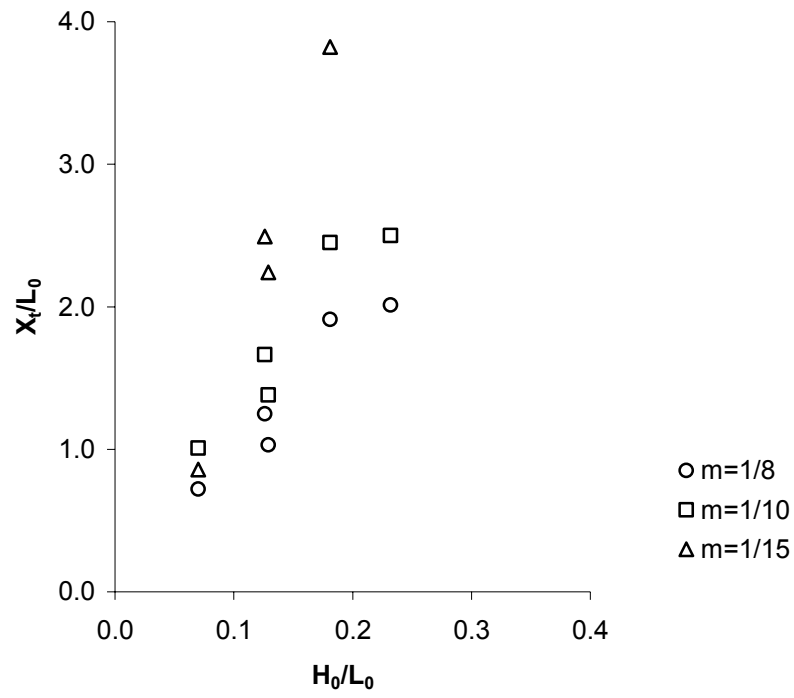
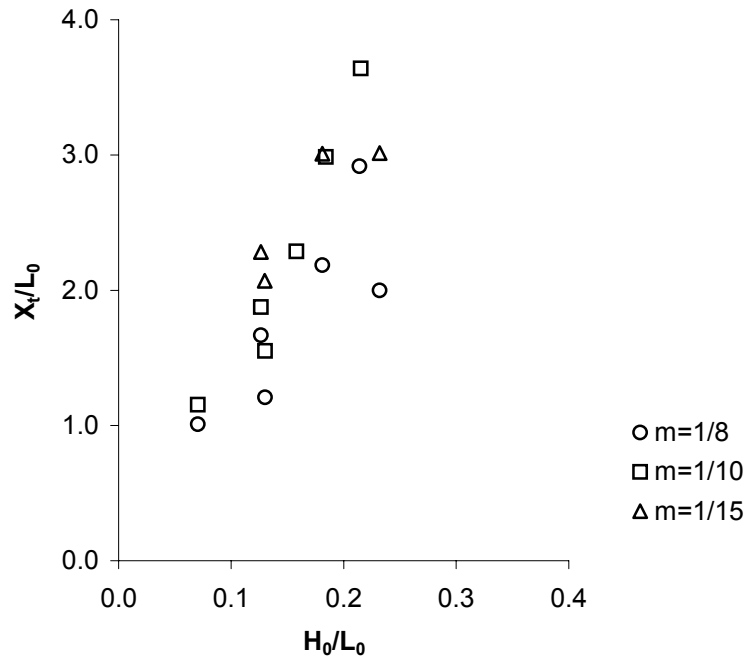
Şekil 5.9 $d_{50}=0.80$ mm için Boyutsuz Bar Başlangıç Mesafesi

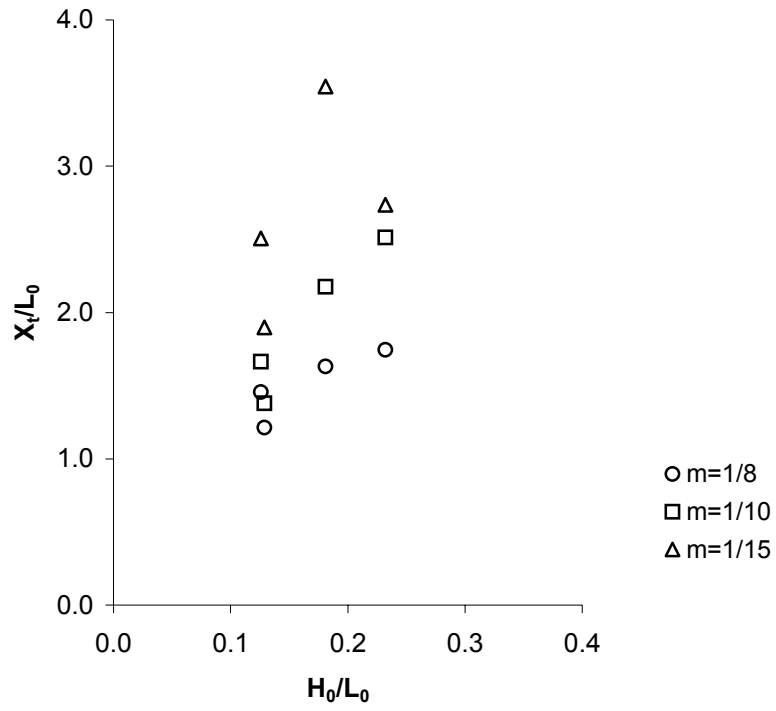
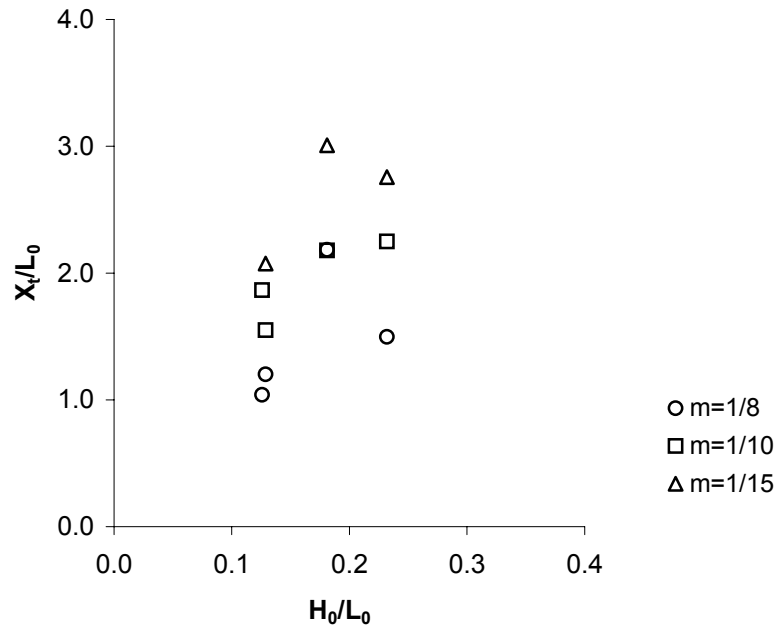
6.2.2 Boyutsuz Bar Kret Mesafesi

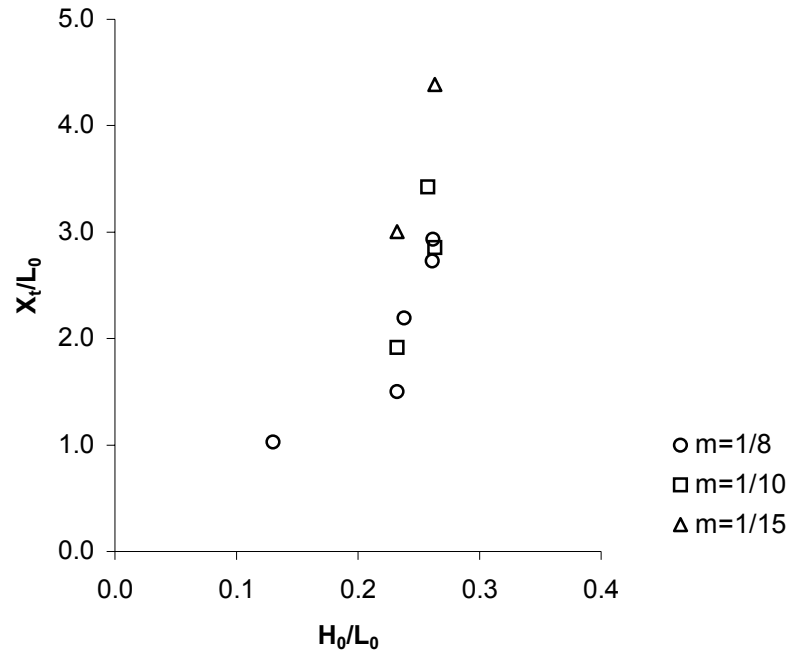
Bar kret noktasının kıyı çizgisine olan yatay mesafesi X_t , derin-su dalga uzunluğuna bölünerek boyutsuz hale getirilmiştir. Aşağıda bu şekilde elde edilen boyutsuz kret mesafesinin farklı eğim ve ortalama tane çapları için derin-su dalga dikliğine göre değişimleri sunulmuştur.

Boyutsuz Bar Kret Mesafesi – X_t/L_0

$d_{50}=0.25, 0.32, 0.45, 0.62$ ve 0.80 mm ortalama tane çapına sahip tabanlar için kıyı profilinin denge konumuna ulaştıktan sonra oluşan barın kret noktasının kıyı çizgisine olan boyutsuz mesafesinin derin-su dalga dikliği ile değişimi incelenmiş; Şekil 5.10–5.14’de bu değişim $1/8, 1/10$ ve $1/15$ kıyı eğimleri için sunulmuştur. Derin-su dalga dikliğinin artmasıyla birlikte boyutsuz bar kretinin arttığı ve bunun her üç eğim içinde söz konusu olduğu şekillerden de görülmektedir. Bu deneyde çalışılan tüm tane çapları için derin-su dalga dikliğinin artmasıyla birlikte boyutsuz bar kret mesafeleri de artmaktadır. Boyutsuz bar başlangıç mesafesinde olduğu gibi boyutsuz bar kret mesafelerinde de $d_{50}=0.25$ mm için $1/15$, $d_{50}=0.32$ mm için $1/10$, $d_{50}=0.80$ mm için $1/10$ ve $1/15$ kıyı taban eğimlerinde artış eğimi daha fazladır. $d_{50}=0.45$ ve 0.62 mm için artış hızları her üç eğim içinde yaklaşık aynı olmaktadır.

Şekil 5.10 $d_{50}=0.25$ mm için Boyutsuz Bar Kret MesafesiŞekil 5.11 $d_{50}=0.32$ mm için Boyutsuz Bar Kret Mesafesi

Şekil 5.12 d₅₀=0.45 mm için Boyutsuz Bar Kret MesafesiŞekil 5.13 d₅₀=0.62 mm için Boyutsuz Bar Kret Mesafesi

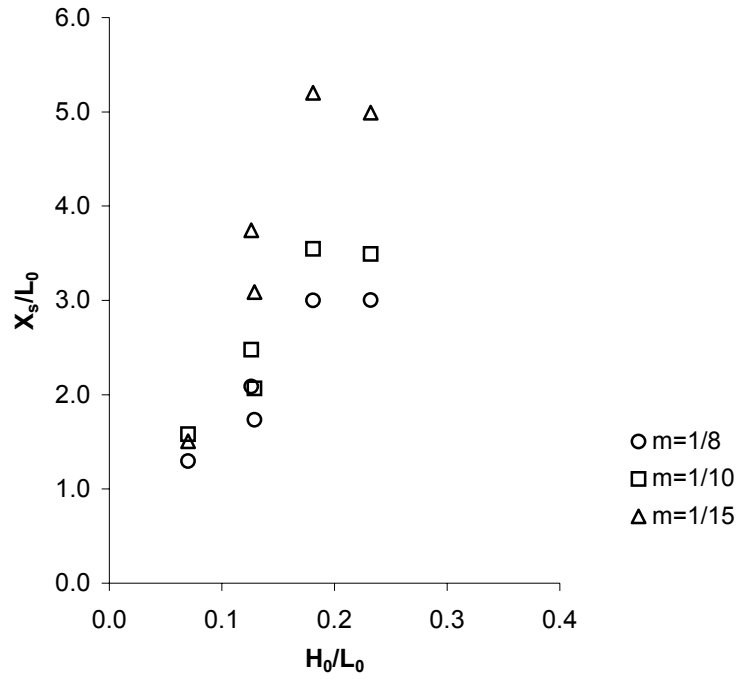
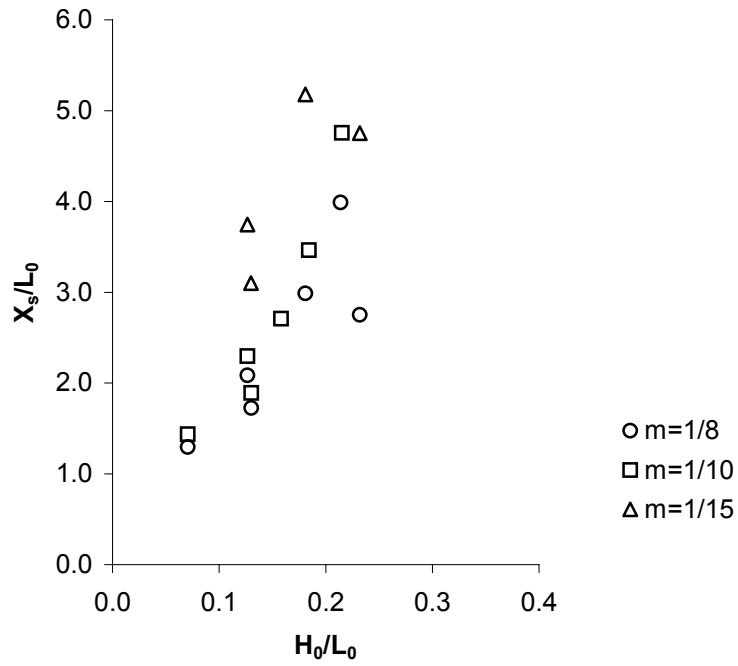
Şekil 5.14 $d_{50}=0.80$ mm için Boyutsuz Bar Kret Mesafesi

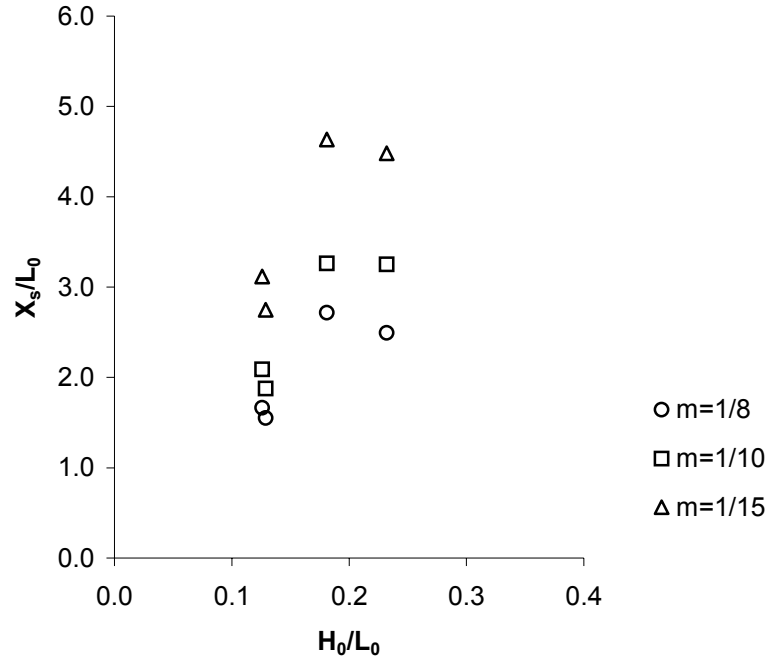
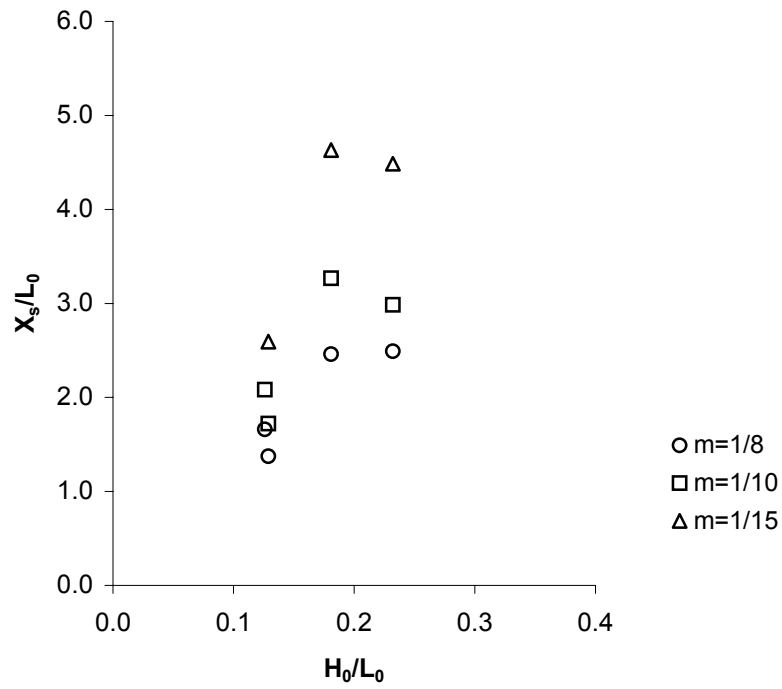
6.2.3 Boyutsuz Bar Bitiş Mesafesi

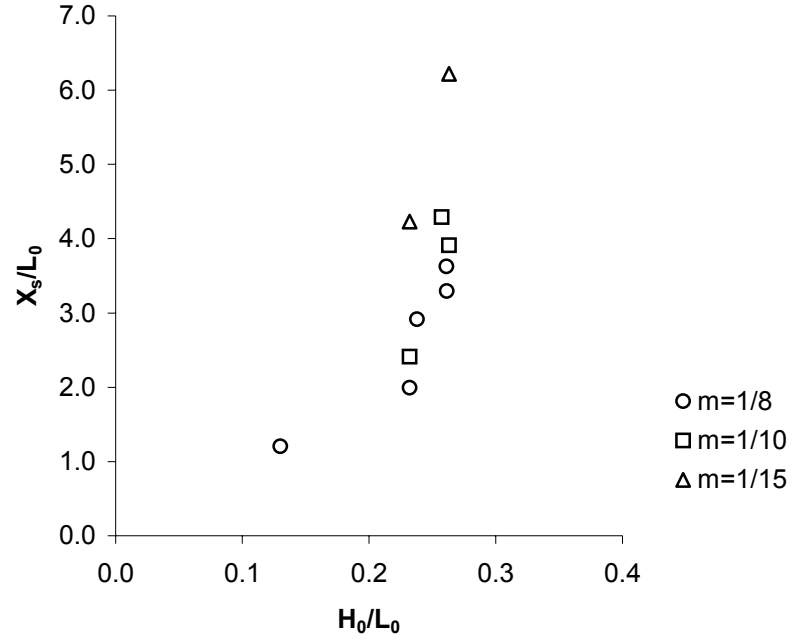
Bar bitiş noktasının kıyı çizgisine olan yatay mesafesi X_s , derin-su dalga uzunluğu, L_0 , a bölünerek boyutsuz hale getirilmiştir. Bu şekilde elde edilen boyutsuz bar bitiş mesafesinin farklı eğim ve ortalama tane çapları için derin-su dalga dikliğine göre değişimleri aşağıda verilmiştir.

Boyutsuz Bar Bitiş Mesafesi – X_s/L_0

Kıyı profilinin denge konumuna ulaştıktan sonra oluşan barın bitiş noktasının kıyı çizgisine olan boyutsuz mesafesinin derin-su dalga dikliği ile değişimi $d_{50}=0.25$, 0.32, 0.45, 0.62 ve 0.80 mm ortalama tane çapına sahip tabanlar için incelenmiş; Şekil 5.15–5.19’da bu değişim 1/8, 1/10 ve 1/15 kıyı eğimleri için sunulmuştur. Şekillerden de görüleceği gibi derin-su dalga dikliği artarken boyutsuz bar bitiş mesafesi de artmaktadır. Bu 1/8, 1/10 ve 1/15 eğimlerinin hepsi için de söz konusudur. Bu deneyde çalışılan tüm tane çapları için derin-su dalga dikliğinin artmasıyla birlikte boyutsuz bar bitiş mesafelerinde de artış görülmektedir. $d_{50}=0.25$ mm tane çapı için 1/15 eğiminde 1/8 ve 1/10 eğimlerine göre daha hızlı bir artış görülürken $d_{50}=0.80$ mm için ise bu hızlı bir artış 1/10 ve 1/15 eğimlerinde gerçekleşmektedir. Ortalama tane çapı $d_{50}=0.32$ mm olan taban için ise sadece 1/10 eğiminde diğer eğimlere göre biraz daha hızlı artış söz konusu olurken $d_{50}=0.45$ mm için bu hızlı artış 1/15 eğiminde görülmektedir. $d_{50}=0.62$ mm için boyutsuz bar bitiş mesafesinin derin-su dalga dikliği ile olan artışı her üç eğim için de yaklaşık aynı olmaktadır.

Şekil 5.15 $d_{50}=0.25$ mm için Boyutsuz Bar Bitiş MesafesiŞekil 5.16 $d_{50}=0.32$ mm için Boyutsuz Bar Bitiş Mesafesi

Şekil 5.17 d₅₀=0.45 mm için Boyutsuz Bar Bitiş MesafesiŞekil 5.18 d₅₀=0.62 mm için Boyutsuz Bar Bitiş Mesafesi



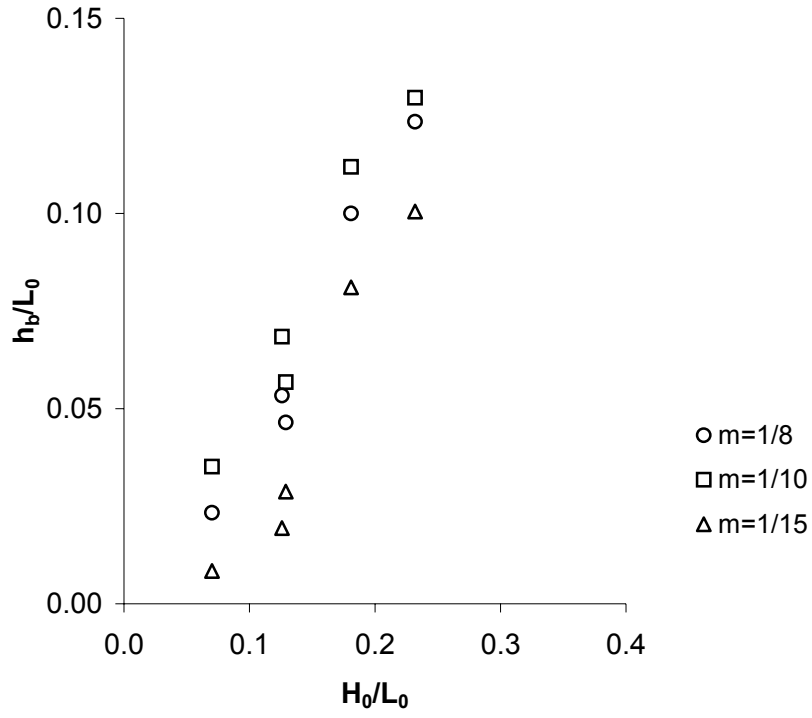
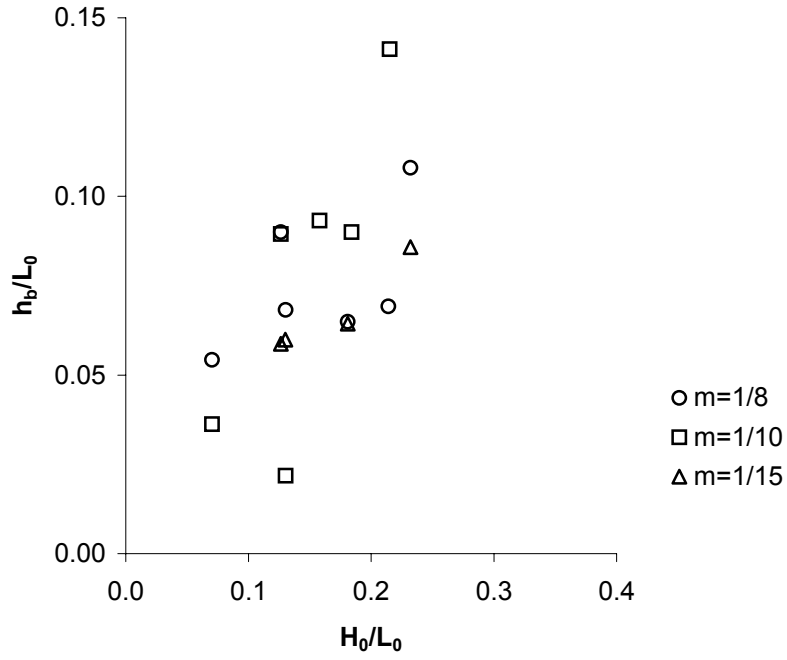
Şekil 5.19 $d_{50}=0.80$ mm için Boyutsuz Bar Bitiş Mesafesi

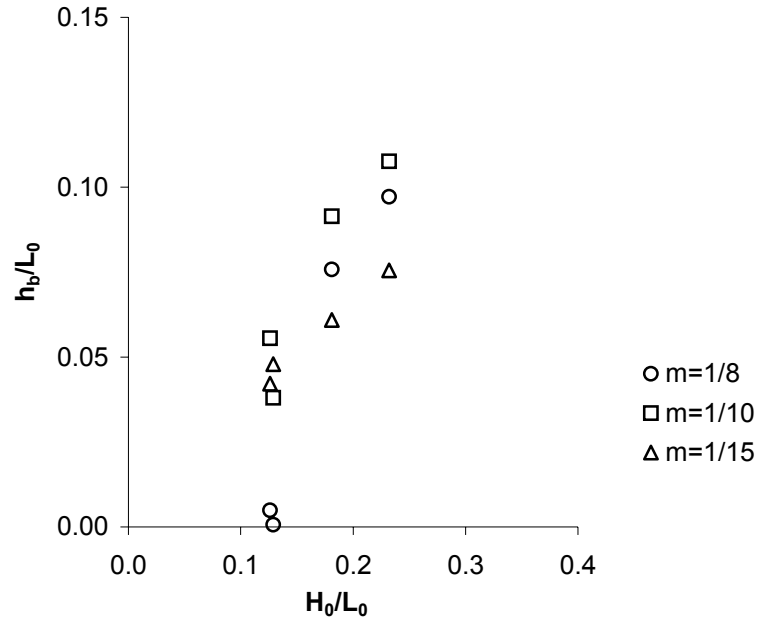
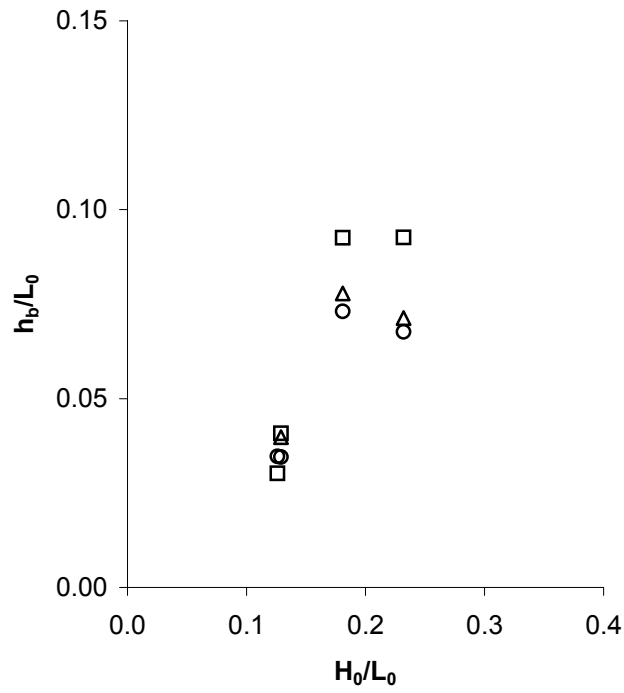
5.2.4 Rölatif Bar Başlangıç Derinliği

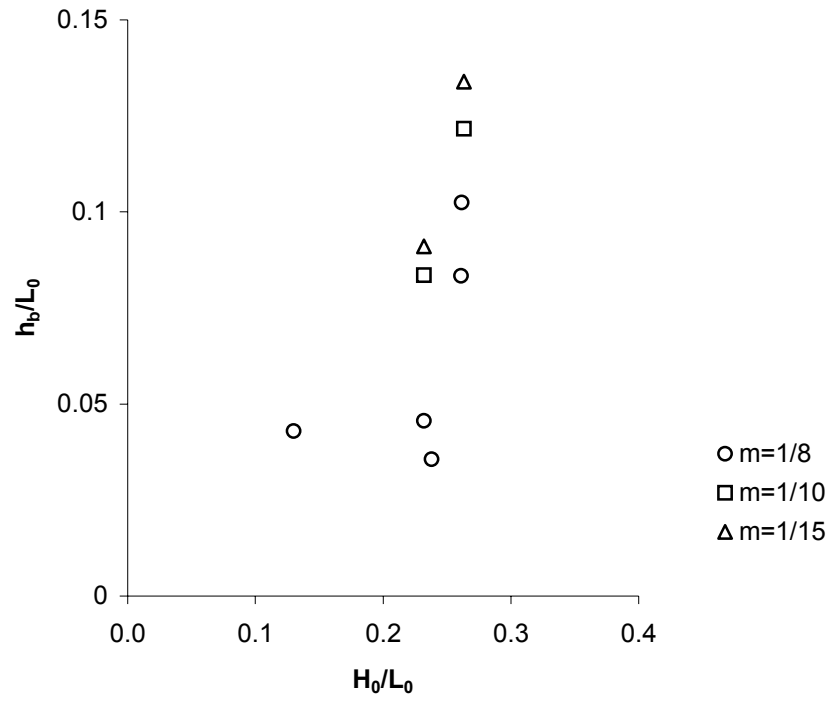
Bar başlangıç noktasının durgun su seviyesine olan mesafesi h_b , derin-su dalga uzunluğuna, L_0 , a bölünerek rölatif bar başlangıç derinliği elde edilmiştir. Aşağıda boyutsuz bar başlangıç derinliklerinin 1/8, 1/10 ve 1/15 eğim ve $d_{50}=0.25$ ile 0.80 mm arasında değişen ve ortalama tane çapları için derin-su dalga dikliğine göre değişimleri verilmiştir.

Rölatif Bar Başlangıç Derinliği – h_b/L_0

Profilin denge konumuna ulaşmasından sonra barın başlangıç noktasının durgun su seviyesine olan boyutsuz mesafesinin derin-su dalga dikliği ile değişimi, $d_{50}=0.25, 0.32, 0.45, 0.62$ ve 0.80 mm ortalama tane çapına sahip tabanlar için incelenmiş; Şekil 5.20–5.24’te bu değişim 1/8, 1/10 ve 1/15 farklı kıyı eğimleri için sunulmuştur. Derin-su dalga dikliğinin artmasıyla birlikte boyutsuz bar başlangıç derinliğinin her üç eğim için de artış gösterdiği şekillerden de görülmektedir. Derin-su dalga dikliğinin artmasıyla birlikte rölatif bar başlangıç derinliklerinde görülen artış çalışılan tüm tane çapları için de söz konusu olmaktadır.

Şekil 5.20 $d_{50}=0.25$ mm için Rölatif Bar Başlangıç DerinliğiŞekil 5.21 $d_{50}=0.32$ mm için Rölatif Bar Başlangıç Derinliği

Şekil 5.22 $d_{50}=0.45$ mm için Rölatif Bar Başlangıç DerinliğiŞekil 5.23 $d_{50}=0.62$ mm için Rölatif Bar Başlangıç Derinliği

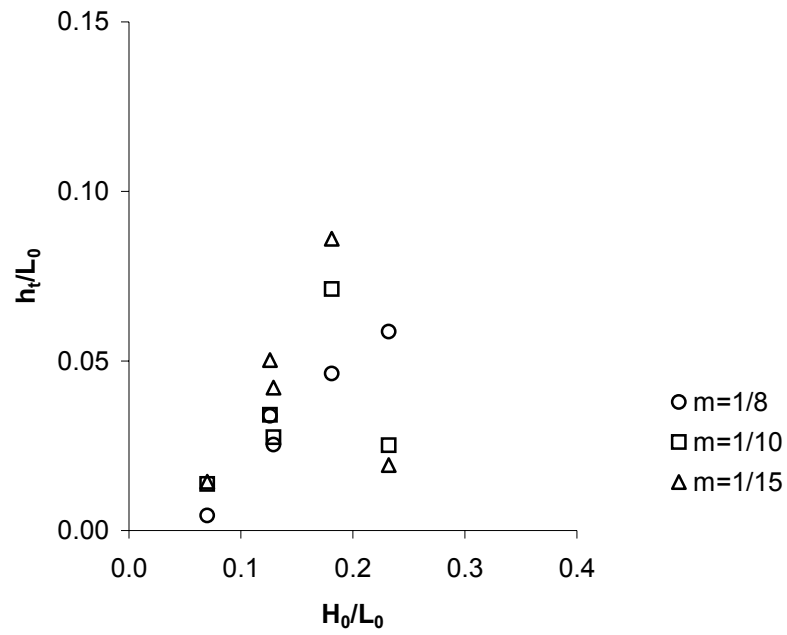
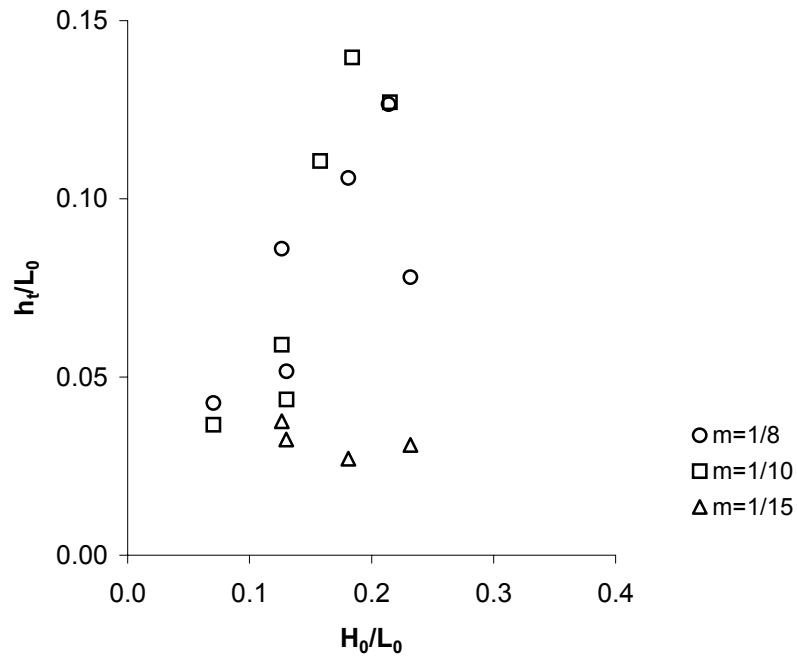
Şekil 5.24 $d_{50}=0.80$ mm için Rölatif Bar Başlangıç Derinliği

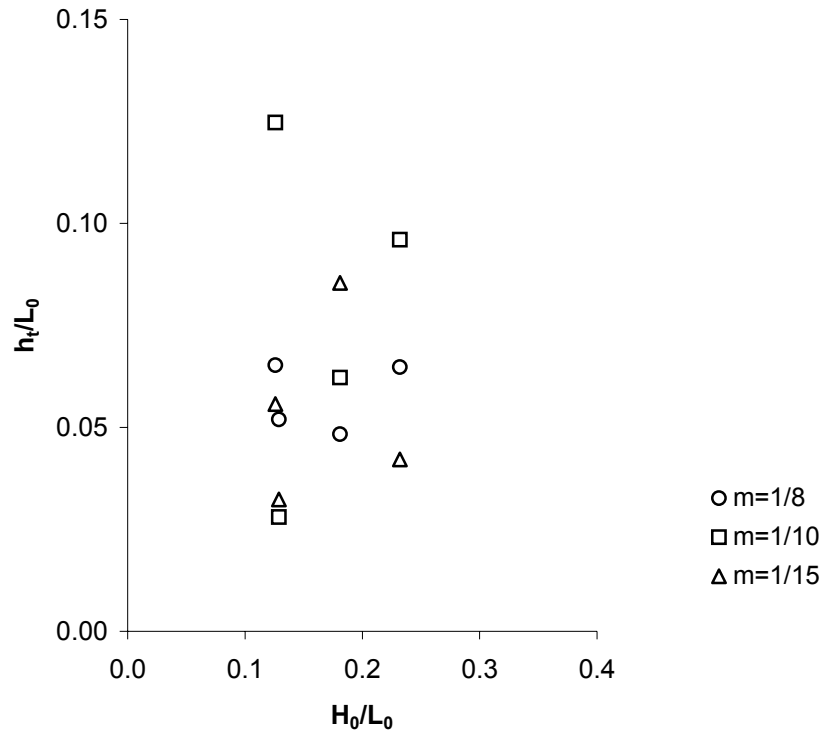
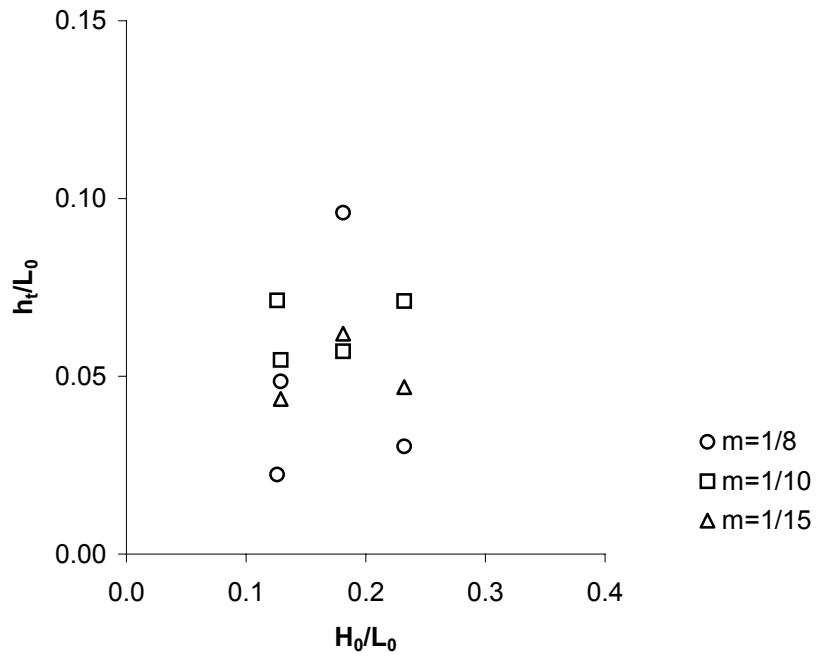
5.2.5 Rölatif Bar Kret Derinliği

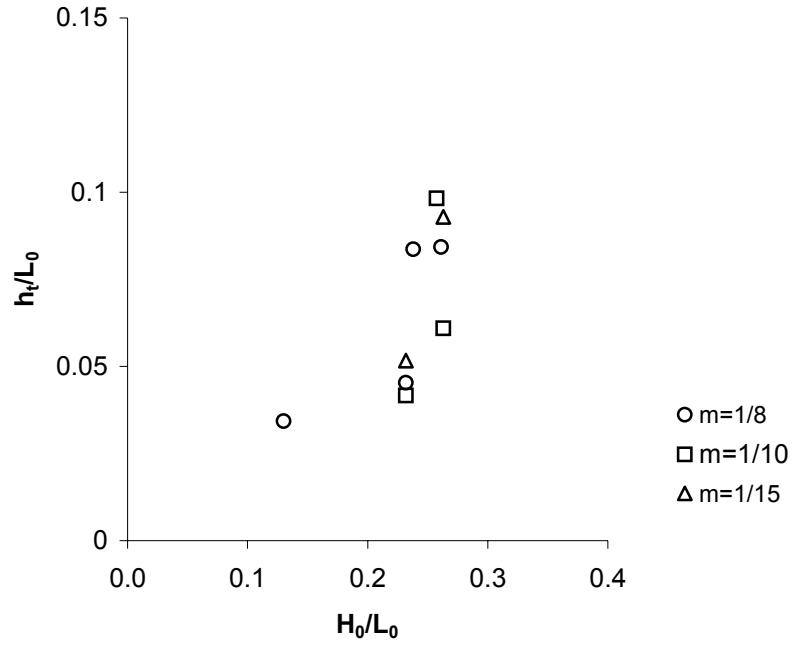
Bar kret noktasının durgun su seviyesine olan mesafesi h_t 'nin derin-su dalga uzunluğuna bölünmesi suretiyle elde edilen rölatif bar kret derinliğinin, deneyde çalışılan taban eğimleri ve tane çapları için H_0/L_0 'a göre değişimleri aşağıda sunulmuştur.

Rölatif Bar Kret Derinliği- h_t/L_0

Kıyı profilinin denge konumuna ulaşmasından sonra oluşan barın rölatif kret derinliğinin derin-su dalga dikliği ile değişimi ince taneli ($d_{50}= 0.25, 0.32$ ve 0.45) ve kaba taneli ($d_{50}= 0.62$ ve 0.80 mm) kıyı tabanları için incelenmiş, $1/8, 1/10$ ve $1/15$ kıyı eğimleri için bu değişim Şekil 5.25-5.29'da gösterilmiştir. Bu deneyde çalışılan dalga şartları altında $d_{50}= 0.32$ mm ortalama tane çapına sahip $m=1/15$ eğimli taban üzerinde oluşan barların rölatif kret derinlikleri hariç tüm eğim ve tane çapları için H_0/L_0 artarken rölatif bar kret derinlikleri de artış göstermektedir. $d_{50}= 0.32$ mm ve $m=1/15$ için ise H_0/L_0 artarken h_t/L_0 azalmaktadır (Şekil 5.26). Ayrıca $d_{50}= 0.45$ ve 0.62 mm tane çapına sahip $1/8, 1/10$ ve $1/15$ eğimli tabanlar üzerinde diğer tane ve taban şartlarına göre daha yavaş bir artış söz konusu olmaktadır (Şekil 6.27 ve 6.28).

Şekil 5.25 $d_{50}=0.25$ mm için Rölatif Bar Kret DerinliğiŞekil 5.26 $d_{50}=0.32$ mm için Rölatif Bar Kret Derinliği

Şekil 5.27 $d_{50}=0.45$ mm için Rölatif Bar Kret DerinliğiŞekil 5.28 $d_{50}=0.62$ mm için Rölatif Bar Kret Derinliği



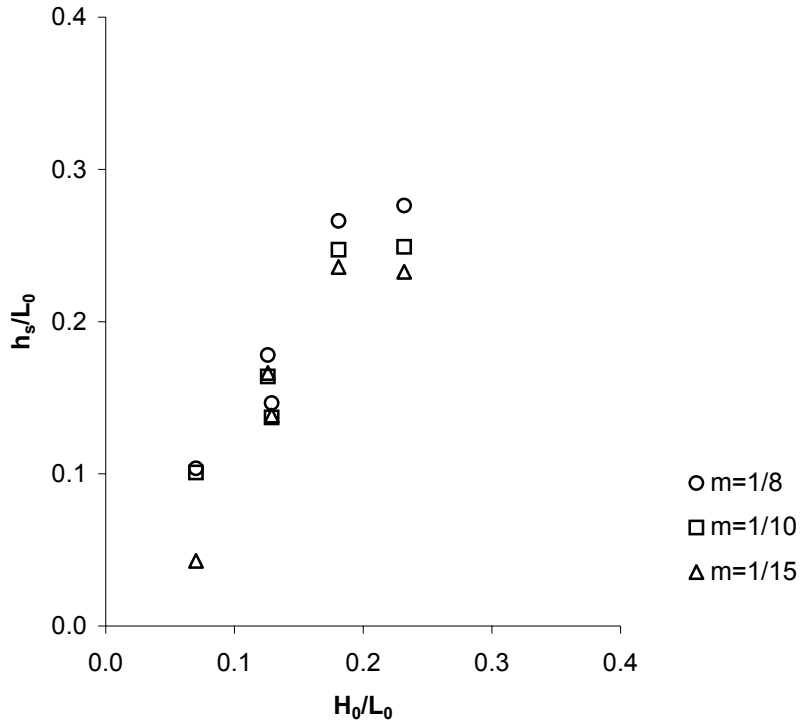
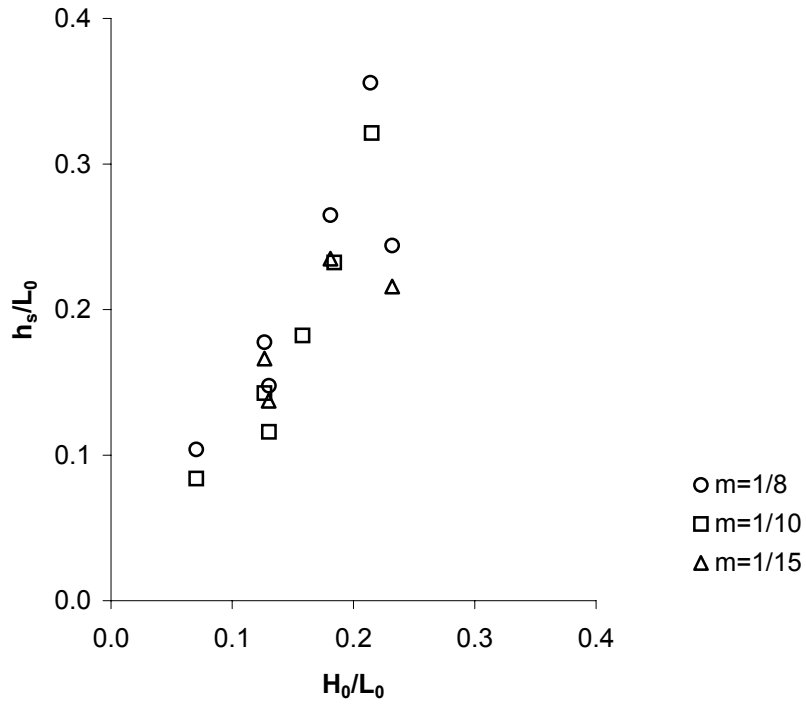
Şekil 5.29 $d_{50}=0.80$ mm için Rölatif Bar Kret Derinliği

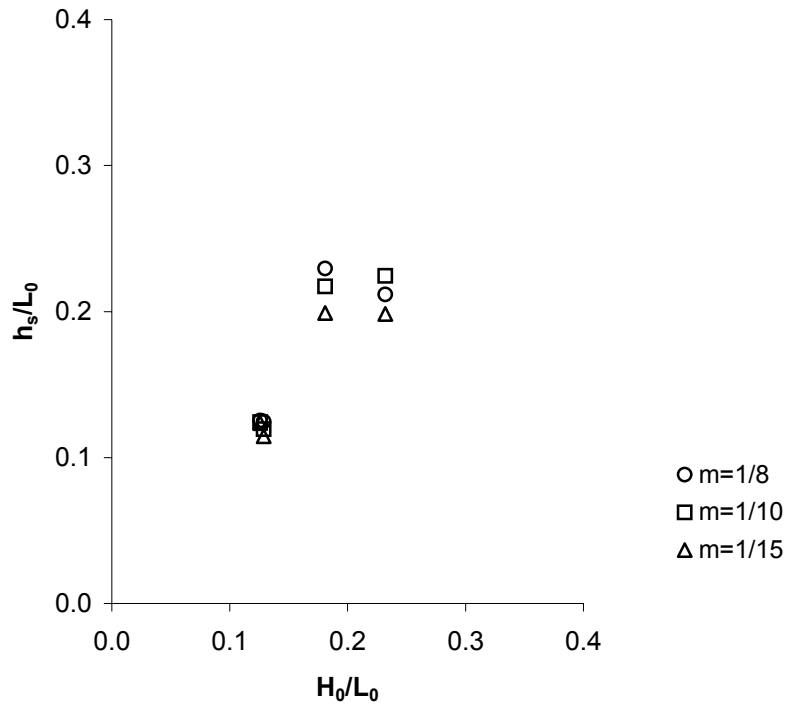
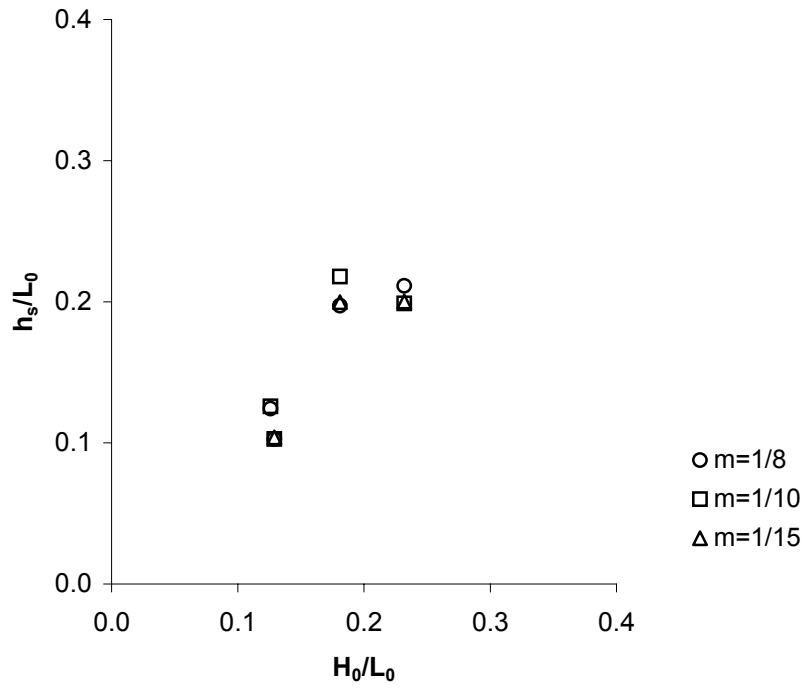
5.2.6 Rölatif Bar Bitiş Derinliği

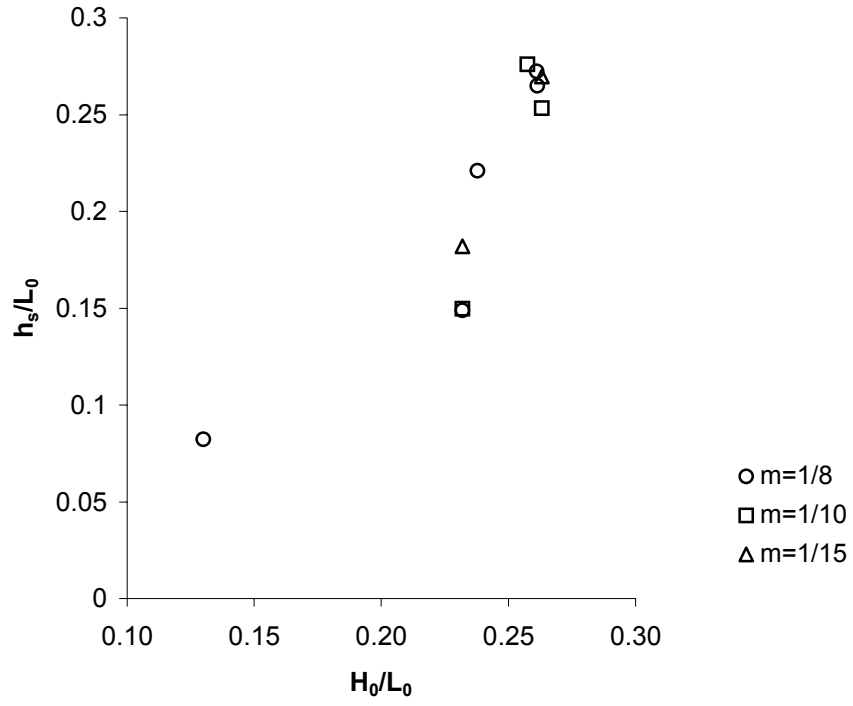
Bar bitiş noktasının durgun su seviyesine olan mesafesi h_s , derin-su dalga uzunluğu, L_0 , a bölünerek rölatif bar bitiş derinliği elde edilmiştir. Aşağıda, farklı eğim ve ortalama tane çapları için rölatif bar bitiş derinliğinin derin-su dalga dikliği ile olan değişimleri sunulmuştur.

Rölatif Bar Bitiş Derinliği– h_s/L_0

Rölatif bar bitiş derinliğinin derin-su dalga dikliği ile değişimi $d_{50}=0.25, 0.32, 0.45, 0.62$ ve 0.80 mm ortalama tane çapına sahip tabanlar için incelenmiş; Şekil 5.30–5.34’de bu değişim $1/8, 1/10$ ve $1/15$ kıyı eğimleri için sunulmuştur. Şekillerden de görüleceği gibi derin-su dalga dikliğinin artmasıyla birlikte rölatif bar bitiş derinliği de artış göstermektedir. Bu durum her üç eğim için de söz konusudur. Rölatif bar bitiş derinliklerinde, derin-su dalga dikliğinin artmasıyla birlikte görülen bir artış bu deneyde çalışılan tüm tane çapları için de söz konusu olmaktadır.

Şekil 5.30 $d_{50}=0.25$ mm için Rölatif Bar Bitiş DerinliğiŞekil 5.31 $d_{50}=0.32$ mm için Rölatif Bar Bitiş Derinliği

Şekil 5.32 $d_{50}=0.45$ mm için Rölatif Bar Bitiş DerinliğiŞekil 5.33 $d_{50}=0.62$ mm için Rölatif Bar Bitiş Derinliği



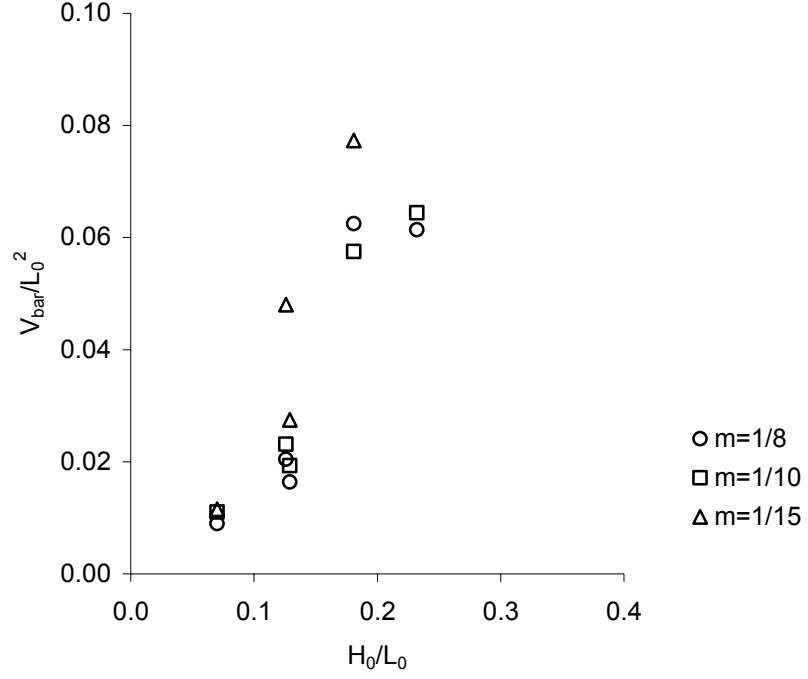
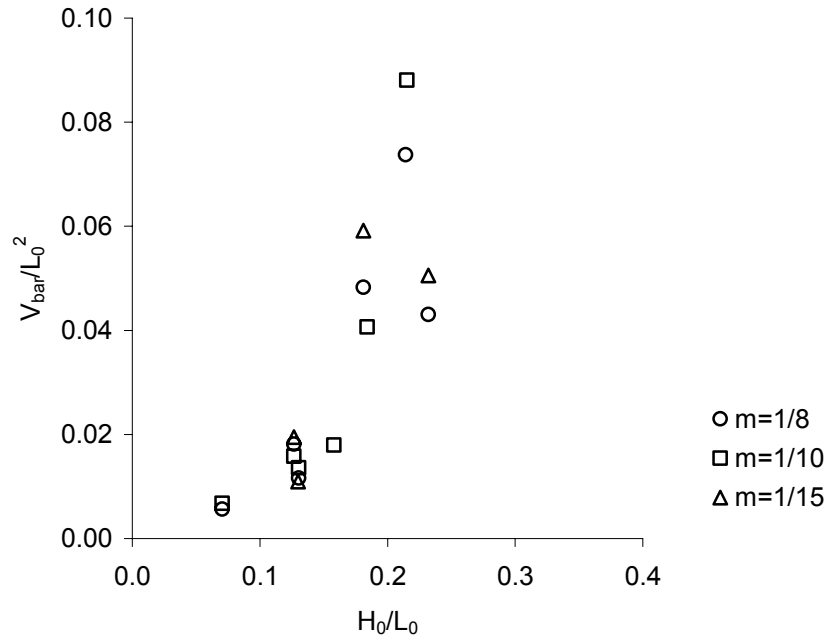
Şekil 5.34 $d_{50}=0.80$ mm için Rölatif Bar Bitiş Derinliği

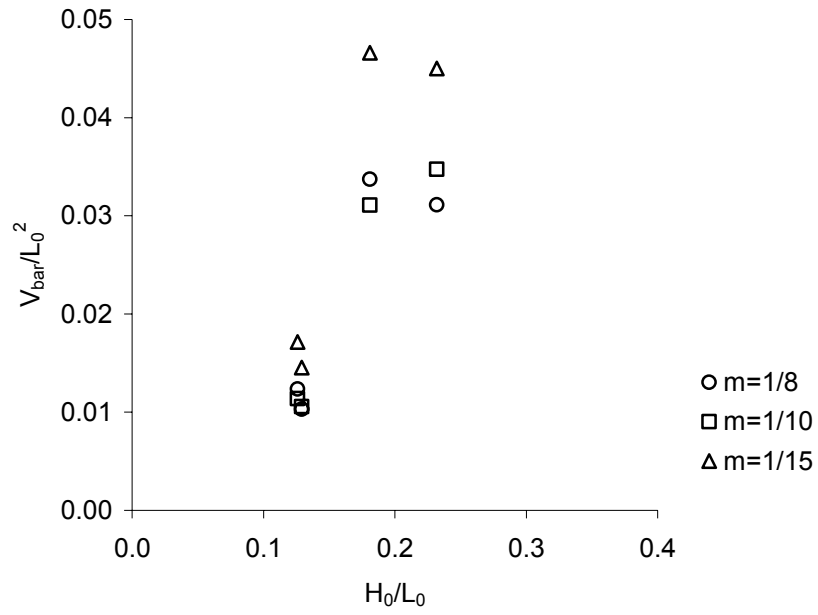
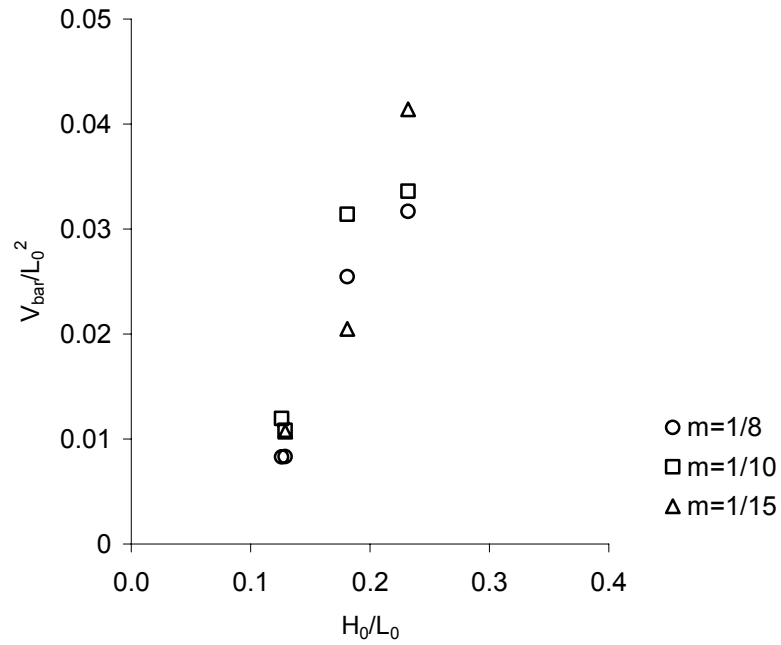
5.2.7 Bar Hacmi

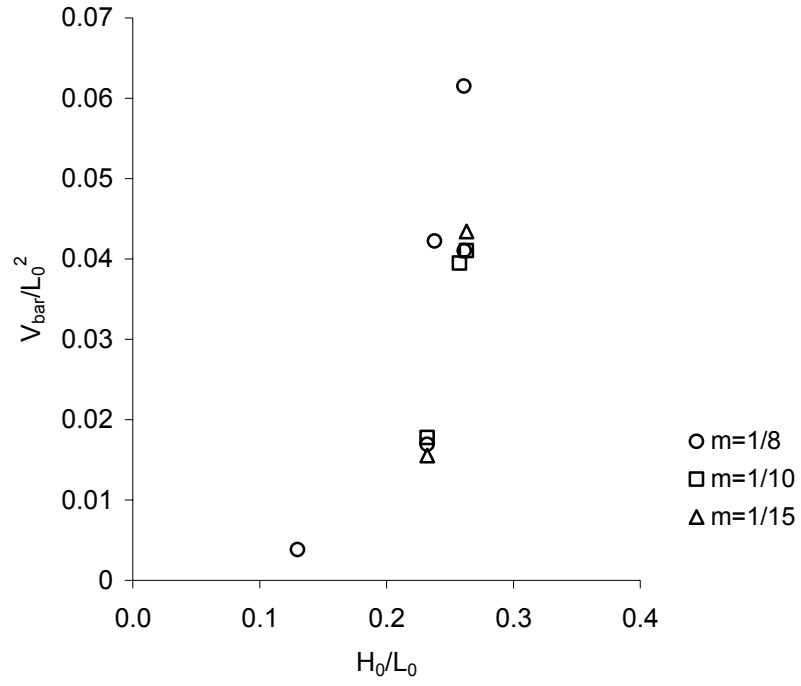
Bar hacmi V_{bar} 'ın derin-su dalga uzunluğunun karesine bölünmesi suretiyle elde edilen boyutsuz bar hacminin üç farklı eğim ve $d_{50}=0.25-0.80$ mm arasında değişen tane çapları için derin-su dalga dikliği ile olan ilişkisi aşağıda sunulmuştur.

Bar Hacmi – V_{bar}/L_0^2

Kıyı profilinin denge konumuna ulaştıktan sonra oluşan boyutsuz bar hacminin derin-su dalga dikliği ile değişimi $d_{50}=0.25, 0.32, 0.45, 0.62$ ve 0.80 mm ortalama tane çapına sahip tabanlar için incelenmiş; Şekil 5.35–5.39'da bu değişim $1/8, 1/10$ ve $1/15$ kıyı eğimleri için sunulmuştur. Şekillerden de görüleceği gibi her üç eğim için de derin-su dalga dikliği ile birlikte bar hacmi de artmaktadır. Bu artış yapılan bu deneysel çalışmada kullanılan tüm tane çapları için söz konusudur. Bir başka deyişle artan H_0/L_0 değerlerinde kıyı ön yüzünde görülen aşınma artmakta, daha fazla katı madde deniz tarafına doğru taşınmaktadır. Ayrıca kıyı eğimi ve derin-su dalga dikliklerinin aynı olduğu deney şartlarında tane çapı küçüldükçe deniz tarafına doğru daha fazla sediment taşınımı olmakta, boyutsuz bar hacmi V_{bar}/L_0^2 daha büyük değerler almaktadır.

Şekil 5.35 $d_{50}=0.28$ mm için Boyutsuz Bar HacmiŞekil 5.36 $d_{50}=0.32$ mm için Boyutsuz Bar Hacmi

Şekil 5.37 d₅₀=0.45 mm için Boyutsuz Bar HacmiŞekil 5.38 d₅₀=0.62 mm için Boyutsuz Bar Hacmi

Şekil 5.39 $d_{50}=0.80$ mm için Boyutsuz Bar Hacmi

5.3. Regresyon Analizi

Bu bölümde, deneysel çalışmadan elde edilen bulguların deneyde kullanılan tane özellikleri, yapısal özellikler ve dalga karakteristikleri ile olan ilişkisini istatistiksel olarak belirlemek amacıyla regresyon analizleri yapılmıştır. $d_{50}=0.25$, 0.32, 0.45, 0.62 ve 0.80 mm ortalama tane çapları için 1/8, 1/10 ve 1/15 kıyı eğimlerinde yapılan deneylerin verilerine göre boyutlu ve boyutsuz regresyon analizleri yapılmış, bar parametreleri için boyutlu ve boyutsuz denklemler elde edilmiştir.

Boyutlu ve boyutsuz regresyon analizleri için iki farklı tipte fonksiyon kullanılmıştır. Bunlar çoklu lineer ve çoklu hiperbolik fonksiyonlardır. Deney sonuçlarına göre irdelenen parametreler şunlardır: Bar başlangıç noktasının başlangıç kıyı çizgisine olan yatay uzaklığı (X_b), bar tepe noktasının başlangıç kıyı çizgisine olan yatay uzaklığı (X_t), bar bitiş noktasının başlangıç kıyı çizgisine olan yatay uzaklığı (X_s), bar kret noktasının durgun su seviyesine olan düşey uzaklığı (h_t), ve bar hacmi (V_{bar}). Aşağıda regresyon analizlerinden elde edilen bar parametreleri ile ilgili bulgular sunulmuştur.

5.3.1 Bar Başlangıç Mesafesi - X_b

Deneysel çalışmalardan elde edilen bulgulara dayalı olarak bar başlangıç noktasının kıyı çizgisine olan yatay uzaklığını belirlemeye yönelik yapılan regresyon analizleri ve elde edilen boyutlu ve boyutsuz denklemler aşağıda verilmiştir.

X_b için Boyutlu Regresyon Analizleri

Deney sonuçlarına dayalı olarak bar başlangıç noktasının orijinal kıyı çizgisine olan yatay uzaklığı X_b üzerinde taban eğimi (m), dalga periyodu (T), derin-su dalga yüksekliği (H_0) ve ortalama tane çapı (d_{50})'nin etkisini incelemek amacıyla regresyon analizleri yapılmıştır. Çizelge 5.1'de de görüldüğü gibi fonksiyonun çoklu lineer fonksiyon olması durumunda determinasyon katsayısı (korelasyon katsayısının

karesi, r^2) 0.708 değeri almaktadır. Çoklu hiperbolik fonksiyon kullanılması durumunda ise $r^2=0.641$ olmaktadır. Benzer şekilde bağımsız değişken sayısının azalması durumundaki determinasyon katsayıları (r^2) hesaplanmış ve buna bağlı olarak determinasyon katsayısındaki azalma oranları belirlenerek Çizelge 5.1’de verilmiştir.

Çizelge 5.1 X_b için Bağımsız Değişkenlere Göre Determinasyon Katsayısındaki Azalma Oranları

Bağımsız Değişken Durumu		Fonksiyon Türü			
		Çoklu Lineer Fonksiyon		Çoklu Hiperbolik Fonksiyon	
Bulunma	Bulunmama	Determinasyon Katsayısı r^2	r^2 ’deki Azalma Oranı (%)	Determinasyon Katsayısı r^2	r^2 ’deki Azalma Oranı (%)
m, T, H_0 , d_{50}	-	0.708	-	0.641	-
m, T, H_0	d_{50}	0.699	1.27	0.628	2.03
m, T, d_{50}	H_0	0.616	12.99	0.523	18.41
m, H_0 , d_{50}	T	0.665	6.07	0.597	6.86
T, H_0 , d_{50}	m	0.228	67.80	0.250	61.00
m, T	H_0 , d_{50}	0.614	13.28	0.521	18.72
m, H_0	T, d_{50}	0.665	6.07	0.595	7.18
m, d_{50}	T, H_0	0.540	23.73	0.450	29.80
T, H_0	m, d_{50}	0.201	71.61	0.220	65.68
T, d_{50}	m, H_0	0.078	88.98	0.066	89.70
H_0 , d_{50}	m, T	0.191	73.02	0.216	66.30
m	T, H_0 , d_{50}	0.535	24.44	0.446	30.42
T	m, H_0 , d_{50}	0.060	91.53	0.057	91.11
H_0	m, T, d_{50}	0.180	74.58	0.203	68.33
d_{50}	m, T, H_0	0.001	99.86	0.001	99.84

Çizelge 5.1 incelendiğinde, her iki fonksiyon türü için de değişken sayısı azalmasının determinasyon katsayısını azalttığı ve olaya en az etkileyen parametrenin d_{50} ortalama tane çapı olduğu görülmüştür. Bulunmamaları halinde determinasyon katsayısında en fazla azalmaya yol açan dolayısıyla en etkin olan parametreler, sırasıyla taban eğimi ve dalga yüksekliğidir.

En büyük determinasyon katsayılarını veren bağımsız değişkenler durumundaki her iki tür için regresyon katsayıları Çizelge 5.2’de verilmiştir.

Çizelge 5.2 X_b için Boyutlu Regresyon Analizlerinden Elde Edilen Regresyon Katsayıları

Çoklu Lineer Fonksiyon		Çoklu Hiperbolik Fonksiyon	
$X_b = b_0 + b_1m + b_2T + b_3H_0 + b_4d_{50}$		$X_b = b_0m^{b_1}T^{b_2}H_0^{b_3}d_{50}^{b_4}$	
$r^2=0.708$		$r^2=0.641$	
Katsayılar	Değerler	Katsayılar	Değerler
b_0	2.19	b_0	0.196
b_1	-10.6	b_1	-0.862
b_2	-0.887	b_2	-0.566
b_3	5.63	b_3	0.643
b_4	-199	b_4	-0.106

Çizelge 5.2’deki değerlere göre, bar başlangıç noktasını orjinal kıyı çizgisine olan yatay uzaklığı (X_b) için boyutlu lineer ve hiperbolik fonksiyonlardan elde edilen denklemler aşağıda verilmiştir:

$$X_b = 2.19 - 10.6m - 0.88T + 5.63H_0 - 199d_{50} \quad (5.1)$$

$$X_b = 0.196m^{-0.862}T^{-0.566}H_0^{0.643}d_{50}^{-0.106} \quad (5.2)$$

X_b için Boyutsuz Regresyon Analizleri

Kış profilleri ve oluşan barların geometrik özelliklerini belirlemeye yönelik yapılan deneysel çalışmalardan elde edilen bulgular kullanılarak boyutsuz regresyon analizleri yapılmıştır. Boyutsuz analizlerde kullanılan bağımlı değişkenler X_b/L_0 , X_b/H_0 ve X_b/d_{50} iken bağımsız değişkenler ise m , H_0/L_0 , H_0/wT ve H_0/d_{50} ’dir. X_b ’nin boyutsuz regresyon analizlerinde boyutsuz bağımlı ve bağımsız değişken alternatifleri için determinasyon katsayıları hesaplanmış ve Çizelge 5.3’te verilmiştir.

Çizelge 5.3 X_b için Boyutsuz Değişken Alternatiflerinden Elde Edilen Determinasyon Katsayıları

Boyutsuz Değişken Durumu		Çoklu Lineer Fonksiyon İçin r^2	Çoklu Hiperbolik Fonksiyon İçin r^2
Bağımlı	Bağımsız		
X_b / L_0	m, H_0/L_0 , H_0/wT , H_0/d_{50}	0.823	0.827
	m, H_0/L_0 , H_0/d_{50}	0.775	0.782
	m, H_0/d_{50} , H_0/wT	0.717	0.688
X_b/H_0	m, H_0/L_0 , H_0/wT , H_0/d_{50}	0.576	0.558
	m, H_0/L_0 , H_0/d_{50}	0.507	0.462
	m, H_0/d_{50} , H_0/wT	0.513	0.466
X_b/d_{50}	m, H_0/L_0 , H_0/wT , H_0/d_{50}	0.818	0.855
	m, H_0/L_0 , H_0/d_{50}	0.797	0.823
	m, H_0/d_{50} , H_0/wT	0.798	0.825

En büyük determinasyon katsayılarını, çoklu lineer fonksiyon için bağımlı değişkenin X_b/L_0 , çoklu hiperbolik fonksiyon için bağımlı değişkenin X_b/d_{50} ; bağımsız değişkenlerin ise her iki fonksiyon için de m, H_0/L_0 , H_0/wT , H_0/d_{50} olduğu durumun verdiği Çizelge 5.3'te görülmektedir. Bu durumlar dikkate alınarak, bağımsız değişken sayısı azalmasının, determinasyon katsayısı azalma oranına etkisi incelenmiş ve Çizelge 5.4'te verilmiştir.

Çizelge 5.4 X_b için Boyutsuz Bağımsız Değişkenlere Göre Determinasyon Katsayısındaki Azalma Oranı

Çoklu Lineer Fonksiyon					Çoklu Hiperbolik Fonksiyon				
Boyutsuz Değişken Durumu			r ²	r ² 'deki Azalma Oranı (%)	Boyutsuz Değişken Durumu			r ²	r ² 'deki Azalma Oranı (%)
Bağımlı	Bağımsız				Bağımlı	Bağımsız			
	Bulunma	Bulunmama				Bulunma	Bulunmama		
X _b /L ₀	m, H ₀ /L ₀ , H ₀ /wT, H ₀ /d ₅₀	-	0.823	-	X _b /d ₅₀	m, H ₀ /L ₀ , H ₀ /wT, H ₀ /d ₅₀	-	0.855	-
	m, H ₀ /L ₀ , H ₀ /wT	H ₀ /d ₅₀	0.815	0.97		m, H ₀ /L ₀ , H ₀ /wT	H ₀ /d ₅₀	0.287	66.43
	m, H ₀ /L ₀ , H ₀ /d ₅₀	H ₀ /wT	0.775	5.83		m, H ₀ /L ₀ , H ₀ /d ₅₀	H ₀ /wT	0.823	3.74
	m, H ₀ /wT, H ₀ /d ₅₀	H ₀ /L ₀	0.654	20.53		m, H ₀ /wT, H ₀ /d ₅₀	H ₀ /L ₀	0.825	3.51
	H ₀ /L ₀ , H ₀ /wT, H ₀ /d ₅₀	m	0.545	33.77		H ₀ /L ₀ , H ₀ /wT, H ₀ /d ₅₀	m	0.696	18.59
	m, H ₀ /L ₀	H ₀ /wT, H ₀ /d ₅₀	0.775	5.83		m, H ₀ /L ₀	H ₀ /wT, H ₀ /d ₅₀	0.244	71.46
	m, H ₀ /wT	H ₀ /L ₀ , H ₀ /d ₅₀	0.639	22.36		m, H ₀ /wT	H ₀ /L ₀ , H ₀ /d ₅₀	0.239	72.05
	H ₀ /L ₀ , H ₀ /wT	m, H ₀ /d ₅₀	0.532	35.36		H ₀ /L ₀ , H ₀ /wT	m, H ₀ /d ₅₀	0.08	90.64
	H ₀ /L ₀ , H ₀ /d ₅₀	m, H ₀ /wT	0.517	37.18		H ₀ /L ₀ , H ₀ /d ₅₀	m, H ₀ /wT	0.675	21.05
	m	H ₀ /L ₀ , H ₀ /wT, H ₀ /d ₅₀	0.259	68.53		m	H ₀ /L ₀ , H ₀ /wT, H ₀ /d ₅₀	0.238	72.16
	H ₀ /L ₀	m, H ₀ /wT, H ₀ /d ₅₀	0.515	37.42		H ₀ /L ₀	m, H ₀ /wT, H ₀ /d ₅₀	0.005	99.42
	H ₀ /wT	m, H ₀ /L ₀ , H ₀ /d ₅₀	0.407	50.55		H ₀ /wT	m, H ₀ /L ₀ , H ₀ /d ₅₀	0.000	100.00
	H ₀ /d ₅₀	m, H ₀ /L ₀ , H ₀ /wT	0.000	100.00		H ₀ /d ₅₀	m, H ₀ /L ₀ , H ₀ /wT	0.675	21.05

Çizelge 5.4 incelendiğinde, boyutsuz bağımsız değişken sayısındaki azalmanın determinasyon katsayısı değerinde azalmaya neden olduğu görülmektedir. Lineer fonksiyon için determinasyon katsayısındaki en fazla azalma taban eğimi (m) ve derin-su dalga dikliği (H_0/L_0)'nin bulunmaması durumunda söz konusu olmaktadır. Bir başka deyişle m ve H_0/L_0 en etkin parametrelerdir. Lineer fonksiyon için bulunmama durumunda ise H_0/d_{50} değişkeni en az etkiye sahiptir. Çoklu

hiperbolik fonksiyon için ise H_0/d_{50} ve taban eğimi m en fazla azalmaya sebep olurken derin-su dalgı dikliği H_0/L_0 ise en az etkiye sahiptir.

En büyük determinasyon katsayılarını veren bağımsız değişkenler durumundaki her iki tür için fonksiyon katsayıları Çizelge 5.5’de verilmiştir.

Çizelge 5.5 X_b için Boyutsuz Regresyon Analizlerinden Elde Edilen Regresyon Katsayıları

Çoklu Lineer Fonksiyon		Çoklu Hiperbolik Fonksiyon	
$\frac{X_b}{L_0} = b_0 + b_1 m + b_2 \frac{H_0}{L_0} + b_3 \frac{H_0}{wT} + b_4 \frac{H_0}{d_{50}}$		$\frac{X_b}{d_{50}} = b_0 m^{b_1} \left(\frac{H_0}{L_0} \right)^{b_2} \left(\frac{H_0}{wT} \right)^{b_3} \left(\frac{H_0}{d_{50}} \right)^{b_4}$	
$r^2=0.823$		$r^2=0.855$	
Katsayılar	Değerler	Katsayılar	Değerler
b_0	2.28	b_0	4.416
b_1	-17.9	b_1	1.21
b_2	20.6	b_2	-0.865
b_3	-2.72	b_3	-1.68
b_4	0.0007	b_4	1.14

Çizelge 5.5’e göre, bar başlangıç noktasının başlangıç kıyı çizgisine yatay uzaklığı (X_b) için, boyutsuz lineer ve hiperbolik fonksiyonların kullanılmasıyla elde edilen denklemler aşağıda sunulmuştur:

$$\frac{X_b}{L_0} = 2.28 - 17.9m + 20.6\left(\frac{H_0}{L_0}\right) - 2.72\left(\frac{H_0}{wT}\right) + 0.0007\left(\frac{H_0}{d_{50}}\right) \quad (5.3)$$

$$\frac{X_b}{d_{50}} = 4.416 \left(\frac{H_0}{L_0}\right)^{1.21} m^{-0.865} \left(\frac{H_0}{wT}\right)^{-1.68} \left(\frac{H_0}{d_{50}}\right)^{1.14} \quad (5.4)$$

Çizelge 5.6’da lineer ve hiperbolik fonksiyonların kullanıldığı regresyon analizlerinden elde edilen boyutlu (5.1 ve 5.2) ve boyutsuz (5.3 ve 5.4) denklemlerin kullanılması ile hesaplanmış X_b değerleri ile deneysel ölçümlerden elde edilen X_b değerleri verilmiştir.

Çizelge 5.6 X_b için Deneysel ve Regresyon Analizinden Elde Edilen Bulgular

Deney No	X_b (m)				
	Deneysel	Lineer	Hiperbolik	Boyutsuz Lineer	Boyutsuz Hiperbolik
1	1.105	1.160	0.948	0.982	0.942
2	0.960	1.074	0.882	0.940	0.883
3	1.164	1.358	1.145	1.222	1.145
4	0.724	0.809	0.727	0.549	0.728
5	0.675	0.758	0.675	0.548	0.671
6	0.802	1.093	0.945	0.953	0.944
7	1.423	1.427	1.251	1.462	1.254
8	0.798	0.895	0.782	0.738	0.776
9	1.547	1.711	1.624	1.581	1.626
10	1.540	1.513	1.345	1.307	1.337
11	0.957	0.810	0.780	0.660	0.799
12	0.994	1.094	1.013	1.039	1.028
13	0.989	0.759	0.724	0.614	0.730
14	1.449	1.377	1.198	1.319	1.194
15	0.708	0.910	0.850	0.820	0.858
16	0.762	0.895	0.839	0.786	0.842
17	1.003	1.024	0.845	0.889	0.841
18	1.583	1.712	1.676	1.603	1.681
19	1.401	1.513	1.388	1.322	1.382
20	1.530	1.428	1.291	1.490	1.297
21	0.650	0.522	0.555	0.371	0.561
22	1.413	1.513	1.442	1.356	1.449
23	1.686	1.712	1.742	1.667	1.770
24	1.552	1.377	1.245	1.367	1.258
25	1.685	1.428	1.341	1.567	1.371
26	0.660	1.024	0.878	0.936	0.886
27	0.919	0.895	0.861	0.811	0.862
28	1.076	1.094	1.040	1.067	1.049
29	0.775	0.759	0.744	0.638	0.745
30	0.806	0.810	0.801	0.684	0.809
31	0.946	1.093	0.975	0.976	0.976
32	0.674	0.522	0.570	0.409	0.575
33	0.488	0.809	0.751	0.577	0.753
34	0.813	0.895	0.807	0.753	0.803

Çizelge 5.6 (Devam)

35	1.251	1.358	1.182	1.245	1.184
36	0.518	0.759	0.697	0.566	0.693
37	0.933	1.074	0.910	0.968	0.913
38	1.096	1.160	0.979	0.997	0.973
39	0.704	1.093	0.919	0.968	0.934
40	0.592	0.965	0.826	0.879	0.837
41	0.781	0.809	0.708	0.565	0.724
42	0.809	1.021	0.878	0.962	0.891
43	0.696	0.953	0.817	0.879	0.836
44	1.716	1.640	1.509	1.405	1.547
45	1.104	1.218	0.990	1.003	0.997
46	1.715	1.711	1.581	1.596	1.609
47	1.105	1.358	1.114	1.237	1.133
48	1.098	1.286	1.064	1.160	1.089
49	0.789	1.075	0.946	1.051	0.969
50	1.095	1.160	1.017	1.065	1.042
51	0.520	0.787	0.673	0.838	0.680
52	1.181	1.175	1.030	1.012	1.047
53	1.267	1.137	0.999	1.116	1.040
54	0.606	1.378	1.278	1.390	1.283
55	0.808	1.428	1.377	1.597	1.393
56	1.373	1.359	1.261	1.336	1.272
57	0.573	1.141	0.980	1.498	0.991
58	1.089	1.075	0.971	1.075	0.981
59	1.227	1.160	1.044	1.055	1.046
60	0.966	0.787	0.691	0.875	0.698
61	1.097	1.024	0.901	0.960	0.903
62	0.812	1.023	0.819	0.870	0.813
63	1.549	1.514	1.481	1.380	1.486
64	1.813	1.712	1.788	1.695	1.806

Çizelge 5.6 incelendiğinde, (5.4) ifadesiyle verilen boyutsuz hiperbolik denklemden elde edilen bulguların, deneysel ölçümlerden elde edilen X_b değerleri ile en iyi uyumu sağladığı görülmektedir.

Aynı zamanda X_b bar başlangıcı için diğer araştırmacılar tarafından önerilen ifadelerle de bir karşılaştırma yapılmıştır. Çizelge 5.7’de Hsu (1998), Silvester ve Hsu (1989) ve Kömürcü (2002)’nün X_b için vermiş oldukları ifadelerden elde edilen

değerler ile deneysel ölçüm ve bu çalışmada önerilen (5.4) denkleminde elde edilen bulguların karşılaştırılması yapılmıştır.

Çizelge 5.7 X_b için Önceki Çalışmalarla Karşılaştırmalar

Deney No	X_b (m)				
	Deneysel	Denk. (5.4)	Hsu (1998)	Silvester ve Hsu (1989)	Kömürcü (2002)
1	1.105	0.942	0.809	0.947	0.544
2	0.960	0.883	1.021	1.083	0.653
3	1.164	1.145	1.061	1.332	0.780
4	0.724	0.728	0.744	0.866	0.480
5	0.675	0.671	0.603	0.697	0.378
6	0.802	0.944	0.773	1.066	0.574
7	1.423	1.254	1.816	1.624	1.142
8	0.798	0.776	0.590	0.758	0.400
9	1.547	1.626	1.887	1.999	1.363
10	1.540	1.337	1.439	1.420	0.951
11	0.957	0.799	0.749	0.875	0.485
12	0.994	1.028	0.775	1.070	0.577
13	0.989	0.730	0.605	0.700	0.380
14	1.449	1.194	1.472	1.308	0.899
15	0.708	0.858	0.499	0.673	0.345
16	0.762	0.842	0.590	0.758	0.401
17	1.003	0.841	0.828	0.872	0.514
18	1.583	1.681	1.887	1.999	1.365
19	1.401	1.382	1.439	1.420	0.953
20	1.530	1.297	1.816	1.624	1.143
21	0.650	0.561	0.577	0.564	0.315
22	1.413	1.449	1.440	1.421	0.954
23	1.686	1.770	1.892	2.007	1.371
24	1.552	1.258	1.476	1.313	0.903
25	1.685	1.371	1.826	1.637	1.151
26	0.660	0.886	0.830	0.876	0.516
27	0.919	0.862	0.590	0.758	0.402
28	1.076	1.049	0.773	1.066	0.576
29	0.775	0.745	0.603	0.697	0.379
30	0.806	0.809	0.744	0.866	0.482
31	0.946	0.976	0.773	1.066	0.574

Çizelge 5.7 (Devam)

32	0.674	0.575	0.577	0.564	0.315
33	0.488	0.753	0.744	0.866	0.481
34	0.813	0.803	0.590	0.758	0.401
35	1.251	1.184	1.061	1.332	0.781
36	0.518	0.693	0.603	0.697	0.378
37	0.933	0.913	1.021	1.083	0.654
38	1.096	0.973	0.809	0.947	0.545
39	0.704	0.934	0.775	1.070	0.573
40	0.592	0.837	0.538	0.748	0.382
41	0.781	0.724	0.748	0.873	0.481
42	0.809	0.891	0.575	0.822	0.421
43	0.696	0.836	0.469	0.671	0.334
44	1.716	1.547	1.410	1.551	1.005
45	1.104	0.997	0.638	0.826	0.449
46	1.715	1.609	1.892	2.007	1.363
47	1.105	1.133	1.064	1.338	0.780
48	1.098	1.089	0.793	1.034	0.575
49	0.789	0.969	1.028	1.094	0.659
50	1.095	1.042	0.819	0.963	0.552
51	0.520	0.680	0.792	0.705	0.428
52	1.181	1.047	0.687	0.846	0.471
53	1.267	1.040	0.972	1.093	0.644
54	0.606	1.283	1.472	1.308	0.901
55	0.808	1.393	1.816	1.624	1.146
56	1.373	1.272	1.061	1.332	0.783
57	0.573	0.991	1.409	1.057	0.749
58	1.089	0.981	1.021	1.083	0.378
59	1.227	1.046	0.809	0.947	0.480
60	0.966	0.698	0.792	0.705	0.428
61	1.097	0.903	0.828	0.872	0.516
62	0.812	0.813	0.828	0.872	0.514
63	1.549	1.486	1.439	1.420	0.955
64	1.813	1.806	1.887	1.999	1.369

Çizelge 5.7 incelendiğinde, Silvester ve Hsu (1989)'nun önermiş olduğu denklemden elde edilen değerlerin bu çalışmada önerilen (5.4) ifadesi yardımıyla hesap edilen değerler ve deneysel ölçümlerle daha iyi uyum sağladığı görülmektedir.

Bölüm 5.2.1’de deneysel çalışmalardan elde edilen X_b bar başlangıç noktasının başlangıç kıyı çizgisine olan mesafesi L_0 ’a bölünüp boyutsuzlaştırılmış ve derin-su dalga dikliği H_0/L_0 ile olan değişimi grafiksel olarak sunulmuştur. Aşağıda, X_b ’nin L_0 , H_0 ve d_{50} büyüklüklerine bölünmesi suretiyle elde edilen boyutsuz büyüklüklerinin derin-su dalga dikliği ile olan bire bir ilişkileri regresyon analizlerinden elde edilmiş ve Çizelge 5.8’de sunulmuştur.

Çizelge 5.8 X_b/L_0 , X_b/d_{50} ve X_b/H_0 ile H_0/L_0 Arasındaki İlişki

Boyutsuz Değişken Durumu		Çoklu Lineer Fonksiyon İçin r^2	Çoklu Hiperbolik Fonksiyon İçin r^2
Bağımlı	Bağımsız		
X_b/L_0	H_0/L_0	0.515	0.602
X_b/H_0	H_0/L_0	0.001	0.005
X_b/d_{50}	H_0/L_0	0.000	0.000

Çizelge 5.8 incelendiğinde her iki fonksiyon için de en yüksek determinasyon katsayılarının X_b/L_0 ile H_0/L_0 arasında olduğu görülmektedir.

5.3.2 Bar Kret Mesafesi- X_t

Bar kret noktasının orijinal kıyı çizgisine olan yatay uzaklığını belirlemeye yönelik deneysel çalışmalardan elde edilen bulgulara dayalı olarak yapılan regresyon analizleri ve elde edilen boyutlu ve boyutsuz denklemler aşağıda verilmiştir.

X_t için Boyutlu Regresyon Analizleri

Bar kret noktasının orijinal kıyı çizgisine olan yatay uzaklığı X_t üzerinde taban eğimi (m), dalga periyodu (T), derin-su dalga yüksekliği (H_0) ve ortalama tane çapı (d_{50})'nin etkisini incelemek amacıyla deney sonuçlarına dayalı olarak regresyon analizleri yapılmıştır. Çizelge 5.9'da da görüldüğü gibi fonksiyonun çoklu lineer fonksiyon olması durumunda determinasyon katsayısı $r^2=0.796$ değerini almaktadır. Çoklu hiperbolik fonksiyon kullanılması durumunda ise $r^2=0.754$ olmaktadır. Benzer şekilde bağımsız değişken sayısının azalması durumundaki determinasyon katsayıları ve buna bağlı olarak determinasyon katsayısında görülen azalma oranları hesap edilerek Çizelge 5.9'da verilmiştir.

Çizelge 5.9 X_t için Bağımsız Değişkenlere Göre Determinasyon Katsayısındaki Azalma Oranları

Bağımsız Değişken Durumu		Fonksiyon Türü			
		Çoklu Lineer Fonksiyon		Çoklu Hiperbolik Fonksiyon	
Bulunma	Bulunmama	Determinasyon Katsayısı r^2	r^2 'deki Azalma Oranı (%)	Determinasyon Katsayısı r^2	r^2 'deki Azalma Oranı (%)
m, T, H_0 , d_{50}	-	0.796	-	0.754	-
m, T, H_0	d_{50}	0.763	4.15	0.724	3.98
m, T, d_{50}	H_0	0.771	3.14	0.717	4.91
m, H_0 , d_{50}	T	0.762	4.27	0.725	3.85
T, H_0 , d_{50}	m	0.134	83.17	0.14	81.43
m, T	H_0 , d_{50}	0.747	6.16	0.698	7.43
m, H_0	T, d_{50}	0.747	6.16	0.711	5.70
m, d_{50}	T, H_0	0.552	30.25	0.675	10.48
T, H_0	m, d_{50}	0.064	91.96	0.08	89.39
T, d_{50}	m, H_0	0.069	91.33	0.051	93.24
H_0 , d_{50}	m, T	0.107	86.56	0.121	83.95
m	T, H_0 , d_{50}	0.719	9.67	0.671	11.01
T	m, H_0 , d_{50}	0.017	97.86	0.015	98.01
H_0	m, T, d_{50}	0.059	92.59	0.077	89.79
d_{50}	m, T, H_0	0.023	97.11	0.016	97.88

Çizelge 5.9 incelendiğinde, her iki fonksiyon türü için de değişken sayısı azalmasının determinasyon katsayısını azalttığı ve T dalga periyodu ve d_{50} ortalama tane çapının olaya en az etkiyen parametreler olduğu görülmüştür. Bulunmamaları halinde determinasyon katsayısında en fazla azalmaya yol açan, dolayısıyla en etkin olan parametre taban eğimi (m) olmaktadır.

En büyük determinasyon katsayılarını veren bağımsız değişkenler durumundaki her iki fonksiyon türü için regresyon katsayıları Çizelge 5.10'da verilmiştir.

Çizelge 5.10 X_t için Boyutlu Regresyon Analizlerinden Elde Edilen Regresyon Katsayıları

Çoklu Lineer Fonksiyon		Çoklu Hiperbolik Fonksiyon	
$X_t = b_0 + b_1m + b_2T + b_3H_0 + b_4d_{50}$		$X_t = b_0m^{b_1}T^{b_2}H_0^{b_3}d_{50}^{b_4}$	
$r^2=0.796$		$r^2=0.754$	
Katsayılar	Değerler	Katsayılar	Değerler
b_0	2.92	b_0	0.120
b_1	-12.1	b_1	-0.819
b_2	-0.771	b_2	-0.347
b_3	2.74	b_3	0.274
b_4	-357	b_4	-0.12

Çizelge 5.10'daki değerlere göre, bar kret noktasının orjinal kıyı çizgisine olan yatay uzaklığı X_t için, boyutlu lineer ve hiperbolik fonksiyonların kullanılmasıyla elde edilen denklemler aşağıda verilmiştir:

$$X_t = 2.92 - 12.1m - 0.771T + 2.74H_0 - 357d_{50} \quad (5.5)$$

$$X_t = 0.120m^{-0.819}T^{-0.347}H_0^{0.274}d_{50}^{-0.12} \quad (5.6)$$

X_t için Boyutsuz Regresyon Analizleri

Fırtına koşulları altında oluşan kış profillerinin geometrik özelliklerini belirlemeye yönelik yapılan deneysel çalışmalardan elde edilen bulgular kullanılarak boyutsuz regresyon analizleri yapılmıştır. Boyutsuz analizlerde kullanılan bağımlı değişkenler X_t/L_0 , X_t/H_0 ve X_t/d_{50} iken bağımsız değişkenler ise m , H_0/L_0 , H_0/wT ve H_0/d_{50} 'dir. X_t 'nin boyutsuz regresyon analizlerinde boyutsuz bağımlı ve bağımsız değişken alternatifleri için determinasyon katsayıları hesaplanmış ve Çizelge 5.11'de verilmiştir.

Çizelge 5.11 X_t için Boyutsuz Değişken Alternatiflerinden Elde Edilen Determinasyon Katsayıları

Boyutsuz Değişken Durumu		Çoklu Lineer Fonksiyon İçin r^2	Çoklu Hiperbolik Fonksiyon İçin r^2
Bağımlı	Bağımsız		
X_t/L_0	$m, H_0/L_0, H_0/wT, H_0/d_{50}$	0.858	0.899
	$m, H_0/L_0, H_0/d_{50}$	0.734	0.785
	$m, H_0/d_{50}, H_0/wT$	0.577	0.66
X_t/H_0	$m, H_0/L_0, H_0/wT, H_0/d_{50}$	0.764	0.786
	$m, H_0/L_0, H_0/d_{50}$	0.594	0.569
	$m, H_0/d_{50}, H_0/wT$	0.665	0.632
X_t/d_{50}	$m, H_0/L_0, H_0/wT, H_0/d_{50}$	0.887	0.939
	$m, H_0/L_0, H_0/d_{50}$	0.833	0.877
	$m, H_0/d_{50}, H_0/wT$	0.855	0.895

En büyük determinasyon katsayılarını, her iki fonksiyon türü için de bağımlı değişkenin X_t/d_{50} ; bağımsız değişkenlerin ise $m, H_0/L_0, H_0/wT, H_0/d_{50}$ olduğu durumun verdiği Çizelge 5.11’de görülmektedir. Bu durumlar göz önüne alınarak, bağımsız değişken sayısı azalmasının, determinasyon katsayısı azalma oranına etkisi incelenmiş ve elde edilen bulgular Çizelge 5.12’de verilmiştir.

Çizelge 5.12 X_t için Boyutsuz Bağımsız Değişkenlere Göre Determinasyon Katsayısındaki Azalma Oranları

Çoklu Lineer Fonksiyon					Çoklu Hiperbolik Fonksiyon				
Boyutsuz Değişken Durumu			r ²	r ² 'deki Azalma Oranı (%)	Boyutsuz Değişken Durumu			r ²	r ² 'deki Azalma Oranı (%)
Bağımlı	Bağımsız				Bağımlı	Bağımsız			
	Bulunma	Bulunmama				Bulunma	Bulunmama		
X _t /d ₅₀	m, H ₀ /L ₀ , H ₀ /wT, H ₀ /d ₅₀	-	0.887	-	X _t /d ₅₀	m, H ₀ /L ₀ , H ₀ /wT, H ₀ /d ₅₀	-	0.939	-
	m, H ₀ /L ₀ , H ₀ /wT	H ₀ /d ₅₀	0.300	66.18		m, H ₀ /L ₀ , H ₀ /wT	H ₀ /d ₅₀	0.304	67.63
	m, H ₀ /L ₀ , H ₀ /d ₅₀	H ₀ /wT	0.833	6.09		m, H ₀ /L ₀ , H ₀ /d ₅₀	H ₀ /wT	0.877	6.60
	m, H ₀ /wT, H ₀ /d ₅₀	H ₀ /L ₀	0.654	26.27		m, H ₀ /wT, H ₀ /d ₅₀	H ₀ /L ₀	0.895	4.69
	H ₀ /L ₀ , H ₀ /wT, H ₀ /d ₅₀	m	0.704	20.63		H ₀ /L ₀ , H ₀ /wT, H ₀ /d ₅₀	m	0.784	16.18
	m, H ₀ /L ₀	H ₀ /wT, H ₀ /d ₅₀	0.274	69.11		m, H ₀ /L ₀	H ₀ /wT, H ₀ /d ₅₀	0.281	70.07
	m, H ₀ /wT	H ₀ /L ₀ , H ₀ /d ₅₀	0.256	71.14		m, H ₀ /wT	H ₀ /L ₀ , H ₀ /d ₅₀	0.262	72.10
	H ₀ /L ₀ , H ₀ /wT	m, H ₀ /d ₅₀	0.084	90.53		H ₀ /L ₀ , H ₀ /wT	m, H ₀ /d ₅₀	0.099	89.46
	H ₀ /L ₀ , H ₀ /d ₅₀	m, H ₀ /wT	0.668	24.69		H ₀ /L ₀ , H ₀ /d ₅₀	m, H ₀ /wT	0.738	21.41
	m	H ₀ /L ₀ , H ₀ /wT, H ₀ /d ₅₀	0.241	72.83		m	H ₀ /L ₀ , H ₀ /wT, H ₀ /d ₅₀	0.225	76.04
	H ₀ /L ₀	m, H ₀ /wT, H ₀ /d ₅₀	0.033	96.28		H ₀ /L ₀	m, H ₀ /wT, H ₀ /d ₅₀	0.053	94.36
	H ₀ /wT	m, H ₀ /L ₀ , H ₀ /d ₅₀	0.010	98.87		H ₀ /wT	m, H ₀ /L ₀ , H ₀ /d ₅₀	0.029	96.91
	H ₀ /d ₅₀	m, H ₀ /L ₀ , H ₀ /wT	0.645	27.28		H ₀ /d ₅₀	m, H ₀ /L ₀ , H ₀ /wT	0.717	23.64

Çizelge 5.12 incelendiğinde, boyutsuz bağımsız değişken sayısındaki azalma ile birlikte determinasyon katsayısında da azalma görülmektedir. Buna göre, lineer fonksiyon için bulunmaması halinde determinasyon katsayısında en fazla azalmaya yol açan parametreler sırasıyla H_0/d_{50} ve dalga dikliği (H_0/L_0)'dir. Bulunmama durumunda boyutsuz çökeltme hızı parametresi (H_0/wT) en az etkiye sahiptir. Hiperbolik fonksiyon için ise H_0/d_{50} ve taban eğimi (m) en fazla etkiye sahip iken dalga dikliği (H_0/L_0) en az etkiye sahiptir.

En büyük determinasyon katsayılarını veren bağımsız değişkenler durumundaki her iki tür için fonksiyon katsayıları Çizelge 5.13’de verilmiştir.

Çizelge 5.13 X_t için Boyutsuz Regresyon Analizlerinden Elde Edilen Regresyon Katsayıları

Çoklu Lineer Fonksiyon		Çoklu Hiperbolik Fonksiyon	
$\frac{X_t}{d_{50}} = b_0 + b_1 m + b_2 \frac{H_0}{L_0} + b_3 \frac{H_0}{wT} + b_4 \frac{H_0}{d_{50}}$		$\frac{X_t}{d_{50}} = b_0 m^{b_1} \left(\frac{H_0}{L_0} \right)^{b_2} \left(\frac{H_0}{wT} \right)^{b_3} \left(\frac{H_0}{d_{50}} \right)^{b_4}$	
$r^2=0.887$		$r^2=0.939$	
Katsayılar	Değerler	Katsayılar	Değerler
b_0	5471	b_0	7.34
b_1	-32062	b_1	-0.823
b_2	19712	b_2	1.4
b_3	-6344	b_3	-2.27
b_4	13.6	b_4	1.16

Çizelge 5.13’e göre, bar tepe noktasının başlangıç kıyı çizgisine olan yatay uzaklığı (X_t) için, boyutsuz lineer ve hiperbolik fonksiyonların kullanılmasıyla elde edilen denklemler aşağıda verilmiştir:

$$\frac{X_t}{d_{50}} = 5471 + 19712 \left(\frac{H_0}{L_0} \right) - 32062 m - 6344 \left(\frac{H_0}{wT} \right) + 13.6 \left(\frac{H_0}{d_{50}} \right) \quad (5.7)$$

$$\frac{X_t}{d_{50}} = 7.34 \left(\frac{H_0}{L_0} \right)^{1.4} m^{-0.823} \left(\frac{H_0}{wT} \right)^{-2.27} \left(\frac{H_0}{d_{50}} \right)^{1.16} \quad (5.8)$$

Çizelge 5.14’te lineer ve hiperbolik fonksiyonların kullanıldığı regresyon analizlerinden elde edilen boyutlu (5.5 ve 5.6) ve boyutsuz (5.7 ve 5.8) denklemlerin kullanılması ile hesaplanmış X_t değerleri ile deneysel ölçümlerden elde edilen X_t değerleri verilmiştir.

Çizelge 5.14 X_t için Deneysel ve Regresyon Analizinden Elde Edilen Bulgular

Deney No	X_t (m)				
	Deneysel	Lineer	Hiperbolik	Boyutsuz Lineer	Boyutsuz Hiperbolik
1	1.197	1.300	1.219	1.319	1.187
2	1.348	1.204	1.153	1.300	1.136
3	1.349	1.387	1.315	1.255	1.284
4	1.045	0.902	0.960	0.803	0.946
5	0.749	0.901	0.940	0.809	0.918
6	0.899	1.084	1.095	0.758	1.068
7	1.804	1.607	1.607	1.963	1.586
8	1.200	0.998	1.016	0.822	0.988
9	1.654	1.790	1.832	1.917	1.792
10	1.654	1.703	1.699	1.981	1.657
11	1.051	1.009	1.040	1.135	1.048
12	1.200	1.191	1.185	1.300	1.175
13	1.201	1.008	1.018	1.002	1.009
14	1.805	1.664	1.630	1.765	1.597
15	1.196	1.139	1.123	1.067	1.109
16	1.202	1.105	1.099	1.069	1.080
17	1.198	1.260	1.170	1.274	1.144
18	1.642	1.847	1.899	1.895	1.858
19	1.950	1.761	1.761	1.807	1.718
20	1.652	1.665	1.666	1.830	1.645
21	1.052	0.845	0.891	0.902	0.893
22	1.655	1.810	1.840	1.667	1.812
23	1.808	1.897	1.984	1.898	1.970
24	1.643	1.714	1.703	1.600	1.693
25	1.802	1.715	1.740	1.731	1.753
26	1.351	1.310	1.222	1.258	1.213
27	1.051	1.130	1.133	1.124	1.109
28	1.208	1.216	1.221	1.416	1.199
29	0.900	1.033	1.048	1.041	1.031
30	0.898	1.034	1.071	1.200	1.062
31	1.047	1.141	1.135	1.035	1.108
32	0.750	0.870	0.918	0.909	0.917
33	1.055	0.959	0.995	0.970	0.980
34	0.898	1.055	1.053	0.947	1.024

Çizelge 5.14 (Devam)

35	1.508	1.444	1.362	1.404	1.331
36	1.048	0.958	0.974	0.905	0.952
37	1.200	1.261	1.195	1.339	1.178
38	1.197	1.357	1.264	1.315	1.230
39	0.902	1.020	1.062	0.515	1.060
40	0.900	0.995	1.035	0.901	1.032
41	0.895	0.837	0.931	0.667	0.943
42	1.203	1.022	1.063	0.870	1.059
43	0.901	1.006	1.042	1.155	1.051
44	1.799	1.728	1.778	2.394	1.794
45	1.199	1.309	1.250	1.738	1.238
46	1.802	1.726	1.777	2.012	1.779
47	1.190	1.322	1.275	1.157	1.274
48	1.199	1.325	1.276	1.539	1.285
49	1.349	1.311	1.248	1.391	1.260
50	1.642	1.407	1.320	1.344	1.328
51	1.201	1.148	1.070	1.158	1.073
52	1.492	1.441	1.348	1.331	1.342
53	1.647	1.365	1.291	1.398	1.325
54	1.795	1.739	1.754	1.509	1.729
55	1.950	1.740	1.792	1.667	1.781
56	1.500	1.519	1.466	1.616	1.441
57	0.891	1.576	1.536	1.376	1.538
58	1.202	1.336	1.286	1.400	1.275
59	1.348	1.432	1.360	1.324	1.332
60	1.048	1.173	1.102	1.109	1.102
61	1.198	1.335	1.258	1.242	1.238
62	1.343	1.203	1.128	1.306	1.103
63	2.103	1.835	1.895	1.591	1.860
64	1.960	1.922	2.043	1.883	2.012

Çizelge 5.14 incelendiğinde, (5.8) ifadesiyle verilen boyutsuz hiperbolik denklemden elde edilen bulguların, deneysel ölçümlerden elde edilen X_t değerleri ile en iyi uyumu sağladığı görülmektedir.

Aynı zamanda X_t için diğer araştırmacılar tarafından önerilen ifadelerle de bir karşılaştırma yapılmıştır. Çizelge 5.15’de Hsu (1998), Silvester ve Hsu (1989) ve Kömürcü (2002)’nün X_t için vermiş oldukları ifadelerden elde edilen değerler ile

deneysel ölçüm ve bu çalışmada önerilen (5.8) denkleminde elde edilen bulguların karşılaştırılması yapılmıştır.

Çizelge 5.15 X_t için Önceki Çalışmalarla Karşılaştırmalar

Deney No	X_t (m)				
	Deneyssel	Denk. (5.8)	Hsu (1998)	Silvester ve Hsu (1989)	Kömürcü (2002)
1	1.197	1.187	1.103	1.750	0.419
2	1.348	1.136	1.465	1.924	0.331
3	1.349	1.284	1.395	2.555	0.381
4	1.045	0.946	1.141	1.510	0.491
5	0.749	0.918	0.928	1.214	0.575
6	0.899	1.068	1.086	1.975	0.788
7	1.804	1.586	2.306	3.029	0.576
8	1.200	0.988	0.859	1.362	0.449
9	1.654	1.792	2.196	4.163	1.396
10	1.654	1.657	1.738	2.806	1.021
11	1.051	1.048	1.147	1.527	0.474
12	1.200	1.175	1.089	1.984	0.658
13	1.201	1.009	0.930	1.220	0.560
14	1.805	1.597	1.876	2.431	0.447
15	1.196	1.109	0.709	1.234	0.678
16	1.202	1.080	0.860	1.363	0.530
17	1.198	1.144	1.191	1.546	1.199
18	1.642	1.858	2.196	4.163	0.939
19	1.950	1.718	1.738	2.806	1.404
20	1.652	1.645	2.306	3.029	0.981
21	1.052	0.893	0.969	0.955	0.326
22	1.655	1.812	1.738	2.807	0.495
23	1.808	1.970	2.201	4.184	0.387
24	1.643	1.693	1.881	2.442	0.579
25	1.802	1.753	2.316	3.056	0.404
27	1.051	1.109	0.859	1.362	0.936
28	1.208	1.199	1.086	1.975	1.192
29	0.900	1.031	0.928	1.214	0.980

Çizelge 5.15 (Devam)

30	0.898	1.062	1.141	1.510	1.399
31	1.047	1.108	1.086	1.975	0.528
32	0.750	0.917	0.969	0.955	0.673
33	1.055	0.980	1.141	1.510	0.491
34	0.898	1.024	0.859	1.362	0.404
35	1.508	1.331	1.395	2.555	0.790
36	1.048	0.952	0.928	1.214	0.385
37	1.200	1.178	1.465	1.924	0.673
38	1.197	1.230	1.103	1.750	0.553
39	0.902	1.060	1.089	1.984	0.575
40	0.900	1.032	0.752	1.391	0.381
41	0.895	0.943	1.146	1.523	0.491
42	1.203	1.059	0.793	1.550	0.419
43	0.901	1.051	0.647	1.265	0.331
44	1.799	1.794	1.609	3.338	1.021
45	1.199	1.238	0.825	1.616	0.449
46	1.802	1.779	2.201	4.184	1.396
47	1.190	1.274	1.398	2.568	0.788
48	1.199	1.285	1.022	2.030	0.576
49	1.349	1.260	1.473	1.946	0.678
50	1.642	1.328	1.114	1.784	0.560
51	1.201	1.073	1.244	1.202	0.447
52	1.492	1.342	0.913	1.602	0.474
53	1.647	1.325	1.352	1.985	0.658
54	1.795	1.729	1.876	2.431	0.938
55	1.950	1.781	2.306	3.029	1.195
56	1.500	1.441	1.395	2.555	0.792
57	0.891	1.538	1.960	1.846	0.793
58	1.202	1.275	1.465	1.924	0.675
59	1.348	1.332	1.103	1.750	0.555
60	1.048	1.102	1.244	1.202	0.448
61	1.198	1.238	1.191	1.546	0.529
62	1.343	1.103	1.191	1.546	0.527
63	2.103	1.860	1.738	2.806	0.983
64	1.960	2.012	2.196	4.163	1.403

Çizelge 5.15 incelendiğinde, Hsu (1998)'nin önermiş olduğu denklemden elde edilen değerlerin bu çalışmada önerilen (5.8) ifadesi yardımıyla hesap edilen değerler ve deneysel ölçümlerle daha iyi uyum sağladığı görülmektedir.

Bölüm 5.2.2’de deneysel çalışmalardan elde edilen X_t bar kret noktasının başlangıç kıyı çizgisine olan mesafesi L_0 ’a bölünüp boyutsuzlaştırılmış ve derin-su dalga dikliği H_0/L_0 ile olan değişimi grafiksel olarak sunulmuştur. Aşağıda, X_t ’nin L_0 , H_0 ve d_{50} büyüklüklerine bölünmesi suretiyle elde edilen boyutsuz büyüklüklerinin derin-su dalga dikliği ile olan bire bir ilişkileri regresyon analizlerinden elde edilmiş ve Çizelge 5.16’da sunulmuştur.

Çizelge 5.16 X_t/L_0 , X_t/d_{50} ve X_t/H_0 ile H_0/L_0 Arasındaki İlişki

Boyutsuz Değişken Durumu		Çoklu Lineer Fonksiyon İçin r^2	Çoklu Hiperbolik Fonksiyon İçin r^2
Bağımlı	Bağımsız		
X_t/L_0	H_0/L_0	0.465	0.554
X_t/H_0	H_0/L_0	0.082	0.077
X_t/d_{50}	H_0/L_0	0.033	0.053

Çizelge 5.16 incelendiğinde en yüksek regresyon katsayılarının X_t/L_0 ile H_0/L_0 arasında olduğu görülmektedir.

5.3.3 Bar Bitiş Mesafesi - X_s

Deneyssel çalışmalardan elde edilen bulgulara dayalı olarak bar bitiş noktasının orijinal kıyı çizgisine olan yatay uzaklığını belirlemeye yönelik yapılan regresyon analizleri ve elde edilen boyutlu ve boyutsuz denklemler aşağıda verilmiştir.

X_s için Boyutlu Regresyon Analizleri

Deney sonuçlarına dayalı olarak bar bitiş noktasının orijinal kıyı çizgisine olan yatay uzaklığı X_s üzerinde taban eğimi (m), dalga periyodu (T), derin-su dalga yüksekliği (H_0) ve ortalama tane çapı (d_{50})'nin etkisini incelemek amacıyla regresyon analizleri yapılmıştır. Çizelge 5.17'de de görüldüğü gibi fonksiyonun çoklu lineer fonksiyon olması durumunda determinasyon katsayısı r^2 0.918 değerini alırken çoklu hiperbolik fonksiyon kullanılması durumunda ise $r^2=0.936$ olmaktadır. Ayrıca bağımsız değişken sayısının azalması durumundaki determinasyon katsayıları ve buna bağlı olarak r^2 'deki azalma oranları hesap edilerek Çizelge 5.17'de verilmiştir.

Çizelge 5.17 X_s için Bağımsız Değişkenlere Göre Determinasyon Katsayısındaki Azalma Oranları

Bağımsız Değişken Durumu		Fonksiyon Türü			
		Çoklu Lineer Fonksiyon		Çoklu Hiperbolik Fonksiyon	
Bulunma	Bulunmama	Determinasyon Katsayısı r^2	r^2 'deki Azalma Oranı (%)	Determinasyon Katsayısı r^2	r^2 'deki Azalma Oranı (%)
m, T, H_0 , d_{50}	-	0.918	-	0.936	-
m, T, H_0	d_{50}	0.827	9.91	0.823	12.07
m, T, d_{50}	H_0	0.879	4.25	0.890	4.91
m, H_0 , d_{50}	T	0.876	4.58	0.897	4.17
T, H_0 , d_{50}	m	0.220	76.03	0.241	74.25
m, T	H_0 , d_{50}	0.805	12.31	0.800	14.53
m, H_0	T, d_{50}	0.817	11.00	0.815	12.93
m, d_{50}	T, H_0	0.819	10.78	0.435	53.53
T, H_0	m, d_{50}	0.071	92.27	0.070	92.52
T, d_{50}	m, H_0	0.130	85.84	0.135	85.58
H_0 , d_{50}	m, T	0.186	79.74	0.214	77.14
m	T, H_0 , d_{50}	0.784	14.60	0.784	16.24
T	m, H_0 , d_{50}	0.012	98.69	0.007	99.25
H_0	m, T, d_{50}	0.069	92.48	0.070	92.52
d_{50}	m, T, H_0	0.072	92.16	0.087	90.71

Çizelge 5.17 incelendiğinde, hem lineer hem de hiperbolik fonksiyon için değişken sayısının azalması ile birlikte determinasyon katsayısının değeri de azalmakta ve olaya en az etkiyen parametrenin T dalga periyodu olduğu görülmektedir. Bulunmaması halinde determinasyon katsayısında en fazla azalmaya yol açan dolayısıyla en etkin olan parametre taban eğimidir.

Determinasyon katsayısının en büyük değeri aldığı m, T, H_0 ve d_{50} bağımsız değişkenlerin bulunması durumu için regresyon katsayıları Çizelge 5.18'de verilmiştir.

Çizelge 5.18 X_s için Boyutlu Regresyon Analizlerinden Elde Edilen Regresyon Katsayıları

Çoklu Lineer Fonksiyon		Çoklu Hiperbolik Fonksiyon	
$X_b = b_0 + b_1m + b_2T + b_3H_0 + b_4d_{50}$		$X_b = b_0m^{b_1}T^{b_2}H_0^{b_3}d_{50}^{b_4}$	
$r^2=0.918$		$r^2=0.936$	
Katsayılar	Değerler	Katsayılar	Değerler
b_0	4.490	b_0	0.052
b_1	-19.100	b_1	-0.921
b_2	-1.320	b_2	0.430
b_3	5.320	b_3	0.321
b_4	-913.000	b_4	-0.247

Çizelge 5.18'deki değerlere göre, bar bitiş noktasının orjinal kıyı çizgisine olan yatay uzaklığı (X_s) için, boyutlu lineer ve hiperbolik fonksiyonların kullanılmasıyla elde edilen denklemler;

$$X_s = 4.49 - 19.1m - 1.32T + 5.32H_0 - 91d_{50} \quad (5.9)$$

$$X_s = 0.052m^{-0.921}T^{-0.430}H_0^{0.321}d_{50}^{-0.247} \quad (5.10)$$

şeklindedir.

X_s için Boyutsuz Regresyon Analizleri

Kış profilleri ve oluşan barların geometrik özelliklerini belirlemeye yönelik yapılan bu deneysel çalışmadan elde edilen bulgulara dayalı olarak boyutsuz regresyon analizleri yapılmıştır. Boyutsuz analizlerde kullanılan bağımlı değişkenler X_s/L_0 , X_s/H_0 ve X_s/d_{50} iken bağımsız değişkenler ise m , H_0/L_0 , H_0/wT ve H_0/d_{50} 'dir. X_s 'nin boyutsuz regresyon analizlerinde boyutsuz bağımlı ve bağımsız değişken alternatifleri için determinasyon katsayıları hesaplanmış ve Çizelge 5.19'de verilmiştir.

Çizelge 5.19 X_s için Boyutsuz Değişken Alternatiflerinden Elde Edilen Determinasyon Katsayıları

Boyutsuz Değişken Durumu		Çoklu Lineer Fonksiyon İçin r^2	Çoklu Hiperbolik Fonksiyon İçin r^2
Bağımlı	Bağımsız		
X_s/L_0	m, H_0/L_0 , H_0/wT , H_0/d_{50}	0.888	0.966
	m, H_0/L_0 , H_0/d_{50}	0.786	0.831
	m, H_0/d_{50} , H_0/wT	0.645	0.701
X_s/H_0	m, H_0/L_0 , H_0/wT , H_0/d_{50}	0.874	0.937
	m, H_0/L_0 , H_0/d_{50}	0.700	0.698
	m, H_0/d_{50} , H_0/wT	0.769	0.764
X_s/d_{50}	m, H_0/L_0 , H_0/wT , H_0/d_{50}	0.928	0.983
	m, H_0/L_0 , H_0/d_{50}	0.875	0.919
	m, H_0/d_{50} , H_0/wT	0.896	0.937

Lineer ve hiperbolik fonksiyonlar için determinasyon katsayısının en büyük değerini bağımlı değişkenin X_s/d_{50} ; bağımsız değişkenlerin ise m, H_0/L_0 , H_0/wT , H_0/d_{50} olması durumunda aldığı Çizelge 5.19’da görülmektedir. Bu durum göz önüne alınarak bağımsız değişken sayısı azalmasının determinasyon katsayısı üzerindeki etkisi incelenmiş ve Çizelge 5.20’de verilmiştir.

Çizelge 5.20 X_s için Boyutsuz Bağımsız Değişkenlere Göre Determinasyon Katsayısındaki Azalma Oranları

Çoklu Lineer Fonksiyon					Çoklu Hiperbolik Fonksiyon				
Boyutsuz Değişken Durumu			r ²	r ² 'deki Azalma Oranı (%)	Boyutsuz Değişken Durumu			r ²	r ² 'deki Azalma Oranı (%)
Bağımlı	Bağımsız				Bağımlı	Bağımsız			
	Bulunma	Bulunmama				Bulunma	Bulunmama		
X _s /d ₅₀	m, H ₀ /L ₀ , H ₀ /wT, H ₀ /d ₅₀	-	0.928	-	X _s /d ₅₀	m, H ₀ /L ₀ , H ₀ /wT, H ₀ /d ₅₀	-	0.983	-
	m, H ₀ /L ₀ , H ₀ /wT	H ₀ /d ₅₀	0.317	65.84		m, H ₀ /L ₀ , H ₀ /wT	H ₀ /d ₅₀	0.318	67.65
	m, H ₀ /L ₀ , H ₀ /d ₅₀	H ₀ /wT	0.875	5.71		m, H ₀ /L ₀ , H ₀ /d ₅₀	H ₀ /wT	0.919	6.51
	m, H ₀ /wT, H ₀ /d ₅₀	H ₀ /L ₀	0.896	3.45		m, H ₀ /wT, H ₀ /d ₅₀	H ₀ /L ₀	0.937	4.68
	H ₀ /L ₀ , H ₀ /wT, H ₀ /d ₅₀	m	0.733	21.01		H ₀ /L ₀ , H ₀ /wT, H ₀ /d ₅₀	m	0.817	16.88
	m, H ₀ /L ₀	H ₀ /wT, H ₀ /d ₅₀	0.289	68.86		m, H ₀ /L ₀	H ₀ /wT, H ₀ /d ₅₀	0.294	70.09
	m, H ₀ /wT	H ₀ /L ₀ , H ₀ /d ₅₀	0.271	70.80		m, H ₀ /wT	H ₀ /L ₀ , H ₀ /d ₅₀	0.275	72.02
	H ₀ /L ₀ , H ₀ /wT	m, H ₀ /d ₅₀	0.087	90.63		H ₀ /L ₀ , H ₀ /wT	m, H ₀ /d ₅₀	0.099	89.93
	H ₀ /L ₀ , H ₀ /d ₅₀	m, H ₀ /wT	0.697	24.89		H ₀ /L ₀ , H ₀ /d ₅₀	m, H ₀ /wT	0.274	72.13
	m	H ₀ /L ₀ , H ₀ /wT, H ₀ /d ₅₀	0.258	72.20		m	H ₀ /L ₀ , H ₀ /wT, H ₀ /d ₅₀	0.241	75.48
	H ₀ /L ₀	m, H ₀ /wT, H ₀ /d ₅₀	0.003	99.68		H ₀ /L ₀	m, H ₀ /wT, H ₀ /d ₅₀	0.050	94.91
	H ₀ /wT	m, H ₀ /L ₀ , H ₀ /d ₅₀	0.008	99.14		H ₀ /wT	m, H ₀ /L ₀ , H ₀ /d ₅₀	0.026	97.36
	H ₀ /d ₅₀	m, H ₀ /L ₀ , H ₀ /wT	0.676	27.16		H ₀ /d ₅₀	m, H ₀ /L ₀ , H ₀ /wT	0.752	23.50

Çizelge 5.20 incelendiğinde, boyutsuz bağımsız değişken sayısındaki azalmanın determinasyon katsayısı değerinde azalmaya neden olduğu görülmektedir. Lineer ve hiperbolik fonksiyonlar için determinasyon katsayısındaki en fazla azalma H_0/d_{50} ve taban eğimi, m'nin bulunmaması durumunda söz konusu olmaktadır. Bulunmaması durumunda ise her iki fonksiyon için de derin-su dalga dikliği (H_0/L_0) en az etkiye sahiptir.

Determinasyon katsayısının en büyük değeri aldığı H_0/L_0 , H_0/wT ve H_0/d_{50} bağımsız değişkenlerin bulunması durumu için çoklu lineer ve hiperbolik fonksiyonların regresyon katsayıları Çizelge 5.21’de verilmiştir

Çizelge 5.21 X_s için Boyutsuz Regresyon Analizlerinden Elde Edilen Regresyon Katsayıları

Çoklu Lineer Fonksiyon		Çoklu Hiperbolik Fonksiyon	
$\frac{X_s}{d_{50}} = b_0 + b_1 m + b_2 \frac{H_0}{L_0} + b_3 \frac{H_0}{wT} + b_4 \frac{H_0}{d_{50}}$		$\frac{X_s}{d_{50}} = b_0 m^{b_1} \left(\frac{H_0}{L_0} \right)^{b_2} \left(\frac{H_0}{wT} \right)^{b_3} \left(\frac{H_0}{d_{50}} \right)^{b_4}$	
$r^2=0.928$		$r^2=0.983$	
Katsayılar	Değerler	Katsayılar	Değerler
b_0	7935	b_0	5.18
b_1	-50223	b_1	-0.925
b_2	30213	b_2	1.56
b_3	-9602	b_3	-2.5
b_4	21	b_4	1.29

Çizelge 5.21’deki değerlere göre, bar bitiş noktasının başlangıç kıyı çizgisine olan yatay uzaklığı (X_s) için boyutsuz çoklu lineer ve hiperbolik fonksiyonlardan elde edilen denklemler aşağıda verilmiştir:

$$\frac{X_s}{d_{50}} = 7935 - 50223m + 30213\left(\frac{H_0}{L_0}\right) - 9602\left(\frac{H_0}{wT}\right) + 21\left(\frac{H_0}{d_{50}}\right) \quad (5.11)$$

$$\frac{X_s}{d_{50}} = 5.18m^{-0.925} \left(\frac{H_0}{L_0}\right)^{1.56} \left(\frac{H_0}{wT}\right)^{-2.5} \left(\frac{H_0}{d_{50}}\right)^{1.29} \quad (5.12)$$

Çizelge 5.22’de lineer ve hiperbolik fonksiyonların kullanıldığı regresyon analizlerinden elde edilen boyutlu (5.9 ve 5.10) ve boyutsuz (5.11 ve 5.12) denklemlerin kullanılması ile hesaplanmış X_s değerleri ile deneysel ölçümlerden elde edilen X_s değerleri verilmiştir.

Çizelge 5.22 X_s için DeneySEL ve Regresyon Analizinden Elde Edilen Bulgular

Deney No	X_s (m)				
	DeneySEL	Lineer	Hiperbolik	Boyutsuz Lineer	Boyutsuz Hiperbolik
1	1.797	1.754	1.527	1.760	1.365
2	1.498	1.596	1.452	1.725	1.350
3	1.791	1.927	1.673	1.692	1.323
4	1.195	1.118	1.183	0.946	1.186
5	1.197	1.104	1.146	0.945	1.368
6	1.495	1.450	1.362	0.913	1.681
7	2.255	2.233	2.110	2.763	1.696
8	1.353	1.276	1.243	0.982	1.623
9	2.692	2.564	2.430	2.730	2.446
10	2.548	2.391	2.218	2.798	2.468
11	1.502	1.392	1.392	1.600	1.962
12	1.950	1.962	1.767	2.016	1.929
13	1.651	1.724	1.604	1.875	1.938
14	2.244	2.365	2.201	2.520	1.498
15	1.636	1.603	1.485	1.501	1.818
16	1.643	1.550	1.464	1.502	1.739
17	1.506	1.728	1.515	1.750	2.635
18	2.689	2.710	2.616	2.756	2.530
19	2.548	2.537	2.387	2.597	3.039
20	2.392	2.379	2.271	2.628	2.746
21	1.348	1.087	1.169	1.224	1.219
22	2.849	2.665	2.611	2.440	1.479
23	2.851	2.838	2.861	2.812	1.414
24	2.697	2.493	2.407	2.328	1.699
25	2.696	2.507	2.484	2.535	1.536
26	1.654	1.856	1.657	1.793	1.584
27	1.649	1.614	1.556	1.620	2.275
28	1.803	1.787	1.704	2.084	2.358
29	1.502	1.442	1.434	1.486	2.485
30	1.508	1.456	1.480	1.735	2.734
31	1.496	1.596	1.466	1.408	1.564
32	1.349	1.151	1.242	1.272	1.620
33	1.350	1.265	1.273	1.280	1.708
34	1.494	1.423	1.338	1.249	1.879

Çizelge 5.22 (Devam)

35	1.951	2.073	1.801	1.986	1.272
36	1.199	1.251	1.234	1.173	1.318
37	1.634	1.742	1.564	1.858	1.389
38	1.793	1.900	1.643	1.827	1.528
39	1.196	1.285	1.279	0.462	1.291
40	1.196	1.218	1.225	1.031	1.488
41	1.049	0.954	1.110	0.649	1.542
42	1.351	1.271	1.263	0.995	1.625
43	1.197	1.231	1.226	1.418	1.788
44	2.551	2.385	2.254	3.382	1.587
45	1.502	1.708	1.506	2.333	1.829
46	2.538	2.399	2.282	2.806	1.895
47	1.495	1.763	1.571	1.467	1.998
48	1.642	1.748	1.552	2.042	2.198
49	1.647	1.870	1.710	2.002	2.309
50	1.905	2.028	1.797	1.934	2.662
51	1.496	1.565	1.436	1.626	2.758
52	1.950	2.080	1.824	1.913	2.907
53	1.950	1.962	1.767	2.016	3.198
54	2.694	2.556	2.559	2.218	1.453
55	2.686	2.570	2.641	2.467	1.505
56	2.096	2.265	2.093	2.397	1.586
57	1.566	2.265	2.217	2.004	1.745
58	1.797	1.934	1.818	2.048	1.182
59	1.950	2.092	1.910	1.934	1.224
60	1.643	1.629	1.526	1.585	1.291
61	1.784	1.920	1.761	1.800	1.420
62	1.499	1.582	1.407	1.724	2.190
63	2.861	2.728	2.775	2.352	2.308
64	2.996	2.902	3.041	2.816	2.539

Çizelge 5.22 incelendiğinde, (5.12) ifadesiyle verilen boyutsuz hiperbolik denklemden elde edilen bulguların, deneysel ölçümlerden elde edilen X_s değerleri ile en iyi uyumu sağladığı görülmektedir.

Ayrıca X_b bar bitişi için diğer araştırmacılar tarafından önerilen ifadelerle de bir karşılaştırma yapılmıştır. Çizelge 5.23’de Kömürcü (2002)’nün X_s için vermiş

olduğu ifadede elde edilen değerler ile deneysel ölçüm ve bu çalışmada önerilen (5.12) denkleminde elde edilen bulguların karşılaştırılması yapılmıştır.

Çizelge 5.23 X_s için Önceki Çalışmalarla Karşılaştırmalar

Deney No	X_s (m)		
	Deneysel	Denk. (5.12)	Kömürcü (2002)
1	1.797	1.365	1.923
2	1.498	1.350	2.459
3	1.791	1.323	2.422
4	1.195	1.186	2.098
5	1.197	1.368	1.732
6	1.495	1.681	2.066
7	2.255	1.696	3.282
8	1.353	1.623	1.641
9	2.692	2.446	3.232
10	2.548	2.468	2.566
11	1.502	1.962	2.099
12	1.651	1.929	2.072
13	1.502	1.938	1.737
14	2.244	1.498	2.715
15	1.636	1.818	1.376
16	1.643	1.739	1.648
17	1.506	2.635	2.035
18	2.689	2.530	3.238
19	2.548	3.039	2.571
20	2.392	2.746	3.289
21	1.348	1.219	1.749
22	2.849	1.479	2.577
23	2.851	1.414	3.241
24	2.697	1.699	2.717
25	2.696	1.536	3.286
26	1.654	1.584	2.036
27	1.649	2.275	1.651
28	1.803	2.358	2.079
29	1.502	2.485	1.743
30	1.508	2.734	2.112

Çizelge 5.23 (Devam)

31	1.496	1.564	2.071
32	1.349	1.620	1.752
33	1.350	1.708	2.103
34	1.494	1.879	1.644
35	1.951	1.272	2.427
36	1.199	1.318	1.736
37	1.634	1.389	2.465
38	1.793	1.528	1.927
39	1.196	1.291	2.059
40	1.196	1.488	1.451
41	1.049	1.542	2.087
42	1.351	1.625	1.532
43	1.197	1.788	1.252
44	2.551	1.587	2.388
45	1.502	1.829	1.477
46	2.538	1.895	3.220
47	1.495	1.998	2.413
48	1.642	2.198	1.790
49	1.647	2.309	2.460
50	1.905	2.662	1.917
51	1.496	2.758	2.050
52	1.950	2.907	1.609
53	1.950	3.198	2.258
54	2.694	1.453	2.727
55	2.686	1.505	3.303
56	2.096	1.586	2.437
57	1.566	1.745	2.740
58	1.797	1.182	2.475
59	1.950	1.224	1.935
60	1.643	1.291	2.054
61	1.784	1.420	2.043
62	1.499	2.190	2.030
63	2.861	2.308	2.582
64	2.996	2.539	3.252

Çizelge 5.23 incelendiğinde, Kömürcü (2002)'nin önermiş olduğu denklemden elde edilen değerlerin bu çalışmada önerilen (5.12) ifadesi yardımıyla hesap edilen değerler ve deneysel ölçümlerle iyi uyum sağladığı görülmektedir.

Bölüm 5.2.3’de deneysel çalışmalardan elde edilen X_s bar bitiş noktasının başlangıç kıyı çizgisine olan mesafesi L_0 ’a bölünüp boyutsuzlaştırılmış ve derin-su dalga dikliği H_0/L_0 ile olan değişimi grafiksel olarak sunulmuştur. Aşağıda, X_s ’nin L_0 , H_0 ve d_{50} büyüklüklerine bölünmesi suretiyle elde edilen boyutsuz büyüklüklerinin derin-su dalga dikliği ile olan bire bir ilişkileri regresyon analizlerinden elde edilmiş ve Çizelge 5.24’de sunulmuştur.

Çizelge 5.24 X_s/L_0 , X_s/d_{50} ve X_s/H_0 ile H_0/L_0 Arasındaki İlişki

Boyutsuz Değişken Durumu		Çoklu Lineer Fonksiyon İçin r^2	Çoklu Hiperbolik Fonksiyon İçin r^2
Bağımlı	Bağımsız		
X_s/L_0	H_0/L_0	0.435	0.521
X_s/H_0	H_0/L_0	0.078	0.082
X_s/d_{50}	H_0/L_0	0.030	0.050

Çizelge 5.24’den de görüleceği her iki fonksiyon için de en yüksek regresyon katsayıları X_s/L_0 ile H_0/L_0 arasında söz konusu olmaktadır.

5.3.4 Bar Kret Derinliği- h_t

Bar kret noktasının durgun su seviyesine olan mesafesini belirlemeye yönelik olarak yapılan regresyon analizleri ve elde edilen boyutsuz denklemler aşağıda verilmiştir.

h_t için Boyutsuz Regresyon Analizleri

h_t için yapılan boyutsuz regresyon analizlerinde kullanılan bağımlı değişkenler h_t/L_0 , h_t/H_0 ve h_t/d_{50} iken bağımsız değişkenler ise m , H_0/L_0 , H_0/wT ve H_0/d_{50} 'dir. h_t 'nin boyutsuz regresyon analizlerinde boyutsuz bağımlı ve bağımsız değişken alternatifleri için determinasyon katsayıları hesaplanarak Çizelge 5.25'de verilmiştir.

Çizelge 5.25 h_t için Boyutsuz Değişken Alternatiflerinden Elde Edilen Determinasyon Katsayıları

Boyutsuz Değişken Durumu		Çoklu Lineer Fonksiyon İçin r^2	Çoklu Hiperbolik Fonksiyon İçin r^2
Bağımlı	Bağımsız		
h_t/L_0	$m, H_0/L_0, H_0/wT, H_0/d_{50}$	0.368	0.401
	$m, H_0/L_0, H_0/d_{50}$	0.257	0.333
	$m, H_0/d_{50}, H_0/wT$	0.178	0.270
h_t/H_0	$m, H_0/L_0, H_0/wT, H_0/d_{50}$	0.168	0.174
	$m, H_0/L_0, H_0/d_{50}$	0.104	0.090
	$m, H_0/d_{50}, H_0/wT$	0.131	0.108
h_t/d_{50}	$m, H_0/L_0, H_0/wT, H_0/d_{50}$	0.244	0.328
	$m, H_0/L_0, H_0/d_{50}$	0.194	0.260
	$m, H_0/d_{50}, H_0/wT$	0.217	0.275

En büyük determinasyon katsayısı değerlerini her iki fonksiyon için bağımlı değişkenlerin h_t/L_0 , bağımsız değişkenlerin ise m , H_0/L_0 , H_0/wT , H_0/d_{50} olduğu durumun verdiği Çizelge 5.25'de de görülmektedir. Daha önce diğer bar

parametreleri için elde edilmiş olanlara kıyasla h_t için determinasyon katsayıları oldukça küçük değerler almaktadır. Bununla birlikte determinasyon katsayılarının en büyük değeri aldığı durumlar için analizlerden elde edilen regresyon katsayıları Çizelge 5.26' te verilmiştir.

Çizelge 5.26 h_t için Boyutsuz Regresyon Analizlerinden Elde Edilen Regresyon Katsayıları

Çoklu Lineer Fonksiyon		Çoklu Hiperbolik Fonksiyon	
$\frac{h_t}{L_0} = b_0 + b_1 m + b_2 \frac{H_0}{L_0} + b_3 \frac{H_0}{wT} + b_4 \frac{H_0}{d_{50}}$		$\frac{h_t}{L_0} = b_0 m^{b_1} \left(\frac{H_0}{L_0}\right)^{b_2} \left(\frac{H_0}{wT}\right)^{b_3} \left(\frac{H_0}{d_{50}}\right)^{b_4}$	
$r^2=0.368$		$r^2=0.401$	
Katsayılar	Değerler	Katsayılar	Değerler
b_0	0.0474	b_0	21.12
b_1	0.185	b_1	0.233
b_2	0.941	b_2	2.92
b_3	-0.179	b_3	-2.84
b_4	-0.00009	b_4	-0.091

Çizelge 5.26'te verilen regresyon katsayıları için lineer ve hiperbolik fonksiyonlar için elde edilen boyutsuz denklemler;

$$\frac{h_t}{L_0} = 0.0474 + 0.185m + 0.941\left(\frac{H_0}{L_0}\right) - 0.179\left(\frac{H_0}{wT}\right) - 0.00009\left(\frac{H_0}{d_{50}}\right) \quad (5.13)$$

$$\frac{h_t}{L_0} = 21.12m^{0.233} \left(\frac{H_0}{L_0}\right)^{2.92} \left(\frac{H_0}{wT}\right)^{-2.84} \left(\frac{H_0}{d_{50}}\right)^{-0.091} \quad (5.14)$$

şeklinde. Bu denklemlerin kullanılmasıyla hesaplanmış h_t değerleri ile deneysel ölçümlerden elde edilen h_t değerleri aşağıda sunulmuştur (Çizelge 5.27).

Çizelge 5.27 h_t için Deneysel ve Regresyon Analizinden Elde Edilen Bulgular

Deney No	h_t (m)		
	Deneysel	Boyutsuz Lineer	Boyutsuz Hiperbolik
1	0.031	0.037	0.035
2	0.048	0.036	0.031
3	0.043	0.036	0.034
4	0.042	0.040	0.033
5	0.016	0.041	0.035
6	0.018	0.038	0.036
7	0.038	0.031	0.028
8	0.053	0.040	0.037
9	0.028	0.032	0.031
10	0.034	0.034	0.032
11	0.045	0.039	0.031
12	0.047	0.037	0.034
13	0.062	0.040	0.032
14	0.040	0.033	0.029
15	0.052	0.039	0.038
16	0.058	0.038	0.034
17	0.090	0.037	0.032
18	0.025	0.031	0.030
19	0.047	0.033	0.031
20	0.028	0.029	0.027
21	0.044	0.052	0.030
22	0.015	0.032	0.030
23	0.019	0.030	0.029
24	0.027	0.032	0.028
25	0.028	0.029	0.027
26	0.043	0.037	0.031
27	0.026	0.037	0.033
28	0.035	0.035	0.032
29	0.024	0.039	0.031
30	0.022	0.036	0.029
31	0.039	0.037	0.034
32	0.005	0.051	0.029
33	0.045	0.039	0.032
34	0.027	0.039	0.036

Çizelge 5.27 (Devam)

35	0.058	0.035	0.033
36	0.047	0.041	0.033
37	0.024	0.035	0.030
38	0.034	0.036	0.034
39	0.027	0.041	0.039
40	0.034	0.042	0.044
41	0.030	0.043	0.036
42	0.072	0.044	0.044
43	0.028	0.042	0.048
44	0.038	0.040	0.039
45	0.032	0.040	0.044
46	0.031	0.034	0.033
47	0.025	0.038	0.037
48	0.025	0.042	0.042
49	0.038	0.035	0.030
50	0.077	0.037	0.034
51	0.038	0.047	0.028
52	0.052	0.038	0.037
53	0.080	0.037	0.033
54	0.036	0.031	0.027
55	0.037	0.027	0.025
56	0.015	0.032	0.030
57	0.015	0.040	0.025
58	0.024	0.032	0.028
59	0.039	0.035	0.031
60	0.014	0.046	0.027
61	0.025	0.035	0.029
62	0.051	0.038	0.033
63	0.047	0.032	0.029
64	0.012	0.028	0.028

Çizelge 5.27 incelendiğinde, (5.13) ifadesiyle verilen boyutsuz lineer denklemin kullanılmasıyla hesaplanmış h_t değerlerine daha fazla yaklaştığı görülmektedir.

Ayrıca h_t rölatif bar kret derinliği için diğer araştırmacılar tarafından önerilen ifadelerle de bir karşılaştırma yapılmıştır. Çizelge 5.28’de Silvester ve Hsu (1998), Larson ve Kraus (1992) ve Kömürcü (2002)’nün X_t için vermiş oldukları ifadelerden

elde edilen değerler ile deneysel ölçüm ve bu çalışmada önerilen (5.13) denkleminde elde edilen bulguların karşılaştırılması yapılmıştır.

Çizelge 5.28 h_t için Önceki Çalışmalarla Karşılaştırmalar

Deney No	h_t (m)				
	Deneysel	Denk. (5.13)	Silvester ve Hsu (1989)	Larson ve Kraus (1992)	Kömürcü (2002)
1	0.031	0.037	0.048	0.066	0.006
2	0.048	0.036	0.055	0.073	0.006
3	0.043	0.036	0.054	0.092	0.010
4	0.042	0.040	0.054	0.073	0.005
5	0.016	0.041	0.039	0.059	0.004
6	0.018	0.038	0.046	0.092	0.008
7	0.038	0.031	0.049	0.073	0.007
8	0.053	0.040	0.060	0.066	0.005
9	0.028	0.032	0.044	0.092	0.013
10	0.034	0.034	0.044	0.066	0.008
11	0.045	0.039	0.054	0.073	0.005
12	0.047	0.037	0.061	0.092	0.010
13	0.062	0.040	0.061	0.059	0.004
14	0.040	0.033	0.048	0.059	0.006
15	0.052	0.039	0.060	0.059	0.005
16	0.058	0.038	0.061	0.066	0.006
17	0.090	0.037	0.049	0.059	0.005
18	0.025	0.031	0.044	0.092	0.013
19	0.047	0.033	0.052	0.066	0.008
20	0.028	0.029	0.045	0.073	0.008
21	0.044	0.052	0.055	0.046	0.002
22	0.015	0.032	0.044	0.066	0.009
23	0.019	0.030	0.048	0.092	0.014
24	0.027	0.032	0.044	0.059	0.006
25	0.028	0.029	0.049	0.073	0.008
26	0.043	0.037	0.055	0.059	0.005
27	0.026	0.037	0.053	0.066	0.006
28	0.035	0.035	0.061	0.092	0.010
29	0.024	0.039	0.046	0.059	0.004
30	0.022	0.036	0.047	0.073	0.006

Çizelge 5.28 (Devam)

31	0.039	0.037	0.053	0.092	0.009
32	0.005	0.051	0.040	0.046	0.002
33	0.045	0.039	0.055	0.073	0.005
34	0.027	0.039	0.046	0.066	0.005
35	0.058	0.035	0.061	0.092	0.010
36	0.047	0.041	0.054	0.059	0.004
37	0.058	0.035	0.061	0.092	0.010
38	0.047	0.041	0.054	0.059	0.004
39	0.027	0.041	0.046	0.092	0.008
40	0.034	0.042	0.045	0.066	0.006
41	0.030	0.043	0.047	0.073	0.005
42	0.072	0.044	0.060	0.073	0.006
43	0.028	0.042	0.045	0.059	0.005
44	0.038	0.040	0.048	0.073	0.010
45	0.032	0.040	0.048	0.059	0.006
46	0.031	0.034	0.048	0.092	0.012
47	0.025	0.038	0.048	0.092	0.009
48	0.025	0.042	0.048	0.073	0.007
49	0.038	0.035	0.055	0.073	0.006
50	0.077	0.037	0.066	0.066	0.007
51	0.038	0.047	0.050	0.046	0.003
52	0.052	0.038	0.059	0.059	0.006
53	0.080	0.037	0.066	0.073	0.007
54	0.036	0.031	0.048	0.059	0.007
55	0.037	0.027	0.052	0.073	0.009
56	0.015	0.032	0.060	0.092	0.012
57	0.015	0.040	0.025	0.046	0.004
58	0.024	0.032	0.049	0.073	0.007
59	0.039	0.035	0.054	0.066	0.007
60	0.014	0.046	0.044	0.046	0.003
61	0.025	0.035	0.049	0.059	0.005
62	0.051	0.038	0.054	0.059	0.004
63	0.047	0.032	0.056	0.066	0.009
64	0.012	0.028	0.052	0.092	0.015

Çizelge 5.28 incelendiğinde, Silvester ve Hsu (1989)'nun önermiş olduğu denklemden elde edilen değerlerin bu çalışmada önerilen (5.13) ifadesi yardımıyla hesap edilen değerler ve deneysel ölçümlerle iyi uyum sağladığı görülmektedir.

Bölüm 5.2.4-5.2.6’da deneysel çalışmalardan elde edilen bar başlangıç (h_b), kret (h_t) ve bitiş noktası (h_s)’nin durgun su seviyesinden olan mesafeleri L_0 ’a bölünüp boyutsuzlaştırılmış ve derin-su dalga dikliği H_0/L_0 ile olan değişimleri grafiksel olarak sunulmuştur. Aşağıda h_b , h_t ve h_s ’nin L_0 , H_0 ve d_{50} büyüklüklerine bölünmesi suretiyle elde edilen boyutsuz büyüklüklerinin derin-su dalga dikliği ile olan ilişkileri regresyon analizlerinden elde edilerek Çizelge 5.29-5.31’de sunulmuştur. Çizelgeler incelendiğinde her iki fonksiyon için de en yüksek determinasyon katsayılarının h_b/L_0 , h_t/L_0 ve h_s/L_0 ile H_0/L_0 arasında olduğu görülmektedir.

Çizelge 5.29 h_b/L_0 , h_b/H_0 ve h_b/d_{50} ile H_0/L_0 ile Arasındaki İlişki

Boyutsuz Değişken Durumu		Çoklu Lineer Fonksiyon İçin r^2	Çoklu Hiperbolik Fonksiyon İçin r^2
Bağımlı	Bağımsız		
h_b/L_0	H_0/L_0	0.523	0.300
h_b/H_0	H_0/L_0	0.010	0.013
h_b/d_{50}	H_0/L_0	0.000	0.002

Çizelge 5.30 h_t/L_0 , h_t/H_0 ve h_t/d_{50} ile H_0/L_0 Arasındaki İlişki

Boyutsuz Değişken Durumu		Çoklu Lineer Fonksiyon İçin r^2	Çoklu Hiperbolik Fonksiyon İçin r^2
Bağımlı	Bağımsız		
h_t/L_0	H_0/L_0	0.178	0.273
h_t/H_0	H_0/L_0	0.028	0.010
h_t/d_{50}	H_0/L_0	0.037	0.026

Çizelge 5.31 h_s/L_0 , h_s/H_0 ve h_s/d_{50} ile H_0/L_0 Arasındaki İlişki

Boyutsuz Değişken Durumu		Çoklu Lineer Fonksiyon İçin r^2	Çoklu Hiperbolik Fonksiyon İçin r^2
Bağımlı	Bağımsız		
h_s/L_0	H_0/L_0	0.621	0.677
h_s/H_0	H_0/L_0	0.078	0.059
h_s/d_{50}	H_0/L_0	0.019	0.032

5.3.5 Bar Hacmi (V_{bar})

Fırtına koşulları altında oluşan kış profillerinin geometrik özelliklerini belirlemeye yönelik yapılan bu deneysel çalışmadan elde edilen bulgulara dayalı olarak bar hacmi için yapılan regresyon analizleri ve elde edilen boyutlu ve boyutsuz denklemler aşağıda sunulmuştur.

V_{bar} için Boyutlu Regresyon Analizleri

Fırtına koşullarında deniz tarafına doğru meydana gelen sediment taşınımı ile birlikte kıyı ön yüzünden aşınan malzemenin deniz tarafında yığılmasıyla oluşan bar hacmi üzerinde taban eğimi (m), dalga periyodu (T), derin-su dalga yüksekliği (H_0) ve ortalama tane çapı (d_{50})'nin etkisini incelemek amacıyla regresyon analizleri yapılmıştır. Çizelge 5.32'de de görüldüğü gibi fonksiyonun çoklu lineer fonksiyon olması durumunda korelasyon katsayısının karesi olan determinasyon katsayısı 0.732 değeri almaktadır. Çoklu hiperbolik fonksiyon kullanılması durumunda ise $r^2=0.823$ olmaktadır. Benzer şekilde bağımsız değişken sayısının azalması halinde determinasyon katsayıları yeni duruma göre yeniden hesaplanmış ve buna bağlı olarak determinasyon katsayısındaki azalma oranları belirlenerek Çizelge 5.32'de verilmiştir.

Çizelge 5.32 V_{bar} için Bağımsız Değişkenlere Göre Determinasyon Katsayısındaki Azalma Oranları

Bağımsız Değişken Durumu		Fonksiyon Türü			
		Çoklu Lineer Fonksiyon		Çoklu Hiperbolik Fonksiyon	
Bulunma	Bulunmama	Determinasyon Katsayısı r^2	r^2 'deki Azalma Oranı (%)	Determinasyon Katsayısı r^2	r^2 'deki Azalma Oranı (%)
m, T, H_0 , d_{50}	-	0.732	-	0.823	-
m, T, H_0	d_{50}	0.179	75.55	0.148	82.02
m, T, d_{50}	H_0	0.605	17.35	0.693	15.80
m, H_0 , d_{50}	T	0.633	13.52	0.734	10.81
T, H_0 , d_{50}	m	0.678	7.38	0.773	6.08
m, T	H_0 , d_{50}	0.122	83.33	0.107	87.00
m, H_0	T, d_{50}	0.177	75.82	0.147	82.14
m, d_{50}	T, H_0	0.456	37.70	0.563	31.59
T, H_0	m, d_{50}	0.083	88.66	0.058	92.95
T, d_{50}	m, H_0	0.527	28.01	0.618	24.91
H_0 , d_{50}	m, T	0.582	20.49	0.689	16.28
m	T, H_0 , d_{50}	0.110	84.97	0.103	87.48
T	m, H_0 , d_{50}	0.009	98.77	0.002	99.76
H_0	m, T, d_{50}	0.083	88.66	0.058	92.95
d_{50}	m, T, H_0	0.379	48.22	0.492	40.22

Çizelge 5.32 incelendiğinde her iki tür fonksiyon için de değişken sayısı azalması ile birlikte determinasyon katsayısında da azalma olduğu görülmektedir. Hem lineer hem de hiperbolik fonksiyonlar için determinasyon katsayısında en fazla azalma ortalama tane çapı (d_{50}) ve derin-su dalga yüksekliği (H_0)'nın bulunmaması durumunda söz konusu olmaktadır. Bir başka deyişle bu iki parametre en etkin iki parametredir. Bulunmaması durumunda ise her iki fonksiyon için de taban eğimi (m) ve dalga periyodu (T) en az etkiye sahiptir.

Determinasyon katsayısının en büyük değeri aldığı durum için çoklu lineer ve hiperbolik fonksiyonların regresyon katsayıları Çizelge 5.33'de sunulmuştur.

Çizelge 5.33 V_{bar} için Boyutlu Regresyon Analizlerinden Elde Edilen Regresyon Katsayıları

Çoklu Lineer Fonksiyon		Çoklu Hiperbolik Fonksiyon	
$V_{\text{bar}} = b_0 + b_1 m + b_2 T + b_3 H_0 + b_4 d_{50}$		$V_{\text{bar}} = b_0 m^{b_1} T^{b_2} H_0^{b_3} d_{50}^{b_4}$	
$r^2=0.732$		$r^2=0.823$	
Katsayılar	Değerler	Katsayılar	Değerler
b_0	3.18	b_0	0.00065
b_1	-5.80	b_1	-0.0424
b_2	-2.21	b_2	-1.10
b_3	10.40	b_3	0.924
b_4	2444	b_4	-1.03

Çizelge 5.33'deki değerlere göre, bar hacmi (V_{bar}) için boyutlu lineer ve hiperbolik fonksiyonlardan elde edilen denklemler;

$$V_{\text{bar}} = 0.0318 - 0.0580m - 0.0221T + 0.10H_0 - 24.4d_{50} \quad (5.15)$$

$$V_{\text{bar}} = 0.0000065m^{-0.424}T^{-1.10}H_0^{0.924}d_{50}^{-1.03} \quad (5.16)$$

şeklinde olmaktadır.

V_{bar} için Boyutsuz Regresyon Analizleri

Bar hacmi (V_{bar}) için yapılan boyutsuz regresyon analizlerinde kullanılan bağımlı değişkenler V_{bar}/L_0^2 , V_{bar}/H_0^2 ve V_{bar}/d_{50}^2 iken bağımsız değişkenler ise m , H_0/L_0 , H_0/wT ve H_0/d_{50} 'dir. V_{bar} 'ın boyutsuz bağımlı ve bağımsız değişken alternatifleri için determinasyon katsayıları hesaplanmış ve Çizelge 5.34'de verilmiştir.

Çizelge 5.34 V_{bar} için Boyutsuz Değişken Alternatiflerinden Elde Edilen Determinasyon Katsayıları

Boyutsuz Değişken Durumu		Çoklu Lineer Fonksiyon İçin r^2	Çoklu Hiperbolik Fonksiyon İçin r^2
Bağımlı	Bağımsız		
V_{bar}/L_0^2	m, H_0/L_0 , H_0/wT , H_0/d_{50}	0.784	0.816
	m, H_0/L_0 , H_0/d_{50}	0.608	0.578
	m, H_0/d_{50} , H_0/wT	0.438	0.428
V_{bar}/H_0^2	m, H_0/L_0 , H_0/wT , H_0/d_{50}	0.675	0.748
	m, H_0/L_0 , H_0/d_{50}	0.388	0.759
	m, H_0/d_{50} , H_0/wT	0.503	0.426
V_{bar}/d_{50}^2	m, H_0/L_0 , H_0/wT , H_0/d_{50}	0.733	0.969
	m, H_0/L_0 , H_0/d_{50}	0.643	0.682
	m, H_0/d_{50} , H_0/wT	0.664	0.682

Çizelge incelendiğinde, determinasyon katsayısı en büyük değerini lineer fonksiyon için bağımlı değişkenin V_{bar}/L_0^2 , bağımsız değişkenlerin ise m, H_0/L_0 , H_0/wT ve H_0/d_{50} olduğu durumda almaktadır. Kullanılan fonksiyonun çoklu hiperbolik fonksiyon olması halinde ise determinasyon katsayısı en büyük değerine bağımlı değişkenlerin V_{bar}/d_{50}^2 , bağımsız değişkenlerin ise m, H_0/L_0 , H_0/wT ve H_0/d_{50} olduğu durumda ulaşmaktadır. Bu durum göz önüne alınarak bağımsız değişken sayısı azalmasıyla r^2 'de görülen değişim incelenmiş ve Çizelge 5.35'de sunulmuştur.

Çizelge 5.35 V_{bar} için Boyutsuz Bağımsız Değişkenlere Göre Determinasyon Katsayısındaki Azalma Oranları

Çoklu Lineer Fonksiyon					Çoklu Hiperbolik Fonksiyon				
Boyutsuz Değişken Durumu			r ²	r ² 'deki Azalma Oranı (%)	Boyutsuz Değişken Durumu			r ²	r ² 'deki Azalma Oranı (%)
Bağımlı	Bağımsız				Bağımlı	Bağımsız			
	Bulunma	Bulunmama				Bulunma	Bulunmama		
V _{bar} /L ₀ ²	m, H ₀ /L ₀ , H ₀ /wT, H ₀ /d ₅₀	-	0.784	-	V _{bar} /d ₅₀ ²	m, H ₀ /L ₀ , H ₀ /wT, H ₀ /d ₅₀	-	0.969	-
	m, H ₀ /L ₀ , H ₀ /wT	H ₀ /d ₅₀	0.457	41.71		m, H ₀ /L ₀ , H ₀ /wT	H ₀ /d ₅₀	0.126	87.00
	m, H ₀ /L ₀ , H ₀ /d ₅₀	H ₀ /wT	0.608	22.45		m, H ₀ /L ₀ , H ₀ /d ₅₀	H ₀ /wT	0.897	7.43
	m, H ₀ /wT, H ₀ /d ₅₀	H ₀ /L ₀	0.438	44.13		m, H ₀ /wT, H ₀ /d ₅₀	H ₀ /L ₀	0.915	5.57
	H ₀ /L ₀ , H ₀ /wT, H ₀ /d ₅₀	m	0.757	3.44		H ₀ /L ₀ , H ₀ /wT, H ₀ /d ₅₀	m	0.941	2.88
	m, H ₀ /L ₀	H ₀ /wT, H ₀ /d ₅₀	0.430	45.15		m, H ₀ /L ₀	H ₀ /wT, H ₀ /d ₅₀	0.090	90.71
	m, H ₀ /wT	H ₀ /L ₀ , H ₀ /d ₅₀	0.327	58.29		m, H ₀ /wT	H ₀ /L ₀ , H ₀ /d ₅₀	0.067	93.09
	H ₀ /L ₀ , H ₀ /wT	m, H ₀ /d ₅₀	0.432	44.90		H ₀ /L ₀ , H ₀ /wT	m, H ₀ /d ₅₀	0.102	89.47
	H ₀ /L ₀ , H ₀ /d ₅₀	m, H ₀ /wT	0.600	23.47		H ₀ /L ₀ , H ₀ /d ₅₀	m, H ₀ /wT	0.892	7.95
	m	H ₀ /L ₀ , H ₀ /wT, H ₀ /d ₅₀	0.018	97.70		m	H ₀ /L ₀ , H ₀ /wT, H ₀ /d ₅₀	0.032	96.70
	H ₀ /L ₀	m, H ₀ /wT, H ₀ /d ₅₀	0.411	47.58		H ₀ /L ₀	m, H ₀ /wT, H ₀ /d ₅₀	0.056	94.22
	H ₀ /wT	m, H ₀ /L ₀ , H ₀ /d ₅₀	0.315	59.82		H ₀ /wT	m, H ₀ /L ₀ , H ₀ /d ₅₀	0.031	96.80
	H ₀ /d ₅₀	m, H ₀ /L ₀ , H ₀ /wT	0.168	78.57		H ₀ /d ₅₀	m, H ₀ /L ₀ , H ₀ /wT	0.873	9.91

Çizelge 5.35 incelendiğinde determinasyon katsayısının değeri bağımsız değişken sayısının azalması ile birlikte azalmaktadır. Ayrıca lineer fonksiyon için bağımlı değişkenin V_{bar}/L_0^2 , hiperbolik fonksiyon için ise V_{bar}/d_{50}^2 olması durumunda r^2 en büyük değerini almaktadır. Buna ilave olarak lineer fonksiyon için H_0/L_0 ve H_0/d_{50} 'nin bulunmaması durumunda determinasyon katsayısında en fazla azalma söz konusu olmaktadır. Taban eğimi ise en az etkiye sahip değişkendir. Çoklu hiperbolik fonksiyon için H_0/d_{50} değişkeninin bulunmaması determinasyon

katsayısında en fazla azalmaya neden olurken taban eğimi (m) ve derin-su dalga dikliği (H_0/L_0) en az etkiye sahip olan iki parametredir.

Determinasyon katsayısının en büyük değeri aldığı durumda çoklu lineer ve hiperbolik fonksiyonlar için regresyon katsayıları Çizelge 5.36’de sunulmuştur.

Çizelge 5.36 V_{bar} için Boyutsuz Regresyon Analizlerinden Elde Edilen Regresyon Katsayıları

Çoklu Lineer Fonksiyon		Çoklu Hiperbolik Fonksiyon	
$\frac{V_{\text{bar}}}{L_0^2} = b_0 + b_1 m + b_2 \frac{H_0}{L_0} + b_3 \frac{H_0}{wT} + b_4 \frac{H_0}{d_{50}}$		$\frac{V_{\text{bar}}}{d_{50}^2} = b_0 m^{b_1} \left(\frac{H_0}{L_0}\right)^{b_2} \left(\frac{H_0}{wT}\right)^{b_3} \left(\frac{H_0}{d_{50}}\right)^{b_4}$	
$r^2=0.784$		$r^2=0.969$	
Katsayılar	Değerler	Katsayılar	Değerler
b_0	0.00274	b_0	0.268
b_1	-0.122	b_1	-0.430
b_2	0.813	b_2	3.63
b_3	-0.144	b_3	2.2587
b_4	0.000127	b_4	3.12

Çizelge 5.36’deki değerlere göre, bar hacmi (V_{bar}) için boyutsuz lineer ve hiperbolik fonksiyonlardan elde edilen denklemler aşağıda sunulmuştur:

$$\frac{V_{\text{bar}}}{L_0^2} = 0.00274 - 0.122m + 0.813\left(\frac{H_0}{L_0}\right) - 0.144\left(\frac{H_0}{wT}\right) + 0.000127\left(\frac{H_0}{d_{50}}\right) \quad (5.17)$$

$$\frac{V_{\text{bar}}}{d_{50}^2} = 0.268m^{-0.430} \left(\frac{H_0}{L_0}\right)^{3.63} \left(\frac{H_0}{wT}\right)^{-5.73} \left(\frac{H_0}{d_{50}}\right)^{3.12} \quad (5.18)$$

Çizelge 5.37’de regresyon analizlerinden elde edilen boyutlu (5.15 ve 5.16) ve boyutsuz (5.17 ve 5.18) denklemlerin kullanılması ile hesaplanmış V_{bar} değerleri ile deneysel ölçümlerden elde edilen V_{bar} değerleri verilmiştir.

Çizelge 5.37 V_{bar} için Deneysel ve Regresyon Analizinden Elde Edilen Bulgular

Deney No	$V_{\text{bar}} \text{ (m}^2\text{)}$				
	Deneysel	Lineer	Hiperbolik	Boyutsuz Lineer	Boyutsuz Hiperbolik
1	0.0095	0.0080	0.0073	0.0072	0.0066
2	0.0082	0.0055	0.0061	0.0013	0.0058
3	0.0121	0.0115	0.0094	0.0103	0.0088
4	0.0063	0.0041	0.0056	0.0011	0.0053
5	0.0043	0.0035	0.0051	0.0019	0.0047
6	0.0114	0.0101	0.0085	0.0092	0.0080
7	0.0081	0.0074	0.0073	0.0044	0.0069
8	0.0077	0.0066	0.0066	0.0063	0.0060
9	0.0149	0.0134	0.0111	0.0117	0.0104
10	0.0062	0.0099	0.0086	0.0084	0.0078
11	0.0088	0.0114	0.0110	0.0152	0.0110
12	0.0155	0.0174	0.0169	0.0187	0.0162
13	0.0094	0.0109	0.0102	0.0107	0.0096
14	0.0089	0.0108	0.0091	0.0086	0.0084
15	0.0124	0.0146	0.0139	0.0096	0.0128
16	0.0146	0.0139	0.0130	0.0117	0.0120
17	0.0059	0.0089	0.0077	0.0065	0.0070
18	0.0162	0.0173	0.0152	0.0150	0.0141
19	0.0141	0.0138	0.0117	0.0103	0.0106
20	0.0110	0.0114	0.0099	0.0099	0.0094
21	0.0061	0.0057	0.0066	0.0046	0.0063
22	0.0179	0.0173	0.0170	0.0138	0.0157
23	0.0182	0.0208	0.0220	0.0213	0.0213
24	0.0101	0.0142	0.0133	0.0143	0.0126
25	0.0083	0.0148	0.0143	0.0205	0.0143
26	0.0082	0.0123	0.0112	0.0122	0.0106
27	0.0189	0.0156	0.0168	0.0148	0.0153
28	0.0221	0.0191	0.0218	0.0237	0.0204
29	0.0106	0.0126	0.0131	0.0153	0.0121
30	0.0124	0.0131	0.0142	0.0233	0.0135
31	0.0112	0.0140	0.0116	0.0125	0.0108
32	0.0097	0.0074	0.0085	0.0126	0.0081
33	0.0078	0.0080	0.0076	0.0045	0.0072
34	0.0102	0.0105	0.0090	0.0082	0.0081

Çizelge 5.37 (Devam)

35	0.0125	0.0154	0.0128	0.0136	0.0119
36	0.0064	0.0074	0.0070	0.0049	0.0064
37	0.0080	0.0094	0.0083	0.0068	0.0079
38	0.0094	0.0119	0.0099	0.0091	0.0089
39	0.0061	0.0057	0.0066	0.0079	0.0065
40	0.0071	0.0039	0.0059	0.0074	0.0057
41	0.0029	0.0003	0.0043	0.0033	0.0044
42	0.0069	0.0050	0.0065	0.0083	0.0063
43	0.0067	0.0040	0.0060	0.0069	0.0059
44	0.0073	0.0084	0.0085	0.0097	0.0084
45	0.0043	0.0055	0.0066	0.0069	0.0062
46	0.0056	0.0091	0.0086	0.0105	0.0085
47	0.0064	0.0071	0.0072	0.0090	0.0072
48	0.0069	0.0064	0.0071	0.0090	0.0071
49	0.0103	0.0128	0.0121	0.0176	0.0121
50	0.0123	0.0153	0.0143	0.0134	0.0141
51	0.0073	0.0071	0.0072	0.0079	0.0070
52	0.0148	0.0161	0.0152	0.0102	0.0143
53	0.0093	0.0144	0.0134	0.0175	0.0140
54	0.0249	0.0159	0.0171	0.0190	0.0158
55	0.0208	0.0165	0.0185	0.0287	0.0177
56	0.0232	0.0205	0.0239	0.0248	0.0225
57	0.0125	0.0108	0.0111	0.0204	0.0106
58	0.0146	0.0145	0.0156	0.0256	0.0149
59	0.0174	0.0170	0.0185	0.0157	0.0169
60	0.0119	0.0088	0.0093	0.0160	0.0089
61	0.0120	0.0140	0.0144	0.0169	0.0133
62	0.0062	0.0050	0.0056	0.0034	0.0052
63	0.0234	0.0190	0.0220	0.0169	0.0201
64	0.0334	0.0225	0.0284	0.0262	0.0267

(5.17) ifadesiyle verilen boyutsuz lineer denklemin kullanılmasıyla hesap edilmiş V_{bar} değerlerinin deneysel ölçümlerden elde edilen V_{bar} değerlerine en çok yaklaştığı Çizelge 5.37’den de görülmektedir.

Ayrıca V_{bar} hacmi için diğer araştırmacılar tarafından önerilen ifadelerle de bir karşılaştırma yapılmıştır. Çizelge 5.38’de Silvester ve Hsu (1998), Larson ve Kraus (1992) ve Kömürcü (2002)’nin V_{bar} için vermiş oldukları ifadelerden elde

edilen değerler ile deneysel ölçüm ve bu çalışmada önerilen (5.17) denkleminde elde edilen bulguların karşılaştırılması yapılmıştır.

Çizelge 5.38 V_{bar} için Önceki Çalışmalarla Karşılaştırmalar

Deney No	$V_{bar} (m^2)$				
	Deneyssel	Denk. (5.17)	Silvester ve Hsu (1989)	Larson ve Kraus (1992)	Kömürcü (2002)
1	0.0095	0.0072	0.0059	0.0038	0.0143
2	0.0082	0.0013	0.0029	0.0053	0.0239
3	0.0121	0.0103	0.0100	0.0083	0.0245
4	0.0063	0.0011	0.0037	0.0053	0.0233
5	0.0043	0.0019	0.0035	0.0032	0.0151
6	0.0114	0.0092	0.0129	0.0083	0.0239
7	0.0081	0.0044	0.0019	0.0053	0.0252
8	0.0077	0.0063	0.0076	0.0038	0.0139
9	0.0149	0.0117	0.0063	0.0083	0.0258
10	0.0062	0.0084	0.0038	0.0038	0.0150
11	0.0088	0.0152	0.0038	0.0054	0.0274
12	0.0155	0.0187	0.0130	0.0084	0.0282
13	0.0094	0.0107	0.0036	0.0033	0.0179
14	0.0089	0.0086	0.0018	0.0032	0.0176
15	0.0124	0.0096	0.0109	0.0028	0.0112
16	0.0146	0.0117	0.0076	0.0038	0.0165
17	0.0059	0.0065	0.0028	0.0032	0.0168
18	0.0162	0.0150	0.0063	0.0084	0.0278
19	0.0141	0.0103	0.0038	0.0038	0.0162
20	0.011	0.0099	0.0019	0.0054	0.0272
21	0.0061	0.0046	0.0011	0.0020	0.0171
22	0.0179	0.0138	0.0038	0.0038	0.0178
23	0.0182	0.0213	0.0064	0.0084	0.0305
24	0.0101	0.0143	0.0018	0.0033	0.0193
25	0.0083	0.0205	0.0019	0.0054	0.0296
26	0.0082	0.0122	0.0028	0.0033	0.0184
27	0.0189	0.0148	0.0076	0.0039	0.0176
28	0.0221	0.0237	0.0129	0.0085	0.0302
29	0.0106	0.0153	0.0035	0.0033	0.0191
30	0.0124	0.0233	0.0037	0.0054	0.0295

Çizelge 5.38 (Devam)

31	0.0112	0.0125	0.0129	0.0084	0.0258
32	0.0097	0.0126	0.0011	0.0021	0.0182
33	0.0078	0.0045	0.0037	0.0054	0.0252
34	0.0102	0.0082	0.0076	0.0038	0.0150
35	0.0125	0.0136	0.0100	0.0084	0.0265
36	0.0064	0.0049	0.0035	0.0032	0.0163
37	0.0080	0.0068	0.0029	0.0054	0.0259
38	0.0094	0.0091	0.0059	0.0038	0.0154
39	0.0061	0.0079	0.0130	0.0082	0.0223
40	0.0071	0.0074	0.0137	0.0034	0.0102
41	0.0029	0.0033	0.0038	0.0053	0.0217
42	0.0069	0.0083	0.0169	0.0043	0.0116
43	0.0067	0.0069	0.0169	0.0026	0.0074
44	0.0073	0.0097	0.0083	0.0043	0.0125
45	0.0043	0.0069	0.0126	0.0026	0.0077
46	0.0056	0.0105	0.0064	0.0082	0.0240
47	0.0064	0.0090	0.0101	0.0082	0.0229
48	0.0069	0.0090	0.0132	0.0043	0.0119
49	0.0103	0.0176	0.0030	0.0054	0.0281
50	0.0123	0.0134	0.0061	0.0038	0.0167
51	0.0073	0.0079	0.0008	0.0020	0.0176
52	0.0148	0.0102	0.0086	0.0028	0.0114
53	0.0093	0.0175	0.0045	0.0051	0.0237
54	0.0249	0.0190	0.0018	0.0033	0.0207
55	0.0208	0.0287	0.0019	0.0054	0.0318
56	0.0232	0.0248	0.0100	0.0085	0.0310
57	0.0125	0.0204	0.0005	0.0021	0.0197
58	0.0146	0.0256	0.0029	0.0054	0.0303
59	0.0174	0.0157	0.0059	0.0039	0.0180
60	0.0119	0.0160	0.0008	0.0021	0.0187
61	0.0120	0.0169	0.0028	0.0033	0.0197
62	0.0062	0.0034	0.0028	0.0032	0.0155
63	0.0234	0.0169	0.0038	0.0039	0.0190
64	0.0334	0.0262	0.0063	0.0085	0.0326

Çizelge 5.38 incelendiğinde, Silvester ve Hsu (1989)'nın önermiş olduğu denklemden elde edilen değerlerin bu çalışmada önerilen (5.17) ifadesi yardımıyla hesap edilen değerler ve deneysel ölçümlerle iyi uyum sağladığı görülmektedir.

Bölüm 5.2.7’de deneysel çalışmalardan elde edilen V_{bar} bar hacmi L_0^2 ’ye bölünüp boyutsuzlaştırılmış ve derin-su dalga dikliği H_0/L_0 ile olan değişimi grafiksel olarak sunulmuştur. Aşağıda V_{bar} ’ın L_0^2 , H_0^2 ve d_{50}^2 büyüklüklerine bölünmesi suretiyle elde edilen boyutsuz büyüklüklerin derin-su dalga dikliği ile olan ilişkileri regresyon analizlerinden elde edilmiş ve Çizelge 5.39’da sunulmuştur.

Çizelge 5.39 V_{bar}/L_0^2 , V_{bar}/d_{50}^2 , V_{bar}/H_0^2 ve H_0/L_0 ile Arasındaki İlişki

Boyutsuz Değişken Durumu		Çoklu Lineer Fonksiyon İçin r^2	Çoklu Hiperbolik Fonksiyon İçin r^2
Bağımlı	Bağımsız		
V_{bar}/L_0^2	H_0/L_0	0.411	0.410
V_{bar}/H_0^2	H_0/L_0	0.136	0.144
V_{bar}/d_{50}^2	H_0/L_0	0.040	0.056

Çizelge 5.39 incelendiğinde her iki fonksiyon için de en yüksek regresyon katsayılarının V_{bar}/L_0^2 ile H_0/L_0 arasında olduğu görülmektedir.

6. SONUÇLAR

İnşaat Mühendisliği Laboratuvarındaki dalga kanalında modellenen 1/8, 1/0 ve 1/15 kıyı eğimine sahip tabanlar üzerinde kıyıya dik doğrultudaki sediment taşınımı ve bunun neticesinde oluşan kıyı profillerinin geometrik özellikleri incelenmiş, oluşan bu profiller üzerinde etkili olan parametreler araştırılmıştır. Fırtına koşulları altında gerçekleştirilen deneylerde taban malzemesi olarak beş farklı ortalama tane çapına sahip kum malzemesi kullanılmıştır. Deneylerde kullanılan kumların ortalama tane çapları $d_{50} = 0.25, 0.32, 0.45, 0.62$ ve 0.80 mm'dir. Ayrıca kıyıya dik doğrultudaki sediment taşınımı ile ilgili yapılan bu deneysel çalışmalardan elde edilen bulgulara dayalı olarak regresyon analizi yapılmış, oluşan bar tipi kıyı profillerinin geometrik özelliklerini etkileyen parametreler için boyutlu ve boyutsuz denklemler elde edilmiştir. Aşağıda yapılan bu çalışmadan elde edilen sonuçlar sunulmaktadır.

- Derin-su dalga diklikleri arttıkça deniz tarafına doğru olan net taşınım artmakta dolayısıyla deniz tarafında oluşan barın hacmi de artmaktadır.
- Artan H_0/L_0 değerlerinde barlar daha açığa doğru taşınmakta böylelikle bar başlangıç, tepe ve bitiş noktalarının durgun su seviyesinden olan mesafeleri ile bar başlangıç, tepe ve bitiş noktalarının kıyı çizgisine olan yatay mesafeleri de artış göstermektedir.
- Aynı taban eğimleri üzerinde farklı tane çapına sahip malzemenin taşınımı incelendiğinde ortalama tane çapı küçüldükçe denize doğru daha fazla katı madde taşınımı gerçekleşmekte, kıyı ön yüzünden daha fazla malzeme aşınması söz konusu olmaktadır. Bunun neticesinde açıkta oluşan barın hacmi de artmaktadır.
- Aynı ortalama tane çapına sahip malzemenin farklı taban eğimleri üzerindeki davranışı irdelendiğinde ise taban eğiminin küçülmesi ile birlikte

bar başlangıç ve bitiş noktalarının kıyı çizgisine olan yatay mesafelerinde genelde bir artışın olduğunu söylemek mümkün gözükmemektedir. Ayrıca taban eğiminin küçülmesiyle bar hacminde artış söz konusu olmaktadır.

- Boyutsuz çökme parametresi, H_0/wT 'nin aldığı değerler ortalama tane çapının artmasıyla birlikte artmaktadır. Bu çalışmada H_0/wT 'nin aldığı değerler $d_{50}= 0.25$ için 0.85; $d_{50}= 0.32$ için 0.86; $d_{50}= 0.45$ için 0.93; $d_{50}= 0.62$ için 0.94; $d_{50}= 0.80$ için 1.11'dir.
- Deneysel çalışmalardan elde edilen bulgulara dayalı olarak yapılan regresyon analizlerinden deneysel ölçümlerle en iyi uyumu sağlayan bar parametreleri ile ilgili elde edilen denklemler aşağıda verilmiştir:

Bar başlangıç noktasının orijinal kıyı çizgisine olan yatay mesafesi;

$$\frac{X_b}{d_{50}} = 4.416 \left(\frac{H_0}{L_0} \right)^{1.21} m^{-0.865} \left(\frac{H_0}{wT} \right)^{-1.68} \left(\frac{H_0}{d_{50}} \right)^{1.14}$$

Bar tepe noktasının orijinal kıyı çizgisine olan yatay mesafesi;

$$\frac{X_t}{d_{50}} = 7.34 \left(\frac{H_0}{L_0} \right)^{1.4} m^{-0.823} \left(\frac{H_0}{wT} \right)^{-2.27} \left(\frac{H_0}{d_{50}} \right)^{1.16}$$

Bar bitiş noktasının orijinal kıyı çizgisine olan yatay mesafesi;

$$\frac{X_s}{d_{50}} = 5.18 m^{-0.925} \left(\frac{H_0}{L_0} \right)^{1.56} \left(\frac{H_0}{wT} \right)^{-2.50} \left(\frac{H_0}{d_{50}} \right)^{1.29}$$

Bar başlangıç noktasının durgun su seviyesine olan düşey mesafesi;

$$\frac{h_t}{L_0} = 0.0474 + 0.185 \text{ m} + 0.941 \left(\frac{H_0}{L_0} \right) - 0.179 \left(\frac{H_0}{wT} \right) - 0.00009 \left(\frac{H_0}{d_{50}} \right)$$

Bar hacmi;

$$\frac{V_{\text{bar}}}{L_0^2} = 0.00274 - 0.122 \text{ m} + 0.813 \left(\frac{H_0}{L_0} \right) - 0.144 \left(\frac{H_0}{wT} \right) + 0.000127 \left(\frac{H_0}{d_{50}} \right)$$

KAYNAKLAR

- ALPAR, R., 2001. Uygulamalı İstatistik. Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.
- BENAVENTE, J., DEL RIO, L., ANFUSO, G., GRACIA, F.J., and REYES, J.L., 2002. Utility of Morphodynamic Characterisation in the Prediction of Beach Damage by Storms. *Journal of Coastal Research*, 56-64.
- BODGE, R. B., DEAN, R. G., 1987. Short-Term Impoundment of Longshore Transport. *Coastal Sediment'87*, 468-483.
- CHEN, Z., GRAFF, J. V., 1991. Modelling of Cross-Shore Transport. *Coastal Sediment'91*, 631-642.
- ÇELİKOĞLU, Y., ÇEVİK E., ve YÜKSEL, Y., 1999. Effects of Onshore-Offshore Sediment Movements On Beach Profiles. *The 8th International Symposium on Stochastic Hydraulics*.
- ÇEVİK E. Ö., 1997. Kıyı Profillerinin Geometrik İncelenmesi. *İnşaat Mühendisliğinde Yeni Gelişmeler III. Teknik Kongre*, ODTÜ, Ankara.
- DEAN, R. G., 1973. Heuristics Models of Sand Transport in the Surf Zone. *Proc. Conf. Eng. Dynamics in the Surf Zone*, Sydney, 208-214.
- DEAN, R. G., DALRYMPLE, R. A., 2002. *Coastal Processes with Engineering Applications*. Cambridge University Press, Cambridge, 175 p.
- DIBAJNIA, M. AND WATANABE, A., 1992. Sheetflow Under Nonlinear Waves and Currents. *Proc. of 23rd ICCE, ASCE*, 2015–2028.
- ENGELUND, F., HANSEN, E., 1972. *A Monograph on Sediment Transport in Alluvial Streams*. Teknisk Forlag, Copenhagen.
- FARACI, C., FOTI, E., 2001. Evolution of Small Scale Regular Patterns Generated by Waves Propagating Over a Sandy Bottom. *Physics of Fluids*, 1624-1634.
- FOSTER, G. A., HEALY, T. R., DE LANGE, W. P., 1994. Sediment Budget and Equilibrium Beach Profiles Applied to Renourishment of an Ebb Tidal Delta Adjacent Beach. *Journal of Coastal Research*, 564-575.

- FRENCH, P. W., 2001. Coastal Defenses-Processes, Problems and Solutions. Journal of Rutledge. London, 366 p.
- GOURLAY R. M., 1980. Beaches: Profiles, Processes and Permeability. Proceedings 17th Coastal Engineering Conference, 1320-1339.
- GÜNAYDIN K., KAPDAŞLI M.S., 2003. Characteristics of Coastal Erosion Geometry Under Regular and Irregular Waves. Ocean Engineering, 1579-1593.
- HATTORI, M., KAWAMATA, R., 1980. Onshore-Offshore Transport and Beach Profile Change. Coastal Engineering Conference, 254-255.
- HSU, T-W., 1998. Geometric Characteristics of Storm-Beach Profiles Caused by Inclined Waves. Ocean Engineering, 69-84.
- KAPDAŞLI S., 1992. Kıyı Mühendisliği. İ.T.Ü Yayını, 277s.
- KIRKGÖZ, M. S., MAMAK, M., ve AKÖZ, M. S., 1998. Kıyılarda Sediment Taşınımı Genel Bilgiler : I. Genel Bilgiler. Ç.Ü. Müh- Mim. Fak. Dergisi, 13/1-2, 49-58
- KÖMÜRCÜ, M. İ., 2002. Kıyıya Dik Katı Madde Hareketi Sonucu Oluşan Bar Parametrelerinin Belirlenmesi. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, 146s.
- KRAUS, N. C., LARSON, M., KRIEBEL, D., 1991. Evaluation of Beach Erosion and Accretion Predictors. Coastal Sediment'91, 572-587.
- KRIEBEL, D. L., DALLY, W. R., DEAN, R. G., 1986. Undistorted Froude Model for Surf Zone Sediment Transport. Proc. 20th Intl. Conf. Coastal Engineering, ASCE, Taipei, 1296-1310.
- LARSON, M., 1996. Model of Beach Profile Change Under Random Waves. Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering, July/August, 172-181.
- LARSON, M., KRAUS, N., C., 1992. Analysis of Cross-Shore Movement of Natural Longshore Bars and Material Placed to Create Longshore Bars .Technical Report

- DRP-92-5, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Coastal Engineering Research Center, Vicksburg, MS
- LARSON, M., KRAUS, N.C., SUNAMURA, T., 1998. Beach Profile Change: Morphology, Transport Rate and Numerical Simulation. Coastal Engineering, 1295-1309.
- LARSON, M., KRAUS, N.C., WISE, R. A., 1999. Equilibrium Profiles under Breaking and Non-Breaking Waves. Coastal Engineering, 36:59-85.
- LEE, P. Z., 1994. The Submarine Equilibrium Profile: A Physical Model. Journal of Coastal Research, 10:1-17.
- LEON'YEV, I. O., 1996. Numerical Modeling of Beach Erosion During Storm Event. Coastal Engineering, 187-200.
- MADSEN, O., GRANT, W., 1976. Sediment Transport in The Coastal Environment. Tech. Rep. 209, M.I.T., Cambridge, Massachusetts, USA.
- MUNOZ-PEREZ, J. J., TEJEDOR, L., MEDINA, R., 1999. Equilibrium Beach profile Model for Reef-Protected Beaches, Journal of Coastal Research, Fall, 950-957.
- NAIRN, R. B., 1991. Problems Associated with Deterministic Modelling of Extreme Beach Erosion Events. Coastal Sediment'91, 588-602.
- NIELSEN, P., 1979. Some Basic Concepts of Wave Sediment Transport. Institute of Hydrodynamic and Hydraulic Engineering, Series Papers 20, Technical University of Denmark, Lyngby, Denmark.
- NIELSEN, P., 1992. Coastal Bottom Boundary Layers and Sediment Transport. Advanced Series on Ocean Engineering, 4, World Scientific.
- NISHIMURA, H., SUNAMURA, T., 1987. Numerical Solution of Beach Profile Changes. Proceedings of the 17th Coastal Engineering Conference, 1444-1455.
- NODA, E. K., 1972. Equilibrium Beach Profile Scale Model Relationships. J. Waterway, Harbors and Coastal Eng. Div., ASCE, 98,4:511-528.

- OSTROWSKI, R., 2003. A Quasi Phase-Resolving Model of Net Sand Transport and Short-Term Cross-Shore Profile Evolution. Institute of Oceanology PAS, 261-282.
- ÖZÖLÇER, İ. H., KÖMÜRCÜ, M. İ., BİRBEN, A. R., YUKSEK, Ö., KARASU, S., 2006. Effects of T-shape Groin Parameters on Beach Accretion. Ocean Engineering, 382-403.
- QUICK, M.C., ASCE, M., AMETEPE, J., 1991. Relationship Between Longshore and Cross-Shore Sediment Transport. Coastal Sediment'91, 184-195..
- RAKHA, K. A., DEIGAARD, R., BROKER I., 1997. A Phase-Resolving Cross Shore Sediment Transport Model for Beach Profile Evolution. Coastal Engineering, 231-261.
- RAUDWIKI, A. J., 1990. Loose Boundary Hydraulics. Pergamon Press, Third Edition.
- ROELVINK, J. A., 1991. Modelling of Cross-Shore Flow Morphology. Coastal Sediment'91, 673-617.
- ROZYNSKI, G., 2003. Data-driven Modelling of Multiple Longshore Bars and Their Interactions. Coastal Engineering, 151-170.
- RUESSINK, B. G., BELL, P.S., van ENCKEVORT I. M. J., AARNINKHOF S. G. J., 2002. Nearshore Bar Crest Location Quantified from Time-Averaged X-Band Radar Images. Coastal Engineering, 45:19-32.
- SABATIER, F., PROVANSAL, M., 2000. Sandbar Morphology on the Espiguette Spit, Mediterranean Sea, France. Marine Sand wave Dynamics.
- SATO, S., MITSUNOBU, N., 1991. A Numerical Model of Beach Profile Change Due to Random Waves. Coastal Sediment'91, 674-687.
- SAWARAGI, T., DEGUCHI, I., 1980. On-Offshore Sediment Transport Rate in the Surf Zone. Coastal Engineering Conference, 1194-1214.

- SHIELDS, A., 1936. Anwendung der Ähnlichkeitsmechnik und der Turbulenz Forschung auf die Geschiebebewegung. Mitt. Der Preuss. Versuchsamst. Für Wasserbau und, Heft 26, Berlin, Deutschland.
- SILVESTER, R., AND HSU, J.R.C., 1989. Sines revisited. J. Waterw. Port Coastal Ocean Eng. ASCE, 115(3):327-344.
- SUNAMURA, T., HORIKAWA, K., 1974. Two-Dimensional Beach Transformation Due to Waves. Proceedings 14th Coastal Engineering Conference, 920-938.
- SWART, D. H., 1974. Offshore Sediment Transport and Equilibrium Beach Profiles. Delft Hydraulic Lab. Publ. No:131.
- TRIM, L. K., SHE, K., POPE, D. J., 2002. Tidal Effects On Cross-Shore Sediment Transport On A Shingle Beach. Journal of Coastal Research, 708-715.
- TURKER., U., KAPDAŞLI, M. S., 2006. The Effects of Sediment Characteristics and Wave Height on Shape-Parameter for Representing Equilibrium Beach Profiles. Ocean Engineering, 33:281-291.
- UDA, T., 1991. Beach Erosion in Japan and Its Classification. Coastal Sediments'91, 1856-1869.
- ÜNAL, N. E., 1996. Düzenli ve Düzensiz Dalgaların Etkisiyle Sev Üzerindeki İri tanelerin Harekete Başlaması. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- WATANABE, A., 1982. Numerical Models of Nearshore Currents and Beach Deformation. Journal of Coastal Engineering, 25:147-161.
- WATANABE, A., RIHO, Y., HORIKAWA, K., 1980. Beach Profiles and On-Offshore Sediment transport. Proceedings of the 17th Coastal Engineering Conference, 1106-1121.
- YANG, T. D., 1996. Sediment Transport- Theory and Practise. Mc-Graw-Hill, New York, 396s.
- YUKSEK, Ö., ÖNSOY, H., BİRBEN, A. R., ÖZÖLÇER, İ. H., 1995. Coastal erosion in Eastern Black Sea Region, Turkey. Journal of Coastal Engineering, 26: 225-339.

- YÜKSEL, Y., ÇEVİK, E., ÇELİKOĞLU, YEŞİM., 1998. Kıyı ve Liman Mühendisliği. İnşaat Mühendisleri Odası Ankara Şubesi, Ankara, 401 s.
- ZHENG, J., DEAN, R. G., 1996. Numerical Models and Intercomparisons of Beach Profile Elevation. Coastal Engineering, 169-201.

ÖZGEÇMİŞ

1974 yılında Kadirli’de doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Adana’da tamamladı. 1992 yılında girdiği Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi’nden, bir yılı İngilizce hazırlık dönemi olmak üzere 1997 yılı Haziran döneminde İnşaat Mühendisi unvanıyla mezun oldu. 1998 yılında Mustafa Kemal Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü’nde Araştırma Görevlisi kadrosuna atandı ve aynı yıl yüksek lisansa başladı. Haziran 2001 tarihinde Yüksek Lisans öğrenimini tamamladı. Eylül 2001 tarihinde Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Hidrolik Anabilim dalında Doktora öğrenimine başladı.