

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

PALYELİ KIYI YAPILARINDA DALGA TIRMANMASININ
HESAPLANMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Abdulkaki KURUCA

TEMMUZ 2023
TRABZON



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

PALYELİ KIYI YAPILARINDA DALGA TIRMANMASININ
HESAPLANMASI

Abdulkaki KURUCA

ORCID :

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde

"İNŞAAT YÜKSEK MÜHENDİSİ"

Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 05 / 07 / 2023

Tezin Savunma Tarihi : 24 / 07 / 2023

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Ömer YÜKSEK

ORCID :

Trabzon 2023

ÖNSÖZ

“Palyeli Kıyı Yapılarında Dalga Tırmanmasının Hesaplanması” isimli bu tez Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Programı’nda hazırlanmıştır.

Tez çalışması boyunca desteklerini esirgemeyen, kıymetli bilgileriyle ve tecrübeleriyle yolumu aydınlatan danışman hocam Sayın Prof. Dr. Ömer YÜKSEK’e teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

Dalga üretim düzeneği ve arayüzünün kullanımı hususunda desteklerini esirgemeyen Sayın Dr. Öğr. Üyesi Ergun UZLU’ya teşekkürlerimi sunarım.

Hidrolik Laboratuvarı’nda yapılan çalışmalar süresince teknik yardımlarını esirgemeyen Teknisyen Yüksel HARDAL’a teşekkür ederim.

Son olarak, her zaman bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım, maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen annem Özgün KURUCA, babam Hüseyin KURUCA ve ağabeyim Emre KURUCA’ya teşekkür eder, minnettarlığımı sunarım.

Bu tez çalışmasının bundan sonraki çalışmalara katkı sağlamasını temenni ederim.

Abdulkaki KURUCA

Trabzon 2023

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Palyeli Kıyı Yapılarında Dalga Tırmanmasının Hesaplanması” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Ömer YÜKSEK’in sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 24/07/2023

Abdulkaki KURUCA

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	VIII
SUMMARY	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	X
TABLolar DİZİNİ.....	XIV
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ	XV
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	2
1.2. Önceki Çalışmalar	3
1.3. Dalgaların Genel Özellikleri	8
1.4. Kıyı Alanının Tanımı	11
1.5. Kıyıda Dalga ve Yapı Etkileşimi.....	12
1.5.1. Dalga Tırmanma Yüksekliği.....	12
1.5.2. Dalga Tırmanması ve Dalga Geri Çekilmesi	13
1.5.3. Kıyıda Dalga Tırmanması.....	16
1.6. Palyeli Kıyı Yapıları.....	17
1.7. Palyeli Kıyı Yapılarında Dalga Tırmanması Hesabı.....	19
1.7.1. Dalga Tırmanma Yüksekliği Tahmini	21
1.7.2. Palye Genişliği ve Palye Seviyesi.....	22
1.7.3. Palye Uzunluğu	22
1.7.4. Palyeli Kıyı Yapısında Ortalama Eğim.....	23
1.7.5. Palyeli Şevlerde Azaltma Faktörü.....	25
1.7.6. Dalga Yaklaşım Açısı Azaltma Faktörü	26
1.7.7. Pürüzlülük Azaltma Faktörü	27
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	29
2.1. Çalışma Kapsamında İncelenen Parametreler	29
2.2. Fiziksel Model Çalışmaları	30
2.2.1. Model Ölçeği.....	31

2.2.2.	Dalga Şartları	31
2.2.3.	Malzeme Özellikleri.....	32
2.2.4.	Deney Süreleri.....	33
2.2.5.	Dalga Kanalı ve Donanımı.....	33
2.2.6.	Ölçüm Sistemi.....	34
2.2.7.	Modeller	39
3.	BULGULAR.....	48
3.1.	Palyenin Bulunmadığı ve Şev Eğiminin 1/2 Olduğu Durumda Yapılan Deneylerden Elde Edilen Bulgular.....	49
3.2.	Palye Genişliğinin 0.10 m ve Şev Eğiminin 1/2 Olduğu Durumda Yapılan Deneylerden Elde Edilen Bulgular	53
3.3.	Palye Genişliğinin 0.15 m ve Şev Eğiminin 1/2 Olduğu Durumda Yapılan Deneylerden Elde Edilen Bulgular	57
3.4.	Palye Genişliğinin 0.20 m ve Şev Eğiminin 1/2 Olduğu Durumda Yapılan Deneylerden Elde Edilen Bulgular	61
3.5.	Palyenin Bulunmadığı ve Şev Eğiminin 1/1.5 Olduğu Durumda Yapılan Deneylerden Elde Edilen Bulgular.....	66
3.6.	Palye Genişliğinin 0.10 m ve Şev Eğiminin 1/1.5 Olduğu Durumda Yapılan Deneylerden Elde Edilen Bulgular	70
3.7.	Palye Genişliğinin 0.15 m ve Şev Eğiminin 1/1.5 Olduğu Durumda Yapılan Deneylerden Elde Edilen Bulgular	74
3.8.	Palye Genişliğinin 0.20 m ve Şev Eğiminin 1/1.5 Olduğu Durumda Yapılan Deneylerden Elde Edilen Bulgular	79
4.	İRDELEME	84
4.1.	Boyutsuz Dalga Tırmanma Yüksekliği ve Aşan Dalga Oranının Yapı Şev Eğimine Bağlı Olarak İrdelenmesi	84
4.2.	Yapı Şev Eğiminin 1/2 Olduğu Durumda Palye Genişliğine Bağlı Olarak Boyutsuz Dalga Tırmanma Yüksekliği ve Aşan Dalga Oranının İrdelenmesi	88
4.3.	Yapı Şev Eğimi 1/2 Olduğunda Dalga Durumuna (Düzensiz veya Düzenli) Bağlı Olarak Boyutsuz Dalga Tırmanma Yüksekliğinin İrdelenmesi	92
4.4.	Yapı Şev Eğiminin 1/1.5 Olduğu Durumda Palye Genişliğine Bağlı Olarak Boyutsuz Dalga Tırmanma Yüksekliği ve Aşan Dalga Oranının İrdelenmesi	93
4.5.	Yapı Şev Eğimi 1/1.5 Olduğunda Dalga Durumuna (Düzensiz veya Düzenli) Bağlı Olarak Boyutsuz Dalga Tırmanma Yüksekliği ve Aşan Dalga Oranının İrdelenmesi	98
4.6.	Elde Edilen Sonuçlar, Literatürle Karşılaştırma ve Eleştiri	101
5.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	105

6. KAYNAKLAR	106
7. EKLER.....	109
ÖZGEÇMİŞ	



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

PALYELİ KIYI YAPILARINDA DALGA TIRMANMASININ HESAPLANMASI

Abdulgazi KURUCA

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Ömer YÜKSEK
2023, 108 Sayfa, 7 Sayfa Ek

Kıyı koruma yapılarının tasarımı, dalga'nın sakin su seviyesinden bir kıyı yapısı üzerinde yükselebileceği en büyük dikey mesafe olarak tanımlanan dalga tırmanma yüksekliğine bağlıdır. Dalga tırmanma yüksekliği, aşan dalgaların oranını belirlemede de önemli bir parametredir. Bu çalışmada, düzensiz ve düzenli dalga durumlarında, dalga tırmanması parametreleri olarak dalga dikliği, palye genişliği, palye kotu ve yapı şev eğimi tanımlanmıştır. Fiziksel model verileri; sekiz farklı model, düzensiz ve düzenli dalga olmak üzere iki farklı dalga durumu, üç farklı palye genişliği ve palyesiz kıyı yapısı, iki farklı şev eğimi, dört farklı palye seviyesi ve her bir palye seviyesi için üç farklı dalga dikliği dikkate alınarak elde edilmiştir. Sonuç olarak, palye genişliği ve yapı şev eğiminin dalga tırmanma yüksekliği ve aşan dalga oranı üzerinde etkisi olduğu anlaşılmıştır. Palye genişliğindeki artışla hem dalga tırmanma yüksekliğinin hem de aşan dalga oranının azaldığı tespit edilmiştir. Ayrıca yapı şev eğimi arttığında dalga tırmanma yüksekliği ve aşan dalga oranının arttığı belirlenmiştir. İncelenen dalga şartları için, düzenli dalga durumunda dalga tırmanma yüksekliği ve aşan dalga oranının düzensiz dalga durumuna kıyasla daha küçük değerler aldığı sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Palyeli kıyı yapıları, Dalga tırmanma yüksekliği, Aşan dalga oranı

SUMMARY

Master Thesis

ESTIMATION OF WAVE RUN-UP ON BERMED COASTAL STRUCTURES

Abdulgazi KURUCA

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Civil Engineering Graduate Program
Supervisor: Prof. Dr. Ömer YÜKSEK
2023, 108 Pages, 7 Pages Appendix

The design of coastal protection structures depends on the wave run-up height, which can be defined as the vertical difference between the highest point of wave run-up on a coastal structure and the still water level. The wave run-up height is also an important parameter for determining the percentage of overtopping waves. In this study, for the cases of irregular and regular wave conditions; wave steepness, berm width, berm elevation and structure slope were determined as parameters of wave run-up. Physical model data were examined considering eight different models, two different wave conditions as irregular and regular waves, three different berm width and coastal structure without berm, two different slope, four different berm level and three different wave steepness for each berm level. Consequently, it was clearly understood that berm width and structure slope have effect on wave run-up height and percentage of overtopping waves. With the increase in berm width both wave run-up height and percentage of overtopping waves decrease. As structure slope increases, wave run-up height and percentage of overtopping waves increase. For the wave conditions considered, the wave run-up height and the percentage of overtopping wave values decrease in case of regular waves when compared to the case of irregular waves.

Key Words: Bermed coastal structures, Wave run-up height, Percentage of overtopping waves

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Sinüs eğrisi formundaki dalga profili	9
Şekil 2. Kıyı alanının hidrodinamik bölgeleri.....	11
Şekil 3. Geçirimsiz şevde dalga tırmanması ve dalga geri çekilmesi	14
Şekil 4. Geçirimli şevde dalga tırmanması ve dalga geri çekilmesi	14
Şekil 5. Kıyı koruma yapısı olarak kullanılan palyeli taş dolgu dalgakıran	18
Şekil 6. Başlangıç ve yeniden şekillenmiş profil	19
Şekil 7. Palyeli şevlerde dalga tırmanması	20
Şekil 8. Palye genişliği ve palye seviyesi	22
Şekil 9. Palye uzunluğu.....	23
Şekil 10. Ortalama eğimin belirlenmesi (1. tahmin).....	24
Şekil 11. Ortalama eğimin belirlenmesi (2. tahmin).....	24
Şekil 12. Palye seviyesinin (h_b) r_{hb} faktörü üzerindeki etkisi	25
Şekil 13. Dalga yaklaşım açısının tanımlanması	27
Şekil 14. Yapılan çalışmalarda incelenen parametrelerin gösterimi.....	30
Şekil 15. Dalga kanalı ve kesiti.....	33
Şekil 16. Dalga üretim düzeneği ve dalganın üretilmesi	35
Şekil 17. Dalga üretim arayüzü.....	35
Şekil 18. Su seviyesi değişiklikleri ölçüm sistemi donanımları	36
Şekil 19. Elektronik kartın görüntüsü	36
Şekil 20. Ölçüm alma sistemi	37
Şekil 21. Elektronik kartın kontrolünü sağlayan yazılımın arayüzü.....	37
Şekil 22. Tırmanma ve aşma ölçüm sistemi	39
Şekil 23. $B=0$ ve $\tan\alpha=1/2$ olan geleneksel kıyı yapısı modelinin kesiti.....	40
Şekil 24. $B=0$ ve $\tan\alpha=1/2$ olan geleneksel kıyı yapısı modeli kesitinin görünüşü	40
Şekil 25. $B=0.10$ m ve $\tan\alpha=1/2$ olan palyeli kıyı yapısı modelinin kesiti.....	41
Şekil 26. $B=0.10$ m ve $\tan\alpha=1/2$ olan palyeli kıyı yapısı modeli kesitinin görünüşü	41
Şekil 27. $B=0.15$ m ve $\tan\alpha=1/2$ olan palyeli kıyı yapısı modelinin kesiti.....	42
Şekil 28. $B=0.15$ m ve $\tan\alpha=1/2$ olan palyeli kıyı yapısı modeli kesitinin görünüşü	42

Şekil 29.	$B = 0.20$ m ve $\tan\alpha = 1/2$ olan palyeli kıyı yapısı modelinin kesiti.....	42
Şekil 30.	$B = 0.20$ m ve $\tan\alpha = 1/2$ olan palyeli kıyı yapısı modeli kesitinin görünüşü	43
Şekil 31.	$B = 0$ ve $\tan\alpha = 1/1.5$ olan geleneksel kıyı yapısı modelinin kesiti.....	43
Şekil 32.	$B = 0$ ve $\tan\alpha = 1/1.5$ olan geleneksel kıyı yapısı modeli kesitinin görünüşü	44
Şekil 33.	$B = 0.10$ m ve $\tan\alpha = 1/1.5$ olan palyeli kıyı yapısı modelinin kesiti.....	44
Şekil 34.	$B = 0.10$ m ve $\tan\alpha = 1/1.5$ olan palyeli kıyı yapısı modeli kesitinin görünüşü	45
Şekil 35.	$B = 0.15$ m ve $\tan\alpha = 1/1.5$ olan palyeli kıyı yapısı modelinin kesiti.....	45
Şekil 36.	$B = 0.15$ m ve $\tan\alpha = 1/1.5$ olan palyeli kıyı yapısı modeli kesitinin görünüşü	46
Şekil 37.	$B = 0.20$ m ve $\tan\alpha = 1/1.5$ olan palyeli kıyı yapısı modelinin kesiti.....	46
Şekil 38.	$B = 0.20$ m ve $\tan\alpha = 1/1.5$ olan palyeli kıyı yapısı modeli kesitinin görünüşü	47
Şekil 39.	Düzensiz dalga, $B = 0$ ve $\tan\alpha = 1/2$ durumunda boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin dalga dikliğine bağlı olarak değişimi	52
Şekil 40.	Düzensiz dalga, $B = 0$, $d_s = 0.17$ m ve $\tan\alpha = 1/2$ durumunda aşan dalga oranının $1/H_{m0}$ değerine bağlı olarak değişimi	53
Şekil 41.	Düzensiz dalga, $B = 0.10$ m ve $\tan\alpha = 1/2$ durumunda boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin dalga dikliğine bağlı olarak değişimi	56
Şekil 42.	Düzensiz dalga, $B = 0.10$ m, $h_b = +0.02$ m ve $\tan\alpha = 1/2$ durumunda aşan dalga oranının boyutsuz palye genişliğine bağlı olarak değişimi	57
Şekil 43.	Düzensiz dalga, $B = 0.15$ m ve $\tan\alpha = 1/2$ durumunda boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin dalga dikliğine bağlı olarak değişimi	60
Şekil 44.	Düzensiz dalga, $B = 0.15$ m, $h_b = +0.02$ m ve $\tan\alpha = 1/2$ durumunda aşan dalga oranının boyutsuz palye genişliğine bağlı olarak değişimi	61
Şekil 45.	Düzensiz dalga, $B = 0.20$ m ve $\tan\alpha = 1/2$ durumunda boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin dalga dikliğine bağlı olarak değişimi	65
Şekil 46.	Düzensiz dalga, $B = 0.20$ m, $h_b = +0.02$ m ve $\tan\alpha = 1/2$ durumunda aşan dalga oranının boyutsuz palye genişliğine bağlı olarak değişimi	65
Şekil 47.	Düzensiz dalga, $B = 0$ ve $\tan\alpha = 1/1.5$ durumunda boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin dalga dikliğine bağlı olarak değişimi	69
Şekil 48.	Düzensiz dalga, $B = 0$ ve $\tan\alpha = 1/1.5$ durumunda aşan dalga oranının $1/H_{m0}$ değerine bağlı olarak değişimi	69
Şekil 49.	Düzensiz dalga, $B = 0.10$ m ve $\tan\alpha = 1/1.5$ durumunda boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin dalga dikliğine bağlı olarak değişimi	73
Şekil 50.	Düzensiz dalga, $B = 0.10$ m ve $\tan\alpha = 1/1.5$ durumunda aşan dalga oranının boyutsuz palye genişliğine bağlı olarak değişimi.....	74

Şekil 51.	Düzensiz dalga, $B= 0.15$ m ve $\tan\alpha= 1/1.5$ durumunda boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin dalga dikliğine bağlı olarak değişimi	78
Şekil 52.	Düzensiz dalga, $B= 0.15$ m ve $\tan\alpha= 1/1.5$ durumunda aşan dalga oranının boyutsuz palye genişliğine bağlı olarak değişimi.....	78
Şekil 53.	Düzensiz dalga, $B= 0.20$ m ve $\tan\alpha= 1/1.5$ durumunda boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin dalga dikliğine bağlı olarak değişimi	82
Şekil 54.	Düzensiz dalga, $B= 0.20$ m ve $\tan\alpha= 1/1.5$ durumunda aşan dalga oranının boyutsuz palye genişliğine bağlı olarak değişimi.....	83
Şekil 55.	Düzensiz dalga durumunda şev eğimine bağlı olarak boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin dalga dikliğine göre değişimi	85
Şekil 56.	Düzensiz dalga ve $h_b= +0.02$ m durumunda şev eğimine bağlı olarak aşan dalga oranının boyutsuz palye genişliğine göre değişimi.....	86
Şekil 57.	Düzenli dalga durumunda şev eğimine bağlı olarak boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin dalga dikliğine göre değişimi	87
Şekil 58.	Düzensiz dalga ve $\tan\alpha= 1/2$ durumunda palye genişliğine bağlı olarak boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin dalga dikliğine göre değişimi	88
Şekil 59.	Düzensiz dalga, $h_b= +0.02$ m ve $\tan\alpha= 1/2$ durumunda palye genişliğine bağlı olarak aşan dalga oranının boyutsuz palye genişliğine göre değişimi.....	89
Şekil 60.	Düzenli dalga ve $\tan\alpha= 1/2$ durumunda palye genişliğine bağlı olarak boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin dalga dikliğine göre değişimi	91
Şekil 61.	$\tan\alpha= 1/2$ olduğunda dalga durumuna (düzensiz veya düzenli) bağlı olarak boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin dalga dikliğine göre değişimi.....	92
Şekil 62.	Düzensiz dalga ve $\tan\alpha= 1/1.5$ durumunda palye genişliğine bağlı olarak boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin dalga dikliğine göre değişimi.....	94
Şekil 63.	Düzensiz dalga ve $\tan\alpha= 1/1.5$ durumunda palye genişliğine bağlı olarak aşan dalga oranının boyutsuz palye genişliğine göre değişimi.....	95
Şekil 64.	Düzenli dalga ve $\tan\alpha= 1/1.5$ durumunda palye genişliğine bağlı olarak boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin dalga dikliğine göre değişimi	96
Şekil 65.	Düzenli dalga, $h_b= +0.02$ m ve $\tan\alpha= 1/1.5$ durumunda palye genişliğine bağlı olarak aşan dalga oranının boyutsuz palye genişliğine göre değişimi.....	98
Şekil 66.	$\tan\alpha= 1/1.5$ olduğunda dalga durumuna (düzensiz veya düzenli) bağlı olarak boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin dalga dikliğine göre değişimi.....	99
Şekil 67.	$\tan\alpha= 1/1.5$ olduğunda dalga durumuna (düzensiz veya düzenli) bağlı olarak aşan dalga oranının boyutsuz palye genişliğine göre değişimi.....	100
Ek Şekil 1.	Düzenli dalga, $B= 0$ ve $\tan\alpha= 1/2$ durumunda boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin dalga dikliğine bağlı olarak değişimi	109

Ek Şekil 2. Düzenli dalga, $B= 0$, $d_s= 0.17$ m ve $\tan\alpha= 1/2$ durumunda aşan dalga oranının $1/H_{m0}$ değerine bağlı olarak değişimi	109
Ek Şekil 3. Düzenli dalga, $B= 0.10$ m ve $\tan\alpha= 1/2$ durumunda boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin dalga dikliğine bağlı olarak değişimi	110
Ek Şekil 4. Düzenli dalga, $B= 0.15$ m ve $\tan\alpha= 1/2$ durumunda boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin dalga dikliğine bağlı olarak değişimi	110
Ek Şekil 5. Düzenli dalga, $B= 0.20$ m ve $\tan\alpha= 1/2$ durumunda boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin dalga dikliğine bağlı olarak değişimi	111
Ek Şekil 6. Düzenli dalga, $B= 0$ ve $\tan\alpha= 1/1.5$ durumunda boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin dalga dikliğine bağlı olarak değişimi	111
Ek Şekil 7. Düzenli dalga, $B= 0$ ve $\tan\alpha= 1/1.5$ durumunda aşan dalga oranının $1/H_{m0}$ değerine bağlı olarak değişimi	112
Ek Şekil 8. Düzenli dalga, $B= 0.10$ m ve $\tan\alpha= 1/1.5$ durumunda boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin dalga dikliğine bağlı olarak değişimi	112
Ek Şekil 9. Düzenli dalga, $B= 0.10$ m ve $\tan\alpha= 1/1.5$ durumunda aşan dalga oranının boyutsuz palye genişliğine bağlı olarak değişimi.....	113
Ek Şekil10.Düzenli dalga, $B= 0.15$ m ve $\tan\alpha= 1/1.5$ durumunda boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin dalga dikliğine bağlı olarak değişimi	113
Ek Şekil11.Düzenli dalga, $B= 0.15$ m, $h_b= +0.02$ m ve $\tan\alpha= 1/1.5$ durumunda aşan dalga oranının boyutsuz palye genişliğine bağlı olarak değişimi	114
Ek Şekil12.Düzenli dalga, $B= 0.20$ m ve $\tan\alpha= 1/1.5$ durumunda boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin dalga dikliğine bağlı olarak değişimi	114
Ek Şekil13.Düzenli dalga, $B= 0.20$ m ve $\tan\alpha= 1/1.5$ durumunda aşan dalga oranının boyutsuz palye genişliğine bağlı olarak değişimi.....	115

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Düzensiz dalga durumunda tırmanma ifadeleri.....	16
Tablo 2. Pürüzlülük azaltma faktörleri	27
Tablo 3. Çalışma kapsamında incelenen parametreler.....	30
Tablo 4. Düzensiz dalga, $B=0$ ve $\tan\alpha=1/2$ durumunda elde edilen veriler.....	50
Tablo 5. Düzenli dalga, $B=0$ ve $\tan\alpha=1/2$ durumunda elde edilen veriler.....	51
Tablo 6. Düzensiz dalga, $B=0.10$ m ve $\tan\alpha=1/2$ durumunda elde edilen veriler	54
Tablo 7. Düzenli dalga, $B=0.10$ m ve $\tan\alpha=1/2$ durumunda elde edilen veriler.....	55
Tablo 8. Düzensiz dalga, $B=0.15$ m ve $\tan\alpha=1/2$ durumunda elde edilen veriler	58
Tablo 9. Düzenli dalga, $B=0.15$ m ve $\tan\alpha=1/2$ durumunda elde edilen veriler.....	59
Tablo 10. Düzensiz dalga, $B=0.20$ m ve $\tan\alpha=1/2$ durumunda elde edilen veriler	62
Tablo 11. Düzenli dalga, $B=0.20$ m ve $\tan\alpha=1/2$ durumunda elde edilen veriler.....	63
Tablo 12. Düzensiz dalga, $B=0$ ve $\tan\alpha=1/1.5$ durumunda elde edilen veriler.....	66
Tablo 13. Düzenli dalga, $B=0$ ve $\tan\alpha=1/1.5$ durumunda elde edilen veriler.....	67
Tablo 14. Düzensiz dalga, $B=0.10$ m ve $\tan\alpha=1/1.5$ durumunda elde edilen veriler.....	71
Tablo 15. Düzenli dalga, $B=0.10$ m ve $\tan\alpha=1/1.5$ durumunda elde edilen veriler	72
Tablo 16. Düzensiz dalga, $B=0.15$ m ve $\tan\alpha=1/1.5$ durumunda elde edilen veriler.....	75
Tablo 17. Düzenli dalga, $B=0.15$ m ve $\tan\alpha=1/1.5$ durumunda elde edilen veriler	76
Tablo 18. Düzensiz dalga, $B=0.20$ m ve $\tan\alpha=1/1.5$ durumunda elde edilen veriler.....	79
Tablo 19. Düzenli dalga, $B=0.20$ m ve $\tan\alpha=1/1.5$ durumunda elde edilen veriler	80

SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

a	: Dalga genliği
B	: Yatay olarak ölçülen palye genişliği
C	: Dalga hızı
d_s	: Yapı önü su derinliği
g	: Yer çekimi ivmesi
h	: Su derinliği
$h_b=d_b$	: Palye seviyesi
H	: Dalga yüksekliği
H_0	: Derin deniz dalga yüksekliği
H_{m0}	: Spektrum analizinden hesaplanan belirgin dalga yüksekliği
$H_{1/3}=H_s$	: Belirgin dalga yüksekliği
L	: Dalga boyu
L_0	: Derin deniz dalga boyu
L_{0m}	: Ortalama dalga periyodundan elde edilen dalga boyu
L_{0p}	: Pik periyoda karşılık gelen dalga boyu
$L_{m-1,0}$	: Dalga enerji periyoduna dayanan derin deniz dalga boyu
L_{Berm}	: Palye uzunluğu
r_B	: Palye genişliği etkisi, $r_B=B/L_{Berm}$
$r_{hb}=r_{db}$	: Palye seviyesi azaltma faktörü
R_c	: Kret hava payı
R_{ec}	: Palyenin yatayda geri çekilme mesafesi
R_u	: Dalga tırmanması
R_{umax}	: En büyük dalga tırmanma yüksekliği
$R_{u2\%}$	: Gelen dalgaların %2'sinin aştığı tırmanma yüksekliği
s	: Dalga dikliği, $s=H/L$
$s_{m-1,0}$	: $L_{m-1,0}$ 'e bağlı dalga dikliği ($H_{m0}/L_{m-1,0}$)
SSS	: Sakin su seviyesi
T	: Dalga periyodu
$T_{m-1,0}$	: Dalga enerji periyodu
T_m	: Ortalama dalga periyodu

T_p	: Pik periyot
$T_{1/3}=T_s$	: Belirgin dalga periyodu
$\tan\alpha$	: Şev eğimi
η	: Dalga profilinin sakin suya göre düşey mesafesi
γ	: Diklik parametresi
γ_b	: Palyeli şevlerde azaltma faktörü
γ_f	: Pürüzlülük azaltma faktörü
γ_β	: Dalga yaklaşım açısı azaltma faktörü
ξ_0	: Derin deniz dalga periyoduna göre belirlenen sörf parametresi
ξ_{0m}	: Ortalama dalga periyoduna göre belirlenen sörf parametresi
$\xi_{m-1,0}$	: $s_{m-1,0}$ 'e bağlı sörf parametresi

1. GENEL BİLGİLER

Bilim ve teknolojinin gelişmesi ve kıyı bölgelerinde devamlı olarak artan nüfusla, kıyıların korunması büyük önem kazanmıştır. Kıyı koruma yapılarının tasarım ve yapım maliyetleri yüksek olması nedeniyle bu yapıların stabiliteyi, verimliliği ve ekonomik kaygıları göz önünde bulundurarak doğru ve güvenilir bir şekilde tasarlanması gereklidir (Milanian vd., 2017).

Kıyılar sürekli olarak olumsuz koşullara sebebiyet verebilecek dalgaların, akıntıların ve fırtınaların etkisine ve çeşitli risklere maruz kalırlar. İklim değişikliğinden kaynaklı deniz seviyesindeki yükselmeler ile birlikte bu risklerin artmasının kaçınılmaz olacağı düşünülmektedir. Bu nedenlerden ötürü, kıyı koruma planları sürekli var olan risklerden dolayı meydana gelebilecek olası hasarları en aza indirmede çok önemlidir. Kıyı koruma yapıları, kıyı koruma planları içerisinde benimsenen en yaygın yaklaşımlardandır. Kıyı koruma yapılarının tasarımı, dalganın saikin su seviyesinden bir kıyı yapısında veya sahilde yükselebileceği en büyük dikey mesafe olarak tanımlanan dalga tırmanma yüksekliği parametresinin doğru tahmin edilmesi ile yakından ilişkilidir (Arana, 2017).

Yakın zamana kadar kıyı yapılarındaki kret yükseklikleri dalga aşmasını önlemek amacıyla geleneksel olarak tahmin edilen en büyük tırmanma yüksekliği değerlerinden daha yüksek olacak şekilde tasarlanmıştır. Ancak son yıllarda tasarım ve güvenlik değerlendirmelerinde izin verilen dalga aşması dikkate alınmaya başlanmıştır. Bununla birlikte, kıyı yapılarındaki doğru bir dalga tırmanma yüksekliği tahmini halen gereklidir. Olası bir afet sonucunda oluşan hasarlar tırmanma yüksekliğine bağlıdır. Aşma hacmi, aşma hızı ve kıyı yapısını aşan dalgaların sayısını belirlemede dalga tırmanma yüksekliği tahminleri anahtar parametredir (Arana, 2017).

Maksimum dalga tırmanması, dalgakıranlar ve kıyı duvarları gibi birçok kıyı yapısı için önemli bir tasarım kriteridir. Ayrıca sahildeki erozyon ve su baskınları dalga tırmanması ile ilgilidir. Maksimum dalga tırmanmasını doğru bir şekilde tahmin edebilmek daha ekonomik tasarım sağlar. Beklenen dalga tırmanmasının üst sınırı, dalga aşmasını önleyecek şekilde tasarlanması gereken kıyı yapısının kret kotunu belirler. Maksimum dalga tırmanmasının fazla tahmini ise inşa maliyetlerini önemli ölçüde arttırabilir (Arana, 2017).

1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Palyeli kıyı yapıları son dönemlerde önem kazanmaya başlamıştır. Palyeli kıyı yapılarının geleneksel kıyı yapılarına göre üstünlükleri; koruyucu katmanda daha küçük bloklardan faydalanılabilinmesi, hasar yerine tekrar şekillenme olabilmesi, daha basit inşaat ekipmanı sebebiyle daha az inşaat ve onarım masraflarının olması, blok yerleştirme duyarlılığına göre daha çok toleransı olmasıdır (Arukan vd., 2018). Ayrıca en önemlilerinden biri olarak dalga tırmanmasına karşı performansının daha iyi olmasıdır. Palyeli kıyı yapısı, dalga enerjisini sahip olduğu palye üzerinde sönmüleyerek dalga tırmanmasını azaltır. Bu, palyeli kıyı yapılarının ön plana çıkmasındaki en önemli etkenler arasındadır. Palye, yaklaşım açısı dik ve dike yakın olan dolayısıyla da hasar verme olasılığı daha yüksek olan dalgaların kıyı yapısının eğimli yüzeylerine vereceği tahribatı azaltarak tırmanmanın bir sonucu olan aşmaları izin verilebilir ölçüde tutulmasında mühim rol oynar. Böylece kıyıda meydana gelebilecek hasarlar ve kayıplar en aza indirilmiş olur.

Belirtilen özellik ve üstünlükler sebebiyle palyeli kıyı yapılarının yakın gelecekte daha fazla ön plana çıkacağı açıkça görülmektedir. Bu nedenle, hem dünyada hem de ülkemizde palyeli kıyı yapılarında tırmanmanın yanı sıra aşmanın ve stabilitenin ön plana alındığı çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalara her geçen yıl yenileri eklenerek palyeli kıyı yapısının davranışı ve parametreleri konusunda daha detaylı bilgilere ulaşılmaya çalışılmaktadır.

Bu çalışmada, düzensiz ve düzenli dalga durumlarında, dalga tırmanması parametreleri olarak dalga dikliği, palye genişliği, palye kotu ve yapı şev eğimi tanımlanmıştır. Fiziksel model verileri; sekiz farklı model, düzensiz ve düzenli dalga olmak üzere iki farklı dalga durumu, üç farklı palye genişliği ve palyesiz kıyı yapısı, iki farklı şev eğimi, dört farklı palye seviyesi ve her bir palye seviyesi için üç farklı dalga dikliği dikkate alınarak elde edilmiştir.

Bu çalışmada; düzensiz ve düzenli dalga durumlarında, taş dolgu kıyı yapılarında, dalga yüksekliği dolayısıyla dalga dikliği, palye genişliği veya palyenin olmaması bir başka deyişle geleneksel kıyı koruma yapısı olması, palye kotu ve yapı şev eğimi parametrelerinin dalga tırmanması ve aşma oranı üzerindeki etkisi incelenmiştir. Çalışma, konuyla ilgili olarak geçmişte yapılan çalışmalar irdelenip palyeli kıyı yapılarında en büyük dalga tırmanma yüksekliği ve aşan dalga oranını etkileyen parametreleri tayin etmedeki eksiklikler dikkate alınarak şekillendirilmeye çalışılmıştır.

Yapılmış geçmiş çalışmalar ve kullanılan model ölçeği göz önünde tutularak taş dolgu kıyı yapılarında dalga tırmanması ve aşma oranının etkisinin araştırılabileceği dalga şartları, palye boyut ve konumu, yapı şev eğimi özellikleri belirlenerek Karadeniz Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Hidrolik Laboratuvarı'nda bulunan iki boyutlu dalga kanalında fiziksel modeller üzerinde deneysel çalışmalar yapılmıştır. Elde edilen verilerden parametrelerdeki değişimlerin dalga tırmanması ve aşma oranı üzerindeki etkisi belirlenmeye çalışılmıştır.

1.2. Önceki Çalışmalar

Konuyla alakalı literatür çalışmaları aşağıda özetlenmiştir:

Janardhan vd. (2012) yaptıkları çalışmada, derin deniz dalga dikliği arttıkça dikkate alınan tüm değişkenler için dalga tırmanmasının azaldığını, boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin 0.52 ile 1.79 arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Derin deniz dalga dikliği arttıkça dikkate alınan tüm değişkenler için dalga geri çekilmesinin azaldığını, boyutsuz dalga geri çekilme yüksekliğinin 0.45 ile 1.24 arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Çalışmadan, palye uzunluğunun dalga tırmanması ve dalga geri çekilmesi üzerinde etkisi olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Artan palye uzunluğuyla hem dalga tırmanmasının hem de dalga geri çekilmesinin azaldığını belirlemişlerdir. Dalga tırmanması ve dalga geri çekilmesi değerlerinin palye genişliği büyük olan modelde geleneksel taş dolgu dalgakıran modeline kıyasla sırasıyla %35.91 ve %23.80, palye genişliği küçük olan modelde ise geleneksel taş dolgu dalgakıran modeline göre sırasıyla %15.19 ve %9.44 oranında azaldığını tespit etmişlerdir.

Rao vd. (2005), derin deniz dalga dikliği arttıkça dikkate alınan değişkenlerin aralığı için dalga tırmanmasının azaldığını ve dalga tırmanmasının en küçük değerini palyenin konumunun sakin su seviyesine yakın olduğu durumda aldığını belirlemişlerdir. Derin deniz dalga dikliği arttıkça dikkate alınan değişkenlerin aralığı için dalga geri çekilmesinin azaldığını ve dalga geri çekilmesinin en küçük değerini palyenin konumunun sakin su seviyesinin üstünde olduğu durumda aldığını tespit etmişlerdir. İnceledikleri deneysel değişkenlerin sınırları dahilinde dalga dikliğindeki azalmayla birlikte hasar seviyesinin arttığını belirlemişlerdir.

Diwedat (2016) çalışmasında, farklı dalga koşullarında dalga tırmanması ve dalga geri çekilmesi açısından taş dolgu dalgakıranların hidrodinamik davranışını fiziksel model

tekniklerini kullanarak araştırmayı amaçlamış; dalga dikliğinin dalga tırmanması üzerinde büyük bir etkisi olduğunu belirlemiştir. Ayrıca, sörf parametresinin dalga dikliği ve dalga tırmanmasındaki yapı parametrelerini tanımlamada kullanışlı bir parametre olduğunu tespit etmiştir. Artan derin deniz dalga dikliğiyle dalga tırmanmasının test edilen tüm dalga yükseklikleri için azaldığını ve boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin 1.26 ile 2.24 arasında değiştiğini belirlemiştir. Dalga tırmanmasının kısa dalgalara kıyasla uzun dalgalarda daha büyük olduğunu; boyutsuz dalga geri çekilme yüksekliğinin derin deniz dalga dikliğindeki artışla azaldığını belirlemiştir. Dalgakıran önünde farklı su derinlikleri ve benzer dalga koşullarında farklı yapı şev eğimleri etkisinin araştırılmasını önermiştir.

Rao vd. (2011) yaptıkları çalışmada, derin deniz dalga dikliği arttıkça göz önünde tutulan bütün değişkenler için dalga tırmanmasının azaldığını, boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin 0.52 ile 1.08 arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Derin deniz dalga dikliği arttıkça göz önünde tutulan bütün değişkenler için dalga geri çekilmesinin azaldığını, boyutsuz dalga geri çekilme yüksekliğinin 0.45 ile 0.88 arasında değiştiğini belirlemiştir. Dalga tırmanması ve dalga geri çekilmesi değerlerinin palyeli dalgakıran modelinde geleneksel taş dolgu dalgakıran modeline göre sırasıyla %35.91 ve %23.80 azaldığını belirlemiştir.

Rao vd. (2008), dalga dikliği 0.043 ile 0.008 aralığında değişirken hasarın uzun periyotlu dalgalara kıyasla kısa periyotlu dalgalarda nispeten daha önemli olduğu belirlemiştir. Palye üzerinde su seviyesindeki farklılıkların palyenin stabilitesini etkilediğini ve palye üzerindeki su derinliği az olduğunda yapının daha stabil olduğunu tespit etmişlerdir. Yapı şev eğimi olarak 1/1.5 yerine 1/2 kullanılmasıyla birlikte dalga yüksekliği 0.10 m için hasarın sıfıra düştüğünü, dalga yüksekliği 0.12 m için hasarın %90 azaldığını ve dalga yüksekliği 0.16 m için hasarın %36 ile %75 arasında azaldığını belirlemiştir. Dikkate alınan tüm su derinlikleri için boyutsuz dalga tırmanma yüksekliği ve boyutsuz dalga geri çekilme yüksekliğinin dalga dikliğindeki artışla azaldığını tespit etmişlerdir. Göz önünde tutulan bütün su derinlikleri için dalga dikliğinin 0.008 ile 0.043 arasında olduğu durumda boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin 0.55 ile 1.15, boyutsuz dalga geri çekilme yüksekliğinin ise 0.28 ile 1.72 arasında değiştiğini belirlemiştir. Dalga tırmanması büyüklüğünün palye sakin su seviyesine yakın konumlandığında daha küçük olduğunu tespit etmişlerdir. Sakin su seviyesinin palyenin üzerinde bulunduğu durumda dalga geri çekilmesinin dalga tırmanmasından daha önemli olduğunu, sakin su seviyesinin palyenin aşağısında bulunduğu durumda ise dalga tırmanmasının dalga geri çekilmesinden daha

önemli olduğunu belirlemişlerdir. Yapı şev eğimi olarak 1/1.5 yerine 1/2 kullanılmasıyla beraber dikkate alınan değişkenlerin aralığı için dalga tırmanmasının %4.78 ile %35.63 aralığında azaldığını, dalga geri çekilmesinin yapı şev eğimindeki değişimle herhangi bir özel eğilim göstermediğini tespit etmişlerdir.

Milanian vd. (2017) yaptıkları çalışmada, düzenli dalga koşullarında palyeli dalgakıranlarda dalga tırmanmasını özellikle palye genişliği, dalga yüksekliği ve dalga periyodu açısından sayısal modelleme yöntemiyle araştırmışlardır. Palyeli dalgakıran üzerindeki palyenin genişliğinin 30 cm'den 55 cm'ye artışı ile dalga tırmanmasının %36'ya kadar azalabileceğini tespit etmişlerdir. Dalga tırmanmasındaki azalmayı dalga enerjisinin bir kısmının palye üzerinde sönmelenmesinin sonucu olarak göstermişlerdir. Palye sayesinde dalganın şev eğimine daha düşük bir enerjiyle çarpacağını belirtmişlerdir. Dalga yüksekliğini %67'ye kadar artırarak 35 cm palye genişliğine sahip palyeli dalgakıranda dalga tırmanmasının yaklaşık %53'e kadar arttığını tespit etmişlerdir. Dalga tırmanmasındaki artışın ana sebebi olarak dalga enerjisinin dalga yüksekliğinin karesi ile orantılı olmasını göstermişlerdir. Palyeli dalgakıranlarda dalga tırmanmasının farklı dalga periyotlarında araştırılması sonucu dalga periyodunun %53'e kadar artırarak dalga tırmanmasının yaklaşık %36'ya kadar arttığını belirlemişlerdir. Dalga periyodu 1.2 s olduğu durumun aşağı yukarı dalgakıranın doğal titreşim periyodu ile aynı olduğunu ve bunun dalga tırmanmasını ikiye katladığını tespit etmişlerdir. Genel olarak palyenin dalga tırmanmasını azaltmada ve dalgakıran koruyucu tabakasının stabilitesini artırmada etkili olduğunu belirlemişlerdir.

Rao vd. (2011), palyeli dalgakıran modelinin stabilitesinin büyük oranda fırtına süresinden etkilendiğini, üzerinde çalıştıkları modelin 0.10 m ve 0.12 m dalga yüksekliği için 1000 dalganın ardından stabil bir profil gösterdiğini belirlemişlerdir. Palyenin geri çekilmesinin büyük ölçüde dalgakıran önündeki su seviyesi değişikliklerinden etkilendiğini belirtmişlerdir. Farklı su derinliklerinde dalga yüksekliği 0.10 m için boyutsuz geri çekilmenin 0.93 ile 2.04, dalga yüksekliği 0.12 m için 2.32 ile 2.72 arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Su derinliğinin 37 cm'den 43 cm'ye değişimiyle birlikte dalga yüksekliği 14 cm için geri çekilmenin %11.45 ile %26.25 aralığında arttığını ve dalga yüksekliği 16 cm için ise geri çekilmenin %11.37 ile %29.43 aralığında azaldığını belirlemişlerdir. Tüm dalga yükseklikleri ve su derinlikleri için stabilite sayısı değerlerinin 2.21 ile 3.63 arasında değişiklik gösterdiğini ve geri çekilmenin kullanılan palye genişliği olan 45 cm'den daha az olduğunu tespit etmişlerdir. Boyutsuz dalga tırmanmasının 0.52 ile 1.08 arasında değiştiğini

ve 0.40 m su derinliğinde hasar seviyesindeki değişimin en yüksek, 0.37 m su derinliğinde en az olduğunu belirlemişlerdir.

Aynı model ve koşullarda yapılan çalışmada su derinliği 0.37 m olduğu durumda dalga yüksekliği 0.14 m için boyutsuz geri çekilmenin 6.36, dalga yüksekliği 0.16 m için ise boyutsuz geri çekilmenin 10.26 olduğunu ve 0.40 m dahil çalışılan üç su derinliği durumu için koruma tabakasında küp malzeme kullanımının geri çekilmeyi azalttığını belirtmişlerdir (Rao vd., 2009).

Janardhan vd. (2018) yaptıkları çalışmada, dalga tırmanması, dalga geri çekilmesi, palye geri çekilmesi ve ikincil tabakanın ortaya çıkmasının koruyucu tabaka ağırlığı, palye genişliği, dalga yüksekliği, dalga periyodu, su derinliği ve fırtına süresinden etkilendiğini belirtmişlerdir. Çalışmada, koruyucu tabaka ağırlığının %25 oranında azaltıldığı ve palye genişliğinin 0.45 m olduğu durumun dikkate alınan tüm parametreler için güvenli olduğunu tespit etmişlerdir. 0.40 m palye genişliği, %25 oranında azaltılmış koruyucu tabaka ağırlığı ve iki katmanlı birincil tabakaya sahip dalgakıran modelinin 0.16 m dalga yüksekliği, 1.6 s dalga periyotlu ekstrem dalgalar haricinde neredeyse tüm dalga şartlarında tamamen güvenli olduğunu belirlemişlerdir. Boyutsuz palye seviyesi parametresinin 1'den 1.5'e artışıyla palye geri çekilmesinin %77'ye kadar azaldığını tespit etmişlerdir. Ayrıca, dalga tırmanması ve dalga geri çekilmesinin sırasıyla %7 ve %14 azaldığını belirlemişlerdir.

Ergin vd. (1989), sakin su seviyesi üzerindeki taşlardaki bozulmanın ana sorumlusunun dalga tırmanması olduğunu ve taşların aşağı sürüklenerek yapı modelinin topuğuna doğru çekilmesinin sebebinin ise dalga geri çekilmesi olduğunu gözlemlemişlerdir. Herhangi bir hasara yol açmayacak olan tasarım dalga yüksekliğinin, 1/2 tek eğimli kesit için sırasıyla 1.2 s, 1.5 s ve 1.8 s dalga periyodu için 1.65, 1.42 ve 1.35 kat artırılmasıyla %5 veya daha az hasar gözlemlemişlerdir. Dalga periyodu 1.2 s, 1.5 s ve 1.8 s için dalga yüksekliği tasarım dalga yüksekliğinin 2.3 katına çıkarıldığında sırasıyla %38.6, %48.7 ve %56.9 hasar olduğunu gözlemlemişlerdir. Tek eğimli kesitte dalga yüksekliği hemen hemen tasarım dalgasının 1.7 katını aştığında göz önünde bulundurulan bütün dalga periyotları için hasarda ani bir artış olduğunu gözlemlemişlerdir. Tek eğimli dalgakıran kesitinin denge profillerinin, tek eğimli kesitteki aynı koruyucu tabaka taş boyutuna sahip üç eğimli palye tipi kompozit dalgakıran kesitiyle değiştirilebileceğini belirtmişlerdir. 1/2 tek eğimli kesitin denge profili, üç eğimli palye tipi kompozit dalgakıran kesitiyle değiştirildiğinde derin deniz dalga dikliği 0.016 ile 0.072 aralığı için açık deniz tarafı profilinin eğimlerinin alt şevde 1/1.5, palyede 1/4 ve üst şevde 1/1.5 seçilebileceğini ve palye

genişliğinin lokal dalga boyunun dörtte biri kadar alınabileceğini belirtmişlerdir. Tek eğimli kesitin ve alternatif palye tipi kesitin teorik dalga tırmanması değerlerinin gözlemlenen dalga tırmanması değerleriyle oldukça uyumlu olduğunu belirtmişlerdir. Yaptıkları deneyler boyunca alternatif palye tipi kesitteki dalga tırmanması değerlerinin tek eğimli kesitte gözlemlenen dalga tırmanması değerlerinden daha az olduğunu tespit etmişlerdir. Tek eğimli kesitte olduğu gibi aynı taş boyutu kullanıldığında, alternatif kesitin tek eğimli kesitin tasarım dalgasından daha büyük dalgaların oluşturduğu dalga hareketine dayanabileceğini belirtmişlerdir. Dalga periyotları sırasıyla 1.8 s, 1.2 s ve 1.5 s için dalga yüksekliklerinin tasarım dalga yüksekliğinin 1.95, 2.2 ve 2.3 katı olduğu durumlarda %5 veya daha az hasar gözlemlenmiştir. Dalga yüksekliği tasarım dalga yüksekliğinin 2.3 katına eşit olduğunda, test edilen dalga periyotları için alternatif kesitin %5 ile %12 arasında değişen hasarlar aldığını belirlemişlerdir. Benzer test dalga karakteristikleri için alternatif kesitlerin, 1/2 tek eğimli kesitlerin hacimlerine göre daha küçük veya karşılaştırılabilir hacimlerle sonuçlandığını tespit etmişlerdir.

Rao vd. (2004) çalışmalarında, palye genişliği arttıkça, dalgakıranın stabilitesinin daha fazla olduğunu göstergesi olarak hasar seviyesinde azalma olduğunu gözlemlenmiştir. Dalga periyodunun palyeli dalgakıranların stabilitesi üzerinde büyük bir etkisi olduğunu belirtmişlerdir. %30 azaltılmış koruyucu tabaka taş ağırlığı ile çalışılan dalgakıran modelinin sadece 60 cm palye genişliği ve 1.2 s dalga periyodu için stabil olduğunu belirlemişlerdir. Çalışılan diğer dalga periyotlarında elde edilen sıfır hasarlı dalga yüksekliğinin, 10 cm olan tasarım dalga yüksekliğinden daha az olduğunu tespit etmişlerdir. Stabilitate sayısı arttıkça hasar seviyesinin katlanarak arttığını belirtmişlerdir. Palye genişliğinden bağımsız olarak, derin deniz dalga dikliği arttıkça dalga tırmanmasının azaldığını tespit etmişlerdir. Palye genişliğindeki fazla artışın dalga tırmanmasını azaltmada çok etkili olamadığını belirlemişlerdir. Azalan koruyucu tabaka ağırlığıyla dalga tırmanmasının arttığını, ancak bu azalmada belirli bir oran aşıldığında dalga tırmanmasının yaklaşık olarak aynı kaldığını belirlemişlerdir.

Arukan vd. (2018) yaptıkları fiziksel model çalışmasında, incelenen palyeli kıyı yapısı kesitinde, 1/1.5 eğime sahip alt şevde ve palyede küp beton kullanırken 1/2 eğime sahip üst şevde ise taş kullanmışlardır. Yapılan modelde palye genişliğini değiştirmeyip sabit tutmuşlar, fakat küp beton elemanları palyeye ve alt şeve iki ayrı biçimde yerleştirmişlerdir. Çalışmayı 45 cm, 55 cm ve 65 cm olmak üzere üç farklı su derinliğinde yapmışlardır. Su derinliği 55 cm ve 65 cm olduğunda aşma gözlemlenmiştir. Su derinliği 45 cm olduğunda

aşmanın oluşmadığını belirtmişlerdir. Palyenin varlığıyla birlikte aşmanın önemli ölçüde azaldığını belirlemişlerdir. Palyeli kıyı yapısında ölçülen aşma debilerini, Van der Meer ve Sigurdarson'un (2016) yaptıkları çalışmada ve EurOtop 2016'da palyeli kıyı yapıları için sunulan palye azaltma faktörünün başarılı bir biçimde tahmin ettiğini tespit etmişlerdir. Ayrıca, farklı kret yükseklikleri ve palye genişlikleri için fiziksel model çalışmalarının yapıldığını belirtmişlerdir.

1.3. Dalgaların Genel Özellikleri

Rüzgâr tesirleriyle deniz yüzeyinde meydana gelen dalgalar ilerleyen ağırlık dalgaları olarak tanımlanmaktadır (Kapdaşlı, 1992). Ağırlık dalgaları rastlantısal özelliktedirler. Rüzgârın tesiriyle suyun dengesinin bozulması, dalganın rüzgâra karşı ve ona ters bir şekilde ortaya çıkan sırtları arasında basınç farkının oluşmasına sebebiyet verir. Böylelikle rüzgâr enerjisi su yüzeyine aktarılmış olur. Derin suda atmosferden deniz yüzeyine devamlı enerji akışı rüzgâr dalgalarını meydana getirir (Yüksel vd., 1998).

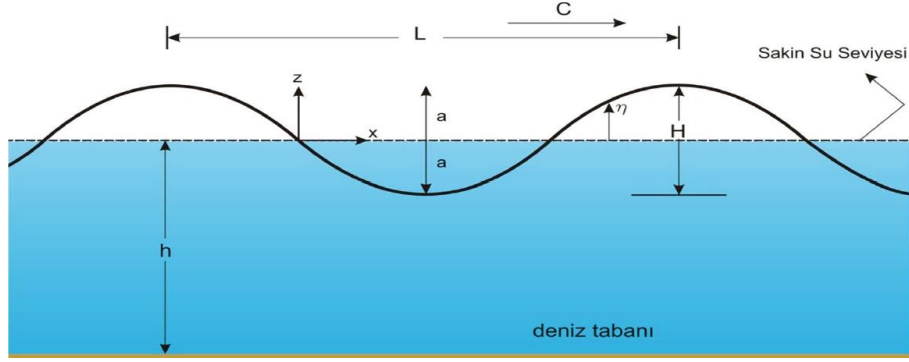
Gerçek ortamda meydana gelen ağırlık dalgaları çok düzensiz bir dizide meydana gelirler ve deniz yüzeyi profilinde değişimler oluştururlar. Bu sebepten ötürü matematiksel bir biçimde açıklanmaları olası değildir. Ancak, basit dalga olması halinde dalganın farklı niteliklerini gösteren ifadeler belirli bir yaklaşıklıkla çeşitli dalga teorilerinde sunulmaktadır. Küçük genlikli dalga teorisi, sığ su teorisi ve akım fonksiyonu değişik dalga teorileridir. Küçük genlikli dalga teorisi uygulamada en sık yararlanılan dalga teorisidir (Kapdaşlı, 1992).

Dalga problemlerini çözümle sonuçlandırabilmek amacıyla teorik bir dalga formundan faydalanılmaktadır. Sinüs fonksiyonu yapısında olan idealize haldeki dalga profili sinüzoidal dalgadır. Bu dalga profili yerin ve zamanın fonksiyonu biçimindedir. Su yüzeyinin dikey hareketi, farklı su düzeylerindeki dalga profilini tayin etmektedir (Kankal, 2010). Şekil 1'de sinüs eğrisi formundaki dalga profili gösterilmektedir.

Denklem 1'de sinüs eğrisi formundaki dalga profili verilmektedir.

$$\eta = a \cdot \sin(2 \cdot \pi) \cdot \left[\frac{x}{L} - \frac{t}{T} \right] \quad (1)$$

Denklemde, η dalga profilinin sakin su seviyesine göre dikey uzaklığını ve x yatay eksen boyunca katedilen uzaklığı temsil etmektedir.



Şekil 1. Sinüs eğrisi formundaki dalga profili (Kankal, 2010)

Dalga periyodu, su derinliği, dalga boyu ve dalga hızı arasındaki bağıntılar Denklem 2 ve Denklem 3'te sunulmaktadır.

$$L = \frac{g \cdot T^2}{2 \cdot \pi} \cdot \tanh \left[\frac{2 \cdot \pi \cdot h}{L} \right] \quad (2)$$

$$C = \frac{L}{T} \quad (3)$$

Bu denklemler kullanılarak dalga hızı (C) Denklem 4'deki şekilde ifade edilebilir.

$$C = \frac{g \cdot T}{2 \cdot \pi} \cdot \tanh \left[\frac{2 \cdot \pi \cdot h}{L} \right] \quad (4)$$

Belirgin dalga yüksekliği olan $H_{1/3}$ ve belirgin dalga periyodu olan $T_{1/3}$ derin deniz dalgalarının önemli parametreleridir. Derin suda meydana gelen dalgalar kıyı tarafına doğru yaklaştıkça birçok faktör sebebiyle değişikliklere uğrarlar. Bu değişikliklerin ilk olduğu derinlik derin su sınırı olarak adlandırılmaktadır. Dalgaların uğradığı değişimler dalga yüksekliği ve dalga yönünde olmaktadır. Bu süreçte dalga periyodu değişmeyip sabit bir şekilde kalmaktadır. Su derinliğinin, dalga boyunun yarısına karşılık olduğu konum derin deniz sınırı olarak isimlendirilmekte olup Denklem 5'te verildiği gibi ifade edilmektedir (Yüksek, 1995).

$$h = 0.5 \cdot L_0 \quad (5)$$

Denkleimde bulunan derin deniz dalga boyu, Denklem 6'da sunulmaktadır. Denkleimde L_0 ve h metre (m) boyutunda, T saniye (s) boyutundadır.

$$L_0 = 1.56 \cdot T^2 \quad (6)$$

Kıyı yapılarının tasarımında doğrusal ve doğrusal olmayan hareketlerinin stokastik tahmininde deniz durumunu gösteren dalga spektrumu bilinmelidir. Düzensiz dalga şartlarını meydana getirmede kullanılan önde gelen spektrum modelleri JONSWAP (Joint North Sea Wave Project), P-M (Pierson-Moskowitz), ISSC (International Ship Structures Congress), ITTC (International Towing Tank Congress), Neumann, Bretschneider, Scott spektrumlarıdır.

Bahsedilen mevcut ve yararlanılabilen spektrum modelleri birbirlerine karşı tavsiye edilemez. Göz önünde bulundurulması gereken mühim konu, spektrum modellerinin herhangi birinden dünyanın tamamında ve bütün fırtına şartlarında faydalanılamayacağıdır. Bu sebepten ötürü, tasarım koşulu için model belirlemeden önce çalışma konusu olan bölgeyle alakalı çevresel bir araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Matematiksel modelin belirlenmesinde kullanılacak olan alanı en iyi şekilde gösterebilen fırtınadan yararlanılması uygun olacaktır (Yüksel & Çevik, 2009; Coastal Engineering Manual, 2002; Shore Protection Manual, 1984).

JONSWAP (Joint North Sea Wave Project) ve P-M (Pierson-Moskowitz) spektrumları en sık yararlanılan spektrum modelleridir. Fakat JONSWAP spektrumu fırtına koşullarındaki dalgaları temsil etmede daha başarılıdır (Coastal Engineering Manual, 2002; Shore Protection Manual, 1984). Spektrum modelleri çoğunlukla bir veya birden daha çok parametreye dayanmaktadır. En sık kullanılan tek parametrelili spektrum olan P-M (Pierson-Moskowitz) spektrum modeli belirgin dalga yüksekliği ya da rüzgâr hızı parametresine dayanmaktadır. JONSWAP spektrumu, Joint North Sea Wave Project adıyla Hasselman ve arkadaşlarının 1968-1969 yıllarında Kuzey Buz Denizi'nde yaptıkları yoğun dalga ölçümlerinden elde edilen sonuçlarla geliştirilmiştir. JONSWAP (Joint North Sea Wave Project) spektrumu (Hasselman vd., 1976) beş parametrelili olup çoğunlukla beş parametreden üçünün değiştirilmeden sabit tutulduğu spektrum modelidir. JONSWAP (Joint North Sea Wave Project) spektrumu formülasyonu P-M (Pierson-Moskowitz) spektrum

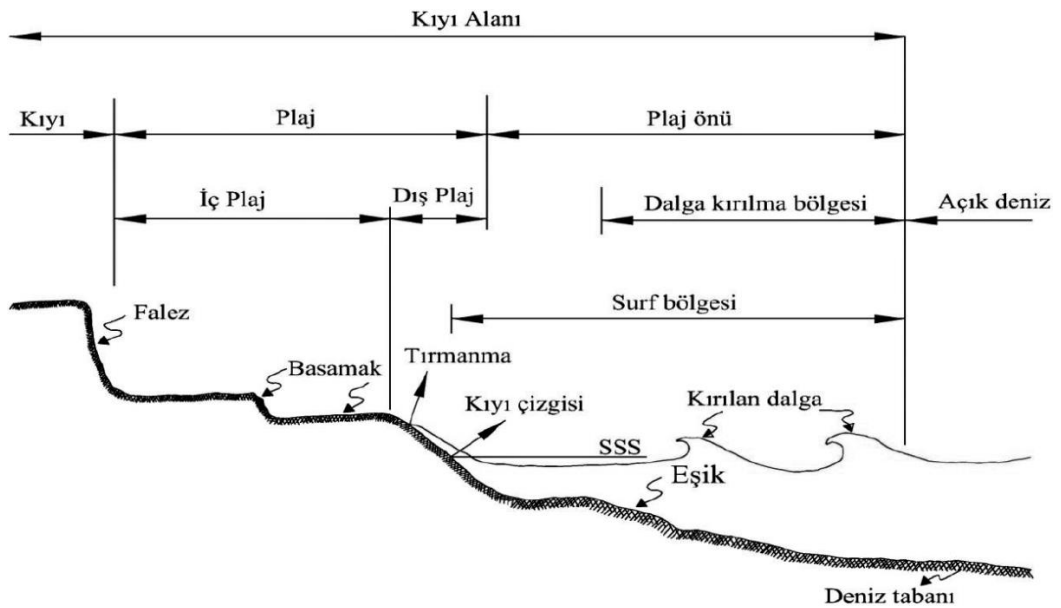
modelinin değiştirilmesi ile elde edilmiştir (Yüksel & Çevik, 2009). Yapılan bu çalışmada JONSWAP spektrumundan düzensiz dalgaları üretmek amacıyla yararlanılmıştır.

Dalgalar kıyıya yaklaşırken değişimlere maruz kalırlar. Derin denizden sığ sulara girdiklerinde tabii ve suni çeşitli engellerden ve taban özelliklerindeki değişikliklerden etkilenmeye başlarlar. Dalga mekaniği ve kıyı yapılarının hidrolik performansı bu değişikliklerden mühim derecede etkilenebilir. Bu değişimler sığlaşma, kırınım, yansıma, sapma ve kırılmadır.

1.4. Kıyı Alanının Tanımı

Denizin karalarla karşılaştığı bölgeler dalga, fırtına ve akıntı benzeri çevresel faktörlerin etkisinde kalırlar. Kıyı bölgeleri dünyadaki hava kütlelerinin, deniz kütlelerinin ve kara kütlelerinin kesiştiği alanlardır. Kıyı hidrolik sistemi, çevresel faktörlerin ve karanın birbirlerini etkilemesi sonucu meydana gelmektedir. Bu sistemin esas konusu dalgalardır. Dalga mekaniği hususunun kapsamını, dalgaların fiziksel özellikleri, matematiksel şekilde tanımlanmaları ve değişiklikleri meydana getirmektedir (Ergin, 1996).

Taşkın halleri haricinde ve meteorolojik hadiselerle ilgili olarak değişiklik gösterebilen rastgele bir esnada, kara ve denizi bölen sınır kıyı çizgisi olarak isimlendirilmektedir. Kıyı alanı, kıyı çizgisinin kara ile deniz kısmında kıyı, plaj ve plaj önü alanlarının bulunduğu bölge olarak adlandırılmaktadır (Şekil 2).



Şekil 2. Kıyı alanının hidrodinamik bölgeleri (Yüksel & Çevik, 2009)

Kıyı morfolojisinde değişikliklerin olduğu, taban hareketinin etkin olduğu bölge plaj önüdür. Ayrıca dalga plaj önü bölgesinde kırılmaktadır. Sonrasında ise yine bu bölgede dalga tırmanması olmaktadır. Kara kısmında bulunan, kum ya da çakıl gibi konsolide halde olmayan malzemenin olduğu, dalga ile gelgit hareketleri tesirinde olan bölgeye plaj denir. Bu bölge kıyı çizgisi değişikliğinin de olduğu ıslak alandır. Dış plaj, plajın kum palyesi ile alçak su seviyesi arasındaki bölgedir. İç plaj ise dış plaj ve fırtına dalgalarının tesirinde olan bölgedir. Açık deniz, kıyı alanının deniz yönündeki sınırıdır. Bölgenin jeolojik yapısına göre kıyı alanı genişliği değişiklik gösterebilmektedir (Yüksel & Çevik, 2009).

1.5. Kıyıda Dalga ve Yapı Etkileşimi

Dalgalar derin denizden kıyı tarafına doğru geldikçe boyları kısalır, sapma ve sığlaşma nedeniyle yükseklikleri artış gösterebilir. Böylelikle, dalga dikliği artış göstererek sınır bir hale gelir. Sonuç olarak dalgalar taban eğimine ve rölatif derinliğe bağımlı bir şekilde kritik bir dikliğe eriştiklerinde kırılır (Yüksek, 1995). Kırılan dalgalar ise kıyıda ki koruma yapılarının eğimli yüzeylerinde tırmanır.

1.5.1. Dalga Tırmanma Yüksekliği

Dalga tırmanma yüksekliği genellikle $R_{u2\%}$ ile gösterilir. Bu değer, durgun su seviyesinden dikey olarak ölçülen dalga tırmanma seviyesidir ve gelen dalga sayısının %2'sinin aştığı kabulüne dayanır. Aşan dalga sayısı eğimde tırmanan dalga sayısı ile değil, gelen tüm dalgaların sayısı ile ilişkilidir (EurOtop, 2016).

Tırmanan bir uzantıda çok ince bir su tabakası doğru bir şekilde ölçülemez. Düzgün yüzeyli şevli model çalışmalarında sınıra genellikle 2 mm'lik bir su tabakası kalınlığında ulaşılır. Bu, prototip dalgalar için model çalışmasının ölçeğine bağlı olarak yaklaşık 2 cm katman derinliğine karşılık gelmektedir. Çok ince tabakalar kuvvetli bir rüzgarla düzgün yüzeyli eğimde yukarı doğru uzun bir mesafe kat edebilir. Bu durum küçük ölçekli bir modelde simüle edilemez. 2 cm'den daha az kalınlıktaki tırmanan su uzantıları aslında çok az su içerir. Bu sebeple, düzgün yüzeyli eğimlerde dalga tırmanma seviyesinin, su uzantısı kalınlığının 2 cm'den daha az olmaya başladığı seviye ile belirlenmesi önerilir. Eğim üzerinde yükselen ince tabakalar dalga tırmanması olarak görülmez (EurOtop, 2016).

Dalga tırmanması; düzgün yüzeyli eğimler, kıyı duvarları ve taş dolgu veya betondan oluşan koruyucu tabakalı pürüzlü eğimlerle ilişkilidir. Dalga tırmanmasının dikey kıyı

yapıları için eşdeğer bir parametresi yoktur. Ancak aşan dalgaların yüzdesi veya sayısı her kıyı yapısı türü için geçerlidir (EurOtop, 2016).

Denizde fırtınanın oluşturduğu düzensiz hareketten ötürü yaklaşan dalgaların birbirlerinden farklı dalga tırmanma yükseklikleri vardır. Avrupa’da pek çok kıyı koruma yapısı $R_{u2\%}$ dalga tırmanma yüksekliği kullanılarak planlanmıştır. Bu durumun nedeni olarak, gelen dalgaların %2’si yapı kret kotuna erişirse yapı kretinin ve şev arkasının korumaya gerek duymayacağı gösterilebilir. Bu sebepten ötürü çok sayıda araştırmada $R_{u2\%}$ değeri kullanılmaktadır. Yapıya yaklaşan dalgalarda aşan dalga oranının %2 olduğu tırmanma yüksekliği $R_{u2\%}$ olarak tanımlanmaktadır. Dalga tırmanma yükseklikleri yapı yüzeyi farklı koruma tabakasına sahip kıyı yapılarında aynı olmayacaktır. Daha önce de belirtildiği gibi, dikey kıyı koruma yapılarında tırmanma yüksekliğinin karşılığı bulunmamaktadır.

Son dönemlerde kıyı koruma yapılarının tasarım ve emniyet bakımından değerlendirilmelerinde dalga tırmanma yüksekliğinden ziyade izin verilebilir aşma değerleri göz önünde bulundurulmaktadır. Dalga aşmasının hacmini ve aşmanın hızını belirlemede mühim olan dalga tırmanma yüksekliği, kıyı koruma yapısının kret kotunu aşan dalgaların sayısını tayin etmede de ana parametredir (Gültekin, 2017).

1.5.2. Dalga Tırmanması ve Dalga Geri Çekilmesi

Dalga tırmanması dalganın durgun su seviyesinden dikeyde yapmış olduğu en büyük hareket, geri çekilmesi ise en düşük hareket olarak ifade edilir. Eğimli bir yapıda dalga tırmanması ve dalga geri çekilmesi dalga kırılmasından meydana gelmektedir. Gelen dalga eğim üzerinde kırılarak enerjisini belli bir ölçüde yapı şevinde tırmanmaya harcar.

Dalga tırmanması, kıyı değişim hareketlerinin belirlenmesinde ve dalga aşmasını en aza indirecek kret kotunun hesabında gerekli bir parametredir.

Dalga yüksekliği, dalga dikliği, gelen dalganın yansıyan dalgayla ilişkisi, yapı eğimi, geçirgenliği ve pürüzlülüğü dalga tırmanmasını ve çekilmesini etkileyen faktörlerdir. Belirli bir deniz hali ve yapı eğimi göz önüne alınırsa dalga tırmanması ve çekilmesi en yüksek değerlerini düzgün geçirimsiz şevlerde almaktadırlar (Yüksel & Çevik, 2009).

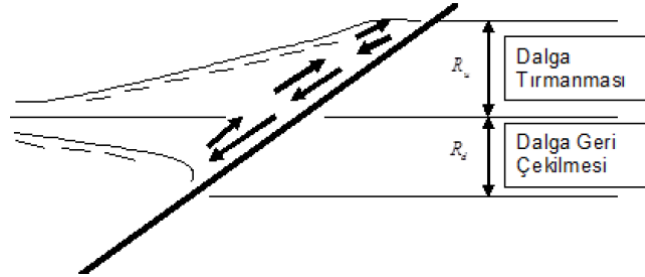
Dalga tırmanması ve geri çekilmesi dalga kırılma tipiyle ilişkilidir. Kırılma tipi düzenli dalga durumunda Denklem 7’de belirtilen sörf parametresi ile ifade edilmektedir.

$$\xi_0 = \frac{\tan \alpha}{\left(\frac{H_0}{L_0}\right)^{0.5}} \quad (7)$$

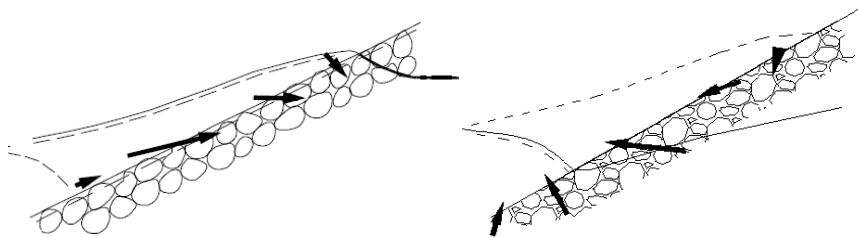
Düzensiz dalga durumunda sörf parametresi Denklem 8’de verilmektedir.

$$\xi_{0m} = \frac{\tan \alpha}{\left(\frac{H_{s0}}{L_{0m}}\right)^{0.5}} \quad (8)$$

L_{0m} ortalama dalga periyodundan ulaşılan dalga boyudur. L_{0m} yerine pik periyoda karşılık gelen dalga boyu olan L_{0p} kullanılabilir. Şekil 3, bir dalga periyodu boyunca geçirimsiz eğimde hız vektörlerinin zamanla değişikliğinin gösterimidir. Koruma tabakası stabilitesi, hız vektörlerinin doğrultusu ve şiddetiyle doğrudan ilişkilidir. Çoğunlukla en çok dikkat edilmesi gereken akım durumu durgun su seviyesi etrafında ve durgun su seviyesinin altında ancak sahil su seviyesine çok yakın noktada meydana gelmektedir. Dalga geri çekilmesi stabilize açısından en tehlikeli kuvveti oluştursa da 1/3.5’ten az eğimde dalga tırmanmasının oluşturacağı negatif durumlar daha fazladır. Şekil 4, hız vektörlerinin kıyı koruma yapılarında nasıl S-profilini şekillendirdiklerini göstermektedir (Yüksel & Çevik, 2009). Ayrıca, palyeli dalgakıranların çıkış noktası hakkında fikir vermektedir.



Şekil 3. Geçirimsiz şevde dalga tırmanması ve dalga geri çekilmesi (AYGM, 2016)



Şekil 4. Geçirimli şevde dalga tırmanması ve dalga geri çekilmesi (AYGM, 2016)

Şev geçirgenliği arttıkça daha fazla su yapı içlerine doğru sızar. Dolayısıyla, yapı şevinde akım hızları azalma eğiliminde olur. Dalgadan dolayı eğimli yüzey içerisinde artan su seviyesi ortalama boşluk suyu basıncını artırır. Dalga tırmanmasında dalga geri çekilmesine nazaran yüzey alanı geniş olduğundan yapı içindeki su seviyesi artar. İç ve dış akımların birbirini dengelemesine kadar, yeraltı su düzeyi artış göstermeyi sürdürür. Geçirgenlik azalmaya başladığında kıyı yapısı önünde kabarmanın artışı kaçınılmaz olur.

Gözeneklilik, suyun önemli ölçüde yapı içindeki hazne görevini üstlenen boşluklarda tutulmasına olanak sağlar. Böylelikle, dalga geri çekilmesinden kaynaklı hız azalır. Dolayısıyla koruma tabakasının stabilitesini olumsuz yönde etkileyen kuvvetler de azalır.

Dalga tırmanması kıyı profili, pürüzlülük ve gözeneklilik gibi şev niteliklerinin yanı sıra sörf parametresi ve dalga geliş açısına bağlı olarak tanımlanabilir (Yüksel & Çevik, 2009).

Dalga tırmanmasının özellikleri aşağıda özetlenmiştir:

Her bir dalga için tırmanma yüksekliğinin en yüksek değeri almasına sebebiyet veren bir eğim vardır.

Dalgaların kıyı yapısına belirli bir açıyla gelmesi halinde dalga tırmanma yüksekliği dik gelmesi durumuna kıyasla azalmaktadır. Bu taktirde, $\alpha < 45$ durumunda dalga tırmanma yüksekliği değerinin $\cos\alpha$ ile çarpılması gerekmektedir.

Tırmanma yüksekliği ve yapı şev eğimi doğru orantılıdır. Diğer bir ifadeyle, yapı şev eğiminin artması tırmanmanın artmasına neden olur ve sonuç olarak gelen dalga kırılmadan yansır.

Dalga tırmanmasında dalga potansiyel enerji kazanır. Dalganın yapının kret kotunu aşma ihtimalinden ötürü dalga tırmanma yüksekliğinin bilinmesi gereklidir. Iribarren ve Nogales (1949), dalgaların kırılması için geçirimsiz eğimli bir kıyı yapısının yatayla yapması gereken açığı takriben Denklem 9 ile ifade etmişlerdir (Muir & Fleming, 1981).

$$\tan\alpha = \frac{8}{T} \left(\frac{H_i}{2g} \right)^{0.5} \quad (9)$$

Burada H_i tasarım dalga yüksekliğidir. Yapı eğimi α 'dan yüksek olduğunda Denklem 9 surging kırılma ile yansıma olacağını gösterir. Dalgaların şevde kırılması daha eğik eğimlerde mümkündür. H_i duvara yaklaşmakta olan dalganın yüksekliği ve H_0 derin deniz

dalga yüksekliği arasında önemli bir fark olmadığında H_i yaklaşık olarak H_0 , L_0 ise $gT^2/2\pi$ olarak göz önünde bulundurulabileceğinden Denklem 9 aşağıdaki şekilde ifade edilebilir.

$$\frac{H_0}{L_0} \approx \frac{\tan^2 \alpha}{5.1} \quad (10)$$

1.5.3. Kıyıda Dalga Tırmanması

Kırılan düzenli dalgalarda tırmanma dalga yüksekliği, dalga dikliği ve kıyıdaki eğime bağlı olarak tanımlanır. Hunt (1979), düzenli dalga durumunda tırmanma ifadesi olarak Denklem 11'i önermiştir.

$$\frac{R_u}{H_0} = \xi_0 \quad 0.1 < \xi_0 < 2.3 \quad (11)$$

Eğimi değişmeyen kıyıda tırmanmada üst sınır şöyle ifade edilir (Coastal Engineering Manual, 2002):

$$\frac{R_u}{H_0} = (2\pi)^{0.5} \left(\frac{\pi}{2\alpha} \right)^{0.25} \quad (12)$$

Denklem 12'deki α şev açısıdır. Düzensiz dalga durumunda tırmanma sörf parametresine bağlıdır. Kıyı profilinde etkin bölümün belirlenmesinde en büyük dalga tırmanmasının bilinmesi mühimdir. Pena vd. (2013) $R_{u\%2}/H_0 = 4m^{0.3}\xi_0$ eşitliğini önermişlerdir.

Tablo 1. Düzensiz dalga durumunda tırmanma ifadeleri (Mase, 1988)

	Sembol	Formül
En büyük dalga tırmanması	R_{umax}	$R_{umax}/H_0 = 2.32\xi_0^{0.77}$
%2 aşma durumu	$R_{u\%2}$	$R_{u\%2}/H_0 = 1.86\xi_0^{0.71}$
Tırmanmada en büyük 1/10'un ortalaması	$R_{u1/10}$	$R_{u1/10}/H_0 = 1.70\xi_0^{0.71}$
Tırmanmada en büyük 1/3'ün ortalaması	$R_{u1/3}$	$R_{u1/3}/H_0 = 1.38\xi_0^{0.70}$
Ortalama tırmanma	R_{uort}	$R_{uort}/H_0 = 0.88\xi_0^{0.69}$

Tablo 1'deki ifadeler geçirimsiz, düzgün ve $1/30 \leq m \leq 1/5$ kıyı eğiminde geçerlidir. Ayrıca, $H_0/L_0 \geq 0.007$ koşulunun sağlanmış olması gerekmektedir (Mase, 1988).

1.6. Palyeli Kıyı Yapıları

Eğimin yatay ile 1/15 arasında değiştiği kıyı yapısı profili parçasına palye denir. Palyenin konumu, derinlik tarafından belirlenen durgun su seviyesi ile ilişkilidir. Palye genellikle dalgakıranlar gibi eğimli bir yapı üzerinde konumlandırılmaktadır. Palyenin etkili olduğu konum tasarım su seviyesi civarındır. Palye yumuşak bir ortalama eğim oluşturur. Bu durum palyenin bulunmadığı benzer bir kıyı yapısına göre daha düşük kret kotlarına olanak sağlar (EurOtop, 2016).

Dalgakıranlar senelerdir birçok kıyı yapısını, limanları ve kıyıları koruma görevlerini yerine getirmektedirler. Çoğunlukla derin suda konumlandırılmalarından ötürü zorlayıcı dalga şartlarıyla karşılaşmaktadırlar. Bu sebeple, dayanıklılıklarını muhafaza etmek ve dalga aşmasını önlemek amacıyla farklı malzeme boyutlarında ve yapı şev eğimlerinde inşa edilmektedirler. Yakın dönemde araştırmacıların dikkatini çeken palyeli kıyı yapılarının emniyet ve ekonomi bakımından üstünlükleri bulunmaktadır. Palyeli kıyı koruma yapılarının bulundurdıkları palyeden ve yararlanma imkânlarından ötürü çok sayıda üstünlüğü vardır. Bu üstünlüklerden en mühimleri; yapı dayanıklılığını artırma, yapı kret kotunu azaltma, aşan dalga oranını eksiltme, dalga enerjisini sönmüleme, hasar düzeyini düşürme ve malzeme boyutunu küçültmedir (Gültekin, 2017).

Geleneksel taş dolgu dalgakıranlar yapı materyalinde önemli bir yer değiştirme olmadan dalga hareketine dayanabilecek şekilde tasarlanmaktadır. Bu nedenle, her koruma elemanı inşa aşamasında yer değiştirmeye müsaade etmeksizin nihai konumlarına yerleştirilmek durumundadır. Palyeli dalgakıran ise geniş gözenekli palye ile inşa edilmiş bir taş dolgu dalgakırandır. Dalgaların palyeli kıyı yapısına devamlı olarak çarpmasının sonucu olarak dalgakıran S profili olarak yeniden şekillenmektedir (Andersen, 2006).

Palyeli dalgakıran taş ocağından gelen malzemenin kullanımını optimize etmek için de tasarlanmıştır. Bu da ocak malzemesinin taş tabakalarına ayrılmasıyla elde edilir. Homojen bir palyeye sahip palyeli dalgakırandaki genel olarak iki adet taş tabakası (çekirdek ve koruyucu tabaka) kullanılır. Taş ocağı malzemesinden yüzde yüz faydalanmak için taş derecelendirmeleri oldukça geniş olmalıdır. Çok katmanlı palyeli dalgakıranlarda genellikle beş civarında veya daha fazla taş tabakası kullanılır. Böylece, en fazla stabilite gerekli olan palye önü ve üstüne en büyük taşlar yerleştirilerek daha stabil bir yapı elde edilebilir. Aşan dalgalar, dalgakıranın arka tarafına kolayca zarar verebilir ve dalgakırandaki hızlı şekilde gedikler açılmasına neden olan bir erozyon süreci başlatabilir. Bu nedenle, bir dalgakıranın

arka taraf stabilitesi dalga aşması dolayısıyla da dalga tırmanması ile yakından ilişki içerisindedir (Andersen, 2006).

Kaya bozulmaları nedeniyle yalnızca nispeten küçük boyutlu taşların mevcut olduğu yerlerde palyeli dalgakıranlar ön plana çıkmaktadır. Çoğu durumda, geleneksel iki katmanlı taş dolgu dalgakıranda gerekli koruyucu taş ağırlığı o kadar büyük olur ki beton koruyucu blokları veya çok yatay bir eğim gerekli olur. Bu gibi durumlarda palyeli dalgakıran iyi bir alternatiftir. Yeniden şekillenmiş bir palyeli dalgakıran, geçirgen palyeden dolayı geleneksel bir taş dolgu dalgakırana gerekenden daha az ağırlığa sahip koruyucu tabaka taşları gerektirir. Birçok durumda palyeli dalgakıran için toplam inşaat maliyetleri geleneksel bir taş dolgu dalgakırana göre önemli ölçüde daha düşüktür (Andersen, 2006).

Palyeli dalgakıran, yapısındaki palyenin geniş gözenekliliğinden ötürü geleneksel dalgakırana kıyasla dalga geri çekilmesi etkilerine karşı daha stabildir. Yapı aşılımadığı ve palye çok dar olmadığı sürece yaklaşım açısı dik olan zorlayıcı dalgaların bile tahrip etmesi zor olduğundan dayanaklı yapılar olarak kabul edilebilirler. Geleneksel taş dolgu dalgakıranlar ise daha gevrek bir davranış gösterir. Ayrıca, palyeli dalgakıranlara kıyasla onarım işlemleri daha zordur (Andersen, 2006). Şekil 5'te palyeli taş dolgu dalgakıran verilmektedir.



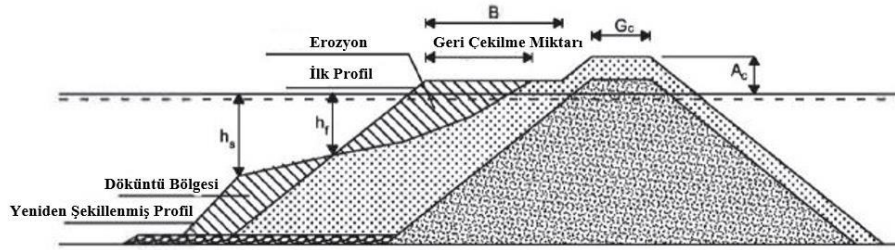
Şekil 5. Kıyı koruma yapısı olarak kullanılan palyeli taş dolgu dalgakıran (EurOtop, 2016)

Prest vd. (1964), Brunn ve Johannesson (1976) ve Ergin vd. (1989) S şeklindeki taş dolgu dalgakıranların (palyeli dalgakıranlar) belirli koşullar altında daha stabil olduğunu göstermişlerdir. Palyeli dalgakıranlarda kırılan dalga genellikle dalgakıran şevine çarpmaz.

Dalgakıran yatay kısmına doğru ilerler ve enerjilerini palye içinde geniş bir alana yayar. Bu kavram sadece koruyucu tabaka ağırlığını azaltmakla kalmayıp, aynı zamanda tasarımcının çok çeşitli koruyucu tabaka taşlarını kullanmasına olanak tanır.

Kıyı yapılarının palyelerle beraber kompozit yüzeyli inşa edildiklerinde tırmanma miktarı azalmaktadır. Hunt, bir palyenin genişliğini yaklaşık olarak dalga boyunun beşte biri olarak vermiştir (Hunt, 1959). Durgun su seviyesi palye üzerinde olduğunda dalga geri çekilmesinin, durgun su seviyesi palye altında olduğunda dalga tırmanmasının daha etkili parametre olduğu ve artan palye genişliği ile eğimdeki dalga tırmanmasının azalacağı, ancak belirli bir genişlik aşıldığında bu azalmanın hızla düşeceği belirtilmiştir (Rao vd., 2006).

Geleneksel dalgakıranlar statik bakımdan dayanıklı kıyı koruma yapılarıdır. Bu tür yapıların şekil değiştirmeden neredeyse sıfır hasarla işlevlerini yapmaları gerekmektedir. Çoğunlukla stabilite sayıları 3'ten küçüktür. 3'ü geçtiği durumlarda koruma katmanında önemli ölçüde hasar oluşabilir. Bütün kıyı yapısı eş boyutta taşla inşa edildiğinde tam hasar gerçekleşmeyip, yalnızca kıyı yapısı profili tekrar şekillenmektedir. Palyeli kıyı yapısının ortaya çıkmasının arkasındaki düşünce bu durumdur. Taş dolgu kıyı yapılarının S şekli olarak palye meydana getirmesine müsaade edilir (Gültekin, 2017). Yeniden şekillenmenin sonucu olarak bir palyeli kıyı yapısının önceki ve sonraki profili Şekil 6'da gösterilmektedir.

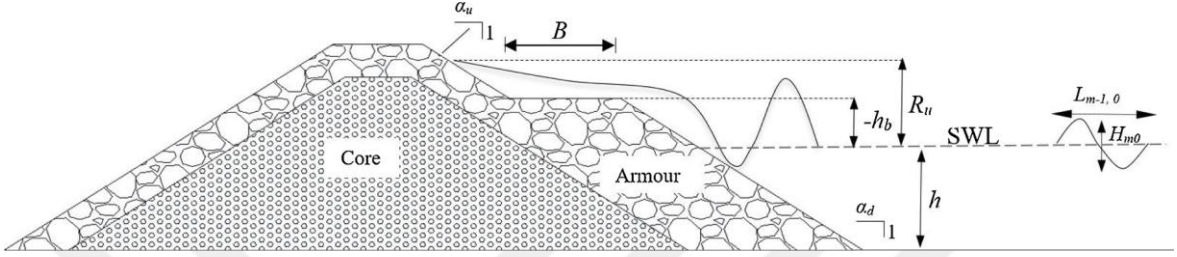


Şekil 6. Başlangıç ve yeniden şekillenmiş profil (Gülver Gültekin, 2017)

1.7. Palyeli Kıyı Yapılarında Dalga Tırmanması Hesabı

Dalga tırmanma yüksekliği, kıyı koruma yapılarının planlanmasında mühim bir hidrolik parametredir (Hughes, 2004). Dalga tırmanma yüksekliği, dalga hareketi sırasında dalganın eğimli kıyı yapısı yüzeyinde sakin su seviyesinden düşey olarak kat ettiği en büyük mesafe olarak tanımlanır. Dalga tırmanma yüksekliği bilgisi, kıyı yapılarının güvenilirliğini değerlendirmede ve yapı kret kotuna ulaşip aşmaya neden olabilecek dalgaların sayısını tahmin etmede gereklidir (EurOtop, 2016). Dalga tırmanma yüksekliği bilgisi, yapı sevi

içindeki hasarı tahmin etmede de kullanılır (Diwedard, 2016). Bu nedenle, dalga tırmanmasının güvenilir bir tahmini kıyı yapısının emniyetli tasarımı için zaruridir. Dalga tırmanması deniz seviyesindeki yükselme veya öngörülemeyen kıyı alçalmalarının sonucu olarak değişebileceğinden yapılan tahminler su derinliği etkisini içermelidir (Pillai vd., 2019). Şekil 7’de palyeli kıyı yapılarında dalga tırmanmasının şematize hali sunulmaktadır.



Şekil 7. Palyeli şevlerde dalga tırmanması (Pillai vd., 2019)

Tek eğimli kıyı koruma yapıları dalganın getirdiği tesirleri en aza indirmek için palyeli olarak tasarlanmışlardır. Palyeli kıyı yapılarının derin deniz yüzü alt şev, palye ve üst şev olacak şekilde üç kısımdan oluşmaktadır. Palye genişliği (B), palye uzunluğu (L_{Berm}), palye geri çekilmesi (R_{ec}), palye seviyesi (h_b), üst-alt yapı şev eğimleri ile dalga dikliği ($s=H/L$) palyeli kıyı koruma yapılarındaki esas parametreler olarak belirtilebilir (EurOtop, 2016).

Palyenin konumu palyenin orta noktası ve durgun su seviyesi arasındaki dikey uzaklıkla (h_b) ifade edilmektedir. Palye genişliği (B), $0.25L_{m-1,0}$ değerini geçmemelidir. Bahsedilen $L_{m-1,0}$ derin deniz dalga boyu, $T_{m-1,0}$ dalga enerji periyodu ile orantılıdır. Palye genişliği bu değeri geçerse kıyı koruma yapısının bu kısmının palye ile kıyı birleşimi olduğu göz önünde bulundurulmalıdır. Tırmanma ve aşma enterpolasyon ile belirlenmelidir. Palyenin yatay olmadığı durumlarda, tahminlerde dikkate alınan yatay palye genişliğinden yararlanılmalıdır (EurOtop, 2016).

Palye, dalga tırmanmasını azaltmakta, aşmayı düşürmekte, yapı şev eğimlerini azaltmakta ve kret seviyesinin düşük tutulmasına sebep olmaktadır. Palye için en elverişli pozisyon su seviyesi çevresidir. Palyenin dalga hareketleri boyunca su seviyesinin aşağısında ya da yukarısında olacağı durumlarda palyenin tesiri eksilir (EurOtop, 2016).

Eğimli kıyı koruma yapılarının tasarımında yararlanılan dalga tırmanma yüksekliği ($R_{u2\%}$) denklemleri bir sonraki başlıkta verilmiştir. Denklemlerde mevcut olan boyutsuz dalga tırmanma yüksekliği ($R_{u2\%}/H_{m0}$), sörf parametresi ($\xi_{m-1,0}$) ile ilişkilidir. Sörf parametresi ise şev eğimi ($\tan\alpha$) ve dalga dikliği ($s_{m-1,0}$) ile ilişkilidir (Gültekin, 2017).

1.7.1. Dalga Tırmanma Yüksekliği Tahmini

Uygulamada belirsizliklerin katılmasında pek çok metot vardır. Fakat bütün formülasyonlar ortalama değer ile bu ortalama değerinin çevresindeki belirsizlik tanımlamasını temel olarak kullanmaktadır. Ortalama değer yaklaşımı, ortalama değer ile bu ortalama değerinin çevresindeki bir standart sapma ile sunulan güvenilirlikle ifade edilmektedir. Tasarım ya da güvenli değerlendirme yaklaşımı ise kıyı koruma yapısının tasarım veya değerlendirme süreçlerinde direkt olarak faydalanılabilen, standart sapmanın mevcut olmasıyla birlikte birtakım belirsizlikleri içerisinde barındıran yaklaşımdır (Yüksel & Çevik, 2009).

Ortalama değer yaklaşımı dalga tırmanma yüksekliği ifadesi Denklem 13'te sunulmuştur.

$$\frac{R_{u2\%}}{H_{m0}} = 1.65\gamma_b\gamma_f\gamma_\beta\xi_{m-1.0} \quad (13)$$

Maksimum dalga tırmanma yüksekliği değeri ise Denklem 14'te verilmektedir.

$$\frac{R_{u2\%}}{H_{m0}} = 1.0\gamma_{fsurg}\gamma_\beta \left(4 - \frac{1.5}{\sqrt{\gamma_b\xi_{m-1.0}}} \right) \quad (14)$$

Denklem 14'te bulunan γ_{fsurg} Denklem 15'te verildiği şekilde hesaplanmaktadır.

$$\gamma_{fsurg} = \gamma_f + \frac{(\xi_{m-1.0} - 1.8) \times (1 - \gamma_f)}{8.2} \quad (15)$$

$\xi_{m-1.0} > 10$ ise $\gamma_{fsurg} = 1.0$ değerini almaktadır. $\xi_{m-1.0}$ değerinin 1.8'den 10'a artmasıyla birlikte pürüzlülük katsayısı doğrusal şekilde artış göstererek 1'e erişmektedir.

Ortalama dalga tırmanma yüksekliği denklemi (Denklem 13) koruma katmanında beton malzemeden yararlanılan kıyı koruma yapılarında dalga tırmanmasının tayin edilmesinde kullanılabilmektedir.

Bir standart sapma kadar güvenlik faktörü eklendiğinde tasarımda faydalanabilecek denkleme ulaşılmaktadır. Bu denklem ortalama dalga tırmanma yüksekliği için Denklem 16'da ifade edildiği şekilde hesaplanmaktadır.

$$\frac{R_{u2\%}}{H_{m0}} = 1.75\gamma_b\gamma_f\gamma_\beta\xi_{m-1.0} \quad (16)$$

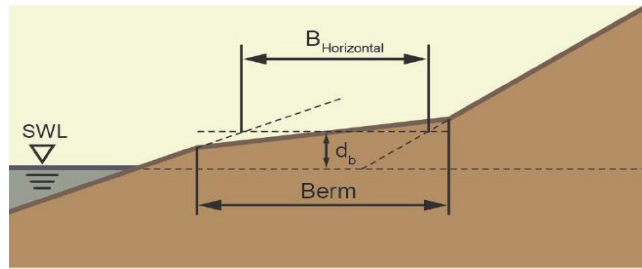
Maksimum dalga tırmanma yüksekliği değeri ise Denklem 17’de sunulmaktadır.

$$\frac{R_{u2\%}}{H_{m0}} = 1.07\gamma_{fsurging}\gamma_\beta \left(4 - \frac{1.5}{\sqrt{\gamma_b\xi_{m-1.0}}} \right) \quad (17)$$

Burada $R_{u2\%}$ yapıya gelen dalgaların kret kotunu aşma oranının %2 olduğu dalga tırmanma yüksekliği, γ_f yapı şev pürüzlülüğü ile geçirgenliği azaltma faktörü, γ_b palyeli şevlerde azaltma faktörü ve γ_β dalga yaklaşım açısı için azaltma faktörüdür (EurOtop, 2016).

1.7.2. Palye Genişliği ve Palye Seviyesi

Palye, palye genişliği ve palyenin orta noktası ile sakin su seviyesi arasındaki dikey mesafe (h_b) olan palye seviyesiyle tanımlanmaktadır. Palye durgun su seviyesinde ise h_b sıfırdır. Dalga tırmanma yüksekliği tahminlerinde yatay palye genişliği kullanılır. Eğer palye yatay değil ise, yatay palye genişliği (B) Şekil 8’e göre belirlenmektedir. Yatay palye genişliğinin belirlenmesinde alt ve üst şevin eğimleri uzatılır. Aynı şekilde palye orta noktasından her iki şev yönünde yatay bir uzantı gösterilir. Bu uzantıların kesiştiği iki nokta arasındaki yatay mesafe yatay palye genişliği olarak adlandırılmaktadır. Şekil 8’de de görüldüğü gibi, üzere yatay palye genişliği açılı palye genişliğinden kısadır (EurOtop, 2016).

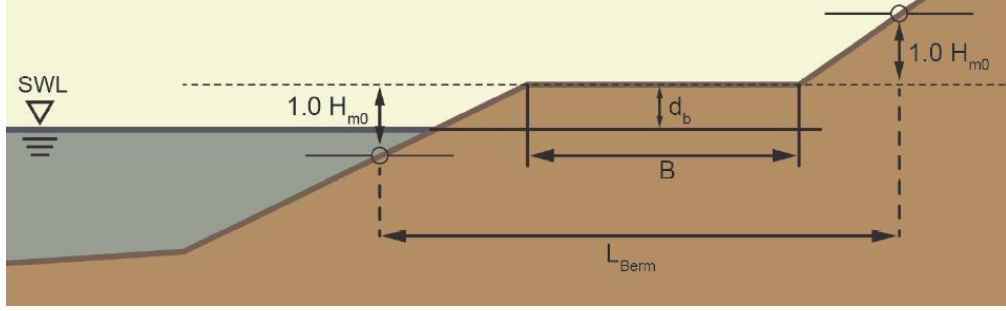


Şekil 8. Palye genişliği ve palye seviyesi (EurOtop, 2016)

1.7.3. Palye Uzunluğu

Palye uzunluğunun (L_{Berm}) belirlenmesinde palyenin yatay uzantısından şevi $1.0H_{m0}$ kadar aşağıda kesen nokta belirlenir. Ardından tekrar palyenin yatay uzantısından bu kez

şevi $1.0H_{m0}$ kadar yukarıda kesen nokta belirlenir. Bu noktaların dikey uzantıları arasındaki yatay mesafe palye uzunluğu olarak adlandırılmaktadır. Palye uzunluğu, yatay palye genişliği (B) ve palye seviyesiyle (h_b) birlikte Şekil 9’da tanımlanmaktadır (EurOtop, 2016).



Şekil 9. Palye uzunluğu (EurOtop, 2016)

1.7.4. Palyeli Kıyı Yapısında Ortalama Eğim

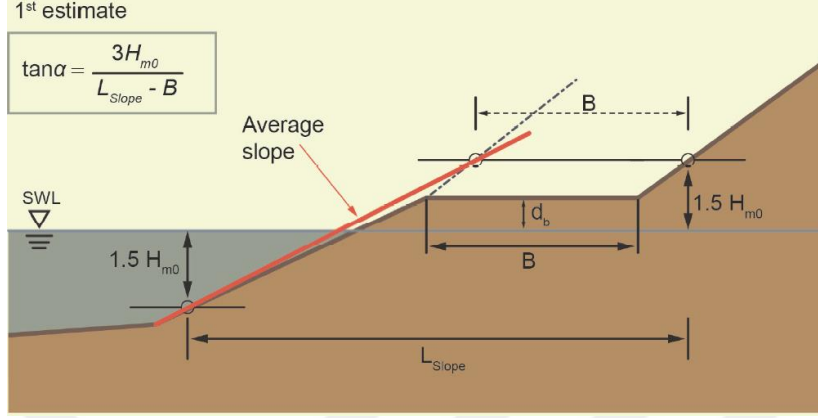
Kıyı koruma yapıları bulundurdıkları palye sayesinde topuktan krete kadar düz bir eğime sahip olmayabilir. Palyenin faydası, ortalama eğim açısını küçültmesidir. Bu da tırmanmayı ve aşmayı azaltarak gerekli olan kret seviyesinin düşmesini sağlamaktadır.

Farklı eğimlere sahip palyeli profillerde dalga tırmanmasını veya dalga aşmasını hesaplamak için sörf parametresinde ($\xi_{m-1.0}$) kullanılmak üzere karakteristik bir eğim gereklidir.

Dalga tırmanma süreci, dalganın kırıldığı noktadan en büyük dalga tırmanma yüksekliğine kadar eğim değişikliğinden etkilenir. Bu sebeple, dalga kırılma noktasından en büyük dalga tırmanma yüksekliğine kadar olan ortalama eğimin hesaplanması önerilmektedir. Palyeli kıyı yapısında üst şev ve alt şevin eğimleri aynı olmayabilir. Bu takdirde, ortalama eğimin hesaplanması için yinelemeli bir metot takip edilir. Yapılan yinelemeli çözüm nedeniyle bu yaklaşım biraz da olsa hesaplama çabasına ihtiyaç duymaktadır (EurOtop, 2016).

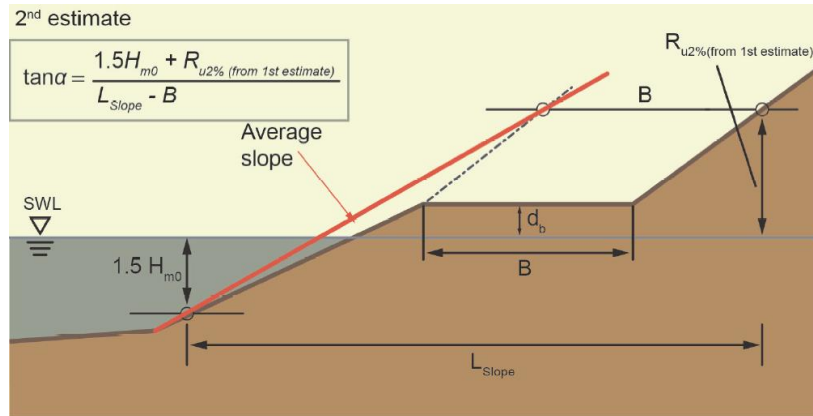
Bu metotta öncelikle kırılma sınırı için alt şevde sakin su seviyesinin $1.5H_{m0}$ kadar altına karşılık gelen nokta seçilebilir. Sonrasında birinci tahmin olarak üst şevde sakin su seviyesinin $1.5H_{m0}$ kadar üstüne karşılık gelen noktanın kullanılması önerilir. Bu üst şevde seçilen noktadan yatay palye genişliği kadar yatay uzantı ile ulaşılabacak nokta belirlenir. Belirlenen bu nokta ile alt şevde seçilen nokta arasındaki çizgiden birinci tahminden elde edilen ortalama eğime ulaşılmaktadır. Elde edilen ortalama eğim kullanılarak ulaşılan dalga

tırmanma yüksekliği ikinci tahminde kullanılmaktadır. Şekil 10’da birinci tahminden ulaşılan ortalama eğim gösterilmektedir.



Şekil 10. Ortalama eğimin belirlenmesi (1.tahmin) (EurOtop, 2016)

İkinci tahminde de birinci tahminde olduğu üzere alt şevde sakin su seviyesinin 1.5H_{m0} kadar altına karşılık gelen nokta kullanılır. Ancak ikinci nokta olarak üst şevde sakin su seviyesinin 1.5H_{m0} kadar üstüne karşılık gelen nokta yerine üst şevde sakin su seviyesinin birinci tahminden elde edilen ortalama eğim kullanılarak ulaşılan dalga tırmanma yüksekliği kadar üstüne karşılık gelen nokta seçilir. Ardından üst şevde seçilen bu ikinci noktadan birinci tahminde de yapıldığı üzere yatay palye genişliği kadar horizontal uzantı ile ulaşılan nokta tayin edilir. Tayin edilen bu nokta ile alt şevde seçilen nokta arasındaki çizgiden ikinci tahminden elde edilen ortalama eğime ulaşılmaktadır. Şekil 11’de ikinci tahminden ulaşılan ortalama eğim gösterilmektedir.



Şekil 11. Ortalama eğimin belirlenmesi (2.tahmin) (EurOtop, 2016)

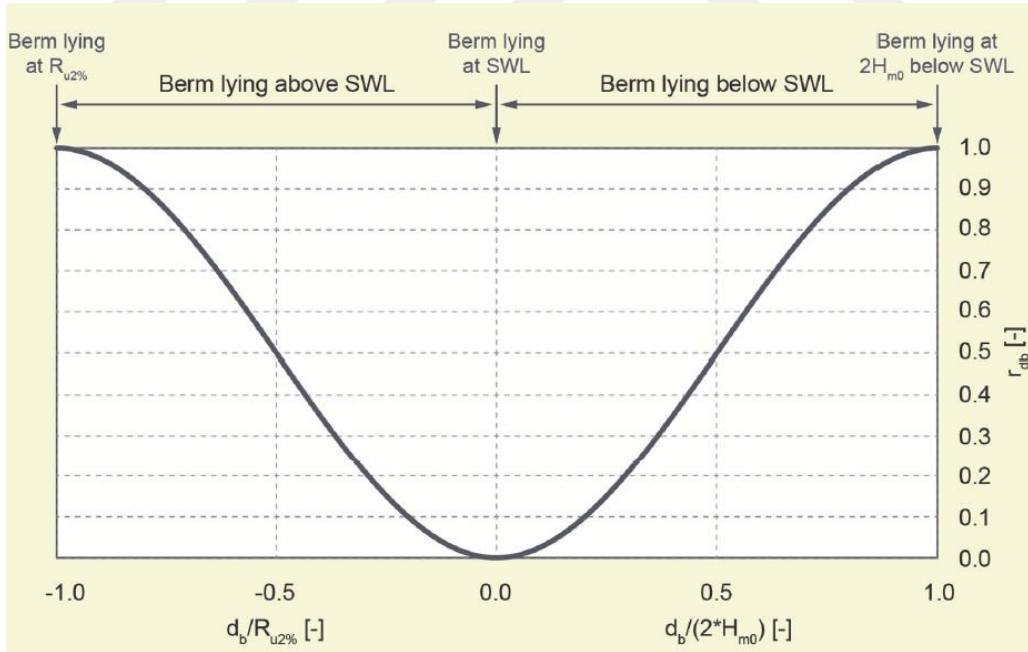
1.7.5. Palyeli Şevlerde Azaltma Faktörü

Palyeli şevler için azaltma faktörü (γ_b), r_B ve r_{hb} olmak üzere iki kısımdan oluşur. Van der Meer ve arkadaşları aşağıdaki azaltma faktörünü tanımladılar (EurOtop, 2016).

$$\gamma_b = 1 - r_B(1 - r_{hb}) \quad 0.6 \leq \gamma_b \leq 1.0 \quad r_B = \frac{B}{L_{Berm}} \quad (18)$$

Burada r_B palye genişliğinin (B) etkisini gösterir ve palye olmadığında sıfır olur, h_b ise sakin su seviyesi ile palyenin ortasındaki dikey farkı gösterir ve palye su seviyesi hizasında olduğunda sıfır olur. Dalga tırmanmasındaki azalma durgun su seviyesindeki palye ile maksimum olurken artan h_b ile azalmaktadır. Bu nedenle, palyenin en etkili olacağı konum durgun su seviyesi civarındır. Sakin su seviyesinden $2H_{m0}$ kadar altta veya $R_{u2\%}$ kadar yukarıdaki palyenin dalga tırmanmasına etkisi olduğu belirtilemez.

Şekil 12’de palye seviyesinin (h_b), r_{hb} faktörü üzerindeki etkisi grafiksel olarak verilmektedir.



Şekil 12. Palye seviyesinin (h_b) r_{hb} faktörü üzerindeki etkisi (EurOtop, 2016)

Avrupa’da r_{hb} için farklı ifadeler kullanılmakla birlikte yaygın olarak kullanılan kosinüs fonksiyonu aşağıda verilmiştir.

$$r_{hb} = 0.5 - 0.5\cos\left(\pi \frac{h_b}{R_{u2\%}}\right) \quad (19)$$

$$r_{hb} = 0.5 - 0.5\cos\left(\pi \frac{h_b}{2H_{m0}}\right) \quad (20)$$

Burada r_{hb} , sakin su seviyesi ile ilgili olarak palye seviyesi için azaltma faktörü olup değeri palye sakin su seviyesi üzerinde ise Denklem 19 ile hesaplanırken, palye sakin su seviyesi altında iken Denklem 20 ile bulunur. Etki alanı dışında bulunan palyede r_{hb} 1 olarak alınır (EurOtop, 2016).

Palyenin en büyük etkisi $\gamma_b = 0.6$ ile kısıtlıdır. Bu durgun su seviyesinde $B = 0.4 L_{Berm}$ olan optimum bir palye genişliğine tekabül etmektedir.

Palye tanımı 1/15'den daha yatay eğim için yapılırken, bir şevin tanımı 1/8'den daha dik eğimler için yapılır. Bir şev veya bir şevin bir kısmının eğimi 1/8 ile 1/15 arasında yer alıyorsa, palyeli profil ile düz profil arasında enterpolasyon yapmak gerekir. Dalga tırmanması için bu enterpolasyon Denklem 21'de belirtilmiştir (EurOtop, 2016).

$$R_{u2\%} = R_{u2\%(1:8)} + (R_{u2\%(palye)} - R_{u2\%(1:8)}) \times \frac{\left(\frac{1}{8} - \tan \alpha\right)}{\left(\frac{1}{8} - \frac{1}{15}\right)} \quad (21)$$

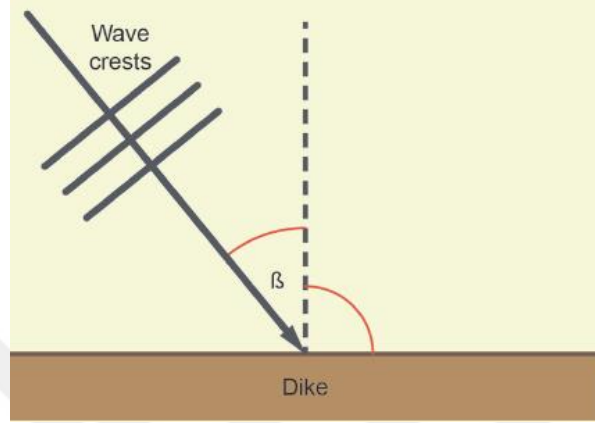
1.7.6. Dalga Yaklaşım Açısı Azaltma Faktörü

Yapıya dik eksen ve yaklaşan dalgalar arasındaki açı dalga yaklaşım açısı (β) olarak tanımlanmaktadır. Dik gelen dalgalarda β , 0 olarak kabul edilmektedir. Pürüzsüz eğimli yüzeylerde dalga yaklaşım açısı azaltma faktörü γ_β olarak ifade edilmektedir. Dalga yaklaşım açısı ve azaltma faktörü birbirleriyle orantılıdır. Fakat geçirgen eğimli yüzeylerde dalga yaklaşım açısı artış gösterirken dalga tırmanması daha fazla düşmektedir (EurOtop, 2016).

Dalga geliş açısı (β), $0 \leq \beta \leq 80$ olması halinde ise γ_β Denklem 22 ile bulunur.

$$\gamma_\beta = 1 - 0.0063|\beta| \quad (22)$$

$|\beta| > 80$ olması halinde $\beta = 80$ olarak alınmaktadır. Bu sebeple, Denklem 22’de $|\beta| > 80$ olduğu durumlarda dalga yaklaşım açısı azaltma faktörü olarak 0.496 değerine ulaşılır. Dalga yaklaşım açısının tanımlanması Şekil 13’te verilmektedir. Yaklaşan dalga kretleri ile yapı eksenindeki açı şekil üzerinde gösterilmektedir.



Şekil 13. Dalga yaklaşım açısının tanımlanması (EurOtop, 2016)

1.7.7. Pürüzlülük Azaltma Faktörü

Pürüzlülük azaltma faktörleri için Kıyı Yapıları Planlama ve Tasarım Teknik Esasları (AYGM, 2016) Tablo 2’yi önermiştir.

Tablo 2. Pürüzlülük azaltma faktörleri (AYGM, 2016)

Koruma tabakası türü	γ_f
Düzgün yüzey	1.00
Taş (tek tabakalı, geçirimsiz çekirdekli)	0.60
Taş (tek tabakalı, geçirimli çekirdekli)	0.45
Taş (iki tabakalı, geçirimsiz çekirdekli)	0.55
Taş (iki tabakalı, geçirimli çekirdekli)	0.40
Küp (tek tabakalı, düzensiz yerleşmiş)	0.49
Küp (iki tabakalı, düzensiz yerleşmiş)	0.47
Antiferler	0.50
HARO’s	0.47
Accropod TM	0.46
Xblok	0.44
Core-loc	0.44
Tetrapodlar	0.38
Dolos	0.43
Palyeli dalgakıran	0.40

Tablo 2 incelendiğinde pürüzlülük azaltma faktörünün (γ_f) en büyük değerini (1.00) düzgün yüzeylerde aldığı görülmektedir. Bu durum, pürüzsüz geçirimsiz yüzeylerdeki pürüzlülüğün tırmanmaya etkisinin olmadığını göstermektedir. Taş ve küp koruma tabakası türlerinde tabaka sayısı olarak bir tabakadan iki tabakaya geçildiğinde pürüzlülük azaltma faktörü azalmaktadır. Eş tabaka sayısı için taş koruma tabakalarında geçirimli çekirdek yerine geçirimsiz çekirdek kullanıldığında ise pürüzlülük azaltma faktörü artış göstermektedir. Pürüzlülüğü fazla dolayısıyla pürüzlülük azaltma faktörü küçük koruma tabakası türleri olarak tetrapod, palyeli dalgakıran, iki tabakalı ve geçirimli çekirdekli taş, dolos, xbloc ve core-loc gösterilebilir. Pürüzlülük arttığında dalga tırmanma yüksekliği ve aşan dalga oranının azalması beklenmektedir.



2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Kıyı koruma ile ilgili karşılaşılan problemlerde, laboratuvarda fiziksel modelleme vasıtasıyla yapılan deneysel çalışmalar dünya üzerinde sık kullanılmaktadır. Dalgaların sığ su bölgesine girdikten sonra özellikle dalga-yapı etkileşim bölgesine yaklaşırken geçirdiği süreçleri yansıtmada bilgisayar destekli sayısal modelleme çalışmalarının laboratuvar merkezli model çalışmalarına göre başarısı daha azdır. Bu sebeple, kıyı korumada karşılaşılabilecek zorlukların üstesinden gelip, daha gerçekçi çareler bulmada fiziksel model yaklaşımının üstünlüğü yadsınamaz. Her deneysel çalışmada olabileceği üzere fiziksel metot da içinde bazı hatalar barındırabilir, ancak bu durum sayısal modellemeye kıyasla daha fazla ilgi görüp, kullanılmasına engel olamayacak düzeydedir (Özölçer, 1997). Pek çok araştırmacı, laboratuvar koşullarından gelen bazı hatalardan kaynaklı negatif durumları düşürmesi ve modelden prototipe geçildiğinde uygulamayı basitleştirmesi nedeniyle fiziksel model araştırmalarından ulaşılan verilerin boyutsuzlaştırılmasının gerekli olduğunu belirtmiştir (Çataklı, 1963; Wang vd., 1994).

Bu çalışmada, dalga şartları, palye boyut ve konumu, yapı şev tasarımındaki değişimlerin taş dolgu kıyı koruma yapılarındaki dalga tırmanması ve aşma oranları üzerindeki etkisi fiziksel modellerle incelenmiştir. 96 adedi düzensiz dalgalarda ve 96 adedi düzenli dalgalarda olmak üzere toplam 192 deneyle yapılan laboratuvar çalışmalarında, incelenmesi istenen parametrenin bağımlı değişken, diğer parametrelerin ise bağımsız değişken olarak alınması ve bu sürecin tüm değişkenler için uygulanmasıyla elde edilen verilerden ortaya çıkan tablo ve grafiklerle her bir parametrenin dalga tırmanması ve aşma oranlarıyla ilişkisi belirlenmeye çalışılmıştır.

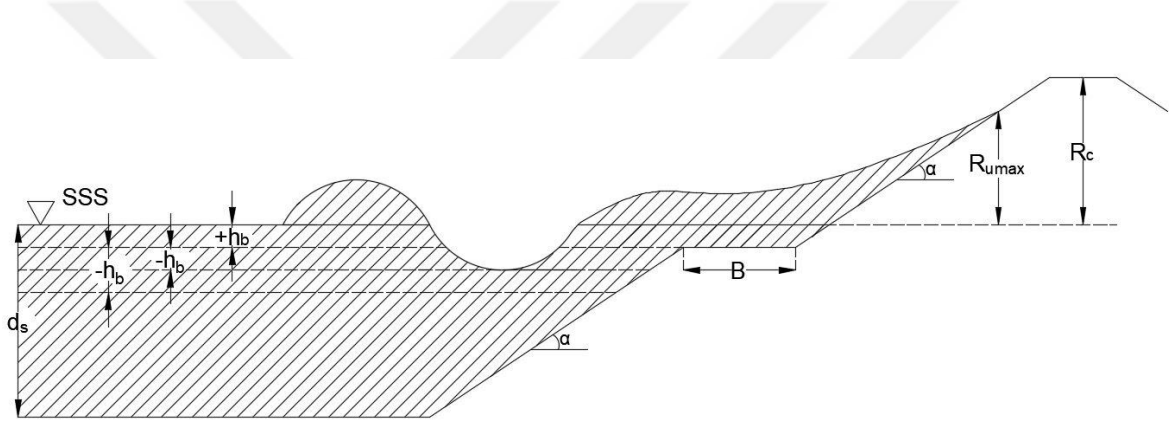
2.1. Çalışma Kapsamında İncelenen Parametreler

Dalga tırmanması, dalgaların düzensiz veya düzenli olması, dalga yüksekliği dolayısıyla dalga dikliği, palye genişliği veya palyenin olmaması başka bir ifadeyle geleneksel kıyı koruma yapısı olması, palye kotu veya yapı önü su derinliği ve yapı şev eğimi parametrelerinden etkilenebilir. Bu çalışma kapsamında belirtilen parametreler incelenmiştir. Çalışma kapsamında incelenen parametreler Tablo 3'te sunulmaktadır.

Tablo 3. Çalışma kapsamında incelenen parametreler

İncelenen parametreler	
Dalga durumu	Düzensiz dalga-Düzenli dalga
H_{m0} (m)	Belirgin dalga yüksekliği
$H_{m0} / (g/2\pi)T^2$	Dalga dikliği
B (m)	Palye genişliği (0, 0.10 m, 0.15 m, 0.20 m)
h_b (m)	Palye seviyesi (+0.02 m, 0, -0.02 m, -0.04 m)
$\tan\alpha$	Şev eğimi (1/2, 1/1.5)

Yapılan çalışmalarda incelenen parametreler temel olarak Şekil 14’te gösterilmektedir.



Şekil 14. Yapılan çalışmalarda incelenen parametrelerin gösterimi

Şekil 14’te R_{umax} dalgaının sakin su seviyesinden yapı üzerinde ulaşabileceği en büyük dikey mesafe olan maksimum dalga tırmanmasını, SSS sakin su seviyesini, B şevi üst şev ve alt şev olmak üzere iki parçaya ayıran yatay kıyı yapısı elemanı olan palyenin genişliğini, R_c sakin su seviyesi ile kret kotu arasındaki düşey mesafe olan hava payını, h_b sakin su seviyesi ile palye arasındaki dikey mesafe olan palye seviyesini, d_s yapı önü su derinliğini ve α ise yapı şevinin yatayla yaptığı açığı göstermektedir.

2.2. Fiziksel Model Çalışmaları

Fiziksel model çalışmaları, Karadeniz Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Hidrolik Laboratuvarı’nın iki boyutlu dalga kanalında yapılmıştır.

2.2.1. Model Ölçeği

Doğadaki bir kıyı problemini laboratuvar şartlarında araştırabilmek amacıyla büyüklükleri belirli oranlarda küçültmek icap etmektedir. Seçilen ölçek, başka parametrelerin ölçeklerinin tayin edilmesinde belirleyicidir. Bu konu hakkında çok sayıda çalışma yapılmıştır. Yapılacak olan çalışmanın türü, laboratuvar şartları, faydalanılacak malzemenin yapılacak araştırmaya elverişli olup olmadığı model ölçeğinin belirlenmesinde göz önünde bulundurulması gereken bazı unsurlardandır (Uzlu, 2016).

Bu çalışmada uzunluğu 30 m, genişliği 1.45 m ve derinliği 1.25 m olan deney kanalı kullanılmıştır. Dalga üretim şartları, kanal boyutları ve yapılacak kıyı koruma yapısı modeli göz önünde tutularak yapılacak tüm deney koşullarını sağlayabilecek en büyük ölçeğin 1/50 olduğu belirlenmiştir. Literatürde dalga tırmanması ve dalga aşması için yapılan modellemelerde, bu çalışmada kullanılan ölçekten daha büyük olan ölçekler başarı ile kullanılmıştır. Ancak belirlenecek ölçek laboratuvarın fiziksel imkânları ile kısıtlıdır.

Yerçekimi kuvvetlerinin daha etkili olduğu kıyı koruma yapısı modellemelerinin Froude model tekniğine ait benzeşim kanunları ile uyum içerisinde olduğu ortaya konulmuştur. Araştırılacak konuya göre, seçilen model tekniğine bağlı olarak modelde değerlendirilecek parametrelerin ölçeklerini tespit etme üzerine birçok araştırma yapılmıştır (Uzlu, 2010). Araştırmacılar düşey ölçek ve yatay ölçek aynı olduğunda ölçeklerin farklı olduğu çarpıtılmış bir model inşasına kıyasla daha gerçekçi neticelere ulaşılabileceğini belirlemişlerdir (Özölçer, 1997).

2.2.2. Dalga Şartları

Çalışma kapsamında incelenen parametreleri değerlendirebilmek için laboratuvar koşullarının sağladığı imkân dahilinde dalga şartları belirlenmeye çalışılmıştır. Dalga şartları seçiminde probdan gelen veriler, girdiler ile birebir aynı olmayıp belli bir oran dahilinde daha büyüktür. Örneğin, kanalda düzensiz dalgalar için belirgin dalga yüksekliği 0.06 m ve ortalama periyodu 1.2 s mertebesinde olan dalga oluşturabilmek için belirgin dalga yüksekliği 0.017 m, pik periyot 0.9 s verileri girilmiştir. Problar bir kısmı su içinde olacak şekilde kanala yerleştirilen, gerilim farklarından dalga yüksekliğini belirleyebilen deney çubuklarıdır. Bulgular bölümünde farklı durumlar için her bir girdiye karşılık gelen prob değerleri tablolar halinde dalga yüksekliği, periyot ve dalga dikliği olarak verilmiştir.

Girdi olarak düzensiz dalgalarda sırasıyla dalga yüksekliği için $H_{m0}= 0.017$ m, 0.032 m, 0.075 m ve dalga periyodu için $T_p= 0.9$ s, 0.8 s, 0.7 s, düzenli dalgalarda ise $H_{m0}= 0.015$ m, 0.035 m, 0.0525 m ve dalga periyodu için $T_p= 1.05$ s, 1.0 s, 0.95 s değerleri kullanılmıştır. Düzensiz ve düzenli dalgalarda yapılan deneyler arasında karşılaştırma yapabilmek benzer dalga yüksekliği, dalga periyodu ve dalga dikliği elde edilmesini gerektirdiğinden girdi olarak farklı değerler kullanılmıştır. Ayrıca, çeşitli dalga yükseklikleri kullanılarak incelenen parametrelerin farklı dalga dikliklerindeki durumunu irdelemek amaçlanmıştır. Bu değerler, pek çok defa dalga üretimi yapıp çıkan ölçümler değerlendirilerek elde edilmiştir. Düzensiz dalgalar için kanalda bu değerlere karşılık gelen dalga yükseklikleri 0.050-0.104 m arasında, dalga diklikleri ise 0.0151-0.0320 arasında değişmektedir. Düzenli dalgalar için ise dalga yükseklikleri 0.046-0.103 m, dalga diklikleri 0.0150-0.0375 aralığındadır. Laboratuvardaki mevcut şartlar 10 cm üzerinde dalga üretimine izin vermemektedir.

Yapılan deneylerde dalga spektrumu olarak JONSWAP spektrumu kullanılmıştır. Bu spektrum sabit bir forma sahip olmadığından ve daha büyük tekil dalgalar barındırdığından doğadaki değişiklik gösteren durumları yansıtmada diğer spektrumlara göre daha etkilidir (Coastal Engineering Manual, 2002; Shore Protection Manual, 1984). Diklik parametresi veya spektrum pik değeri arttırma faktörü olarak adlandırılan γ , JONSWAP spektrumunun en öne çıkan parametresi olup değeri arttığında spektrum daha dar bir hale gelmektedir. Bu parametrenin Kuzey Buz Denizi'nde yapılan çalışmalarda 1 ve 7 aralığında değişmekle beraber ortalama olarak 3.3 bulunduğu belirtilmiştir (Özbahçeci vd., 2007). Bu çalışma kapsamında da $\gamma= 3.3$ olarak alınmıştır.

2.2.3. Malzeme Özellikleri

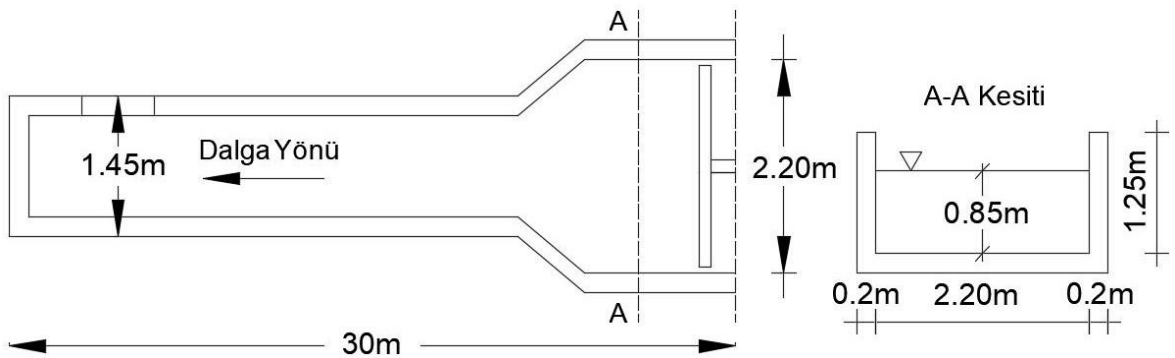
Çalışma kapsamında stabilite problemleri araştırma konusu dışında olduğundan taş dolgu kıyı koruma yapısı modellerinde kullanılacak olan malzemenin değişken dalga durumlarında yer değiştirmeyi en az seviyede tutacak şekilde seçilmesine gayret gösterilmiştir. Bu bağlamda, modellerin tamamında görece büyük ağırlıkta taşlar kullanılmaya çalışılmıştır. Kullanılan taşlardan rastgele alınan beş numunenin ağırlıkları sırasıyla 73.28 g, 61.65 g, 63.52 g, 54.63 g, 79.27 g olup modelde kullanılan taşların ortalama ağırlığı 66.47 g bulunmuştur. Laboratuvarın mevcut koşulları, dalga şartları ve kullanılan ölçek göz önünde bulundurulduğunda bu değer istenilen şartı sağlayabileceği görülmüştür.

2.2.4. Deney Süreleri

Deney süresi seçimi, yapılacak çalışmanın konusuna, çalışma kapsamında incelenecek parametrelere ve laboratuvarın mevcut koşullarına bağlıdır. Bu çalışmada, stabilite problemleri dolayısıyla modeli oluşturan elemanların yer değiştirmesi incelenmediğinden deney süresinin uzun tutulması gerekmemektedir. Deney süresi uzadıkça kurulan model geometrisi zamanla başlangıç profilinden uzaklaşabilir. Bu durum, incelenecek parametreler arasındaki ilişkiyi tanımlamayı zorlaştırabilir. Laboratuvarın mevcut koşullarında JONSWAP spektrumu kullanılarak düzensiz dalgalar için 250 adet farklı yükseklikte ve periyotta dalga üretilmektedir. Bu 250 adet dalganın tamamını gözlemlemek için periyot da göz önünde bulundurularak düzensiz dalgalarda deney süresi 5 dakika olarak belirlenmiştir. Böylece JONSWAP spektrumunun öne çıkan özelliği olan büyük tekil dalgalar en büyük dalga tırmanması hesabında kullanılmış olacaktır. Düzenli dalgaların sabit bir formda olması ve sürenin uzamasının tırmanma ile aşma açısından büyük değişiklikler oluşturmaması göz önünde tutularak düzenli dalgalarda deney süresi 2.5 dakika olarak belirlenmiştir. Deney süreleri dalga durumu, dalga üretim düzeneği koşulları ve seçilen ölçeğe göre tasarlanan modelde deney süresince aşan dalgaların sayısı dikkate alınarak belirlenmiştir.

2.2.5. Dalga Kanalı ve Donanımı

Fiziksel model çalışmaları, kesiti ve planı Şekil 15'te gösterilen iki boyutlu dalga kanalında yapılmıştır. Dalga kanalı boyu 30 m, genişliği 1.45 m ve derinliği 1.25 m olan betonarme yapıdır. A-A kesitinde görülen 0.85 m, palye ile sakin su seviyesi aynı hizada olduğunda derin deniz su derinliğidir.



Şekil 15. Dalga kanalı ve kesiti

Bilgin ve Ertaş (1988), Doğu Karadeniz kıyılarında taban eğiminin ortalama 1/35 olduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışmada, sığ deniz tarafındaki taban eğimi olarak kanal boyutlarının dikkate alındığı 1/25 değeri kullanılmıştır. Derin deniz yönünde ise taban eğimi bulunmamaktadır. Ayrıca dalga kanalında, palet arkasında yansımanın olmaması amacıyla kırma taşlar kullanılarak yapılan geçirimli bir duvar mevcuttur.

Dalga kanalında modellerin oluşturulacağı tarafın tek yönünde 4 m uzunluğunda olan pleksiglastan içerikli plastik cam bulunmaktadır. Bu saydam bölüm üzerine, kurulacak modellerin tarafında olacak şekilde dalga tırmanması hesabı yaparken kullanılmak amacıyla milimetrik kâğıt yerleştirilmiştir.

Laboratuvardaki iki boyutlu kanalda mevcut olan dalga üretici düzensiz ve düzenli dalgalar oluşturabilmektedir. Bu çalışmada hem düzensiz hem de düzenli dalgalar kullanılmıştır.

2.2.6. Ölçüm Sistemi

Dalga karakteristik parametrelerinden olan H_{m0} belirgin dalga yüksekliği ve T_p pik periyodunun belirlenebilmesinde elektronik bir kart ve yazılımdan oluşan dalga ölçüm sisteminden faydalanılmıştır. Derin deniz ve yapı önü olmak üzere iki noktada dalga ölçümü yapılmıştır. Ancak hesaplarda derin deniz ölçüm noktası esas alınmıştır. Bu durumun nedeni olarak iki sebep gösterilebilir.

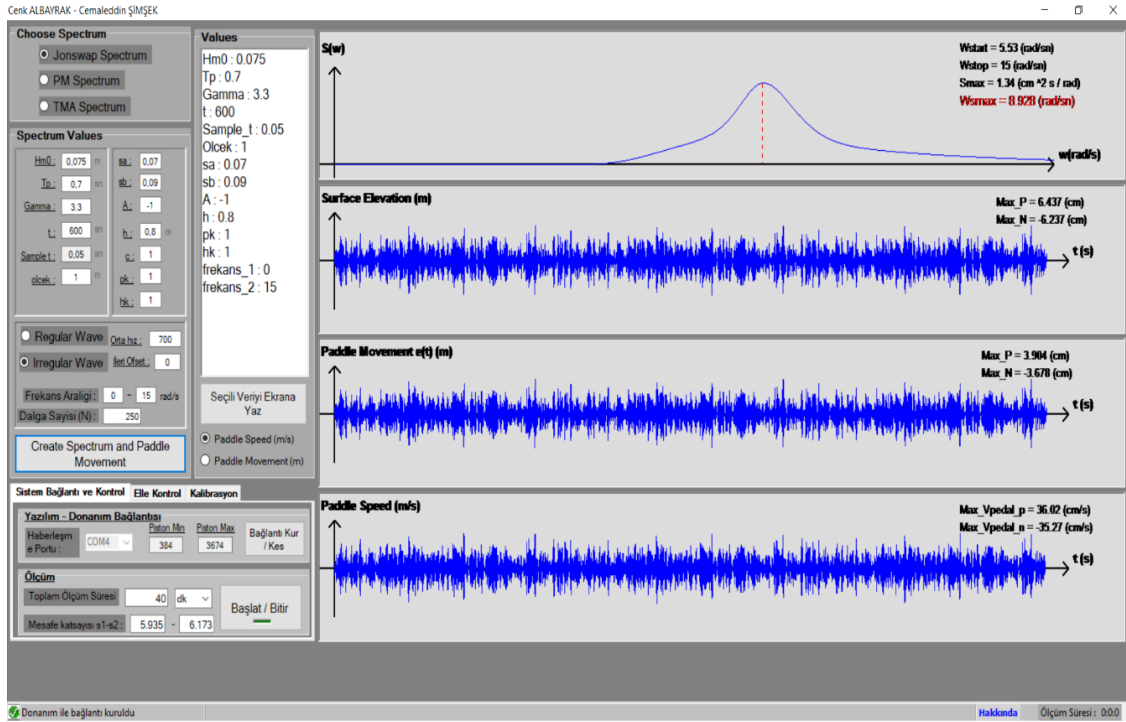
Dalgaların en yüksek üçte biri olan $H_{1/3}$ belirgin dalga yüksekliğinin derin denizde H_{m0} spektral dalga yüksekliği ile aşağı yukarı aynı değeri alarak $H_{m0} = H_{1/3}$ olurken sığ deniz şartlarında %10-%15 aralığında sapma gösterebilmesi ilk sebep olarak belirtilebilir (Yüksel & Çevik, 2009). İkinci sebep olarak ise kullanılan dalga kanalında su derinliğinin en az belirgin dalga yüksekliğinin üç katı kadar olması gerektiği gösterilebilir (Gültekin, 2017). Üretilebilecek en yüksek dalga bile dikkate alındığında derin deniz derinliği bu şartı fazlasıyla sağlayabilmektedir. Ancak yapı önü sığ su derinliğinin bu koşulu sağlayamadığı dalga durumları mevcuttur.

Dalga kanalında oluşan su yüksekliği farklılıkları öncelikle elektronik karta aktarılmaktadır. Sonrasında bu kartın kontrol ettiği yazılım sayesinde bilgisayarda zaman serisi oluşturulmaktadır. Oluşturulan zaman serisinden spektrum analiz ve sıfırı kesme yöntemleri için yazılmış kod aracılığıyla üretilen dalganın özellikleri elde edilebilmektedir (Uzlu, 2016).

Dalga üretim düzeneğiyle dalga oluşturulduktan sonra kanaldaki su yüksekliği değişimi bilgisayar ortamına zaman serisi olarak geçer (Şekil 16). Kanalda farklı özelliklerde dalgalar oluşturabilmek için kullanılan arayüz Şekil 17’de gösterilmektedir.



Şekil 16. Dalga üretim düzeneği ve dalganın üretilmesi

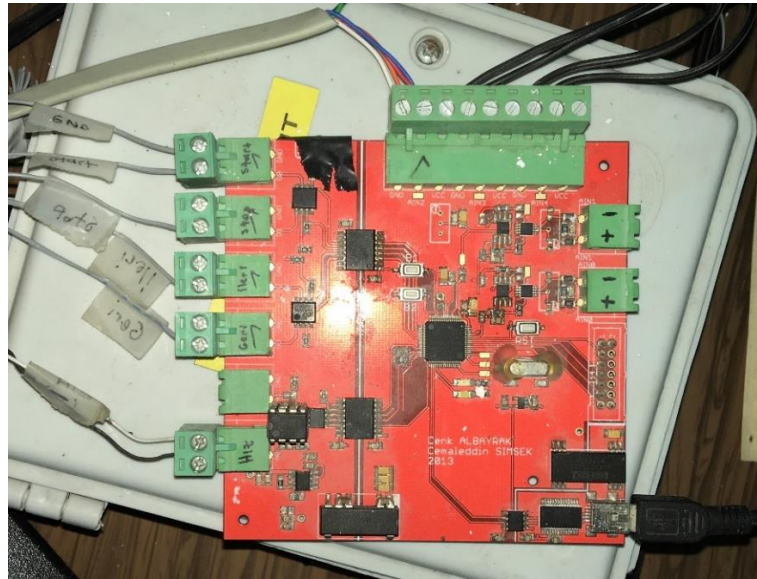


Şekil 17. Dalga üretim arayüzü

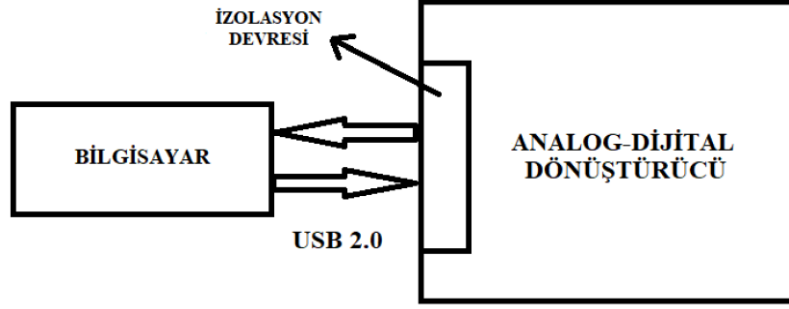
Su yüzeyindeki değişimleri hesaplamak amacıyla gerilim farklarını kullanarak dalga yüksekliğini belirleyen elektronik cihazdan faydalanılmıştır (Şekil 18). Kanal içerisinde bir kısmı su içerisinde kalacak şekilde yerleştirilen birbirlerine paralel çelik uçlu deney çubuklarından (Şekil 18), bir başka ifadeyle problardan, iletilen gerilimdeki farkları elektronik cihaz almaktadır. Elektronik cihaz alınan veriyi analog bir şekilde vermektedir. Bilgisayara dijital olarak aktarabilmek için elektronik bir karttan (Şekil 19) yararlanılması gerekmektedir. Bu elektronik kart sayesinde üretilen dalganın özellikleri bilgisayar ortamında erişilebilir hale gelmektedir. Elektronik kart, analogdan dijitale dönüştürücü donanım vazifesi görerek elektronik cihazdan gelen analog verileri dijitale çevirerek bilgisayardaki arayüz programıyla birlikte bir sistem oluşturmaktadır (Uzlu, 2016). Bu sistem Şekil 20’de gösterilmektedir. Programın arayüzü ise Şekil 21’de verilmiştir.



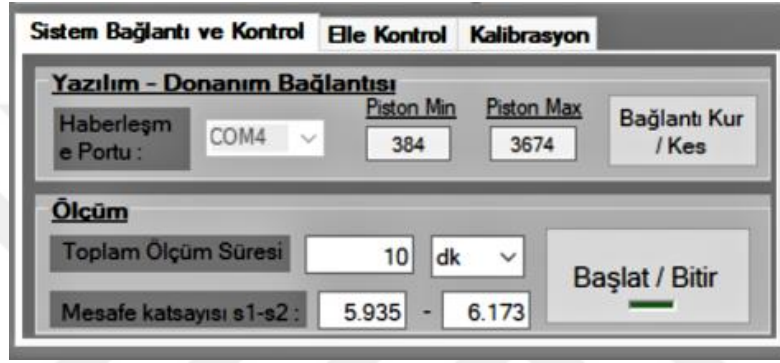
Şekil 18. Su seviyesi değişiklikleri ölçüm sistemi donanımları



Şekil 19. Elektronik kartın görüntüsü



Şekil 20. Ölçüm alma sistemi



Şekil 21. Elektronik kartın kontrolünü sağlayan yazılımın arayüzü

Sistem işleyişinde öncelikle analog veriyi dijitale dönüştüren elektronik kart donanımı USB girişi aracılığıyla bilgisayara bağlanır. Arayüz programındaki Sistem Bağlantı ve Kontrol sekmesinin Yazılım-Donanım Bağlantısı kısmındaki Bağlantı Kur/Kes butonuyla donanım ile bağlantının kurulması sağlanır. Bağlantının kurulmasıyla birlikte arayüz programından kullanılacak spektrum, dalga durumu, H_{m0} ve T_p spektrum değerleri belirlenip Sistem Bağlantı ve Kontrol sekmesinin Ölçüm kısmından istenilen ölçüm süresi girilerek Başlat/Bitir butonuyla ölçüm başlatılır. Bu noktadan itibaren elektronik kart gelen ölçümleri dijital verilere çevirerek USB aracılığıyla bilgisayara aktarır. Arayüz yazılımı ise bu ölçümlerden gelen değerleri txt uzantılı metin dosyası şeklinde kaydeder.

Dalga özelliklerini elde edebilmek için su seviyesi değişimlerinin bilgisayara zaman serisi şeklinde aktarılmasının ardından bu ölçüm verilerinin bir yazılımla işlenmesi gerekmektedir. Bu yazılım dalga spektrum analiz yöntemi ve sıfırı aşağı ve yukarı kesme yönteminden meydana gelmektedir.

Yazılım sayesinde txt uzantılı metin dosyalarındaki ölçüm verileri belirlenen zaman aralıklarına uyacak şekilde düzene koyulmaktadır. Santimetre cinsindeki veriler metreye

dönüştürülürken, su yüksekliği olan veriler ise ortalamadan çıkartma işlemiyle genlik durumuna getirilmektedir. Genlik değerlerinin tanımladığı zaman aralığını belirten matris meydana getirilmesinin ardından spektrum oluşturma aşamasına başlanmaktadır. Enerji yoğunluk spektrumunun elde edilmesiyle spektrumdaki üst-alt limitler tayin edilmektedir. Bu limitlere dahil olmayan ölçüm verileri sıfır kabul edilir. Bu işlemler sonunda meydana gelen spektrumdan faydalanılarak en büyük periyot bir başka ifadeyle pik periyot ve belirgin dalga yüksekliği elde edilir (Uzlu, 2016).

Dalga tırmanma yüksekliğini ve aşma oranlarını belirlemek amacıyla hem geleneksel hem palyeli dalgakıranlarda deneyler yapılmıştır. Dalga tırmanma yüksekliği hesabı için gelen tüm dalgaların %2'sinden daha az sayıda aşan dalganın olduğu deney serileri dikkate alınmıştır. Bunun sebebi %2'den fazla aşmanın kıyı koruma yapısında stabilite açısından problemler ortaya çıkarabileceğidir. Aynı model, palye seviyesi ve dalga durumu için yapılan deneyler içerisindeki bir deneyde dahi %2'den fazla aşma olduğu takdirde dalga tırmanma yüksekliği değil, gelen tüm dalgalar içerisinde kaç adet dalganın aştığı yani aşma oranları dikkate alınmıştır. Böylelikle dalga tırmanma yüksekliğinde daha gerçekçi sonuçlar elde edilmeye çalışılmıştır.

Yapı şevi üzerindeki dalgaların tırmanma yüksekliklerini hesaplayabilmek ve aşan dalga oranlarını belirleyebilmek için model tarafındaki pleksiglastan içerikli saydam plastik cam üzerine yerleştirilen yapışkan özellikli büyük milimetrik kâğıttan yararlanılmıştır. Ayrıca, üstüne çizim yapıp sonrasında da silinmeye elverişli olduğundan oluşturulacak modellerin kesiti bu kâğıt üzerinde gösterilebilmektedir. Bu gösterimler, su terazisi ile birlikte modelleri oluşturacak malzemelerin yerleştirilmesinde ve model şev eğiminin ayarlanmasında kolaylık sağlayabilmektedir. Yapı şev eğimleri ve palye genişliklerindeki değişiklikler, dalga tırmanma yüksekliklerini ve aşan dalga oranlarını etkileyebileceğinden, her deney sonrası taşlarda yer değiştirme olup olmadığı kontrol edilerek modelin geometrik düzeninin korunması amaçlanmıştır.

Ölçümlerde, milimetrik kâğıt haricinde yüksekliği ayarlanabilir üç ayaklı bir tripod ve dijital video kameradan faydalanılmıştır (Şekil 22). Ölçümlerin doğruluğunu sağlayabilmek adına kameranın yeri seçilirken şeve dik olmasına ve sakin su seviyesinin ve kret kotunun kadraj içerisinde kalmasına dikkat edilmiştir. Kameranın yapılan deneylerde kaydettiği görüntüler media player üzerinde yürütme hızı olabildiğince yavaşlatılarak incelenmiştir. Bu incelemelerde, her bir deney için gelen dalgalardan en üst noktaya ulaşan dalga belirlenerek milimetrik kâğıt vasıtasıyla sakin su seviyesinden düşey mesafesi not edilmiştir. Böylelikle,

dalga tırmanması karakteristik parametrelerinden olan R_{umax} en büyük dalga tırmanma yüksekliği değerine ulaşılmıştır. Yapılan deneylerde aşma varsa aşan dalganın adedi yavaşlatılmış görüntüler sayesinde elde edilmiştir. Bu süreç tekrar edilerek her bir deney için maksimum dalga tırmanması, aşma olup olmadığı ve varsa aşan dalga oranı belirlenmiştir.



Şekil 22. Tırmanma ve aşma ölçüm sistemi

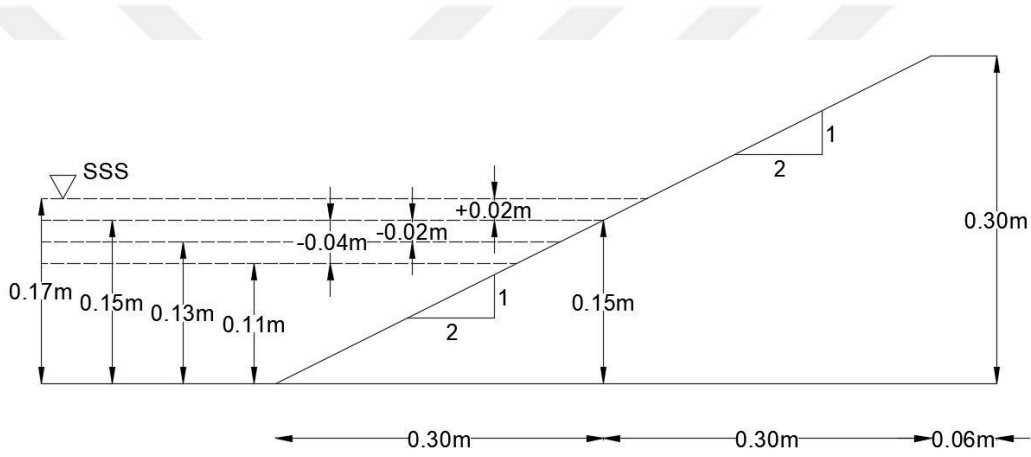
2.2.7. Modeller

Çalışmada, taş dolgu geleneksel (palyesiz) ve palyeli kıyı yapılarında dalga tırmanma yüksekliğinin ve aşan dalga oranlarının; palye genişliği, palye kotu, dalga yüksekliği, dalga dikliği, yapı şev eğimi ve dalgaların düzensiz veya düzenli olmasından nasıl etkilendiğinin araştırılmasına yönelik deneyler yapılmıştır. Modeller 1/50 ölçeğinde oluşturulmuştur. Deneyler esas olarak sekiz farklı model, düzensiz ve düzenli olmak üzere iki farklı dalga durumu, palye olmaması dahil dört farklı palye genişliği, iki farklı şev eğimi, dört farklı palye seviyesi ve her bir palye seviyesi için üç farklı dalga dikliğiyle gerçekleştirilmiştir. Geleneksel kıyı yapısı modellerinde palye olmadığından palye seviyesi yerine yapı önü su derinliği ifadesi kullanılmıştır.

Çalışma kapsamında palye genişlikleri olarak palye olmaması $B= 0, 10 \text{ cm}$ genişliğinde palye olması $B= 0.10 \text{ m}$, 15 cm genişliğinde palye olması $B= 0.15 \text{ m}$, 20 cm genişliğinde palye olması $B= 0.20 \text{ m}$ durumları, yapı şev eğimi olarak alt ve üst şevde aynı

olacak şekilde $\tan\alpha = 1/2$ ve $\tan\alpha = 1/1.5$ durumları, palye seviyesi için sakin su seviyesi olarak palyeden 2 cm yukarısı $h_b = +0.02$ m, palye hizası $h_b = 0$, palyeden 2 cm aşağısı $h_b = -0.02$ m, palyeden 4 cm aşağısı $h_b = -0.04$ m durumları incelenmiştir. Ayrıca modellerin oturduğu yatay tabandan kret kotuna kadar olan mesafe olarak tanımlanan yapı yüksekliği dalga kanalının mevcut koşulu göz önünde bulundurularak 0.30 m, kret genişliği ise 0.06 m olacak şekilde tasarlanmıştır. Deneylerde incelenebilecek en büyük genişlik 1.45 m olup, bu değer kullanılan dalga kanalının genişliğidir.

Modelde palyenin bulunmadığı, şev eğiminin $1/2$ olduğu durumda boyutların ve incelenen yapı önü su derinliklerinin verildiği kesit detayı Şekil 23'te gösterilmektedir. Bu modelin dalga kanalındaki kesitinden alınan görüntü ise Şekil 24'te verilmektedir.

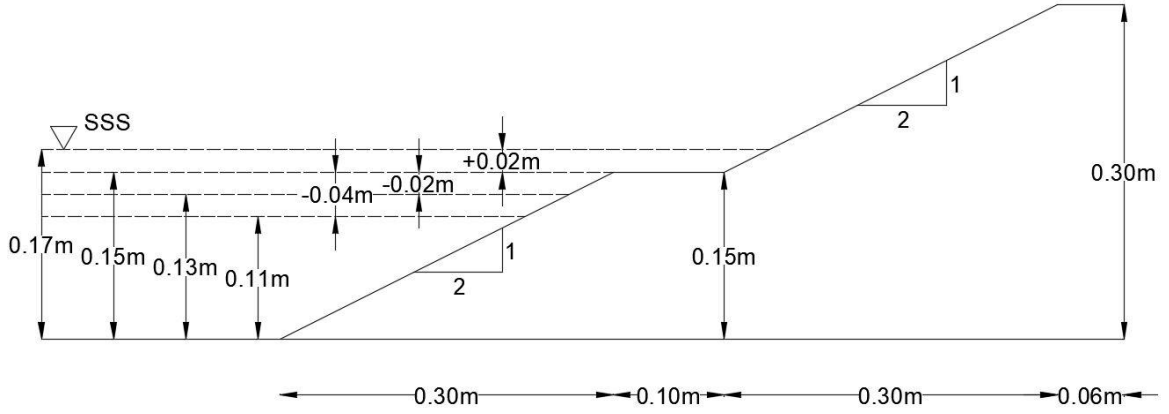


Şekil 23. $B = 0$ ve $\tan\alpha = 1/2$ olan geleneksel kıyı yapısı modelinin kesiti



Şekil 24. $B = 0$ ve $\tan\alpha = 1/2$ olan geleneksel kıyı yapısı modeli kesitinin görünüşü

Kıyı yapısı modelinde palye genişliğinin 10 cm, şev eğiminin 1/2 olduğu durumda boyutların ve incelenen palye seviyelerinin gösterildiği kesit detayı Şekil 25'te verilmektedir. Bu modelin dalga kanalındaki kesitinden alınan görüntü ise Şekil 26'da gösterilmektedir.

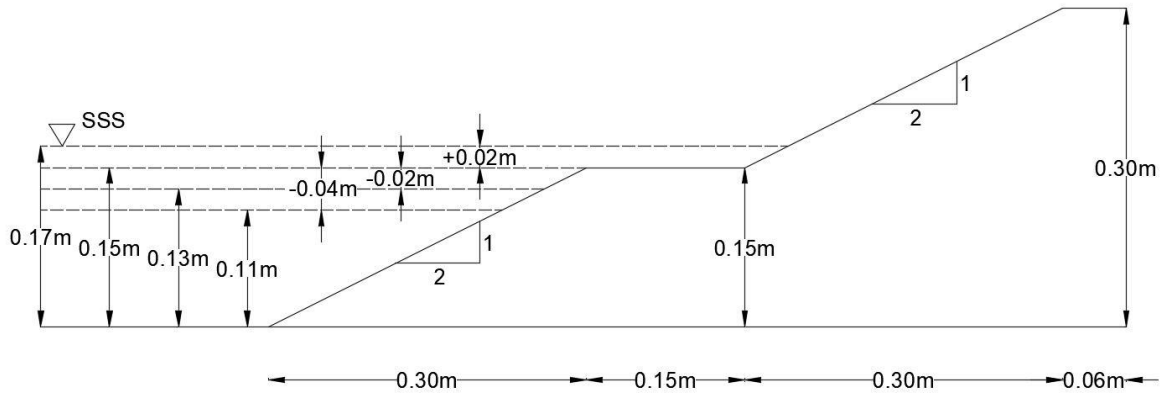


Şekil 25. B= 0.10 m ve $\tan\alpha= 1/2$ olan palyeli kıyı yapısı modelinin kesiti



Şekil 26. B= 0.10 m ve $\tan\alpha= 1/2$ olan palyeli kıyı yapısı modeli kesitinin görünüşü

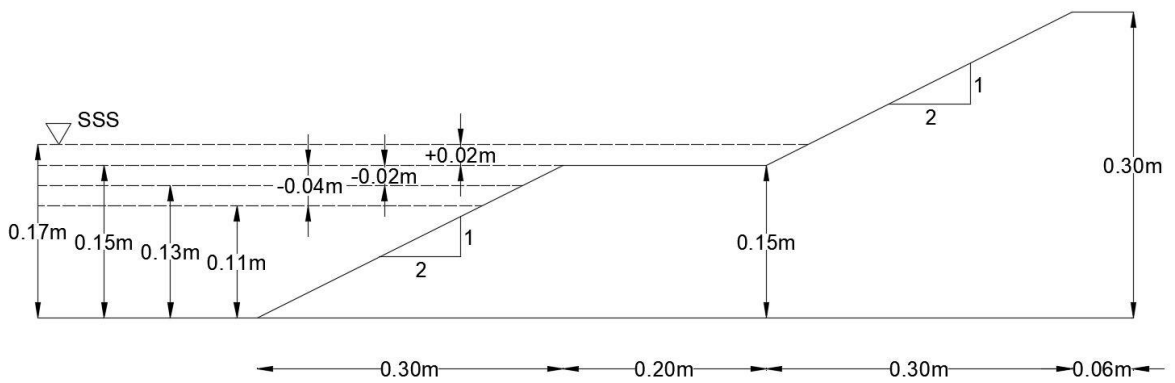
Kıyı yapısı modelinde palye genişliğinin 15 cm, şev eğiminin 1/2 olduğu durumda boyutların ve incelenen palye seviyelerinin gösterildiği kesit detayı Şekil 27'de gösterilmektedir. Bu modelin dalga kanalındaki kesitinden alınan görüntü ise Şekil 28'de verilmektedir.



Şekil 27. $B = 0.15$ m ve $\tan\alpha = 1/2$ olan palyeli kıyı yapısı modelinin kesiti



Şekil 28. $B = 0.15$ m ve $\tan\alpha = 1/2$ olan palyeli kıyı yapısı modeli kesitinin görünüşü



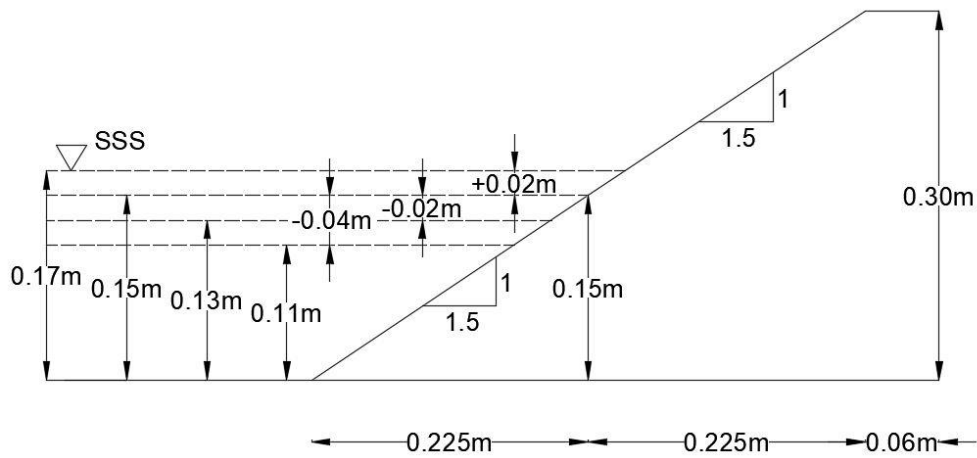
Şekil 29. $B = 0.20$ m ve $\tan\alpha = 1/2$ olan palyeli kıyı yapısı modelinin kesiti

Kıyı yapısı modelinde palye genişliğinin 20 cm, şev eğiminin 1/2 olduğu durumda boyutların ve incelenen palye seviyelerinin gösterildiği kesit detayı Şekil 29’da verilmektedir. Bu modelin dalga kanalındaki kesitinden alınan görüntü ise Şekil 30’da gösterilmektedir.



Şekil 30. B= 0.20 m ve $\tan\alpha = 1/2$ olan palyeli kıyı yapısı modeli kesitinin görünüşü

Kıyı yapısı modelinde palyenin bulunmadığı, şev eğiminin 1/1.5 olduğu durumda boyutların ve incelenen yapı önü su derinliklerinin verildiği kesit detayı Şekil 31’de gösterilmektedir. Bu modelin dalga kanalındaki kesitinden alınan görüntü ise Şekil 32’de verilmektedir.

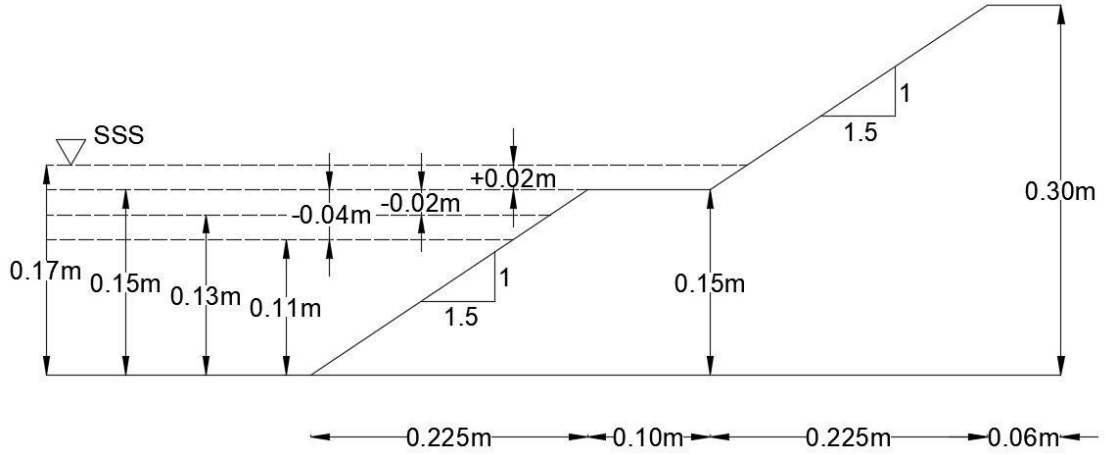


Şekil 31. B= 0 ve $\tan\alpha = 1/1.5$ olan geleneksel kıyı yapısı modelinin kesiti



Şekil 32. $B=0$ ve $\tan\alpha=1/1.5$ olan geleneksel kıyı yapısı modeli kesitinin görünüşü

Kıyı yapısı modelinde palye genişliğinin 10 cm, şev eğiminin 1/1.5 olduğu durumda boyutların ve incelenen palye seviyelerinin gösterildiği kesit detayı Şekil 33'te verilmektedir.



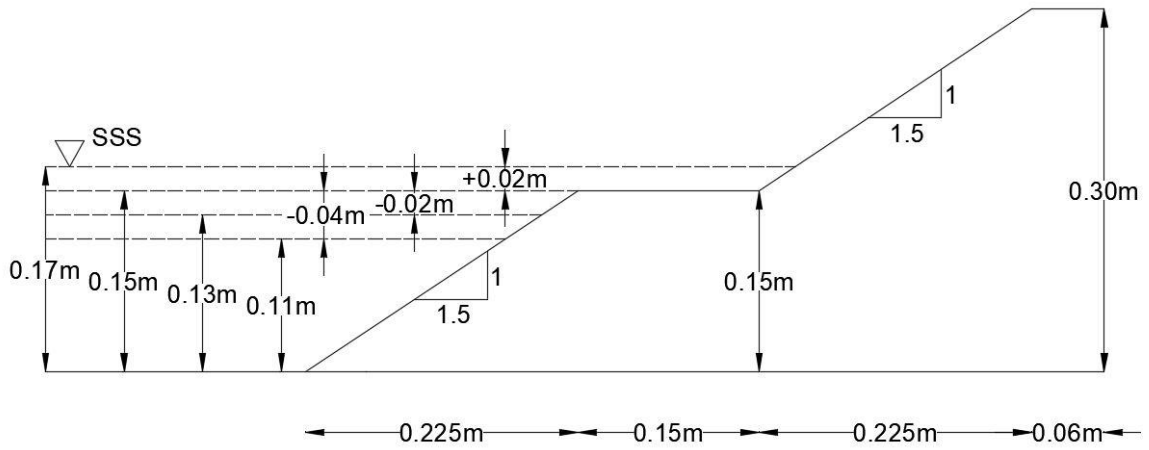
Şekil 33. $B=0.10$ m ve $\tan\alpha=1/1.5$ olan palyeli kıyı yapısı modelinin kesiti

Şekil 33'te verilen kıyı yapısı modelinin dalga kanalındaki kesitinden alınan görüntü ise Şekil 34'te gösterilmektedir.



Şekil 34. $B = 0.10$ m ve $\tan\alpha = 1/1.5$ olan palyeli kıyı yapısı modeli kesitinin görünüşü

Kıyı yapısı modelinde palye genişliğinin 15 cm olduğu, şev eğiminin 1/1.5 olduğu durumda boyutların ve incelenen palye seviyelerinin gösterildiği kesit detayı Şekil 35'te verilmektedir.



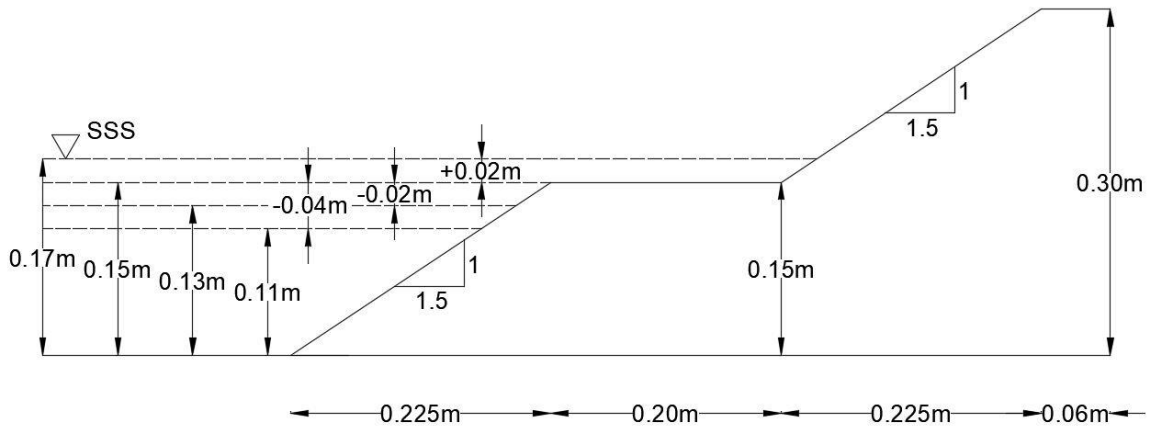
Şekil 35. $B = 0.15$ m ve $\tan\alpha = 1/1.5$ olan palyeli kıyı yapısı modelinin kesiti

Şekil 35'te verilen kıyı yapısı modelinin dalga kanalındaki kesitinden alınan görüntü ise Şekil 36'da gösterilmektedir.



Şekil 36. $B=0.15$ m ve $\tan\alpha= 1/1.5$ olan palyeli kıyı yapısı modeli kesitinin görünüşü

Kıyı yapısı modelinde palye genişliğinin 20 cm olduğu, şev eğiminin 1/1.5 olduğu durumda boyutların ve incelenen palye seviyelerinin gösterildiği kesit detayı Şekil 37’de verilmektedir.



Şekil 37. $B=0.20$ m ve $\tan\alpha= 1/1.5$ olan palyeli kıyı yapısı modelinin kesiti

Şekil 37’de verilen kıyı yapısı modelinin dalga kanalındaki kesitinden alınan görüntü ise Şekil 38’de gösterilmektedir.



Şekil 38. $B= 0.20$ m ve $\tan\alpha= 1/1.5$ olan palyeli kıyı yapısı modeli kesitinin görünüşü

3. BULGULAR

Bu bölümde, elde edilen ve hesaplanan verilerin gösterildiği tablolar verilmiştir. Bu tablolardaki veriler kullanılarak oluşturulan grafikler verilerek ulaşılan bulgular sunulmuştur. Grafiklerde bulunan doğrusal eğilim çizgileri, noktaların ortalamalarını göstermektedir. Çalışmada sekiz model kullanılarak, farklı dalga durumları, palye seviyeleri dolayısıyla yapı önü su derinlikleri ve dalga dikliklerinde dalga tırmanma yüksekliği ve aşmanın değişiminin araştırılması amaçlanmıştır.

Kıyı mühendisliğinde laboratuvar koşullarından kaynaklı olumsuzlukları en aza indirmek amacıyla fiziksel model deneylerinden çıkarılan neticeler boyutsuzlaştırılmaktadır. Bu sebeple, yapılan çalışmada boyutsuz ifadelerden de yararlanılmıştır. Tablo ve grafiklerde kullanılmak üzere hesaplanan uzunluk boyutunda olan R_{umax} en büyük dalga tırmanma yüksekliği değeri aynı şekilde uzunluk boyutunda olan H_{m0} belirgin dalga yüksekliği ile bölünerek boyutsuzlaştırılmıştır. Ayrıca, aşan dalga oranı grafiklerinde kullanılmak üzere uzunluk boyutunda olan B palye genişliği yine uzunluk boyutunda olan H_{m0} belirgin dalga yüksekliği ile bölünerek boyutsuzlaştırılmıştır.

Yapılan deneylerde çıkan sonuçlar tablolara aktarılırken belli bir yol takip edilmiştir. Yazılımdan elde edilen sonuçlar H_{m0} belirgin dalga yüksekliği ve T_m ortalama dalga periyodunu vermektedir. Ortalama dalga periyodu değeri 0.8 değeri ile bölünerek T_p pik periyoduna ulaşılmaktadır. Bu pik periyot değeri 0.95 değeri ile çarpılarak $T_{1/3}$ belirgin dalga periyodu elde edilmektedir. Böylece dalga dikliği olan $H_{m0}/(g/2\pi)T^2$ formülasyonundaki bileşenlerin aynı türden olması sağlanmaktadır. Düzenli dalgalar sabit bir formda olup düzensiz hareket içermediğinden yazılımdan elde edilen sonuçlar direkt olarak dalga dikliği formülünde kullanılabilir.

Yapılan tüm deneylerden elde edilen sonuçlar tablolar halinde verilmiştir. Bu tablolarda düzensiz dalga için incelenen modeldeki palye genişliği, şev eğimi, yapı önü su derinliği, palye kotu, kullanılan üç farklı H_{m0} ve T_p değeri, bu değerlerden elde edilen H_{m0} belirgin dalga yüksekliği, T_m ortalama dalga periyodu, T_p pik periyodu, $T_{1/3}$ belirgin dalga periyodu ve $s=H_{m0}/(g/2\pi)T^2$ olan dalga dikliği gösterilmektedir. Ayrıca, video kamera görüntülerinin detaylı incelenmesiyle hesaplanan boyutsuz en büyük dalga tırmanma yüksekliği olan R_{umax}/H_{m0} , boyutsuz palye genişliği olan B/H_{m0} değerleri ve aşma varsa aşan dalga oranları yüzdelik olarak tabloların tırmanma ve aşma kısmında verilmektedir. Düzenli

dalga sabit bir hareket halinde olduğundan sonuçlardan elde edilen T_m değerleri, T_p ve $T_{1/3}$ değerleri ile aşağı yukarı aynı değeri alacaktır. Bu sebeple, düzenli dalga için incelenen modelde gerçekleştirilen deneylerden elde edilen ve hesaplanan sonuçları gösteren tablolarda T_p ve $T_{1/3}$ değerleri bulunmamaktadır.

Grafikler oluşturulurken boyutsuz en büyük dalga tırmanma yüksekliği olan R_{umax}/H_{m0} ve boyutsuz palye genişliği olan B/H_{m0} boyutsuz ifadeleri kullanılmıştır. Dalga dikliği olan $H_{m0}/(g/2\pi)T^2$ yerine literatürde sıkça kullanılan ve bu formülün belli oranda katı olan $H_{m0}/gT^2 \cdot 10^{-3}$ formülünden elde edilen sonuçlar kullanılmıştır. Elde edilen bu sonuçlar dalga dikliği ile paralellik gösterdiğinden grafik üzerinde dalga dikliğinin daha büyük sayılarla temsil edilmesine olanak tanıyarak kolaylık sağlamaktadır. Grafiklerde ayrıca, yapılan bir deneyde gelen tüm dalgalar içerisinde hangi oranda aşma olduğunu gösteren aşan dalga oranı yüzdelik olacak şekilde kullanılmıştır.

3.1. Palyenin Bulunmadığı ve Şev Eğiminin 1/2 Olduğu Durumda Yapılan Deneylerden Elde Edilen Bulgular

Palyenin bulunmadığı, şev eğiminin 1/2 olduğu, Şekil 23 ve Şekil 24'te gösterilen modelde düzensiz dalgalar için yapılan 12 deneyden elde edilen ve hesaplanan veriler Tablo 4'te gösterilmektedir.

Tablo 4 incelendiğinde aşan dalga oranının %2'den fazla olduğu durum tek deneyde görülmüştür. Bu deneyde yapı önü su derinliği 0.17 m, belirgin dalga yüksekliği 0.097 m ve dalga dikliği 0.0295 olup aşan dalga oranı %5.263 olarak belirlenmiştir. Yapı önü su derinliğinin 0.17 m olduğu durumda yapılan diğer deneylerde belirgin dalga yüksekliği değerleri sırasıyla 0.068 m ve 0.081 m olurken dalga dikliği 0.0206 ve 0.0257 değerlerini almıştır. Bu değerlere karşılık boyutsuz dalga tırmanma yükseklikleri sırasıyla 1.926 ve 1.597 olarak belirlenmiştir. Yapı önü su derinliğinin 0.15 m olduğu durumda yapılan deneylerde belirgin dalga yüksekliği 0.064-0.100 m arasında değişirken dalga diklikleri 0.0193-0.0305 aralığındadır. Bu değerlere karşılık boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin 2.194-1.497 aralığında olduğu hesaplanmıştır. Yapı önü su derinliğinin 0.13 m olduğu durumda yapılan deneylerde belirgin dalga yüksekliği 0.059-0.092 m aralığındayken dalga diklikleri 0.0188-0.0261 arasında değişiklik göstermektedir. Bu değerlerde boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin 2.326-1.856 aralığında değiştiği hesaplanmıştır. Yapı önü su derinliğinin 0.11 m olduğu durumda gerçekleştirilen deneylerde belirgin dalga yüksekliği 0.061-0.091 m arasında değişirken dalga diklikleri 0.0183-0.0280 aralığındadır. Bu

değerlere karşılık boyutsuz dalga tırmanma yüksekliği 2.306-1.878 arasında değişiklik göstermektedir.

Tablo 4. Düzensiz dalga, $B=0$ ve $\tan\alpha=1/2$ durumunda elde edilen veriler

Düzensiz Dalga $B=0$ $\tan\alpha=1/2$										
$d_s=0.17$ m										
Girdi			Prob (Derin Deniz)					Tırmanma ve Aşma Verileri		
H_{m0} (m)	T_p (s)	γ	H_{m0} (m)	T_m (s)	T_p (s)	$T_{1/3}$ (s)	$H_{m0}/(g/2\pi)T^2$	R_{umax}/H_{m0}	B/H_{m0}	Aşma (%)
0.017	0.9	3.3	0.068	1.221	1.527	1.450	0.0206	1.926	—	Aşma yok
0.032	0.8	3.3	0.081	1.199	1.499	1.424	0.0257	1.597	—	Aşma yok
0.075	0.7	3.3	0.097	1.218	1.523	1.447	0.0295	Aşma var	—	5.263
$d_s=0.15$ m										
0.017	0.9	3.3	0.064	1.227	1.533	1.456	0.0193	2.194	—	Aşma yok
0.032	0.8	3.3	0.076	1.177	1.471	1.397	0.0249	1.979	—	Aşma yok
0.075	0.7	3.3	0.100	1.223	1.529	1.452	0.0305	1.497	—	Aşma yok
$d_s=0.13$ m										
0.017	0.9	3.3	0.059	1.197	1.496	1.421	0.0188	2.027	—	Aşma yok
0.032	0.8	3.3	0.073	1.180	1.475	1.402	0.0239	2.326	—	Aşma yok
0.075	0.7	3.3	0.092	1.264	1.580	1.501	0.0261	1.856	—	Aşma yok
$d_s=0.11$ m										
0.017	0.9	3.3	0.061	1.227	1.534	1.458	0.0183	2.306	—	Aşma yok
0.032	0.8	3.3	0.074	1.197	1.496	1.421	0.0234	1.902	—	Aşma yok
0.075	0.7	3.3	0.091	1.213	1.516	1.440	0.0280	1.878	—	Aşma yok

Palyenin bulunmadığı, şev eğiminin $1/2$ olduğu, Şekil 23 ve Şekil 24'te gösterilen modelde düzenli dalgalar için yapılan 12 deneyden elde edilen ve hesaplanan veriler Tablo 5'te verilmektedir.

Tablo 5 incelendiğinde aşan dalga oranının %2'den fazla olduğu durum tek deneyde gözlemlenmiştir. Bu deneyde yapı önü su derinliği 0.17 m, belirgin dalga yüksekliği 0.090 m ve dalga dikliği 0.0334 olup aşan dalga oranı %4.348 olarak hesaplanmıştır. Yapı önü su derinliğinin 0.17 m olduğu durumda gerçekleştirilen diğer deneylerde belirgin dalga yüksekliği değerleri sırasıyla 0.071 m ve 0.080 m olurken dalga dikliği 0.0230 ve 0.0299 değerlerini almaktadır. Bu değerlerde boyutsuz dalga tırmanma yükseklikleri sırasıyla 1.558 ve 1.258 olarak belirlenmiştir. Yapı önü su derinliğinin 0.15 m olduğu durumda yapılan

deneylerde belirgin dalga yüksekliği 0.069-0.094 m aralığındayken dalga diklikleri 0.0224-0.0351 aralığındadır. Bu değerlere karşılık boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin 1.596-1.321 aralığında olduğu belirlenmiştir. Yapı önü su derinliğinin 0.13 m olduğu durumda yapılan deneylerde belirgin dalga yüksekliği 0.056-0.090 m aralığındayken dalga diklikleri 0.0182-0.0337 arasında değişiklik göstermektedir. Bu değerlere karşılık gelen boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin 1.883-1.543 aralığında değiştiği hesaplanmıştır. Yapı önü su derinliğinin 0.11 m olduğu durumda gerçekleştirilen deneylerde belirgin dalga yüksekliği 0.058-0.081 m arasındayken dalga diklikleri 0.0190-0.0303 aralığındadır. Bu değerlerde boyutsuz dalga tırmanma yüksekliği 1.903-1.597 aralığında değişiklik göstermektedir.

Tablo 5. Düzenli dalga, $B=0$ ve $\tan\alpha=1/2$ durumunda elde edilen veriler

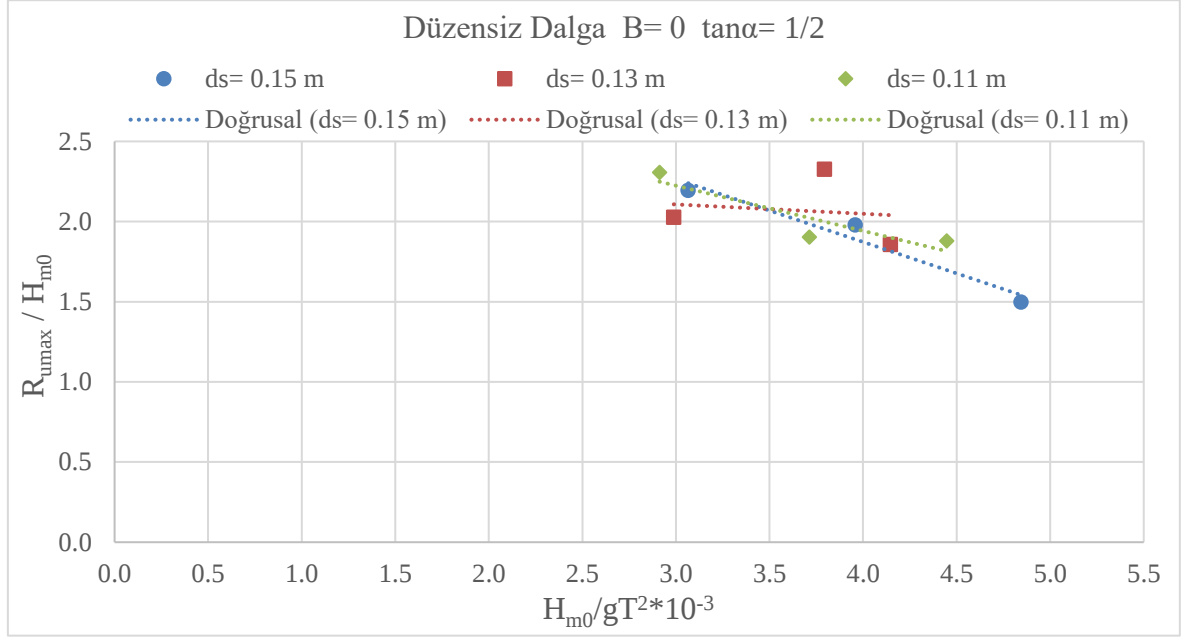
Düzenli Dalga $B=0$ $\tan\alpha=1/2$							
$d_s=0.17$ m $h_b=+0.02$ m							
Girdi		Prob (Derin Deniz)			Tırmanma ve Aşma Verileri		
H_{m0} (m)	T_p (s)	H_{m0} (m)	T_m (s)	$H_{m0}/(g/2\pi)T^2$	R_{umax}/H_{m0}	B/H_{m0}	Aşma (%)
0.015	1.05	0.071	1.403	0.0230	1.558	—	Aşma yok
0.035	1.00	0.080	1.306	0.0299	1.258	—	Aşma yok
0.053	0.95	0.090	1.314	0.0334	Aşma var	—	4.348
$d_s=0.15$ m $h_b=0$							
0.015	1.05	0.069	1.404	0.0224	1.453	—	Aşma yok
0.035	1.00	0.083	1.306	0.0313	1.321	—	Aşma yok
0.053	0.95	0.094	1.311	0.0351	1.596	—	Aşma yok
$d_s=0.13$ m $h_b=-0.02$ m							
0.015	1.05	0.056	1.412	0.0182	1.596	—	Aşma yok
0.035	1.00	0.071	1.308	0.0267	1.543	—	Aşma yok
0.053	0.95	0.090	1.311	0.0337	1.883	—	Aşma yok
$d_s=0.11$ m $h_b=-0.04$ m							
0.015	1.05	0.058	1.397	0.0190	1.903	—	Aşma yok
0.035	1.00	0.061	1.306	0.0228	1.812	—	Aşma yok
0.053	0.95	0.081	1.313	0.0303	1.597	—	Aşma yok

Modelde palyenin bulunmadığı, şev eğiminin $1/2$ olduğu durumda yapılan deneylerden ulaşılan ve hesaplanan verilerin bulunduğu Tablo 4 kullanılarak oluşturulan grafikler ile bu grafiklerden elde edilen bulgular aşağıda sunulmuştur. Tablo 5 kullanılarak elde edilen grafikler Ekler bölümünde verilmektedir.

Şekil 39'da düzensiz dalga, $B=0$ ve $\tan\alpha=1/2$ durumunda boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin dalga dikliğine bağlı olarak değişimi sunulmaktadır.

Şekil 39 incelendiğinde düzensiz dalgalarda, palyenin bulunmadığı ve şev eğiminin $1/2$ olduğu durumda gerçekleştirilen deneylerde $H_{m0}/gT^2 \cdot 10^{-3}$ değeri yani dalga dikliği arttıkça boyutsuz dalga tırmanma yüksekliği olan R_{umax}/H_{m0} değerinin azaldığı görülmektedir. Yapı önü su derinliğinin 0.15 m olduğu durumda $H_{m0}/gT^2 \cdot 10^{-3}$ değeri 3.066-

4.844 arasında değişirken boyutsuz dalga tırmanma yüksekliği 2.194-1.497 aralığında değişmektedir. Yapı önü su derinliğinin 0.13 m olduğu durumda $H_{m0}/gT^2 \cdot 10^{-3}$ değeri 2.989-4.146 arasındayken boyutsuz dalga tırmanma yüksekliği 2.326-1.856 aralığındadır. Yapı önü su derinliğinin 0.11 m olduğu durumda ise $H_{m0}/gT^2 \cdot 10^{-3}$ değeri 2.913-4.447 aralığındayken boyutsuz dalga tırmanma yüksekliği 2.306-1.878 arasında değişmektedir.

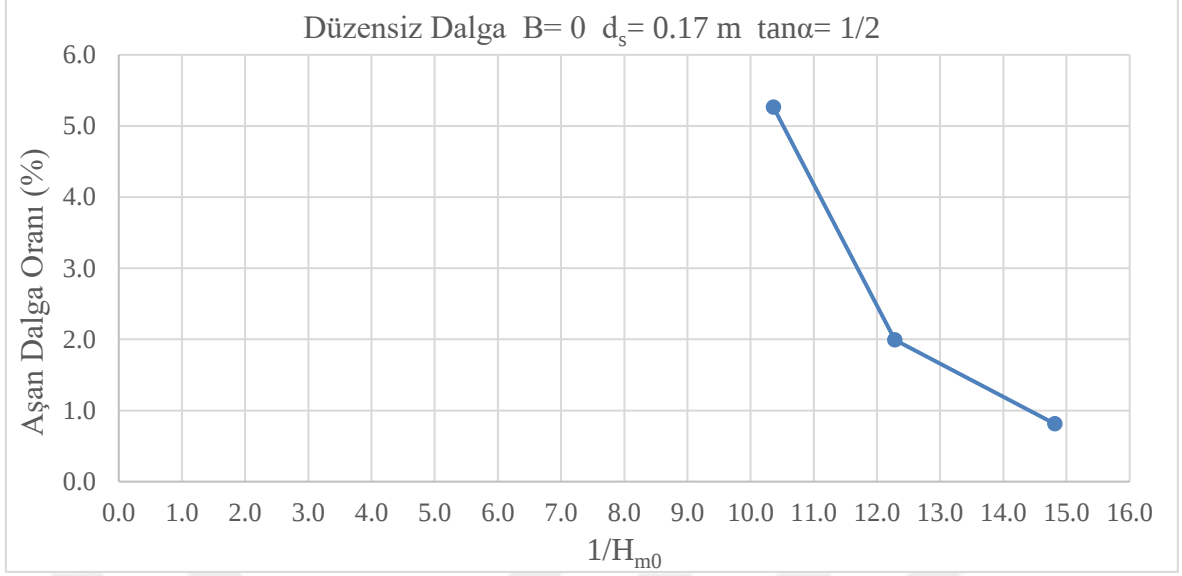


Şekil 39. Düzensiz dalga, $B=0$ ve $\tan\alpha=1/2$ durumunda boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin dalga dikliğine bağlı olarak değişimi

Yapı önü su derinliğinin 0.17 m olduğu duruma aşan dalga oranının %2'den fazla olduğu deney bulundurmasından ötürü boyutsuz dalga tırmanma yüksekliği grafiğinde yer verilmemiştir. Yapı önü su derinliğinin 0.17 m olduğu durum Şekil 40'ta gösterildiği üzere aşan dalga oranı grafiğinde verilmiştir. Palye bulunmadığından ötürü boyutsuz palye genişliği olan B/H_{m0} kullanılamayacağından onun yerine kıyaslanabilirlik ve benzerlik açısından belirgin dalga yüksekliğinin eşleniği olan $1/H_{m0}$ kullanılmıştır.

Şekil 40'ta düzensiz dalga, $B=0$, $d_s=0.17$ m ve $\tan\alpha=1/2$ durumunda aşan dalga oranının $1/H_{m0}$ değerine bağlı olarak değişimi verilmektedir.

Şekil 40 incelendiğinde düzensiz dalgalarda, palyenin bulunmadığı, şev eğiminin $1/2$ ve yapı önü su derinliğinin 0.17 m olduğu durumda $1/H_{m0}$ değeri artarken aşan dalga oranının azaldığı görülmektedir. $1/H_{m0}$ değeri 10.363-14.815 aralığında değişirken aşan dalga oranı %5.263-%0.813 arasında değişmektedir.



Şekil 40. Düzensiz dalga, $B=0$, $d_s=0.17$ m ve $\tan\alpha=1/2$ durumunda aşan dalga oranının $1/H_{m0}$ değerine bağlı olarak değişimi

3.2. Palye Genişliğinin 0.10 m ve Şev Eğiminin 1/2 Olduğu Durumda Yapılan Deneylerden Elde Edilen Bulgular

Palye genişliğinin 10 cm, şev eğiminin 1/2 olduğu, Şekil 25 ve Şekil 26’da gösterilen modelde düzensiz dalgalar için yapılan 12 deneyden elde edilen ve hesaplanan veriler Tablo 6’da verilmektedir.

Tablo 6 incelendiğinde aşan dalga oranının %2’den fazla olduğu durum tek deneyde görülmüştür. Bu deneyde palye seviyesi +0.02 m, belirgin dalga yüksekliği 0.104 m, dalga dikliği 0.0320 ve boyutsuz palye genişliği 0.962 olup aşan dalga oranı %3.239 olarak hesaplanmıştır. Palye seviyesinin +0.02 m olduğu durumda gerçekleştirilen diğer deneylerde belirgin dalga yüksekliği değerleri sırasıyla 0.063 m ve 0.078 m olurken dalga dikliği 0.0195 ve 0.0253 değerlerini almıştır. Bu değerlerde boyutsuz dalga tırmanma yükseklikleri sırasıyla 2.057 ve 1.667 olarak belirlenmiştir. Ayrıca boyutsuz palye genişliği sırasıyla 1.582 ve 1.282 olarak hesap edilmiştir. Palye seviyesi 0 olduğunda yani sakin su seviyesi ile palyenin aynı hizada olması durumunda yapılan deneylerde belirgin dalga yüksekliği 0.063-0.099 m aralığındayken dalga diklikleri 0.0193-0.0310 aralığındadır. Bu değerlere karşılık boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin 2.080-1.517 aralığında olduğu hesaplanmıştır. Ayriyeten boyutsuz palye genişliği 1.600-1.011 aralığındadır. Palye seviyesinin -0.02 m olduğu durumda gerçekleştirilen deneylerde belirgin dalga yüksekliği 0.065-0.094 m aralığındayken dalga diklikleri 0.0201-0.0287 arasında değişiklik göstermektedir. Bu

değerlerde boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin 1.901-1.706 aralığında değiştiği hesaplanmıştır. İlaveten boyutsuz palye genişliğinin 1.538-1.066 aralığında olduğu hesaplanmıştır. Palye seviyesinin -0.04 m olduğu durumda yapılan deneylerde belirgin dalga yüksekliği 0.062-0.094 m aralığında değişirken dalga diklikleri 0.0194-0.0303 aralığındadır. Bu değerlere karşılık boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin 2.276-1.702 aralığında değişiklik gösterdiği hesaplanmıştır. Ayrıca boyutsuz palye genişliği 1.626-1.064 aralığındadır.

Tablo 6. Düzensiz dalga, $B= 0.10$ m ve $\tan\alpha= 1/2$ durumunda elde edilen veriler

Düzensiz Dalga $B= 0.10$ m $\tan\alpha= 1/2$										
$d_s= 0.17$ m $h_b= +0.02$ m										
Girdi			Prob (Derin Deniz)					Tırmanma ve Aşma Verileri		
H_{m0} (m)	T_p (s)	γ	H_{m0} (m)	T_m (s)	T_p (s)	$T_{1/3}$ (s)	$H_{m0}/(g/2\pi)T^2$	R_{umax}/H_{m0}	B/H_{m0}	Aşma (%)
0.017	0.9	3.3	0.063	1.215	1.518	1.442	0.0195	2.057	1.582	Aşma yok
0.032	0.8	3.3	0.078	1.185	1.481	1.407	0.0253	1.667	1.282	Aşma yok
0.075	0.7	3.3	0.104	1.216	1.520	1.444	0.0320	Aşma var	0.962	3.239
$d_s= 0.15$ m $h_b= 0$										
0.017	0.9	3.3	0.063	1.213	1.516	1.440	0.0193	2.080	1.600	Aşma yok
0.032	0.8	3.3	0.078	1.181	1.476	1.402	0.0253	1.935	1.290	Aşma yok
0.075	0.7	3.3	0.099	1.204	1.505	1.430	0.0310	1.517	1.011	Aşma yok
$d_s= 0.13$ m $h_b= -0.02$ m										
0.017	0.9	3.3	0.065	1.214	1.517	1.441	0.0201	1.846	1.538	Aşma yok
0.032	0.8	3.3	0.079	1.195	1.494	1.419	0.0251	1.901	1.267	Aşma yok
0.075	0.7	3.3	0.094	1.219	1.524	1.448	0.0287	1.706	1.066	Aşma yok
$d_s= 0.11$ m $h_b= -0.04$ m										
0.017	0.9	3.3	0.062	1.200	1.500	1.425	0.0194	2.276	1.626	Aşma yok
0.032	0.8	3.3	0.077	1.170	1.463	1.390	0.0256	2.208	1.299	Aşma yok
0.075	0.7	3.3	0.094	1.188	1.486	1.411	0.0303	1.702	1.064	Aşma yok

Palye genişliğinin 10 cm, şev eğiminin 1/2 olduğu, Şekil 25 ve Şekil 26'da gösterilen modelde düzenli dalgalar için yapılan 12 deneyden elde edilen ve hesaplanan veriler Tablo 7'de gösterilmektedir.

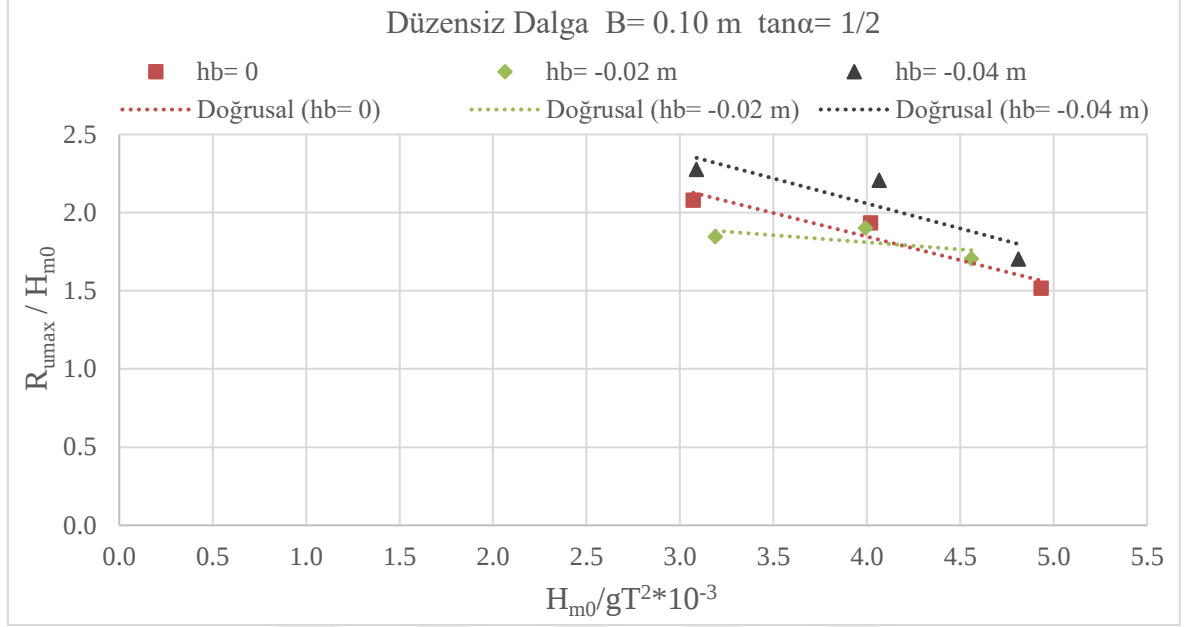
Tablo 7. Düzenli dalga, $B = 0.10$ m ve $\tan\alpha = 1/2$ durumunda elde edilen veriler

Düzenli Dalga $B = 0.10$ m $\tan\alpha = 1/2$							
$d_s = 0.17$ m $h_b = +0.02$ m							
Girilen Değerler		Prob (Derin Deniz)			Tırmanma ve Aşma		
H_{m0} (m)	T_p (s)	H_{m0} (m)	T_m (s)	$H_{m0}/(g/2\pi)T^2$	R_{umax}/H_{m0}	B/H_{m0}	Aşma (%)
0.015	1.05	0.072	1.406	0.0232	1.399	1.399	Aşma yok
0.035	1.00	0.076	1.309	0.0283	1.189	1.321	Aşma yok
0.053	0.95	0.099	1.315	0.0366	1.318	1.014	Aşma yok
$d_s = 0.15$ m $h_b = 0$							
0.015	1.05	0.062	1.397	0.0203	1.292	1.616	Aşma yok
0.035	1.00	0.077	1.306	0.0288	0.913	1.304	Aşma yok
0.053	0.95	0.090	1.336	0.0322	1.670	1.114	Aşma yok
$d_s = 0.13$ m $h_b = -0.02$ m							
0.015	1.05	0.059	1.406	0.0192	1.349	1.686	Aşma yok
0.035	1.00	0.070	1.308	0.0264	1.138	1.422	Aşma yok
0.053	0.95	0.088	1.325	0.0320	1.596	1.140	Aşma yok
$d_s = 0.11$ m $h_b = -0.04$ m							
0.015	1.05	0.058	1.388	0.0194	1.370	1.712	Aşma yok
0.035	1.00	0.065	1.308	0.0245	1.223	1.529	Aşma yok
0.053	0.95	0.087	1.321	0.0319	1.613	1.152	Aşma yok

Tablo 7 incelendiğinde aşan dalga oranının %2'den fazla olduğu durum gözlemlenmemiştir. Palye seviyesinin $+0.02$ m olduğu durumda gerçekleştirilen deneylerde belirgin dalga yüksekliği 0.072 - 0.099 m aralığındayken dalga diklikleri 0.0232 - 0.0366 arasında değişiklik göstermektedir. Bu değerlerde boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin 1.399 - 1.189 aralığında değiştiği hesaplanmıştır. İlaveten boyutsuz palye genişliğinin 1.399 - 1.014 aralığında olduğu hesaplanmıştır. Palye seviyesinin 0 olduğu durumda yapılan deneylerde belirgin dalga yüksekliği 0.062 - 0.090 m aralığındayken dalga diklikleri 0.0203 - 0.0322 aralığındadır. Bu değerlere karşılık boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin 1.670 - 0.913 arasında olduğu hesaplanmıştır. Ayrıca boyutsuz palye genişliği 1.616 - 1.114 aralığındadır. Palye seviyesinin -0.02 m olduğu durumda gerçekleştirilen deneylerde belirgin dalga yüksekliği 0.059 - 0.088 m aralığındayken dalga diklikleri 0.0192 - 0.0320 arasında değişiklik göstermektedir. Bu değerlerde boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin 1.596 - 1.138 aralığında değiştiği hesaplanmıştır. İlaveten boyutsuz palye genişliğinin 1.686 - 1.140 aralığında olduğu hesaplanmıştır. Palye seviyesinin -0.04 m olduğu durumda yapılan deneylerde belirgin dalga yüksekliği 0.058 - 0.087 m aralığında değişirken dalga diklikleri 0.0194 - 0.0319 aralığındadır. Bu değerlere karşılık boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin 1.613 - 1.223 aralığında değişiklik gösterdiği hesaplanmıştır. Ayrıca boyutsuz palye genişliği 1.712 - 1.152 aralığındadır.

Modelde palye genişliğinin 10 cm, şev eğiminin $1/2$ olduğu durumda gerçekleştirilen deneylerden ulaşılan ve hesaplanan verilerin bulunduğu Tablo 6 kullanılarak oluşturulan

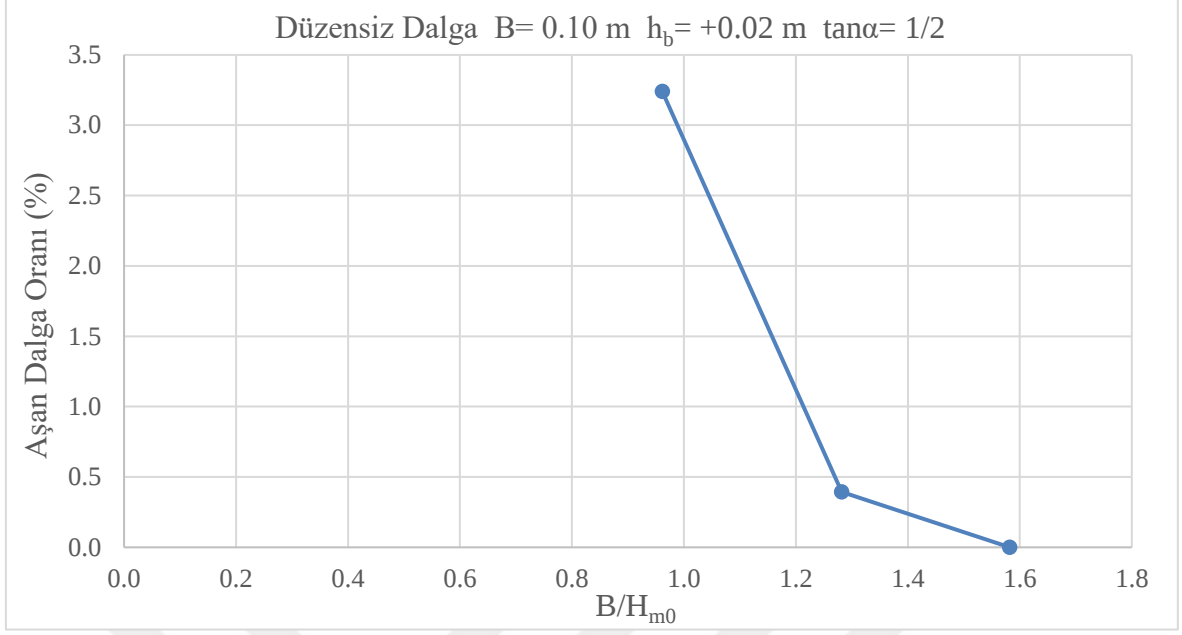
grafikler ile bu grafiklerden elde edilen bulgular aşağıda sunulmuştur. Tablo 7 kullanılarak elde edilen grafikler Ekler bölümünde verilmiştir.



Şekil 41. Düzensiz dalga, B= 0.10 m ve $\tan\alpha= 1/2$ durumunda boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin dalga dikliğine bağlı olarak değişimi

Şekil 41 incelendiğinde düzensiz dalgalarda, palye genişliğinin 10 cm olduğu ve şev eğiminin 1/2 olduğu durumda yapılan deneylerde $H_{m0}/gT^2 \cdot 10^{-3}$ değeri yani dalga dikliği arttıkça boyutsuz dalga tırmanma yüksekliği olan R_{max}/H_{m0} değerinin azaldığı görülmektedir. Palye seviyesinin 0 olduğu durumda bir başka deyişle sakin su seviyesi ile palyenin aynı hizada olması durumunda $H_{m0}/gT^2 \cdot 10^{-3}$ değeri 3.072-4.932 aralığında değişirken boyutsuz dalga tırmanma yüksekliği 2.080-1.517 aralığında değişmektedir. Palye seviyesinin -0.02 m olduğu durumda $H_{m0}/gT^2 \cdot 10^{-3}$ değeri 3.190-4.560 arasındayken boyutsuz dalga tırmanma yüksekliği 1.901-1.706 arasındadır. Palye seviyesinin -0.04 m olduğu durumda ise $H_{m0}/gT^2 \cdot 10^{-3}$ değeri 3.089-4.812 aralığındayken boyutsuz dalga tırmanma yüksekliği 2.276-1.702 arasında değişmektedir.

Palye seviyesinin +0.02 m olduğu duruma aşan dalga oranının %2'den fazla olduğu deney bulundurması sebebiyle boyutsuz dalga tırmanma yüksekliği grafiğinde yer verilmemiştir. Palye seviyesinin +0.02 m olduğu durum Şekil 42'de gösterildiği üzere aşan dalga oranı grafiğinde verilmiştir.



Şekil 42. Düzensiz dalga, $B= 0.10 \text{ m}$, $h_b= +0.02 \text{ m}$ ve $\tan\alpha= 1/2$ durumunda aşan dalga oranının boyutsuz palye genişliğine bağlı olarak değişimi

Şekil 42 incelendiğinde düzensiz dalgalarda, palye genişliğinin 10 cm, şev eğiminin 1/2 ve palye seviyesinin +0.02 m olduğu durumda boyutsuz palye genişliği olan B/H_{m0} değeri artarken aşan dalga oranının azaldığı görülmektedir. B/H_{m0} değeri 0.962-1.582 aralığında değişirken aşan dalga oranı %3.239-%0 arasında değişmektedir.

3.3. Palye Genişliğinin 0.15 m ve Şev Eğiminin 1/2 Olduğu Durumda Yapılan Deneylerden Elde Edilen Bulgular

Palye genişliğinin 15 cm, şev eğiminin 1/2 olduğu, Şekil 27 ve Şekil 28’de gösterilen modelde düzensiz dalgalar için yapılan 12 deneyden elde edilen ve hesaplanan veriler Tablo 8’de gösterilmektedir.

Tablo 8 incelendiğinde aşan dalga oranının %2’den fazla olduğu durum tek deneyde görülmüştür. Bu deneyde palye seviyesi +0.02 m, belirgin dalga yüksekliği 0.097 m, dalga dikliği 0.0288 ve boyutsuz palye genişliği 1.543 olup aşan dalga oranı %2.469 olarak hesaplanmıştır. Palye seviyesinin +0.02 m olduğu durumda yapılan diğer deneylerde ise belirgin dalga yüksekliği değerleri sırasıyla 0.066 m ve 0.079 m olurken dalga dikliği 0.0204 ve 0.0257 değerlerini almıştır. Bu değerlerde boyutsuz dalga tırmanma yükseklikleri sırasıyla 1.967 ve 1.652 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca boyutsuz palye genişliğinin sırasıyla 2.269 ve 1.906 olduğu belirlenmiştir. Palye seviyesinin 0 olduğu durumda yapılan

deneylerde belirgin dalga yüksekliği 0.067-0.096 m aralığında olurken dalga diklikleri 0.0207-0.0307 arasında değerler almıştır. Bu değerlere karşılık boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin 1.929-1.452 aralığında olduğu hesaplanmıştır. Ayrıyeten boyutsuz palye genişliği 2.226-1.556 aralığındadır. Palye seviyesinin -0.02 m olduğu durumda gerçekleştirilen deneylerde belirgin dalga yüksekliği 0.061-0.096 m aralığındayken dalga diklikleri 0.0190-0.0286 arasında değişiklik göstermektedir. Bu değerlerde boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin 2.149-1.780 aralığında değiştiği hesaplanmıştır. İlâveten boyutsuz palye genişliğinin 2.479-1.571 aralığında olduğu hesaplanmıştır. Palye seviyesinin -0.04 m olduğu durumda yapılan deneylerde belirgin dalga yüksekliği 0.062-0.092 m aralığında değişirken dalga diklikleri 0.0191-0.0282 aralığındadır. Bu değerlere karşılık boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin 2.114-1.684 aralığında değişiklik gösterdiği hesaplanmıştır. Ayrıca boyutsuz palye genişliği 2.439-1.630 aralığındadır.

Tablo 8. Düzensiz dalga, $B= 0.15$ m ve $\tan\alpha= 1/2$ durumunda elde edilen veriler

Düzensiz Dalga $B= 0.15$ m $\tan\alpha= 1/2$										
$d_s= 0.17$ m $h_b= +0.02$ m										
Girilen Değerler			Prob (Derin Deniz)					Tırmanma ve Aşma		
H_{m0} (m)	T_p (s)	γ	H_{m0} (m)	T_m (s)	T_p (s)	$T_{1/3}$ (s)	$H_{m0}/(g/2\pi)T^2$	R_{umax}/H_{m0}	B/H_{m0}	Aşma (%)
0.017	0.9	3.3	0.066	1.214	1.518	1.442	0.0204	1.967	2.269	Aşma yok
0.032	0.8	3.3	0.079	1.181	1.476	1.402	0.0257	1.652	1.906	Aşma yok
0.075	0.7	3.3	0.097	1.239	1.549	1.472	0.0288	Aşma var	1.543	2.469
$d_s= 0.15$ m $h_b= 0$										
0.017	0.9	3.3	0.067	1.215	1.519	1.443	0.0207	1.929	2.226	Aşma yok
0.032	0.8	3.3	0.077	1.208	1.510	1.434	0.0238	1.830	1.961	Aşma yok
0.075	0.7	3.3	0.096	1.195	1.494	1.419	0.0307	1.452	1.556	Aşma yok
$d_s= 0.13$ m $h_b= -0.02$ m										
0.017	0.9	3.3	0.061	1.204	1.505	1.429	0.0190	2.149	2.479	Aşma yok
0.032	0.8	3.3	0.076	1.173	1.467	1.393	0.0251	2.102	1.971	Aşma yok
0.075	0.7	3.3	0.096	1.233	1.541	1.464	0.0286	1.780	1.571	Aşma yok
$d_s= 0.11$ m $h_b= -0.04$ m										
0.017	0.9	3.3	0.062	1.209	1.511	1.435	0.0191	2.114	2.439	Aşma yok
0.032	0.8	3.3	0.077	1.173	1.466	1.393	0.0255	1.684	1.943	Aşma yok
0.075	0.7	3.3	0.092	1.219	1.523	1.447	0.0282	2.065	1.630	Aşma yok

Palye genişliğinin 15 cm, şev eğiminin 1/2 olduğu, Şekil 27 ve Şekil 28’de gösterilen modelde düzenli dalgalar için yapılan 12 deneyden elde edilen ve hesaplanan veriler Tablo 9’da verilmektedir.

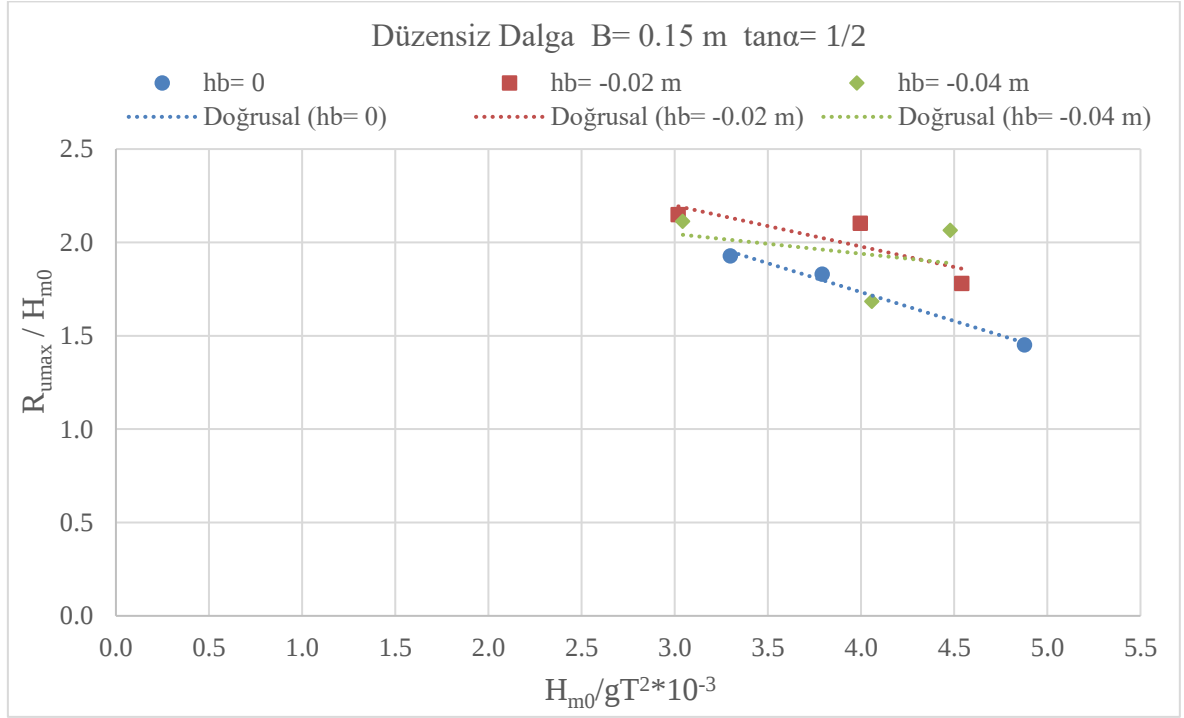
Tablo 9. Düzenli dalga, $B= 0.15$ m ve $\tan\alpha= 1/2$ durumunda elde edilen veriler

Düzenli Dalga $B= 0.15$ m $\tan\alpha= 1/2$							
$d_s= 0.17$ m $h_b= +0.02$ m							
Girilen Değerler		Prob (Derin Deniz)			Tırmanma ve Aşma		
H_{m0} (m)	T_p (s)	H_{m0} (m)	T_m (s)	$H_{m0}/(g/2\pi)T^2$	R_{umax}/H_{m0}	B/H_{m0}	Aşma (%)
0.015	1.05	0.066	1.415	0.0212	1.360	2.266	Aşma yok
0.035	1.00	0.076	1.325	0.0276	1.587	1.984	Aşma yok
0.053	0.95	0.098	1.306	0.0368	1.327	1.531	Aşma yok
$d_s= 0.15$ m $h_b= 0$							
0.015	1.05	0.062	1.403	0.0203	1.608	2.412	Aşma yok
0.035	1.00	0.073	1.318	0.0270	1.505	2.052	Aşma yok
0.053	0.95	0.090	1.345	0.0317	1.451	1.674	Aşma yok
$d_s= 0.13$ m $h_b= -0.02$ m							
0.015	1.05	0.060	1.410	0.0193	1.002	2.504	Aşma yok
0.035	1.00	0.070	1.307	0.0263	0.997	2.137	Aşma yok
0.053	0.95	0.089	1.339	0.0316	1.469	1.695	Aşma yok
$d_s= 0.11$ m $h_b= -0.04$ m							
0.015	1.05	0.058	1.410	0.0186	1.042	2.604	Aşma yok
0.035	1.00	0.065	1.307	0.0243	1.084	2.322	Aşma yok
0.053	0.95	0.084	1.310	0.0313	1.673	1.792	Aşma yok

Tablo 9 incelendiğinde aşan dalga oranının %2’den fazla olduğu durum gözlemlenmemiştir. Palye seviyesinin +0.02 m olduğu durumda gerçekleştirilen deneylerde belirgin dalga yüksekliği 0.066-0.098 m aralığındayken dalga diklikleri 0.0212-0.0368 arasında değişiklik göstermektedir. Bu değerlerde boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin 1.587-1.327 aralığında değiştiği hesaplanmıştır. Ayrıca boyutsuz palye genişliğinin 2.266-1.531 aralığında olduğu hesaplanmıştır. Palye seviyesinin 0 olduğu durumda yapılan deneylerde belirgin dalga yüksekliği 0.062-0.090 m aralığındayken dalga diklikleri 0.0203-0.0317 aralığındadır. Bu değerlere karşılık boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin 1.608-1.451 arasında olduğu hesaplanmıştır. İlaveten boyutsuz palye genişliği 2.412-1.674 aralığındadır. Palye seviyesinin -0.02 m olduğu durumda gerçekleştirilen deneylerde belirgin dalga yüksekliği 0.060-0.089 m aralığındayken dalga diklikleri 0.0193-0.0316 arasında değişiklik göstermektedir. Bu değerlerde boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin 1.469-0.997 aralığında değiştiği hesaplanmıştır. İlaveten boyutsuz palye genişliğinin 2.504-1.695 aralığında olduğu hesaplanmıştır. Palye seviyesinin -0.04 m olduğu durumda yapılan deneylerde belirgin dalga yüksekliği 0.058-0.084 m aralığında değişirken dalga diklikleri 0.0186-0.0313 aralığındadır. Bu değerlere karşılık boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin

1.673-1.042 aralığında değişiklik gösterdiği hesaplanmıştır. Ayrıca boyutsuz palye genişliği 2.604-1.792 aralığındadır.

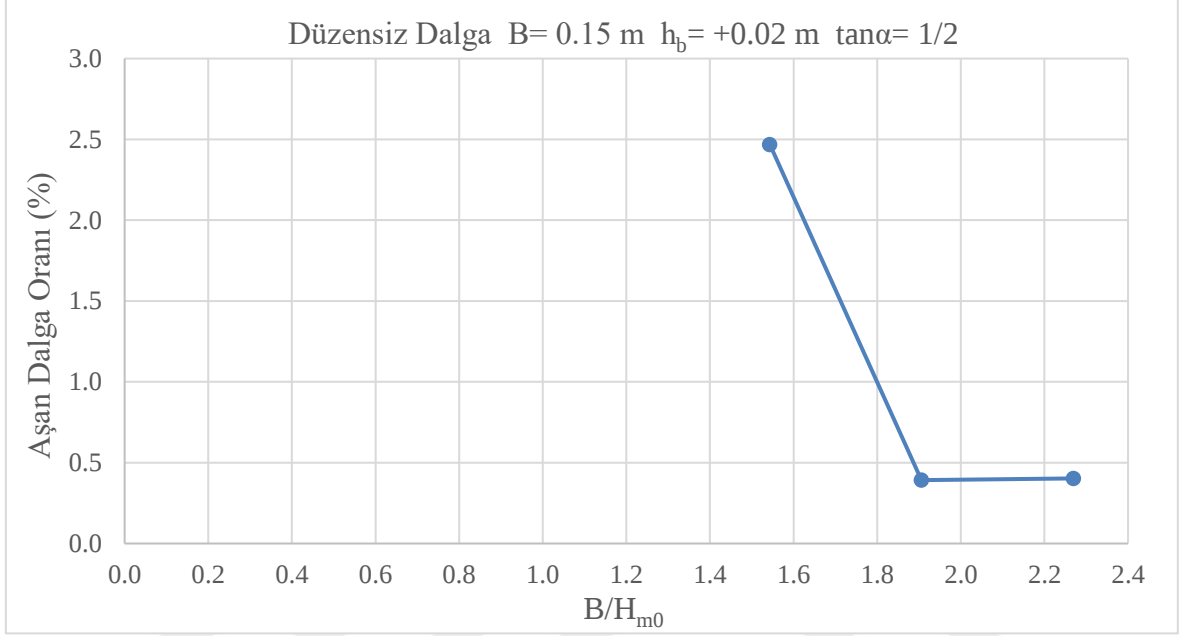
Modelde palye genişliğinin 15 cm, şev eğiminin 1/2 olduğu durumda yapılan deneylerden ulaşılan ve hesaplanan verilerin bulunduğu Tablo 8 kullanılarak oluşturulan grafikler ile bu grafiklerden elde edilen bulgular aşağıda verilmiştir. Tablo 9 kullanılarak elde edilen grafikler Ekler bölümünde verilmiştir.



Şekil 43. Düzensiz dalga, B= 0.15 m ve $\tan\alpha= 1/2$ durumunda boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin dalga dikliğine bağlı olarak değişimi

Şekil 43 incelendiğinde düzensiz dalgalarda, palye genişliğinin 15 cm olduğu ve şev eğiminin 1/2 olduğu durumda yapılan deneylerde $H_{m0}/gT^2 \cdot 10^{-3}$ değeri yani dalga dikliği arttıkça boyutsuz dalga tırmanma yüksekliği olan R_{max}/H_{m0} değerinin azaldığı görülmektedir. Palye seviyesinin 0 olduğu durumda $H_{m0}/gT^2 \cdot 10^{-3}$ değeri 3.299-4.878 aralığında değişirken boyutsuz dalga tırmanma yüksekliği 1.929-1.452 arasında değişmektedir. Palye seviyesinin -0.02 m olduğu durumda $H_{m0}/gT^2 \cdot 10^{-3}$ değeri 3.019-4.541 arasındayken boyutsuz dalga tırmanma yüksekliği 2.149-1.780 arasındadır. Palye seviyesinin -0.04 m olduğu durumda ise $H_{m0}/gT^2 \cdot 10^{-3}$ değeri 3.044-4.480 aralığındayken boyutsuz dalga tırmanma yüksekliği 2.114-1.684 aralığında değişmektedir.

Palye seviyesinin +0.02 m olduğu duruma aşan dalga oranının %2'den fazla olduğu deney bulundurmasından dolayı boyutsuz dalga tırmanma yüksekliği grafiğinde yer verilmemiştir. Palye seviyesinin +0.02 m olduğu durum Şekil 44'te gösterildiği üzere aşan dalga oranı grafiğinde sunulmuştur.



Şekil 44. Düzensiz dalga, $B= 0.15$ m, $h_b= +0.02$ m ve $\tan\alpha= 1/2$ durumunda aşan dalga oranının boyutsuz palye genişliğine bağlı olarak değişimi

Şekil 44 incelendiğinde düzensiz dalgalarda, palye genişliğinin 15 cm, şev eğiminin 1/2 ve palye seviyesinin +0.02 m olduğu durumda boyutsuz palye genişliği olan B/H_{m0} değeri artarken aşan dalga oranının azaldığı gözlemlenmektedir. B/H_{m0} değeri 1.543-2.269 aralığında değişirken aşan dalga oranı %2.469-%0.392 aralığında değişmektedir.

3.4. Palye Genişliğinin 0.20 m ve Şev Eğiminin 1/2 Olduğu Durumda Yapılan Deneylerden Elde Edilen Bulgular

Palye genişliğinin 20 cm, şev eğiminin 1/2 olduğu, Şekil 29 ve Şekil 30'da gösterilen modelde düzensiz dalgalar için yapılan 12 deneyden elde edilen ve hesaplanan veriler Tablo 10'da verilmektedir.

Tablo 10. Düzensiz dalga, $B= 0.20$ m ve $\tan\alpha= 1/2$ durumunda elde edilen veriler

Düzensiz Dalga $B= 0.20$ m $\tan\alpha= 1/2$										
$d_s= 0.17$ m $h_b= +0.02$ m										
Girilen Değerler			Prob (Derin Deniz)					Tırmanma ve Aşma		
H_{m0} (m)	T_p (s)	γ	H_{m0} (m)	T_m (s)	T_p (s)	$T_{1/3}$ (s)	$H_{m0}/(g/2\pi)T^2$	R_{umax}/H_{m0}	B/H_{m0}	Aşma (%)
0.017	0.9	3.3	0.065	1.206	1.508	1.432	0.0204	1.991	3.063	Aşma yok
0.032	0.8	3.3	0.081	1.220	1.525	1.449	0.0249	1.597	2.457	Aşma yok
0.075	0.7	3.3	0.096	1.234	1.543	1.466	0.0287	Aşma var	2.079	2.049
$d_s= 0.15$ m $h_b= 0$										
0.017	0.9	3.3	0.063	1.218	1.523	1.447	0.0194	1.893	3.155	Aşma yok
0.032	0.8	3.3	0.081	1.188	1.485	1.410	0.0260	1.733	2.475	Aşma yok
0.075	0.7	3.3	0.097	1.220	1.525	1.448	0.0295	1.553	2.070	Aşma yok
$d_s= 0.13$ m $h_b= -0.02$ m										
0.017	0.9	3.3	0.062	1.209	1.511	1.435	0.0194	1.768	3.215	Aşma yok
0.032	0.8	3.3	0.077	1.186	1.483	1.409	0.0248	1.691	2.601	Aşma yok
0.075	0.7	3.3	0.098	1.181	1.477	1.403	0.0318	1.744	2.051	Aşma yok
$d_s= 0.11$ m $h_b= -0.04$ m										
0.017	0.9	3.3	0.061	1.200	1.500	1.425	0.0193	1.639	3.279	Aşma yok
0.032	0.8	3.3	0.075	1.170	1.463	1.390	0.0249	1.598	2.663	Aşma yok
0.075	0.7	3.3	0.092	1.202	1.503	1.427	0.0289	1.415	2.176	Aşma yok

Tablo 10 incelendiğinde aşan dalga oranının %2'den fazla olduğu durum tek deneyde görülmüştür. Bu deneyde palye seviyesi +0.02 m, belirgin dalga yüksekliği 0.096 m, dalga dikliği 0.0287 ve boyutsuz palye genişliği 2.079 olup aşan dalga oranı %2.049 olarak belirlenmiştir. Palye seviyesinin +0.02 m olduğu durumda yapılan diğer deneylerde ise belirgin dalga yüksekliği değerleri sırasıyla 0.065 m ve 0.081 m olurken dalga dikliği 0.0204 ve 0.0249 olarak hesaplanmıştır. Bu değerlerde boyutsuz dalga tırmanma yükseklikleri sırasıyla 1.991 ve 1.597 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca boyutsuz palye genişliği sırasıyla 3.063 ve 2.457 olarak belirlenmiştir. Palye seviyesinin 0 olduğu durumda yapılan deneylerde belirgin dalga yüksekliği 0.063-0.097 m aralığındayken dalga diklikleri 0.0194-0.0295 arasında değerler almıştır. Bu değerlere karşılık boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin 1.893-1.553 aralığında olduğu belirlenmiştir. Ayıyeten boyutsuz palye genişliğinin 3.155-2.070 arasında olduğu hesaplanmıştır. Palye seviyesinin -0.02 m olduğu durumda yapılan

deneylerde belirgin dalga yüksekliği 0.062-0.098 m aralığındayken dalga diklikleri 0.0194-0.0318 arasında değişiklik göstermektedir. Bu değerlerde boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin 1.768-1.691 aralığında değiştiği hesaplanmıştır. İlaveten boyutsuz palye genişliğinin 3.215-2.051 aralığında olduğu hesaplanmıştır. Palye seviyesinin -0.04 m olduğu durumda yapılan deneylerde belirgin dalga yüksekliği 0.061-0.092 m arasında değişirken dalga diklikleri 0.0193-0.0289 aralığındadır. Bu değerlere karşılık boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin 1.639-1.415 arasında değişiklik gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca boyutsuz palye genişliği 3.279-2.176 aralığındadır.

Palye genişliğinin 20 cm, şev eğiminin 1/2 olduğu, Şekil 29 ve Şekil 30’da gösterilen modelde düzenli dalgalar için yapılan 12 deneyden elde edilen ve hesaplanan veriler Tablo 11’de gösterilmektedir.

Tablo 11. Düzenli dalga, $B= 0.20$ m ve $\tan\alpha= 1/2$ durumunda elde edilen veriler

Düzenli Dalga $B= 0.20$ m $\tan\alpha= 1/2$							
$d_s= 0.17$ m $h_b= +0.02$ m							
Girilen Değerler		Prob (Derin Deniz)			Tırmanma ve Aşma		
H_{m0} (m)	T_p (s)	H_{m0} (m)	T_m (s)	$H_{m0}/(g/2\pi)T^2$	R_{umax}/H_{m0}	B/H_{m0}	Aşma (%)
0.015	1.05	0.066	1.401	0.0216	1.362	3.026	Aşma yok
0.035	1.00	0.079	1.315	0.0292	1.650	2.538	Aşma yok
0.053	0.95	0.103	1.328	0.0375	1.260	1.938	Aşma yok
$d_s= 0.15$ m $h_b= 0$							
0.015	1.05	0.060	1.405	0.0194	1.174	3.356	Aşma yok
0.035	1.00	0.073	1.307	0.0274	1.778	2.736	Aşma yok
0.053	0.95	0.092	1.334	0.0330	1.418	2.181	Aşma yok
$d_s= 0.13$ m $h_b= -0.02$ m							
0.015	1.05	0.062	1.405	0.0202	2.090	3.215	Aşma yok
0.035	1.00	0.069	1.307	0.0260	1.154	2.886	Aşma yok
0.053	0.95	0.088	1.325	0.0321	1.477	2.273	Aşma yok
$d_s= 0.11$ m $h_b= -0.04$ m							
0.015	1.05	0.057	1.410	0.0183	1.054	3.515	Aşma yok
0.035	1.00	0.068	1.312	0.0253	1.618	2.941	Aşma yok
0.053	0.95	0.086	1.308	0.0320	1.637	2.339	Aşma yok

Tablo 11 incelendiğinde aşan dalga oranının %2’den fazla olduğu durum gözlemlenmemiştir. Palye seviyesinin +0.02 m olduğu durumda gerçekleştirilen deneylerde belirgin dalga yüksekliği 0.066-0.103 m aralığındayken dalga diklikleri 0.0216-0.0375 arasında değişiklik göstermektedir. Bu değerlerde boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin 1.650-1.260 aralığında değiştiği hesaplanmıştır. Ayrıca boyutsuz palye genişliğinin 3.026-1.938 aralığında olduğu hesaplanmıştır. Palye seviyesinin 0 olduğu durumda yapılan deneylerde belirgin dalga yüksekliği 0.060-0.092 m aralığındayken dalga diklikleri 0.0194-0.0330 aralığındadır. Bu değerlere karşılık boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin 1.778-

1.174 arasında olduğu hesaplanmıştır. İlaveten boyutsuz palye genişliğinin 3.356-2.181 aralığında olduğu belirlenmiştir. Palye seviyesinin -0.02 m olduğu durumda yapılan deneylerde belirgin dalga yüksekliği 0.062-0.088 m aralığında olurken dalga dikliklerinin 0.0202-0.0321 arasında değişiklik gösterdiği belirlenmiştir. Bu değerlerde boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin 2.090-1.154 aralığında değiştiği hesaplanmıştır. Ayrıca boyutsuz palye genişliğinin 3.215-2.273 aralığında olduğu hesaplanmıştır. Palye seviyesinin -0.04 m olduğu durumda gerçekleştirilen deneylerde belirgin dalga yüksekliği 0.057-0.086 m arasında değişirken dalga diklikleri 0.0183-0.0320 aralığındadır. Bu değerlerde boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin 1.637-1.054 aralığında değişiklik gösterdiği belirlenmiştir. İlaveten boyutsuz palye genişliğinin 3.515-2.339 aralığında olduğu hesaplanmıştır.

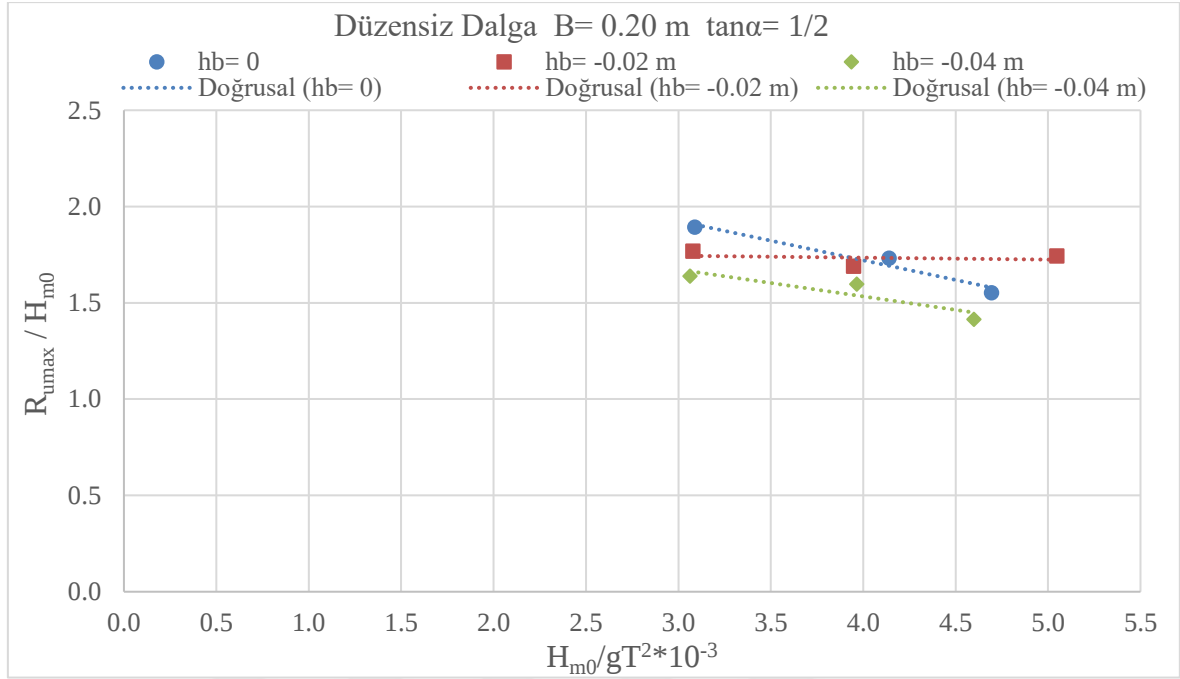
Modelde palye genişliğinin 20 cm, şev eğiminin 1/2 olduğu durumda yapılan deneylerden ulaşılan ve hesaplanan verilerin bulunduğu Tablo 10 kullanılarak oluşturulan grafikler ile bu grafiklerden elde edilen bulgular aşağıda sunulmuştur. Tablo 11 kullanılarak oluşturulan grafikler Ekler bölümünde verilmiştir.

Şekil 45'te düzensiz dalga, $B = 0.20$ m ve $\tan\alpha = 1/2$ durumunda boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin dalga dikliğine bağlı olarak değişimi verilmektedir.

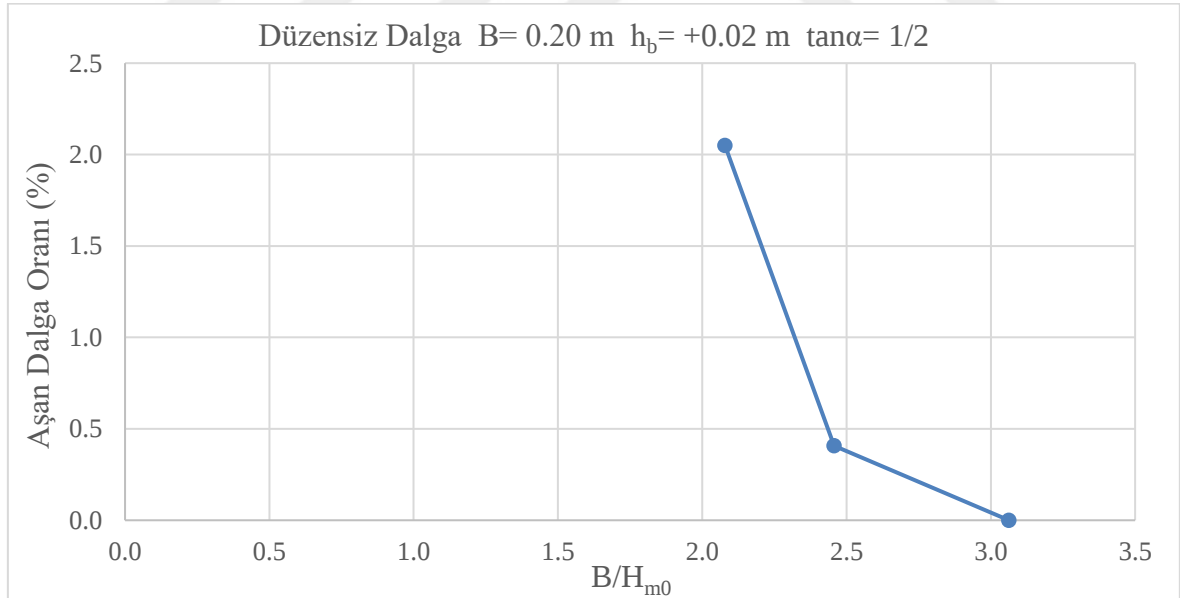
Şekil 45 incelendiğinde düzensiz dalgalarda, palye genişliğinin 20 cm olduğu ve şev eğiminin 1/2 olduğu durumda yapılan deneylerde $H_{m0}/gT^2 \cdot 10^{-3}$ değeri yani dalga dikliği arttıkça boyutsuz dalga tırmanma yüksekliği olan R_{umax}/H_{m0} değerinin genel olarak azaldığı gözlemlenmektedir. Palye seviyesinin 0 olduğu durumda $H_{m0}/gT^2 \cdot 10^{-3}$ değeri 3.088-4.695 aralığında değişirken boyutsuz dalga tırmanma yüksekliği 1.893-1.553 aralığında değişmektedir. Palye seviyesinin -0.02 m olduğu durumda $H_{m0}/gT^2 \cdot 10^{-3}$ değeri 3.079-5.048 aralığındayken boyutsuz dalga tırmanma yüksekliği 1.768-1.691 arasındadır. Palye seviyesinin -0.04 m olduğu durumda ise $H_{m0}/gT^2 \cdot 10^{-3}$ değeri 3.063-4.599 aralığındayken boyutsuz dalga tırmanma yüksekliği 1.639-1.415 aralığında değişmektedir.

Palye seviyesinin +0.02 m olduğu duruma aşan dalga oranının %2'den fazla olduğu deney bulundurmasından ötürü boyutsuz dalga tırmanma yüksekliği grafiğinde yer verilmemiştir. Palye seviyesinin +0.02 m olduğu durum Şekil 46'da gösterildiği üzere aşan dalga oranı grafiğinde verilmiştir.

Şekil 46 incelendiğinde düzensiz dalgalarda, palye genişliğinin 20 cm, şev eğiminin 1/2 ve palye seviyesinin +0.02 m olduğu durumda boyutsuz palye genişliği olan B/H_{m0} değeri artarken aşan dalga oranının azaldığı görülmektedir. B/H_{m0} değeri 2.079-3.063 arasında değişirken aşan dalga oranı %2.049-%0 arasında değişiklik göstermektedir.



Şekil 45. Düzensiz dalga, $B = 0.20 \text{ m}$ ve $\tan\alpha = 1/2$ durumunda boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin dalga dikliğine bağlı olarak değişimi



Şekil 46. Düzensiz dalga, $B = 0.20 \text{ m}$, $h_b = +0.02 \text{ m}$ ve $\tan\alpha = 1/2$ durumunda aşan dalga oranının boyutsuz palye genişliğine bağlı olarak değişimi

3.5. Palyenin Bulunmadığı ve Şev Eğiminin 1/1.5 Olduğu Durumda Yapılan Deneylerden Elde Edilen Bulgular

Palyenin bulunmadığı, şev eğiminin 1/1.5 olduğu, Şekil 31 ve Şekil 32’de gösterilen modelde düzensiz dalgalar için yapılan 12 deneyden elde edilen ve hesaplanan veriler Tablo 12’de gösterilmektedir.

Tablo 12. Düzensiz dalga, $B=0$ ve $\tan\alpha=1/1.5$ durumunda elde edilen veriler

Düzensiz Dalga $B=0$ $\tan\alpha=1/1.5$										
$d_s=0.17$ m										
Girilen Değerler			Prob (Derin Deniz)					Tırmanma ve Aşma		
H_{m0} (m)	T_p (s)	γ	H_{m0} (m)	T_m (s)	T_p (s)	$T_{1/3}$ (s)	$H_{m0}/(g/2\pi)T^2$	R_{umax}/H_{m0}	B/H_{m0}	Aşma (%)
0.017	0.9	3.3	0.060	1.269	1.587	1.507	0.0170	Aşma var	—	8.017
0.032	0.8	3.3	0.065	1.205	1.507	1.431	0.0203	Aşma var	—	8.835
0.075	0.7	3.3	0.077	1.264	1.580	1.501	0.0219	Aşma var	—	14.286
$d_s=0.15$ m										
0.017	0.9	3.3	0.056	1.245	1.557	1.479	0.0163	2.698	—	Aşma yok
0.032	0.8	3.3	0.066	1.188	1.484	1.410	0.0212	Aşma var	—	3.162
0.075	0.7	3.3	0.075	1.220	1.524	1.448	0.0229	Aşma var	—	5.263
$d_s=0.13$ m										
0.017	0.9	3.3	0.051	1.192	1.490	1.415	0.0162	3.162	—	Aşma yok
0.032	0.8	3.3	0.064	1.221	1.526	1.449	0.0194	2.677	—	Aşma yok
0.075	0.7	3.3	0.073	1.210	1.513	1.437	0.0225	2.345	—	Aşma yok
$d_s=0.11$ m										
0.017	0.9	3.3	0.052	1.248	1.561	1.482	0.0151	3.095	—	Aşma yok
0.032	0.8	3.3	0.063	1.173	1.466	1.392	0.0210	2.524	—	Aşma yok
0.075	0.7	3.3	0.075	1.208	1.510	1.434	0.0233	2.544	—	Aşma yok

Tablo 12 incelendiğinde aşan dalga oranının %2’den fazla olduğu beş deney görülmektedir. Yapı önü su derinliğinin 0.17 m olduğu durumda gerçekleştirilen deneylerin üçünde de aşan dalga oranı %2’den fazla olmuştur. Bu üç deneyde belirgin dalga yüksekliği 0.060-0.077 m arasında değişirken dalga diklikleri 0.0170-0.0219 aralığındadır. Bu değerlere karşılık aşan dalga oranı sırasıyla %8.017, %8.835 ve %14.286 olarak hesaplanmıştır. Yapı önü su derinliğinin 0.15 m olduğu durumda yapılan deneylerin ikisinde aşan dalga oranı %2’den fazla olmuştur. Bu iki deneyde belirgin dalga yüksekliği 0.066 m ve 0.075 m olurken dalga dikliği sırasıyla 0.0212 ve 0.0229 olarak hesaplanmıştır. Bu değerlere karşılık aşan dalga oranları sırasıyla %3.162 ve %5.263 olarak belirlenmiştir. Yapı

önü su derinliğinin 0.15 m olduğu durumda yapılan diğer deneyde ise belirgin dalga yüksekliği 0.056 m ve dalga dikliği 0.0163 olarak bulunmuştur. Bu değerlerde boyutsuz dalga tırmanma yüksekliği 2.698 olarak hesaplanmıştır. Yapı önü su derinliğinin 0.13 m olduğu durumda gerçekleştirilen deneylerde belirgin dalga yüksekliği 0.051-0.073 m arasındayken dalga diklikleri 0.0162-0.0225 arasında değişiklik göstermektedir. Bu değerlerde boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin 3.162-2.345 aralığında değiştiği hesaplanmıştır. Yapı önü su derinliğinin 0.11 m olduğu durumda yapılan deneylerde belirgin dalga yüksekliği 0.052-0.075 m arasında değişirken dalga diklikleri 0.0151-0.0233 aralığındadır. Bu değerlere karşılık boyutsuz dalga tırmanma yüksekliği 3.095-2.524 aralığında değişiklik göstermektedir.

Palyenin bulunmadığı, şev eğiminin 1/1.5 olduğu, Şekil 31 ve Şekil 32’de gösterilen modelde düzenli dalgalar için yapılan 12 deneyden elde edilen ve hesaplanan veriler Tablo 13’te verilmektedir.

Tablo 13. Düzenli dalga, $B=0$ ve $\tan\alpha=1/1.5$ durumunda elde edilen veriler

Düzenli Dalga $B=0$ $\tan\alpha=1/1.5$							
$d_s=0.17$ m							
Girilen Değerler		Prob (Derin Deniz)			Tırmanma ve Aşma		
H_{m0} (m)	T_p (s)	H_{m0} (m)	T_m (s)	$H_{m0}/(g/2\pi)T^2$	R_{umax}/H_{m0}	B/H_{m0}	Aşma (%)
0.015	1.05	0.053	1.398	0.0174	Aşma var	—	4.630
0.035	1.00	0.069	1.314	0.0256	Aşma var	—	6.957
0.053	0.95	0.076	1.308	0.0286	Aşma var	—	34.783
$d_s=0.15$ m							
0.015	1.05	0.054	1.402	0.0176	2.222	—	Aşma yok
0.035	1.00	0.068	1.306	0.0255	2.212	—	Aşma yok
0.053	0.95	0.076	1.342	0.0269	Aşma var	—	8.036
$d_s=0.13$ m							
0.015	1.05	0.054	1.415	0.0173	2.783	—	Aşma yok
0.035	1.00	0.053	1.306	0.0200	2.256	—	Aşma yok
0.053	0.95	0.073	1.359	0.0253	2.332	—	Aşma yok
$d_s=0.11$ m							
0.015	1.05	0.047	1.416	0.0150	2.991	—	Aşma yok
0.035	1.00	0.056	1.306	0.0210	2.504	—	Aşma yok
0.053	0.95	0.064	1.340	0.0229	2.492	—	Aşma yok

Tablo 13 incelendiğinde aşan dalga oranının %2’den fazla olduğu dört deney görülmektedir. Yapı önü su derinliğinin 0.17 m olduğu durumda gerçekleştirilen deneylerin üçünde de aşan dalga oranının %2’den fazla olduğu gözlemlenmiştir. Bu üç deneyde belirgin dalga yüksekliği 0.053-0.076 m arasında değişirken dalga diklikleri 0.0174-0.0286 aralığındadır. Bu değerlerde aşan dalga oranı sırasıyla %4.630, %6.957 ve %34.783 olarak belirlenmiştir. Yapı önü su derinliğinin 0.15 m olduğu durumda gerçekleştirilen üç deneyin

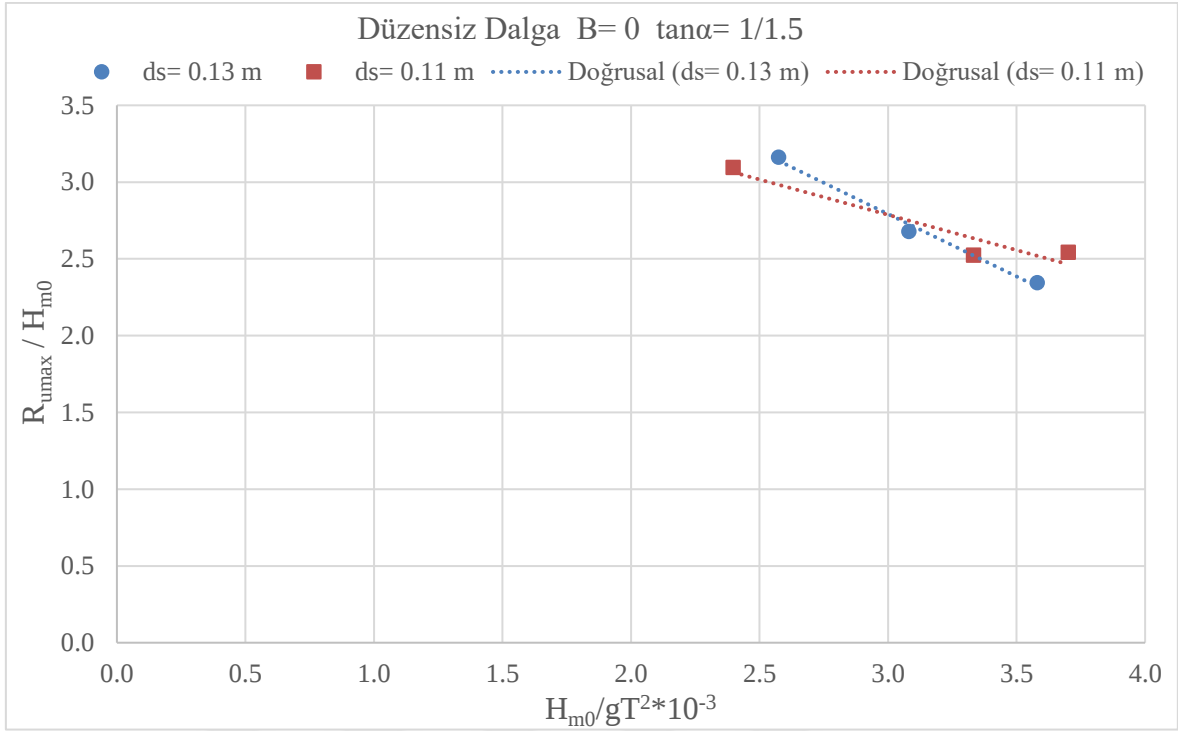
bir adetinde aşan dalga oranının %2'den fazla olduğu görülmüştür. Bu deneyde belirgin dalga yüksekliği 0.076 m olurken dalga dikliği 0.0269 olarak hesaplanmıştır. Bu değerlere karşılık aşan dalga oranı %8.036 olarak belirlenmiştir. Yapı önü su derinliğinin 0.15 m olduğu durumda yapılan diğer deneylerde ise belirgin dalga yüksekliği 0.054 m ve 0.068 m olup dalga dikliği sırasıyla 0.0176 ve 0.0255 olarak bulunmuştur. Bu değerlerde boyutsuz dalga tırmanma yükseklikleri sırasıyla 2.222 ve 2.212 olarak hesaplanmıştır. Yapı önü su derinliğinin 0.13 m olduğu durumda gerçekleştirilen deneylerde belirgin dalga yüksekliği 0.054-0.073 m aralığında değişirken dalga diklikleri 0.0173-0.0253 arasında değişiklik göstermektedir. Bu değerlere karşılık boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin 2.783-2.256 aralığında değiştiği hesaplanmıştır. Yapı önü su derinliğinin 0.11 m olduğu durumda gerçekleştirilen deneylerde belirgin dalga yüksekliği 0.047-0.064 m arasında değişirken dalga diklikleri 0.0150-0.0229 aralığında değişmektedir. Bu değerlere karşılık boyutsuz dalga tırmanma yüksekliği 2.991-2.492 arasında değişiklik göstermektedir.

Modelde palyenin bulunmadığı, şev eğiminin 1/1.5 olduğu durumda yapılan deneylerden ulaşılan ve hesaplanan verilerin bulunduğu Tablo 12 kullanılarak oluşturulan grafikler ile bu grafiklerden elde edilen bulgular aşağıda verilmiştir. Tablo 13 kullanılarak elde edilen grafikler Ekler bölümünde sunulmaktadır.

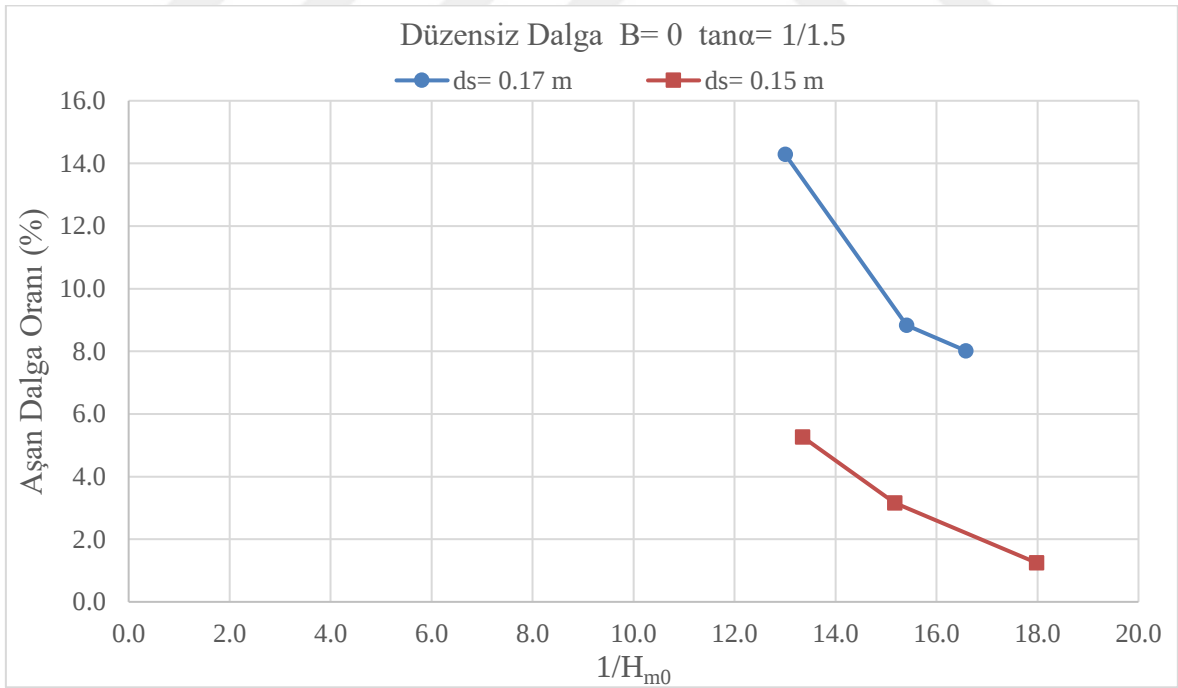
Şekil 47'de düzensiz dalga, $B = 0$ ve $\tan\alpha = 1/1.5$ durumunda boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin dalga dikliğine bağlı olarak değişimi sunulmaktadır.

Şekil 47 incelendiğinde düzensiz dalgalarda, palyenin bulunmadığı ve şev eğiminin 1/1.5 olduğu durumda gerçekleştirilen deneylerde $H_{m0}/gT^2 \cdot 10^{-3}$ değeri yani dalga dikliği arttıkça boyutsuz dalga tırmanma yüksekliği olan R_{umax}/H_{m0} değerinin azaldığı gözlemlenmektedir. Yapı önü su derinliğinin 0.13 m olduğu durumda $H_{m0}/gT^2 \cdot 10^{-3}$ değeri 2.575-3.580 arasındayken boyutsuz dalga tırmanma yüksekliği 3.162-2.345 aralığındadır. Yapı önü su derinliğinin 0.11 m olduğu durumda ise $H_{m0}/gT^2 \cdot 10^{-3}$ değeri 2.398-3.701 arasındayken boyutsuz dalga tırmanma yüksekliği 3.095-2.524 arasında değişmektedir.

Yapı önü su derinliğinin 0.17 m ve 0.15 m olduğu durumlara aşan dalga oranının %2'den fazla olduğu deneyler bulundurmalarından dolayı boyutsuz dalga tırmanma yüksekliği grafiğinde yer verilmemiştir. Bu durumlar Şekil 48'de gösterildiği üzere aşan dalga oranı grafiğinde verilmiştir. Palye bulunmadığından ötürü boyutsuz palye genişliği olan B/H_{m0} kullanılamayacağından B/H_{m0} yerine benzerlik ve kıyaslanabilme göz önünde bulundurularak belirgin dalga yüksekliğinin eşleniği olan $1/H_{m0}$ kullanılmıştır.



Şekil 47. Düzensiz dalga, $B=0$ ve $\tan\alpha=1/1.5$ durumunda boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin dalga dikliğine bağlı olarak değişimi



Şekil 48. Düzensiz dalga, $B=0$ ve $\tan\alpha=1/1.5$ durumunda aşan dalga oranının $1/H_{m0}$ değerine bağlı olarak değişimi

Şekil 48’de düzensiz dalga, $B=0$ ve $\tan\alpha=1/1.5$ durumunda aşan dalga oranının $1/H_{m0}$ değerine bağlı olarak değişimi verilmektedir.

Şekil 48 incelendiğinde düzensiz dalgalarda, palyenin bulunmadığı, şev eğiminin $1/1.5$, yapı önü su derinliğinin 0.17 m ve 0.15 m olduğu durumlarda $1/H_{m0}$ değeri artarken aşan dalga oranının azaldığı gözlemlenmektedir. Yapı önü su derinliğinin 0.17 m olduğu durumda $1/H_{m0}$ değeri 13.004 - 16.584 arasında değişirken aşan dalga oranı $\%14.286$ - $\%8.017$ arasında değişmektedir. Yapı önü su derinliğinin 0.15 m olduğu durumda ise $1/H_{m0}$ değeri 13.351 - 17.986 aralığında değişirken aşan dalga oranı $\%5.263$ - $\%1.245$ aralığında değişmektedir.

3.6. Palye Genişliğinin 0.10 m ve Şev Eğiminin $1/1.5$ Olduğu Durumda Yapılan Deneylerden Elde Edilen Bulgular

Palye genişliğinin 10 cm, şev eğiminin $1/1.5$ olduğu, Şekil 33 ve Şekil 34’te gösterilen modelde düzensiz dalgalar için yapılan 12 deneyden elde edilen ve hesaplanan veriler Tablo 14’te verilmektedir.

Tablo 14 incelendiğinde aşan dalga oranının $\%2$ ’den fazla olduğu beş deney görülmektedir. Palye seviyesinin $+0.02$ m olduğu durumda yapılan deneylerin üçünde de aşan dalga oranının $\%2$ ’den fazla olduğu görülmüştür. Bu üç deneyde belirgin dalga yüksekliği 0.060 - 0.083 m arasında değişirken dalga diklikleri 0.0176 - 0.0257 aralığındadır. Bu değerlere karşılık aşan dalga oranı sırasıyla $\%5.785$, $\%7.968$ ve $\%10.442$ olarak hesaplanmıştır. Ayrıca boyutsuz palye genişlikleri 1.669 - 1.209 aralığında değişiklik göstermektedir. Palye seviyesinin 0 olduğu durumda gerçekleştirilen deneylerin ikisinde aşan dalga oranının $\%2$ ’den fazla olduğu görülmektedir. Bu iki deneyde belirgin dalga yüksekliği 0.062 m ve 0.076 m olurken dalga diklikleri sırasıyla 0.0198 ve 0.0223 olarak belirlenmiştir. Bu değerlere karşılık aşan dalga oranları sırasıyla $\%2.767$ ve $\%5.394$ olarak hesaplanmıştır. İlave olarak boyutsuz palye genişlikleri sırasıyla 1.623 ve 1.311 olarak belirlenmiştir. Palye seviyesinin 0 olduğu durumda yapılan diğer deneyde ise belirgin dalga yüksekliği 0.053 m ve dalga dikliği 0.0160 olarak belirlenmiştir. Bu değerlerde boyutsuz dalga tırmanma yüksekliği 2.809 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca boyutsuz palye genişliği 1.873 olarak bulunmuştur. Palye seviyesinin -0.02 m olduğu durumda yapılan deneylerde belirgin dalga yüksekliği 0.052 - 0.073 m arasındayken dalga diklikleri 0.0162 - 0.0219 aralığında değişiklik göstermektedir. Bu değerlere karşılık boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin 3.269 - 2.338 aralığında değiştiği hesaplanmıştır. İlave olarak boyutsuz palye

genişliği 1.923-1.376 arasında değişmektedir. Palye seviyesinin -0.04 m olduğu durumda gerçekleştirilen deneylerde belirgin dalga yüksekliği 0.050-0.075 m arasında değişirken dalga diklikleri 0.0162-0.0222 aralığındadır. Bu değerlere karşılık boyutsuz dalga tırmanma yüksekliği 3.120-2.550 arasında değişiklik göstermektedir. Ayrıca boyutsuz palye genişliği 1.988-1.342 arasındadır.

Tablo 14. Düzensiz dalga, $B= 0.10$ m ve $\tan\alpha= 1/1.5$ durumunda elde edilen veriler

Düzensiz Dalga $B= 0.10$ m $\tan\alpha= 1/1.5$										
$d_s= 0.17$ m $h_b= +0.02$ m										
Girdi			Prob (Derin Deniz)					Tırmanma ve Aşma Verileri		
H_{m0} (m)	T_p (s)	γ	H_{m0} (m)	T_m (s)	T_p (s)	$T_{1/3}$ (s)	$H_{m0}/(g/2\pi)T^2$	R_{umax}/H_{m0}	B/H_{m0}	Aşma (%)
0.017	0.9	3.3	0.060	1.243	1.554	1.477	0.0176	Aşma var	1.669	5.785
0.032	0.8	3.3	0.071	1.197	1.497	1.422	0.0226	Aşma var	1.403	7.968
0.075	0.7	3.3	0.083	1.209	1.511	1.435	0.0257	Aşma var	1.209	10.442
$d_s= 0.15$ m $h_b= 0$										
0.017	0.9	3.3	0.053	1.233	1.541	1.464	0.0160	2.809	1.873	Aşma yok
0.032	0.8	3.3	0.062	1.190	1.488	1.413	0.0198	Aşma var	1.623	2.767
0.075	0.7	3.3	0.076	1.247	1.559	1.481	0.0223	Aşma var	1.311	5.394
$d_s= 0.13$ m $h_b= -0.02$ m										
0.017	0.9	3.3	0.052	1.206	1.508	1.432	0.0162	3.269	1.923	Aşma yok
0.032	0.8	3.3	0.062	1.202	1.503	1.427	0.0196	2.724	1.603	Aşma yok
0.075	0.7	3.3	0.073	1.229	1.537	1.460	0.0219	2.338	1.376	Aşma yok
$d_s= 0.11$ m $h_b= -0.04$ m										
0.017	0.9	3.3	0.050	1.188	1.485	1.411	0.0162	2.584	1.988	Aşma yok
0.032	0.8	3.3	0.061	1.171	1.464	1.391	0.0202	3.120	1.642	Aşma yok
0.075	0.7	3.3	0.075	1.236	1.545	1.468	0.0222	2.550	1.342	Aşma yok

Palye genişliğinin 10 cm, şev eğiminin 1/1.5 olduğu, Şekil 33 ve Şekil 34'te gösterilen modelde düzenli dalgalar için yapılan 12 deneyden elde edilen ve hesaplanan veriler Tablo 15'te gösterilmektedir.

Tablo 15 incelendiğinde aşan dalga oranının %2'den fazla olduğu iki deney görülmektedir. Palye seviyesinin +0.02 m olduğu durumda yapılan, belirgin dalga yüksekliğinin 0.081 m ve dalga dikliğinin 0.0302 olarak belirlendiği deneyde aşan dalga oranı %14.783 olarak hesaplanmıştır. Bu deneyde boyutsuz palye genişliği ise 1.236 olarak belirlenmiştir. Ayrıca palye seviyesinin 0 olduğu durumda yapılan, belirgin dalga yüksekliğinin 0.076 m ve dalga dikliğinin 0.0268 olarak hesaplandığı deneyde de aşan dalga

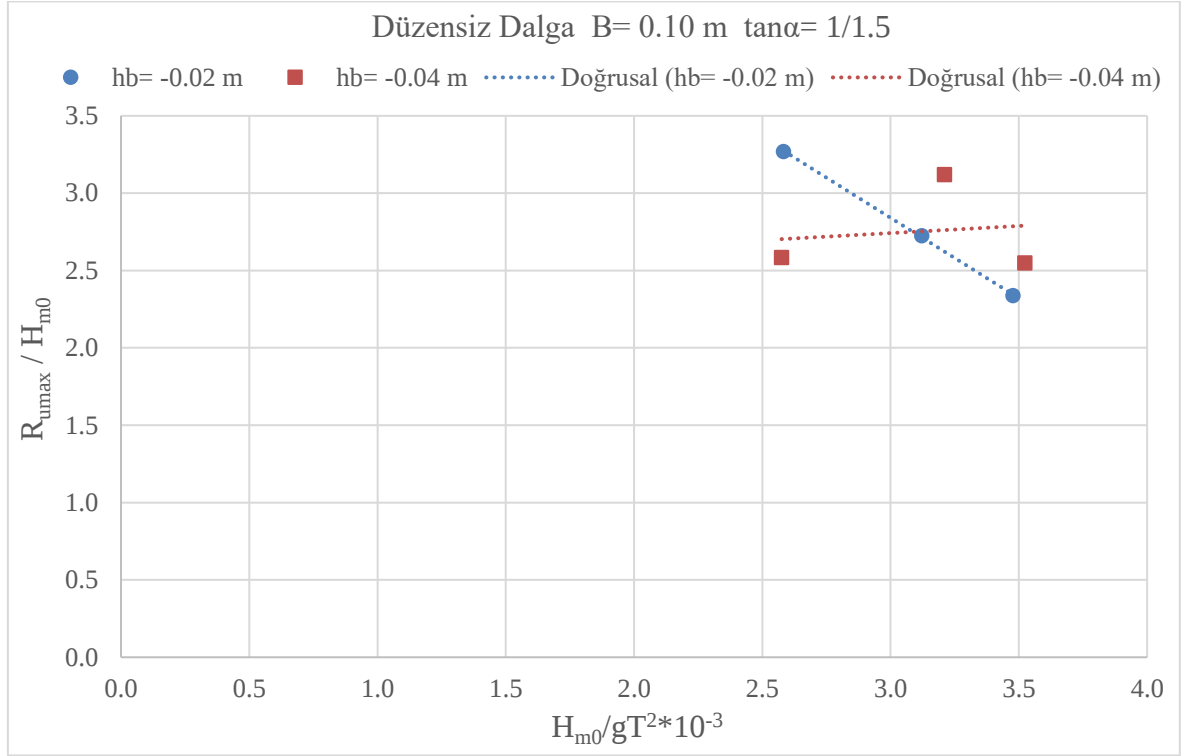
oranı %2'den fazla olup %7.143 olarak hesap edilmiştir. Bu deneyde boyutsuz palye genişliği ise 1.323 olarak hesaplanmıştır. Palye seviyesinin +0.02 m olduğu durumda yapılan diğer deneylerde belirgin dalga yüksekliği sırasıyla 0.058 m ve 0.070 m olup dalga diklikleri 0.0190 ve 0.0262 olarak hesaplanmıştır. Bu değerlere karşılık boyutsuz dalga tırmanma yüksekliklerinin sırasıyla 2.234 ve 1.860 olduğu belirlenmiştir. İlave olarak boyutsuz palye genişliğinin sırasıyla 1.718 ve 1.431 olduğu hesaplanmıştır. Palye seviyesinin 0 olduğu durumda yapılan diğer deneylerde belirgin dalga yüksekliği sırasıyla 0.052 m ve 0.061 m olup dalga diklikleri 0.0168 ve 0.0230 olarak hesaplanmıştır. Bu değerlere karşılık boyutsuz dalga tırmanma yüksekliklerinin sırasıyla 2.896 ve 2.443 olduğu belirlenmiştir. İlave olarak boyutsuz palye genişliklerinin sırasıyla 1.931 ve 1.629 olduğu hesaplanmıştır. Palye seviyesi -0.02 m olduğu durumda gerçekleştirilen deneylerde belirgin dalga yüksekliği 0.052-0.071 m aralığında değişirken dalga diklikleri 0.0171-0.0250 aralığında değişiklik göstermektedir. Bu değerlerde boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin 2.672-2.349 aralığında değiştiği hesaplanmıştır. Ayrıca boyutsuz palye genişliği 1.908-1.403 arasında değişmektedir. Palye seviyesinin -0.04 m olduğu durumda yapılan deneylerde belirgin dalga yüksekliği 0.046-0.069 m arasında değişirken dalga diklikleri 0.0150-0.0253 aralığındadır. Bu değerlere karşılık boyutsuz dalga tırmanma yüksekliği 2.742-2.251 aralığında değişiklik göstermektedir. Ayıyeten boyutsuz palye genişliği 2.188-1.443 aralığındadır.

Tablo 15. Düzenli dalga, $B=0.10$ m ve $\tan\alpha=1/1.5$ durumunda elde edilen veriler

Düzenli Dalga $B=0.10$ m $\tan\alpha=1/1.5$							
$d_s=0.17$ m $h_b=+0.02$ m							
Girilen Değerler		Prob (Derin Deniz)			Tırmanma ve Aşma		
H_{m0} (m)	T_p (s)	H_{m0} (m)	T_m (s)	$H_{m0}/(g/2\pi)T^2$	R_{umax}/H_{m0}	B/H_{m0}	Aşma (%)
0.015	1.05	0.058	1.402	0.0190	2.234	1.718	Aşma yok
0.035	1.00	0.070	1.307	0.0262	1.860	1.431	Aşma yok
0.053	0.95	0.081	1.310	0.0302	Aşma var	1.236	14.783
$d_s=0.15$ m $h_b=0$							
0.015	1.05	0.052	1.406	0.0168	2.896	1.931	Aşma yok
0.035	1.00	0.061	1.307	0.0230	2.443	1.629	Aşma yok
0.053	0.95	0.076	1.345	0.0268	Aşma var	1.323	7.143
$d_s=0.13$ m $h_b=-0.02$ m							
0.015	1.05	0.052	1.403	0.0171	2.672	1.908	Aşma yok
0.035	1.00	0.060	1.306	0.0224	2.349	1.678	Aşma yok
0.053	0.95	0.071	1.352	0.0250	2.384	1.403	Aşma yok
$d_s=0.11$ m $h_b=-0.04$ m							
0.015	1.05	0.046	1.400	0.0150	2.626	2.188	Aşma yok
0.035	1.00	0.053	1.306	0.0200	2.251	1.876	Aşma yok
0.053	0.95	0.069	1.326	0.0253	2.742	1.443	Aşma yok

Modelde palye genişliğinin 10 cm, şev eğiminin 1/1.5 olduğu durumda yapılan deneylerden ulaşılan ve hesaplanan verilerin bulunduğu Tablo 14 kullanılarak oluşturulan grafikler ile bu grafiklerden elde edilen bulgular aşağıda verilmiştir. Tablo 15 kullanılarak elde edilen grafikler Ekler bölümünde verilmiştir.

Şekil 49'da düzensiz dalga, $B= 0.10$ m ve $\tan\alpha= 1/1.5$ durumunda boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin dalga dikliğine bağlı olarak değişimi verilmektedir.



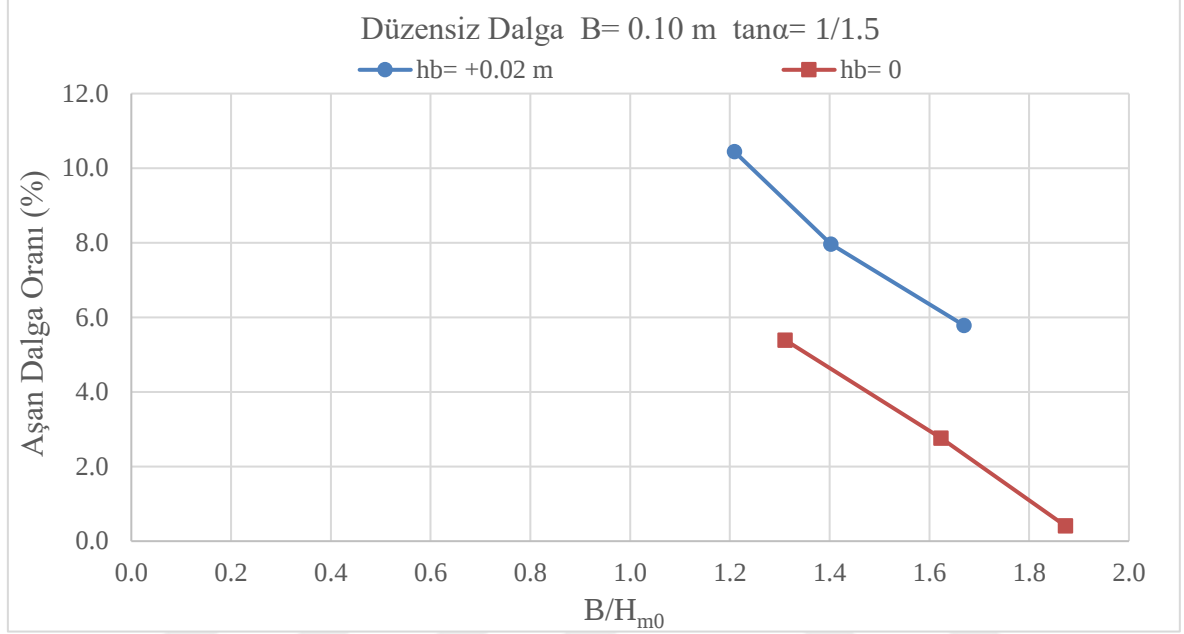
Şekil 49. Düzensiz dalga, $B= 0.10$ m ve $\tan\alpha= 1/1.5$ durumunda boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin dalga dikliğine bağlı olarak değişimi

Şekil 49'da düzensiz dalgalarda, palye genişliğinin 10 cm ve şev eğiminin 1/1.5 olduğu durumda gerçekleştirilen deneylerde $H_{m0} / gT^2 * 10^{-3}$ değerindeki yani dalga dikliğindeki değişimle birlikte boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinde meydana gelen değişim gösterilmiştir. Palye seviyesinin -0.02 m olduğu durumda $H_{m0} / gT^2 * 10^{-3}$ değeri 2.583-3.477 aralığındayken boyutsuz dalga tırmanma yüksekliği 3.269-2.338 arasındadır. Palye seviyesinin -0.04 m olduğu durumda ise $H_{m0} / gT^2 * 10^{-3}$ değeri 2.575-3.524 arasındayken boyutsuz dalga tırmanma yüksekliği 3.120-2.550 arasında değişmektedir.

Palye seviyesinin +0.02 m ve 0 olduğu durumlara aşan dalga oranının %2'den fazla olduğu deneyler bulundurmalarından ötürü boyutsuz dalga tırmanma yüksekliği grafiğinde

yer verilmemiştir. Bu durumlar Şekil 50’de verildiği üzere aşan dalga oranı grafiğinde sunulmuştur.

Şekil 50’de düzensiz dalga, $B = 0.10$ m ve $\tan\alpha = 1/1.5$ durumunda aşan dalga oranının boyutsuz palye genişliğine bağlı olarak değişimi verilmektedir.



Şekil 50. Düzensiz dalga, $B = 0.10$ m ve $\tan\alpha = 1/1.5$ durumunda aşan dalga oranının boyutsuz palye genişliğine bağlı olarak değişimi

Şekil 50 incelendiğinde düzensiz dalgalarda, palye genişliğinin 10 cm, şev eğiminin 1/1.5, palye seviyesinin +0.02 m ve 0 olduğu durumlarda boyutsuz palye genişliği olan B/H_{m0} değeri artarken aşan dalga oranının azaldığı görülmektedir. Palye seviyesinin +0.02 m olduğu durumda B/H_{m0} değeri 1.209-1.669 aralığında değişirken aşan dalga oranı %10.442-%5.785 arasında değişmektedir. Palye seviyesinin 0 olduğu durumda ise B/H_{m0} değeri 1.311-1.873 arasında değişirken aşan dalga oranı %5.394-%0.410 aralığında değişmektedir.

3.7. Palye Genişliğinin 0.15 m ve Şev Eğiminin 1/1.5 Olduğu Durumda Yapılan Deneylerden Elde Edilen Bulgular

Palye genişliğinin 15 cm, şev eğiminin 1/1.5 olduğu, Şekil 35 ve Şekil 36’da gösterilen modelde düzensiz dalgalar için yapılan 12 deneyden elde edilen ve hesaplanan veriler Tablo 16’da verilmektedir.

Tablo 16. Düzensiz dalga, $B= 0.15$ m ve $\tan\alpha= 1/1.5$ durumunda elde edilen veriler

Düzensiz Dalga $B= 0.15$ m $\tan\alpha= 1/1.5$										
$d_s= 0.17$ m $h_b= +0.02$ m										
Girilen Değerler			Prob (Derin Deniz)					Tırmanma ve Aşma		
H_{m0} (m)	T_p (s)	γ	H_{m0} (m)	T_m (s)	T_p (s)	$T_{1/3}$ (s)	$H_{m0}/(g/2\pi)T^2$	R_{umax}/H_{m0}	B/H_{m0}	Aşma (%)
0.017	0.9	3.3	0.057	1.213	1.516	1.440	0.0175	Aşma var	2.646	3.629
0.032	0.8	3.3	0.067	1.223	1.529	1.453	0.0204	Aşma var	2.239	2.846
0.075	0.7	3.3	0.080	1.204	1.505	1.429	0.0252	Aşma var	1.868	6.400
$d_s= 0.15$ m $h_b= 0$										
0.017	0.9	3.3	0.054	1.194	1.492	1.418	0.0171	2.804	2.804	Aşma yok
0.032	0.8	3.3	0.066	1.184	1.480	1.406	0.0215	2.262	2.262	Aşma yok
0.075	0.7	3.3	0.079	1.221	1.527	1.450	0.0239	Aşma var	1.911	3.252
$d_s= 0.13$ m $h_b= -0.02$ m										
0.017	0.9	3.3	0.053	1.208	1.510	1.435	0.0164	2.846	2.846	Aşma yok
0.032	0.8	3.3	0.066	1.167	1.458	1.385	0.0222	2.560	2.259	Aşma yok
0.075	0.7	3.3	0.080	1.230	1.538	1.461	0.0241	2.117	1.868	Aşma yok
$d_s= 0.11$ m $h_b= -0.04$ m										
0.017	0.9	3.3	0.056	1.240	1.549	1.472	0.0165	2.504	2.683	Aşma yok
0.032	0.8	3.3	0.064	1.202	1.503	1.427	0.0203	2.950	2.329	Aşma yok
0.075	0.7	3.3	0.078	1.195	1.493	1.419	0.0247	2.065	1.935	Aşma yok

Tablo 16 incelendiğinde aşan dalga oranının %2'den fazla olduğu dört deney görülmektedir. Palye seviyesinin +0.02 m olduğu durumda gerçekleştirilen deneylerin üçünde de aşan dalga oranının %2'den fazla olduğu görülmüştür. Bu üç deneyde belirgin dalga yüksekliği 0.057-0.080 m arasında değişiklik gösterirken dalga diklikleri 0.0175-0.0252 aralığındadır. Bu değerlerde aşan dalga oranları sırasıyla %3.629, %2.846 ve %6.400 olarak belirlenmiştir. Ayrıca boyutsuz palye genişliğinin 2.646-1.868 aralığında değişkenlik gösterdiği hesaplanmıştır. Palye seviyesinin 0 olduğu durumda yapılan üç deneyin tekinde aşan dalga oranının %2'den fazla olduğu gözlemlenmiştir. Bu deneyde belirgin dalga yüksekliği 0.079 m olurken dalga dikliği 0.0239 olarak hesaplanmıştır. Bu değerlerde aşan dalga oranı %3.252 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca bu deneyde boyutsuz palye genişliği 1.911 olarak belirlenmiştir. Palye seviyesinin 0 olduğu durumda yapılan diğer deneylerde ise belirgin dalga yüksekliği sırasıyla 0.054 m ve 0.066 m olup dalga dikliği 0.0171 ve 0.0215 olarak hesaplanmıştır. Bu değerlerde boyutsuz dalga tırmanma yüksekliği sırasıyla 2.804 ve 2.262 olarak belirlenmiştir. İlave olarak boyutsuz palye genişliğinin sırasıyla 2.804 ve 2.262

olduğu hesaplanmıştır. Palye seviyesinin -0.02 m olduğu durumda gerçekleştirilen deneylerde belirgin dalga yüksekliği 0.053-0.080 m aralığında değişirken dalga diklikleri 0.0164-0.0241 arasında değişiklik göstermektedir. Bu değerlere karşılık boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin 2.846-2.117 aralığında değiştiği hesaplanmıştır. Ayrıca boyutsuz palye genişliği 2.846-1.868 aralığındadır. Palye seviyesinin -0.04 m olduğu durumda yapılan deneylerde belirgin dalga yüksekliği 0.056-0.078 m arasında değişirken dalga dikliklerinin 0.0165-0.0247 aralığında olduğu belirlenmiştir. Bu değerlere karşılık boyutsuz dalga tırmanma yüksekliği 2.950-2.065 arasında değişiklik göstermektedir. İlaveten boyutsuz palye genişliklerinin 2.683-1.935 aralığında olduğu hesap edilmiştir.

Palye genişliğinin 15 cm, şev eğiminin 1/1.5 olduğu, Şekil 35 ve Şekil 36’da gösterilen modelde düzenli dalgalar için yapılan 12 deneyden elde edilen ve hesaplanan veriler Tablo 17’de gösterilmektedir.

Tablo 17. Düzenli dalga, $B=0.15$ m ve $\tan\alpha=1/1.5$ durumunda elde edilen veriler

Düzenli Dalga $B=0.15$ m $\tan\alpha=1/1.5$							
$d_s=0.17$ m $h_b=+0.02$ m							
Girdi		Prob (Derin Deniz)			Tırmanma ve Aşma Verileri		
H_{m0} (m)	T_p (s)	H_{m0} (m)	T_m (s)	$H_{m0}/(g/2\pi)T^2$	R_{umax}/H_{m0}	B/H_{m0}	Aşma (%)
0.015	1.05	0.054	1.397	0.0178	2.033	2.773	Aşma yok
0.035	1.00	0.069	1.316	0.0254	1.895	2.187	Aşma yok
0.053	0.95	0.080	1.312	0.0298	Aşma var	1.873	3.478
$d_s=0.15$ m $h_b=0$							
0.015	1.05	0.052	1.400	0.0168	1.553	2.913	Aşma yok
0.035	1.00	0.061	1.307	0.0229	1.475	2.459	Aşma yok
0.053	0.95	0.074	1.314	0.0275	2.022	2.022	Aşma yok
$d_s=0.13$ m $h_b=-0.02$ m							
0.015	1.05	0.050	1.408	0.0162	1.394	2.988	Aşma yok
0.035	1.00	0.062	1.313	0.0232	1.442	2.404	Aşma yok
0.053	0.95	0.077	1.313	0.0285	1.961	1.961	Aşma yok
$d_s=0.11$ m $h_b=-0.04$ m							
0.015	1.05	0.051	1.409	0.0166	1.751	2.918	Aşma yok
0.035	1.00	0.055	1.308	0.0208	1.625	2.708	Aşma yok
0.053	0.95	0.071	1.342	0.0251	2.270	2.128	Aşma yok

Tablo 17 incelendiğinde aşan dalga oranının %2’den fazla olduğu durum tek deneyde görülmüştür. Bu deneyde palye seviyesi +0.02 m, belirgin dalga yüksekliği 0.080 m ve dalga dikliği 0.0298 olup aşan dalga oranı %3.478 olarak hesap edilmiştir. Ayrıca bu deneyde boyutsuz palye genişliği 1.873 olarak hesaplanmıştır. Palye seviyesinin +0.02 m olduğu durumda gerçekleştirilen diğer deneylerde belirgin dalga yüksekliği değerleri sırasıyla 0.054 m ve 0.069 m olurken dalga dikliği 0.0178 ve 0.0254 değerlerini almıştır. Bu değerlere karşılık boyutsuz dalga tırmanma yükseklikleri sırasıyla 2.033 ve 1.895 olarak

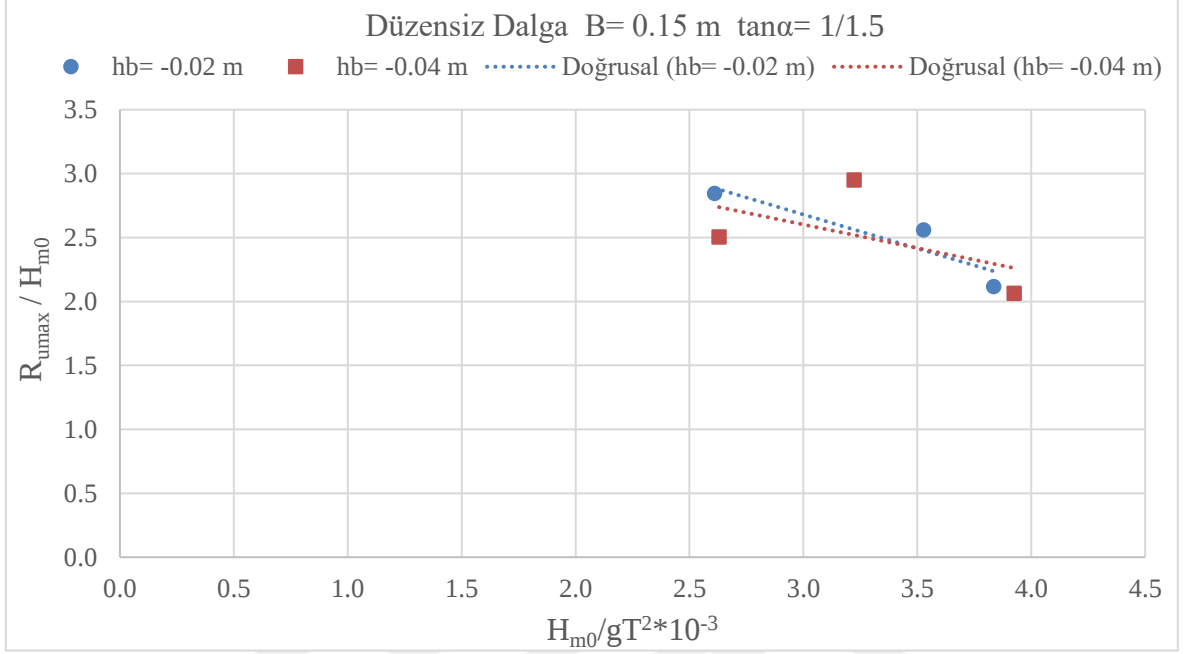
belirlenmiştir. Ayrıca boyutsuz palye genişliği sırasıyla 2.773 ve 2.187 olarak hesap edilmiştir. Palye seviyesinin 0 olduğu durumda yapılan deneylerde belirgin dalga yüksekliği 0.052-0.074 m aralığındayken dalga diklikleri 0.0168-0.0275 aralığındadır. Bu değerlere karşılık boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin 2.022-1.475 aralığında olduğu hesap edilmiştir. İlave olarak boyutsuz palye genişliği 2.913-2.022 aralığındadır. Palye seviyesinin -0.02 m olduğu durumda gerçekleştirilen deneylerde belirgin dalga yüksekliği 0.050-0.077 m aralığındayken dalga diklikleri 0.0162-0.0285 arasında değişiklik göstermektedir. Bu değerlerde boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin 1.961-1.394 aralığında değiştiği hesap edilmiştir. İlaveten boyutsuz palye genişliğinin 2.988-1.961 aralığında olduğu belirlenmiştir. Palye seviyesinin -0.04 m olduğu durumda yapılan deneylerde belirgin dalga yüksekliği 0.051-0.071 m aralığında değişirken dalga diklikleri 0.0166-0.0251 aralığındadır. Bu değerlere karşılık boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin 2.270-1.625 aralığında değişiklik gösterdiği belirlenmiştir. İlave olarak boyutsuz palye genişliği 2.918-2.128 aralığındadır.

Modelde palye genişliğinin 15 cm, şev eğiminin 1/1.5 olduğu durumda yapılan deneylerden ulaşılan ve hesaplanan verilerin bulunduğu Tablo 16 kullanılarak oluşturulan grafikler ile bu grafiklerden elde edilen bulgular aşağıda sunulmuştur. Tablo 17 kullanılarak elde edilen grafikler Ekler bölümünde verilmiştir.

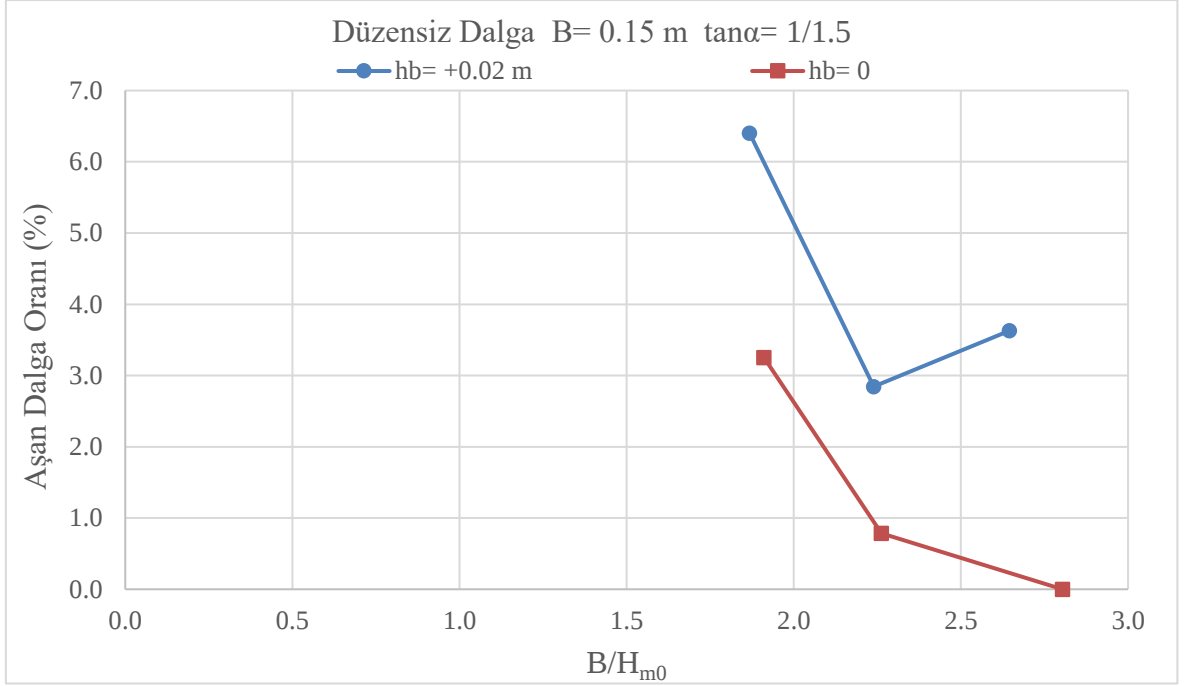
Şekil 51 incelendiğinde düzensiz dalgalarda, palye genişliğinin 15 cm olduğu ve şev eğiminin 1/1.5 olduğu durumda yapılan deneylerde $H_{m0}/gT^2 \cdot 10^{-3}$ değeri yani dalga dikliği arttıkça boyutsuz dalga tırmanma yüksekliği olan R_{umax}/H_{m0} değerinin azaldığı görülmektedir. Palye seviyesinin -0.02 m olduğu durumda $H_{m0}/gT^2 \cdot 10^{-3}$ değeri 2.611-3.836 arasında değişirken boyutsuz dalga tırmanma yüksekliği 2.846-2.117 arasındadır. Palye seviyesinin -0.04 m olduğu durumda ise $H_{m0}/gT^2 \cdot 10^{-3}$ değeri 2.630-3.926 aralığındayken boyutsuz dalga tırmanma yüksekliği 2.950-2.065 aralığında değişmektedir.

Palye seviyesinin +0.02 m ve 0 olduğu durumlara aşan dalga oranının %2'den fazla olduğu deney bulundurmalarından ötürü boyutsuz dalga tırmanma yüksekliği grafiğinde yer verilmemiştir. Bu durumlar Şekil 52'de gösterildiği üzere aşan dalga oranı grafiğinde verilmiştir. Şekil 52 incelendiğinde düzensiz dalgalarda, palye genişliğinin 15 cm, şev eğiminin 1/1.5, palye seviyesinin +0.02 m ve 0 olduğu durumlarda boyutsuz palye genişliği olan B/H_{m0} değeri artarken aşan dalga oranının azaldığı gözlemlenmektedir. Palye seviyesinin +0.02 m olduğu durumda B/H_{m0} değeri 1.868-2.646 aralığında değişirken aşan dalga oranı %6.400-%2.846 aralığında değişiklik göstermektedir. Palye seviyesinin 0 olduğu

durumda ise B/H_{m0} değeri 1.911-2.804 aralığında değişirken aşan dalga oranı %3.252-%0 aralığında değişiklik göstermektedir.



Şekil 51. Düzensiz dalga, $B=0.15\text{ m}$ ve $\tan\alpha=1/1.5$ durumunda boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin dalga dikliğine bağlı olarak değişimi



Şekil 52. Düzensiz dalga, $B=0.15\text{ m}$ ve $\tan\alpha=1/1.5$ durumunda aşan dalga oranının boyutsuz palye genişliğine bağlı olarak değişimi

3.8. Palye Genişliğinin 0.20 m ve Şev Eğiminin 1/1.5 Olduğu Durumda Yapılan Deneylerden Elde Edilen Bulgular

Palye genişliğinin 20 cm, şev eğiminin 1/1.5 olduğu, Şekil 37 ve Şekil 38’de gösterilen modelde düzensiz dalgalar için yapılan 12 deneyden elde edilen ve hesaplanan veriler Tablo 18’de verilmektedir.

Tablo 18. Düzensiz dalga, B= 0.20 m ve $\tan\alpha= 1/1.5$ durumunda elde edilen veriler

Düzensiz Dalga B= 0.20 m $\tan\alpha= 1/1.5$										
$d_s= 0.17$ m $h_b= +0.02$ m										
Girdi			Prob (Derin Deniz)					Tırmanma ve Aşma Verileri		
H_{m0} (m)	T_p (s)	γ	H_{m0} (m)	T_m (s)	T_p (s)	$T_{1/3}$ (s)	$H_{m0}/(g/2\pi)T^2$	R_{umax}/H_{m0}	B/H_{m0}	Aşma (%)
0.017	0.9	3.3	0.062	1.209	1.512	1.436	0.0192	2.104	3.236	Aşma yok
0.032	0.8	3.3	0.071	1.203	1.504	1.429	0.0221	Aşma var	2.837	2.000
0.075	0.7	3.3	0.081	1.226	1.533	1.456	0.0245	Aşma var	2.472	5.714
$d_s= 0.15$ m $h_b= 0$										
0.017	0.9	3.3	0.054	1.206	1.508	1.432	0.0169	2.768	3.690	Aşma yok
0.032	0.8	3.3	0.064	1.184	1.480	1.406	0.0208	2.340	3.120	Aşma yok
0.075	0.7	3.3	0.081	1.246	1.558	1.480	0.0238	Aşma var	2.457	2.490
$d_s= 0.13$ m $h_b= -0.02$ m										
0.017	0.9	3.3	0.054	1.189	1.486	1.412	0.0174	2.952	3.690	Aşma yok
0.032	0.8	3.3	0.062	1.173	1.466	1.392	0.0206	2.729	3.210	Aşma yok
0.075	0.7	3.3	0.078	1.197	1.496	1.421	0.0248	2.179	2.564	Aşma yok
$d_s= 0.11$ m $h_b= -0.04$ m										
0.017	0.9	3.3	0.052	1.205	1.507	1.431	0.0161	2.718	3.883	Aşma yok
0.032	0.8	3.3	0.061	1.187	1.483	1.409	0.0198	2.769	3.257	Aşma yok
0.075	0.7	3.3	0.079	1.207	1.509	1.434	0.0248	2.393	2.519	Aşma yok

Tablo 18 incelendiğinde aşan dalga oranının %2’den fazla olduğu üç deney görülmektedir. Palye seviyesinin +0.02 m olduğu durumda gerçekleştirilen deneylerin ikisinde aşan dalga oranının %2’den fazla olduğu görülmüştür. Bu iki deneyde belirgin dalga yüksekliği 0.071 ve 0.081 m olurken dalga diklikleri 0.0221 ve 0.0245 olarak hesap edilmiştir. Bu değerlerde aşan dalga oranları sırasıyla %2.000 ve %5.714 olarak belirlenmiştir. Ayrıca boyutsuz palye genişlikleri sırasıyla 2.837 ve 2.472 olarak hesaplanmıştır. Palye seviyesinin 0 olduğu durumda yapılan üç deneyin tekinde aşan dalga oranının %2’den fazla olduğu gözlemlenmiştir. Bu deneyde belirgin dalga yüksekliği 0.081

m olurken dalga dikliği 0.0238 olarak belirlenmiştir. Bu değerlerde aşan dalga oranı %2.490 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca bu deneyde boyutsuz palye genişliği 2.457 olarak belirlenmiştir. Palye seviyesinin 0 olduğu durumda yapılan diğer deneylerde ise belirgin dalga yüksekliği sırasıyla 0.054 m ve 0.064 m olup dalga dikliği 0.0169 ve 0.0208 olarak hesap edilmiştir. Bu değerlerde boyutsuz dalga tırmanma yüksekliği sırasıyla 2.768 ve 2.340 olarak belirlenmiştir. İlave olarak boyutsuz palye genişliğinin sırasıyla 3.690 ve 3.120 olduğu hesaplanmıştır. Palye seviyesinin -0.02 m olduğu durumda gerçekleştirilen deneylerde belirgin dalga yüksekliği 0.054-0.078 m aralığında değişirken dalga diklikleri 0.0174-0.0248 arasında değişiklik göstermektedir. Bu değerlere karşılık boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin 2.952-2.179 aralığında değiştiği hesap edilmiştir. Ayrıca boyutsuz palye genişliği 3.690-2.564 aralığındadır. Palye seviyesinin -0.04 m olduğu durumda yapılan deneylerde belirgin dalga yüksekliği 0.052-0.079 m arasında değişirken dalga dikliklerinin 0.0161-0.0248 aralığında olduğu belirlenmiştir. Bu değerlere karşılık boyutsuz dalga tırmanma yüksekliği 2.769-2.393 arasında değişiklik göstermektedir. İlaveten boyutsuz palye genişliklerinin 3.883-2.519 aralığında olduğu hesap edilmiştir.

Palye genişliğinin 20 cm, şev eğiminin 1/1.5 olduğu, Şekil 37 ve Şekil 38’de gösterilen modelde düzenli dalgalar için yapılan 12 deneyden elde edilen ve hesaplanan veriler Tablo 19’da verilmektedir.

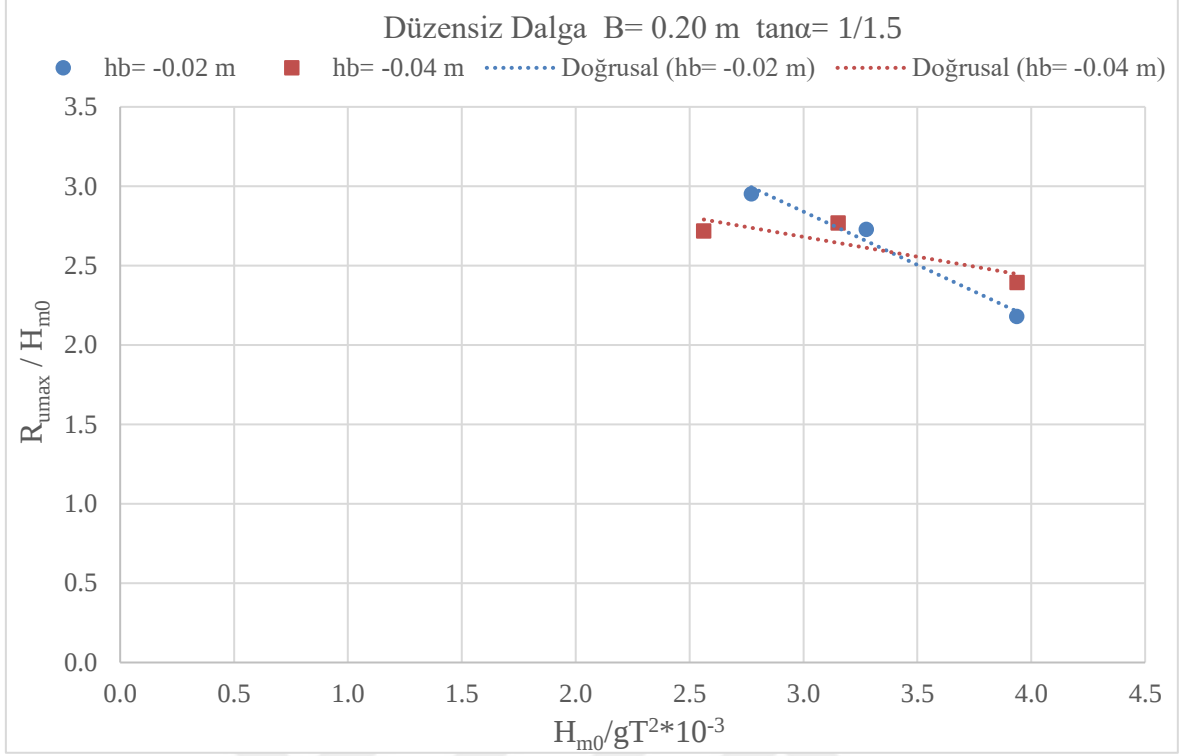
Tablo 19. Düzenli dalga, $B=0.20$ m ve $\tan\alpha=1/1.5$ durumunda elde edilen veriler

Düzenli Dalga $B=0.20$ m $\tan\alpha=1/1.5$							
$d_s=0.17$ m $h_b=+0.02$ m							
Girilen Değerler		Prob (Derin Deniz)			Tırmanma ve Aşma		
H_{m0} (m)	T_p (s)	H_{m0} (m)	T_m (s)	$H_{m0}/(g/2\pi)T^2$	R_{umax}/H_{m0}	B/H_{m0}	Aşma (%)
0.015	1.05	0.061	1.403	0.0200	2.121	3.263	Aşma yok
0.035	1.00	0.075	1.318	0.0277	1.731	2.663	Aşma yok
0.053	0.95	0.086	1.310	0.0320	Aşma var	2.336	8.696
$d_s=0.15$ m $h_b=0$							
0.015	1.05	0.053	1.389	0.0175	2.471	3.802	Aşma yok
0.035	1.00	0.059	1.307	0.0219	2.051	3.419	Aşma yok
0.053	0.95	0.078	1.313	0.0291	Aşma var	2.558	3.478
$d_s=0.13$ m $h_b=-0.02$ m							
0.015	1.05	0.052	1.412	0.0167	1.927	3.854	Aşma yok
0.035	1.00	0.061	1.307	0.0230	1.794	3.263	Aşma yok
0.053	0.95	0.071	1.360	0.0246	2.394	2.817	Aşma yok
$d_s=0.11$ m $h_b=-0.04$ m							
0.015	1.05	0.050	1.401	0.0163	1.800	4.000	Aşma yok
0.035	1.00	0.057	1.306	0.0215	1.573	3.497	Aşma yok
0.053	0.95	0.075	1.316	0.0278	2.530	2.663	Aşma yok

Tablo 19 incelendiğinde aşan dalga oranının %2'den fazla olduğu iki deney görülmektedir. Palye seviyesinin +0.02 m olduğu durumda yapılan belirgin dalga yüksekliğinin 0.086 m, dalga dikliğinin 0.0320 ve boyutsuz palye genişliğinin 2.336 olarak belirlendiği deneyde aşan dalga oranı %8.696 olarak hesap edilmiştir. Ayrıca palye seviyesinin 0 olduğu durumda yapılan belirgin dalga yüksekliğinin 0.078 m, dalga dikliğinin 0.0291 ve boyutsuz palye genişliğinin 2.558 olarak hesaplandığı deneyde de aşan dalga oranının %2'den fazla olduğu gözlemlenip %3.478 olarak belirlenmiştir. Palye seviyesinin +0.02 m olduğu durumda yapılan diğer deneylerde belirgin dalga yüksekliği sırasıyla 0.061 m ve 0.075 m olup dalga diklikleri 0.0200 ve 0.0277 olarak hesap edilmiştir. Bu değerlere karşılık boyutsuz dalga tırmanma yüksekliklerinin sırasıyla 2.121 ve 1.731 olduğu belirlenmiştir. Ayrıca boyutsuz palye genişliğinin sırasıyla 3.263 ve 2.663 olduğu hesaplanmıştır. Palye seviyesinin 0 olduğu durumda yapılan diğer deneylerde belirgin dalga yüksekliği sırasıyla 0.053 m ve 0.059 m olup dalga diklikleri 0.0175 ve 0.0219 olarak hesaplanmıştır. Bu değerlere karşılık boyutsuz dalga tırmanma yüksekliklerinin sırasıyla 2.471 ve 2.051 olduğu belirlenmiştir. İlave olarak boyutsuz palye genişliklerinin sırasıyla 3.802 ve 3.419 olduğu hesaplanmıştır. Palye seviyesi -0.02 m olduğu durumda gerçekleştirilen deneylerde belirgin dalga yüksekliği 0.052-0.071 m aralığında değişirken dalga diklikleri 0.0167-0.0246 aralığında değişiklik göstermektedir. Bu değerlerde boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin 2.394-1.794 aralığında değiştiği belirlenmiştir. İlaveten boyutsuz palye genişliğinin 3.854-2.817 arasında değiştiği belirlenmiştir. Palye seviyesinin -0.04 m olduğu durumda yapılan deneylerde belirgin dalga yüksekliği 0.050-0.075 m arasında değişirken dalga diklikleri 0.0163-0.0278 aralığındadır. Bu değerlere karşılık boyutsuz dalga tırmanma yüksekliği 2.530-1.573 aralığında değişiklik göstermektedir. Ayrıca boyutsuz palye genişliği 4.000-2.663 aralığındadır.

Modelde palye genişliğinin 20 cm, şev eğiminin 1/1.5 olduğu durumda yapılan deneylerden ulaşılan ve hesaplanan verilerin bulunduğu Tablo 18 kullanılarak oluşturulan grafikler ile bu grafiklerden elde edilen bulgular aşağıda verilmiştir. Tablo 19 kullanılarak elde edilen grafikler Ekler bölümünde verilmiştir.

Şekil 53'te düzensiz dalga, $B = 0.20$ m ve $\tan\alpha = 1/1.5$ durumunda boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin dalga dikliğine bağlı olarak değişimi verilmektedir.



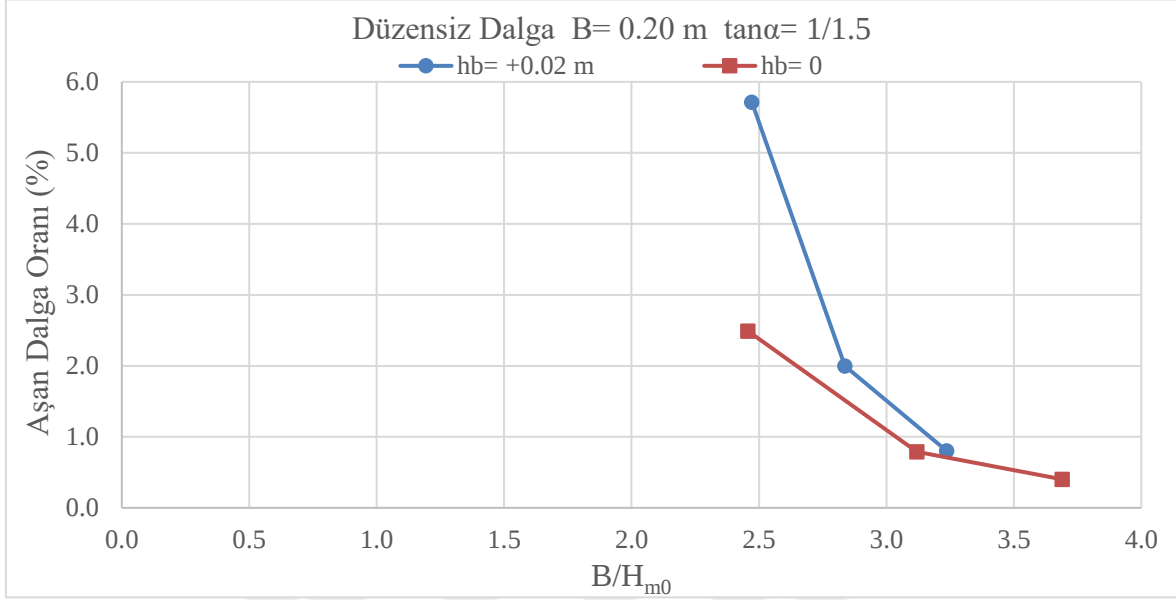
Şekil 53. Düzensiz dalga, $B= 0.20$ m ve $\tan\alpha= 1/1.5$ durumunda boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin dalga dikliğine bağlı olarak değişimi

Şekil 53 incelendiğinde düzensiz dalgalarda, palye genişliğinin 20 cm olduğu ve şev eğiminin 1/1.5 olduğu durumda gerçekleştirilen deneylerde $H_{m0}/gT^2 \cdot 10^{-3}$ değeri yani dalga dikliği arttıkça boyutsuz dalga tırmanma yüksekliği olan R_{ymax}/H_{m0} değerinin azaldığı görülmektedir. Palye seviyesinin -0.02 m olduğu durumda $H_{m0}/gT^2 \cdot 10^{-3}$ değeri 2.771-3.937 arasındayken boyutsuz dalga tırmanma yüksekliği 2.952-2.179 aralığında değişmektedir. Palye seviyesinin -0.04 m olduğu durumda ise $H_{m0}/gT^2 \cdot 10^{-3}$ değeri 2.562-3.938 arasındayken boyutsuz dalga tırmanma yüksekliği 2.769-2.393 aralığında değişmektedir.

Palye seviyesinin +0.02 m ve 0 olduğu durumlara aşan dalga oranının %2'den fazla olduğu deneyler bulundurmalarından dolayı boyutsuz dalga tırmanma yüksekliği grafiğinde yer verilmemiştir. Bu durumlar Şekil 54'te verildiği üzere aşan dalga oranı grafiğinde sunulmuştur.

Şekil 54 incelendiğinde düzensiz dalgalarda, palye genişliğinin 20 cm, şev eğiminin 1/1.5, palye seviyesinin +0.02 m ve 0 olduğu durumlarda boyutsuz palye genişliği olan B/H_{m0} değeri artarken aşan dalga oranının azaldığı görülmektedir. Palye seviyesinin +0.02 m olduğu durumda B/H_{m0} değeri 2.472-3.236 arasında değişirken aşan dalga oranı %5.714-%0.803 arasında değişiklik göstermektedir. Palye seviyesinin 0 olduğu durumda ise B/H_{m0}

değeri 2.457-3.690 aralığında değişirken aşan dalga oranı %2.490-%0.402 aralığında değişiklik göstermektedir.



Şekil 54. Düzensiz dalga, $B= 0.20 \text{ m}$ ve $\tan\alpha= 1/1.5$ durumunda aşan dalga oranının boyutsuz palye genişliğine bağlı olarak değişimi

4. İRDELEME

Bu bölümde, Bulgular bölümünde verilen şekiller ve tablolardan genelleyici grafikler türetilerek yapı şev eğimi, palye genişliği ve dalganın düzensiz veya düzenli oluşu parametrelerinin boyutsuz dalga tırmanma yüksekliği ve aşan dalga oranı üzerindeki etkileri irdelenmiştir. Ayrıca deneylerden elde edilen sonuçların literatürle karşılaştırılması ve eleştirisi sunulmuştur.

Grafiklerde bulunan doğrusal eğilim çizgileri, belirtilen noktaların ortalamalarını temsil etmektedir. Grafikler oluşturulurken gerçekçi sonuçlar elde edebilmek hedeflendiğinden karşılaştırılan parametre haricindeki parametrelerin şartlarının aynı olduğu deneyler kullanılmıştır. Karşılaştırılan parametredeki değişikliklerle birlikte kıyaslanabilirliği bozacak ve bu parametredeki her bir durum için eşit sayıda deney kullanılmasını engelleyecek durumların grafiklere dahil edilmesinden kaçınılmaya çalışılmıştır.

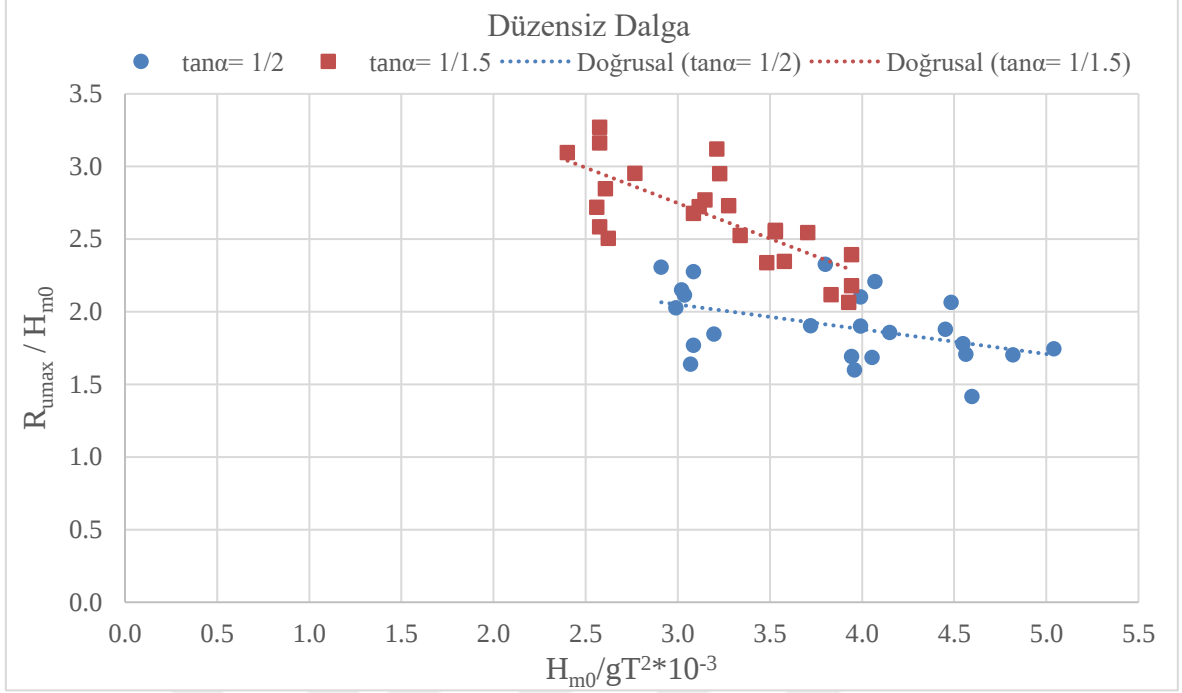
4.1. Boyutsuz Dalga Tırmanma Yüksekliği ve Aşan Dalga Oranının Yapı Şev Eğimine Bağlı Olarak İrdelenmesi

Bu başlık altında düzensiz ve düzenli dalgalarda yapılan deneylerde yapı şev eğimindeki değişimin yani 1/2 veya 1/1.5 olmasının boyutsuz dalga tırmanma yüksekliği ile aşan dalga oranı üzerindeki etkisi irdelenmiştir.

Şekil 55'te düzensiz dalgada şev eğimine bağlı olarak boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin dalga dikliğine göre değişimi verilmektedir.

Şekil 55 incelendiğinde düzensiz dalgalarda gerçekleştirilen deneylerde $H_{m0}/gT^2 \cdot 10^{-3}$ değeri yani dalga dikliği arttıkça boyutsuz en büyük dalga tırmanma yüksekliği olan R_{umax}/H_{m0} değerinin azaldığı ve şev eğiminin 1/1.5 olduğu durumda boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin şev eğiminin 1/2 olduğu duruma kıyasla daha büyük değerler aldığı görülmektedir.

Şev eğiminin 1/2 olduğu durumda $H_{m0}/gT^2 \cdot 10^{-3}$ değeri 2.910-5.041 arasında değişirken boyutsuz dalga tırmanma yüksekliği 2.326-1.415 arasında değişmektedir. Şev eğiminin 1/1.5 olduğu durumda ise $H_{m0}/gT^2 \cdot 10^{-3}$ değeri 2.401-3.944 arasında değişiklik gösterirken boyutsuz dalga tırmanma yüksekliği 3.269-2.065 arasında değişiklik göstermektedir.



Şekil 55. Düzensiz dalga durumunda şev eğimine bağlı olarak boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin dalga dikliğine göre değişimi

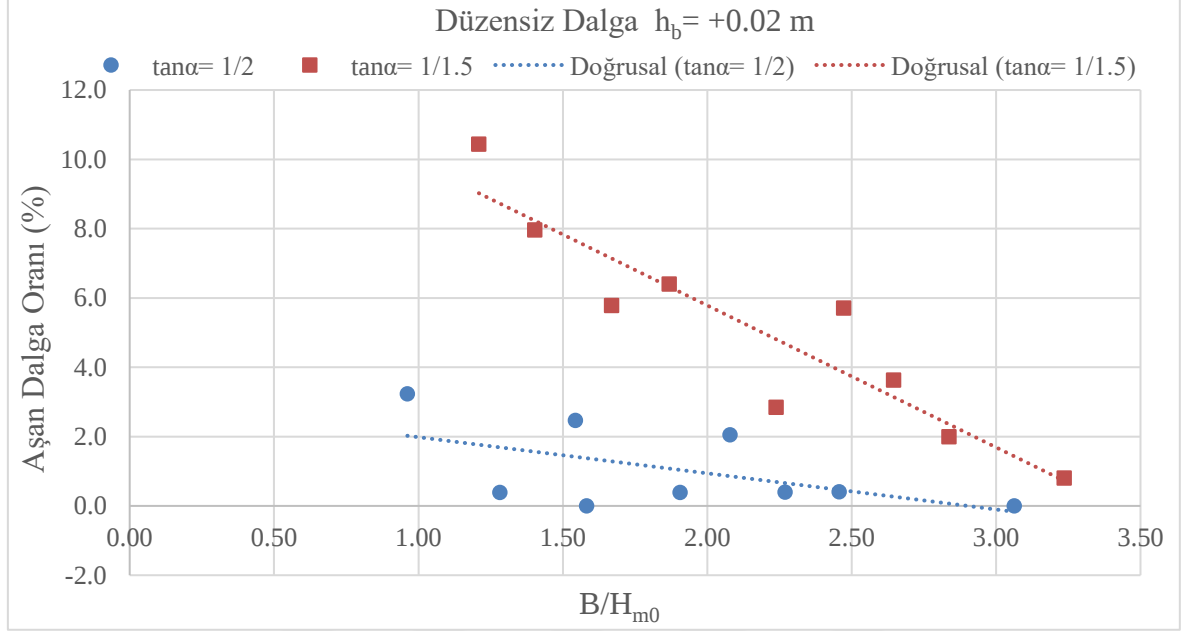
Şev eğimi 1/1.5 durumu, palye seviyesi hem +0.02 m hem de 0 olduğunda aşan dalga oranının %2'den fazla olduğu deneyler bulundurmaktadır. Dolayısıyla boyutsuz dalga tırmanma yüksekliği grafiğinde bu palye seviyeleri kullanılmamıştır. Bu seviyelerin yerine palye seviyesinin -0.02 m ve -0.04 m olduğu deneylerden yararlanılmıştır. Gerçekçi sonuçlar için şev eğiminin 1/2 olduğu durumda da bu palye seviyelerindeki deneyler dikkate alınmıştır. Bu nedenle düzensiz dalgalarda 96 adet deney yapılmasına rağmen Şekil 55'te 24 adeti şev eğimi 1/2 ve 24 adeti şev eğimi 1/1.5 için olmak üzere 48 adet deneyden elde edilen verilerin kullanıldığı görülmektedir.

Şekil 56'da düzensiz dalga ve $h_b = +0.02$ m durumunda şev eğimine bağlı olarak aşan dalga oranının boyutsuz palye genişliğine göre değişimi verilmektedir.

Şekil 56 incelendiğinde düzensiz dalgalarda, palye seviyesinin +0.02 m olduğu durumda yapılan deneylerde B/H_{m0} değeri yani boyutsuz palye genişliği artarken aşan dalga oranının azaldığı ve şev eğiminin 1/2 olduğu durumda aşan dalga oranının şev eğiminin 1/1.5 olduğu duruma göre daha küçük değerler aldığı görülmektedir.

Şev eğiminin 1/2 olduğu durumda boyutsuz palye genişliği 0.962-3.063 arasında değişirken aşan dalga oranı %3.239-%0 arasında değişmektedir. Şev eğiminin 1/1.5 olduğu

durumda ise boyutsuz palye genişliği 1.209-3.236 arasında değişirken aşan dalga oranı %10.442-%0.803 arasında değişmektedir.



Şekil 56. Düzensiz dalga ve $h_b = +0.02$ m durumunda şev eğimine bağlı olarak aşan dalga oranının boyutsuz palye genişliğine göre değişimi

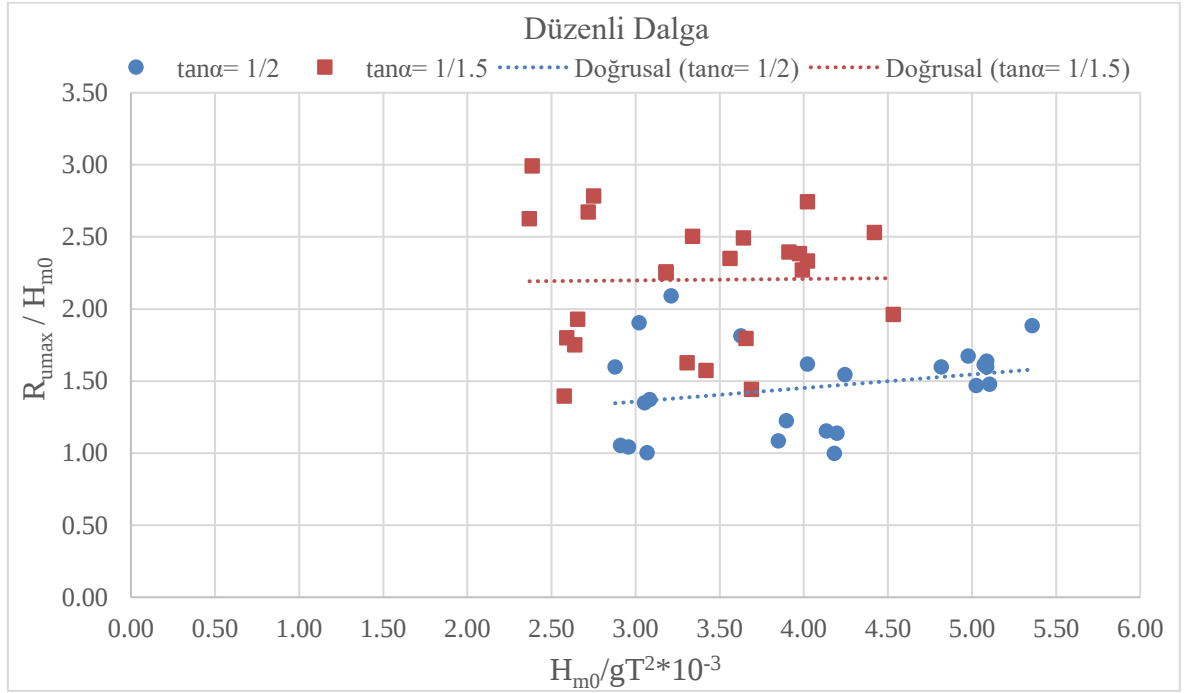
Palye genişliğinin 0 olduğu durum olan geleneksel kıyı yapısı üzerinde gerçekleştirilen deneylerde B/H_{m0} değerinin karşılığı olmadığından bu durumda yapılan deneyler Şekil 56 oluşturulurken kullanılmamıştır. Ayrıca şev eğimi 1/1.5 durumu palye seviyesi hem +0.02 m hem de 0 olduğunda aşan dalga oranının %2'den fazla olduğu deneyler bulundursa da şev eğimi 1/2 durumu palye seviyesinin 0 olduğu durumda aşan dalga oranının %2'den fazla olduğu deney bulundurmamaktadır. Dolayısıyla kıyaslanabilirlik açısından yalnızca palye seviyesinin +0.02 m olduğu durumda yapılan deneyler dikkate alınmıştır. Bu sebeplerden ötürü Şekil 56'da 9 adeti şev eğimi 1/2 ve 9 adeti şev eğimi 1/1.5 için olmak üzere 18 adet deneyden elde edilen veriler kullanılmıştır.

Şekil 57'de düzenli dalga durumunda şev eğimine bağlı olarak boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin dalga dikliğine göre değişimi verilmektedir.

Şekil 57 incelendiğinde düzenli dalgalarda gerçekleştirilen deneylerde $H_{m0}/gT^2 \cdot 10^{-3}$ değerindeki yani dalga dikliğindeki değişimle birlikte boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinde meydana gelen değişim görülmektedir. Ayrıca şev eğiminin 1/1.5 olduğu

durumda boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin şev eğiminin 1/2 olduğu duruma kıyasla daha büyük değerler aldığı gözlemlenmektedir.

Şev eğiminin 1/2 olduğu durumda $H_{m0}/gT^2 \cdot 10^{-3}$ değeri 2.878-5.359 arasında değişirken boyutsuz dalga tırmanma yüksekliği 2.090-0.997 aralığında değişmektedir. Şev eğiminin 1/1.5 olduğu durumda ise $H_{m0}/gT^2 \cdot 10^{-3}$ değeri 2.369-4.532 arasında değişiklik gösterirken boyutsuz dalga tırmanma yüksekliği 2.991-1.394 aralığında değişiklik göstermektedir.



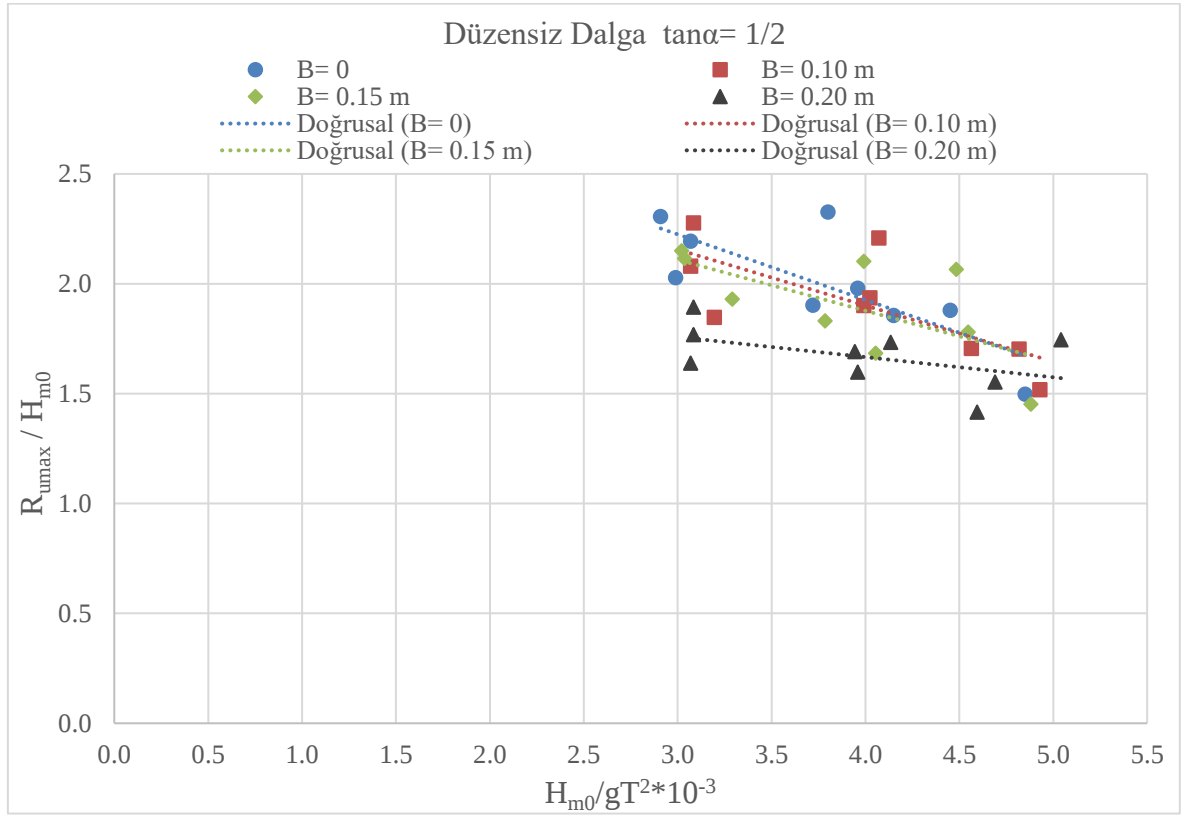
Şekil 57. Düzenli dalga durumunda şev eğimine bağlı olarak boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin dalga dikliğine göre değişimi

Şev eğimi 1/1.5 durumu, palıye seviyesi hem +0.02 m hem de 0 olduğunda aşan dalga oranının %2'den fazla olduğu deneyler barındırmaktadır. Bu sebeple boyutsuz dalga tırmanma yüksekliği grafiğinde bu palıye seviyeleri kullanılmamıştır. Bu seviyelerin yerine palıye seviyesinin -0.02 m ve -0.04 m olduğu deneyler kullanılmıştır. Gerçekçi sonuçlar için şev eğiminin 1/2 olduğu durumda da bu palıye seviyelerindeki deneylerden yararlanılmıştır. Bu nedenden ötürü düzenli dalgalarda 96 adet deney yapılmasına rağmen Şekil 57'de 24 adeti şev eğimi 1/2 ve 24 adeti şev eğimi 1/1.5 için olmak üzere 48 adet deneyden elde edilen verilerin kullanıldığı gözlemlenmektedir.

4.2. Yapı Şev Eğiminin 1/2 Olduğu Durumda Palye Genişliğine Bağlı Olarak Boyutsuz Dalga Tırmanma Yüksekliği ve Aşan Dalga Oranının İrdelenmesi

Bu başlık altında şev eğiminin 1/2 olduğu durumda gerçekleştirilen deneylerde palye genişliğinin boyutsuz dalga tırmanma yüksekliği ile aşan dalga oranı üzerindeki etkisi irdelenmiştir.

Şekil 58’de düzensiz dalga ve $\tan\alpha = 1/2$ durumunda palye genişliğine bağlı olarak boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin dalga dikliğine göre değişimi verilmektedir.



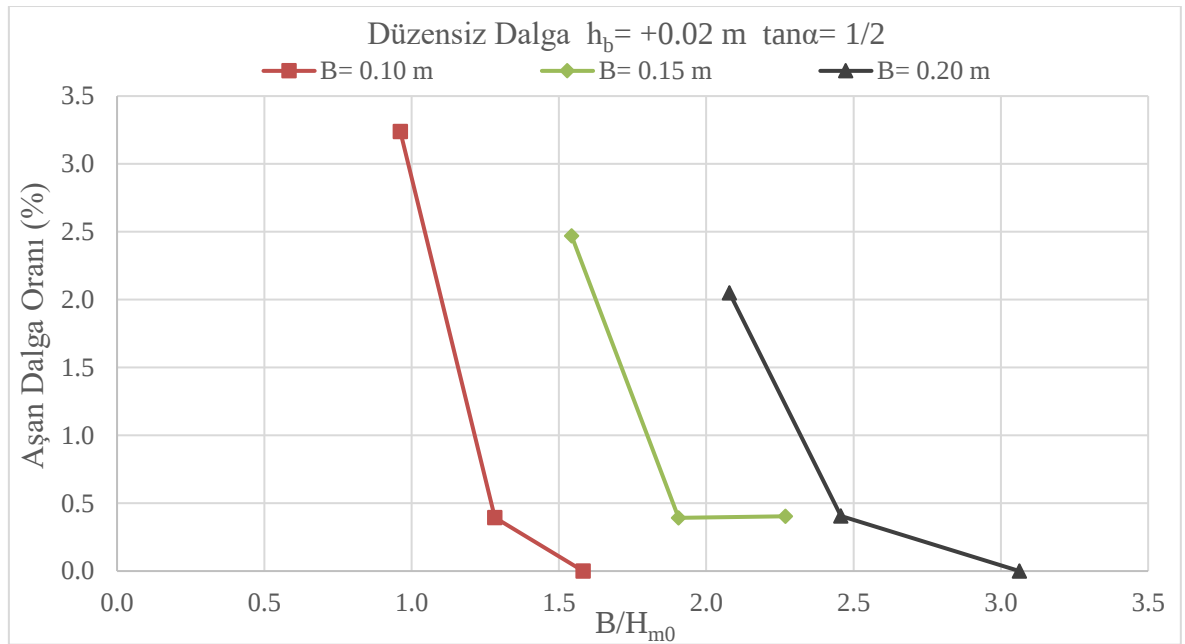
Şekil 58. Düzensiz dalga ve $\tan\alpha = 1/2$ durumunda palye genişliğine bağlı olarak boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin dalga dikliğine göre değişimi

Şekil 58 incelendiğinde düzensiz dalgalarda şev eğiminin 1/2 olduğu durumda yapılan deneylerde $H_{m0}/gT^2 \cdot 10^{-3}$ değeri yani dalga dikliği arttıkça boyutsuz en büyük dalga tırmanma yüksekliği olan $R_{\max}/H_{m0}$ değerinin azaldığı ve boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin en büyük değerlerini palye genişliğinin 0 olduğu yani palyenin bulunmadığı geleneksel kıyı yapısı durumunda aldığı görülürken en küçük değerlerini ise palye genişliğinin 20 cm olduğu durumda aldığı görülmektedir.

Palye genişliğinin 0 olduğu geleneksel kıyı yapısı durumunda $H_{m0}/gT^2 \cdot 10^{-3}$ değeri 2.910-4.850 arasında değişiklik gösterirken boyutsuz dalga tırmanma yüksekliği 2.326-1.497 arasında değişmektedir. Palye genişliğinin 10 cm olduğu durumda $H_{m0}/gT^2 \cdot 10^{-3}$ değeri 3.069-4.930 arasında değişirken boyutsuz dalga tırmanma yüksekliği 2.276-1.517 arasında değişiklik göstermektedir. Palye genişliğinin 15 cm olduğu durumda $H_{m0}/gT^2 \cdot 10^{-3}$ değeri 3.021-4.882 arasında değişiklik gösterirken boyutsuz dalga tırmanma yüksekliği 2.149-1.452 arasında değişmektedir. Palye genişliğinin 20 cm olduğu durumda ise $H_{m0}/gT^2 \cdot 10^{-3}$ değeri 3.069-5.041 arasında değişirken boyutsuz dalga tırmanma yüksekliği 1.893-1.415 arasında değişiklik göstermektedir.

Düzensiz dalgalarda şev eğiminin 1/2 ve palye seviyesinin +0.02 m olduğu durumda aşan dalga oranının %2'den fazla olduğu deneyler bulunmaktadır. Dolayısıyla boyutsuz dalga tırmanma yüksekliği grafiğinde bu palye seviyesi kullanılmamıştır. Palye seviyesinin 0, -0.02 m ve -0.04 m olduğu deneylerden yararlanılmıştır. Bu nedenle düzensiz dalgalarda şev eğiminin 1/2 olduğu 48 adet deney yapılmasına karşın Şekil 58'de 9 adeti palye genişliği 0, 9 adeti palye genişliği 10 cm, 9 adeti palye genişliği 15 cm ve 9 adeti palye genişliği 20 cm için olmak üzere 36 adet deneyden elde edilen verilerin kullanıldığı görülmektedir.

Şekil 59'da düzensiz dalga, $h_b = +0.02$ m ve $\tan\alpha = 1/2$ durumunda palye genişliğine bağlı olarak aşan dalga oranının boyutsuz palye genişliğine göre değişimi verilmektedir.



Şekil 59. Düzensiz dalga, $h_b = +0.02$ m ve $\tan\alpha = 1/2$ durumunda palye genişliğine bağlı olarak aşan dalga oranının boyutsuz palye genişliğine göre değişimi

Şekil 59 incelendiğinde düzensiz dalgalarda, şev eğiminin $1/2$ ve palye seviyesinin $+0.02$ m olduğu durumda yapılan deneylerde B/H_{m0} değeri yani boyutsuz palye genişliği artarken aşan dalga oranının azaldığı görülmektedir. Aşan dalga oranının palye genişliğinin 10 cm olduğu durumda büyük değerler aldığı gözlemlenirken palye genişliğindeki artışla birlikte bu değerlerin azalma eğiliminde olduğu görülmektedir.

Palye genişliğinin 10 cm olduğu durumda boyutsuz palye genişliği $0.962-1.582$ aralığında değişirken aşan dalga oranı $\%3.239-\%0$ aralığında değişiklik göstermektedir. Palye genişliğinin 15 cm olduğu durumda boyutsuz palye genişliği $1.543-2.269$ aralığında değişiklik gösterirken aşan dalga oranı $\%2.469-\%0.392$ aralığında değişmektedir. Palye genişliğinin 20 cm olduğu durumda ise boyutsuz palye genişliği $2.079-3.063$ aralığında değişirken aşan dalga oranı $\%2.049-\%0$ aralığında değişiklik göstermektedir.

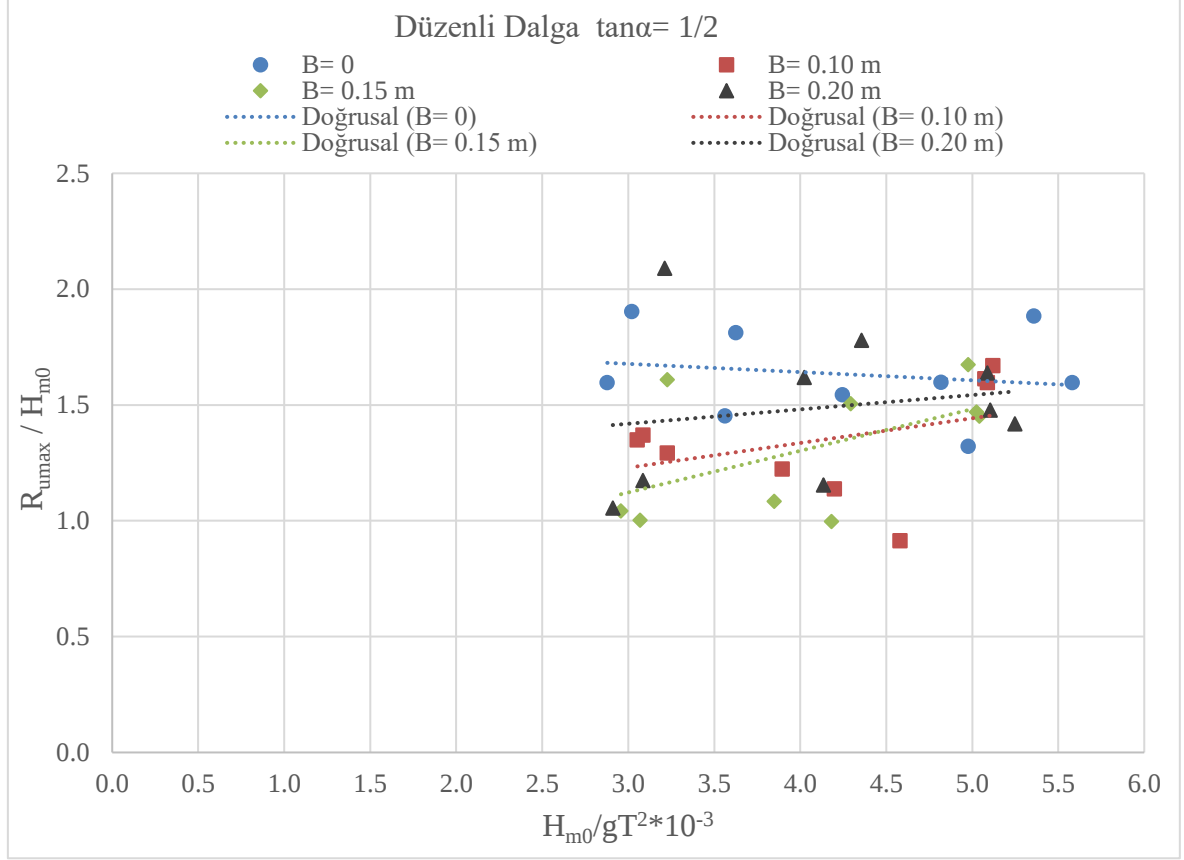
Palye genişliğinin 0 olduğu durum olan geleneksel kıyı yapısı üzerinde yapılan deneylerde B/H_{m0} değerinin karşılığı bulunmadığından bu durumda gerçekleştirilen deneyler Şekil 59'da kullanılmamıştır. Palye seviyesinin $+0.02$ m olduğu durum farklı palye genişliklerinde aşan dalga oranının $\%2$ 'den fazla olduğu deneyleri bulunduran tek ortak durum olduğundan karşılaştırılabilir sonuçlara ulaşabilmek amacıyla bu palye seviyesinde yapılan deneylerden faydalanılmıştır. Bu sebeplerden dolayı 3 adeti palye genişliği 10 cm, 3 adeti palye genişliği 15 cm ve 3 adeti palye genişliği 20 cm için olmak üzere 9 adet deneyden elde edilen verilerin kullanıldığı gözlemlenmektedir.

Şekil 60'ta düzenli dalga ve $\tan\alpha = 1/2$ durumunda palye genişliğine bağlı olarak boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin dalga dikliğine göre değişimi verilmektedir.

Şekil 60 incelendiğinde düzenli dalgalarda, şev eğiminin $1/2$ olduğu durumda gerçekleştirilen deneylerde $H_{m0}/gT^2 \cdot 10^{-3}$ değerindeki yani dalga dikliğindeki değişimle beraber boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinde meydana gelen değişim görülmektedir. Boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin en büyük değerlerini palye genişliğinin 0 olduğu yani palyenin bulunmadığı geleneksel kıyı yapısı durumunda aldığı gözlemlenirken en küçük değerlerini ise palye genişliğinin 15 cm olduğu durumda aldığı görülmektedir.

Palye genişliğinin 0 olduğu geleneksel kıyı yapısı durumunda $H_{m0}/gT^2 \cdot 10^{-3}$ değeri $2.878-5.582$ aralığında değişiklik gösterirken boyutsuz dalga tırmanma yüksekliği $1.903-1.321$ arasında değişmektedir. Palye genişliğinin 10 cm olduğu durumda $H_{m0}/gT^2 \cdot 10^{-3}$ değeri $3.053-5.121$ aralığında değişirken boyutsuz dalga tırmanma yüksekliği $1.670-0.913$ arasında değişiklik göstermektedir. Palye genişliğinin 15 cm olduğu durumda $H_{m0}/gT^2 \cdot 10^{-3}$ değeri $2.958-5.041$ aralığında değişiklik gösterirken boyutsuz dalga tırmanma yüksekliği

1.673-0.997 arasında değişmektedir. Palye genişliğinin 20 cm olduğu durumda ise $H_{m0}/gT^2 \cdot 10^{-3}$ değeri 2.910-5.248 aralığında değişirken boyutsuz dalga tırmanma yüksekliği 2.090-1.054 arasında değişiklik göstermektedir.



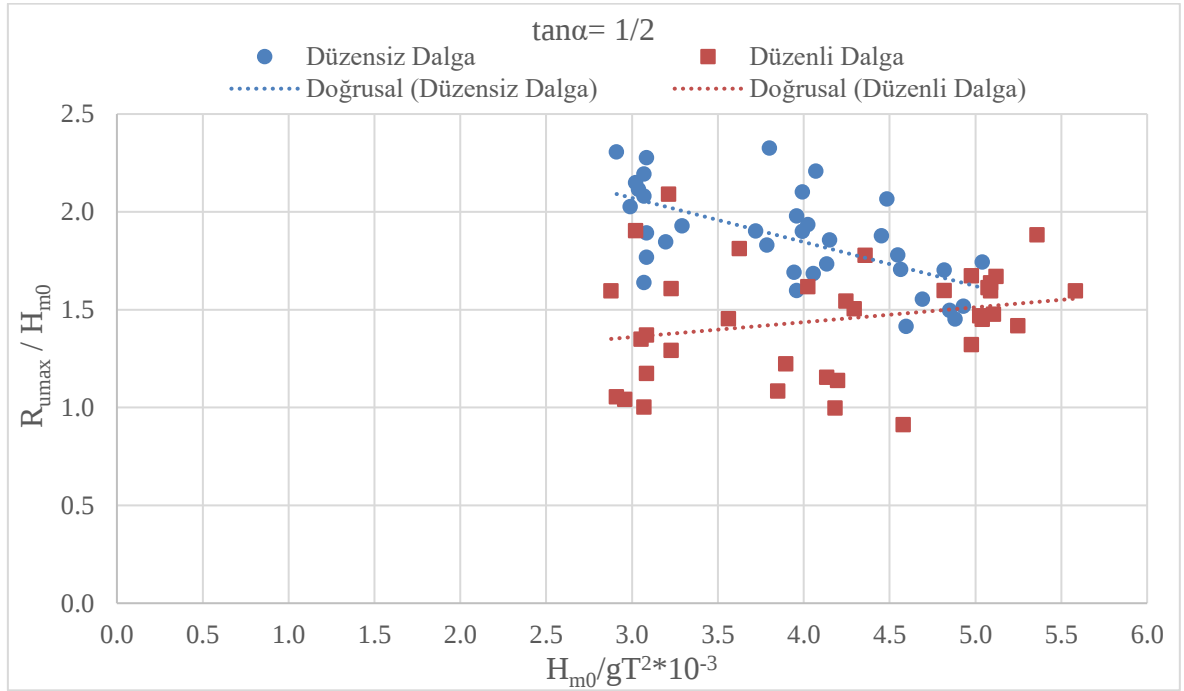
Şekil 60. Düzenli dalga ve $\tan\alpha = 1/2$ durumunda palye genişliğine bağlı olarak boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin dalga dikliğine göre değişimi

Düzenli dalgalarda, şev eğiminin 1/2 ve palye seviyesinin +0.02 m olduğu durumda aşan dalga oranının %2'den fazla olduğu deneyler bulunmaktadır. Dolayısıyla boyutsuz dalga tırmanma yüksekliği grafiğinde bu palye seviyesinden yararlanılamamıştır. Palye seviyesinin 0, -0.02 m ve -0.04 m olduğu deneylerden faydalanılmıştır. Bu sebeple düzenli dalgalarda şev eğiminin 1/2 olduğu 48 adet deney yapılmasına rağmen Şekil 60'ta 9 adeti palye genişliği 0, 9 adeti palye genişliği 10 cm, 9 adeti palye genişliği 15 cm ve 9 adeti palye genişliği 20 cm için olmak üzere 36 adet deneyden elde edilen verilerin kullanıldığı gözlemlenmektedir.

4.3. Yapı Şev Eğimi 1/2 Olduğunda Dalga Durumuna (Düzensiz veya Düzenli) Bağlı Olarak Boyutsuz Dalga Tırmanma Yüksekliğinin İrdelenmesi

Bu başlık altında şev eğiminin 1/2 olduğu durumda gerçekleştirilen deneylerde dalgaların düzensiz veya düzenli oluşunun boyutsuz dalga tırmanma yüksekliği üzerindeki etkisi irdelenmiştir.

Şekil 61’de $\tan\alpha = 1/2$ olduğunda dalga durumuna (düzensiz veya düzenli) bağlı olarak boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin dalga dikliğine göre değişimi verilmektedir.



Şekil 61. $\tan\alpha = 1/2$ olduğunda dalga durumuna (düzensiz veya düzenli) bağlı olarak boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin dalga dikliğine göre değişimi

Şekil 61 incelendiğinde şev eğiminin 1/2 olduğu durumda gerçekleştirilen deneylerde $H_{m0}/gT^2 \cdot 10^{-3}$ değeri yani dalga dikliğinin değişimiyle beraber boyutsuz en büyük dalga tırmanma yüksekliği olan R_{umax}/H_{m0} değerinin değişimi görülmektedir. İrdelenen dalga dikliği aralığında düzensiz dalga durumundaki boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin düzenli dalga durumuna kıyasla daha büyük değerler aldığı gözlemlenmektedir.

Düzensiz dalga durumunda $H_{m0}/gT^2 \cdot 10^{-3}$ değeri 2.910-5.041 arasında değişirken boyutsuz dalga tırmanma yüksekliği 2.326-1.415 arasında değişiklik göstermektedir. Düzenli dalga durumunda ise $H_{m0}/gT^2 \cdot 10^{-3}$ değeri 2.878-5.582 arasında değişirken boyutsuz

dalga tırmanma yüksekliği 2.090-0.913 arasında değişiklik göstermektedir. Ancak bu çalışmada kullanılan dalga dikliği aralığından farklı olan bir aralıkta, düzenli dalgaların boyutsuz dalga tırmanma yüksekliği üzerinde düzensiz dalgalara göre daha kritik olabileceği ihtimali de bulunmaktadır.

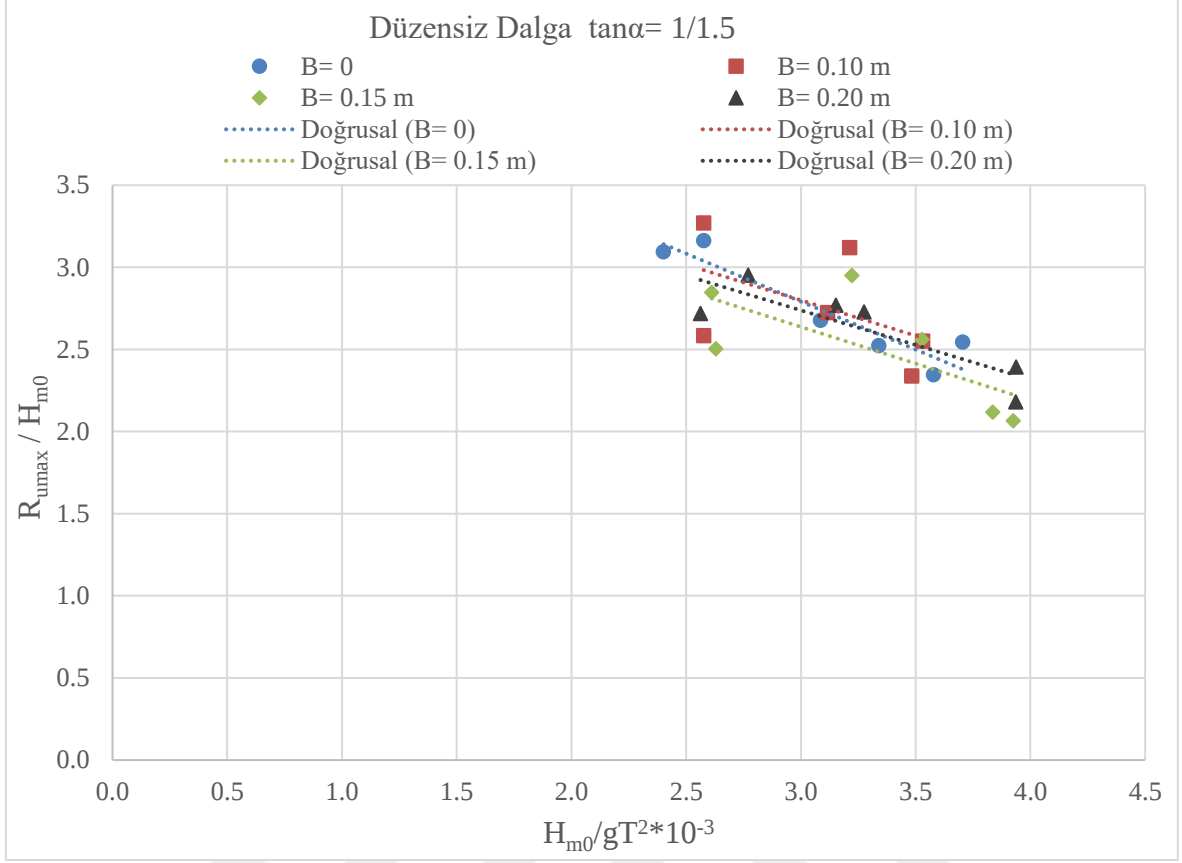
Düzensiz dalga durumu şev eğimi $1/2$, palye seviyesi $+0.02$ m olduğunda aşan dalga oranının $\%2$ 'den fazla olduğu deneyler bulundurduğundan boyutsuz dalga tırmanma yüksekliği grafiğinde bu palye seviyesi kullanılmamıştır. Bu seviyenin haricindeki, palye seviyelerinin 0 , -0.02 m ve -0.04 m olduğu deneyler kullanılmıştır. Gerçekçi sonuçlar için düzenli dalga durumunda da bu palye seviyelerindeki deneyler dikkate alınmıştır. Bu sebepten dolayı şev eğiminin $1/2$ olduğu durumda 96 adet deney yapılmasına rağmen Şekil 61'de 36 adeti düzensiz dalga ve 36 adeti düzenli dalga için olmak üzere 72 adet deneyden elde edilen verilerin kullanıldığı görülmektedir.

4.4. Yapı Şev Eğiminin $1/1.5$ Olduğu Durumda Palye Genişliğine Bağlı Olarak Boyutsuz Dalga Tırmanma Yüksekliği ve Aşan Dalga Oranının İrdelenmesi

Bu başlık altında şev eğiminin $1/1.5$ olduğu durumda yapılan deneylerde palye genişliğinin boyutsuz dalga tırmanma yüksekliği ile aşan dalga oranı üzerindeki etkisi irdelenmiştir.

Şekil 62'de düzensiz dalga ve $\tan\alpha = 1/1.5$ durumunda palye genişliğine bağlı olarak boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin dalga dikliğine göre değişimi verilmektedir.

Şekil 62 incelendiğinde düzensiz dalgalarda şev eğiminin $1/1.5$ olduğu durumda yapılan deneylerde $H_{m0}/gT^2 \cdot 10^{-3}$ değeri yani dalga dikliği arttıkça boyutsuz en büyük dalga tırmanma yüksekliği olan R_{umax}/H_{m0} değerinin azaldığı gözlemlenmektedir. Boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin en büyük değerlerini palye genişliğinin 10 cm olduğu durumda aldığı gözlemlenirken en küçük değerlerini ise palye genişliğinin 15 cm olduğu durumda aldığı görülmektedir. Şev eğiminin $1/1.5$ olduğu durumun nispeten dik olmasının, farklı palye genişlikleri için boyutsuz dalga tırmanma yüksekliklerinin şev eğiminin $1/2$ olduğu duruma göre birbirlerine daha yakın değerler almasına sebep olduğu gözlemlenmektedir. Başka bir ifadeyle şev eğiminin yatık eğimden uzaklaşmasının palyenin olumlu etkilerinden faydalanılmasını zorlaştırabileceği görülmektedir.



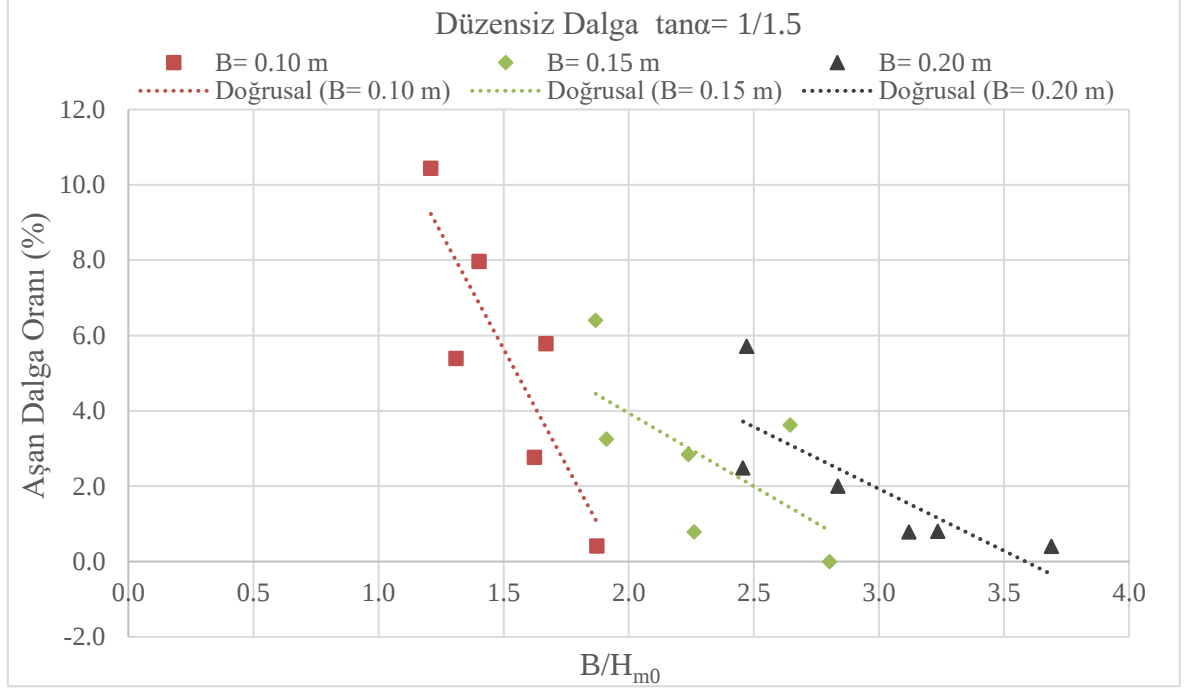
Şekil 62. Düzensiz dalga ve $\tan\alpha = 1/1.5$ durumunda palye genişliğine bağlı olarak boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin dalga dikliğine göre değişimi

Palye genişliğinin 0 olduğu geleneksel kıyı yapısı durumunda $H_{m0}/gT^2 \cdot 10^{-3}$ değeri 2.401-3.705 arasında değişiklik gösterirken boyutsuz dalga tırmanma yüksekliği 3.162-2.345 arasında değişiklik göstermektedir. Palye genişliğinin 10 cm olduğu durumda $H_{m0}/gT^2 \cdot 10^{-3}$ değeri 2.576-3.530 arasında değişiklik gösterirken boyutsuz dalga tırmanma yüksekliği 3.269-2.338 arasında değişiklik göstermektedir. Palye genişliğinin 15 cm olduğu durumda $H_{m0}/gT^2 \cdot 10^{-3}$ değeri 2.611-3.926 arasında değişirken boyutsuz dalga tırmanma yüksekliği 2.950-2.065 arasında değişmektedir. Palye genişliğinin 20 cm olduğu durumda ise $H_{m0}/gT^2 \cdot 10^{-3}$ değeri 2.562-3.938 arasında değişirken boyutsuz dalga tırmanma yüksekliği 2.952-2.179 arasında değişmektedir.

Düzensiz dalgalarda şev eğiminin 1/1.5, palye seviyesinin +0.02 m ve 0 olduğu durumlarda aşan dalga oranının %2'den fazla olduğu deneyler bulunduğundan boyutsuz dalga tırmanma yüksekliği grafiğinde bu palye seviyeleri kullanılmamıştır. Palye seviyesinin -0.02 m ve -0.04 m olduğu deneylerden faydalanılmıştır. Bu sebeple düzensiz dalgalarda şev eğiminin 1/1.5 olduğu 48 adet deney yapılmasına rağmen Şekil 62'de 6 adet palye genişliği

0, 6 adeti palye genişliği 10 cm, 6 adeti palye genişliği 15 cm ve 6 adeti palye genişliği 20 cm için olmak üzere 24 adet deneyden elde edilen verilerin kullanıldığı görülmektedir.

Şekil 63'te düzensiz dalga ve $\tan\alpha = 1/1.5$ durumunda palye genişliğine bağlı olarak aşan dalga oranının boyutsuz palye genişliğine göre değişimi verilmektedir.



Şekil 63. Düzensiz dalga ve $\tan\alpha = 1/1.5$ durumunda palye genişliğine bağlı olarak aşan dalga oranının boyutsuz palye genişliğine göre değişimi

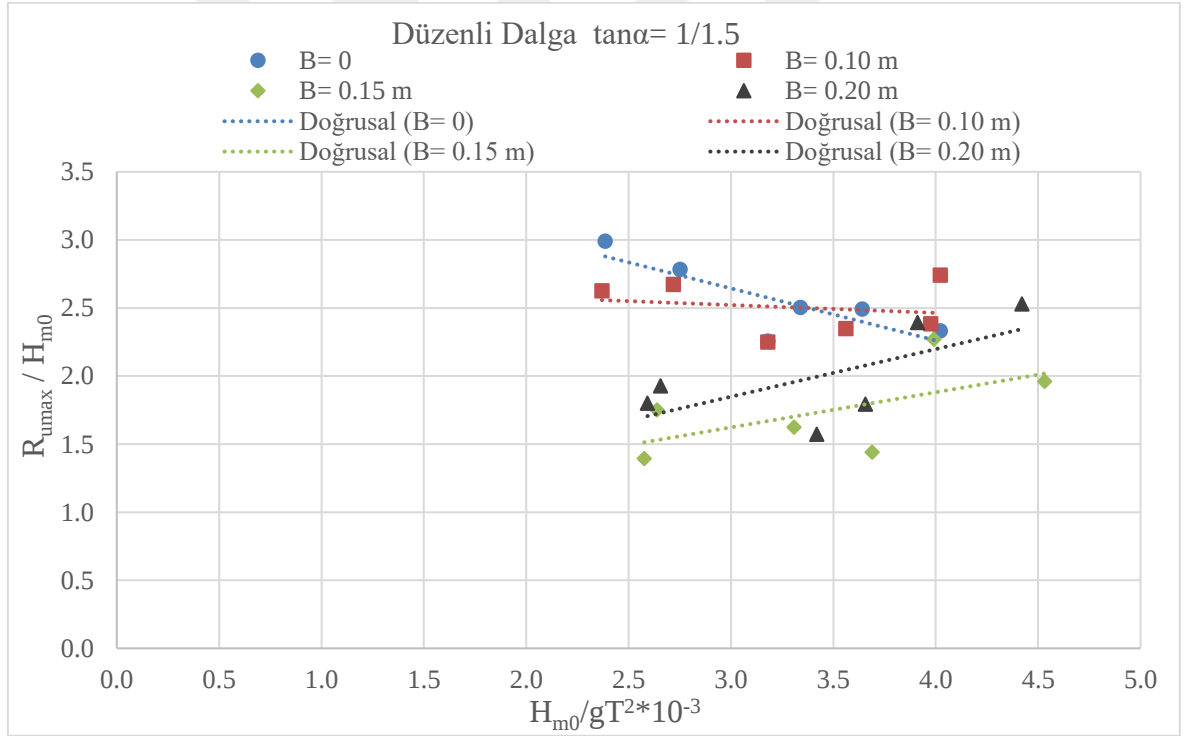
Şekil 63 incelendiğinde düzensiz dalgalarda, şev eğiminin $1/1.5$ olduğu durumda yapılan deneylerde B/H_{m0} değeri yani boyutsuz palye genişliği artarken aşan dalga oranının azaldığı görülmektedir. Ayrıca şev eğiminin $1/1.5$ olduğu durumda aşan dalga oranının palye genişliğindeki azalmadan yatık eğime kıyasla daha çok etkilendiği, eğilim çizgisinin de buna bağlı olarak dikleştiği görülmektedir. Aşan dalga oranının palye genişliğinin 10 cm olduğu durumda büyük değerler aldığı gözlemlenirken palye genişliğindeki artışla beraber bu değerlerin azalma eğiliminde olduğu gözlemlenmektedir.

Palye genişliğinin 10 cm olduğu durumda boyutsuz palye genişliği 1.209-1.873 aralığında değişirken aşan dalga oranı %10.442-%0.410 aralığında değişiklik göstermektedir. Palye genişliğinin 15 cm olduğu durumda boyutsuz palye genişliği 1.868-2.804 aralığında değişiklik gösterirken aşan dalga oranı %6.400-%0 aralığında değişmektedir. Palye genişliğinin 20 cm olduğu durumda ise boyutsuz palye genişliği 2.457-

3.690 aralığında değişirken aşan dalga oranı %5.714-%0.402 aralığında değişiklik göstermektedir.

Palye genişliğinin 0 olduğu durum olan geleneksel kıyı yapısı üzerinde yapılan deneylerde B/H_{m0} değerinin karşılığı bulunmadığından bu durumda yapılan deneyler Şekil 63'te kullanılmamıştır. Palye seviyesinin +0.02 m ve 0 olduğu durumlar, farklı palye genişliklerinde aşan dalga oranının %2'den fazla olduğu deneyleri bulunduran durumlar olduğundan kıyaslanabilir sonuçlara ulaşabilmek amacıyla bu palye seviyelerinde yapılan deneyler kullanılmıştır. Bu sebeplerden dolayı 6 adeti palye genişliği 10 cm, 6 adeti palye genişliği 15 cm ve 6 adeti palye genişliği 20 cm için olmak üzere 18 adet deneyden elde edilen verilerin kullanıldığı görülmektedir.

Şekil 64'te düzenli dalga ve $\tan\alpha = 1/1.5$ durumunda palye genişliğine bağlı olarak boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin dalga dikliğine göre değişimi verilmektedir.



Şekil 64. Düzenli dalga ve $\tan\alpha = 1/1.5$ durumunda palye genişliğine bağlı olarak boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin dalga dikliğine göre değişimi

Şekil 64 incelendiğinde düzenli dalgalarda, şev eğiminin 1/1.5 olduğu durumda yapılan deneylerde $H_{m0}/gT^2 \cdot 10^{-3}$ değerindeki yani dalga dikliğindeki değişikliklerle beraber boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinde oluşan değişim görülmektedir. Boyutsuz dalga

tırmanma yüksekliğinin en büyük değerlerini palye genişliğinin 0 olduğu yani palyenin bulunmadığı geleneksel kıyı yapısı durumunda aldığı görülürken en küçük değerlerini ise palye genişliğinin 15 cm olduğu durumda aldığı görülmektedir.

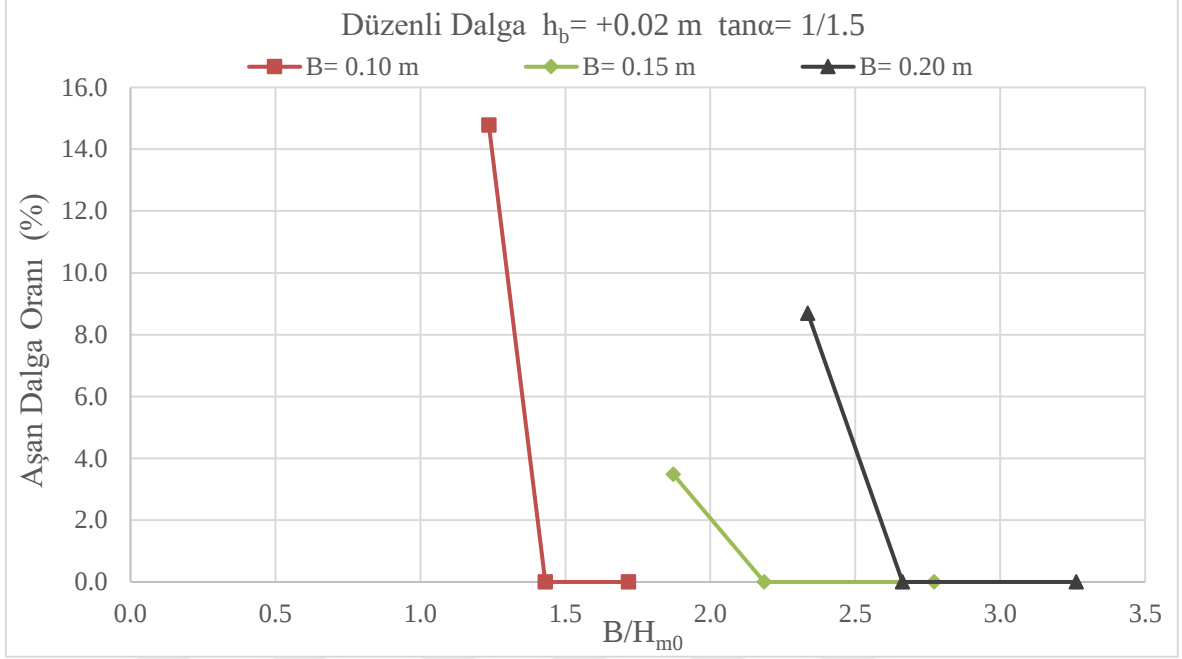
Palye genişliğinin 0 olduğu geleneksel kıyı yapısı durumunda $H_{m0}/gT^2 \cdot 10^{-3}$ değeri 2.385-4.023 arasında değişiklik gösterirken boyutsuz dalga tırmanma yüksekliği 2.991-2.256 arasında değişmektedir. Palye genişliğinin 10 cm olduğu durumda $H_{m0}/gT^2 \cdot 10^{-3}$ değeri 2.369-4.023 arasında değişirken boyutsuz dalga tırmanma yüksekliği 2.742-2.251 arasında değişiklik göstermektedir. Palye genişliğinin 15 cm olduğu durumda $H_{m0}/gT^2 \cdot 10^{-3}$ değeri 2.576-4.532 arasında değişiklik gösterirken boyutsuz dalga tırmanma yüksekliği 2.270-1.394 arasında değişmektedir. Palye genişliğinin 20 cm olduğu durumda ise $H_{m0}/gT^2 \cdot 10^{-3}$ değeri 2.592-4.421 arasında değişirken boyutsuz dalga tırmanma yüksekliği 2.530-1.573 arasında değişiklik göstermektedir.

Düzenli dalgalarda şev eğiminin 1/1.5, palye seviyesinin +0.02 m ve 0 olduğu durumlarda aşan dalga oranının %2'den fazla olduğu deneyler bulunduğundan boyutsuz dalga tırmanma yüksekliği grafiğinde bu palye seviyeleri kullanılmamıştır. Palye seviyesinin -0.02 m ve -0.04 m olduğu deneyler kullanılmıştır. Bu nedenle düzenli dalgalarda şev eğiminin 1/1.5 olduğu 48 adet deney yapılmasına rağmen Şekil 64'te 6 adeti palye genişliği 0, 6 adeti palye genişliği 10 cm, 6 adeti palye genişliği 15 cm ve 6 adeti palye genişliği 20 cm için olmak üzere 24 adet deneyden ulaşılan verilerin kullanıldığı görülmektedir.

Şekil 65'te düzenli dalga, $h_b = +0.02$ m ve $\tan\alpha = 1/1.5$ durumunda palye genişliğine bağlı olarak aşan dalga oranının boyutsuz palye genişliğine göre değişimi verilmektedir.

Şekil 65 incelendiğinde düzenli dalgalarda, şev eğiminin 1/1.5 ve palye seviyesinin +0.02 m olduğu durumda yapılan deneylerde B/H_{m0} değeri yani boyutsuz palye genişliğindeki artışla aşan dalga oranının azaldığı gözlemlenmektedir. Aşan dalga oranının palye genişliğinin 10 cm olduğu durumda büyük değer aldığı görülürken palye genişliğindeki artışla birlikte bu değer azalma eğiliminde olduğu görülmektedir.

Palye genişliğinin 10 cm olduğu durumda boyutsuz palye genişliği 1.236-1.718 aralığında değişirken aşan dalga oranı %14.783-%0 arasında değişiklik göstermektedir. Palye genişliğinin 15 cm olduğu durumda boyutsuz palye genişliği 1.873-2.773 aralığında değişiklik gösterirken aşan dalga oranı %3.478-%0 arasında değişmektedir. Palye genişliğinin 20 cm olduğu durumda ise boyutsuz palye genişliği 2.336-3.263 aralığında değişirken aşan dalga oranı %8.696-%0 arasında değişiklik göstermektedir.



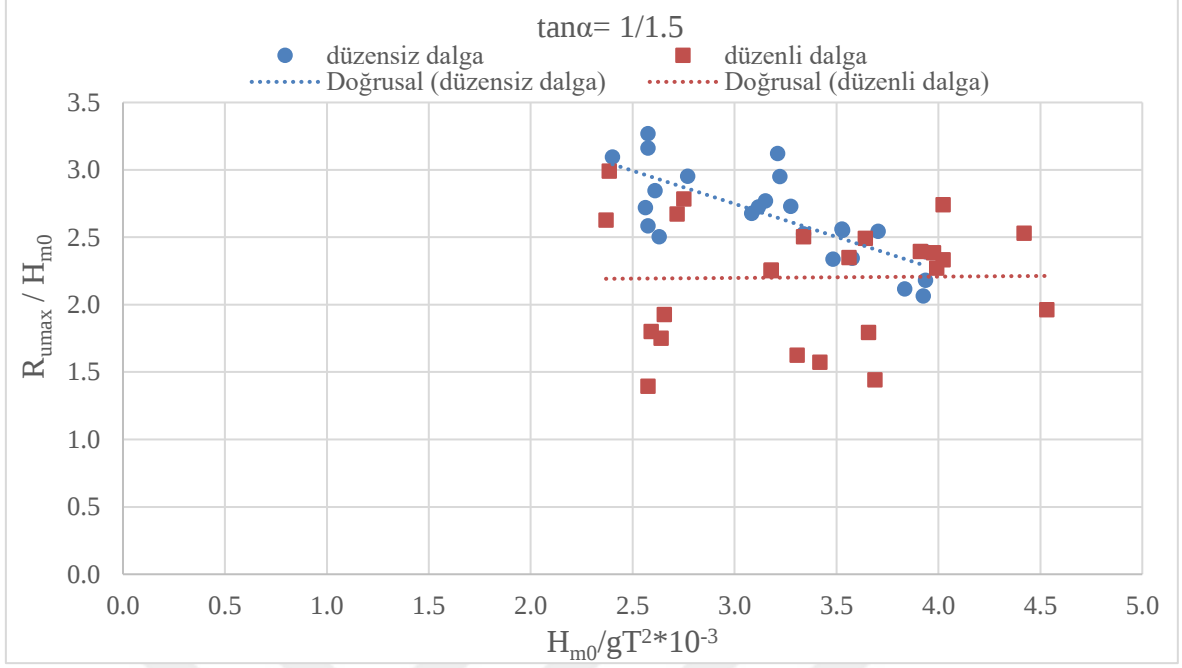
Şekil 65. Düzenli dalga, $h_b = +0.02$ m ve $\tan \alpha = 1/1.5$ durumunda palye genişliğine bağlı olarak aşan dalga oranının boyutsuz palye genişliğine göre değişimi

Palye genişliğinin 0 olduğu durum olan geleneksel kıyı yapısı üzerinde yapılan deneylerde B/H_{m0} değerinin karşılığı bulunmadığından bu durumda gerçekleştirilen deneylerden Şekil 65'te faydalanılamamıştır. Palye seviyesinin +0.02 m olduğu durum farklı palye genişliklerinde aşan dalga oranının %2'den fazla olduğu deneyleri barındıran tek ortak durum olduğundan karşılaştırılabilir sonuçlara erişebilmek için bu palye seviyesinde yapılan deneyler kullanılmıştır. Bu nedenlerden ötürü 3 adeti palye genişliği 10 cm, 3 adeti palye genişliği 15 cm ve 3 adeti palye genişliği 20 cm için olmak üzere 9 adet deneyden elde edilen verilerin kullanıldığı görülmektedir.

4.5. Yapı Şev Eğimi 1/1.5 Olduğunda Dalga Durumuna (Düzensiz veya Düzenli) Bağlı Olarak Boyutsuz Dalga Tırmanma Yüksekliği ve Aşan Dalga Oranının İrdelenmesi

Bu başlık altında şev eğiminin 1/1.5 olduğu durumda yapılan deneylerde dalgaların düzensiz veya düzenli oluşunun boyutsuz dalga tırmanma yüksekliği ile aşan dalga oranı üzerindeki etkisi irdelenmiştir.

Şekil 66'da $\tan \alpha = 1/1.5$ olduğunda dalga durumuna (düzensiz veya düzenli) bağlı olarak boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin dalga dikliğine göre değişimi verilmektedir.



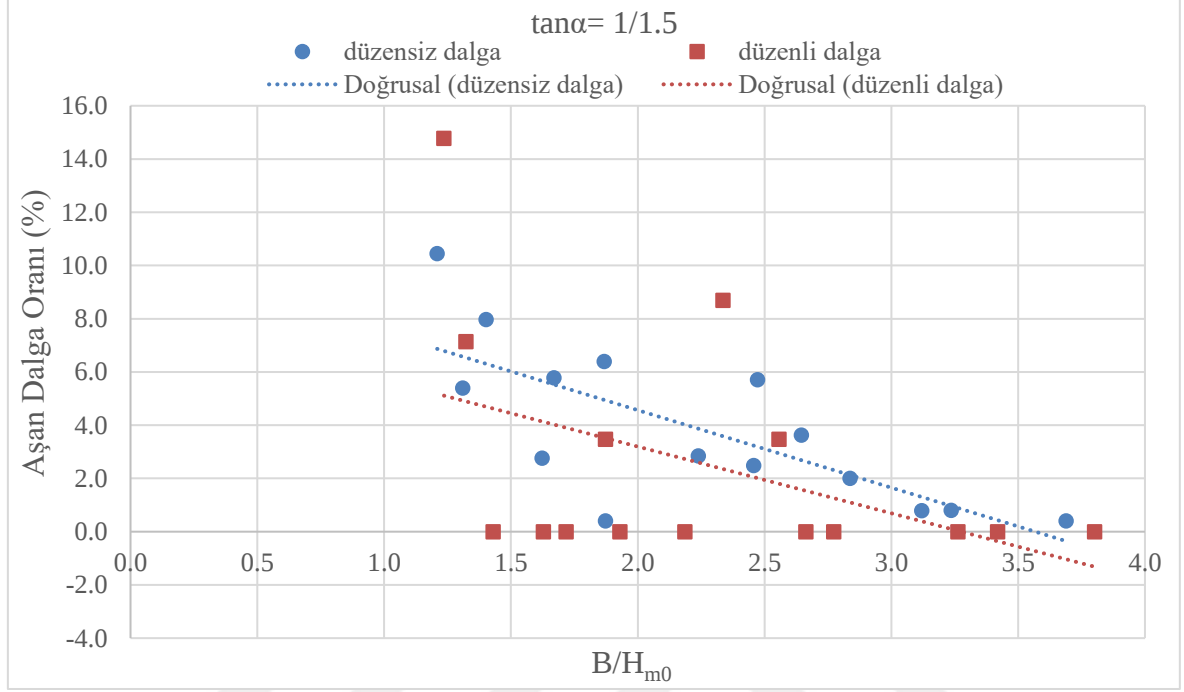
Şekil 66. $\tan\alpha = 1/1.5$ olduğunda dalga durumuna (düzensiz veya düzenli) bağlı olarak boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin dalga dikliğine göre değişimi

Şekil 66 incelendiğinde şev eğiminin $1/1.5$ olduğu durumda gerçekleştirilen deneylerde $H_{m0}/gT^2 \cdot 10^{-3}$ değeri yani dalga dikliğindeki değişimle birlikte boyutsuz en büyük dalga tırmanma yüksekliği olan R_{umax}/H_{m0} değerinin değişimi gözlemlenmektedir. İrdelenen dalga dikliği aralığında düzensiz dalga durumundaki boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin düzenli dalga durumuna göre daha büyük değerler aldığı görülmektedir.

Düzensiz dalga durumunda $H_{m0}/gT^2 \cdot 10^{-3}$ değeri $2.401-3.938$ arasında değişirken boyutsuz dalga tırmanma yüksekliği $3.269-2.065$ arasında değişiklik göstermektedir. Düzenli dalga durumunda ise $H_{m0}/gT^2 \cdot 10^{-3}$ değeri $2.369-4.532$ arasında değişirken boyutsuz dalga tırmanma yüksekliği $2.991-1.394$ arasında değişiklik göstermektedir.

Düzensiz dalga durumu şev eğimi $1/1.5$, palye seviyesi $+0.02$ m ve 0 olduğunda aşan dalga oranının $\%2$ 'den fazla olduğu deneyler bulundurduğundan boyutsuz dalga tırmanma yüksekliği grafiğinde bu palye seviyeleri kullanılmamıştır. Bu seviyelerin dışındaki, palye seviyelerinin -0.02 m ve -0.04 m olduğu deneyler kullanılmıştır. Gerçekçi sonuçlar için düzenli dalga durumunda da bu palye seviyelerindeki deneyler göz önünde tutulmuştur. Bu sebepten ötürü şev eğiminin $1/1.5$ olduğu durumda 96 adet deney yapılmasına rağmen Şekil 66'da 24 adeti düzensiz dalga ve 24 adeti düzenli dalga için olmak üzere 48 adet deneyden elde edilen verilerin kullanıldığı gözlemlenmektedir.

Şekil 67’de $\tan\alpha = 1/1.5$ olduğunda dalga durumuna (düzensiz veya düzenli) bağlı olarak aşan dalga oranının boyutsuz palye genişliğine göre değişimi verilmektedir.



Şekil 67. $\tan\alpha = 1/1.5$ olduğunda dalga durumuna (düzensiz veya düzenli) bağlı olarak aşan dalga oranının boyutsuz palye genişliğine göre değişimi

Şekil 67 incelendiğinde şev eğiminin $1/1.5$ olduğu durumda yapılan deneylerde B/H_{m0} değeri yani boyutsuz palye genişliği artarken aşan dalga oranının azaldığı ve düzenli dalga durumunda aşan dalga oranının düzensiz dalga durumuna göre daha küçük değerler aldığı görülmektedir.

Düzensiz dalga durumunda boyutsuz palye genişliği 1.209-3.690 arasında değişirken aşan dalga oranı %10.442-%0.402 arasında değişmektedir. Düzenli dalga durumunda ise boyutsuz palye genişliği 1.236-3.802 arasında değişirken aşan dalga oranı %14.783-%0 arasında değişmektedir. Aşan dalga oranı en büyük değeri olan %14.783 değerini düzenli dalgalarda palye genişliği 10 cm ve palye seviyesi +0.02 m olduğunda almıştır. Bu da düzenli dalgaların özellikle dik şev eğiminde, palye genişliği ve sakin su seviyesiyle kret kotu arasındaki mesafe olan hava payı azaldıkça aşan dalga oranı bakımından düzensiz dalgalara göre daha kritik olabileceği ihtimalini gösterir.

Palye genişliğinin 0 olduğu durum olan geleneksel kıyı yapısı üzerinde yapılan deneylerde B/H_{m0} değerinin karşılığı olmadığından bu durumda gerçekleştirilen deneyler

Şekil 67 oluşturulurken kullanılmamıştır. Aşan dalga oranının %2'den fazla olduğu deneyler her iki dalga durumunda da ortak olarak palye seviyesi +0.02 m ve 0 olduğunda görülmektedir. Dolayısıyla kıyaslanabilirlik açısından bu palye seviyelerinde yapılan deneyler dikkate alınmıştır. Ayrıca düzenli dalgada, palye genişliğinin 15 cm, palye seviyesinin 0 olduğu durumda yapılan deneylerde aşan dalga oranının %2'nin üzerinde olmadığı gözlemlenmiştir. Bu nedenle karşılaştırılabilirlik açısından hem düzenli dalga hem de düzensiz dalgada palye genişliğinin 15 cm, palye seviyesinin 0 olduğu durumda yapılan deneyler göz önünde tutulmamıştır. Bu sebeplerden ötürü 15 adet düzensiz dalga ve 15 adet düzenli dalga için olmak üzere 30 adet deneyden elde edilen veriler kullanılmıştır.

4.6. Elde Edilen Sonuçlar, Literatürle Karşılaştırma ve Eleştiri

Düzensiz dalgada yapılan deneylerde yapı şev eğiminin 1/2 olduğu durumda boyutsuz en büyük dalga tırmanma yüksekliği olan R_{umax}/H_{m0} değeri yapı şev eğimi 1/1.5 olduğu duruma kıyasla daha küçük değerler almaktadır. Yapı şev eğiminin 1/1.5 olduğu durumda boyutsuz en büyük dalga tırmanma yüksekliğinin yapı şev eğiminin 1/2 olduğu duruma göre ortalama %39.517 arttığı belirlenmiştir.

Düzensiz dalgada palye seviyesinin +0.02 m olduğu durumda yapılan deneylerde yapı şev eğiminin 1/2 olduğu durumda aşan dalga oranı yapı şev eğiminin 1/1.5 olduğu duruma kıyasla daha küçüktür. Yapı şev eğiminin 1/1.5 olduğu durumda aşan dalga oranı ortalama %5.065 değerini alırken yapı şev eğiminin 1/2 olduğu durumda ortalama %1.039 değerini aldığı belirlenmiştir.

Düzenli dalgada gerçekleştirilen deneylerde yapı şev eğiminin 1/2 olduğu durumda boyutsuz en büyük dalga tırmanma yüksekliği olan R_{umax}/H_{m0} değeri yapı şev eğimi 1/1.5 olduğu duruma göre daha küçük değerler almaktadır. Yapı şev eğiminin 1/1.5 olduğu durumda boyutsuz en büyük dalga tırmanma yüksekliğinin yapı şev eğiminin 1/2 olduğu duruma göre ortalama %51.340 artış gösterdiği belirlenmiştir.

Düzenli dalgada yapı şev eğiminin 1/2 olduğu durumda aşan dalga oranının %2'den fazla olduğu tek deney bulunmaktadır. Bu deneydeki model palyesiz geleneksel kıyı yapısı olduğundan aşan dalga oranı grafiğinde B/H_{m0} değerinin karşılığı bulunmamaktadır. Bu sebepten ötürü düzenli dalga durumunda şev eğimleri aşan dalga oranı açısından karşılaştırılmamıştır.

Düzensiz dalgada, yapı şev eğiminin 1/2 ve palyenin bulunmadığı durumda yapılan deneylerde boyutsuz en büyük dalga tırmanma yüksekliği olan R_{umax}/H_{m0} ortalama 1.996 değerini almaktadır. Bu değer palye genişliği 10 cm olduğunda %4.409, palye genişliği 15 cm olduğunda %4.760 ve palye genişliği 20 cm olduğunda %16.333 azaldığı belirlenmiştir.

Düzensiz dalgada, yapı şev eğiminin 1/2, palye genişliğinin 10 cm ve palye seviyesinin +0.02 m olduğu durumda gerçekleştirilen deneylerde aşan dalga oranı ortalama %1.211 değerini almaktadır. Bu değer palye genişliği 15 cm olduğunda %1.088 ve palye genişliği 20 cm olduğunda %0.819 olduğu belirlenmiştir.

Düzenli dalgada, yapı şev eğiminin 1/2 ve palyenin bulunmadığı durumda yapılan deneylerde boyutsuz en büyük dalga tırmanma yüksekliği olan R_{umax}/H_{m0} ortalama 1.634 değerini almaktadır. Bu değer palye genişliği 10 cm olduğunda %17.258, palye genişliği 15 cm olduğunda %19.523 ve palye genişliği 20 cm olduğunda %8.874 azaldığı belirlenmiştir.

Yapı şev eğimi 1/2 olduğunda gerçekleştirilen deneylerde düzenli dalga durumunda boyutsuz en büyük dalga tırmanma yüksekliği olan R_{umax}/H_{m0} değeri düzensiz dalga durumuna göre daha küçük değerler almaktadır. Düzensiz dalga durumunda boyutsuz en büyük dalga tırmanma yüksekliğinin düzenli dalga durumuna göre ortalama %29.164 artış gösterdiği belirlenmiştir.

Düzensiz dalgada, yapı şev eğiminin 1/1.5 ve palyenin bulunmadığı durumda gerçekleştirilen deneylerde boyutsuz en büyük dalga tırmanma yüksekliği olan R_{umax}/H_{m0} ortalama 2.725 değerini almaktadır. Bu değer palye genişliği 10 cm olduğunda %1.431 arttığı ve palye genişliği 15 cm olduğunda %8.000, palye genişliği 20 cm olduğunda %3.743 azaldığı belirlenmiştir.

Düzensiz dalgada, yapı şev eğiminin 1/1.5 ve palye genişliğinin 10 cm olduğu durumda yapılan deneylerde aşan dalga oranı ortalama %5.461 değerini almaktadır. Bu değer palye genişliği 15 cm olduğunda %2.819 ve palye genişliği 20 cm olduğunda %2.033 olduğu belirlenmiştir.

Düzenli dalgada, yapı şev eğiminin 1/1.5 ve palyenin bulunmadığı durumda yapılan deneylerde boyutsuz en büyük dalga tırmanma yüksekliği olan R_{umax}/H_{m0} ortalama 2.560 değerini almaktadır. Bu değer palye genişliği 10 cm olduğunda %2.188, palye genişliği 15 cm olduğunda %31.992 ve palye genişliği 20 cm olduğunda %21.758 azaldığı belirlenmiştir.

Düzenli dalgada, yapı şev eğiminin 1/1.5, palye genişliğinin 10 cm ve palye seviyesinin +0.02 m olduğu durumda gerçekleştirilen deneylerde aşan dalga oranı ortalama

%4.928 değerini almaktadır. Bu değerin palye genişliği 15 cm olduğunda %1.159 ve palye genişliği 20 cm olduğunda %2.899 olduğu belirlenmiştir.

Yapı şev eğimi 1/1.5 olduğunda yapılan deneylerde düzenli dalga durumunda boyutsuz en büyük dalga tırmanma yüksekliği olan R_{umax}/H_{m0} değeri düzensiz dalga durumuna göre daha küçük değerler almaktadır. Düzensiz dalga durumunda boyutsuz en büyük dalga tırmanma yüksekliğinin düzenli dalga durumuna göre ortalama %20.572 arttığı belirlenmiştir.

Yapı şev eğimi 1/1.5 olduğunda gerçekleştirilen deneylerde düzenli dalga durumunda aşan dalga oranı düzensiz dalga durumuna göre daha küçük değerler almaktadır. Düzensiz dalga durumunda aşan dalga oranı ortalama %3.856 değerini alırken düzenli dalga durumunda ortalama %2.505 değerini almaktadır.

Elde edilen sonuçlarda, dalga dikliği ve palye genişliği arttıkça boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin genel olarak azaldığı gözlemlenmektedir. Bu sonuç, iki parametrede (dalga dikliği ve palye genişliği) incelendiği için Janardhan vd. (2012) ve Rao vd. (2011) yaptıkları çalışmalar başta olmak üzere Önceki Çalışmalar başlığında verilen birçok çalışmadan elde edilen sonuçlarla uyum içerisindedir (Diwedat, 2016; Rao vd., 2008; Rao vd., 2005; Rao vd., 2004).

Sonuçlarda, yapı şev eğimi olarak 1/1.5 yerine 1/2 kullanılmasıyla birlikte boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin azaldığı gözlemlenmektedir. Bu sonuç, Rao vd. (2008) yaptıkları çalışmadan elde edilen sonuçlarla uyumludur.

Elde edilen sonuçlarda, palye genişliğindeki artışla beraber aşan dalga oranının azaldığı görülmektedir. Arukan vd. (2018) de yaptıkları çalışmada palye varlığının aşmayı mühim ölçüde azalttığını gözlemlemişlerdir. Ayrıca Van der Meer ve Sigurdarson (2016), küçük palye genişliklerinin büyük palye genişliklerine göre daha fazla aşmaya neden olduğunu belirtmişlerdir.

Palye konumunun sakin su seviyesine yakın olduğu durumda dalga tırmanmasının küçük değerler aldığı birçok çalışmada belirtilmiştir (Rao vd., 2008; Rao vd., 2005). Yapılan çalışmada da palyenin özelliklerinden en iyi şekilde yararlanabilmek için palyenin sakin su seviyesi civarında olması gerektiği gözlemlenmiştir.

Bulgular bölümündeki tablo ve grafikler incelendiğinde; şev eğiminin 1/2 olduğu durumda yapılan deneylerde palye seviyesi +0.02 m olduğunda aşma görülürken, şev eğiminin 1/1.5 olduğu durumda yapılan deneylerde hem palye seviyesi +0.02 m olduğu durumda hem de palye seviyesi 0 olduğu durumda aşma görülmektedir. Bir başka ifadeyle

bu palye seviyelerinde aşan dalga oranının %2'den fazla olduğu deneyler bulunmaktadır. Ayrıca özellikle şev eğiminin 1/1.5 ve palye seviyesinin +0.02 m olduğu durumda üst şev gelen kuvvetlerin arttığı gözlemlenmiştir.

Palye seviyesinin -0.02 m ve -0.04 m olduğu durumlarda yapılan deneylerde aşan dalga oranının %2'den fazla olduğu durum gözlemlenmemektedir. Palye seviyesinin -0.04 m olduğu durumun aşma bakımından başarılı olduğu ancak palyenin olumlu etkilerinden faydalanılması ve stabilite bakımından aynı başarıyı gösteremediği gözlemlenmiştir. Palyenin sakin su seviyesinin fazla yukarısında konumlandırıldığı bu durumda özellikle alt şevin palye ile birleştiği kısma gelen kuvvetlerin arttığı, dalgaların palyede sönümlenmek yerine alt şevin üst kısımlarını zorladığı görülmüştür. Bu sebeplerden ötürü, yapılan çalışma kapsamında palye seviyesinin -0.02 m olduğu durumun başarılı olduğu belirtilebilir.

Laboratuvardaki mevcut dalga kanalı ve donanımının düzensiz dalga üretmede başarılı olduğu belirlenirken, düzenli dalga üretmede aynı başarıyı gösteremediği gözlemlenmiştir. Bu durumun sebebi olarak, dalga üretim düzeneğinin daha ziyade düzensiz dalgalarda çalışmaya yönelik bir sisteme sahip olduğu gösterilebilir. Mevcut dalga üretim düzeneğinde, dalga paletinin dalga kanalının tabanına eklemli bir şekilde tutturulduğu, motorun flanşına eklemli bir şekilde tutturulan kolun diğer taraftan da dalga paletine eklemli olduğu ve motorun flanşındaki bu eklemli kolun boyu değiştirilerek dalga yüksekliğinin belirlendiği manuel bir sistemle düzenli dalga üretmede daha başarılı olunabilir. Ancak bu durumda da düzensiz dalga üretimi söz konusu olamamaktadır.

Bahsedilen sebeplerden ötürü, düzensiz dalgalarda yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar büyük ölçüde literatürle uyuşurken, düzenli dalgalarda yapılan deneyler uyumsuz dalga hareketleri barındırdığından literatürle uyuşmayan sonuçlar da elde edilmiştir. Ancak, düzensiz veya düzenli dalga durumuna göre boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin ve aşan dalga oranının nasıl etkileneceği hususunda genel verilere ulaşabilmek amacıyla düzenli dalgalarda yapılan deneylerden elde edilen sonuçlara çalışmada yer verilmiştir.

Hem düzenli dalga hem de düzensiz dalga durumunda yapılan deneylerden elde edilen kendi içerisinde tutarsız ve/veya literatürle uyum içerisinde olmayan sonuçlar, önceki çalışmalara kıyasla daha küçük bir ölçek kullanılmasıyla ilişkilendirilebilir. Küçük bir ölçeğin, dalga hareketlerini tanımlamada daha büyük bir ölçeğe göre başarısı azalabilmektedir. Mevcut dalga kanalında yapı önü tarafı derin denize göre sığ olduğundan model ölçeği buna bağlı olarak küçük seçilmiştir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Düzensiz ve düzenli dalgalarda yapılan deneylerde, yapı şev eğiminin 1/2 olduğu durumda boyutsuz en büyük dalga tırmanma yüksekliği olan R_{umax}/H_{m0} değerleri yapı şev eğiminin 1/1.5 olduğu duruma göre azalmaktadır.

Düzensiz ve düzenli dalgalarda yapılan deneylerde, yapı şev eğiminin 1/2 olduğu durumda aşan dalga oranları yapı şev eğiminin 1/1.5 olduğu duruma göre azalmaktadır.

Düzensiz ve düzenli dalgalarda yapılan deneylerde, boyutsuz en büyük dalga tırmanma yüksekliği olan R_{umax}/H_{m0} değerleri ve aşan dalga oranları palye genişliğindeki artışla birlikte genel olarak azalmaktadır.

Yapılan deneylerde incelenen dalga şartları için düzensiz dalga durumunda boyutsuz en büyük dalga tırmanma yüksekliği olan R_{umax}/H_{m0} değerleri düzenli dalga durumuna göre artmaktadır.

Yapılan deneylerde incelenen dalga şartları için düzensiz dalga durumunda aşan dalga oranları düzenli dalga durumuna kıyasla artış göstermektedir.

Çalışmada dalga yüksekliği artırılmaya çalışılmış olsa da fiziksel olanaklar buna izin vermemiştir. Kıyı yapısının tırmanma ve aşma açısından değerlendirilmesinde, dalga yüksekliği bu çalışmada kullanılan değerlerden daha büyük olan dalgalarda çalışmak elde edilen verilerin gerçekçiliğini arttıracaktır. Ayrıca deneylerin geniş bir periyot aralığında gerçekleştirilmesi dalga dikliği etkisinin daha açık bir biçimde ortaya çıkmasına olanak tanıyacaktır.

Bu çalışmada, dalga üretim şartları, kanal boyutları, yapılacak kıyı koruma yapısı modeli ve laboratuvarın fiziksel imkânları göz önünde tutulduğunda yapılacak tüm deney koşullarını sağlayabilecek en büyük ölçek olan 1/50 ölçeği kullanılmıştır. Dalga tırmanması ve dalga aşması için yapılan modellemelerde, bu çalışmada kullanılan ölçekten daha büyük olan ölçeklerin kullanılması elde edilen verilerin geçerliliğini arttıracaktır.

Çalışmada stabilite problemleri araştırılmadığından nispeten büyük çapta malzemeler kullanılmıştır. Stabilite ve hasarın değerlendirilebilmesi amacıyla yer değiştirmeye olanak tanıyacak daha küçük çapta malzemeler kullanılması yararlı olacaktır.

Deneysel verilerin, bilgisayar destekli sayısal modellemeden elde edilen verilerle karşılaştırılarak değerlendirilmesi faydalı olacaktır.

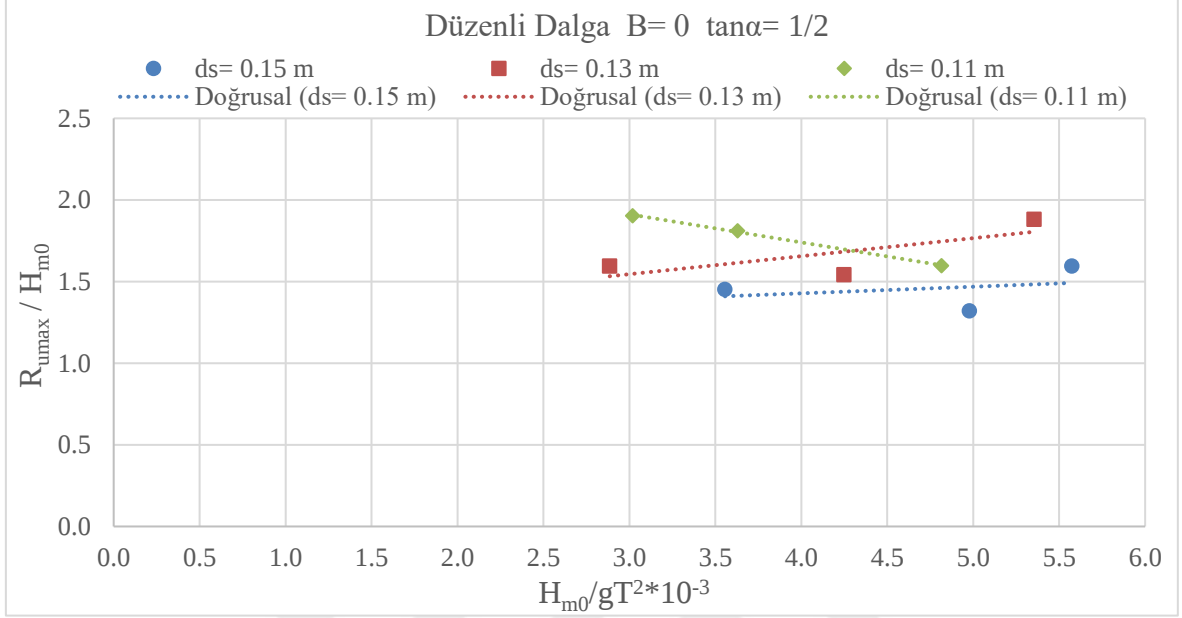
6. KAYNAKLAR

- Andersen, T. L. (2006). *Hydraulic Response of Rubble Mound Breakwaters: Scale Effects-Berm Breakwaters*. Aalborg: Aalborg University, Department of Civil Engineering, Hydraulics & Coastal Engineering Laboratory.
- Arana, A. H. (2017). *Wave Run-up on Beaches and Coastal Structures*, University College London, Department of Civil, Environmental and Geomatic Engineering, Doktora Tezi, Londra.
- Arukan, Ş., Çevik, E., Yüksel, Y., & Şahin, C. (2018). Basamaklı Dalgakıranlarda Dalga Aşmasının Deneysel Araştırılması. 9. *Kıyı Mühendisliği Sempozyumu, Bildiriler Kitabı*, s. 240-251. Adana.
- AYGM (2016). *Kıyı Yapıları Planlama ve Tasarım Teknik Esasları*. Ankara: T.C. Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı Altyapı Yatırımları Genel Müdürlüğü.
- Bilgin, R., & Ertaş, B. (1988). *Kıyı Karayolunun Dalga Etkilerinden Korunması İçin Taş Dolgu Koruyucu Yapıların Projelendirilmesi Sonuç Raporu*. Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi.
- Brunn, P., & Johannesson, P. (1976). Parameters Affecting Stability of Rubble Mounds. *J. Waterway, Harbors and Coastal Engineering Division, ASCE*, 102, 141-163.
- CERC (2002). *Coastal Engineering Manual (CEM)*. USA: U.S. Army Corps of Engineers, Coastal Engineering Research Center.
- CERC (1984). *Shore Protection Manual. Fourth Edition*. Washington: US Army WES.
- Çataklı, O. N. (1963). *Model Tekniği*. İstanbul: Kutulmuş Matbaası.
- Diwedat, A. I. (2016). Investigating the Effect of Wave Parameters on Wave Runup. *Alexandria Engineering Journal*, 55, 627–633.
- Ergin, A. (1996). *Denizlerimiz ve Kıyılarımız. I. Ulusal Kıyı Mühendisliği Sempozyumu*. Samsun.
- Ergin, A., Günbak, A. R., & Yanmaz, A. M. (1989). Rubble Mound Breakwaters with S-shape Design. *J. Waterway, Port, Coastal, Ocean Eng., ASCE*, 115(5), 579-593.
- EurOtop (2016). *Manual on Wave Overtopping of Sea Defences and Related Structures. 2. Baskı*. Hollanda: The EurOtop Team.
- Gültekin, C. (2017). *Basamaklı Dalgakıranların Hidrolik Performansı*. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Gülver Gültekin, M. (2017). *Basamaklı Dalgakıranlarda Stabilité*. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

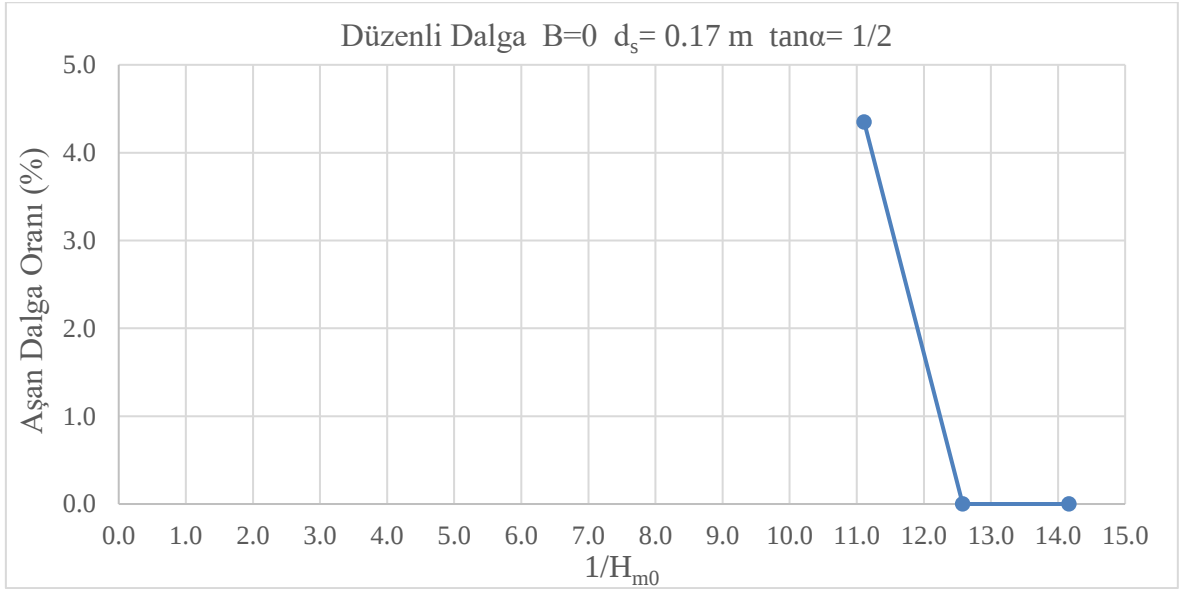
- Hasselmann, K., Ross, D. B., Müller, P., & Sell, W. (1976). A Parametric Wave Prediction Model. *J. Phys. Oceanogr.*, 6, 200-228.
- Hughes, S. A. (2004). Estimation of Wave Run-up on Smooth, Impermeable Slopes Using the Wave Momentum Flux Parameter. *Coast. Eng.*, 51, 1085–1104.
- Hunt, J. R. (1959). Design of Sea Walls and Breakwaters. *J. of Waterways Ports, Coastal and Ocean Div., ASCE*, 85(3), 123-152.
- Hunt, J. R. (1979). Direct Solution of Wave Dispersion Equation. *J. of Waterways Ports, Coastal and Ocean Eng., ASCE*, 105.
- Iribarren, C.R., & Nogales, S. (1949). Protection of Ports. *Proceeding of the 17th Congress, Int. Assoc Navigation Congresses*. Lizbon.
- Janardhan, P., Rao, S., Shirlal, K. G., Rao, K. B., & Vishwanath, N. (2012). Wave Run-up, Run-down Studies on Reshaped Berm Breakwater with Artificial Armour Units. *International Journal of Earth Sciences and Engineering*, 05(04), 1052-1056.
- Janardhan, P., Rao, S., & Shirlal, K. G. (2018). Reshaping Berm Breakwaters: A Physical Model Study. *Indian Journal of Geo Marine Sciences*, 47(05), 1050-1057.
- Kankal, M. (2010). *Liman İçi Çalkantılarının Fiziksel ve Sayısal Modellenmesi*. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon.
- Kapdaşlı, S. (1992). *Kıyı Mühendisliği*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Matbaası.
- Mase, H. (1988). Spectral Characteristics of Random Wave Run-up. *Coastal Engineering*, 12(2), 175-189.
- Milanian, F., Niri, M. Z., & Natafi-Jilani, A. (2017). Effect of Hydraulic and Structural Parameters on the Wave Run-up over the Berm Breakwaters. *International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering*, 9(3), 282-291.
- Muir, W. A. M., & Fleming, C. A. (1981). *Coastal Hydraulics*. Londra: Macmillan.
- Özbahçeci, B. Ö., Ergin, A., & Takayama, T. (2007). Dalga Kümeleşmesi ve Spektrum Biçiminin Taşdolgu Dalgakıranların Dengesine Etkisi. *6. Ulusal Kıyı Mühendisliği Sempozyumu, Bildiriler Kitabı*, s. 517-524. İzmir.
- Özölçer, İ. H. (1997). *Kıyı Korumasında Mahmuzların Etkilerinin Araştırılması*. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon.
- Pena, J. M., Gonzalez, J. F. S., & Sanchez, R. D. (2013). Wave Runup in a Sand Bed Physical Model. *J. Waterway, Port, Coastal, Ocean Eng., ASCE*, 11, 1-11.
- Pillai, K., Etemad-Shahidi, A., & Lemckert, C. (2019). Wave Run-up on Bermed Coastal Structures. *Applied Ocean Research*, 86, 188-194.

- Priest, M. S., Pugh, J. W., & Singh, R. (1964). Seaward Profile for Rubble Mound Breakwaters. *Proc. 9th Int. Conf. on Coastal Engineering, ASCE*, s. 553-559.
- Rao, S., Pramod, C., & Rao, B. (2004). Stability of Berm Breakwater with Reduced Armor Stone Weight. *Ocean Engineering*, 31, 1577-1589.
- Rao, S., Rao, K. B., & AVR P, R. (2006). Stability Aspect of Berm Breakwaters. *Proceedings of National Conference on Hydraulics and Water Resources, HYDRO-2006*.
- Rao, S., Shirlal K. G., & Kumar, M. (2009). Laboratory Investigations on Berm Breakwater Using Concrete Cubes as Artificial Armour Unit. *Conference: National Workshop on Present and Future Trends in Marine Geology and Geophysics*. Yeni Delhi.
- Rao, S., Shirlal, K. G., Rao, K. B., & Janardhan, P. (2011). Stability Analysis of Berm Breakwater with Concrete Cubes as Armour Units. *National Conference on Recent Developments in Civil Engineering, RDCE 2011*. Manipal.
- Rao, S., Shirlal K. G., Rao, K. B., & Janardhan P. (2011). Wave Run-up, Run-down Studies on Berm Breakwater with Concrete Cubes as Armour Units. *Proceedings of the Sixth International Conference on Asian and Pacific Coasts, APAC 2011*, s. 534-540. Hong Kong.
- Rao, S., Subrahmanya, K., Rao, K. B., & Chandramohan V. R. (2008). Stability Aspects of Nonreshaped Berm Breakwaters with Reduced Armor Weight. *J. Waterway, Port, Coastal, Ocean Eng.*, ASCE, 134(2), 81-87.
- Rao, S., Subrahmanya, K., Rao, K. B., & Chandramohan V. R. (2005). Wave Runup, Rundown and Stability Analysis on Berm Breakwater with 20% Reduced Armour Weight. *ISH Journal of Hydraulic Engineering*, 11(2), 90-100.
- Uzlu, E. (2010). *Kıyı Profilineki Yığılma Bölgesi Parametrelerinin Belirlenmesi*. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon.
- Uzlu, E. (2016). *Kıyıya Dik Katı Madde Hareketi Sonucu Oluşan Yığılma Profilineki Fiziksel Modelle İncelenmesi*. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon.
- Van der Meer, J. W., & Sigurdarson, S. (2016). *Design and Construction of Berm Breakwaters*. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.
- Wang, X., Lin, L. H., & Wang, H. (1994). Scaling Effects on Beach Response Physical Model. *24th Coastal Engineering Conference, ASCE*.
- Yüksek, Ö. (1995). *Kıyı Hidroliği Ders Notları*. Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü.
- Yüksel, Y., Çevik, E., & Çelikoğlu, Y. (1998). *Kıyı ve Liman Mühendisliği*. Ankara: TMMOB.
- Yüksel, Y., & Çevik, E. (2009). *Kıyı Mühendisliği*. İstanbul: BETA Yayınevi.

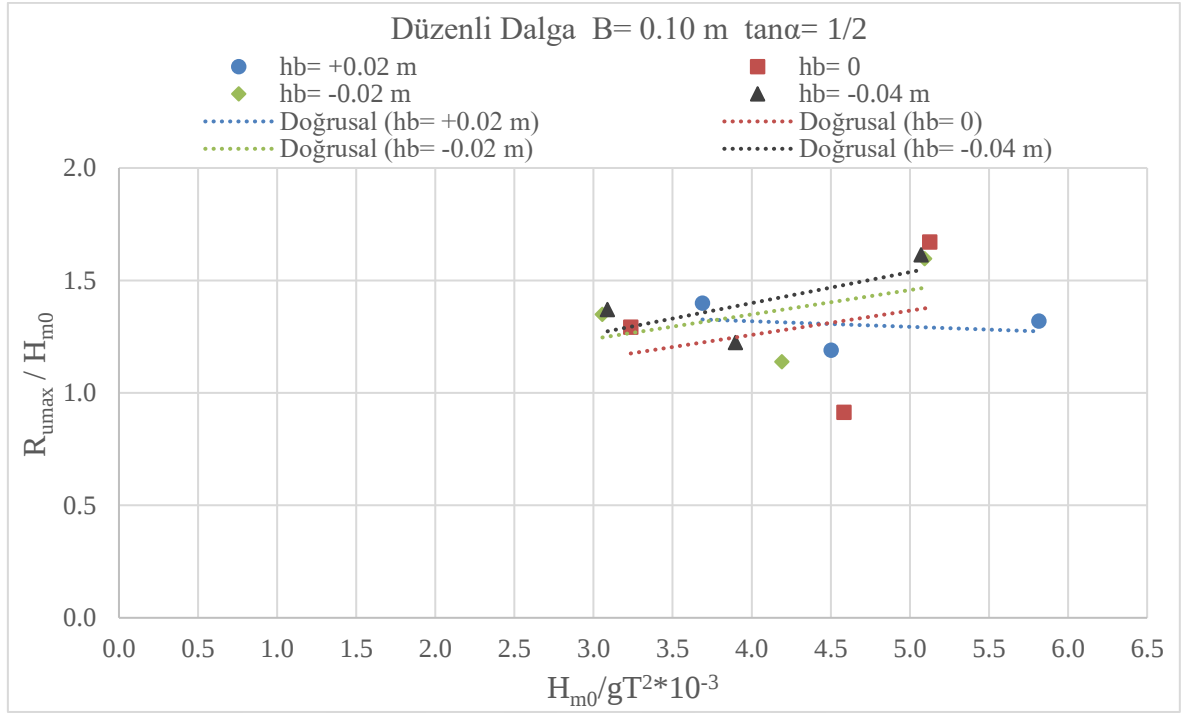
7. EKLER



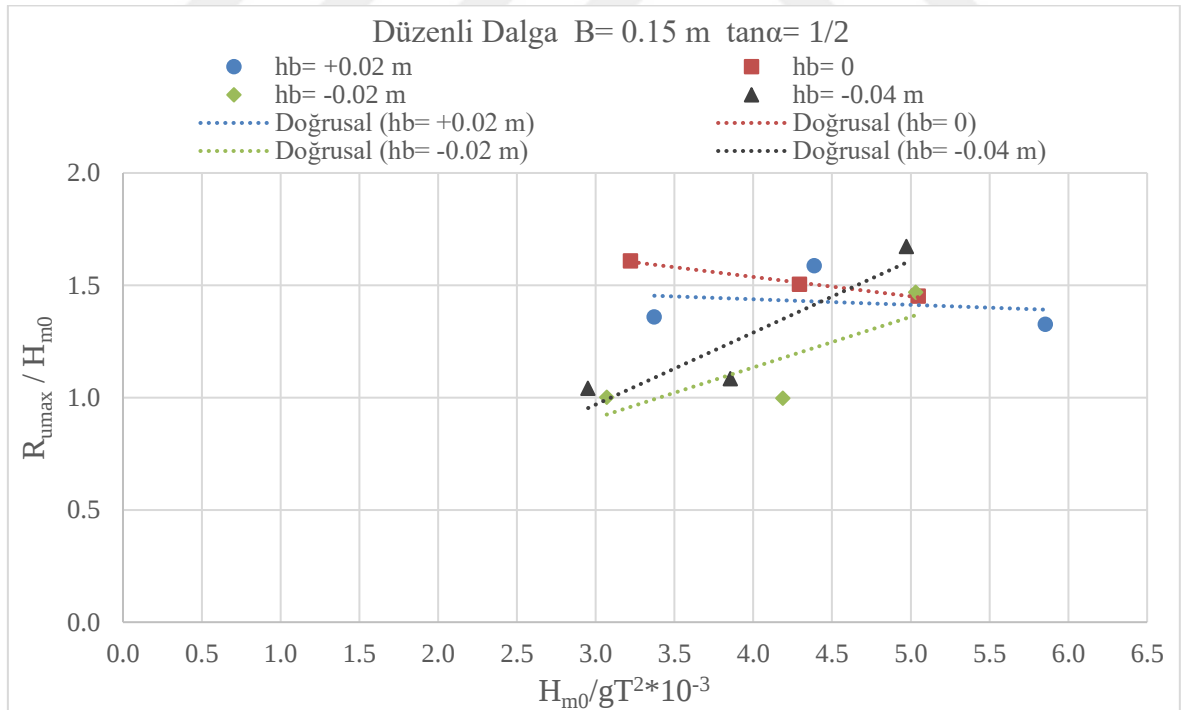
Ek Şekil 1. Düzenli dalga, $B=0$ ve $\tan\alpha=1/2$ durumunda boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin dalga dikliğine bağlı olarak değişimi



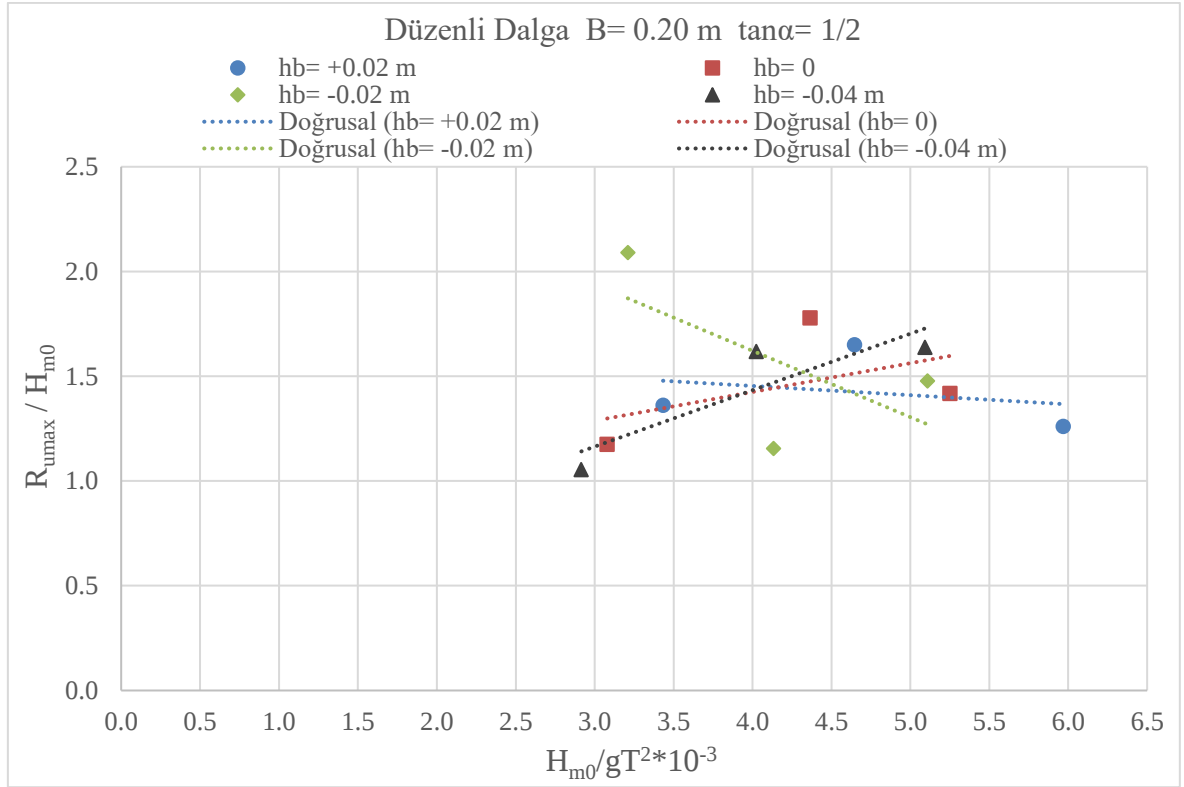
Ek Şekil 2. Düzenli dalga, $B=0$, $d_s=0.17$ m ve $\tan\alpha=1/2$ durumunda aşan dalga oranının $1/H_{m0}$ değerine bağlı olarak değişimi



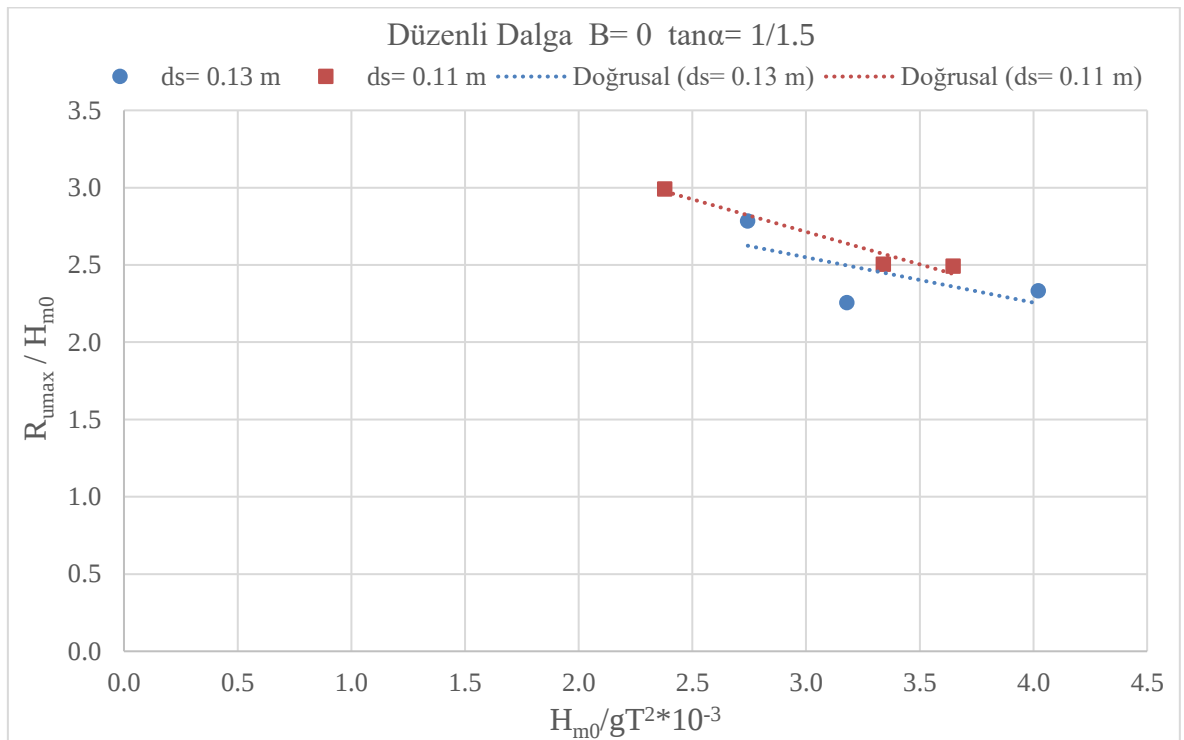
Ek Şekil 3. Düzenli dalga, $B = 0.10 \text{ m}$ ve $\tan\alpha = 1/2$ durumunda boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin dalga dikliğine bağlı olarak değişimi



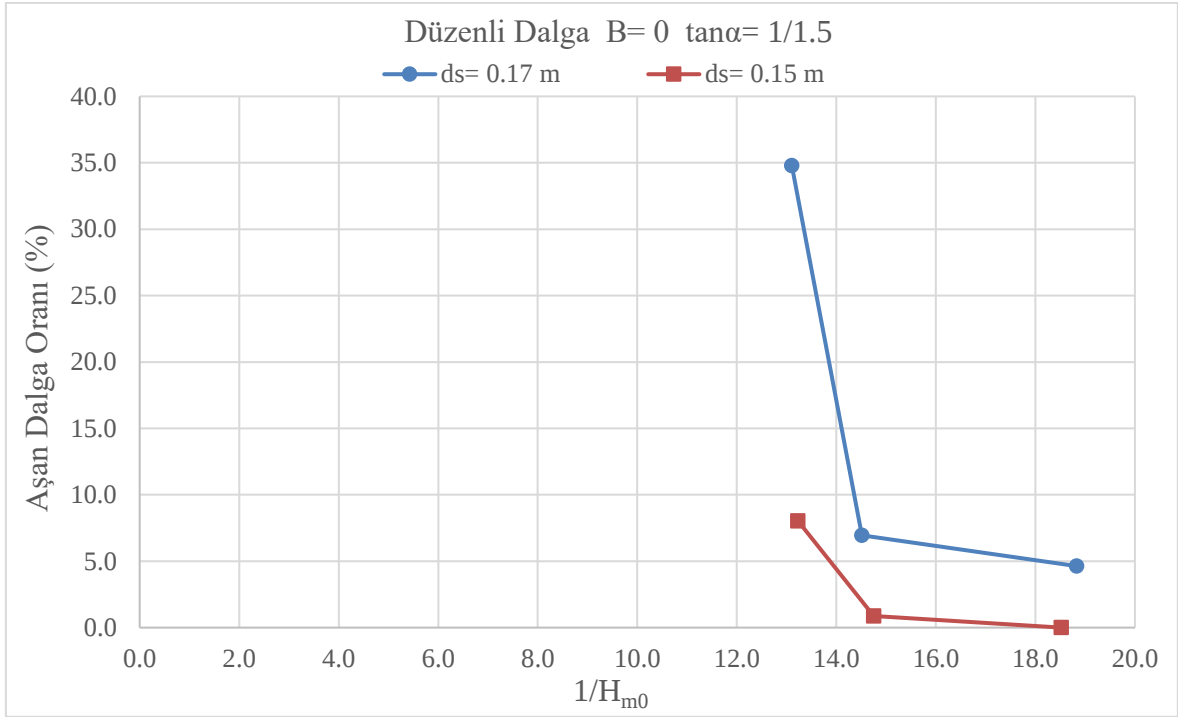
Ek Şekil 4. Düzenli dalga, $B = 0.15 \text{ m}$ ve $\tan\alpha = 1/2$ durumunda boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin dalga dikliğine bağlı olarak değişimi



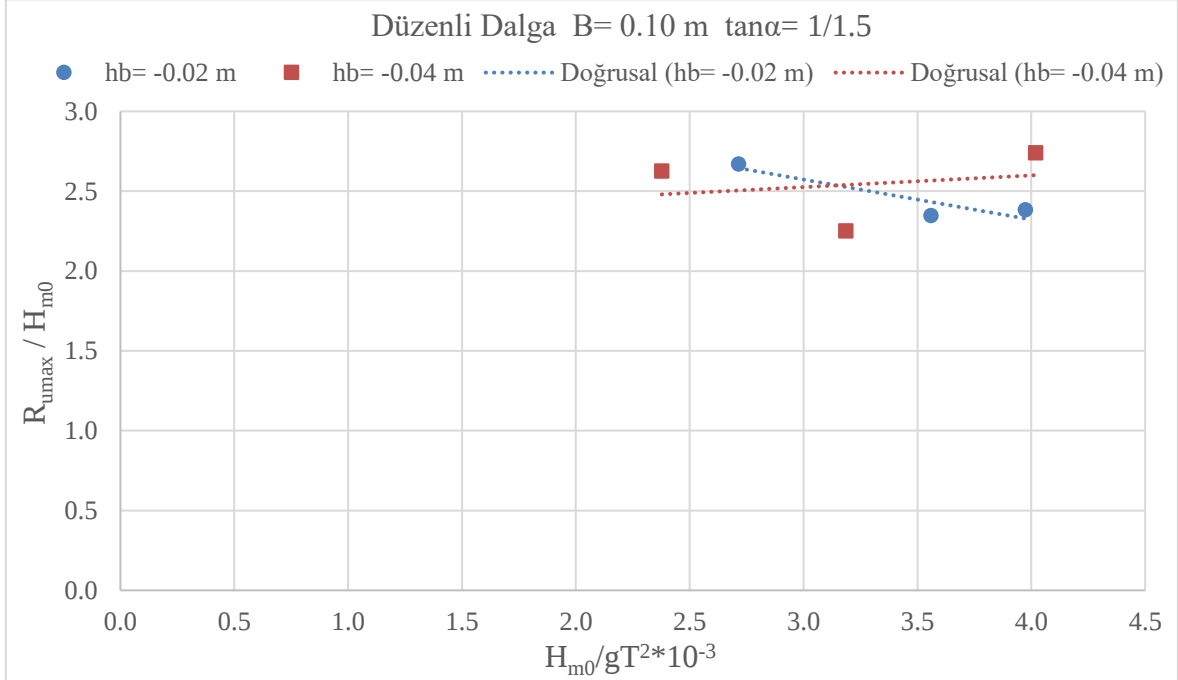
Ek Şekil 5. Düzenli dalga, $B = 0.20 \text{ m}$ ve $\tan\alpha = 1/2$ durumunda boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin dalga dikliğine bağlı olarak değişimi



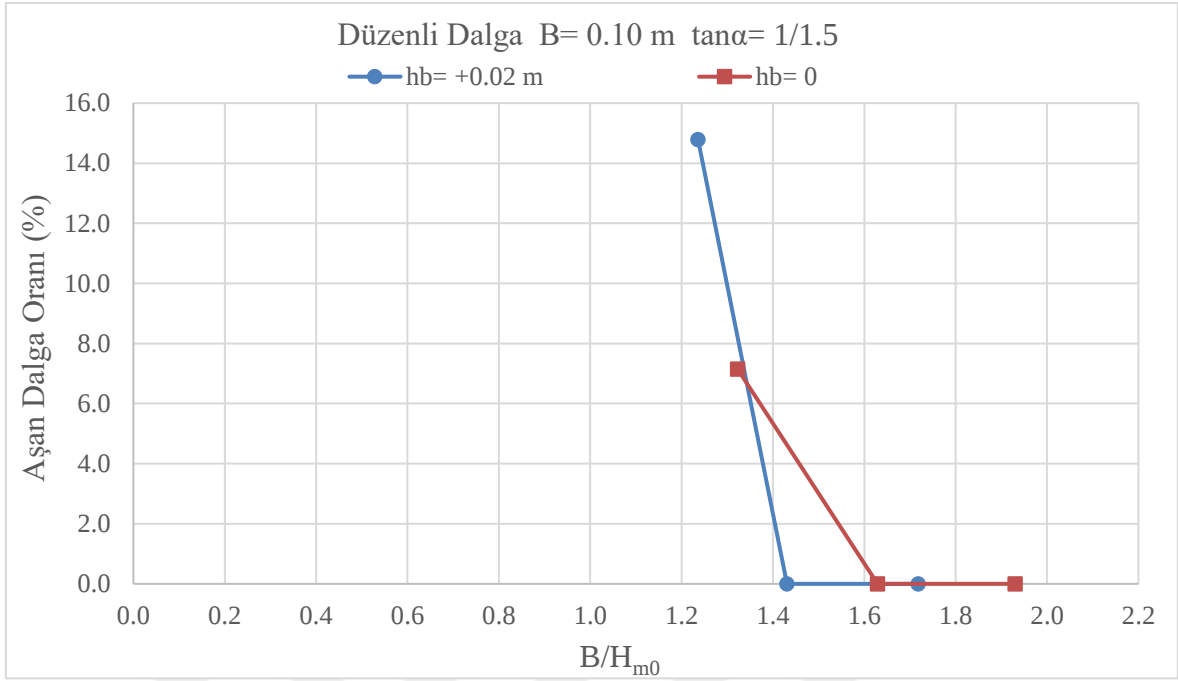
Ek Şekil 6. Düzenli dalga, $B = 0$ ve $\tan\alpha = 1/1.5$ durumunda boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin dalga dikliğine bağlı olarak değişimi



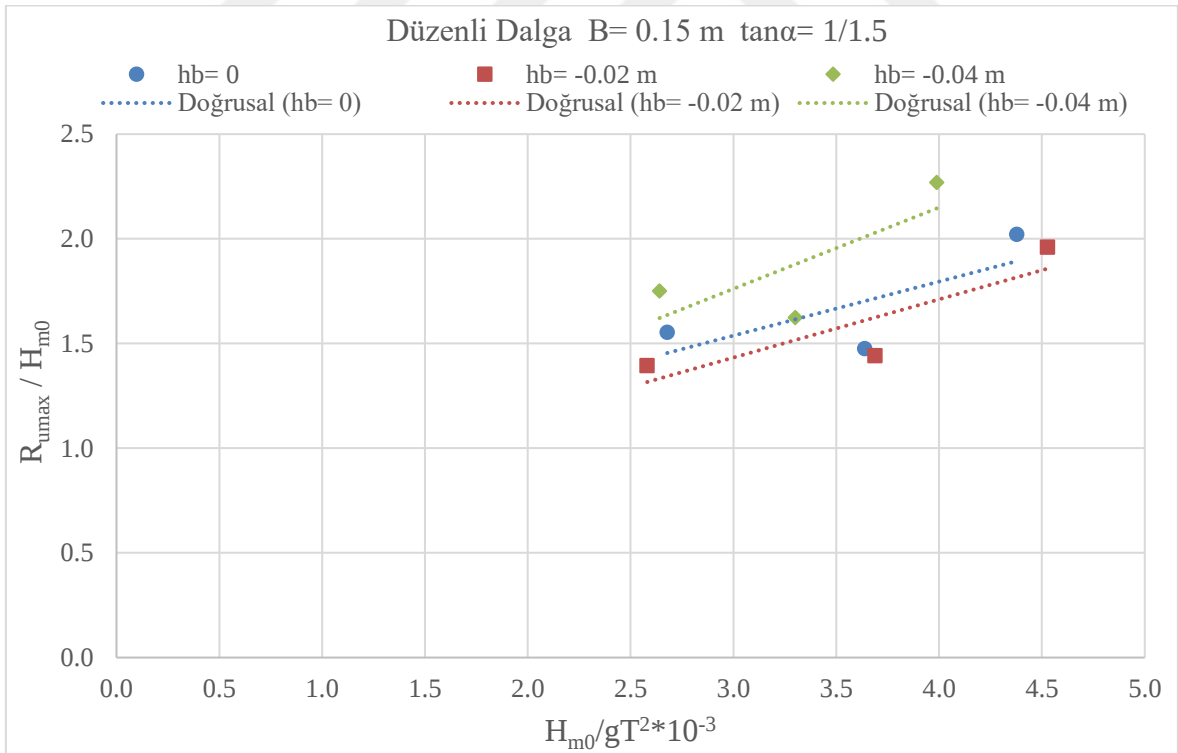
Ek Şekil 7. Düzenli dalga, $B = 0$ ve $\tan\alpha = 1/1.5$ durumunda aşan dalga oranının $1/H_{m0}$ değerine bağlı olarak değişimi



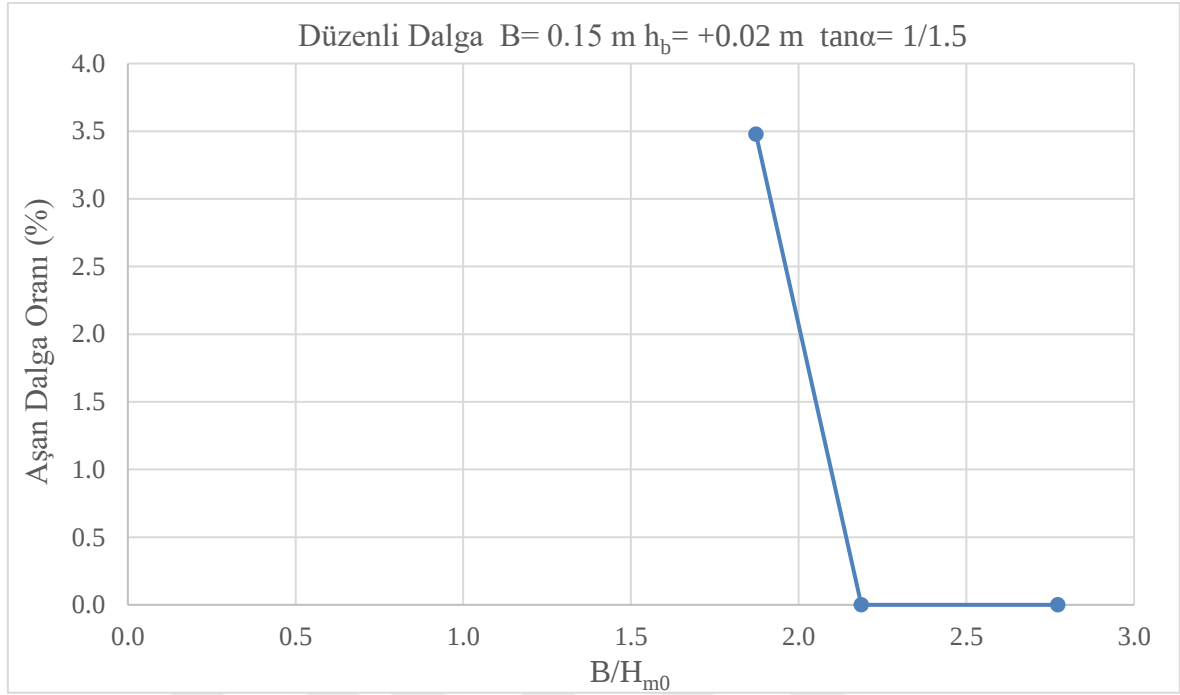
Ek Şekil 8. Düzenli dalga, $B = 0.10$ m ve $\tan\alpha = 1/1.5$ durumunda boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin dalga dikliğine bağlı olarak değişimi



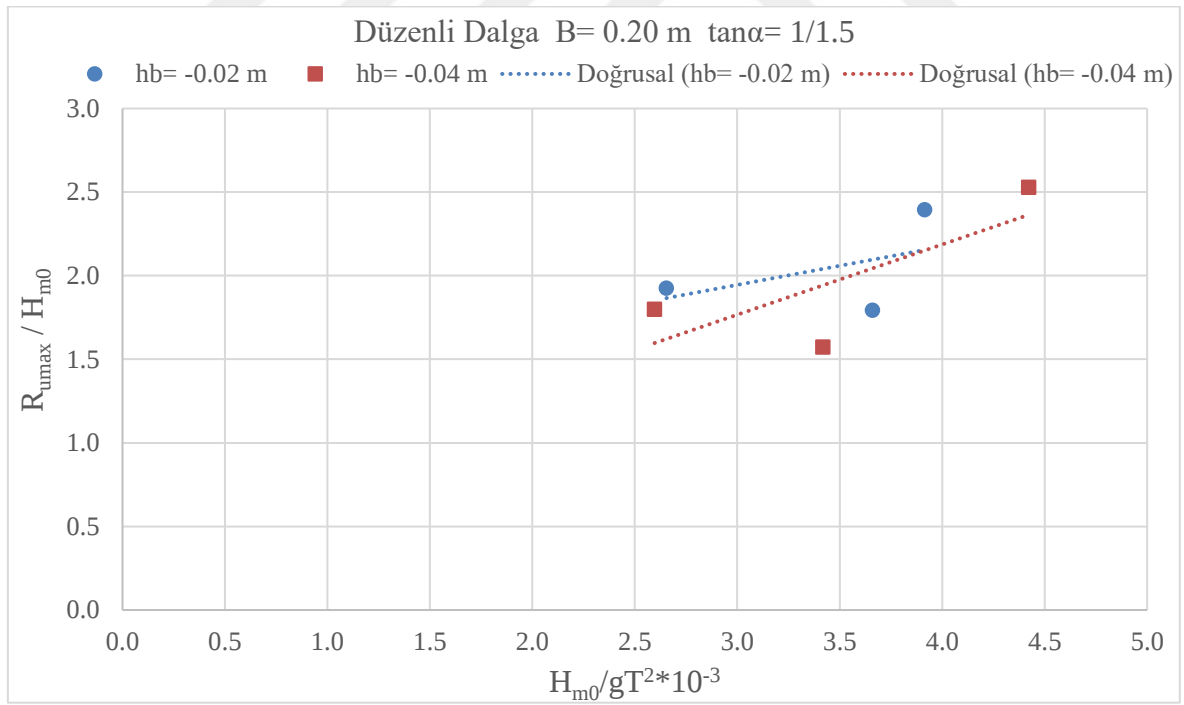
Ek Şekil 9. Düzenli dalga, $B = 0.10 \text{ m}$ ve $\tan\alpha = 1/1.5$ durumunda aşan dalga oranının boyutsuz palye genişliğine bağlı olarak değişimi



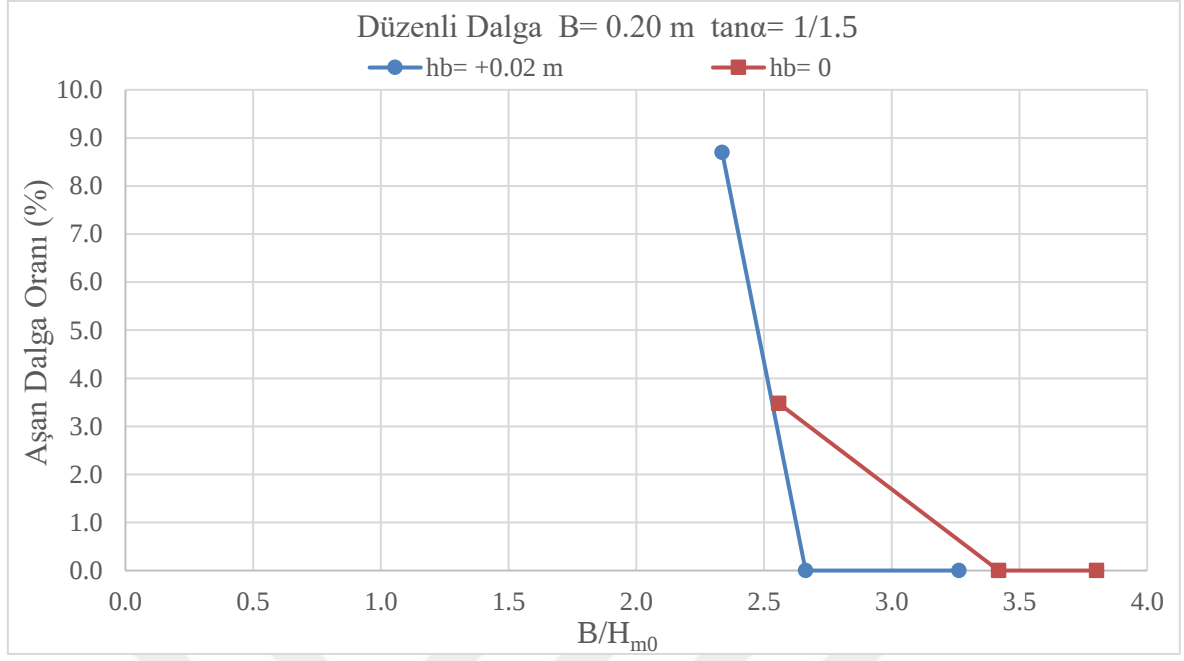
Ek Şekil 10. Düzenli dalga, $B = 0.15 \text{ m}$ ve $\tan\alpha = 1/1.5$ durumunda boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin dalga dikliğine bağlı olarak değişimi



Ek Şekil 11. Düzenli dalga, $B = 0.15 \text{ m}$, $h_b = +0.02 \text{ m}$ ve $\tan\alpha = 1/1.5$ durumunda aşan dalga oranının boyutsuz palye genişliğine bağlı olarak değişimi



Ek Şekil 12. Düzenli dalga, $B = 0.20 \text{ m}$ ve $\tan\alpha = 1/1.5$ durumunda boyutsuz dalga tırmanma yüksekliğinin dalga dikliğine bağlı olarak değişimi



Ek Şekil 13. Düzenli dalga, $B=0.20$ m ve $\tan\alpha=1/1.5$ durumunda aşan dalga oranının boyutsuz palye genişliğine bağlı olarak değişimi

ÖZGEÇMİŞ

Abdurbaki KURUCA, İlk ve orta öğrenimini Tirebolu Cumhuriyet İlköğretim Okulu'nda 2010 yılında, lise öğrenimini ise Keşap Anadolu Öğretmen Lisesi'nde 2014 yılında tamamladı. Lisans eğitimini Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde 01.06.2019 tarihinde tamamladı. 2020-2021 eğitim-öğretim yılı güz döneminde Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı.

