

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BOŞLUKLU DALGAKIRANLARIN LİMAN İÇİ SİRKÜLASYONA
ETKİSİNİN DENEYSEL YÖNTEMLERLE ARAŞTIRILMASI**

DOKTORA TEZİ

Salih Erkan KAÇMAZ

Kıyı Bilimleri ve Mühendisliği Anabilim Dalı

Kıyı Bilimleri ve Mühendisliği Programı

HAZİRAN 2013

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BOŞLUKLU DALGAKIRANLARIN LİMAN İÇİ SİRKÜLASYONA
ETKİSİNİN DENEYSEL YÖNTEMLERLE ARAŞTIRILMASI**

DOKTORA TEZİ

**Salih Erkan KAÇMAZ
(517052001)**

Kıyı Bilimleri ve Mühendisliği Anabilim Dalı

Kıyı Bilimleri ve Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Sedat KABDAŞLI

HAZİRAN 2013

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 517052001 numaralı Doktora Öğrencisi **Salih Erkan KAÇMAZ**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “ **Boşluklu Dalgakıranların Liman İçi Sirkülasyona Etkisinin Deneysel Yöntemlerle Araştırılması** ” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Sedat KABDAŞLI**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Emel İRTEM**
Balıkesir Üniversitesi

Prof. Dr. Şevket ÇOKGÖR
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Necati AĞIRALIOĞLU
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Hayrullah AĞAÇCIOĞLU
Yıldız Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **28 Aralık 2012**
Savunma Tarihi : **12 Haziran 2013**

Eşime ve oğluma,

ÖNSÖZ

Hazırladığım bu doktora tezi çalışması benim için yoğun olarak hep kafamın bir kenarında yer aldı, bu meşakatli çalışmada bazen yoruldum bazen sıkıldım ama çoğunlukla bu çalışmayı severek yaptım. Tez çalışmamın büyük kısmını bazen soğuk bazen sıcak havada hidrolik laboratuvarında geçirmek ayrıca zevkliydi benim için.

Akademik çalışmaları ve akademik hayatı bana sevdiren, İTÜ'ye başladığım lisans eğitiminden itibaren bilimsel çalışmalarında her zaman destek olan, bu doktora tezinin danışmanlığını yürüten değerli hocam Sayın Prof. Dr. Sedat KABDAŞLI'ya teşekkürlerimi sunarım. Canım eşim, Sevgi ÇAPAR KAÇMAZ'a doktora çalışmam boyunca gösterdiği sabır, destek ve anlayışı için, biricik oğlum Doruk KAÇMAZ'a, bu çalışmaya zaman ayırmamdan dolayı her zaman onunla oyun oynayamayıp, onunla geçireceğim vakitlerden bir kısmını çalışmama aktardığım ve bunu anlayışla karşıladığı için ve aileme bana her zaman okul hayatımda verdikleri desteklerden ve hep bir üstünü okumama teşvik ettikleri için en içten duygularıyla teşekkür ederim. Tez izleme jürimde yer alan Prof. Dr. Emel İRTEM'e ve Prof. Dr. Şevket ÇOKGÖR'e tezimin gelişmesine katkıları olan değerli yorumları için tek tek teşekkürlerimi sunarım. Tez çalışmamda bana verdikleri destek için başta Yrd.Doç.Dr. Özgür KIRCA ve Öğr.Gör. Nilay Elginöz olmak üzere bütün arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Aralık 2012

Salih Erkan KAÇMAZ
(Kıyı Yük. Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xxv
SUMMARY	xxvii
1. GİRİŞ	1
1.1 Çalışmanın Amacı	1
1.2 Çalışma Yöntemi.....	3
2. LİTERATÜR.....	5
3. DALGA, DALGAKIRANLAR VE POROZİTE	19
3.1 Dalga Özellikleri	19
3.1.1 Dalga tırmanması	19
3.1.2 Dalga kırılması.....	29
3.1.3 Dalga enerjisi	34
3.2 Dalgakıranlar	36
3.2.1 Taş dolgu kıyı yapılarının sınıflandırılması	37
3.2.1.1 Yapısal işleve göre sınıflandırma.....	37
3.2.1.2 Kret kotuna göre sınıflandırma	38
3.2.2 Dalgakıranların tanımlanması	38
3.2.3 Dalgakıran tasarımı	39
3.2.3.1 Dalgakıranların geometrik özellikleri	40
3.2.3.2 Taş ağırlıkları hesabı	40
3.3 Dalgakıranların Stabilitesi.....	46
3.3.1 Şevli dalgakıranların stabilitesi	46
3.3.2 Geoteknik stabilite	47
3.3.3 Hidrolik stabilite	48
3.3.4 Stabiliteye etki eden parametreler	49
3.4 Porozitenin Tanımı	50
3.5 Porozitenin Etkisi	52
3.6 Boşluklu Dalgakıranlar	53
3.7 Porozite ve Stabilitate İlişkisi.....	54
3.8 Liman İçi Çalkantıya ve Sirkülasyona Porozitenin Olası Etkisi	63
4. TEORİK YAKLAŞIM.....	75
5. DENEYSEL ÇALIŞMA	79
5.1 Fiziksel Modelleme	79
5.2 Deney Sisteminin Kurulması	82
5.3 Boşluklu Dalgakıran Modelleri	85
5.3.1 Birinci model.....	88
5.3.2 İkinci model	89

5.3.3 Üçüncü model	90
5.3.4 Dördüncü model.....	92
5.3.5 Beşinci model	93
5.4 Ölçülen Parametreler ve Kullanılan Ölçüm Sistemlerinin Özellikleri	97
5.4.1 Dalga zaman serileri ölçme ve kaydetme sistemi	97
5.4.2 Hız ölçme ve kaydetme sistemi.....	101
5.5 Deney Düzeni	108
6. DENEYLERDEN ELDE EDİLEN SONUÇLAR.....	115
6.1 Dalga Verileri ve Değerlendirme	115
6.1.1 Dalga geçişi.....	115
6.1.2 Dalga yansıması	150
6.1.3 Dalga kırılması	157
6.1.4 Dalga tırmanması	164
6.1.5 Dalga enerjisi.....	167
6.2 Hız Verileri ve Değerlendirme	176
6.2.1 Zamansal ortalama hız profilleri	184
6.2.1.1 Birinci modelin zamansal ortalama hız profilleri.....	184
6.2.1.2 İkinci modelin zamansal ortalama hız profilleri	193
6.2.1.3 Üçüncü modelin zamansal ortalama hız profilleri	197
6.2.1.4 Dördüncü modelin zamansal ortalama hız profilleri.....	203
6.2.1.5 Beşinci modelin zamansal ortalama hız profilleri.....	210
6.2.2 Kesitsel ortalama akım hız profilleri	218
7. SONUÇLAR	225
KAYNAKLAR.....	239
ÖZGEÇMİŞ.....	Error! Bookmark not defined.

KISALTMALAR

ADV	: Acoustic Doppler Velocimeter
BSI	: British Standard Institution
CEM	: Coastal Engineering Manual
CUR	: Centre for Civil Engineering Research and Codes
CIRIA	: Construction Industry Research and Information Association
SPM	: Shore Protection Manual
S.S.S	: Sakin su seviyesi
USACE	: U.S. Army Corps of Engineers

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1 : Çeşitli eğim koşulları için tırmanma faktörleri.	21
Çizelge 3.2 : K_D katsayıları.	41
Çizelge 3.3 : k_A ve P değerleri.....	44
Çizelge 3.4 : Zırh tabakasının stabilitesine etki eden faktörler	50
Çizelge 3.5 : Zırh tabakaları dar derecelendirmesinde kalınlık ve porozite.	56
Çizelge 5.1 : Elde edilen model ölçekleri.	81
Çizelge 5.2 : Çalışma düzeni tablosu.....	110
Çizelge 5.3 : Düzenli ve düzensiz dalgalar.....	113
Çizelge 6.1 : Düzenli dalgalarda gelen dalga yüksekliğinin, dalgakırandan geçen dalga yüksekliğine oranı (H_t/H_i) geçiş katsayısı KT değerleri.	123
Çizelge 6.2 : Düzensiz dalgalarda gelen dalga yüksekliğinin, dalgakırandan geçen dalga yüksekliğine oranı (H_t/H_i) geçiş katsayısı KT değerleri.	123
Çizelge 6.3 : Düzenli dalga yüksekliği azalma oranları.	130
Çizelge 6.4 : Düzensiz dalga yüksekliği azalma oranları.	130
Çizelge 6.5 : Düzenli dalgalarda kırılan dalga yükseklikleri ve kırılma derinlikleri.	159
Çizelge 6.6 : Düzensiz dalgalarda kırılan dalga yükseklikleri ve kırılma derinlikleri.	159
Çizelge 6.7 : Dalgakırandan geçen düzenli dalga enerjisi yüzdesi ($E_T(\%)$)	168
Çizelge 6.8 : Dalgakırandan geçen düzensiz dalga enerjisi yüzdesi ($E_T(\%)$)	169
Çizelge 6.9 : Dalgakırandan yansıyan düzenli dalga enerjisi yüzdesi ($E_R(\%)$)	171
Çizelge 6.10 : Dalgakıranda harcanan ve yansıyan düzenli dalga enerjisi yüzdesi ($E_R + E_D(\%)$).....	172
Çizelge 6.11 : Dalgakıranda harcanan ve yansıyan düzenli dalga enerjisi yüzdesi ($E_R + E_D(\%)$)	172
Çizelge 6.12 : Dalgakıranda harcanan düzenli dalga enerjisi yüzdesi ($E_D(\%)$).....	173
Çizelge 6.13 : Kesitsel ortalama hızlar (cm/s).....	219
Çizelge 6.14 : Birim genişlikten geçen debi (q) ($m^3/s/m$)	219

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3.1 : Dalga tırmanması	19
Şekil 3.2 : Simgesel geçirimsizlik katsayısı.....	26
Şekil 3.3 : Geçirimsiz şev üzerinde dalga tırmanması ve çekilmesi	27
Şekil 3.4 : Geçirimsiz şev üzerinde dalga tırmanması ve çekilmesi.....	28
Şekil 3.5 : Yüksek ve düşük geçirimsiz şev içinde su seviyesindeki değişimin çizimi	28
Şekil 3.6 : Bir dalgakıranda boşluklu akım için nümerik olarak hesaplanmış tipik hız alanı.	28
Şekil 3.7 : Dalga kırılma formu	31
Şekil 3.8 : Kırılma tipleri.....	32
Şekil 3.9 : Taş dolgu dalgakıranlara ilişkin yapısal tanımlar.....	39
Şekil 3.10 : Kırılmayan dalga için taş dolgu dalgakırın kesiti	39
Şekil 3.11 : Dalgakırın kesiti (kırılan dalga için).....	41
Şekil 3.12 : Dalgakıranda olabilecek kayma ve oturma	48
Şekil 3.13 : Durağan bir su dalgasındaki su partikül hızlarının dağılımı	66
Şekil 5.1 : Dalgakıranda deneysel çalışmaların yapıldığı düzenli ve düzensiz dalga kanalı fotoğrafı (yandan görünüşü).	82
Şekil 5.2 : Deneysel çalışmaların yapıldığı düzenli ve düzensiz dalga kanalı fotoğrafı (üstten görünüşü).	83
Şekil 5.3 : Düzenli ve düzensiz dalga üreticisinin (sinyal kutusu ve hareketi kontrol eden bilgisayardan oluşan) kontrol ünitesi ve piston sistemi.	83
Şekil 5.4 : Düzenli ve düzensiz dalga deney kanalında kullanılan cihazlar.	84
Şekil 5.5 : Düzenli ve düzensiz dalga deney kanalında kullanılan problar, ADV'ler ve pompa.	84
Şekil 5.6 : Kanalda oluşturulan 1/7 eğimli kumsal şev.	87
Şekil 5.7 : Deneylerde kullanılan birinci model'in dalgakırın en kesiti.	88
Şekil 5.8 : Birinci model dalgakırının kanal içindeki yerleşimi.	89
Şekil 5.9 : Deneylerde kullanılan ikinci model'in dalgakırın en kesiti.	90
Şekil 5.10 : İkinci model dalgakırının kanal içindeki yerleşimi.	90
Şekil 5.11 : Deneylerde kullanılan üçüncü model'in dalgakırın en kesiti.	91
Şekil 5.12 : Üçüncü model dalgakırının kanal içindeki yerleşimi.	91
Şekil 5.13 : Deneylerde kullanılan dördüncü model'in dalgakırın en kesiti.	92
Şekil 5.14 : Dördüncü model dalgakırının kanal içindeki yerleşimi.....	93
Şekil 5.15 : Deneylerde kullanılan beşinci model'in dalgakırın en kesiti.	94
Şekil 5.16 : Beşinci model dalgakırının kanal içindeki yerleşimi.....	94
Şekil 5.17 : Kanal içinde ADV'lerin yerleşimi.	95
Şekil 5.18 : Deneylerde kullanılan pompa.....	95
Şekil 5.19 : Kanalda dalga ölçüm problemlerinin yerleşimi (yandan görünüş).	99
Şekil 5.20 : Kanalda dalga ölçüm problemlerinin yerleşimi (üstten görünüş).	99
Şekil 5.21 : Dalga kanalına monte edilmiş direnç tipi dalga probu.	100
Şekil 5.22 : Problemlerden veri alan dalga monitörü ve alınan analog sinyalleri çevirerek dijital olarak kaydeden bilgisayar sistemi.	101

Şekil 5.23 : Kanalda dalgakıran önünde, şev üzerinde Sontek marka ADV ile hız ölçüm noktası (1.ADV : Nortek ve 2.ADV : Sontek).	101
Şekil 5.24 : Yapılan deneylerde dalgakıranın önünde ADV (Sontek) ile gelen dalga hızı, dalgakıranın arkasında ADV (Nortek) ile akım hızı ölçümü fotoğrafı.	102
Şekil 5.25 : Nortek ADV.	103
Şekil 5.26 : Yapılan deneylerde dalgakıranın arkasında ADV (Nortek) ile akım hızı ölçümü fotoğrafı.	103
Şekil 5.27 : Sontek ADV.	107
Şekil 5.28 : Yapılan deneylerde dalgakıranın önünde ADV (Sontek) ile gelen dalga hızı ölçümü fotoğrafı.	108
Şekil 6.1 : Boşluklu dalgakırandan dalga geçişi.	115
Şekil 6.2 : 1. Model'e Göre, 2.Düzenli Dalganın, Dalgakıran'a Gelen ve Dalgakırandan Geçen Hs Grafiği.	117
Şekil 6.3 : 2. Model'e Göre, 2.Düzenli Dalganın, Dalgakıran'a Gelen ve Dalgakırandan Geçen Hs Grafiği.	117
Şekil 6.4 : 3. Model'e Göre, 2.Düzenli Dalganın, Dalgakıran'a Gelen ve Dalgakırandan Geçen Hs Grafiği.	118
Şekil 6.5 : 4. Model'e Göre, 2.Düzenli Dalganın, Dalgakıran'a Gelen ve Dalgakırandan Geçen Hs Grafiği.	118
Şekil 6.6 : 5. Model'e Göre, 2.Düzenli Dalganın, Dalgakıran'a Gelen ve Dalgakırandan Geçen Hs Grafiği.	119
Şekil 6.7 : Birinci modelde ikinci düzenli dalgaya ait gelen ve geçen dalga zaman serisi.	120
Şekil 6.8 : Dalgakırana gelen ve dalgakırandan geçen düzenli dalga yüksekliklerinin karşılaştırılması.	121
Şekil 6.9 : Dalgakırana gelen ve dalgakırandan geçen düzensiz dalga yüksekliklerinin karşılaştırılması.	121
Şekil 6.10 : Dalgakırana gelen ve dalgakırandan geçen düzenli dalga boylarının karşılaştırılması.	122
Şekil 6.11 : Düzenli dalgalarda geçen dalga yüksekliğinin gelen dalga yüksekliğine oranının oluşturulan dalgakıran modellerine göre değişimi.	124
Şekil 6.12 : Düzensiz dalgalarda geçen dalga yüksekliğinin gelen dalga yüksekliğine oranının oluşturulan dalgakıran modellerine göre değişimi.	125
Şekil 6.13 : Düzenli dalgalarda gelen dalga boyunun dalga geçiş katsayısına oranının oluşturulan dalgakıran modellerine göre değişimi.	126
Şekil 6.14 : Düzensiz dalgalarda gelen dalga boyunun dalga geçiş katsayısına oranının oluşturulan dalgakıran modellerine göre değişimi.	126
Şekil 6.15 : Düzenli dalgalarda boyutsuz parametreler h/L ye göre, dalga geçiş katsayısına oranının oluşturulan dalgakıran modellerine göre değişimi.	127
Şekil 6.16 : Düzensiz dalgalarda boyutsuz parametreler h/L ye göre, dalga geçiş katsayısına oranının oluşturulan dalgakıran modellerine göre değişimi.	127
Şekil 6.17 : Düzenli dalgalarda geçiş katsayısının H_i/h ile değişimi.	128
Şekil 6.18 : Düzensiz dalgalarda geçiş katsayısının H_i/h ile değişimi.	128
Şekil 6.19 : Düzenli dalgalarda geçiş katsayısının h/H_i ile değişimi.	129
Şekil 6.20 : Düzensiz dalgalarda geçiş katsayısının h/H_i ile değişimi.	129
Şekil 6.21 : Düzenli dalgalarda azalma oranının modellere göre değişimi.	131
Şekil 6.22 : Düzensiz dalgalarda azalma oranının modellere göre değişimi.	131

Şekil 6.23 : Düzenli dalgalarda geçiş katsayısının dalga dikliğine göre değişimi (modellere göre).....	132
Şekil 6.24 : Düzensiz dalgalarda geçiş katsayısının dalga dikliğine göre değişimi (modellere göre).....	133
Şekil 6.25 : Düzenli dalgalarda ortalama geçiş katsayısının ortalama dalga dikliğine göre değişimi (modellere göre).....	133
Şekil 6.26 : Düzensiz dalgalarda ortalama geçiş katsayısının ortalama dalga dikliğine göre değişimi (modellere göre).....	134
Şekil 6.27 : Düzenli dalgalarda geçiş katsayısının dalga dikliğine göre değişimi (dalgalara göre).....	135
Şekil 6.28 : Düzensiz dalgalarda geçiş katsayısının dalga dikliğine göre değişimi (dalgalara göre).....	135
Şekil 6.29 : Düzenli dalgalarda geçiş katsayısının kret genişliğine göre değişimi..	136
Şekil 6.30 : Düzensiz dalgalarda geçiş katsayısının kret genişliğine göre değişimi.....	136
Şekil 6.31 : Düzenli dalgalarda geçiş katsayısının, boşluklu bölge üstü kret genişliğine göre değişimi.....	137
Şekil 6.32 : Düzensiz dalgalarda geçiş katsayısının boşluklu bölge üstü kret genişliğine göre değişimi.....	137
Şekil 6.33 : Düzenli dalgalarda geçiş katsayısının boşluklu bölüm orta noktasının kret genişliğine göre değişimi.....	138
Şekil 6.34 : Düzensiz dalgalarda geçiş katsayısının boşluklu bölüm orta noktasının kret genişliğine göre değişimi.....	139
Şekil 6.35 : Düzenli dalgalarda geçiş katsayısının boşluklu bölüm kret genişliğine göre değişimi (dalgalara göre).....	140
Şekil 6.36 : Düzensiz dalgalarda geçiş katsayısının boşluklu bölüm kret genişliğine göre değişimi (dalgalara göre).....	140
Şekil 6.37 : Düzenli dalgalarda geçiş katsayısının dalga sayısına göre değişimi...	141
Şekil 6.38 : Düzensiz dalgalarda geçiş katsayısının dalga sayısına göre değişimi..	142
Şekil 6.39 : Düzenli dalgalarda geçiş katsayısı ortalamasının modellere göre değişimi.....	143
Şekil 6.40 : Düzensiz dalgalarda geçiş katsayısı ortalamasının modellere göre değişimi.....	143
Şekil 6.41 : Düzenli dalgalarda geçiş katsayısının sörf benzeşim parametresine göre değişimi.....	144
Şekil 6.42 : Düzensiz dalgalarda geçiş katsayısının sörf benzeşim parametresine göre değişimi.....	144
Şekil 6.43 : Oluşturulan dalgakıranların boşluklu geometrik yapılarındaki parametreler.....	145
Şekil 6.44 : Düzenli dalgalarda geçiş katsayısının h_p/H_i parametresine göre değişimi.....	146
Şekil 6.45 : Düzensiz dalgalarda geçiş katsayısının h_p/H_i parametresine göre değişimi.....	146
Şekil 6.46 : Düzenli dalgalarda dalga dikliğinin h_p/H_i parametresine göre değişimi.....	147
Şekil 6.47 : Düzensiz dalgalarda dalga dikliğinin h_p/H_i parametresine göre değişimi.....	147
Şekil 6.48 : Düzenli dalgalarda B_p/L parametresinin h_p/H_i parametresine göre değişimi.....	148

Şekil 6.49 : Düzensiz dalgalarda B_p/L parametresinin h_p/H_i parametresine göre değişimi.....	148
Şekil 6.50 : Düzenli dalgalarda geçiş katsayısının dalgakıran geometrisine göre değişimi.....	149
Şekil 6.51 : Düzensiz dalgalarda geçiş katsayısının dalgakıran geometrisine göre değişimi.....	150
Şekil 6.52 : Düzenli dalgalarda yansıma katsayısının dalgakıran dalga dikliğine göre değişimi.....	152
Şekil 6.53 : Düzenli dalgalarda yansıma katsayısı sörf benzeşim parametresine göre değişimi.....	152
Şekil 6.54 : Düzenli dalgalarda geçiş katsayısının yansıma katsayısına göre değişimi.....	154
Şekil 6.55 : Düzenli dalgalarda yansıma katsayısının yansıma H_i/h' 'a göre değişimi.....	154
Şekil 6.56 : Düzenli dalgalarda ortalama yansıma katsayısının modellere göre değişimi.....	155
Şekil 6.57 : Düzenli dalgalarda ortalama yansıma katsayısının dalgalara göre değişimi.....	155
Şekil 6.58 : Düzenli dalgalarda ortalama yansıma katsayısının, ortalama geçiş katsayısına göre değişimi (modellere göre).	156
Şekil 6.59 : Düzenli dalgalarda ortalama yansıma katsayısının, ortalama geçiş katsayısına göre değişimi (dalgalara göre).	156
Şekil 6.60 : Düzenli dalgalarda ortalama yansıma katsayısının, ortalama geçiş katsayısına göre değişimi (dalgalara göre)	157
Şekil 6.61 : Dalga Kırılması	157
Şekil 6.62 : Düzenli dalgalarda dalga kırılma yüksekliğinin dalga dikliğine göre değişimi.....	160
Şekil 6.63 : Düzensiz dalgalarda dalga kırılma yüksekliğinin dalga dikliğine göre değişimi.....	161
Şekil 6.64 : Düzenli dalgalarda dalga kırılma derinliklerinin dalga dikliğine göre değişimi.....	161
Şekil 6.65 : Düzensiz dalgalarda dalga kırılma derinliklerinin dalga dikliğine göre değişimi.....	162
Şekil 6.66 : Düzenli dalgalarda geçiş katsayısının dalga kırılma yüksekliğine göre değişimi.....	162
Şekil 6.67 : Düzensiz dalgalarda geçiş katsayısının dalga kırılma yüksekliğine göre değişimi.....	163
Şekil 6.68 : Düzenli dalgalarda geçiş katsayısının dalga kırılma derinliğine göre değişimi.....	163
Şekil 6.69 : Düzensiz dalgalarda geçiş katsayısının dalga kırılma derinliğine göre değişimi.....	164
Şekil 6.70 : Düzenli dalgalarda dalga tırmanma yüksekliğinin dalgalara göre değişimi.....	165
Şekil 6.71 : Düzensiz dalgalarda dalga tırmanma yüksekliğinin dalgalara göre değişimi.....	165
Şekil 6.72 : Düzenli dalgalarda dalga tırmanma yüksekliğinin dalga dikliğine göre değişimi.....	166
Şekil 6.73 : Düzenli dalgalarda dalga tırmanma yüksekliğinin geçiş katsayısına göre değişimi.....	166

Şekil 6.74 : Düzenli dalgalarda dalgakırana gelen dalga enerjisinin geçen dalga enerjisine göre değişimi	169
Şekil 6.75 : Düzensiz dalgalarda dalgakırana gelen dalga enerjisinin geçen dalga enerjisine göre değişimi	170
Şekil 6.76 : Düzenli dalgalarda dalgakırandan geçen dalga enerjisinin dalgakıran da sönmömlenen geçen dalga enerjisine göre değişimi.....	174
Şekil 6.77 : Düzenli dalgalarda dalga harcanma katsayısının <i>KD</i> dalga dikliğine göre değişimi.....	175
Şekil 6.78 : Düzenli dalgalarda ortalama dalga harcanma katsayısının <i>KD</i> modellere göre değişimi.....	175
Şekil 6.79 : Düzenli dalgalarda ortalama dalga harcanma katsayısının <i>KD</i> dalgalara göre değişimi.....	176
Şekil 6.80 : Şekil 6.77: Kanalda dalgakıran arkasında, şev üzerinde Nortek marka ADV ile hız ölçüm noktası (1.ADV : Nortek).....	177
Şekil 6.81 : Dalgakıran arkasında ve önünde ADV'ler ile derinlik boyunca hız ölçüm noktalarının yerleri.....	177
Şekil 6.82 : Kanalda dalgakıran önünde, şev üzerinde Sontek marka ADV ile hız ölçüm noktası (1.ADV : Nortek ve 2.ADV : Sontek).....	178
Şekil 6.83 : Kanalda dalgakıran önünde ve arkasında yerleştirilen ADV'lerin kanalda yerleşimi (üstten görünüş, ADV 1: Nortek, ADV 2: Sontek).....	178
Şekil 6.84 : Dalganın ilerleme yönüne göre, yörünge hızı ve ivmesi.....	179
Şekil 6.85 : Gelen dalganın hız zaman serisi, yatay doğrultudaki hız (<i>u</i>), <i>w</i> : düşey doğrultudaki hız (<i>w</i>).....	180
Şekil 6.86 : Farklı rölatif derinliklerde, ilerleyen su dalgası içinde su parçacığı yörüngeleri	181
Şekil 6.87 : Sığ su ve derin suya göre, su parçacığının orta konumundan yer değiştirmesi.....	181
Şekil 6.88 : İlerleyen bir dalgadaki su parçacık hızları	182
Şekil 6.89 : 1001 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama yatay hız bileşeni profilli	184
Şekil 6.90 : 1002 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama yatay hız bileşeni profilli	185
Şekil 6.91 : 1003 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama yatay hız bileşeni profilli	186
Şekil 6.92 : 1004 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama yatay hız bileşeni profili	186
Şekil 6.93 : 1005 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama yatay hız bileşeni profili	187
Şekil 6.94 : 1006 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama yatay hız bileşeni profili	188
Şekil 6.95 : 1007 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama yatay hız bileşeni profilli	188
Şekil 6.96 : 1001 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama düşey hız bileşeni profilli	189
Şekil 6.97 : 1002 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama düşey hız bileşeni profilli	190
Şekil 6.98 : 1003 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama düşey hız bileşeni profilli	190
Şekil 6.99 : 1004 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama düşey hız bileşeni profilli	191

Şekil 6.100 :	1005 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama düşey hız bileşeni profili	191
Şekil 6.101 :	1006 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama düşey hız bileşeni profili	192
Şekil 6.102 :	1007 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama düşey hız bileşeni profili	192
Şekil 6.103 :	1023 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama yatay hız bileşeni profili.....	193
Şekil 6.104 :	1024 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama yatay hız bileşeni profili.....	194
Şekil 6.105 :	1025 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama yatay hız bileşeni profili.....	194
Şekil 6.106 :	1026 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama yatay hız bileşeni profili.....	195
Şekil 6.107 :	1027 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama yatay hız bileşeni profili.....	196
Şekil 6.108 :	1028 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama yatay hız bileşeni profili.....	196
Şekil 6.109 :	1029 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama yatay hız bileşeni profili.....	197
Şekil 6.110 :	1045 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama yatay hız bileşeni profili.....	198
Şekil 6.111 :	1046 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama yatay hız bileşeni profili.....	199
Şekil 6.112 :	1047 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama yatay hız bileşeni profili.....	200
Şekil 6.113 :	1048 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama yatay hız bileşeni profili.....	201
Şekil 6.114 :	1049 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama yatay hız bileşeni profili.....	201
Şekil 6.115 :	1050 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama yatay hız bileşeni profili.....	202
Şekil 6.116 :	1051 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama yatay hız bileşeni profili.....	203
Şekil 6.117 :	1067 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama yatay hız bileşeni profilleri	204
Şekil 6.118 :	1068 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama yatay hız bileşeni profilleri	205
Şekil 6.119 :	1069 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama yatay hız bileşeni profilleri	206
Şekil 6.120 :	1070 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama yatay hız bileşeni profilleri	207
Şekil 6.121 :	1071 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama yatay hız bileşeni profilleri	208
Şekil 6.122 :	1072 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama yatay hız bileşeni profilleri	209
Şekil 6.123 :	1073 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama yatay hız bileşeni profilleri	210
Şekil 6.124 :	1089 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama yatay hız bileşeni profilleri	211

Şekil 6.125 :	1090 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama yatay hız bileşeni profilleri	211
Şekil 6.126 :	1091 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama yatay hız bileşeni profilleri	212
Şekil 6.127 :	1092 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama yatay hız bileşeni profilleri	213
Şekil 6.128 :	1093 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama yatay hız bileşeni profilleri	213
Şekil 6.129 :	1094 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama yatay hız bileşeni profilleri	214
Şekil 6.130 :	1095 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama yatay hız bileşeni profilleri	215
Şekil 6.131 :	1050 deneyinde 13,5 cm (boşluklu bölge içinde) derinlikte elde edilmiş olan zamansal ortalama yatay ve düşey hız bileşeni profilleri	215
Şekil 6.132 :	1050 deneyinde tabana en yakın noktada elde edilmiş olan zamansal ortalama yatay ve düşey hız bileşeni profilleri	216
Şekil 6.133 :	Gelen dalga yüksekliğine göre u_{max} değerinin değişimi	217
Şekil 6.134 :	Dalga dikliğine göre u_{max} değerinin değişimi	218
Şekil 6.135 :	Gelen dalga yüksekliğine göre birim genişlikten geçen debi (q)	220
Şekil 6.136 :	Gelen dalga yüksekliğine göre kesitsel hız değişimi.....	220
Şekil 6.137 :	Dalga dikliğine göre birim genişlikten geçen debi (q) değişimi	221
Şekil 6.138 :	Dalga dikliğine göre birim genişlikten geçen boyutsuz debi (q) değişimi.....	221
Şekil A.1 :	1.Model'e Göre, 1.Düzenli Dalganın, Dalgakıran'a Gelen ve Dalgakırandan Geçen Hs Grafiği.....	252
Şekil A.2 :	2.Model'e Göre, 1.Düzenli Dalganın, Dalgakıran'a Gelen ve Dalgakırandan Geçen Hs Grafiği.....	252
Şekil A.3 :	3.Model'e Göre, 1.Düzenli Dalganın, Dalgakıran'a Gelen ve Dalgakırandan Geçen Hs Grafiği.....	253
Şekil A.4 :	4.Model'e Göre, 1.Düzenli Dalganın, Dalgakıran'a Gelen ve Dalgakırandan Geçen Hs Grafiği.....	253
Şekil A.5 :	5.Model'e Göre, 1.Düzenli Dalganın, Dalgakıran'a Gelen ve Dalgakırandan Geçen Hs Grafiği.....	254
Şekil A.6 :	1.Model'e Göre, 3.Düzenli Dalganın, Dalgakıran'a Gelen ve Dalgakırandan Geçen Hs Grafiği.....	254
Şekil A.7 :	2.Model'e Göre, 3.Düzenli Dalganın, Dalgakıran'a Gelen ve Dalgakırandan Geçen Hs Grafiği.....	255
Şekil A.8 :	3.Model'e Göre, 3.Düzenli Dalganın, Dalgakıran'a Gelen ve Dalgakırandan Geçen Hs Grafiği.....	255
Şekil A.9 :	4.Model'e Göre, 3.Düzenli Dalganın, Dalgakıran'a Gelen ve Dalgakırandan Geçen Hs Grafiği.....	256
Şekil A.10 :	5.Model'e Göre, 3.Düzenli Dalganın, Dalgakıran'a Gelen ve Dalgakırandan Geçen Hs Grafiği.....	256
Şekil A.11 :	1.Model'e Göre, 4.Düzenli Dalganın, Dalgakıran'a Gelen ve Dalgakırandan Geçen Hs Grafiği.....	257
Şekil A.12 :	2.Model'e Göre, 4.Düzenli Dalganın, Dalgakıran'a Gelen ve Dalgakırandan Geçen Hs Grafiği.....	257
Şekil A.13 :	3.Model'e Göre, 4.Düzenli Dalganın, Dalgakıran'a Gelen ve Dalgakırandan Geçen Hs Grafiği.....	258

[illegible]

Şekil A.39 : 1.Model'e Göre, 3.Düzensiz Dalganın, Dalgakıran'a Gelen ve Dalgakırandan Geçen Hs Grafiği.....	271
Şekil A.40 : 2.Model'e Göre, 3.Düzensiz Dalganın, Dalgakıran'a Gelen ve Dalgakırandan Geçen Hs Grafiği.....	271
Şekil A.41 : 3.Model'e Göre, 3.Düzensiz Dalganın, Dalgakıran'a Gelen ve Dalgakırandan Geçen Hs Grafiği.....	272
Şekil A.42 : 4.Model'e Göre, 3.Düzensiz Dalganın, Dalgakıran'a Gelen ve Dalgakırandan Geçen Hs Grafiği.....	272
Şekil A.43 : 1.Model'e Göre, 4.Düzensiz Dalganın, Dalgakıran'a Gelen ve Dalgakırandan Geçen Hs Grafiği.....	273
Şekil A.44 : 2.Model'e Göre, 4.Düzensiz Dalganın, Dalgakıran'a Gelen ve Dalgakırandan Geçen Hs Grafiği.....	273
Şekil A.45 : 3.Model'e Göre, 4.Düzensiz Dalganın, Dalgakıran'a Gelen ve Dalgakırandan Geçen Hs Grafiği.....	274
Şekil A.46 : 4.Model'e Göre, 4.Düzensiz Dalganın, Dalgakıran'a Gelen ve Dalgakırandan Geçen Hs Grafiği.....	274
Şekil B.1 : 1023 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama düşey hız bileşeni profili.....	Error! Bookmark not defined.
Şekil B.2 : 1024 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama düşey hız bileşeni profili.....	Error! Bookmark not defined.
Şekil B.3 : 1025 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama düşey hız bileşeni profili.....	Error! Bookmark not defined.
Şekil B.4 : 1026 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama düşey hız bileşeni profili.....	Error! Bookmark not defined.
Şekil B.5 : 1027 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama düşey hız bileşeni profili.....	Error! Bookmark not defined.
Şekil B.6 : 1028 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama düşey hız bileşeni profili.....	Error! Bookmark not defined.
Şekil B.7 : 1029 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama düşey hız bileşeni profili.....	Error! Bookmark not defined.
Şekil B.8: 1045 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama düşey hız bileşeni profili.....	Error! Bookmark not defined.
Şekil B.9 : 1046 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama düşey hız bileşeni profili.....	Error! Bookmark not defined.
Şekil B.10 : 1047 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama düşey hız bileşeni profili.....	Error! Bookmark not defined.
Şekil B.11 : 1048 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama düşey hız bileşeni profili.....	Error! Bookmark not defined.
Şekil B.12 : 1049 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama düşey hız bileşeni profili.....	Error! Bookmark not defined.
Şekil B.13 : 1050 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama düşey hız bileşeni profili.....	Error! Bookmark not defined.
Şekil B.14 : 1051 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama düşey hız bileşeni profili.....	Error! Bookmark not defined.
Şekil B.15 : 1067 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama düşey hız bileşeni profili.....	Error! Bookmark not defined.
Şekil B.16 : 1068 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama düşey hız bileşeni profili.....	Error! Bookmark not defined.
Şekil B.17 : 1069 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama düşey hız bileşeni profili.....	Error! Bookmark not defined.

- Şekil B.18 :** 1070 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama düşey hız bileşeni profili..... **Error! Bookmark not defined.**
- Şekil B.19 :** 1071 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama düşey hız bileşeni profili..... **Error! Bookmark not defined.**
- Şekil B.20 :** 1072 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama düşey hız bileşeni profili..... **Error! Bookmark not defined.**
- Şekil B.21 :** 1073 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama düşey hız bileşeni profili..... **Error! Bookmark not defined.**
- Şekil B.22 :** 1089 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama düşey hız bileşeni profili..... **Error! Bookmark not defined.**
- Şekil B.23 :** 1090 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama düşey hız bileşeni profili..... **Error! Bookmark not defined.**
- Şekil B.24 :** 1091 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama düşey hız bileşeni profili..... **Error! Bookmark not defined.**
- Şekil B.25 :** 1092 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama düşey hız bileşeni profili..... **Error! Bookmark not defined.**
- Şekil B.26 :** 1093 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama düşey hız bileşeni profili..... **Error! Bookmark not defined.**
- Şekil B.27 :** 1094 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama düşey hız bileşeni profili..... **Error! Bookmark not defined.**
- Şekil B.28 :** 1095 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama düşey hız bileşeni profili..... **Error! Bookmark not defined.**

BOŞLUKLU DALGAKIRANLARIN LİMAN İÇİ SİRKÜLASYONA ETKİSİNİN DENEYSEL YÖNTEMLERLE ARAŞTIRILMASI

ÖZET

Kıyı koruma yapısı olarak dökme taş yapılar, çok uzun yıllardır Dünya'nın birçok yerinde dalganın etkilerine karşı kıyıyı korumak için tasarlanır ve inşaa edilirler. Bu tip yapıların inşasında taş döküm tekniğinin uygulamasındaki kolaylık ve özelleşmiş ekipman gerektirmemesi, maliyetinin düşük olması, projesinin doğru boyutlandırıldığı takdirde hasar oluşması durumunda bile işlevini devam ettirebilmesinden dolayı günümüzde halen önemini koruyan kıyı koruma yapılarıdır.

Dökme taş kıyı koruma yapıları gelen dalga enerjisinin büyük kısmını sönümlemek için inşaa edilirler. Dökme taş dalgakıranlarda sınırlı geçirimsizlikten dolayı, korunan yarı kapalı bölgede ya da liman içinde sirkülasyon problemi meydana gelmektedir. Meydana gelen sirkülasyon problemi su kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir.

Günümüzde, çevresel etkileri açısından incelendiğinde, boşluklu dalgakıranlar su kalitesini ve bölgesel canlı yaşam özelliklerini daha az etkilemelerinden dolayı önem kazanmaktadır. Bundan dolayı, bu yapıların davranışlarının, çevresel etkilerinin ve tasarım kriterlerinin araştırılması ve geliştirilmesi son yıllarda araştırmaların odaklandığı konulardan biri haline gelmiştir. Yarı kapalı bölgeye ya da liman içine sirkülasyonu sağlamak için taze su girişini sağlamak ve buradaki suyun hareketini sağlayacak akım meydana getirmek gerekmektedir.

Yapılan bu çalışmanın amacı, boşluklu dalgakıranların gelen dalga etkisi altında stabilitesinin ve arkasında oluşan akımın liman içi sirkülasyona etkisinin deneysel yöntemlerle araştırılmasıdır. Çalışma kapsamında yapılan deneyler İTÜ Hidrolik laboratuvarındaki düzenli ve düzensiz dalga kanalında, beş farklı geometrik yapıdaki boşluklu dalgakıran modeli oluşturulmuştur. Modeller 1/7 eğimli kum zemin üzerine yerleştirilmiştir. Bu modeller ile farklı tipte yedi adet düzenli ve dört adet düzensiz dalga kullanılarak deneyler yapılmıştır.

Dalga dikliğinin artması dalgakırandan geçişi düzenli ve düzensiz dalgaların her ikisinde azalmaktadır. Göreceli olarak daha uzun periyotlu dalgalar, dalgakıran kret genişliğine bağlı olarak boşluklu dalgakıranlarda daha fazla geçmektedir. Oluşturulan modellerde, düzenli dalgaların %2 - %19 luk kısmı düzensiz dalgaların %2 - % 22 lik kısmı dalgakıran içerisinden geçmektedir. Dalgakıranın geometrik yapısına göre oluşturulan boşluklu bölümün sakin su seviyesine göre derinliği dalga geçişini etkileyen önemli bir parametredir. Boşluklu dalgakıranlarda yansıma katsayısı dökme dalgakıranlara göre da az olmaktadır. Gelen dalga enerjisinin, dalgakırandan yansıma enerjisi azalmakta, enerjinin küçük bir kısmı dalgakıran içerisinden geçmekte böylece geçen dalga enerjisi oluşmaktadır.

Boşluklu dalgakıranlarda poroziteden kaynaklanan geçirimsizlik sonucunda dalgakırandan geçen dalga, dalgakıran arkasında bir akım meydana getirmektedir. Bu akım derinlik boyunca yatay hızların kıyıya, liman içine veya dalga kırana doğru oluşan yatay hızlar ile yukarıya ya da aşağıya doğru oluşan düşey akım hızları ile sirkülasyon sağlamaktadırlar. Boşluklu dalgakıranın boşluklu bölgesinin yerinin derinlik boyunca değiştirilmesinin sonucunda dalgakıran arkasında meydana gelen akım koşulları belirlenmiştir. Düzenli ve düzensiz dalgalar altında modellerin stabilitesi test edilmiştir.

RESEARCHING THE EFFECT OF POROUS BREAKWATERS ON HARBOUR CIRCULATION WITH EXPERIMENTAL METHODS

SUMMARY

For many years, rubble mound structures as the structures of coastal protection are constructed and designed to protect the coast against the effects of the waves. Rubble mound breakwaters are still important because of easy technical application, no need for specialized equipment, keep on working after damaged if designed well.

Coastal protection structures made of rubble mound are constructed to absorb most of the energy of the incoming waves. Circulation problems may occur in the harbour or protected semi-closed area because of the limited permeability in the rubble mound breakwater. This lack of circulation has a negative effect on water quality.

Nowadays, researching the environmental effects, porous breakwater are gaining importance because of having less effects on water quality and on ecosystem. For this reason, in recent years the behaviours, environmental effects and design criterias of these structures are one of the tasks to be focused on. Circulation should be generated in order to provide fresh water into the semi-closed area or harbour and movement of the water here.

The purpose of this study is to research the stability of porous breakwaters under the effect of incident waves and the effect of the flow on the harbour circulation with experimental methods. During the experiments held in ITU Hydraulics Laboratory regular and irregular wave flume, five different geometric structural porous breakwater models have been created. The models are located on sandy bottom that have 1/7 slope. Experiments were conducted with these models in different types using seven regular and four irregular waves.

Effect of the flow conditions formed within harbour basin behind the breakwater due to waves passing from the porous breakwater on the two dimensional circulation has been researched with experiments. On the designed sandwich-type porous breakwaters, effect of porous section on vertical position changes of the breakwater according to still water level have been determined.

In the physical model experiments, regular and irregular waves were measured and recorded with wave probes. For the wave channel, four probes in total, three for the front section, one for the rear section have been used on the breakdown model. Incident wave and transmitted wave values were calculated.

Among the five porous breakwater models, first two were designed with only porous materials. In these two models with the same structure, crest width was narrowed and effect of crest width on wave incident was researched.

Other three models were prepared as a three-layered design, which consists of armour layer, filter layer and core, which are in the same stone size. Materials, which were used in the experiment, have three different porosity value. On each of these three models, a completely porous section, height of which is 10 cm along the cross-section was formed. Incident wave passed from the porous section and created a flow behind the breakwater. Porous section formed on three models changed the position on the cross-section of the breakwater according to the still water level along the depth. Therefore, effect of incident wave flow from the porous breakwater and depth of porous section were also examined.

It was observed that incident waves flow from the porous breakwaters in greater amounts compared to three-layered breakwaters, and increase of breakwater crest's width decreases the amount of incident wave. The fact that porosity value affects the incident wave in direct proportion was calculated from the wave values. In regular waves, it is observed that the height of transmitted wave decreases as the height of incident wave increases; on the other hand, in irregular waves, height of transmitted wave increases as the height of incident wave increases.

In regular and irregular waves, as wave period, therefore, wave flow from the porous breakwater for long period waves, and as a result of this, wave flow coefficient increase. It was found that both periodical wave length and breakwater geometry have an effect on wave flow.

The flow through the porous breakwater decrease while the steepness of the waves increase both for regular and irregular waves. Relatively waves having longer period, pass through the breakwater depending on the width of the crest of the breakwater.

Breakwater crest width is a parameter, which affects the wave flow for porous breakwaters. Non-dimensional parameter B/L was obtained to examine this effect. In this non-dimensional parameter, wave length, therefore, wave period also become a part of the process in question. Since flow amount decreases as crest width and wave length decreases, transmission coefficient also decreases.

When a wave passes from the porous structure by spreading, wave height decrease since wave energy decreases as a result of projection from the structure and viscosity loss inside the structure.

Within these models, %2 - %19 of regular waves and %2 - %22 of irregular waves pass through the breakwater. The depth of porous area, considering the geometrical structure of the breakwater, is an important parameter effecting the wave transmission. Coefficient of reflection on porous breakwater is less than rubble mound breakwater. Energy of incident waves is lowered through the reflection energy of the breakwater, a little part of energy passes through the breakwater and by this way energy of passing wave is occurred.

As for the (E_T) percentage of wave energy flowing through the breakwater due to porosity (E_i) 0,013% - 3,643% of incident wave coming from the breakwater passes. For irregular waves, 0,042% - 4,707% of wave energy passes from the breakwater. In the designed breakwater model, it is observed that percentage of transmitted wave energy to incident wave energy is higher for the irregular waves than those of regular

waves. It is planned that a low amount incident wave energy will pass through the breakwater.

Since breakwater has a porous structure, three-dimensional velocity measurements were made with two ADV's, one on the front side of the breakwater, in order to measure the velocity of circulation behind the breakwater and incident wave with the purpose of determining flow characteristics formed by the wave behind the breakwater. Flow conditions forming behind the breakwater were evaluated by analyzing horizontal and vertical velocities on two dimensions (u and w).

When vertical velocity component which forms behind the breakwater was examined, it was found that it is lower compared to horizontal (u) velocities. Magnitude of vertical velocities is of great significance in terms of circulation along the agitation and depth.

In the third and fourth model, it was found that narrowing the cross section increases the flow velocities on the porous section and under the porous section.

As a result of permeability of porous breakwater, the waves, passing through the breakwater, causes circulation behind the breakwater. This circulation provides circulation through horizontal speed to the coast, harbour or the breakwater with the surface circulation up and down. Circulation circumstances occurred behind the breakwater are determined as a result of changing porous area of the porous breakwater through depth. Stability of models have been tested under the regular and irregular waves.

1. GİRİŞ

1.1 Çalışmanın Amacı

Kıyı koruma yapısı olarak eski zamanlardan beri tercih edilen, Dünya'nın birçok yerinde bir çok amaç için inşaa edilmiş ve günümüzde halen önemini koruyan kıyı yapıları dökme taş yapılardır. Bu yapılar dalgaları kırarak ve yansıtarak dalgakıran arkasındaki su haznesini dalgalara karşı koruyan, eğimli yüzeye sahip ve farklı büyüklüklerdeki taş tabakalardan oluşmaktadır. Bu tip kıyı koruma yapıları doğru boyutlandırıldığı takdirde hasar oluşsa bile işlevine devam edebilmeleri, oturmaları karşı esnek yapıda olmaları, kalifiye işçilik ve ağır ekipman gerektirmemeleri ve uzun yıllardır uygulanması sonucu elde edilen tecrübe avantajlarına sahip olması dolayısıyla tercih edilmektedir. Kıyı koruma yapılarının tasarımında dalga etkisi altında dalga-yapı etkileşimi ve bunun sonucunda yapının gösterdiği performans en önemli faktörlerdir.

Dalgakıranlar, arkalarındaki bölgeyi dalga ve akıntı etkilerinden korumak ve kumlanmayı kontrol etmek amacı ile inşa edilirken, dökme taş dalgakıranlarda arkadaki bu bölgede veya liman baseni içinde sınırlı su sirkülasyonu ile bağlantılı olarak çevresel problemler yaratabilir. Liman içerisine ve liman ile etrafındaki su kütlesi arasında meydana gelen su sirkülasyonu liman tasarımı bakımından önemlidir. Bir dalgakıranın kıyı tarafına suyun yeterli bir akışı olmazsa, kıyı tarafında su kalitesi su sirkülasyonu olmadığından dolayı kötüleşir. Yarı kapalı basenlerde, sirkülasyon yapısının özellikleri, su kalitesini etkileyen esas faktörlerinden biridir. Sirkülasyon yapısı, basen içindeki su ile basen dışındaki temizleyici taze su arasındaki değişimi sağlar ve basen içinde meydana gelen kirliliğin burada kalma ve temizlenme süresini belirler.

Sirkülasyonu sağlamak için, özellikle limanlara, marinalara ve balıkçı barınaklarına, boşluklu dalgakıranlar alternatif dalga koruma yapısı olarak uygulanabilir. Poroziteden kaynaklanan geçirimsizliğinden dolayı boşluklu dalgakıranlar su sirkülasyonuna izin verirler. Bundan dolayı bir avantaja sahiptirler. Dalga yansıma

ve geçiş katsayısı, dalga tırmanması, dalga kuvveti ve devrilme momenti ve stabilite gibi parametreler ve dalgaların yapılar ile etkileşiminin doğru tahmini dökme taş dalgakıranlardaki gibi boşluklu dalgakıranların tasarımında da çok önemlidir.

Bu doktora çalışmasının amacı, boşluklu dalgakıranların liman içi sirkölasyon oluşumuna etkisini ve dalgakıran içerisinden su geçişi sağlarken, stabilitesinin de incelenerek, deneysel yöntemlerle araştırılmasıdır. Dökme taş dalgakıranların gelen enerjiyi sönümlemesi ve dalgayı yansıtması ile ilgi birçok çalışma yapılmış olmasına karşın, şevli boşluklu dalgakıranlarda dalga geçişinin ve dalgakıran arkasında oluşturduğu akım şartlarını inceleyen deneysel çalışma az sayıdadır. Bu tez çalışmasında ilk defa tasarlanan sandviç tipi boşluklu dalgakıran modellerinin hem dñzenli hem de dñzensiz dalga etkisi altında dalga geçiş koşulları ve etkisi çalışılmıştır.

Gñnñmñzde kıyı koruma yapılarının çevresel etkilerinin önemi giderek artmaktadır. Bu açıdan bakıldığında kıyı koruma yapısı ve kıyı arasındaki bñlgede ve liman baseninde su kalitesinin ve su altı yaşamın sağlanması önem kazanmaktadır. Bundan dolayı yarı kapalı alanlarda taze su sirkölasyonunu sağlamaya yñnelik bu yapıların çevresel etkilerinde ve tasarımında gñz nñnde tutulması gereken kriterlerin araştırılması ve bu kriterlerin geliştirilmesi son yıllarda akademik araştırma çalışmalarının yoğunlaştığı konulardan biri olmaya başlamıştır. Yapılan bu deneysel çalışma ile bu konuya katkı yaparak geliştirilmesi amaçlanmıştır. Boşluklu dalgakıranlar konusunda yapılan çalışmaların çevresel etkiye katkısından dolayı artarak devam edeceği dñřñnñlmektedir.

Tasarlanan modellerin hepsinde çekirdek yapısı olmayan boşluklu bñlge oluşturulmuş, geçişe porozitenin etkisi, dalgakıran boşluklu bñlgenin geometrik yapısının geçişe ve yansımaya etkisi, gelen dalganın dalgakıran nñnde ve geçen dalganın dalgakıran arkasında oluşturduğu dalga ve akım koşulları araştırılmıştır. Çekirdeksiz boşluklu bñlñmden oluşan dalgakıran modellerinin stabilitesi yapılan deneyler ile incelenmiştir. Dalgakırana gelen dalga enerjisinin dalgakıran arkasına istenen miktarda kontrollñ geçişinin sağlanması koşulları ve liman içinde oluşturacağı muhtemel sirkölasyona katkısı ve çalkantı durumu araştırılmıştır.

1.2 Çalışma Yöntemi

Yapılan bu tez çalışmasının amacı doğrultusunda fiziksel modellemeye dayalı deneysel çalışma yöntemi kullanılmıştır. Tasarlanan boşluklu dalgakıran modelleri, düzenli ve düzensiz dalga kanalında kurulmuştur. Böylece modellerin düzenli ve düzensiz dalga ile etkileşim performansları iki boyutlu olarak çalışılmıştır. Yancılarları tamamen cam olan dalga kanalı sayesinde, yapılan deneylerde gelen dalganın geçişi ve satabiliteye etkisi gözlemlenebilmiştir. Yapılan deneyler, fotoğraflanıp video çekimleri yapılmış, deneyler hakkında detaylı notlar tutulmuştur. Elde edilen bu veriler bilgisayar ortamında kaydedilmiştir.

Gerçekleştirilen deneylerde gelen ve geçen dalga koşullarını belirlemek için dalgakıran önünde ve arkasında dalga problemleri ile dalga ölçüm kayıtları alınmış böylece su yüzey değişim profilleri elde edilmiştir. Yine dalgakıran önünde ve arkasında ADV'ler ile hız ölçümü yapılarak derinlik boyunca akım hız profilleri çıkarılmıştır. Dalgakıran önündeki ve arkasındaki akım koşulları belirlenmiştir. Deneylerde kullanılan tüm düzenli ve düzensiz dalgalar altında modellerin stabilite gözlem deneyleri yapılmıştır.

Yapılan deneysel çalışmalar sonucu elde edilen veriler analiz edilmiş, kurulan dalgakıran modellerinin düzenli ve düzensiz dalgalar ile etkileşimi ve performansı, dalga yansıma katsayısı, dalga geçiş katsayısı, dalga dikliği gibi boyutsuz parametrelerin hesaplanması ile incelenmiştir. Deneysel çalışma ile elde edilen sonuçların ve modellerde yapılan değişikliklerin etkilerinin detaylı incelenmesi ve sonuçların diğer çalışmalardaki yapılar için kurulan prototip ve model ölçeğinde elde edilen değerler ile karşılaştırılabilmesi, bu boyutsuz parametreler ile mümkün hale getirilmiştir.

2. LİTERATÜR

Boşluklu kıyı koruma yapılarının dalga özelliklerine etkisi ile ilgili yapılmış çalışmalar, bu bölümde özetlenerek verilmiştir. Boşluklu dalgakıranlar ve yapılar konusunda yapılmış fiziksel ve nümerik modelleme çalışmaları mevcuttur. Araştırılan literatürde dökme taş dalgakıranlar ile ilgili birçok çalışma bulunmaktadır, burada boşluklu dökme taş dalgakıranlardan bahsedilecektir.

Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde boşluklu dalgakıranlar ile ilgili çalışmaların daha çok alçak kretli, batık boşluklu dalgakıranlar üzerine yoğunlaştığı, yüksek kretli şevli dökme taş boşluklu dalgakıran ile ilgili çok az çalışma yapıldığı görülmüştür. Yapılan çalışmaların daha çok nümerik modellemeler ile yapıldığı, fiziksel modelleme yöntemi ile yapılmış çalışmaların daha az olduğu görülmektedir.

Bu konuda yapılan çalışmaların 1972 yılında Sollit ve Cross tarafından yapılmış çalışmayı temel aldıkları basılmış makalelerin referanslarından anlaşılmaktadır (Sollit ve Cross, 1972).

Geçirimli bir yapı üzerinde dalga geçişini açıklamak için önerilmiş birçok teorik araştırmaya rağmen, ön boşluklu yapıyı dik bir dalgakırandan dalga yansıması sadece birkaç tane çalışmada dikkate alınmıştır.

Dalgakıranlar ile gel-gitlerin etkileşimi sonucunda gel-gitten meydana gelen dalga hareketleri geçirgen dalgakıranlar boyunca dalga ilerlerken, küçük değişiklik ile birlikte yayılır. Gerçekte, dalgakıranlar bu dalga hareketlerine göre pratik olarak geçirgendir. Diğer yandan, boşluklu dalgakıran boyunca geçirim kabulü, dalgakıranın rüzgara maruz kalan tarafında, dalga hareketliliğini tahmin etmek düşük olduğundan, bu göz ardı edilebilir (Pilarczyk ve Zeidler, 2003).

Barber (1983), bütün kıyı boyunca kontrol yapılarının dizaynında, yüzey yapısına müdahale etmekten ve profil dizaynında bir esneklik sağlamaktan söz eder.

Boşluklu yapılar, örneğin dökme taş dalgakıranlar akıntı hareketleri ve dalgadan, kumsalları ve limanları korumak için tüm dünyada kullanılırlar. Son zamanlarda, dik geçirgen ya da boşluklu yapılar, nehirler, haliçler ve göller içinde yarı korunmuş

yerde kıyı çizgisi erozyonunu kontrol etmek ve balıkçı barınakları, marinaları korumak için, artan bir şekilde popüler hale gelmişlerdir. Dik boşluklu yapılar klasik sabit dalgakıranlar (örneğin dökme taş dalgakıranlar) için alternatif bir öneridir. Dalgakıranların bu tipi dalgakıranın klasik tipinin özellikle sakinlik gereksinimi düşük olan yerlerde kıyı çalışmalarında yerini almak için iyi ve uygun maliyetli olarak nitelendirilir. Kirliliği azaltma bakımından kumsal boyunca su kütlelerini değiştirmeye imkan veren bu çeşidin batık tipleridir. İlave olarak, bu dalgakıran çeşidinin su yüzüne çıkmış tiplerinin kara tarafı yavaşlama amaçları için kullanılabilir (Rageh, 2009)

Dökme taş dalgakıranın içinde dalga sönümlenmesi, sönümleme fonksiyonlarının (doğrusal, karesel ve polinom) çeşitli tipleri için teorik olarak analiz edilmiştir. Dökme taş dalgakıranlarda dalga enerjisinin kaybı esas amaçtır. Yine de, gelen dalga enerjisinin belli bir bölümü dalgakıran çekirdeği boyunca geçecektir.

Dalgakıran boyunca dalga geçişi ve dalgakıran içerisinde dalga sönümlenmesi oldukça karmaşık süreçlerdir. Bir dalgakıran içinde boşluklu akım türbülanslı, durağan olmayan ve düzensizdir. Dalgakıranın deniz tarafı bölümünde iki fazlı akım (hava-su karışımı) muhtemelen oluşmaktadır.

Dalganın dalgakıran içerisindeki çekirdek basıncı dağılımı, etkili olması mevcut tasarım esasları içinde dikkate alınmamıştır ya da sadece önemsiz derecede dikkate alınmıştır (Muttray ve Oumeraci, 2005).

Mizumura (1984), teorik çalışmada dökme taş bir dalgakıranın kaplama tabakası içindeki akımı idealleştirerek modellemiştir ve dalga sönümlenmesinde, boşluklu ortamda dalga nedeniyle oluşan düşey yönlü akıntıların önemli etkisi olduğunu belirtmektedir. Powell ve Allsop (1985), alçak kretli dalgakıranlara dair yapmış oldukları deneysel çalışmada bu yapılar için dalga geçişi ve stabilite bağıntıları vermişlerdir (CEM, 2003).

Hedar (1986), dökme taş dalgakıranlarda koruma tabakasının stabilitesi üzerine yaptığı çalışmada, kendisinden önce verilmiş olan stabilite bağıntılarını ele alarak karşılaştırmış ve alt tabakanın geçirimsizliği ve koruma tabakasının içsel sürtünme açısına bağlı olarak, dalga tırmanması ve çekilmesi için farklı stabilite bağıntıları önermiştir.

Boşluklu ortam akımını inceleyen diğer bir çalışmada ise permanan akım ve salınımlı akım (oscillatory flow) altında granüler malzeme için sürtünme katsayıları elde edilmiştir (Van Gent, 1995).

Yansıma, geçiş, tırmanma/çekilme ve yapılar tarafından dalga alanının enerji kırıcı yapıları olarak enerji kaybı kavramları içinde hidrodinamik davranışa göre yüzey porozitesi çalışması Barber (1983) tarafından incelenmiştir. Yapı boyunca tırmanma ve çekilme için esas kontrol görüldüğü gibi tanımlanmış iki boyutlu porozite çalışmasıdır. Yansıma kontrol edilmiş (ve geçirim, uygun ise) üç boyutlu porozite, Barber'ın çalışmasının sonucu, enerji kırıcının bölümleri üzerinde performansı ayrı ayrı incelenebilmesi yerde, kontrollü boşluklu kaplamanın dizaynı için bir format sağlama yöneliktir.

Boşluklu yapı ile dalga etkileşiminin özelliklerini keşfetmek için Navier-Stokes denklemleri bazlı birçok nümerik modeller, kullanılan nümerik teknikler ile verilmiştir. Örneğin; Van Gent ve diğ. (1995), Trock and Rouck (1998), Liu ve diğ. (1999), Hsu ve diğ. (2008) ve Hur ve Mizutani (2003). Alternatif olarak, Sollitt ve Cross (1972) bu spesifik problemi (boşluklu yapıdaki lineer olmayan sürüklenme) basitleştirmek için önerilmiş potansiyel bir teori, Lorentz'in eşdeğer çalışmasının koşulları ile linearize edilmiştir. O zamandan beri birçok araştırmada bu sınır değer problemlerini çözmek için potansiyel teori kabul edilmiştir. Örneğin; Madsen (1974), Sulisz (1985), Lee (1987), Rojanakamthorn ve diğ. (1989), Dalrymple ve diğ. (1991) ve Losada ve diğ. (1996).

Kullanılan potansiyel teori, dökme taş dalgakıran için ya da deniz duvarı önündeki boşluklu yapı ile dalga etkileşimi ve akım alanı için, analitik bir model Lee (1987) tarafından geliştirilmiştir. Lee'nin modelinde, boşluklu yapının eğimli sınırları, önce kısımlara ayrılmış ve bir grup dikdörtgensel katmanlı alt tabaka ile yaklaşık olarak değerlendirilmiştir. Bununla birlikte, bu analitik model daha karışık konfigürasyonlar ile çözümlenmesi durumunda çok karmaşık hale gelebilir ve ayrıca eğimli bir deniz tabanı üzerindeki dalgakıran için uygulanabilir değildir.

Eğimli bir tabanda, batık bir dalgakıran üzerinde, dalga geçişi için, Rojanakamthorn ve diğ. (1989) tarafından geçirgen bir taban üzerindeki dalgalar için eliptik tip hafif eğimli bir eşitlik bazlı denklemler elde edilmiştir. Onların modelinin geçerliliği, düzgün eğimli bir taban üzerinde yerleşmiş ikizkenar yamuk batık bir geçirgen

dalgakıran için yapılan deneyler ile karşılaştırılarak doğrulanmıştır. Buna rağmen iyi bilinen eliptik tip hafif eğimli eşitlik, güçlü dalgaların yansıma durumu için verimli olarak uygulanabilir değildir (Chen ve diğ., 2006).

Lineer uzun dalga teorisi, boşluklu dökme taş dalgakıran içinde akış direncini ifade etmek için Forchheimer eşitliği ile birleştirilmiş, dalga aşmaması durumu (Madsen ve White, 1975) için kırılmayan düzenli dalgaların yansıma ve geçiş katsayılarını başarılı bir şekilde tahmin etmek için uygulanmıştır. Lineer olmayan uzun dalga teorisi geçirgen şev üzerinde dalga tırmanması ve akım alanını daha doğru bir şekilde tahmin etmek için gerekir. Geçirgen bir şev üzerinde düzenli dalgaları tahmin etmek için, Thompson (1988) uygulanan süreklilik denklemi ve yatay momentum denklemi, Kobayashi ve diğ. (1986, 1987) tarafından geçirimsiz şev üzerinde düzenli dalgaları tahmin etmek için kullanılmıştır.

Kobayashi (1986)'da, geçirimli bir alt tabaka içinde birim yatay alandaki kütle ve momentum akılarını ifade etmek için yatay momentum akısı ve düşey kütle akısı dahil geçirgen bir şevin sonlu genlikli sığ su denklemlerini geliştirmiştir (Liu, 1990).

Dalgakıranlar kıyı şeridi erozyonunu azaltmak için rüzgara maruz kalan taraf üzerinde dalga enerjisini azaltmak için kıyı şeridi boyunca inşa edilmişlerdir. Batık bir dalgakıranın rüzgara maruz kalan tarafında dalga enerjisi harcanmış, sonra sürtünme süreci ile geçiş, dalga kırılması ya da dalga yansıması dalga geçiş katsayısının K_T belirlenmesi ile ölçülebilmektedir. Dalga geçiş katsayısı dalgakıranın kıyıya doğru geçen dalga yüksekliğinin (H_t) dalgakıranın kıyıya doğru gelen dalga yüksekliğine (H_i) oranı olarak tanımlanmıştır. Fiziksel modellemede K_T 'nin değeri, dalgaları zayıflatmak için düşük kretli batık bir dalgakıranın etkinliğini açıklayan parametredir. Daha küçük dalga azaltması ve tersine, dalga geçiş katsayısının daha büyük değerleri elde edilmiştir. $0 < K_T < 1$ aralığı için sıfır değeri, geçirimsiz dalgakıranlar gibi dalga geçişinin olmadığını işaret eder. Bir değeri, dalgakıranın olmayışı durumundaki gibi tamamen geçiş olduğu anlamına gelmektedir (Sidek ve Wahab, 2007).

Pilarczyk (2003)'e göre düşük kretli ve batık yapılar, ayrı dalgakıranlar ve yapay resifler gibi onların sahip olduğu ya da kıyı şeridini korumak için yapay kum beslemesi kombinasyonlarında yaygın olarak kullanılmıştır. Bu yapıların inşaatı kıyı şeridinin dinamik dengesini gereken seviyede azaltmış olmak için, kıyı şeridi

üzerinde hidrolik yüklemeyi devam ettirebilmiştir. Bu hedefi başarmak için batık dalgakıranların sığ kretleri üzerinde, enerji harcanması ve dalga kırılması boyunca ya da boşluklu yapı boyunca ayrıca geçiş ve aşma ile yapı üzerinde dalga enerjisinin belirli bir miktarının geçişine izin vermek için dizayn edilmiş yapılardır. Black ve Mead (1999) tarafından, batık açık deniz resiflerinin etkisi incelenmiş özellikle laboratuvar dışında arazide kurulmuş, açık deniz dalgakıranlarının maruz kaldığı kıyı şeridi tepkisini anlamak için yapılmış önemli araştırmadan bahsedilmiştir (Sidek ve Wahab, 2007).

Boşluklu ya da geçirimli dalgakıranlar üzerinde laboratuvar testleri ile ilgili olarak birçok ilişkili araştırmalar 60'ların ortasından beri gerçekleştirilmektedir. Bunlara dahil olan Newman (1965)'in araştırmaları iki boyutlu engellerin üzerinde dalga yayılmasını içermektedir. Sollitt ve Cross (1972) dalgalar tarafından yaygın olarak kullanılan, etkili boşluklu akım modelini geliştirilmişlerdir. Dattari ve diğ. (1978) porozite değerinin çok küçük aralığını kullanarak geçirimli batık dalgakıranlar üzerinden dalga geçişinde porozite etkisini deneysel olarak incelemişlerdir. Bu çalışmada, porozitenin 1 (ince bir levha), 0.42, 0.41 ve 0 (geçirimsiz) değerlerini kullanmışlardır. Onlar porozitenin geçiş katsayısını önemli ölçüde etkilemediği sonucuna vardılar. kullandıkları porozite aralığı küçük olduğu için boşluklu batık dalgakıranların porozitesinin gerçek etkisi tam anlamıyla doğrulanmıştır. Bu yüzden daha fazla araştırma çalışması gerekliydi. Daha çok son zamanlarda, Gu ve Wang (1991), Losada (1995), Huang ve diğ. (2003) ve Ting ve diğ. (2004) daha ileri araştırmaya devam ettiler. Deneylerinde test ettikleri modellerde porozite değer aralığını 0.35-0.42 olarak kullandılar. Araştırmacılar kıyı yakınında ki dalga geçişinde, bazı etkilere sahip batık dalgakıranların geçirgenliğini dikkate almıştır.

Bu alanda ki, ilgili birçok yayınlanmış literatürün gözden geçirilmesinden, hem laboratuvardaki hem de arazideki çalışmalardan ihtiyaç duyulandan daha fazla bilgi elde edilmiştir. Özellikle batık dalgakıranlar etrafında dalga azaltmasının özellikleri üzerinde porozitenin etkilerinin doğrulanmış olması gerekmektedir. Arazideki kıyı mühendisliği çözümleri olarak umut veren batık boşluklu dalgakıranların tasarımı ve gelişimininde etkili olan bilgiler elde edilmiştir.

Losada ve diğ. (1995) tarafından yapılan çalışma, “Kararsız akım altında yapay boşluklu yapının dalga kinematikleri ve dinamikleri” konusunda yapılmıştır. Yaptıkları bu çalışmada taneli malzemede boşluklu akım Sollitt ve Cross'un teorik

modelini temel almışlardır. Ortaya atılan teorinin geçerliliğini değerlendirmek için deneyler yapmışlardır.

Dökme taş dalgakıranlar ile dalga etkileşimi değerlendirmesi için nümerik modelin formüle edilmesinde en önemli rol, iri taneli malzemenin hareketinde akımın incelenmesidir. Son derece düzensiz mikroskobik seviyede problemin çözümünü gerektiren karmaşık nümerik işlemler, zaman harcanarak, katı tanecikler arasındaki boşluklar ile tanımlanmıştır. Bundan dolayı problem, sızıntı hız kavramının ortaya konması ve modelin global fiziksel ve hidrolik özelliklerinin ifadesinde mikroskobik akım alanı değerlendirilmesi yaklaşımına sahiptir. Sollitt ve Cross'a dayanmış, lineer olmayan, boşluklu modeller, için birkaç araştırmacı boşluklu yapılar ile dalga etkileşimi için çözümler üretmişlerdir. Sollitt ve Cross'un teorik yaklaşımı, üç bileşen, bir sızıntı bileşeni, bir geçici ve konumsal dalgalanma içinde ani akım değişkeninin bozulmasına dayanır. Denklemlerin konumsal ve geçici ortalamalarından sonra, sürtünme teriminden türetilmiş ve sızıntı hızı ile ilgili konvektif ivme göz ardı edilmiştir. Boşluklu malzeme için bir potansiyel akımda linerize edilmiş sonuçlar, analitik olarak çözülebilir sistem içine dönüştürülmüştür (Losada ve diğ., 1995).

Akıma ilişkin boşluklu yapı içerisinde iki bölge ayırt edilebilir. Bir geçiş bölgesi, çok düzensiz kayıtlar vasıtası ile karakterize edilmiş ve ikinci tepe noktaları ile, küçük ya da dağıtmayan ve çok daha yüksek harmonikler çok önemli karakteristik olarak dağıtma ile hız spektrası ve geçiş bölgesinde, ortamın değişimine karşı uyum sağlayan akım bölgesidir. Sollitt ve Cross teorik modeli, geçiş bölgesinde boşluklu yapının içinde ve dışındaki akımın kinematik ve dinamiklerini yeniden üretebilir. Ancak, yapı çok pürüzlü olduğunda geçiş bölgesinin modellenmesi özellikle daha fazla çaba gerektirir. İlave olarak, boşluklu yapı önünde hız dağılımları ve basınç, nodların ve nod olmayanların konumu yansıma analizinde, düzensiz dalgalar için kullanılabilir. (Losada ve diğ., 1995)

Bir başka çalışmada 1996 yılında Jeng ve Lin tarafından Sonlu eleman analizi ile boşluklu deniz tabanının lineer olmayan dalgada sebep olduğu yansıma konusunda yapılmıştır (Jeng ve Lin, 1996).

Prozite, yapı üzerine gelen dalganın geçişini, yansımasını, malzeme içinden geçen akımın koşullarını v.b. birçok faktörü etkilemektedir. Bu konuda Twu ve Wang

tarafından yapılan “Çok tabakalı boşluklu malzeme ile dalga sönümlemenin sayısal modeli” başlıklı çalışmada, çok tabakalı boşluklu malzemeden farklı dalga periyotları için dalga yansıması incelenmiştir (Twu ve Wang, 1994). Boşluklu malzeme bir, iki, üç ve dört tabakalı olarak oluşturulmuştur. Aynı malzemenin farklı dalga periyotları arasında sönümlenmenin etkili olduğu belirlenmiş, daha uzun dalgaları sönümlemek için daha kalın malzeme gerektiği görülmüştür.

Kevin R.Hall, Greg M.Smith ve David J.Turcke tarafından yapılan “Boşluklu malzeme boyunca salınımlı ve kararlı akımın karşılaştırılması” başlıklı çalışmada, malzemenin özelliklerinin etkisi (dane çapı ve porozite) farklı geometrik dizilişte iki farklı çaplı küreler kullanılarak test edilmiştir (Hall ve diğ., 1995).

Burcharth ve Andersen tarafından yapılan “Bir boyutlu kararlı ve kararsız boşluklu akım denklemleri” başlıklı çalışmada, iri taneli malzeme içinde boşluklu akımın teorik olarak porozite ile akım direncinin değişimine özel etkisi araştırılmıştır. İri taneli malzemenin içindeki boşluklu akımın fiziği, dalga – dökme taş yapı etkileşimi için sayısal modellerin formülasyonunda ve ölçek modellerde ölçek etkisinin değerlendirilmesinde önemlidir (Burcharth ve Andersen, 1995).

Van Gent tarafından yapılan “Dökmetaş malzeme içinden geçen boşluklu akım” başlıklı çalışmada, u tüp geçidinde, uygulanmış kararlı akımın iri taneli malzemeden geçirgenliği ölçülmüştür (Van Gent, 1995). Dökme taş yapılar ve çakıl kumsalları gibi geçirgen yapılardaki akım, bu çalışma için önemli sonuçtur. Atalet direncinin önemi kadar laminar ve türbülans sürtünme koşullarının katkıları belirlenmiştir. Salınımlı akım ve kararlı akım koşulları arasındaki farklar irdelenmiştir. Boşluklu akım sürtünme katsayılarında kararlı akım koşullarının etkisi, boşluklu akım sürtünme katsayıları yeni ifadede uygulanmıştır. Bunlar, hem simüle edilmiş boşluklu akım nümerik modellerinde uygulanabilir hem de küçük ölçekli fiziksel modellerindeki ölçek etkileri çalışmasında kullanılabilir. Boşluklu akım çalışması için u tüp geçidinde ölçümler gerçekleştirilmiş, kararlı ve salınımlı akım koşulları için farkları gösterilmiştir. Kararlı ve salınımlı akım arasındaki farklar Keulegan-Carpenter sayısına bağlı olarak, akım alanındaki dirence bağlıdır. Atalet katsayıları ilave olarak belirlenmiştir. Atalet direncinin katkısı, ikinci dereceden/türbülans sürtünmesinden daha küçüktür. Boşluklu akım sürtünme katsayıları için ifadelerdeki test sonuçları birleştirilmiştir. Bu ifadelerde, dökme taş dalgakıranlar ve çakıl

kumsallar gibi geçirgen yapılarda ve üzerinde, birçok nümerik modelde dalga hareketi simüle edilebilirliği uygulanmıştır.

Massel ve Mei tarafından yapılan “Delikli ya da boşluklu dalgakıranların içinden düzensiz rüzgar dalgalarının iletimi” başlıklı çalışmada, dalgayı sönümleyen bir dalgakıran üzerine çarpan düzensiz dalgalar için analitik teori sunulmuştur (Massel ve Mei, 1977). Doğrusallaştırılmış bir uzun dalga yaklaşımı kullanılmıştır. Dalgakırandaki ikinci dereceden kayıpları ele almak için bir delikli veya bir boşluklu dalgakıran için olasılıksal eşitlik lineerleştirme tekniği uygulanmıştır. Düzensiz dalga yayılımı problemleri bilinen çözümlerin basit uyumlu haline indirgenmiştir. İstatiksel yansıma ve geçirim katsayıları tanımlanmış ve sayısal örnekler verilmiştir. Bu bilimsel yazıda, yarı deneysel teoriler, düzensiz dalgaların delikli ve boşluklu dalgakırandan geçişi için geliştirilmiştir. Bu teoriler, gelen dalganın enerjisi yoğunlaşmış, spektrumun uzun dalga bölümündeki sığ kıyı bölgesi için yapılmış yaklaşımdır. İstatiksel iletim ve yansıma katsayıları, dalga spektrumu ve standart sapmalarına göre verilmiştir. Bu teorideki sonuçların sadeliği pratik uygulamalarda değerlidir.

Lynett ve diğ. (2000) tarafından dik duvarlı boşluklu yapılar ile uzun dalga etkileşimi için nümerik modelleme yapılmıştır. Boşluklu bölgeler ve değişken derinlikli açık su her ikisinde zayıf bir şekilde dağıtıcı geçici dalga yayılımı, zayıf lineer olmayan uygun model, derinlik integre edilmiş hareket denklemlerine dayanır (Lynett ve diğ., 2000).

Boşluklu dalgakıranlar ile sığ su dalgalarının lineer olmayan etkileşimi kıyı planlaması ve tasarımında önemli bir konudur. Birçok araştırmacı boşluklu dökme taş dalgakıranının yansıma ve geçiş özelliklerini çalışmış yalnızca birkaçı bağlantısız boşluklu dalgakıranlar ile ilgili difraksiyonu incelemiştir. Mevcut birçok çalışmada gelen dalgaların lineer ve periyodik olduğu varsayılmıştır. Sollitt ve Cross(1972) ve Madsen (1974) üçgensel boşluklu yapılardan dolayı sürtünme kuvvetleri ve ataletin dahil olduğu lineer dalga modellerini çalışmışlardır. Çeşitli ilaveler ve geliştirmeler bu modeller için yapılmıştır (Madsen ve White, 1975; Sulisz 1985).

Daha çok günümüzde ki araştırmalar, karmaşık nümerik modeller, herhangi bir kıyı tertibatı tipinin sanal olarak doğru bir şekilde modellenmesine imkan vermiştir (Van Gent, 1995 ve Liu ve diğ., 1999). Bu modeller sadece bir yatay boyutlu olmasından

dolayı mevcut durumda difraksiyon analizi için geliştirilmiş olmayabilir. Sağlam bir dalgakıran tarafından dalgaların difraksiyonunda kaydın önemli bir miktarı alınmıştır. Dalgalarının hafif difraksiyonunun uyarlanmasıdır (Penny ve Price, 1952). Birçok dalgakıran dizayn kitaplarında (örneğ., Kıyı Mühendisliği Araştırma Merkezi (CERC) 1984) bulunabilir ve araştırma (örneğ., Yu ve Togashi 1996) için karşılaştırmalı değerlendirme olarak halen kullanılmaktadır. Ayrıca tüm gerekli lineer dalgalar ve sabit su derinliği için analitik olarak difraksiyon teorilerine ilave olarak geliştirilmiştir (Goda ve diğ., 1978; Liu 1984; Dalrymple ve Martin 1990). Wang (1995) tarafından yapılan nümerik çalışmada, kullanılan WU'nun genelleştirilmiş Boussinesq modeli lineer olmayan zayıf uzun dalgalar için sağlam dalgakıran difraksiyonu geliştirilmiştir. Bu model, sabit bir derinlik bölgesinde ince bir dalgakıran ile rastgele gelen dalgaların etkileşimini incelemiştir. Wang (1995)'ın, nümerik çözümü, Liu'nun lineer modeli ve deneysel verisi, gösterilen her iki modelde iyi tahmin edilmiş dalga yüksekliğine rağmen difraksiyon dalgasının varış zamanını daha iyi tahmin etmiş, lineer olmayan zayıf model ile karşılaştırmıştır.

Yu (1995) lineer potansiyel dalga teorisine dayanarak boşluklu dalgakıran difraksiyonunu geliştirmiştir. Boşluklu bir dalgakıran tarafından dalgaların difraksiyonu için çok az kayıt alınmıştır. Bu model rastlantısal olarak gelen dalgalar (Yu ve Togashi, 1996; McIver 1999) için genişletilmiştir. Ancak gelen dalga boyuna kıyasla ince dalgakıran gerektirir. Ek olarak, boşluklu dalgakıran difraksiyonunun kesin olmayan deneysel çalışmaları vardır.

Hidromekanik süreçler yapıların etrafındaki enerji transferi ve dahili ve harici sürtünme ile enerji kaybı, akış görüntüleme deneyleri ile açıklanmış ve ispat edilmiştir.

Dalga etkilerine karşı kıyıların ve limanların korunması dalgakıranlar ile yapılmıştır. Bazı sebepler için geçirimli dalgakıranlara ihtiyaç vardır. Bunlardan biri, açık su ile korunmuş alanlar arasında, kıyı şeridi ve kumsalların onların doğal çevresinin, suyun değişimini engelleyici olmadan dalgalara karşı korunmasıdır. Geçirimli dalgakıranların iki örneği; yarı batık dik duvar ve rijit yatay batık plakadır.

Yarı batık duvar tamamen araştırılmıştır. Diğer yandan geçen enerjinin (E_T) ve yansıyan enerjinin (E_R) toplamı ve diğer taraftan gelen dalga enerjisi (E_i) arasında enerji denge durumuna dayanarak açıklanmıştır. Bu kavram, ilk olarak Wiegel,

(1960) tarafından tanımlanmıştır. Kaplanmış alan için yansıyan enerji ve yapısal malzemeler ile kaplanmamış alanlardaki gelen dalga enerjisi için çevrilmiş enerji bağlantısını kurmaktadır. Yansıyan artı geçen enerjinin ve ilgili gelen enerjinin oranı birden daha küçüktür; bu gerçek durum sıklıkla yapının yüzeylerinin pürüzlülüğünden dolayı sürtünme kaybı ile açıklanmıştır (Graw ve diğ., 2010).

Dalgakıranlar çok önemli kıyı yapılarından biri olarak düzenlemede geçirimli yapı ya da geçirimsiz yapı olarak ve yakın kıyı koruması için yaygın olarak kullanıma sahiptirler. Dalgakıran uygulamalarının esas avantajı gelen dalgaların enerjisini yansıtmak ve/veya harcamak ve sonuç olarak yakın kıyı bölgesindeki kumsal erozyonunu önlemektir. Son zamanlarda, ilave olarak dalga enerjisi boşluklu malzeme içinde sürtünme akımından dolayı harcanabileceğinden, geçirgen batık dalgakıranlar artarak popüler hale gelmiştir. Boşluklu bir dalgakıran aslında geçirimsiz sert yüzeyliden farklıdır. Okyanus dalgaları boşluklu malzeme boyunca ilerlerken dalga enerjisinin enerji kaybı oranı önemli bir biçimde etkilenir. Boşluklu dalgakıranın stabilitesini ve fonksiyonelliğini anlamak için böyle bir yapı ve deniz tabanı etrafındaki dalga hareketinin yapı temeli (zemini) etrafında verdiği tepki belirlenmelidir (Zhang ve diğ., 2010).

Hesaplama teknolojisinin gelişmesi ile ve hesaba dayalı akışkanlar dinamiği (CFD), genişletilmiş Navier-Stokes (NS) denklemlerine dayanan birkaç matematiksel model örneğin; bu konuda çalışmak için Liu ve diğ., (1999), Hsu ve diğ., (2008) ve Karim ve diğ., (2009) tarafından uygulanan model geliştirilmiştir. Modelde süreklilik denklemindeki dalga hareketinde, boşluklu ortamın etkisini hesaba katmak için iki esas yaklaşım kullanılmıştır. Birisi, geometrik özelliklerini ve boşluklu ortamın akışkan direncini yerleştirmek için NS denklemleri ve öbürü, hacim ortalaması teorisini kullanmak içindir (NS denklemleri için temsilen bir başlangıç hacmi üzerinde operatör ortalama hacim uygulanıyor). Huang ve diğ., (2003) içinde tartışılmış olarak, boşluklu yapı ve dalganın etkileşimi modellemesinde gösterilen büyük yeteneklere sahip NS tip modellerdir. Yumuşak eğim denklemlerine (Mendez ve diğ., 2001) dayanarak diğer modellerin eksikliğinin üstesinden gelmiştir. Sonlu genlikli sığ su dalga denklemleri (Van Gent, 1994) ya da Boussinesq tipi denklemler (Cruz ve diğ., 1997).

Kıyı yapısının dizaynındaki esas konuların birisi yapının stabilitesidir. Kıyı yapısı etrafındaki akım sadece yapı üzerinde davranan dalga kuvvetleri etkisi değil aynı

zamanda deniz tabanı stabilitesizliğine (sıvılaşma) neden olmaktadır (Zhang ve diğ., 2010).

Dik kalın, batık ya da su yüzüne çıkmış boşluklu dalgakıranların verimliliği deneysel olarak, normal ve düzenli dalgalar altında sabit su derinliği altında dalga yüksekliği ve periyotlarının bir çoğu kullanılarak çalışılmıştır. Dalgakıranın verimliliği, geçiş, yansıma ve dalga enerjisi kaybı katsayılarının bir fonksiyonu olarak sunulmuştur. Dalgakıran verimliliğini etkileyen farklı parametreler, örneğin; dalgakıran yüksekliği (D), dalgakıran genişliği (B), dalgakıran porozitesi (n) ve dalga sayısı ($k=2\pi/L$) test edilmiştir. Relatif dalgakıran genişliği (kB) arttıkça geçiş ve yansıma katsayılarının her ikisinde azalır enerji kaybı katsayısı artar. Ayrıca, gelen dalgaların yansıması ve geçen dalgaların azaltılmasında, dalgakıran kret yüksekliği sakin su seviyesinden daha yüksek olması durumunda geçiş katsayısı 0,3 den küçük ve yansıma katsayısı 0,5 den büyük olarak, özellikle dalgakıran yüksekliği su derinliğinin 1.25 ine ulaştığı durumda dalgakıran daha etkilidir. Ayrıca dalgakıranların bu tipi, dalgakıran yüksekliği su derinliğine eşit olduğu zaman gelen dalga enerjisinin %50 den fazlasını harcar (Rageh, 2009)

Kıyı yapısı ile dalga etkileşimi, gerçekte esas olarak üç boyutlu bir problemdir. Bir çok ilişkili hidrolik süreçlerin, dalga dönmesi, dalga tırmanması ve dalga kırılması boşluklu yapılar boyunca dalga girişi ve dalga aşmasının sonucu dalga geçişi, dalga yayılımı, dalga yansıması ve dalga-yapı etkileşimine neden olduğu dikkate alınmalıdır. Bu süreçlerin bazılarına rağmen, iki boyutlu bir yaklaşım kullanılarak çalışma yapılmıştır. Akım özelliklerinin ve yapının fonksiyonel tepkisi sonucunun da doğru değerlendirmesi için dikkate alınan üç boyutluluğun uygulanmış olması gerekli olmaktadır. Üç boyutlu dalga-yapı etkileşimi fiziksel model testleri sayesinde geleneksel olarak çalışılmıştır. Dalga difraksiyon şablonları, yansıma-geçiş mekanizmaları ve ayrıca dalga tırmanması altında eğimli dalga gelişi çalışılmıştır. Sadece birkaç ampirik formülasyon üç boyutlu senaryolara özellikle uygulanmış bu çalışmalardan elde edilmiştir. Bu çalışmalar spesifik problemler için uygun hale getirilmiş deneylerden oluşmaktadır. (Jesusve diğ., 2012).

Son yıllarda, dalga-yapı etkileşimi problemleri çalışmaları için nümerik modellerin gelişiminde üstün bir gayret harcanmıştır. Mevcut yaklaşımlar arasında, iki boyutlu Reynolds-Averaged, Naver-Stokes (RANS) modelleri (Guanche ve diğ. 2009, Losada ve diğ., 2008), taneli malzeme tabakalarının mevcudiyetinde bile

fonksiyonellik ve stabilite yüksek dereceli bir doğruluk ile çalışılabilmiştir. Volume-Averaged, Reynolds-Averaged, Navier-Stokes (VARANS) ilk defa Hsu ve diğ. (2008) tarafından sunulan, boşluklu yapıların içerisinde dalga etkili akımları karakterize etmek için çözümlenmiştir. İki boyutlu bir formda gösterilen VARANS modelleri, esasen dalga yayılma ve kırılma, düşey akımı tanımlama, hidrostatik olmayan basınç alanı ve boşluklu kıyı yapıları içerisindeki akım ile ilgili Boussinesq denklemleri modelleri ve lineer olmayan sığ sularda (NSW) doğal sınırlandırmalar sunarak, onlar üstesinden gelebilmiştir (Jesusve diğ., 2012).

Yine de, üç boyutlu dalga etkili süreçler, örneğin; dalgakıran gövdeleri ve müzvarları etrafında dalga radyasyonu ve difraksiyonu ya da eğimli dalga gelişi, üç boyutlu bir yaklaşıma dayanarak çalışılabilmiştir. SPH (Yumuşatılmış Partikül Hidrodinamikleri, genel bir giriş için Dalrymple ve Rogers (2005) bakmaktadır) üç boyutlu akımların çalışılması için önemli bir araçtır. Son zamanlarda kıyı mühendisliğine uygulanmıştır. Herbir partikülün ve komşu partiküller ile etkileşiminin kinematiklerinin çözümünü, bir Lagrangian çerçevesi içinde akımı, bu yaklaşım çözer. SPH'ın doğası Lagrangian, akım alanının hızlı değişimleri ile serbest yüzey akımlarını simüle etmek için iyice uygun hale getirmiştir. Son zamanlarda, Shao (2010) iki boyutlu bir model sunmuştur. Bu model boşluklu bir yapı ile dalga etkileşimini hesaba katmıştır.

Diğer taraftan, Eulerian'ın kullanımına dayanan muhtelif yaklaşımlar üç boyutlu Navier-Stokes (NS) denklemlerin setleri literatürde bulunabilir. Örnek olarak Li ve diğ., (2004); Liu ve Lin (2009); Losada ve diğ., (2005); Lubin ve diğ., (2004); Wang ve diğ., (2009).

Boşluklu dalgakıranlar çoğu kez açık deniz ve kıyı yapıları üzerinde dalga etkisini azaltmak için inşaa edilirler. Onlar ayrıca rezonansı, geçirimsiz bir dalgakırandan daha etkili bir şekilde azaltır. Jarlan'ın eski çalışmalarından beri, boşluklu bir dalgakıran ile dalga etkileşimi birçok kıyı ve açık deniz araştırmacılarının dikkatini çekmiştir. Birçoğu arasında bir örneği; Dalrymple ve diğ., tarafından son derece uzun bir boşluklu dalgakıran ile gelişin eğimli açısında dalga dizisinin geçiş ve yansıma durumu çalışılmıştır. Sonradan, Huan ve Chao, Biot'un boşluklu esnekliği teorisine dayanarak, boşluklu dalgakıranın atalet etkisini raporlamışlardır (Tao ve diğ., 2009).

Sonrasında, Chwan'ın boşluklu dalga üretici teorisi ve sonra gelen çalışmalar, bir limandaki dalgakıran olarak boşluklu yapıların üzerindeki dalga etkisi ya da gelen dalga dizilerinin boşluklu yapıların hidrodinamik etkileri üzerindeki araştırmalar yoğunlaşmıştır. You ve Chwang boşluklu dalgakıranlı bir liman içinde rezonansı araştırmışlardır. Rezonans, eski boşluklu bir dalgakıranın dalga geçiş özellikleri üzerinde kapsamlı bir çalışma ile takip edilen gelişigüzel dalga açısına bağlı olmaktadır . Onlar ayrıca boşluklu ortam içerisinde dalgaların davranışını araştırmışlardır (Tao ve diğ., 2009).

Batık dalgakıranlar yaygın olarak dalga etkilerine karşı kıyıyı korumak için kullanılırlar. Gelen dalga enerjisinin dağılan dalgalar ile tüketimi ve yansıyan dalgalar ile iletilen dalga enerjisini azaltmak yapının bu çeşitinin amacıdır. Yapı dökme taş dalgakıran gibi boşluklu malzemeden yapıldığında, ilave olarak, boşluklu ortam içerisindeki akım sürtünmesinden dolayı dalga enerjisi harcanır (Huang ve diğ., 2003).

Son zamanlarda, kıyı ve liman mühendisliğinde yapay boşluklu yapılara örneğin; deniz duvarlarının korunması için dökme taş dalgakıranlar ve balıkçılık resifi ya da koruma tabakalarına yoğun ilgi gösterilmiştir. Bu yapıların stabilitesi ve foksiyonelliğini bilmek için boşluklu ortam içinde ve etrafında akım hareketi belirlenmiş olmalıdır. Darcy (1856), Forchheimer (1901), Brinkman (1947) ve birçoğları, Sollit ve Cross (1972) tarafından önerilen modele atfedilen dalga ve boşluklu yapı etkileşimi üzerinde son çalışmalar, birleştiren kararlı-hal direnç kuvveti Ward(1964) tarafından önerilen ilave olarak atalet kuvvetli, ilk defa Polubarinova-Kochina (1962), Sollit ve Cross (1972) tarafından tavsiye edilmiştir. Çekirdek akım hareketi için önerilen momentum denklemleri, Sollit ve Cross (1972) tarafından önerilen denklemler içinde iki ilave terim, bir atalet kuvveti ve lineer olmayan direnç kuvveti terimleri kıyaslanmıştır. İri taneli ortam içerisinde hızlı dağılmış daha yüksek harmoniklerin varsayımı altında taşınım koşulları gözardı edilmiştir. Sollit ve Cross (1972) tarafından önerilen model, çok yönlü doğrulama olmadan çeşitli kıyı problemlerinin çözümü için kaynak olarak yaygın bir şekilde kullanılmıştır (Huang ve diğ., 2003).

3. DALGA, DALGAKIRANLAR VE POROZİTE

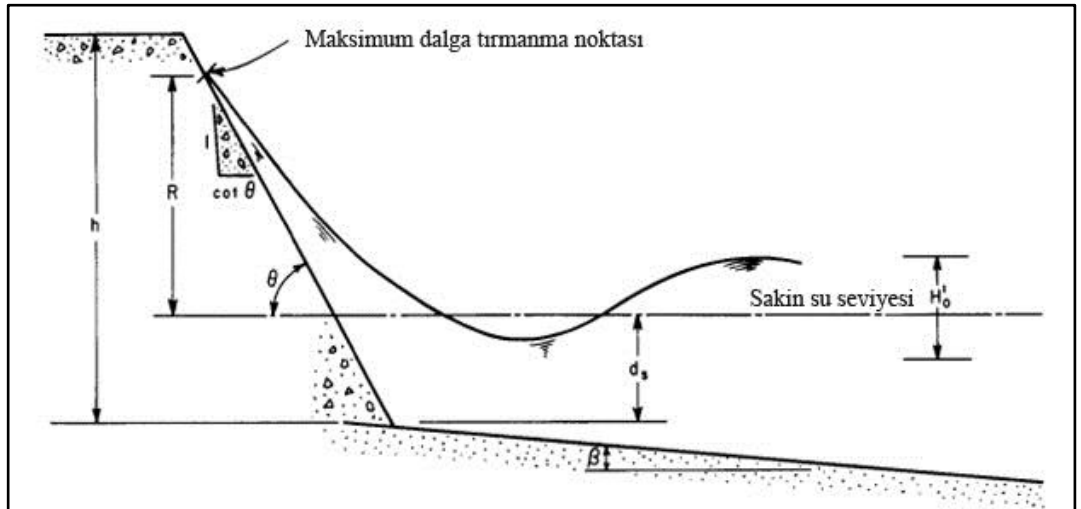
3.1 Dalga Özellikleri

3.1.1 Dalga tırmanması

Dalgalar şevli bir yüzeye ulaştıklarında sahip oldukları momentum sonucunda şev üzerinde belirli bir noktaya kadar ilerler. Buna dalga tırmanması adı verilir (Şekil 3.1). Yapı üzerinde dalga tırmanması dalga kırılmasının türüne bağlıdır.

Dalgaların tırmandığı en son noktanın sakin su seviyesinden yüksekliğine ise tırmanma yüksekliği adı verilir. Tırmanma yüksekliği, dalga yüksekliği ve periyodu, şev eğimi, pürüzlülük, porozite, topuk su derinliği ve yapı önündeki deniz tabanı eğiminin bir fonksiyonudur (Kabdaşlı, 1992).

Kıyı yapıları üzerinde dalga kırıldığı zaman enerjinin bir kısmı türbülans oluşumu ile harcanacak ve geri kalan enerji ise yapı üzerinde tırmanma için kullanılacaktır. Dalga tırmanma kotu, koruma üst limiti, diğer yapısal özelliklerin olası dalga aşmasının ve dalga iletiminin göstergesi olarak yapının kret kotuna karar vermede kullanılır. (Van Der Meer, 1995).



Şekil 3.1 : Dalga tırmanması (SPM, 1984).

Dalga kırıldıktan sonra, kalan enerjinin bir bölümü ile kumsal yüzeyinde ya da eğimli kıyı yapısında tırmanır. Şekil 3.1 bu süreci tanımlar. Dalga tırmanmasının tahmini, gerekli kret kotunun karar verilmesi, kıyı yapısının eğimi veya plajı geride inşa etmek ve kıyı inşaatını sınırlamak için çok önemlidir (SPM,1984). Dalga tırmanması yapı yüksekliği hesaplamalarında, dalga aşmasını en düşük seviyede tutacak değeri, yapı kret kotunu belirler. Kret kotunun dalga tırmanma yüksekliğinden daha fazla seçilmesi ile aşma önlenmiş olur.

Günümüzde, kumsallarda tırmanma hesabı için teorik yaklaşımlar kıyı tasarımı için uygulanabilir değildir. Tırmanma tahminindeki doğal zorluklar, lineer olmayan dalga dönüşümü, dalga yansıması, üç boyutlu etkiler (batimetri, yerçekimi dalgaları), porozite, pürüzlülük, geçirgenlik ve yeraltısuyu yüksekliğini içerir.

Bazı laboratuvar ölçümleri daha dik düzgün eğimler de ve boşluklu zırhla kaplı şevler de yapılmıştır. Düzgün eğimler için tahmin metodları zırhla kaplı düzgün eğimler için doğrudan kullanılabilir. Bu metodlar ayrıca uygun indirgeme faktörü ile pürüzlü boşluklu olmayan şevler için kullanılır.

Pürüzlü boşluklu (dökme taş) eğimlerde, dalgaların davranışı boşluklu olmayan eğimlerden çok farklıdır ve tırmanma performansı, düzgün eğimler için uyumlu hale getirilmiş denklemler ile doğru tahmin edilememiştir.

$$\tan \beta = \frac{8}{T} \left(\frac{H_I}{2g} \right)^{1/2} \quad (3.1)$$

$$\frac{H_o}{L_o} \approx \frac{\tan^2 \beta}{5.1} \quad (3.2)$$

$$R_u/H_I = (\pi/2\beta)^{1/2} \quad (3.3)$$

$$L_o = gT^2/2\pi \quad (3.4)$$

$$R_u/H_o = 1.016 \tan \beta (H_o/L_o)^{-0.5} \quad (3.5)$$

$$R_u/H_o = 0.405 \tan \beta (H_o/gT^2)^{-0.5} \quad (3.6)$$

Burada;

β : Şev eğimi açısı,

T : Dalganın periyodu,

H_o : Gelen dalganın yüksekliği,

L_o : Gelen dalganın boyu,

g : Yerçekimi ivmesi,

R_u : Dalganın tırmanma yüksekliği.

R_u duvarın porozitesi ve pürüzlülüğü ile azalır. Ancak geçirimli hallerde, dalgaların geriye çekilmesi durumunda yukarı doğru alttan kaldırma basıncına sebep olmaktadır. Denklem 3.6 geçirimsiz yüzeyler içindir ve boşluklu bir yüzey için aşağıdaki şekilde yazılabilir.

$$R_u/H_o = 1.016 \tan\beta (H_o/L_o)^{-0.5} r \quad (3.7)$$

Pürüzlü yüzeyler için yukarıdaki eşitlikten bulunan değerler birden küçük bir r katsayısı ile çarpılarak azaltılmalıdır (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1 : Çeşitli eğim koşulları için tırmanma faktörleri.

Tip	r
Düz yüzey	1.00
Bir tabaka taş dolgu	0.80
Özel yerleştirilmiş taş blok	0.75-0.80
Rastgeletaş blok	0.60-0.65
Tetrapod	0.5

Laboratuar deneylerinden geliştirilmiş Çizelge 3.1 dalga tırmanması üzerinde, şev yüzeyi koşulunun etkisinin bir göstergesini vermektedir.

a. Düzenli dalgalar

Geometrik değişkenlerin ve dalga koşullarının tüm olası sınırlarına göre tırmanma olayının tam tanımı, çok sayıda değişkenin karmaşıklığından dolayı mevcut değildir. Birçok laboratuar araştırması yürütülmüş fakat yapılan çalışmalar çoğunlukla düzgün ve geçirimsiz şevler üzerinde yapılmıştır. Hall ve Watts (1953) solitary dalgaların geçirimsiz şevler üzerinde tırmanmasını araştırmışlardır. Seville (1956) periyodik dalgalar ile tırmanmayı araştırmıştır. Dai ve Kamel (1969) dökme taş dalgakıranlar

üzerinde dalgaların tırmanmasını ve çekilmesini araştırmışlardır. Savage (1958) yapı pürüzlülüğü ve şev geçirgenliğinin etkilerini çalışmıştır. Miller (1968) farklı pürüzlülükteki üç kumsalda tamamen kırılmış dalgaları ve dalgalı tırmanmayı araştırmıştır. LeMehaute (1963), Freeman ve LeMehaute (1964) analitik olarak uzun periyotlu dalgaların tırmanmasını çalışmışlardır. Keller ve diğ. (1960), Shen ve Meyer (1963) tamamen kırılmış dalganın hareketi ve eğimli bir plajda tırmanmasını çalışmışlardır.

(1) Kırılan dalgalar için, Hunt (1959) laboratuvar verilerinden, gelen dalga yüksekliği ve dikliği, plaj eğiminin fonksiyonu olarak tırmanmayı amprik olarak tanımlamıştır. Hunt'ın formülü, (Battjes 1974) tarafından boyutsuz olarak şu şekilde verilmiştir:

$$\frac{R}{H_0} = \xi_0 \quad 0,1 < \xi_0 < 2,3 \quad (3.8)$$

$$\xi_0 = \tan\beta \left(\frac{H_0}{L_0} \right)^{-\frac{1}{2}} \quad (3.9)$$

(2) Kırılmamış dalgalar için, düzgün şevler üzerinde tırmanmanın üst sınırı, Mitche (1951), Keller (1961) ve (Walton ve diğ. 1989) tarafından geliştirilmiş kriterler temel alınarak verilmiştir.

$$\frac{R}{H_0} = (2\pi)^{\frac{1}{2}} \left(\frac{\pi}{2\beta} \right)^{\frac{1}{4}} \quad (3.10)$$

Kırılmayan dalgalar için, bir uniform eğim üzerinde tırmanmanın üst sınırı, Miche (1951), Keller (1961) ve Walton ve diğ. (1989) tarafından geliştirilmiş kriterlere dayanarak verilmiştir.

$$\frac{R}{H_0} = (2\pi)^{\frac{1}{2}} \left(\frac{\pi}{2\beta} \right)^{\frac{1}{4}} \quad (3.11)$$

Battjes (1974), Ahrens (1977) ve Stoa (1978) porozite ve pürüzlülük faktörünü gerekli tasarım rehberini sağlamak için kullanmayı önermiştir. Bu düzeltme faktörünü diğer şev karakterlerine uygulamak için, çeşitli düzgün şev tasarım eğrisinin kullanımına izin verir. Bu pürüzlülük ve porozite düzeltme faktörü , r, düzgün geçirimsiz bir şev üzerinde ya da pürüzlü geçirimli ya da diğer düzgün olmayan şevlerde tırmanma yada rölatif tırmanma içindir (SPM, 1984).

Bu ifade edilen denklem aşağıdadır.

$$r = \frac{R(\text{pürüzlü şev})}{R(\text{düzgün şev})} = \frac{R/H_0^l(\text{pürüzlü şev})}{R/H_0^l(\text{düzgün şev})} \quad (3.12)$$

Çizelge 3.1 Çeşitli şev özellikleri için r 'nin değer aralığının göstergesidir. Bu pürüzlülük ve porozite düzeltme faktörü, ayrıca dikkate alınan ilk yaklaşım olarak iki ya da daha fazla farklı r pürüzlülük değerli yüzey metaryellerine sahip şev üzerinde dalga tırmanmasının analizinde uygulanabilir. Daha detaylı rehber hazır oluncaya kadar, düzenlenmiş pürüzlülük düzeltme değerini geliştirmede kullanılan her bir pürüzlülüğün dalga tırmanmasına bağlı olan toplam şev boyunun oranı " l " tavsiye edilmiştir. Bu ifade edilen denklem:

$$r(\text{düzeltilmiş}) = \frac{l_1}{l} r_1 + \frac{l_2}{l} r_2 + \frac{l_3}{l} r_3 + \dots \quad (3.13)$$

l : Toplam şev uzunluğu

l_i : Şev uzunluğu

r : Pürüzlülük değeri

b. Düzensiz dalgalar

Çeşitli yapı şevleri üzerinde, düzensiz rüzgar dalgalarının tırmanma tahminini yapmak için kullanılmış model testlerinin sonuçlarından sınırlı bilgi elde edilebilir. Ahrens (1977) daha kesin laboratuvar test sonuçları elde edilene kadar sözü edilen geçici yaklaşımı önermektedir. Yaklaşım tekil dalgaların tırmanmasının dalga yüksekliği ile ilişkilendirilmiş modelin Rayleigh dağılımına sahip olduğunu kabul eder. Saville (1962), Van Oorschot ve d'Angremond (1968) ve Battjes (1971,1974) rüzgar dalgası koşullarının sebep olduğu tırmanma için makul ve olası klasik kabul ile tırmanmanın Rayleigh dağılımına sahip olduğunu ortaya atmışlardır. Dalga yüksekliği dağılımı 3.17 denklemi ile ifade edilmektedir (SPM, 1984):

$$\frac{\hat{H}}{H_{rms}} = \left[-Ln \left(\frac{n}{N} \right) \right]^{1/2} \quad (3.14)$$

$$H_{rms} = H_s / \sqrt{2} \quad (3.15)$$

$\hat{H}$: Olasılık dağılımı için isteğe bağlı seçilmiş dalgayüksekliği

n/N : P (kümülatif olasılık)

Dalga yüksekliği ve dalga tırmanma dağılımını 3.16 denklemi verir.

$$\frac{H}{H_s} = \frac{R_p}{R_s} = \left(-\frac{LnP}{2} \right)^{1/2} \quad (3.16)$$

R_p : Belirli bir aşılma olasılığı ile ilişkili dalga tırmanması

H_s : Belirgin dalga yüksekliği

R_s : Belirgin dalga yüksekliğinin dalga tırmanması

Yapının hidrolik tepkisi

Rüzgar dalgaları dalga periyotlarına sahiptir ki tüm şevli yapılar üzerinde tamamına yakınında dalga kırılması, sakin su seviyesinden düşey olarak ölçülmüş maksimum su-yüzey yüksekliği olarak tanımlanan tırmanmaya (R_u) sebep olur.

R_u şevin porozitesi, geçirgenliği, yüzey pürüzlülüğünü ve eğim açısının yanısıra yansıyan dalgadan önceki ile etkileşimi, gelen dalganın dikliği ve yüksekliğine bağlıdır. Verilmiş bir deniz koşulunda, eğim açısı düzgün geçirimsiz şevlerde R_u 'nun değerlerinin ve akım hızlarının maksimum değerlerine erişilir.

Pürüzlü şevlerde dalga tırmanması

Bazı yazarlar (Battjes (1974), Ahrens (1981), SPM (1984) ve Sorensen (1977)) düzgün bir eğimli mahmuz üzerinde dalga tırmanmasının tahmini için pürüzlü bir şev üzerinde dalga tırmanmasını hesaplamak için şevin pürüzlülüğünü hesabın içine katmak için bir düzeltme faktörü uygulamayı tavsiye ederler. Düzeltme faktörü pürüzlü birşev üzerinde rölatif dalga tırmanması ve düzgün bir şev üzerinde rölatif dalga tırmanması arasındaki orandır. Birçok durum için azaltma faktörü düzenli dalgalar ile yapılan laboratuvar araştırmaları ile belirlenmiştir. Görülen düzeltme faktörleri değeri düzensiz dalgalar için ayrıca (Battjes 1974) uygulanmıştır. Hunt (1959) ve SPM (1984) birleştirilmiş bir porozite ve pürüzlülük faktörünün kullanımını tavsiye eder. Farklı pürüzlülüklü farklı kısımlardan meydana gelen şev durumunda ortalama bir şev pürüzlülüğü faktörü hesaplanmıştır. Schiff (1974), dalga yüksekliği H için boyutlarının oranı ile pürüzlülük özellikleri etkilemesinden söz etmektedir. Dökme taşlar için, pürüzlülük ve geçirgenliğin her ikisi bir dalga tırmanmasında azaltıcı etki olarak işbirliği yapmaktadır. Bir dökme taş şev suya dayanıklı (su tutucu) bir etkiye sahiptir. Bununla birlikte, her iki etki izole edilemez.

Bu nedenle, bu “pürüzlülük” faktörü ayrıca şevin geçirgenliğine bağlı olarak zırh tipine bağlı karma bir “pürüzlülük” faktörü kullanmamayı tavsiye eder.

Yinede, geçirgen şevler üzerinde dalga tırmanma araştırması göstergesi olmaktadır tek bir pürüzlülük faktörünün uygulaması gerçekte yapının şevleri ve dalga dikliklerinin tüm aralığı için uygun değildir. Van Deer Meer ve Stam (1992), Losada ve Gimenez- Curto (1981) ve Pilarczyk (1990) düzgün bir şevde dalga tırmanması ile pürüzlü bir şevde dalga tırmanması arasındaki fark açık bir şekilde ispat edilmiştir. Sadece kırılan dalgalar için, diğer bir değişle $\xi \leq 2.5$, artan Iribarren sayısı ile lineer olarak artışlar boyutsuz dalga tırmanması olarak bir azaltma faktörünün uygulaması ile düzeltilebilir.

Düzgün ve pürüzlü şevler arasındaki farklar, $2 < \xi_p < 5$ için çok açıktır. Bir pürüzlülük faktörünün uygulaması tümünde fiziksel anlama sahip değildir. Düzgün bir şev üzerinde dalga tırmanması pürüzlü bir şev üzerinde dalga tırmanmasından iki kata kadar yüksek olabilir. Büyük Iribarren sayıları için ($\xi > 5$), dalga tırmanması şev pürüzlülüğünden bağımsız hale gelir.

Allsop ve diğ. (1985), zırh tabakasının (kaya ya da yapay) tipine bağlı azaltma katsayısının uygulanması ile düzgün geçirimsiz şevler üzerinde dalga tırmanmasına dayanarak, pürüzlü geçirgen şevler üzerinde dalga tırmanmasının hesaplanamaz olmasında hemfikirlerdir.

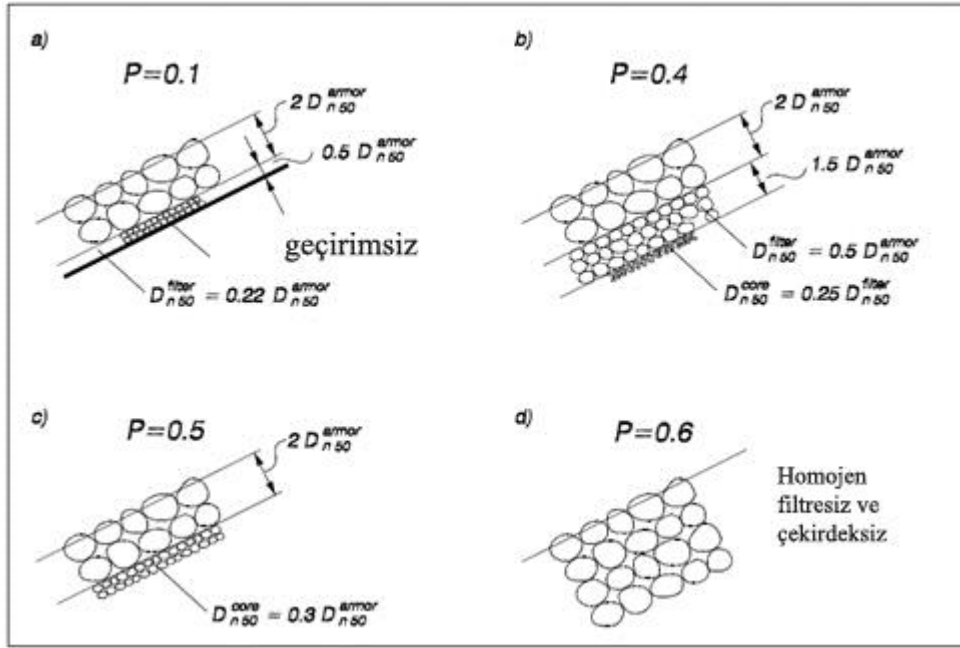
Geçirimli şevlerde dalga tırmanması

Tırmanma yönünden, geçirgen yapılar, dalgaların frekansları ile değişim yapan iç yeraltı suyu çizgisinin yükselip alçalması ve dalga kaynaklı boşluklu akım geçirgenliğinin çekirdek malzemeli yapıları olarak tanımlanır. Geçirimsiz çekirdekli eşdeğer bir yapıdan daha küçük maksimum tırmanma, boşluklu yapının depolama kapasitesinin sonucudur (CEM, 2006).

Pürüzlü bir şev ile ilgili olduğunda geçirgen ya da geçirgen olmayan şevler olup olmadığı her zaman açıkça iştişare edilmemiştir.

Geçirgen şevler üzerinde dalga tırmanmasının davranışı geçirimsiz şevler üzerinde dalga tırmanmasından tamamen farklıdır. Önemli bir rol oynayan geçirimlilik faktörü

“P”, Van Deer Meer tarafından geliştirilmiştir. “P”, Şekil 3.2’den tahmin edilebilir ya da hesaplanabilir. P’nin kaba bir tahmini yeterlidir (Pilarczyk ve Zeidler, 2003).



Şekil 3.2 : Simgesel geçirimsizlik katsayısı (Van Deer Meer, 1988).

Geçirgen dökme taş şevler üzerinde dalga tırmanması SPM (1984)’de verilmiştir, fakat bilgi çok sınırlıdır.

Losada ve Gimenez-Curto (1981), düzenli dalga hareketi altında, pürüzlü, geçirgen şevler üzerinde (örn. dalga tırmanması, dalga çekilmesi, yansıma, geçiş) akış özelliklerinin analizi için üstel bir model sunmuştur.

$$\frac{R_u}{H} = A(1 - \exp(-B\xi)) \quad (3.17)$$

Günbak (1979)’da dalga tırmanması R_u için aşağıdaki ifadeyi vermiştir,

$$\frac{R_u}{H} = \frac{a\xi}{1 + b\xi} \quad (3.18)$$

burada a ve b katsayıları blok tipleri ile değişmekle beraber, yapıya dik gelen dalgalar için a=0.9, b=0.5 değerleri kullanılabilir. Dalgakırana, β açısıyla gelen dalgalar için dalga tırmanması,

$$R_{u\beta} = R_{u0} \cos(\beta - 15) \quad (3.19)$$

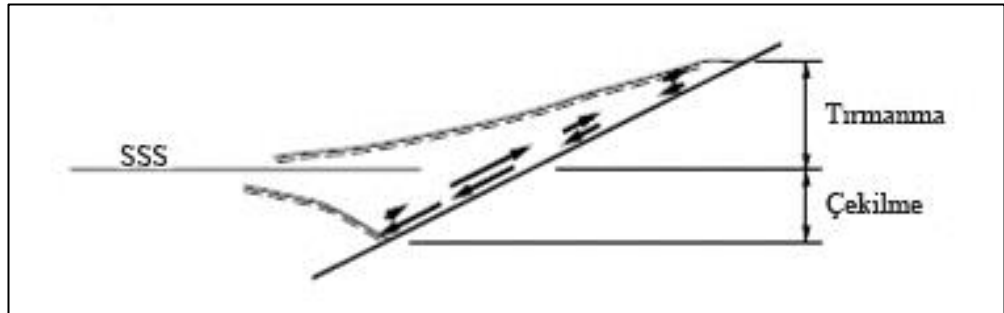
olarak düzeltilebilir. Burada Ru_0 , yapıya dik gelen dalgalar altındaki dalga tırmanmasıdır.

Dalga aşması olduğu zaman, Van der Meer (1988)'e göre, deniz tarafı koruma taşı ağırlığı (W), aşma olmama durumuna göre azaltılabilir. Ancak liman tarafında hasar ihtimali artar.

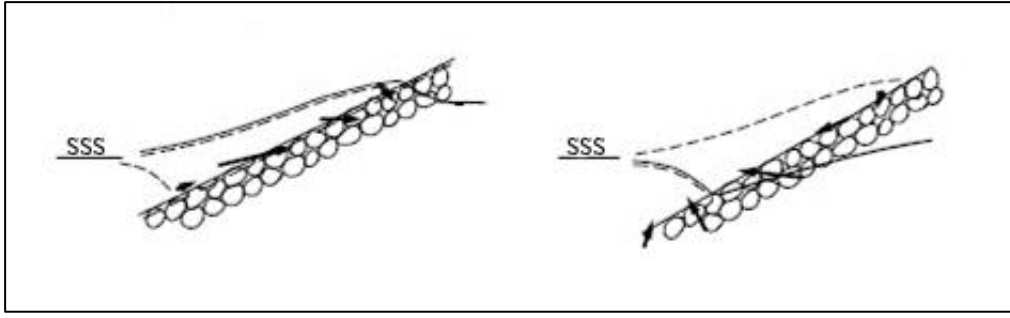
Dalga tırmanmasının duvara ulaşması neticesinde, beton başlıkta dalga yükü oluşur. Bu yük sadece dalga özelliklerine bağlı olmayıp, yapının deniz tarafında ki geometrisini de bağlıdır. Düzensiz dalgaların üst yapının bütününde oluşturdukları dalga kuvvetleri belirsiz bir olaydır.

Şekil 3.3'de bir dalga çevrimi sırasında geçirimsiz bir şev boyunca akım hız vektörlerinin değişkenliği gösterilmektedir. Şekil 3.4'de geçirimli şevler için bu değişkenlikler gösterilmektedir. Hız vektörlerinin yönü ve büyüklüğünün her ikisi zırh tabakasının stabilitesi için önemlidir.

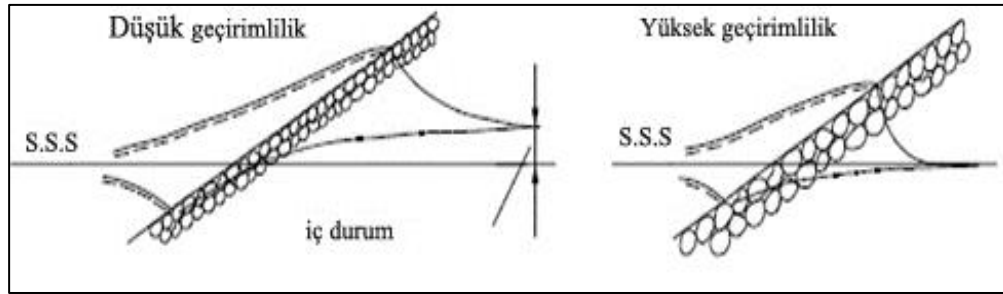
Şevin geçirgenliğindeki artış şev yüzü boyunca akım hızlarını azaltır. Çünkü akımın daha geniş bir oranı yapı içinde meydana gelir. Şekil 3.5'de gösterilen, ortalama çekirdek basınçlarında bir artışa yol açan dalga hareketi dahili su seviyesinin (yeraltı su seviyesi) yükselmesine sebep olacaktır. İçdüzen dalga tırmanması sırasında daha büyük gelen su yüzey alanına göredir. Giriş akımı için ortalama akış yolu çıkış akımından daha kısadır. Yeraltı suyu seviyesinin yükselmesi, çıkış akımı giriş akımını dengelineye kadar devam edecektir.



Şekil 3.3 : Geçirimsiz şev üzerinde dalga tırmanması ve çekilmesi.

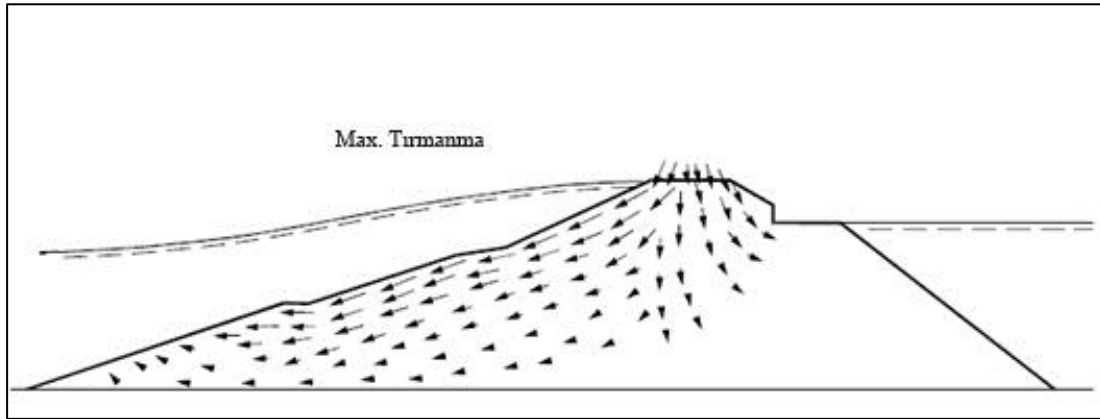


Şekil 3.4 : Geçirimli şev üzerinde dalga tırmanması ve çekilmesi.



Şekil 3.5 : Yüksek ve düşük geçirimsiz şev içinde su seviyesindeki değişimin çizimi.

Şekil 3.6’da düzenli dalgaya maruz kalan bir dalgakıranda dahili akım şablonunun nümerik hesabının bir örneği görülmektedir. Sakin su seviyesinin hemen altındaki bölgede güçlü dışarı akış maksimum çekilme meydana geldiğinde açıkça görülür.



Şekil 3.6 : Bir dalgakıranda boşluklu akım için nümerik olarak hesaplanmış tipik hız alanı (Barends ve diğ. 1983).

Artan yapı boşluklitesi nedeniyle giren su hacminin daha büyük bölümü boşluklar içinde depolanabilir ve daha sonra hazne olarak çalışmaya başlar bundan dolayı aşan hızlarda azaltır. Böylece stabiliteyi bozan kuvvetler zırh tabakası üzerinde azalmıştır.

Şekil 3.2 dalga hareketine tepkideki geçirgenliğin etkilerini hesaba katmak için Van Deer Meer (1988) tarafından çeşitli formüllerde kullanılan simgesel bir geçirgenlik parametresi P'nin tanımını sağlar. Şekil 3.2'deki b detayında P=0.4 değeri testler ile tanımlanmamıştır, bunun yerine tahmini bir değerdir.

Geçirimli şevler üzerinde dalga tırmanması: Tırmanma bakımından, geçirgen yapılar, dalgaların frekansları ile değişim yapan iç yeraltı suyu çizgisinin yükselip alçalması ve dalga kaynaklı boşluklu akım geçirgenliğinin çok geçirimli çekirdek malzemeli yapıları olarak tanımlanmıştır. Geçirimsiz çekirdekli eşdeğer bir yapıdan daha küçük maksimum tırmanma, boşluklu yapının depolama kapasitesinin sonucudur (CEM, 2006)

Geçirimli Eğimli Taş Kaplamalı Yüzeylerde Dalga Tırmanması (CEM,2006)

$$\left. \begin{aligned} R_{ui\%}/H_s &= A\xi_{om} & 1.0 < \xi_{om} \leq 1.5 \\ R_{ui\%}/H_s &= B(\xi_{om})^c & 1.5 < \xi_{om} \leq (D/B)^{1/c} \\ R_{ui\%}/H_s &= D & (D/B)^{1/c} \leq \xi_{om} < 7.5 \end{aligned} \right\} \quad (3.20)$$

3.1.2 Dalga kırılması

Rüzgar enerjisinin suya aktarımı ile dalgaların oluşumu meydana gelir. Bununla birlikte bir noktadan sonra suya aktarılan enerji kırılan dalga tarafından harcanır. (CEM, 2006). Dalga kırılması, dalga yüksekliğinin dalga boyuna oranının sınır bir değere ulaşmasıyla gerçekleşir. Dalgaların teorik olarak kırılma şartlarının belirlenmesi için iki yaklaşım uygulanabilir (Yüksel, 1998.), bunlar;

1) Kinematik stabilite kriteri: Kırılma dalga tepesindeki akışkan partiküllerinin yatay yörüngesel hızlarının dalga yayılma hızını aşması hali,

$$u_c \geq c$$

2)Dinamik stabilite kriteri: Yüzeyde partiküllerin sahip olduğu maksimum düşey ivmenin yerçekimi ivmesine eşit olduğu hal,

$$\frac{dw}{dt} \geq g$$

Su partiküllerinin hızlarının dalga yayılma hızını aşmasıyla dalga dahada dikleşir ve dalganın formu bozulur.

Derin Suda Dalga Kırılması

Derin suda ilerleyen dalgaların en büyük yükseklikleri, dalga formunun bozulmadığı limit durumu veren en büyük diklikten elde edilir. Eğer limit dalga dikliği aşılsa dalga kırılması meydana gelir ve dalga enerjisinin büyük bir kısmı harcanır. Kısaca derin su dalga kırılması olayı en büyük diklik sınırının aşılması demektir. Teorik çalışmalara göre, derin suda maksimum diklik sınırı;

$$\frac{H_0}{L_0} = 0.142 \approx \frac{1}{7} \quad (3.21)$$

aşıldığında kırılma olayı meydana gelir.

Kırılan dalga yüksekliği (Munk, 1949)

$$\frac{H_b}{d_b} = \frac{1}{3.3 \left(\frac{H_0}{L_0} \right)^{1/3}} \quad (3.22)$$

Burada;

H_b : Kırılan dalga yüksekliği

H_0 : Açık deniz dalga yüksekliği

L_0 : Açık deniz dalga boyu

d_b : Kırılma derinliği

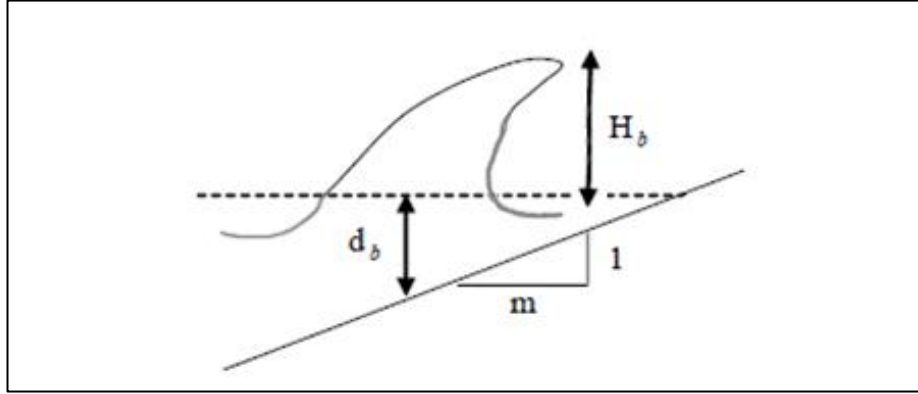
Sığ Suda Dalga Kırılması

Sığ suda ilerleyen dalgalar, derinliğin azalmasından dolayı taban etkisini hissetmeye başlarlar. Dalga periyodunun değişmeden kalmasına rağmen, dalga boyları kısalır, dalga yayılma hızı azalmaya başlar, dalga tepeleri sıklaşmaya başlar, tabana yakın su taneciklerinin hareketleri yüzeydekilere oranla gecikir, dalga yükseklikleri artmaya başlar, dalga tepelerindeki su partiküllerinin hızları dalga yayılma hızına hemen hemen eşit ve daha büyük olur ve dalga en büyük yüksekliğine ulaştığında stabilitesi bozularak kırılır.

Sığ suda dalga kırılmasıyla ilgili ilk bağıntı, dalgaların sığ suda kırılmadan önce dalga formlarının soliter dalgaya uyduğu kabul edilir, bu tip dalga için kırılma bağıntısı, kırılma indeksi (γ_b) ile verilir. Kırılma indeksi için genelde kabul edilen değer;

$$\gamma_b = \frac{H_b}{d_b} = 0.78 \quad (3.23)$$

bağıntısı ile verilmiştir (Munk, 1949). Şekil 3.11’de dalga kırılma formu ve parametreleri verilmiştir.



Şekil 3.7 : Dalga kırılma formu.

Dalga kırılma parametreleri:

H_b : Kırılan dalga yüksekliği, d_b : Kırılma derinliği

m : Taban eğimi, α : Dalga geliş açısı

Dalga kırılma indeksi $\left(\gamma_b = \frac{H_b}{d_b}\right)$, taban eğimi (m), dalga dikliği $\left(\frac{H_0}{L_0}\right)$, dalga geliş açısının bir fonksiyonudur.

Dalga sığ suda ilerlerken sınır dalga dikliği d/L oranı kadar m taban eğimine de bağlı olduğu göz önüne alınarak kırılan dalga yüksekliğinin bulunmasında T dalga peryoduna bağlı olarak Şekil 3.35 de verilen grafik kullanılabilir.

Kırılma derinliği için ise benzer bir yaklaşımla aşağıdaki eşitlik kullanılabilir (Kabdaşlı, 1992);

$$\frac{d_b}{H_b} = \frac{1}{b - (aH_b/gT^2)} \quad (3.24)$$

$$a = 43.75(1 - e^{-19m}) \quad (3.25)$$

$$b = \frac{1.56}{(1 + e^{-19.5m})} \quad (3.26)$$

Dalga kırılması olayının kıyı yapılarının projelendirilmesinde ve kıyı yakınlarında oluşan değişimlerin belirlenmesinde büyük önemi vardır. (Kabdaşlı, 1992)

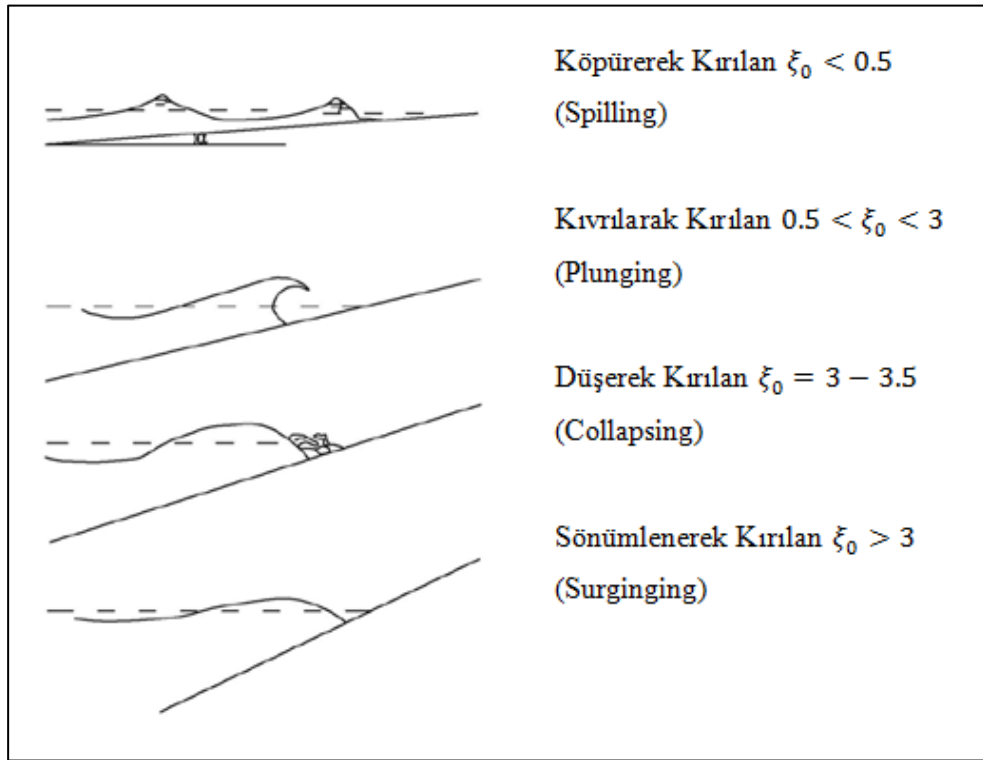
Dalga Kırılma Parametresi (ξ) (Irribarren Sayısı)

Dalga kırılma tipleri derin deniz kırılma benzetim parametresine (ξ_0) göre sınıflandırılır.

Derin suda düzenli dalgalar için ξ_0 tanımı (Battjes 1974b):

$$\xi_0 = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{\frac{H_0}{L_0}}} \quad (3.27)$$

kullanılarak köpürerek (spilling), kıvrılarak (plunging), düşerek (collapsing) ve sönümlenerek (surging) kırılan dalga tipleri Şekil 3.8’de sınıflandırılmıştır. Bu parametre dalga tırmanması içinde kullanılır.



Şekil 3.8 : Kırılma tipleri (CEM, 2006).

Dalgalar gelen dalganın özelliklerine ve taban eğimine bağlı olarak çeşitli tiplerde kırılabilirler.

1. Köpürerek Kırılan Tip (Spilling Kırılma) : $\xi_0 < 0.5$

Bu tip kırılmada köpük önce krette oluşur ve daha sonra dalganın ön yüzünü kaplar. Bu tür kırılma derin su veya yumuşak taban eğimlerinde oluşur. Rölatif olarak dik dalgalar ve/veya daha yatay bir taban halinde meydana gelen kırılma tipidir. Su derinliğinin azalması ile dalga tepesidikleşir ve su yüzeyi köpürür. Kırılma dalga tepesinin henüz simetrik olduğu, kıyıda daha açık mesafede meydana gelir ve dalga

cephesinde oluşan köpürme ile birlikte vorteks oluşur. Ancak bu durumda cephenin ön tarafında bulunan çukurda bozulma meydana gelmez. Derin su dalga kırılması da bu tip dalga kırılmasına benzer davranış gösterir (Şekil 1.17).

2. Kıvrılarak Kırılan Tip (Plunging Kırılma) : $0.5 < \xi_0 < 3.0$

Kıvrılarak kırılmada dalga ön yüzü düşey oluncaya kadar dikleşir ve o noktadan sonra kırılmaya başlar. Dalga tepesi hava boşluğu oluşturacak şekilde, dalga cephesinin önündeki çukura doğru kıvrılarak serbest düşen bir jet biçiminde çarpar. Bunun sonucunda dalga cephesinde büyük ölçekli vorteksler meydana gelir. Taban eğimi köpürerek kırılmaya göre rölatif olarak daha büyüktür ve dalga dikliği köpürerek kırılmaya göre daha küçüktür (Şekil 1.17).

3. Düşerek Kırılan Tip (Collapsing Kırılma) : $\xi_0 = 3 - 3.5$

Bu tip kırılmada dalganın ön yüzünün küçük bir kısmı düşeye yakın hale gelinceye kadar dikleşir ve sonra aniden çöker. Dalga cephesinin alt taraflarında köpüklenme olur ve köpürerek kırılma ile kıvrılarak kırılma arasında birgeçiştir. Rölatif olarak dik taban eğiminde oluşur (Şekil 1.17).

4. Sönümlenerek Kırılan Tip (Surging Kırılma) : $\xi_0 > 3.5$

Büyük eğimli taban üzerinde basık dikliğe sahip dalganın yaklaşması durumunda meydana gelir. Kırılma miktarı küçüktür ve kıyı çizgisine yakın oluşur, yansıma miktarı büyüktür (Şekil 1.17). Bu kırılma tipinde, dalganın önyüzü ve kreti kırılmayan dalga gibi pürüzsüz kalırken dalga önünde az miktarda hava karışımı söz konusudur (CEM, 2003).

Rüzgar dalgaları için ortalama dalga periyoduna (T) ve pik dalga periyoduna (T_p) kullanılarak tanımlanan derin su kırılma benzetim parametreleri Denk.(3.55)'de verilmiştir. Dalga kırılma parametresi dalga kırılma ve dalga tırmanması için kullanılacaktır.

$$\xi_{om} = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{S_{om}}} \quad \xi_{op} = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{S_{op}}} \quad (3.28)$$

$$S_{om} = \frac{H_s}{L_m} = \frac{H_s}{\left(\frac{g}{2\pi}\right)T_m^2} \quad (3.29)$$

$$S_{op} = \frac{H_s}{L_p} = \frac{H_s}{\left(\frac{g}{2\pi}\right)T_p^2} \quad (3.30)$$

Burada;

H_s :Yapı topuğunda ki dalga belirgin yüksekliği

T_m : Ortalama dalga periyodu

T_p : Pik dalga periyodu

L_m : T_m kullanılarak hesaplanan dalga boyu

L_p : T_p kullanılarak hesaplanan dalga boyu

ξ_{op} : Pik dalga periyoduna göre belirlenen kırılma benzetim parametresi

ξ_{om} : Ortalama dalga periyoduna göre belirlenen kırılma benzetim parametresi

S_{om} : Ortalama dalga periyoduna karşılık gelen derin deniz dalga dikliği

S_{op} : Pik (en yüksek) periyoda karşılık gelen derin deniz dalga dikliği

3.1.3 Dalga enerjisi

Dalga enerjisi, potansiyel ve kinetik enerji olmak üzere iki parçadan oluşmaktadır. Bir dalga sisteminin toplam enerjisi, kinetik enerjisinin ve potansiyel enerjisinin toplamıdır. Kinetik enerji dalga hareketi ile bağlantılı su partikül hızlarına göre toplam enerjinin bir bölümüdür. Lineer teori ile tanımlanmış dalga için dalga kretinin birim uzunluğuna düşen kinetik enerji integrale göre bulunabilir.

$$\bar{E}_k = \frac{1}{L} \int_x^{x=L} \int_{-d}^{\eta} \rho \frac{u^2 + w^2}{2} dz dx \quad (3.31)$$

$$E_k = \frac{1}{16} \rho g H^2 L \quad (3.32)$$

Potansiyel enerji, dalga kreti boyunca üstündeki akışkan kütesinden dolayı oluşan enerjinin bir bölümüdür. Suyun ortalama su seviyesinin altından ortalama su seviyesinin üstüne hareket etmesi ile potansiyel enerji artar. Lineer bir dalga için dalga kretinin birim uzunluğuna düşen potansiyel enerji verilmiş integrale göre hesaplanır.

$$\bar{E}_p = \int_x^{x=L} \rho g \left[\frac{(\eta + d)^2}{2} - \frac{d^2}{2} \right] dx \quad (3.33)$$

$$E_p = \frac{1}{16} \rho g H^2 L \quad (3.34)$$

Airy teorisine göre, potansiyel enerjinin sakin su seviyesine bağlı olduğuna karar verilmişse ve aynı yönde yayılmış bütün dalgalarda potansiyel ve kinetik enerji bileşenleri eşittir ve birim kret genişliğine düşen bir dalga boyundaki toplam dalga enerjisi aşağıda verilmiştir (CEM,2006).

$$E = E_k + E_p = \frac{\rho g H^2 L}{16} + \frac{\rho g H^2 L}{16} = \frac{\rho g H^2 L}{8} \quad (3.35)$$

Birim yüzey alanına düşen toplam ortalama dalga enerjisi, spesifik enerji ya da enerji yoğunluğu olarak adlandırılmıştır. Denlem 3.58’de verilmiştir.

$$\bar{E} = \frac{E}{L} = \frac{\rho g H^2}{8} \quad (3.36)$$

$$E = E_k + E_p = \frac{1}{8} \rho_o g H^2 \quad E_k = E_p \quad (3.37)$$

E : Birim alana gelen toplam enerji (J)

E_k : Kinetik enerji (J)

E_p : Potansiyel enerji (J)

Dalga enerjisi: Potansiyel ve kinetik enerjilerin toplamıdır (E).

Bir dalganın birim boyundaki enerjisi

$$E = \frac{1}{8} \rho g H^2 \quad (3.38)$$

H_{rms} değeri dalga enerjisini gösteren ölçütlerden biridir. Bir çok dalgadan oluşan bir düzensiz dalgada birim alandaki ortalama enerji

$$\bar{E} = \frac{1}{8} \rho g \frac{1}{N} \sum_1^N H_1^2 \quad (3.39)$$

Bu ifadede H_{ms} değeri yerine koyulursa,

$$\bar{E} = \frac{1}{8} \rho g H_{rms}^2 \quad (3.40)$$

ifadesi elde edilir. Görüldüğü gibi ortalama dalga enerjisi bu yüksekliğin karesi ile verilmektedir (Kabdaşlı, 1992).

Dalgalar bir dalgakırana çarptığında, dalga enerjisi ya yansır ya yapı üzerinde harcanır ya da dalgakıran boyunca iletilir. Gelen dalga enerjisi, gelen dalga özelliklerine (periyot, yükseklik ve su derinliği), dalgakıran tipine (dökme taş ya da düzgün yüzölçümlü, geçirimsiz ya da geçirimsiz) ve yapının geometrisine (eğim, sakin su seviyesine göre kret yüksekliği ve kret genişliği) bağlı olarak yansıma, harcanma ve iletim arasında kısımlara ayrılır (SPM, 1984).

Kıyı yapıları üzerinde dalga enerjisi çalışmaları, yapı türüne enerji etkisi ve yapıya karşı dalga hareketinin türü olmak üzere iki şekilde sınıflandırılabilir.

3.2 Dalgakıranlar

Kıyı yapıları, kıyı mühendisliği problemlerine çözüm sunan yapılar olarak tasarlanır. Kıyı yapıları işlevlerine göre genel olarak üç sınıfa ayrılabilir. Bunlar, dalgakıranlar, kıyı yapıları ve yavaşma yapılarıdır.

Kıyı yapıları tiplerine göre dört ana sınıfta incelenebilir;

- Taş Dolgu Yapılar: Dalgakıranlar, mahmuzlar, jetler ve kıyı kaplamaları.
- Dik Yüzeyli Yapılar: Kıyı duvarları, keson tipi dalgakıranlar.
- Kazıklı Yapılar: İskele, bağlanma, yavaşma yapıları.
- Yüzer iskeleler

Taş dolgu kıyı koruma yapıları, uzun yıllardan beri dünyanın pek çok yerinde pek çok amaca hizmet etmek için inşa edilmiş olan ve günümüzde halen önemini koruyan kıyı yapılarıdır. Bu tip yapıların diğer türlere nazaran en önemli avantajları, oturmalarına karşı esnek olmaları, doğru boyutlandırıldığında hasar olsa dahi işlevini tamamen kaybetmemeleri ve kalifiye işçilik ve ağır ekipman gerektirmemeleri olarak sıralanabilir.

Uygulamada, kıyı alanları ve limanların dalga ve akıntı etkilerine karşı korunmasından katımadde hareketi yönlendirilmesine kadar geniş bir yelpazede kullanılan taş dolgu kıyı yapıları, kıyı kaplamaları, dalgakıran, mahmuz, jet gibi yapı türlerinde halen ağırlıklı olarak tercih edilmektedirler.

En genel hali ile bir taş dolgu kıyı yapısı, deniz ortamı içinde granüler malzeme ile inşa edilen bir dolgu olarak tanımlanabilir (CEM, 2003). Dolgu, tamamen tek tip malzemeden oluşabilmekle beraber, filtre kriterlerine uygun tasarlanan, farklı

kategorilerde malzemelerden oluşan tabakalar ile teşkil edilmesi genellikle daha ekonomiktir (CEM, 2003).

Tabakalı inşa edilen dalgakıranlarda, dolgunun dış cidarını kaplayan, dalga ve akıntı etkilerine karşı koyan bloklardan oluşan tabaka koruma tabakası (zırh tabaka) olarak adlandırılır (CEM, 2003). Bu tabaka altına yerleştirilen ve daha ince granüler malzemeden oluşan filtre tabakası veya tabakaları, alt tabakalarda bulunan ince malzemenin dalga etkisi ile emilip yapıdan ayrılmasını önlemeyi amaçlar (Kabdaşlı, 1992). Çekirdek tabakası olarak adlandırılan en iç bölgede kullanılan malzeme, geçirimli veya geçirimsiz özellikte olabilmektedir ve bu bölgenin geçirimliliği yapının performans ve stabilitesini etkileyen bir faktördür (Bruun, 1985; Kabdaşlı, 1992).

Koruma blokları, tabii taş veya özel form verilmiş suni beton ünitelerden oluşur ve bu bölgede blok boyutları, yapının karşı koyacağı dalga iklimi, yapının önemi, geri sahanın korunma ihtiyacı ve işletme maliyeti dikkate alınarak yapılan risk analizi çalışması neticesinde optimize edilerek belirlenir.

3.2.1 Taş dolgu kıyı yapılarının sınıflandırılması

Taş dolgu kıyı yapıları, yapısal işlevlerine göre ve kret kotlarına göre sınıflandırılabilirler.

3.2.1.1 Yapısal işleve göre sınıflandırma

Dalgakıranlar: Arkalarındaki bölgeyi dalga ve akıntı etkilerinden korumak ve kumlanmayı kontrol etmek amacı ile inşa edilen kıyı yapılarıdır (Kabdaşlı, 1992).

Mahmuzlar: Genellikle kıyıya dik olarak, erozyonu önlemek, kumsal oluşturmak veya kıyı çizgisinin formunu değiştirmek amaçları ile inşa edilen yapılardır (Kabdaşlı, 1992).

Jetler: Nehir, kanal veya lagün ağızlarında navigasyonu sağlamak ve katımadde yığılmasını önlemek amacı ile inşa edilen yapılardır (Kabdaşlı, 1992).

Kıyı Kaplamaları: Kıyı çizgisine paralel olarak geri sahalarını dalga ve akıntı etkisinden korumak amacı ile inşa edilen yapılardır (Kabdaşlı, 1992).

3.2.1.2 Kret kotuna göre sınıflandırma

Geri sahanın korunma mertebesini doğrudan etkileyen önemli parametrelerden birisi, dalga aşması miktarını belirleyen ana parametrelerden olan dalgakıranın kret kotudur (Kabdaşlı, 1992). Kret kotuna bağlı olarak taş dolgu kıyı yapıları iki ana grupta incelenirler (Kabdaşlı, 1992; CEM, 2003):

Yüksek kretli taş dolgu yapılar: Bu yapılarda kret kotu, dalga aşmasına izin verilmeyecek şekilde seçilir. Böylece geri saha dalga etkilerine karşı tamamen korunmuş olur (Kabdaşlı, 1992).

Alçak kretli taş dolgu yapılar: Dalga aşmasına tamamen veya kısmen izin verecek şekilde boyutlandırılan, kret kotları nispeten daha düşük seçilen yapılardır (Kabdaşlı, 1992).

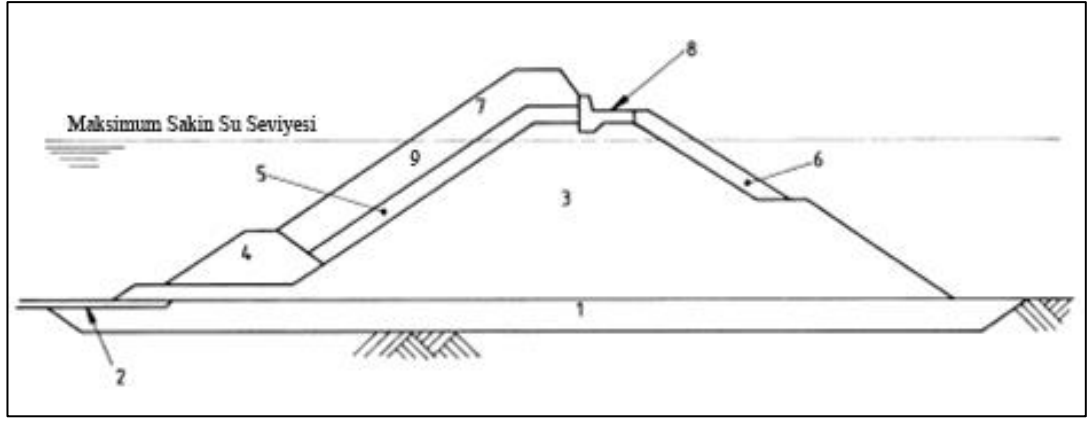
3.2.2 Dalgakıranların tanımlanması

Dalgakıran herhangi bir şekilde kıyıyı değiştirmek amacıyla inşa edilen bir kıyı yapısıdır (Kabdaşlı, 1992). Limanı dalga ve akıntı etkilerine karşı koruyan sanat yapılarıdır. Gövde ve müzvar kısımlarından oluşur. Müzvar; dalgakıranın kafa kesitidir. Dalgakıranlar tüm deniz vasıtalarının güvenilir olarak barınacakları ve liman işlevlerinin güvenilir bir şekilde yürütülmesine olanak sağlayan korunmuş su alanları yaratmak için tasarlanan yapılardır.

Dalgakıranlar çeşitli amaçlar için inşa edilirler. Dört ana amacı aşağıdaki gibidir;

1. En önemli amaç kıyıyı dalga etkilerine karşı koruma altına almaktır.
2. Dalgakıranların ikinci yapılış amacı liman ve kanal girişlerinde katı madde yığılmasını önleyerek tarama ihtiyacını minimuma indirmektir.
3. Dalgakıranlar rıhtım yaratmak amacı ile de inşa edilirler. Böylece kıyıda sınırlı rıhtım boyu uzatılmış ve liman kapasitesi arttırılmış olur.
4. Dalgakıranların son yapılış amacı kıyıdaki akıntıları yönlendirmektir.

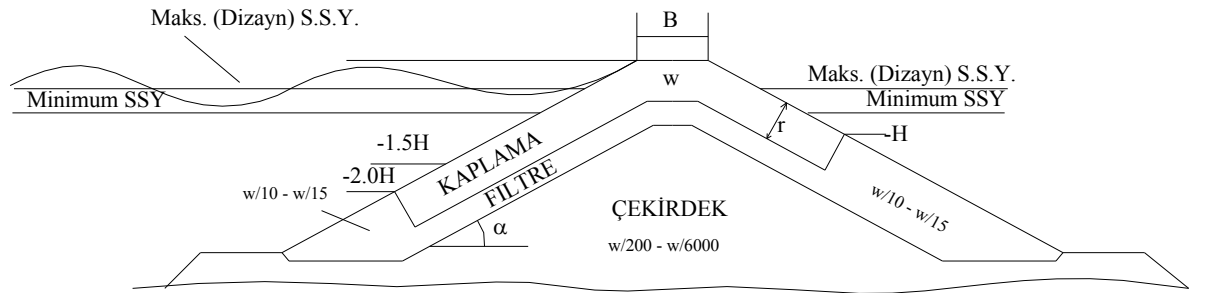
Taş dolgu dalgakıranlar dalgaları kırarak ve yansıtarak dalgakıran arkasındaki su haznesini dalgalara karşı koruyan, taşların yığılmasıyla inşa edilen yapılardır. (Günbak, 1979). Eğimli yüzeye sahip ve farklı büyüklüklerdeki taş tabakalardan oluşan bir yapıdır.



Şekil 3.9 : Taş dolgu dalgakıranlara ilişkin yapısal tanımlar (BSI 6349-7, 1991).

Tanımlar: 1) Yastık tabakası, 2) Topuk önü koruma, 3) Çekirdek, 4) Topuk, 5) Filtre tabakası, 6) Liman tarafı koruma tabakası, 7) Koruma tabakası, 8) Kronman duvarı ve 9) Koruyucu tabakada iki sıra taş

Şekil 3.10 tipik bir taş dolgu dalgakıran kesitini göstermektedir. Bu kesitte en dış deniz tarafında dalga kuvvetlerine kendi birey ağırlığı W ile dayanabilen kaplama taşı, en içte ise taşocağında patlamalarla büyük miktarlarda elde edilebilen küçük taş kategorisi görülmektedir. İki kategorinin arasında ise küçük taşların büyük kaplama taşlarının arasından denize kaçmaması için konulmuş filtre tabakası görülmektedir.



Şekil 3.10 : Kırılmayan dalga için taş dolgu dalgakıran kesiti (CEM,2003).

3.2.3 Dalgakıran tasarımı

Kıyı yapı tasarımında gelen dalgaların yapıya, kırılmadan, kırılarak ve kırılmış olarak gelmeleri dikkate alınmalıdır. Taş dolgu dalgakıran tasarımında dikkate alınacak dalga yapı etkileşimleri, dalga kırılması, dalga yansıması, dalga tırmanması ve dalga aşmasıdır.

3.2.3.1 Dalgakıranların geometrik özellikleri

Tasarım sırasında aşağıda verilen yapı geometrik özellikleri belirlenmelidir.

- Kret yüksekliği ve genişliği
- Taş dolgu dalgakıranlarda beton kronman duvar
- Koruyucu birey taş veya blok tabaka kalınlığı ve alt tabakalar
- Ana filtre tabakasının taban yüksekliği
- Topuk (Filtre tabakası dengesi için)
- Dalgakıran kafası ve liman tarafı koruma tabakası
- İkincil filtre tabakası

Kronman tabakası, beton bloklarla tasarlanan dalgakıranların filtre tabakası, taş büyüklüğü koruma tabakasında kullanılması gereken taş büyüklüğü esas alınarak hesaplanır.

3.2.3.2 Taş ağırlıkları hesabı

Şekil 3.10 Dalgakırana kırılmadan gelebilen proje dalgalarına karşı, Şekil 3.11 ise dalgakıran önünde kırılan dalgalara karşı SPM (1984) tarafından önerilmiş tipik taş dolgu dalgakıran kesitlerini göstermektedir. Her ne kadar literatürde 30'un üzerinde taş büyüklüğü hesabı yapabilen formül varsa da SPM (1984)'da verilmiş olan Hudson formülü, formül içindeki katsayıların en kolay tarıflendiği tablolar halinde verilmiş olduğu için çok genel kullanım bulmuştur. Hudson formülü,

$$W = \frac{\gamma_r H_s^3}{K_D (S_r - 1)^3 \cot \alpha} \quad (3.41)$$

Burada;

H_s = Belirgin dalga yüksekliği,

K_D = Denge katsayısı,

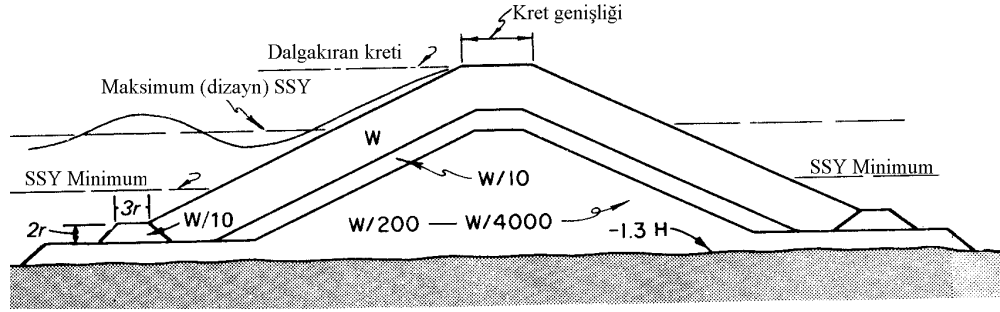
$$S_r = \gamma_r / \gamma_w \quad (3.42)$$

γ_r = Taş birim ağırlığı,

γ_w = Su birim ağırlığı,

α = Dalgakıranın yatayla yaptığı açıdır.

Dalgakıran kurbu dalgakıranının gövdesi içerisinde ise de, bu kesitteki taş büyüklüğünün dalgakıran kafasındaki gibi hesaplanması tavsiye edilir. SPM (1984)'den alınmış bazı tipik K_D katsayıları Tablo 1'de verilmiştir.



Şekil 3.11 : Dalgakıran kesiti (kırılan dalga için) (CEM, 2003)

Çizelge 3.2 : K_D katsayıları (SPM 1984).

Koruyucu Tabaka Blok Tipi	n	Yerleştirme Metodu	Dalgakıran Gövdesi		Dalgakıran Kafası		Cot α
			Kırılan Dalga	Kırılmayan Dalga	Kırılan Dalga	Kırılmayan Dalga	
Ocak Taşı	1	Serbest	-	2.9	-	2.3	-
	2	Serbest	2.0	4.0	1.9	3.2	1.5
					1.6	2.8	2.0
					1.3	2.3	3.0
	>3	Serbest	2.2	4.5	2.1	4.2	-
Ocak Taşı	2	Özel	5.8	7.0	5.3	6.4	-
Tetrapod	2	Serbest	7.0	8.0	5.0	6.0	1.5
					4.5	5.5	2.0
					3.5	4.0	3.0
Dolos	2	Serbest	15.8	31.8	8.0	16.0	2.0
					7.0	14.0	3.0

Çizelge 3.2'de, n sayısı kaplama veya filtre tabakasında üst üste konacak taş veya blok adedini vermektedir.

Avrupa topluluğu ülkelerinde ve dolaylı olarak pek çok orta asya ülkesinde son senelerde dalgakıran tasarımında Manual on the Use of Rock in Coastal and Shoreline Engineering (1991) ve (2007) yayını taş dolgu dalgakıran projelendirilmesinde bir çeşit standart olarak kullanılmaya başlamıştır (Günbak, 2012). Bu yayına göre bir taş dolgu dalgakıranı koruyacak taş ağırlığı hesabı;

$$\frac{H_s}{\Delta D_{n50}} \quad (3.43)$$

parametresi üzerine kurulmuştur. Burada $\Delta = S_r - 1$, $D_{n50} = (W_{50}/\gamma_r)^{1/3}$ dir. Koruma taşı ağırlığı hesabı için verilen formüller;

Yapı üzerinde kırılan dalgalar için ($\xi_m < \xi_{mc}$)

$$\frac{H_s}{\Delta D_{n50}} = 6,2 P^{0,18} (S_d / \sqrt{N})^{0,2} \xi_m^{-0,5} \quad (3.44)$$

Yapı üzerinde kırılmayan dalgalar için ($\xi_m > \xi_{mc}$)

$$\frac{H_s}{\Delta D_{n50}} = P^{-0,13} (S_d / \sqrt{N})^{0,2} (\sqrt{Cot \alpha}) \xi_m^P \quad (3.45)$$

$$\xi_{mc} = (6,2 P^{0,31} \sqrt{\tan \alpha})^{\frac{1}{(P+0,5)}} \quad (3.46)$$

$$\Delta = \frac{\gamma_r - \gamma_w}{\gamma_w} = (S_r - 1) \quad (3.47)$$

P=Dalgakıran Porositesi (0,4)

N=Fırtınadaki dalga adedi=3000 (Fırtına Süresi/T_m)

S_d=Stabilite Katsayısı=2-3 (sıfır hasar için)

Görülebileceği gibi yeni formül aslında Hudson formülünün benzeri olup yeni parametre olarak dalga adedi ve porozite ve sörf benzeşim katsayısı ξ hesaplara dahil edilmiştir.

$$W = \frac{\gamma_r H_s^3}{K_D (S_r - 1)^3 Cot \alpha} = \gamma_r D_{n50}^3 \quad \frac{H_s}{\Delta D_{n50}} = (K_D Cot \alpha)^{1/3} \quad (3.48)$$

Yukarıdaki Hudson formülü dalgakırana dik gelen dalgalar içindir. Günbak (2001) araştırmaları dalgakırana β açısıyla (dalgakırana dik ile dalga diki arasındaki açı) gelen dalgalar için taş büyüklüğünün

$$W_\beta = W_0 \cos^2 (\beta - 30^\circ) \quad (3.49)$$

olarak düzeltilebileceğini göstermiştir.

Kret kotu dalga tırmanma yüksekliğine göre belirlenir. Dalga aşması, kret yüksekliğinin dalga tırmanması değerinden küçük olması durumunda oluşur. Koruyucu birey taş veya blok tabakası düz ve az geçirgen ise en büyük dalga tırmanması değeri dahada yükselir.

Herhangi bir taş tabakasının kalınlığının, r , hesabı için aşağıdaki formülasyon kullanılabilir;

$$D_{50} = (W_s / \gamma_r)^{1/3} \quad (3.50)$$

$$r = k_{\Delta} n D_{50} \quad (3.51)$$

Filtre tabaka kalınlığı hesaplamalarında Denklem (3.50 ve 3.51) filtre tabakası taş ağırlığı ile kullanılır.

r : Ortalama tabaka kalınlığı

n : Taş yada beton koruyucu birey taş veya blok sayısı (genellikle $n=2$)

W_s : Koruyucu birey taş veya blok birim ağırlığı

γ_r : Koruyucu birey taş veya blok birim özgül ağırlığı

k_{Δ} : Tabaka katsayısı

Su derinliğinin $1.5 H$ 'den (H , koruyucu birey taş veya blok birim ağırlığının bulunması için kullanılan düzensiz tasarım dalga yüksekliğidir) daha büyük olduğu durumlarda, filtre tabakasındaki koruyucu birey taş veya bloklar minimum sakin su seviyesi altına $1.5 H$ kadar uzatılır (Şekil 3.10). Su derinliğinin $1.5 H$ den az olması durumunda ise Şekil 3.11 kullanılır. Bu durumda koruma tabakası deniz ve liman tarafında deniz tabanına kadar uzatılır.

Yapı başı ve kara tarafı koruyucu tabakası, ikincil koruyucu tabaka ve alt tabakaların tasarımları Şekil 3.10 ve Şekil 3.11 kullanılarak yapılır.

Kret genişliği, izin verilen dalga aşması değerine bağlıdır, ancak tek parametre bu değildir. Şekil 3.10'da gösterilmiş dalgakıran kret genişliği B en az 3 koruma taşı genişliğinde olmalıdır. Kret genişliği Denklem 3.52 kullanılarak hesaplanır.

$$B = 3k_{\Delta} D_{50} \quad (3.52)$$

Dalga aşmasının olmadığı durumlarda, kret genişliği çok önemli değildir, fakat yapı üzerinde herhangi bir inşa yada bakım yapılabilmesi için gerekli minimum genişlik sağlanmalıdır.

SPM (1984) tabaka katsayısı k_{Δ} ve tabaka porozitelerini P Tablo 3.7'deki gibi vermiştir. Formüllerdeki W_{50} koruma taşının ortalama ağırlığıdır.

Koruma tabakası taş büyüklüğü taş ocağından ekonomik olarak elde edilemediği zaman dalgakıran eğimini yatırmak veya beton blok kullanmak çözüm olabilir. Genel olarak dalgakıran eğimleri taş koruma için 1/1.5 ve daha yatık olmalıdır. Deprem bölgelerinde bu eğimin 1/2 ve daha yatık olması tavsiye edilir

Çizelge 3.3 : k_{Δ} ve P değerleri (SPM 1986).

Koruyucu tabaka	Taş Kaplama Sırası (n)	Yerleşim	Tabaka Katsayısı(k_{Δ})	Porozite (P) %
Ocaktaşı (düzgün)	2	Düzensiz	1.02	38
Ocaktaşı (kaba)	2	Düzensiz	1.00	37
Ocaktaşı (kaba)	3	Düzensiz	1.00	40
Ocaktaşı (parallepiped)	2	Özel	-	27
Küp (modified)	2	Düzensiz	1.10	47
Tetrapod	2	Düzensiz	1.04	50
Quadripod	2	Düzensiz	0.95	49
Hexipod	2	Düzensiz	1.15	47
Tribar	2	Düzensiz	1.02	54
Dolos	2	Düzensiz	0.94	56
Toskane	2	Düzensiz	1.03	52
Tribar	1	Üniform	1.13	47
Ocaktaşı	Derecelendirilmiş	Düzensiz	-	37

Hudson formülü aşağıdaki şekilde düzenlenebilir;

$$\frac{H_s}{\Delta D_{50}} = (K_D \cot \alpha)^{1/3} = f \quad (3.53)$$

$$\Delta = \frac{\gamma_r - \gamma_w}{\gamma_w} \quad (3.54)$$

Van Der Meer (1988)'de f parametresinin, dalgakıranın porozitesi P, gelen dalga adedi N, dalga dikliği S, dalgakıran açısı α ve surf parametresi ξ ile değişimini

hidrolik modelde denemiş ve çeşitli formüller vermiştir. Bu parametrelerden surf benzeşim parametresinin tüm dalgakıran hidroliğindeki önemi Günbak (1979)'da verilmiştir. Surf parametresi,

$$\xi = \frac{\tan \alpha}{(H_s/L_0)^{1/2}} \quad (3.55)$$

$$L_0 = 1.56T^2 \quad (3.56)$$

burada T periyod, L_0 derin su dalga boyudur.

Van Der Meer (1988) formülünde koruma tabakasında kullanılacak taş büyüklüğü için hesaplama yöntemi,

Plunging Kırılma (Kırılarak Kırılan Dalga) $\xi_m < \xi_{mc}$ için;

$$\frac{H_s}{\Delta D_{n50}} = 6.2S^{0.2}P^{0.18}N_z^{-0.1}\xi_m^{-0.5} \quad (3.57)$$

Surging Kırılma (Sönümlenerek Kırılan Dalga) $\xi_m > \xi_{mc}$ için;

$$\frac{H_s}{\Delta D_{n50}} = 1.0S^{0.2}P^{-0.13}N_z^{-0.1}(cot\alpha)^{0.5}\xi_m^p \quad (3.58)$$

$$\xi_m = S_m^{-0.5}\tan\alpha \quad (3.59)$$

$$\xi_{mc} = (6.2P^{0.31}(\tan\alpha)^{0.5})^{1/(P+0.5)} \quad (3.60)$$

S_m : Dalga dikliği , $S_m = H_s / L_{om}$, $0.005 \leq S_m \leq 0.06$ m s için geçerli

L_{om} : Ortalama dalga periyoduna karşılık gelen derin su dalga boyu

ξ_{mc} : Kritik kırılma parametresi değeri

H_s : Dalgakıran önündeki tasarım belirgin dalga yüksekliği (m)

D_{n50} : Taşların %50 sinin ağırlığının daha az olduğu taşın çapıdır

M_{50} : Ortalama taş büyüklüğü kütlesi $M_{50} = \rho_s D_{n50}^3$

$$\Delta = \left(\frac{\rho_s}{\rho_m} \right) - 1$$

ρ_s : Taşın özgül kütlesi (t/m³),

ρ_w : Suyun özgül kütlesi (t/m³),

S : Hasar Seviyesi, $S = A_e / D_{n50}^2$, A_e = Hasara göre kesit alanı (m²)

P : Geçirimlilik Katsayısı $0.1 \leq P \leq 0.6$ (önerilen $P = 0.4$ dür)

N_z : Dalga sayısı ($N_z \leq 7500$)

α : Yapı eğimi

3.3 Dalgakıranların Stabilitesi

Dalgakıranların tasarımında, boyutlandırılmasında ve yapım aşamasında en dikkat edilmesi gereken konulardan biridir. Yapının performansını ve kullanım ömrünü direkt olarak etkileyen parametrelerdendir.

3.3.1 Şevli dalgakıranların stabilitesi

Şevli dalgakıranlarda stabilite, temel olarak dört elemandan oluşur (Bruun, 1985):

1) Tüm yapının stabilitesi: Yapıyı bir bütün olarak ele alır, ağırlıklı olarak zırh tabakasının stabilitesine bağlıdır (Kabdaşlı, 1992). Burada, dinamik ve statik stabilite kavramlarına değinmekte de fayda vardır. Statik stabilite, yapının form değiştirmeden tasarım kuvvetlerine karşı koyması, dinamik stabilite ise yapının dalga ve akıntı kuvvetleri altında şekil değiştirerek bütünlüğünü kaybetmeden denge profiline ulaşarak işlevini kaybetmemesi anlamında kullanılır (Van Der Meer, 1988).

2) Hidrolik stabilite (Blok stabilitesi): Dalga ve akıntı kuvvetleri altında blokların yerlerinden oynamamaları, dönme ve/veya öteleme hareketi yapmamaları anlamındadır (CEM, 2003).

3) Blokların yapısal direnci: Blokların yapının servis ömrü boyunca karşılaştıkları dalga, akıntı ve ağırlık yüklemeleri altında yapısal bütünlüklerinin korunmasını ifade eder (CEM, 2003).

4) Geoteknik stabilite: Yapıda kullanılan tabakaları ve yapının üzerine inşa edildiği taban zeminini kapsayan, topuk erozyonu dahil çeşitli yükleme durumları için şev duraylılığını zemin mekaniği prensiplerine göre inceleyen stabilitedir (Bruun, 1985; CEM, 2003).

Yapılan tez çalışmanın amacı doğrultusunda burada genel olarak hidrolik stabilite üzerinde durulacaktır.

3.3.2 Geoteknik stabilite

Taş dolgu dalgakıranlar projelendirilirken dikkat edilmesi gereken üç konu aşağıda özetlenmiştir.

1) Filtre Kuramı: Kullanılan taş kategorileri arasında aşağıdaki filtre kuramlarının sağlanması önemlidir. Taş dolgu dalgakıranlarda, filtre tabakası, çekirdeği oluşturan malzemeleri korumak veya dalgalar ve akıntıların sebep olduğu zemin aşınmasını önlemek için yapılır. Çakıl veya değişik boyutlarda küçük taşlar veya geotekstil ve tanelenmiş malzeme birleşimi kullanılarak bir veya birden fazla katmanlı filtre tabakaları yapılabilir.

Tanelenmiş filtre tasarım koşulları, düzenli ve sıkışmış küreler arasında ki boşluğun geometrisine bağlıdır. Tane büyüklük dağılımı aşağıda belirtilen geometrik filtre tasarım koşullarını sağlamalıdır.

Dalgakıran kesitinde kullanılan filtre tabakası, çekirdek malzemesinin kaybını önlemek için kullanılır.

$$\text{Stabilite için} \quad \frac{D_{15f}}{D_{85b}} \leq 4 - 5 \quad (3.61)$$

burada D_{15f} filtre malzemesinin %15'inin küçük olduğu elek çapı, D_{85f} filtre malzemesinin %85'inin küçük olduğu elek çapıdır.

$$\text{Segregasyon için} \quad \frac{D_{50f}}{D_{50b}} \leq 20 - 25 \quad (3.62)$$

Gelen dalga enerjisinin sönümlenmesi için filtre tabakasında yeterli geçirgenliğin sağlanması gerekmektedir.

$$\text{Geçirgenlik için} \quad \frac{D_{15f}}{D_{15b}} \geq 4 - 5 \quad (3.63)$$

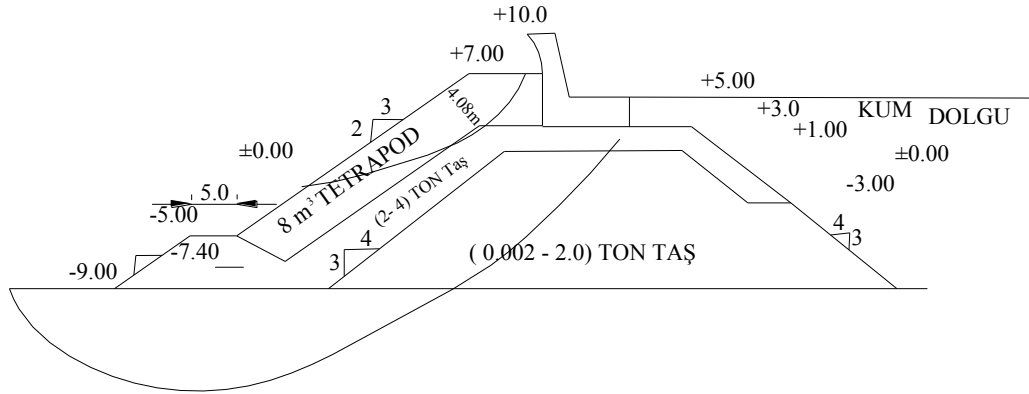
Filtre malzemesinin gradasyonu geniş ise, iç dengeyi sağlayan ince taneli malzemelerde dalga etkisi altında yıkanma olabilir ve iç denge bozulabilir. İç dengeyi sağlamak için aşağıda ki bağıntı kullanılır.

$$\begin{aligned} \text{İç denge için} \quad C_u = \frac{D_{50}}{D_{10}} &\leq 10 \text{ dengeli} \\ &> 20 \text{ sürüklenme, dengesiz} \end{aligned} \quad (3.64)$$

2) Oturma (Taşıma gücü): Taş dolgu dalgakıranının dolgu ağırlığı altında bulunan zeminin zaman içerisinde oturması söz konusu olabilir. Yapılacak sondajların değerlendirilmesiyle bu değer önceden tahmin edilebilir. Taş dolgu çekirdek malzemesinin kendi filtre kuramlarındaki iç denge şartını sağlamaması ve ince malzemesinin inşaat sırasında kayıyla malzeme oturması gözlenebilir. Bu değer 30cm ile 1m arasında değişebilir.

3) Kayma dairesi: Dalgakıranın zemininin zayıf olması durumunda Şekil 3.37’de gösterilmiş olduğu gibi dalgakıran gövdesinden ve zemin içerisinden geçen bir kayma dairesi oluşabilir. Bunun olabileceğinin tespiti halinde dalgakıran önüne topuk yapmak veya inşaatı zeminin kendisini toplamasına izin verecek şekilde zamana yaymak bir çözüm olabilir.

Dalgakıran eğiminin 1/1.5 ve daha dik olan hallerinde özellikle deprem yükleri altında dalgakıran şevinden geçen sığ kayma daireleri oluşabilir. Bu eğimin 1/2 ve daha yatık olduğu hallerde oluşmaz (Günbak, 1979).



Şekil 3.12 : Dalgakırandaki olabilecek kayma ve oturma.

3.3.3 Hidrolik stabilite

Koruma bloklarının hareketleri, yerinde sallanma (*rocking*), yerinden fırlayarak deplasman yapma, şev kayması (*Blanket sliding*) ve koruma tabakasında oluşan kompaksiyona bağlı oturmalar olmak üzere dört farklı türdedir (CEM, 2003).

Taş dolgu kıyı yapılarında hasar derecesi, belli bir dalga yükü altında belli bir süre zarfında hareket eden blokların sayısına bağlı olarak ifade edilmektedir (CEM, 2003). Bu hasarın uygulamada, model veya prototip üzerindeki ölçümü, hareket eden blokların sayılması veya kesit profilinin çıkartılarak hasar alan alanının ölçülmesi

şeklinde gerçekleştirilmektedir (Van Der Meer, 1988). Hasar alan alanın boyutsuz biçimde ifade edilebilmesi için farklı araştırmacılar tarafından farklı hasar ölçüm algoritmaları geliştirilmiştir (CEM, 2003).

Son yıllarda yapılan stabilite ile ilgili çalışmaların çoğunda hasar dereceleri Losada ve diğ. (1986) tarafından önerilen şu kademelere ayrılmıştır:

Hasar başlangıcı: Zırh tabakadan bir miktar bloğun tabakadaki yerlerinden bir veya daha az medyan blok çapı kadar hareket etmeleri halidir (Losada ve diğ.,1986).

Iribarren hasarı: Zırh tabakada ilk sıra blokların, dalgaların ikinci sıra bloklara etkiyeceği kadar hareket etmeleri durumudur (Losada ve diğ., 1986).

Göçme: Alt tabaka malzemesinin dalga etkisi ile söküldüğü durumdur (Losada vd., 1986).

Bu hasar derecelerine ek olarak, Vidal ve diğ., *göçmenin başlangıcı* adı ile, zırh tabakanın ikinci sırasındaki blokların hareketi ile alt tabakanın açığa çıkmasına sebep olan büyük oyuklar açılması ile tanımlanan dördüncü bir hasar derecesi daha tanımlamışlardır (Vidal ve diğ., 1991).

3.3.4 Stabiliteye etki eden parametreler

Zırh tabakası stabilitesine etki eden parametreler Tablo 3.13’de özetlenmiştir. Tabloda verilen parametreler, tüm zırh tabakanın stabilitesini etkileyen parametrelerdir.

Çizelge 3.4 : Zırh tabakasının stabilitesine etki eden faktörler (CEM, 2003).

Etken	Parametre	İlgili terim ve semboller
Deniz durumu	Karakteristik dalga yükseklikleri	$H_s, H_0, H_{1/10}, H_{max}$ vb.
	Karakteristik dalga boyu	L_m, L_{om}, L_p vb.
	Karakteristik dalga dikliği	S_m, S_{om}, S_p vb.
	Dalga asimetrikliği	
	Dalga spektrumunun şekli	JONSWAP, P-M, TMA vb.
	Dalga gruplarının varlığı	
	Su derinliği	h
	Dalga yaklaşım açısı	β
	Dalga sayısı	N_z
	Deniz suyunun birim hacim ağırlığı	ρ_w
Yapısal parametreler	Yapının açık deniz cephesi profili	Şev açısı $\tan\alpha$ Kret kotu h_c
	Koruma bloklarının birim hacim ağırlığı	ρ_s
	Koruma bloklarının şekil ve kütlesi	M
	Koruma bloklarının derecelendirmesi	$d_{n50}, d_{n15}, d_{n85}$
	Zırh tabakanın yerleştirme sıklığı, yerleştirme paterni ve kalınlığı	
	Alt tabakalar ve çekirdeğin porozitesi ve permeabilitesi	

3.4 Porozitenin Tanımı

Porozite ve su emme; taş porozitesi taşın birim hacmindeki içerdiği boşlukların hacmidir. Bu terim, taş koruma tabakasının kütle porozitesi ile karıştırılmamalıdır. Su emme, atmosferik basınçta birim kuru taş kütlesinin emdiği suyun kütlesidir. Ayrıca, taşın tüm boşluğu doymuş ise ortaya çıkacak emme daha az olacaktır. Porozite, birim hacim ağırlığı ve geçirgenlik herbir dane etrafındaki boşluk oranlarına sahip sedimentlerin bir araya toplanması meydana gelen kütle özellikleri ile ilgilidir. Porozite (P) toplam hacim için boşluk ya da boşlukların hacminin oranı olarak tanımlanmıştır (CEM, 2006).

$$\text{Kuru katı birim hacim ağırlığı } (\gamma_d) = \frac{W_s}{V} \quad (3.65)$$

$$\text{Nemli katı birim hacim ağırlığı } (\gamma) = \frac{W_s + W_w}{V} \quad (3.66)$$

$$\text{Suya doymuş katı birim hacim ağırlığı } (\gamma_{sat}) = \frac{W_s + V_v \gamma_w}{V} \quad (3.67)$$

$$\text{Su altındaki (batmış) katı birim hacim ağırlığı } (\gamma_{sub}) = \frac{W_s + V_s \gamma_w}{V} \quad (3.68)$$

$$\text{Özgül ağırlık (G)} : \frac{\gamma_d}{\gamma_w} \quad (3.69)$$

$$V = V_s + V_v \quad (3.70)$$

$$\text{Boşluk oranı (e)} = \frac{V_v}{V_s} \quad (3.71)$$

$$\text{Boşluk oranı (e)} = \frac{n}{100-n} \quad (3.72)$$

$$\text{Porozite (n)} = \frac{V_v}{V} \times 100\% \quad (3.73)$$

$$\text{Porozite (n)} = \frac{e}{1+e} \times 100\% \quad (3.74)$$

$$\text{Su muhtevası (w)} : \frac{W_w}{W_s} \quad (3.75)$$

Burada;

W_s : Katı maddelerin ağırlığı

W_w : Suyun ağırlığı

γ_w : Suyun birim hacim ağırlığı

V_s : Katı maddelerin hacmi

V_v : Ara boşlukların hacmi

V : Toplam hacim

Dalgakıran geçirgenliği; dalgakıran boyunca geçen, gelen enerjinin bir bölümü dalgakıran boyunca geçer. Bu enerji, aşma iletiminden daha düzenli ve genel olarak daha çok tahmin edilebilir ve gelen dalganın periyoduna bağlı olarak iletilmiştir (SPM, 1984).

Porozite, dalga geçişi ve akım yapısı üzerinde eşdeğer ortalama çaptan daha etkilidir (Zhang ve diğ., 2010).

3.5 Porozitenin Etkisi

Porozite, dökme taş dalgakıranların tasarımını birçok yönden etkilemektedir. Dalgakıranda kret yüksekliğinin karar verilmesinde kullanılan dalga tırmanması poroziteden dolayı azalmaktadır. Yine dalgakırandan dalga yansıması poroziteden kaynaklanan geçirgenlikten dolayı azalmaktadır. Yapılan çalışmalarda ve yapılan bu çalışmada model porozitesinin artması ile K_T geçiş katsayısının arttığı, buna karşılık K_R yansıma katsayısının azaldığı görülmüştür. Porozite değerinin artması ile K_L enerjisi kaybı katsayısı azalır. Dökme taş dalgakıranlarda stabiliteyi etkileyen parametrelerden biri porozitedir. Stabilite bağıntılarında alt tabakanın geçirimsizliği önemlidir. Dalgakırana gelen dalganın enerjisinin bir kısmı dalgakıran üzerinde sönmelenirken bir miktarı poroziteden dolayı dalgakıran arkasına geçmektedir.

Günümüzde, kıyı dizaynı için kumsallarda dalga tırmanması hesabı için teorik yaklaşımlar geçerli değildir. Dalga tırmanma tahmininin içerdiği doğal zorluklardan biri porozitedir. Dalga tırmanmasında laboratuvar ve arazi sonuçları (porozite, geçirgenlik gibi) arasındaki farklar ölçülememiştir.

Yansıma katsayısının bağlı olduğu parametrelerden biri porozitedir. Oyulma koruması olarak porozite içerir. Yerleştirilirken malzemenin içerdiği porozite oyulma koruması için taş kaplamanın çökme özellikleri önemlidir. Genel olarak daha hafif yapı eğimleri, daha uzun eğrilik yarı çapları ve artmış yapı porozitesi şev üzerinde dalga tırmanmasında azalmaya sebep olacaktır (CEM, 2006).

Hem yapısal stabilite hemde fonksiyonel performansı için tasarım dalga koşullarının seçiminde yapının porozite ve geometrik özellikleri üzerinde kırılmamış, kırılan ve kırılmış dalgaların etkisi göz önüne alınmalıdır (Jackson, 1968; SPM, 1984).

Gelen dalganın özellikleri, bu proseslerin sonuçları spesifik yapının porozitesi, yüzey pürüzlülüğü ve profil geometrisine çok bağlıdır.

Bozulmuş bir ölçekte, eğimli sınırlar daha dik hale gelir daha düz prototip eğimi için dalga yansıma özellikleri karşılaştırıldığında yansıma artar. Bu problemin üstesinden gelinebilir. Örneğin; laboratuvar sınırlarının pürüzlülüğü ve porozitesi artması ile dalga yansıması azalır (Sorensen, 2006).

Artan porozite dalgakıran yüzünde daha büyük hızlar verir. Buna ek olarak görünür dalganın ilerlemesi faz kaymasına nazaran artan porozite ile geçirimli durum artar,. (Losada, 2003)

Boşluklu ortamda dalga sebepli oluşan akım da boşluk suyu basıncını ve sızma hızı değişimleri nedeni ile efektif blok ağırlığını azaltıcı nitelikte olabilmektedir (Losada vd, 2005).

Dalga hareketlerine karşı bir limanı koruma problemi için cazip bir çözüm olarak çeşitli boyutlarda ocak taşlarından oluşan boşluklu dökme taş yapılar sıklıkla önerilir. Yapı tarafından iletilen dalga enerjisi miktarının tahminine göre verilmiş bir dalgakıran dizaynının verimliliğini değerlendirmek için önemlidir. Sakin su seviyesinde ya da üzerinde kret yüksekliği ile geçirimli dalgakıranlar için dalga geçiş katsayıları ve iletilmiş dalga yüksekliklerine bu uygulama karar verir. Bu uygulama taşlar ya da yapay koruma tabakaları ile birlikte zırhlı dalgakıranlar ile kullanılabilir. Uygulama, dalga tırmanması (Cross ve Sollitt tarafından önerilen) için dalgakıran hava payının oranının kullanımı aşma katsayısı ile tahmini dalga geçişi için geliştirilmiş bir metod kullanır. Madsen ve White (1971)'in geçirimli yapılar boyunca dalga yansıması ve dalga geçişi modeli ile birlikte birleştirildikten sonra aşma tahmin metodu ile dalga geçişi . Seeling (1979,1980) ana sistem işlemcileri için benzer bir versiyon geliştirmiştir.

Poroziteden dolayı enerji kaybedildiğinde gereken uygun ekleme doğru olarak boşluklu etkileri hesaba katmayı gerektirmektedir (Zhao ve diğ., 2011).

Dalgakıranın porozitesi (tane boyutu) direkt olarak yapının performansı ile ilişkilidir (Çokgör ve Kabdasli, 2004).

Boşluklu bir ortam, birbirine bağlanmış boşluk oranları ve katı malzemeler ile dolu aralığın bir bölümü olarak tanımlanmıştır (Fareo, 2006).

3.6 Boşluklu Dalgakıranlar

Kıyı ve liman mühendisliğinde , boşluklu yapılar, özellikle boşluklu dalgakıranlar, su dalgalarının enerji dağılımını ve kuvvetini azaltma amacı için sıkça kullanılır. Bu boşluklu yapılar yansıyan dalga yüksekliğini azaltır ve diğer taraftan sadece yapılar boyunca dalgaların geçişine izin vermekle kalmaz aynı zamanda dalga enerjisinin bir bölümünü sönmeler. Bundan dolayı, boşluklu yapılar dalga enerjisini harcamakla

birlikte dalga kuvvetlerini azaltabilir. Bu sebebin temelinde, boşluklu malzeme ve su dalgasının etkileşimi ile ilgili birçok araştırma vardır (Yang ve diğ., 1997).

Bununla birlikte, boşluklu yapı üzerinde hareket eden su dalgaları, birçok mühendislik örnekleri sayesinde örneğin limandaki serbest yüzey üzerine sabitlenmiş rıhtımlar, vb., dalgalarının etkileşimi gibi çeşitli konularda çalışılmaktadır. Serbest yüzey ile yüzer cisim arasında kesişim yüzeyinin matematiksel zorluklarından dolayı kesin analitik çözümler, sadece son derece derin su olduğu zaman mevcuttur (Yang ve diğ., 1997).

Boşluklu dalgakıranlar, dalgakıranlar bölümü 3.2 de anlatıldığı gibi yüksek kretli ve alçak kretli taş dolgu yapılar olarak ikiye ayrılırlar. Alçak kretli boşluklu dalgakıranlarda kendi içinde 1) Statik olarak stabil alçak kretli yapılar, 2) Statik olarak stabil batık yapılar ve 3) Dinamik olarak stabil resif yapılar. Günümüze kadar yapılan araştırmalar incelendiğinde, boşluklu dalgakıran olarak farklı geometrik şekilde boşluklu yapıların tasarlandığı ve bunların performansı ile ilgili deneysel ve nümerik çalışmaların yapıldığı bilinmektedir. Boşluklu dalgakıranlar ile yapılan çalışmalar daha çok batık boşluklu dalgakıranlar üzerine yoğunlaştığı görülmektedir. Boşluklu dalgakıran ve boşluklu yapılar üzerine yapılan çalışmalarda aynı ortak amaç ile gelen dalga enerjisinin sönmülenererek bir kısmının dalgakıran ya da yapı üzerinden veya içinden geçmesine izin verilmiştir. Yapılan bu çalışma örnekleri literatür bölümünde verilmiştir.

Boşluklu dalgakıranların geometrik çeşitliliğinin olası sayısı neredeyse sınırsızdır, bununla birlikte birkaç ve başlıca kırılma, viskoz sönmülendirme, türbülanslı karıştırma, yörüngesel hareketin aksamaları ve faz dışı ilişkiler içinde enerji kaybına dayandırılabilen dalga azaltıcı mekanizmalardır.

3.7 Porozite ve Stabilité İlişkisi

Dagakıranların stabilitesi Bölüm 3.3’de detaylı olarak anlatılmıştır. Burada porozitenin stabiliteye etkisi üzerinde durulacaktır. Bu konuda yapılan çalışmalarda deneysel olarak fiziksel modellemeler ve nümerik modeller kullanılmıştır.

Geçirimli bir şev üzerinde direkt dalga hareketi, yapı içinde ilişkili stabilite karşıtı hidrolik eğimler ve değişen çekirdek basınçları yaratır ve tırmanmanın ekstra bir yük sunmasından dolayı stabilite karşıtı kuvvetleri artırır. İlave olarak, dalgalar ve gel-

git'lerin her ikisi boşluklu deniz tabanları içinde çekirdek basınç değişimi yaratır (CEM, 2006).

Boşluklu yapının geçiş katsayısına göre, bir yandan porozitenin artışı durumu boşluklu yapı içerisinde akım sürtünmesinden dolayı artan enerji kaybına sebep olur bunun sonunda geçen dalga yüksekliği azalır. Diğer yandan porozitedeki artış yapı boyunca daha fazla enerji girişine izin verir, dolayısıyla geçen dalga yüksekliği artar. Bu iki faktör birbirini dengeler. Geniş boşluklu dalgakıranlar için, yapı porozitesi küçük ise porozitedeki artışın sonuçları geçiş katsayısının azalmasına sebep olurken, diğer yandan geçiş katsayısı porozite ile artar (Huang ve diğ., 2003).

Yaygın olarak kullanılan Hudson'ın ((1959) dökme taş dalgakıranların laboratuvar çalışmaları), Iribarren'in ya da Van Deer Meer'in((1988)) dökme taş dalgakıranların stabilite ve dalga tırmanması özellikleri üzerinde çekirdek porozitesinin etkilerini hesaplanmanın dışında dökme taş bir dalgakıranın en kesitinin tasarımını bize vermez. Düzenli dalgalar normal bir doğrultuda, farklı çekirdek porozite değerlerine sahip yapıya etki yaparlar. Zırh tabakasının ve ikinci tabakanın porozitesi ihmal edilmiştir. Çekirdek porozitesi artmış olarak stabilite ayrıca deneysel veri değerlerinin sınırı içerisinde önemli oranda artmış olduğu gözlemlenmiştir. Yapının çekirdeği içerisinde enerji dağılımı ve büyük giriş akımından dolayı bu olabilir. Porozitedeki artış ile dökme taş dalgakıran sevi üzerinde dalga tırmanmasını azalmak için benzer sebepler bulunmuştur (Hedge ve Srinivas, 1995).

Herhangi bir dökme taş dalgakıranın tasarımında anahtar unsur, gereken zırh tabakası boyutuna karar vermektir.

Dökme taş yapının geometrik özelliklerinden, kret yüksekliği ve genişliği dalga tırmanma yüksekliğine ve üzerinden dalga aşp aşmayacağına göre dizayn edilmektedir. Dalgakıran ve jetty (iskele) gibi dökme taş bir yapının üzerinden aşması, sadece yapı arkasına zarar veren dalgalar olmaması durumunda tolere edilebilir. Aşma olup olmayacağı dalga tırmanmasının yüksekliğine (R_u) bağlı olarak ortaya çıkacaktır. Dalga tırmanması dalga özelliklerine, yapı eğimine, poroziteye ve kaplama tabakasının pürüzlülüğüne bağlıdır. Eğer zırh tabakası boşlukları doldurulur ya da diğer taraftan daha düzgün veya daha az geçirgen yapılırsa kademeli olarak taş kaplama eğimi- taş kaplamanın maksimum sınırı dökme taş eğimden daha yüksek olacaktır. Porozite ve pürüzlülük arttıkça dalga tırmanma

yüksekliği azalacaktır. Çünkü porozite geçirimsizliği artırdığından dalgakıran içine dalga girişi sonucu dalgakıranda dalga geçişi olacaktır.

Çizelge 3.5, SPM (1984) ve CUR/CIRIA (1991) Manual den alınan veri ile ince tabakalar içinde yerleştirilmiş ocak taşı için %35 ve 40 arasında porozite seviyeleri göstermektedir. Kitle yerleştirme Çizelge 3.5'deki porozite değerlerinden %5 daha yüksek olmasına sebep olabilir. Kitle yoğunluğu ve porozitenin belirlenmesindeki belirsizliklerden dolayı, gerçek değerlerini tespit etmek için arazide bazı testlerin gerçekleştirilmiş olması tavsiye edilmiştir.

Ocak taşının özel yerleştirilmesi (en uzun boyutlu ya paralel ya da dik şev için) tabaka kalınlığı ve stabilitenin her ikisinde büyük bir etkiye sahip olduğu vurgulanmıştır.

Çizelge 3.5'de beton tabakaların porozitesi ayrıca verilmiştir. Burada tekrar, yerleştirme metodu porozitede ve stabilitede büyük farklara sebep olabilir (Angremond ve Van Roode, 1998).

Çizelge 3.5 : Zırh tabakaları dar derecelendirmesinde kalınlık ve porozite.

Tabakaların şekli ve tipi	Tabaka kalınlığı (n)	Yerleştirm e	Tabaka katsayısı I	Porozite	Kaynak
Düzgün ocak taşı	2	Rastgele	1.02	0.38	SPM
Çok yuvarlak ocak taşı		Rastgele	0.80	0.36	Cur/Ciria
Çok yuvarlak ocak taşı		Özel	1.05-1.20	0.35	Cur/Ciria
Yarı yuvarlak ocak taşı		Rastgele	0.75	0.37	Cur/Ciria
Yarı yuvarlak ocak taşı		Özel	1.10-1.25	0.36	Cur/Ciria
Pürüzlü ocak taşı	2	Rastgele	1.00	0.37	SPM
Pürüzlü ocak taşı	>3	Rastgele	1.00	0.40	SPM
Düzensiz ocak taşı		Rastgele	0.75	0.40	Cur/Ciria
Düzensiz ocak taşı		Özel	1.05-1.20	0.39	Cur/Ciria
Derecelendirilmiş ocak taşı		Rastgele	-	0.37	SPM
Küpler	2	Rastgele	1.10	0.47	SPM
Tetrapodlar	2	Rastgele	1.04	0.50	SPM
Dolos	2	Rastgele	0.94	0.56	SPM
Akropod	1	Özel	1.3	0.52	Sogreah
Akmon	2	Rastgele	0.94	0.50	WL

Zırh taşlarının derecelendirilmesi yapının porozitesi ve tekrar şekillendirilmesi etkili olarak, üzerinden aşmanın deşarj edilmesinde bir etkiye sahip olabilir.

Boşluklu tabanın benzer etkileri, batık geçirimli dalgakıranın sürtünme ve porozite değerinin artması geçirimliliğin ve akım direncinin artması anlamına gelir. Bu durum belirgin dalga sönümlenmesine sebep olur (Tsai ve diğ., 2006).

Kıyı yapıları belli kriterlere göre, yapısal stabilite, fonksiyonel performans, çevresel etki, yapının ömür boyu maliyeti ve diğer koşullara uymak için tasarlanmalıdır. Yapısal stabilite kriteri çok sık belirtilen ekstrem koşullar sırasında kıyı yapısı önemli zarara uğramaksızın ayakta kalmalıdır.

Hem yapısal stabilite hemde fonksiyonel performansı için tasarım dalga koşullarının seçiminde yapının geometrik ve porozite özellikleri (Jackson, 1968) üzerinde kırılmayan, kırılan yada kırılmış dalgaların hücumuna yapının maruz kalıp kalmayacağı hesaba katılmalıdır (SPM, 1984).

Porozite birlikte yer alan tanelerin hangi sıklıkta olduğunun bir fonksiyonudur ve bu nedenle belirlenmiş sediment için sabit değildir (CEM 2003).

Şevin birim alanındaki zırh tabakası için betonun birim hacminin direnç koşulları içinde karşı hareketleri hidrolik verimliliği ifade etmiş olabilir. Çok delikli küpler için büyük ve ağır tabakadan ince ve zayıf tabakaya hidrolik verimlilik artar. Çünkü ratgele yerleştirilmiş zırhın porozitesi ayrıca aynı şekilde artar (Price 1979), hidrolik ile porozite arasındaki korelasyon açıklanabilir gibi görünür (Burchart ve Thompson 1983).

Birbirine kenetlenme etkilerinde ve tabaka üzerinde hareket eden dengeleyici yerçekimi kuvvetinde azalmalar olabilir bu azaltma yüzünden, zırh tabakaları parçalara ayrılıp dağılırsa zırh tabakalarının hidrolik stabilitesi azalır. Buna ek olarak, kırılan zırh tabakası parçaları dalga hareketi ile etrafında fırlatılabilir ve böylece hızlandırılmış kırılma nedeniyle oluşan hasarı tetikler. Zırh tabakalarının yapısal bütünlüğünü sağlama almak için, kırılma nedeniyle oluşan hasara engel olmak gereklidir (CEM, 2006).

Bir dalgakıran üzerinde dalgaların davranışı özellikle zırh tabakasının stabilitesine etkileri kapsamlı olarak araştırılmalıdır. Boşluklu bir zırh tabakası ve çekirdeğin etkileri hesaplanmış olmalıdır. Kobayashi (1986) tarafından kullanılmış geçirimsiz

bir şevin varsayımı kaya zırhlı şev için uygun olabilir. Bu daha boşluklu zırh (örneğin; Allsop 1983, Burcharth 1979 ve Timco 1984 tarafından bunlar test edilmiş) için daha az geçerli olmalıdır. Çekirdek geçirimsizliği ve zırh geçirimsizliği etkilerini ayırmak için ve gerçekleştirilen geçirimsiz çekirdekli fiziksel model testleri ile daha kolay nümerik modelin kalibrasyonu yapılır. Bunlar geçirimsiz bir şev, ince bir geçirimli tabaka ve geçirimli bir çekirdek için hesaplamalar ile karşılaştırılmıştır (Thompson, 1988).

Deniz-kumsal gibi karmaşık doğal sistem ile dökme taş ya da beton blok dalgakıranların etkileşimine göre ortaya çıkmış dalgakıranlar normal olarak literatür teorileri içinden elde edilebilir basit formülleri uygulamaktan ziyade nümerik ya da fiziksel modellerin kullanımı ile tasarlanmıştır (hidrolik verimlilik ve zırh stabilitesi) (Dentale ve diğ., 2001). Problemler için nümerik çözümler, gerçekten tamamen test edilmiş akışkan yüzeyinin hacmini izleme metodu (RANS/VOF) ile Reynolds Averaged, Navier-Stokes denklemlerine (RANS) tamamen dayanır ve mühendislik pratiği içine hem fiziksel hemde nümerik olarak incelenmiştir.

Dökme taş dalgakıranlar bir su alanını ve onların etki alanını dalgalardan korumak için ve rüzgarın oluşturduğu dalgaların yansıyan ve harcanan enerjisi için tasarlanmış yapılardır.

Birleştirilmiş yapıların tasarımında parametrelerde, dalgakıran zırh tabakaları üzerinde dalga yükleri, dalgakıran şevi üzerinde tırmanma ve çekilme, hasar, batık yapının yüksekliği, kret genişliği deniz tarafı konumu, dalga geçişi, zırh ağırlığı, porozite v.b. gibi detaylı bilgi gerektirir.

Bir yapının karşılıklı iki eğim ile dalgakıran ve jetty gibi dalga aşması olmayacak herbir tarafı için dalga koşullarının farklı tasarımı gerekebilir. Dalgakıranın liman tarafı gibi yapının bir tarafına direkt olarak vuran dalga hareketi, diğer tarafa vurduğundan daha az sert olabilir. Eğer yapı boşluklu ise içerisinden yeterli dalgaların geçmesine izin vermek için, zırh tabakasına direkt olarak vuran dalgalar vasıtasıyla yapı boyunca ilerleyen dalgalar tarafından korunaklı tarafının zırh tabakası yerinden oynamış olabilir. Böyle durumda, korunaklı taraf için tasarım dalgası, dalgaya maruz kalmış taraf ile aynı olabilir, fakat onun için dengeli bir zırh ağırlığı hesaplamak için veya bir dalga koşulu dizaynı gibi seçim için bilinen

güvenilir olmayan analitik bir metoddur. Rüzgar tarafı zırh tabakası boyutları Markle (1982) tarafından model testlerinde araştırılmıştır.

Dökme taş dalgakıranının alt tabaka malzemesinin porozitesi ve boyutu ve sakin su seviyesine göre çekirdek yüksekliği stabilite katsayısı K_D yi etkileyen faktörlerden ikisidir (SPM, 1984).

Dökme taş dalgakıranların dizaynı için günümüzde formülü elde edilmesine rağmen, onlar stabilite de yapının/çekirdeğin porozitesinin etkilerini hesaba katmamıştır. Gerçekte dökme taş dalgakırandan içeri ve dışarı akışın oranı kontrol edilmektedir. Bütün yapının çekirdek ya da porozitesinden ziyade geçirgenliğini hesabın içine katmışlardır. İkinci ve birinci tabakanın porozitesi yapım esnasında fazla değişmediği ve yeterli miktarda yüksek olarak dikkate alınmamıştır. Yinede, çalışmanın uygun gözetim ve denetim çalışması yapılmasa bile çekirdek porozitesi sert bir biçimde değişebilir. Çekirdeğin porozitesi sarsma deneyleri kullanılarak kolayca ölçülebilir (Samaga ve Hedge, 1998).

“Geçirimlilik faktörü” olarak adı geçen ve Van Deer Meer (1998) tarafından kullanılan ayrı bir “HADEER” (Barends ve Holscher (1989)) adındaki yazılım kullanarak hesaplanmış olması gerekir. Makele, farklı modeller üzerinde yürütülen deneylere dayanan dalgakıranların stabilitesi için elde edilmiş yeni formül sunar. Ayrıca dökme taş dalgakıran için, dalga yüksekliğinin, periyodun ve çekirdek porozitesinin farklı değerleri için dizayn abakları sunar. Kullanılan abaklar ile zırh tabakası dizaynında gerek duyulan hızlı bir şekilde ulaşılmış olabilir. Yinede, abaklar sadece deniz tarafı eğimi $\frac{1}{2}$ ve yalnızca doğal zırh tabakalı yapılar için kullanılabilir.

Hudson (1959), çekirdek aşırı geçirimsiz olursa, zırh tabakası üzerinde gelen dalga enerjisinin bütün etkileri olarak yapının stabilitesi için hasara neden olacakları ile ilgili düşüncelerini belirtmiştir. Bu nedenle, çekirdek çok ince taneli malzeme içermemelidir. Benzer gözlem Hedar (1960, 1986) tarafından düzenli dalgalar için satabilite üzerinde geçirimliliğin etkileri için yapıldı. Timco ve diğ. (1984) çekirdeğin geçirimliliği dökme taş bir dalgakıranın tüm stabilitesi üzerinde çok belirgin etkiye sahip olduğu sonucuna varmıştır. Bu durum, zırhın relatif stabilitesi ve enerji dağılımı üzerinde önemli bir rol oynar.

Bruun (1985) çekirdeğin farklı geçirimlilik değerlerini dikkate alan bir tanım verdi. O, çekirdek geçirimliliği değerlerinin bir sayısı için dalga yüksekliğinin grafiğini vb.

hasar oranını verdi. Geçirimsizlik artışı olarak, bu durumda verilen bir dalga yüksekliği için hasar oranında azalma bulundu. Van Deer Meer (1988) stabilite için Van Deer Meer'in Geçirimsizlik faktörü P 'yi kullanarak dört dökme taş modeli test etti. Van Deer Meer, benzer tasarım dalga yüksekliği için taşın kütledeki 2.5'in bir faktörünün farklı bir anlamı, homojen yapı için geçirimsiz bir çekirdekten değiştirilmiş geçirimsizlik olarak kıvrılarak kırılan dalgalar için %35 stabilite artışını raporladı. Sönümlenerek kırılan dalgalar için, Van Deer Meer aynı zamanda daha yüksek dalga periyotları için geçirimsizlik ile stabilite artışı gözlemledi.

Gözden geçirilen literatürden, açıktır ki dökme taş yapılar için hasarın hesabında çekirdek porozitesi dikkate alınmamıştır. Bundan başka, bir dereceye kadar dikkate alınmış tüm yapı boyunca geçirimsizlik etkisi etkileme değişkenliği olarak çekirdek porozitesini içeren tasarım formülü mevcut değildir. Çekirdek porozite faktörü dikkate alındığında, gereken zırh boyutunda kolayca ulaşmak için halihazırda tasarım eğrileri yoktur.

Bundan dolayı, dökme taş dalgakıranların hızlı tasarımı için formül ve abaklarda ulaşmak için, dalga aşması olmayan dökme taş dalgakıranların tasarımı için bağımsız değişkenler olarak çekirdek porozitesi, dalga periyodu dalga yüksekliği katmaya karar verilmiştir. Etkileme parametreleri olarak katılan çekirdek porozitesinin aynı değerine ulaşmak için deneyler yürütüldü.

Çekirdek porozitesi değerleri, modelin ve prototip dalgakıranın her ikisi için %10 ile %60 aralığındadır. Çekirdek porozitesi zırh boyutunu sert bir şekilde etkiler. Azalan stabilite için gereken zırh ağırlığı, artan çekirdeğin porozitesi olarak grafiklerde belirgindir. Bu, porozite yüksek olduğunda çekirdeğin boşlukları içinde daha yüksek enerji kaybına dayandırılabilir. W 'nin değeri tipik olarak %200 arttırıldığında çekirdek porozitesi %60'dan %10'a düşer. Bu vurgular, dökme taş tasarımı için denklemler içindeki dominant faktör olarak çekirdek porozitesinin dikkate alınmasının önemidir.

Bu değişimler stabilite üzerinde çekirdek porozitesinin etkisinin katılmasına dayandırılır. Sunulan formülde $P=0.3$ olarak başka bir deyişle %30 çekirdek porozitesi hesaba katılmıştır fakat Hudson'un formülü için hesaba katılmamıştır. Van Deer Meer'in formülüne göre ilgili P diğer bir deyişle ulusal geçirimsizlik faktörü

P=0.5 olarak alınmıştır. Günümüzde çekirdek porozitesinin belirli bir değeri için uygun Van Deer Meer'in geçirimsilik değerlerini sağlamak için metod mevcut değildir (Samaga ve Hedge, 1998).

Çekirdek porozitesi dökme taş dalgakıranın stabilitesinde dominant faktördür. Formülün doğruluğu gösteren parametrik analizi uygulanmıştır. Hem prototip hem de model için hesaplanmış tasarım eğrileri, farklı parametreler girdisi için w'nin oldukça doğru değerlerini vermek için bulunmuştur. Bunun sonucu olarak tasarım eğrileri, model ve/veya prototip tasarımı için kullanabilir. Daha fazla tasarım eğrileri kullanılan stabilite denklemleri elde edilebilir (Samaga ve Hedge, 1998).

Dalga kırılması en önemlidir yinede beklenilmeyen çeşitli etkileri için poroz yapının boyutu hakim olacaktır.

Hasar seviyesi S ve ilave olarak dalga yüksekliği H, değişkenler olarak dalga periyodu T ve çekirdek porozitesi P dikkate alındığında dökme taş dalgakıranın tasarımı için yeni bir formül elde etmek için yürütülen deneyler ile elde edilmiş veri kullanılmıştır. Deneylerde sadece bir eğim kullanılmıştır. Bu yüzden, genellikle bu yapılarda kullanılan, deniz tarafı ½ eğimli dökme taş dalgakıranın tasarımında geçerli formül elde edilmiştir. Ayrıca, zırh olarak sadece doğal taşlar kullanılmıştır. Bundan dolayı, geçerliliği dalgakıranlarda zırh olarak doğal taş kullanımı ile sınırlıdır(Samaga ve Hedge, 1998).

Stabilite için elde edilen formül,

$$\frac{A_e}{H^2} \exp (2.62P + (4.8D_{n50}/H)) = 1.835 + 0.028\frac{gT^2}{H} - (6 \times 10^{-5}) \frac{g^2T^4}{H^2} \quad (3.76)$$

A_e : Erezyon Alanı, H: Dalga yüksekliği, P: Çekirdek porozitesi ve T: Dalga periyodu

Dalga yüksekliği H, dalga periyodu T, Çekirdek porozitesi P, ($0 < P < 1$), erezyon alanı tarafından g yerçekiminden dolayı hızlanma g, zırh boyutu D_{n50} .

Geçirimsilik zırh stabilitesi için Van Der Meer formüllerinde bir parametre olarak kullanılmıştır. Maalesef bu parametrenin fiziksel temeli zayıftır. Bundan dolayı dalgakıran içine sızmadan dolayı dalga tırmanmasını azaltması ile geçirimsilik P arasındaki bir ilişkiyi kullanmak için önermiştir. VOF model ile hesaplanabilmiş olmasında son söylenen avantajdır. Matematik modellerden P'nin değerinin

hesaplaması bu şekilde mümkündür. Ayrıca tırmanmanın azalması fiziksel bir model içinde ölçülebilir. Fiziksel testler, zırh stabilitesi için tırmanmayı modellerden daha hızlı ortaya koymak için avantaja sahiptir (Verhagen ve diğ., 2002).

Geçirimlilik faktörü Van Der Meer'in zırh stabilite formülüne genel olarak uygulanmış olarak ve Van Der Meer'in (1988) orijinal tezinde yayınlanmış olarak kullanılan şekil sadece kaba bir tahmininden ve tecrübelerinden belirlenmiş olabilir. Daha iyi bir şekilde, bu parametrenin miktarını belirlemek için başlayan yaygın fiziksel testlerden sonra tasarımcılar için faydalı olacaktır. Bu makale P değerini belirlemek için kullanılan parametreleri, fiziksel modellemesiz, fakat kullanılan örnek VOF modelleme ile belirlenebilir olmasını tanımlar.

Bu faktör hacim değiştirme modeli fiziksel tanımını vermek için, harici (dış) dalga tırmanması üzerinde çekirdek geçirgenliğinin etkisini ifade etmek için tanıtılmıştır. Harici süreç dalga tırmanması modeli ile tanımlanmıştır. Bu modelde dalga tırmanması Hushes'in (1993) dolgu topuk yaklaşımında yapının önündeki dalga kinematiklerine bağlanmıştır. Dahili süreç boşluklu ortam boyunca su akımı için Forchheimer denklemi ile tanımlanmıştır. Dik yapı geçişi durumunda hacim değiştirme modelinin detaylandırılmasına kaynak çalışmadır. Eğimli yapı geçişi için hacim değiştirme modeli ayrı tabakalar arasındaki dalganın ilerlemesi farkı söz konusudur. Bu hadise daha kapsamlı bir şekilde çalışılmalıdır. Yinede her iki durumda (eğimli ve dik yapı geçişi) P faktörü ile tırmanma azaltma katsayısı olarak adlandırılan c_r arasında düzeltme açıkça görülebilir. Bu düzeltme ile fiziksel bir tanımına dayanan geçirimlilik faktörü P'nin bir değer seçimi için mümkündür. Bunun yanısıra bu çalışma ayrıca, Van Der Meer tarafından belirlenmiş olarak sadecece yapının özelliklerine bağlı değil aynı zamanda hidrolik parametrelere bağlı yapının geçirimliliğini gösterir. Bu değerlendirme ile stabilite formülündeki ikili geçirimlilik gösterimini açıklamıştır.

Van der Meer (1988) tarafından yapılmış hidrolik modellerden elde ettiği stabilite hesabı formülünde koruma tabakasında kullanılacak taş büyüklüğü için hesaplama yönteminde, dalgakıranın porozitesi P'yi hesaba katmıştır. Van Der Meer (1998) tarafından, dalgakıran stabilitesi için sunulan iki stabilite formülü:

$$\frac{H_s}{\Delta d_{n50}} = c_{pl} P^{0.18} \left(\frac{S}{\sqrt{N}} \right)^{0.2} \xi_m^{-0.5} \quad \text{Kıvrılarak kırılan dalga için} \quad (3.77)$$

$$\frac{H_s}{\Delta d_{n50}} = c_s P^{-0.13} \left(\frac{s}{\sqrt{N}} \right)^{0.2} \sqrt{\cot \alpha} \xi_m^P \text{ Sönümlenerek kırılan dalga için} \quad (3.78)$$

Bu formüllerde Van Der Meer geçirimlilik P getirilmiştir. Bu parametre alt tabakanın geçirimliliğinin etkisini tanımlar, bunula birlikte geçirimliliğin büyüklüğü ile direkt ilişkisi yoktur.

P: Geçirimlilik

c_{pl} : Plunging dalgalar için Van Der Meer formülündeki sabit

c_s : Surging dalgalar için Van Der Meer formülündeki sabit

N: Bir dalga alanındaki dalgaların sayısı

s: Dalga dikliği

α : Dalgakıranın eğimi (derece)

Δ : Relatif malzeme yoğunluğu

3.8 Liman İçi Çalkantiya ve Sirkülasyona Porozitenin Olası Etkisi

Dalgakıranlar birçok kıyı bölgesinde dalgalardan etkin koruma sağlamak için yaygın olarak kullanılırlar. Dökme taş yapılar diğerlerine göre şiddetli dalgalar için yaygın biçimde kullanılmaktadır. Kıyı şeritleri ve limanlar, dalgaların tahrip edici hareketinden dik duvar ya da dökme taş yapı (geçirimli veya geçirimsiz) dalgakıranlar vasıtasıyla korunur. Bu gibi yapıların tasarımındaki kriter etkili biçimde dalga enerjisinin harcanması için yeterlilik ve stabildir. Bu yapılar doğal akımların sirkülasyonu ile ilgili durumunu engeller, bunun sonucunda kıyı bölgesinin denge durumunun düzenini bozar. Sedimentin taşınımı ve birikimi, bu gibi müdehalenin sonuçlarıdır. Limanlarda, boyutlandırmaya bağlı olarak dalgakıranların üzerinden, zaman zaman belirli dalgalar aşmaktadır. Boşluklu dalgakıranlarda ya da boşluklu yapılarda poroziteden kaynaklanan geçirimlilik sonucunda, dalga aşması olmadığı halde, gelen dalganın bir kısmı dalgakıran ya da yapı içinden geçmektedir. Bu dalgaların limanın iç bölgesine geçmesi ile liman içinde küçük miktarda dalga oluşur. Boşluklu dalgakıranlar geçiş katsayısına bağlı olarak gelen dalga, dalgakıran içerisinden dalgakıran arkasına bir miktar geçmesi ile dalgakıran arkasından liman içine doğru bir akım oluşturur. Liman içindeki dalgalar; dalgakıran, kıyı koruma yapıları ve rıhtım tipine bağlı olarak yansımaya uğrar ve bunun sonucunda liman içinde çalkanti oluşur.

Dökme taş yapılar, sınırlı su sirkülasyonu ile bağlantılı çevresel problemler yaratabilir. Liman içinde su giriş çıkışına uygunluğun devamlılığını sağlamak için birikmiş malzemeler periyodik olarak uzaklaştırılmalıdır. Sediment birikimi problemine ilave olarak, geçirimsiz dalgakıranların doğal sirkülasyon yapısının bozulmasına sebep olması, liman ile açık deniz arasındaki suyun değişimini engelleyerek liman suyunu ciddi olarak izole edebilir. Eğer liman kalabalık nüfuslu alanlara yerleştirilmiş ise, endüstriyel, ticari ve yerleşim deşarjları potansiyel sağlık riskleri ve kirlenmeyi meydana getirir (Mavrigian ve diğ., 1974).

Dalgalarının yansımanın, geçişinin ve şekil değiştirmesinin ve onların yapılar ile etkileşiminin doğru öngörü ve tahmini, limanlarda ve kıyı alanlarında dökme taş dalgakıranlar gibi boşluklu dalgakıranların tasarımı için önemlidir. (Golshani ve diğ., 2002).

Bu bölümde boşluklu dalgakıranın geçirimsizliğinden dolayı, porozitenin, önce liman içi çalkantıya daha sonra sirkülasyona etkisi üzerinde durulacaktır.

Su seviyesi değişimleri hareketin tipi ve özelliklerine göre sınıflandırılmaktadır. Bunlardan biride çalkantı olarak tanımlanmıştır. Çalkantılar genellikle etrafı çevrelenmiş veya kapalı basenlerde meydana gelir.

Çalkantı; bir su kütlesi içerisinde bir rezonans salınımıdır (Sorensen, 1997). Çalkantılar olarak adlandırılan duran dalgalar basenin rezonans frekansına eşit frekanslıdır (Holthuijsen, 1983).

Serbest salınımlar, (diğer bir deyişle ana hatların, bozulmamış değeri sıfırdan serbest yüzeylerin saptığı yere) ve sürtünme, duran dalgaların nodlarının sayısı, basenin yatay ve düşey boyutlarına bağlı olarak periyotlara sahiptir. Zorunlu dalga salınımının periyodu ile neden olan kuvvetin periyodu aynıdır. Zorunlu salınımlar, yinede, genellikle aralıklı harici kuvvetler tarafından üretilmiştir ve salınımın periyodu, kısmen salınımın modu ve su baseninin boyutları ile ve kısmen harici kuvvetin periyodu ile belirlenmiştir (SPM, 1984). Bu tip salınımlar, salınımların serbest olduğu yerde serbest çalkantılardan ayırt etmek için zorunlu çalkantı (Chrystal, 1905) olarak adlandırılmıştır.

Çalkantı, gelgit, fırtına kabarması ve barometrik kabarma gibi su seviyesini etkileyen etkileyen unsurlardan biridir. Basende oluşan salınımlardır. Su seviyesi değişimleri kısa süreli, mevsimsel ve uzun süreli olmaktadır. Dönüş periyoduna göre

sınıflandırıldığında, çalkantılar kısa süreli su değişimine girmektedir (Kamphuis, 2000)

Dalgalar; yerel akıntılar, ivmeler ve basınç değişimleri ile beraber su seviyesinin inip çıkmasıdır. Dalgaların en basit formu sinüsoidaldir ve çok basit dalga özelliklerini tanımlamak için kullanırız.

Rüzgar esmesi durduğu zaman oluşan fırtına kabarması, su seviyesi ileriye ve geriye (çalkantı) salınımına başlayacaktır. Salınımlar, oldukça küçük sürtünme kuvvetlerinden dolayı bir müddet devam edecektir (Kamphuis, 2000).

Çalkantılar, kapalı ya da yarı kapalı basen içinde su kütesinin serbest yüzeyinin salınımları veya duran dalgalarıdır. Limanlardaki, liman girişindeki dalga gruplarının ve kısa dalgaların zorlaması sonucu olabilir. Bu salınımlar, ilk olarak atmosfer basıncında ve rüzgar koşullarının sonucunda olan ve basenin girişi üzerinde meydana gelen değişimlerin sonucu bu salınımlardır (CEM, 2006).

Salınının frekansı, sistemin batimetrisi ve geometrisi ile birlikte zorlamanın bir fonksiyonudur. Basit geometri ile ilgili alanlardaki, basenin şeklinden salınının modları tahmin edilebilir.

Çalkantılar, barometrik basınç, şiddetli rüzgar ve gelgitlerdeki ani değişimlere verilen tepki sonucu, geniş göllerde, haliçlerde ve küçük denizlerde meydana gelen durağan salınının davranışdır.

Projelerde, fonksiyonel performans kriteri tespitinde, yığılma ve kıyı çizgisi erezyonu ve sediment hareketi, dalgalar, akıntılar ve çalkantılar, gerekli esaslara karar vermek için kontrol edilmelidir.

Liman salınımı; limanda ya da körfezde gelgitsiz düşey su hareketleridir. Genellikle düşey hareketler düşük fakat tsunami veya fırtına kabarması tarafından uyarılmış salınımlarda oldukça büyük olabilir. Değişken rüzgarlar, hava salınımları ya da sörf salınımları ayrıca salınımlara neden olabilir (CEM, 2003).

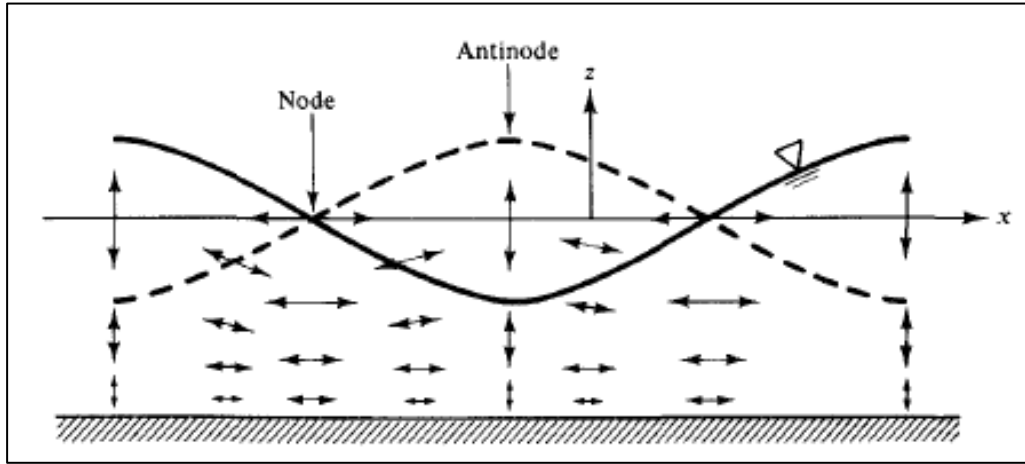
Döngü; düşey hareketin en büyük ve yatay hızların en küçük olduğu yerde durağan dalganın bir bölümüdür. Döngüler (loops) (bazen dalga karnı (antinode) olarak adlandırılır), yansıyan dalganın hareketi sonucu yansımayla oluşan duran dalga ve çalkantı ile ilişkilidir.

Etrafı çevrili su kütesinin sismik veya atmosferik güç kaynağının kesilmesinden sonra devam eden duran bir dalga salınıımıdır. Bir akışkan kütesinin salınımı, akışkan sisteminin doğal frekansı olarak aynı frekansa sahip karıştırıcı bir kuvvete tepkisidir.

Çalkantı olarak adlandırılan, rüzgarlar, depremler veya diğer olaylar tarafından üretilmiş duran dalgaların olduğu yerde göllerin, haliçlerin ve limanların üniform derinliğinin basit modelidir (Dean ve Dalrymple, 2000). Duran dalga altında yerel hızlar denklem 3.79 ve 3.80’de verilmiştir.

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{H}{2} \sigma^2 \frac{\cosh k(h+z)}{\sinh kh} \sin kx \cos \sigma t \quad (3.79)$$

$$\frac{\partial w}{\partial t} = \frac{H}{2} \sigma^2 \frac{\sinh k(h+z)}{\sinh kh} \cos kx \cos \sigma t \quad (3.80)$$



Şekil 3.13 : Durağan bir su dalgasındaki su partikül hızlarının dağılımı (Dean ve Dalrymple, 2000).

Dalga karınları (antinodes) altında, düşey hızlar maksimumdur, bu esnada yatay hızlar sıfırdır ve nodların altında bu durumun tersi doğrudur.

Kıyı yapıları, gelen dalga enerjisini yansıtırlar. Dalga yansıması, gelen dalgalar ile yansıyan dalgalar arasındaki etkileşimden dolayı denizde düzensizlik yaratırlar. Bu düzensizlikler liman girişinde seyir zorlukları ve liman içinde çalkantı artması gibi problemlere neden olurlar (DLH, 2007).

Dalgakıran üzerinden dalga aşmasına ya da poroziteden dolayı geçişe izin verilecekse, bu durumda dalgakıran arkasında ki korunaklı su alanında izin verilecek çalkantı seviyesine göre, aşma sınırı ya da geçiş miktarı belirlenmelidir. Yapılan bu tez çalışmasında gelen dalganın dalgakıran arkasında oluşturduğu akımın çalkantı

oluşturmayacağı varsayımı yapılmıştır. Yüzer dalgakıranların tasarımında, dalgakıranların işlevi için gereken parametrelerden biri olarak, liman içinde izin verilen çalkantı seviyesi dikkate alınmalıdır.

Dalgakıran üzerinden aşma durumu yıl içerisinde projeye bağlı olarak yılda birkaç kez oluşmaktadır. Bunun sonucunda inşa edilecek iskeleler boyunca yılda bir kaç günlük süre için söz konusu çalkantı limitinin aşılabildiği hesaplanır. Fakat boşluklu dalgakıranlarda dalga geçişi gelen dalgaya bağlı olarak sürekli olmaktadır. Boşluklu dalgakırana gelen dalga olduğu sürece dalgakıran arkasında liman içinde bir akım oluşacaktır.

Liman içi çalkantı analizi, günümüzde fiziksel ve nümerik modeller yardımı ile gerçekleştirilmektedir. Liman bölgesi ve rıhtımlarda, dalga iklimine göre, dalga çalkantı miktarları sayısal ve fiziksel modelleme yöntemleri ile tespit edilebilir. Liman içi çalkantı, planlanan ve inşaatı düşünülen liman yerleşiminin seçiminde ve yapısal tasarım parametrelerinin belirlenmesinde etkilidir. Nümerik dalga transformasyonu ile liman içi çalkantı modelleme çalışması yapılarak, dalga şartlarında liman içi çalkantı durumu belirlenmektedir.

Bu analizin sonuçlarına göre dalgakıran boyları ve yerleşimi gerek duyulduğunda revize edilebilir.

Liman içinde dalgaların yol açtığı çalkantıların ne sürelerle oluştuğu, log-normal dağılım'ı kullanılarak hesaplanmaktadır.

Nümerik modellemelerde, gelen dalga şartlarının girilmesiyle körfez, koy, delta, lagün, liman ya da marina içindeki ve etrafındaki dalga özellikleri elde edilmektedir.

Bu modellemelerde grid sistemi yoluyla batimetri ve liman/kıyı koruma sınırları modellere net ve tam olarak girilebilmektedir. Bu nümerik modelleme programlarının çalıştırılması ile çalışma bölgesindeki dalga koşulları ortaya çıkarılmış olmaktadır. Bu programlar, liman yerleşim tasarımlarının karşılaştırılmasında, dalgakıran ve kıyı koruma yapılarının şekli ve pozisyonunun optimize edilmesinde, yansıyan dalga enerjisinin ters etkilerinin en aza indirilmesinde ve yapısal tasarım parametrelerinin belirlenmesinde kullanılmaktadır.

Modellerin önemli özelliklerinden biri de dalga dönmesinin ve dalga yansımasının tam olarak temsil edilebilmesi için liman ve dalgakıran sınırlarının girilmesidir. Bu şekilde yansıma katsayıları da modele girilerek yansıyan dalgaların yol açacağı

çalkantı bileşenleri de hesaplamalarda dikkate alınmış olmaktadır. Buna göre modellerde, yapılan çalışmalarda kullanılan, dökme taş, keson, düşey yüzölçümlü duvar gibi inşa edilecek yapılar için yapıların tipine göre yansıma katsayıları çalkantının miktarı belirlemektedir.

Liman tesisinin rıhtım önündeki olası çalkantı miktarları gemi yüklerinin elleçlenme operasyon verimliliğini doğrudan etkilemektedir. Rıhtımdaki çalkantı özellikleri, yanaşma yerindeki geminin ya da bağlama yerindeki teknenin belirli koşullar altında yapacağı hareketlerin belirlenmesinde önemli parametrelerden biridir.

Sıvı yük terminallerinde operasyonel teknik emniyet ve güvenilebilirlik sağlanabilmesi için liman baseninde çalkantı oluşmamalıdır.

Gemi ve teknelerin liman içinde maruz kalacakları dalga yüksekliklerinin işletme ve emniyet açısından sınırları bulunmaktadır. Tasarım halinde olan bir liman için bu sınırların hangi açık deniz dalga koşulları altında ulaşılacağı belirlenmesi, limanın sene içinde hizmet veremeyeceği sürenin tayininde büyük rol oynar.

Dalga oluşabilecek tüm yönlerden etkili olan dalgaların benzeştirildiği numerik model çalışmasında, proje bölgesinde yılda görülmesi beklenen dalga şartında, rıhtım önlerinde meydana gelebilecek çalkantı mertebeleri ortaya konulmalıdır.

Yapılan değerlendirmeler ile rıhtımların yıllık çalışabilme yüzdeleri genel operasyon verimliliği analizi yapılmalıdır. İnşası planlanan liman kompleksi, dalga çalkantısı açısından terminalin veya rıhtımın stok sahası amaçlı ya da küçük tekne ve yat bağlama yeri olarak kullanılmaya elverişli olup olmadığı belirlenmelidir.

Boşluklu dalgakıranlar özellikle limanlara, marinalara ve balıkçı barınaklarına alternatif dalga koruma yapısı olarak uygulanabilir. Poroziteden kaynaklanan geçirimsizliğinden dolayı boşluklu dalgakıranlar su sirkülasyonuna izin verirler. Bundan dolayı bir avantaja sahiptirler. Dalga yansıma ve geçiş katsayısı, dalga tırmanması, dalga kuvveti ve devrilme momenti, stabilite gibi parametreler dalgakıranların tasarımında çok önemlidir. Bununla birlikte, geçirimsiz dalgakıranlar üzerinde dalga etkileri çok az bilinmektedir (Yang, 1996).

Boşluklu bir ortam birbirine bağlı boşluklar veya gözenekler teşkil eder. Boşluklu ortamın temel özelliklerinden biri rastgele dağılmış gözeneklerinin düzensiz şekli ve boyutudur. Bu heterojen formasyon boyunca akış dikkate alındığında çok karmaşıktır (Losada, 2003). Porozitenin liman içi sirkülasyona etkisini belirlemek için, boşluklu

ortam boyunca geçen suyun, dalgakıran arkasında oluşturduğu akım koşulları belirlenmelidir.

Yapay veya doğal boşluklu bir ortamın karmaşık içsel geometrisini belirlemek ve bundan başka, genelde kıyı ve liman mühendisliği alanlarında yapının ya da mikroskobik akımın bilinen iç detaylarında ilgili bir eksiklik vardır. Gerçekte, çoğu koşullarda bizi ilgilendiren incelenmekte olan akımın analizindeki ortalama bir süreç zarfında, boşluklu yapının büyük bölümlerinde akımın özelliklerinin belirlenmesidir. Ortalama süreç, gözenek düzensizlikleri ve ortam heterojenliği ile ilgili süzme ile ortaya çıkan küçük ölçekli değişimler bir düzeltme etkisine sahiptir (Losada, 2003).

Liman içerisinde durgunluktan kaynaklanan kirlilik problemleri aynı zamanda, liman içerisindeki çevrıntilere (karışma) ve kirlilik yüküne de bağlıdır.

Giriş noktasındaki hidrolik akıntıların, zamana bağımlı ortalama kesitsel hızı giriş kanalında ve körfez gelgit seviyesi aralığı hesaplamak için giriş noktasında yeterli miktarda küçük giriş akıntıları giriş ağzı ile körfez su seviyesi yükselmeleri arasındaki yükselme farkları ile hidrolik olarak hareket ettiği farzedilir (SPM 1984).

Kıyı hidroliği, gelgit değişimi ve akıntıları, fırtına kabarması, ısı ve tuz devirdaimi, su kalitesi, dalga bozulması, çalkantı, dalgakıran yerleşimi, sediment erezyonu, taşınım ve birikmeyi kapsar.

Sirkülasyonun modellenmesi yakın ve açık deniz (kıyıdan uzak) kıyı çevresinin fiziksel, kimyasal ve biyolojik süreçlerini anlamak için önemlidir. Kıyı sularının ve haliçlerin su kalitesi ve kirliliğini anlaşılması ile kıyı su kalitesi ve kirliliği modellemelerinden faydalanılabilir (Lakhan, 2003).

Yarı kapalı basenlerde, sirkülasyon yapısının özellikleri, su kalitesini etkileyen esas faktörlerin biridir. Çünkü, iç taraftaki sular ile dış taraftaki temizleyici sular arasındaki etkileşimi yönlendirir ve basen içindeki kirliliklerin ikamet süresini belirler (Mestres ve diğ., 2007). Liman hidrodinamiklerine rağmen liman yapıları tarafından maruz kalınan fiziksel zorlamalar ve deniz araçlarının sürekli trafiği ile su kalitesi etkilenir. Limanların içindeki su dinamikleri genel olarak dört mekanizma tarafından yönetilir. Bunlar: gelgit zorlaması, rüzgar yüzey gerilmesi, baroklinik etkiler ve dalgaların oluşturduğu akımlardır.

Üç boyutlu su yoğunluğu dağılımı ve yerel rüzgarın, hareket ettirici mekanizmalara oldukça bağlantılı olması beklenir. Rüzgar etkilerine rağmen, limanın içinde ve

dışında küçük zaman ölçekleri için su akımının belirlenmesinde önemli olabilir, uzun süre içinde en önemli su değişim mekanizması su kütlesinin baroklinik yapısına bağlıdır, rüzgar zorlaması ile sadece ikinci derece bir rol oynar (Mestres ve diğ., 2007).

Dalga difraksiyonu, dalga geçişi, dalga yansıması, liman salınımları, kabarması, sirkülasyonu ve gemi etkileşimlerini kapsayan temel liman hidrodinamikleridir. Bunlar operasyonel olarak verimli güvenli bir limanı tasarlamak için anlaşılmış olması gereken önemli doğal olaylardır (CEM, 2006).

Liman içerisine ve liman ile etrafındaki su kütlesi arasında medana gelen su sirkülasyonu liman tasarımı bakımından önemlidir. Doğal liman sirkülasyonu optimize etmek için, liman girişinden geçecek çevresel akıntıların kullanılmasını sağlayacak şekilde liman konumlandırılmalıdır. Liman girişlerinin sayısı, boyutu ve yerleşimi belirlenirken su sirkülasyonu dikkate alınmalıdır.

Liman içerisine sirkülasyon modelleri, artacak kirlilik seviyelerini ve ince sediment birikimi meydana gelebilecek durgun su alanlarını ortadan kaldırmalıdır. Örneğin; ucu kapalı kanallarda, istenen güçlü sirkülasyon ters yüksek hız akımları boyunca oluşmadığında bu durum meydana gelebilir.

Saha ölçümleri limanın hidrodinamiklerini tanımlayan ve liman kabarması miktarını belirlemek için tamamlayıcı ölçümleri içerir. Liman içerisinde sirkülasyon yapısını tanımlamak için limanın her tarafında akım hızı ölçümleri çalışmaları ve limanın dışında ve içinde akım oranları miktarını belirlemek için girişte akım hızı ölçümleri, limanın içerisindeki ve dışarıdaki gelgit seviyelerin önceki ölçümlerini içermelidir.

Liman içerisine su hareketi, çevre tasarımı ile sınırlıdır. Basen boyutu kapalı, açıklık yerleştirme ve basen şekli liman içindeki su hareketi tümünü etkiler. Gelgit, rüzgar ve nehir akımları ve boşluklu dalgakıranın arkasında kıyıya doğru oluşan akımlar liman içerisinde sirkülasyonun artmasına ve liman ile dışarıdaki su arasındaki değişimine yardım edebilir.

Bir liman içindeki su kalitesi ve kabarma özellikleri fiziksel ve nümerik modeller ile tahmin edilebilir. Su değişim oranları, oksijen veya diğer kimyasal bileşen reaksiyonları ve yenileme oranları her ikisi genel anlamda sirkülasyonu etkilemektedir (CEM, 2006).

Boşluklu bir ortam içinde dalga etkili akım ve gözenekler boyunca küçük bir katı partikülün açık denizden kıyıya doğru karşılık gelen varış (seyahat) süresi bir dalgakıranın kıyıya doğru su kalitesi bakımından çok önemli parametredir. Gözenekler, dalgakıran içerisine dalgalar ile taşınan mikro organizmaların oksidasyonu için gerekli çok küçük hava kabarcıkları içerir. Diğer durumlarda, deniz suyu içinde çözülmüş oksijen (DO), boşluklu ortam içerisinde tutulan (hapsedilmiş) organik malzemenin oksidasyonu için kullanılabilir. Böylece, boşluklu ortam içinde varış süresi bunun sonucu olarak dalgakıran içerisinde ve kıyıya doğru su kalitesi gözeneklerin içindeki biyolojik süreçleri etkiler. Su partikül hızı genel olarak, sürtünme azaltmasının etkisi ile boşluklu ortam boyunca hareket ettikçe azalmıştır. Bununla birlikte, yüksek hızlara oranla bir dalgakıranın kıyı tarafına suyun yeterli bir akışı olmazsa, kıyı tarafında su kalitesi su sirkülasyonu olmadığından dolayı kötüleşir. Boşluklu bir yapı içerisinde su partikül hareketini etkileyen parametrelerin değerlendirilmesi, boşluklu bir ortam içinde, temelinde hareketin düzensizliğinden dolayı zordur. Buna ek olarak, çalışma alanındaki dalga ile boşluklu ortamın etkileşimini çözmek bir hayli karmaşıktır (Mizutani ve Mostafa, 2001).

Boşluklu direnç, salınım yapan dalga sayısının küçük değişimleri için yükselişe sebep olur fakat etkin bir şekilde salınım yapan dalgalanmanın genliğini azaltır. Salınım yapan dalgalanmayı azaltmak için optimal olan Dalgakıranın küçük fakat sınırlı geçirimsizliği bulunmuştur (Yu ve Chwang, 1994).

Yapı etrafında dalga etkili akım, akımın yapısındaki değişimleri dalga periyodu ile kuvvetlice etkilemektedir. Farklı seviyelerde, özellikle yapının önünde dalga etkili akımın farklı davranışları görülür, dalga etkili akımın üç boyutlu yayılımı vardır. Yapı boyunca akım geçişi gözlenir. Bu akım, biyolojik işlem kullanarak doğal su arıtımı için önemlidir. Yapı içerisine doğru dalga etkili akım dalga periyodu ile etkilenmiştir. Ayrıca, dönüş akımı yapı genişlik/dalga uzunluğu (B/L) oranının değerine bağlı olduğu görülebilir. Boşluklu ortam içindeki net hareket ve su partikül yolu, ortamda ve dalga özelliklerinde, yapı boyutlarında ve yapının içerisinde dikkate alınan noktanın konumuna bağlıdır. Azalan dalga yüksekliği ve periyodu ve tabandan yüksekliği, yapının merkezinden artan mesafe ile x yönündeki net hareket artar. Yapının merkezinden itibaren mesafe ve artan dalga yüksekliği ve periyodu ile y yönündeki net hareket artar. Yapının merkezinden itibaren azalan dalga periyodu ve mesafe ve tabandan yüksekliği, artan dalga yüksekliği ile z yönündeki net hareket

artar. Bundan dolayı, doğal su arıtımı için en iyi koşulları zenginleştirmek için ki bu doğal olayın etkili parametrelerinin değişimi ile boşluklu bir yapı içinde su partikülünün seyahat süresini ve yer değiştirmesini kontrol etmek mümkündür (Golshani ve diğ., 2002).

Boşluklu ortamdaki daha büyük porozite ve/veya katı maddelerin çapları partiküllerin daha büyük net yer değiştirmesi ve daha az karmakarışık harekete sebep olduğu bulunmuştur.

Kıyıya doğru olan dalgakıran su kalitesi ile ilgili çok önemli parametrelerden biri açık denizden kıyıya doğru gözenekler boyunca küçük katı madde partikülün seyahat zamanına uygun ve boşluklu bir ortam içinde dalga etkili akımdır.

Gözenek suyu hızının yatay bileşeni, boşluklu dalgakıranın gözenekleri içinde bir partikülün net yer değiştirmesine bağlı porozitenin daha yüksek değerleri için daha büyük olmaktadır. Daha yüksek ve/veya daha uzun dalgalar boşluklu bir dalgakıranın gözenekleri içinde bir partikülün net yer değiştirmesi için daha büyük değere ulaşmasına neden olur (Mizutani ve Mostafa, 2000).

Liman içindeki suyun değişimi için gereken zaman, liman içindeki su hacminden, liman etrafındaki temsili akım hızları ve dalgakırandaki kanalın aralık oranından tahmin edilebilir. Değişim suyu için dalgakıranın kapasitesi, limanın içinde ve dışındaki su seviyesinin farkı kanalın geçirimsizliğine bağlıdır (Morita ve Deguchi, 2001).

Liman baseninde, basen içi ile açık denizi bağlayan liman giriş ağzından hava koşullarına bağlı olarak dalga kabarması veya gelgit sonucu dışarıdaki ortalama su seviyesinin basen içine göre yükseldiği durumlarda, giriş ağzı yönünde dalgalar/akıntılar etkili olduğunda, basenin içine doğru bir akım meydana gelmekte bunun sonucunda liman içine temiz su girişi olmaktadır. Fakat bu şekilde meydana gelen temiz su girişinin devir daim periyodu uzun olmakta ve sadece liman ağzı yönünde oluşan dalgalar ve akıntılar ile çok düşük debiler meydana gelmektedir. Boşluklu dalgakıranlarda ise poroziteye bağlı olarak dalgakırana gelen dalganın bir kısmının dalgakıran içerisinden geçmesi ile dalgakıran arkasında ve liman içinde bir akım oluşur. Böylece dalgakıranan doğru dalga hareketi olduğu sürece, dalgakıran içinden, dalgakıran en kesiti boyunca taze su liman basenine dolarak burada beklemiş suyu seyreltmektedir. Diğer bir durumda gelgit etkisi, kabarma ya da etkili olan dalgalar/akıntılar'a göre liman içindeki su ters yönde dalgakıran içinden geçerek

liman dışına boşalmaktadır. Böylece boşluklu dalgakıranlarda liman dışındaki taze su ile liman içindeki suyun karşılıklı iki yönlü değişimi sağlanmaktadır. Gel-git etkisinin baskın olduğu yerlerde sadece gelgitin oluşturduğu sirkülasyon oldukça verimli olarak işlemektedir. Fakat ülkemizin bulunduğu coğrafi konumu gereği gel-git etkisi ihmal edilebilecek kadar az olduğu için gelgit ile mevcut baseni tam bir sifonlama etkisi ile temizlemesi beklenemez.

Durgun bir akışkanın bir noktadan diğerine akmasını sağlayan yegâne etki potansiyel farkıdır. Basen içi ile dışı arasında akım oluşması için de benzer şekilde bir potansiyel farkı (sistem atmosfere açık olduğu için basitçe seviye farkı) veya dış bir kuvvet (momentum transferi) gereklidir. Kıyı bölgelerindeki kıyı boyu akıntının ana kaynağı, kıyı normaline belli bir açıyla gelen dalgaların kırılması sonucu ortaya çıkan akıntıdır (Kabdaşlı ve diğ., 2007).

4. TEORİK YAKLAŞIM

Sağlam bir kıyı yapısının ekonomik dizaynı, yapı ve dalganın karmaşık etkileşimini kapsayan zor bir problemdir (Hudson ve diğ. 1979). Örneğin; eğimli bir yapı üzerinde dalga kırılması, dalga tırmanması ve çekilmesi esnasında durağan olmayan hız ve ivme alanlarının oluşmasına yol açar. Dökme taşıyapılar üzerinde ekstra güçlükler ortaya çıkmaktadır. Çünkü bu yapılar geçirgen, su haznelerinden dolayı hareketli ve yüksek enerji sönümleme kapasitesine sahiptirler (Jensen 1989). Bir yapı çoğu kez sadece sistematik fiziksel model testleri ile optimize edilebilir. Bazı yapılar dalga enerjisini yansıtmak için dizayn edilir. Diğer yapılar, geçirimli bir yapının içinde ve üzerinde dalga kırılması ve enerji kaybı sayesinde dalga enerjisini en fazla miktarda olacak şekilde azaltmak için çalışır. Dökme taş dalga dalgakıranlar, dalgakıran porozitesinin liman içinde dalga yansıması ile meydana gelen çalkantıları minimize etmesinden dolayı yaygın olarak liman yapımında kullanılırlar (Sharp ve Khader 1984).

Boşluklu dalgakıranlarda, poroziteden dolayı dalgakıran içerisinden dalgakıran arkasına doğru dalga geçişi olmaktadır. Dalgakırandan geçen dalganın yüksekliğinin dalgakırana gelen dalga yüksekliğine oranı dalga geçiş katsayısını (Denklem 4.1) vermektedir.

$$K_T = \frac{H_t}{H_i} \quad (4.1)$$

Bu denklemde, K_T dalga geçiş katsayısı, H_i gelen dalga yüksekliği, H_t geçen dalga yüksekliğidir. K_T parametrenin belirlenmesi yapının porozitesinin, dalga geçiş koşullarına etkisinin belirlenmesi açısından önemlidir. Boşluklu dalgakıranlarda düzenli ve düzensiz dalgalar için gelen dalgaların yapı içerisinden geçerken azalma oranları geçiş koşullarına bağlıdır. Yapının performansını gelen dalga enerjisini sönümleme miktarı belirlemektedir. Dökme taş geçirimsiz dalgakıranlarda gelen dalga enerjisinin bir kısmı yapı üzerinde harcanmakta (E_L) bir kısmı yansımaktadır (E_R) (denklem 4.2).

$$E_i = E_R + E_L \quad (4.2)$$

Dökme taş boşluklu geçirimli dalgakıranda ise, gelen dalga enerjisi yapı üzerinde ve yapı boyunca içerisinden geçerken sürtünme ve türbülans gibi etkiler ile bir kısmı harcanmakta, bir kısmı yansımakta ve gelen dalga enerjisinin bir kısmı dalga geçişinden dolayı dalgakıran arkasına geçmektedir. Bundan dolayı geçen dalga enerjisi parametresi (E_T) meydana gelmektedir (denklem 4.3).

$$E_i = E_R + E_L + E_T \quad (4.3)$$

Geçirimli ve geçirimsiz dökme taş bir yapıya gelen bir dalganın denklem 4.2 ve 4.3 de aynı dalga için gelen dalga enerjisi sabit E_i değerine sahiptir. Bundan dolayı eşitliğin diğer tarafındaki boşluklu geçirimsizlikten dolayı üçüncü parametre E_T değerinin meydana gelmesi sonucu yansıyan dalga enerjisi E_R değeri azalacaktır. Yapı üzerinde ve içerisinde kaybolan enerji E_L değerinde de değişimler olacaktır.

Bu çalışma için yapılan deneylerde gelen dalganın boşluklu dalgakıranlardan ne kadar miktarının geçtiği, düzenli ve düzensiz dalgalarda gelen dalga enerjisinin geçen miktarı, yansıyan ve harcanan enerji miktarı belirlenmiştir. Düzenli dalgalarda yansıyan miktarı ve sönmölen enerji miktarı ayrı ayrı hesaplanmıştır.

Dalgakırandan arkaya geçen enerji miktarı kontrol altında tutulmalıdır. Bu dalgakıranın arkasındaki liman içi yapıların stabilitesi ve performansının devamı açısından ve arkada oluşacak çalkantı ve sirkölasyon açısından önemlidir. Bunun için geçiş katsayısının bağılı olduğu değişkenler belirlenmelidir. Geçiş miktarını etkileyen parametreler porozite miktarını belirleyen tane çapı, gelen dalganın yüksekliği, periyodu ve uzunluğu, dalgakıran kret genişliği ve dalgakıranın geometrik yapısına bağılı olarak boşluklu bölgesinin derinliğinin, bu kontrolü sağlamada etkin olduğu belirlenmiştir. Yapılan deneylerde bu etkileri görmek için bazı parametreler değiştirilerek tasarlanan dalgakıran modellerinde elde edilen sonuçlar incelenmiştir.

Dalga yansıma katsayısı (K_R), harcanma katsayısı (K_L) ve geçiş katsayısı (K_T) aşağıdaki 4.4 ve 4.5 bağıntı ile ilişkilidir.

$$K_R^2 + K_L^2 + K_T^2 = 1 \quad (4.4)$$

$$K_R = \sqrt{\frac{E_R}{E_i}}, K_L = \sqrt{\frac{E_L}{E_i}} \text{ ve } K_T = \sqrt{\frac{E_T}{E_i}} \quad (4.5)$$

E_i , E_R , E_L ve E_T sırasıyla gelen, yansıyan, harcanan ve yapı içinden geçen dalga enerjisi bileşenleridir.

5. DENEYSEL ÇALIŞMA

5.1 Fiziksel Modelleme

Dökme taş dalgakıranlar işlev itibarı ile bir tarafından diğer tarafına dalga geçişine izin vermeyen kıyı koruma yapılarıdır. Fakat bu çalışmada modelleri oluşturulan boşluklu dalgakıranlarda, dalgakıran enkesiti boyunca oluşturulan boşluklu bölüm ile bir tarafından diğer tarafına dalganın kontrol dahilinde geçişine izin vererek, arka tarafta akım koşullarını oluşturmak amaçlanmıştır. Bu sebeple amaca uygun olarak dalgakıran tasarımları yapılmış, dalga kanalına inşaa edilmiştir. Bundan amaçlanan dalgakıran arkasında oluşturulan akım ile liman içinde sirkülasyon sağlanmasıdır.

Model deneylerinde vizkoz kuvvetler ihmal edilebilir mertebede olduğundan ve ağırlık kuvvetleri kriter olarak kullanıldığından modeller Froude model benzeşimi kurallarına göre tasarlanıp geometrik olarak prototipe benzer inşa edilirler.

Herhangi bir geometrik ölçek belirlendiğinde model koşullarında kullanılacak parametrelerin incelenip yorumlanması için gerekli bağıntılar Froude Model Benzeşimi kanunlarından türetilir. Alan, hacim, kuvvet vb. için model (m) ve prototip (p) arasındaki bağıntılar aşağıdaki gibidir.

i. Hız

Hız oranları doğrudan Froude model benzeşiminden çıkarılabilir,

$$\frac{V_m}{(g_m L_m)^{1/2}} = \frac{V_p}{(g_p L_p)^{1/2}} \quad (5.1)$$

buradan,

$$\frac{V_m}{V_p} = \left(\frac{g_m L_m}{g_p L_p} \right) \quad (5.2)$$

ve

$$V_r = (g_r L_r)^{1/2} \quad (5.3)$$

elde edilir.

Burada r , modelin prototipe oranıdır. V_m , modelde bir noktadaki akışkan hızı, V_p prototipte bu noktaya karşı gelen noktadaki akışkan hızı, L_m , modelde bir uzunluk, L_p , prototipte bu uzunluğa karşigelen uzunluk, g_m , modelde yerçekimi ivmesi, g_p , prototipte yerçekimi ivmesi, V_r , modeldeki hızın, prototipteki hıza oranı, L_r , modeldeki uzunluğun prototipteki uzunluğa oranı (uzunluk ölçeği), g_r , modeldeki yerçekimi ivmesinin prototiptekine oranıdır.

ii. Zaman

Mesafe, hız ve zamanın çarpımı olduğundan,

$$L_r = V_r T_r \Rightarrow V_r = \frac{L_r}{T_r} = (g_r L_r)^{1/2} \quad (5.4)$$

$$T_r = L_r^{1/2} g_r^{-1/2} = \left(\frac{L_r}{g_r} \right)^{1/2} \quad (5.5)$$

elde edilir.

Burada T_r , modelde bir olayın gerçekleşmesi için geçen zamanın, prototipte aynı olayın gerçekleşmesi için geçen zamana oranıdır.

iii. Kuvvet

Kuvvet kütle ile ivmenin çarpımı olduğundan;

$$F_r = M_r \frac{dV_r}{dT_r} = L_r^3 \frac{\gamma}{g_r} \frac{V_r}{T_r} \quad (5.6)$$

elde edilir. V_r ve T_r değerleri çekilirse,

$$F_r = L_r^3 \gamma_r \quad (5.7)$$

olur.

Burada F_r , modeldeki bir kuvvetin, prototiptekine oranıdır.

iv. Ağırlık

Ağırlık, özgül ağırlık ile hacmin çarpımına eşittir dolayısıyla,

$$W_r = \gamma_r L_r^3 \quad (5.8)$$

$$E_r = F_r L_r = L_r^4 \gamma_r \quad (5.9)$$

Burada W_r , modeldeki bir nesnenin ağırlığının, prototiptekine oranı, E_r , modeldeki açığa çıkan enerjinin, prototipte açığa çıkan enerjiye oranıdır.

Benzer olarak A alanı, V hacmi, Q debisi ve P basıncı için,

$$A_r = L_r^2 \quad (5.10)$$

$$\bar{V} = L_r^3 \quad (5.11)$$

$$Q_r = L_r^{5/2} \quad (5.12)$$

ve

$$P_r = \frac{F_r}{L_r^2} = \frac{L_r^3 \gamma_r}{L_r^2} = L_r \gamma_r \quad (5.13)$$

Ayrıca $g_r=1$ olduğundan (model ve prototipte yerçekimi ve suyun özgül ağırlığı aynı olduğundan $g_r=1$ ve $r \gamma =1$ dir.) yukarıda çıkarılan model ölçekleri hesabında kolaylık sağlar (Tablo 5.1). Burada A_r , modeldeki bir alanın, prototiptekine oranı, Q_r , modeldeki akışkandebisinin, prototiptekine oranıdır.

Çizelge 5.1 : Elde edilen model ölçekleri.

Parametre	Boyut	Model – Prototip Ölçeği
Uzunluk	L	L_r
Alan	L^2	$A_r = L_r^2$
Hacim	L^3	$V_r = L_r^3$
Zaman	T	$T_r = L_r^{1/2}$
Hız	L/T	$V_r = L_r^{1/2}$
Debi	L^3/T	$Q_r = L_r^{5/2}$
Kuvvet	F	$F_r = L_r^3 \gamma_r$
Ağırlık	F	$W_r = L_r^3 \gamma_r$
Basıncı	F/L^2	$P_r = L_r \gamma_r$
Enerji	FL	$E_r = L_r^4 \gamma_r$

Modeller yapılan deneylerde,model dalga havuzuna aynı nokta esas alınarak yerleştirilmiştir. Modelde deniz tabanı, su derinliği simüle edilecek şekilde inşa edilmiştir. Dalgakıranın tabanı sıkıştırılmış kumla inşa edilmiştir. Dalgakıranlarxx ortalama çapına sahip kırma taş ile yapılmıştır.

5.2 Deney Sisteminin Kurulması

Yapılan bu doktora tez çalışması fiziksel modelleme yöntemi üzerine kurulmuştur. Tasarlanan modeller ile deneyler yapılarak araştırmalar yapılmıştır. Çalışmada kullanılan modeller, İTÜ Hidrolik Laboratuvarı'nda bulunan 24 m x 1 m x 1 m ölçülerindeki dalga kanalında iki boyutlu kurularak gerçekleştirilmiştir (Şekil 5.1). Bu kanalda, bilgisayar yazılımı ile istenen parametrelerde, kontrollü olarak, hidrolik bir piston ile düzenli ve düzensiz dalga serileri üretilebilmektedir. Kanalda üretilen düzensiz dalga serileri, genel düzensiz dalga serileri karakteri taşıyan, spektrum Rayleigh dağılımına uymakta, Pierson-Moskowitz dalga enerjisi spektrumunu yansıtmaktadır. Pistonun sinüsoidal hareketler yaptırılarak kanal içinde düzenli dalga serileri üretilmesi de mümkündür. Böylece hem düzenli hemde düzensiz dalgalar ile kurulan model deneyleri yapılabilir. Bu deney kanalı cam cidarlardan oluşmaktadır. Bu sayede deney sırasında model ile dalga etkileşimi gözlemlenebilmektedir.



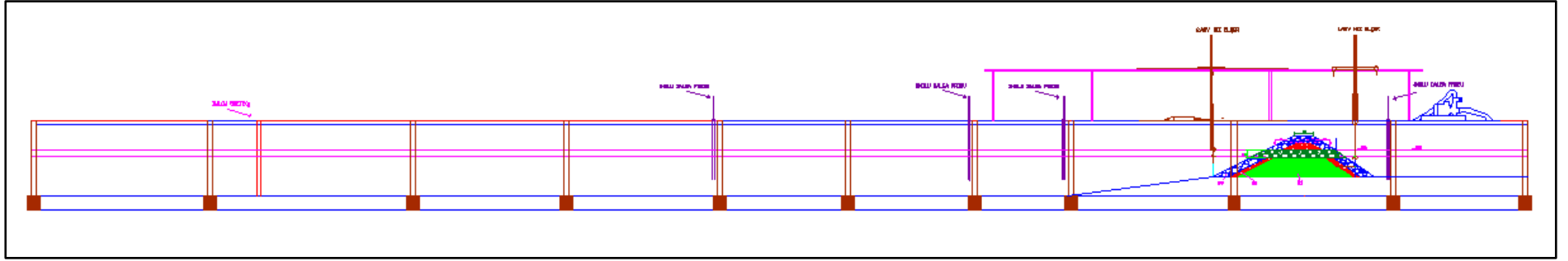
Şekil 5.1 : Dalgakıranda deneysel çalışmaların yapıldığı düzenli ve düzensiz dalga kanalı fotoğrafı (yandan görünüşü).



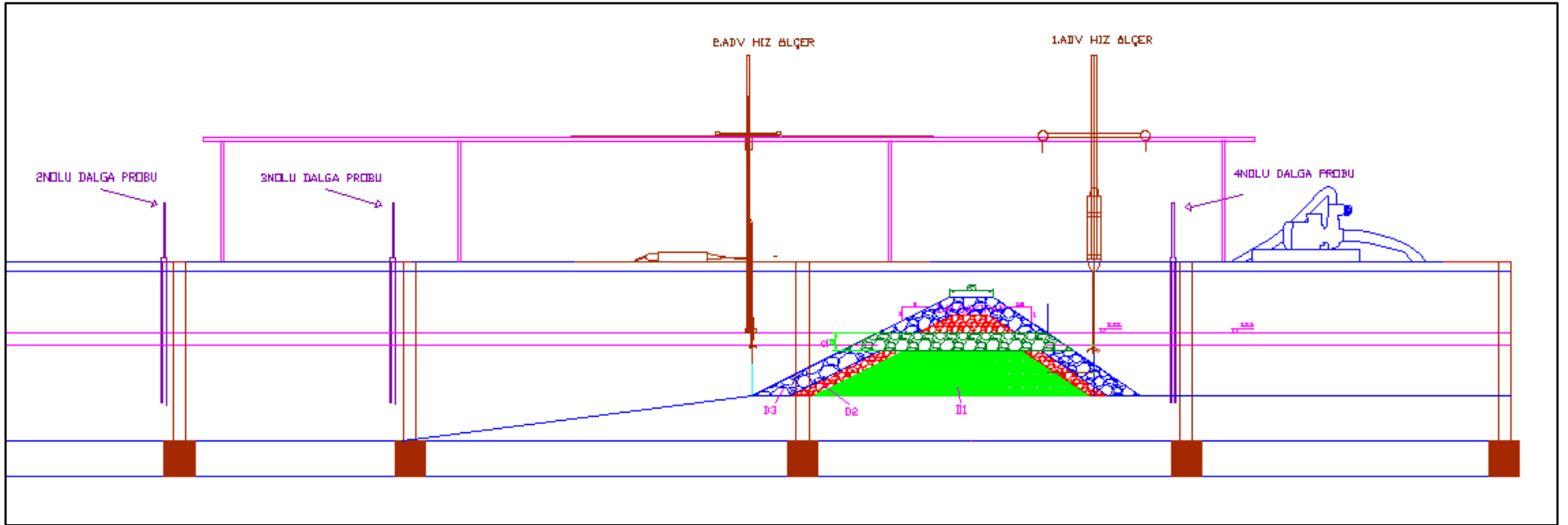
Şekil 5.2 : Deneysel çalışmaların yapıldığı düzenli ve düzensiz dalga kanalı fotoğrafı (üstten görünüşü).



Şekil 5.3 : Düzenlive düzensiz dalga üreticisinin (sinyal kutusu ve hareketi kontrol eden bilgisayardan oluşan) kontrol ünitesi ve piston sistemi.



Şekil 5.4 : Düzenli ve düzensiz dalga deney kanalında kullanılan cihazlar.



Şekil 5.5 : Düzenli ve düzensiz dalga deney kanalında kullanılan probalar, ADV'ler ve pompa.

Dalga kanalının içine daha önce tasarımı yapılan beş adet boşluklu dalgakıran modeli aynı yere sırasıyla yerleştirilerek, tasarıma uygun olarak oluşturulmuştur (Şekil 5.1, Şekil 5.2, Şekil 5.3, Şekil 5.4 ve Şekil 5.5)

Deneylerin yapıldığı dalga kanalı 1 m derinliğe sahiptir. Bu kanalda daha önce yapılmış çalışmalarda kanaldaki dalgaların en verimli olarak çalışma derinliğinin 60 cm olduğu belirlenmiştir. Bu tespit doğrultusunda deneyler 60 cm su derinliğinde yapılmıştır.

Dalgakıranın geçirgen olmasını sağlamak için, tüm deneylerde dalgakıran içinde en kesit boyunca boşluklu bölge oluşturulmuştur. Böylece dalgakıran gerisinde bir akım oluşması sağlanmıştır. Bu deneylerde dalgakıranların oluşturulmasında farklı üç adet porozite değerine sahip ($r_1 = 0,5$, $r_2 = 0,2$, $r_3 = 0,1$) malzeme kullanılmıştır.

5.3 Boşluklu Dalgakıran Modelleri

Yapılan bu doktora çalışması deneylerinde amaç, oluşturulan mühendislik yapılarının (dalgakıranların) performanslarının incelenmesidir. Bu kapsamda incelenen yapı, x.Bölümde anlatıldığı gibi boşluklu dalgakıran olarak isimlendirilmiştir. Oluşturulan yapı konfigürasyonlarının geometrisi ve boyutları (Şekil 5.1, Şekil 5.2 ve Şekil 5.5’de verilen) aşağıda verilen esaslara göre tasarlanmıştır.

- Gelen dalganın, dalgakıran içinden kontrollü olarak istenilen miktarda geçişinin sağlanması.
- Dalgakıran arkasına geçen enerji kontrolü
- Dalgakıran arkasında oluşan akımın hız kontrolü
- Dalgakıran arkasında oluşan akımın çalkantı kontrolü
- Dalgakıranların mümkün olduğunca yüksek geoteknik stabilitenin sağlanması
- Gelen dalganın en az şekilde yansması
- Dalga tırmanırken poroziteden dolayı enerjisinin sönümlenmesi
- En yüksek iç stabilitenin sağlanması

Yukarıda verilen tasarım esasları tüm konfigürasyonlar için geçerlidir. Birinci maddedeki kriter yapılan çalışmanın ana amacını oluşturmaktadır. Beşinci ve sekizinci maddedeki kriterler, birinci ve ikinci model konfigürasyonlarında çekirdek

tabakasının olmaması ve üçüncü, dördüncü ve beşinci model konfigürasyonlarında 10 cm yüksekliğindeki S.S.S'ne göre konumu değiştirilen boşluklu bölgenin dalgakıran en kesiti boyunca devam etmesi nedeniyle kritik önem taşımaktadır. İkinci, üçüncü ve dördüncü maddeki tasarım esasları oluşturulan modellerde dalgakıranın geçirimli olmasından dolayı meydana getirebileceği dezavantajları azaltmaya yönelik belirlenmiştir. Bu kriterler belirlenirken uygulanabilirlik göz önünde tutulmuştur. Yukarıda verilen kriterler çalışma amacına uygun, verimli yapıların oluşturulması açısından gereklilik arz etmektedir.

Deneylere, öncelikle tasarlanan tamamen boşluklu 1.model konfigürasyonu ile başlanmıştır. Araştırması planlanan boşluklu dalgakırandan dalga geçişi ve oluşturduğu sirkülasyon etkisini incelemek ve bazı parametrelerin değiştirilmesi ile geçiş koşullarına etkisini belirlemek amacı ile ilk konfigürasyona ek olarak 4 farklı konfigürasyonda deneyler gerçekleştirilmiştir. Boşluklu Dalgakıranda oluşturulan boşluklu bölgenin S.S.S'sine göre derinlik boyunca konumunun değiştirilerek inşa edilmesi ile dalgakıranın boşluklu kret genişliği (B_p) parametresinin değiştirilmesi sağlanmıştır. Çalışma amacına uygun olarak tüm konfigürasyonların gözlemlenmesi ile değiştirilen parametrelerin etkileri ve sonuçları belirlenmiştir. Porozitenin dalgakıranlarda, dalga yansımaya, dalga geçişine, enerji sönümlenmesine ve sirkülasyona etkisinin analizleri yapılmıştır.

Tasarlanan dalgakıranların yapı geometrilerinin dalga etkileri altındaki performansı kurulan fiziksel model deney çalışmaları ile incelenmiştir. Bu incelemeler yapılırken aşağıdaki kriterler esas alınmıştır:

- Dalga yansıması ve tırmanmasının azaltılması
- Dalgakırandan kontrollü dalga geçişinin sağlanması
- Dalgakıran stabilitesinin sağlanması

İlk kriter için performans kriteri “dalga yansımaya katsayısı”dır. Bu temel boyutsuz parametre;

$$K_R = \frac{H_r}{H_i} \quad (5.14)$$

Olarak verilen parametrede H_i gelen dalga yüksekliği, H_r yansıyan dalga yüksekliğidir. Dökme taş dalgakıranlar ve özellikle bu çalışmada tasarlanan boşluklu dalgakıranlarda yüzey pürüzlülüğünden ve geçirimden dolayı dalga yansıması ve

dalga tırmanması oldukça az olacaktır. Şevli (eğimli) dökme taş yapılarda dalga yansımalarının hesabı düz yüzeyli düşey yüzlü yapılara göre daha zordur. Bu yapılar dalga sönümlenmesi amacıyla yapıldığı için yansıma ya çok az miktarda ya da hiç olmamaktadır.

İkinci kriter ve çalışmanın ana amacı için performans kriteri “dalga geçiş katsayısı”dır. Bu boyutsuz parametre;

$$K_T = \frac{H_t}{H_i} \quad (5.15)$$

Olarak verilen parametrede H_i gelen dalga yüksekliği, H_t geçen dalga yüksekliğidir. Dökme taş dalgakıranlar çekirdek tabakasından dolayı dalga geçişi olmayacak şekilde inşa edilmektedir. Fakat bu tez çalışmasında tasarlanan modellerde dalgakıranın içinde enkesit boyunca boşluklu bölge oluşturularak dalga geçişi sağlanmıştır. Burada esas önem arz eden durum bu geçişin kontrollü bir şekilde yapılmasıdır. Bunun için dalgakırandan liman içine geçen enerji miktarının belirli aralıkta tutulması gerekmektedir.

Deneylerde beş adet dalgakıran modeli kullanılmıştır. Deneylerdeki beş modelde dalgakıranın ön tarafındaki şev eğimi 1/2 arka tarafındaki şev eğimi 1/1.5 olarak oluşturulmuştur. Dalgakıran önündeki taban 1/7 eğime sahip kumdan oluşturulmuştur (Şekil 5.6).

Dalgakıranın ön ve arka şev eğimi, kret yüksekliği, kumsal eğimi ve kumsal malzemesi tüm deneylerde sabit tutulmuştur. Kumsal malzemenin medyan dane çapı $d_{50} = 0,65$ mm dir. Deneyler sırasında kanalda sakin su seviyesi derinliği 60 cm’dir.



Şekil 5.6 : Kanalda oluşturulan 1/7 eğimli kumsal şev.

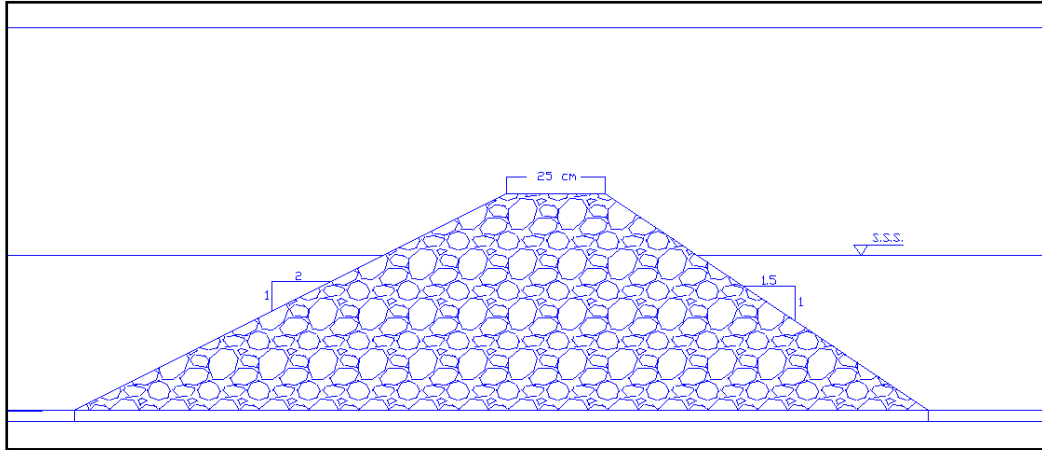
Dalgakıranın üzerine oturduğu taban kumu, dalgakıran önünden başlayan taban kumu şev nedeni ile dalgakıran'ın oturduğu tabanda S.S.S derinliği 35 cm dir. Oluşturulan beş modeldede kret yüksekliği tabandan itibaren 55 cm dir. Dolayısı ile S.S.S. den itibaren 35 cm derinlik olduğu için Kret üst noktasının S.S.S. den yüksekliği 20 cm dir.

Aşağıda oluşturulan beş model'in çizimleri verilmiştir.

5.3.1 Birinci model

Deneylere, öncelikle tasarlanan tamamen boşluklu 1.model konfigürasyonu ile başlanmıştır. Şekil 5.7'de tasarımı yapılan ve modeli oluşturulan tamamen boşluklu dalgakıranın kanaldaki yerleşimi boyutları şematik olarak görülmektedir.

1.Model deneyleri düzenli ve düzensiz dalgalar ile daha önce anlatılan prosedüre uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Birinci modelde dalgakıranın kret genişliği 25 cm (Şekil 5.7) olarak inşa edilmiştir. Oluşturulan modelde dalgakıranın tamamı boşluklu olacak şekilde, tek dane çaplı ve tek tabakalı olarak yapılmıştır. Dane çapı $d_{50} = 8$.cm olan malzeme kullanılmıştır. Şekil 5.7 ve Şekil 5.8'de deneyin başlangıcında deney düzeneği ve 1.model konfigürasyonu görülmektedir. Bu modelde boşluklu bölge kret genişliği 25 cm olarak oluşturulmuştur.



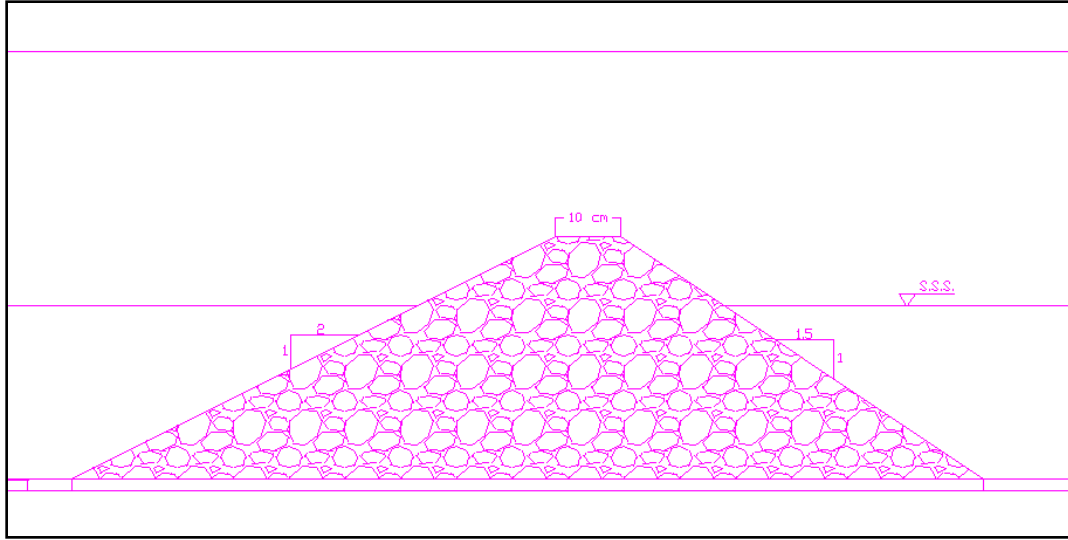
Şekil 5.7 : Deneylerde kullanılan birinci model'in dalgakıran en kesiti.



Şekil 5.8 : Birinci model dalgakıranın kanal içindeki yerleşimi.

5.3.2 İkinci model

İkinci modelde dalgakıranın kret genişliği daraltılarak 10 cm (Şekil 5.9) olarak inşa edilmiştir. Böylece kret genişliğinin dalga geçişine etkisi ve dalga geçişi artmasının sonuçlarının incelenebilmesi amaçlanmıştır. Oluşturulan model 1.modelde olduğu gibi dalgakıranın tamamı boşluklu olacak şekilde, tek dane çaplı ve tek tabakalı olarak yapılmıştır. Dane çapı $d_{50} = 8$ cm olan malzeme kullanılmıştır. Şekil 5.9 ve 5.10'da deneyin başlangıcında deney düzeneği ve 2.model konfigürasyonu görülmektedir. Bu modelde boşluklu bölge kret genişliği 10 cm olarak oluşturulmuştur.



Şekil 5.9 : Deneyleerde kullanılan ikinci model'in dalgakıran en kesiti.



Şekil 5.10 : İkinci model dalgakıranının kanal içindeki yerleşimi.

5.3.3 Üçüncü model

Üçüncü modelde dalgakıranın kret genişliği 25cm (Şekil 5.11) olarak inşa edilmiştir. Bu modelde ilk iki dalgakırandan farklı olarak üç tabakalı dalgakıran oluşturulmuştur. Dane çapları $d_{50(1)} = 8\text{ cm}$, $d_{50(2)} = 3\text{ cm}$, $d_{50(3)} = 1\text{ cm}$ olan malzeme kullanılmıştır. Budalgakıran en kesiti boyunca $d_{50(1)} = 8\text{ cm}$ lik malzeme

91

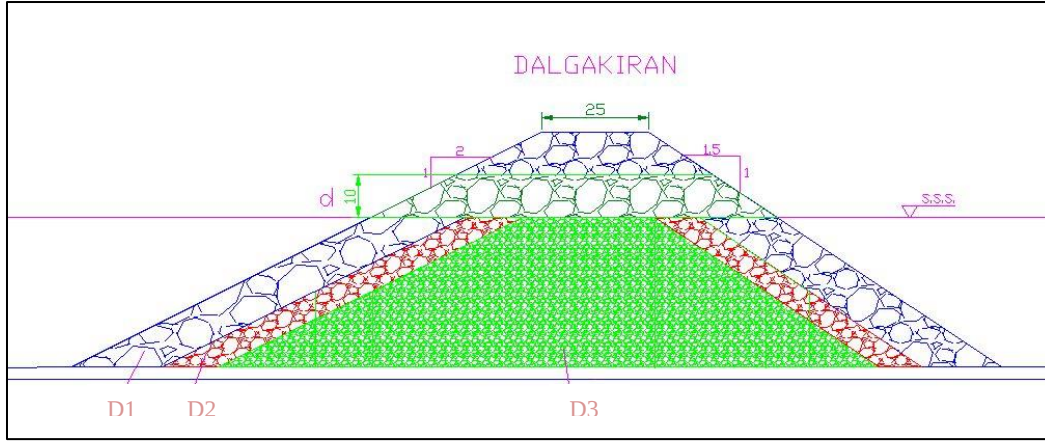


Şekil 5.14 : Dördüncü model dalgakıranın kanal içindeki yerleşimi.

Dördüncü modelde oluşturulan boşluklu kısım S.S.S.'ne yaklaştırılarak dalga geçişine etkisi incelenmiştir.

5.3.5 Beşinci model

Beşinci modelde dalgakıranın kret genişliği 25cm (Şekil 5.14) olarak inşa edilmiştir. Bu modelde üçüncü ve dördüncü dalgakırandaki gibi üç tabakalı dalgakıran oluşturulmuştur. Dane çapları $d_{50(1)} = 8$ cm, $d_{50(2)} = 3$ cm, $d_{50(3)} = 1$ cm olan malzeme kullanılmıştır. Budalgakıran en kesiti boyunca $d_{50(1)} = \dots$ cm lik malzeme ile 10 cm yüksekliğinde, dalgakıranın enkesiti boyunca boşluklu kısım yapılarak oluşturulmuştur. Beşinci modelde (Şekil 5.14 ve Şekil 5.15) S.S.S.'nin başlangıcından itibaren yukarıya doğru 10 cm yüksekliğinde boşluklu kısım yerleştirilmiştir. Bu modelde boşluklu bölge kret genişliği 60 cm olarak oluşturulmuştur.



Şekil 5.15 : Deneylerde kullanılan beşinci model'in dalgakıran en kesiti.



Şekil 5.16 : Beşinci model dalgakıranın kanal içindeki yerleşimi.

Beşinci modelde boşluklu bölgedalgakıranda S.S.S.'nin üstünden itibaren yerleştirilerek dalga tırmanmasının dalga geçişine etkisi incelenmiştir.

Deney sisteminde, üç adet dalgakıranın önünde ve bir adet dalgakıran'ın hemen arkasında olmak üzere dört adet dalga prop'u kullanılarak gelen dalga ve boşluklu dalgakırandan geçen dalgaların ölçümü dalga monitörleri ile yapılmakta ve kayıt edilmektedir.

İlk üç modelde bir adet ADV (Acoustic Doppler Velocimeter) ile dalgakıran'ın gerisinde şev üstünde dalgakırandan geçen dalganın akım hızları üç boyutlu olarak ölçülüp (u,v,w) kayıt edilmiştir. Yapılan hız ölçümleri, hız profilini çıkarmak amacı

ile Şev ¼zerinde derinlik boyunca, d¼ŕey profilde sekiz adet noktada (S.S.S'den itibaren -2.5 cm den başlayarak 2cm aralıklar ile, -7.5, -9.5, -11.5, -13.5, -15.0, -17.5, -19.5 ve -21.5 cm derinliklerinde) yapılmıştır. 4.Modelden itibaren Dalgakıran'ın ¼n tarafında Şevin başlangıcında ikinci ADV ile hız ¼l¼mleri yapılmıştır. Burada yapılan ¼l¼mler dalgakıran'ın arkasında yapılan ¼l¼mlerle aynı zamanda ve aynı Şekilde d¼ŕeyde sekiz adet noktada yapılmıştır.



Şekil 5.17 : Kanal i¼inde ADV'lerin yerleşimi.

D¼rd¼nc¼ ve beşinci model ile yapılan deneylerde dalgakıran'ın ¼n¼nde ve arkasında olmak ¼zere iki adet ADV kullanılarak hız ¼l¼mleri yapılmıştır.



Şekil 5.18 : Deneylerde kullanılan pompa.

Deneylerde kullanılan dalgakıranlar boşluklu (geçirimli) olduğu için gelen dalgaların dalgakıran içerisinden geçerek kanalın dalgakıran arkasındaki bölümünde su seviyesinin yükselmesini önlemek için bir adet 4 HP motor gücündeki pompa kullanılarak bir düzenek oluşturulmuştur. Bu pompa düzeneği ile dalgakıranın arka tarafında şişen su, stabiliteyi sağlayacak şekilde, kanal boyunca borular vasıtası ile dalga üreten piston paletinin gerisine deşarjı yapılmıştır. Böylece deşarjın gelen dalgaya herhangi bir etkisinin olması önlenmiştir.

Pompanın Özellikleri

Alem – Bertola

Tip: Siryo - V

Motor Gücü (P): 4 HP Trifaze

Q (m³/saat): 18, 36, 48, 54, 66

H (m): 16, 13.4, 11, 9.6, 7

Emme Yüksekliği: 7 m

Kademe Sayısı: 1

Sınıf: Santrifüj

Model: Monoblok Elektropomp

Emme – Basma: 3" – 2 1/2"

t max: +80 °C

Devir Sayısı (n): 2900 1/min

Seri No: STV4 – 055

İmalat Yılı: 2007

TS EN ISO 9908

Fiziksel Boyutları (mm)(Lxcxh): 430x232x242

Ağırlık (kg): 30

5.4 Ölçülen Parametreler ve Kullanılan Ölçüm Sistemlerinin Özellikleri

Oluşturulan modellerde yapılan deneylerde, düzenli ve düzensiz dalgaların, dalga zaman serileri, hız zaman serileri ve dalgakıran modellerinin stabilite ölçümleri yapılarak kayıtları gerçekleştirilmiştir. Yapılan bu ölçme yöntemleri ve kullanılan sistemler sırasıyla aşağıda açıklanacaktır.

5.4.1 Dalga zaman serileri ölçme ve kaydetme sistemi

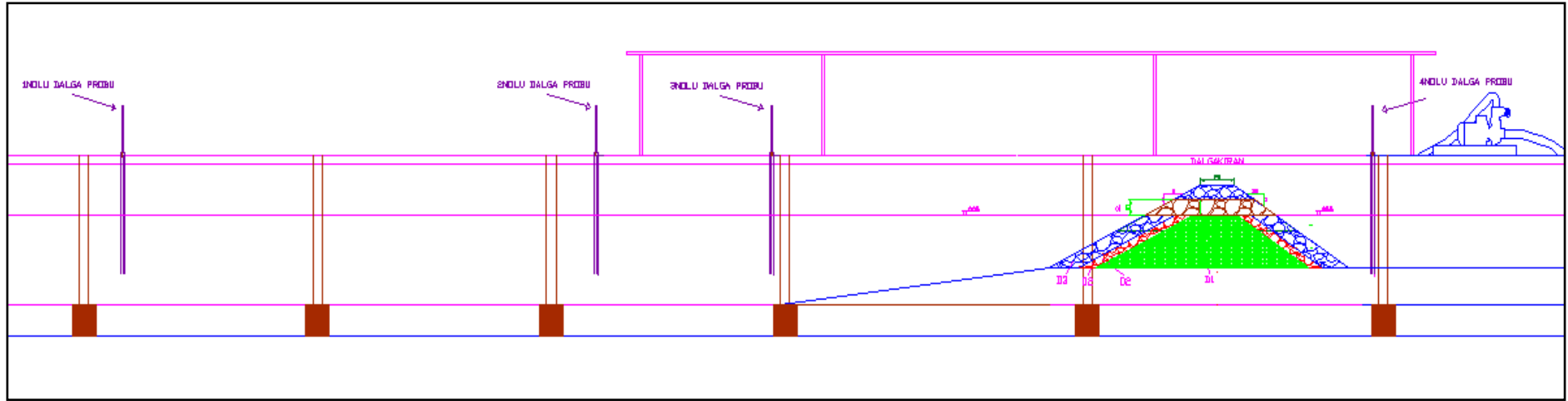
HR Wallingford tarafından üretilmiş 4 adet “rezistans tipi dalga ölçer” ve 8 kanallı bir “dalga monitörü” ile dalga zaman serileri ölçülmüştür. Bu veriler bilgisayara bir A/D (analog-dijital) dönüştürücü kart vasıtasıyla 20 Hz örnekleme sıklığında kaydedilmiştir.

Dalga kanalın dört noktasında su seviyesindeki salınımlar rezistans tipi bir elektrotla ölçülmüştür. Bu elektrot, aralarındaki uzaklık, 2 cm olan paralel iki iletken telden yapılmıştır. Su yüzeyinin salınımı sırasında tellerin arasındaki su sütunundan oluşan elektrodun rezistansının değişimi dalga monitörü ile kuvvetlendirildikten sonra sinyal analog-dijital kart yardımıyla dijital forma dönüştürülerek deney bilgisayarına yüklenmiştir. Deneylerde 4 adet dalga elektrodu kullanılmıştır. Bu elektrodların ilk üçü, gelen dalgaları ölçmek için dalgakırandan önce, dördüncüsünde dalgakıran içinden geçen dalga formunda meydana gelen değişimleri belirlemek için dalgakıranın arka tarafına yerleştirilmiştir. Dört adet dalga ölçer, dalgakıranın ön tarafında şevin S.S.S’ni kestiği yerden itibaren 2.70 m, 3.98 m ve 7.43 m, arka tarafında şevin S.S.S’ni kestiği yerden itibaren geriye doğru 0,72 m uzaklığa yerleştirilmiştir (Şekil 19). Problararası mesafe 2.70, 1.28 ve 3.45 m’dir.

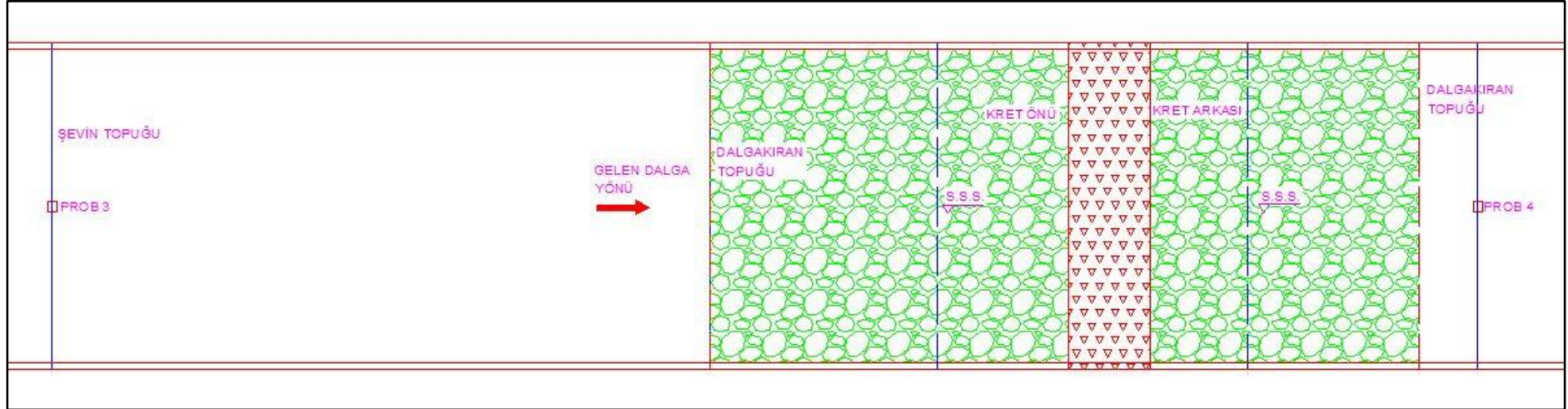
Deneylerden elde edilen zaman serilerinden, dalga yükseklikleri ve periyotları sıfırı yukarıya doğru kesme yöntemi ile bulunmuş ve labaratuarda geliştirilen DOS tabanlı waveist.exe programı ile dalga istatistikleri elde edilmiştir. Düzensiz dalgalar için verilen grafiklerde dalga istatistiği ile elde edilen belirgin dalga yüksekliği değerleri kullanılmıştır.

Dalga verileri, dalga kanalında dört farklı noktada direnç tipi dalga probları ile alınmıştır. Bu problardan 1 ve 2 nolu problar açık deniz dalga yüksekliğini ölçecek şekilde ilki pistona yakın olacak şekilde dalga kanalının ortasına, ikincisi ilkinden

3,45 m mesafede şeve yakın olacak şekilde ve şevden önce yerleştirilmiştir. 3. prob şevin kumsal şevin tam başlangıç noktasına dalgalar kırılmaya başlamadan önce ikinciye 1,28 m mesafede, dalgakırandan önceki dalga yüksekliğini ölçecek şekilde yerleştirilmiş 4. prob ise kanalda dalgakıranın arkasında, dalgakıran içinden geçen dalgaları ölçmek için dalgakıranın S.S.S.'ni kestiği yerden 0,71 m mesafede, arka şevin bitiminin ilerisine yerleştirilmiştir. Tüm problemler dalgakıran boyunca aynı hizada, kanalın enini ortalayacak şekilde yerleştirilmiş ve ilk yerleştirildiklerinde kanal içerisinde yerleşim yerlerinin ölçüsü alınmış ve yerleri işaretlenmiştir. Böylece kurulan modeller bir sonraki ile değiştirildikçe her deneyde yerlerinin sabit kalması sağlanarak bütün deneylerde aynı noktada ölçüm sağlanmıştır. Kanalın tamamının ölçüleri alınarak kullanılan cihazların yerlerinin ve kanalın Auto Cad programında 1:1 ölçekli çizimi yapılmıştır. Dört adet probun kanaldaki yerleşimi Şekil 5.19 ve Şekil 5.20'de verilmiştir. Bu yerleştirme ile boşluklu dalgakıranın dalga özelliklerine, yansımaya ve geçiş etkisinin belirlenmesi hedeflenmiştir.



Şekil 5.19 : Kanalda dalga ölçüm problemlerinin yerleşimi (yandan görünüş).



Şekil 5.20 : Kanalda dalga ölçüm problemlerinin yerleşimi (üstten görünüş).

Dalga problemlerinden alınan analog veriler dalga monitörü ile düzenli dalgalar için 90 s düzensiz dalgalar için 300 s boyunca kaydedilmiştir. Dijital formata çevrilen veriler. Program vasıtası ile dalga serisi değerleri elde edilmiştir. Bu elde edilen yükseklik değerleri $\Delta t=0,05$ s zaman aralıklı su yüzeyi değişimi (η) verisini içermektedir.

Her ölçüm noktasında elektrod, "su derinliği-voltaj" bağıntısı için kalibre edildikten sonra sinyalden 20 Hz frekans ile düzenli dalgalar için 90 sn'lik, düzensiz dalgalar için 300 sn'lik veri kaydı alınmıştır. Analog voltaj sinyalleri İ.T.Ü'de geliştirilen bir yazılımla kaydedilmiş ve kalibrasyon değerlerine göre dalga zaman serisi değerlerine dönüşümü yapılmıştır (Ünal, 1996). Bu veri kaydının istatistik analizi ile o noktada, dalga yüksekliğinin ortalaması, standart sapması, maksimum ve minimum değerleri ile dalganın en yüksek üçte birinin ortalama dalga yüksekliği olarak tanımlanan H_s hakim dalga yüksekliği hesaplanmıştır.



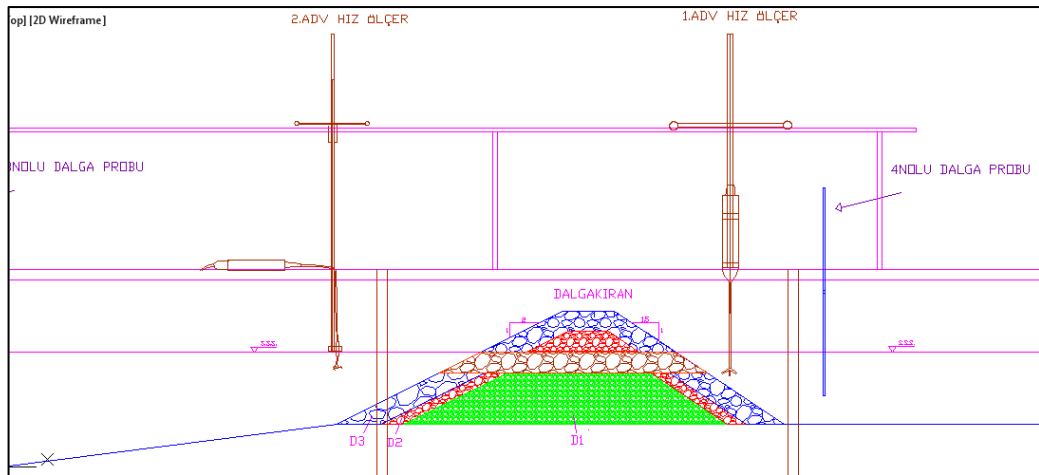
Şekil 5.21 : Dalga kanalına monte edilmiş direnç tipi dalga probu.



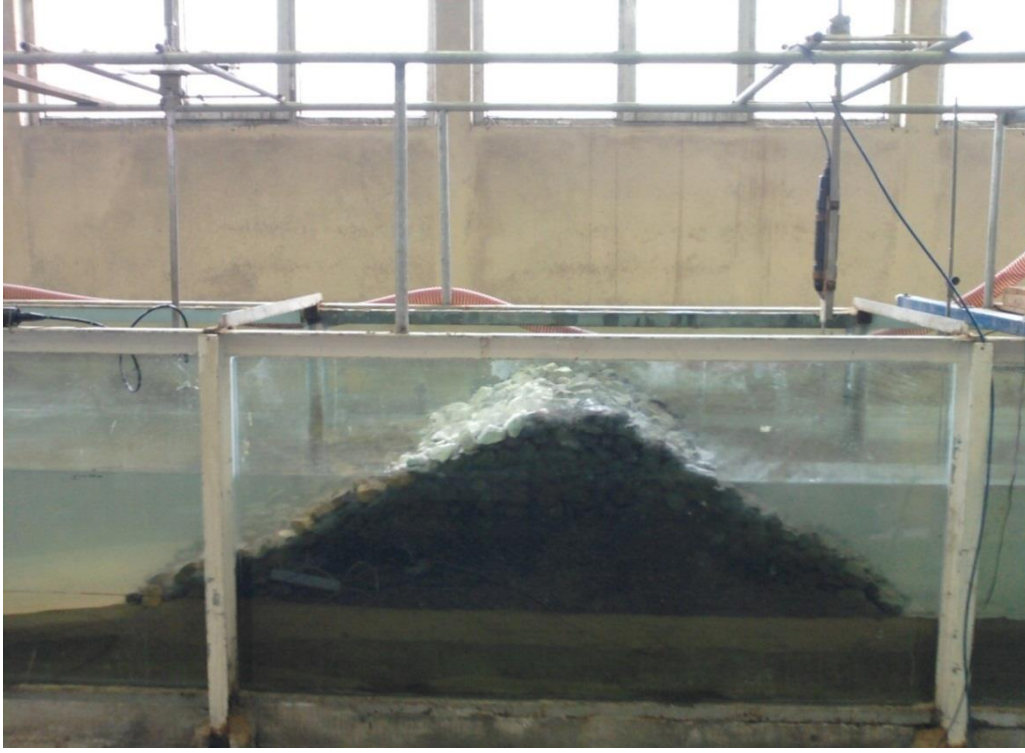
Şekil 5.22 : Problardan veri alan dalga monitörü ve alınan analog sinyalleri çevirerek dijital olarak kaydeden bilgisayar sistemi.

5.4.2 Hız ölçme ve kaydetme sistemi

Yapılan deneylerde iki adet ADV (Acoustic Doppler Velocimeter) kullanılmıştır. Nortek firması tarafından üzetilen ADV ile dalgakıran arkasında şev üzerinde 1,2,3,4 ve 5. Modellerde hız ölçümü yapılmıştır. Sontek firması tarafından üretilen ADV ile dalgakıran'ın ön yüzünde şevin başlangıç noktasında 4 ve 5. Modellerde hız ölçümü yapılmıştır.



Şekil 5.23 : Kanalda dalgakıran önünde, şev üzerinde Sontek marka ADV ile hız ölçüm noktası (1.ADV : Nortek ve 2.ADV : Sontek).



Şekil 5.24 : Yapılan deneylerde dalgakıranın önünde ADV (Sontek) ile gelen dalga hızı, dalgakıranın arkasında ADV (Nortek) ile akım hızı ölçümü fotoğrafı.

Kullanılan ADV'lerin Özellikleri

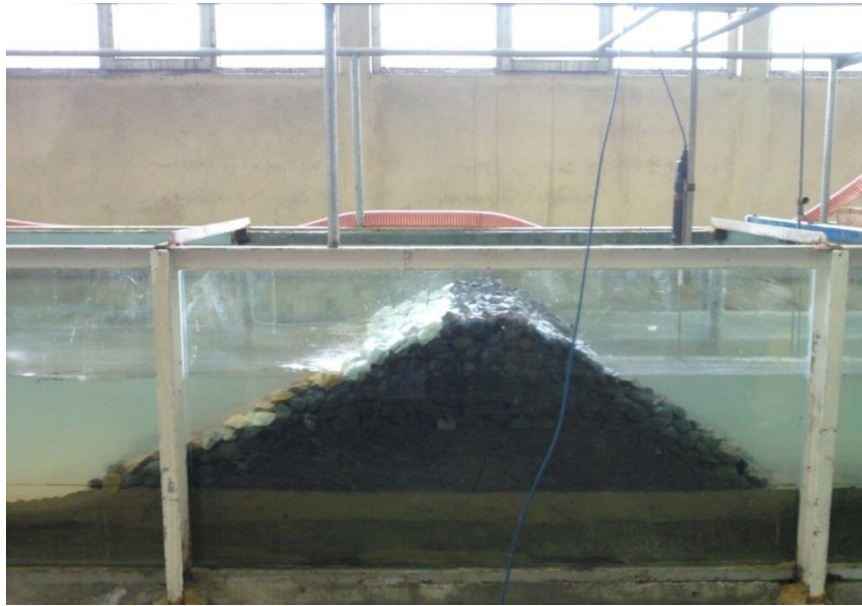
Nortek ADV

Nortek firması tarafından üretilen ADV hız ölçerler, laboratuvarlarda ya da okyanusta süratli hız dalgalanmalarını çalışmak için 3 boyutlu yüksek çözünürlüğün özel bir sınıfına uygun aletlerdir. Bu aletler, küçük bir noktada yüksek örnekleme hızlı ölçüm yapmak için üç ya da daha fazla odaklanmış ışına sahiptir. Vector, 3 boyutlu hızlardaki süratli küçük ölçekli değişimlerin ölçülmesi için dizayn edilmiş, türbülans, sınır tabakası ölçümleri, geçiş bölgesi ölçümleri ve çok düşük akım alanlarında ölçümler için kullanılan bir saha aletidir. Vectrino, kanallardaki ve fiziksel modellerdeki 3 boyutlu hızları ve türbülansı ölçmek için hidrolik laboratuvarlarında kullanılır. Tüm akustik doppler hız ölçerler, gönderilen elementten yayılan kısa ses titreşimleri vasıtasıyla çalışmaktadır. Odaklanmış nokta boyunca titreşim ilerlerken, ses alıcı elementlerinin herbirinde sinyal alıcıları için yansıyan sesi kaydedilir.



Şekil 5.25 : Nortek ADV.

Vectrino, laboratuardan okyanusa geniş çeşitlilikte uygulamaların, türbülans ve 3 boyutlu su hızlarını ölçmek için kullanılan, yüksek çözünürlüklü bir akustik hız ölçerdir (Şekil 5.25).



Şekil 5.26 : Yapılan deneylerde dalgakıranın arkasında ADV (Nortek) ile akım hızı ölçümü fotoğrafı.

Ürün Özellikler:

Ağırlığı: 1,2 kg

Su Hızı Ölçümü

Aralık: $\pm 0.01, 0.1, 0.3, 1, 2, 4$ m/s (yazılımdan seçilebilir)

Doğruluk: Ölçülmüş değerin $\pm \% 0.5$ 'i, ± 1 mm/s

Örnekleme Oranı: 1-25 Hz, 1-200 Hz

Dahili Örnekleme Oranı: 200-5000 Hz

Örnekleme Hacmi

Probdan mesafesi: 0,05 m

Çapı: 6 mm

Yüksekliği (Kullanıcı seçebilir): 3-15 mm

Doppler Belirsizliği (gürültü)

25 HZ'de Belirsiz Tip: Hız aralığının $\%1$ 'i

Eko Yoğunluğu:

Ses Frekansı: 10 Hz, Çözünürlük: Lineer ölçek, Dinamik kapasite: 25dB

Sensörler:

Sıcaklık: Probdan içinde bütünleşik ısı direnç, Aralık: $-4^{\circ}\text{C} - +40^{\circ}\text{C}$,

Doğruluk / Çözünürlük: $1^{\circ}\text{C} / 0.1^{\circ}\text{C}$, Tepki süresi: 5 dakika

Veri İletişimi:

I/O: USB RS 232, İletişim hızı: 300-115200 (kullanıcı ayarlı)

Malzemeler: Paslanmaz çelik (316) prob ve vidalar

Çevresel: Çalışma sıcaklığı: $-4^{\circ}\text{C} - +40^{\circ}\text{C}$

Kullanıcı Kontrolü: Vectrino standart ya da Vectrino + yazılımı

Analog Çıkışlar: Standart 4 kanal, her bir hız bileşeni için birer adet. Çıkış aralığı 0-5

V ve ölçeklendirmeyi (sinyal seviyesini düzenlemeyi) kullanıcı seçebilir.

Senkronizasyon: Çoklu Vectrinolar senkronize edilebilir. Herbiri master ya da slave olarak çalıştırılabilir.

Vectrino hız ölçer çalışma esası: Bir titreşim merkezdeki trasduserdan iletilir ve suda askıdaki parçacıklardan yansıması ile Doppler kayması başlatır. Daha sonra bu titreşimler dört alıcı vasıtası ile toplanır.Vectrino yazılımı dosyaları binary dosyalarda kaydedilir. Bu dosyalar ASCII format dosyalarına kolayca çevrilmesi için yazılımda çevirme modülü kullanılır.

İki tip dosya kaydetmektedir. *.hdr dosyası kendini belgelemiş bir tablodur. Bu dosya bütün dosyaların detaylı bir veri formatı tanımını içerir. *.dat dosyası, tam örnek hızında hız verisi içerir. ASCII dosyaları, birçok hesap tabloları ve veri analiz programlarına kolayca import edilir. Türbülans veri analizi için Nortek özel olarak geliştirilmiş program Explore V'i tavsiye eder.

Vectrino yazılım program Vectrino ile elde edilen düzenek ve okunan veri için dizayn edilmiştir. Vectrino aygıt yazılımı 200 Hz'e kadar veri toplamaya olanak sağlar. Suyun içine trasduserların batırılır ve hızlar, hesaplanan standart sapma ve genlik gözlemlenir. Prob suyun içinde indirildiğinde hızın grafik görünümündeki değişimini kaydeder.

Sontek ADV

Ürün Özellikler:

16-MHz MicroADV prob

Ağırlığı: 1,2 kg

Örnekleme Oranı: 0,1 – 50 Hz

Örnekleme Hacmi: 0.09 cc, (~0,3 cm³)

Örnekleme Hacmine Mesafesi: 5 cm

Çözünürlük: 0,01 cm/s

Programlanabilir Hız Aralığı: 3, 10, 30, 100, 250 cm/s

Doğruluk: Ölçülmüş hızın % 1'i, ± 0.25 cm/s

Veri İletişimi: I/O: USB RS 232 ya da RS422 her iki iletişim protokolü, İletişim hızı: 1200-115200

Malzemeler: Paslanmaz çelik çubuk ya da esnek kablo

Akustik sensör üç akustik alıcı (3Boyut için) ve bir akustik verici içerir. Sensör paslanmaz çelik çubuk üzerine (25 cm ya da 40 cm uzunluk) ya da 100 cm esnek kablo üzerine monte edilmiştir.

Standart 16 MHz ADV prob, akustik sensör, kablo ve sinyal durum modülü için takılı uç parçası içerir. Saha uygulamaları için 16 MHz ADVprob modifiye edilmiş sinyal işleme modülü içine monte edilmiş üç dahili opsiyonel sensör (pusula, basınç, sıcaklık) içerebilir.

ADV bir tek noktada, yüksek ve aşırı miktarda düşük akım koşullarının her ikisinde su hızının üç bileşenini doğru olarak ölçer (Şekil 5.27). Hızlar prob başından itibaren belirli mesafedeki örnekleme hacminde ölçülür. Prob başı, prob başının merkezine yerleştirilmiş tek gönderici ve herbiri kol üzerine monte edilmiş üç alıcıdan oluşmaktadır. Gönderici, hedeflenen su boyunca sesin dar ışınını üretir. Sudaki parçacıklardan ya da dağıtıcılardan (askıdaki sediment, biyolojik maddeler ya da kabarcıklar gibi) yansıyanlar, yüksek hassasiyetteki alıcılar tarafından örneklendirilir. Örnekleme hacminin konumu alıcı eksenlerin kesişiminde belirlenir. Bu ADV ler Horizon ADV yazılımı tarafından desteklenmektedir. Sontek tarafından üretilen akustikhız ölçerler çok çeşitli labaratuvarlar uygulamalarından tüm oşinografik uygulamalara kadar kullanımı uygundur. Bu çalışmada kullanılan 16 Mhz'lik MicroADV labaratuvarında kullanmak için optimumdur. Düşük akım koşullarını ölçmek için oluşturulan küçük bir örnekleme hacmi ile birleştirilmiş yüksek frekanslı örnekleme (50 Hz'e kadar) yapan bu sistem mükemmeldir. Bu sistem, türbülans, birdalga alanındaki yörünge hızların ve hassas akım alanı çalışmaları ölçümü gibi uygulamalarda başarılı olmaktadır. Örnekleme hacmi tipik olarak probdan 5 cm mesafededir.



Şekil 5.27 : SonTek ADV.

Horizon ADV Yazılımı:

ADV cihazlarından elde edilen veriler bu program vasıtası ile *.adv yada *.sds (SonTek Veri Oturumu) uzantılı veri dosyası olarak kaydedilirler. ADV veri dosyaları ham (işlenmemiş) veri içerir. SDS dosyaları tam işlenmiş veri ve bazı ayarlar içerir. ADV veri dosyası orjinal veri içerir ve asla değişmez. Bu veri dosyası hem ölçme zamanını hemde sistem bilgilerini ve parametrelerini kaydeder. Dosyaya kaydedilmiş tüm parametreler ASCII formatında export edilebilir.



Şekil 5.28 : Yapılan deneylerde dalgakıranın önünde ADV (Sontek) ile gelen dalga hızı ölçümü fotoğrafı.

5.5 Deney Düzeni

Deneyler beş farklı boşluklu dalgakıran modeli için yapılmıştır. Tüm dalgakıran modelleri kanalda aynı yere yerleştirilmiştir. Deneylerde oluşturulan dalgakıran modellerinin boyutları ve su derinliği sabit çalışılmıştır. Sadece ikinci model'in kret genişliği daraltılarak 10 cm yapılmıştır. Deneylerde hem düzenli dalgalar hemde düzensiz dalgalar kullanılmıştır. Dalga yükseklikleri ve periyotlarına göre farklı olarak yedi düzenli dalga ve dört düzensiz dalga olmak üzere 11 farklı dalga ile deney çalışmaları yapılmıştır. Boşluklu dalgakırandan dalga geçiş koşullarını araştırmak için, dalga seçimlerinde farklı dalga yükseklikleri, uzunlukları ve periyotları seçilmiştir. Değiştirilen parametrelerin etkisinin incelenebilmesi için, planlanan tasarımlardaki yapılacak değişiklikler göz önüne alınarak çalışmaya uygun deney düzeni planı hazırlanmıştır. Beş dalgakıran modeli için toplam otuzbeş düzenli dalga ve yirmi düzensiz dalga deneyleri yapılmıştır (Çizelge 5.2 çalışma düzeni tablosu). Bütün modellerde herbir dalga için ayrıca stabilite deneyleri yapılmış bunun için dalgakıranın üst tabakasının ön şevi farklı renklerde boyalı taşlar ile döşenmiştir. Deney sırasında dalga etkisi altındaki dalgakırandaki titreşim, yerinden oynayan ve yer

değişti en taşlar gözlenerek tespit edilmiştir. Stabilit e deneyleri için de beş dalgakıran modeli için otuzbeş düzenli dalga ve yirmi düzensiz dalga deneyleri ayrıca yapılmıştır. Böylece yapılan bu deneysel çalışmada toplam 110 adet deney yapılmıştır. Tüm modellerde düzenli ve düzensiz dalgalar için S.S.S'den itibaren derinlik boyunca hız ölçümleri yapılmıştır. Böylece hız profilleri çıkarılmıştır.

Dalganın sıgılasma kosulunu kontrol eden parametre tek basına derinlik değil, derinliğin dalga boyuna oranıdır (h/L veya $2\pi h/L = kh$). Bu oran da dalga periyodu dalga boyu ilişkisini düzenleyen dispersiyon denklemi dolayısıyla dalga periyoduna bağlıdır (Kırca, 2008).

Çizelge 5.2 : Çalışma düzeni tablosu.

Sıra No	Deney No	Model No	Dalga Tipi	Bp (m)	h (m)	D 50 (m)	r	Dalga Seri No	Yapılan Ölçümler
1	1001	1	Düzenli	0,25	0,60	0,08	0,5	12	Dalga ve Hız
2	1002	1	Düzenli	0,25	0,60	0,08	0,5	33	Dalga ve Hız
3	1003	1	Düzenli	0,25	0,60	0,08	0,5	41	Dalga ve Hız
4	1004	1	Düzenli	0,25	0,60	0,08	0,5	34	Dalga ve Hız
5	1005	1	Düzenli	0,25	0,60	0,08	0,5	22	Dalga ve Hız
6	1006	1	Düzenli	0,25	0,60	0,08	0,5	24	Dalga ve Hız
7	1007	1	Düzenli	0,25	0,60	0,08	0,5	51	Dalga ve Hız
8	1008	1	Düzensiz	0,25	0,60	0,08	0,5	3	Dalga ve Hız
9	1009	1	Düzensiz	0,25	0,60	0,08	0,5	9	Dalga ve Hız
10	1010	1	Düzensiz	0,25	0,60	0,08	0,5	14	Dalga ve Hız
11	1011	1	Düzensiz	0,25	0,60	0,08	0,5	20	Dalga ve Hız
12	1012	1	Düzenli	0,25	0,60	0,08	0,5	12	Dalga ve Stabilitite
13	1013	1	Düzenli	0,25	0,60	0,08	0,5	33	Dalga ve Stabilitite
14	1014	1	Düzenli	0,25	0,60	0,08	0,5	41	Dalga ve Stabilitite
15	1015	1	Düzenli	0,25	0,60	0,08	0,5	34	Dalga ve Stabilitite
16	1016	1	Düzenli	0,25	0,60	0,08	0,5	22	Dalga ve Stabilitite
17	1017	1	Düzenli	0,25	0,60	0,08	0,5	24	Dalga ve Stabilitite
18	1018	1	Düzenli	0,25	0,60	0,08	0,5	51	Dalga ve Stabilitite
19	1019	1	Düzensiz	0,25	0,60	0,08	0,5	3	Dalga ve Stabilitite
20	1020	1	Düzensiz	0,25	0,60	0,08	0,5	9	Dalga ve Stabilitite
21	1021	1	Düzensiz	0,25	0,60	0,08	0,5	14	Dalga ve Stabilitite
22	1022	2	Düzensiz	0,25	0,60	0,08	0,5	20	Dalga ve Stabilitite
23	1023	2	Düzenli	0,10	0,60	0,08	0,5	12	Dalga ve Hız
24	1024	2	Düzenli	0,10	0,60	0,08	0,5	33	Dalga ve Hız
25	1025	2	Düzenli	0,10	0,60	0,08	0,5	41	Dalga ve Hız
26	1026	2	Düzenli	0,10	0,60	0,08	0,5	34	Dalga ve Hız
27	1027	2	Düzenli	0,10	0,60	0,08	0,5	22	Dalga ve Hız
28	1028	2	Düzenli	0,10	0,60	0,08	0,5	24	Dalga ve Hız
29	1029	2	Düzenli	0,10	0,60	0,08	0,5	51	Dalga ve Hız
30	1030	2	Düzensiz	0,10	0,60	0,08	0,5	3	Dalga ve Hız
31	1031	2	Düzensiz	0,10	0,60	0,08	0,5	9	Dalga ve Hız
32	1032	2	Düzensiz	0,10	0,60	0,08	0,5	14	Dalga ve Hız
33	1033	2	Düzensiz	0,10	0,60	0,08	0,5	20	Dalga ve Hız
34	1034	2	Düzenli	0,10	0,60	0,08	0,5	12	Dalga ve Stabilitite
35	1035	2	Düzenli	0,10	0,60	0,08	0,5	33	Dalga ve Stabilitite
36	1036	2	Düzenli	0,10	0,60	0,08	0,5	41	Dalga ve Stabilitite
37	1037	2	Düzenli	0,10	0,60	0,08	0,5	34	Dalga ve Stabilitite
38	1038	2	Düzenli	0,10	0,60	0,08	0,5	22	Dalga ve Stabilitite
39	1039	2	Düzenli	0,10	0,60	0,08	0,5	24	Dalga ve Stabilitite
40	1040	2	Düzenli	0,10	0,60	0,08	0,5	51	Dalga ve Stabilitite
41	1041	2	Düzensiz	0,10	0,60	0,08	0,5	3	Dalga ve Stabilitite
42	1042	2	Düzensiz	0,10	0,60	0,08	0,5	9	Dalga ve Stabilitite
43	1043	2	Düzensiz	0,10	0,60	0,08	0,5	14	Dalga ve Stabilitite
44	1044	2	Düzensiz	0,10	0,60	0,08	0,5	20	Dalga ve Stabilitite

Çizelge 5.2 (Devamı) : Çalışma düzeni tablosu.

Sıra No	Deney No	Model No	Dalga Tipi	Bp (m)	h (m)	D 50 (m)	r	Dalga Seri No	Yapılan Ölçümler
45	1045	3	Düzenli	1,20	0,60	0,08,	0,5	12	Dalga ve Hız
46	1046	3	Düzenli	1.20	0,60	0,03	0,2	33	Dalga ve Hız
47	1047	3	Düzenli	1,20	0,60	0,01	0,1	41	Dalga ve Hız
48	1048	3	Düzenli	1.20	0,60	0,08	0,5	34	Dalga ve Hız
49	1049	3	Düzenli	1,20	0,60	0,03	0,2	22	Dalga ve Hız
50	1050	3	Düzenli	1.20	0,60	0,01	0,1	24	Dalga ve Hız
51	1051	3	Düzenli	1,20	0,60	0,08	0,5	51	Dalga ve Hız
52	1052	3	Düzensiz	1.20	0,60	0,03	0,2	3	Dalga ve Hız
53	1053	3	Düzensiz	1,20	0,60	0,01	0,1	9	Dalga ve Hız
54	1054	3	Düzensiz	1.20	0,60	0,08	0,5	14	Dalga ve Hız
55	1055	3	Düzensiz	1.20	0,60	0,03	0,2	20	Dalga ve Hız
56	1056	3	Düzenli	1,20	0,60	0,01	0,1	12	Dalga ve Stabilite
57	1057	3	Düzenli	1.20	0,60	0,08	0,5	33	Dalga ve Stabilite
58	1058	3	Düzenli	1,20	0,60	0,03	0,2	41	Dalga ve Stabilite
59	1059	3	Düzenli	1.20	0,60	0,01	0,1	34	Dalga ve Stabilite
60	1060	3	Düzenli	1,20	0,60	0,08	0,5	22	Dalga ve Stabilite
61	1061	3	Düzenli	1.20	0,60	0,03	0,2	24	Dalga ve Stabilite
62	1062	3	Düzenli	1,20	0,60	0,01	0,1	51	Dalga ve Stabilite
63	1063	3	Düzensiz	1.20	0,60	0,08	0,5	3	Dalga ve Stabilite
64	1064	3	Düzensiz	1,20	0,60	0,03	0,2	9	Dalga ve Stabilite
65	1065	3	Düzensiz	1.20	0,60	0,01	0,1	14	Dalga ve Stabilite
66	1066	3	Düzensiz	1.20	0,60	0,08	0,5	20	Dalga ve Stabilite
67	1067	4	Düzenli	0,95	0,60	0,03	0,2	12	Dalga ve Hız
68	1068	4	Düzenli	0,95	0,60	0,01	0,1	33	Dalga ve Hız
69	1069	4	Düzenli	0,95	0,60	,08,	0,5	41	Dalga ve Hız
70	1070	4	Düzenli	0,95	0,60	0,03	0,2	34	Dalga ve Hız
71	1071	4	Düzenli	0,95	0,60	0,01	0,1	22	Dalga ve Hız
72	1072	4	Düzenli	0,95	0,60	0,08	0,5	24	Dalga ve Hız
73	1073	4	Düzenli	0,95	0,60	0,03	0,2	51	Dalga ve Hız
74	1074	4	Düzensiz	0,95	0,60	0,01	0,1	3	Dalga ve Hız
75	1075	4	Düzensiz	0,95	0,60	0,08	0,5	9	Dalga ve Hız
76	1076	4	Düzensiz	0,95	0,60	0,03	0,2	14	Dalga ve Hız
77	1077	4	Düzensiz	0,95	0,60	0,01	0,1	20	Dalga ve Hız
78	1078	4	Düzenli	0,95	0,60	0,08	0,5	12	Dalga ve Stabilite
79	1079	4	Düzenli	0,95	0,60	0,03	0,2	33	Dalga ve Stabilite
80	1080	4	Düzenli	0,95	0,60	0,01	0,1	41	Dalga ve Stabilite
81	1081	4	Düzenli	0,95	0,60	,08,	0,5	34	Dalga ve Stabilite
82	1082	4	Düzenli	0,95	0,60	0,03	0,2	22	Dalga ve Stabilite
83	1083	4	Düzenli	0,95	0,60	0,01	0,1	24	Dalga ve Stabilite
84	1084	4	Düzenli	0,95	0,60	0,08	0,5	51	Dalga ve Stabilite
85	1085	4	Düzensiz	0,95	0,60	0,03	0,2	3	Dalga ve Stabilite
86	1086	4	Düzensiz	0,95	0,60	0,01	0,1	9	Dalga ve Stabilite
87	1087	4	Düzensiz	0,95	0,60	0,08	0,5	14	Dalga ve Stabilite
88	1088	4	Düzensiz	0,95	0,60	0,03	0,2	20	Dalga ve Stabilite

Çizelge 5.2 (Devamı) : Çalışma düzeni tablosu.

Sıra No	Deney No	Model No	Dalga Tipi	Bp (m)	h (m)	D 50 (m)	r	Dalga Seri No	Yapılan Ölçümler
89	1089	5	Düzenli	0,60	0,60	0,08,	0,5	12	Dalga ve Hız
90	1090	5	Düzenli	0,60	0,60	0,03	0,2	33	Dalga ve Hız
91	1091	5	Düzenli	0,60	0,60	0,01	0,1	41	Dalga ve Hız
92	1092	5	Düzenli	0,60	0,60	0,08	0,5	34	Dalga ve Hız
93	1093	5	Düzenli	0,60	0,60	0,03	0,2	22	Dalga ve Hız
94	1094	5	Düzenli	0,60	0,60	0,01	0,1	24	Dalga ve Hız
95	1095	5	Düzenli	0,60	0,60	0,08	0,5	51	Dalga ve Hız
96	1096	5	Düzensiz	0,60	0,60	0,03	0,2	3	Dalga ve Hız
97	1097	5	Düzensiz	0,60	0,60	0,01	0,1	9	Dalga ve Hız
98	1098	5	Düzensiz	0,60	0,60	0,08	0,5	14	Dalga ve Hız
99	1099	5	Düzensiz	0,60	0,60	0,03	0,2	20	Dalga ve Hız
100	1100	5	Düzenli	0,60	0,60	0,01	0,1	12	Dalga ve Stabillite
101	1101	5	Düzenli	0,60	0,60	0,08,	0,5	33	Dalga ve Stabillite
102	1102	5	Düzenli	0,60	0,60	0,03	0,2	41	Dalga ve Stabillite
103	1103	5	Düzenli	0,60	0,60	0,01	0,1	34	Dalga ve Stabillite
104	1104	5	Düzenli	0,60	0,60	0,08	0,5	22	Dalga ve Stabillite
105	1105	5	Düzenli	0,60	0,60	0,03	0,2	24	Dalga ve Stabillite
106	1106	5	Düzenli	0,60	0,60	0,01	0,1	51	Dalga ve Stabillite
107	1107	5	Düzensiz	0,60	0,60	0,08	0,5	3	Dalga ve Stabillite
108	1108	5	Düzensiz	0,60	0,60	0,03	0,2	9	Dalga ve Stabillite
109	1109	5	Düzensiz	0,60	0,60	0,01	0,1	14	Dalga ve Stabillite
110	1110	5	Düzensiz	0,60	0,60	0,08	0,5	20	Dalga ve Stabillite

Yapılan deneylerin düzen planı belirli kriterlere göre yapılmıştır. Bu kriterler aşağıda verilmiştir:

- Deneylerin hepsinde oluşturulan modeller dalgakanalının aynı konumuna yerleştirilmiş böylece bu parametreler her modelde sabit tutulmuştur.
- Dalga ve hız ölçümleri eşzamanlı yapılmış ve düzenli dalga serileri 90 s düzensiz dalga serileri 300 s süresince bilgisayara kaydedilmiştir.
- Dalga ve hız zaman serilerinin kayıtları için, deneyi yapılan herbir dalga kanalındaki sakin suda dalga gönderilmeye başlanarak, dalganın formunun bozulması engellenmiş ve dalga yapı etkileşimi gözlemlenmiştir.
- Stabillite deneylerinde kaplama tabakasındaki taşların gözlemi yapılırken eş zamanlı olarak düzenli ve düzensiz dalgalar 300 s süresince bilgisayara kaydedilmiştir.
- Yansıyan dalgaların hesabında, başlangıçtaki düzgün dalga cephelerinin kaydedilmesi için, video kayıtları izlenerek ve dalga grup hızlarının

hesaplanması ile yansıyan dalganın proba tekrar gelme süreleri hesaplanmış bu dalga kayıtlarına göre hesap yapılmıştır.

- Deneylerde kamera çekimi yapılarak video kaydı yapılmış, kamera çekimi olmayan deneylerde fotoğraf çekimi yapılmıştır.
- Deneylerin herbiri numaralandırılarak, deney sırasında oluşan şartlar detaylı olarak deftere kaydedilmiştir.
- Deney verileri değerlendirme öncesinde ve esnasında kayıt edilen defterden kontrol edilerek değerlendirme yapılmıştır.

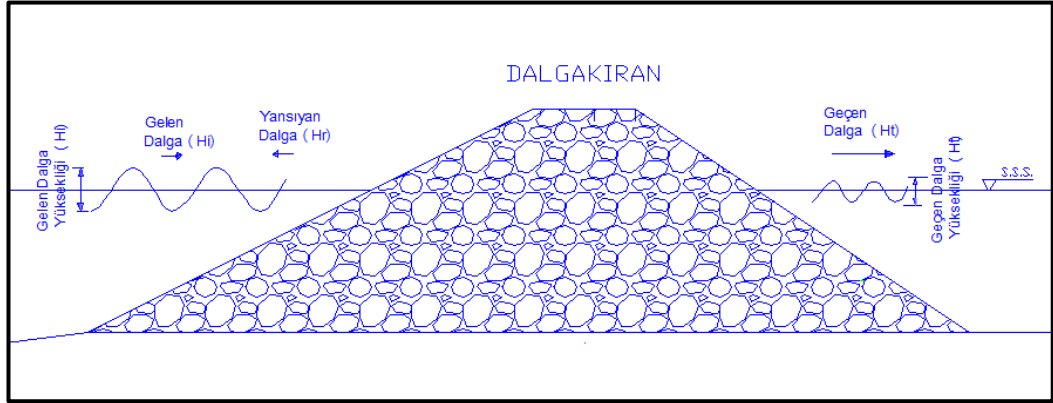
İTÜ Hidrolik Laboratuvarı'nda düzenli ve düzensiz dalga kanalında yapılan deneylerde, yedi adet farklı dalga yüksekliği ve periyoda sahip düzenli dalga ve dört adet farklı seride düzensiz dalga kullanılmıştır (Çizelge 5.3).

Çizelge 5.3 : Düzenli ve düzensiz dalgalar.

Deneylerde Kullanılan Dalgalar			
Düzenli Dalgalar		Düzensiz Dalgalar	
Dalga No	Seri No	Dalga No	Seri No
1	12	1	3
2	33	2	9
3	41	3	14
4	34	4	20
5	22		
6	24		
7	51		

6. DENEYLERDEN ELDE EDİLEN SONUÇLAR

6.1 Dalga Verileri ve Değerlendirme



Şekil 6.1 : Boşluklu dalgakırandan dalga geçişi.

Bölüm 5’de anlatılan ölçümlere göre gelen dalgalar ve geçen dalgaların elde edilen verileri belirli boyutlu ve boyutsuz parametrelere göre ortaya çıkan durum ve sonuçları ve bunların dalgakıran geometrisi değişimlerine göre meydana gelen etkileri incelenmiştir. Yapılan model deneyleri, dalgakıran kret yüksekliği, ön, arka şev ve kumsal eğimi, su derinliği ve viskozite parametreleri sabit olarak yapılmıştır. Deney sonuçları düzenli ve düzensiz dalgalar olarak ayrı ayrı değerlendirilerek verilmiştir.

6.1.1 Dalga geçişi

Boşluklu dalgakıranlarda, poroziteden dolayı dalgakıran içerisinden dalgakıran arkasına dalga geçişi (Şekil 6.1) olmaktadır. Bu dalga geçişini etkileyen parametreler şunlardır;

- Dalgakıran ön şev eğimi
- Gelen dalga yüksekliği
- Gelen dalga periyodu ve boyu

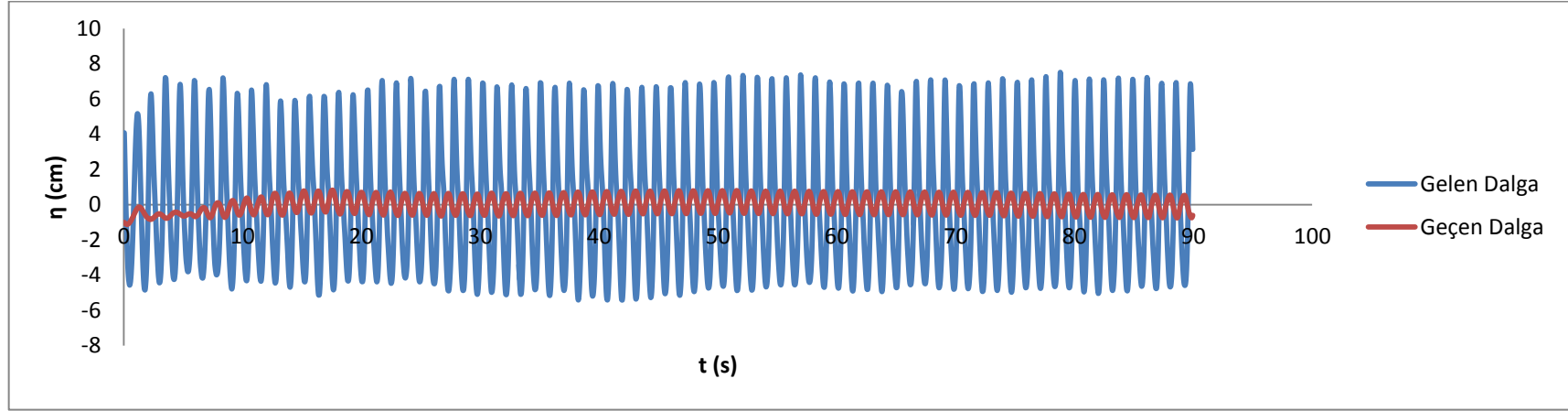
- Su derinliği
- Dalgakırandaki malzemenin, boyutu, porozitesi ve yerleştirilmesi,
- Dalgakıran kret genişliği
- Dalgakıran geometrisi (Boşluklu bۆlۆmۆn dalgakırandaki yeri ve yapısı)
- Suyun kinematik vizkozitesi.

Bu parametreler geçiş katsayısının bağlı olduğu değişkenlerdir. Yapılan deneylerde bu etkileri gۆrmek için bazı parametreler değiştirilerek tasarlanan dalgakıran modellerinde elde edilen sonuçlar incelenmiştir.

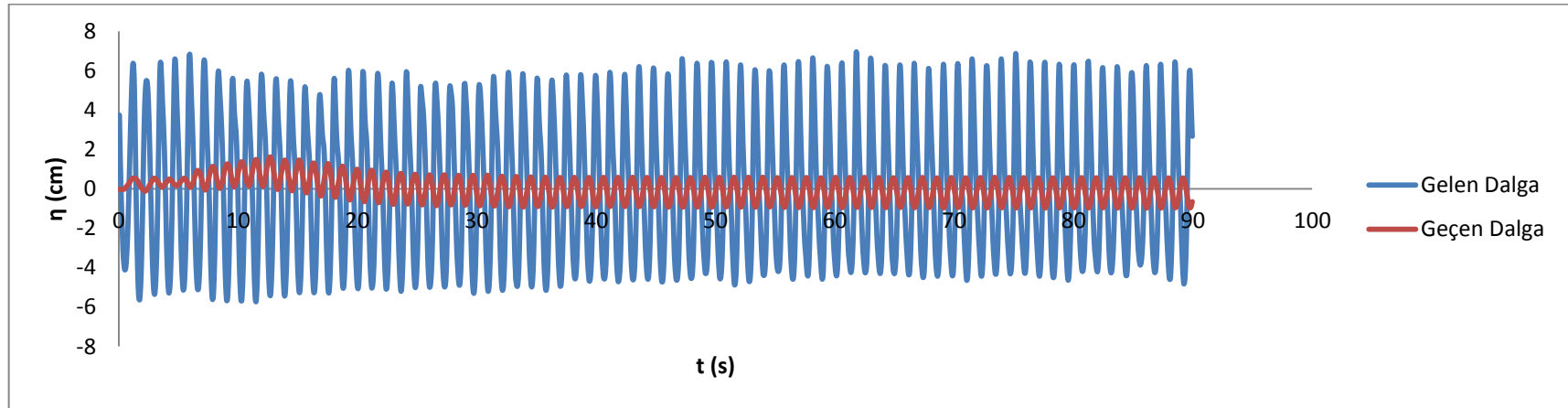
Dalgakırana gelen ve dalgakırandan geçen dalga yۆksekliklerinin karşılıklı grafikleri oluşturulduğuunda, dalgakıranın gelen dalganın bۆyۆk kısmını sۆnۆmlendirdiđi, poroziteden dolayı içinden kۆۆk bir miktarının geçtiği gۆrۆlۆr. (şekil 6.2, 6.3, 6.4, 6.5 ve 6.6)

Dalgakıran ۆnۆndeki 1.,2.ve 3. prob ile gelen dalga yۆksekliđi ve dalgakıranın arkasındaki 4.prob ile geçen dalga yۆksekliđi ۆlۆlmۆř, bۆylece dalgakıran modellerinin dalgayı sۆnۆmleme miktarları ve geçirim miktarları belirlenmiştir.

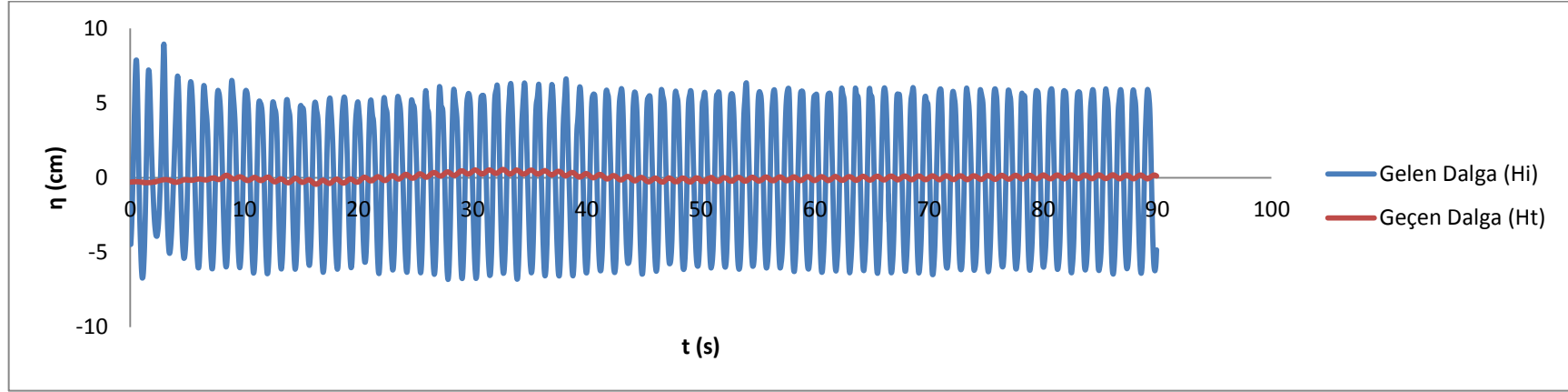
ۆrnek olarak verilen şekil 6.2-6.6’da oluşturulan 5 modelde 2.dۆzenli dalgaya ait dalgakırana gelen ve geçen dalga zaman serilerinin grafikleri verilmiştir. Bu grafikler incelendiğinde dۆzenli ve dۆzensiz dalgaların her ikisinde de geçen dalganın en fazla miktarının sırasıyla tamamen boşluklu 2. Modelde olduğu daha sonra gittikçe azalarak 1., 3., 4.ve 5.modelde en az geçişin olduğu gۆrۆlmektedir.



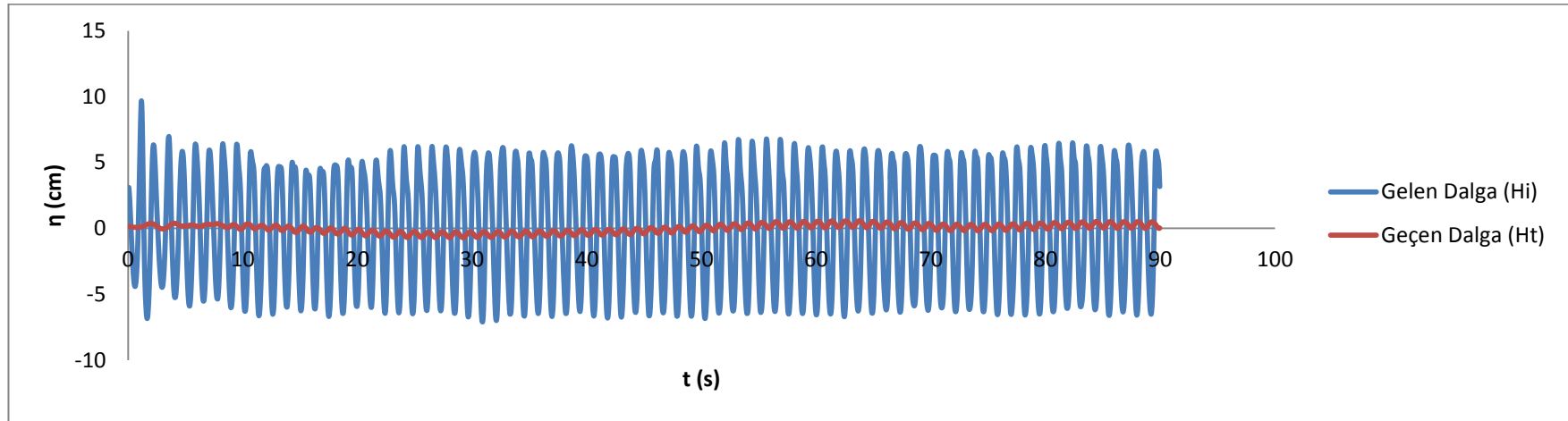
Şekil 6.2 : 1. Model'e Göre, 2.Düzenli Dalganın, Dalgakıran'a Gelen ve Dalgakırandan Geçen Hs Grafiği.



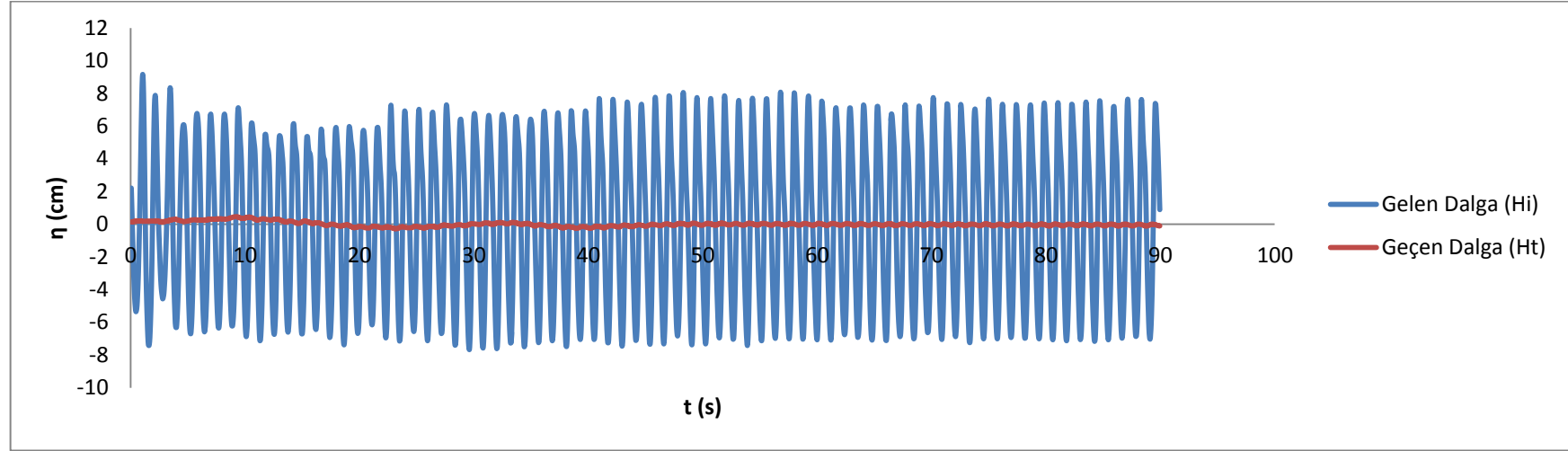
Şekil 6.3 : 2. Model'e Göre, 2.Düzenli Dalganın, Dalgakıran'a Gelen ve Dalgakırandan Geçen Hs Grafiği.



Şekil 6.4 : 3. Model'e Göre, 2.Düzenli Dalganın, Dalgakıran'a Gelen ve Dalgakırandan Geçen Hs Grafiği.



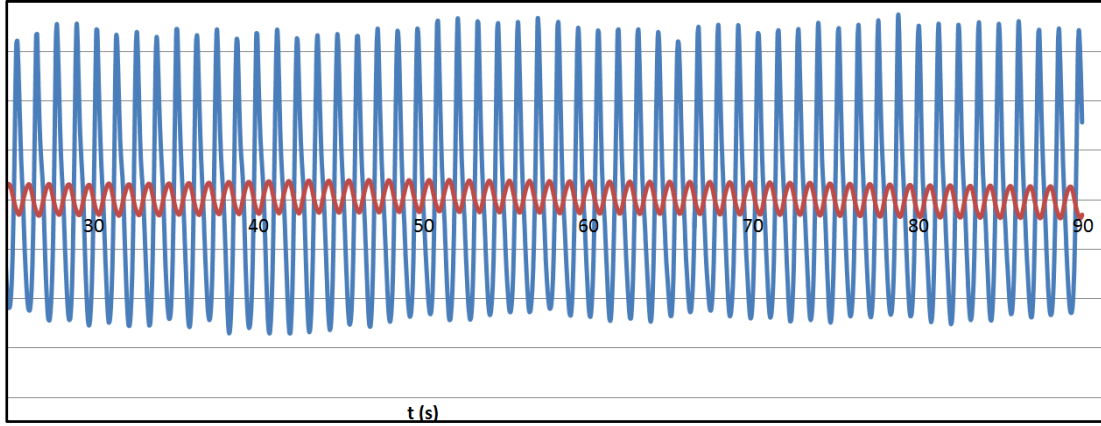
Şekil 6.5 : 4. Model'e Göre, 2.Düzenli Dalganın, Dalgakıran'a Gelen ve Dalgakırandan Geçen Hs Grafiği.



Şekil 6.6 : 5. Model'e Göre, 2.Düzenli Dalganın, Dalgakıran'a Gelen ve Dalgakırandan Geçen Hs Grafiği.

Dalgakırana gelen ve geçen düzenli ve düzensiz dalga zaman serilerinin grafikleri modellere göre EK A'da verilmiştir.

Oluşturulan modellerde düzenli dalgalar için, kaydı alınan zaman serilerinde gelen dalga ile geçen dalga arasında faz farkı (Şekil 6.7) olduğu görülmektedir.

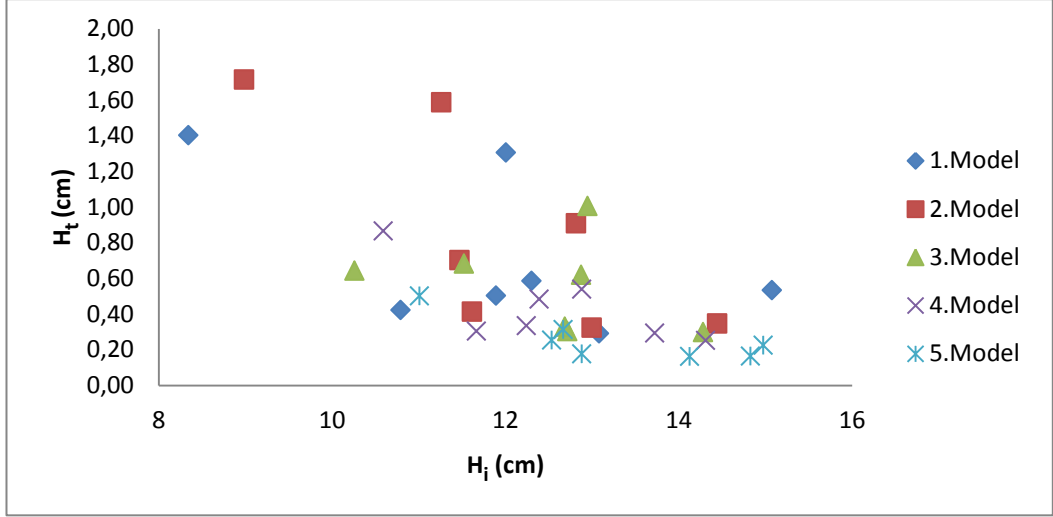


Şekil 6.7 : Birinci modelde ikinci düzenli dalgayla ait gelen ve geçen dalga zaman serisi.

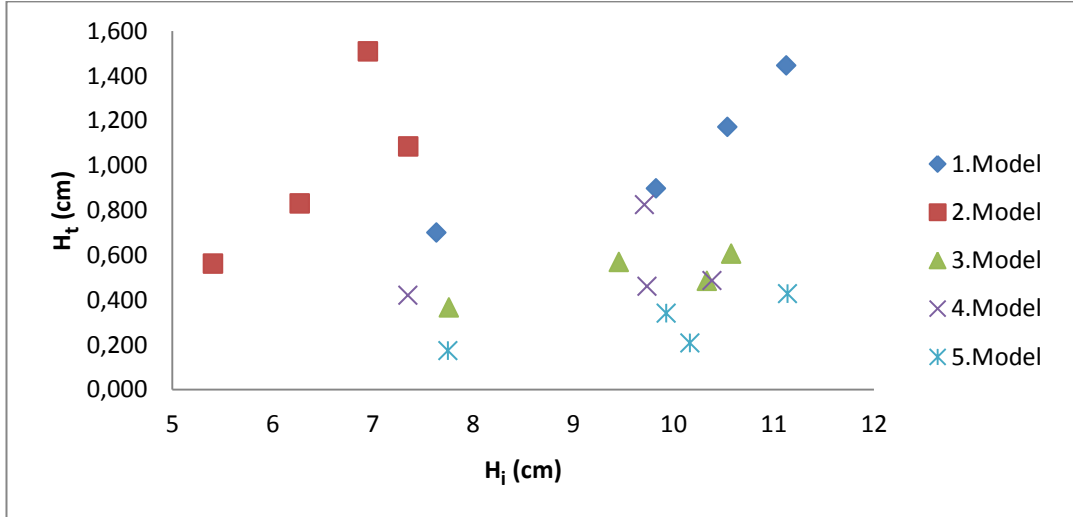
Şekil 6.8’de görüldüğü gibi, düzenli dalgalarda gelen dalga yüksekliği arttıkça geçen dalga yüksekliğinin azaldığı, aralarında negatif korelasyon olduğu görülmektedir. Bu negatif korelasyonda gelen dalga arttıkça en fazla geçişin 2.modelde (tek tabakalı tamamı boşluklu kret genişliği en dar ($B=10$ cm) olan) olduğu daha sonra 1.modelde olduğu (tek tabakalı tamamı boşluklu kret genişliği ($B=25$ cm) olan) görülmüştür.

Buradan da anlaşılabileceği gibi tamamen boşluklu yapılarda dalgakıran kret genişliğinin artması geçen dalga miktarını azalttığı görülmektedir. Üç tabakadan oluşan 3.,4. ve 5. modellerde boşluklu bölgenin geometrisine bağlı olarak azaldığı görülmektedir. Bu üç modeldede klasik dökme taş dalgakıranlarda olduğu gibi çekirdek tabakasında bulunduğu üç tabakadan dolayı dalga geçişi azalmıştır. Tasarım geometrisine göre boşluklu kısmın olduğu yerden dalga geçişini sağlayabilmektedir.

Diğer 3.,4. ve 5. modellerde gelen dalga yükseklikleri arttıkça geçen dalga yüksekliklerinin daha düşük olduğu ve azalma eğiliminin daha dar bir aralıkta olduğu görülmektedir.



Şekil 6.8 : Dalgakırana gelen ve dalgakırandan geçen düzenli dalga yüksekliklerinin karşılaştırılması.

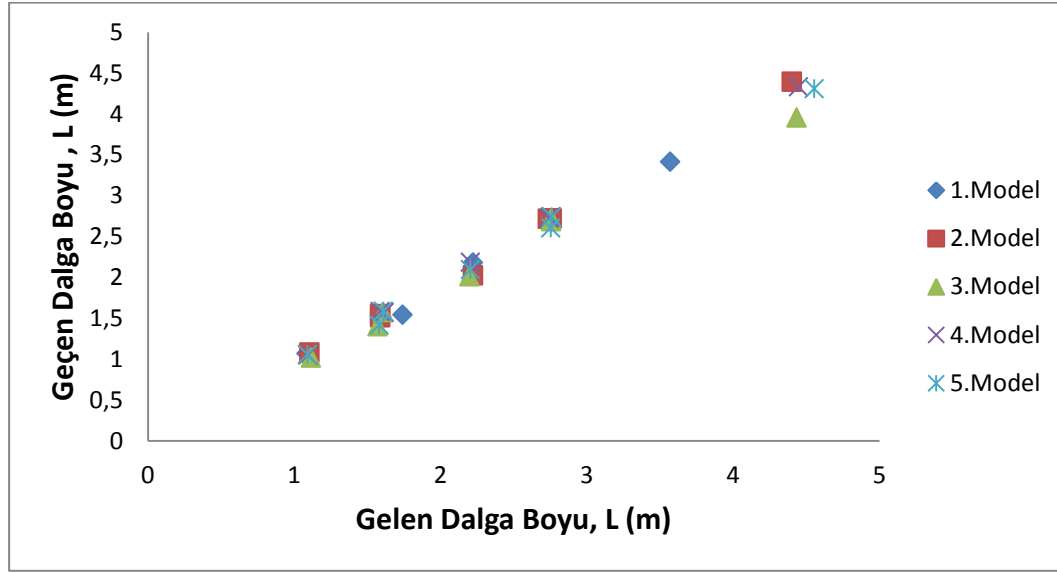


Şekil 6.9 : Dalgakırana gelen ve dalgakırandan geçen düzensiz dalga yüksekliklerinin karşılaştırılması.

Düzensiz dalgalarda (Şekil 6.9) gelen dalga yüksekliği arttıkça pozitif korelasyon ile geçen dalga yüksekliklerinin arttığı görülmektedir. Burada en fazla dalga geçişi 2.modelde olmaktadır. Daha sonra 1.model izlemektedir. 3.,4. ve 5. modellerde gelen dalga yükseklikleri arttıkça geçen dalga yüksekliklerinin daha düşük artma eğiliminde olduğu görülmektedir.

Problardan ölçülen verilere göre hesaplanan dalga boylarının karşılaştırıldığı grafikte (Şekil 6.10), gelen dalga boyu arttıkça geçen dalga boyunun da arttığı görülmektedir. Aralarında pozitif bir korelasyon mevcuttur. Boşluklu dalgakıranlarda periyoda bağlı

olarak, uzun dalgaların daha fazla geçtiği, kısa dalgaların daha az geçtiği sonucuna varılmıştır.



Şekil 6.10 : Dalgakırana gelen ve dalgakırandan geçen düzenli dalga boylarının karşılaştırılması.

Bölüm 3’de belirtildiği gibi, dökme taş dalgakıranlar, gelen dalga enerjisinin büyük kısmını sönmölemek için inşa edilirler. Fakat bu çalışmada, farklı olarak dökme taş dalgakıranın geçirgen yapıda olmasını sağlayacak boşluklu bölge olacak şekilde modeller kurulmuştur. Gelen dalga tabandan etkilenmeye başladığı andan itibaren dalgakırandan tırmanırken şev eğimine, poroziteye, malzeme dane çapına bağlı olarak, dalga enerjisinin bir kısmının harcanmasını sağlayacak, kalan enerji dalgakırandan geçerek arka tarafa ulaşacaktır. Dalganın sönmölenmesi oranını bulmak için gelen açık deniz dalga yüksekliği H_i , dalgakıran arkasında ölçülen geçen dalga yüksekliği H_t ’yi aşağıdaki formül yardımıyla hesaplayabiliriz.

Dalga yüksekliğinin dalgakırandan etkilenmesi (dalga kırılması, porozite ve pürüzlülüğten dolayı oluşan sürtünme kuvveti ve türbülansdan dolayı), dalgakırandan sonra, dalgakıran arkasında ölçülen dalga yüksekliğinin, açık denizden gelen ölçülen dalga yüksekliğine oranı (dalga geçiş katsayısı) ile belirlenebilir. Yapılan deneyler sonucunda ölçülen dalga yüksekliği oranları Tablo 6.1’de gösterilmiştir.

Dalga geçiş katsayısı;

$$K_T = \frac{H_t}{H_i} \quad (6.1)$$

şeklindedir.

Çizelge 6.1 : Düzenli dalgalarda gelen dalga yüksekliğinin, dalgakırandan geçen dalga yüksekliğine oranı (H_t/H_i) geçiş katsayısı K_T değerleri.

Model No	Deney No	K_T	Model No	Deney No	K_T
1	1001	0,022	4	1067	0,021
1	1002	0,109	4	1068	0,042
1	1003	0,039	4	1069	0,026
1	1004	0,042	4	1070	0,039
1	1005	0,035	4	1071	0,018
1	1006	0,048	4	1072	0,027
1	1007	0,168	4	1073	0,082
2	1023	0,024	5	1089	0,015
2	1024	0,141	5	1090	0,011
2	1025	0,036	5	1091	0,014
2	1026	0,071	5	1092	0,020
2	1027	0,025	5	1093	0,011
2	1028	0,061	5	1094	0,025
2	1029	0,191	5	1095	0,046
3	1045	0,024			
3	1046	0,026			
3	1047	0,059			
3	1048	0,078			
3	1049	0,021			
3	1050	0,048			
3	1051	0,063			

Çizelge 6.2 : Düzensiz dalgalarda gelen dalga yüksekliğinin, dalgakırandan geçen dalga yüksekliğine oranı (H_t/H_i) geçiş katsayısı K_T değerleri.

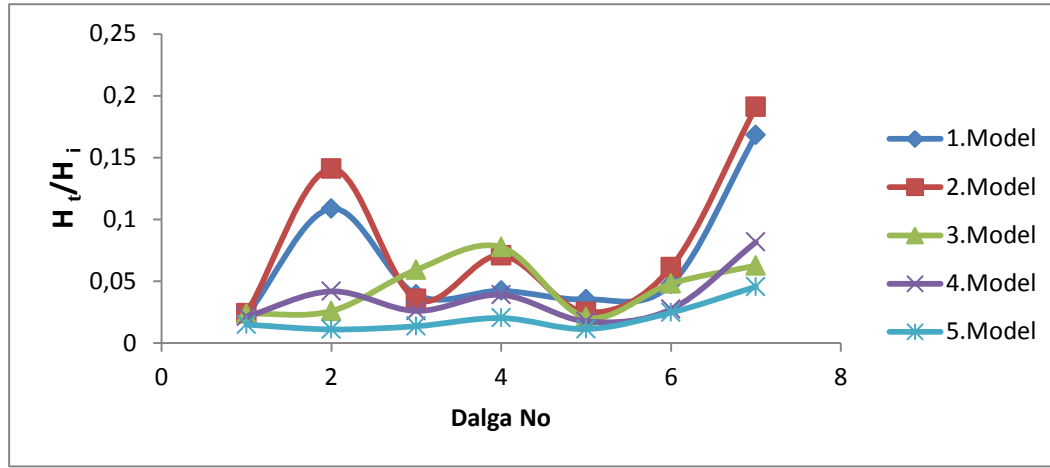
Model No	Deney No	K_T	Model No	Deney No	K_T
1	1008	0,092	4	1074	0,057
1	1009	0,091	4	1075	0,047
1	1010	0,111	4	1076	0,047
1	1011	0,130	4	1077	0,085
2	1030	0,104	5	1096	0,022
2	1031	0,132	5	1097	0,020
2	1032	0,147	5	1098	0,034
2	1033	0,217	5	1099	0,038
3	1052	0,047			
3	1053	0,060			
3	1054	0,047			
3	1055	0,057			

Çizelge 6.1'deki düzenli dalgaların geçiş katsayısı oranları incelendiğinde tüm deneylerde dalga yüksekliğinin porozite nedeniyle dalgakıran içinden geçen dalga yüksekliğinin oranının (geçiş katsayısı K_T 'nin) 0,02 ile 0,19 arasında değiştiği

görülmektedir. Dolayısıyla gelen dalgaların %2 ile %19'u dalgakıran içerisinde geçmektedir. Oluşturulan modellerin geometrisine, boşluklu bölgenin konumuna ve tabaka sayısına bağlı olarak geçiş katsayısı değişmektedir.

Çizelge 6.2'deki düzensiz dalgaların geçiş katsayısı oranları incelendiğinde ise tüm deneylerde dalga geçiş katsayısı K_T 'nin 0,02 ile 0,22 arasında değiştiği görülmektedir. Gelen dalgaların %2 ile %22'si dalgakıran içerisinde geçmektedir.

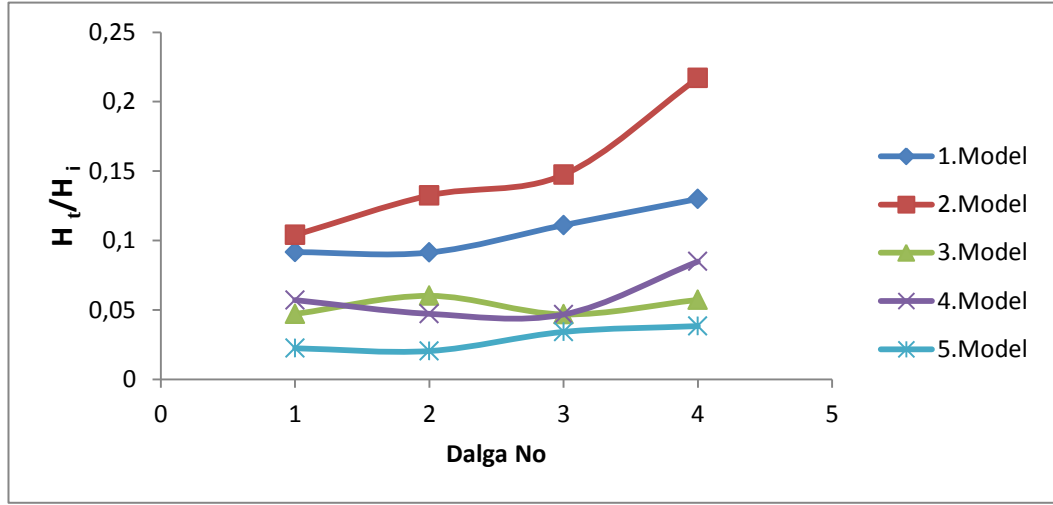
Dalga yüksekliğinin dalgakıran porozitesinin sebep olduğu geçirgenlikten dolayı dalgakırandan geçerken oluşan değişimin dalgakıran geometrisine göre dalga değişim grafiği çizilmiş ve Şekil 6.10'da verilmiştir.



Şekil 6.11 : Düzenli dalgalarda geçen dalga yüksekliğinin gelen dalga yüksekliğine oranının oluşturulan dalgakıran modellerine göre değişimi.

Grafikte görüldüğü gibi (Şekil 6.11) düzenli dalgalarda geçiş katsayısının modeller dikkate alındığında en yüksek değerlerinin tamamen boşluklu dar kret genişliğine sahip 2.modelde oluştuğunu, aynı özellikte daha geniş kret genişliğine sahip 1.modelde, dalgakıran kret enkesit genişliğinin artması ile dalga geçişinin azalması sonucu geçiş katsayısının azaldığı görülmektedir. Diğer üç modelde çekirdek tabakasının yer aldığı üç tabakanın olması ve oluşturulan boşluklu kısmın 10 cm yüksekliğinde en kesit boyunca oluşturulması sonucu dalga geçişi boşluklu kısmın yerinin geometrisine bağlı olarak azalmaktadır. Dalgalara göre incelediğimizde bütün modellerde en yüksek geçiş katsayısına sahip 7.dalga olduğu görülmektedir. Modellerde en yüksek periyotlu, en uzun dalga boyuna sahip 7.dalga olduğundan belirli bir periyotun üzerindeki ($T > 2s$) uzun dalgaların büyük kısmının dalgakıranlardan geçtiği anlaşılmaktadır. Fakat diğer dalgalar için hem periyoda

bağlı dalga uzunluğunun hemde dalgakıran geometrisinin dalga geçişinde etkili olduğu görülmektedir.

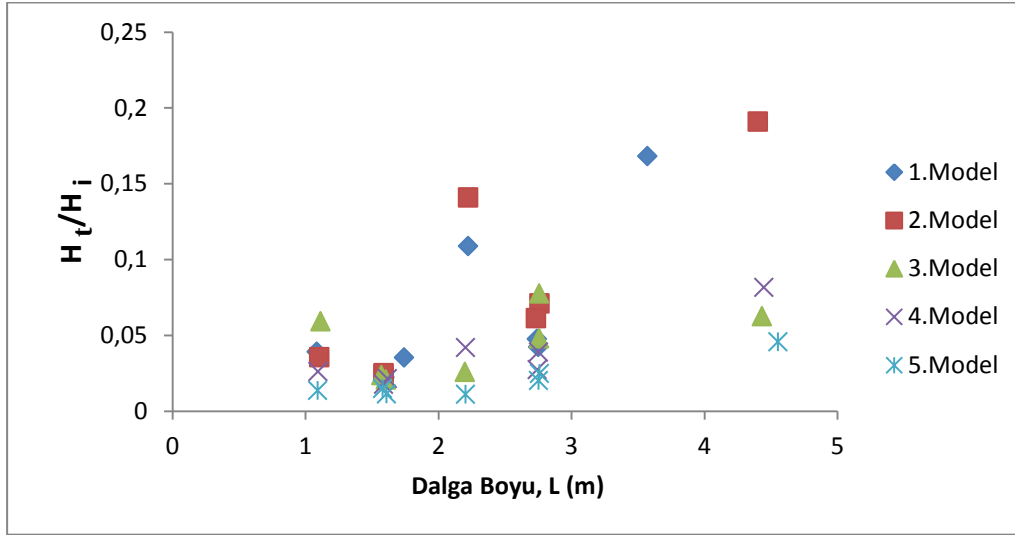


Şekil 6.12 : Düzensiz dalgalarda geçen dalga yüksekliğinin gelen dalga yüksekliğine oranının oluşturulan dalgakıran modellerine göre değişimi.

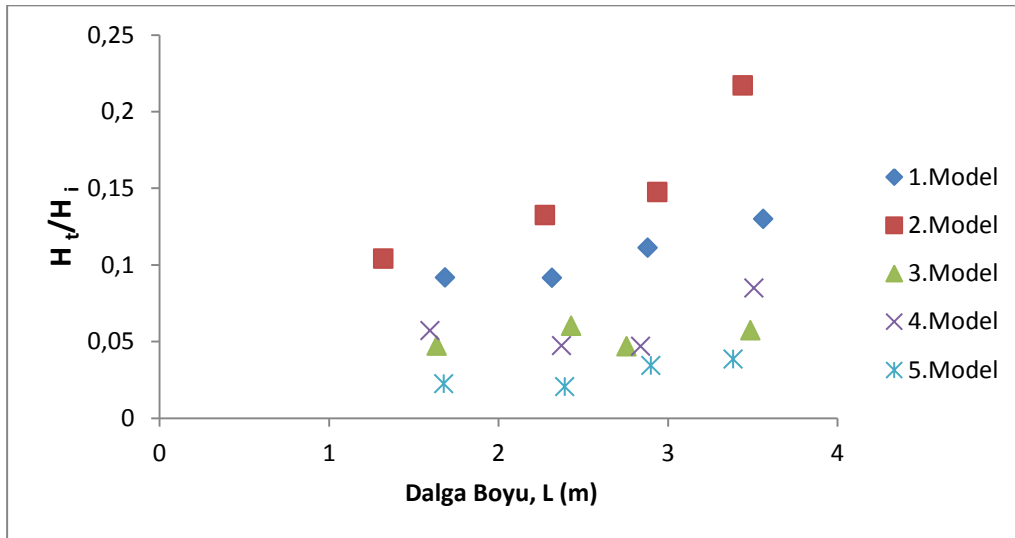
Düzensiz dalgalardeki (Şekil 6.12) değişim oranının, düzenli dalgalarda olduğu gibi en fazla 2. ve 1.modellerde olduğu, 3. modelden 5.modele doğru gittikçe azaldığı görülmektedir. Burada görüldüğü gibi düzensiz dalgalardeki 5 modelde de en büyük değişimin en büyük dalga yüksekliğine ve periyoduna sahip 4.dalgada olduğu (seri no:20) görülmektedir. Buradan anlaşılabileceği gibi, düzensiz dalgalarda, oluşturulan tüm boşluklu konfigürasyonlara gelen dalganın yüksekliği ve periyodu arttıkça geçen dalganında yüksekliği artmaktadır.

Düzenli dalgalarda (Şekil 6.13) gelen dalga periyodu arttıkça, dolayısıyla dalga boyu uzadıkça dalga geçiş artmaktadır. Deneylerde uzun dalgalarda dalga geçişinin daha fazla, kısa dalgalarda daha az olduğu gözlemlenmiştir. Gelen dalga boyu uzadıkça geçiş katsayısı artmaktadır. En uzun periyoda ve dalga boyuna sahip ($T \sim 2$ s, $L \sim 4,4$ m) 7.düzenli dalganın modellerin en yüksek geçiş katsayısına sahip olduğu görülmektedir. Bu artış miktarı grafikte de görüldüğü gibi dalgakıran geometrisine ve porozite miktarına bağlıdır. Modellere göre geçiş katsayısının artış miktarı 4 ve 5.modellerde 1 ve 2. Modele göre azalmakta 3.modelde ise en az artışın olduğu hatta değişimin yataya yakın olarak gelen dalga boyundaki artışın geçiş katsayısını fazla değiştirmedeği görülmektedir.

Düzensiz dalgalarda (Şekil 6.14) aynı şekilde gelen dalga periyodu-dalga boyu arttıkça geçiş katsayısı artmaktadır. 3.Model için düzenli dalgalarda olduğu gibi uzun dalgalarda geçiş katsayısı değişimi yatay seyir izlemekte olduğundan fazla değişmemektedir. Burada da dalgalara bakıldığında en uzun periyoda ve dalga boyuna sahip ($T \sim 1,7$ s, $L \sim 3,5$ m) 4.düzensiz dalganın modellerin en yüksek geçiş katsayısına sahip olduğu görülmektedir.



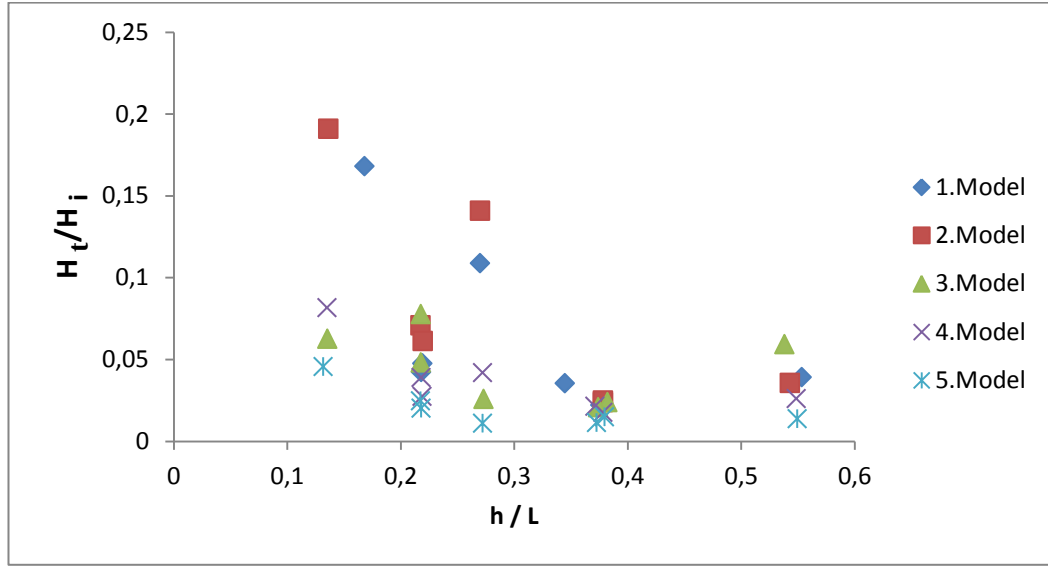
Şekil 6.13 : Düzenli dalgalarda gelen dalga boyunun dalga geçiş katsayısına oranının oluşturulan dalgakıran modellerine göre değişimi.



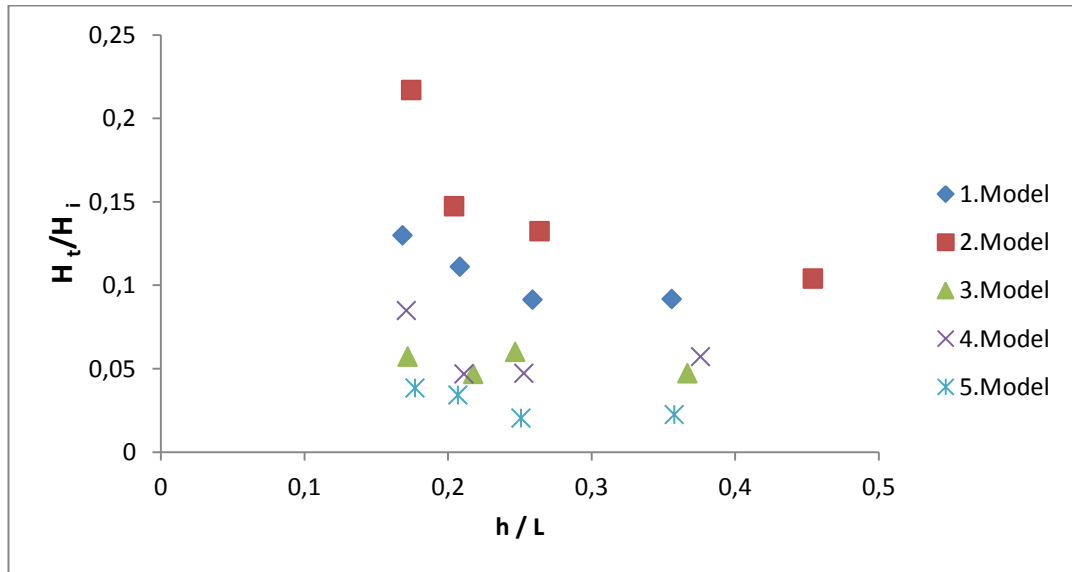
Şekil 6.14 : Düzensiz dalgalarda gelen dalga boyunun dalga geçiş katsayısına oranının oluşturulan dalgakıran modellerine göre değişimi.

Düzenli ve düzensiz dalgalarda (Şekil 6.15 ve 6.16) boyutsuz parametre h/L (su derinliğinin dalga boyuna oranı) bağıl derinlik ile değişimi incelendiğinde, h/L

parametresi arttığında (dalga boyu uzadığında) geçiş katsayısının azaldığı görülmektedir. 3 nolu modelde değişim olmadığı görülmektedir.



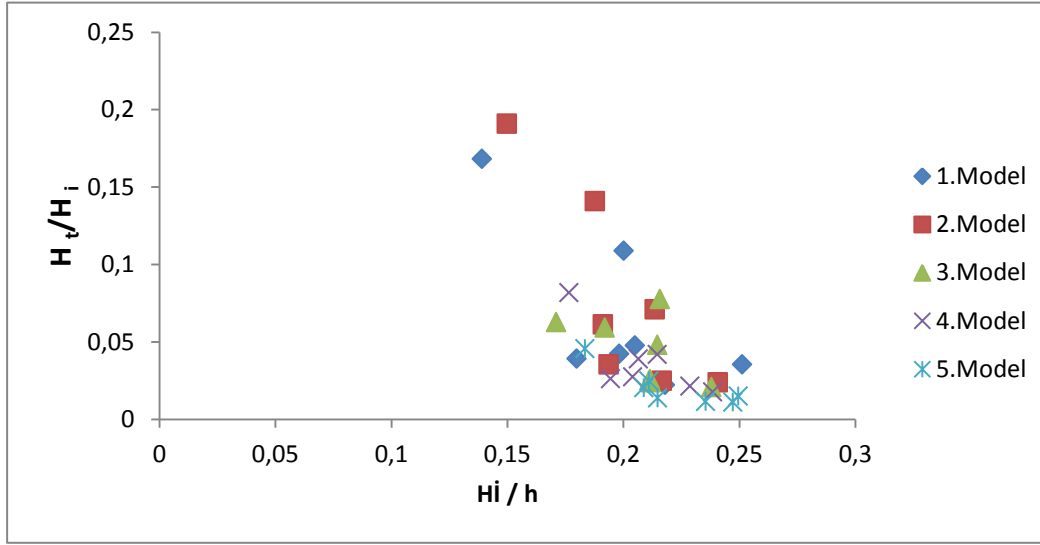
Şekil 6.15 : Düzenli dalgalarda boyutsuz parametreler h/L ye göre, dalga geçiş katsayısına oranının oluşturulan dalgakıran modellerine göre değişimi.



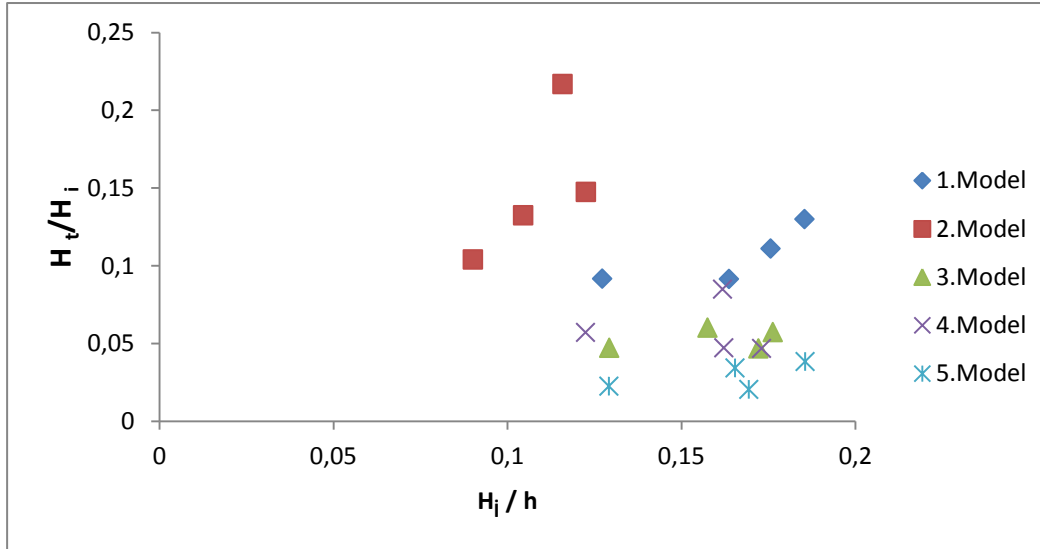
Şekil 6.16 : Düzensiz dalgalarda boyutsuz parametreler h/L ye göre, dalga geçiş katsayısına oranının oluşturulan dalgakıran modellerine göre değişimi.

Boyutsuz olan iki parametre karşılaştırıldığında, geçiş katsayısının düzenli dalgalarda (Şekil 6.17) ve düzensiz dalgalarda (Şekil 6.18) boyutsuz H_i/h parametresi arttıkça yani gelen dalga yüksekliği arttıkça beş modelde azaldığı görülmektedir. Üç tabakalı üç modelde daha düşük oranda azaldığı, düzensiz dalgalarda H_i/h değeri arttıkça geçiş katsayısının arttığı fakat 4. modelde değişimin olmadığı görülmektedir. Gelen dalganın yüksekliği arttıkça düzensiz dalgalarda 2 ve 1. modelde H_i/h parametresine

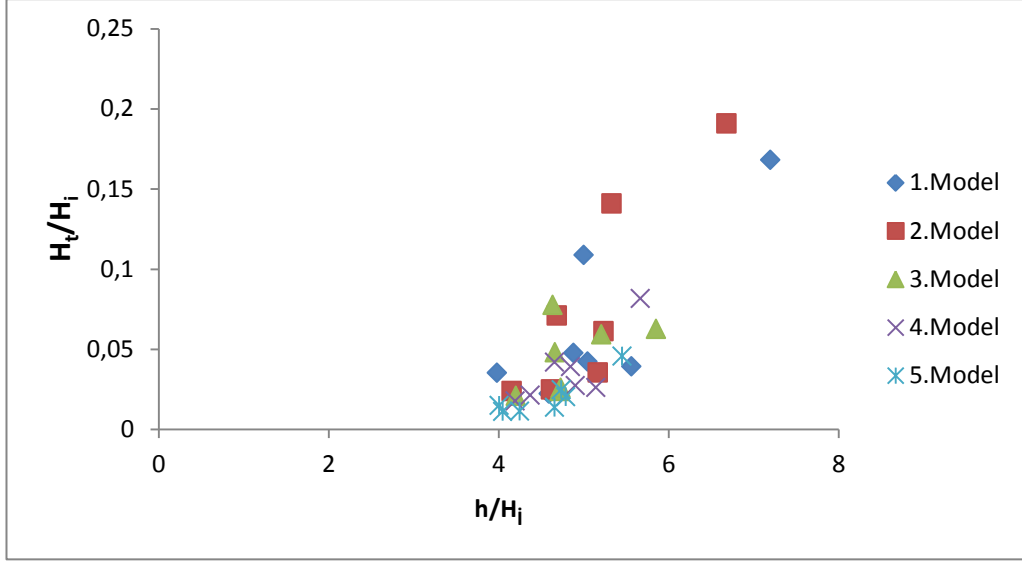
bağlı geçiş katsayısı artışı yüksek olmakla birlikte 3 ve 5.modelde geçişin düşük olmasından dolayı geçiş katsayısının düşük seviyede arttığı söylenebilir.



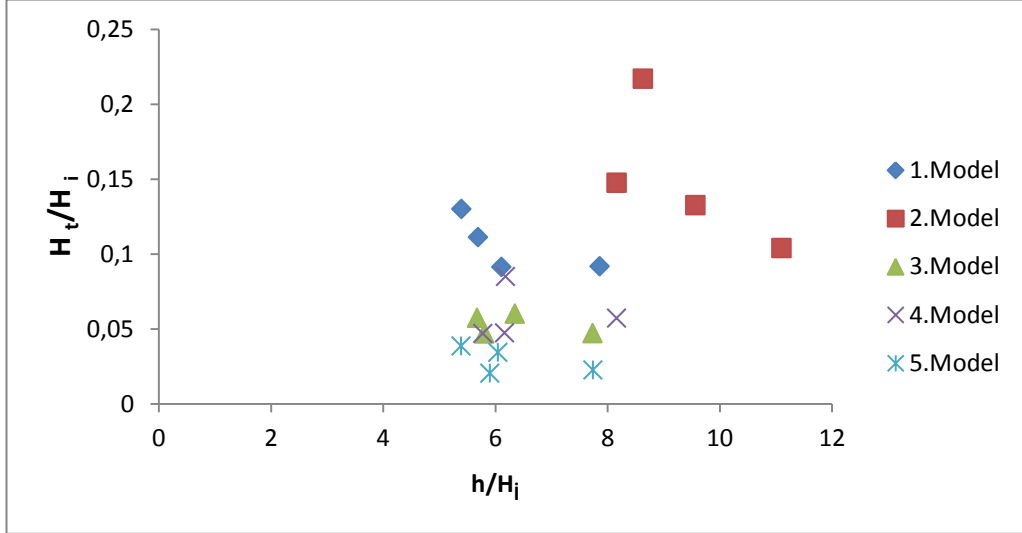
Şekil 6.17 : Düzenli dalgalarda geçiş katsayısının H_i/h ile değişimi.



Şekil 6.18 : Düzensiz dalgalarda geçiş katsayısının H_i/h ile değişimi.



Şekil 6.19 : Düzenli dalgalarda geçiş katsayısının h/H_i ile değişimi.



Şekil 6.20 : Düzensiz dalgalarda geçiş katsayısının h/H_i ile değişimi.

Porozitenin geçen dalga yüksekliğine etkisi (azalma oranı, C_a) yüzde olarak aşağıdaki formülü kullanarak hesaplanabilir.

$$C_a = \frac{H_{i(gelen)} - H_{t(geçen)}}{H_{i(gelen)}} \times 100 \quad (6.2)$$

Verilen formül yardımıyla hesaplanan dalga yüksekliği azalma oranları Tablo 6.3 ve Tablo 6.4'de verilmiştir. Tabloda, dalgaların azalma oranlarının düzenli dalgalarda için % 81-99 aralığında kaldığı, düzensiz dalgalarda için ise % 78-98 aralığında kaldığı görülmektedir. Dalgakıran içinden geçişi, az olan dalgalarda % değeri 100'e

yaklaşmakta, geçişi arttıkça % değeri azalmaktadır. Örneğin: 1.modelde 1.dalga'nın %99,78'i azalırken, 7.dalga'nın %83,19'u azalmaktadır.

Çizelge 6.3 : Düzenli dalga yüksekliği azalma oranları.

Model No	Deney No	C _a (%)	Model No	Deney No	C _a (%)
1	1001	99,775	4	1067	97,865
1	1002	89,122	4	1068	95,816
1	1003	96,080	4	1069	97,395
1	1004	95,770	4	1070	96,101
1	1005	96,464	4	1071	98,239
1	1006	95,237	4	1072	97,264
1	1007	83,189	4	1073	91,833
2	1023	97,605	5	1089	98,504
2	1024	85,906	5	1090	98,894
2	1025	96,445	5	1091	98,634
2	1026	92,906	5	1092	97,974
2	1027	97,507	5	1093	98,860
2	1028	93,871	5	1094	97,529
2	1029	80,913	5	1095	95,440
3	1045	97,617			
3	1046	97,407			
3	1047	94,072			
3	1048	97,238			
3	1049	97,913			
3	1050	95,192			
3	1051	93,732			

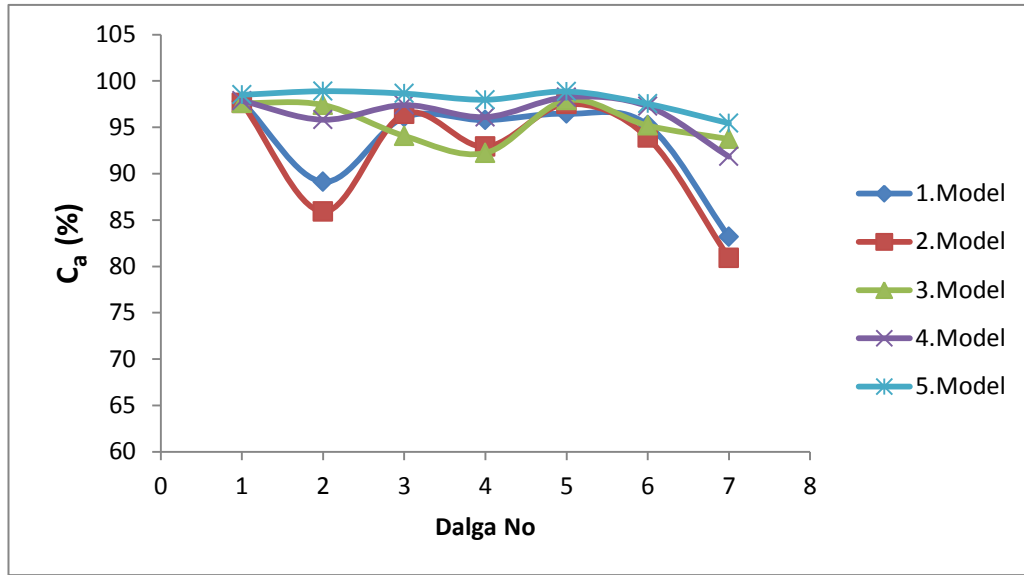
Çizelge 6.4 : Düzensiz dalga yüksekliği azalma oranları.

Model No	Deney No	C _a (%)	Model No	Deney No	C _a (%)
1	1008	90,833	4	1074	94,287
1	1009	90,860	4	1075	95,275
1	1010	88,889	4	1076	95,320
1	1011	87,002	4	1077	91,514
2	1030	89,602	5	1096	97,755
2	1031	86,751	5	1097	97,953
2	1032	85,258	5	1098	96,576
2	1033	78,305	5	1099	96,157
3	1052	95,284			
3	1053	93,981			
3	1054	95,316			
3	1055	94,270			

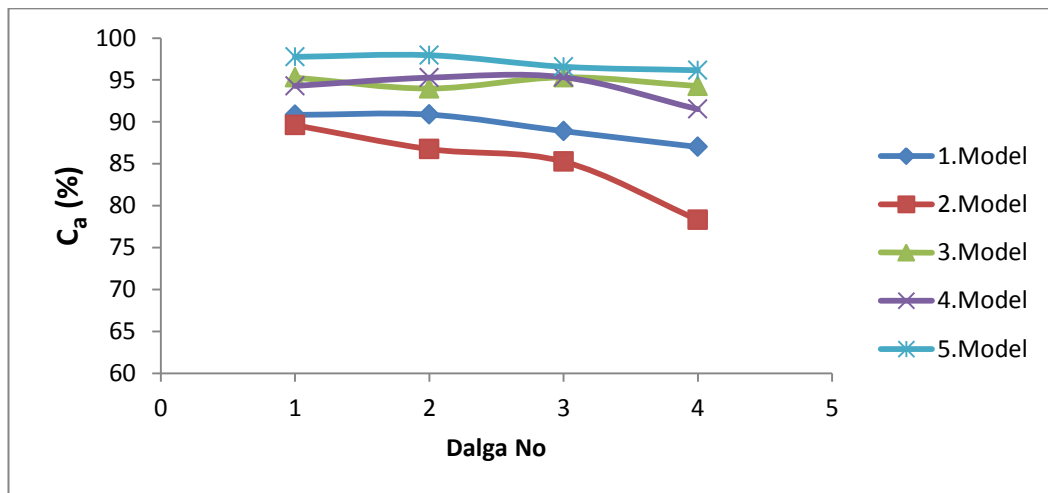
Dalga yüksekliği azalma oranının modellere göre nasıl bir değişim gösterdiği Şekil 6.21 ve Şekil 6.22'de görülebilir. Şekil 6.21'deki grafik de dalga yüksekliğinin daklgakıran porozitesinden dolayı azalma oranının, düzenli dalgalarda tamamı

boşluklu tek tabakalı 1. ve 2. modelde en fazla olduğu, üç tabakalı, boşluklu kısmın değişen geometrisi göre 3.,4. ve 5.modelde azaldığı görülmektedir.

Şekil 6.22’de düzensiz dalgalarındaki azalma oranının, düzenli dalgalarda olduğu gibi en fazla 1. ve 2.modelerde olduğu, 3. Modelden 5.modelde doğru gittikçe azaldığı görülmektedir. Düzensiz dalgalarda denklem 6.2’de verilen formülde hesaplanan değişim oranlarına göre, gelen dalga yüksekliğinin artması ile geçen dalga yüksekliğinin arttığı, bundan dolayı azalma oranının değerinin azaldığı Şekil 6.22’deki grafikte görülmektedir.

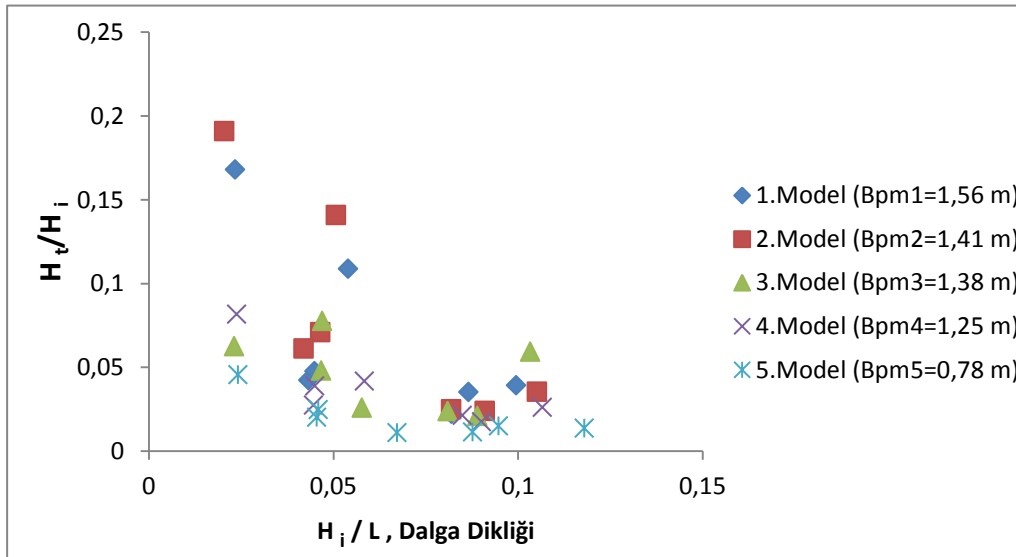


Şekil 6.21 : Düzenli dalgalarda azalma oranının modellere göre değişimi.



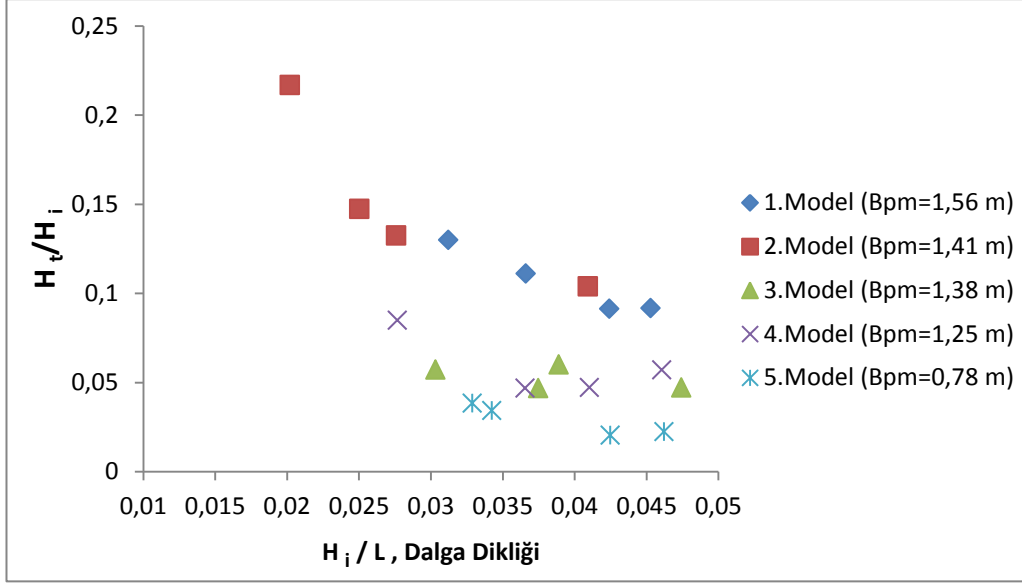
Şekil 6.22 : Düzensiz dalgalarda azalma oranının modellere göre değişimi.

Dalga dikliği H_i/L kıyı yapılarının dizaynında önemli bir parametredir ve dalga kırılması üzerinde etkilidir. Yapılan deneylerde elde edilen sonuçlarda düzenli dalgalarda geçiş katsayısının dalga dikliğine göre değişimi (Şekil 6.23) incelendiğinde, dalga dikliği arttıkça K_T geçiş katsayısı azalmaktadır. Düzenli dalgalarda modellere göre bu azalma eğilimi tamamen boşluklu 2. ve 1.modelde en fazla olduğu, bu iki modele göre daha az geçirgen olan 3. ve 4.modelde azalışın daha az olduğu, çok az geçirgen olan (S.S.S den itibaren tamamı üçtabakalı) 5.modelde en az azalmanın olduğu görülmektedir. Diğer üç modelde geçiş katsayısı düşük olduğundan azalma eğilimi daha azdır. Buradanda anlaşıldığı gibi dalgakıranın .itesinin sonucunda geçirgenlik miktarına bağlı olarak dalga dikliği arttıkça geçiş katsayısı azalmaktadır. Geçiş katsayısı (K_T) ile dalga dikliği (H_i/L) yapılan deneylerin sonucunda ters orantılı olarak değişmektedir.



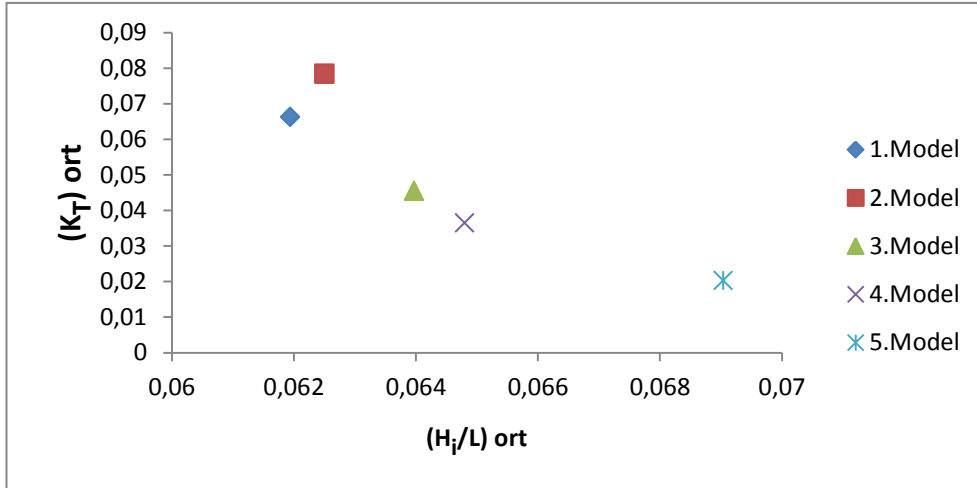
Şekil 6.23 : Düzenli dalgalarda geçiş katsayısının dalga dikliğine göre değişimi (modellere göre).

Düzensiz dalgalarda ise geçiş katsayısının dalga dikliğine göre değişimi (Şekil 6.24) düzenli dalgalarda ki gibi dalga dikliği arttıkça geçiş katsayısı azalmaktadır. Tamamen boşluklu modellerde en fazla azalma olurken, diğer modellerde azalma eğilimi daha az olmaktadır. Burada 3.modelde eğilim azalmakla birlikte en az şekilde devam etmektedir.



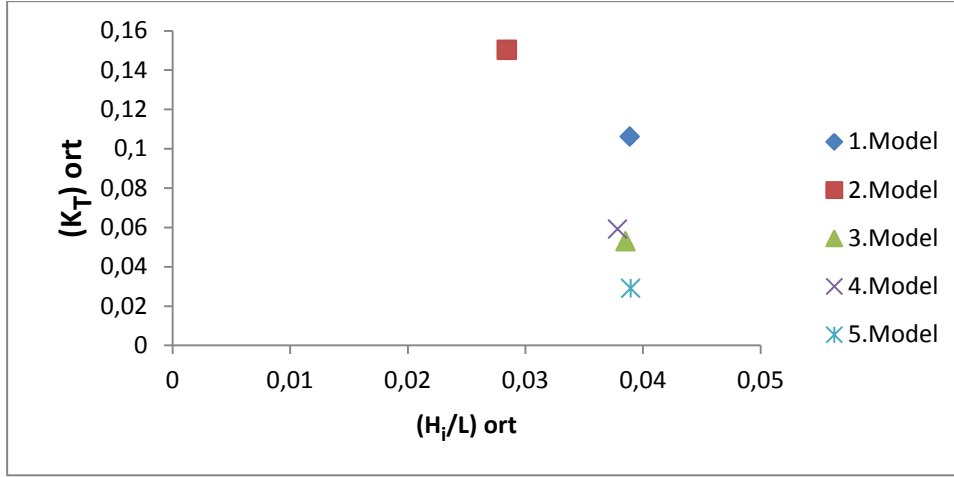
Şekil 6.24 : Düzensiz dalgalarda geçiş katsayısının dalga dikliğine göre değişimi (modellere göre).

Geçiş katsayısı ve dalga dikliği ortalama değerlerinin modellere göre grafiği çizildiğinde düzenli dalgalarda (Şekil 6.25) Dalga dikliği arttıkça geçiş katsayısının azaldığı, aralarındaki ilişkinin ters orantılı olduğu görülmektedir. Dalga dikliğinin artması geçen dalgayı azaltmaktadır.



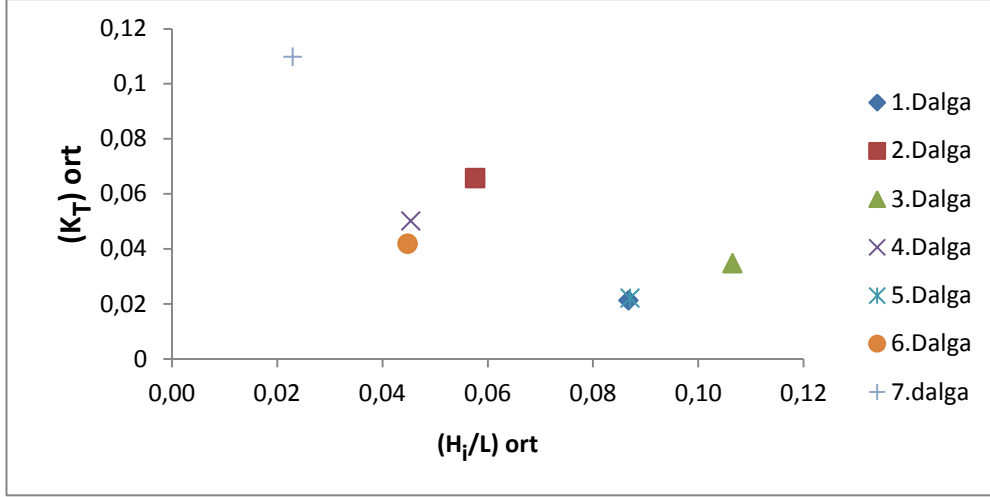
Şekil 6.25 : Düzenli dalgalarda ortalama geçiş katsayısının ortalama dalga dikliğine göre değişimi (modellere göre).

Düzensiz dalgalarda da (Şekil 6.26) ortalama dalga dikliğine göre ortalama geçiş katsayısı incelendiğinde düzenli dalgalarındaki gibi tersorantılı olarak değiştiği görülmektedir. Düzensiz dalgalarda 3,4 ve 5.modellerde ortalama dalga dikliği değerleri birbirine yakın olmasına rağmen ortalama geçiş katsayısı dik bir azalış eğilimindedir.



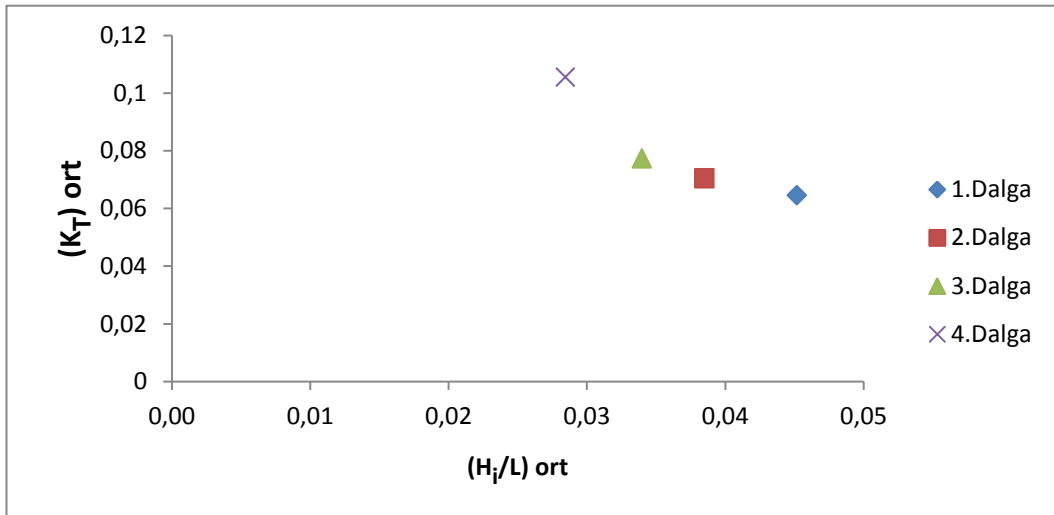
Şekil 6.26 : Düzensiz dalgalarda ortalama geçiş katsayısının ortalama dalga dikliğine göre değişimi (modellere göre).

Deneylerde kullanılan 7 adet düzenli dalgaya göre (Şekil 6.27) incelediğimizde dalga priyodu ve boyunun burada etkili olduğu görülmektedir. En uzun dalga boyuna sahip 7.dalga nın en küçükdalga dikliği ortalama değerine ve buna karşılık en yüksek ortalama geçirgenlik katsayısı değerine sahip olduğu görülür. Dalga dikliğine göre bakıldığında en yüksek dalga boyuna karşılık en küçük dalga dikliği olduğundan 7.dalgalan sonra yaklaşık aynı değere sahip 4ve 6.dalga, daha sonra sırasıyla 2.dalga, yaklaşık aynı değere sahip 1 ve 5.dalga, en küçük dalga dikliği ortalamasına sahip 3.dalga geldiği görülmektedir. Boşluklu dalgakıran deneylerinde gözlemlendiği gibi dalga boyu uzun, periyodu büyük seyrek dalgalarda dalgakırandan dalga geçişinin daha fazla olduğu, küçük periyotlu, kısa dalga boylu, sık dalgaların dalgakırandan geçişinin daha az olduğu gözlemlenmiştir. Burada gelen dalganın boyu ile dalgakıran kret genişliği arasında bir ilişki olduğu görülmüştür. Aşağıdaki grafikte 2.dalğanın dalga boyu 4 ve 6.dalgadan , 3.dalğanın 1 ve 5.dalgadan daha düşük olmasına rağmen geçiş katsayısı ortalamaları daha yüksektir. Buradanda anlaşılabacağı gibi Dalga geçişinde dalga boyu ve kret genişliğinin yanında başka parametrelerinde etkili olmaktadır. Diğer etkin parametre dalgakıranda boşluklu bölümün yeri dolayısıyla dalgakıran geometrisi etkili olmaktadır.

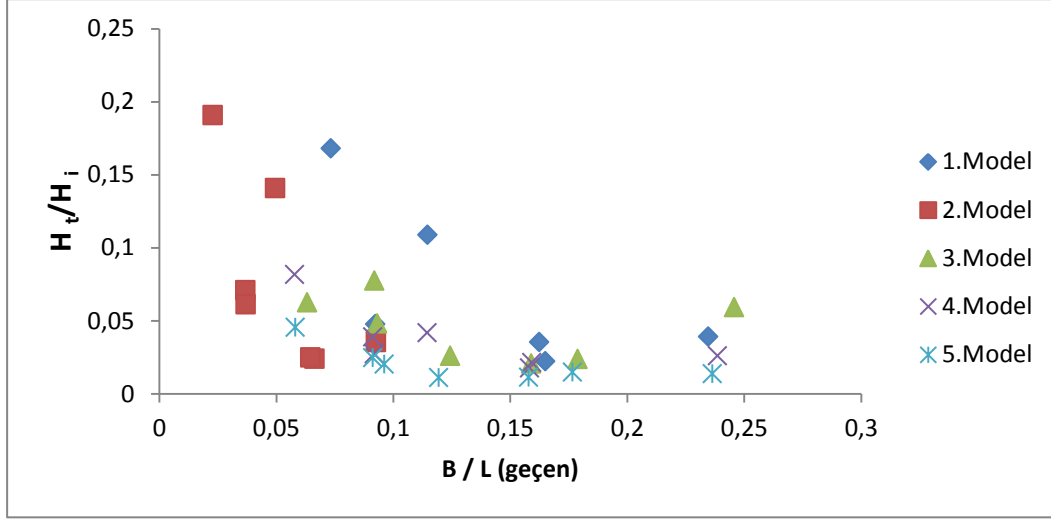


Şekil 6.27 : Düzenli dalgalarda geçiş katsayısının dalga dikliğine göre değişimi (dalgalara göre).

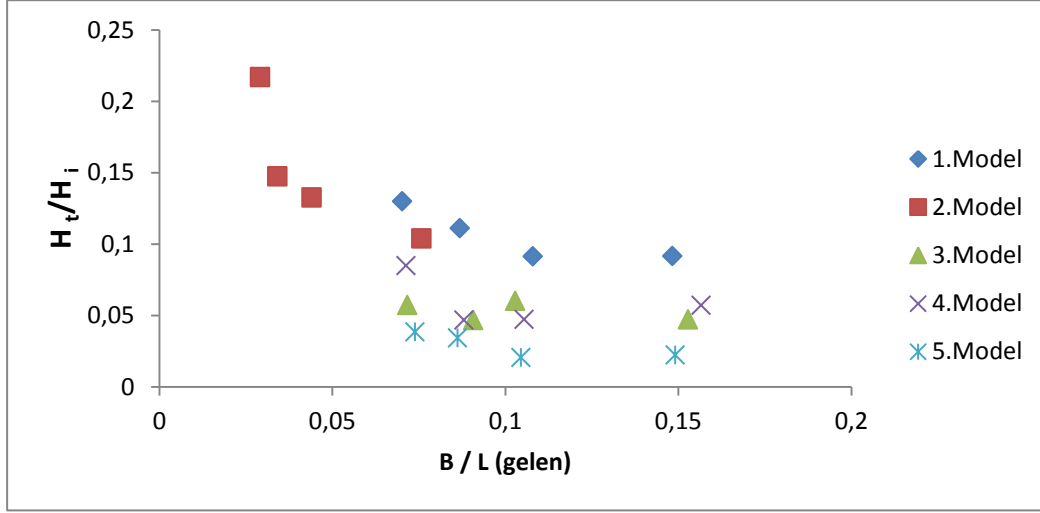
Dalga dikliği ve geçiş katsayılarının ortalamalarına göre elde edilen değişim grafiği düzensiz dalgalarda da (Şekil 6.28) ters orantılı olarak dalga dikliği ortalaması arttıkça geçiş katsayısı ortalaması azaldığı görülmektedir. Düzensiz dalgalarda, dalga boyunun dalga geçişinde direkt etkili olduğu görülmüştür. Dalga boyu en yüksekten en küçüğe sıraladığımızda 4,3,2 ve 1. dalgalarda en yüksek geçiş katsayısı ortalamasında sırasıyla 4,3,2 ve 1. dalgalarda elde edilmiştir.



Şekil 6.28 : Düzensiz dalgalarda geçiş katsayısının dalga dikliğine göre değişimi (dalgalara göre).



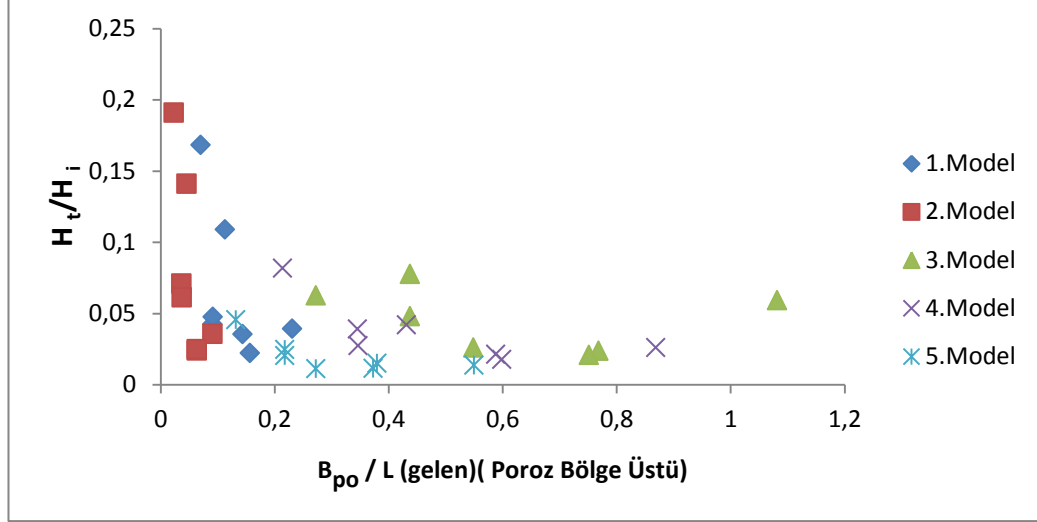
Şekil 6.29 : Düzenli dalgalarda geçiş katsayısının kret genişliğine göre değişimi.



Şekil 6.30 : Düzensiz dalgalarda geçiş katsayısının kret genişliğine göre değişimi.

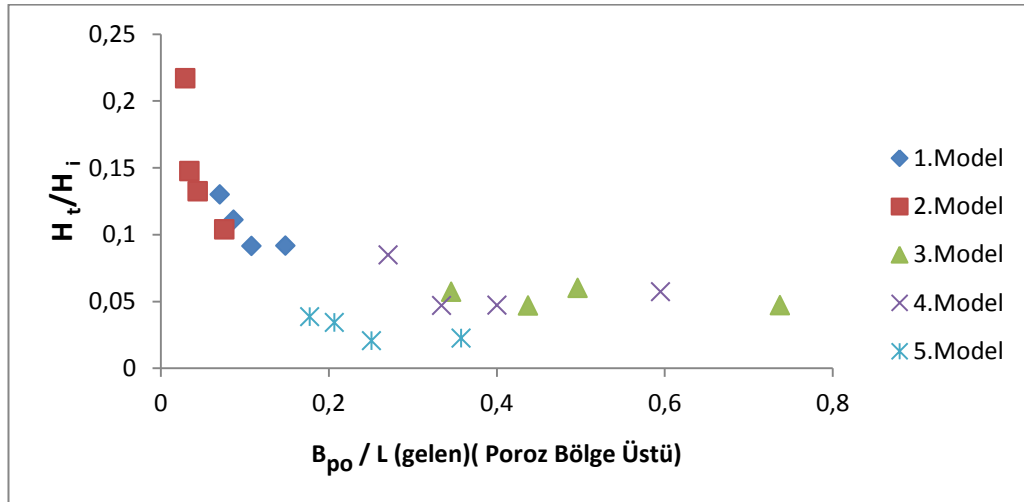
Dalgakıran kret genişliği boşluklu dalgakıranlarda dalga geçişini etkileyen parametredir. Bunun etkisini incelemek için dalgakıran kret genişliği dalga boyuna bölünmesi ile boyutsuz parametre B/L elde edilmiştir. Bu boyutsuz parametrede dalga boyu dolayısıyla dalga periyodunda devreye girmiştir. İki boyutsuz parametre dalga geçiş katsayısı ve B/L parametresinin birbirine göre değişimi, düzenli dalgalar için (Şekil 6.31) grafiği çizilmiştir. Bu grafikte kret genişliği olarak dalgakıranın boşluklu bölgesinin üst kret genişliği alınmıştır. Grafikte B/L parametresi değerinin artması ile dalga geçiş katsayısı değerinin azaldığı görülmektedir. Kret genişliğinin artması ve dalga boyunun azalması ile geçiş miktarı azaldığından dolayı geçiş katsayısı miktarda azalmıştır. Bu durumu aynı yapıdaki 1 ve 2. Modeli kıyaslayarak açıkça görebiliriz. 1.modelin kret genişliği 2.modele göre 15 cm genişletilerek 25

cm'e çıkarılmıştır. 2.modelin en yüksek geçiş katsayısı değerlerine sahip olduğu görülmektedir. B/L değeri 2. Modelde 1. Modele göre daha dar bir aralıkta olamsına karşın, geçiş katsayısındaki azalış en yüksek değerdedir. 1.modelden modelle doğru gidildikçe B/L değeri daha geniş aralıkta artmakta buna karşılık geçirimliğe bağlı olarak geçiş katsayısı daha dar aralıkta azalmaktadır.



Şekil 6.31 : Düzenli dalgalarda geçiş katsayısının, boşluklu bölge üstü kret genişliğine göre değişimi.

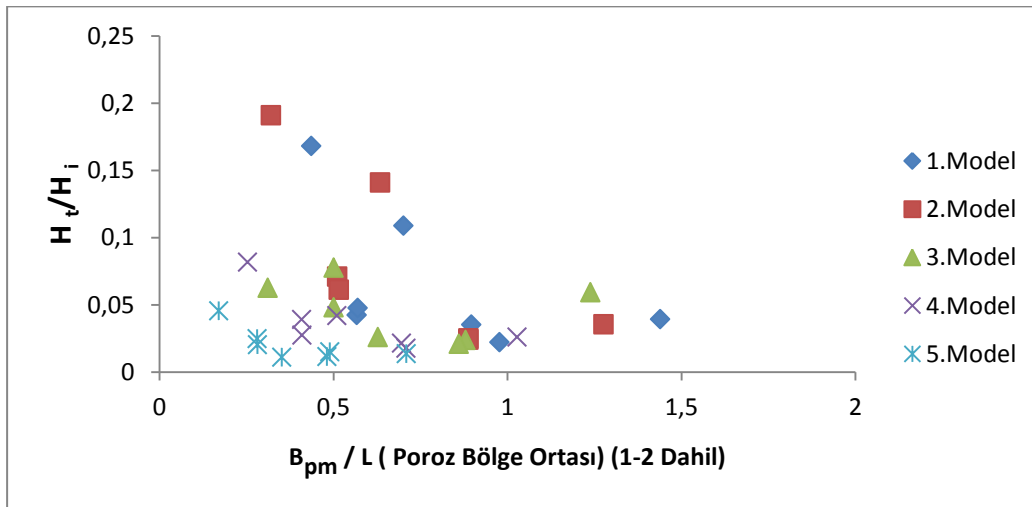
Bu grafik düzensiz dalgalar için (Şekil 6.32) çizildiğinde, düzenli dalgalar ile benzerlik göstermek ile birlikte, 3 ve 4.model değerlerinin birbirlerinin yaklaştığı 3,4 ve 5.modellerde B/L değer artış aralığının daraldığı görülmektedir.



Şekil 6.32 : Düzensiz dalgalarda geçiş katsayısının boşluklu bölge üstü kret genişliğine göre değişimi.

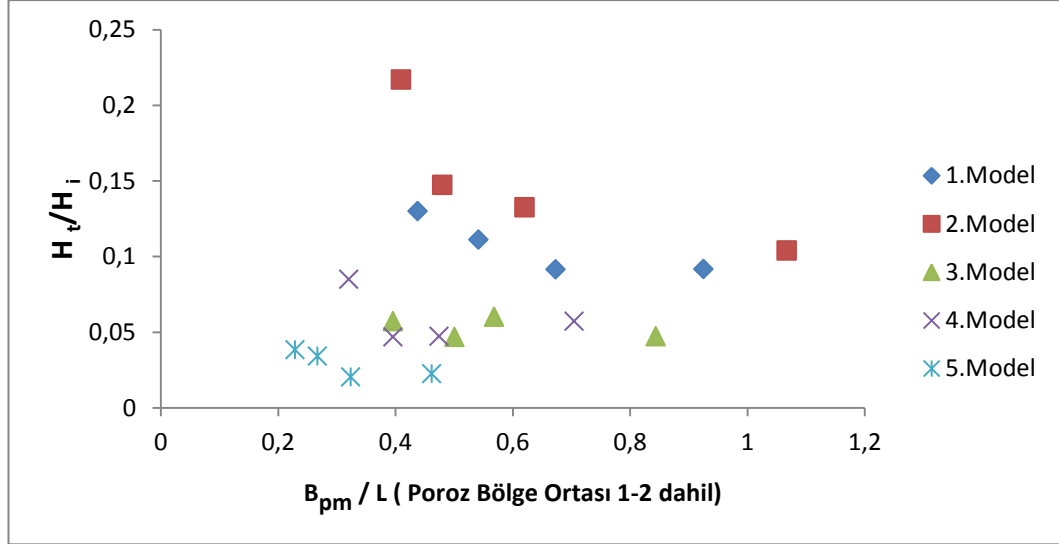
Gelen dalga kırılma, tırmanma ve porozite dolayısıyla dalgakıran içinde geçerken oluşan sürtünme kuvveti ve türbülans ile dalganın enerjisinin bir miktarı harcanır.

Dolayısıyla dalgakıran kret genişliği arttıkça harcanan miktar artacağı için dalga geçişi azalacaktır. Düzenli dalgalarda (Şekil 6.33) boşluklu bölüm orta noktasının kret genişliği arttıkça (boyutsuz parametre B_{pm}/L) geçiş katsayısının azaldığı görülmektedir. Kret genişliğinin etkisini analiz etmek için, tek tabakalı tamamen poroz 1. ve 2.modellerde ,diğer parametreler aynı olarak 2.modelde dalgakıran kret genişliği 25 cm den 10 cm'e indirilmiştir (S.S.S.'den itibaren boşluklu bölümün orta noktasının derinliğe göre boşluklu kret genişliğini 156 cm'den 141cm'e indirilmiştir). Görüldüğü gibi budurumda geçiş katsayısı değerler boşluklu kret genişliğinin azalması ile artmıştır. Bu varılan sonuç aynı geometrik yapıdaki boşluklu dalgakıranlar için geçerlidir. Diğer üç modelde dalgakıran tepe noktasının kret genişliği 1.modelde olduğu gibi sabit 25 cm alınsada, dalgakıran enkesiti boyunca oluşturulan 10 cm boşluklu bölüm kret genişliğinin dalgakıran geometrisine bağlı olarak, 3.4 ve 5.model için 138, 113 ve 78 cm oluşturulmuştur. Bu üç modelde aynı kret üstgenişliğine sahip 1.modele göre boşluklu bölümün sınırlı olmasından ve üç tabakalı yapıda oluşturulmalarından dola dalga geçişi azalmış bundan dolayı geçiş katsayısı azalmış, kret genişliğinin dalga boyuna oranı boyutsuz parametresinin artışına göre azalış eğimi azalmıştır. Burada diğer bir önemli unsur, boşluklu dalgakıranda kret genişliğinin yanında boşluklu bölümün oluşturulduğu su derinliğidir. Üç tabakalı çekirdek tabakasına sahip boşluklu dalgakıranlarda, boşluklu bölümün kret genişliği yanında dalgakıranda derinlik buyunca oluşturulduğu konumuda önemlidir.



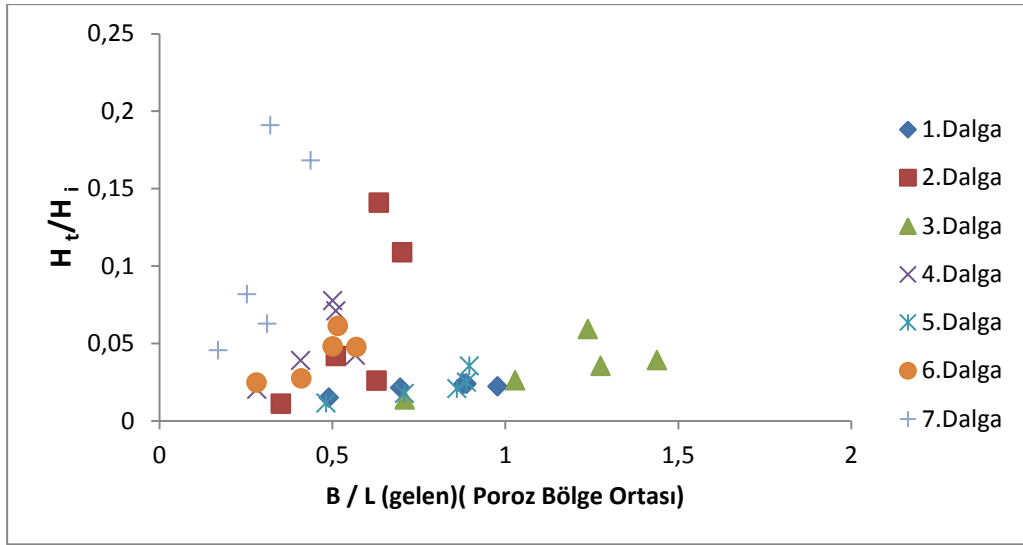
Şekil 6.33 : Düzenli dalgalarda geçiş katsayısının boşluklu bölüm orta noktasının kret genişliğine göre değişimi.

Düzensiz dalgalarda (Şekil 6.34) boşluklu bölüm kret genişliği arttıkça düzenli dalgalarda olduğu gibi geçiş katsayısının azaldığı görülmektedir. 3.modelde gelen dalga boylarındaki değişime rağmen daha kontrollü bir dalga geçişinin sağlandığı geçiş katsayısının sabite yakın çok küçük değerlerde azaldığı görülmektedir. Tamamen boşluklu 1ve 2. Model dalgakıranda geçiş katsayısı değişim değerleri geniş aralıktadır.



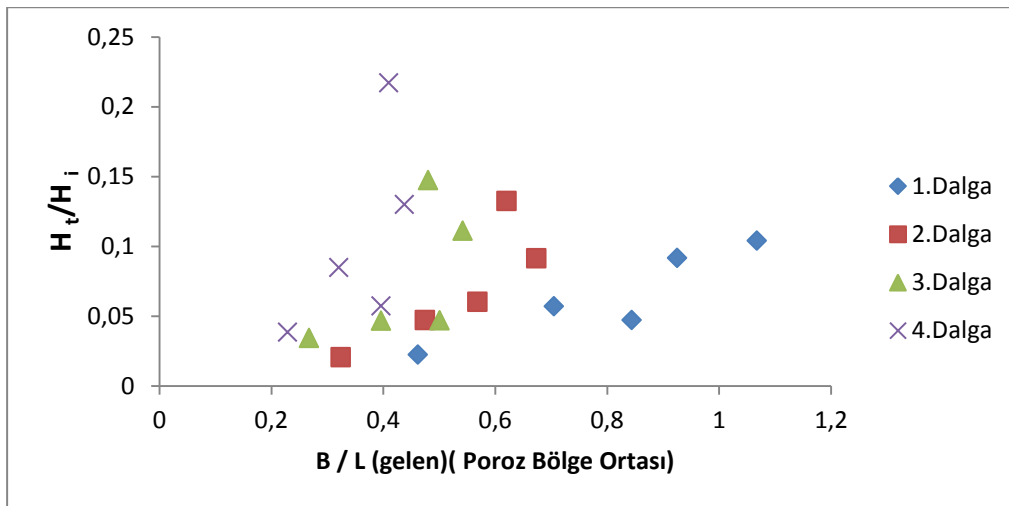
Şekil 6.34 : Düzensiz dalgalarda geçiş katsayısının boşluklu bölüm orta noktasının kret genişliğine göre değişimi.

Modellerin dalgalara yaptığı etkiyi görmek açısından, herbir dalgaya göre, geçiş katsayısının kret genişliğine göre değişimi incelenmiştir. Modellerde dalga geçiş katsayısı üzerinde kret genişliğinin etkisinin uzun dalgalarda kısa dalgalara nazaran daha fazla olduğu anlaşılmaktadır. Düzenli (Şekil 6.35) ve düzensiz (Şekil 6.36) dalgaları için bu durum söz konusudur. Deneylerde kullanılan 7 adet düzenli dalganın oluşturulan 5 modele göre (Şekil 6.31) B/L değerine göre geçiş katsayısı değişimi doğru orantılı olarak artmaktadır. Bu artış eğimi en uzun dalga boyuna sahip 7.dalgada en fazladır olmaktadır. Diğer dalgalarda dalga boyuna göre azalmaktadır. En kısa dalgaboylarına sahip sırasıyla 5, 1 ve 3.dalga'nın modellere göre artış eğimi en düşük olanlardır. Buradanda anlaşılabileceği gibi dalga geçişi üzerinde kret genişliğinin yanında dalga uzunluğunun da etkisi vardır. Bu etki B/L oranının belirli bir değerine kadar etkin olmaktadır.



Şekil 6.35 : Düzenli dalgalarda geçiş katsayısının boşluklu bölüm kret genişliğine göre değişimi (dalgalara göre).

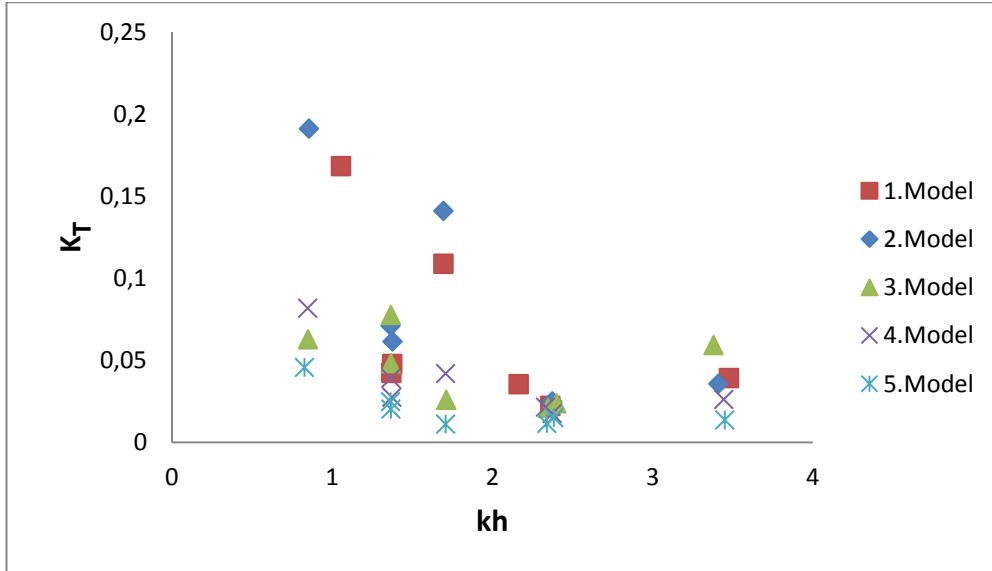
Dalgalara göre B/L değerine göre geçiş katsayısı değişimi düzensiz dalgalarda (Şekil 6.36) doğru orantılı olarak artmaktadır. Bu artış eğimi en büyük dalga boyuna sahip 4.dalgada en fazla olmaktadır. Diğer dalgalarda dalga boyuna göre azalmaktadır. B/L boyutsuz parametre değer değişim aralığı en dar 4.dalganınındır. En küçük dalga boyuna sahip 1.dalgaya doğru değişim aralığı artmaktadır. Buradan da anlaşılabacağı gibi dalga geçişine etki eden kret genişliği uzun dalgaları kısa dalgalara göre daha az etkilemektedir.



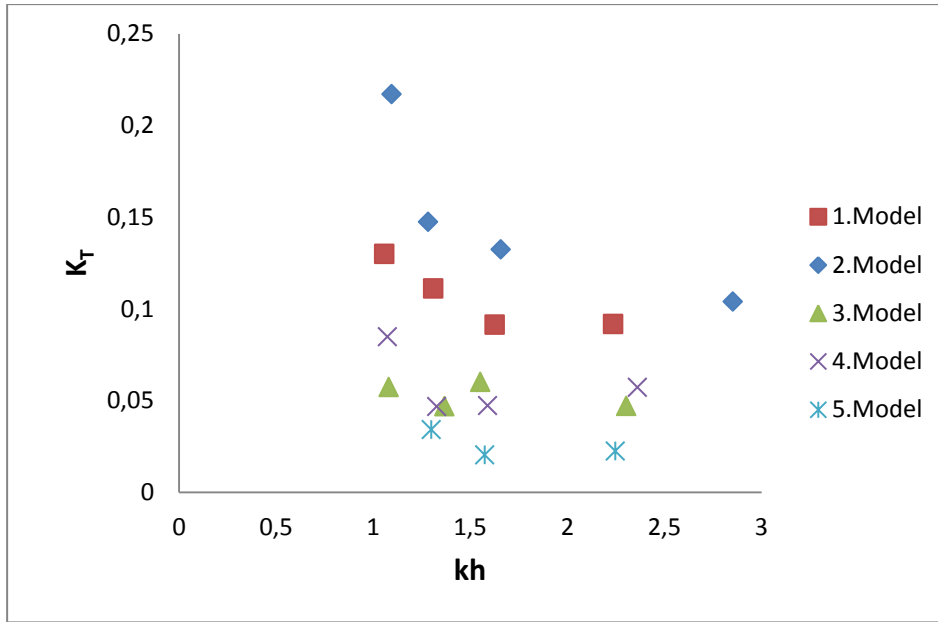
Şekil 6.36 : Düzensiz dalgalarda geçiş katsayısının boşluklu bölüm kret genişliğine göre değişimi (dalgalara göre).

Derinlik (h) ve derinliğin dalga boyuna oranı (h/L ya da $kh=2\pi h/L$) dalganın sığlaşma koşullarını kontrol eden parametrelerdir. Dolayısıyla bu oran dalga periyoduna bağlıdır.

Düzenli dalgalarda geçiş katsayısının (Şekil 6.37) ve düzensiz dalgalarda (Şekil 6.38) gelen dalga sayısı ($k=\frac{2\pi}{L}$) arttıkça geçiş katsayısıda azalmaktadır. Bu azalma eğilimi düzenli dalgalar için kh 'ın 2,5 değerine kadar devam etmekte bu değerden sonra artış göstermektedir. Düzensiz dalgalarda ise, azalış devam etmekte 4 ve 5.modelde kh 'ın 1,5 değerinden sonra artmaktadır. Her iki dalga grubu için dalga boyu kısaldıkça dalda geçişi azaldığından geçiş katsayısı azalmaktadır. Burada bu durumu kontrol eden dalgakıranın geometrik yapısıdır. K_T

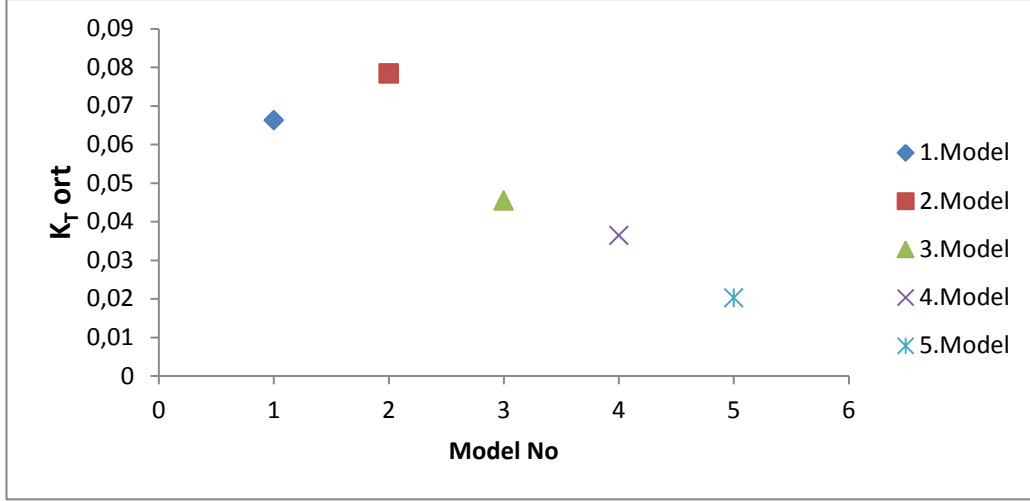


Şekil 6.37 : Düzenli dalgalarda geçiş katsayısının dalga sayısına göre değişimi.



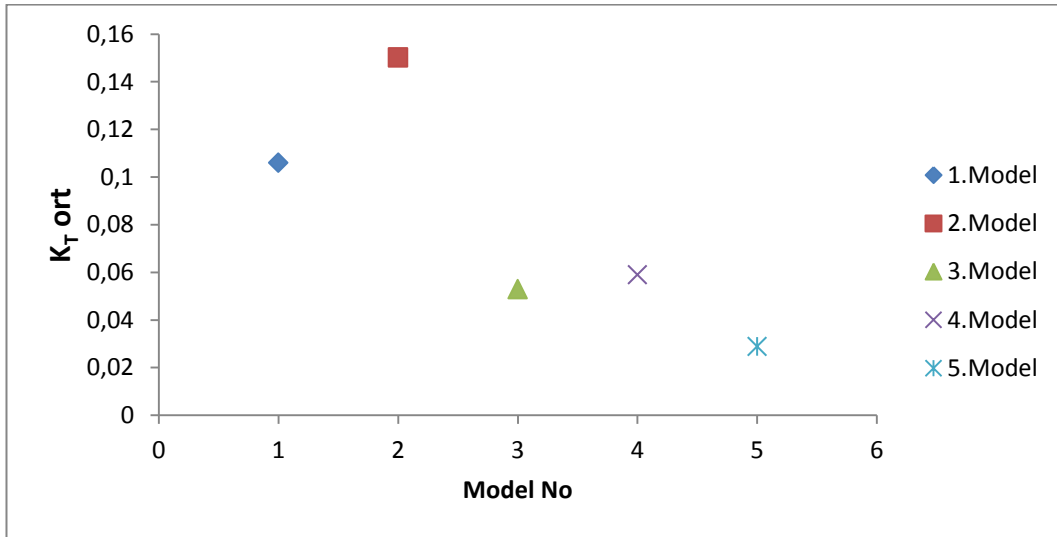
Şekil 6.38 : Düzensiz dalgalarda geçiş katsayısının dalga sayısına göre değişimi.

Herbir model için düzenli dalgalarda kullanılan 7 adet dalganın ortalamaları alınmıştır. Bu ortalama değerlerine bakıldığında (Şekil 6.39) en fazla geçişin tamamen boşluklu ve en dar kret genişliğine sahip 2.modelde olduğu daha sonra aynı özelliklere sahip ve kret genişliği artırılan 1.modelde olduğu, buradanda anlaşılacağı gibi tek tabakalı boşluklu dalgakıranlarda kret genişliğinin artması sonucunda dalgakıran içinde sürtünme kuvvetlerinin artması sonucu ve oluşan türbülansın artmasından dolayı olmasından dolayı harcanan enerji artmış ve geçiş azalmıştır. Üç tabakalı olarak inşaa edilen diğer üç modelde 10 cm yüksekliğinde boşluklu kısım, S.S.S'ne göre 14,6 cm derinlikte oluşturulan oluşturulan 3.modelde en yüksek olduğu, S.S.S'nin hemen altında oluşturulan 4.modelde biraz daha azaldığı ve S.S.S'nin hemen üzerinde oluşturulan 5.modelde en düşük değerde olduğu görülmektedir. Buradanda anlaşılacağı gibi, gelen dalganın dalga yüksekliği (H) dikkate alınarak $\frac{H}{2} > h_p > 0$ değer aralığında K_T ortalama değerinin S.S.S'ne yaklaştıkça azaldığı, dolayısıyla derinlik arttıkça geçişinde arttığı sonucu çıkarılmaktadır. 5.modelde dalga geçişinin sadece dalga tırmanması ile olduğu bununda çok az miktarda olduğu görülmüştür.



Şekil 6.39 : Düzenli dalgalarda geçiş katsayısı ortalamasının modellere göre değişimi.

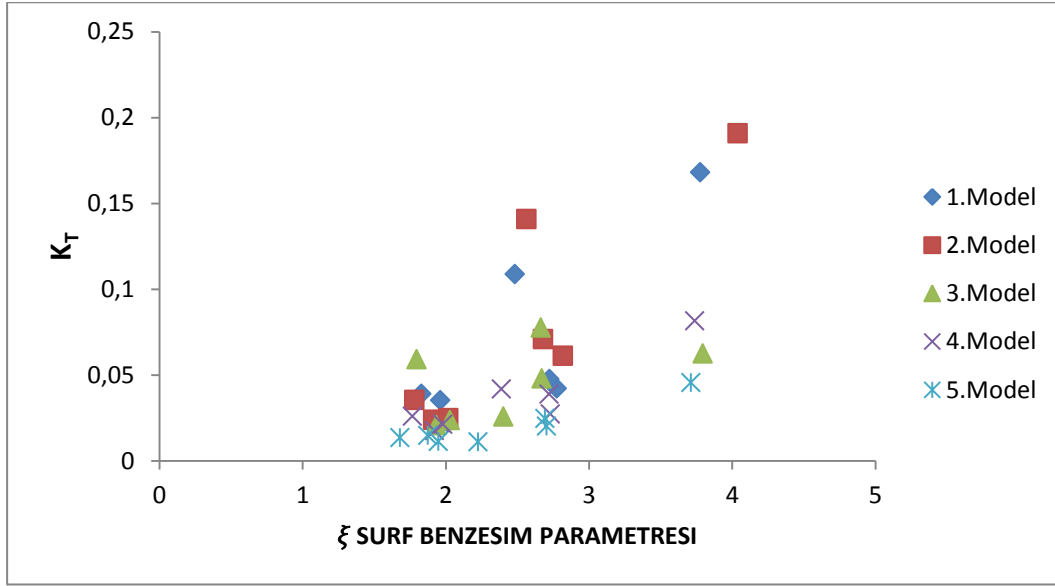
Dört adet düzensiz dalgalanın ortalama geçiş katsayıları(Şekil 6.40) incelendiğinde, modellere göre düzenli dalgalarda olduğu gibi en yüksek değerin 2 ve 1.modelde olduğu daha sonra düzenli dalgalardan farklı olarak 4.modelin 3.modelden fazla olduğu en düşük değerin aynı şekilde 5.modelde olduğu görülmektedir.



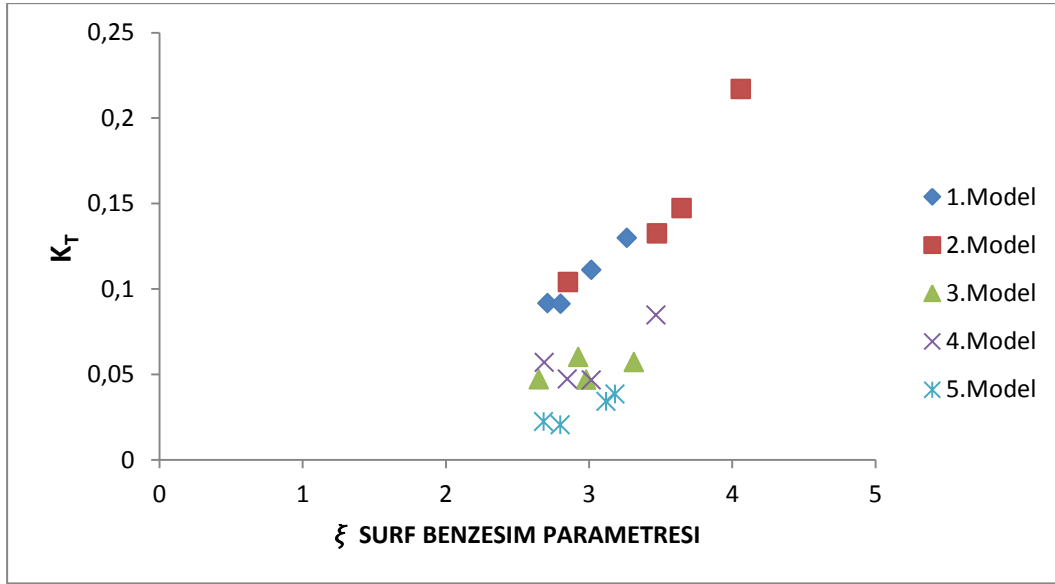
Şekil 6.40 : Düzensiz dalgalarda geçiş katsayısı ortalamasının modellere göre değişimi.

Geçiş katsayısının sörf benzeşim parametresinin (ξ) artışı ile arttığı (Şekil 6.41) görülmektedir. Bu artış 1 ve 2.modellerde en yüksek seviyede iken diğer üç modelde daha azdır. En az artış eğimi üçüncü modeldedir. Düzensiz dalgalarda surf benzeşim parametresi değerlerinin bir miktar arttığı 2,65-4,06 değer aralığında

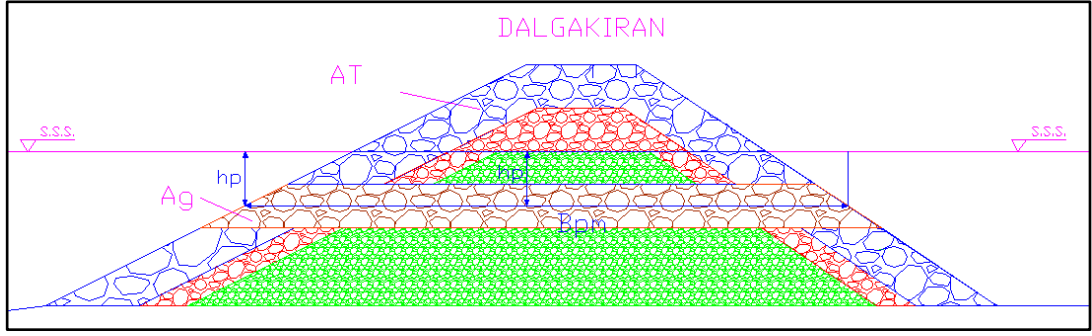
olduğu, geçiş katsayısı ile değişimi analiz edildiğinde (Şekil 6.42) aynı sonuçları verdiği, 1 ve 2. Modellerde eğimin arttığı görülmektedir.



Şekil 6.41 : Düzenli dalgalarda geçiş katsayısının sörf benzeşim parametresine göre değişimi.



Şekil 6.42 : Düzensiz dalgalarda geçiş katsayısının sörf benzeşim parametresine göre değişimi.



Şekil 6.43 : Oluşturulan dalgakıranların boşluklu geometrik yapılarındaki parametreler.

A_T : Dalgakıran en kesitinin toplam alanı (m^2)

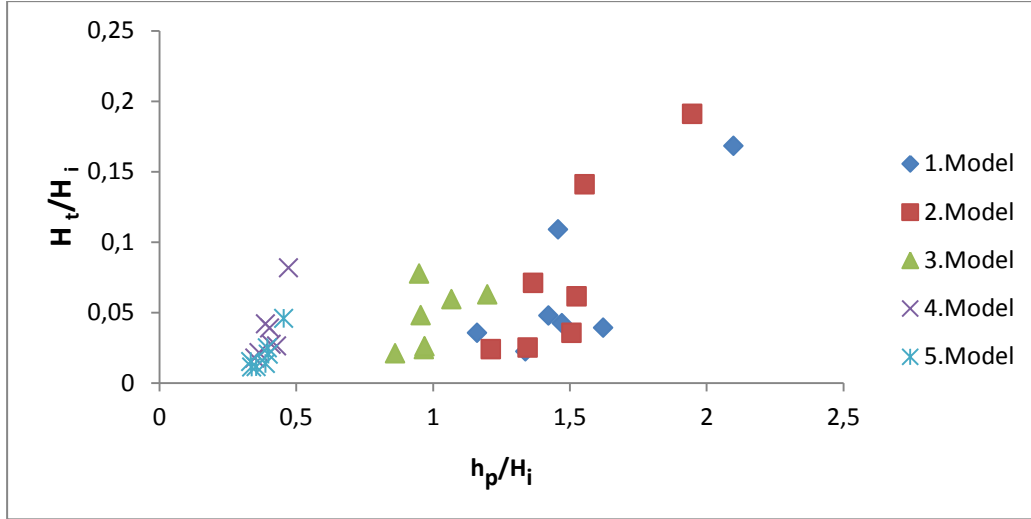
A_g : S.S.S'nin altında dalgakıran en kesitinin, boşluklu bölümünün alanı (m^2)

h_p : Dalgakıran en kesitinin boşluklu bölümünün ortasının S.S.S'den itibaren derinliği (m)

B_{pm} : Dalgakıran en kesitinin boşluklu bölümünün orta genişliği (m)

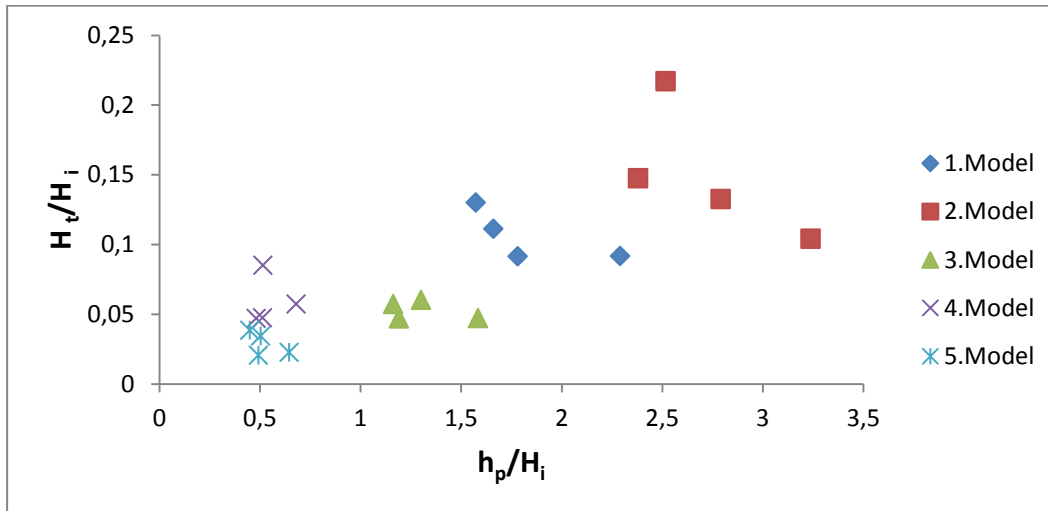
Aşağıdaki grafiklerde, dalgakıran enkesit boyunca oluşturulan boşluklu bölümünün S.S.S'ne göre derinlik boyunca düşey konumunun değiştirilmesi ile dalgakıran geometrisinde yapılan değişikliklerin dalga geçişine, yansımaya, dalga geçiş katsayısına ve yansıma katsayısına etkisi ve sonuçları incelenmiştir.

Düzen dalgalarda, dalga geçiş katsayısı (Şekil 6.44) h_p/H_i parametresi arttıkça artmaktadır. Dalgakıranın boşluklu bölümünün ortasının S.S.S'den itibaren derinliği arttıkça ve gelen dalga yüksekliği azaldıkça, dalga geçiş miktarı arttığından geçiş katsayısı artmaktadır. Burada S.S.S'ne göre en derin h_p değerine sahip ilk iki modelde en büyük geçiş katsayısı değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Diğer üç modelde boşluklu bölümün derinliği azaldıkça geçiş katsayısı değerinin azaldığı, 4 ve 5.modelin değerleri grafikte incelendiğinde görülmektedir. Dalgakıran boşluklu bölge geometrisi dalga geçişini etkilediği anlaşılmaktadır.



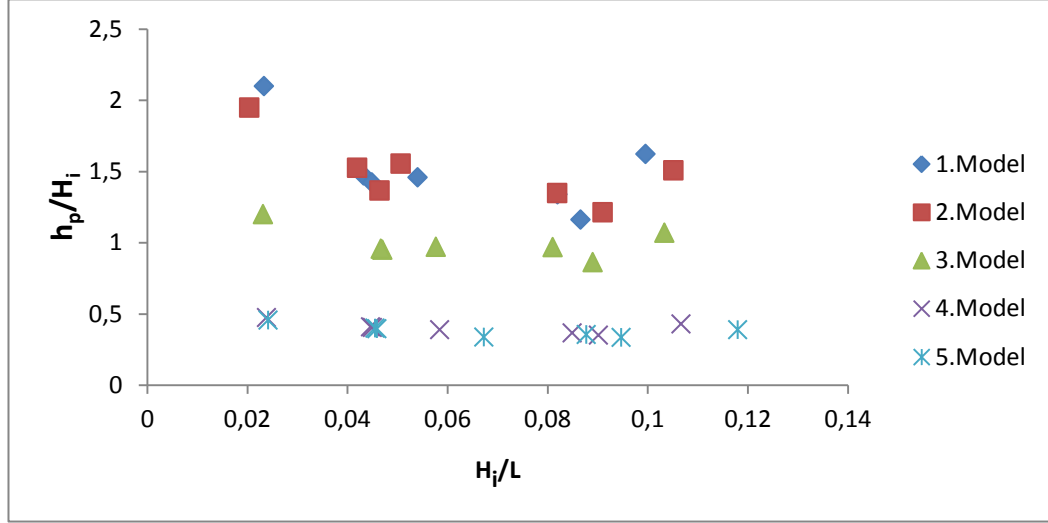
Şekil 6.44 : Düzenli dalgalarda geçiş katsayısının h_p/H_i parametresine göre değişimi.

Dalga geçiş katsayısının h_p/H_i parametresine göre değişimi düzensiz dalgalarda (Şekil 6.45) düzenli dalgaların tersine olmaktadır. h_p/H_i parametresi arttıkça, dalga geçiş katsayısı azalmaktadır. Dalgakıranın boşluklu bölümünün ortasının S.S.S'den itibaren derinliği arttıkça ve gelen dalga yüksekliği azaldıkça, dalga geçiş miktarı azaldığından geçiş katsayısı azalmaktadır. Modellere göre tamamı boşluklu ilk iki modelde azalma eğimi ve değişim aralığı en yüksektir. Diğer üç modelde dalga geçirgenliği azaldığından h_p değerinin artması geçiş katsayısı değerini küçük miktar azaltmakla birlikte fazla değiştirmemektedir.



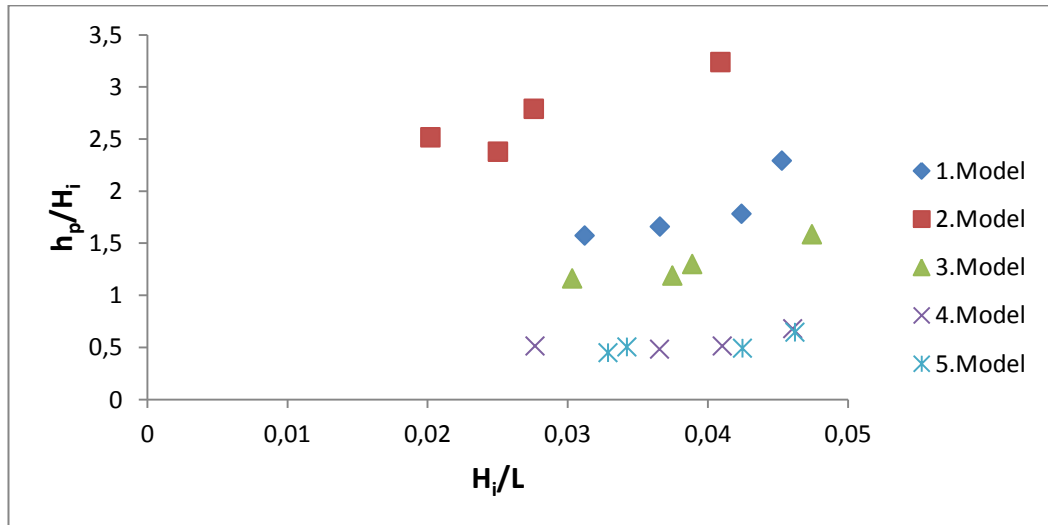
Şekil 6.45 : Düzensiz dalgalarda geçiş katsayısının h_p/H_i parametresine göre değişimi.

h_p/H_i parametresinin dalga dikliğine etkisi, düzenli dalgalarda (Şekil 6.46) incelendiğinde, h_p/H_i parametresi azaldıkça, yani boşluklu bölümün derinliği azalıp gelen dalga yüksekliği arttıkça dalga dikliği artmaktadır. Bu ters orantılı eğim, 1. ve 2. modelde belirgin iken, 3., 4. ve 5. modelde çok düşük değerdedir. Buradanda anlaşılacağı üzere boşluklu bölümün S.S.S.'den ibaret derinliği arttıkça Dalga dikliği değerleri azalmakta, derinlik azaldıkça, S.S.S.'ne yaklaştıkça dalga dikliği değerleri artmaktadır.

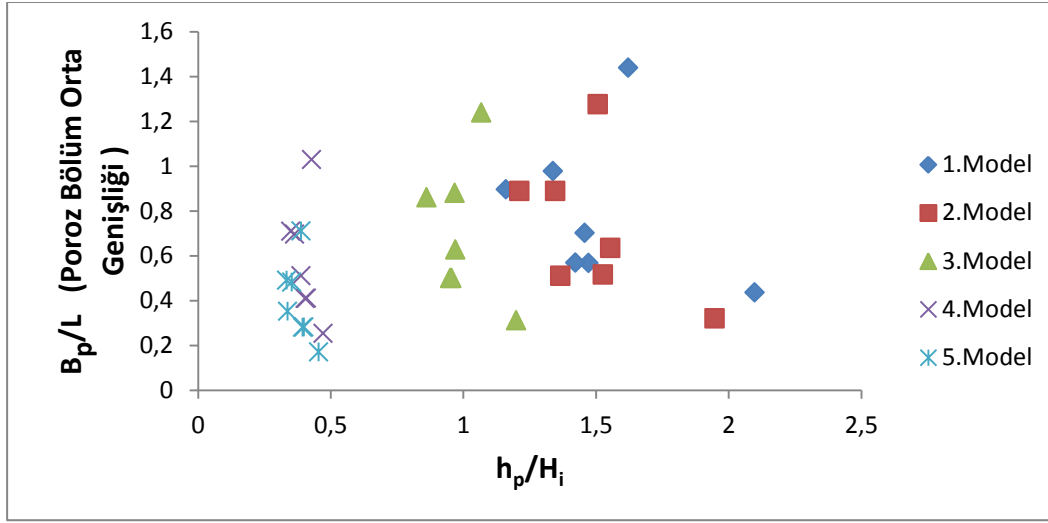


Şekil 6.46 : Düzenli dalgalarda dalga dikliğinin h_p/H_i parametresine göre değişimi.

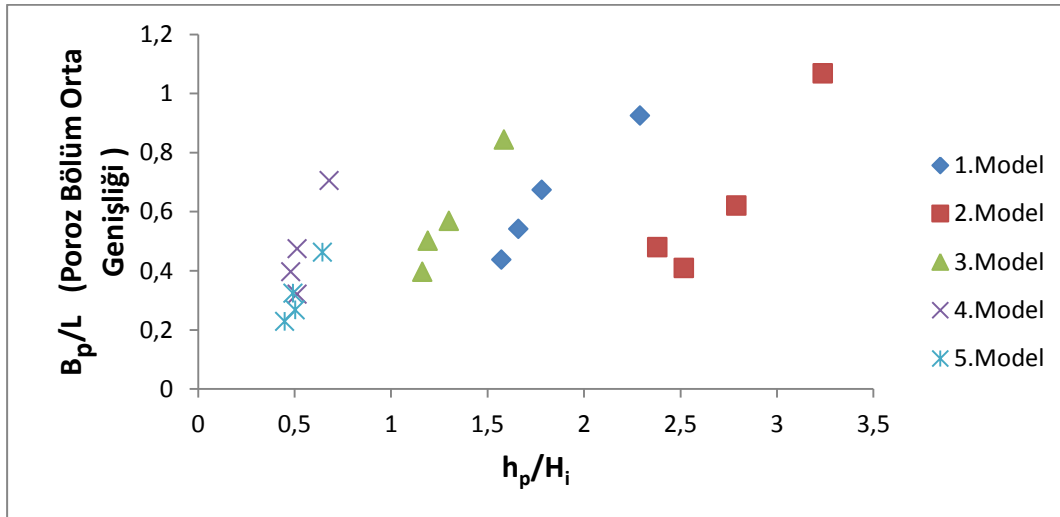
Düzensiz dalgalarda (Şekil 6.47) h_p/H_i parametresinin dalga dikliğine etkisi düzenli dalgalarda olduğu gibi geçirgenlik azaldıkça dalga dikliği artmaktadır.



Şekil 6.47 : Düzensiz dalgalarda dalga dikliğinin h_p/H_i parametresine göre değişimi.



Şekil 6.48 : Düzenli dalgalarda B_p/L parametresinin h_p/H_i parametresine göre değişimi.



Şekil 6.49 : Düzensiz dalgalarda B_p/L parametresinin h_p/H_i parametresine göre değişimi.

Dalgakıran geometrisinde yapılan yapısal değişimlerin birarada meydana getirdiği etkileri belirlemek için aşağıdaki parametreler geliştirilmiştir

$\frac{h_p}{A_g}$ Boşluklu bölümün derinliğinin boşluklu bölüm en kesit alanına oranını bulmak

için

$$P_{AO} = \frac{A_g}{A_T} \quad (6.3)$$

Boşluklu dalgakıranın en kesitinin toplam alanının boşluklu bölümünün alanına oranı

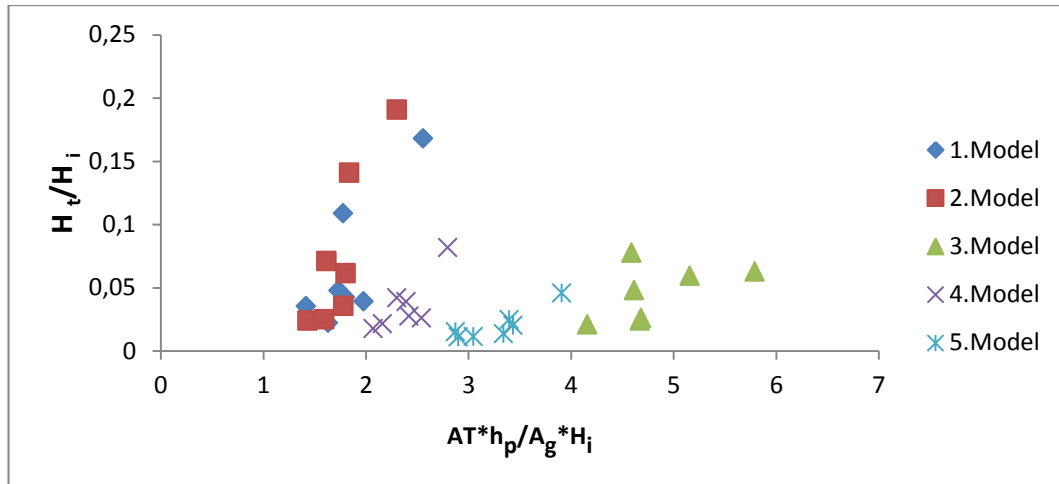
$$P_{DO} = \frac{hp}{H_i} \quad (6.4)$$

Boşluklu dalgakıranın en kesitinin toplam alanının boşluklu bölümünün alanına oranı

$$\frac{P_{AO}}{P_{DO}} = \frac{A_g \times hp}{A_g \times H_i} \quad (6.5)$$

Bağıntısı elde edilmiştir. Bu bağıntı ile gelen dalganın dalgakırandan geçişinde dalgakıran boşluklu bölümün derinliğinin ve en kesit alanının gelen dalganın dalgakırandan geçişinde yaptığı etki ile dalga geçişine etkisi belirlenmiştir.

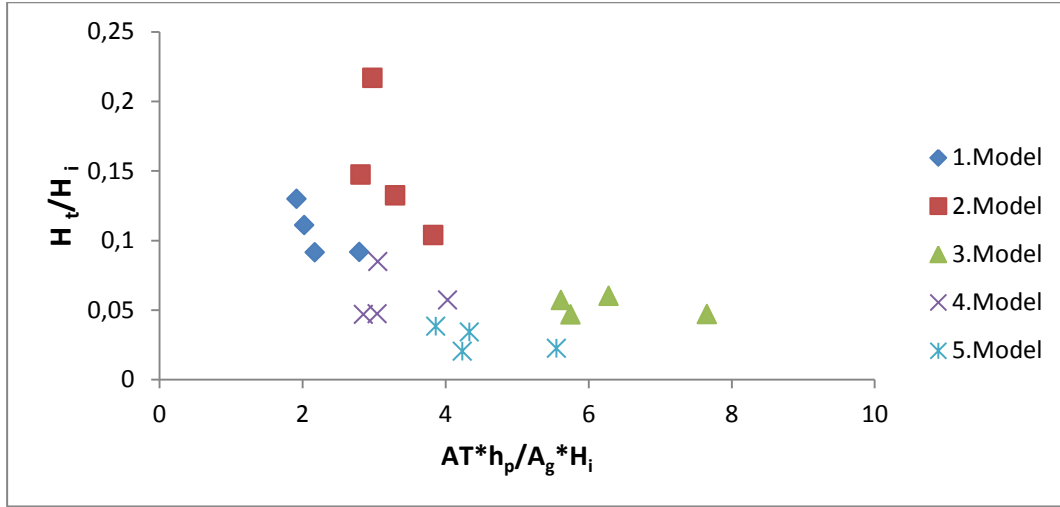
Düzenli dalgalarda (Şekil 6.50) dalgakıranın en kesitinin toplam alanı ve boşluklu bölümün derinliğinin artması, gelen dalga yüksekliğinin azalması ile geçiş katsayısı değeri artmaktadır. Bu artış eğimi boşluklu bölümün S.S.S'nin altındaki dalgakıran en kesitinin, boşluklu bölümünün alanının azalması ile düşmektedir



Şekil 6.50 : Düzenli dalgalarda geçiş katsayısının dalgakıran geometrisine göre değişimi.

Şekil 6.51'deki düzensiz dalgalarda dalgakıranın en kesitinin toplam alanı ve boşluklu bölümün derinliğinin artması, gelen dalga yüksekliğinin azalması ile geçiş katsayısı değeri düzenli dalgalardan farklı olarak azalmaktadır. Burada gelen dalga yüksekliği önemli parametrelerden biridir. Diğer önemli parametreler, hp ve Ag dir. artmaktadır. Geçiş katsayısındaki azalma eğimi daha derin hp değerine ve daha fazla boşluklu Ag alanına sahip ilk iki modelde fazladır. Daha küçük Ag değeri ve

derinlik h_p değerine sahip diğer üç modelde azalmakta hatta 4.modelde yatay bir seyir izleyerek değişmemektedir.



Şekil 6.51 : Düzensiz dalgalarda geçiş katsayısının dalgakıran geometrisine göre değişimi.

6.1.2 Dalga yansıması

Dalga yansımasının derecesi, yansıma katsayısı K_R ile tanımlanır. Liman içindeki çalkantının kabul edilebilir seviyede olması gerekir. Bunun için liman içindeki dalga koşullarını tam olarak tanımlayabilmek için yansıma katsayısını bilmemiz gereklidir.

Yansıma katsayısı, eğim açısına, yüzey pürüzlülüğüne, poroziteye ve ayrıca gelen dalga dikliğine bağlı olacaktır. Sonuç olarak verilen eğim, pürüzlülük ve porozite için dalga yansıması surf benzeşim parametresi ya da Iribarren sayısı (Battjes 1974) olarak bilinen bir parametreye bağlı olacaktır.

$$I_r = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{\frac{H_i}{L_0}}} \quad (6.6)$$

Dökme taş boşluklu kıyı koruma yapıları ve dalgakıranlarda, gelen dalga dalgakıran üzerinde kırılması, boşluklu geçirimsizlikten dolayı dalganın bir miktarı dalgakıran içinden geçmesinden ve dalga tırmanmasında ve çekilmesinde pürüzlülük ve poroziteden dolayı dalganın büyük miktarı sönmüldüğünden yansıma miktarı az ya da hiç olmamaktadır. Bu özelliklerinden dolayı liman içi çalkantının önlenmesinde

tercih edilmektedirler. Yansıyan dalganın (H_r), gelen dalgaya (H_i) oranı ile $K_R = \frac{H_r}{H_i}$ yansıma katsayısı elde edilmektedir.

Dalga yansıma katsayısı dalgakıranın eğimine, yüzey pürüzlülüğüne, poroziteye ve geometrisine bağlıdır. Ayrıca gelen dalganın dikliğine de bağlıdır. Dalgakıran eğimi, pürüzlülüğü ve porozitesi ile dalga yansıması, surf benzeşim sayısı ya da Iribaren sayısı olarak bilinen parametreye bağlıdır. Dalga kırılma tipi yansımayı etkilemektedir.

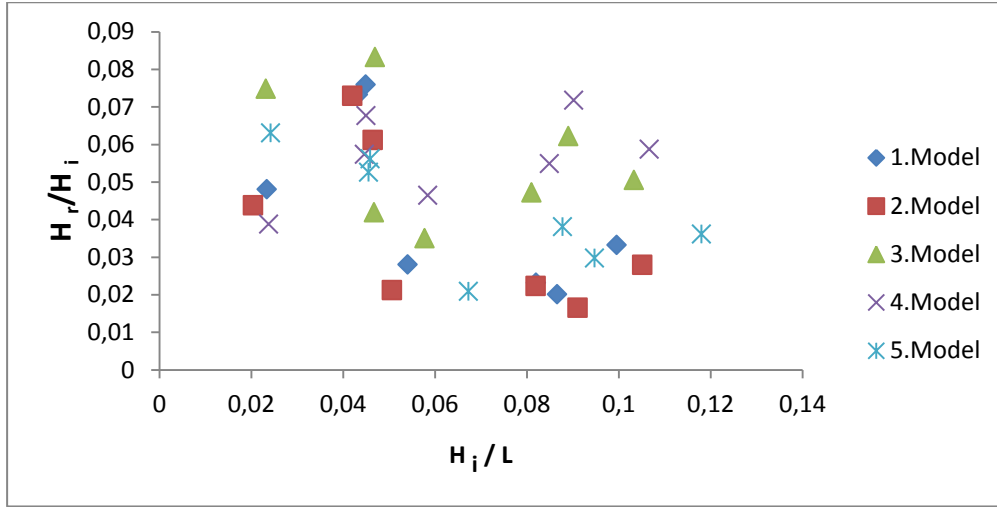
Oluşturulan beş modelin, dalga yansıtma özellikleri düzenli dalga deneylerinin tamamında incelenmiştir.

Dalga yansıma katsayısı K_R 0,017 ile 0,105 arasında değerlere sahiptir. Buradan da anlaşılacağı üzere gelen dalganın % 1,7 si ile 10,5'i aralığında miktarı yansımaktadır.

Düzenli dalgalar için dalgakıranın ön tarafındaki problemler ile ölçülen dalga kayıtlarından ve video kayıtlarından dalganın dalgakırana geliş süresi ve hızı hesaplanmış ve buna göre dalganın temiz kayıt süresince kaç dalga geçeceği ve yansıyan dalganın hangi T süresinde gelen dalga ile üst üste bineceği belirlenmiştir. Düzensiz dalgalarda problemler arası mesafeden dolayı hesaplanan yansıyan dalga hesaplarının doğruluğu düşük olduğundan düzensiz dalgaların yansıma durumu bu çalışma kapsamında analiz edilmemiştir. Düzenli dalgalar için önemli boyutlu ve boyutsuz parametrelere göre dalga yansıması durumu, yansıma katsayısının değişimi incelenmiştir.

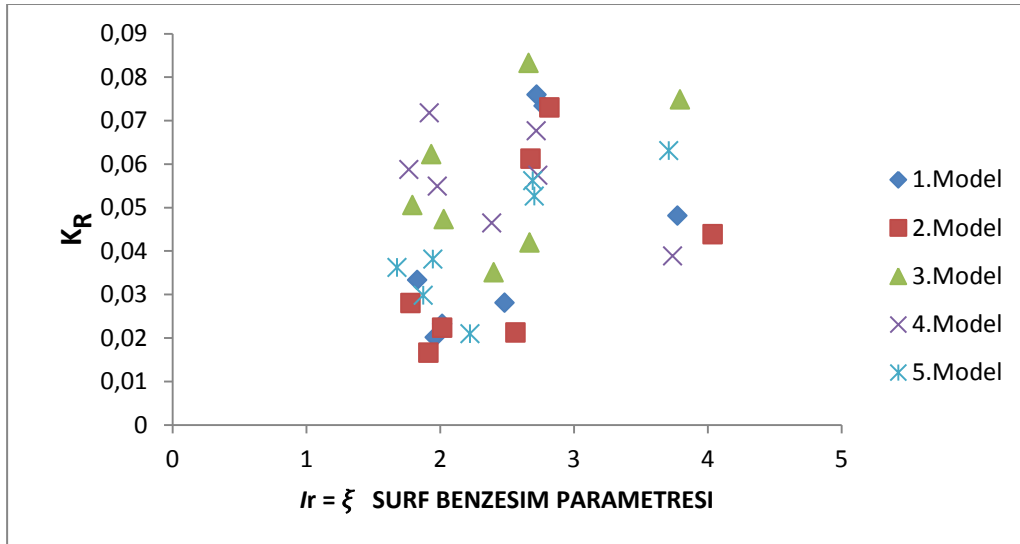
Dalga yansıma katsayısının, önemli bir parametre olan dalga dikliğine göre değişimi (Şekil 6.52) incelendiğinde 1,2,3 ve 5. Modellerde dalga dikliği arttıkça azalma eğiliminde olduğu, 4.modelde ise bir miktar artış olduğu görülmektedir. 1 ve 2. Modellerde tamamı boşluklu olduğundan geçiş miktarı en fazla dolayısıyla yansıma miktarı en az olmaktadır. 3,4 ve 5. Modellerde üç tabakalı dalgakıran oluşturulduğundan 3.modelde boşluklu kısım S.S.S'ne göre en derinde olduğundan, çekirdek ve ikinci tabaka bu boşluklu kısımdan itibaren devam ettiğinden dolayı yansıma değeri en üst değerlerde olmaktadır. Tabaka sayısı yansıma katsayısını etkilemektedir.

Dökme taş dalgakıranlarda yansıma kısmen ya da tamamen yapının geçirgenliğine bağlıdır.



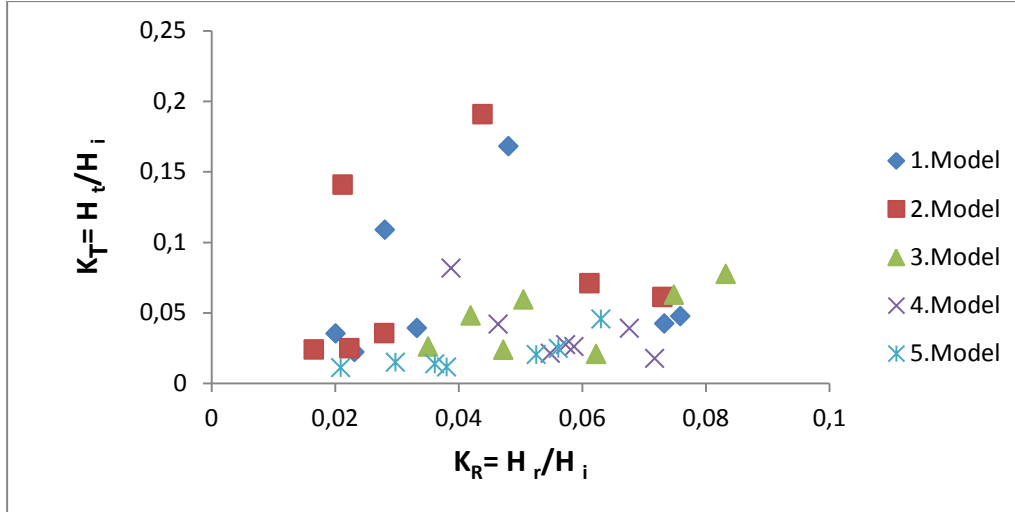
Şekil 6.52 : Düzenli dalgalarda yansıma katsayısının dalgakıran dalga dikliğine göre değişimi.

Geçiş katsayısı kısmında belirtildiği gibi benzer şekilde dalga kırılma tipinin yansıma durumunu etkilediği görülmektedir. Sörf benzeşim parametresi değerinin artması ile yansıma katsayısı değerinin arttığı (Şekil 6.53), 4.model için bunun tam tersi azaldığı görülmektedir.



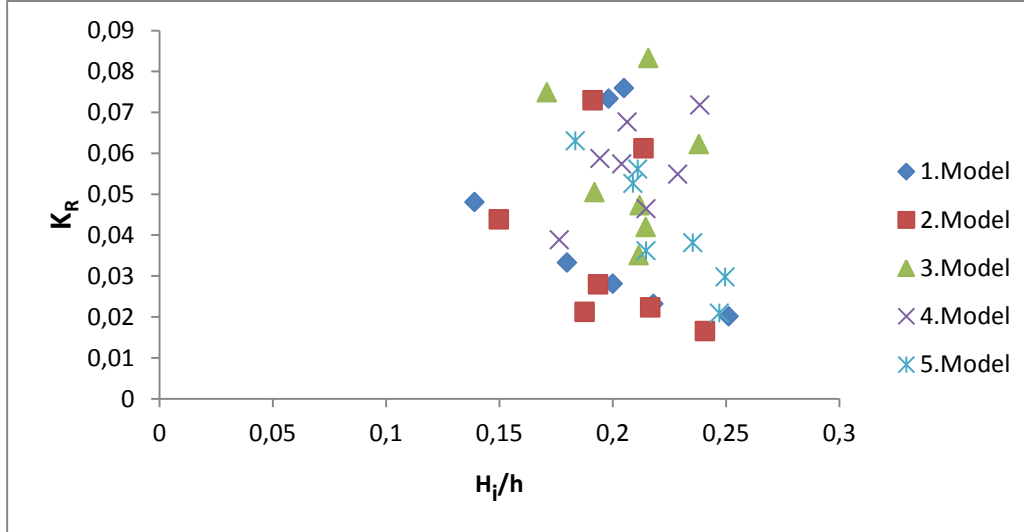
Şekil 6.53 : Düzenli dalgalarda yansıma katsayısı sörf benzeşim parametresine göre değişimi.

Boşluklu dalgakıranlarda enerji hesabında önemli iki parametre, dalga geçiş katsayısının dalga yansıma katsayısına göre değişimi analiz edildiğinde (Şekil 6.54) geçiş katsayısı arttığında yansıma katsayısının arttığı 4.modelde azaldığı görülmektedir. Tamamen boşluklu ilk iki modelde geçiş katsayısı değerlerinin yansıma katsayısı değerlerine göre daha yüksek olduğu, üç tabakalı diğer üç modelde ise yansıma katsayısı değerlerinin geçiş katsayısı değerlerinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu durumda geçiş fazla olan modellerde yansımanın azaldığı, fakat üç farklı malzemeden oluşturulan çekirdek malzemesine sahip dalgakıranlarda boşluklu bölümün geometrisine bağlı olarak geçiş sağlanmakta, daha düşük porozite değerlerine ve taş boyutuna sahip ikinci ve üçüncü tabaka sebebiyle gelen dalga dalgakıran içerisinden büyük kısmı geçememekte bundan dolayı yansıma değerleri artmaktadır. 5.modelde 3 ve 4.modelden farklı olarak S.S.S.'sinin üzerinde ikinci tabaka olmayıp sadece boşluklu bölge ve 1.tabaka olmasından dolayı bu bölgede geçiş artmış dolayısıyla yansıma azalmış, fakat S.S.S.'sinin altında boşluklu bölge olmaması ve üç tabakadan oluşan geometrik yapıdan dolayı dalga geçişi azalmış ve bu kısım için yansıma katsayısı artmıştır. S.S.S.'sinin altı ve üstü birarada yansıma durumunun tamamına bakıldığında, 3,4 ve 5.modeller arasında en düşük yansıma katsayısı değerlerinin 5.modelde meydana geldiği görülmektedir. Buradan elde edilen sonuca göre yansıma katsayısı üzerinde S.S.S.'sinin üzerindeki dalga koşullarının dolayısıyla dalga tırmanması vesonrasında dalga çekilmesi durumunda tamamen boşluklu olan bu bölgeden dolayı geçiş artmış ve yansıma değerleri düşmüştür. İkinci olarak S.S.S.'sinin altındaki kısmında yansıyan dalga koşullarını etkilediği belirlenmiştir. Zira bu bölüm için aynı yapıda S.S.S.'sinin üst kısmına sahip 1.2 ve 5.modellerde 1 ve 2. Modellerde S.S.S.'sinin alt kısmının tamamen boşluklu olmasından dolayı geçiş artmış yansıma azalmış 5.modelde çekirdek tabakasına sahip üç tabakalı malzemeye sahip yapısından dolayı geçiş azalmış ve yansıma değerleri artmıştır.



Şekil 6.54 : Düzenli dalgalarda geçiş katsayısının yansımaya katsayısına göre değişimi

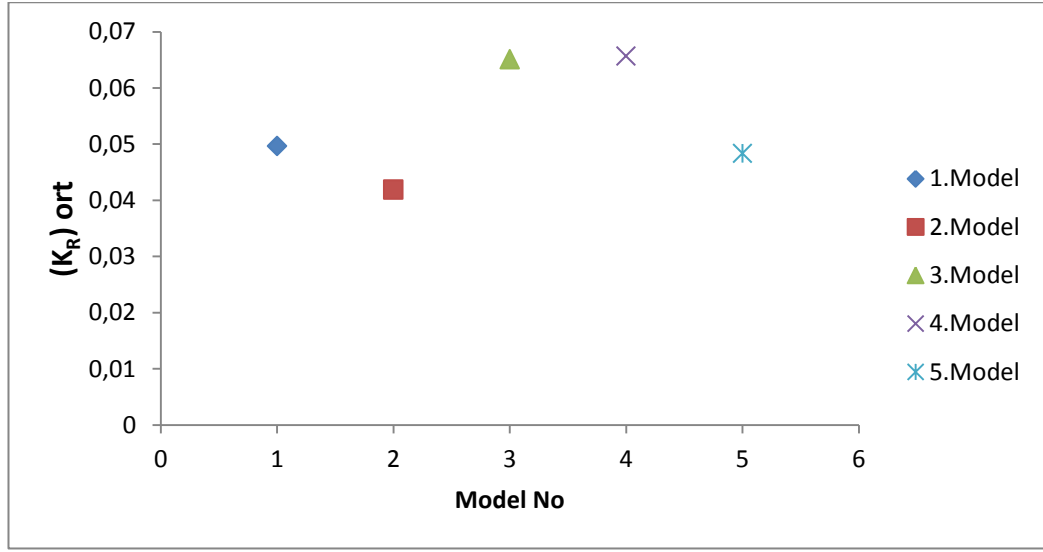
Yansımaya katsayısının düzenli dalgalarda boyutsuz H_i/h parametresi arttıkça yani gelen dalga yüksekliği arttıkça 4.model hariç diğer dört modelde azaldığı (Şekil 6.55), 4.modelde ise artış olduğu görülmektedir. Gelen düzenli dalga yüksekliği arttıkça yansımaya katsayısının 4.model hariç azaldığı söylenebilir.



Şekil 6.55 : Düzenli dalgalarda yansımaya katsayısının yansımaya H_i/h 'a göre değişimi

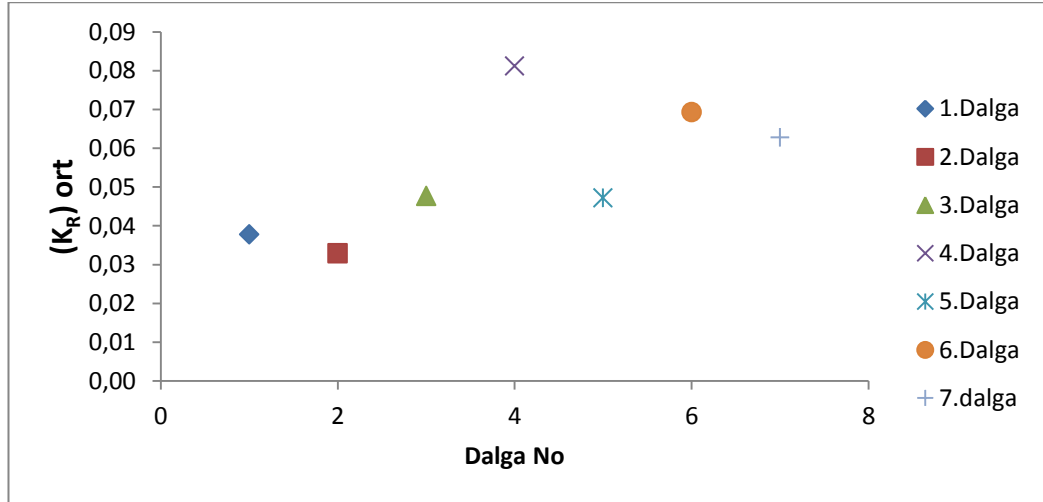
Modellere göre ortalama yansımaya katsayıları analiz edildiğinde (Şekil 6.56), tamamen boşluklu tek tabakalı iki modelden, en fazla dalga geçişi olan 2.modelde en düşük yansımaya değerine, daha sonra kret genişliğinin artması ile geçiş miktarı azalan 1.model'in yansımaya değerine sahip olduğu görülmektedir. Üç tabakalı olarak oluşturulmuş diğer üç modelde S.S.S.'sinin üzerinde 1 ve 2.tabakanın olmasından

dolayı yansımaya miktarı artmış ve bu bölümü tamamen boşluklu olan 5.modeldegeçişin artması ile yansımaya katsayısı değeri düşmüştür.



Şekil 6.56 : Düzenli dalgalarda ortalama yansımaya katsayısının modellere göre değişimi

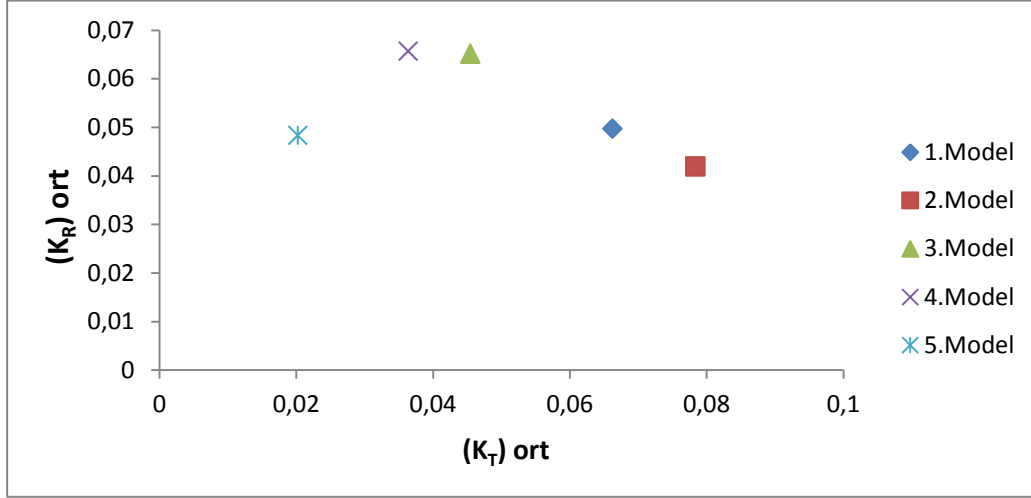
Dalgalara göre ortalama yansımaya katsayıları analiz edildiğinde (Şekil 6.57), en yüksek değerin 4.dalgaya, en düşük değerin 2.dalgaya ait olduğu görülmektedir.



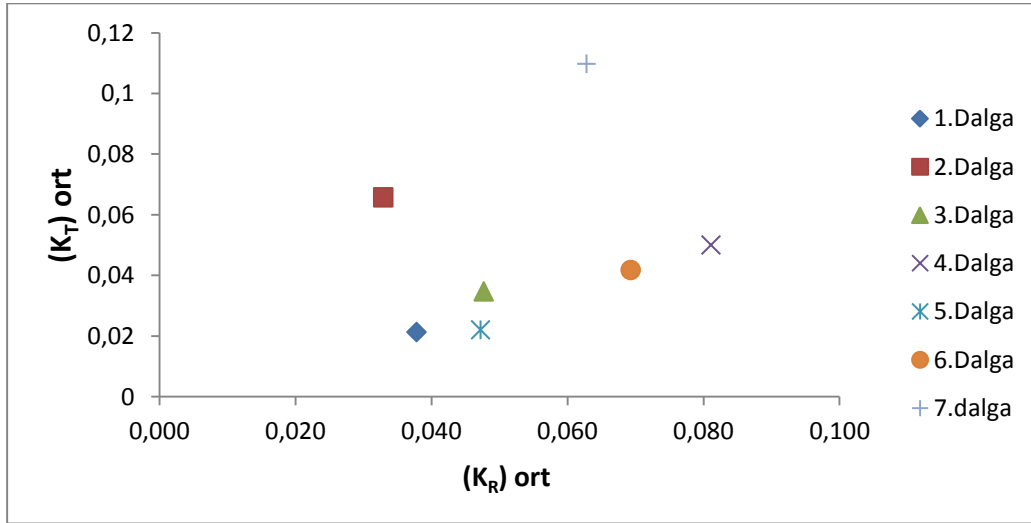
Şekil 6.57 : Düzenli dalgalarda ortalama yansımaya katsayısının dalgalara göre değişimi

Modellere göre ortalama yansımaya katsayısı arttıkça geçiş ortalama geçiş katsayısının ters orantılı olarak azaldığı görülmüştür (Şekil 6.58). Yukarıda bahsedildiği gibi dalgakıranın geometrik yapısından dolayı burada 5.model en düşük ortalama geçiş katsayısı değerine sahip olmasına rağmen en yüksek ortalama yansımaya katsayısı

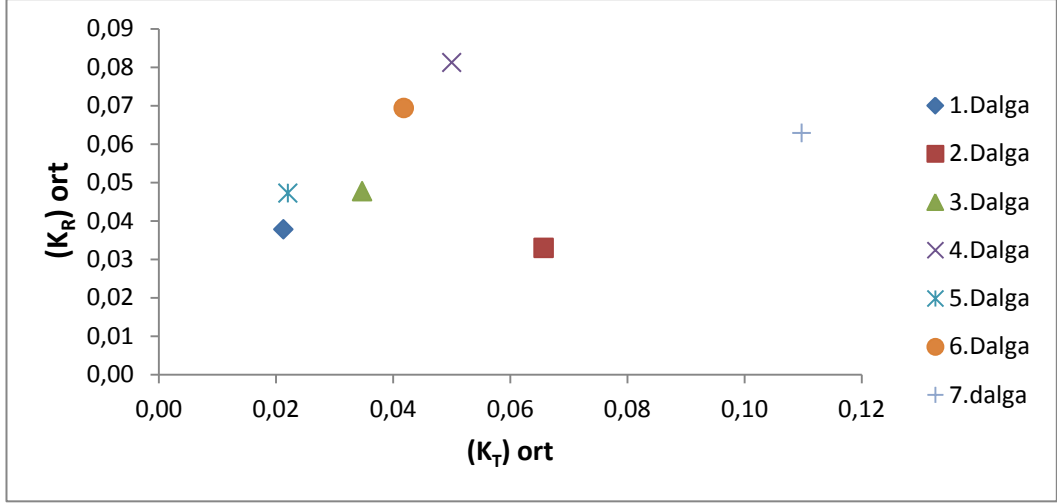
değerini almamıştır. Dalgakıranın geometrik yapısı dalga geçiş ve yansıma koşullarını kontrol etmektedir.



Şekil 6.58 : Düzenli dalgalarda ortalama yansıma katsayısının, ortalama geçiş katsayısına göre değişimi (modellere göre).



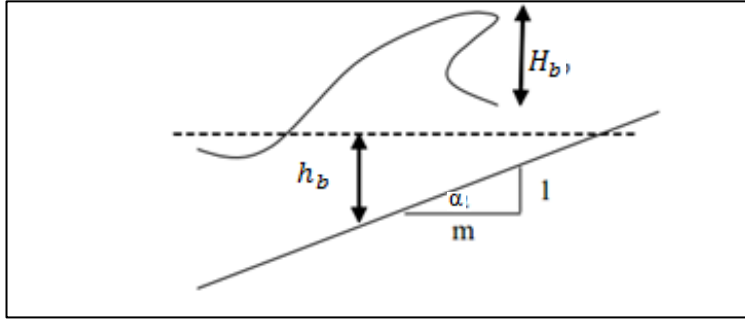
Şekil 6.59 : Düzenli dalgalarda ortalama yansıma katsayısının, ortalama geçiş katsayısına göre değişimi (dalgalara göre).



Şekil 6.60 : Düzenli dalgalarda ortalama yansımaya katsayısının, ortalama geçiş katsayısına göre değişimi (dalgalara göre).

6.1.3 Dalga kırılması

Dalga yüksekliği derinlik ve dalga boyunun her ikisi ile sınırlıdır. Kırılan dalga yüksekliği olarak adlandırılan, dalga yüksekliğinin üst sınırı, derin suda dalga boyunun bir fonksiyonudur. Sığ suda ve geçiş bölgesinde derinlik ve dalga boyunun her ikisinin bir fonksiyonudur. Dalga kırılması karmaşık bir olaydır ve dalga mekaniğinde deneysel ve nümerik olarak kapsamlı şekilde araştırılmıştır.



Şekil 6.61 : Dalga Kırılması.

Dalga kırılma şeması Şekil 6.61’de verilmiştir. Burada;

H_b : Kırılan dalga yüksekliği

h_b : Kırılma derinliği

m : Taban eğimi

α : Dalga geliş açısı’dır.

Düzenli dalgalar tek bir derinlikte hemen hemen sabit bir dalga yüksekliğine sahip olarak kırılırlar. Düzensiz dalgalar ise düzenli dalgalarda olduğu gibi sabit bir kırılma derinliğinde kırılmazlar. Büyük dalgalar kıyıdan daha açıkta kırılırlar. Dalga yüksekliği azaldıkça kırılma derinlikleri kıyı çizgisine yaklaşır.

Düzensiz dalgaların meydana getirdiği bu karmaşık durum genellikle “ortalama bir kırılma hattı”nın tanımlanmasıyla üstesinden gelinmeye çalışılmıştır. Bu hat belirgin dalga yüksekliğinin (H_s veya H_{rms}) meydana geldiği yer olarak tariflenmekte ve belirgin kırılma hattı olarak belirlenmektedir (Yüksel ve diğ., 1998).

$$\xi = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{H/L}} \quad (6.7)$$

Düzenli dalgalarda surf benzeşim parametreleri incelendiğinde beş modelde de ilk altı dalganın kırılma şeklinin plunging tipi ($0,5 < \xi < 3$), yedinci dalganın sönümlenerek kırılan tipte kırıldığı ($\xi > 3,5$) hesaplanmıştır. Düzensiz dalgalarda, 1.dalga beş modelde, 2.dalga 1,3,4 ve 5.modelde , 3.dalga 3.modelde kıvrılarak kırılan tipte, 2.dalga 2.model, 3.dalga 1, 4 ve 5.modelde, 4.dalga 1,3,4 ve 5.modelde düşerek kırılan tipte ($\xi \approx 3 - 3,5$), 3.dalga 2.model ve 4.dalga 2.model surging tipi kırıldığı hesaplanmıştır. Kırılan dalga yüksekliği;

$$H_b = 0,39xg^{0,2}x(TxH_0^2)^{0,4} \quad (6.8)$$

formülünden bulunabilir (Komar ve Gaughan, 1979).

Burada;

H_b : Kırılan dalga yüksekliği

g : Yerçekimi ivmesi

T : Dalganın periyodu

H_0 : Gelen dalganın yüksekliği

$$\gamma_b = \frac{H_b}{h_b} = 0,78 \quad (6.9)$$

Şeklinde bir tanımlama ile h_b hesaplanmıştır.

Komar ve Gaughan tarafından elde edilmiş formül kullanılarak elde edilen dalgaların kırılma yükseklikleri ve kırılma indeksinden elde edilen kırılma derinlikleri, düzenli dalgalar için Çizelge 6.5’de düzensiz dalgalar için Çizelge 6.6’da verilmiştir.

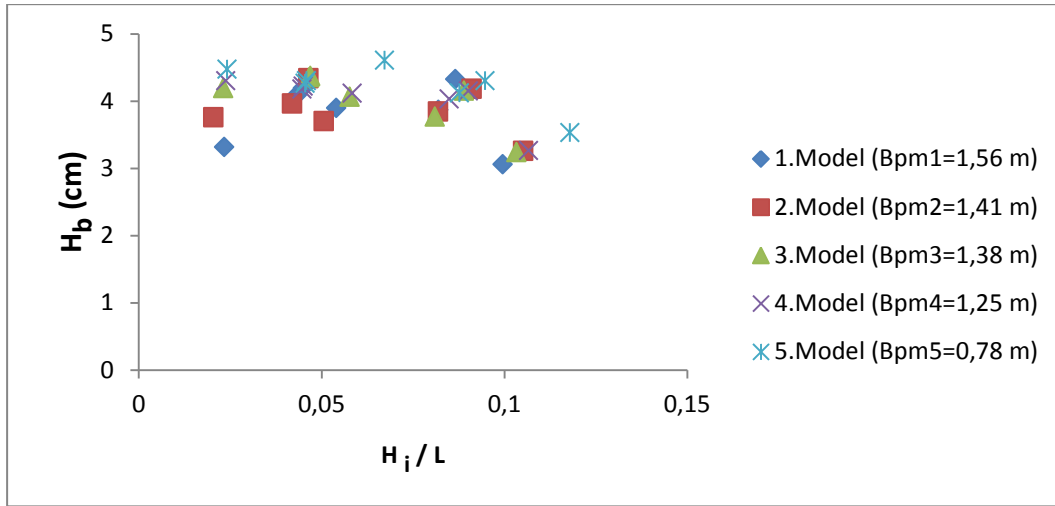
Çizelge 6.5 : Düzenli dalgalarda kırılan dalga yükseklikleri ve kırılma derinlikleri

Model No	Deney No	$H_b(cm)$	$h_b(cm)$	Model No	Deney No	$H_b(cm)$	$h_b(cm)$
1	1001	3,865	4,955	4	1067	4,028	5,164
1	1002	3,895	4,993	4	1068	4,112	5,272
1	1003	3,057	3,920	4	1069	3,261	4,181
1	1004	4,084	5,236	4	1070	4,221	5,412
1	1005	4,325	5,545	4	1071	4,149	5,319
1	1006	4,192	5,374	4	1072	4,176	5,354
1	1007	3,314	4,249	4	1073	4,301	5,515
2	1023	4,180	5,359	5	1089	4,299	5,512
2	1024	3,700	4,744	5	1090	4,603	5,901
2	1025	3,256	4,174	5	1091	3,528	4,523
2	1026	4,339	5,563	5	1092	4,261	5,462
2	1027	3,841	4,925	5	1093	4,119	5,280
2	1028	3,961	5,078	5	1094	4,299	5,511
2	1029	3,758	4,819	5	1095	4,471	5,732
3	1045	3,766	4,828				
3	1046	4,060	5,205				
3	1047	3,240	4,154				
3	1048	4,374	5,607				
3	1049	4,152	5,323				
3	1050	4,354	5,582				
3	1051	4,189	5,370				

Çizelge 6.6 : Düzensiz dalgalarda kırılan dalga yükseklikleri ve kırılma derinlikleri

Model No	Deney No	$H_b(cm)$	$h_b(cm)$	Model No	Deney No	$H_b(cm)$	$h_b(cm)$
1	1008	2,543	3,261	4	1074	2,438	3,126
1	1009	3,352	4,297	4	1075	3,347	4,291
1	1010	3,754	4,813	4	1076	3,696	4,739
1	1011	4,170	5,347	4	1077	3,723	4,773
2	1030	1,831	2,348	5	1096	2,571	3,296
2	1031	2,331	2,989	5	1097	3,472	4,451
2	1032	2,830	3,629	5	1098	3,586	4,598
2	1033	2,833	3,632	5	1099	4,111	5,270
3	1052	2,559	3,281				
3	1053	3,290	4,218				
3	1054	3,651	4,681				
3	1055	3,979	5,102				

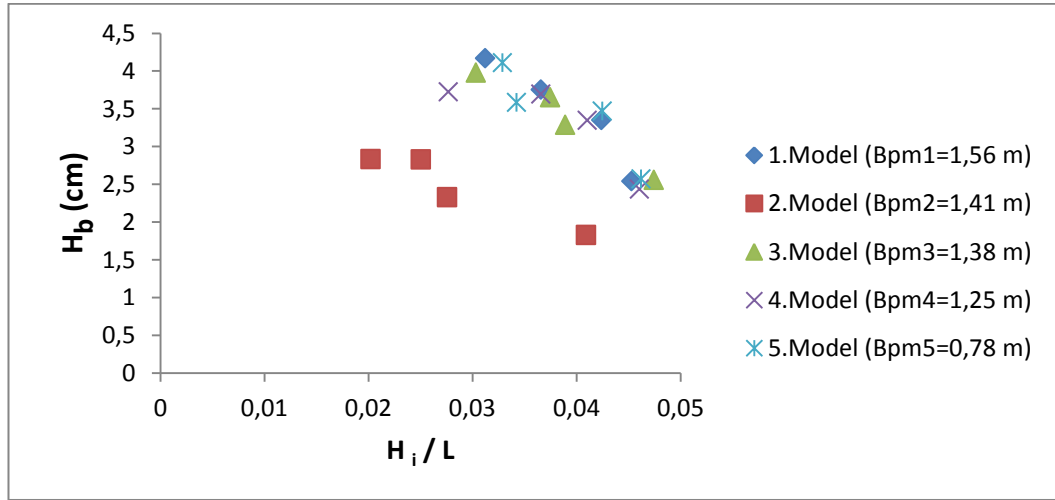
Kırılmadan gelen dalga, dalgakıran yapısı üzerinde şevde tırmanırken kırılmaktadır. Enerjinin büyük bölümü burada harcanmaktadır. Hesaplanan dalga kırılma yüksekliğinin düzenli dalgalarda (Şekil 6.62) ve (Şekil 6.63) dalga kırılma derinliği, dalga dikliği arttıkça azaldığı görülmektedir. Bu ters orantılı azalma eğimi tek tabakalı boşluklu dalgakıran modellerinde yataya yakın olmakta; dalga dikliği değerinin artması dalganın kırılma yüksekliği ve kırılma derinliğini çok az değiştirmekte; bundan dolayı etkisinin fazla olmadığı söylenebilir. Diğer üç tabakalı üç modelde dalga dikliğinin artması ile kırılan dalga yüksekliği ve dalga derinliği değerlerinin daha fazla azaldığı görülmektedir. Bu üç modeldeki değişim eğimi birbirlerine paralel seyretmektedir.



Şekil 6.62 : Düzenli dalgalarda dalga kırılma yüksekliğinin dalga dikliğine göre değişimi.

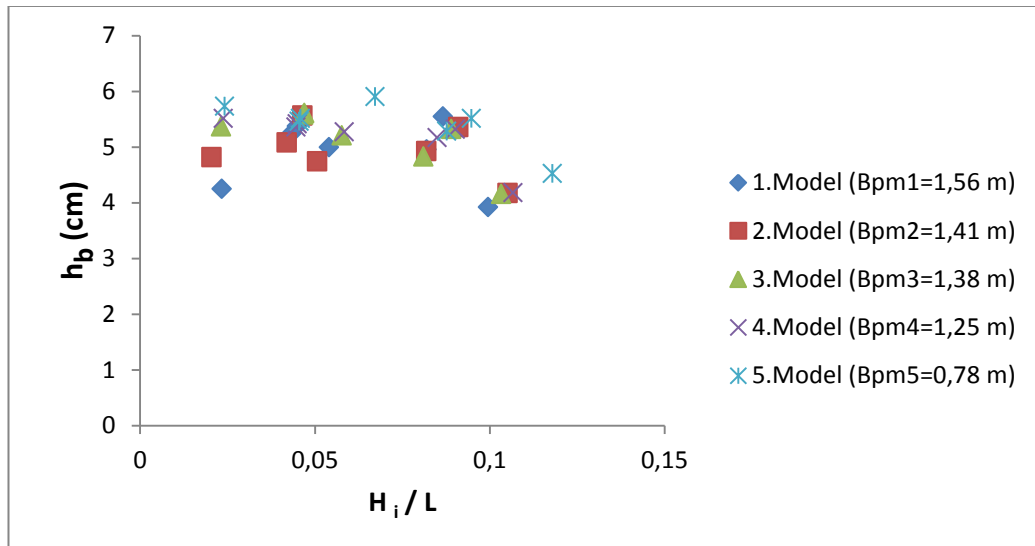
Düzensiz dalgalarda ise dalga dikliği arttıkça kırılan dalga yüksekliğinde (Şekil 6.63) ve dalga kırılma derinliğinde (Şekil 6.64), azalmanın düzenli dalgalara göre daha fazla olduğu görülmektedir. Dalga dikliği arttıkça kırılan dalga yüksekliğinin ve kırılma derinliğinin azalma eğiliminin beş modelde yaklaşık paralel olmakla birlikte en yüksek değerlerin 1.modelde olduğu görülmektedir. Burada 1 ve 5 modelin S.S.S'den itibaren dalgakıranın üst enkesiti aynı yapıdadır. Her ikiside kret genişliği 25 cm olan tek tabakalı yapıdadır. Geçirgenliği en yüksek 2.modelin en düşük dalga kırılma yüksekliği ve dalga dikliği değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Düzensiz dalgalarda geçirgenlik arttıkça dalga kırılması yüksekliği azalmakta, dalga dikliği ile

olan ters orantılı değişimi azalmaktadır. Dalga kırılma derinliğide geçirgenlik arttıkça ters orantılı olarak azalmaktadır. Bundan dolayı geçirgenlik arttıkça dalgalar yüzeye S.S.S. 'ne yakın olarak kırılmaktadır.

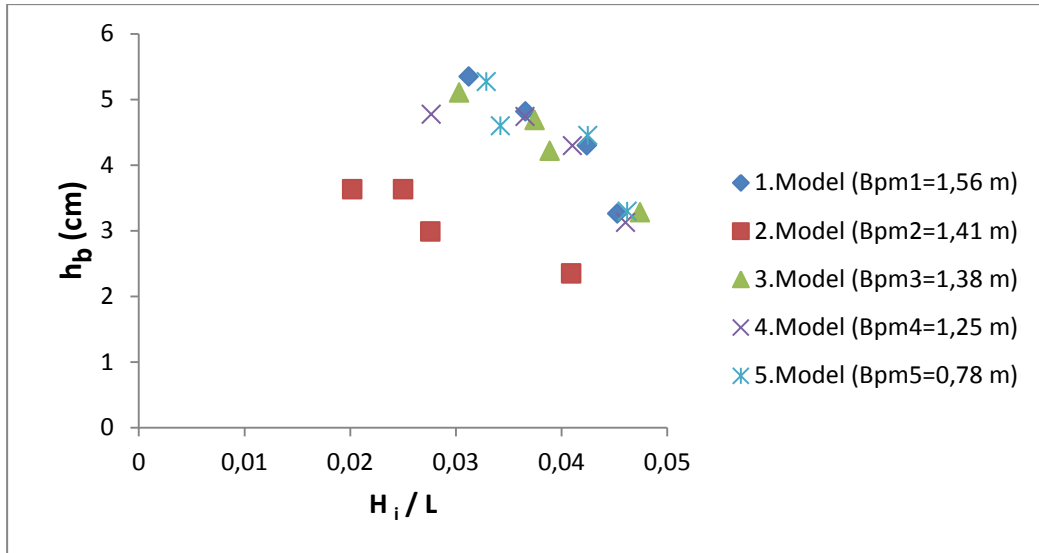


Şekil 6.63 : Düzensiz dalgalarda dalga kırılma yüksekliğinin dalga dikliğine göre değişimi.

Düzenli ve düzensiz dalgalarda, dalga kırılma derinliğinin tamamı boşluklu olduğu için 1 ve 2.model ve 4.modelde boşluklu kısım üzerinde dalga kırılması meydana gelmektedir. Düzenli dalgalarda geçirgenlik arttıkça dalga dikliğinin artması (Şekil 6.64) dalga kırılma derinliğini çok fazla değiştirmemektedir. Düzensiz dalgalarda ise dalga dikliğinin artması (Şekil 6.65) dalga kırılma derinliğini düşürmektedir.

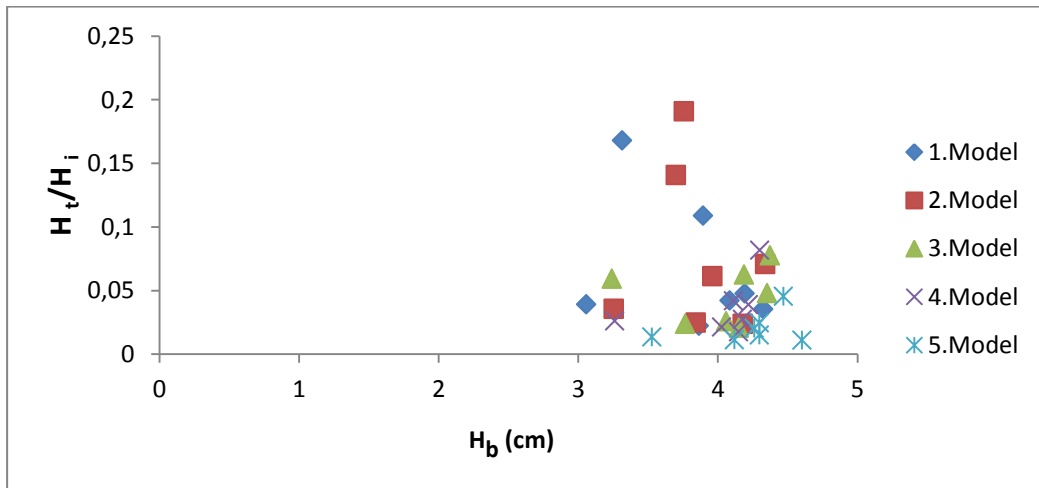


Şekil 6.64 : Düzenli dalgalarda dalga kırılma derinliklerinin dalga dikliğine göre değişimi.



Şekil 6.65 : Düzensiz dalgalarda dalga kırılma derinliklerinin dalga dikliğine göre değişimi.

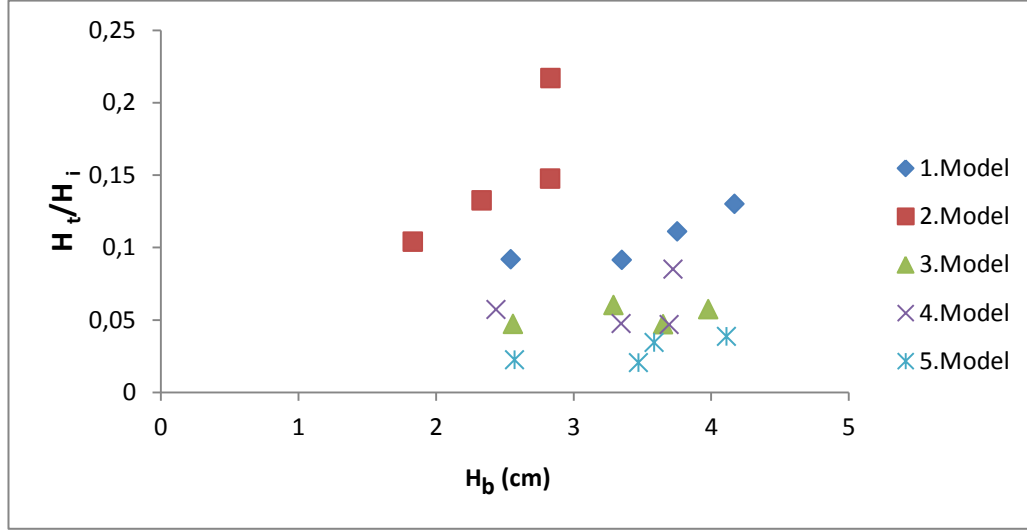
Düzenli dalgalarda (Şekil 6.66) dalga kırılma yüksekliğinin artması ile tamamen boşluklu en fazla geçirgenliğe sahip 1 ve 2. Modelde dalga geçiş katsayısının azaldığı daha az geçirime sahip diğer 3, 4 ve 5. modelde kırılma yüksekliğinin artması ile birbirine paralel düşük bir eğim ile dalga geçiş katsayısının arttığı görülmektedir. Dalga kırılma yüksekliği ile geçiş katsayısı değişimi geçirgenliği yüksek 1 ve 2 modelde ters orantılı iken daha düşük geçirimli diğer üç modelde doğru orantılıdır.



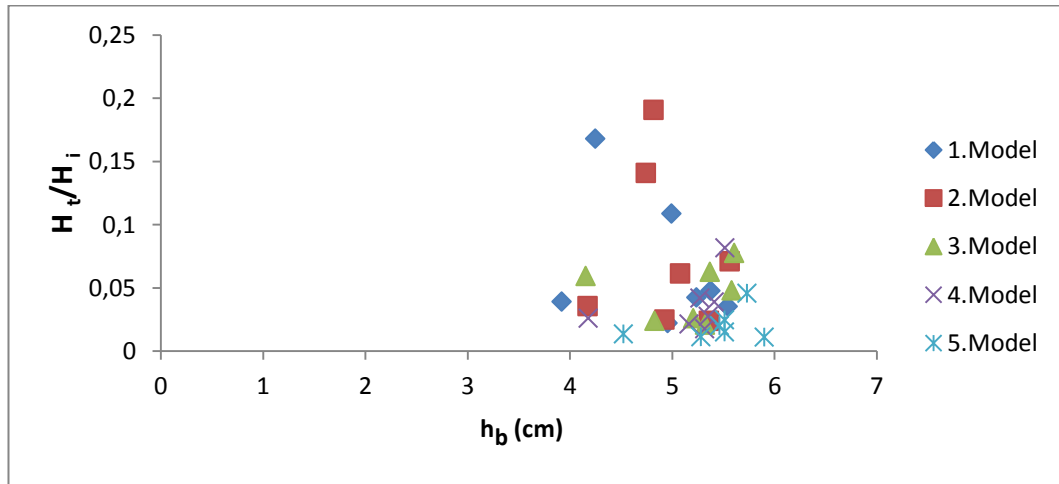
Şekil 6.66 : Düzenli dalgalarda geçiş katsayısının dalga kırılma yüksekliğine göre değişimi.

Düzensiz dalgalarda (Şekil 6.67) dalga kırılma yüksekliğinin artması ile geometrik yapısına bağlı olarak dalga geçiş katsayısının doğru orantılı olarak arttığı görülmektedir. Buradaki artış eğiminde geçirgenlik miktarı doğrudan etkilidir.

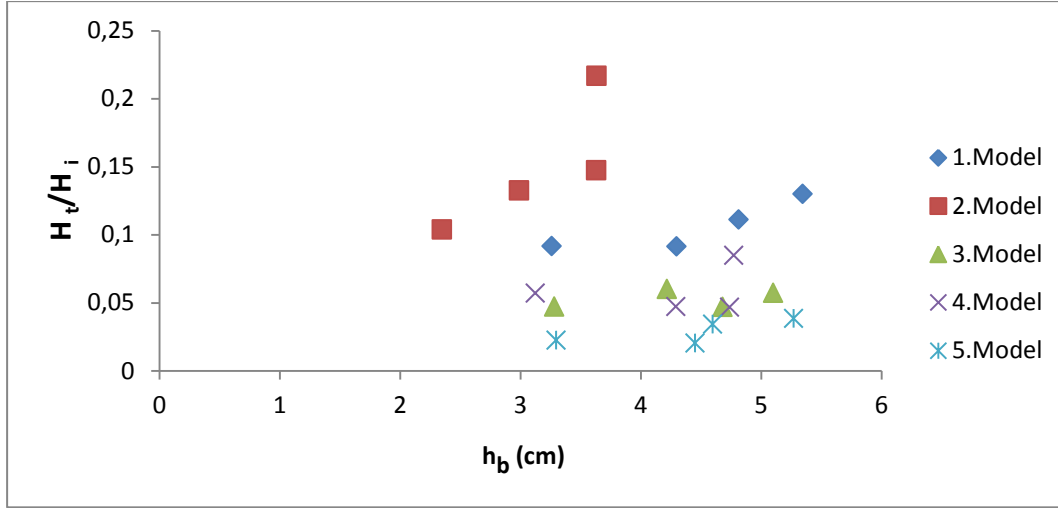
Düzensiz dalgalarda bütün modellerde dalga kırılma yüksekliği ile geçiş katsayısı değişimi doğru orantılıdır.



Şekil 6.67 : Düzensiz dalgalarda geçiş katsayısının dalga kırılma yüksekliğine göre değişimi.



Şekil 6.68 : Düzenli dalgalarda geçiş katsayısının dalga kırılma derinliğine göre değişimi.



Şekil 6.69 : Düzensiz dalgalarda geçiş katsayısının dalga kırılma derinliğine göre değişimi.

6.1.4 Dalga tırmanması

Dalgakıran tasarımlarında dalgakıran üzerinde kırılan dalgaların, dalgakıran üzerinden aşırıp aşmayacağını belirlemek için dalga tırmanma yükseliği önemlidir. Dalgakıran üzerinde kırılan dalgaların dalgakıran veya dalgakıran parapeti üzerinden üzerinden büyük miktarda aşarak liman içine düşmesi istenmez. Ekonomi yönünden, genellikle %2 bir aşmaya izin verilmektedir (Ayhan, 2005). Dalgakıran üst kotu, dalga tırmanma yüksekliğine göre belirlenir.

Dalga tırmanma yüksekliği, R_u şöyle hesaplanabilir;

$$\xi = \frac{\tan \alpha}{(H_s/L_0)^{1/2}} \quad (6.10)$$

Burada;

α : Şev eğimi,

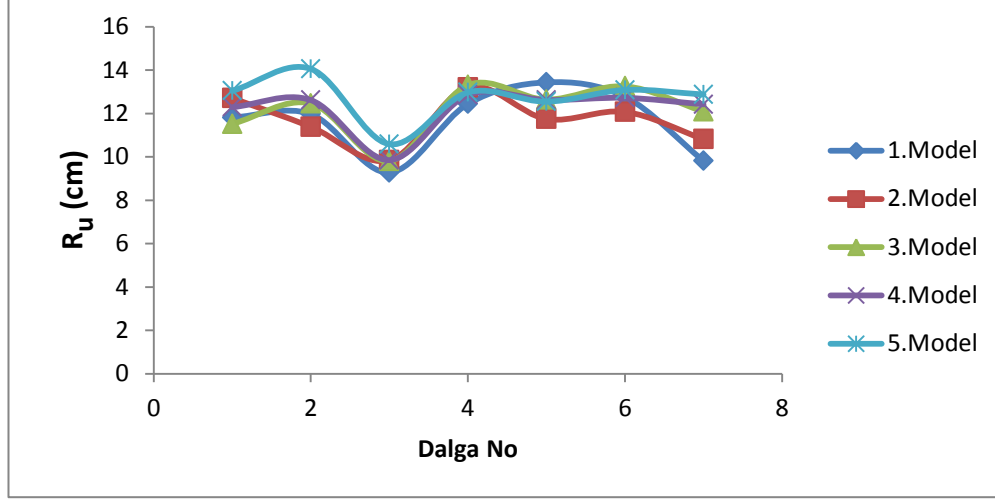
H_s : Dizayn dalga yüksekliği,

L_0 : Derin deniz dalga boyu'dur.

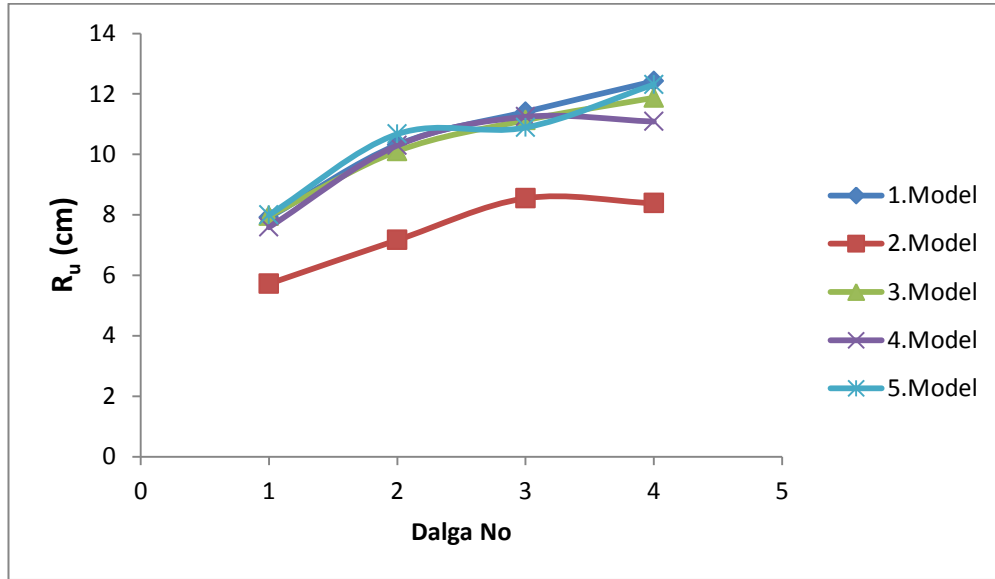
Günbak (1979)'da dalga tırmanması R_u için aşağıdaki ifadeyi vermiştir,

$$\frac{R_u}{H} = \frac{a\xi}{1 + b\xi} \quad (6.11)$$

Düzenli dalgalarda dalga tırmanma yüksekliğinin dalga geçişine bağlı olarak en yüksek değerleri 5.modelde görülmüştür (Şekil 6.70). Genel eğilim dalga geçişi ile ters orantılı olduğudur. Düzensiz dalgalar içinde (Şekil 6.71)benzer sonuçtan bahsedebiliriz.

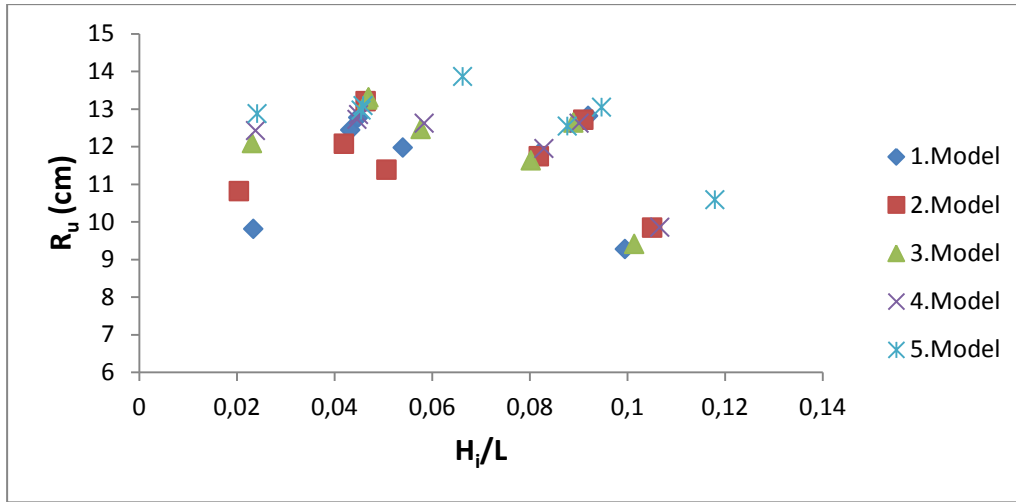


Şekil 6.70 : Düzenli dalgalarda dalga tırmanma yüksekliğinin dalgalara göre değişimi.



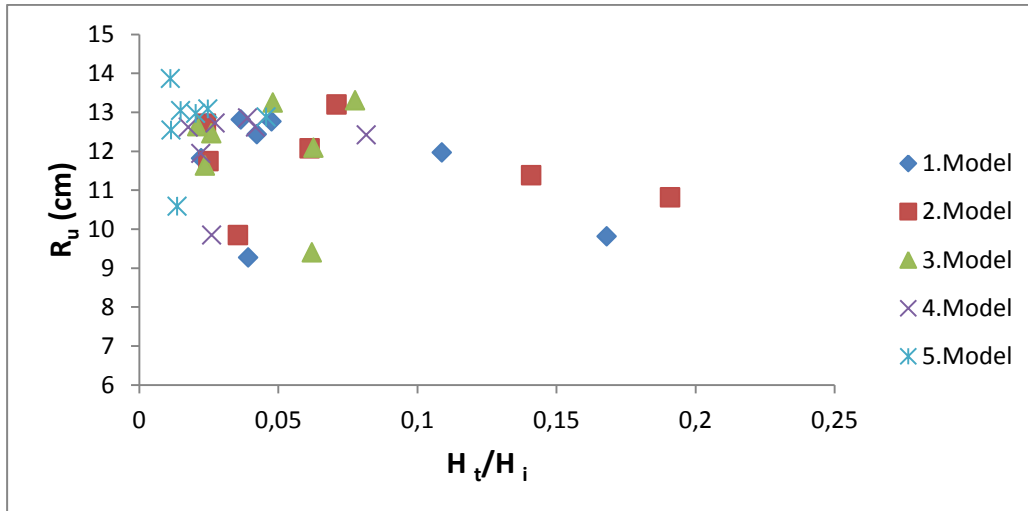
Şekil 6.71 : Düzensiz dalgalarda dalga tırmanma yüksekliğinin dalgalara göre değişimi.

Düzenli dalgalarda dalga dikliği arttıkça dalga tırmanma yüksekliği (Şekil 6.72) azalmaktadır. Bu azalma miktarı tamamen boşluklu olduğundan geçirgenliği daha fazla olan 1. ve 2.modelde diğer üç modele göre daha azdır. Tamamen boşluklu yapılarda dalga dikliğinin artması tırmanma yüksekliğinin azalmasını fazla etkilememektedir.



Şekil 6.72 : Düzenli dalgalarda dalga tırmanma yüksekliğinin dalga dikliğine göre değişimi.

Düzenli dalgalarda dalga geçiş katsayısı arttıkça (Şekil 6.73) 1.,2. ve 3.modelde tırmanma yüksekliği azalmakta, 4. ve 5.modelde artmaktadır. Bu durumda dalga tırmanma yüksekliğini etkileyen parametre porozitenin yanında dalgakıran geometrisinde etkili olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 6.73 : Düzenli dalgalarda dalga tırmanma yüksekliğinin geçiş katsayısına göre değişimi.

6.1.5 Dalga enerjisi

Bir dalga boşluklu yapı içinden yayılarak geçerken, yapıdan yansıma ve yapı içindeki viskoz kayıptan dolayı dalga enerjisinin azalmasının sonucu olarak dalga yüksekliği azalır.

Aşmayan dalga ve yapı önünde kırılmayan dalga koşulları dikkate alındığında gelen dalga enerjisi (E_I), yansıyan (E_R), harcanan (E_D) ve geçen dalga enerjisine (E_T) ayrılır.

$$E_I = E_R + E_D + E_T \quad (6.12)$$

Dalga yansıma katsayısı (K_R), harcanma katsayısı (K_D) ve geçiş katsayısı (K_T) aşağıdaki bağıntı ile ilişkilidir.

$$K_R^2 + K_D^2 + K_T^2 = 1 \quad (6.13)$$

$$K_R = \sqrt{\frac{E_R}{E_I}}, \quad K_D = \sqrt{\frac{E_D}{E_I}} \quad \text{ve} \quad K_T = \sqrt{\frac{E_T}{E_I}} \quad (6.14)$$

E_I , E_R , E_D ve E_T sırasıyla gelen, yansıyan, harcanan ve geçen (yapı içinden) dalga enerjisi bileşenleridir. Bu enerji bileşenlerinin herbiri dalga yüksekliğinin karesi ($E_i \sim H_i^2$) değerine karşılık ifade eden olarak dikkate alınır. Toplam harcanan dalga enerjisi (E_D) harcanan enerji bileşenlerine ayrılmış olabilir.

Relatif su derinliği (d/L) ve dalga dikliği (H/L), bu parametreler yapı üzerinde dalgaların kinematiklerini ve şekillerini kuvvetli etkidiği için, en ilgili tesir etme parametreleri olarak kabul edilir. Son söylenen, genel olarak sörf benzeşim parametresi ile tanımlanır. Uygulamalarda, şevin topuğu üzerinde dalga çekilmesi süreci esnasında oldukça yüksek yansıma katsayıları ve yüksek hız akıntıları olması durumunda hakim olan dalga kırılma tiplerini karakterize etmek için kısaca tartışılmıştır.

Yapılan deneylerde, dalga kanalında dalgakırandan önceki proplar yardımıyla ölçülen dalga yükseklikleri kullanılarak gelen ve yansıyan dalga enerjileri, dalgakıran arkasındaki prob yardımıyla ölçülen dalga yüksekliklerine göre geçen dalga enerjisi bölüm 3.1.3'de verilmiş olan denklem 3.38'de verilen formülден hesaplanmıştır.

Dalgakıran içinden poroziteden dolayı geçen dalga enerjisi (E_T) yüzdesi düzenli dalgalar için Çizelge 6.7’de verilmiştir. Burada görüldüğü gibi gelen dalga enerjisinin (E_i) dalgakırandan % 0,013 ile % 3,643 lük kısmı geçmektedir. Çizelge 6.8’deki tabloya bakıldığında düzensiz dalgaların gelen enerjisinin dalgakırandan % 0,042 ile % 4,707 lik kısmı geçmektedir. Oluşturulan dalgakıran modellerinde gelen dalga enerjisine göre geçen dalga enerjisi yüzdesinin düzensiz dalgalarda, düzenli dalgalardan daha fazla olduğu görülmektedir. Dalga geçişi kısmında verilen sebeplerden dolayı dalga geçişini etkileyen nedenlerden dolayı gelen dalganın yüksekliğine ve dalga boyuna bağlı olarak geçen dalga enerjisinin değiştiği, dalgakıran yapısının tamamın boşluklu ya da üç tabakalı olmasına göre geçiş miktarının azalması dolayısıyla harcanan dalga enerjisi artmış ve geçen dalga enerjisi azalmıştır. Dalgakıran içinden gelen dalga enerjisinin düşük miktarının geçmesi planlanmıştır. Çünkü geçen enerjinin fazla olması durumunda liman içi çalkantıyı artıracak, dalgakıranın arka yapısına ve liman içi kıyı koruma yapılarına zarar verecektir.

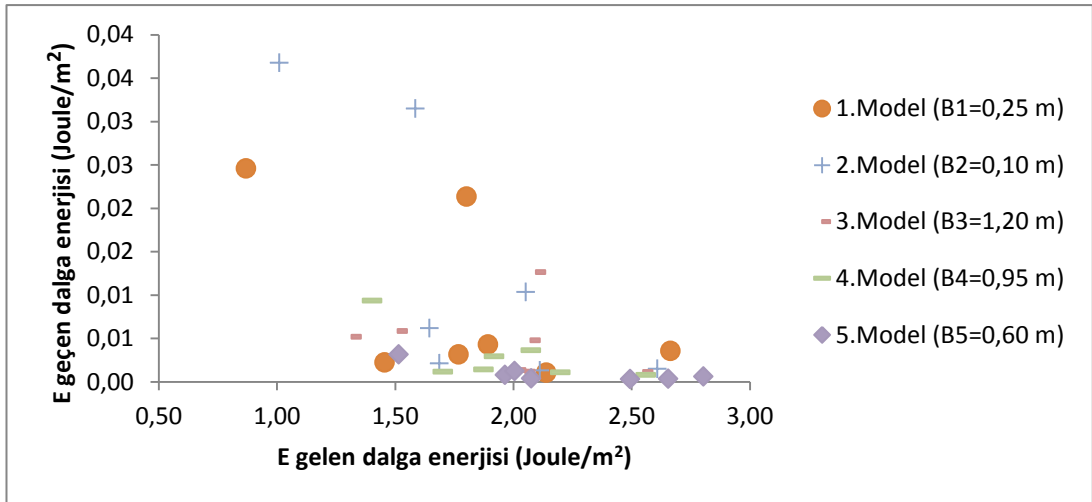
Çizelge 6.7 : Dalgakırandan geçen düzenli dalga enerjisi yüzdesi (E_T (%)).

Model No	Deney No	E_T (%)	Model No	Deney No	E_T (%)
1	1001	0,049	4	1067	0,046
1	1002	1,183	4	1068	0,175
1	1003	0,154	4	1069	0,068
1	1004	0,179	4	1070	0,152
1	1005	0,125	4	1071	0,031
1	1006	0,227	4	1072	0,075
1	1007	2,826	4	1073	0,667
2	1023	0,057	5	1089	0,022
2	1024	1,986	5	1090	0,012
2	1025	0,126	5	1091	0,019
2	1026	0,503	5	1092	0,041
2	1027	0,062	5	1093	0,013
2	1028	0,376	5	1094	0,061
2	1029	3,643	5	1095	0,208
3	1045	0,057			
3	1046	0,067			
3	1047	0,351			
3	1048	0,603			
3	1049	0,044			
3	1050	0,231			
3	1051	0,393			

Çizelge 6.8 : Dalgakırandan geçen düzensiz dalga enerjisi yüzdesi ($E_T(\%)$).

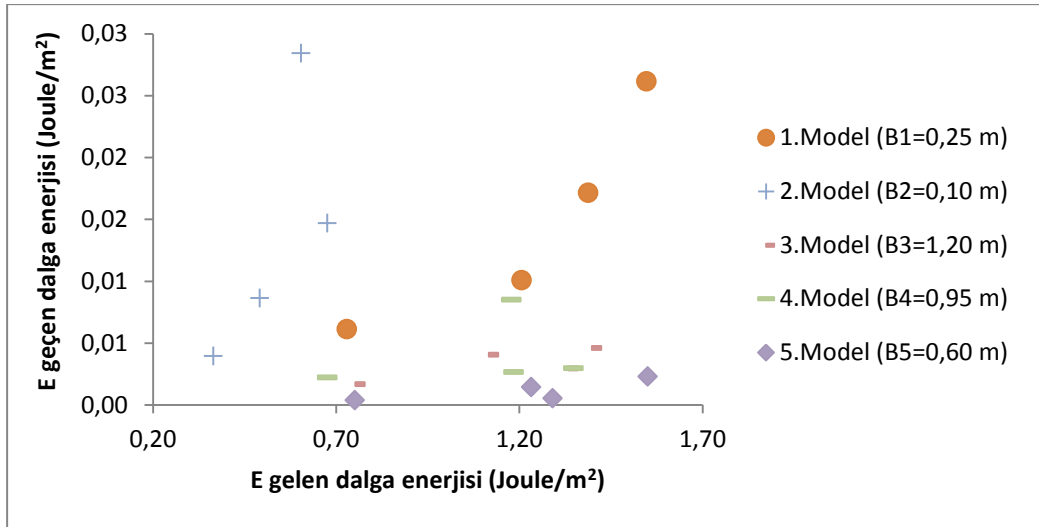
Model No	Deney No	$E_T(\%)$	Model No	Deney No	$E_T(\%)$
1	1008	0,840	4	1074	0,326
1	1009	0,835	4	1075	0,223
1	1010	1,235	4	1076	0,219
1	1011	1,689	4	1077	0,720
2	1030	1,081	5	1096	0,050
2	1031	1,755	5	1097	0,042
2	1032	2,173	5	1098	0,117
2	1033	4,707	5	1099	0,148
3	1052	0,222			
3	1053	0,362			
3	1054	0,219			
3	1055	0,328			

Gelen dalga yüksekliğine bağlı olarak düzenli dalgalarda, gelen dalga enerjisi arttıkça geçen dalga enerjisi (Şekil 6.74) azalmaktadır. Gelen dalga enerjisine ters orantılı olarak geçen dalga enerjisindeki azalma eğimi, en fazla geçirgenliğe sahip 2. ve 1.modelde olmakta, geçirgenliğin azaldığı 3, 4. ve 5.modelde azalmaktadır.



Şekil 6.74 : Düzenli dalgalarda dalgakırana gelen dalga enerjisinin geçen dalga enerjisine göre değişimi

Düzensiz dalgalarda, gelen dalga enerjisi arttıkça geçen dalga enerjisi de (Şekil 6.75) artmaktadır. Gelen dalga enerjisine doğru orantılı olarak geçen dalga enerjisindeki artma eğimi, en fazla geçirgenliğe sahip 2 ve 1.modelde olmakta, geçirgenliğin azaldığı 3, 4 ve 5.modelde azalmaktadır.



Şekil 6.75 : Düzensiz dalgalarda dalgakırana gelen dalga enerjisinin geçen dalga enerjisine göre değişimi

Düzenli dalgalarda yansıyan dalgaların yüksekliklerinin hesaplanması ile dalgakırandan yansıyan dalga enerjisi (E_R) miktarları hesaplanmıştır (Çizelge 6.9). Yansıyan dalga enerjisi miktarının gelen dalga enerjisi miktarına oranının yüzdelere bakıldığında $E_{R(\%)} = \frac{E_R}{E_i} \times 100$ % 0,040 ile % 0,576 lik bölümü yansımaktadır. Oluşturulan modellerde dalga yansıması düşük olduğundan, düzenli dalgalarda yansıyan dalga enerjisini geçen dalga enerjisinden daha düşüktür.

Çizelge 6.9 : Dalgakırandan yansıyan düzenli dalga enerjisi yüzdesi (E_R (%)).

Model No	Deney No	E_R (%)	Model No	Deney No	E_R (%)
1	1001	0,054	4	1067	0,301
1	1002	0,079	4	1068	0,216
1	1003	0,111	4	1069	0,345
1	1004	0,538	4	1070	0,458
1	1005	0,040	4	1071	0,515
1	1006	0,576	4	1072	0,329
1	1007	0,231	4	1073	0,151
2	1023	0,027	5	1089	0,089
2	1024	0,045	5	1090	0,044
2	1025	0,078	5	1091	0,131
2	1026	0,374	5	1092	0,276
2	1027	0,050	5	1093	0,145
2	1028	0,533	5	1094	0,315
2	1029	0,192	5	1095	0,397
3	1045	0,223			
3	1046	0,123			
3	1047	0,255			
3	1048	0,693			
3	1049	0,387			
3	1050	0,176			
3	1051	0,560			

Gelen dalga enerjisi yansıyan, geçen ve harcanan dalga enerjisi olmak üzere üç bileşene ayrılmaktadır. Gelen dalga enerjisinden geçen dalga enerjisi farkı alındığında yansıyan ve harcanan enerji miktarı hesaplanmaktadır.

Porozitenin ve dalgakıran geometrisinin dalga enerjisini azaltma etkisi, (gelen dalga enerjisinin azalma oranı, E_D) % değeri, aşağıdaki formül yardımı ile hesaplanır.

$$E_D = \frac{E_i - E_T}{E_i} \times 100 \quad (6.19)$$

Buradan hesaplanan değerler, düzenli dalgalar için Çizelge 6.10’da, düzensiz dalgalar için Çizelge 6.11’de verilmiştir.

Çizelge 6.10’da düzenli dalgalar Çizelge 6.11’de düzensiz dalgaların değerleri analiz edildiğinde düzenli dalgalarda ($E_R + E_D$) (%) değerinin % 97,174 ile % 99,987, düzensiz dalgalarda % 97,827 ile % 99,958 arasında olduğu görülmektedir. Düzensiz dalgalarda geçiş miktarı arttığından bu değerler daha düşük çıkmaktadır.

Çizelge 6.10 : Dalgakıranda harcanan ve yansıyan düzenli dalga enerjisi yüzdesi ($E_R + E_D$ (%)).

Model No	Deney No	$(E_R + E_D) (%)$	Model No	Deney No	$(E_R + E_D) (%)$
1	1001	99,951	4	1067	99,954
1	1002	98,817	4	1068	99,825
1	1003	99,846	4	1069	99,932
1	1004	99,821	4	1070	99,848
1	1005	99,875	4	1071	99,969
1	1006	99,773	4	1072	99,925
1	1007	97,174	4	1073	99,333
2	1023	99,943	5	1089	99,978
2	1024	98,014	5	1090	99,988
2	1025	99,874	5	1091	99,981
2	1026	99,497	5	1092	99,959
2	1027	99,938	5	1093	99,987
2	1028	99,624	5	1094	99,939
2	1029	96,357	5	1095	99,792
3	1045	99,943			
3	1046	99,933			
3	1047	99,649			
3	1048	98,397			
3	1049	99,956			
3	1050	99,769			
3	1051	99,607			

Çizelge 6.11 : Dalgakıranda harcanan ve yansıyan düzenli dalga enerjisi yüzdesi ($E_R + E_D$ (%)).

Model No	Deney No	$(E_R + E_D) (%)$	Model No	Deney No	$(E_R + E_D) (%)$
1	1008	99,160	4	1074	99,674
1	1009	99,165	4	1075	99,777
1	1010	98,765	4	1076	99,781
1	1011	98,311	4	1077	99,280
2	1030	98,919	5	1096	99,950
2	1031	98,245	5	1097	99,958
2	1032	97,827	5	1098	99,883
2	1033	95,293	5	1099	99,852
3	1052	99,778			
3	1053	99,638			
3	1054	99,781			
3	1055	99,672			

Düzenli dalgalarda yansıyan dalgaların hesaplanması ile gelen dalganın dalgakıran ile yaptığı etkileşimden sonra ayrıldığı üç bileşenin değerlerini (6.12) denkleminde verilen eşitlik ile hesaplayabiliriz. Bu üç bileşenin elde edilen iki bileşenin toplamı

denklemden yerine konularak dalgakıran içinde oluşan sürtünme ve türbülansın etkisi ile harcanan enerji miktarı bulunur.

$$E_D = E_i - E_T - E_R \quad (6.15)$$

Gelen dalga enerjisinin harcanma oranı, (E_D) % değeri, aşağıdaki formül yardımı ile hesaplanır.

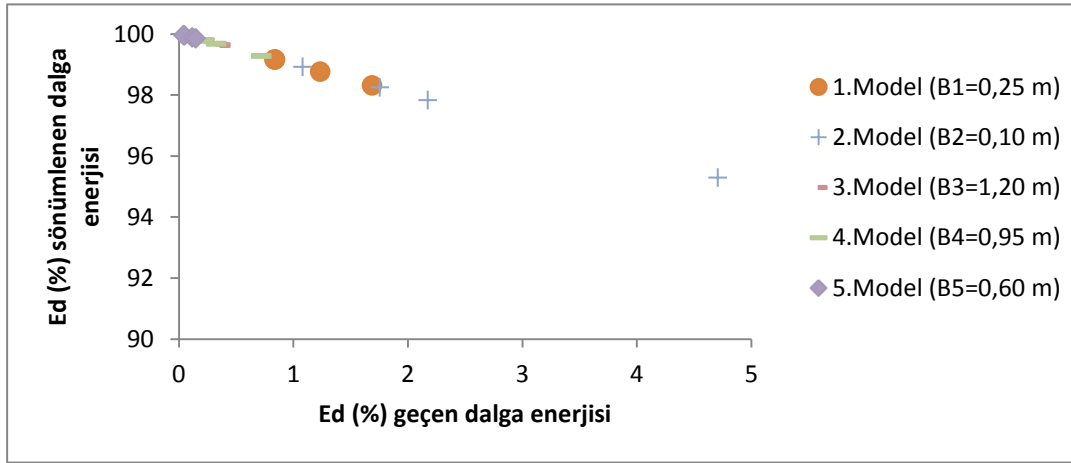
$$E_{D\%} = \frac{E_i - E_T - E_R}{E_i} \times 100 \quad (6.21)$$

Burada yapılan hesaplamalar ile dalgakıran içerisinde harcanan enerji miktarı düzenli dalgalarda (Çizelge 6.12) % 97,969 ile % 99,944 arasında olduğu görülmektedir. Bu hesaplardan anlaşıldığı gibi gelen dalga enerjisinin büyük miktarı dalgakıran içerisinde harcanmaktadır. Dalgakıran içinden su geçişi sırasında boşluklarda meydana gelen sürtünme ve türbülans ile dalga enerjisinin büyük kısmının absorbe edildiği görülür. Enerjinin geri kalan küçük miktarı yansıyan ve geçen dalga enerjisine ayrılmaktadır. Buradada görüldüğü üzere dalgakıranın içinden geçip arka tarafa ulaşacak dalga enerjisi miktarını yapının geçirgenliği, porozite miktarı, taş boyutu, tabaka sayısı ve boşluklu bölümün geometrik yapısına bağlı olarak kontrol altında tutulabilmektedir.

Çizelge 6.12 : Dalgakıranda harcanan düzenli dalga enerjisi yüzdesi (E_D (%)).

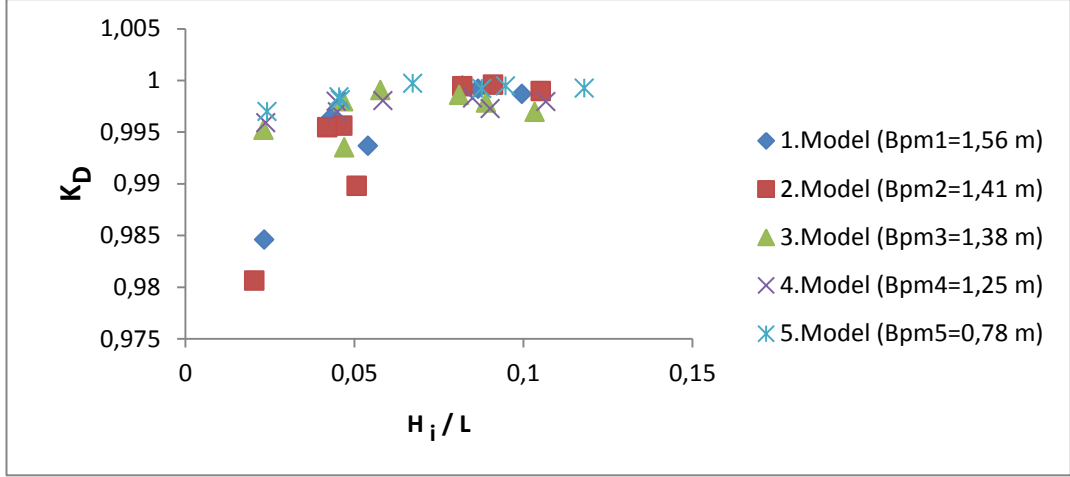
Model No	Deney No	E_D (%)	Model No	Deney No	E_D (%)
1	1001	99,897	4	1067	99,653
1	1002	98,738	4	1068	99,609
1	1003	99,736	4	1069	99,587
1	1004	99,283	4	1070	99,390
1	1005	99,835	4	1071	99,454
1	1006	99,197	4	1072	99,596
1	1007	96,943	4	1073	99,183
2	1023	99,915	5	1089	99,889
2	1024	97,969	5	1090	99,944
2	1025	99,795	5	1091	99,850
2	1026	99,122	5	1092	99,682
2	1027	99,888	5	1093	99,842
2	1028	99,092	5	1094	99,624
2	1029	96,164	5	1095	99,395
3	1045	99,720			
3	1046	99,810			
3	1047	99,393			
3	1048	98,704			
3	1049	99,569			
3	1050	99,593			
3	1051	99,047			

Oluşturulan modellerde düzenli dalgaların, dalga kıran üzerinde ve dalgakıran içinden dalga geçerken, poroziteden dolayı oluşan türbülans ve sürtünme ile harcanan enerji miktarı azaldıkça geçen enerji miktarı (Şekil 6.76) artmaktadır. Geçen enerji miktarının en fazla 2.modelde daha sonra 1.modelde olduğu geçirgenliği en fazla olan bu modellerde geçirgenliğe bağlı olarak sönümlenen enerji miktarında diğer modeller göre en az seviyede olduğu görülmektedir. Diğer üç modelde tabaka sayısına ve poroziteye bağlı olarak enerji değişim miktarının azaldığı görülür. Bu üç tabakalı modellerde dalga geçişi azaldığı için dalgakırandan sönümlenen enerji en yüksek seviyede olmasına rağmen 5.modelde geçen enerji en düşük seviyededir. Gelen dalga enerjisine göre geçen dalga enerjisi dalgakıran arkasında ve liman içinde kıyı koruma yapıları ve liman içi çalkantı bakımından önem arz etmektedir. Grafikte de görüldüğü gibi dalgakırandan geçen enerji miktarı kontrol altında tutulmalıdır. Geçen enerji miktarına göre dalgakıran tasarımını yapabilmek için geçen dalga miktarını düzenleyen poroziteye ve tasarım geometrisine bağlı formüller geliştirilmiştir.



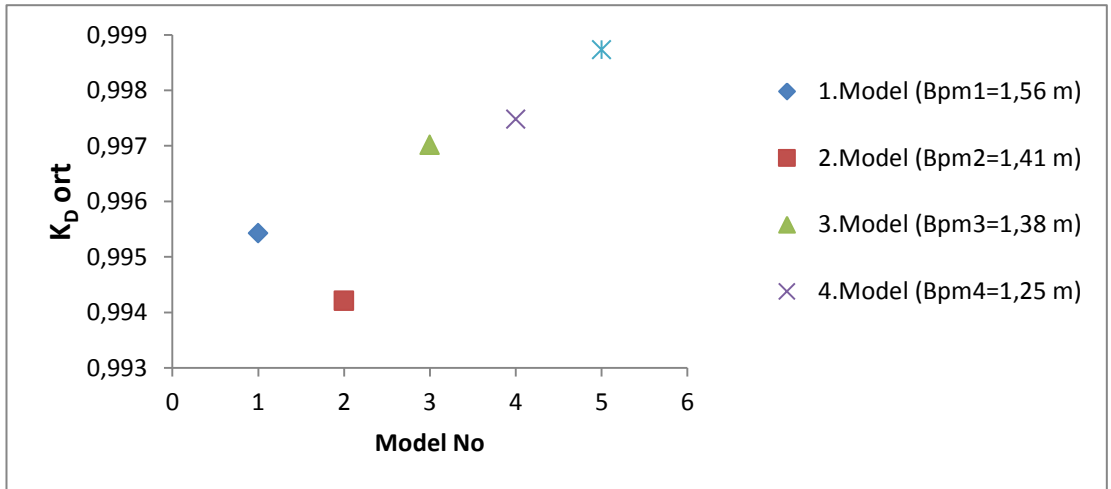
Şekil 6.76 : Düzenli dalgalarda dalgakırandan geçen dalga enerjisinin dalgakıran da sönümlenen geçen dalga enerjisine göre değişimi.

Düzenli dalgalar için yansıma katsayısı (K_R) ve geçiş katsayısının (K_T) hesaplanması ile elde edilen harcanma katsayısı (K_D) hesaplanmıştır. Dalga harcanma katsayısının dalga dikliğine göre grafiği çizildiğinde (Şekil 6.77) dalga dikliği arttıkça harcanma katsayısının arttığı görülmektedir. Bu artış boşluklu dalgakıranın geçirgenlik miktarı ile doğru orantılıdır. 3, 4 ve 5.modelde geçirgenlik azaldıkça dalga kayıp katsayısındaki artma eğimi azalmıştır.



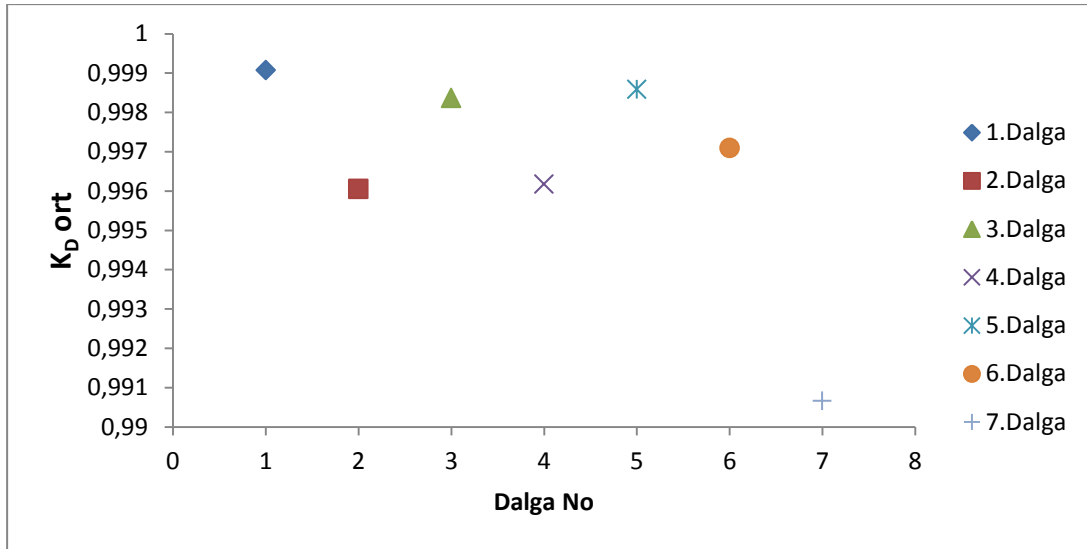
Şekil 6.77 : Düzenli dalgalarda dalga harcanma katsayısının K_D dalga dikliğine göre değişimi.

Dalga azlama katsayılarının ortalamaları modellere göre alınarak incelediğimizde, dalga kaybının porozite miktarı ile dolayısıyla dalgakıranın geçirgenliği ile doğru orantılı olduğu, geçirgenlik arttıkça dalga kaybının azaldığı (Şekil 6.78) görülmüştür. Dalga kaybı ortalama değeri en fazla geçirgen 2 modelde en düşük değerde olduğu daha sonra sırasıyla 1, 3, 4 ve 5 modelde olduğu görülmüştür.



Şekil 6.78 : Düzenli dalgalarda ortalama dalga harcanma katsayısının K_D modellere göre değişimi.

Şekil 6.79'da deneylerde kullanılan yedi adet düzenli dalganın dalga kaybı ortalama değerine göre incelediğimizde, görüldüğü gibi geçirgenlik ile direkt ilgili olduğu bunda dalga periyodu ve boyunun etkili olduğu, dalga geçişi fazla olan en uzun dalga olan 7. dalgada kayıp miktarı en azdır.



Şekil 6.79 : Düzenli dalgalarda ortalama dalga harcanma katsayısının K_D dalgalara göre değişimi.

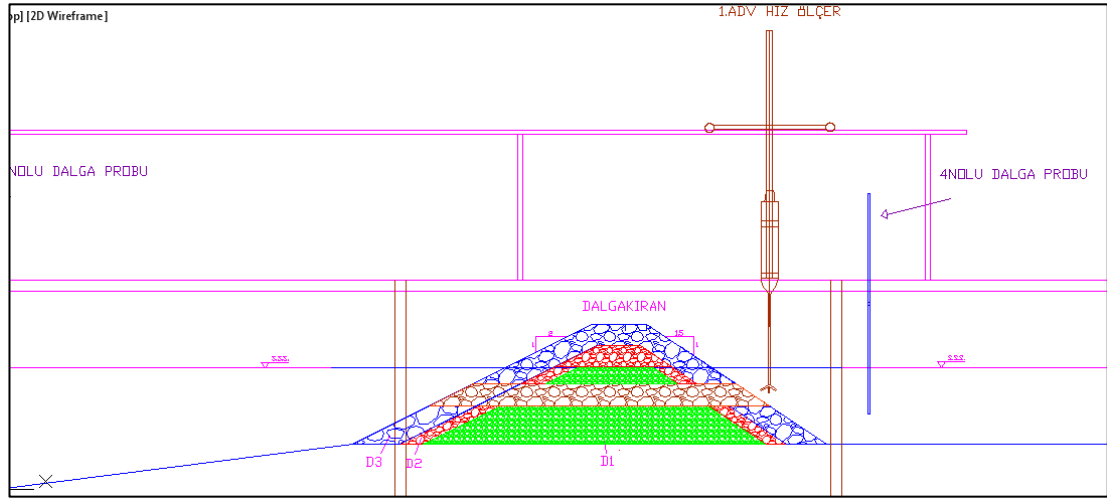
6.2 Hız Verileri ve Değerlendirme

Boşluklu dalgakıranlarda, dalga geçişi incelenirken, dalgakırandan geçen dalganın, dalgakıran arkasında ve liman içinde oluşturduğu akım koşulları en önemli parametrelerden biridir. Oluşan akımın belirlenmesi için dalga yörünge hızlarının bilinmesi gerekir. Porozitenin akım koşullarına, dolayısı ile yapı dalga etkileşiminin dalga yörünge hızları üzerindeki etkisini ve liman içinde sirkülasyonu sağlayabilmek için oluşturacağı gerekli akım koşullarını belirlemek için, kanalda oluşturulan beş modelde düzenli ve düzensiz dalgaların tamamında dalga yörünge hızları ölçülmüştür.

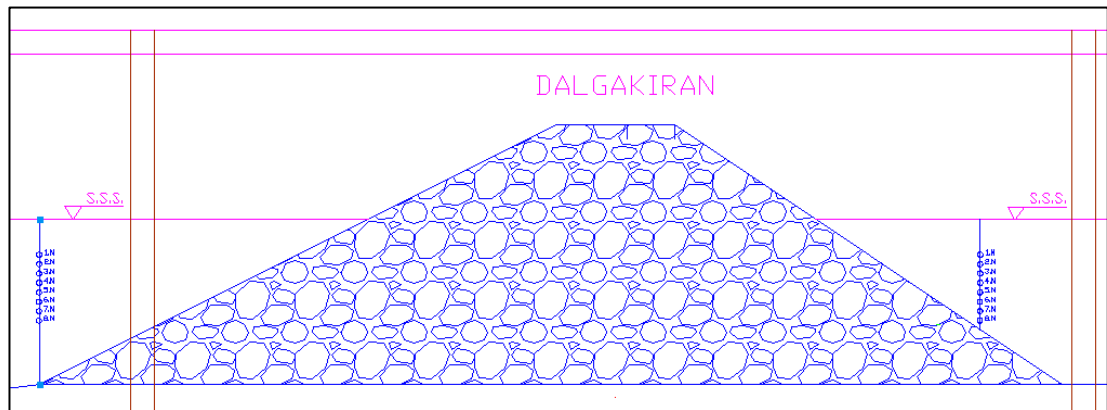
Yapılan deneylerde hız ölçümleri için iki adet ADV (Acoustic Doppler Velocimeter) kullanılmıştır. Her iki ADV cihazı suyun hızını Doppler etkisini kullanarak ölçer. Kullanılan cihazlar ve yazılımlar hakkında detaylı bilgi Bölüm 5.3 ve 5.4’de verilmiştir.

Nortek firması tarafından üretilen ADV ile dalgakıran arkasında şev üzerinde 1,2,3,4 ve 5. Modellerde hız ölçümü (Şekil 6.80 ve Şekil 6.83) yapılmıştır. Nortek marka ADV dalgakıran’ın arkasında şev üstünde (1) sakin su seviyesinin dalgakıranı kestiği noktadan itibaren 35 cm mesafede geriye yerleştirilmiştir. Dalgakırandan geçen dalganın akım hızları üç boyutlu olarak (u, v, w) ölçülüp kayıt edilmiştir. Düzenli dalgalarda yapılan hız ölçümleri, yatay ve düşey hız profillerini çıkarmak için şev üzerinde derinlik boyunca sekiz adet noktada yapılmıştır. Bu noktalar sakin su

seviyesinden itibaren ADV prob ucu -2.5 cm den başlayarak 2cm aralıklar ile ölçümler yapılmıştır. ADV, tamamen suyun altında kalan prob ucun'dan itibaren 5 cm altındaki noktada (örnekleme hacminde) hız ölçümü yapmaktadır. Dolayısı ile sekiz adet noktada sakin su seviyesinden itibaren düşey profil boyunca -7.5, -9.5, -11.5, -13.5, -15.5, --17.5, -19.5 ve -21.5 cm derinlikte (Şekil 6.81) dalga yörünge hızları ölçülmüştür. Düzensiz dalgalarda yapılan hız ölçümleri, 1 ve 2.modelde düzenli dalgalardaki gibi düşey profil boyunca sekiz adet noktada, 3.modelde dört adet noktada (-9.5, -11.5, -13.5 ve -15.5 cm), 4 ve 5.modelin her ikisinde aynı şekilde, dalgakıran önünde (2) ve dalgakıran arkasında (1) beş adet noktada (-7.5, -9.5, -11.5, -13.5 ve-15.5 cm) yapılmıştır.



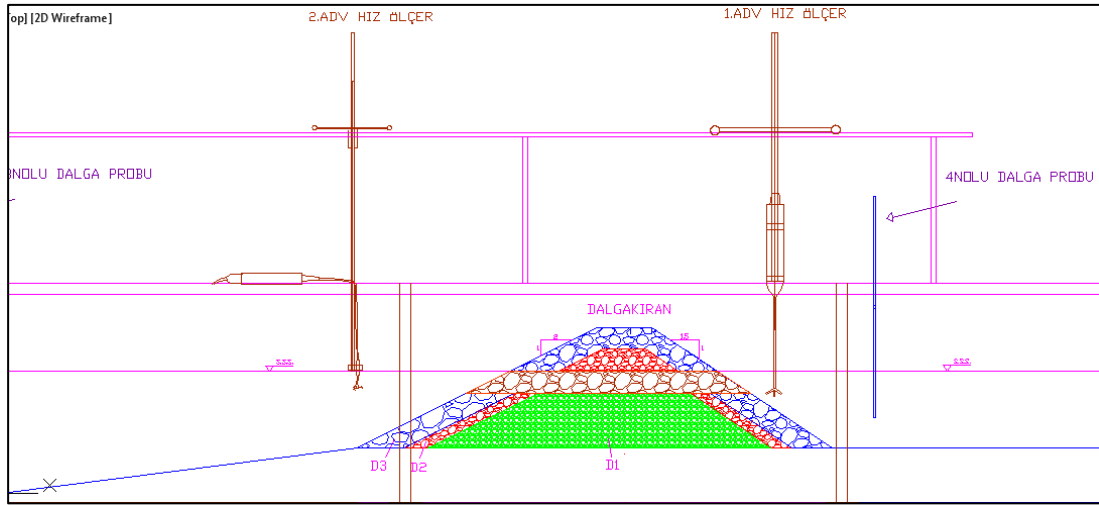
Şekil 6.80 : Kanalda dalgakıran arkasında, şev üzerinde Nortek marka ADV ile hız ölçüm noktası (1.ADV : Nortek).



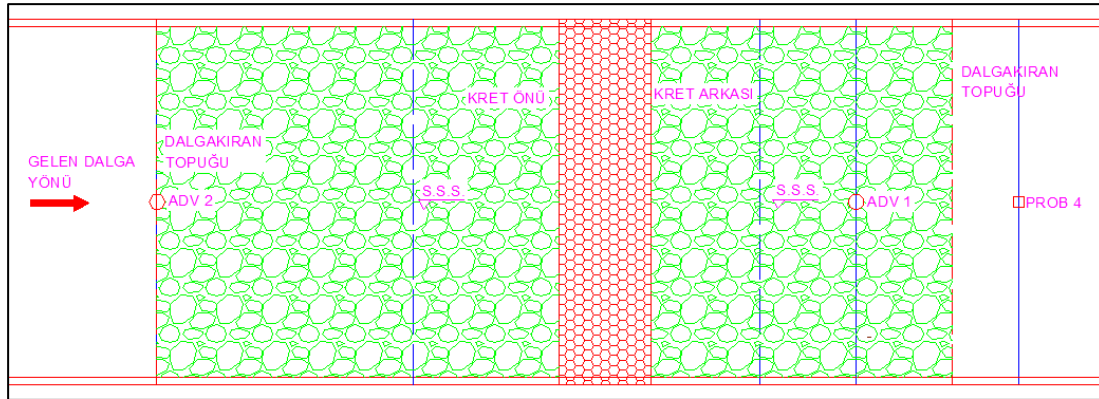
Şekil 6.81 : Dalgakıran arkasında ve önünde ADV'ler ile derinlik boyunca hız ölçüm noktalarının yerleri.

Sontek firması tarafından üretilen ADV ile dalgakıran'ın ön tarafında 4 ve 5.modellerde hız ölçümü (Şekil 6.82 ve Şekil 6.83) yapılmıştır. Sontek marka ADV

dalgakıran'ın ön yüzünde şevin başlangıç noktasında (2) sakin su seviyesinin dalgakıranı kestiği noktadan itibaren 70 cm mesafeye yerleştirilmiştir. . 4.Modelden itibaren dalgakıran'ın ön tarafında şevin başlangıcında ADV ile hız ölçümleri dalgakıran'ın arkasında yapılan ölçümlerle aynı zamanda ve aynı şekilde yapılmıştır . Dalgakırana gelen dalganın hızları üç boyutlu olarak, düzenli dalgalarda sekiz adet noktada (Şekil 6.81), düzensiz dalgalarda 1 ve 2.modelde düşey profil boyunca sekiz adet noktada, 3.modelde dört adet noktada, 4 ve 5.modelin her ikisinde aynı şekilde beş adet noktada ölçülüp kayıt edilmiştir. İki ADV arasındaki mesafe 2 m'dir.



Şekil 6.82 : Kanalda dalgakıran önünde, şev üzerinde Sontek marka ADV ile hız ölçüm noktası (1.ADV : Nortek ve 2.ADV : Sontek).

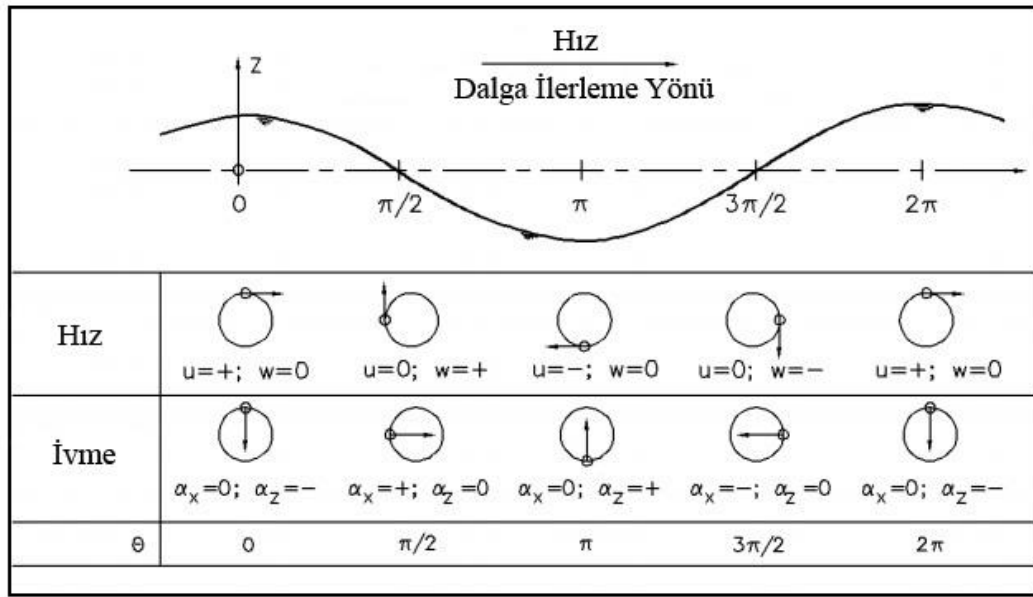


Şekil 6.83 : Kanalda dalgakıran önünde ve arkasında yerleştirilen ADV'lerin kanalda yerleşimi (üstten görünüş, ADV 1: Nortek, ADV 2: Sontek).

Deneylerde düzenli ve düzensiz dalgalar için yapılan ölçümler ile toplam 672 (392+280) adet hız zaman serisi elde edilmiştir.

Dalgakıranın önünde şev başlangıcı üzerinde (2) derinlik boyunca dalga hızı ölçümlerine (Şekil 6.81), dalgakıranın arkasında şev üzerinde (1) olduğu gibi su yüzeyinin hemen altından 2,5 cm derinlikten başlanmamıştır. Yapılan deneylerde ölçülen en yüksek dalga genliği 7,5 cm olduğundan, gelen dalga nedeniyle su yüzeyinde $\pm 7,5$ cm değişim meydana gelmektedir.

Dalga sebebiyle oluşan yörünge hız ve ivme, lineer dalga teorisine göre Şekil 6.84’de gösterilmektedir. Hızın yatay (u) ve düşey (w) hız bileşenleri aşağıda verilen formül yardımıyla hesaplanarak elde edilir (USACE, 2008).



Şekil 6.84 : Dalganın ilerleme yönüne göre, yörünge hızı ve ivmesi (USACE, 2008).

$$u = \frac{H}{2} \frac{gT}{L} \frac{\cosh[2\pi(z+d)/L]}{\cosh(2\pi d/L)} \cos \theta \quad (6.22)$$

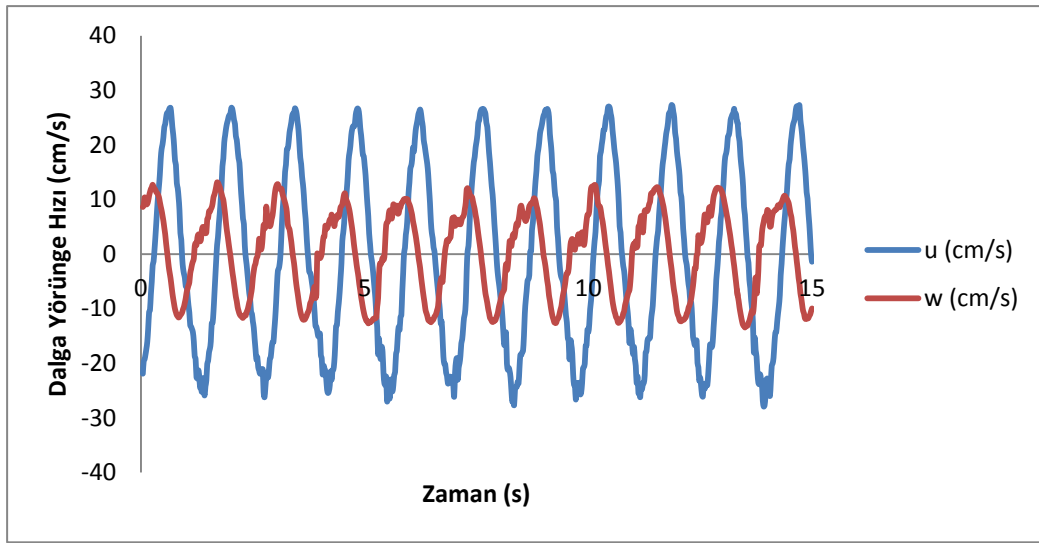
$$w = \frac{H}{2} \frac{gT}{L} \frac{\sinh[2\pi(z+d)/L]}{\cosh(2\pi d/L)} \sin \theta \quad (6.23)$$

Bu denklemlerde;

H: Dalga yüksekliği, G: Yerçekimi ivmesi, T: Dalga periyodu, L: Dalga boyu, z: Hızın hesaplanacağı noktanın düşey eksenindeki konumu, d: Su derinliği ve θ : Dalga faz açısıdır.

Kullanılan ADV cihazları hızı üç boyutlu olarak ölçmektedir. Bu üç boyutlu hız bileşeni x eksenindeki u, yatay hız, z eksenindeki w, düşey hız ve y eksenindeki v hızından oluşmaktadır. Yapılan bu deneysel çalışmada kurulan fiziksel model iki boyutlu bir model olduğundan kanalın camlarına dik doğrultu olan y eksenindeki v hızı ihmal edilebilir. Bundan dolayı hızlar iki boyutlu olarak, u yatay hızı ve w düşey hızı sonuçları incelenmiştir.

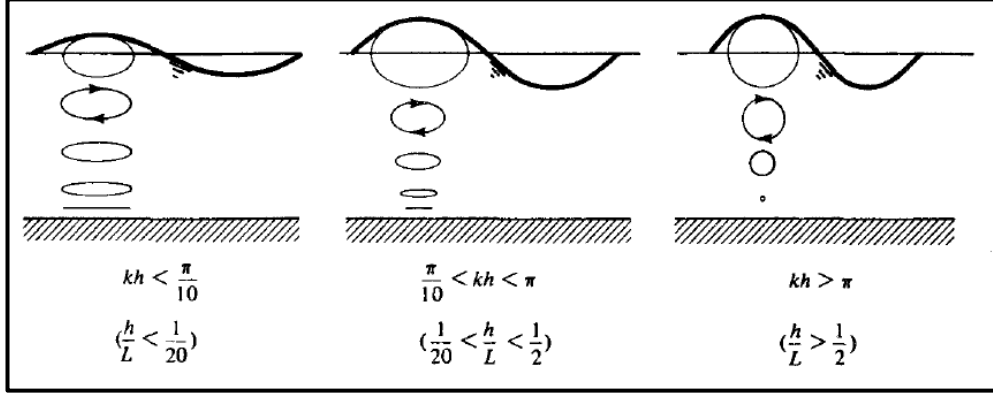
Dalgakıran önünde (2) gelen dalganın, 1072. deneyde (4.model 6 nolu dalganın) su yüzeyinden 13,5 cm derinlikte ölçülmüş dalga yörünge hızlarının 15 saniyelik bölümü örnek olarak Şekil 6.85’de verilmiştir.



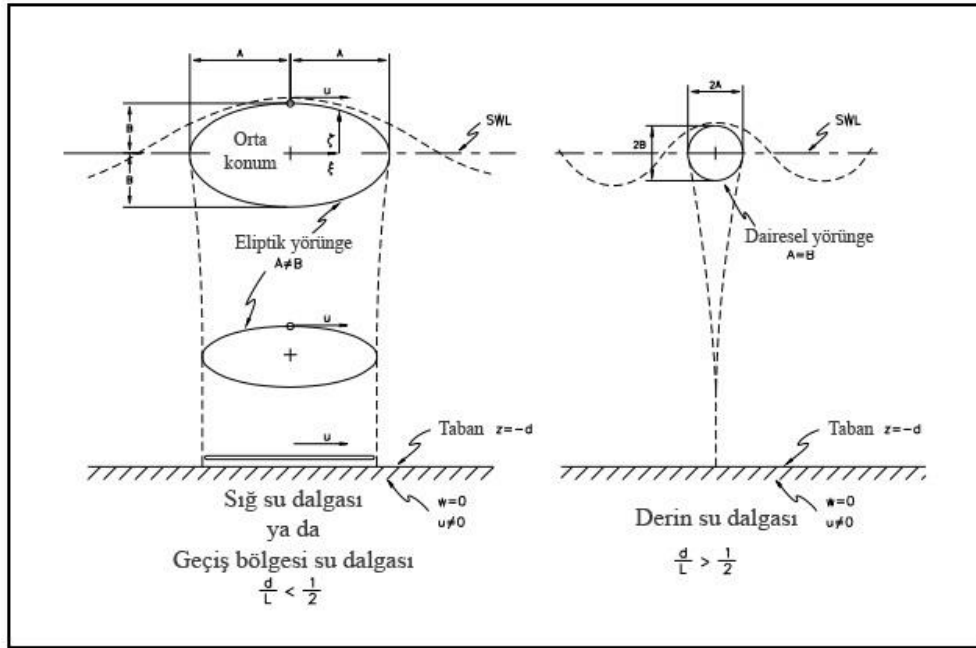
Şekil 6.85 : Gelen dalganın hız zaman serisi, yatay doğrultudaki hız (u), w: düşey doğrultudaki hız (w).

Hız zaman serisi grafiğinde görüldüğü gibi, yatay hız bileşeni sıfır değerinde iken düşey hız bileşeninin pozitif ve negatif pik değerlerini aldığı, diğer taraftan düşey hız bileşeni sıfır değerinde iken yatay hız bileşeninin maksimum ve minimum değerlerini almaktadır. Deneylerin yapıldığı dalga kanalında dalga koşulları geçiş koşulu ($1/20 < d/L < 1/2$) olmasından dolayı dalga yörüngeleri elips şeklindedir (Şekil 6.86 ve Şekil 6.87). Geçiş koşullarında sığ suya doğru dalga yörüngeleri elips şeklinde yörünge izlerler. Elips şeklindeki yörünge tabanın yakınında daha yassı hale gelmektedir. Dalga koşullarından dolayı yukarıdaki şekilde görüldüğü gibi yatay hız bileşeni, düşey hız bileşeninden büyüktür. Derinlik boyunca dalgakıranın önünde (2) ve arkasında (1) yapılan ölçümlerden elde edilen hız zaman serilerinin tamamını değerlendirdiğimizde w hızı u hızından daha küçüktür.

Şekil 6.86 ve Şekil 6.87’de açık denizden kıyıya doğru ilerleyen dalgadaki su partiküllerinin izlediği yörüngeler (derinlik boyunca tabana doğru) derin su ($\frac{h}{L} > \frac{1}{2}$), geçiş bölgesi ($\frac{1}{20} < \frac{h}{L} < \frac{1}{2}$) ve sığ su ($\frac{h}{L} < \frac{1}{20}$) için verilmiştir.



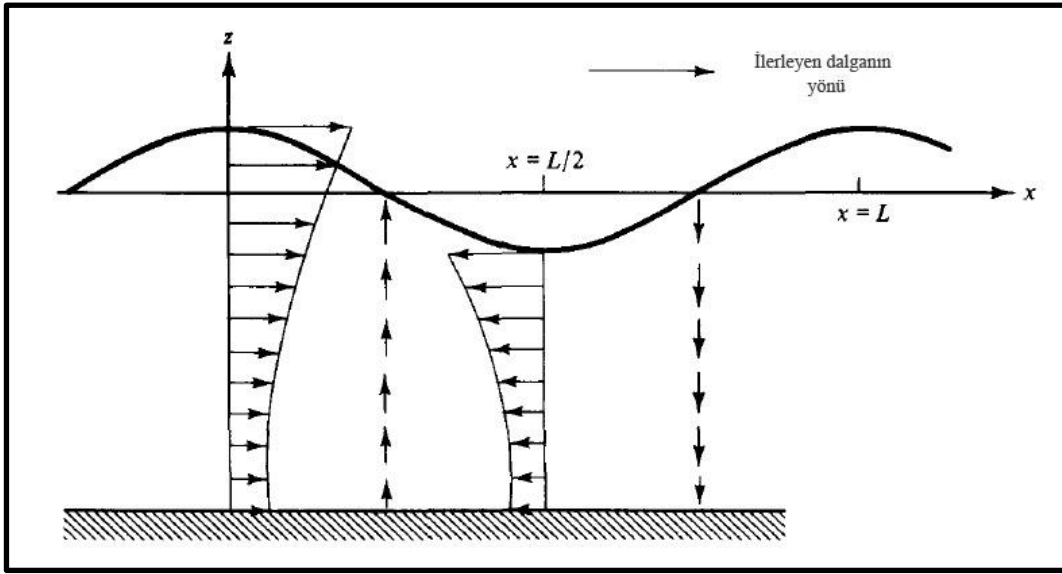
Şekil 6.86 : Farklı rölatif derinliklerde, ilerleyen su dalgası içinde su parçacığı yörüngeleri (Dean ve Dalrymple, 2000).



Şekil 6.87 : Sığ su ve derin suya göre, su parçacığının orta konumundan yer değiştirmesi (USACE, 2008).

Dalga yörünge hızı sıfır etrafında salınmaktadır. Dalgalar tam simetrik olmadıkları için dalga yörünge hızının zamansal ortalaması sıfır olmamakta, dalga bileşenlerinin sıfırın etrafında salınmasından dolayı ortalama sıfıra yakın bir değer almakta ve dalga yörünge hızının zamansal ortalaması akımın yatay ve düşeyde hangi yönde olduğunu göstermektedir.

Deneylerde derinlik boyunca belirtilen noktalarda yapılan hız ölçümlerinden elde edilen zamansal ortalama hız profilleri modellere ve dalgalara göre verilmiştir. Ortalama yatay hız bileşeni için açıktan kıyıya doğru olan akım pozitif yönü, kıyıdan açığa doğru oluşan akım negatif yönü göstermektedir. Ortalama zamansal düşey hız bileşeninde ise, yukarı doğru olan akım pozitif yönü, aşağı doğru olan akım pozitif yönü göstermektedir. ve yukarıda açıklandığı şekilde bulunmuş olan pik hız profilleri ile bu hız profillerinin yorumları aşağıda verilmiştir. Şekill 6.88’de dalgadaki su partikül hızları ve yönleri verilmiştir.



Şekil 6.88 : İlerleyen bir dalgadaki su parçacık hızları (Dean ve Dalrymple, 2000).

Dalgakıran arkasında oluşan akım hız koşulları ile dalgakıran önünde oluşan gelen dalga hız koşulları öncelikli olarak düzenli dalgalar için incelenmiş daha sonra düzensiz dalgalar için incelenmiştir.

Düzenli ve düzensiz dalgalar için aşağıda verilen hız grafikleri, hazırlanan beş model için yapılmış deneylerden elde edilen hız ölçüm sonuçlarını vermektedir. 1.model deneyleri, düzenli dalgalar için 1001, 1002, 1003, 1004, 1005, 1006 ve 1007 , düzensiz dalgalar için 1008, 1009, 1010 ve 1011, tek tabakalı, 25 cm kret genişlikli, $p = 0,5$ porozite ve $d_{50} = 8$ cm taş boyutunda oluşturulan dalgakıranın arka şev üzerinde yapılan hız ölçümlerini, 2.model deneyleri, düzenli dalgalar için 1023, 1024, 1025, 1026, 1027, 1028 ve 1029 , düzensiz dalgalar için 1030, 1031, 1032 ve 1033, tek tabakalı olarak, kret genişliği 10 cm ye daraltılarak 1.model ile aynı şekilde yapılan hız ölçümlerini, 3.model deneyleri, düzenli dalgalar için 1045, 1046, 1047,

1048, 1049, 1050 ve 1051 , düzensiz dalgalar için 1052, 1053, 1054 ve 1055, üç tabakalı, 25 cm kret genişlikli, $p_1 = 0,5$, $p_2 = 0,2$, $p_3 = 0,1$ porozite, $d_{50(1)} = 8$ cm, $d_{50(2)} = 3$ cm ve $d_{50(3)} = 1$ cm taş boyutunda ve dalgakıran en kesiti boyunca $d_{50(1)} = 8$ cm lik malzeme ile 10 cm yüksekliğinde, dalgakıranın enkesiti boyunca, S.S.S.'nin 7,3 cm altından itibaren aşağıya doğru 10 cm yüksekliğinde boşluklu bölüm yapılarak oluşturulan dalgakıranın arka şev üzerinde yapılan hız ölçümlerini, 4.model deneyleri, düzenli dalgalar için 1067, 1068, 1069, 1070, 1071, 1072 ve 1073 , düzensiz dalgalar için 1074, 1075, 1076 ve 1077, üç tabakalı, 25 cm kret genişlikli, 3.model ile aynı porozite ve taş boyutlarında, dalgakıran en kesiti boyunca $d_{50(1)} = 8$ cm lik malzeme ile 10 cm yüksekliğinde, dalgakıranın enkesiti boyunca, S.S.S.'nin hemen altından itibaren aşağıya doğru 10 cm yüksekliğinde boşluklu bölüm yapılarak oluşturulan dalgakıranın arka şev üzerinde ve dalgakıran ön tarafında dalgakıran şev başlangıcında yapılan hız ölçümlerini ve 5.model deneyleri, düzenli dalgalar için 1089, 1090, 1091, 1092, 1093, 1094 ve 1095 , düzensiz dalgalar için 1096, 1097, 1098 ve 1099, üç tabakalı, 25 cm kret genişlikli, 3 ve 4.model ile aynı porozite ve taş boyutlarında, dalgakıran en kesiti boyunca $d_{50(1)} = 8$ cm lik malzeme ile 10 cm yüksekliğinde, dalgakıranın enkesiti boyunca, S.S.S.'nin hemen üstünden itibaren yukarıya doğru 10 cm yüksekliğinde boşluklu bölüm yapılarak oluşturulan dalgakıranın arka şev üzerinde ve dalgakıran ön tarafında dalgakıran şev başlangıcında yapılan hız ölçüm sonuçlarını, herbir model için yedi adet düzenli dalga ve dört adet düzensiz dalga için vermektedir.

Dalga yörünge hızlarının zaman serileri incelendiğinde, düzgün olduğunda türbülans olmamakta, akımın üzerinde küçük çalkantılar olduğunda türbülans olmaktadır (Lovas, 2000).

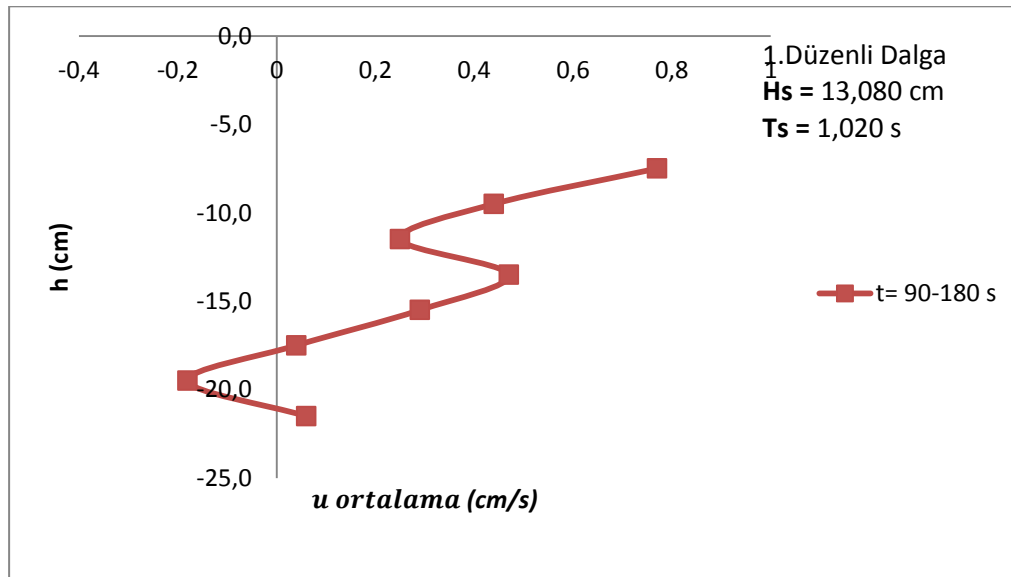
Aşağıda verilen hız ölçümlerinde dalgakıran arkasındaki hız ölçüm yeri (1) dalgakıran önündeki hız ölçüm yeri (2) olarak bahsedilecektir. 1, 2 ve 3. modellerde dalgakıran arkasında (1) hız zaman serisi ölçüldüğünden sadece bu ölçümlere göre, 4 ve 5 modelde hem dalgakıran arkasında (1) hem de dalgakıran önünde (2) hız zaman serisi ölçüldüğünden birbirlerine göre kıyaslanarak sonuçlar incelenmiştir.

6.2.1 Zamansal ortalama hız profilleri

6.2.1.1 Birinci modelin zamansal ortalama hız profilleri

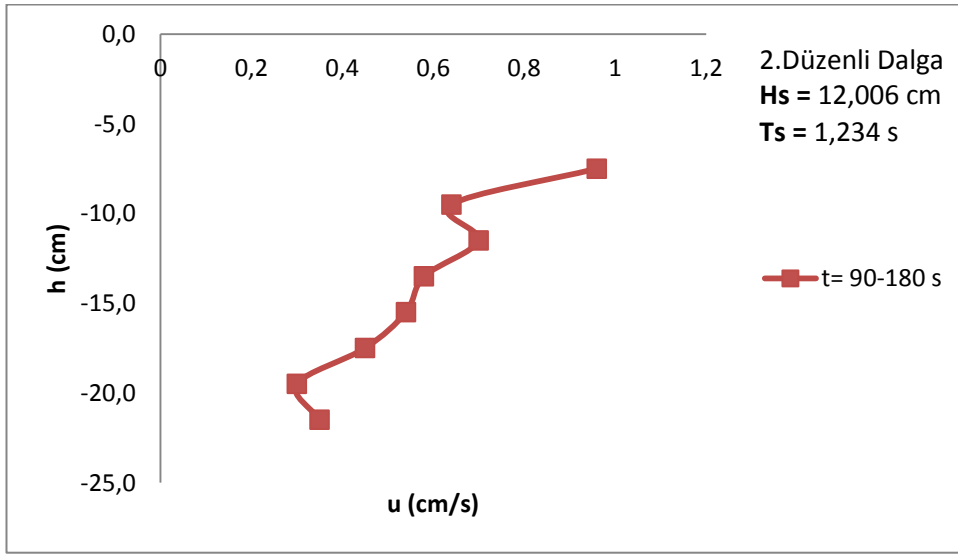
Tamamı boşluklu olarak oluşturulan dalgakıranın 1.modelinde, dalgakıran arkasında şev üzerinde (1), poroziteden dolayı dalgakırandan geçen dalganın oluşturduğu akım hız zaman serilerinin ölçümleri yapılmıştır.

1.Düzenli dalganın dalgakıranın arkasında, liman içinde kıyıya doğru olan bölgede zamansal ortalama yatay hız profilini incelediğimizde (Şekil 6.89), dalgakıran arkasında (1) en yüksek hızın yüzeeye yakın noktada olduğu derinlik boyunca tabana doğru inildikçe hızın salınım yaparak azaldığı görülmektedir. Yatay hız tabana en yakın ikinci nokta hariç pozitif tarafta kalmakta dolayısıyla oluşan akım kıyıya doğru olmaktadır. Yatay hız profilini incelediğimizde yüzeyde en yüksek hıza sahipken 11.5 cm derinliğe kadar hızın azaldığı, bir sonraki derinlik noktasında hızın kıyıya doğru arttığı, bu noktadan sonra azalmaya devam ettiği, tabana en yakın ikinci noktada (19,5 cm derinlikte), açığa (dalgakırana) doğru olan hızın kıyıya olan hızdan daha büyük olduğu, tabana en yakın yapılan (21,5 cm derinlikte) kıyıya doğru olan hızın açığa doğru olan hızdan büyük olduğu, yatay hızın en düşük değerine ulaştığı görülmektedir. Zamansal ortalama yatay hız profili derinlik boyunca kıyıya doğru azalırken tekrar arttığı derinlik (13,5 cm derinlikte) yaklaşık gelen dalga boyu kadar derinliğe tekabül ettiği görülmüştür.



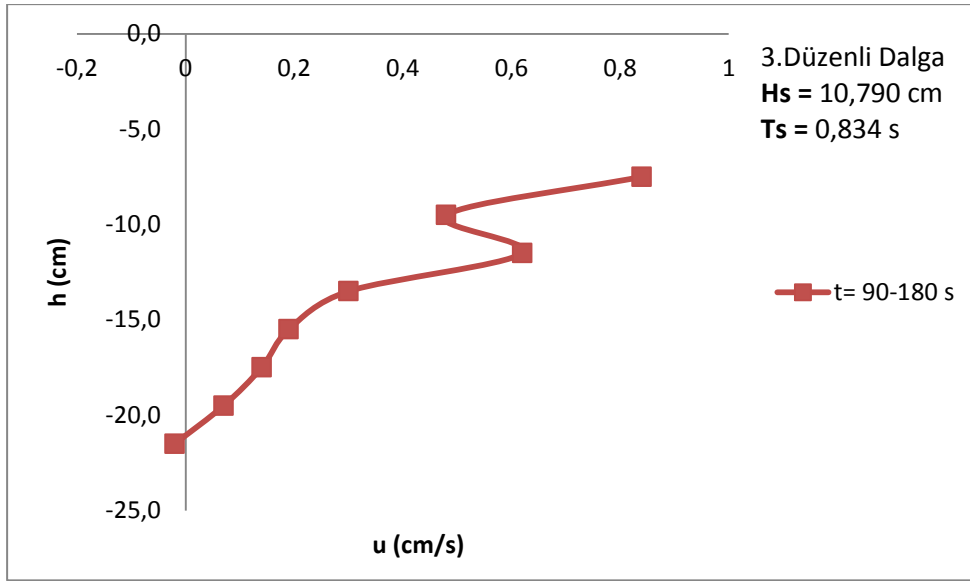
Şekil 6.89 : 1001 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama yatay hız bileşeni profili.

2.Düzenli dalganın dalgakıranın arkasında, şev üzerinde (1) ölçülen hızlara göre çıkartılan bu alandaki zamansal ortalama yatay hız profili (Şekil 6.90) incelendiğinde, derinlik boyunca hızın pozitif tarafta olduğu, oluşan akımın liman içinde kıyıya doğru olduğu görülmektedir. Zamansal ortalama yatay hız profilimin en yüksek değerinin yüzeye en yakın noktadan başlayarak tabana doğru salınımlı olarak azaldığı dolayısıyla kıyıya doğru olan akımın tabana yaklaştıkça azaldığı görülmektedir. Dolayısıyla liman içinde yatayda oluşacak sirkülasyonun yüzeyde en fazla olurken tabana inildikçe azalacağı anlaşılmaktadır. Azalan yatay hız profilinde 11,5cm derinlikte (yaklaşık gelen dalga boyu kadar derinlikte) ve tabana en yakın 21,5 cm derinlikte kıyıya doğru artış göstermektedir.



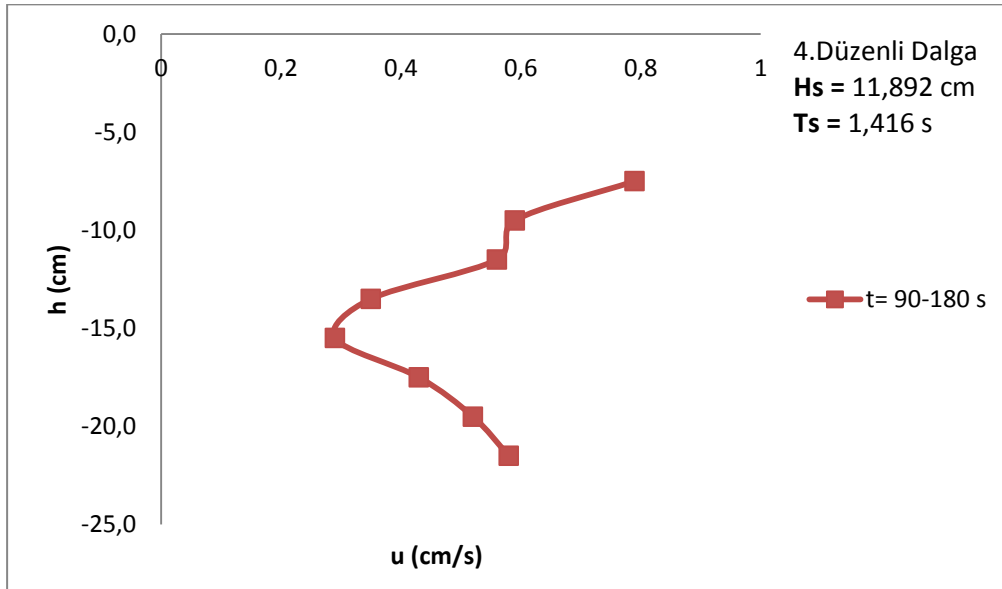
Şekil 6.90 : 1002 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama yatay hız bileşeni profili.

3.Düzenli dalganın, dalgakıranın arkasında (1) bu alandaki zamansal ortalama yatay hız profili (Şekil 6.91) incelendiğinde, derinlik boyunca hızın tabana en yakın nokta hariç pozitif tarafta olduğu, oluşan akımın liman içinde kıyıya doğru olduğu görülmektedir. Tabana yakın noktada açığa doğru oluşan hızın arttığı, oluşan akımın dalgakırana doğru geriye basdığını göstermektedir. Bu dalgadada zamansal ortalama yatay hız profili derinlik boyunca kıyıya doğru azalırken, üçüncü ölçüm noktası derinliğinde (-11,5 cm) tekrar kıyıya doğru artış gösterdiği görülmektedir. Bu artış noktası yaklaşık olarak gelen dalga boyu kadar derinliği civarında olmaktadır.



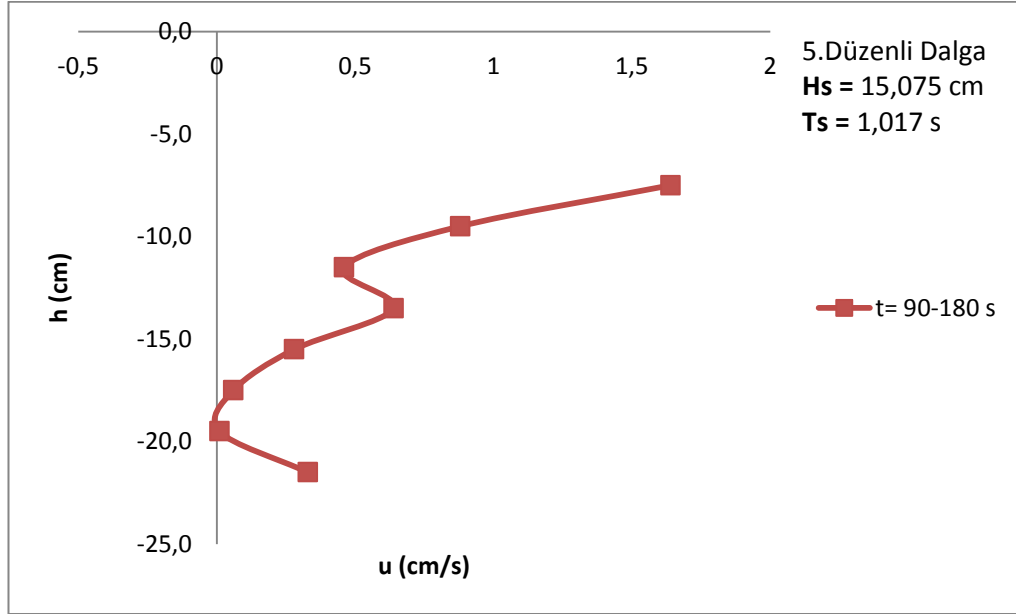
Şekil 6.91 : 1003 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama yatay hız bileşeni profili.

4.Düzenli dalganın dalgakıranın arkasında, liman içinde kıyıya doğru olan bölgede zamansal ortalama yatay hız profilinin (Şekil 6.92) pozitif tarafta olduğu, dalgakıran arkasında (1) en yüksek hıza sahip yüzeyden derinlik boyunca tabana doğru inildikçe yatay hızın 15,5 cmderinliğe kadar azaldığı bu noktadan sonra tabana kadar kıyıya doğru yatayhızın arttığı görülmektedir. Bundan önceki dalgalardan farklı olarak son üç noktada hız tekrar artışa geçmiştir.



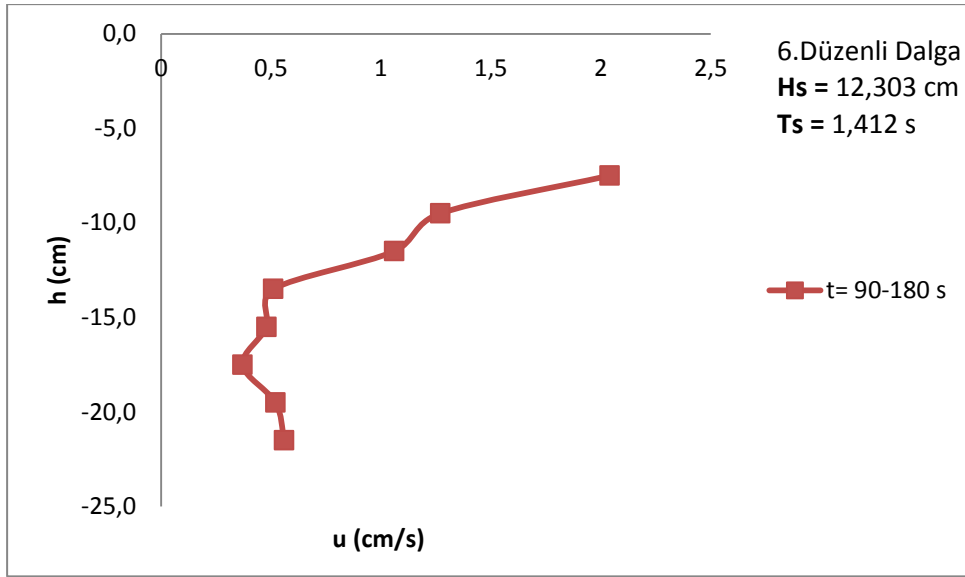
Şekil 6.92 : 1004 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama yatay hız bileşeni profili.

5.Düzenli dalganın dalgakıranın arkasında, şev üzerinde (1) ölçülen hızlara göre çıkartılan bu alandaki zamansal ortalama yatay hız profili (Şekil 6.93) incelendiğinde, derinlik boyunca hızın pozitif tarafta olduğu, oluşan akımın kıyıya doğru olduğu görülmektedir. Zamansal ortalama yatay hız profilinin en yüksek değerinin(1,64 cm/s) yüzeye en yakın noktadan başlayarak tabana doğru tabanın bir üstündeki nokta derinliğine kadar (-19,5 cm) azaldığı, bu derinlikten tabana kadar kıyıya doğru yatay hızın arttığı görülmektedir. Bu dalga için dalgakırandan geçen dalgaların dalgakıran arkasında oluşturduğu akımın hız profilinde de olduğu gibi kıyıya doğru azalan hızın tekrar artış yaptığı derinlik 10-15 cm aralığındadır. İncelenen düzenli dalgalarda, zamansal ortalama yatay hız profilinde derinlik boyunca azalırken kıyıya doğru ilk artışın bu derinlikler arasında olduğu görülmüştür.



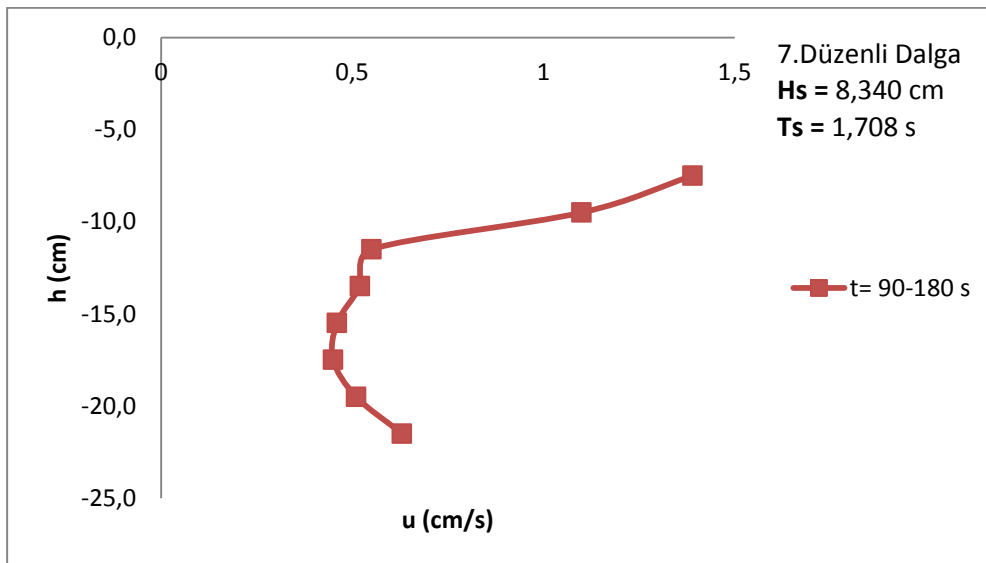
Şekil 6.93 : 1005 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama yatay hız bileşeni profili.

6.Düzenli dalganın dalgakıranın arkasında, şev üzerinde (1) liman içinde kıyıya doğru olan bölgede zamansal ortalama yatay hız profilinin (Şekil 6.94) tamamının pozitif tarafta olduğu, 1.modeldeki düzenli dalgalararasında yüzeye en yakın noktada en yüksek hıza ulaştığı (2,04 cm/s) yüzeyden derinlik boyunca tabana doğru inildikçe yatay hızın 17,5 cm derinliğe kadar azaldığı bu noktadan sonra tabana kadar kıyıya doğru yatay hızın arttığı görülmektedir. 13,5 cm derinlik ile taban arasındaki bölgede yatay hız değişimleri dar bir aralıkta olmaktadır.



Şekil 6.94 : 1006 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama yatay hız bileşeni profili.

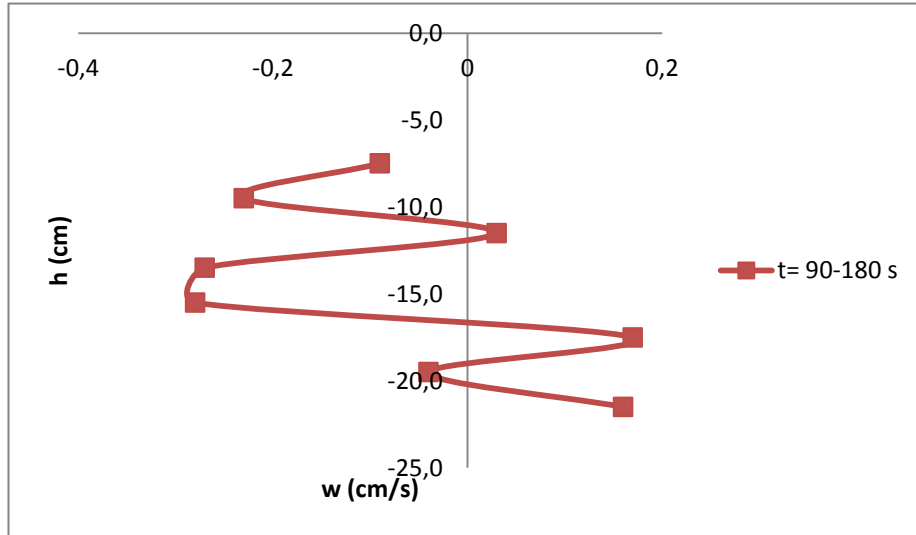
7.Düzenli dalganın dalgakıranın arkasında, şev üzerinde (1) ölçülen hızlara göre çıkartılan, bu alandaki zamansal ortalama yatay hız profili (Şekil 6.95) incelendiğinde, derinlik boyunca hızın pozitif tarafta kalarak, akımın kıyıya doğru olduğu dalgakıran içinden su geçişi olduğu bunun sonucunda kıyıya doğru akım olduğu görülmektedir. Zamansal ortalama yatay hız profilinde yüzeye en yakın ölçülen hızın 4cm derinlik arttıkça yaklaşık 1 cm/s azaldığı, yatay hızın derinlik boyunca 17,5 cm derinliğe kadar azaldığı, bu derinlikten itibaren tabana kadar yatay hızın kıyıya doğru arttığı görülmektedir.



Şekil 6.95 : 1007 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama yatay hız bileşeni profili.

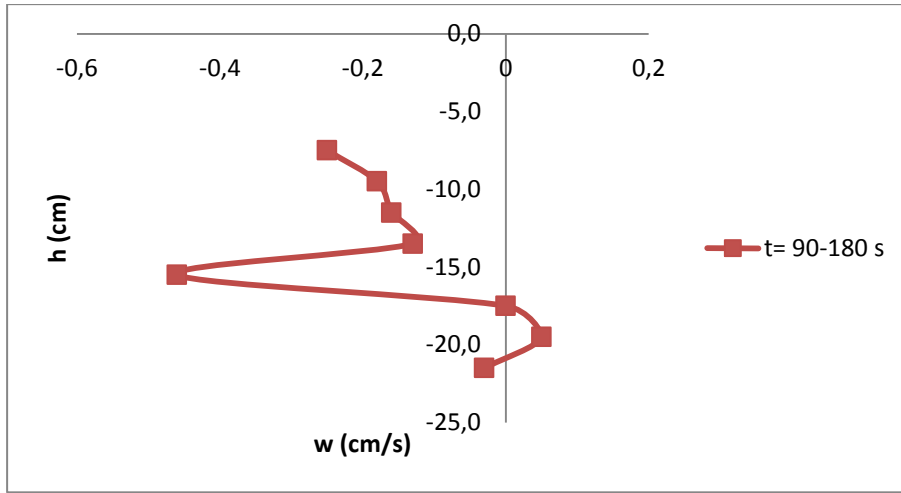
Deneylerde derinlik boyunca 2 cm aralıklar ile yapılan hız ölçümleri ile elde edilen zamansal ortalama düşey hız profillerinin grafikleri ve yorumu örnek olarak 1.model için verilmiştir. Diğer modellerin hız profili grafikleri EK B de verilmiştir. Modellerin yorumları genel olarak yapılmıştır.

1.Düzenli dalganın dalgakıranın arkasında, liman içinde kıyıya doğru olan bölgede zamansal ortalama düşey hız profilini incelediğimizde (Şekil 6.96), dalgakıran arkasında (1) hızın 9,5, 19,5 ve 21,5 cm derinlikleri hariç negatif tarafta olduğu, dolayısıyla aşağıya doğru hızların yukarıya doğru hızlardan büyük olduğu, bahsi geçen üç noktada ise yukarıya doğru olan hızların daha büyük olduğu görülmektedir. Derinlik boyunca ortalama düşey hız profilinde hızlar yukarı ve aşağıya doğru salınım yapmaktadır



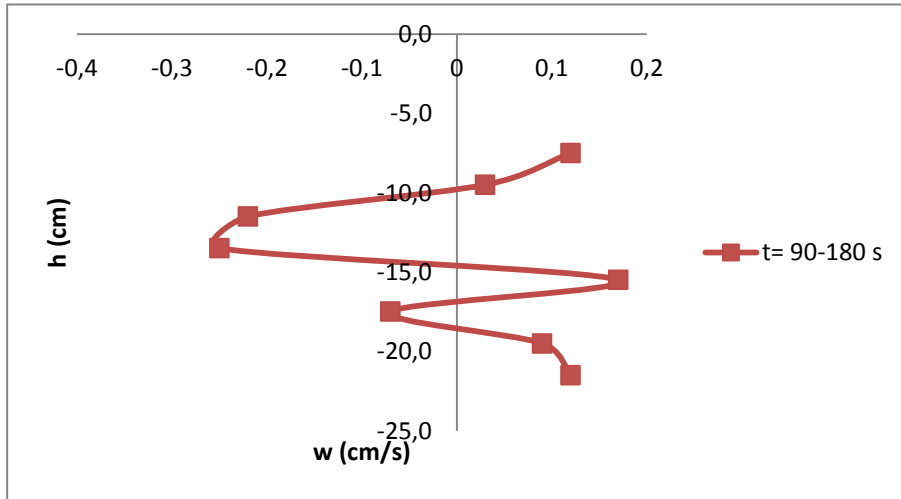
Şekil 6.96 : 1001 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama düşey hız bileşeni profili.

2.Düzenli dalganın dalgakıranın arkasında, liman içinde kıyıya doğru olan bölgede zamansal ortalama düşey hız profilini incelediğimizde (Şekil 6.97), dalgakıran arkasında (1) hızın 19,5 cm derinliğindeki nokta hariç negatif tarafta(aşağıya doğru) olduğu dolayısıyla aşağıya doğru hızın yukarıya doğru doğru olan hızdan daha büyük olduğu, dalgakırandan içeriye doğru su girişi olduğu,aşağıya doğru olan hızın azalarak devam ederken 15,5 cm derinlikte aşağıya doğru artış yaparak hızlandığı, devamında 2 cm altında düşey hızın sıfırlandığı, 2cm altındaki noktada yukarıya doğru olan hızın aşağıya doğru olan hızdan daha büyük olduğu, tabana yakın noktada hızın tekrar aşağı yönünde olduğu görülmektedir.



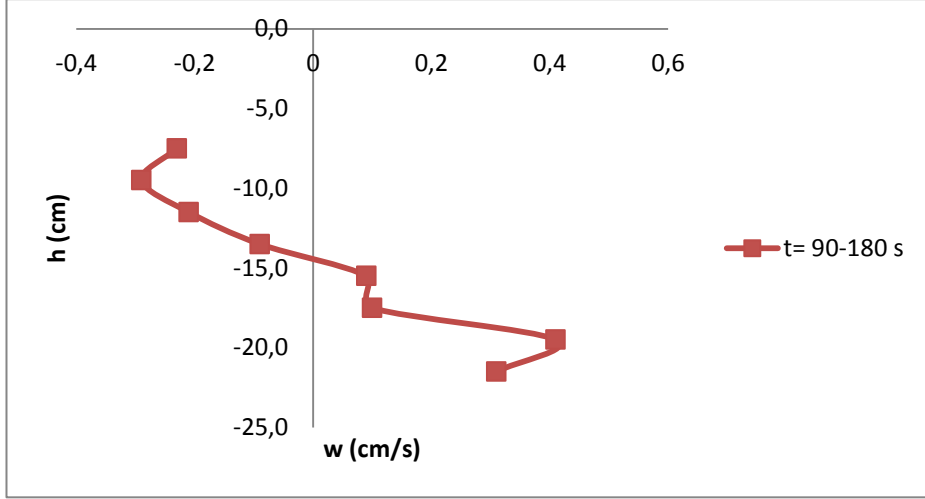
Şekil 6.97 : 1002 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama düşey hız bileşeni profili.

3.Düzenli dalganın dalgakıranın arkasında, liman içinde kıyıya doğru olan bölgede zamansal ortalama düşey hız profilini incelediğimizde (Şekil 6.98), dalgakıran arkasında (1) hızın 11,5 ve 15,5 cm derinlikleri hariç tamamının pozitif tarafta (yukarı doğru) olduğu, bu iki noktada ise aşağıya doğru hızın yukarıya doğru hızdan daha büyük olduğu görülmektedir.



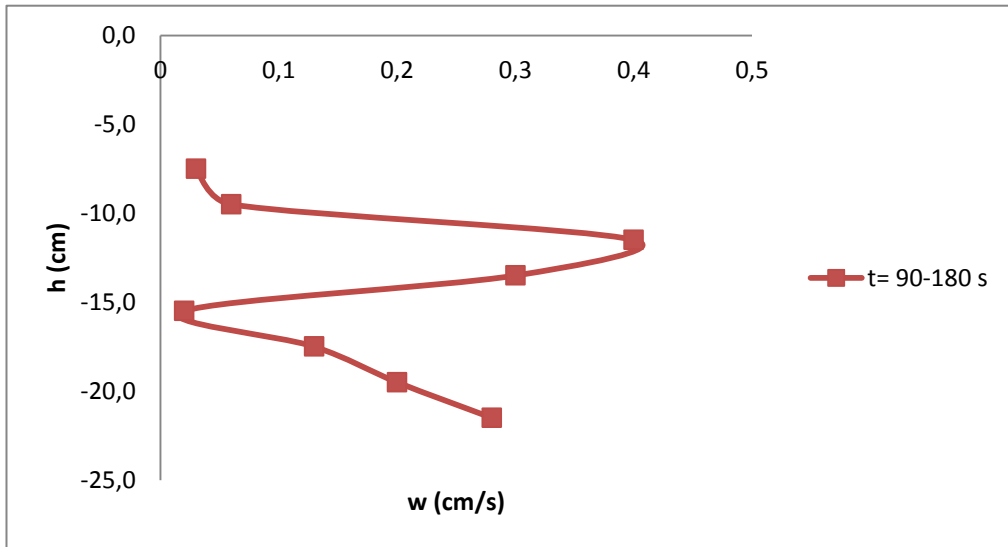
Şekil 6.98 : 1003 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama düşey hız bileşeni profili.

4.Düzenli dalganın dalgakıranın arkasında, liman içinde kıyıya doğru olan bölgede zamansal ortalama düşey hız profilini incelediğimizde (Şekil 6.99), dalgakıran arkasında (1) hızın 13,5 ve 15,5 cm derinlikleri arasında yön değiştiği, bu derinlik aralığında aşağıya doğru olan hızın yukarıya doğru hızlandığı görülmektedir.



Şekil 6.99 : 1004 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama düşey hız bileşeni profili.

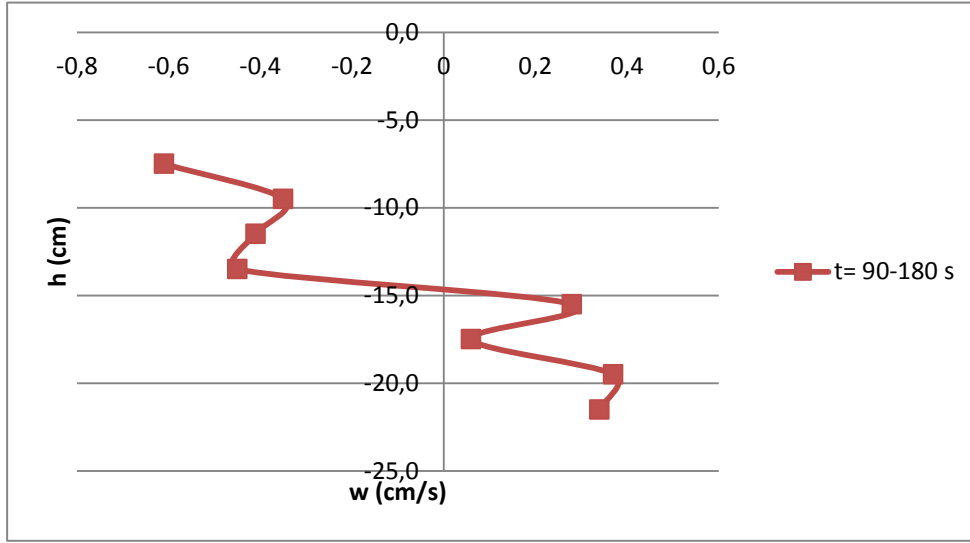
5.Düzenli dalganın dalgakıranın arkasında, liman içinde kıyıya doğru olan bölgede zamansal ortalama düşey hız profilini incelediğimizde (Şekil 6.100), dalgakıran arkasında (1) hızın tamamının pozitif tarafta(yukarı doğru) olduğu dolayısıyla yukarı doğru hızın aşağıya doğru olan hızdan daha büyük olduğu, derinlik boyunca tabana doğru inildikçe hızın, 13,5 ve 25,5 cm derinliklerindeki noktalar haricinde yukarıya doğru artış yaparak devam ettiği görülmektedir.



Şekil 6.100 : 1005 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama düşey hız bileşeni profili.

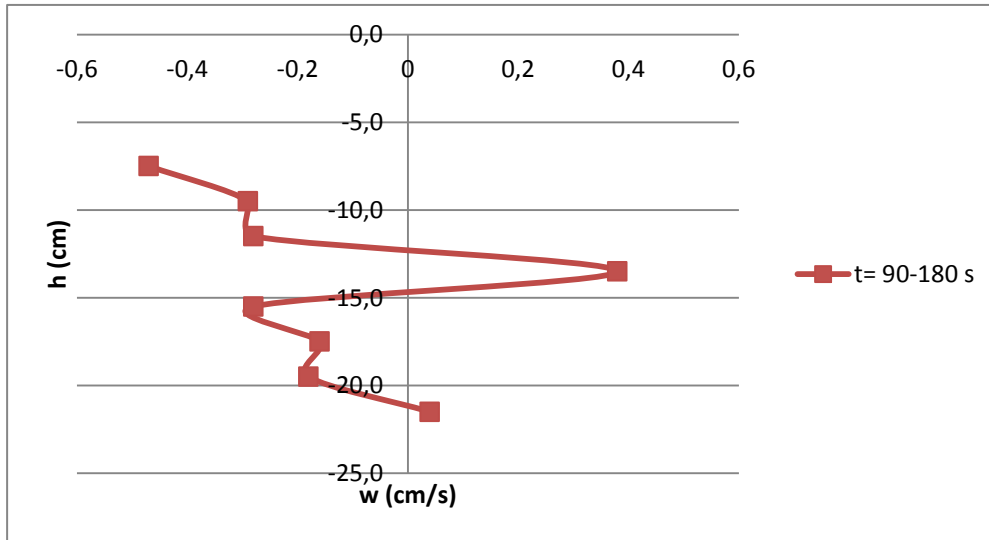
6.Düzenli dalganın dalgakıranın arkasında, liman içinde kıyıya doğru olan bölgede zamansal ortalama düşey hız profilini incelediğimizde (Şekil 6.101), dalgakıran arkasında (1) hızın 4.dalgada olduğu gibi, 13,5 ve 15,5 cm derinlikleri arasında yön

değiştirildiği, bu derinlik aralığında aşağıya doğru olan hızın yukarıya doğru hızlandığı görülmektedir.



Şekil 6.101 : 1006 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama düşey hız bileşeni profili.

7.Düzenli dalganın dalgakıranın arkasında, liman içinde kıyıya doğru olan bölgede zamansal ortalama düşey hız profilini incelediğimizde (Şekil 6.102), dalgakıran arkasında (1) hızın 13,5cm derinliği ve tabana en yakın nokta hariç tamamının negatif tarafta (aşağıya doğru) olduğu, 13,5 cm derinliğinde ve tabanda ise yukarıya doğru hızlanma olduğu görülmektedir.

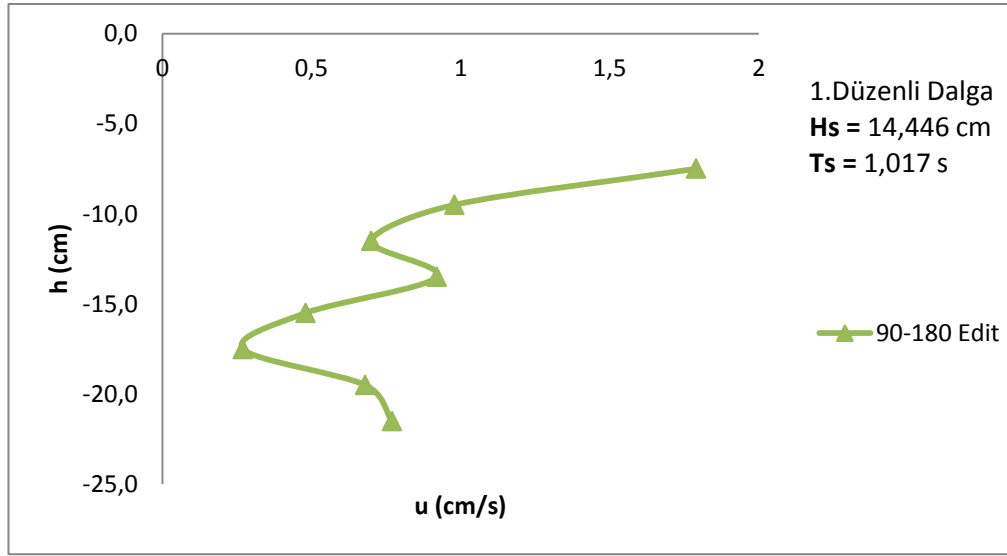


Şekil 6.102 : 1007 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama düşey hız bileşeni profili.

6.2.1.2 İkinci modelin zamansal ortalama hız profilleri

Birinci model ile aynı yapıda oluşturulan tamamı boşluklu ikinci dalgakıran modeli kret genişliği 10 cm olarak daraltılarak oluşturulmuştur. Bu dalgakıran modelinde birinci modelde olduğu gibi dalgakıran arkasında şev üzerinde (1) akım hız zaman serilerinin ölçümleri yapılmıştır.

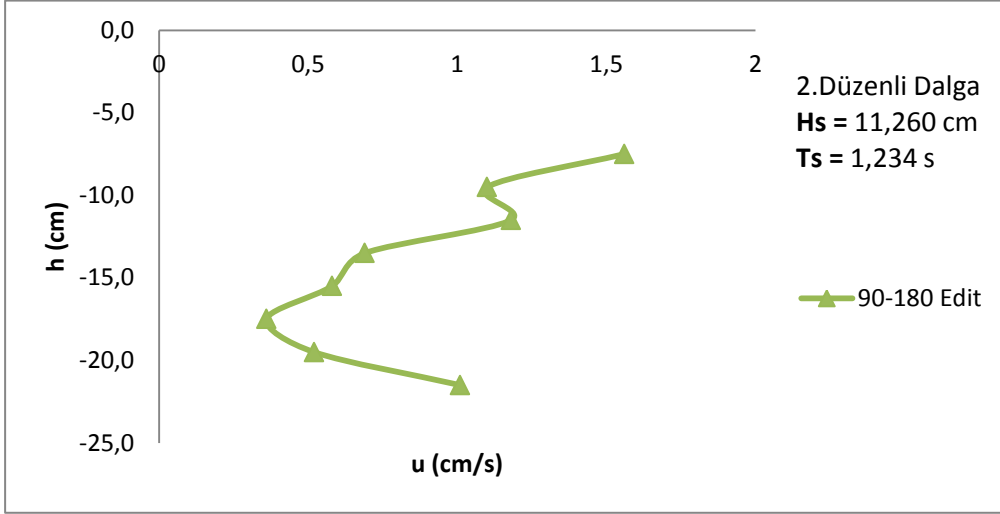
1.Düzenli dalganın dalgakıranın arkasında, şev üzerinde (1) kıyıya doğru olan bölgede zamansal ortalama yatay hız profilini analiz ettiğimizde (Şekil 6.103), yatay hız zaman serisi grafiğinde derinlik boyunca hızların kıyıya doğru pozitif yönde olduğu görülmektedir. Yüzeyde en yüksek değere sahip hız profilinde derinlik boyunca 11,5 cm derinliğe kadar azalmış, bu noktadan 2cm aşağıda tekrar kıyıya doğru hız artmış, tekrar 4cm derinliğe kadar (-17,5 cm) azalmaya devam etmiş, daha sonra tabana kadar tekrar yatay hız kıyıya doğru artışa geçmiştir. Burada görüldüğü gibi tabana yakın kıyıya doğru artan bir akım vardır.



Şekil 6.103 : 1023 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama yatay hız bileşeni profili.

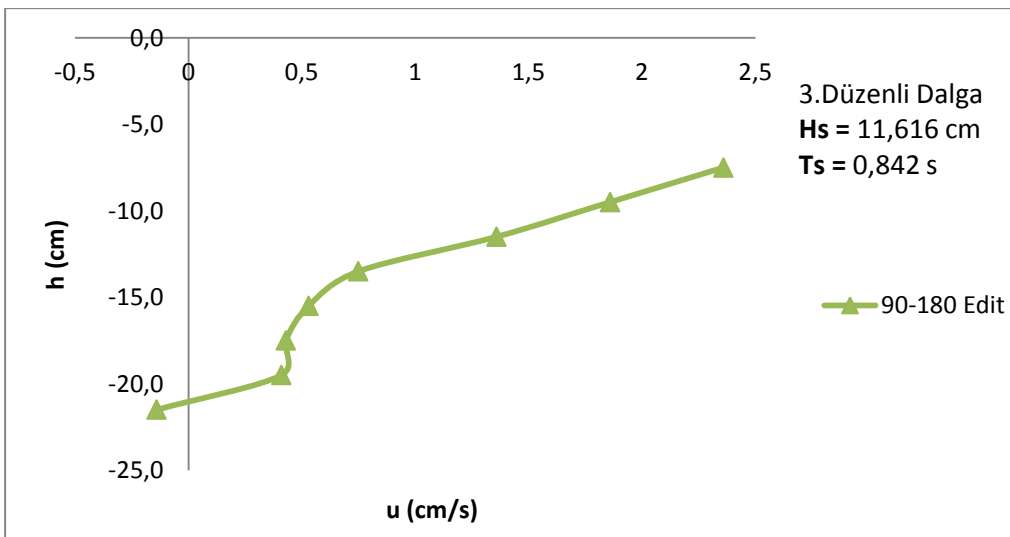
2.Düzenli dalganın dalgakıranın arkasında, şev üzerinde (1) kıyıya doğru olan bölgede zamansal ortalama yatay hız profilini incelediğimizde (Şekil 6.104), yatay hız profili grafiğinde hızlar kıyıya doğru pozitif yönde kalmaktadır. Yatay hızın en yüksek olduğu yüzeyden 9,5 cm derinliğine kadar kıyıya doğru olan hızın azalarak devam ettiği 11,5 cm derinliğinde yatay hızın artış yaptığı, bu artıştan itibaren 17,5

cm derinliğe kadar tekrar azalışa devam ettiği, bu noktadan tabana kadar tekrar artışa devam ettiği görülmektedir. Tabandaki akım kıyıya doğru artan bir hıza sahiptir.



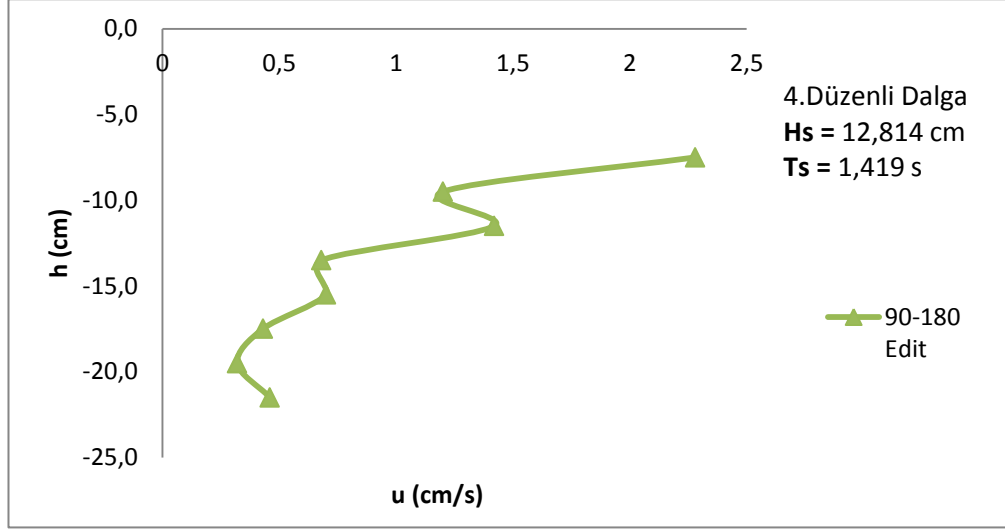
Şekil 6.104 : 1024 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama yatay hız bileşeni profili.

3. Düzenli dalganın dalgakıranın arkasında, şev üzerinde (1) ölçülen hızlara göre çıkartılan, bu alandaki zamansal ortalama yatay hız profili (Şekil 6.105) incelendiğinde, derinlik boyunca hızın tabana en yakın nokta hariç pozitif tarafta kaldığı, tabana yakın noktada hızın açığa doğru negatif tarafta olduğu görülmektedir. Buradanda anlaşıldığı üzere, yaklaşık tabana kadar dalgakırandan kıyıya doğru su geçişi olduğu, tabanda su geçişinin ters yönde geriye açığa doğru olmaktadır. Bu dalgada oluşan akım 2. modelde yüzeyde enyüksek hıza ($\sim 2,5$ cm/s) ulaşmıştır.



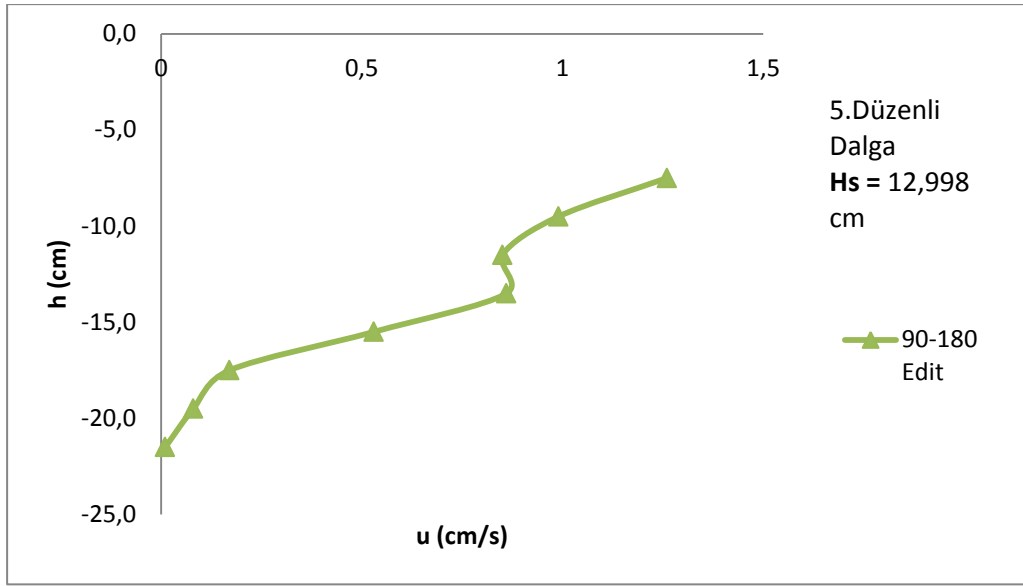
Şekil 6.105 : 1025 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama yatay hız bileşeni profili.

4.Düzenli dalganın dalgakıranın arkasında, şev üzerinde (1) kıyıya doğru olan bölgede zamansal ortalama yatay hız profilini ıcelediğimizde (Şekil 6.106) zamansal ortalama yatay hızın tabana doğru azalarak gitme eğiliminde olarak pozitif tarafta olduğu derinlik boyunca hızın kıyıya doğru olduğu görölmektedir. Azalan yatay hız 11,5, 15,5 derinliğinde ve tabana doğru artış göstermektedir.



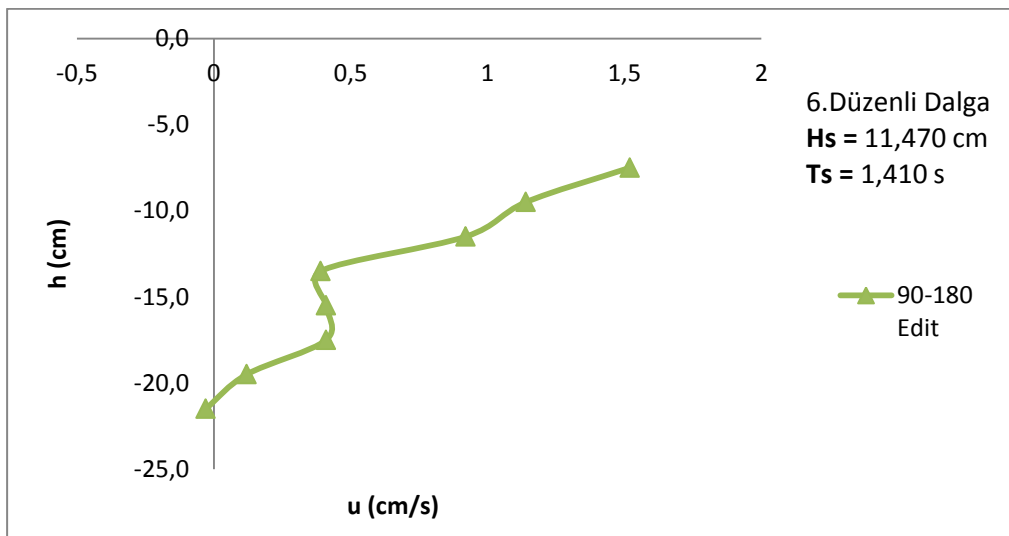
Şekil 6.106 : 1026 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama yatay hız bileşeni profili.

5.Düzenli dalganın dalgakıranın arkasında, şev üzerinde (1) ölçülen hızlara göre çıkartılan, bu alandaki zamansal ortalama yatay hız profili (Şekil 6.107) incelendiğinde, hızın kıyıya doğru pozitif tarafta olduğu, derinlik boyunca hızın 13,5 derinliğindeki nokta hariç tabana doğru azalarak devam ettiği, tabanda yaklaşık sıfır olduğu görölmektedir. Hızdaki azalma 13,5 cm derinlikte artış yapmış ve sonra tekrar azalmaya devam etmiştir.



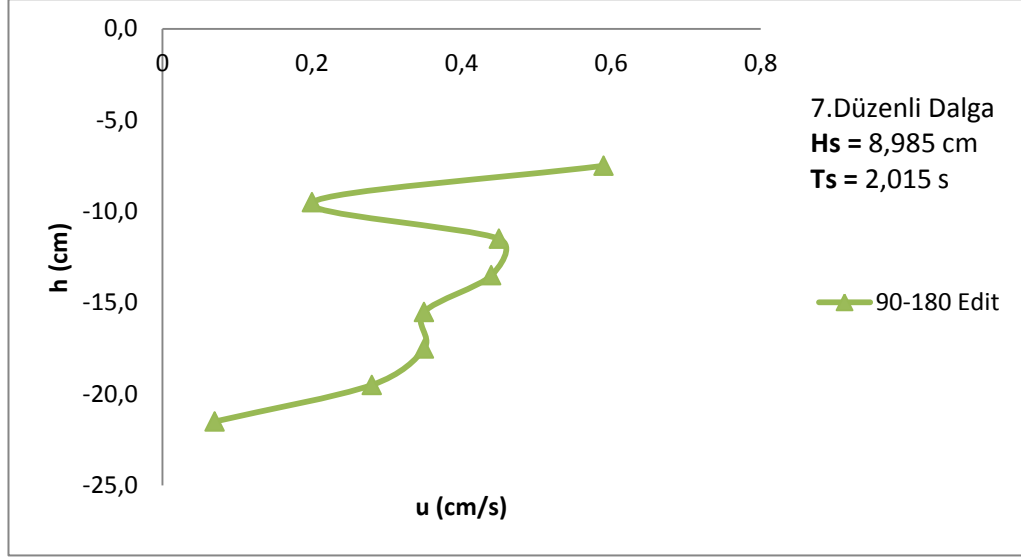
Şekil 6.107 : 1027 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama yatay hız bileşeni profili.

6.Düzenli dalganın dalgakıranının arkasında, şev üzerinde (1) ölçülen hızlara göre çıkartılan, bu alandaki zamansal ortalama yatay hız profili (Şekil 6.108) incelendiğinde, hızın tabana en yakın nokta hariç kıyıya doğru pozitif tarafta olduğu, derinlik boyunca hızın 13,5 derinliğine kadar azaldığı bu derinlikten itibaren 4 cm aşağıya kadar kıyıya doğru hızın arttığı, 17,5 cm derinlikten tabana doğru hızın azalmaya devam ettiği, tabana en yakın noktada hızın açığa doğru arttığı görülmektedir. Tabanda su akımı geriye dalgakırana doğru olduğu böylece suyun açığa geri bastığı tespit edilmiştir.



Şekil 6.108 : 1028 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama yatay hız bileşeni profili.

7.Düzenli dalganın dalgakıranın arkasında, şev üzerinde (1) ölçülen hızlara göre çıkartılan, bu alandaki zamansal ortalama yatay hız profili (Şekil 6.109) incelendiğinde, hızın kıyıya doğru pozitif tarafta olduğu, derinlik boyunca hızın 11,5, 13,5 ve 17,5 derinlikleri haricinde azaldığı bu derinliklerde kıyıya doğru hızın arttığı görülmüştür. Derinlik boyunca yatay hız profili salınımlı olarak azalmaktadır.



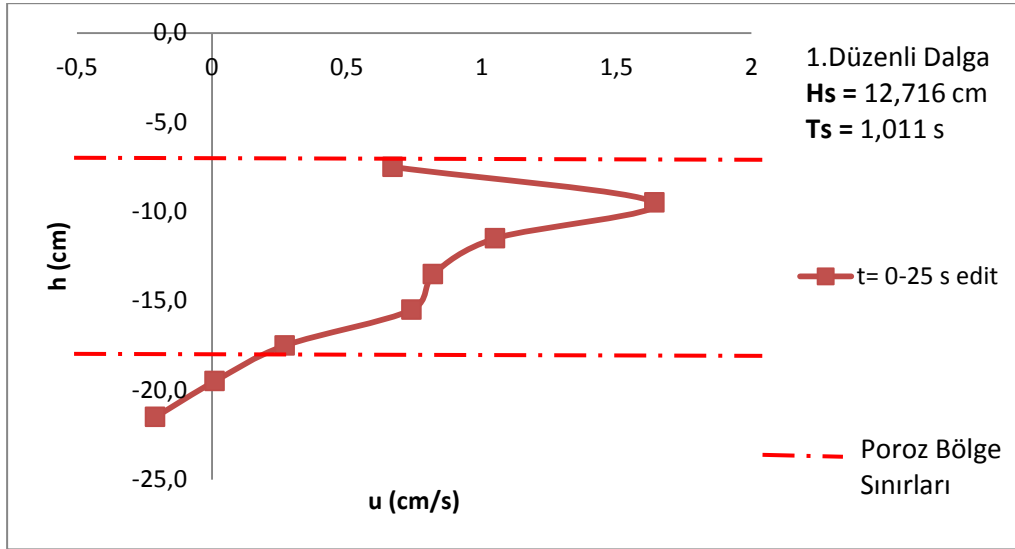
Şekil 6.109 : 1029 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama yatay hız bileşeni profili.

6.2.1.3 Üçüncü modelin zamansal ortalama hız profilleri

İlk iki modelden farklı olarak üç tabakalı, sakin su seviyesinin 7,3 cm altından itibaren aşağıya doğru 10 cm yüksekliğinde (7.3- 17.3 cm derinliği arasında), boşluklu kısım yerleştirilerek oluşturulan dalgakıranın 3.modelinde, dalgakıran arkasında şev üzerinde (1), poroziteden dolayı dalgakırandan geçen dalganın oluşturduğu akım hız zaman serilerinin ölçümleri yapılmıştır. En kesitte oluşturulan derinlik boyunca 10 cm yüksekliğe sahip boşluklu bölümün tamamının arkasında ve tabana kadar olan bölümde hız ölçümleri yapılmıştır. Böylece boşluklu kısım ile boşluklu kısmın altındaki bölümden tabana kadar hız kıyaslamaları yapılabilmektedir.

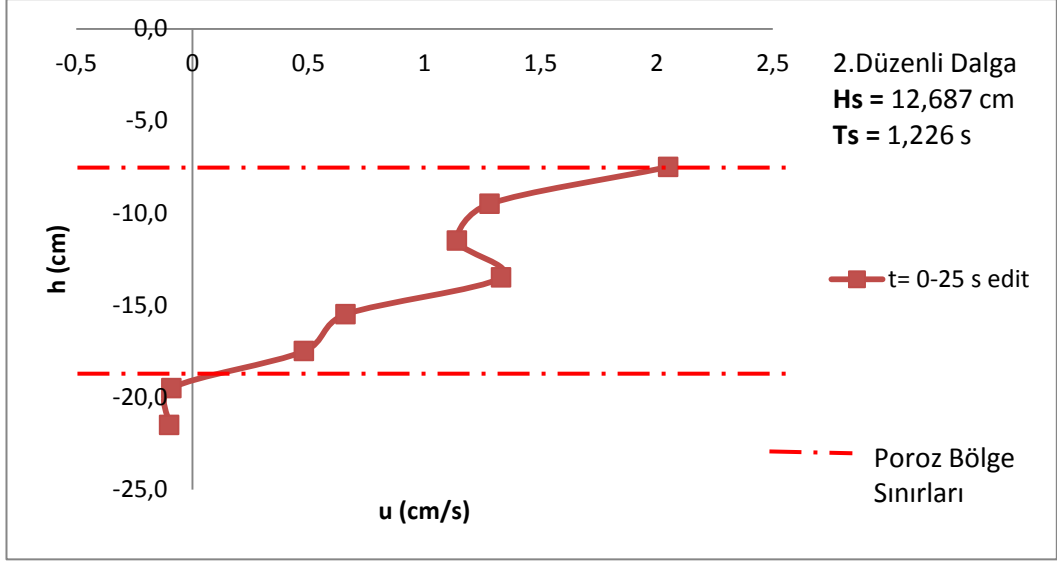
Düzenli dalganın dalgakıranın arkasında, liman içinde kıyıya doğru olan bölgede zamansal ortalama yatay hız profilini incelediğimizde (Şekil 6.110), dalgakıran arkasında (1) ilk ölçüm noktası boşluklu bölümün yaklaşık yüzeye en yakın noktasında yapılmıştır. 10 cm yüksekliğinde boşluklu kesitte derinlik boyunca kesitin başladığı noktadan ~2 cm altında zamansal ortalama yatay hızın en yüksek değerine

ulaştığı bu noktadan sonra derinlik boyunca kıyıya doğru olan hızın azaldığı görülmektedir. Tabana en yakın nokta hariç hızın pozitif tarafta kaldığı, tabanda negatif tarafa geçtiği ve hızın açığa doğru arttığı görülmüştür. Boşluklu kesitin bittiği noktadaki (-17,5 cm) ölçümden tabana kadar yatay hızlar en düşük değerdedir. Burada görüldüğü gibi tamamı boşluklu 1 ve 2. modele göre 3. modelde oluşturulan 10cm lik dar bir boşluklu kesitte yatay hız en yüksek değerine ulaşmaktadır.



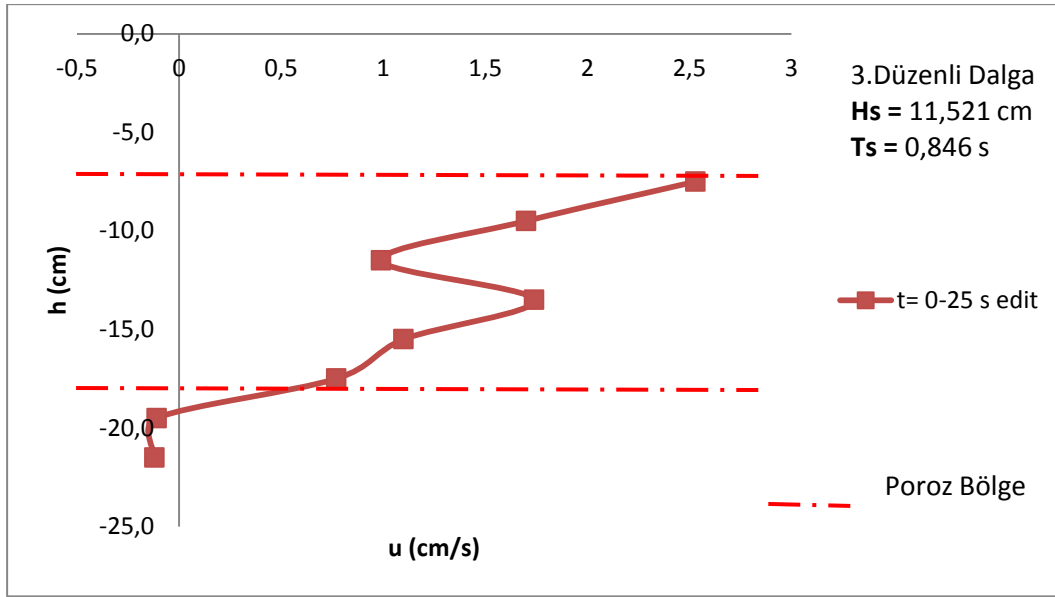
Şekil 6.110 : 1045 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama yatay hız bileşeni profili.

2.Düzenli dalganın dalgakıranın arkasında, liman içinde kıyıya doğru olan bölgede zamansal ortalama yatay hız profilini incelediğimizde (Şekil 6.111), dalgakıran arkasında (1) sandviç modelli 3.dalgakıranın en kesitinin ortasında oluşturulan dar boşluklu kesitte, yüzeye yakın noktasında yatay hızın 1.dalgadan farklı olarak en yüksek yatay hıza ulaştığı, 4cm derinliğe (-11,5 cm) kadar yatay hızın azaldığı, 6cm derinlikte (-13,5 cm) kıyıya doğru tekrar artışa geçtiği, bu noktadan sonra boşluklu kesitin alt sınırına kadar azalmaya devam ettiği, boşluklu kesit bitiminde pozitif taraftaki hızın negatif tarafa geçtiği ve hızın açığa doğru olduğu (bu son iki noktada oluşan akımın dalgakırana doğru olduğu suyun tekrar geriye dalgakıran arkasından , öne doğru bastığı) görülmektedir.



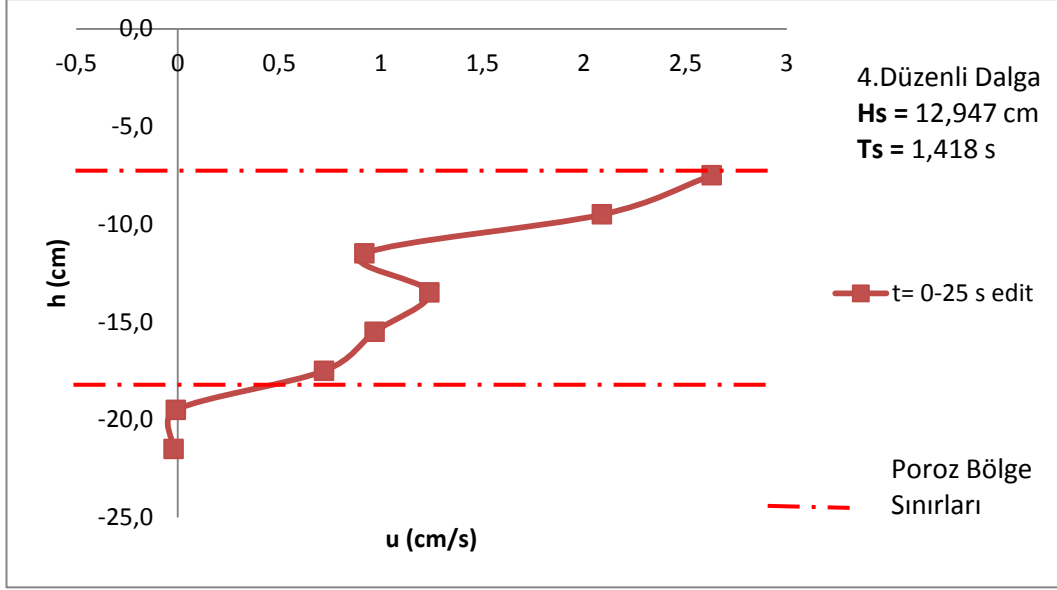
Şekil 6.111 : 1046 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama yatay hız bileşeni profili.

3.Düzenli dalganın dalgakıranın arkasında, şev üzerinde (1) ölçülen hızlara göre çıkartılan, bu alandaki zamansal ortalama yatay hız profili (Şekil 6.112) incelendiğinde, dalgakıran arkasında (1) derinlik boyunca zamansal ortalama yatay hız profilinin boşluklu kesit boyunca hızın pozitif tarafta kaldığı dolayısıyla boşluklu kesitin derinliği boyunca kıyıya doğru dalgakırandan su girişi olduğu, boşluklu kesitin altında tabana kadar olan bölgede hızın negatif tarafta olduğundan hızın dalgakırana doğru olduğu,suyun tekrar dalgakırandan öne geçerek açığa doğru gittiği görülmektedir. Boşluklu en kesitin en üst noktasında en yüksek yatay hız değerinde iken derinlik boyunca azalmakta kesitin ortalarında (-13,5 cm) tekrar kıyıya doğru olan hız artmakta daha sonra azalmaya devam etmektedir.



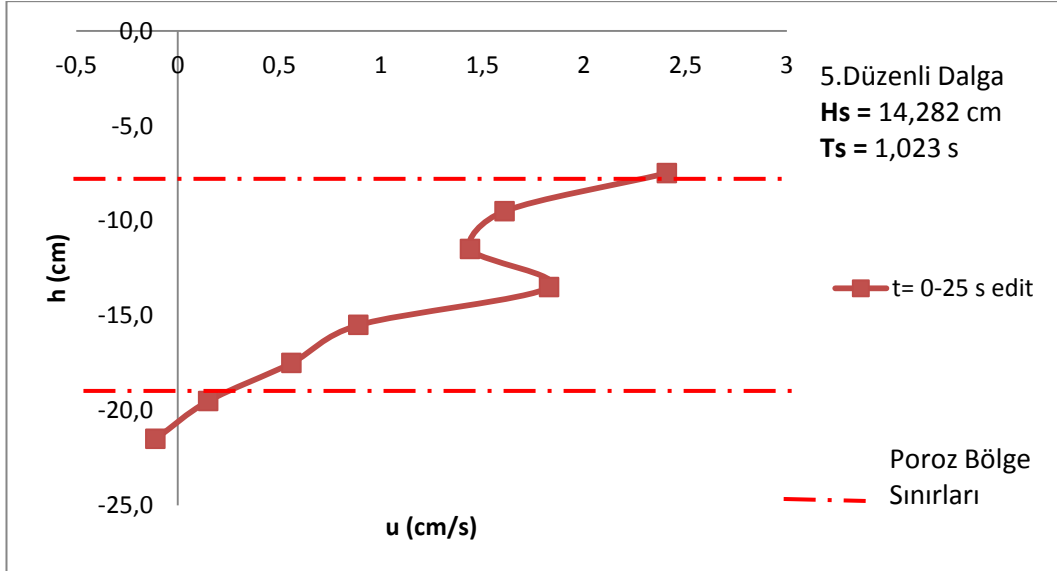
Şekil 6.112 : 1047 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama yatay hız bileşeni profili.

4. Düzenli dalganın dalgakıranın arkasında, şev üzerinde (1) ölçülen hızlara göre çıkartılan, bu alandaki zamansal ortalama yatay hız profili (Şekil 6.113) incelendiğinde, dalgakıran arkasında (1) boşluklu kesit boyunca hızın pozitif tarafta olduğu, bu kısımda boşluklu kesitin başlangıcındaki en yüksek yatay hızın derinlik boyunca 13,5 derinliği hariç azaldığı, 13,5 derinliğinde azalan yatay hız profilinin buderinlikte tekrar arttığı, bu derinlikten itibaren tekrar azalmaya devam ettiği, boşluklu kısımda kıyıya doğru olan hızın, boşluklu kesitin altında tabana doğru olan bölümde yatay hızın negatif tarafta kaldığı dolayısıyla açığa doğru olan hızın kıyıya doğru olan hızdan daha büyük olduğunu göstermektedir. Bu dalgadada görüldüğü gibi kıyıya doğru azalan yatay hız boşluklu kesitin derinlik boyunca yaklaşık ortalarında artış yaparak kıyıya doğru yatay hız artmaktadır. 4. Dalga zamansal yatay hız profili olarak 3. dalga ile benzerlik göstermektedir.



Şekil 6.113 : 1048 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama yatay hız bileşeni profili.

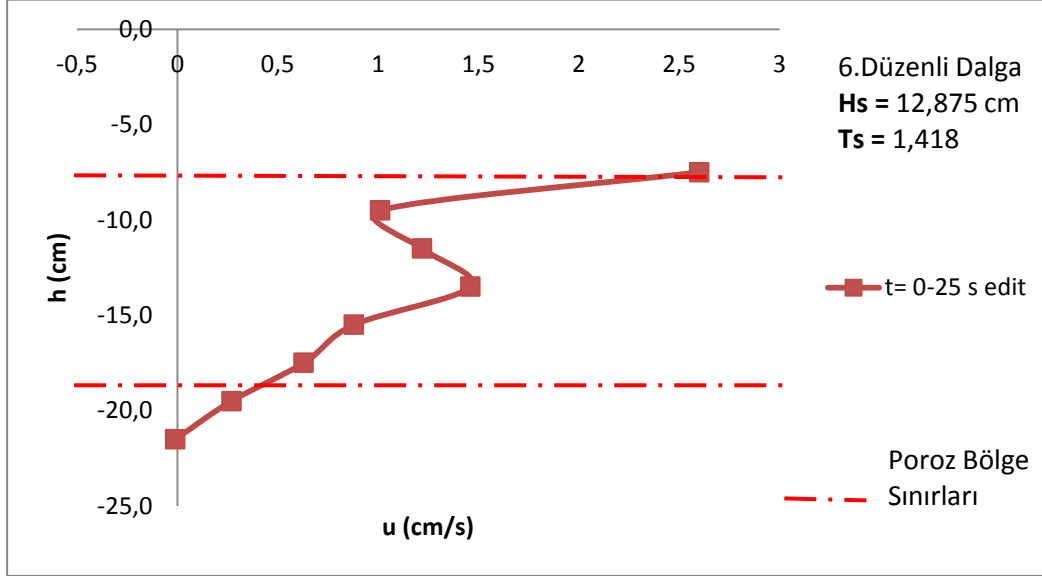
5.Düzenli dalganın dalgakıranın arkasında, liman içinde kıyıya doğru olan bölgede zamansal ortalama yatay hız profilini incelediğimizde (Şekil 6.114), dalgakıran arkasında (1) boşluklu kesitin ortası hariç yüzeyden tabana doğru derinlik boyunca azalarak gitmektedir. Boşluklu kesitin ortasında kıyıya doğru hız artmakta, tabana yakın noktada ise açığa doğru olan hız kıyıya doğru olan hızdan büyük olduğu için tabanda akım geriye dalgakıranına doğru olmaktadır



Şekil 6.114 : 1049 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama yatay hız bileşeni profili.

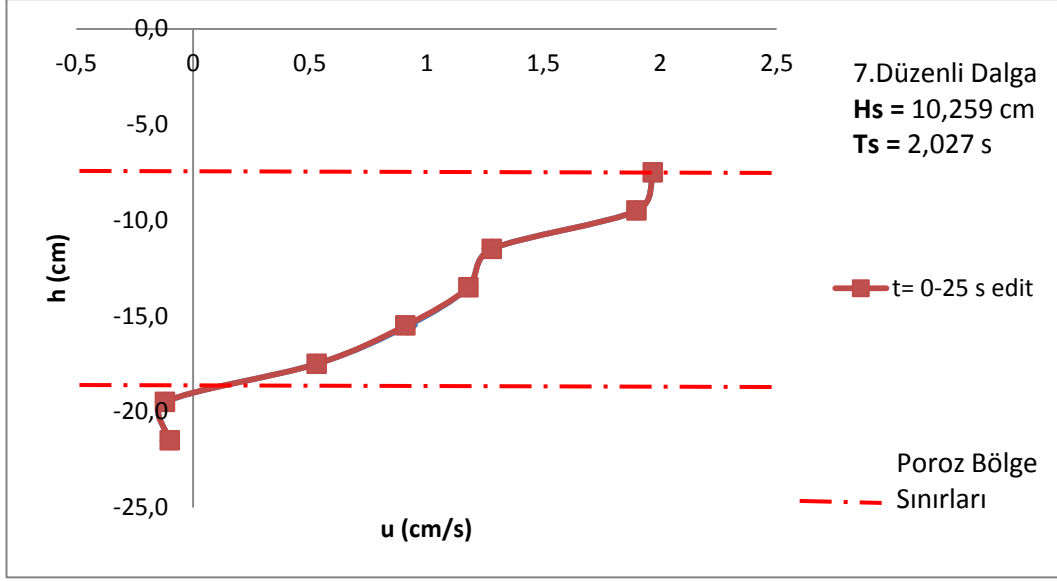
6.Düzenli dalganın dalgakıranın arkasında, liman içinde kıyıya doğru olan bölgede zamansal ortalama yatay hız profilini incelediğimizde (Şekil 6.115), dalgakıran

arkasında (1) yüzeyden tabana doğru derinlik boyunca yatay hızın tamamı pozitif tarafta kaldığından yatay hız kıyıya doğru olduğu, bu dalgada derinlik boyunca boşluklu kesitin ortasına doğru 4 ve 6 cm derinliklerde iki noktada yatay hız artışı olduğu görülmektedir. Yatay hızın tamamı pozitif tarafta olduğundan, boşluklu kesimin altından tabana kadar olan bölümde de yatay hız kıyıya doğrudur. Dalgakıran kesitinde derinlik boyunca su girişinden dolayı kıyıya doğru yatay hızlar mevcuttur.



Şekil 6.115 : 1050 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama yatay hız bileşeni profili.

7.Düzenli dalganın dalgakıranın arkasında, liman içinde kıyıya doğru olan bölgede zamansal ortalama yatay hız profilini incelediğimizde (Şekil 6.116), dalgakıran arkasında (1) boşluklu kesitin ortası dahil yüzeyden tabana doğru derinlik boyunca azalarak gitmektedir. Boşluklu kesitte derinlik boyunca pozitif taraftaki hız, boşluklu kesit bitiminden tabana kadar negatif tarafta olmaktadır. Boşluklu kesitte kıyıya doğru olan yatay hız, kesitin altında dalgakırana dolayısıyla açığa doğrudur. Negatif taraftaki yatay hız önce açığa doğru artmakta sonra tabanda açığa doğru olan hız azalmaktadır.



Şekil 6.116 : 1051 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama yatay hız bileşeni profili.

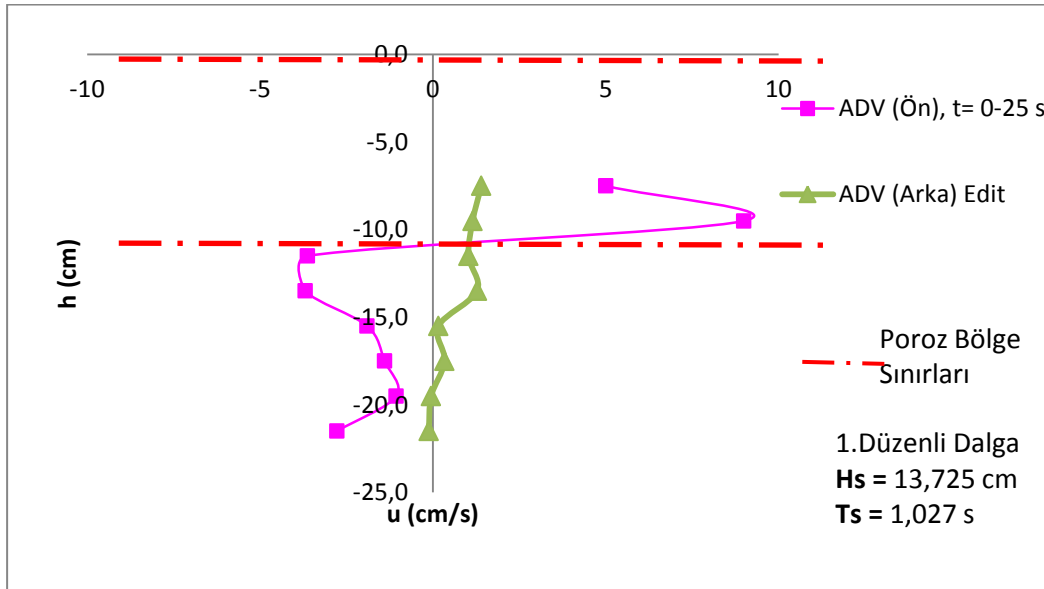
Sandviç dalgakıran olarak oluşturulan 3.dalgakıran modelinde, en uzun dalga boyuna sahip 7.dalga hariç, diğer altı dalgada boşluklu en kesitin derinlik boyunca yaklaşık ortasında zamansal ortalama yatay hız kıyıya doğru artış yapmakta olduğu, bu orta noktadan geçen debide artış olduğu görülmektedir.

6.2.1.4 Dördüncü modelin zamansal ortalama hız profilleri

Üçüncü modelde olduğu gibi üç tabakalı olarak inşa edilen dalgakıranda, oluşturulan boşluklu bölüm dalgakıran geometrisi değiştirilerek derinlik boyunca yeri sakin su seviyesinden itibaren aşağıya doğru enkesit boyunca 10 cm yüksekliğinde inşa edilmiştir. Bu modelden itibaren derinlik boyunca, dalgakıran arkasında şev üzerinde (1), poroziteden dolayı dalgakırandan geçen dalganın oluşturduğu akım ve dalgakıran önünde şev başlangıcı üzerinde (2) gelen dalganın hız zaman serilerinin ölçümleri yapılmıştır. Yapılan bu ölçümlere göre gelen dalga ve geçen dalganın oluşturduğu akım koşulları kıyaslanmıştır. Dalgakıran arkasında (1) yapılan ölçümler sakin su seviyesinden itibaren 2,5 cm den itibaren prob ile ölçüme başlanmış örnekleme hacmi 5 cm de olduğundan ilk ölçümün -7,5 cm de ilk ölçüm alınmıştır. Bundan dolayı 0-10 cm derinlik arasında oluşturulan boşluklu kesitte 2 ölçüm alınabilmektedir.

1.Düzenli dalganın dalgakıran önünde açığa doğru olan bölgede ve dalgakıranın arkasında, liman içinde kıyıya doğru olan bölgede zamansal ortalama yatay hız

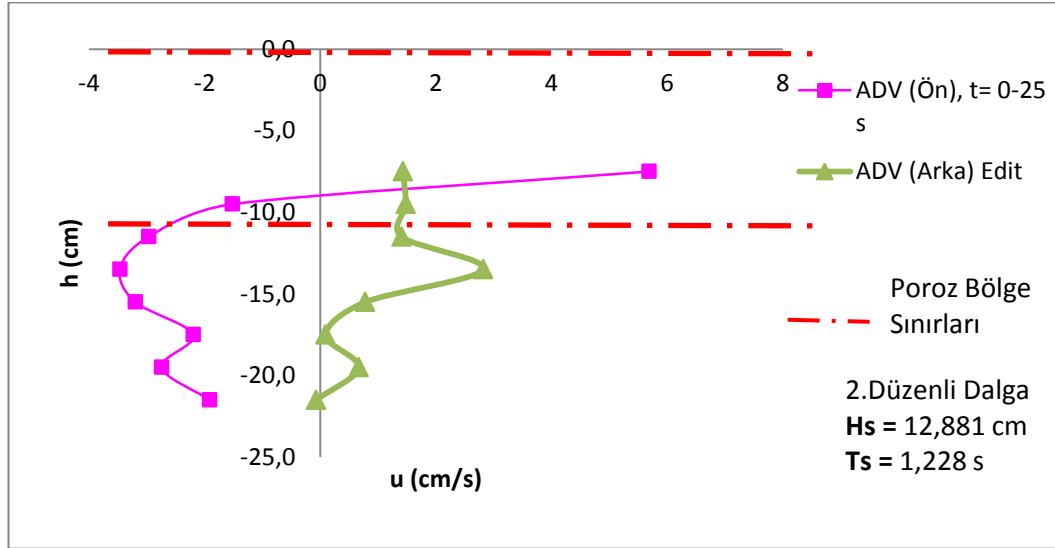
profilini incelediğimizde (Şekil 6.117), dalgakıran önünde (2) şev başlangıcı üzerinde gelen dalganın derinlik boyunca zamansal ortalama yatay hızların yüzeye en yakın noktada yatay dalga hızının en büyük değerde kıyıya doğru olduğu, derinlik boyunca diğer noktalarda yatay hızın negatif tarafta kalarak, açığa doğru olduğu, dalgakıran arkasında (1) boşluklu kesit içinde kalan ilk iki nokta ölçümlerine bakıldığında zamansal ortalama yatay hızın azalarak devam ettiği, boşluklu kesitin altından tabana kadar azalarak devam ettiği, 13,5 ve 17,5 cm derinlikte yatay hızın kıyıya doğru artış yaptığı, tabana yakın son iki noktada (-19,5cm'den itibaren) dalgakırana doğru olan hızın kıyıya göre olan hızdan daha büyük olduğu için akımınaçığa doğru olduğu görülmektedir. Açığa doğru olan yatay hız taban hariç derinlik boyunca azalmaktadır.



Şekil 6.117 : 1067 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama yatay hız bileşeni profilleri.

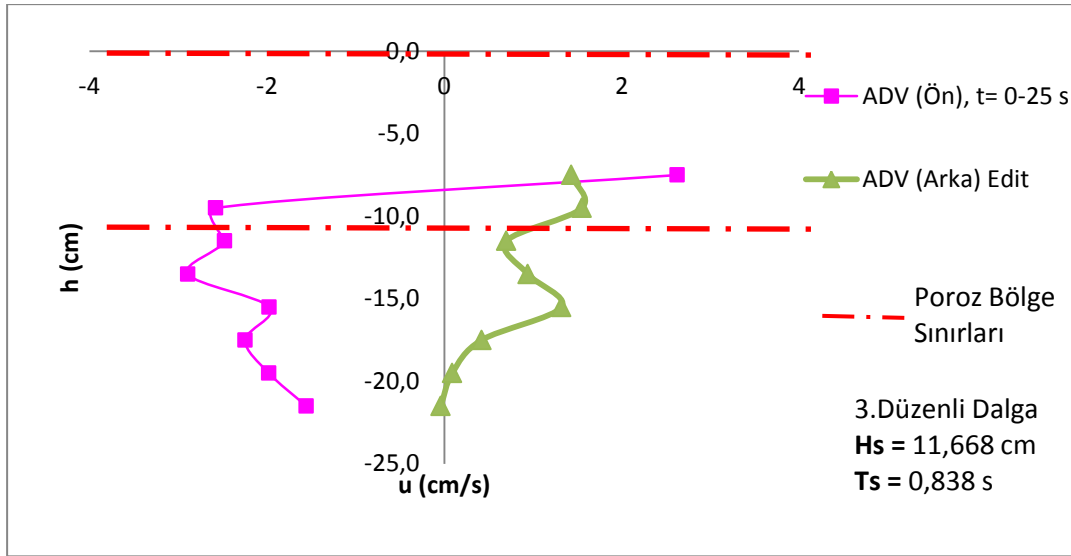
2. Düzenli dalganın dalgakıran önünde açığa doğru olan bölgede ve dalgakıranın arkasında, liman içinde kıyıya doğru olan bölgede zamansal ortalama yatay hız profilini incelediğimizde (Şekil 6.118), dalgakıran önünde (2) şev başlangıcı üzerinde gelen dalganın derinlik boyunca zamansal ortalama yatay hızların yüzeye en yakın noktadan itibaren 13.5 cm derinliğe kadar açığa doğru arttığı bu noktadan 4cm derinliğe kadar açığa doğru olan hızın azaldığı 19,5 cm derinlikte yatay hızın açığa doğru tekrar arttığı devamında tabana en yakın noktaya kadar açığa doğru olan hızın azaldığı, dalgakıran arkasında (1) boşluklu kesit içinde zamansal ortalama yatay hızın azalarak devam ettiği, boşluklu kesitin altından tabana kadar azalarak

devam ettiği, 13,5 ve 17,5 cm derinlikte yatay hızın kıyıya doğru artış yaptığı, tabana yakın son noktada dalgakırana doğru olan hızın açığa doğru olduğu, tabandaki son nokta hariç hızın pozitif tarafta kaldığı, gözükmemektedir. Dalgakırandan sonraki ve önceki yatay hızlar kıyaslandığında oluşan hızların tabana yakın nokta hariç ters yönlü olduğu dalgakıran arkasında kıyıya doğru, dalgakıran önünde açığa doğru olduğu tabana yakın son noktada her iki hızında açığa doğru olduğu görülmektedir.



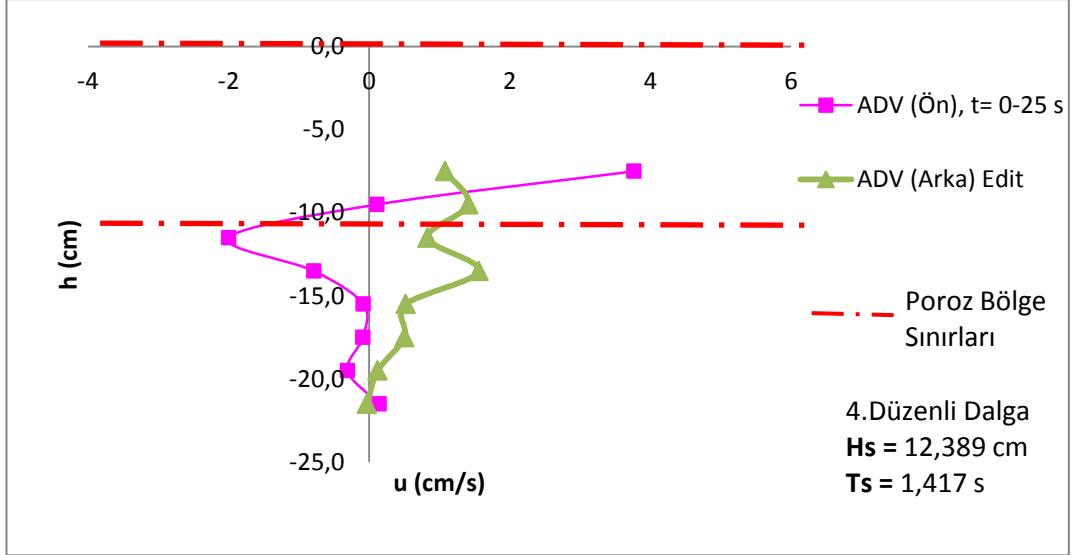
Şekil 6.118 : 1068 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama yatay hız bileşeni profilleri.

3.Düzenli dalganın dalgakıran önünde açığa doğru olan bölgede ve dalgakıranın arkasında, liman içinde kıyıya doğru olan bölgede zamansal ortalama yatay hız profilini incelediğimizde (Şekil 6.119), dalgakıran önünde (2) şev başlangıcı üzerinde gelen dalganın ve dalgakıran arkasında (1) oluşan akımın derinlik boyunca zamansal ortalama yatay hızların karşılaştırıldığında her iki hızın 2.dalgadaki gibi son nokta hariç ters yönlü olarak dalgakıran arkasında kıyıya , dalgakıran önünde açığa doğru son noktada her iki hızında açığa doğru olduğu görülmektedir. (2) bölgede derinlik boyunca açığa doğru azalan yatay hızın 13,5 ve 17,5 cm derinliklerinde açığa doğru arttığı ve (1) bölgede tabana doğru azalan hızların boşluklu kesit içinde, boşluklu kesit sınırına yakın 19,5 cm derinlikte ve boşluklu kesit alt sınırından itibaren 6 cm derinlikte yatay hızın kıyıya doğru arttığı gözlenmiştir.



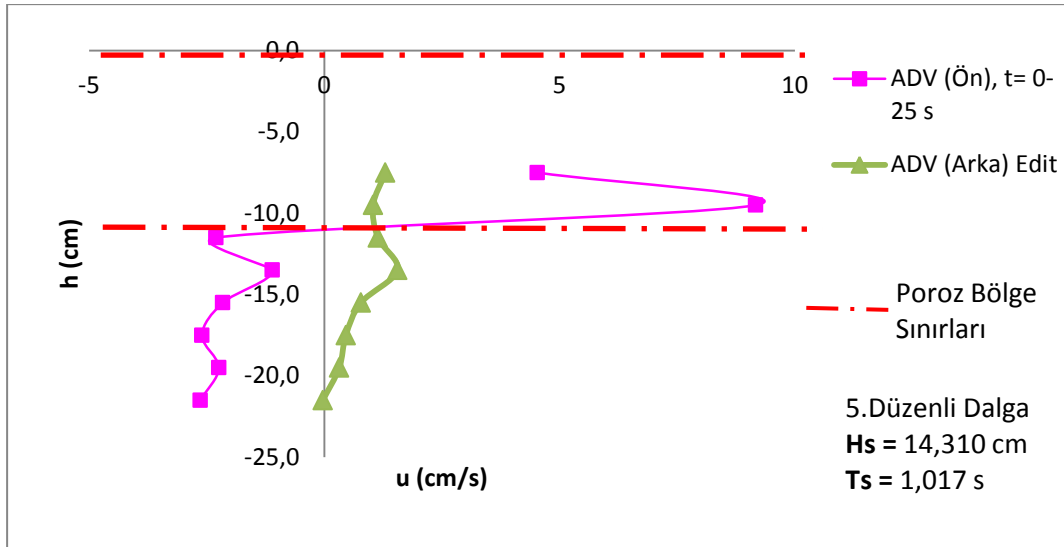
Şekil 6.119 : 1069 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama yatay hız bileşeni profilleri.

4.Düzenli dalganın dalgakıran önünde açığa doğru olan bölgede ve dalgakıranın arkasında, liman içinde kıyıya doğru olan bölgede zamansal ortalama yatay hız profilini incelediğimizde (Şekil 6.120), dalgakıran önünde (2) şev başlangıcı üzerinde gelen dalganın derinlik boyunca zamansal ortalama yatay hızların yüzeye en yakın boşluklu kesit sınırı üstünde kıyıya dalgakıranına doğru olduğu boşluklu kesitin altından itibaren açığa doğru olan hızın 2cm derinlikte arttığı derinlik boyunca devamında azaldığı 10 cm derinlikte açığa doğru hızın tekrar arttığı ve tabana en yakın noktada yatay hızın kıyıya doğru olduğu, dalgakıran arkasında (1) boşluklu kesit içinde zamansal ortalama yatay hızın artarak devam ettiği, boşluklu kesitin altından tabana kadar azalarak devam ettiği, boşluklu kesitin alt sınırında kıyıya doğru arttığı boşluklu kesitten üç tabakalı bölüme geçtiğinde yatay hızın azaldığı bu noktanın altında boşluklu kesit sınırından 4 cm derinde kıyıya doğru hızın tekrar arttığı, 8 cm derinde ise tekrar küçük miktar artış yaptığı tabana yakın son noktada ise hızın açığa doğru olduğu görülmektedir.



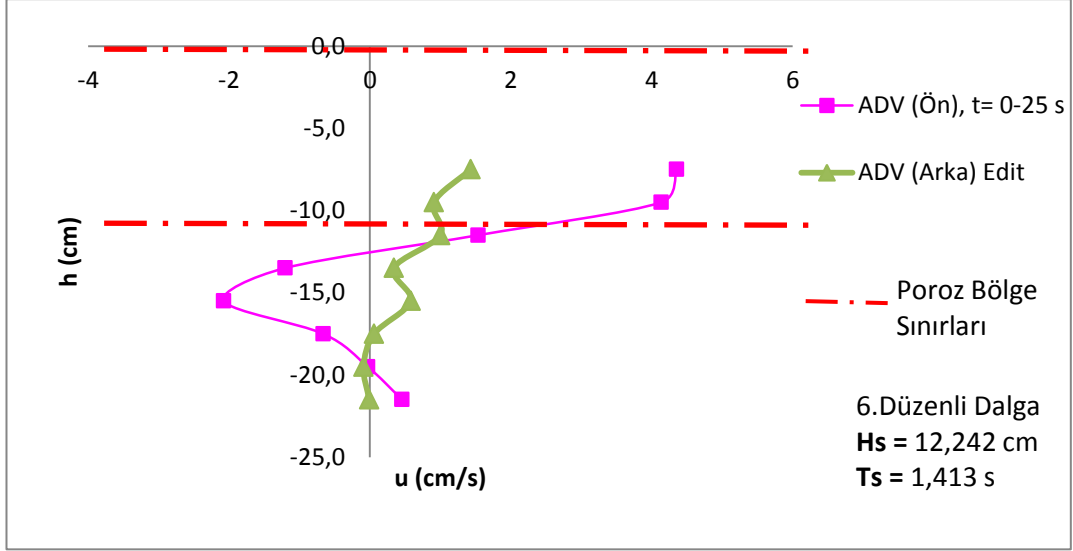
Şekil 6.120 : 1070 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama yatay hız bileşeni profilleri.

5. Düzenli dalganın dalgakıran önünde açığa doğru olan bölgede ve dalgakıranın arkasında, liman içinde kıyıya doğru olan bölgede zamansal ortalama yatay hız profilini incelediğimizde (Şekil 6.121), dalgakıran önünde (2) şev başlangıcı üzerinde gelen dalganın derinlik boyunca zamansal ortalama yatay hızların yüzeye en yakın boşluklu kesit sınırı üstünde kıyıya dalgakırana doğru olduğu boşluklu kesitin altından itibaren açığa doğru olan hızın 2cm derinlikte arttığı derinlik boyunca devamında azaldığı 8 cm derinlikte ve tabana en yakın noktada açığa doğru hızın tekrar arttığı, boşluklu kesit içindeki nokta hariç yatay hızın negatif tarafta kalarak açığa doğru olduğu ve yatay hızın kıyıya doğru olduğu, dalgakıran arkasında (1) boşluklu kesit içinde zamansal ortalama yatay hızın azalarak devam ettiği, boşluklu kesitin altından tabana kadar azalarak devam ettiği, boşluklu kesitin alt sınırında kıyıya doğru arttığı boşluklu kesitten üç tabakalı bölüme geçtiğinde yatay hızın azaldığı bu noktanın altında boşluklu kesit sınırından 4 cm derinde kıyıya doğru hızın tekrar arttığı tabana yakın son noktada ise hızın sıfıra yaklaştığı görülmektedir. Buradadagörüldüğü gibi boşluklu kesitte yatay hızın dalgakıran yönünde kıyıya doğru olduğu, devamında üç tabakalı yapı başlamasından sonra geçirgenliğin azalması ile derinlik boyunca yatay hızın açığa doğru olduğu görülmektedir.



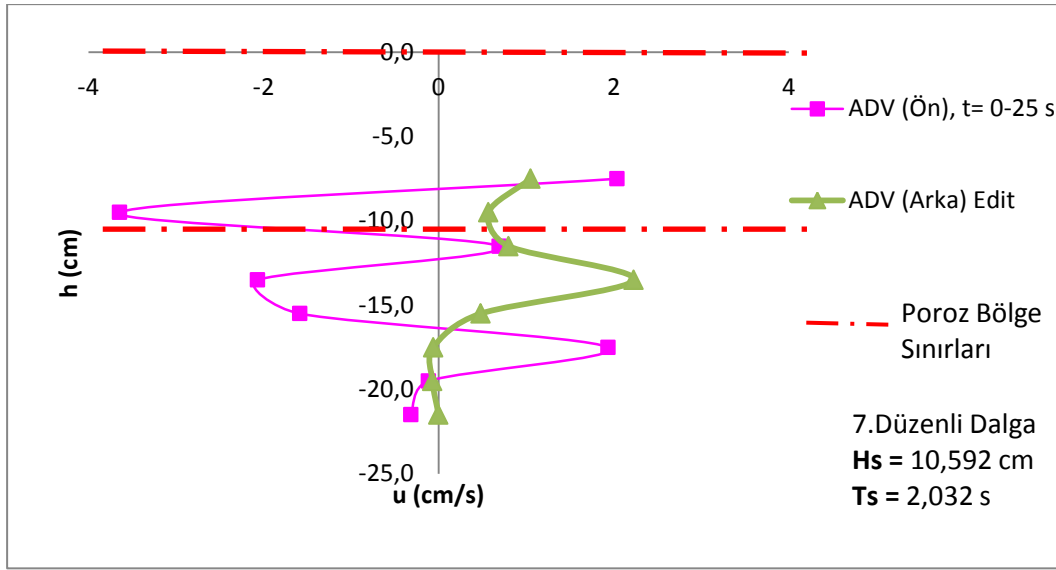
Şekil 6.121 : 1071 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama yatay hız bileşeni profilleri.

6.Düzenli dalganın dalgakıran önünde açığa doğru olan bölgede ve dalgakıranın arkasında, liman içinde kıyıya doğru olan bölgede zamansal ortalama yatay hız profilini incelediğimizde (Şekil 6.122), dalgakıran önünde (2) şev başlangıcı üzerinde gelen dalganın derinlik boyunca zamansal ortalama yatay hızların, boşluklu kesitin altından itibaren 4-8 cm derinlikler arası hariç pozitif tarafta kaldığı, yüzeye en yakın boşluklu kesit sınırı üstünde, hemen altında (2cm derinlikte) ve 10-12 cm derinliklerinde kıyıya dalgakıranına doğru olduğu boşluklu kesitin altından itibaren açığa doğru olan hızın 4-8 cm derinlikler arasında açığa doğru olduğu 6 cm derinlikte hızın açığa doğru arttığı, dalgakıran arkasında (1) boşluklu kesit içinde zamansal ortalama yatay hızın azalalarak devam ettiği, 19,5 cm derinlik hariç hızın pozitif tarafta kalarak kıyıya doğru olduğu, boşluklu kesitin altından derinlik boyunca 11,5 ve 15,5 cm derinliklerinde yatay hızın kıyıya doğru arttığı, tabanın bir üstündeki noktada açığa doğru yönde olduğu, tabanda sıfıra yakın kıyıya doğru olduğu görülmektedir. Burada bir önceki dalgada görüldüğü gibi boşluklu kesitte yatay dalga hızının dalgakıran yönünde kıyıya doğru olduğu, dalgakıran arkasındaki kıyıya doğru en yüksek yatay hızın boşluklu kesitte olduğu görülmektedir.



Şekil 6.122 : 1072 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama yatay hız bileşeni profilleri.

7.Düzenli dalganın dalgakıran önünde açığa doğru olan bölgede ve dalgakıranın arkasında, liman içinde kıyıya doğru olan bölgede zamansal ortalama yatay hız profilini incelediğimizde (Şekil 6.123), dalgakıran önünde (2) şev başlangıcı üzerinde gelen dalganın derinlik boyunca zamansal ortalama yatay hızları, boşluklu kesitin içinde açığa doğru en büyük yatay hız değerine sahip olduğu, boşluklu kesitin altından tabana kadar olan bölgede 11,5-17,5 cm derinlikleri (bu derinliklerdeki iki noktada hızların kıyıya doğru pozitif yönde olduğu) hariç dalga hızlarının açığa doğru olduğu, dalgakıran arkasında (1) boşluklu kesit içinde zamansal ortalama yatay hızın boşluklu kesit sınırına doğru azaldığı, boşluklu kesitin hemen altından itibaren 4 cm derinliğe kadar kıyıya doğru yatay hızın arttığı, 6 cm derinlikte yatay hızın azaldığı, 8-10 cm derinlikleri arasında hızın açığa doğru , tabana en yakın noktada kıyıya doğru pozitif yönde sıfıra yakın olduğu görülmektedir. Bu dalgada boşluklu kesitte yatay dalga hızının açığa doğru en büyük değerde olduğu, dalgakıran arkasındaki boşluklu kesitin hemen altında geçirgenlik azalmasına rağmen yatay hızın 4cm derinlik boyunca artışa geçtiği görülmektedir.

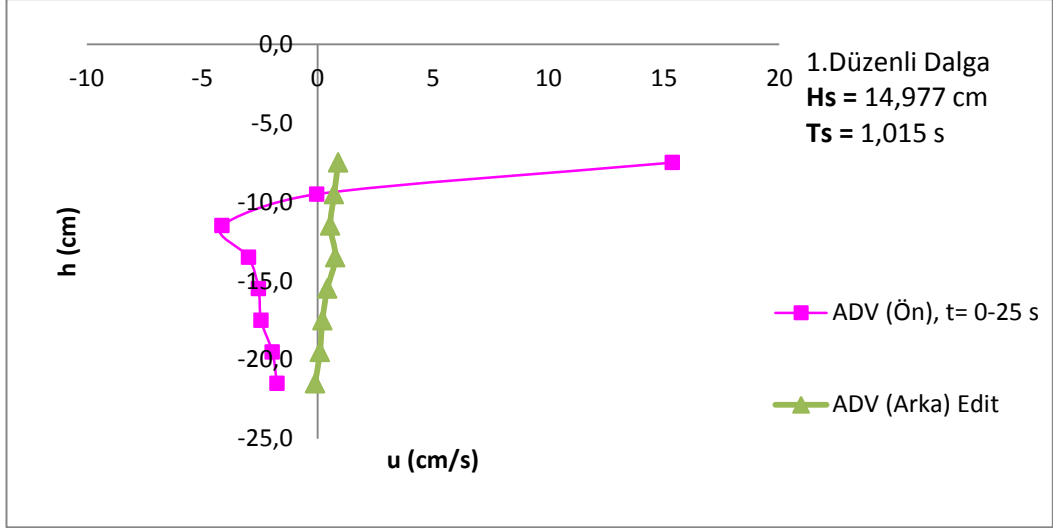


Şekil 6.123 : 1073 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama yatay hız bileşeni profilleri.

6.2.1.5 Beşinci modelin zamansal ortalama hız profilleri

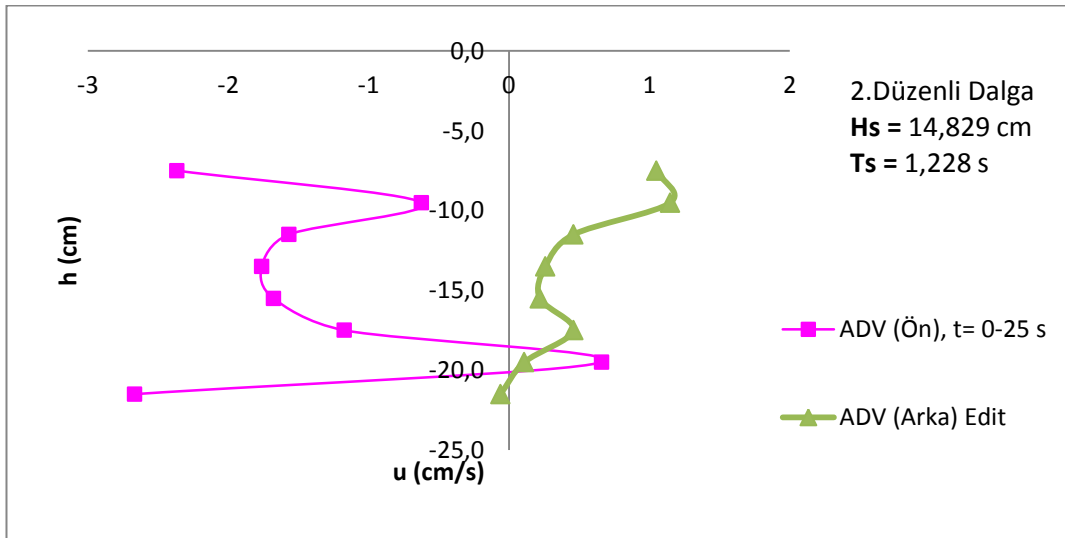
Üçüncü ve dördüncü modelde olduğu gibi üç tabakalı olarak inşa edilen dalgakıranda, oluşturulan boşluklu bölüm dalgakıran geometrisi değiştirilerek yeri saikin su seviyesinden itibaren yukarıya doğru enkesit boyunca 10 cm yüksekliğinde inşa edilmiştir. Bu modelde dördüncü modelde olduğu gibi derinlik boyunca, dalgakıran arkasında şev üzerinde (1), poroziteden dolayı dalgakırandan geçen dalgaanın oluşturduğu akım ve dalgakıran önünde şev başlangıcı üzerinde (2) gelen dalgaanın hız zaman serilerinin ölçümleri yapılmıştır.

1.Düzenli dalgaanın dalgakıran önünde açığa doğru olan bölgede ve dalgakıranın arkasında, liman içinde kıyıya doğru olan bölgede zamansal ortalama yatay hız profilini incelediğimizde (Şekil 6.124), dalgakıran önünde (2) şev başlangıcı üzerinde gelen dalgaanın derinlik boyunca zamansal ortalama yatay hızların yüzeye en yakın noktada yatay dalga hızının sıfıra yakın olduğu nokta hariç negatif tarafta kaldığı, açığa doğru olan hızın tabana doğru azalarak devam ettiği, dalgakıran arkasında (1) zamansal ortalama yatay hızın azalarak devam ettiği, 13,5 cm derinliğinde kıyıya doğru bir miktar artış olduğu, tabana en yakın nokta hariç hızların kıyıya doğru olduğu, tabanda ise hızın negatif tarafa geçerek açığa doğru olduğu görülmektedir.



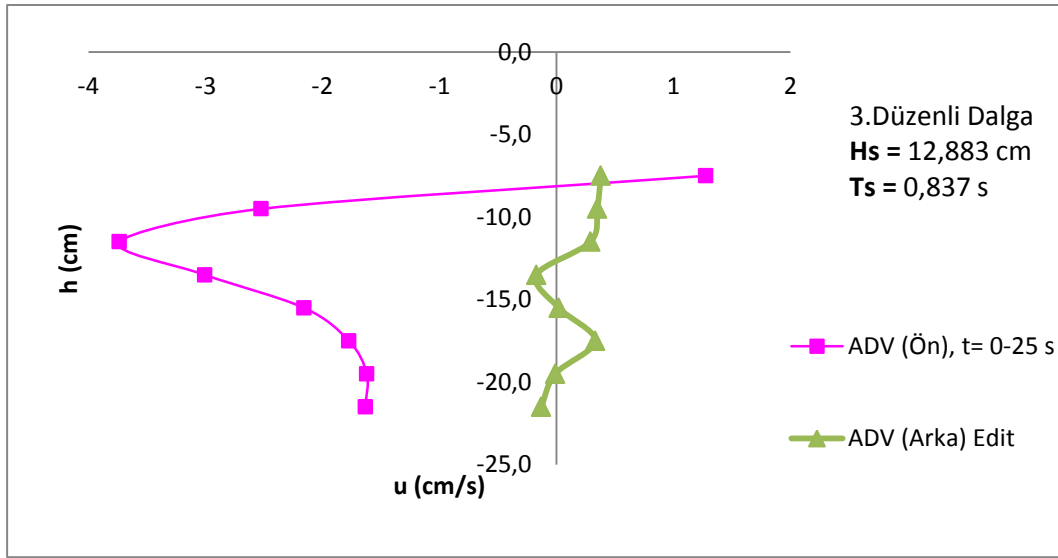
Şekil 6.124 : 1089 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama yatay hız bileşeni profilleri.

2. Düzenli dalganın dalgakıran önünde açığa doğru olan bölgede ve dalgakıranın arkasında, liman içinde kıyıya doğru olan bölgede zamansal ortalama yatay hız profilini incelediğimizde (Şekil 6.125), dalgakıran önünde (2) şev başlangıcı üzerinde gelen dalganın derinlik boyunca zamansal ortalama yatay hızların 19,5 cm derinliği haricinde negatif tarafta açığa doğru olduğu, 19,5 cm derinlikte ise pozitif tarafta kıyıya doğru olduğu, dalgakıran arkasında (1) zamansal ortalama yatay hızın azalarak devam ederken 9,5 ve 17,5 cm derinliklerinde kıyıya doğru artış yaptığı, taban hariç oluşan akım hızlarının kıyıya doğru olduğu, tabanda hızın açığa doğru olduğu görülmektedir.



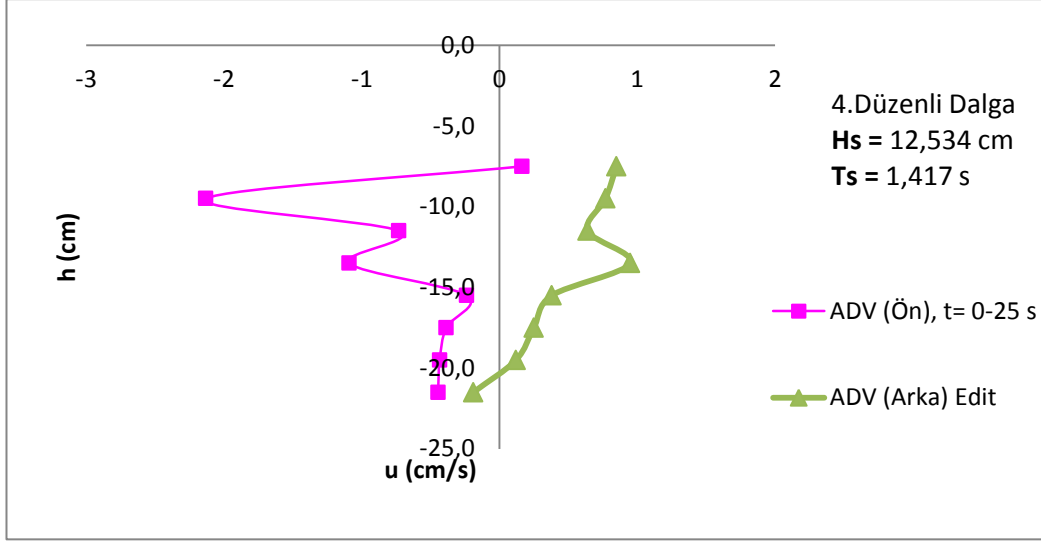
Şekil 6.125 : 1090 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama yatay hız bileşeni profilleri.

3.Düzenli dalganın dalgakıran önünde açığa doğru olan bölgede ve dalgakıranın arkasında, liman içinde kıyıya doğru olan bölgede zamansal ortalama yatay hız profilini incelediğimizde (Şekil 6.126), dalgakıran önünde (2) şev başlangıcı üzerinde gelen dalganın derinlik boyunca zamansal ortalama yatay hızların negatif tarafta kalarak açığa doğru olduğu 11,5 cm derinliğinde açığa doğru olan dalgahızının artışa geçtiği bu derinlikten itibaren azalmaya devam ettiği, dalgakıran arkasında (1) zamansal ortalama yatay hızın derinlik boyunca üçdefa yön değiştirdiği, 7,5-11,5 cm derinliği arasında hızın kıyıya doğru olduğu, 13,5 cm derinliğinde açığa doğru yön değiştirdiği, 15,5-17,5 cm derinliği arasında tekrar kıyıya doğru olduğu ve 19,5 cm ile taban arasındaki derinlikte tekrar açığa doğru yatay hız olduğu görülmektedir.



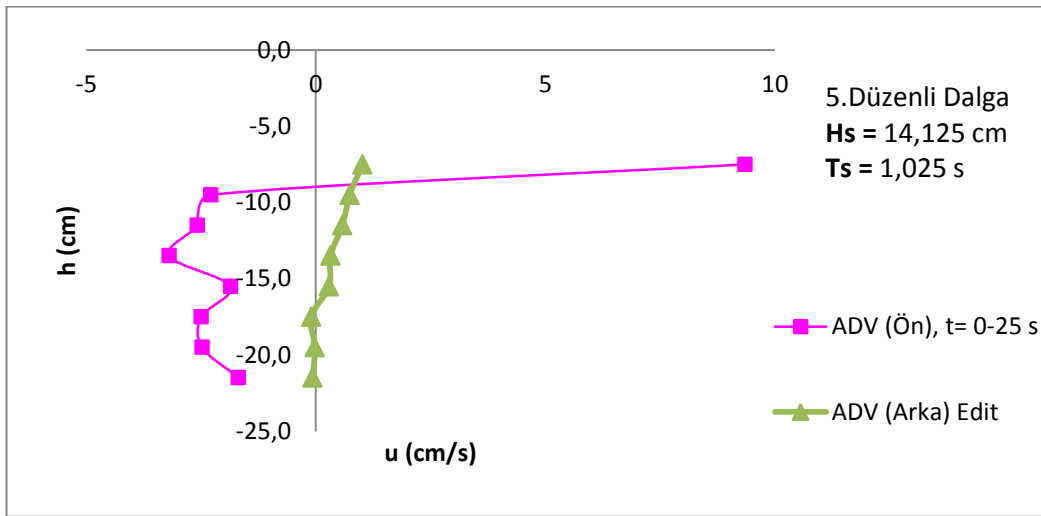
Şekil 6.126 : 1091 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama yatay hız bileşeni profilleri.

4.Düzenli dalganın dalgakıran önünde açığa doğru olan bölgede ve dalgakıranın arkasında, liman içinde kıyıya doğru olan bölgede zamansal ortalama yatay hız profilini incelediğimizde (Şekil 6.127), dalgakıran önünde (2) şev başlangıcı üzerinde gelen dalganın derinlik boyunca zamansal ortalama yatay hızların negatif tarafta derinlik boyunca azalarak devam ettiği, 13,5 cm derinliğinde açığa doğru yatay hızda artış olduğu, dalgakıran arkasında (1) zamansal ortalama yatay hızın derinlik boyunca taban hariç pozitif tarafta kalarak kıyıya doğru hız yönünün olduğu, derinlik boyunca azalan hızın 13,5 cm derinlikte kıyıya doğru artış yaptığı, tabanda açığa doğru olan hızın kıyıya doğru olan hızdan daha büyük olduğu görülmektedir.



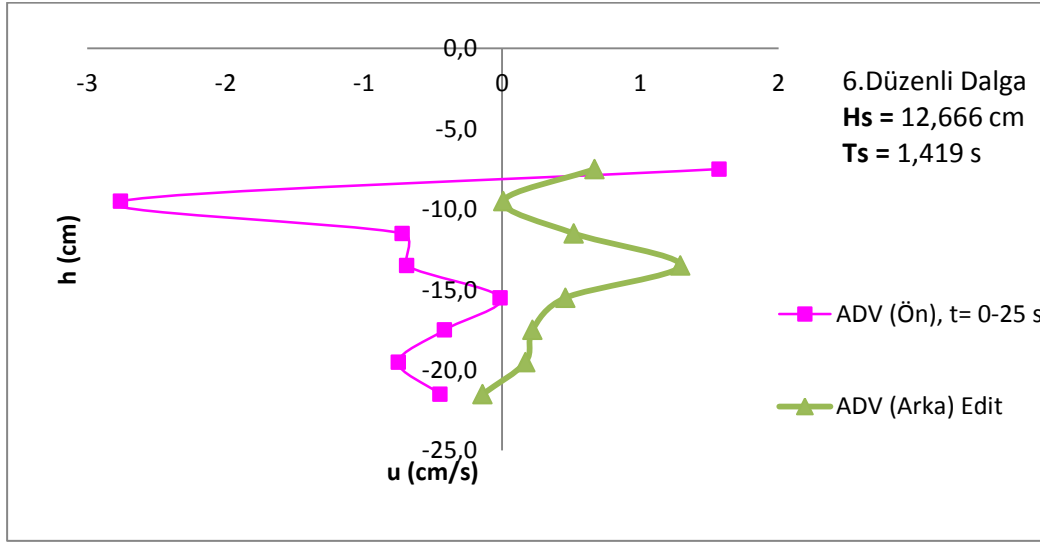
Şekil 6.127 : 1092 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama yatay hız bileşeni profilleri.

5.Düzenli dalganın dalgakıran önünde açığa doğru olan bölgede ve dalgakıranın arkasında, liman içinde kıyıya doğru olan bölgede zamansal ortalama yatay hız profilini incelediğimizde (Şekil 6.128), dalgakıran önünde (2) şev başlangıcı üzerinde gelen dalganın derinlik boyunca zamansal ortalama yatay hızların negatif tarafta olduğu dalga hızının açığa doğru olduğu, 11,5-13,5 ve 17,5-19,5 cm derinlikleri arasında açığa doğru hız profilinde artış olduğu, dalgakıran arkasında (1) zamansal ortalama yatay hızın derinlik boyunca 15,5 cm derinliğe kadar kıyıya doğru azalarak devam ettiği, 17,7cm derinlikten tabana kadar hızın açığa doğru olduğu görülmektedir.



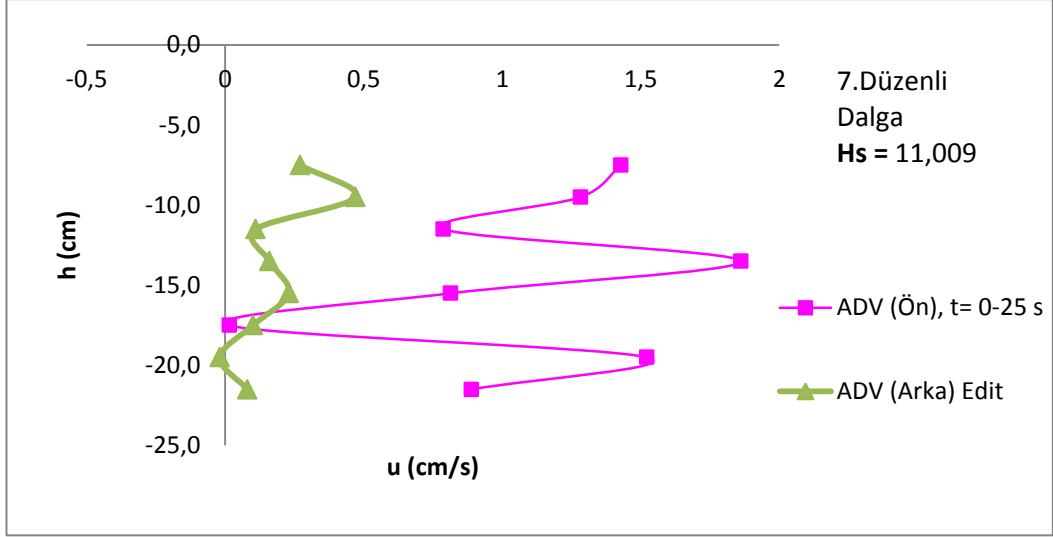
Şekil 6.128 : 1093 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama yatay hız bileşeni profilleri.

6.Düzenli dalgaın dalgakıran önünde açığa doğru olan bölgede ve dalgakıranın arkasında, liman içinde kıyıya doğru olan bölgede zamansal ortalama yatay hız profilini incelediğimizde (Şekil 6.129), dalgakıran önünde (2) şev başlangıcı üzerinde gelen dalgaın derinlik boyunca zamansal ortalama yatay hızların negatif tarafta kaldığı, derinlik boyunca azalan gelen dalga hızının, 17,9-19,5 cm derinlikleri arasında açığa doğru artışa geçtiği, dalgakıran arkasında (1) zamansal ortalama yatay hızın derinlik boyunca tabana en yakın nokta hariç kıyıya doğru oluştuğu, yatay hızın 11,5-13,5 cm derinlikleri arasında pozitif taraftaki hızın kıyıya doğru artış yaptığı, tabanda hyatayhızın açığa doğru olduğu görülmektedir.



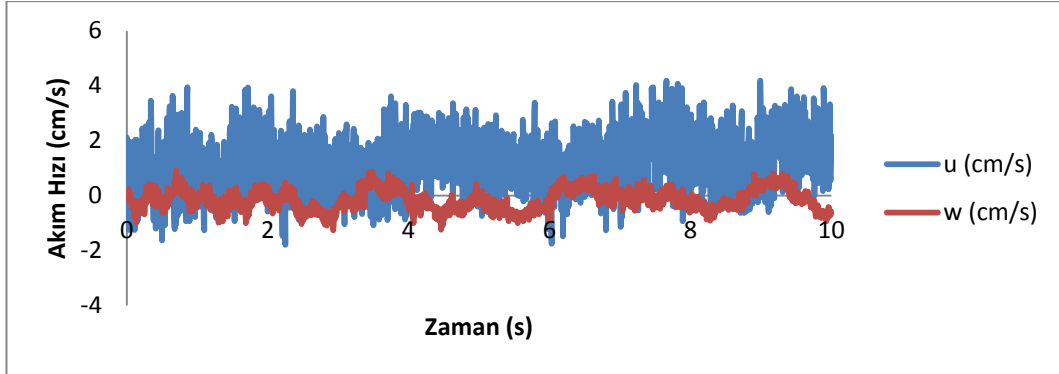
Şekil 6.129 : 1094 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama yatay hız bileşeni profilleri.

7.Düzenli dalgaın dalgakıran önünde açığa doğru olan bölgede ve dalgakıranın arkasında, liman içinde kıyıya doğru olan bölgede zamansal ortalama yatay hız profilini incelediğimizde (Şekil 6.130), dalgakıran önünde (2) şev başlangıcı üzerinde gelen dalgaın derinlik boyunca zamansal ortalama yatay hızların tamamının pozitif tarafta kalarak 13,5 ve 19,5 cm derinliklernde yatay hızın kıyıya doğru arttığı, dalgakıran arkasında (1) zamansal ortalama yatay hızın derinlik boyunca 19,5 cm derinliği hariç oluşan akım hızının kıyıya doğru olduğu, 9,5, 17,5 cm ve tabanda kıyı yönünde yatay hızların arttığı görülmektedir.



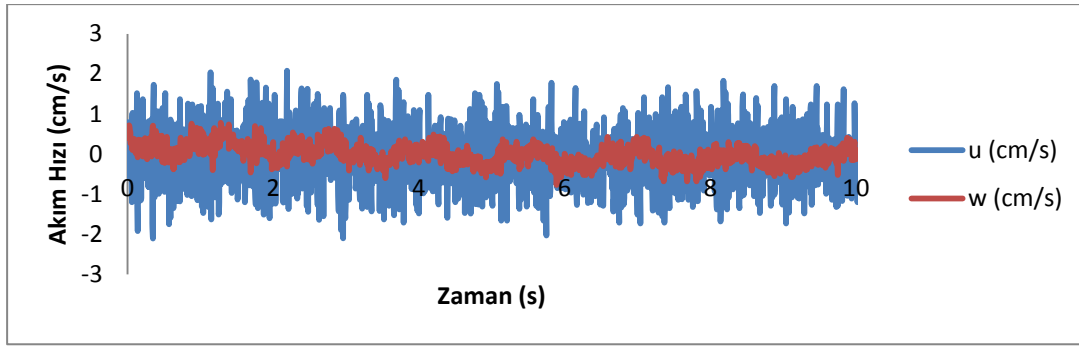
Şekil 6.130 : 1095 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama yatay hız bileşeni profilleri.

Dalgakıranın arkasında şev üzerinde (1), 1050 nolu deneyde, 3.modelde 6.dalgada, dalgakıranın boşluklu bölümünün ortalarına doğru 11,5 cm derinlikte (Şekil 6.131) ölçülen hızlardan elde edilen ortalama zamansal hız profilinde yatay hızın pozitif tarafta kıyıya doğru olduğu, düşey hızın negatif tarafta aşağıya doğru olduğu (-0,39 cm/s), boşluklu bölgeden dolayı bu kesitin ortalarında (-11,5 cm) yatay hızın yüksek olduğu (1,22 cm/s) görülmektedir.



Şekil 6.131 : 1050 deneyinde 13,5 cm (boşluklu bölge içinde) derinlikte elde edilmiş olan zamansal ortalama yatay ve düşey hız bileşeni profilleri.

Aynı deneyde derinlik boyunca tabana en yakın noktada (boşluklu bölümün altında , üç tabakalı kısımda) 21,5 cm derinlikte (Şekil 6.132) ölçülen hızlardan elde edilen ortalama zamansal hız profilinde yatay hızın sıfıra yakın (-0,01 cm/s) negatif tarafta açığa doğru olduğu, düşey hızın sıfır olduğu, tabana yaklaştıkça yatay ve düşey hızın sıfıra yaklaştığı aralarındaki farkın azaldığı görülmektedir.



Şekil 6.132 : 1050 deneyinde tabana en yakın noktada elde edilmiş olan zamansal ortalama yatay ve düşey hız bileşeni profilleri.

2,3,4 ve 5. Modellerin zamansal ortalama düşey hız profillerini incelediğimizde;

2. modelde genellikle derinlik boyunca yüzeye en yakın noktada aşağıya doğru hızlar devam etmekte, bazı dalgalarda yukarı yönlü olarak devam ederken bazı dalgalarda yukarı aşağı yönlü değişerek devam etmektedir.

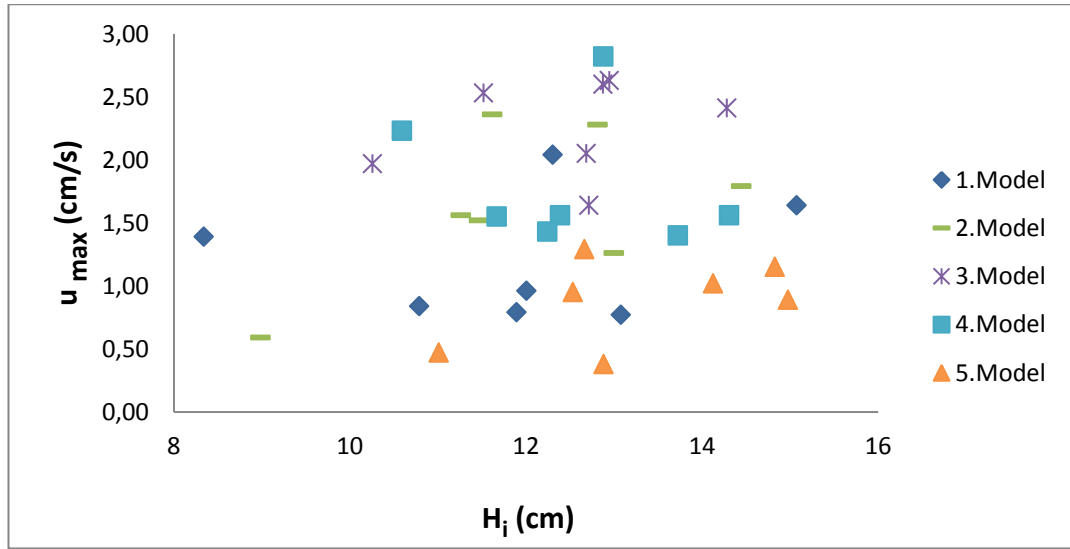
3.modelde 6.dalganın tabana en yakın noktası hariç düşey hızlar negatif tarafta kalmakta dolayısıyla aşağıya doğru olan hızlar yukarıya doğru olan hızlardan büyük olduğundan hızlar aşağıya doğrudur. Bu durum dalgakırandan içeriye doğru su girişi olduğunu göstermektedir.

4.modelde dalgakıran arkasındaki (1) bölgede boşluklu bölge içinde boşluklu bölümün sınırına doğru yukarı yönlü hızlar artarak devam etmektedir. Boşluklu kesit sınırının altında, yukarıya doğru hız pozitif tarafta kalarak, bazı dalgalarda negatif tarafa geçerek aşağıya doğru ve bazı dalgalarda aşağıya ve yukarıya doğru yönlerini değiştiren düşey hızlarda devam etmektedir. Dalgakıran önündeki (2) bölgede boşluklu bölge öncesinde genellikle zamansal ortalama düşey hızlar pozitif tarafta yukarıya doğrudur. Boşluklu kesit sınırının altından itibaren yukarıya doğru hız azalarak devam etmekte ve devamında negatif tarafta hızlar aşağıya doğru olduğu yedi düzenli dalganın beşinde düşey hız profilinin bu şekilde, iki dalgada ise tam tersi olduğu görülmektedir. İki dalgada derinlik boyunca düşey hız profilinin iki defa yukarı ve aşağı yön değiştirdiği görülmüştür.

5.modelde dalgakıran arkasındaki (1) bölgede boşluklu bölge içinde yüzeye en yakın noktada yukarı doğru hızın azalarak devam ettiği, genellikle hızın aşağıya doğru hız yönünün değiştirdiği devamında tekrar yukarı yönlü devam eden hızın tabana doğru (bir dalganın son noktası hariç) tekrar negatif tarafta aşağıya doğru hareket eden

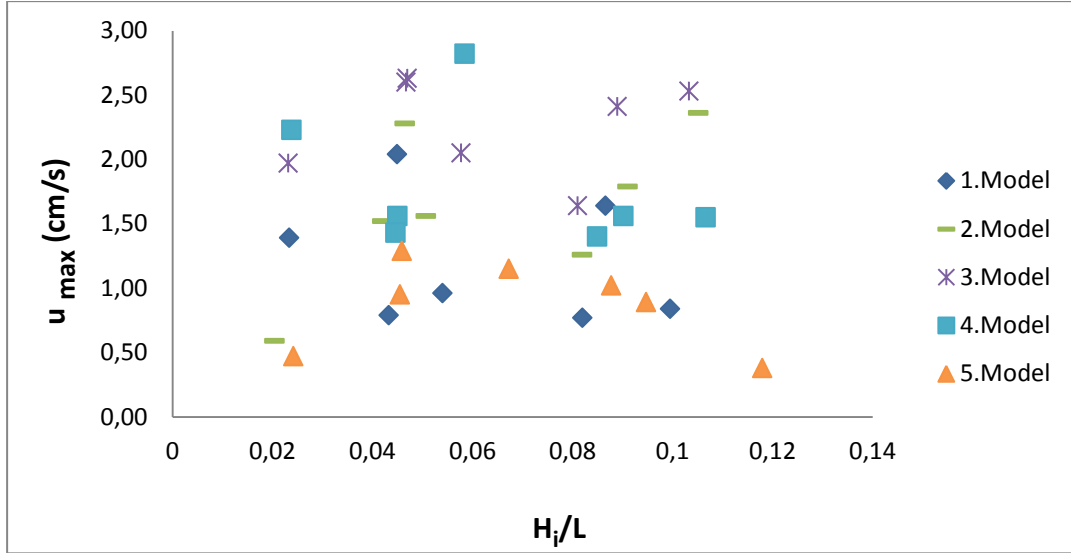
hızlara sahip olduğu görülmektedir. Dalgakıran önündeki (2) bölgede yüzeye yakın noktadan itibaren derinlik boyunca düşey hızın yedi düzenli dalganın dördünde negatif tarafta aşağıya doğru olduğu, bu dalgaların üçünde hızların aşağı yönlü artıp azalan hızlarda devam ettiği, bir dalgada ise kesitin ortalarında yukarıya doğru hızın artış yaptığı daha sonra tekrar aşağıya doğru olan hızın arttığı görülmektedir.

Tüm modellerde düzenli dalgaların derinlik boyunca zamansal ortalama yatay hız profilindeki en büyük hız değerleri (u_{max}) belirlenmiştir. Gelen dalga yüksekliği arttıkça 4.model hariç diğer modellerde u_{max} 'ın artma eğiminde olduğu (Şekil 6.133), 4.modelde ise gelen dalga yüksekliği arttıkça u_{max} değerinin azalma eğiminde olduğu görülmüştür.



Şekil 6.133 : Gelen dalga yüksekliğine göre u_{max} değerinin değişimi.

Dalga dikliği arttıkça en büyük yatay hızların (u_{max} 'ın) 1, 4 ve 5 modelde azaldığı (Şekil 6.134), 2 ve 3 modellerde arttığı görülmektedir. Bu artış miktarı 3.modelde çok azdır.



Şekil 6.134 : Dalga dikliğine göre u_{max} değerinin değişimi.

6.2.2 Kesitsel ortalama akım hız profilleri

Yapılan deneylerde derinlik boyunca (0 – (-21,5 cm)) ölçülen, zamansal ortalama yatay hız değerlerine göre oluşturulan dalgaların hız profilindeki değerlerine göre, Autocad programı kullanılarak, bu programda hız profili grafiği sayısal ortama aktarılmıştır. Autocad programında, ortalama hız profilinin oluşturduğu grafiğin alanı çizilerek toplam alan nümerik olarak hesaplanmıştır. Bunun sonucunda toplam alan,

$$A_T = \int_{-h}^0 u \, dz \quad (6.24)$$

denklemini ile elde edilmiştir.

Elde edilen alan toplam derinliğe bölünerek kesitsel ortalama hız bulunmuştur.

$$u_{ort} = \frac{1}{h} \int_{-h}^0 u \, dz \quad (6.25)$$

Çizelge 6.13 : Kesitsel ortalama hızlar (cm/s).

Dalga No	1.Model	2.Model	3.Model	4.Model	5.Model
1	0,67	1,74	2,04	1,08	0,72
2	0,99	1,46	1,76	1,20	0,59
3	0,75	1,77	2,13	0,95	0,61
4	0,73	2,13	1,96	1,14	0,68
5	1,38	0,99	2,09	1,18	0,75
6	1,72	1,17	2,56	1,17	0,95
7	1,10	0,95	1,35	1,10	0,67

Birim genişlikten geçen debi (q)

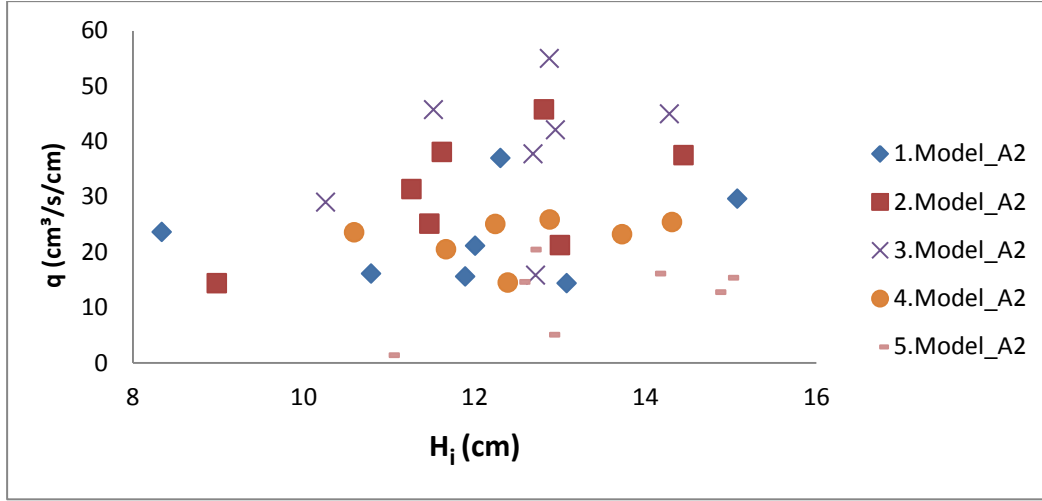
$$\frac{Q}{B} = q = \int_{-h}^0 u \, dz \quad (6.26)$$

denklemleri ile hesaplanmıştır.

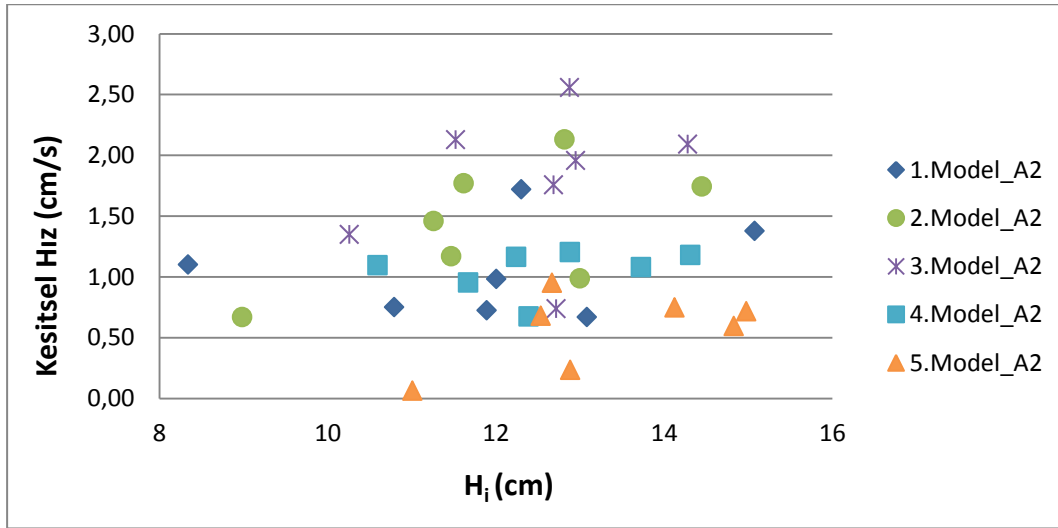
Çizelge 6.14 : Birim genişlikten geçen debi (q) (m³/s/m).

Dalga No	1.Model	2.Model	3.Model	4.Model	5.Model
1	14,39	37,48	43,84	23,22	15,39
2	21,15	31,40	37,75	25,88	12,78
3	16,12	38,06	45,74	20,48	13,075
4	15,59	45,79	42,08	24,50	14,63
5	29,62	21,23	44,94	25,40	16,09
6	37,00	25,15	54,99	25,06	20,44
7	23,65	20,37	28,99	23,58	14,35

Gelen dalga yüksekliği arttıkça birim genişlikten geçen debinin (q) (Şekil 6.135) ve kesitsel hızın (Şekil 6.136) artış eğiliminde olduğu görülmüştür. Bu artış eğimi düşük miktardadır.

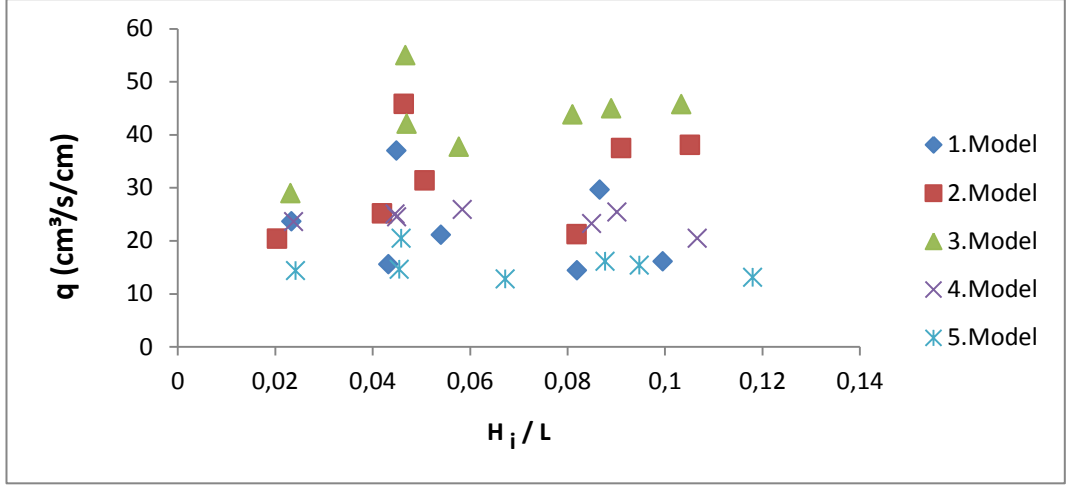


Şekil 6.135 : Gelen dalga yüksekliğine göre birim genişlikten geçen debi (q).



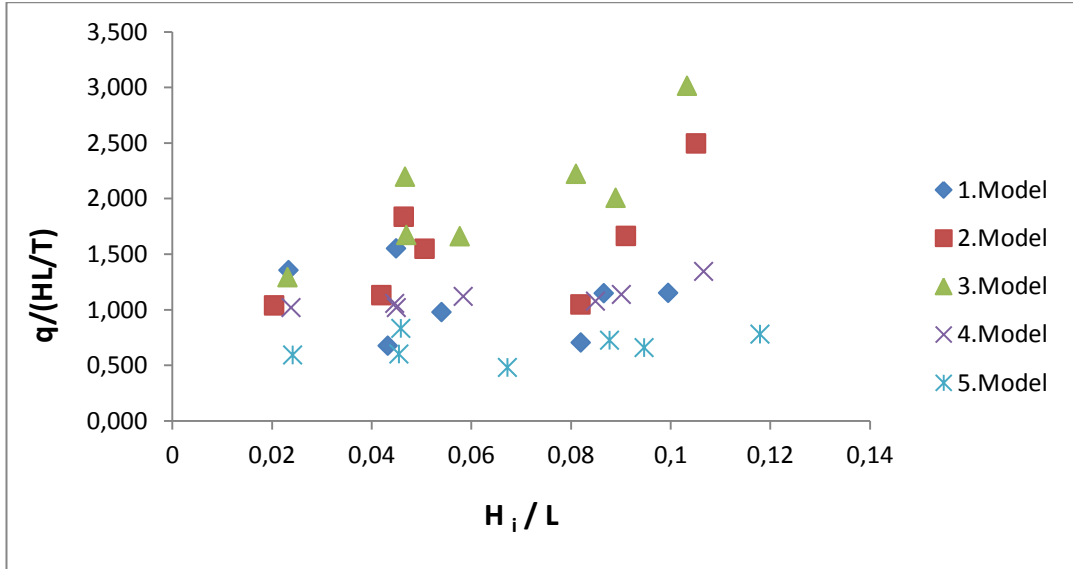
Şekil 6.136 : Gelen dalga yüksekliğine göre kesitsel hız değişimi.

Gelen dalganın dikliği arttıkça, birim genişlikten geçen debinin 2. ve 3.modellerde arttığı 4 ve 5.modellerde değişmediği (çokaz bir miktar azaldığı yataya yakın olduğu) ve 1.modelde azaldığı görülmektedir.



Şekil 6.137 : Dalga dikliğine göre birim genişlikten geçen debi (q) değişimi.

Birim genişlikten geçen debi miktarı boyutsuz dalga dikliğiyle kıyaslanırken boyutsuz hale getirmek için q debisi (HL/T) ye bölünmüştür. Böylece boyutsuz bir değer elde edilmiştir. Bu boyutsuz debi değerinin dalga dikliğine göre değişimini incelediğimizde, dalgadikliği arttıkça, boyutsuz değer 2,3,4 ve 5. modelde artış gösterdiği, dalga geçişinin az olduğu 4 ve 5. modelde bu artışın düşük miktarda olduğu, 1. modelde çok az miktarda azaldığı hatta yataya yakın olduğu görülmektedir.



Şekil 6.138 : Dalga dikliğine göre birim genişlikten geçen boyutsuz debi (q) değişimi.

Düzenli dalgalar için değerlendirilen hız ölçümlerinden, yatay hızların tamamı, düşey hızlar örnek olarak 1. model için değerlendirilmiş, genel olarak değerlendirilen düşey

hızlara ait hız profili grafikleri Ek B’de verilmiştir. Yapılan hız ölçümlerinden elde edilen sonuçları şu şekilde özetlenmiştir.

Hız ölçümlerinin tamamında görüldüğü gibi dalga koşulları geçiş bölgesinde yörünge hız yörüngeleri elips şeklinde olmasından dolayı yatay hızlar (u) düşey hızlardan (w) daha büyüktür. Sakin su seviyesinde bu fark büyükken tabana doğru azalmaktadır.

Derinlik boyunca zamansal ortalama yatay hızlar, tamamı boşluklu 1 ve 2.modelde dalgakıran arkasında oluşan akımın sakin su seviyesine yakın en yüksek hızlara ulaştığı derinlik boyunca aşağıya azalarak devam ederken, derinliğin ortalarında gelen dalganın yaklaşık boyu kadar (H_i) derinlikte tekrar kıyıya hızın artışa geçtiği devamında tabana doğru azalarak devam ettiği, Yatay hızların genelde pozitif tarafa olamsından dolayı akım hızlarının kıyıya (liman içine) doğru olduğu, dolayısıyla boşluklu dalgakıranın geçirgenliğinden dolayı gelen dalganın dalgakıran içinden geçmesi sonucu arka tarafta kıyıya doğru bir akım oluşturduğu kısmen ters yönlü olarak suyun geriye (liman içinden dalgakıran ön tarafına) açığa doğru bastığı, kıyıya doğru akımın yüzeyde tabana göre daha güçlü olduğu tabana doğru azaldığı ve sıfıra yaklaştığı görülmüştür. Üçüncü modelde üç tabakalı dalgakıran kesitinin 7,3-17,3 cm derinlikleri arasında oluşturulan 10 cm yüksekliğindeki boşluklu bölge üst sınırında kıyıya doğru en yüksek u_{max} hızına ulaştığı, azalarak devam eden yatay hızın, 7.dalga hariç tüm dalgalarda yaklaşık boşluklu kesitin ortalarında tekrar kıyıya doğru arttığı devamında azaldığı görülmüştür. Derinlik boyunca ölçüm yapılan sekiz adet hız ölçümünde 7 dalgaya baktığımızda 4 dalgada en yüksek u_{max} hızlarına ulaşıldığı görülmüştür. Üç tabakalı dördüncü modelde boşluklu kesit sakin su seviyesinden aşağıya doğru 10 cm derinliğe kadar oluşturulmuş, bu modelde iki adv kullanılması ile dalgakıranın önünde gelen dalga ve arkasında oluşan akım hızları ölçülmesi sonucunda, ölçüm yapılan noktaların ilk ikisi boşluklu kesit içinde kalmıştır. Arkada yapılan ölçümlerde boşluklu kesim içinde yatay hız profilinin genelde maksimum hızlara ulaştığı, bazı dalgalarda ise derinliğin orta noktalarında kıyıya doğru artan hızın en yüksek seviyeye ulaştığı, dalgakıran önünde yapılan ölçümlerde, boşluklu kesit içerisinde yatay hızın kıyıya doğru dolayısıyla dalgakıran içine doğru su girişinin olduğu, boşluklu kesitin altında ise yatay hızın negatif tarafta açığa doğru olduğu görülmüştür. Yine üç tabakalı beşinci modelde boşluklu kesit sakin su seviyesinden yukarıya doğru 10 cm yüksekliğinde oluşturulmuş, bu modelde yine iki adv kullanılmıştır. Böylece dalgakıranın önünde gelen dalga ve arkasında

oluşan akım hızları ölçülmesi sonucunda, ölçüm yapılan noktaların tamamı üç tabakalı filtre malzemesi kesitinde yapılmıştır. Dalgakıranda geçirgenliğin azalması ile arkada oluşan akım koşullarında en düşük u_{max} değerlerine ulaşılmıştır. Dördüncü modeldeki gibi yatay hızlar yüzeye yakın en yüksek değerde iken tabana doğru azalarak devam etmiş, iki dalgada derinlik ortalarında tekrar kıyıya doğru artarak en yüksek değerine ulaşmıştır. Dalgakıran önünde yapılan gelen dalganın yatay hızları bir dalga hariç açığa doğru olmuştur.

Gelen dalganın ve arkada oluşan akımın dalga yörünge hızlarının düşey bileşenini (w) incelediğimizde, dalgakıran arkasında ölçüm yapılan tamamı boşluklu 1. modelde aşağı ve yukarı yönlü hızlar olduğu dolayısıyla arka tarafta su seviyesinde yükselme olduğu genelde yüzeyde aşağıya doğru su girişi olduğu daha ortalarda yukarı yönlü hızların olduğu yada tam tesi aşağıya doğru su girişinin devam ettiği görülmüştür. Tamamı boşluklu ikinci modelde yüzeye yakın iki-üç noktada aşağı yönlü olmasına rağmen tabana doğru yukarı yönlü olduğu bazı dalgalarda tekrar aşağı yöne doğru değiştiği görülmüştür. Üçüncü modelde boşluklu kesit boyunca ve devamında düşey hızın aşağıya doğru olduğu dolayısıyla boşluklu kesitten içeriye su girişi olduğu anlaşılmıştır.

Dördüncü modelde dalgaların tamamında boşluklu kesit içinde düşey hızın yukarıya doğru olduğu, dalgakırandan su girişinin yüzeyden 10 cm derinlikte olması bunda etkili olduğu düşünülebilir. Beşinci modelde yüzeye yakın noktalarda düşey hız yukarı ve aşağı yönlü olarak dalgalarda değişkenlik arz ettiği orta derinlikten tabana doğru yine aynı şekilde yukarı ve aşağı yönlü değişerek devam ettiği görülmüştür.

7. SONUÇLAR

Yapılan bu doktora tez çalışmasında, boşluklu dalgakıranlarda gelen dalganın bir miktarının poroziteye bağlı geçirimsizlikten dolayı, dalgakırandan geçerek dalgakıran arkasında ve liman içine doğru bir akım oluşturması sağlanmaya çalışılmıştır. Gelen dalga enerjisinin dalgakıran arkasına geçiş katsayısına bağlı olarak kontrollü geçişi, bunun sirkülasyona katkısı ve dalgakıran tasarımında porozitenin stabiliteye etkisi incelenmiştir. Beş farklı model boşluklu dalgakıran tasarımı yapılmış, modellerde yapılan değişikliklerin dalga geçişine etkisi, gerçekleştirilen fiziksel model deneyleri ile araştırılmıştır. Bu çalışmada oluşturulan boşluklu dalgakıranlarda gelen dalganın yansıma durumu, dalgakıran sevi üzerinde, dalgakıran en kesiti boyunca içinden geçerken oluşan sürtünme ve türbülans ile meydana gelen enerji kaybı ve geçen dalga koşulları deney ölçümleri ve gözlemleri ile belirlenmiştir. Oluşturulan modellerin performansı hem düzenli hem de düzensiz dalgalar altında incelenmiştir.

Boşluklu dalgakırandan geçen dalganın dalgakıran arkasında liman baseni içinde meydana getirdiği akım koşullarının iki boyutlu olarak sirkülasyona etkisi deneyler ile araştırılmıştır. Oluşturulan sandviç tipi boşluklu dalgakıranlar ilk kez tasarlanmış ve boşluklu kısmın sakin su seviyesine göre düşeyde dalgakırandaki konum değişimlerinin akım koşullarına etkileri belirlenmiştir.

Boşluklu dalgakıranın geometrik tasarım özelliklerine göre dalga geçişi ve dalgakıran arkasında karaya doğru oluşturduğu akım koşullarına göre meydana gelen liman içi sirkülasyon ve dalgakıran stabilite durumunu araştırmak amacı doğrultusunda yapılmış bu deneysel çalışmada aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

Gelen dalgaların, tamamen boşluklu dalgakıranlardan üç tabakalı dalgakıranlara göre daha fazla miktarda geçtiği, dalgakıran kret genişliğinin artmasının geçen dalga miktarını azalttığı görülmüştür. Düzenli dalgalarda dalgakıranı gelen ve geçen dalga zaman serileri grafiği incelendiğinde aralarında faz farkı olduğu belirlenmiştir. Porozite değerinin geçen dalga miktarını doğru orantılı olarak etkilediği dalga verilerinden hesaplanmıştır. Düzenli dalgalarda gelen dalga yüksekliği arttıkça geçen

dalga yüksekliğinin azaldığı, düzensiz dalgalarda ise gelen dalga yüksekliği arttıkça geçen dalga yüksekliklerinin arttığı görülmektedir.

Düzenli dalgaların geçiş katsayıları incelendiğinde yapılan tüm deneylerde, dalga yüksekliğinin porozite nedeniyle dalgakıran içinden geçen dalga yüksekliğine oranının 0,02 ile 0,19 arasında değiştiği görülmektedir. Dolayısıyla gelen dalgaların %2 ile %19'u dalgakıran içerisinden geçmektedir. Oluşturulan modellerin geometrisine, boşluklu bölgenin konumuna ve tabaka sayısına bağlı olarak geçiş katsayısı değişmektedir. Düzensiz dalgaların geçiş katsayıları incelendiğinde ise tüm deneylerde dalga geçiş katsayısı K_T 'nin 0,02 ile 0,22 arasında değiştiği görülmektedir. Gelen dalgaların %2 ile %22'si dalgakıran içerisinden geçmektedir.

Düzenli ve düzensiz dalgalarda, dalga periyodu büyüdükçe, dolayısıyla göreceli olarak uzun periyotlu dalgalarda boşluklu dalgakırandan dalga geçişi, bunun sonucunda dalga geçiş katsayısı artmaktadır. Hem periyoda bağlı dalga uzunluğunun hem de dalgakıran geometrisinin dalga geçişinde etkili olduğu belirlenmiştir.

Porozitenin geçen dalga yüksekliğine etkisi (azalma oranı, C_a) için, gelen dalga yüksekliğinin azalma miktarına bakıldığında, düzenli dalgalar için % 81-99 aralığında, düzensiz dalgalarda için ise % 78-98 aralığında olduğu görülmüştür. Dalga yüksekliğinin dalgakıran porozitesinden dolayı azalma oranının, düzenli dalgalarda tamamı boşluklu tek tabakalı 1. ve 2. modelde en fazla olduğu, üç tabakalı, boşluklu kısmın değişen geometrisine göre 3.,4. ve 5.modelde azaldığı görülmektedir.

Düzensiz dalgardaki azalma oranının, düzenli dalgalarda olduğu gibi en fazla 1. ve 2.modelerde olduğu, 3. modelden 5.modele doğru gittikçe azaldığı görülmektedir. Düzensiz dalgalarda, değişim oranlarına göre, gelen dalga yüksekliğinin artması ile geçen dalga yüksekliğinin arttığı, bundan dolayı azalma oranı değerinin azaldığı görülmektedir.

Deneylerden elde edilen sonuçlarda düzenli dalgalarda geçiş katsayısının dalga dikliğine göre değişimi incelendiğinde, dalga dikliği arttıkça, geçiş katsayısı azalmaktadır. Düzenli dalgalarda modellere göre bu azalma eğilimi tamamen boşluklu 2 ve 1.modelde en fazla olduğu, bu iki modele göre daha az geçirgen olan 3. ve 4.modelde azalışın daha az olduğu, çok az geçirgen olan 5.modelde en az azalmanın olduğu görülmektedir.

Düzensiz dalgalarda da geçiş katsayısının dalga dikliğine göre değişimi düzenli dalgalardeki gibi dalga dikliği arttıkça geçiş katsayısının azaldığı görülmüştür. Tamamen boşluklu modellerde en fazla azalma olurken, diğer modellerde azalma eğilimi daha az olmaktadır.

Düzenli ve düzensiz dalgaların her ikisinde de dalgakıranın porozitesinin sonucunda geçirgenlik miktarına bağlı olarak dalga dikliği arttıkça geçiş katsayısı azalmaktadır. Geçiş katsayısı (K_T) ile dalga dikliği (H_i/L) arasındaki ilişki yapılan deneylerin sonucunda ters orantılı olarak değişmektedir. Düzenli ve düzensiz dalgalarda dalga dikliğinin artması geçen dalgayı azaltmaktadır.

Boşluklu dalgakıran deneylerinde gözlemlendiği gibi, göreceli olarak daha uzun periyotlu dalgaların dalgakırandan geçişinin daha fazla olduğu, kısa periyotlu, sık dalgaların dalgakırandan geçişinin daha az olduğu gözlemlenmiştir. Burada gelen dalganın boyu ile dalgakıran kret genişliği arasında bir ilişki olduğu görülmüştür. Dalga geçişinde dalga boyu ve kret genişliğinin yanında başka parametreler de etkili olmaktadır. Diğer etkin parametre dalgakıranda boşluklu bölümün yeri dolayısıyla dalgakıran geometrisi etkili olmaktadır.

Dalgakıran kret genişliği boşluklu dalgakıranlarda dalga geçişini etkileyen parametredir. Bunun etkisini incelemek için boyutsuz parametre B/L elde edilmiştir. Bu boyutsuz parametrede dalga boyu dolayısıyla dalga periyodu da devreye girmiştir. İki boyutsuz parametre dalga geçiş katsayısı ve B/L parametresinin birbirine göre değişimi, düzenli dalgalar için genişliği olarak dalgakıranın boşluklu bölgesinin üst kret genişliği alınmıştır. B/L parametresi değerinin artması ile dalga geçiş katsayısı değerinin azaldığı görülmektedir. Kret genişliğinin artması ve dalga boyunun azalması ile geçiş miktarı azaldığından dolayı geçiş katsayısı miktarı da azalmıştır.

Düzensiz dalgalar için bu durum, düzenli dalgalar ile benzerlik göstermektedir. Gelen dalga kırılma, tırmanma ve porozite dolayısıyla dalgakıran içinde geçerken oluşan sürtünme kuvveti ve türbülans ile dalganın enerjisinin bir miktarı harcanır. Dolayısıyla dalgakıran kret genişliği arttıkça harcanan miktar arttığı için dalga geçişi azalmıştır. Görüldüğü gibi bu durumda geçiş katsayısı değerler boşluklu kret genişliğinin azalması ile artmıştır. Bu varılan sonuç aynı geometrik yapıdaki

boşluklu dalgakıranlar için geçerlidir. Boşluklu bölümün kret genişliği yanında dalgakıranda derinlik buyunca oluşturulduğu konumu da önemlidir.

Modellerde dalga geçiş katsayısı üzerinde kret genişliğinin etkisinin göreceli olarak daha uzun periyotlu dalgalar, kısa periyotlu dalgalara nazaran daha fazla olduğu anlaşılmaktadır. Dalga geçişi üzerinde kret genişliğinin yanında dalga uzunluğunun da etkisi vardır. Bu etki B/L oranının belirli bir değerine kadar etkin olmaktadır.

Dalgalara göre B/L değerine göre geçiş katsayısı değişimi düzensiz dalgalarda doğru orantılı olarak artmaktadır. Buradan da anlaşılabacağı gibi dalga geçişine etki eden kret genişliği göreceli olarak uzun periyotlu dalgaları kısa periyotlu dalgalara göre daha az etkilemektedir.

Derinlik (h) ve derinliğin dalga boyuna oranı (h/L ya da $kh=2\pi h/L$) dalga periyoduna bağlıdır. Düzenli dalgalarda geçiş katsayısının düzensiz dalgalarda gelen dalga sayısı arttıkça geçiş katsayısı da azalmaktadır. Bu azalma eğilimi düzenli dalgalar için kh 'ın 2,5 değerine kadar devam etmekte, bu değerden sonra artış göstermektedir. Düzensiz dalgalarda ise, azalış devam etmekte kh 'ın 1,5 değerinden sonra artmaktadır. Her iki dalga grubu için dalga boyu kısaldıkça dalga geçişi azaldığından geçiş katsayısı azalmaktadır. Burada bu durumu kontrol eden dalgakıranın geometrik yapısıdır.

Dalgakıranın boşluklu bölümünün orta noktasının sakin su seviyesine göre derinliği (h_p) ile gelen dalganın dalga yüksekliği (H) dikkate alınarak incelendiğinde $\frac{H}{2} > h_p > 0$ değer aralığında K_T ortalama değerinin sakin su seviyesine yaklaştıkça azaldığı, dolayısıyla derinlik arttıkça geçişinde arttığı sonucu çıkarılmaktadır. Sakin su seviyesinin altından itibaren tamamen çekirdek yapılı 5.modelde dalga geçişinin sadece dalga tırmanması ile olduğu, bunun da çok az miktarda olduğu görülmüştür. Düzensiz dalgalarda aynı benzer durum görülmekle birlikte düzenli dalgalarda 4.modelin K_{Tort} değeri 3.modele göre azalırken düzensiz dalgalarda bir miktar arttığı görülmüştür.

Geçiş katsayısının, sörf benzeşim parametresinin (ξ) artışı ile arttığı görülmektedir. Bu artış 1 ve 2.modellerde en yüksek seviyede iken diğer üç modelde daha azdır. En az artış eğimi üçüncü modeldedir. Düzensiz dalgalardada surf benzeşim parametresi

değerlerinin, geçiş katsayısı ile değişimi analiz edildiğinde düzenli dalgalar ile aynı sonuçları verdiği görülmüştür.

Düzenli dalgalarda dalgakıranın en kesitinin toplam alanı (A_T) ve boşluklu bölümün derinliğinin artması (h_p) , gelen dalga yüksekliğinin azalması ile geçiş katsayısı değeri artmaktadır. Bu artış eğimi boşluklu bölümün sakin su seviyesinin altındaki dalgakıran en kesitinin, boşluklu bölümünün alanının (A_g) azalması ile düşmektedir

Düzensiz dalgalarda dalgakıranın en kesitinin toplam alanı ve boşluklu bölümün derinliğinin artması, gelen dalga yüksekliğinin azalması ile geçiş katsayısı değeri düzenli dalgalardan farklı olarak azalmaktadır. Burada gelen dalga yüksekliği önemli parametrelerden biridir. Diğer önemli parametreler, h_p ve A_g 'dir. Geçiş katsayısındaki azalma eğimi daha derin h_p değerine ve daha fazla boşluklu A_g alanına sahip ilk iki modelde fazladır. Daha küçük A_g değeri ve derinlik h_p değerine sahip diğer üç modelde azalmakta hatta 4.modelde yatay bir seyir izleyerek değişmemektedir.

Düzenli dalgalarda boşluklu dalgakıran modellerine gelen dalgaların, dalga yansımaya katsayısı 0,017 ile 0,105 arasında değerlere sahiptir. Buradan da anlaşılabileceği üzere gelen dalganın % 1,7 si ile 10,5'i aralığında miktarı yansımaktadır.

Dalga yansımaya katsayısının, önemli bir parametre olan dalga dikliğine göre değişimi incelendiğinde düzenli dalgalarda 1.,2.,3. ve 5. Modellerde dalga dikliği arttıkça azalma eğiliminde olduğu, 4.modelde ise bir miktar artış olduğu görülmektedir. 1. ve 2. Modellerde tamamı boşluklu olduğundan geçiş miktarı en fazla dolayısıyla yansımaya miktarı en az olmaktadır. 3., 4. ve 5. Modellerde üç tabakalı dalgakıran oluşturulduğundan 3.modelde boşluklu kısım sakin su seviyesine göre en derinde olduğundan, çekirdek ve ikinci tabaka bu boşluklu kısımdan itibaren devam ettiğinden dolayı yansımaya değeri en üst değerlerde olmaktadır. Tabaka sayısı yansımaya katsayısını etkilemektedir. Dökme taş dalgakıranlarda yansımaya kısmen ya da tamamen yapının geçirgenliğine bağlıdır.

Geçiş katsayısı kısmında belirtildiği gibi benzer şekilde dalga kırılma tipinin yansımaya durumunu etkilediği görülmektedir. Sörf benzeşim parametresi değerinin artması ile yansımaya katsayısı değerinin arttığı, fakat 4.model için bunun tam tersi azaldığı görülmektedir. Bu durum çok tabakalı inşa edilen dalgakıranlarda sakin su seviyesinin üzerinde tek tabakalı boşluklu yapıda inşa edilmesi yansımaya azaltmaktadır.

Boşluklu dalgakıranlarda enerji hesabında önemli iki parametre, dalga geçiş katsayısının dalga yansımaya katsayısına göre değişimi analiz edildiğinde geçiş katsayısı arttığında yansımaya katsayısının arttığı 4.modelde azaldığı görülmektedir. Tamamen boşluklu ilk iki modelde geçiş katsayısı değerlerinin yansımaya katsayısı değerlerine göre daha yüksek olduğu, üç tabakalı diğer üç modelde ise yansımaya katsayısı değerlerinin geçiş katsayısı değerlerinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu durumda geçiş fazla olan modellerde yansımaya azaldığı, fakat üç farklı malzemeden oluşturulan çekirdek malzemesine sahip dalgakıranlarda boşluklu bölümün geometrisine bağlı olarak geçiş sağlanmakta, daha düşük porozite değerlerine ve taş boyutuna sahip ikinci ve üçüncü tabaka sebebiyle gelen dalga, dalgakıran içerisinden büyük kısmı geçememekte bundan dolayı yansımaya değerleri artmaktadır. 5.modelde 3 ve 4.modelden farklı olarak sakin su seviyesinin üzerinde ikinci tabaka olmayıp sadece boşluklu bölge ve 1.tabaka olmasından dolayı bu bölgede geçiş artmış dolayısıyla yansımaya azalmış, fakat sakin su seviyesinin altında boşluklu bölge olmaması ve üç tabakadan oluşan geometrik yapıdan dolayı dalga geçişi azalmış ve bu kısım için yansımaya katsayısı artmıştır. sakin su seviyesinin altı ve üstü bir arada yansımaya durumunun tamamına bakıldığında, 3,4 ve 5.modeller arasında en düşük yansımaya katsayısı değerlerinin 5.modelde meydana geldiği görülmektedir. Buradan elde edilen sonuca göre yansımaya katsayısı üzerinde sakin su seviyesinin üzerindeki dalga koşullarının dolayısıyla dalga tırmanması ve sonrasında dalga çekilmesi durumunda tamamen boşluklu olan bu bölgeden dolayı geçiş artmış ve yansımaya değerleri düşmüştür. İkinci olarak sakin su seviyesinin altındaki kısmında yansıyan dalga koşullarını etkilediği belirlenmiştir. Zira bu bölüm için aynı yapıda sakin su seviyesinin üst kısmına sahip 1., 2. ve 5.modellerde 1. ve 2. Modellerde sakin su seviyesinin alt kısmının tamamen boşluklu olmasından dolayı geçiş artmış yansımaya azalmış 5.modelde çekirdek tabakasına sahip üç tabakalı malzemeye sahip yapısından dolayı geçiş azalmış ve yansımaya değerleri artmıştır. Modellere göre ortalama yansımaya katsayıları analiz edildiğinde, tamamen boşluklu tek tabakalı iki modelden, en fazla dalga geçişi olan 2.modelde en düşük yansımaya değerine, daha sonra kret genişliğinin artması ile geçiş miktarı azalan 1.model'in yansımaya değerine sahip olduğu görülmektedir. Üç tabakalı olarak oluşturulmuş diğer üç modelde sakin su seviyesinin üzerinde 1. ve 2.tabakanın olmasından dolayı yansımaya miktarı artmış ve bu bölümü tamamen boşluklu olan 5.modelde geçişin artması ile yansımaya katsayısı değeri düşmüştür.

Modellere göre ortalama yansımaya katsayısı arttıkça ortalama geçiş katsayısının ters orantılı olarak azaldığı görölmüştür. Dalgakıranın geometrik yapısından dolayı burada 5.model en düşük ortalama geçiş katsayısı değerine sahip olmasına rağmen en yüksek ortalama yansımaya katsayısı değerini almamıştır. Dalgakıranın geometrik yapısı dalga geçiş ve yansımaya koşullarını kontrol etmektedir.

Kırılmadan gelen dalga, dalgakıran yapısı üzerinde şevde tırmanırken kırılmaktadır. Enerjinin büyük bölümü burada harcanmaktadır. Hesaplanan dalga kırılma yüksekliğinin düzenli dalgalarda, dalga kırılma derinliği, dalga dikliği arttıkça azaldığı görölmektedir. Bu ters orantılı azalma eğimi tek tabakalı boşluklu dalgakıran modellerinde yataya yakın olmakta; dalga dikliği değerinin artması dalganın kırılma yüksekliği ve kırılma derinliği çok az değişmekte; bundan dolayı etkisinin fazla olmadığı söylenebilir. Diğer üç tabakalı üç modelde dalga dikliğinin artması ile kırılan dalga yüksekliği ve dalga derinliği değerlerinin daha fazla azaldığı görölmektedir. Bu üç modeldeki değişim eğimi birbirlerine paralel seyretmektedir.

Düzensiz dalgalarda ise dalga dikliği arttıkça kırılan dalga yüksekliğinde ve dalga kırılma derinliğinde azalmanın düzenli dalgalara göre daha fazla olduğu görölmektedir. Dalga dikliği arttıkça kırılan dalga yüksekliğinin ve kırılma derinliğinin azalma eğiliminin beş modelde yaklaşık paralel olmakla birlikte en yüksek değerlerin 1.modelde olduğu görölmektedir. Burada 1. ve 5. modelin sakin su seviyesinden itibaren dalgakıranın üst enkesiti aynı yapıdadır. Her ikiside kret genişliği 25 cm olan tek tabakalı yapıdadır. Geçirgenliği en yüksek 2.modelin en düşük dalga kırılma yüksekliği ve dalga dikliği değerlerine sahip olduğu görölmektedir. Düzensiz dalgalarda geçirgenlik arttıkça dalga kırılması yüksekliği azalmakta, dalga dikliği ile olan ters orantılı değişimi azalmaktadır. Dalga kırılma derinliği de geçirgenlik arttıkça ters orantılı olarak azalmaktadır. Bundan dolayı geçirgenlik arttıkça dalgalar yüzeye, dolayısıyla sakin su seviyesine yakın olarak kırılmaktadır.

Düzenli ve düzensiz dalgalarda, dalga kırılma derinliğinin tamamı boşluklu olduğu için 1. ve 2.model ve 4.modelde boşluklu kısım üzerinde dalga kırılması meydana gelmektedir. Düzenli dalgalarda, dalga dikliğinin artması dalga kırılma derinliğini çok fazla değiştirmemektedir. Düzensiz dalgalarda ise dalga dikliğinin artması dalga kırılma derinliğini düşürmektedir.

Düzenli dalgalarda dalga kırılma yüksekliğinin artması ile tamamen boşluklu en fazla geçirgenliğe sahip 1. ve 2.modelde dalga geçiş katsayısının azaldığı daha az geçirime sahip diğer 3., 4. ve 5.modelde kırılma yüksekliğinin artması ile birbirine paralel düşük bir eğim ile dalga geçiş katsayısının arttığı görülmektedir. Dalga kırılma yüksekliği ile geçiş katsayısı değişimi geçirgenliği yüksek 1. ve 2.modelde ters orantılı iken daha düşük geçirimli diğer üç modelde doğru orantılıdır.

Düzensiz dalgalarda dalga kırılma yüksekliğinin artması ile geometrik yapısına bağlı olarak dalga geçiş katsayısının doğru orantılı olarak arttığı görülmektedir. Buradaki artış eğiminde geçirgenlik miktarı doğrudan etkilidir. Düzensiz dalgalarda bütün modellerde dalga kırılma yüksekliği ile geçiş katsayısı değişimi doğru orantılıdır.

Düzenli dalgalarda dalga tırmanma yüksekliğinin dalga geçişine bağlı olarak en yüksek değerleri 5.modelde görülmüştür. Genel eğilim dalga geçişi ile ters orantılı olduğudur. Düzensiz dalgalarda içinde benzer sonuçtan bahsedebiliriz.

Düzenli dalgalarda dalga dikliği arttıkça dalga tırmanma yüksekliği azalmaktadır. Bu azalma miktarı tamamen boşluklu olduğundan geçirgenliği daha fazla olan 1 ve 2.modelde diğer üç modele göre daha azdır. Tamamen boşluklu yapılarda dalga dikliğinin artması tırmanma yüksekliğinin azalmasını fazla etkilememektedir.

Düzenli dalgalarda dalga geçiş katsayısı arttıkça 1.,2. ve 3.modelde tırmanma yüksekliği azalmakta, 4. ve 5.modelde artmaktadır. Bu durumda dalga tırmanma yüksekliğini etkileyen parametre porozitenin yanında dalgakıran geometrisinin de etkili olduğu anlaşılmaktadır.

Bir dalga boşluklu yapı içinden yayılarak geçerken, yapıdan yansıma ve yapı içindeki viskoz kayıptan dolayı dalga enerjisinin azalmasının sonucu olarak dalga yüksekliği azalır.

Dalgakıran içinden poroziteden dolayı geçen dalga enerjisi (E_T) yüzdesi, düzenli dalgalar için gelen dalga enerjisinin (E_I) dalgakırandan % 0,013 ile % 3,643'lük kısmı geçmektedir. Düzensiz dalgaların gelen enerjisinin dalgakırandan % 0,042 ile % 4,707'lik kısmı geçmektedir. Oluşturulan dalgakıran modellerinde gelen dalga enerjisine göre geçen dalga enerjisi yüzdesinin düzensiz dalgalarda, düzenli dalgalardan daha fazla olduğu görülmektedir. Dalgakıran içinden gelen dalga enerjisinin düşük miktarının geçmesi planlanmıştır. Çünkü geçen enerjinin fazla olması durumunda liman içi çalkantıyı artıracak, dalgakıranın arka yapısına ve liman içi kıyı koruma yapılarına zarar verecektir.

Gelen dalga yüksekliğine bağlı olarak düzenli dalgalarda, gelen dalga enerjisi arttıkça geçen dalga enerjisi azalmaktadır. Gelen dalga enerjisine ters orantılı olarak geçen dalga enerjisindeki azalma eğimi, en fazla geçirgenliğe sahip 2. ve 1.modelde olmakta, geçirgenliğin azaldığı 3., 4. ve 5.modelde azalmaktadır.

Düzensiz dalgalarda, gelen dalga enerjisi arttıkça geçen dalga enerjisi de artmaktadır. Gelen dalga enerjisine doğru orantılı olarak geçen dalga enerjisindeki artma eğimi, en fazla geçirgenliğe sahip 2 ve 1.modelde olmakta, geçirgenliğin azaldığı 3., 4. ve 5.modelde azalmaktadır.

Düzenli dalgalarda, yansıyan dalga enerjisi miktarının gelen dalga enerjisi miktarına oranının yüzdelerine bakıldığında % 0,040 ile % 0,576'lık bölümü yansımaktadır. Oluşturulan modellerde dalga yansıması düşük olduğundan, düzenli dalgalarda yansıyan dalga enerjisini geçen dalga enerjisinden daha düşüktür.

Porozitenin ve dalgakıran geometrisinin dalga enerjisini azaltma etkisi, (gelen dalga enerjisinin azalma oranı, E_D) ve yansıyan enerji oranları değeri, düzenli dalgalarda ($E_R + E_D$) değerinin % 97,174 ile % 99,987, düzensiz dalgalarda % 97,827 ile % 99,958 arasında olduğu görülmektedir. Düzensiz dalgalarda geçiş miktarı arttığından bu değerler daha düşük çıkmaktadır.

Düzenli dalgalarda yansıyan dalgaların hesaplanması ile gelen dalga enerjisinin harcanma oranı, (E_D) % değeri, % 97,969 ile % 99,944 arasında olduğu görülmektedir. Bu hesaplardan anlaşıldığı gibi gelen dalga enerjinin büyük miktarı dalgakıran üzerinde ve içerisinde harcanmaktadır. Dalgakıran içinden su geçişi sırasında boşluklarda meydana gelen sürtünme ve türbülans ile dalga enerjisinin büyük kısmının absorbe edildiği görülür. Enerjinin geri kalan küçük miktarı yansıyan ve geçen dalga enerjisine ayrılmaktadır. Burada da görüldüğü üzere dalgakıranın içinden geçip arka tarafa ulaşacak dalga enerjisi miktarını yapının geçirgenliği, porozite miktarı, taş boyutu, tabaka sayısı ve boşluklu bölümün geometrik yapısına bağlı olarak kontrol altında tutulabilmektedir.

Oluşturulan modellerde düzenli dalgaların, dalga kıran üzerinde ve dalgakıran içinden dalga geçerken, poroziteden dolayı oluşan türbülans ve sürtünme ile harcanan enerji miktarı azaldıkça geçen enerji miktarı artmaktadır. Geçen enerji miktarının en fazla 2.modelde daha sonra 1.modelde olduğu geçirgenliği en fazla olan bu modellerde geçirgenliğe bağlı olarak sönmelenen enerji miktarında diğer modeller göre en az seviyede olduğu görülmektedir. Diğer üç modelde tabaka sayısına ve poroziteye bağlı olarak enerji değişim miktarının azaldığı görülür. Bu üç

tabakalı modellerde dalga geçişi azaldığı için dalgakıranda sönümlenen enerji en yüksek seviyede olmasına rağmen 5.modelde geçen enerji en düşük seviyededir. Buradan da anlaşıldığı gibi gelen dalga enerjisinin geçişi daha çok sakin su seviyesinin alt tarafındaki bölümde olmaktadır (eğer bu kısımda boşluklu bir bölüm varsa). Gelen dalga enerjisine göre geçen dalga enerjisi dalgakıran arkasında ve liman içinde kıyı koruma yapıları ve liman içi çalkantı bakımından önem arz etmektedir. Grafikte de görüldüğü gibi dalgakırandan geçen enerji miktarı kontrol altında tutulmalıdır. Geçen enerji miktarına göre dalgakıran tasarımını yapabilmek için geçen dalga miktarını düzenleyen poroziteye ve tasarım geometrisine bağılı boyutsuz parametreler geliştirilmiştir.

Dalga dikliği arttıkça dalga harcanma katsayısının arttığı görülmektedir. Bu artış boşluklu dalgakıranın geçirgenlik miktarı ile doğru orantılıdır. 3., 4. ve 5.modelde geçirgenlik azaldıkça dalga kayıp katsayısındaki artma eğimi azalmıştır.

Dalga azlama katsayılarının ortalamaları modellere göre alınarak incelediğimizde, dalga kaybının porozite miktarı ile dolayısıyla dalgakıranın geçirgenliği ile doğru orantılı olduğu, geçirgenlik arttıkça dalga kaybının azaldığı görülmüştür. Dalga kaybı ortalama değeri en fazla geçirgen 2.modelde en düşük değerde olduğu daha sonra sırasıyla 1., 3., 4. ve 5.modelde olduğu görülmüştür.

Deneylerde kullanılan yedi adet düzenli dalganın dalga kaybı ortalama değerine göre incelediğimizde, görüldüğü gibi geçirgenlik ile direkt ilgili olduğu bunda da dalga periyodu ve boyunun etkili olduğu, dalga geçişi fazla olan göreceli olarak en uzun periyotlu dalga olan yedinci dalgada kayıp miktarı en azdır.

Dalgakıran arkasında porozite sebebiyle oluşan akımın hızları ile ilgili sonuçlar aşağıda verilmiştir:

Dalgakırana gelen dalganın bir miktarının dalgakıran içinden geçmesi sonucu, dalgakıran arkasında bir akım oluşmaktadır. Bu akım için, aynı yapıdaki ilk iki model incelendiğinde dalgakıran kret genişliğinin azalması akım hızının yatay ve düşey hızlarını artırdığı görülmüştür. Yatay hız bileşeninin genelde yüzeyde maksimum değeri ölçülmüştür. Birinci modelde yatay hızın derinlik boyunca azalarak devam ettiği, hızın pozitif tarafta kıyıya doğru olduğu, dalgakıran içerisine su girişi olduğu görülmüştür. İkinci modelde yatay hızların birinci modeldeki gibi olduğu, hızlarda artış olduğu belirlenmiştir. Üçüncü modelde sakin su seviyesinin

7.3 cm altında oluşturulan boşluklu bölgede en yüksek hızın yüzeye yakın boşluklu bölge başlangıcında olmakla birlikte kesitin daralmasından dolayı 10 cm genişliğindeki boşluklu bölümün orta noktasında derinlik boyunca azalan hızların tekrar kıyıya doğru pozitif yönde artış yaptığı ve modellerdeki en yüksek yatay hız değerlerine ulaşıldığı görülmüştür. Bu durum gelen dalganın dalga çukurunun altında dalgakıran arkasında oluşan akım koşullarını belirlemektedir. Dördüncü modelde boşluklu kısım sakin su seviyesinin hemen altından başlayarak oluşturulmuştur. Bu modeldeki boşluklu bölge arkasında oluşan yatay akım hızları kıyıya (liman içine) doğru oluşmakla birlikte üçüncü modelin boşluklu bölgesindeki hızlardan daha düşük olmuştur. Derinlik boyunca azalan yatay hız boşluklu bölgenin altında yaklaşık gelen dalga boyu kadar derinlikte tekrar kıyıya doğru artış göstermiştir. Gelen dalganın yatay yörünge hızı boşluklu bölümde dalgakırana doğru oluşurken derinlik boyunca boşluklu bölge altında açığa doğru oluşmaktadır. Beşinci modelde sakin su seviyesinin altında çekirdekli yapı oluşturulurken boşluklu kısım sakin su seviyesinin hemen üstünde oluşturulmuştur. En az geçirimsizliğe sahip bu modelde oluşan akımın en düşük yatay hızları meydana gelmiştir. Bu modelde diğer modellerdeki gibi kıyıya doğru oluşan akımın derinlik boyunca azalarak devam ettiği, diğer modellerdeki gibi yaklaşık gelen dalga yüksekliği kadar derinlikte yatay hızın tekrar kıyıya doğru artış yaptığı görülmüştür. Gelen dalganın yatay yörünge hızı yüzeye en yakın noktada dalgakırana doğru olmakla birlikte yedinci dalga haricinde açığa doğru derinlik boyunca azalarak devam etmekte, yedinci dalgada derinlik boyunca dalgakırana doğru salınımlı olarak hareket ettiği görülmektedir.

Dalgakıran arkasında oluşan akımın düşey hız bileşeni (w) incelendiğinde, yatay hızlara (u) nazaran daha küçük olduğu görülmüştür. Düşey hızların boyutu, çalkantı ve derinlik boyunca sirkülasyon açısından önem arz etmektedir. Birinci modelde derinlik boyunca akımın aşağı ve yukarıya doğru salınımlı olarak hareket ettiği, beşinci dalga haricinde daha çok akımın aşağıya doğru hareket ettiği, böylece dalgakıran içine doğru su girişi olduğu görülmektedir. İkinci modelde, birinci modelde oluşan düşey hız aralığının arttığı görülmektedir. Üçüncü modelde düşey hızların negatif tarafta kaldığı, modellerin arasında en yüksek aşağı yönlü hızların olduğu, boşluklu bölgede sürekli aşağı yönlü düşey akım hızı olduğu, dolayısı ile dalgakıran arkasına sürekli su girişi olduğu görülmüştür. Dördüncü modelde boşluklu bölgede oluşan düşey akım hızlarının pozitif tarafta olduğu akımın yukarıya

doğru arkada şişmeye sebep olduğu, bu bölümün liman içi çalkantıyı artırıcı etkide olduğu görülmektedir. Gelen dalgaların yörünge hızının düşey bileşenlerinin düşey akım hızları ile benzerlik gösterdiği görülmüştür. Beşinci modelde akımın düşey hızları yüzeye yakın yönlerde pozitif yönlü yukarıya doğru olduğu orta derinlikten tabana doğru derinlik boyunca aşağı ve yukarı yönlü salınarak devam ettiği görülmektedir.

Gelen dalgaların düşey yörünge hızlarının üçüncü model haricinde aşağı ve yukarı yönlü derinlik boyunca salınarak devam ettiği, üçüncü modelde sadece aşağıya doğru olduğu görülmüştür.

Düzenli dalgalarda gelen dalga yüksekliği arttıkça, dördüncü model hariç diğer modellerde en büyük yatay hızların u_{max} 'ın arttığı, 4.modelde ise gelen dalga yüksekliği arttıkça u_{max} değerinin azaldığı görülmüştür.

Dalga dikliği arttıkça en büyük yatay hızların 1., 4. ve 5.modelde azaldığı, 2. ve 3.modelde arttığı görülmektedir. Bu artış miktarı 3.modelde çok azdır.

Kesitsel ortalama hız değerleri hesaplandığında, arkada oluşan akım koşullarında, en yüksek değerlerin üçüncü modelde olduğu, daha sonra, ikinci, dördüncü, birinci ve en düşük dalgakıran geçirimsizliğine sahip beşinci modelde en düşük değerlerine ulaştığı görülmektedir.

Burada üçüncü ve dördüncü modelde kesit daralmasının boşluklu bölgede ve boşluklu bölgenin altında akım hızlarını artırdığı görülmüştür.

Gelen dalga yüksekliği arttıkça birim genişlikten geçen debinin (q) ve kesitsel hızın arttığı, bu artışın düşük miktarda olduğu görülmektedir.

Gelen dalganın dikliği arttıkça, birim genişlikten geçen debinin ikinci ve üçüncü modellerde arttığı dördüncü ve beşinci .modellerde değişmediği (çok az bir miktar azaldığı, yataya yakın olduğu) ve birinci modelde azaldığı görülmüştür.

Bu konuyla ilgili devamında yapılacak çalışmalarda deneyler, farklı ön yüz şev eğimi ve farklı tane çapındaki farklı poroziteye sahip malzemeler ile tekrarlanarak geliştirilebilir. Bu deneylerin yapılması ile şev eğimi ve boşluklu bölgede tane boyutu ve porozite değişiminin dalga geçişi üzerinde etkisi belirlenerek formüle edilebilir. Fiziksel model deneylerinden elde edilen bilgiler ile sınır koşulları oluşturularak nümerik modelleme ile sonuçlar karşılaştırılabilir. İki boyutlu olarak

fiziksel modeli kurularak yapılan deneyler, dalga baseninde fiziksel model kurulması ile boşluklu dalgakırandan üç boyutlu dalga geçiş koşulları incelenebilir.

KAYNAKLAR

- Ahrens, J.** (1977). Prediction of Irregular Wave Runup. CETA 77-2, Coastal Engineering Research Center, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, Miss.
- Ahrens, J.P. ve Titus, M.F.** (1981). *Lab data report: irregular wave run-up on plane, smooth slopes.*
- Ahrens, J.** (1981). Irregular Wave Runup on Smooth Slopes. CETA 81-17, Coastal Engineering Research Center, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, Miss.
- Al-Banaa, K. ve Liu, P. L.F.** (2007). Numerical Study on the Hydraulic Performance of Submerged Porous Breakwater under Solitary Wave Attack. Journal of Coastal Research SI 50 201-205 ICS (Proceedings) Australia ISSN 0749.0208.
- Allops, N.W.** (1983). Low-Crest Breakwaters, Studies in Random Waves. Waves. Proceedings of Coastal Structures '83, American Society of Civil Engineers, pp 94-107.
- Allops, N.W., Hawkes, P.I., Jackson, F.A. ve Franco, L.** (1985). Wave Run-up on Steep Slopes – Model Test under Random Waves. Report No. SR2, Hydraulics Research Wallingford, 54 pp.
- Angremond, K.D., ve Van Roode, C.** (1998). *Breakwater and Closure Dams.* 159.
- Ayhan, N.** (2006). *Kıyı ve Liman Yapıları Planlama ve Tasarımı*, Arıkan Yayınları, İstanbul.
- Barends, F.B., Van Der Kogel, H., Uijtewall, F.J. ve Hagenaar, J.** (1983). West Breakwater - Sines: Dynamic-Geotechnical Stability of Breakwaters,” Proceedings of Coastal Structures '83, American Society of Civil Engineers, pp 31-43.
- Battjes, J.A.,** (1971). Runup Distributions of Waves Breaking on Slopes. Journal of the Waterways, Harbors and Coastal Engineering Division. ASCE, Vol.97, No.WW1, Proc. Paper, pp. 91-114.
- Battjes, J.A.,** (1974). Surf similarity, Proceedings ICCE 1974 Copenhagen (Denmark), pp. 466-480.
- Bruun, P.** (1985). Design and Construction of Mounds for Breakwaters and Coastal Protection, Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam.
- Burcharth, H.F.** (1979). The Effect of Wave Grouping on ON-Shore Structures. Coastal Engineering 2, 189-199.
- Burcharth, H.F. ve Andersen, O.H.** (1995). On the one-dimensional steady and unsteady porous flow equations. Coastal Engineering 24, 233-257.

- Burcharth, H.F. ve Thompson, A.C.** (1983). A Stability of Armour Units in Oscillatory Flow. Proceedings of Coastal Structures '83, American Society of Civil Engineers, pp 71-82.
- BSI 6349-7** (1991). Maritime Structures Part 7. Guide to the design and construction of breakwaters" British Standard Institution.
- CEM.** (2003, 2006). Coastal Engineering Manual. U.S. Army Corps of Engineers.
- Chen, H.B., Tsai, C.P. ve Chiu, J.R.** (2006). Wave reflection from vertical breakwater with porous structure. Ocean Engineering 33, 1705–1717.
- Chwang, A. T.** (1983). A porous wavemaker theory. J. Fluid Mech., 132, 395-406.
- Chwang, A. T. ve Chan, A. T.** (1998). Interaction Between Porous Media and Wave Motion. Annu. Rev. Fluid Mech. 30:53–84
- CIRIA/CUR,** (1991). Construction Industry Research and Information Association (CIRIA) and Centre for Civil Engineering Research and Codes (CUR). 1991. "Manual on the Use of Rock in Coastal and Shoreline Engineering," CIRIA Special Publication 83/CUR Report 154, CIRIA, London and CUR, The Netherlands.
- Cruz, E.C., Isobe, M. ve Watanabe, A.** (1997). Boussinesq equations for wave transformation on porous beds. Coastal Engineering 30, 125-156.
- Cruz, E.C. ve Chen, Q.** (2007). Numerical modeling of nonlinear water waves over heterogeneous porous beds. Ocean Engineering 34, 1303–1321.
- Çokgör, Ş. ve Kabdaşlı, M.S.** (2004). Performance of Submerged Breakwaters as Environmental Friendly Coastal Structures. Environmentally Friendly Coastal Protection. NATO Science Series. IV. Earth and Environmental Sciences-Vol.53, 211-218.
- Dai, Y.B. ve Kamel, A.M.** (1969). Scale Effect Tests for Rubble-Mound Breakwaters. Research Report H-69-2, U.S. Army Engineer Waterways and Harbour Division. A.S.C.E. Vol.86, No.WW3, Part 1, pp. 1-14.
- Dalrymple, R.A., Losada, M.A. ve Martin, P.A.** (1991). Reflection and transmission from porous structures under oblique wave attack. J. Fluid Mech. 224, 625-644.
- Dalrymple, R.A. ve Martin, P.A.** (1990). Wave diffraction through offshore breakwaters. Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Div., ASCE, 116(6), 727-741..
- Darcy, H.** (1856). Les fontaines publiques de la ville de Dijon. Dalmont, Paris.
- Dean, R.G. ve Dalrymple, R.A.** (2000). *Water Wave Mechanics for Engineers and Scientists*. Advanced Series on Ocean Engineering, Volume 2, World Scientific.
- Dean, R.G. ve Dalrymple R. A.** (2004). *Coastal Processes with Engineering Applications*.
- Dentale, F., Russo, S.D. ve Carratelli, E.P.** (2001). *Innovative Numerical Simulation to Study the Fluid Motion Within Rubble Mound Breakwaters and the Armour Stability*.

- DLH.** (2007). Kıyı Yapıları ve Limanlar Planlama ve Tasarım Teknik Esasları. Ankara.
- Freeman, J.C. ve LeMehaute, B.,** (1964). Wave Breakers on a Beach and Surges on a Dry Bed. Journal of the Hydraulics Division, ASCE, 90, 187-216.
- Forchheimer, P.** (1901). Zeitschr. D.V. deutsch. Ing. 45, 1782.
- Fugazza, M. ve Natale, L.,** (1992). Hydraulic design of perforated breakwaters. J. Wtwy., Port, Coast., and Oc. Engrg., ASCE, 118, 1-14.
- Gislason, K., Fredsøe, J. ve Sumer, B.M.** (2008). Flow under standing waves Part 2. Scour and deposition in front of breakwaters. Coastal Engineering.
- Golshani, A., Mizutani, N. ve Hur, D.S.** (2002). Three- Dimensional, Fully Nonlinear, Combined Eulerian-Lagrangian Numerical Model of Porous Media and Water Waves Interaction. International Journal of Offshore and Polar Engineering Vol.12, No.3, September.
- Golshani, A., Mizutani, N., Hur, D.S. ve Shimizu, H.** (2002). Three-Dimensional Experimental Study of Wave-Induced Flow Around a Permeable Breakwater. Proceeding of the Twelfth International Offshore and Polar Engineering Conference Kitakyushu, Japan, May 26-31.
- Graw, K.U., Kaldenhoff, H. ve Stieglmeier, M.** (1989). An explanation of wave energy transmission around permeable breakwaters based on turbulence and resonance. XXIII Congress, International Association for Hydraulic Research.21-25 August, Ottawa, Canada.
- Grifoll, M., Jorda, G., Espino, M., Romo, J. ve Sotillo, M.G.** (2011). A management system for accidental water pollution risk in a harbour: The Barcelona case study. Journal of Marine Systems 88, 60-73.
- Guanche, R., Losada, I.J. ve Lara, J.L.** (2009). Modelling and simulation of wave transformation in porous structures using VOF based two-phase flow model. Applied Mathematical Modelling 33, 343–360.
- Guanche, R., Losada, I.J. ve , Lara, J.L.** (2009). Numerical analysis of wave loads for coastal structure stability. Coastal Engineering 56, 543–558.
- Günbak, A.R.** (1979). Rubble mound breakwaters, Report no 1, Division of Port and Ocean Engineering, University of Trondheim, Norway.
- Günbak, A.R.** (2012). Taş Dolgu Dalgakıranlar. İTÜ Kıyı Mühendsiliği ABD’de verdiği seminer sunumu, 24 Şubat, İstanbul.
- Goda, Y., Takayama, T. ve Suzuki, Y.** (1978). Diffraction Diagrams for Directional Random Waves. Procceeding of the 16th Conference on Coastal Engineering, Hamburg, West Germany, 628-650.
- Hall, J.V. ve Watts, G** (1953). Laboratory Investigation of the Vertical Rise of Solitary Waves on Impermeable Slopes. TM-33, U.S. Army Corps ofEngineers, Beach Erosion Board, Washington, D.C.
- Hall, K.R., Smith G.M. ve Turcke, D.J.,** (1995). Comparison of oscillatory and stationary flow through porous media. Coastal Engineering 24 217-232.

- Hedar, P.A.** (1986). Armor layer stability of rubble-mound structures. *Journal of Port, Waterway, Coastal and Ocean Engineering*, ASCE, 112 (3), 343-350.
- Hedge ve Srinivas**, (1995). *Effect of core porosity on stability and run-up breakwater*.
- Holthuijsen, L.H.** (1983). Observation of the Directional Distribution of Ocean-Wave Energy in Fetch-Limited Conditions,” *Jour. Phys. Ocean.*, Vol 13, No. 2, pp 191-207.
- Hsu, T-J., Sakakiyama, T. ve Liu, P.L-F.** (2002). A numerical model for wave motions and turbulence flows in front of a composite breakwater. *Coastal Engineering* 46, 25-50.
- Hsu, T.W., Chang, J.Y., Lan, Y.J., Lai, J.W. ve Ou, S.H.** (2008). A parabolic equation for wave propagation over porous structures. *Coastal Engineering* 55, 1148–1158.
- Hughes, S.A.** (1993). *Physical Models and Laboratory Techniques in Coastal Engineering*. Advanced Series on Ocean Engineering, Volume 7, World Scientific Publishing Co., Singapore.
- Huang, C-J., Chang, H-H. ve Hwung, H-H.** (2003). Structural permeability effects on the interaction of a solitary wave and a submerged breakwater. *Coastal Engineering* 49, 1-24.
- Hudson, R.Y.** (1959). Laboratory Investigation of Rubble-Mound Breakwaters. *Journal of the Waterways and Harbors Division, American Society of Civil Engineers*, Vol 85, No. WW3, 93-121.
- Hudson, R.Y., Herrmann, F.A., Sager, R.A., Whalin, R.W., Keulegan, G.H., Chatham, C.E., ve Hales, L.Z.** (1979). *Coastal Hydraulic Models*, Special Report No. 5, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS.
- Hunt, I.A.** (1959). Design of Seawalls and Breakwaters. *Journal of Waterways and Harbors Division*, Vol 85, No. WW3, 123-152.
- Hur, D.S., Kimb, C.H., Kimb, D.S. ve Yoonc, J.S.** (2008). Simulation of the nonlinear dynamic interactions between waves a submerged breakwater and the seabed. *Ocean Engineering* 35, 511–522.
- Hur, D.S. ve Mizutani, N.** (2003). Numerical estimation of the wave forces acting on a three-dimensional body on submerged breakwater. *Coastal Engineering* 45 (3), 329-345.
- Hunt, R.Y., Herrmann, F.A., Sager, R.A., Whalin, R.W., Keulegan, G.H., Chatham, C.E., ve Hales, L.Z.** (1979). *Coastal Hydraulic Models*, Special Report No. 5, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS.
- Holthuijsen, L.H.** (1983). Stereophotography of ocean waves. *Applied Ocean Research* 5 (4), 204-209.
- Iglesias, G., Rabun, J., Losada, M.A., Pacho, H., Castro, A. ve Carballo, R.** (2008). A virtual laboratory for stability tests of rubble-mound breakwaters. *Ocean Engineering* 35.

- Jeng, D.S. ve Lin, Y.S.** (1996). Non-Linear Wave- Included Response of Porous Seabed: A Finite Element Analysis. *International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics*, Vol.21, 15-42.
- Jackson, R.A.** (1968). Limiting Heights of Breaking and Nonbreaking Waves on Rubble-Mound Breakwaters. Technical Report H-68-3, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, Miss.
- Jesus, M., Lar, L.J. ve Losada I.J.** (2012). Three dimensional interaction of waves and porous coastal structures Part I: Numerical model formulation. *Coastal Engineering* 64, 57-72.
- Kabdaşlı, S.** (1992). *Kıyı Mühendisliği*, İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.
- Kabdaşlı, S., Kırca, V.Ş.Ö. ve Bağcı, T.** (2007). Ataköy Yat Limanı Geniştirme Projesi. İTÜ, Rapor No: 0708019, İstanbul.
- Kakuno, S. ve Liu, L. F.,** (1993). Scattering of water waves by vertical cylinders. *J. Wtwy., Port, Coast., and Oc. Engrg., ASCE*, 119, 302-322.
- Kamphuis, J.W.** (2000). Introduction to Coastal Engineering Management. *Advanced Series on Ocean Engineering*, Volume 16, World Scientific.
- Karim, M.F., Tanimoto, K. ve Hieu P.D.** (2003).Simulation of Wave Transformation in Vertical Permeable Structure. *Proceeding of the Thirteenth International Offshore and Polar Engineering Conference* Honolulu, Hawaii, USA, May 25-30.
- Karim, M.F., Tanimoto, K. ve Hieu P.D.** (2009). Modeling and simulation of wave transformation in porous structures using VOF based two-phase flow model. *Applied Mathematical Modelling* 33, 343-360.
- Keller, J.B.** (1961). Tsunamis -- Water Waves Produced by Earthquakes. *Proceedings of the Tsunami Meetings Associated with the 10th Pacific Science Congress*, pp 154-166.
- Keller, H.B., Levine, D.A. ve Whitham, G.B.** (1960). Motion of a Bore Over a Sloping Beach. *Journal of Fluid Mechanics* 7, 302-315.
- Kırca, V.Ş.Ö.** (2008). Düşey Yüzlü Kıyı Yapılarında Önyüz Konfigürasyonunun Yapı Performansına Etkisi. İTÜ Fen Bil. Enst., Doktora Tezi.
- Kobayashi, N. ve Otta, A.K.** (1987). Hydraulic Stability analysis of armor units. *Journal of Port, Waterway, Coastal and Ocean Engineering, ASCE*, 113 (2), 171-186.
- Lakhan, V.C.** (2003). *Advances in Coastal Modeling*. Elsevier Oceanography Series.
- Lee C.P.,** (1987). Wave interaction with permeable structure. Department of Civil Engineering, Oregon State University, Corvallis, Oregon.
- Lee, J.F. ve Chen P.** (1999). Three-Dimensional Model of Waves Passing Submerged Porous Structures. *Proceeding of the Ninth International Offshore and Polar Engineering*.
- Lee J. F.ve Cheng Y. M.** (2007). A theory for waves interaction with porous structures with multiple regions., *Ocean Engineering* 34, 1690-1700.

- LeMehaute, B.** (1963). On Non-Saturated Breakers and Wave Runup. Proceeding of the Eighth Conference on Coastal Engineering, ASCE, Mexico City, Council on Wave Research, 77-92.
- Lia, J. Ve Jeng, D.S.** (2008). Response of a porous seabed around breakwater heads. *Ocean Engineering* 35, 864–886.
- Lin, M.C., Hsu, C.M., Ting, C.L., Lee, Y.J. ve Tsai, J.F.** (2007). Wave Transformation over Porous Beds. Proceeding of the Seventeenth International Offshore and Polar Engineering Conference Lisbon, Portugal, July 1-6.
- Liu, P.L-F, Lin, P., Chang, K-A. ve Sakakiyama, T.** (1999). Numerical Modeling of Wave Interaction with Porous Structures. *Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering* 125, 322-330.
- Liu, P.L-F,** (1990). Wave transformation. In *The Sea*, Wiley-Interscience Publication, Vol.9, 27-63.
- Liu P.L-F.** (1990). *Wave transformation. In the sea*, Wiley-Interscience Publication 9, 27-63.
- Liu P.L-F.** (2004). Solitary wave runup and force on a vertical barrier. *Journal of Fluid Mechanics* 505, 225-223.
- Liu, Y., Li, Y-C., Teng, B. ve Dong, S.** (2008). Wave motion over a submerged breakwater with an upper horizontal porous plate and a lower horizontal solid plate. *Coastal Engineering* 35, 1588-1596.
- Liu, Y., Li, Y-C. ve Teng, B.** (2007). Wave interaction with a perforated wall breakwater with a submerged horizontal porous plate. *Ocean Engineering* 34, 2364-2373.
- Liu, Y., Li, Y. ve Teng, B.** (2007). Wave interaction with a perforated wall breakwater with a submerged horizontal porous plate. *Ocean Engineering* 34, 2364–2373.
- Losada, I.J.** (2003). Modelling the Effects of Permeable and Reflective Structures on Waves and Nearshore Flows. *Advances in Coastal Modeling*. Elsevier Oceanography Series 67, Sf 199.
- Losada, I.J., Dalrymple, R.A. ve Losada, M.A.** (1993). Wave-induced mean flow in vertical rubble mound structures. *Coastal Engineering* 35, 251-281.
- Losada I.J., Losada M.A., Martin F.L. ve Silva R.** (1995). Wave kinematics and dynamics of an artificial porous structure under non-steady flow. *Transactions on the Built Environment* vol 9, WIT Press, www.witpress.com, ISSN 1743-3509.
- Losada, I.J., Lara, J.L., Christensen, E.D. ve Garcia, N.** (2005). Modelling of velocity and turbulence fields around and within low-crested rubble-mound breakwaters. *Coastal Engineering* 52, 887-913.
- Losada, I.J., Losada, M.A. ve Martin, F.L** (1995). Experimental Study of Wave Induced Flow in a Porous Structure. *Coastal Engineering* 26, 77-98.
- Losada, M.A. ve Gimenez-Curto, L.A.** (1981). Flow characteristics on rough, permeable slopes under wave action, *Coastal Engineering* 4, 187-206.

- Losada, M., Desire, J.M. ve Alejo, L.M.** (1986). Stability of blocks as breakwater armour units. *Journal of Structural Engineering*, ASCE, 112(11), 2392-2401.
- Lynett, P.J., Liu P.L-F., Losada, I.J. ve Vidal, C.** (2000). Solitary Wave Interaction with Porous Breakwaters. *Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering* 126, 314-322.
- Lynett, P.J., Losada, I.J. ve Vidal, C.,** (1997). Solitary wave interaction with porous breakwaters. Conference Brest, France, May 30-June 4.
- Madsen, O.S.** (1974). Wave transmission through porous structures. *J.Wtrwy. Harb. And Coast. Engrg. Div.*, ASCE, 100(3), 169-188.
- Madsen, O.S. ve White, S.M.** (1975). Reflection and transmission characteristics of porous rubble mound breakwaters. Rep. No. 207, R. M. Parsons Lab, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Mass.
- Massel, S.R. ve Mei, C.C.** (1977). Transmission of Random Wind Waves Through Perforated or Porous Breakwater. *Coastal Engineering* 1, 63-78.
- Mavrigian, G., Sarikelle, S. ve Carpenter, J.W.** (1974). Circulation Pattern a Porous Breakwater. Offshore Technology Conference, Dallas, Texas, Paper Number OTC 2123.
- McIver, P.** (1999). Water wave diffraction by thin porous breakwater. *Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering*, 125 (2), 66-70.
- Mendez, F., Losada, I.J. ve Losada, M.A.** (2001). Wave-induced mean magnitudes in permeable submerged breakwaters. *Journal of Waterway, Port Coastal and Ocean Engineering*, 127 (1), 1-9
- Mestres, M., Sierra, J.P. ve Arcilla A.S.** (2007). Baroclinic and wind-induced circulation in Tarragona harbour (northeastern Spain). *Scientia Marina* 71 (2), June, Barcelona (Spain), 223-238.
- Miche, M.** (1951). Le Pouvoir Reflechissant des Ouvrages Maritimes Exposes a l'Action de la Houle. *Annals des Ponts et Chaussess*, 121eAnnee, pp 285-319 (translated by Lincoln and Chevron, University of California, Berkeley, Wave Research Laboratory, Series 3, Issue 363).
- Miller, R.L.** (1968). Experimental Determination of Runup on Undular and Fully Developed Bores.. *Journal of Geophysical Research* 73, 4497-4510.
- Mizutani, N. ve Mostafa, A.M.** (2000). Wave-Induced Flow in a Porous Vertical Breakwater. *Proceeding of the Tenth International Offshore and Polar Engineering Conference* Seattle, USA, May 28-June 2.
- Mizutani, N. ve Mostafa, A.M.** (2001). Porous Flow in a Vertical Breakwater Induced by Nonlinear Waves. *International Journal of Offshore and Polar Engineering* Vol. 11, No. 3, September (ISSN 1053-5381).
- Morita, S. ve Deguchi, I.** (2001). Study of the Capacity of Breakwater with Channel to Exchange Water. *Proceeding of the Eleventh International Offshore and Polar Engineering Conference* Stavanger, Norway, June 17-22.

- Mostafa, A.M., Hasan, M.A. ve Marmoush, Y.** (2006). A New Technique For Estimating The Stable Weight Of Armor Units On A Submerged Breakwater In Wave-Current Coexisting Field. Proceedings of the Sixteenth International Offshore and Polar Engineering Conference, San Francisco, California, USA, May 28-June 2. Copyright © 2006 by The International Society of Offshore and Polar Engineers.
- Muttray, M.O. ve Oumeraci, H.** (2005). Theoretical and experimental study on wave damping inside a rubble mound breakwater. *Coastal Engineering* 52, 709-725.
- Mizumura, K.** (1984). Flow analyses in idealized rubble-mound breakwater", , *Journal of Port, Waterway, Coastal and Ocean Engineering*, ASCE, 110 (3), 344-355.
- Penny, W.G. ve Price, A.T.** (1952). The Diffraction Theory of Sea Waves by Breakwaters, and the Shelter Afforded by Breakwaters. *Philosophical Transactions, Royal Society of London, Series A, Vol 244*, pp. 236-253.
- Philip L.F. Liu, P.L.F.** (1998). *Advances in Coastal and Ocean Engineering*, 5.cilt.
- Pilarczyk K.W.** (1999). *Coastal Protection*, A.A. Balkema, Rotterdam.
- Pilarczyk, K.W. ve Zeidler, R.B.** (2003). Offshore Beakwater and Shore Evolution Control.
- Pilarczyk, K.W.** (1990). Coastal Protection. Proc. Of the Short Course on Course on Coastal Protection, Delf University of Technology, Balkema, The Netherlands.
- Pilarczyk, K.W.** (2003). Design of low-crested (submerged) structures. An overiev. 6th Proc. International Conference on Coastal and Port Engineering in Developing Countries (COPEDEC), Colombo, Sri Lanka.
- Polubarinova-Kochina, P.Y.** (1962). *Theory of Groundwater Movement*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Powel, K.A. ve Allsop, N.W.** (1985). Low-Crest Breakwaters, Hydraulic Performance and Stability. Report No. SR 57, Hydraulic Research Station, Wallingford, England.
- Price, W.A.** (1979). Static Stability of Rubble Mound Breakwaters. *Dock and Harbour Authority*, Vol.L.X, 702.
- Qiu, D. ve Wang, L.** (1996). Numerical and Experimental Research for Wave Damping Over a Submerged Porous Breakwater. Proceeding of the Sixth International Offshore and Polar Engineering Conference Los Angeles, USA May 26-31.
- Rahman, M.S.** (1992). Wave-Induced Liquefaction of Seabed: Mechanism and Conditions. Proceeding of the Second International Offshore and Polar Engineering Conference San Francisco, USA, 14-19 June.
- Rageh, O.S.** (2009). Hydrodynamic Efficiency of Vertical Thick Porous Breakwaters. Thirteenth International Water Technology Conference, IWTC 13, Hurghada, Egypt.

- Rojanakamthorn, S., Isobe, M. ve Watanabe, A.** (1989). A mathematical model of wave transformation over a submerged breakwater. Coastal Engineering in Japan, JSCE, 32 (2), 209-234.
- Samaga, B.R ve Hegde, A.V.** (1998). Nomograms for Rubble Mound Breakwater Design Considering the Core Porosity.
- Sankarbabu, K., Sannasiraj, S.A. ve Sundar, V.** (2008). Hydrodynamic performance of a dual cylindrical caisson breakwater. Coastal Engineering 55, 431–446.
- Savage, R.P.** (1956). Wave Runup on Roughened and Permeable Slopes.. Journals of the Waterways and Harbors Division, ASCE, WW3, Paper No 1640.
- Saville, T.Jr.** (1956). Wave Runup on Shore Structures. Journal of the Waterways and Harbors Division, American Society of Civil Engineers, Vol 82, No. WW2, Paper 925.
- Saville, T.Jr.** (1962). An Approximation of the Wave Runup Frequency Distribution. Proceeing of the Eighth Conference on Coastal Engineering, ASCE, Mexico City, Council on Wave Research, 48-59.
- Schijf, J.B.** (1974). Wave run-up and overtopping, Technical advisory committee on protection against inundation, Government publishing, office, The Hague.
- Seelig, W. N.** (1979). Estimation of Wave Transmission Coefficients for Permeable Breakwaters,” CETA, 79-6, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS.
- Seelig, W. N.** (1980). Two-dimensional Tests of Wave Transmission and Reflection Characteristics of Laboratory Breakwaters,” Technical Report 80-1, U.S.Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS.
- Shen, M.C. ve Meyer, R.E.** (1963). Climb of a Bore on a Beach, (3) Runup. Journal of Fluid Mechanics, 16, 113-125.
- Shirlal, K.G., Rao, S. ve Ganesh, V.** (2006). Stability of breakwater defenced by a seaward submerged reef. Ocean Engineering 33, 829-846.
- Sidek, F.J ve Wahab, M.A.J.A.** (2007). The Effects of Porosity of Submerged Breakwater Structures on Non-Breaking Wave Transformations. Malaysian Journal of Civil Engineering 19 (1), 17-25.
- Sollitt C.K. ve Cross R.H.,** (1972). Wave transmission through permeable breakwaters. In Proc. 13th International Conference on Coastal Engineering, ASCE, pp.1837-1846.
- Sorensen, R.M.,** (1997). *Basic coastal engineering*. Chapman & Hall, London.
- SPM, Shore Protection Manual,** (1984). Waterways Experiment Station, U.S. Army Coastal Engineering Research Center, 1984. Shore Protection Manual, Department of the Army, Corps of Engineers.Corps of Engineers, Vicksburg, USA.
- Stoa, P.N.** (1978). Reanalysis of Wave Runup on Structures and Beaches. Technical Paper 78-2, Coastal Engineering Research Center, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, Miss.

- Sulisz, W.** (1985). Wave reflection and transmission at permeable breakwaters of arbitrary cross-section. *Coastal Engineering* 9, 371-386.
- Sulisz, W.** (2008). Reflected and transmitted waves in a channel with side porous mattresses. *Coastal Engineering* 55, 391–399.
- Tao, L., Song, H. ve Chakrabarti, S.** (2009). Wave interaction with a perforated circular breakwater of non-uniform porosity. *J. Eng. Math* 65, 257-271. Springer.
- Thompson, A.C.,** (1988). Numerical Model of Breakwater Wave Flows. *Coastal Engineering*, Chapter 149, 2013-2027.
- Ting, C-L., Lin, M-C. ve Cheng, C-Y.** (2004). Porosity effects on non-breaking waves over permeable submerged breakwaters. *Coastal Engineering* 50, 213-224.
- Tsai, J.P., Cheng, H.B. ve Lee, F.J.** (2006). Wave Transformation over submerged permeable breakwater on porous bottom. *Ocean Engineering* 33, 1623-1643.
- Twu, S.W. ve Wang, Y.T.** (1994). A computational model of the wave absorption by the multilayer porous media. *Coastal Engineering* 24, 97-109.
- Twu, S.-W., Liu, C.-C. Ve Twu, C.-W.** (2002). Wave damping characteristics of vertically stratified porous structures under oblique wave action. *Ocean Engineering* 29, 1295-1311.
- Troch, P. ve Rouch, D.R.J..** (1998). Development of two-dimensional numerical wave flume for simulation of wave interaction with rubble mound breakwaters. In: *Proceedings 26th International Conference on Coastal Engineering*. Copenhagen, Denmark.
- Ünal, N.E.** (1996). Düzenli ve düzensiz dalgaların etkisiyle şev üzerindeki iri danelerin harekete başlaması, Doktora Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- U.S. Army Corps of Engineers (USACE)** (2003). *Coastal Engineering Manual (CEM), Engineer Manual 1110-2-1100*, Washington, D.C. (in 6 volumes).
- Van Der Meer, J.W.** (1995). Conceptual design of rubble mound breakwaters. World Scientific. In: *Advances in Coastal and Ocean Engineering*, Volume 1. Ed. P.L.F. Liu, pp. 221 -315.
- Van Der Meer, J.W.** (1988). Rock slopes and gravel beaches under wave attack. PhD. thesis Delft University of technology, Delft, Nederland.
- Van Der Meer, J.W. ve Stam, C.J.** (1992). Wave run-up on smooth and rock slopes of coastal structures, *Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering* 118, no 5, September/October.
- Van Gent, M.R.A.** (1995). Porous Flow Through Rouble Mound. *Material Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering*, Vol. 121, No. 3, May/June, 176-181.
- Verhagen, H.J., Jumelet, D., Domingo, A.V. ve Broekhoven, P.V.** (2002). Method to Quantify the Notional Permeability.

- Vidal, C., Losada, M.A., Medina, R.** (1991). Stability on mound breakwater's head and trunk. *Journal of Port, Waterway, Coastal and Ocean Engineering*, ASCE, 117(6), 570-587.
- Van Gent, M.R.A.** (1994). Wave run-up on smooth and rock slopes of coastal structures, *Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering*, Vol. 118, no 5, September/October.
- Van Oorschot, J. H., ve d'Angremond, K.** (1968). The Effect of Wave Energy Spectra on Wave Run-Up. Proceedings of the 11th International Coastal Engineering Conference, American Society of Civil Engineers, Vol 2, pp 886-900.
- Vidal, C., Losada, M.A. ve Medina, R.** (1991). Stability on mound breakwater's head and trunk", *Journal of Port, Waterway, Coastal and Ocean Engineering*, ASCE, 117(6), 570-587.
- Walton, T. L., Jr., Ahrens, J. P., Truitt, C. L., ve Dean, R. G.** (1989). Criteria for Evaluating Coastal Flood-Protection Structures. Technical Report CERC-89-15, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Coastal Engineering Research Center, Vicksburg, MS.
- Wang, J.** (1995). Stability analysis of finite difference schemes for inertial oscillations in ocean general circulation models. *Transactions on the Built Environment* vol 9.
- Wang, K-H. ve Ren, X.** (1993). Water Waves on Flexible and Pororous Breakwaters. *Journal of Engineering Mechanics Div., ASCE* 119, 1025-1047.
- Wang, J.** (1995). Stability analysis of finite difference schemes for inertial oscillations in ocean general circulation models. *Transactions on the Built Environment* vol 9.
- Ward, J.C.** (1964). Turbulent flow in porous medium. *Journal of the Hydraulics Division, ASCE*, 90 (HY5), 1-12.
- Yang, H.T.O., Huang, L.H. ve Hwang W.S.,** (1997). The interference of a semi-submerged obstacle on porous breakwater. *Applied Ocean Research* 19. Sf. 263-273.
- Yip, T.L. ve Chwang, A.T.** (1997). Active Wave Control by a Pitching Porous Plate. Proceeding of the Seventh International Offshore and Polar Engineering Conference Honolulu, USA, May 25-30.
- Yu, B.X. ve Chwang, A.T.** (1994). Wave-Induced Oscillation in Harbor with Porous Breakwaters.
- Yu, X.** (1995). Diffraction of Water Waves by Porous Breakwaters. *Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering* 121, 275-282.
- Yu, X. ve Chwang, A.T.** (1994). Wave-Induced Oscillation in Harbour with Porous Breakwaters. *Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering* 120, 102-125.
- Yu, X. ve Togoshi, H.** (1996). Combined diffraction and transmission of water waves around a porous breakwater gap. Proceedings of the 25th International Conference on Coastal Engineering, ASCE, 2063-2076.

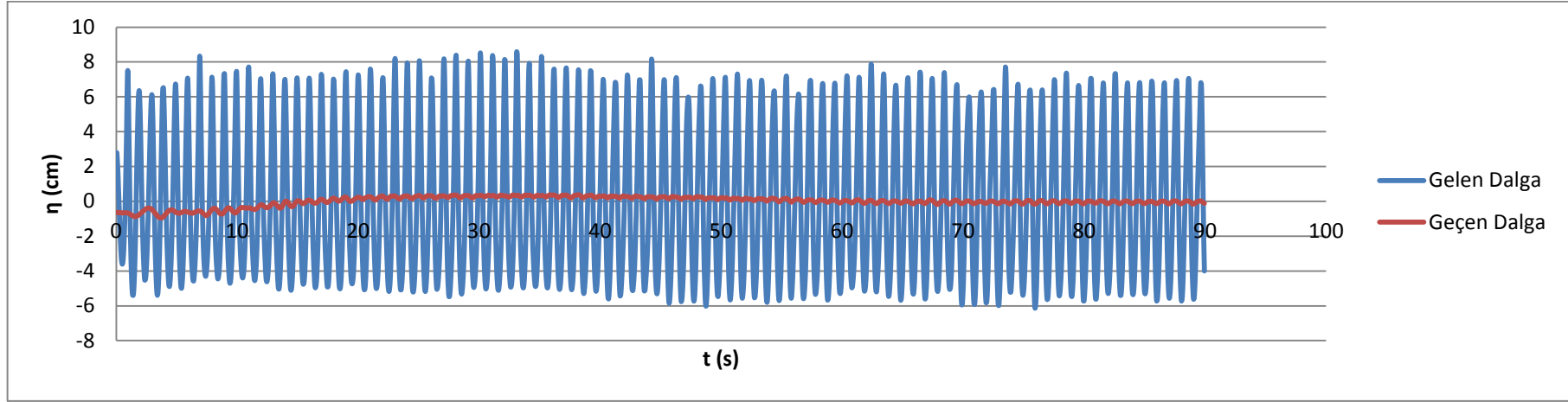
- Yüksel Y., Çevik E. ve Çelikoğlu Y., (1998).** *Kıyı ve Liman Mühendisliği*. TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Ankara Şubesi, Ankara.
- Zhang, J. S., Wang, B., Jeng, D.S. ve Guo Y.K., (2010).** Numerical Modelling of Wave Motion and Seabed Response around a Submerged Porous Breakwater. Proceeding of the Twentieth, International Offshore and Polar Engineering Conference Beijing, China, June 20-25.
- Zhao, F, Kinoshita, T., Bao, W., Wan, R., Liang, Z. ve Huang, L. (2011).** Hydrodynamics identities and wave drift force of a porous body. Scopus.

EKLER

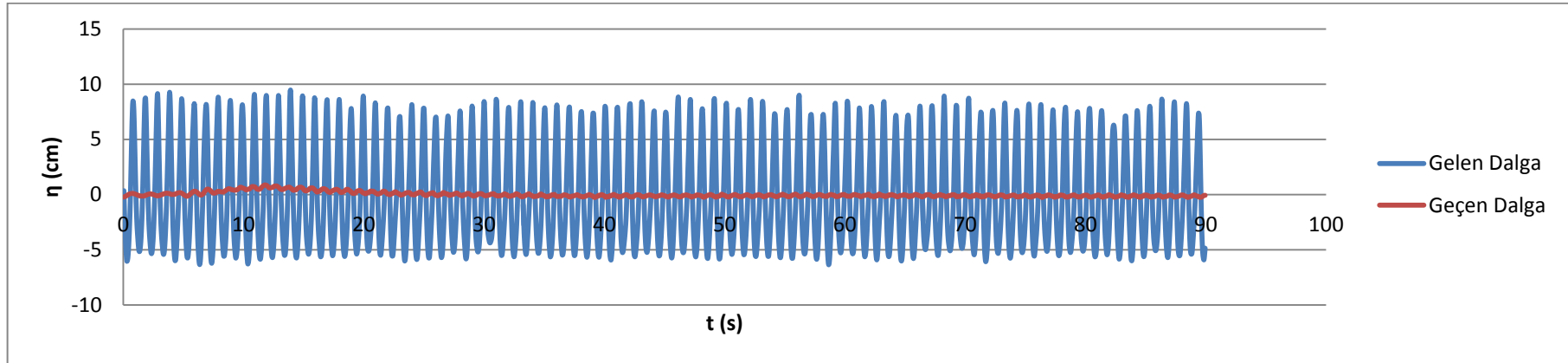
EK A: Dalgakırana Gelen ve Dalgakırandan Geçen Dalgalar

EK B: Düşey Hız Profilleri

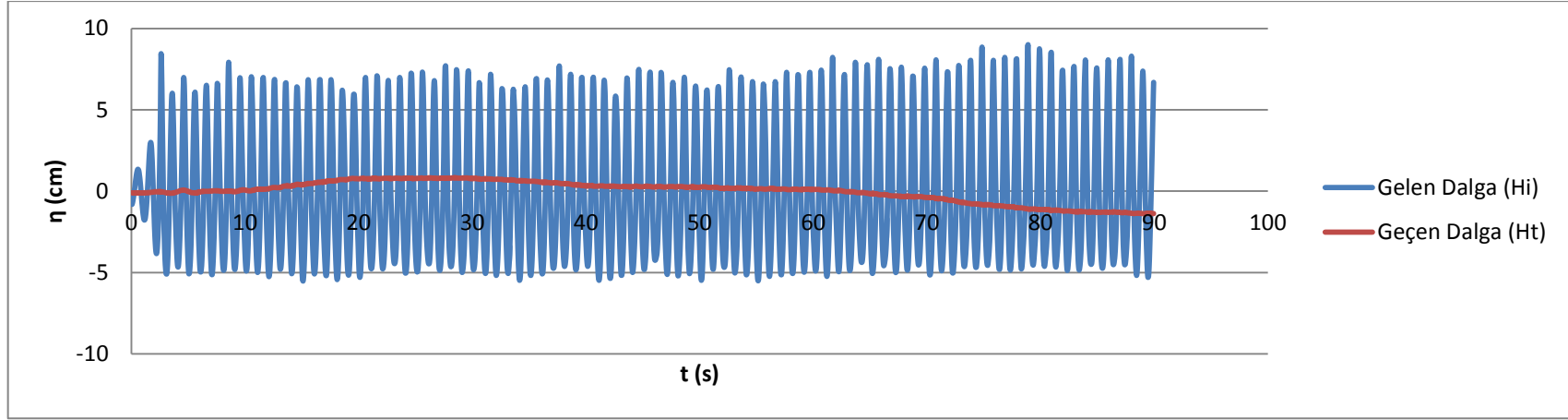
EK A: Dalgakırana Gelen ve Dalgakırandan Geçen Dalgalar



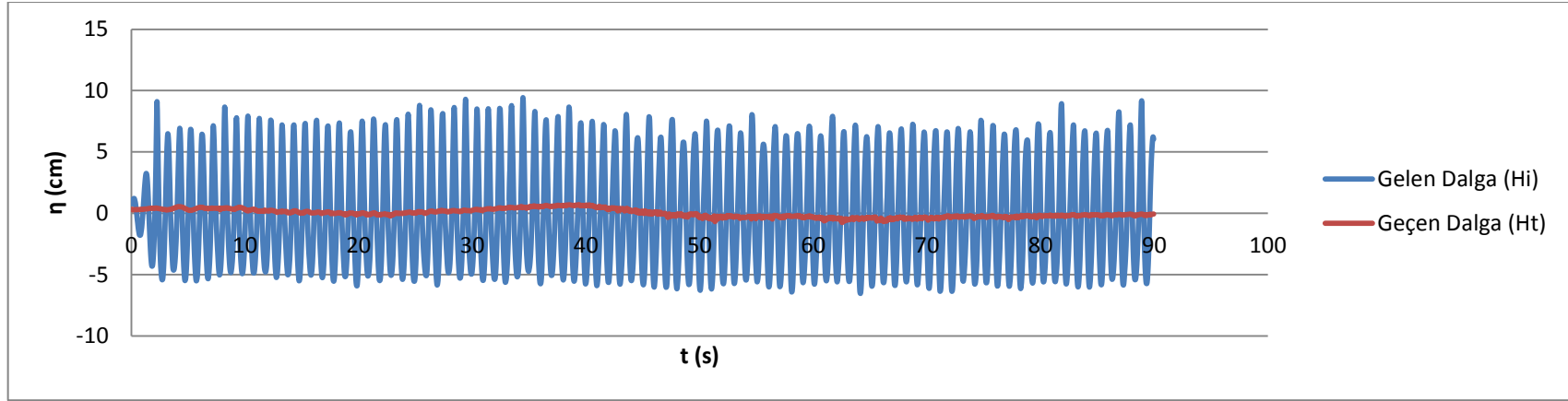
Şekil A.1 : 1.Model'e Göre, 1.Düzenli Dalganın, Dalgakıran'a Gelen ve Dalgakırandan Geçen Hs Grafiği.



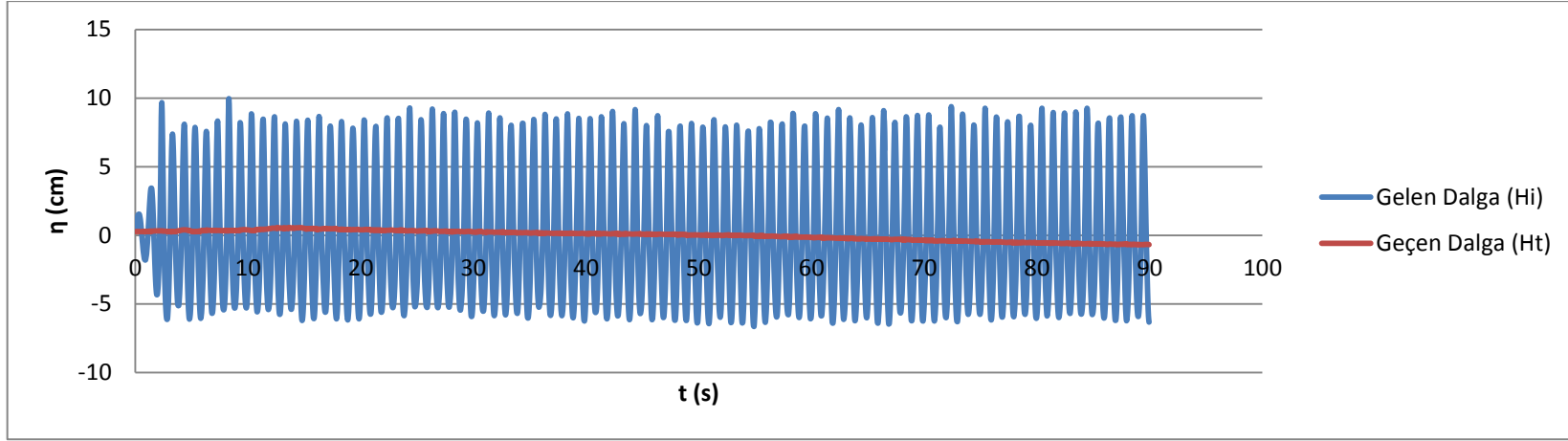
Şekil A.2 : 2.Model'e Göre, 1.Düzenli Dalganın, Dalgakıran'a Gelen ve Dalgakırandan Geçen Hs Grafiği.



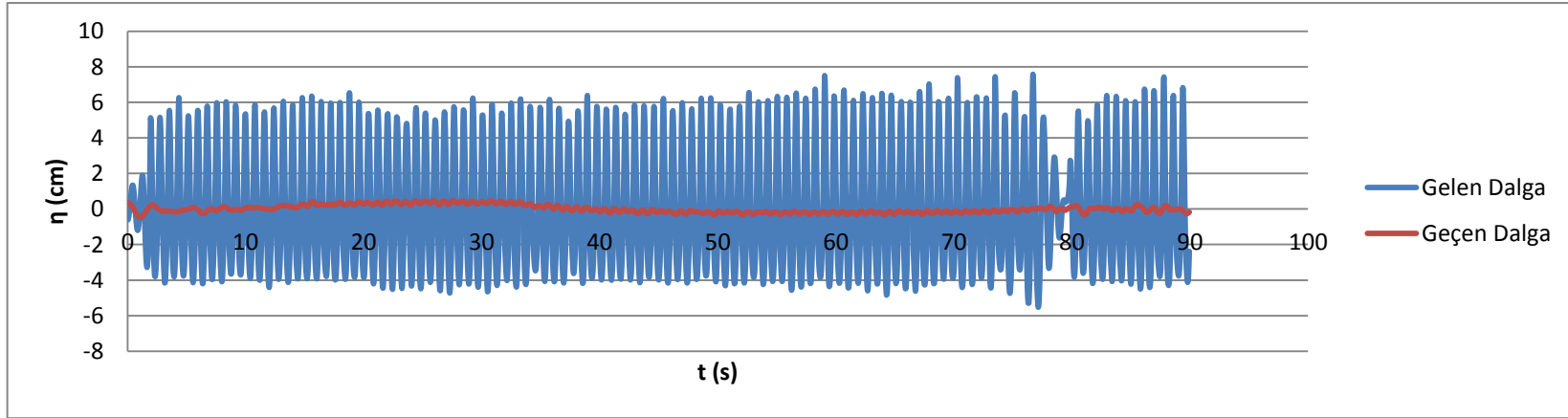
Şekil A.3 : 3.Model'e Göre, 1.Düzenli Dalganın, Dalgakıran'a Gelen ve Dalgakırandan Geçen Hs Grafiği.



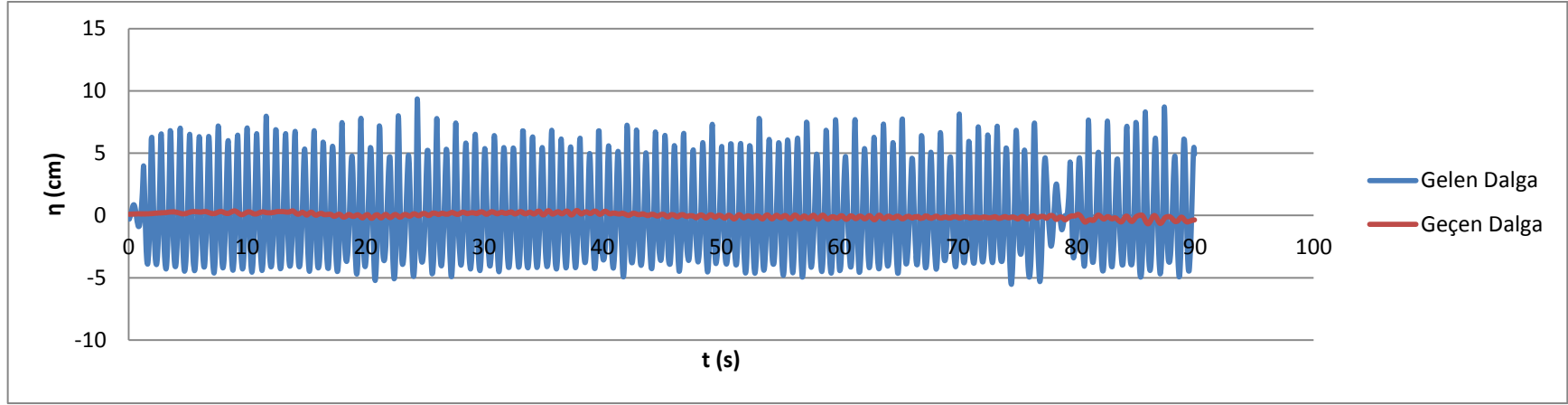
Şekil A.4 : 4.Model'e Göre, 1.Düzenli Dalganın, Dalgakıran'a Gelen ve Dalgakırandan Geçen Hs Grafiği.



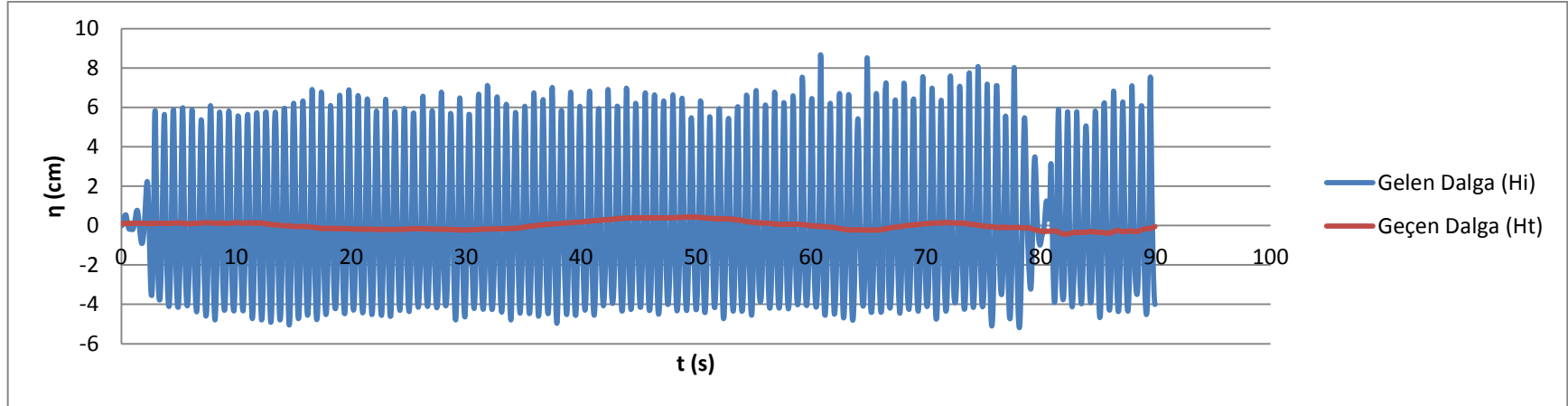
Şekil A.5 : 5.Model'e Göre, 1.Düzenli Dalganın, Dalgakıran'a Gelen ve Dalgakırandan Geçen Hs Grafiği.



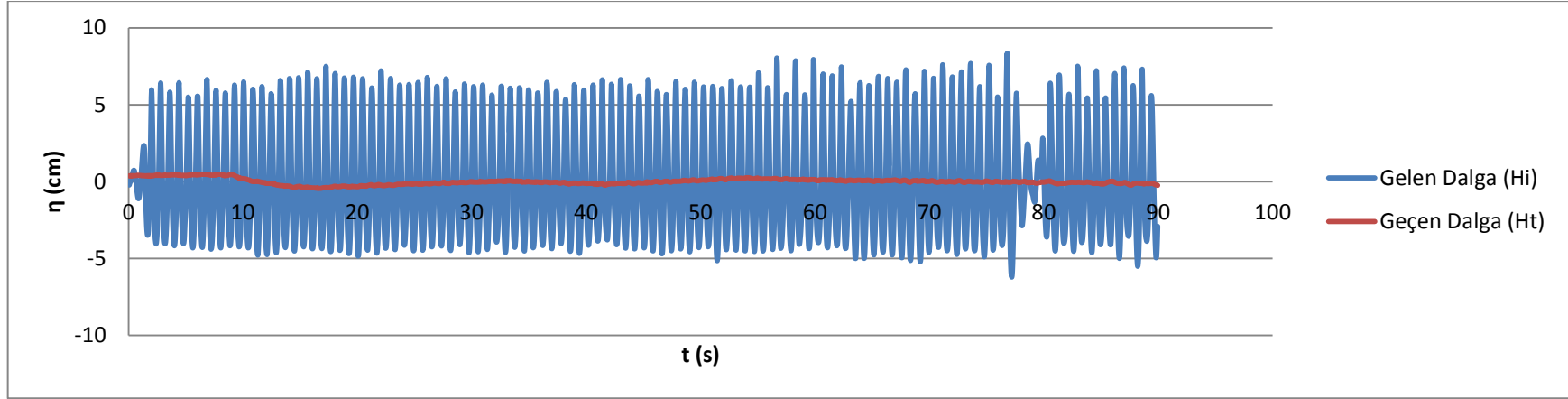
Şekil A.6 : 1.Model'e Göre, 3.Düzenli Dalganın, Dalgakıran'a Gelen ve Dalgakırandan Geçen Hs Grafiği.



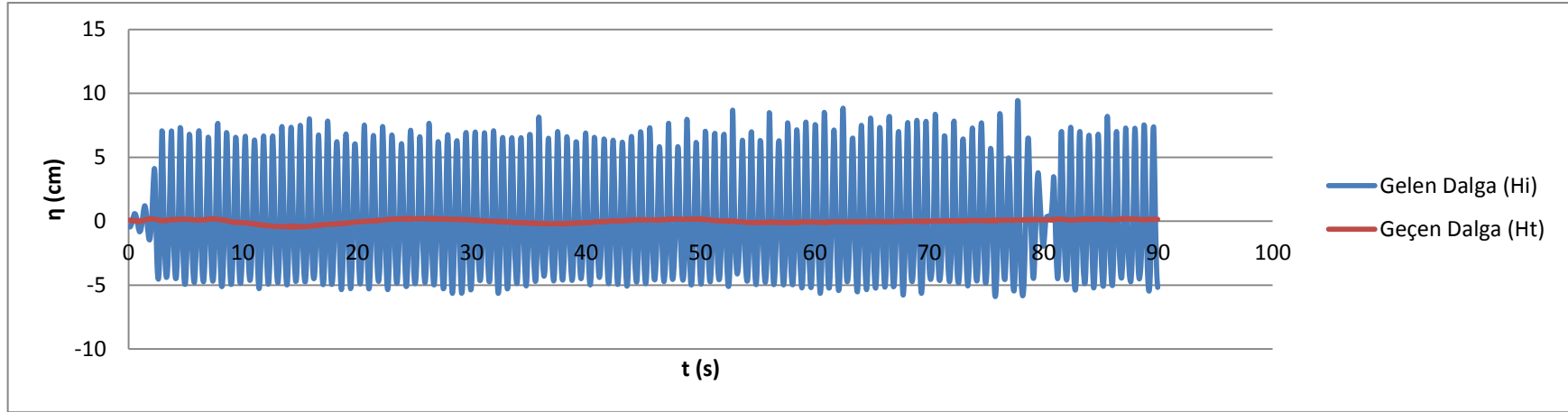
Şekil A.7 : 2.Model'e Göre, 3.Düzenli Dalganın, Dalgakıran'a Gelen ve Dalgakırandan Geçen Hs Grafiği.



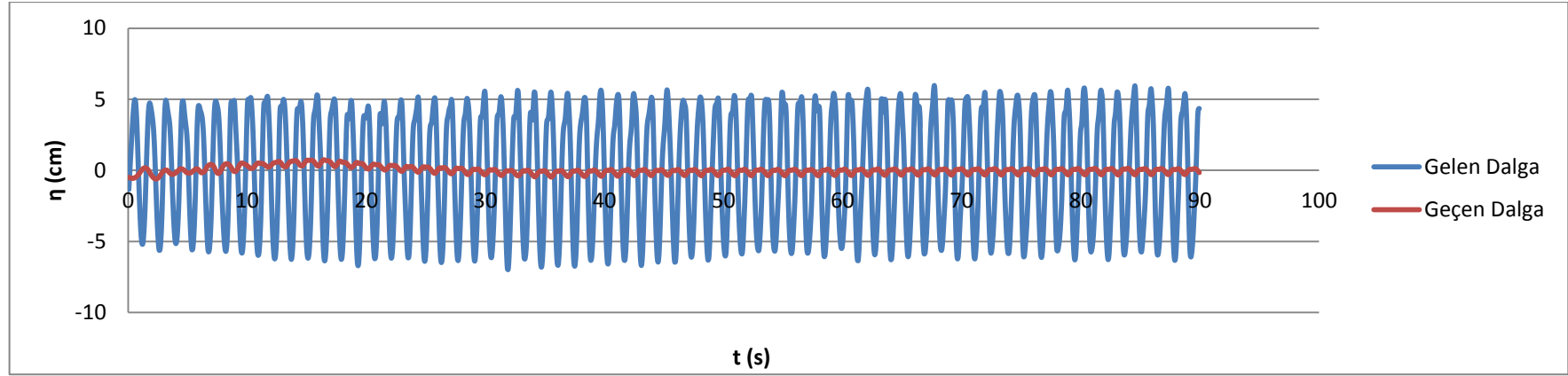
Şekil A.8 : 3.Model'e Göre, 3.Düzenli Dalganın, Dalgakıran'a Gelen ve Dalgakırandan Geçen Hs Grafiği.



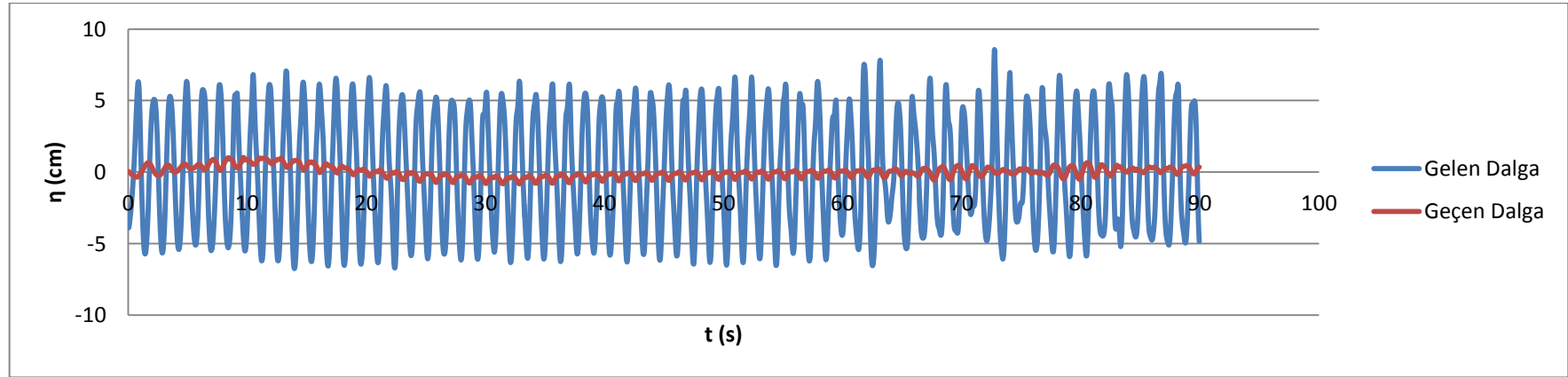
Şekil A.9 : 4.Model'e Göre, 3.Düzenli Dalganın, Dalgakıran'a Gelen ve Dalgakırandan Geçen Hs Grafiği.



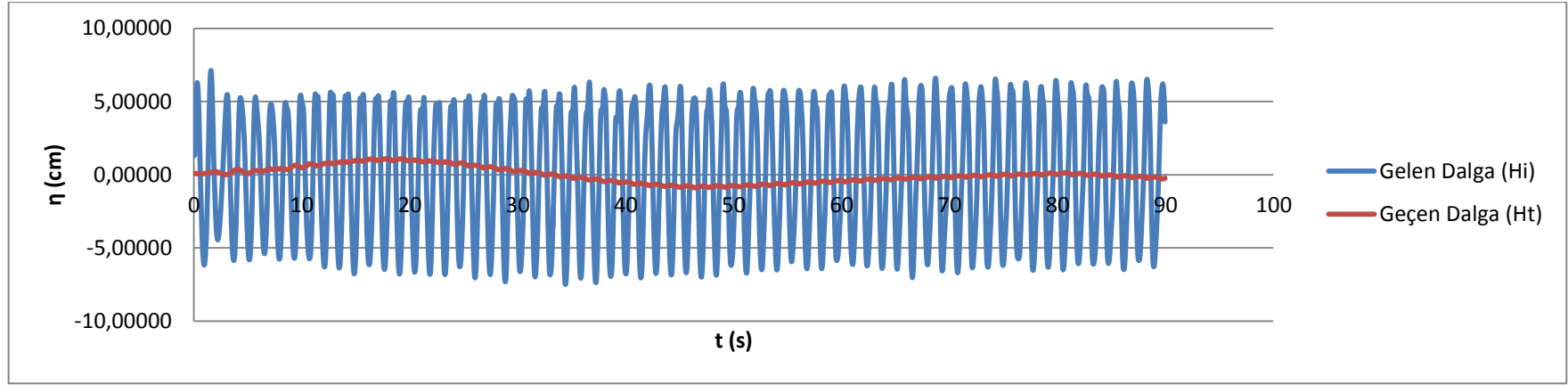
Şekil A.10 : 5.Model'e Göre, 3.Düzenli Dalganın, Dalgakıran'a Gelen ve Dalgakırandan Geçen Hs Grafiği.



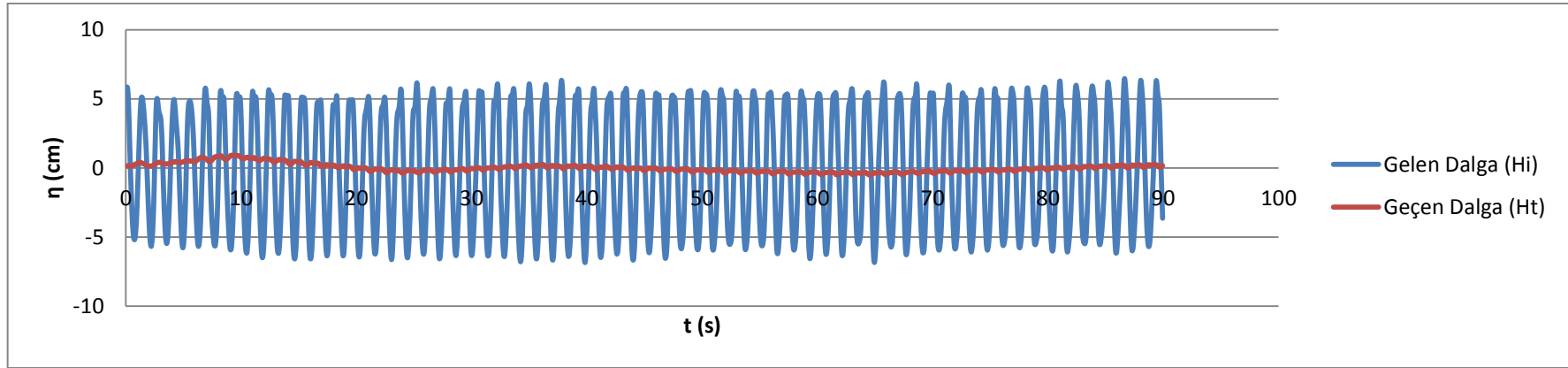
Şekil A.11 : 1.Model'e Göre, 4.Düzenli Dalganın, Dalgakıran'a Gelen ve Dalgakırandan Geçen Hs Grafiği.



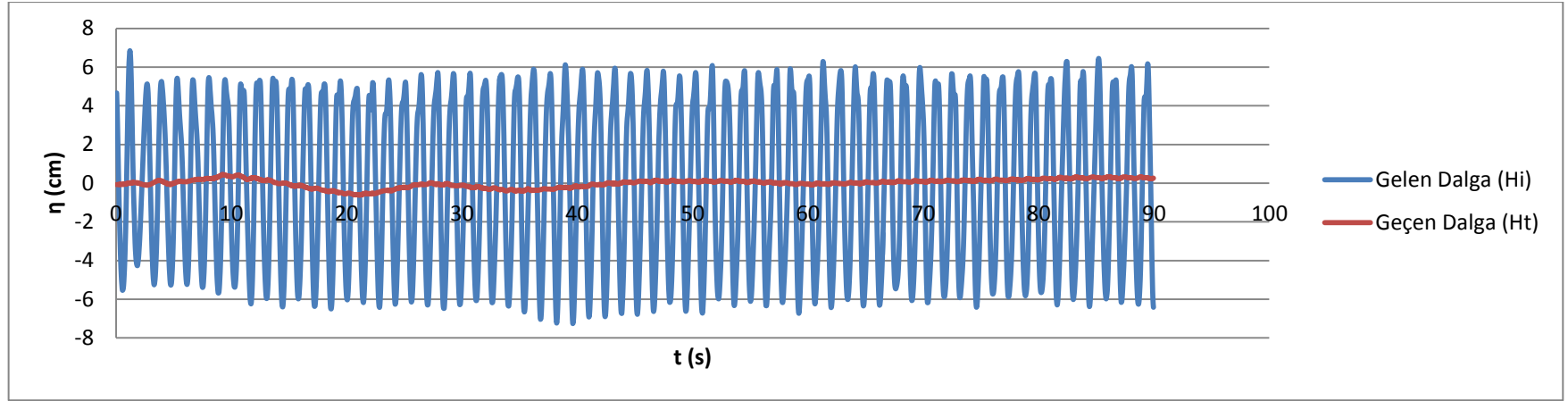
Şekil A.12 : 2.Model'e Göre, 4.Düzenli Dalganın, Dalgakıran'a Gelen ve Dalgakırandan Geçen Hs Grafiği.



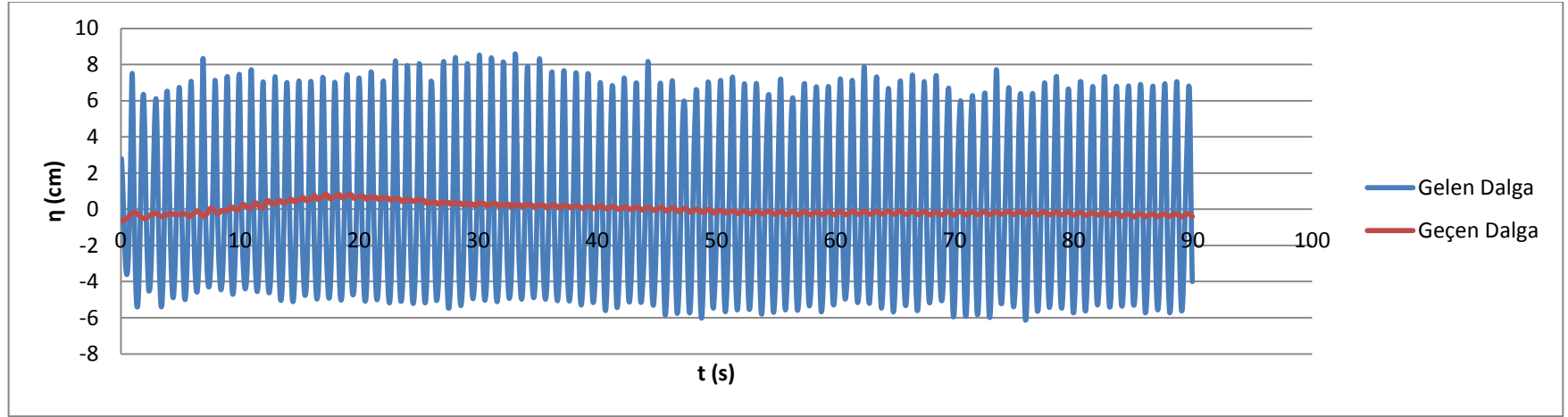
Şekil A.13 : 3.Model'e Göre, 4.Düzenli Dalganın, Dalgakıran'a Gelen ve Dalgakırandan Geçen Hs Grafiği.



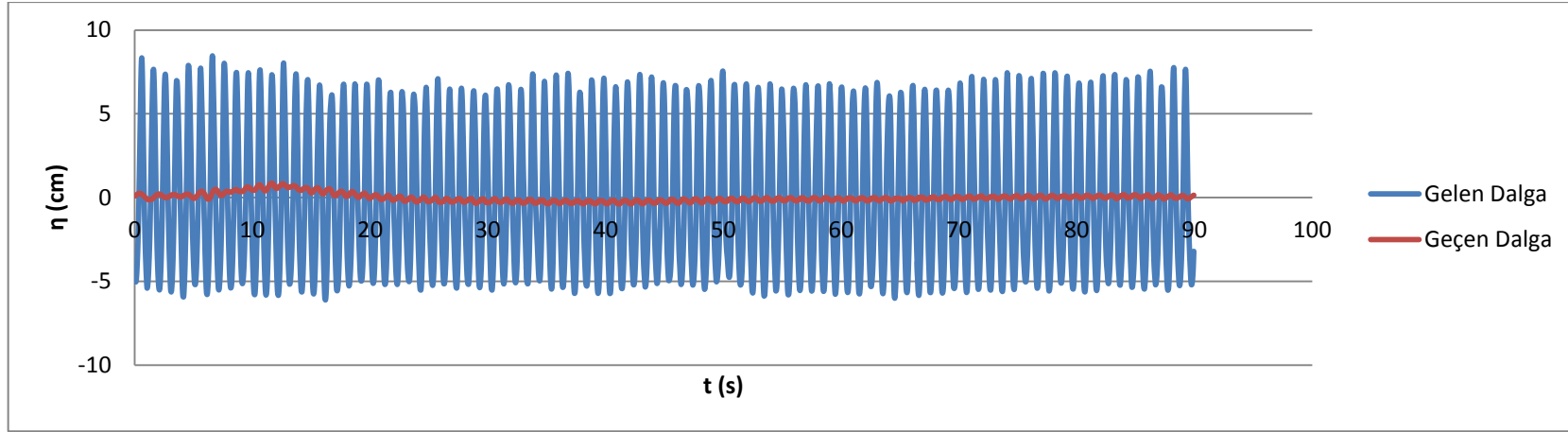
Şekil A.14 : 4.Model'e Göre, 4.Düzenli Dalganın, Dalgakıran'a Gelen ve Dalgakırandan Geçen Hs Grafiği.



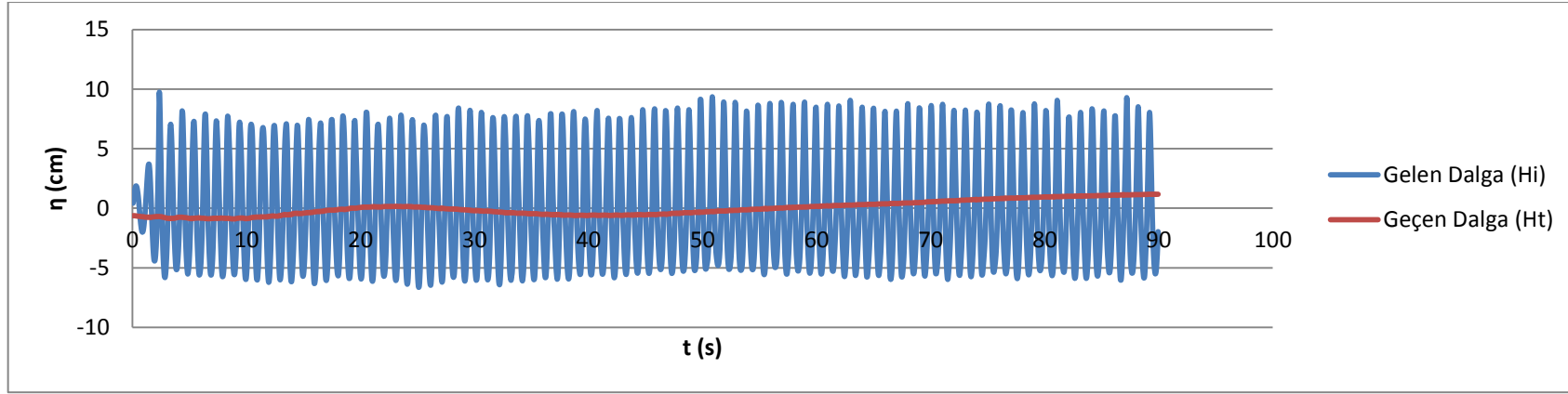
Şekil A.15 : 5.Model'e Göre, 4.Düzenli Dalganın, Dalgakıran'a Gelen ve Dalgakırandan Geçen Hs Grafiği.



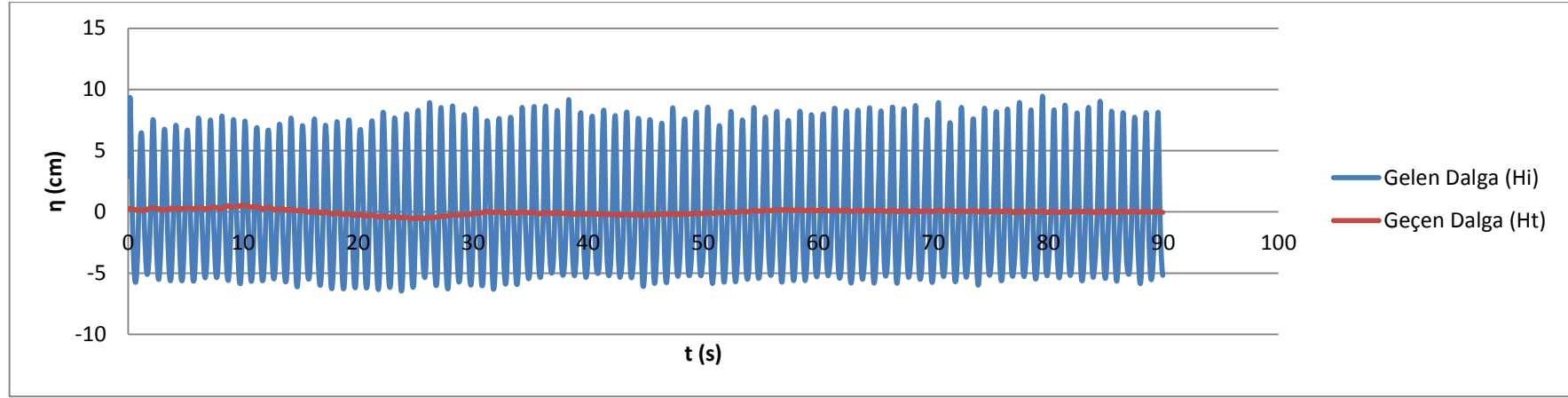
Şekil A.16 : 1.Model'e Göre, 5.Düzenli Dalganın, Dalgakıran'a Gelen ve Dalgakırandan Geçen Hs Grafiği.



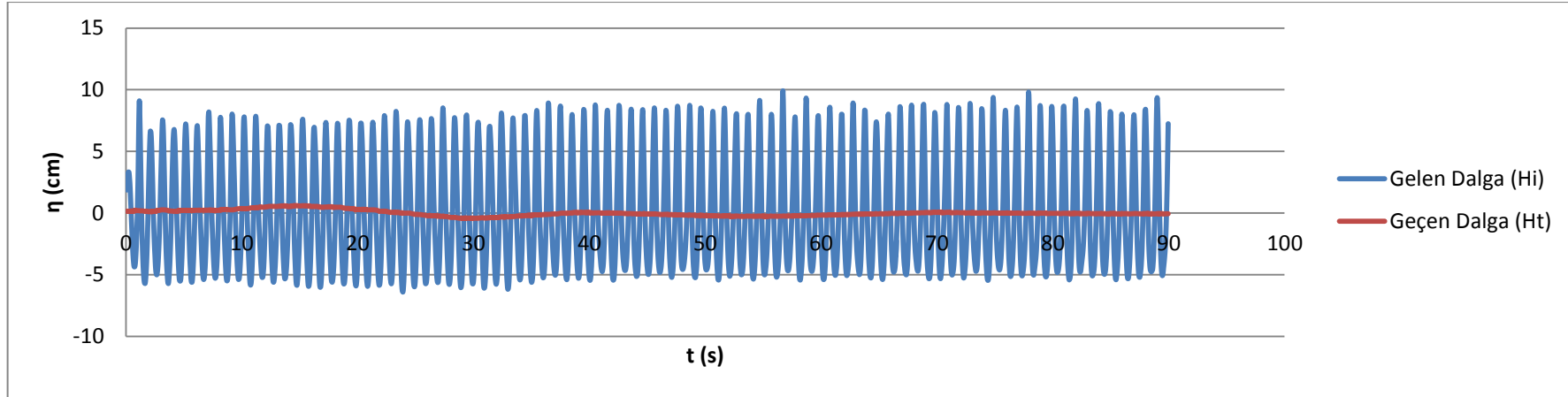
Şekil A.17 : 2.Model'e Göre, 5.Düzenli Dalganın, Dalgakıran'a Gelen ve Dalgakırandan Geçen Hs Grafiği.



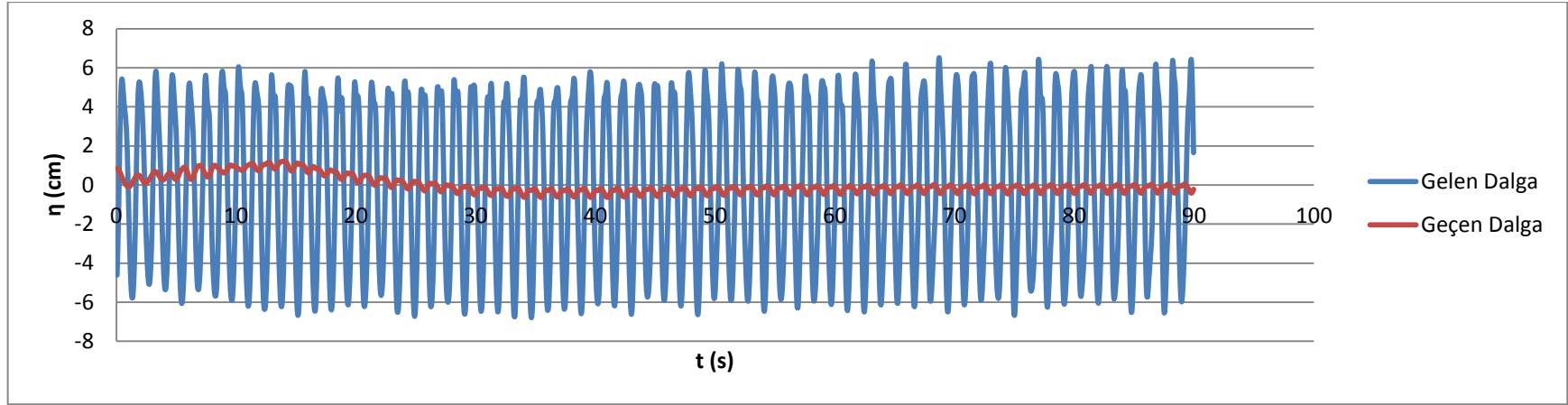
Şekil A.18 : 3.Model'e Göre, 5.Düzenli Dalganın, Dalgakıran'a Gelen ve Dalgakırandan Geçen Hs Grafiği.



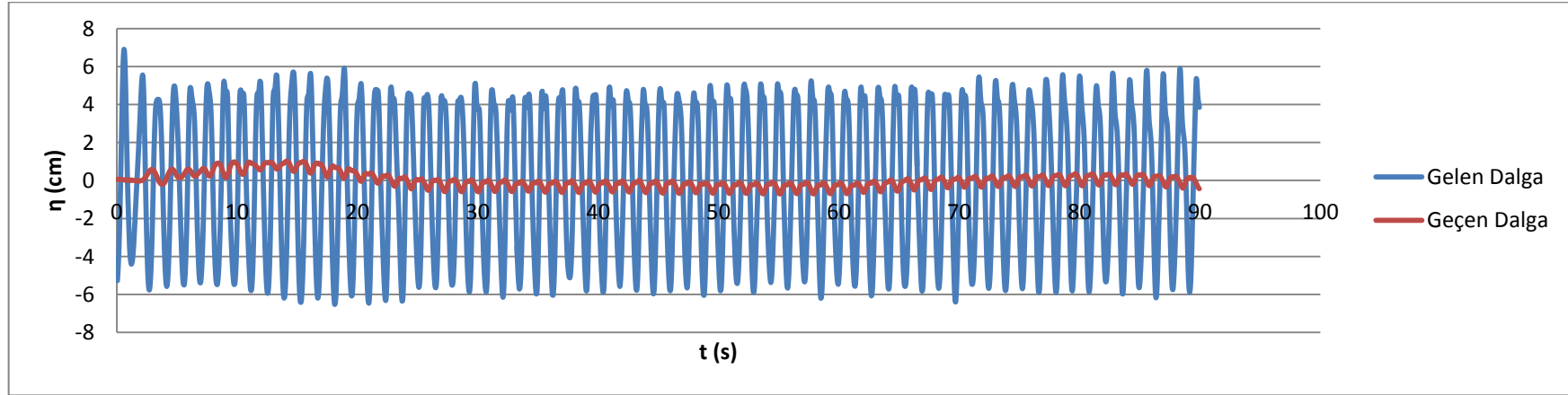
Şekil A.19 : 4.Model'e Göre, 5.Düzenli Dalganın, Dalgakıran'a Gelen ve Dalgakırandan Geçen Hs Grafiği.



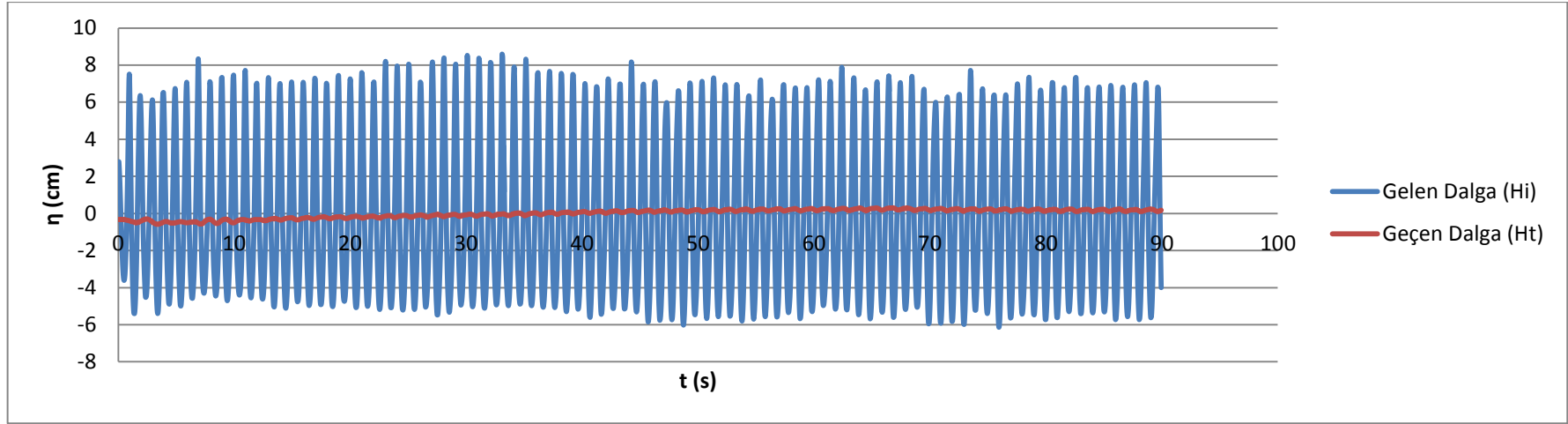
Şekil A.20 : 5.Model'e Göre, 5.Düzenli Dalganın, Dalgakıran'a Gelen ve Dalgakırandan Geçen Hs Grafiği.



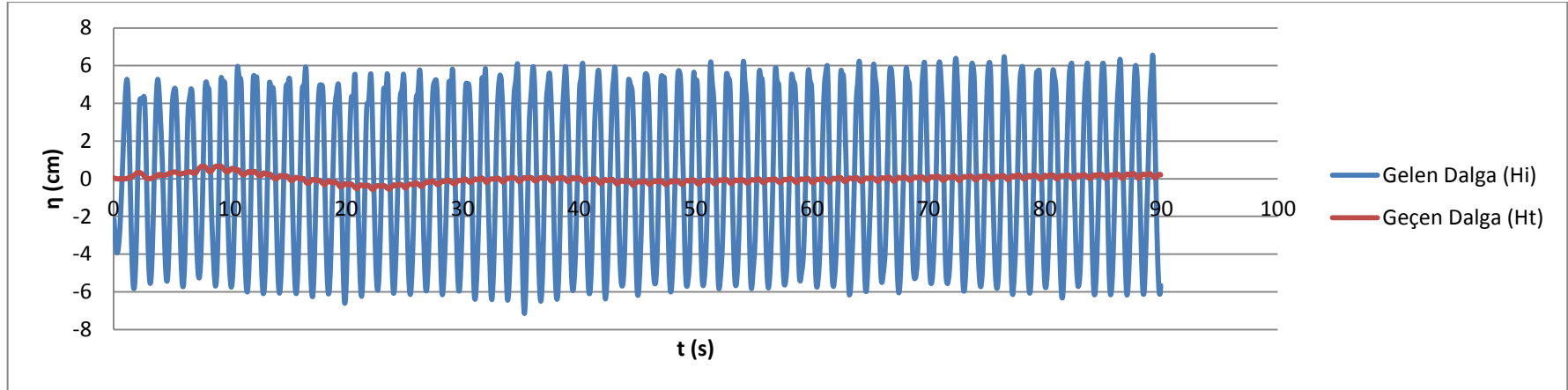
Şekil A.21 : 1.Model'e Göre, 6.Düzenli Dalganın, Dalgakıran'a Gelen ve Dalgakırandan Geçen Hs Grafiği.



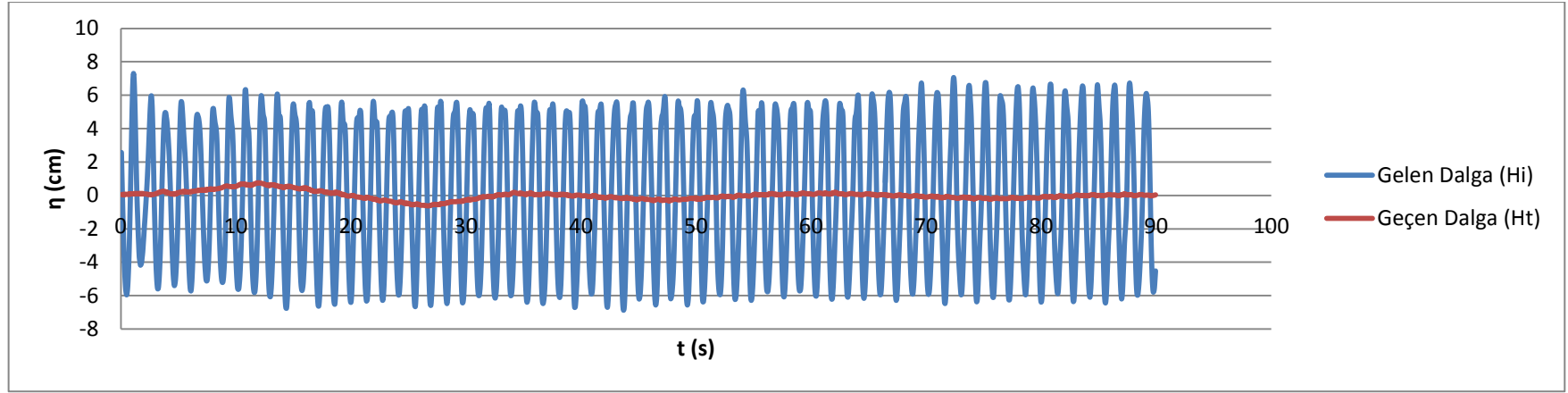
Şekil A.22 : 2.Model'e Göre, 6.Düzenli Dalganın, Dalgakıran'a Gelen ve Dalgakırandan Geçen Hs Grafiği.



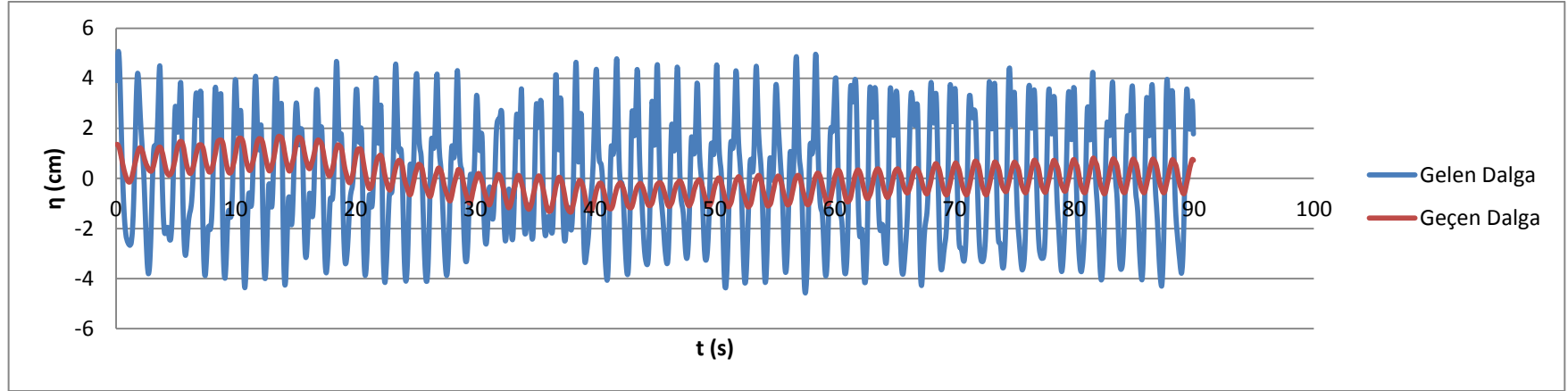
Şekil A.23 : 3.Model'e Göre, 6.Düzenli Dalganın, Dalgakıran'a Gelen ve Dalgakırandan Geçen Hs Grafiği.



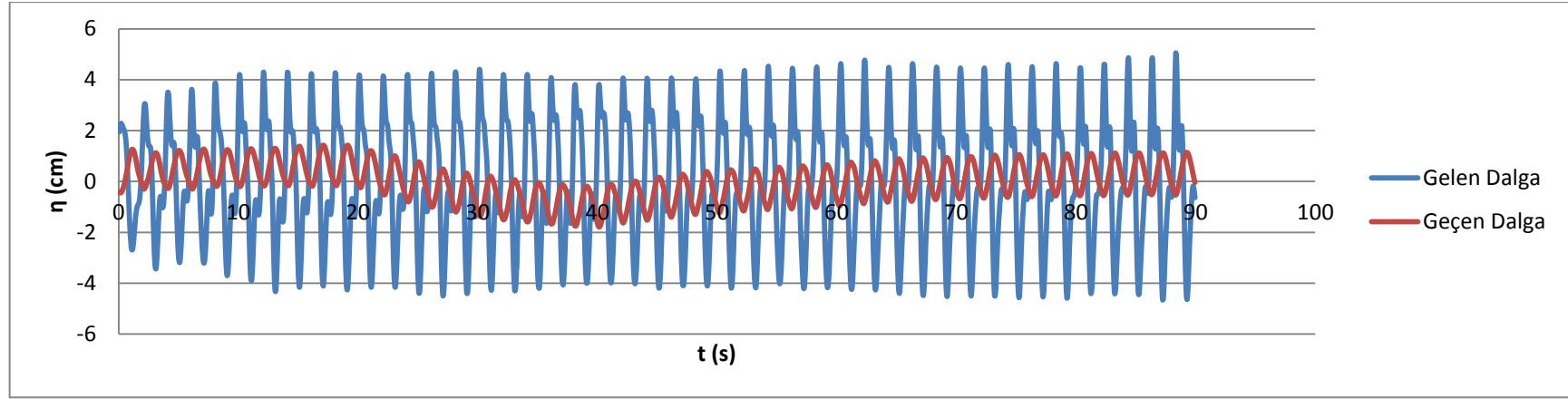
Şekil A.24 : 4.Model'e Göre, 6.Düzenli Dalganın, Dalgakıran'a Gelen ve Dalgakırandan Geçen Hs Grafiği.



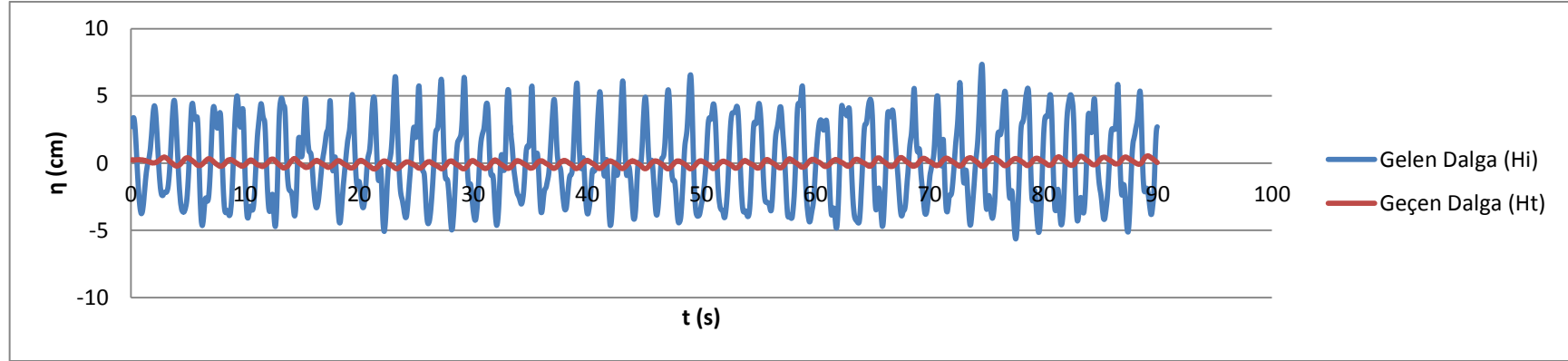
Şekil A.25 : 5.Model'e Göre, 6.Düzenli Dalganın, Dalgakıran'a Gelen ve Dalgakırandan Geçen Hs Grafiği.



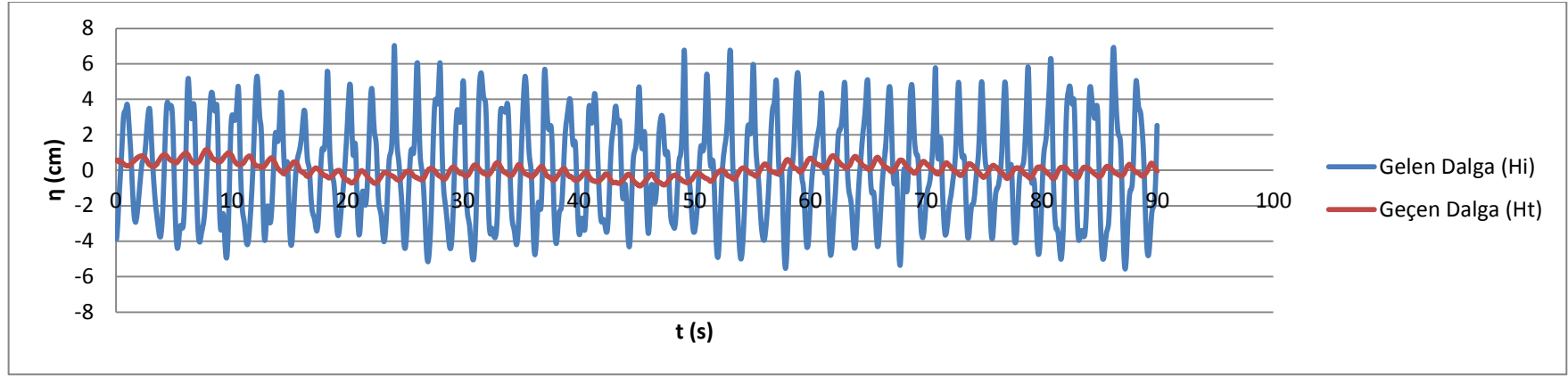
Şekil A.26 : 1.Model'e Göre, 7.Düzenli Dalganın, Dalgakıran'a Gelen ve Dalgakırandan Geçen Hs Grafiği.



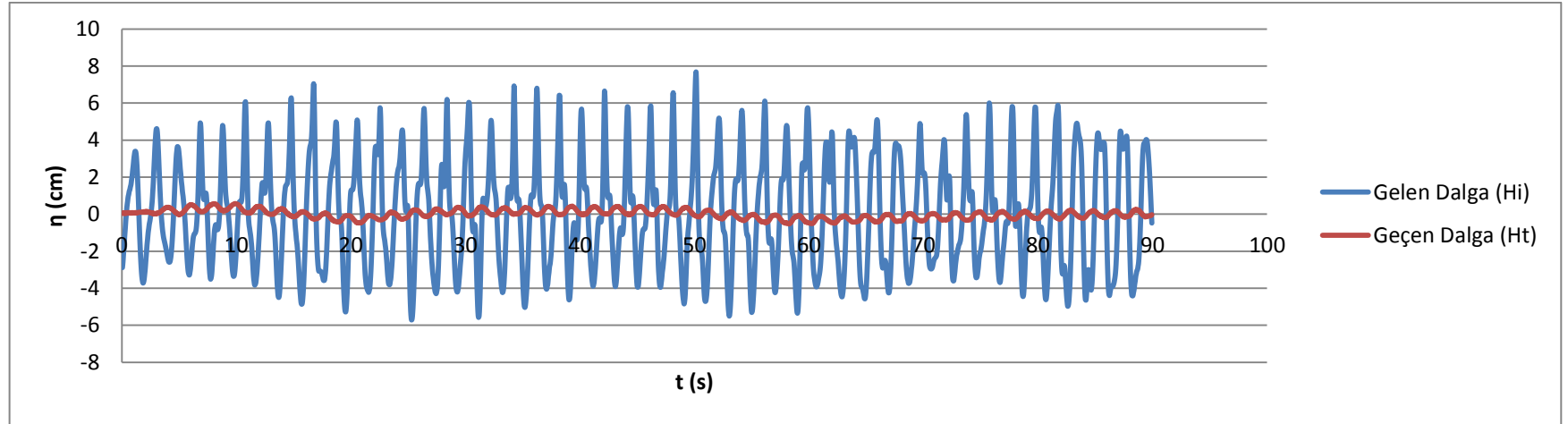
Şekil A.27 : 2.Model'e Göre, 7.Düzenli Dalganın, Dalgakıran'a Gelen ve Dalgakırandan Geçen Hs Grafiği.



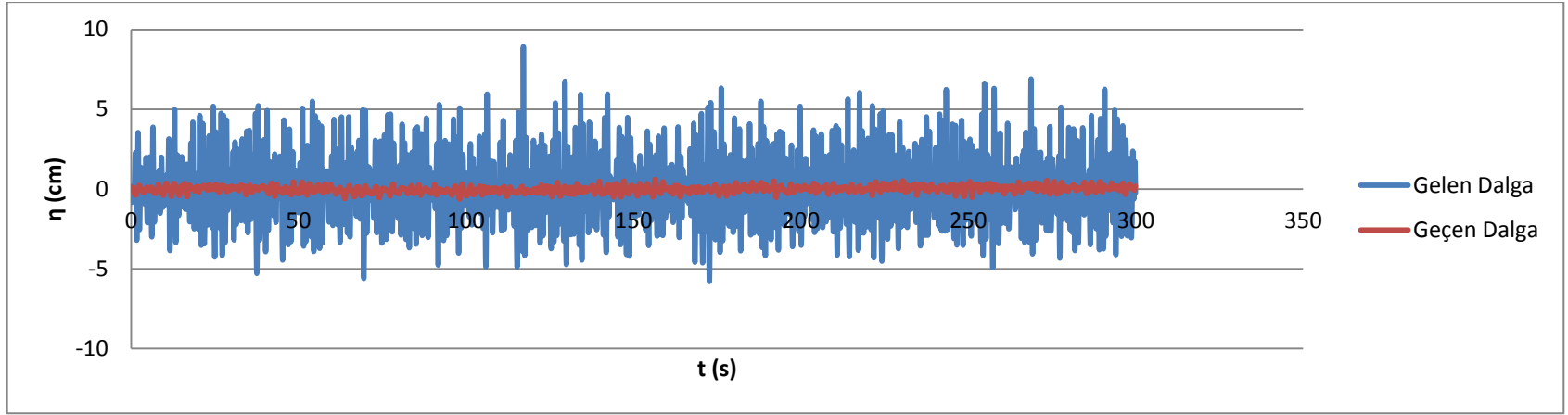
Şekil A.28 : 3.Model'e Göre, 7.Düzenli Dalganın, Dalgakıran'a Gelen ve Dalgakırandan Geçen Hs Grafiği.



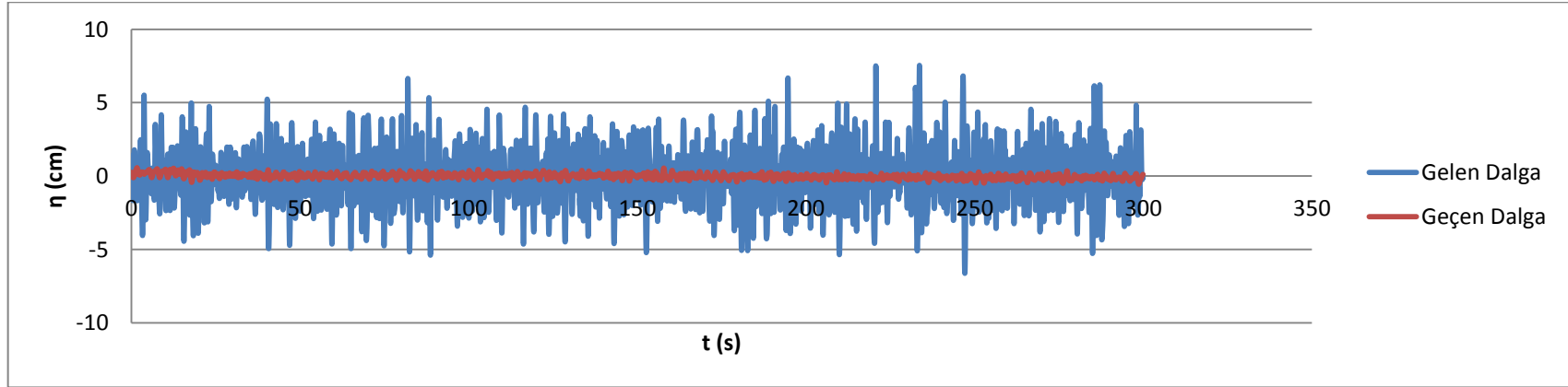
Şekil A.29 : 4.Model'e Göre, 7.Düzenli Dalganın, Dalgakıran'a Gelen ve Dalgakırandan Geçen Hs Grafiği.



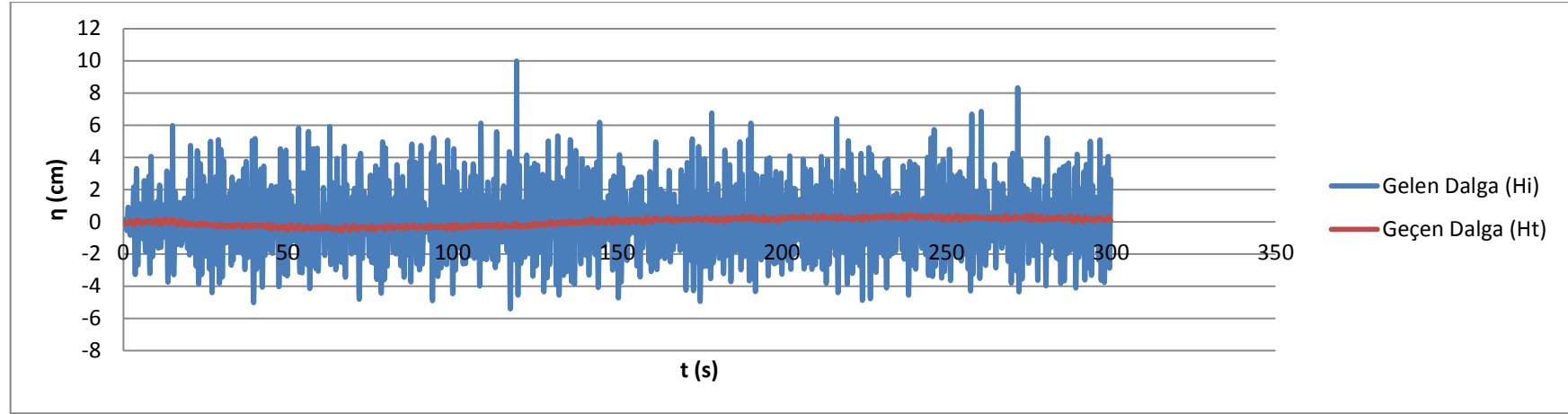
Şekil A.30 : 5.Model'e Göre, 7.Düzenli Dalganın, Dalgakıran'a Gelen ve Dalgakırandan Geçen Hs Grafiği.



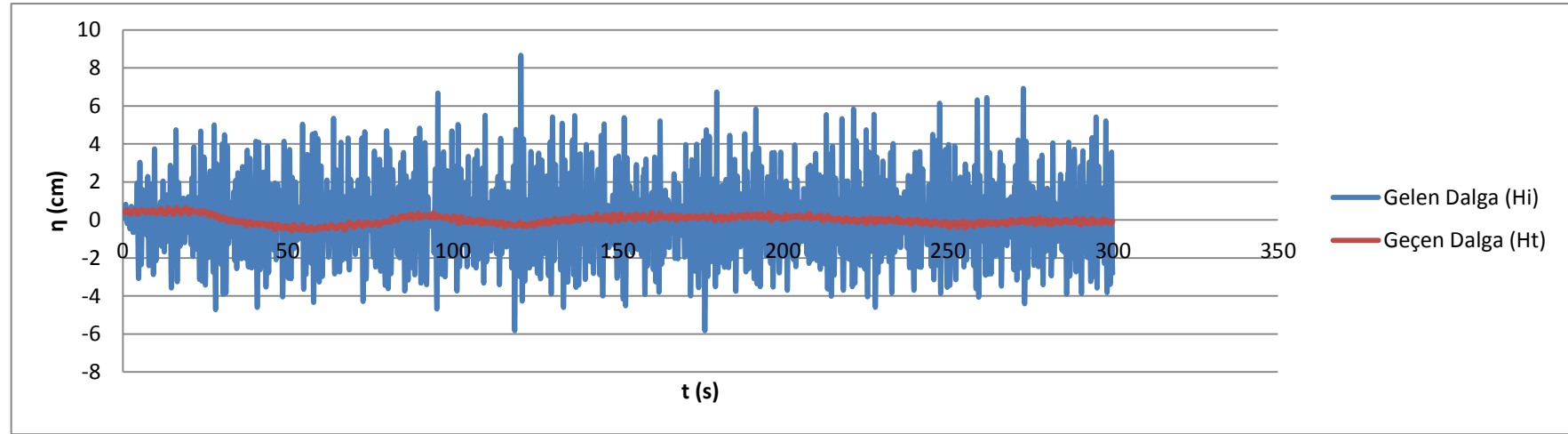
Şekil A.31 : 1.Model'e Göre, 1.Düzensiz Dalganın, Dalgakıran'a Gelen ve Dalgakırandan Geçen Hs Grafiği.



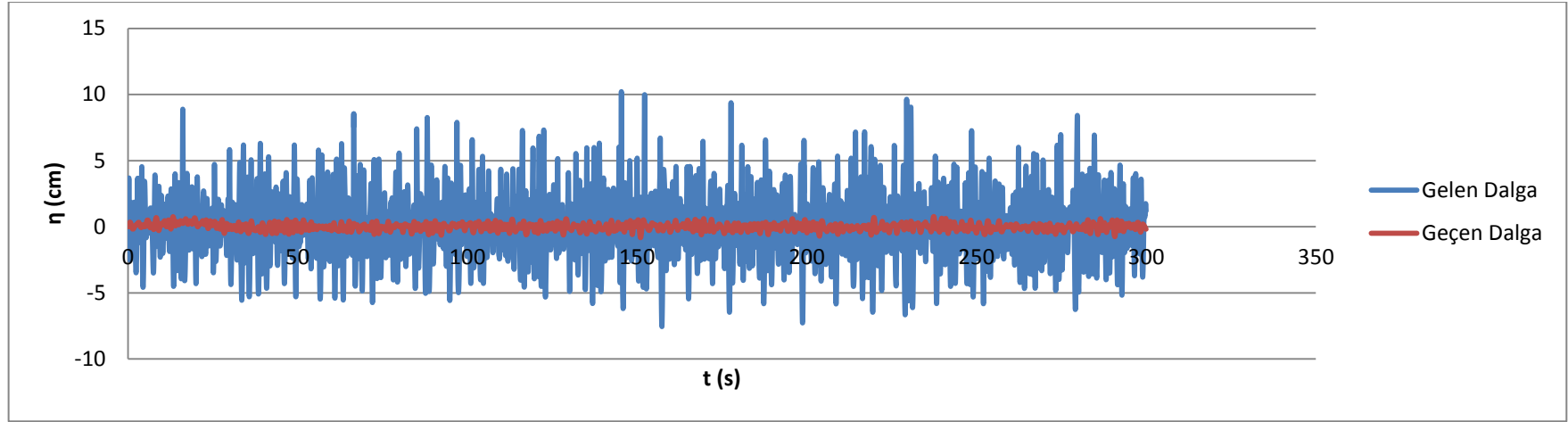
Şekil A.32 : 2.Model'e Göre, 1.Düzensiz Dalganın, Dalgakıran'a Gelen ve Dalgakırandan Geçen Hs Grafiği.



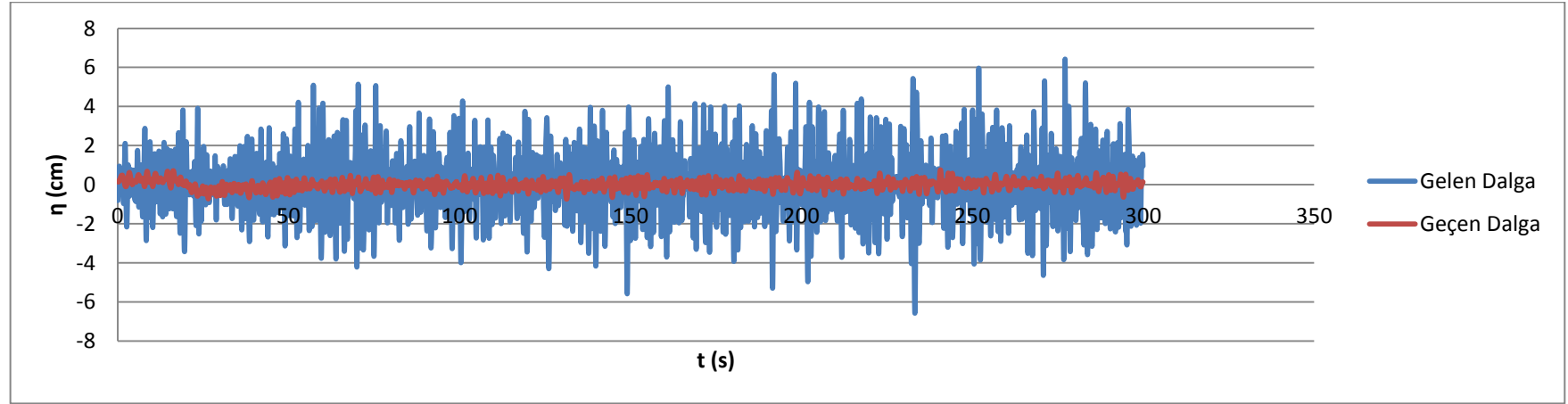
Şekil A.33 : 3.Model'e Göre, 1.Düzensiz Dalganın, Dalgakıran'a Gelen ve Dalgakırandan Geçen Hs Grafiği.



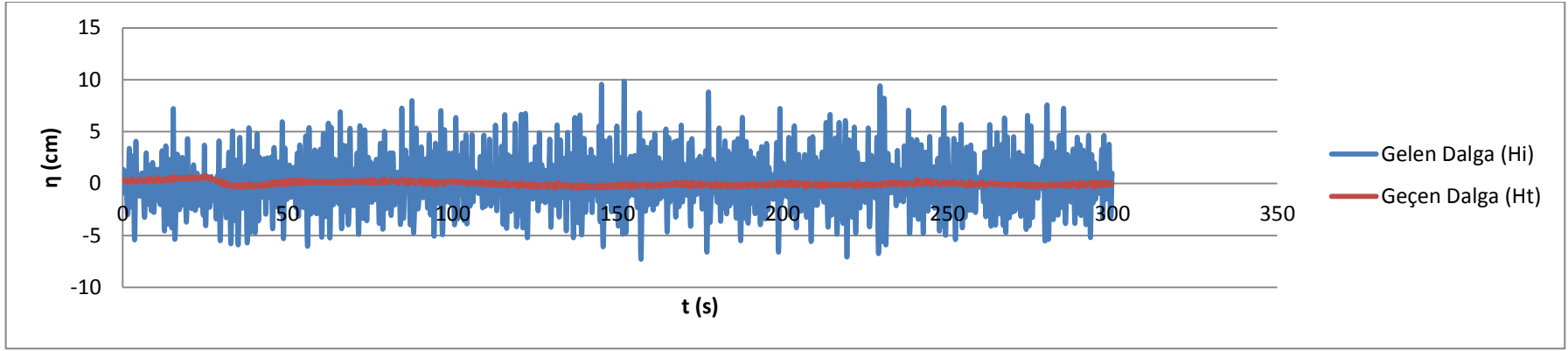
Şekil A.34 : 4.Model'e Göre, 1.Düzensiz Dalganın, Dalgakıran'a Gelen ve Dalgakırandan Geçen Hs Grafiği.



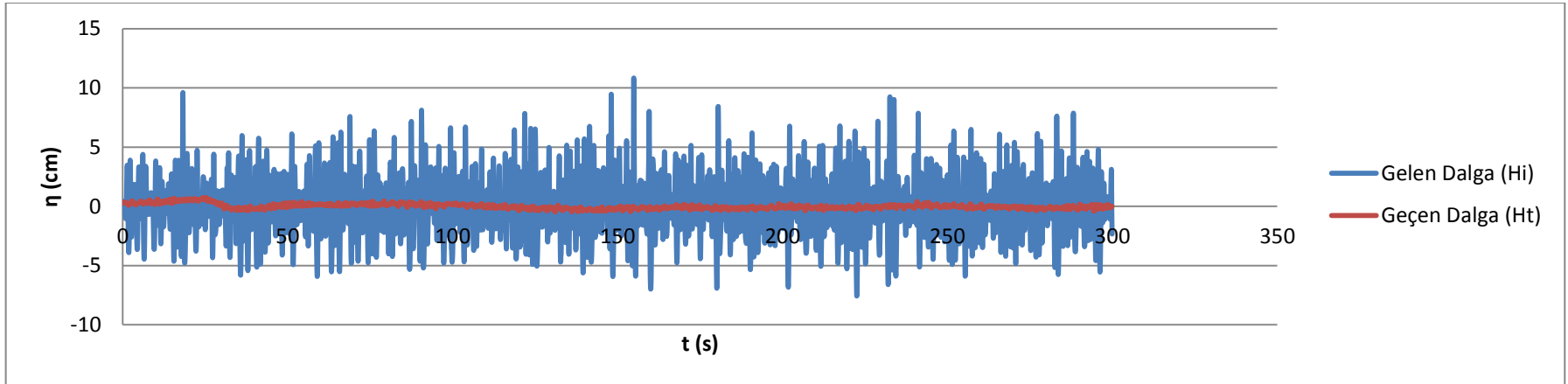
Şekil A.35 : 1.Model'e Göre, 2.Düzensiz Dalganın, Dalgakıran'a Gelen ve Dalgakırandan Geçen Hs Grafiği.



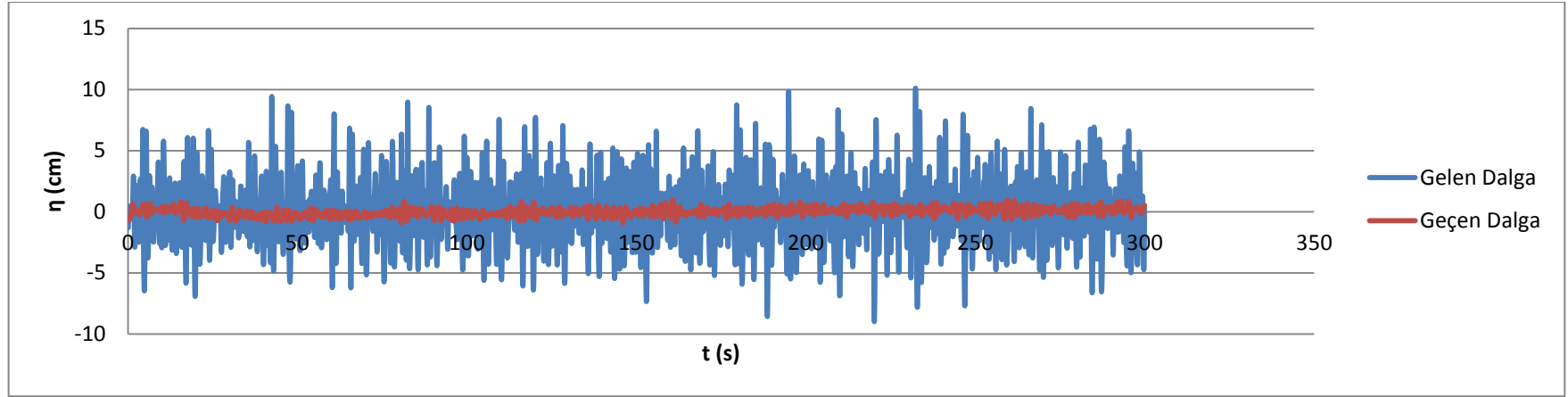
Şekil A.36 : 2.Model'e Göre, 2.Düzensiz Dalganın, Dalgakıran'a Gelen ve Dalgakırandan Geçen Hs Grafiği.



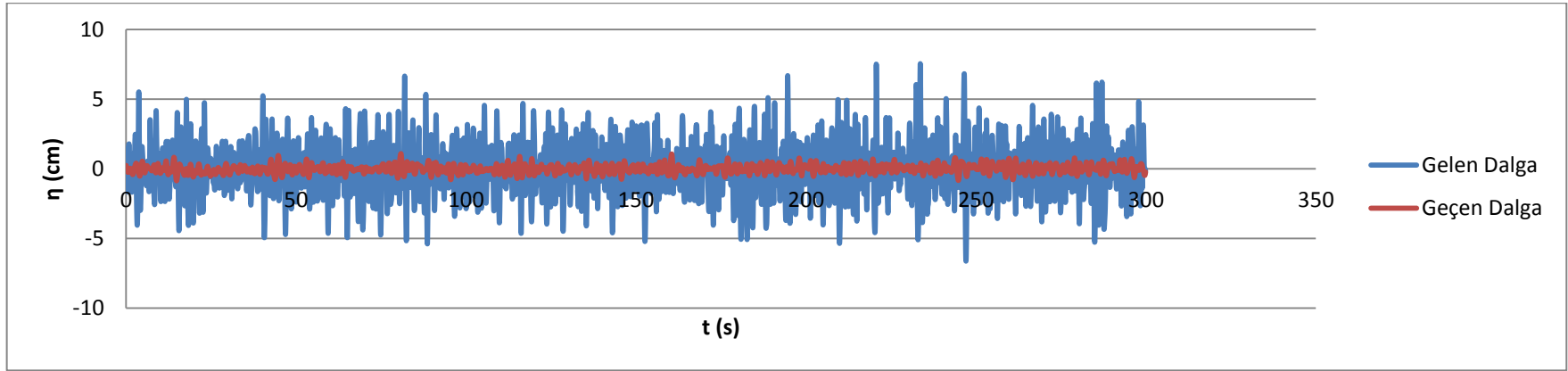
Şekil A.37 : 3.Model'e Göre, 2.Düzensiz Dalganın, Dalgakıran'a Gelen ve Dalgakırandan Geçen Hs Grafiği.



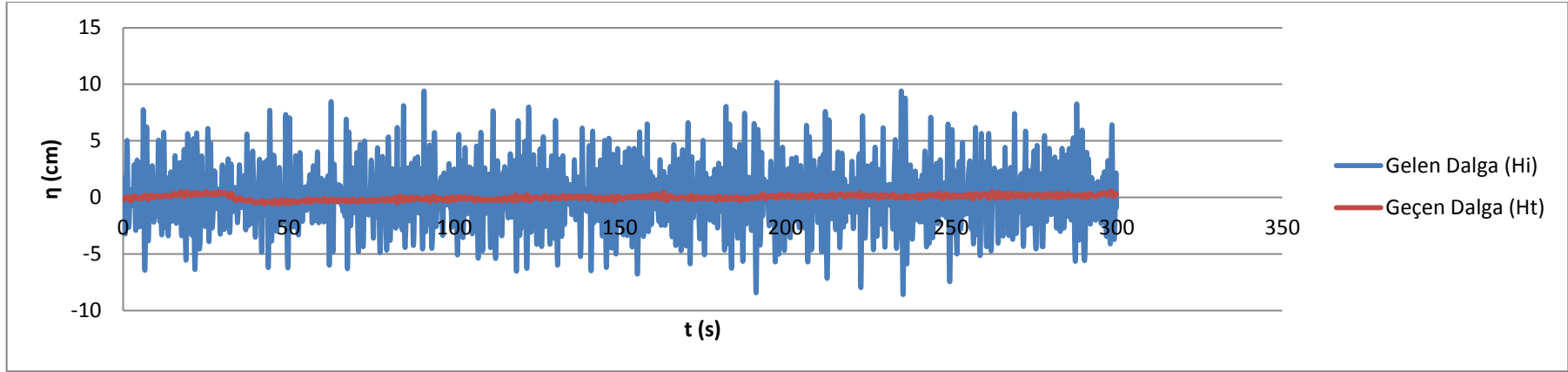
Şekil A.38 : 4.Model'e Göre, 2.Düzensiz Dalganın, Dalgakıran'a Gelen ve Dalgakırandan Geçen Hs Grafiği.



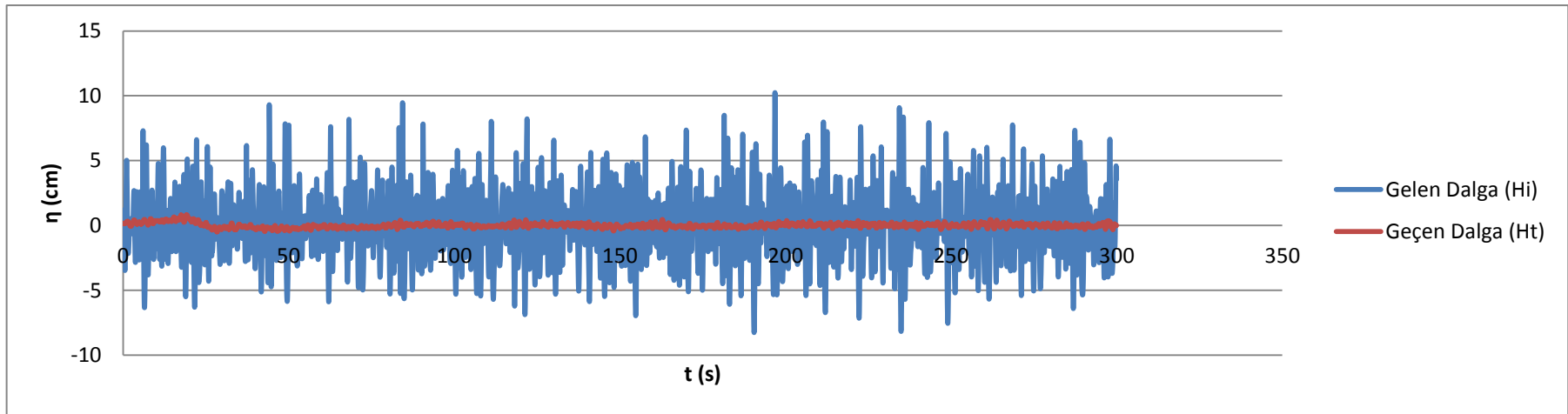
Şekil A.39 : 1.Model'e Göre, 3.Düzensiz Dalganın, Dalgakıran'a Gelen ve Dalgakırandan Geçen Hs Grafiği.



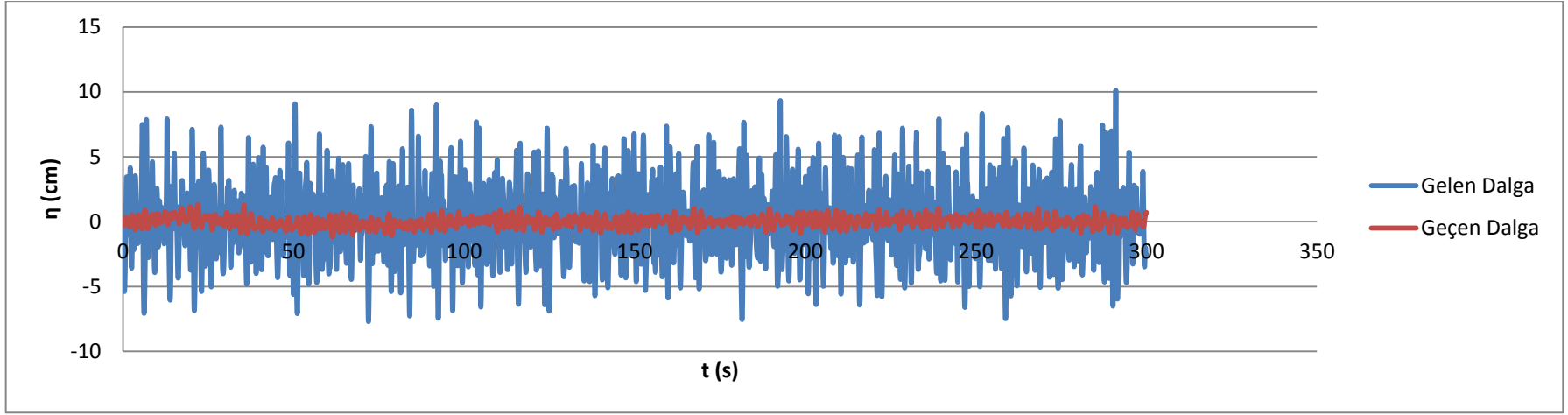
Şekil A.40 : 2.Model'e Göre, 3.Düzensiz Dalganın, Dalgakıran'a Gelen ve Dalgakırandan Geçen Hs Grafiği.



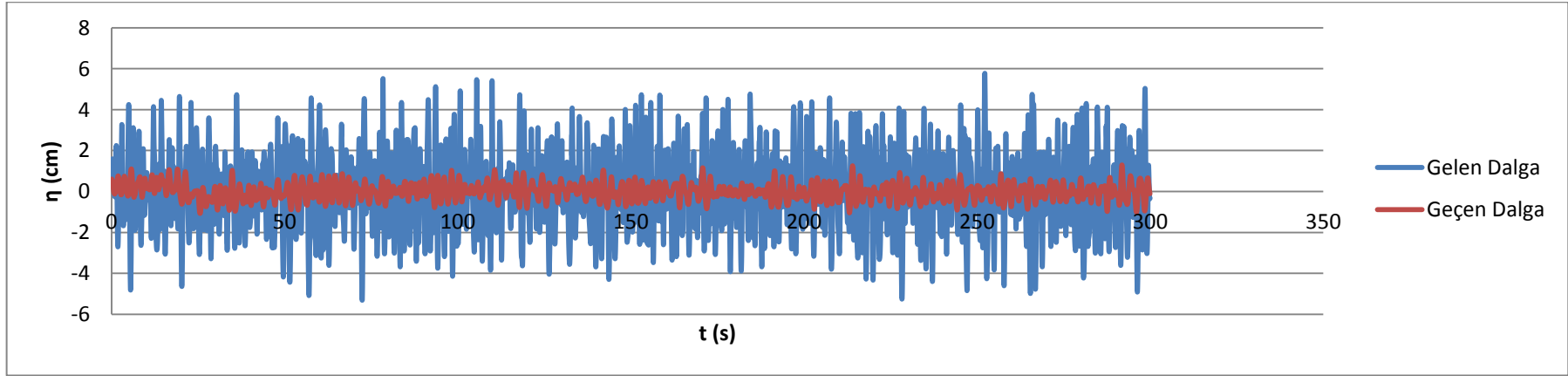
Şekil A.41 : 3.Model'e Göre, 3.Düzensiz Dalganın, Dalgakıran'a Gelen ve Dalgakırandan Geçen Hs Grafiği.



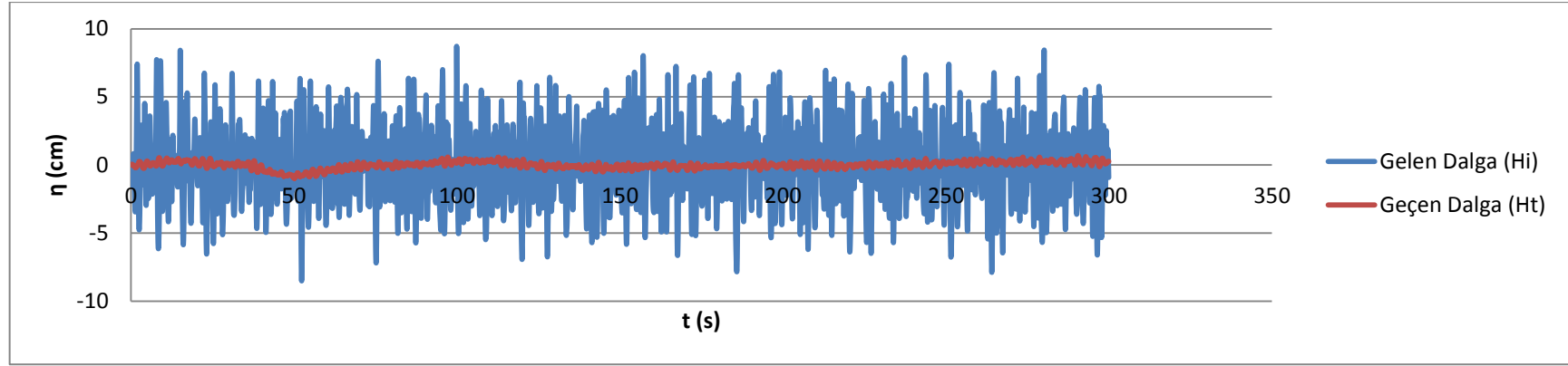
Şekil A.42 : 4.Model'e Göre, 3.Düzensiz Dalganın, Dalgakıran'a Gelen ve Dalgakırandan Geçen Hs Grafiği.



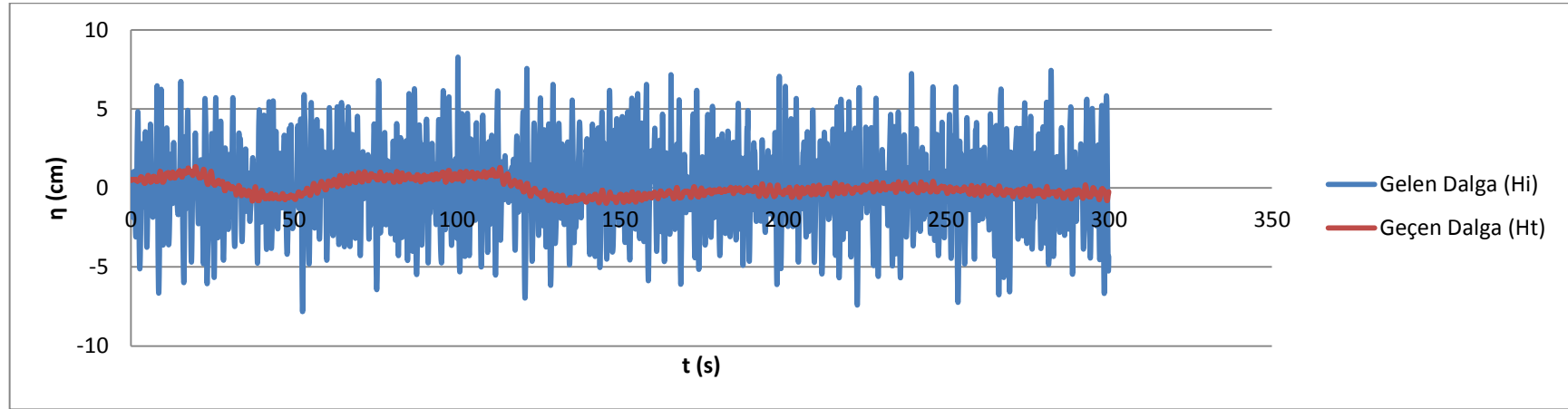
Şekil A.43 : 1.Model'e Göre, 4.Düzensiz Dalganın, Dalgakıran'a Gelen ve Dalgakırandan Geçen Hs Grafiği.



Şekil A.44 : 2.Model'e Göre, 4.Düzensiz Dalganın, Dalgakıran'a Gelen ve Dalgakırandan Geçen Hs Grafiği.



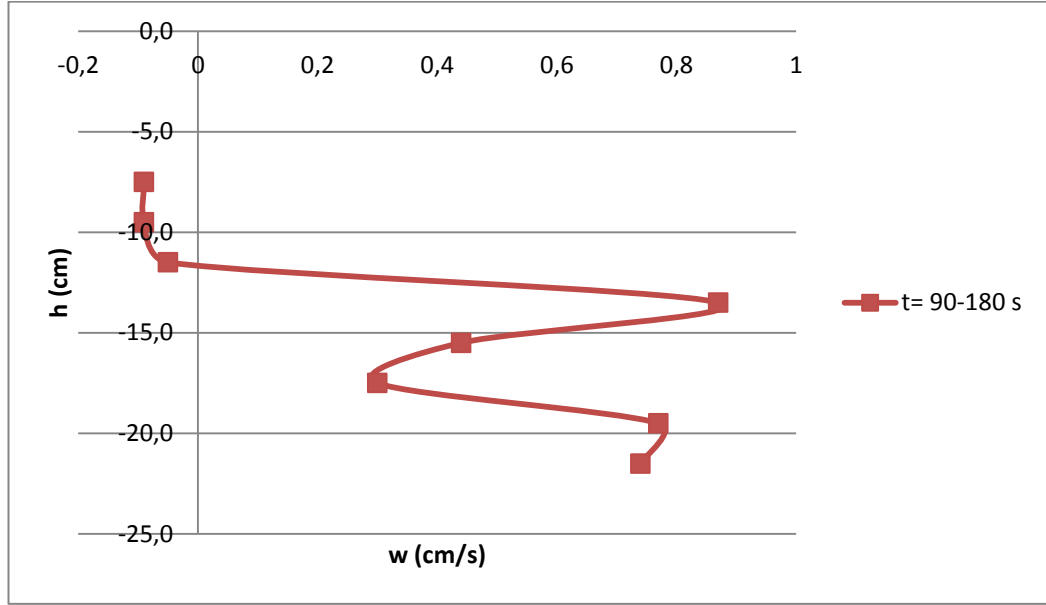
Şekil A.45 : 3.Model'e Göre, 4.Düzensiz Dalganın, Dalgakıran'a Gelen ve Dalgakırandan Geçen Hs Grafiği.



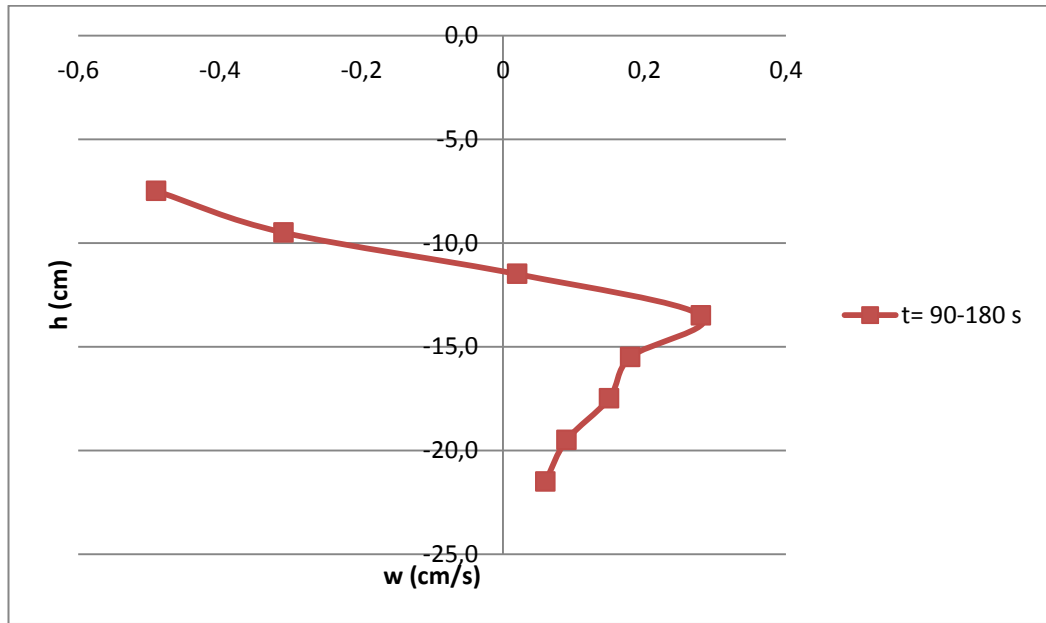
Şekil A.46 : 4.Model'e Göre, 4.Düzensiz Dalganın, Dalgakıran'a Gelen ve Dalgakırandan Geçen Hs Grafiği

EK B : Düşey Hız Profilleri

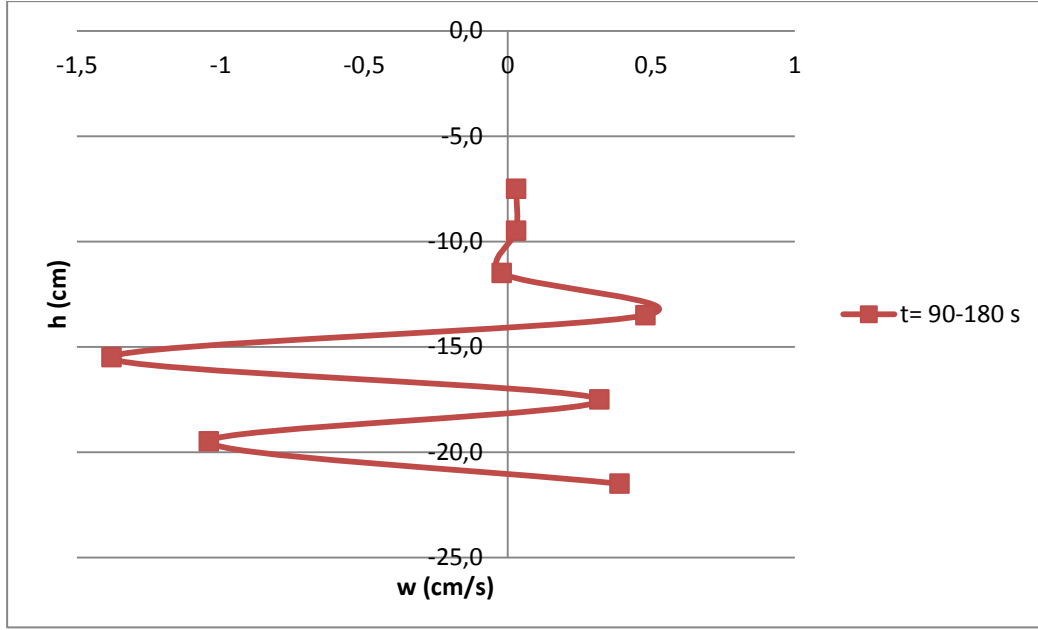
2.Model



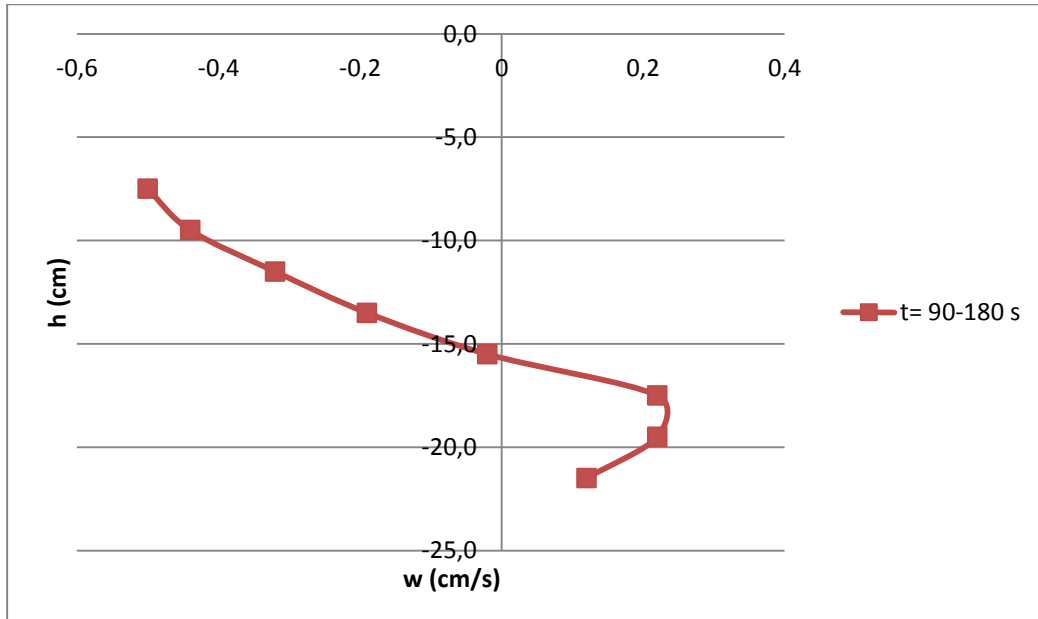
Şekil B.1 : 1023 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama düşey hız bileşeni profili.



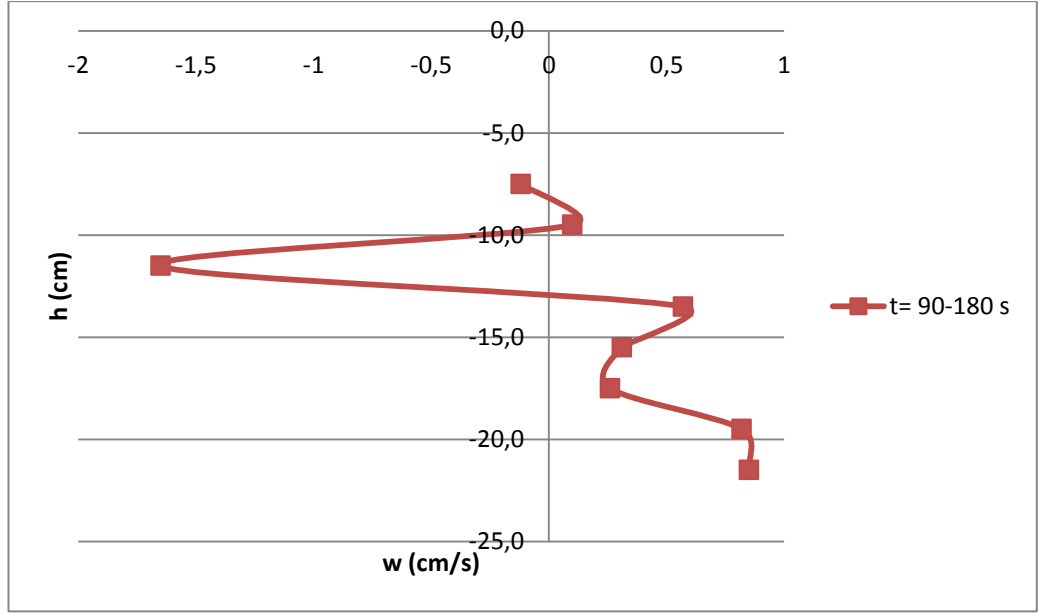
Şekil B.2 : 1024 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama düşey hız bileşeni profili.



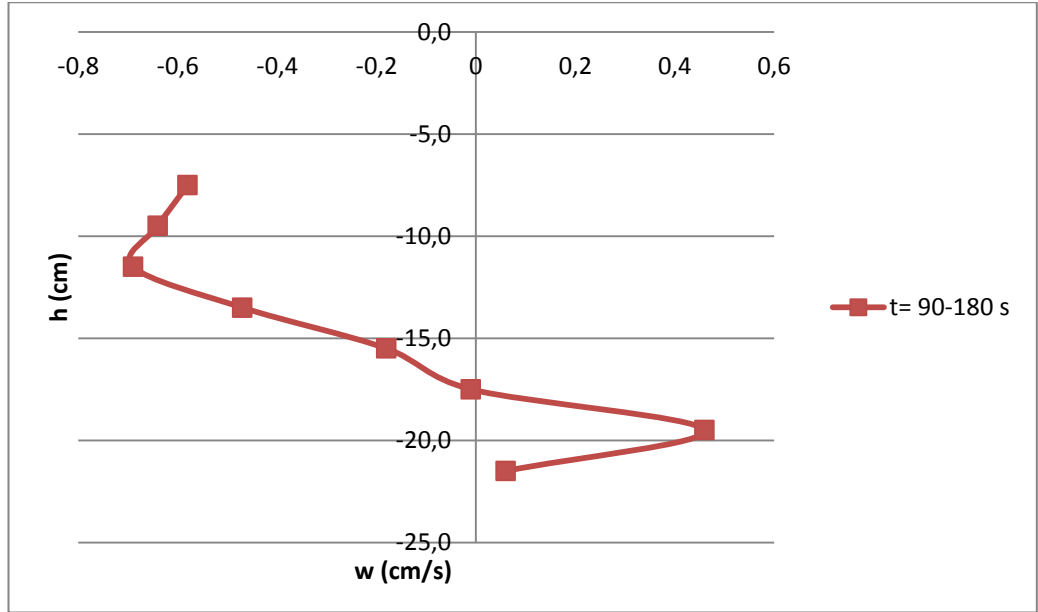
Şekil B.3 : 1025 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama düşey hız bileşeni profili.



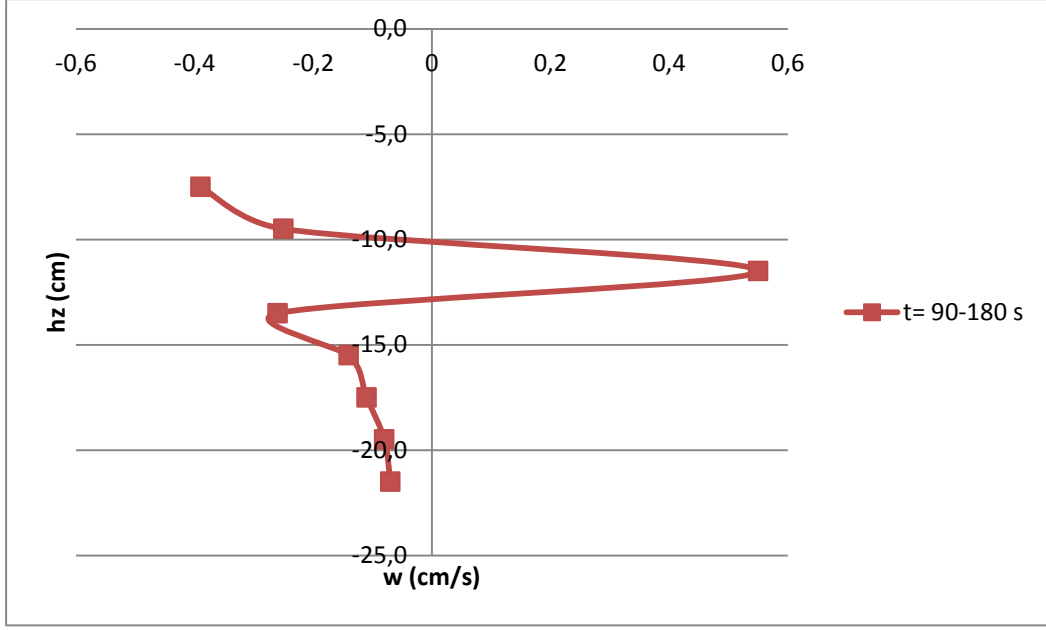
Şekil B.4 : 1026 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama düşey hız bileşeni profili.



Şekil B.5 : 1027 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama düşey hız bileşeni profili.

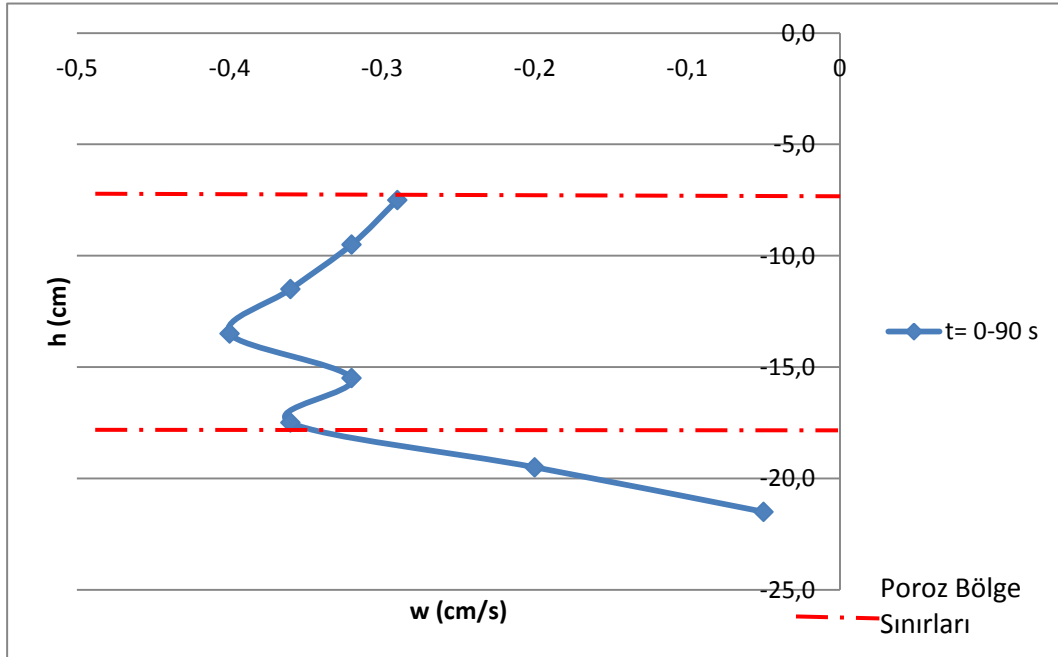


Şekil B.6 : 1028 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama düşey hız bileşeni profili.

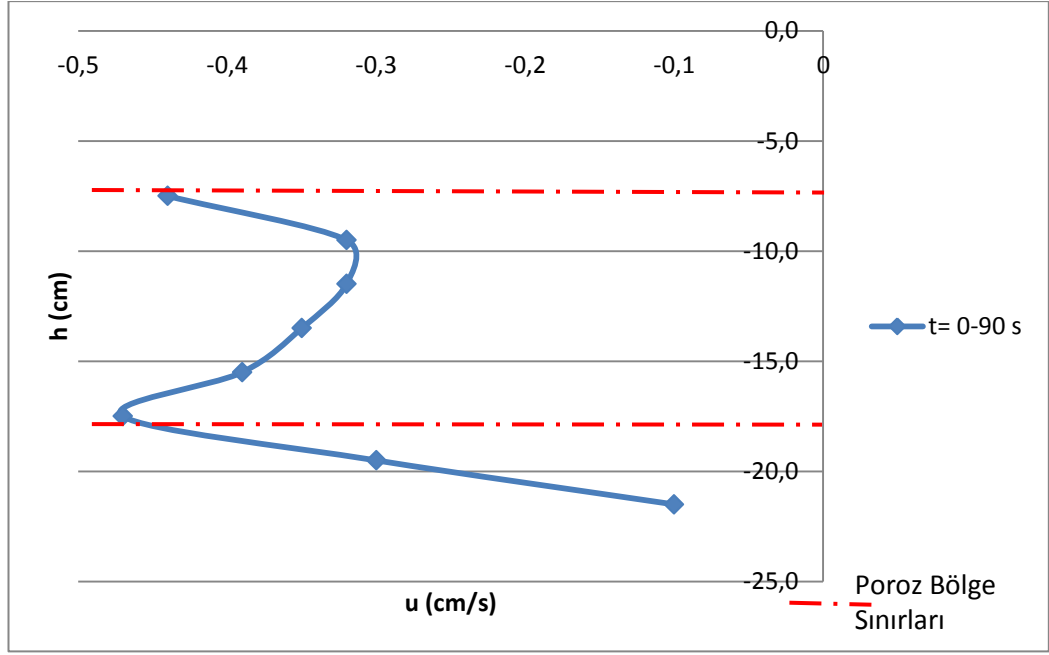


Şekil B.7 : 1029 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama düşey hız bileşeni profili.

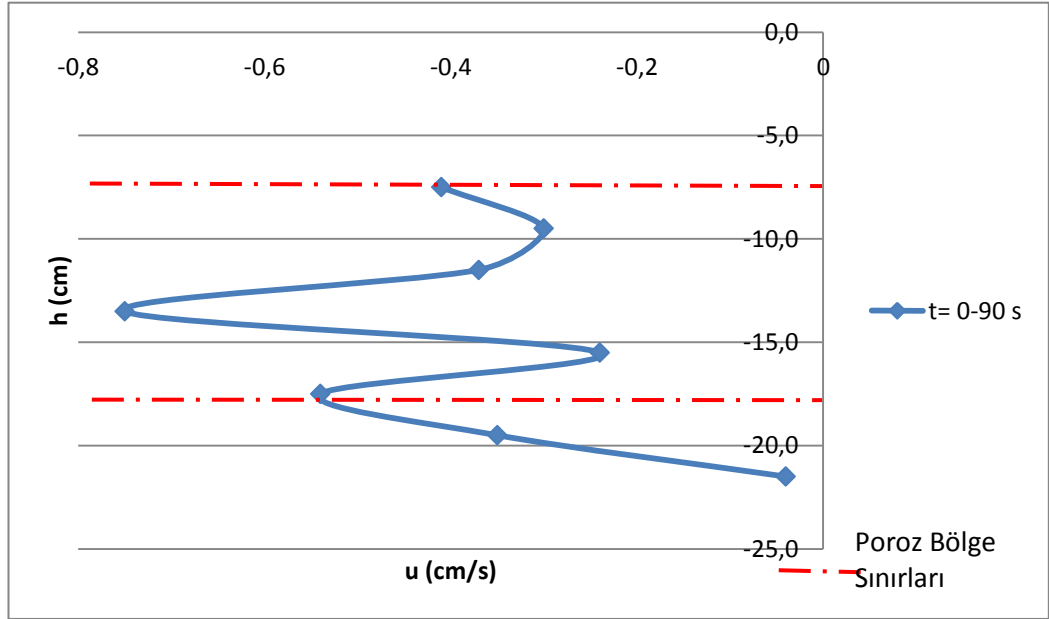
3.model



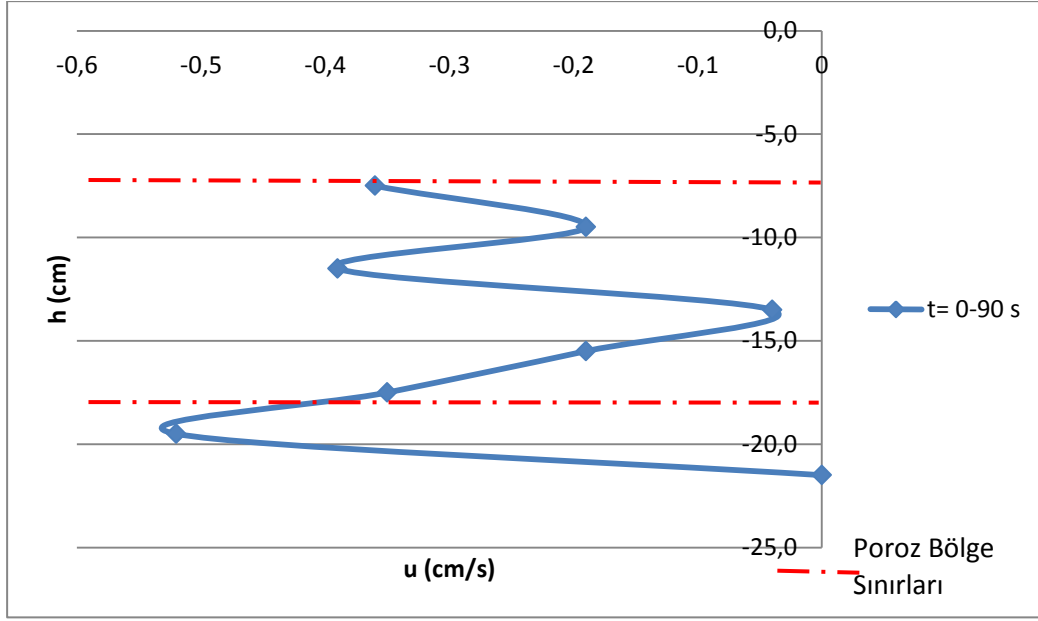
Şekil B.8 : 1045 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama düşey hız bileşeni profili.



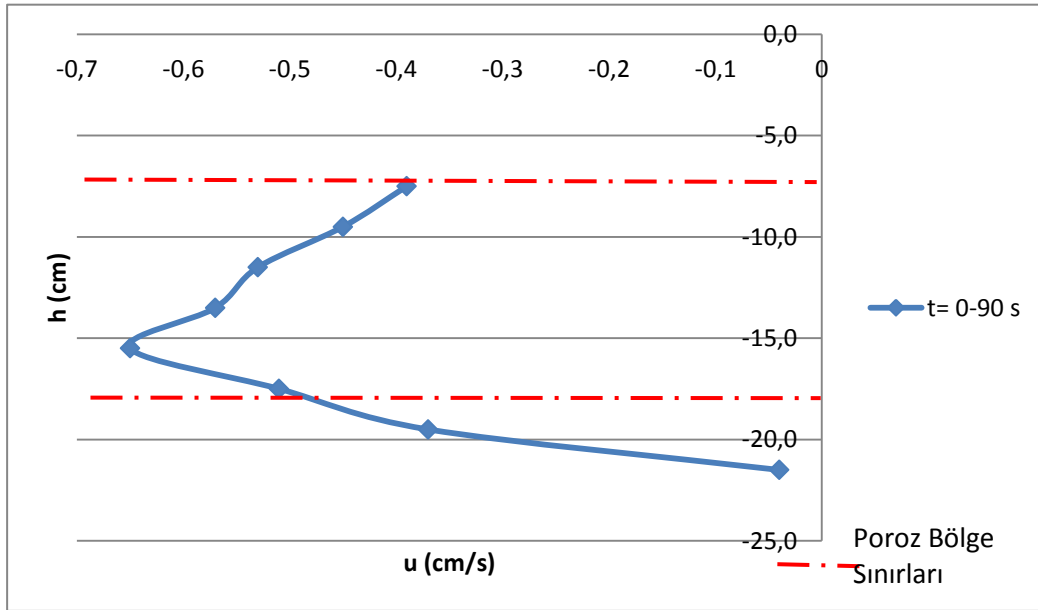
Şekil B.9 : 1046 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama düşey hız bileşeni profili.



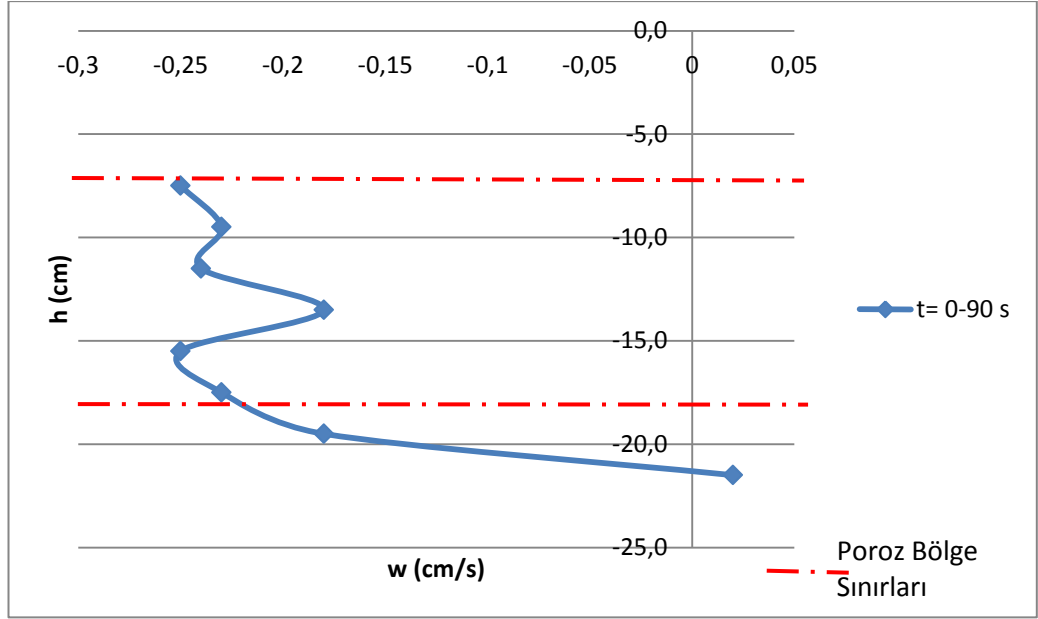
Şekil B.10 : 1047 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama düşey hız bileşeni profili.



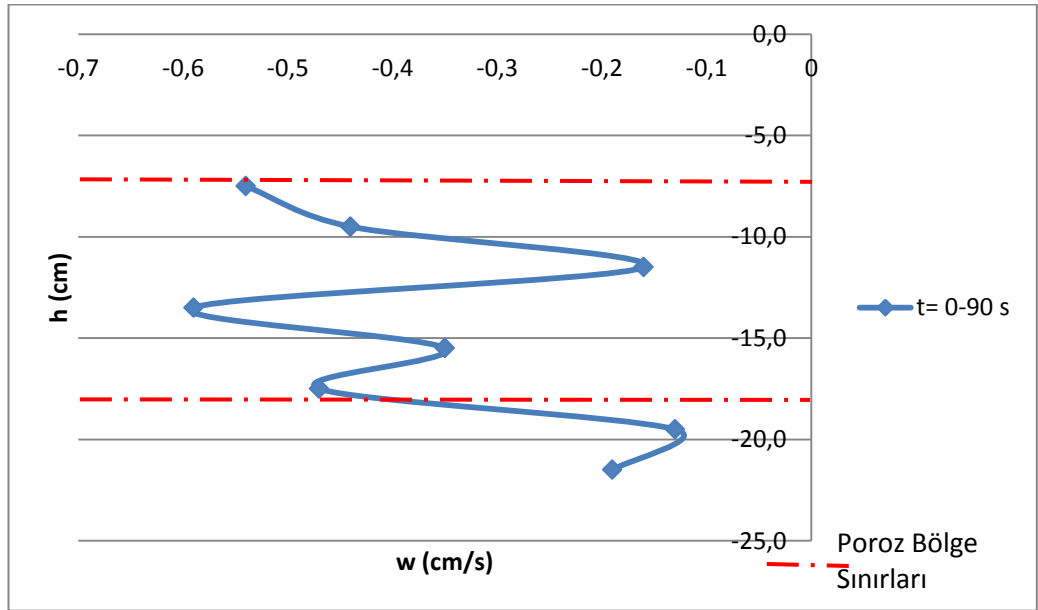
Şekil B.11 : 1048 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama düşey hız bileşeni profili.



Şekil B.12 : 1049 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama düşey hız bileşeni profili.

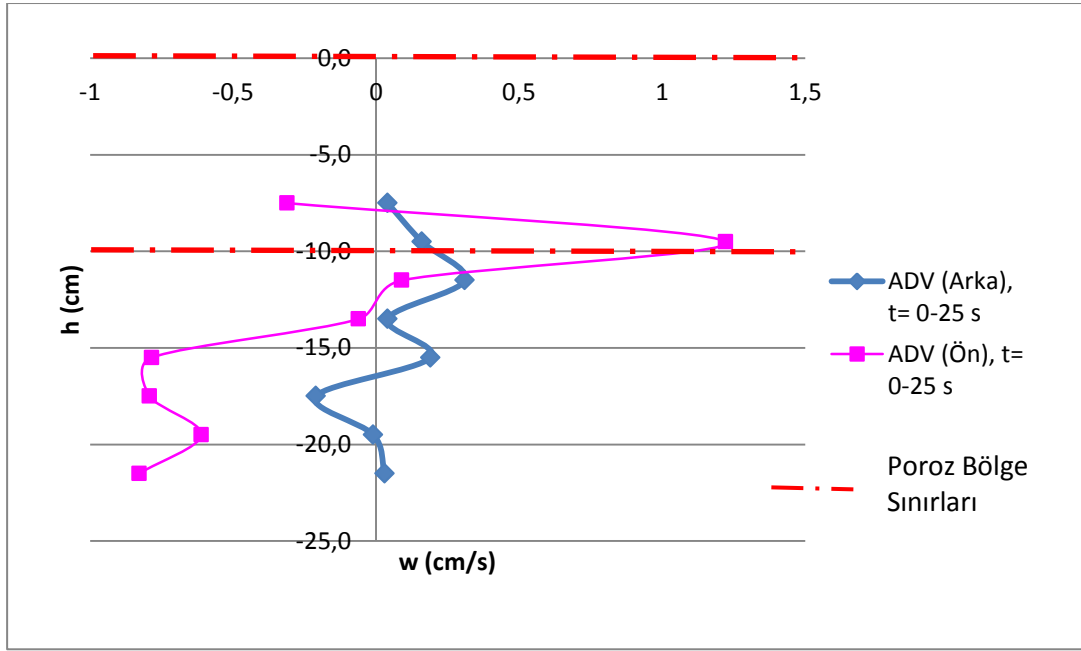


Şekil B.13 : 1050 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama düşey hız bileşeni profili.

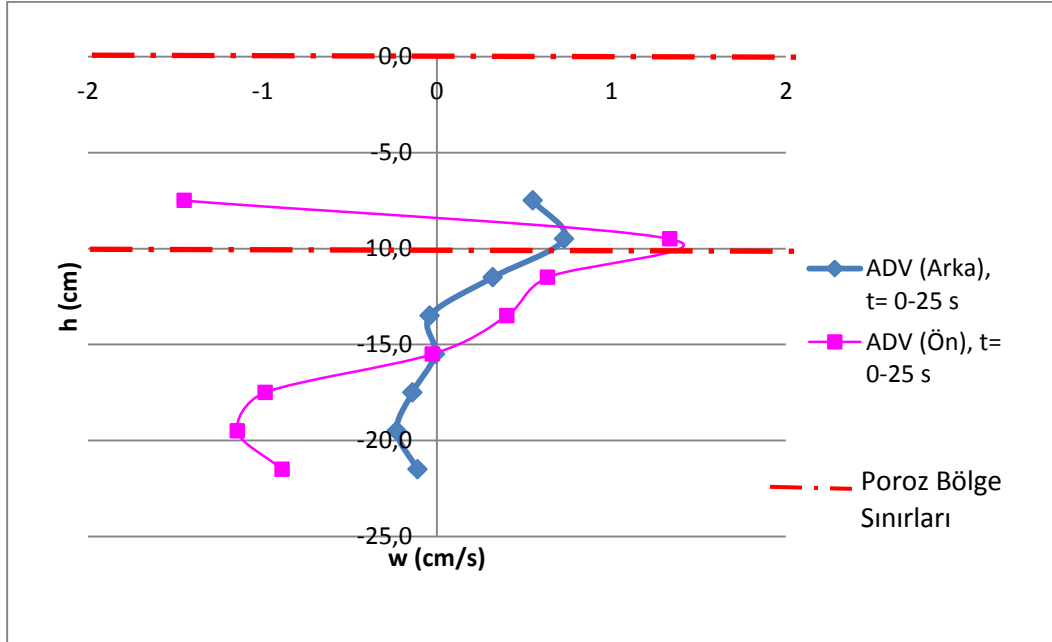


Şekil B.14 : 1051 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama düşey hız bileşeni profili.

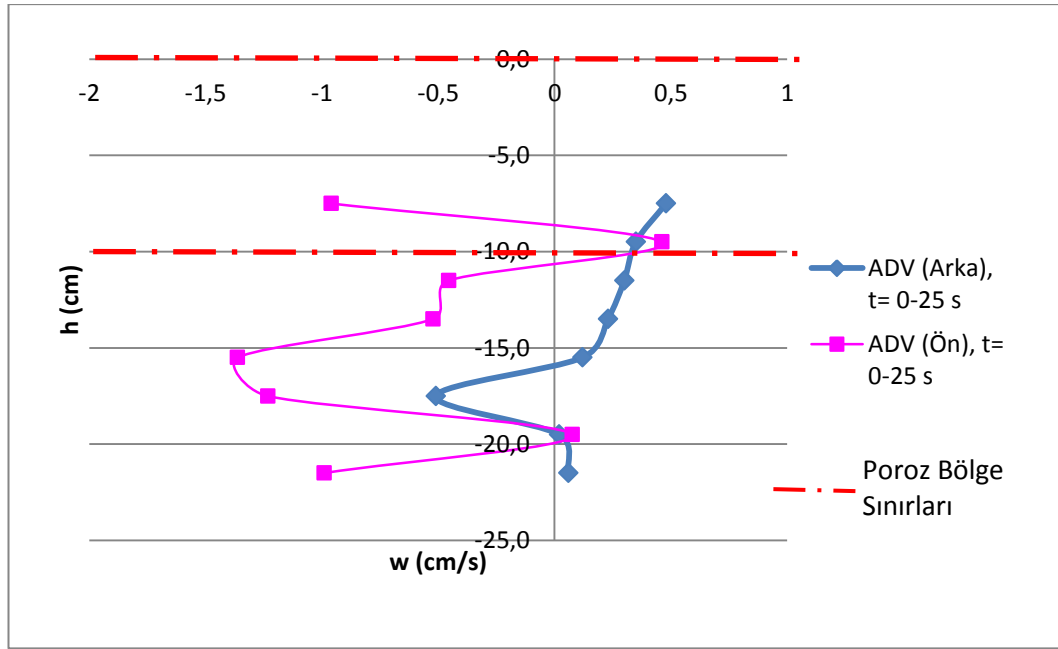
4.model



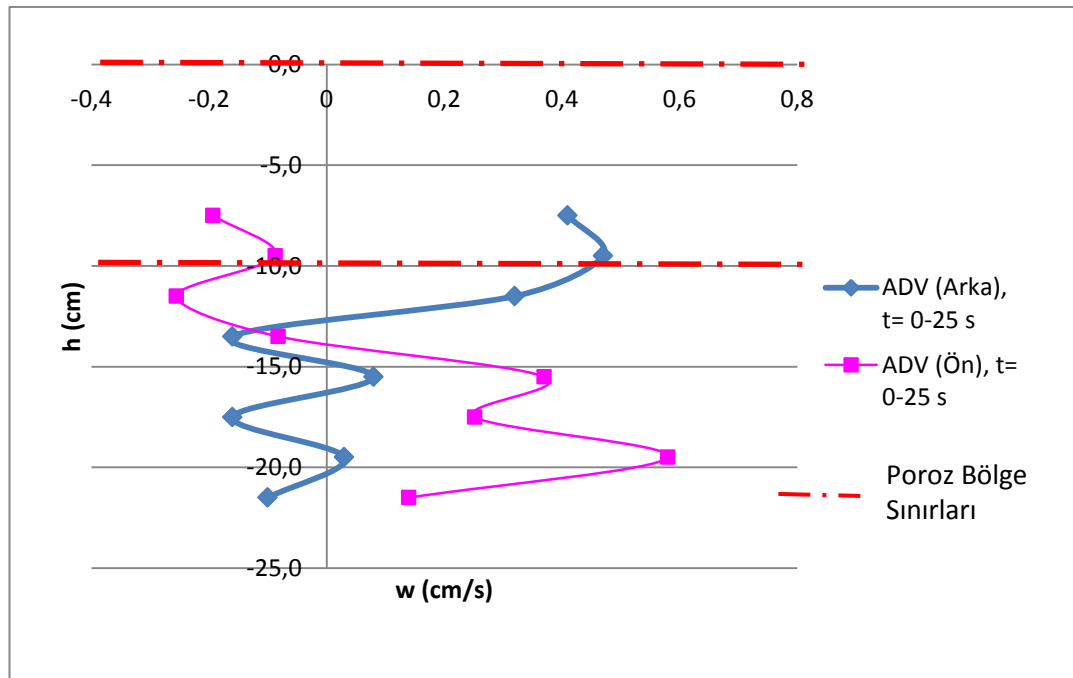
Şekil B.15 : 1067 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama düşey hız bileşeni profili.



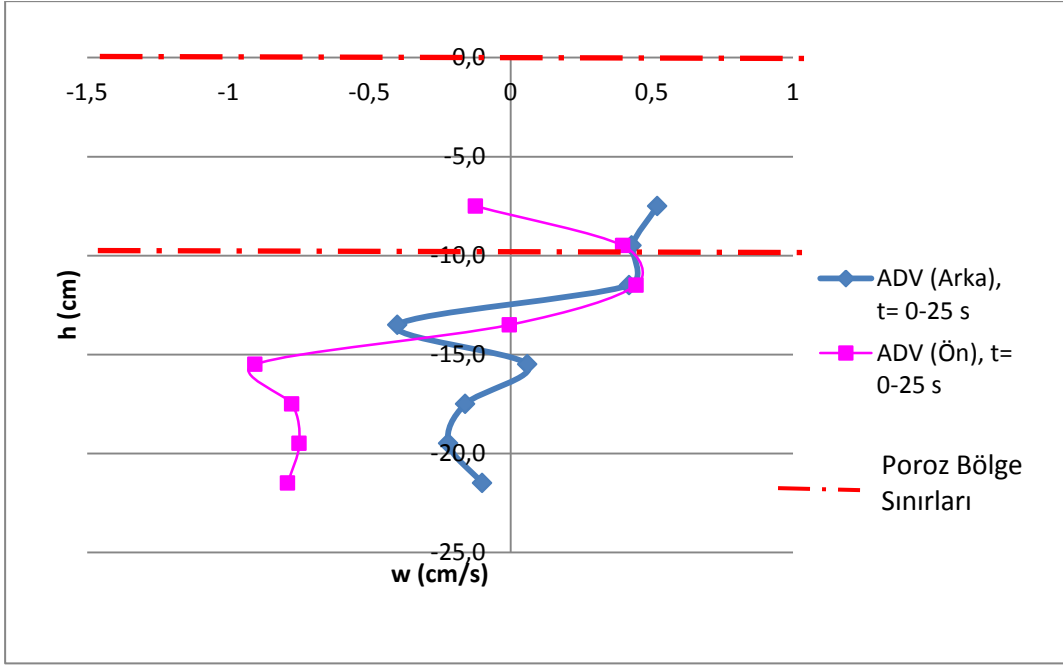
Şekil B.16 : 1068 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama düşey hız bileşeni profili.



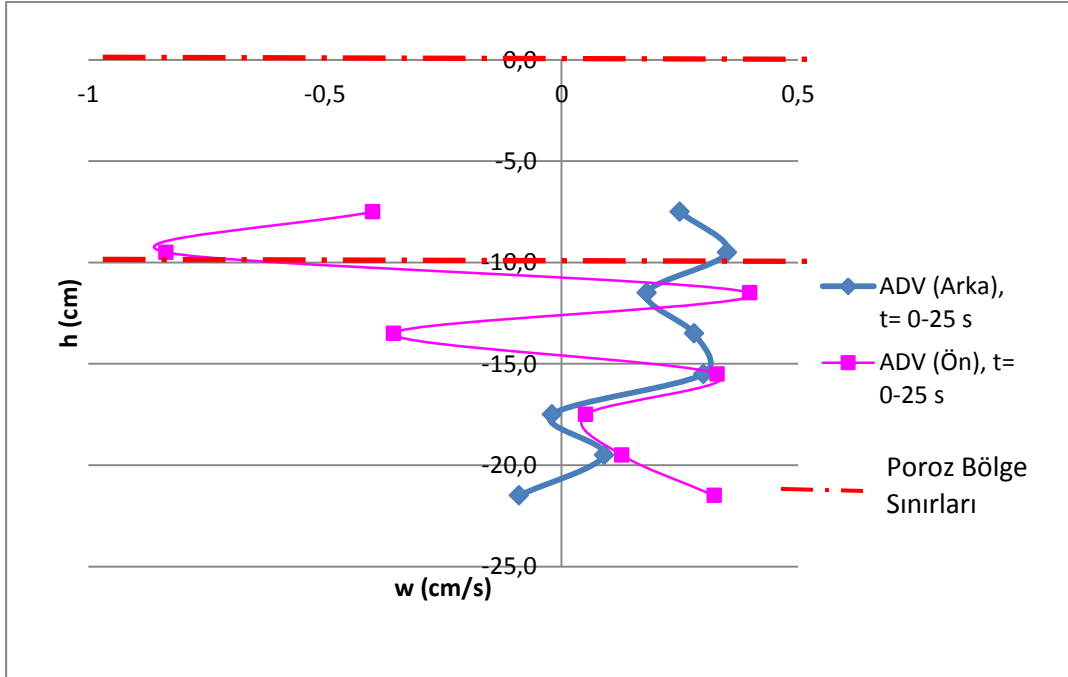
Şekil B.17 : 1069 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama düşey hız bileşeni profili.



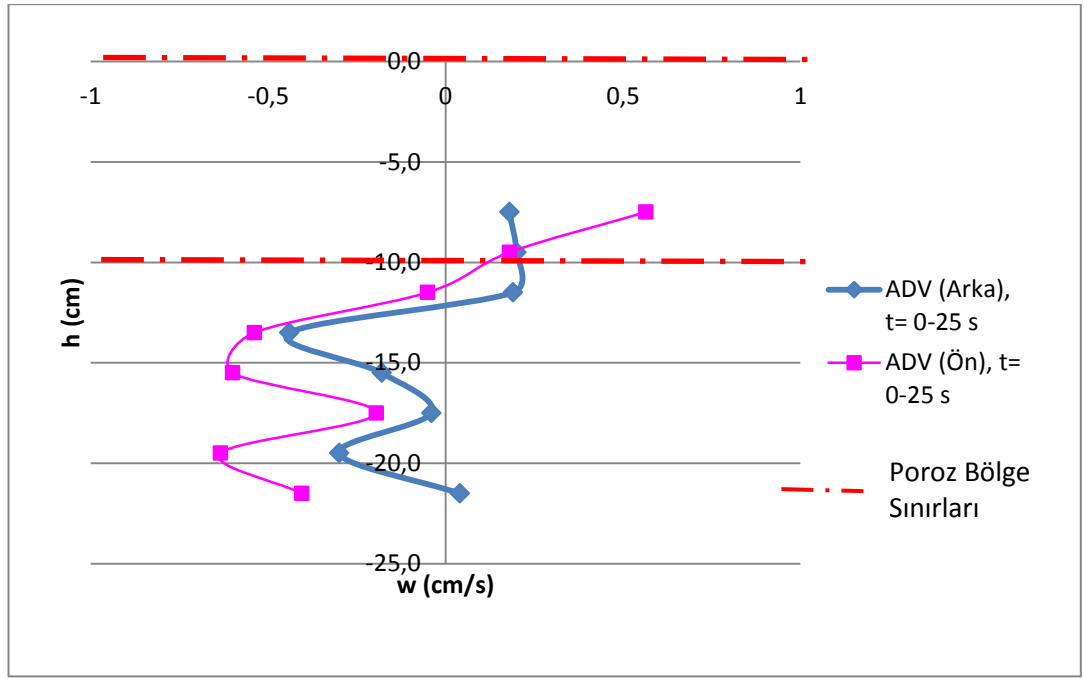
Şekil B.18 : 1070 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama düşey hız bileşeni profili.



Şekil B.19 : 1071 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama düşey hız bileşeni profili.

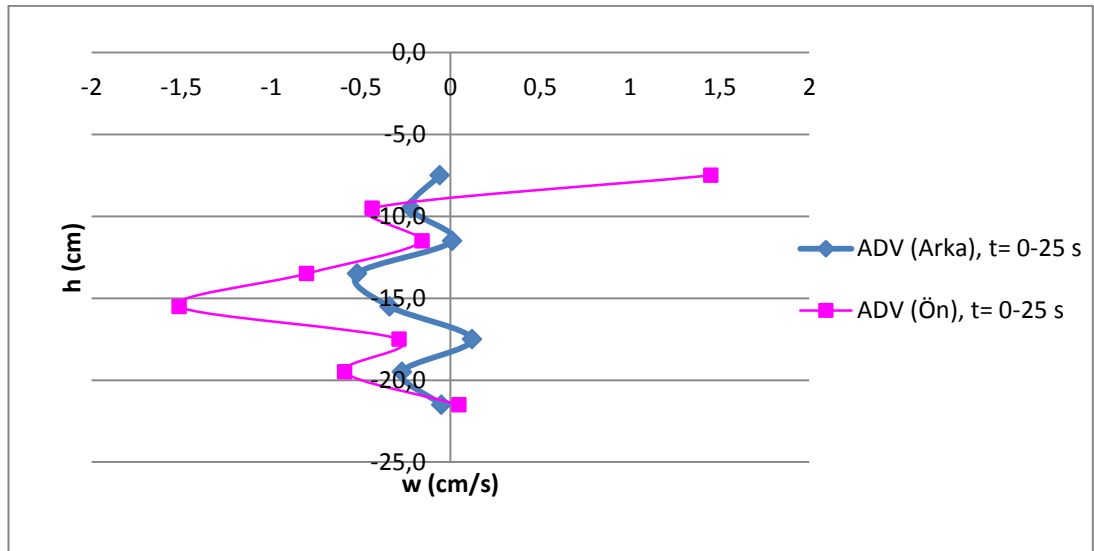


Şekil B.20 : 1072 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama düşey hız bileşeni profili.

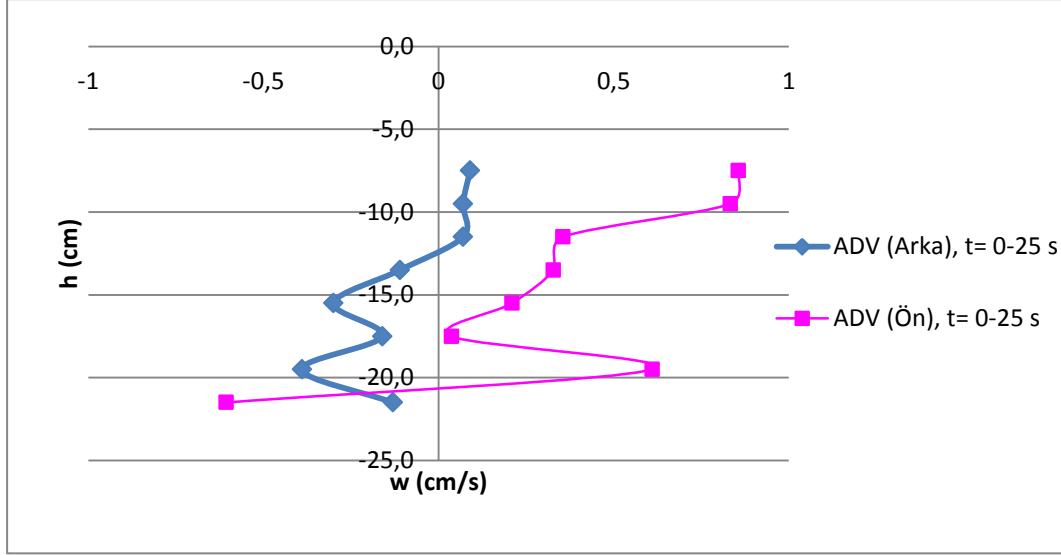


Şekil B.21 : 1073 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama düşey hız bileşeni profili.

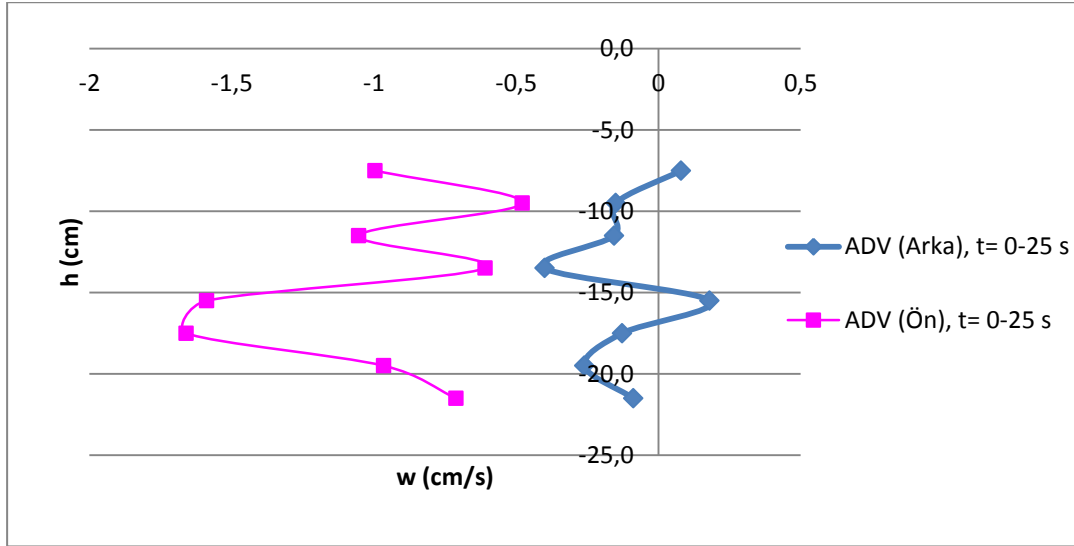
5.model



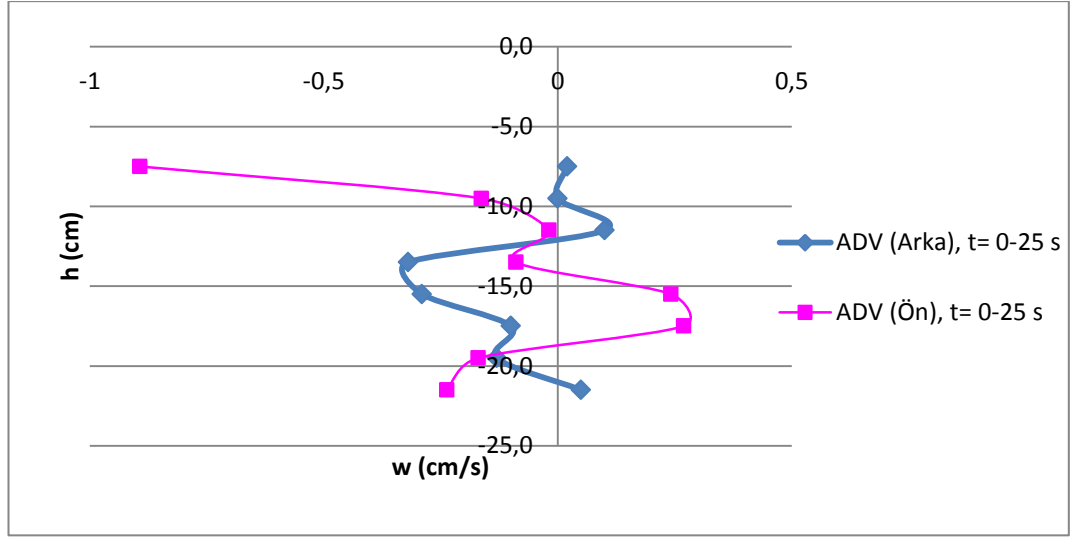
Şekil B.22 : 1089 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama düşey hız bileşeni profili.



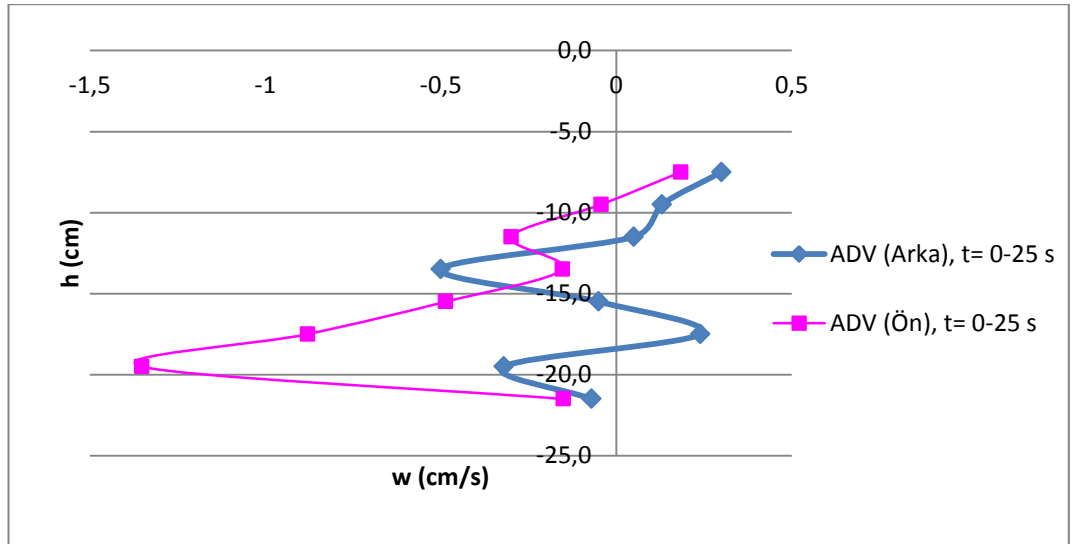
Şekil B.23 : 1090 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama düşey hız bileşeni profili.



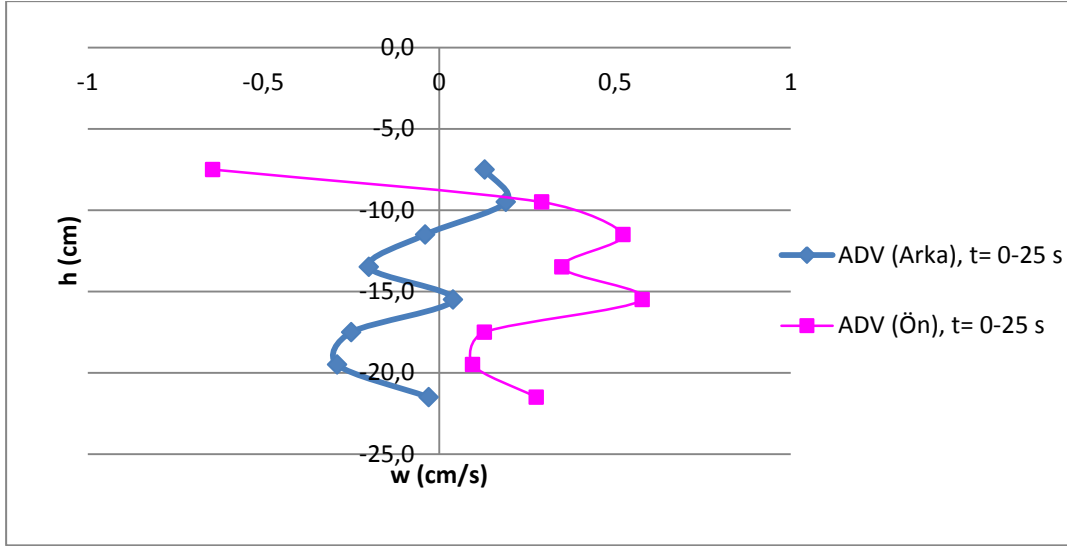
Şekil B.24 : 1091 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama düşey hız bileşeni profili.



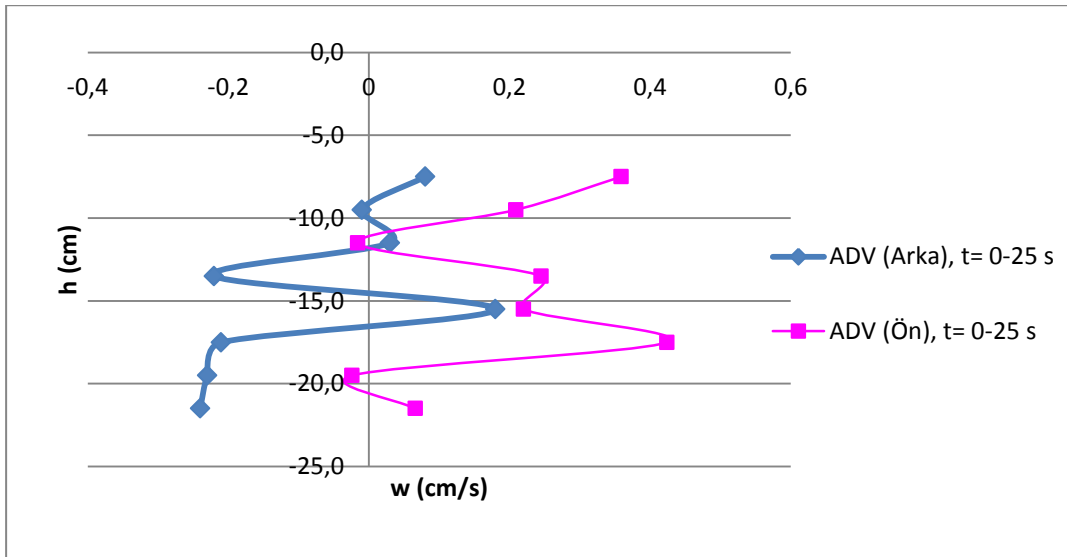
Şekil B.25 : 1092 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama düşey hız bileşeni profili.



Şekil B.26 : 1093 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama düşey hız bileşeni profili.



Şekil B.27 : 1094 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama düşey hız bileşeni profili.



Şekil B.28 : 1095 deneyinde elde edilmiş olan zamansal ortalama düşey hız bileşeni profili.

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Salih Erkan KAÇMAZ
Doğum Yeri ve Tarihi: Kdz.Ereğli 12.08.1974
E-Posta: kacmaze@itu.edu.tr
Lisans: İTÜ İnşaat Fak. Jeodezi ve Fotogrametri Müh.
Yüksek Lisans : İTÜ Fen Bil. Ens. Kıyı Bilimleri ve Mühendisliği
Yayın ve Patent Listesi:

SCI Yayınları

ULUSLARARASI DERGİLERDE YAYIMLANMIŞ MAKALELER

- M.S. KABDAŞLI, S.E. KAÇMAZ, B. BAŞ, E. OĞUZ, T. BAĞCI, “ An Oil Spill Distribution Study In An Industrial Coastal Zone”, Fresenius Environmental Bulletin, FEB7Vol 19/ No 9a/ 2010-pages 1935-1945, 2010. FEB/ Vol 19/ No 9a/ 2010 – pages 1935 - 1945
- S.E. KAÇMAZ, M. S. KABDAŞLI, N. ELGİNÖZ YAŞA, V. S. O. KIRCA, "Monitoring differential urbanisation to integrate with basin management and a basin information system modelling for Istanbul", Environmental Forensics, No. 9, 2008, s. 258-264, ISSN: 1527–5922 print / 1527–5930 online, Taylor & Francis Group, LLC
- H. SELÇUK, H. GÜLER, S.E. KAÇMAZ, “Evaluation of Water Quality and Supplies by Using Geographical Information Systems in Istanbul”, Fresenius Environmental Bulletin, 13(9), 2004, 906-909.
- Ç. GÖKSEL, C. İPBÜKER, E. KAÇMAZ, "Digital Base map of Aegean sea", Remote Sensing in Transition, 2004, s. 505-509, ISSN: 90-5966-007-2, Millpress Science Publishers

ULUSAL BİLDİRİLER

- S. KABDAŞLI, **S.E. KAÇMAZ**, E. OĞUZ, B. BAŞ, “Farklı Akaryakıt Çeşitlerinin Aynı Hidrodinamik Yapı Altında Yayılımının Araştırılması”, Türkiye’nin Kıyı ve Deniz Alanları VIII. Ulusal Kongresi, Trabzon, 27 Nisan-1 Mayıs 2010.
- **S.E.KAÇMAZ** , M.S. KABDAŞLI, , T. BAĞCI, “Deniz Taşkınlarının Kıyı Çizgisi Gerisine Etkilerinin İncelenmesi”, II.Ulusal Taşkın Sempozyumu, Afyonkarahisar, Türkiye, 22-24 Mart 2010.
- M.S. KABDAŞLI, **S.E. KAÇMAZ**, “Batık Çalışan Dere Ağızlarının Nümerik Modellenmesi”, IV. Ulusal Su Mühendisliği Sempozyumu, Orhantepe, İstanbul, 06-10 Temmuz 2009.
- S.KABDAŞLI, **S.E. KAÇMAZ**, D. YILMAZER, E. OĞUZ, “Derelerdeki Susuzluğun Kıyılarda Yol Açtığı Problemlerin Araştırılması”, Türkiye’nin Kıyı ve Deniz Alanları VII. Ulusal Kongresi, ANKARA, 27-30 Mayıs 2008.
- S. KABDAŞLI, **S.E. KAÇMAZ**, N. ELGİNÖZ YAŞA, B. BAŞ, A. KÖROĞLU, “İstanbul Boğazı’nda Kıyı Kullanım Çeşitliliğin ve Ortaya Çıkardığı Sorunların Araştırılması”, Türkiye’nin Kıyı ve Deniz Alanları VII. Ulusal Kongresi, ANKARA, 27-30 Mayıs 2008.
- **S.E. KAÇMAZ**, S. KABDAŞLI, “Uydu Görüntüleri Yardımıyla Plaj Alanlarında Dane Çapının Belirlenmesi”, VI. Ulusal Kıyı Mühendisliği Sempozyumu, İZMİR, 25-28 Ekim 2007.
- **S.E. KAÇMAZ**, G. ÖZKAN, A. ULUĞTEKİN, Ş. ÇOKGÖR, “Yerleşim Bölgelerinde Taşkınların Önlenmesi/Zararların Değerlendirilmesi İçin Halk Katılımının Önemi”, III.Ulusal Su Mühendisliği Sempozyumu, Gümüldür / İZMİR, 10-14 Eylül 2007.
- H. GULER, **S.E. KACMAZ**, "Applications of Geographical Informations Sytems on Railways", Trasportation Politics Congress, Turkish Chamber of Civil Engineers, Ankara, October 16-17, 2003.

ULUSLARARASI BİLDİRİLER

- M.S. KABDAŞLI, **S.E. KAÇMAZ**, B. BAŞ, E. OĞUZ, “An Oil Spill Distribution Simulation Study For An Industrial Coastal Zone”, 15th International Symposium on Environmental Pollution and its Impact on Life in the Mediterranean Region, Bari, Italy, 7-11 October 2009.
- G. AŞKIN, Z. EYNUR, C. GÖKÇEN, C. HASTÜRK, **S.E. KAÇMAZ**, S. OĞUZ, G. ÖZKAN, V. ŞAHİN, T.B. SEZGİN, A. ULUĞTEKİN and A. ZÜRAN, Turkey:İstanbul, The United Nations World Water Development Report 3, Case Study Volume: FACING THE CHALLENGES, Pages 61-63, World Water Essesment Programme, UNESCO Publishing, 2009.

- M. YEĞİN, S. E. **KACMAZ**, “ İSKİ Taşkın Risk Çalışmaları”, 5. Dünya Su Forumu, İstanbul, Türkiye, 16-22 Mart 2009.
- M. GÜREL, S.E. **KAÇMAZ**, A. ÖZTÜRK, G. ÖZKAN, Ş. ÇOKGÖR, “Variations in Dissolved Oxygen Concentrations in A Small Stream”, International Conference on Fluvial Hydraulics, River Flow 2008. Çeşme, İzmir, Turkey, 3-5 September 2008.
- S.E. **KAÇMAZ**, M.S. KABDAŞLI, N. ELGİNÖZ YAŞA and V.S.Ö. KIRCA, “Monitoring differential urbanization to integrate with basin management and a basin information system modeling in Istanbul”, IWA Dipcon 2006 10 th International Specialised Conference on Diffuse Pollution and Sustainable Basin Management, Istanbul, Turkey, September 18-22 2006
- H. GULER, S.E. **KAÇMAZ**, Pelin ALPKOKIN, "Evaluation of Railway Accidents by Using Geographic Information Systems", 6th International Congress on Advances in Civil Engineering, Bogazici University, Istanbul, Turkey, October 6-8, 2004.
- H. SELÇUK, H. GULER, S. E. **KAÇMAZ**, "Evaluation of Water Quality and Supplies by Using Geographical Information Systems in Istanbul", 12th International Symposium on Environmental Pollution and Its Impact on Life in Mediterranean Region", Antalya, Turkey, October 4-8, 2003.
- Ç. GÖKSEL, C. İPBÜKER, S.E. **KAÇMAZ**, “Digital Base Map of the Aegean Sea”, 23rd Symposium of the European Association of Remote Sensing Laborator (EARSEL), Gent, Belgium, 2-5 June 2003

