

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BORU TİPİ YÜZER DALGAKIRANLARIN
DENEYSEL OLARAK ARAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İnş. Müh. Mehmet Adil AKGÜL
(517051007)**

Anabilim Dalı : KIYI BİLİMLERİ VE MÜHENDİSLİĞİ

Programı : KIYI BİLİMLERİ VE MÜHENDİSLİĞİ

ŞUBAT 2008

**BORU TİPİ YÜZER DALGAKIRANLARIN
DENEYSEL OLARAK ARAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İnş. Müh. Mehmet Adil AKGÜL
(517051007)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 24 Aralık 2007
Tezin Savunulduğu Tarih : 1 Şubat 2008**

**Tez Danışmanı : Prof.Dr. M. Sedat KABDAŞLI
Diğer Jüri Üyeleri Doç.Dr. Şevket ÇOKGÖR (İ.T.Ü.)
Doç.Dr. Hakan AKYILDIZ (İ.T.Ü.)**

ŞUBAT 2008

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasında üç adet yatay yerleştirilmiş boru ile oluşturulan bir yüzer dalgakıran yapısının tasarlanması ve geliştirilmesi deneysel olarak ele alınmış; dalgakıran performansına etkiyen parametreler incelenmiş ve performans eğrileri elde edilmiştir.

Çalışmam boyunca bendenengin bilgi birikimini, yardımlarını ve desteğini esirgemeyen danışman hocam Prof. Dr. Sedat KABDAŞLI'ya teşekkürlerimi sunarım.

Şimdiye kadar olduğu gibi bu çalışmada da bana sonsuz destek olan aileme ve çalışma arkadaşlarıma yardımları ve gösterdikleri sabırdan ötürü teşekkürlerimi sunar; deniz bağlama sistemleri konusundaengin bilgisini paylaşmaktan çekinmeyen Sn. İ. Çetin ULUOCAK'a teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca, içinde bulunduğum yoğun çalışma temposunda günümün en az 3 saatini geçirdiğim M/V Fenerbahçe gemisinde, konsantre ve huzurlu bir çalışma ortamı bulabilmem için hiç bir yardımını esirgemeyen değerli gemi mürettebatına teşekkürlerimi sunarım.

Aralık, 2007

M. Adil AKGÜL

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	v
TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
SEMBOL LİSTESİ	viii
ÖZET	ix
SUMMARY	x
1. GİRİŞ	1
2. YÜZER DALGAKIRANLARA DAİR GENEL BİLGİLER	3
2.1. Tarihçe	3
2.2. Yüzer Dalgakıranlara Dair Literatür Özeti	6
2.3. Yüzer Dalgakıranların Çalışma Prensipleri	10
2.4. Yüzer Dalgakıran Türleri	11
2.4.1. Yansıma tipi yüzer dalgakıranlar	12
2.4.2. Dönüşüm tipi yüzer dalgakıranlar	12
2.4.3. Sönümleme tipi yüzer dalgakıranlar	13
2.4.4. Melez tip yüzer dalgakıranlar	14
2.5. Yüzer Dalgakıranların Avantaj ve Dezavantajları	16
2.5.1. Yüzer dalgakıranların avantajları	16
2.5.1.1. Yapım maliyeti	16
2.5.1.2. Modülerlik	16
2.5.1.3. Kıyı boyu katı madde hareketinin engellenmemesi	16
2.5.1.4. Liman içi sirkülasyonun engellenmemesi	17
2.5.2. Yüzer dalgakıranların olumsuz özellikleri	17
2.5.2.1. Performans özellikleri	17
2.5.2.2. Hasar durumunda davranış	18
3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR	19
3.1. Deney Sistemi	19
3.1.1. Dalga kanalı	19
3.1.2. Dalga üretici	20
3.1.3. Veri kayıt sistemi	22
3.2. Model	22
3.3. Deney Prosedürü	24

3.3.1. Ön deneyler	24
3.3.2. Performans deneyleri	25
4. DENEYLER VE DEĞERLENDİRMELER	28
4.1. Su Yüzü Profilleri, Dalga İstatistikleri ve Geçiş Katsayılarının Tayininde İzlenen Metod	28
4.2. Ön Deneylerin Değerlendirilmesi	31
4.3. Performans Deneyleri	32
4.4. Geçiş Katsayısını Belirleyen Büyüklüklere Dair İncelemeler	32
4.4.1. Dalga periyodu	32
4.4.2. Dalga boyu	34
4.4.3. Dalga dikliği boyutsuz büyüklüğü	34
4.4.4. Yapı genişliği / dalga boyu boyutsuz büyüklüğü	34
4.5. Performans Eğrilerinin Elde Edilmesi	35
4.5.1. Boyutsuz büyüklükler ve denklemin temel formu	35
4.5.2. Geçiş katsayısı bağıntısının elde edilmesi	36
4.6. Modellerin Performanslarının Karşılaştırılması	39
5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA	40
KAYNAKLAR	43
EKLER	45
ÖZGEÇMİŞ	89

KISALTMALAR

EDCL	: Eastern Designers and Company Limited
SSS	: Sakin su seviyesi
WCHL	: Western Canadian Hydraulics Laboratories
RIBS	: Rapidly installed floating breakwater system

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 3.1: Ön deneylerde incelenen konfigürasyonların düzeyde yerleşimi26

Tablo 4.1: 65, 73 ve 84 numaralı konfigürasyonlar için elde edilen katsayılar ve
korelasyon37

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1 : Reid yüzer dalgakıranı	4
Şekil 2.2 : Joly tarafından önerilen yüzer dalgakıran tipleri	5
Şekil 2.3 : Bombardon tipi yüzer dalgakıran	5
Şekil 2.4 : Yarı batmış dairesel bir silindir için yansıma katsayıları	7
Şekil 2.5 : Dikdörtgen kesitli yüzer bir cisim için yapı genişliği/dalgaboyu oranına bağlı geçiş katsayıları değişimi diyagramı	10
Şekil 2.6 : A tipi yüzer dalgakıran	12
Şekil 2.7 : Alaska tipi yüzer dalgakıran	13
Şekil 2.8 : Good Year tipi yüzer dalgakıran	14
Şekil 2.9 : Panel yansıtıcı tip yüzer dalgakıran	15
Şekil 3.1 : Deneylerde kullanılan dalga kanalı ve dalga paleti	20
Şekil 3.2 : Deney için hazırlanmış dalga kanalının plan ve boykesiti ve model ve problemlerin kanal içinde yerleşimi	21
Şekil 3.3 : Sisteme tatbik edilen bağlama düzeni	23
Şekil 3.4 : Silindirlerin düşeydeki koordinatlarını belirtmek için kullanılan notasyonlar	24
Şekil 3.5 : Ön deneyler sırasında sistemin kanal içinde yerleşimine dair deneyler sırasında alınmış bir görüntü	25
Şekil 4.1 : Yapıya etkiyen dalgayı belirten 2 numaralı probdan alınan su seviyesi zaman değişimi diyagramı	29
Şekil 4.2 : Yapının arkasına geçen dalgayı ölçen 3 numaralı probdan alınan su seviyesi-zaman değişimi diyagramı	30
Şekil 4.3 : Performans deneylerinin uygulandığı 65, 73 ve 84 numaralı konfigürasyonların kesitleri	33

SEMBOL LİSTESİ

a	: Silindir yarıçapı
B	: Yapı genişliği
C_{dr}	: Rölatif batmışlık katsayısı
C_R	: Yansıma katsayısı
C_L	: Enerji sönmleme katsayısı
C_T	: Geçiş katsayısı
C_{TS}	: Belirgin geçiş katsayısı
C_{T0}	: Ortalama geçiş katsayısı
C_{TSa}	: Ampirik bağıntı ile elde edilen belirgin geçiş katsayısı
C_{TSd}	: Deneylerden elde edilen belirgin geçiş katsayısı
D	: Yapı önü su derinliği
d_r	: Relatif batmışlık oranı
d_i	: i. silindirin batmışlık oranı
e_i	: i. silindirin üst cidarının sakin su seviyesinden uzaklığı
H	: Dalga yüksekliği
H_i	: Etkiyen dalga yüksekliği
H_t	: Geçen dalga yüksekliği
H_s	: Belirgin dalga yüksekliği
H₀	: Ortalama dalga yüksekliği
k	: Dalga sayısı
L	: Dalga boyu
L₀	: Açık deniz dalga boyu
L_D	: Yapı önü dalga boyu
R	: Korelasyon katsayısı
T₀	: Ortalama dalga periyodu
T_S	: Belirgin dalga periyodu
z_i	: i. silindirin ekseninin sakin su seviyesinden uzaklığı

BORU TİPİ YÜZER DALGAKIRANLARIN DENEYSEL OLARAK ARAŞTIRILMASI

ÖZET

Bu yüksek lisans tez çalışmasında, yatay, dairesel silindir kesitli üç adet elemandan oluşturulacak bir yüzer dalgakıran sisteminin tasarımı ve geliştirilmesi üzerinde durulmuştur. Laboratuvar ortamında $24.0 \text{ m} \times 6.0 \text{ m} \times 1.6 \text{ m}$ ölçülere sahip bir fiziksel dalga kanalının kullanıldığı çalışmada, düzenli dalgalar, flap tipi bir dalga üretici yardımı ile elde edilmişlerdir. Belirtilen tipteki bir yüzer dalgakıranın optimum biçimde konfigüre edilmesini sağlamak amacı ile ara mesafeleri yatayda sabit, düşeyde değiştirilebilir biçimde bağlanan üç adet silindirden mürekkep bir fiziksel model tesis edilmiş; bu sayede, aynı model ile farklı konfigürasyonların oluşturulabilmesi mümkün kılınmıştır. Modelde kullanılan silindirler, iki ucu kapatılmış HDPE plastikten imal edilmişlerdir. Dalga verilerinin alınması için, yapı önü, açık deniz ve yapı arkasına toplam dört adet rezistans tipi dalga probu yerleştirilmiş; kayıt alınması, dalga monitörü ve AD transfer kartı yardımı ile gerçekleştirilmiştir.

Dalgakıranın en verimli biçimde çalışmasını sağlayacak olan konfigürasyonun tespit edilmesi için, ilk olarak, 80 farklı konfigürasyonda 4 farklı periyodda dalga gönderilerek silindir düşey koordinatlarının geçiş katsayısına etkisi araştırılmıştır. Ön deneyler olarak adlandırılan bu aşamayı takip eden ikinci aşamada, test edilen 80 konfigürasyonun içinden en verimli çalışan 3 tanesi seçilerek daha geniş kapsamlı testlere tabi tutulmuşlardır. Bu aşamada, farklı periyod ve dalga yüksekliği özelliklerini haiz 28 dalga serisi, bu üç konfigürasyon üzerinde ayrı ayrı tatbik edilmiş ve sonuçlar incelenmiştir.

Deneyler sonucunda yapılan değerlendirme ile, ön deneyler kapsamında en iyi performansı gösteren üç konfigürasyon için performans denklemleri elde edilmiş, ayrıca, boruların düşeydeki yerleşiminin yanısıra, dalga boyu veya frekansın, dalga yüksekliği ve yapı genişliği parametreleri ile beraber, dalgakıran yapısının geçiş katsayısı üzerinde önemli etkisi olduğu tespit edilmiştir.

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF HORIZONTAL CYLINDER-TYPE FLOATING BREAKWATERS WITH A CIRCULAR CROSS SECTION

SUMMARY

In the scope of this masters thesis, the design of a floating breakwater consisting of three cylindrical horizontal members with a circular cross section has been experimentally investigated. A wave channel with the dimensions of 24.0 m in length, 6.0 m in breadth and 1.0 m in depth has been used for the tests, where regular waves can be generated by a flap-type wave generator. To obtain the optimal configuration of such a floating breakwater defined above, a physical model has been designed and constructed, by which the distances between the cylinders in horizontal are kept constant and the distances of the cylinders from the mean water level are adjustable to enable the change of configurations rapidly. The cylinders used in the model are constructed from HDPE pipe elements, which are enclosed and made watertight at both ends. For the recording of the wave data, four resistance-type wave probes are installed and used; one located as the open sea side, two in front of the structure, and one in lee of the structure. Data recording has been supplied by a wave monitor and an AD transfer card.

To find the best configuration by which the floating breakwater system shall work most efficiently, a total of 80 configurations called pre-experiments are tested, each by 4 wave series which differ in the wave periods. Following the evaluation of these test's data, three of these configurations being found as the most efficient ones are chosen and tested, each with a more comprehensive set, consisting of 28 different wave series.

As the result of the experiments performed, performance equations of the three configurations with the most satisfactory wave attenuation capacity obtained from the pre-experiments are given and drawn. Moreover, it has been found that except the submergence ratios of the three cylinders, the wavelength parameter has a very important effect on the performance of the floating breakwater system, acting together with wave height and structure width parameters.

1. GİRİŞ

Çok eski çağlardan beri inşa edilen yapılar olan dalgakıranlar, öncelikli olarak, arkalarında kalan deniz ve kıyı alanında açık deniz etkilerinin asgariye indirilmesi amacını güden kıyı yapılarıdır [1,8]. Günümüzde, dalgakıranların yapısal açıdan pek çok çeşitleri mevcuttur, ancak; her bir türün farklı uygulama alanları ve kendilerine özgü olumlu ve olumsuz etkileri vardır [1].

Dökmetaş, monolitik ve kompozit dalgakıranlar gibi klasik dalgakıranlara tam bir alternatif oluşturamamakla birlikte, yüzer dalgakıranlar, özellikle göreceli olarak düşük dalga etkileri altındaki bölgelerde, modülerlik, estetik, katı madde hareketi, deniz ekolojisi ve dalgakıran tarafından korunan bölgedeki su kalitesi konularında daha uygun imkanlar sunmaktadırlar. Bu nedenlerden ötürü, yüzer dalgakıranların kıyı koruma yapıları olarak önemleri artmaktadır [1].

Bu yüksek lisans tezinde, yüzer dalgakıran tipi bir yapının tasarımı amaçlanmıştır. Tasarımı öngörülen sistem, birbirine paralel üç adet yatay, dairesel kesitli kapalı tüpten mürekkep olup, deniz tabanına kablo ve/veya zincirler yardımı ile bağlanacaktır. Bu çalışmada, yukarıda kısaca tanımlanan tipte bir yüzer dalgakıran için, sabit su derinliği ve sabit silindir aksları arasındaki mesafe kabulü ile, en yüksek verimi sağlayacak olan düşeydeki silindir yerleşimi incelenmiştir. Bu amaçla kurulan fiziksel model üzerinde 80 farklı konfigürasyonun her biri 4 farklı tip düzenli dalga serisi altında test edilmiş, bu konfigürasyonlardan en iyi netice veren üç tanesi, daha ayrıntılı testlere tabi tutularak, performans eğrileri elde edilmeye çalışılmıştır. Deneysel çalışmada düzenli dalgalar palet tipi dalga üretici yardımı ile elde edilmiş, bu dalgalara ilişkin karakteristik değerlerin tayini amaçlı 4 adet rezistans tipi dalga probu kullanılmıştır.

Çalışmanın ikinci bölümünde, ilk olarak yüzer dalgakıranların tarihçesine kısaca değinilmiş ve yüzer dalgakıran tipi yapılar üzerinde yapılan çalışmalar özetlenmiş; bunu takiben yüzer dalgakıranların çalışma prensipleri, türleri ve olumlu ve olumsuz yanlarına dair bilgiler verilmiştir.

Üçüncü bölüm, çalışma kapsamında İTÜ Hidrolik Laboratuvarında kurulan deney sistemi, kullanılan deney ekipmanı, model ve deney prosedürüne dair bilgileri kapsamaktadır.

Çalışmanın dördüncü bölümü, deney sonuçlarının değerlendirilmesi, dalga istatistikleri ve geçiş katsayılarının elde edilmesinde izlenen yöntemin açıklanmasını müteakip, yüzer dalgakıranın performansını etkileyen parametrelerin incelenmesi ve bu parametrelere bağlı olarak en randımanlı çalışan üç konfigürasyon için performans eğrilerinin elde edilmesini ele almaktadır. Bu bölümün son alt başlığında, elde edilen performans eğrilerine bağlı olarak üç konfigürasyon karşılaştırılmış ve hangi koşullarda hangi konfigürasyonun kullanılmasının uygun olacağı incelenmiştir.

Çalışmanın beşinci ve son bölümünde, genel bir değerlendirme yapılarak elde edilen sonuçlar özetlenmiş ve uygulamaya dair görüş ve düşünceler bildirilmiştir.

2. YÜZER DALGAKIRANLARA DAİR GENEL BİLGİLER

Yüzer dalgakıranlar, genellikle ufak tonajlı teknelerin kısa periyodlu dalgalardan korunmaları için ($T < 4s$) uygulanmakta olup, verimleri çok değişkendir [4]. Bu bölümün alt başlıklarında, yüzer dalgakıranların geliştirilmesi, çalışma prensipleri, türleri ve olumlu ve olumsuz özelliklerine dair bilgi verilmiştir.

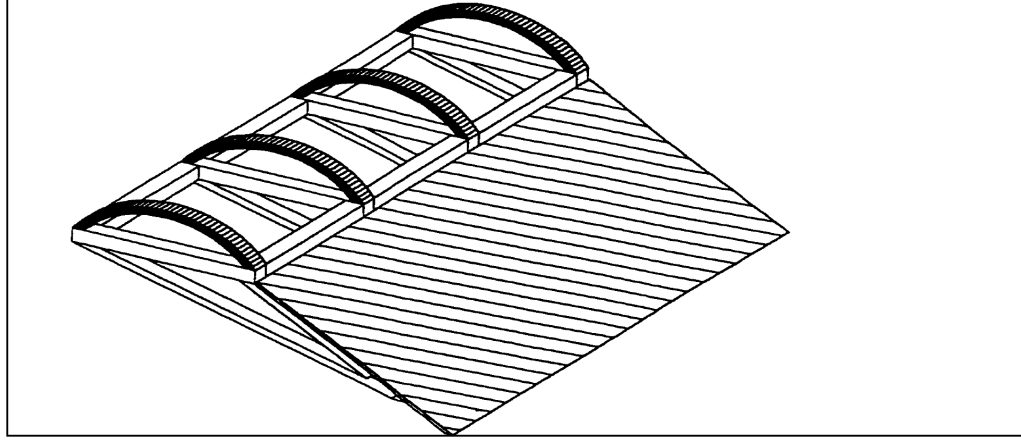
2.1. Tarihçe

Readshaw (1981), yazılı dökümantasyonda ismi geçen ilk yüzer dalgakıranın, 1811 senesinde Birleşik Krallık Donanması mimarı General Bentham tarafından Plymouth'ta donanma gemilerine korunak oluşturma amaçlı inşa edildiğini belirtmiştir. General Bentham tarafından tasarlanan bu yüzer dalgakıran sistemi, 18.3 m boyunda, 9.2 m genişliğinde ve 9.2 m yüksekliğinde 117 adet yüzer ahşap üçgen çerçevelerden oluşmakta ve demir zincirler marifetiyle deniz tabanına bağlanmakta idi [3].

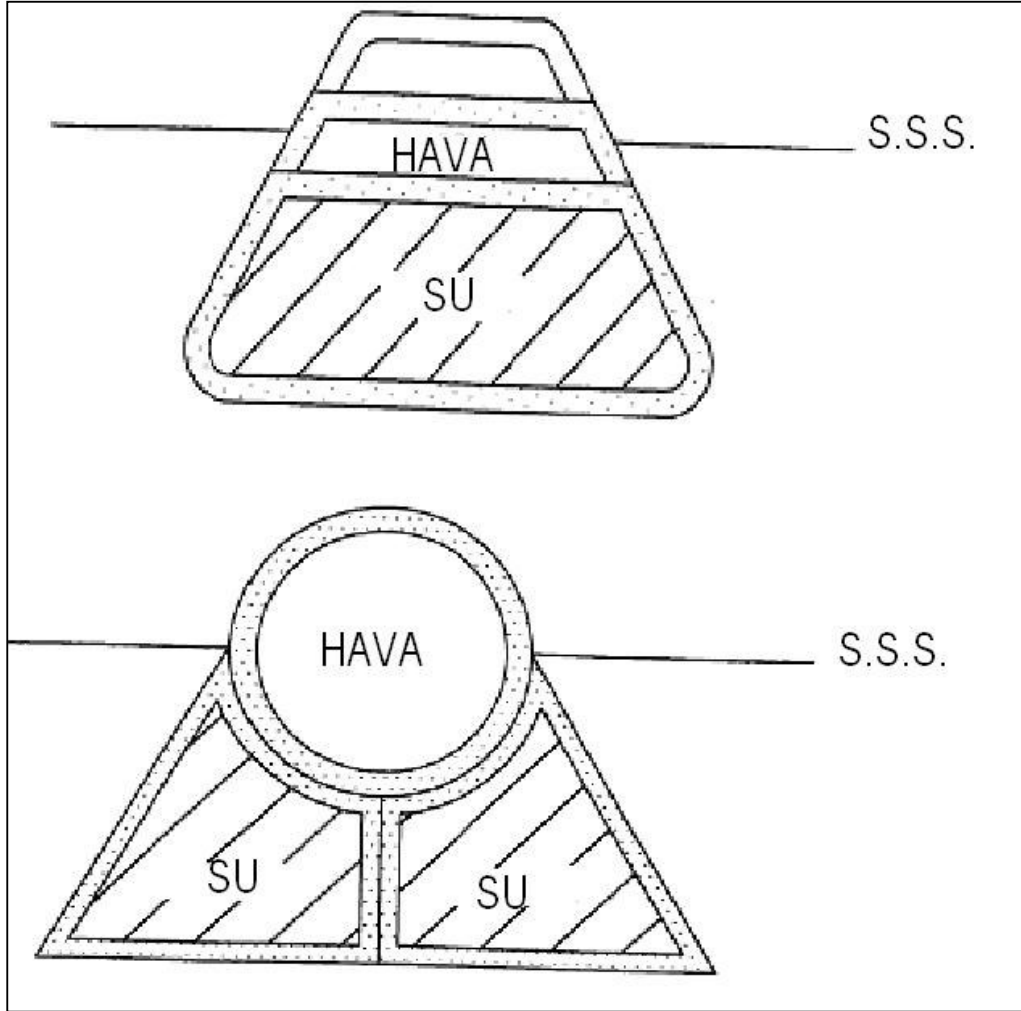
1841 senesinde, Kaptan Taylor tarafından yüzer dalgakıran sistemleri tekrardan gündeme getirilmiştir. Taylor, 4.9 m su kesimi ve 2.1 m su seviyesinden yükselecek olan ahşap duba yapılarının kazıklara bağlanması durumunda tatminkar bir dalga azaltıcı sistem olarak çalışacaklarını beyan etmiştir [3].

1842 senesinde, Reid yüzer dalgakıran sistemi (Şekil 2.1) Civil Engineers and Architects Journal (1842)'da yer almıştır. Bu dalgakıran, kemerli bir ahşap çerçeve üzerine monte edilen, yatayla 35° 'lik bir açı yapan, dalgaların üzerine tırmanıp kırılacağı bir ahşap rampadan oluşmakta idi. Bu rampa, 4.6 m kadar su seviyesinden aşağıya inmekte ve sistemin tek bir modülü 18.3 m boyunda idi. Bağlama elemanları olarak demir zincirler öngörülmeyle beraber, demirleme ekipmanı yerleşimi konusunda sıkıntı yaşanan bu sistemin inşa edildiğine dair bir kayda rastlanmamıştır.

1884'te, Le Havre limanını korumak amacı ile Mr. Thuillard-Froideville tarafından deneme-yanılma yöntemi ile bir yüzer dalgakıran inşa edilmiştir [2].



Şekil 2.1: Reid (1842) yüzer dalgakıranı [3].



Şekil 2.2: Joly (1905) tarafından önerilen yüzer dalgakıran tipleri [3].

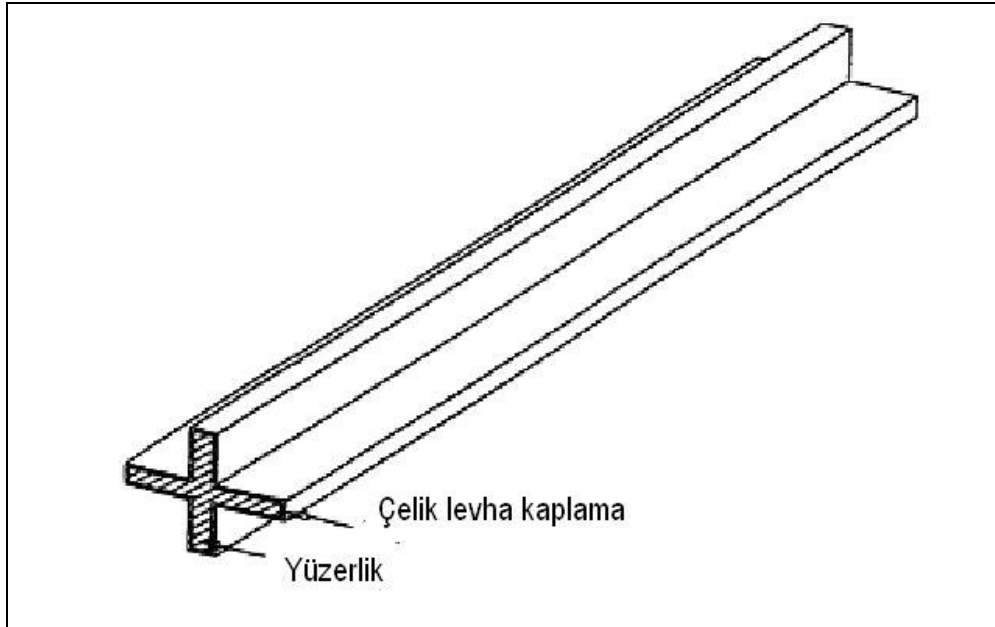
1905'te Dublin asillerine yapılan bir sunumda, Joly, İrlanda'nın doğu kıyısı için iki farklı yüzer dalgakıran sistemi önermiştir (Şekil 2.2) [3]. Bu tasarımlar, sistem cidarları içinde kalan deniz suyundan kaynaklanan eklenmiş kütle kavramını da

içermekte, bu sayede, okyanus dalgalarına karşı nispeten daha rijit ve atıl bir yapı elde edilmekte idi [3]. İnşası gerçekleşmemekle beraber, bu sistemler, yüzer dalgakıranlar konusunda ilginin artmasına sebep olmuşlardır [3].

WCHL, 1981 verilerine göre, 1941 senesinde, İsveç'in Lysekil kentinde ufak tonajlı tekneler için inşa edilen 120 m boyundaki yüzer beton dalgakıran, konuya dair tecrübeleri arttırmıştır. Sistem, dikdörtgen prizması biçiminde, 4.5 m kenarlı kare kesitli, katamaran tipinde idi. Bu sistemin servis ömrü boyunca tatminkar bir performans gösterdiği bildirilmiştir [3].

Taşınabilir yüzer dalgakıranların tasarımı, II. Dünya Savaşı'nda Normandiya çıkartmasında asker ve mühimmatın güvenli karaya çıkartılabilmesi ihtiyacına bağlı olarak hız ve önem kazanmıştır [2,8]. Normandiya çıkartmasında iki farklı tip taşınabilir dalgakıran kullanılmıştır. Bunların ilki, İngiltere'de imal edilip getirilen ve batırılarak batık dalgakıran gibi çalıştırılan beton dubalar, ikincisi ise, artı kesitli çelik konstrüksiyon yüzer dalgakıranlardır (Bombardon tipi) [2].

Bombardon tipi yüzer dalgakıranlar, uzunlukları 61 m, eksen boyları 9 m olan haç kesitli yapılardı (Şekil 2.3). Bu yapılar, 3 m yükseklikte, 5 s ila 6 s periyodlu dalgalar dikkate alınarak tasarlanmıştı. Todd (1948), prototip ölçekli deneme elemanlarının %50 ila %70 arasında performans gösterdiklerini belirtmiştir [3].



Şekil 2..3: Bombardon tipi yüzer dalgakıran [3].

Bombardon tipi yüzer dalgakıranlar, çıkartma süresince görevlerini yerine getirmiş, ancak 9 gün sonra, tasarım kriterlerinin 8 katı şiddette bir fırtınada hasar almışlardır [2]. Bu tecrübeden sonra, yüzer dalgakıranların güvenilirliğine tereddütle yaklaşılmıştır [2].

1950’li yıllarda, ABD donanması, küçük tonajlı teknelerin okyanus dalgalarından korunmasına yönelik yüzer dalgakıranları bir potansiyel olarak görmüş ve taşınabilir, yeniden kullanılabilir tipte yüzer dalgakıranların özellikle askeri ve/veya beşeri operasyonlarda kullanılmak amaçlı geliştirilmesine yönelmiştir. Hızlı yerleştirilebilir yüzer dalgakıran sistemi (Rapidly Installed floating Breakwater System, RIBS) olarak adlandırılan bu sistemlerin geliştirilmesi 1980’li yıllara kadar devam etmiş, bu süreçte inşa edilen ve kullanılan pek çok yüzer dalgakıran prototip ölçeğinde test edilebilme imkanına sahip olmuşlardır. Bu dalgakıranlar, dalga spektrumunun belli bir kısmındaki dalgaların yüksekliklerinin kabul edilebilir bir değere düşürülmesi prensibi ile tasarlanmışlardır [2].

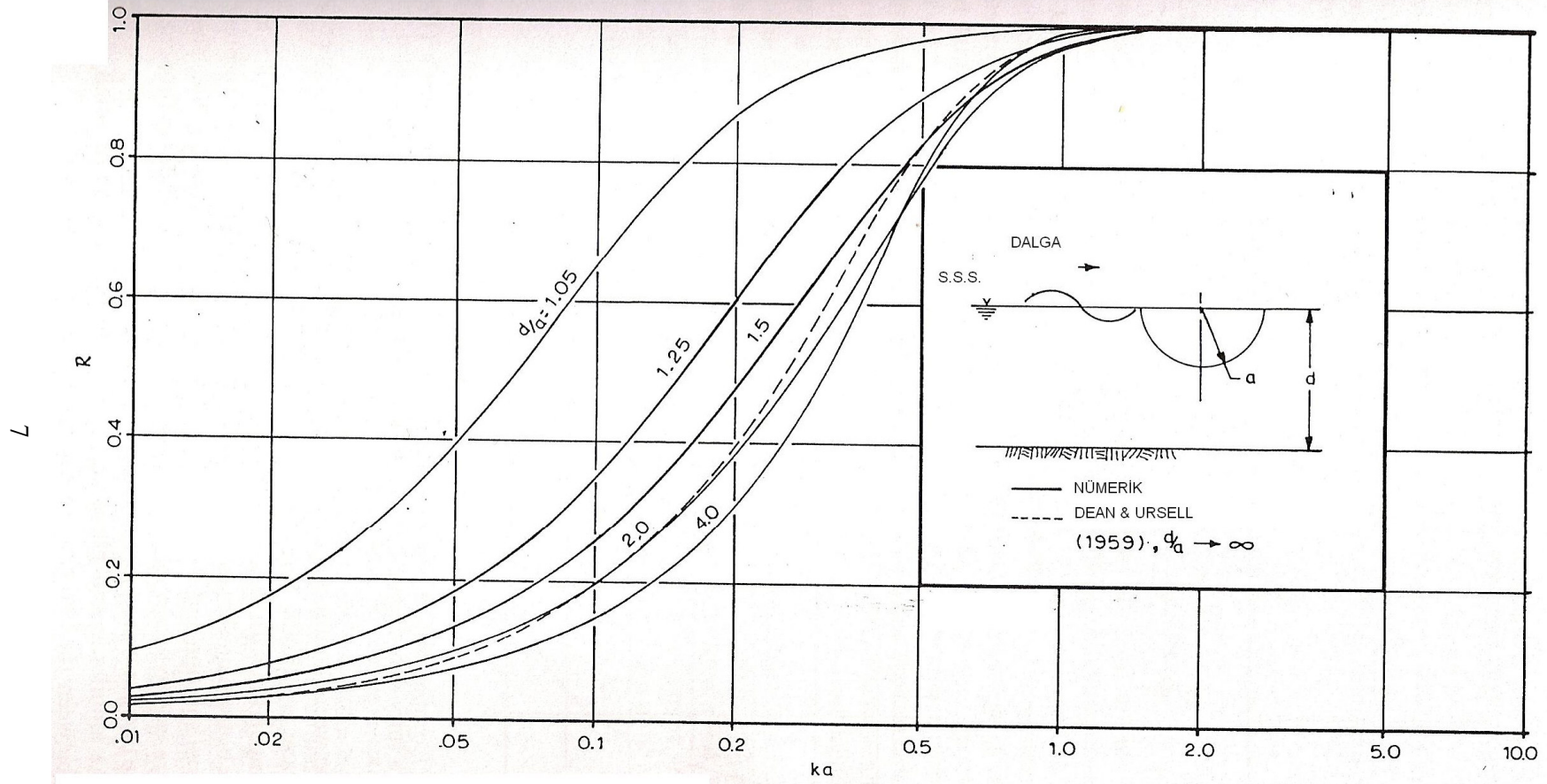
Askeri amaçların dışında, ticari amaçlı kullanılmak üzere geliştirilen pek çok yüzer dalgakıran tipi de mevcuttur. Nispeten hafif ila orta şiddetli dalga etkisi altında marina ve balıkçı limanlarını korumak amacı ile inşa edilmiş pek çok yüzer dalgakıran, günümüzde dünyanın çeşitli yerlerinde servis vermektedir. Bu yapıların performansları iyi denebilir nitelikte olmakla beraber, daha sert dalga iklimlerinde yüzer dalgakıran uygulamalarına pek sık rastlanmamaktadır [2].

Bugüne kadar tasarlanan yüzer dalgakıran sistemlerinin hiçbirisi, geniş bir dalga spektrumunda etkili değildirler, ayrıca, tasarlanmış oldukları mekandan sökülüp başka bir yerde aynı performans ile kullanılmaları söz konusu değildir [2].

2.2. Yüzer Dalgakıranlara Dair Literatür Özeti

Yüzer dalgakıranlar üzerinde pek çok bilimsel araştırma yapılmıştır. Bunların başlıcaları, bu bölümde özetlenecektir.

Ursell (1947), derin suda kısmi batmış düşey cisimlere etkiyen ağırlık dalgalarına ait yansıma ve geçiş katsayılarını vermiştir. Dean (1945), yarı batık cisimlerin monokromatik dalgalar ile etkileşimini incelemiştir. Dean ve Ursell (1959), yaptıkları teorik bir çalışma ile derin suda yarı batık, dairesel bir silindire etkiyen kuvvetlerin ve yansıma ve geçiş katsayılarının hesaplanması için teorik bir çalışma



Şekil 2.4. Yarı batık dairesel bir silindir için yansımaya katsayıları [12].

yapmışlardır. Daha sonra deneysel olarak kontrol ettikleri çalışmanın sonuçları, teorik yaklaşımları ile %15 hata payı sınırı içinde örtüşmektedir. Bu çalışma ile elde edilmiş, yarı batık bir dairesel silindir için yansıma katsayılarının ka parametresine bağlı olarak değişimini veren diyagram Şekil 2.4'te verilmiştir [12]. Bu çalışma, deniz tabanının silindire yaklaşması, yani bağıl derinliğin azalmasına bağlı olarak, yansıma katsayısının ve silindire etkiyen kuvvetlerin arttığını ortaya koymuştur.

Stelzriede ve Carr (1951), birbirine bağlı üç düşey ince kesitli engelden tesis edilen, deniz tabanına sabitlenmiş bir yüzer dalgakıran üzerinde çalışmalar yapmışlar ve geçiş katsayılarının tayini için ampirik bağıntılar elde etmişlerdir. Macagno (1953), rijit bir plak üzerinde dalga etkileşimini incelemiş ve bir geçiş katsayısı bağıntısı saptamıştır.

Wiegel (1960), su seviyesinin kısmen altında ve kısmen üstünde kalacak biçimde yerleştirilen rijit, düşey, ince bir engel üzerinde detaylı bir inceleme yapmış ve bu engelden kaynaklanan dalga geçişi için bir teori geliştirmiş; geçiş katsayılarının hesabı için de ampirik bir bağıntı vermiştir. Bu çalışmanın sonuçları, geçiş katsayısının artan dalga dikliği ile beraber azaldığını ortaya koymuştur.

Ogilvie (1963), Ursell'in (1950) çalışmasını ilerleterek, sonsuz derin suda tam batmış bir silindir için yarı kapalı bir ifade elde etmiştir. Bu ifadenin lineer dalga teorisi ile kullanılabilmesi için, silindirin üst cidar kotunun sakin su seviyesinden en az yarım dalga yüksekliği kadar aşağıda olması gerektiğini belirten Ogilvie, silindire etkiyen lineer kuvvetlerin yatay ve düşey bileşenlerinin her ka ve kh değer çifti için birbirine eşit olduğunu da bildirmiştir [12].

Tanaka (1968), dalga etkisi altında iki ince paralel engelin performansı üzerinde çalışmalar yapmış ve iki engel arasındaki mesafenin dalga boyuna oranı olarak tanımlanan boyutsuz büyüklük ile geçiş katsayısı arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Bu incelemeler neticesinde, geçiş katsayısının engeller arasındaki mesafe ile orantılı olarak arttığını ortaya koymuştur [11].

Newman (1974), kırılmayan dalgalar etkisi altında iki paralel engele ait geçiş ve yansıma katsayılarını incelemiştir. Liu ve Abbaspour (1982), sınır integral yöntemi kullanarak rijit ince engellere ait yansıma ve geçiş katsayılarının hesaplanması üzerinde çalışmalar yapmışlardır. Bu çalışmaların sonuçları, Ursell'in (1947) çalışmaları ile karşılaştırılmış ve yüksek korelasyon elde edilmiştir. Reddy ve

Neelamani (1992) kısmi batık rijit düşey engellere ait geçiş ve yansıma katsayılarının tayinine dair çalışmalar yapmışlardır. Dattari ve diğerleri (1977), azalan batmışlık oranı ile dalga geçişinin azaldığını, ancak; yansımanın, $\Delta/D=0.07$ değerinde maksimum olduğunu elde etmişlerdir. Burada Δ plağın batırılma derinliği, D ise su derinliğidir. Plağın bu mertebeden yüzeye doğru yaklaştırılması durumunda geçiş katsayılarının artmaya başladığı da ayrıca tespit edilmiştir [11].

Patarapanich (1984), batık, yatay bir plak üzerinde incelemeler yapmış ve yansıma katsayısının maksimum ve sıfır olduğu durumları tespit etmiştir. Patarapanich ve Cheong (1989) tarafından yürütülen benzer bir çalışmada, yansıyan ve geçen dalga karakteristikleri batık yatay bir plak üzerinde incelenmiştir.

Losada ve diğerleri (1992), rijit, düşey bir engelin performansını incelemişlerdir. Bu çalışmada, ilaveten, açılı yaklaşan dalgalar altında sistem performansı incelenmiştir. Düzensiz dalgalar altında yapılan çalışma neticesinde spektral yansıma ve geçiş katsayıları tayin edilmişlerdir [11].

Kabdaşlı ve Yüksel (1995), üç adet Γ şeklinde engelin kazıklı sistem üzerine tespit edilmesi ile tesis edilen kazıklı tip dalgakıran modelini dört farklı konfigürasyon için incelemiş; bu inceleme neticesinde, test edilen kazıklı dalgakıranın fırtına dalgaları altında yüksek performans gösterdiği; uzun dalgalar etkisi altında ise performansın azaldığı saptanmıştır [11].

Isaacson ve diğerleri (1998) tarafından yapılan çalışmada ince kesitli düşey iki adet boşluklu engelden oluşan yüzer dalgakıranın performansını incelemişler; bu inceleme neticesinde, aynı engellerin tek bir tanesi ile oluşturulan dalgakıran ile iki engelli dalgakıranın yansıma katsayılarının çok yakın olduğu tespit edilmiş; ancak, ikinci engelin, dalga geçişi üzerinde önemli azaltıcı etkisi olduğunu ortaya koymuşlardır [13].

Williams ve Abul-Azm (1996), dikdörtgen kesitli iki adet silindir ve rijit bağlantı plağından oluşan ponton tipi yüzer dalgakıranlar üzerine yapmış oldukları teorik çalışmada, yapı-dalga etkileşiminin ağırlıklı olarak yapının genişliği ve draftı ve silindirlerin arasındaki mesafe ile bağlama sistemi rijitliğine bağlı olduğunu, sistemin artık yüzerliğinin ise bu parametrelere nazaran etkisinin düşük olduğunu ortaya koymuşlardır [14].

Neeleman ve Rajerdran (2002), kısmi batık T tipi bir yüzer dalgakıranının dalga geçişi, yansımaya ve enerji sönümleme özelliklerini incelemişlerdir.

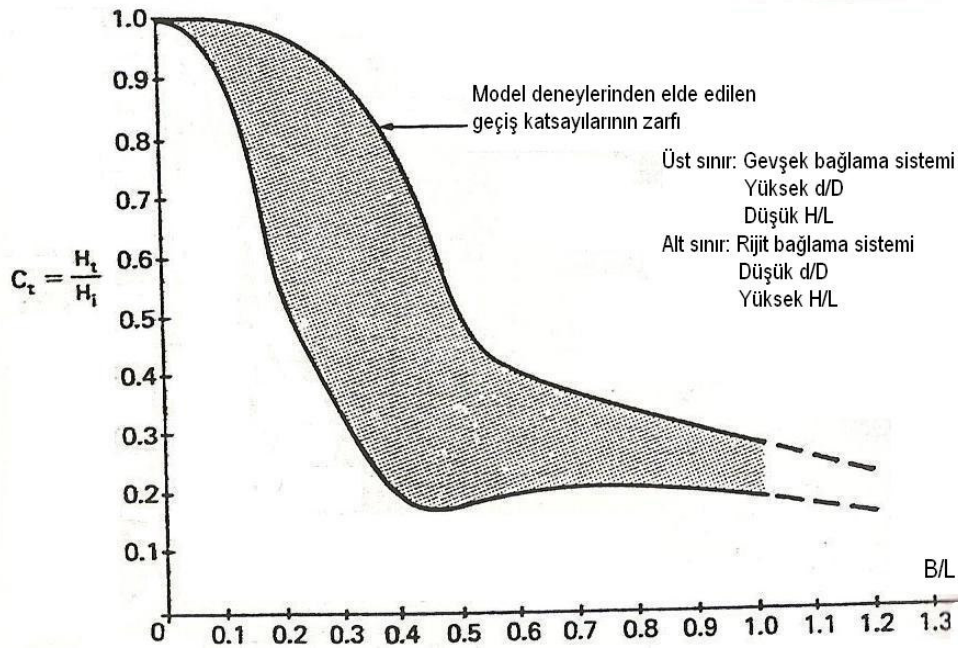
2.3. Yüzer Dalgakıranların Çalışma Prensipleri

Deniz tabanına dalga katarının ilerleme yönüne dik olarak bağlanmış, yüzen bir rijit cisim, dalga enerjisinin bir kısmını açık deniz cephesine yansıtır, ayrıca; yansıttığı enerjiye nispeten mertebesi düşük olmakla beraber, sürtünme ve türbülans yolu ile de enerji sönümler [4]. Bu sönümleme neticesinde, yapı önündeki dalgaya nazaran yapının kıyı cephesine geçen dalganın yüksekliği daha düşük, ancak periyodu aynıdır [4]. Yapı önü dalga yüksekliği H_i , yapı arkası dalga yüksekliği H_t ve yapıdan yansıyan dalga yüksekliği H_r olarak gösterilirse, bu üçü arasında aşağıdaki bağıntı geçerlidir [4]:

$$H_i^2 = H_r^2 + H_t^2 \quad (2.1)$$

Yapının arkasına geçen dalga yüksekliğinin yapıya etkiyen dalga yüksekliğine oranı geçiş katsayısı C_T olarak adlandırılır [4]:

$$C_T = H_t / H_i \quad (2.2)$$



Şekil 2.5: Dikdörtgen prizması kesitli yüzer bir cisim için B/L değerine bağlı olarak düzenli dalga etkisinde geçiş katsayıları değişimi diyagramı [4].

Denklem 2.2’de yapının enerji sönümlemediği kabul edilmektedir. Eğer enerjinin yapı tarafından sönümlenen bir kısmını ifade edecek olan ve enerji sönümleme katsayısı olarak adlandırılan bir C_L sönümleme katsayısı dikkate alınırsa, enerjinin korunumu ilkesinden yola çıkılarak, şu bağıntı elde edilir [11]:

$$C_T^2 + C_R^2 + C_L^2 = 1 \quad (2.3)$$

Geçiş katsayısının değerini etkileyen ana parametreler, yüzen cismin genişliğinin, yani dalganın ilerleme doğrultusundaki uzunluğunun, dalga boyuna oranı (B/L), bağl su derinliği (d/D), dalga dikliği (H/L) ve bağlama sisteminin rijitliğidir [4]. Şekil 2.5’te yukarıda belirtilen parametrelerin geçiş katsayısına etkileri, düzenli dalga etkisi altındaki dikdörtgen kutu kesitli bir yüzer dalgakıran için verilmiştir [4]. Genellikle, yapı genişliğinin dalga boyuna oranı B/L , 0.5 ve üzerinde değerler aldığı anda, yapı etkili bir dalga sönümleyici olarak çalışmakta; bu oran azaldıkça, daha fazla dalga enerjisi yapının kıyı tarafına geçmektedir [4]. B/L değerinin 0.2 ve daha düşük olması durumunda yapı yüzeyde dalga konturunu izlemekte ve sönümleme olmamakta, veya çok düşük mertebede olmaktadır [4].

Yapıdan yansıyan dalgalar, yüksek bağlama kuvvetlerine ve yapı önünde duran dalga oluşumuna sebep olurlar [4]. Genel olarak, bağlama kuvvetlerinin, bağlama sisteminin rijitliği ve yapının draftı ile doğru orantılı olduğu söylenebilir; bunun yanı sıra, yapı açık deniz cephesinin düşey duvar formunda olması da bağlama kuvvetlerini artırıcı niteliktedir [4].

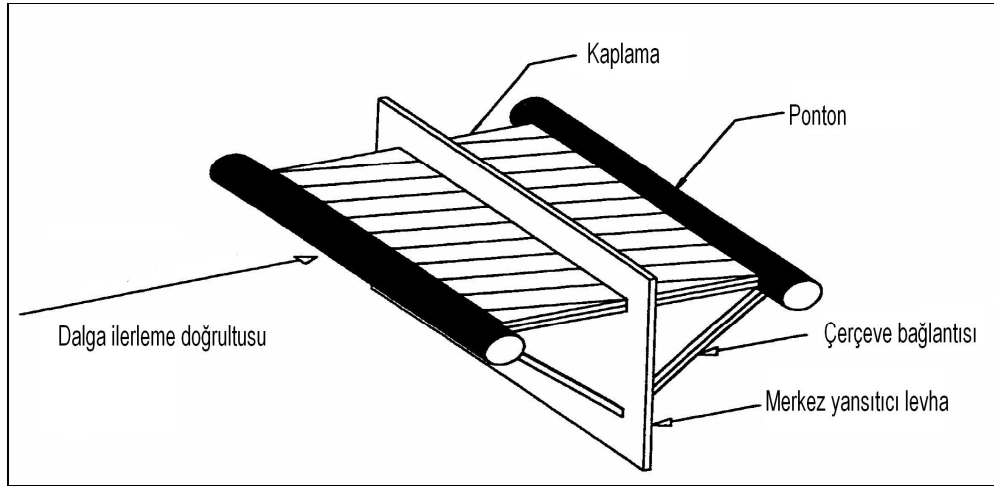
Yüzer dalgakıran sistemlerinin verimine dair önemli ve çoğu zaman ihmal edilen başka bir unsur, sistemin dalga normaline dik ekseni boyuncaki yapısal sürekliliği ve tasarım dalgası boyuna bağlı olarak bu doğrultudaki yapı uzunluğunun sağlanmasıdır [4]. Genel olarak, sistemin dalga kretine paralel uzunluğunun en az üç tasarım dalgası boyu mertebesinde olması ve sistemin bu uzunluk boyunca yapısal olarak mümkün olduğunca sürekli olması istenir [4].

2.4. Yüzer Dalgakıran Türleri

Yüzer dalgakıranlar, genel olarak, yansıtıcı ve/veya enerji sönümleyici olmak üzere sınıflandırılırlar [5]. Burada, [3]’te verilen sınıflandırma analogisi yazar tarafından benimsenmiş olup kısaca özetlenecektir.

2.4.1. Yansıma Tipi Yüzer Dalgakıranlar

Büyük düşey doğrultuda yerleştirilmiş levhalar yardımı ile dalga enerjisinin açık deniz tarafına yansıtılmak sureti ile sönümlenmesi prensibine göre tasarlanan yüzer dalgakıran türleridir [3]. Sistem performansı, açık deniz dalga ve yüksekliğine, yansıma yüzeyinin derinlik ve açısına ve modüllerin stabilitesine bağlı olup bu sabilitenin sağlanması için yeterli rijitlikte bağlama sistemlerine ihtiyaç duyulmaktadır [3]. Bazı durumlarda, dalga enerjisinin ikincil dalga katarlarına dönüşebildiği EDCL (1991) tarafından bildirilmiştir [3].

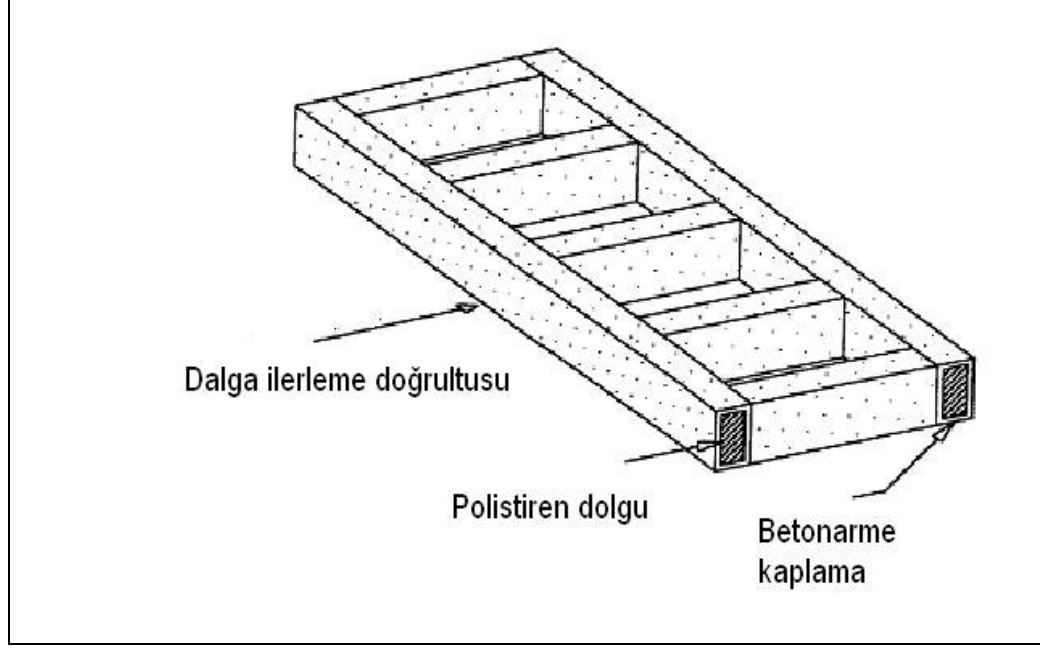


Şekil 2.6: A tipi yüzer dalgakıran [3].

Yansıma tipi yüzer dalgakıranlara bir örnek olarak A tipi yüzer dalgakıran, Şekil 2.6'da gösterilmiştir. A tipi yüzer dalgakıranlar, Kolombiya, İngiltere'de yaygın biçimde kullanılmaktadırlar [3].

2.4.2. Dönüşüm Tipi Yüzer Dalgakıranlar

Dönüşüm tipi yüzer dalgakıranlar, dalga enerjisini, kendi hareketleri doğrultusunda ürettikleri değişken yükseklik ve periyodlu ikincil dalgalar yardımı ile azaltmak amacını güderler [3]. Bu tip dalgakıranların en yüksek performansları, kendi hareketli ile oluşturdıkları dalga katarlarının açık deniz dalgaları ile farklı fazlarda olmaları durumunda görülür [3]. WCHL (1981), sönümleme kapasitesini etkileyen parametreleri sistemin kütlesi, doğal salınım frekansı ve yapı genişliğinin dalga boyuna oranı olarak belirtmiştir [3]. EDCL (1991), performans üzerinde sistemin bağlama rijitliğinin yansıma tipi yapılardaki kadar etkisinin olmadığını bildirmiştir [3].



Şekil 2.7: Alaska tipi yüzer dalgakıran [3].

Dönüşüm tipi dalgakıranlara örnek olarak Alaska tipi yüzer dalgakıran verilebilir (Şekil 2.7). Bu sistem, iki adet içi polistiren köpük ile doldurulmuş betonarme kutu ve bunları birbirine bağlayan çelik elemanlardan mürekkep katamaran gövdeli dubalardan ibaret olup Alaska kıyılarında bazı limanlarda kullanımdadır [3].

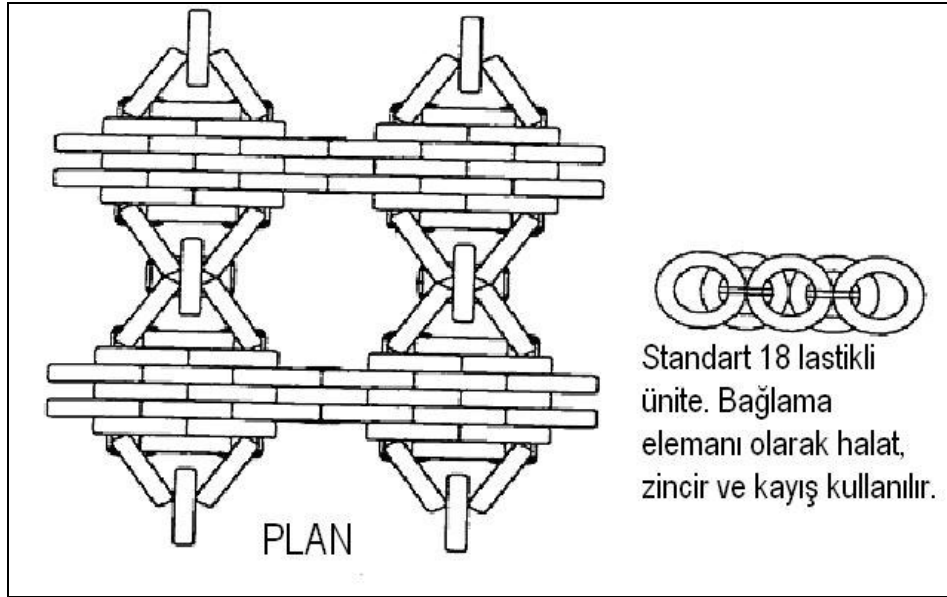
2.4.3. Sönümleme Tipi Yüzer Dalgakıranlar

Sönümleme tipi yüzer dalgakıranlarda dalga enerjisi, dalgaların sistemin eğimli yüzeyleri veya yapı elemanları üzerinde kırılması yoluyla sönümlenir [3]. WCHL (1981), bu tip yapıların performansının yapı geometrisine ve bağlama sisteminin rijitliğine bağlı olduğunu belirtmiştir [3]. EDCL (1991), bu tip yapıların belirgin dalga yüksekliğini azaltma kapsamında sınırlı kullanımda olduklarını, ancak rüzgar kaynaklı dik dalgalara karşı etkili olduklarını belirtmiştir [3]. Sönümleme tipi dalgakıranlara örnek olarak mat tipi, tethered tipi yüzer dalgakıranlar, esnek membranlar ve türbülans jeneratörleri örnek gösterilebilirler [3].

Mat tipi yüzer dalgakıranlar, kullanılmış otomobil ve kamyon lastiklerinin çeşitli şekillerde bir araya getirilmesi ile oluşturulan koruma yapılarıdır [1]. Maliyet düşüklüğü, imalat kolaylığı, diğer tiplere nazaran düşük bağlama kuvvetleri ve düşük yansıtma katsayısı bu sistemlerin olumlu yanlarını oluştururken, sınırlı ve nispeten hafif dalga iklimlerinde ($H_s = 0.90\text{m}$, $T = 3\text{s}$) kullanılabilmesi, lastiklerin içinin sediment ve yabancı madde ile dolabilmesinden kaynaklanan batma ihtimali ve

tahmini ömürlerinin 15-20 sene ile sınırlı olması, mat tipi yüzer dalgakıranların sakıncalıdır [1]. Ayrıca, sistemin etkili olabilmesi için dalga normali doğrultusundaki boyunun 3L-4L mertebelerinde olması gerektiğinden kapladığı alan, sistemler ile kıyaslandığında geniştir [3].

Şekil 2.8’de mat tipi dalgakıranlara bir örnek olan Good-Year tipi yüzer dalgakıranın plan ve kesiti görülmektedir.

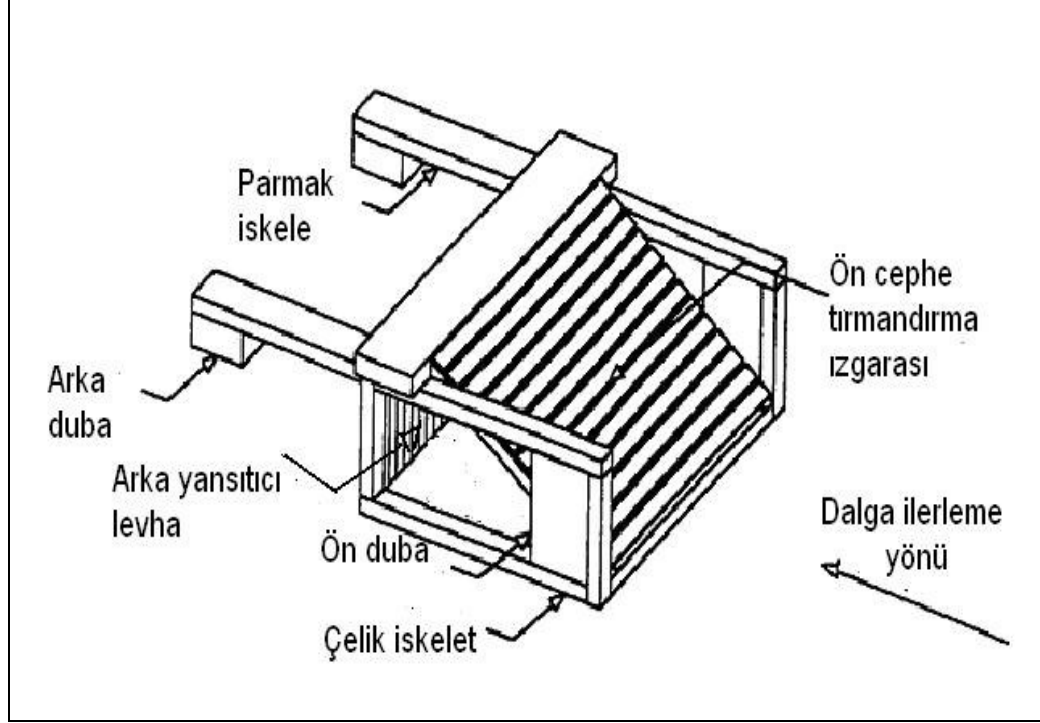


Şekil 2.8: Good Year tipi yüzer dalgakıran [3].

2.4.4. Melez Tip Yüzer Dalgakıranlar

Melez tip yüzer dalgakıranlarda geçen dalga yüksekliğinin azaltılması, yansıma, dönüşüm ve sönümlenme etkilerinin aynı anda veya arka arkaya beraber kullanılması yoluyla sağlanır [3]. Esas olarak bu üç etkinin bütün yüzer dalgakıran türlerinde kısmi de olsa görülmesine rağmen, karma tip yüzer dalgakıranların tasarımında etkilerin ortaklaşa kullanılması dikkate alınır [3].

Melez tip yüzer dalgakıranlara bir örnek, panel yansıtıcı tip yüzer dalgakıranlardır (Şekil 2.9). Sistemin çalışma esası, gelen dalganın öncelikle sistemin ön cephesinde bulunan boşluklu eğik düzlem üzerinde tırmandırılarak enerjisinin sönümlenmesi, bu aşamayı takiben, boşluklu düzlemden geçen dalganın bu düzlemin arkasındaki düşey levhadan geri yansıtılması ile geçen dalga enerjisinin azaltılmasına dayanmaktadır [3]



Şekil 2.9: Panel yansıtıcı tip yüzer dalgakıran [3].

Melez tipi yüzer dalgakıranlara başka bir örnek olarak batık plak dalgakıranlar verilebilir. Bu tip yüzer dalgakıranlar, sakin su seviyesinin altında sabitlenmiş yatay bir levhadan ibarettirler. Patarapanich ve Silvester, bu yerleştirme biçiminde, dalganın plağın üstünde kalan kısmı plağın kıyı tarafına doğru ilerlemeye devam etmekte; plağın alt kısmında ise dalgadan kaynaklanan basınç ve parçacık hareketi doğrudan plağın kıyı cephesine iletilmekte olduğunu belirtmişlerdir [6]. Plak üzerindeki dalganın tepesi plağın açık deniz, çukuru da kıyı kenarına ulaştığı zaman, yukarıya doğru bir akım oluşmakta ve buna bağlı olarak meydana gelen türbilans ile dalga enerjisinin bir kısmı sönümlenmektedir [6]. Bunun dışında, plağın her iki kenarından dalgalar açık denize doğru yansıtılmakta olan ve plak üzerinde karşılaşan iki dalga tepesi dalga kırılmasına yol açarak enerji sönümlemektedir [6].

2.5. Yüzer Dalgakıranların Avantaj ve Dezavantajları

Yüzer dalgakıranların, klasik dalgakıran tiplerine göre fayda ve sakıncaları aşağıdaki başlıklarda kısaca özetlenmiştir.

2.5.1. Yüzer Dalgakıranların Avantajları

2.5.1.1. Yapım Maliyeti

Derin sularda, klasik tipler ile kıyaslandığında, yüzer dalgakıranlar, daha ekonomik bir çözüm oluşturmaktadırlar [3,5]. Deniz tabanından kret kotuna kadar bir yüksekliği kapatmak durumunda olan klasik dalgakıranların maliyeti, gerekli malzeme hacmi bu kapsamda düşünüldüğünde, su derinliği ile orantılı olarak artmaktadır. Bilhassa şevli dalgakıranlarda bu artışın, şekil faktörü dikkate alınmak sureti ile yüksekliğin karesi ile orantılı olduğu söylenebilir.

Malzeme maliyeti dışında, şevli ve düşey yüzlü klasik dalgakıranların, zayıf zeminlerde inşalarının olumsuz olduğu bilinmektedir [1]. Büyük ebatlı bir koruma yapısı, inşa edildiği zeminde büyük gerilme artışlarına yol açacaktır [2]. Bunun yanısıra, klasik tip dalgakıranlarda, büyük deniz tabanı eğimi değerleri için stabilite sorunu da gözlenmektedir [2]. Yüzer dalgakıranlar, zemin gerilmelerinde her hangi bir artışa sebep olmazlar, bu nedenle, uygun bağlama ve demirleme ekipmanının kullanılması koşulu ile, zayıf zeminlerde inşaları uygundur [2,3].

2.5.1.2. Modülerlik

Nakledilebilirlik, yeniden kullanılabilirlik ve tasarım esneklikleri sayesinde yüzer dalgakıranlar, bir uygulama bölgesinden başka bir yere taşınabilir, burada yeniden kurulabilir özelliktedirler [2]. Bunun yanısıra, yukarıda belirtilen özelliklerinden ötürü, gerekli durumlarda, mevcut bir liman yapısının yerleşiminin değiştirilmesi ve/veya büyütülmesi amacı ile aynı limanda yer ve konumları da değiştirilebilir [2].

2.5.1.3. Kıyı Boyu Katı Madde Hareketinin Engellenmemesi

Genel olarak kıyı yapılarının büyük çoğunluğu dalga, akıntı veya bunların beraber etkileri altında bulunan yakın kıyı bölgesindeki deniz tabanına otururlar [1]. Bu bölge içerisinde deniz tabanını oluşturan malzemeler bazı kıyılarda oldukça hareketli bulunmakta ve çeşitli yönlerde taşınmaktadırlar [1]. Herhangi bir yapay etki

olmaksızın doğal kıyı uzun zaman dilimlerinde stabil kalabilmektedir [1]. Bununla beraber, bu bölgede inşa edilen tabana oturan bir kıyı yapısı, kendi içinde dengede olan kıyı hattında katı maddenin taşınım güzergahında bir engel oluşturacak; buna bağlı olarak bu tip bir yapının, hakim sediment taşınım doğrultusuna bağlı olarak, bir cephesinde kıyıda oyulma, diğer cephesinde ise yığılma meydana gelecektir. Bu oluşum, uygulamada liman kumlanma problemi olarak görülmektedir [1].

Kıyı mühendisliğinde yeni bir eğilim, kıyılarda öngörülecek yapıların doğal dengeye mümkün olduğunca uyum sağlayan özelliklerde tasarlanması yönündedir [1]. Bu kapsamda ele alındıklarında, yüzer dalgakıranlar, taban hareketini engellenmesine sebep olacak bir şekilde inşa edildikleri alanda deniz tabanını kapatmadıkları için, kendi içinde dengede olan kıyı boyu katı madde taşınımını etkilemez veya klasik tipteki dalgakıranlara oranla çok az etkilerler; bu sebeple, doğal dengenin korunması açısından klasik tipteki dalgakıranlara nazaran daha elverişli yapılardır.

2.5.1.4. Liman İçi Sirkülasyonun Engellenmemesi

Yüzer dalgakıranların ideal bir kıyı koruma yapısı olarak önemlerinin artmasında, liman içerisinde su kalitesinin bozulmamasını sağlamalarının da önemi vardır [1]. Klasik tipteki dalgakıranlar gibi korunmuş bölge etrafında bir düşey perde oluşumu ve bu sayede akıntı etkilerinin liman içine ulaşamamasından kaynaklanan liman içi kirliliği sorunu, yüzer dalgakıranlar ile asgariye indirilebilir [5]. Sirkülasyon ile yüzer dalgakıranların etkileşimi çok düşüktür [2].

2.5.2. Yüzer Dalgakıranların Olumsuz Özellikleri

2.5.2.1. Performans Özellikleri

Yüzer dalgakıranlar, belli bir frekans aralığındaki dalgaların yüksekliklerini etkili bir biçimde azaltabilirler [2]. Ancak, yapı arkasında dalga hareketinin devam etmesine mani olmazlar [3]. Ayrıca, uzun periyodlu dalgalarda performansları klasik dalgakıranlara nazaran düşüktür [2,4,5]. Yüzer dalgakıran yapılarının etkili olacağı dalga periyodu üst sınırı 4 ila 6 saniye olarak verilebilir; bununla beraber, uygulamada çoğu yüzer dalgakıran, 4 saniye veya daha düşük periyodlu dalgalar için tasarlanmışlardır [7].

2.5.2.2. Hasar Durumunda Davranış

Klasik (tabana oturan) bir dalgakıran yapısında fırtına sırasında hasar oluşumu, genellikle kendini belli eder bir biçimde meydana gelmektedir [2]; ayrıca, oluşan hasar yapının tamamının göçmesine sebebiyet vermemekte ve kısmi olsa dahi işlevini sürdürebilmesine imkan tanımaktadır [1,2]. Yüzer dalgakıranlarda ise katastrofik fırtınalar sırasında hasar ani olarak ve herhangi bir belirti göstermeden meydana gelmektedir [2,5]. İyi tasarlanmamış yüzer dalgakıranlarda, fırtına sırasında modüller birbirleri ile çatışmak suretiyle hasar alabilirler [1]. Bunun yanısıra, yüzer dalgakıran korumasındaki bir limanın kendisi, içinde bulunan tekne ve yüzer ekipman ve rıhtım ekipmanı, bağlama ve demirleme ekipmanında olası bir hasar ve/veya hata durumunda tehlike altında kalabilirler [2].

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Bu bölümde, çalışmanın konusunu oluşturan deneysel incelemede kullanılan deney sistemi, model düzeni ve deney bulgularının elde edilmesine ilişkin yöntemler açıklanmıştır.

3.1. Deney Sistemi

Deney sistemi, genel olarak, deneylerin gerçekleştirildiği dalga kanalı, dalga üretici, veri kayıt sistemi ve model olmak üzere dört ana elemandan oluşmaktadır. Bu elemanlara dair açıklamalar, müteakip alt başlıklarda sunulmuştur.

3.1.1. Dalga Kanalı

Deneylerde, İTÜ İnşaat Fakültesi Hidrolik Laboratuvarında bulunan 24.00 x 6.00 x 1.60 m boyutlarındaki dalga kanalı kullanılmıştır. Deneyler süresince dalga kanalı, farklı modellerin aynı dalga koşullarında incelenmesine olanak verecek biçimde kendi içinde cam paneller marifetiyle bölmelere ayrılmıştır. Bu paneller, modellerin yerleştirileceği alanda, modellerden yaklaşık olarak 150 cm kadar dalga paleti tarafından başlatılmış ve modelin yaklaşık 60 cm arkasında sona erdirilmişlerdir. Panel yükseklikleri, kanal tabanından itibaren 125 cm'dir.

Kanalın etrafını çevreleyen ve kanal tabanından 140 cm kadar yukarıda bulunan beton bir platform üzerinden gözlem yapılmaktadır. Veri alma teçhizatı da bu platform üzerinde tesis edilmiştir.

Platform haricinde, prob yerleştirilmesi ve gözlem yapılması amaçlı kullanılan ve kanalı enlemesine geçen üç adet çelik konstrüksiyon iskele yapısı mevcuttur. Bunların iki tanesinden silindirlerin bağlanması ve konfigürasyonların düzenlenmesinde de istifade edilmiştir.

Kanalın boş durumunda dalga paleti arkasından bir görünüşü Şekil 3.1'de verilmiştir. Kanal içinde uygulanan bölmeleme, deney elemanları ve model yerleşim krokisi Şekil 3.2'de belirtilmiştir.

Kullanılan kanalın cidarlarının beton olması nedeni ile, pürüz etkisinin minimuma indirilmesi gerekmiş, buna bağlı olarak, kanalın cidarlarına komşu olan bölmelerde model yerleşimi ve/veya ölçüm yapılmamıştır.



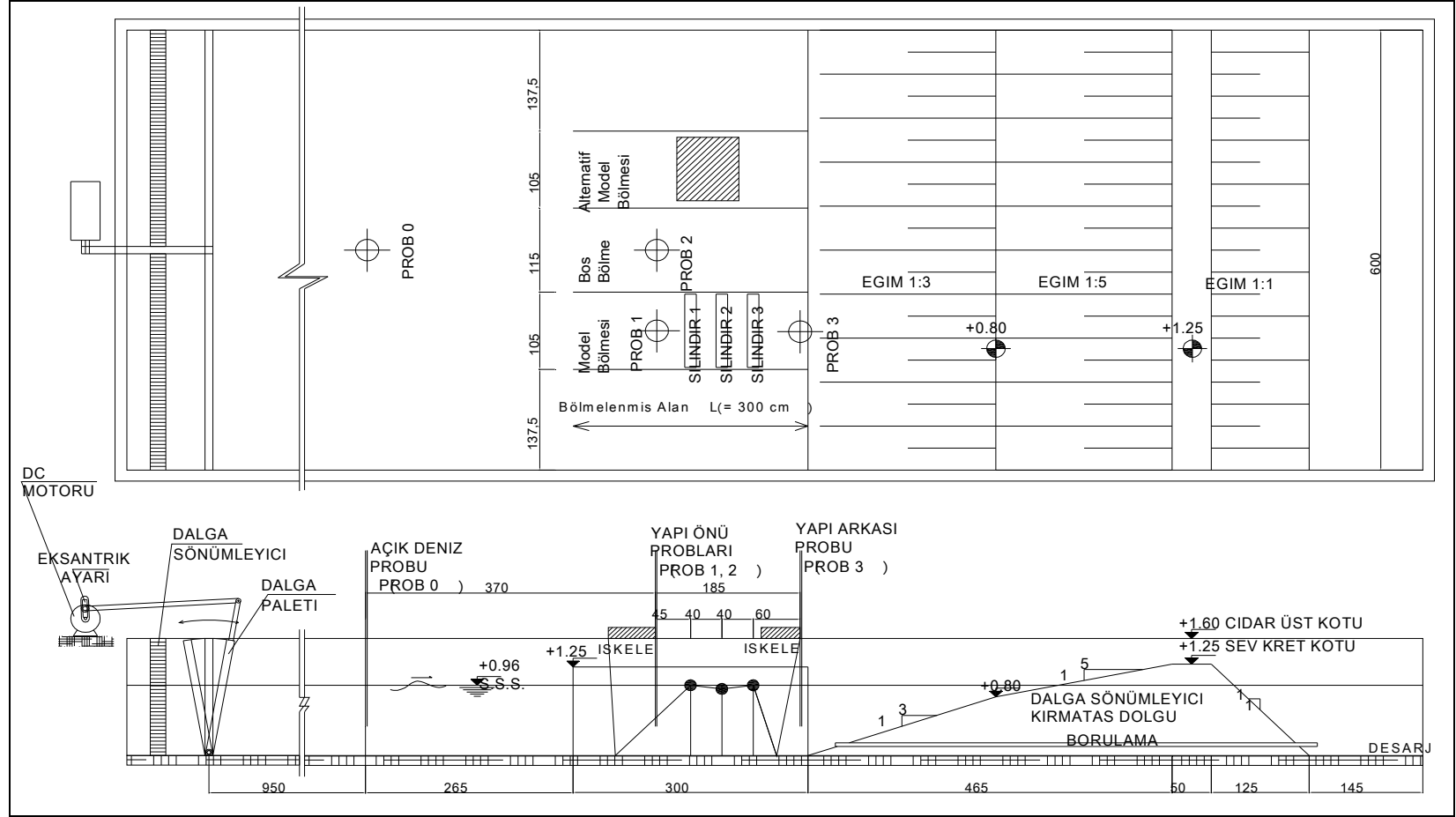
Şekil 3.1: Deneylerde kullanılan dalga kanalı ve dalga paleti

3.1.2. Dalga Üretici

Deneylerde kullanılan dalga üretici, dalga paleti, doğru akım motoru, redresör, eksantrik ayarı ve tahrik mekanizmasından oluşmaktadır. Bu tip bir üretici ile sadece düzenli dalga serileri üretilebilmektedir.

Dalga hareketi, doğru akım motoruna monte edilmiş krank-biyel tipi tahrik mekanizmasının dalga paletine bir basit salınım hareketi yaptırması ile sağlanmaktadır. Böylelikle periyodu ve genliğine istenilen değerler verilebilen düzenli dalgalar üretilmektedir. Periyod, motor hızının redresörle değiştirilmesi ile, genlik değeri ise, krank-biyel mekanizmasının eksantrikliğinin değiştirilmesi sureti ile ayarlanmaktadır.

Dalga paleti, 5.90 m x 1.45 m boyutlarında çelik kutu kesitlidir. Bu paletin arkasına, çalışma sırasında oluşacak dalgaları sönmölemek ve arka bölgede oluşan çalkantının



Şekil 3.2: Deneyler için hazırlanmış dalga kanalının plan ve boykesiti ve model ve problemlerin kanal içinde yerleşimi. Kotlar [m], ölçüler [cm] cinsindendir.

deney bölgesine geçmesini engellemek amacı ile delikli tuğladan imal edilmiş bir dalga sönümleyici yerleştirilmiştir.

3.1.3. Veri Kayıt Sistemi

Deneylerde, dalga verilerinin kayıt edilmesi için 4 adet rezistans tipi dalga probu kullanılmış ve su yüzü profili verileri 20 Hertz frekans ile kayıt edilmiştir .

Rezistans tipi dalga problemleri, sabit bir mesafe ile birbirinden ayrılmış iki adet telden oluşan ve dalga normaline dik olarak yerleştirilen ölçüm elemanlarıdır [10]. Operasyon esnasında, yüksek frekanslı alternatif akım bu tellerden geçirilerek tellerin arasındaki iletkenlik ölçülmektedir [10]. Bu iletkenlik, probun suya batık olan boyu ve suyun iletkenliği ile orantılıdır [10].

Problarda su yüzeyinin salınımı sırasında tellerin arasındaki su sütunundan oluşan direnç değişimi, dalga monitörü ile kuvvetlendirildikten sonra sinyal analog-dijital kart yardımıyla dijital forma dönüştürülerek deney bilgisayarına yüklenmektedir. Tüm deneylerde data alma frekansı her prob için 20 Hertzdir.

Problar, kanal içerisinde, açık deniz probu (Prob No. 0), yapı önü problemleri (Prob No. 1 ve 2), yapı arkası probu (Prob No. 3) olmak üzere yerleştirilmişlerdir (Şekil 3.2). Yapı önü problemlerinin bir tanesi (Prob No. 1), yapının önüne yerleştirilmiş, diğeri ise (Prob No. 2) yapının bulunduğu bölmenin yanındaki boş bölmeye, 1 No'lu prob ile paralel olacak biçimde yerleştirilmiştir. Burada amaç, geçiş katsayılarının hesaplanmasında açık deniz dalgasının yapı önüne gelene kadar geçireceği değişimlerin ve 1 No'lu probdan alınan veri içinde olacak olan yansıma bileşenlerinin sonuçlara etkimelerinin önüne geçmektir. Başka bir deyişle, 2 No'lu prob, yapının bulunmadığı durum için, yapı koordinatında görülen yaklaşan dalga değerlerini, yapıdan yansıyan dalga etkisini içermeksizin doğrudan verecek niteliktedir.

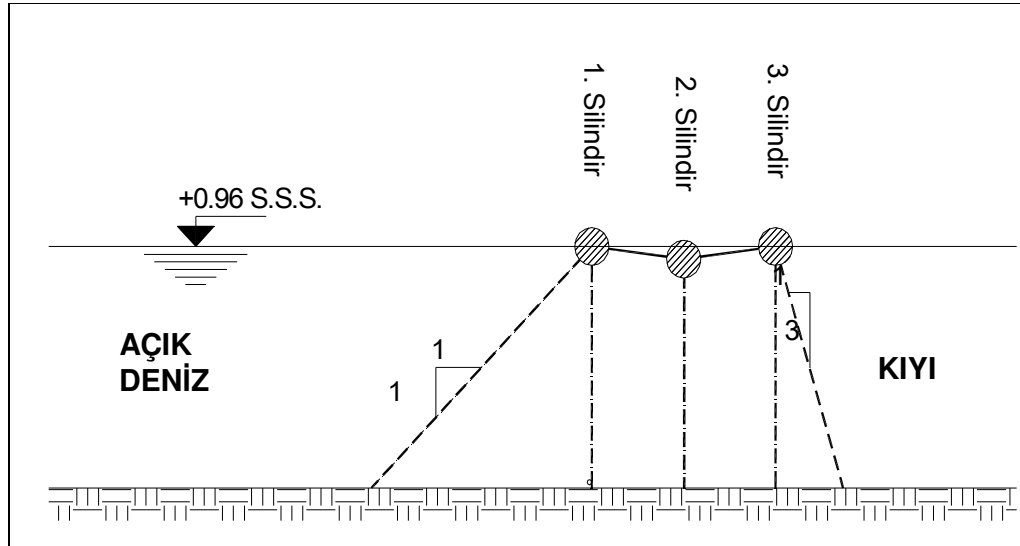
3.2. Model

Deneylerde kullanılan model, üç adet yatay silindirden ibarettir. Tüm silindirler, 980 mm boyunda, 150 mm çapında HDPE borudan imal edilmiş olup uçları kapatılmıştır. Her silindirin üzerinde 4 adet 12 mm çapında yuva bulunmakta olup bu yuvalar, silindirlere balast malzemesi eklenmesi gereksinimi için kullanılmak üzere

açılmışlardır. Deneyler sırasında boruların tesbiti, iplerin bu yuvalara monte edilen civatalara bağlanması yardımı ile yapılmış; gerekli sızdırmazlığın sağlanması için yuva ve civatalar arasında teflon bant kullanılmıştır.

Modeli oluşturan silindirler, açık denizden kıyıya doğru 1. silindir, 2. silindir ve 3. silindir olarak adlandırılacaklardır.

Modelin bağlama sistemi, her bir silindiri tabana bağlayan düşey halatları temsil eden ipler, 1. ve 3. silindiri yatayda 2. silindire bağlayan ara bağlantı ipleri, 1. silindirin yatayda hareketini engellemek amaçlı bu silindiri açık deniz doğrultusunda yaklaşık 1:1 eğim ile tabana bağlayan ön gergi ipleri ve 3. silindirin açık denize doğru hareketini engellemek amaçlı 3. silindirden kıyı doğrultusunda yaklaşık 3:1 eğimle tabana bağlanan arka gergi iplerinden oluşmaktadır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3: Sisteme tatbik edilen bağlama düzeni. Kesikli çizgi ile gösterilen halatlar kanal dışından kontrol edilebilmektedirler.

Model, kanal içinde, silindirlerin su içindeki seviyeleri kanal dolu iken dışarıdan ayarlanabilecek biçimde kurulmuştur. Bu amaçla, kanal tabanına yerleştirilen makara sistemi ile bağlama ipleri modelin ön ve arkasında bulunan iskelelere döndürülmüş ve buralarda çözülebilir biçimde sabitlenmişlerdir. Uygulanan bu sistem, konfigürasyon değişikliği sürelerinin çok kısa olmasını sağlamıştır.

Modelin kıyı tarafında, dalga etkisi altında oluşacak yansımayı asgariye indirmek amacı ile 1-2cm kırmataş malzeme kullanılarak bir sönümleme şevi inşa edilmiştir. Bu şevin eğimi, kanal tabanında 1:3'ten başlayarak krete doğru 1:5'e inecek özellikte düzenlenmiştir.

3.3. Deney Prosedürü

Tüm deneyler, İTÜ Hidrolik Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Çalışma, düşeyde farklı derinliklerine bağlı olarak performans incelenmesini kapsayan ön deneyler ve optimum konfigürasyona dair performans özelliklerini elde etmek amacı ile yürütülen performans deneyleri olmak üzere iki aşamadan oluşmaktadır.

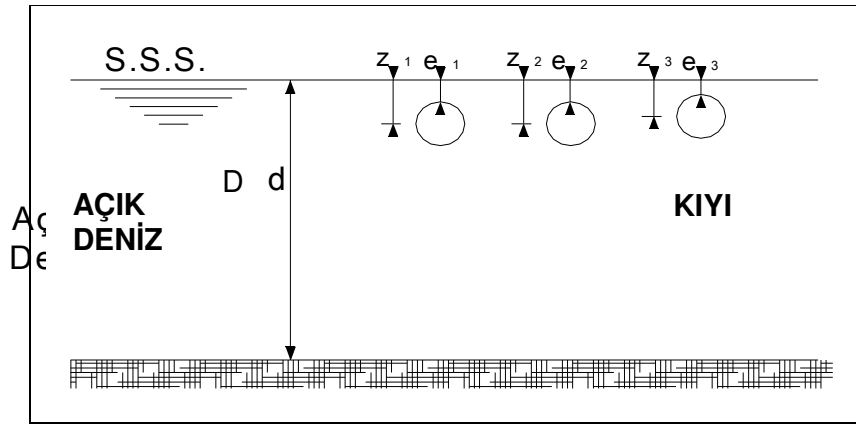
Tüm deneyler, düzenli dalga etkisi altında, su derinliği 96 cm değerinde sabit tutularak gerçekleştirilmiştir. Doğada çok nadir rastlanan bir durum olmakla beraber, düzenli dalgalar, yapı-akışkan etkileşiminin fiziksel olarak ortaya konulmasında düzensiz dalgalara nazaran büyük kolaylık sağlarlar [9].

3.3.1. Ön Deneyler

Ön deneyler kapsamında, mevcut model, silindirlerin düşeyde farklı yerleşim kombinasyonlarını içeren 80 farklı konfigürasyonda dörder adet farklı dalga serisine tabi tutulmuştur. Data alma süreleri, yansıma etkileri ve kanalın enine doğrultusunda oluşan çalkantı dikkate alınarak 90 saniye ile sınırlı tutulmuştur.

Deney numaralarında kullanılan notasyon sisteminde üç haneli set isimleri kullanılmıştır. Burada ilk iki hane konfigürasyon numarasını, son hane ise yollanan dalga serisini ifade etmektedir.

Tüm konfigürasyonlar, Seri 4, Seri 5, Seri 6 ve Seri 7 olarak adlandırılan aynı dalga serileri etkisinde test edilmişlerdir. Bu serilerin özelliği, seri numarası arttıkça dalga frekansının artmasıdır.



Şekil 3.4: Silindirlerin düşeydeki koordinatlarını belirtmek için kullanılan notasyonlar.

Ön deneyler kapsamında test edilen konfigürasyonlara dair silindir yerleşim özelliklerini belirtmede kullanılan büyüklükler Şekil 3.4'te resmedilmiş; Tablo 3.1'de bu büyüklüklere bağlı olarak silindir yerleşimleri ifade edilmiştir.

Sistemin deneyler sırasında alınan bir görüntüsü Şekil 3. 5'te verilmiştir.



Şekil 3.5: Sistemin kanal içinde yerleşimine dair deneyler sırasında alınmış bir görüntü. Resmin ortasında görünen çelik lama, bölme camını üst kenarından mesnetlemektedir. Konfigürasyon 33, Set 6.

3.3.2. Performans Deneyleri

Performans deneyleri, ön deneyler kapsamında test edilen konfigürasyonların en iyi performansı sağlayan üç tanesine tatbik edilmişlerdir. Bu aşamada, her bir konfigürasyon, 28 farklı dalga serisi ile test edilmiştir. Data alma süreleri, genelde 90 saniye seçilmekle beraber, yansıma ve enine çalkantının erken oluştuğu bazı setlerde 60 saniye olarak belirlenmiştir. Bu setlere ve değerlendirilmelerine 4. ve 5. bölümlerde ayrıntılı olarak değinilecektir.

Tablo 3.1. Ön deneylerde incelenen konfigürasyonların düşeyde yerleşimi.

Konfigürasyon No.	Silindir Batırma Derinlikleri (bkz. Şekil 3.4)								
	Su seviyesinden silindir üst cidarına olan mesafe			Su seviyesinden silindir eksenine olan mesafe			Bağıl silindir eksen derinliği		
	e_1 [cm]	e_2 [cm]	e_3 [cm]	z_1 [cm]	z_2 [cm]	z_3 [cm]	z_1/D	z_2/D	z_3/D
5	20.0	10.0	5.0	27.5	17.5	12.5	0.286	0.182	0.130
6	20.0	10.0	0.0	27.5	17.5	7.5	0.286	0.182	0.078
7	20.0	10.0	-5.0	27.5	17.5	2.5	0.286	0.182	0.026
8	20.0	10.0	-7.5	27.5	17.5	0.0	0.286	0.182	0.000
9	20.0	10.0	-8.5	27.5	17.5	-1.0	0.286	0.182	-0.010
10	20.0	5.0	5.0	27.5	12.5	12.5	0.286	0.130	0.130
11	20.0	5.0	0.0	27.5	12.5	7.5	0.286	0.130	0.078
12	20.0	5.0	-5.0	27.5	12.5	2.5	0.286	0.130	0.026
13	20.0	5.0	-7.5	27.5	12.5	0.0	0.286	0.130	0.000
14	20.0	5.0	-8.5	27.5	12.5	-1.0	0.286	0.130	-0.010
15	20.0	0.0	5.0	27.5	7.5	12.5	0.286	0.078	0.130
16	20.0	0.0	0.0	27.5	7.5	7.5	0.286	0.078	0.078
17	20.0	0.0	-5.0	27.5	7.5	2.5	0.286	0.078	0.026
18	20.0	0.0	-7.5	27.5	7.5	0.0	0.286	0.078	0.000
19	20.0	0.0	-8.5	27.5	7.5	-1.0	0.286	0.078	-0.010
20	20.0	-5.0	5.0	27.5	2.5	12.5	0.286	0.026	0.130
21	20.0	-5.0	0.0	27.5	2.5	7.5	0.286	0.026	0.078
22	20.0	-5.0	-5.0	27.5	2.5	2.5	0.286	0.026	0.026
23	20.0	-5.0	-7.5	27.5	2.5	0.0	0.286	0.026	0.000
24	20.0	-5.0	-8.5	27.5	2.5	-1.0	0.286	0.026	-0.010
25	10.0	5.0	5.0	17.5	12.5	12.5	0.182	0.130	0.130
26	10.0	5.0	0.0	17.5	12.5	7.5	0.182	0.130	0.078
27	10.0	5.0	-5.0	17.5	12.5	2.5	0.182	0.130	0.026
28	10.0	5.0	-7.5	17.5	12.5	0.0	0.182	0.130	0.000
29	10.0	5.0	-8.5	17.5	12.5	-1.0	0.182	0.130	-0.010
30	10.0	0.0	5.0	17.5	7.5	12.5	0.182	0.078	0.130
31	10.0	0.0	0.0	17.5	7.5	7.5	0.182	0.078	0.078
32	10.0	0.0	-5.0	17.5	7.5	2.5	0.182	0.078	0.026
33	10.0	0.0	-7.5	17.5	7.5	0.0	0.182	0.078	0.000
34	10.0	0.0	-8.5	17.5	7.5	-1.0	0.182	0.078	-0.010
35	10.0	-5.0	5.0	17.5	2.5	12.5	0.182	0.026	0.130
36	10.0	-5.0	0.0	17.5	2.5	7.5	0.182	0.026	0.078
37	10.0	-5.0	-5.0	17.5	2.5	2.5	0.182	0.026	0.026
38	10.0	-5.0	-7.5	17.5	2.5	0.0	0.182	0.026	0.000
39	10.0	-5.0	-8.5	17.5	2.5	-1.0	0.182	0.026	-0.010
40	5.0	5.0	5.0	12.5	12.5	12.5	0.130	0.130	0.130
41	5.0	5.0	0.0	12.5	12.5	7.5	0.130	0.130	0.078
42	5.0	5.0	-5.0	12.5	12.5	2.5	0.130	0.130	0.026
43	5.0	5.0	-7.5	12.5	12.5	0.0	0.130	0.130	0.000
44	5.0	5.0	-8.5	12.5	12.5	-1.0	0.130	0.130	-0.010

Tablo 3.1. Ön deneylerde incelenen konfigürasyonların düşeyde yerleşimi -devamı

Konfigürasyon	Silindir Batırma Derinlikleri (bkz. Şekil 3.4)								
	Su seviyesinden silindir üst cidarına olan mesafe			Su seviyesinden silindir eksenine olan mesafe			Bağıl silindir eksen derinliği		
	e_1 [cm]	e_2 [cm]	e_3 [cm]	z_1 [cm]	z_2 [cm]	z_3 [cm]	z_1/D	z_2/D	z_3/D
45	5.0	0.0	5.0	12.5	7.5	12.5	0.130	0.078	0.130
46	5.0	0.0	0.0	12.5	7.5	7.5	0.130	0.078	0.078
47	5.0	0.0	-5.0	12.5	7.5	2.5	0.130	0.078	0.026
48	5.0	0.0	-7.5	12.5	7.5	0.0	0.130	0.078	0.000
49	5.0	0.0	-8.5	12.5	7.5	-1.0	0.130	0.078	-0.010
50	5.0	-5.0	5.0	12.5	2.5	12.5	0.130	0.026	0.130
51	5.0	-5.0	0.0	12.5	2.5	7.5	0.130	0.026	0.078
52	5.0	-5.0	-5.0	12.5	2.5	2.5	0.130	0.026	0.026
53	5.0	-5.0	-7.5	12.5	2.5	0.0	0.130	0.026	0.000
54	5.0	-5.0	-8.5	12.5	2.5	-1.0	0.130	0.026	-0.010
55	0.0	5.0	5.0	7.5	12.5	12.5	0.078	0.130	0.130
56	0.0	5.0	0.0	7.5	12.5	7.5	0.078	0.130	0.078
57	0.0	5.0	-5.0	7.5	12.5	2.5	0.078	0.130	0.026
58	0.0	5.0	-7.5	7.5	12.5	0.0	0.078	0.130	0.000
59	0.0	5.0	-8.5	7.5	12.5	-1.0	0.078	0.130	-0.010
60	0.0	0.0	5.0	7.5	7.5	12.5	0.078	0.078	0.130
61	0.0	0.0	0.0	7.5	7.5	7.5	0.078	0.078	0.078
62	0.0	0.0	-5.0	7.5	7.5	2.5	0.078	0.078	0.026
63	0.0	0.0	-7.5	7.5	7.5	0.0	0.078	0.078	0.000
64	0.0	0.0	-8.5	7.5	7.5	-1.0	0.078	0.078	-0.010
65	0.0	-5.0	5.0	7.5	2.5	12.5	0.078	0.026	0.130
66	0.0	-5.0	0.0	7.5	2.5	7.5	0.078	0.026	0.078
67	0.0	-5.0	-5.0	7.5	2.5	2.5	0.078	0.026	0.026
68	0.0	-5.0	-7.5	7.5	2.5	0.0	0.078	0.026	0.000
69	0.0	-5.0	-8.5	7.5	2.5	-1.0	0.078	0.026	-0.010
70	-5.0	5.0	5.0	2.5	12.5	12.5	0.026	0.130	0.130
71	-5.0	5.0	0.0	2.5	12.5	7.5	0.026	0.130	0.078
72	-5.0	5.0	-5.0	2.5	12.5	2.5	0.026	0.130	0.026
73	-5.0	5.0	-7.5	2.5	12.5	0.0	0.026	0.130	0.000
74	-5.0	5.0	-8.5	2.5	12.5	-1.0	0.026	0.130	-0.010
75	-5.0	0.0	5.0	2.5	7.5	12.5	0.026	0.078	0.130
76	-5.0	0.0	0.0	2.5	7.5	7.5	0.026	0.078	0.078
77	-5.0	0.0	-5.0	2.5	7.5	2.5	0.026	0.078	0.026
78	-5.0	0.0	-7.5	2.5	7.5	0.0	0.026	0.078	0.000
79	-5.0	0.0	-8.5	2.5	7.5	-1.0	0.026	0.078	-0.010
80	-5.0	-5.0	5.0	2.5	2.5	12.5	0.026	0.026	0.130
81	-5.0	-5.0	0.0	2.5	2.5	7.5	0.026	0.026	0.078
82	-5.0	-5.0	-5.0	2.5	2.5	2.5	0.026	0.026	0.026
83	-5.0	-5.0	-7.5	2.5	2.5	0.0	0.026	0.026	0.000
84	-5.0	-5.0	-8.5	2.5	2.5	-1.0	0.026	0.026	-0.010

4. DENEYLER VE DEĞERLENDİRMELER

Daha önce de belirtilmiş olduğu gibi, çalışmanın amacı, üç adet yatay daire keistli silindirden oluşan bir yüzer dalgakıranının optimum performansı için gerekli olan silindir derinliklerinin tayinidir. Bu amaçla yürütölmüş olan deneylerin analiz edilmelerine dair bilgiler ve analiz sonuçları bu bölümde verilmişlerdir.

4.1. Su Yüzü Profilleri, Dalga İstatistikleri ve Geçiş Katsayılarının Tayininde İzlenen Metod

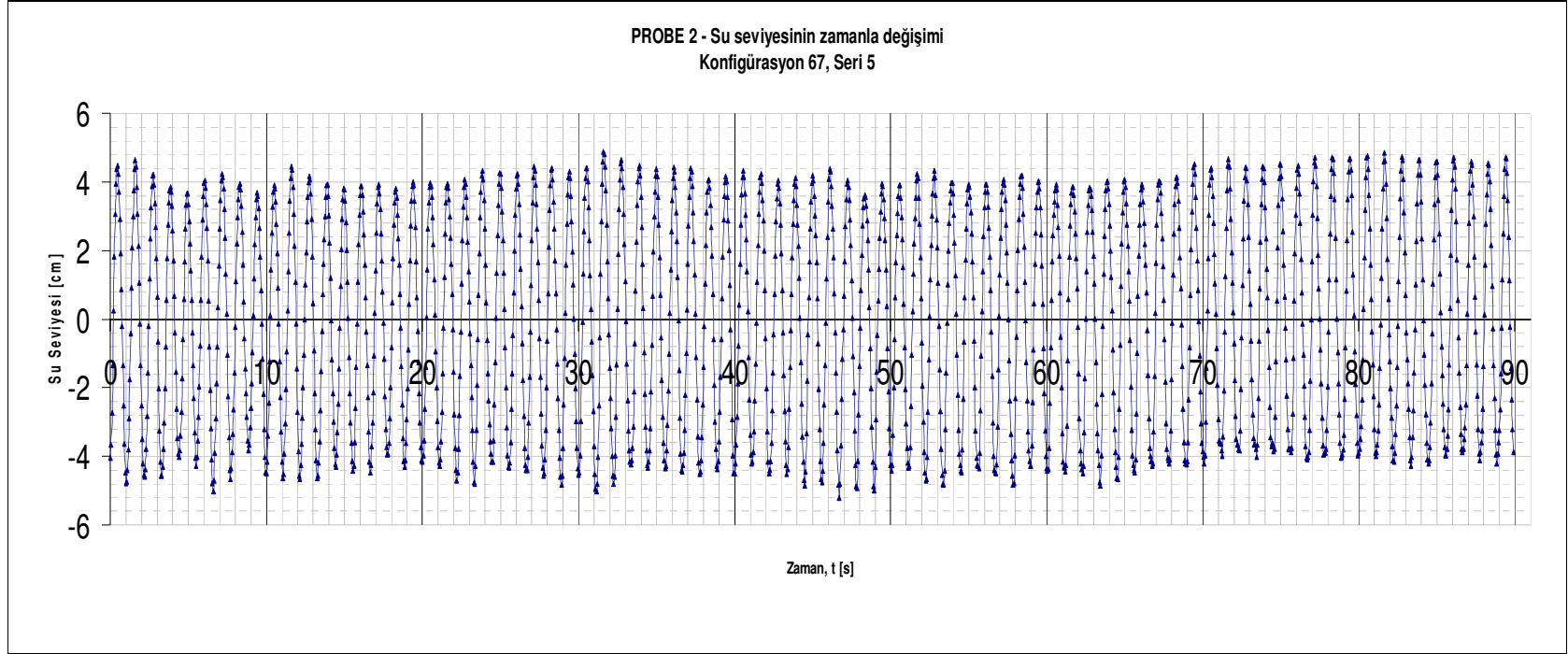
Dalga problarından alınan su seviyesi-zaman verilerinden dalgaların elde edilmesi için, öncelikle okunan volt değeri, deneyler öncesinde hazırlanan kalibrasyon dosyalarından elde edilen kalibrasyon eğrisi denklemi ve İTÜ tarafından hazırlanan CVR programı kullanılarak su seviyesi değeriine çevirilmişir. Yukarıda açıklanan biçimde elde edilen bir zaman serisi, Şekil 4.1’de yapı önü yaklaşan dalgası için, Şekil 4.2’de yapı arkası geçen dalga için gösterilmişlerdir.

Bu aşamayı müteakip, yazar tarafından hazırlanan dalga istatistiğı hesaplama programı kullanılarak, dalgalara ait karakteristik değeri elde edilmişir.

Belirtilen program, girilen prob numaralarına ilişkin su seviyesi değışimi verilerini girdi olarak almakta, ilk aşamada, bu verileri grafik olarak göstermekte, bunu müteakip seçime bağılı olarak sıfırı aşğı ve/veya yukarı kesme metodu ile yarı dalga ve dalgaları ayırmakta, bu aşamayı takiben, kronolojik ve dalga yüksekliğine bağılı olarak verileri sıralamakta ve dalga istatistiklerini çıktı olarak vermektedir.

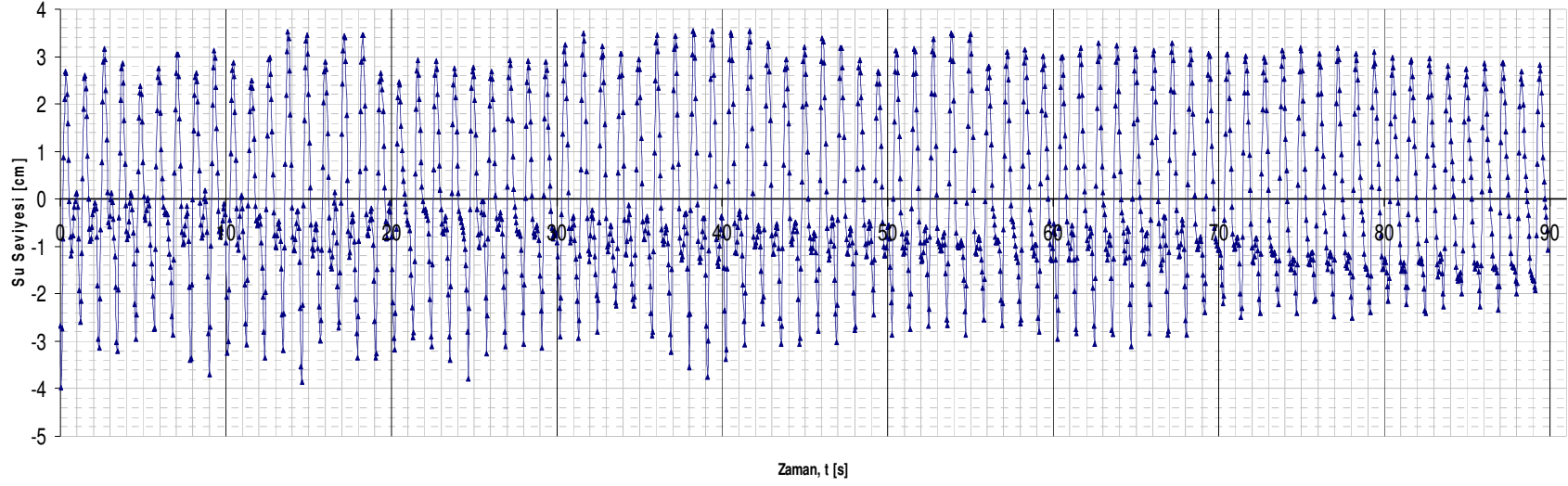
Bu işlemlerin yanısıra, gerekli görölen durumlarda, kısmi olarak hatalı görölen dalgaların ayıklanması ve kayıt süresi üzerinde hatalı görölen kısımların ayıklanması gibi işlemler de zaman serisinin incelenmesi yardımı ile program kapsamında manuel olarak yapılabilmektedir.

Deneylerin değeriendirilmesinde, sıfırı aşğı kesme (zero down-crossing) yöntemi kullanılmışir. Zaman serilerinin incelenmesi sonucu, yapı önü dalga özelliklerinin



şekil 4.1. Yapıya etkiyen dalgayı belirten 2 numaralı probdan alınan su seviyesi-zaman değişimi diyagramı.

PROBE 3 - Su seviyesinin zamanla değişimi
Konfigürasyon 67, Seri 5



şekil 4.2. Yapının arkasına geçen dalgayı ölçen 3 numaralı probdan alınan su seviyesi-zaman değişimi diyagramı.

yansıma veya dalga üreticiden kaynaklanan sebeplerle değişime uğradığı ve sonuçları önemli derecede etkiler nitelikte olduğu tespit edilen deneylerde, istatistiklerin hazırlanmasında yansımali seri kısımları devre dışı bırakılmıştır.

Deneylerin gerçekleştirildiği sistemlere ait geçiş katsayılarının sağlıklı bir biçimde tayin edilebilmeleri için, daha önce de belirtilmiş olduğu gibi, yansıma etkisi dikkate alınarak, yapı önünde bulunan 1 numaralı dalga probundan elde edilen datalar hesaplamalarda dikkate alınmamıştır. Burada, bu amaçla modelin bulunduğu bölmenin yanında boş bırakılan bölmeye 1 numaralı prob ile paralel olarak yerleştirilen 2 numaralı dalga probundan alınan değerler kullanılmıştır.

Çok uzun periyodlu dalgalar haricinde, genel olarak, yapı arkasında oluşan su yüzü profili, birden fazla dalga katarının süperpozisyonundan mürekkep olup, bu dalga katarlarının bileşenlerinin açık deniz dalgasının yapının altından geçen sönümlenemeyen kısmı, yapının salınım frekansına bağlı en az bir bileşen ve çok nadir görülmekle birlikte, 3 numaralı silindirin üzerinden aşma yoluyla geçen su jetinden kaynaklandıkları düşünülmektedir.

Düzensiz dalga niteliğinde olan bu dalga profiline dair geçiş katsayılarının hesaplanmasında H_s belirgin dalga yükseklikleri dikkate alınmıştır. Bu şekilde, sıfır seviyesine yakın meydana gelen nispeten çok küçük genlikli çalkantı bileşenlerinin sonuçları güvensiz yönde etkilemesinin önüne geçilmiştir. Bununla beraber, belirgin dalga yüksekliklerinin kullanılması, benzer durumun dalga kretlerinde de görülmesine bağlı olarak, olması gerekenden daha yüksek geçiş katsayılarının elde edilmesine de sebep olabilmekte; ancak bu durum tasarım açısından emniyetli yönde kalmaktadır.

4.2. Ön Deneylerin Değerlendirilmesi

Ön deneyler kapsamında, sistemin 80 farklı konfigürasyonu için dörder adet farklı dalga serisi gönderilerek yapının önünden, yanından ve arkasından dalga profili verileri alınmıştır. Yukarıda Bölüm 4.1’de anlatılan prosedür her set için tatbik edilerek konfigürasyonlara ait geçiş katsayıları hesaplanmıştır. Bu hesapların sonuçları, tablolar halinde EK-A’da verilmişlerdir.

Ön deneylerde uygulanan setlerde, birkaç istisna dışında, dalga yükseklikleri ve periyodları aynı setler için farklı kombinasyonlarda çok yakın değerlerde elde

edilebilmiştir. Bu sayede, performans deneylerinin tatbik edilebileceği konfigürasyonların tayininde herhangi bir güçlük ile karşılaşılmamıştır.

4.3. Performans Deneyleri

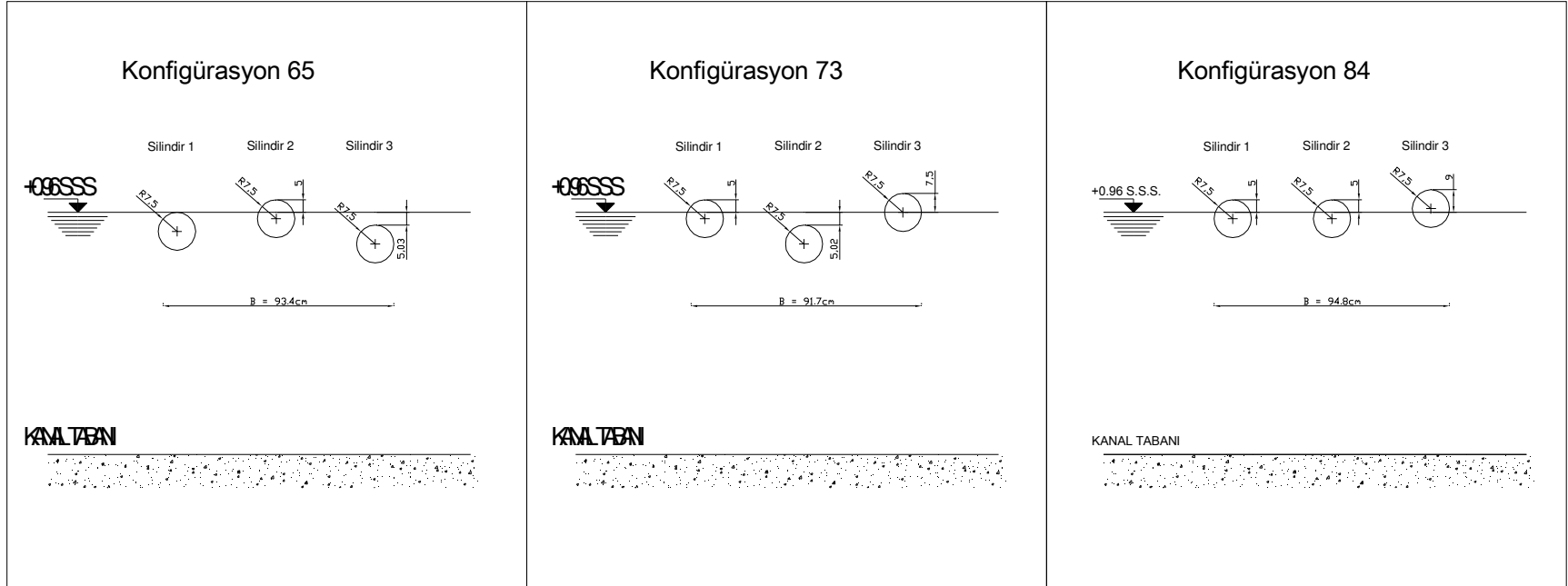
Ön deneyler sonucunda elde edilen geçiş katsayılarının konfigürasyon bazında incelenmesi sonucunda, en randımanlı çalışan sistemlerin 84, 73 ve 65 numaralı konfigürasyonlar oldukları tespit edilmiştir. Kesit görüntüleri Şekil 4.3'te verilen bu üç konfigürasyona ilişkin daha detaylı verilere ulaşılabilme amacı ile, 65 ve 84 numaralı konfigürasyonlarda 28, 73 numaralı konfigürasyonda farklı eksantrisite ve periyod özellikli 33 ilave test yapılmıştır. Bu testlerin değerlendirilmesi ile elde edilen belirgin geçiş katsayıları EK-B'de verilmiştir.

4.4. Geçiş Katsayısını Belirleyen Büyüklüklere İlişkin İncelemeler

Performans deneylerinden elde edilen geçiş katsayısı değerleri ile, geçiş katsayısını etkileyen boyutlu ve boyutsuz büyüklüklerin arasındaki ilişkilerin belirlenmesi amacı ile, Ek C'de grafik sonuçları sunulan çalışmalar yapılmıştır. Aşağıdaki başlıklarda bu çalışmalar parametrelere bağlı olarak ele alınacaktır.

4.4.1. Dalga Periyodu

Modellere ait ortalama ve belirgin geçiş katsayılarının dalga periyoduna göre değişiminin incelendiği grafikler EK-C, Şekil C.1-C.6'da verilmiştir. Bu grafiklerden anlaşılacağı üzere, dalga periyodu, yapı performansı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir ve geçiş katsayısı ile periyod arasında yazılan kuvvet tipi regresyon bağıntısı için de makul korelasyon değerleri elde edilmektedir. 84 numaralı konfigürasyonda korelasyonun düşmesi, bu konfigürasyonda draftı azaltılan 3 numaralı silindirin dalga çukurlarına tekabül etmesi durumunda diğer iki silindire nazaran bağımsız salınım yapmasından kaynaklanan çalkantı bileşeninin ölçülen geçiş katsayısı değerlerine olumsuz etkimesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 4.3. Performans deneylerinin uygulandığı, ön deneylerden en iyi neticeleri veren 65, 73 ve 84 numaralı konfigürasyonların kesitleri. Aksi belirtilmedikçe ölçüler cm cinsindendir.

Dalga periyodu - geçiş katsayısı diyagramlarına bakılarak, dalga periyodunun artması ile geçiş katsayılarının da arttığı görülmektedir. Bu artış, eğimi pozitif artan bir eğri biçimindedir.

4.4.2. Dalga Boyu

Dalga boyu ve geçiş katsayıları arasındaki ilişki, dalga periyodu ile geçiş katsayıları arasındaki ilişkinin irdelendiğı 4.4.1 başlığından da tahmin edileceğı üzere, düz orantı biçimindedir. Konfigürasyonlar bazında bu ilişki, EK-C, Şekil C.7-C.12’de grafik olarak gösterilmiştir. Dalgaboyu arttıkça, geçiş katsayısı da artış göstermekte; bu artış, bir kuvvet fonksiyonu ile makul uyumlulukta resmedilebilmektedir. Özellikle 65 numaralı konfigürasyon için elde edilen sonuçlar, bu konfigürasyonda dalga boyu ile geçiş katsayısı arasında lineere yakın bir ilişki olduğunu göstermektedir.

4.4.3. Dalga Dikliğı (H/L) Boyutsuz Büyüklüğü

Geçiş katsayılarının yapı n dalga dikliğı boyutsuz büyüklüğü ile değışimi, 65, 73 ve 84 numaralı konfigürasyonlar için EK-C, Şekil C.12-C.18’de grafik olarak gösterilmiştir. Tüm diyagramlarda açık olarak grldğve 4.4.2’de yapılan incelemeden de beklendiğı gibi, geçiş katsayıları, dalga dikliğı ile ters orantılıdır. Tüm konfigürasyonlarda dalga dikliğinin 0.02 değeri civarı ve altında olması durumunda geçiş katsayıları 1 değereine yaklaşmakta, bu durum, tüm sistemlerin uzun dalgalar etkisinde performans göstermeyeceğini belirtmektedir. Diyagramdan, artan dalga dikliğı durumunda geçiş katsayısının da azalacağı görülmektedir. Burada gözlenen saçılma dair, yakın veya aynı dalga dikliklerine sahip noktalardan dalgaboyu daha uzun olan testin geçiş katsayısının daha yüksek olduğı söylenebilir.

4.4.4. Yapı Genişliğı / Dalgaboyu (B/L) Boyutsuz Büyüklüğü

Önemle üzerinde durulması gereken bir husus, yapı için tanımlanan B genişliğıdir. Bilindiğı üzere teste tabi tutulan model, üç adet silindirden oluşmakta, bu silindirlerin arasında ise her hangi bir yapısal eleman bulunmamaktadır. Bu nedenle, net olarak bir yapı genişliğı kavramından söz etmek mümkün değıldir.

Değereendirmelerde, yapı genişliğı olarak adlandırılan B parametresi, yapının dalga normali doğrultusunda akım ile etkileşimde olduğı ilk ve son noktalar olan birinci silindirin açık deniz kenarı ve üçüncü silindirin kıyı kenarı arasında kalan bölge

olarak alınmıştır. Konfigürasyona, özellikle silindirlerin farklı düşey mesafelerde bulunmasına bağlı olarak, ara bağlantı halatlarının boylarının sabit olmasından kaynaklanan yataydaki boy değişimleri, trigonometrik bağıntılardan hesaplanarak her konfigürasyon için tayin edilmiş ve B değeri bu husus dikkate alınarak her konfigürasyon için hesaplanmıştır.

Yapı genişliği ile dalga boyu arasındaki ilişkinin gösterildiği Ek-C, Şekil C.19–C.24 numaralı diyagramlarda, B/L parametresinin geçiş katsayısı ile ters orantılı olduğu açıkça görülmektedir. Tüm diyagramlarda, bağlı genişlik olarak adlandırılan yapı genişliğinin yapı önü dalgaboyuna oranı olan B/L_D parametresinin 0.4 değerinin altına inmesi durumunda geçiş katsayılarında hızlı bir artış olduğu; buna bağlı olarak performansın yetersiz mertebelere düştüğü gözlenmektedir. Bağlı genişliğin 0.5-0.8 değerleri arasında kalması halinde tatminkar performans sağlanmakta; 0.8 ve üzerinde ise performans iyice artmaktadır. Diyagramlarda noktalarda gözlenen saçılma hakkında, yakın veya aynı B/L değeri için nispeten daha yüksek geçiş katsayılarını belirten noktaların, dalga yüksekliklerinin daha büyük olduğu testlere ait olduğu saptanmıştır.

4.5. Performans Eğrilerinin Elde Edilmesi

4.5.1. Olaya Etkiyen Boyutsuz Büyüklükler ve Denklemin Temel Formu

Bölüm 2.3'te belirtildiği gibi, yapı arkasındaki dalga yüksekliğinin yapı önündeki dalga yüksekliğine oranı olarak tanımlanan geçiş katsayısı, (B/L) bağlı yapı genişliğinin, (H/L) dalga dikliğinin ve (d/D) batmışlık oranının fonksiyonudur:

$$C_T = f\left(\frac{B}{L}; \frac{H}{L}; \frac{d}{D}\right) \quad (4.1)$$

Burada d/D ile tanımlanan batmışlık oranı, prizmatik kesitli sürekli bir yapı için yapı draftının su derinliğine oranı olarak tanımlanabilmekle beraber, bu tez kapsamında deneylere tabi tutulan yüzer dalgakıran modelinde, konfigürasyonların değişimi ile modelin enkesiti ve buna bağlı olarak her silindir için batmışlık oranı da değişmektedir. Bu nedenle, sistem için tanımlanacak bir batmışlık oranı, her üç silindirin batmışlık oranlarını ayrı ayrı içeren bir denklem ile ifade edilmelidir. Bu oran, d_r rölatif batmışlık oranı olarak tanımlanırsa, aşağıdaki fonksiyon yazılabilir:

$$\frac{d_r}{D} = f\left(a; \frac{d_1}{D}; \frac{d_2}{D}; \frac{d_3}{D}\right) \quad (4.2)$$

Burada a silindir yarıçapı, d_1 , d_2 ve d_3 , sırası ile açık deniz cephesinden kıyı cephesine doğru silindirlerin batmışlık derinlikleri, D ise, yapı önü su derinliğidir. Tek bir konfigürasyon için yapılan deneyler altında, (d_r / D) rölatif batmışlık oranı sabittir ve fonksiyona bir katsayı olarak etkiyecektir. Bu katsayı, C_{dr} rölatif batmışlık katsayısı olarak adlandırılırsa, tek bir konfigürasyon için C_T geçiş katsayısı, aşağıdaki biçimde ifade edilir:

$$C_T = f\left(\frac{B}{L}; \frac{H}{L}\right) \times C_{dr} \quad (4.3)$$

4.3 denklemi yardımı ile konfigürasyonlara ait geçiş katsayısı bağıntılarının elde edilmesi müteakip bölümde ele alınmıştır.

4.5.2. Geçiş Katsayısı Bağıntısının Elde Edilmesi

Bir önceki bölümde 4.3 denklemi ile belirtilmiş olduğu gibi, tek bir konfigürasyon için, silindirlerin batmışlık oranlarının dalga geçişine etkisi C_{dr} gibi bir rölatif batmışlık katsayısı ile ifade edilebilir. Buna istinaden, 4.3 fonksiyonunun katsayıları belirtilen 65, 73 ve 84 numaralı konfigürasyonlar için elde edilmiştir.

Yapılan istatistiksel analizler neticesinde, bağıntının bir kuvvet fonksiyonu olarak ifade edilmesinin uygun olduğu görülmüştür. 4.3 fonksiyonunun kuvvet bağıntısı olarak ifade edilmiş hali aşağıdaki gibi olacaktır:

$$C_T = C_{dr} \left(\frac{H}{L}\right)^m \left(\frac{B}{L}\right)^n \quad (4.4)$$

4.4 denkleminde elde edilen bağıntının deney sonuçları ile örtüşmesi için gerekli olan C_{dr} , m ve n sayılarının tayini için çok parametrelili nonlineer regresyon logaritmik dönüşüm yardımı ile uygulanmıştır. Bu amaçla, denklemin logaritması alınır:

$$\log C_T = \log C_{dr} + n \log\left(\frac{H}{L}\right) + m \log\left(\frac{B}{L}\right) \quad (4.5)$$

4.5 denklemi, bu hali ile lineer olmakta; bu sayede çok parametrelili lineer regresyon uygulanabilmektedir. En küçük kareler yöntemi ile elde edilen regresyon sonuçları, deney verileri ile tatminkar mertebede örtüşen denklemler vermişlerdir. 65, 73 ve 84 numaralı konfigürasyonlara ait olan geçiş katsayısı bağıntılarının katsayıları Tablo 4.1’de verilmiştir.

Tablo 4.1. 65, 73 ve 84 numaralı konfigürasyonlar için elde edilen katsayılar ve korelasyon.

Konfig. No.	C_{dr}	m	n	R^2
65	0.078	-0.488	-0.403	0.939
73	0.663	0.409	-1.105	0.572
84	0.491	0.17	-0.709	0.651

Tablo 4.1’de verilen katsayılar yardımı ile oluşturulan geçiş katsayısı denklemlerinin deneylerden elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılması amacı ile, Ek-D’de verilen grafikler ve tablolar hazırlanmıştır.

65, 73 ve 84 numaralı konfigürasyonlar için elde edilen deneysel ve ampirik belirgin geçiş katsayıları, sırası ile Ek-D Tablo D.1, Tablo D.2 ve Tablo D.3’te karşılaştırılmış ve her konfigürasyon için elde edilen denkleme ilişkin bağıl hata değerleri hesaplanmıştır. Gerek bu değerler, gerekse korelasyon katsayıları incelendiğinde, prezisyon açısından en elverişli deney kümesinin konfigürasyon 65, en zayıf kümenin ise 73 numaralı konfigürasyon olduğu görülmektedir.

Üç konfigürasyona ait deneysel ve ampirik geçiş katsayıları, konfigürasyon 65, 73 ve 84 için sırası ile Ek-D Şekil D.1, Şekil D.2 ve Şekil D.3’te grafiksel olarak karşılaştırılmışlardır. Bu tip bir grafikten elde edilmesi gereken denklem, tam uyum halinde eğimi 1 olan ve orijinden geçen bir doğru olmalıdır. Şekiller için elde edilen denklemlerde lineer regresyonla elde edilen doğrunun eğiminin asgari değerinin 0.96 olması tatminkar niteliktedir.

Tablo 4.1’de verilen katsayıların denklem 4.4’te yerine konması ile elde edilen geçiş katsayıları bağıntıları, iki boyutlu bir eksen takımı üzerinde, dalga yüksekliği veya dalga dikliği parametrelerinden bir tanesi sabit tutulmak ve diğeri de yatay eksene yerleştirilmek koşulu ile, düşey eksen üzerinde tanımlanacak olan C_{TS} belirgin geçiş katsayılarına ait performans diyagramları çizilebilir. 65, 73 ve 84 numaralı konfigürasyonlara ait bu tip performans diyagramları, EK-E’de verilmiştir.

4.6. Model Performanslarının Karşılaştırılması

Bu bölümde, Bölüm 4.5'te elde edilen performans eğrileri dikkate alınarak 65, 73 ve 84 numaralı konfigürasyonların performansları incelenecektir.

Bu amaçla, elde edilen performans denklemleri uygulanarak, düşey ekseninde belirgin geçiş katsayısı, yatay ekseninde değişken olarak seçilen boyutsuzlaştırılmış dalga yükseklikleri bulunmak suretiyle sabit dalga diklikleri altında üç sistemin performans eğrileri, farklı sabit dalga diklikleri için, EK-F, Şekil F.1.1-F.1.6'da çizilmişlerdir.

Bu eğriler incelendiğinde:

- i. Her üç konfigürasyona ait geçiş katsayılarının da azalan dalga dikliği ve artan dalga yüksekliği etkisi altında artış gösterdiği
- ii. Sabit dalga dikliği etkisi altında, artış hızının en büyük olduğu konfigürasyonun 73; en küçük olduğu konfigürasyonun ise 65 numaralı konfigürasyon olduğu,
- iii. Artış hızının daha büyük olmasına rağmen, 73 numaralı konfigürasyonun, sabit dalga dikliği altında, boyutsuz dalga yüksekliği parametresi olan H/a değerinin -dikkate alınan sabit dalga dikliğine bağlı olarak- 1-1.5 mertebesine kadar, en düşük geçiş katsayılarını vermek suretiyle en iyi performansı gösterdiği,
- iv. H/a değerinin, dikkate alınan sabit dalga dikliğine bağlı olarak, 1-1.5 mertebesinin üzerine çıkması durumunda, 65 numaralı konfigürasyonun diğer ikisine nazaran daha randımanlı çalıştığı

, belirlenmiştir.

Benzer şekilde, dalga yüksekliğini sabit tutarak yatay etksende dalga dikliği, düşey ekseninde geçiş katsayıları olacak biçimde çizilen ve EK-F, Şekil F.2.1-F.2.5'te verilen diyagramlar incelendiğinde;

- i. Sabit dalga yüksekliği durumunda, $H/a = 1$ mertebesine kadar, özellikle düşük dalga diklikleri için 73. konfigürasyonun daha iyi performans gösterdiği,
- ii. Dalga yüksekliklerinin $H/a = 1.5$ mertebesi ve sonrasında, 65. konfigürasyonun daha iyi performans gösterdiği,

- iii. 84 numaralı konfigürasyonun, 65 ve 73 numaralı konfigürasyonlar arasında değerler aldığı

, görülmektedir.

Bu bulgulara nazaran, ele alınan her konfigürasyonun kendine özgü bir davranış biçimi olduğu ortaya çıkmaktadır. 65 numaralı konfigürasyon, daha büyük yükseklikli dalgalarda daha etkin çalışmakta; 73 numaralı konfigürasyon ise, daha küçük dalga yüksekliklerinde daha iyi performans göstermekte, ancak; dalga yüksekliği artışına diğer iki konfigürasyona nazaran daha hassas bir davranış sergilemektedir.

Bu bulgulara istinaden, uygulamaya esas olan konfigürasyonun, bölgesel iklim koşulları, istenen korunma, başka bir deyişle geçiş katsayısı mertebesi ve fayda-maliyet analizi üçgeninde ele alınarak seçilmesinin uygulama açısından çok büyük önem taşıdığı anlaşılmaktadır.

Yapılar için elde edilen ve formüllerin çıkartılmasında dikkate alınan belirgin geçiş katsayıları ile ortalama dalga yükseklikleri değerleri kullanılarak elde edilmiş olan geçiş katsayıları arasındaki ilişki EK-C Şekil C.25-C.27 'de verilmiştir. Bu grafiklerde verilen ortalama geçiş katsayısı C_{TO} , yapı önü ortalama dalga yüksekliği ile yapı arkası ortalama dalga yüksekliğini dikkate alarak hesaplanmıştır. Deneylerde kullanılan düzenli dalga serileri kapsamında yapı önü belirgin dalga yüksekliği, yapı önü ortalama dalga yüksekliğinden %10-%15 mertebelerinde yüksek elde edilmiştir. Grafiklerin kullanılmasında bu husus dikkate alınmalıdır.

5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu yüksek lisans tez çalışmasının temel amacı, dairesel kesitli yatay silindirik elemanlar ile tesis edilecek bir yüzer dalgakıran yapısı için, bu silindirlerin düşeyde yerleşimlerinin tayini ve sisteme ait performans denklemlerinin elde edilmesi olarak özetlenebilir.

Bu amaçla İTÜ Hidrolik Laboratuvarı'nda halihazırda bulunan bir dalga kanalı, düzenli dalga üretici ile rezistans tipi dalga problemlerinden oluşan veri toplama sistemi ve veri kaydedici sistem kullanılmıştır. Silindirlerin düşeyde yerleşimlerinin geçiş katsayılarına, başka bir deyişle, sistemin performansına etkisini ortaya koyabilmek için toplam 404 deney gerçekleştirilmiş ve elde edilen neticeler bir önceki bölümde analiz edilmiştir. Bu veriler neticesinde ulaşılan bulgular müteakip paragraflarda belirtilmiştir.

Öncelikle, yatay dairesel kesitli silindir elemanlar yardımı ile, bir yüzer dalgakıran yapısının oluşturulabileceği ve özellikle nispeten dik ($H/L > 0.04$) fırtına dalgaları etkisi altında kalan bir kıyı bölgesinin bu tip bir yapı ile korunabileceği kanaatine varılmıştır. Oluşturulan bu tip bir yapı için, sistem performansının, Bölüm 2.'de belirtilmiş ve Bölüm 4'te teyid edilmiş olduğu gibi, dalga dikliği ve yapı bağlı genişliği boyutsuz büyüklüklerinden önemli ölçüde etkilendiği deneyler sonucunda saptanmıştır.

Yapılan regresyon analizi neticesinde, performans testlerine tabi tutulan üç konfigürasyon için aşağıda verilen geçiş katsayısı bağıntıları elde edilmiştir:

$$\text{Konfig. 65 için: } C_T = 0.078 \left(\frac{H}{L} \right)^{-0.49} \left(\frac{B}{L} \right)^{-0.40} \quad (5.1)$$

$$\text{Konfig. 73 için: } C_T = 0.663 \left(\frac{H}{L} \right)^{-0.40} \left(\frac{B}{L} \right)^{-1.11} \quad (5.2)$$

$$\text{Konfig. 84 için: } C_T = 0.491 \left(\frac{H}{L} \right)^{0.17} \left(\frac{B}{L} \right)^{-0.71} \quad (5.3)$$

Bu eğrilere ait grafikler EK-E’de sunulmuştur. Deney dalga yüksekliği aralıklarının %25 altına ve üstüne uzatılarak çizilmiş olan bu grafiklerin incelenmesinde, deneylerde uygulanan dalga yükseklikleri dikkate alınmalıdır. Buna göre, grafikler için güvenli olarak tanımlanabilir bölge, şu limitler arasındadır:

$$1.2 < H_s/a < 2; 0.03 < H_s/L_D < 0.08 \quad (5.4)$$

Performans deneylerinin tatbik edildiği 65, 73 ve 84 numaralı konfigürasyonlara dair elde edilen performans bağıntıları yardımı ile bu üç sistemin karşılaştırılmasından, 73 numaralı konfigürasyonun daha küçük dalga yükseklikleri etkisi altında 65 numaralı konfigürasyona göre daha iyi performansa sahip olduğunu, dalga yüksekliği arttıkça, 65 numaralı konfigürasyonun performansının diğer konfigürasyonlara nazaran daha tatlı bir eğimle azaldığı gözlenmiştir. 84 numaralı konfigürasyon, genel olarak, her iki eğrinin arasında bir gidişat seyretmekle beraber, 1 ve 2 numaralı silindirlerin $a/3$ değerine tekabül eden bir su seviyesi alçalması, yani dalga çukuruna rast gelmeleri durumunda serbest yüzer hale gelecek olmaları; 3. silindirin ise zaten serbest yüzer durumda olmasından ötürü sistemde görülecek aşırı deplasmanlar nedeniyle şüphe uyandırmaktadır.

Nispeten uzun periyodlu veya dalga dikliği düşük serilerde, geçiş katsayısı değerinin 1 veya az üzerinde olduğu durumlara da deneyler sürecinde rast gelinmiştir. Bu durumun, dalga etkisi altındaki sistemin titreşim frekansının, gönderilen dalganın frekansı ile girişim yapmasından ötürü sistemin salınımlarından kaynaklanan parazit çalkantıların mevcut dalga ile süperpoze olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Yapının enerji sönmleme bazında Bölüm 2’deki sınıflandırma dikkate alındığında melez sistemlere dahil olacağı düşünülmektedir. Yapının dalga enerjisini sönmlemesi, özellikle silindirlerin su seviyesine teğet veya kısmen üzerinde olduğu konfigürasyonlarda ağırlıklı olarak yansıma ve tırmandırma/aşma yollu türbilans oluşumunun, silindirlerin su seviyesinin altında olduğu konfigürasyonlarda ise ağırlıklı olarak dalga dönüşümünün fonksiyonu olduğu düşünülmektedir.

Özellikle silindirlerin batıklık oranlarının düşük olduğu konfigürasyonlarda, uzun dalgaların, diğer konfigürasyonlara nazaran çok az etkilenecek, ya da hiç etkilenecek yapı arkasına ulaşmaları dikkat çekicidir. Buna dair, dalga enerjisinin düşeydeki dağılımının ağırlık merkezinin, kısa periyodlu dalgalarda sakin su

seviyesine yakın olduğu dikkate alınırsa, yapı draftının enerji akışını engellemesine dair önemi ortaya çıkmaktadır.

Sistemin uygulamaya geçirilebilmesine dair, rijit sayılabilir bağlantı ekipmanında oluşacak büyük kuvvetler ve bu elemanların sistemin dalga ilerleme doğrultusunda kendisi ile çatışmayacak biçimde düzenlenmesi problemleri düşündürücüdür. Bu duruma bir çözüm oluşturmak amacı ile elemanların tek parça olarak trimaran bir gövde halinde birleştirilmesi, bu birleşimin uygulanması durumunda silindirlerin her etki altında yüzerlik ve düşey konumlarını sekteye uğratmayacak biçimde balast malzemesi ile doldurularak kaldırma kuvvetlerinden tasarruf edilmesi düşünülebilir.

KAYNAKLAR

- [1] **Kabdaşlı, S.**, 1992. Kıyı Mühendisliği, İ.T.Ü İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.
- [2] **Fousert, M. W.**, 2006., Floating Breakwater: A Theoretical Study of a Dynamic Wave Attenuating System, *MSc Thesis*, TU Delft.
- [3] **Morey, B. J.**, 1998. Floating Breakwaters: Predicting Their Performance, *MSc Thesis*, Memorial University, Newfoundland.
- [4] **Gaythwaite, J. W.**, 2004. Design of Marine Facilities for the Berthing, Mooring, and Repair of Vessels, ASCE Press, Virginia.
- [5] **Tsinker, G. P.**, 2004. Port Engineering: Planning, Construction, Maintenance and Security, John Wiley & Sons, New Jersey.
- [6] **Silvester, R., Hsu, J.R.C.**, 1997. Coastal Stabilisation, World Scientific, Singapore.
- [7] **Tsinker, G. P.**, 1995. Marine Structures Engineering: Specialised Applications, Chapman and Hall, New York.
- [8] **Farmer, A. L.**, 1999. Investigation into snap loading of cables used in moored breakwaters, *MsC Thesis*, Virginia Polytechnic Institute and State University.
- [9] **Chakrabarti, S. K.**, 1994. Offshore Structure Modeling, World Scientific, Singapore.
- [10] **Hughes, S. A.**, 1993. Physical Models and Laboratory Techniques in Coastal Engineering, World Scientific, Singapore.
- [11] **Kabdaşlı, M. S., Günaydın, K.**, 2004. Performance of Solid and Perforated U-Type Breakwaters Under Regular and Irregular Waves, *Ocean Engineering*, **31**, 1377-1405
- [12] **Chakrabarti, S. K.**, 1987. Hydrodynamics of Offshore Structures, Computational Mechanics Publications, Boston.
- [13] **Isaacson, M. et al.**, 1999. Wave interactions with double slotted barriers, *Applied Ocean Research*, **21**, 81-91.

- [14] **Williams, A. N., Abul-Azm, A. G.**, 1996. Dual pontoon floating breakwater, *Ocean Engineering*, **24**, 465-478.

EKLER

EK - A Ön Deneylere Ait Sonuç Tabloları

Tablo A.1: Ön deneyler sonucunda elde edilen dalga özellikleri ve geçiş katsayıları. Konfigürasyon 5-30.

Deney No.	Konfigürasyon			SET 4			SET 5			SET 6			SET 7		
	e_1/d	e_2/d	e_3/d	$H_{i,s}$ [cm]	T_0 [s]	C_T	$H_{i,s}$ [cm]	T_0 [s]	C_T	$H_{i,s}$ [cm]	T_0 [s]	C_T	$H_{i,s}$ [cm]	T_0 [s]	C_T
5	0.286	0.182	0.130	7.935	1.308	0.893	8.527	1.122	0.938	11.378	0.997	0.707	10.810	0.881	0.700
6	0.286	0.182	0.078	8.561	1.230	0.739	7.558	1.082	1.044	10.992	0.941	0.591	10.083	0.858	0.699
7	0.286	0.182	0.026	7.853	1.253	0.965	8.717	1.079	0.912	9.777	0.955	0.499	10.015	0.868	0.585
8	0.286	0.182	0.000	7.653	1.294	0.916	8.845	1.092	0.838	9.412	0.960	0.525	10.430	0.875	0.620
9	0.286	0.182	-0.010	5.957	1.345	1.004	8.242	1.148	0.619	9.817	0.919	0.807	10.361	0.888	0.539
10	0.286	0.130	0.130	9.400	1.234	0.670	8.255	1.112	1.008	9.482	0.974	0.767	9.862	0.872	0.925
11	0.286	0.130	0.078	7.517	1.272	0.977	10.903	1.104	0.613	10.041	0.984	0.665	11.276	0.881	0.597
12	0.286	0.130	0.026	7.407	1.323	0.939	8.725	1.128	0.808	9.650	0.992	0.805	10.389	0.870	0.651
13	0.286	0.130	0.000	9.088	1.307	0.767	9.483	1.099	0.778	9.581	0.995	0.725	10.941	0.884	0.566
14	0.286	0.130	-0.010	7.538	1.266	0.876	9.929	1.111	0.693	10.313	0.984	0.614	9.918	0.864	0.699
15	0.286	0.078	0.130	7.444	1.280	1.009	9.221	1.111	0.720	9.175	0.959	0.336	9.934	0.874	0.585
16	0.286	0.078	0.078	4.879	1.323	1.139	9.059	1.093	0.630	9.059	1.093	0.630	11.551	0.899	0.214
17	0.286	0.078	0.026	7.735	1.317	0.861	9.297	1.121	0.564	10.005	0.988	0.476	11.783	0.882	0.556
18	0.286	0.078	0.000	8.152	1.314	0.804	9.281	1.113	0.675	10.014	0.987	0.504	11.168	0.879	0.563
19	0.286	0.078	-0.010	7.045	1.276	0.824	8.230	1.129	0.883	9.487	0.973	0.515	11.520	0.886	0.539
20	0.286	0.026	0.130	4.555	1.260	1.102	8.788	1.119	0.817	9.747	0.992	0.593	10.910	0.891	0.302
21	0.286	0.026	0.078	5.183	1.329	1.146	10.344	1.079	0.581	9.848	0.991	0.585	10.181	0.868	0.371
22	0.286	0.026	0.026	7.404	1.319	0.943	8.112	1.132	1.001	9.238	0.966	0.524	8.669	0.839	0.495
23	0.286	0.026	0.000	7.846	1.246	0.825	8.823	1.065	0.633	11.207	0.948	0.258	10.497	0.851	0.338
24	0.286	0.026	-0.010	8.260	1.302	0.768	9.092	1.079	0.543	9.349	0.967	0.408	12.947	0.861	0.350
25	0.182	0.130	0.130	4.252	1.332	1.391	8.376	1.008	0.872	8.376	1.008	0.872	10.324	0.882	0.728
26	0.182	0.130	0.078	5.194	1.322	1.189	8.468	1.132	0.790	8.285	1.003	0.885	10.401	0.897	0.471
27	0.182	0.130	0.026	4.357	1.331	1.626	7.983	1.131	0.916	10.336	0.982	0.525	10.478	0.880	0.690
28	0.182	0.130	0.000	7.545	1.294	0.867	9.096	1.119	0.830	10.387	0.983	0.620	10.969	0.885	0.574
29	0.182	0.130	-0.010	8.298	1.303	0.705	8.963	1.124	0.739	8.785	0.970	0.555	9.808	0.873	0.724
30	0.182	0.078	0.130	7.542	1.271	0.885	9.533	1.119	0.650	10.203	0.946	0.432	11.834	0.859	0.668

Tablo A.2: Ön deneyler sonucunda elde edilen dalga özellikleri ve geçiş katsayıları. Konfigürasyon 31-56.

Deney No.	Konfigürasyon			SET 4			SET 5			SET 6			SET 7		
	e_1/d	e_2/d	e_3/d	$H_{i,s}$ [cm]	T_0 [s]	C_T	$H_{i,s}$ [cm]	T_0 [s]	C_T	$H_{i,s}$ [cm]	T_0 [s]	C_T	$H_{i,s}$ [cm]	T_0 [s]	C_T
31	0.182	0.078	0.078	6.779	1.277	0.860	8.576	1.080	0.474	10.909	0.939	0.311	9.165	0.840	0.588
32	0.182	0.078	0.026	9.567	1.233	0.399	9.288	1.044	0.470	11.024	0.928	0.293	8.286	0.844	0.515
33	0.182	0.078	0.000	7.599	1.247	0.624	8.752	1.099	0.826	8.662	0.967	0.486	10.452	0.870	0.566
34	0.182	0.078	-0.010	7.904	1.314	0.875	8.824	1.072	0.656	10.754	0.937	0.533	10.271	0.828	0.531
35	0.182	0.026	0.130	7.757	1.275	0.827	8.690	1.112	0.812	9.180	0.974	0.518	10.060	0.873	0.436
36	0.182	0.026	0.078	8.310	1.307	0.760	9.238	1.122	0.612	10.407	0.988	0.424	11.892	0.864	0.272
37	0.182	0.026	0.026	7.748	1.303	0.972	9.869	1.076	0.571	9.552	0.977	0.583	10.384	0.854	0.279
38	0.182	0.026	0.000	7.849	1.301	0.789	8.455	1.084	0.698	9.969	0.979	0.541	10.201	0.852	0.347
39	0.182	0.026	-0.010	5.113	1.199	1.132	9.244	1.082	0.477	10.433	0.946	0.337	10.687	0.855	0.520
40	0.130	0.130	0.130	8.097	1.301	0.973	7.938	1.082	0.802	10.710	0.853	0.555	10.212	0.846	0.718
41	0.130	0.130	0.078	7.056	1.313	0.956	8.106	1.095	0.718	10.031	0.947	0.500	9.763	0.867	0.646
42	0.130	0.130	0.026	7.878	1.312	0.713	8.534	1.083	0.704	10.786	0.936	0.391	11.035	0.860	0.630
43	0.130	0.130	0.000	4.740	1.317	1.442	8.445	1.138	0.829	8.269	1.005	0.823	10.135	0.876	0.554
44	0.130	0.130	-0.010	5.143	1.330	1.247	8.253	1.152	0.647	6.593	1.018	1.074	11.322	0.893	0.562
45	0.130	0.078	0.130	6.732	1.434	0.950	8.496	1.139	0.780	7.011	1.018	0.789	11.120	0.887	0.432
46	0.130	0.078	0.078	5.167	1.343	0.965	7.787	1.096	0.493	9.643	0.978	0.309	10.847	0.883	0.279
47	0.130	0.078	0.026	8.597	1.310	0.750	8.343	1.096	0.528	9.786	0.957	0.381	11.289	0.858	0.475
48	0.130	0.078	0.000	8.456	1.309	0.764	8.612	1.038	0.675	10.646	0.940	0.371	8.457	0.840	0.638
49	0.130	0.078	-0.010	8.130	1.312	0.805	8.853	1.101	0.623	10.133	0.985	0.453	11.815	0.859	0.460
50	0.130	0.026	0.130	9.533	1.220	0.371	8.828	1.114	0.834	8.321	0.969	0.442	11.208	0.882	0.280
51	0.130	0.026	0.078	7.339	1.318	0.865	8.444	1.125	0.713	8.926	0.970	0.303	10.801	0.858	0.282
52	0.130	0.026	0.026	8.321	1.240	0.621	8.515	1.067	0.565	10.984	0.934	0.356	11.349	0.860	0.337
53	0.130	0.026	0.000	7.841	1.270	0.801	9.235	1.076	0.478	9.616	0.952	0.425	9.364	0.844	0.475
54	0.130	0.026	-0.010	7.628	1.275	0.759	7.070	1.025	0.971	9.992	0.920	0.579	9.868	0.830	0.549
55	0.078	0.130	0.130	8.186	1.239	0.615	8.584	1.029	0.692	10.073	0.927	0.563	10.633	0.836	0.776
56	0.078	0.130	0.078	9.997	1.219	0.395	9.143	1.056	0.335	11.288	0.939	0.299	10.513	0.836	0.713

Tablo A.3: Ön deneyler sonucunda elde edilen dalga özellikleri ve geçiş katsayıları. Konfigürasyon 57-84.

Deney No.	Konfigürasyon			SET 4			SET 5			SET 6			SET 7		
	e_1/d	e_2/d	e_3/d	$H_{i,s}$ [cm]	T_0 [s]	C_T	$H_{i,s}$ [cm]	T_0 [s]	C_T	$H_{i,s}$ [cm]	T_0 [s]	C_T	$H_{i,s}$ [cm]	T_0 [s]	C_T
57	0.078	0.130	0.026	8.180	1.194	0.492	8.480	1.036	0.544	10.391	0.945	0.425	9.926	0.834	0.736
58	0.078	0.130	0.000	10.145	1.231	0.309	7.433	1.080	0.688	10.283	0.943	0.395	10.396	0.852	0.625
59	0.078	0.130	-0.010	10.753	1.219	0.418	9.949	1.103	0.557	10.744	0.942	0.357	9.571	0.846	0.479
60	0.078	0.078	0.130	8.806	1.235	0.422	9.384	1.050	0.288	10.920	0.937	0.368	10.847	0.858	0.304
61	0.078	0.078	0.078	9.257	1.204	0.266	7.008	1.018	0.454	9.885	0.922	0.390	8.792	0.837	0.405
62	0.078	0.078	0.026	8.998	1.202	0.440	7.142	1.027	0.533	10.676	0.942	0.433	9.390	0.838	0.608
63	0.078	0.078	0.000	9.377	1.203	0.475	9.194	1.051	0.462	8.980	0.917	0.677	9.921	0.828	0.511
64	0.078	0.078	-0.010	7.619	1.188	0.368	8.034	1.028	0.625	9.171	0.919	0.728	9.774	0.829	0.520
65	0.078	0.026	0.130	9.522	1.227	0.283	9.254	1.049	0.304	11.109	0.934	0.340	10.466	0.849	0.286
66	0.078	0.026	0.078	7.740	1.186	0.450	9.469	0.961	0.338	10.509	0.930	0.365	9.249	0.844	0.478
67	0.078	0.026	0.026	8.313	1.243	0.590	9.043	1.112	0.712	9.269	0.950	0.431	10.274	0.854	0.383
68	0.078	0.026	0.000	8.068	1.245	0.634	8.801	1.074	0.381	9.907	0.945	0.519	10.184	0.836	0.414
69	0.078	0.026	-0.010	10.187	1.219	0.450	8.826	1.062	0.305	9.104	0.914	0.861	10.263	0.836	0.606
70	0.026	0.130	0.130	7.739	1.261	0.641	9.295	1.049	0.514	11.019	0.933	0.510	10.193	0.843	0.454
71	0.026	0.130	0.078	10.225	1.231	0.396	7.651	1.021	0.568	11.016	0.929	0.411	9.530	0.837	0.310
72	0.026	0.130	0.026	10.664	1.223	0.340	8.614	1.032	0.368	10.116	0.920	0.214	7.824	0.828	0.269
73	0.026	0.130	0.000	10.110	1.206	0.384	8.485	1.039	0.396	9.826	0.849	0.205	8.874	0.856	0.236
74	0.026	0.130	-0.010	10.575	1.214	0.427	9.755	1.058	0.298	10.132	0.942	0.271	9.856	0.865	0.250
75	0.026	0.078	0.130	7.482	1.271	0.709	8.461	1.086	0.505	9.341	0.978	0.476	9.488	0.873	0.303
76	0.026	0.078	0.078	8.237	1.240	0.477	7.609	1.083	0.471	9.633	0.962	0.439	9.418	0.869	0.431
77	0.026	0.078	0.026	7.600	1.268	0.693	8.576	1.087	0.369	9.723	0.982	0.311	9.501	0.869	0.414
78	0.026	0.078	0.000	7.732	1.257	0.616	7.648	1.080	0.559	8.698	0.948	0.265	9.615	0.864	0.351
79	0.026	0.078	-0.010	7.873	1.298	0.743	9.209	1.089	0.437	8.765	0.966	0.220	10.833	0.883	0.302
80	0.026	0.026	0.130	7.686	1.262	0.592	8.235	1.086	0.642	9.526	0.982	0.523	9.389	0.875	0.486
81	0.026	0.026	0.078	9.241	1.235	0.419	7.638	1.086	0.619	9.180	0.977	0.434	9.129	0.856	0.530
82	0.026	0.026	0.026	8.580	1.310	0.870	10.565	1.103	0.604	9.545	0.979	0.476	9.785	0.859	0.544
83	0.026	0.026	0.000	10.814	1.215	0.491	7.781	1.084	0.598	10.851	0.939	0.383	9.585	0.870	0.460
84	0.026	0.026	-0.010	9.390	1.234	0.242	9.570	1.051	0.222	10.065	0.839	0.373	9.412	0.837	0.586

EK - B Performans Deneyleri Sonuç Tabloları

Tablo B.1: 65 numaralı konfigürasyon için performans deneylerinden elde edilen dalga özellikleri ve geçiş katsayıları.

Konfigürasyon 65							
Test No.	H_s [cm]	T_0 [s]	L_0 [m]	C_{TS}	H_s/L_0	H_s/D	B/L
309	6.962	1.374	2.948	0.645	0.024	0.464	0.271
310	8.354	1.259	2.475	0.598	0.034	0.557	0.323
312	11.361	1.060	1.754	0.380	0.065	0.757	0.456
314	11.145	0.913	1.301	0.416	0.086	0.743	0.615
315	11.876	0.891	1.239	0.262	0.096	0.792	0.645
316	12.126	0.834	1.086	0.203	0.112	0.808	0.737
408	9.726	1.527	3.641	0.694	0.027	0.648	0.220
409	6.391	1.414	3.122	0.983	0.020	0.426	0.256
410	11.341	1.307	2.667	0.597	0.043	0.756	0.300
411	11.054	1.185	2.192	0.496	0.050	0.737	0.365
412	12.207	1.074	1.801	0.370	0.068	0.814	0.444
413	10.588	1.008	1.586	0.684	0.067	0.706	0.504
414	11.936	0.943	1.388	0.263	0.086	0.796	0.576
415	13.366	0.883	1.217	0.212	0.110	0.891	0.657
508	9.690	1.565	3.824	0.756	0.025	0.646	0.209
509	8.068	1.413	3.117	0.781	0.026	0.538	0.257
510	11.250	1.277	2.546	0.564	0.044	0.750	0.314
511	13.068	1.168	2.130	0.501	0.061	0.871	0.376
512	14.142	1.104	1.903	0.351	0.074	0.943	0.420
514	12.778	0.975	1.484	0.310	0.086	0.852	0.539
515	14.679	0.913	1.301	0.237	0.113	0.979	0.615
607	7.134	1.845	5.315	0.911	0.013	0.476	0.151
608	10.272	1.575	3.873	0.507	0.027	0.685	0.207
609	9.119	1.457	3.314	1.024	0.028	0.608	0.241
610	11.343	1.321	2.725	0.547	0.042	0.756	0.294
611	15.025	1.196	2.233	0.434	0.067	1.002	0.358
612	13.924	1.084	1.835	0.455	0.076	0.928	0.436
614	14.199	0.968	1.463	0.407	0.097	0.947	0.547

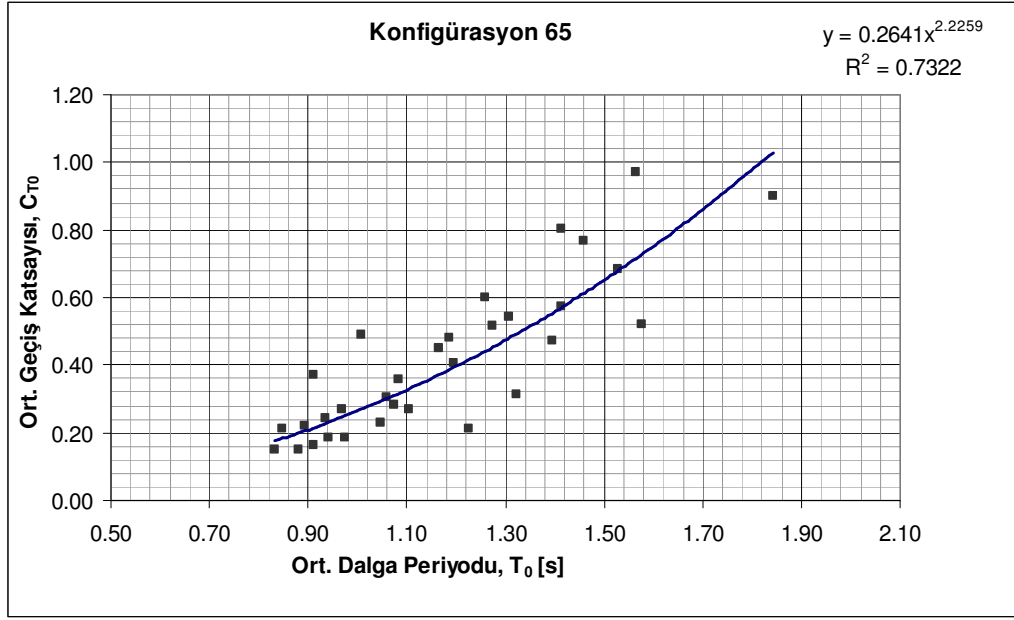
Tablo B.2: 73 numaralı konfigürasyon için performans deneylerinden elde edilen dalga özellikleri ve geçiş katsayıları.

Konfigürasyon 73							
Test No.	H_s [cm]	T_0 [s]	L_0 [m]	C_{TS}	H_s/L_0	H_s/D	B/L
309	5.526	1.373	2.942	0.840	0.017	0.350	0.263
310	10.847	1.219	2.322	0.643	0.037	0.552	0.354
312	9.195	1.167	2.125	0.696	0.049	0.578	0.453
313	10.931	1.061	1.757	0.526	0.057	0.575	0.527
314	10.848	0.956	1.426	0.392	0.071	0.639	0.593
315	12.190	0.887	1.227	0.269	0.078	0.592	0.699
316	13.535	0.839	1.099	0.326	0.020	0.491	0.216
408	9.023	1.559	3.794	0.656	0.019	0.368	0.272
409	9.256	1.379	2.971	0.437	0.047	0.734	0.339
410	11.303	1.256	2.464	0.548	0.047	0.723	0.345
411	11.434	1.173	2.148	0.667	0.043	0.613	0.377
412	12.753	1.071	1.791	0.524	0.062	0.729	0.455
413	11.003	1.004	1.574	0.425	0.076	0.723	0.561
414	11.828	0.976	1.489	0.414	0.099	0.813	0.652
415	12.560	0.888	1.231	0.385	0.123	0.902	0.728
416	13.494	0.849	1.125	0.523	0.024	0.602	0.211
510	12.651	1.303	2.651	0.694	0.031	0.617	0.269
512	13.860	1.059	1.753	0.322	0.046	0.754	0.325
513	12.779	1.006	1.582	0.587	0.053	0.762	0.372
514	14.497	0.945	1.396	0.394	0.071	0.850	0.447
515	15.131	0.918	1.315	0.308	0.070	0.734	0.508
516	12.847	0.854	1.139	0.489	0.079	0.789	0.537
608	11.351	1.557	3.784	0.601	0.102	0.837	0.650
610	14.327	1.261	2.484	0.497	0.120	0.900	0.711
611	15.754	1.196	2.232	0.476	0.048	0.843	0.302
612	14.170	1.084	1.833	0.529	0.079	0.924	0.456
613	12.517	1.033	1.664	0.614	0.081	0.852	0.506
614	15.897	0.956	1.427	0.572	0.104	0.966	0.573

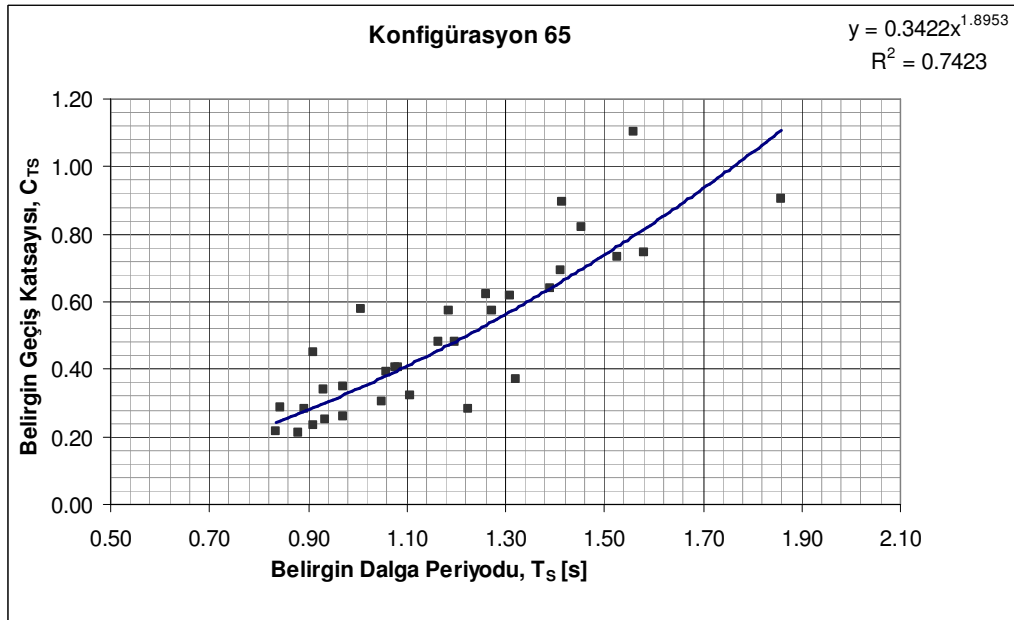
Tablo B.3: 84 numaralı konfigürasyon için performans deneylerinden elde edilen dalga özellikleri ve geçiş katsayıları.

Konfigürasyon 84							
Test No.	H_s [cm]	T_0 [s]	L_0 [m]	C_{TS}	H_s/L_0	H_s/D	B/L
309	8.065091	1.385578	2.997445	0.688174	0.026907	0.537673	0.266894
310	9.081452	1.263038	2.490704	0.485918	0.036461	0.60543	0.321194
312	10.20642	1.071428	1.792318	0.494594	0.056945	0.680428	0.446349
314	11.25253	0.941211	1.38313	0.307559	0.081356	0.750169	0.578398
315	12.77833	0.890877	1.239152	0.376774	0.103122	0.851889	0.645603
316	14.17106	0.841454	1.105479	0.415506	0.128189	0.944737	0.723668
408	8.295115	1.452536	3.294145	0.683524	0.025181	0.553008	0.242855
409	6.301334	1.396951	3.046853	0.684282	0.020681	0.420089	0.262566
410	10.54677	1.316009	2.704001	0.641728	0.039004	0.703118	0.295858
411	12.52742	1.191496	2.216533	0.467999	0.056518	0.835161	0.360924
412	13.33684	1.102722	1.898547	0.485723	0.070248	0.889123	0.421375
413	9.87573	1.030625	1.658403	0.428479	0.05955	0.658382	0.482392
414	12.18179	0.961261	1.442686	0.318975	0.084438	0.812119	0.554521
415	12.58271	0.899251	1.262558	0.435666	0.09966	0.838847	0.633634
508	11.68993	1.561762	3.808191	0.543931	0.030697	0.779329	0.210073
509	9.615203	1.386346	3.000766	0.536017	0.032042	0.641014	0.266599
510	13.44376	1.304508	2.656945	0.533155	0.050599	0.896251	0.301098
511	13.71407	1.188775	2.206422	0.740265	0.062155	0.914271	0.362578
512	12.76449	1.083591	1.833244	0.525041	0.069628	0.850966	0.436385
514	13.48289	0.968555	1.464663	0.402614	0.092055	0.898859	0.546201
515	14.37952	0.90713	1.284778	0.601913	0.111922	0.958635	0.622676
607	11.31917	1.773956	4.913317	0.839739	0.023038	0.754611	0.162823
608	9.410658	1.613562	4.064999	0.823973	0.02315	0.627377	0.196802
609	9.577519	1.445011	3.260105	1.008457	0.029378	0.638501	0.245391
610	11.93384	1.315586	2.702262	0.732072	0.044162	0.795589	0.296048
611	15.05016	1.190974	2.214591	0.649069	0.067959	1.003344	0.361241
612	14.01628	1.093941	1.868431	0.649	0.075016	0.934419	0.428167
614	14.35568	0.963166	1.448409	0.455557	0.099113	0.957046	0.55233

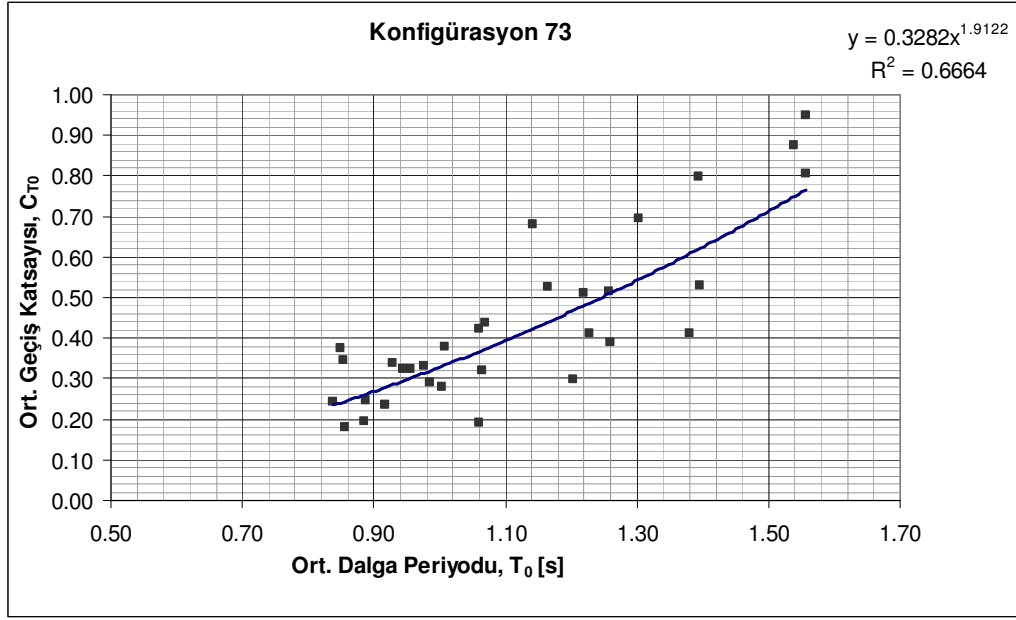
EK - C Geçiş Katsayısının Bağlı Olduğu Büyüklükler ile Değişimi



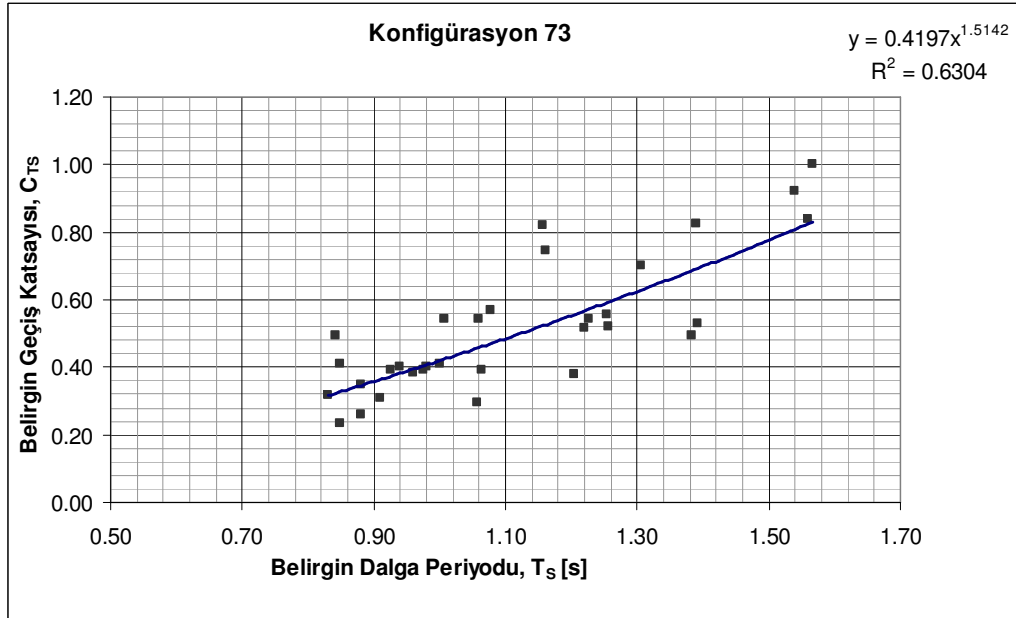
Şekil C.1: 65 numaralı konfigürasyon için performans deneylerinden elde edilen ortalama dalga periyodları ve ortalama geçiş katsayıları.



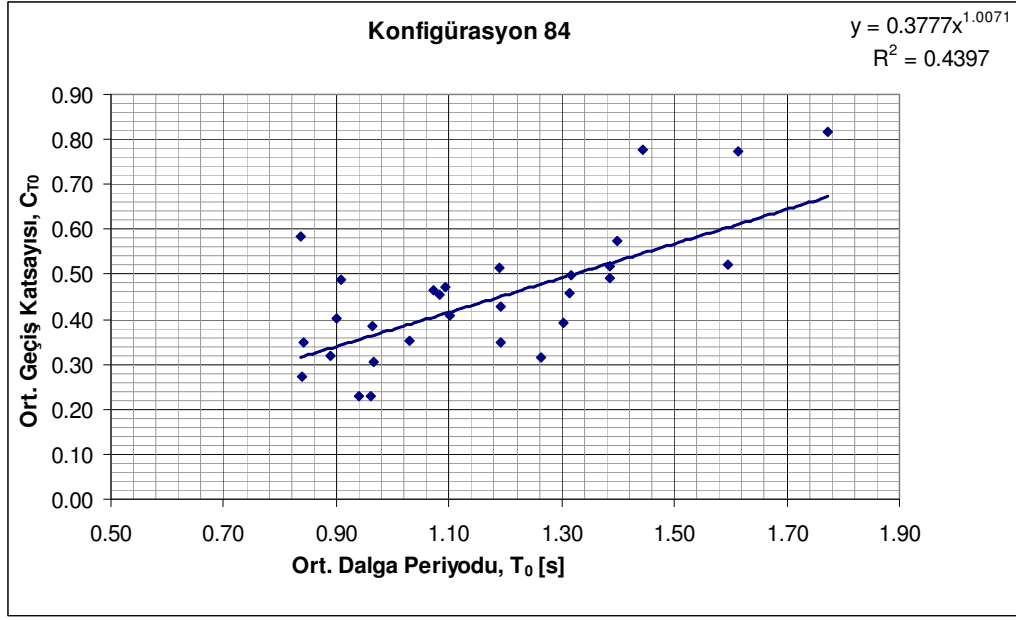
Şekil C.2: 65 numaralı konfigürasyon için performans deneylerinden elde edilen belirgin dalga periyodları ve belirgin geçiş katsayıları.



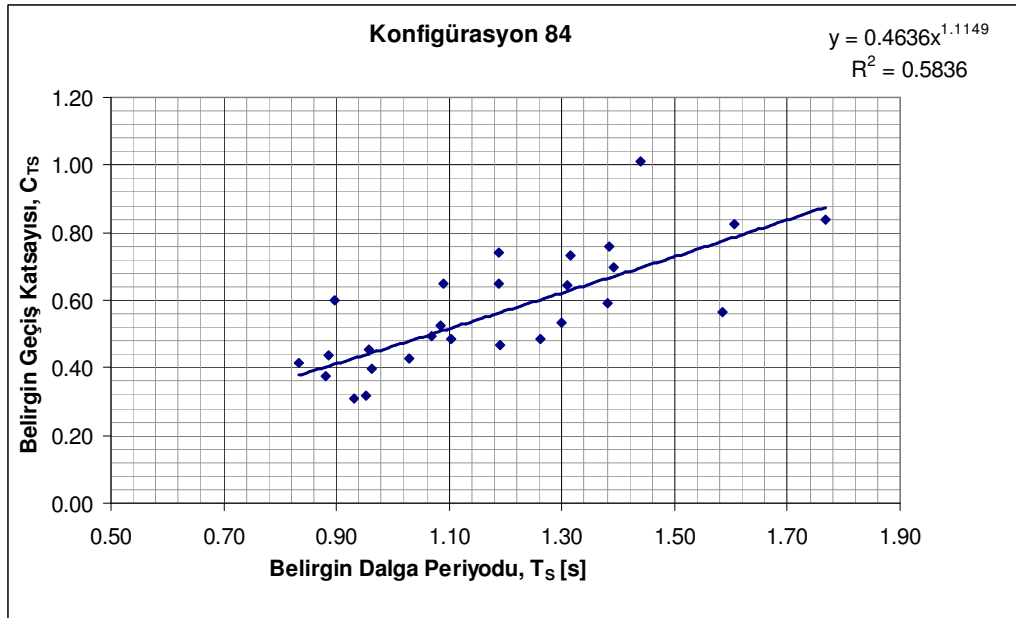
Şekil C.3: 73 numaralı konfigürasyon için performans deneylerinden elde edilen ortalama dalga periyodları ve ortalama geçiş katsayıları.



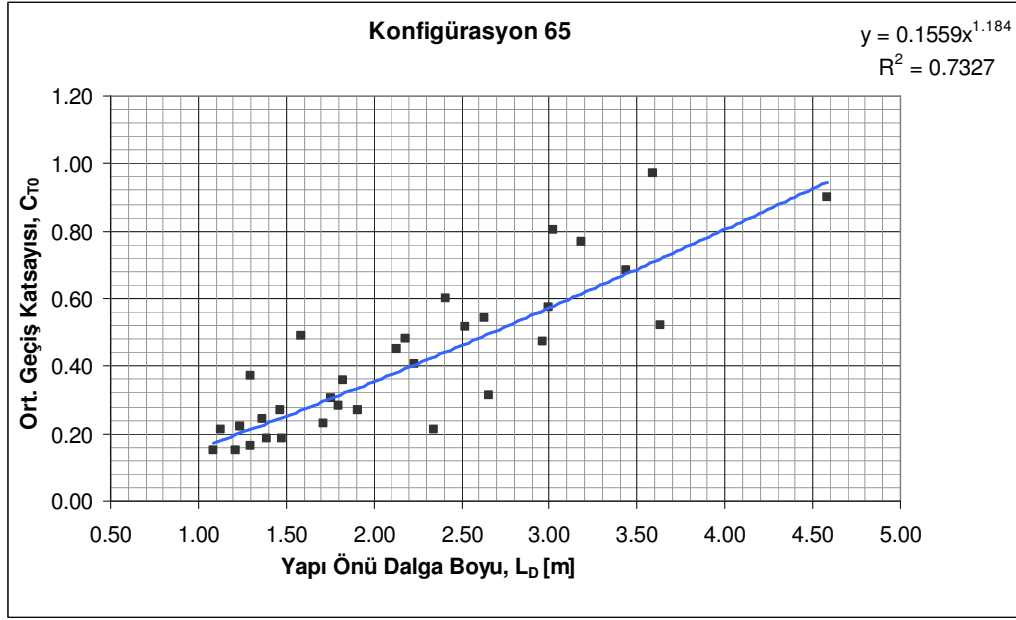
Şekil C.4: 73 numaralı konfigürasyon için performans deneylerinden elde edilen belirgin dalga periyodları ve belirgin geçiş katsayıları.



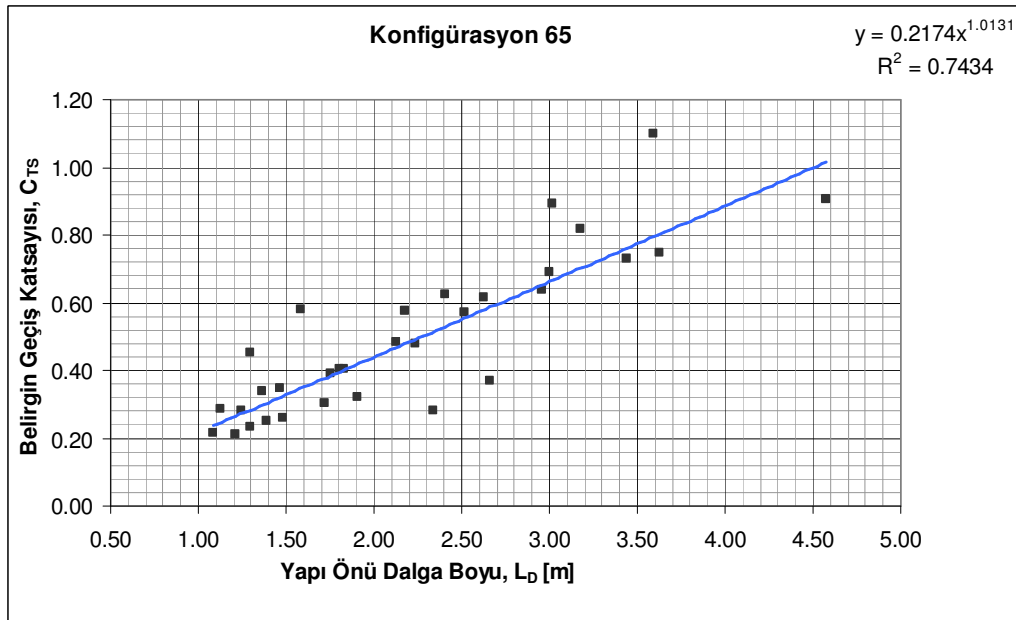
Şekil C.5: 84 numaralı konfigürasyon için performans deneylerinden elde edilen ortalama dalga periyodları ve ortalama geçiş katsayıları.



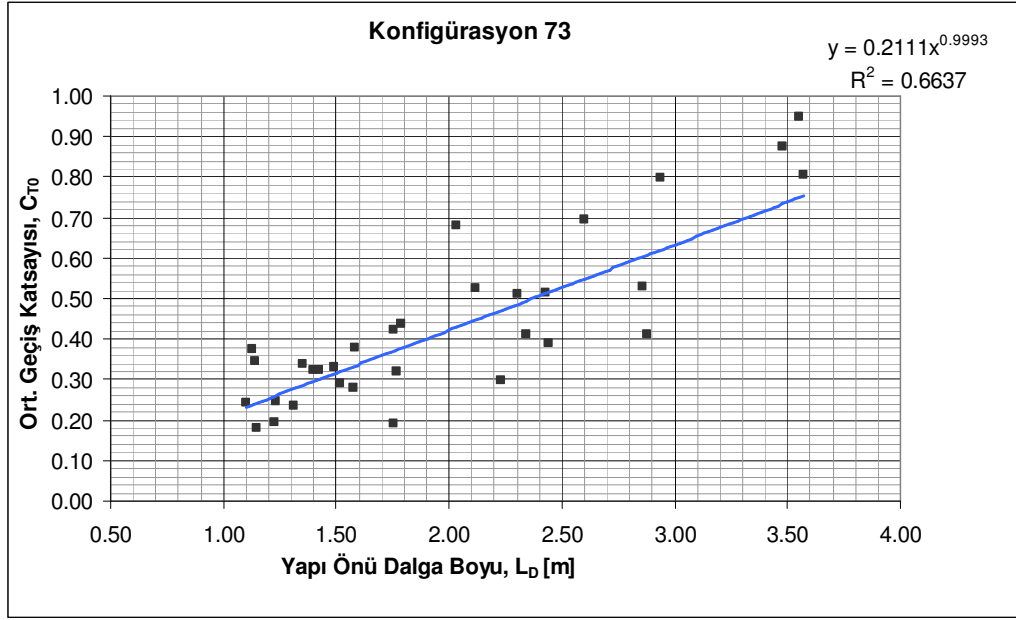
Şekil C.6: 84 numaralı konfigürasyon için performans deneylerinden elde edilen belirgin dalga periyodları ve belirgin geçiş katsayıları.



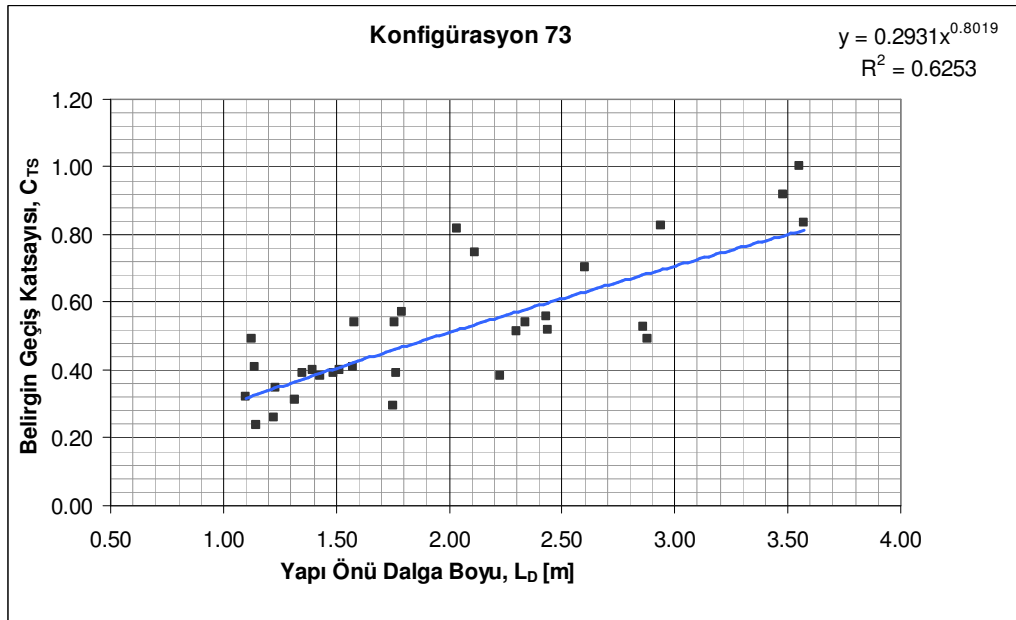
Şekil C.7: 65 numaralı konfigürasyon için performans deneylerinden elde edilen yapı önü dalga boyları ve ortalama geçiş katsayıları.



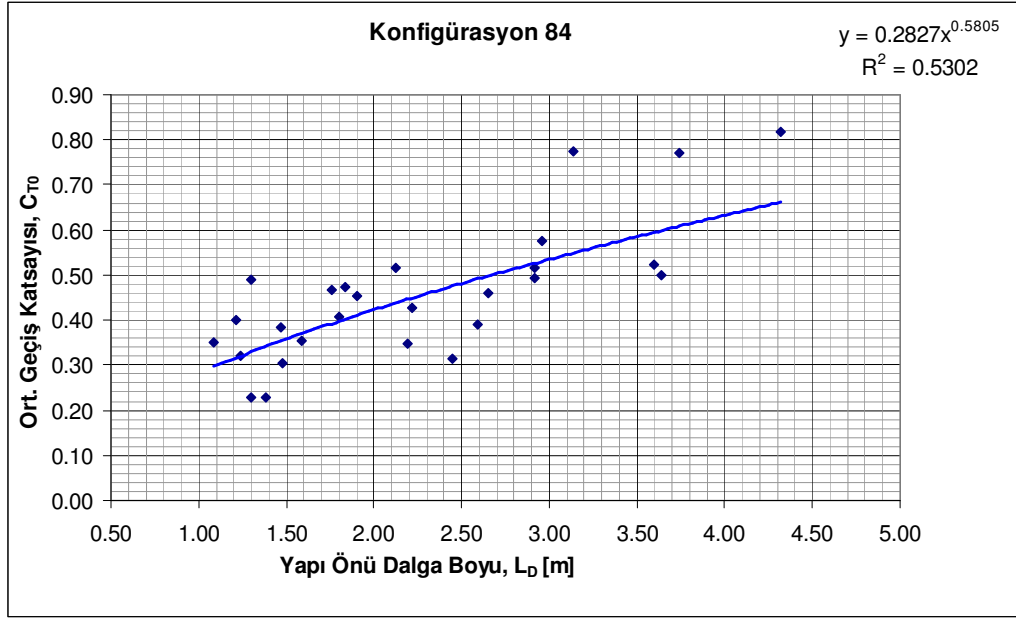
Şekil C.8: 65 numaralı konfigürasyon için performans deneylerinden elde edilen yapı önü dalga boyları ve belirgin geçiş katsayıları.



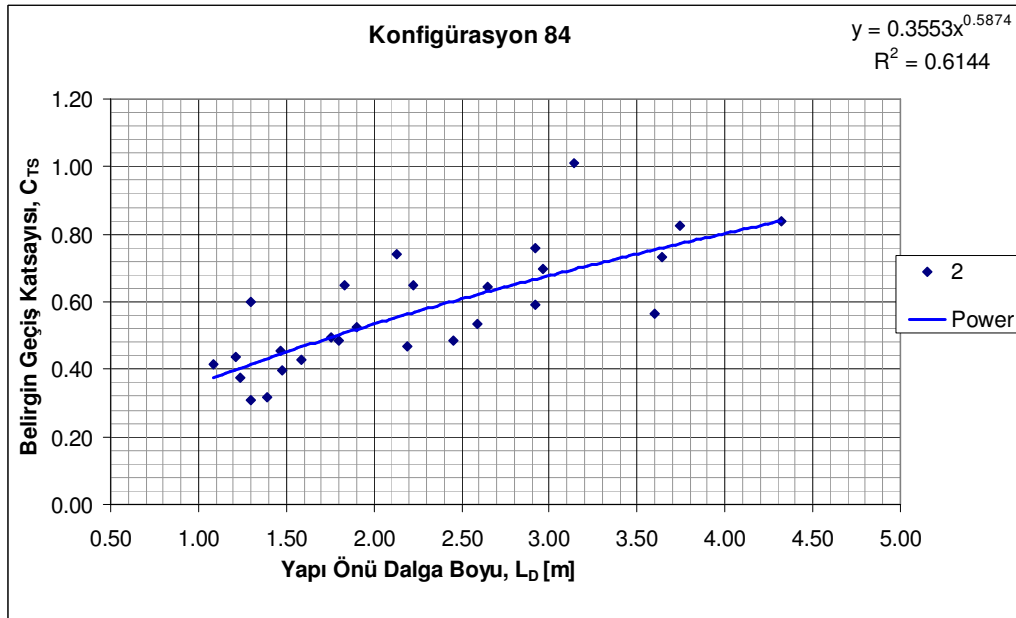
Şekil C.9: 73 numaralı konfigürasyon için performans deneylerinden elde edilen yapı önü dalga boyları ve ortalama geçiş katsayıları.



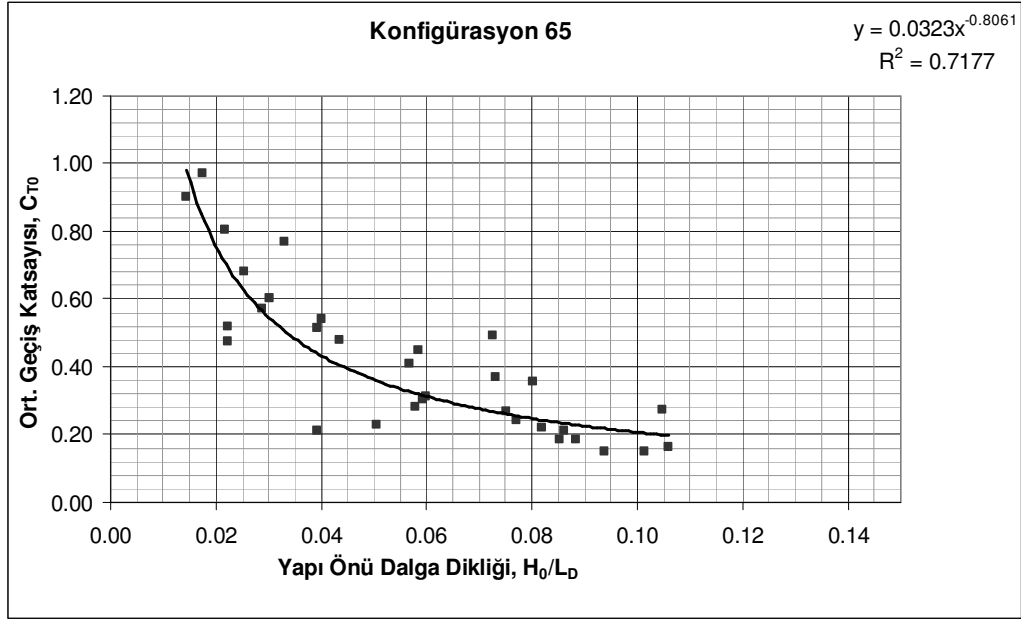
Şekil C.10: 73 numaralı konfigürasyon için performans deneylerinden elde edilen yapı önü dalga boyları ve belirgin geçiş katsayıları.



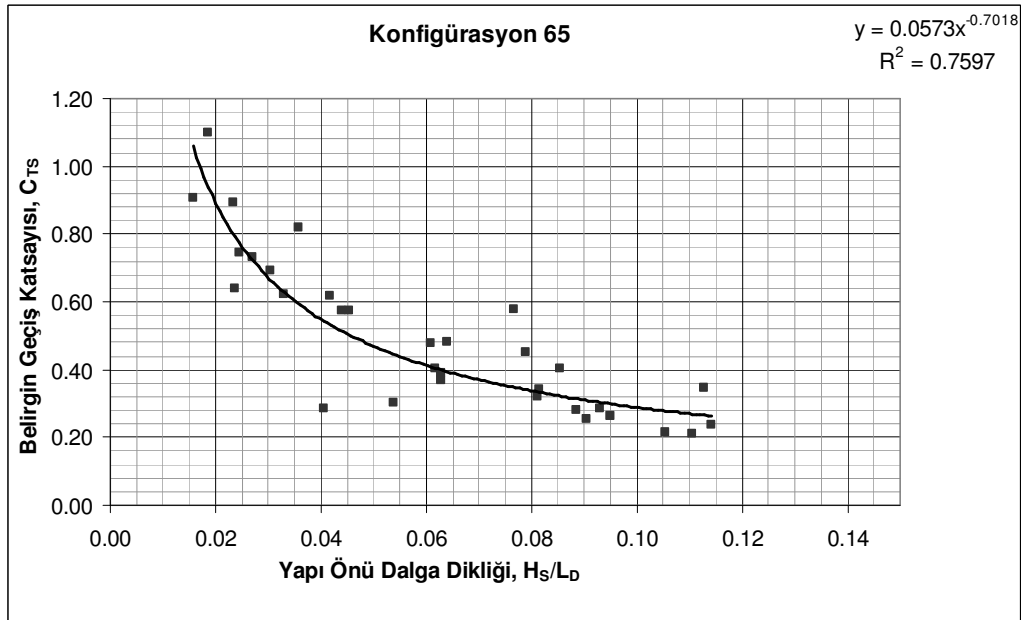
Şekil C.11: 84 numaralı konfigürasyon için performans deneylerinden elde edilen yapı önü dalga boyları ve ortalama geçiş katsayıları.



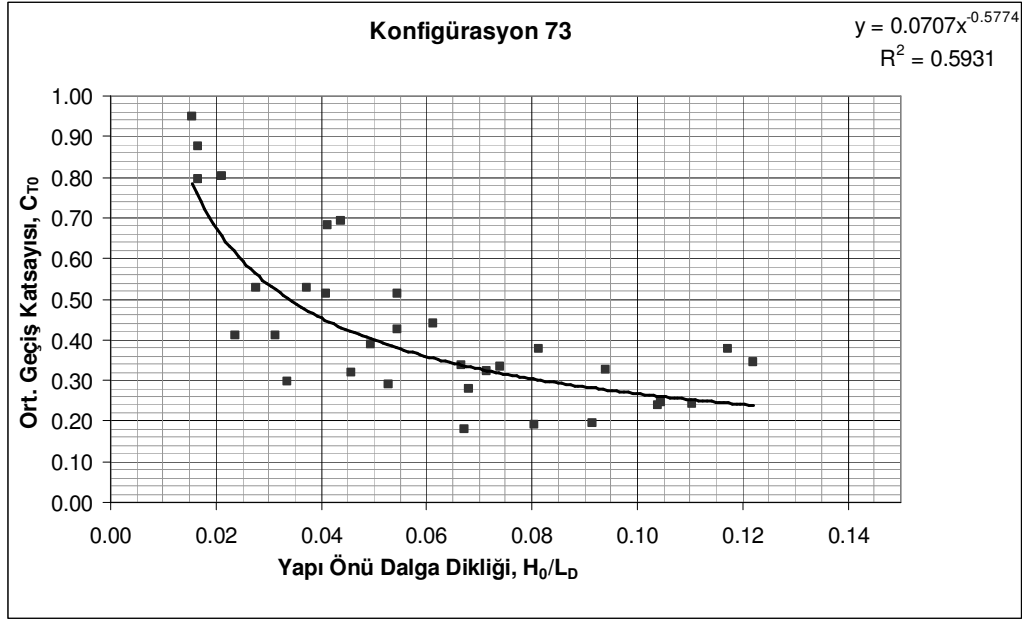
Şekil C.12: 84 numaralı konfigürasyon için performans deneylerinden elde edilen yapı önü dalga boyları ve belirgin geçiş katsayıları.



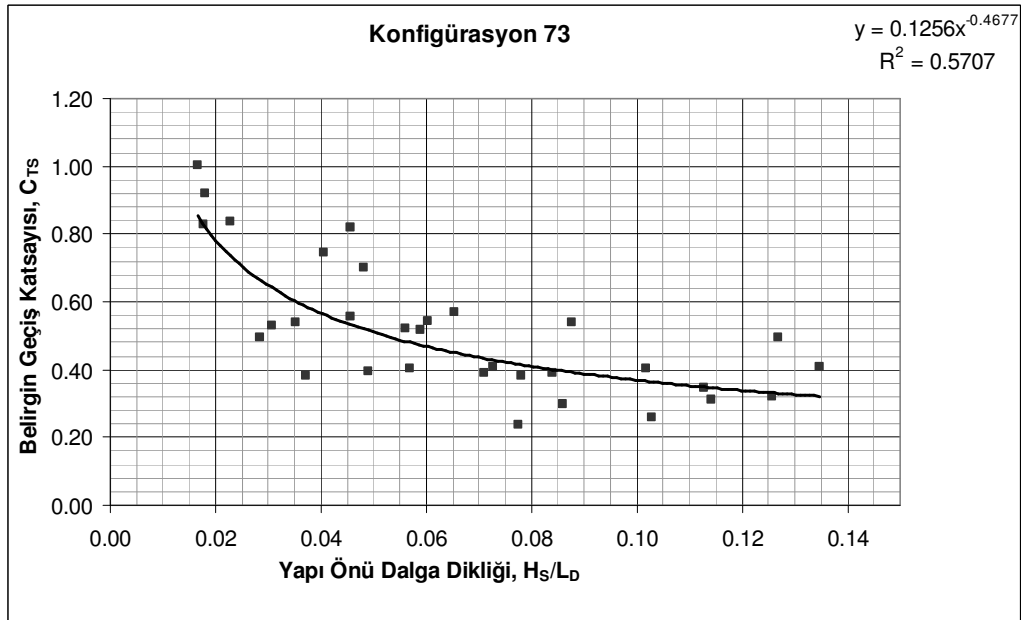
Şekil C.13: 65 numaralı konfigürasyon için performans deneylerinden elde edilen yapı önü dalga diklikleri ve ortalama geçiş katsayıları.



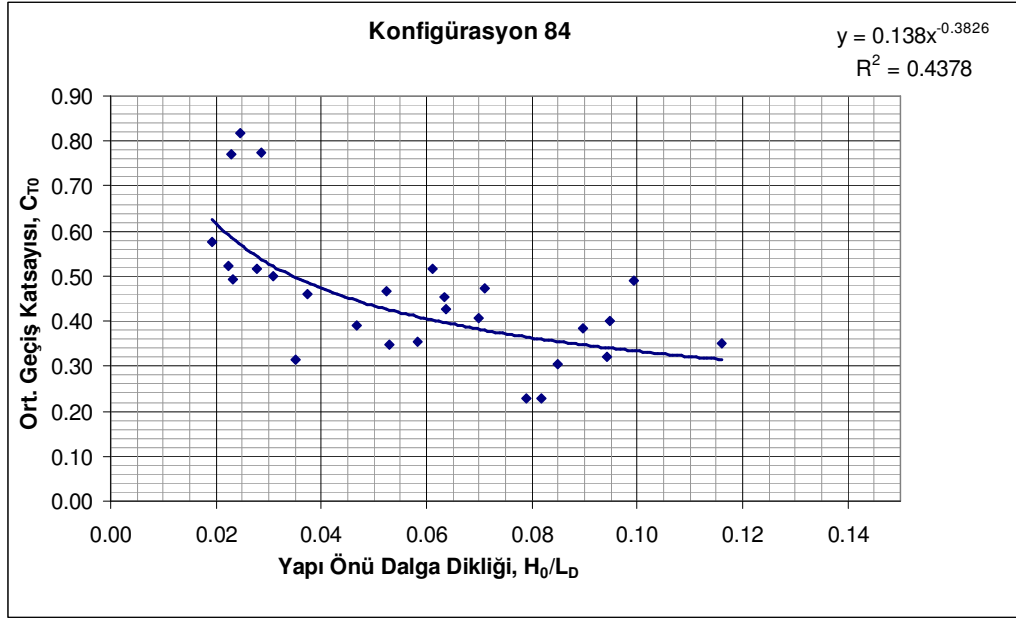
Şekil C.14: 65 numaralı konfigürasyon için performans deneylerinden elde edilen yapı önü dalga diklikleri ve belirgin geçiş katsayıları.



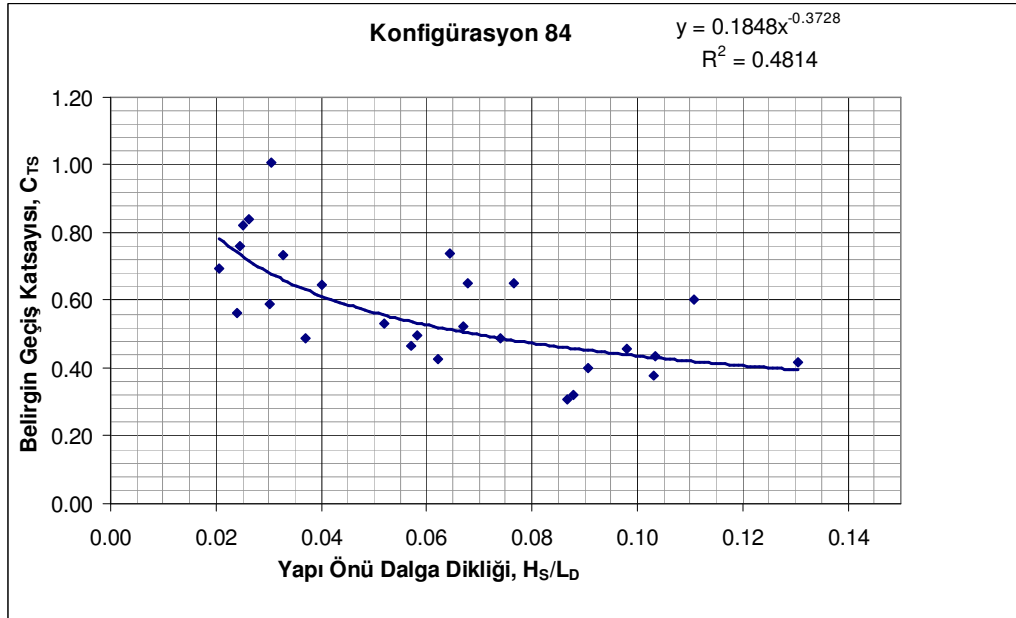
Şekil C.15: 73 numaralı konfigürasyon için performans deneylerinden elde edilen yapı önü dalga diklikleri ve ortalama geçiş katsayıları.



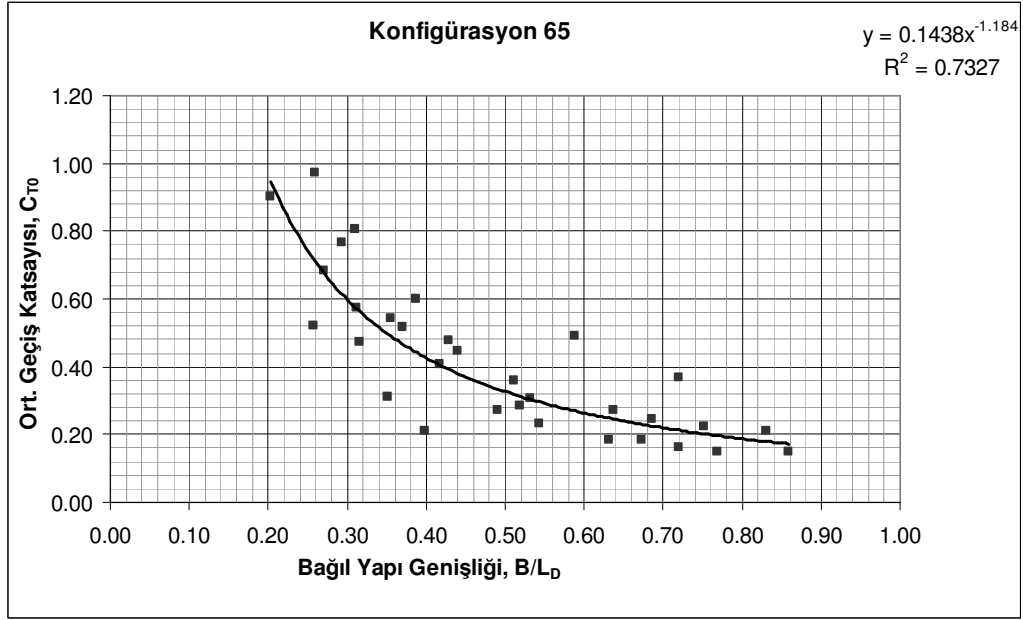
Şekil C.16: 73 numaralı konfigürasyon için performans deneylerinden elde edilen yapı önü dalga diklikleri ve belirgin geçiş katsayıları.



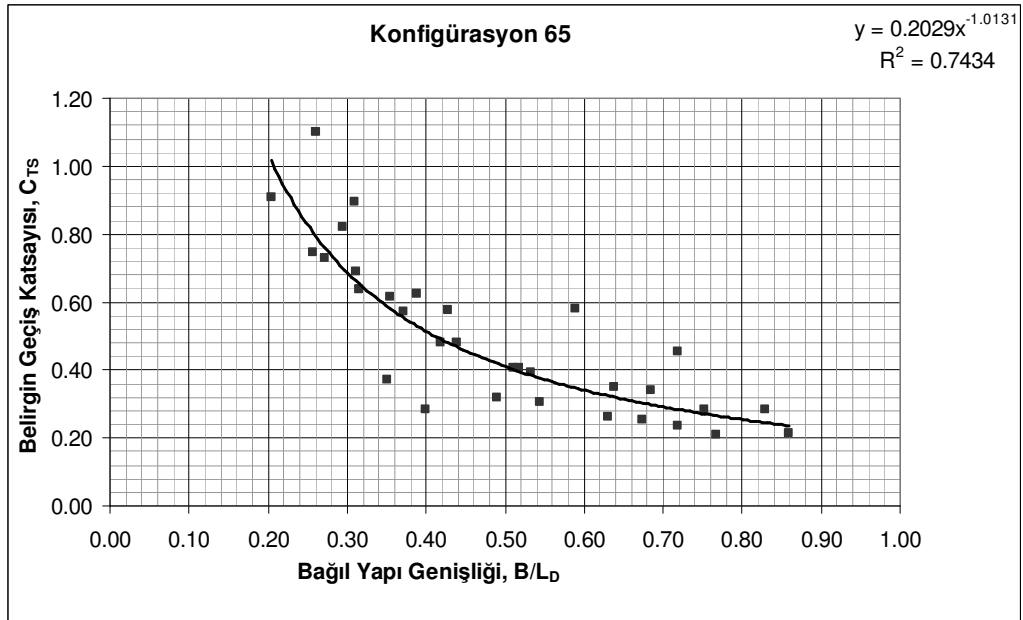
Şekil C.17: 84 numaralı konfigürasyon için performans deneylerinden elde edilen yapı önü dalga diklikleri ve ortalama geçiş katsayıları.



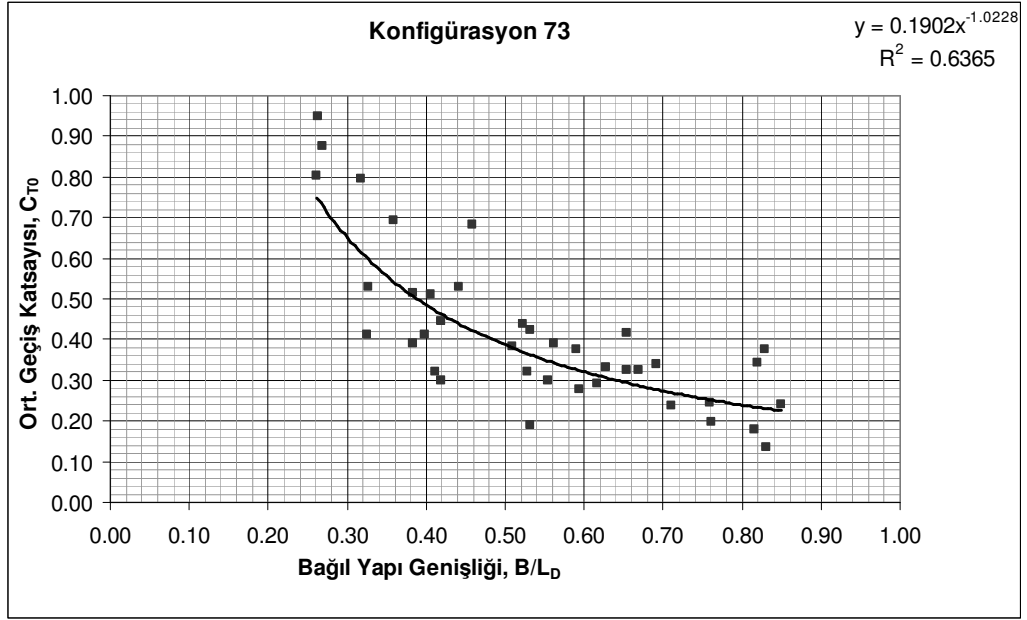
Şekil C.18: 84 numaralı konfigürasyon için performans deneylerinden elde edilen yapı önü dalga diklikleri ve belirgin geçiş katsayıları.



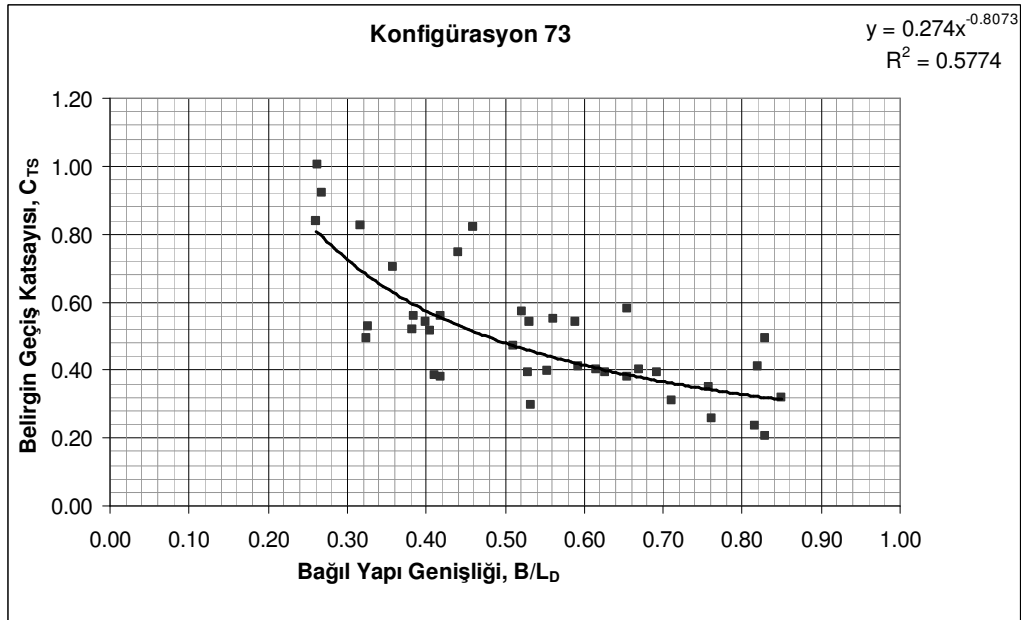
Şekil C.19: 65 numaralı konfigürasyon için performans deneylerinden elde edilen bağlı yapı genişlikleri ve ortalama geçiş katsayıları.



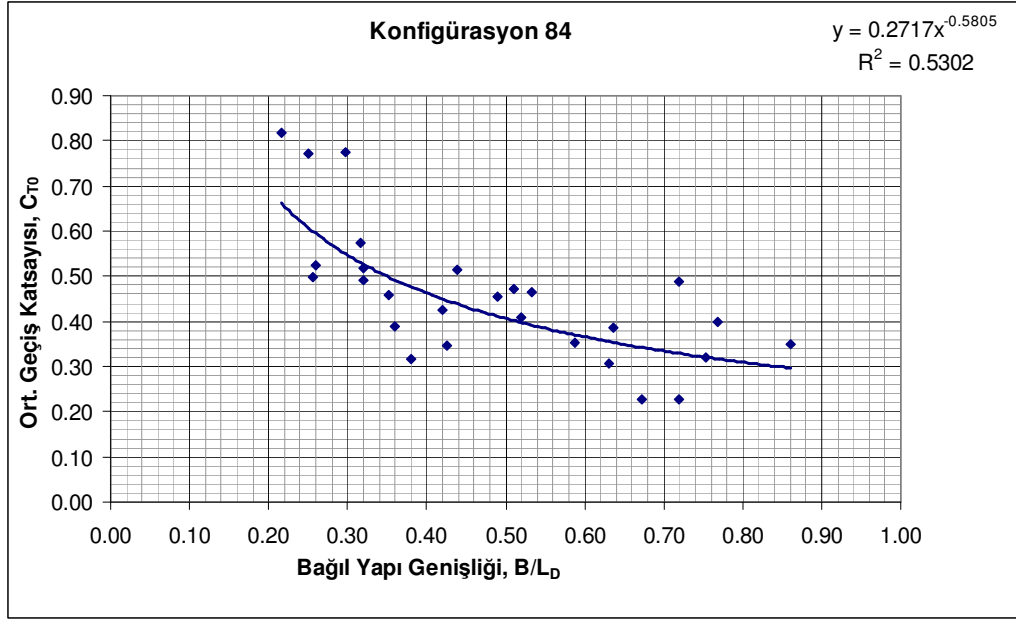
Şekil C.20: 65 numaralı konfigürasyon için performans deneylerinden elde edilen bağlı yapı genişlikleri ve belirgin geçiş katsayıları.



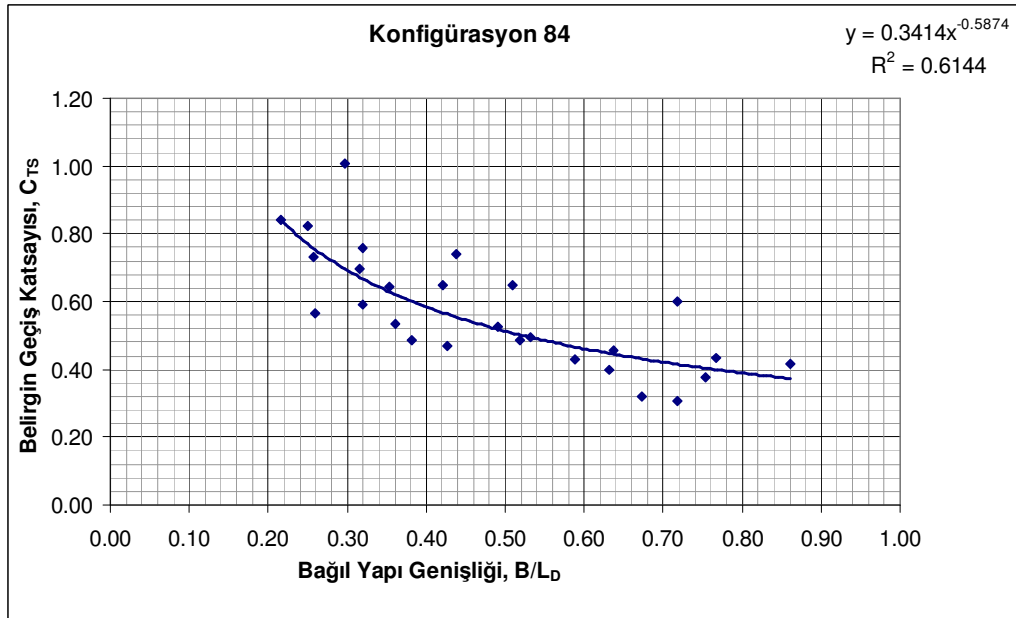
Şekil C.21: 73 numaralı konfigürasyon için performans deneylerinden elde edilen bağlı yapı genişlikleri ve ortalama geçiş katsayıları.



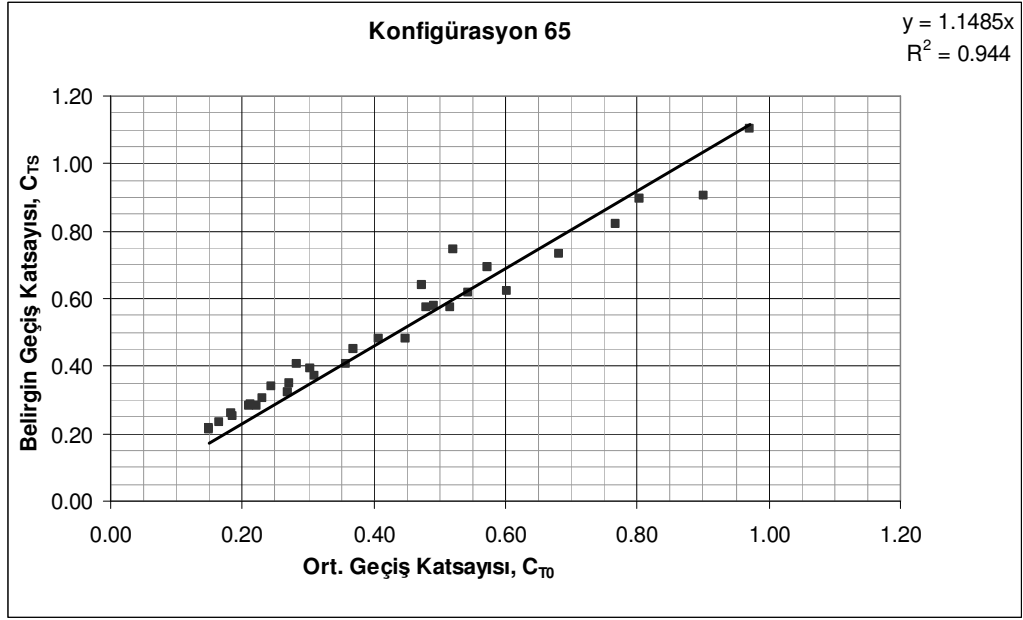
Şekil C.22: 73 numaralı konfigürasyon için performans deneylerinden elde edilen bağlı yapı genişlikleri ve belirgin geçiş katsayıları.



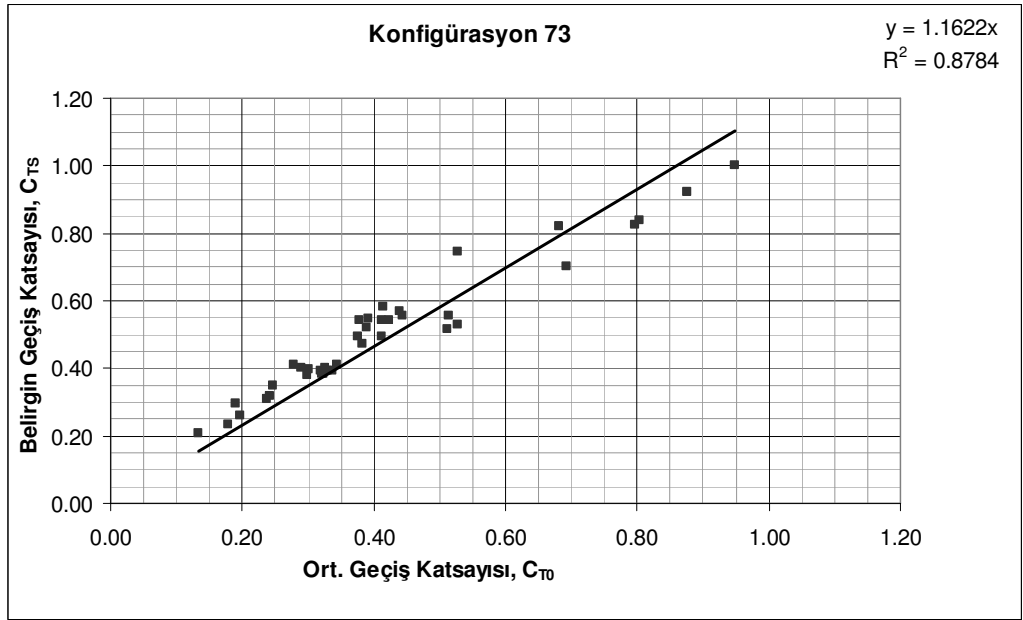
Şekil C.23: 84 numaralı konfigürasyon için performans deneylerinden elde edilen bağlı yapı genişlikleri ve ortalama geçiş katsayıları.



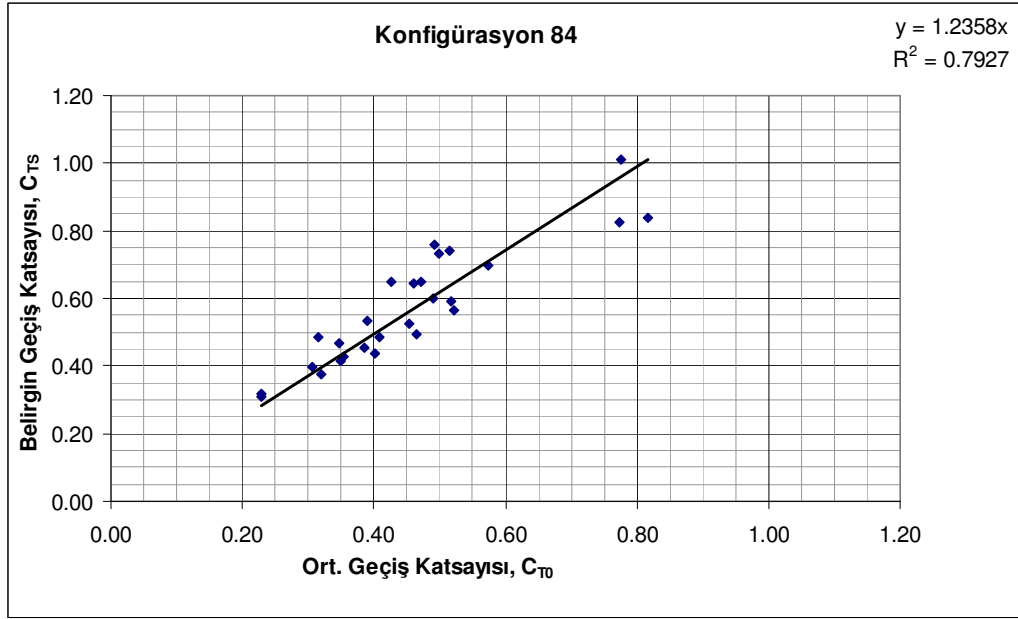
Şekil C.24: 84 numaralı konfigürasyon için performans deneylerinden elde edilen bağlı yapı genişlikleri ve belirgin geçiş katsayıları.



Şekil C.25: 65 numaralı konfigürasyon için performans deneylerinden elde edilen ortalama geçiş katsayıları ve belirgin geçiş katsayıları.



Şekil C.26: 73 numaralı konfigürasyon için performans deneylerinden elde edilen ortalama geçiş katsayıları ve belirgin geçiş katsayıları.

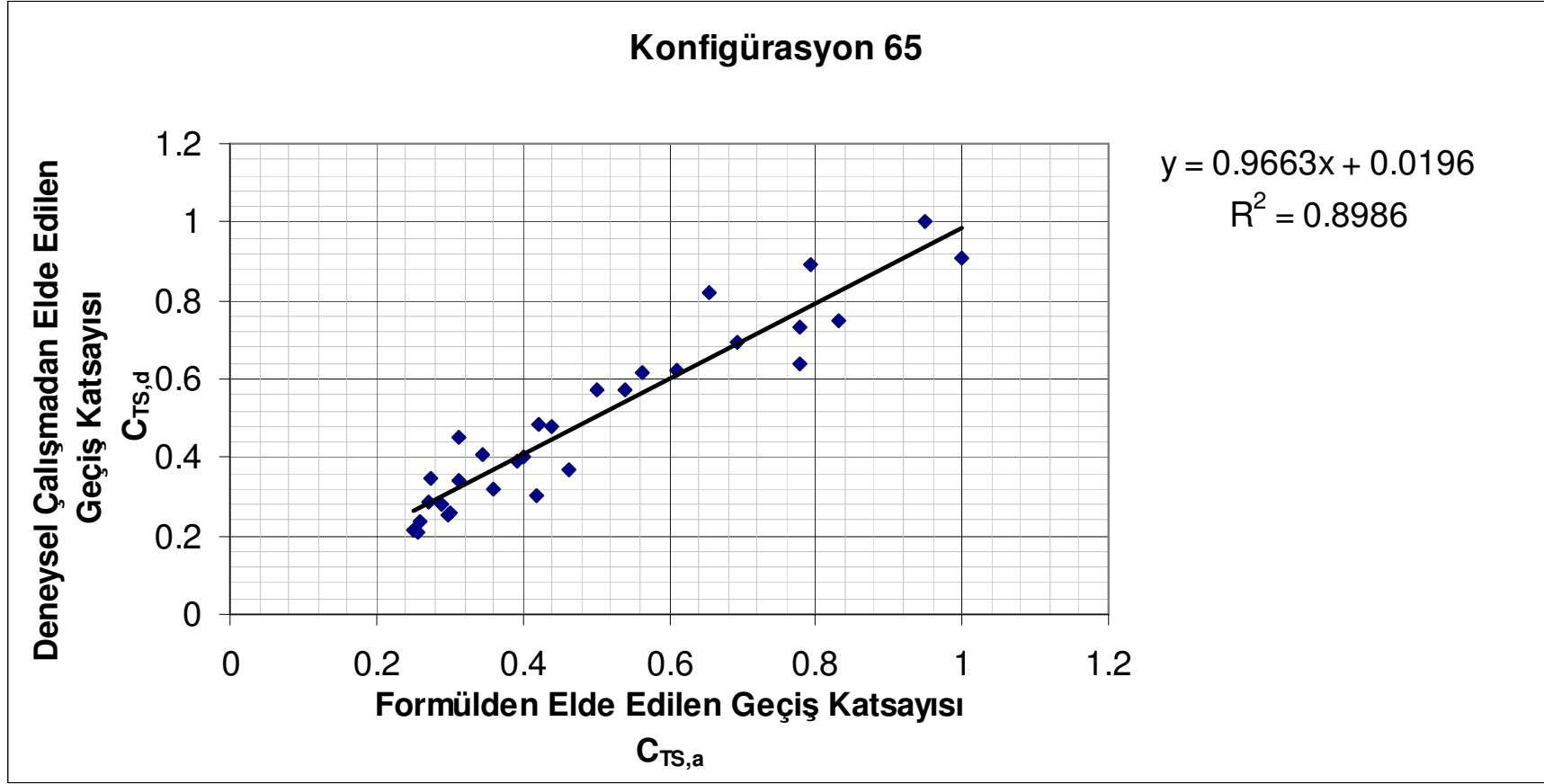


Şekil C.27: 84 numaralı konfigürasyon için performans deneylerinden elde edilen ortalama geçiş katsayıları ve belirgin geçiş katsayıları.

EK - D Regresyon Analizine Dair Tablo ve Grafikler

Tablo D.1: 65 numaralı konfigürasyon için elde edilen belirgin geçiş katsayısı denklemleri sonuçlarının deneysel yöntemle elde edilen belirgin geçiş katsayısı değerleri ile karşılaştırılması ve hata oranı.

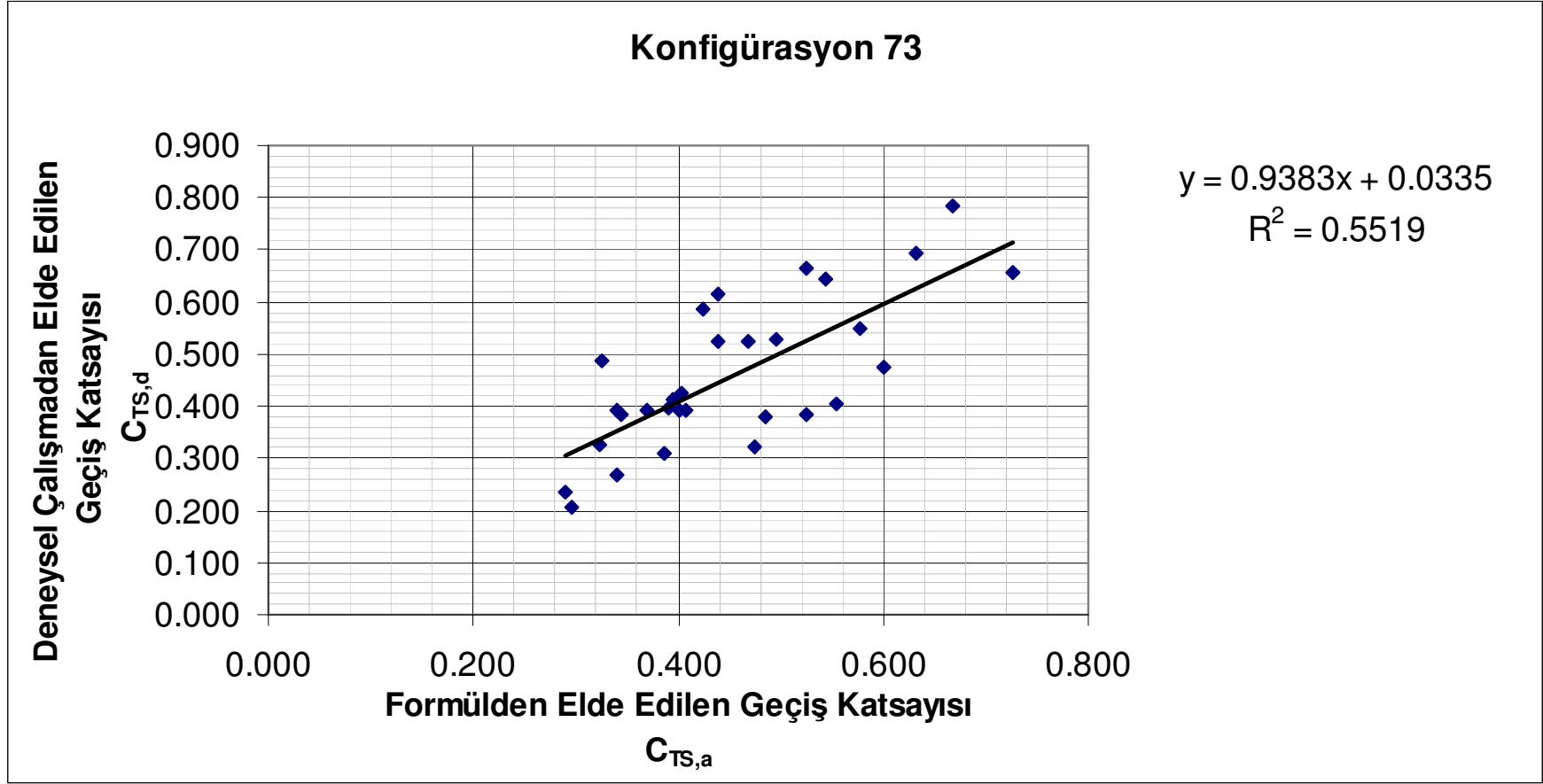
KONFIGÜRASYON 65						$C_{dr} = 0.079$ $m = -0.488$ $n = -0.403$
TEST NO	H/L _D	B/L _D	C _{TSd}	C _{TSa}	$\frac{C_{TSd} - C_{TSa}}{C_{TSd}}$	$\frac{(C_{TSd} - C_{TSa})}{C_{TSd}}$
515	0.114	0.719	0.235	0.260	0.025	0.107
614	0.113	0.638	0.347	0.274	0.073	0.210
415	0.111	0.768	0.210	0.257	0.047	0.223
316	0.105	0.860	0.215	0.252	0.037	0.172
514	0.095	0.631	0.261	0.299	0.039	0.148
657	0.093	0.830	0.286	0.271	0.015	0.051
414	0.091	0.673	0.253	0.299	0.046	0.183
315	0.089	0.752	0.282	0.289	0.007	0.025
612	0.085	0.511	0.405	0.344	0.062	0.152
656	0.082	0.685	0.340	0.312	0.027	0.081
512	0.081	0.490	0.320	0.358	0.038	0.119
314	0.079	0.719	0.452	0.311	0.141	0.311
511	0.064	0.439	0.482	0.421	0.061	0.127
610	0.063	0.351	0.369	0.464	0.095	0.257
312	0.063	0.532	0.392	0.393	0.001	0.002
412	0.062	0.518	0.404	0.400	0.004	0.010
611	0.061	0.418	0.479	0.440	0.040	0.083
655	0.054	0.544	0.304	0.419	0.116	0.381
411	0.045	0.428	0.575	0.501	0.074	0.128
510	0.044	0.371	0.573	0.541	0.033	0.057
410	0.042	0.355	0.616	0.563	0.053	0.086
609	0.036	0.294	0.820	0.656	0.164	0.200
310	0.033	0.388	0.622	0.610	0.013	0.020
509	0.030	0.311	0.691	0.693	0.002	0.003
408	0.027	0.272	0.730	0.777	0.047	0.064
608	0.025	0.257	0.746	0.830	0.084	0.113
309	0.024	0.316	0.638	0.779	0.141	0.221
409	0.023	0.309	0.894	0.793	0.101	0.113
508	0.018	0.260	1.000	0.951	0.049	0.049
607	0.016	0.204	0.906	1.000	0.094	0.104
BAĞIL HATA =						0.127



Şekil D.1: 65 numaralı konfigürasyon için elde edilen belirgin geçiş katsayısı denklemleri sonuçlarının deneysel yöntemle elde edilen belirgin geçiş katsayısı değerleri ile karşılaştırılması.

Tablo D.2: 73 numaralı konfigürasyon için elde edilen belirgin geçiş katsayısı denklemleri sonuçlarının deneysel yöntemle elde edilen belirgin geçiş katsayısı değerleri ile karşılaştırılması ve hata oranı.

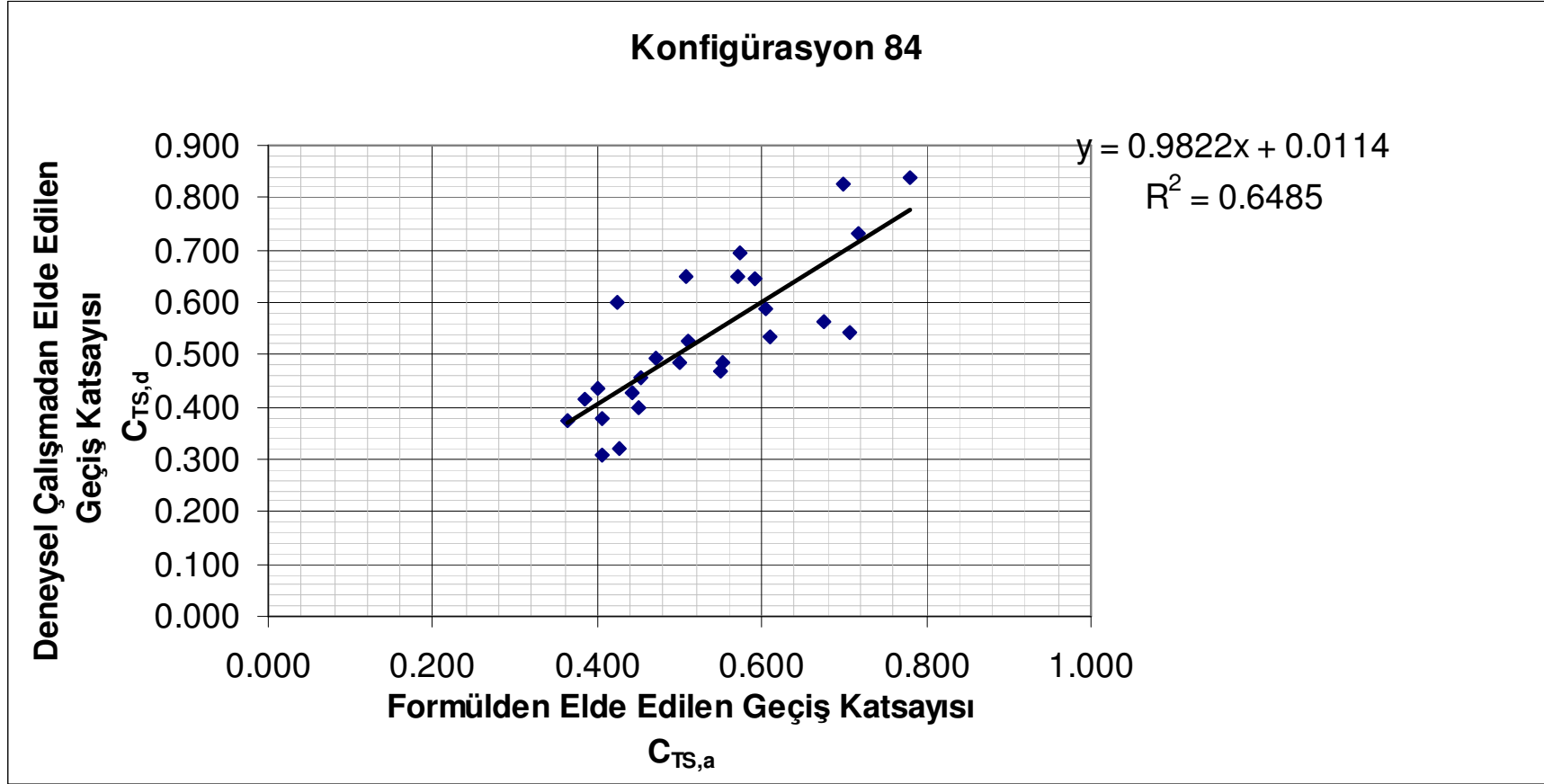
KONFIGÜRASYON 73 $C_{dr} = 0.527$ $m = 0.333$ $n = -1.141$						
TEST NO	H/L _D	B/L _D	C _{TSd}	C _{TSa}	$\frac{C_{TSd} - C_{TSa}}{C_{TSa}}$	$\frac{(C_{TSd} - C_{TSa})}{C_{TSd}}$
611	0.037	0.411	0.381	0.485	0.105	0.275
613	0.049	0.519	0.393	0.408	0.015	0.039
615	0.071	0.680	0.391	0.339	0.052	0.133
616	0.078	0.801	0.236	0.290	0.054	0.227
731	0.021	0.264	0.785	0.669	0.116	0.148
842	0.047	0.392	0.404	0.555	0.150	0.372
900	0.047	0.399	0.643	0.544	0.099	0.154
843	0.062	0.522	0.526	0.439	0.087	0.165
844	0.076	0.643	0.392	0.370	0.022	0.056
745	0.099	0.747	0.269	0.341	0.072	0.268
736	0.123	0.835	0.326	0.323	0.003	0.010
108	0.025	0.258	0.656	0.727	0.071	0.109
110	0.047	0.377	0.548	0.577	0.029	0.054
111	0.053	0.427	0.667	0.524	0.142	0.214
112	0.071	0.512	0.524	0.469	0.055	0.104
113	0.070	0.583	0.425	0.403	0.023	0.054
114	0.079	0.616	0.414	0.394	0.020	0.048
115	0.102	0.745	0.385	0.345	0.040	0.103
210	0.049	0.353	0.694	0.633	0.061	0.089
212	0.079	0.523	0.322	0.474	0.152	0.471
213	0.081	0.580	0.587	0.425	0.162	0.277
214	0.104	0.657	0.394	0.400	0.007	0.017
215	0.115	0.697	0.308	0.387	0.079	0.258
216	0.113	0.805	0.489	0.326	0.162	0.332
311	0.071	0.411	0.476	0.602	0.126	0.265
312	0.077	0.500	0.529	0.495	0.033	0.063
313	0.075	0.551	0.614	0.440	0.174	0.284
734	0.045	0.404	0.384	0.526	0.142	0.369
735	0.050	0.544	0.396	0.390	0.006	0.015
736	0.087	0.815	0.205	0.296	0.090	0.440
BAĞIL HATA =					0.180	



Şekil D.2: 73 numaralı konfigürasyon için elde edilen belirgin geçiş katsayısı denklemleri sonuçlarının deneysel yöntemle elde edilen belirgin geçiş katsayısı değerleri ile karşılaştırılması.

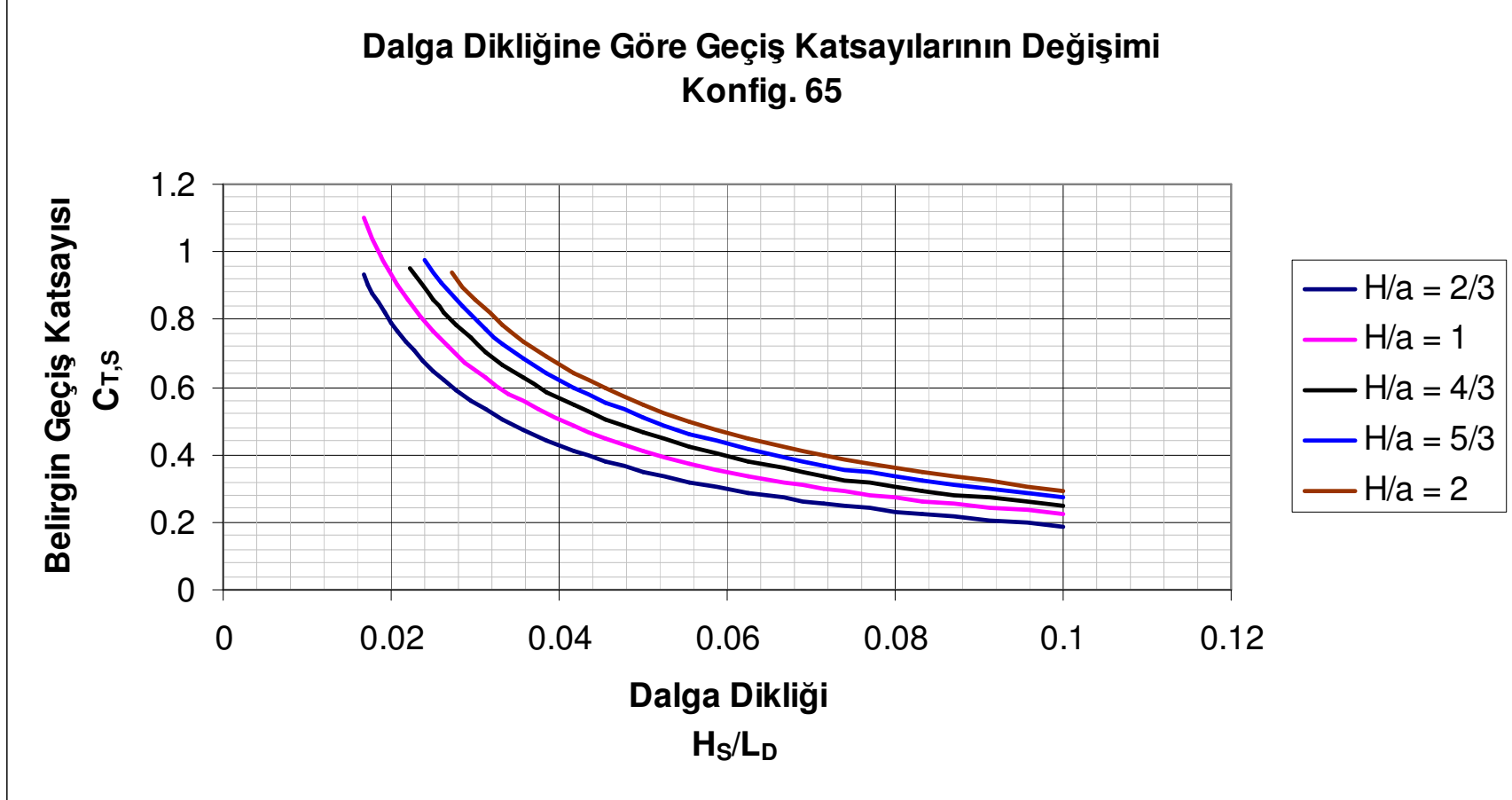
Tablo D.3: 84 numaralı konfigürasyon için elde edilen belirgin geçiş katsayısı denklemleri sonuçlarının deneysel yöntemle elde edilen belirgin geçiş katsayısı değerleri ile karşılaştırılması ve hata oranı.

KONFIGÜRASYON 84						$C_{dr} = 0.492$ $m = 0.169$ $n = -0.710$
TEST NO	H/L _D	B/L _D	C _{TSd}	C _{Tsa}	$\frac{C_{TSd} - C_{Tsa}}{C_{TSd}}$	$\frac{(C_{TSd} - C_{Tsa})}{C_{TSd}}$
310	0.037	0.387	0.486	0.553	0.105	0.215
312	0.058	0.540	0.495	0.471	0.015	0.031
314	0.087	0.730	0.308	0.407	0.052	0.170
315	0.103	0.765	0.377	0.405	0.054	0.142
316	0.131	0.873	0.416	0.384	0.116	0.280
408	0.024	0.263	0.563	0.676	0.150	0.267
409	0.021	0.320	0.697	0.573	0.099	0.142
410	0.040	0.358	0.645	0.593	0.087	0.135
411	0.057	0.433	0.468	0.550	0.022	0.047
412	0.074	0.527	0.486	0.500	0.072	0.148
413	0.062	0.597	0.428	0.444	0.003	0.008
414	0.088	0.683	0.319	0.427	0.071	0.223
415	0.103	0.779	0.436	0.400	0.029	0.068
508	0.033	0.267	0.544	0.706	0.142	0.262
509	0.030	0.325	0.589	0.606	0.055	0.093
510	0.052	0.366	0.533	0.609	0.023	0.043
512	0.067	0.498	0.525	0.511	0.020	0.037
514	0.091	0.641	0.398	0.450	0.040	0.100
515	0.111	0.729	0.602	0.424	0.061	0.102
607	0.026	0.219	0.840	0.780	0.152	0.181
608	0.025	0.253	0.824	0.700	0.162	0.197
610	0.033	0.260	0.732	0.718	0.007	0.009
611	0.068	0.427	0.649	0.571	0.079	0.122
612	0.076	0.517	0.649	0.509	0.162	0.250
614	0.098	0.647	0.456	0.453	0.126	0.276
846	0.092	0.863	0.373	0.365	0.033	0.090
BAĞIL HATA =						0.140

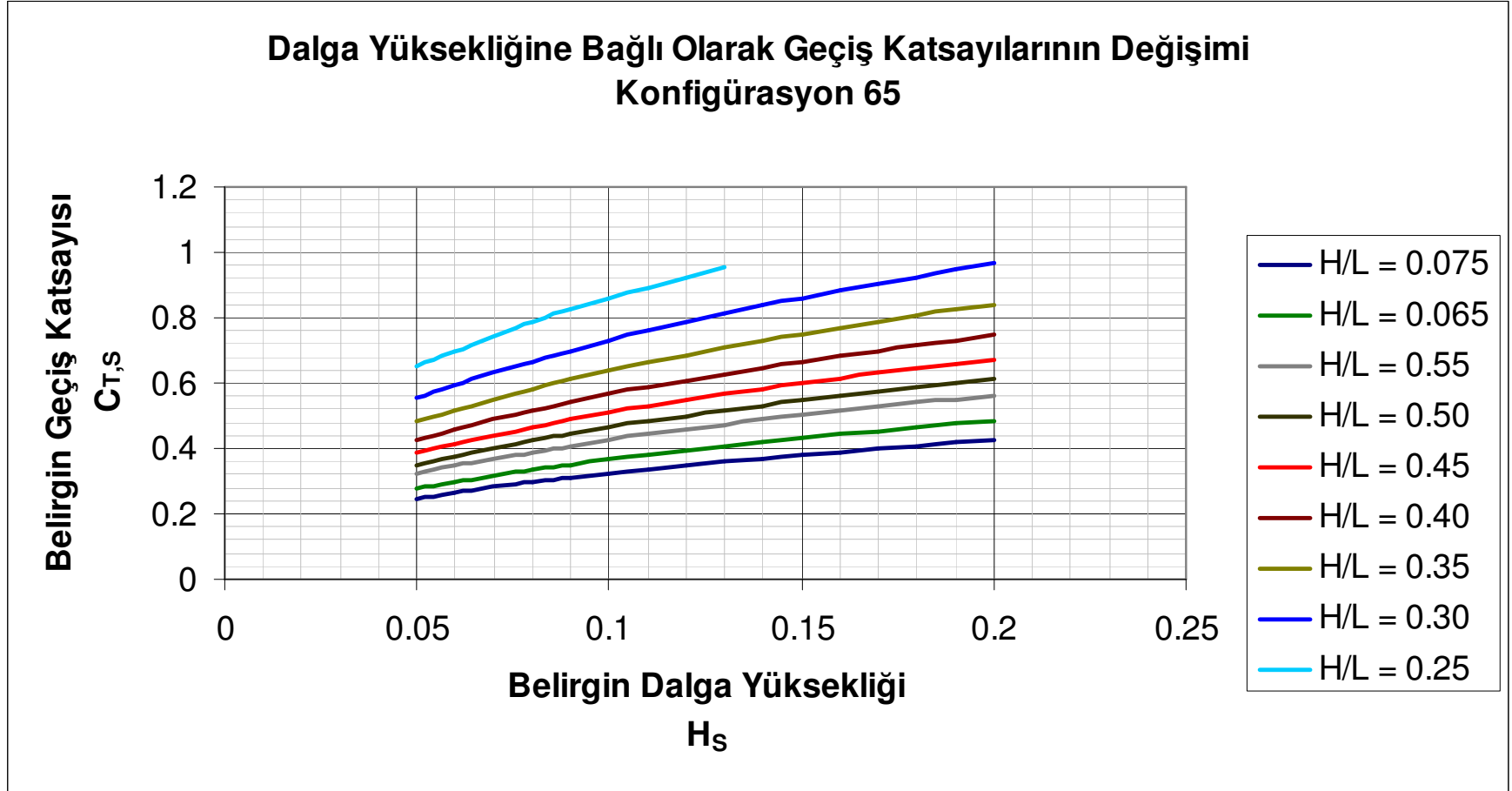


Şekil D.3: 84 numaralı konfigürasyon için elde edilen belirgin geçiş katsayısı denklemleri sonuçlarının deneysel yöntemle elde edilen belirgin geçiş katsayısı değerleri ile karşılaştırılması.

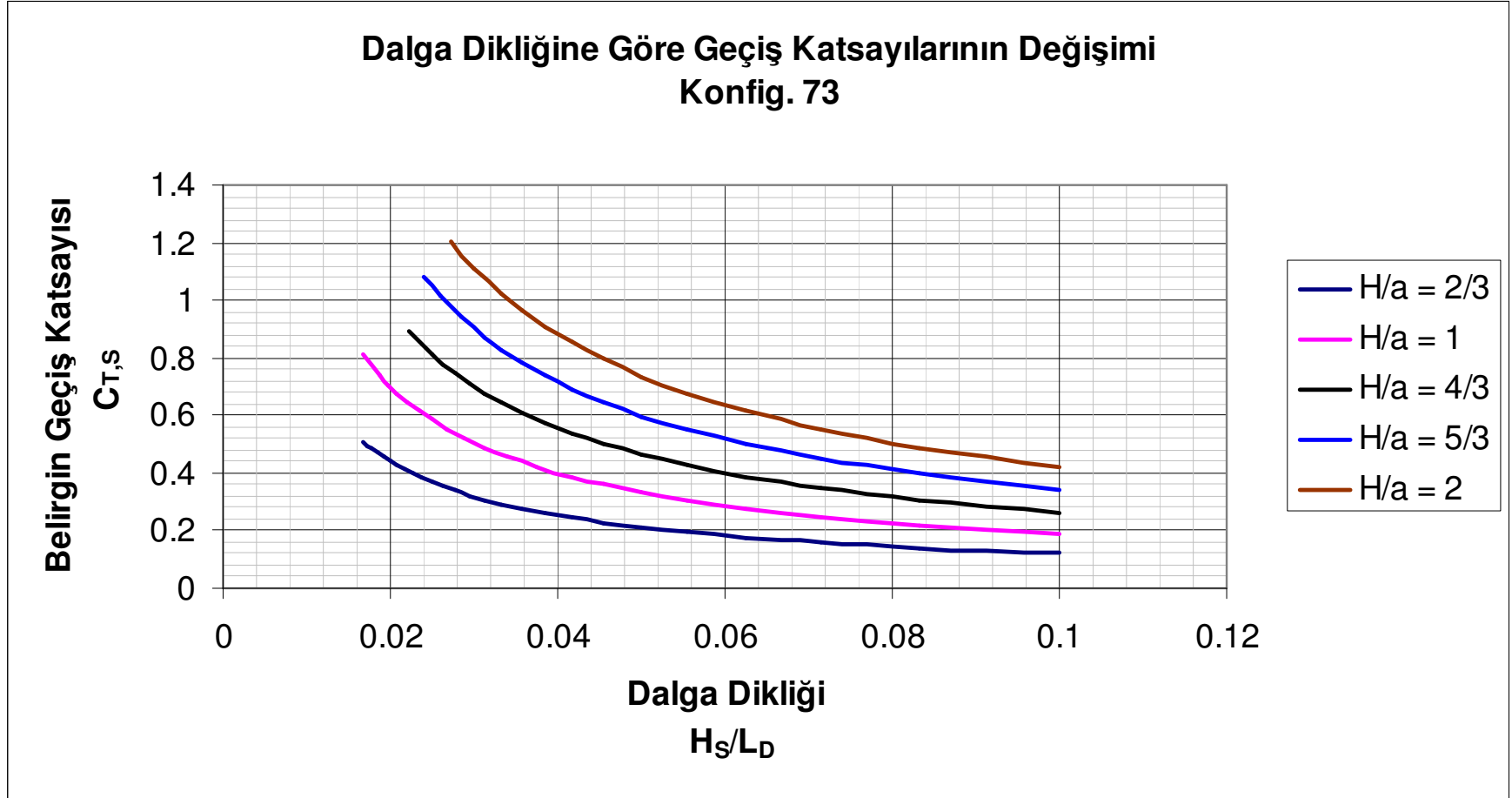
**EK - E 65, 73 ve 84 Numaralı Konfigürasyonlara ait Performans
Eğrileri**



Şekil E.1: Konfigürasyon 65 için dalga dikliği ile geçiş katsayısına bağlı performans diyagramı.

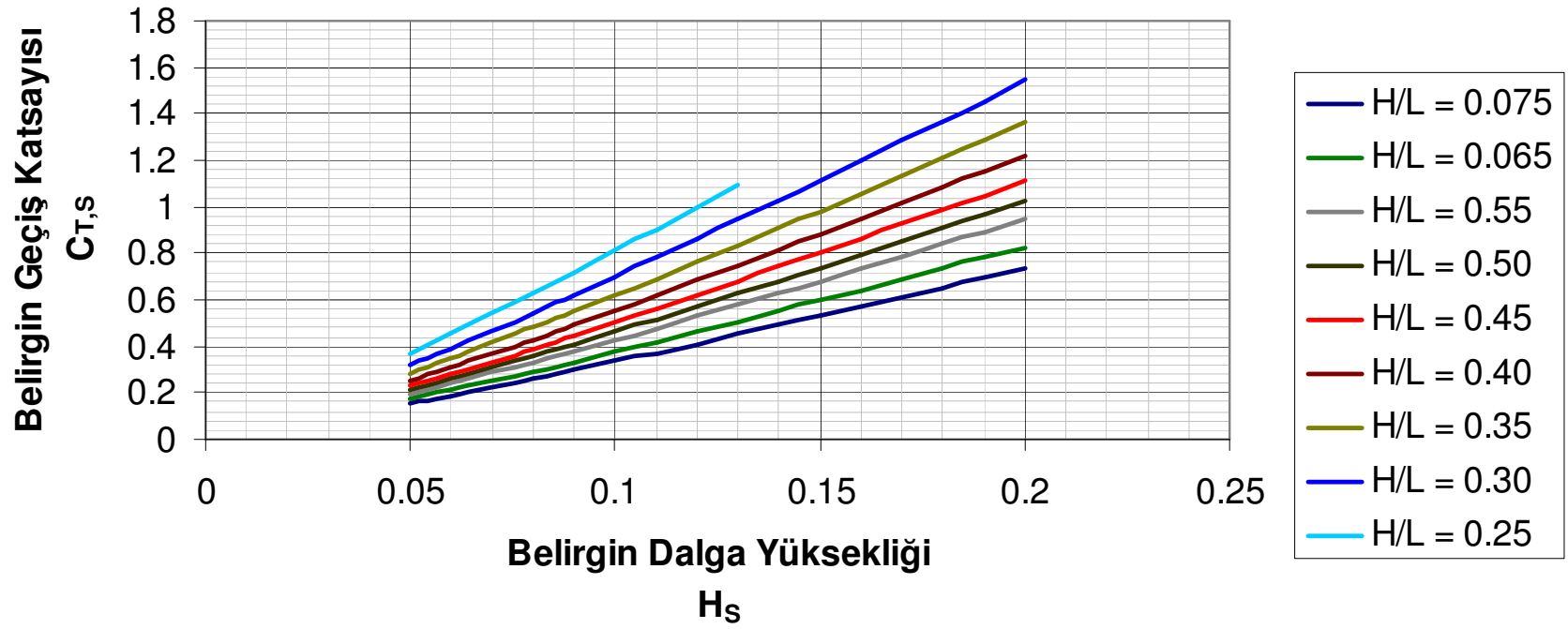


Şekil E.2: Konfigürasyon 65 için belirgin dalga yüksekliği ile geçiş katsayısına bağlı performans diyagramı.

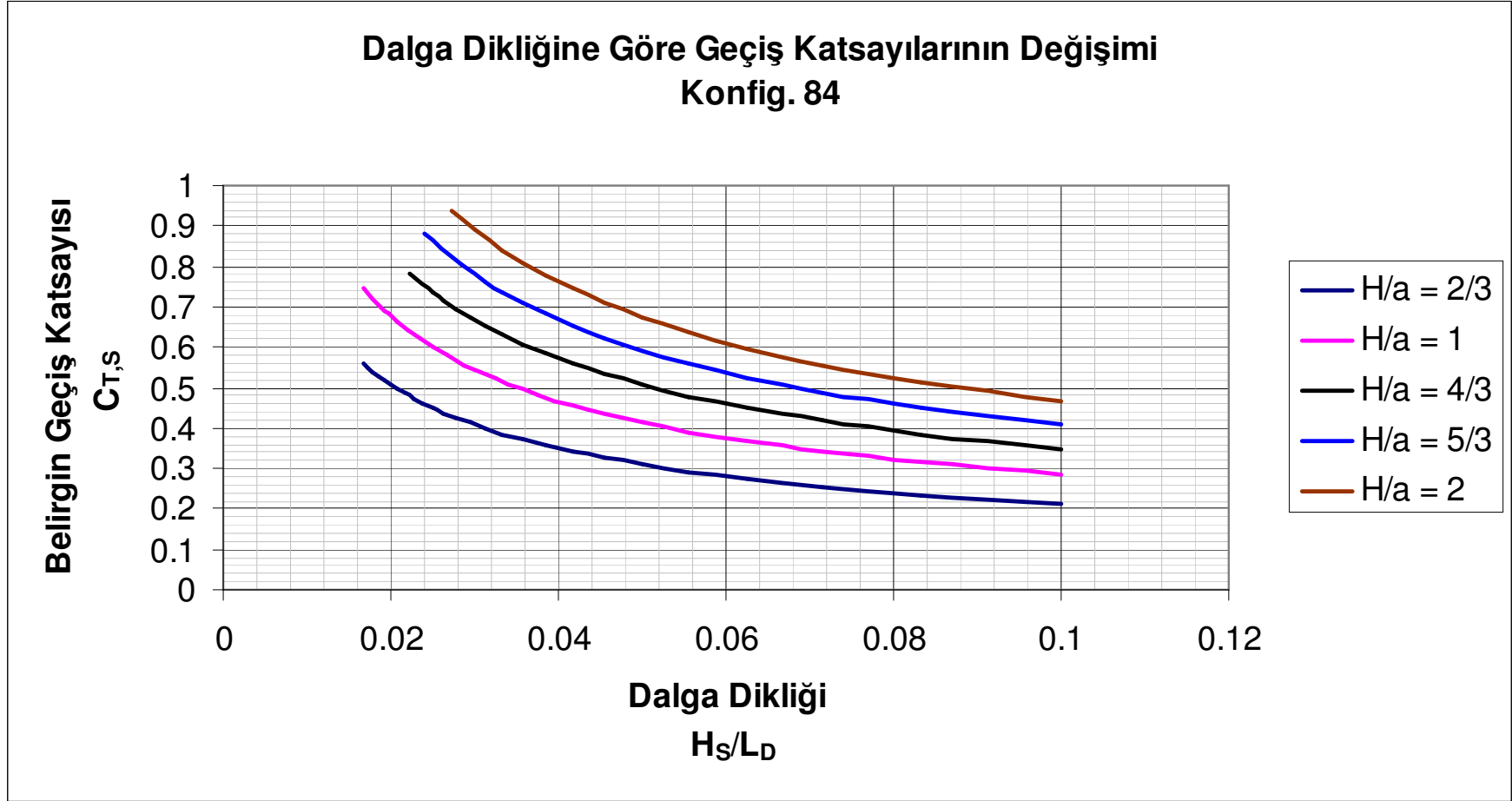


Şekil E.3: Konfigürasyon 73 için dalga dikliği ile geçiş katsayısına bağlı performans diyagramı.

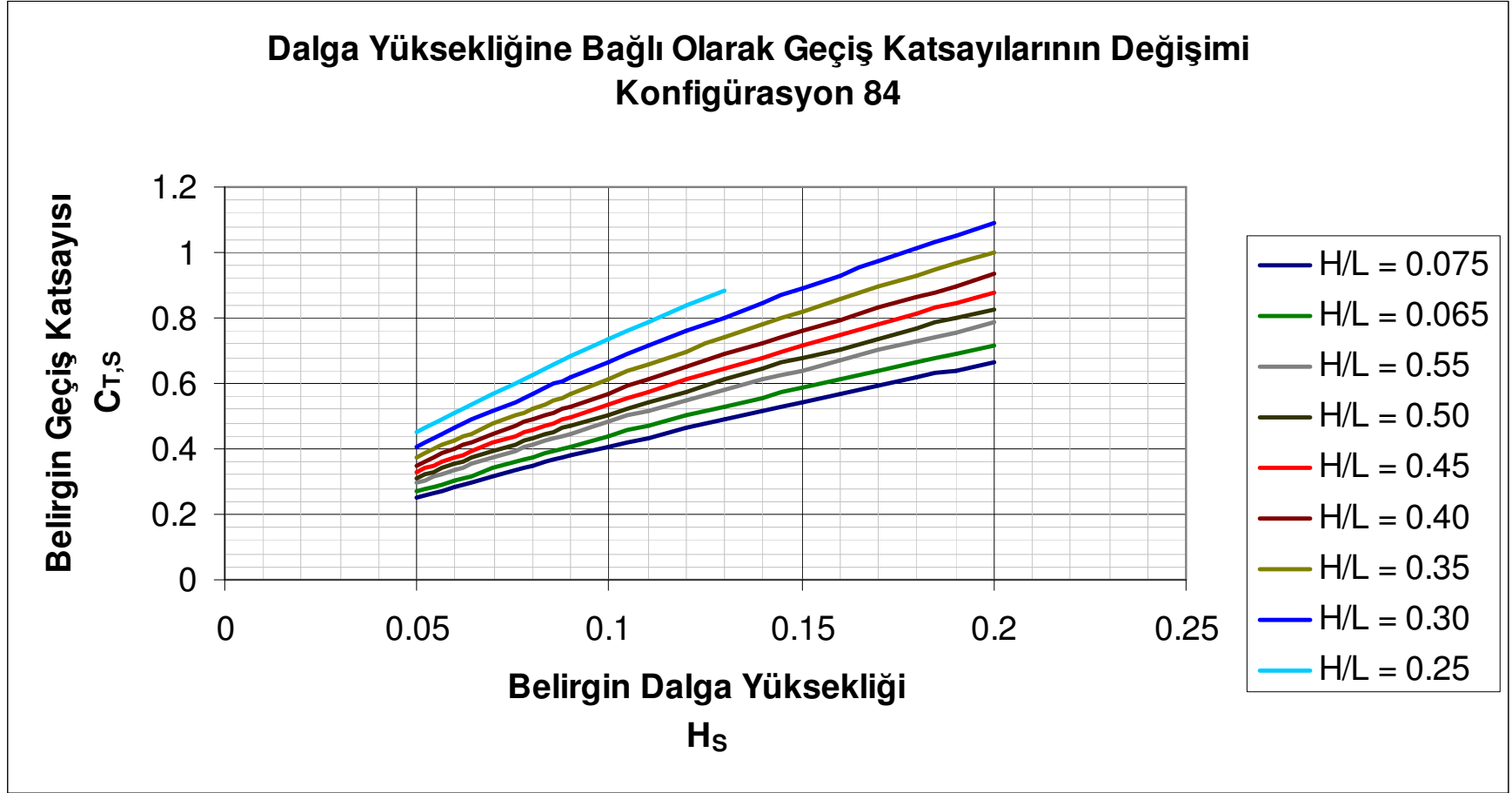
Dalga Yüksekliğine Bağlı Olarak Geçiş Katsayılarının Değişimi Konfigürasyon 73



Şekil E.4: Konfigürasyon 73 için belirgin dalga yüksekliği ile geçiş katsayısına bağlı performans diyagramı.

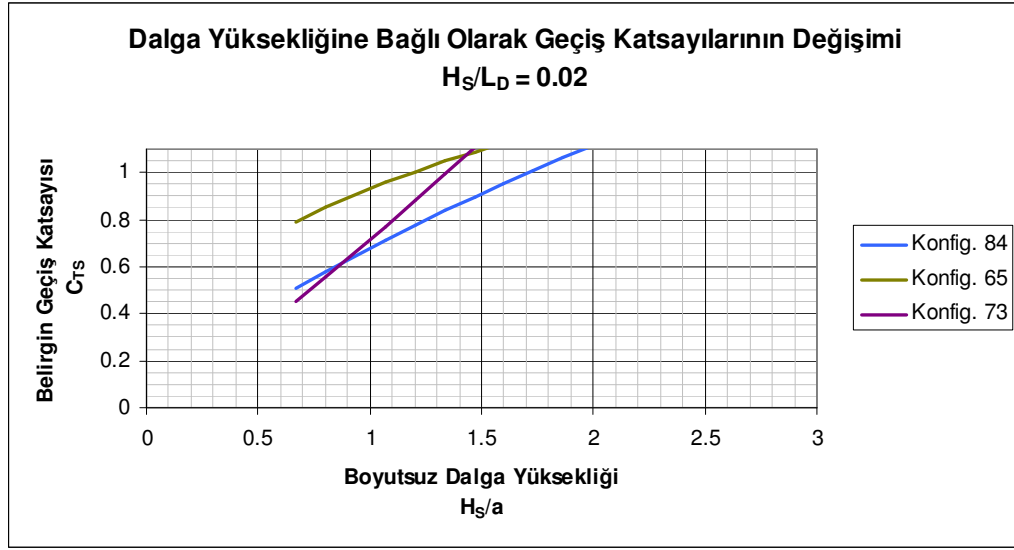


Şekil E.5: Konfigurasyon 84 için dalga dikliği ile geçiş katsayısına bağlı performans diyagramı.

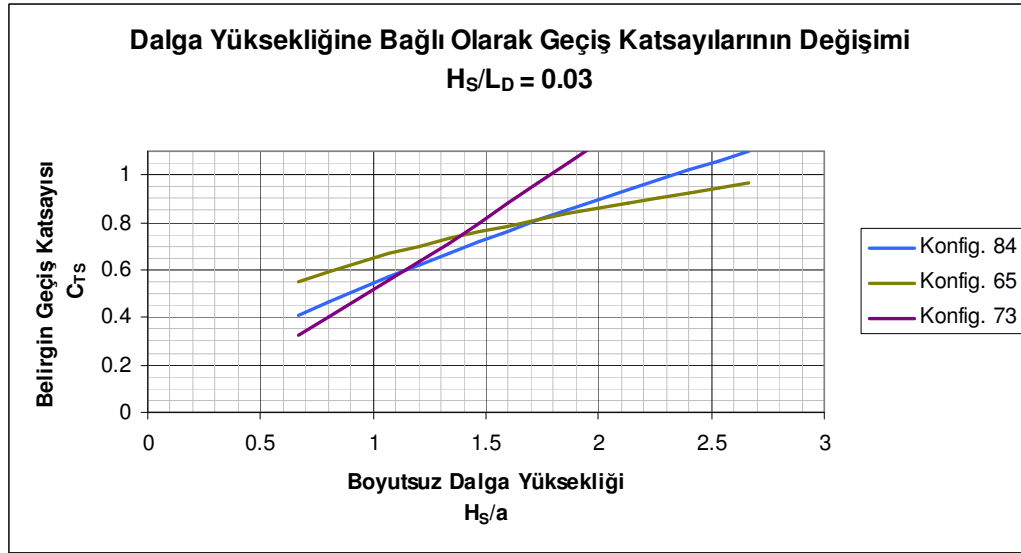


Şekil E.6. Konfigürasyon 84 için belirgin dalga yüksekliği ile geçiş katsayısına bağlı performans diyagramı.

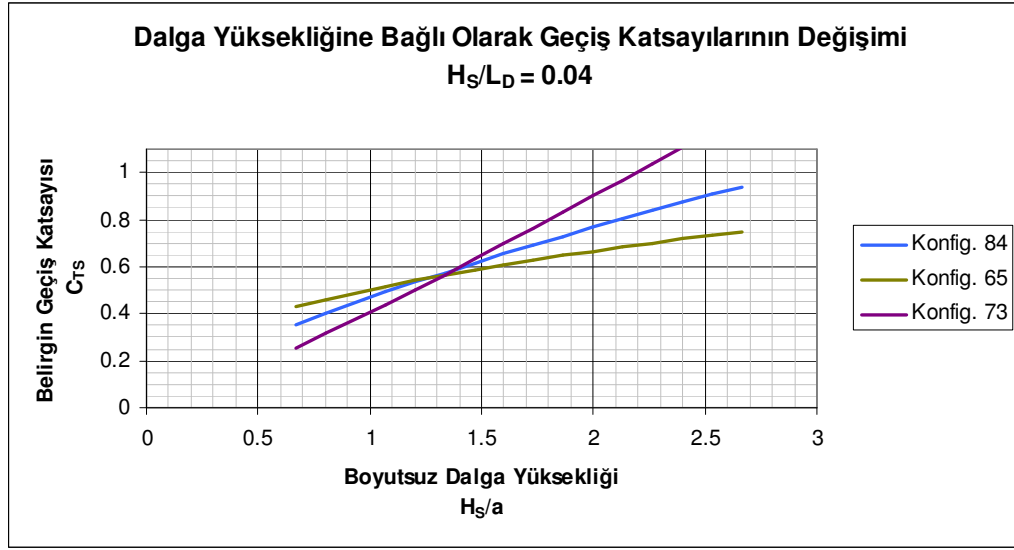
**EK - F 65, 73 ve 84 Numaralı Konfigürasyonların
Karşılaştırılmaları**



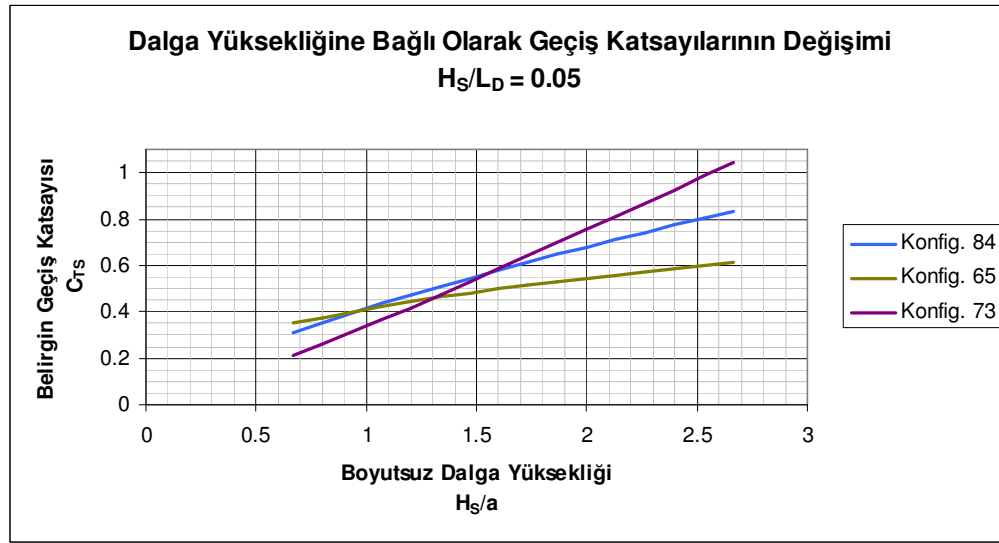
Şekil F.1: 65, 73 ve 84 numaralı konfigürasyonların performanslarının karşılaştırılması. $H_S/L_D = \text{Sabit} = 0.02$.



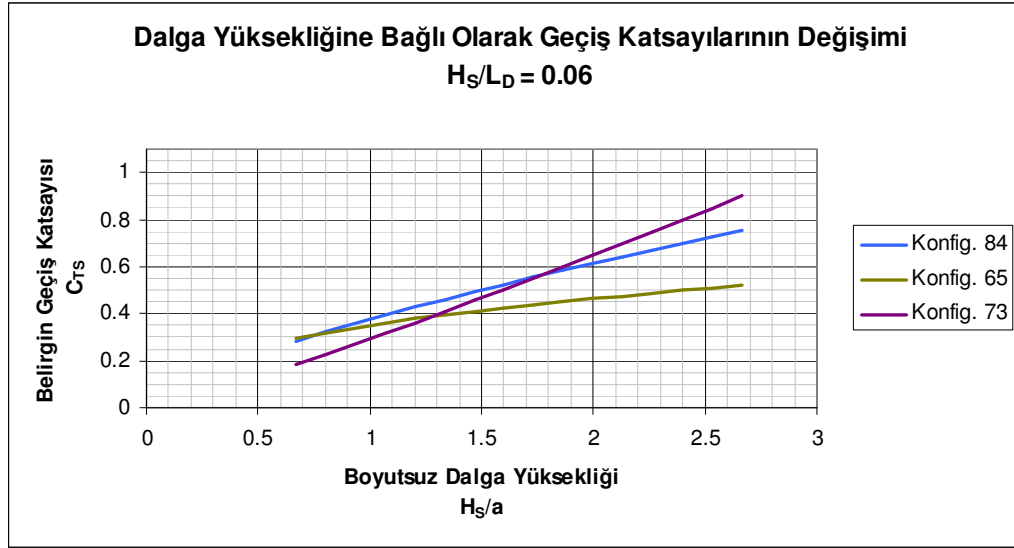
Şekil F.2: 65, 73 ve 84 numaralı konfigürasyonların performanslarının karşılaştırılması. $H_S/L_D = \text{Sabit} = 0.03$.



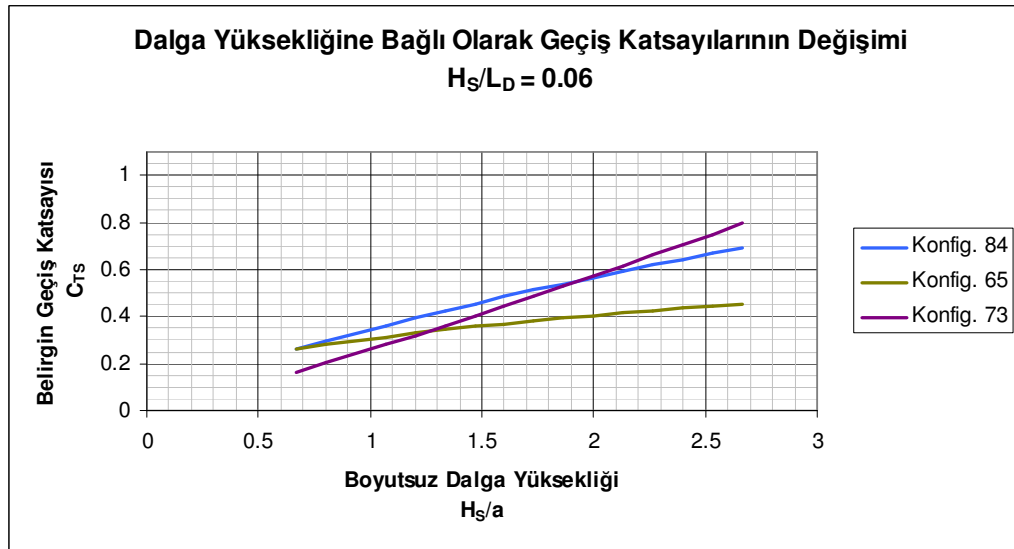
Şekil F.3: 65, 73 ve 84 numaralı konfigürasyonların performanslarının karşılaştırılması. $H_S/L_D = \text{Sabit} = 0.04$.



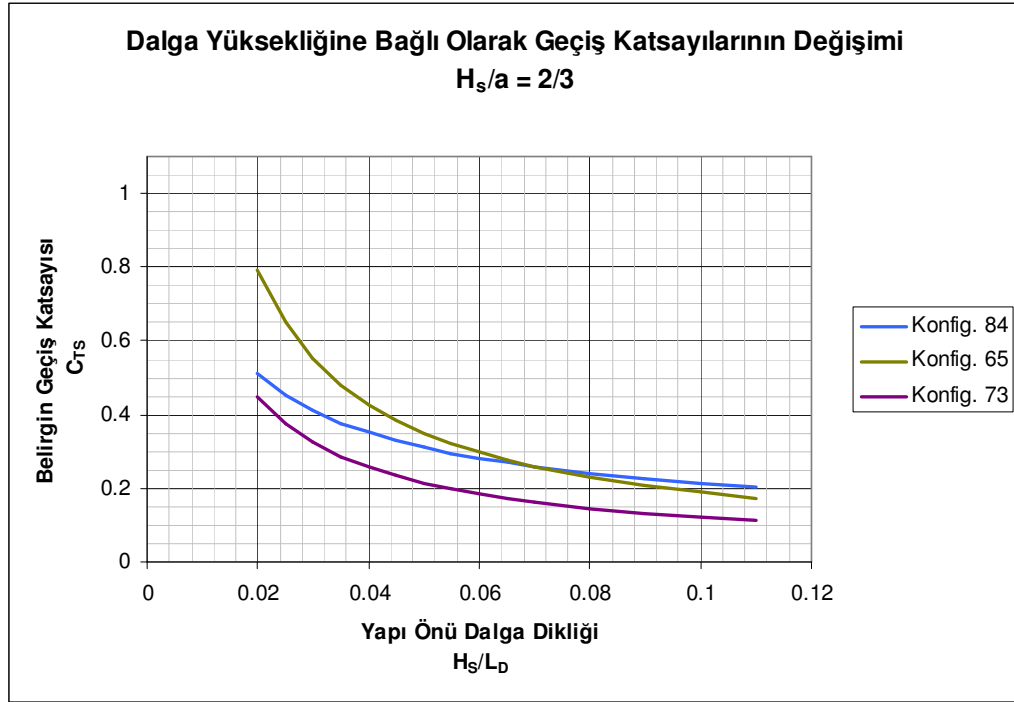
Şekil F.4: 65, 73 ve 84 numaralı konfigürasyonların performanslarının karşılaştırılması. $H_S/L_D = \text{Sabit} = 0.05$.



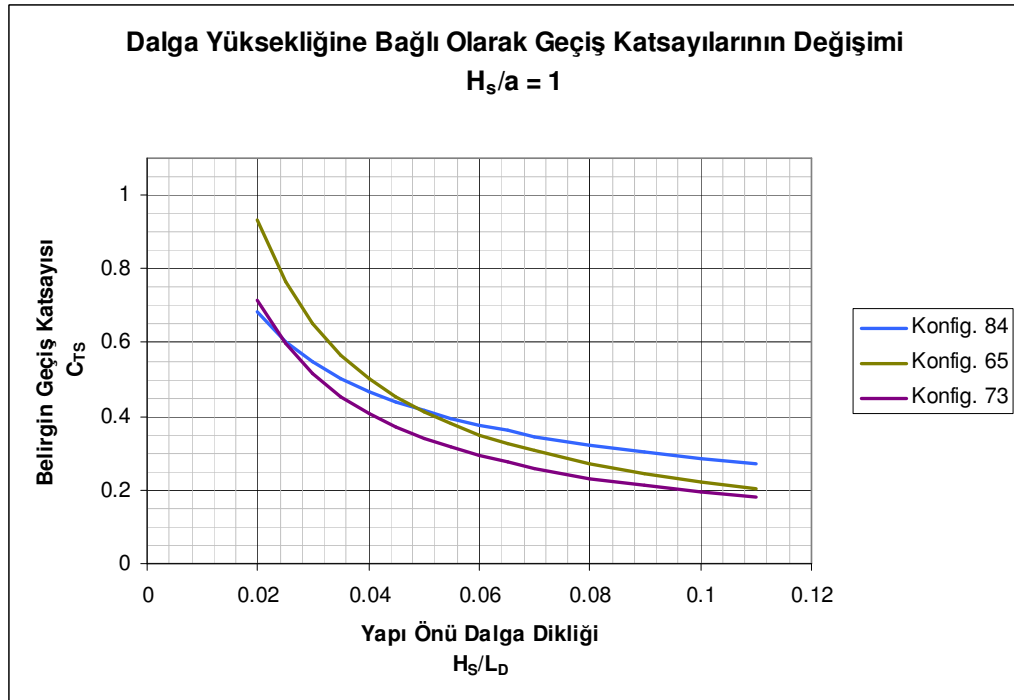
Şekil F.5: 65, 73 ve 84 numaralı konfigürasyonların performanslarının karşılaştırılması. $H_S/L_D = \text{Sabit} = 0.06$.



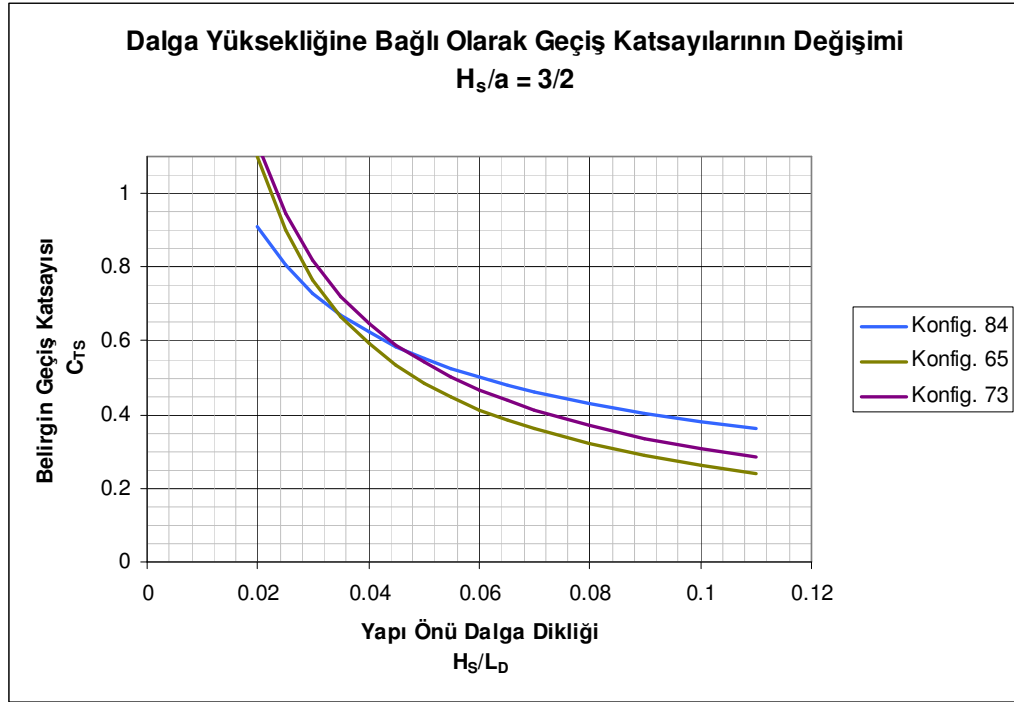
Şekil F.6: 65, 73 ve 84 numaralı konfigürasyonların performanslarının karşılaştırılması. $H_S/L_D = \text{Sabit} = 0.07$.



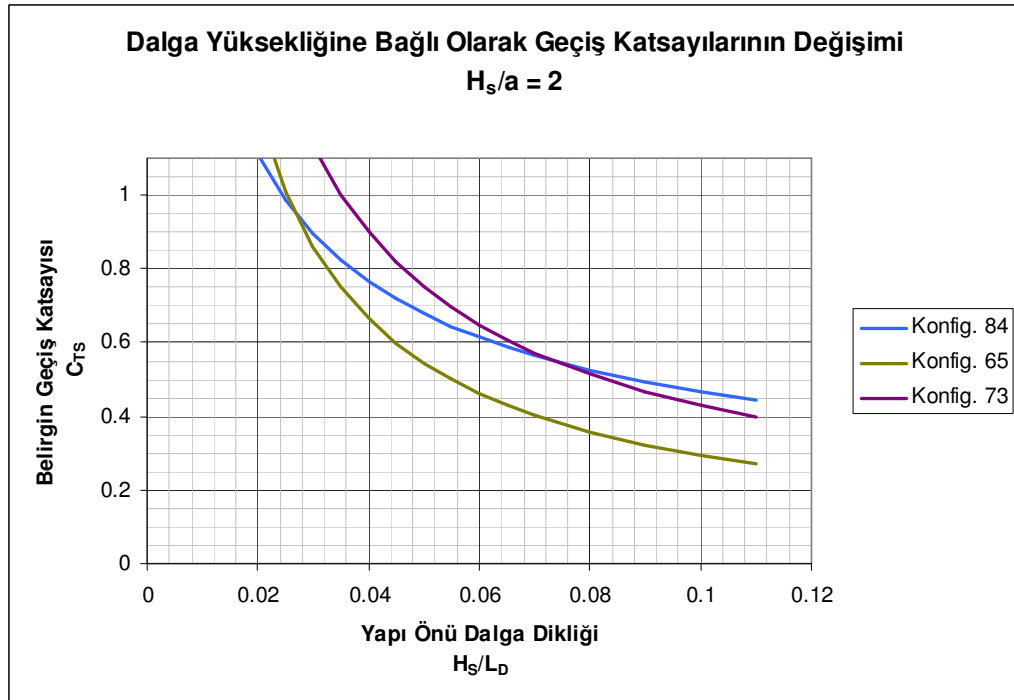
Şekil F.7: 65, 73 ve 84 numaralı konfigürasyonların performanslarının karşılaştırılması. $H_s/a = \text{Sabit} = 2/3$



Şekil F.8: 65, 73 ve 84 numaralı konfigürasyonların performanslarının karşılaştırılması. $H_s/a = \text{Sabit} = 1$.



Şekil F.9: 65, 73 ve 84 numaralı konfigürasyonların performanslarının karşılaştırılması. $H_s/a = \text{Sabit} = 1.5$.



Şekil F.10: 65, 73 ve 84 numaralı konfigürasyonların performanslarının karşılaştırılması. $H_s/a = \text{Sabit} = 2$

ÖZGEÇMİŞ

M. Adil AKGÜL 1981 yılında İstanbul’da doğdu. İlk ve orta öğrenimini İstanbul’da tamamlayıp, 2000 yılında İstanbul Erkek Lisesi’nden mezun oldu. 2005 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü’nde lisans eğitimini tamamladıktan sonra aynı yıl İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kıyı Bilimleri ve Mühendisliği Yüksek Lisans Programı’nda yüksek lisans eğitimine başladı. Mayıs 2007 tarihinde atanmış olduğu İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Hidrolik Anabilim Dalı’nda Araştırma Görevlisi olarak halen çalışmaya devam etmektedir.