

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SAZLIKLARIN DALGA SAPMASINA OLAN ETKİSİNİN DENEYSEL
OLARAK ARAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Elif OĞUZ**

Anabilim Dalı : Kıyı Bilimleri ve Mühendisliği

Programı : Kıyı Bilimleri ve Mühendisliği

Tez Danışmanı: Prof. Dr. M. Sedat KABDAŞLI

OCAK 2010

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SAZLIKLARIN DALGA SAPMASINA OLAN ETKİSİNİN DENEYSEL
OLARAK ARAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Elif OĞUZ
(517061003)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 25 Aralık 2009
Tezin Savunulduğu Tarih : 28 Ocak 2010**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. M. Sedat KABDAŞLI (İTÜ)
Diğer Jüri Üyeleri : Doç. Dr. Şevket ÇOKGÖR (İTÜ)
Doç. Dr. Emel İRTEM (BAÜ)**

OCAK 2010

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasında sızlık ortamın dalga sapmasına, dönmesine olan etkileri deneysel olarak incelenmiş sonuçlar karşılaştırmalı grafikler halinde elde edilmiştir.

Tez çalışmam boyunca benden engin bilgi birikimini, yardımlarını ve desteğini esirgemeyen danışman hocam Prof. Dr. M. Sedat KABDAŞLI'ya teşekkürlerimi sunarım.

Şimdiye kadar olduğu gibi bu çalışmada da bana sonsuz destek olan aileme ve çalışma arkadaşlarımdan Araş. Gör. M. Adil AKGÜL'e, İnş. Yük. Müh. Özgür DURMUŞ'a ve Gemi İnş. Müh. Rıdvan Fırat BAYHAN'a çalışmalarım sırasındaki yardımları ve gösterdikleri sabır için teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca tüm deney çalışmalarım boyunca İTÜ Hidrolik Laboratuvarı teknisyenlerinden Hasan YALÇIN'a, Mevlüt ULUÇINAR'a ve Yaşar AKTAŞ'a yardımları için teşekkür ederim.

Aralık, 2009

Elif OĞUZ
İnşaat Mühendisi

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖNSÖZ.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	v
KISALTMALAR.....	vii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	ix
ŞEKİL LİSTESİ.....	xi
ÖZET.....	xv
SUMMARY.....	xvii
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Konunun Tanımı.....	2
1.2 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı.....	3
2. DALGALARIN YAKIN KIYI BÖLGESİNDEKİ ÖZELLİKLERİ (DALGA TRANSFORMASYONU).....	5
2.1 Temel Kavramlar.....	5
2.1.1 Sığlaşma.....	5
2.1.2 Sapma.....	8
2.1.3 Dönme.....	15
2.1.4 Yansıma.....	17
2.1.5 Kırılma.....	20
3. LİTERATÜR ÖZETİ.....	21
3.1 Sazlıklı Ortamda Yapılan Çalışmalar.....	21
3.1.1 Sazlıklı Ortamda Açık Kanal Akımı.....	21
3.1.2 Sazlıklı Ortamda Türbülans.....	22
3.1.3 Literatürde Sazlık Sınıflandırması.....	22
3.1.4 Taban Bitkilenmesinin Hidrodinamik Etkileri (Bitkinin Hidrodinamik Yapı İle Etkileşimi).....	24
3.2 Dönme ve Sapma ile İlgili Yapılan Çalışmalar.....	25
4. LABORATUVAR DENEYLERİ.....	29
4.1 Deney Sistemi.....	29
4.1.1 Dalga Baseni.....	29
4.1.2 Dalga Üretici.....	30
4.1.3 Veri Kayıt Sistemi.....	31
4.2 Model.....	35
4.3 Deney Prosedürü.....	38
4.3.1 Ön Deneyler.....	38
5. DENEYSEL SONUÇLAR.....	41
5.1 Su Yüzü Profilleri, Dalga İstatistikleri, Dönme Katsayıları ve Geçiş Katsayılarının Belirlenmesinde İzlenen Yöntem.....	42
5.2 Birinci Konfigürasyona Ait Sapma Açılırları Hesabı ve Grafiklerin Değerlendirilmesi.....	44
5.3 Geçiş Katsayıları (2.Konfigürasyon).....	56

5.4 Dönme Katsayılarının Belirlenmesi.....	57
5.4.1 Birinci Konfigürasyon.....	57
5.4.2 Üçüncü Konfigürasyon	60
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	67
KAYNAKLAR.....	69
EKLER	73
ÖZGEÇMİŞ.....	89

KISALTMALAR

KAD : Kuş Araştırma Derneği

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 4.1 : Deney programı	40
Çizelge 5.1 : Sazlık sonu sapma açıları.....	49

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Dalga sığılaşmasının şematik açıklaması [2].	6
Şekil 2.2 : Deniz dalgalarının sapması [2].	8
Şekil 2.3 : Doğrusal batimetri halinde dalga sapması [2].	9
Şekil 2.4 : Doğrusal batimetri halinde dalga sapması [2].	9
Şekil 2.5 : Doğrusal batimetri halinde dalga sapması [2].	10
Şekil 2.6 : Doğrusal ve paralel batimetri durumunda dalga sapması [2].	12
Şekil 2.7 : Düzensiz kıyı çizgisi durumunda dalga sapması [2].	13
Şekil 2.8 : Denizaltı sırtları durumunda dalga sapması [2].	13
Şekil 2.9 : Dalga dönmesine örnek [2].	15
Şekil 3.1 : (1) Batmış (submerged), (2) ve (3) Batmamış (emergent) bitki tabanlı kanalda akım ve hız profilleri [5].	23
Şekil 4.1 : Deneysel basenin dalga paleti önünden görünüşü.	30
Şekil 4.2 : Veri toplayıcı (data logger).	31
Şekil 4.3 : 1. Konfigürasyon Yerleşimi.	33
Şekil 4.4 : 2. Konfigürasyon Yerleşimi.	34
Şekil 4.5 : 3. Konfigürasyon Yerleşimi.	35
Şekil 4.6 : Sazlıkların Yerleştirildiği Platform.	36
Şekil 4.7 : Sazlıkların Yerleştiriliş Planı.	37
Şekil 4.8 : Platform üzerine 90° yerleştirilmiş sazlıkların görünüşü.	37
Şekil 5.1 : Sazlık önündeki dalgayı belirten 1 numaralı probdan alınan su yüzeyi-zaman değişimi diyagramı.	42
Şekil 5.2 : Sazlık arkasına geçen dalgayı belirten 1 numaralı probdan alınan su yüzeyi-zaman değişimi diyagramı.	43
Şekil 5.3 : 1. Konfigürasyona ait fotoğraf.	45
Şekil 5.4 : 1. Konfigürasyona ait fotoğraf.	45
Şekil 5.5 : 1. Konfigürasyona ait fotoğraf.	46
Şekil 5.6 : 1 nolu deneye ait sapma açıları.	50
Şekil 5.7 : 6 nolu deneye ait sapma açıları.	51
Şekil 5.8 : Orijinal dalga yayılma hızı ve sazlık sonu dalga yayılma hızının dalga dikliği ile değişimi.	53
Şekil 5.9 : Orijinal dalga yayılma hızı ve sazlıktan 1 m sonra dalga yayılma hızının dalga dikliği ile değişimi.	53
Şekil 5.10 : Sazlık sonu dalga yayılma hızı ile sazlıktan ilerleyen dalga yayılma hızının dalga dikliği ile değişimi.	54
Şekil 5.11 : Sazlık sonu dalga sapma açısının periyot ile değişimi.	55
Şekil 5.12 : (4-5) arasındaki dalga sapma açısının periyot ile değişimi.	55
Şekil 5.13 : α_1 ve α_2 sapma açılarının periyot ile değişimi.	55
Şekil 5.14 : α_1 ve α_2 sapma açılarının dalga dikliği ile değişimi.	56
Şekil 5.15 : Geçiş katsayısının periyot ile değişimi.	57
Şekil 5.16 : 2. Konfigürasyona ait fotoğraf.	57
Şekil 5.17 : K_{d4} dönme katsayısının periyot ile değişimi.	59
Şekil 5.18 : K_{d6} dönme katsayısının periyot ile değişimi.	59

Şekil 5.19 : K_{d5} dönme katsayısının periyot ile değişimi.....	60
Şekil 5.20 : K_{d7} dönme katsayısının periyot ile değişimi.....	60
Şekil 5.21 : 3.Konfigürasyona ait fotoğraf.....	61
Şekil 5.22 : 3.Konfigürasyona ait fotoğraf.....	62
Şekil 5.23 : 3.Konfigürasyona ait fotoğraf.....	62
Şekil 5.24 : K_{d3} dönme katsayısının periyot ile değişimi.....	63
Şekil 5.25 : K_{d5} dönme katsayısının periyot ile değişimi.....	63
Şekil 5.26 : K_{d4} dönme katsayısının periyot ile değişimi.....	64
Şekil 5.27 : K_{d6} dönme katsayısının periyot ile değişimi.....	64
Şekil 5.28 : K_{d4} ve K_{d6} dönme katsayılarının periyot ile değişimi.....	65
Şekil 5.29 : K_{d3} ve K_{d5} dönme katsayılarının periyot ile değişimi.....	65
Şekil A.1 : 2 nolu deneye ait sapma açıları.....	75
Şekil A.2 : 3 nolu deneye ait sapma açıları.....	76
Şekil A.3 : 4 nolu deneye ait sapma açıları.....	77
Şekil A.4 : 5 nolu deneye ait sapma açıları.....	78
Şekil A.5 : 7 nolu deneye ait sapma açıları.....	79
Şekil A.6 : 8 nolu deneye ait sapma açıları.....	80
Şekil A.7 : 9 nolu deneye ait sapma açıları.....	81
Şekil A.8 : 10 nolu deneye ait sapma açıları.....	82
Şekil A.9 : 11 nolu deneye ait sapma açıları.....	83
Şekil A.10 : 12 nolu deneye ait sapma açıları.....	84
Şekil B.1 : α_1 Sapma açısının dalga dikliği ile değişimi.....	85
Şekil B.2 : α_2 Sapma açısının dalga dikliği ile değişimi.....	85
Şekil B.3 : $C_{s(2-3)}$ dalga yayılma hızının dalga dikliği ile değişimi.....	86
Şekil B.4 : $C_{s(4-5)}$ dalga yayılma hızının dalga dikliği ile değişimi.....	86
Şekil C.1 : 90° Gelme açısı için dönme diyagramı.....	87

SEMBOL LİSTESİ

- c_{g0}** : Açık deniz dalga grup hızı
 c_g : Sığ su dalgası grup hızı
R: Enerji akısı
 R_0 : Açık deniz enerji akısı
H: Dalga yüksekliği
 H_0 : Açık deniz dalga yüksekliği
 ρ : özgül kütle
g: yerçekimi ivmesi
 α : sığ su dalga sırtının batimetri ile yaptığı açı
 α_0 : derin su dalga sırtının batimetri ile yaptığı açı
d: sığ su derinliği
 d_0 : derin su derinliği
 K_s : sığlaşma katsayısı
 K_{sNL} : Düzensiz dalgalar için sığlaşma katsayısı
 H_d : Dönen dalga yüksekliği
 K_d : Dönme katsayısı
 H_y : Yansıyan dalga yüksekliği
 K_y : Yansıma katsayısı
 H_t : Geçiş katsayısı
 L_0 : Açık deniz dalgasının boyu
L: Sığ su dalga boyu
 T_s : Belirgin dalga periyodu
 H_s : Belirgin dalga yüksekliği
 c_0 : Açık deniz dalgasının yayılma hızı
c: Sığ su dalgası yayılma hızı
T: Periyot
 X_1 : Sazlık önü probu ile sazlık başlangıcı arasındaki mesafe
 t_1 : Dalganın sazlık önü probundan sazlık başına kadar gelmesi için geçen süre
 X_2 : Sazlık başı ile sazlık sonu arasındaki mesafe (sazlık boyu)
 t_2 : Sazlık ortama girmeyen dalganın aynı mesafeyi geçme süresi
 X_3 : Sazlık bitiminden 5 nolu proba olan mesafe
 t_3 : Sazlık ortama girmeyen dalganın 1 metrelik mesafeyi alma süresi
 $C_{s(2-3)}$: Sazlık içinden geçen dalga yayılma hızı ($=C_{sazlık}$)
 $X_{sazlık}$: Sazlık boyu
 $d_{t(4-5)}$: Programdan alınan 4 ile 5 nolu problemler arasındaki gecikme süresi
 ΔC : Açık deniz dalgası (orijinal dalga) yayılma hızı ile sazlık içindeki yayılma hızı arasındaki fark
 Δx : Dalga yayılma hızlarından doğan fark nedeniyle düşey gecikme mesafesi
 α_1 : Sazlık bitimindeki sapma açısı
 $C_{s(4-5)}$: Sazlık arkasına geçen dalganın 1 m boyunca ilerlerken yayılma hızı
 α_2 : Sazlıktan 1 m sonraki sapma açısı
 C_T : Geçiş katsayısı

SAZLIKLARIN DALGA SAPMASINA OLAN ETKİSİNİN DENEYSEL OLARAK ARAŞTIRILMASI

ÖZET

Sulak alanlar, yeryüzünün en zengin ve en üretken ekosistemlerini oluşturmaktadır. Bu alanlar yöre insanlarına ve ülkenin geneline hizmet veren oldukça karmaşık doğal sistemlerdir ve eşsiz ölçüde işlev ve değerlere sahiptir.

Bu yüksek lisans tez çalışmasında, sazlık ortamının dalga sapması ve dönmesine olan etkisi fiziksel model yardımıyla araştırılmıştır.

Dalgalar açık denizden kıyıya doğru gelirken belli bir mesafeden sonra deniz tabanının etkisini hissetmeye başlarlar. Taban etkisini hisseden dalgalar batimetriye paralel hale gelmeye başlar. Bu olaya “sapma” adı verilir. Sapma olayı batimetriden kaynaklandığı gibi akıntı sebebiyle de olmaktadır.

Günden güne akım alanındaki bitkilerin akım üzerine etkisini araştıran çalışmaların sayısında büyük artış olmaktadır. Bilim adamları tarafından bitkili ortamdaki hız profilleri, taban bitkilenmesinin türbülans üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Dalga sapması taban etkisinden meydana gelir. Bu çalışmada düzgün batimetri halinde düzenli dalga durumunda (batimetri etkisi olmadığı düşünülerek) sazlıklı ortamın dalga sapmasına olan etkisi deneysel olarak incelenmiştir. Bitkilenmenin akım üzerinde etkisi olabildiği gibi yakın kıyı bölgesindeki dalga hareketlerinde bazı değişiklikler meydana getireceği düşünülmüştür.

Dalgaların açık denizden kıyıya doğru gelirken herhangi bir engelle karşılaşmaları durumunda dalgalar dönerler. Doğada özellikle sulak alanlarda sık sık gördüğümüz sazlıklı bölgelerin dalga dönmesine neden olup olmayacağı da bu tezin araştırma konu başlıkları içindedir. Sazlıklı ortamı dalganın bir engel gibi görüp dönme meydana gelip gelmeyeceği merak konusu olmuştur.

Dalga verilerinin alınması için, sazlık önü, açık deniz ve sazlık arkasına toplam sekiz adet rezistans tipi dalga probu yerleştirilmiş; kayıt alınması, dalga monitörü ve AD transfer kartı yardımı ile gerçekleştirilmiştir.

Sazlıkların dalga sapmasına olan etkisinin belirlenmesinin, kıyıda yapılacak düzenleme çalışmaları için bir temel oluşturacağı düşünülmektedir. Bu çalışmanın bundan sonra yapılacak olan çalışmalara önemli katkılar sağlaması beklenmektedir.

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF EFFECT OF VEGETATION ON WAVE REFRACTION

SUMMARY

Wetlands form the most rich and productive ecosystems of the earth. These areas are the very complicated natural systems which service citizens and country. They have unique functions and significance.

In the scope of this thesis, the effect of vegetated area on the wave refraction and diffraction has been experimentally investigated by a physical model.

While waves are coming from the offshore to the coast, they start to be affected by bathymetry after a specific distance. The waves affected by the bottom start to be parallel to the bathymetry. This case is called as refraction. Besides bathymetry, refraction result from current.

The researches which are the effect of aquatic vegetation on the flow area are increasing day by day. Velocity profile in vegetated region, the effect of the bottom vegetation on turbulence are investigated by lots of scientific researches. The refraction of wave is coming from bottom impact. In this study, the effect of vegetated area on the wave refraction in the case of constant bathymetry and regular waves (except bathymetry effect) has been examined by experimentally. In addition to vegetation effect on flow area, some differences in wave motion of littoral zone may be formed.

Waves propagate from offshore to coastal area diffract as they encounter any kind of obstacle. A part of this thesis is whether vegetation to be faced in the nature, particularly in the wetlands cause wave propagation or not. It is always a subject of interest, whether vegetation behave as an obstacle or not for a wave diffraction.

For the recording of the wave data, eight resistance-type wave probes are installed and used; one located as the open sea side, two in front of the vegetation field, and one in lee of the vegetation field. Data recording has been supplied by a wave monitor and an AD transfer card.

The effect of vegetation on the refraction can forms the basis to coastal management. It is hoped that the presented study would make significant contribution to the future works.

1. GİRİŞ

Sulak alanlar, yeryüzünün canlı ortamı en zengin ve en üretken ekosistemlerini oluşturmaktadır. Sulak alanlar; doğal veya yapay, sürekli veya mevsimsel, suları durgun veya akıntılı, tatlı, acı veya tuzlu tüm su kütleleri olarak tanımlanmaktadır. Bataklıklar, turbalıklar, sulak çayırlar ile denizlerin altı metre derinliğe kadar olan kesimleri de sulak alan kapsamı içerisinde yer almaktadır. Sahip olduğu biyolojik çeşitlilik nedeniyle dünyanın doğal zenginlik müzeleri olarak kabul edilen sulak alanlar; doğal işlevleri ve ekonomik değerleriyle yeryüzünün en önemli ekosistemleridir. Sulak alanlar, yer altı sularını besleyerek veya boşaltarak, taban suyunu dengeleyerek, sel sularını depolayarak, taşkınları kontrol ederek, kıyılarda deniz suyunun girişini önleyerek bölgenin su rejimini düzenlerler. Buldukları yörede nem oranını yükselterek, başta yağış ve sıcaklık olmak üzere yerel iklim elemanları üzerinde olumlu etki yaparlar. Tortu ve zehirli maddeleri alıkoyarak ya da besin maddelerini (azot, fosfor gibi) kullanarak suyu temizlerler. Tropikal ormanlarla birlikte yeryüzünün en fazla biyolojik üretim yapan ekosistemleridir. Başta balıklar ve su kuşları olmak üzere gerek ekolojik değeri, gerekse ticari değeri yüksek, zengin bitki ve hayvan çeşitliliği ile birçok türün yaşamasına olanak sağlarlar. Yüksek bir ekonomik değere sahiptirler. Balıkçılık, tarım ve hayvancılık, saz üretimi, turizm olanaklarıyla bölge ve ülke ekonomisine önemli katkı sağlarlar [1]. Bu tez kapsamında sulak alanlardaki taban bitkilenmesinin biyomekanik özelliklerini inceleme yoluna gidilmemiştir. Sulak alanların yukarıda sayılan faydalarının yanı sıra, sulak alanlarda sık sık rastlanan sazlıkların dalga üzerindeki etkilerinin belirlenmesine yönelik bu çalışma yapılmak istenmiştir. Bu tez, genellikle sulak alanlarda görülen bitki örtüsü tabanlı kesimlerde dalga transformasyonuna dair deneysel çalışmalar ve teorik yaklaşımlar ile ilgilidir. Özellikle, sazlıkların dalga değişimine etkisi deneysel olarak incelenmiştir. Sazlık ortamdaki dalga sarması, dalga dönmesi, enerji sönümlenmesi ve dalga karakteristiklerindeki değişim deney verileri ile karşılaştırılarak incelenmiştir.

Çalışmanın birinci bölümünde, konunun tanımı, çalışmanın amacı ve kapsamı kısaca anlatılmıştır.

Çalışmanın ikinci bölümünde, ilk olarak açık denizden kıyıya gelen dalgada meydana gelen değişimlere ait temel kavramlardan (sığlaşma, sapma, dönme, yansıma, kırılma) kısaca bahsedilmiş olup; bu teze araştırma konusu olan dalga sapması ve dönmesinin tanımları, nedenleri, yapılan kabuller ve bu teze konu edilen duruma ait bilgiler verilmiştir.

Çalışmanın üçüncü bölümünü, sazlıklı ortamda yapılan çalışmalar ile sapma ve dönme konusunda yapılan çalışmalara ait literatür özeti oluşturmaktadır.

Çalışmanın dördüncü bölümünde, laboratuvar deneyleri başlığı altında; deneysel çalışmanın amacı ve kapsamı, deney sistemi, ölçüm araçları, deney veri analiz yöntemleri anlatılmaktadır.

Beşinci bölüm; deney sonuçlarına ait sapma grafiklerini, dönme grafiklerini, dalga istatistikleri ve geçiş katsayılarının elde edilmesinde izlenen yöntemin açıklanmasını, geçiş katsayılarına ait grafikleri ve bu grafiklere ait değerlendirmeleri kapsamaktadır.

Çalışmanın son bölümü olan altıncı kısımda, genel bir değerlendirme yapılarak elde edilen sonuçlar maddeler halinde özetlenmiş ve uygulamaya dair öneri ve düşünceler bildirilmiştir.

1.1 Konunun Tanımı

Doğada serbest yüzeyli akımların bulunduğu sulak alanların tabanında, yakın kıyı bölgesinde, açık kanalların tabanında ve bazen de yan yüzeylerinde çeşitli bitki türlerinin yetiştiği gözlenmektedir. Bu bitkiler genellikle kendiliğinden oluşabildiği gibi, erozyonu önlemek amacıyla yada çevresel ve estetik birtakım kaygılarla da yerleştirilmektedir. İlk olarak bitki boyu, yoğunluğu, esnekliği, tabandaki dağılımı, bitki çeşidi ve bitkinin yapraklara sahip olup olmaması dalga karakteristiklerinin değişimini etkileyen faktörler arasında sıralanabilir. Her bir değişken için yapılacak deneyler birçok farklı çalışmaya konu olabilecek kadar geniş kapsamdadır. Bütün bu değişkenleri tek bir çalışma çatısı (başlığı) altında toplamak pek mümkün değildir. Bu konudaki deneylerin gerçekleştirilmesi, gerekli hazırlıkları ve düzenlemeleri ayrı ayrı zaman gerektirdiğinden konunun araştırılmaya açık görülen kısımları

sınırlandırılmıştır. Bu çalışmada sazlıklı bölgenin konumunun değiştirilmesi suretiyle dalga karakteristiklerinin değişimi incelenmiştir. Tabandaki bitkilenme bu çalışmanın bundan sonraki bölümlerinde “sazlık ortam” olarak isimlendirilecektir.

1.2 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Son yıllarda akım alanındaki bitkilerin akım üzerine etkisini araştıran çalışmaların sayısında büyük artış görülmüştür. Ancak taban bitkilenmesinin dalga karakteristiklerine olan etkisini araştıran çalışmalar literatürde eksik görülmüş ve bu konuda yapılacak bir çalışmanın daha sonra yapılacak olan çalışmalara ışık tutacağı düşünülmüştür. Bitkilenmenin akım üzerinde etkisi olabildiği gibi yakın kıyı bölgesindeki dalga hareketlerinde de önemli değişiklikler oluşturacağı düşünülmüştür.

Sazlıkların dalga sapmasına ve dönmesine olan etkisinin belirlenmesinin, sazlıkların dalgayı sönmemesinin kıyıda yapılacak düzenleme çalışmaları için bir temel oluşturacağı düşünülmektedir. Bitkili alanın dalgakıran gibi çalışacağı düşünülmüştür. Yüksek maliyetli dalgakıranlar yerine yapay bitkili alanlar oluşturulup dalgakıran maliyetlerinin düşürülmesine yardımcı olmak hedeflerden biridir. Literatür araştırması sonucu, taban bitkilenmesinin akım üzerindeki etkilerinin ve türbülans üzerindeki etkilerinin birçok kez araştırılmış olduğunu söylemek mümkündür. Ancak literatürde yapılan araştırmalar sonucunda sazlıkların dalga sapmasına ve dönmesine olan etkisini fiziksel bir modelde inceleyen yeterli sayıda çalışmaya rastlanmamıştır. Bu konuda yapılacak bir araştırmanın çok önemli bir bilgi eksikliğini kapatacağı öngörülmüştür. Bu çalışma ile sazlıkların dalga sapması ve dönmesi üzerindeki etkisinin deneysel olarak araştırılması amaçlanmıştır. Bu tezin kapsamı ana hatlarıyla aşağıdaki gibi sıralanmıştır:

1. Sulak alanlarda bitkilenme etkisinin hidrodinamik özellikleri nasıl değiştirdiği konusunda yapılan çalışmaların derlenmesi,
2. Dalga sapması ve dönmesi ile ilgili yapılan çalışmaların derlenmesi,
3. Batmamış sazlık sebebi ile sapma ve dönme oluşumunun deneysel olarak incelenmesi, hesaplanması ve sonuçların yorumlanması şeklindedir.

Dalga sapması bilindiği üzere açık denizden gelen dalganın kıyıya yaklaştığı vakit taban etkisini hissetmesiyle meydana gelen bir olaydır. Kıyı tabanından etkilenen dalgalarda birtakım değişiklikler meydana gelmektedir. Dönme de açık denizden gelen dalganın dalgakıran, ada gibi bir engelle karşılaştığında dalganın değişmesi durumudur. Genellikle yakın kıyı bölgesinde görülen sazlıklı bölgelerden dalga geçerken de birtakım değişikliklerin meydana geleceği düşünülüp bu değişikliklere sazlığın etkisi bu tez kapsamında araştırılmak istenmiştir. Sazlık ortam içinden geçerken dalganın sazlıktan etkilenip dalga karakteristiklerinin değişmesi bu çalışmaya konu olmuştur. Sonuçta, bu fikri fiziksel olarak benzeştirmek ve ampirik ya da yarı ampirik ifadelerle ulaşmak pratikteki uygulamalar açısından gereklidir. Bu yüksek lisans tezinde anlaşılması gereken durumlardan sadece biri olan batmamış sazlık içinden geçen dalga karakteristiklerinin değişimi incelenmiş, sazlık ortamın dalga özellikleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır.

Bu konuyla ilgili yapılan deneylerin amacı:

- Sapma olayının fiziksel olarak mümkün olmadığı durumda sazlık sebebiyle sapmanın olup olmadığının araştırılması,
- Aynı dalga karakteristiklerine sahip dalganın sazlıksız ortamdaki değişimleri ve sazlıklı ortamdaki geçtikten sonraki değişimleri gözlenmek suretiyle geçiş katsayılarının elde edilmesi,
- Sazlık ortamın (sazlıklı bitki alanının) dalgakıran gibi davranıp dalganın dönmesine sebep olup olmadığının araştırılması,
- Karşılaştırma ortamı yaratmak için her bir konfigürasyonda ve eksantriklikte 7 ayrı periyot kullanılması,
- Deneyler arasında homojenlik sağlamak bakımından sazlık konumu dışındaki değişkenleri; akım derinliğini, sazlık yoğunluğunu, dalga geliş açısını, sazlık dağılımını, basen taban eğimini ve taban pürüzlülüğünü her deneyde sabit alınarak sadece sazlık etkisinin tespit edilmesi,
- Ve elde edilen deney verilerini işleyerek anlamlı grafiklere ulaştırılmasıdır.

2. DALGALARIN YAKIN KIYI BÖLGESİNDEKİ ÖZELLİKLERİ (DALGA TRANSFORMASYONU)

2.1 Temel Kavramlar

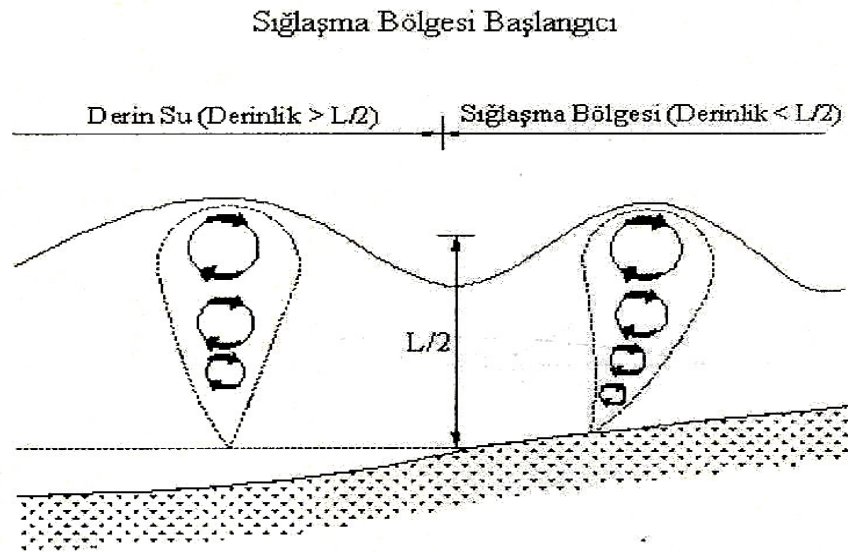
Derin suda oluşan dalgalar oldukça uzun mesafeler boyunca şekillerini değiştirmeksizin kıyıya doğru hareket ederler [2]. Açık denizde rüzgar etkisi ile oluşan yüzey dalgaları belli bir dalga yayılma hızı ile ilerleyerek kıyı yakınlarına gelirler. Açık deniz koşullarında deniz tabanının ve su derinliğinin dalga özelliklerine herhangi bir etkisi yoktur. Buna karşılık su derinliği dalga boyunun yarısına düştüğünde dalga özelliklerinde değişim başlar ve sırasıyla sığlaşma, sapma ve kıyının durumuna bağlı olarak yansıma ve dönme olayları ortaya çıkar [3]. Bu dalgalar kıyıya yaklaştıklarında, azalan derinliğin etkisiyle dalga boyları ile yayılma hızları azalmaya buna karşın yükseklikleri artmaya başlar. Böylece dalgalar gittikçe dikleşirler. Ayrıca dalgaların bir yapı, kara ya da akıntıyla karşılaşmaları durumunda da formlarında veya ilerleme doğrultularında değişiklikler meydana gelmektedir [2].

Bu tezin konusunun anlaşılır olması için bu bölümde temel kavramlardan söz edilmesi uygun görülmüştür. Bu sebeple bu kısımda açık denizden kıyıya yaklaşan dalgalarda meydana gelen değişimlere yer verilmiştir.

2.1.1 Sığlaşma

Dalgalar kıyıya doğru ilerledikçe azalan derinliğin etkisinin hissetmeye başladıklarında dalgaların boyları kısalır ve dikleşirler. Genel olarak bu olay “sığlaşma” olarak adlandırılmaktadır. Sığlaşma etkisi iki nedenle olmaktadır. Bunlardan ilki dalga boyunun kısalmasıdır. Dalgalar yavaşladıkça dalga boyları kısalmakta ve dalga tepeleri birbirine yaklaşmaktadır. Dalga tepeleri arasındaki enerji sabit kaldığından ve su yüzeyinde daha kısa bir mesafede taşındığından dalga yüksekliği artmaktadır. Bu nedenle dalgalar sığ sularda derin suda olduklarından daha fazla yüksekliğe sahiptirler.

Sıglaşmadaki ikinci faktör ise karşı etkidir (azalan dalga yüksekliği) yani dalga yayılma hızının azalması ve dalga grup hızına ulaşmasıdır. Grup hızı ilerleyen dalga enerjisinin hızını temsil ettiğinden, tekil dalganın yüksekliği azalan hızıyla küçülmektedir. Hızdaki bu azalma dalga ve grup hızı birbiriyle eşit oluncaya kadar devam etmektedir. Bu ikinci faktör dalgaların tabanı ilk hissetmeye başladıkları anda hakimdir. Su derinliği dalga boyunun 1/6' sına ulaştığında dalga yüksekliği derin su dalga yüksekliğinin % 90'ı kadardır. Bu noktadan sonra dalga tepeleri arasındaki mesafenin azalması olaya etkin olmaktadır. Böylece kıyıya yakın bölgelerde dalga yüksekliği oldukça büyük değerlere ulaşmaktadır (Şekil 2.1).



Şekil 2.1 : Dalga sıglaşmasının şematik açıklaması [2].

Öncelikle taban batimetrlilerine paralel olarak ilerleyen dalga cepheleri dikkate alınsın. Herhangi bir üretim, yansımaya veya türbülans ya da sürtünme nedeniyle enerji kaybı olmadığı yani enerji akısının sabit olduğu kabulüyle;

$$\frac{R}{R_0} = 1 = \frac{\bar{E}C_g}{\bar{E}_0C_{g0}} \quad (2.1)$$

yazılır. Bu ifade aşağıda verilen enerji yoğunluğu yerleştirildiğinde

$$\bar{E} = \frac{1}{2} \rho g a^2 = \frac{1}{8} \rho g H^2 \quad (2.2)$$

$$\frac{R}{R_0} = 1 = \left(\frac{H}{H_0} \right)^2 \frac{C_g}{C_{g0}} \quad (2.3)$$

elde edilir. Bunun yeniden düzenlenmesi ile;

$$\frac{H}{H_0} = \left(\frac{C_{g0}}{C_g} \right)^{1/2} = K_s \quad (2.4)$$

elde edilen bu oran sığlaşma katsayısı (shoaling coefficient) olarak adlandırılır.

Sığlaşma katsayısı grup hız ifadesi kullanılarak;

$$K_s = \left(\frac{C_{g0}}{C_g} \right)^{1/2} = \left(\frac{c_{g/2}}{\frac{g}{2}[1+2kd/\sinh(2kd)]} \right)^{1/2} \quad (2.5)$$

şeklinde ifade edilebilir. O halde sığlaşmanın nedeni değişen derinlikle grup hızının değişmesidir. Bu nedenle dalga ortagonallerinin değişimi olmadığı sürece herhangi bir derinlikteki sığlaşma katsayısı dalga yüksekliğinin derin denizdeki dalga yüksekliğine oranı ile verilmektedir.

Ayrıca burada R enerji akısının dalga tepelerine normal olduğu varsayılmış ve böylece sığ sudaki dalga yüksekliği;

$$\frac{H}{H_0} = K_s \quad (2.6)$$

$$H = H_0 K_s \quad (2.7)$$

şeklinde belirlenmiştir.

Düzensiz dalgaların sığlaşması için Kweon ve Goda (1996) aşağıdaki sığlaşma katsayısını vermişlerdir.

$$K_{sNL} = K_s + 0.0015 \left(\frac{d}{L_0} \right)^{-2.87} \left(\frac{H_0}{L_0} \right)^{1.27} \quad (2.8)$$

burada K_s düzenli dalgalara ait sığlaşma katsayısını tanımlamaktadır [2].

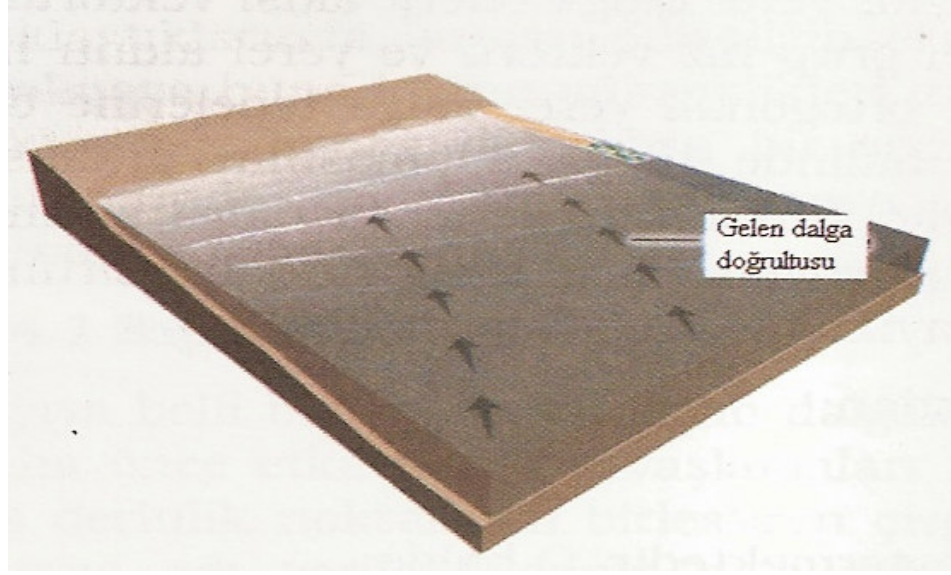
2.1.2 Sapma

Kıyıya belli bir açı ile yaklaşan dalgaların, kıyıya yakın taraflarının tabandan daha önce etkilenerek yavaşlamaları nedeniyle dönerek batimetri çizgilerine (eş derinlik noktalarını birleştiren çizgiler) paralel duruma gelmeleri olayına “sapma” adı verilir. Sapma nedeniyle dalga doğrultusu değişmektedir. Bu nedenle derin denizde belirli bir ilerleme açısına sahip olan dalgalar kıyıya farklı yönde ulaşabilirler. Ayrıca taban topoğrafyasına ve sapma miktarına bağlı olarak dalga yükseklikleri derin deniz değerinden küçük ya da büyük olabilirler. Şekil 2.2’ de dalga sapmasına örnek görülmektedir.

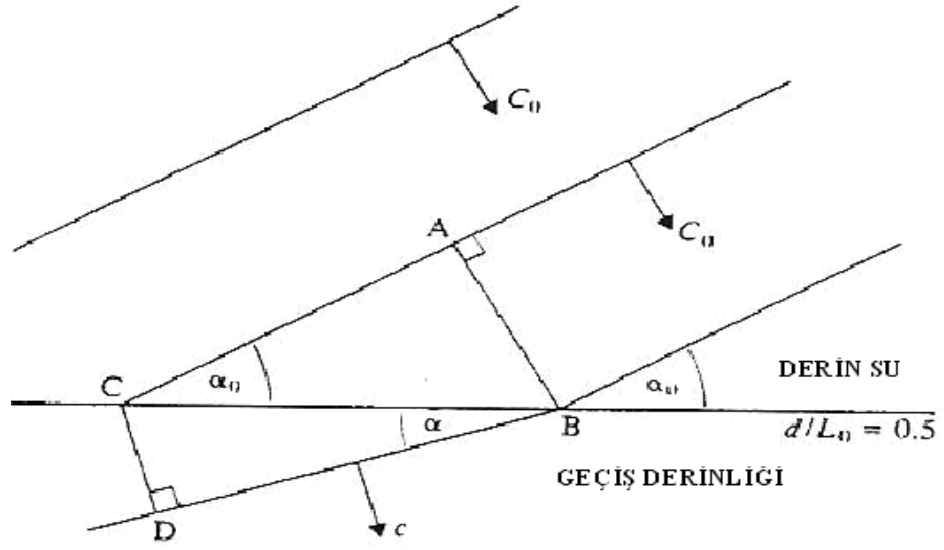


Şekil 2.2 : Deniz dalgalarının sapması [2].

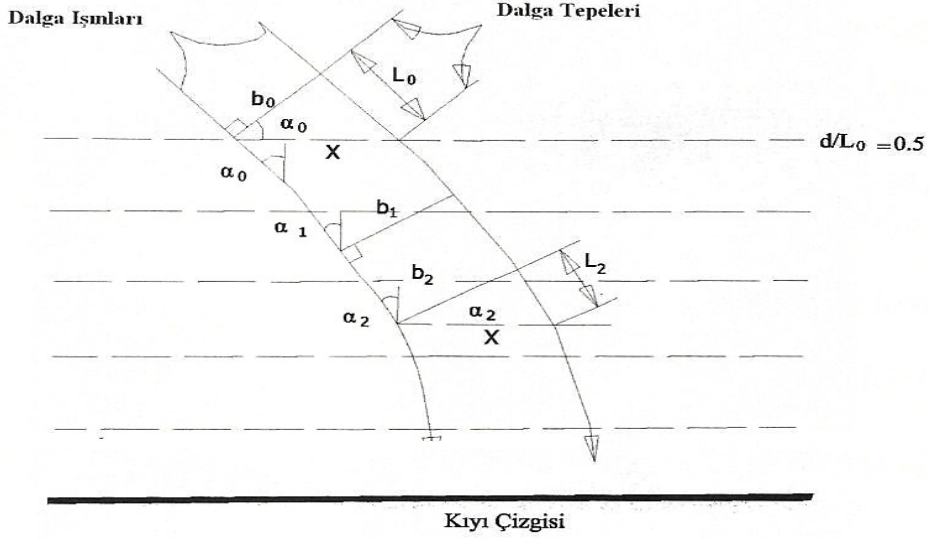
Burada izlenecek teoride küçük genlikli dalga kabulü yapılacaktır, bu nedenle dikkate alınan bir noktadaki dalga yayılma hızı sadece su derinliğine değil aynı zamanda dalga periyoduna da bağlıdır. Dalgaların sabit periyotlu ve uzun tepeli oldukları kabul edilmekte böylece dalga ışınları arasındaki enerji veya ortagonaller sabit kalmaktadır. Dalga ışını yerel dalga enerji akısı vektörüne her yerde teğet olan bir eğridir (= yerel grup hız vektörü ve yerel akıntı hız vektörü bileşkesi). Buna karşın, dalga ortagonali yerel dalga tepelerine dik olan bir çizgidir. Doğrusal batimetri halinde dalga sapmasının grafiksel açıklaması Şekil 2.4’te gösterilmektedir. Burada α_0 derin su dalga sırtının batimetri ile yaptığı açı, c_0 derin su dalga yayılma hızı, α sığ su dalga sırtının batimetri ile yaptığı açı, c sığ su dalga yayılma hızını göstermektedir.



Şekil 2.3 : Doğrusal batimetri halinde dalga sapması [2].



Şekil 2.4 : Doğrusal batimetri halinde dalga sapması [2].



Şekil 2.5 : Doğrusal batimetri halinde dalgı sapması [2].

Dalgı periyodunda değışim olmayacağından;

$$T = L_0/c_0 = L/c = \text{sabitt} \quad (2.9)$$

T=Dalgı periyodu

L_0 = Açık deniz dalgı boyu

c_0 = Açık deniz dalgı yayılma hızı

c = Sığ su dalgı yayılma hızı

L = sığ su dalgı boyu

burada; sıfır indisi derin su şartlarını göstermektedir. O halde

$$\frac{c}{c_0} = \frac{L}{L_0} \quad (2.10)$$

yazılır.

Derin su ve geçiş derinliği denklemlerinden

$$\frac{c^2}{c_0^2} = \frac{\left(\frac{gL}{2\pi}\right) \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right)}{gL_0/2\pi} \quad (2.11)$$

$$c^2 = c_0^2 \frac{L}{L_0} \tanh(2\pi d/L) \quad (2.12)$$

bu ifade (2.10) ifadesinde yerine konulursa

$$\frac{c}{c_0} = \tanh(2\pi d/L) \quad (2.13)$$

bulunur ($d < d_0$ için $c < c_0$ ve $L < L_0$ olacaktır).

Şekilden de görüldüğü gibi sapmadan önceki dalga boyu ($AB=L_0$), sapmadan sonra kısalacaktır ($CD=L$). Buradan

$$\sin\alpha = \frac{L}{Rc} \quad \text{ve} \quad \sin\alpha_0 = \frac{L_0}{Rc} \quad (2.14)$$

yazılacağından, bu ifadelerin birleştirilmesinden

$$\frac{\sin\alpha}{\sin\alpha_0} = \frac{L}{L_0} \quad (2.15)$$

buradan da

$$\frac{\sin\alpha}{\sin\alpha_0} = \frac{c}{c_0} = \frac{L}{L_0} = \tanh kd \quad (2.16)$$

yazılır, bu da “Snell Yasası” olarak bilinmektedir. Dalga tepelerinin genişlikleri derin suda $AC=b_0$, sığ suda $BD=b$ olarak alınırsa

$$\frac{\cos\alpha}{\cos\alpha_0} = \frac{b}{b_0} \quad (2.17)$$

yazılır. Buradan görüldüğü gibi $\alpha < \alpha_0$ olduğundan dalga ortagonalleri kıyıya yaklaştıkça birbirinden uzaklaşır, burada;

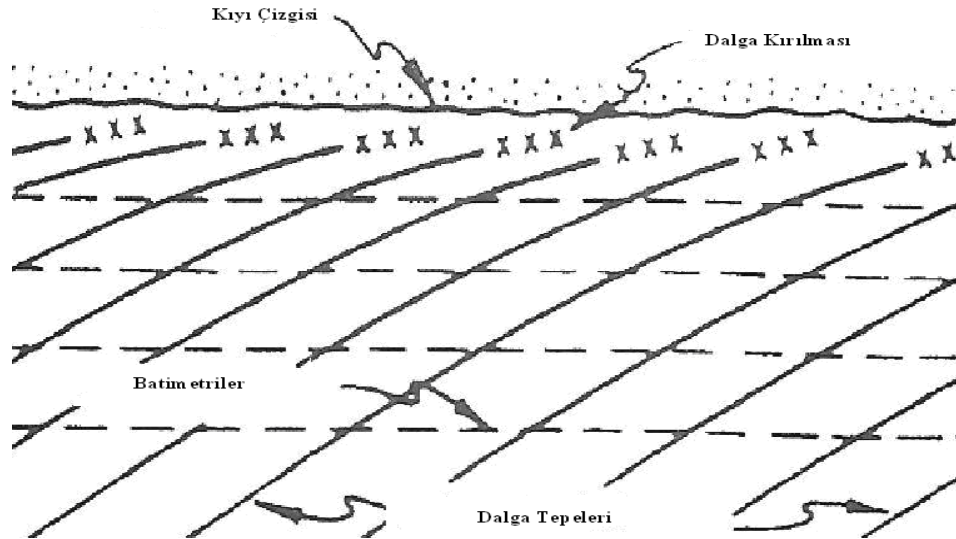
$$K_r = \sqrt{\frac{b_0}{b}} = \sqrt{\frac{\cos\alpha_0}{\cos\alpha}} \quad (2.18)$$

K_r sapma katsayısı (refraction coefficient) olarak tariflenir. Dalga sapması dalga doğrultusunun değişmesine de neden olmaktadır. Genellikle, dalga ortagonallerinin birbirine yaklaşması durumunda dalga yüksekliği artar. Buna karşın ortagonallerin birbirinden uzaklaşması halinde ise dalga yükseklikleri azalmaktadır.

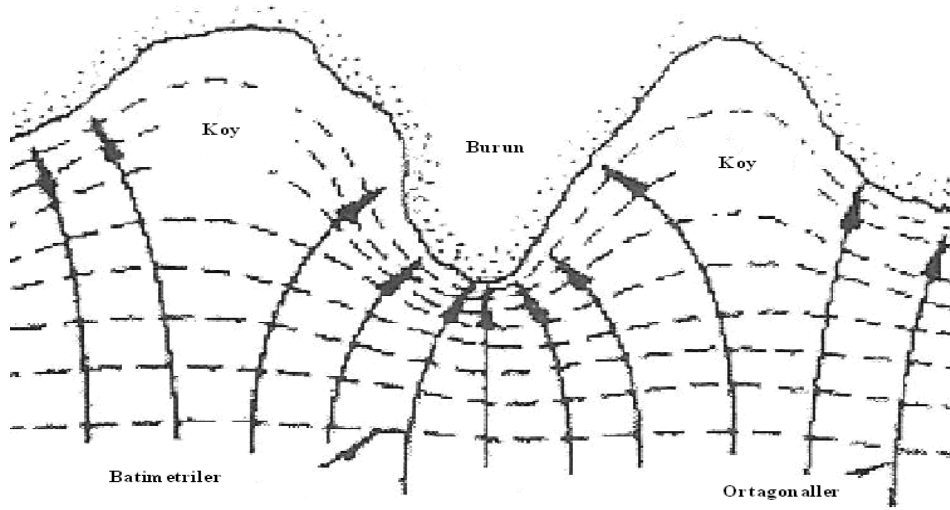
Küçük eğimli kıyılarda dalganın davranışı esasta sapma olayı ile belirlenir. Sapma olayı yukarıdaki analizden anlaşılacağı gibi çoğunlukla, dalgalar sığılma bölgesinde lineer formda olmamalarına rağmen, yine de lineer teori kullanılarak açıklanmaya çalışılmaktadır. Gerçekte, dikliği fazla olan dalgalar Cnoidal dalgada olduğu gibi lineer olmayan formdadır ve kıyıda kırılmadan önce şekilleri hemen hemen Solitary dalgaya dönüşür. Sapma olayı deniz deşarjlarının, kıyı morfolojisinin belirlenmesinde ve liman girişlerinin projelendirilmesinde oldukça önemlidir.

O halde sapmanın etkileri aşağıdaki gibi özetlenebilir;

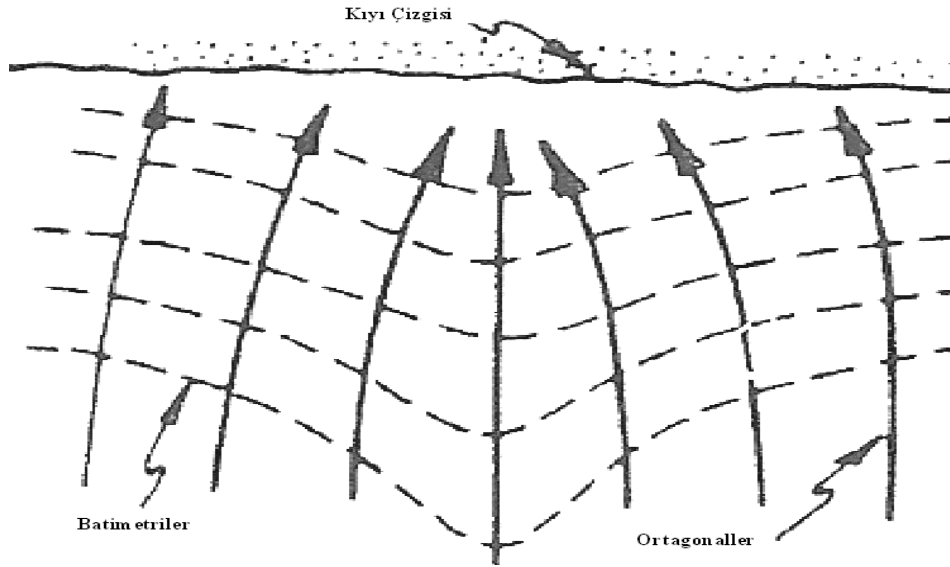
- Doğrusal bir kıyıya dalgaların açılı gelmesi durumunda sapma dalga yüksekliğinin azalmasına neden olmaktadır (Şekil 2.6).
- Düzensiz bir kıyı çizgisi halinde sapma dalga yüksekliğinin burunlarda artmasına buna karşı koylarda azalmasına neden olmaktadır (Şekil 2.8).
- Sapma etkisi dalga cephelerinin taban batimetrisine paralel olmasına neden olmaktadır (Şekil 2.6).



Şekil 2.6 : Doğrusal ve paralel batimetri durumunda dalga sapması [2].



Şekil 2.7 : Düzensiz kıyı çizgisi durumunda dalga sapması [2].



Şekil 2.8 : Denizaltı sırtları durumunda dalga sapması [2].

Sığlaşma ve sapma kıyı yapıları için tasarım dalga yüksekliğinin belirlenmesinde son derece önemlidir [2].

Bir dalganın yayılma hızı genel olarak aşağıdaki eşitlikle verilmektedir.

$$c^2 = \frac{gL}{2\pi} \operatorname{tgh}\left(\frac{2\pi d}{L}\right) \quad (2.19)$$

Burada;

c ; dalga yayılma hızı

L ; dalga boyu

d ; su derinliği ve

g ; yerçekimi ivmesidir.

Görüldüğü gibi dalga yayılma hızı su derinliğinin bir fonksiyonudur. Deniz tabanının dalgayı etkilemeye başladığı bölgede su derinliğine bağlı olarak dalga hızı da değişmektedir. Kıyıya yaklaşmakta olan bir dalga kreti göz önüne alındığında dalga kretinin sıg su tarafındaki herhangi bir A noktasında dalganın yayılma hızı bu noktada su derinliği d_A ise

$$c_A = \sqrt{\frac{g L_A}{2\pi} \operatorname{tgh}\left(\frac{2\pi d_A}{L}\right)} \quad (2.20)$$

olacaktır. Daha derin su bölgesindeki bir B noktasında su derinliği d_B ise

$$c_B = \sqrt{\frac{g L_B}{2\pi} \operatorname{tgh}\left(\frac{2\pi d_B}{L}\right)} \quad (2.21)$$

c_B yayılma hızı c_A 'dan büyük olacağından dalga kretinin kıyıya yakın kısımlarının yavaşladığı görülür. Bu ise aynı dalga kretinde farklı ve kıyıya yaklaştıkça azalan dalga yayılma hızlarının olmasına yol açar. Bu hız farkları dolayısıyla dalga batimetriye bağlı olarak dönmeye başlar. Bu olaya ortagonalden sapmayı tariflemek için dalga sapması adı verilir. Dalga sapması olayı uygulamada aşağıdaki nedenlerle büyük öneme sahiptir.

- 1-Kıyı yakınlarında dalga özelliklerinde değişime yol açar.
- 2-Kıyı yapılarına etki eden dalga kuvvetlerinin yönü ve büyüklüğü değişir.
- 3-Tabanın batimetrik durumunu değiştirir.
- 4-Taban batimetrisinin uzay fotoğraflarıyla belirlenmesini sağlar.

Dalga sapmasının tek nedeni taban batimetrisi değildir. Örneğin kuvvetli bir akıntıda aynı şekilde dalga yayılma hızlarını değiştireceğinden saptmaya yol açar.

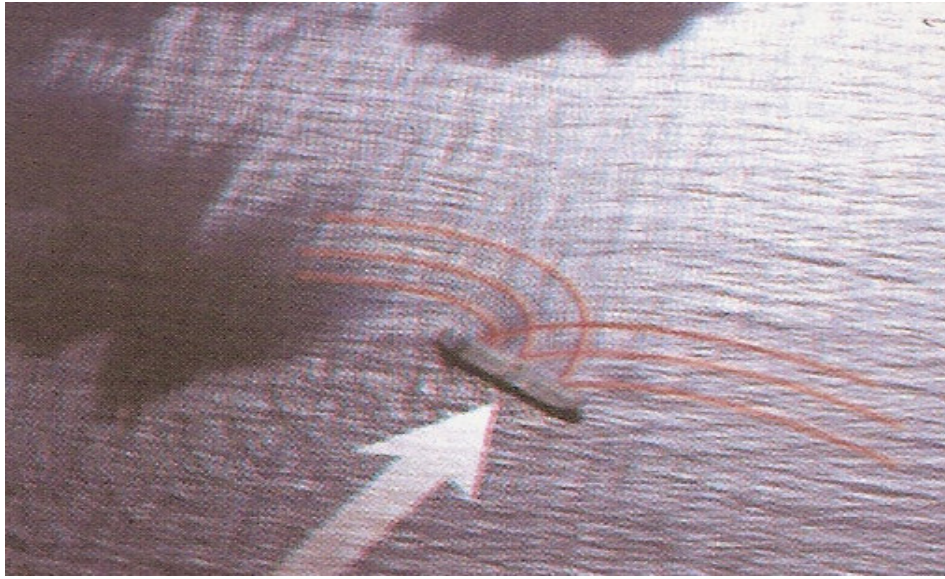
Dalga sapması olayı optikte ışığın farklı kırıcılıktaki ortalamalardan geçişine benzetilebilir. Bu analogi olarak kurularak Snell kanunlarının dalga sapması olayına da uygulanabilmesi sağlanabilir.

Dalga sapması grafik veya nümerik yolla Snell kanununa dayanılarak ve aşağıdaki kabuller yapılarak çözülmektedir.

- a) Dalga eksenleri arasında enerji sabittir.
- b) Dalga yönü dalga kretine diktir.
- c) Dalga yayılma hızı sadece derinliğine bağlıdır.
- d) Tabandaki değişim tedricidir.
- e) Dalga sabit peryodlu ve küçük genliklidir.
- f) Akıntı, rüzgar ve diğer etkiler ihmal edilmektedir [3].

2.1.3 Dönme

Dalgalar ilerlemeleri sırasında herhangi bir yapı (dalgakıran) veya bir engelle (ada, burun) karşılaşması durumunda dalga dönmesi meydana gelmektedir. Yapı veya engel ucundan dalga enerjisinin dalga cepeleri boyunca yanal taşınımı ile arka tarafa dönerek girmesine dönme denir (Şekil 2.9). Dalga enerjisinin bir bölümü dalgakıranın arkasındaki durgun suya geçer, buna da dalganın genişlemesi (expansion) denir [2].



Şekil 2.9 : Dalga dönmesine örnek [2].

Dönen dalga yüksekliğinin (H_d), gelen dalga yüksekliğine (H_s) oranı, dönme katsayısı (K_d) olarak adlandırılmaktadır. Dönme katsayısı gelen dalga boyu, dalga yaklaşım açısı ve korunaklı alandaki korunumun fonksiyonudur. Değişik açılar altında yaklaşan düzenli dalganın dönme katsayıları Muir Mood ve Fleming tarafından tablo haline getirilmiştir. Ayrıca CERC düzenli dalgalar için dönme katsayısını farklı yaklaşım açıları için farklı grafik formda vermiştir. Dönme katsayısı uzun dalga için kısa dalgaya göre daha büyüktür, bu nedenden dolayı uzun dalgalar daima liman içerisinde kısa dalgalara nazaran daha fazla problem olmaktadır [2].

Dalga dönmesi dalga kreti boyunca yanal enerji transferi olayıdır. Bir düzgün dalga katarı bir engelle karşılaştığında dönme olayının oluştuğu söylenebilir. Bu durumda eğer yanal enerji transferi olmasaydı engelin arkasındaki bölge herhangi bir değişikliğe uğramadan ilerlemeye devam ederdi.

Bu iki bölgenin sınır çizgisi boyunca büyük bir dengesizlik ve fiziksel ortamda devamsızlık olurdu. Halbuki gerçek akışkanlarda enerjinin çok olduğu yerden az olduğu yere doğru bir enerji geçişi olmak durumundadır. Bu nedenle engelin arkasında dalganın sürekliliğini sağlayacak şekilde bir miktar dalga oluşur ve bu şekilde dalga engelin arkasına dönmüş olur.

Dalgaların dönmesi olayı kıyı mühendisliğindeki bir çok çalışmada önemli bir yer tutar. Özellikle kıyıda bir korunmuş alan oluşturmak amacıyla yapılan dalgakıran ve benzeri yapıların ne dereceye kadar etkili olacakları dönen dalga miktarına bağlıdır. Ayrıca liman giriş ağızlarının yeri ve boyutlarının belirlenmesi, liman içi kumlanması ve liman içi çalkantıları bu olaya bağlıdır.

Bir engelin arkasındaki değişik noktalarda dalga yükseklikleri değişik olacağından farklı dönme katsayıları elde edilir. Engelin arkasına aynı dönme katsayısına sahip noktaları birleştiren eğrilere dönme çizgileri adı verilir. Her bir K_d değeri için bir dönme çizgisi çizilebilir.

Dönme katsayıları dalganın dalgakıran eksenine göre geliş açısına, dalgakıran tipine, boyutlarına ve geometrik özelliklerine bağlıdır [3].

Dalgakıranın arkasına dönen dalganın büyüklüğü grafik veya nümerik yollarla bulunabilir. Bu hesaplarda aşağıdaki kabuller yapılır.

- a) Su ideal akışkandır, sıkışmaz.

b) Dalga küçük genliklidir.

c) Dalgakıran ve arkasında su derinliği sabittir. Aksi halde sığlaşma ve sapma da meydana gelir [3].

Dönme hesaplarında en kolay durum tek dalgakıran durumudur. Dalganın tek bir dalgakıran veya benzeri yapıdan geçişi durumunda dalganın değişik geliş açılarına göre dönme çizgilerini veren grafikler yardımıyla koruma alanındaki dönen dalga yükseklikleri bulunabilmektedir. Bu grafikler SPM (1984)'de geniş şekilde yer almaktadır [3]. Bu çalışma kapsamında sazlık ortam tek dalgakıran durumuna benzetilmiştir.

2.1.4 Yansıma

Açık denizden gelen dalga bir engele çarptığında eğer engelin geometrisi ve yüzey özellikleri dalganın sönmülmesine yol açmıyorsa gelen dalga enerjisinin bir kısmı veya genellikle tamamı geri yansır. Bu olaya dalga yansıması adı verilir. Dalga enerjisinin yansıması dalga enerjisinin harcanmasının tam tersi bir olaydır.

Dalga yansıması özellikle liman yapılarında son derece önemlidir. Liman boyutlarının ve liman yapılarının tiplerinin belirlenmesinde başlıca faktörlerden biridir. Bir limanda yansıyan ve gelen dalgaların süperpozisyonu ile çok büyük çalkantılar meydana gelebilmektedir. Bu nedenle genel bir kural olarak liman yapılarında dalgayı yansıtan yerine sönmülmesine yol açan tiplerin tercih edilmesi gerektiği söylenebilir.

Gelen dalga yüksekliği H , yansıyan dalga yüksekliği H_y ise yansıma katsayısı

$$K_y = \frac{H_y}{H} \quad (2.22)$$

olarak tanımlanabilir. $K_y = 1.0$ olduğunda tam yansıma, $K_y = 0$ olduğunda ise tam harcanma (yansıma yok) olduğu söylenebilir.

Yapının tipine göre gelen dalga enerjisinin bir kısmı yansıtılırken bir kısım yapının arkasına geçebilir. Geçen dalga yüksekliği H_t ise geçiş katsayısı

$$K_y = \frac{H_t}{H} \quad (2.23)$$

olarak tanımlanabilir [3].

Yüzeyin geçirimsiz ve düşey olması halinde tam yansıma oluşur, yani yansıyan dalganın özellikleri gelen dalganın özellikleri ile aynıdır. Böyle bir durumda iki dalga süperpoze edilebilir ve elde edilen duran dalga Klapoti olarak adlandırılır.

Yansıma katsayısı yansıyan dalganın genliğinin, gelen dalganın (incident wave) genliğine oranı olarak tariflenir. Bu katsayı dalganın geliş açısına, yüzeyin enerji emme kapasitesine (geometrisi, porozitesi, pürüzlülüğü) bağlıdır.

Lineer teoride yansımış ve gelen dalgaların yüzey profillerinin süperpozisyonları mümkündür.

Aynı hızı, frekansa ve genliğe sahip iki dalga dizisinin ters doğrultularda ilerlediği kabul edilirse, bu iki dalga aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

Gelen dalganın profili

$$\eta_i = a \sin(kx - \omega t) \quad (2.24)$$

ve yansıyan dalganın profili

$$\eta_r = a \sin(kx + \omega t) \quad (2.25)$$

Bileşke (toplam) dalga profili;

$$\eta_s = \eta_i + \eta_r = a \sin(kx - \omega t) + a \sin(kx + \omega t) \quad (2.26)$$

Bu ifade trigonometrik ilişkilerin kullanılması ile aşağıdaki gibi elde edilir.

$$\eta_s = 2a \sin kx \cdot \cos \omega t \quad (2.27)$$

(2.24) ifadesi duran dalganın denklemdir. Sabit bir noktadaki herhangi bir partikül zamana bağlı olarak basit harmonik bir hareket yapmaktadır ve tüm partiküller aynı frekansla hareket etmektedir. Duran bir dalganın özelliği farklı yerlerdeki akışkan partiküllerinin farklı genliklerle hareket etmesidir. $2a \sin kx$ genliği aşağıda verilen noktalarda $2a$ maksimum genliğine sahiptir;

$$kx = \frac{\pi}{2}, \frac{3\pi}{2}, \frac{5\pi}{2}, \dots$$

Bu noktalar antinode olarak adlandırılır ve aralarındaki mesafe bir dalga boyunun yarısı kadardır. Genlik aşağıdaki noktalarda sıfır değerine sahiptir;

$$kx = \pi, 3\pi, 5\pi, \dots$$

Bu noktalar node veya düğüm noktası olarak adlandırılır ve aralarındaki mesafe ise yarım dalga boyudur. Node ile antinode arasındaki mesafe çeyrek dalga boyudur. Düğüm noktalarında zamanla düşey hareket görülmemektedir.

İlerleyen dalgalardan biri pozitif x-doğrultusunda diğeri ise negatif x-doğrultusunda hareket ederken bunların süperpozisyonu duran dalgayı vermektedir.

Herhangi bir düşey hareket yapmayan noktalar node ve maksimum genliğin bulunduğu noktalar ise antinode olarak da isimlendirilmektedir.

Tam yansıma sırasında, yansıyan dalganın gelen dalgayla birlikte girişimiyle orijinal dalganın genliği artarak engel önünde bir su sütunu biçiminde yükselip alçalacaktır, işte bu bir klapotidir ve bu olay yüzey önünde aşağı yukarı hareket eden su çalkantısı biçiminde görülür. Bu birleşik, gelen ve yansıyan dalgaların oluşturduğu dalgalara “duran dalgalar” (standing wave) denirse de bu deyim gerçekte doğru değildir. Çünkü duran dalgalarda partiküllerin yörüngesel hareketi yoktur, ancak gelen ve yansıyan dalgalardaki su partiküllerinin yörüngesel hareketleri birbirlerine ters yönde olup birbirlerini yok ettiğinden su hareketi aşağı ve yukarı çalkantı şeklinde görülmesi nedeniyle duran dalga deyimini yakıştırılmıştır. Eğer

$$H_i = H_r = \frac{H_s}{2}$$

olarak alınırsa (2.24) ifadesi aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$\eta_s = H_s \sin kx \cos \omega t \quad (2.28)$$

Duran dalgalar deniz yapılarında önemli zararlara neden olabilirler. Dalga yüksekliğinin artmasından dolayı akışkan partiküllerinin hızları taban yakınında artacağından tabanda önemli ölçüde erozyonun meydana gelmesine neden olabilirler.

Dalgaların tamamen yansımaması durumunda dalga enerjisinin bir kısmı eğimli yüzeydeki kırılma ile harcanabilir veya bir açıklıktan geçebilir. Bu durumda yüzey önünde kısmi yansıma meydana gelmektedir. Bu durumda gelen dalga $\eta_i = a \sin(kx - \omega t)$ ve yansıyan dalga ise

$$\eta_r = C_r a \sin(kx + \omega t) \quad (2.29)$$

olacaktır. Burada C_r yansıma katsayısıdır ($0 < C_r < 1$) ve,

$$C_r = \frac{H_r}{H_i} \quad (2.30)$$

2.1.5 Kırılma

Dalgaların stabilitelerinin bozulmasıyla sahip oldukları formlarını kaybetmesi dalga kırılması olarak tanımlanabilmektedir. Dalgalar bu kırılma sırasında enerjilerini kırılma bölgesi ile kıyı arasında harcarlar. Bu nedenle dalgaların kıyıda kırılması tamamıyla farklı bir çevre yaratmaktadır. Ancak dalga kırılmasının küçük genlikli dalga teorisi ile açıklanmasında zorluklar vardır. Bu nedenle kıyı mühendisleri dalga kırılması için çoğunlukla ampirik ifadeler kullanmaktadır.

Bilindiği gibi doğada dalgalar düzenli değildir. Kıyıya farklı periyotlu ve yükseklikli dalgalar rastgele bir biçimde yaklaşır. Düzenli yani aynı periyod ve diklikli dalgaların yaklaşması halinde dalgalar tek bir derinlikte (kırılma hattı) hemen hemen sabit bir dalga yüksekliğine sahip olarak kırılırlar. Ancak düzensiz (irregular) dalga durumunda yukarıda açıklanan düzenli dalga halinde olduğu gibi sabit bir kırılma derinliği tariflenemez. Bu durumda daha büyük dalgalar daha açıkta, yüksekliği daha az olanlar ise kıyı çizgisine daha yakın derinliklerde kırılırlar. Böylece kırılma durumundaki kırılmış ve henüz kırılmamış dalgaların bir uzamsal dağılımı söz konusu olur. Bu bölgeye dalga kırılma bölgesi (breaker zone) denmektedir.

Ortalama su seviyesi üzerinde dalgalanmaların meydana geldiği bölgeye ise çalkantı bölgesi (swash zone) denmektedir. Kırılma bölgesi ile çalkantı bölgesinde kalan bölgeye ise surf bölgesi (surf zone) denilmektedir.

Dalga kırılması en basit şekilde su partiküllerinin dalga formundan ayrılması olayıdır. Dalga kırılması yarattığı türbülans nedeniyle enerji kaybına sebep olmaktadır. Normalde dalga tepesindeki partikül hızı dalga yayılma hızından çok küçüktür. Partikül hızı verilen periyod için dalga yüksekliği ile orantılıdır. Artan dalga yüksekliği ile partikül hızı artarak dalga yayılma hızına ulaşır ve kararsız hale gelerek kırılır. Bu dalga tepesinde köpüklenmeler şeklinde görülmektedir.

3. LİTERATÜR ÖZETİ

3.1 Sazlıklı Ortamda Yapılan Çalışmalar

Geçtiğimiz son yirmi yılda sazlıklı ortamda yapılan çalışmalarda büyük bir artış görülmüştür. Özellikle sistemin karmaşıklığı ve çeşitliliği sebebiyle araştırılmaya konu olabilecek birçok başlık vardır. Sazlıklı ortamda açık kanal akımı birçok çalışmaya konu olmuştur. Sazlık ortamda yapılan bazı çalışmalar da akımın türbülans özelliklerini anlamaya yönelik olmuştur. Taban bitkilenmesinin hidrodinamik etkileri, bitkinin hidrodinamik yapı ile olan etkileşimi de birçok araştırmaya konu edilmiştir. Ayrıca bitkili ortamda düzensiz dalga halinde sürüklenme kuvveti hesabı için çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bazı çalışmalar da bitkili ortamda dalga transformasyonunu incelemeye yönelik olmuştur.

3.1.1 Sazlıklı Ortamda Açık Kanal Akımı

Sazlık ortam içindeki açık kanal akımı hesaplarında doğadaki çeşitlilikten dolayı, karmaşık bir problemle karşılaşılır. Bunun sebebi de, kavram olarak akışkanlar mekaniği sınırları dışında kalan ve bitkilerin özelliklerine dayalı çeşitliliklerdir. Ancak sonuçta, bu çeşitliliği fiziksel olarak benzeştirmek ve ampirik ya da yarı ampirik ifadelerle ulaşmak pratikteki uygulamalar açısından gereklidir. Konuyla ilgili yapılan çalışmalar bir bütünlük içermese de her bir çalışma, bilinmeyen bir özelliği anlamaya yönelik olmuştur [5]. Bu açıdan bakıldığında Yen'in ifadesiyle [6] sazlık ortamda akım ile ilgili üzerinde çalışılacak daha bir çok konu ve anlaşılması gereken bir çok fiziksel durumun olduğu söylenebilir. Çelik, çalışmasında anlaşılması gereken durumlardan sadece biri olan batmamış sazlık içindeki akım ve özellikle eğilmenin akım direnci ve türbülans özellikleri üzerindeki etkisini araştırmıştır [5].

3.1.2 Sazlıklı Ortamda Türbülans

Bitki tabanlı açık kanallarda yapılan çalışmaların bir bölümü de sazlık ortamda akımın türbülans özelliklerinin değişiminin incelenmesine yönelik olmuştur [7,8,9].

Nepf (1999), batmamış sazlık içindeki akımın türbülans, sürüklenme ve difüzyon etkilerini araştırmıştır [7]. Klasik, silindir sürüklenme modellemesiyle (fiziksel ve nümerik) sazlık ortamdaki akımı anlama çabalarının devamı olan bu çalışma, C_D , sürüklenme katsayısının, sazlık yoğunluğuna bağımlılığını bir yenilik olarak getirmiştir. Bulunan deneysel ve nümerik sonuçlara göre, türbülans şiddetinin sazlıktan kaynaklanan sürüklemeye bağımlı olduğu tespit edilmiştir. Sazlık ortam akımın türbülans şiddetini artırır. Bunun sebebi oluşan çevirilerdir. Ancak artan sazlık yoğunluğuyla, türbülans şiddetinin azaldığı görülmüştür. Bunun sebebi de ortalama akım hızının azalmasıdır [5].

Yağcı (2007), yaptığı çalışmada bir akım ortamındaki tekil doğal bitkilerin akımın hız ve türbülans karakteristikleri üzerine etkisini araştırmayı amaçlayan iki boyutlu deneyler gerçekleştirmiştir. Deneyler sonucunda geçirimli yapılarına rağmen akım ortamındaki bitkilerin akımı kayda değer ölçüde etkilediği ve neden oldukları türbülans ile önemli miktarda enerjiyi kırdıkları görülmüştür [9].

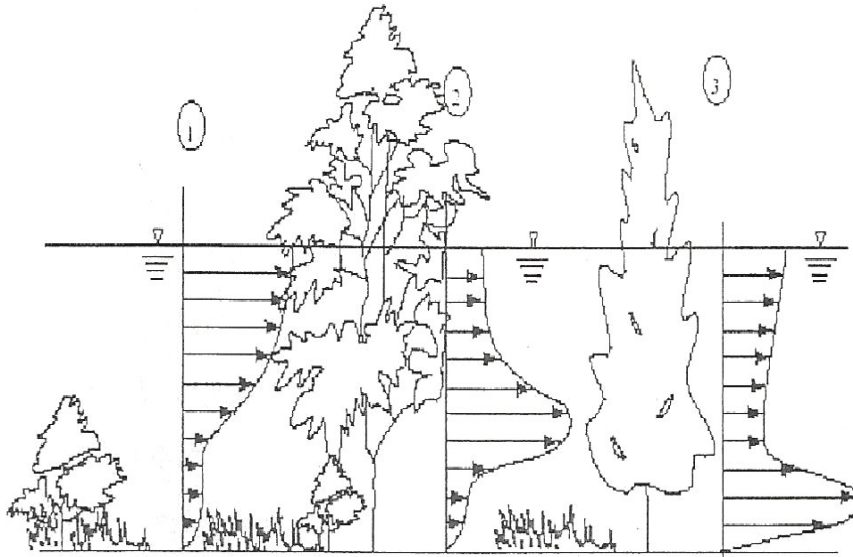
3.1.3 Literatürde Sazlık Sınıflandırması

Yapılan çalışmaların birçoğunda hem problemi basite indirgemek hem de söz konusu problemi laboratuvar koşullarına uygun hale getirip, yeterli araştırma yapmak amacıyla bitkiyi modelleme aşamasında suni rijit çubuklar kullanılmıştır [10,11,12]. Laboratuvar koşullarında bitkileri uzun süre canlı tutmak mümkün değildir. Bu çalışmalardan bazıları da akım tarafından bitkiye uygulanan sürüklenme kuvvetini araştırmayı hedeflemiştir [13-16].

Bitkilenme (vegetation) akım kapasitesini büyük oranda düşüren ve akımı geciktiren bir durumdur. Bitkinin türü, boyu, yoğunluğu, dağılımı ve rijitliği bu etkileri değiştiren faktörlerdir. Doğada sulak alanlarda yetişen bitkilerin türü, boyu, dağılımı, esnekliği ve yoğunluğu çok büyük farklılık gösterir. Bu değişken durum içinde, akım davranışını anlamaya yönelik birçok çalışma yapılmıştır. Sulak alanlardaki bitkilerin çok çeşitlilik göstermesi ve homojen bir dağılımda olmaması sebebiyle sazlıkları da

sınıflandırmada bir çok parametre ve dolayısıyla bir çok farklı durum karşımıza çıkmaktadır. Doğadaki bitki çeşitliliği; bitkinin boyu, rijitliği, dağılımı, görülme sıklığı bölgeden bölgeye iklimden iklime değişiklik göstermektedir. Doğadaki bitki çeşitliliğinin sınıflandırılması; bitkinin boyunu, rijitliğini, dağılımını göz önüne alarak yapılabilir. Sazlık ortamda akım için bitki boyunun ve su derinliğinin kıyaslanması yaygın olarak görülmektedir.

Literatürde bu sınıflandırmanın, batmış (submerged ya da non-emergent vegetation) ve batmamış (emergent, unsubmerged ya da nonsubmerged vegetation) sazlık/bitkilenme, şeklinde yapıldığı görülmüştür (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 : (1) Batmış (submerged), (2) ve (3) Batmamış (emergent) bitki tabanlı kanalda akım ve hız profilleri [5].

Bu iki durum, hidrodinamik açıdan oldukça farklı karakteristik gösterdiği için aralarındaki farktan kısaca söz etmekte fayda görülmüştür. Akım derinliğinin, bitki boyundan daha büyük olduğu (submerged) uniform akım koşullarında, bitki ve bitki üstünde kalan akım arasındaki sınırdaki maksimum kayma gerilmesi vardır ve hız profili, sazlık içinde ve sazlık üstünde kalan akım içinde birbirinden farklı olarak düşünülür [17,19]. Bitki boyu, sanki bir pürüzlülük yüksekliğiymiş gibi düşünülebilir ve Chow'a göre bu yükseklik, pratikte 0.03-0.90 m arasında değişebilir [18]. Buradan doğal kanallardaki çeşitliliğin ne mertebede değiştiği sayısal olarak anlaşılmaktadır. Bitki üstünde kalan akımda hızın logaritmik hız dağılımına uyduğu bazı çalışmalarda deneysel olarak elde edilmiştir [17]. Ayrıca bitkinin, esnekliği

dolayısıyla akımla birlikte eğilmesi batmış bitki örtüsü yüksekliğinin değişmesi anlamına gelir ki bu ayrı bir inceleme konusu haline gelmiştir [19].

Deneysel çalışmalarda dikkat edilmesi gereken bir durum söz konusudur. Fiziksel model çalışmak için yola çıkıldığında, araştırmaya konu olan doğadaki davranış benzer mantıkla laboratuvar ortamında oluşturulan şartlarla sağlanacak ve ölçümler yapılacaktır. Yapılan birçok çalışmada görülmüştür ki; akıma etki eden bitki örtüsü ya da sazlık, bazı çalışmalarda, yapay elemanlarla (çubuk, sazlık, plastik malzeme, pipet, at yelesi...vb) [14]; bazı çalışmalarda ise gerçek bitki kullanılarak modellenmiştir [11,14]. Bir mantığa göre yapay elemanlar, laboratuvar koşullarında, gerçekteki şartları tam olarak yansıtamayabilirler [20,21]. Ancak akımın genel davranışını izlemek ve ölçmek mümkün olabilir. Gerçek bitki kullanmak ise sadece o bitki ya da o türe benzerlik gösterebilecek diğer bitki türleri içindeki akım koşulları için geçerli olacak ve genellenemeyecek sonuçlar verebilir. Ancak her iki yöntem de akım davranışını anlamak açısından uygulanmış ve bazı sonuçlar alınmıştır. Bu tez için yapılan deneylerde, yarı yapay diyebileceğimiz rijit sazlıklar kullanılmıştır. Bitki özelliği, örneğin esnekliği yada rijitliği bu çalışmanın araştırma konusu değildir.

3.1.4 Taban Bitkilenmesinin Hidrodinamik Etkileri (Bitkinin Hidrodinamik Yapı İle Etkileşimi)

Myrhaug (2009) ve diğerlerinin yaptığı çalışma bitkili ortamda düzensiz nonlineer dalga durumunda sürüklenme kuvvetinin hesaplanabilmesi için pratik bir yöntem sunarlar. Bunun elde edilmesinde basit bir sürüklenme kuvveti formülü ve Mendez'in 1999'da verdiği sürüklenme katsayısı bir arada kullanılmıştır. Doğrusal olmayan dalga etkileri Stokes ikinci derece dalga teorisi kullanılarak belirlenmiştir. Bu çalışma sonunda RMS sürüklenme kuvveti katsayısı tanımlanmıştır. Nonlineer etkilerin önemli olduğunu çalışmaları göstermektedir. Nonlineer düzensiz dalgalara maruz kalan bitkili ortamlar için sürüklenme kuvveti hesaplamak için; bu methodun basit olmasına karşın kullanılması sağlanmıştır [22].

Mendez (2004), yaptığı çalışmada bitkili ortamdaki dalga transformasyonu modellenmiştir. Bu model aynı zamanda dalga sönümlenmesi ve dalga kırılmasını da kapsamaktadır. Bitkili ortamın geometrik ve fiziksel karakteri birlikte düşünülerek ve sürüklenme kuvvetinin doğrusal olmayan formülasyonu temelinde düzensiz dalgalar modellenmiştir. Birçok varsayım yapılmış olmasına rağmen (bitki kaynaklı yansıma

gözardı edilmiştir, bitkilerin hareketi modellenmemiş, ihmal edilmiştir) sonuçlar göstermiştir ki bu teori dalga yüksekliğinin bitkili ortamdaki transformasyonunu ve toplam sürüklenme katsayısına bağlı olan sönümlenmesini göstermek açısından uygundur. Bu alanda hala çok sayıda laboratuvar ve saha çalışmasına ihtiyaç mevcuttur. Çünkü farklı bitki türleri için geçerli olabilecek muhtemel ölçek etkileri ancak bu sayede bulunacaktır [23].

Silva (2006), enerji kırıcı ortamlarda doğrusal dalga transformasyonunu modelledikleri bu çalışmada kırılmaya uğramamış dalgaların bir dizi düşey geçirgen silindire yatay düzlemdeki etkileşiminin analitik sonuçlarının nümerik sonuçlarla karşılaştırılması yapılmıştır. Geçirgen yapıların mekanik özelliklerinin ve dalga düzensizliğinin dalga transformasyonu üzerindeki etkileri incelenmiştir [24].

Birçok araştırmaya konu olan kelp; genelde Amerika'da okyanus kıyılarında yetişen, yüksek iyot içerikli bir yosun çeşididir. Çeşitli renklerde olabildiği gibi doğada en çok kahverengi ve turuncu olanı mevcut bulunmaktadır. Kaliforniya kelpi yüksek fotosentez verimine sahip olan ve 45 m uzunluğa kadar kısa zamanda büyüeyebilen niteliktedir. Hany ve diğerlerinin, yaptıkları saha araştırmaları tipik Güney Kaliforniya kelp yatağının dalgalar üzerinde kayda değer bir etkisinin olmadığını göstermiştir [25].

3.2 Dönme ve Sapma ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Augustin (2009), sulak alanların, karaları koruma konusundaki kritik rollerinin yeterince incelenmemesinden ve güvenilir bir bitkili ortam-dalga sönümleme ilişkisinin ortaya konmamasından hareketle bu çalışmayı başlatmışlardır. Laboratuvar deneylerinde yapay batmamış ve yarı batmış bitki ortamlı sulak alanların dalga sönümlenmesine etkileri bir dizi dalga durumu ve farklı bitki yoğunluklarında ölçülmüştür. Deney sonuçları batmamış bitki durumunun yarı batmış bitki durumuna göre dalga sönümlenmesinde daha büyük bir etkisi olduğunu ortaya koymuştur. Bunun en önemli sebebi, batmamış bitki durumunda yarı batmış durumdan farklı olarak bitki gövdesinin orbital hızların en büyük olduğu su sütununun neredeyse tamamını kaplamasıdır. Yarı batmış bitki durumun ise, özellikle fırtına kabarmasının sulak alanı sel basmasına yol açtığı yada sualtı (subaquatic) bitkili ortamlarında önem arz ettiği söylenebilir. Dalga yüksekliğinin azalışı tüm deneylerde aynı eğilimde olmuş ve yoğunlukla bitki boyunun, su derinliğine ve bitki yoğunluğuna

oranına bağılı olduğu görülmüştür. Yine laboratuvar deneylerinde esnek ve rijit bitkili ortam elemanlarının sönümlenmeye olan etkilerinin benzer olduğu tespit edilmiştir. Bitki boyunun su derinliğine oranı azaldıkça dalga periyoduyla sürüklenme katsayısı (drag coefficient) arasındaki ilişkinin de zayıfladığı sonucuna ulaşılmıştır [26].

Dönme ve sapmayı bir arada ele alan çalışmalar son on yıl içinde artmıştır. Zhu (2000), dönme ve sapmayı birlikte ele alabilen yeni bir sayısal modelleme yöntemini, dual reciprocity sınır elemanı metoduyla geliştirmişler ve elde ettikleri sonuçlar analitik sonuçlarla ve sonlu elemanlar yöntemiyle modellenerek elde edilen sonuçlarla da uyumludur. Uzun dalgaların (tsunami dalgaları) modellenmesinde kesin sonuçlar elde edilmiştir. Bu model sayesinde dönme ve sapma etkileri arasındaki etkileşim incelenebilmektedir [27].

Tang (1997), çalışması dönme-sapmayı birlikte incelemesi için mild-slope denklemini nümerik analiz için kullanmak amacıyla yeni bir yöntem geliştirmişlerdir [28].

Gamito (2002), sığ suda dalga sapmasını modellemeye ilişkin yeni bir metod sunmaya çalıştıkları bu çalışmalarında Fermat'ın en kısa yol prensibinden yola çıkmışlardır. Modelleri kesin sonuçlar verme başarısını gösterince de bu yeni metodlarını kullanarak dönme etkilerini incelemişlerdir. Ancak çalışmaları hala devam etmekte olup, sonuçları bulunmamaktadır [29].

Yu ve Zang (2003), yaptıkları bu çalışmada taban topografyasının dönme ve sapma üzerindeki etkilerini incelemek için mild-slope denklemi için yeni bir analitik çözüm geliştirmişlerdir [30].

Belibassakis (2001), dönme-sapma için birleşik bir model geliştirmişlerdir. Modellerini daha basit modellerle ve deney sonuçlarıyla karşılaştırdıklarında eğimli taban durumu içermesinin yakınsamayı arttırdığını ve dik batimetriye sahip bölgelerde bile dalga potansiyelini ve hızını verdiğini görmüşlerdir. Modelin en önemli avantajı taban bölgesinde basınç ve hızı kesin bir şekilde vermesi ve salınımlı taban sınır tabakası, taban hareketi, sediment taşınımı gibi konularda yararlı olmasıdır [31].

Yu (2000), dönme ve sapmayı beraber ele alan fiziksel bir model üzerinde çalışmışlardır. Bir dalgakırana farklı gelme açılarında gelen dalgaları incelemişlerdir. Düzenli ve düzensiz dalga durumlarının ele alındığı bu çalışmada çeşitli sonuçlar elde etmişlerdir. Özellikle sığlaşma bölgesi dışında, dönme katsayısının düzenli

dalgalar için düzensiz dalgalara göre daha yüksek olması önceki araştırmacıların çalışmalarıyla paralellik göstermesi açısından önemlidir [32].

Lee (2004), yaptığı çalışmada mild-slope denklemindeki yüksek dereceli taban etkisi terimlerinin taban eğimine ve eğriliğine oranının dalga sapması üzerindeki etkisini incelemişlerdir [33].

Yoon (2004), geleneksel dalga modellerinin sığ bölgelerde dalga kırılması durumlarında yaşadıkları kesinlik kaybı derecelerini belirleyebilmek için dalga ve akıntı modellerini birleştiren nümerik bir model geliştirmiştir. Bu modeli kullanarak elde ettiği sonuçlar deney sonuçlarındaki dalga yüksekliği dağılımla karşılaştırıldığında geleneksel modellere göre daha iyi sonuçlar vermiştir. Böylece dalga kırılması kaynaklı akıntıların dönme-sapma üzerindeki etkileri daha iyi anlaşılabilmiştir [34].

Abohadima (1999), yapılan nümerik modelin doğrusal dalga dönmesi için yarı sonlu dalgakıran ve çeşitli dalgakıran aralıklarında oluşan dönmelerin, dönme katsayılarını belirlemede analitik sonuçlarla karşılaştırıldığında kesin sonuçlar elde edilmiştir. Bu karşılaştırma sayesinde lineer olmayan dalga durumunun dönme hareketi üzerindeki etkisinin önemi ortaya konmuştur [35].

Zhu (2001), Geçirgen ortamda ve dalgalı (ondüle) tabanda dalga dönme-sapması doğrusal dalga teorisi esas alınarak incelenmiştir [36].

4. LABORATUVAR DENEYLERİ

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

4.1 Deney Sistemi

Deney sistemi, deneylerin gerçekleştirildiği dalga baseni, dalga üretici, veri kayıt sistemi ve model olmak üzere dört ana elemandan meydana gelmektedir. Bu elemanlara ait açıklamalar, alt başlıklar halinde aşağıda sunulmuştur.

4.1.1 Dalga baseni

Deneylerde, İTÜ İnşaat Fakültesi Hidrolik Laboratuvarı'nda bulunan yatay boyutları 22,66 m x 30,33 m olan deney baseni kullanılmıştır. Önceki çalışmalardan kalan mevcut batimetrlili taban yapılacak deney koşullarının sağlanması için yeniden düzenlenmiştir. Çalışma için basen tabanında düzgün batimetri sağlanmıştır. Deneyler süresince dalga baseni, çelik levhalar yardımı ile inceleme yapılacak alan sınırlandırılmış ve deney modeli bu sayede oluşturulmuştur. Bu levhalar ile sınırlandırılmış olan alanda ölçüm yapılmış olup, deney baseninin diğer kısımlarında dalgaların yansılardan etkilenmesi ve batimetrinin değişmesi sebebiyle ölçüm ve/veya model yerleşimi yapılmamıştır. Sabit (düzgün) batimetri halinde sazlık ortamın sapmaya olan etkisi araştırma konusu olduğu için model kurulurken düzgün batimetri koşulu deney baseninde sağlanmıştır. Deney baseninde bu sınırlamanın yapılmasının bir diğer nedeni ise, bu çalışmaya konu olan, incelenecek olan dalga sapmasının ve dönmesinin kıyıdaki yansılardan etkilenip yanıtıcı sonuçlar vermesinin önlenmek istenmesidir. Deneyler süresince deney baseni, farklı konfigürasyonların aynı dalga koşullarında incelenmesine olanak verecek biçimde kendi içinde cam paneller ile bölmelere ayrılmıştır. Bu paneller, çelik levhaların başladığı noktaya paralel bir noktadan başlatılmış olup çelik levhaların bittiği noktaya paralel olacak şekilde sonlandırılmıştır. Çelik levhalar ve cam bölme dalga

paletin 10 cm önünden başlatılmış ve 12 m boyunca sürekliliği sağlanmıştır. Panel yükseklikleri, basen tabanından itibaren yaklaşık 120 cm'dir.

Deney baseninin etrafını çevreleyen ve deney baseninin kıyı tarafından 50 cm kadar yukarıda bulunan beton bir platform üzerinden gözlem yapılmıştır. Veri alma ekipmanı bu platform üzerinde tesis edilmiştir.

Platform haricinde, prob kablolarının kolaylıkla bağlanması ve gözlem yapılması amacı ile kullanılmak üzere ahşap iskele yapısı kurulmuştur. Ayrıca yapılan ölçümlerden fotoğrafların bu ahşap yapı üzerinden her konfigürasyonda sabit bir noktadan, sabit bir açı ile alınması sağlanmıştır.

Deney baseninin boş durumunda 3. konfigürasyon için dalga paleti önünden bir görünüşü şekil 4.1'de verilmiştir.



Şekil 4.1 : Deney baseninin dalga paleti önünden görünüşü.

4.1.2 Dalga üretici

Deneylerde kullanılan dalga üretici; dalga paleti, doğru akım motoru ve eksantrik ayarından oluşmaktadır. Bu tip bir üreteç ile sadece düzenli dalga serileri üretilebilmektedir.

Dalga hareketi, doğru akım motoruna monte edilmiş krank-biyel tipi tahrik mekanizmasının dalga paletine basit salınım hareketi yaptırması ile sağlanmaktadır. Böylelikle periyodu ve genliğine istenilen değerler verilebilen düzenli dalgalar

üretilmektedir. Periyot, motor hızının değiştirilmesi ile, genlik değeri ise, krank-biyel mekanizmasının eksantrikliğinin değiştirilmesi ile ayarlanmaktadır.

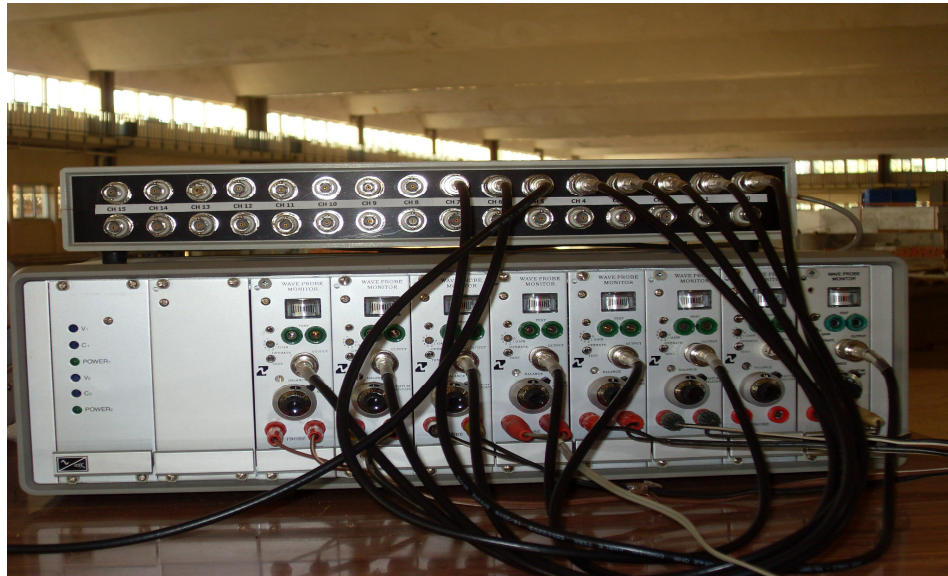
Dalga paletinin arkasına, çalışma sırasında oluşacak dalgaları sönmölemek ve arka bölgede oluşan çalkantının deney bölgesine geçmesini engellemek amacı ile delikli tuğladan bir dalga sönmöleyici duvar oluşturulmuştur.

4.1.3 Veri kayıt sistemi

Deneylerde, dalga verilerinin kayıt edilmesi için 8 adet rezistans tipi dalga probu kullanılmış ve su yüzü profili verileri 40 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. Operasyon esnasında, yüksek frekanslı alternatif akım bu tellerden geçirilerek tellerin arasındaki iletkenlik ölçülmektedir. Bu iletkenlik, probun suya batık olan boyu ve suyun iletkenliği ile orantılıdır [37].

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. Aşağıda şekil 4.2’de veri toplayıcı cihaz görülmektedir. Tüm deneylerde veri alma frekansı her prob için 40 Hertz olarak ayarlanmıştır.



Şekil 4.2 : Veri toplayıcı (data logger).

Dalga problemleri, basen içerisinde, üç ayrı konfigürasyon için farklı yerleştirilmiştir.

Birinci konfigürasyon prob yerleşimi: Sazlık önü probu (Prob No. 0), sazlık yanı probu (Prob No.1, 2 ve 3), sazlık arkası problemleri (Prob No.4, 5, 6 ve 7) olmak üzere yerleştirilmiştir. Sazlık yanı problemlerinin bir tanesi (Prob No.1), sazlık ile çelik paneli tam ortalayacak şekilde yerleştirilmiştir. Sazlık yanı problemlerinden 3 No'lu prob 1 No'lu proba aynı eksende olmak üzere sazlık bitimine yerleştirilmiştir. 2 No'lu prob sazlık ile 3 No'lu prob ortalanacak şekilde ve 3 No'lu proba paralel biçimde yerleştirilmiştir. Sazlık arkası problemlerinden 4 No'lu olan ve 6 No'lu olan sazlığı ortalayacak şekilde aynı eksen üzerinde konumlandırılmıştır. 5 ve 7 No'lu problemler ise yatayda 4 ve 6 No'lu problemlerle, düşeyde ise 1 ve 3 No'lu problemlerle aynı eksende konumlandırılmışlardır. Birinci konfigürasyon yerleşim planı şekil 4.3'te verilmiştir.

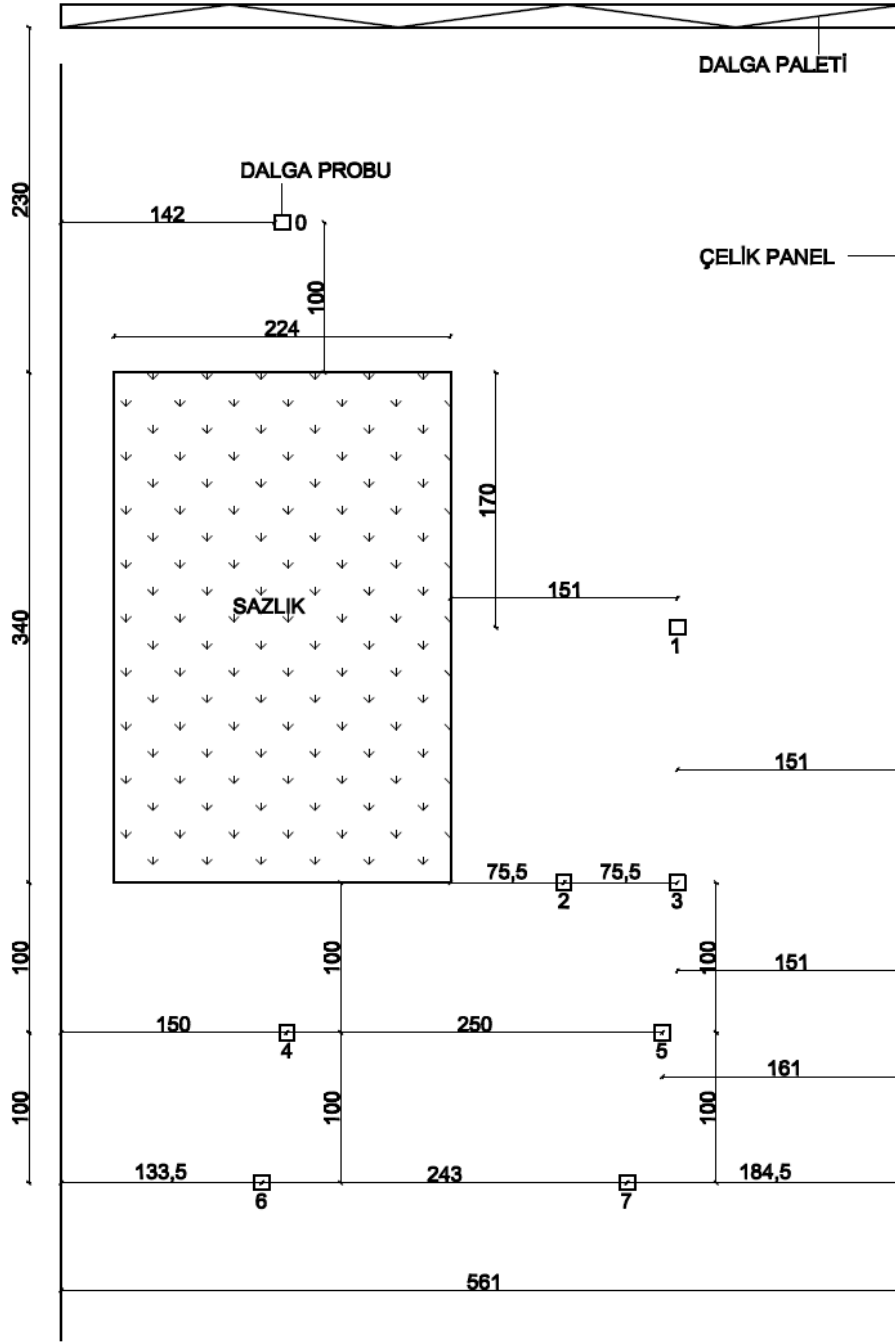
İkinci konfigürasyon sazlıkların kenarından cam bölmelerle ayrılmıştır. Bu sayede 2 ayrı inceleme alanı oluşturulmuştur: Sazlıklı alan ve sadece dalganın geçtiği alan.

İkinci konfigürasyon için prob yerleşimi: 1.bölümde, sazlık önü problemleri (Prob No.0 ve Prob No.1), sazlık arkası problemleri (Prob No.6 ve Prob No.7). 2.bölümde, palet arkası probu (Prob No.2), sazlık yanı problemleri (Prob No.3 ve Prob.No.4) , Prob No.5 ise 7 No'lu prob paralelinde konumlandırılmıştır (Şekil 4.4).

Üçüncü konfigürasyonda sazlıklar çelik panelleri tam ortalayacak şekilde yerleştirilmiştir.

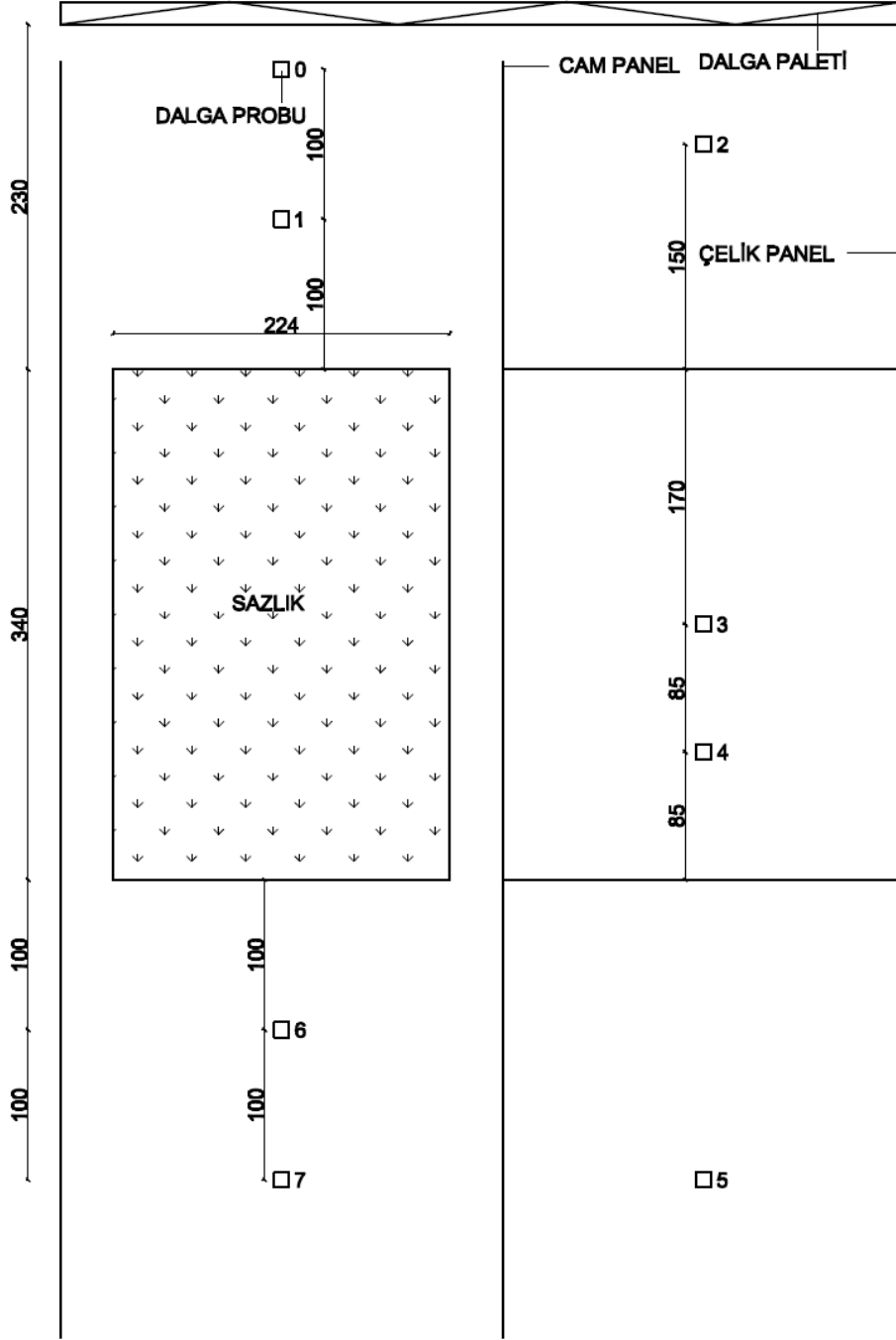
Üçüncü konfigürasyon için prob yerleşimi: Sazlık önü probu (Prob No.0) , 2 No'lu Prob panel ile sazlık ortasına yerleştirilmiştir. Sazlık arkası problemleri (Prob No.3, 4, 5 aynı eksende olmak üzere), Prob No. 6 ve 7 aynı eksende olmak üzere bunlara 1 metre düşey mesafe olacak şekilde konumlandırılmıştır. Üçüncü konfigürasyon yerleşim düzeni şekil 4.5'te verilmiştir.

1. KONFIGÜRASYON



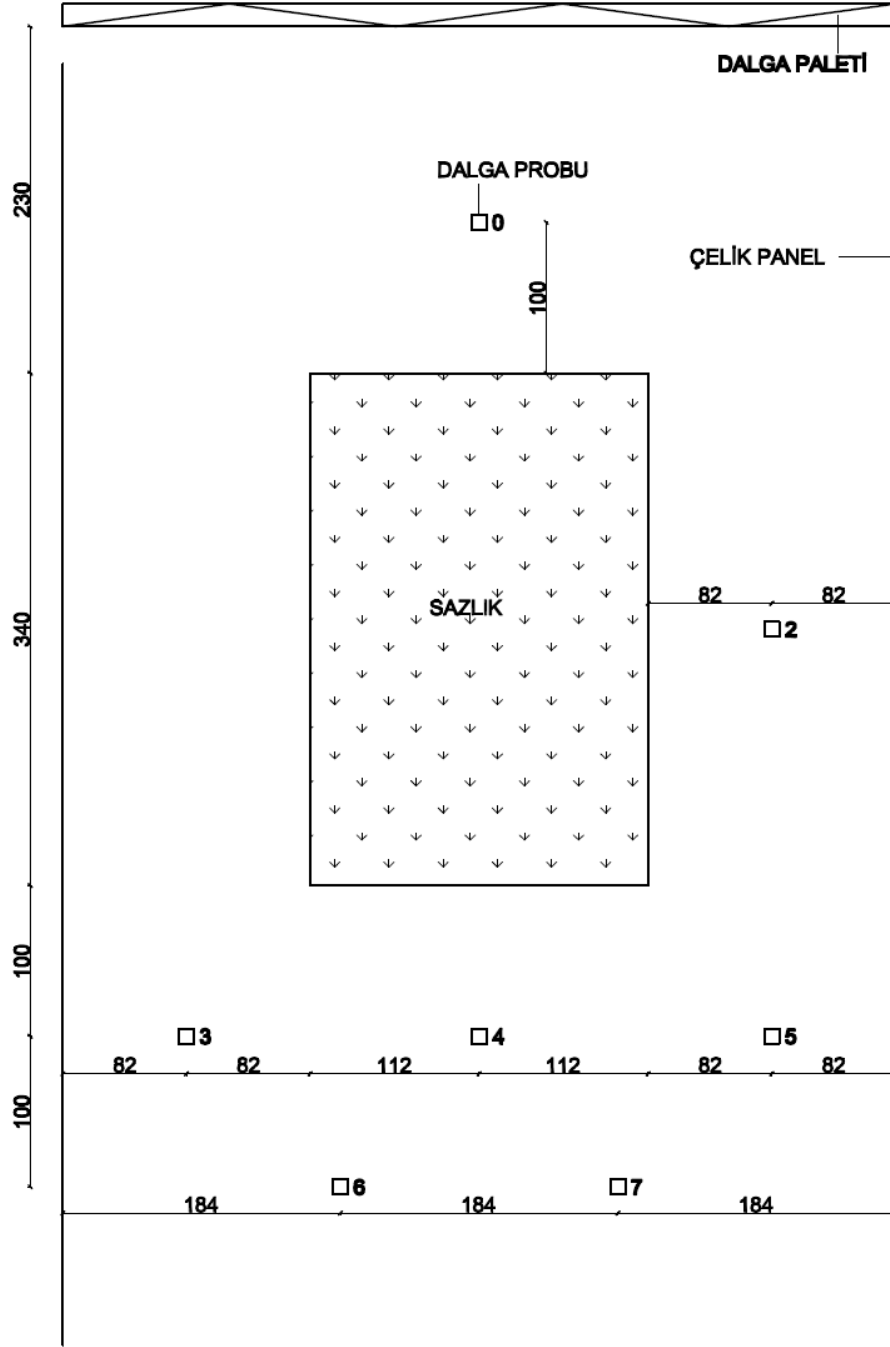
Şekil 4.3 : 1. Konfigürasyon Yerleşimi.

2. KONFIGÜRASYON



Şekil 4.4 : 2.Konfigürasyon Yerleşimi.

3. KONFIGÜRASYON



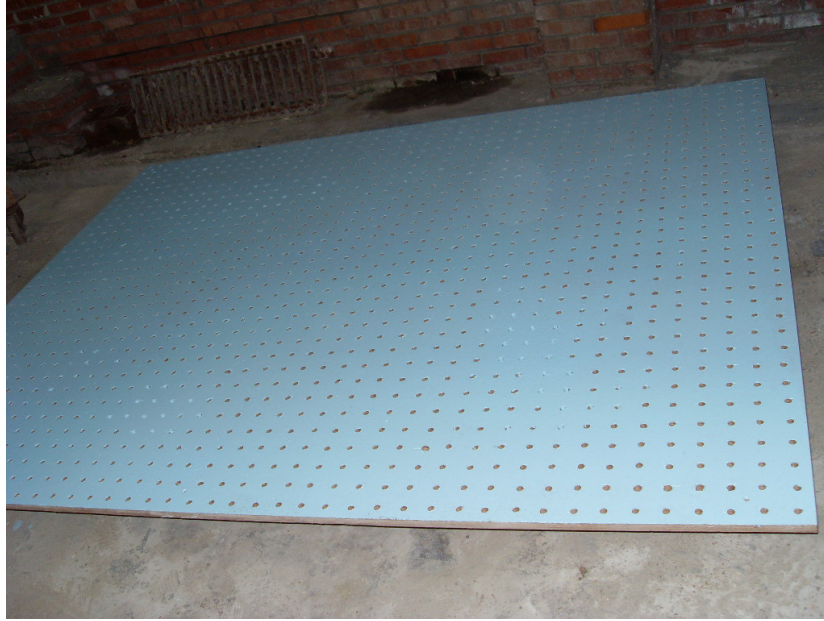
Şekil 4.5 : 3. Konfigürasyon Yerleşimi.

4.2 Model

Bu çalışmada batmamış (emergent vegetation) sazlık/bitkilenme ortamındaki dalga sapması ve dönmesi incelenecektir. Sazlıkların düzgün (sabit) batimetri halinde dalga

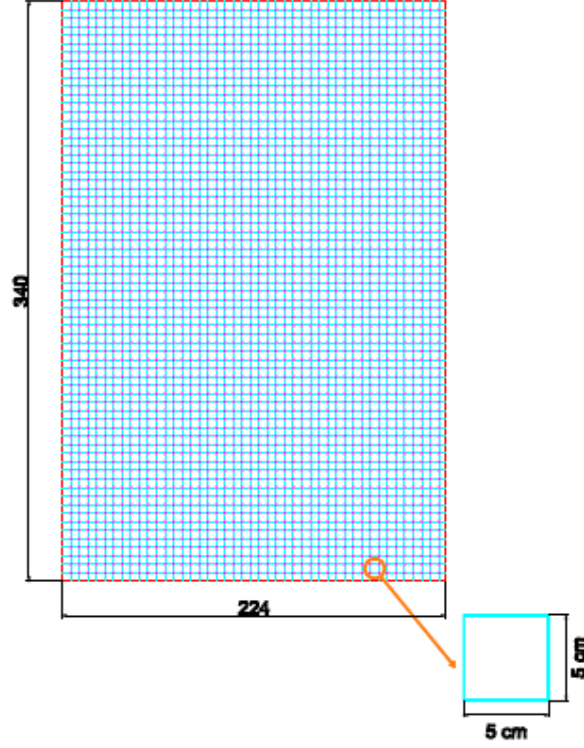
sapmasına olan etkisine bakılacaktır. Sazlıkları laboratuvar ortamında modellemek için yarı sazlık diyebileceğimiz çapları 0.6 mm - 1.6 mm arasında değişen sazlıklar kullanılmıştır. Doğada bulunan sazlıkların da homojen çaplara sahip olmadığı göz önünde bulundurularak bu çap aralığında model sazlık seçmek uygun bulunmuştur. 1.70 x 2.10 m boyutlarında 2 cm kalınlığında olan sukontrastı olarak adlandırılan malzemenin üzerine 5'er cm aralıklarla matkapla delikler açılıp, 75 cm'lik sazlıklar sikon ile üzerine monte edilmiştir. Konfigürasyonlar üç adımda sazlık alanının yeri değiştirilerek sazlık etkisinin sapmaya ve dönmeye olan etkisi araştırılmıştır.

Şekil 4.6'da sazlıkların yerleştirileceği platform üzerinde 5'er cm aralıklar olmak üzere matkap ile deliklerin açıldığı fotoğrafta görülmektedir.

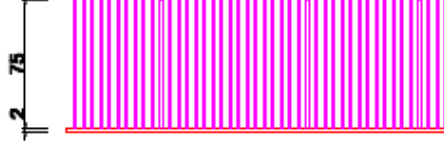


Şekil 4.6 : Sazlıkların Yerleştirildiği Platform.

Sazlıklı bölge, basenin çelik levhalarla ayrılmış kısmında iki tabaka halinde 7.14 m^2 lik bir bölgedir ve şekil 4.1'deki fotoğrafta görülmektedir. Sazlıklar, genişliği 2.24 m, uzunluğu 3.40 m olan malzemesi sukontrastı olan bir platforma yerleştirilmiş ve basen tabanına monte edilmiştir. Şekil 4.7'de sazlıkların yerleştiriliş planı görülmektedir. Şekil 4.8'de ise örnek olarak platforma 90° açı yerleştirilen sazlıkların bir çizimi verilmiştir. 5 cm kenar uzunluğu olan kare elemanlara bölünen platformda kesişim noktalarına sazlar yerleştirilmiştir (Şekil 4.7).



Şekil 4.7 : Sazlıkların Yerleştiriliş Planı.



Şekil 4.8 : Platform üzerine 90° yerleştirilmiş sazlıkların görünüşü.

Model, basen içinde, su seviyeleri basen su ile dolu iken rahat kalibrasyon yapmaya izin verecek biçimde kurulmuştur. Deneyler süresince su derinliğinin 60 cm’de sabit tutulmasına ve su seviyesinin her deneyde sabit olmasına dikkat edilmiştir. Kalibrasyona başlamadan önce , her deney öncesi , su seviyesinin 60 cm’e gelip gelmediği palet arkasında sabit bir noktaya yerleştirilen limnometre yardımıyla kontrol edilmiştir. Uygulanan bu sistem, deneylerin aynı hassasiyette olmasını sağlamıştır.

Modelin kıyı tarafında, kıyı boyunca dalga etkisi altında oluşacak yansımayı asgariye indirmek amacı ile 5-10 cm çakıl malzeme kullanılarak sönümleme şevi inşa edilmiştir.

4.3 Deney Prosedürü

Tüm deneyler, İTÜ Hidrolik Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Çalışma, sazlık etkisine bağlı olarak sapma ve dönme etkisini inceleyen 1.konfigürasyon, sazlığın dalga enerjisinin sönmelenmesine olan etkisinin incelenmesi için yapılan 2.konfigürasyon ve son olarak sazlık etkisine bağlı olarak meydana gelen dönmenin incelenmesine yönelik yapılan 3.konfigürasyondan oluşmaktadır.

Tüm deneyler, düzenli dalga etkisi altında, su derinliği 60 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 [38].

4.3.1 Ön deneyler

Teze konu edilen taban bitkilenmesinden ötürü dalga sapma ve dönmesini sağlıklı bir biçimde tayin edebilmek için birtakım ön deneylerin yapılması uygun görülmüştür. Yapılan ön deneylerde çeşitli noktalara yerleştirilen problardan kayıtlar alınmış ve alınan verilerin işlenip değerlendirilmesi sonucu her bir konfigürasyon için en uygun prob yerleşimi tayin edilmiştir. Yapılan ön deneylerde sazlık ortam içine prob yerleştirilip ölçüm alınmak istenmiştir. Ancak öndeneyle esnasında sazlık ortamın tam ortasına yerleştirilen probun dalga geldiğinde dengesinin bozulup salınım yaptığı gözlenmiştir. Alınan veriler de böyle bir yerleşimin uygun olmayacağını, sazlık içinde bir noktadan yapılan ölçümlerin sağlıklı sonuçlar vermeyeceğini göstermiştir. Sazlığın tam ortasında ölçüm yapılmak istenen bölgede bulunan sazlıkların çıkarılıp probun yerleştirilmesi düşünülse de, bunun da sazlık ortamın yapısını bozacağı ve dalga karakteristikleri üzerine olan etkilerini değiştireceği düşünülüp böyle bir uygulamadan kaçınılmıştır. Veri alma süresinin tayini için de farklı sürelerde veri kaydı alınmış, incelenmiş ve bunun sonucunda yansımanın başlama zamanları belirlenmiştir. Veri alma sürelerinin, yansıma etkileri dikkate alınarak 90 saniye ile sınırlı tutulmasına karar verilmiştir. Ön deneyler sayesinde uzun periyotlu dalgalarda sapma ve dönmeye bitki etkisinin çok fazla olmadığı gözlenmiştir. En uygun dalga periyotları, birçok periyot denemesi yapılarak alınan verilerin işlenip sonuçlarına bakılarak belirlenmiştir.

Deneyler, tabana yerleştirilen platform ile 90° açu yapan (tabana dik olacak şekilde) sazlıkların, konumları değiştirilmek üzere toplam 3 konfigürasyondan oluşmuştur. Her bir periyot değeri için sazlıklı bölgenin önünde, arkasında ve yanında ölçümler yapılmıştır. Böylece toplamda 6 seriyi oluşturan 42 deney yapılmıştır. Deney programı, çizelge halinde gösterilmiştir. Aşağıdaki çizelgede yapılan deneylerde gönderilen dalgaların periyotları ve dalga yükseklikleri özetlenmiştir. Deneylerin tamamında düzenli dalga gönderilmiştir. Her bir deneyde, konfigürasyonlara göre yerleşimleri belirlenen 8 farklı noktadan dalga karakteristikleri ölçümleri yapılmıştır. Her bir noktasal hız ölçümü, 90 saniyelik ölçüm periyodu ile yapılmıştır.

Çizelge 4.1: Deneş programı.

		Ts	Hs	Düzenli/Düzensiz
1.Konfigürasyon				
	DENEY 1	0.623505	7.876827	Düzenli Dalga
	DENEY 2	0.637628	8.842943	Düzenli Dalga
	DENEY 3	1.559286	2.631574	Düzenli Dalga
	DENEY 4	0.678727	9.102267	Düzenli Dalga
	DENEY 5	0.788605	6.718002	Düzenli Dalga
	DENEY 6	0.970553	5.622531	Düzenli Dalga
	DENEY 7	1.309882	3.543781	Düzenli Dalga
	DENEY 8	0.613253	7.021827	Düzenli Dalga
	DENEY 9	0.732105	6.021002	Düzenli Dalga
	DENEY 10	1.063496	14.7433	Düzenli Dalga
	DENEY 11	1.363882	9.915723	Düzenli Dalga
	DENEY 12	1.193526	12.1808	Düzenli Dalga
	DENEY 13	0.922122	14.89615	Düzenli Dalga
	DENEY 14	1.625335	9.72274	Düzenli Dalga
2.Konfigürasyon				
	DENEY 1	1.659751	2.839042	Düzenli Dalga
	DENEY 2	0.613128	8.421129	Düzenli Dalga
	DENEY 3	1.115581	5.063912	Düzenli Dalga
	DENEY 4	0.951776	5.870673	Düzenli Dalga
	DENEY 5	0.832151	6.962894	Düzenli Dalga
	DENEY 6	0.759073	6.826356	Düzenli Dalga
	DENEY 7	1.321731	10.21444	Düzenli Dalga
	DENEY 8	1.68642	9.441771	Düzenli Dalga
	DENEY 9	1.358904	8.9382	Düzenli Dalga
	DENEY 10	1.218731	11.37544	Düzenli Dalga
	DENEY 11	1.083285	11.70276	Düzenli Dalga
	DENEY 12	0.883777	15.4953	Düzenli Dalga
	DENEY 13	0.821417	15.57011	Düzenli Dalga
	DENEY 14	0.621528	7.842943	Düzenli Dalga
3.Konfigürasyon				
	DENEY 1	0.900665	4.97656	Düzenli Dalga
	DENEY 2	1.307921	3.824397	Düzenli Dalga
	DENEY 3	1.113181	5.603977	Düzenli Dalga
	DENEY 4	0.928665	5.199598	Düzenli Dalga
	DENEY 5	0.824789	6.4533	Düzenli Dalga
	DENEY 6	0.758916	6.37533	Düzenli Dalga
	DENEY 7	1.243215	4.876908	Düzenli Dalga
	DENEY 8	1.855	5.275024	Düzenli Dalga
	DENEY 9	1.382851	7.755181	Düzenli Dalga
	DENEY 10	1.219489	9.733671	Düzenli Dalga
	DENEY 11	1.039986	11.15615	Düzenli Dalga
	DENEY 12	0.869609	14.71339	Düzenli Dalga
	DENEY 13	0.805949	13.49559	Düzenli Dalga
	DENEY 14	0.821104	13.98746	Düzenli Dalga

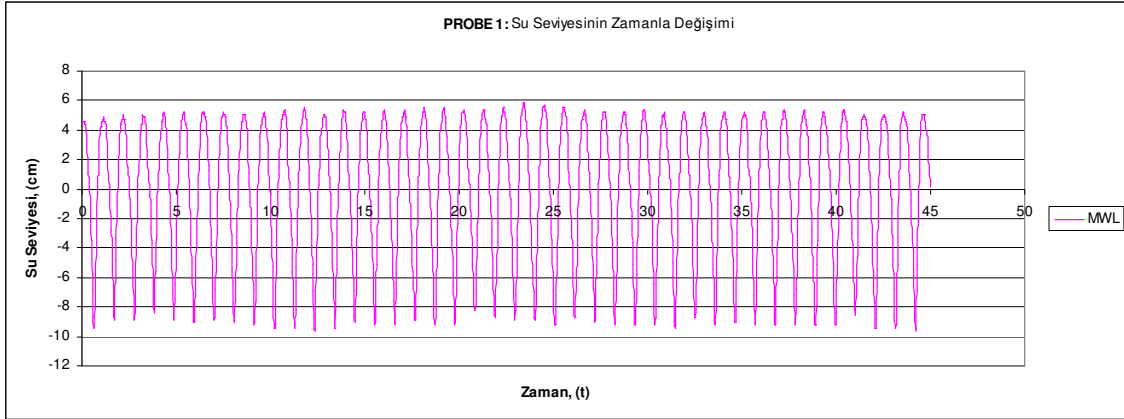
5. DENEYSEL SONUÇLAR

Daha önce de belirtilmiş olduğu gibi, çalışmanın amacı, yakın kıyı bölgesinde bulunan sazlıkların dalga dönmesine ve sapmasına sebep olup olmayacağının deneysel olarak tayin edilmesidir. Bu amaçla yürütülmüş olan deneylerin analiz edilmelerine dair bilgiler ve analiz sonuçları bu bölümde verilmiştir.

Bu bölümde grafik haline getirilmiş deneysel sonuçlar, karşılaştırmalı şekilde sunulacaktır. Deneylerin tamamına ait grafikler ekler kısmında verilmiştir. Ancak bu bölümde, sazlıkların sapma ve dönme miktarları, farklı noktalara yerleştirilmiş olan problarda yapılan ölçümlerin karşılaştırılması şeklinde sunulacaktır. Aynı dalga özelliklerine sahip (aynı periyotlu) dalganın sazlıkları geçmeden önceki ve sazlıkları geçtikten sonraki dalga yüksekliklerinin değiştiği gözlenmiştir. Burada sazlık ortama girmeden ilerleyen dalga bundan sonra orijinal dalga olarak isimlendirilecektir. Birinci ve üçüncü konfigürasyonlarda orijinal dalganın sazlıklı bölgeden geçen dalga ile arasında yanıl enerji transferi olduğu, sazlık ortam sebebiyle dalga dönmesi ve 1.konfigürasyonda dönmeye ek olarak sapmanın da meydana geldiği gözlenmiştir. Deneylerin amacı, daha önce anlatıldığı üzere sazlıktan ötürü dönme ve sapma oluşumunu tespit etmektir. Bu açıdan dönme ve sapma fiziksel olarak gerçekleşmeyecek şekilde taban ve model düzenlenmiş olup bu şartları değiştirebilecek diğer parametreler her deneyde sabit tutulmuştur. Örneğin, her deney sonrasında basendeki suyun tamamen durgun (statik) hale gelmesi ve sonraki dalganın durgun suya gönderilmesi sağlanmıştır. İncelenmesi istenen dalganın özelliklerini etkileyebilecek her türlü olumsuz parametre önceden düşünülüp bunların oluşmamasına özen gösterilmiştir. Aşağıda sırasıyla sapma grafikleri, geçiş katsayıları grafikleri ve dönme katsayıları grafikleri farklı noktadaki problar için verilecektir.

5.1 Su Yüzü Profilleri, Dalga İstatistikleri, Dönme Katsayıları ve Geçiş Katsayılarının Belirlenmesinde İzlenen Yöntem

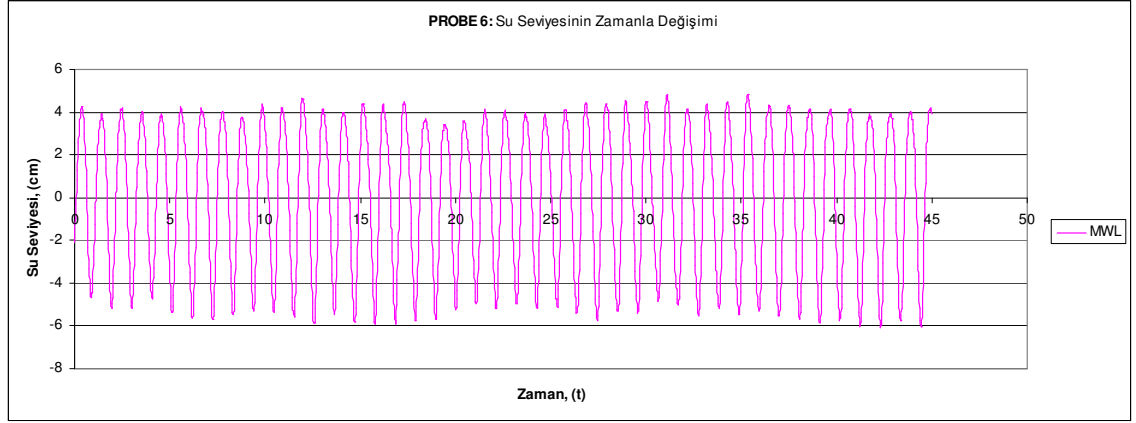
Dalga problemlerinden alınan su seviyesi-zaman verilerinden dalgaların elde edilmesi amacıyla, ilk olarak okunan volt değerleri, her deney öncesinde hazırlanan kalibrasyon dosyalarından elde edilen kalibrasyon eğrisi denklemi ve İTÜ Hidrolik Anabilimdalı Öğretim Üyelerinden Yrd. Doç. Dr. Erdem Ünal tarafından hazırlanan CVR programı kullanılarak önce su seviyesi değerlerine çevirilmiştir. Bu şekilde elde edilen bir zaman serisi, 2. konfigürasyona ait olup Şekil 5.1'de sazlık önüne yaklaşan dalga için ve Şekil 5.2'de sazlık arkasına geçen dalga için gösterilmiştir. Su seviyesi değerlerine çevirildikten sonra İTÜ Hidrolik Anabilimdalı Araştırma Görevlilerinden M. Adil Akgül'ün hazırlamış olduğu hesaplama programı kullanılarak tekil dalga yükseklikleri ve periyotları, sıfırı kesme metodu ile hesaplanmış ve dalga karakteristikleri elde edilmiştir.



Şekil 5.1 : Sazlık önündeki dalgayı belirten 1 numaralı probdan alınan su yüzeyi-zaman değişimi diyagramı.

Sözü edilen program, girilen prob numaralarına ilişkin su seviyesi değişimi verilerini girdi olarak alıp, ilk olarak, bu verileri grafik olarak göstermektedir. Sonrasında seçime bağlı olarak sıfırı aşağı ve/veya yukarı kesme metodu ile yarı dalga ve dalgaları ayırıp, bu aşamanın ardından, kronolojik ve dalga yüksekliğine bağlı olarak verileri sıralamaktadır ve dalga istatistiklerini çıktı olarak vermektedir.

Bu işlemlerle birlikte, gerekli görülen deneyler için, kısmen hatalı görülen dalgaların ayıklanması ve kayıt süresinde hatalı görülen kısımların ayıklanması gibi işlemler de zaman serisinin incelenerek program içinde yapılması mümkün olmaktadır.



Şekil 5.2 : Sazlık arkasına geçen dalgayı belirten 1 numaralı probdan alınan su yüzeyi-zaman değişimi diyagramı.

Zaman serilerinin incelenmesi sonucunda, sazlık önü dalga özelliklerinin yansımaya veya dalga üreticiden kaynaklanan sebeplerle değişkenlik gösterdiği ve sonuçları önemli derecede etkileyen nitelikte olduğu belirlenen deneylerde, dalga istatistiklerinin hazırlanması esnasında yansımının görüldüğü seri kısımları hesap dışında tutulmuştur.

Deneylerin gerçekleştirildiği konfigürasyonlara ait sapma açılarının, geçiş katsayılarının ve dönme katsayılarının doğru bir şekilde tayin edilebilmeleri için, daha önce de ifade edilmiş olduğu üzere, yansımaya etkisi ve dalga üreticiden doğabilecek aksaklıklar göz önünde bulundurularak, sazlık önünde bulunan ancak palete daha yakın olan 0 nolu probdan elde edilen datalar hesaplamalarda dikkate alınmamıştır. Burada, bu amaçla 1. konfigürasyonda sazlık alanının yan kısmına paralel olarak yerleştirilen, sazlık önü probu ile aynı dalga karakteristiklerine sahip olan ve daha doğru dalga karakteristikleri veren, 1 nolu dalga probundan alınan değerler kullanılmıştır. 2.konfigürasyonda ise sazlık önüne 2 adet dalga probu yerleştirilmiş olup bunlardan sazlığa yakın olan 1 nolu prob dikkate alınmıştır. 3. konfigürasyonda ise yine sazlık ortamına paralel olarak yerleştirilen 2 nolu probdan alınan dalga özellikleri orijinal dalgaya ait olarak düşünülmüş, hesaplarda kullanılmıştır.

Çok uzun periyodlu dalgalar dışında, genel olarak, sazlık arkasında oluşan su yüzü profili, dalga kretleri arasında yanal enerji transferi olduğunu açıkça göstermiştir. Dalga sazlık içinden geçerken dalga yayılma hızlarının değişmesi sonucu orijinal dalga ile sazlıktan geçen dalga arasında yanal enerji transferi olduğu belirlenmiş ve

birinci konfigürasyonda sapma ve dönme, üçüncü konfigürasyonda dönme olayı meydana geldiği tespit edilmiştir.

Sazlığın gerisinden itibaren dönme ve sapma olaylarının gerçekleştiği bölgede, her teste ait dönme katsayıları hesap edilirken H_s belirgin dalga yükseklikleri kullanılmıştır. Bu sayede, sıfır seviyesine çok yakın oluşan çok küçük genlikli parazit dalgaların sonuçları olumsuz yönde etkilemesi önlenmiştir.

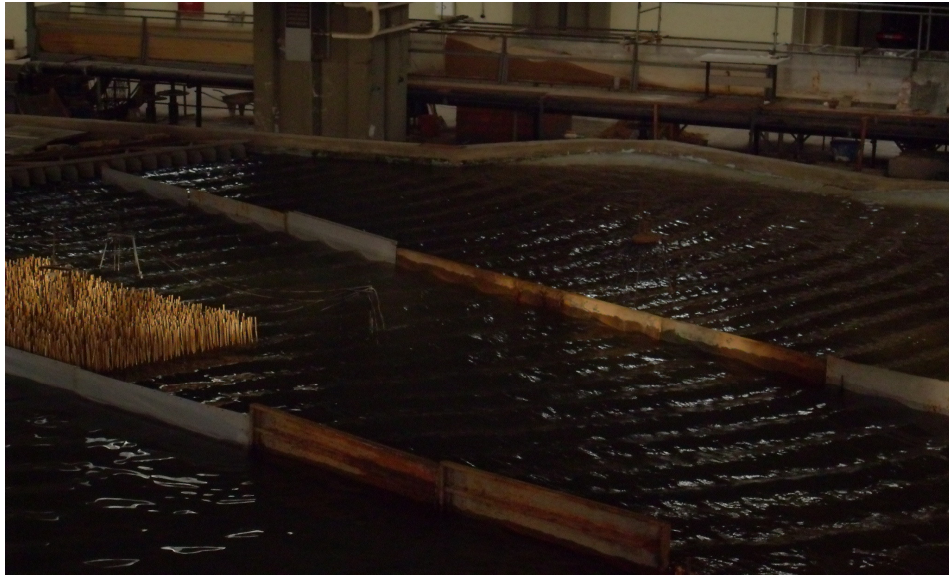
5.2 Birinci Konfigürasyona Ait Sapma Açıları Hesabı ve Grafiklerin Değerlendirilmesi

Birinci konfigürasyonda dalga paletinden modele gelen dalgalar sazlıktan geçmeden önce aynı dalga karakteristiklerine sahiptirler. Sazlık ortamından geçen dalgalar, sazlıktan etkilenerek enerji sönümlenmesine uğramakta, bu nedenle ilerleme hızları azalmakta olduğu için, sazlık ortamına girmeden ilerleyen dalgalar ile aralarında faz farkı oluşmaktadır. Sazlık ortamına girip çıkan dalganın yayılma hızının azaldığını deney sonuçlarından alınan verilerin işlenmesi sonucu söylemek mümkün olmaktadır. Sazlık bitiminde dalganın sazlık arkasında olan kısmının orijinal dalgadan daha yavaş hareket ettiği gözlenmektedir. Orijinal dalga olarak adlandırılan, sazlığın yanından sazlıkla etkileşmeyerek ilerlemeye devam eden dalgalar ise sazlık bitimine ulaştıklarında da başlangıç hızlarında herhangi bir değişiklik olmadan hareket etmek eğilimindedir. Basen boyunca taban eğiminin sıfır yani yatay olduğu dikkate alındığında, dalga cephesinde sazlık sonrası görülen değişimlerin sazlık sebebiyle meydana geldiği rahatlıkla söylenebilir.

Sapma açıları sazlık bitiminde ve (4-5) problemleri arasında hesaplanmıştır. Bu problemler arasında yatay mesafeler bilinmektedir. Bu durumda, tüm problemlerden sekronize (eş zamanlı) olarak kayıt alındığı dikkate alındığında, 4 ve 5 problemlerine ait su yüzü profillerinin tek bir diyagram üzerinde çizilmesi suretiyle, dalgalı ortam su yüzü profilinin karakteristik noktaları olan dalga tepeleri ve dalga çukurları arasındaki dt zaman farkı elde edilebilir. Bu zaman farkı sazlıktan geçen dalga ile orijinal dalga arasında, sazlık bitimi hattında meydana gelen toplam faz farkından kaynaklanmaktadır.



Şekil 5.3 : 1.Konfigürasyona ait fotoğraf.



Şekil 5.4 : 1.Konfigürasyona ait fotoğraf.

Birinci konfigürasyona ait farklı açılardan çekilmiş görüntüler Şekil 5.3, 5.4 ve 5.5'te verilmiştir.



Şekil 5.5 : 1.Konfigürasyona ait fotoğraf.

Birinci konfigürasyon için yapılan deneyler göstermiştir ki; sazlıktan ötürü sapma ve dönme birlikte gerçekleşmektedir. Sapmanın tanımından yola çıkarak, dalganın batimetriden etkilenip sarmaya başladığı noktadaki dalga yayılma hızının açık deniz dalga yayılma hızından küçük olduğu rahatlıkla söylenebilir. Yapılan deneyler sonucunda, sazlık bitiminde ve sazlıktan 1 m sonrasında alınan ölçümlerin değerlendirilmesi göstermiştir ki; dalga sazlıktan etkilenip sazlık arkasına geçtiği vakit dalga yayılma hızı azalmıştır. Yani bu durum sapmanın batimetri kaynaklı olmadığı hatta fiziksel olarak sapmanın mümkün olmadığı bir koşulda; sadece bitki (sazlık ortam) etkisi altında dalganın bu yapıdan etkilenip saptığını göstermiştir.

Sazlık sebebiyle meydana gelen dalga sarmasını hesaplarırken izlenen yöntem aşağıda detaylı olarak anlatılmıştır.

İlk olarak açık deniz dalga yayılma hızı (modeldeki orijinal dalga yayılma hızı)

$$C_0 = \frac{L}{T} = \frac{1.56T^2}{T} = 1.56T \quad (5.1)$$

olarak hesaplanmıştır. Sazlığa kadar dalga karakterini değiştirecek herhangi bir engel olmaması sebebiyle sazlık önüne orijinal dalga (açık deniz koşullarındaki dalga) bozulmadan gelmektedir. Sazlığa dalganın gelme süresi aşağıdaki ifade ile hesaplanmıştır.

$$t_1 = \frac{X_1}{C_0} \quad (5.2)$$

X_1 = sazlık önü probu ile sazlık başlangıcı arasındaki mesafe

t_1 = dalganın sazlık önü probundan sazlık başına kadar gelmesi için geçen süre

C_0 = açık deniz dalgasının (orijinal dalga) yayılma hızı

Sazlık içinden geçen dalganın yayılma hızını ve sazlıktan sonraki dalga yayılma hızını bulabilmek için; öncelikle orijinal dalganın dalga ilerleme doğrultusundaki sazlık boyunu ne kadar sürede geçeceği aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$t_2 = \frac{X_2}{C_0} \quad (5.3)$$

X_2 = sazlık başı ile sonu arasındaki mesafe (sazlık boyu)

t_2 = sazlık ortama girmeyen dalganın aynı mesafeyi geçme süresi

C_0 = açık deniz dalgasının (orijinal dalga) yayılma hızı

Sazlık bitiminden 1 m uzaklıkta, aynı yatay ekseninde olmak üzere, 4 ve 5 nolu problardan ölçüm yapılmıştır. 4 nolu prob sazlık arkasında, tam sazlığın orta noktasından 1 metre uzaklıkta konumlandırılmıştır. 5 nolu prob ise sazlık olmayan bölümde 4 ile aynı ekseninde sazlık olmayan kısmın tam orta noktasında konumlandırılmıştır. Sazlık bitiminden 5 nolu proba kadar orijinal dalganın ne kadar sürede o mesafeyi kat edeceği aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$t_3 = \frac{X_3}{C_0} \quad (5.4)$$

X_3 = sazlık bitiminden, 5 nolu proba olan mesafe (1m)

t_3 = sazlık ortama girmeyen dalganın 1 metrelik mesafeyi alma süresi

$C_{s(2-3)} = C_{\text{sazlık}} = C_{s1}$ olmak üzere sazlık içinden geçen dalga yayılma hızını ifade etmektedir.

$$C_{s(2-3)} = \frac{X_{\text{sazlık}}}{t_s + dt_{(2-3)}} \quad (5.5)$$

$X_{\text{sazlık}}$ = sazlık boyu

$dt_{(4-5)}$ = programdan alınan 4 ile 5 nolu problemler arasındaki gecikme süresi

Buradan bulunan $C_{s(2-3)}$ (sazlık içindeki dalganın yayılma hızı) ile C_0 (orijinal dalga) arasındaki fark alınır.

$$\Delta C = (C_0 - C_{s(2-3)}) \quad (5.6)$$

ΔC = açık deniz dalgası (orijinal dalga) yayılma hızı ile sazlık içindeki yayılma hızı arasındaki fark

$$\Delta x = \Delta C \cdot dt_{(2-3)} \quad (5.7)$$

Δx = dalga yayılma hızlarından doğan fark nedeniyle düşey gecikme mesafesi

$$\frac{\Delta x}{d\ell_{(2-3)}} = \tan \alpha_1 \quad \rightarrow \alpha_1 \text{ bulunur.} \quad (5.8)$$

$d\ell_{(4-5)}$ = 4 ve 5 nolu problemler arasındaki yatay mesafe

$$d\ell_{(4-5)} = 2.50 \text{ metre}$$

α_1 = sazlık bitimindeki sapma açısı bulunmuş olur.

$$C_{s(4-5)} = \frac{x_3}{t_2 + dt_{(4-5)}} \quad (5.9)$$

$C_{s(4-5)}$ = C_{s2} sazlık arkasına geçen dalganın 1 m boyunca ilerlerken yayılma hızı

Buradan da $C_{s(4-5)}$ yani; sazlık arkasına geçen dalganın yayılma hızı bulunmaktadır.

$$\Delta C = (C_0 - C_{s(4-5)}) \quad (5.10)$$

ΔC = açık deniz dalgası (orijinal dalga) yayılma hızı ile sazlık sonrasında ilerleyen dalga yayılma hızı arasındaki fark.

$$\Delta x = \Delta C \cdot dt_{(4-5)} \quad (5.11)$$

$$\frac{\Delta x}{d\ell_{(4-5)}} = \tan \alpha_2 \quad \rightarrow \alpha_2 \text{ bulunur.} \quad (5.12)$$

α_2 = sazlıktan 1 m sonraki sapma açısı bulunmuş olur.

Aşağıdaki çizelgede sazlık bitimindeki ve sazlıktan 1 m uzaklıktaki sapma açıları α_1 ve α_2 olarak verilmiştir.

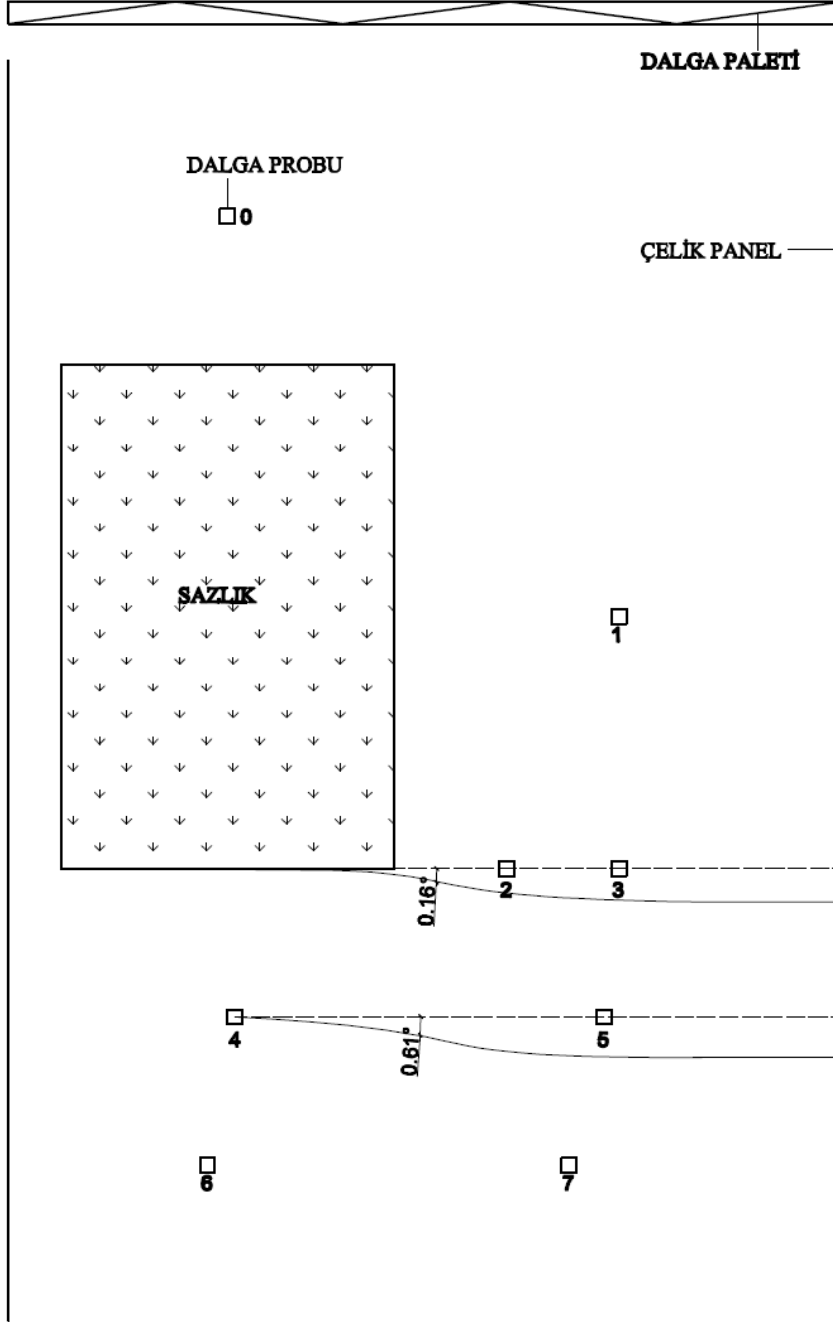
Çizelge 5.1: Sazlık sonu sapma açıları.

	Sazlık Sonu	Sazlık Arkası
	α_1°	α_2°
Deney 1	0.16	0.61
Deney 2	1.01	2.72
Deney 3	0.236	0.713
Deney 4	0.703	1.96
Deney 5	0.218	0.66
Deney 6	0.17	0.52
Deney 7	0.36	1.06
Deney 8	0.56	1.58
Deney 9	0.67	1.88
Deney 10	1.23	3.25
Deney 11	0.75	2.07
Deney 12	0.19	0.57

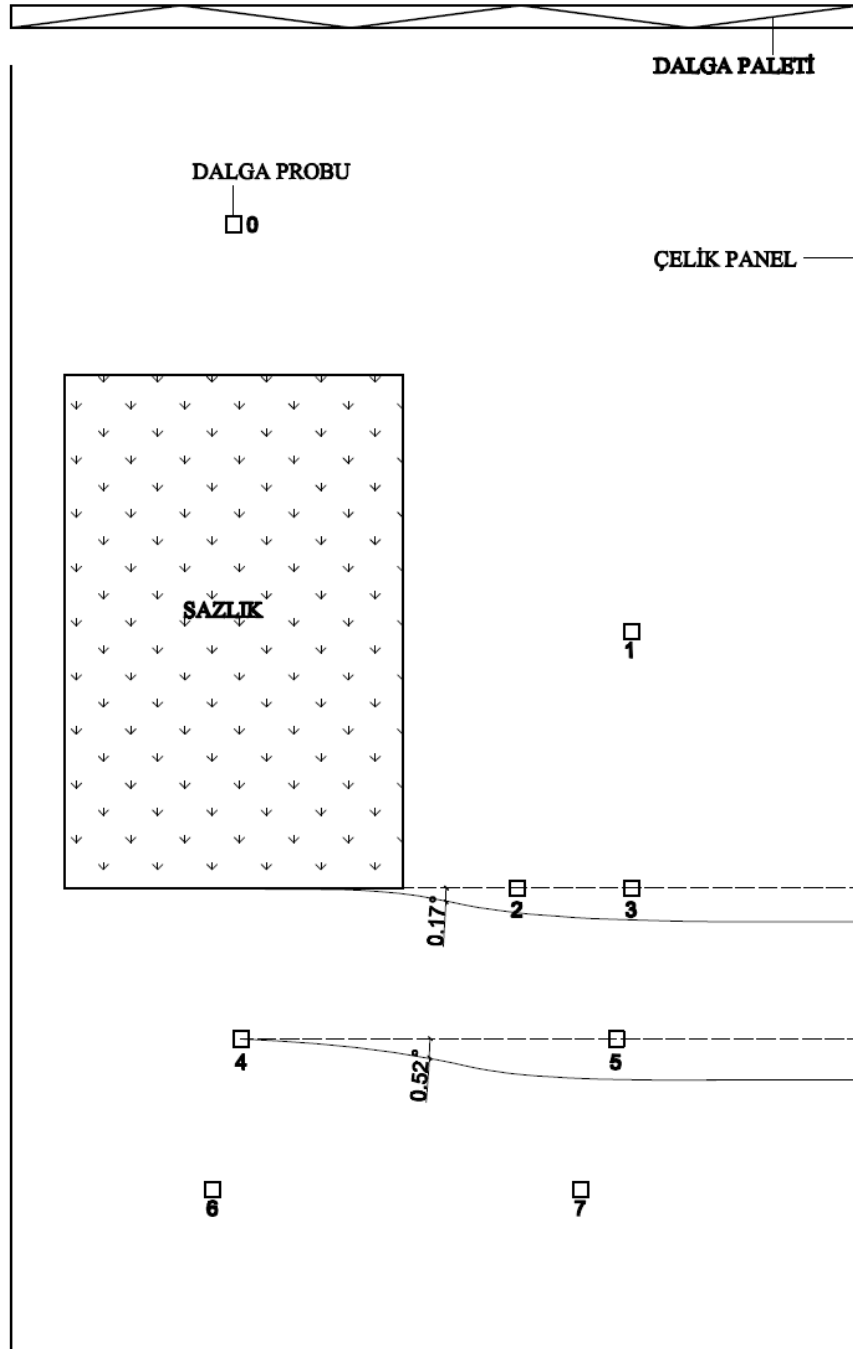
Çizelge 5.1'e baktığımız zaman yapılan hesaplamalar göstermiştir ki; sazlık bitimindeki dalga sapma açısı (α_1) ile sazlıktan 1 m sonraki dalga sapma açısında (α_2) farklar mevcuttur. Dalga sazlık içinden geçerken dalga yayılma hızında yavaşlama olmaktadır. Sazlık bitimine gelindiğinde, sazlık sonundaki dalga yayılma hızı ile orijinal dalganın yayılma hızı arasındaki fark sebebiyle aynı dalga kretinde sazlık bitimindeki dalga ile sazlık ortamdaki geçmeyen dalga arasında yanıl enerji transferi olmaktadır. Bunun sonucunda sazlık bitiminde dalga sapması meydana gelmektedir.

1. KONFİGÜRASYON

1. eksantriklik test 1



Şekil 5.6 : 1 nolu deneye ait sapma açıları.



Şekil 5.7 : 6 nolu deneye ait sapma açıları.

Şekil 5.6 ve 5.7’de farklı deneylere ait sapma açıları görülmektedir. Sazlıktan çıkan dalga ve orijinal dalga arasında enerji transferi olduktan sonra, ilerlemeye devam ederken 1 m sonra dalga yayılma hızında ve bunun sebebiyle oluşan sapma açısında farklılık olduğu gözlenmiştir. Sazlık sonunda orijinal dalganın sazlık etkisiyle yavaşlamış olan kısmının ilerlemesi sonucu dalga yayılma hızının azaldığı grafiklerden söylenebilir. Ayrıca dalgaların ilerlemesiyle sapma açısının da arttığı gözlenmiştir.

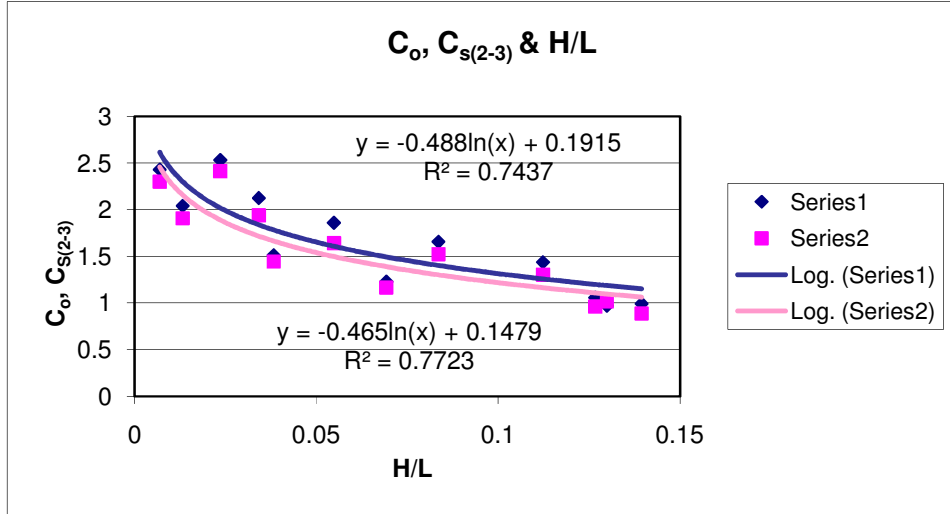
Yapılan deneylerden elde edilen sapma açıları ve dalga yayılma hızları ile, sapma açısını ve dalga yayılma hızını etkileyen boyutlu ve boyutsuz büyüklüklerin arasındaki ilişkilerin belirlenmesi amacı ile, elde edilen grafik sonuçları ve değerlendirilmeleri aşağıda sunulmuştur.

Sazlığın hemen sonunda ve sazlıktan 1 m sonra yapılan ölçümlerden hesaplanan dalga yayılma hızları ve boyutsuz bir büyüklük olan dalga dikliği ile değişimi Şekil 5.10’daki grafikte gösterilmiştir. Sazlık bitimindeki yayılma hızı sazlıktan 1 m sonraki yayılma hızından biraz daha fazladır.

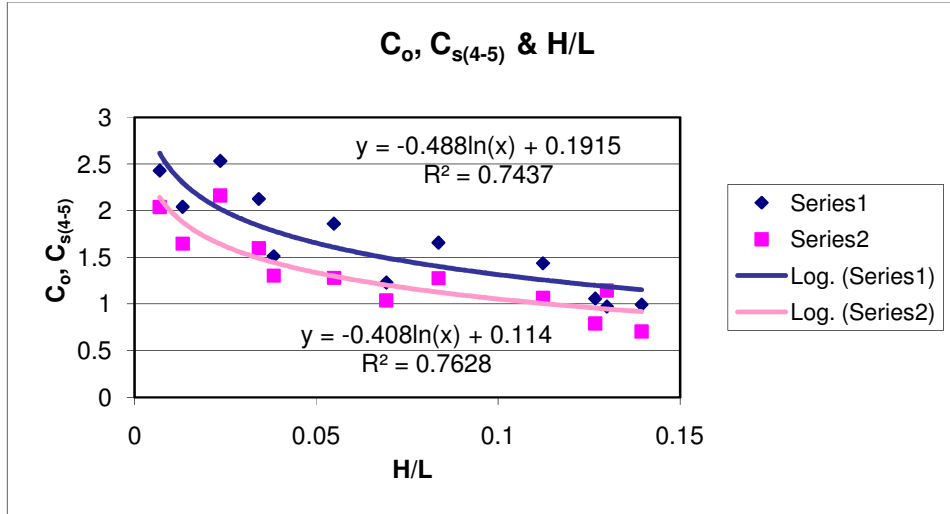
Orjinal dalga olarak adlandırılan dalga ile yani açık denizden kıyıya gelen dalganın sazlıklı ortam ile karşılaşmayan kısmındaki yayılma hızının dalga dikliği ile değişimi ve sazlıklı ortamdan geçen dalganın sazlık bitiminde alınan ölçümler sonucu elde edilen dalga yayılma hızının dalga dikliği ile değişimi Şekil 5.8’deki grafikte görülmektedir. Şekil 5.8’den görüldüğü üzere orijinal dalganın yayılma hızı sazlığa giren dalga yayılma hızından büyüktür. Burada sazlık ortamın dalga enerjisinin bir bölümünü sönmlediği söylenebilir. Ayrıca Şekil 5.8’den dalga dikliği arttıkça dalga yayılma hızının azaldığı da söylenebilir.

Orijinal dalga ile yani açık denizden kıyıya gelen dalganın sazlıklı ortam ile karşılaşmayan kısmındaki yayılma hızının dalga dikliği ile değişimi ve sazlıklı ortamdan geçen dalganın sazlıktan 1 m sonrasında alınan ölçümler sonucu elde edilen dalga yayılma hızının dalga dikliği ile değişimi yukarıdaki Şekil 5.9’daki grafikte görülmektedir. Şekil 5.9’da görüldüğü üzere orijinal dalganın yayılma hızı sazlığa girip ilerleyen dalga yayılma hızından büyüktür. Bunun sebebi dalganın sazlık ortama girdiğinde sürtünmeler sebebiyle enerjisinin bir kısmını harcamasıdır. Sazlık ortamın dalga enerjisinin bir kısmını sönmlediği söylenebilir. Burada

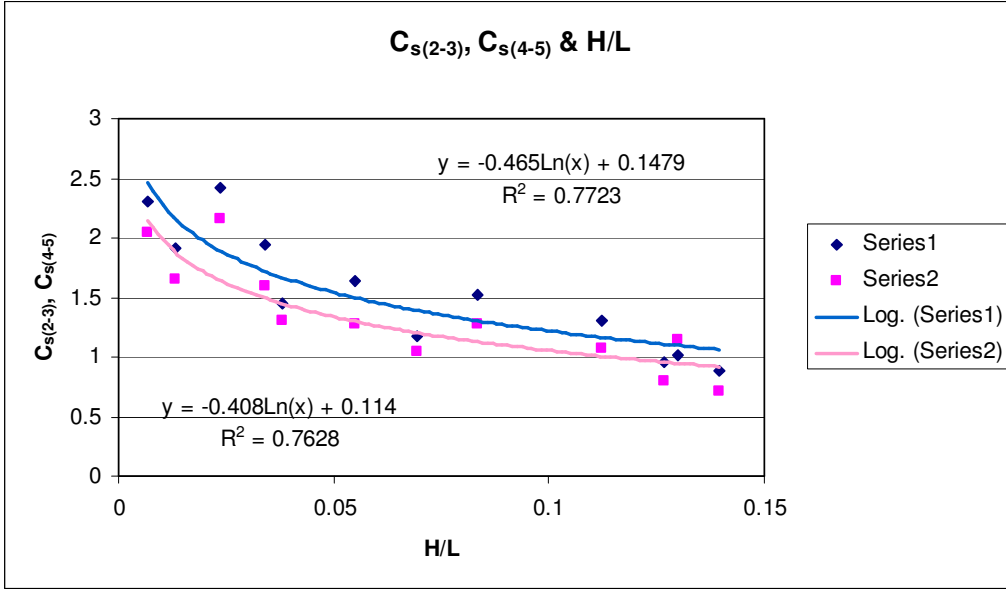
sazlığın dalga enerjisinin bir bölümünü aldığı söylenebilir. Ayrıca Şekil 5.9'daki grafikten dalga dikliği arttıkça dalga yayılma hızının azaldığı da söylenebilir.



Şekil 5.8 : Orijinal dalga yayılma hızı ve sazlık sonu dalga yayılma hızının dalga dikliği ile değişimi.



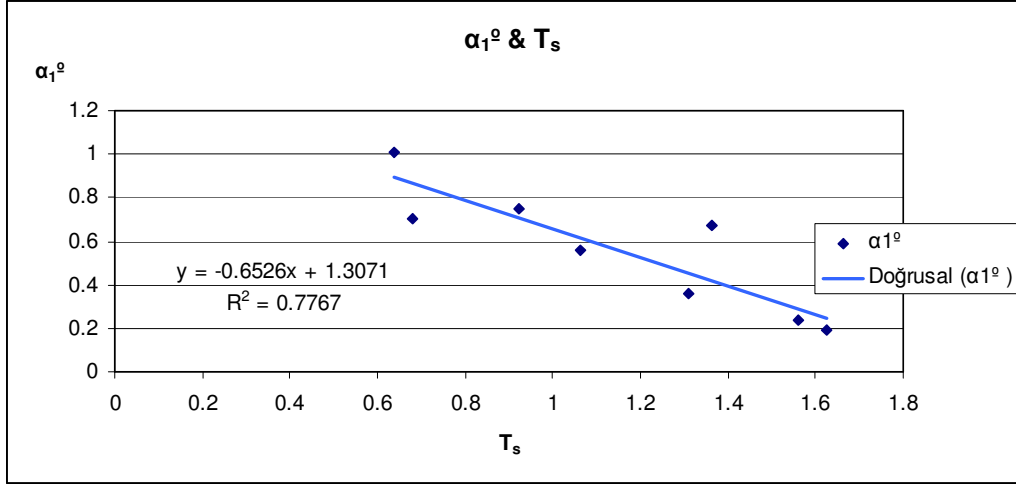
Şekil 5.9 : Orijinal dalga yayılma hızı ve sazlıktan 1 m sonraki dalga yayılma hızının dalga dikliği ile değişimi.



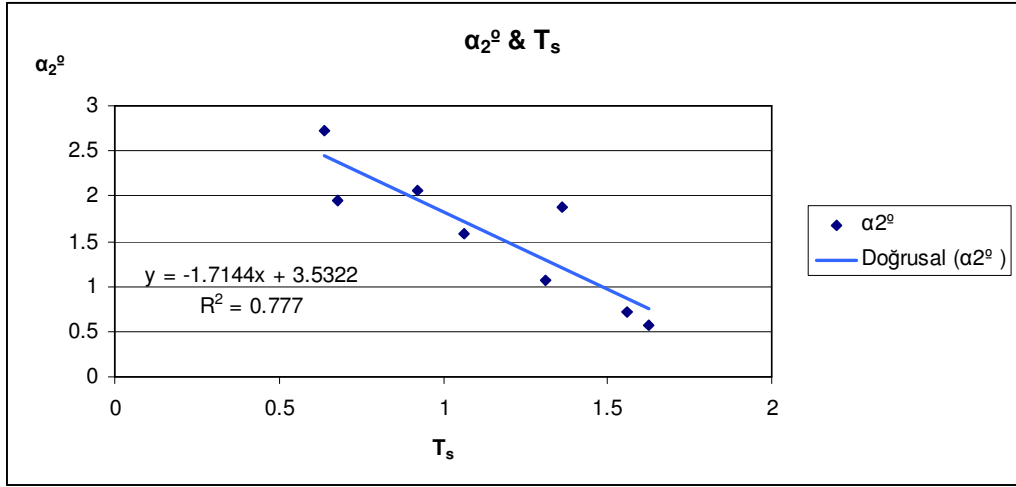
Şekil 5.10 : Sazlık sonu dalga yayılma hızı ile sazlıktan ilerleyen dalga yayılma hızının dalga dikliği ile değişimi.

Yapılan deneyler sonucu periyot arttıkça sapma açısının azaldığı söylenebilir (Şekil 5.11, 5.12 ve 5.13). Bir başka deyişle; kısa periyotlu dalgalar uzun periyotlu dalgalara oranla daha fazla sapmaktadır. Uzun periyotlu dalgaların daha az saptığı gözlenmiştir. Ayrıca yapılan deneyler sonucunda Şekil 5.14'teki grafikten dalga dikliği arttıkça dalga sapma açısının arttığı söylenebilir. Bir başka deyişle; dalga sapma açısı büyüdükçe, dalga dikliği artmaktadır. Dalga dikliği arttıkça dalga yayılma hızının azaldığını elde edilen dalga yayılma hızı dalga dikliği arasındaki ilişkiyi veren grafiklerin olduğu Şekil 5.8, 5.9 ve 5.10'dan söylemek mümkündür. Sapma açısı arttıkça dalga dikliğinin arttığını grafiklerden söyleyebilir (Şekil 5.14). Sapma olayı doğada da meydana geldiğinde sapma sonucunda dalgalar giderek dikleşir.

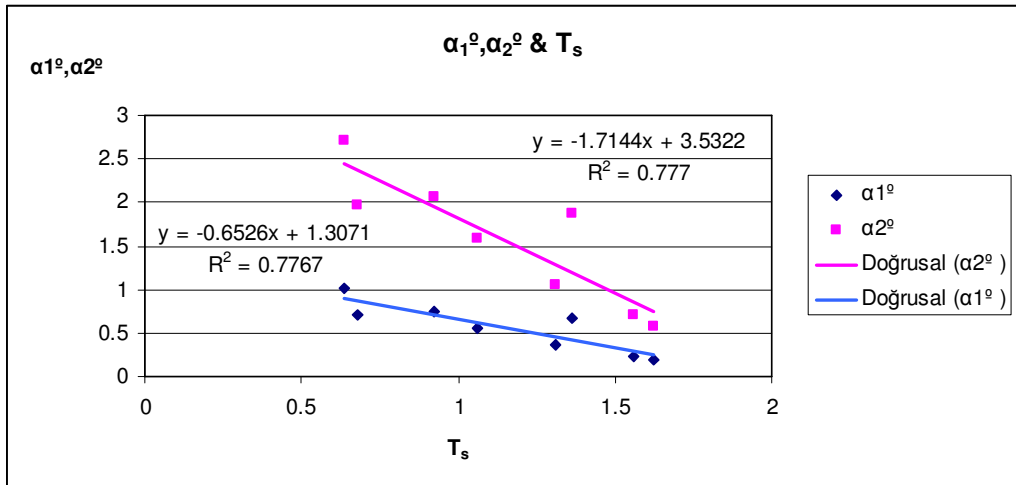
Sapma açılarının dalga dikliği ile değişimini veren grafikler ve C_{s1} ($C_{s(2-3)}$) ve C_{s2} ($C_{s(4-5)}$) 'in dalga dikliği ile değişimini veren grafikler Ek B'de verilmiştir.



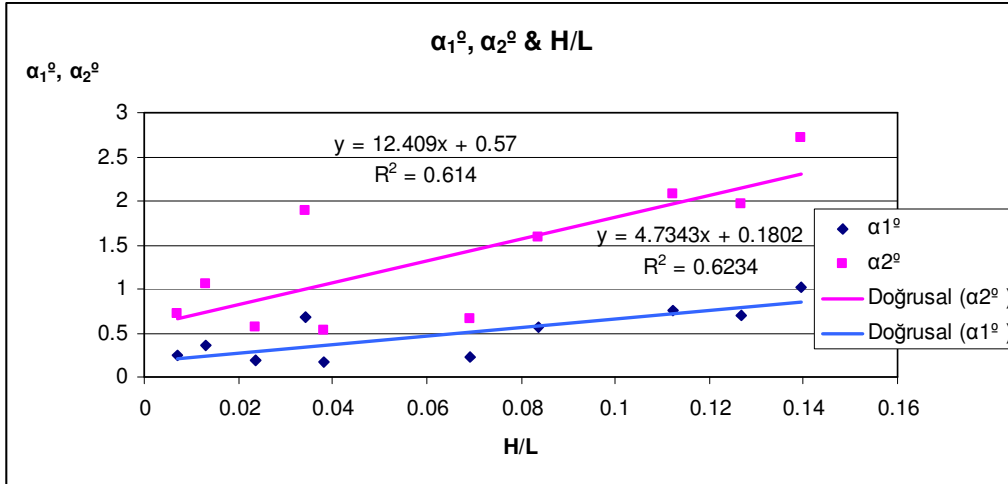
Şekil 5.11 : Sazlık sonu dalga sapma açısının periyot ile değişimi.



Şekil 5.12 : (4-5) arasındaki dalga sapma açısının periyot ile değişimi.



Şekil 5.13 : α_1 ve α_2 sapma açılarının periyot ile değişimi.

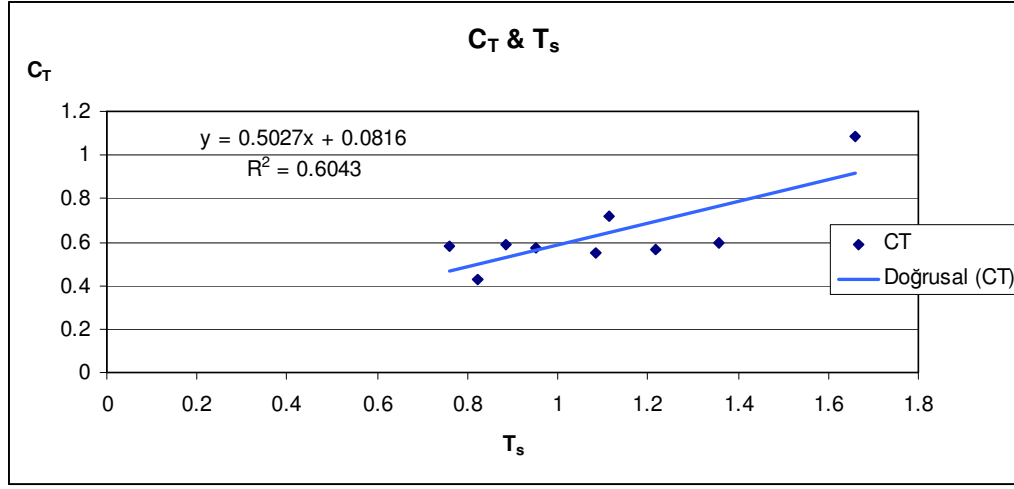


Şekil 5.14 : α_1 ve α_2 sapma açılarının dalga dikliği ile değişimi.

5.3 Geçiş Katsayıları (2.Konfigürasyon)

İkinci konfigürasyonda çelik panellerle sınırlandırılmış olan dalga baseni kendi içinde cam bölmeler yardımıyla iki kısma ayrılmıştır. İlk kısma sazlıklar bir uçtan çelik levhalara sıfırlanacak şekilde, diğer uçtan da cam bölmelere sıfırlanacak şekilde yerleştirilmiştir. İkinci kısım ise düzenli dalga üretici tarafından gönderilen orijinal dalgaların bozulmadan yoluna devam edebileceği şekilde yani engelsiz olarak (boş) düzenlenmiştir. Bu konfigürasyonun yapılma amacı sazlık ortamın dalga enerjisi üzerinde sönmeme etkisinin olup olmadığının belirlenmesi, sazlık olması ve olmaması halinde dalga karakteristiklerinde meydana gelen değişimlerin tayin edilmesidir. Bu amaç doğrultusunda sazlıklı kısmın ve sazlık olmayan kısmın çeşitli noktalarına problar yerleştirilmiş ve ölçümler alınmıştır. Yapılan bu ölçümler sonucunda sazlıktan geçen dalga yüksekliğinin, sazlıklı ortama girmeyen dalga yüksekliği ile oranları bulunmuş ve bunun sonucunda sazlığın dalga üzerinde bazı etkileri olduğu belirlenmiştir. Sazlık arkasındaki 6 nolu probda yapılan ölçümler sonucu elde edilen H_s değeri geçen dalganın belirgin dalga yüksekliğini vermektedir. Sazlık önündeki 1 nolu probda yapılan ölçümler sonucu elde edilen H_s değeri ise gelen dalganın belirgin dalga yüksekliğini ifade etmektedir. Geçen dalga yüksekliği gelen dalga yüksekliğine oranlandığında geçiş katsayısı bulunmuş olur. Geçiş katsayısının periyot ile değişimi aşağıdaki Şekil 5.15'deki grafikte verilmiştir. Bu konfigürasyon için 6 ile 1 problemleri arasında bulunan geçiş katsayısına bakarak, geçen dalga yüksekliğinin gelen dalga yüksekliğine oranının 0.40 ila 1 arasında değiştiği Şekil 5.15'deki grafikten görülmektedir. Dalga periyodu - geçiş katsayısı

diyagramına (Şekil 5.15) bakılarak, dalga periyodunun artması ile geçiş katsayısının da arttığı görülmektedir. Bu artış, eğimi pozitif artan bir eğri biçimindedir.



Şekil 5.15 : Geçiş katsayısının periyot ile değişimi.



Şekil 5.16 : 2.Konfigürasyona ait fotoğraf.

5.4 Dönme Katsayılarının Belirlenmesi

5.4.1 Birinci konfigürasyon

Sazlık ortam yerine eğer daha rijit bir yapı olsaydı dalganın dönmesi söz konusu olurdu. Sazlık ortam; boşluklu yapıya sahip bir dalgakıran gibi, dalganın karşılaşmış olduğu bir engel gibi düşünülürse yada geçirimli bir yapı olarak düşünülecek olursa, dalganın sazlık ortamdan sonra dönmesi kaçınılmazdır. Bu sebeple dalganın sazlığa

girip çıktıktan sonra hangi davranışı göstereceği, dönüp dönmeyeceği merak konusu olmuş ve bunun tayini amacıyla birinci konfigürasyon için dönme katsayıları hesaplanmıştır. Birinci konfigürasyonda sazlık ortam sebebiyle sapmakta olan dalgada sapmanın yanında dönme olayının da gerçekleşip gerçekleşmediğinin kontrolü amacı ile dönme katsayıları hesaplanmıştır.

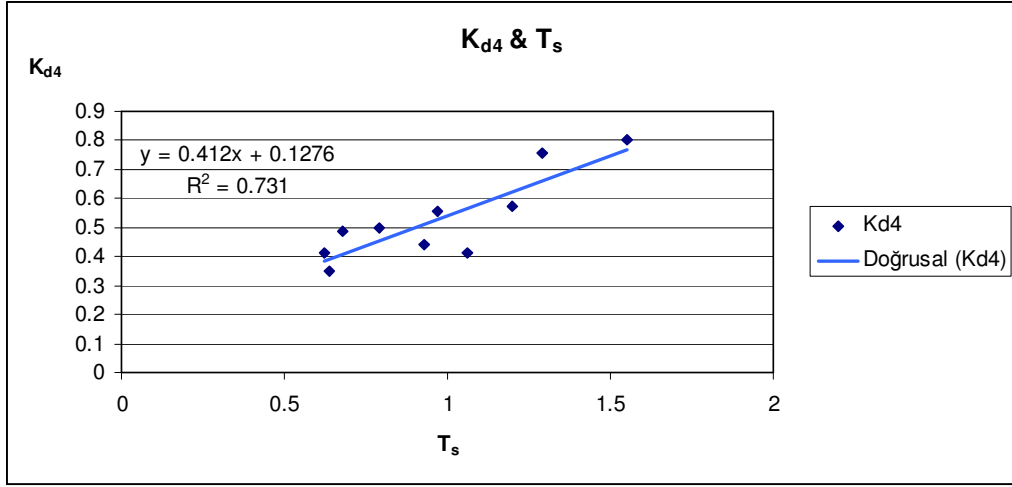
Bulunan K_d değerlerinin anlamlı hale gelmesi için tek bir dalgakıran olması durumunda kullanılmak üzere Wiegel (1962) tarafından hazırlanmış olan diyagramlardan yararlanılmıştır. Bu diyagramlar (SPM)'den alınmış olup, dalganın çeşitli geliş açılara göre düzenlenmiş olan grafiklerden 90° geliş açısına sahip olan grafik yardımıyla bulduğumuz K_d değerlerini anlamlı hale getirilmesini sağlamıştır. 90° 'lik dalga geliş açısı için düzenlenmiş olan diyagram Ek C bölümünde verilmiştir.

Ayrıca bu konfigürasyon için dalgaların sazlık ortamı dalgakıran vb. gibi bir engel gibi görüp dalgaların sazlık ucundan döndüğü düşünülmektedir. Bu sebeple K_d dönme katsayıları hesaplanmış ve K_{d4} ile K_{d6} nin, K_{d5} ile K_{d7} nin aynı karakterde olduğu Şekil 5.17, 5.18, 5.19 ve 5.20'ye bakılarak söylenebilir.

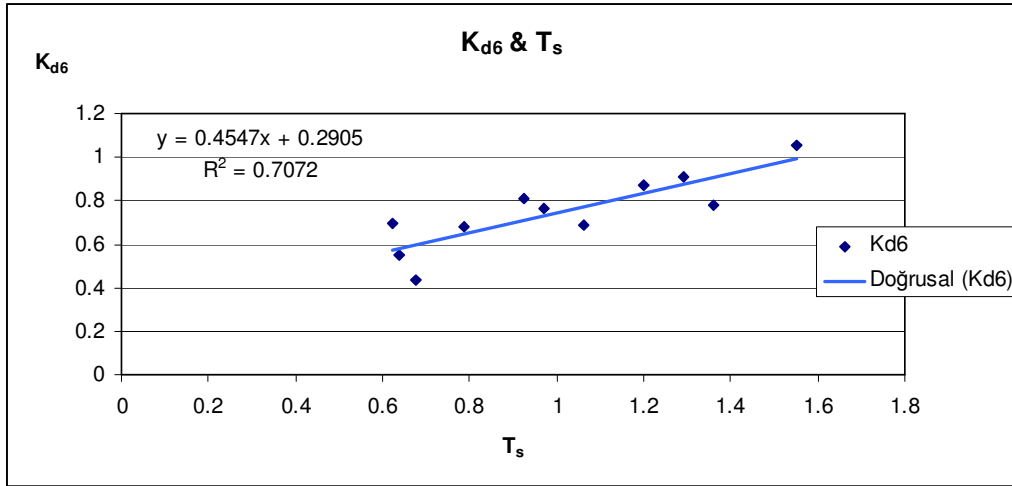
Zaten sazlık arkasında konumlandırılmış olan 4 ve 6 problemlerinin benzer K_d değerine sahip olacağı, 5 ve 7 problemlerinin de sazlıktan etkilenmeyen bölgede konumlandırılmış olmaları sebebiyle sazlık ortamın bittiği andaki dalgalarla arasında hız farkı olmasından kaynaklanan yanıl enerji transferi olduğundan benzer karakterde K_d değerlerine sahip olması beklenen bir durumdur.

Şekil 5.17 ve 5.18'den ; 4 ile 6 nolu problemlerin dönme katsayılarının eğiliminin aynı yönde, Şekil 5.19 ve 5.20'den de 5 ve 7 nolu problemlerin dönme katsayılarının eğilimlerinin aynı yönde ve birbirlerine zıt yönlü oldukları açıkça görülmektedir. Şekil 5.17'de K_{d4} (0.4 ila 0.78) arasında, Şekil 5.19'da K_{d6} (0.6 ila 1) arasında, Şekil 5.19'da K_{d5} (1.2 ila 0.65) arasında ve Şekil 5.20'de K_{d7} (1.2 ila 0.79) arasında değerler verdiği görülmektedir. 4 ve 6 nolu problemlerdeki dönme katsayılarının periyot ile doğru orantılı olduğu Şekil 5.17 ve 5.18'den rahatlıkla söylenebilir. Periyot arttıkça bu bölgedeki dönme katsayılarının artması kaçınılmazdır. Şekil 5.19 ve 5.20'den 5 ve 7 problemlerindeki dönme katsayılarının periyot ile ters orantılı olduğu görülmektedir. Bu bölgede ise periyot arttıkça dönme katsayıları azalmaktadır. Şekil 5.19 ve 5.20'ye bakarak dalganın dönmesi beklenen bölgede (5 ile 7 problemlerinin

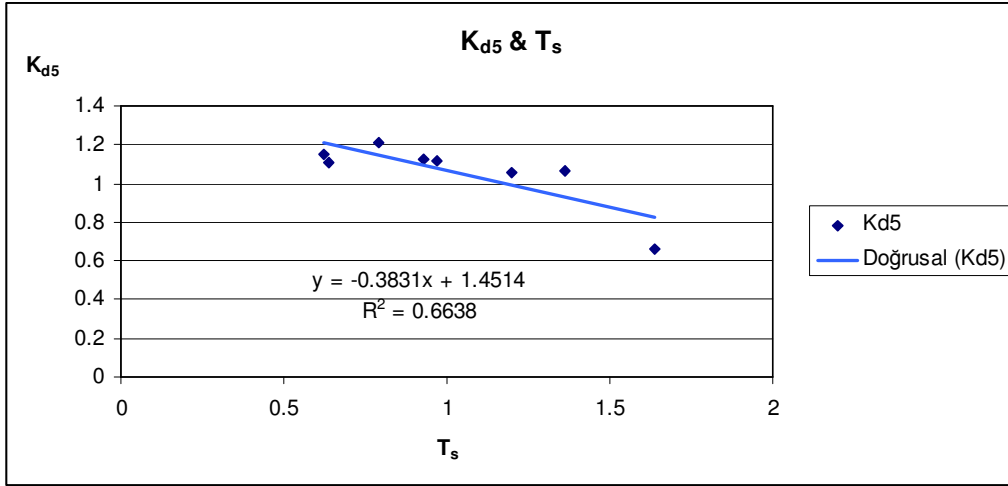
olduğu bölge); uzun periyotlu dalgaların dönme katsayılarının küçük olduğu, kısa periyotlu dalgaların ise dönme katsayılarının daha yüksek olduğu söylenebilir.



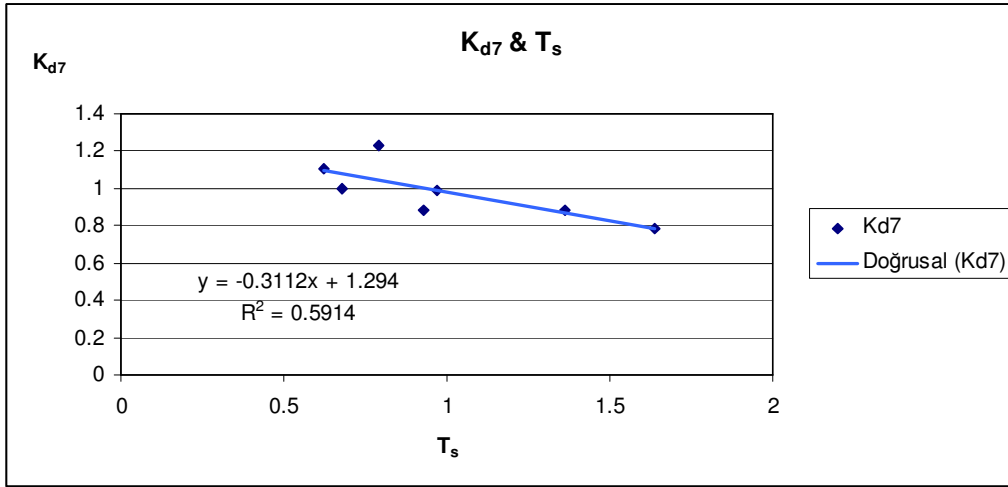
Şekil 5.17 : K_{d4} dönme katsayısının periyot ile değişimi.



Şekil 5.18 : K_{d6} dönme katsayısının periyot ile değişimi.



Şekil 5.19 : K_{d5} dönme katsayısının periyot ile değişimi.



Şekil 5.20 : K_{d7} dönme katsayısının periyot ile değişimi.

5.4.2 Üçüncü konfigürasyon

3.konfigürasyonda; çelik panellerle sınırlandırılmış olan deney alanının tam ortasına yerleştirilen sazlık ortama çeşitli periyotlarda dalgalar gönderilmiş ve dalga dönmesi olup olmayacağı incelenmiştir. Sazlık ortama giren dalga, çıktıktan sonra birtakım değişimlere uğrayacaktır. Bu değişimleri ölçmek amacıyla sazlık ortamın bittiği bölgede çeşitli noktalara problar yerleştirilmiştir. Öncelikle sazlık ortamın önüne, yan kısmına ve sazlık arkasına olmak üzere modelin 3 ayrı bölgesine toplam 6 adet prob konumlandırılmıştır. Dalga paletinden gelen düzenli dalganın sazlık ortamı bir engel gibi hissedip sazlık ortamın her iki ucundan dönüp dönmediğinin belirlenmesi amacı ile dönme katsayıları hesaplanmıştır.

Sazlık ortam bu konfigürasyon için tek bir açık deniz dalgakıranı gibi düşünülmüştür. Sazlığa dalga paletinden gelen dalganın geliş açısı 90° derece olup dalga düzenlidir. 3 ve 5 nolu problemlerin yerleşim olarak çelik paneller ile sazlık arasında ortalandığını düşünecek olursak, dalganın sazlık ucuna gelip dönmeye başladığı yere karşılık olarak bu iki noktanın geldiğini söylemek mümkündür. 3 nolu prob ile 5 nolu prob sazlıktan ve çalışma alanını sınırlayan çelik levhalardan eşit mesafelerde bulunmaktadır. Dolayısıyla bu noktalardan 3 ve 5 nolu problemler birbiri ile paralel sonuçlar vermelidir. Birbiri ile paralel sonuçlar vereceği önceden öngörülmüş olup deneyler sonucunda da bu tahminin gerçek olduğu kanaatine varılmıştır. K_{d3} ve K_{d5} in aynı bölge sınırları içinde okunması bu iki noktada dalgaların aynı karakterde (aynı oranda) döndüğünü gösterir. Bu iki nokta sazlık gerisinde olup, yaklaşık sazlık arkasından 1 m düşey mesafede 0.82 m yatay mesafede olacak şekilde bu noktalara problemler yerleştirilmiştir.



Şekil 5.21 : 3.Konfigürasyona ait fotoğraf.

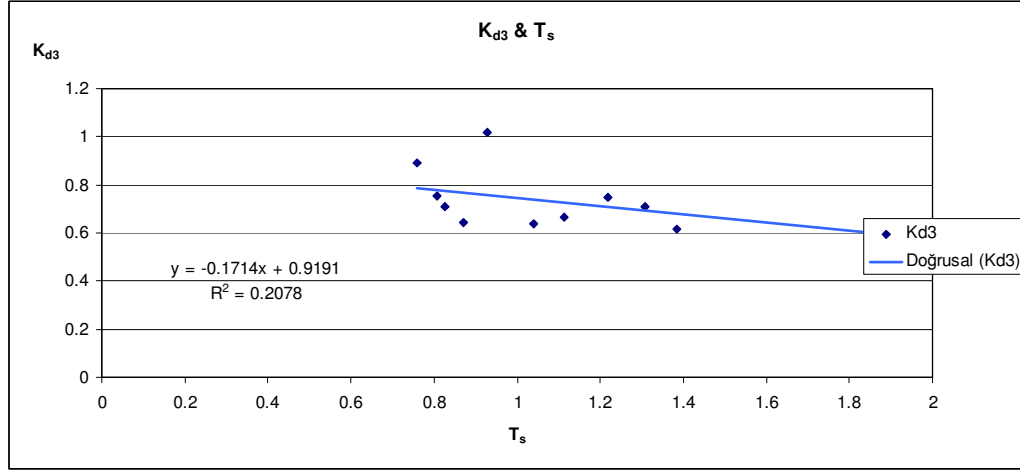
Üçüncü konfigürasyona ait farklı açılardan çekilmiş görüntüler Şekil 5.21 , 5.22 ve 5.23'de verilmiştir.



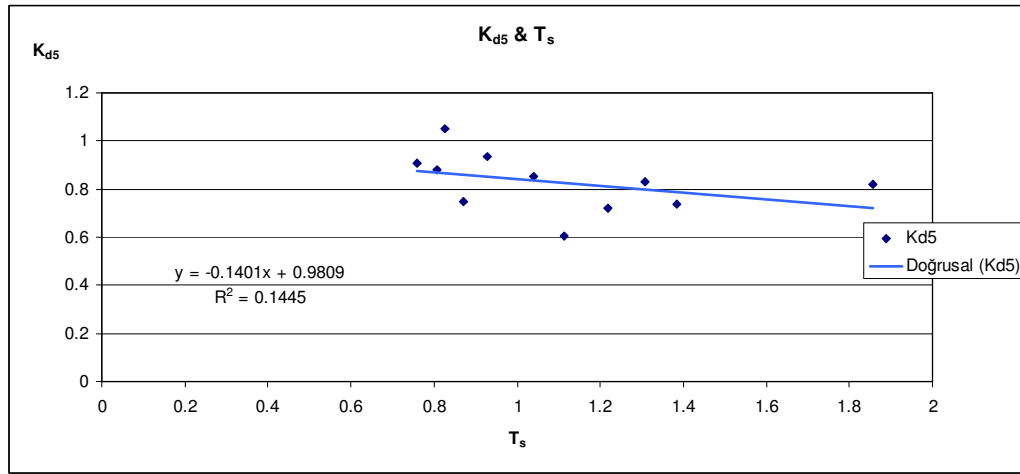
Şekil 5.22 : 3.Konfigürasyona ait fotoğraf.



Şekil 5.23 : 3.Konfigürasyona ait fotoğraf.



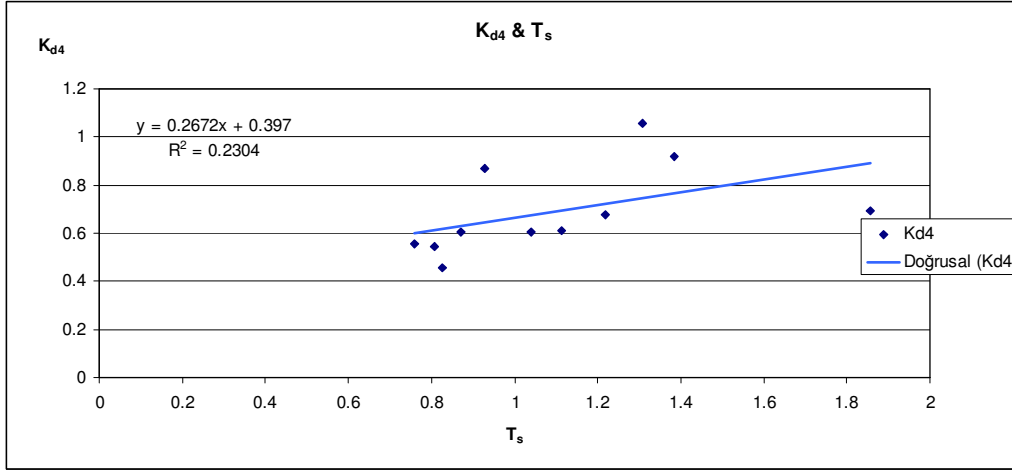
Şekil 5.24 : K_{d3} dönme katsayısının periyot ile değişimi.



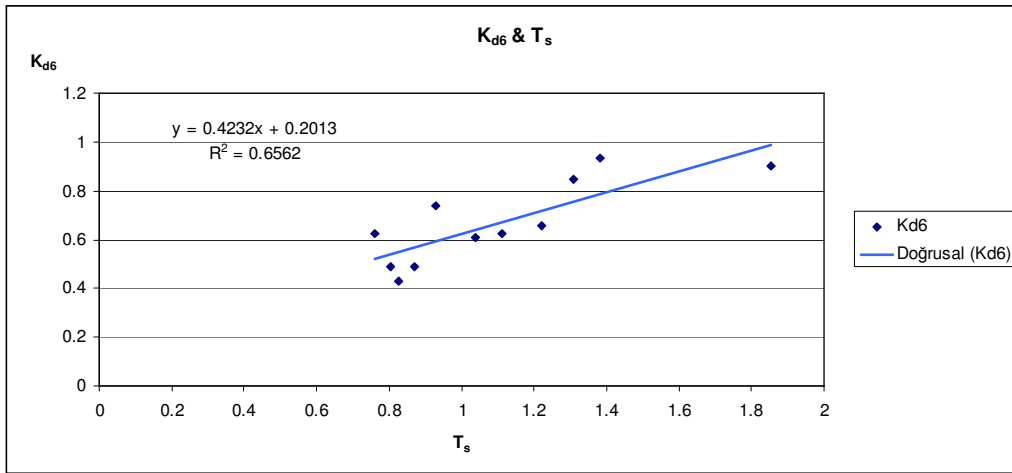
Şekil 5.25 : K_{d5} dönme katsayısının periyot ile değişimi.

Dalga paletinden gönderilen dalga sazlık ortam ile karşılaştığında dalga sanki dalgakıran gibi rijit bir engel ile karşı karşıya gelmiş olmaktadır. Bilindiği üzere dalgalar açık denizden kıyı bölgelerine doğru gelirken herhangi bir engel ile karşılaştıklarında dönmeye başlarlar. Modeldeki sazlık ortam da bir nevi dalgakıran gibi davranmıştır. Sazlık ortamı dalgakıran gibi algılayan dalgalar sazlık ortam bitiminde dönmeye başlarlar. Bunları da sazlık bitiminde yaptığımız ölçmeler sonucunda hesapladığımız dönme katsayıları yardımıyla söylemekteyiz. K_{d3} 'ün (1 ila 0.6) arasında, K_{d5} 'in (1.05 ila 0.6) arasında değişip aynı yönlü eğilim gösterdikleri Şekil 5.24'teki ve Şekil 5.25'deki grafiklerden söylenebilir. Benzer şekilde 4 ve 6 nolu problemlerin de yakın dönme katsayıları değişim aralığında kaldığını ve eğilimlerinin aynı yönlü ve 3 ve 5 nolu problemlere zıt yönlü olduğunu Şekil 5.26 ve

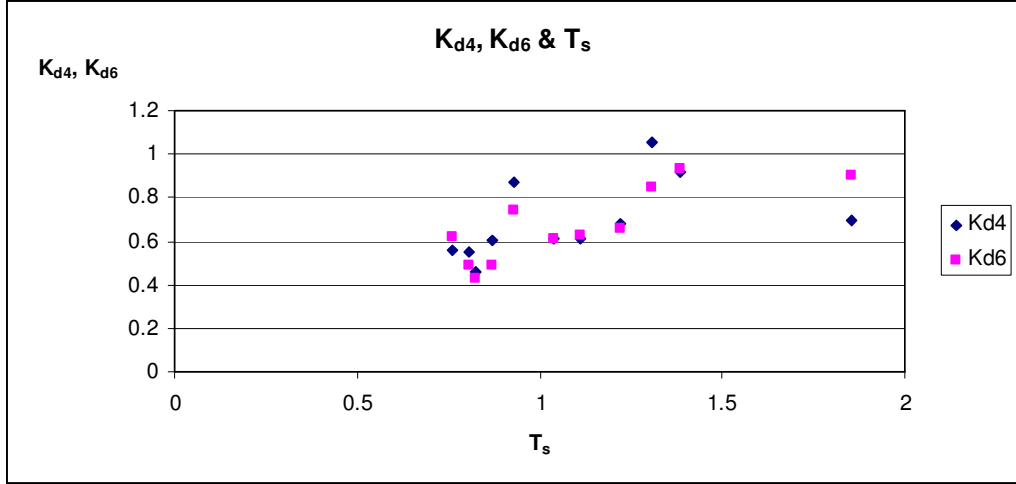
Şekil 5.27'deki grafiklerden söylemek mümkündür. K_{d4} (0.45 ila 1.08) K_{d6} (0.42 ila 0.99) arasında değişmektedir. Buradan da 3 ve 5 nolu problemler için belirlenen dönme katsayılarının dalga periyodu ile ters orantılı olduğu, 4 ve 6 nolu problemler için belirlenen dönme katsayılarının ise dalga periyodu ile doğru orantılı olarak değiştiği söylenmektedir.



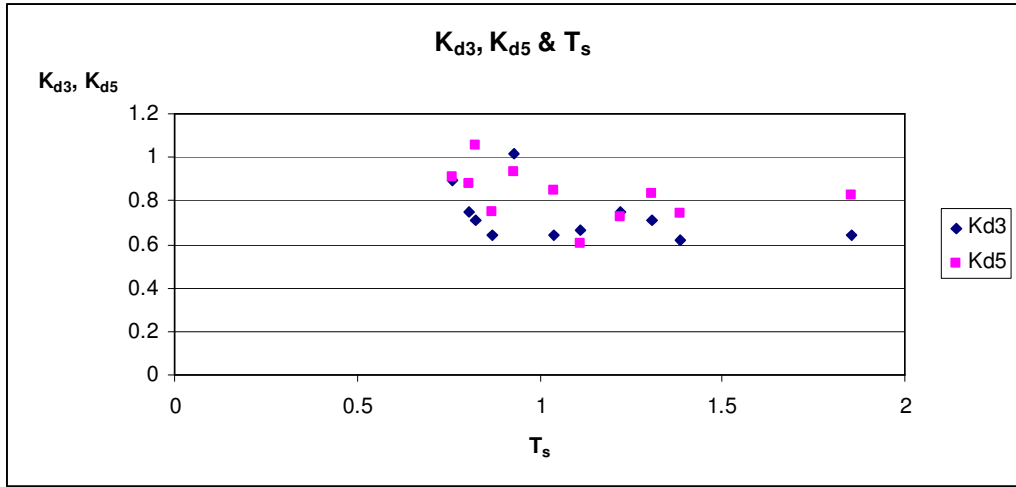
Şekil 5.26 : K_{d4} dönme katsayısının periyot ile değişimi.



Şekil 5.27 : K_{d6} dönme katsayısının periyot ile değişimi.



Şekil 5.28 : K_{d4} ve K_{d6} dönme katsayılarının periyot ile değişimi.



Şekil 5.29 : K_{d3} ve K_{d5} dönme katsayılarının periyot ile değişimi.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, sazlık ortamın dalga üzerindeki etkilerinin belirlenmesi amacı ile üç konfigürasyondan oluşan deneyler yapılmıştır. Bu deneylerin sonucunda bitkili ortamın dalga üzerinde önemli etkileri olduğu belirlenmiştir. Sazlık ortamın dalga karakteristiklerini etkilemesi sonucu dalga formunda önemli değişikliklerin meydana geldiği tespit edilmiştir.

Dalga paletinden modele gelen dalgalar sazlıktan geçmeden önce aynı dalga karakteristiklerine sahiptirler. Yapılan deneyler sonucunda ;

1. Sazlık ortamından geçen dalgaların sazlıktan etkilenerek sönümlendiği tespit edilmiştir. İkinci konfigürasyon sonucunda, geçen dalga yüksekliğinin gelen dalga yüksekliğine oranının 0.40 ila 1.00 arasında değiştiği, başka bir deyişle; uzun periyotlu dalgaların neredeyse hiç sönümlenmediği, kısa periyotlu dalgaların ise % 60'nın sönümlendiği belirlenmiştir.
2. Orijinal dalga ile sazlıktan geçen dalganın arasında faz farkı olduğu belirlenmiştir.
3. Basen boyunca taban eğiminin sıfır yani yatay olduğu dikkate alındığında, dalga cephesinde sazlık sonrası görülen değişimlerin sazlık sebebiyle meydana geldiğini söylemek mümkündür.
4. Dalga sapma açısı büyüdükçe, dalga dikliğinin arttığı rakamsal olarak sazlık sonu sapma açısına bağlı olarak dalga dikliğinin % 14 arttığı, sazlıktan 1 m sonraki sapma açısına bağlı olarak dalga dikliğinin % 56 arttığı görülmüştür.
5. Dalga dikliği arttıkça, dalga yayılma hızının azaldığını söylemek mümkündür.
6. Sazlık bitiminde yanal enerji transferi sonucu dalgaların döndüğü birinci ve üçüncü konfigürasyonlarda görülmüştür. Birinci konfigürasyonda, K_{d4} (0.4 ila 0.78) ve K_{d6} (0.6 ila 1) dönme katsayılarının dalga periyodu ile

değişiminin aynı eğilimde olduğu gözlenmiştir. Ayrıca, K_{d5} (1.2 ila 0.65) ve K_{d7} (1.2 ila 0.79) dönme katsayılarının da dalga periyodu ile değişiminin aynı eğilimde olduğu, ancak K_{d4} ve K_{d6} 'ya zıt eğilimde oldukları tespit edilmiştir. Üçüncü konfigürasyonda tek dalgakıran durumu incelenmiş olup; dönme katsayılarının dalga periyodu ile değişiminin K_{d3} (1 ila 0.6) ve K_{d5} (1.05 ila 0.6) için benzer eğilimde olduğu tespit edilmiştir. Benzer durum K_{d4} (0.45 ila 1.08) ve K_{d6} (0.42 ila 0.99) için de gözlenmiştir. Bununla beraber, K_{d4} ve K_{d6} 'nın dalga periyodu ile değişimleri incelendiğinde, bunlara ait eğrilerin K_{d3} ve K_{d5} 'e ait olan eğrilere ters eğimde geliştiği açıkça görülmektedir.

Bu çalışma sonucunda sazlık tipi bitkili ortamların dalga üzerinde önemli etkilerinin olduğu, dalga karakteristiklerinde değişikliklere sebep olduğunu söylemek mümkündür. Gerekli durumlarda, örneğin dalgakıran yapımının maliyetli olacağı durumlarda, bazı körfezlerde, doğada bulunan sazlık ortamlar gibi aynı davranış göstermesi beklenen yapay bitki alanlarının oluşturulmasının daha az maliyetli olabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] **Erdem, O.**, 2006. K.A.D., Sulakalan Yönetim Planlaması için Eğiticilerin Eğitimi Bildirisi.
- [2] **Yüksel, Y., Çevik, Ö. E.**, 2009. Kıyı Mühendisliği, Beta Basım A.Ş., İstanbul.
- [3] **Kabdaşlı, S.**, 1992. Kıyı Mühendisliği, İ.T.Ü İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.
- [4] **Department of the Army Coastal Engineering Research Center** , 1984. Shore Protection Manual Volume:I, U.S. Government Printing Office, Washington.
- [5] **Çelik, A. O.**, 2004. Sazlık Ortamdaki Açık Kanal Akımında Hız Profilleri, Türbülans Özellikleri ve Eğilmenin Akıma Etkisi, Yüksek Lisans Tezi. İ.T.Ü., İstanbul.
- [6] **Yen B.**, 2002. Open channel flow resistance. *Journal of Hydraulic Engineering* **128**: 20-39.
- [7] **Nepf, H. A.**, 1999. Drag, turbulence, and diffusion in flow through emergent vegetation. *Water Resour. Res.*, **35** (2), 479-489.
- [8] **Choi, S. U., Kang, H.**, 2004. Reynolds stres modeling of vegetated open-channel flows. *Journal of Hydraulic Research*, v. **42**, p. 3-11.
- [9] **Yağcı, O., Kabdaşlı, M.S.**, 2007. Tekil doğal bitkilerin açık kanallardaki akım karakteristikleri üzerinde etkisi, *İ.T.Ü.Dergisi*, c:**6**, p.49-59.
- [10] **Fairbanks, J.D., Diplas, P.**, 1998. Turbulence characteristics of flows through partially and fully submerged vegetation. Proceedings of the 1998 Wetlands Engineering and River Restoration Conference, Denver, Colorado, March 22-27, 865-870.
- [11] **Nepf, H.M., Vivoni, E.R.**, 2000. Flow structure in depth-limited, vegetated flow. *Journal of Geophysical Research*, **105**, 28, 547-28,557.
- [12] **Nezu, I., Onitsuka, K.**, 2001. Turbulent structures in partly vegetated open channel flows with LDA and PIV measurements. *Journal of Hydraulic Research*, **39**, 6, 629-642.
- [13] **Petryk, S., Bosmajian, G.**, 1975. Analysis of flow through vegetation. *Journal of Hydraulic Division,ASCE*, **101**, 7, 871-884.
- [14] **Wu, F.C., Shen, H.W.,Chou, Y.J.**, 1999. Variation of roughness coefficient for unsubmerged and submerged vegetation. *Journal of Hydraulic Engineering, ASCE*, **125**, 9, 934-942.
- [15] **Kouwen, N., Fathi-Moghadam,M.**, 2000. Friction factors for coniferous trees along rivers. *Journal of Hydraulic Engineering*, **126**, 10, 732-739.
- [16] **KWilson, C.A.M.E., Horrit, M.S.**, 2002. Measuring flow resistance of submerged grass. *Hydrological Process*, **16**, 2589-2598.
- [17] **Kummu, M.**, 2002. Roughness characteristics and velocity profile in vegetated and unvegetated channel, *Master Thesis*, Helsinki, HUT.
- [18] **Chow, V. T.**, 1959. Open-Channel Hydraulics. McGraw-Hill Inc, New York.

- [19] **Stephan U., Gutknecht D.**, 2002. Hydraulic resistance of submerged flexible vegetation. *Journal of Hydrology*, **269**, 27-43.
- [20] **Järvelä, J.**, 2002. Flow resistance of flexible and stiff vegetation: a flume study with natural plants. *Journal of Hydrology*, v. **269**, 1-2, 44-54.
- [21] **Wilson C. A. M. E., Stoesser T., Bates P. D., Batemann Pinzen A.**, 2003. Open channel flow through different forms of submerged flexible vegetation. *Journal of Hydraulic Engineering*, **129**, 847-853.
- [22] **Myrhaug, D., Holmedal, L.E., Ong, M.C.**, 2009. Nonlinear random wave-induced drag force on a vegetation field. *Coastal Engineering*, **56**, 371-376.
- [23] **Mendez, F.J., Losada, I.J.**, 2004. An empirical model to estimate the propagation of random breaking and nonbreaking waves over vegetation fields. *Coastal Engineering*, **51**, 103-118.
- [24] **Silva, R., Mendoza, E., Losada, M.A.**, 2006. Modelling linear wave transformation induced by dissipative structures-regular waves. *Ocean Engineering*, **33**, 2150-2173.
- [25] **Hany, M., Elurany, S., William, C.O'Rielly, Guza, r.t., Reinhard, E.F.**, 1995. Effects of southern California kelp beds on waves. *Journal of Waterways, Port, Coastal and Ocean Engineering*, **121**, 143-150.
- [26] **Augustin, L.N., Irish, J.L., Lynett, P.**, 2009. Laboratory and numerical studies of wave damping by emergent and near-emergent wetlands vegetation. *Coastal Engineering*, **56**, 332-340.
- [27] **Zhu, S.P., Liu, H.W., Chen, K.**, 2000. A general DRBEM model for wave refraction and diffraction. *Engineering Analysis with Boundary Elements*, **24**, 377-390.
- [28] **Tang, Y., Ouellet, Y.** 1997. A New kind of nonlinear mild-slope equation for combined refraction-diffraction of multifrequency waves. *Coastal Engineering*, **31**, 3-36.
- [29] **Gamito, M.N., Musgrave, F.K.**, 2002. An accurate model of wave refraction over shallow water. *Computers and Graphics*, **26**, 291-307.
- [30] **Yu, X., Zhang, B.**, 2003. An extended analytic solution for combined refraction and diffraction of long waves over circular shoals.. *Ocean Engineering*, **30**, 1253-1267.
- [31] **Belibassakis, K.A., Athanassoulis, G.A.**, 2001. A coupled-mode model for the refraction-diffraction of linear waves over steep three-dimensional bathymetry. *Applied Ocean Research*, **23**, 319-336.
- [32] **Yu, Y. X., Liu, S. X., Li, Y. S., Wai, O. W. H.**, 2000. Refraction and diffraction of random waves through breakwater. *Ocean Engineering*, **27**, 489-509.
- [33] **Lee, C., Yoon, S. B.**, 2004. Effect of higher-order bottom variation terms on the refraction of water waves in the extended mild-slope equations. *Ocean Engineering*, **31**, 865-882.
- [34] **Yoon, S. B., Cho, Y.S., Lee, C.**, 2004. Effects of breaking-induced currents on refraction-diffraction of irregular waves over submerged shoal. *Ocean Engineering*, **31**, 633-652.
- [35] **Abohadima, S., Isobe, M.**, 1999. Linear and nonlinear wave diffraction using the nonlinear time dependent mild-slope equations. *Coastal Engineering*, **37**, 175-192.
- [36] **Zhu, S.**, 2001. Water waves within a porous medium on an undulating bed. *Coastal Engineering*, **42**, 87-101.

- [37] **Hughes, S.A.**, 1993. Physical Models and Laboratory Techniques in Coastal Engineering, World Scientific, Singapore.
- [38] **Chakrabarti, S. K.**, 1994. Offshore Structure Modeling, World Scientific, Singapore.

EKLER

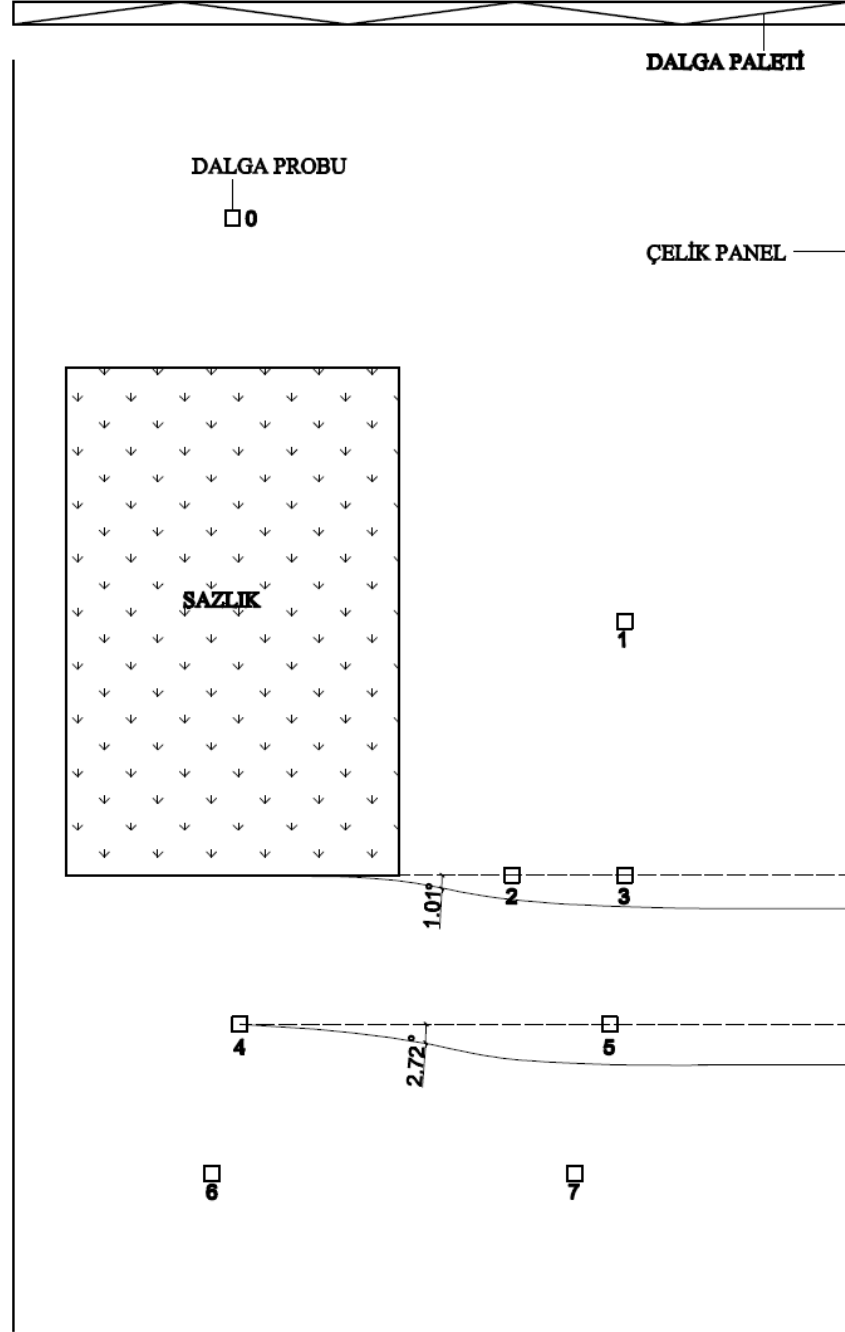
EK - A 1.Konfigürasyona Ait Sapma Açılarının Model Üzerinde Gösterimi

EK - B 1.Konfigürasyona Ait Sapma Grafikleri

EK - C 3.Konfigürasyona Ait Dönme Grafikleri

1. KONFIGÜRASYON

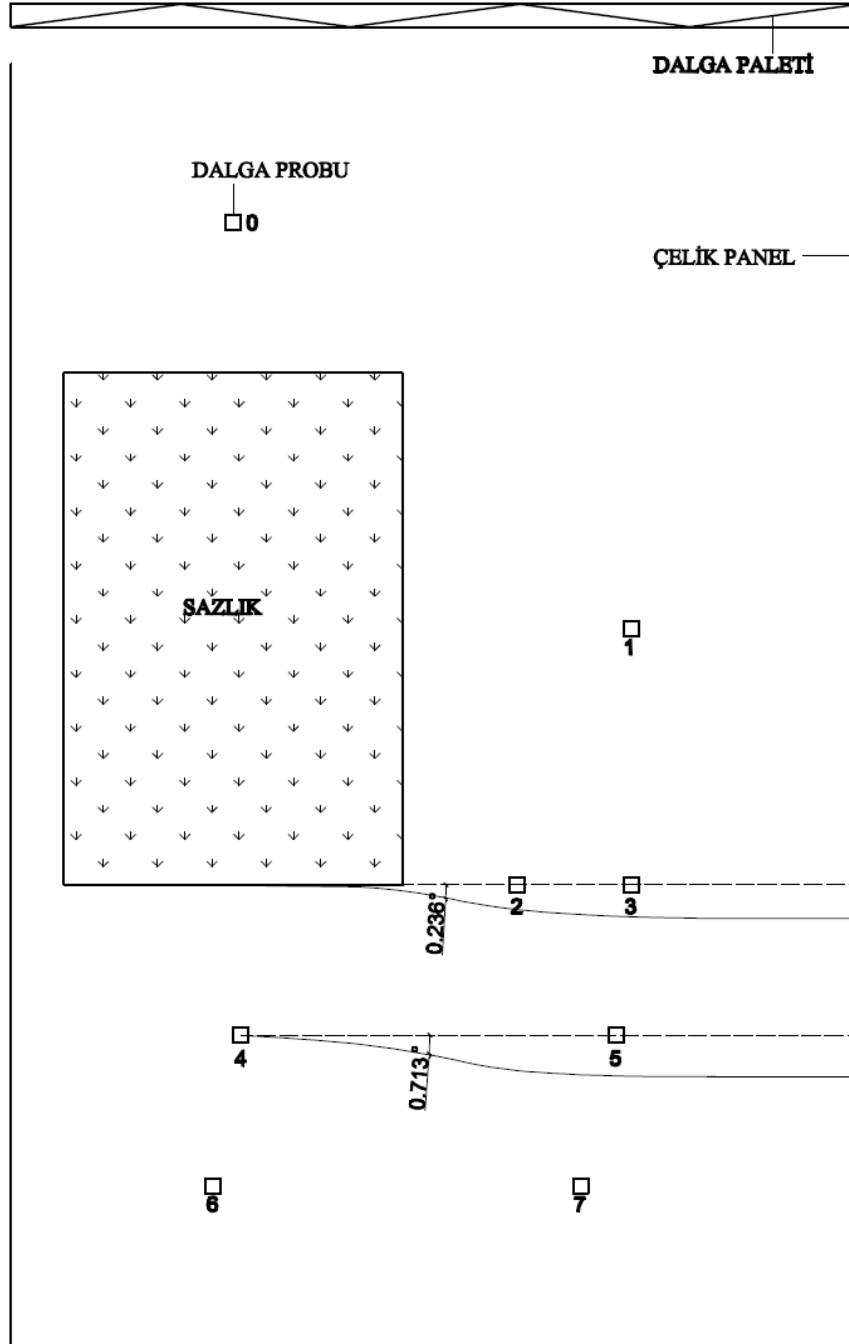
1. eksantriklik test 2



Şekil A.1 : 2 nolu deneye ait sapma açıları.

1. KONFIGÜRASYON

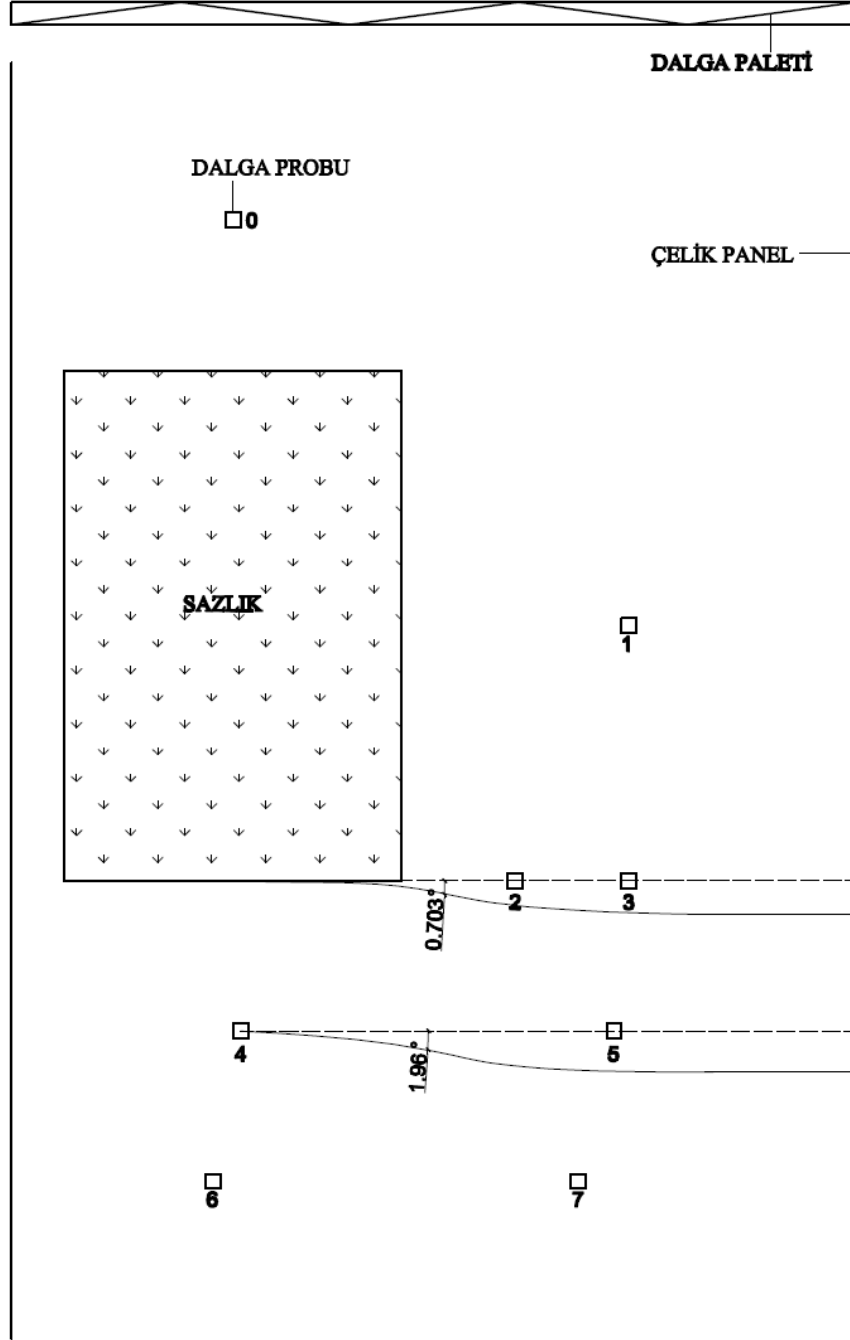
1. eksantriklik test 3



Şekil A.2 : 3 nolu deneye ait sapma açıları.

1. KONFIGÜRASYON

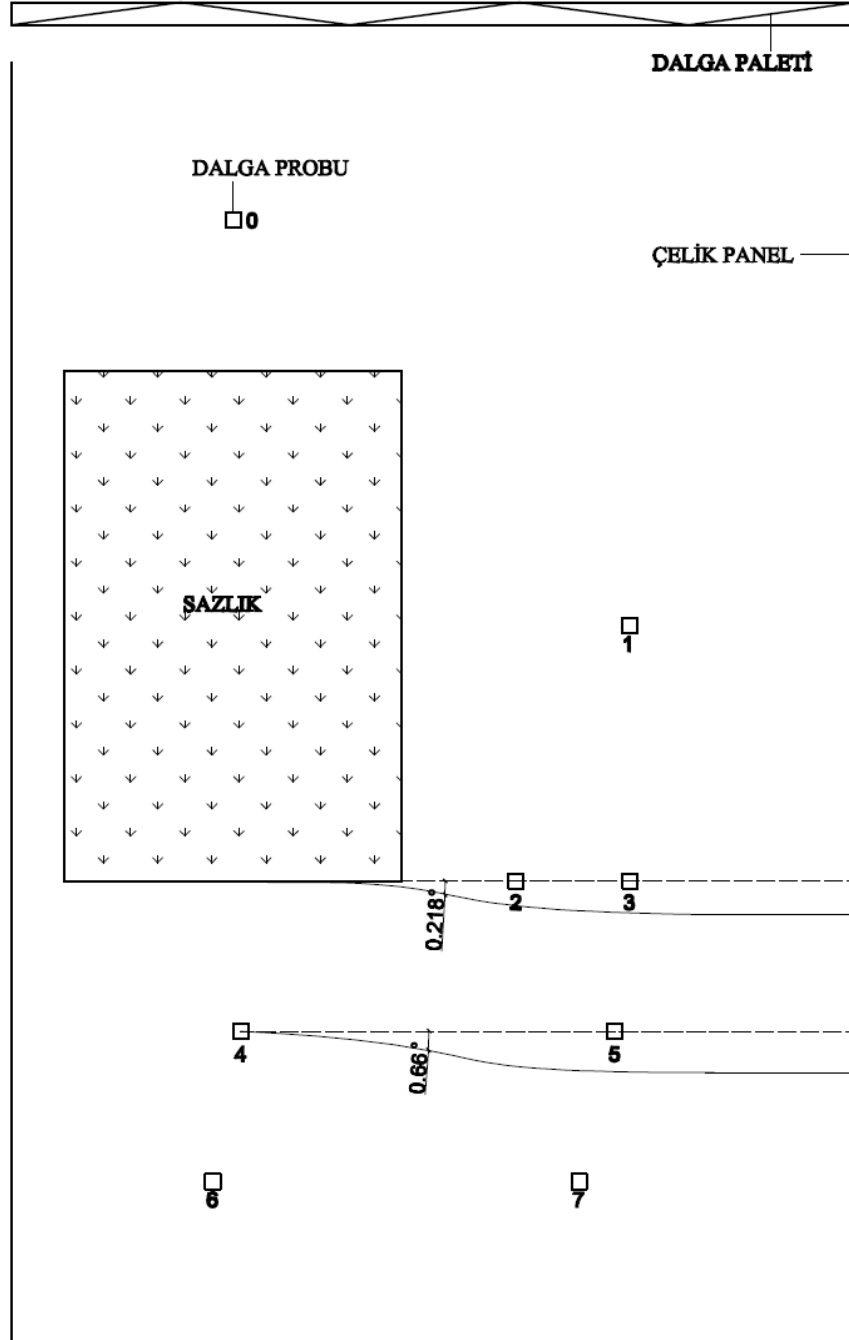
1. eksantriklik test 4



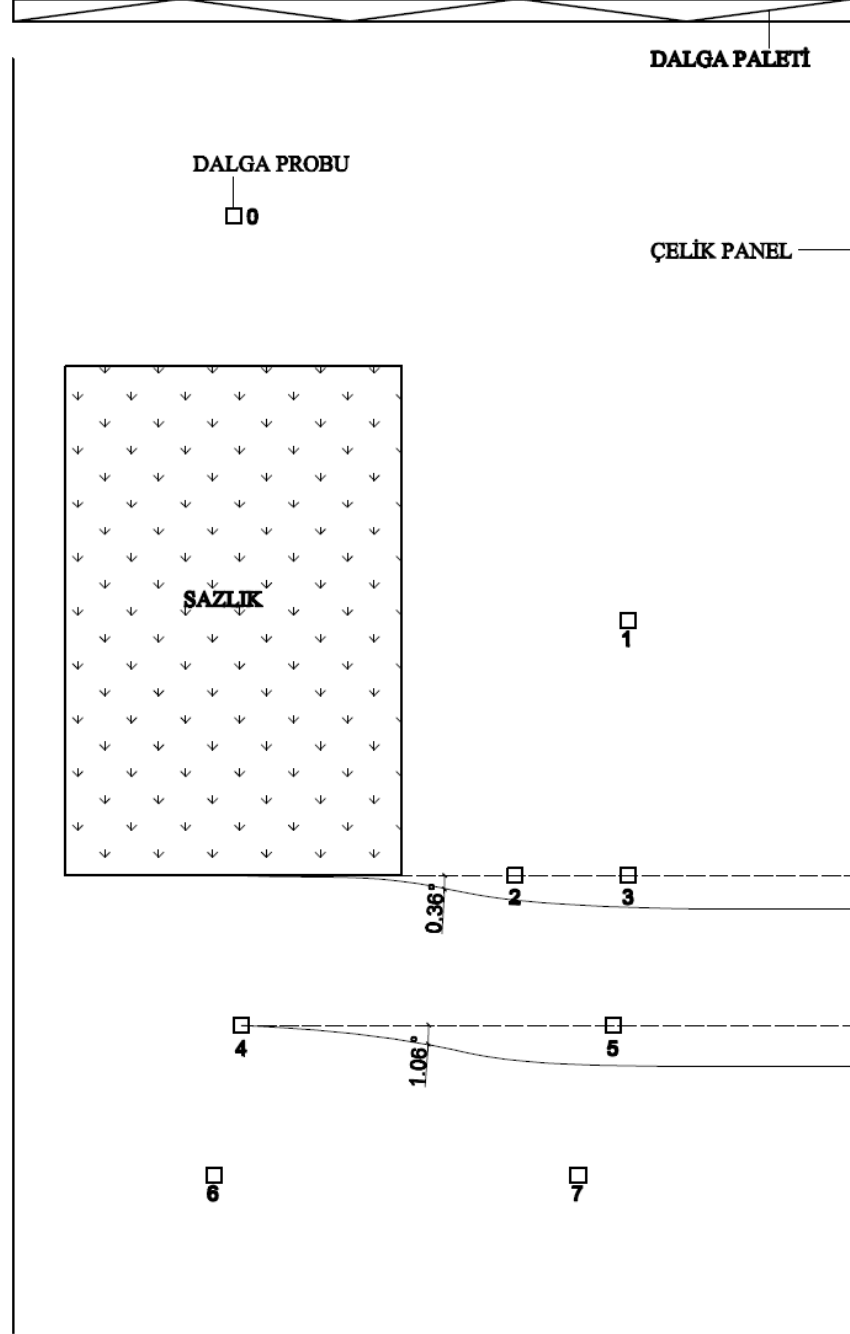
Şekil A.3 : 4 nolu deneye ait sapma açıları.

1. KONFIGÜRASYON

1. eksantriklik test 5



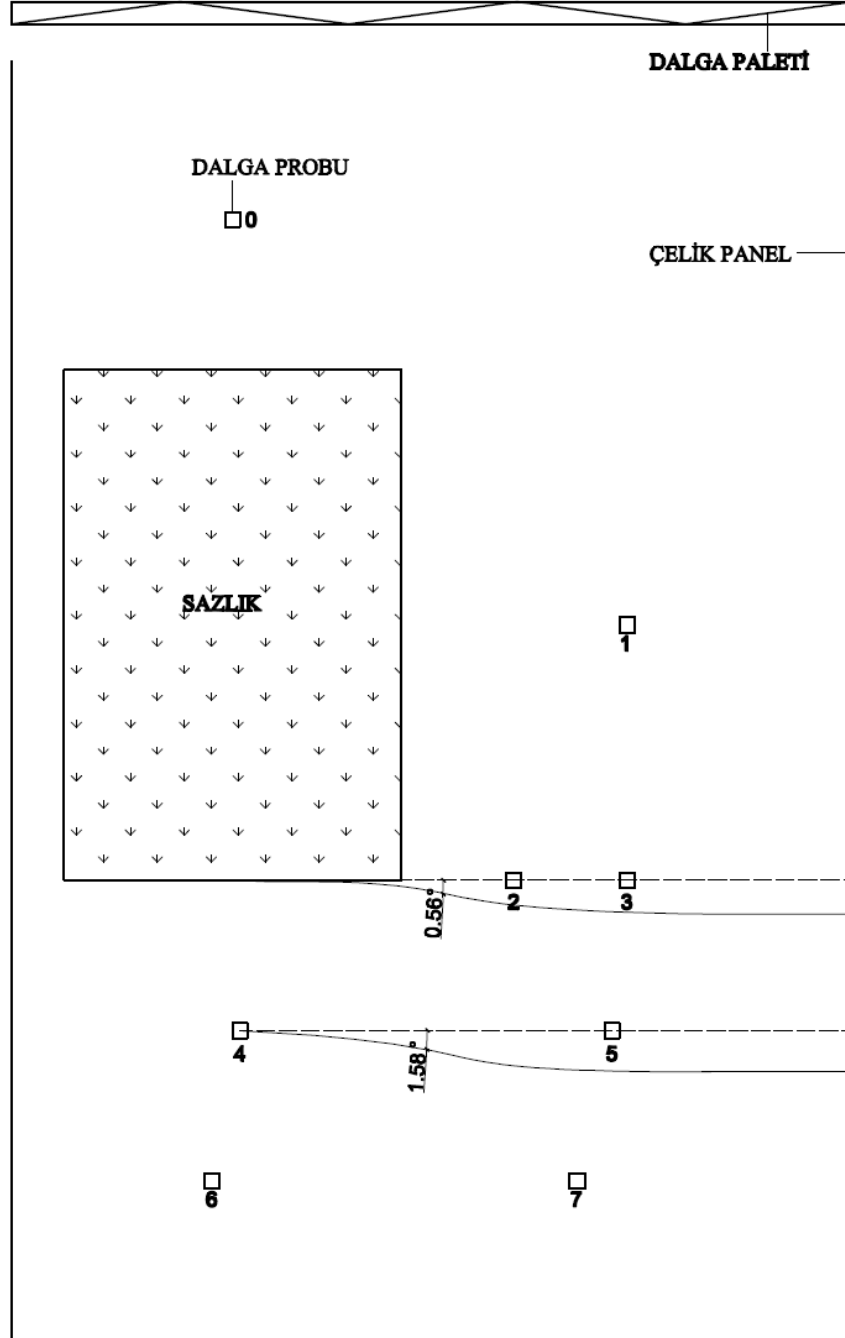
Şekil A.4 : 5 nolu deneye ait sapma açıları.



Şekil A.5 : 7 nolu deneye ait sapma açıları.

1. KONFIGÜRASYON

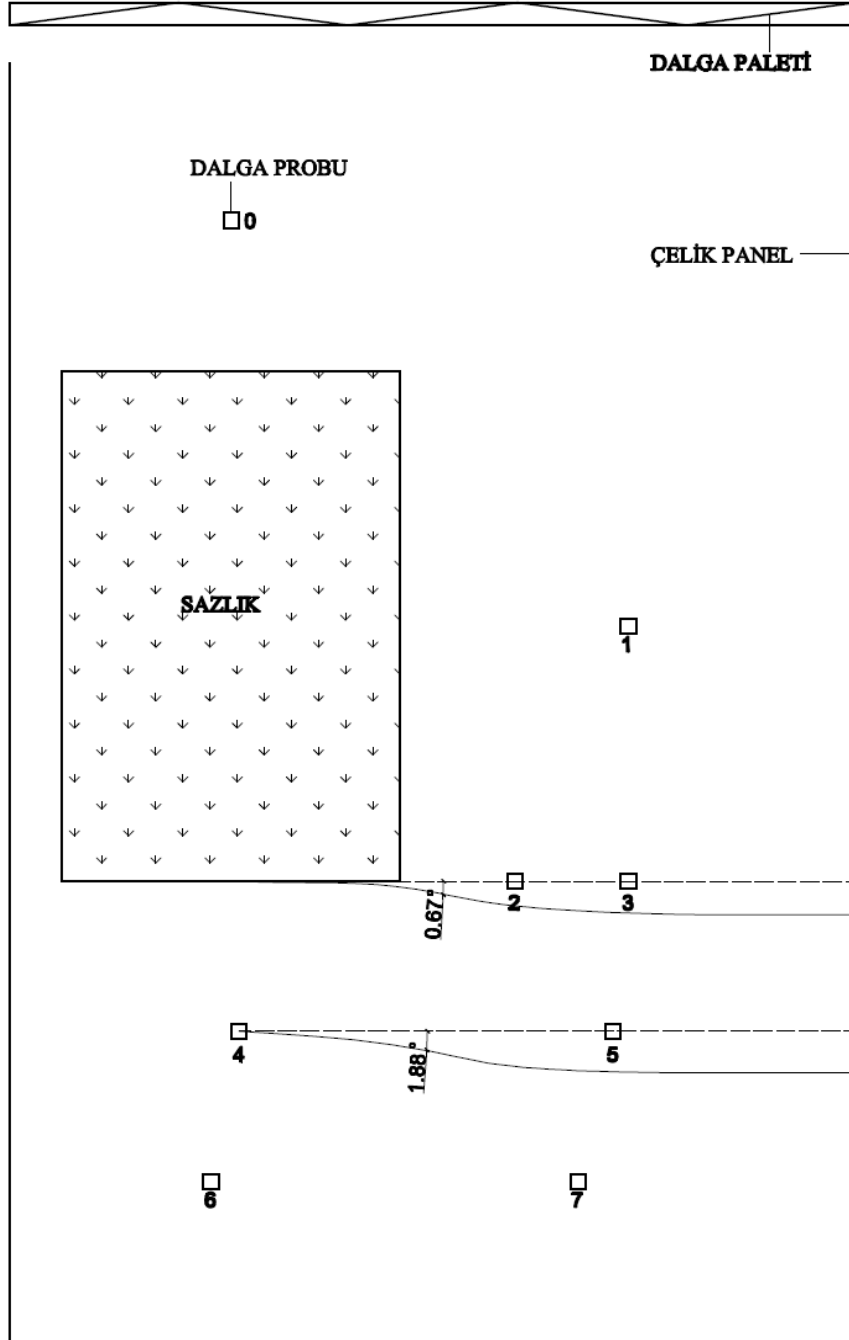
2. eksantriklik test 3



Şekil A.6 : 8 nolu deneye ait sapma açıları.

1. KONFIGÜRASYON

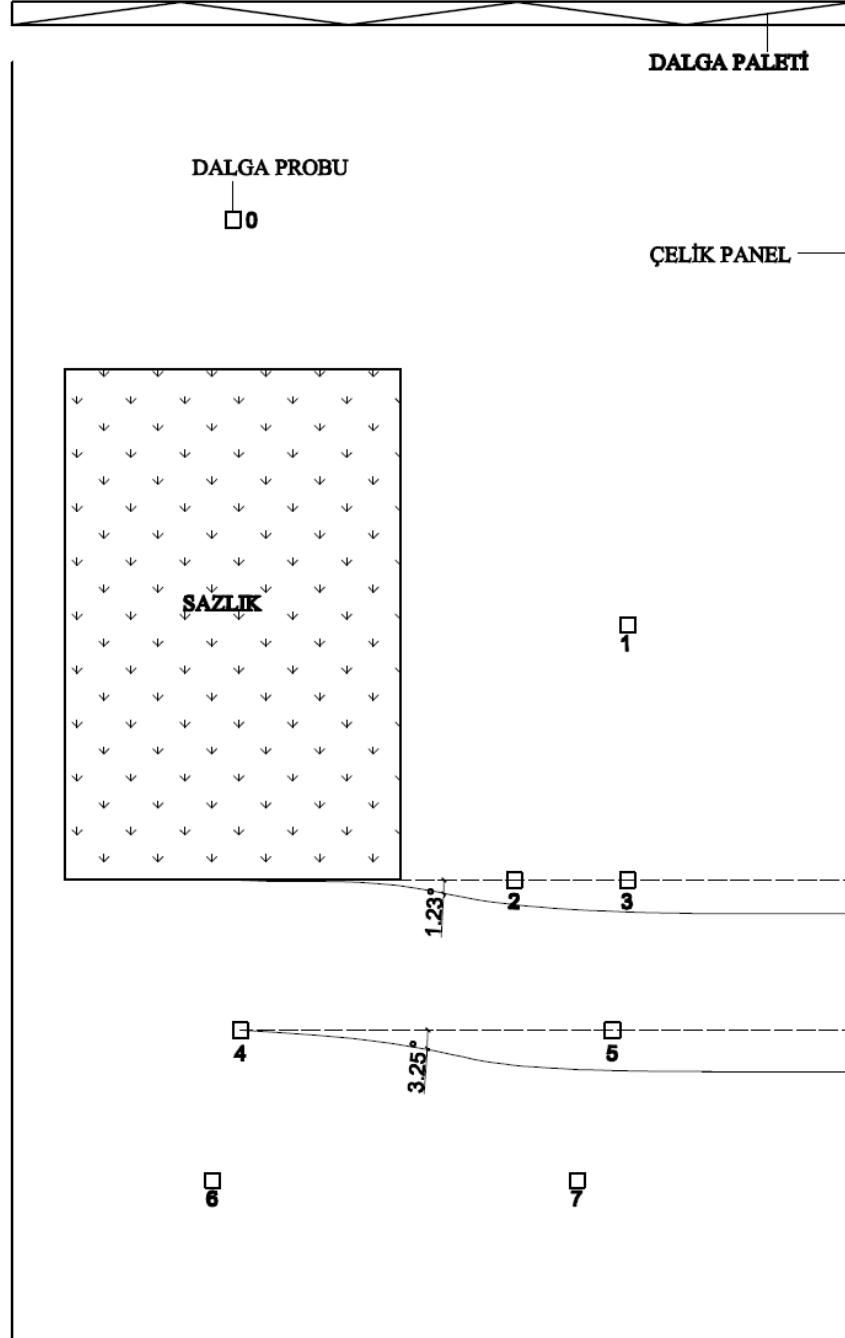
2. eksantriklik test 4



Şekil A.7 : 9 nolu deneye ait sapma açıları.

1. KONFIGÜRASYON

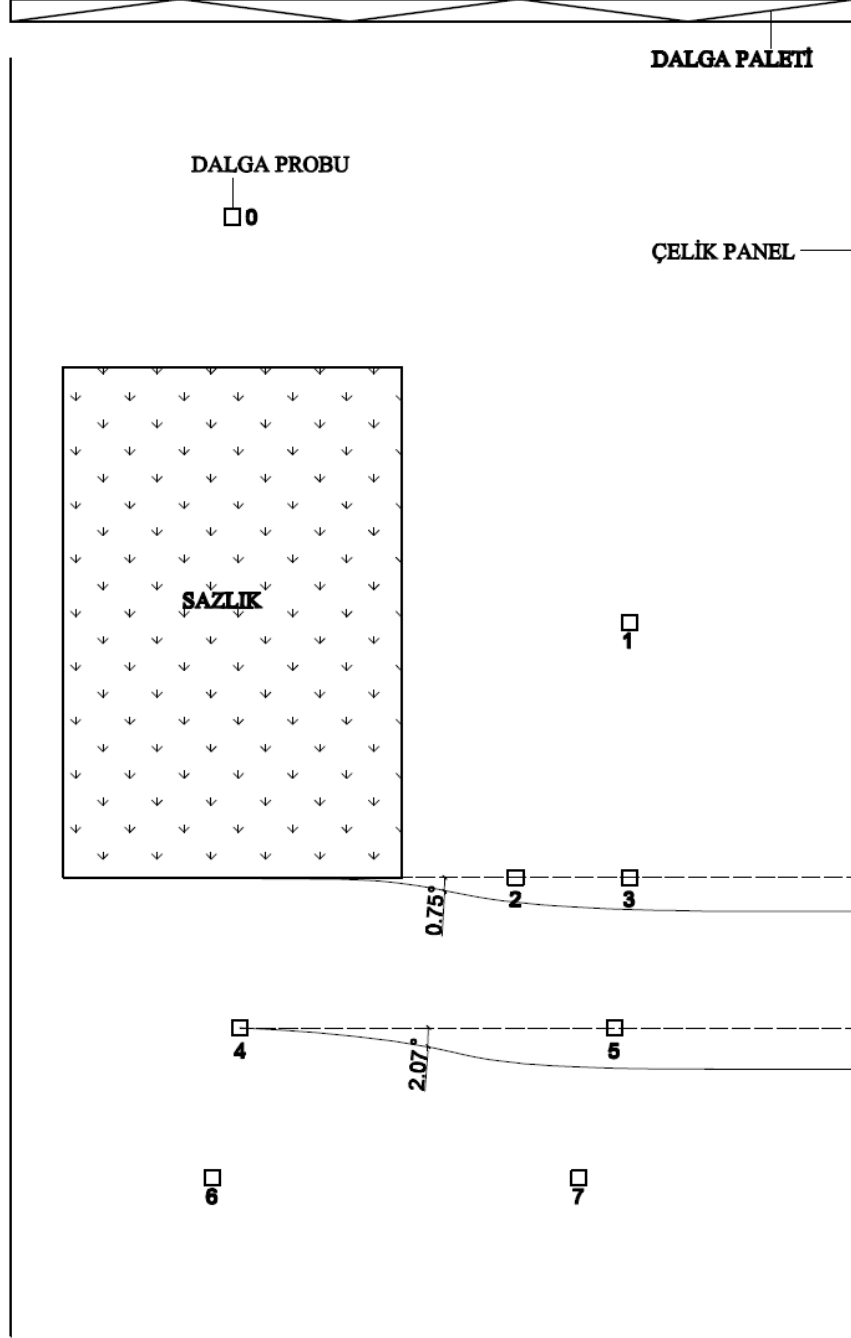
2. eksantriklik test 5



Şekil A.8 : 10 nolu deneye ait sapma açıları.

1. KONFIGÜRASYON

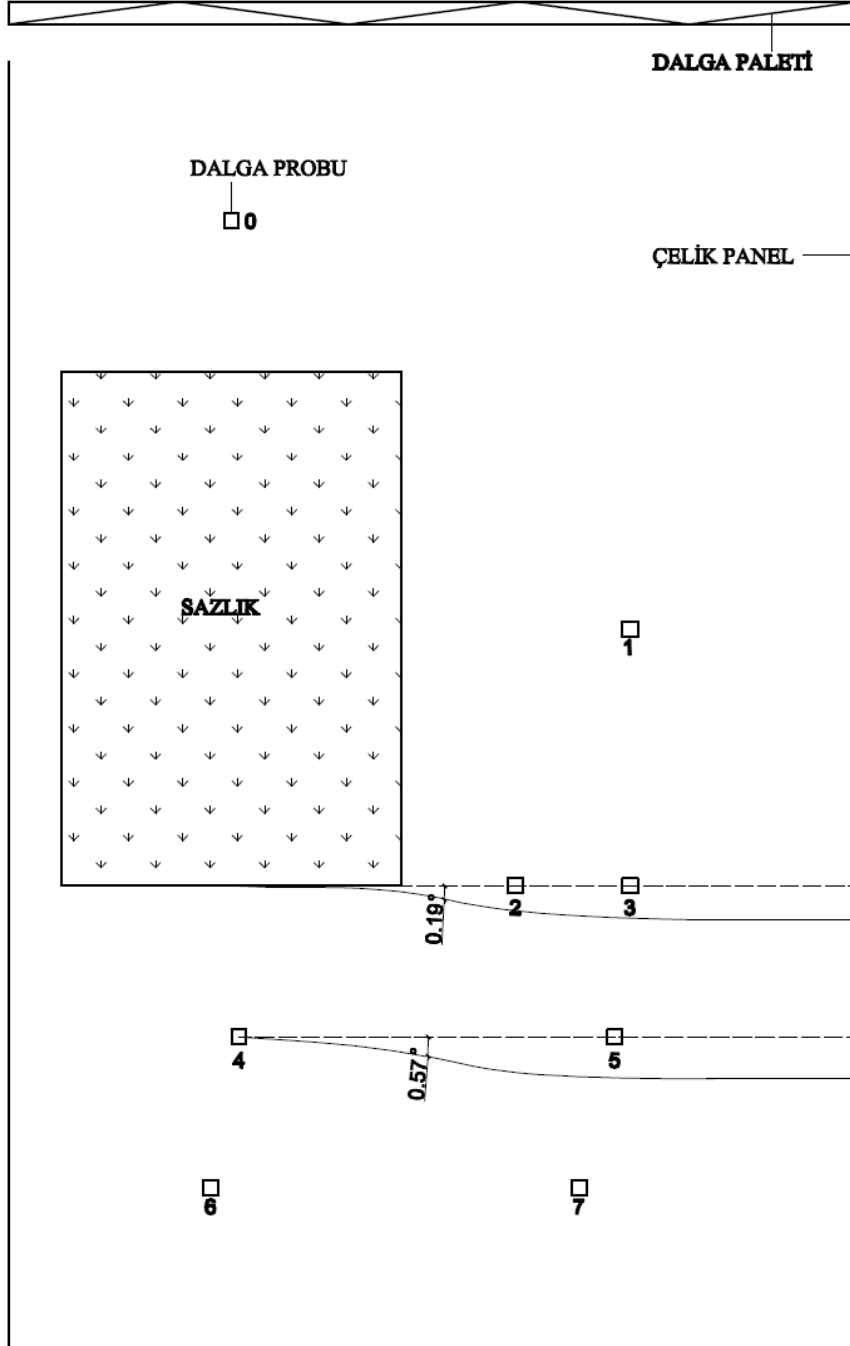
2. eksantriklik test 6



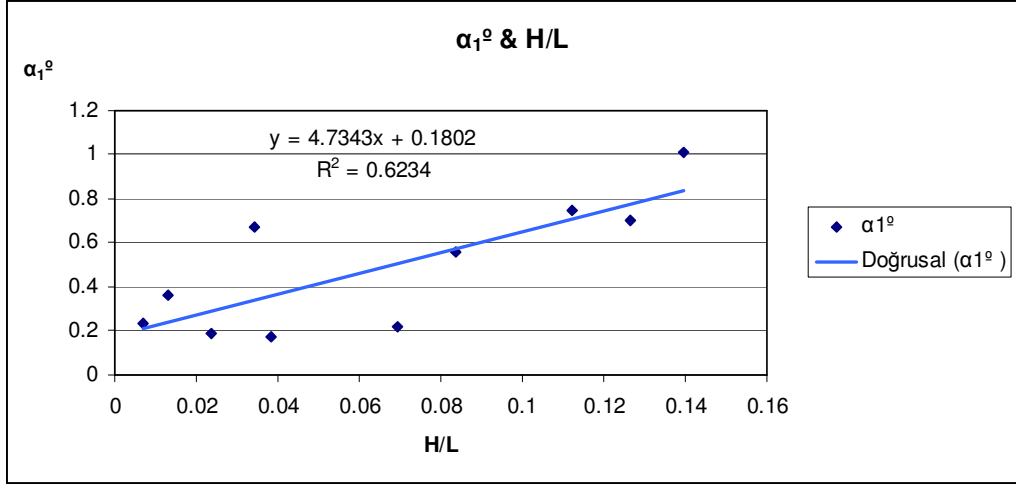
Şekil A.9 : 11 nolu deneye ait sapma açıları.

1. KONFIGÜRASYON

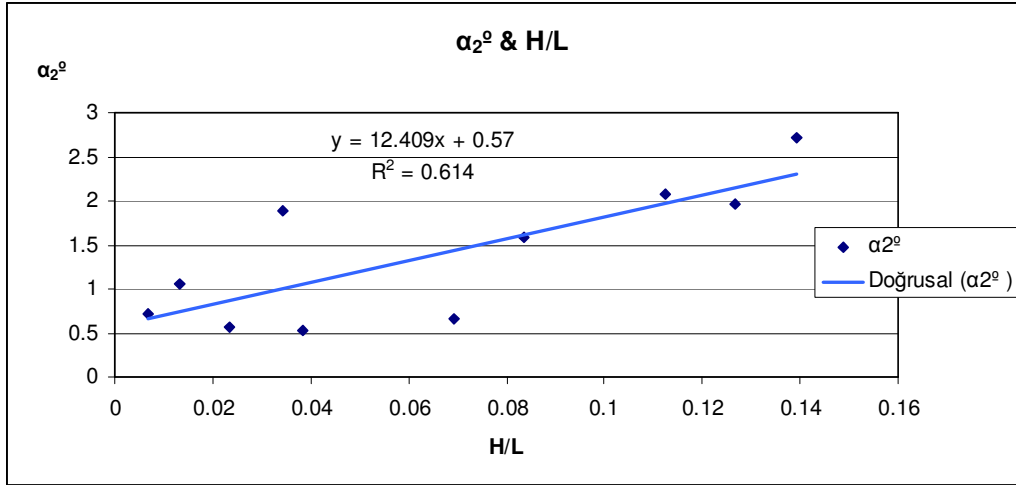
2. eksantriklik test 7



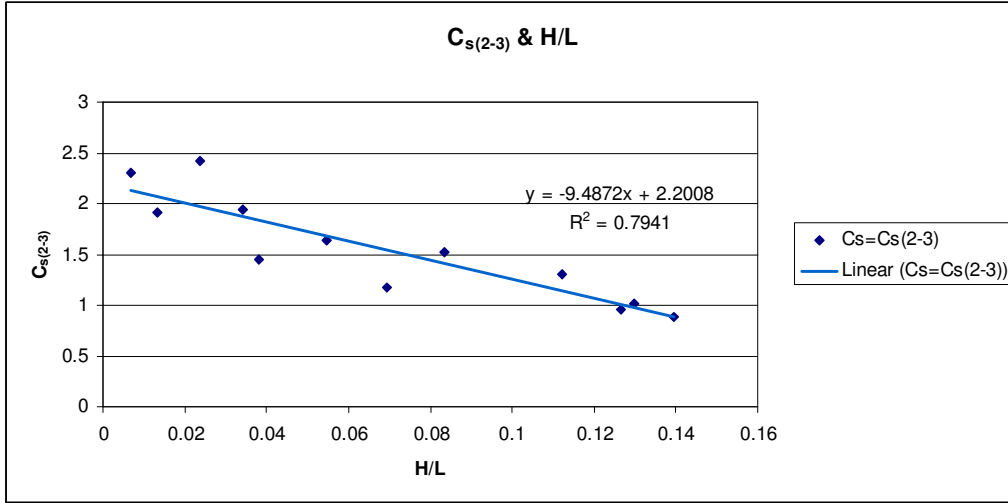
Şekil A.10 : 12 nolu deneye ait sapma açıları.



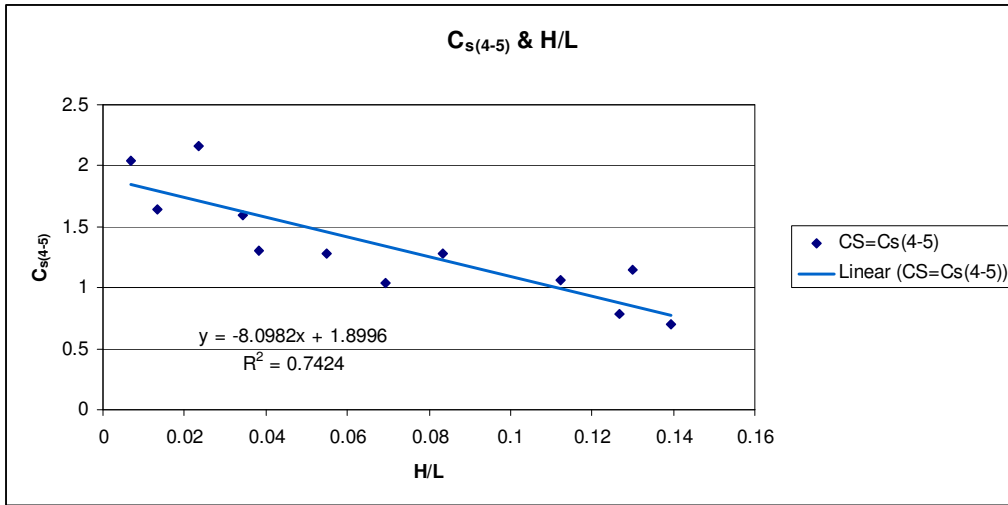
Şekil B.1 : α_1 Sapma açısının dalga dikliği ile değişimi.



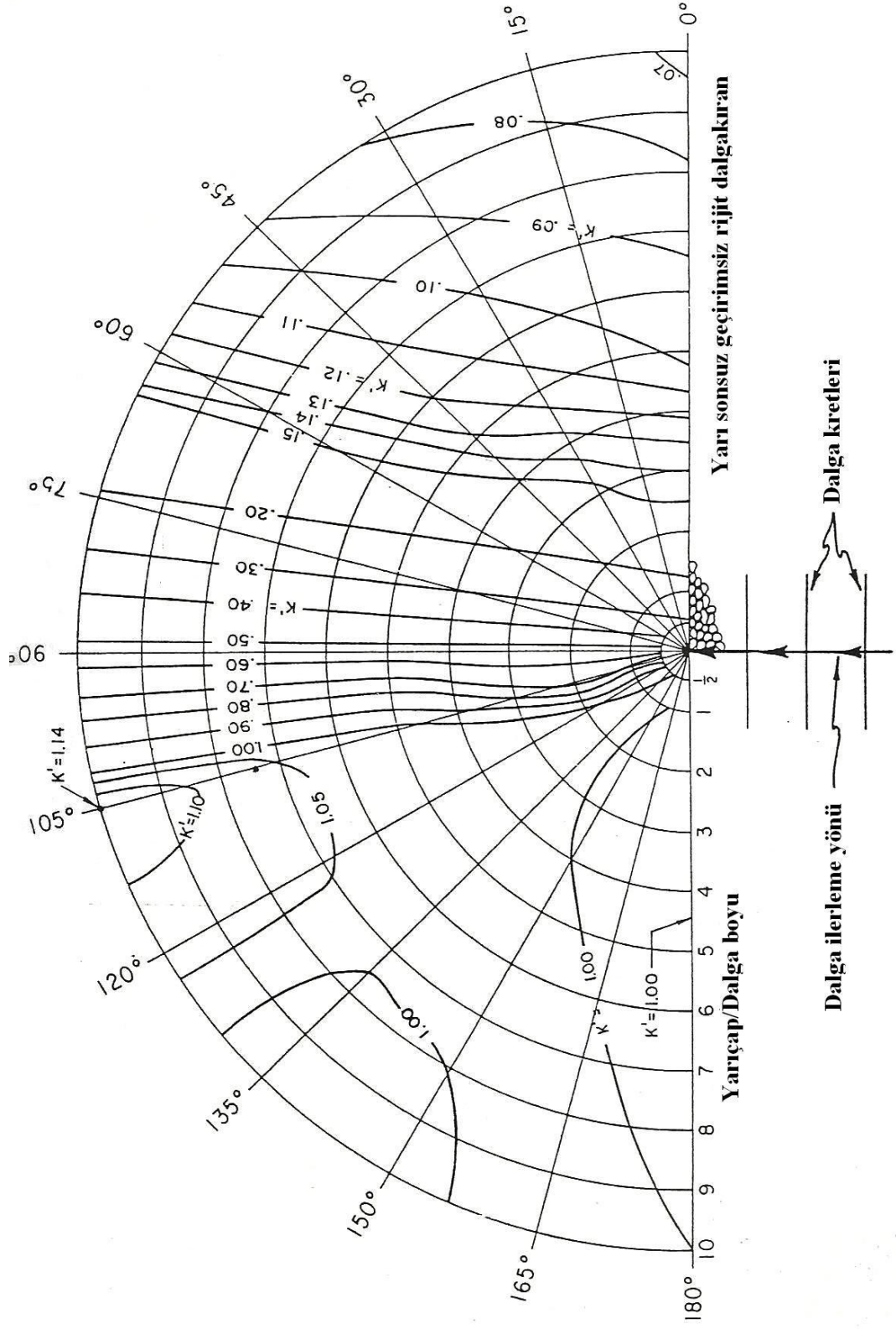
Şekil B.2 : α_2 Sapma açısının dalga dikliği ile değişimi.



Şekil B.3 : $C_{s(2-3)}$ dalga yayılma hızının dalga dikliği ile değişimi.

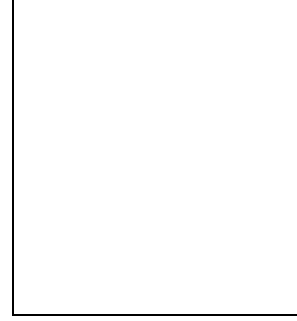


Şekil B.4 : $C_{s(4-5)}$ dalga yayılma hızının dalga dikliği ile değişimi.



Şekil C.1 : 90° Gelme açısı için dönme diyagramı.

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad: Elif Oğuz
Doğum Yeri ve Tarihi: Bursa / 18.02.1984
Adres: İTÜ Hidrolik Laboratuvarı No:229
Lisans Üniversitesi: Balıkesir Üniversitesi

Yayın Listesi:

- Bağcı, T., Elginöz Yaşa, N., Baş, B., **Oğuz, E.**, Akgül, M.A., Yüce, A., Kabdaşlı, M.S., 2009: An experimental study on geotextile usage for protection of scour under submarine pipelines. *The International Congress of International Maritime Association of the Mediterranean (IM AM)*, October 12-15, 2009 İstanbul, Turkey.
- Kabdaşlı, M. S., Kaçmaz, S. E., Baş, B., **Oğuz, E.**, Bağcı, T., 2009: An oil spill distribution simulation study for an industrial coastal zone. *15 th International Symposium on Environmental Pollution and its Impact on Life in the Mediterranean Region*, October 7-11, 2009 Bari, Italy.
- Kabdaşlı, M. S., Kaçmaz, S. E. , Yılmaz, D., **Oğuz, E.**, 2008: Derelerdeki susuzluğun kıyılarda yol açtığı problemlerin araştırılması. *Türkiye'nin Kıyı ve Deniz Alanları VII. Ulusal Kongresi*, Mayıs 27-30, 2008 Ankara, Türkiye.