

**AKARSULARIN, DENİZLERDEKİ KIYI ÇİZGİSİNE VE YAPILARINA
ETKİSİNİN BİR MATEMATİK MODELLE İNCELENMESİ**

DOKTORA TEZİ
Y.Müh. Mehmet SANDALCI

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 15 Haziran 1995

Tezin Savunulduğu Tarih : 13 Eylül 1995

Tez Danışmanı : Prof.Dr.Necati AĞIRALIOĞLU

Diğer Jüri Üyeleri : Prof.Dr.M.Emin SAVCI

Prof.Lütfi SALTABAŞ

ÖNSÖZ

Çalışmalarım esnasında her türlü yardımı benden esirgemeyen, bilgi ve görüşlerinden faydalandığım, tez danışmanı hocam Prof.Dr. Necati AĞIRALIOĞLU'na en derin minnet ve teşekkürlerimi sunarım.

Haziran, 1995

Mehmet SANDALCI

İÇİNDEKİLER

NOTASYON LİSTESİ	V
ŞEKİL LİSTESİ	VIII
TABLO LİSTESİ	X
ÖZET	XII
SUMMARY	XIII
BÖLÜM 1. GİRİŞ	1
1.1 Konunun Önemi	2
1.2 Kıyı Boyu Katı Madde Hareketi	3
1.3 Kıyı Boyu Katı Madde Hareketine Etki Eden Etkenler	4
BÖLÜM 2. KONU İLE İLGİLİ YAPILAN ÇALIŞMALAR VE MODELLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ	6
2.1 Genel	6
2.2 Dalga Enerji Akısı Modeli	8
2.2.1 Dalga Enerji Akısının Kıyı Boyu Bileşeni	8
2.3 Iwagaki ve Sawaragi Modeli	10
2.4 Inman ve Bagnold Modeli	11
2.5 Bijker Modeli	12
2.6 Dean Modeli	13
2.7 SPM Modeli	14
2.8 Madsen Modeli	14
2.9 Le Me'haute ve Soldate Modeli	15
2.10 CERC Bağıntısı	16
2.11 Modellerin Karşılaştırılması	16
2.12 Bugüne Kadar Yapılan Çalışmaların Değerlendirilmesi	17
2.13 Yapılacak Çalışma	18
BÖLÜM 3. KIYI BOYU KATI MADDE VE DALGA HAREKETİ DENKLEMLERİ	20
3.1 Katı Madde Süreklilik Denklemi	20
3.2 Katı Madde Hareket Denklemi	24
3.3 Katı Madde Hareket Başlangıcı	26
3.4 Dalga Hareketinin Temel Denklemleri	27
3.4.1 Laplace Denklemi	27
3.4.2 Hız Potansiyeli	28

3.4.3	Dalga Enerjisi	31
3.5	Kullanılan Denklemler	32
3.6	Başlangıç ve Sınır Şartları	34
BÖLÜM 4.	DENKLEMLERİN SONLU FARK İFADELERİ	36
4.1	Genel	36
4.2	Kullanılan Denklemin Sonlu Fark İfadesi	41
4.3	Kullanılan Başlangıç ve Sınır Şartlarının Sonlu Fark İfadeleri	43
BÖLÜM 5.	UYGULAMALAR	44
5.1	Seçilen Olay	44
5.2	Kullanılan Veriler	46
5.2.1	Rüzgar Verileri	46
5.2.2	Dalga Verileri	50
5.2.3	Batimetri ve Katı Madde Verileri	59
5.3	Katı Madde Hareketinin Başlaması	60
5.4	Yapılan Kabuller	61
5.5	Programlama ve Akış Şeması	62
5.6	İncelenen Hususlar	68
5.7	Uygulamalar	68
BÖLÜM 6.	DEĞERLENDİRMELER	86
6.1	Kıyının Zamanla Değişimi	86
6.2	Akarsu Yerinin Kıyıya Etkisi	87
6.3	Akarsu Genişliğinin Kıyıya Etkisi	88
6.4	Akarsu Katı Madde Miktarının Kıyıya Etkisi.....	89
6.5	Akarsuyun Kıyıya Etkisi	89
6.6	Sonuçların Laboratuvar Gözlemleri ile Karşılaştırılması	90
6.7	Sonuçların Tabiat Gözlemleri ile Karşılaştırılması	93
BÖLÜM 7.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER	96
KAYNAKLAR	99
ÖZGEÇMİŞ	106

NOTASYON LİSTESİ

A	:Kıyıda oyulan veya yığılan kısmın alanı
a	:Kıyı boyu taşınan katı madde miktarı formülü için gözlemsel bir katsayı
a'	:Kum taneleri hacminin toplam hacme oranı
b	:Kıyı boyu taşınan katı madde miktarı formülü için gözlemsel bir katsayı
C_b	:Kırılan dalgaların hızı
C_f	:Dalga kırılma bölgesinde deniz tabanının sürtünme katsayısı
C_g	:Dalga grup hızı
C_{gb}	:Kırılan dalgaların grup hızı
c	:Dalga hızı
D	:Kıyıda dolan veya oyulan kısmın topuktan yüzeye kadar olan mesafesi
DYMT	:Daha yüksek mertebeli türev
D_{50}	:50'lik elekden geçen dane çapı
D_{90}	:90'lık elekden geçen dane çapı
d	:Kum çapı
di	:i. ışının km. olarak uzunluğu
dt	:Zaman aralığı
dQ_x	:Kontrol kesitindeki katı madde miktarı artışı
dx	:Mesafe adımı
e	:Boşluk oranı
Fe	:Feç uzunluğu
f	:Dalga frekansı
f_{cw}	:Taban sürtünme katsayısı
g	:Yerçekimi ivmesi
H	:Dalga yüksekliği
H_b	:Kırılma anındaki dalga yüksekliği
H_o'	:Derin deniz dalga yüksekliği
H_{rms}	:Düzensiz dalga yüksekliği için düzenli bir çok yüksekliğin karesel ortalamasının karekökü
H_{sb}	:Belirgin dalga yüksekliği
h	:Su derinliği

I_L	: Kıyı boyu taşınan katı madde miktarının su içinde ağırlık olarak hacme oranı
i	: Koordinat sisteminde bir noktanın apsisi
$i+1$: Bir sonraki adımın apsisi
$i-1$: Bir önceki adımın apsisi
K	: Ampirik 0.4 civarında boyutsuz bir katsayı
K_{Dean}	: Katı madde taşınım miktarı için Dean katsayısı
KE	: Kinetik enerji
K_L	: Genellikle 0.39 olarak alınan boyutsuz, gözlemsel bir katsayı
K_L^*	: Gözlemsel boyutlu bir katsayı
K_R	: Dalga yansıma katsayısı
K_T	: Dalga sapma katsayısı
K_s	: Sığlaşma katsayısı
K_1	: Gözlemsel elde edilmiş çökelmekte olan kum tanelerinin harcadığı dalga enerji yüzdesini gösterir bir katsayı
L_b	: Kırılma anındaki dalga boyu
L_o	: Açık deniz dalga uzunluğu
n	: Adım sayısı
$n+1$: n. adımdan bir sonraki zaman adımı
P	: Enerji akısının kıyıya dik bileşeni
P'	: Kırılan dalgaların enerji akısı
PE	: Potansiyel enerji
P_L	: Enerji akısının kıyı boyu bileşeni
P_{Lb}	: Kırılan dalgaların enerji akısının kıyı boyu bileşeni
P_{Ls}	: Belirgin dalgaların enerji akısının kıyı boyu bileşeni
Q_g	: Bürüt kıyı boyu taşınım debisi
Q_L	: Kıyı boyu taşınan katı madde miktarı
Q_{Lt}	: Sağdan sola kıyı boyu katı madde taşınım debisi
Q_n	: Kıyı boyu net katı madde taşınım debisi
Q_{rt}	: Soldan sağa kıyı boyu katı madde taşınım debisi
Q_x	: Başlangıçtan x kadar mesafede kıyı boyunca kesitten geçen katı madde taşınımı
q	: Akarsuyun getirdiği birim genişlikten geçen katı madde miktarı
R_s	: Kararlılık parametresi
R_T	: Düzeltme faktörü
S	: Kumsal taban eğimi

T	:Dalga periyodu
T_a	:Hava sıcaklığı
T_s	:Deniz sıcaklığı
t	:Rüzgar esme süresi
U	:Yatay hız
U_b	:Dalga kırılma bölgesinde, tabandaki su zerreciğinin yörüngesel hızının maksimum değeri
$U(Z)$:Denizden Z_m . yukarıda ölçülen rüzgar hızı
$U(10)$:Denizden 10m. yukarıdaki rüzgar hızı
V	:Düşey hız
V_L	:Kıyı boyu akıntı hızı
W_s	:Kum tanelerinin çökme hızı
α_{bs}	:Kırılan dalgaların kıyı çizgisi ile yaptığı açı
α_0	:Derin su dalga kreti ile sahil çizgisi arasındaki açı
α_i	:Rüzgar yönü ile ışın arasındaki açı
γ	:0.78 civarında kırılma esnasında dalga yüksekliğinin su derinliğine oranı
γ_s	:Kumun özgül ağırlığının suyun özgül ağırlığına oranı
Δx	:Mesafe adımı
Φ	:Kumun dinamik sürtünme katsayısı
ϕ	:Hız potansiyeli
η	:Su yüzeyinde bir su molekülünün düşey hız bileşeni
κ	:Kırılma anındaki dalga yüksekliğinin su derinliğine oranı
μ	:Deniz tabanı şekli ile ilgili bir katsayı
θ	:Düzeltilme faktörü
ρ	:Deniz suyunun yoğunluğu
ρ_s	:Deniz kumunun yoğunluğu
σ	:Dairesel frekans
Ψ	:Gözlemsel bir katsayı

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1	Enerji Akısının Kıyı Boyu Bileşeni	8
Şekil 3.1	İki Boyutlu Sahilde Katı Madde Dengesi Planı	21
Şekil 3.2	Zamanla Kıyı Profilinde Meydana Gelen Değişiklikler	21
Şekil 3.3	Bir Boyutlu Sahilde Katı Madde Dengesi Planı	22
Şekil 3.4	Sahilde Katı Madde Denge Kesiti	23
Şekil 3.5	Kırılan Dalgaların x eksenini ve Sahil Çizgisi ile Yaptığı Açılar	25
Şekil 3.6	Sinüzoidal Bir Dalganın Karakteristikleri	29
Şekil 4.1	Dikdörtgen Ağın Geometrisi.....	38
Şekil 4.2	Sonlu Farklar Şeması	42
Şekil 5.1	Kıyı Durumu ve Seçilen Eksen Takımı	44
Şekil 5.2	Şematik Kıyı Boyu Katı Madde Taşınımı Planı	45
Şekil 5.3	Şematik Kıyı Boyu Katı Madde Taşınımı Enkesiti	45
Şekil 5.4	Dalga Yönleri ve Feç Uzunlukları	50
Şekil 5.5	Hava Deniz Sıcaklık Farkına Göre R_T katsayıları.....	52
Şekil 5.6	Derin Deniz Dalgalarını Rüzgar Hızına, Feç Uzunluğuna ve Esme Süresine Bağlı Olarak Belirlemeye Yarayan Abak (Metrik Sistemde)	56
Şekil 5.7	Bilgisayar Programı Akış Diyagramı	67
Şekil 5.8	Kıyı Çizgisinin Değişimi	69
Şekil 5.9	Akarsu Hesap Sınırının Başında ise Kıyının Değişimi ($B=50$ m, $q=1.10^{-5}$ m ³ /sn/m)	70
Şekil 5.10	Akarsu Hesap Sınırının Ortasında ise Kıyının Değişimi ($B=50$ m, $q=1.10^{-5}$ m ³ /sn/m)	71
Şekil 5.11	Akarsu Hesap Sınırının Sonunda ise Kıyının Değişimi ($B=50$ m, $q=1.10^{-5}$ m ³ /sn/m)	72
Şekil 5.12	Akarsu Hesap Sınırının Başında ise Kıyının Değişimi ($B=100$ m, $q=1.10^{-5}$ m ³ /sn/m)	73
Şekil 5.13	Akarsu Hesap Sınırının Ortasında ise Kıyının Değişimi ($B=100$ m, $q=1.10^{-5}$ m ³ /sn/m)	74
Şekil 5.14	Akarsu Hesap Sınırının Sonunda ise Kıyının Değişimi ($B=100$ m, $q=1.10^{-5}$ m ³ /sn/m)	75
Şekil 5.15	Akarsu Hesap Sınırının Başında ise Kıyının Değişimi ($B=125$ m, $q=1.10^{-5}$ m ³ /sn/m).....	76

Şekil 5.16	Akarsu Hesap Sınırının Ortasında ise Kıyının Değişimi ($B=125$ m, $q=1.10^{-5}$ m ³ /sn/m)	77
Şekil 5.17	Akarsu Hesap Sınırının Sonunda ise Kıyının Değişimi ($B=125$ m, $q=1.10^{-5}$ m ³ /sn/m)	78
Şekil 5.18	Akarsu Hesap Sınırının Başında ise Kıyının Değişimi ($B=100$ m, $q=1.10^{-6}$ m ³ /sn/m)	79
Şekil 5.19	Akarsu Hesap Sınırının Ortasında ise Kıyının Değişimi ($B=100$ m, $q=1.10^{-6}$ m ³ /sn/m)	80
Şekil 5.20	Akarsu Hesap Sınırının Sonunda ise Kıyının Değişimi ($B=100$ m, $q=1.10^{-6}$ m ³ /sn/m)	82
Şekil 5.21	Akarsu Hesap Sınırının Başında ise Kıyının Değişimi ($B=100$ m, $q=1.10^{-4}$ m ³ /sn/m)	83
Şekil 5.22	Akarsu Hesap Sınırının Ortasında ise Kıyının Değişimi ($B=100$ m, $q=1.10^{-4}$ m ³ /sn/m).....	84
Şekil 5.23	Akarsu Hesap Sınırının Sonunda ise Kıyının Değişimi ($B=100$ m, $q=1.10^{-4}$ m ³ /sn/m).....	85
Şekil 6.1	Kıyının Zamanla Değişimi ($B=50$ m, $q=1.10^{-5}$ m ³ /sn/m)	86
Şekil 6.2	Akarsu Yerinin Kıyıya Etkisi ($B=50$ m, $q=10^{-5}$ m ³ /sn/m)	87
Şekil 6.3	Akarsu Genişliğinin Kıyıya Etkisi ($q=1.10^{-5}$ m ³ /sn/m, $t=6$ yıl) ...	88
Şekil 6.4	Akarsu Katı Madde Miktarının Kıyıya Etkisi ($B=50$ m, $t=6$ yıl).	89
Şekil 6.5	Akarsuyun Kıyıya Etkisi ($B=50$ m, $q=1.10^{-5}$ m ³ /sn/m, $t=6$ yıl) ..	90
Şekil 6.6	Liman Modeli	91
Şekil 6.7	Mevcut Mendirek (NE, $H=2.8$ m, $T=6$ sn, 2 saat sonra)	92
Şekil 6.8	Model ve Laboratuvar Sonuçlarının Karşılaştırılması ($B=50$ m, $q=1.10^{-5}$ m ³ /sn/m, $t=6$ yıl).....	92
Şekil 6.9	Tabiatta Gözlenen Kıyı Değişikliği	94
Şekil 6.10	Model ve Gözlem Sonuçlarının Karşılaştırılması ($B=50$ m, $q=1.10^{-5}$ m ³ /sn/m, $t=6$ yıl)	94

TABLO LİSTESİ

Tablo 5.1	2.3 m/sn'den Büyük Ortalama Saatlik Rüzgarların Yön, Esme Süresi (saat) ve Esme Yüzdeleri	47
Tablo 5.2	Etkili Feç Uzunlukları	49
Tablo 5.3	R_T Düzeltme Katsayıları.....	52
Tablo 5.4	Çeşitli yönlerden Gelen Dalgaların K_R ve K_S Katsayıları.....	57
Tablo 5.5	Çeşitli Yönlerden Gelen Dalgaların Kıyıdaki Dalga Yük.	57
Tablo 5.6	Dalga Karakteristikleri	58
Tablo 5.7	Bölgeden Alınan Taban Malzemesinin Özellikleri	61
Tablo 5.8	Dalga Yüksekliğine, Uzunluğuna, Periyoduna ve Su Derinliğine göre Taşınabilen Maksimum Dane Çapı	61
Tablo 5.9	Dalgaların Oluşturduğu Kıyı Değişikliği	69
Tablo 5.10	Akarsu Hesap Sınırının Başında ise Kıyının Değişimi ($B=50$ m, $q=1.10^{-5}$ m ³ /sn/m)	70
Tablo 5.11	Akarsu Hesap Sınırının Ortasında ise Kıyının Değişimi ($B=50$ m, $q=1.10^{-5}$ m ³ /sn/m).....	71
Tablo 5.12	Akarsu Hesap Sınırının Sonunda ise Kıyının Değişimi ($B=50$ m, $q=1.10^{-5}$ m ³ /sn/m)	72
Tablo 5.13	Akarsu Hesap Sınırının Başında ise Kıyının Değişimi ($B=100$ m, $q=1.10^{-5}$ m ³ /sn/m).....	73
Tablo 5.14	Akarsu Hesap Sınırının Ortasında ise Kıyının Değişimi ($B=100$ m, $q=1.10^{-5}$ m ³ /sn/m)	74
Tablo 5.15	Akarsu Hesap Sınırının Sonunda ise Kıyının Değişimi ($B=100$ m, $q=1.10^{-5}$ m ³ /sn/m)	75
Tablo 5.16	Akarsu Hesap Sınırının Başında ise Kıyının Değişimi ($B=125$ m, $q=1.10^{-5}$ m ³ /sn/m).....	76
Tablo 5.17	Akarsu Hesap Sınırının Ortasında ise Kıyının Değişimi ($B=125$ m, $q=1.10^{-5}$ m ³ /sn/m)	77
Tablo 5.18	Akarsu Hesap Sınırının Sonunda ise Kıyının Değişimi ($B=125$ m, $q=1.10^{-5}$ m ³ /sn/m)	78
Tablo 5.19	Akarsu Hesap Sınırının Başında ise Kıyının Değişimi ($B=100$ m, $q=1.10^{-6}$ m ³ /sn/m)	79
Tablo 5.20	Akarsu Hesap Sınırının Ortasında ise Kıyının Değişimi ($B=100$ m, $q=1.10^{-6}$ m ³ /sn/m)	81

Tablo 5.21 Akarsu Hesap Sınırının Sonunda ise Kıyının Değişimi ($B=100$ m, $q=1.10^{-6}$ m ³ /sn/m).....	81
Tablo 5.22 Akarsu Hesap Sınırının Başında ise Kıyının Değişimi ($B=100$ m, $q=1.10^{-4}$ m ³ /sn/m)	82
Tablo 5.23 Akarsu Hesap Sınırının Ortasında ise Kıyının Değişimi ($B=100$ m, $q=1.10^{-4}$ m ³ /sn/m)	84
Tablo 5.24 Akarsu Hesap Sınırının Sonunda ise Kıyının Değişimi ($B=100$ m, $q=1.10^{-4}$ m ³ /sn/m)	85



ÖZET

Akarsuların taşıdığı katı maddelerin iri olanları, akarsuyun denize döküldüğü nehir ağzında çöker. Daha ince olanları dalgaların etkisi ile kıyı boyunca hareket ederken, bir kısmı ise kıyıya dik hareket eder. Akarsulardan gelen bu katı maddelerin uzun vadede kıyılarda bazı değişikliklere sebep olduğu bilinmektedir. Ayrıca bu katı madde hareketleri mevcut deniz yapılarına da oyulma veya yığılmalar dolayısı ile önemli etkilerde bulunur.

Bu çalışmada, denize dökülen akarsuların taşıdığı katı maddelerin kıyı çizgisine ve deniz yapılarına etkileri matematik bir modelle incelenecektir.

Akarsuyun getirdiği katı madde enkesitte üniform kabul edilerek kıyı boyu katı madde süreklilik denklemine, sabit birim genişlikten geçen katı madde miktarı olan (q) ilave edilmiştir. Bu durumda katı madde süreklilik denklemindeki türevler yerine ileriye doğru sonlu farkları yazılmış, kıyı boyu katı madde debisini tahmin eden bir formül yardımıyla, başlangıç ve sınır şartları belli olan bir kıyı şeridi için çözüme gidilmiştir.

Akarsuyun genişliği 50 m, 100 m ve 125 m alınarak 1000 metrelik bir kıyı şeridinde meydana gelen değişiklikler incelenmiştir. Bu incelemede akarsuyun konumu sabit alınmıyarak, hesap sınırının başında, ortasında ve sonunda olmak kaydıyla yeri değiştirilmiş ve taşıdığı katı madde debisi $q=1.10^{-3}$ m³/sn/m, $q=1.10^{-4}$ m³/sn/m, $q=1.10^{-5}$ m³/sn/m ile $q=1.10^{-6}$ m³/sn/m şeklinde değiştirilerek akarsuyun kıyıdaki yeri ve debisinin etkisi açısından bir genelleme yapılmaya çalışılmıştır.

Mendirek gibi bir deniz yapısının sağından soluna doğru veya solundan sağına doğru bir katı madde geçişi söz konusu değildir. Aynı zamanda kıyı yapısından belli bir mesafe sonra kıyının yapıdan etkilenmediği ve doğal durumunu koruduğu görülür. Bu incelemede mendireğin hemen bitişiği hesap sınırının başlangıcı olarak kabul edilmiş ve başlangıç sınır şartı olarak bu noktada katı madde debisi sıfır alınmıştır. Mendirekten 1000 m ötede kıyının yapıdan etkilenmediği göz önüne alınarak, bu noktadaki katı madde miktarı bir önceki noktaya eşit alınmak suretiyle hesaplar yapılmıştır. Mendireğin hemen yanı başında, mendirek yüksekliği rüzgarın esişini engellediği için bu kısımda ölü bir nokta meydana gelmektedir. Dolayısıyla akarsuyun mendireğin hemen yanı başında denize dökülmesi halinde, akarsu tarafından taşınan katı madde kıyı boyunca kısmen taşınmaktadır. Ancak akarsuyun döküldüğü yer, mendirekten uzaklaştıkça mendireğin kıyıya etkisi azalmakta dolayısıyla akarsuyun taşıdığı katı madde kıyı boyunca daha çok taşınmaktadır. Ayrıca çalışmada elde edilen sonuçlar tablo ve grafikler halinde değerlendirilmiştir.

ANALYSIS OF IMPACT OF RIVERS TO THE SHORELINE IN THE VICINITY OF SEA-RIVER JUNCTION BY A MATHEMATICAL MODELLING

SUMMARY

Beach is defined as the coast contained choeisionless materials such as sand and gravel. Along some beaches man-made structures such as harbors, seawalls, breakwaters and shore-connected breakwaters are constructed. The beach itself is constantly in motion and slowly changing its configuration. On a natural beach, the longshore sand transport is usually in equilibrium. If, however, the longshore sand transport is interrupted by a coastal structure, sand will deposit on the updrift side of the structure and erosion will occur on the downdrift side.

Coastal sediment transport is either perpendicular to the shoreline (onshore-offshore transport) or parallel to it (longshore transport). Onshore-offshore sediment movements produce short-term variations on the beach profiles, while alongshore movements produce long-term variations.

Nearshore currents are the main causes for the movement of sediment. Currents are generated by waves, winds, tides and river outflows. The most important current that cause the movement of sand is the one that flows alongshore in the surf zone which is created by waves breaking at an angle to the shore. On some coasts, alongshore currents annually transport thousands of cubic meters of sand, eroding one beach and building another. Alongshore sediment transport is usually sand moved in the beaches under action of waves and currents. The rate Q that is moved parallel to the shoreline, is the longshore transport rate. There are two possible directions of motion. One of them is from right to left and another of them is from left to right. So sediment transport from right to left is indicated by subscript (lt), the other motion is indicated by subscript (rt). Gross longshore transport rate (Q_g) is the sum of parallel sediment transport on the shoreline in a given time period. Similarly, net longshore transport rate (Q_n) is difference between Q_{rt} and Q_{lt} . These transport rates may be expressed as follows.

$$Q_g = Q_{rt} + Q_{lt}$$

$$Q_n = Q_{rt} - Q_{lt}$$

The purpose of this study is to analyse relationship between shoreline, longshore sediment transport and effect of a river. It can be divided into six main parts. The brief summary of these parts have been given as follows.

In Chapter II, the types of most important models were analysed. And the model of CERC (Coastal Engineering Resource Center) was used in this

study. As such as, the longshore transport rate (Q) is usually calculated from the CERC formula. It has been given below.

$$Q = K' (H^2 \cdot C_g)_b \cdot \sin 2 \alpha_{bs}$$

$$K' = \frac{K}{16(\gamma_s - 1)a' \left(\frac{1}{r}\right)^{5/2}}$$

Where,

K : Non dimensions empirical coefficient (of order 0.4)

H : Significant wave height

Cg : Wave group velocity

α_{bs} : Angle of breaking waves to the shoreline

γ_s : Ratio of sand density to water density

a' : Ratio of volume of solids to total volume

r : Conversion factor from root mean Square (RMS) to significant wave height, if necessary (equals, 1.416)

The subscript (b) indicates quantities at wave breaking. The group velocity at breaking is calculated from;

$$(Cg)_b = \left(\frac{g \cdot H_b}{\gamma}\right)^{1/2}$$

Where,

g : Acceleration of gravity

γ : Ratio of wave height to water depth at breaking, approximately equal to 0.78

The α_{bs} is the angle of the breaking waves to the shoreline. It is equal to the difference between the angle the breaking waves makes with the x-axis and the angle the shoreline makes with the x-axis;

$$\alpha_{bs} = \alpha_b - a$$

Where,

α_b : Angle of breaking waves to x-axis

$$a = \tan^{-1} \left(\frac{\partial y}{\partial x}\right)$$

This condition shows as follows,

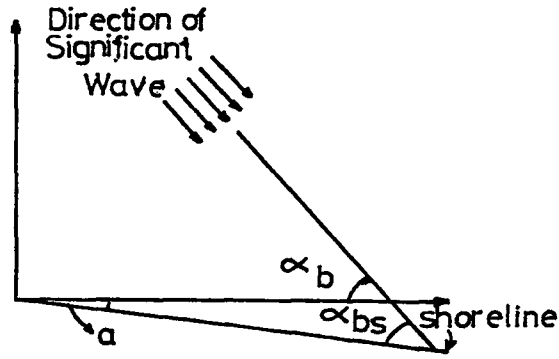


Figure 1. x - y Axis and the Condition of Shoreline

In Chapter III, Continuity, momentum equations and equations of wave were described.

The conservation of the mass of sand is described by the continuity equation.

$$\frac{\partial y}{\partial t} + \frac{1}{D} \frac{\partial Q}{\partial x} = 0$$

In which,

y : Shoreline position

t : Time

Q : Volume rate of longshore sediment transport

x : Distance alongshore

D : Vertical distance between the top of the bank and the lowest line where material is moved

Effect of a river on shoreline is shown below by the continuity equation

$$\frac{\partial y}{\partial t} + \frac{1}{D} \frac{\partial Q}{\partial x} = q$$

Where;

q : Sediment quantity per unit width of river

Also some important equations for sinusoidal wave are shown below

$$\phi = \frac{-a.C.Cosh[k(y+d)]}{Sinh(k.d)} Cos(kx - \sigma t)$$

In fact this equation is velocity potential. In which;

- ϕ : Velocity potential
- a : Amplitude of wave
- C : Celerity of wave or the phase velocity
- k : The number of wave
- d : Water depth
- y : The distance of y-axis
- σ : Circular frequency

Also Bernoulli's equation for unsteady flow, expressing the conservation of energy, can be written as;

$$\frac{\partial \phi}{\partial t} + \frac{U^2 + V^2}{2} + \frac{p}{\rho} + gy = 0$$

where;

- P : Pressure
- ρ : Density of the fluid
- g : Acceleration due to gravity
- U : Horizontal velocity of a particle
- V : Vertical velocity of a particle

Wave celerity can be written by equation of velocity potential,

$$C^2 = \frac{g \cdot L}{2\pi} \operatorname{tgh} \left(\frac{2\pi d}{L} \right)$$

In Chapter IV, Equations, which were used of in this study, were explained by use of the explicit scheme of finite differences.

In a standard explicit scheme, the continuity equation with effect of river is discretized as

$$y_i^{n+1} - y_i^n = \frac{\Delta t}{D \Delta x} (Q_i - Q_{i+1}) + \frac{\Delta t}{D} q$$

For an explicit scheme, there is a stringent limitation on the size of the largest possible time step, other variables being held constant. For small breaking wave angles, in the present case this condition is

$$R_s \leq 1/2$$

where,

$$R_s = \frac{2K' \cdot \Delta t (H^2 \cdot Cg)_b}{D \cdot (\Delta x)^2}$$

R_s was called, as the stability parameter by Kraus and Harikai. This equation is an adequate indicator of stability in most applications, since breaking wave angles are usually small (Hanson and Kraus, 1986).

Present equation is solved by initial and boundary conditions.

According to the rule for diffusion equations, we need a boundary condition at each boundary on both sides of the reach. There are few possibilities. One of them is sediment transport which is zero or constant at a construction such as a breakwater and shore-connected breakwater. So we can write as

$$Q|_{x=0} = 0$$

Another boundary condition is far away from a construction. It means that $x \rightarrow \infty$. So we can write as

$$\frac{\partial Q}{\partial x} \Big|_{x=\pm\infty} = \text{Const.}$$

or

$$\frac{\partial y}{\partial x} \Big|_{x=\pm\infty} = \text{Const.}$$

The shoreline evolution can be calculated with continuity equation and CERC formula.

This study was continued with Chapter V which contains applications and evaluation. A mathematical model was setup for the problem and a computer program written in FORTRAN 77 to solve the model was used. The results found in this study were presented in diagrams and in tables. Some assumptions were made been make in this research. These are;

1) The width of river were taken as 50 m, 100 m and 125 m. Also the position of river was at the beginning, middle and end of system.

2) Sediment material of river was selected as 1.10^{-3} , 1.10^{-4} , 1.10^{-5} and 1.10^{-6} outflow per unit width ($m^3/sn/m$).

3) Changes of shoreline were analysed after 1, 3 and 6 years in the mathematical model.

4) The flow chart of computer program is given in Chapter V. The names of parameters and variables are; the angle (theta); denoted as Z, and the empirical coefficient K; denoted as K1 in the computer program. Also the grid

spacing is DX (in meters) and the time step is DT (in hours), the wave period is denoted by T (seconds), $NTIMES$ specifies the number of time steps and $IT1$ and $IT2$ denote time steps, $DENOM$ is value of physical quantities in the denominator of the CERC's equation, evaluated for quartz sand.

5) It has been assumed that waves coming from NNW, N and NE winds transport sediment material along the shoreline.

6) Strip, 1000 m, was taken into the consideration for computational boundary on the shore and discretized 40 elements.

7) CERC formula was employed for the sediment material computation.

The results of the experiments and mathematical model have been summarised in Chapter VI. Finally, the results of the computations were compared with laboratory experiments and natural conditions.

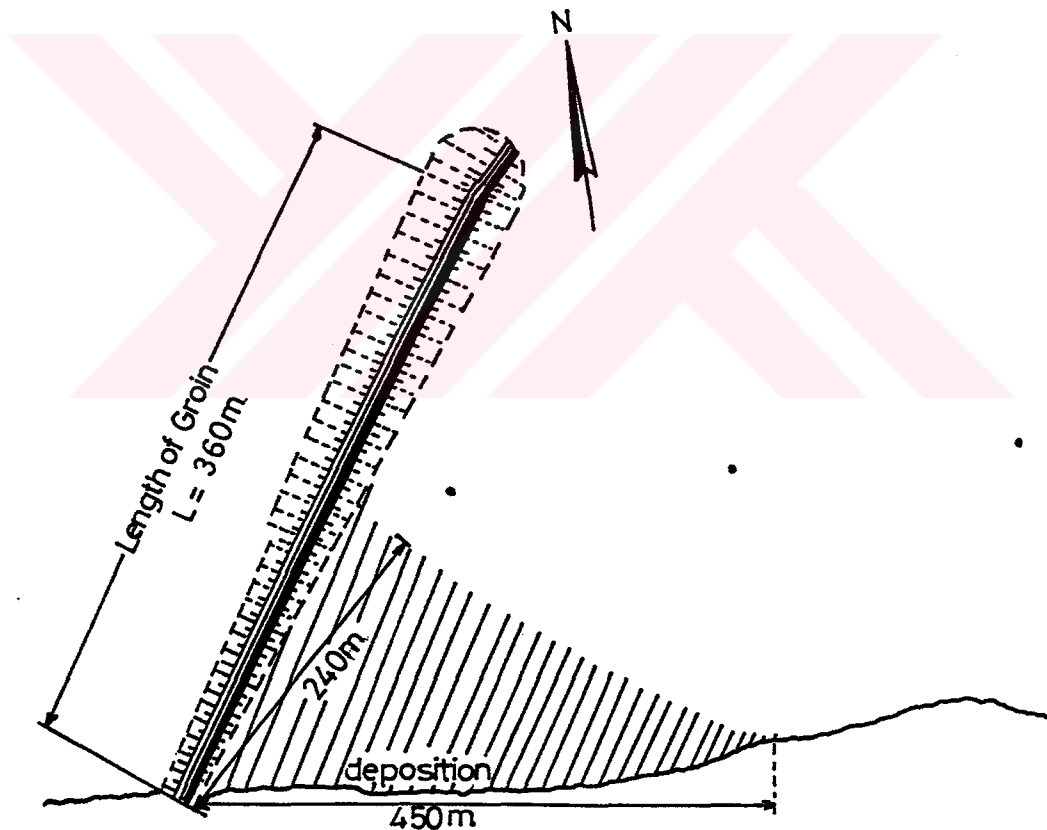


Figure 2. Changes in Shoreline at Laboratory -Model
(NE, $H=2.8\text{ m}$, $T=6\text{ sec}$, after 2 hours)

A pool having length of 32 m, width of 19.1 m and height of 0.7 m was constructed in the Hydraulics Laboratory of İTÜ. The model of Efirli-Ordu Harbor was built by using of scale of 1/150 in the pool. In this model,

polystyrene, which is equivalent to sand dimension, was used as the sediment material. Changes in the model occurred for two hours are shown in Figure 2 for the wave height of 2.8 m and the wave period of 6 sec and the results observed is presented in Figure 3.

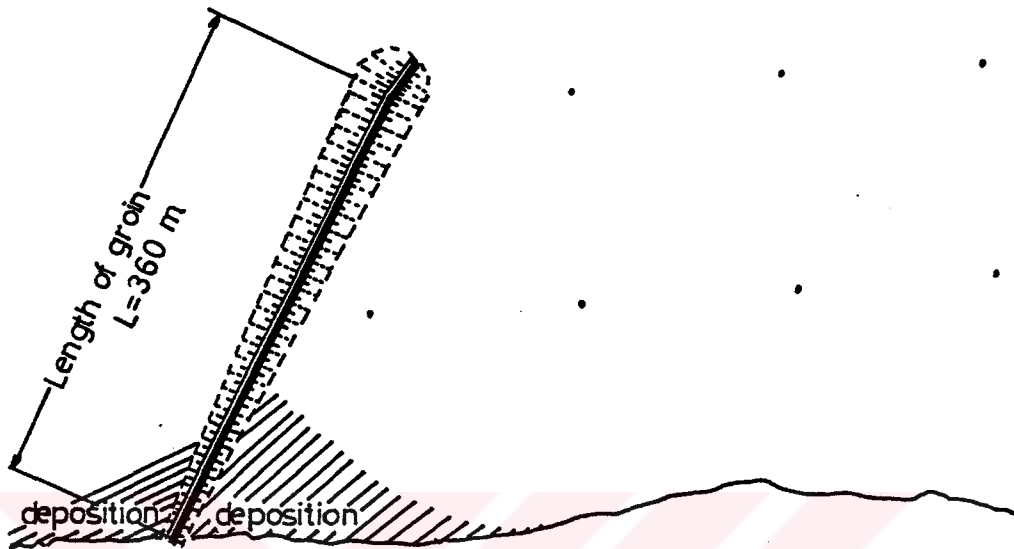


Figure 3. Changes in Shoreline According to the Natural Condition

The main results of this research can be summarised as follows:

1) Because the sediment transported by the river is relatively less, the main cause of deposition on the shoreline is waves travelling in direction of NE

2) Since sediment transport does not exist across the groin, initial boundary at this point will be taken a zero. So, an eroding process will take place just after groin.

3) Because of height of groin NNW and N winds can not cause any changes on the surface of sea at the just after the eastern side of groin, this region is called as dead zone. Hence sediment transport does not exist in this zone.

4) As moving away from groin, the effect of groin decreases along the shoreline as shown in Figure 4. It will be observed that if amount of deposition is 100 % at the beginning of boundary, 37.5 % at the middle of computation boundary and 33 % at the end of computation boundary.

5) New position can be occurred by changing of the boundary conditions. Hence these conditions can be taken account into future studies.

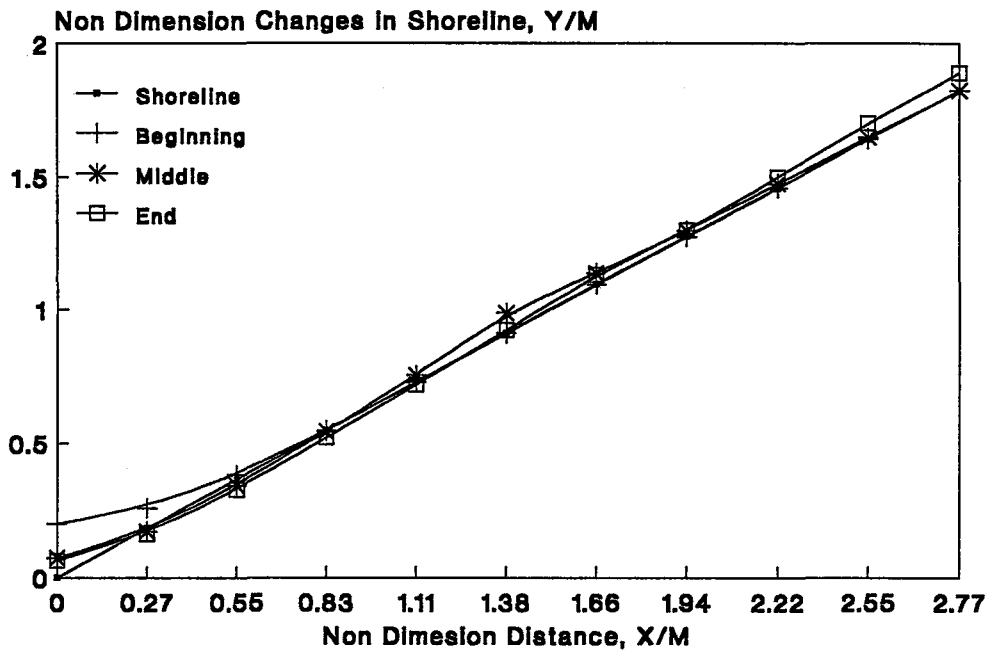


Figure 4. Impact of River to the Shoreline

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Deniz, göl ve nehir kıyılarının kara yönünde bittiği doğal sınır çizgisi kıyı kenar çizgisi veya kıyı çizgisi olarak bilinir. Kıyı; deniz, göl (doğal ve yapay) ve nehirlerin kıyı çizgisi boyunca uzanan kara parçası olarak tarif edilir. Bu kara parçası, deniz ve göllerde, taşkın durumları dışında, kara yönünden en çok ilerlediği anda suların belirlediği kıyı çizgisi ile bu çizgiden sonra da devam eden, kıyı hareketlerinin oluşturduğu kumluk, çakıllık, taşlık, kayalık, sazlık, bataklık alanın kara yönündeki doğal sınır çizgisi arasında kalan alandır. Deniz, göl ve nehir kenarlarında; kara yönünde kıyı kenar çizgisinden itibaren imar planı olan yerlerde yatay olarak en az 10m., imar planı olmayan köy ve kasabaların toplu yerleşme alanlarında en az 30 m. diğer yerlerde en az 100m. genişliğindeki arazi parçası ise sahil şeridi olarak bilinir (Ağaçlı,1992). Bununla birlikte tabanı kum, çakıl gibi kohezyonsuz malzemeden meydana gelen denizlerdeki kıyıya kumsal denilmektedir. Kumsallardaki kum ve çakıl deniz suyu hareketlerinin etkisi ile bir yerden bir yere taşınırlar. Dolayısıyla kumsal kesitleri ve kıyı çizgisi zamanla değişir. Deniz suyunun bilhassa rüzgar dalgalarıyla sürekli hareket halinde olması, kıyı boyunca kimi yerlerde oyulma kimi yerlerde yığılma meydana getirmek suretiyle kıyı şeridinde kalıcı değişiklikler meydana gelir.

19. yüzyılda kumsallarda kum taşınmasının gel-git akıntısı ile meydana geldiği sanılıyordu. 20. yüzyılın başlarında yapılan araştırmalar sonucunda durumun böyle olmadığı, günümüzde katı madde taşınmasına neden olan ana etkenin rüzgar dalgaları olduğu anlaşılmıştır (Komar, 1977).

Kumsallardaki kum hareketi, kıyıya dik taşınım ve kıyı boyu taşınım (kıyıya paralel) olmak üzere ikiye ayrılıp incelenebilir. Kıyıya dik taşınımın bir kısmı dalga kırılma bölgesi dışında olur, bir kısmı ise dalga kırılma bölgesi içinde olur (Dally ve Dean, 1984). Kıyıya dik taşınım, dalgaların güçsüz olduğu yaz mevsiminde denizden kıyıya doğru, dalgaların şiddetli olduğu kış mevsimlerinde kıyıda denize doğrudur. Kıyıda oluşan esas değişiklikler, kıyıya paralel olan taşınımından kaynaklanmaktadır. Bu çalışmada yan al debili kıyıya paralel yönde

gerçekleşen kıyı boyu taşınımı incelenecektir. Kıyı çizgisi ile bir açı yaparak kırılan dalgalar kırılma bölgesinde, kıyıya paralel bir akıntı (kıyı boyu akıntısı) meydana getirirler. Kıyı boyu kum taşınması, bu kıyı boyu akıntısı tarafından gerçekleşir. Dalgaların kırılırken kıyı ile yaptığı açıya bağlı olarak kıyı boyu katı madde taşınması, kıyının her iki yanına doğru olabilir.

Kumsallardaki katı madde taşınımı, dalga kırılma bölgesinde rastgele değişen suyun hareketiyle gerçekleşmektedir. Burada oldukça karmaşık bir yapı söz konusudur. Bundan dolayı mevcut bilgilerin gözlemsel yönünün ağırlığı göze çarpmaktadır.

1.1.Konunun Önemi

Dünyada ve Türkiye'de limanların coğrafi konumları hususunda ortak bir özellik göze çarpmaktadır. Akarsuların ağızları tabii bir liman fonksiyonu görebildiğinden genellikle limanlar, akarsuların denize döküldüğü bölgelerde yapılagelmiştir. Tarihe göz atılacak olunursa, balıkçı tekneleri ve kalyonların fırtınadan korunmak için denize dökülen akarsuların ağız kısımlarına sığındıkları görülür. Ticaretin bu bölgelerde yoğunlaşması sonucu zamanla akarsu ağzında ufak tefek yapılar oluşmuştur. Teknolojinin gelişmesi sonucu büyük teknelerin de faydalanabilmesi için bu bölgelerde rıhtımlar, mendirekler, dalgakıranlar, depolar, antredepolar, silolar ve işletme yapıları gibi ihtiyaca cevap verecek tesisler kurulmuştur. Bu tip limanlara örnek olarak; Bartın, Cide, Derince, Erdek, Filyos, Hamburg, Kilyos limanları gösterilebilir. Bununla birlikte yeni inşa edilen limanlarda, akarsuyun getirdiği katı maddeden limanın etkilenmemesi için genellikle akarsu derive edilerek liman dışına akıtılmaktadır. Bu tip yeni inşa edilen limanlara örnek olarak Bartın Limanı, Cide limanı, Erdek-Karşıyaka balıkçı barınağı gösterilebilir. Bazı durumlarda ise yapılacak olan limanın akarsudan etkilenmemesi için yeri değiştirilmektedir. Buna örnek olarak Sakarya-Karasu limanı gösterilebilir.

Akarsuyun taşıdığı katı madde, akarsuyun denize döküldüğü yerlerde zamanla denizin sığlaşmasına ve kıyı çizgisinin değişmesine yol açmaktadır. Bu değişikliğin mertebesinin bilinmesi, akarsu ağızlarında inşa edilen yapıların projelendirilmesi ve hizmet süresi açısından büyük önem kazanmaktadır. Ayrıca kıyı koruma ve düzenlemeleri, balıkçı barınakları ve limanların tasarımları, denizden su alma yapıları, denizaltı boruları, nehir ağızlarının düzenlenmesi gibi

mühendislik uygulamalarında da, kıyı boyu katı madde debisinin mümkün mertebe doğru tahmin edilmesi gerekmektedir. Konunun öneminden dolayı bu sahada bir çok gözlem ve laboratuvar çalışmaları yapılmıştır.

Bir kıyı yapısı tasarlanırken, yapının inşasından sonra çevredeki kıyı boyu katı madde taşınmasını nasıl etkileyeceğinin bilinmesi gerekir. Bir kumsala yerleştirilecek yapının mevcut kıyı boyu taşınma özelliklerini değiştirmesi, bir bölgede aşınmaya yol açarken diğer bir yerde katı madde yığılmasına ve sığlaşmaya neden olması tabiidir (Silvester, 1993). Oyulma ve yığılmanın hangi hızla gerçekleşeceği kıyı boyu kum taşınımının miktarına bağlıdır. Deniz yapısının civarında meydana gelebilecek hızlı bir oyulma veya yığılma sonucu yapının stabilitesi bozulabileceği gibi tasarlanan fonksiyonlarını da yapamaz duruma gelebilir. Ayrıca bu yapıların hizmet sürelerini kısaltabilir ve kıyıda ekolojik dengenin bozulmasına yol açabilir.

Uzun kıyı çizgisine sahip bir ülke olan Türkiye'de, kıyı boyu kum taşınmasıyla etkileşen çok sayıda kıyı yapısı bulunmaktadır. Kumsalların oyulması, limanların sığlaşması gibi olaylar bilhassa kum taşınımının güçlü olduğu Karadeniz sahillerinde sıkça görülür. Dolayısıyla bir çok balıkçı barınağı, liman ve sahil yollarını koruyan deniz duvarı gibi deniz yapıları kısa sürede devre dışı kalmakta ve fonksiyonlarını yerine getirememektedir. Bu yapıların tekrar faydalı hale gelmesi için yıkılan kısımların onarılması, deniz dibinin taranması ve buna benzer maliyeti artıran ek harcamalar gerekli olmaktadır.

Kıyı boyu katı madde taşınımı hesabı ile mahmuz, kıyı duvarı, dalgakıran ve buna benzer deniz yapılarının optimum boyutu, biçimi, konumu ve diğer çevre değişiklikleri tespit edilebilmektedir (Borak ve Ballofet, 1985).

1.2 Kıyı Boyu Katı Madde Hareketi

Kıyı boyu katı madde hareketi, kıyı boyu akıntısı ile kum gibi kohezyonsuz malzemenin taşınmasıdır. Kıyı çizgisine paralel hareket eden katı maddelerin Q debisi, kıyı boyu taşınım debisi olarak bilinir ve sağdan sola doğru veya soldan sağa doğru olmak üzere iki yönde meydana gelebilir. Kumsaldan denize bakıldığında sağdan sola doğru olan kum hareketi (lt) indisi ile soldan

sağa doğru olan kum hareketi ise (rt) indisi ile gösterilir ise brüt kıyı boyu taşınım debisi (Q_g)

$$Q_g = Q_{rt} + Q_{lt} \quad (1.1)$$

şeklinde yazılabilir. Benzer şekilde net katı madde taşınım debisi Q_n ile gösterilirse;

$$Q_n = Q_{rt} - Q_{lt} \quad (1.2)$$

şeklinde yazılabilir.

Kıyı boyu katı madde hareketinde taşınan malzemenin esas itibariyle kaynağı nehirler ve kıyı erozyonudur. Kıyıda meydana gelen taşınmada kütlelerin korunumu denkleminde dolayı bir kontrol hacmine giren ve çıkan katı madde miktarları arasında fark varsa kıyıda yığılmadan veya oyulmadan bahsedilebilir. Eğer giren ve çıkan katı madde farkı artı ise kıyıda bir yığılma olduğu, eğer bu fark eksi ise kıyıda bir oyulma olduğu anlaşılır.

1.3 Kıyı Boyu Katı Madde Hareketine Etki Eden Etkenler

Kıyı boyu katı madde hareketine etki eden etkenler, deniz ve karada olmak üzere iki ana gruba ayrılabilir. Deniz suyunun fiziksel özellikleriyle birlikte dalga kırılma bölgesindeki su akımı özellikleri, deniz tabanının eğimi, şekli, deniz tabanındaki malzemenin granülometrisi, denizde yapılan dalgakıran ve buna benzer deniz yapılarının olması olaya deniz tarafından etki eden etkenlerdir. Kumsalın fiziksel özellikleri, kumsaldaki malzemenin granülometrisi ve kumsalda hareketin incelendiği bölgede akarsu, çay ve dere gibi katı madde getiren bir kaynağın olup olmaması, uçurum gibi bir takım kuyuların bulunup bulunmaması, kıyı duvarı, mahmuz gibi yapıların olup olmaması ise kıyı boyu kum hareketine etki eden diğer faktörlerdir. Öte yandan kıyı boyu katı madde taşınımı gel-git olaylarından da meydana gelebilmektedir (Chandramohan, v.d. 1990). Ancak esas kıyı boyu katı madde taşınımı rüzgar dalgalarının etkisi ile olmaktadır (Komar, 1977).

Rüzgar dalgalarının kırılması, yansımaları ve yön değiştirmesi kıyı boyu katı madde hareketinde önemli rol oynar. Rüzgarın esme yönü ve hızı, rüzgar

dalgalarının yönüne ve hızlarına doğru orantılı bir şekilde etki eder. Bundan dolayı rüzgar hızlarının ve belirgin rüzgar yönünün doğru tespit edilmesi problemi daha gerçekçi bir şekilde çözmeye yardımcı olur.



BÖLÜM 2

YAPILAN ÇALIŞMALAR VE MODELLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

2.1 Genel

Kıyı boyu katı madde hareketine etki eden etkenlerin çokluğu ve karmaşıklığı bu konuda çalışma yapanları gözlemsel sonuçlar elde etmeye zorlamıştır. Dolayısıyla konu ile ilgili bir çok gözlemsel çalışmalar yapılmıştır. Bununla birlikte bir çok matematik model de geliştirilmiştir.

Kıyı boyu katı madde debisi üzerine yayınlanmış bilimsel nitelikli ilk araştırma olarak 1944 yılında yayınlanan Krumbein'in laboratuvar çalışması gösterilmektedir. Ayrıca 1950'li yıllarda Saville, Shay, Johnson, Suvage ve Vincent'in laboratuvar çalışmaları bulunmaktadır (Özhan, 1981). 1978 yılında Kamphuis ve Readshaw, 1982 yılında Kamphuis ve Sayao'nun yaptığı laboratuvar çalışmaları gösterilebilir (Kamphuis, 1991).

Inman ve Bowen (1963), Harms (1969), Quick (1983) katı madde hareketinin sürüntü şeklinde dalga etkisiyle olduğunu belirtmişlerdir. Ancak 1992 yılında Fredsoe çalışmasında katı madde taşınımının askı halinde ve de sürüntü halinde meydana geldiğini söylemiştir (Fredsoe, 1992). Quick (1983)'deki çalışmasında dalgaların etkisini incelediği gibi artı eksi 0.5 m/sn hızındaki kuvvetli akıntıların da etkisini göz önüne almış, Harms (1969)'da taban şekillerinin dalga ve akıntı hareketleriyle ilişkili olduğunu belirtmiş, Bosman (1982)'de, Bosman ve Steetzel (1986)'da dalga ve akıntının etkisi altında eğimli bir yatakta askı halinde taşınan katı madde taşınımını incelemişlerdir (Van Rijn, v.d., 1993).

Açıkta inşa edilen bir dalgakıranın kıyı ile etkileşimi bir çok araştırmacı tarafından incelenmiştir. Yapılan incelemeler sonucunda dalgakıranların katı madde hareketine etki ettiğinden dolayı kıyı çizgisinin değişimi ile yakından ilgili olduğu belirtilmiştir. Dalgakıranların uzunluğu, derinliği, kıyıdan uzaklığı, dalga uzunluğu, dalga yüksekliği, dalgakıranlar arasındaki mesafe gibi karakteristikler

kıyı çizgisinin değişmesine yol açmaktadır (Hanson ve Kraus, 1986). 1971 yılında Das; Krumbein, Shay ve Johnson, Sauvage ve Vincent, Price ve Tomlinson, Fairchild gibi araştırmacıların yaptığı laboratuvar sonuçları ile Watts, Caldwell, Moore ve Cole, Komar ve Inman gibi araştırmacıların yaptığı tabiattaki gözlemsel sonuçları incelemiş, sonuçları tablolar halinde göstermiştir (Schoonees ve Theron, 1993). Laboratuvar çalışmalarında en önemli ortak taraf, başlangıçta düzlem olan bir kumsalda düzenli dalgaların meydana getirdiği kıyı boyu katı madde debisinin ölçülmesi ve ölçülen değerlerin dalga özellikleri ile olan ilişkilerinin incelenmesidir.

Kıyı boyu katı madde hareketi ile kıyı boyu dalga enerji akısı ilişkisi Sawaragi (1962), Fairchild (1970), Kamphuis ve Readshaw (1978), Vitale (1980) tarafından incelenmiştir (Kamphuis, 1991).

Bijker (1971), Dean (1973), Madsen (1978) ve Walton (1979) araştırmalarında olaya etki eden parametreleri kolaylaştırıcı varsayımlarla kavramsal yöntemler geliştirmişlerdir (Walton, 1980). Bir çok araştırmacı ise modeller geliştirmiştir. Bunlar sahil çizgisi modelleri, açık deniz modelleri olarak iki yolla incelenebilir (O'Connor, 1984). En çok kullanılanı ise kıyadaki değişimlerde esas etken kıyı boyu katı madde taşınımı olduğundan sahil çizgisi modelidir. Sahil çizgisi modeli teorisinin orijinali Pelnard-Considere (1954) tarafından yapılmıştır (Hanson ve Kraus, 1986). Pelnard-Considere modelinde, sahil derinliğinin, sahil çizgisine paralel olarak sabit bir şekilde artığı kabul edilmiştir. Modelin amacı kumsalın plandaki şeklinin değişmesini ya da sahil çizgisinin değişmesini benzeştirmek suretiyle incelemektir. Sahil çizgisi değişimini izlemek için geliştirilen model katı madde süreklilik denklemi ile çözülmüştür.

Pelnard-Considere, nümerik bir model geliştirmemiş, fakat ideal kabuller yaparak ve laboratuvar deneyleri sonuçlarından yararlanarak kapalı şekilde matematiksel bir çözüm vermiştir. Modelin nümerik formülasyon ayrıntıları üzerine 1977 yılında Komar, 1978 yılında Le Me'haute ve Soldate, 1985 yılında Hanson ve Kraus çalışma yapmıştır (Komar, 1985) ve (Hanson ve Kraus, 1985).

Bugüne kadar, kıyı boyu katı madde hesabı için çeşitli araştırmacılar tarafından bazı matematik modeller ortaya konmuştur. Bunların belli başlıları tarih sırasına göre ele alınıp, bu bölümde özetlenmiştir.

2.2 Dalga Enerji Akısı Modeli (1956)

Dalga enerji akısı modeli 1956 yılında Caldwell tarafından önerilmiştir. Dalga enerji akısı modeli,

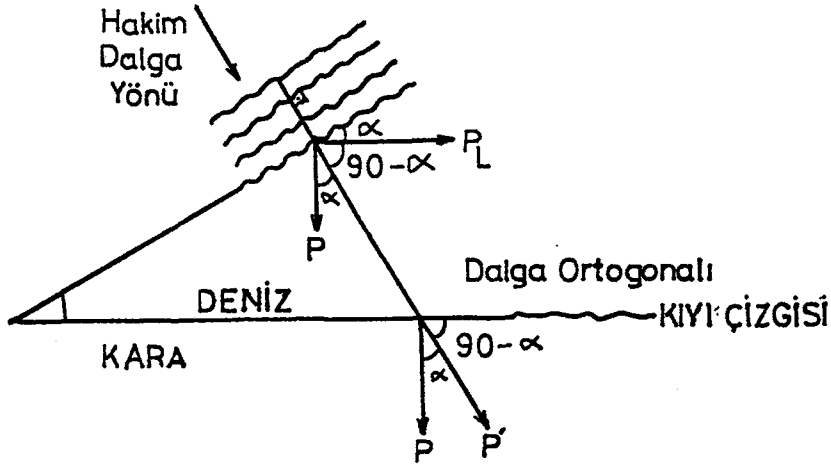
$$Q_L = a * P_{Lb}^b \quad (2.1)$$

bağıntısı ile gösterilebilir (Özhan, 1981). Bu bağıntıdaki;

- Q_L :Kıyı boyu taşınan katı madde miktarı
- a ve b :Gözlemsel katsayı
- P_{Lb} :Kırılan dalgaların enerji akısının kıyı boyu bileşeni olup aşağıda ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

Dalga enerji akısı modeli olarak verilen (2.1) bağıntısında boyut homojenliği olmadığından (a) ve (b) gözlemsel katsayılarının değerleri (Q_L) ve (P_{Lb}) için kullanılan birimlere bağlı olarak değişmektedir.

2.2.1 Dalga Enerji Akısının Kıyı Boyu Bileşeni (P_{Lb})



Şekil 2.1 Enerji Akısının Kıyı Boyu Bileşeni

(P') enerji akısı Şekil 2.1'de gösterilmiştir. Şekil 2.1'de (P) terimi enerji akısının kıyıya dik bileşeni, (P_L) ise kıyı boyu bileşenidir.

Dalga enerjisi ile dalga grup yayılma hızının çarpımından ortaya çıkan kuvvet, enerji akısı metoduna göre kıyılarda katı madde hareketine yol açmaktadır. Bu durumda;

$$P = \frac{1}{8} \rho \cdot g \cdot H^2 \cdot C_g \quad (2.2)$$

Burada H: Dalga yüksekliği, C_g : Dalga grubunun yayılma hızıdır.

Dalga cepheleri ile kıyı çizgisi (α) açısı yaparsa birim boyda kıyı çizgisine ulaşan enerji akısı (P') aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$P' = P \cdot \cos\alpha \quad (2.3)$$

bu durumda enerji akısının kıyıya paralel bileşeni (P_L)

$$P_L = P' \cdot \cos(90-\alpha) = P' \cdot \sin\alpha$$

$$P' = P \cdot \cos\alpha$$

$$P_L = P \cdot \cos\alpha \cdot \sin\alpha$$

$$P_L = P \cdot (\sin 2\alpha) / 2$$

$$P_L = \frac{1}{8} \rho \cdot g \cdot H^2 \cdot C_g \cdot \frac{1}{2} \sin 2\alpha$$

$$P_L = \frac{1}{16} \rho \cdot g \cdot H^2 \cdot C_g \sin 2\alpha \quad (2.4)$$

olarak elde edilir.

Dalgaların kırılma anında, dalga yüksekliği (H_b) ve ortalama kıyı çizgisi ile yaptığı açı (α_b) ise o andaki enerji akısının kıyı boyu bileşeni (2.5) denklemi şeklinde bulunur.

$$P_{Lb} = \frac{1}{16} \rho \cdot g \cdot H_b^2 \cdot C_b \cdot \sin 2\alpha_b \quad (2.5)$$

Bu denklemde,

C_b : Kırılan dalganın yayılma hızıdır. Sığ sularda $C_b \cong C_g$ alınabilir.

Fırtına olduğu zaman kıyıya farklı yükseklikte dalgalar gelir. Bu dalgaların yüksekliği belirgin dalga yüksekliğine eşit alınır (2.5) bağıntısı aşağıdaki;

$$P_{Ls} = \frac{1}{16} \rho \cdot g \cdot H_{sb}^2 \cdot C_{gb} \cdot \sin 2\alpha_b \quad (2.6)$$

şeklinde yazılabilir.

2.3 Iwagaki ve Sawaragi Modeli (1962)

Bu model matematik olarak aşağıdaki bağıntı ile ifade edilebilir (Özhan, 1981).

$$\frac{Q_L}{\psi} = 31.7 \left(\frac{P_{Lb} \cdot S^{2/3}}{\Phi} \right)^{3/2} \quad (2.7)$$

Burada,

$$\psi = g^{1/2} \left(\frac{H_0'}{L_0} \right)^{1/6} H_0'^{1/2} S^{1/3} d (\sin 2\alpha_b)^{1/3} \cos \alpha_b$$

ve

$$\Phi = (\rho_s - \rho) \cdot g^{3/2} \cdot d \cdot H_0'^{1/2} \cdot L_b \cdot (H_0' / L_0)^{1/6} \cdot (\sin 2\alpha_b)^{1/3}$$

ve ayrıca,

$$P_{Lb} = \frac{1}{16} \rho \cdot g (L_b \cdot H_b^2 / T) \sin 2\alpha_b$$

dır. Bu denklemlerde;

Q_L	: Kıyı boyu katı madde debisi
P_{Lb}	: Kıyı boyu dalga enerjisi
S	: Kumsal taban eğimi
Φ	: Kumun dinamik sürtünme katsayısı
Ψ	: Yukarıdaki formülde tarif edildiği gibi gözlemsel bir katsayı
g	: Yerçekimi ivmesi
H_0	: Derin deniz dalga yüksekliği
α_b	: Kırılan dalganın kıyı çizgisi ile yaptığı açı
d	: Kum çapı
ρ_s, ρ	: Kum ve deniz suyunun yoğunlukları
L_b	: Kırılma anındaki dalga boyu
H_b	: Kırılma anındaki dalga yüksekliği
T	: Dalga periyodu
L_0	: Açık deniz dalga uzunluğudur.

2.4 Inman ve Bagnold Modeli (1963)

Inman ve Bagnold tarafından 1963 yılında kıyı boyu katı madde taşınması miktarı,

$$I_L = K_L * P_{Lb} \quad (2.8)$$

formülü ile verilmektedir (Dyer, 1985). Inman-Bagnold modelinde boyut homojenliği vardır. Burada;

I_L	: Kıyı boyu taşınan katı madde miktarının su içinde ağırlık olarak hacme oranı
K_L	: Genellikle 0.39 olarak alınan boyutsuz gözlemsel bir katsayı
P_{Lb}	: Enerji akısının kıyı boyu bileşenidir.

Su altında ağırlık türünden katı madde debisi (I_L) ile hacim türünde katı madde debisi (Q_L) arasındaki ilişki;

$$I_L = g \cdot (\rho_s - \rho) \cdot a' \cdot Q_L \quad (2.9)$$

şeklinde verilebilir. Burada;

a' : Kum taneleri hacminin toplam hacme oranıdır.

(a') parametresinin daha iyi anlaşılabilmesi için (e) boşluk oranı cinsinden ilişkisi (2.10) bağıntısı ile verilmiştir.

$$e = \frac{1 - a'}{a'} \quad (2.10)$$

(2.9) bağıntısından (Q_L) terimi çekilirse;

$$Q_L = \frac{I_L}{(\rho_s - \rho) \cdot g \cdot a'} \quad (2.11)$$

bağıntısı elde edilir. (2.8) bağıntısı (2.11)'de yerine koyulursa

$$Q_L = \frac{K_L}{(\rho_s - \rho) \cdot g \cdot a'} P_{Lb} \quad (2.12)$$

bağıntısı elde edilir. Bu bağıntı yardımı ile taşınan katı madde miktarı bulunabilir.

2.5 Bijker Modeli (1971)

Bijker tarafından 1971 yılında ileri sürülen modelde en önemli husus katı maddenin sürüntü şekliyle taşındığının kabul edilmesidir (Bijker, 1971). Bijker metodu matematik olarak

$$q_{Lb} = 5d \frac{V_L}{C_z} \exp \left\{ -0.27 \frac{(\rho_s - \rho)d}{\mu \left(\frac{V_L}{C_z} \right)^2} \left[1 + \frac{1}{2} \left(\frac{0.0575 C_z U_b}{V_L} \right)^2 \right] \right\} \quad (2.13)$$

şeklinde verilmiştir. (2.13) denkleminde;

- $q_{L>b}$:Sürüntü hareketiyle birim genişlikten geçen kıyı boyu katı madde debisi
 d :Kum çapı
 V_L :Kıyı boyu akıntı hızı
 g :Yerçekimi ivmesi
 ρ_s, ρ :Katı madde ve deniz suyunun yoğunlukları
 μ :Taban şekli ile ilgili bir katsayı
 U_b :Dalga kırılma bölgesinde, tabandaki su zerreciğinin yörüngesel hızının maksimum değeridir.

2.6 Dean Modeli (1973)

Dean tarafından geliştirilen bu modelde, katı madde hareketinin askı halinde meydana geldiği kabul edilmiştir (Schoonees ve Theron, 1973).
 Metodda

$$I_L = K_{Dean} * P_{Lb} \quad (2.14)$$

yazılır. Burada,

$$K_{Dean} = 24.25 * 10^3 * K_1 \frac{(g * \kappa * H_b)^{1/2} * S * \cos \alpha_b}{C_f * W_s}$$

şeklindedir. Dean modeli bağıntısında,

I_L :Su içindeki katı madde debisi

- K_1 :Gözlemsel elde edilmiş çökelmekte olan kum tanelerinin harcadığı dalga enerji yüzdesini gösterir bir katsayı
 κ :Kırılma anındaki dalga yüksekliğinin su derinliğine oranı
 C_f :Dalga kırılma bölgesinde deniz tabanının sürtünme katsayısı
 W_s :Kum tanelerinin çökelme hızıdır.

Diğer semboller daha önce açıklandığı gibidir.

2.7 SPM (Shore Protection Manual) Modeli (1975)

Günümüzde yaygın olarak kullanılan tamamen gözlemsel bir bağıntıdır. SPM modeli aşağıdaki şekli ile

$$Q_L = K_L^* \cdot P_{Lb} \quad (2.15)$$

verilebilir (SPM, 1984). Burada;

- Q_L :Kıyı boyu katı madde debisi
 K_L^* :Gözlemsel boyutlu bir katsayı
 P_{Lb} :Kırılma anındaki dalga enerji akısının kıyı boyu bileşenidir.

Buradaki (P_{Lb}) enerji akısının kıyı boyu bileşeni (2.5) denkleminde bulunabilir.

2.8 Madsen Modeli (1978)

1978 yılında Madsen tarafından ileri sürülen kıyı boyu taşınan katı madde debisini veren formül,

$$Q_L = 1.7W_s \cdot d \left[\frac{f_{cw}}{g \left(\frac{\rho_s}{\rho} - 1 \right) d} \right]^3 \int_0^{x_b} U_b^5(x) V_L(x) dx \quad (2.16)$$

şeklinde verilebilir (Özhan, 1981). Burada;

- Q_L : Kıyı boyu katı madde debisi
 W_s : Kum tanesinin çökme hızı
 g : Yerçekimi ivmesi
 d : Kum çapı
 f_{cw} : Taban sürtünme katsayısı
 V_L : Kıyı boyu akıntı hızıdır.

Madsen tarafından verilen (2.16) bağıntısında kullanılan parametrelerin çokluğu, katı madde taşınımını daha gerçekçi olarak bulmaya yarasa bile bu parametrelerin gerçekçi bir şekilde elde edilmesi oldukça zordur.

2.9 Le Me'haute ve Soldate Modeli (1978)

Kumsalda kıyı boyunca oluşan dalga enerjisi terimindeki standart deyimlerin kullanılması ile kum taşınımı tahmin edilmiştir (Borah ve Ballofet, 1985). Bu standart deyimler dalga periyodu, derin su dalgasının yüksekliği, kıyı çizgisi ile dalga kretinin yapmış olduğu açıdır. İfade aşağıda (2.17) bağıntısı ile verilmiştir.

$$Q = 7.5 \cdot 10^3 \cdot P_L \quad (2.17)$$

(P_L) enerji akısının kıyı boyu bileşeni ise aşağıdaki gibi tariflenmiştir.

$$P_L = \frac{\rho \cdot g^2}{64\pi} H_0^2 \cdot T \cdot K_R^2 \cdot \sin \alpha_b \quad (2.18)$$

Buradaki,

$$K_R = \sqrt{\frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha_b}}$$

şeklindedir. Bu denklemlerde;

- Q : Kıyı boyunca taşınan katı madde
 P_L : Lineer teoriye göre dalga enerji akısının kıyı boyu bileşeni
 H_0 : Derin su dalgasının yüksekliği

- T :Dalga periyodu
g :Yerçekimi ivmesi
 α_0 :Derinsu dalga kreti ile sahil çizgisi arasındaki açı
 α_b :Kırılan dalga ile sahil çizgisi arasındaki açı
 K_R :Dalga yansıma katsayısı
 ρ :Yoğunluktur.

Le Me'haute ve Koh'a göre (α_b) ile (α_0) arasında aşağıdaki gibi bir bağıntı vardır (Borah ve Ballofet, 1985).

$$\alpha_b = \alpha_0 \left(0.25 + 5.5 \frac{H_0}{L_0} \right) \quad (2.19)$$

Burada H_0 , açık deniz dalga yüksekliği, L_0 ise açık deniz dalga uzunluğudur.

2.10 CERC Bağıntısı (1984)

CERC (Coastal Engineering Resources Center) modelinin esası dalga enerji akısı modeline dayanmaktadır (SPM, 1984). Günümüzde kıyı boyu katı madde taşınımı hesabında yaygın olarak kullanılmaktadır. CERC metodunda da enerji akısının kıyı boyu bileşeni, taşınan katı madde miktarı ile doğrudan alakalıdır ve aralarındaki ilişki doğru orantılıdır. Bu model esas itibarı ile enerji akısı modelinden esinlenerek bir takım mühendisler tarafından ortaklaşa çıkartılmıştır. Bu çalışmada katı madde momentum denklemi yerine, CERC bağıntısı kullanıldığı için ileride ayrıntılı olarak açıklanacaktır.

2.11 Modellerin Karşılaştırılması

Iwagaki ve Sawaragi (1962), Bijker (1971), Madsen (1978) tarafından geliştirilen sırasıyla (2.7), (2.13) ve (2.16) bağıntıları, tek boyutlu zamana bağlı olmayan akım için geliştirilen katı madde taşınma modellerinden esinlenerek yapılmıştır. Bijker (1971)'in modeli yalnız sürüntü hareketi ile katı madde taşıdığı varsayımıyla hareket etmiştir.

SPM, Inman ve Bagnold tarafından verilen bağıntılarda, kıyı boyu dalga enerji akısı olaya doğrudan etki etmektedir. Dean, Iwagaki ve Sawaragi'nin

verdiği bağıntılarda ise kıyı boyu dalga enerji akısı en önemli bir değişken olarak göze çarpmaktadır.

(2.7), (2.13), (2.14) ve (2.16) bağıntıları gerçekçi kabul edilse bile kıyı boyu akıntı hızı ve kıyı boyunda dağılımı, taban sürtünme katsayısı, kırılan dalgaların tabandaki bir su zerreciğine verdiği (U_b) hızı gibi değişkenlerin güvenle hesap edilmesi zordur.

CERC formülü ile Inman-Bagnold formülü arasındaki tek fark, Inman-Bagnold tarafından ileri sürülen katı madde debisini tesbit eden (2.12) formülü deniz suyu yoğunluğu (ρ) ile çarpılıyor. CERC formülünde ise ayrıca (r) çevirme sayısı olmak kaydıyla $(1/r)^{5/2}$ gibi bir sayı ile çarpılıyor. CERC ile SPM arasındaki en önemli fark; SPM modelindeki (K_L^*) katsayısı gözlemsel boyutlu bir katsayıdır. CERC modelinde ise (K') bağıntısı ile verildiği gibi boyutsuz bir sayıdır.

2.12 Bugüne Kadar Yapılan Çalışmaların Değerlendirilmesi

Kıyı boyu katı madde hareketi ile ilgili yapılan çalışmalar görüldüğü gibi; laboratuvar çalışmaları, tabiatdaki gözlemlerden elde edilen neticeler ve amprik çalışmalar olmak üzere üç ana grup altında toplanmaktadır. Belli başlı önemli olan çalışmalar tarih sırasına göre aşağıda özetlenmiştir.

1983 yılında Le Me'haute ve diğerleri kıyıya dik bir mendireğin kıyı çizgisi ile etkileşiminde, gelen dalgaların yüksekliği, açısı ve dalga enerjisinin rolü üzerine inceleme yapmıştır (Le Me'haute, v.d., 1983). Çalışma yaptığı bölgede yatay bir koordinat sistemi seçmiş ve sahil çizgisi modelini kullanmıştır. Katı madde debisi hesabında enerji akısının kıyı boyu bileşenini doğrudan hesaba katmış ve Crank-Nicolson kapalı şemasını kullanarak katı madde süreklilik denklemini sonlu fark formunda yazarak çözüme gitmiştir.

1985 yılında Borah ve Ballofet, Nome-Alaska'da yapılan açık deniz terminalini kıyıya bağlayan yaklaşık 1100 m. uzunluğundaki mendirek gibi kıyıya etki yapabilecek bir geçiş yolunun kıyı akıntısı ve sahil çizgisine yaptığı etkiyi daha önce (2.17) de verilen Le Me'haute ve Soldate modeli ile incelemiştir (Borah ve Ballofet, 1985).

Yine 1985 yılında Hanson ve Kraus kumsaldan oluşan bir sahil şeridi boyunca katı madde hareketini sahil çizgisi modelini kullanarak incelemiştir (Hanson ve Kraus, 1985). İnceleme yapılan sahil boyunca kıyıyı koruyan bir deniz duvarı olduğu kabul edilmiş ve deniz duvarının sahil çizgisinin değişimi ile olan alakası araştırılmıştır. Hesap sınırının başlangıcında ve sonunda mendirek olup olmaması ve bölgeye gelen dalga yönlerini değiştirmek suretiyle kıyı çizgisinin değişimini nümerik bir şekilde incelemiştir.

Aynı araştırmacılar (Hanson ve Kraus) 1986 yılında açıkta bir dalga kıran olması halinde aynı metotları kullanarak dalgakıranın kıyı çizgisinin değişimi üzerine yaptığı etkiyi incelemiştir (Hanson ve Kraus, 1986).

1992 yılında Ordu-Efirli'de yapılan bir çalışmada da sahil çizgisi modeli kullanılmış, CERC metodu ile katı madde debisi hesap edilmiş, katı madde süreklilik denkleminin sonlu fark formları yazılarak çözüme gidilmiştir (Ağralıoğlu, v.d., 1992). Bu çalışmada mevcut mendireğin doğu ve batısındaki 1000 m'lik bir sahil şeridinde mendireğin kıyı çizgisine yapmış olduğu etki incelenmiştir.

2.13 Yapılacak Çalışma

Daha önce yapılan çalışmaların değerlendirilmesinden de anlaşılacağı gibi bir akarsuyun denizdeki kıyı çizgisine ve yapılarına etkisi matematik modelle hemen hemen hiç incelenmemiştir.

Bu çalışmada akarsuların taşıdığı katı maddelerin kıyı çizgisine ve deniz yapılarına etkisi incelenmiştir. Bunun için akarsuyun kıyıya ve yapıya göre konumu, akarsuyun genişliği ve taşıdığı katı madde miktarının etkileri tek tek matematik modelle araştırılacaktır.

İncelenen etkileri değerlendirmek ve kullanılan modellemenin geçerliliğini kontrol için, Orta Karadeniz Bölgesinde Ordu-Efirli'deki bir mendireğin durumuna model uygulanacaktır.

1992 yılında laboratuvarında ve de matematik modelle çözümü yapılan Ordu-Efirli Balıkçı Barınağı ve Liman Etüdü projesinde incelenen bölgeden elde edilen veriler bu çalışmada kullanılmıştır. Kıyı çizgisi ile 60 derecelik açı yapan

mendireğin kıyı çizgisine ve kıyıya paralel katı madde taşınımına yapmış olduğu etki göz önüne alınarak bölgede bulunan bir akarsuyun kıyı çizgisine yapmış olduğu etki incelenmiştir. Çalışmada sahil çizgisi modeli kullanılmış, mendireğin kıyı ile birleştiği nokta orijin olmak kaydıyla yatay bir eksen takımı seçilmiş, katı madde süreklilik denkleminin sonlu fark ifadeleri yazılmış ve CERC yöntemi ile Q katı madde debisi hesaplanarak çözüme gidilmiştir.

Çalışmanın daha genel hale getirilebilmesi için akarsuyun hesap sınırının başında, ortasında ve sonunda denize dökülmesi gibi muhtelif hali incelenmiş ve bu esnada akarsu genişliğinin de 50 m, 100 m ve 125 m gibi değişken olabileceği dikkate alınmıştır. Aynı zamanda akarsuyun getirdiği katı madde miktarının $q=1.10^{-3} \text{ m}^3/\text{sn}/\text{m}$, $q=1.10^{-4} \text{ m}^3/\text{sn}/\text{m}$, $q=1.10^{-5} \text{ m}^3/\text{sn}/\text{m}$ ile $q=1.10^{-6} \text{ m}^3/\text{sn}/\text{m}$ gibi değişebildiği matematik modele yansıtılmıştır. Bu durum karşısında kıyı çizgisinin 1 yıl, 3 yıl ve 6 yıl sonraki değişimi matematik modelle tahmin edilmiş ve grafiklerle 5. Bölümde gösterilmiştir.

BÖLÜM 3

KIYI BOYU KATI MADDE VE DALGA HAREKET DENKLEMLERİ

Kıyı boyu katı madde denklemleri esas itibariyle bilinen katı madde süreklilik ve hareket denklemlerine dayanır. Bu denklemler bir, iki veya üç boyutlu olarak yazılabilirler. İncelenecek problem tek boyutlu ele alındığı için burada bir boyutlu akım denklemleri elde edilecek ve problemin başlangıç ve sınır şartları yazılacaktır.

3.1 Katı Madde Süreklilik Denklemi

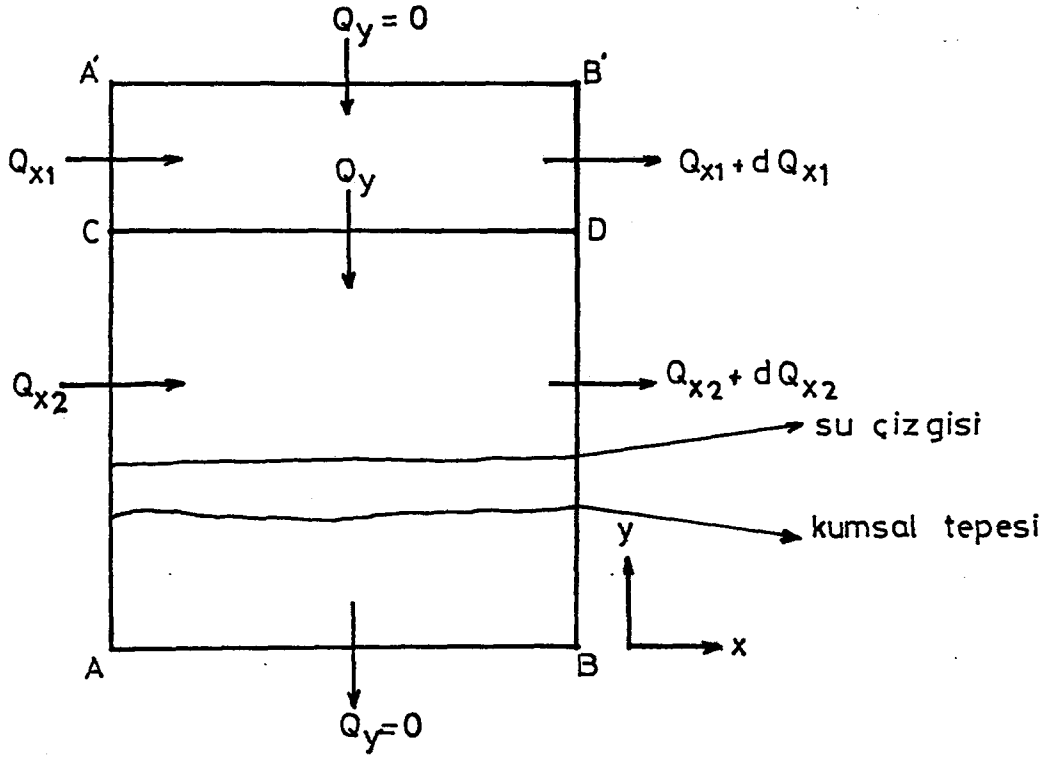
Kıyı boyu katı madde taşınımında kütle korunumu ilkesinden yararlanarak Şekil 3.1'deki gibi kıyıda bir kontrol hacmi ele alınırsa iki boyutlu süreklilik denklemi aşağıdaki gibi yazılabilir (O'Connor, 1994).

$$\frac{\partial Q_x}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} + Q_y = 0 \quad (3.1)$$

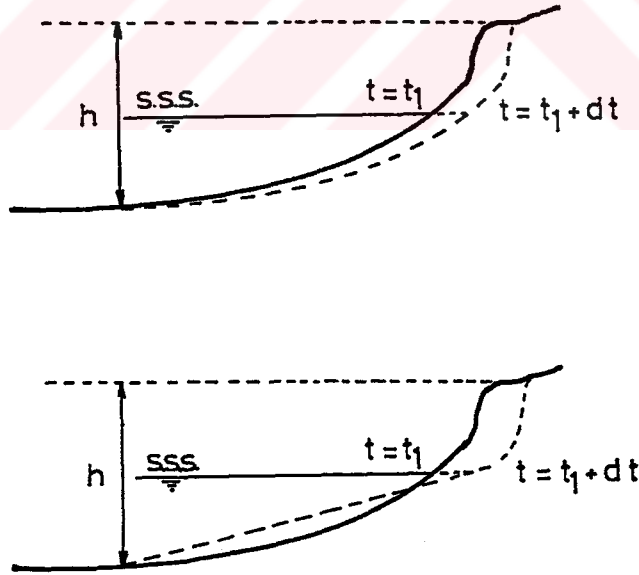
Burada Şekil 3.1'den de görüleceği gibi

- Q_x : x yönünde veya kıyıya paralel taşınan katı madde miktarı
- x : Yer koordinatı
- A : Yığılan veya oyulan kısmın alanı
- t : Zaman koordinatı
- Q_y : Birim genişlikten geçen, y yönünde veya kıyıya dik taşınan katı madde miktarıdır.

Şekil 3.1'de iki boyutlu katı madde süreklilik denklemi için kontrol hacmi planı, Şekil 3.2'de ise zamanla meydana gelen kıyı erozyonunun yandan görünüşü verilmiştir. Şekil 3.1'deki CD oyulan veya yığılan kısmın deniz tabanındaki topuk noktalarını birleştiren çizgidir.



Şekil 3.1 İki Boyutlu Sahilde Katı Madde Dengesi Planı



Şekil 3.2 Zamanla Kıyı Profilinde Meydana Gelen Değişiklikler

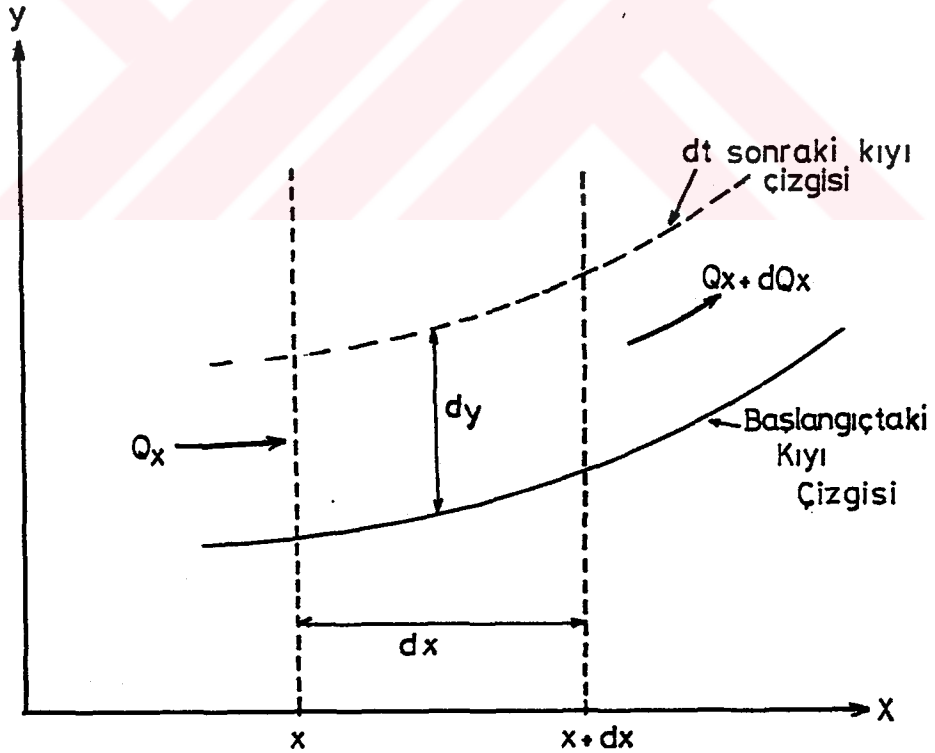
Kıyıda meydana gelen değişiklikler esas itibarı ile kıyıya paralel taşınımından olduğu için kıyıya dik taşınım ihmal edilir. Bu durumda 3.1'de

verilen iki boyutlu katı madde süreklilik denklemi kıyı boyu katı madde taşınımı hesabında en çok tercih edilen bir boyutlu hale indirgenerek aşağıdaki gibi yazılabilir (O'Connor, 1984).

$$\frac{\partial Q_x}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = 0 \quad (3.2)$$

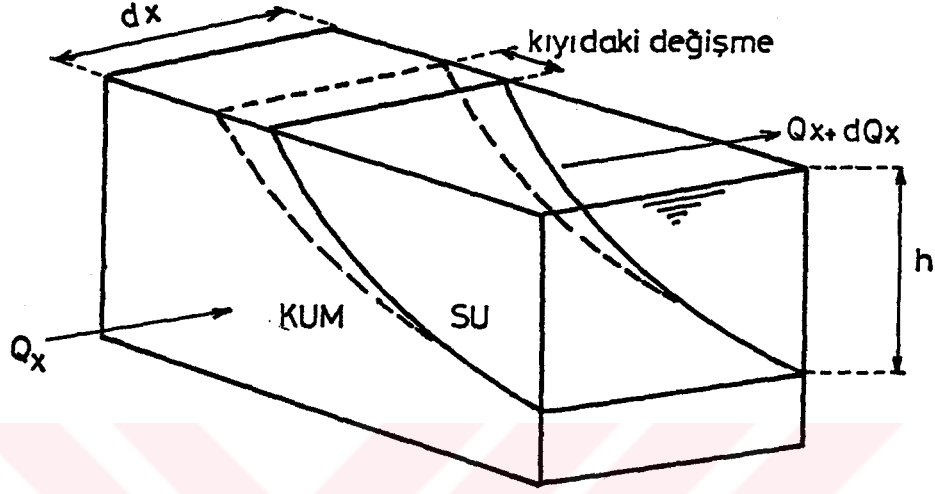
Katı madde süreklilik denklemi, Şekil 3.3'deki gibi bir kontrol hacmi alınarak çıkarılabilir.

Şekil 3.3'den görülebileceği gibi x ve y eksen takımında, dx.dy alanı olan birim kalınlıktaki bir kontrol hacmine giren katı madde debisi, Q_x ve çıkan katı madde debisi $Q_x + dQ_x$ dir. dx, x eksenindeki, dy ise y eksenindeki metre olarak mesafe artışlarını göstermektedir.



Şekil 3.3 Bir Boyutlu Sahilde Katı Madde Dengesi Planı

Kıyıdaki katı madde değişiminin üç boyutlu görünüşü Şekil 3.4'de verilmiştir.



Şekil 3.4 Sahilde Katı Madde Denge Kesiti

Şekil 3.3 ve Şekil 3.4'de;

- h :Su Derinliği
 Q_x :Başlangıçtan x kadar mesafede kıyı boyunca kesitten geçen katı madde taşınımı
 Q_x+dQ_x :Başlangıçtan $x+dx$ kadar mesafede kıyı boyunca kesitten geçen katı madde taşınımıdır.

Kütlenin korunumu prensipinden giren ve çıkan katı madde farkı yığılan veya oyulan malzemeyi gösterdiğine göre;

$$Q_x \cdot dt - (Q_x + dQ_x) dt = dx \cdot dy \cdot h \quad (3.3)$$

bağıntısı yazılabilir. Bazı kısaltmalar yapılırsa;

$$-dQ_x dt = dy \cdot dx \cdot h \quad (3.4)$$

ifadesi yazılır. Öte yandan

$$dQ_x = \frac{\partial Q}{\partial x} dx \quad (3.5)$$

$$dy = \frac{\partial y}{\partial t} dt \quad (3.6)$$

olduğu hatırlanırsa; (3.5) ve (3.6) denklemleri (3.4) denkleminde yerine koyularak (3.7) denklemi elde edilir.

$$\frac{\partial Q_x}{\partial x} + h \frac{\partial y}{\partial t} = 0 \quad (3.7)$$

Buradaki (h) su derinliği, esasında oyulan veya yığılan kısmın derinliğidir ve (D) ile gösterilirse aşağıda ifade edilen (3.8) denklemi yazılabilir.

$$\frac{\partial y}{\partial t} + \frac{1}{D} \frac{\partial Q_x}{\partial x} = 0 \quad (3.8)$$

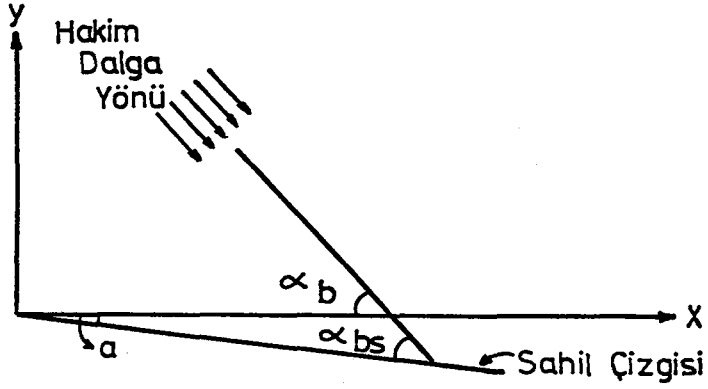
Katı madde taşınan kısmın enkesit alanı $A=h \cdot \partial y = D \cdot \partial y$ ise (3.8) denklemi daha önce yazılan (3.2) denklemi formuna ulaşır. Bu bağıntı katı madde süreklilik denklemi olarak bilinir.

3.2 Katı Madde Hareket Denklemi

Burada katı madde süreklilik denkleminde olduğu gibi dalga etkisiyle meydana gelen tek boyutlu katı madde hareketi incelenecektir.

Şekil 3.5'de gösterildiği üzere, kırılan dalgaların bir x, y eksenini ile yapmış olduğu açı α_b ise $\partial Q_x / \partial x$ bağıntısı (3.9) şeklinde yazılabilir.

$$\frac{\partial Q_x}{\partial \alpha_b} = -Q_x \quad (3.9)$$



Şekil 3.5 Kırılan Dalgaların x Eksenine ve Sahil Çizgisi ile Yaptığı Açılar

Şekil (3.5) de;

α_{bs} :Kırılan dalganın kıyı çizgisi ile yaptığı açı

α_b :Kırılan dalganın x eksenine ile yaptığı açıdır ve x eksenine başlangıçta orijinal kıyı çizgisi olarak alınabilir.

$\partial Q_x / \partial x$ aşağıdaki (3.10) denkleminde yazılırsa;

$$\frac{\partial Q_x}{\partial x} = \frac{\partial Q_x}{\partial \alpha_b} \frac{\partial \alpha_b}{\partial x} \quad (3.10)$$

$(\alpha_b = -\partial y / \partial x)$ ve $(\partial \alpha_b)$ terimleri küçük olduğundan ihmal edilirse aşağıdaki (3.11) denkleminde bulunur.

$$\frac{\partial \alpha_b}{\partial x} + \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = 0 \quad (3.11)$$

Şekil (3.5)' in geometrisinden aşağıdaki (3.12) bağıntısı yazılabilir.

$$\alpha_b = \alpha_{bs} + a \quad (3.12)$$

(3.12) bağıntısındaki (a) açısı yerine türevi koyulursa (3.13) bağıntısı elde edilir.

$$\alpha_{bs} = \alpha_b - tg^{-1}\left(\frac{\partial y}{\partial x}\right) \quad (3.13)$$

(3.10) denklemindeki $\frac{\partial \alpha_b}{\partial x}$ yerine (3.11) denklemindeki değeri ve $\frac{\partial Q_x}{\partial \alpha_b}$ yerine $-Q_x$ değeri yazılırsa;

$$\frac{\partial Q_x}{\partial x} = -Q_x \left(-\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} \right) \quad (3.14)$$

elde edilir. (3.14) denklemi (3.7) süreklilik denkleminde yerine koyulursa;

$$Q_x \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} + h \frac{\partial y}{\partial x} = 0 \quad (3.15)$$

ve $\frac{Q_x}{h}$ yerine (a) dönüşümü yapılırsa (3.15) denklemi aşağıdaki bilinen formuna dönüşür.

$$a \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} + \frac{\partial y}{\partial x} = 0 \quad (3.16)$$

(3.16) denklemi başlangıç ve sınır şartları kullanılarak çözülebilir. Ancak ele alınan problemde katı madde momentum denklemini yerine, bir katı madde bağıntısı kullanılarak çözüme gidilecektir.

3.3 Katı Madde Hareket Başlangıcı

Katı madde hareketinin söz konusu olduğu bölgeler genellikle kum, çakıl gibi kohezyonsuz malzemeden oluşur. Silt, kil gibi kohezyonlu malzeme genellikle denizin hareketli olduğu yerlerde türbülansın etkisi ile askıda tutulurlar. Ancak durgun bölgelerde çökelmiş halde bulunabilirler.

Deniz tabanının batimetrik özelliği ve bölgenin coğrafi yapısına göre dalga ile katı madde arasında sürekli bir etkileşim vardır.

Denizde maksimum taban kayma gerilmesi suyun özgül kütlesi ve taban sürtünme katsayısı ile doğru orantılı, dalga genliği ve açısal frekansın ise karesi ile doğru orantılıdır (Savcı ve Ağralıoğlu, 1995). Dalganın oluşturduğu maksimum kayma gerilmesi hesaplandıktan sonra Shields eğrisi kullanılarak danelerin hareketi hakkında fikir sahibi olunabilir. Ayrıca Sato ve Kishi'ye göre taşınan katı maddenin dane çapı (D) ile tabanda akışkan parçacığının yatay hızı arasında aşağıda verildiği gibi bir bağıntı vardır (Şendil ve Özhan, 1980).

$$\sqrt{\frac{D}{25}} = \frac{(U_{\max})_{y=-d}}{2} = \frac{\pi \cdot H}{(2 \cdot T \cdot \text{Sinh} 2\pi d_i) / L} \quad (3.17)$$

(3.17) bağıntısındaki (U_m) m/sn olmak kaydıyla akışkan parçacığının belli bir (d) derinliğindeki hızı, (D) mm olarak hareket edebilecek dane çapı, H, L ve d_i ise metre cinsinden dalga yüksekliği, dalga uzunluğu ve su derinliğidir.

3.4 Dalga Hareketinin Temel Denklemleri

Katı madde taşınımında dalga karakteristikleri önemli birer parametre olduklarından bu alt bölümde, dalga hareketinin temel denklemleri incelenecektir.

Denizdeki dalgalar çok karmaşık bir yapıya sahiptir. Ancak bu karmaşık yapı bir çok sinüzoidal dalganın üst üste toplanması ile meydana gelmektedir. Dolayısıyla her bir dalga tek başına düşünülürse sinüzoidal dalga denklemleri kullanılabilir.

3.5.1 Laplace Denklemi

Sinüzoidal dalga için 1845'de ortaya atılan küçük genlikli dalga teorisi esas alınır (Novak, 1990). Bu teoriye göre iki boyutlu periyodik dalgalarda hareket çevrimsiz olduğundan Laplace denklemi ile ifade edilir.

Sıkışmayan bir akışkan için süreklilik denklemi (3.18)'de verilmiştir.

$$\frac{\partial U}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial y} = 0 \quad (3.18)$$

Burada U: Yatay hız, V: Düşey hız ve ϕ : Hız potansiyelidir. Öte yandan

$$U = \partial\phi / \partial x \quad (3.19)$$

$$V = \partial\phi / \partial y \quad (3.20)$$

şeklinde yazılabilir. (3.19) ve (3.20) bağıntıları (3.18)'de yerine koyulursa (3.21) denklemi bulunabilir.

$$\frac{\partial}{\partial x} \frac{\partial\phi}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} \frac{\partial\phi}{\partial y} = 0 \quad (3.21)$$

(3.21) denkleminde gerekli düzenlemeler yapılırsa hız potansiyeli için (3.22) ile gösterilen Laplace denklemi elde edilir.

$$\frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial y^2} = 0 \quad (3.22)$$

3.4.2 Hız Potansiyeli

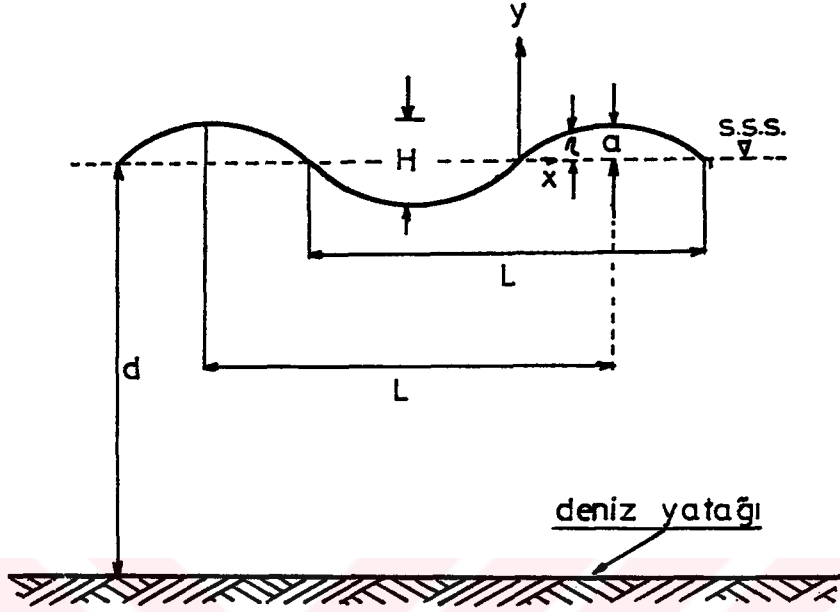
Deniz tabanı sınır olduğundan ve geçirimsiz kabul edildiğinden $y=-d$ alınabilir. Bu durumda (3.23) yazılır.

$$V = \left. \frac{\partial\phi}{\partial y} \right|_{y=-d} = 0 \quad (3.23)$$

Su yüzeyinde düşey hız η 'ya bağlı olarak (3.24) şeklinde yazılabilir.

$$V = \left. \frac{\partial\phi}{\partial y} \right|_{y=\eta} = \frac{\partial\eta}{\partial t} \quad (3.24)$$

Şekil 3.6'da görüldüğü gibi (η) dalga yüzeyinin sakin su seviyesinden yüksekliğidir. Dolayısıyla dalga kretinde $\eta=a$ dır.



Şekil 3.6 Sinüzoidal Bir Dalganın Karakteristikleri

$\eta=0$ olduğu zaman $y=0$ olacağından düşey hız (3.25) şeklinde gösterilir.

$$V = \left. \frac{\partial \phi}{\partial y} \right|_{y=0} = \frac{\partial \eta}{\partial t} \quad (3.25)$$

Düzensiz akış için enerjinin korunumu prensibinden yararlanılarak çıkartılan Bernouilli denklemi aşağıdaki şekilde yazılabilir (Novak, 1990).

$$\frac{\partial \phi}{\partial t} + \frac{U^2 + V^2}{2} + \frac{P}{\rho} + g \cdot y = 0 \quad (3.26)$$

(3.26) denklemindeki terimler;

P: Basınç

ρ : Yoğunluk

g: Yerçekimi ivmesidir.

Çok küçük yükseklikteki dalgalarda dalga uzunluğu, derinliği ve hızın karesi terimleri 2.dereceden önemli olduğu için ihmal edilirse;

$$\frac{\partial \phi}{\partial t} + \frac{p}{\rho} + g \cdot y = 0 \quad (3.27)$$

denklemini elde edilir.

Deniz yüzeyinde atmosfer basıncı 0 ve $y=\eta$ alınırsa (3.27) denklemi (3.28) şekline dönüşür.

$$\frac{\partial \phi}{\partial t} + g \cdot \eta = 0 \quad (3.28)$$

(3.28) denkleminin çözümünden,

$$\eta = a \cdot \sin \left[2\pi \left(\frac{X}{L} - \frac{t}{T} \right) \right] \quad (3.29)$$

bulunur. Burada,

$$\text{Dalga Frekansı: } f = 1 / T \quad (3.30)$$

$$\text{Dalga Sayısı: } k = 2 \pi / L \quad (3.31)$$

$$\text{Dairesel Frekans: } \sigma = 2 \pi / T \quad (3.32)$$

dir. (3.30), (3.31) ve (3.32)'den dolayı (3.29) dalga profili denklemi (3.33) şekline dönüşür.

$$\eta = a \cdot \sin(kx - \sigma t) \quad (3.33)$$

Sınırlar belli ise hız potansiyeli (3.34) şeklinde çözülür.

$$\phi = \frac{-a.C.Cosh[k(y+d)]}{Sinh(k.d)} Cos(kx - \sigma t) \quad (3.34)$$

Buradaki terimler Şekil 3.6'dan da görüldüğü gibi

- T : Dalga periyodu
- L : Dalga uzunluğu
- H : Dalga yüksekliği
- a : Genlik = H/2
- C : Dalga yayılma hızı
- σ : Dairesel frekansdır.

3.4.3 Dalga Enerjisi

Katı madde hareketinde en etkili parametre dalga enerjisidir. Bir dalganın enerjisi o dalganın kinetik ve potansiyel enerjilerinin toplamı ile ifade edilebilir. Kinetik enerji (KE),

$$KE = \int_{-d}^0 \int_0^L \frac{\rho}{2} (U^2 + V^2) dx. dy \quad (3.35)$$

şeklinde. Buradaki (U) ve (V) yatay ve düşey hız bileşenleridir ve aşağıdaki gibi gösterilebilirler.

$$U = \frac{a.\sigma.Cosh[k(y+d)]}{Sinh(k.d)} Sin(kx - \sigma t) \quad (3.36)$$

$$V = \frac{-a.\sigma.Sinh[k(y+d)]}{Sinh(k.d)} Cos(kx - \sigma t) \quad (3.37)$$

t = 0 için Kinetik Enerji (KE) integrali çözümlerse (3.38) bağıntısı bulunur.

$$KE = \frac{1}{4} \rho \cdot g \cdot a^2 \cdot L \quad (3.38)$$

Bir dalgada Potansiyel Enerji (PE) (3.39) integrali ile verilebilir.

$$PE = \int_0^L \frac{1}{2} \rho \cdot g \cdot \eta^2 \cdot dx \quad (3.39)$$

(3.39) integralindeki (η) nın değeri daha önce (3.33) şeklinde verilmişti. Bu bağıntıdaki ($kx - \sigma t$) terimi son derece küçük olduğu için ihmal edilirse Potansiyel Enerji aşağıdaki gibi bulunabilir.

$$PE = \frac{1}{4} \rho \cdot g \cdot a^2 \cdot L \quad (3.40)$$

Sonuç olarak bir dalgada toplam enerji ($\Sigma E = KE + PE$), $H = 2a$ olduğu göz önüne alınırsa

$$E = \frac{1}{8} \rho \cdot g \cdot H^2 \quad (3.41)$$

olarak elde edilir.

3.5 Kullanılan Denklemler

Kıyı bölgesine herhangi bir akarsu akması durumunda, bu akarsuyun taşıdığı katı maddelerin kıyıdaki etkisini ifade etmek için, katı madde süreklilik denkleminde yeni bir terim eklenmesi gerekir. Akarsuyun taşıdığı katı maddelerin birim genişlik debisi (q) ile gösterilirse, katı madde süreklilik denklemi, yanal debili su süreklilik denkleminde benzer bir şekilde bulunabilir. Bunun için problemin çözümünde daha önce (3.2)'de verilen katı madde süreklilik denkleminde hareket edilerek aşağıda gösterilen (3.42) denklemi geliştirilmiştir.

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q_x}{\partial x} = q \quad (3.42)$$

Burada (q) akarsuyun birim genişliğinden geçen katı madde debisidir.

Ayrıca bu çalışmada, kıyı boyu taşınan katı madde miktarını hesap etmek için CERC bağıntısı kullanılacaktır. CERC bağıntısı,

$$Q = K'(H^2 \cdot C_g)_b \sin 2\alpha_{bs} \quad (3.43)$$

şeklinde verilebilir (SPM, 1984). Burada;

$$K' = \frac{K}{16(\gamma_s - 1) \cdot a' \cdot r} \left(\frac{1}{r}\right)^{5/2} \quad (3.44)$$

bağıntısından bulunabilir. (3.43) ve (3.44) eşitliklerinde geçen terimler şu şekilde tanımlanır.

- K : Amirik 0.4 civarında bir katsayı
H : Belirgin dalga yüksekliği
 C_g : Dalga grup hızı
r : H_{rms} dalga yüksekliğini belirgin dalga yüksekliğine dönüştüren $\sqrt{2}$ civarında bir çevirme katsayısı
 γ_s : Kumun özgül ağırlığının suyun özgül ağırlığına oranı
a' : Katı parçaları hacminin toplam hacme oranı
 α_{bs} : Kırılan dalgaların kıyı çizgisi ile yaptığı açıdır.

Kırılan dalgaların kıyı çizgisi ile yaptığı (α_{bs}) açısı (3.13) formülü ile hesaplanabilir. Burada (b) indisi dalga kırılmasındaki büyüklükleri ifade etmektedir. Dalga grup hızı ise aşağıdaki (3.45) bağıntısı ile verilebilir.

$$(Cg)_b = \left(\frac{H_b \cdot g}{\delta}\right)^{1/2} \quad (3.45)$$

(3.45) bağıntısında;

- g : Yerçekimi ivmesi
 δ : Kırılma esnasındaki dalga yüksekliğinin su derinliğine oranıdır.
(Yaklaşık 0.78 civarında)

3.6 Başlangıç ve Sınır Şartları

Diferansiyel denklemlerin çözülebilmesi için başlangıç ve sınır şartlarının bilinmesi gerekir.

Bir akarsuyun ya da bir kıyı yapısının kıyının sağında veya solunda belirli bir uzaklıktan sonra, kıyı çizgisine etkisinin pek az olduğu bilinmektedir. Bu mesafeler dışında kıyının değişmediği ve (Q) taşınan katı madde debisinin tabii halde olduğu kabul edilir. Bu durumda her iki hesap sınırı için (Q) katı madde taşınım debisi sabit olup sınır şartı (3.46) veya (3.47) şeklinde gösterilir.

$$\left. \frac{\partial Q_x}{\partial x} \right|_{x=\pm\infty} = \text{Sbt.} \quad (3.46)$$

$$Q_x = \text{Sabit} \quad (3.47)$$

Bu durum bazı hallerde (3.48) şeklinde de gösterilir (Hanson ve Kraus, 1986). Bu ise, bu sınırlarda kıyı çizgisinin x doğrultusunda değişmediğini ifade eder.

$$\left. \frac{\partial y}{\partial x} \right|_{x=\pm\infty} = \text{Sabit} \quad (3.48)$$

Ayrıca başlangıç sınır şartı olarak katı madde geçirmeyen mahmuz, mendirek gibi kıyı yapılarının olduğu yerde katı madde taşınımı yoktur (Jianhua ve Zhenfu, 1991). Bu durumda;

$$Q_{x|_{x=0}} = 0 \quad (3.49)$$

olur. Öte yandan incelemenin başlangıç tarihinde bütün noktalardaki kıyı çizgisi koordinatları belli olduğuna göre bu değerler, başlangıç değerler olarak

$$y_{oi} = c_i \quad (3.50)$$

şeklinde yazılabilir. Burada y_{oi} herhangi bir (i) indisli noktanın ordinatıdır. C_i ise her nokta için kıynın geometrisinden bulunan koordinatlarıdır.



BÖLÜM 4

DENKLEMLERİN SONLU FARK İFADELERİ

4.1 Genel

Bir çok mühendislik olaylarının diferansiyel denklemlerle ifade edilmesi mümkündür. Mühendislikte geçerli diferansiyel denklemlerin çoğu karmaşık olduklarından dolayı kesin analitik çözümlerini bulmak her zaman mümkün olmaz. Bundan dolayı genellikle nümerik metodlar tercih edilir. Bu metodlardan hidrolik konusunda en çok kullanılanı ise sonlu farklar metodudur. Sonlu farklar metodunun kısmi diferansiyel denklemlerinde iyi sonuç vermesi ve bilgisayarlar yardımıyla hesap süresinin azalması sonlu farklarla kısmi diferansiyel denklemlerin çözümüne olan ilgiyi artırmaktadır.

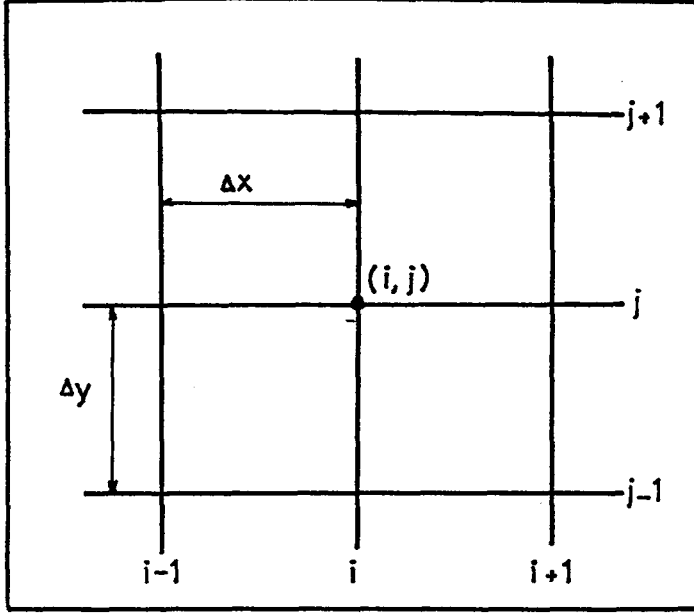
Başlangıç ve sınır şartları ile diferansiyel denklemin şekline göre açık ve kapalı sonlu fark şemaları kullanılarak hesaplar yapılabilir.

Sonlu farklar metodunda esas, olayı ifade eden denklemlerin türevleri yerine sonlu fark yaklaşımlarını kullanarak diferansiyel denklemi cebirsel denkleme dönüştürmektir. Bu şekilde problem (n) bilinmeyenli cebirsel denkleme dönüşür. Her bir hesap aşında bu cebirsel denklem kullanılır.

Sonlu fark operatörleri ileriye doğru, geriye doğru ve merkezi sonlu fark operatörleri olmak üzere üçe ayrılırlar. Sonlu fark formları ise Taylor, polinom uydurma gibi bir çok yol ile bulunabilir.

Diferansiyel denklemlerdeki kısmi türevler için temel sonlu fark formları Taylor seri açınımları ile elde edilebilir.

Herhangi bir (f) fonksiyonu düşünülürse; bu fonksiyonun Şekil 4.1'de görüldüğü gibi (i,j) noktasına göre Taylor açılımı,



Şekil 4.1 Dikdörtgen Ağın Geometrisi

$$f_{i+1,j} = f_{i,j} + \left. \frac{\partial f}{\partial x} \right|_{i,j} (x_{i+1,j} - x_{i,j}) + \frac{1}{2} \left. \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} \right|_{i,j} (x_{i+1,j} - x_{i,j})^2 + DYMT \quad (4.1)$$

şeklinde yazılır. Şekil 4.1' den Δx ise,

$$\Delta x = x_{i+1,j} - x_{i,j} \quad (4.2)$$

olarak ifade edilir. (4.2) bağıntısı (4.1)' de yerine koyulursa;

$$f_{i+1,j} = f_{i,j} + \left. \frac{\partial f}{\partial x} \right|_{i,j} \Delta x + \frac{1}{2} \left. \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} \right|_{i,j} \Delta x^2 + DYMT \quad (4.3)$$

elde edilir. (4.3) denkleminde $\partial f / \partial x$ terimi çekilirse;

$$\left. \frac{\partial f}{\partial x} \right|_{i,j} = \frac{f_{i+1,j} - f_{i,j}}{\Delta x} - \frac{1}{2} \left. \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} \right|_{i,j} \Delta x + DYMT \quad (4.4)$$

bağıntısı bulunur.

Burada (DYMT) daha yüksek mertebeli türevleri ifade etmektedir. (4.4) denkleminde sağ taraftaki ilk terim hariç diğerleri sifra yakınsadığından dolayı alınmazlar ve aşağıdaki (4.5) gibi ileriye doğru sonlu farklarla yaklaşım denklemini elde edilir.

$$\left. \frac{\partial f}{\partial x} \right|_{i,j} = \frac{f_{i+1,j} - f_{i,j}}{\Delta x} \quad (4.5)$$

(4.5) denkleminin bir kesme hatası vardır ve mertebesi (Δx)'in mertebesindedir. Dolayısıyla ileriye doğru sonlu fark formu birinci mertebeli hataya sahiptir.

Benzer şekilde ($f_{i-1,j}$) için Taylor açılımı yazılır ve işlemler yeniden yapılırsa; (4.6)'da gösterildiği gibi geriye doğru sonlu fark yaklaşımı elde edilir.

$$\left. \frac{\partial f}{\partial x} \right|_{i,j} = \frac{f_{i,j} - f_{i-1,j}}{\Delta x} \quad (4.6)$$

"Geriye doğru" sonlu fark yaklaşımında da birinci mertebeli kesme hatası vardır.

Merkezi sonlu fark yaklaşımı ise ileri ve geriye doğru yazılan açınımların farkından elde edilebilir.

$$f_{i+1,j} = f_{i,j} + \left. \frac{\partial f}{\partial x} \right|_{i,j} \Delta x + \frac{1}{2} \left. \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} \right|_{i,j} \Delta x^2 + \frac{1}{6} \left. \frac{\partial^3 f}{\partial x^3} \right|_{i,j} \Delta x^3 + \frac{1}{24} \left. \frac{\partial^4 f}{\partial x^4} \right|_{i,j} \Delta x^4 + 0(\Delta x^5) \quad (4.7)$$

$$f_{i-1,j} = f_{i,j} - \left. \frac{\partial f}{\partial x} \right|_{i,j} \Delta x + \frac{1}{2} \left. \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} \right|_{i,j} \Delta x^2 - \frac{1}{6} \left. \frac{\partial^3 f}{\partial x^3} \right|_{i,j} \Delta x^3 + \frac{1}{24} \left. \frac{\partial^4 f}{\partial x^4} \right|_{i,j} \Delta x^4 + 0(\Delta x^5) \quad (4.8)$$

(4.7) denkleminde (4.8) denklemi çıkartılırsa,

$$f_{i+1,j} - f_{i-1,j} = 2 \frac{\partial f}{\partial x} \Big|_{i,j} \Delta x + \frac{1}{3} \frac{\partial^3 f}{\partial x^3} \Big|_{i,j} \Delta x^3 + DYMT \quad (4.9)$$

olarak bulunur. Buradan $\partial f / \partial x$ çözümlerse,

$$\frac{\partial f}{\partial x} = \frac{f_{i+1,j} - f_{i-1,j}}{2 \cdot \Delta x} - \frac{1}{6} \frac{\partial^3 f}{\partial x^3} \Big|_{i,j} \Delta x^2 + DYMT \quad (4.10)$$

$$\frac{\partial f}{\partial x} = \frac{f_{i+1,j} - f_{i-1,j}}{2 \Delta x} + O(\Delta x^2) \quad (4.11)$$

denklemi elde edilir. (4.11) denklemindeki 2. terimden sonra gelen terimler sifira yakınsadığından ihmal edilerek, merkezi sonlu fark için aşağıda verilen (4.12) denklemi bulunur.

$$\frac{\partial f}{\partial x} \Big|_{i,j} = \frac{f_{i+1,j} - f_{i-1,j}}{2 \cdot \Delta x} \quad (4.12)$$

Burada kesme hatasının mertebesi $(\Delta x)^2$ kadardır. Bu ikinci mertebeli hata demektir.

Sonlu fark şemaları açık ve kapalı olabilirler. Açık şemalarda bilinmeyen nokta bilinen bitişik noktaların yardımıyla bulunabilir. Kapalı şemalarda bilinmeyenler birbirine bağlıdır ve doğrudan çözülemezler. Ancak matris metodlarla ve ardışık tekrarlarla çözülebilirler.

Açık sonlu fark şemaları basit formüle edilmeleri ve kolaylıkla uygulanmaları dolayısıyla oldukça çok kullanılır. Ancak şartlı kararlı olmaları nedeniyle son derece küçük zaman aralıkları seçmek gerekir. Kapalı sonlu fark şemaları iterasyon gerektirmeleri ve çok yavaş yakınsamalarından dolayı kullanışlı değildir. Ancak kararlılık özelliğinden dolayı ise yaygın kullanılmaktadır.

Eğer sonlu fark denklemi diferansiyel denkleme yaklaşırsa, bu durumda yakınsaklık söz konusudur. Yakınsaklık artarsa kararlılık da artar. Bu da hesabın daha hassas olduğunu gösterir.

4.2 Kullanılan Denklemin Sonlu Fark İfadesi

Sonlu farklar için çok çeşitli şemalar kullanılabilir. Bu şemalar açık ve kapalı olmak üzere ikiye ayrılır. Su kaynaklarında Preissmann'ın dört noktali kapalı şeması ve Lax-Wendroff açık şeması yaygın olarak kullanılır. Burada daha basit bir açık sonlu fark şeması kullanılacaktır. Bu bakımdan diğer şemalar üzerinde durulmayacaktır.

Şekil 4.2'de görüldüğü gibi standart bir açık şemada, (3.8) süreklilik denklemi ileriye doğru sonlu farklarla (4.13) ve (4.14) bağıntıları kullanılarak (4.15) şeklinde yazılabilir.

$$\frac{\partial Q}{\partial x} = \frac{Q_{i+1} - Q_i}{\Delta x} \quad (4.13)$$

$$\frac{\partial y}{\partial t} = \frac{y_i^{n+1} - y_i^n}{\Delta t} \quad (4.14)$$

$$\frac{y_i^{n+1} - y_i^n}{\Delta t} + \frac{1}{D} \frac{Q_{i+1} - Q_i}{\Delta x} = 0 \quad (4.15)$$

(4.15) denkleminde gerekli düzenlemeler yapılırsa;

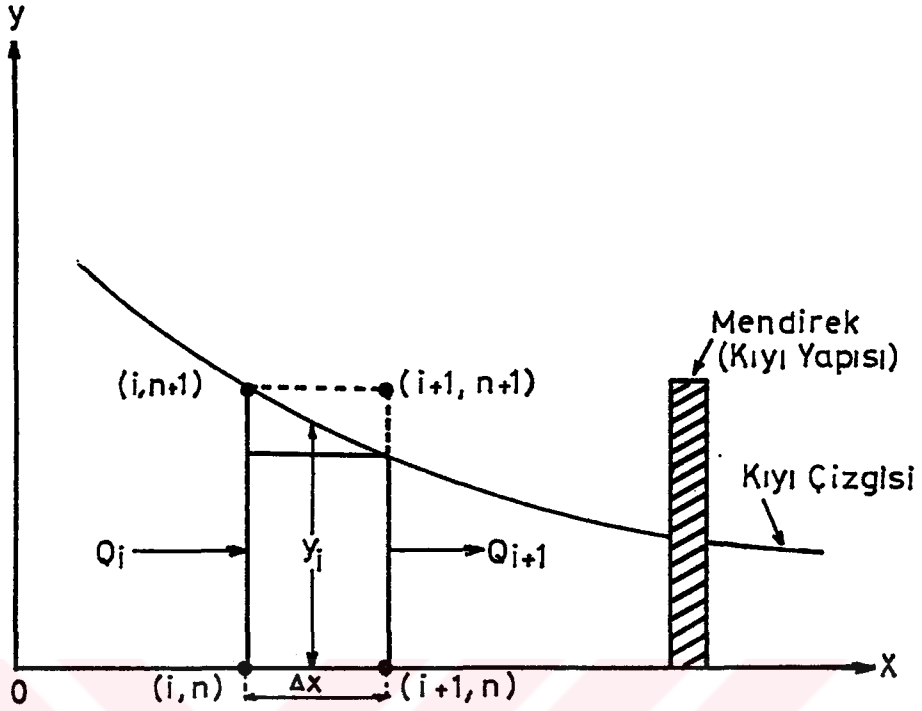
$$y_i^{n+1} = y_i^n + \frac{\Delta t}{D \cdot \Delta x} (Q_i^n - Q_{i+1}^n) \quad (4.16)$$

denklemi elde edilir. Bu denklem ileriye doğru sonlu farklarla yazılmış katı madde süreklilik denklemi olarak bilinir. Burada;

Δx : İki nokta arasındaki yatay mesafe

Δt : Seçilen zaman aralığı

$n+1$: n. adımdan bir sonraki zaman adımdır.



Şekil 4.2 Sonlu Farklar Şeması

İncelenecek problemde hesap alanına dökülen akarsuyun getirdiği katı madde birim genişlik için (q) ile gösterilirse ve daha önce yazılan (3.42) süreklilik denkleminde $\partial Q/\partial x$ yerine (4.13) değeri ve $\partial y/\partial t$ yerine (4.14) değeri yazılırsa;

$$D \frac{y_i^{n+1} - y_i^n}{\Delta t} + \frac{Q_{i+1} - Q_i}{\Delta x} = q \quad (4.17)$$

denklemini elde edilir. (4.17) denkleminde gerekli düzenlemeler yapılırsa;

$$y_i^{n+1} - y_i^n = \frac{\Delta t}{D \cdot \Delta x} (Q_i - Q_{i-1}) + \frac{\Delta t}{D} q \quad (4.18)$$

şeklinde, bu çalışmada kullanılacak katı madde süreklilik denklemini elde edilir.

Açık şemalarla çözümde kararlılık için (R_s) kararlılık parametresini göstermek kaydıyla;

$$R_s \leq 1/2 \quad (4.19)$$

olmalıdır. (R_s) kararlılık parametresi ise aşağıdaki gibi ifade edilebilir (Hanson ve Kraus, 1986).

$$R_s = \frac{2K' \cdot \Delta t (H^2 \cdot C_g)_b}{D(\Delta x)^2} \quad (4.20)$$

(4.20) bağıntısından görüldüğü gibi $R_s \leq 1/2$ olabilmesi için (Δt) zaman aralığının mümkün olduğu kadar küçük seçilmesi gerekir.

4.3 Kullanılan Sınır Şartlarının Sonlu Fark İfadesi

(3.43), (3.44), (3.45) ve (3.13) bağıntılarından bulunan değerlerle (4.18) denkleminin çözülebilmesi için problemin başlangıç ve sınır şartlarının bilinmesi gerekir. Başlangıç sınır şartı olarak verilen (3.49) bağıntısının sonlu fark ifadesi yazılacak olursa,

$$Q_1 = 0 \quad (4.21)$$

şeklini alır. Aynı şekilde kıynın deniz yapısından etkilenmediği noktada ise Bölüm 3'de sınır şartı olarak verilen (3.46) denkleminin sonlu fark ifadesi aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$\frac{Q_{N+1} - Q_N}{\Delta x} = 0 \quad (4.22)$$

başka bir ifade ile,

$$Q_{N+1} = Q_N \quad (4.23)$$

şeklinde elde edilir. Daha önce açıklandığı üzere başlangıçtaki kıyı çizgisi koordinatları, başlangıç şartı olarak

$$y_{oi} = c_i$$

şeklinde alınacak ve bu başlangıç ve sınır şartları ile problemin çözümü yapılacaktır.

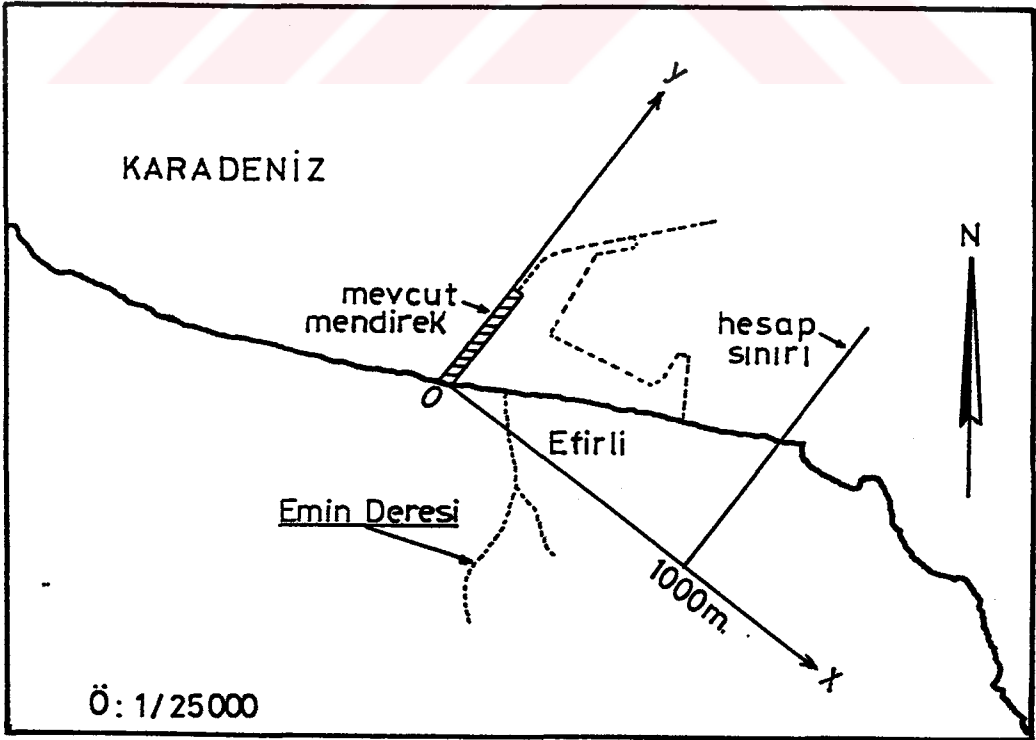


BÖLÜM 5

UYGULAMALAR

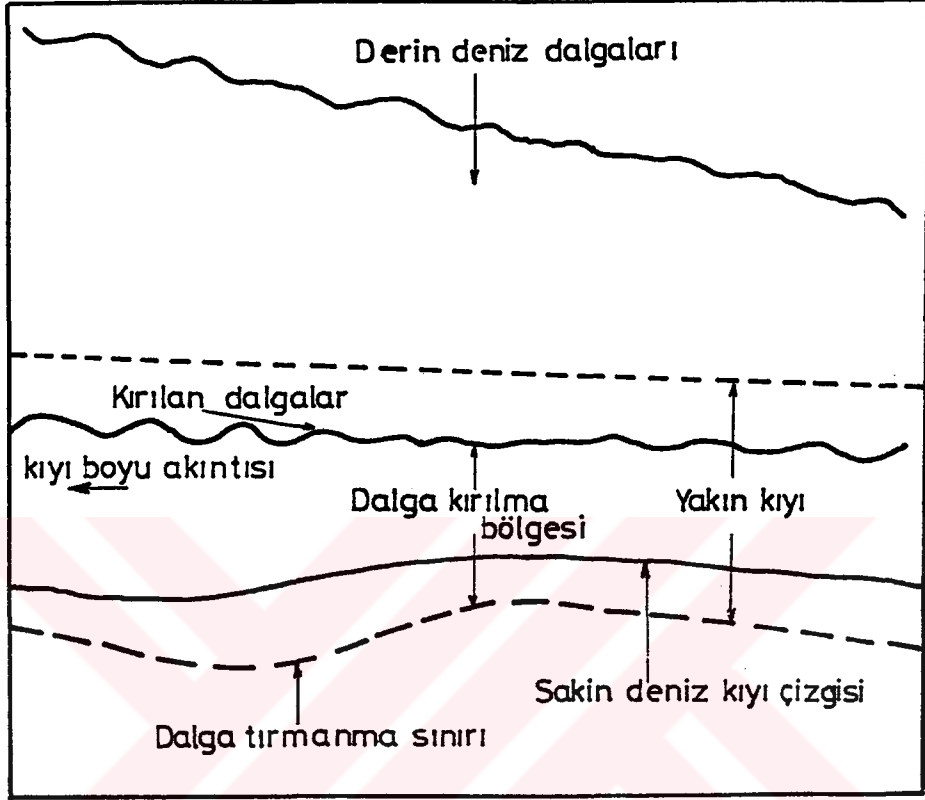
5.1 Seçilen Olay

Bu çalışmada denize dökülen bir akarsuyun getirdiği katı madde ile kıyı boyunca taşınan katı maddenin kıyıda ve deniz yapıları yakınlarında meydana getireceği değişiklikler incelenecektir. Başka bir ifade ile akarsuyun taşıdığı katı maddenin kıyıya ve kıyı yapılarına etkileri matematik bir modelle incelenecektir. Kullanılan modelin geçerliliği, gerçek tabiattan seçilen bir bölgeye uygulanarak gösterilecektir. Bunun için Ordu-Efirli yakınında daha önce yapılmış olan mendireğin durumu ile bu mendireğin hemen doğusundan denize dökülen Emin Deresi uygulama yeri olarak seçilmiştir. Şekil 5.1'de çalışma yapılan kıyının durumu, yapının ve akarsuyun konumu ile seçilen eksen takımı verilmiştir.

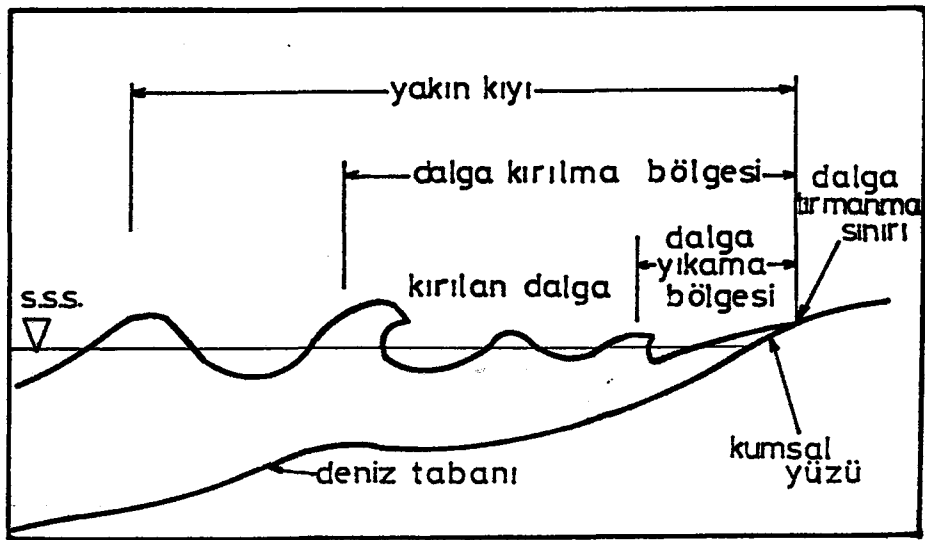


Şekil 5.1 Kıyı Durumu ve Seçilen Eksen Takımı

Bununla birlikte Şekil 5.2 ve Şekil 5.3 de kıyı boyu katı madde taşınımının planı, enkesiti ve kullanılan terimler gösterilmiştir.



Şekil 5.2 Sematik Kıyı Boyu Katı Madde Taşınımı Planı



Şekil 5.3 Sematik Kıyı Boyu Katı Madde Taşınımı Enkesiti

5.2 Kullanılan Veriler

Yapılan çalışmada kullanılan veriler 1) Rüzgar verileri 2) Dalga verileri 3) Batimetri ve katı madde verileri olmak üzere üç ana grupta toplanabilir.

5.2.1 Rüzgar Verileri

Proje alanı açık deniz dalgalarının etkisi altında olup kıyıya kuzey (N), kuzey-kuzeydoğu (NNE), kuzeydoğu (NE), doğu-kuzeydoğu (ENE), doğu (E), batı-kuzeybatı (WNW), kuzeybatı (NW), kuzey-kuzeybatı (NNW) ve batı (W) yönlerinden gelecek dalgaların etkisi beklenmektedir. Diğer yönlerden gelen rüzgar ile bir etkinin olması söz konusu değildir. Bu sekiz yönün beş yıllık, 2.3 m/sn.'den büyük hız değerleri için esme süreleri ve yüzdeleri Tablo 5.1'de verilmiştir. Tablodan da anlaşılacağı üzere doğu (E) ve batı (W)'dan gelen sırasıyla Günbatısı ve Gündoğusu rüzgarlarının etkisi çok azdır. En şiddetli gelen rüzgarlar ise NW yönünden gelen Karayel, N yönünden gelen Yıldız ve NNW yönünden gelen rüzgarlardır. NE yönünden esen Poyraz çok şiddetli olmasa dahi doğudan batıya doğru kıyı boyu akıntısını oluşturan rüzgar dalgalarını meydana getirir.

Tablo 5.1'in 5 yıllık toplam satırı, bölgede kıyı boyu katı madde hareketinde etkili olan her bir yönün toplam 5 yılda esme süresini göstermektedir.

Her bir yönün yüzde olarak ortalaması bulunurken; yüzde ortalaması bulunacak yönün 5 yıl boyunca esme süresi saat olarak, 5 yılın toplam saat sayısı olan $5.(365 \times 24) = 43800$ saate bölünüp 100 ile çarpılır. Bu şekilde bölgede kıyı boyu katı madde taşınımında etkili olan her bir yönün ortalama esme yüzdesi bulunur.

Bilgisayar hesabında üç yön hesaba katıldığından, 1. yönün esiş süresini göstermek üzere ENE, NE ve NNE yönlerinin, 2. yönün esiş süresini göstermek üzere ise NNW, NW ve WNW yönlerinin toplam esiş sürelerinin aritmetik ortalaması olarak alınmıştır.

Tablo 5.1 2.3 m/sn'den Büyük Ortalama Saatlik Rüzgarların Yön, Esme Süresi (Saat) ve Esme Yüzdeleri

YILLAR	HIZLAR	Y Ö N L E R			
		E	ENE	NE	NNE
	(m/sn)				
1986	2.3 ~ 4.5	6	74	97	45
1986	4.6 ~ 6.3	-	-	4	1
1986	6.4 ~ 7.8	-	-	1	-
1986	7.9 ~ 9.0	-	-	-	-
TOPLAM	(SAAT)	6	74	102	46
1987	2.3 ~ 4.5	1	28	66	51
1987	4.6 ~ 6.3	-	-	-	1
1987	6.4 ~ 7.8	-	-	-	-
1987	7.9 ~ 9.0	-	-	-	-
TOPLAM	(SAAT)	1	28	66	52
1988	2.3 ~ 4.5	-	25	41	20
1988	4.6 ~ 6.3	-	-	-	-
1988	6.4 ~ 7.8	-	-	-	-
1988	7.9 ~ 9.0	-	-	-	-
TOPLAM	(SAAT)	-	25	41	20
1989	2.3 ~ 4.5	-	19	21	17
1989	4.6 ~ 6.3	-	-	-	-
1989	6.4 ~ 7.8	-	-	-	2
1989	7.9 ~ 9.0	-	-	-	-
TOPLAM	(SAAT)	-	19	21	19
1990	2.3 ~ 4.5	13	3	2	82
1990	4.6 ~ 6.3	1	-	-	-
1990	6.4 ~ 7.8	-	-	-	-
1990	7.9 ~ 9.0	-	-	-	-
TOPLAM	(SAAT)	14	3	2	82
5 YILLIK TOPLAM	(SAAT)	21	149	232	219
ORTL.	%	0.0479	0.349	0.5296	0.500

Tablo 5.1 Devam

YILLAR	HIZLAR	Y Ö N L E R				
		N	NNW	NW	WNW	W
	(m/sn)					
1986	2.3 ~ 4.5	308	139	36	13	23
1986	4.6 ~ 6.3	84	45	17	6	5
1986	6.4 ~ 7.8	14	5	3	1	1
1986	7.9 ~ 9.0	1	2	1	-	-
TOPLAM	(SAAT)	407	191	57	20	29
1987	2.3 ~ 4.5	246	179	44	17	29
1987	4.6 ~ 6.3	42	56	15	1	7
1987	6.4 ~ 7.8	3	12	2	1	-
1987	7.9 ~ 9.0	-	2	1	1	1
TOPLAM	(SAAT)	291	249	62	20	37
1988	2.3 ~ 4.5	200	177	36	20	7
1988	4.6 ~ 6.3	25	64	21	2	2
1988	6.4 ~ 7.8	1	20	4	-	-
1988	7.9 ~ 9.0	-	1	-	-	-
TOPLAM	(SAAT)	226	262	61	22	9
1989	2.3 ~ 4.5	184	125	46	29	14
1989	4.6 ~ 6.3	65	53	13	3	-
1989	6.4 ~ 7.8	14	18	-	-	-
1989	7.9 ~ 9.0	1	-	-	-	-
TOPLAM	(SAAT)	264	196	59	32	14
1990	2.3 ~ 4.5	5	91	316	77	17
1990	4.6 ~ 6.3	1	10	146	12	4
1990	6.4 ~ 7.8	-	-	31	1	3
1990	7.9 ~ 9.0	-	-	3	-	-
TOPLAM	(SAAT)	6	101	496	90	24
5 YILLIK TOPLAM	(SAAT)	1194	999	735	184	113
ORTL.	%	2.724	2.279	1.677	0.42	0.2578

Tablo 5.2'de çalışma yapılan noktada etkili feç uzunlukları (km) olarak verilmiş ve Şekil 5.4'de gösterilmiştir (Ağırlioğlu, v.d., 1992). Feç uzunlukları burada üç methodla hesaplanmıştır. İlk olarak Ordu-Efirli bölgesi için rüzgar yönlerinde düz çizgiler çizilerek feç uzunlukları hesaplanmıştır. İkinci olarak ilgili noktadan itibaren rüzgar yönünden başlayarak 6 derecelik farklarla 15 ardışık radyal ışın çizilip bu ışınların 7'si bir tarafa diğer 7'si öteki tarafa bırakılır. Böylece bir rüzgar yönünün her iki tarafında 45 derecelik açı taranmış olur. Bu ışınların kıyı çizgisini ilk kestikleri nokta ile başlangıç noktası arasındaki uzaklıklar ölçülür ve aşağıdaki (5.1) bağıntısı ile feç uzunluğu belirlenir.

$$Fe = \sum d_i \cdot \left[\frac{\cos^2 \alpha_i}{\sum \cos \alpha_i} \right] \quad (5.1)$$

(5.1) bağıntısındaki,

d_i : i.ışının km olarak uzunluğu

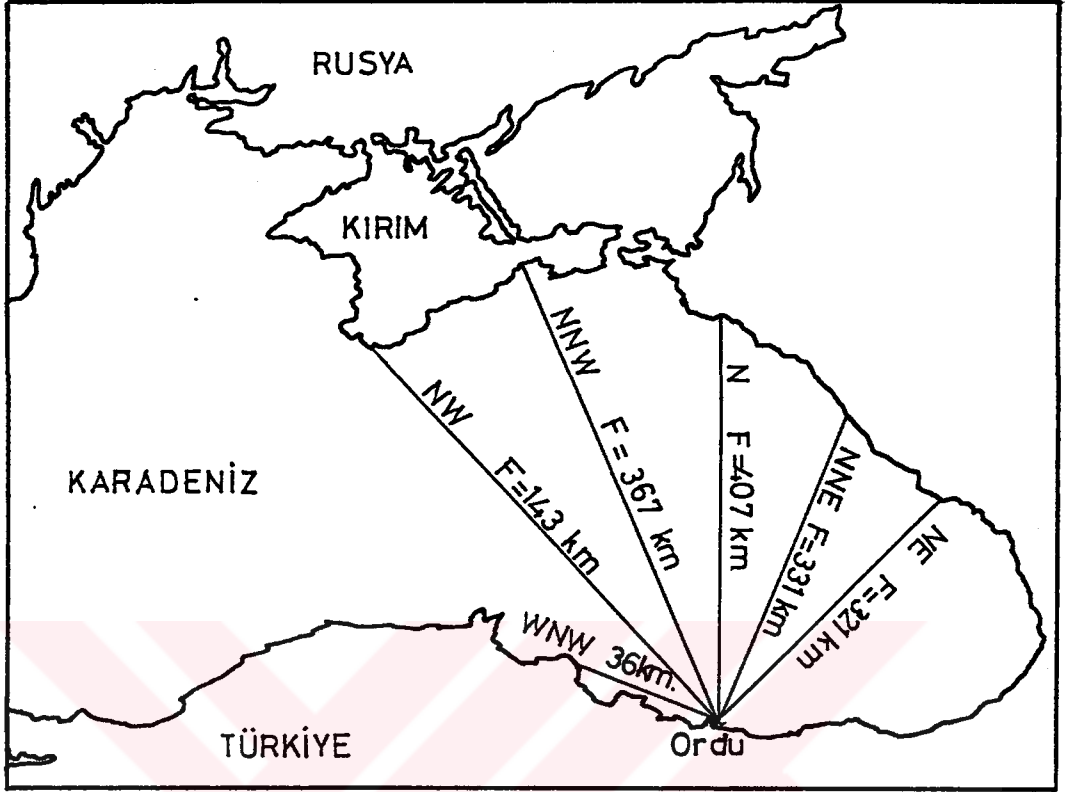
α_i : Rüzgar yönü ile bu ışın arasında kalan açıdır.

Üçüncü methodda ise (CERC, 1984) esas dalga yönünün her iki tarafından toplam 9 ışın 3 derece farklarla çizilir. Bu ışınların kıyı çizgisini kestiği nokta ile başlangıçlarının arasındaki mesafe ölçülür. Bu mesafelerin aritmetik ortalaması etkili feç uzunluğunu verir.

Tablo 5.2 Etkili Feç Uzunlukları (km)

Y Ö N L E R							
No	Metod	WNW	NW	NNW	N	NNE	NE
1	Düz Çizgi	6.0	10.1	486	406	329	318
2	6° farklarla -45° ve +45°	36.0	143.0	231	310	324	287
3	3° farklarla -12° ve +12°	5.7	10.3	367	407	331	321

Burada hesaplanan feç uzunluklarından modelde geçerli kabul edilenler Şekil 5.4'de gösterilmiştir.



Şekil 5.4 Dalga Yönleri ve Feç Uzunlukları

Meteoroloji istasyonlarından alınan saatlik ortalama rüzgar hızları ve o günün en şiddetli rüzgar hızı ve yönünü belirten tablolar sayesinde rüzgar verileri elde edilmiştir (D.M.İ., 1990). Bu veriler ve istatistik çalışmalar yardımıyla en büyük dalga yükseklikleri hesaplanabilir.

5.2.2 Dalga Verileri

Rüzgar dalgaları, dalgaların üstündeki havadan suya geçen enerji ve momentum akışından oluşurlar. Enerji ve momentum miktarı, rüzgarların oluşturduğu yüzeysel gerilime bağlıdır. Burada en önemli husus düzeltilmiş rüzgar hızı (U_A)'nın bulunmasıdır. (U_A) düzeltilmiş rüzgar hızı bulunduktan sonra dalga yüksekliği ve dalga periyodları gibi dalga verileri formül ve abaklar yardımıyla bulunabilir.

Düzeltilmiş rüzgar hızı (U_A) bulunurken rüzgar ölçme istasyonunun deniz seviyesinden yüksekliği, ölçme esnasında ortam sıcaklıkları farkı gibi

etkenler göz önüne alınmalıdır. Bu etkenler sırasıyla aşağıda belirtilmiştir.

Denizden Yükseklik;

Rüzgar hızları 10 m'den farklı bir kotta ölçülürse, bunların 10 m yükseklikteki hızlara dönüştürülmesi için aşağıda verilen (5.2) bağıntısı kullanılır.

$$U(10) = U(Z) \left(\frac{10}{Z} \right)^{1/7} \quad (5.2)$$

Burada;

$U(10)$: Denizden 10 m yukarıdaki rüzgar hızı

$U(Z)$: Denizden Z m yukarıda ölçülen rüzgar hızıdır.

(5.2) bağıntısı, Z'nin 20 m'den küçük değerleri için hassas sonuçlar vermektedir.

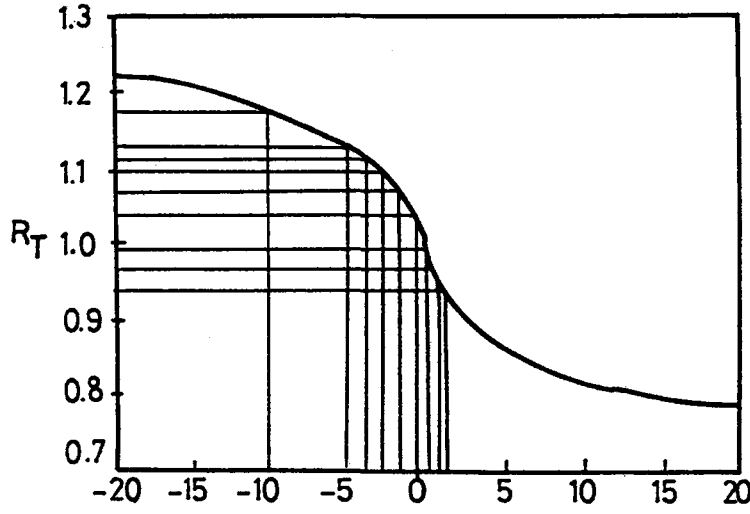
Kararlılık Düzeltmesi;

Ölçme sırasında ortam sıcaklıkları farklı olduğundan su yüzünde oluşacak yüzeysel gerilme hesaplanırken bir düzeltme katsayısı bulunmalıdır. Bu düzeltme katsayısı aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$(T_a - T_s)$ hava ile deniz sıcaklıkları farkı eksi veya artı olabilir. Bu fark eksi ise rüzgar hızı dalga oluşturmada daha etkili olur. Sıcaklık farkı artı ise rüzgar hızı daha az etkili olur. Bunun için bulunan hızların, sıcaklık farklarına göre bir (R_T) katsayısı ile çarpılması gerekir.

$$U = R_T \cdot U(10) \quad (5.3)$$

(5.3) bağıntısı rüzgar hızlarını (R_T) düzeltme faktörü ile çarpılmış halini göstermektedir. Buradaki (R_T) düzeltme faktörleri Şekil 5.5'de verilmiştir.



Şekil 5.5 Hava ve Deniz Sıcaklık Farkına Göre R_T Katsayıları

R_T düzeltme katsayısı mevsimlere göre değişir. Sıcaklıkla ilgili bilgiler mevcut değilse $R_T = 1.1$ alınabilir.

R_T kararlılık faktörünün Şekil 5.5'den elde edilebilmesi için bölgenin aylık ortalama hava ve deniz sıcaklık farklarının bilinmesi gerekir. Çalışma yapılan bölge için ölçümlerden elde edilen hava ve deniz sıcaklıkları kullanılarak R_T değerleri hesaplanmış ve Tablo 5.3' de verilmiştir (Ağırlioğlu, v.d., 1992).

Tablo 5.3 R_T Düzeltme Katsayıları

AYLAR	Hava Sıc. T_a ($^{\circ}C$)	Deniz Sıc. T_s ($^{\circ}C$)	$T_a - T_s$ ($^{\circ}C$)	R_T
Ocak	6.6	9.6	-3.0	1.09
Şubat	6.7	8.4	-1.7	1.06
Mart	7.9	8.5	-0.6	0.97
Nisan	11.1	10.8	0.3	0.94
Mayıs	15.4	15.4	0	1.0
Haziran	19.6	20.2	-0.6	0.97
Temmuz	21.8	23.2	-1.4	1.05
Ağustos	21.7	23.9	-2.2	1.07
Eylül	19.1	22.6	-3.5	1.12
Ekim	15.0	18.8	-3.8	1.13
Kasım	12.3	14.7	-2.4	1.08
Aralık	9.7	11.8	-2.1	1.07

Yukarıda anlatılan şekilde hesaplanan rüzgar hızları düzeltilmiş rüzgar hızlarına aşağıdaki (5.4) bağıntısı sayesinde dönüştürülür.

$$U_A = 0.71 * U^{1.23} \quad (5.4)$$

Burada;

U : Yükseklik ve sıcaklık farkı göz önüne alınarak elde edilen rüzgar hızı

U_A : Düzeltilmiş rüzgar hızıdır.

Bulunan (U_A) düzeltilmiş rüzgar hızları yardımıyla dalga yükseklikleri ve periyodları formül ve abaklar yardımıyla hesaplanabilir. Bu hesaplamada belirli bir feç uzunluğu için rüzgarın yeterince uzun süre esmemesi hali süre sınırlı durum, rüzgar süresi uzun olduğu halde feç uzunluğu yeterli olmaması hali feç sınırlı durum ve hem feç uzunluğunun yeterli, hem de rüzgar süresinin uzun olması hali tam gelişmiş deniz durumu gibi durumlar söz konusu olabilir. Aşağıda bu durumlar için dalga yüksekliklerinin ve dalga periyodlarının bulunması için gerekli formüller verilmiştir.

Feç sınırlı durum için belirgin dalga yüksekliği (H_S) ve periyodu (T_S);

$$H_S = 5.112 \cdot 10^{-4} U_A F^{1/2} \quad (5.5)$$

$$T_S = 5.926 \cdot 10^{-2} (U_A \cdot F)^{1/3} \quad (5.6)$$

bağıntıları ile bulunabilir.

Süre sınırlı durum için dalga yüksekliği (H_S) ve periyodu (T_S);

$$t = 8.93 \cdot 10^{-2} (F^2 / U_A)^{1/3} \quad (5.7)$$

(5.7) bağıntısı ile bulunan (t) gerçek rüzgar esme süresinden büyük ise, gerçek rüzgar esme süresi (5.7) bağıntısında yerine koyularak feç uzunluğu bulunur. Bulunan feç uzunluğu ile başlangıçtaki (U_A) değerleri (5.5) ve (5.6) bağıntılarında yerine koyularak süre sınırlı durum için dalga parametreleri bulunur.

Tam gelişmiş deniz durumu için dalga yüksekliği (H_S) ve periyodu (T_S) aşağıdaki iki bağıntıdan bulunabilir.

$$H_S = 2.482 \cdot 10^{-2} (U_A)^2 \quad (5.8)$$

$$T_S = 7.885 \cdot 10^{-1} \cdot U_A \quad (5.9)$$

Belirgin dalga yüksekliği ve periyodu bulunuşunda yukarıda izah edilen formüller yerine bu formüllerden elde edilmiş Şekil 5.6'da verilen abak da kullanılabilir (SPM, 1984).

Dalgalar derin sularda kıyıya doğru yaklaşırken sığlaşmanın etkisiyle değişikliklere uğrarlar. Dalga sığlaşması olarak adlandırılan bu olayda derin ve sığ su enerjileri eşit kabul edilerek derin ve sığ su dalga yükseklikleri arasında

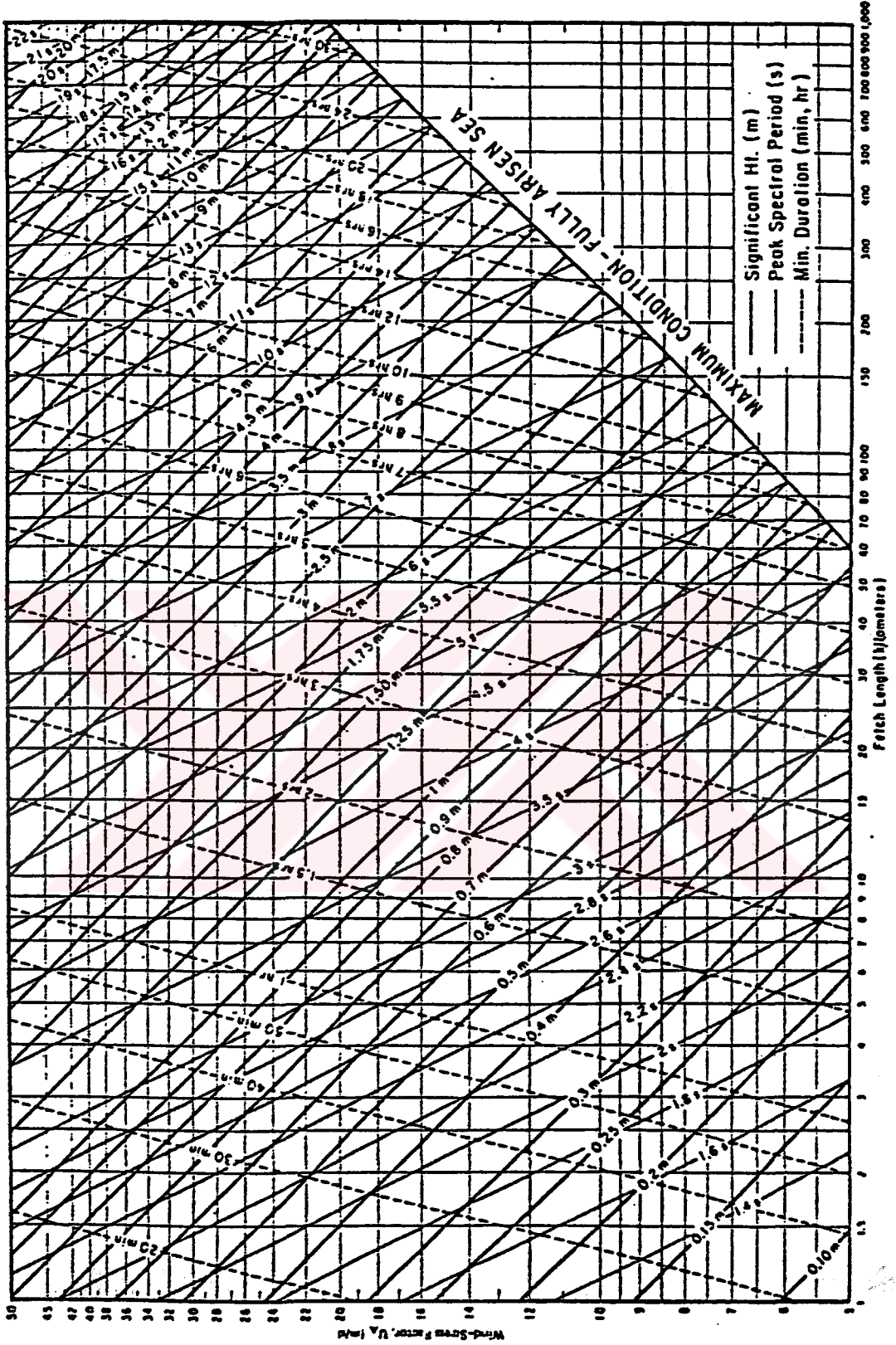
$$\frac{H'}{H_0} = K_s = \sqrt{\frac{C_0}{C}} \quad (5.10)$$

şeklinde bir bağıntı yazılabilir (SPM, 1984).

Burada;

- K_S : Sığlaşma katsayısı
- H_0 : Derin deniz dalga yüksekliği
- H' : Sığ deniz dalga yüksekliği
- C_0 : Açık deniz dalga yayılma hızı
- C : Sığ suda dalga yayılma hızıdır.

(C) ve (C_0) yayılma hızları dalga parametrelerinden bulunabilir. Ancak pratikte L_0 açık deniz dalga uzunluğu (m) ve d sığlaşma miktarı (m) olmak üzere d/L_0 oranına göre (K_S) değerini veren tablolar kullanılır.



Şekil 5.6 Derin Deniz Dalgalarını Rüzgar Hızına, Feç Uzunluğuna ve Esmeye Süresine Bağlı Olarak Belirlemeye Yarayan Abak (metrik sistemde)

Dalgalar sığ suda ilerlerken sapmaya uğrarlar. Dalga sapmasında Snell Kanunu'nun geçerli olduğu kabul edilir. Snell Kanunu'na göre;

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \alpha_0} = \frac{L}{L_0} = \frac{C}{C_0} = \tanh \frac{2\Pi d}{L} \quad (5.11)$$

yazılabilir. Burada;

L_0 : Açık deniz dalga boyu

L : Sığ suda dalga boyu

α_0 : Açık deniz dalga kretinin kıyı çizgisi ile yaptığı açı

α : Sapan dalgaların kıyı çizgisi ile yaptığı açı

C : Sığ suda dalga yayılma hızı

C_0 : Açık denizde dalga yayılma hızı

d : Su derinliğidir.

α açısı aşağıdaki (5.12) bağıntısıyla bulunabilir.

$$\alpha = \sin^{-1} \left(\frac{L}{L_0} \sin \alpha_0 \right) \quad (5.12)$$

Sapma açısı bulunduktan sonra (5.13) bağıntısından (K_r) sapma katsayıları elde edilir.

$$K_r = \sqrt{\frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha}} \quad (5.13)$$

Bu şekilde açık denizde yüksekliği (H_0) olan bir dalga sığlaşma ve sapma dolayısıyla yüksekliği (5.10) ve (5.13) bağıntılarından

$$H' = H_0 (K_s \cdot K_r) \quad (5.14)$$

olarak bulunur.

Açık denizde elde edilen dalgaların kıyıdaki değişimlerinin (K_R) ve (K_S) katsayıları hesaplanmış ve Tablo 5.4'de gösterilmiştir. Ayrıca su derinliğine bağlı olarak elde edilen dalga yükseklikleri ise Tablo 5.5'de verilmiştir (Ağralıoğlu, v.d., 1992).

Tablo 5.4 Çeşitli Yönlerden Gelen Dalgaların K_R ve K_S Katsayıları

Su Deri (m)	Y Ö N L E R											
	N		NNE		NE		NNW		NW		WNW	
	K_R	K_S	K_R	K_S	K_R	K_S	K_R	K_S	K_R	K_S	K_R	K_S
70	1.17	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	1.00	0.99	1.00	1.00
50	1.02	0.99	1.00	0.99	1.00	1.00	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00	0.99
30	0.56	0.97	0.99	0.98	1.00	1.00	0.92	0.96	0.98	0.95	1.00	0.98
20	0.35	0.94	0.94	0.95	1.00	0.98	0.81	0.92	0.95	0.92	0.99	0.95
10	0.29	0.92	0.81	0.91	0.99	0.95	0.68	0.92	0.89	0.93	0.98	0.91
5	0.26	0.98	0.79	0.88	0.95	0.91	0.63	1.00	0.86	1.02	0.97	0.96

Tablo 5.5 Çeşitli Yönlerden Gelen Dalgaların Kıyıdaki Dalga Yükseklikleri

Su Derinliği (m)	Y Ö N L E R					
	N	NNE	NE	NNW	NW	WNW
	H_S (m)	H_S (m)	H_S (m)	H_S (m)	H_S (m)	H_S (m)
70	4.29	2.55	1.40	4.61	5.34	3.40
50	3.76	2.55	1.40	4.55	5.30	3.40
30	2.91	2.50	1.40	4.00	4.99	3.36
20	2.01	2.29	1.40	3.43	4.66	3.23
10	0.98	1.88	1.31	2.90	4.43	3.05
5	0.93	1.40	1.21	2.89	4.65	3.15

Bu çalışmada kullanılan dalga karakteristikleri ise Tablo 5.6'da verilmiştir.

Tablo 5.6 Dalga Karakteristikleri

Y Ö N L E R			NNW	N	NE
Kıyı Çizgisi ile Yapılan Açı	α_0	D^0	23.1	0.6	-44.0
Ortalama Dalga Yüksekliği	\bar{H}	m	0.39	0.50	0.33
Belirgin Dalga Yüksekliği	H_S	m	0.62	0.80	0.53
Dalga Periyodu	T	Sn	3.6	3.2	2.8
Dalga Uzunluğu	L_0	m	20	16	12
Kırılan Dalga Yüksekliği	H_b	m	0.60	0.66	0.45
Kırılma Derinliği	h_b	m	0.77	0.84	0.58
Kırılma Açısı		D^0	11.0	0.34	-22.29
X Eksenine ile Yaptığı Açısı		D^0	43.0	32.34	9.71
Esmeye Süresi		Saat	384	239	120

Ortalama dalga yüksekliği (\bar{H}) ve belirgin dalga yüksekliği (H_S) değerleri sırasıyla (5.15) ve (5.16) bağıntıları ile bulunmuştur. (T) dalga periyodları ise Şekil 5.6'dan alınmıştır.

$$\bar{H} = \left(\frac{\sum P_i (H_i)^{5/2}}{\sum P_i} \right)^{2/5} \quad (5.15)$$

$$H_S = 1.6\bar{H} \quad (5.16)$$

(5.15) ve (5.16) bağıntılarında;

P_i :İlgili yöndeki dalgaların geldiği toplam süre

H_i :İlgili yönden gelen dalga yüksekliği

\bar{H} :İlgili yönden gelen dalgaların ortalama yüksekliği

H_S :İlgili yönden gelen dalgaların belirgin yüksekliğidir.

1949 yılında Munk'un verdiği aşağıdaki (5.17) ve (5.18) bağıntıları yardımıyla kırılan dalgaların yüksekliği (H_b) ve kırılma derinliği (h_b) bulunabilir (Ağralıoğlu, v.d., 1992).

$$h_b = 1.28H_b \quad (5.17)$$

$$\frac{H_b}{H_s} = \frac{1}{3.3 \left(\frac{H_s}{L_0} \right)^{1/3}} \quad (5.18)$$

Burada;

- H_b : Kırılan dalga yüksekliği
- H_s : Belirgin dalga yüksekliği
- h_b : Kırılma yerindeki deniz derinliği
- L_0 : Açık deniz dalga boyudur.

Kırılma açıları (5.11) ve açık deniz dalga boyu (L_0) ise $L_0=1.56T^2$ bağıntısı ile bulunabilir.

5.2.3 Batimetri ve Katı Madde Verileri

Çalışma yapılan alanın güneyinde dik havza yamaçlarından hızla akan yüzeysel sular, taşıdıkları katı maddeleri yol altındaki menfezler aracılığı ile denize taşımaktadırlar. Bunlardan Emin Deresi olarak bilinen bir tanesi, mevcut mendireğin hemen doğusundan denize akmaktadır. Dolayısıyla hesap sınırı içinde kalmaktadır ve bu çalışmanın ana temasını meydana getirmektedir. Emin Deresi'nin taşıdığı katı maddeleri Karadeniz'deki dalgalar, etki yönlerine göre taşımaktadırlar. Ayrıca mevcut yapının yaklaşık 1300 m batısında Akçaova Çayı, 3700 m doğusunda Efirli Deresi ve Ordu'nun Melet Irmağı bulunmaktadır.

Mendireğin civarında yapılan batimetre çalışmalarından elde edilen sonuçlara göre yapının batı kısmında seyrek olan batimetre çizgileri doğuda kıyıya yaklaşmakta ve sıklaşmaktadır. Genel olarak tam yapı hizasında 0 -10 m derinliğinde, ortalama eğim % 2 mertebesinde iken 10 m - 20 m, 20 m - 50 m ve 50 m - 100 m derinlikler arasında bu değer sıra ile % 3.5, % 2.5 ve % 0.3 mertebesinde (Ağırlioğlu, v.d., 1992).

Taban malzemesinin granülometrisini belirlemek için yapının 100 m batısından, Akçaova Çayı ve Melet Irmağı ağzından alınan numuneler elek analizinden geçirilmiş ve aşağıda Tablo 5.7' deki gibi özellikleri belirlenmiştir.

Tablo 5.7 Bölgeden Alınan Taban Malzemesinin Özellikleri

ÖZELLİK	A L I N D I Ğ I Y E R		
	Mendireğin 100 m Batısı	Akçaova Çayı Ağızı	Melet Irmağı Ağızı
D ₅₀ (mm)	0.43	0.57	0.18
D ₉₀ (mm)	0.85	0.95	0.30

Malzemenin oldukça homojen ve ince oldukları tablodan görülmektedir. Melet Irmağı ağızındaki malzemenin % 85 'i kum, % 15'i silttir. Mendireğin 100 m batısından ve Akçaova Çayı'nın ağızından alınan malzemelerin tamamı ise kum sınıfına girmektedir (Ağralıoğlu, v.d., 1992).

Emin Deresi'nin getirdiği katı madde miktarı (q) $1.10^{-3} \text{ m}^3/\text{sn}/\text{m}$, $1.10^{-4} \text{ m}^3/\text{sn}/\text{m}$, $1.10^{-5} \text{ m}^3/\text{sn}/\text{m}$ ve $1.10^{-6} \text{ m}^3/\text{sn}/\text{m}$ alınarak bilgisayarda çözüm yapılmıştır. Emin Deresi'nin taşıdığı katı madde miktarını yaklaşık belirleyebilmek için havza alanı 5 km^2 olarak tesbit edilmiş ve E.İ.E'nin bölge için km^2 'den gelen sediment miktarı çarpılarak kabaca derenin birim genişliğinden geçen katı madde debisi $q=1.2 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{sn}/\text{m}$ olarak bulunmuştur. Ancak bilgisayarda yılın 8760 saatinde hesaba katılan yönlerden esen rüzgarların tamamı 743 saat estiğine göre $1.2 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{sn}/\text{m}$ olan katı madde debisinin $8760 / 743$ sayısı ile çarpılması gerekir. Bu durumda bilgisayar hesabında (q) birim genişliğinden geçen katı madde debisi $1.41 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{sn}/\text{m}$ olarak bulunur. Hesaplarda Emin Deresi için $q=1.41 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{sn}/\text{m}$ debisinden başka, en çok ve en az değerlerde tahmin yürütülerek farklı durumlar da gözönüne alınmıştır.

5.3 Katı Madde Hareketinin Başlaması

Tablo (5.6)'dan görüleceği gibi hesap yapılan kıyı şeridinde kırılan dalga yüksekliği N (kuzey) yönünde 0.66 m, NNW (kuzey-kuzeybatı) yönünde 0.60 m ve NE (kuzeydoğu) yönünde 0.45 metredir. Aynı sıra ile; kırılma derinliği 0.84 m, 0.77 m, 0.58 m, dalga periyodları 3.2 sn, 3.6 sn ve 2.8 sn, dalga uzunlukları ise 16 m, 20 m ve 12 metredir. Bölüm 3'de verilen (3.17) bağıntısı kullanılarak her bir dalga yüksekliğinin taşıyabileceği maksimum dane çapı hesaplanmış ve Tablo (5.8)'de gösterilmiştir.

Tablo 5.8 Dalga Yüksekliğine, Uzunluğuna, Periyoduna ve Su Derinliğine göre Taşınabilen Maksimum Dane Çapı

YÖN	Dalga Yük. (m)	Dalga Uz. (m)	Dalga Per. (sn)	Su Der. (m)	Mak.Dane Çapı (mm)
NNW	0.60	20	3.6	0.77	0.17
N	0.66	16	3.2	0.84	0.07
NE	0.45	12	2.8	0.58	0.62

Tablo 5.8'den görüldüğü gibi NNW (kuzey-kuzeybatı) yönünden gelen dalgaların taşıyabileceği maksimum dane çapı 0.17 mm, N (kuzey) yönünden gelen dalgaların taşıyabileceği maksimum dane çapı 0.07 milimetredir. Ancak NE (kuzeydoğu) yönünden gelen dalgaların taşıyabileceği maksimum dane çapı 0.62 mm olup kıyı boyu katı madde taşınımında diğer yönlere göre daha etkili olmaktadır.

5.4 Yapılan Kabuller

Tabiatta meydana gelen olayları modele tam manası ile aktarmak gerçeğe yakın olmasına rağmen çözümü de o nispette güçleştirir. Dolayısıyla problemin çözümü için bazı kabuller yapılmıştır. Bu kabuller aşağıdaki gibi sıralanabilir.

1) Derenin getirdiği katı maddenin dere genişliği boyunca üniform dağıldığı varsayılmıştır.

2) Kıyının kum, silt gibi malzemedan teşekkül ettiği kıyı duvarı, yerli kaya gibi oyulmayan kısımların hesap sınırı içinde olmadığı ve dolayısıyla sahil şeridinin oyulmaya müsait olduğu kabul edilmiştir.

3) Hesap sınırının başında bulunan mevcut mendirek boyunun yeterince uzun olduğu ve mendirek ucundan katı madde geçişi olmadığı kabul edilmiştir.

4) ENE, NE ve NNE yönlerinden gelen dalgaların NE yönünden geldiği esas alınmıştır. Bölgenin batısında bulunan Çamburnu'nun rüzgarlara yaptığı etkiyi göz önüne almak için NNW, NW ve WNW yönünden gelen dalgaların

NNW yönünden geldiği kabul edilmiş ve bulunan dalga yüksekliği 1.5 katsayısına bölünerek azaltılmıştır.

5) Katı madde hareketine sebep olan dalgaların NNW, N ve NE yönlerinden geldiği esas alınmış ve matematik modele bu şekilde yansıtılmıştır.

6) Matematik modelin kurulması için x-y eksen takımının seçilmesi gerekmektedir. Mevcut yapı boyu y eksenini ve yapının kıyı ile birleştiği nokta orijin olmak kaydıyla eksen takımları seçilmiştir.

7) Hesap sınırı olarak mevcut yapıdan başlamak kaydıyla doğuya doğru 1000m. kabul edilmiş mesafe aralığı $\Delta x=25$ m ve $\Delta x=50$ m, zaman aralığı t ise 1, 3 ve 6 saat olarak seçilmiştir. Çünkü (4.20) kararlılık şartına göre açık şemalarda $H_{\text{mak}}=3.0$ m, $Dx=50$ m, $D=6$ m, $T=8$ sn için Δt 'nin 6 saatten az veya en çok 6 saat alınması söz konusudur.

8) Yığılan veya oyulan kısmın tepeden topuğa kadar olan (D) derinliğinin hesabı için aşağıda gösterildiği gibi bir bağıntı kullanılmıştır (Hanson ve Kraus, 1986).

$$D = 2.28H - 68.5 \left(\frac{H}{T} \right)^2 \frac{1}{g}$$

9) CERC formülünde kullanılan (K) boyutsuz amprik katsayısı 0.4 olarak alınmıştır (Hanson ve Kraus, 1986).

10) Seçilen x-y eksen takımı üzerinde kıyı çizgisinin $y=(0.6562).x$ şeklinde lineer bir denklem sistemine uyduğu görüldüğünden başlangıç şartları buna göre bilgisayara aktarılmıştır.

5.5 Programlama ve Akış Şeması

Kıyadaki yanal debili ve yanal debisiz katı madde hareketinden kaynaklanan kıyı değişikliği bir bilgisayar programı yardımı ile hesaplanmıştır.

Programlama dili olarak FORTRAN 77 kullanılmıştır. Program dalga verilerini hesaplayan bir alt program ve kıyıda taşınan katı madde miktarını her

ağ için hesaplayan ve buradan kıyadaki değişikliği tesbit eden bir ana programdan meydana gelmektedir.

Alt programda kullanılan kırılan dalga yükseklikleri, kırılan dalgaların kırılma açıları gibi değerleri Tablo 5.6'dan alınmıştır.

Programlamada Δt küçük seçilerek açık şemalarda çözüm bulurken meydana gelen salınımlar en aza indirilmeye çalışılmıştır. Böylelikle açık sonlu farklarla çözümde kararlılık sağlanılmaya çalışılmıştır.

Programda: IT1, NNW yönünden gelen rüzgarların yıllık esme süresi olarak; IT2, NNW+N yönünden gelen dalgaların yıllık esme süresi ve NTIMES, NNW+N+NE yönlerinden gelen dalgaların yıllık toplam esme süresini göstermektedir. Programda DT'yi 1 almak suretiyle esme yüzdeleri ile orantılı olarak IT1, IT2 ve NTIMES değerleri bir yıl olarak alınmakta ve dolayısıyla sonuçta 1 yıl sonraki kıyı değişikliği tesbit edilebilmektedir. DT değeri 3 alındığında ise program otomatik olarak IT1, IT2 ve NTIMES değerlerini 3 ile çarpmakta ve dolayısıyla sonuçta 3 yıl sonraki kıyı değişikliği hesap edilmektedir. Aynı şekilde DT değeri 6 alındığı zaman ise 6 yıllık kıyı değişikliği hesaplanabilmektedir.

DT değeri 1 alınarak 3 yıl veya 6 yıl toplam rüzgar esme süreleri bilgisayar programı çalıştırılmadan önce hesap edilerek programa girildiğinde, program çalıştırdıktan sonra sonuçların DT değerini 3 veya 6 alınmak suretiyle yapılan hesaplama arasında bir fark olmadığı görülmüştür. Bu çalışmada rüzgar esme sürelerini 3 yıl veya 6 yıl olarak hesap edilip programa bu şekilde veri olarak kayıt edileceğine DT değerini 3 veya 6 olarak değiştirip sonuçların alınması yoluna gidilmiştir. Bu şekilde bilgisayar çalıştırma süresinden en az 5 kat daha tasarruf sağlanmıştır.

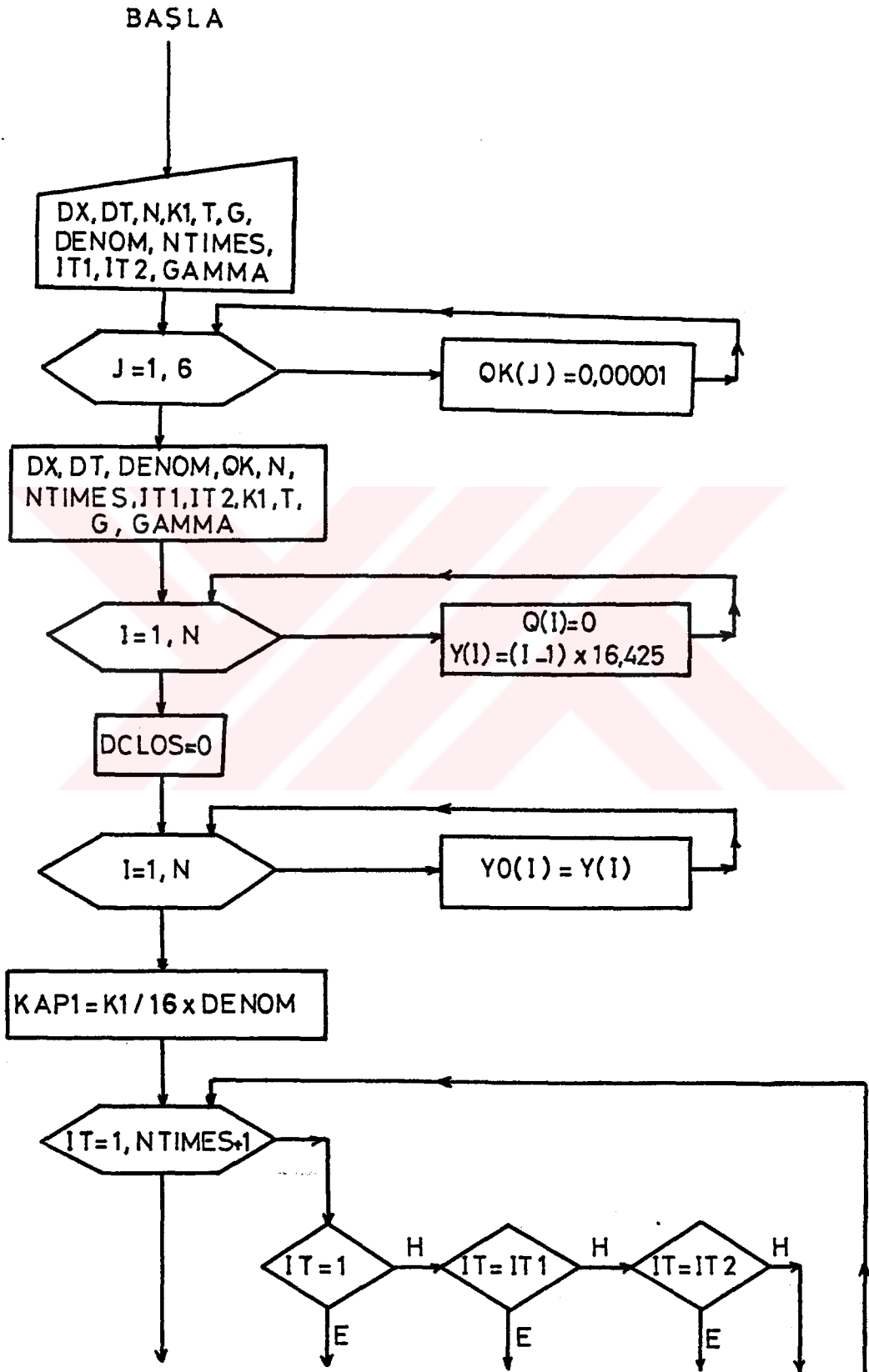
Program çıktılarında ilk olarak NNW yönünden gelen dalgaların etkisiyle meydana gelen kıyı değişikliği tesbit edilmiştir. Daha sonra NNW ve N yönünden gelen dalgaların ikisinin birden kıyıda yaptığı değişiklik tesbit edilmekte ve sonuncu olarak da NNW, N ve NE yönünden gelen rüzgarların üçünün birden kıyıda yaptığı değişiklik tesbit edilmektedir.

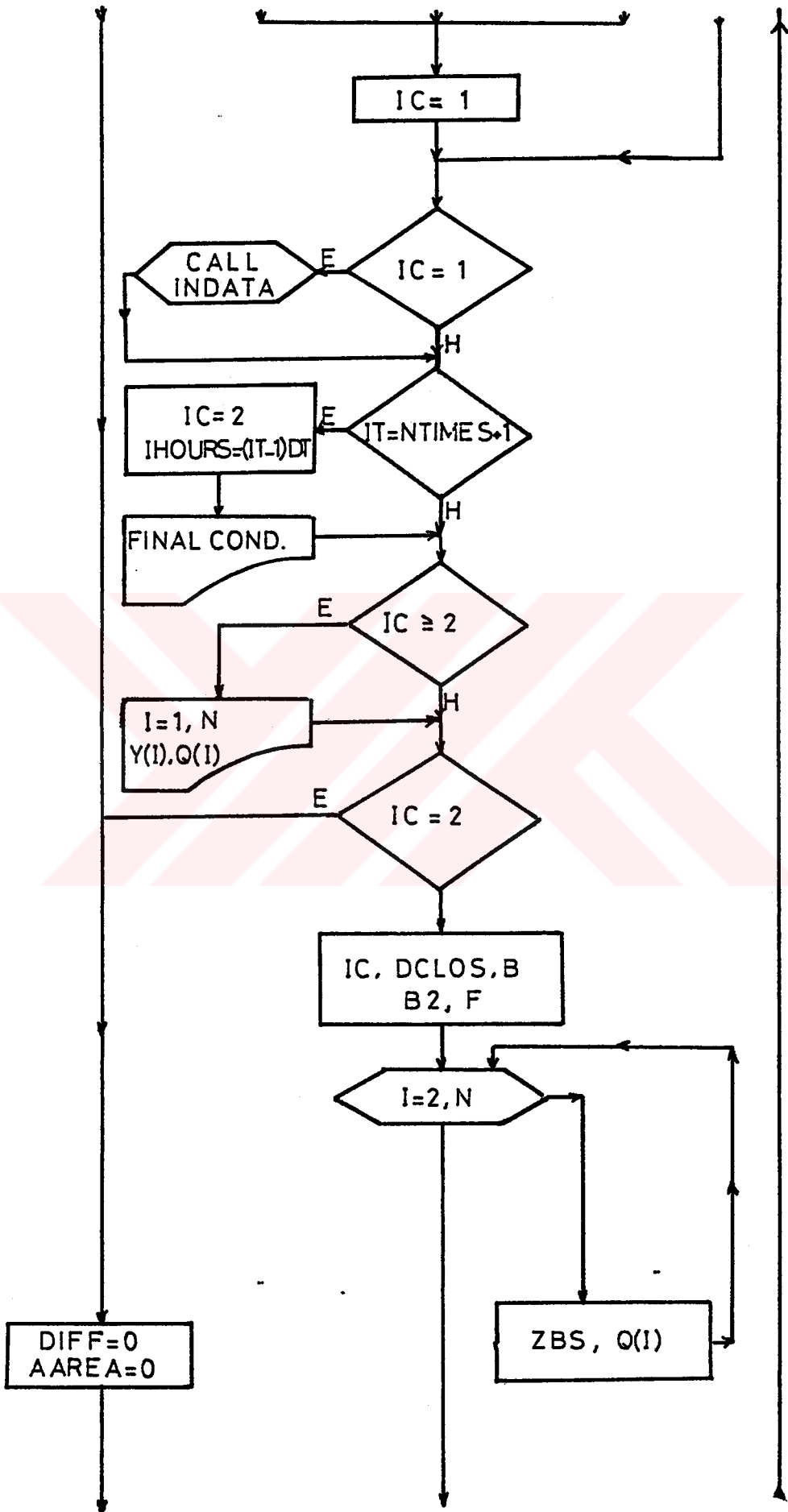
Programa veri olarak değerler girilirken rüzgarların esme yönleri hangi sırayla girilirse, bilgisayar programı sonuçlarında da kıyadaki değişiklikler o sıra

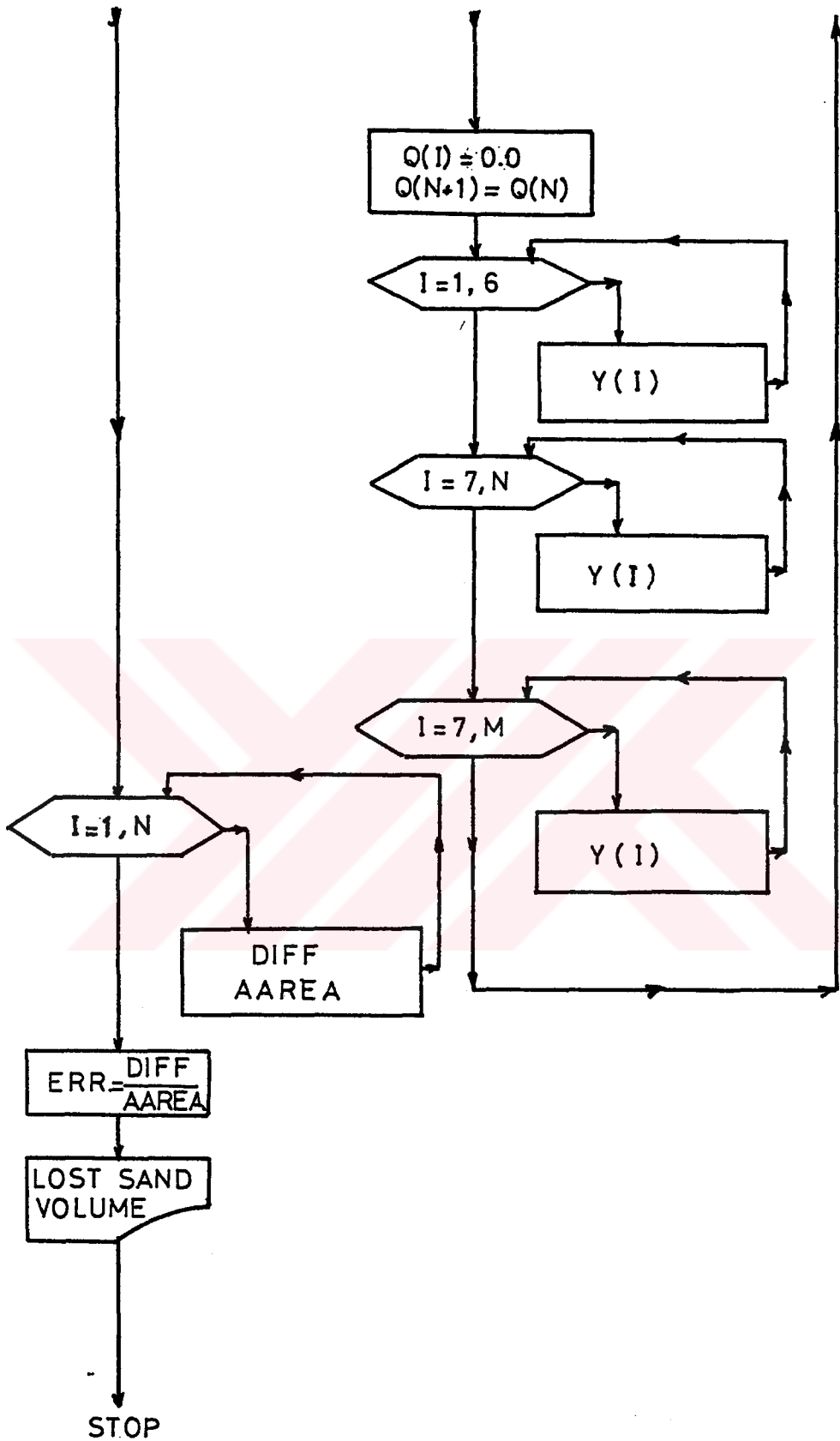
ile çıkmaktadır. Dolayısıyla rüzgarların esme sıralarını değiştirmek mümkündür. Kıyıdaki değişiklikler NNW+N+NE şeklinde olacağına, rüzgar esme sürelerinin yerini değiştirmek suretiyle kıyıdaki değişiklikler NE+N+NNW şeklinde de olabilir. Burada en çok esen rüzgar yönü sırasıyla NNW, N ve NE olduğu için programa bu şekilde verilmiş ve kıyıdaki değişiklikler NNW yönünden gelen dalgaların yaptığı değişiklik, NNW ve N yönünden gelen dalgaların ikisinin birden yaptığı değişiklik ve NNW, N ve NE yönünden gelen rüzgarların üçünün birden yaptığı değişiklik olarak tesbit edilmiştir. Bununla birlikte daha önce yapılan çalışmada aynı veriler kullanılmasına rağmen, dalgaların hesap sırası değiştirildiğinde sonuçlar arasında önemli fark doğmamaktadır (Ağırlioğlu, v.d., 1992).

Progama ait akış şeması Şekil 5.7'de verilmiştir. Burada kullanılan terimlerin anlamı aşağıda ifade edilmiştir.

DX	: Hesap ağında iki nokta arasında seçilen yatay mesafe
DT	: Seçilen zaman aralığı
IT1	: 1. yönden gelen rüzgarların yıllık esme süresi
IT2	: 1. ve 2. yönden gelen rüzgarların toplam yıllık esme süresi
NTIMES	: Üç yönden gelen rüzgarların üçünün toplam yıllık esme süresi
T	: Dalga periyodu
G	: Yerçekimi ivmesi
GAMMA	: Yaklaşık 0.78 civarında, kırılma bölgesinde su derinliğinin dalga yüksekliğine oranı
N	: Hesap adım sayısı
Y	: Kıyının ordinatı
Q	: Katı madde debisi
ZBS	: Kırılan dalgaların kıyı çizgisi ile yaptığı açı
H	: Kırılan dalgaların yüksekliği
QK	: Ünitiform bir şekilde dağılan yanal katı madde debisinin birim genişlikten geçen değeri
DENOM	: 3.44 bağıntısındaki $(s-1)a^1.r^{5/2}$ değeri
K1	: 3.44 bağıntısındaki (K) değeri
KAP1	: 3.44 bağıntısındaki (K') değeri, bilgisayar programında KAP1 olarak gösterilmiştir.







Şekil 5.7 Bilgisayar Programı Akış Diyagramı

5.6 İncelenen Hususlar

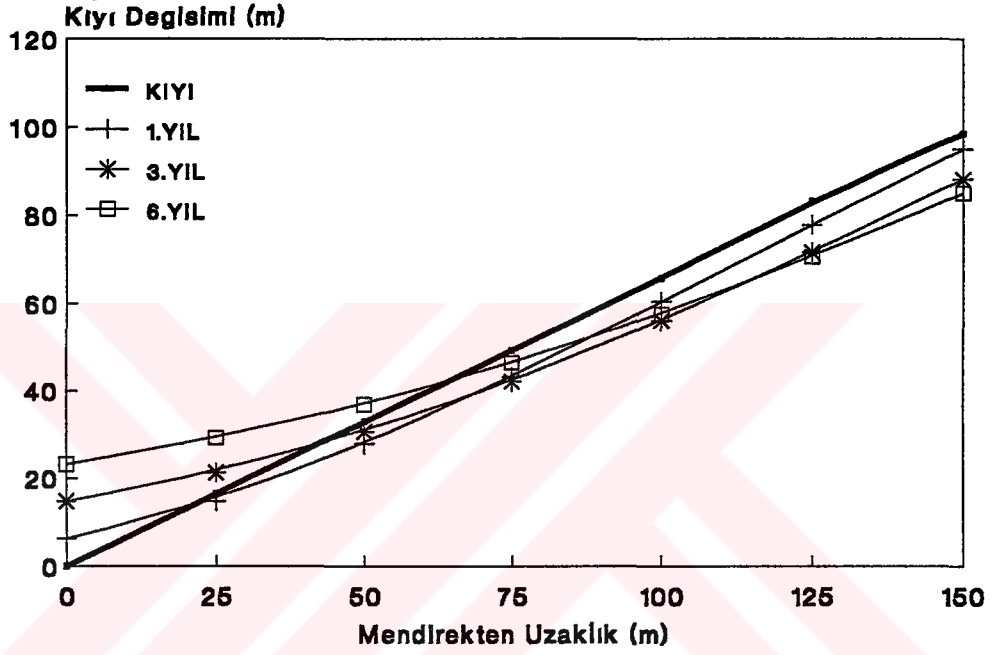
- 1) 1 yıl, 3 yıl ve 6 yıl gibi süreler esas alınarak kıyı çizgisinin zamanla değişimi araştırılmıştır.
- 2) Akarsu yerinin kıyıya etkisi araştırılmıştır.
- 3) Akarsu genişliğinin kıyıya olan etkisi araştırılmıştır.
- 4) Akarsuyun farklı katı maddeler getirmesi durumu incelenmiştir.
- 5) Matematik modelde elde edilen sonuçlar, akarsuyun getirdiği katı maddeler gözönüne alınmadan yapılan hesaplamalarla karşılaştırılmıştır.
- 6) Bulunan kıyı çizgisi profilleri daha önce laboratuvarında yapılan deney sonuçları ile karşılaştırılmıştır.
- 7) Elde edilen matematik model sonuçları, tabiattaki gözlem sonuçları ile karşılaştırılmıştır.
- 8) Akarsuların deniz kıyısına ve yapılarına etkisi için genelleme yapılmaya çalışılmıştır.

5.7 Uygulamalar

Önce, akarsuyun kıyı çizgisine etkisini görebilmek için, akarsuyun taşıdığı katı madde dikkate alınmadan 1 yıl, 3 yıl ve 6 yıl sonra kıyı çizgisinin 0 metre ile 150 metre arasındaki değişiklikleri tesbit edilmiş ve Tablo 5.9'da verilmiştir. Şekil 5.8'de ise kıyının 0 metre ile 150 metre arasındaki değişikliği grafik olarak gösterilmiştir.

Şekil 5.8 ve Tablo 5.9'dan anlaşılacağı gibi 1.yıl NNW yönünden gelen dalgalar kıyının 17.95 m oyulmasına neden olmuş, NNW+N yönünden gelen dalgaların her ikisi birden kıyının 7.88 m oyulmasına neden olmuş ve 1. yıl sonunda NNW+N+NE yönünden gelen dalgaların üçü birden kıyı çizgisinin önünde 6.35 m dolgu meydana getirmiştir. 3. yıl NNW yönünden gelen dalgalar kıyının 33.40 m oyulmasına neden olmuş, NNW+N yönünden gelen

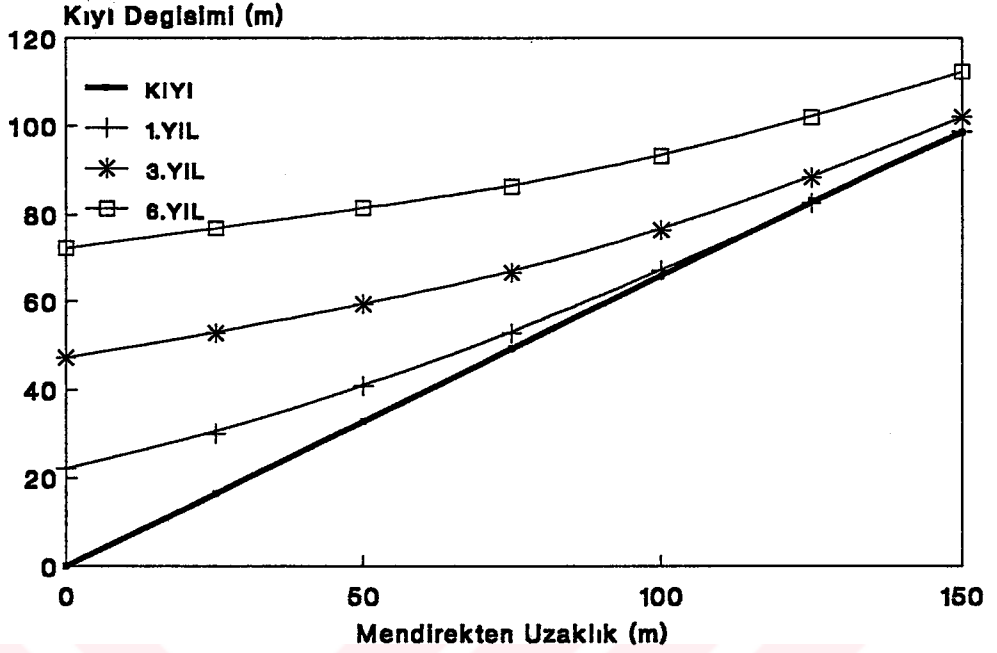
dalgaların her ikisi birden kıyının 13.53 m oyulmasına neden olmuş ve 3. yılın sonunda NNW+N+NE yönünden gelen dalgaların üçü birden kıyı çizgisinin önünde 14.75 m dolgu meydana getirmiştir. 6.yıl NNW yönünden gelen dalgalar kıyının 48.59 m oyulmasına neden olmuş, NNW+N yönünden gelen dalgaların her ikisi birden kıyının 19.04 m oyulmasına neden olmuş, 6. yılın sonunda ise NNW+N+NE yönünden gelen dalgaların üçü birden kıyı çizgisinin önünde 23.14 m dolgu meydana getirmiştir.



Şekil 5.8 Kıyı Çizgisinin Değişimi

Tablo 5.9 Dalgaların Oluşturduğu Kıyı Değişikliği

DALGA YÖNÜ	1. YIL		3. YIL		6. YIL	
	YIĞILMA	OYULMA	YIĞILMA	OYULMA	YIĞILMA	OYULMA
	m	m	m	m	m	m
NNW	-	17.95	-	33.40	-	48.59
NNW+N	-	7.88	-	13.53	-	19.04
NNW+N+NE	6.35	-	14.75	-	23.14	-

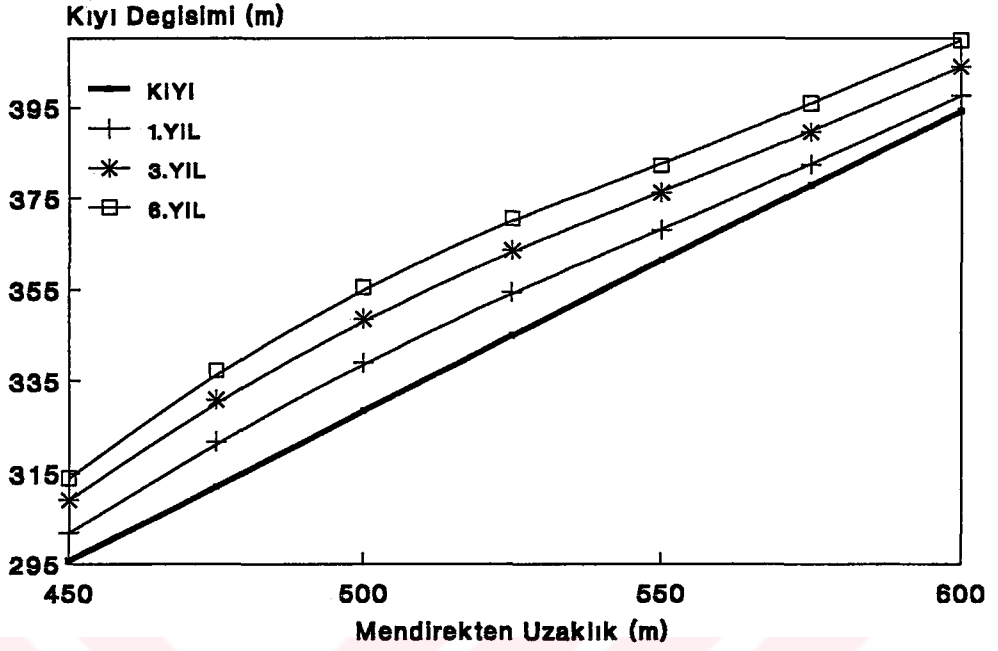


Şekil 5.9 Akarsu, Hesap Sınırının Başında ise Kıyının Değişimi
($B=50$ m, $q=1.10^{-5}$ m³/sn/m)

Tablo 5.10 Akarsu, Hesap Sınırının Başında ise Kıyının Değişimi
($B=50$ m, $q=1.10^{-5}$ m³/sn/m)

POZİSYON	B=50 m, $q=0.00001$ m ³ /sn/m					
	HESAP SINIRININ BAŞINDA 25.METREDEKİ KIYI DEĞİŞİKLİĞİ					
DALGA YÖNÜ	1. YIL		3. YIL		6. YIL	
	YİĞİLMA m	OYULMA m	YİĞİLMA m	OYULMA m	YİĞİLMA m	OYULMA m
NNW	-	3.92	-	8.46	-	12.77
NNW+N	3.44	-	9.17	-	15.14	-
NNW+N+NE	13.61	-	36.36	-	60.4	-

Tablo 5.10'da akarsu genişliği 50 m taşıdığı katı madde miktarı $q=1.10^{-5}$ m³/sn/m ve akarsu hesap sınırının 0 ile 50 m arasında ise 1 yıl, 3 yıl ve 6 yıl sonra kıyının 25. metresindeki değişiklikler gösterilmiştir. Şekil 5.10'da ise NNW+N+NE yönündeki dalgaların üçünün birden ve akarsuyun getirdiği katı maddelerin 1 yıl, 3 yıl ve 6 yıl sonra kıyıda yapmış olduğu etki görülmektedir.

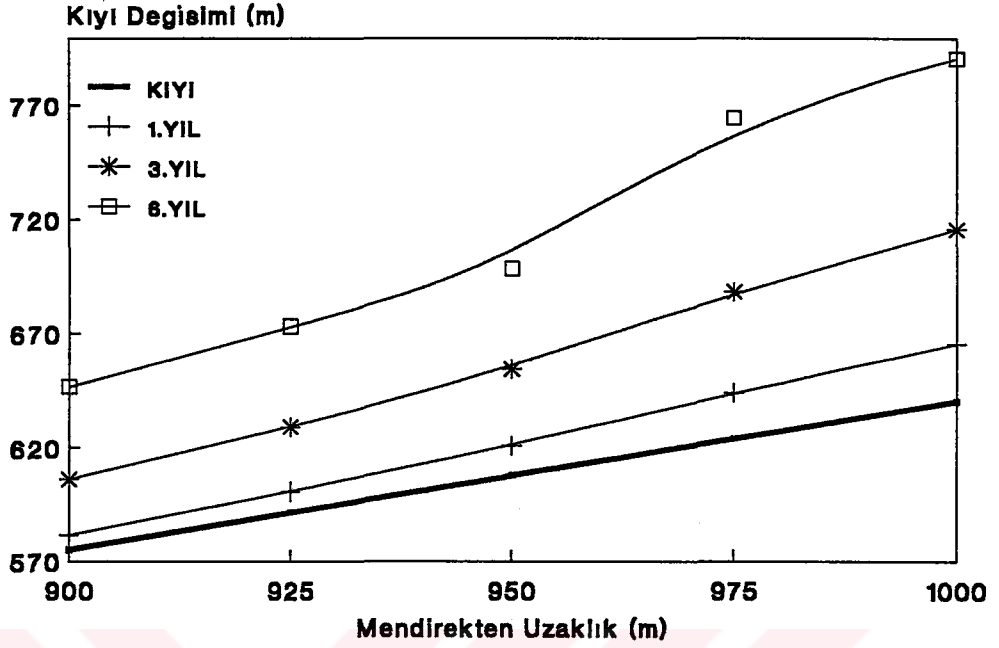


Şekil 5.10 Akarsu, Hesap Sınırının Ortasında ise Kıyının Değişimi
($B=50$ m, $q=1.10^{-5}$ m³/sn/m)

Şekil 5.10 ve Tablo 5.11'de akarsu genişliği 50 m, yanal katı madde debisi 1.10^{-5} m³/sn/m ve akarsu hesap sınırının ortasında ise 1 yıl, 3 yıl ve 6 yıl sonra kıyı değişikliği gösterilmiştir. Şekil 5.10'dan ve Tablo 5.11'den anlaşılacağı gibi NNW, N ve NE yönlerinden gelen dalgaların ve akarsuyun getirdiği katı maddeden dolayı akarsuyun hesap sınırının ortasından denize dökülmesi halinde 6 yıl sonra kıyıda 25.28 m yığılma görülmektedir.

Tablo 5.11 Akarsu, Hesap Sınırının Ortasında ise Kıyının Değişimi
($B=50$ m, $q=1.10^{-5}$ m³/sn/m)

POZİSYON	B=50 m, $q=0.00001$ m ³ /sn/m					
	HESAP SINIRININ ORTASINDA 500.METREDEKİ KİYİ DEĞİŞİKLİĞİ					
DALGA YÖNÜ	1. YIL		3. YIL		6. YIL	
	YIĞILMA m	OYULMA m	YIĞILMA m	OYULMA m	YIĞILMA m	OYULMA m
NNW	5.46	-	10.69	-	14.87	-
NNW+N	6.68	-	11.88	-	14.03	-
NNW+N+NE	9.78	-	18.84	-	25.28	-

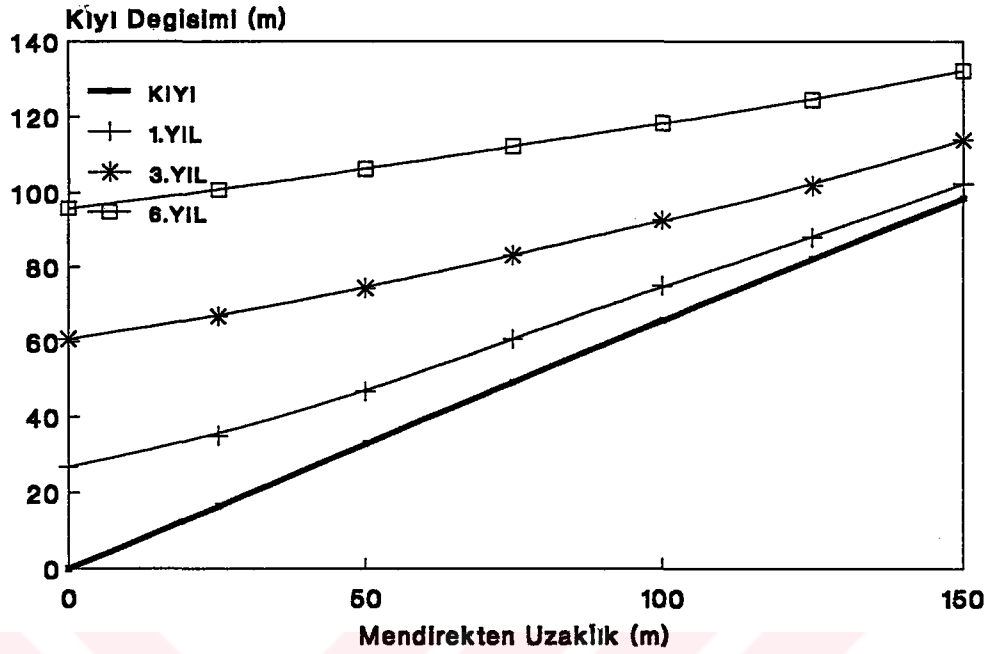


Şekil 5.11 Akarsu, Hesap Sınırının Sonunda ise Kıyının Değişimi
($B=50$ m, $q=1.10^{-5}$ m³/sn/m)

Tablo 5.12 ve Şekil 5.11 'de akarsu genişliği 50 m yanal katı madde debisi $q=1.10^{-5}$ m³/sn/m ve akarsu hesap sınırının sonunda ise 1 yıl, 3 yıl ve 6 yıl sonra kıyı değişikliği gösterilmiştir.

Tablo 5.12 Akarsu, Hesap Sınırının Sonunda ise Kıyının Değişimi
($B=50$ m, $q=1.10^{-5}$ m³/sn/m)

POZİSYON	B=50 m, $q=0.00001$ m ³ /sn/m					
	HESAP SINIRININ SONUNDA 975.METREDEKİ KİYİ DEĞİŞİKLİĞİ					
DALGA YÖNÜ	1. YIL		3. YIL		6. YIL	
	YİĞİLMA m	OYULMA m	YİĞİLMA m	OYULMA m	YİĞİLMA m	OYULMA m
NNW	9.65	-	31.3	-	65.31	-
NNW+N	16.0	-	51.52	-	106.33	-
NNW+N+NE	20.16	-	64.13	-	140.3	-

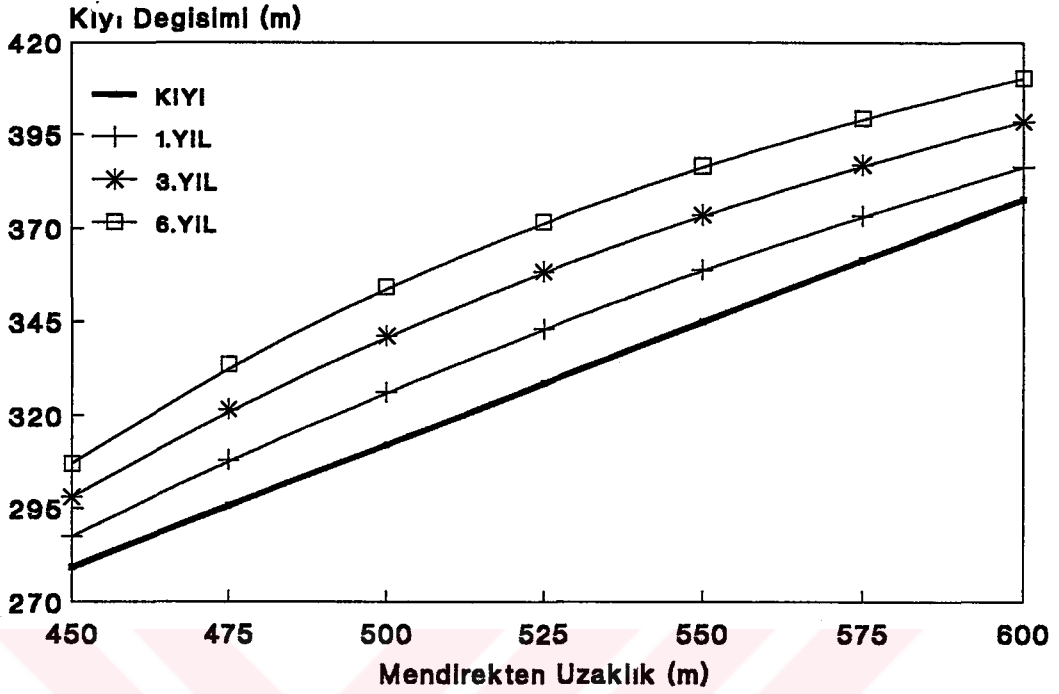


Şekil 5.12 Akarsu, Hesap Sınırının Başında ise Kıyının Değişimi
($B=100$ m, $q=1.10^{-5}$ m³/sn/m)

Tablo 5.13 ve Şekil 5.12'de akarsu genişliği 100 m, yanal katı madde debisi $q=1.10^{-5}$ m³/sn/m ve akarsu hesap sınırının başında ise 1 yıl, 3 yıl ve 6 yıl sonra kıyı değişikliği verilmiştir.

Tablo 5.13 Akarsu, Hesap Sınırının Başında ise Kıyının Değişimi
($B=100$ m, $q=1.10^{-5}$ m³/sn/m)

POZİSYON	B=100 m, $q=0.00001$ m ³ /sn/m					
	HESAP SINIRININ BAŞINDA 50. METREDEKİ KIYI DEĞİŞİKLİĞİ					
DALGA YÖNÜ	1. YIL		3. YIL		6. YIL	
	YIĞILMA	OYULMA	YIĞILMA	OYULMA	YIĞILMA	OYULMA
	m	m	m	m	m	m
NNW	-	1.37	-	0.53	1.43	-
NNW+N	7.79	-	20.5	-	33.77	-
NNW+N+NE	18.58	-	50.36	-	84.38	-

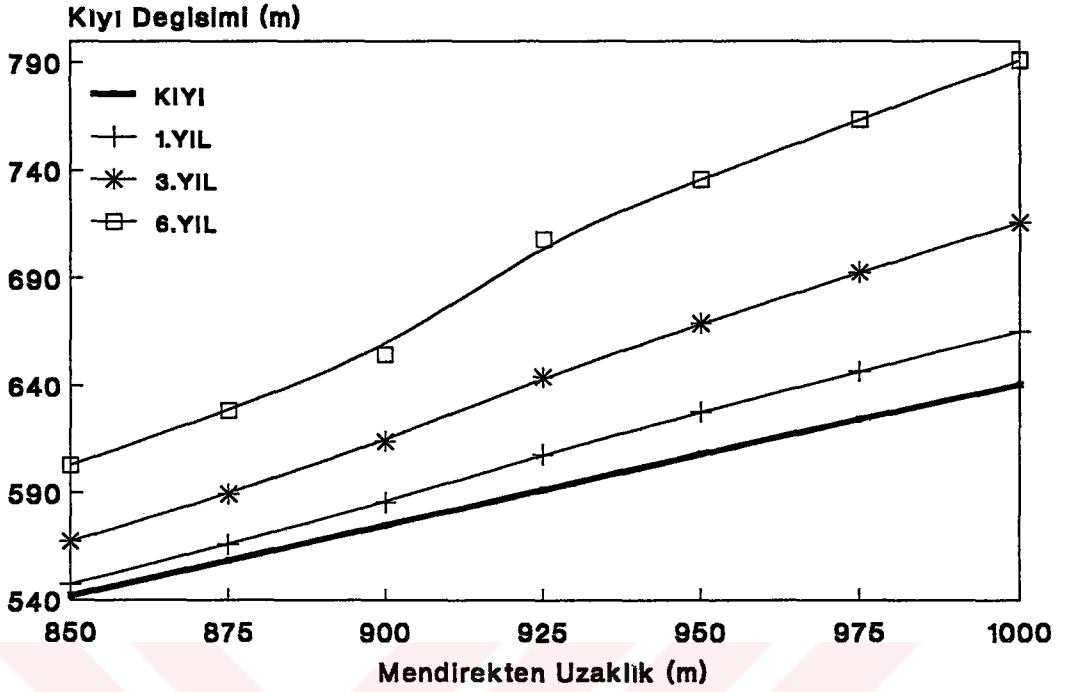


Şekil 5.13 Akarsu, Hesap Sınırının Ortasında ise Kıyının Değişimi
($B=100$ m, $q=1.10^{-5}$ m³/sn/m)

Tablo 5.14 ve Şekil 5.13'de akarsu genişliği 100 m, yanal katı madde debisi $q=1.10^{-5}$ m³/sn/m ve akarsu hesap sınırının ortasında ise 1 yıl, 3 yıl ve 6 yıl sonra kıyı değişikliği verilmiştir.

Tablo 5.14 Akarsu, Hesap Sınırının Ortasında ise Kıyının Değişimi
($B=100$ m, $q=1.10^{-5}$ m³/sn/m)

POZİSYON	B=100 m, $q=0.00001$ m ³ /sn/m					
	HESAP SINIRININ ORTASINDA 500. METREDEKİ KİYİ DEĞİŞİKLİĞİ					
DALGA YÖNÜ	1. YIL		3. YIL		6. YIL	
	YIĞILMA m	OYULMA m	YIĞILMA m	OYULMA m	YIĞILMA m	OYULMA m
NNW	8.07	-	16.64	-	24.31	-
NNW+N	10.25	-	19.36	-	25.49	-
NNW+N+NE	14.15	-	29.16	-	42.27	-

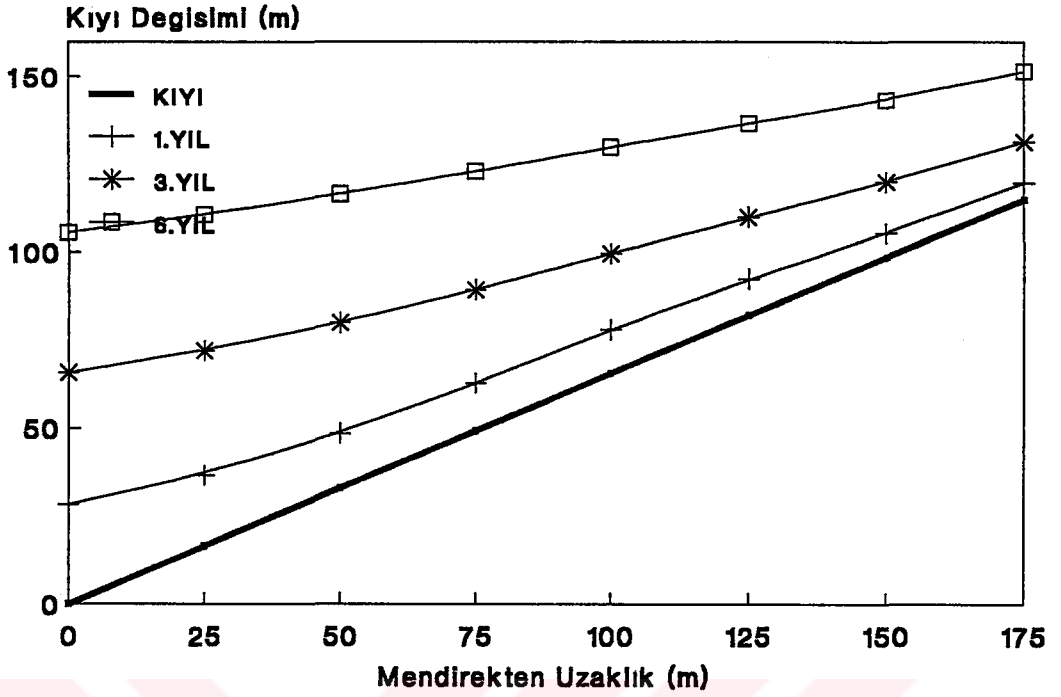


Şekil 5.14 Akarsu, Hesap Sınırının Sonunda ise Kıyının Değişimi
($B=100$ m, $q=1.10^{-5}$ m³/sn/m)

Tablo 5.15 ve Şekil 5.14'de akarsu genişliği 100 m, yanal katı madde debisi $q=1.10^{-5}$ m³/sn/m ve akarsu hesap sınırının sonunda ise 1 yıl, 3 yıl ve 6 yıl sonra kıyı değişikliği verilmiştir.

Tablo 5.15 Akarsu, Hesap Sınırının Sonunda ise Kıyının Değişimi
($B=100$ m, $q=1.10^{-5}$ m³/sn/m)

POZİSYON	B=100 m, $q=0.00001$ m ³ /sn/m					
	HESAP SINIRININ SONUNDA 950. METREDEKİ KIYI DEĞİŞİKLİĞİ					
DALGA YÖNÜ	1. YIL		3. YIL		6. YIL	
	YIĞILMA m	OYULMA m	YIĞILMA m	OYULMA m	YIĞILMA m	OYULMA m
NNW	9.78	-	29.25	-	60.47	-
NNW+N	15.22	-	47.62	-	98.83	-
NNW+N+NE	19.81	-	61.35	-	127.81	-

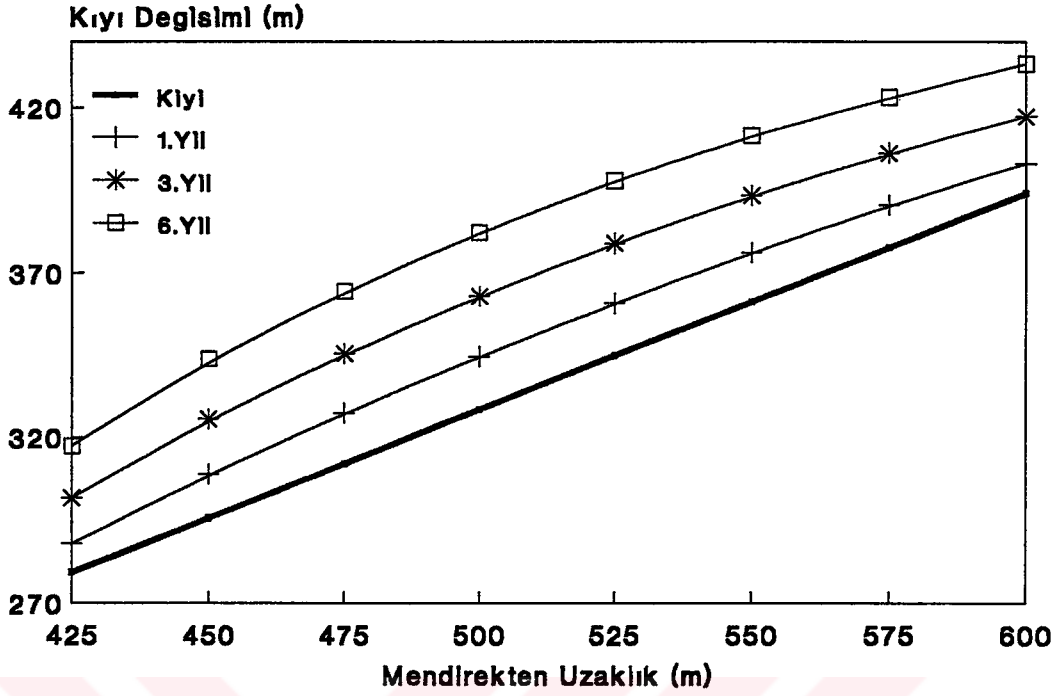


Şekil 5.15 Akarsu, Hesap Sınırının Başında ise Kıyının Değişimi
($B=125$ m, $q=1.10^{-5}$ m³/sn/m)

Tablo 5.16 ve Şekil 5.15'de akarsu genişliği 125 m, yanal katı madde debisi $q=1.10^{-5}$ m³/sn/m ve akarsu hesap sınırının başında ise 1 yıl, 3 yıl ve 6 yıl sonra kıyı değişikliği gösterilmiştir.

Tablo 5.16 Akarsu, Hesap Sınırının Başında ise Kıyının Değişimi
($B=125$ m, $q=1.10^{-5}$ m³/sn/m)

POZİSYON	B=125 m, $q=0.00001$ m ³ /sn/m					
	HESAP SINIRININ BAŞINDA 75. METREDEKİ KIYI DEĞİŞİKLİĞİ					
	1. YIL		3. YIL		6. YIL	
DALGA YÖNÜ	YIĞILMA	OYULMA	YIĞILMA	OYULMA	YIĞILMA	OYULMA
	m	m	m	m	m	m
NNW	2.83	-	6.09	-	10.83	-
NNW+N	8.91	-	23.77	-	40.1	-
NNW+N+NE	15.72	-	47.10	-	83.62	-

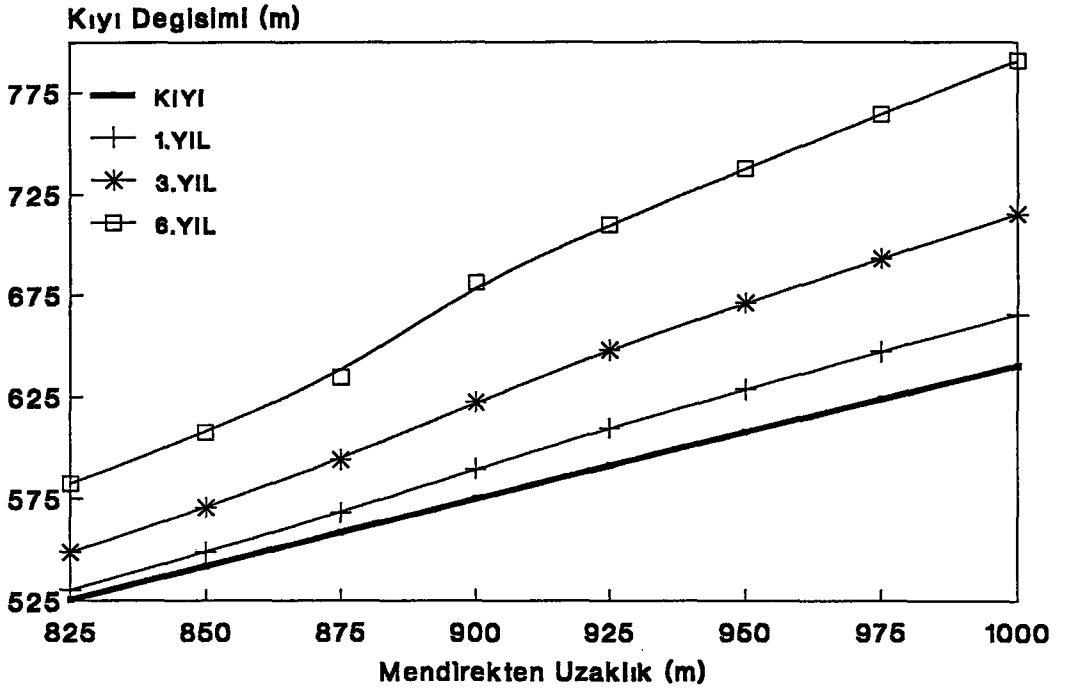


Şekil 5.16 Akarsu, Hesap Sınırının Ortasında ise Kıyının Değişimi
($B=125$ m, $q=1.10^{-5}$ m³/sn/m)

Tablo 5.17 ve Şekil 5.16 akarsu genişliği 125 m, yanal katı madde debisi $q=1.10^{-5}$ m³/sn/m ve akarsu hesap sınırının ortasında ise 1 yıl, 3 yıl ve 6 yıl sonraki kıyı değişikliğini göstermektedir.

Tablo 5.17 Akarsu, Hesap Sınırının Ortasında ise Kıyının Değişimi
($B=125$ m, $q=1.10^{-5}$ m³/sn/m)

POZİSYON	B=125 m, $q=0.00001$ m ³ /sn/m					
	HESAP SINIRININ ORTASINDA 500. METREDEKİ KİYİ DEĞİŞİKLİĞİ					
DALGA YÖNÜ	1. YIL		3. YIL		6. YIL	
	YIĞILMA m	OYULMA m	YIĞILMA m	OYULMA m	YIĞILMA m	OYULMA m
NNW	8.6	-	18.65	-	28.97	-
NNW+N	11.28	-	22.93	-	34.45	-
NNW+N+NE	15.25	-	33.34	-	52.55	-

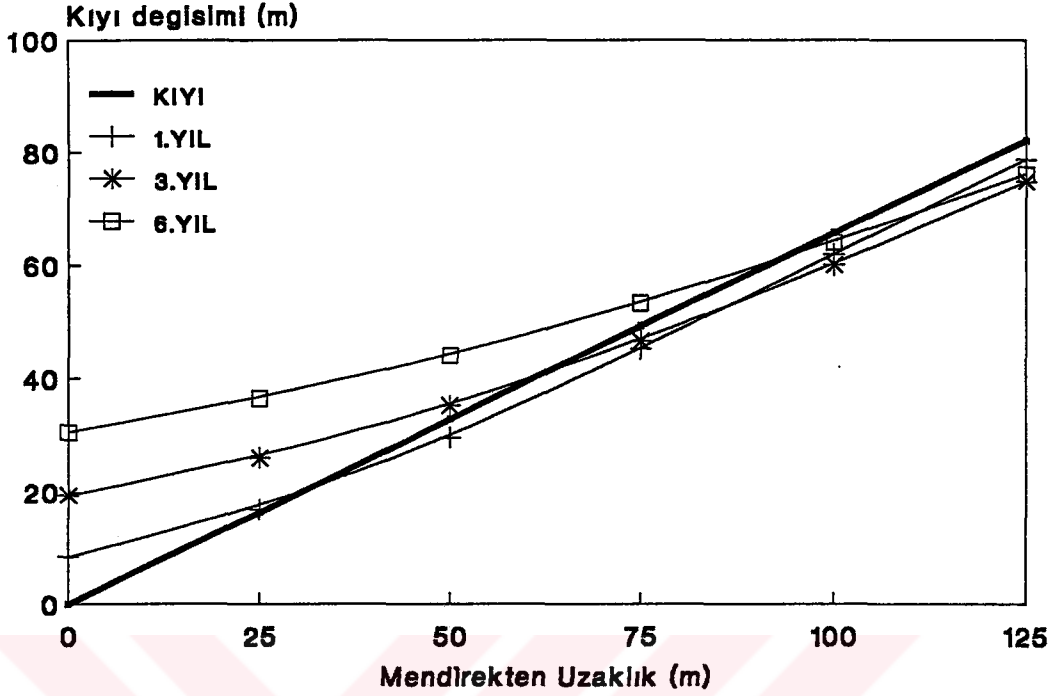


Şekil 5.17 Akarsu, Hesap Sınırının Sonunda ise Kıyının Değişimi
($B=125$ m, $q=1.10^{-5} m^3/sn/m$)

Tablo 5.18 ve Şekil 5.17 akarsu genişliği 125 m, yanal katı madde debisi $q=1.10^{-5} m^3/sn/m$ ve akarsu hesap sınırının sonunda ise 1 yıl, 3 yıl ve 6 yıl sonraki kıyı değişikliğini göstermektedir.

Tablo 5.18 Akarsu, Hesap Sınırının Sonunda ise Kıyının Değişimi
($B=125$ m, $q=1.10^{-5} m^3/sn/m$)

POZİSYON	B=125 m, $q=0.00001 m^3/sn/m$					
	HESAP SINIRININ SONUNDA 925. METREDEKİ KİYİ DEĞİŞİKLİĞİ					
DALGA YÖNÜ	1. YIL		3. YIL		6. YIL	
	YIĞILMA m	OYULMA m	YIĞILMA m	OYULMA m	YIĞILMA m	OYULMA m
NNW	12.67	-	38.00	-	76.0	-
NNW+N	20.06	-	60.12	-	120.25	-
NNW+N+NE	25.07	-	75.16	-	150.33	-



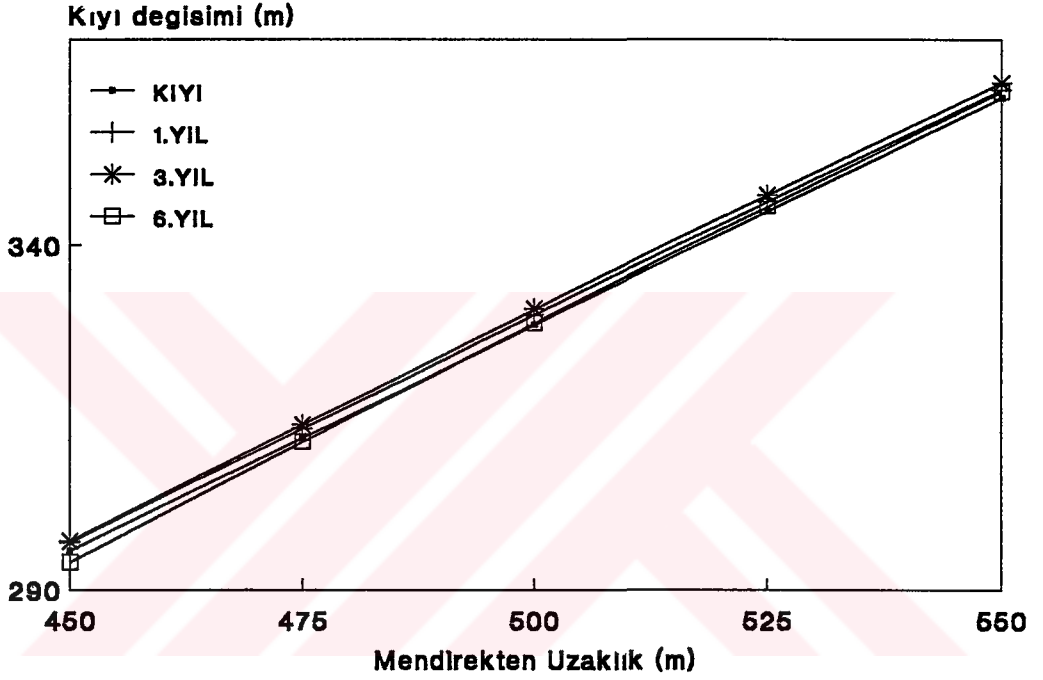
Şekil 5.18 Akarsu, Hesap Sınırının Başında ise Kıyının Değişimi
($B=100$ m, $q=1.10^{-6}$ m³/sn/m)

Tablo 5.19 ve Şekil 5.18 akarsu genişliği 100 m, yanal katı madde debisi $q=1.10^{-6}$ m³/sn/m ve akarsu hesap sınırının başında ise 1 yıl, 3 yıl ve 6 yıl sonraki kıyı değişikliğini göstermektedir.

Tablo 5.19 Akarsu, Hesap Sınırının Başında ise Kıyının Değişimi
($B=100$ m, $q=1.10^{-6}$ m³/sn/m)

POZİSYON	B=100 m, $q=0.000001$ m ³ /sn/m					
	HESAP SINIRININ BAŞINDA 50. METREDEKİ KİYİ DEĞİŞİKLİĞİ					
DALGA YÖNÜ	1. YIL		3. YIL		6. YIL	
	YIĞILMA m	OYULMA m	YIĞILMA m	OYULMA m	YIĞILMA m	OYULMA m
NNW	-	11.44	-	24.68	-	37.89
NNW+N	-	6.3	-	10.3	-	13.97
NNW+N+NE	-	0.56	9.7	-	20.11	-

Tablo 5.19 ve Şekil 5.18'den görüleceği gibi yanal katı madde debisi azaldıkça NNW ve N yönlerinden gelen rüzgarların oluşturduğu dalgalar kıyıda oyulma meydana getirmektedir. NE yönünden gelen rüzgarların oluşturduğu dalgalar ise kıyıda doğudan batıya doğru katı madde taşımakta, taşınan bu katı madde mendireğin hemen doğusunda başka bir deyişle hesap sınırının başında toplanmaktadır. 6 yıl sonra kıyı çizgisinin 20.11 m ilerlediği Tablo 5.19'dan anlaşılmaktadır.



Şekil 5.19 Akarsu, Hesap Sınırının Ortasında ise Kıyının Değişimi
($B=100$ m, $q=1.10^{-6}$ m³/sn/m)

Tablo 5.20 ve Şekil 5.19 akarsu genişliği 100 m, yanal katı madde debisi $q=10^{-6}$ m³/sn/m ve akarsu hesap sınırının ortasında ise 1 yıl, 3 yıl ve 6 yıl sonraki kıyı değişikliğini göstermektedir.

Yanal katı madde debisi 1.10^{-6} m³/sn/m mertebesinde olduğu zaman kıyıda pek bir değişikliğin olmadığı Şekil 5.19'dan anlaşılmaktadır. Ayrıca mevcut kıyı yapısından uzaklaştıkça yapının etkisi azalmakta ve kıyı doğal durumuna dönmektedir. Nitekim Tablo 5.20'de 3 yıl sonra kıyıda 1.98 m kadar az bir dolgu ve 6 yıl sonra 0.51 m kadar son derece az bir oyulma meydana geldiği görülmektedir.

Tablo 5.20 Akarsu, Hesap Sınırının Ortasında ise Kıyının Değişimi
($B=100$ m, $q=1.10^{-6}$ m³/sn/m)

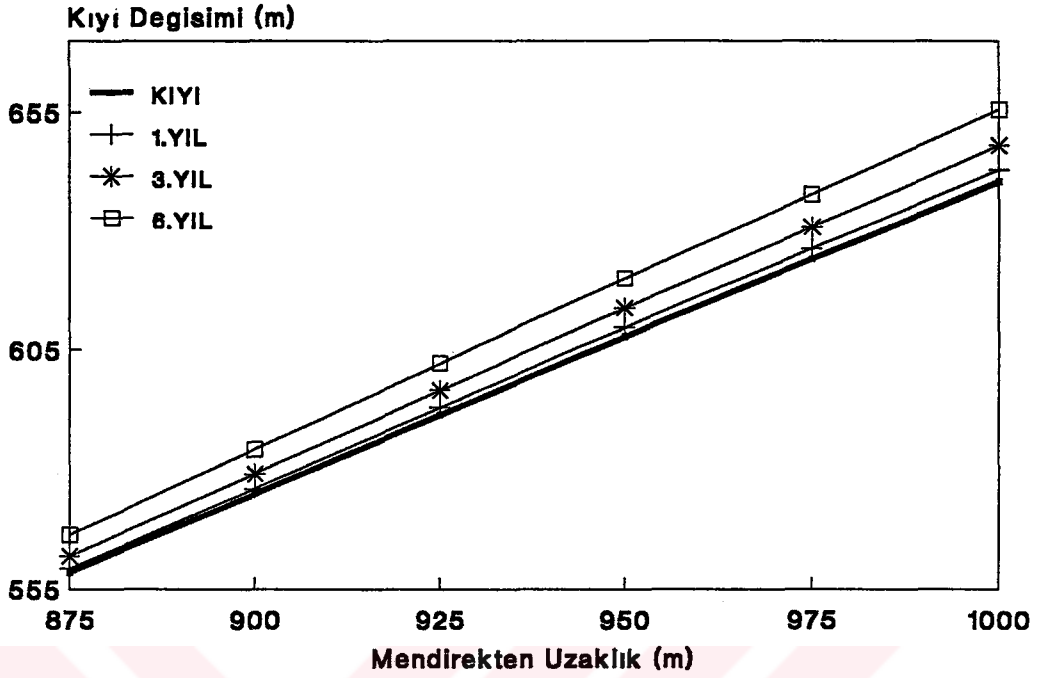
POZİSYON	B=100 m, $q=0.000001$ m ³ /sn/m HESAP SINIRININ ORTASINDA 500. METREDEKİ KIYI DEĞİŞİKLİĞİ					
	1. YIL		3. YIL		6. YIL	
DALGA YÖNÜ	YIĞILMA	OYULMA	YIĞILMA	OYULMA	YIĞILMA	OYULMA
	m	m	m	m	m	m
NNW	0.81	-	1.59	-	1.35	-
NNW+N	1.02	-	1.21	-	-	1.68
NNW+N+NE	1.40	-	1.98	-	-	0.51

Tablo 5.21 Akarsu, Hesap Sınırının Sonunda ise Kıyının Değişimi
($B=100$ m, $q=1.10^{-6}$ m³/sn/m)

POZİSYON	B=100 m, $q=0.000001$ m ³ /sn/m HESAP SINIRININ SONUNDA 950. METREDEKİ KIYI DEĞİŞİKLİĞİ					
	1. YIL		3. YIL		6. YIL	
DALGA YÖNÜ	YIĞILMA	OYULMA	YIĞILMA	OYULMA	YIĞILMA	OYULMA
	m	m	m	m	m	m
NNW	0.98	-	2.94	-	6.08	-
NNW+N	1.53	-	4.81	-	9.97	-
NNW+N+NE	1.97	-	6.08	-	12.38	-

Tablo 5.21 ve Şekil 5.20 akarsu genişliği 100 m, yanal katı madde debisi $q=1.10^{-6}$ m³/sn/m ve akarsu hesap sınırının sonunda ise 1 yıl, 3 yıl ve 6 yıl sonraki kıyı değişikliğini göstermektedir.

NNW, N ve NE yönünden gelen dalgaların aynı sıra ile üçünün birden taşıdığı katı madde ve akarsuyun getirdiği katı maddeyle, hesap sınırının sonuna doğru kıyının sürekli dolduğu Şekil 5.20'den anlaşılmaktadır. Bununla birlikte Tablo 5.21'den görüleceği gibi 6 yıl sonra yanal katı madde debisiyle birlikte NNW yönünden gelen dalgalar kıyıda 6.08 m, NNW+N yönünden gelen dalgalar ikisi birden 9.97 m, NNW+N+NE yönünden gelen dalgalar ise üçü birden 12.38 metrelik bir dolgu meydana getirmektedir.

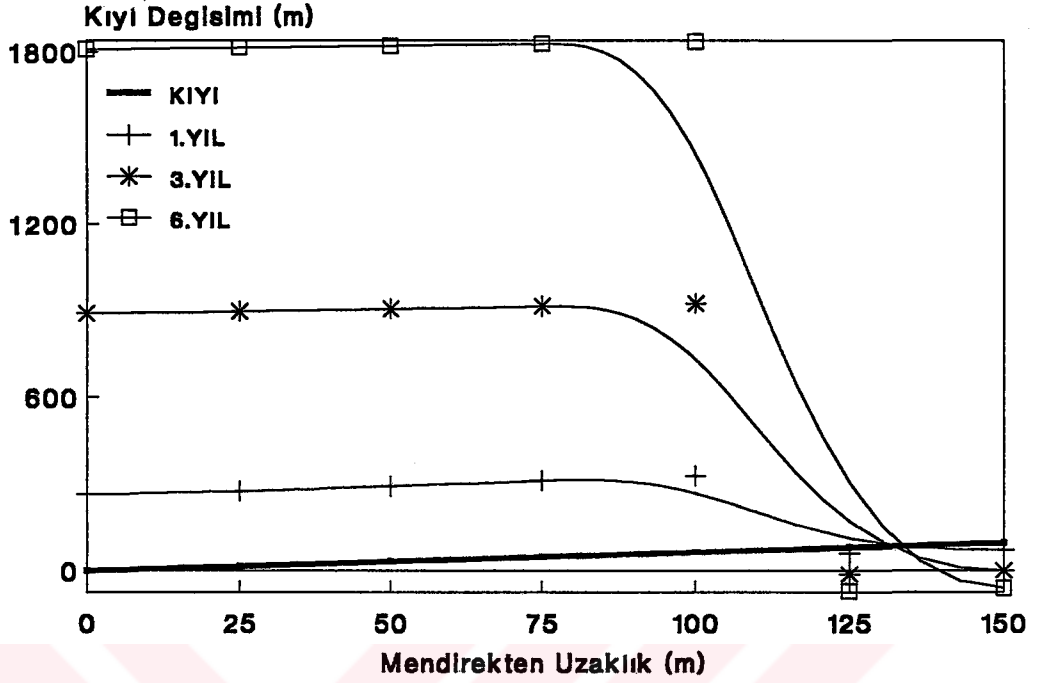


Şekil 5.20 Akarsu, Hesap Sınırının Sonunda ise Kıyının Değişimi
($B=100$ m, $q=1.10^{-6}$ m³/sn/m)

Tablo 5.22 ve Şekil 5.21 akarsu genişliği 100 m, ve yanal katı madde debisi $q=1.10^{-4}$ m³/sn/m ve akarsu hesap sınırının başında ise 1 yıl, 3 yıl ve 6 yıl sonraki kıyı değişikliğini göstermektedir.

Tablo 5.22 Akarsu, Hesap Sınırının Başında ise Kıyının Değişimi
($B=100$ m, $q=1.10^{-4}$ m³/sn/m)

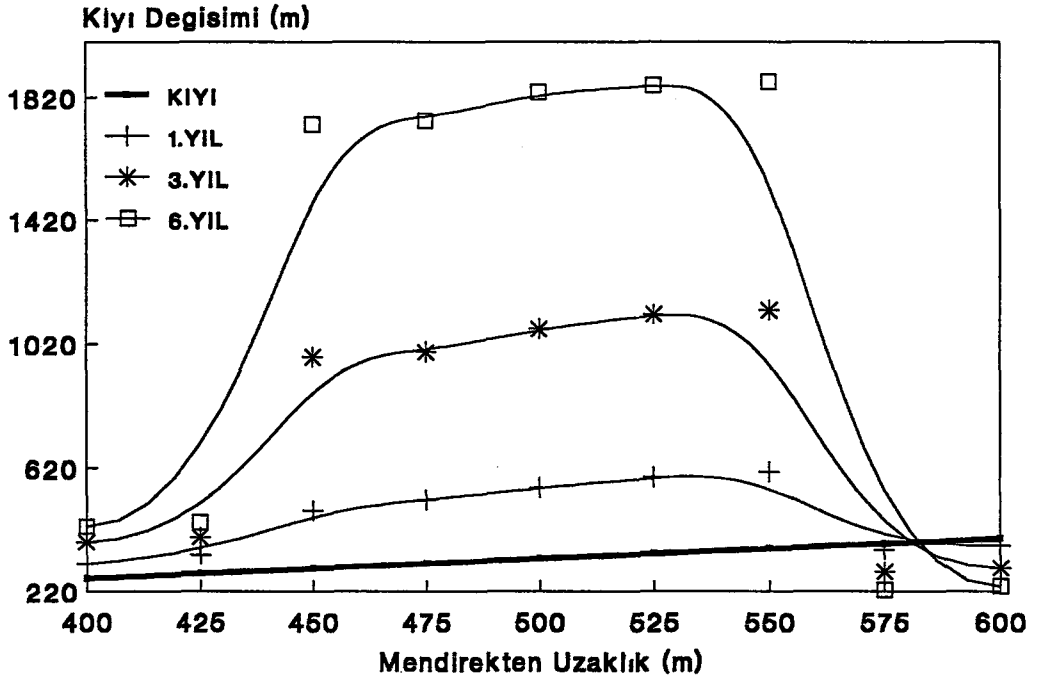
POZİSYON	B=100 m, $q=0.0001$ m ³ /sn/m					
	HESAP SINIRININ BAŞINDA 50. METREDEKİ KİYİ DEĞİŞİKLİĞİ					
DALGA YÖNÜ	1. YIL		3. YIL		6. YIL	
	YIĞILMA m	OYULMA m	YIĞILMA m	OYULMA m	YIĞILMA m	OYULMA m
NNW	109.14	-	407.2	-	878.77	-
NNW+N	201.31	-	705.41	-	1464.58	-
NNW+N+NE	260.00	-	879.86	-	1798.38	-



Şekil 5.21 Akarsu, Hesap Sınırının Başında ise Kıyının Değişimi
($B=100$ m, $q=1.10^{-4}$ m³/sn/m)

Yanal katı madde debisinin artması kıyıda büyük miktarda dolgu oluşmasına neden olduğu Şekil 5.21'den anlaşılmaktadır. Mevcut dalga verilerine göre kıyıda okyanus sahillerinde görüldüğü gibi aşırı bir taşınım söz konusu değildir. Ancak hesaplarda akarsuyun getirdiği katı madde miktarının kıyıda nasıl bir dolgu meydana getireceğini açık bir şekilde görmek için, yanal katı madde debisi gerçeğine nazaran aşırı miktarda artırılmıştır. Dolayısıyla Tablo 5.22'den de anlaşılacağı gibi yanal katı madde debisiyle birlikte 6 yıl sonra NNW yönünden gelen dalgalar kıyıda 878.77 m, NNW+N yönünden gelen dalgaların ikisi birden 1464.58 m, NNW+N+NE yönünden gelen dalgaların üçü birden ise 1798.38 metrelik bir dolgu meydana getirmiştir.

Şekil 5.21, Şekil 5.22 ve Şekil 5.23'de görüleceği gibi yanal katı madde debisinin yüksek mertebede olması kıyıda aşırı dolguya neden olurken akarsu yerinin değişmesi pek etkili olmamaktadır. Yanal katı madde debisinin yüksek mertebede olması dalgaların taşıdığı katı madde miktarını ikinci plana atmaktadır. Dolayısıyla bu durumda kıyıda meydana gelen dolgunun büyük bir kısmı akarsuyun getirdiği katı maddeden kaynaklanmaktadır.

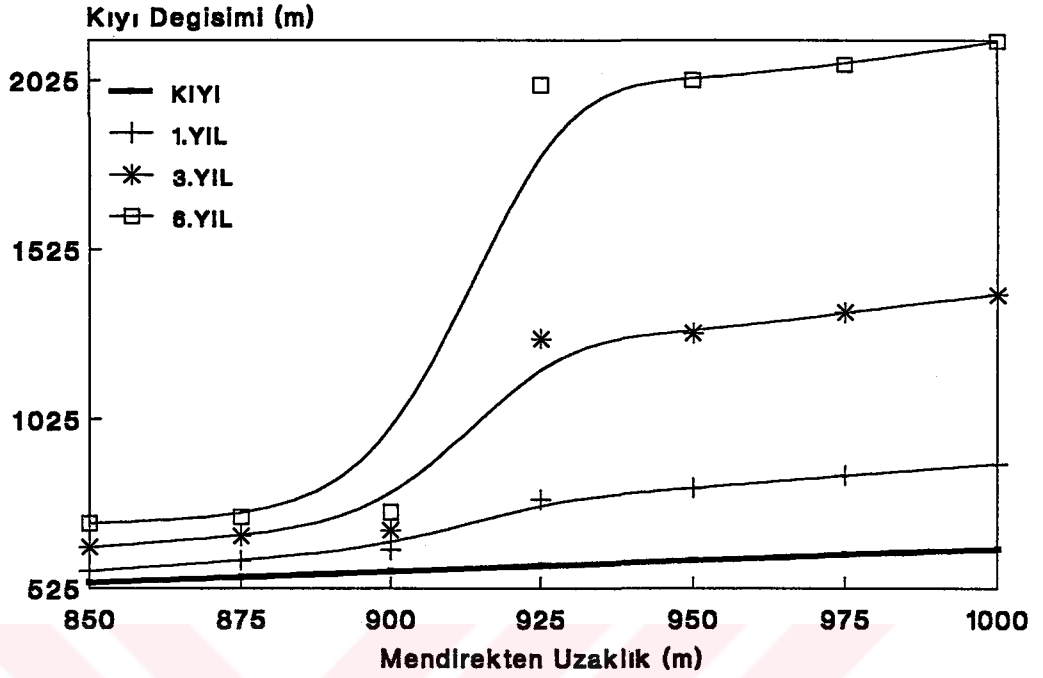


Şekil 5.22 Akarsu, Hesap Sınırının Ortasında ise Kıyının Değişimi
($B=100$ m, $q=1.10^{-4}$ m³/sn/m)

Tablo 5.23 ve Şekil 5.22 akarsu genişliği 100 m, yanal katı madde debisi $q=1.10^{-4}$ m³/sn/m ve akarsu hesap sınırının ortasında ise 1 yıl, 3 yıl ve 6 yıl sonraki kıyı değişikliğini göstermektedir.

Tablo 5.23 Akarsu, Hesap Sınırının Ortasında ise Kıyının Değişimi
($B=100$ m, $q=1.10^{-4}$ m³/sn/m)

POZİSYON	B=100 m, $q=0.0001$ m ³ /sn/m HESAP SINIRININ ORTASINDA 500. METREDEKİ KIYI DEĞİŞİKLİĞİ					
	1. YIL		3. YIL		6. YIL	
DALGA YÖNÜ	YIĞILMA m	OYULMA m	YIĞILMA m	OYULMA m	YIĞILMA m	OYULMA m
NNW	94.24	-	321.83	-	679.00	-
NNW+N	157.68	-	537.93	-	1124.73	-
NNW+N+NE	208.05	-	682.75	-	1434.00	-



Şekil 5.23 Akarsu, Hesap Sınırının Sonunda ise Kıyının Değişimi
($B=100$ m, $q=1.10^{-4}$ m³/sn/m)

Tablo 5.24 ve Şekil 5.23 akarsu genişliği 100 m, yanal katı madde debisi $q=1.10^{-4}$ m³/sn/m ve akarsu hesap sınırının sonunda ise 1 yıl, 3 yıl ve 6 yıl sonraki kıyı değişikliğini göstermektedir.

Tablo 5.24 Akarsu, Hesap Sınırının Sonunda ise Kıyının Değişimi
($B=100$ m, $q=1.10^{-4}$ m³/sn/m)

POZİSYON	B=100 m, $q=0.0001$ m ³ /sn/m					
	HESAP SINIRININ SONUNDA 950. METREDEKİ KİYİ DEĞİŞİKLİĞİ					
DALGA YÖNÜ	1. YIL		3. YIL		6. YIL	
	YIĞILMA m	OYULMA m	YIĞILMA m	OYULMA m	YIĞILMA m	OYULMA m
NNW	102.19	-	312.75	-	653.68	-
NNW+N	162.54	-	522.2	-	1095.72	-
NNW+N+NE	212.91	-	671.49	-	1416.73	-

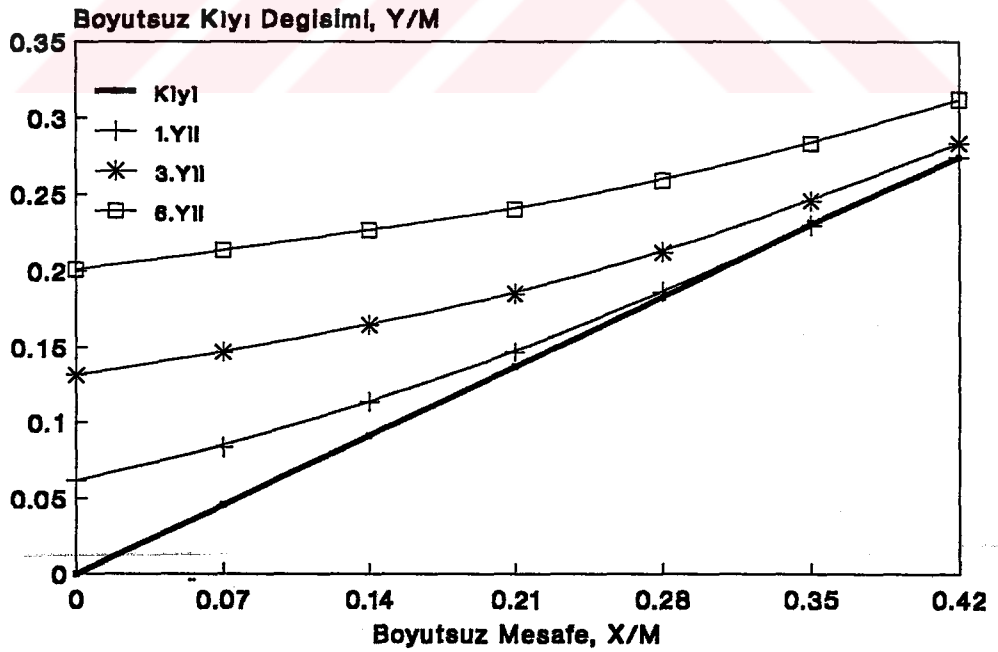
BÖLÜM 6

DEĞERLENDİRMELER

Bu bölümde bazı boyutsuz parametreler kullanılarak problemde göz önüne alınan her husus grafikler halinde boyutsuz olarak değerlendirilmiştir.

6.1 Kıyının Zamanla Değişimi

1 yıl, 3 yıl ve 6 yıl sonra akarsu genişliği 50 m, akarsu mendireğinin hemen doğusundan denize dökülmesi halinde ve akarsuyun taşıdığı katı madde miktarı birim genişlikte $q=1.10^{-5} \text{ m}^3/\text{sn}/\text{m}$ için kıyıda meydana gelen değişiklikler Şekil 6.1'de olduğu gibi tesbit edilmiştir. Şekil 6.1'de düşey eksen ve yatay eksen mendirek boyuna göre boyutsuzlaştırılmış; NNW, N ve NE yönlerinden gelen dalgaların etkisi göz önüne alınarak çizilmiştir. Burada, (M) mendirek boyunu göstermektedir.

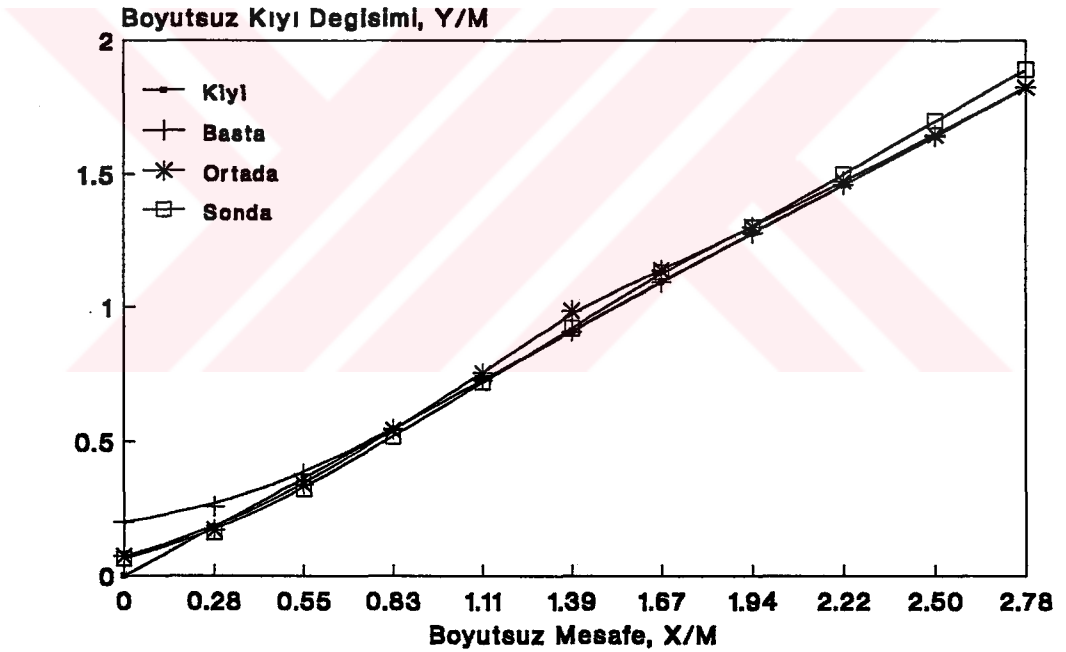


Şekil 6.1 Kıyının Zamanla Değişimi ($B=50 \text{ m}$, $q=1.10^{-5} \text{ m}^3/\text{sn}/\text{m}$)

Şekil 6.1'den görüleceği üzere özellikle NE yönünden gelen dalgalar ve akarsuyun getirdiği katı madde sahilde toplanarak mendireğin hemen doğusunda bir yığılma meydana getirmektedir. NNW ve N yönünden gelen dalgalar kıyıda oyulmaya neden olurken akarsuyun getirdiği katı madde ve NE yönünden gelen dalgaların taşıdığı katı madde oyulma etkisini tamamen ortadan kaldırmaktadır.

6.2 Akarsu Yerinin Kıyıya Etkisi

Şekil 6.2'de 6 yıl sonra, akarsu genişliği 50 m iken akarsu yerinin hesap sınırının başında, ortasında ve sonunda denize dökülmesi halinde kıyı çizgisinin değişimi tesbit edilmiştir. Burada yatay eksen ve dikey eksen mendirek boyuna göre boyutsuzlaştırılmış ve akarsuyun getirdiği katı madde miktarı olan $q=1.10^{-5} \text{ m}^3/\text{sn}/\text{m}$ olarak alınmıştır.



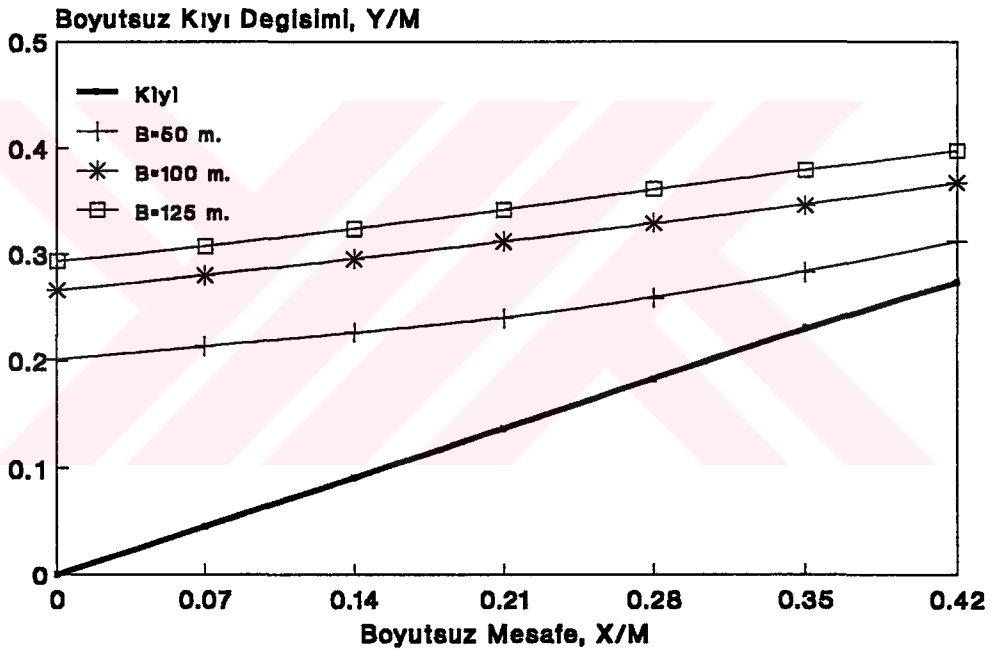
Şekil 6.2 Akarsu Yerinin Kıyıya Etkisi ($B=50 \text{ m}$, $q=1.10^{-5} \text{ m}^3/\text{sn}/\text{m}$)

Şekil 6.2'den görüldüğü gibi akarsuyun mendireğin hemen bitişiğinden denize dökülmesi halinde kıyıda meydana gelen yığılma, akarsuyun hesap sınırının ortasında ve sonunda denize dökülmesi halinde kıyıda meydana gelen yığılmaya nazaran daha fazladır. Başka bir ifade ile akarsuyun hesap sınırının ortasından ve sonundan denize dökülmesi halinde kıyıda meydana gelen yığılmada, akarsuyun mendireğin hemen bitişiğinden denize dökülmesi halinde

kıyıda oluşan yığılmaya göre % 62.5 ve % 67'lik bir azalma görülmektedir. Bu da bize mendirekten uzaklaştıkça yapının kıyıya olan etkisinin azaldığını göstermektedir.

6.3 Akarsu Genişliğinin Kıyıya Etkisi

Bu alt bölümde akarsu genişliğinin kıyı çizgisine olan etkisi incelenmiştir. Şekil 6.3'de akarsu genişliği 50 m, 100 m ve 125 m alınarak akarsu mendireğin hemen doğusundan denize döküldüğü ve birim genişlik için taşıdığı katı madde miktarı olan $q=1.10^{-5} \text{ m}^3/\text{sn}/\text{m}$ kabul edilerek 6 yıl sonraki kıyı çizgisindeki değişiklikler görülmektedir.

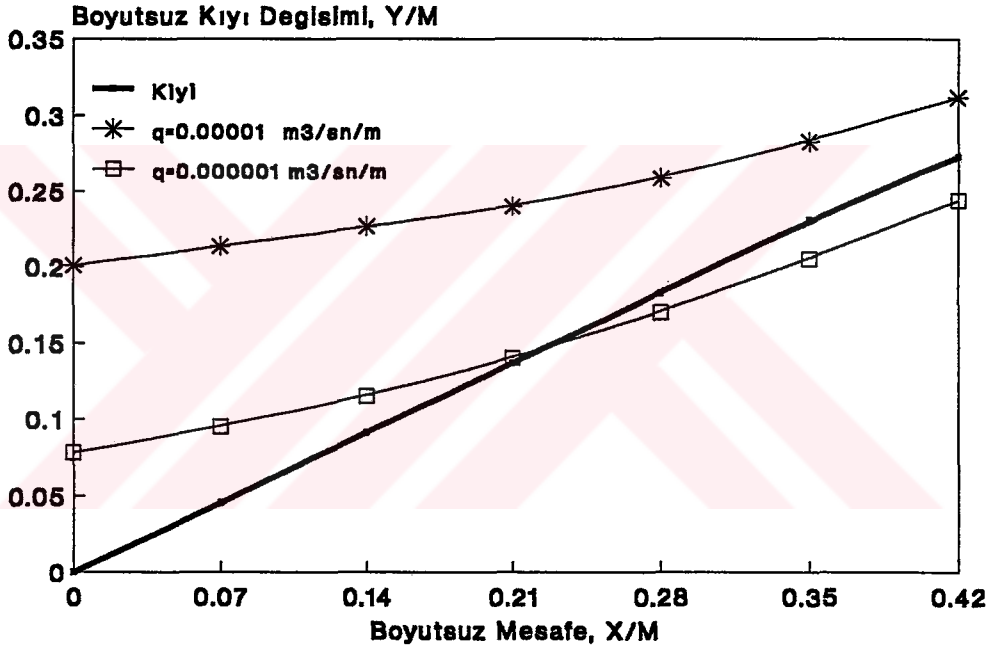


Şekil 6.3 Akarsu Genişliğinin Kıyıya Etkisi ($q=1.10^{-5} \text{ m}^3/\text{sn}/\text{m}$, $t=6$ yıl)

Akarsu genişliği 100 m iken meydana gelen yığılma akarsu genişliği 50 m iken meydana gelen yığılmaya nazaran yaklaşık % 40 daha fazla ve akarsu genişliği 125 m iken meydana gelen yığılma ise yaklaşık % 65 daha fazla olduğu görülmektedir. Çünkü birim genişlik yanal debisi sabit alınmakla birlikte, akarsu genişliği arttıkça, kesitten geçen katı madde debisi artmaktadır.

6.4 Akarsu Katı Madde Miktarının Kıyıya Etkisi

Şekil 6.4'de akarsuyun getirdiği katı madde miktarının değişken olması halinde; 6 yıl sonra, akarsu genişliği 50 m ve akarsuyun mendireğin hemen yanbaşıdan denize döküldüğü varsayılarak kıyı çizgisindeki değişiklikler bulunmuştur. Şekil 6.4'e göre akarsu katı madde debisi $1.10^{-6} \text{ m}^3/\text{sn}/\text{m}$ mertebesinde olduğu zaman, akarsuyun kıyıda yığılma veya oyulmaya bir etkisi yoktur. Ancak akarsuyun getirdiği katı madde miktarı artıkça kıyıda bir yığılma görülmektedir. Bu ise bize akarsuyun taşıdığı katı madde miktarıyla kıyıda yığılma arasında doğru bir orantı olduğunu gösterir.



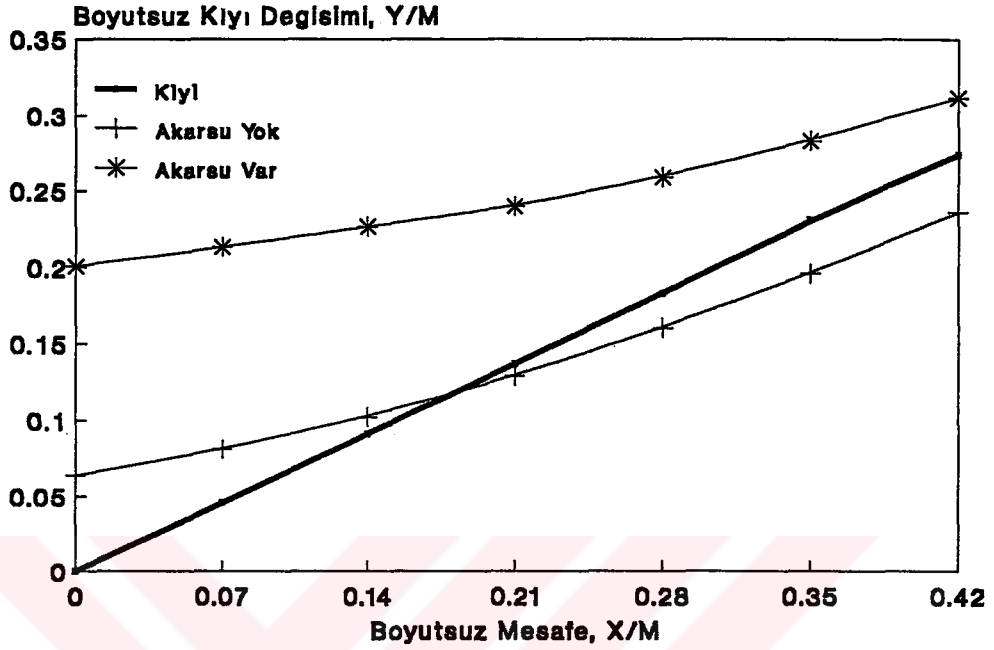
Şekil 6.4 Akarsu Katı Madde Miktarının Kıyıya Etkisi (B=50 m, t=6 yıl)

6.5 Akarsuyun Kıyıya Etkisi

Şekil 6.5'de önce akarsu etkisi gözönüne alınmadan kıyıda dalgaların taşıdığı katı madde ile meydana gelen 6 yıl sonraki değişiklikler tesbit edilmiş, daha sonra akarsu genişliği 50 m, getirdiği katı madde miktarı $q=1.10^{-5} \text{ m}^3/\text{sn}/\text{m}$ alınarak 6 yıl sonra kıyıda yaptığı etki tesbit edilmiştir.

Şekil 6.5'den de görüldüğü gibi akarsu etkisi olmadan kıyıda, deniz yapısından uzaklaştıkça bir miktar oyulma meydana gelmektedir. Ancak

akarsuyun buradan denize dökülmesi halinde akarsuyun döküldüğü yerde ve civarında bir oyulma görülmemektedir.



Şekil 6.5 Akarsuyun Kıyıya Etkisi ($B=50$ m, $q=1.10^{-5}$ m³/sn/m, $t=6$ yıl)

6.6 Sonuçların Laboratuvar Gözlemleri ile Karşılaştırılması

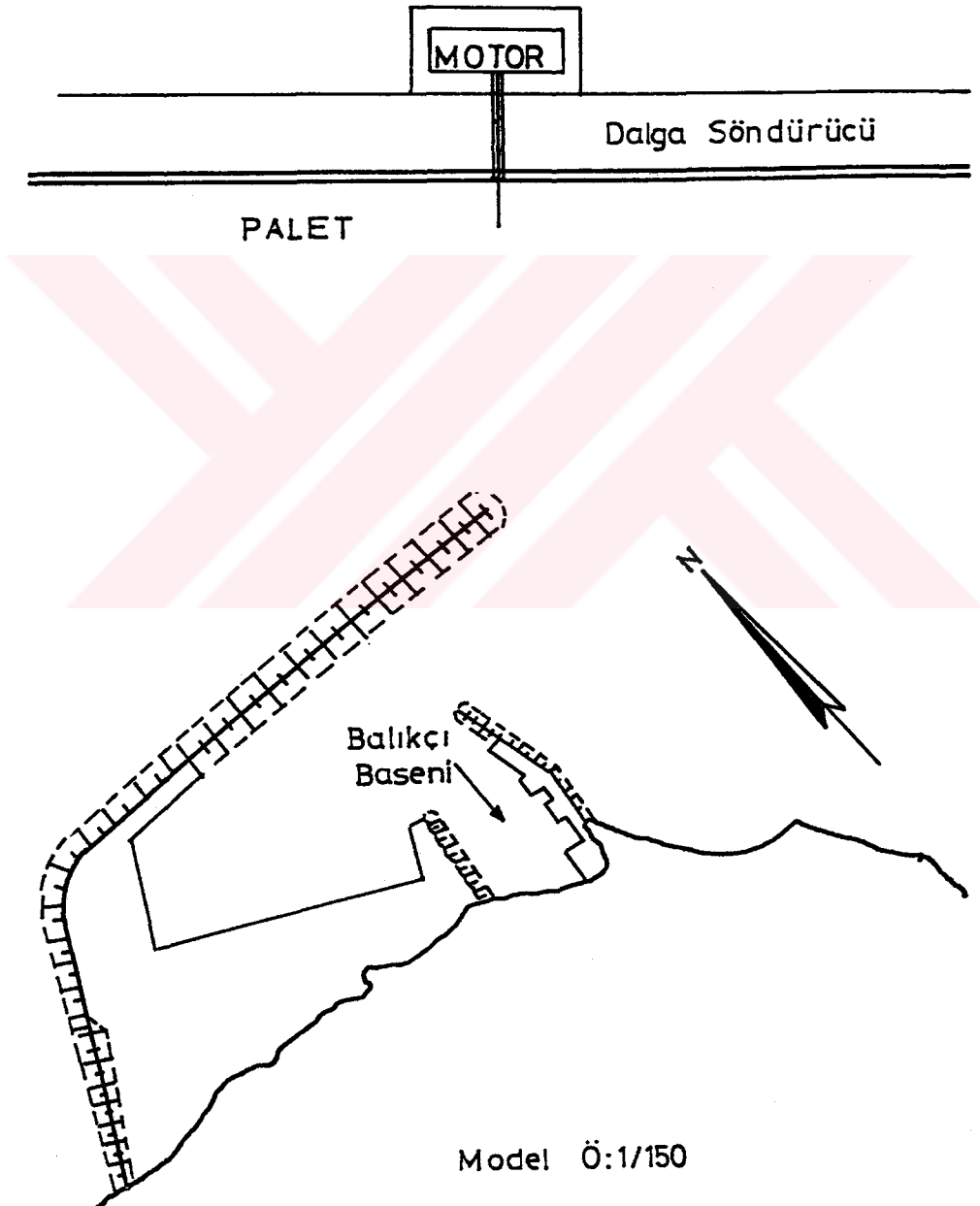
İTÜ İnşaat Fakültesi Laboratuvarında 32 m uzunluğunda ve 19.1 m genişliğinde bir deney havuzu yapılmıştır. Havuzun derinliği model ölçeğine ve dalga yüksekliğine uygun olarak 0.7 m alınmış ve duvarlar dik olarak yerleştirilmiştir. Tabanda dolgu malzemesi olarak kum kullanılmıştır. İzalasyonu sağlamak için üst kısmı 4 ~ 5 cm betonla kaplanmıştır. Şekil 6.6'da liman modeli gösterilmiştir.

Dalgalar 19 m uzunluğunda bir palet ile üretilmekte olup motorun ve motor ile palet arasındaki aksamın özelliğinden dolayı dalga periyodu ve dalga yüksekliği istenen değerlere ayarlanabilmektedir. Dalga üreten paletin arkasında eğimli bir şev oluşturulmuş ve delikli tuğlalar sayesinde palet arkasında dalgaların sönümlenmesi sağlanmıştır (Ağırlioğlu, v.d., 1992).

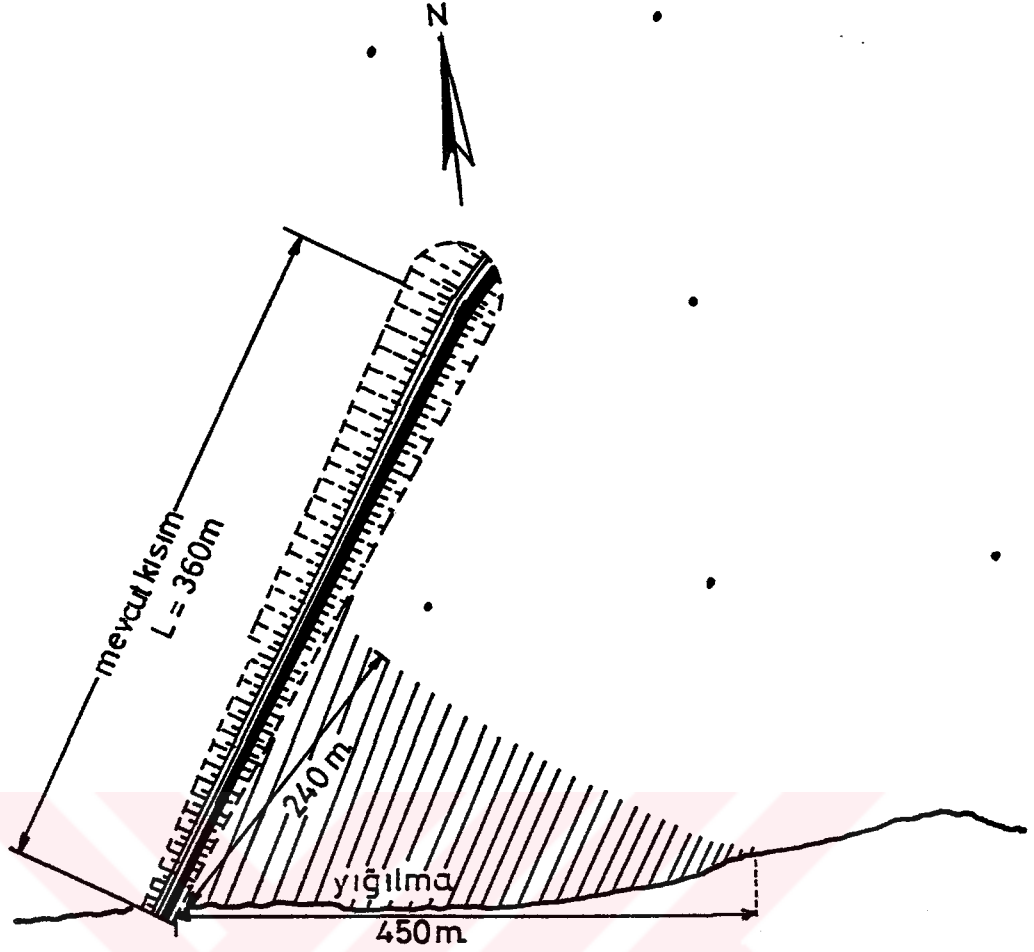
Deneylerde özgül ağırlığı 1.05 gr/cm³ olan polystyrene malzeme kullanılmıştır. Bunların boyutları 2x2x3.5 mm'dir. 1/150 ölçekli modelde

kullanılan bu polystyrene malzemenin özgül ağırlık, ölçek ve diğer parametrelerle birlikte tabiattaki 1.5 ~ 2.0 mm'lik kumlara eşdeğer olduğu kabul edilebilir (Ağralıoğlu, v.d., 1992). Bu malzeme iriliğinin de bölgeden alınan katı madde malzeme numuneleri ile oldukça uyduğu görülür.

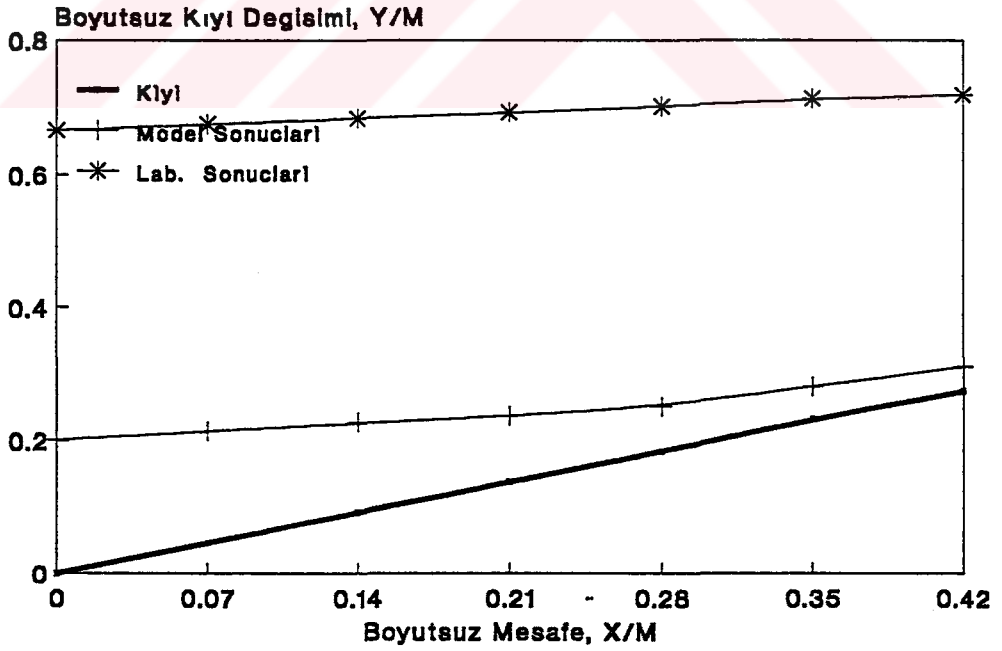
Mevcut mendirek esas alınarak oluşturulan laboratuvar modelinde $H=2.8$ m ve $T=6$ sn için 2 saat içinde elde edilen dolgu Şekil 6.7'de gösterilmiştir.



Şekil 6.6 Liman Modeli



Şekil 6.7 Mevcut Mendirek (NE, H=2.8 m, T=6 sn, 2 saat Sonra)



Şekil 6.8 Model ve Laboratuvar Sonuçlarının Karşılaştırılması
(B=50 m, $q=1.10^{-5} \text{ m}^3/\text{sn}/\text{m}$, t=6 yıl)

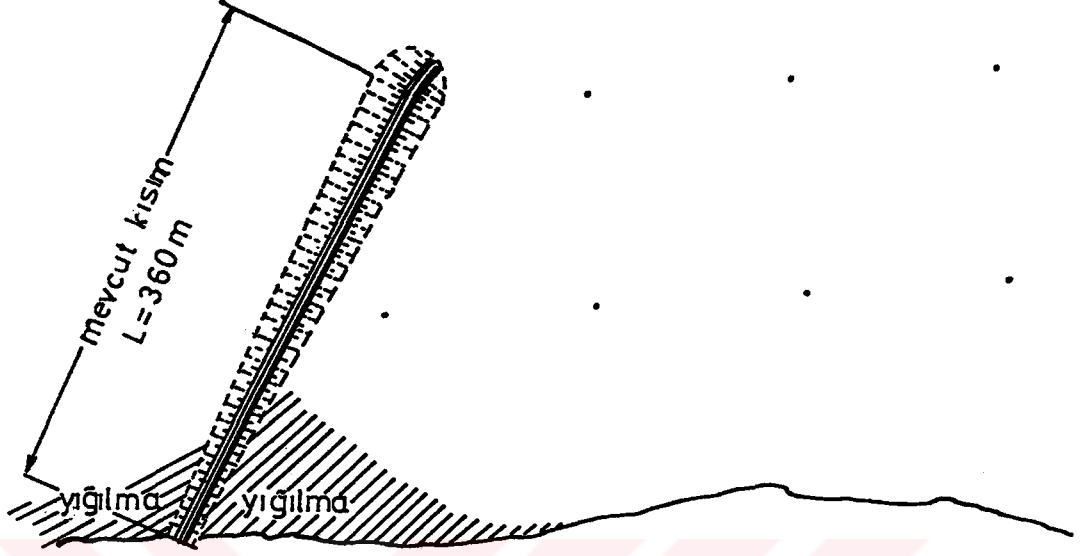
Şekil 6.8'de ise laboratuvarda elde edilen sonuçlarla matematik modelde elde edilen sonuçlar birbiri ile karşılaştırılmaktadır. Şekil 6.8'den görüleceği gibi her iki sonuca göre yığılma şekli benzer fakat laboratuvarda elde edilen yığılma miktarı daha fazladır.

Ancak laboratuvarda fotoğraflarla elde edilen kıyı profilinde, yığılmış olan sentetik malzeme çok sıkı olmadığı için, hatta birim hacimde yarıdan daha fazla su bulunduğu ve benzeştirilen malzemenin özgül ağırlığından dolayı zamanla yer değiştirdiği göz önüne alınır, bulunan bu farklılığın sebebi açıklanabilir. Laboratuvar deneylerinden asıl aranılan katı maddelerin nerelerde yığılacağını göstermektir. Bununla birlikte tabiatta dalga yönü ve yüksekliğinin değişken olması laboratuvarda 2 saat süre ile üretilen $H=2.8$ m sabit dalgaların gerçekte kaç yıllık sonucu eşdeğer olduğunu tahmin etmek de oldukça zordur.

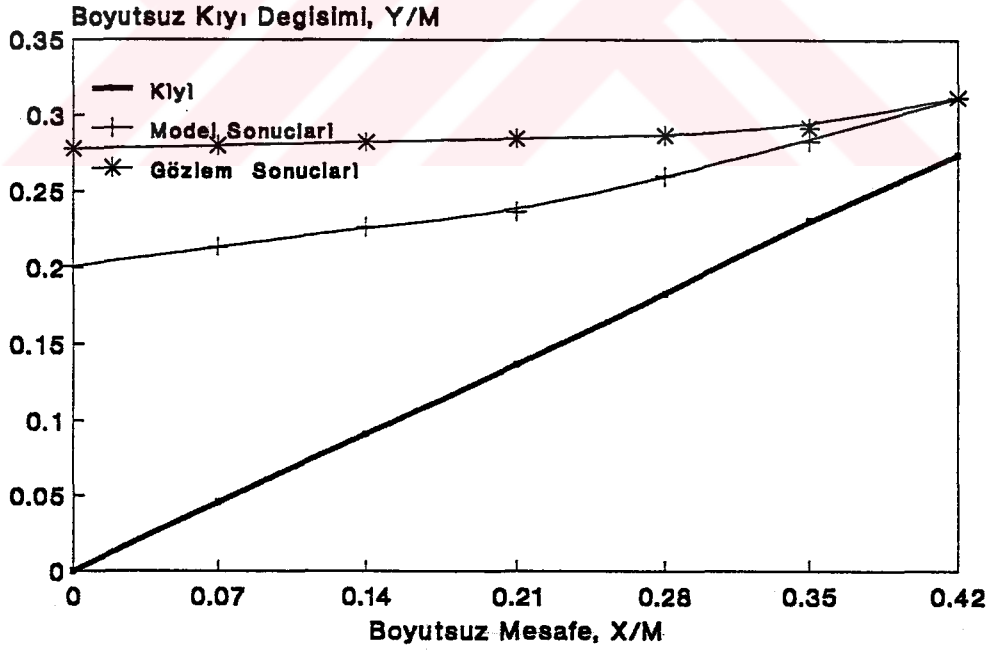
Emin Deresi'nin kıyı çizgisine etkisinin var olduğu kabul edilmiş, ancak derenin çok az debisinin olmasından dolayı laboratuvar deneylerine yansıtılmamıştır. Bununla birlikte Emin Deresi'nin katı madde miktarı $q=10^{-5}$ $m^3/sn/m$ mertebesinde dahi çok az olduğu düşünülürse matematik modelde hesaba katılmasına rağmen yığılma, şekil itibariyle benzer çıkmıştır. Bütün bunlar mendireğin hemen doğusunda meydana gelen dolgunun esas itibariyle NE yönünden gelen dalgalar sayesinde olduğunu gösterir.

6.7 Sonuçların Tabiat Gözlemleri ile Karşılaştırılması

1992 yılı itibarı ile, 1986 yılında 365 m boyunda yapılan mendireğin doğu kesiminde, planı üçgen şeklinde bir kumsal oluşmuştur. Bu kumsalın kıyı boyunca uzunluğu 160 m, kıyıya dik boyutu ise yaklaşık 100 m civarındadır. Bu mendireğin yapımından önce hazırlanan batimetrik haritalar ile 1991'de hazırlanan haritalar arasında bazı değişiklikler göze çarpmaktadır. -6 m kotuna kadar olan batimetri çizgileri mendireğin varlığına göre şekil değiştirmiştir. Mendireğin batı kısmında da NNW yönünden gelen dalgaların sayesinde bir miktar dolgu oluşmuştur, ancak bu dolgu mendireğin doğu tarafında oluşan dolguya nazaran son derece azdır. Mendireğin doğusundaki bu yığılma NE yönünden gelen dalgaların taşıdığı katı madde sayesinde olmaktadır. Bununla birlikte Emin Deresi'nin getirdiği katı madde yığılmada kısmen etkili olmaktadır. Kıyının tabiatta gözlenen değişimi şematik olarak Şekil 6.9 ile gösterilmiştir.



Şekil 6.9 Tabiatta Gözlenen Kıyı Değişimi



Şekil 6.10 Model ve Gözlem Sonuçlarının Karşılaştırılması

($B=50$ m, $q=1.10^{-5}$ m³/sn/m, $t=6$ yıl)

Şekil 6.10'a göre tabiatta meydana gelen yığılma ile matematik modelde; katı madde debisi $1.10^{-5} \text{ m}^3/\text{sn}/\text{m}$ mertebesinde, akarsu genişliği 50 m, 6 yıl sonra ve akarsuyun mendireğin hemen doğusundan denize dökülmesi halinde meydana gelen yığılma arasında % 37.5 oranında bir fazlalık görülmektedir. Ancak her iki sonuca göre yığılmaların aynı yerlerde ve benzer şekillerde olduğu göze çarpmaktadır. Bu farklılık çeşitli sebeplerden kaynaklanabilir. En önemlileri, rüzgar yönünün ve hızının gerçekte her an değişebilmesi ve kıyadaki katı maddelerin fiziksel özellik olarak homojen olmamasıdır. Bu hususları matematik modele bugün için aktarmak zordur.



BÖLÜM 7

SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışmada, denize dökülen bir akarsuyun taşıdığı katı maddelerin denizdeki kıyı çizgisine ve kıyı yapılarına etkileri incelenmiştir. Bir matematik model esas alınarak probleme çözüm aranmış ve Ordu'ya yakın bir yerde, yanibaşında bir mendirek bulunan Emin Deresi'nin denize aktığı yer ve civarı uygulama alanı olarak seçilmiştir.

Yapılan çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır.

1) Mendireğin doğusunda meydana gelen kumlanma Emin Deresi'nin getirdiği katı maddeden kaynaklandığı gibi, esas itibariyle NE yönünden gelen dalgalardan meydana gelmektedir. Çünkü, Emin Deresi'nin taşıdığı katı madde son derece az olmakla birlikte NE yönünden gelen dalgalar kıyıda doğudan batıya doğru şiddetli bir kıyı akıntısı meydana getirmektedir.

2) NNW ve N yönünden gelen dalgalar kıyıda batıdan doğuya doğru bir kıyı akıntısı oluşturmaktadır. Mendireğin batısında yığılmaların esas kaynağı bu yönden gelen dalgalar olmakla birlikte mendireğin doğusunda ise bu yönden gelen dalgalar kıyıda oyulma etkisi yapmaktadır.

3) Mendireğin doğusunda, hemen bitişiğinde batıdan doğuya doğru kıyı akıntısının kaynağı olan NNW ve N yönünden gelen rüzgarlar mendirek yüksekliğinden dolayı bu kısımda kısmen etkili olamamaktadır. Dolayısıyla akarsuyun mendireğin doğusunda, hemen bitişiğine dökülmesi halinde akarsu tarafından taşınan katı madde burada yığılmakta ve kıyı boyunca taşınmamaktadır.

4) NNW ve N yönünden gelen dalgalar kıyıda oyulmaya neden olurken akarsuyun getirdiği katı madde ve NE yönünden gelen dalgaların taşıdığı katı

madde oyulma etkisini tamamen ortadan kaldırmakta ve zamanla kıyıda bir yığılma görülmektedir.

5) Akarsuyun hesap sınırının ortasında ve sonunda denize dökülmesi halinde akarsuyun taşıdığı katı madde, kıyı boyu akıntısıyla taşınan katı maddeyle birlikte deniz durumuna göre doğudan batıya doğru veya batıdan doğuya doğru taşınmaktadır. Akarsuyun mendireğin hemen yanbaşımdan denize dökülmesi halinde taşıdığı katı madde ise kıyı boyu akıntısının tam olarak etkisinde kalamadığından dolayı burada meydana gelen yığılma, akarsuyun hesap sınırının ortasından ve sonundan denize dökülmesi halinde kıyıda meydana gelen yığılmaya göre sırasıyla % 62.5 ve % 67 daha fazladır.

6) Akarsu genişliği artıkça, kesitten geçen katı madde debisi artmaktadır. Dolayısıyla akarsu genişliği 100 m iken meydana gelen dolgu, akarsu genişliği 50 m iken meydana gelen dolguya nazaran yaklaşık % 40 daha fazla ve akarsu genişliği 125 m iken meydana gelen dolgu ise yaklaşık % 65 daha fazladır.

7) Kıyıda meydana gelen yığılma miktarı ile akarsuyun getirdiği katı madde miktarı arasında doğru bir orantı vardır. Dolayısıyla akarsuyun getirdiği katı madde miktarı artıkça kıyıda yığılma miktarı da artmaktadır.

8) Akarsuyun kıyı değişimi ile olan ilişkisi doğru orantılıdır. Başka bir ifade ile akarsuyun olmaması halinde kıyıda meydana gelen yığılma, akarsuyun olması halinde kıyıda meydana gelen yığılmaya nazaran daha azdır.

9) Laboratuvarda elde edilen ve matematik modelden elde edilen sonuçlara göre; kıyıda meydana gelen yığılma şekil itibarı ile birbirine benzer, fakat laboratuvarda elde edilen yığılma, matematik modelde elde edilen yığılmaya nazaran daha fazla olduğu gözlenmiştir. Bu farklılığın en önemli nedeni olarak tabiattaki kuma benzetilen sentetik malzemenin çok sıkı olmaması, rüzgar yönü, hızı, dalga periyodu ve yüksekliğinin tabiatta anlık değişmesinin laboratuvar modeline tam manası ile aktarılamaması gösterilebilir.

10) Gözlemlerden elde edilen ve matematik modelden elde edilen sonuçlara göre kıyıda meydana gelen yığılma şekil itibarı ile benzer fakat gözlemlerden elde edilen yığılma matematik modelde elde edilen yığılmaya nazaran % 37.5 daha fazladır.

11) Bir akarsuyun liman ve balıkçı barınağı gibi yapıların basenine dökülmesi halinde basenlerin kısa sürede dolduğu bu çalışmadan da görülmektedir. Bu nedenle yapı işlevini tam manasıyla görememektedir. Yapının işlevlerini yerine getirebilmesi için basenin taranması gerekmektedir. Dolayısıyla liman ve balıkçı barınağı gibi yapılar yapılmadan önce Erdek-Karşıyaka balıkçı barınağında, Bartın limanında ve Cide limanında olduğu gibi akarsu çevrilerek liman dışına akıtılmalı veya Sakarya-Karasu limanında olduğu gibi liman yeri değiştirilmelidir. Aksi takdirde yapılan liman veya barınak belli bir süre sonra kumla dolacaktır.

Bu çalışmada hesap sınırının başlangıcı mendireğin doğu tarafında hemen bitişiği alınmıştır. Hesap sınırı sonu olarak mendireğin doğusunda mendirekten 1000 m uzaklıkta bir nokta alınmıştır. Başlangıç şartı olarak kıyı boyu katı madde debisi sıfır alınırken, 1000 m doğuda hesap sınırının sonunda katı madde debisi bir önceki noktadakine eşit alınmıştır. Sınır şartlarının değiştirilmesi şeklinde yeni alternatifler düşünülebilir. Bunlar ileriki çalışmalarda esas alınabilir.

Mendireğin doğusunda, hemen bitişiğinde mendirek yüksekliği bilhassa NNW ve N yönünden gelen rüzgarların etkisini azaltmaktadır. Dolayısı ile burada ölü bir nokta oluşmaktadır. Bu ölü noktanın etkileri ileriki çalışmalarda gözönüne alınabilir.

KAYNAKLAR

ABDEL-LATİF, A.K., (1966), "Mechanism of Sand Movement on Coastal Dunes," Journal of the Waterways and Harbors Division, ASCE, Vol.92, No.WW2.

AĞAÇLI, Ö., (1992), "Düzensiz Konut Alanlarında İmar-İyileştirme-Planlama Sürecinin İrdelenmesi," Bizim Büro Basımevi, İstanbul.

AĞIRALIOĞLU, N., ERKEK, C., KARAHAN, M.E., KAPDAŞLI, S., SAVCI, M.E., (1991), "Manavgat Irmak Ağı Düzenlemesinin Araştırılması," İ.T.Ü., İnşaat Fakültesi.

AĞIRALIOĞLU, N., SAVCI, M.E., ÜNSAL, İ., KARAHAN, M.E., KAPDAŞLI, S., ÜNAL, E., BAYRAM, A., SANDALCI, M., (1992), "Ordu-Efirli Balıkçı Barınağı ve Limanı Etüd, Araştırma ve Model Deneyleri," Sonuç Raporu, İ.T.Ü., İnşaat Fakültesi.

AĞIRALIOĞLU, N., "Deniz Yapıları," Yayınlanmamış Ders Notları.

AKSOY, H., (1993), "Kıyı Yapılarının Laboratuvar Çalışmaları ve Güzelce Yat Limanı Modelinin İncelenmesi," Y.Lisans Tezi, İ.T.Ü., Fen Bil. Ens.

ALLERSMA, E., TILMANS, W.M.K., (1993), "Coastal Conditions in West Africa-A Review," Ocean and Coastal Management, Vol.19, No.3, pp.199-240.

BALES, J.D., HOLLEY, E.R., (1989), "Sand Transport in Texas Tidal Inlet," Journal of the Waterway Port Coastal and Ocean Engineering, ASCE, Vol.115, pp.427-443.

BIJKER, E.W., (1971), "Longshore Transport Computations," Journal of the Waterways Harbors and Coastal Engineering, ASCE, Vol.97, No.WW4, pp.687-701.

BORAH, D.K., BALLOFET, A., (1985), "Beach Evolution Caused by Littoral Drift Barrier," Journal of the Waterway Port Coastal and Ocean Engineering, ASCE, Vol. III, pp. 645-660.

BRUUN, P., (1990), "Inlet Sand Budgets and Bypassing," Journal of the Waterway Port Coastal and Ocean Engineering, ASCE, Vol.116, pp.494-500.

- CHANDRAMOHAN, P., NAYALE, B.U., RAJU, V.S., (1990), "Longshore-Transport Model for South Indian and Sri Lankan Coasts," *Journal of the Waterway Port Coastal and Ocean Engineering*, ASCE, Vol.116, pp.408-424.
- CHEN, Y.H. , HOLLY, F.M., MAHMOOD, K., SIMONS, D.B., (1975), "Transport of Material by Unsteady Flow," *Unsteady Flow in Open Channels*, Edited by Miller, W.A., et al., Water Resources Publications, Fort Collins, Colorado, Vol. I.
- CHEONG,H.F., SHANKAR, N.J., RADHAKRISHNAN, R., TOH, A.C., (1993), "Estimation of Sand Transport by Use of Tracers Along a Reclaimed Shoreline at Singapore Changi Airport," *Coastal Engineering*, Vol.19, No.3-4, pp.311-325.
- CUNGE, J.A., RAHUEL, J.L., (1994), "One-Dimensional Models of Sediment Transport Under The Influence of Currents," *Coastal, Estuarial and Harbour Engineers' Reference Book*, Edited by M.B.Abbott and W.A. Price, The Alden Press, Oxford.
- DOUGLASS,S.L., (1990), "Influence of Wind on Breaking Waves," *Journal of the Waterway Port Coastal and Ocean Engineering*, ASCE, Vol.116, pp.651-663, No.6.
- DAIRYMPLE, R.A., (1976), "Wave-Induced Mass Transport in Water Waves," *Journal of the Waterways Harbors and Coastal Engineering Division*, ASCE, Vol.102, pp.255-263, No.WW2.
- DAIRYMPLE, R.A., (1992), "Prediction of Storm/Normal Beach Profiles," *Journal of the Waterway Port Coastal and Ocean Engineering*, ASCE, Vol. 118, pp. 193-200.
- DALLY, W.R., DEAN, R.G., (1984). "Suspended Sediment Transport and Beach Profile Evolution," *Journal of the Waterway Port Coastal and Ocean Engineering*, ASCE, Vol. 110, pp. 15-33.
- DEAN,R.G., YOO, C.H., (1992), "Beach-Nourishment Performance Predictions," *Journal of the Waterway Port Coastal and Ocean Engineering*, ASCE, Vol.118, pp.567-585, No.6, 1992.
- DEIGAARD, R., FREDSOE, J., HEDEGAARD, B., (1986), "Suspended Sediment in the Surf Zone," *Journal of the Waterway Port Coastal and Ocean Engineering*, ASCE, Vol. 112, pp.115-128.

- DEIGAARD, R., FREDSOE, J., ve HEDEGAARD, B., (1986), "Mathematical Model for Littoral Drift," *Journal of the Waterway Port Coastal and Ocean Engineering*, ASCE, Vol. 112, pp. 351-369.
- DE VRIEND, H.J., (1994), "Two-Dimensional Horizontal and Weakly Three-Dimensional Models of Sediment Transport Due Waves and Currents," *Coastal, Estuarial and Harbour Engineers' Reference Book*, Edited by M.B. Abbott and W.A. Price, The Alden Press, Oxford.
- DUBOIS, R.N., (1975), "Support and Refinement of the Bruun Rule on Beach Erosion," *Journal of Geology*, University of Chicago, Vol. 83, pp. 651-657.
- D.M.İ., (1990), *Saatlik Rüzgar Cetvelleri, (1965-1990)*, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- DYER, K.R., (1986), "Coastal & Estuarine Sediment Dynamics," Wiley, Newyork, Chapter 10.
- E.İ.E., (1982), "Türkiye Akarsularında Sediment Gözlemleri ve Sediment Taşınım Miktarları," Yayın 82-22, Ankara.
- EARICKSON, J.A., BOTTIN, R.R.Jr., (1987), "Shoreline Erosion Control in Humboldt Bay, California," *Journal of the Waterway Port Coastal and Ocean Engineering*, ASCE, Vol. 113, pp. 4761-475.
- EVERTS, C.H., (1985), "Sea Level Rise Effects On Shoreline Position," *Journal of the Waterway Port Coastal and Ocean Engineering*, ASCE, Vol. 111, pp. 985-999.
- FLEMING, C.A., (1994), "Groynes, Offshore Breakwaters and Artificial Headlands," *Coastal, Estuarial and Harbour Engineers' Reference Book*, Edited by M.B. Abbott and W.A. Price, The Alden Press, Oxford.
- FLEMING, C.A., (1994), "Beach Response Modelling," *Coastal, Estuarial and Harbour Engineers' Reference Book*, Edited by M.B. Abbott and W.A. Price, The Alden Press, Oxford.
- FREDSOE, J., ANDERSEN, O.H., SILBERT, S., (1985), "Distribution of Suspended Sediment in Large Waves," *Journal of the Waterway Port Coastal and Ocean Engineering*, ASCE, Vol. 111, pp. 1041-1059.

- FREDSOE, J., (1993), "Modelling of Non-Chosive Sediment Transport Processes in the Marine Environment," *Coastal Engineering*, Vol.21, No.1-3, pp.71-103.
- GALVIN, C., (1991), "Longshore Currents in two Laboratory Studies. Relevance to Theory," *Journal of the Waterway Port Coastal and Ocean Engineering*, ASCE, Vol.117, pp.44-59.
- HANSON, H., and KRAUS,N.C., (1985), "Seawall Constraint in Shoreline Numerical Model," *Journal of the Waterway Port Coastal and Ocean Engineering*, ASCE, Vol. 111, pp. 1079-1083.
- HANSON, H., KRAUS, N.C., (1986), "Seawall Boundary Condition in Numerical of Shoreline Evolution," *Technical Report, U.S.Army Corps of Engineers, CERC.* , pp.3-43.
- HANSON, H., KRAUS, N.C., (1991), "Numerical Simulation of Shoreline Change at Lorain,Ohio," *Journal of the Waterway Port Coastal and Ocean Engineering*, ASCE, Vol. 117, pp. 1-18.
- HSU, J.R.C., SILVESTER, R., (1989), "Static Equilibrium Bays: New Relationships," *Journal of the Waterway Port Coastal and Ocean Engineering*, ASCE, Vol.115, No.3.
- HSU, J.R.C., SILVESTER, R., (1990), "Accretion Behind Single Offshore Breakwater," *Journal of the Waterway Port Coastal and Ocean Engineering*, ASCE, Vol.116, No.3.
- JANSEN, P., (1979), "Principles of River Engineering," Pitman, London, 1979.
- JIANHUA, T., and ZHENFU, T., (1991), "Numerical Simulation of Sand Shoreline Evolution Under Action of Regular Waves and Irregular Waves," *China Ocean Engineering*, Vol. 5, pp. 75-84.
- KOMAR,P.D., (1977), "Beach Sand Transport: Distribution and Total Drift," *Journal of the Waterway Port Coastal and Ocean Division, ASCE*, Vol.103, No.WW2.
- KAMPHUIS, J.W., (1990), "Improving Shore Protection Design," *Canadian Journal of the Civil Engineering*, Vol.17, No.2, pp.142-147.
- KAMPHUIS, J.W., (1991), "Alongshore Sediment Transport Rate," *Journal of the Waterway Port Coastal and Ocean Engineering*, ASCE, Vol.117, pp.624-640.

- KAPDAŞLI, S., (1992), "Kıyı Mühendisliği," İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.
- KOBAYASHI, N., (1987), "Analytical Solution for Dune Erosion By Storms," Journal of Waterway Port Coastal and Ocean Engineering, ASCE, Vol.113, pp.401-418.
- LARSON, M., KRAUS, N.C., (1991), "Numerical Model of Longshore Current for Bar and Trough Beaches," Journal of the Waterway Port Coastal and Ocean Engineering, ASCE, Vol.117, pp.326-347.
- Le ME'HAUTE, B., WANG, D.J., and LU, CHIA-CHI., (1983), "Wave Data Discretization for Shore Line Processes," Journal of the Waterway Port Coastal and Ocean Engineering, ASCE, Vol.109, pp.63-78.
- MORFETT, J.C., (1989), "Development and Calibration of an Alongshore Shingle Transport Formula," Journal of the Hydraulic Resourch, Vol.27, No.5.
- NAIRN, R.B., SOUTHGATE, H.N., (1993), "Deterministic Profile Modelling to Nearshore Processes. Part2. Sediment Transport and Beach Profile Development," Coastal Engineering, Vol.19, No.1-2, pp.57-96.
- NIELSEN, P., (1992), "Coastal Bottom Boundary Layers and Sediment Transport," Univ. Queensland, Australia. , Vol. 4.
- NOVAK, P., (1990), "Hydraulic Structures," Elsevier Applied Science Publishers, London, Chapter 14, pp. 457-519.
- O'CONNOR, B.A., (1984), "Coastal Sediment Modelling," Offshore and Coastal Modelling, Edited by P.P.G. Dyke, A.O. Moscardini, and E.H. Robson.
- O'CONNOR, B.A., (1984), "Three-Dimensional Sediment-Transport Models," Coastal, Estuarial and Harbour Engineer's Reference Book, Edited by M.B. Abbott and W.A. , The Alden Press, Oxford.
- ÖNSOY, H., (1991), "Batı Akdeniz'de Cezayir Kıyılarında Deniz Erozyonuna Karşı Korunma ve Yapay Plaj için bir Etüd," DLH Bülteni, Sayfa 15-27.
- ÖZHAN, E., (1981), "Rüzgar Dalgalarınca Kıyboyu Kum Taşınması Üzerine Bir Çalışma," Doçentlik Tezi, O.D.T.Ü. , Mühendislik Fakültesi.

- PRUSZAK, Z., (1989), "On-Offshore Bed-Load Sediment Transport in the Coastal Zone," *Coastal Engineering*, Vol.13, No.3, pp.273-292.
- ROBERTS, A.G., (1994), "Beach Nourishment, Offshore Dredging, Sand Bypassing and Fluidization," *Coastal, Estuarial and Harbour Engineers' Reference Book*, Edited by M.B. Abbott and W.A. , The Alden Press, Oxford.
- SANDALCI, M., AĞIRALIOĞLU, N., ve SAVCI, M.E., (1992), "Kıyı Boyunca Katı Madde Hareketi ve Yapı-Kıyı Etkileşimi," *İnşaat Mühendisliğinde Bilgisayar Kullanımı III.Sempozyumu, İ.T.Ü., Cilt II, Sayfa 404-418.*
- SAVCI, M. E., AĞIRALIOĞLU, N., (1995), "Karaburun Balıkçı Barınağının Kumlanması ve Taranması," *Teknik Rapor, İ.T.Ü., İnşaat Fak.*
- SCHOONEES. J.S., THERON, A.K., (1993), "Review of the Field-Data Base for Longshore Sediment Transport," *Coastal Engineering*, Vol.19, No.1-2, pp.1-25.
- SHORE PROTECTION MANUAL, (1984), Vol. 1-2, U.S. Department of the Army, Washington.
- SOUTHGATE, H.N., (1989), "A Nearshore Profile Model of Wave and Tidal Current Interaction," *Coastal Engineering*, Vol.13, No.3, pp.219-245.
- SOUTHGATE, H.N., NAIRN, R.B., (1993), "Deterministic Profile Modelling of Nearshore Processes. Part 1. Waves and Currents," *Coastal Engineering*, Vol.19, No.1-2, pp.27-56.
- SILVESTER, R. and HSU, J.R.C., (1993), "Coastal Stabilization," PTR prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.
- ŞENDİL, U., ve ÖZHAN, E., (1980), "Introduction to Coastal and Harbour Engineering," O.D.T.Ü., Ankara, Sayfa 57-68.
- TORRES, N., DE LEON, A.M.D., (1993), "Longshore Sand Transport Southeast of Bahia de Todos Santos B.C.Mexiko," *Journal of the Waterway Port Coastal and Ocean Engineering*, ASCE, V.119, pp.580-587.
- TÜRKER, S., (1992), "Orta Karadeniz'de kıyı-Yapı Etkileşimi," Y.Lisans Tezi, İ.T.Ü., Fen Bil.Ens.

ÜNSAL, İ., (1984), "Oseanografi," İ.T.Ü. Gemi İnşaatı ve Deniz Bilimleri Fakültesi Baskısı, İstanbul.

Van RIJN, L.C., NIEUWJAAR, M.W.C., Van DER KAAAY, T., (1993), "Transport of Fine Sands by Currents and Waves," Journal of the Waterway Port Coastal and Ocean Engineering, ASCE, Vol.119, pp.123-143.

VONGVISESSOMJAI, S., (1986), "Profile of Suspended Sediment Due To Wind Action," Journal of the Waterway Port Coastal and Ocean Engineering, ASCE, Vol.112, pp. 35-53.

WALTON, T.E., (1980), "Littoral Sand Transport From Longshore Currents," Journal of the Waterway Port Coastal and Ocean Engineering, ASCE, Vol.106, No.WW4.



ÖZGEÇMİŞ

Mehmet SANDALCI, 28.03.1961 yılında İzmit'in Derince semtinde doğdu; İlk, orta ve lise tahsilini Derince'de tamamladıktan sonra 1981 yılında İTÜ İnşaat Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde lisans eğitimine başladı. 1985 yılında mezun oldu, aynı yıl İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Anabilim Dalı Su Mühendisliği programında yüksek lisans eğitimi için; İTÜ Yabancı Diller Yüksek Okulunda İngilizce hazırlık eğitimi gördü. 1988 yılında İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Anabilim Dalı Su Mühendisliği programından yüksek mühendis olarak mezun oldu. Şubat 1989'da aynı bölümde doktora çalışmasına başladı. 1987 yılından bu yana Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesinde araştırma görevlisi olarak çalışmaktadır.