

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**TRABZON İLE RİZE İLLERİ ARASI KIYI KORUMA YAPILARININ  
İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**İnş. Müh. Samet AYDIN**

**HAZİRAN 2011  
TRABZON**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**TRABZON İLE RİZE İLLERİ ARASI KIYI KORUMA YAPILARININ  
İNCELENMESİ**

**İnş. Müh. Samet AYDIN**

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde  
"İNŞAAT YÜKSEK MÜHENDİSİ"  
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 30.05.2011  
Tezin Savunma Tarihi : 27.06.2011**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Basri ERTAŞ**

**Trabzon 2011**

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**  
**İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında**  
**Samet AYDIN tarafından hazırlanan**

**TRABZON İLE RİZE İLLERİ ARASI KIYI KORUMA YAPILARININ**  
**İNCELENMESİ**

başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 07 / 06 / 2011 gün ve 1408 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 27 / 06 / 2011 tarihinde yapılan sınavda

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

olarak kabul edilmiştir.

**Jüri Üyeleri**

**Başkan : Prof. Dr. Basri ERTAŞ** .....

**Üye : Prof. Dr. Ömer YÜKSEK** .....

**Üye : Prof. Dr. Fikri BULUT** .....

**Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ**

**Enstitü Müdürü**

## ÖNSÖZ

“Trabzon İle Rize İlleri Arasındaki Kıyı Koruma Yapılarının İncelenmesi” isimli bu çalışma, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Yüksek lisans tez konusunun belirlenmesinden çalışmaların yürütülmesi ve sonuçlandırılmasına kadar her aşamasında bilgi, deneyim, destek ve değerli görüşlerinden yararlandığım danışman hocam Prof. Dr. Basri ERTAŞ’a minnet ve şükran borçluyum.

Çalışmaların boyunca beni yönlendiren ve tezin çeşitli aşamalarında gösterdiği yardım ve yapıcı eleştirilerinden dolayı Arş. Gör. Murat KANKAL’a ve çalışmam boyunca desteğini benden esirgemeyen şantiye şefim H. Turgay ÇEPNİ’ye sonsuz teşekkür ederim.

Tüm hayatım boyunca bana her konuda destek olan, sevgi ve desteklerini bana her zaman hissettiren ve sevgileriyle bana güç veren aileme tüm kalbimle teşekkür ederim.

Hayatıma girdiği günden bugüne sevgisiyle yanımda olan biricik aşkım Nazan’ıma sonsuz teşekkürler.

Samet AYDIN

Trabzon 2011



## **TEZ BEYANNAMESİ**

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “ TRABZON İLE RİZE İLLERİ ARASI KIYI KORUMA YAPILARININ İNCLLENMESİ ” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Basri ERTAŞ‘ın sorumluluğunda tamamladığımı örnekleri kendim topladığımı, deneyleri ilgili laboratuarlarda yaptığımı başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 29 / 06 /2011

Samet AYDIN

## İÇİNDEKİLER

	<b><u>Sayfa No</u></b>
ÖNSÖZ .....	III
TEZ BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET .....	VIII
SUMMARY .....	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	X
TABLolar DİZİNİ.....	XIII
SEMBOLLER DİZİNİ.....	XIV
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Çalışmanın Amacı .....	2
1.3. Önceki Çalışmalar.....	3
1.4. Dalgaların Genel Özellikleri.....	8
1.4.1. Dalga Mekaniği.....	9
1.4.1.1. Basit Dalga Profili.....	9
1.4.1.2. Dalga Boyu ve Dalga Hızı.....	10
1.4.1.3. Dalgaların Sınıflandırılması.....	10
1.4.1.3.1. Su Derinliğine Göre (h/L).....	10
1.4.1.3.2. Dalga Yüksekliğine Göre (H/L ve H/h).....	11
1.4.1.3.3. Dalga Yüksekliği, Dalga Boyu ve Derinliğine Göre (H, L, h).....	11
1.4.1.3.4. Dalga Hareketinin Karakteristiklerine Göre.....	11
1.4.1.3.5. Dalgayı Üreten Kuvvete Göre.....	12
1.4.1.4. Derin Deniz Dalgaları.....	12
1.4.2. Dalga Transformasyonu.....	13
1.4.2.1. Dalga Sığlaşması.....	13
1.4.2.2. Dalga Dönmesi veya Kırınımı.....	14
1.4.2.3. Dalga Yansıması.....	15
1.4.2.4. Dalga Kırılması.....	16

1.4.2.4.1.	Dalga Kırılma Parametresi.....	19
1.4.2.5.	Dalga Sapması.....	20
1.4.3.	Dalga Tırmanması, Dalga Çekilmesi ve Dalga Aşması.....	22
1.5.	Dalga Tahmin Yöntemleri.....	23
1.5.1.	SMB Yöntemi.....	24
1.6.	Kıyı Koruma Yapıları.....	28
1.6.1.	Kıyıya Dik Yapılar.....	28
1.6.1.1.	Mahmuzlar.....	29
1.6.1.2.	İskeleler.....	32
1.6.1.3.	Kıyıya Dik Yapıların Kıyıya Etkisi.....	32
1.6.1.4.	Kıyıya Dik Yapıların Faydaları.....	33
1.6.2.	Kıyıya Paralel Yapılar.....	33
1.6.2.1.	Kıyı Duvarları.....	33
1.6.2.2.	Kıyı Duvarlarının Tipleri ve Kullanımları.....	34
1.6.2.2.1.	Dik Yüzeyle Kıyı Duvarları.....	36
1.6.2.2.2.	Basamaklı Kıyı Duvarları.....	37
1.6.2.2.3.	Eğrisel Yüzeyle Kıyı Duvarları.....	37
1.6.2.2.4.	Eğrisel Yüzeyle ve Basamaklı Kıyı Duvarları.....	38
1.6.2.3.	Kıyı Duvarlarının Kıyıya Etkisi.....	39
1.6.2.4.	Kıyı Duvarlarının Faydaları.....	39
1.6.2.5.	Kıyı Tahkimatları.....	40
1.6.2.5.1.	Koruma Tabakası.....	41
1.6.2.5.2.	Filtre Tabakası.....	41
1.6.2.5.3.	Topuk Tasarımı.....	43
1.6.3.	Açık Deniz Dalgakıranları.....	44
1.6.3.1.	Açık Deniz Dalgakıranlarının Kıyıya Etkisi.....	45
1.6.3.2.	Açık Deniz Dalgakıranlarının Faydaları.....	45
1.7.	Katı Madde Taşınımı.....	45
1.7.1.	Kıyıya Dik Katı Madde Taşınımı.....	46
1.7.2.	Kıyı Boyu Katı Madde Taşınımı.....	46
1.8.	Taş Dolgu Dalgakıran Tasarımı.....	46
1.8.1.	Taş Dolgu Dalgakıranlar İçin Yapısal Tanımlar.....	47
1.8.2.	Taş Dolgu Dalgakıranlar İçin Hasar Tipleri.....	48

1.8.3.	Üsten Aşma Oranının Hesabı.....	48
1.8.4.	Taş Dolgu Dalgakıranlarda Stabilite.....	51
1.8.5.	Koruyucu Tabaka Kalınlığı.....	53
1.8.6.	Dalgakıran Kret Genişliği.....	54
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	55
2.1.	Karadeniz Sahil Yolu.....	55
2.2.	Çalışma Bölgesi.....	56
2.2.1.	Çalışma Yapılmış Kıyı Tahkimatları.....	57
2.2.2.	Çalışma Yapılmış Mahmuz Sistemleri.....	60
2.2.3.	Çalışma Yapılmış Balıkçı Barınakları.....	61
3.	BULGULAR VE İRDELEME.....	62
3.1.	Kıyı Tahkimatları.....	62
3.2.	Mahmuzlar.....	67
3.3.	Balıkçı Barınakları.....	71
4.	SONUÇLAR.....	91
5.	ÖNERİLER.....	93
6.	KAYNAKLAR.....	94
7.	EKLER.....	98
ÖZGEÇMİŞ		

## ÖZET

### TRABZON İLE RİZE İLLERİ ARASI KIYI KORUMA YAPILARININ İNCELENMESİ

Samet AYDIN

Karadeniz Teknik Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Basri ERTAŞ  
2011, 97 Sayfa, 9 Sayfa Ek

Türkiye'nin Doğu Karadeniz kıyı şeridinde yer alan karayolu, arazinin elverişsiz oluşu nedeniyle kıyıdan ve denizden dolgu yapılarak geçirilmiştir. Böylece kıyı dengesi bozulmuş, dalgalar kıyıya yakın inşa edilen mühendislik yapılarının stabilitelerini bozarak yıkılmalarına ve kıyı erozyonuna yol açmıştır. Bu olumsuzlukların önüne geçebilmek için kıyı koruma yapıları yapılmıştır. Doğu Karadeniz Sahil yolu kapsamında inşa edilen Trabzon ile Rize illeri arası kıyı koruma yapıları; kıyı tahkimatları, mahmuzlar ve balıkçı barınakları olmak üzere üç ana başlıkta incelenmiştir. Çalışma altı bölümden oluşmaktadır. Çalışmanın ilk bölümünde konuyla ilgili daha önce yapılmış çalışmalar ile dalga mekaniği ve kıyı koruma yapıları hakkında genel bilgi verilmiştir. İkinci bölümde yapılan çalışmalar anlatılmıştır. Üçüncü bölümde; kıyı tahkimatları stabilite ve çevreye olan etkileri, mahmuzlar malzeme biriktirme ve kıyı oluşturma ve balıkçı barınakları stabilite ve malzeme biriktirme yönünden irdelenmiştir. Dördüncü ve beşinci bölümlerde sırasıyla çalışmalardan elde edilen sonuçlar ve öneriler verilmiştir. Altıncı bölümde kaynaklar, eklerde ise Trabzon ile Rize illeri arası kıyı koruma yapıları resmedilmiş ve Rize Çiftekavak Çekek Yeri kesitleri verilmiştir. Sonuç olarak; bazı kıyılarda yapılan kıyı tahkimatlarının stabilite bakımından boyutlarının yetersiz olduğu ve filtre tabakasının bulunmadığı sonucuna varılmıştır. Mahmuzların kıyı oluşturmada başarılı olduğu ve balıkçı barınaklarında sığlaşma olduğu belirtilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Kıyı Koruma Yapısı, Mahmuz, Kıyı Tahkimatı, Dalgakıran, Karadeniz Sahil Yolu

## SUMMARY

### THE INVESTIGATION OF COASTAL PROTECTION STRUCTURES BETWEEN TRABZON AND RİZE CITIES

Samet AYDIN

Karadeniz Technical University  
The Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Civil Engineering Graduate Program  
Supervisor: Prof. Dr. Basri ERTAŞ  
2011, 97 Pages, 9 Pages Appendix

The highway, located in the coastline of the Eastern Black Sea of Turkey, due to inconvenience land, is made by being filled from the coast and sea. So the coastal stability is broken and waves lead to destruction on the stability of coastal structures and coastal erosion. In order to avoid these negative effects, coastal protection structures are made. Coastal protection structures between Trabzon and Rize cities built within the scope of the Eastern Black Sea Coast Road are classified in three groups as revetments, groins and fishery harbours. The study comprises of six chapters. In the first chapter, general information is given about the studies previously conducted on the subject, wave mechanics and coastal protection structures. In the second chapter, the performed studies are described. In the third chapter, coastal revetments in terms of stability and the environmental effects, groins in terms of material deposition and creating shore, fishery harbours in terms of stability and material deposition, are examined. In the fourth and fifth chapters, the results and recommendations of the study are given, respectively. In the sixth chapter, references are given. In the appendices, the figures of coastal protection structures between Trabzon and Rize cities are given and the cross sections of Rize Çiftekavak shelter is presented. As a result, it has been concluded that the sizes of coastal revetment built in the same coastal are inadequate in terms of stability and there is not any filter layer. It is determined that groins are successful in creating shore and fishery harbours get shallow.

**Key Words:** Coastal Protection Structures, Groins, Coastal Revetments, Breakwaters, Black Sea Coastal Highway

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1. Sünizoidal dalga profili.....	9
Şekil 1.2. Dalga kırınım terimleri.....	14
Şekil 1.3. Dalga kırılma tipleri.....	20
Şekil 1.4. Dalga sapması şeması.....	21
Şekil 1.5. Dalga tırmanması ve çekilmesi.....	22
Şekil 1.6. SMB yöntemi ile derin deniz dalga tahmini.....	26
Şekil 1.7. Hasselman eğrileri.....	27
Şekil 1.8. Mahmuzun kıyıya etkisi.....	30
Şekil 1.9. Mahmuz boyutlarının tanımlanması.....	30
Şekil 1.10. Mahmuzlar arası mesafenin belirlenmesi.....	31
Şekil 1.11. Nehirlerin kıyıdaiki sediment miktarına etkisi.....	33
Şekil 1.12. Kıyı duvarı.....	34
Şekil 1.13. Kıyı duvarı tasarımı.....	35
Şekil 1.14. Fırtına zamanı kıyı duvarı önünde oyulma.....	36
Şekil 1.15. Dik yüzeyli kıyı duvarı.....	37
Şekil 1.16. Basamaklı kıyı duvarı.....	37
Şekil 1.17. Eğrisel yüzeyli kıyı duvarı.....	38
Şekil 1.18. Eğrisel yüzeyli ve basamaklı kıyı duvarı.....	38
Şekil 1.19. Kıyı duvarının kıyıya etkisi.....	39
Şekil 1.20. Kıyı tahkimat kesiti.....	40
Şekil 1.21. Filtre tasarım örnekleri.....	42
Şekil 1.22. Topuk koruma seçenekleri.....	43
Şekil 1.23. Açık deniz dalgakıran tipleri.....	44
Şekil 1.24. Taş dolgu dalgakıranlara ilişkin yapısal tanımlar.....	47
Şekil 1.25. Taş dolgu dalgakıranlar için hasar tipleri.....	48
Şekil 1.26. Dalga aşmaması ya da çok az dalga aşması durumlarının gözlemlendiği taş dolgu dalgakıran kesiti.....	53
Şekil 1.27. Her iki yönde de dalga etkisinde kalan ve dalga aşmasının meydana gelebileceği taş dolgu dalgakıran kesiti.....	53

Şekil 2.1.	Çalışma bölgesi.....	56
Şekil 2.2.	Tahkimat en kesiti $h < 3$ .....	58
Şekil 2.3.	Tahkimat en kesiti $h \geq 3$ .....	59
Şekil 2.4.	T mahmuz genel vaziyet planı.....	60
Şekil 2.5.	T tipi mahmuzların kesit planı.....	61
Şekil 3.1.	İyidere – Of arası kıyı tahkimatı.....	62
Şekil 3.2.	İyidere – Of arası kıyı tahkimatında filtre tabakası uygulama hatası.....	63
Şekil 3.3.	İyidere – Of arası hasar görmüş kıyı tahkimatı.....	66
Şekil 3.4.	Arsin Yeşilyalı T mahmuz görünümü 1.....	68
Şekil 3.5.	Arsin Yeşilyalı T mahmuz görünümü 2.....	68
Şekil 3.6.	İyidere – Of arası T mahmuz görünümü.....	69
Şekil 3.7.	İyidere T mahmuz görünümü 1.....	69
Şekil 3.8.	İyidere T mahmuz görünümü 2.....	70
Şekil 3.9.	İyidere T mahmuz görünümü 3.....	70
Şekil 3.10.	İyidere T mahmuz görünümü 4.....	71
Şekil 3.11.	Fener Boğazı Çekek Yeri ana dalgakıranı.....	72
Şekil 3.12.	Fener Boğazı Çekek Yeri giriş ağzı.....	72
Şekil 3.13.	Rize Çiftekavak Çekek Yeri tali mendireği.....	73
Şekil 3.14.	Rize Çiftekavak Deresi mansabı.....	73
Şekil 3.15.	Alipaşa Balıkçı Barınağı giriş ağzı.....	74
Şekil 3.16.	Derepazarı Balıkçı Barınağı.....	74
Şekil 3.17.	Of Eskipazar Balıkçı Barınağı.....	75
Şekil 3.18.	Of Eskipazar Balıkçı Barınağı batısında bulunan dere görünümü.....	75
Şekil 3.19.	Of Balıkçı Barınağı.....	76
Şekil 3.20.	Rize Çiftekavak Çekek Yeri.....	77
Şekil 3.21.	Rize Çiftekavak Çekek Yeri vaziyet planı.....	78
Ek Şekil 1.	Beşirli – Faroz arası kıyı tahkimat görünümü.....	98
Ek Şekil 2.	Faroz – Ganita arası kıyı tahkimat görünümü.....	98
Ek Şekil 3.	Arsin Yeşilyalı kıyı tahkimat görünümü.....	99
Ek Şekil 4.	Derepazarı çıkışı kıyı tahkimat görünümü.....	99
Ek Şekil 5.	Beşirli – Faroz arası mahmuz grubu görünümü.....	100
Ek Şekil 6.	Sürmene çıkışı T mahmuz görünümü.....	100



Ek Şekil 7.	Of T mahmuz görünümü.....	101
Ek Şekil 8.	Alipaşa T mahmuz görünümü.....	101
Ek Şekil 9.	Rize Çiftekavak Çekek Yeri A – A kesiti.....	102
Ek Şekil 10.	Rize Çiftekavak Çekek Yeri B – B kesiti.....	103
Ek Şekil 11.	Rize Çiftekavak Çekek Yeri C – C kesiti.....	104
Ek Şekil 12.	Rize Çiftekavak Çekek Yeri E – E kesiti.....	105
Ek Şekil 13.	Rize Çiftekavak Çekek Yeri F – F kesiti.....	106

## TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1.1. Derin ve sığ su dalgaları.....	10
Tablo 1.2. Dalgayı üreten kuvvete göre dalga sınıflandırması.....	12
Tablo 1.3. Dalga aşma kritik değerleri.....	49
Tablo 1.4. A ve B ampirik katsayıları.....	50
Tablo 1.5. Farklı yüzeyler için r faktörü.....	51
Tablo 1.6. Hudson Formülündeki $K_D$ değerleri.....	52
Tablo 1.7. Çeşitli tabaka birey taş yada blok için tabaka katsayısı ve boşluk oranı..	54
Tablo 3.1. Koruyucu tabaka kaya ağırlıkları.....	88
Tablo 3.2. Koruyucu tabaka kalınlıkları.....	89
Tablo 3.3. Dalgakıran kret genişlikleri.....	89
Tablo 3.4. Dalga tırmanma yüksekliği.....	89

## SEMBOLLER DİZİNİ

$a$	: Dalga genliği, ampirik katsayı
$A$	: Ampirik katsayı
$b$	: Ampirik katsayı
$b_{\min}$	: Minimum kret genişliği
$b_{0,1}$	: Derin deniz dalga dikleri arasındaki mesafe
$B$	: Ampirik katsayı
$C$	: Dalga hızı
$C_b$	: Kırılma çizgisindeki dalga hızı
$C_g$	: Sığ suda dalga hızı
$C_{gb}$	: Kırılma çizgisindeki grup dalga hızı
$C_{g0}$	: Derin deniz grup hızı
$C_0$	: Derin deniz dalga hızı
$D_{n50}$	: Taşların %50 sinin ağırlığının daha az olduğu taşın çapı
DLH	: Demiryolları Limanlar ve Hava Meydanları
$F$	: Kabarma alan uzunluğu
$g$	: Yerçekimi ivmesi
GWT	: Ağırlık Dalgaları Tabloları
$h$	: Su derinliği
$h_b$	: Kırılma derinliği
$H$	: Lokal dalga yüksekliği, yapı önü su derinliği
$H_b$	: Kırılma anındaki dalga yüksekliği
$H_d$	: Dalgakıranın arka noktasındaki dalga yüksekliği
$H_i$	: Dalgakıran ucundaki gelen dalga yüksekliği
$H_{s,0}$	: Derin deniz belirgin dalga yüksekliği
$H'_{s,0}$	: Kırılmaya uğramış derin deniz dalga yüksekliği
$H_y$	: Yansıyan dalga yüksekliği
$H_{1/3}$	: Belirgin dalga yüksekliği
$K_d$	: Kırınım katsayısı
$K_D$	: Stabilite katsayısı

$K_r$	: Sapma katsayısı
$K_{rb}$	: Kırılma bölgesindeki sapma katsayısı
$K_s$	: Sığlaşma katsayısı
$K_y$	: Yansıma katsayısı
$K_{\Delta}$	: Tabaka kat sayısı
$L$	: Lokal dalga boyu
$L_b$	: Kırılma anındaki dalga boyu
$L_g$	: Mahmuz uzunluğu
$L_0$	: Açık deniz dalga boyu
$m$	: Deniz taban eğimi
$n$	: Koruyucu tabaka taş sayısı
NW	: Kuzeybatı
$O_r$	: Azaltma katsayısı
$P$	: Boşluk oranı
PMK	: Pierson Moskowitz Kitaigorodski
$Q_m$	: Yapı uzunluğu boyunca üstten aşma debi miktarı
$r$	: Engel arkasındaki nokta ile dalgakıran ucu arasındaki uzaklık, farklı yüzeyler için ampirik katsayı, koruyucu tabaka kalınlığı
$R_c$	: Kret kotunun su yüzeyinden yüksekliği
$R_d$	: Dalga çekilme yüksekliği
$R_u$	: Dalga tırmanma yüksekliği
$S_g$	: Mahmuzlar arası mesafe
SMB	: Sverdrup Munk Bretschneider
$t$	: Zaman
$T$	: Dalga periyodu,
$T_m$	: Ortalama dalga periyodu
$T_{1/3}$	: Belirgin dalga periyodu
$U$	: Rüzgar hızı, Ursel sayısı
$U_A$	: Derin deniz seviyesinden herhangi bir yükseklikte ölçülen rüzgar hızı
$U_{10}$	: Deniz seviyesinden 10 m yukarıda ölçülen rüzgar hızı
$W$	: Ortalama taş büyüklüğü ağırlığı
$x$	: Yatay eksen boyunca alınan mesafe
$\theta$	: Gelen dalga açısı

$\alpha$	: Yapı eğim açısı
$\alpha_b$	: Kırılma anındaki dalga açısı
$\alpha_0$	: Derin su dalga tepe çizgisinin batimetri ile yaptığı açı
$\alpha_1$	: Sığ su dalga tepe çizgisinin batimetri ile yaptığı açı
$\beta$	: Dalgakıran ucunda düz uzaklık ile dalgakıran arasındaki açı, dalgakıran normaliyile dalga geliş açısı arasındaki açı
$\gamma_a$	: Koruyucu tabaka taş özgül ağırlığı
$\gamma_b$	: Kırılma derinliği indisi
$\gamma_s$	: Taş blok özgül ağırlığı
$\gamma_w$	: Suyun özgül ağırlığı
$\xi_0$	: Dalga kırılma parametresi
$\eta$	: Dalga profilinin durgun suya göre düşey mesafesi
$\rho_s$	: Taşın özgül kütlesi
$\rho_w$	: Suyun özgül kütlesi

## 1. GENEL BİLGİLER

### 1.1 Giriş

Son yıllarda kıyı ile ilişkisi olan ülkelerde ulaşım amacıyla çok sayıda liman, uzun dalgakıranlar ve büyük teknelerin yanaşması için açık deniz terminalleri inşa edilmektedir. Üç tarafı denizlerle çevrili olan ülkemizde, kıyıların en iyi şekilde kullanımının hem deniz ulaşımı hem de turizm açısından ülke ekonomisinin büyümesinde büyük payı olmaktadır. Deniz ulaşımının ekonomik ulaşım sektörü olması ve ülkemizin transit deniz ulaşım yolları üzerinde bulunması bu payı daha da arttırmaktadır. Bu nedenlerden dolayı kıyıların en iyi şekilde korunması ve geliştirilmesi gerekmektedir.

Ülkemizde, özellikle Doğu Karadeniz Sıradağlarının kıyıya paralel ve dik oluşu bir takım sorunları beraberinde getirmektedir. Bunların en önemlilerinden birisi karayolunun kıyıdan ve denizden dolgu yapılarak geçilmesidir. Böylece kıyı dengesi bozulmuş, dalgalar kıyıya yakın inşa edilen mühendislik yapılarının stabilitelerini bozarak yıkılmalarına ve kıyı erozyonuna yol açmışlardır. Bu tahribattan olumsuz yönde etkilenen kıyı karayolu üzerinde her yıl sürekli iyileştirme çalışmaları ve tahkimatlar yapılmasına karşın denizin karayolunu tahrip etmesinin önüne geçilememiştir. Bu tahribatların nedenleri şu şekilde özetlenebilir:

- Kıyı karayolu 1960'larda genelde deniz doldurularak ve kıyı şeridine çok yakın geçirilmiştir. Yol yapım öncesi yatık bir sahil üzerinde enerjisini kaybederek gelen deniz dalgaları, yapım sonrasında dik şevli yol dolgusuna veya tahkimatına çarparak yansımaktadır. Böylece dalga enerjisi büyümekte, kıyıdaki malzeme deniz içine taşınmakta, sonuçta kıyının doğal dengesi bozulmakta, yer yer karayolu da hasar görmektedir.
- Yol yapım sonrasında bölgede büyüklü küçüklü çok sayıda kıyı yapısı özellikle mahmuzlar ve balıkçı barınakları yapılmıştır. Bu gibi yapıların projelendirilmesinde bölgenin dalga ve akıntı özellikleri çoğunlukla göz önüne alınmamıştır. Sonuç olarak kıyı boyu malzeme taşınım dengesi bozulmuş ve bu da kıyı karayolu üzerinde en önemli hasar nedenini oluşturmuştur.

- Sahilden veya sahile yakın yerlerden (kıydan yaklaşık 50-200m arasındaki değişen uzaklıktaki deniz tabanından) bölgedeki inşaatlar için büyük miktarda kum-çakıl çekilmektedir. Bazı yörelerde bu şekilde malzeme çekiliş, karayolu hasarlarının tek nedeni olmaktadır.
- Geçmişte kıyı tahkimatları projelendirilirken “Kıyı Hidroliği ve Mühendisliği” ile ilgili kuramlar uygulanmamıştır [1].

Bu çalışmada dalga mekaniği ve dalganın kıyı yapılarına etkisi, kıyı koruma yapı tipleri ve kullanım amaçları hakkında bilgi verilmiştir.

Araştırmanın yapıldığı yer Trabzon şehir merkezinden Rize şehir merkezine kadar olan bölgedir. Bu bölgede kıyı boyunca bulunan kıyı tahkimatları, mahmuzlar ve balıkçı barınakları mevcut verilere göre dalga karakteristiği, yapının yeri ve önemi göz önünde bulundurularak incelenmiştir.

## 1.2. Çalışmanın Amacı

Kıyı tahribatlarına ana neden, kıyıyı doğrudan etkileyen ve dalgaların kıyıya çarparak denize taşıdıkları malzemelerle oluşan dalga aşındırmasıdır. Dalgaların yapmış olduğu tahribatlar yapı yüzeylerindeki taşların dengesini kaybederek yuvarlanmasına, topuk erozyonuna ve oturmalara neden olmaktadır. Bu tahribatların önlenmesi için yapı eğimi, yörenin fiziksel koşulları (taban eğimi, su derinliği vb.) ve dalga özellikleri iyi analiz edilmelidir. Topuk erozyonunun azaltılabilmesi için uygun bir filtre sisteminin uygulanması gerekmektedir. Yapı oturmalarının önlenmesi, en aza indirilebilmesi için yapı taşları altındaki filtre ve dolgu malzemesindeki sıkışmanın yeterli düzeyde olması istenmektedir. Aksi halde hidrolik borulanma olayı sonucu malzeme akışı hızlanacak ve oturmalar büyük boyutlara kadar varabilecektir.

Yapılan çalışmanın amacı; Trabzon ile Rize illeri arasındaki kıyı koruma yapıları incelenerek kıyı tahkimatlarında oluşan stabilite bozukluklarını ve filtre tabakası uygulamasındaki yapılan hataları göstermek, mahmuzların malzeme biriktirme ve kıyı oluşturmadaki önemi vurgulamak ve balıkçı barınaklarında oluşan sığlaşmanın nedenini belirlemektir.

### 1.3. Önceki Çalışmalar

Birben [2], yaptığı çalışmada kıyı korumalarında belirli açıyla gelen dalgalara karşılık yapılacak olan açık deniz dalgakıranlarının konumunu incelemiştir. Bunun için laboratuvar ortamında 7 değişik konumda kıyıya paralel seri (iki) açık deniz dalgakıranı oluşturmuştur ve bu dalgakıranına 30° açıyla yaklaşan dalgalara karşılık dalgakıranın sediment tutma miktarını çeşitli karşılaştırmalar yaparak değerlendirmiştir.

Tulgar [3], kıyı koruyucu yapı tiplerinin seçimini etkileyen ve bunların projelendirilmesinde temel olan fiziksel, çevresel ve ekonomik faktörler yanında palya (topuk) yüksekliği, yapı önü su derinliği, deniz tabanı eğimi ve dalga yüksekliği gibi parametreler göz önüne alarak gömme topuklu pere, topuklu pere, tahkimat, palyalı tahkimat ve düşey duvar önü tahkimat olmak üzere 5 değişik kıyı koruyucu yapı tipi ortaya koymuştur. Bu 5 kıyı koruyucu yapıdan gömme topuklu perenin, kıyı şeridinin 10 metreden büyük olması halinde ve zeminin kaya olmadığı tahrifat bölgelerinde, topuklu perenin, kıyı şeridinin 10 metreden küçük olması halinde ve zeminin kaya olduğu hasar bölgelerinde, tahkimat tipinin, kıyı şeridinin 3 metreden ve yapı önündeki su derinliğinin 1 metreden küçük olması halinde, palyalı tahkimat tipinin, yapı önündeki su derinliğinin 1 metreden büyük olması halinde ve düşey duvar önü tahkimat tipinin, var olan duvarların önündeki aşınmayı önlemek için kullanıldığını açıklamıştır.

Turan [4], kıyı koruyucu yapı tiplerinin seçimini etkileyen ve bunların projelendirilmesinde temel olan fiziksel, çevresel ve ekonomik faktörler yanında yapının geotekniksel özellikleri ve geometriksel özellikleri göz önüne alarak palyalı tahkimat, gömme topuklu tahkimat ve duvar önü tahkimat olmak üzere üç değişik kıyı koruyucu yapı tipi ortaya koymuştur. Ayrıca T-tipi mahmuz, klasik kıyı mendireği ve kıyıda bağımsız olarak inşa edilen yapı tiplerini denemiştir. Kıyı koruma yapılarının stabilitelelerini kayma erozyonu sonucu kaybettiğini ve taş ağırlıklarının artması Hudson formülü gereği stabiliteninde artacağını vermesine rağmen kaymaya karşı stabilitenin azaldığını tespit etmiştir. Kaymaya karşı stabilitenin artırılması sürtünme kuvvetlerinin artırılmasıyla mümkün olabileceğini bunun içinde payla ve gömme topuk şeklinde yapı önüne önlük yapılmasını bir çözüm olarak sunmuştur. Ayrıca T-tipi mahmuzların kıyı oluşumunda etkili olduğunu ortaya koymuştur.

Boğuşlu vd. [5], çalışmalarında Giresun, Trabzon ve Rize illerindeki kıyıda liman, barınak, mahmuz, gibi yapıların yer seçimi ve projelendirilme aşamaları ile kıyı şeridinden



inşaatlar için kum çakıl çekilmesi, çarpık yapılaşmalar gibi etkilerin kıyı çizgisindeki değişimlerini incelemişler ve bu konuda çözüm önerileri getirmişlerdir. Bunun yanında getirilen çözüm önerilerinin benzer tipte değişiklik gösteren kıyılara da uygulanabilmesini amaçlamışlardır.

Günbak vd. [6], tetrapodların yerleştirilme şekline göre dalgakıran stabilitesini incelemişlerdir. Kırılan dalga şartlarında tetrapodların dalgakıran stabilitesini etkilediğini ancak yerleştirme şeklinin stabilite üstünlüğünü arttırmadığını açıklamışlardır.

Server [7], Samsun-Trabzon arası kıyı koruma yapılarının performanslarını yapının fonksiyonelliği ve doğaya uyumunu göz önünde bulundurarak incelemiştir. Bölgede yapı yeri seçiminin önemini vurgulamış ve esnek, geçirgen, kıyıya dik yapıların uygulanabileceğini önermiştir.

Bektaşoğlu [8], çalışmasında çeşitli doğal kuvvetler karşısında dengede kalması gereken kıyı koruma yapılarını projelendirebilmek için bunlar üzerine gelen statik ve dinamik kuvvetleri incelemiştir. Bu kuvvetlerin bilinmesi, statik hesaplarının araştırılması gerektiğini bu nedenle, kıyı duvarı üzerinde tam yansımaya uğrayıp duvar önünde salınım yapan, tam yapı üzerinde kırılan veya yapıya kırılmış olarak gelen dalgaların oluşturduğu kuvvetleri incelemiştir. Bu konudaki çeşitli yaklaşımları karşılaştırmalı olarak vererek dalga basıncı formüllerinin kullanılış şekillerini örnekler üzerinde göstermiştir.

Süme ve Karasu [9], yaptıkları çalışmada Karadeniz duble otoyol kapsamında kıyı bölgesinin korunması amacıyla inşa edilen T mahmuzların kumsal oluşumuna olan katkılarını, sahilin ve denizaltı topografyasının değişimine etkilerini incelemişlerdir. T mahmuzlardaki sediment birikimi tespit edilmiş ve mahmuzlar arası mesafe, mahmuz kotu ile yeri hakkında öneriler sunmuşlardır.

Yüksel ve Önsoy [10], çalışmalarında Karadeniz sahil yolunda yapılmış olan yol ve kıyı koruma yapılarının gözlem altına alınmak suretiyle kıyı hidrodinamik dengesi üzerindeki etkisini belli zaman aralıklarında incelemişlerdir. Aynı amaçla daha önce projelendirilerek uygulamaya konmuş olan benzer yapılarla karşılaştırarak bunların avantaj ve dezavantajlarını gözden geçirmişlerdir. Kıyı koruma yapılarının proje esas ve kriterlerine uygun tecrübeli ve uzman kişilerce yapılması durumunda kıyı hidrodinamik dengesinin korunmasında olumlu katkı yapacağı konusunda genel bir görüş bildirmişlerdir.

Yüksel vd. [11], accropode elemanından yapılan yüzeyi 1:1.5 eğimli bir dalgakıranın farklı yerleştirme durumlarındaki stabilitesini araştırmışlardır. Accropode blokların düzensiz yerleşiminin düzenli yerleşimine göre daha stabil olduğunu, düzensiz

yerleştirmede dalga etkisinde blokların dönerek düzensiz görünüm aldığını ve birbirlerine klasik davranışta olduğu gibi kilitlendiğini belirtmişlerdir.

Yaylı [12], Karadeniz Sahil Yolu'nun büyük bir bölümde uygulama alanı bulan kıyıya paralel kıyı koruma yapısıyla (tahkimat) ilgili olarak geliştirilen yapım metodunu açıklamıştır. Sahil yolunda çok sayıda inşa edilen mahmuzlar yer ve konum açısından değerlendirerek uygulanan kesitler hakkında bilgiler vermiştir. Projenin en çok tartışılan çevre boyutu anlatmaya çalışmış, mevcut kumsal ve plajların korunmasına yönelik yapılan proje revizyonlarını örneklerle göstermiştir. Karadeniz sahil yolu güzergahının genellikle mevcut yolu takip ettiğini ve çok sayıda tünel ve köprü yapılarak yolun geometrik standardının yükletildiğini, mevcut kumsal azamı derecede korunmaya çalışılırken çok sayıda ilave mahmuz yapılarak yeni kumsalların oluşturulduğunu vurgulamıştır.

Durmuş [13], çalışmasında taş dolgu kıyı duvarı, mahmuz, iskele, dalgakıran, yat limanı gibi çeşitli kıyı koruma yapı tipleri, fonksiyonellik, boyutlandırma ve stabilite açısından irdelemiştir. Çalışma alanı Mersin Şehir merkezinden başlayarak Mersin'in 50 km batısında yer alan Kumkuyu beldesine kadar olan sahil Şeridini kapsamaktadır. Her bir kıyı koruma yapı tipi mevcut dalga verilerine göre yapının yeri ve önemi göz önünde bulundurarak irdelemiştir. Literatürdeki hesap kriteri esas alınarak mevcut kıyı koruma yapılarının kıyı üzerindeki etkilerini sunmuştur. Sonuç olarak kıyı koruma yapı tiplerinin tamamına yakınının ortak sorununun filtre tabakasının bulunmayışı olduğunu tespit etmiştir.

Kankal vd. [14], yaptıkları çalışmalarında Trabzon İli, Arsin kıyı bölgesinde yapılan, tahkimat projesinin uygunluğunu incelemiş, ileride yapılması düşünölen balıkçı barınağının olası zararlı etkilerini araştırmışlardır. Yapılması düşünölen balıkçı barınağının olduğu ve olmadığı durumlarda; derin denizde ve balıkçı barınağının etkilediği alandaki değişik noktalarda, aynı zamanda tahkimat önünde dalga yüksekliği ölçümleri yapmışlardır. Balıkçı barınağının dalga yüksekliğinde artmalara neden olduğu ve bazı stabilite sorunları oluşturduğunu belirtmişlerdir. Bu yıkıcı etkinin azalan uzunlukta 3 adet T mahmuz yapılması ile giderilebileceğini belirtmişlerdir. Tahkimatların uygunluğu incelenerek daha önce 5.0 m olarak önerilen kret kotunun 4.0 m'ye düşürölmesine karar vermişlerdir. 3.5 m kotuna kadar tahkimat yapılıp, 0.5 m yüksekliğinde kronman betonu yapılması hem ekonomik hem de kullanışlı bir çözüml olarak değerlendirmişlerdir. Ayrıca yapı eğiminin azaltılarak, tırmanma yüksekliğinin azaltılacağını ve koruma malzemesinin stabilitesinin arttırılacağını belirtmişlerdir.

Mamak ve Güzel [15], çalışmalarında farklı dalga yükseklikleri ve yapı önü su derinliklerinde kırılan dalgaların eğrisel kıyı duvarı üzerinde tam kırılması sonucu oluşan çarpma basınçlarını elde etmek üzere laboratuvar deneyleri yapmışlardır. Bu parametrelerin dalga çarpması ve basınçlar üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Çarpma basınçlarının büyüklüğü, dalga yüksekliği ve kırılma anındaki dalga yüksekliği gibi parametrelere bağlı olduğunu ve yapı önündeki su derinliğinden büyük oranda etkilendiklerini belirtmişlerdir.

Yüksek vd. [16], Doğu Karadeniz Sahil Yolu projesi hakkında kısa bilgi verilmiş ve projenin kıyı açısından genel bir değerlendirmesini yapmışlardır. Değerlendirme kıyı mühendisliği üzerine yoğunlaşmış ve belirlenen bazı önemli hataları irdelemişlerdir. Arsin ve Fatsa kıyılarında yapılan hatalar, ortaya çıkan sorunlar ve bunların çözümleri hakkında bilgi sunmuşlardır. Buna göre söz konusu yol, kıyı hukuku ve yönetimi açısından bazı problemler taşımaktadır. Kıyı ekolojisi konusunda genelde olumsuz bir etkiye sahip olan projenin bu konuda bazı olumlu etkileri de söz konusudur. Çalışmanın son kısmında, projenin daha iyi hale getirilmesi için dikkate alınması gereken bazı mühendislik önerileri sunmuşlardır. Karadeniz Sahil Yolu projesinde kıyı koruyucu yapılar olarak sadece mahmuz ve tahkimatların dikkate alınmasının önemli bir eksiklik olduğunu belirtmişlerdir.

Tür ve Balas [17], çalışmalarında Karadeniz Sahil Yolunun, Piraziz-Sarp arasındaki kesimde yer alan tahkimat yapılarına incelemişlerdir. Yapılardaki koruyucu tabakanın fiziksel özellikleri ve deniz yöresine ait belirgin dalga yüksekliği değeri kullanılarak, rassal tasarım değişkenlerindeki belirsizlikleri olasılık dağılımları yardımıyla örnekleyen güvenilirliğe dayalı risk modeli uygulamışlardır. Tahkimat yapılarının güvenilirliğini etkileyen faktörlerin, koruma tabakası eğimi ve rölatif taş yoğunluğu olduğunu belirlemişler ve yapının ekonomik yaşam ömrü boyunca karşılaşacağı hasar olasılıklarını hesaplamışlardır.

Ergin vd. [18], çalışmalarında Orta Doğu Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Kıyı ve Liman Laboratuvarında Doğu Karadeniz Sahil Yolunda inşa edilen kıyı koruma yapılarının stabilite ve ekonomileri üzerine deneysel bir çalışma yapmışlardır. Yapılan model çalışmaları sonucunda fırtına dalgalarına dayanıklı kıyı koruma yapısı en kesitini bulmuşlar ve bu kesiti hala inşa edilmekte olan kesitle ekonomik açıdan karşılaştırmışlardır. Karşılaştırma sonucu yapılan kıyı koruma yapılarının yörede oluşabilecek fırtınalara karşı dayanıklı olmadığı ve son derece pahalı bir yapı olduğunu belirtmişlerdir.

Fışkın vd. [19], çalışmalarında basamak tip taş dolgu kıyı koruma yapılarının fırtına koşulları altında göstereceği davranışlarını incelemişlerdir. Deneysel çalışmalarını iki aşamada gerçekleştirmişlerdir, ilk aşamada deneylerde kıyı koruma yapısını oluşturan taş ağırlıkları değiştirilerek hasar değişimlerini gözlemişlerdir. Alternatif en kesitlerin farklı basamak genişliklerinde sakin su seviyesinin 1 metre üzerinde kalacak şekilde inşa edilmesini önermişlerdir. İkinci aşama deneylerde ise basamak genişliğinin kıyı koruma yapısının denge durumu üzerindeki etkisini araştırmak amacıyla en kesitlerin basamak tabakaları sakin su seviyesinin 1 metre altında kalacak şekilde inşa etmişlerdir. Deneylerde, basamak üzerinde dalga enerjisi sönümlenmesinin yapı denge ve hasar durumları üzerindeki etkisini farklı basamak genişliklerine göre hesaplamışlardır. Çalışmada, koruma yapılarının denge durumu ile birlikte su sıçraması ve tırmanması ile sahil yolunun işlevselliğini de araştırmışlardır. Deneylerdeki eş değer kesitler karşılaştırdıklarında batık basamak tipi taş dolgu dalgakıranların enerji dağıtma kapasitelerinin daha düşük olduğunu belirtmişlerdir. Bunun sonucu olarak da kesit üzerinde tırmanma ve aşma değerlerinde artış gözlemişlerdir. Ancak basamak su seviyesinin altında olması nedeniyle basamak üzerinde dalga kırılmasının yarattığı hasar su seviyesinin üzerinde olan taş dolgu dalgakıranlara oranla daha düşük olarak gözlemişlerdir.

Taylan ve Ünsal [20], yaptıkları çalışmalarında öncelikle Doğu Karadeniz Bölgesi'nde mahmuz uygulamasının geçerliliğini araştırarak, bu bölgeye uygun mahmuz tasarım şeklini belirleyip mevcut mahmuzlarla karşılaştırmışlardır. Ayrıca bölgedeki mahmuzların tiplerini ve tasarımlarını incelemişlerdir.

Turan [21], çalışmasında son yıllarda çeşitli ülkelerde geliştirilen dalgakıran blok ağırlıkları ile ilgili bazı ampirik formülleri karşılaştırmalı olarak incelemiş ve dalgakıranlarda blok ağırlıklarının belirlenmesinde farklı kriterlerin sonuca etkilerini incelemiştir.

Yerli vd. [22], çalışmalarında Trabzon Limanı Mendirek Onarım İnşaatı projesinin kesit stabilite tahkikini, DLH İnşaatı Genel Müdürlüğü, Araştırma Dairesi Başkanlığı Hidrolik Şube Müdürlüğü dalga kanalında yapmışlardır. Bu hidrolik model çalışmalarında temel olarak üç farklı ana dalgakıran gövde kesiti inşa ederek dalgakıranın stabilitesini incelemişlerdir. Bu kesitler sırasıyla; söz konusu fırtınada hasar gören kesit, onarım projesinde öngörülen kesit ve alternatif onarım kesitleridir. Fiziksel model deneyleri, gerçek deniz durumunu daha iyi temsil ettiği için düzensiz dalgalar kullanarak gerçekleştirmişlerdir. Bu deneyler sonucunda fırtına sonrası tespit edilen gövde kesitine ait

hasar profiline en yakın oluşum,  $H_{1/3}=7.0$  m. ve  $T_{1/3}=11\sim 12$  sn. olan dalgaların etkimesinden sonra elde etmişlerdir. Öngörülen proje kesiti, tespit edilen tasarım dalgası ( $H_i=6.50$  m. Ve  $T=11$  sn.) etkisinde %7 civarında bir hasara sahip olduğunu, ayrıca topuk palyesinde, dalga yüksekliği 3.5 m.'yi geçtiği anda hemen hasar meydana belirtmişlerdir.

Süme ve Güner [23]; Karadeniz bölgesinde tabii plaj oluşturmak amacıyla inşa edilen T mahmuzların biriktirdikleri malzemenin granülometrik analizlerini, kıyının kadastral ölçümünü yapmışlar ve değişim-malzeme ilişkisini kurmuşlardır. T mahmuzların kıyı oluşumuna katkılarını belirterek kıyı çizgisine olan etkilerini araştırmışlardır. İncelenen T mahmuzlarda ince kum ve çakıllı malzeme birikmesinin olduğunu gözlemişler ve dane çapının aylara göre değişikliğe uğradığını belirtmişlerdir.

Süme [24]; T mahmuzların Karadeniz Sahil Yoluna olan etkilerini araştırmış, sahilin ve deniz altı topografyasının değişimine etkilerini incelemiştir. Çalışmada yapılacak olan mahmuzların yerlerini sahil haritası üzerinde işaretlemiş, yapılmadan önce ve yapıldıktan 2 yıl sonra iskandil alma yöntemi ile deniz altı nivelmanını çıkarmıştır. Böylece kış ve yaz profili şeklinde mahmuz etrafındaki batimetrik haritayı elde etmiştir. Sonuç olarak elde edilen yıllık tesviye eğrili haritalardan, yerinde yapılan gözlemlerden ve video görüntülerinden yararlanmış, İyidere-Çayeli arasındaki sahilin korunması ile ilgili, mahmuzların deniz altı topografyasını ne yönde değişime uğrattığı, sahile katkılarının neler olduğunu belirlemiştir. Kıyıya paralel taşınımın batıdan doğuya doğru, yani hakim dağla yönlerinden kuzey-batı doğrultusunda (NW) olduğunu gözlemler, incelemeler ve ölçüm sonuçlarıyla belirterek bazı T mahmuzları incelemiş olduğu bölgede görevini yerine getiremediğini belirtmiştir.

#### **1.4. Dalgaların Genel Özellikleri**

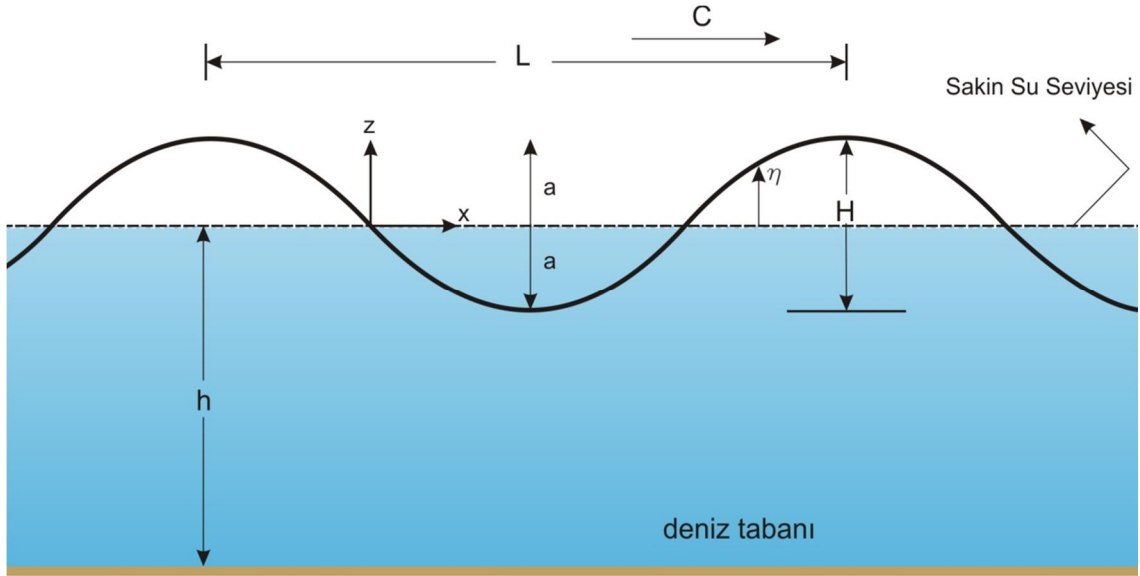
Deniz yüzeyinde rüzgar etkileri ile oluşan dalgalara ilerleyen ağırlık dalgaları denir [25]. Ağırlık dalgaları rastgele karaktere sahiptirler, rüzgar etkisiyle suyun dengesi bozulduktan sonra, dalganın rüzgara karşı ve ona ters oluşan sırtları arasında basınç farkı doğar. Böylece rüzgar enerjisi su yüzeyine geçer ve rüzgar dalgaları oluşur [26].

Gerçek ortamda oluşan ağırlık dalgaları hem çok düzensiz bir dizide oluşurlar hem de su yüzü profili olarak değişkenlik gösterirler. Bu nedenle matematiksel olarak ifade edilmeleri mümkün değildir [25].

## 1.4.1. Dalga Mekaniği

### 1.4.1.1. Basit Dalga Profili

Dalga problemlerini çözmeye teorik bir dalga formu kullanılmaktadır. İdealize edilmiş bu dalga profiline, sinüs fonksiyonu ile aynı yapıda olduğundan sünizoidal dalga ismi verilmektedir. Dalga profili zamanın ve yerin bir fonksiyonudur ve değişik su seviyelerindeki dalga profilini, su yüzeyinin düşey hareketini belirlemektedir. Sünizoidal dalga profili, Şekil 1.1’de verilmektedir.



Şekil 1.1. Sinüsoidal dalga profili

Sünizoidal dalga profili Denklem 1.1’de verilmiştir.

$$\eta = a \cdot \sin\left(2\pi \left[ \frac{x}{L} - \frac{t}{T} \right]\right) \quad (1.1)$$

Denklemde,  $\eta$  dalga profilinin durgun suya göre düşey mesafesini,  $x$  yatay eksen boyunca alınan mesafeyi metre (m),  $a$  dalga genliğini (m),  $t$  zamanı saniye (sn),  $L$  dalga boyunu (m) ve  $T$  ise dalga periyodunu (sn) ifade etmektedir [27].

### 1.4.1.2. Dalga Boyu ve Dalga Hızı

Dalga hızı, dalga boyunun dalga periyoduna bölünmesiyle elde edilir. Dalga boyu, periyodu, su derinliği ve dalga hızı arasındaki ilişkiler Denklem 1.2 ve 1.3’de verilmiştir.

$$L = \frac{g \cdot T^2}{2 \cdot \pi} \cdot \tanh \left[ \frac{2 \cdot h \cdot \pi}{L} \right] \quad (1.2)$$

$$C = \frac{L}{T} \quad (1.3)$$

Burada verilen iki denklemden, dalga hızı (C) aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$C = \frac{g \cdot T}{2 \cdot \pi} \cdot \tanh \left[ \frac{2 \cdot h \cdot \pi}{L} \right] \quad (1.4)$$

Bu eşitlikte, C dalga hızını, T dalga periyodunu, h su derinliğini L dalga boyunu ve g yerçekimi ivmesini ifade etmektedir.

### 1.4.1.3. Dalgaların Sınıflandırılması

#### 1.4.1.3.1. Su Derinliğine Göre (h/L)

Su derinliğine göre dalga sınıflandırılması Tablo 1.1’de verilmiştir.

Tablo 1.1. Derin ve sığ su dalgaları

Dalga tipi	h/L	2πh/L	tanh(2πh/L)
Derin su dalgası	≥1/2	≥π	1.0
Geçiş bölgesi dalgası	1/25 – 1/2	π/10 – π	tanh(2πh/L)
Sığ su dalgası	≤1/25	≤π/10	2πh/L

#### 1.4.1.3.2. Dalga Yüksekliğine Göre (H/L ve H/h)

Dalga yüksekliği sonsuz küçük ise  $H/L \rightarrow 0$  ve  $H/h \rightarrow 0$  olacaktır. Bu H/L ile kıyaslanarak (H/L)'nin karesi mertebesindeki terimler ihmal edilebilir. Doğadaki dalgaların dalga dikliği genellikle 0.04 – 0.08 arasındadır. Bu küçük değerler nedeniyle dalgaları lineer hale dönüştürmenin iyi bir yaklaşım olduğu düşünülebilir. Bu şekilde tanımlanan dalgalara küçük genlikli dalgalar, sonsuz küçük genlikli dalgalar, basit harmonik dalgalar, Airly dalgalar, birinci derece Stokes dalgaları ve sadece birinci derece dalgalar gibi birçok isim verilmektedir [8].

#### 1.4.1.3.3. Dalga Yüksekliği, Dalga Boyu ve Derinliğine Göre (H, L, h)

Dalga yüksekliği, dalga boyu ve su derinliği boyutsuz bir sayı oluşturacak şekilde ifade edilebilir. Sözü edilen sayı,

$$U = \frac{HL^2}{h^3} \quad (1.5)$$

şeklinde olup Ursel sayısı (Stokes parametresi) olarak bilinir. Bu sayı eğer belli bir değerden küçükse dalga hareketi Stokes Teorisi ile açıklanabilir. Limit durumunda ( $U \ll 1$ ) bu teori basit bir dalga teorisine dönüşür [8].

Sığ sularda uzun ve yüksek dalgalar büyük Ursel sayılarına sahiptir. Bu dalgalar Conoidal dalgalardır. Solitary dalga ise  $U \rightarrow \infty$  için Conoidal dalga limitidir. Conodial dalgalar uzun dalga sınıfından olup  $h/L \ll 1$  veya  $H/L \rightarrow 0$  ile karakterize edilebilir [8].

#### 1.4.1.3.4. Dalga Hareketinin Karakteristiklerine Göre

Dalgalar akışkanda hareketine bağlı olarak ilerleyen veya yansıyan olabilir. Su parçacıklarının hareketine bağlı olarak ise salınımlı (oscillatory) yada taşınımlı (translatory) olabilir. Salınımlı dalgalarda su parçacıkları kapalı yada kapalıya yakın yörüngeler izler. Diğer bir anlatımla, çevrim sonunda orijinal yerlerine dönerler.



Akarsulardaki taşınım dalgası veya sahillerdeki rüzgar dalgaları taşınımlı dalgalara örnek gösterilebilir.

Eğer bir dalğanın hareketi ve yüzey profili eşit zaman aralıklarında tekrarlanıyorsa buna periyodik dalga denir [8].

#### 1.4.1.3.5. Dalgayı Üreten Kuvvete Göre

Dalğanın oluşumu bir kuvvet tarafından gerçekleştirilir. Rüzgar dalgaları, rüzgar kuvvetinin teğetsel bileşeninin deniz yüzeyindeki etkisiyle, gel – git ise ayın ve güneşin çekimi sonucunda oluşur. Bunların her birinin ayırt edilmesi ve tanınması periyotları ile mümkündür. Dalgaların dalgayı üreten kuvvete göre sınıflandırılması Tablo 1.2’de verilmiştir.

Tablo 1.2. Dalgayı üreten kuvvete göre dalga sınıflandırması

Dalga tipi	Periyod (T)	Sonuç
Kısa periyotlu dalgalar	$T < 30$ sn	Rüzgar dalgaları
Uzun periyotlu dalgalar	$30 \text{ sn} < T < \text{saat}$	Deprem dalgaları
Gel – git dalgaları	$T > \text{saat}$	Gel – git dalgaları

#### 1.4.1.4. Derin Deniz Dalgaları

Derin deniz dalgalarının iki önemli parametresi, belirgin dalga yüksekliği ( $H_{1/3}$ ) ve belirgin dalga periyodu ( $T_{1/3}$ )’tür. Derin denizde oluşan dalgalar, kıyıya doğru yaklaşırken çeşitli etkenler nedeniyle değişime maruz kalırlar. Bu değişimin başladığı derinlik, derin deniz sınırıdır. Dalgaların maruz kaldığı değişiklikler dalga yönü ve yüksekliğinde olur; dalga periyodu ise sabit kalır. Derin deniz sınırı, su derinliğinin dalga boyunun yarısına eşit olduğu yerdir ve aşağıdaki denklemle verilir [28].

$$h = 0.5L_0 \quad (1.6)$$

Denklemdaki, açık deniz dalga boyu Denklem 1.7 ile verilebilir. Denklemden  $h$  ve  $L_0$ , metre (m) ve  $T$  ise saniye (sn) boyutundadır.

$$L_0 = 1.56T^2 \quad (1.7)$$

#### 1.4.2. Dalga Transformasyonu (Dalgaların Değişime Uğraması)

Açık denizlerde rüzgar etkisiyle oluşan dalgalar belirli bir dalga yayılma hızı ile ilerleyerek kıyı yakınlarına gelirler. Açık deniz koşullarında deniz tabanının ve su derinliğinin dalga özelliklerine herhangi bir etkisi yoktur. Buna karşılık, su derinliği dalga boyunun yarısına düştüğünde, sıkışma nedeniyle dalga özelliğinde değişimler başlar. Bu değişimler, dalga mekaniğini önemli ölçüde etkiler. Bunlar, sıkışma (shoaling), kırınım (diffraction), yansıma (reflection), kırılma (breaking) ve sapma (refraction)'dır.

Dalgaların derin sulardan sığ sulara doğru hareket ederken, taban batimetresinin değişimi, mendirekler ve çeşitli dip akımı gibi engeller nedeniyle değişime uğrarlar. Böylece dalgaların yüksekliği, boyu, hızı ve yönü değişebilir. Buna karşın, dalga periyodu ise derinliğe bağlı olmaksızın dalgalar kıyıya ulaşana kadar aynı değerde kalır. Sonunda, dalgalar belirli bir derinlikte dengesini kaybeder ve kırılır.

##### 1.4.2.1. Dalga Sıkışması

Düzgün taban eğimine sahip (paralel eş derinlik eğrileri) bir kıyı alanında dalga tepe çizgileri taban eş derinlik eğrilerine paralel şekilde (dalga diki taban eğrilerine dik) kıyıya doğru ilerliyorsa, dalga boyları ve yayılma hızları azalan bu dalgaların yükseklikleri de değişir. Derin deniz dalga yüksekliğinin su derinliğine bağlı olarak değişmesi, dalga sıkışma katsayısı ( $K_s$ ) değeriyle belirtilmektedir [29]. Bunun sonucunda dalga yüksekliğinde çoğu kez azalma, bazı durumlarda ise artma meydana gelir. Sıkışma sonucu dalga yüksekliği şöyle hesaplanır [30].

$$H = H_0 \cdot K_s \quad (1.8)$$

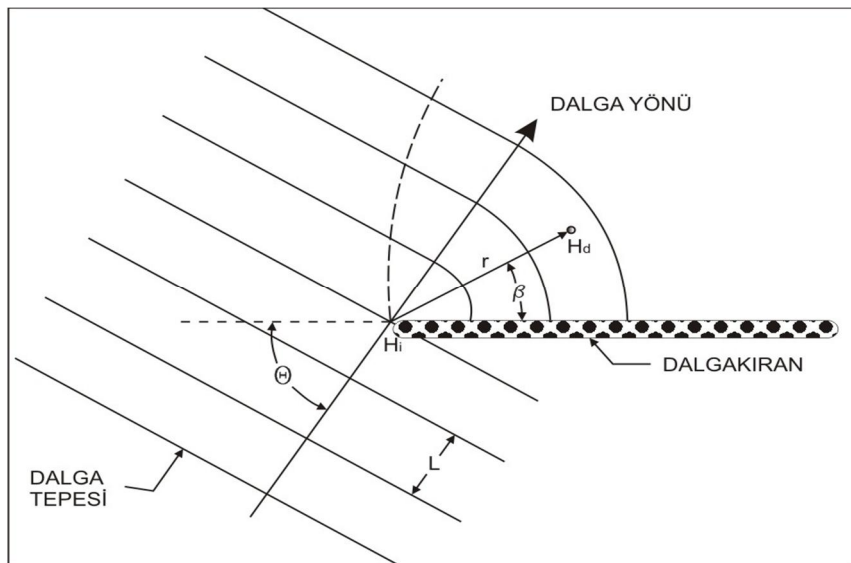
$$K_s = \left[ \tanh\left(\frac{2 \cdot h \cdot \pi}{L}\right) \right]^{-1/2} \left[ 1 + \frac{4 \cdot \pi \cdot h / L}{\sinh(4 \cdot \pi \cdot h / L)} \right]^{-1/2} \quad (1.9)$$

Denklemdede,  $H$  ve  $H_0$  ilgili noktadaki ve derin denizdeki dalga yüksekliği,  $K_S$  ise sığlaşma katsayısıdır.  $K_S$  katsayısı,  $h/L_0$  değerine bağlı olarak Ağırlık Dalgaları Tabloları (GWT)'den de bulunabilir [31].

#### 1.4.2.2. Dalga Dönmesi veya Kırınımı

Dalgaların dönmesi olayı kıyı mühendisliğindeki bir çok çalışmada önemli bir yer tutmaktadır. Özellikle kıyıda korunmuş bir alan oluşturmak için yapılan dalgakıran ve benzeri yapıların ne derecede etkili olacakları, dönen dalga miktarına bağlı olmaktadır. Bunun yanında, liman giriş ağzı konumu ve boyutu ve liman içi çalkantıları bu olaya bağlıdır.

Şekil 1.2'de su derinliğinin sabit olduğu bir bölgede (dalga kırılması veya sığlaşmasının olmadığı) yarı geçirgen bir dalgakırana gelen düzenli dalgalar gösterilmektedir. Dalgaların bir bölümü dalgakırana direkt vurmakta ve vuran dalganın bir kısmı sönümlenmekte bir kısmı ise yansımaktadır. Dalgakıran ucundan liman içine giren dalgalar ise dalgakıranın arka kısmında kırınıma uğramaktadır. Kırınıma uğrayan dalgalar, her biri dalga tepesi boyunca dalga yüksekliğindeki azalma ile merkezciil yuvarlak yay biçimine dönüşmektedir. Kırınımdan etkilenen dalga yüksekliklerinin bulunduğu bölge Şekil 1.2'de kesikli çizgi sınırına kadar ulaşmaktadır [32].



Şekil 1.2. Dalga kırınım terimleri [32].

Kırılan dalga tepeleri, aynı zamanda dalga kırın ucundan arkasına doğru kıvrılan merkezci dalga tepeleri biçiminde kırınımına uğrayabilirler. Bu dalgalar genellikle gelen dalgadan daha yavaşlırlar ve dalgakırın arkasına ulaştıkları zaman kırınımdan çokça etkilenirler. Böylece dalgakırın arkasındaki dalgalar çok küçük yüksekliklerde olurlar [27].

Kırınım katsayısı;

$$K_d = \frac{H_d}{H_i} \quad (1.10)$$

şeklinde belirlenir. Denklemden,  $H_d$  dalgakırının arka noktasındaki dalga yüksekliği,  $H_i$  ise dalgakırın ucundaki gelen dalga yüksekliğidir. Eğer belirlenen nokta ile dalgakırın ucundaki düz uzaklık  $r$  ( $K_d$ 'i belirlemede kullanılan) ve  $\beta$  dalgakırın ile bu düz uzaklık arasındaki açı ise,  $\theta$  zaman;

$$K_d = f\left(\frac{r}{L}, \beta, \theta\right) \quad (1.11)$$

olur. Denklemden,  $\theta$  gelen dalga açısını tanımlar ve  $L$  ise dalga boyudur. Sonuç olarak, dalgakırın arkasındaki belirlenen nokta için, kırınım katsayısı, gelen dalganın periyodunun ve geliş açısının bir fonksiyonudur. Böylece, gelen dalga spektrumları için, dalga spektrumlarının her frekans bileşeni dalgakırın arkasında verilen nokta için farklı kırınım katsayısına sahip olacaktır [32].

### 1.4.2.3. Dalga Yansıması

Açık denizden kıyıya doğru yaklaşan dalga bir engelle karşılaştığında, eğer engelin geometrisi ve yüzey özellikleri dalganın tamamen sönmüne yol açmıyorsa, gelen dalga enerjisinin bir kısmı veya tamamı geri yansır. Engeller kıyıya dik kayalıklar, deniz tabanında ki ani yükselişler vb. doğal engeller olabildiği gibi, kıyı duvarları, mendirekler, rıhtım duvarları vb. yapay yapılar şeklinde de olabilirler.

Dalga yansıması, çeşitli kıyı problemlerinde ve özellikle liman boyutlarının ve liman tiplerinin belirlenmesinde başlıca etkenlerden birisidir. Yansıma katsayısı,

$$K_y = \frac{H_y}{H} \quad (1.12)$$

şeklindedir. Denklemden, H gelen dalga yüksekliği,  $H_y$  yansıyan dalga yüksekliği ve  $K_y$  yansıma katsayısıdır. Bu katsayı 0 ile 1 arasındadır.  $K_y=1$  olduğunda dalganın tam yansıdığı,  $K_y=0$  olduğunda dalganın tam sönmüldüğü söylenebilir [33].

#### 1.4.2.4. Dalga Kırılması

Dalga, feç mesafesi boyunca rüzgarlar tarafından üretilir ve lineer dalga teorisine göre derin deniz sınırına kadar hiçbir değişime uğramadan yayılır. Derin deniz sınırından sonra sığlaşma, sapma ve kırınımın etkisi ile yükseklikleri, uzunlukları ve yönlerinde değişimler meydana gelir. Sörf bölgesinde hidrodinamik etkiler sebebiyle dalga belirli bir yüksekliğe ulaşır ve kendini taşıyamayacak kadar enerjisi olduğunda su danecikleri dalgadan kopmaya başlar. Bu olaya dalga kırılması adı verilir. Başka bir deyişle dalga doğar, büyür, şekil değiştirir, kırılır ve kıyıya ulaşır.

Dalga kırılması kıyı dengesini sabit kılabilmek için inşa edilen kıyı yapılarının yapısal denge hesaplamalarında kullanılan tasarım parametresinin bulunmasında en önemli faktördür. Kırılan dalgalar kıyı boyu katı madde taşınımının baskın etkenidir. Birçok bilim adamları dalga kırılması üzerine çeşitli yaklaşımlar getirmiştir. Dalga kırılmasını hesaplayabilmek için kullanılan bazı formüller aşağıda sıralanmıştır [34].

Munk [34]

$$\frac{H_b}{H_0} = 0.30 \left( \frac{H_0}{L_0} \right)^{-1/3} \quad (1.13)$$

Denklem 1.13'de, dalga periyodu ve derin deniz belirgin dalga yüksekliği ( $H_0$ ) bilindiği takdirde dalga kırılma yüksekliği hesaplanabilir. Kırılma derinliği indisi  $\gamma_b=0.78$  alınabilir.

Komar ve Gaughan lineer dalga teorisini kullanarak kırılma yüksekliği indisi için Munk yaklaşımına benzer ampirik bağıntı bulmuşlardır [34].

$$\frac{H_b}{H_0} = 0.56 \left( \frac{H_0'}{L_0} \right)^{-1/5} \quad (1.14)$$

Denklem 1.14'de,  $H_0'$  sapma etkisi altında olmayan (kırılmaya uğramış) derin deniz dalga yüksekliğini ifade etmektedir.  $K_{r,b}$  kırılma bölgesindeki sapma katsayısıdır. Bu eşitlik için de  $\gamma_b=0.78$  alınabilir.

$$H_0' = K_{r,b} \cdot H_0 \quad (1.15)$$

Weggel [34]

$$\gamma_b = \frac{H_b}{h_b} = b - a \cdot \frac{H_b}{g \cdot T^2} \quad (1.16)$$

$$a = 43.8(1 - e^{-19m}) \quad (1.17)$$

$$b = \frac{1.56}{(1 + e^{-19.5m})} \quad (1.18)$$

Denklem 1.17 ve 1.18'de, a ve b kıyı profili eğiminin fonksiyonu olan ampirik katsayılarıdır. (1.16) denklemi için gerekli olan kırılma yüksekliği indisinin hesaplanmasında kullanılabilirler.

Kamphius dalga dikliği kriteri ve derinlik limiti kriteri olmak üzere iki kriter tanımlamıştır. Kamphius, surf bölgesinde dalga dönüşümünden kıyı profili eğimini de dikkate almıştır. Dalga dikliği ve derinlik sınırı kriterleri aşağıda sırasıyla verilmiştir [34].

$$\frac{H_b}{L_b} = 0.095e^{4.0m} \cdot \tanh\left(\frac{2 \cdot h_b \cdot \pi}{L_b}\right) \quad (1.19)$$

$$\frac{H_b}{h_b} = 0.56 \cdot e^{3.5m} \quad (1.20)$$

CEM’de sörf bölgesindeki dalga dönüşümü taban konturlarının düz ve kıyı çizgisine paralel olduğu varsayımı ile hesaplanmaktadır. Dalga kırılmasından önce dalga enerji kaybı ihmal edilmektedir. Dalga enerjisi kaybı ihmal edilmektedir. Dalga enerjisi prensibi eşitliği ile dalga kırılma yüksekliğinin, Snell Yasası ile dalga kırılma açısının hesaplanabileceği eşitlikler aşağıda verilmiştir [34].

$$H_b = H_0 \cdot \left[ \frac{C_{g0} \cdot \cos \alpha_0}{\sqrt{\frac{g}{\gamma_b} \cdot \cos \alpha_b}} \right]^{2/5} \quad (1.21)$$

$$\sin \alpha_b = C_b \cdot \frac{\sin \alpha_0}{C_0} \quad (1.22)$$

(1.22) denkleminde derin deniz dalga hızı  $C_0$ , (1.21) denkleminde derin deniz grup hızı  $C_{g0}$ , sığ suda dalga hızı  $C_g$  küçük genlik lineer dalga teorisi kullanılarak (1.25) denklemi yazılabilir. (1.25) denklemindeki  $C_{gb}$  kırılma çizgisindeki grup hızını ifade etmektedir.

$$C_0 = \frac{L_0}{T} \quad (1.23)$$

$$C_{g0} = 0.5 \frac{L_0}{T} \quad (1.24)$$

$$C_b = C_{gb} \sqrt{g \cdot h_b} \quad (1.25)$$

(1.21) ve (1.22) denklemleri birleştirilirse dalga kırılma yüksekliği  $H_b$  (1.26) denklemindeki gibi yazılabilir. (1.26) denkleminde kırılma derinliği indisi ( $\gamma_b$ ) için 0.78 değeri alınabilir.

$$H_b = (H_0)^{4/5} \cdot (C_{g0} \cdot \cos \alpha_0)^{2/5} \left[ \frac{g}{\gamma_b} - \frac{H_b g^2 \sin^2 \alpha_0}{\gamma_b^2 C_0^2} \right]^{-1/5} \quad (1.26)$$

Goda tarafından önerilen dalga kırılma yükseklikleri hesapları dik yüzü dalgakıran tasarımında kullanılmıştır. Mühendislik uygulamalarında en fazla kullanılan düzensiz dalgalar için dalga kırılma denklemleri aşağıda verilmiştir [29].

$$H_{1/3} = \begin{cases} K_S \cdot H_0' & : h/L_0 \geq 0.2 \\ \min \{ (\beta_0 \cdot H_0' + \beta_1 \cdot h), \beta_{\max} \cdot H_0', K_S \cdot H_0' \} & : h/L_0 < 0.2 \end{cases} \quad (1.27)$$

$$\beta_0 = 0.028 \cdot \left( \frac{H_0'}{L_0} \right)^{-0.38} \cdot e^{20m^{1.5}} \quad (1.28)$$

$$\beta_1 = 0.52 \cdot e^{4.2m} \quad (1.29)$$

$$\beta_{\max} = \max \left\{ 0.92, 0.32 \left( \frac{H_0'}{L_0} \right)^{-0.29} \cdot e^{2.4m} \right\} \quad (1.30)$$

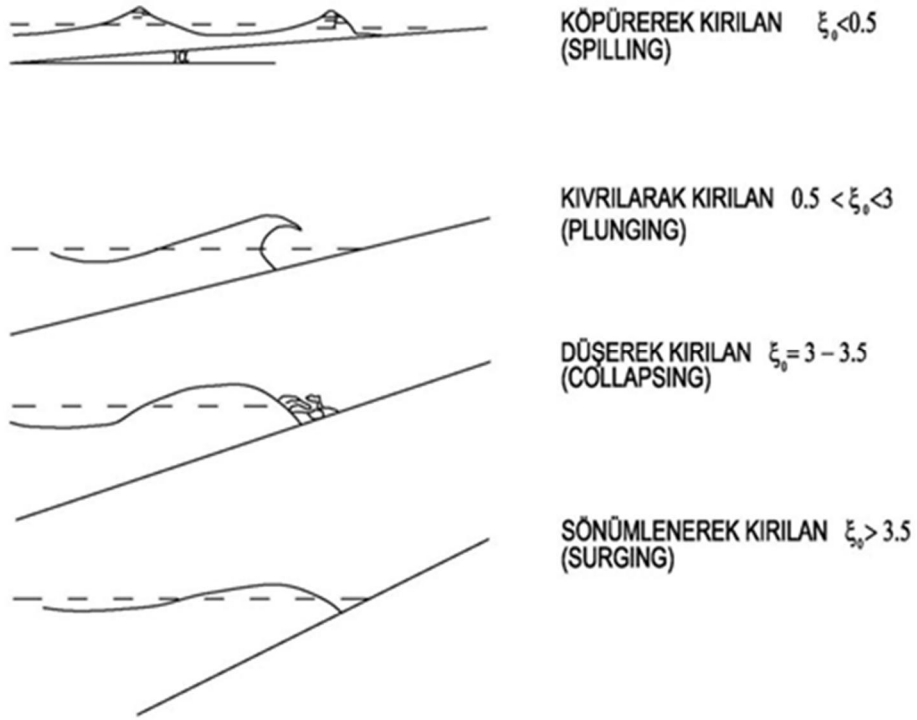
#### 1.4.2.4.1. Dalga Kırılma Parametresi

Dalga kırılma tipleri derin deniz kırılma benzetim parametresine ( $\xi_0$ ) göre sınıflandırılırlar. Derin denizde düzenli dalgalar için dalga kırılma parametresi aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$\xi_0 = \frac{\tanh \alpha}{\sqrt{\frac{H_0}{L_0}}} \quad (1.31)$$



Dalga kırılma parametresi tanımı kullanılarak; köpürerek (spilling), kıvrılarak (plunging), düşerek (collapsing) ve sönümlenerek (surging) kırılan dalga tipleri Şekil 1.3'de sınıflandırılmıştır.



Şekil 1.3. Dalga kırılma tipleri [29].

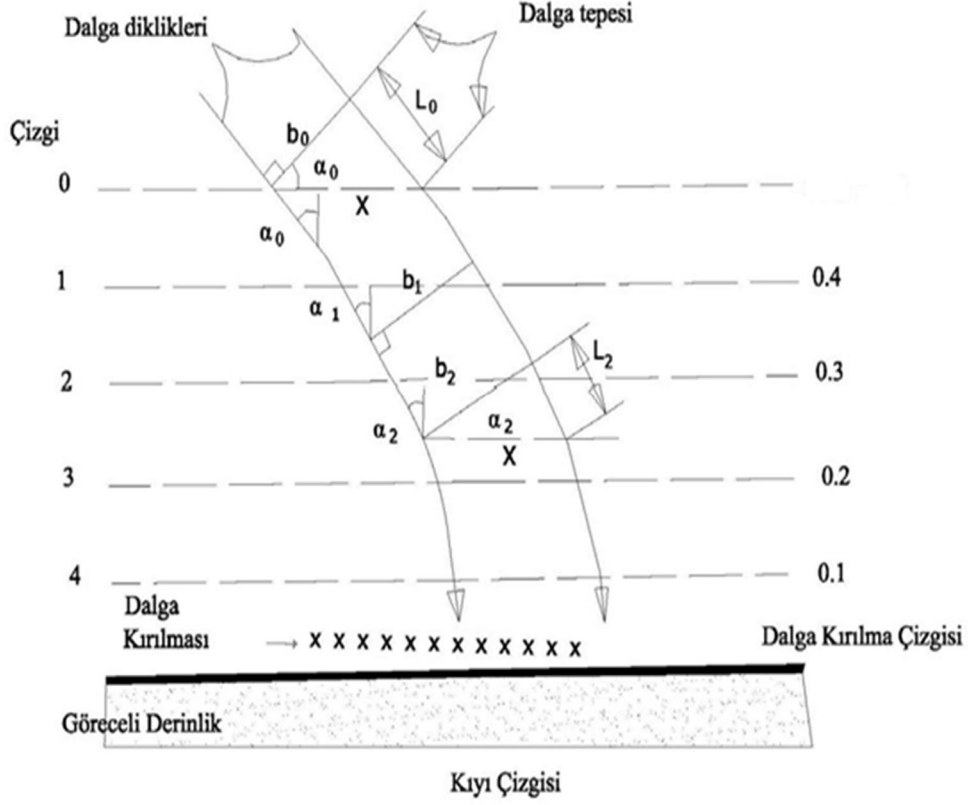
#### 1.4.2.5. Dalga Sapması

Kıyıya belli bir açı altında yaklaşan dalgaların, kıyıya yakın taraflarının taban tesirinden daha önce etkilenerek yavaşlamaları nedeniyle dönerek taban eş derinlik ergilerine (batimetri çizgileri) paralel duruma gelmeleri olayına sapma adı verilir.

Dalga sapmasının uygulamadaki önemli iki sonucu;

- Derin denizdeki devinimi bir yönde olan dalgalar, kıyıya değişik bir yönde ulaşabilirler.
- Deniz tabanı topoğrafyasına ve dalga sapmasına bağlı olarak, dalga yüksekliklerini derin deniz değerinden önemli ölçüde daha büyük yada daha küçük olabilir.

Şekil 1.4’de derin denizden kıyıya doğru ilerleyen dalgalar için dalga sapması denklemleri dalga tepe çizgilerine dik olarak çizilen ve referans olarak alınan dalga dikleri arasında ki mesafeler  $b_0$  (derin deniz) ve  $b$  (h derinliğinde) alınarak çıkarılmıştır [29].



Şekil 1.4. Dalga sapması şeması ( düzgün taban eğimi için) [29].

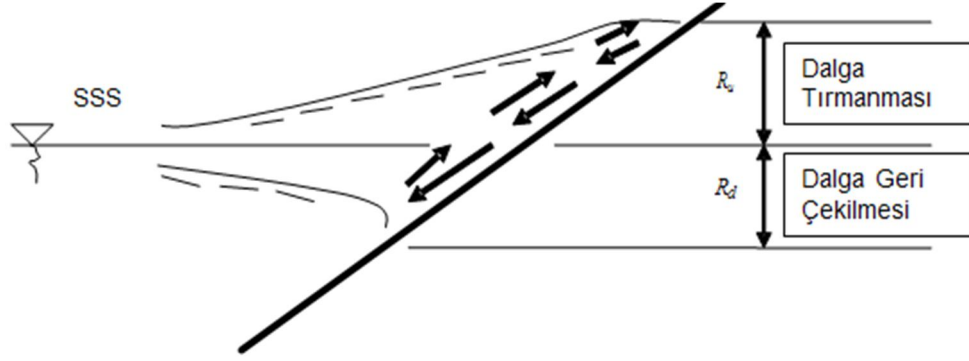
Düzlük taban eğimi için sapma katsayısı aşağıda verilmiştir.

$$K_r = \sqrt{\frac{b_0}{b_1}} = \sqrt{\frac{\cos\alpha_0}{\cos\alpha_1}} \quad (1.32)$$

Denklemden,  $K_r$  sapma katsayısı,  $\alpha_0$  derin su dalga tepe çizgisinin batimetri (eş derinlik eğrisi) ile yaptığı açı ve  $\alpha_1$  sığ su dalga tepe çizgisinin batimetri (eş derinlik eğrisi) ile yaptığı açıdır.

### 1.4.3. Dalga Tırmanması, Dalga Çekilmesi ve Dalga Aşması

Bir dalga herhangi bir kıyı yapısı ile karşılaştığında kinetik enerjisi potansiyel enerjiye dönüşüncüye veya sürtünme ile ısıya dönüşüncüye kadar yapı yüzeyi üzerinde tırmanır. Şekil 1.5’de görüldüğü gibi ortalama su yüzeyi üzerinde olmak üzere, dalganın yapı üzerinde tırmanabileceği en üst seviyeye tırmanma yüksekliği ve bu olaya da dalga tırmanması denir. Bu olayın ardından dalga çekilmeye başlayacaktır. Yerçekiminin etkisinde olan bu çekilme olayına dalga çekilmesi denir. Eğer şevli yapı yeterince yüksek değilse, bu taktirde bir kısmı dalga yapı üzerinden aşarak arkaya geçer. Bu duruma da dalga aşması denir.



Şekil 1.5. Dalga tırmanması ve çekilmesi [29].

Çeşitli yapı tipleri üzerindeki dalga tırmanması ve dalga çekilmesi deneysel olarak incelenmiş ve çeşitli yapı tipleri için değişik değerler elde edilmiştir. Ayrıca  $h/H_{1/3}$ 'a bağlı olarak farklı tırmanma yükseklikleri ( $R_u$ ) verilmiştir.

$$R_u = \left\{ \begin{array}{l} \frac{a\xi}{1+b\xi} \cdot H_{1/3} \\ \frac{a\xi}{1+b\xi} \cdot H_{1/3} \left( 1.397 - 0.132 \frac{h}{H_{1/3}} \right) \\ \frac{a\xi}{1+b\xi} \cdot H_{1/3} \left( 0.864 \frac{h}{H_{1/3}} + 0.5 \right) \end{array} \right\} \quad \begin{array}{l} ; \frac{h}{H_{1/3}} \geq 3 \\ ; 3 > \frac{h}{H_{1/3}} > 0.9 \\ ; 0.9 \geq \frac{h}{H_{1/3}} \end{array} \quad (1.33)$$

Denklemden,  $R_u$  dalga tırmanma yüksekliği,  $H_{1/3}$  yapı önündeki belirgin dalga yüksekliği,  $\xi$  dalga kırılma parametresi (irribaren sayısı) ve  $a$ ,  $b$  yapının pürüzlülüğüne ve geçirimsizliğine bağlı katsayıdır. Taş blok kaplı taş dolgu dalgakıranlar için  $a=0.8$  ve  $b=0.5$ 'dir [35].

### 1.5. Dalga Tahmin Yöntemleri

Elde gerçek dalga ölçümleri bulunmadığı zaman dalgalar rüzgar verilerinden ya da eşbasınç değerlerini gösteren yer basınç haritalarından hesaplanabilir. Bu işlemler için sinoptik verilerin rüzgar değerlerine dönüştürülmesi, ayrıca saatlik ortalama rüzgar cetvellerinin iyi bir şekilde değerlendirilmesi gerekmektedir [36].

Rüzgar verilerinden dalga tahmin etmek için değişik yöntemler geliştirilmiştir. Günümüzde kullanılan yöntemler; SMB (Sverdrup-Munk-Bretschneider) Yöntemi, PMK (Pierson-Moskowitz -Kitaigorodski) Spektrum Yöntemi ve Basitleştirilmiş Jonswap yöntemi.

PMK (Pierson-Moskowitz -Kitaigorodski) Spektrum Yöntemi, kabarma alanındaki dalgaların fırtına süresince büyümesini ve fırtınanın bitimini izleyen süre içerisinde ölü deniz dalgalarına dönüşerek sönmelerini hesaplama yöntemidir. Bu yöntem rüzgarın dalgalar üzerinde meydana getirdiği toplam enerji yoğunluğunun matematiksel olarak ifade kavramını getirmektedir.

Basitleştirilmiş Jonswap Yöntemi, temelde SMB yöntemine benzer. SMB yöntemi ile  $U_{10}$  (denizden 10 metre yükseklikteki rüzgar hızı) kullanılırken Jonswap yönteminde  $U_{19.5}$  (denizden 19.5 metre yükseklikteki rüzgar hızı) ve  $U_A$  (rüzgar şiddeti faktörü veya ayarlanmış rüzgar hızı) kullanılmaktadır [36].

Bu çalışmada dalga tahmin yöntemlerinden SMB (Sverdrup-Munk-Bretschneider) yöntemi incelenmiştir. Bu yöntem dalga tahmini için ilk geliştirilen yöntemlerdendir. Dalga tahminini kolaylaştırmak ve hızlandırmak amacıyla SMB yöntemi abaklaştırılmıştır. Değişik yöntemler için hazırlanan abaklardan sadece hızı sabit fırtınaların oluşturduğu dalgalar tahmin edilirken, SMB yöntemi için hazırlanan abaklarda enerji çizgisi olduğu için her türlü özellikteki fırtınalardan dalga tahmini yapmak mümkündür.

### 1.5.1. SMB (Sverdrup-Munk-Bretschneider) Yöntemi

Su derinliğinin sınırlayıcı bir etken olmadığı derin deniz dalgalarının tahmini için önerilen SMB yöntemi dalgaların belirgin dalga yüksekliğini ve periyodu fırtına özelliklerine (rüzgar hızı, fırtına süresi ve kabarma alan uzunluğuna) bağlayan gözlemsel eğrilere dayanmaktadır [29]. Burada esas olan belirgin dalga kavramıdır.  $H_{1/3}$  belirgin dalga yüksekliği ve  $T_{1/3}$  belirgin dalga periyodudur.

SMB Yöntemi, rüzgar alanının sabit olduğu durumlarda kullanılır. Derin deniz belirgin dalga yüksekliği ve periyodu Şekil 1.6 ve 1.7 kullanılarak hesaplanmaktadır. Şekil 1.6 ve 1.7, (1.34) ve (1.35) denklemleri kullanılarak elde edilmiştir.

$$\frac{g \cdot H_{1/3}}{U_{10}} = 0.30 \left[ 1 - \frac{1}{\left\{ 1 + 0.004 \left( \frac{g \cdot F}{U_{10}^2} \right)^{1/2} \right\}^2} \right] \quad (1.34)$$

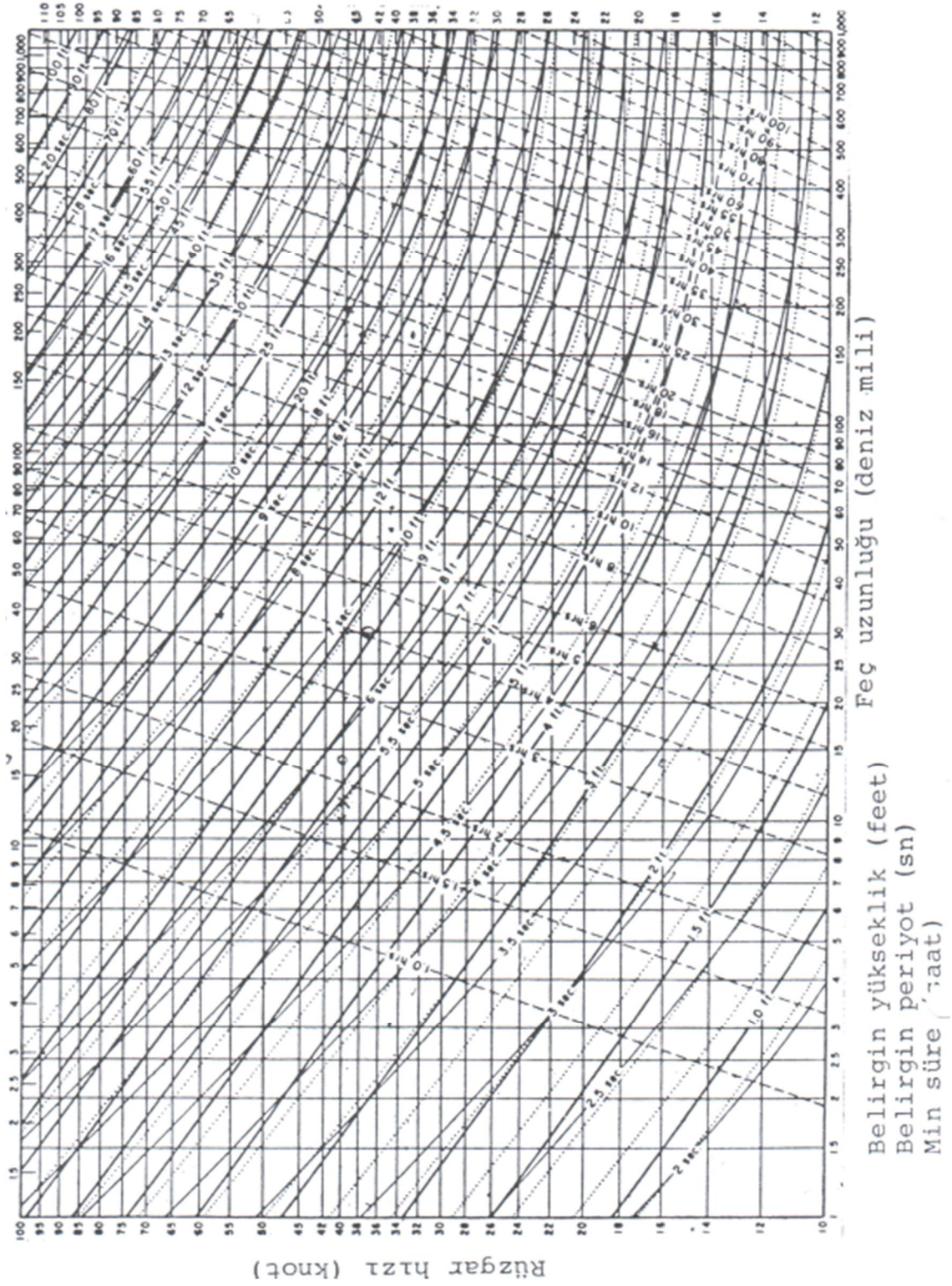
$$\frac{g \cdot T_{1/3}}{2 \cdot U_{10} \cdot \pi} = 1.37 \left[ 1 - \frac{1}{\left\{ 1 + 0.008 \left( \frac{g \cdot F}{U_{10}^2} \right)^{1/3} \right\}^5} \right] \quad (1.35)$$

$$t = \int_0^F \frac{dF}{g \cdot T_{1/3} / 4\pi} \quad (1.36)$$

Denklem 1.34, 1.35 ve 1.36'da,  $H_{1/3}$  belirgin dalga yüksekliği (m),  $T_{1/3}$  belirgin dalga periyodu (sn),  $U_{10}$  deniz seviyesinden 10 m yukarıda ölçülen rüzgar hızı (m/sn),  $F$  kabarma alan uzunluğu (m),  $g$  yerçekimi ivmesi ( $m/sn^2$ ) ve  $t$  minimum esme süresi (saat) dir [29].

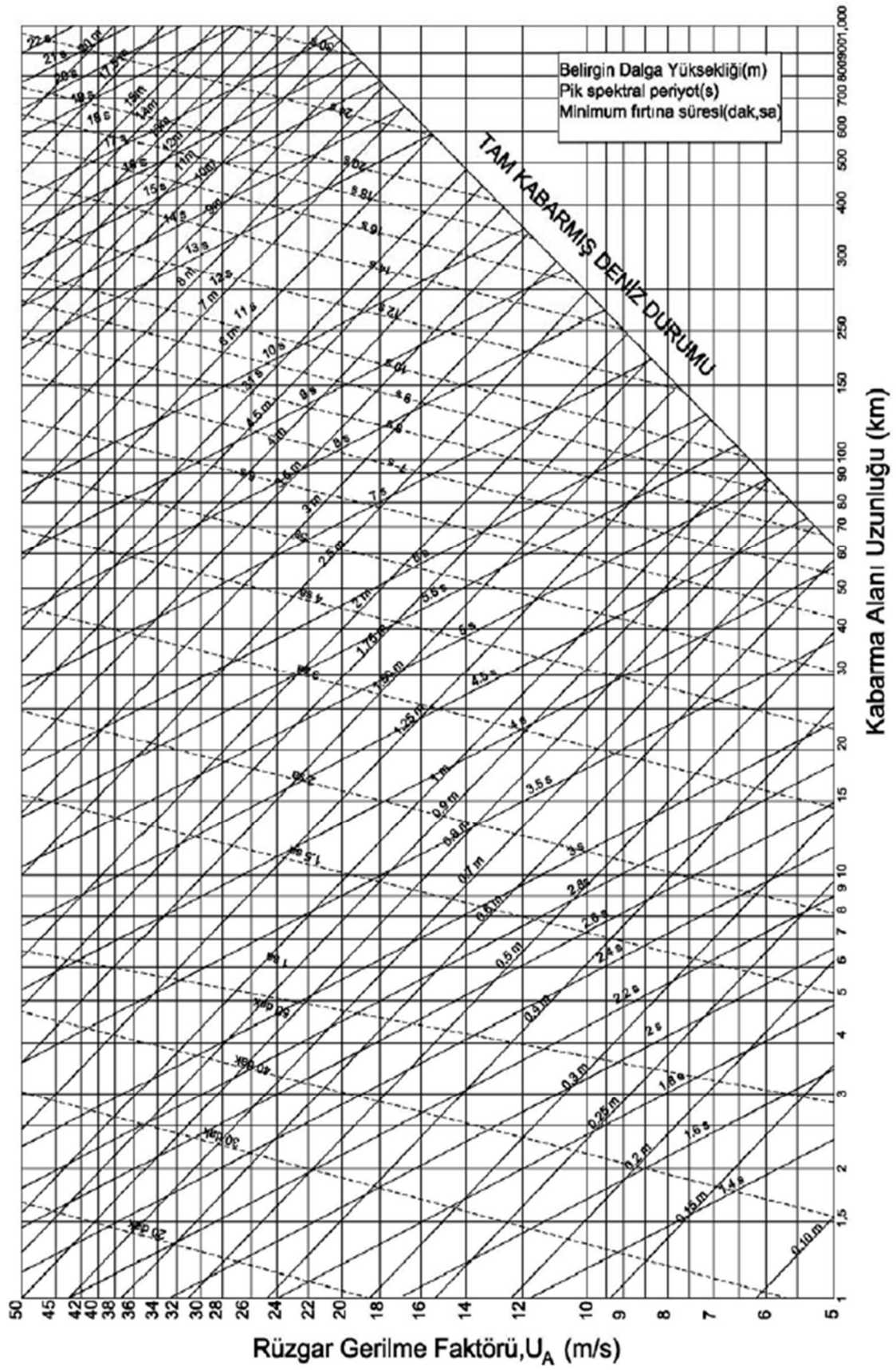
SMB grafik yöntemiyle dalga hesabı yaparken genellikle şu durumlarla karşılaşılır:

- a) Fırtına tek faz halinde ise yatay eksenden Feç, düşey eksenden rüzgar hızı alınarak Feç veya fırtına süresi değerlerinden birinin kestiği noktada yükseklik ve periyot değerleri okunur.
- b) Fırtına basamaklar halinde ise ve hız artıyorsa fırtınanın ilk basamağındaki değerler (a)'daki gibi hesaplanır. Bu noktadan enerji çizgisine paralel olarak  $U_2$  hızına kadar çıkılır. Bu noktadaki  $t_m$  değeri okunur.  $t=t_m+t_2$  hesaplanır.  $U_2$ ,  $t$  ve  $F_2$  değerlerini kullanarak ikinci basamak sonundaki fırtına parametreleri okunur.
- c) Fırtına basamaklar halinde devam ediyor ve hız azalıyorsa (b)'de anlatılan durumun tersine  $U_2$  değerine kadar inilir ve  $t_m$  değeri okunur, (b)'deki gibi işleme devam edilir. Şayet daha önce Feç uzunluk eğrisini keserse bu noktadan doğrudan  $U_2$  değerine inilerek fırtına parametreleri hesaplanır [36].



Şekil.1.6. SMB yöntemi ile derin deniz dalga tahmini [36].





Şekil. 1.7. Hasselmann eğrileri [29].



Şekil 1.7’de hasselman ergileri verilmiştir. Abaklar kullanılırken rüzgar gerilme faktörü kullanılmaktadır.

$$U_A = 0.71U^{1.23} \quad (1.37)$$

Denklemden, U rüzgar hızı (m/sn) alınmaktadır.

## 1.6. Kıyı Koruma Yapıları

Koruyucu kıyı yapıları, arkasındaki araziye ve sahili deniz dalgalarının yıkıcı etkisinden korumak amacıyla kıyıya paralel veya paralele yakın bir şekilde inşa edilen yapılardır. Önünde koruyucu kumsallar bulunmayan, özellikle arazinin kıymetli olduğu kıyı yerleşim bölgelerinde ve kıyı karayolunun korunmasında kullanılır. Bununla beraber sadece tam arkasındaki bölgenin korunmasını sağladıklarından bitişik bölgeler için de bazı koruyucu önlemlerin alınması gerekebilir. Çünkü kıyı yapıları genellikle kıyı boyu malzeme taşınımının dengesini bozdukları için korunmuş olan bölgenin dışında kalan yerlerde daha da kuvvetli aşınma veya birikme oluşumları ortaya çıkabilir.

Bir sahil koruyucu yapının yerleştirildiği yer, yapının tam etkili olmasında çok önemli rol oynar. Kıyı çizgisine yakın inşa edilmesi, yapı önünde dalga tesirleri ile aşınma ve denge (stabilite) problemlerini ortaya çıkarabilir. Buna karşın daha derinde inşa edilen yapılar, kuvvetli dalga etkilerine maruz kalırlar. Zemin ve dalga şartları göz önüne alınarak sahil boyu malzeme sürüklenme hareketi kıyı koruma yapılarının projelendirilmesinde göz önüne alınmalı, aşınma veya birikme durumlarına göre yan yapılarla esas yapı korunmalı ve yapının hangi maksatla kullanılacağı göz önüne alınarak yapının sahil çizgisine göre yeri tespit edilmelidir [4].

### 1.6.1. Kıyıya Dik Yapılar

Mahmuzlar ve iskeleler kıyıdan denize doğru, kıyıyla dik açı yapacak şekilde uzanan kıyı koruma yapılarıdır. Mahmuzlar, iskelelere göre daha kısa, küçük ve seri şekilde inşa edilerek surf bölgesinin içlerine kadar uzanır. İskeleler ise mahmuzların tersine tekil olarak, mahmuzlara oranla daha büyük ve uzun, ayrıca surf bölgesinin ilerisine kadar

uzanan kıyıya dik, kıyı koruma yapılarıdır. Kıyıya dik yapılar, kıyıyı kıyı boyu akımını ve sediment hareketini kontrol altına almak için yapılırlar.

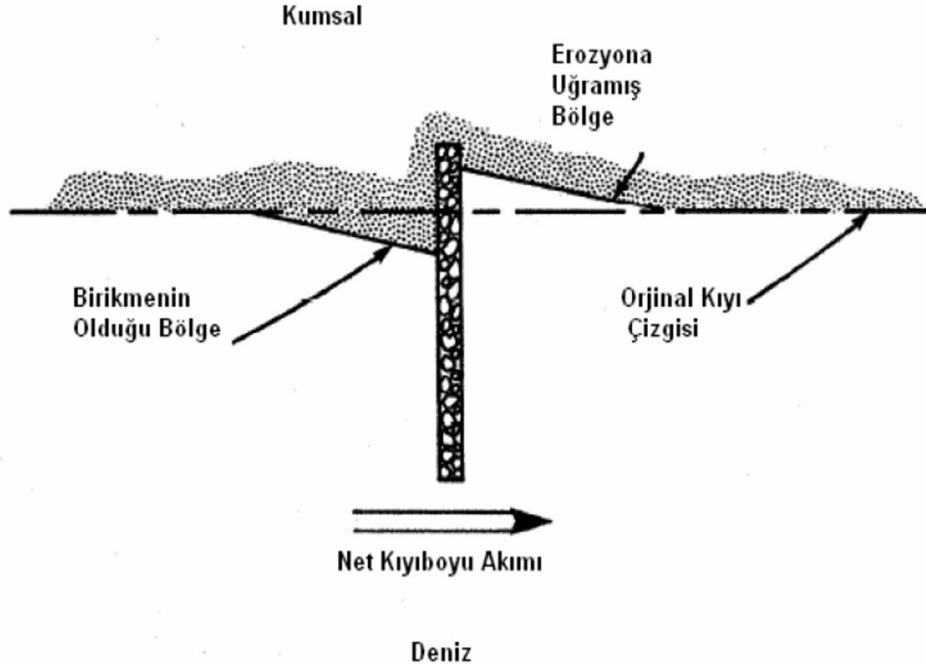
Mahmuzların öncelikli görevi sediment hareketini azaltıp kumsal oluşturmak olmasına karşın, iskelelerin sediment hareketini durdurup yukarı kıyıda kumul birikmesini sağlamak öncelikli görevi değildir. İskelelerin öncelikli görevi ağız kısmına yapıldığı ulaşım kanalı, liman ağzı gibi yerlere kumul girmesini engelleyip sığlaşmayı önlemektir.

İskele ve mahmuzların kıyı üzerindeki ortak etkileri kıyı boyu sediment taşınımını ve sediment hareketini kontrol etmektir [13].

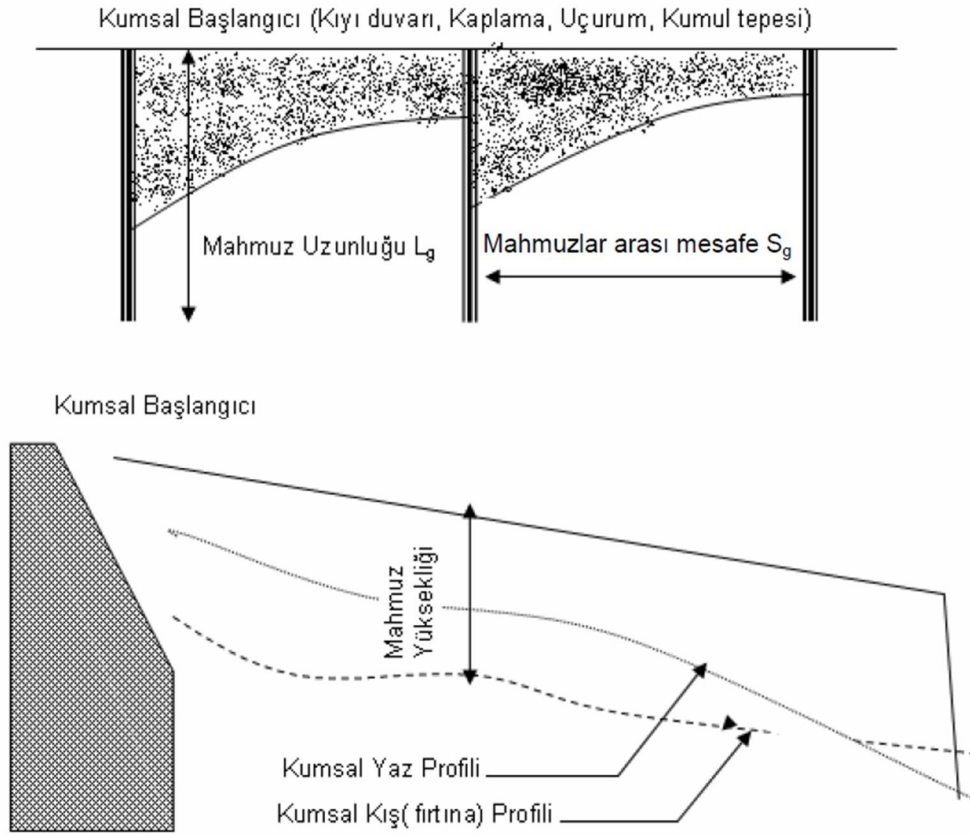
### **1.6.1.1. Mahmuzlar**

Kıyılarda inşa edilen mahmuzlar kıyı boyunca katı madde hareketini engellemek, miktarını azaltmak, kıyıda meydana gelen erozyonu önlemek ve yeni bir kıyı çizgisi veya koruyucu kumsal yaratmak amacıyla genellikle kıyıya dik olarak inşa edilen kıyı koruma yapılarıdır. Şekil 1.8’de görüldüğü gibi mahmuzlar memba tarafında kumulun birikmesine, mansap tarafında da erozyona sebep olur.

Mahmuzların yapılmı amacı kumsal görünüşünün korunmasıdır. Bunun anlamı mahmuzların çok yüksek ve de çok uzun olmamalıdır. Mahmuzların boyutları; uzunluğu, yüksekliği, biçimi, yapıldığı malzeme ve mahmuzlar arası mesafe mahmuzların kıyıya etkisi bakımından çok önemlidir. Mahmuzlar her mahmuzun kıyı boyu akıntısından kaynaklanan sediment hareketiyle, sediment tutması düşünülerek dizayn edilirler. Mahmuzlar kara tarafından kumsalın başladığı yerden deniz tarafında surf bölgesine doğru uzanır. Mahmuzların yüksekliği kıyı boyu sediment tutma verimliliğini etkileyen parametrelerdendir. Carter [37] kumsalın kotunun 0.3 m ile 0.5 m üzerinde olmalı diye görüş bildirmiştir. Şekil 1.9’da görüldüğü gibi genel olarak kumsalın yaz profilinin en üst kotunun üzerinde yapılmaktadır.



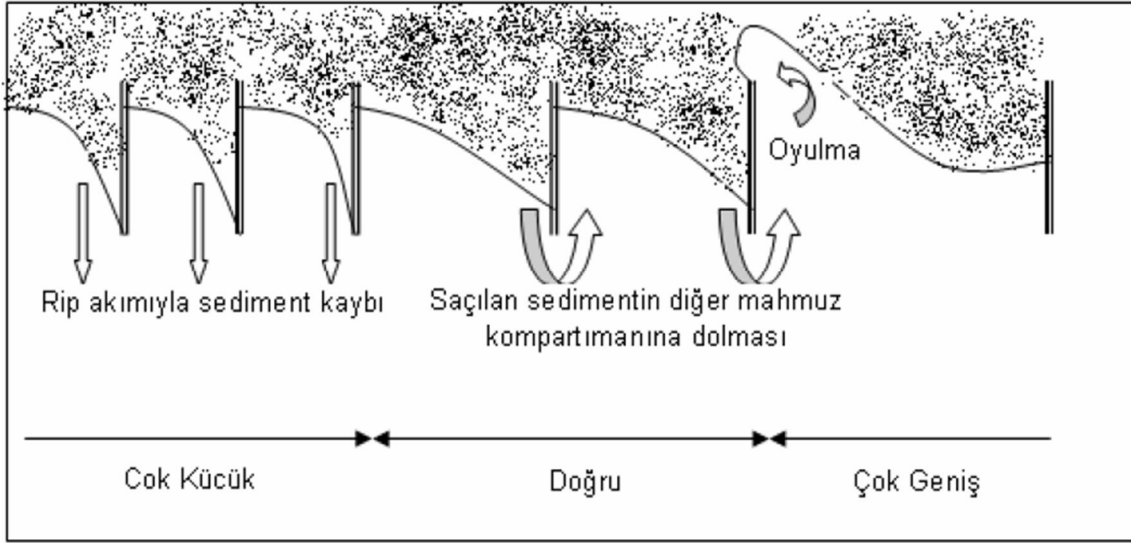
Şekil 1.8. Mahmuzun kıyıya etkisi [13].



Şekil 1.9. Mahmuz boyutlarının tanımlanması [13].

USACE [38], mahmuzlarının uzunluğu hakkında; 3 m su derinliğine kadar uzatılırsa % 100, 1.2 m-3.0 m derinliğine kadar uzatılırsa % 75, 1.2 m su derinliğinden daha az su derinliğine kadar uzağa yapılırsa % 50 sediment kaybını engelleyebileceğini göstermiştir. Genel olarak mahmuzlar surf bölgesinin % 40-60 ı kadar denize doğru uzatılmaktadır.

Mahmuzlar arası mesafe seçilirken ideal olan; bir mahmuzun yukarı kıyıda tutabildiği sedimentin yığıldığı mesafe kadar uzaklığa diğer mahmuzun yapılmasıdır [39]. Böylece dalganın geliş açısı küçülür. Bu da kıyı boyu akıntısının azalmasına sebep olur. Şekil 1.10’da mahmuzlar arası mesafe için Komar [40] mahmuzların uzunluğunun 4 katı mesafede ( $S_g=4L_g$ ) olmasını, USACE [41] de 2-3 katı mesafede ( $S_g=2-3L_g$ ) olmasını önermiştir. Bu oranda dalga geliş açısı, su derinliği, kumsalın yapısı ve sediment dane çapı önemlidir. Örneğin kumsal olan bir kıyıda  $S_g=4L_g$  olması önerilmişken, bu oranın çakıllı bir kıyıda  $S_g=2L_g$  olması gerektiği görülmüştür.



Şekil 1.10. Mahmuzlar arası mesafenin belirlenmesi [13].

Mahmuzlar, geçirimli veya geçirimsiz, yüksek veya alçak, uzun veya kısa, sabit veya ayarlanabilir olarak sınıflandırılırlar. İnşa malzemesine göre; çelik, taş, beton ve ahşap, şekillerine göre; dönük T, T biçimi, düz, eğimli, L biçimi, zig zag ve Y biçimi veya balık kuyruğu şeklinde sınıflandırılırlar. Geçirimsiz mahmuzlar yapının arasından taneli malzemenin geçişini önleyen bütün şeklinde veya bütüne yakındır. Geçirimli mahmuzlar ise taneli, belirli bir miktar ve yeterli büyüklükteki malzemenin yapının arasından geçmesine izin verirler.

### 1.6.1.2. İskeleler

İskeleler genellikle denizcilik ulaşım kanallarının içerisine; deniz, göllerinin ve akarsuların ağız kısmına kumul dolmasını engellemek ve dalga etkisinden gemi ve tekneleri korumak için genellikle kayadan yapılan kıyıya dik kıyı koruma yapılarıdır.

İskeleler mahmuzlara göre kıyı boyu akımını tamamen durduran, daha geniş, büyük ve genellikle surf bölgesinin ilerisine doğru uzayan bir yapıdadır. Kıyı boyu akımını tamamen durdurduğu için kıyıya çok büyük etkileri vardır. İskele tasarımındaki temel ilke, ağız kısmından kumun girmesini engellemektir. İskelelerin inşasından sonra mansapta erozyon, membada kum tutma kapasitesi artabilir. Bu iskelenin ağız kısmında sığlaşmaya sebep olabilir. Bu yüzden iskelelerin yapılacağı bölgede sediment hareketi ve iskelelerin boyutu çok önemlidir [13].

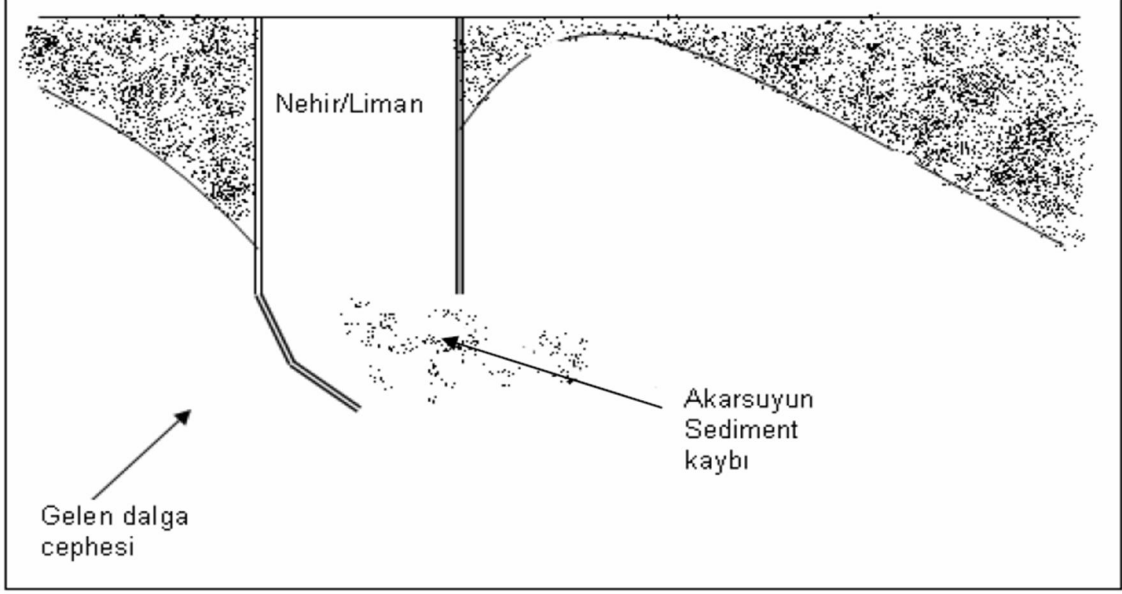
### 1.6.1.3. Kıyıya Dik Yapıların Kıyıya Etkisi

Mahmuzların niçin çok popüler bir kıyı koruma yapısı olduğu, kıyı koruma yapı tasarımı yapan araştırmacılar tarafından düşünülmüştür. Bunun nedeni mahmuzların kumsalda en iyi sediment tutan yapı olmasından kaynaklanmaktadır.

Mahmuzlar ve iskeleler inşa edildikleri kıyıda belli açı ile gelen dalgalardan dolayı oluşan kıyı boyu akımını ve kıyı boyu akımından oluşan sediment hareketini ya tamamen ya da belli oranda keserler. Böylece kıyı boyu akımı, yapının kullanım amacına göre ihtiyacı karşılayabilmesi için kontrol altına alınabilir. Yukarı kıyıda birikme aşağı kıyıda erozyon meydana gelir. Bunun miktarı mahmuzların ve iskelelerin yeri, mahmuzlar arası mesafe, kumsalın yapısı gibi birçok değişkene bağlı olarak değişebilir.

İskeleler nehir ağız yapısı olarak inşa edilebilir. Şekil 1.11'de nehirler kıyıdaki sediment miktarına önemli etkide buldukları görülmektedir. Bunu kontrol altına almak için yapılan iskelelerin uzunluğu ve arasındaki genişlikte önemlidir. Böylelikle ağız kısmında sığlaşma engellenip, aşağı kıyıda erozyon azaltılabilir.

Seri halde inşa edilen mahmuzlar göz önüne alındığında ise mahmuzların aralığı nedeniyle kıyıya dik (rip) akıntı oluşup sediment kaybı meydana gelebilir. Bunun için mahmuzlar arası mesafeye tasarım sırasında dikkat etmek gerekir [13].



Şekil 1.11. Nehirlerin kıyıdaki sediment miktarına etkisi [13].

#### 1.6.1.4. Kıyıya Dik Yapıların Faydaları

Kıyı koruma yapılarından kıyıya dik yapıların faydaları aşağıdaki gibi özetlenebilir:

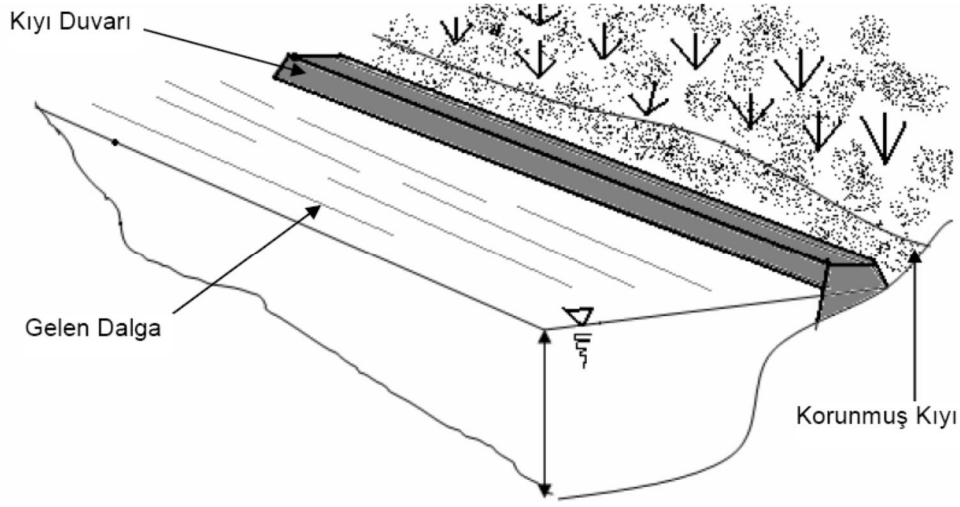
- Sürüntü maddesini tutarak kumsalın genişletilmesini sağlar.
- Kumsal stabilizasyonu; mevsimsel periyotlar veya aşırı fırtınaların kumsalı aşındırma hızını azaltarak stabilizasyonu sağlar.
- Kıyı boyu malzeme taşınmasını azaltarak dalga ilerleme yönünde düzgün bir sahil kesiti elde edilir.
- Kıyı alanındaki malzeme kayıplarının azaltılması ve genellikle kıyının kısa bir kemsinde denize doğru yapay bir kumsal elde edilir.
- Sürüntü malzemesi hareketi sebebiyle aşağı kıyıda sediment birikimini önler.

#### 1.6.2. Kıyıya Paralel Yapılar

##### 1.6.2.1. Kıyı Duvarları

Kıyı duvarları, dalgaların kıyıdan denize doğru ilerlemesini engellemek, dalganın aşarak kıyı gerisindeki yapılara zarar vermesini önlemek veya kıyı erozyonunu durdurmak için yapılan yapılardır. En genel tanımıyla kıyı duvarları, mevcut kıyı çizgisinde oluşan

oyulmaların önlenmesi veya yeni bir kıyı çizgisi oluşturulması ve kıyı arkasındaki alanın kullanılması için bu bölgenin deniz etkilerine karşı korunması maksadıyla inşa edilen yapılardır. Yapılmalarının en önemli gayesi, kıyıyı ve kıyı gerisini fırtınalı deniz durumunda dalgalara karşı koruma altına almaktır. Şekil 1.12’de görüldüğü gibi kıyı duvarları, kara ile deniz arasında bir bariyer gibi olup, değerli arazilerin bulunduğu kıyıların korunmasında önemli bir role sahiptir.



Şekil 1.12. Kıyı duvarı

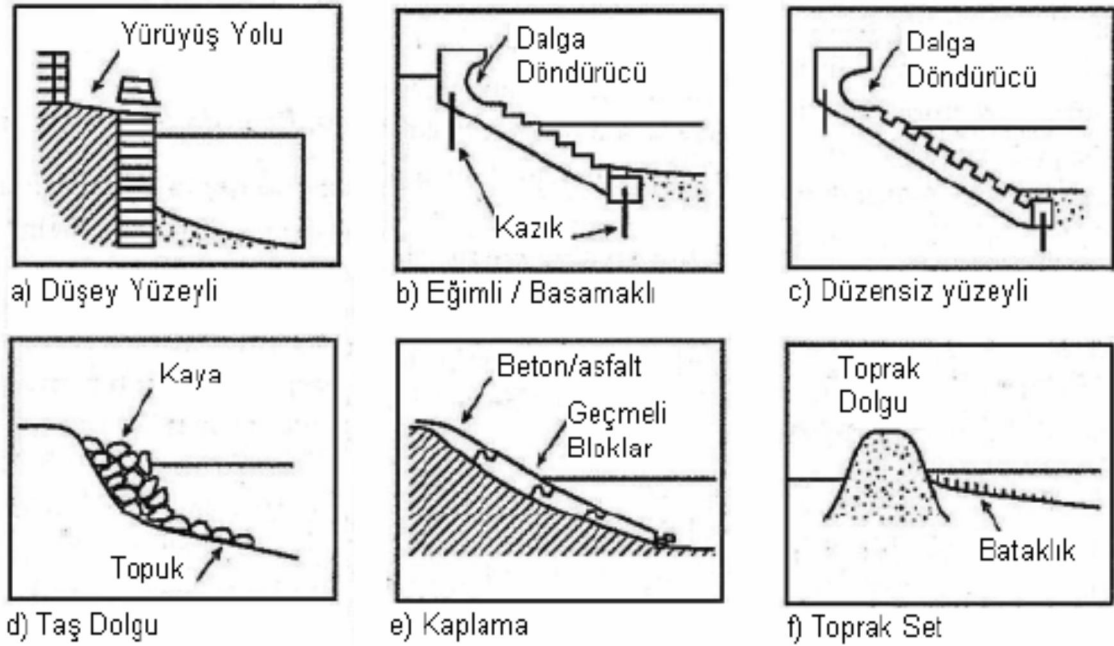
Önceleri kıyı duvarları karayı dalgalardan dolayı oluşan taşkınlardan korumak için yapılırdı; bunun için taşkın engelleme kıyıyı erozyondan korumaktan çok daha önemliydi. Kıyıların gelişmesiyle birlikte, kıyı erozyonunu ve yapıların altını oymayı önleyecek önemli yapıların dizayn edilmesi gereklilik haline geldi. Kıyı duvarları inşa edildikten sonra kıyı çizgisinde pozisyonunu koruyan yapılardır. Kıyının bir kısmı korunduğunda, korunmayan kıyı çizgisinde erozyon oluşmasına, kıyı çizgisinde gerilemeye yol açması ve yüksek maliyetli olmaları gibi önemli dezavantajlarına rağmen, yapılmalarında elde edilen faydanın bu sakıncaları telafi ettiği durumlarda kıyı duvarlarının yapılması ekonomik olmaktadır.

#### 1.6.2.2. Kıyı Duvarlarının Tipleri ve Kullanımları

Kıyı duvarları kıyının erozyonunu önleyecek, dalga etkisine karşı koyabilecek biçimde tasarlanırlar. Bu sebeple kıyı duvarlarının planlama ve tasarlanmasında etkiyecek

dalgaların enerjisi önemli bir faktördür. Kıyı duvarlarının tasarımında birçok araştırmacı yapı önündeki belirgin dalga yüksekliğinin ( $H_{1/3}$ ) önemli olduğunu söylemektedir. Yapı önündeki belirgin dalga yüksekliği, seçilen deniz bölgesinin dalga ölçümleri sayesinde yüksekliğine göre büyükten küçüğe doğru sıralanan dalgaların en yüksek ilk üçünün ortalaması alınarak bulunur. Ölçümler sonucu bulunan dalga periyodu, dalga yüksekliği ve dalga yaklaşım açısı kıyı duvarını boyutlandırmada gerekli olan parametrelerdir [42].

Hakim dalganın enerjisinin büyüklüğüne göre değişik kıyı duvar tasarımlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Şekil 1.13'de görüldüğü gibi bu sıralama az enerjide toprak seddeden, çok enerjide beton duvara doğru sıralanacaktır. Bir kıyı duvarının doğrudan doğruya yüksek dalga hareketine dayanacak güce ihtiyacı vardır. Bu yüzden sık sık sağlam ve düz kaya tahkimatıyla güçlendirilir. Tam tersi olarak da duvarın önü büyük bir kumsal veya bataklıkta daha az dalga enerjisine maruz kalacağından güçlü bir kıyı duvarına ihtiyaç duyulmayacaktır.

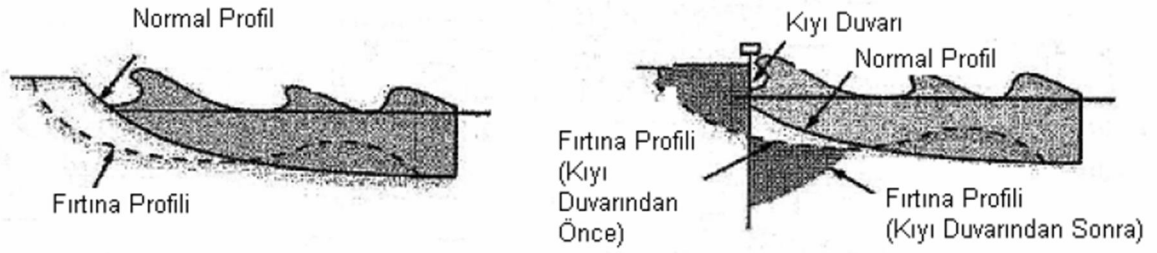


Şekil 1.13. Kıyı duvarı tasarımı [39].

Kıyı duvarları konusunda tartışılan sorunlardan birisi de kıyı duvarının stabilitesidir. Kıyı duvarlarından dolayı yansıyan dalgaların gelen dalgalarla kesişip, yükselmesi sonucunda duvarın önündeki sediment oyulmaya başlayacaktır. Şekil 1.14'de görüldüğü gibi, özellikle oyulma fırtına zamanı daha da belirgin olarak gözlemlenecektir. Bu oyulma



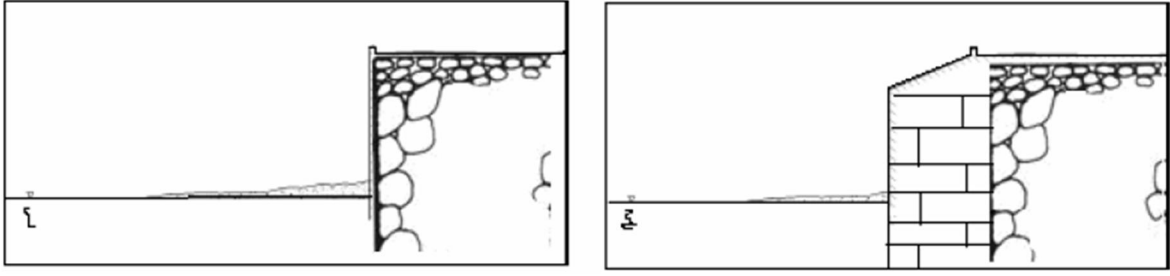
kıyı duvarının stabilitesini azaltmaktadır. Buna karşılık kıyı duvarının stabilitesini korumak için derin temellere ihtiyaç duyulur. Ayrıca duvarın önüne topuk kısmından duvara doğru eğimli döşenecek düzensiz veya birbirine geçmeli kaplama ile topuk kısmına koyulacak kayalar temeli oyulma sorununa karşı koruyacaktır. Düz olmayan yüzey dalga enerjisini gelişi güzel yönlerde yansıtarak ve bir kısmını da emerek tüm dalga enerjisini kumsalda odaklaştırmayacaktır. Böylece dalgalar duvardan daha az yansıyacak ve dalga enerjisi dağıtılacaktır [13].



Şekil 1.14. Fırtına zamanı kıyı duvarı önünde oyulma [39].

#### 1.6.2.2.1. Dik Yüzeyle Kıyı Duvarları

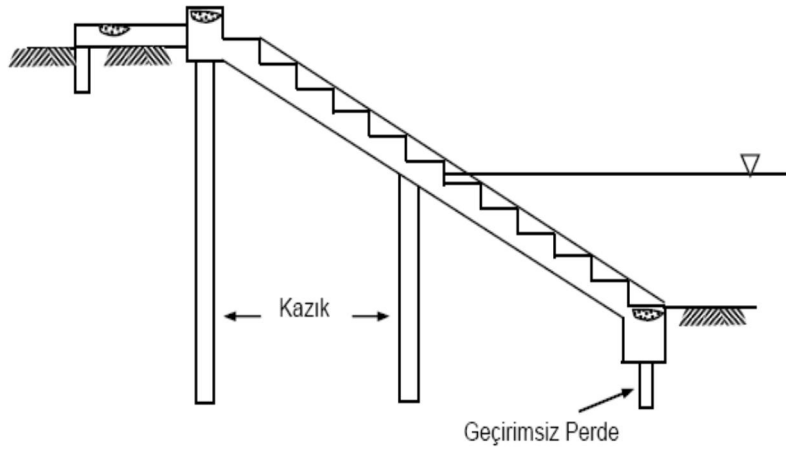
Dik yüzeyle kıyı duvarları, Şekil 1.15’de görüldüğü gibi duvarın denize bakan yüzeyinin dik veya hafif meyilli olan kıyı duvarı tiplerindedir. Önemli eksiklerinden birisi gelen dalgaların enerjisinin kaybolmadan yansımaya, böylelikle de gelen ve yansıyan dalganın enerjisinin kaybolmadan yansımaya, böylelikle de gelen ve yansıyan dalganın birleşerek duvarın önünde oyulmalara diğer kıyı duvarı tiplerinden daha fazla sebep olmasıdır. Şiddetli dalgalar olması halinde duvarın stabilitesini ve duvar üstünden su aşması problemleri doğabilir. Bu durumda yapının önüne konan taş dolgu (duvar önü tahkimat) ile dalganın oluşturacağı hasar önlenir. Taşlar yerleştirilirken taş boşlukları arasından temel malzemesinin kaybolmasını önlemek için taş bloklar derecelendirilmelidir. Yani küçükten büyüğe doğru istiflenmelidir. Bu tip yapılar hasar gördükleri zaman tamirleri çok zor ve çok masraflıdır.



Şekil 1.15. Dik yüzeyli kıyı duvarı

#### 1.6.2.2.2. Basamaklı Kıyı Duvarları

Bu tip yapılar dalga etkisine karşı, dik yüzeyli duvar tiplerine kıyasla daha dayanıklıdır. Basamaklı kıyı duvarları, Şekil 1.16'da görüldüğü gibi basamaklı yüzey yardımıyla ilerleyen dalgaların engellenmesi yoluyla dalga tırmanmasının ve dalga kuvvetlerinin etkisinin azaltıldığı duvarlardır. Orta büyüklükteki dalgaların etkin olduğu kıyılarda uygun olan bu duvarların stabilitesi tabana konan kazıklarla ve geçirimsiz perde ile daha da artırılabilir.

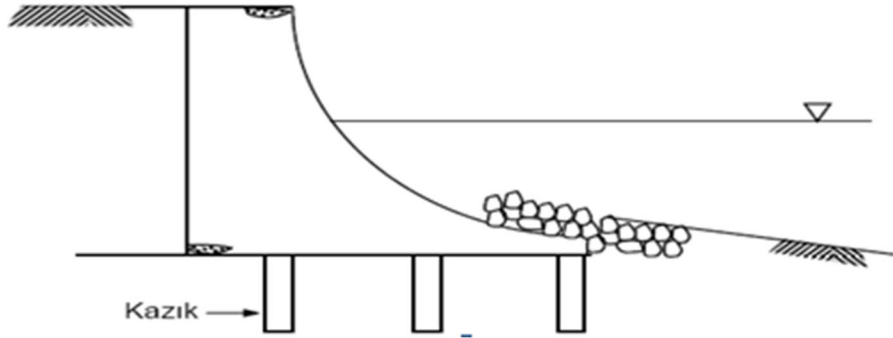


Şekil 1.16. Basamaklı kıyı duvarı

#### 1.6.2.2.3. Eğrisel Yüzeyli Kıyı Duvarları

Eğrisel yüzeyli kıyı duvarları, Şekil 1.17'de görüldüğü gibi gelen dalganın dairesel yüzey sayesinde yansıtılmasıyla kıyıyı korumayı hedefleyerek yapılan yapılardır. Bu

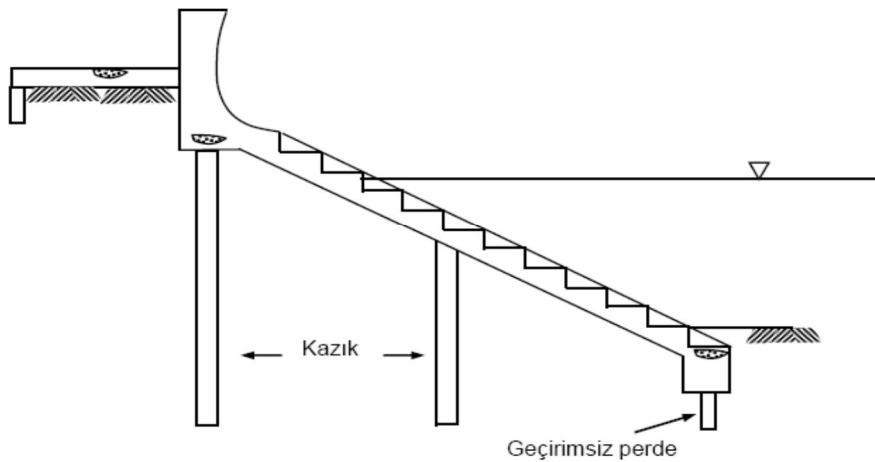
duvarlar, büyük dalgaların çarpması sonucu oluşacak kuvvetlere karşı dirençli olup dalga tırmanmasını azaltıcı etkiye de sahiptir. Gelen dalgayı yansıtmamasından dolayı büyük bir basınca maruz kaldığından, taşıma gücünü aşan bu basıncı karşılamak için derin temeller ile güçlendirilir. Bu temelleri korumak için diğer kıyı duvarlarında olduğu gibi kaya tahkimatı da kullanılabilir.



Şekil 1.17. Eğrisel yüzeyli kıyı duvarı

#### 1.6.2.2.4. Eğrisel Yüzeyli ve Basamaklı Kıyı Duvarları

Şekil 1.18’de görüldüğü gibi basamaklı duvarın üst kısmında eğrisel bir duvar yapılarak, her iki duvar tipinin avantajlarından faydalanılmıştır. Bu duvar tipinin stabilitesi de tabana konan kazıklarla ve geçirimsiz perde ile daha da artırılabilir.

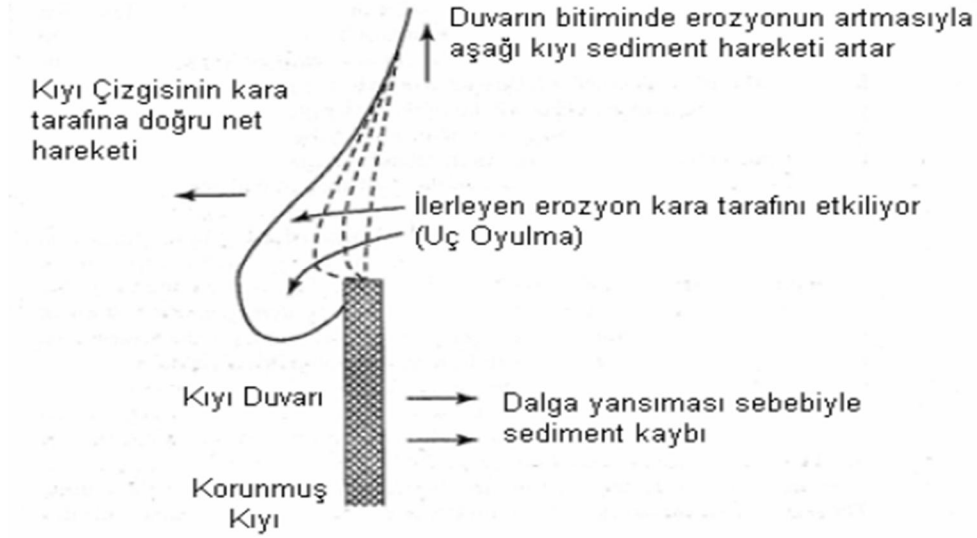


Şekil 1.18. Eğrisel yüzeyli ve basamaklı kıyı duvarı

### 1.6.2.3. Kıyı Duvarlarının Kıyıya Etkisi

Kıyı duvarlarının inşaatı erozyon problemine çözüm getirmekte ama erozyon sebebini ortadan kaldırmamaktadır. Kıyı duvarlarının etkilerine bakıldığında önemli olan sorunlar, koruma yapısı inşa edilirken ve inşa edildikten sonra ortaya çıkmaktadır. Birçok araştırmacı duvarın önündeki kumsala odaklanarak bu sorunu gidermeye çalışmışlardır. Kıyı duvarlarının etkisi duvarın önünde, sonunda, arkasında, sediment hareketinde ve ekolojide oluşmaktadır. Yani, tüm bu belgeler kıyı duvarının etkisinde kalmaktadır. Bütün bunlara karşılık kıyı duvarları, buldukları bölgeyi olumsuz yönde değiştirmektedir. Bunun sonucunda kıyı duvarlarının olumlu yönde geliştirilmesi sağlanmalıdır.

Kıyı duvarının kıyıya olan etkisine bakıldığında, Şekil 1.19'daki gibi çoğu kez kıyı duvarının uç kısmı olarak bilinen kıyı duvarının sonunda erozyonun arttığı gözlenmektedir [13]. Griggs ve Tait [43], yansıyan dalgaların kıyı duvarına paralel bir şekilde 30 m boyunca ilerlediklerine dikkat çekmişlerdir. Gelen dalga ile yansıyan dalganın birleşmesi ile bunun büyük bir oyulmaya sebep olduğu anlaşılmıştır.



Şekil 1.19. Kıyı duvarının kıyıya etkisi [13].

### 1.6.2.4. Kıyı Duvarının Faydaları

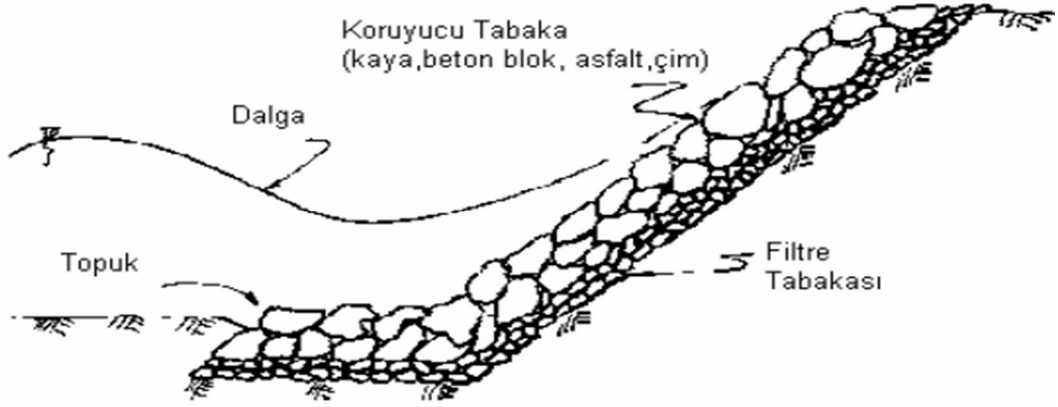
Kıyı duvarları, bazı olumsuz etkilerine ve yoruma açık faydalarına rağmen tasarımlarıyla gelişen ve uygulanan kıyıya paralel kıyı koruma yapılarıdır.

Kıyı duvarının yapılış amacına uygun olarak faydalarını aşağıdaki gibi sıralayabiliriz.

- Kıyının erozyon etkisine karşı korunmasını sağlar.
- Kıyının taşkınlara karşı güvenliğinin artırılmasını sağlar.
- Kara ile deniz arasında bariyer görevi görerek o bölgedeki yaşam alanlarını korur.

#### 1.6.2.5. Kıyı Tahkimatları

Kıyı tahkimatları kıyıya paralel, kıyı erozyonunu önlemek için yapılmış yapılardır. Bu yapılar, kumul veya sarp kısmının alt kısmından üst kısmına kadar belirli bir eğim ile kaya, asfalt, beton bloklar gibi malzemeler kullanılarak kaplama yapılması suretiyle oluşturulur. Bu yapıların amacı, dalgaların kırılması ile tırmanması aşamasında dalga enerjisini azaltmak ve kıyıda sonlandırmaktır. Şekil 1.20’de tipik bir kıyı tahkimat kesiti görülmektedir.



Şekil 1.20. Kıyı tahkimat kesiti

Kıyı tahkimatları; koruma tabakası, filtre ve topuktan oluşur. Koruma tabakası dalga etkisine karşı basit koruma sağlamasına karşın filtre tabakası alt zeminin yıkılmasını, topuk ise deniz tarafına doğru deplasmanını önler.

Koruma tabakası rijit veya fleksibil olabilir. Örneğin beton elemanlar rijit yapılardır. Koruma tabakasında taş, beton, beton şilte (mattresses), asfalt gibi malzemelerde kullanılabilir.

Bu bölümde koruma tabakası taş olarak seçilen kıyı tahkimatları incelenmiştir. Kıyı tahkimatları tasarımı sırasında aşağıda verilen yol izlenmektedir [29].

- Tasarım yapılacak yöre için su seviyesinin değişimleri belirlenmelidir.
- Tasarım dalga yüksekliği belirlenmelidir.
- Tasarım dalgasına dayanabilecek uygun koruma tabakası belirlenmelidir.
- Koruma tabakasında kullanılacak taş büyüklüğü hesaplanmalıdır.
- Kret kotunun hesaplanabilmesi için tırmanma yüksekliği hesaplanmalıdır.
- Düşük kretli yapılarda üstten aşan dalga için su debisi hesaplanmalıdır.
- Eğer gerekli ise drenaj tasarımı yapılmalıdır.
- Filtre ve alt tabakaları tasarlanmalıdır.
- Geri dolgu alanı sıkıştırılmalıdır.

Kıyı tahkimatlarının çevreye etkileri de kıyı duvarlarının etkileri gibidir. Bu yüzden tahkimatların çevreye etkisi düşünülürken, kıyı duvarlarının çevreye etkileri temel alınıp geliştirilebilir.

#### **1.6.2.5.1. Koruma Tabakası**

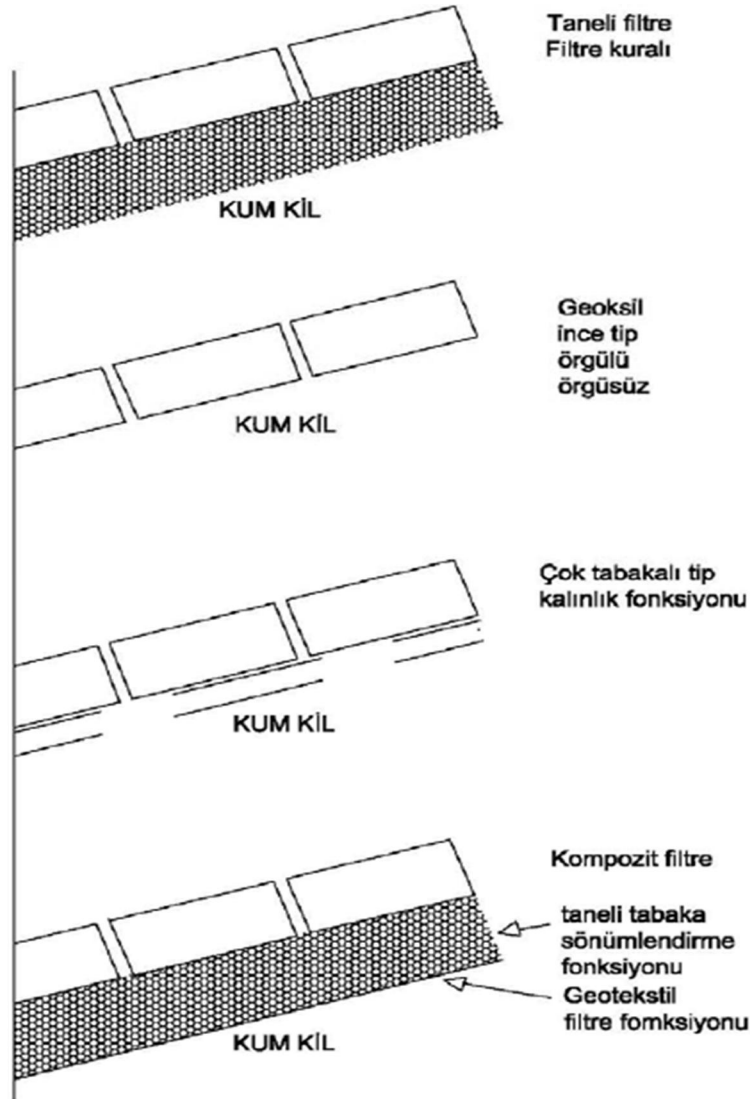
Koruma tabakası taş olarak seçilen kıyı tahkimatlarının dizaynı, iki veya daha fazla sıradan oluşan taşların dalga hareketine karşı stabilitesinin korunarak üst üste dizilmesiyle yapılır. Taş boyutları büyükten küçüğe göre aşağıdan yukarıya doğru dizilmeli ve küçük olan taşlar altındaki taşların aralarındaki boşluklardan geçemeyecek boyutta olmalıdır.

#### **1.6.2.5.2. Filtre Tabakası**

Kıyı koruma yapılarında bugüne kadar görülmüş hasarların başlıca nedenleri, yanlış projelendirme ve inşa teknikleri gösterilmiştir. Tartışmalar daha çok yapının dengesi üzerinde etkili olabilecek taş ağırlıkları veya boyutları yoğunlaştırılmıştır. Bu nedenler yanında yapının temel karakteristiklerinden olan filtre tabakası ve topuk korumasının önemi yeterince vurgulanmamıştır. Dalga ve akıntı etkisine maruz taş dolgu tahkimatların arkasında bulunan ve boşluk suyu basıncı içeren malzemenin hidrostatik ve hidrodinamik basıncın doğurduğu borulanma olayı sonucu boşalması ve tabanın özellikle topuk kısmının erozyona uğraması sık görülen olaylardandır. Borulanma tehlikesini azaltmak için uygun

bir drenaj filtre sisteminin uygulanması gerekmektedir. Bu uygulama ile yapı arkasında veya altında yer alan ince taneli malzemenin taş dolgular arasından geçerek kaçması önlenir. Kıyı tahkimatlarında kaplama altında kalan zeminin dalga etkisi ile yıkanarak erozyona uğramaması için taneli (granular) veya geotekstil filtre tasarlanmalı ve kullanılmalıdır. Ancak geotekstil malzemenin bu tip yapılarındaki davranışı tam bilinmemektedir. Bazı zemin stabilizesizliklerinin oluşması söz konusu olabilmektedir. Buna karşın taneli malzemede alttan kaldırma basıncı nedeniyle daha düşük kaplama malzemesi stabilitesi söz konusu olabilmektedir [29].

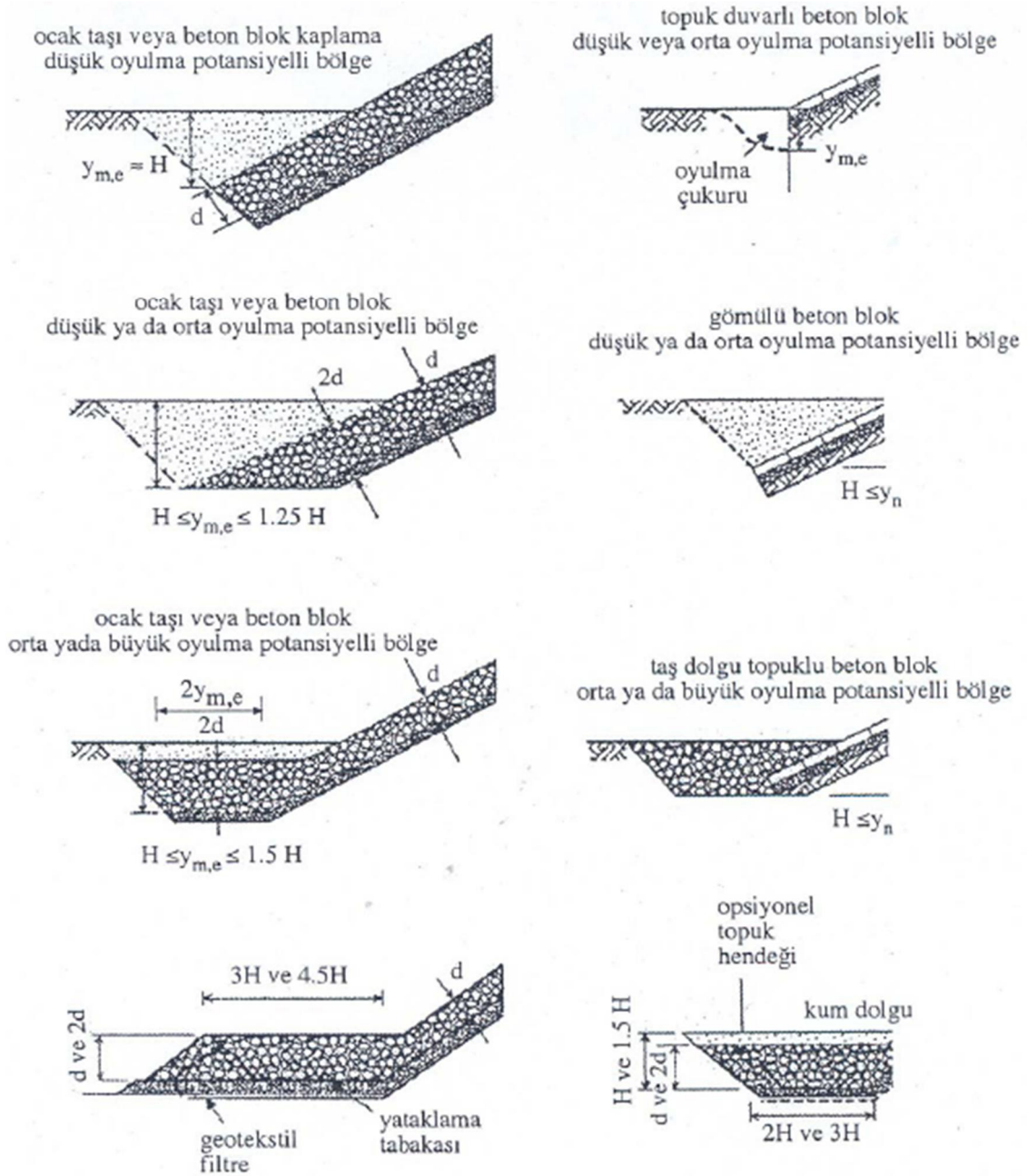
Şekil 1.21'de görüldüğü gibi taneli malzeme ya da geotekstil tek başına filtre malzemesi olarak kullanılabilir.



Şekil 1.21. Filtre tasarım örnekleri [29].

### 1.6.2.5.3. Topuk Tasarımı

Topuk hasarı oluşması durumunda tüm kaplama hasar görebilir. Bu durumdan kaçınabilmek için Şekil 1.22’de görülen topuk koruma şekilleri uygulanabilir. Özellikle kıyı tahkimat sevi üzerindeki dalga nedeniyle oluşan geri dönüş akımları ile topuk önünde oluşan dalga kırılması, topuk oyulmasına neden olabilmektedir.



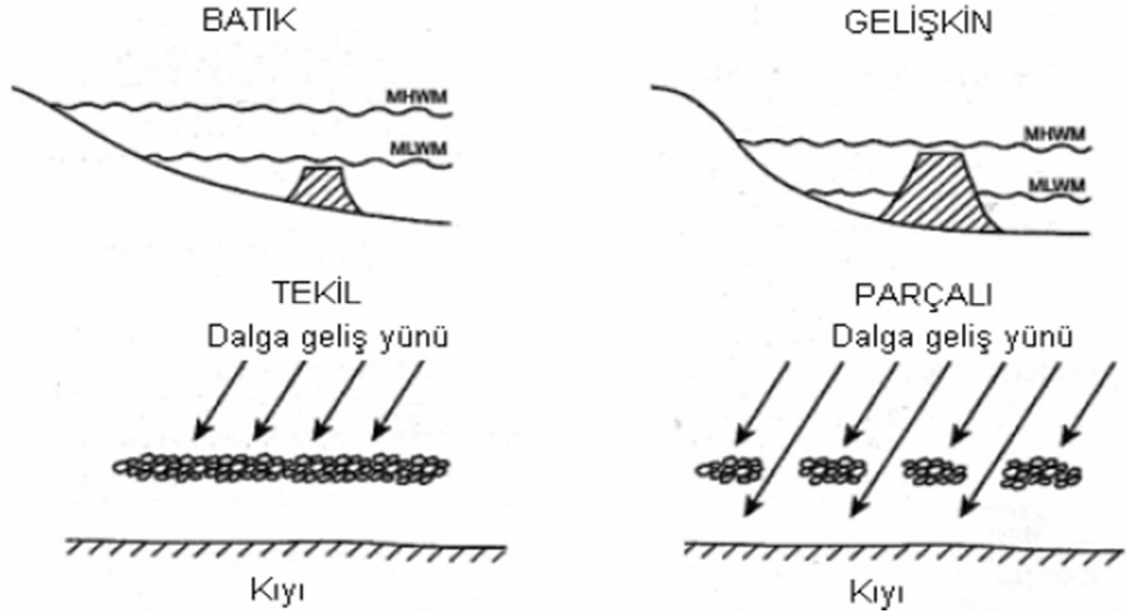
Şekil 1.22. Topuk koruma seçenekleri [29].



### 1.6.3. Açık Deniz Dalgakıranları

Açık deniz dalgakıranları kıyı stabilizesini ve korumasını sağlamak için yapılan yapılardır. Kıyı ile bağlantısı yoktur. Kıyıya paralel bir şekilde genelde kayaların birleşmesinden oluşur ve kıyının açığından gelen dalganın enerjisini azaltması için yapılır. Tipik açık deniz dalgakıranları kıyı çizgisinden denize doğru dalganın kırıldığı çizgi üzerine paralel olarak inşa edilirler. Azalan dalga enerjisi nedeniyle kıyı erozyonu azalır; yüzücülerin, teknelerin güvenliği sağlanır ve kumsal daha korunaklı hale gelir.

Açık deniz dalgakıranlarına gelen dalgalar, dalgakıranın uç kısmında dönmeye uğrar. Böylece gelen dalgalar, dalgakıranın orta merkezine doğru döner. Bundan dolayı dalgakıranın arkasında kum birikmeye başlar. Açık deniz dalgakıranları, sakın bir dalga iklimine sahip yerlerde kıyıya dik erozyonun azalmasını sağlayabilir. Şekil 1.23'de açık deniz dalgakıran tipleri görülmektedir.



Şekil 1.23. Açık deniz dalgakıran tipleri [13].

Açık deniz dalgakıranları, bazen parçalı bir şekilde tek bir uzun açık deniz dalgakıranı yerine kullanılabilir. Parçalı açık deniz dalgakıranı daha az malzeme kullanımı nedeniyle maliyet ve dalgakıran parçaları arasındaki boşluklar nedeniyle kıyı ve uzak kıyı arasında suyun değişmesine, bazı dalga hareketlerinin yapının arka kısmına geçmesine izin verir. Bu da parçalı açık deniz dalgakıranının kullanılacağı kıyı için bir avantajdır.

### 1.6.3.1. Açık Deniz Dalgakıranlarının Kıyıya Etkisi

Kıyı erozyonuyla mücadelede açık deniz dalgakıranlarının iyi bir rol oynadığı düşüncesi artış göstermesine rağmen, hala yakın kıyı çizgisini korumada ve yapının kendisi ile ilgili kuşkular bulunmaktadır.

Açık deniz dalgakıranlarının buldukları kıyıya bazı etkileri vardır. Yapının arkasında yapıdan kaynaklanan dönme ve kıyıya açılı gelen dalgalar nedeniyle kıyı boyu akıntısı oluşacaktır. Yapının boyu, yüksekliği ve kıyıya olan uzaklığıyla bu kıyı boyu akımı, tombala görünümlü sediment birikmesine veya biriken sediment ile dalgakıran arasında şiddetli kıyı boyu akıntısı nedeniyle bir kanal oluşumuna neden olacaktır.

### 1.6.3.2. Açık Deniz Dalgakıranlarının Faydaları

Açık deniz dalgakıranları yapıldıktan sonra bulunduğu bölgeye faydaları kısaca aşağıdaki gibi özetlenebilir.

- Dalga hareketlerinin kıyıdaki etkisini azaltır.
- Sediment ve kumsal oluşumunu artırır.
- Kıyısal erozyonu azaltır.
- Fırtına rejiminde dalganın kıyıya uygulayacağı zararların riskini azaltır.
- Rip akımından dolayı kumsaldaki sediment kaybını azaltır.

## 1.7. Katı Madde Taşınımı

Bir kıyı bölgesinde, kıyıya dik gelen dalgalar kıyıya dik gelen taşınımına neden olurken, kıyıyla bir açı yaparak gelen dalgalar hem kıyıya dik hem de kıyı boyu taşınım oluştururlar. Genelde dalgalar kıyıya bir açı oluşturacak şekilde yaklaşır. Bu nedenle kıyılarda genel anlamda hem kıyıya dik hem de kıyı boyu taşınım oluşmaktadır. Kış aylarında taşınım açık deniz yönünde olması nedeniyle oyulmalar oluşur ve sahil yatık bir profil haline dönüşür. Yaz aylarında taşınım kara yönünde olacağından yığılma oluşur ve sahil dikleşir [34].

### 1.7.1. Kıyıya Dik Katı Madde Taşınımı

Kıyı ile belli bir açı yaparak gelen dalgaların enerjisinin kıyıya paralel bileşeni kıyı boyu, kıyıya dik bileşeni ise kıyıya dik taşınımı oluşturur. Kıyıya dik malzeme taşınımı, birim genişlikteki bir kıyının kıyıya dik yöndeki kesiti üzerinde incelenir ve batimetrik değişim sonucunda kıyı kesitinin almış olduğu yapıya kıyı profili adı verilir. Kıyı profilini etkileyen esas parametre kıyıya dik katı madde taşınımıdır. Ancak kıyıya sonradan inşa edilmiş kıyı yapıları (mahmuzlar, balıkçı barınakları, limanlar vb.) kıyı boyu taşınımı etkilediklerinden kıyı profilinde önemli değişikliklere yol açmaktadır.

Kıyı profili, normal (yaz) profili, fırtına (kış) profili olmak üzere ikiye ayrılır. Kıyı profilinde, hangi şartlarda yığılma ve oyulma olacağı dalga parametrelerine bağlıdır. Yapılan araştırmalar, derin deniz dalga dikliğinin ( $H_0/L_0$ ) en etkin etken olduğunu göstermektedir [44].

### 1.7.2. Kıyı Boyu Katı Madde Taşınımı

Dalga enerjisinin kıyıya paralel bileşeninin neden olduğu ve yönü kıyıya paralel olan katı madde taşınımına kıyıya paralel taşınım adı verilir. Derin denizde kıyı ile belli bir  $\alpha_0$  açısı yapan dalgalar, sapmanın etkisi ile kıyıya yaklaştıkça, kıyıya dik gelme eğilimindedirler. Kırılma anında bir  $\alpha_b$  açısı yaparlar ve genellikle  $\alpha_b < \alpha_0$ 'dır. Bu nedenle dalgaların hem kıyıya paralel hem de kıyıya dik enerjileri söz konusudur. Kıyıya paralel enerji bileşeni, kıyıya yakın bir bölgede su kütlesi hareketine neden olur. Bu harekete kıyı boyu akıntısı adı verilir. Kıyı boyu katı madde taşınımını doğuran asıl etken kıyı boyu akıntılardır [34].

### 1.8. Taş Dolgu Dalgakıran Tasarımı

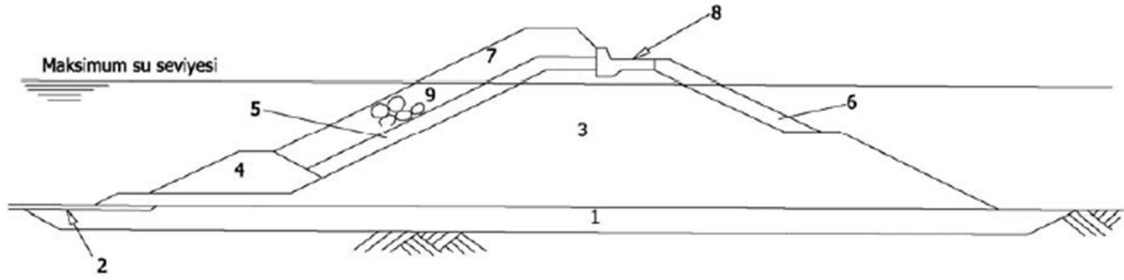
Dalgakıranlar tüm deniz vasıtalarının güvenilir olarak barınacakları ve liman işlevlerinin güvenilir bir şekilde yürütülmesine olanak sağlayan korunmuş su alanları yaratmak için tasarlanan yapılardır. Aynı zamanda kıyı koruma yapıları ve kıyı stabilize yapıları olarak tasarlanırlar. Dalgakıranların en sık karşılaşılan tipi taş dolgu dalgakıranlardır [29]. Taş dolgu dalgakıranlar değişik büyüklükteki ve şekildeki taşların

belirli bir sistematiklik içerisinde heterojen olarak birleşmesiyle meydana gelmiş eğik yüzü dalgakıranlardır.

Taş dolgu dalgakıranlar değişik dalga hareketlerine karşılık düşey yüzü dalgakıranlardan daha dayanıklıdır ve seçilen dizayn dalgasından daha yüksek dalgalarda dahi tam hasara uğramazlar. Bu yüzden daha düşük fiyatlara onarılabirler [13].

### 1.8.1. Taş Dolgu Dalgakıranlar İçin Yapısal Tanımlar

Taş dolgu dalgakıranlar eğimli yüzeye sahip ve farklı büyüklükteki taş tabakalarından oluşan bir yapıdır. Taş dolgu dalgakıranlar dalgaları kırarak ve yansıtarak dalgakıran arkasındaki su haznesini dalgalara karşı koruyan yapılardır. Taş dolgu dalgakıranlara ilişkin yapısal tanımlar Şekil 1.24’de verilmiştir.



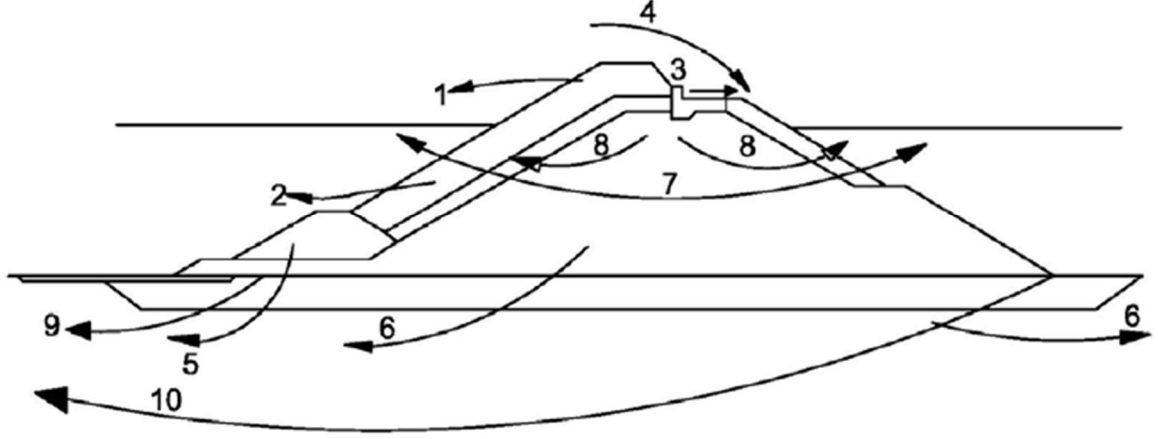
Şekil 1.24. Taş dolgu dalgakıranlara ilişkin yapısal tanımlar [29].

Şekil 1.24’de, 1 yastık tabakası, 2 topuk önü koruma, 3 çekirdek, 4 topuk, 5 filtre, 6 liman tarafı koruma tabakası, 7 koruma tabakası, 8 kronman duvarı ve 9 koruyucu tabaka (2 sıra taş) olarak adlandırılmaktadır.

Ülkemizde taş dolgu dalgakıranlar, taş ocaklarından elde edilen ve dalga kuvvetlerine dayanıklı farklı büyüklükteki taşlardan inşa edilmelidir. İstenilen özellik ve büyüklüğün sağlanamadığı durumlarda (taş büyüklüğünün 15 tondan fazla olması durumu) tasarımda farklı tipleri olan beton bloklar kullanılır.

### 1.8.2. Taş Dolgu Dalgakıranlar İçin Hasar Tipleri

Dalga kıranlarda meydana gelebilecek hasar tipleri Şekil 1.25’de verilmiştir.



Şekil 1.25. Taş dolgu dalgakıranlar için hasar tipleri [29].

Taş dolgu dalgakıranlarda hasarlar genellikle gelen dalganın üstten aşmasıyla meydana gelen oyulmalar, topuk erozyonu, çekirdek malzemesinde meydana gelen azalmalar ya da temel problemleri şeklinde ortaya çıkar.

Şekil 1.25’de, 1 koruyucu tabaka su üstü hasarı, 2 koruyucu tabaka su altı hasarı, 3 kronman duvarı hasarı, 4 liman tarafı koruyucu tabaka hasarı (dalga aşması sonucu), 5 topuk oyulması, 6 gövdenin toptan göçmesi, 7 çekirdek malzemesi kaybı, 8 çekirdek tabakası oturması (boşluk suyu basıncı), 9 deniz tabanı oyulması ve 10 zeminin toptan göçmesi olarak adlandırılmaktadır [29].

### 1.8.3. Üsten Aşma Oranının Hesabı

Birçok kıyı yapısı için yapının tepesinden aşan suyun debisi, yapının kret kotunun belirlenmesi için gereklidir. Modern dizaynlarda kret kotunun belirlenmesi için üsten aşma debi miktarı, dalga tırmanma yüksekliği yerine kullanılmaktadır. Yapının kendisini ve de arkasındaki bölgeyi koruması için hangi miktarda üsten aşma debisine izin verilmesinin bilinmesi gereklidir [13]. Dalga aşması, kıyı arkasında bulunan korunmuş kullanma alanlarında tehlikeli durum veya hasar yaratabilir. Bu durum için kritik dalga aşma debileri Tablo 1.3’te verilmiştir [29].

Tablo 1.3. Dalga aşma kritik değerleri [29].

q m <sup>3</sup> /sn-m		YAPISAL EMNİYET			q litre/sn-m
TRAFİK EMLİYETİ		YAPISAL EMNİYET			
ARAÇLAR	YAYALAR	BİNALAR	DOLGU KIYI DUVARI	KAPLAMALI KIYI DUVARI	
10 <sup>0</sup>					1000
		Yapısal hasar	Tamamen korunması halinde bile hasar	Kaplamalı yürüme yolunda bile hasar	200
10 <sup>-1</sup>	Çok tehlikeli			Kaplamasız yürüme yolunda hasar	100
			Korunmamış arka şevde hasar		50
10 <sup>-2</sup>			Korunmamış krette hasar		20
		Kıyı duvarları, dalgakıranlarda tehlikeli			10
10 <sup>-3</sup>					2
					1
10 <sup>-4</sup>	Düşey yüzü ve dalgakıranlarda tehlikeli				0.1
					0.03
10 <sup>-5</sup>	Rahatsız edici ancak tehlikeli değil			Hasar yok	0.02
			Hasar yok		0.01
10 <sup>-6</sup>	Yüksek hızda emniyetsiz				0.004
					0.001
10 <sup>-7</sup>	Her hızda emniyetli	Islak ancak rahatsız edici değil	Hasar yok		0.0001

$$R_* = \frac{R_c}{T_m (gH_s)^{0.5}} \quad (1.38)$$

Eğer  $0.05 < R_* < 0.03$  değeri arasında ise ikinci parametre aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$Q_* = Ae^{\left(\frac{BR_*}{r}\right)} \quad (1.39)$$

Denklem 1.39'da, A ve B ampirik katsayılarıdır. Tablo 1.4'de dalgakıran yüzeyi eğimine göre bu katsayılar tanımlanmıştır. Yapının uzunluğu boyunca üstten aşma debi miktarı ( $m^3/sn/m$ ) dir. Her metre için:

$$Q_m = Q_* T_m g H_s \quad (1.40)$$

Denklem 1.40'da,  $R_c$  kret kotunun su yüzeyinden yüksekliği, h yapının önündeki su derinliği,  $H_s$  yapı önü belirgin dalga yüksekliği,  $T_m$  ortalama dalga periyodu, A ve B ampirik katsayılar ve r farklı yüzeyler için ampirik bir faktördür [13].

Tablo 1.4. A ve B ampirik katsayıları

Deniz tarafı dalgakıran eğimi	A	B
1:1	$7.94 \cdot 10^{-3}$	20.1
1:1.5	$8.84 \cdot 10^{-3}$	19.9
1:2	$9.39 \cdot 10^{-3}$	21.6
1:2.5	$1.03 \cdot 10^{-2}$	24.5
1:3	$1.09 \cdot 10^{-2}$	28.7
1:3.5	$1.12 \cdot 10^{-2}$	34.1
1:4	$1.16 \cdot 10^{-2}$	41.0
1:4.5	$1.20 \cdot 10^{-2}$	47.7
1:5	$1.31 \cdot 10^{-2}$	55.6

Eğer dalga  $\beta$  açısıyla yaklaşıyorsa  $O_r$  azaltma katsayısı aşağıdaki gibi tanımlanır [45].

$$O_r = 1 - 0.000152\beta^2 \quad (1.41)$$

Denklemden  $\beta$  dalgakıran normaliyiyle dalga geliş açısı arasındaki ilişkiyi verir.

Tablo 1.5. Farklı yüzeyler için r faktörü

Yüzey	r
Düzdün ve geçirimsiz	1.0
Beton yüzey	0.9
Beton Blok	0.85-0.9
Çimli Kil	0.85-0.9
Bir tabaka kaba taş (geçirimsiz)	0.8
Rasgele dökülmüş taş dolgu (rubble stone)	0.5-0.8
İki veya daha fazla kaya dolgu	0.5
Tetrapot	0.5

#### 1.8.4. Taş Dolgu Dalgakıranlarda Stabilite

Taş dolgu dalgakıranların stabilitesinin hesabında birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmaların içerisinde en çok kullanılan Hundson yöntemidir [13].

$$W = \frac{\gamma_s H^3}{K_D \left( \frac{\gamma_s}{\gamma_w} - 1 \right)^3 \cot \alpha} \quad (1.42)$$

$$\frac{H}{\Delta D_{n50}} = (K_D \cot \alpha)^{1/3} \quad (1.43)$$

Denklem 1.42 ve 1.43'de, W ortalama taş büyüklüğü ağırlığı (kg), H tasarım dalga yüksekliği (m),  $\gamma_s$  blok özgül ağırlığı ( $\text{kg/m}^3$ ),  $\gamma_w$  suyun özgül ağırlığı,  $\alpha$  yapı eğimi,  $K_D$  satabilite katsayısı,  $\Delta = (\rho_s/\rho_w) - 1$ ,  $D_{n50}$  taşların %50 sinin ağırlığının daha az olduğu taşın çapı (m),  $\rho_s$  taşın özgül kütlesi ( $\text{t/m}^3$ ) ve  $\rho_w$  suyun özgül kütlesidir ( $\text{t/m}^3$ ).

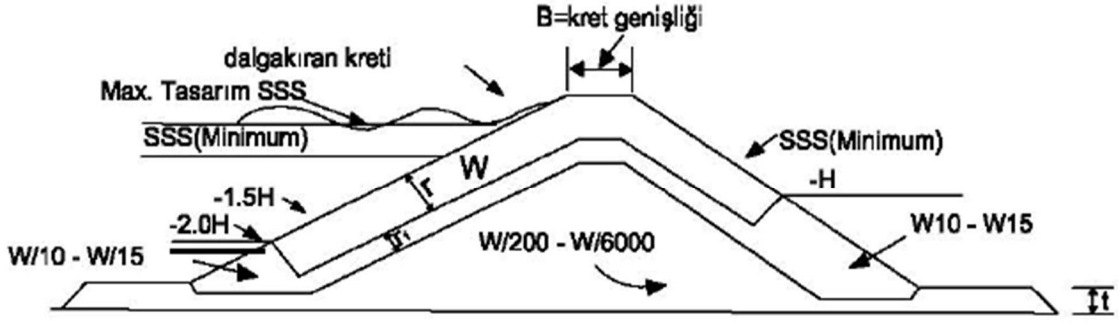


$K_D$  katsayısının alacağı değerler Tablo 1.6’de verilmiştir. Hudson formülü dalgakıran eğiminin 1/1.5 den 1/5 e kadar olan değerlerinde geçerlidir.

Tablo 1.6. Hudson Formülündeki  $K_D$  değerleri [13].

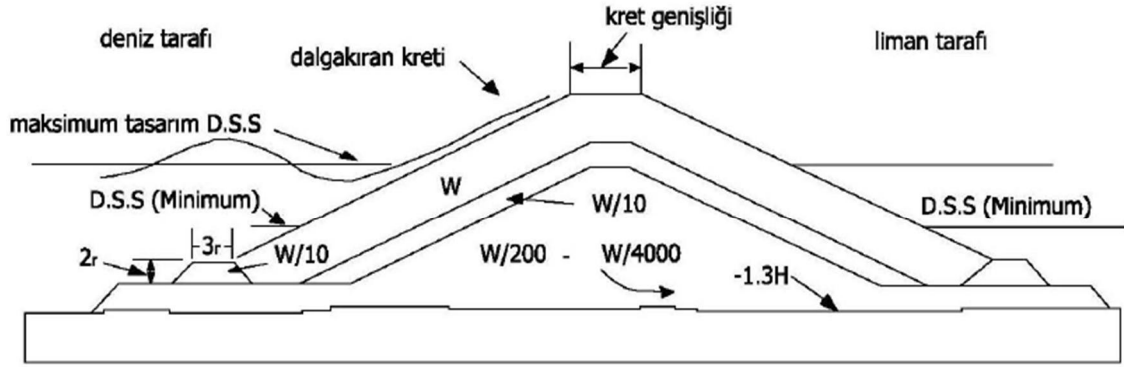
Koruyucu Tabaka	Taş Kaplama Sırası (n)	Dalgakıran Gövdesi		Dalgakıran Kafası		Eğim
		Dalgaların kırılması hali	Dalgaların kırılmaması hali	Dalgaların kırılması hali	Dalgaların kırılmaması hali	
Düzgün ocaktaşı	2	1.2	2.4	1.1	1.9	1.5-3.0
Düzgün ocaktaşı	>3	1.6	3.2	1.4	2.3	1.5-3.0
Kaba, köşeli ocaktaşı	1	-	2.9	-	2.3	1.5-3.0
Kaba, köşeli ocaktaşı	2	2.0	4.0	1.9	3.2	1.5
				1.6	2.8	2.0
				1.3	2.3	3.0
Kaba, köşeli ocaktaşı	>3	2.2	4.5	2.1	4.2	1.5-3.0
Tribar	2	9.0	10.0	8.3	9.0	1.5
				7.8	8.5	2.0
				6.0	6.5	3.0
Dolos	2	15.8	31.8	8.0	16.0	2.0
				7.0	14.0	3.0
Tetrapod	2	7.0	8.0	5.0	6.0	1.5
				4.5	5.5	2.0
				3.5	4.0	3.0

Şekil 1.26 ve 1.27’de , taş dolgu dalgakıranlarda, her bir tabakada kullanılacak ortalama taş büyüklüğünü birim ağırlık (W) türünden vermektedir.



Önerilen 3 Tabakalı Kesit

Şekil 1.26. Dalga aşmaması ya da çok az dalga aşması durumlarının gözlemlendiği taş dolgu dalgakıran kesiti [29].



Önerilen 3 Tabakalı Kesit

Şekil 1.27. Her iki yönde de dalga etkisinde kalan ve dalga aşmasının meydana gelebileceği taş dolgu dalgakıran kesiti [29].

### 1.8.5. Koruyucu Tabaka Kalınlığı

Koruyucu tabaka kalınlığı Denklem 1.44'de verilmiştir.

$$r = nk_{\Delta} \left( \frac{W}{\gamma_a} \right)^{1/3} \quad (1.44)$$

Denklemde, r ortalama tabaka kalınlığı, n taş ya da beton koruyucu birey taş veya blok sayısı, W koruyucu birey taş veya blok birim ağırlığı,  $\gamma_a$  koruyucu birey taş veya blok birim özgül ağırlığı ve  $k_{\Delta}$  tabaka katsayısıdır

### 1.8.6. Dalgakıran Kret Genişliği

Dalga kıranların kret genişlikleri üstten aşma debisine bağlıdır. Üsten aşma debisi yapı ve yapının arkasındaki kısma zarar vermeyecek miktarda olmalıdır. Ayrıca kret genişliği dalgakıran üzerindeki servis yolu ve gezinti yolunun büyüklüğüne göre de tasarlanabilir. Kret genişliği en az tabaka kalınlığının 3 katı olacak şekilde tasarlanmalıdır.

$$b_{\min} = 3k_{\Delta} \left( \frac{W}{\gamma_a} \right)^{1/3} \quad (1.45)$$

Denklemden,  $b_{\min}$  minimum kret genişliğidir.

Çeşitli koruyucu tabaka birey taş ya da blok için tabaka kat sayısı ve boşluk oranları Tablo 1.7'de verilmiştir [13].

Tablo 1.7. Çeşitli tabaka birey taş ya da blok için tabaka kat sayısı ve boşluk oranı

Koruyucu Tabaka	Taş Sayısı (n)	Tabaka Katsayısı	Boşluk Oranı (%P)
Düzgün Ocaktaşı	2	1.02	38
Kaba Ocaktaşı	2	1.00	37
Kaba Ocaktaşı	≥3	1.00	40
Tetrapod	2	1.10	50
Tiber	2	1.02	54
Dolas	2	0.94	56

## 2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

### 2.1. Karadeniz Sahil Yolu

Karadeniz Sahil Yolu'nun Samsun ile Sarp Sınır kapısı arasındaki uzunluğu 543 km olup bu yolun 197 km si Karayolları 7. Bölge Müdürlüğü (Samsun) sınırları ve 346 km uzunluğundaki Piraziz – Sarp arası da Karayolları 10. Bölge Müdürlüğü (Trabzon) sınırları içersinde bulunmaktadır.

Yerleşimin yoğun olduğu bu yöreye hizmet veren yol Sarp Sınır Kapısı'nın açılması ile uluslar arası bir nitelik kazanmaktadır.

Eski Karadeniz Sahil Yolu'nun inşaatı 1960'lı yıllarda tamamlanmıştır. Ülkemizin Cumhuriyet döneminde uyguladığı yol yapım politikaları doğrultusunda konumu ve standartları belirlenerek inşaatı gerçekleştirilmiştir. 1960'lı yıllarda günlük trafik değerleri yolun tümünde 180 ile 900 arasında değişmekte iken 1970'li yıllardan itibaren ise ülkemizde motorlu taşıt sanayisinin kurulması ile birlikte günlük trafik değerlerinde hızlı bir artış dönemi başlamıştır [12].

1970'li yılların başından itibaren Sahil Yolu'ndaki trafik değerlerinde meydana gelen hızlı artışlar 1980'li yılların başında sahil yolunun kesim kesim iyileştirilmesini gündeme getirmiştir. Bu tarihten itibaren iyileştirilmeye yönelik proje çalışmalarına başlanarak 1983 yılında Sahil Yolu “ Karadeniz Sahil Yolu Projesi ” ismi ile yatırım programına girmiştir. Bu proje kapsamında 1983 ile 1987 yılları arasında küçük çapta tahkimat ve sanat yapısı yapılmıştır.

Karadeniz Sahil Yolunun iyileştirilmesine yönelik ilk büyük ihale 1987 yılında yapılmıştır. Sahil Yolu'nda trafiğin en yoğun olduğu kesim olan Çarşıbaşı - Araklı arası (68 km) ihale edilmiştir. Daha sonra 1991 yılında Hopa – Sarp arası (19 km), 1994 yılında ise Espiye – Çarşıbaşı arası Giresun geçişi ile birlikte (77 km) ihale edilerek çalışmalara başlanmış ve tamamlanan kesimler trafiğe açılarak (Hopa – Sarp, Trabzon Şehir Geçişi) trafik yükü hafifletilmiştir.

Yıllar itibariyle verilen ödeneklerinin ihtiyacın çok altında olması nedeniyle yapılan ihaleler süresi içinde bitirilmemiştir. 1997 yılına kadar, Karadeniz Sahil Yolu'nun 10. Bölge Müdürlüğü sınırları içinde kalan 346 km'sinin 164 km'si, Samsun Bölge Müdürlüğü sınırları içinde kalan 197 km'sinin 169 km'si ihale edilmiştir.

Ödenek, ihtiyacın çok altında olduğundan dolayı Karadeniz Sahil Yolu'nun ihalesi yapılmamış olan Karayolları Trabzon Bölge Müdürlüğü sınırları içindeki 184 km'lik kesimi ile Samsun Bölge Müdürlüğü sınırları içindeki 28 km'lik kesiminin dış kredi temin etmek şartı ile ihale edilmesine Karayolları Genel Müdürlüğü'nce karar verilmiştir. Bu ihaleleri alan firmalar 1998 yılı içinde çalışmalarına başlamışlardır [12].

## 2.2. Çalışma Bölgesi

Karadeniz Sahil Yolunun büyük bir bölümü denize dolgu yapılarak kıyıya paralel olarak geçirilmiştir. Bundan dolayı yolun dalga etkilerinden korunması, mevcut sahillerin muhafaza edilmesi ve yok olan sahillerin yerine yenilerinin oluşturulması için pek çok yerde tahkimat, mahmuz, açık deniz mendireği, dalgakıran vb. gibi çeşitli kıyı yapılarına ihtiyaç duyulmuştur. Ancak bu yapıların planlama, projelendirme ve inşaat aşamalarında gerekli kurallara özen gösterilmemesi halinde; yolun ve kıyının korunması, yeni sahiller ve kumsallar oluşturulması ve kıyından azami ölçüde yararlanılması mümkün olmamakta; tam aksine dalga etkileri sonucu büyük tahribatlarla, oldukça pahalı yapılarla ve daha da önemlisi estetik ve ekolojik olmayan kıyılarla karşılaşmaktadır. Bunun sonucunda da, hem korunmayan yol, hem de yola bitişik olan sahil zarar görmekte, kıyı hidrodinamik dengesi bozulmakta ve çevre olumsuz yönde etkilenmektedir [16]. Durum böyle olunca da, kıyıya paralel olan bu yolu deniz ve dalga etkilerinden korumak için yol güzergahı boyunca tahkimat ve mahmuz gibi kıyı koruma yapıları inşa edilmiştir.



Şekil 2.1. Çalışma bölgesi

Çalışma bölgesi Trabzon şehir merkezi ile Rize şehir merkezi arasındaki yaklaşık 75 km lik sahil şerididir (Şekil 2.1).

Bu tezde ülkemizin doğusunda yer alan Trabzon – Rize arası bölgenin Karadeniz Sahil Yolu projesi kapsamında; yolun dalga etkilerinden korunması, mevcut sahillerin muhafaza edilmesi ve yok olan sahillerin yerine yenilerinin oluşturulması için yapılan tahkimat, mahmuz ve dalgakıranların planlama ve projelendirmedeki hataları ve çevreye olan etkileri göz önüne alınarak incelenmiştir.

### 2.2.1. Çalışma Yapılmış Kıyı Tahkimatları

Deniz yapılarının projelendirilmesinde de yapı üzerinde etkiyen bütün yüklerin (sabit, hareketli, statik ve dinamik) sağlıklı bir şekilde belirlenmesi gerekmektedir. Bu yüklerin belirlenmesindeki esas kriter belirgin dalga yüksekliği ( $H_{1/3}$ ) ve periyodu ( $T_{1/3}$ ) dur.

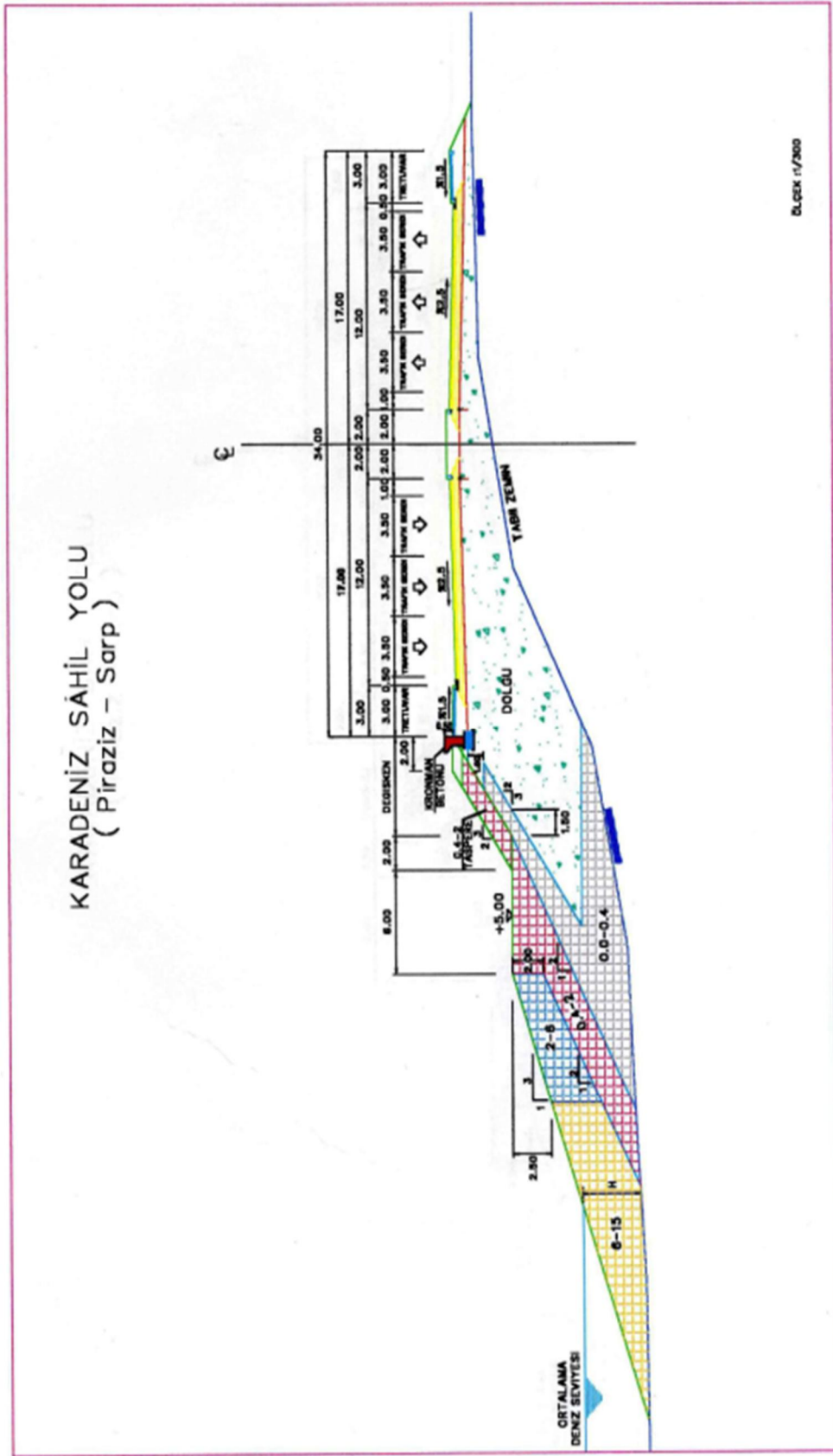
Karadeniz Sahil Yolu projesinin proje kriterlerinin seçiminde 1986 yılında ODTÜ tarafından hazırlanan “15 Deniz Yöresi İçin Dalga Tahminleri ve Tasarım Dalgası Özelliklerinin Belirlenmesi” [46] adlı sonuç raporundan yararlanılmıştır ve proje için Belirgin Dalga Yüksekliği  $H_{1/3}=5.80$  m olarak seçilmiştir.

Yapı önü su derinliğine ( $h$ ) bağlı olarak ( $h < 3$ ) topuksuz ve ( $h \geq 3$ ) topuklu olmak üzere 2 farklı tahkimat tip en kesiti geliştirilerek uygulanmıştır ( Şekil 2.2 ve Şekil 2.3).

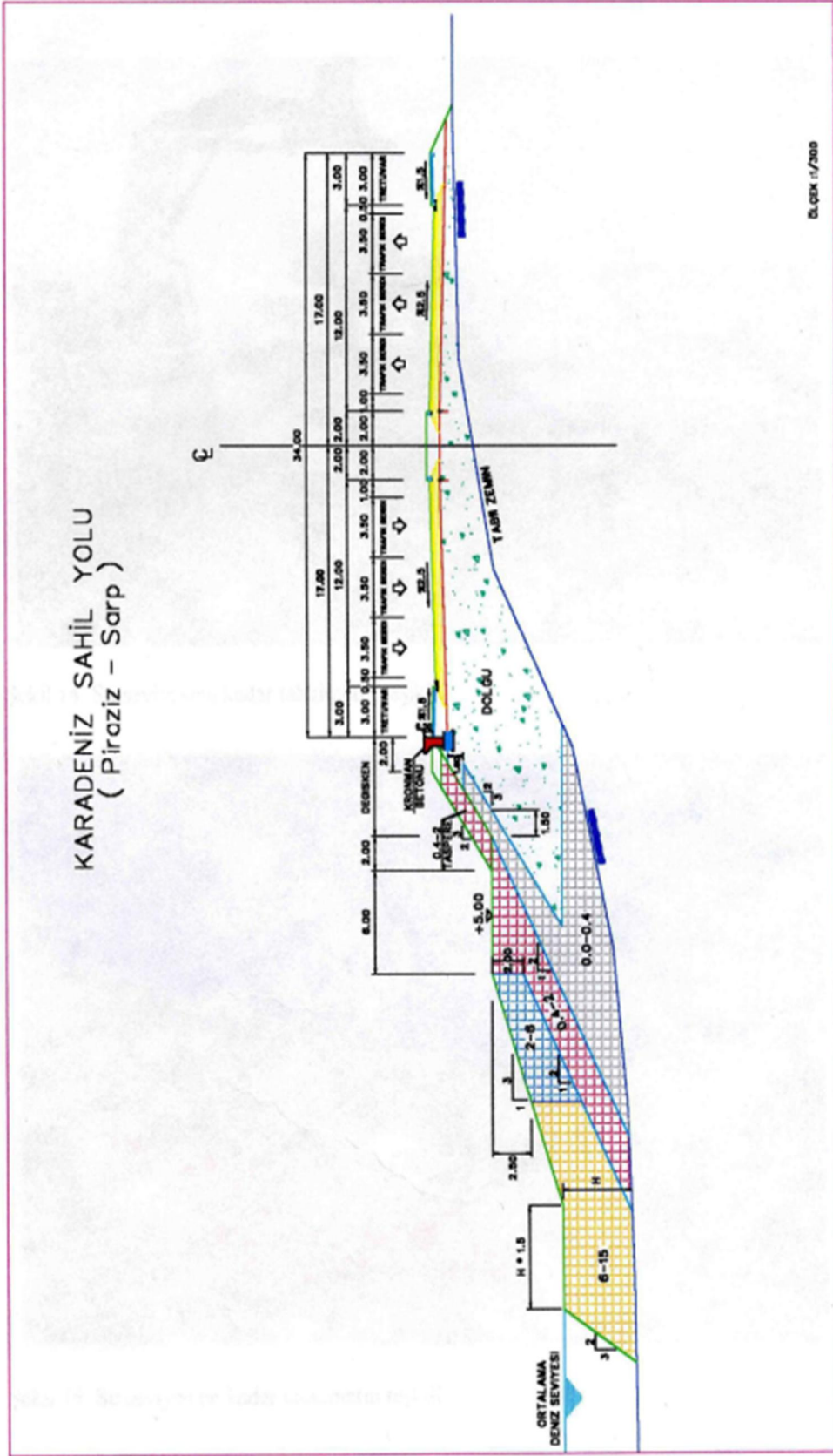
Proje dalga yüksekliğinin seçiminde yapılacak %10 luk bir yanılmanın taş ağırlıklarına etkisinin %33 olduğu düşünüldüğünde bu ve bunun gibi bilinmeyen nedenlerden dolayı meydana gelebilecek olan olumsuzlukların ortadan kaldırılması açısından uygulanan metot ve yapım tekniğinin doğruluğu büyük önem taşımaktadır [12].

Deniz taban eğiminin %3 olması durumunda dalga kırılma derinliğinin  $h_b=5.70$  m de başladığı belirlenmiş ve bu durumda inşa edilmekte olan tahkimatların, dalga kırılma türleri içerisinde en kritik olan tam yapı üzerinde kırılan dalgalara maruz kalacağı görülmüştür [12].

Bütün bu nedenlerden dolayı Karadeniz Sahil Yolu kapsamında inşa edilmekte olan tahkimatlar bir deniz yapısı için oluşabilecek (deniz taban topografyasının dikliği, yapı önü su derinliği vb.) bütün olumsuz koşulları bünyesinde bulundurmıştır. İnceleme alanı olarak İyidere – Of arası kıyı tahkimatı ele alınarak stabilite ve çevreye olan etkileri incelenmiştir.



Şekil 2.2. Tahkimat en kesiti ( $h < 3$ ) [12].



Şekil 2.3. Tahkimat en kesiti ( $h \geq 3$ ) [12].

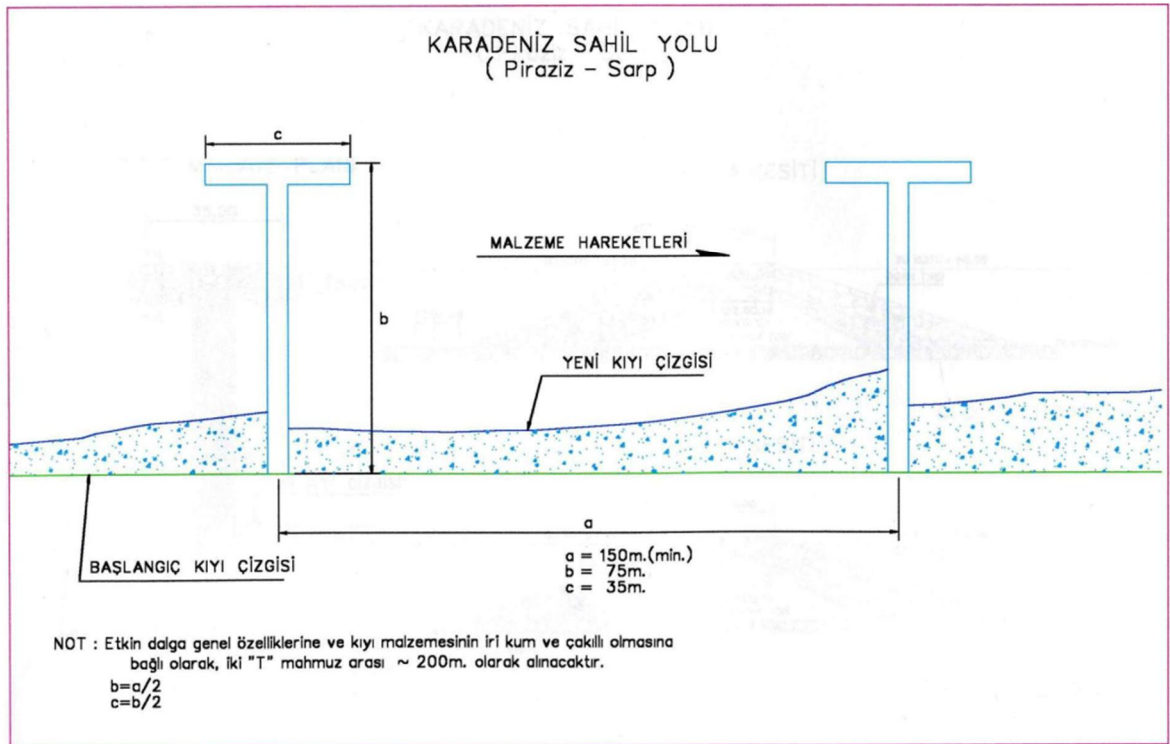


## 2.2.2. Çalışma Yapılmış Mahmuz Sistemleri

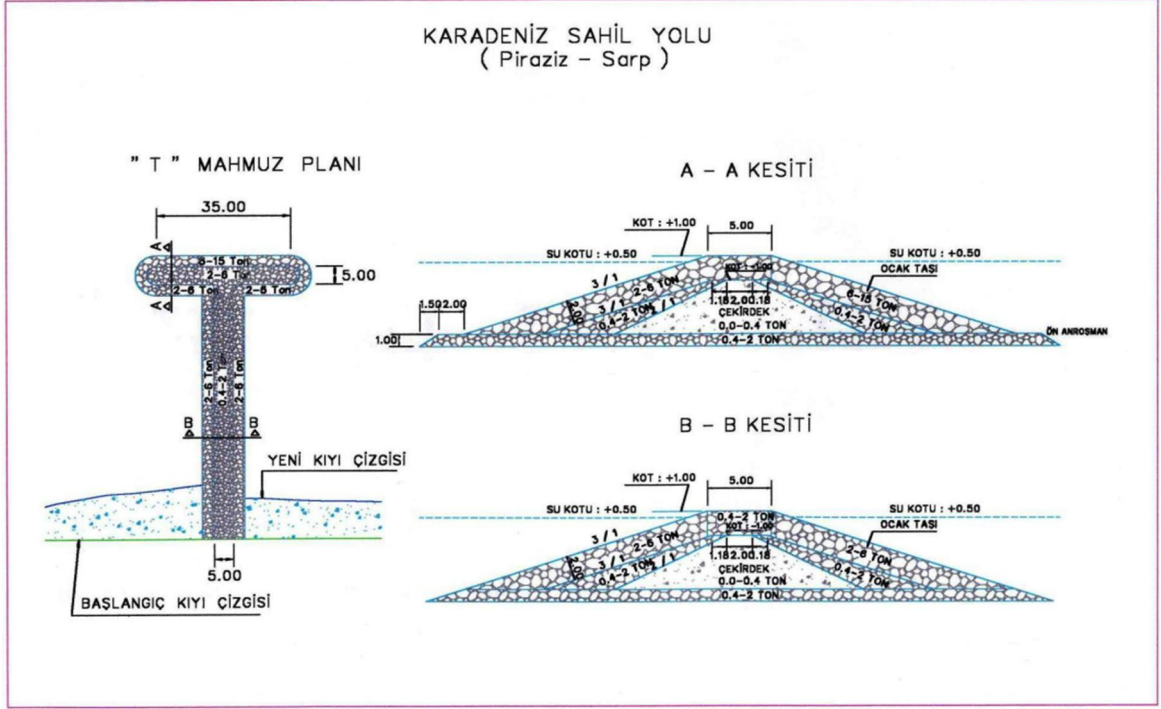
Denizi doldurarak kıyıya paralel geçirilen Karadeniz Sahil Yolu'nun geçtiği güzergah boyunca proje kriterlerine göre gerekli görülen yerlere kıyı kazanımını sağlamak, yeni kumsal ve plaj alanları oluşturmak, yolu deniz etkilerine karşı koruyabilmek amacıyla T mahmuzlar inşa edilmiştir. T mahmuzlar, kıyıya paralel veya dik taşınım esnasında sedimenti tutarlar ve zaman içerisinde de geriye bırakmazlar.

Kıyı boyunca taşınımın çoğunluğunu oluşturan kum ve çakılın sıralı olarak yapılan mahmuzlar tarafından tutulması sonucu kıyıda, büyük oranda kumlanma oluşur. Meydana gelen bu yeni kumlanma olayı yeni bir kıyı çizgisi oluşturarak tabii bir plaj görünümü kazanır. Böylece kıyı turizminin gelişmesine ve kıyı - insan ilişkisinin hızlanmasına katkıda bulunur ve halkın kıyılardan azami oranda faydalanmasını sağlar [24].

Mahmuzların tip ve yer seçiminde; deniz derinliği, kıyı boyu malzeme taşınımı yönü, mevcut deniz yapılarının ve ırmakların yapılacak mahmuzlara göre konumu gibi faktörler dikkate alınmıştır [12]. Karadeniz Sahil Yolu boyunca kullanılan T mahmuzların vaziyet planı ve kesiti Şekil 2.4 ve 2.5'te verilmiştir.



Şekil 2.4. T mahmuz genel vaziyet planı [12].



Şekil 2.5. T tipi mahmuzların kesit planı [12].

Çalışma alanı olarak Trabzon – Rize arası kıyı şeridi seçilmiştir. Bu grupta yaklaşık olarak 80 adet T mahmuz bulunmaktadır. Bu T mahmuzlar malzeme biriktirme ve kıyı oluşturma açısından incelenmiştir.

### 2.2.3. Çalışma Yapılmış Balıkçı Barınakları

Doğu Karadeniz Bölgesinde ticari faaliyetler arasında balıkçılık oldukça önemli bir yere sahiptir. Karadeniz Sahil Yolu inşasında oldukça fazla balıkçı barınağı inşa edilmiştir. Balıkçı barınaklarının dolma ve sığlaşma süreci teknelerin yanaşmasında problemler oluşturmaktadır. Doğu Karadeniz Bölgesinde akarsuların taşımış oldukları katı maddeler mahmuzlar ile yeni kumsalların oluşması için yarar sağlarken, balıkçı barınaklarının dolma sürecini hızlandırmaktadır.

Karadeniz Sahil Yolu kapsamında Rize Fener Boğazı Çekek Yeri, Rize Çifte Kavak Çekek Yeri, Alipaşa Balıkçı Barınağı, Derepararı Yanıktaş Balıkçı Barınağı, Of Eskipazar Balıkçı Barınağı ve Of Balıkçı Barınağı malzeme biriktirme yönünden, Rize Çifte Kavak Çekek Yeri satabilité yönünden incelenmiştir.

### 3. BULGULAR VE İRDELEME

#### 3.1 Kıyı Tahkimatları

Trabzon şehir merkezi ile Rize şehir merkez arası büyük bir kısmı kıyı boyunca dalga etkilerine karşı korunmak için kıyı tahkimatları yapılmıştır. İnceleme alanı olarak seçilen İyidere – Of arası kıyı tahkimatı Şekil 3.1 de görülmektedir.



Şekil 3.1. İyidere – Of arası kıyı tahkimatı

Yapılan kıyı tahkimatları incelendiğinde, yapıda filtre tabakasının bulunmadığı görülmüştür. Filtre tabakasının amaçlarından birisi de koruyucu tabaka ile birlikte yapının çekirdek malzemesinin kaybolmasını önlemek ve yapıda aşırı dalga koşullarında meydana gelen hasarların önüne geçmektir. Bundan dolayı, dalga etkilerine karşı çekirdek malzemesinin kaybolduğu anlaşılmıştır. Tahkimatın çekirdek malzemesinde meydana gelen erozyon sebebi ile de yapıda hasarlar meydana gelmiştir. Şekil 3.2 de yapıda filtre tabakası olmadığı görülmektedir.

Tahkimatın koruyucu tabakası da tek tabakadan yapılmış ve belli bir boyutta olması gereken kaya boyutlarının önemsenmeden koruyucu tabakanın inşa edildiği anlaşılmıştır. Koruyucu tabakanın tek tabakalı olması pek istenen bir durum değildir. Özellikle yapının

önünde dalga kırılması meydana geliyorsa tek tabakalı koruyucu tabakası yapılması önerilmez.



Şekil 3.2. İyidere – Of arası kıyı tahkimatında filtre tabakası uygulama hatası

Kıyı tahkimatı İyidere – Of arası örnek bir noktada yapılan ölçümler ve veriler aşağıdaki gibidir.

Yapı önü maksimum su derinliği	: 2.80 m
Kıyı taban eğimi	: 0.030
Yapı kret kotu	: 4.50 m
Kıyı tahkimatı koruyucu tabaka eğimi	: 1:3
Taş kaplama tabaka sayısı	: 1
Ortalama kaya boyutu ve hacmi	: 0.8 – 1.2 m <sup>3</sup>
Tuzlu su yoğunluğu	: 1.02 gr/cm <sup>3</sup>
Ortalama kaya yoğunluğu	: 2.65 gr/cm <sup>3</sup>

Burada yapı önündeki su derinliği yerinde ölçüm yapılarak, kıyı taban eğimi 1993 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi tarafından hazırlanan “Doğu Karadeniz’de Deniz Erozyonuna Karşı Koruma ve Yapay Plajlar İçin Kıyıya Dik Yapıların Etüdü” [47] adlı araştırma raporundan, yapı kret kotu ve koruyucu tabaka eğimi “Karadeniz Sahil Yolu Projesi ve Projesi Kapsamında Uygulanan Kıyı Koruma Yapıları” [12] adlı tezden, taş kaplama tabaka sayısı ve ortalama kaya boyutu ve hacmi yapılan gözlemlerden ve ortalama

kaya yoğunluğu “Doğu Karadeniz Sahil Yolu Tahkimatına Uygun Taş Üretim Yönteminin Saptanması” [48] adlı tezden alınmıştır.

Kıyı tahkimatının tasarımında kullanılan dalga özellikleri 1986 yılında ODTÜ tarafından hazırlanan “15 Deniz Yöresi için Dalga Tahminleri ve Tasarım Dalgası Özelliklerinin Belirlenmesi” [46] adlı sonuç raporunda belirlenen 50 yıl yinelenme dönemine sahip dalga özellikleri esas alınarak belirlenmiştir.

Dalga yüksekliği,	$H_s, H_0=5.80$ m
Dalga periyodu,	$T_s=8.90$ s
Deniz taban eğimi,	$m=0.03$
Deniz taban eğimi ile dalga sırtları arasındaki açı,	$\alpha_0=0^0$ (En kritik koşul)
Sapma katsayısı,	$K_r=1.00$
Kırılmaya uğramış derin deniz dalga yüksekliği ,	$H'_0 = K_r \cdot H_0 = 5.80$ m

Denklem 1.7 yazılarak dalga boyu hesaplanır.

$$L_0 = 1.56T^2 = 1.56 * 8.90^2 = 123.57 \text{ m}$$

Denklem 1.14 yazılarak kırılan dalga yüksekliği hesaplanır.

$$H_b = 0.56H_0 \left( \frac{H'_0}{L_0} \right)^{-1/5} = 0.56 * 5.80 * \left( \frac{5.80}{123.57} \right)^{-1/5} = 5.99 \text{ m}$$

$$m \leq 0.1 \text{ ve } \frac{H_0}{L_0} \leq 0.06 \text{ için;}$$

Denklem 1.16, 1.17 ve 1.18 kullanılarak dalga kırılma derinliği bulunur.

$$\gamma_b = \frac{H_b}{h_b} = b - a \frac{H_b}{gT^2}$$

$$a = 43.8(1 - e^{-19m}) = 43.8 * (1 - e^{-19 * 0.03}) = 19.03$$

$$b = \frac{1.56}{(1 + e^{-19.5m})} = \frac{1.56}{(1 + e^{-19.5 * 0.03})} = 1.00$$

$$h_b = \frac{H_b}{b - a \frac{H_b}{gT^2}} = \frac{5.99}{1 - 19.03 * \frac{5.99}{9.81 * 8.90^2}} = 7.02 \text{ m bulunur.}$$

Bu durumda  $h_b > h$  olacaktır. Yani dalga kıyı tahkimatına varmadan kırılmaya başlamaktadır. Ortalama eğim 0.03 olduğuna göre dalga yaklaşık olarak kıyıdan 234 m açıktan kırılmaya başlayacaktır. Kırılmanın olduğu derinlikten sonrası için sığlaşma ve sapma olayları ile yapı önündeki dizayn dalga yüksekliği hesaplanması, kırılmadan dolayı doğru sonuç vermeyecektir.

Eğer kırılma olayıyla dalga yüksekliğinin %40'ını kaybettiğini düşünerek yapı önündeki dalga yüksekliği  $0.6H_b$  alınırsa yapı önündeki dizayn dalga yüksekliği,  $H_s=3.60$  m olur. Bu değer Denklem 1.42'deki Hudson formülünde kullanılırsa;

$$W = \frac{\gamma_s H^3}{K_D \left( \frac{\gamma_s}{\gamma_w} - 1 \right)^3 \cot \alpha} = \frac{2.65 * (3.60)^3}{2 * \left( \frac{2.65}{1.02} - 1 \right)^3 * 3} = 5.05 \text{ ton}$$

Koruyucu tabakada kullanılan kaya ağırlığı 5.05 ton olmalıdır. Burada stabilite katsayısı  $K_D$  kaplama sırası 2 ve dalganın kırılması durumu için Tablo 1.6'dan alınmıştır. Uygulamada var olan durumda ise kaplama tabakası tek sıradır. Mevcut durumda olan taşların ortalama ağırlıkları;  $0.8 * 2.65 = 2.12$  ile  $1.2 * 2.65 = 3.18$  tondur. Hudson formülüyle bulunan 5.05 ton ağırlığındaki kayalardan daha hafiftir. Bundan dolayı yapı stabilite sorunu yaşamaktadır. Yapıda meydana gelen hasar Şekil 3.3'de görülmektedir.





Şekil 3.3. İyidere – Of arası hasar görmüş kıyı tahkimatı

Yapıda, gelen dalgadan dolayı üstten aşma debisi incelenecek olursa;  
Denklem 1.38 den  $R_*$  değeri bulunur.

$$R_* = \frac{R_c}{T_m (gH_s)^{0.5}} = \frac{4.50}{8.90 * (9.81 * 3.60)^{0.5}} = 0.0851$$

Denklem 1.39 ve 1.40 dan yapı uzunluğu boyunca üstten aşma debi miktarı bulunur.

$$Q_* = Ae^{\left(\frac{BR_*}{r}\right)} = 1.09 * 10^{-2} * e^{\left(\frac{28.7 * 0.0851}{0.5}\right)} = 8.242 * 10^{-5}$$

$$Q_m = Q_* T_m g H_s = 8.242 * 10^{-5} * 8.90 * 9.81 * 3.60 = 0.026 m^3/s/m$$

Burada A ve B Tablo 1.4 den, r Tablo 1.5'ten alınmış değerlerdir.  $Q_m$  değeri yapı uzunluğu boyunca üstten aşma debi miktarını göstermektedir. Tablo 1.3'de verilen izin verilebilir üstten aşma debi miktarlarına bakılacak olursa, yapının arkasında bulunan araçların park etmesi ve herhangi bir hızda hareket etmesi emniyetsizdir. Yayalar için çok tehlikeli, yapılar için ise hasar oluşturacağı görülmektedir.

Kıyı tahkimatı, stabilitesi bakımından göz önüne alındığında yapının hasara uğramış olduğu ve ileride daha da büyük hasarlara uğrayacağı anlaşılmaktadır. Yapının filtre tabakasının olmaması ve koruyucu tabakasının kaya boyutlarının küçük olması yapının stabilite sorunu yaşayacağını göstermektedir.

Yapının yapılış amacına bakılacak olursa; kıyı duvarının esas amacının denizden gelen dalgalarla kıyı arasında bir set oluşturup kıyının ve kıyının arkasındaki yapıların güvenliğini sağlamaktır.

Karadeniz Sahil Yolunun büyük bir bölümü denize dolgu yapılarak kıyıya paralel olarak geçirilmiş ve kıyıya paralel olan bu yolu deniz ve dalga etkilerinden korumak için yol güzergahı boyunca kıyı tahkimatları yapılmıştır. Kıyı tahkimatları doğal güzellikleri, temiz plajları ve koyları yok etmiş, insanların denizle olan ilişkisini kesmiştir. Bunlara örnek olarak Trabzon – Rize arası kıyı tahkimat uygulamaları Ek Şekil 1 ile Ek Şekil 4 arası verilmiştir.

### 3.2. Mahmuzlar

Doğu Karadeniz Bölgesinde hakim dalga yönü Kuzeybatı – Kuzey ve genel kıyı çizgisi eğilimi doğu – batı doğrultusundadır. Doğu Karadeniz Kıyılarında; net katı madde (çakıl – kum ) taşıma yönü batıdan doğuya doğrudur.

Karadeniz Sahil Yolu boyunca yapılan mahmuzların tamamına yakını aynı ölçüde olup, grup mahmuz aralıkları (a) genellikle mahmuz boyunun 2 katı olarak inşa edilmiştir. Kafa uzunluğu (c) ise, mahmuz boyunun (b) yarısı kadardır ( $c=b/2$ ). Yani mahmuz boyu  $b=75$  m, kafa uzunluğu  $c=35$  m ve mahmuz aralıkları  $a=150$  m olup genişlik 10 m ve mahmuzların kotu da +1.00 m olarak inşa edilmiştir.

Arsin Yeşilaylı (Falkoz) bölgesindeki 3'lü mahmuz grubu incelendiğinde Şekil 3.4 ve 3.5'de görüldüğü gibi malzeme biriktirme ve kıyı oluşturma açısından mahmuzlar görevini başarıyla yapmıştır. Fakat mahmuzların yüksekliği +1.00 m yi aşmaktadır. Böylelikle hem görünüş açısından kötü, hem de mahmuzlara gelen dalgalar gövde üzerinden geçemeyerek diğer mahmuzlara ulaşamayabilir ve fazla malzeme bırakamayabilir. Buda mahmuzların dolup zaman içerisinde kaybolmasını tahmin edilen süreden daha da fazla yapmaktadır.





Şekil 3.4. Arsin Yeşilyalı T mahmuz görünümü 1



Şekil 3.5. Arsin Yeşilyalı T mahmuz görünümü 2

İyidere – Of arası mahmuzları incelendiğinde Şekil 3.6’da da görüldüğü gibi mahmuz gövdesinde yığılma olmuştur. Gövde ile mahmuz başlığının birleştiği yerde de sığlaşmanın olduğu görülmektedir. Mahmuzun malzeme tutma ve kumsal oluşturma açısından mahmuzun başarılı olduğu söylenebilir.



Şekil 3.6. İyidere – Of arası T mahmuz görünümü

İyidere’de ki T mahmuz incelendiğinde Şekil 3.7’de de görüldüğü gibi gövde boyunca yığılma olmuştur. Yani mahmuz gövdesinde kıyı malzemesinin açık denize ilerlemesi engellenmiş durumdadır. Mahmuz gövdesi işlevini yerine getirmektedir.



Şekil 3.7. İyidere T mahmuz görünümü 1

Şekil 3.8’de incelenen mahmuzda genel olarak gövde bölgesinde yığılma meydana geldiği görülmektedir. Mahmuz kıyı koruması ve gelişimi için görevini yapmaktadır.

Şekil 3.9’da incelenen mahmuza bakılırsa gövdede yığılma fazla olduğu ve gövde boyunca bu yığılmanın devam ettiği görülmektedir. Gövde ile mahmuz başlığının birleşim bölgesinde de yığılma oldukça fazla olduğu ifade edilebilir. Mahmuz kıyı koruması için işlevini yerine getirmektedir.



Şekil 3.8. İyidere T mahmuz görünümü 2



Şekil 3.9. İyidere T mahmuz görünümü 3



Şekil 3.10'da incelenen mahmuzda gövde boyunca yığılma meydana gelmiştir. Mahmuz kıyı malzemesinin açık denize taşınmasını engellemiştir. Mahmuz işlevini yerine getirmektedir.



Şekil 3.10. İyidere T mahmuz görünümü 4

İyidere – Hazar'da ki mahmuz gurubunun memba yönünde bulunan İyidere deresinin taşımış olduğu katı madde, mahmuz gurubu tarafından tutulmaktadır. Mahmuz gurubunda batıdan doğuya doğru önce gelen mahmuzlarda sığlaşmanın daha fazla olduğu görülmüştür. Bunun sebebi bir önceki mahmuz kıyı taşınımını etkileyerek bir sonraki mahmuzun daha az katı madde tutmasını sağlamasıdır.

Karadeniz Sahil Yolu bünyesinde yapılan Trabzon – Rize arası mahmuz uygulamaları Ek Şekil 5 ile Ek Şekil 8 arası verilmiştir.

### 3.3. Balıkçı Barınakları

Fener Boğazı Çekek Yeri'nin, Şekil 3.11 ve 3.12'de görüldüğü gibi giriş ağzı sığlaşmaya maruz kalmıştır. Çekek yerinde meydana gelen sığlaşmanın nedeni çekek yeri memba yönünde bulunan akarsuyun taşıdığı katı maddenin (kum ve çakıl) dalgaların ve akıntının etkisiyle çekek yeri giriş ağzına ulaşmasıdır.



Şekil 3.11. Fener Boğazı Çekek Yeri ana dalgakıranı



Şekil 3.12. Fener Boğazı Çekek Yeri giriş ağzı

Rize Çifte Kavak Çekek Yeri giriş ağzı sığlaşmaya maruz kalmıştır. Çekek yerinde meydana gelen sığlaşmanın nedeni Şekil 3.13’de görüldüğü gibi çekek yeri tali mendireğinin Çifte Kavak Deresine bakan kısmı, Çifte Kavak Deresinin (Şekil 3.14) taşıdığı katı madde (kum – çakıl) ile dolması ve barınak giriş azgına doğru bu birikintinin ulaşmasıdır.



Şekil 3.13. Rize Çifte Kavak Çekek Yeri tali mendireği



Şekil 3.14. Rize Çifte Kavak Deresi mansabı

Alipaşa Balıkçı Barınağı giriş ağzı Şekil 3.15’de görülmektedir. Alipaşa Balıkçı Barınağı hakkında yöre balıkçılarıyla konuşulup, barınak giriş ağzında sığlaşmanın olmadığı öğrenilmiştir. Bunun nedeni balıkçı barınağının memba yönünde Derepazarı Eriklimanı Çekek Yeri ile Uzunkaya Balıkçı Barınağının olmasıdır. Özellikle Uzunkaya Balıkçı Barınağının ciddi bir şekilde sığlaşması ve kıyı boyunca oluşan katı madde hareketini engellemesidir. Bu nedenle, barınakta sığlaşma olmamıştır.





Şekil 3.15. Alipaşa Balıkçı Barınağı giriş ağzı

Derepazarı Yanıktaş Balıkçı Barınağı Şekil 3.16'da görülmektedir. Balıkçı barınağında gözle görülür bir sığlaşma görülmemektedir. Bunun nedeni, barınağın batı yönünde birçok balıkçı barınağı ve T mahmuz gurubu bulunmasıdır. Bu yapılar kıyı boyunca oluşan katı madde taşınımını engellemiştir.



Şekil 3.16. Derepazarı Balıkçı Barınağı

Of Eskipazar Balıkçı Barınağı Şekil 3.17’de görülmektedir. Balıkçı barınağında sığlaşma olmuştur. Barınaktaki sığlaşmanın nedeni, barınağın batısında bulunan derenin (Şekil 3.18) taşıdığı katı madde, dalgalar ve akıntının etkisiyle barınak içersine taşınmış ve sığlaşmaya neden olmuştur.



Şekil 3.17. Of Eskipazar Balıkçı Barınağı



Şekil 3.18. Of Eskipazar Balıkçı Barınağı batısında bulunan dere görünümü



Of Balıkçı Barınağı giriş ağızı Şekil 3.19’da görülmektedir. Balıkçı barınağı hakkında yöre balıkçılarıyla konuşulup, barınak giriş ağızında sığlaşmanın olduğu öğrenilmiştir. Barınağın ilk yapıldığı yıllarda giriş ağızındaki su derinliğinin 10 kulaç olduğu, 2011 yılına gelindiğinde 2 – 3 kulaç seviyelerine kadar indiği gözlemlenmiştir. Sığlaşmanın nedeni, müzvarın barınak içerisine doğru dönük yapılmaması ve ana mendireğin kısa oluşu nedeniyle denizde oluşan dalgaların müzvarda dönmesi ile katı maddenin giriş ağızına birikmesidir. Ayrıca Of Balıkçı Barınağının tali mendireğinin müzvarında Solaklı Deresi’nden dolayı biraz sığlaşma olmuştur.



Şekil 3.19. Of Balıkçı Barınağı

Genel olarak Trabzon – Rize arası sahil şeridindeki balıkçı barınaklarının çoğunda sığlaşmanın olduğu söylenebilir.

Şekil 3.20’de görülen Rize Çifte Kavak Çekek Yeri’nin yapımı Limak İnşaat ve Sanayi A.Ş. tarafından gerçekleştirilmiştir. Çekek yeri bünyesinde 300 m ana dalgakıran, 65 m tali dalgakıran ve barınak içinde çekek yeri bulunmaktadır.

Çifte Kavak Çekek Yeri’nin tasarımında kullanılan belirgin dalga özellikleri DLH İnşaatı Genel Müdürlüğü tarafından ODTÜ Deniz Mühendisliği Araştırma Merkezi’ne hazırlattırılan “Türkiye Kıyıları İçin Rüzgar ve Derin Deniz Dalga Atlası” [49] adlı çalışmada belirlenen 25 yıl yinelenme dönemine sahip dalga özellikleri esas alınarak belirlenmiştir. Yapının ömrü 25 yıl olarak öngörülmüştür.



Şekil 3.20. Rize Çifte Kavak Çekek Yeri

“Türkiye Kıyıları İçin Rüzgar ve Derin Deniz Dalga Atlası” [49] adlı çalışmada belirlenen 25 yıl yineleme dönemine sahip derin deniz dalga özellikleri ise;

Belirgin dalga yüksekliği,  $H_s$  : 5.75 m

Belirgin dalga periyodu,  $T_s$  : 9.25 s

olarak tahmin edilmiştir. Bu dalgalar için etken yön dilimi ise kuzey kuzeybatı – kuzey (WNW-N) aralığı olarak belirtilmiştir. Çifte Kavak Çekek Yeri dalgakıranların tasarımında bu dalga özellikleri kullanılmış, vaziyet planı Şekil 3.21’de verilmiştir.

Dalga yüksekliği,  $H_s, H_0=5.75$  m

Dalga periyodu,  $T_s=9.25$  s

Deniz taban eğimi,  $m=0.060$

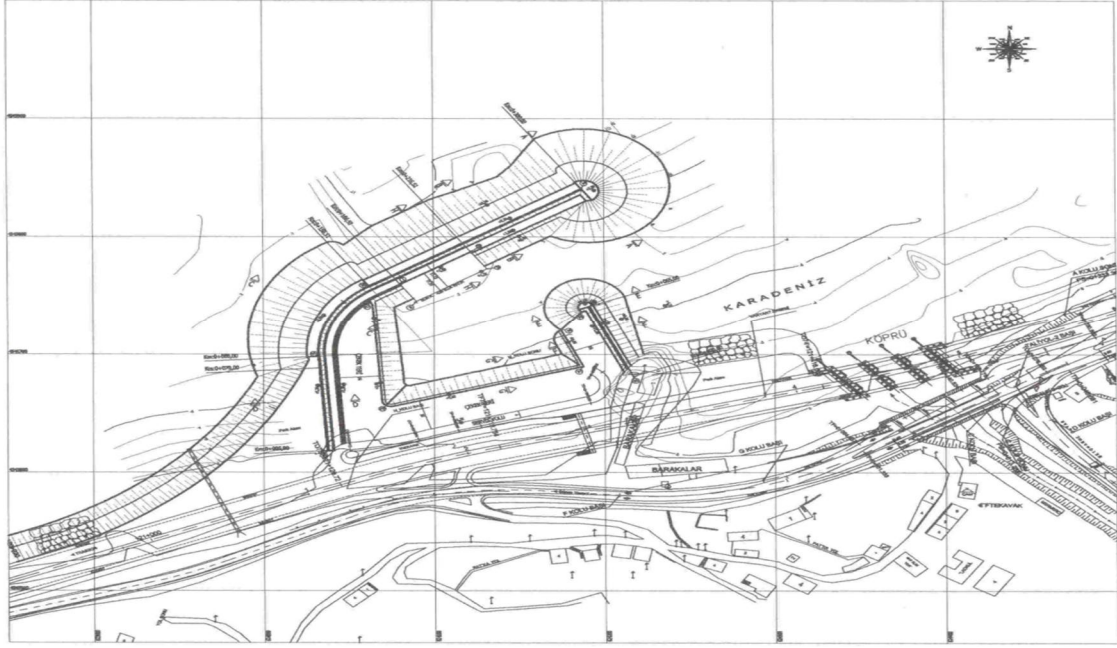
Deniz taban eğimi ile

dalga sırtları arasındaki açı,  $\alpha_0=0^0$  (En kritik koşul)

Sapma katsayısı,  $K_r=1.00$

Kırılmaya uğramış derin

deniz dalga yüksekliği,  $H'_0 = K_r \cdot H_0 = 5.75$  m



Şekil 3.21. Rize Çifte Kavak Çekek Yeri vaziyet planı

Denklem 1.7 yazılarak dalga boyu hesaplanır.

$$L_0 = 1.56T^2 = 1.56 * 9.25^2 = 133.48 \text{ m}$$

Denklem 1.14 yazılarak kırılan dalga yüksekliği hesaplanır.

$$H_b = 0.56H_0 \left( \frac{H_0'}{L_0} \right)^{-1/5} = 0.56 * 5.75 \left( \frac{5.75}{133.48} \right)^{-1/5} = 6.04 \text{ m}$$

$$m \leq 0.1 \text{ ve } \frac{H_0}{L_0} \leq 0.06 \text{ için;}$$

Denklem 1.16, 1.17 ve 1.18 kullanılarak dalga kırılma derinliği bulunur.

$$\gamma_b = \frac{H_b}{h_b} = b - a \frac{H_b}{gT^2}$$

$$a = 43.8(1 - e^{-19m}) = 43.8 * (1 - e^{-19 * 0.06}) = 29.80$$

$$b = \frac{1.56}{(1 + e^{-19.5m})} = \frac{1.56}{(1 + e^{-19.5*0.06})} = 1.19$$

$$h_b = \frac{H_b}{b - a \frac{H_b}{gT^2}} = \frac{6.04}{1.19 - 29.80 \frac{6.04}{9.81 * 9.25^2}} = 6.19 \text{ m bulunur.}$$

“Türkiye Kıyıları İçin Rüzgar ve Derin Deniz Dalga Atlası” [49] adlı çalışmada 25 yıl yinelenme dönemine sahip derin deniz dalgaları -6.19 m su derinliğinde kırılmaktadır.

Çifte Kavak Çekek Yeri'nin yapılacağı bölgede deniz Karadeniz Sahil Yolu Projesi nedeniyle -5.50 m derinliğe kadar doldurulmuştur. Bu nedenle barınağın büyük bölümü tasarım dalgalarının henüz kırılmadığı su derinliklerinde inşa edilmiştir. Dalgakıranların yapıldığı ortalama su derinlikleri aşağıdaki gibidir:

Ana dalgakıran müzvarı	: -8.00 m
Ana dalgakıran kurp – müzvar arası	: -8.00 m
Ana dalgakıran kurbu	: -6.50 m
Ana dalgakıran kıyı – kurp arası	: -5.00 m
Tali dalgakıran	: -4.00 m

Çifte Kavak Çekek Yeri stabilitesi incelenirken dalgakıranlardan 5 kesit ele alınmıştır. Bu kesitlerden 3 tanesi ana dalgakıranda, 2 tanesi ise tali dalgakırandadır. 25 yıllık proje ömrüne göre ana dalgakıranın müzvarında, gövdede ve kurbundaki kesitler, tali dalgakıranın ise müzvarında ve gövdesindeki kesitler derin su dalga şartları ile sığ suda meydana gelen değişiklikler göz önünde bulundurularak incelenmiştir.

Deniz taban eğimi	$m=0.06$
Derinlik	$h=8.00 \text{ m}$
Dalga boyu	$L_0=133.48 \text{ m}$
Deniz tabanı eğrileri ile dalga sırtları arasındaki açı	$\alpha_0=0^0$
Sapma katsayısı	$K_r=1.00$
Kırılmaya uğramış derin deniz dalga yüksekliği	$H'_0 = 5.75 \text{ m}$

$$\frac{h}{L_0} = \frac{8.00}{133.48} = 0.060 \text{ için}$$

Sıglaşma katsayısı

$$K_s=0.993 \text{ (GWT'den alınmıştır).}$$

Denklem 1.27, 1.28, 1.29 ve 1.30'dan yapı önu dalga yüksekliği hesaplanır.

$$\beta_0 = 0.028 \cdot \left( \frac{H'_0}{L_0} \right)^{-0.38} \cdot e^{20m^{1.5}} = 0.028 * \left( \frac{5.75}{133.48} \right)^{-0.38} * e^{20*0.06^{1.5}} = 0.124$$

$$\beta_1 = 0.52 \cdot e^{4.2m} = 0.52 * e^{4.2*0.06} = 0.669$$

$$\beta_{\max} = \max \left\{ 0.92, 0.32 \left( \frac{H'_0}{L_0} \right)^{-0.29} \cdot e^{2.4m} \right\} = \max \left\{ 0.92, 0.32 * \left( \frac{5.75}{133.48} \right)^{-0.29} * e^{2.4*0.06} \right\}$$

$$\beta_{\max} = \max \{0.92, 0.92\} = 0.92$$

$$\frac{h}{L_0} = \frac{8.00}{133.48} = 0.06 \text{ için yapı önündeki dalga yüksekliği;}$$

$$H_{1/3} = \min \left\{ (\beta_0 \cdot H'_0 + \beta_1 \cdot h), \beta_{\max} \cdot H'_0, K_s \cdot H'_0 \right\}$$

$$H_{1/3} = \min \left\{ (0.124 * 5.75 + 0.669 * 8.00), 0.92 * 5.75, 0.993 * 5.75 \right\}$$

$$H_{1/3} = \min \{6.07, 5.29, 5.71\} = 5.29 \text{ m}$$

Müzvarda, yapı 1/3 eğimle yapılmış ve Denklem 1.42 kullanılarak müzvar için gerekli taş büyüklüğü hesaplanmıştır.

Yapı eğimi

$$\cot\theta=3.0$$

Stabilite katsayısı

$$K_D=2.3$$

Taş özgül ağırlığı

$$\gamma_s=2.65 \text{ ton/m}^3$$

Suyun özgül ağırlığı

$$\gamma_w=1.025 \text{ ton/m}^3$$

$$W = \frac{\gamma_s H^3}{K_D \left( \frac{\gamma_s}{\gamma_w} - 1 \right)^3 \cot \theta} = \frac{2.65 * 5.29^3}{2.3 * \left( \frac{2.65}{1.025} - 1 \right)^3 * 3.0} = 14.17 \text{ ton}$$

Gövdede, yapı 2/5 eğimle yapılmıştır.

Yapı eğimi	$\cot \theta = 2.5$
Stabilite katsayısı	$K_D = 4.0$
Taş özgül ağırlığı	$\gamma_s = 2.65 \text{ ton/m}^3$
Suyun özgül ağırlığı	$\gamma_w = 1.025 \text{ ton/m}^3$

$$W = \frac{\gamma_s H^3}{K_D \left( \frac{\gamma_s}{\gamma_w} - 1 \right)^3 \cot \theta} = \frac{2.65 * 5.29^3}{4 * \left( \frac{2.65}{1.025} - 1 \right)^3 * 2.5} = 9.84 \text{ ton}$$

Kurbun yapılacağı 6.5m derinlikte yapı önu dalga yüksekliği belirlenerek gerekli taş büyüklüğü hesaplanmıştır.

Derinlik	$h = 6.5 \text{ m}$
Dalga boyu	$L_0 = 133,48 \text{ m}$
Deniz taban eğrileri ile dalga sırtları arasındaki açı	$\alpha_0 = 0^\circ$
Sapma katsayısı	$K_r = 1.00$
Kırılmaya uğramış derin deniz dalga yüksekliği	$H'_0 = 5.75 \text{ m}$

$$\frac{h}{L_0} = \frac{6,50}{133,48} = 0.049 \text{ için}$$

Sığlaşma katsayısı  $K_s = 1.003$  (GWT'den alınmıştır).

Denklem 1.27, 1.28, 1.29 ve 1.30'dan yapı önu dalga yüksekliği hesaplanır.

$$\beta_0 = 0.028 \cdot \left( \frac{H'_0}{L_0} \right)^{-0.38} \cdot e^{20m^{1.5}} = 0.028 * \left( \frac{5,75}{133.48} \right)^{-0.38} * e^{20*0.06^{1.5}} = 0.124$$

$$\beta_1 = 0.52 \cdot e^{4.2m} = 0.52 * e^{4.2*0.06} = 0.669$$

$$\beta_{\max} = \max \left\{ 0.92, 0.32 \left( \frac{H'_0}{L_0} \right)^{-0.29} \cdot e^{2.4m} \right\} = \max \left\{ 0.92, 0.32 \left( \frac{5.75}{133.48} \right)^{-0.29} * e^{2.4*0.06} \right\}$$

$$\beta_{\max} = \max \{0.92, 0.92\} = 0.92$$

$$\frac{h}{L_0} = \frac{6.50}{133.48} = 0.049 \text{ için yapı önündeki dalga yüksekliği;}$$

$$H_{1/3} = \min \{ (\beta_0 \cdot H'_0 + \beta_1 \cdot h), \beta_{\max} \cdot H'_0, K_s \cdot H'_0 \}$$

$$H_{1/3} = \min \{ (0.124 * 5.75 + 0.669 * 6.50), 0.92 * 5.75, 0.993 * 5.75 \}$$

$$H_{1/3} = \min \{ 5.06, 5.29, 5.76 \} = 5.06 \text{ m}$$

Kurpda, yapı 1/3 eğimle yapılmış ve Denklem 1.42 kullanılarak kurp için gerekli taş büyüklükleri hesaplanmıştır.

$$\text{Yapı eğimi} \quad \cot\theta = 3.0$$

$$\text{Stabilite katsayısı} \quad K_D = 2.3$$

$$W = \frac{\gamma_s H^3}{K_D \left( \frac{\gamma_s}{\gamma_w} - 1 \right)^3 \cot\theta} = \frac{2.65 * 5.06^3}{2.3 * \left( \frac{2.65}{1.025} - 1 \right)^3 * 3.0} = 12.50 \text{ ton}$$

Tali dalgakıran 25 yıl yenileme dönemine sahip ve etkin yönde gelen dalgaların etkisine maruz kalmamaktadır. Ana mendireğin dağıtma etkisi yok sayılarak, sadece

kırılmış dalgalar için hesap yapılmıştır. Bu durumda tali mendireğin bulunduğu -4.0 m derinliğinde yapı önü dalga yüksekliği belirlenerek gerekli taş büyüklüğü hesaplanmıştır.

Derinlik	$h=4.00$ m
Dalga boyu	$L_0=133.48$ m
Deniz taban eğrileri ile dalga sırtları arasındaki açı	$\alpha_0=0^0$
Sapma katsayısı	$K_r=1.00$
Kırılmaya uğramış derin deniz dalga yüksekliği	$H'_0 = 5.75$ m

$$\frac{h}{L_0} = \frac{4.00}{133.48} = 0.030 \text{ için}$$

Sığlaşma katsayısı  $K_s=1.120$  (GWT'den alınmıştır).

Denklem 1.27, 1.28, 1.29 ve 1.30'dan yapı önü dalga yüksekliği hesaplanır.

$$\beta_0 = 0.028 \cdot \left( \frac{H'_0}{L_0} \right)^{-0.38} \cdot e^{20m^{1.5}} = 0.028 * \left( \frac{5,75}{133.48} \right)^{-0.38} * e^{20*0.06^{1.5}} = 0.124$$

$$\beta_1 = 0.52 \cdot e^{4.2m} = 0.52 * e^{4.2*0.06} = 0.669$$

$$\beta_{\max} = \max \left\{ 0.92, 0.32 \left( \frac{H'_0}{L_0} \right)^{-0.29} \cdot e^{2.4m} \right\} = \max \left\{ 0.92, 0.32 \left( \frac{5.75}{133.48} \right)^{-0.29} * e^{2.4*0.06} \right\}$$

$$\beta_{\max} = \max \{0.92, 0.92\} = 0.92$$

$$\frac{h}{L_0} = \frac{4.00}{133.48} = 0.030 \text{ için yapı önü dalga yüksekliği;}$$

$$H_{1/3} = \min \left\{ (\beta_0 \cdot H'_0 + \beta_1 \cdot h), \beta_{\max} \cdot H'_0, K_s \cdot H'_0 \right\}$$



$$H_{\frac{1}{3}} = \min\{(0.124*5.75+0.669*4.00), 0.92*5.75, 1.120*5.75\}$$

$$H_{\frac{1}{3}} = \min\{3.39, 5.29, 6.44\} = 3.39 \text{ m}$$

Tali mendireğin müzvarında, yapı 2/3 eğimle yapılmış ve Denklem 1.42 kullanılarak müzvar için gerekli taş büyüklüğü hesaplanmıştır.

$$\text{Yapı eğimi} \quad \cot\theta=1.5$$

$$\text{Stabilite katsayısı} \quad K_D=3.2$$

$$W = \frac{\gamma_s H^3}{K_D \left( \frac{\gamma_s}{\gamma_w} - 1 \right)^3 \cot\theta} = \frac{2.65 * 3.39^3}{3.2 * \left( \frac{2.65}{1.025} - 1 \right)^3 * 1.5} = 5.40 \text{ ton}$$

Gövdede, yapı 2/3 eğimle yapılmıştır.

$$\text{Yapı eğimi} \quad \cot\theta=1.5$$

$$\text{Stabilite katsayısı} \quad K_D=4.0$$

$$W = \frac{\gamma_s H^3}{K_D \left( \frac{\gamma_s}{\gamma_w} - 1 \right)^3 \cot\theta} = \frac{2.65 * 3.39^3}{4.0 * \left( \frac{2.65}{1.025} - 1 \right)^3 * 1.5} = 4.32 \text{ ton}$$

Koruyucu tabakadaki tabaka kalınlıkları;

Ana dalgakıran müzvarındaki tabaka kalınlığı Denklem 1.44 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$r = nk_{\Delta} \left( \frac{W}{\gamma_a} \right)^{\frac{1}{3}} = 2 * 1 * \left( \frac{14.17}{2.65} \right)^{\frac{1}{3}} = 3.50 \text{ m}$$

Ana dalgakıranın gövdesindeki koruyucu tabaka kalınlığı,

$$r = nk_{\Delta} \left( \frac{W}{\gamma_a} \right)^{1/3} = 2 * 1 * \left( \frac{9.84}{2.65} \right)^{1/3} = 3.10 \text{ m}$$

Ana dalgakıranın kurpundaki koruyucu tabaka kalınlığı,

$$r = nk_{\Delta} \left( \frac{W}{\gamma_a} \right)^{1/3} = 2 * 1 * \left( \frac{12.50}{2.65} \right)^{1/3} = 3.35 \text{ m}$$

Tali dalgakıranın müzvarındaki koruyucu tabaka kalınlığı,

$$r = nk_{\Delta} \left( \frac{W}{\gamma_a} \right)^{1/3} = 2 * 1 * \left( \frac{5.40}{2.65} \right)^{1/3} = 2.53 \text{ m}$$

Tali dalgakıranın gövdesindeki koruyucu tabaka kalınlığı,

$$r = nk_{\Delta} \left( \frac{W}{\gamma_a} \right)^{1/3} = 2 * 1 * \left( \frac{4.32}{2.65} \right)^{1/3} = 2.35 \text{ m}$$

Dalgakıranlardaki kret genişlikleri;

Ana dalgakıran müzvarındaki kret genişliği Denklem 1.45 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$b_{\min} = 3k_{\Delta} \left( \frac{W}{\gamma_a} \right)^{1/3} = 3 * 1 * \left( \frac{14.17}{2.65} \right)^{1/3} = 5.25 \text{ m}$$

Ana dalgakıranın gövdesindeki kret genişliği,

$$b_{\min} = 3k_{\Delta} \left( \frac{W}{\gamma_a} \right)^{1/3} = 3 * 1 * \left( \frac{9.84}{2.65} \right)^{1/3} = 4.65 \text{ m}$$

Ana dalgakıran kurpundaki kret genişliği,

$$b_{\min} = 3k_{\Delta} \left( \frac{W}{\gamma_a} \right)^{1/3} = 3 * 1 * \left( \frac{12.50}{2.65} \right)^{1/3} = 5.03 \text{ m}$$

Tali dalgakıranın müzvarındaki kret genişliği,

$$b_{\min} = 3k_{\Delta} \left( \frac{W}{\gamma_a} \right)^{1/3} = 3 * 1 * \left( \frac{5.40}{2.65} \right)^{1/3} = 3.80 \text{ m}$$

Tali dalgakıran gövdesindeki kret genişliği,

$$b_{\min} = 3k_{\Delta} \left( \frac{W}{\gamma_a} \right)^{1/3} = 3 * 1 * \left( \frac{4.32}{2.65} \right)^{1/3} = 3.53 \text{ m}$$

Dalgaların yapı üzerinden tırmanma yükseklikleri;

Ana dalgakıranın müzvarındaki dalga tırmanma yüksekliği Denklem 1.31 ve 1.33 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\xi = \frac{\tanh \alpha}{\sqrt{\frac{H_{1/3}}{L_0}}} = \frac{1/3}{\sqrt{\frac{5.29}{133.48}}} = 1.67$$

$$\frac{h}{H_{1/3}} = \frac{8.00}{5.29} = 1.51 \text{ için;}$$

$$R_u = \frac{a\xi}{1 + b\xi} H_{1/3} \left( 1.397 - 0.132 \frac{h}{H_{1/3}} \right)$$

$$R_u = \frac{0.8 * 1.67}{1 + 0.5 * 1.67} * 5.29 * \left( 1.397 - 0.132 * \frac{8.00}{5.29} \right) = 4.61 \text{ m}$$

Ana dalgakıranın gövdesindeki dalga tırmanma yüksekliği,

$$\xi = \frac{\tanh\alpha}{\sqrt{\frac{H_{1/3}}{L_0}}} = \frac{2/5}{\sqrt{\frac{5.29}{133.48}}} = 2.01$$

$$\frac{h}{H_{1/3}} = \frac{8.00}{5.29} = 1.51 \text{ için;}$$

$$R_u = \frac{a\xi}{1+b\xi} H_{1/3} \left( 1.397 - 0.132 \frac{h}{H_{1/3}} \right)$$

$$R_u = \frac{0.8*2.01}{1+0.5*2.01} * 5.29 * \left( 1.397 - 0.132 * \frac{8.00}{5.29} \right) = 5.08 \text{ m}$$

Ana dalgakıran kurpundaki dalga tırmanma yüksekliği,

$$\xi = \frac{\tanh\alpha}{\sqrt{\frac{H_{1/3}}{L_0}}} = \frac{1/3}{\sqrt{\frac{5.06}{133.48}}} = 1.71$$

$$\frac{h}{H_{1/3}} = \frac{6.50}{5.06} = 1.28 \text{ için;}$$

$$R_u = \frac{a\xi}{1+b\xi} H_{1/3} \left( 1.397 - 0.132 \frac{h}{H_{1/3}} \right)$$

$$R_u = \frac{0.8*1.71}{1+0.5*1.71} * 5.06 * \left( 1.397 - 0.132 * \frac{6.50}{5.06} \right) = 4.58 \text{ m}$$

Tali dalgakıranın müzvarında ve gövdesindeki dalga tırmanma yüksekliği,

$$\xi = \frac{\tanh \alpha}{\sqrt{\frac{H_{1/3}}{L_0}}} = \frac{2/3}{\sqrt{\frac{3.39}{133.48}}} = 4.18$$

$$\frac{h}{H_{1/3}} = \frac{4.00}{3.39} = 1.18 \text{ için;}$$

$$R_u = \frac{a\xi}{1 + b\xi} H_{1/3} \left( 1.397 - 0.132 \frac{h}{H_{1/3}} \right)$$

$$R_u = \frac{0.8 * 4.18}{1 + 0.5 * 4.18} * 3.39 * \left( 1.397 - 0.132 * \frac{4.00}{3.39} \right) = 4,55 \text{ m}$$

Rize Çifte Kavak Çekerek Yeri uygulama projesi kesitleri Ek Şekil 9 ile Ek Şekil 13 arasında verilmiştir. Ana dalgakıran müzvarından geçen kesit A – A, gövdesinden geçen kesit B – B, kurpundan geçen kesit C – C, tali dalgakıran müzvarından geçen kesit E – E ve tali dalgakıran gövdesinden geçen kesit F – F dir. Kesitlerdeki proje değerleri hesaplanan değerlerle karşılaştırılmıştır.

Tablo 3.1. Koruyucu tabaka kaya ağırlıkları

Kesit	$H_{1/3}$ (m)	$K_D$	$\cot\theta$	$\gamma_s$ (t/m <sup>3</sup> )	$\gamma_w$ (t/m <sup>3</sup> )	W(t) Hesaplanan	W(t) Proje değeri
A – A	5.29	2.3	3.0	2.65	1.025	14.17	12 – 15
B – B	5.29	4.0	2.5	2.65	1.025	9.84	10 - 12
C – C	5.06	2.3	3.0	2.65	1.025	12.50	12 - 15
E – E	3.39	3.2	1.5	2.65	1.025	5.40	6 – 8
F – F	3.39	4.0	1.5	2.65	1.025	4.32	6 – 8

Tablo 3.1’de bulunan  $\gamma_s$  ve  $\gamma_w$  değerleri yerinde ölçülen değerlerdir. Stabilitate katsayısı  $K_D$  ise Tablo 1.6 dikkate alınarak seçilmiştir. Tablo 3.1’de ortaya çıkan sonuçlara göre yapının koruyucu tabaka kaya ağırlıklarında sorun yoktur.

Tablo 3.2. Koruyucu tabaka kalınlıkları

Kesit	$k_{\Delta}$	$\left(\frac{W}{\gamma_a}\right)^{1/3}$	n	r (m) Hesaplanan	r (m) Proje değeri
A – A	1	1.750	2	3.50	3.50
B – B	1	1.550	2	3.10	3.20
C – C	1	1.675	2	3.35	3.50
E – E	1	1.265	2	2.53	2.75
F – F	1	1.175	2	2.35	2.75

Tablo 3.2’de görüldüğü gibi, yapının koruyucu tabaka kalınlıklarının hesaplanan değerler ile proje değerleri karşılaştırıldığında yeterli olduğu görülmektedir.

Tablo 3.3. Dalgakıran kret genişlikleri

Kesit	$k_{\Delta}$	$\left(\frac{W}{\gamma_a}\right)^{1/3}$	$b_{\min}$ ( m) Hesaplanan	$b_{\min}$ ( m) Proje değeri
A – A	1	1.750	5.25	18.16
B – B	1	1.550	4.65	6.58
C – C	1	1.675	5.03	7.07
E – E	1	1.265	3.80	9.07
F – F	1	1.175	3.53	3.00

Tablo 3.3’de A – A, B – B, C – C ve E – E kesitlerinde yapının kret genişlikleri hesaplanan minimum kret genişliklerinden daha fazladır. Tali mendireğin gövdesindeki F – F kesitinde ise hesaplanan minimum kret genişliği proje değerinden daha azdır. Eğer tali mendireğin gövde kısmındaki kret kotu dalga aşmasına izin vermiyorsa kret genişliği önemli değildir. Fakat yapı üzerinde herhangi bir inşa yada bakım yapılabilmesi için gerekli minimum genişlik sağlanmalıdır.

Tablo 3.4. Dalga tırmanma yüksekliği

Kesit	$\tan\theta$	$\sqrt{\frac{H_{1/3}}{L_0}}$	$\xi$	$R_u$ (m) Hesaplanan	$R_u$ (m) Proje değeri
A – A	1/3	0.199	1.67	4.61	5.50
B – B	2/5	0.199	2.01	5.08	5.20
C – C	1/3	0.195	1.71	4.58	5.50
E – E	2/3	0.159	4.18	4.55	4.75
F – F	2/3	0.159	4.18	4.55	4.75

Tablo 3.4’de dalga tırmanma yükseklikleri görülmektedir. Hesaplanan değerlerle proje değerleri karşılaştırıldığında, yapının kret üst kotlarının proje değerlerine uygun seçildiği görülmektedir.

Yapının boyutları ile ilgili yapılan bu irdelemeden de anlaşılacağı gibi yapının proje değerleri yeterli stabiliteyi karşılayacak ölçüdedir.

#### 4. SONUÇLAR

Karadeniz Sahil Yolu'nun geçtiği Trabzon – Rize arası kıyı şeridinde inşa edilen kıyı tahkimatları, T mahmuzlar ve balıkçı barınaklarının planlama ve projelendirmedeki hataları ve çevreye olan etkilerinin araştırıldığı bu çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir.

1. İyidere – Of arası kıyı boyunca dalga etkilerine karşı korumak için yapılan kıyı tahkimatlarının yapılış amacına uymadığı ve yapının kıyı ile kıyının arkasındaki yapıların güvenliğini sağlayamadığı yapılan hesaplar sonucunda belirtilmiştir.
2. İyidere – Of arası kıyı tahkimatlarının stabilite bakımından yapının boyutlarının yetersiz olduğu ve filtre tabakasının bulunmadığı gözlenmiştir. Ayrıca koruyucu tabakayı meydana getiren kayaların boyutlarının küçük oluşu, yapının stabilite sorunu yaşayacağını göstermektedir.
3. Trabzon – Rize arası kıyı şeridinde bulunan çoğu mahmuz malzeme biriktirme ve kıyı oluşturma açısından görevini başarıyla yaptığı gözlenmiştir.
4. Çalışma alanındaki bazı mahmuzlarda akarsuların etkisi altında yığılma miktarı artış göstermektedir.
5. Arsin Yeşilyalı (Falkoz) bölgesindeki T mahmuzların kret kotlarının +1.00 m yi aştığı görülmektedir.
6. Mahmuz gruplarında dalga geliş yönündeki ilk mahmuzda sığlaşmanın daha fazla olduğu görülmüştür. Bunun nedeni bir önceki mahmuz kıyı taşınımını etkileyerek bir sonraki mahmuzun daha az katı madde tutmasını sağlamasıdır.
7. Fener Boğazı Çekek Yeri'nde memba yönünde bulunan akarsuların taşıdığı katı maddeler dalgaların ve akıntının etkisiyle çekek yeri giriş ağzında sığlaşmaya neden olmaktadır.
8. Rize Çiftekavak Çekek Yeri, çekek yeri tali mendireğinin Çiftekavak Deresine bakan kısmının, derenin taşıdığı kum ve çakıl ile dolmuştur. Bu birikinti barınak giriş ağzında sığlaşmaya neden olmaktadır.
9. Bazı balıkçı barınaklarında, memba yönünde yapılan T mahmuzların kıyı boyu katı madde taşınımını engellemesinden dolayı barınak giriş ağzlarında sığlaşma olmadığı görülmektedir.



10. Rize ifttekavak ekkek Yeri stabilitesi incelenmiş, yapının boyutları ile ilgili yapılan irdelemede proje değerlerinin yeterli stabiliteyi karşıladığı hesaplanmıştır. Ancak tali mendireğin gövdesindeki kret genişliği proje değerine göre küçük bulunmuştur.

## 5. ÖNERİLER

1. Karadeniz Sahil Yolu Projesi'nde kıyı korumak amacıyla yapılan kıyı yapılarının bazıları stabilite sorunu yaşanmaktadır. Bunun en önemli nedeni ise bölgeye has dalga verilerinin iyi analiz edilememesidir. Bundan dolayı kıyı boyunca belirli yerlere dalga ölçüm istasyonları kurulabilir ve bu istasyonlardan alınan veriler kıyı yapılarının boyutlandırılmasında kullanılabilir.
2. Karadeniz Sahil Yolu Projesi kapsamında yapılan bazı T mahmuzların proje kret kotları +1.00 m dir. Bundan sonra yapılan mahmuzların kret kotları düşürülebilir. Böylelikle gelen dalgalar, gövde üzerinden geçip diğer mahmuzlara ulaşarak daha fazla malzeme birikmesini sağlayabilir.
3. Sığlaşma görülen balıkçı barınaklarının memba yönünde T mahmuzlar yapılarak kıyı boyu katı madde taşınımı bu mahmuzlarla engellenerek, balıkçı barınaklarının sığlaşmasının önüne geçilebilir.
4. Rize Çiftekavak Çekek Yeri'nde görüldüğü gibi yapı stabilite sorunu yaşamamaktadır. Fakat gün geçtikçe sığlaşmaya maruz kalmaktadır. Bölgede taşınım miktarı çok fazla ise işlevsel zafiyet ortaya çıkmaktadır. Dizayn ne kadar iyi olursa olsun başarısızlık kaçınılmaz olur. Yapının başarılı olabilmesi için, ön dizayn aşamalarında bölgedeki katı madde taşınım miktarı iyi analiz edilebilirdi.
5. Karadeniz Sahil Yolu Projesi'nde kıyı koruyucu yapı olarak sadece mahmuz ve kıyı tahkimatları kullanılmıştır. Bu yapılara ilave olarak açık deniz dalgakıranları kullanılabilirdi. Açık deniz dalgakıranları, dalga hareketlerinin kıyıda etkisini azaltarak, kıyı erozyonunu azaltmak ve kumsal oluşumunu arttırmak için yapılan yapılardır.

## 6. KAYNAKLAR

1. Bilgin, R. ve Ertaş, B., Kıyı Karayolunun Dalga Etkilerinden Korunması İçin Taş Dolgu Koruyucu Yapıların Projelendirilmesi Sonuç Raporu, Karadeniz Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Hidrolik Laboratuvarı, Trabzon, 1988.
2. Birben, A., R., Kıyı Korunmasında Açık Deniz Mendireklerinin Etkisinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 1993.
3. Tulgar, R., Doğu Karadeniz Bölgesi Kıyı Şeridini Korumak İçin En Uygun Yapı Tipinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 1987.
4. Turan, M., U., Tek Sıra Kaplamalı Taş Dolgu Kıyı Koruma Yapı Tiplerinin Belirlenmesi ve Stabilitelerinin Tayini, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 1990.
5. Boğuşlu, H., Yıldırım, S., Değirmenci, F. ve Çelik, B., Giresun, Trabzon ve Rize İllerindeki Kıyı Değişimleri ve Çözüm Önerileri, 3. Ulusal Kıyı Mühendisliği Sempozyumu, Ekim 2000, Ankara, Bildiriler Kitabı, 215-231.
6. Günbak, A., R., Yüksel, Y., Çevik, E. ve Tümer, D., Kırılan Dalga Şartlarında Tetrapod Dalgakıran Stabilitelerinin Araştırılması, 3. Ulusal Kıyı Mühendisliği Sempozyumu, Ekim 2000, Ankara, Bildiriler Kitabı, 145-161.
7. Server, V., F., Kıyı Boyu Sediment Taşınımı ve Kıyı Koruma Yapılarının Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 2002.
8. Bektaşoğlu, G., Denizlerde Kıyı Koruma Duvarları Proje Kriterlerinin Belirlenmesi ve Stabilitelerinin Hesaplarının Yapılması, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 1999.
9. Süme, V. ve Karasu, S., Rize Sahilinde İyidere-Çayeli Arasında Yapılan "T" Mahmuzların Kıyı Koruma Açısından İncelenmesi, 4. Ulusal Kıyı Mühendisliği Sempozyumu, Ekim 2002, Antalya, Bildiriler Kitabı I: 201-217.
10. Yüksel, İ. ve Önsoy, H., Karadeniz Sahil Yolunda Yapılan ve Kıyı Koruma Yapılarının Kıyı Hidrodinamik Dengesi Açısından İncelenmesi, 4. Ulusal Kıyı Mühendisliği Sempozyumu, Ekim 2002, Antalya, Bildiriler Kitabı II: 635-648.
11. Yüksel, Y., Çevik, E. ve Zengin, Ö., Acropode Dalgakıranlarda Stabiliteler, 4. Ulusal Kıyı Mühendisliği Sempozyumu, Ekim 2002, Antalya, Bildiriler Kitabı II: 665-676.

12. Yaylı, A., Karadeniz Sahil Yolu Piraziz-Sarp Projesi ve Proje Kapsamında Uygulanan Kıyı Koruma Yapıları, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2002.
13. Durmuş, C., Mersin Bölgesi Kıyı Koruma Yapılarının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 2007.
14. Kankal, M., Akpınar, A., Kömürcü, M., İ., Yüksek, Ö. ve Önsoy, H., Arsin Kıyısı Düzenlenmesi Fiziksel Model Çalışması, 6. Ulusal Kıyı Mühendisliği Sempozyumu, Ekim 2007, İzmir, Bildiriler Kitabı, 1-8.
15. Mamak, M. ve Güzel, H., Eğri Yüzeyle Kıyı Duvarında Dalga Basınçlarının Deneysel Analizi, 6. Ulusal Kıyı Mühendisliği Sempozyumu, Ekim 2007, İzmir, Bildiriler Kitabı, 203-210.
16. Yüksek, Ö., Önsoy, H., Kömürcü, M., İ., Kankal, M. ve Akpınar, A., Karadeniz Sahil Yolu'nun Kıyı Açısından Değerlendirilmesi, 6. Ulusal Kıyı Mühendisliği Sempozyumu, Ekim 2007, İzmir, Bildiriler Kitabı, 9-16.
17. Tür, R. ve Balas C., E., Kıyı Tahkimat Yapılarının Güvenilirliğe Dayalı Risk Modeli, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 25, 3 (2010) 511-516.
18. Ergin, A., Yalçın, A., C., Taşkıran, İ. ve Dedeoğlu, R., Doğu Karadeniz Sahil Yolu Kıyı Koruma Yapılarının Ekonomik Analizi, ODTÜ İnşaat Mühendisliği Bölümü Deniz Mühendisliği Araştırma Merkezi, Ankara, 2003.
19. Ergin, A., Yalçın, A., C., Fışkın, G. ve Özler, B., Basamak Tıp Kıyı Koruma Yapılarında Denge Durumları, ODTÜ İnşaat Mühendisliği Bölümü Deniz Mühendisliği Araştırma Merkezi, Ankara, 2004.
20. Taylan, M. ve Ünsal, Y., Doğu Karadeniz Kıyılarına Uygun Mahmuz Dizaynı ve Performans Analizi, 5. Ulusal Kıyı Mühendisliği Sempozyumu, Mayıs 2005, Bodrum, Bildiriler Kitabı II: 405-417.
21. Turan, M., U., Dalgakıranlarda Blok Ağırlıklarının Belirlenmesi Üzerine Yapılan Çalışmaların İncelenmesi, DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 2, 1 (2000) 35-48.
22. Yerli, U., Arıkan, Ş., E. ve Bacanlı, S., Trabzon Limanı Mendirek Onarım İnşaatı Hidrolik Model Çalışması, 5. Ulusal Kıyı Mühendisliği Sempozyumu, Mayıs 2005, Bodrum, Bildiriler Kitabı I: 471-487.
23. Süme, V. ve Güner, M., S., "T" Mahmuzlar Arası Kıyı Çizgisi Değişimi Üzerine Alan Çalışması, 5. Ulusal Kıyı Mühendisliği Sempozyumu, Mayıs 2005, Bodrum, Bildiriler Kitabı II: 433-443.

24. Süme, V., Rize İyidere-Çayeli Arasındaki "T" Mahmuzların Kıyı Koruma Açısından İncelenmesi, 6. Ulusal Kıyı Mühendisliği Sempozyumu, Ekim 2007, İzmir, Bildiriler Kitabı, 25-34.
25. Kabdaşlı, S., Kıyı Mühendisliği, İTÜ Yayını No:1504, İstanbul, 1992.
26. Yüksel, Y., Çevik, E. ve Çelikoğlu, Y., Kıyı ve Liman Mühendisliği, TMMOB, Ankara, 1998.
27. Kankal, M., Liman İçi Çalkantıların Fiziksel ve Sayısal Modellemesi, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2010.
28. Yüksek, Ö., Kıyı Hidroliği Ders Notları, K.T.Ü. İnşaat Mühendisliği Bölümü, Trabzon, 1995.
29. Yüksel Proje, Kıyı Yapıları ve Limanlar Planlama ve Tasarım Teknik Esasları, T.C. Ulaştırma Bakanlığı Demiryolları, Limanlar, Hava Meydanları İnşaatı Genel Müdürlüğü, Ankara, 2007.
30. Dean, R., G. ve Dalrymple, R., A., Water Wave Mechanics for Engineers and Scientists, World Scientific Publishing Co., Singapore, 1984.
31. Yüksek, Ö., Kıyı Mühendisliği Ders Notları, K.T.Ü. İnşaat Mühendisliği Bölümü, Trabzon, 1999.
32. CERC, Coastal Engineering Manual (CEM), U.S. Army Corps of Engineers, Coastal Engineering Research Center, USA, 2002.
33. Kankal, M., Kıyıya Dik Katı Madde Taşımının Zamansal Değişimi, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2004.
34. Bayraktar, E., A., Doğu Karadeniz Kıyılarında T Mahmuzların Kıyıya Etkileri ve Balıkçı Barınaklarının Sığlaşması, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2009.
35. Günbak, A., R., Rubble-Mound Breakwaters, Division of Port and Ocean Engineering, Report No 1, The University of Trondheim, Norway, 1979.
36. Çam, T., Doğu Karadenizde Dalga Tahmini ve Tasarım Dalgası Özelliklerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 1986.
37. Carter, R., W., G., Coastal Environments an Introduction To The Physical, Ecological and Estuarial Systems Of Coastlines, 617, Academic Press, London, 1988.
38. USACE, Shore Protection Manuel, 4 th Edition, U.S. Army Corps Of Engineers, Washington DC, 1984.

39. French, P., W., Coastal Defences, 366, Routledge, New York, 2001.
40. Komar, P., D., Beaches Processes and Sedimentation, 2 nd Edition, Rrentice Hall, New Jersey, 1998.
41. USACE, Coastal Groynes and Nearshore Breakwaters, U.S. Army Corps Of Engineers, Report EM 110-2-1617, Washington DC, 1992.
42. Dean, R., G. ve Dalrymple, R., A., Coastal Processes, 1 st Edition, Cambridge University Press, U.K., 2002.
43. Griggs, G., B. ve Tait J., F., The Effects Of Coastal Protection Structures on Beaches Along Northern Monterey Bay California, Special Issue No.4, Journal Of Coastal Research, California, 1988.
44. Özölçer, İ., H., Kıyı Korunmasında Mahmuzların Etkilerinin Araştırılması, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 1998.
45. Herbirch, J., B., Handbook Of Coastal Engeneering, Mc Graw Hill, New York, 2000.
46. Ergin, A. ve Özhan, E., 15 Deniz Yöresi İçin Dalga Tahminleri ve Tasarım Dalgası Özelliklerinin Belirlenmesi , ODTÜ Kıyı ve Liman Mühendisliği Araştırma Merkezi, Ankara, 1986.
47. Önsoy, H. ve Yüksek, Ö., Doğu Karadeniz'de Deniz Erozyonuna Karşı Koruma ve Yapay Plajlar İçin Kıyıya Dik Yapıların Etüdü Araştırma Raporu, Karadeniz Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Hidrolik Laboratuvarları, Trabzon, 1993.
48. İslamoğlu, Ş., Doğu Karadeniz Sahil Yolu Tahkimatına Uygun Taş Üretim Yönteminin Saptanması, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2009.
49. Özhan, E. ve Abdulla, S., Türkiye Kıyıları İçin Rüzgar ve Derin Deniz Dalga Atlası, ODTÜ İnşaat Mühendisliği Deniz Mühendisliği Araştırma Merkezi Proje Raporu, Ankara, 2002.

## 7. EKLER

Ek Şekil 1 ile Ek Şekil 4 arası Trabzon – Rize arası kıyı tahkimat uygulamalarını göstermektedir.



Ek Şekil 1. Beşirli – Faroz arası kıyı tahkimat görünümü



Ek Şekil 2. Faroz – Ganita arası kıyı tahkimat görünümü





Ek Şekil 3. Arsin Yeşilyalı kıyı tahkimat görünümü



Ek Şekil 4. Der pazarı çıkışı kıyı tahkimat görünümü

Ek Şekil 5 ile Ek Şekil 8 arası Trabzon – Rize arası kıyı tahkimat uygulamalarını göstermektedir.





Ek Şekil 5. Beşirli – Faroz arası mahmuz grubu görünümü



Ek Şekil 6. Sürmene çıkışı T mahmuz görünümü

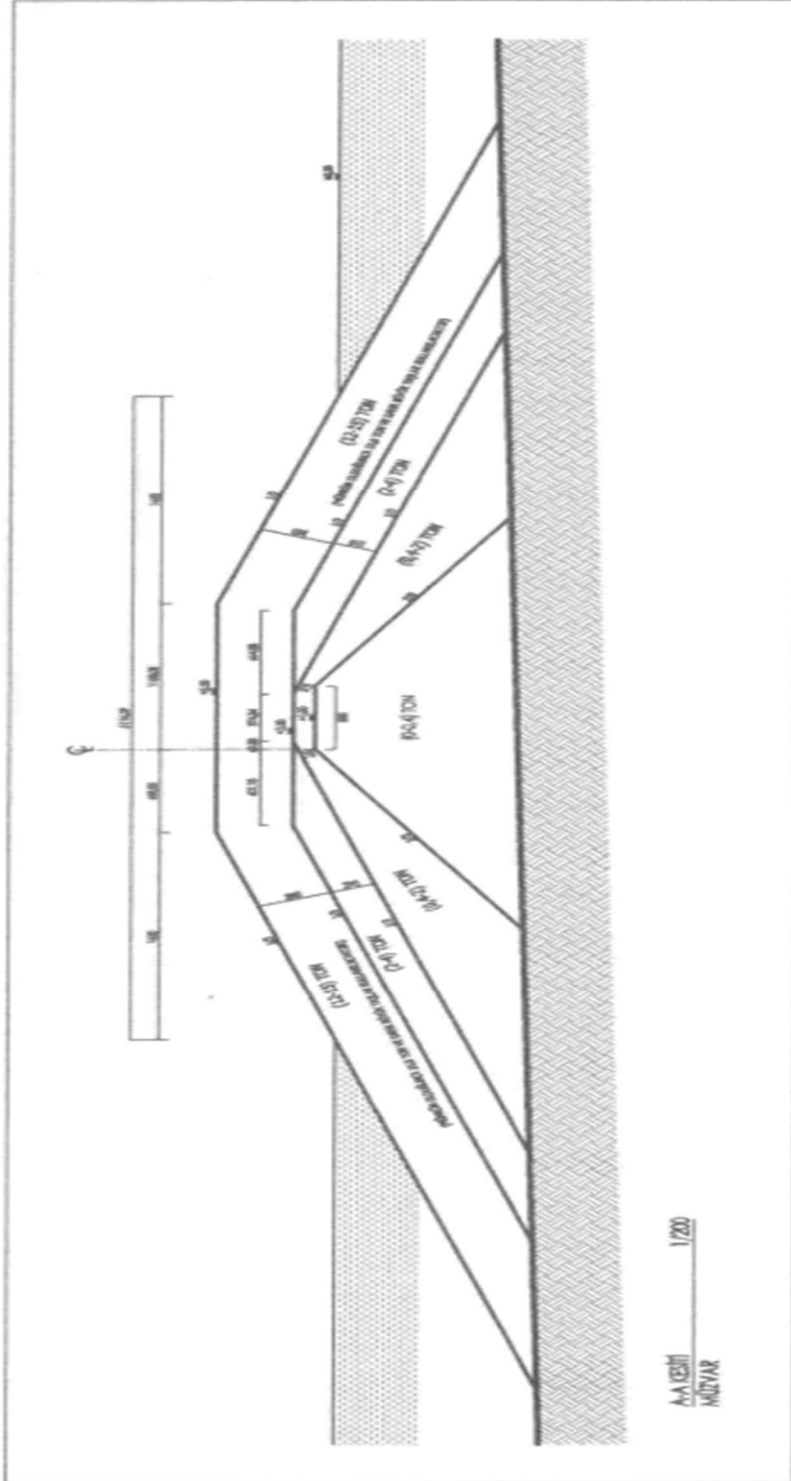


Ek Şekil 7. Of T mahmuz görünümü

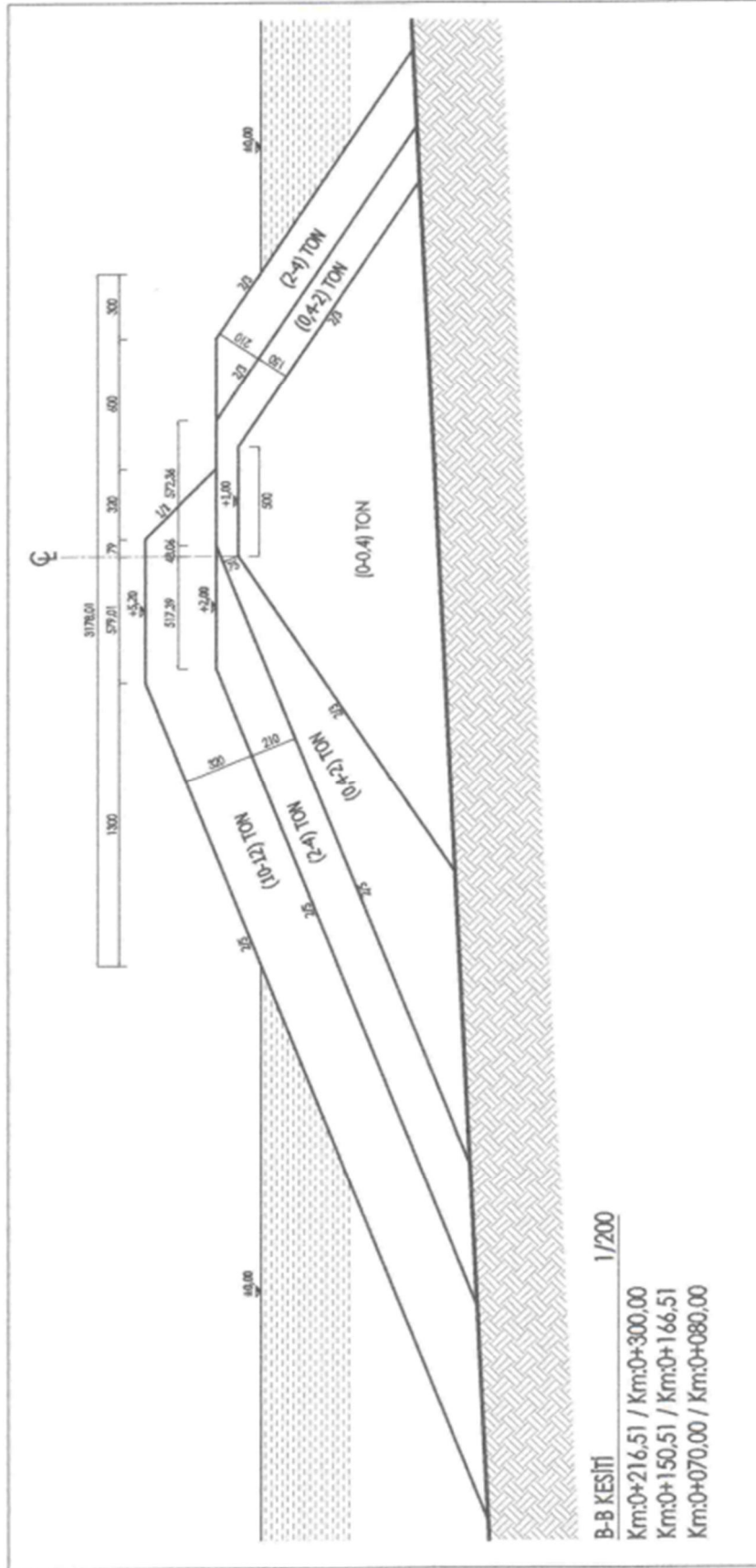


Ek Şekil 8. Alipaşa T mahmuz görünümü

Ek Şekil 9 ile Ek Şekil 13 arası Rize Çifte Kavak Çekek Yeri kesitleri görülmektedir.

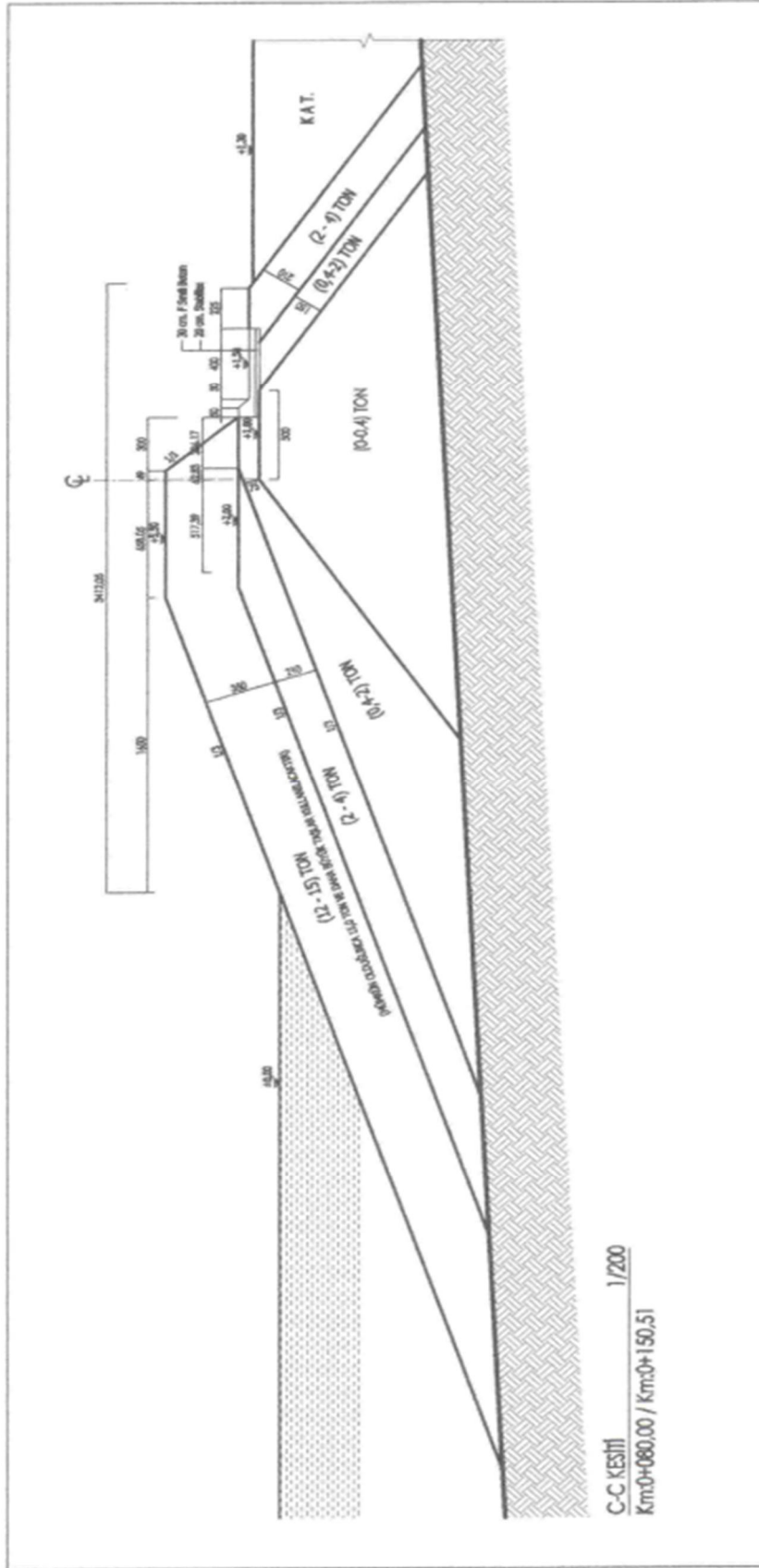


Ek Şeki 9. Rize Çiftekavak Çekek Yeri A – A kesiti

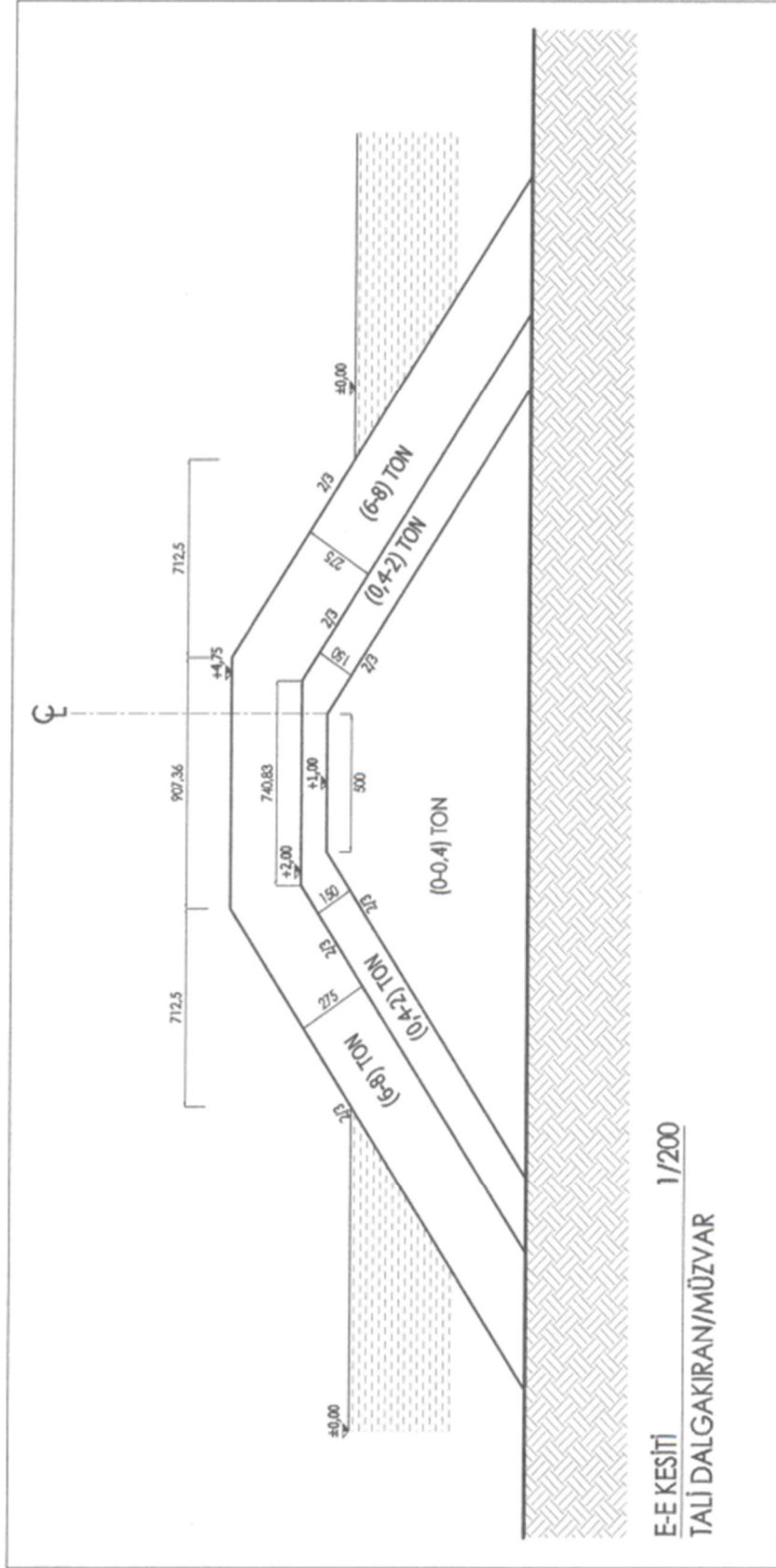


Ek Şekil 10. Rize Çiftekavak Çekek Yeri B – B kesiti

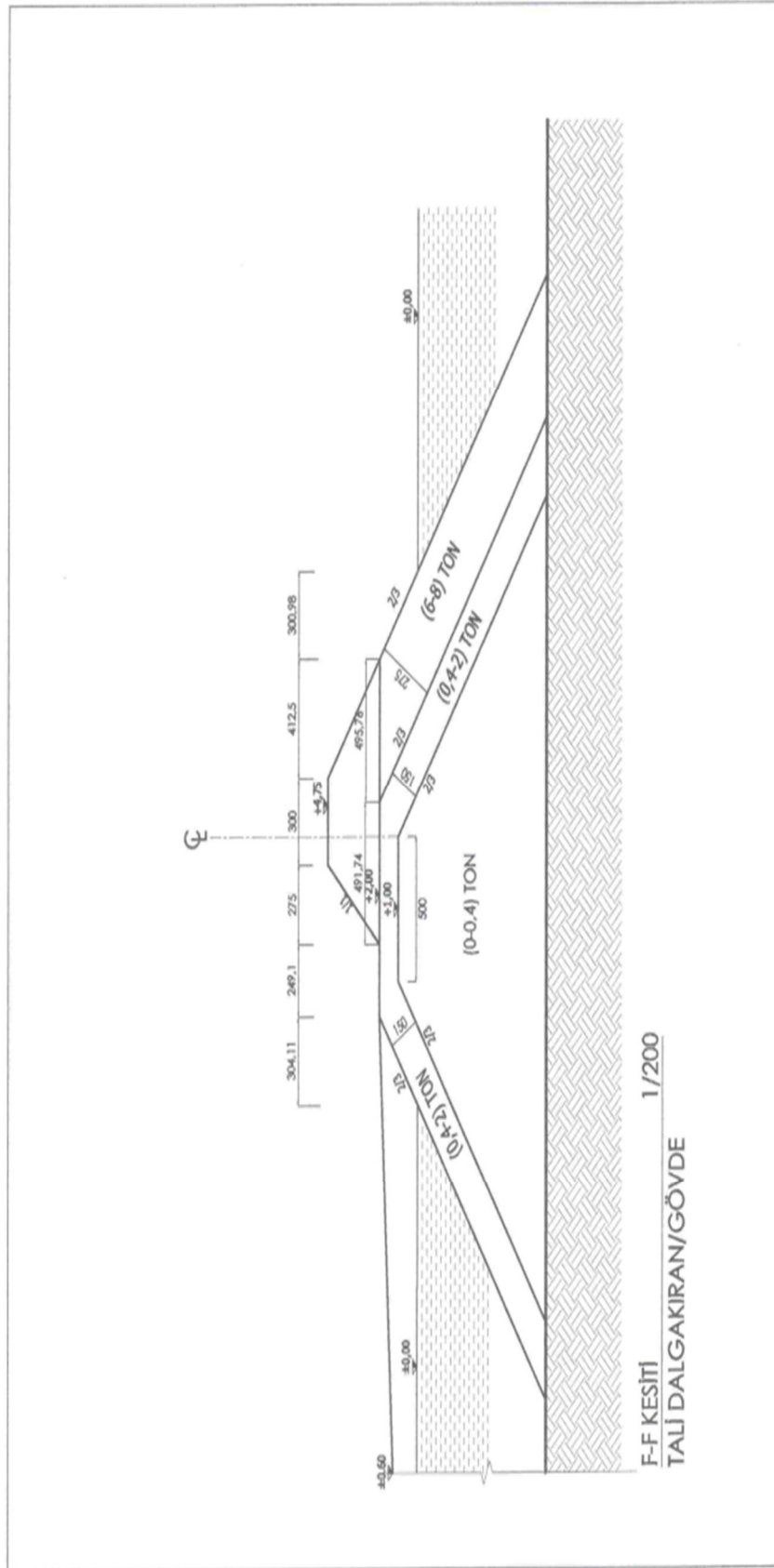




Ek Şekil 11. Rize Çiftekavak Çekek Yeri C – C kesiti



Ek Şekil 12. Rize Çiftkavak Çekmek Yeri E – E kesiti



Ek Şekil 13. Rize Çiftkavak Çekme Yeri F – F kesiti

## **ÖZGEÇMİŞ**

Samet AYDIN 1982 yılında Trabzon İli Merkez İlçesinde doğdu. İlkokulu Gülbaharhatun İlkokulunda 1992 yılında, ortaokulu Cumhuriyet Ortaokulunda 1995 yılında ve liseyi Trabzon Lisesinde 1998 yılında tamamladı. 2002 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümünü kazandı. 2006 yılında mezun oldu. 2007 yılında özel bir şirkette inşaat mühendisi olarak çalışmaya başladı. 2008 yılında yüksek lisans eğitimine başladı. Orta derecede İngilizce bilmekte olan Samet AYDIN bekar olup, halen özel bir şirkette çalışmaktadır.