

**T.C.
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DOKTORA TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
HİDROLİK BİLİM DALI**

**DALGAKIRAN PARAMETRELERİNİN DALGAKIRAN TASARIMINDAKİ
ROLÜNÜN SAYISAL OLARAK İNCELENMESİ**

İsmail ERGİN

**Danışman
Prof. Dr. Mehmet Ali YURDUSEV**



MANİSA-2022

**İSMAIL
ERGİN**

**DALGAKIRAN PARAMETRELERİNİN DALGAKIRAN TASARIMINDAKİ
ROLÜNÜN SAYISAL OLARAK İNCELENMESİ**

2022

TAAHHÜTNAME

Bu tezin Manisa Celal Bayar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde, akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER	I
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	III
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VI
TABLO DİZİNİ	IX
TEŞEKKÜR.....	XI
ÖZET.....	XII
ABSTRACT.....	XIV
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	5
2.1 Literatür Özeti	5
2.2 Teorik Özet.....	15
2.2.1 Dalga Transformasyonu	15
2.2.1.1 Dalga Sığlaşması.....	15
2.2.1.2 Dalga Sapması.....	16
2.2.1.3 Dalga Kırılması	18
2.2.2 Dalgaların Yapı Önüne Taşınımı	21
2.2.2.1 GODA	21
2.2.2.2 Van der Meer Grafikleri.....	22
2.2.3 Dalgakıran Koruma Tabakası Stabilitate Formülleri.....	25
2.2.3.1 Hudson	25
2.2.3.2 Van der Meer.....	27
2.2.3.3 Van Gent	32
2.2.4 Dalga Tırmanması.....	33
2.2.5 Dalga Aşması	35
2.2.6 Dalgakıran Geometrisi	36
2.2.6.1 Kret Genişliği	36
2.2.6.2 Koruma Tabakası Kalınlığı	37
2.2.6.3 Filtre & Çekirdek Tabakası Tayini, Granülometrik Özellikler..	37
2.2.7 Şev Duraylılığı Analizleri	41
2.2.7.1 Mukavemet Azaltma Yöntemi	41
2.2.7.2 Plaxis Analiz Aşamaları	42
3.FARKLI DALGA PARAMETRELERİNİN DALGAKIRAN TASARIMINDAKİ ROLÜNÜN UYGULAMALI OLARAK İNCELENMESİ.....	51
3.1 Tasarım Parametreleri	51
3.2 Kullanılan Yazılım	58
3.2.1 Breakwat	58
3.2.2 PLAXIS 2D	59
3.3 Örnek Çalışma 1 – Altinkum, Çeşme	60
3.3.1 Dalga Kırılma Derinliği ve Yüksekliği Hesapları.....	60
3.3.2 Dalganın Yapı Önüne Taşınması	67
3.3.3 Koruma Tabakası Hesapları	72
3.3.3.1 Hudson Formülü	72

3.3.3.2	Van Der Meer Formülleri	81
3.3.3.3	Van Gent Formülü	85
3.3.3.4	Toplu Sonuçlar ve Karşılaştırma.....	88
3.3.4	Dalga Tırmanması Hesapları.....	90
3.3.5	Dalga Aşması Hesapları.....	91
3.3.6	Dalgakıran Geometrisi Hesapları.....	92
3.3.7	Dalgakıran Kesitleri ve Nihai Tasarım	97
3.3.8	Şev Stabilesi Analizleri.....	102
3.3.8.1	Zemin Parametreleri Seçimi.....	103
3.3.8.2	Analizlerde İzlenen Adımlar	104
3.4	Örnek Çalışma 2 – Altınordu, Ordu.....	112
3.4.1	Dalga Kırılma Derinliği ve Yüksekliği Hesapları.....	112
3.4.2	Dalgaların Yapı Önüne Taşınması	119
3.4.3	Koruma Tabakası Hesapları.....	124
3.4.3.1	Hudson Formülü	124
3.4.3.2	Van Der Meer Formülleri	132
3.4.3.3	Van Gent	136
3.4.3.4	Toplu Sonuçlar ve Karşılaştırma.....	139
3.4.4	Dalga Tırmanması Hesapları.....	141
3.4.5	Dalga Aşması Hesapları.....	142
3.4.6	Dalgakıran Geometrisi Hesapları.....	143
3.4.7	Dalgakıran Kesitleri ve Nihai Tasarım	148
3.4.8	Şev Stabilesi Analizleri.....	151
3.4.8.1	Zemin Parametreleri Seçimi.....	151
3.4.8.2	Analizlerde İzlenen Adımlar	151
3.5	Toplu Sonuçlar	160
4.	ÇIKARIMLAR VE DEĞERLENDİRME	162
	KAYNAKLAR	166
	EKLER.....	170
	Ek 1 Örnek Çalışma 1-Altınkum için Program Çıktıları	171
	Ek 2 Örnek Çalışma 2-Ordu için Program Çıktıları.....	174
	ÖZGEÇMİŞ	177

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

A,B	Gradasyon Faktörü Katsayıları
B	Birim Deplasman Enterpolasyon Matrisi
b	Dalgakıran Kret Genişliği
c	Kohezyon
C₀	Derin Deniz Dalga Hızı
C_{go}	Derin Deniz Dalga Grup Hızı
c_{pl}	Plunging Katsayısı
C_r	Kret Genişliğine Bağlı Dalga Aşması Azaltma Faktörü
c_s	Surging Katsayısı
d	Derinlik
d_b	Dalga Kırılma Derinliği
D^e	Hooke Elastik Malzeme Matrisi
D_n, D_{n50}	Nominal Koruma Elemanı Çapı
D_{n50,çekirdek}	Çekirdek Tabakası Taş Çapı
D_{n50,filtre}	Filtre Tabakası Taş Çapı
E	Elastisite Modülü
ELL	Taşların %3'ünden Daha Az Geçmeyen Kütle
EUL	Taşların %97'sinden Daha Az Geçmeyen Kütle
f_{ex}	Dış Kuvvet Faktörü
f_{in}	İç Kuvvet Faktörü
g	Yerçekimi İvmesi
H_{%2}	%2 Aşılma Olasılığına Tekabül Eden Dalga Yüksekliği
H₀, H_{s0}	Derin Deniz Dalga Yüksekliği
H₀'	Eşdeğer Derin Deniz Dalga Yüksekliği
H_{1/10}	En yüksek 1/10 Dalgaya ait Dalga Yüksekliği
H_{1/3}	En yüksek 1/3 Dalgaya ait Dalga Yüksekliği
H_b	Dalgaanın Kırılma Anında Dalga Yüksekliği
H_{m0}	Spektral Dalga Yüksekliği
H_{maks}	Maksimum Dalga Yüksekliği
H_{rms}	Spektral Dalga yüksekliğine Bağlı Dalga Geçiş Yüksekliği
H_s	Tasarım Dalga Yüksekliği
H_{s,topuk}	Dalgakıran önü Dalga Yüksekliği

H_{tr}	Dalga Geçiş Yüksekliği
K	Rijitlik Matrisi
k_Δ	Kret Genişliği Tabaka Sayısı
K_D	Hudson Stabilité Katsayısı
K_d	Dalga Dönme Katsayısı
K_o	Toprak Basıncı Katsayısı
K_r	Dalga Sapma Katsayısı
K_s	Sığışma Katsayısı
L₀	Derin Deniz Dalga Boyu
L	Ortalama Dalga Periyoduna Bağlı Dalga Boyu
L_{op}	Pik Dalga Periyoduna Bağlı Dalga Boyu
LT	Uzunluk-Kalınlık Oranı
L^T	Transpoze Türev Operatörü
m	Deniz Tabanı eğimi
M_{em}	Efektif Ortalama Taş Ağırlığı
M_{n50}	Koruma Elemanı Tonajı
M_{n50,çekirdek}	Çekirdek Tabakası Tonajı
M_{n50,filtre}	Filtre Tabakası Tonajı
N	Dalga Sayısı
NLL	Taşların %10'undan Daha Az Geçmeyen Kütle
N_{od}	Göreceli Hasar Seviyesi
N_{omov}	Yer Değiştiren ve Hareket Eden Blok Sayısı
NUL	Taşların %70'inden Daha Az Geçmeyen Kütle
P	Geçirgenlik
Q	Dalga Aşması Miktarı
r	Koruma Tabakası Kalınlığı
R_c	Dalgakıran Kret Yüksekliği
R_{d%2}	Dalga Geri Çekilmesi
R_{u%2}	Dalga Tırmanması
S	Hasar Parametresi
S_{om}	Ortalama Dalga Periyoduna Bağlı Dalga Dikliği
S_{om-1,0}	Spektral Dalga Dikliği
S_{op}	Pik Dalga Periyoduna Bağlı Dalga Dikliği
β₀, β₁, β_{max}	GODA β Parametreleri

$\tan \alpha, \cot \alpha$	Dalgakıran Şev Eğimi
T_m	Ortalama Dalga Periyodu
$T_{m-1,0}$	Spektral Dalga Periyodu
T_p	Pik Dalga Periyodu
T_s	Tasarım Dalga Periyodu
T_{s0}	Derin Deniz Dalga Periyodu
w_r	Dolos Gövde Oranı
x_p	Dalga Kırılma Surf Uzunluğu
Δ^v	Artımsal Deplasman Faktörü
γ_b	Basamak Azaltma Faktörü
γ_r	Pürüzlülük Azaltma Faktörü
γ_{unsat}	Suya doymun olmayan durum için birim hacim ağırlık
$\gamma_{r,surging}$	Surging Dalgalarda Pürüzlülük Azaltma Faktörü
γ_{sat}	Suya doymun durum için birim hacim ağırlık
γ_B	Dalga Açısı Düzeltme Faktörü
ξ_0	Iribarren Sayısı
ξ_m	Kırılma Parametresi
$\xi_{m-1,0}$	Yapı Şevinde Kırılma Parametresi
ξ_{mc}	Kritik Kırılma Parametresi
ξ_u	Deplasmanların Kabul Edilebilir Kinematik Varyasyonu
ϕ	İçsel Sürtünme Açısı
ρ_r	Dalgakıran Koruma Elemanı Özkütlesi
ρ_s	Deniz Suyu Özkütlesi
$\sigma'_{v,0}$	Başlangıç Düşey Efektif Gerilme
$\sigma'_{h,0}$	Başlangıç Yatay Efektif Gerilme
σ'_{xx}	x Yönü Stress Komponenti
σ'_{yy}	y Yönü Stress Komponenti
σ^i	Bilinmeyen Gerçel Gerilme Durumu
σ^{i-1}	Bilinen Bir Önceki Gerilme Durumu
ν_{ur}	Poisson Oranı
Ω	Kırılma Boy İndeksi
Ψ	Dilatasyon Açısı

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1 Koruma Elemanları.....	2
Şekil 2.1 Van der Meer ve Van Gent Formüllerinin Uygulama Şartları [9].....	6
Şekil 2.2 Göreceli Su Derinliğine Göre Sığışma Katsayısı Grafikleri [5]	16
Şekil 2.3 Şematik olarak Dalga Sapması [10].....	17
Şekil 2.4 Dalga Dikliği ile Dalga Kırılma Değerleri arası ilişki [43]	20
Şekil 2.5 Boyutsuz Dalga Kırılması Parametresi ile Boyutsuz Dalga Kırılma Derinliği arası ilişki [42]	20
Şekil 2.6 Van der Meer Dalga Transformasyon Grafikleri [46]	24
Şekil 2.7 Farklı tiplerdeki yapılar için Geçirgenlik (P) değerleri [2]	28
Şekil 2.8 Granülometrik Limitler [50]	39
Şekil 2.9 Plaxis'te Tanımlanan Analiz Adımları	42
Şekil 3.1 Çeşme-Altinkum için Dalga Atlasından Alınan Veriler [55]	53
Şekil 3.2 Ordu-Altınordu için Dalga Atlasında Alınan Veriler [55].....	54
Şekil 3.3 Altinkum Batimetri Verileri [57]	56
Şekil 3.4 Ordu Batimetri Verileri [57]	57
Şekil 3.5 Breakwat Programı Arayüzü [58]	58
Şekil 3.6 Dalga Dikliği ile Dalga Kırılma Değerleri arası ilişki-Altinkum [43].....	64
Şekil 3.7 Boyutsuz Dalga Kırılması Parametresi ile Boyutsuz Dalga Kırılma Derinliği arası ilişki-Altinkum [43]	65
Şekil 3.8 Maksimum Değerler İçin Boyutsuz Dalga Kırılması Parametresi ile Boyutsuz Dalga Kırılma Derinliği arası ilişki-Altinkum [43]	66
Şekil 3.9 Altinkum Bölgesinde Farklı Formüllere Göre Değişen Dalga Yükseklikleri	71
Şekil 3.10 Altinkum Hudson'a Göre Taş Anroşman Tonaj Değişim Grafiği.....	74
Şekil 3.11 Altinkum Hudson'a Göre Antifer Tonaj Değişim Grafiği.....	76
Şekil 3.12 Altinkum Hudson'a Göre Dolos Tonaj Değişim Grafiği.....	78
Şekil 3.13 Altinkum Hudson'a Göre Tetrapod Tonaj Değişim Grafiği.....	80
Şekil 3.14 Altinkum Van Der Meer'a Göre Taş Anroşman Tonaj Değişim Grafiği .	85
Şekil 3.15 Altinkum Van Gent'e Göre Taş Anroşman Tonaj Değişim Grafiği.....	88
Şekil 3.16 Altinkum Taş Anroşmanlı Dalgakıran Kesiti (Minimum Kret Kotu ile) .	97
Şekil 3.17 Altinkum Antiferli Dalgakıran Kesiti (Minimum Kret Kotu ile)	98
Şekil 3.18 Altinkum Taş Anroşmanlı Dalgakıran Kesiti (Minimum Uygulama Kotu ile)	99
Şekil 3.19 Altinkum Antiferli Dalgakıran Kesiti (Minimum Uygulama Kotu ile)....	99
Şekil 3.20 Altinkum Taş Anroşmanlı Dalgakıran- Dalga Çekilmesine göre Revize Kesiti	101
Şekil 3.21 Altinkum Antiferli Dalgakıran– Dalga Geri Çekilmesine göre Revize Kesiti	102
Şekil 3.22 Analizlerde Kullanılan Altinkum Taş Anroşmanlı Dalgakıran Kesiti [60]	104
Şekil 3.23 Analizlerde Kullanılan Altinkum Antiferli Dalgakıran Kesiti [60].....	104
Şekil 3.24 Altinkum Taş Anroşmanlı Dalgakıran için model ağı – 7798 element ve 62965 nod [60]	105

Şekil 3.25 Altınkum Antiferli Dalgakıran için model ağı – 7532 element ve 60837 nod [60]	105
Şekil 3.26 1. Analiz Adımı: Initial Phase (Başlangıç) [60]	106
Şekil 3.27 2. Analiz Adımı: null (Deplasman Sıfırlama) [60]	106
Şekil 3.28 3. Analiz Adımı: Dolgu (Dalgakıran İmalatı) [60]	107
Şekil 3.29 4. Analiz Adımı: Şev Duraylılığı Analizi [60]	107
Şekil 3.30 Altınkum Taş Anroşmanlı Dalgakıran için Göçme Durumu Toplam Deplasman [60]	108
Şekil 3.31 Altınkum Taş Anroşmanlı Dalgakıran için Göçme Durumu Deviatorik Yerdeğiştirme (Kayma Düzlemi) [60]	108
Şekil 3.32 Altınkum Taş Anroşmanlı Dalgakıran için Göçme Durumu Güvenlik Sayısı =1.557 [60]	109
Şekil 3.33 Altınkum Antiferli Dalgakıran için Göçme Durumu Toplam Deplasman [60]	110
Şekil 3.34 Altınkum Antiferli Dalgakıran için Göçme Durumu Deviatorik Yerdeğiştirme (Kayma Düzlemi) [60]	110
Şekil 3.35 Altınkum Antiferli Dalgakıran için Göçme Durumu Güvenlik Sayısı=3.631 [60]	111
Şekil 3.36 Dalga Dikliği ile Dalga Kırılma Değerleri arası ilişki-Ordu [43]	116
Şekil 3.37 Boyutsuz Dalga Kırılması Parametresi ile Boyutsuz Dalga Kırılma Derinliği arası ilişki-Ordu [42]	117
Şekil 3.38 Maksimum Değerler İçin Boyutsuz Dalga Kırılması Parametresi ile Boyutsuz Dalga Kırılma Derinliği arası ilişki-Ordu [42]	118
Şekil 3.39 Ordu Bölgesinde Farklı Formüllere Göre Değişen Dalga Yükseklikleri	123
Şekil 3.40 Ordu Hudson'a Göre Taş Anroşman Tonaj Değişim Grafiği	125
Şekil 3.41 Ordu Hudson'a Göre Antifer Tonaj Değişim Grafiği	127
Şekil 3.42 Ordu Hudson'a Göre Dolos Tonaj Değişim Grafiği	129
Şekil 3.43 Ordu Hudson'a Göre Tetrapod Tonaj Değişim Grafiği	131
Şekil 3.44 Ordu Van Der Meer'a Göre Taş Anroşman Tonaj Değişim Grafiği	136
Şekil 3.45 Ordu Van Gent'e Göre Taş Anroşman Tonaj Değişim Grafiği	139
Şekil 3.46 Ordu Taş Anroşmanlı Dalgakıran Kesiti (Minimum Kret Kotu ile)	148
Şekil 3.47 Ordu Antiferli Dalgakıran Kesiti (Minimum Kret Kotu ile)	148
Şekil 3.48 Ordu Taş Anroşmanlı Dalgakıran Kesiti (Minimum Uygulama Kotu ile)	149
Şekil 3.49 Ordu Taş Anroşmanlı Dalgakıran- Dalga Çekilmesine göre Revize Kesiti	150
Şekil 3.50 Ordu Antiferli Dalgakıran- Dalga Çekilmesine göre Revize Kesiti	150
Şekil 3.51 Analizlerde Kullanılan Altınordu Taş Anroşmanlı Dalgakıran Kesiti [60]	151
Şekil 3.52 Analizlerde Kullanılan Altınordu Antiferli Dalgakıran Kesiti [60]	152
Şekil 3.53 Altınordu Taş Anroşmanlı Dalgakıran için model ağı – 4417 element ve 35851 nod [60]	152
Şekil 3.54 Altınordu Antiferli Dalgakıran için model ağı – 6295 element ve 50931 nod [60]	153
Şekil 3.55 1. Analiz Adımı: Initial Phase (Başlangıç) [60]	153
Şekil 3.56 2. Analiz Adımı: null (Deplasman Sıfırlama) [60]	154
Şekil 3.57 3. Analiz Adımı: Dolgu (Dalgakıran İmalatı) [60]	154

Şekil 3.58 4. Analiz Adımı: Şev Duraylılığı Analizi [60].....	155
Şekil 3.59 Altınordu Taş Anroşmanlı Dalgakıran için Göçme Durumu Toplam Deplasman [60]	156
Şekil 3.60 Altınordu Taş Anroşmanlı Dalgakıran için Göçme Durumu Deviatorik Yerdeğiştirme (Kayma Düzlemi) [60]	156
Şekil 3.61 Altınordu Taş Anroşmanlı Dalgakıran için Göçme Durumu Güvenlik Sayısı =2.001 [60]	157
Şekil 3.62 Altınordu Antiferli Dalgakıran için Göçme Durumu Toplam Deplasman [60]	158
Şekil 3.63 Altınordu Antiferli Dalgakıran için Göçme Durumu Deviatorik Yerdeğiştirme (Kayma Düzlemi) [60]	158
Şekil 3.64 Altınordu Antiferli Dalgakıran için Göçme Durumu Güvenlik Sayısı=3.446 [60]	159
Şekil Ek 1.1 Altınkum Hudson’a göre Taş Anroşman Çıktısı [52]	171
Şekil Ek 1.2 Altınkum Van Der Meer’a göre Taş Anroşman Çıktısı [52].....	171
Şekil Ek 1.3 Altınkum Van Gent’e göre Taş Anroşman Çıktısı [52]	172
Şekil Ek 1.4 Altınkum Hudson’a göre Antiifer Çıktısı [52]	172
Şekil Ek 1.5 Altınkum Hudson’a göre Dolos Çıktısı [52]	173
Şekil Ek 1.6 Altınkum Hudson’a göre Tetrapod Çıktısı [52]	173
Şekil Ek 2.1 Ordu Hudson’a göre Taş Anroşman Çıktısı [52]	174
Şekil Ek 2.2 Ordu Van Der Meer’a göre Taş Anroşman Çıktısı [52].....	174
Şekil Ek 2.3 Ordu Van Gent’e göre Taş Anroşman Çıktısı [52]	175
Şekil Ek 2.4 Ordu Hudson’a göre Antiifer Çıktısı [52]	175
Şekil Ek 2.5 Ordu Hudson’a göre Dolos Çıktısı [52]	176
Şekil Ek 2.6 Ordu Hudson’a göre Tetrapod Çıktısı [52]	176

TABLO DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 2.1 K_D Stabilite Katsayıları [19,47]	26
Tablo 2.2 Farklı Eğim Değerleri için Hasar (S) Parametreleri [10].....	29
Tablo 2.3 Boyutsuz Geçiş Dalga Yükseklik Oranları [48]	30
Tablo 2.4 Koruma Elamanına Göre Pürüzlülük Azaltma Faktörü [49]	34
Tablo 2.5 Kret Genişliğine Göre Tabaka Katsayıları [8]	36
Tablo 2.6 Tabaka Kalınlığına Göre Tabaka Katsayıları [8].....	37
Tablo 2.7 A&B Faktörleri Katsayıları [50].....	40
Tablo 3.1 Örnek Çalışma Lokasyonları derin Deniz Tasarım Dalga Parametreleri ..	52
Tablo 3.2 Türkiye Denizleri Dalga Yüksekliği ve Periyodu Genel İlişkisi [56]	52
Tablo 3.3 CEM formülüne göre Altınkum Dalga Kırılması Hesapları.....	61
Tablo 3.4 CEM formülüne göre Altınkum Dalga Kırılması Sonuçları.....	61
Tablo 3.5 Ortalama Eşdeğer Derin Deniz Dalga Yüksekliği (H_0')-Altınkum	63
Tablo 3.6 Toplu Olarak Dalga Kırılma Verileri-Altınkum.....	67
Tablo 3.7 GODA Hesaplarına Göre Derinliklere Göre Dalga Yükseklikleri-Altınkum	68
Tablo 3.8 Van Der Meer ($S_{op}=0.02$) Grafiklerine Göre Yapı Önü Dalga Yükseklikleri	70
Tablo 3.9 Altınkum Bölgesi Yapı Önü Dalga Yükseklikleri ve Periyotları	72
Tablo 3.10 Altınkum 1/2 Yapı Şevine Göre Hudson Taş Anroşman Tonajları.....	73
Tablo 3.11 Altınkum 1/2.5 Yapı Şevine Göre Hudson Taş Anroşman Tonajları.....	73
Tablo 3.12 Altınkum 1/3 Yapı Şevine Göre Hudson Taş Anroşman Tonajları.....	74
Tablo 3.13 Altınkum 1/2 Yapı Şevine Göre Hudson Antifer Tonajları.....	75
Tablo 3.14 Altınkum 1/2.5 Yapı Şevine Göre Hudson Antifer Tonajları.....	75
Tablo 3.15 Altınkum 1/3 Yapı Şevine Göre Hudson Antifer Tonajları.....	76
Tablo 3.16 Altınkum 1/2 Yapı Şevine Göre Hudson Dolos Tonajları.....	77
Tablo 3.17 Altınkum 1/2.5 Yapı Şevine Göre Hudson Dolos Tonajları.....	77
Tablo 3.18 Altınkum 1/3 Yapı Şevine Göre Hudson Dolos Tonajları.....	78
Tablo 3.19 Altınkum 1/2 Yapı Şevine Göre Hudson Tetrapod Tonajları.....	79
Tablo 3.20 Altınkum 1/2.5 Yapı Şevine Göre Hudson Tetrapod Tonajları.....	79
Tablo 3.21 Altınkum 1/3 Yapı Şevine Göre Hudson Tetrapod Tonajları.....	80
Tablo 3.22 Van Der Meer Derin Su/Sığ Su Formül Tayini	81
Tablo 3.23 Altınkum 1/2 Yapı Şevine Göre Van Der Meer Taş Anroşman Tonajları	82
Tablo 3.24 Altınkum 1/2.5 Yapı Şevine Göre Van Der Meer Taş Anroşman Tonajları	83
Tablo 3.25 Altınkum 1/3 Yapı Şevine Göre Van Der Meer Taş Anroşman Tonajları	84
Tablo 3.26 Van Gent Formülü Uygulanabilirlik Tayini-Altınkum.....	86
Tablo 3.27 Altınkum 1/2 Yapı Şevine Göre Van Gent Taş Anroşman Tonajları.....	86
Tablo 3.28 Altınkum 1/2.5 Yapı Şevine Göre Van Gent Taş Anroşman Tonajları...	87
Tablo 3.29 Altınkum 1/3 Yapı Şevine Göre Van Gent Taş Anroşman Tonajları.....	87
Tablo 3.30 Altınkum Koruma Tabakası Tüm Sonuçları.....	89
Tablo 3.31 Altınkum Taş Anroşman için Dalga Tırmanması Sonuçları	90
Tablo 3.32 Altınkum Antifer için Dalga Tırmanması Sonuçları	90

Tablo 3.33 Altinkum Taş Anroşman Dalga Aşması Sonuçları.....	91
Tablo 3.34 Altinkum Antifer Dalga Aşması Sonuçları.....	92
Tablo 3.35 Altinkum Taş Anroşman Dalgakıran Geometrisi Hesapları Sonuçları ...	93
Tablo 3.36 Altinkum Antifer Dalgakıran Geometrisi Hesapları Sonuçları	95
Tablo 3.37 Altinkum Dalga Geri Çekilme Miktarı.....	100
Tablo 3.38 Seçilen Zemin Parametreleri.....	103
Tablo 3.39 Altinkum için Şev Analizi Sonuçları.....	111
Tablo 3.40 CEM formülüne göre Ordu Dalga Kırılması Hesapları.....	113
Tablo 3.41 CEM formülüne göre Ordu Dalga Kırılması Sonuçları.....	113
Tablo 3.42 Ortalama Eşdeğer Derin Deniz Dalga Yüksekliği (H_0')-Ordu	115
Tablo 3.43 Toplu Dalga Kırılma Verileri-Ordu	119
Tablo 3.44 GODA Hesaplarına Göre Derinliklere Göre Dalga Yükseklikleri-Ordu	120
Tablo 3.45 Van Der Meer ($S_{op}=0.02;0.03$) Grafiklerine Göre Yapı Önü Dalga Yükseklikleri	122
Tablo 3.46 Ordu Bölgesi Yapı Önü Dalga Yükseklikleri ve Periyotları	123
Tablo 3.47 Ordu 1/2 Yapı Şevine Göre Hudson Taş Anroşman Tonajları.....	124
Tablo 3.48 Ordu 1/2.5 Yapı Şevine Göre Hudson Taş Anroşman Tonajları.....	124
Tablo 3.49 Ordu 1/3 Yapı Şevine Göre Hudson Taş Anroşman Tonajları.....	125
Tablo 3.50 Ordu 1/2 Yapı Şevine Göre Hudson Antifer Tonajları.....	126
Tablo 3.51 Ordu 1/2.5 Yapı Şevine Göre Hudson Antifer Tonajları.....	126
Tablo 3.52 Ordu 1/3 Yapı Şevine Göre Hudson Antifer Tonajları.....	127
Tablo 3.53 Ordu 1/2 Yapı Şevine Göre Hudson Dolos Tonajları.....	128
Tablo 3.54 Ordu 1/2.5 Yapı Şevine Göre Hudson Dolos Tonajları.....	128
Tablo 3.55 Ordu 1/3 Yapı Şevine Göre Hudson Dolos Tonajları.....	129
Tablo 3.56 Ordu 1/2 Yapı Şevine Göre Hudson Tetrapod Tonajları.....	130
Tablo 3.57 Ordu 1/2.5 Yapı Şevine Göre Hudson Tetrapod Tonajları.....	130
Tablo 3.58 Ordu 1/3 Yapı Şevine Göre Hudson Tetrapod Tonajları.....	131
Tablo 3.59 Van Der Meer Derin Su/Sığ Su Formül Tayini	132
Tablo 3.60 Ordu 1/2 Yapı Şevine Göre Van Der Meer Taş Anroşman Tonajları ...	133
Tablo 3.61 Ordu 1/2.5 Yapı Şevine Göre Van Der Meer Taş Anroşman Tonajları	134
Tablo 3.62 Ordu 1/3 Yapı Şevine Göre Van Der Meer Taş Anroşman Tonajları ...	135
Tablo 3.63 Van Gent Formülü Uygulanabilirlik Tayini-Ordu.....	137
Tablo 3.64 Ordu 1/2 Yapı Şevine Göre Van Gent Taş Anroşman Tonajları.....	137
Tablo 3.65 Ordu 1/2.5 Yapı Şevine Göre Van Gent Taş Anroşman Tonajları.....	138
Tablo 3.66 Ordu 1/3 Yapı Şevine Göre Van Gent Taş Anroşman Tonajları.....	138
Tablo 3.67 Ordu Koruma Tabakası Tüm Sonuçları.....	140
Tablo 3.68 Ordu Taş Anroşman için Dalga Tırmanması Sonuçları.....	141
Tablo 3.69 Ordu Antifer için Dalga Tırmanması Sonuçları	141
Tablo 3.70 Ordu Taş Anroşman Dalga Aşması Sonuçları.....	142
Tablo 3.71 Ordu Antifer Dalga Aşması Sonuçları.....	143
Tablo 3.72 Ordu Taş Anroşman Dalgakıran Geometrisi Hesapları Sonuçları.....	144
Tablo 3.73 Ordu Antifer Dalgakıran Geometrisi Hesapları Sonuçları	146
Tablo 3.74 Ordu Dalga Geri Çekilme Miktarı.....	149
Tablo 3.75 Ordu için Şevi Stabilesi Sonuçları.....	159
Tablo 3.76 Toplu Sonuçlar Çeşme.....	160
Tablo 3.77 Toplu Sonuçlar Ordu	161

TEŞEKKÜR

Tüm değer yargılarının tamamıyla tartışılır bir hal aldığı günümüzde çeşitli olumsuzluklara rağmen, doktora öğrenimimin sürmesi için üzerimde emeği geçen herkese vefa ve minnet borçluyum.

Söylenebilecek tüm güzel sözlerin dahi kendisini gölgede bırakacağını düşündüğüm lisans hayatımın başladığı günden beri desteğini esirgemeyen her koşulda yanımda olan ve motive eden değerli büyüğüm, danışman hocam; Sn. Prof. Dr. Mehmet Ali YURDUSEV'e,

Kendisiyle tanışmaktan onur duyduğum ve her türlü desteği gördüğüm, meslek yaşamımda akademik kariyerimin başlamasını ve her koşulda devam etmesini sağlayan değerli meslektaşım ve lisans sınıf arkadaşım; Sn. Doç. Dr. Recep Tuğrul ERDEM'e,

Tez konumu belirlemede ve çalışmanın detaylarını oluşturmada desteğini esirgemeyen ve her zaman klavuz olan Sn. Prof. Dr.Mehmet SORGUN ve Sn. Doç. Dr. Engin GÜCÜYEN'e,

Bugün bulunduğum pozisyona gelmeme sebep olan ve beni hayatım boyunca her zorlukta koşulsuz ve karşılıksız olarak destekleyen, motive eden, beni ben yapan değer yargılarını bana aşıl原因an aileme ve özellikle annem Saadet ERGİN'e sonsuz teşekkür ederim.

İsmail ERGİN
Manisa, 2022

ÖZET

Doktora Tezi

Dalgakıran Parametrelerinin Dalgakıran Tasarımındaki Rolünün Sayısal Olarak İncelenmesi

İsmail ERGİN

Manisa Celal Bayar Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mehmet Ali YURDUSEV

Dalgakıranlar kıyılarımızda koruma amaçlı yapılan, en sık karşılaştığımız yapılardır. Çeşitli şekillerde ve kullanım amacına göre farklılık gösterirler. Tasarımlarını etkileyen birçok parametre söz konusudur.

Çalışma kapsamında dolgu dalgakıran üzerinde çalışılmıştır. İlk olarak dolgu dalgakıranlara bakıldığında, koruma amaçlı olarak taş anroşmanın ya da yapay beton blokların kullanıldığı görülür. Bu koruma elemanları yapının inşa edildiği derinliğe ve dalgakıran tasarımına esas geometrik parametrelere göre değişkenlik gösterirler. Bu tez çalışması kapsamında amaç, Türkiye kıyılarından Ege ve Karadeniz’den seçilen iki farklı bölgede, farklı dalga karakteristiklerini çalışıp hem taş anroşmandan oluşan hem de seçilecek yapay beton bloktan oluşan iki farklı dalgakıran tasarımını çalışmaktır. Bu tasarımlar hem kendi içlerinde hem de farklı bölgelerdeki uygulamalarıyla analitik ve nümerik olarak karşılaştırılmıştır. Çalışma bölgelerine ait elde edilen derin deniz dalga parametreleri, literatürde var olan dalga transformasyonu hesaplarına tabi tutulup, yapı önüne çekilmiştir. Bu yapı önü tasarım dalgası kullanılarak dalgakıran tasarımları yapılmıştır. Tasarımlar sonucu ulaşılan tonajlar ve elde edildikleri Hudson, Van der Meer ve Van Gent gibi formüller; dalga yüksekliği, dalga periyodu, yapı porositesi, hasar parametreleri vs. tasarımda kullanılan parametrelerle Breakwat programından da karşılaştırılmış ve farklılık bulunmamıştır. Elde edilen tasarımlara göre yapının hidrolik stabilitesi, koruma elemanı tonajı ve işin ekonomiklik açısından tasarımların uygulanabilirlikleri kıyaslamış ve sonucunda tasarımı yapılan nihai dalgakıran kesitleri elde edilmiştir. Dalgakıran tasarımında hidrolik stabilitenin yanında şev duraylılığı da önemli bir parametre olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu durum dikkate alınarak belirlenen kesitlerin duraylılığının tayini için sonlu elemanlar yöntemi ile çalışan Plaxis 2D yazılımı kullanılarak şev stabilitesi analizleri yapılmıştır. Sonlu elemanlar yöntemi ile şev stabilitesi analizleri yapılırken literatürde çok yaygın olarak kullanılan bir yöntem olan mukavemet azaltma yönteminde, zemine ait kayma dayanımı parametreleri, kohezyon (c) ve içsel sürtünme açısı (ϕ), denge durumu ortadan kalkıncaya ve şev göçünceye kadar azaltılmıştır. Bu azaltma yapılırken zemine ait gerçek kayma dayanımı parametreleri bir dizi güvenlik sayısına bölünür ve bu elde edilen yeni zemin parametreleri kullanılarak elastoplastik analizler gerçekleştirilmektedir. Yapı modellemesi tamamlandıktan ve zeminlerin tanımlanmasından sonraki adım olarak model ağı oluşturulmuştur. Analizlerde kullanılan yükleme türü Kademeli İnşaat olarak seçilmiştir. Şev stabilitesi analizleri

başlangıç, deplasman sıfırlama, dolgu yapımı ve şev stabilitesi analizi olmak üzere 4 ana adımda çözülmüştür. Analizler sonucunda kesitlerde göçme durumunda oluşan toplam deplasmanlar, deviatorik yer değiştirme ve güvenlik sayısı değerleri hesaplanmıştır. Böylelikle literatürde var olan birçok tasarım formülü ve yönergesi tek çalışma altında toplanmış ve dalgakıran tasarımı konusunda bir kılavuz olması amaçlanarak elde edilen bulgular ile dalgakıran kesitlerini çıkarmaya yönelik öneriler sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Dalgakıran Tasarımı, Taş Dolgu Dalgakıran, Taş Anroşman, Antiğer Blokları, Yapay Beton Bloklar, Hidrolik Stabilite

2022, 176 sayfa



ABSTRACT

PhD Thesis

Numerical Analysis of Different Breakwater Parameters in Breakwater Design

Ismail ERGIN

**Manisa Celal Bayar University
Graduate School of Applied and Natural Sciences
Department of Civil Engineering**

Supervisor: Prof. Dr. Mehmet Ali YURDUSEV

Breakwaters which are the most frequently encountered structures have been built for protection on our shores. They differ in various forms according to their intended use. There are many parameters that affect their design.

Within the scope of the study, rubble mound breakwaters are studied. When we first look at the rubble mound breakwaters, we see rock as an armour layer or artificial concrete blocks placed for protection purposes. These armour elements vary according to the depth at which the structure is built and the geometrical parameters of the breakwater design. The aim of this study is to evaluate different wave characteristics selected from the Aegean and Black Sea regions of the Turkish coast, and to study two different breakwater designs consisting of both rock and artificial concrete blocks to be selected. These designs were compared both within themselves and with their applications in different regions analytically and numerically. Deep water wave parameters obtained from the study areas are subjected to the wave transformation calculations available in the literature and transformed into the breakwater toe. The tonnages found as a result of the designs and the formulas used such as Hudson, Van der Meer and Van Gent; wave height, wave period, structure porosity, damage parameters etc. design parameters used in the design were also compared with the Breakwat program and no difference was found. According to the designs obtained, the hydraulic stability, the tonnage of the armour element and the economic aspects of the work, the designs and approaches as well as the applicability of the designs are compared. In addition to hydraulic stability, slope stability is an important parameter in the design of the breakwater. Considering this situation, slope stability analyzes were performed using Plaxis 2D software, which works with the finite element method, to determine the stability of the designed sections. In the strength reduction method, which is a widely used method in the literature while performing slope stability analyzes with the finite element method, the shear strength parameters of the soil, cohesion (c) and internal friction angle (ϕ), are reduced until the equilibrium state disappears and the slope collapses. While making this reduction, the actual shear strength parameters of the soil are divided into a series of safety numbers and elastoplastic analyzes are performed using these new soil parameters. After the building modeling was completed and the soils were defined, the model mesh was created as the next step. The loading type used in the analyzes was chosen as Staged Construction. Slope stability analyzes were solved in 4 main steps: initialization, displacement resetting, filling construction and slope stability analysis.

As a result of the analyzes, the total displacements, deviatoric displacement and safety number values were calculated in case of failure in the sections. Thus, many design formulas and regulations in the literature were gathered under a single study, and with the findings obtained as a guide on the design of the breakwater, suggestions were presented for extracting the sections of the breakwater.

Keywords: Breakwater Design, Rubble Mound Breakwater, Rock, Antifer Blocks, Artificial Concrete Blocks, Hydrolic Stability

2022, 176 pages

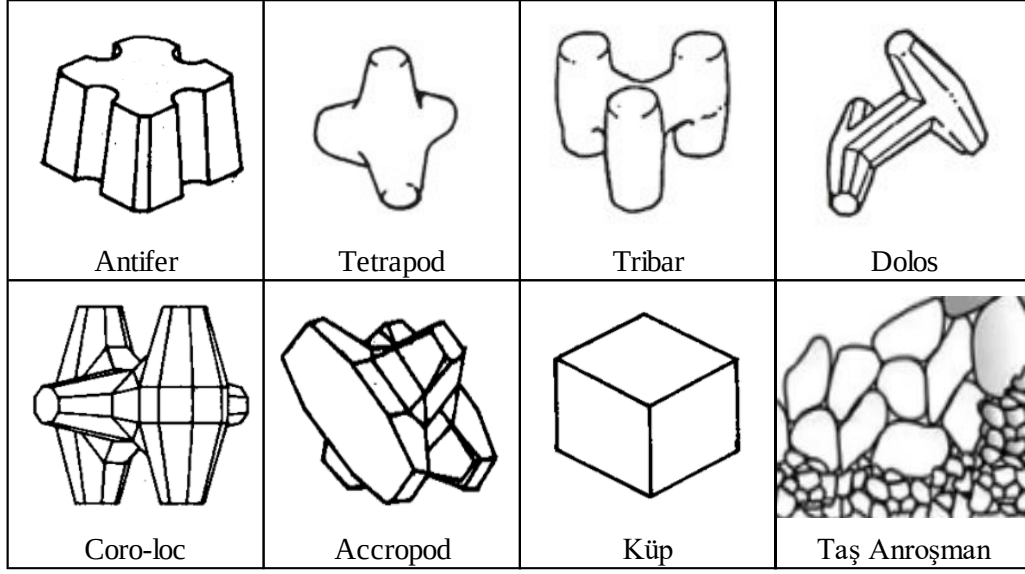


1. GİRİŞ

Deniz koruma yapıları bulundukları konum itibarıyla farklı dalga etkilerine maruz kalırlar. Efektif feç mesafesi, rüzgâr esme hızı, süresi ve esme yönüne bağlı olarak farklı rüzgâr etkileri farklı boyutlarda dalgalar meydana getirir. Dalgalar zemin etkisine maruz kalmaya başladıklarında dalga yüksekliklerinde farklılıklar meydana gelir. Dalga kırılma eşiğine gelene kadar yükseklikleri artabilirken, sığlaşma etkisi ve deniz tabanının yöneliminden doğan sapmaya uğrayarak ise yükseklikleri azalmaktadır. Dolayısıyla deniz koruma yapılarının tasarımında bu dalgaların yapı önüne çekilmiş halini kullanıp en uygun tasarıma gidilmelidir.

Deniz koruma yapılarının kullanım amacına göre isimleri değişmektedir. Yapısal olarak incelediğimizde birbirlerinden belli alanlarda ayrılırlar. Deniz koruma yapısı olarak kıyılarda en çok gözlemlenen yapılardır. Marina, balıkçı barınağı gibi yerlerde dalgaların teknelerin servis ve korunma zamanlarında minimum dalga etkisine maruz kalmaları için yapılırlar. Dalgakıranların da farklı tip ve amaçta birçok çeşidi vardır. Tasarımında da birçok parametrenin etkilenmesinden dolayı geçirimli ve geçirimsiz olarak iki başlık altında bu yapıları inceleyebiliriz. Konveksiyonel ve konveksiyonel olmayan dalgakıranlar.

Belirli geçirimliğe sahip dalgakıranlar konveksiyonel dalgakıranlar başlığını oluştururlar. Bunlar taş korumalı, kompozit ve yapay beton bloklar kullanılarak yapılan dalgakıranlardır. En yaygını taş dolgu dalgakıranlardır. Dalgakıranlara insan gözüyle bakıldığında ilk görülecek kısmı en kritik bölge olan koruyucu tabakadır. Ocak taşları, ya da antifer, dolos, tetrapod, tribar gibi malzemeler kullanılarak özel kalıplarda üretilen beton bloklar koruyucu eleman olarak dalgakıranlarda kullanılabilirler. Ocaktan çıkarılan taşlar herhangi bir üretim sürecinden geçmedikleri için erişimi kolay olup sadece nakliye sonrasında yerlerine yerleştirilmeleri gerekmektedir. Ancak yapılan tasarım sonucu yer yer gerekli taş kategorisini yakındaki taş ocakları sağlayamadığından imalatta beton bloklara yönelinebilmektedir. Günümüzde koruyucu elemanlar olarak kullanılan bloklara ilişkin görseller Şekil 1.1’de verilmiştir.



Şekil 1.1 Koruma Elemanları

Farklı şekillere sahip bu beton bloklar imalat sonrası gelen dalga yüküyle birbirine en iyi şekilde kenetlenmeleri için tasarlanmışlardır. Örneğin Hudson formülünde kullanılan K_D değerleri bu kenetlenmeyi göz önüne alarak formülde işlenmiş ve dalgakıran gövdesine nazaran müzvar kısmında kullanılan elemanların birbirine kenetlenmesinin daha zor olacağı öngörülmüş ve K_D değerleri de buna göre şekillenmiştir.

Ülkemizde antifer blok kullanımı nispeten daha ekonomik ve kolay üretim sürecine sahip olduğu için taş dolgu yapılamadığı durumlarda daha çok kullanılmaktadır. Dalgakıranlarda koruyucu tabakanın altında ise filtre tabakası ve çekirdek tabakası bulunur. Dalga etkisi altında zamanla koruma tabakasında kullanılan elemanlar oturma yapacağı için filtre olarak kullanılan taşların çok küçük olmaması gerekmektedir. Hatta birden çok kademeli filtre taş tabakası kullanımı dalgakıran stabilitesini iyi yönde etkilemektedir. Filtre ve çekirdek taşlarının kategorileri ise koruma tabakasındaki kategorilere bağlıdır ve tasarım yaklaşımlarında önerilen belirli oranlarla elde edilirler. DeneySEL temele dayanan bu oranların daha iyi anlaşılabilmesi için özellikle tasarlanan yapının da mümkün koşullarda deneye tabi tutulması faydalı olacaktır.

Deney yapılamayan koşullarda literatürde varolan belirli tasarım yaklaşımı formülleri bulunur. En yaygın kullanılanları Hudson , Van der Meer ve Van Gent formülleridir. Hudson formülü yıllarca dalgakıran tasarımına hâkim formül olarak karşımıza çıkmaktadır. Kullanılan koruma elemanına ve bu elemanın dalgakıranın gövde veya müzvarında kullanılacak olmasına göre kıyaslama yapabilmesi formülün en büyük avantajıdır. Ancak dalga periyoduna, dalga sayısına, porositeye vb. bağlı olmaması belirli açılardan tasarımda açık bırakmaktadır [1-4].

Van der Meer'in ise ilk olarak 1988 yılında yaptığı çalışma günümüzde Van der Meer-Derin Su ifadesi olarak bilinmektedir. Sığ su koşullarında yeterli sonucu verememesi üzerine 2004'te yayımlanan Van Gent'in geliştirdiği yeni çalışma ile Van der Meer-Sığ su ifadesi kullanılmaya başlanmıştır. Van der Meer formüllerinde dalganın kırılış şekli önem arz edip, "Plunging" ya da "Surging" olmasına bağlı olarak formüller ikiye ayrılırlar. Dalga sayısı, hasar parametresi, dalga periyodu gibi özellikleri barındırdığından daha sağlıklı sonuçlar verebilmektedir.

Van der Meer ve Hudson'dan ayrı olarak çok sığ koşullarda geçerli Van Gent çalışması mevcuttur. Van Gent formülü dalga sayısı ve hasar parametresini barındırdığından yine Van der Meer gibi daha sağlıklı sonuçlar verebilmektedir. Dalgakıran topuğundaki derinlik ve dalga yüksekliği oranı önem arz edip, bu oran Van Gent'e göre $1,25 < d/H_{s,topuk} \leq 3$ aralığında olduğunda, kırılma noktasındaki dalgaların kırılma anında spektrum eğrilerinin bozulur ve sığ su koşullarını açığa çıkarır. Bu durumda Van Gent formülü tasarımda kullanılabilir.

Taş dolgu dalgakıranlarda günümüzde yeni yeni kullanılmaya başlayan bir başka dalgakıran türü ise basamaklı dalgakıranlardır. Bu tip dalgakıranlar kullanılan malzeme olarak bilindik taş dolgu dalgakıranlardan farklı değildir, ancak koruma bir basamak yapısı dalgakıranın önüne yapılmaktadır. Bu basamak yapısı zamanla dalga etkisiyle tahribata uğrayıp dalga kıranın "S" şekline benzer bir yapı almasını hedefler ve daha doğal bir yapı şevine yönelerek stabiliteyi artırır. Basamaklı dalgakıranlar bu basamak yapısının uğradığı şekil değiştirmesine bağlı olarak çeşitlere ayrılırlar. İlk olarak İzlanda'da yapılan ve birçok farklı taş kategorisinin kullanıldığı tipe İzlanda tipi, nispeten daha az ve hatta tek koruma taş kategorisinin kullanıldığı tipe Taş Ağırlık Koruma tipi denilmektedir.

Dalgakıranlar sadece dolgu ya da beton yapılar dışında farklı şekillerde de karşımıza çıkarlar. Bunlardan bir tanesi yüzer dalgakıranlardır. Belli açılardan korunaklı bölgelerde, belli dalga yüksekliği ve periyodunun altında dalga etkisine maruz kalan bölgelere hem uygulama kolaylığı hem de taş dolgu dalgakıranlara göre ekonomik olduklarından belirtilen lokasyonlarda gerekli şartları sağladığında kullanımları tercih edilir. Ayrıca kum taşınımını da sekteye uğratmadığından sedimantasyona neden olmazlar. Tasarımını en çok etkileyen parametre dalga geçirimi olup yüzer dalgakıranın draftı ve su altında kapladığı alan, kestiği dalga miktarı ile orantılıdır. Yüzer iskeleler belli sayıda tonozlarla deniz tabanına ankrajlanırken, kullanım amaçlarına göre kendi aralarında da bağlantılarla stabiliteleri sağlanmaktadır.

Bir başka dalgakıran tipi ise düşey yüzlü dalgakıranlardır. Kompozit yapıda olabileceği gibi daha farklı birçok çeşidi de mevcuttur. Tasarımında dikkat edilmesi gereken husus; dalgakıranın gelen dalga yükü karşısında, temelinde kayma yaşanmaması ve gerekli ağırlığa sahip olup devrilmeye karşı dayanıklı olmasıdır. Ayrıca dalga yansımalarına da elverişlidir. Düşey ve düzgün bir dış yüze sahip oluşu yüksek oranda gelen dalgaları minimum oranda enerji kaybıyla yansıtmaktadır.

Verilen bilgiler ışığında bu tez çalışması kapsamında, dalgakıranların gövdesinde koruma tabakası olarak kullanılan koruma tabakası elemanlarından, taş anroşman ile beton yapay bloklar arasında bir karşılaştırılma yapılması ve bu karşılaştırılma yapılırken, iki farklı deniz karakteristiğine sahip iki bölge seçilerek her iki koruma elemanı için bir dalgakıran tasarımı A'dan Z'ye tasarlanarak karşılaştırılması yapılmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

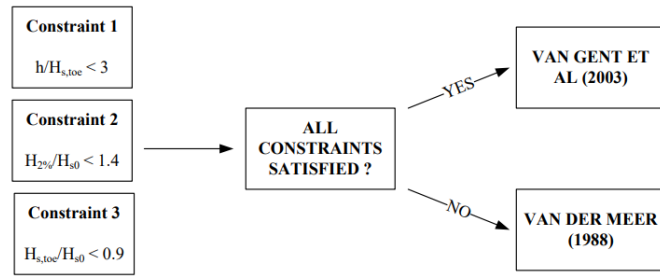
2.1 Literatür Özeti

Dünyada bulunan dalgakıran tipleri geçirimli ve geçirimsiz dalgakıranlar olarak ikiye ayrılabilir. OCDI'ye göre ise dalgakıranlar üç ana başlık altında toplanmıştır. Bunlar Taş Dolgu/Yapay Blok Kullanılan Dalgakıranlar, Düşey Yüzlü ya da Kompozit Dalgakıranlar ve Ağırlık tipi olmayan (Yüzer, kazıklı vs.) Özel tip dalgakıranlardır [5].

Dalgakıran tasarımıyla ilgili olarak tarihte yapılan ilk çalışma 20.yy'ın başlarına dayanmaktadır. De Castro ve Briones tarafından yayınlanan ilk formülasyon, dalgakıran koruma tabakasında kullanılacak olan koruma elemanının büyüklüğünü bulmayı sağlar. Daha sonra hala günümüzde dahi yaygın olarak kullanılan Hudson formülü çıkmıştır ve devamında Van der Meer kendi tasarım formülünü ortaya koymuştur. Van Gent ise bu formülü geliştirerek, modifiye bir Van der Meer formülü sunmuştur. Kendine ait bir tasarım formülünü ise 2005'te çıkarmıştır. Bu tez kapsamında da dalgakıran koruyucu tabakası tasarımında bu formüller ışığında çalışılmıştır [6].

Ergin, Öner ve Günbak ise dalgakıran tasarımı adına ülkemizde öncül çalışmaları gerçekleştirerek, zamanında mevcut tasarım yaklaşımlarını incelemiş ve dalgakıran tasarımı adına önerilerde bulunmuşlardır [7].

Rock Manual tarafından verilen direktife göre de Van der Meer ve Van Gent'in modifiye ettiği formüllerin birlikte kullanımı önerilmiştir. Yine Rock Manual'da belirtildiği üzere, sadece sığ sularda değil orta derinlikli sularda da beraber kullanılması önerilmiştir. Ancak kesin olarak bir sınır bulunmamaktadır. Güler yaptığı çalışmasında bu formüllerin uygulanmaları için belirli şartları içeren bir şema da oluşturmuştur. Bu şema Şekil 2.1'de verilmiştir [8-9].



Şekil 2.1 Van der Meer ve Van Gent Formüllerinin Uygulama Şartları [9]

AYGM şartnamesinde belirtildiği üzere Van der Meer'ın sığ su ve derin su formülleri, topukta göreceli su derinliği ve topukta dalga yüksekliği oranına bağlı olup hangi koşulun geçerli olduğuna bakılarak kullanılmalıdır. Van Gent formülünün kullanımı ise üç farklı değişkene bağlı tutulmuş ve şartları sağlayanlar dahi modelleme testleri ile kullanımları önerilmiştir [10].

Bu formüllerden ayrı olarak Heder dalgakırana gelen dalganın özelliklerini, geliş yönünü, geldiği derinliği eğimini ve kullanılan koruyucu elemanın yoğunluk ve geçirgenliğinin farklarının dalgakıran yapısında oluşturabilecek hasarları incelediği bir çalışma yapmıştır. Ancak Heder formülünün diğer formüllerden ayıran en büyük özelliği dalga çekilmesini dahi hesaba katmasıdır. Hem tırmanış hem de çekiliş için dalgakıran stabilitesini ayrı ayrı ele alır [11]. Turan yaptığı çalışmalar sonucunda dalgakıran şevinin ($\cot\alpha$) yaklaşık 3.3 olduğu durumda tırmanma ve çekilmenin kesiştiğini ve her ikisinin de etkili olduğunu göstermiştir. Eğimin $\cot\alpha=3.3$ değerinden daha az olduğu yapılarda çekilmeyi, daha yüksek olduğu yapılarda tırmanmayı etkin parametre olarak belirtmiştir. Ancak literatürdeki diğer formüllerin aksine, eğim azaldıkça Heder formülünde stabilitenin azaldığını gözlemlemiştir. Bir başka eksikliği ise dalga dikliği parametresini bulundurmamasında dolayı, Van der Meer formülleriyle birlikte kullanılmasını ve böylelikle tasarımda rol oynayan birçok parametreyi hesaba kaymayı önermiştir [12]. Yine de Heder formülü ülkemizde kullanımı çok yaygın olmayıp, AYGM'nin yayınlamış olduğu Kıyı Yapıları Planlama ve Tasarım Teknik Esaslarında da bulunmamaktadır [10].

Bir başka çalışmada Vidal ve ark. dalga yüksekliğine bağlı olarak hasar parametresi belirlemeye çalışmıştır. Bunun için ise dalgakıranın gelmesi öngörülen en yüksek dalga yüksekliğine sahip 50 dalganın ortalamasını belirten H_{50} parametresi tanımlanmıştır [13]. Dalga adetini göz önüne alan bu çalışmadan sonra Van der Meer'in (1988) da dalga sayısını formülüne taşıdığı görülmüştür [2]. Van Gent ise modifiye ettiği Van der Meer formülünde dalgaların Rayleigh dağılımına uyup uymadığına dahi değinilmiştir [3].

Koç taş dolgu dalgakıranlarda ileri ve geri beslemeli sinir ağları yöntemini kullanarak ön tasarım aşamasında bir çalışma yapmış ve bunu mevcut yöntemler ile karşılaştırmıştır [14].

Jensen ve ark. (ASCE) dalgakıran üzerinde oluşabilecek hasar konusunda düzenli ve düzensiz dalgaların kullanımıyla oluşabilecek fark, düzensiz dalgaların Spektral Dalga Yüksekliği, H_{m0} olarak sınıflandırılması ile ortaya konulabileceğini ifade etmiştir [15].

Yağcı düzenli ve düzensiz dalgaların etkilerini karşılaştırmak adına yaptığı çalışmalar sonucunda Hudson Stabilité Katsayısı, K_D ve stabilité fonksiyonu olarak adlandırılabilir olan $K_D \cot \alpha$ değerlerinin düzensiz dalgalarda düzenli dalgalara göre yapılan testlere bakıldığında daha küçük olduğu görülmüştür. Bunu H_s kullanımına bağlamış olup, belirgin dalga yüksekliğinin en yüksek 1/3 dalganın ortalaması olduğundan, H_s 'ten büyük dalgaların Hudson formülünde dahil edilmemesiyle açıklar. Bir nevi düzensiz dalga kullanmayı bir güvenlik katsayısı gibi görmüştür [16].

Yağcı dalgakıran stabilitesi hesaplanırken, dalga yüksekliklerinden belirgin dalga yüksekliğine tekabül eden H_s 'i formüllerde kullanmayı önermiştir. Çalışmaları sonucu $H_{1/10}$ ve H_{maks} sırayla H_s 'ten sonra geldiğini vurgulamıştır [16].

Ergin ve Özbahçeci ise H_s 'ten daha büyük ekstrem dalga yüksekliklerinin tasarımıdaki geçerliliğini çalışmıştır. En büyük ve en küçük dalgaların Van der Meer formülündeki geçirimsizlik ve Hudson formülünde ise H_s veya $H_{1/10}$ kullanımı üzerinden değerlendirdiklerinde Hudson formülünde H_s yerine $H_{1/10}$ 'un kullanılması, Irribaren sayısı hem dalga yükselme hem de düşme kuvvetlerinin etkili olduğu geçiş bölgesinden uzakta olduğunda fazla tahmin edilen ağırlığı iki katına çıkardığını belirtmişlerdir. Bununla birlikte, deney durumu en yüksek dalganın daha yüksek koruma ağırlıkları verdiği geçiş bölgesinin yakınında hafife alındığını belirtmişlerdir. Koruma taşının tasarım ağırlığı, van der Meer'in $P=0.4$ formülleri ile hesaplandığında, yüksek ekstrem dalgalar durumunda ağırlığın %30'a kadar arttırılması gerekebileceği, öte yandan, Van der Meer'in formülleri, aşırı dalgalar düşük olduğunda ağırlığı %14 fazla tahmin edebileceği belirtilmiştir [17].

Franco ise yaptığı çalışmada dalgaların kırılma durumlarını mevcut kırılma formüllerini modeller oluşturarak deneye tabi tutmuş, elde ettiği sonuçlarıyla da mevcut formülleri karşılaştırarak mukayese etmiştir [18].

Benzer bir çalışma ise 1987'de Amerikan Kıyı Mühendisliği Araştırma Merkezi (US Coastal Engineering Research Center - CERC) özellikle sınırlı kırılan dalgaların oluşturduğu etkileri araştırmak için bir düzine deneyler yapmıştır. Topuk tasarımında en etkili olan faktörün topuk üstü derinliği ile mevcut derinliğin oranı olduğu belirtilmiştir. Topuk tasarımının ise özellikle sığ sularda yapılan dalgakıranlarda dikkate alınması önerilir. Bir basamak ya da bir palye olarak düşünülebilir [19].

Ayrıca Turan yaptığı çalışmada, birçok parametrenin dalgakıran tasarımında etkin rol aldığını belirterek, dalgakıranın yapılacağı tabanın özellikleri, oturma yapısı yapmayacağı, hareketli ve sabit malzemenin olup olmadığı gibi geotekniksel parametrelerin de önemine vurgu yapmıştır [12].

Kamali ve Hashim ise mevcut dalgakıran tasarım formüllerinin beraberinde getirdiği avantajları, ilk tasarım formüllerine göre hasar yönünden karşılaştırarak, mevcut formüllerin stabilitesini çalışmıştır [20].

Dalgakıranlarda koruma tabakası olarak duruma göre taş anroşman veya yapay beton bloklar kullanılabilmektedir. Gelişen araştırmalar sonucunda beton küp, antifer, tetrapod, dolos, coreloc, accropod vs. birçok blok günümüzde kullanılmaktadır. Bu tez kapsamında antifer, tetrapod ve dolos incelenmiştir.

Yapay blok tasarımında Hudson formülü, her bir blok çeşidi için içerdiği farklı K_D katsayısı ile tasarımda kullanılan en yaygın formüldür. Literatürde bu konuda başka yaklaşımlar da mevcuttur. Bu yaklaşımlar Hudson formülünde olduğu gibi tek bir formül üzerinden olmayıp, her bir yapay blok farklı farklı formülleri ve katsayıları içerir. Ancak örnek olarak Van der Meer ,Chegini ve Aghtouman , Holtzhausen ve Zwamborn yaptıkları çalışmalar sonucu ulaştıkları formüller deneysel parametre içermelerinden dolayı pratik kullanıma uygun olmayıp, deneysel çalışma gerektirmektedirler [21-23].

Holtzhausen ve Zwamborn'un yaptığı çalışmaya ek olarak Burchart ve Liu ise Dolos için bir tasarım metodu üzerine çalışmalarını gerçekleştirmişlerdir. Yine diğer formüllerde olduğu gibi deneysel çalışma gerektirmektedir [24].

Antifer tasarımında geçirgenliğin önemine Estramed vurgu yapmış ve bu oranın yaklaşık %46 civarında olması gerektiğini belirtmiştir. Yüksek porosite demek, gelen dalganın tırmanmasının azaltılması, enerjisinin azalması ve yüksek oranda türbülansa maruz kalması anlamına gelmektedir. Ayrıca Estramed çalışmasında Antiferlerin diğer yapay blok türlerine oranla üretiminin diğerlerine göre kolaylığı, düşük maliyet ve onarım kolaylığı ile ön plana çıktığını savunmuştur [25].

Antifer, tetrapod gibi taşlar iki sıra olarak filtre tabakasının üzerine dizilmektedirler. Tetrapodlar üzerinde de iki sıralı dizildiği durumda oluşabilecek hasar durumu için Jong ve ark. bir dizi model üzerinde deneyler gerçekleştirmiştir. Sabit dalga dikliği ve artış gösteren dalga yüksekliği ve periyotlarına göre elde edilen sonuçlarda hasar oluşmuş ve bunu kümülatif olarak hesaba katmışlardır. Daha sonrasında ise Tetrapod sıklığı, dalga yüksekliği ve dalga dikliği artırılarak ikinci bir deney daha yapılmış ve üst tabakanın hasarının alt tabakalarda oluşan hasara bağlı olduğu ve alt tabaka hasar görmedikçe dalgakıran geometrisinde değişim olmadığı gözlemlenmiştir. Engin ise bunlara ek olarak belirli bir kritik dalga yüksekliğinden sonra oluşan hasarda gözle görülür bir artış olduğunu gözlemlemiştir [26-27].

Frens ise yaptığı çalışmada, iki sıra olarak dizdiği antiferlerin diziliş şekline göre düzenli, düzensiz, açık veya kapalı piramit şekilleri vb. birçok laboratuvar deneyi yapmış ve her bir diziliş şekli için kazanımlarını ve eksikliklerini ortaya koymuştur [28].

Antifer, küp veya tetrapod gibi bloklardan farklı olarak, Accropod ve Coreloc blokları ise tek sıra olarak dalgakıran üzerlerine yerleştirilirler. Engin tek sıra dalgakıranlarda oluşmaya başlayan bir hasarın oldukça çabuk yayıldığı ve tüm dalgakıran gövdesinde hasara yol açabildiğini belirtmiştir [27].

Akman, dalgakıran yapısında kullanılan malzemelerin stabilitesinde sıra sayısı, yüzey pürüzlülüğü gibi parametrelerin önem arz ettiğini, yapay koruma elemanları söz konusu olduğunda ise kullanılan beton sınıfı ve beton içerisindeki agrega kullanımının dalga koşullarına ve deniz aşınmasına karşı önemini vurgulamıştır. Yapay blokların özel şekilleri dolayısıyla kazandıkları kenetlenme özelliği artıkça yapının hidrolik stabilitesinin arttığını ancak yapısal stabilitesinin azaldığını belirtmiştir. Yaptığı analizlerde minimum beton sınıfını kullanmaya özen göstererek (C20) muhtemel ortaya çıkacak sonuçları gözlemlemiş, bu blokların dalga etkisiyle oluşabilecek kenetlenmelerinde doğacak gerilmelere karşı daha yüksek sınıflarda beton malzemesi kullanmayı önermiştir. Yaptığı çalışma sonucunda ise hidrolik stabilite açısından küp ve antiferleri, yapısal stabilite açısından ise accropode ve coreloc bloklarını avantajlı olduğunu görmüştür, ancak çalışması kapsamında çeşitli sebepler sonucunda karşılaştığı hasar sonucu kırılan bloklar için bir K_D değeri olmadığını belirtmiştir [29].

Unat ise yaptığı çalışmasında konuya maliyet yönünden yaklaşmış ve değişen derinliğe göre antifer ya da taş anroşman kullanımı konusunda önerilerde bulunmuştur. Derinliğin arttığı durumlarda taş anroşmanı, azaldığı durumlarda ise antifer kullanımının ekonomik açıdan daha uygun olduğunu belirtmiştir. Bunu ise Hudson formülünden yola çıkarak, derinliğin artmasıyla taş büyüklüğünün artması ve stabilite katsayısının antifere oranla düşük olmasıyla açıklamıştır. Ayrıca yapı eğiminin artışının ve dalgakıranın yapılacağı derinliğin azaldıkça maliyeti yükselteceğine değinmiştir [30].

Tutuarima ve d'Angremond ise belirli bir dalgakıran vaziyeti üzerine hayali bir deniz iklimi ile çalışarak farklı dalgakıran türleri üzerinde bir maliyet karşılaştırması yapmıştır. İlgili Dalgakıran kesitlerini Breakwat programı üzerinden tasarlayarak taş dolgu ve keson tipi dalgakıranları çalışması için uygun görmüş ve hesapladığı bir başka tip olan kompozit dalgakıranlarını ise 20 m ve daha derin kısımlar için avantajlı olabileceği konusunda öneride bulunmuştur [31].

Yağcı çalışmasında $\cot \alpha$ 1,5-2,5 arası şevlerde antiferlerin hem beton küplere hem de tetrapodlara göre daha stabil bir yapıda olduğunu ortaya koymuştur [16].

Dalgakıran tasarımında bir başka önemli konu ise sismik davranışlarıdır. Cihan bu konuda yaptığı çalışmada depremin olduğu hasar üzerine yoğunlaşmış ve anroşmanlarla kurduğu modelde deprem dalgasının genliği ve frekansının artmasıyla kuru ortamdaki deney sonuçlarına benzer olarak dalgakıran geometrisindeki değişimleri gözlemlemiş ve hasar miktarındaki artışı belirtmiştir. Ancak hasar miktarının kuru ortamdakine kıyasla daha büyük olduğunu, bunun da sebebini dalgakıran yapısında kullanılan malzemelerin batıklık etkisi içinde ve hidrodinamik yük altında olmasıyla açıklamıştır. Her ne kadar koruma tabakasında kullanılan malzemenin birbirine kenetli halde olmasıyla yekpare bir yapı gibi direnç göstermesine rağmen alt tabakalar ile kenetlenmelerinin az olması nedeniyle kayma etkileri sonucu kurduğu modellerde bölge çekirdek tabakasının açığa çıktığını göstermiştir. Ayrıca çalışması kapsamında hasarın yüzdelik dilimlerinin hangi süre aralığında olduğu ve gelen deprem ivmesinin yaklaşık tekabül ettiği hasar katsayısını da belirtmiştir [32].

Yine Temel ve Doğan dalgakıran yapısında oyulmanın önemine vurgu yapmış, dalgakıran yapısında kullanılan malzemelerin iriliklerine bağlı olarak, Shields parametrelerini dikkate almış ve mevcutta kullanılan oyulma denklemleriyle uyumlu olduğunu göstermişlerdir [33].

Kaçmaz ise boşluklu dalgakıranlarda dalga etkisi sonucu oluşabilecek akımın, dalgakıran gerisinde liman içi akıma etkisini bir dize deneyler yaparak çalışmıştır [34].

Balas ve Ergin'in yapmış olduğu bir başka çalışma ise dalgakıranlarda tsunami etkisiyle oluşabilecek hasarları incelemek üzerine olmuştur. Örnek olarak çalışma yaptıkları Haydarpaşa Dalgakıranı üzerinde geliştirdikleri "İkinci dereceden Dayanım İndeksi Metodu" ile güvenlik değerlendirmesi yapabilecek bir kullanışlı bir model elde etmişlerdir [35].

İdi ise İstanbul'un Karadeniz kesiminde bulunan Karaburun Balıkçı Barınağı için farklı koşul ve tasarım ömürleriyle ilgili olarak hasar olasılıklarını Breakwat programı üzerinden hesaplamış ve farklı tasarımda altında oluşacak hasar olasılıklarını farklı grafiklerde sunarak, kendi aralarında yorumlamıştır [36].

Breakwat programının kullanıldığı bir başka çalışmada ise Hosseini ve Shafieefar basamaklı dalgakıranların dalga etkisi altında yapı yüzeyindeki şekil değiştirmesini konu aldıkları yüzlerce deneyden elde edilen sonuçları işledikleri bir Matlab kodu ile Breakwat arayüzünde mevcut olan basamaklı dalgakıran hasar profilini karşılaştırmışlardır. Bu sayede deneysel sonuçlar ile yazılım arasındaki varyasyonu göz önüne koymuşlardır [37].

Zeebrugge dalgakıranlarının tasarımı sırasında taş dolgu dalgakıranların geoteknik stabilitesine yönelik kapsamlı çalışmalar, araştırmalar, testler ve incelemeler yapılmıştır. De Rouck ve Van Damme tarafından bu veriler ışığında taş dolgu dalgakıranların şev stabilitesi analizi için yarı dinamik bir yaklaşım sunularak daha derin kayma kaması tayini için gelgit ve dalga yükleri de yapılan çalışmada dikkate alınmıştır. Çalışma sonucunda dalgakıranların özellikle denize doğru olan şevlerinin şev duraylılık analizinin de koruma tabakasının tasarımı kadar önemli bir parametre olduğu belirlenmiştir [38].

Cihan ve Yüksel tarafından yapılan çalışmada ise rijit bir zemin üzerine yerleştirilmiş geleneksel taş dolgu dalgakıranının göçme mekanizması incelenmiş ve bu davranışı anlamak adına topuklu ve topuksuz olarak imal edilmiş olan taş dolgu dalgakıran modellerini, bir sarsma tankı içinde farklı frekans ve genliklerde dinamik yüklemeye maruz bırakacak olan bir deneysel çalışma gerçekleştirilmiştir. Deneysel bulgular aynı zamanda sayısal analizlerle de kıyaslanmıştır. Sayısal analiz olarak Newmark Yöntemi, Bishop Analizi ve sonlu elemanlar yöntemi kullanarak analiz gerçekleştiren Plaxis yazılımı yardımıyla Dinamik Davranış Analizi yapılmıştır [32].

Yukarılarda alıntılanmaları yapılan birçok çalışmadan anlaşılabileceği üzere, dalgakıran tasarımında rol alan birçok etkin durum söz konusudur. Bu çalışmalarda koruyucu eleman tonajından, dalga tırmanmaları vs. çokça parametre ayrı ayrı çalışılmış olup, bütün bir halde dalgakıran tasarımına yönelik bir çalışma yapılabilmesi adına, bu tez amacı kapsamında Türkiye kıyılarından iki farklı bölgeden farklı dalga iklimlerine sahip hem taş dolgu hem de yapay beton blokların kullanıldığı bir dalgakıran tasarımını bütünüyle çalışılmış ve bir nevi bir dalgakıran tasarım rehberi olması amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında teorik hesaplar, bahsedilen Breakwat programı ile kıyaslanmış ve çeşitli çıkarımlar yapılmıştır.

Çalışma kapsamında hesaplanan koruyucu tabaka ağırlıkları, dalga tırmanması, aşması vb. kriterlerin karşılaştırmasını yapabilmek adına Deltares tarafından çıkarılan “Breakwat” programı kullanılmıştır. Breakwat taş dolgulu/yapay bloklu, düşük kretli, basamaklı ve hatta düşey yüzlü dalgakıranlar gibi birçok dalgakıran tasarımında kullanılabilen bir programdır.

Buna ek olarak yukarıda bahsi geçen araştırmalar ışığında bu çalışmaya konu tasarımı yapılan kesitler için ayrıca şev duraylılığı analizleri yapılmıştır. şev stabilitesi ile ilgili olarak Taşkıran ve Yavuz yaptıkları çalışmalarında hem iki hem iç boyutlu olarak modelledikleri yapıları analiz etmiş ve bu yöntemin dalgakıranlarda şev stabilitesi açısından çalışılabilir olduğunu göstermişlerdir [39]. İlgili şev analizlerini gerçekleştirmek adına sonlu elemanlar yöntemiyle alışan Plaxis 2D (V20) yazılımı bu tez kapsamında kullanılmıştır. Plaxis 2D, geoteknik mühendisliğinde karşılaşılan karmaşık problemleri sonlu elemanlar yöntemi yardımı ile çözmeye yarayan, deformasyon analizleri, stabilite analizleri, dinamik analizler, zamana bağlı davranış analizleri yapan bir yazılımdır.



2.2 Teorik Özet

2.2.1 Dalga Transformasyonu

2.2.1.1 Dalga Sığlaşması

Derin deniz dalgaları, derin sulardan dalga boylarının yarı uzunluğuyla aynı değerde derinliğe geldiklerinde deniz tabanı etkisini hissetmeye başlarlar. Dalga kıyıya doğru, belirli düzgün bir kıyı eğimi ve deniz tabanı eğrilerine dikey olarak hareket ettiğinde sığlaşma etkisine maruz kalır; enerjisi, hızı ve yüksekliğinde değışiklikler meydana gelir. Küçük genlikli dalga teorisiyle açıklanan, düzenli dalgalar için kullanılabilir sığlaşma katsayısı K_s , Denklem 2.1 ile hesaplanabilir [10].

$$K_s = \left(\frac{C_{go}}{C_{gi}} \right)^{0.5} \quad (2.1)$$

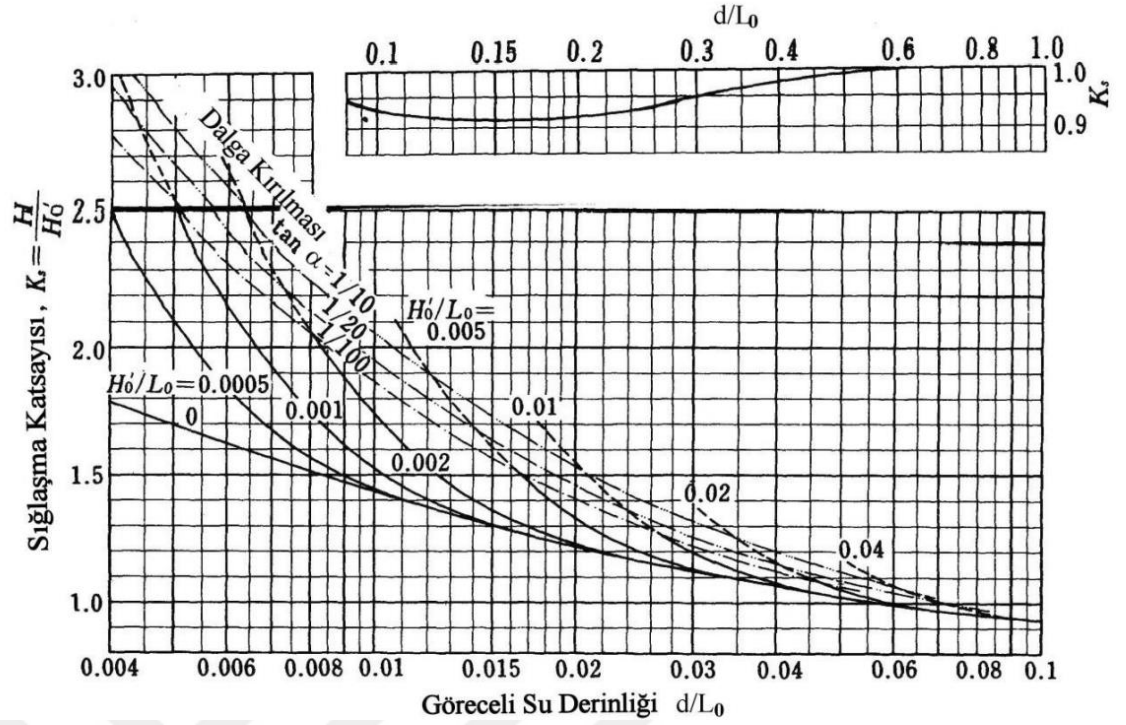
Bu denklemde, C_{go} “Derin Deniz Dalga Grup Hızı”, C_{gi} ise “Herhangi bir Derinlikteki Dalga Grup Hızı” nı göstermektedir. Çalışılan derinliğe göre C_{gi} değeri elde edilmelidir. İlgili değerler sırasıyla Denklem 2.2 ve 2.3 ile elde edilebilir [10].

$$C_{go} = 1,56 T \times 0.5 \quad (2.2)$$

$$C_{gi} = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{4\pi d/L}{\sinh(\frac{4\pi d}{L})} \right) \frac{gT}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right) \quad (2.3)$$

Burada T dalga periyodu, d çalışmanın yapıldığı derinliği simgeler. Verilen denklemlerden ayrıca ilgili sığlaşma katsayısı değeri Svendsen tarafından hazırlanan Gravity Wave Table (GWT) ‘den bakılarak, interpolasyon sonucu da elde edilebilir [40].

Sığlaşma katsayısı göreceli su derinliğine bağlı olarak Şekil 2.1’de gösterilen grafikler yardımıyla da elde edilebilir.



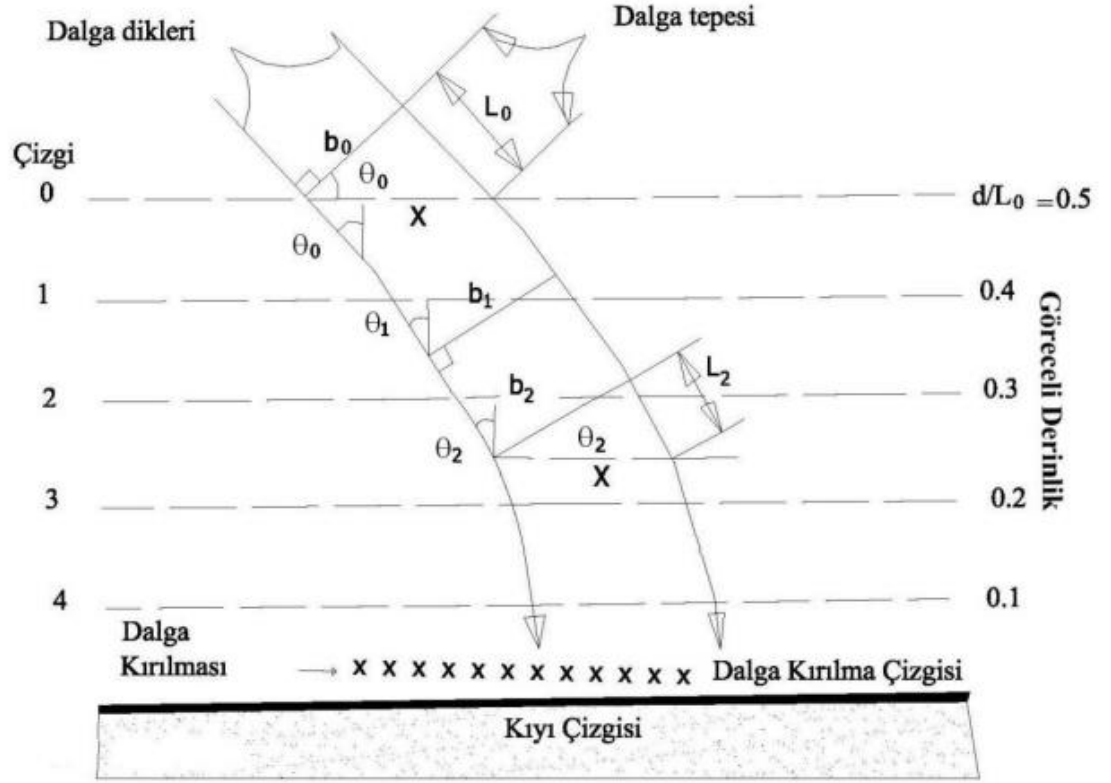
Şekil 2.2 Göreceli Su Derinliğine Göre Sığlaşma Katsayısı Grafikleri [5]

2.2.1.2 Dalganın Sapması

Derin deniz dalgaları, sığlaşma kısmında anlatıldığı üzere deniz tabanı etkisini hissetmeye başladıklarında, deniz tabanı paralelleri her zaman dalga normaline dik olmazlar. Bu durumda gelen dalgalar deniz tabanı paralellerinin yönlendirmesine maruz kalarak saparlar, diğer bir tabirle yönlerinde değişiklikler meydana gelir. Buna “Dalganın Sapması” adı verilmekte ve K_r ile gösterilmektedir. (Şekil 2.2)

Özellikle bu sapma sonucu dalga yüksekliğinde değişimler meydana gelmektedir. Ayrıca dalgalar kırıldığında, kırılma derinliğini ve kırılma anındaki dalga yüksekliğini etkilemektedir. Bir diğer önemli etkisi ise kıyı yapıları tasarımında, yapının konumlandırılması açısından dalgaın sapma yönü önem arz eder. Dalgaın beraberinde taşıdığı sediment için de fikir verebilmektedir.

Dalganın sapma katsayısı K_r , Denklem 2.4 ile açıklanmıştır,



Şekil 2.3 Şematik olarak Dalga Sapması [10]

$$K_r = \sqrt{\frac{b_0}{b_1}} = \sqrt{\frac{\cos \theta_0}{\cos \theta_1}} \quad (2.4)$$

θ_0 burada dalğanın derin denizden gelirken, deniz tabanını hissetmeye başladığı andaki geliş açısını, θ_1 ise çalışmanın yapılacağı herhangi bir derinlikteki dalga geliş açısını temsil eder. θ_1 dalga boyuna bağlı olarak “Snell Yasası” ile elde edilebilir [10].

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_0} = \frac{L_1}{L_0} = \frac{C_1}{C_0} = \tanh kd_1 \quad (2.5)$$

Birçok parametre ile elde edilebilen θ_1 formüllerinde kullanılan parametreler, L_0 Derin Deniz Dalga Boyu, L_i çalışılan d_i derinliğindeki dalga boyu, C_0 derin deniz dalga hızı, C_1 çalışılan d_1 derinliğindeki dalga hızıdır. Tanhk d_1 değerine ise hesaplayarak ulaşılabilceği gibi GWT tablosundan da interpolasyonla elde edilebilir.

Formüllerden bağımsız olarak, düzenli ve düzensiz dalgalar için sapma katsayısı elde etmede kullanılabilecek grafikler, göreceli su derinliğine göre değişiklik göstererek, mevcuttur [5].

2.2.1.3 Dalga Kırılması

Dalgalar derin denizden sığ sulara geldiklerinde, kırılma yaşanana kadar dalga yükseklikleri artarken, dalga boylarında azalma görülebilir. Dalga dikliği dalga kırılana kadar artmaya devam eder. Bu süreçte aynı dalga üzerindeki birbirinden farklı iki noktanın da hızları arasında fark oluşur, dalganın ön yüzü arka yüzüne oranla daha dik bir hal alır. Dalgalar kırıldığında, dalga yüksekliğinde azalma meydana gelir ve dalga patlayıcılığını kaybettiğinden enerjisi de oluşan türbülansın dolayısı azalır.

Dalgalar kırılmalarına göre dört ayrı kategoriye ayrılırlar, bunlar spilling (köpürerek kırılma), plunging (kıvrılarak kırılma), collapsing (kabararak kırılma) ve surging (şişerek kırılma) tipi kırılmalardır. Spillingten Surging'e gittikçe daha dik bir açı meydana gelir. Dalgaların hangi türde kırıldıklarını belirlemek adına "İribarren sayısı(ξ_0)" Denklem 2.6'ya göre hesaplanabilir [10].

$$\xi_0 = \frac{m}{\sqrt{\frac{H_0}{L_0}}} \quad (2.6)$$

Burada, H_0 ve L_0 derin deniz parametreleri iken, m deniz tabanı eğimidir. CERC'e göre belirtilen aralıklara kırılma tipi dağılımları aşağıdaki gibidir [41];

- | | |
|-----------------|---------------------|
| i) Spilling | $\xi_0 < 0.5$ |
| ii) Plunging | $0.5 < \xi_0 < 3.0$ |
| iii) Collapsing | $3.0 < \xi_0 < 3.5$ |
| iv) Surging | $3.5 < \xi_0$ |

Derin suda oluşabilecek en büyük dalga dikliği 1/7 olarak belirtilmiş olup bu sınır egale edildiğinde dalgalar kırılmaktadır.

Sığ sulardaki dalga kırılmasının hangi derinlikte ve hangi dalga yüksekliğinde yaşandığını hesaplayabilmek için doğrusal batimetrik alanlarda Coastal Engineering Manuel (CEM)’de verilen “Weggel” formülleri kullanılabilir [41].

Dalga kırılırken oluşan dalga yüksekliği H_b ile gösterilirse, eşdeğer derin deniz dalga yüksekliği (H_0')’ne bağlı olarak aşağıdaki gibi bulunur.

$$H_0' = K_r \times H_0 \quad (2.7)$$

$$\Omega = \frac{H_b}{H_0'} = 0,56x\left(\frac{H_0'}{L_0}\right)^{-0,2} \quad (2.8)$$

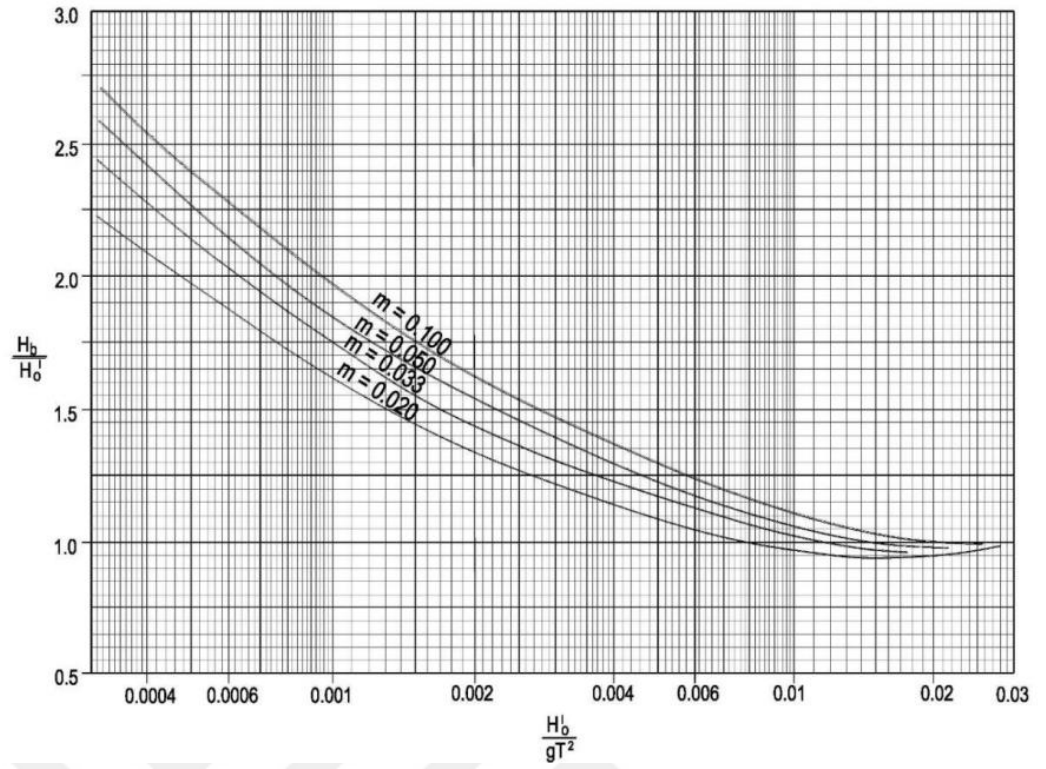
Denklem 2.9 ile gösterilen ifade Kırılma Boy İndeksi olarak tanımlanır. Denklem 2.10 ve devamında açıklanan formüllerde ise kırılma indisleri tanımlanmıştır. Kırılmanın görüldüğü kırılma derinliği ise d_b ile gösterilmektedir.

$$\gamma_b = \frac{H_b}{d_b} = b - a \frac{H_b}{gT^2} \quad (2.9)$$

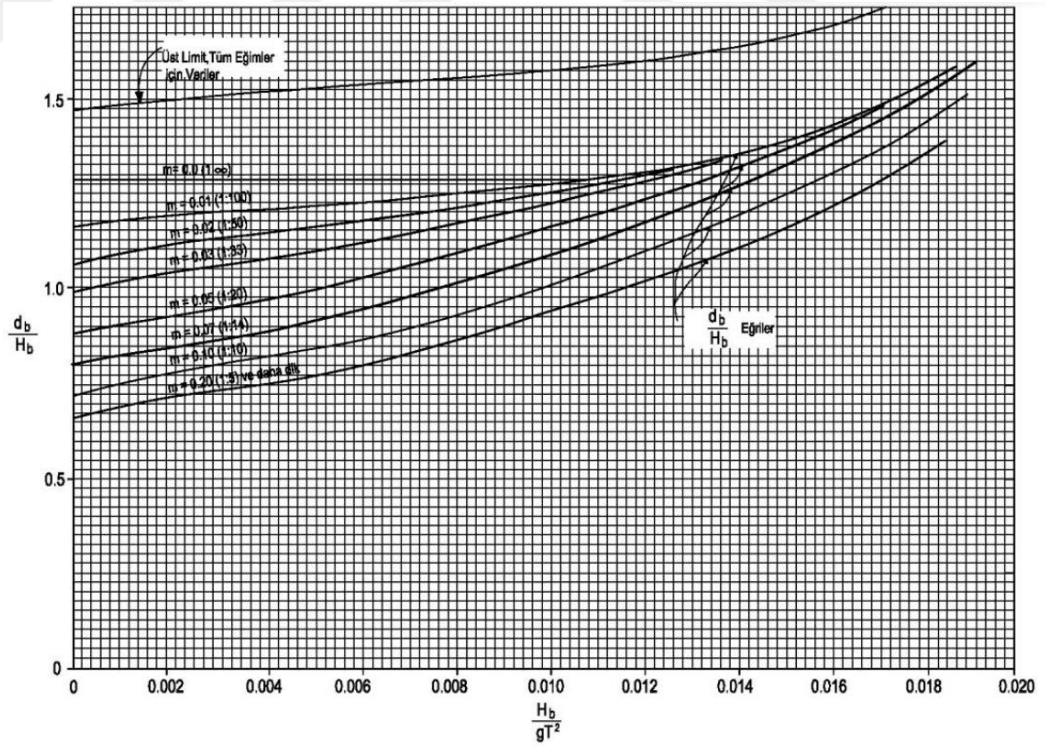
$$a = 43,8x(1 - e^{-19m}) \quad (2.10)$$

$$b = \frac{1,56}{(1+e^{-19,5m})} \quad (2.11)$$

Ayrıca bu formüllerden bağımsız olarak H_b ve d_b değerlerini elde etmeye yarayacak grafikler (Weggel ve GODA) mevcuttur [42-43]. Bu grafikler istenilen derinlikteki dalga kırılması değerleri ile beraber, oluşabilecek en kritik kırılma parametrelerini de verebilmektedir. İlgili grafikler Şekil 2.3 ve Şekil 2.4’te verilmiştir .



Şekil 2.4 Dalga Dikliği ile Dalga Kırılma Değerleri arası ilişki [43]



Şekil 2.5 Boyutsuz Dalga Kırılması Parametresi ile Boyutsuz Dalga Kırılma Derinliği arası ilişki [42]

Dalgalar kırılırken, kırılma işlemi bir anda oluşup bitmez. Bir surf bölgesince bu olay devam etmektedir. Galvin surf bölgesinin uzunluğunu tespit edebilmek adına surf uzunluğu ile dalga kırıldığındaki yüksekliği arasındaki ilişkiyi Denklem 2.12’te göstermiştir [44].

$$x_p = (4,0 - 9,25m)H_b \quad (2.12)$$

2.2.2 Dalgaların Yapı Önüne Taşınımı

Derin deniz dalga verilerinin yapı önüne taşınması sırasında; sığlaşma, sapma ve kırılma gibi olaylardan geçerek, dalga yüksekliğinde değişimler meydana gelmektedir. En basite indirgenmiş haliyle dalga transformasyonu Denklem 2.13’te verilmiştir. Önceki başlıklarda bahsedilmeyen K_d parametresi dalga dönmesi olup, örnek olarak dalgakıran müzvarına gelen dalgaların basene girerken yön değiştirmeleri olarak verilebilir. Çalışma eğer ki bir körfez benzeri oluşum içermiyorsa tasarım dalgası elde edilirken çok büyük önem arz etmemektedir [10].

$$H_{s0} * K_s * K_r * K_d = H_s \quad (2.13)$$

Yukarıdaki formülden daha detaylı olarak ise GODA’nın yapmış olduğu yöntem ile Van der Meer’in dalga dikliğine bağlı olarak verdiği enerji bozunum grafikleri kullanılabilir [45].

2.2.2.1 GODA

Goda yöntemi Denklem 2.14 ve devamındaki denklemler ile açıklanmıştır.

$$H_s = \begin{cases} K_s H_0' & \frac{d}{L_0} \geq 0.2 \\ \min[(\beta_0 H_0' + \beta_1 d); \beta_{maks} H_0'; K_s H_0'] & \frac{d}{L_0} < 0.2 \end{cases} \quad (2.14)$$

Burada, H_0 ' daha önce de bahsedilen Eşdeğer Derin Deniz Dalga Yüksekliğidir. β parametreleri ise aşağıda verilen denklemler ile hesaplanabilir.

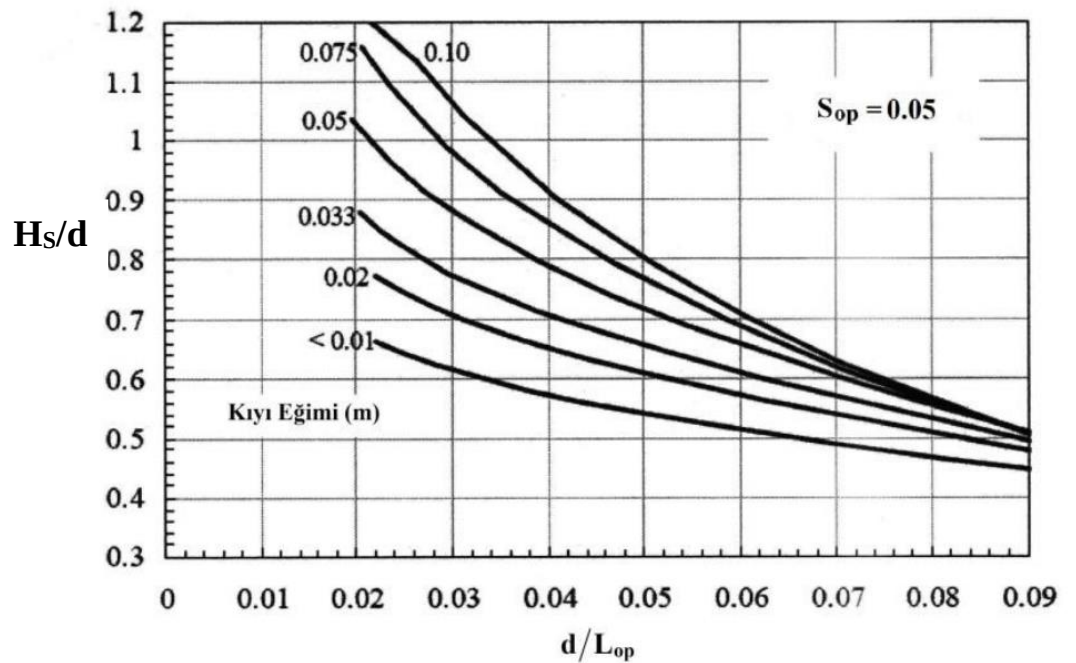
$$\beta_0 = 0,028 \left(\frac{H'_0}{L_0} \right)^{-0,38} \exp(20m^{1,5}) \quad (2.15)$$

$$\beta_1 = 0,52 \exp(4,2m) \quad (2.16)$$

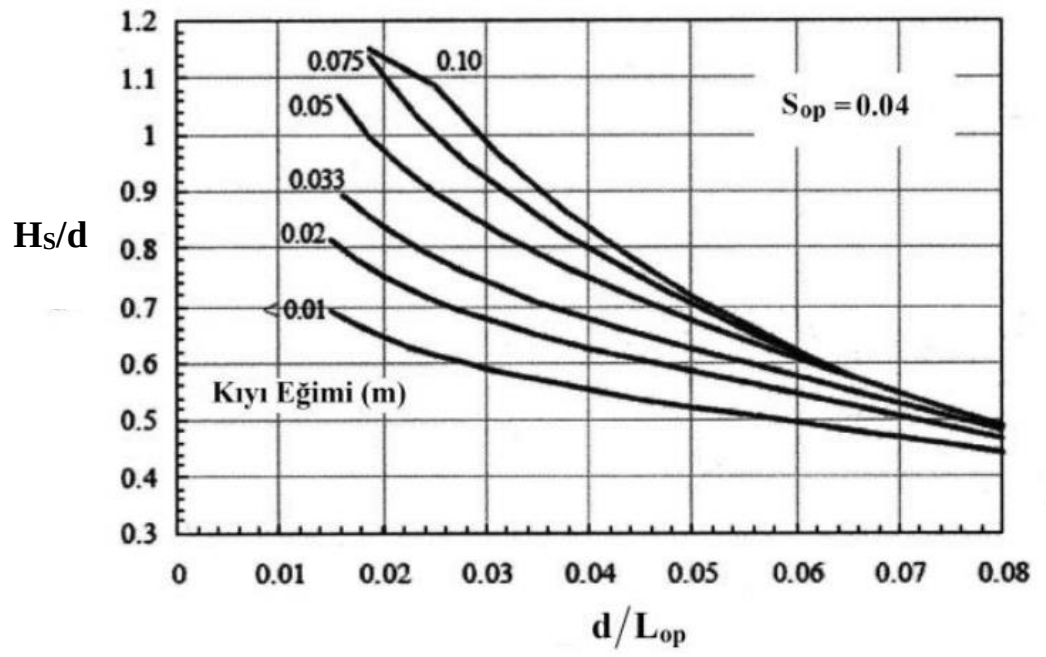
$$\beta_{max} = \max[0,92; 0,032 \left(\frac{H'_0}{L_0} \right)^{-0,29} \exp(2,4m)] \quad (2.17)$$

2.2.2.2 Van der Meer Grafikleri

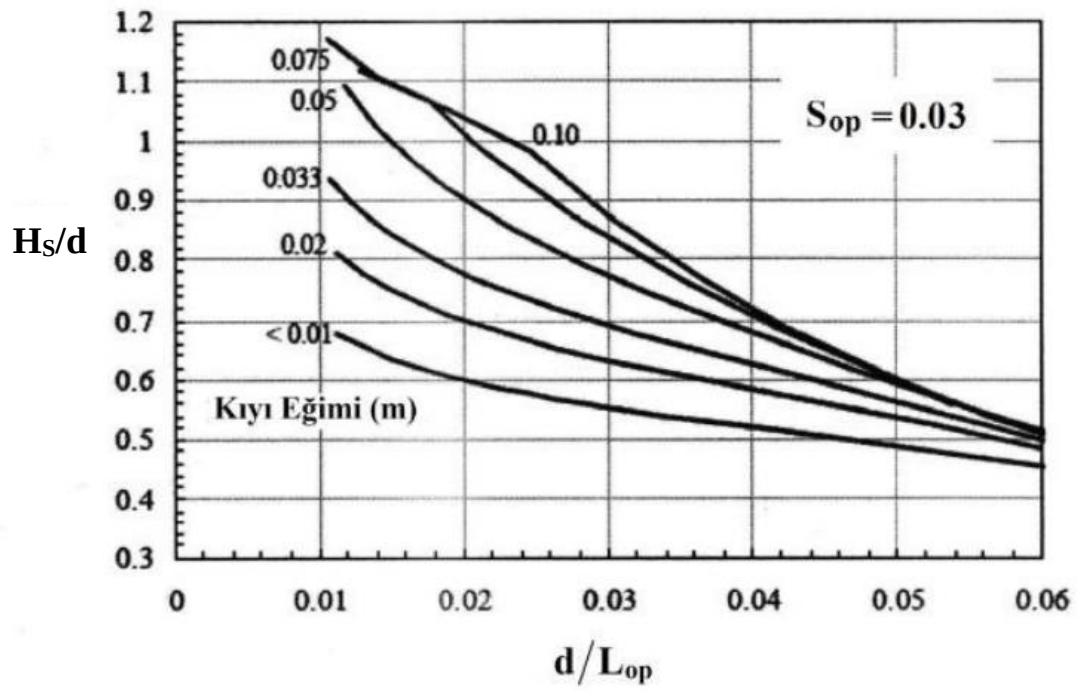
Dalga transformasyonu için kullanılabilecek diğer grafikler Van der Meer'in Enerji Sönümleme Grafikleridir. Bu grafikler pik dalga periyoduna bağlı olarak bulunan dalga dikliğine (S_{op}) bağlıdır. Pik dalga periyoduna, tasarım dalga periyodundan ya da ortalama dalga periyodundan geçilebilir [46]. Van der Meer grafikleri Şekil 2.5'te verilmiştir.



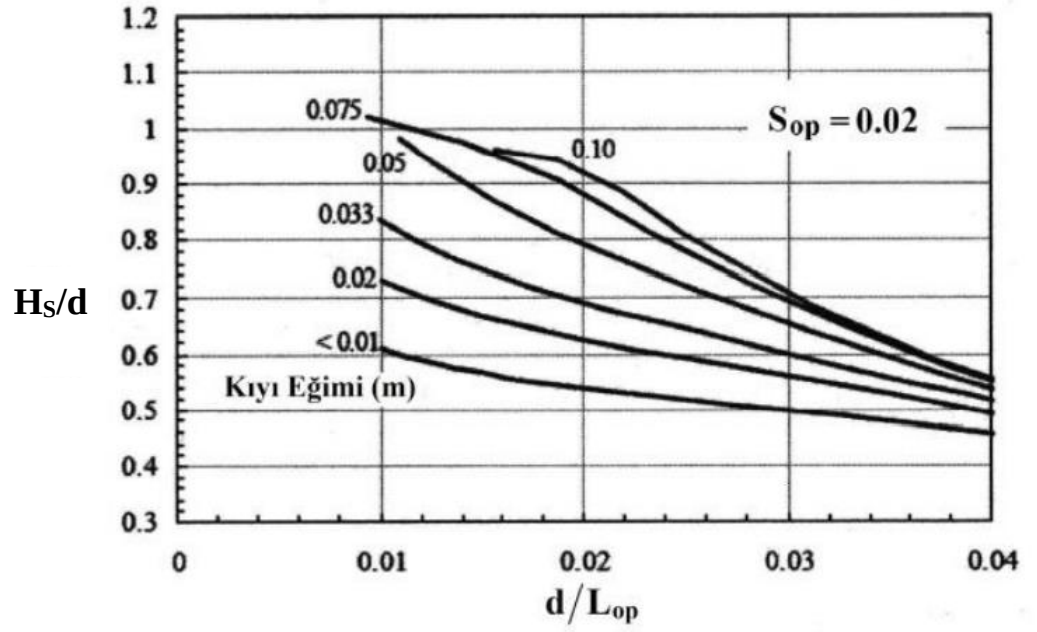
(a)



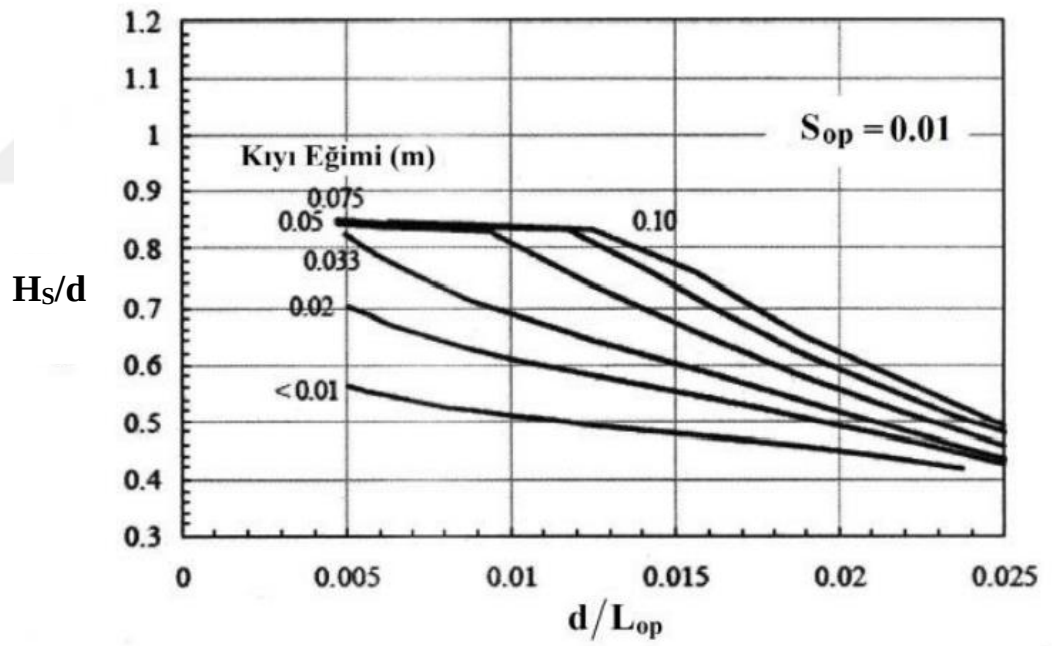
(b)



(c)



(d)



(e)

Şekil 2.6 Van der Meer Dalga Transformasyon Grafikleri [46]

2.2.3 Dalgakıran Koruma Tabakası Stabilit  Formülleri

Dalgakıran tasarımı üzerine literatürde farklı yaklaşımlar mevcuttur. Bu  alışma kapsamında çalışılacak olan formüller

- Hudson (1958)
- Van der Meer, Derin su (1988)
- Van der Meer, Sığ su (Van Gent tarafından modifiye edilen) (2004)
- Van Gent (2005)

formülleridir.

2.2.3.1 Hudson

Hudson formülü özellikle basit bir kullanımı olmasından dolayı  ne çıkar. Ancak bu formülde dalga periyodu, dalgakıran geçirgenliği ve dalga sayısı gibi parametreleri bulundurmaz. Hudson formülü Denklem 2.18 ile tanımlanır [1],

$$M_{50} = \frac{\rho_r * H^3}{K_D * ((\rho_r / \rho_s) - 1)^3 * \cot \alpha} \quad (2.18)$$

Burada M_{50} Denklem 1 ile elde edilen gerekli koruma tabakası ağırlılığını, D_{n50} gerekli koruma elemanı çapını, H tasarımda kullanılan dalga yüksekliğini, ρ_r koruma elemanının özkütlesini, ρ_s ise su özkütlesini ifade etmektedir. K_D ise stabilite katsayısıdır. K_D değerlerine ilişkin değerler Tablo 2.1'de bulunabilir.

Tablo 2.1 K_D Stabilite Katsayıları [19,47]

Koruyucu Eleman	Dizilecek Koruma Sırası	Dalgakıran Gövdesi		Dalgakıran Müzvarı		Dalgakıran Yapı Şevi ($\cot\alpha$)
		Kırılan Dalga	Kırılmayan Dalga	Kırılan Dalga	Kırılmayan Dalga	
Düzgün Ocaktaşı	2	1.2	2.4	1.1	1.9	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
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
Antifer	2	4.0	5.0	3.5	4.0	1.5
		5.5	7.0	4.5	5.5	2.0
		6.5	8.0	5.5	6.5	2.5
		7.5	9.0	6.5	7.5	3.0

Hudson formülü için geçerli olan K_D katsayısı farklı farklı birçok parametre tarafından farklı şekillerde etkilenip farklı değerler almaktadır. Kırılan dalga koşullarında daha yüksek değerler alırken, kırılmayan koşullarda aynı koruma elemanı için daha büyük K_D değerleri görülür. Bundan ayrı olarak, yapı şev eğimine göre de değişkenlik gösteren bu değerler, şev eğimi yatıklaştıkça artmakta olup, gereken tonajı azaltmaktadırlar. Ayrıca dalgakıranın müzvarına mı ya da gövdesine mi tasarlandıkları da K_D değerine değiştirmektedir. Dalgakıran gövdesi kısmında kenetlenmenin daha mümkün olduğu düşünüldüğünden, müzvar kısmına gidildiğinde K_D değerinin düştüğü görülür.

K_D parametreleri sıfır hasar koşuluna uymaktadır. Eğer ki tasarımda hasar oluşması göz önüne alınacak ise dalga yüksekliği arzulan hasar yüzdesine göre belirli koşulları sağladığında azaltılabilmektedir.

Hudson formülü geçirgen yapılar için tasarlanmıştır. Geçirimsiz yapılarda kullanılması düşünülüyor ise K_D değerinin 1.0 alınması önerilir.

Özellikle koruma elemanı olarak taş anroşman kullanılmadığı durumlarda, beton blokların gereken tonajını hesaplayabilmek için deney parametreleri vs. içermediğinden direk bir sonuç verebilmektedir.

2.2.3.2 Van der Meer

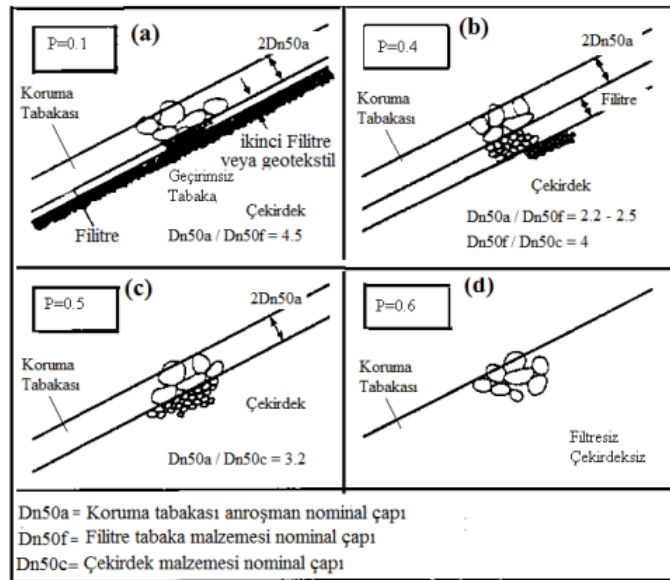
Dalgakıran tasarımında kullanılan bir diğer formül ise Van der Meer formülleridir. Yapılacak dalgakıranın bulunduğu konum ile ilgili olarak derin su ve sığ su formülleri bulunmaktadır. Thompson ve Shuttler çalışmaları üzerine formüllerini geliştiren Van der Meer, düzensiz dalgalar kullanarak yaptığı deneyler sonucu ilk formülünü geliştirmiştir [2]. Van der Meer formülünün 1988'deki ilk hali günümüzde derin su formülü, 2004'te Van Gent'in modifiye ettiği formülü ise sığ su formülü olarak kullanılmaktadır. Hangi derinlikte hangi formülün kullanılacağına dair seçim dalgakıran topuğundaki göreceli su derinliği ($d/H_{s,topuk}$) ve topukta dalga yüksekliği ile derin deniz dalga yüksekliği oranı ($H_{s,topuk}/H_{s0}$)'na bağlıdır [3]. Transforme edilen dalga yükseklikleri bu oranlar doğrultusunda kontrol edilerek hangi formüle uydukları belirlenmiştir. CIRIA tarafından belirtilen sınırlara göre göreceli su derinliğinin 3'ten büyük olması ve dalga yüksekliği oranının da 0.9'dan büyük olması durumunda derin su formülü, diğer koşullarda sığ su formülü kullanılabilir [8].

Van der Meer formülünün en önemli özelliği hasar parametresi, dalga periyodu ve sayısını ve yapı geçirgenliğini barındırmasıdır. Bu formülün uygulanması ile ilgili olarak dalgaların kırılma tipine göre formüller değişmektedir. Bu formüllerin kullanılması için kırılma tiplerinden “Kıvrılarak kırılma” (Plunging) ve “Şişerek kırılma” (Surging) tiplerinden uygun olanın seçilmesi gerekmektedir. Bunu belirlemek adına Denklem 2.19’da belirtilen “Kırılma parametresi(ξ_m)” ve Denklem 2.20’de belirtilen “Kritik kırılma parametresi(ξ_{mc})”nin hesaplanması gerekmektedir.

$$\xi_m = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{s_{om}}} \quad (2.19)$$

$$\xi_{mc} = \left[\frac{c_{pl}}{c_s} P^{0.31} \sqrt{\tan \alpha} \right]^{\frac{1}{P+0.5}} \quad (2.20)$$

Burada α dalgakıran yapı şevini, S_{om} ortalama dalga periyodu (T_m)’ye bağlı dalga dikliğini, c_{pl} ve c_s sırasıyla plunging ve surging tipi katsayılarını (yine sırasıyla 6.2 ve 1.0 olarak alınabilir), P geçirgenliği (permeabilite) belirtmektedir. Geçirgenliğe ilişkin değer seçimi, dalgakıran geometrisine bağlı olarak değişir ve Şekil 2.6’da gösterilmiştir.



Şekil 2.7 Farklı tiplerdeki yapılar için Geçirgenlik (P) değerleri [2]

Dalga kırılma tipi belirlendikten sonra uygun formüle göre Van der Meer Derin su ifadesine göre gerekli koruyucu eleman elde edilebilir. Plunging tipi kırılmaya göre formül Denklem 2.21, Surging tipi kırılmaya göre formül ise Denklem 2.22’de verilmiştir.

i) Plunging tipi kırılan dalgalar için ($\xi_m < \xi_{mc}$)

$$\frac{H_s}{\Delta D_n} = c_{pl} P^{0.18} \left(\frac{S}{\sqrt{N}} \right)^{0.2} \xi_m^{-0.5} \quad (2.21)$$

ii) Surging tipi kırılan dalgalar için ($\xi_m > \xi_{mc}$)

$$\frac{H_s}{\Delta D_n} = c_s P^{-0.13} \left(\frac{S}{\sqrt{N}} \right)^{0.2} \sqrt{\cot \alpha} \xi_m^P \quad (2.22)$$

S hasar parametresine karşılık gelmekte olup, Tablo 2.2’den elde edilebilmektedir. N ise dalga sayısıdır. Fırtına süresinin bilindiği durumda direkt hesaplanabilirken, oluşan fırtına hakkında yeterli bilgi yok ise 3000 olarak alınması önerilir [10].

Tablo 2.2 Farklı Eğim Değerleri için Hasar (S) Parametreleri [10]

Eğim	Hasar Başlangıcı (Tamir İstemez)	Orta Hasar (Tamir İster)	Tam Hasar (Çekirdek Açığa Çıkar)
1:1.5	2	3-5	8
1:2	2	4-6	8
1:3	2	6-9	12
1:4	2	8-12	17
1:6	2	8-12	17

Sığ su koşullarının hâkim olduğu diğer Van der Meer formülünde ise dalgalarda Rayleigh dağılımına bağlı olarak değişiklikler dalga kırılmasının yaşanma ihtimalinin artmasıyla gözlemlenir. Battjes ve Groenedijk’e göre sapma görüldüğünde ise Rayleigh dağılımı geçerliliğini yitirir ve Weibull Dağılımı etkili olur [48]. Bu konuda dalga geçiş yüksekliği (H_{tr}) ve spektral dalga yüksekliğine bağlı olarak elde edilen H_{rms} değerleri üzerinden boyutsuz geçiş dalga yüksekliğini hesaplanır. Bu hesap sonucu elde edilen $H_{\%2}/H_s$ oranı, olduğu gibi Van der Meer formülünde kullanılmaktadır [3]. Spektral dalga yüksekliğine (H_{m0}) ait tasarım dalgası ve pik periyottan elde edilen formül Denklem 2.23 ile Weibull dağılımı ise Tablo 2.3’te gösterilmiştir.

Spektral Dalga Yüksekliği (H_{m0});

$$\left(\frac{H_s}{H_{m0}}\right) = \exp(0,02289\left(\frac{d}{gT^2}\right)^{-0,43642}) \quad (2.23)$$

Tablo 2.3 Boyutsuz Geçiş Dalga Yükseklik Oranları [48]

Karakteristik Yükseklik	H_{tr}/H_{rms}									
	0.05	0.50	1.00	1.20	1.35	1.50	1.75	2.00	2.50	3.00
$H_{1/10}/H_{rms}$	1.466	1.467	1.518	1.573	1.626	1.683	1.759	1.786	1.799	1.800
$H_{\%2}/H_{rms}$	1.583	1.549	1.603	1.602	1.717	1.778	1.884	1.985	1.978	1.978

Elde edilen $H_{\%2}$ değeri aşılma olasılığı %2 olan dalgaya tekabül etmektedir. $H_{\%2}/H_s$ oranı ise 1.2 ila 1.4 arasında değer almaktadır. 1.4'e eşit olduğu durumlarda Rayleigh dağılımına uymaktadır.

Dalga periyodu ise spektral dağılımın değişimi göz önüne alınarak T_m yerine $T_{m-1,0}$ (spektral dalga periyodu) kullanılmaktadır.

Van de Meer sığ su formülüne göre koruyucu tabaka elemanları plunging ve surging tipi kırılmalar için yine derin su formüllerinde olduğu gibi farklı farklı hesaplanmaktadır. Sığ suda kırılma tipini belirlemek için kullanılan kırılma parametreleri Denklem 2.24 ile 2.25'teki gibidir. Kırılma tipi belirlendikten sonra ise sığ suda kullanılan formüller Denklem 2.26 ile 2.27'de verilmiştir.

$$\xi_{m-1,0} = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{s_{om-1,0}}} \quad (2.24)$$

$$\xi_{mc} = \left[\frac{c_{pl}}{c_s} P^{0.31} \sqrt{\tan \alpha} \right]^{\frac{1}{P+0.5}} \quad (2.25)$$

$S_{om-1,0}$ spektral dalga periyodu ($T_{m-1,0}$)'na bağlı dalga dikliğidir. Burada c_{pl} ve c_s parametreleri sırayla 8.3 ve 1.3 değerlerini alırlar.

i) Plunging tipi kırılan dalgalar için ($\xi_{m-1,0} < \xi_{mc}$)

$$\frac{H_s}{\Delta D_n} = c_{pl} P^{0.18} \left(\frac{S}{\sqrt{N}} \right)^{0.2} \left(\frac{H_{s,topuk}}{H_{\%2}} \right) \xi_{m-1,0}^{-0.5} \quad (2.26)$$

ii) Surging tipi kırılan dalgalar için ($\xi_{m-1,0} > \xi_{mc}$)

$$\frac{H_s}{\Delta D_n} = c_s P^{-0.13} \left(\frac{S}{\sqrt{N}} \right)^{0.2} \left(\frac{H_{s,topuk}}{H_{\%2}} \right) \sqrt{\cot \alpha} \xi_{m-1,0}^P \quad (2.27)$$

Yukarıda verilen derin su ve sığ su formülleri taş anroşmanlar için geliştirilmiştir. Van der Meer'in beton bloklar için de formülleri mevcut olup farklı farklı blok tipine göre formüllerde değişiklikler bulunmaktadır. Bunun sebebi Hudson gibi bir K_D değeri içermediğinden dolayı formül katsayıları değişkenlik göstermesidir. Daha önce Hudson formülünde incelenen beton bloklarının Van der Meer formüllerinde deney parametreleri (model genişliği, kullanılan bloğun çapı ve hasar gören blok sayısı vb.) içerdiği görülmektedir. Van der Meer'in beton bloklar için hazırladığı tetrapod, Chegini ve Aghtouman tarafından Van der Meer'in küp blokları üzerine geliştirilen yaklaşımının antiferlere uyarlanan formülü ile Holtzhausen ve Zwamborn'nun dolos için hazırladığı formül aşağıda verilmiştir [21-23].

Antifer Blokları için (Chegini ve Aghtouman);

$$\frac{H_s}{\Delta D_n} = (6,951 \frac{N_{od}^{0,443}}{N^{0,291}} + 1,0) S_{om}^{-0,082} \quad (2.28)$$

$$\frac{H_s}{\Delta D_n} = \left(6,951 \frac{N_{omov}^{0,443}}{N^{0,291}} + 1,0 \right) S_{om}^{-0,082} - 0,5 \quad (2.29)$$

Tetrapod için (Van der Meer);

$$\frac{H_s}{\Delta D_n} = (3,75 \frac{N_{od}^{0,5}}{N^{0,25}} + 0,85) S_{om}^{-0,2} \quad (2.30)$$

$$\frac{H_s}{\Delta D_n} = \left(3,75 \frac{N_{omov}^{0,5}}{N^{0,25}} + 0,85 \right) S_{om}^{-0,2} - 0,5 \quad (2.31)$$

Dolos için (Holtzhausen ve Zwamborn);

$$N_{od} = 6250 \left(\frac{H_s}{\Delta^{0,74} D_n} \right)^{5,26} S_{op}^3 w_r^{20 S_{op}^{0,45}} + E \quad (2.32)$$

Burada Antifer ve Tetrapod formülleri deney yapıldığı ortamlarda bile kullanımları kısıtlıdır. Çünkü sadece $\tan \alpha = 0,67$ (1/1,5) eğimler için çalışmaktadırlar. Bu formüllerde geçen N_{od} göreceli hasar seviyesini, N_{omov} yer değiştiren ve hareket eden blok sayısını, S_{op} pik periyota göre dalga dikliğini, w_r dolosun gövde oranını ve E ise hata terimine karşılık gelmektedir.

2.2.3.3 Van Gent

Van Gent formülü çok sığ su koşullarında uygulanan bir formüldür. Uygulanabilmesi için çeşitli koşulları sağlaması gereklidir. Van Gent formülünün uygulanabileceği koşullar; topukta göreceli su derinliğinin $1.25 < d/H_{s,topuk} < 3$ arasında olması, topukta dalga yüksekliği oranının $H_{s,topuk}/H_{s0} < 0.7$ olması ve Rayleigh dağılımının $(1.2 < H_{s0}/H_s < 1.4)$ bozulmasıdır.

Van Gent formülü Hudson formülü gibi formülünde dalga periyoduna yer vermez ancak hasar parametresi ve dalga sayısı gibi verileri göz önüne alır. En büyük farkı ise çekirdekte kullanılacak taşın büyüklüğü formülde geçmektedir [4]. Van Gent formülü Denklem 2.33'te verilmiştir.

$$\frac{H_s}{\Delta D_n} = 1.75 \sqrt{\cot \alpha} \left(1 + \frac{D_{50, çekirdek}}{D_{n50}} \right)^{2/3} \left(\frac{S}{\sqrt{N}} \right)^{0.2} \quad (2.33)$$

2.2.4 Dalga Tırmanması

Dalga tırmanması özellikle yapı yüksekliğini tayin eden en önemli parametredir. Buradan elde edilecek bir değere göre yapı yüksekliği seçilerek dalga aşması hesaplanabilir. Yapı yüksekliği için dalga tırmanma değerine yakın bir değer seçilebileceği gibi uygulandığı alana göre değişkenlik gösteren dalga aşma miktarı sınırlarına göre de daha az da seçilebilir.

Dalga tırmanması, $R_{u\%2}$ ile gösterilmekte olup, hesapları WOM'a göre yapılmıştır [49]. İki farklı amaç için iki farklı formül mevcuttur. Bunlardan ilki "Tasarım veya güvenli değerlendirme yaklaşımı" olup diğeri "Maksimum değer güvenli değerlendirme yaklaşımıdır". Formüller Denklem 2.34 ve 2.35'te verilmiştir.

Tasarım veya güvenli değerlendirme yaklaşımı;

$$\frac{R_{u\%2}}{H_{m0}} = 1,75 \gamma_b \gamma_r \gamma_\beta \xi_{m-1,0} \quad (2.34)$$

Maksimum değer güvenli değerlendirme yaklaşımı;

$$\frac{R_{u\%2}}{H_{m0}} = 1,07 \gamma_{rsurgin} \gamma_\beta \left[4,0 - \frac{1,5}{\sqrt{\gamma_b \xi_{m-1,0}}} \right] \quad (2.35)$$

Formüllerde kullanılan parametreler ise;

γ_b ,Basamak Azaltma Faktörü: Basamak kullanılan dalgakıranda azaltma faktörüdür.

γ_r ,Pürüzlülük Azaltma Faktörü: Çeşitli kullanılan yapı elemanları için belirtilen değerler aşağıdaki Tablo 2.4'te gösterilmiştir.

Tablo 2.4 Koruma Elamanına Göre Pürüzlülük Azaltma Faktörü [49]

Koruma Tabakası	γ_r
Düzgün Yüzey	1.00
Taş (tek tabaka, geçirimsiz çekirdek)	0.60
Taş (tek tabaka, geçirimli çekirdek)	0.45
Taş (iki tabaka, geçirimsiz çekirdek)	0.55
Taş (iki tabaka, geçirimli çekirdek)	0.40
Küp (tek tabaka, düzensiz yerleştirilmiş)	0.49
Küp (tek tabaka, düzenli yerleştirilmiş)	0.47
Antifer	0.50
HARO's	0.47
Accropod	0.46
Xblok	0.44
Coreloc	0.44
Tetrapod	0.38
Dolos	0.43
Basamaklı Dalgakıran	0.40

γ_β , Dalga Açısı Düzeltme Faktörü: Açıyla gelen dalgalarda kullanılır. Açı parametresi β ile gösterildiğinde formülü aşağıdaki gibidir,

$$\gamma_\beta = 1 - 0,0063\beta \quad (2.36)$$

$\xi_{m-1,0}$, Yapı şevinde kırılma parametresi:

$$\xi_{m-1,0} = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{s_{m-1,0}}} \quad (2.37)$$

$S_{m-1,0}$, Spektral Dalga Dikliği:

$$S_{m-1,0} = \frac{H_{m0}}{L_{m-1,0}} \quad (2.38)$$

$\gamma_{rsurging}$, Pürüzlülük Azaltma Faktörü (Surging Dalga):

$$\gamma_{rsurging} = \gamma_r + \frac{(\xi_{m-1,0}-1,8)(1-\gamma_r)}{8,2} \quad (2.39)$$

2.2.5 Dalga Aşması

Dalga tırmanmasında olduğu gibi dalga aşmasında da “Tasarım veya güvenli değerlendirme yaklaşımı” ve “Maksimum değer güvenli değerlendirme yaklaşımı” formülleri mevcuttur [49]. Spektral dalga yüksekliğine bağlı formüller aşağıda verilmiştir.

Tasarım veya güvenli değerlendirme yaklaşımı;

$$\frac{Q}{\sqrt{gH_{m0}^3}} = 0,1035 \exp \left[- \left(1,35 \frac{R_c}{H_{m0} \gamma_r \gamma_\beta} \right)^{1,3} \right] \quad (2.40)$$

Maksimum değer güvenli değerlendirme yaklaşımı;

$$\frac{Q}{\sqrt{gH_{m0}^3}} = 0,09 \exp \left[- \left(1,5 \frac{R_c}{H_{m0} \gamma_r \gamma_\beta} \right)^{1,3} \right] \quad (2.41)$$

Burada R_c olarak belirtilen parametre kret yüksekliğidir. Genellikle koruma elemanlarının üst kotu olarak R_c alınmaktadır ancak, kronman duvarı bulunan yapılarda eğer ki kronman üst kotu (A_c) daha yüksekte ise $R_c=A_c$ olarak alınmalıdır [10].

Kret genişliğinin dalga aşması yönünde etkisi büyüktür. Kret genişliği ne kadar büyük olursa, o oranda aşan dalga miktarı düşmektedir [10]. Kret genişliğine bağlı dalga aşması azaltma katsayısı C_r , aşağıdaki şekilde tanımlanır,

$$C_r = 3,06 \exp \left(-1,5 \frac{G_c}{H_{m0}} \right) \quad (2.42)$$

G_c nominal taş genişliğini ifade eder. Krette kullanılan koruma elemanı adedi ile koruma elemanı çapı (Dn50)’nın çarpılmasıyla elde edilir.

Tasarlanan yapıya, üzerinde bulunan yaya, araç vs. göre dalga aşma toleransları değişmektedir. WOM’da bu toleranslara bütünüyle ulaşılabilmektedir [49].

2.2.6 Dalgakıran Geometrisi

2.2.6.1 Kret Genişliği

Kret genişliği dalga aşmasını en çok etkileyen faktörlerden biridir. CERC'e göre genel kanı dalgakıran kret genişliğinin belirlenen koruma tabakası elemanının 3 katı olması yönündedir. Dalga aşmasını kret yükseltmeden artırmak istenildiği durumlarda kret 3 sıradan daha fazla tutulabilir [41]. Kret genişliği hesabı Denklem 2.43'a göre yapılır.

$$B = n * k_{\Delta} * \left(\frac{M_{n50}}{\rho} \right)^{1/3} \quad (2.43)$$

Burada; n, gerekli taş sayısı (En az 3 sıra taş alınması önerilir); k_{Δ} , kret genişliği tabaka sayısı olup Tablo 2.5'e göre seçilir.

Tablo 2.5 Kret Genişliğine Göre Tabaka Katsayıları [8]

Koruyucu Tabaka	n	Yerleştirme	Tabaka Katsayısı (k_{Δ})	Boşluk Oranı (%)
Ocaktaşı (Düz)- <i>Hudson</i>	2	Rastgele	1.02	38
Ocaktaşı (Pürüzlü)- <i>Carver&Davidson</i>	2	Rastgele	1.00	37
Ocaktaşı (Pürüzlü)	≥ 3	Rastgele	1.00	40
Ocaktaşı (Paralel Yüzlü)	2	Özel	-	27
Ocaktaşı - <i>CERC</i>	Sınıflandırılmamış	Rastgele	-	37
Küp	2	Rastgele	1.10	47
Tetrapod - <i>Hudson</i>	2	Rastgele	1.04	50

2.2.6.2 Koruma Tabakası Kalınlığı

Koruma tabakası kalınlığı formülü aşağıda verildiği şekliyle hesaplanır, en az 2 sıra taş koyulmasıyla elde edilen kalınlık önerilir [8];

$$r = n * k_{\Delta} * \left(\frac{M_{n50}}{\rho} \right)^{1/3} \quad (2.44)$$

Burada; n, gerekli taş sayısı (Tabaka kalınlığında minimum 2 sıra taş kullanılması önerilir); k_{Δ} , tabaka sayısı olup Tablo 2.6'ya göre seçilir.

Tablo 2.6 Tabaka Kalınlığına Göre Tabaka Katsayıları [8]

Kategori (Ton)	k_{Δ}	Tek Sıra (m)	Çift Sıra (m)	Yerleştirme
0.4-2.0	1.00	0.75	1.50	Rastgele
2.0-4.0	1.00	1.00	2.00	Rastgele
4.0-6.0	1.00	1.25	2.50	Rastgele
6.0-8.0	1.00	1.40	2.75	Rastgele
8.0-10.0	1.00	1.50	3.00	Rastgele
10.0-12.0	1.00	1.60	3.25	Rastgele
12.0-15.0	1.00	1.70	3.50	Rastgele
>15.0	1.00	1.80	3.75	Rastgele

2.2.6.3 Filtre & Çekirdek Tabakası Tayini, Granülometrik Özellikler

Filtre ve çekirdek tabakası dalgakıranlarda hayati öneme sahiptir. Dalgakıran üzerine gelen dalgaların yapıya çarptığı noktada geri çekildiğinde mevcut yapı malzemesi üzerinde yıkama yapmasını önlemek amacıyla koruma tabakası altına bir veya birden fazla filtre tabakası ile çekirdek tabakası yapılması gereklidir. Çekirdek ve filtre katmanlarında taş, çakıl veya değişik boyutlarda granüler malzeme kullanılabilmekte olup, bu koşul geçirgenlik koşulunu değiştirmektedir.

Elde edilen koruma tabakası ağırlığına göre filtre ve çekirdek kategorisi taş hesapları Denklem 2.45 ve 2.46'ya göre yapılır [10].

$$\frac{D_{n50}}{D_{50,filtre}} = 2,2 - 2,5 \quad (2.45)$$

veya

$$\frac{M_{n50}}{M_{50,filtre}} = 10 - 15 \quad (2.46)$$

Filtre tabakası ile çekirdek malzemesi arasındaki bağıntı ise aşağıdaki gibi tanımlanmıştır [10].

$$\frac{D_{15,filtre}}{D_{85,\text{çekirdek}}} < 4 - 5 \quad (2.47)$$

veya

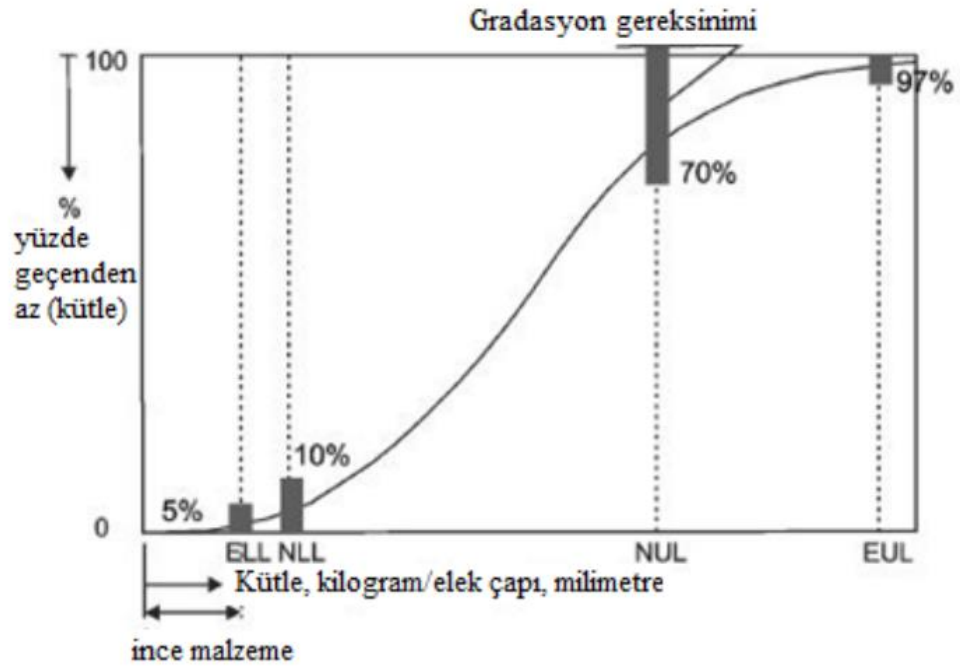
$$\frac{M_{50,filtre}}{M_{50,\text{çekirdek}}} = 10 - 25 \quad (2.48)$$

Bu eşitliklerde D_{15} ile gösterilen parametre %15 elekten geçen taş çapını, D_{85} ise %85 elekten geçen taş çapını belirtmektedir. Bu değerler ile birlikte elde edilen taş kategorilerinde alt ve üst limitin belirlenmesi faydalı olmaktadır. Özellikle Koruma tabakası ve bir ya da daha fazla kullanılan filtre tabakalarında granülometrik özelliklere bakılmaktadır. Çekirdek tabakasının ise CIRIA'da belirtildiği üzere geniş gradasyon aralığına tabi olması nedeniyle uygun olmadığı önerilmiştir [50]. Koruma tabakalarında kullanılacak taşlar için farklı farklı gradasyonlar açıklanmıştır;

- Ağır Gradasyon (HM)
- Hafif Gradasyon (LM)
- Kaba Gradasyon (CM)

Ağır gradasyon malzemeleri genellikle koruma elemanı olarak kullanılan ağır taşları ve yerine göre filtre tabakasını kapsarken, hafif gradasyon ise yerine göre alt tabakalar ve filtre tabakaları için kullanılabilir. Kaba gradasyon ise daha küçük boyuttaki, filtre tabakası için uygundur.

Ağır gradasyona uygun taşlar için belirli yüzdelarla tanımlanan ve belirli taş büyüklüklerine karşılık gelen limitler bulunmaktadır. Bu limitler Gradasyon eğrisinde belirtilmektedir. Bu limitler gerekli taş aralığına karşılık gelen nominal limitler ile olabilecek toleranslara karşılık gelen ekstrem limitlerdir. Koruma elemanı olarak kullanılacak taşlarda gradasyon aralığının dar bir genişlikte olması öngörülebilir. Bu durum filtre ve alt tabakalarda daha geniş olabilir. CIRIA’da bahsedilen Şekil 2.7’de verilen grafikte gradasyon gereksinimleri görülebilir;



Şekil 2.8 Granülometrik Limitler [50]

Ağır gradasyon için tanımlanan bu grafikte;

- Ekstrem Üst Limit (EUL): Taşların %97'sinden daha az geçmeyen kütle
- Nominal Üst Limit (NUL): Taşların %70'inden daha az geçmeyen kütle
- Nominal Alt Limit (NLL): Taşların %10'undan daha az geçmeyen kütle
- Ekstrem Alt Limit (ELL): Taşların %3'ünden daha az geçmeyen kütle

Ortalama bir ağırlık üzerinden koruma elemanı olarak kullanılacak taşların efektif ortalama taş ağırlığının (M_{em}) belirlenmesi gerekir ve bu gereksinim CIRIA’da belirtilen Kategori A Gradasyonuna uymaktadır. Kategori B gradasyonu ise efektif ortalama kütleyi denetleyemez ve doğal olarak koruma elemanı taşlarında kullanılamaz.

Herhangi bir gradasyon standardını bulmak için geliştirilen A ve B katsayılarına bağlı formül aşağıdaki gibi, hesaplanan M_{50} gerekli taş ağırlığına bağlı olarak verilmektedir.

$$Y = A * M_{50}^B \quad (2.49)$$

Buradaki A ve B katsayıları ise Tablo 2.7’de verilmiştir,

Tablo 2.7 A&B Faktörleri Katsayıları [50]

Kütle Değeri	Özellikler						Ek Bilgi			
	ELL	NLL	NUL	EUL	M_{em} min	M_{em} maks	M_{15}	M_{85}	M_{50} min	M_{50} maks
A faktörü	0.027	0.156	2.520	5.160	0.449	1.060	0.160	3.340	0.663	1.515
B faktörü	1.320	1.160	0.920	0.880	1.080	0.990	1.171	0.918	1.041	0.959

Çekirdek malzemesinin tayini için ise kullanılacak malzemenin geoteknik özelliklerinin (porozite, geçirgenlik vs.) bilinmesi önemlidir. Gradasyon genişliği ve malzeme içeriğini etkilerler. Çekirdek tabakasından kullanılacak taşlar minimum 1 kg olmalıdır. Yine CIRIA’da belirtilen uzunluk-kalınlık oranına (LT) göre belirtilen ampirik formül yardımıyla çekirdek taşları kontrol edilebilmektedir. Bu oranın 3’ten az olması önerilir [50].

$$LT = 2,3 * M_{50}^{-0,02} < 3 \quad (2.50)$$

2.2.7 Şev Duraylılığı Analizleri

2.2.7.1 Mukavemet Azaltma Yöntemi

Sonlu elemanlar yöntemi ile şev stabilitesi analizleri yapılırken literatürde çok yaygın olarak kullanılan bir yöntem olan mukavemet azaltma yönteminde, zemine ait kayma dayanımı parametreleri, kohezyon (c) ve içsel sürtünme açısı (ϕ), denge durumu ortadan kalkıncaya ve şev göçünceye kadar azaltılır (Zienkiewicz ve Taylor). Bu azaltma yapılırken zemine ait gerçek kayma dayanımı parametreleri bir dizi güvenlik sayısına bölünür ve bu elde edilen yeni zemin parametreleri kullanılarak elastoplastik analizler gerçekleştirilmektedir [51].

Bu tez çalışması kapsamında sonlu elemanlar yazılında kullanılacak olan zemin modeli Mohr Coulomb olarak seçilmiş olup Mohr Coulomb malzeme modeli için, güvenlik sayısı (F_s) ile azaltılan kayma mukavemetini belirlemek için kullanılacak korelasyon Denklem 2.51’de sunulmaktadır.

$$\frac{\tau}{F_s} = \frac{c}{F_s} + \frac{\tan \phi}{F_s} \quad (2.51)$$

burada;

c: kohezyon

ϕ : içsel sürtünme açısı’dır.

Çalışma kapsamında tanımlanan kesitler düzlem deformasyon koşullarında analiz edilmiştir. Plaxis yazılımında gerçekleştirilen şev duraylılığı analizlerinde programda tanımlı analiz metodu olan “phi-c reduction” yani mukavemet azaltma metodu kullanılmış olup ilgili yazılım kayma dayanımı parametreleri olan c ve $\tan \phi$ değerlerini toptan göçmeye erişilinceye kadar azaltmaktadır [52].

Plaxis yazılımında yapılacak olan şev stabilitesi analizlerinde Mohr-Coulomb (MC) zemin modeli tercih edilmiştir. MC zemin modelinde zeminin davranışı elastotam plastik olarak kabul edilmekte ve ilgili model için gerekli parametreler de aşağıda özetlenmektedir.

- i. Kohezyon (c)
- ii. İçsel Sürtünme Açısı (ϕ)
- iii. Dilatasyon Açısı (ψ)
- iv. Deformasyon Modülü (E)
- v. Poisson Oranı (ν)

2.2.7.2 Plaxis Analiz Aşamaları

Plaxis yazılımı kullanılarak yapılan şev stabilitesi analizlerinde programa 4 adım tanımlanmıştır. Bu adımlar ve adımlara ait hesap tipi seçimleri açıklamalarıyla birlikte sunulmuştur.

Identification	Phase	Start from	Calculation type	Loading input	Pore pressure	Time step [day]	First step	Last step	Log
Initial phase [InitialPhase]	0	N/A	K0 procedure	N/A	Phreatic	0.000	0	0	
null [Phase ₃]	3	0	Plastic	Staged construction	Phreatic	0.000	1	2	
Dolgu [Phase ₁]	1	3	Plastic	Staged construction	Phreatic	0.000	3	11	
FS [Phase ₂]	2	1	Safety	Incremental multipliers	Use pressures from previous phase	0.000	12	111	

Şekil 2.9 Plaxis'te Tanımlanan Analiz Adımları

1. Adım: Initial Phase (Başlangıç)

Bu aşama Plaxis tarafından otomatik olarak oluşturulmaktadır. Bu aşamada başlangıç gerilmeleri hesaplanmaktadır. Plaxis 2D (V.20) Referans Kılavuzuna göre, bu çalışmada da kullanılan K0 prosedürü tabii zeminin yatay bir yüzeye sahip olduğu ve tüm zemin katmanlarının ve su seviyesinin yüzeye paralel olduğu durumlar için uygundur [52].

Tanımlanan modele ait zemin başlangıç gerilmelerinin hesaplanmasında zeminin ağırlığı ve formasyonunu etkili olmaktadır. Bu gerilme durumu genellikle başlangıç düşey efektif gerilme ($\sigma'_{v,0}$) olarak ifade edilmektedir. Başlangıç yatay efektif gerilme ($\sigma'_{h,0}$) değeri ise başlangıç düşey efektif gerilme ($\sigma'_{v,0}$) değerinin yatay toprak basıncı katsayısı (K_0) ile çarpılması sonucu elde edilmektedir.

$$\sigma'_{h,0} = K_0 * \sigma'_{v,0} \quad (2.52)$$

K₀ Prosedürü

K₀ prosedürü Plaxis 2D yazılımına özgü tanımlanan zemine ait yükleme geçmişinin dikkate alındığı bir yöntemdir. X yönü Y yönüne bağlı stress birimlerine göre K₀ formülü Denklem 2.53'te verilmiştir.

$$K_0 = \frac{\sigma'_{xx}}{\sigma'_{yy}} \quad (2.53)$$

Genelde K₀ hesaplanırken normal konsolide birimler için literatürde ve pratikte yaygın olarak tercih edilen birime ait içsel sürtünme açısına (φ) bağlı Jaky'nin ampirik hesap yöntemi kullanılmaktadır [53].

$$K_0 = 1 - \sin \varphi \quad (2.54)$$

Analizlerde tercih edilen Mohr-Coulomb zemin modeli için de varsayılan K₀ hesap yöntemi Jaky'nin formülünü kullanmaktadır.

K₀ prosedüründe çok düşük veya çok yüksek K₀ değerlerinin kullanılması, Mohr-Coulomb yenilme koşulunu ihlal eden gerilmelere yol açabilir. Bu durumda PLAXIS 2D, yenilme koşuluna uyulacak şekilde yanal gerilmeleri otomatik olarak azaltır. Bu nedenle, bu gerilme noktaları plastik durumdadır ve plastik noktalar olarak gösterilir. Düzeltilmiş gerilme durumu yenilme koşuluna uysa da dengede olmayan bir gerilim alanıyla sonuçlanabilir. Mohr-Coulomb plastik noktaları içermeyen bir ilk gerilim alanı oluşturmak genellikle tercih edilir [52].

Kohezyonsuz birimlerde kullanılmak üzere plastik nokta elde etmemek adına K₀ değeri genellikle aşağıdaki verilen aralıkta sınırlandırılır.

$$\frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi} < K_0 < \frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi} \quad (2.55)$$

Yazılımda kullanılmak üzere K_0 prosedürü seçildiğinde, PLAXIS 2D zeminin kendi ağırlığı ile dengede olan dikey gerilmeler üretecektir. Bununla birlikte, yatay gerilmeler belirtilen K_0 değerinden hesaplanır. K_0 değeri, plastisite oluşmayacak şekilde seçilse bile, K_0 prosedürü kayma gerilmeleri oluşturmadığından tüm gerilme alanının dengede olmasını sağlamaz. Tam denge, modellenen tüm zemin bir zemin tabakalarının yüzeye paralel olduğu yatay bir toprak yüzeyi ve yatay bir yeraltı suyu seviyesi için elde edilir. Bu nedenle, bir denge gerilme alanı oluşturmak için kayma gerilmeleri gerektiren yatay olmayan yüzeylerle uğraşırken K_0 prosedürü önerilmez.

K_0 prosedürünün sonunda tüm zemin ağırlığı aktive edilmiş olur bu da ΣM_{weight} değerinin $\Sigma M_{weight}=1.0$ koşulu sağlaması ile teyit edilebilir.

2. Adım: null (Deplasman Sıfırlama)

Eğer K_0 prosedürü sonrası oluşan gerilme alanı yalnızca küçük denge düzeltmeleri gerektiriyorsa, bunlar K_0 prosedürü ve ardından bir Plastik sıfırlama fazı kullanılarak gerçekleştirilebilir.

Her ne kadar plastik noktalar oluşmamış olsa da her ihtimale karşı bu adımda bir önceki adıma ait başlangıç gerilmeleri sonucu oluşan deplasman değerleri sıfırlanmaktadır.

3. Adım: Dolgu (Dalgakıran İmalatı)

Bu adımda dalgakıran imalatları tamamlanmıştır. Kullanılan birimlerin drenajlı niteliğe sahip olduğu düşünüldüğünde bu analiz adımı için Plastik hesap yöntemi tercih edilmiştir.

Plaxis 2D yazılımı kullanılırken boşluk basıncının zamanla değişiminin hesaba katılmasının gerekli olmadığı (birimlerin drenajlı nitelikte olması vb.) bir elasto-plastik deformasyon analizi gerçekleştirmek için Plastik hesap yöntemi tercih edilebilir. Normal bir plastik hesaplamadaki rijitlik matrisi deforme olmamış başlangıç geometrisine dayalıdır. Bu tür bir hesaplama çoğu pratik geoteknik uygulamada uygundur.

Plastik Hesap Yöntemi

Plastik hesap yönteminin ardında sonlu elemanlar yöntemine dayalı hesaplamalar yatmaktadır. Bir zemin kütlelerinin statik deformasyonu için temel denklemler sürekli ortam mekaniği çerçevesinde formüle edilmiştir. Kabuller arasında elde edilecek olan deformasyonların küçük olduğu kısıtlaması yer almaktadır. Bu kısıtlama, deforme olmamış başlangıç geometrisine referansla bir formülasyon sağlar. Süreklilik tanımı, sonlu elemanlar yöntemine göre ayrıklaştırılır.

Sürekliliğin statik denge formülü Denklem 2.56'da verilmektedir [52].

$$L^T \underline{\sigma} + \underline{b} = \underline{0} \quad (2.56)$$

Bu denklem altı gerilme bileşeninin uzaysal türevlerini ($\underline{\sigma}$), üç yük bileşeni ile ilişkilendirmektedir. L^T ise transpoze türev operatörü olup;

$$L^T = \begin{bmatrix} \frac{\partial}{\partial x} & 0 & 0 & \frac{\partial}{\partial y} & 0 & \frac{\partial}{\partial z} \\ 0 & \frac{\partial}{\partial y} & 0 & \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial z} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{\partial}{\partial z} & 0 & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial x} \end{bmatrix} \quad (2.57)$$

Denge denklemi için, kinematik ilişki Denklem 2.58'de verildiği gibi formüle edilebilecektir.

$$\underline{\varepsilon} = L \underline{u} \quad (2.58)$$

Bu denklem diferansiyel operatörü olan L kullanılarak altı birim deformasyon bileşenini ($\underline{\varepsilon}$), üç deplasman bileşeninin uzaysal türevlerini ($\underline{u}$) ifade etmektedir.

Sürekliliğin statik denge formülü ve denge denklemine ait kinematik ilişki denkleminin ilişkilendirilmesinde malzeme davranışı önemli bir rol oynamaktadır.

$$\underline{\sigma} = M \underline{\dot{\varepsilon}} \quad (2.59)$$

Denklem 2.56, 2.58 ve 2.59 birlikte çözüldüğünde ikinci dereceden kısmi diferansiyel bir denklem elde edilmektedir. Bununla birlikte, doğrudan bir kombinasyon yerine, denge denklemi Galerkin'in varyasyon ilkesine göre yeniden formüle edilmiştir [54].

$$\int \delta \underline{u}^T (L^T \underline{\sigma} + \underline{b}) dV = 0 \quad (2.60)$$

Burada $\delta \underline{u}$ deplasmanların kabul edilebilir kinematik varyasyonunu ifade etmektedir. Denklem 2.60 için Green teoremi uygulandığında;

$$\int \delta \underline{\varepsilon}^T \underline{\sigma} dV = \int \delta \underline{u}^T \underline{b} dV + \int \delta \underline{u}^T \underline{t} dS \quad (2.61)$$

Gerilme durumu oluşumu aşağıda ifade edilen bir inkremental süreç olarak düşünülebilecektir.

$$\sigma^i = \sigma^{i-1} + \Delta \sigma \quad \Delta \sigma = \int \sigma \dot{dt} \quad (2.62)$$

Burada σ^i bilinmeyen gerçek gerilme durumunu, σ^{i-1} ise bilinen bir önceki gerilme durumunu ifade etmektedir. Gerilme artışı, $\Delta \sigma$, ise gerilme oranının küçük bir zaman aralığındaki integrali olarak ifade edilmiştir. Buna göre, eğer Denklem 2.61'de verilen bağıntı gerçek durum 'i' olarak düşünülürse, σ^i bilinmeyen gerçek gerilme durumu aşağıdaki denklem kullanılarak elimine edilebilecektir:

$$\int \delta \underline{\varepsilon}^T \Delta \sigma dV = \int \delta \underline{u}^T \underline{b}^i dV + \int \delta \underline{u}^T \underline{t}^i dS - \int \delta \underline{\varepsilon}^T \underline{\sigma}^{i-1} dV \quad (2.63)$$

Sonlu elemanlar yöntemine göre, bir süreklilik bir dizi elemana (hacim) bölünür. Her eleman ise bir dizi düğüm noktalarından (nod) oluşur. Her düğüm noktası, çözülecek sınır değer problemindeki bilinmeyenlerin diskrit değerlerine karşılık gelen bir dizi serbestlik düzeyine sahiptir. Mevcut deformasyon teorisine göre, serbestlik düzeyleri deplasman bileşenlerine tekabül etmektedir. Bir eleman içerisindeki deplasman alanı $\underline{u}$, interpolasyon formüllerini içeren N matrisi yardımı ile $\underline{v}$ vektöründeki diskrit düğüm değerleri kullanılarak hesaplanabilecektir.

$$\underline{u} = \underline{N} \underline{v} \quad (2.64)$$

N matrisindeki interpolasyon formülleri genellikle şekil fonksiyonlarıdır. Denklem 2.64'ün Denklem 2.58'de yerine yazılması sonucu:

$$\underline{\varepsilon} = \underline{L} \underline{N} \underline{v} = \underline{B} \underline{v} \quad (2.65)$$

Sonraki adım olarak ise Denklem 2.63'ün tekrar formüle edilmesi ile:

$$\int (\underline{B} \delta \underline{v})^T \Delta \sigma dV = \int (\underline{N} \delta \underline{v})^T \underline{b}^i dV + \int (\underline{N} \delta \underline{v})^T \underline{t}^i dS - \int (\underline{B} \delta \underline{v})^T \underline{\sigma}^{i-1} dV \quad (2.66)$$

Diskrit deplasman değerinin integralden dışarı çıkması sonucu elde edilen denklemin kinematik açıdan kabul edilebilir deplasman varyasyonları ($\delta \underline{v}^T$) için geçerli olduğu düşünüldüğünde Denklem 2.66 aşağıdaki şekilde yazılabilecektir.

$$\int (\underline{B})^T \Delta \sigma dV = \int (\underline{N})^T \underline{b}^i dV + \int (\underline{N})^T \underline{t}^i dS - \int (\underline{B})^T \underline{\sigma}^{i-1} dV \quad (2.67)$$

Denklem 2.67, diskrit formda genişletilmiş denge koşuludur. Sağ taraftaki ilk terim, ikinci terimle birlikte mevcut dış kuvvet vektörünü temsil eder ve son terim, bir önceki adımdaki iç reaksiyon vektörünü temsil eder. Dış kuvvet vektörü ile iç reaksiyon vektörü arasındaki fark, bir gerilme artışıyla ($\Delta \underline{\sigma}$) dengelenmelidir [52].

Gerilme artışı ve birim deformasyon artışı arasındaki ilişki çoğu zaman nonlineerdir. Bunun sonucunda birim deformasyon artışı genellikle direk olarak hesaplanamaz ve tüm malzeme noktaları için sınır denge koşullarının sağlanması adına global iteratif prosedürlere ihtiyaç duyulabilir [52].

Gerilme artışı ve birim deformasyon artışı arasındaki bağıntının ($\Delta \underline{\sigma} = \underline{M} \Delta \underline{\varepsilon}$), Denklem 2.67'de yerine konması sonucu:

$$\underline{K}^i \Delta \underline{v}^i = \underline{f}_{ex}^i - \underline{f}_{in}^i \quad (2.68)$$

Burada K rijitlik matrisi, $\Delta \underline{v}$ artımsal deplasman vektörü, $\underline{f}_{ex}^i$ dış kuvvet vektörü ve $\underline{f}_{in}^i$ ise iç kuvvet vektörünü temsil etmektedir. 'i' indisi adım numarasını ifade etmektedir.

Bununla birlikte, gerilme artışları ve birim deformasyon artışları arasındaki ilişki genellikle doğrusal olmadığından, rijitlik matrisi önceden tam olarak formüle edilemez. Bu nedenle hem denge koşulunu hem de bünye denklemini sağlamak için global iteratif prosedür gereklidir [52].

$$K^i \delta \underline{v}^j = \underline{f}_{ex}^i - \underline{f}_{in}^j \quad (2.69)$$

Burada 'j' indisi iterasyon sayısını, $\delta \underline{v}$ ise 'i' adımındaki deplasman artışına katkıda bulunan alt-artımsal deplasman vektörünü ifade etmektedir

$$\Delta \underline{v}^i = \sum_{j=1}^n \delta \underline{v}^j \quad (2.70)$$

'n' ile ifade edilen değişken 'i' adımındaki iterasyon sayısıdır. Denklem 2.69'daki rijitlik matrisi K, yaklaşık olarak malzeme davranışını ifade etmektedir. Rijitlik matrisi ne kadar doğru olursa, belirli bir tolerans dahilinde denge durumunu elde etmek için o kadar az iterasyon gerekir [52].

En basit formunda K matrisi lineer-elastik davranışı ifade etmektedir. bu durumda rijitlik matrisi aşağıdaki şekilde formüle edilebilecektir:

$$K = \int B^T D^e B dV \quad (\text{elastik rijitlik matrisi}) \quad (2.71)$$

Burada D^e Hooke yasasına göre elastik malzeme matrisi, B ise birim deformasyon enterpolasyon matrisidir.

4. Adım: Şev Duraylılığı Analizi

Bu adımda şev duraylılığı analizi gerçekleştirilmiştir. Plaxis, hesap yöntemi seçeneğinden “Safety” seçeneği seçilmesi sonucu mukavemet azaltma yöntemi ile şev stabilitesi analizleri yapmaktadır.

“Safety” seçeneği Plaxis 2D’de tercih edilebilen bir yöntem olup toptan göçmeye karşı güvenlik sayısının hesaplanması için kullanılmaktadır.

“Safety” yaklaşımında, zeminin kayma mukavemeti parametreleri $\tan \phi$ ve c ile çekme mukavemeti, yapının göçmesi meydana gelene kadar art arda azaltılır [51]. Dilatasyon açısı ψ , prensip olarak ϕ/c azaltma prosedüründen etkilenmez. Ancak dilatasyon açısı hiçbir zaman içsel sürtünme açısından büyük olamaz. İçsel sürtünme açısı ϕ , (verilen) dilatasyon açısına eşit olacak kadar azaldığında, içsel sürtünme açısının daha fazla azaltılması, dilatasyon açısının aynı şekilde azalmasına yol açacaktır. Kullanılması durumunda arayüzlerin dayanımı da aynı şekilde azalır [52].

Toplam çarpan ΣMsf , analizin belirli bir aşamasında zemin mukavemeti parametrelerinin değerini tanımlamak için kullanılır.

$$\Sigma Msf = \frac{\tan \phi_{girilen}}{\tan \phi_{azaltılan}} = \frac{c_{girilen}}{c_{azaltılan}} = \frac{s_{u,girilen}}{s_{u,azaltılan}} = \frac{\text{Çekme Dayanımı}_{girilen}}{\text{Çekme Dayanımı}_{azaltılan}} \quad (2.72)$$

Yük ilerleme adım sayısı prosedürü (Load advancement number of steps procedure) kullanılarak bir “Safety” hesaplaması yapılır. Artımlı çarpan Msf ifadesi, ilk hesaplama adımına ait dayanım azaltma değerini belirtmek için kullanılır. Bu değer, varsayılan olarak 0.1’e ayarlanmıştır. Dayanım parametreleri, tüm adımlar tamamlanana kadar art arda otomatik olarak azaltılır. Varsayılan olarak, adım sayısı 100 olarak ayarlanmıştır, ancak gerekirse adım sayısı için 10000’e kadar bir değer seçilebilir. Son adımın toptan göçme mekanizmasıyla sonuçlanıp sonuçlanmadığı her zaman kontrol edilmelidir. Eğer toptan göçme elde edilmiş ise, güvenlik faktörü Denklem 2.73’teki gibi verilir.

$$FS = \frac{\text{mevcut dayanım}}{\text{göçme dayanımı}} = \text{göçme durumundaki } \sum Msf \text{ değeri} \quad (2.73)$$

Gerilmeye bağlı rijitlik ve pekleşme davranışı bu analiz yöntemi dışında tutulduğundan “Safety” analizi gelişmiş zemin modelleri ile birlikte kullanılsa dahi o modeller de standart Mohr-Coulomb modeli olarak davranacaktır. Bu durumda rijitlik, hesaplama aşamasının başında başlangıç gerilmelerine göre hesaplanır ve hesaplama aşaması tamamlanana kadar sabit tutulur.



3.FARKLI DALGA PARAMETRELERİNİN DALGAKIRAN TASARIMINDAKİ ROLÜNÜN UYGULAMALI OLARAK İNCELENMESİ

3.1 Tasarım Parametreleri

Mukayese yapabilmek adına iki farklı lokasyon belirlenmiştir. Bu lokasyonların Karadeniz ve Ege gibi farklı bölgelerden seçilerek, birbirinden farklı dalga karakterleri üzerine çalışılması amaçlanmıştır.

Belirlenen iki farklı lokasyon için “Türkiye Kıyıları için Rüzgâr ve Derin Deniz Dalga Atlası (1999)”dan edilen bilgiler doğrultusunda derin deniz dalga parametreleri belirlenmiştir [55]. Belirlenen lokasyonlara en uygun derin deniz parametreleri Örnek Çalışma-1 “Çeşme-Altinkum” için Dalga Atlasından 38.00°K, 26.50°D, Örnek Çalışma-2 “Ordu-Altınordu” için de 41.25°K, 37.10°D koordinatları baz alınmıştır. Şekil 3.1 ve 3.2’de Dalga Atlasından elde edilen bilgiler verilmiştir. Belirli koordinatlar için yapılmış olan yineleme dönemine göre değişkenlik gösteren derin deniz dalga verileri mevcut olup, her iki koordinat verisi için de bu veriler “Yıllık En Büyük Belirgin Dalga Yüksekliklerinin En Büyük Değer İstatistiği” bölümünde görülebilir. Altinkum bölgesi için etken yön dilimleri Güney ve Batı-Güneybatı olurken, Ordu bölgesinde ise Kuzey-Kuzeybatı ve Kuzey-Kuzeydoğu yönleridir.

50 yıllık ve 100 yıllık dalgalara göre elde edilen derin deniz parametreleri Tablo 3.1’de verilmiştir. Derin deniz dalga yüksekliği ile “Dalga yüksekliği ve Dalga Periyodu H_s-T_m ” arasındaki ilişki kullanılarak Dalga Periyodu elde edilmiştir. Ordu için elde edilen derin deniz dalga yüksekliği değeri verilen bağıntı sınırlarında bulunmadığından extrapolasyon yapılarak elde edilmiştir.

Tablo 3.1 Örnek Çalışma Lokasyonları derin Deniz Tasarım Dalga Parametreleri

Çeşme - Altınkum		
	Derin Deniz Dalga Yüksekliği (H_{s0})	Dalga Periyodu (T_{m0})
50 Yıllık	6,80 m	11,0 s
100 Yıllık	7,05 m	11,5 s
Ordu - Altınordu		
	Derin Deniz Dalga Yüksekliği (H_{s0})	Dalga Periyodu (T_{m0})
50 Yıllık	7,00 m	10,5 s
100 Yıllık	7,60 m	11,0 s

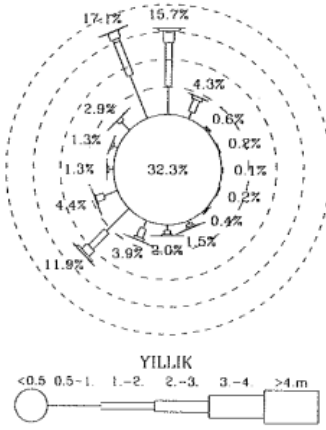
Tasarımda geçerli derin deniz dalga parametrelerinden 50 yıllık veya 100 yıllık dalganın seçimi yapılacak yapıya göre karar verilerek kullanılabilir. Korunacak yapıda, kullanım süresi ya da geri saha önem arz eden bir durumda ise 100 yıllık dalgalar tasarımda kullanılabilir ancak bu tez çalışması doğrultusunda 50 yıllık dalgalar ile çalışılmıştır. Yapı önüne dalga taşınımı yapılırken, yapı önüne taşınan dalganın periyodu Yüksel ve arkadaşlarının Türkiye kıyıları için hazırlamış olduğu dalga yüksekliği ile dalga periyodu arasındaki ilişkisi baz alınarak elde edilmiştir [56]. Parametrelere ait ilişkili Tablo 3.2’de verilmiştir.

Tablo 3.2 Türkiye Denizleri Dalga Yüksekliği ve Periyodu Genel İlişkisi [56]

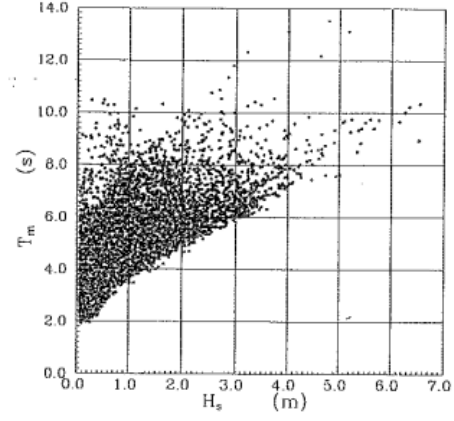
Deniz	Formül	R²
Akdeniz	$T_m = 4,473 \times H_s^{0,3371}$	0,8991
Ege	$T_m = 3,623 \times H_s^{0,35}$	0,9426
Marmara	$T_m = 3,521 \times H_s^{0,3327}$	0,9621
Karadeniz	$T_m = 4,513 \times H_s^{0,3235}$	0,9553

Örnek çalışmalar için seçilen lokasyonlar Ege ve Karadeniz bölgelerinde bulunduğundan, ilgili formüller hesaplarda baz alınmıştır.

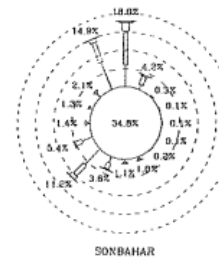
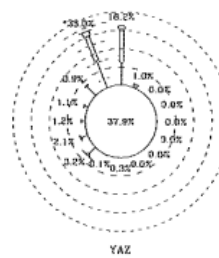
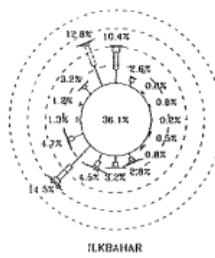
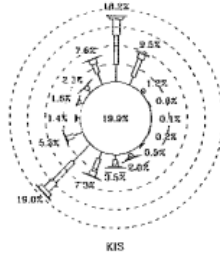
Dalga İklimi: 38.00° N, 26.50° E



5. Yıllık dalga gülü

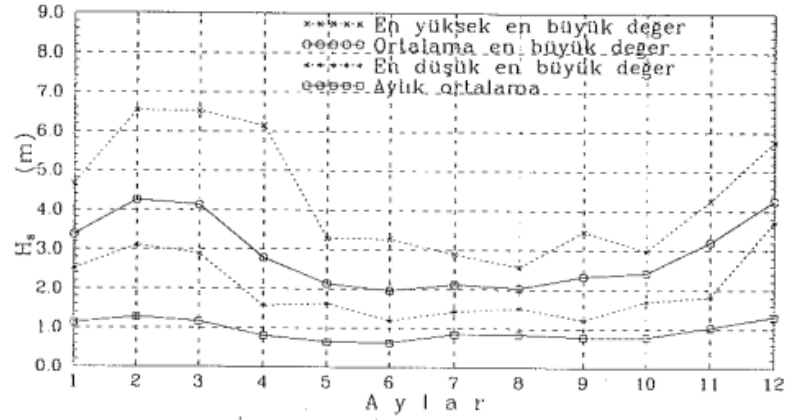


6. T_m ve H_s arasındaki bağıntı



7. Mevsimsel dalga gülleri

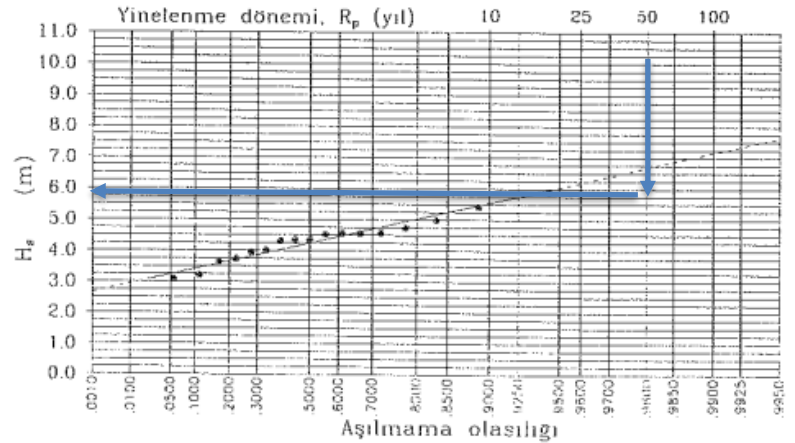
8. Aylık ortalama ve en yüksek (en yüksek, en küçük ve ortalama) belirgin dalga yüksek-leri (H_s).



9. Yıllık en büyük belirgin dalga yükseklerinin en büyük değerler istatis-tiği.

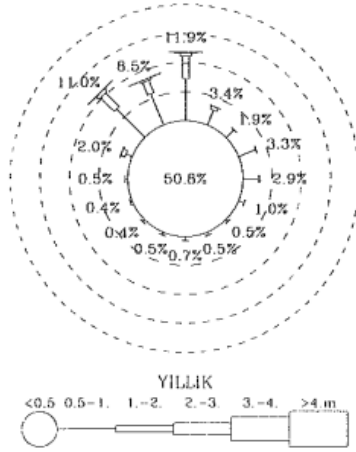
Etken yön dilimi:
S-WSW

İkincil yön dilimi:

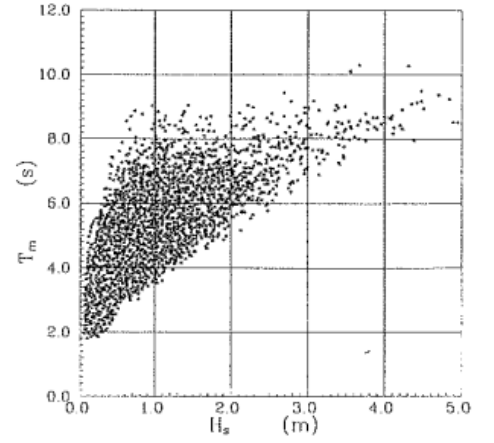


Şekil 3.1 Çeşme-Altinkum için Dalga Atlasından Alınan Veriler [55]

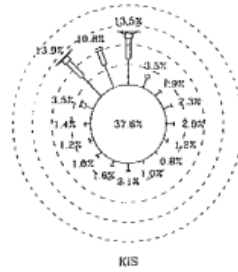
Dalga İklimi: 41.25° N, 37.10° E



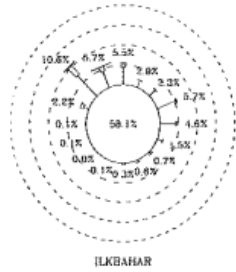
5. Yıllık dalga gülü



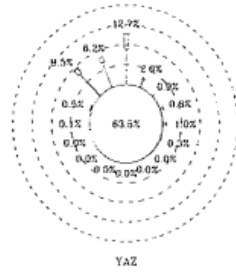
6. T_m ve H_s arasındaki bağıntı



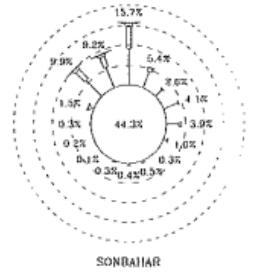
KİS



İLKBAHAR



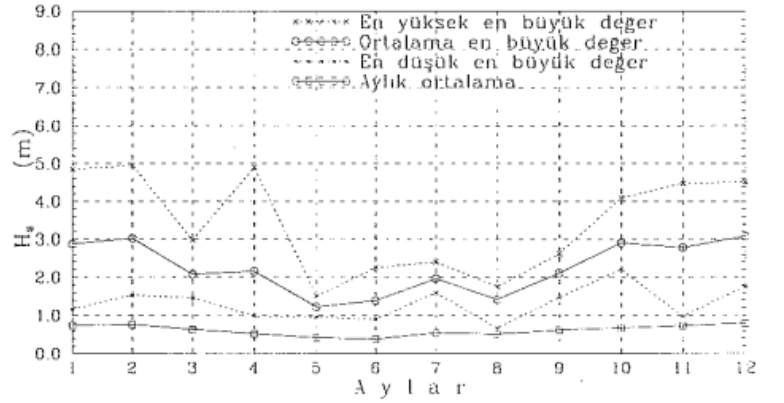
YAZ



SONBAHAR

7. Mevsimsel dalga gülleri

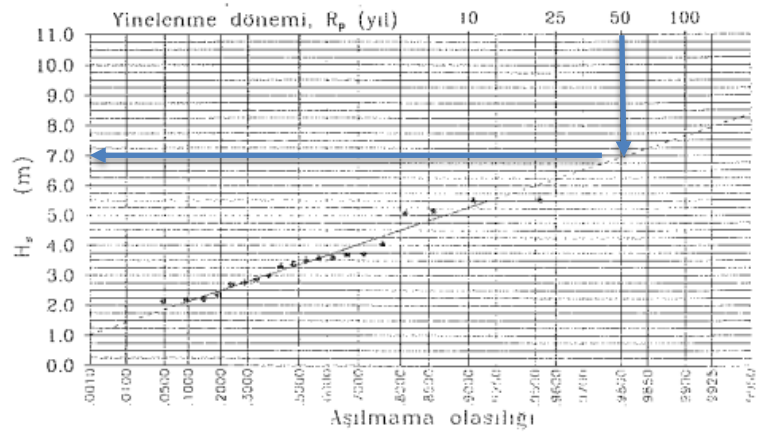
8. Aylık ortalama ve en yüksek (en yüksek, en küçük ve ortalama) belirgin dalga yüksekleri (H_s).



9. Yıllık en büyük belirgin dalga yükseklerinin en büyük değerler istatistiği.

Etken yön dilimi:
NNW-NNE

İkincil yön dilimi:
ESE

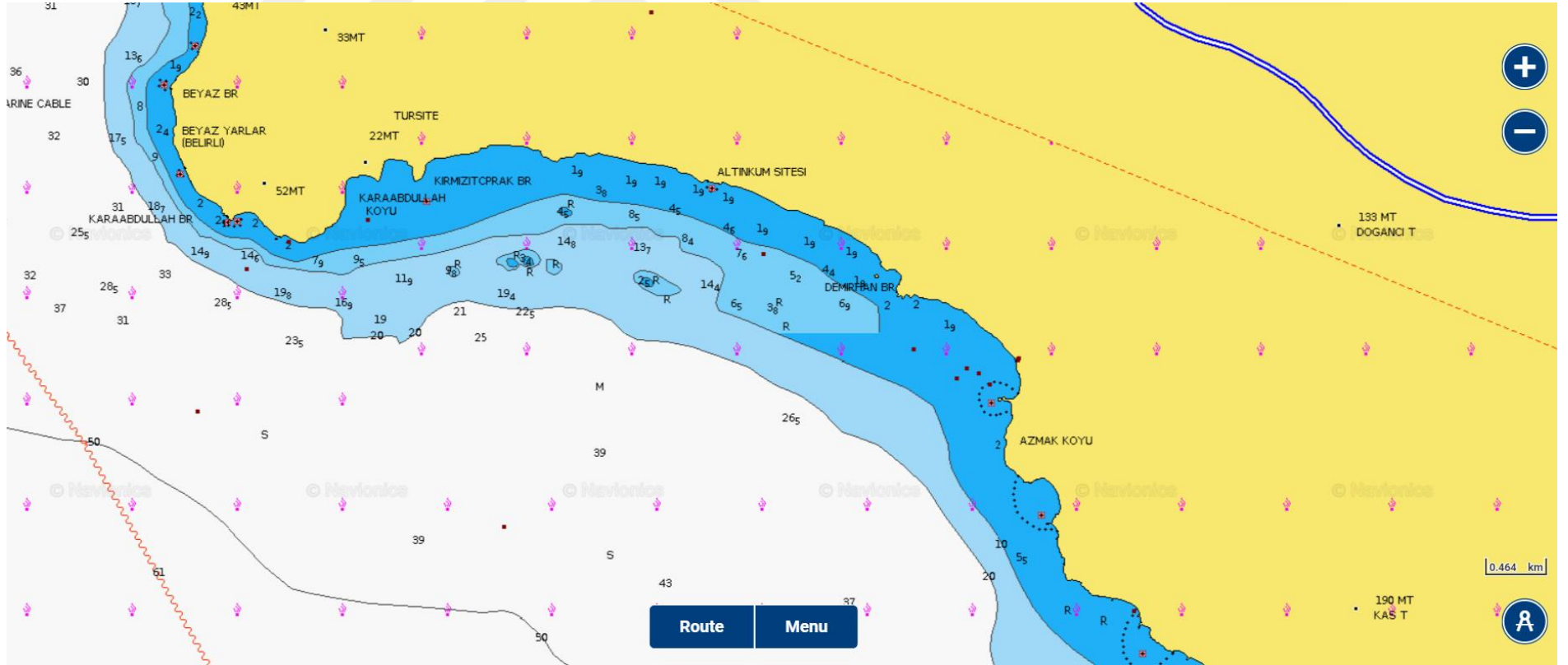


Şekil 3.2 Ordu-Altınordu için Dalga Atlasında Alınan Veriler [55]

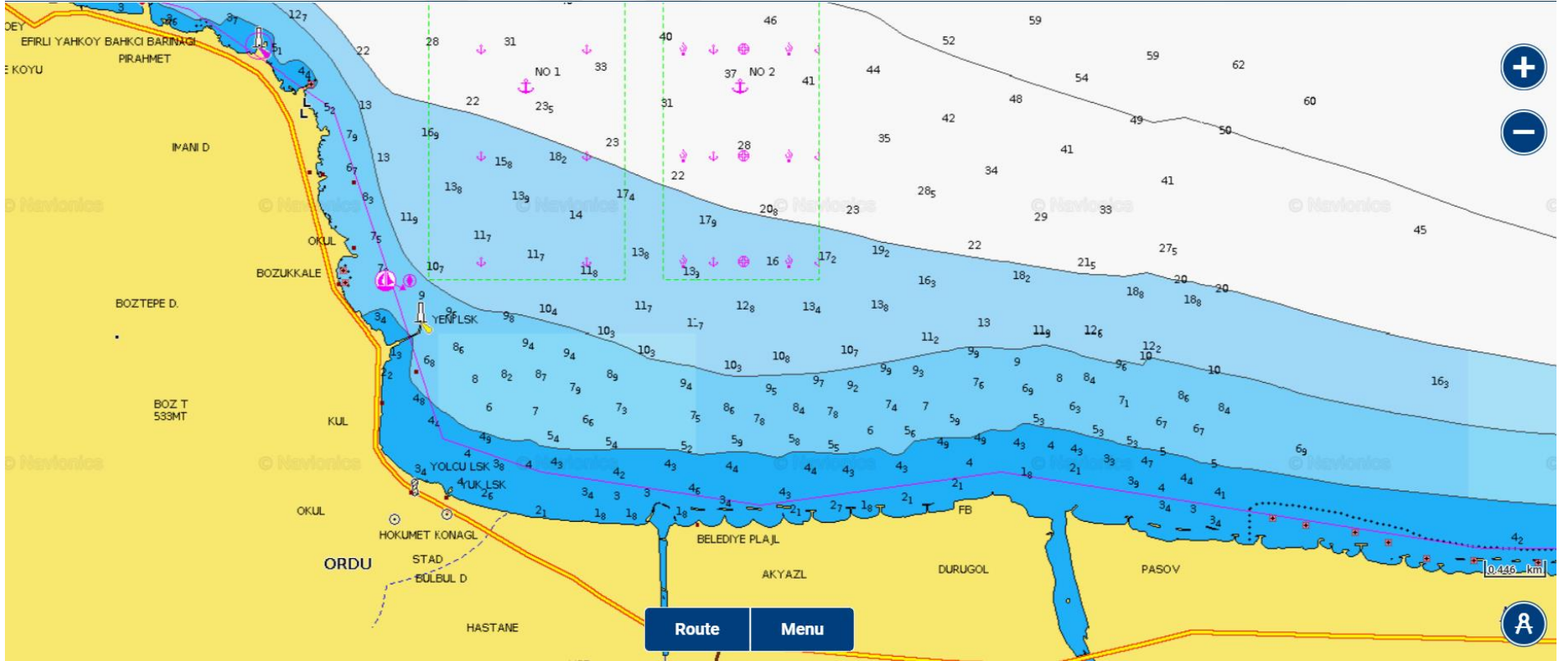
Elde edilen derin deniz dalga verileri kullanarak, dalga transformasyonu, bütün parametreleriyle yapılmış olup, elde edilen verilere göre iki lokasyon için de iki farklı dalgakıran kesiti elde edilmiştir. İlgili hesaplar Bölüm 3.3 ve 3.4'te verilmiştir. Elde edilen koruma tabakaları Breakwat programı kullanılarak da kontrol edilmiştir.

İlgili lokasyonlara ait batimetre verilerine Navionics veri tabanı kullanılarak ulaşılmış ve tasarımın yapılacağı derinliklere buradan bakılarak karar verilmiştir. Veri tabanından elde edilen batimetre haritaları Şekil 3.3 ve 3.4'te verilmiştir.





Şekil 3.3 Altinkum Batimetri Verileri [57]



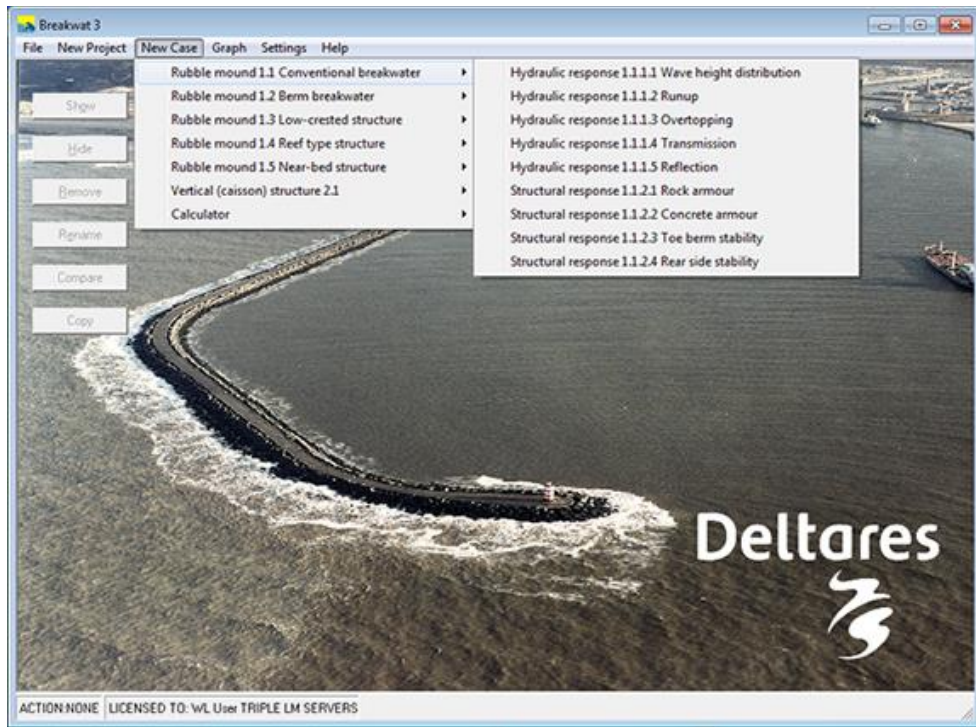
Şekil 3.4 Ordu Batimetri Verileri [57]

3.2 Kullanılan Yazılım

3.2.1 Breakwat

Delft Üniversitesi öncülüğünde 1980'lerin sonunda çıkarılan dalgakıran tasarım programı Breakwat, günümüzde dalgakıran tasarımı açısından nümerik sonuç veren nadir bir program olarak karşımıza çıkmaktadır. Program kapsamında taş anroşman dalgakıranlar, yapay beton bloklu dalgakıranlar, alçak kretli dalgakıranlar, basamaklı dalgakıranlar gibi birçok dalgakıran çeşidine ait tasarım formülleri bulunmaktadır. Sadece bunlarla kalmayıp dalga tahmini, geri yansıması vs. gibi hidrolik parametreler için de bir hesaplama aracıdır.

Program, kullanıcıya gerekli kısıtlamaları ve şartları veri girişinde sorgulatmasıyla ve pratik kullanımıyla hem ülkemizdeki hem de dünyadaki bilindik tasarım uygulamalarını oldukça pratik bir hale getirmiştir. Breakwat her ne kadar nümerik sonuçlara kolayca kullanıcıya sunabiliyor olsa da dalgakıran kesiti ya da uygulamaya yönelik bir sonuç vermemektedir, aksine belirli hesaplamalarda (Örnek olarak basamaklı dalgakıranlarda dalga aşmasında) dalgakıran geometrisine ait uzunlukları girdi olarak istemektedir.



Şekil 3.5 Breakwat Programı Arayüzü [58]

Bölüm 3.3 ve 3.4’te çalışılmış olan örnek çalışmalarda elde edilen sonuçların Breakwat üzerinden değerlendirilmesi yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Elde edilen Breakwat çıktıları Ek olarak sunulmuştur.

3.2.2 PLAXIS 2D

Plaxis 2D yazılımı 1987 yılında Delft Üniversitesi’nde geliştirilmiş olan ve günümüzde Bentley altyapısında sunulan geoteknik mühendisliğinde karşılaşılan karmaşık problemleri sonlu elemanlar yöntemi yardımı ile çözmeye yarayan, deformasyon analizleri, stabilite analizleri, dinamik analizler, zamana bağlı davranış analizleri yapan bir yazılımdır. Uluslararası kullanıma sahip bir yazılım olan Plaxis 2D ile saha mühendisleri ve araştırmacı mühendisler çözümlemeler yapmaktadır. Plaxis 2D, kazı, temel, tünel açma, rezervuar vb. farklı projeleri modelleme ve çözme yeteneğine sahiptir. Bu yazılım geoteknik sorunları elasto-plastik davranışa uygun bir şekilde çözmektedir. Model için üçgen elemanlar tanımlayarak sonlu eleman ağlarının modellenmesi ile ilgili bölgeleri kendi içinde çözümler. Modellenen tüm bu bölgelerin her biri içerisine altı veya on beş adet düğüm ve üç veya on iki adet gerilme noktaları (Gauss noktaları) atanır, bu noktalarda zemin parametreleri analiz edilir ve toplanarak tüm model çözülmüş olur [52,59].

Ayrıca Plaxis yazılımı kullanıcıya çok çeşitli malzeme modeli seçeneği sunmaktadır. Bunlardan bazıları için Lineer Elastik model, Mohr – Coulomb model, Pekleşen Zemin modeli, Pekleşmiş Zemin ile Küçük-Gerilme Rijitliği modeli, Yumuşak Zemin modeli, Yumuşak Zemin Sünme modeli, Birleşik Kaya modeli, Modifiye Cam-Kili model, NGI – ADP modeli, UDCAM – S modeli, Sekiguchi – Ohta modeli, Hoek – Brown modeli, UBC3D – PLM modeli, Beton modeli olmak üzere on dört farklı malzeme modeli örnek gösterilebilecektir [52,59].

3.3 Örnek Çalışma 1 – Altinkum, Çeşme

Mukayese yapabilmek adına seçilen bölgelerden ilki Çeşme-Altinkum için hesaplamalar bu kısımda verilmiştir. Şekil 3.3'te Navionics veri tabanından elde edilen verilere dayanarak Altinkum için çalışılacak derinlikler 1 m ile 5 m arasında seçilmiştir. Dalgakıran için uygun tasarım derinliği seçilene kadar bu derinlik değerleri arasındaki tüm derinlikler için transformasyon hesapları yapılmış ve bütün işlemler sonucunda bir tasarım derinliği seçilmiştir. Derin deniz dalga verileri önce transforme edilerek yapı önüne taşınacak olup tasarım bu verilere göre yapılacaktır.

3.3.1 Dalga Kırılma Derinliği ve Yüksekliği Hesapları

Transformasyon yapılmadan önce gelen dalgaların hangi derinlikte ve yükseklikte kırıldığına bakılmış ve surf bölgesi uzunluğu hesaplanmıştır. CEM formülüne ve GODA&Weggel grafiklerine göre dalga kırılma hesapları yapılmıştır. CEM formülüne göre yapılan işlemler sonucu elde edilen değerler Tablo 3.3 ve 3.4'deki gibidir. 5 m derinliği için yapılan işlemler ise örnek olarak açıklanmıştır. Devamında ise grafiklerden elde edilen değerler verilmiş olup, elde edilen sonuçların ortalamaları alınarak nihai bir sonuca ulaşılmıştır.

CEM formülünde açıklandığı üzere eşdeğer derin deniz dalga yüksekliği H_0 , sapma katsayısı $-K_r$ değerine bağlı bir parametre olduğundan dalga kırılma derinliği ve yüksekliği, deniz tabanı normallerine dik gelmeyen dalgalarda derinliğe göre değişmektedir. Bu değişiklik, sonuçlardan da görüleceği üzere büyük farklılık içermese de ayrı ayrı verilmiştir. Bunlara ek olarak dalgaların yapıya dik gelebileceği durum da göz önüne alınarak K_r değeri 1,0 alınarak da bir sonuç elde edilmiştir. Dalgaların, Dalga Atlasından edinilen bilgiye dayanarak, yapıya 20° ile geldiği varsayımı yapılmıştır. Deniz tabanı eğimi ise batimetri verilerine dayanarak %2 olarak alınmıştır.

Tablo 3.3 CEM formülüne göre Altınkum Dalga Kırılması Hesapları

H_{s0} (m)	d (m)	α	α_i	K_s	K_r	H_o' (m)	H_b (m)	d_b (m)	x_p (m)	Durum?
6,80	5	20	7,7997	1,154	0,974	6,62	7,25	8,57	27,65	Dalga Kırılıyor
6,80	4,5	20	7,4185	1,18	0,973	6,62	7,24	8,57	27,64	Dalga Kırılıyor
6,80	4	20	7,0121	1,21	0,973	6,62	7,24	8,56	27,63	Dalga Kırılıyor
6,80	3,5	20	6,5759	1,246	0,973	6,62	7,24	8,56	27,62	Dalga Kırılıyor
6,80	3	20	6,1035	1,29	0,972	6,61	7,24	8,56	27,61	Dalga Kırılıyor
6,80	2,5	20	5,5857	1,344	0,972	6,61	7,23	8,55	27,60	Dalga Kırılıyor
6,80	2	20	5,0086	1,415	0,971	6,60	7,23	8,55	27,59	Dalga Kırılıyor
6,80	1,5	20	4,3484	1,514	0,971	6,60	7,23	8,55	27,58	Dalga Kırılıyor
6,80	1	20	3,5592	1,669	0,97	6,60	7,23	8,54	27,57	Dalga Kırılıyor

Tablo 3.4 CEM formülüne göre Altınkum Dalga Kırılması Sonuçları

	H_b (m)	d_b (m)	x_p (m)
Ortalama (m)	7,23	8,55	27,61
Standart Sapma	0,0066	0,0094	0,02582
K_r=1.0*	7,40	8,77	28,24

5m derinlik için dalga kırılma hesapları

$$L_0 = 1.56 T^2 = 188,76 \text{ m}$$

$$L = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right) = 74,90 \text{ m}$$

$$C_0 = 1.56 T = 17,16 \text{ m/s}$$

$$C_{go} = 1.56 T \times 0.5 = 8,58 \text{ m/s}$$

$$C_i = L / T = 6,81 \text{ m/s}$$

$$C_{gi} = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{4\pi d/L}{\sinh\left(\frac{4\pi d}{L}\right)}\right) \frac{gT}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right) = 6,44 \text{ m/s}$$

$$K_s = \left(\frac{C_{go}}{C_{gi}}\right)^{0,5} = 1,154$$

$$\alpha_i = \frac{C_i \sin \alpha_0}{C_0} = 7,8^\circ$$

$$K_r = \left(\frac{1 - \sin^2 \alpha_0}{1 - \sin^2 \alpha_i}\right)^{0,25} = 0,974$$

$$H_0' = K_r \times H_0 = 6,62 \text{ m}$$

$$\Omega = \frac{H_b}{H_0'} = 0,56 \times \left(\frac{H_0'}{L_0}\right)^{-0,2} = 1,094$$

$$H_b = 7,25 \text{ m}$$

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

$$a = 43,8x(1 - e^{-19m}) = 13,85$$

$$b = \frac{1,56}{(1 + e^{-19,5m})} = 0,93$$

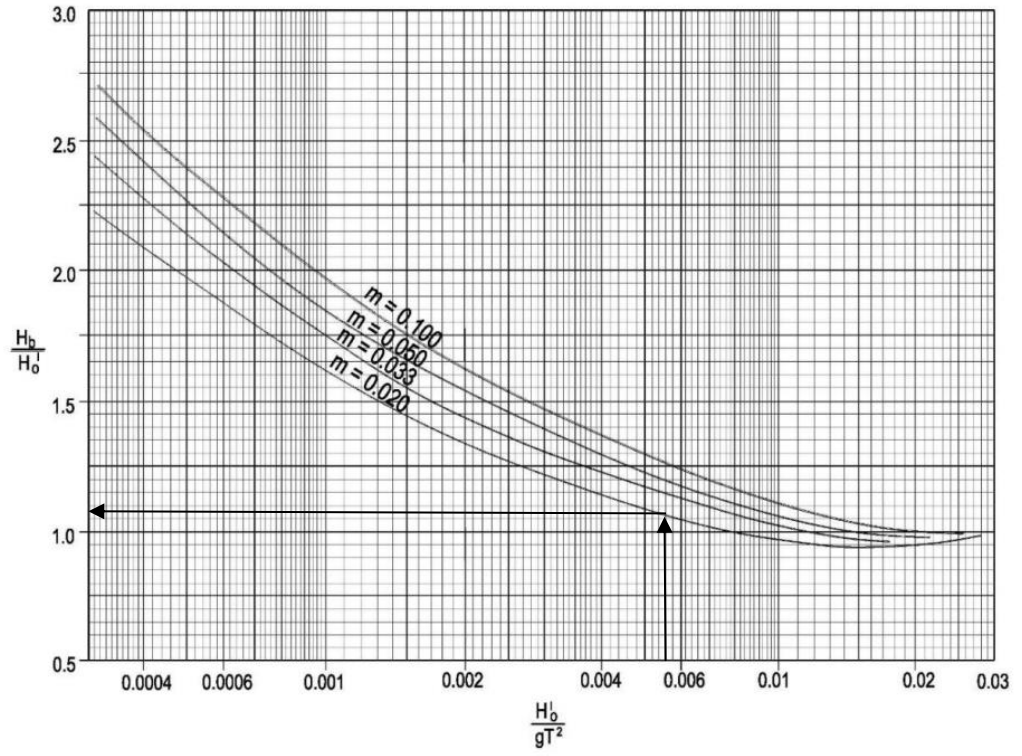
$$d_b = 8,57 \text{ m} > 5,00 \text{ m} \rightarrow \text{Dalga kırılmaktadır}$$

$$x_p = (4,0 - 9,25m)xH_b = 27,65 \text{ m}$$

CEM formülüne göre Altınkum için ortalama kırılma derinliği yaklaşık 8.55 m ve dalganın kırılma yüksekliği ise 7.23 m olarak elde edilmiştir. Surf bölgesi uzunluğu ise yaklaşık 27.61 m'dir. Bu sonuçlara ek olarak GODA&Weggel grafiklerine göre elde edilen sonuçlar ise, Ortalama bir eşdeğer derin deniz dalga yüksekliği elde edilerek, bu değer üzerinden grafiklerdeki karşılık gelen sonuçlar dikkate alınmıştır.

Tablo 3.5 Ortalama Eşdeğer Derin Deniz Dalga Yüksekliği (H_0')-Altınkum

H_{s0} (m)	K_r	H_0'
6,80	0,974	6,62
6,80	0,973	6,62
6,80	0,973	6,62
6,80	0,973	6,62
6,80	0,972	6,61
6,80	0,972	6,61
6,80	0,971	6,60
6,80	0,971	6,60
6,80	0,970	6,60
Ortalama		6,61
Standart Sapma		0,008138
H_0'/gT^2		0,0056

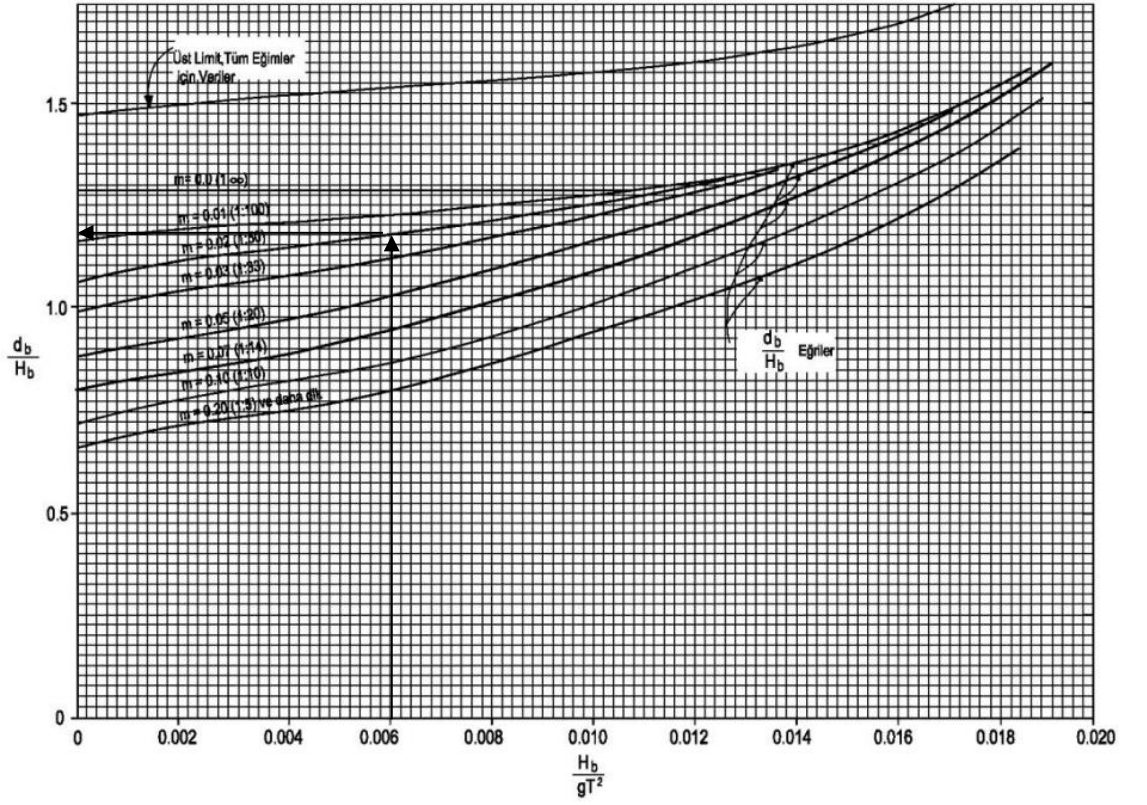


Şekil 3.6 Dalga Dikliği ile Dalga Kırılma Değerleri arası ilişki-Altinkum [43]

H_0'/gT^2 : 0,0056

m : 0,02 değerleri için elde edilenler, $H_b/H_0' : 1,075$

H_b : 7,10 m



Şekil 3.7 Boyutsuz Dalga Kırılması Parametresi ile Boyutsuz Dalga Kırılma Derinliği arası ilişki-Altinkum [43]

$$H_b/gT^2 : 0,0060$$

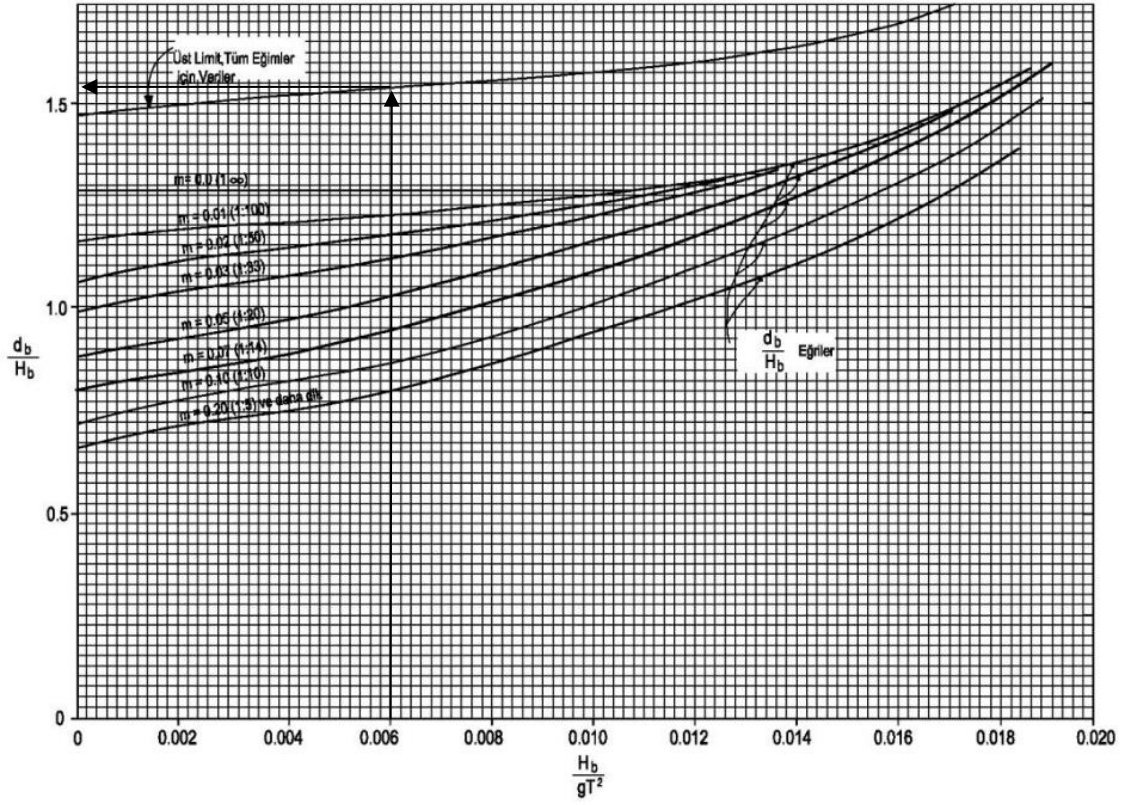
$$m : 0,02$$

değerleri için elde edilenler,

$$d_b/H_b : 1,184$$

$$d_b : 8,40 \text{ m}$$

$$x_p : 27,09 \text{ m}$$



Şekil 3.8 Maksimum Değerler İçin Boyutsuz Dalga Kırılması Parametresi ile Boyutsuz Dalga Kırılma Derinliği arası ilişki-Altınkum [43]

Maksimum dalga kırılma değerleri için;

$$H_b/gT^2 : 0,0060$$

$$m : 0,02 \quad \text{değerleri için elde edilenler,} \quad d_b/H_b : 1,541$$

$$d_b : 10,94 \text{ m}$$

İki yaklaşımdan elde edilen sonuçlar Tablo 3.6’da verilmiştir. Bu verilere dayanarak Altınkum bölgesinde dalgalar 8-9 m derinliklerinde kırılmaktadır. Elde edilen surf bölgesi uzunluğuna da bakarak, dalgalar tasarımın yapılması öngörülen derinliklerden önce surf bölgesini tamamlamaktadır. Tasarımda kırılan dalga koşulu geçerli olmaktadır.

Tablo 3.6 Toplu Olarak Dalga Kırılma Verileri-Altinkum

	CEM		Weggel&GODA	
	Ortalama	$K_r=1.0^*$	$m=0,02$	Maks
H_b (m)	7,23	7,40	7,10	7,10
d_b (m)	8,55	8,77	8,40	10,94
x_p (m)	27,61	28,24	27,09	27,09

3.3.2 Dalganın Yapı Önüne Taşınması

Derin deniz tasarım dalgasının nerede kırılıp kırılmadığı belirlendikten sonra, GODA (2010) ve Van Der Meer (1990) yaklaşımları kullanılarak yapıya gelen dalgaların hangi derinlikte hangi yükseklikte geldiği hesaplanmıştır. Yine 5m derinlik için yapılan hesaplar örnek olarak açıklanmıştır. İki yaklaşım sonucu elde edilen iki değer ortalama alınarak yaklaşık dalga yükseklikleri elde edilmiştir. Tüm farklı derinlikler için elde edilen değişken dalga yükseklik değerleri grafik olarak da Şekil 3.9'da gösterilmiştir.

Yüksel vd. (2011) Türkiye Kıyıları için hazırlamış oldukları dalga yüksekliği ve dalga periyodu ilişkisi kullanılarak elde edilen ilişkiye göre de dalga periyotları elde edilmiştir. Yine de bu yaklaşım yerine, çalışılan bölgede sayısal analiz sonucu elde edilen bir bağıntı ile çalışmak daha sağlıklı sonuçlar verebilir.

Tablo 3.7 GODA Hesaplarına Göre Derinliklere Göre Dalga Yükseklikleri-Altunkum

d (m)	H_{s0} (m)	K_r	H_o'	K_s	T_{s0} (s)	L_o (m)	d/L_o	K_s*H_o'	β₀	β₁	β_{max}	β₀*H_o' + β₁*d	β_{max}*H_o'	H_{1/3} - H_s (m)
5,00	6,80	0,974	6,623	1,154	11,00	188,76	0,026	7,64	0,106	0,566	0,92	3,53	6,09	3,53
4,50	6,80	0,973	6,616	1,180	11,00	188,76	0,024	7,81	0,106	0,566	0,92	3,25	6,09	3,25
4,00	6,80	0,973	6,616	1,210	11,00	188,76	0,021	8,01	0,106	0,566	0,92	2,96	6,09	2,96
3,50	6,80	0,973	6,616	1,246	11,00	188,76	0,019	8,24	0,106	0,566	0,92	2,68	6,09	2,68
3,00	6,80	0,972	6,610	1,290	11,00	188,76	0,016	8,53	0,106	0,566	0,92	2,40	6,08	2,40
2,50	6,80	0,972	6,610	1,344	11,00	188,76	0,013	8,88	0,106	0,566	0,92	2,11	6,08	2,11
2,00	6,80	0,971	6,603	1,415	11,00	188,76	0,011	9,34	0,106	0,566	0,92	1,83	6,07	1,83
1,50	6,80	0,971	6,603	1,514	11,00	188,76	0,008	10,00	0,106	0,566	0,92	1,55	6,07	1,55
1,00	6,80	0,970	6,596	1,669	11,00	188,76	0,005	11,01	0,106	0,566	0,92	1,26	6,07	1,26

5m derinlik için dalga transformasyon hesapları

Dalga kırılması hesaplarında elde edilen değerler,

$$K_r = 0,974 \quad ; \quad K_s = 1,154 \quad ; \quad H'_0 = 6,62$$

$$L_{op} = 1,56 * T^2 = 188,76 \text{ m}$$

$$\frac{d}{L_o} = \frac{5}{188,76} = 0,026 < 0,2$$

$$\beta_0 = 0,028 \left(\frac{H'_0}{L_o} \right)^{-0,38} \exp(20m^{1,5}) = 0,106$$

$$\beta_1 = 0,52 \exp(4,2m) = 0,566$$

$$\beta_{max} = \max[0,92; 0,032 \left(\frac{H'_0}{L_o} \right)^{-0,29} \exp(2,4m)] = \max(0,92; 0,887) = 0,92$$

$$\beta_0 H'_0 + \beta_1 d = 3,53 \text{ m}$$

$$\beta_{max} H'_0 = 6,09 \text{ m}$$

$$K_s H'_0 = 7,64$$

$$H_{1/3} - H_s = \min(3,53; 6,09; 7,64) = 3,53 \text{ m}$$

GODA hesaplarına göre elde edilen sonuçlara ek olarak Van Der Meer Enerji Sönümleme Grafiklerinden de yapı önü dalga yüksekliğine gidilmeye çalışılmıştır. Elde edilen derin deniz dalga dikliğinde (S_{op}) derin deniz dalga yüksekliği ve pik dalga periyodu kullanılmaktadır. Pik dalga periyoduna T_m ve T_s değerlerinden benzeştirilerek ulaşılmıştır.

$$\frac{T_m}{0,81} = T_s ; T_s * 1,08 = T_p$$

$$T_p = 14,67 \text{ s}$$

$$L_{op} = 1,56 * T_p^3 = 335,73 \text{ m}$$

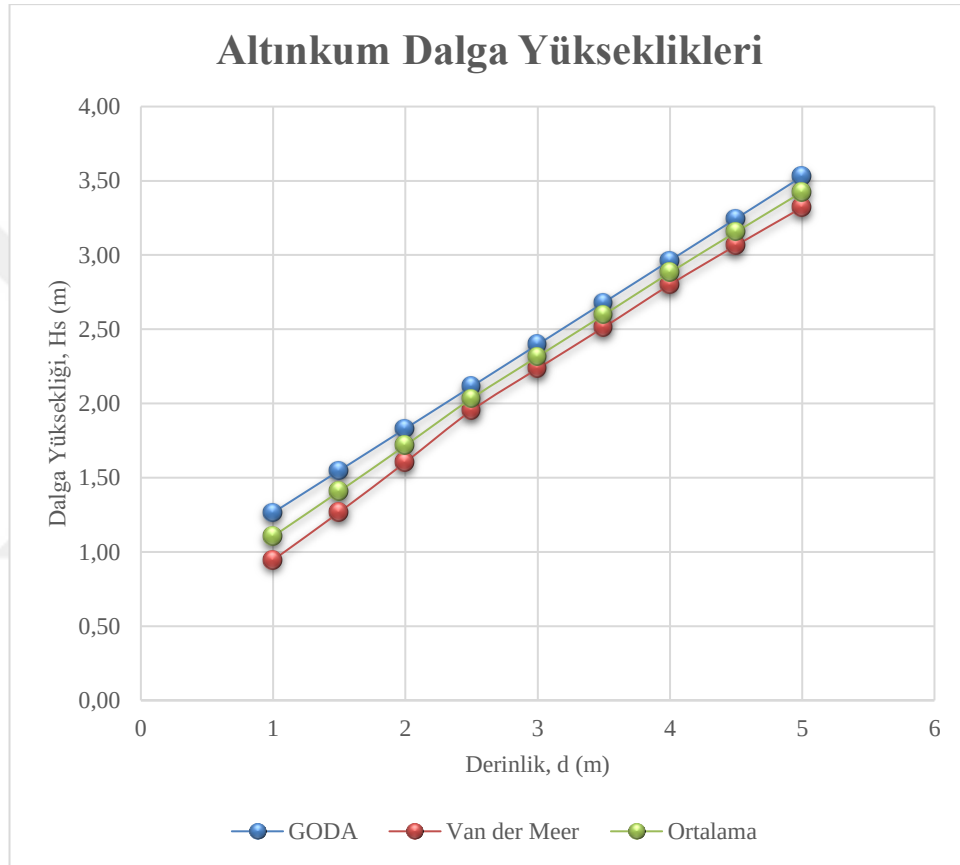
$$S_{op} = \frac{H_{s0}}{L_{op}} = 0,20255$$

Altinkum için elde edilen S_{op} değeri 0.020255 olup, 0.02 değerine çok yakın olduğundan, diğer dalga dikliği grafikleri ile interpolasyona gerek duyulmadan sadece bu değere ait olan grafik kullanılmış olup, ilgili grafik Şekil 2.5'te verilmiştir. Van Der Meer grafikleri sonucu elde edilen sonuçlar Tablo 3.8'de verilmiştir.

Tablo 3.8 Van Der Meer ($S_{op}=0.02$) Grafiklerine Göre Yapı Önü Dalga Yükseklikleri

d (m)	S_{op}	d/ L_{op}	H_s/d	H_s (m)
5,00	0,020255	0,015	0,664	3,32
4,50	0,020	0,013	0,681	3,06
4,00	0,020	0,012	0,700	2,80
3,50	0,020	0,010	0,718	2,51
3,00	0,020	0,009	0,745	2,24
2,50	0,020	0,007	0,781	1,95
2,00	0,020	0,006	0,802	1,60
1,50	0,020	0,004	0,845	1,27
1,00	0,020	0,003	0,945	0,95

Hem GODA hem de Van der Meer yöntemlerine göre elde edilen sonuçlar Şekil 3.9'daki grafik üzerinde verilmiştir. Değerler birbirlerine yaklaşık olarak 20-25cm mertebesinde farklı gelmektedir. GODA hesapları daha büyük sonuçlar verirken, Van Der Meer grafikleri nispeten daha küçük dalga yükseklikleri vermektedir. Her iki değerin de ortalaması alınarak derinliklere ait nihai dalga yüksekliğine ulaşılmıştır.



Şekil 3.9 Altinkum Bölgesinde Farklı Formüllere Göre Değişen Dalga Yükseklikleri

Elde edilen ortalama dalga yüksekliğine göre Tablo 3.2’de verilen Türkiye Denizleri için paylaşılan “ H_s - T_m ilişkisi” denklemlerinden Ege Denizi için verilen formül kullanılarak ilgili dalga periyotları da elde edilmiştir.

Tablo 3.9 Altınkum Bölgesi Yapı Önü Dalga Yükseklikleri ve Periyotları

d (m)	GODA (m)	VDM (m)	Ortalama $H_{s,topuk}$ (m)	T_m (s)	T_s (s)
5,00	3,53	3,32	3,42	5,57	6,88
4,50	3,25	3,06	3,15	5,42	6,69
4,00	2,96	2,80	2,88	5,25	6,48
3,50	2,68	2,51	2,60	5,06	6,25
3,00	2,40	2,24	2,32	4,86	6,00
2,50	2,11	1,95	2,03	4,64	5,73
2,00	1,83	1,60	1,72	4,38	5,40
1,50	1,55	1,27	1,41	4,08	5,04
1,00	1,26	0,95	1,10	3,75	4,63

3.3.3 Koruma Tabakası Hesapları

3.3.3.1 Hudson Formülü

İlk olarak Hudson formülüne göre taş anroşman ve yapay beton bloklar için çalışma yapılmıştır. Teorik özetle de anlaşılabacağı üzere yapay blokların tasarımında deneysel parametre bulundurmadiğundan yalnızca Hudson formülü kullanılmıştır. Hem Altınkum hem de Ordu bölgeleri için çalışılan yapay blok türleri Antifer, Dolos ve Tetrapod’tur.

Dalgakıran yapı şevleri olarak yaygın olarak kullanılan 1/2, 1/2.5 ve 1/3 şevleri çalışılmıştır. Tablo 2.1’de verilen K_D değerleri, ilgili şev ve kullanılan koruma elemanına göre ayrı ayrı seçilmiştir. Hesaplamalar sonucu elde edilen veriler her bir koruma elemanı için ayrı ayrı verilmiş ve kendi içlerinde şev farkından doğan tonaj farkları, karşılaştırma yapılabilmesi adına bir grafik olarak devamında verilmiştir.

Tablo 3.10 Altinkum 1/2 Yapı Şevine Göre Hudson Taş Anroşman Tonajları

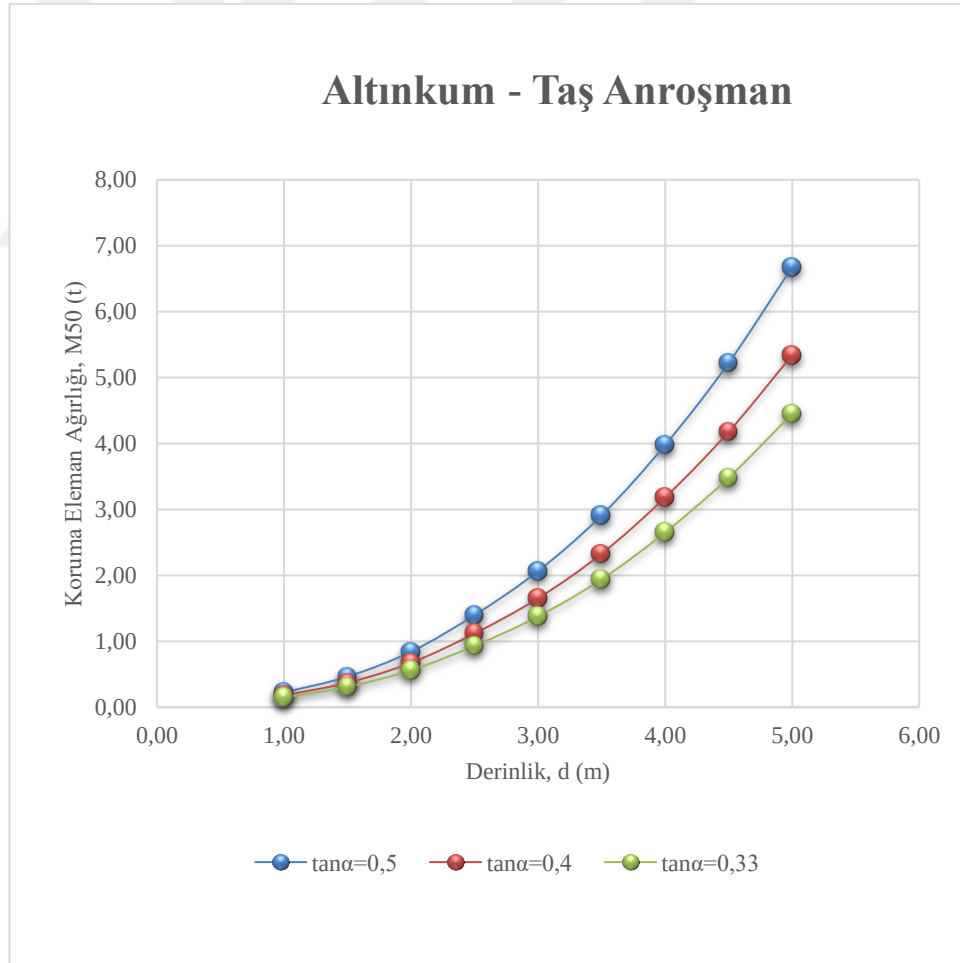
Altinkum		Taş Anroşman		
Dalga	$\tan\alpha$	$\rho_{\text{taş}}$ (t/m ³)	ρ_{su} (t/m ³)	Δ
Kırılan	0,5	2,65	1,025	1,59
d (m)	H _s (m)	K _D	M ₅₀ (t)	D _{n50} (m)
5,00	3,42	2,0	6,68	0,71
4,50	3,15	2,0	5,22	0,65
4,00	2,88	2,0	3,98	0,60
3,50	2,60	2,0	2,91	0,54
3,00	2,32	2,0	2,07	0,48
2,50	2,03	2,0	1,40	0,42
2,00	1,72	2,0	0,84	0,36
1,50	1,41	2,0	0,46	0,29
1,00	1,10	2,0	0,22	0,23

Tablo 3.11 Altinkum 1/2.5 Yapı Şevine Göre Hudson Taş Anroşman Tonajları

Altinkum		Taş Anroşman		
Dalga	$\tan\alpha$	$\rho_{\text{taş}}$ (t/m ³)	ρ_{su} (t/m ³)	Δ
Kırılan	0,4	2,65	1,025	1,59
d (m)	H _s (m)	K _D	M ₅₀ (t)	D _{n50} (m)
5,00	3,42	2,0	5,34	0,66
4,50	3,15	2,0	4,18	0,61
4,00	2,88	2,0	3,18	0,56
3,50	2,60	2,0	2,33	0,50
3,00	2,32	2,0	1,65	0,45
2,50	2,03	2,0	1,12	0,39
2,00	1,72	2,0	0,67	0,33
1,50	1,41	2,0	0,37	0,27
1,00	1,10	2,0	0,18	0,21

Tablo 3.12 Altinkum 1/3 Yapı Şevine Göre Hudson Taş Anroşman Tonajları

Altinkum		Taş Anroşman		
Dalga	$\tan\alpha$	$\rho_{\text{taş}}$ (t/m ³)	ρ_{su} (t/m ³)	Δ
Kırılan	0,33	2,65	1,025	1,59
d (m)	H _s (m)	K _D	M ₅₀ (t)	D _{n50} (m)
5,00	3,42	2,0	4,45	0,62
4,50	3,15	2,0	3,48	0,57
4,00	2,88	2,0	2,65	0,52
3,50	2,60	2,0	1,94	0,47
3,00	2,32	2,0	1,38	0,42
2,50	2,03	2,0	0,93	0,37
2,00	1,72	2,0	0,56	0,31
1,50	1,41	2,0	0,31	0,26
1,00	1,10	2,0	0,15	0,20



Şekil 3.10 Altinkum Hudson'a Göre Taş Anroşman Tonaj Değişim Grafiği

Tablo 3.13 Altınkum 1/2 Yapı Şevine Göre Hudson Antifer Tonajları

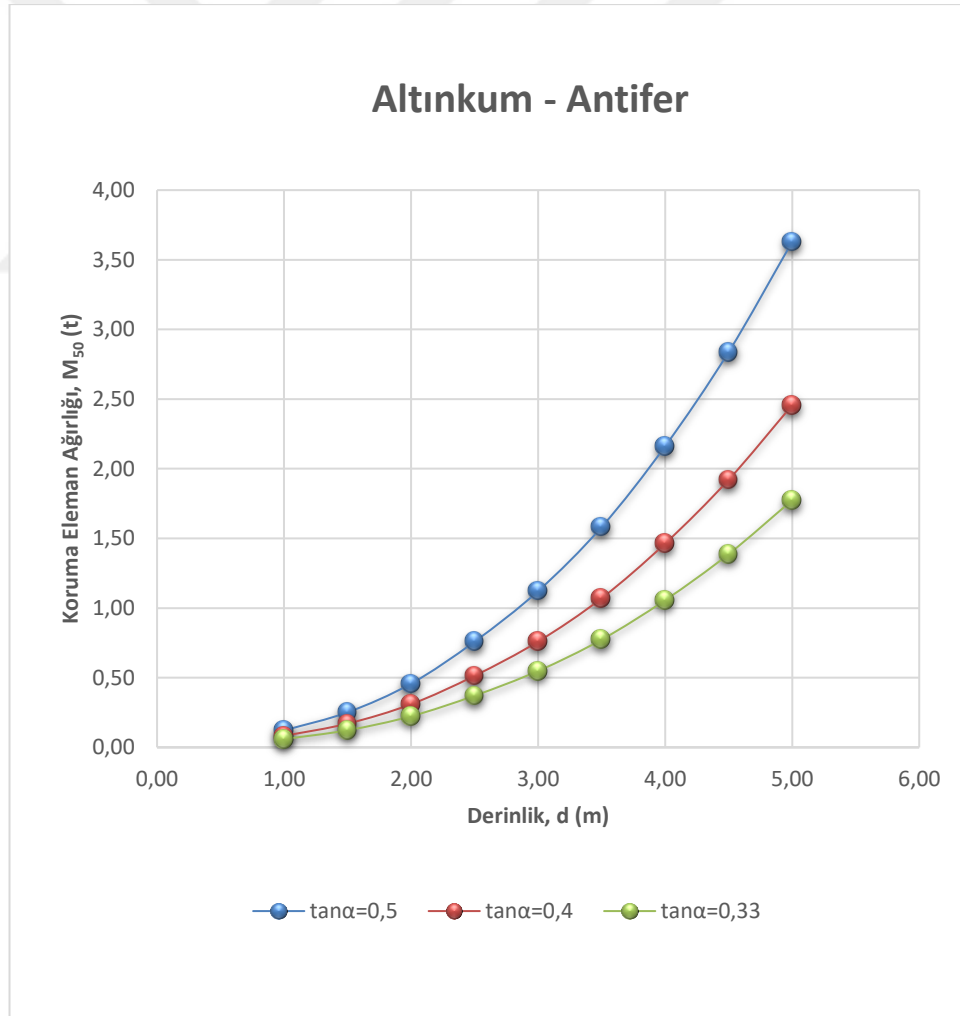
Altınkum		Antifer		
Dalga	$\tan\alpha$	$\rho_{btm} (t/m^3)$	$\rho_{su} (t/m^3)$	Δ
Kırılan	0,5	2,40	1,025	1,34
d (m)	$H_s (m)$	K_D	$M_{50} (t)$	
5,00	3,42	5,5	3,63	
4,50	3,15	5,5	2,84	
4,00	2,88	5,5	2,16	
3,50	2,60	5,5	1,58	
3,00	2,32	5,5	1,12	
2,50	2,03	5,5	0,76	
2,00	1,72	5,5	0,46	
1,50	1,41	5,5	0,25	
1,00	1,10	5,5	0,12	

Tablo 3.14 Altınkum 1/2.5 Yapı Şevine Göre Hudson Antifer Tonajları

Altınkum		Antifer		
Dalga	$\tan\alpha$	$\rho_{btm} (t/m^3)$	$\rho_{su} (t/m^3)$	Δ
Kırılan	0,4	2,40	1,025	1,34
d (m)	$H_s (m)$	K_D	$M_{50} (t)$	
5,00	3,42	6,5	2,46	
4,50	3,15	6,5	1,92	
4,00	2,88	6,5	1,46	
3,50	2,60	6,5	1,07	
3,00	2,32	6,5	0,76	
2,50	2,03	6,5	0,51	
2,00	1,72	6,5	0,31	
1,50	1,41	6,5	0,17	
1,00	1,10	6,5	0,08	

Tablo 3.15 Altınkum 1/3 Yapı Şevine Göre Hudson Antifer Tonajları

Altınkum		Antifer		
Dalga	$\tan\alpha$	$\rho_{btm} (t/m^3)$	$\rho_{su} (t/m^3)$	Δ
Kırılan	0,33	2,40	1,025	1,34
d (m)	H_s (m)	K_D	M_{50} (t)	
5,00	3,42	7,5	1,77	
4,50	3,15	7,5	1,39	
4,00	2,88	7,5	1,06	
3,50	2,60	7,5	0,77	
3,00	2,32	7,5	0,55	
2,50	2,03	7,5	0,37	
2,00	1,72	7,5	0,22	
1,50	1,41	7,5	0,12	
1,00	1,10	7,5	0,06	

**Şekil 3.11** Altınkum Hudson'a Göre Antifer Tonaj Değişim Grafiği

Tablo 3.16 Altınkum 1/2 Yapı Şevine Göre Hudson Dolos Tonajları

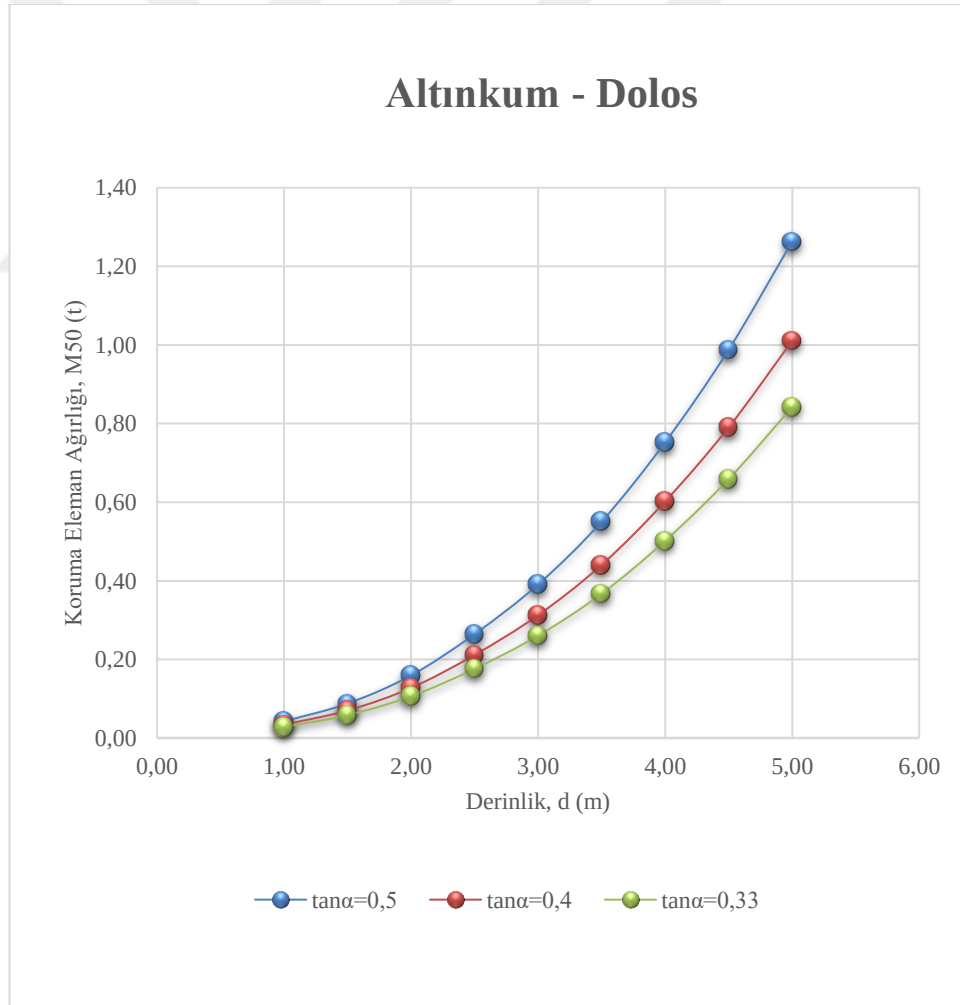
Altınkum		Dolos		
Dalga	$\tan\alpha$	$\rho_{btm} (t/m^3)$	$\rho_{su} (t/m^3)$	Δ
Kırılan	0,5	2,40	1,025	1,34
d (m)	H_s (m)	K_D	$M_{50} (t)$	
5,00	3,42	15,8	1,26	
4,50	3,15	15,8	0,99	
4,00	2,88	15,8	0,75	
3,50	2,60	15,8	0,55	
3,00	2,32	15,8	0,39	
2,50	2,03	15,8	0,26	
2,00	1,72	15,8	0,16	
1,50	1,41	15,8	0,09	
1,00	1,10	15,8	0,04	

Tablo 3.17 Altınkum 1/2.5 Yapı Şevine Göre Hudson Dolos Tonajları

Altınkum		Dolos		
Dalga	$\tan\alpha$	$\rho_{btm} (t/m^3)$	$\rho_{su} (t/m^3)$	Δ
Kırılan	0,4	2,40	1,025	1,34
d (m)	H_s (m)	K_D	$M_{50} (t)$	
5,00	3,42	15,8	1,01	
4,50	3,15	15,8	0,79	
4,00	2,88	15,8	0,60	
3,50	2,60	15,8	0,44	
3,00	2,32	15,8	0,31	
2,50	2,03	15,8	0,21	
2,00	1,72	15,8	0,13	
1,50	1,41	15,8	0,07	
1,00	1,10	15,8	0,03	

Tablo 3.18 Altınkum 1/3 Yapı Şevine Göre Hudson Dolos Tonajları

Altınkum		Dolos		
Dalga	$\tan\alpha$	$\rho_{btm} (t/m^3)$	$\rho_{su} (t/m^3)$	Δ
Kırılan	0,33	2,40	1,025	1,34
d (m)	H_s (m)	K_D	$M_{50} (t)$	
5,00	3,42	15,8	0,84	
4,50	3,15	15,8	0,66	
4,00	2,88	15,8	0,50	
3,50	2,60	15,8	0,37	
3,00	2,32	15,8	0,26	
2,50	2,03	15,8	0,18	
2,00	1,72	15,8	0,11	
1,50	1,41	15,8	0,06	
1,00	1,10	15,8	0,03	

**Şekil 3.12** Altınkum Hudson'a Göre Dolos Tonaj Değişim Grafiği

Tablo 3.19 Altınkum 1/2 Yapı Şevine Göre Hudson Tetrapod Tonajları

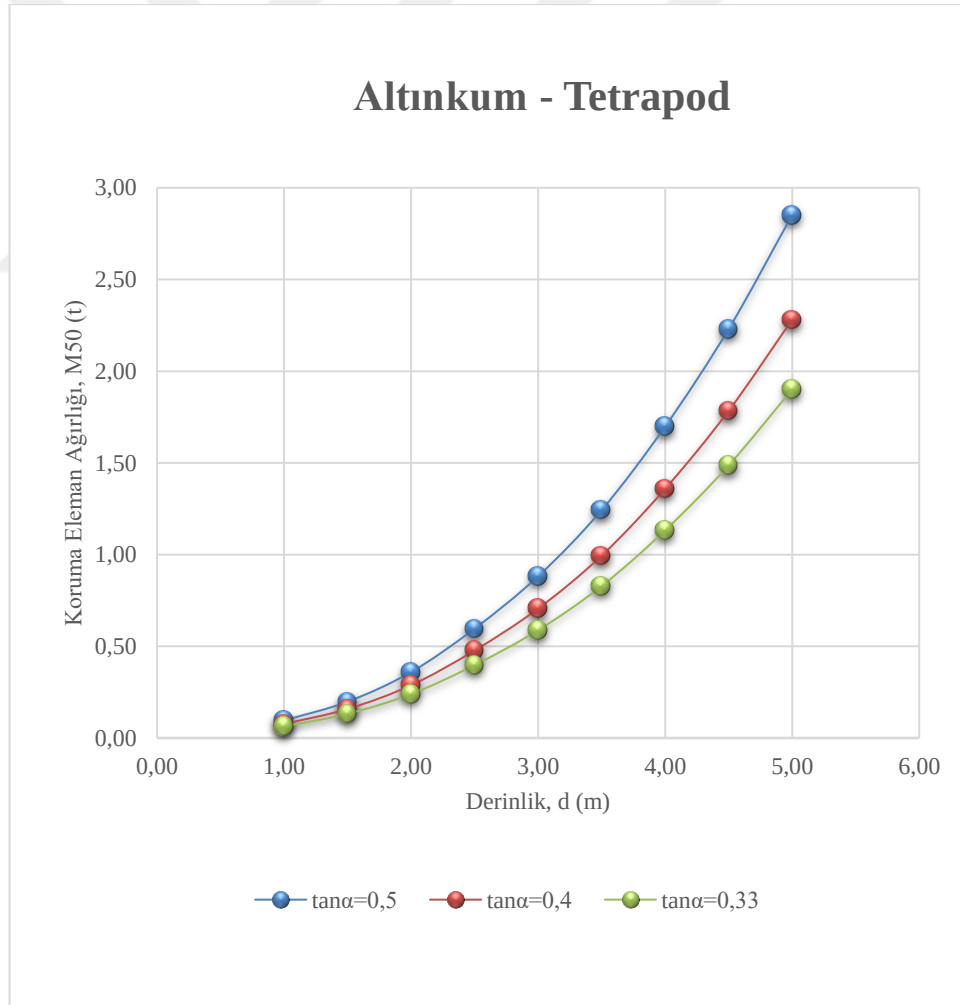
Altınkum		Tetrapod		
Dalga	$\tan\alpha$	$\rho_{btm} (t/m^3)$	$\rho_{su} (t/m^3)$	Δ
Kırılan	0,5	2,40	1,025	1,34
d (m)	H_s (m)	K_D	$M_{50} (t)$	
5,00	3,42	7,0	2,85	
4,50	3,15	7,0	2,23	
4,00	2,88	7,0	1,70	
3,50	2,60	7,0	1,24	
3,00	2,32	7,0	0,88	
2,50	2,03	7,0	0,60	
2,00	1,72	7,0	0,36	
1,50	1,41	7,0	0,20	
1,00	1,10	7,0	0,10	

Tablo 3.20 Altınkum 1/2.5 Yapı Şevine Göre Hudson Tetrapod Tonajları

Altınkum		Tetrapod		
Dalga	$\tan\alpha$	$\rho_{btm} (t/m^3)$	$\rho_{su} (t/m^3)$	Δ
Kırılan	0,4	2,40	1,025	1,34
d (m)	H_s (m)	K_D	$M_{50} (t)$	
5,00	3,42	7,0	2,28	
4,50	3,15	7,0	1,78	
4,00	2,88	7,0	1,36	
3,50	2,60	7,0	0,99	
3,00	2,32	7,0	0,71	
2,50	2,03	7,0	0,48	
2,00	1,72	7,0	0,29	
1,50	1,41	7,0	0,16	
1,00	1,10	7,0	0,08	

Tablo 3.21 Altinkum 1/3 Yapı Şevine Göre Hudson Tetrapod Tonajları

Altinkum		Tetrapod		
Dalga	$\tan\alpha$	$\rho_{btm} (t/m^3)$	$\rho_{su} (t/m^3)$	Δ
Kırılan	0,33	2,40	1,025	1,34
d (m)	H_s (m)	K_D	M_{50} (t)	
5,00	3,42	7,0	1,90	
4,50	3,15	7,0	1,49	
4,00	2,88	7,0	1,13	
3,50	2,60	7,0	0,83	
3,00	2,32	7,0	0,59	
2,50	2,03	7,0	0,40	
2,00	1,72	7,0	0,24	
1,50	1,41	7,0	0,13	
1,00	1,10	7,0	0,06	

**Şekil 3.13** Altinkum Hudson'a Göre Tetrapod Tonaj Değişim Grafiği

Hudson formülü sonuçlarından görüleceği üzere derinlik azaldıkça her bir koruma elemanında da tonaj farkları azalmaktadır. Yapay blok tonajlarında en az tonajı, en yüksek K_D değerinin kullanıldığı Dolos vermektedir. Ancak Tetrapod ve Antifer arasında, daha dik yapı şevinde antifer yüksek tonaj verirken, daha yatık şevde tetrapod daha yüksek tonaj vermektedir.

3.3.3.2 Van Der Meer Formülleri

Van Der Meer formülleri daha önce bahsedildiği üzere “Derin Su” ve “Sığ Su” formülleri olarak ikiye ayrılmaktadır. Bölüm 2.2.3.2’de açıklanan Van Der Meer formüllerine göre çalışılan derinliklerin belirtilen sınırlar içinde hangi formüle uygun olduğuna bakılmış ve Tablo 3.22’de elde edilenlere göre bütün derinlikler sığ su formüllerine uygun bulunmuştur.

Tablo 3.22 Van Der Meer Derin Su/Sığ Su Formül Tayini

H_{s0} (m)	d (m)	Dalga Yükseklikleri			T_m (s)	T_s (s)	d/ $H_{s,topuk}$	$H_{s,topuk}/H_{s0}$	Formül
		GODA	VdM	Ort H_s					
6,80	5,00	3,53	3,32	3,42	5,57	6,88	1,46	0,50	Sığ su
6,80	4,50	3,25	3,06	3,15	5,42	6,69	1,43	0,46	Sığ su
6,80	4,00	2,96	2,80	2,88	5,25	6,48	1,39	0,42	Sığ su
6,80	3,50	2,68	2,51	2,60	5,06	6,25	1,35	0,38	Sığ su
6,80	3,00	2,40	2,24	2,32	4,86	6,00	1,30	0,34	Sığ su
6,80	2,50	2,11	1,95	2,03	4,64	5,73	1,23	0,30	Sığ su
6,80	2,00	1,83	1,60	1,72	4,38	5,40	1,16	0,25	Sığ su
6,80	1,50	1,55	1,27	1,41	4,08	5,04	1,07	0,21	Sığ su
6,80	1,00	1,26	0,95	1,10	3,75	4,63	0,91	0,16	Sığ su

Bu verilere göre yine belirtilen yapı şev eğimlerine göre Van Der Meer hesapları yapılmıştır. Şekil 2.6’da verilen farklı kesit tipleri için geçirgenlik P, değerlerinden çift sıra tabakalı olan kesite tekabül eden 0.4 değeri alınmıştır. Hasar parametresi S, için de Tablo 2.2’de verilen ve şevlere göre değişim göstermeden Hasar Başlangıcı’na tekabül eden 2 değeri alınmıştır. Elde bir dalga istatistiği bulunmadığından da dalga sayısı N, ise 3000 olarak alınmıştır. Sonuçlar Tablo 3.23, Tablo 3.24 ve Tablo 3.25’te verilmiştir.

Tablo 3.23 Altınkum 1/2 Yapı Şevine Göre Van Der Meer Taş Anroşman Tonajları

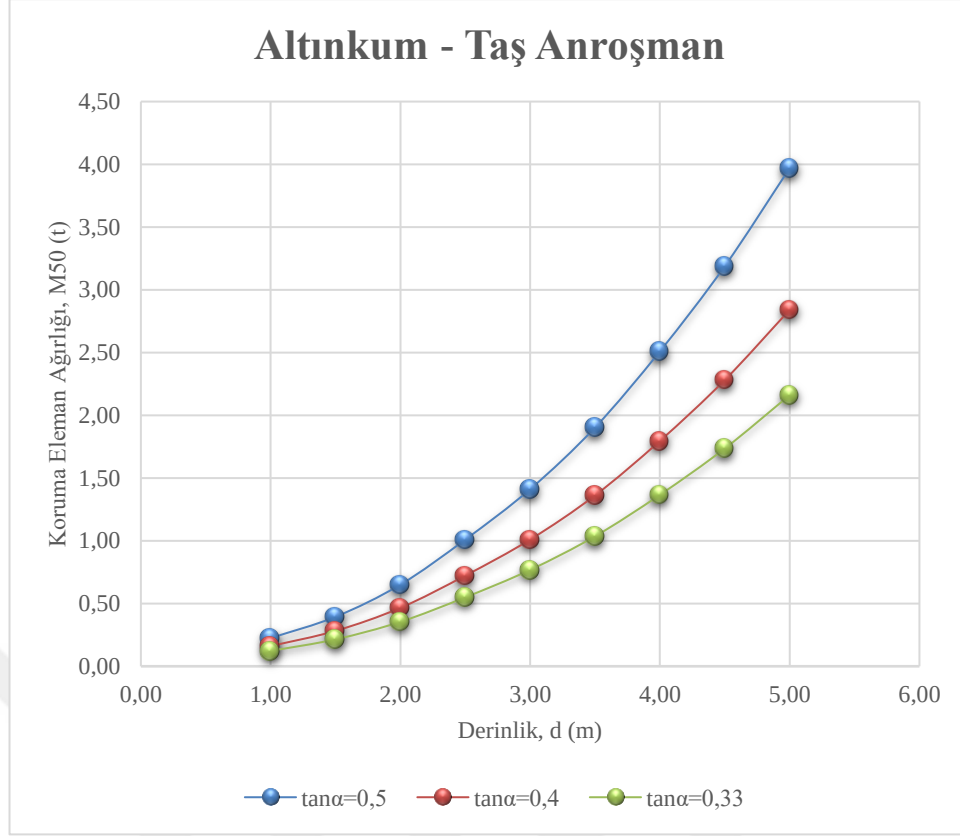
Altınkum				Taş Anroşman										
				Dalga Tipi	$\tan\alpha$	$\rho_{\text{taş}} \text{ (t/m}^3\text{)}$	$\rho_{\text{su}} \text{ (t/m}^3\text{)}$	Δ	m	P	C_{pl}	S	C_s	N
				Kırılan	0,5	2,65	1,025	1,59	0,02	0,4	8,4	2	1,3	3000
d (m)	H_s (m)	ξ_{m-01}	ξ_{mc}	Kırılma Tipi	T_m (s)	$T_{m-1,0}$ (s)	H_{tr} (m)	H_{rms} (m)	H_{tr}/H_{rms}	$H_{\%2}/H_{rms}$	$H_{\%2}$ (m)	$H_{\%2}/H_s$	D_{n50} (m)	M_{50} (t)
5,00	3,42	2,277	3,945	Plunging	5,57	6,74	2,33	2,78	0,839	1,590	4,42	1,29	1,14	3,97
4,50	3,15	2,305	3,945	Plunging	5,42	6,55	2,10	2,57	0,816	1,588	4,08	1,29	1,06	3,19
4,00	2,88	2,337	3,945	Plunging	5,25	6,35	1,86	2,36	0,791	1,587	3,74	1,30	0,98	2,51
3,50	2,60	2,373	3,945	Plunging	5,06	6,12	1,63	2,14	0,764	1,585	3,39	1,30	0,90	1,90
3,00	2,32	2,414	3,945	Plunging	4,86	5,88	1,40	1,92	0,728	1,583	3,04	1,31	0,81	1,41
2,50	2,03	2,462	3,945	Plunging	4,64	5,62	1,17	1,70	0,684	1,581	2,69	1,32	0,72	1,01
2,00	1,72	2,525	3,945	Plunging	4,38	5,30	0,93	1,45	0,641	1,579	2,30	1,34	0,63	0,65
1,50	1,41	2,602	3,945	Plunging	4,08	4,94	0,70	1,21	0,576	1,576	1,91	1,36	0,53	0,39
1,00	1,10	2,698	3,945	Plunging	3,75	4,54	0,47	0,99	0,471	1,573	1,56	1,40	0,44	0,22

Tablo 3.24 Altinkum 1/2.5 Yapı Şevine Göre Van Der Meer Taş Anroşman Tonajları

Altinkum				Taş Anroşman										
				Dalga Kırılan	$\tan\alpha$ 0,4	$\rho_{\text{taş}} \text{ (t/m}^3\text{)}$ 2,65	$\rho_{\text{su}} \text{ (t/m}^3\text{)}$ 1,025	Δ 1,59	m 0,02	P 0,4	C_{pl} 8,4	S 2	C_s 1,3	N 3000
d (m)	H_s (m)	ξ_{m-01}	ξ_{mc}	Kırılma Tipi	T_m (s)	$T_{m-1,0}$ (s)	H_{tr} (m)	H_{rms} (m)	H_{tr}/H_{rms}	$H_{\%2}/H_{rms}$	$H_{\%2}$ (m)	$H_{\%2}/H_s$	D_{n50} (m)	M_{50} (t)
5,00	3,42	1,821	3,485	Plunging	5,57	6,74	2,33	2,78	0,839	1,590	4,42	1,29	1,02	2,84
4,50	3,15	1,844	3,485	Plunging	5,42	6,55	2,10	2,57	0,816	1,588	4,08	1,29	0,95	2,28
4,00	2,88	1,869	3,485	Plunging	5,25	6,35	1,86	2,36	0,791	1,587	3,74	1,30	0,88	1,80
3,50	2,60	1,899	3,485	Plunging	5,06	6,12	1,63	2,14	0,764	1,585	3,39	1,30	0,80	1,36
3,00	2,32	1,932	3,485	Plunging	4,86	5,88	1,40	1,92	0,728	1,583	3,04	1,31	0,72	1,01
2,50	2,03	1,970	3,485	Plunging	4,64	5,62	1,17	1,70	0,684	1,581	2,69	1,32	0,65	0,72
2,00	1,72	2,020	3,485	Plunging	4,38	5,30	0,93	1,45	0,641	1,579	2,30	1,34	0,56	0,47
1,50	1,41	2,081	3,485	Plunging	4,08	4,94	0,70	1,21	0,576	1,576	1,91	1,36	0,47	0,28
1,00	1,10	2,158	3,485	Plunging	3,75	4,54	0,47	0,99	0,471	1,573	1,56	1,40	0,39	0,16

Tablo 3.25 Altınkum 1/3 Yapı Şevine Göre Van Der Meer Taş Anroşman Tonajları

Altınkum				Taş Anroşman										
				Dalga Kırılan	$\tan\alpha$ 0,33	$\rho_{\text{taş}} \text{ (t/m}^3\text{)}$ 2,65	$\rho_{\text{su}} \text{ (t/m}^3\text{)}$ 1,025	Δ 1,59	m 0,02	P 0,4	C_{pl} 8,4	S 2	C_s 1,3	N 3000
d (m)	H_s (m)	ξ_{m-01}	ξ_{mc}	Kırılma Tipi	T_m (s)	$T_{m-1,0}$ (s)	H_{tr} (m)	H_{rms} (m)	H_{tr}/H_{rms}	$H_{\%2}/H_{rms}$	$H_{\%2}$ (m)	$H_{\%2}/H_s$	D_{n50} (m)	M_{50} (t)
5,00	3,42	1,518	3,149	Plunging	5,57	6,74	2,33	2,78	0,839	1,590	4,42	1,29	0,93	2,16
4,50	3,15	1,537	3,149	Plunging	5,42	6,55	2,10	2,57	0,816	1,588	4,08	1,29	0,87	1,74
4,00	2,88	1,558	3,149	Plunging	5,25	6,35	1,86	2,36	0,791	1,587	3,74	1,30	0,80	1,37
3,50	2,60	1,582	3,149	Plunging	5,06	6,12	1,63	2,14	0,764	1,585	3,39	1,30	0,73	1,04
3,00	2,32	1,610	3,149	Plunging	4,86	5,88	1,40	1,92	0,728	1,583	3,04	1,31	0,66	0,77
2,50	2,03	1,641	3,149	Plunging	4,64	5,62	1,17	1,70	0,684	1,581	2,69	1,32	0,59	0,55
2,00	1,72	1,683	3,149	Plunging	4,38	5,30	0,93	1,45	0,641	1,579	2,30	1,34	0,51	0,35
1,50	1,41	1,734	3,149	Plunging	4,08	4,94	0,70	1,21	0,576	1,576	1,91	1,36	0,43	0,21
1,00	1,10	1,799	3,149	Plunging	3,75	4,54	0,47	0,99	0,471	1,573	1,56	1,40	0,36	0,12



Şekil 3.14 Altinkum Van Der Meer’a Göre Taş Anroşman Tonaj Değişim Grafiği

3.3.3.3 Van Gent Formülü

Altinkum bölgesinde Van Gent formülünün uygulanmasına yönelik belirli sınırlar Bölüm 2.2.3.3’te bahsedilmiştir. Bu sınırlara yönelik formülün uygulanıp uygulanmadığına bakılmış ve Tablo 3.26’da elde edilen sonuçlara varılmıştır. 1 m derinlik için $H_{\%2}/H_s$ oranı 1.40 olduğundan ve tam sınırda olduğundan göz ardı edilerek yine de hesaplamaları yapılmıştır.

Van Gent formülüne göre elde edilen taş anroşman tonajları Tablo 3.27, Tablo 3.28 ve Tablo 3.29’da verilmiştir. Van Gent beton bloklar için ayrı bir formül belirtmemiştir. Beton blokların daha düşük bir özgül kütlesi olduğu için işlem sonucunda daha fazla tonaj çıkartacağından, overdesigna yol açabilir. Beton blokların kullanım amacı bilindiği üzere özel şekillerinden doğan, birbirlerine kenetlenmeleri açısından elverişli olduklarından aynı durum için hesaplanan taş anroşmana göre daha düşük tonajlı kullanımları mümkündür. Bu yüzden burada hesaplamaları yapılmamıştır.

Tablo 3.26 Van Gent Formülü Uygulanabilirlik Tayini-Altınkum

H_{s0} (m)	Derinlik (m)	Dalga Yükseklikleri			$d/H_{s,topuk}$	$H_{s,topuk}/H_{s0}$	$H_{\%2}/H_s$	Uygunluk
		GODA	VdM	Ort H_s				
6,80	5,00	3,53	3,32	3,42	1,46	0,50	1,29	✓
6,80	4,50	3,25	3,06	3,15	1,43	0,46	1,29	✓
6,80	4,00	2,96	2,80	2,88	1,39	0,42	1,30	✓
6,80	3,50	2,68	2,51	2,60	1,35	0,38	1,30	✓
6,80	3,00	2,40	2,24	2,32	1,30	0,34	1,31	✓
6,80	2,50	2,11	1,95	2,03	1,23	0,30	1,32	✓
6,80	2,00	1,83	1,60	1,72	1,16	0,25	1,34	✓
6,80	1,50	1,55	1,27	1,41	1,07	0,21	1,36	✓
6,80	1,00	1,26	0,95	1,10	0,91	0,16	1,40	X

Van Gent formülünde Van Der Meer’da olduğu gibi hasar parametresi 2, dalga sayısı ise 3000 olarak alınmıştır. Çekirdek ve koruma tabakası çap oranı ise 0.2 kabul edilmiştir.

Tablo 3.27 Altınkum 1/2 Yapı Şevine Göre Van Gent Taş Anroşman Tonajları

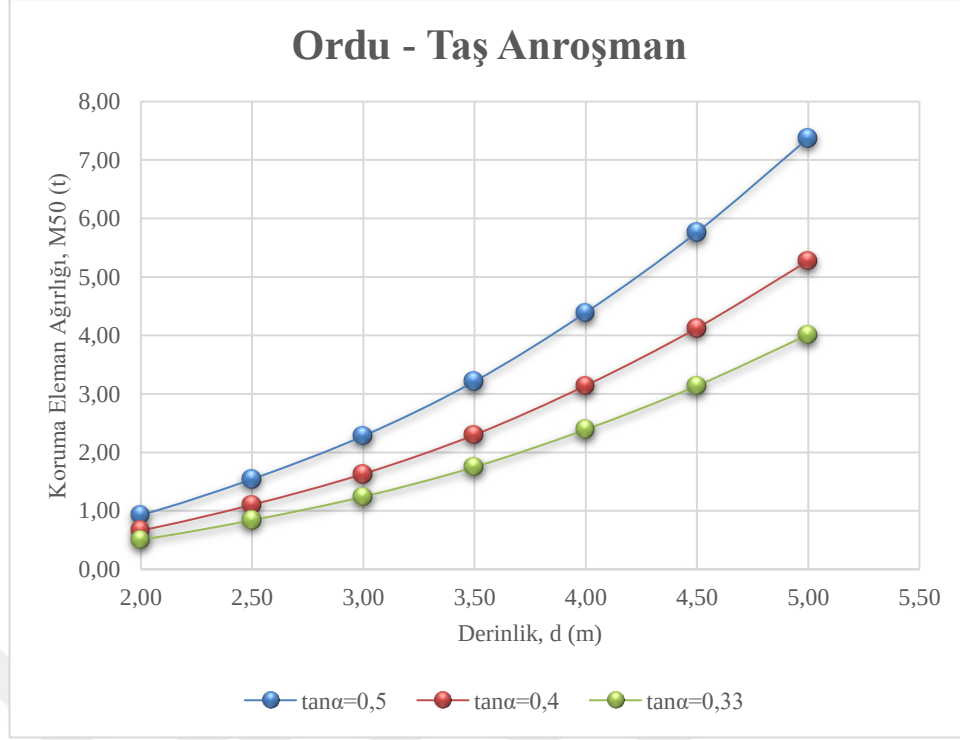
Altınkum		Taş Anroşman		
Dalga Tipi	$\tan\alpha$	$\rho_{taş}$ (t/m ³)	ρ_{su} (t/m ³)	Δ
Kırılan	0,5	2,65	1,025	1,59
m	$D_{n50,çekirdek}/D_{n50}$	S	N	
0,02	0,20	2	3000	
d (m)	H_s (m)	D_{n50} (m)	M_{50} (t)	
5,00	3,42	1,41	7,37	
4,50	3,15	1,30	5,77	
4,00	2,88	1,18	4,39	
3,50	2,60	1,07	3,21	
3,00	2,32	0,95	2,28	
2,50	2,03	0,84	1,54	
2,00	1,72	0,71	0,93	
1,50	1,41	0,58	0,51	
1,00	1,10	0,45	0,25	

Tablo 3.28 Altıncum 1/2.5 Yapı Şevine Göre Van Gent Taş Anroşman Tonajları

Altıncum		Taş Anroşman		
Dalga	$\tan\alpha$	$\rho_{\text{taş}}$ (t/m ³)	ρ_{su} (t/m ³)	Δ
Kırılan	0,4	2,65	1,025	1,59
m	$D_{n50,\text{çekirdek}}/D_{n50}$	S	N	
0,02	0,20	2	3000	
d (m)	H_s (m)	D_{n50} (m)	M_{50} (t)	
5,00	3,42	1,26	5,28	
4,50	3,15	1,16	4,13	
4,00	2,88	1,06	3,14	
3,50	2,60	0,95	2,30	
3,00	2,32	0,85	1,63	
2,50	2,03	0,75	1,10	
2,00	1,72	0,63	0,67	
1,50	1,41	0,52	0,37	
1,00	1,10	0,41	0,18	

Tablo 3.29 Altıncum 1/3 Yapı Şevine Göre Van Gent Taş Anroşman Tonajları

Altıncum		Taş Anroşman		
Dalga	$\tan\alpha$	$\rho_{\text{taş}}$ (t/m ³)	ρ_{su} (t/m ³)	Δ
Kırılan	0,33	2,65	1,025	1,59
m	$D_{n50,\text{çekirdek}}/D_{n50}$	S	N	
0,02	0,20	2	3000	
d (m)	H_s (m)	D_{n50} (m)	M_{50} (t)	
5,00	3,42	1,15	4,01	
4,50	3,15	1,06	3,14	
4,00	2,88	0,97	2,39	
3,50	2,60	0,87	1,75	
3,00	2,32	0,78	1,24	
2,50	2,03	0,68	0,84	
2,00	1,72	0,58	0,51	
1,50	1,41	0,47	0,28	
1,00	1,10	0,37	0,13	



Şekil 3.15 Altinkum Van Gent'e Göre Taş Anroşman Tonaj Değişim Grafiği

3.3.3.4 Toplu Sonuçlar ve Karşılaştırma

Elde edilen sonuçlar, toplu halde Tablo 3.30'da verilmiştir. Bu noktada tasarımı uygun görülen derinlik 4 m ve 1/2 yapı şevi olarak seçilmiştir. Amaç, Ordu çalışmasından nispeten farklı bir derinlik çalışmak ve yine Altinkum'da çalışılan derinliklerin daha sık olması sebebiyle de yapıyı olabildiğince dik yapmaktır. Yapay beton blok seçiminde ise verdiği sonuçlar ve ülkemizdeki yaygınlığından dolayı antifer bloklarıyla devam edilip, antifer bloklarıyla oluşturulacak tasarım taş anroşman ile kıyaslanacaktır.

Elde edilen bulgular Breakwat programıyla da kıyaslanmış elde edilen bulgularda bir farklılık bulunmamıştır. Program çıktıları EK'te verilmiştir.

Taş anroşman ağırlığı seçilirken ise tasarımda güvenli tarafta kalmak adına Van Gent formülünden elde edilen 4.39 ton seçilmiştir. Antifer tonajı ise Hudson formülünden elde edilen 2.16 ton'dur.

Tablo 3.30 Altınkum Koruma Tabakası Tüm Sonuçları

Altinkum		tanα=0,5				
Derinlik	Taş Anroşman (T)			Beton Blok (T)		
	Hudson	Vdm	Van Gent	Antifer	Dolos	Tetrapod
5,00	6,68	3,97	7,37	3,63	1,26	2,85
4,50	5,22	3,19	5,77	2,84	0,99	2,23
4,00	3,98	2,51	4,39	2,16	0,75	1,70
3,50	2,91	1,90	3,21	1,58	0,55	1,24
3,00	2,07	1,41	2,28	1,12	0,39	0,88
2,50	1,40	1,01	1,54	0,76	0,26	0,60
2,00	0,84	0,65	0,93	0,46	0,16	0,36
1,50	0,46	0,39	0,51	0,25	0,09	0,20
1,00	0,22	0,22	0,25	0,12	0,04	0,10

Altınkum		tanα=0,4				
Derinlik	Taş Anroşman (T)			Beton Blok (T)		
	Hudson	Vdm	Van Gent	Antifer	Dolos	Tetrapod
5,00	5,34	2,84	5,28	2,46	1,01	2,28
4,50	4,18	2,28	4,13	1,92	0,79	1,78
4,00	3,18	1,80	3,14	1,46	0,60	1,36
3,50	2,33	1,36	2,30	1,07	0,44	0,99
3,00	1,65	1,01	1,63	0,76	0,31	0,71
2,50	1,12	0,72	1,10	0,51	0,21	0,48
2,00	0,67	0,47	0,67	0,31	0,13	0,29
1,50	0,37	0,28	0,37	0,17	0,07	0,16
1,00	0,18	0,16	0,18	0,08	0,03	0,08

Altınkum		tanα=0,33				
Derinlik	Taş Anroşman (T)			Beton Blok (T)		
	Hudson	Vdm	Van Gent	Antifer	Dolos	Tetrapod
5,00	4,45	2,84	4,01	1,77	0,84	1,90
4,50	3,48	2,28	3,14	1,39	0,66	1,49
4,00	2,65	1,80	2,39	1,06	0,50	1,13
3,50	1,94	1,36	1,75	0,77	0,37	0,83
3,00	1,38	1,01	1,24	0,55	0,26	0,59
2,50	0,93	0,72	0,84	0,37	0,18	0,40
2,00	0,56	0,47	0,51	0,22	0,11	0,24
1,50	0,31	0,28	0,28	0,12	0,06	0,13
1,00	0,15	0,16	0,13	0,06	0,03	0,06

3.3.4 Dalga Tırmanması Hesapları

Dalga tırmanması hesapları Denklem 2.34 ve 2.35'te belirtilen EurOtop formüllerine göre elde edilmiştir. Formülde kullanılan parametrelere Bölüm 2.2.4'ten ulaşılabilir. Pürüzlülük azaltma faktörü γ_r , iki sıra taş anroşman için 0.4, antifer için 0.5 olarak alınmıştır. Surging dalgalar için azaltma faktörü $\gamma_{r, \text{surging}}$, Denklem 2.39'da verildiği formüle göre hesaplanarak kullanılmıştır. Tasarımda basamak yapısı düşünülmendiğinden basamak azaltma katsayısı γ_b , 1.0 olarak alınmıştır. Dalga geliş açısı düzeltme faktörü γ_β , ise 20° açıya sahip dalgalar için 0.87 olarak alınmıştır. Seçilen derinlik ve yapı şevine göre sonuçlar Tablo 3.31 ve 3.32'de verilmiştir.

Tablo 3.31 Altınkum Taş Anroşman için Dalga Tırmanması Sonuçları

Altınkum	Taş Anroşman					
Derinlik (m)	H_s (m)	T_m (s)	T_p (s)	$T_{m-1,0}$ (s)	H_{m0} (m)	$L_{m-1,0}$ (m)
4,0	2,88	5,25	7,00	6,35	2,39	62,87
$S_{m-1,0}$ 0,0381	$\tan\alpha$ 0,5	$\xi_{m-1,0}$ 2,562	γ_r 0,40	$\gamma_{r\text{surging}}$ 0,456	γ_b 1,00	γ_β 0,87
Tasarım veya Güvenli değerlendirme		Maks. Değer Güvenli Değerleme		Alınan değer		
$R_{u\%2}/H_{m0}$	$R_{u\%2}$ (m)	$R_{u\%2}/H_{m0}$	$R_{u\%2}$ (m)	$R_{u\%2}$ (m)		
1,567	3,75	1,305	3,13	3,75		

Tablo 3.32 Altınkum Antifer için Dalga Tırmanması Sonuçları

Altınkum	Antifer					
Derinlik (m)	H_s (m)	T_m (s)	T_p (s)	$T_{m-1,0}$ (s)	H_{m0} (m)	$L_{m-1,0}$ (m)
4,0	2,88	5,25	7,00	6,35	2,39	62,87
$S_{m-1,0}$ 0,0381	$\tan\alpha$ 0,5	$\xi_{m-1,0}$ 2,562	γ_r 0,50	$\gamma_{r\text{surging}}$ 0,546	γ_b 1,00	γ_β 0,87
Tasarım veya Güvenli değerlendirme		Maks. Değer Güvenli Değerleme		Alınan değer		
$R_{u\%2}/H_{m0}$	$R_{u\%2}$ (m)	$R_{u\%2}/H_{m0}$	$R_{u\%2}$ (m)	$R_{u\%2}$ (m)		
1,959	4,69	1,565	3,75	4,69		

3.3.5 Dalga Aşması Hesapları

Elde edilen dalga tırmanması değerleri göz önünde bulundurularak, bir dize kret yüksekliği için ayrı ayrı dalga aşması değerleri hesaplanmıştır. Bu aşma değerleri yapının kullanılış amacı doğrultusunda WOM (2016)'da belirtilen toleranslara bakılıp, kret yüksekliği ona göre seçilebilir [49]. Çalışma kapsamında tolerans 1.0 l/s/m'yi geçmeyecek şekilde seçilmiştir.

Pürüzlülük azaltma faktörü γ_r ve Dalga geliş açısı düzeltme faktörü γ_β , dalga tırmanmasında kullanılan değerlerle aynı alınmıştır. Dalga aşması hesaplarında kullanılan formüller Denklem 2.40 ve 2.41'de verilmiştir. Elde edilen sonuçlar Tablo 3.33 ve Tablo 3.34'te sunulmuştur.

Tablo 3.33 Altinkum Taş Anroşman Dalga Aşması Sonuçları

Altinkum	Taş Anroşman				Tasarım veya Güvenli değerlendirme		Maks. Değer Güvenli Değerleme		Alınan değer
	H_{m0} (m)	γ_r	γ_β	R_c (m)	Q (m ³ /s/m)	Q (l/s/m)	Q (m ³ /s/m)	Q (l/s/m)	Q (l/s/m)
4,00	2,39	0,40	0,87	4,00	0,00002	0,02	0,00000	0,00	0,02
4,00	2,39	0,40	0,87	3,75	0,00004	0,04	0,00001	0,01	0,04
4,00	2,39	0,40	0,87	3,50	0,00009	0,09	0,00002	0,02	0,09
4,00	2,39	0,40	0,87	3,25	0,00022	0,22	0,00005	0,05	0,22
4,00	2,39	0,40	0,87	3,00	0,00051	0,51	0,00014	0,14	0,51
4,00	2,39	0,40	0,87	2,75	0,00117	1,17	0,00037	0,37	1,17
4,00	2,39	0,40	0,87	2,50	0,00263	2,63	0,00093	0,93	2,63
4,00	2,39	0,40	0,87	2,25	0,00576	5,76	0,00229	2,29	5,76
4,00	2,39	0,40	0,87	2,00	0,01229	12,29	0,00545	5,45	12,29
4,00	2,39	0,40	0,87	1,75	0,02551	25,51	0,01260	12,60	25,51

Tablo 3.34 Altinkum Antifer Dalga Aşması Sonuçları

Altinkum		Antifer			Tasarım veya Güvenli değerlendirme		Maks. Değer Güvenli Değerleme		Alınan değer
d (m)	H _{m0} (m)	γ_r	γ_β	R _c (m)	Q (m ³ /s/m)	Q (l/s/m)	Q (m ³ /s/m)	Q (l/s/m)	Q (l/s/m)
4,0	2,39	0,50	0,87	4,75	0,000031	0,03	0,00001	0,01	0,03
4,0	2,39	0,50	0,87	4,50	0,000064	0,06	0,00001	0,01	0,06
4,0	2,39	0,50	0,87	4,25	0,000130	0,13	0,00003	0,03	0,13
4,0	2,39	0,50	0,87	4,00	0,000259	0,26	0,00007	0,07	0,26
4,0	2,39	0,50	0,87	3,75	0,000511	0,51	0,00014	0,14	0,51
4,0	2,39	0,50	0,87	3,50	0,000995	0,99	0,00031	0,31	0,99
4,0	2,39	0,50	0,87	3,25	0,001908	1,91	0,00064	0,64	1,91
4,0	2,39	0,50	0,87	3,00	0,003608	3,61	0,00134	1,34	3,61
4,0	2,39	0,50	0,87	2,75	0,006715	6,72	0,00273	2,73	6,72
4,0	2,39	0,50	0,87	2,50	0,012291	12,29	0,00545	5,45	12,29

Dalga tırmanması değerleri ve elde edilen dalga aşmasına bakarak Altinkum bölgesi için çalışılacak taş anroşman kesitlerinde kret kotu **minimum 3.00 m**, Antifer içeren kesitte ise **minimum 3.50 m** olarak belirlenmiştir. Özellikle tam sayı figürleri içeren sayılar seçilerek olası inşaat koşullarında tam sayıların uygulama kolaylığına yol açması açısından, direk 1.0 l/s/m aşma değerini veren kret kotları seçilmemiştir.

3.3.6 Dalgakıran Geometrisi Hesapları

Kret genişliği, koruma tabakası kalınlığı ile granülometrik özelliklere bakarak filtre ve çekirdek tabakası hesapları Bölüm 2.2.6’da verilen Denklemler doğrultusunda elde edilmiştir.

Taş Anroşman’a ait geometrik hesaplarda kullanılan parametreler ve sonuçlar Tablo 3.35’te toplu halde verilmiştir. Tablo 3.36’da ise Antiferli tasarıma ait sonuçlar bulunabilir.

Tablo 3.35 Altinkum Taş Anroşman Dalgakıran Geometrisi Hesapları Sonuçları

Altinkum-Taş Anroşman			Kret Genişliği				Koruma Tabakası Kalınlığı			
M ₅₀ (t)	ρ (t/m ³)	D _{n50} (m)	k _Δ	n _B	B (m)	B _{seçilen} (m)	k _Δ	n _r	r (m)	r _{seçilen} (m)
4,39	2,65	1,18	1,0	3	3,55	3,75	1	2	2,37	2,50

Granülometre, Anroşman										
M ₅₀ (kg)	ELL (<5%) (kg)	NLL (<10%) (kg)	NUL (<5%) (kg)	EUL (<5%) (kg)	M _{em,min} (kg)	M _{en,max} (kg)	M ₁₅ (kg)	M ₈₅ (kg)	M _{50,min} (kg)	M _{50,max} (kg)
4390	1735	2620	5655	8280	3856	4279	2947	7371	4105	4716

Filtre Tabakası Ağırlığı				
D _{n50} /D _{50,filtre}	D _{50,filtre} (m)	M _{50,filtre} (T)	D _{50,filtre} (m)	M _{50,filtre} (T)
2,2	0,54	0,41	0,55	0,44
M _{n50} /M _{50,filtre}	M _{50,filtre} (T)	D _{50,filtre} (m)	Gerekli Aralık (kg)	Yaklaşık Seçilen (kg)
10	0,44	0,55	(374 - 518)	(500 - 1000)

Granülometre, Filtre										
M ₅₀ (kg)	ELL (<5%) (kg)	NLL (<10%) (kg)	NUL (<70%) (kg)	EUL (<97%) (kg)	M _{em,min} (kg)	M _{en,max} (kg)	M ₁₅ (kg)	M ₈₅ (kg)	M _{50,min} (kg)	M _{50,max} (kg)
439	83	181	680	1091	321	438	199	890	374	518

				Çekirdek Tabakası Ağırlığı		
$D_{15,filtr}/D_{85,çek}$	$D_{85,çek}$ (m)	$D_{50,çek}$ (m)	$M_{50,filtr}$ (T)	$D_{50,çek}$ (m)	$M_{50,filtr}$ (T)	LT Oranı
4	0,11	0,02	0,0000	0,25	0,04	2,13 ✓
$M_{50,filtr}/M_{50,çek}$	$M_{50,filtr}$ (T)	$D_{50,filtr}$ (m)		Gerekli Aralık (kg)		Yaklaşık Seçilen (kg)
10	0,04	0,25		(212 - 308)		(1 - 400)

Granülometre, Çekirdek										
M_{50} (kg)	ELL (<5%) (kg)	NLL (<10%) (kg)	NUL (<5%) (kg)	EUL (<5%) (kg)	$M_{em,min}$ (kg)	$M_{en,max}$ (kg)	M_{15} (kg)	M_{85} (kg)	$M_{50,min}$ (kg)	$M_{50,max}$ (kg)
255	41	97	412	677	178	256	105	541	212	308

Altınkum Taş Anroşman	
Kret Genişliği (m)	3,75
Koruma Tab. Kalınlığı (m)	2,50
Koruma Tabakası (t)	4,00-6,00
Filtre Tabakası (t)	0,50-1,00
Çekirdek Tabakası (kg)	1-400

Tablo 3.36 Altinkum Antifer Dalgakıran Geometrisi Hesapları Sonuçları

Altinkum-Antifer			Kret Genişliği				Koruma Tabakası Kalınlığı			
M_{50} (t)	ρ (t/m ³)	D_{n50} (m)	k_{Δ}	n_B	B (m)	$B_{seçilen}$ (m)	k_{Δ}	n_r	r (m)	$r_{seçilen}$ (m)
2,16	2,65	0,93	1,0	3	2,80	3,00	1	2	1,87	2,00

			Filtre Tabakası Ağırlığı		
$D_{n50}/D_{50,filtre}$	$D_{50,filtre}$ (m)	$M_{50,filtre}$ (T)	$D_{50,filtre}$ (m)	$M_{50,filtre}$ (T)	
2,2	0,42	0,20	0,43	0,22	
$M_{n50}/M_{50,filtre}$	$M_{50,filtre}$ (T)	$D_{50,filtre}$ (m)	Gerekli Aralık (kg)		Yaklaşık Seçilen (kg)
10	0,22	0,43	(179 - 263)		(400 - 700)

Granülometre, Filtre										
M_{50} (kg)	ELL (<5%) (kg)	NLL (<10%) (kg)	NUL (<70%) (kg)	EUL (<97%) (kg)	$M_{em,min}$ (kg)	$M_{en,max}$ (kg)	M_{15} (kg)	M_{85} (kg)	$M_{50,min}$ (kg)	$M_{50,max}$ (kg)
216	33	80	354	585	149	217	87	464	179	263

Çekirdek Tabakası Ağırlığı						
$D_{15, \text{filtre}}/D_{85, \text{çek}}$	$D_{85, \text{çek}} \text{ (m)}$	$D_{50, \text{çek}} \text{ (m)}$	$M_{50, \text{filtre}} \text{ (T)}$	$D_{50, \text{çek}} \text{ (m)}$	$M_{50, \text{filtre}} \text{ (T)}$	LT Oranı
4	0,08	0,02	0,0000	0,20	0,02	2,16
$M_{50, \text{filtre}}/M_{50, \text{çek}}$	$M_{50, \text{filtre}} \text{ (T)}$	$D_{50, \text{filtre}} \text{ (m)}$		Gerekli Aralık (kg)		Yaklaşık Seçilen (kg)
10	0,02	0,20		(166 - 245)		(1 - 400)

✓

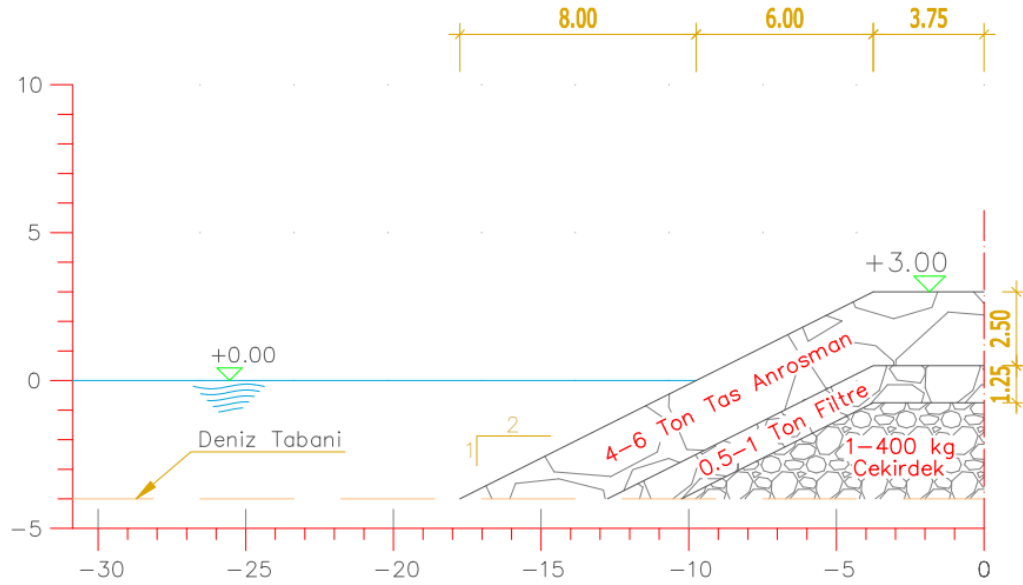
Granülometre, Çekirdek										
$M_{50} \text{ (kg)}$	ELL (<5%) (kg)	NLL (<10%) (kg)	NUL (<5%) (kg)	EUL (<5%) (kg)	$M_{em, \text{min}} \text{ (kg)}$	$M_{en, \text{max}} \text{ (kg)}$	$M_{15} \text{ (kg)}$	$M_{85} \text{ (kg)}$	$M_{50, \text{min}} \text{ (kg)}$	$M_{50, \text{max}} \text{ (kg)}$
201	30	73	332	549	138	202	80	435	166	245

Altınkum Antifer	
Kret Genişliği (m)	3,00
Koruma Tab. Kalınlığı (m)	2,00
Antifer (t)	2,16
Filtre Tabakası (t)	0,40-0,70
Çekirdek Tabakası (kg)	1-400

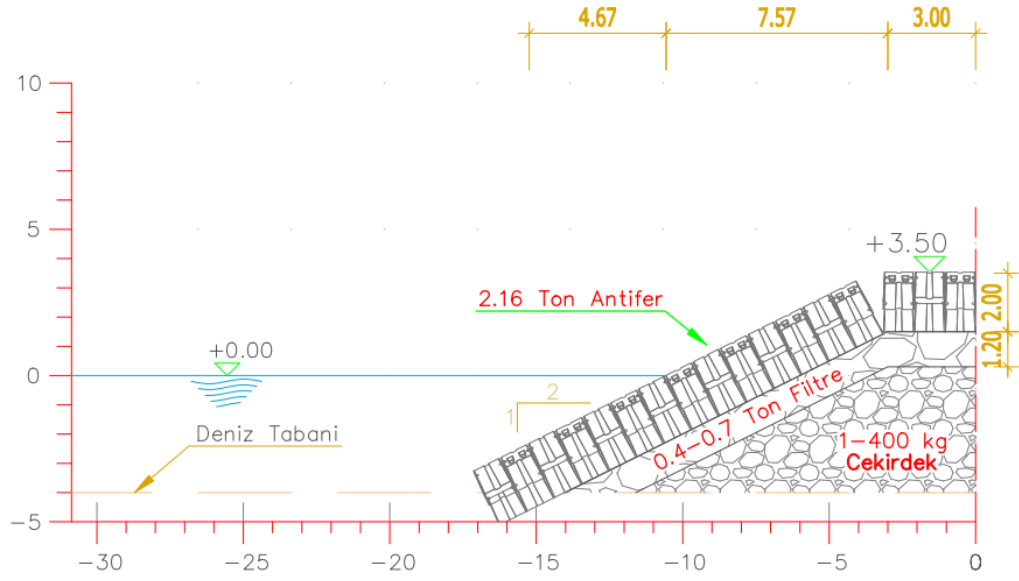
Elde edilen filtre ve çekirdek tonajları yeri geldiğinde hesaplanan aralıktan büyük seçilmiştir. Bu noktada tasarım yapılırken uygulama koşulları göz önünde bulundurularak, taş ocaklarında bulunabilecek taş tonaj aralıklarına uygun seçilmeleri önerilir. Koruma tabakasında kullanılacak tonaj ise hesaplanan tonaj aralık dahilinde kalacak şekilde 4-6 ton seçilmiştir.

3.3.7 Dalgakıran Kesitleri ve Nihai Tasarım

Tüm yapılan hesaplamalar ve tasarım süreci sonunda elde edilen taş/antifer tonajları ile dalgakıran geometrisi özellikleri üzerinden, dalgakıran gövdesine ait kesitler ölçeksiz olarak Şekil 3.16 ve Şekil 3.17’de verilmiştir.

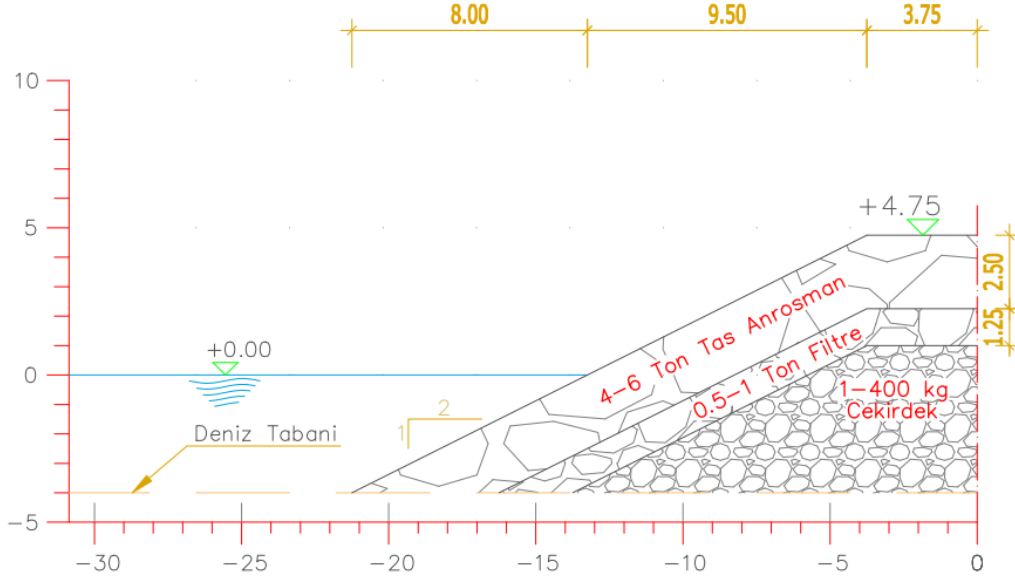


Şekil 3.16 Altınkum Taş Anroşmanlı Dalgakıran Kesiti (Minimum Kret Kotu ile)

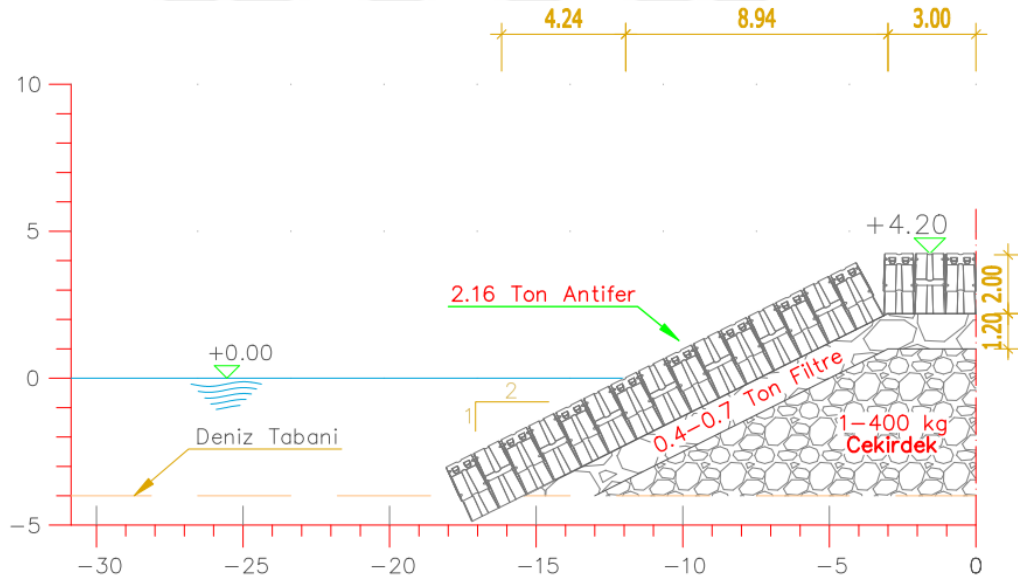


Şekil 3.17 Altınkum Antiferli Dalgakıran Kesiti (Minimum Kret Kotu ile)

Kesitler minimum kret kotuna göre çizildiklerinde öncelikle dikkat edilmesi gereken husus, kesitin uygulamada inşa edilip edilemeyeceğidir. Dalgakıran inşasında ilk yapılacak imalat çekirdek olduğundan, kamyonların ve işçilerin rahatça çalışabilecekleri bir kot tayin edilmelidir. Tabi ki inşaatın yapıldığı bölge ikliminde inşaat zamanı göz önüne alınarak bir dalga iklimine bakarak bir seçim yapılabilir ama +1.00 kotu çekirdek tabakası için üst kot olarak seçilmesi göz önüne alınarak bir tasarım yapmak daha sağlıklı bir inşa süreci doğuracaktır. Bu nedenle Şekil 3.16 ve 3.17'ye bakıldığında, taş anroşmanlı kesitte çekirdek tabakasının su seviyesinin altında kaldığı, antiferli kesitte ise neredeyse su seviyesinde olduğu görülmektedir. Bu kesitler belirlenen +1.00 çekirdek üst kotuna göre revize edilmiş ve uygulamaya uygun hale getirilmiştir. Revizeye tabi tutulmuş kesitler, Şekil 3.18 ve 3.19'da uygulamaya esas minimum kret kotu ile görülebilir.



Şekil 3.18 Altinkum Taş Anroşmanlı Dalgakıran Kesiti (Minimum Uygulama Kotu ile)



Şekil 3.19 Altinkum Antiferli Dalgakıran Kesiti (Minimum Uygulama Kotu ile)

Uygulamaya esas revize yapıldığında taş anroşmanlı kesitin kret kotu +4.75 m'ye, antiferli kesitin üst kotu +4.20 m'ye yükselmiştir. Ancak kesitler üzerinde yapılması planlanan tek revize uygulamaya yönelik kret artışı değildir.

Dalgakıran tasarımında dalga tırmanması önemli parametre olarak karşımıza çıkmaktadır. Bugüne kadar olan yapılan çalışmalarda dalga tırmanması göz önüne alınarak, tolere edilebilecek bir dalga aşması değerine göre kret yükseklikleri belirlenmiştir. Ancak dalgalar yükseldiği gibi, geri de çekilirler. Ancak bilinmelidir ki, dalgalar geri çekildiklerinde de yapıya hasar verebilmeleri muhtemeldir. Daha önce bahsedildiği üzere, nadir olan örneklerden Heder (2004), yaptığı çalışmalarda dalga geri çekilmesini hesaplarına katmıştır.

Dalga tırmanması su seviyesi üzerinde kalan bütün tabakayı etkilediği gibi, öngörülebileceği üzere dalga geri çekilmesi de deniz seviyesinin belirli bir miktar altındaki tabakada etkili olmaktadır. Deniz seviyesi düşünülürken özellikle gel-git gibi birçok parametrenin etki edeceği ve mevsimsel olarak değişebilecek denizin maksimum ve minimum kotlarına dikkat edilmelidir. Bu çalışma kapsamında ise deniz seviyesinin değişmediği kabulü yapılmıştır. CERC (2003)'te verilen Denklem 3.1'e göre dalga geri çekilmesi, $R_{d\%2}$ hesaplanabilmektedir [41].

$$\frac{R_{d\%2}}{H_s} = 2.1 \tan \alpha - 1.2P^{0.15} + 1.5e^{-60S_{om}} \quad (3.1)$$

İfadeden anlaşılaacağı üzere, dalga geri çekilmesi yapı şev eğimi, permeabilite ve ortalama dalga periyoduna karşılık gelen dalga dikliğine bağlıdır.

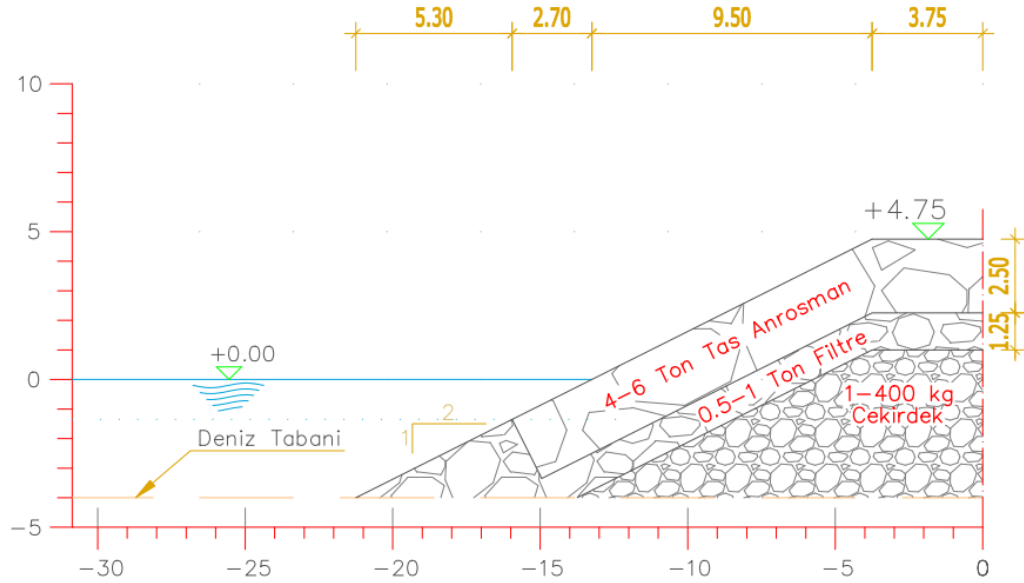
Çalışma kapsamında Altinkum çalışmasına ait dalga geri çekilmesi hesaplanmış olup elde edilen değerler Tablo 3.37'deki gibidir.

Tablo 3.37 Altinkum Dalga Geri Çekilme Miktarı

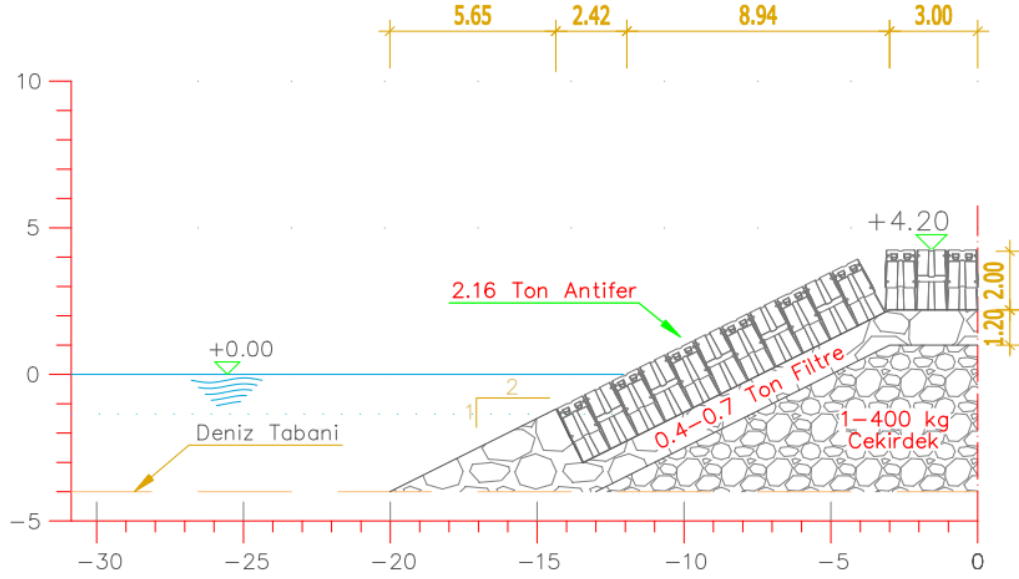
Bölge	$\tan\alpha$	S_{om}	P	$R_{d\%2}/H_s$	$R_{d\%2}$ (m)
Altinkum	1/2	0.0671	0.4	0.466	1.34

Bu değer üzerinden ise belirlenen koruma tabakalarının dalga geri çekilme seviyesine kadar indirilmesi ve altta kalan tabakaların dalgaların yükselmesi ve tırmanmasına maruz kalmamasından dolayı, burada başka bir tabaka ile tasarlanması önerisi sunulmaktadır. Yapılan öneri hem bulunması zor olan ağır koruma tabakası taş anroşmanı veya üretim süreci olan antiferler yerine mevcut filtre tabakası veya tonajı nispeten daha az ikincil bir koruma tabakası koyulmasını kapsamaktadır.

Daha öncesinde birçok tabakadan oluşan dalgakıran tasarımları hem literatür hem de uygulamada görülebilir ancak hangi kademedan sonra bu şekilde bir tasarım yapılacağı belirtilmediğinden, bu yönde bir çalışma yapılmak istenmiştir. Elde edilen kesitler üzerinden yapılan revizeler, bahsedilen bölümün filtre tabakası olarak devam etmesi üzerine yapılmış olup; filtre tabakası, hesaplanan geri çekilme kotundan itibaren deniz tabanına kadar alınmıştır. İlgili kesitler Şekil 3.20 ve Şekil 3.21’de sunulmuştur.



Şekil 3.20 Altınkum Taş Anroşmanlı Dalgakıran- Dalga Çekilmesine göre Revize Kesiti



Şekil 3.21 Altınkum Antiferli Dalgakıran– Dalga Geri Çekilmesine göre Revize Kesiti

Yukarıda verilen şekiller yapılan revizeler sonucunda nihai kesitler olarak baz alınmış ve Bölüm 4’te mukayeseleri yapılmıştır.

3.3.8 Şev Stabilitesi Analizleri

Literatürde daha önce yapılmış olan araştırmalar ışığında bu çalışmaya konu kesitler için şev duraylılığı analizleri yapılmıştır. İlgili analizleri gerçekleştirmek adına sonlu elemanlar yöntemi ile çözümlemeler sunan PLAXIS 2D (v.20) yazılımı kullanılmıştır. Şev duraylılığı analizlerinde kullanılmak üzere aşağıda verilen kesitler program arayüzünde oluşturulmuştur.

3.3.8.1 Zemin Parametreleri Seçimi

Deniz tabanında yer alan zeminler genellikle çok yumuşak yapıda, balçık kıvamında ve düşük dayanıma sahip birimlerdir. Dalgakıran yapıları da bu duruma yönelik şekilde iyileştirmeler yapılarak imal edileceği düşünülerek tabii zemin kabulleri yapılmıştır. Kabuller yapılırken deniz dolguları ile denizel çökel/balçık birimlerin uzaklaştırılması ve/veya dolgu ile karışması sonucu oluşacak olan Kompozit birim parametreleri dikkate alınmıştır. Yapılan kabüller ışığında kontrollü yapılacak olan dolgular sonrası zayıf birimler tamamen sahadan uzaklaştırıldığı düşünülmektedir.

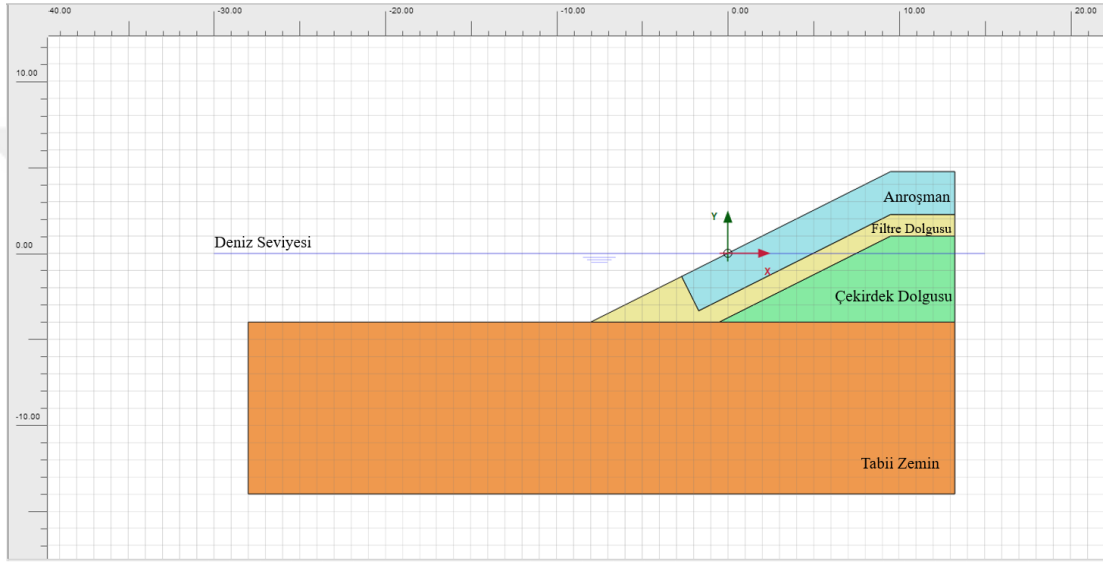
Aynı şekilde çekirdek ve filtre dolgusu için güvenli bir yaklaşım ile düzgün sıkıştırılmış dolgu malzemesine ait dayanım parametreleri tayin edilmiştir. Buna göre, tüm kesitler için şev duraylılığı analizlerinde kullanılmak üzere seçilen malzeme parametreleri Tablo 3.38’de özetlenmektedir.

Tablo 3.38 Seçilen Zemin Parametreleri

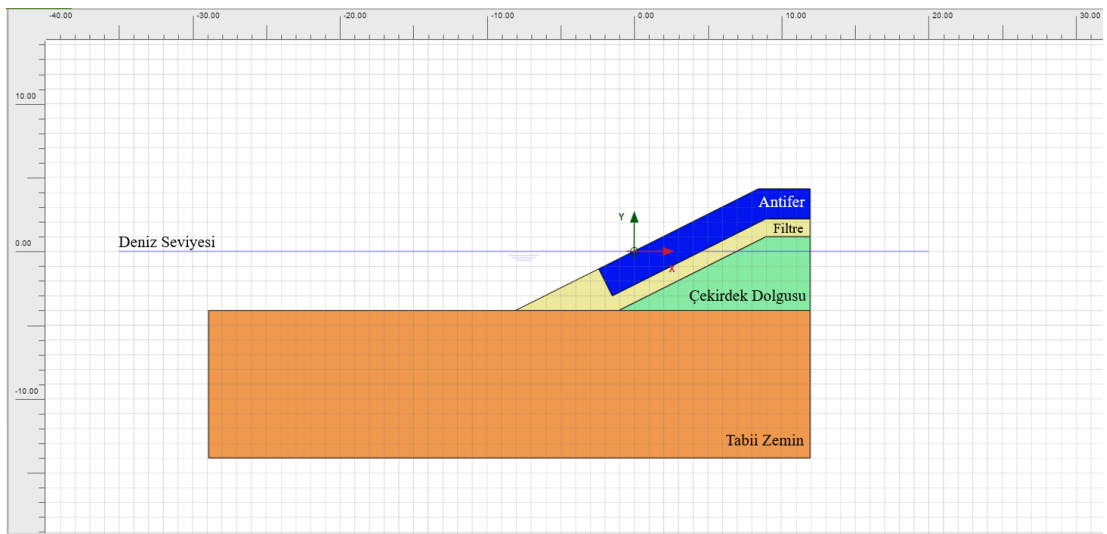
Sembol	Tanım	Birim	Anroşman	Çekirdek/Filtre Dolgusu	Tabii Zemin	Antifer*
γ_{unsat}	Suya doymun olmayan durum için birim hacim ağırlık	kN/m ³	19	18	18	12.96
γ_{sat}	Suya doymun durum için birim hacim ağırlık	kN/m ³	20	19	19	12.96
E	Elastisite Modülü	kN/m ²	66000	40000	15000	15120
c	Kohezyon	kN/m ²	0.01	5	10	-
ϕ	İçsel Sürtünme Açısı	derece	46	32	25	-
ψ	Dilatasyon Açısı	derece	6	0	0	-
ν_{ur}	Poisson Oranı	-	0.22	0.32	0.367	-

*Antifer birim elastik malzeme olarak programa tanımlanmış olup Estramed'in (1990) "Antifer bloklarının teknik notları" ile ilgili yaptığı çalışma kapsamında kapalı piramit tipi yerleşimin (Kesitlerde görülebilir) hacimsel dolgunluğunu yaklaşık %54 olarak bulduğunu belirtmiştir [25]. Bu bilgi ışığında 0.54 katsayısı dikkate alınarak C20 beton ile hazırlanmış antifer bloklar için birim hacim ağırlık değeri ($\gamma=24 \text{ kN/m}^3$) ve elastisite modülü değeri, ($E=28000 \text{ kN/m}^3$) bu oran ile azaltılmıştır.

3.3.8.2 Analizlerde İzlenen Adımlar

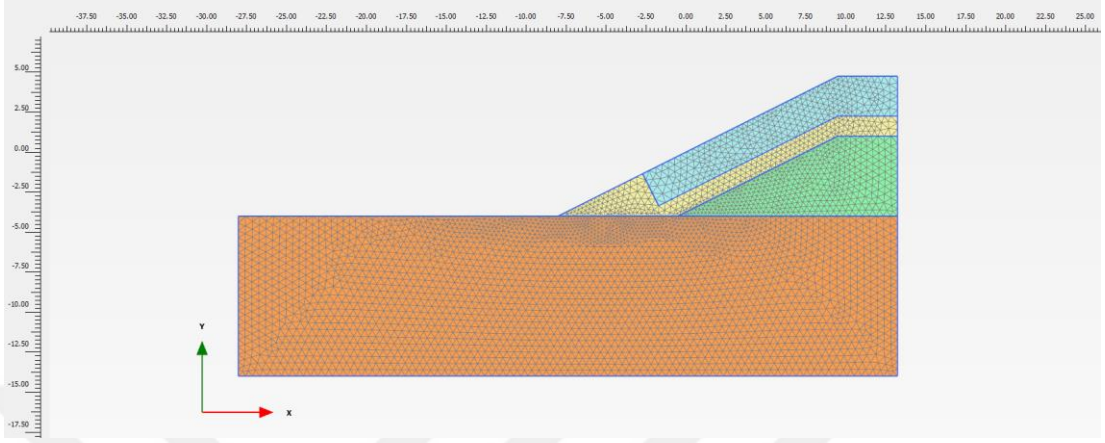


Şekil 3.22 Analizlerde Kullanılan Altinkum Taş Anroşmanlı Dalgakıran Kesiti [60]

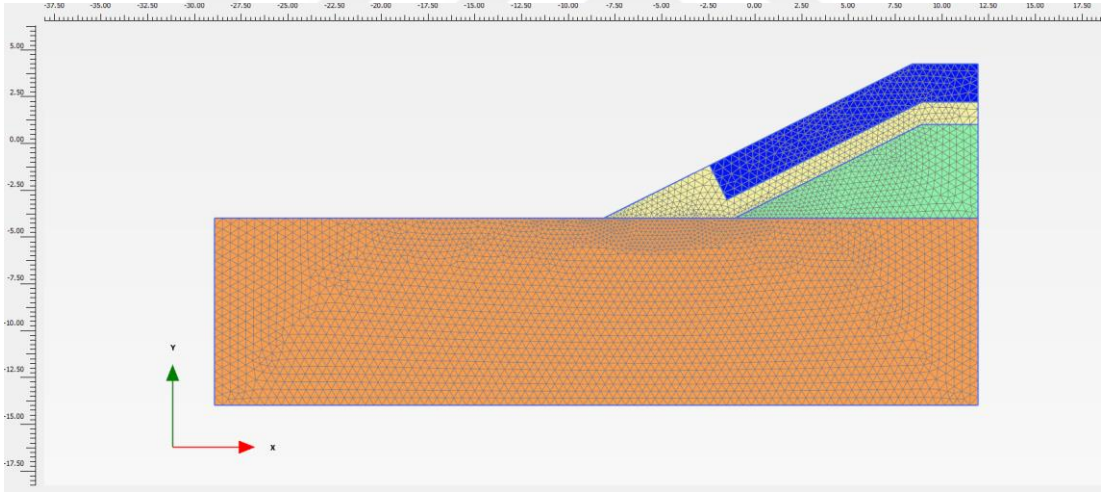


Şekil 3.23 Analizlerde Kullanılan Altinkum Antiferli Dalgakıran Kesiti [60]

Yapı modellemesi tamamlandıktan ve zeminlerin tanımlanmasından sonraki adım olarak model ağı oluşturulmuştur. Kesitler için oluşturulan model ağları aşağıda sunulmaktadır.



Şekil 3.24 Altinkum Taş Anroşmanlı Dalgakıran için model ağı – 7798 *element* ve 62965 *nod* [60]

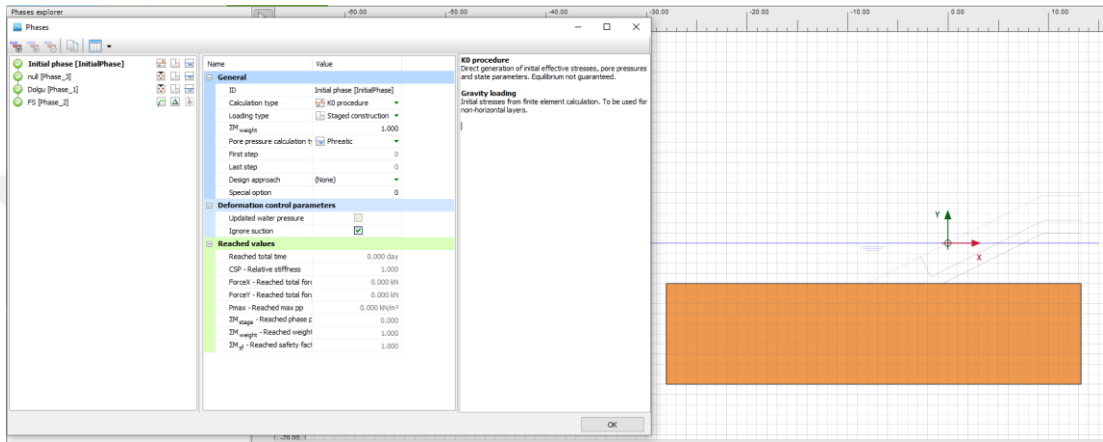


Şekil 3.25 Altinkum Antiferli Dalgakıran için model ağı – 7532 *element* ve 60837 *nod* [60]

Analizlerde kullanılan yükleme türü Kademeli İnşaat (Staged Construction) olarak seçilmiştir. Analiz aşamaları devam eden sayfalarda sırasıyla verilmektedir.

1. Adım: Initial Phase (Başlangıç)

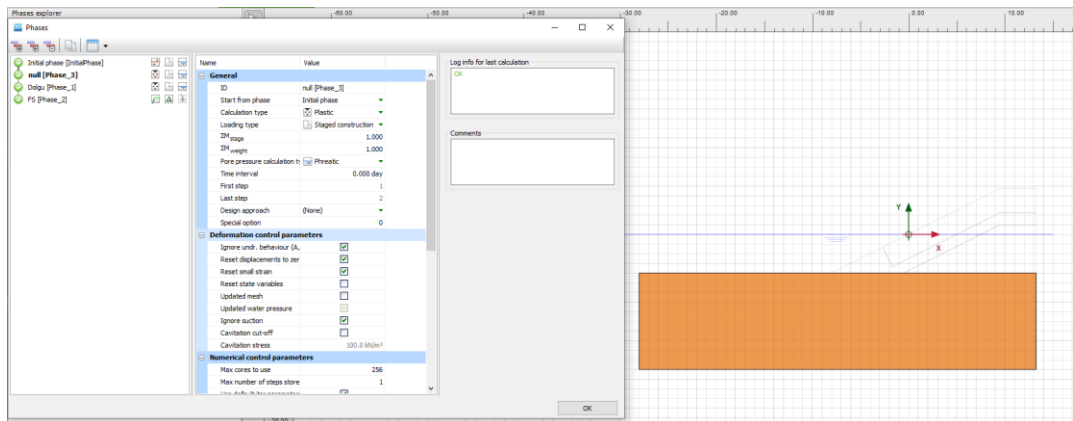
Bu aşama Plaxis tarafından otomatik olarak oluşturulmaktadır. Bu aşamada başlangıç gerilmeleri hesaplanmaktadır. Plaxis 2D (V.20) Referans Kılavuzuna göre, bu çalışmada da kullanılan K0 prosedürü tabii zeminin yatay bir yüzeye sahip olduğu ve tüm zemin katmanlarının ve su seviyesinin yüzeye paralel olduğu durumlar için uygundur.



Şekil 3.26 1. Analiz Adımı: Initial Phase (Başlangıç) [60]

2. Adım: null (Deplasman Sıfırlama)

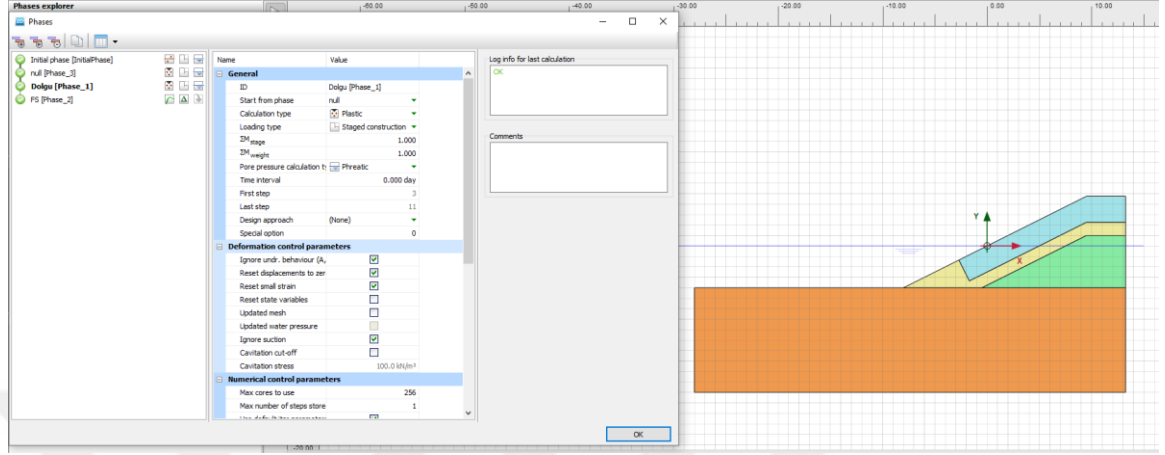
Bu adımda bir önceki adımda hesaplanan başlangıç gerilmeleri sonucu oluşan deplasman değerleri sıfırlanmaktadır.



Şekil 3.27 2. Analiz Adımı: null (Deplasman Sıfırlama) [60]

3. Adım: Dolgu (Dalgakıran İmalatı)

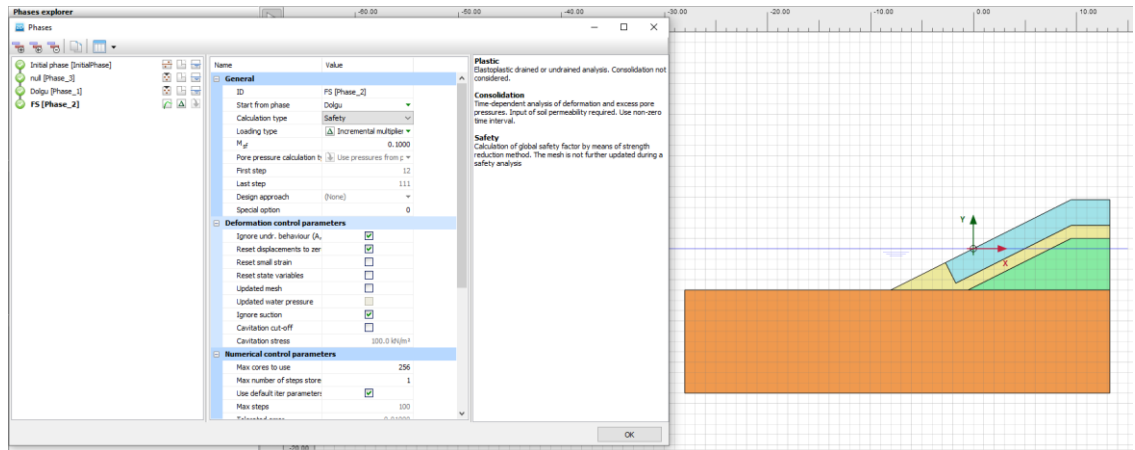
Bu adımda dalgakıran imalatları tamamlanmıştır. Bunu programda tanımlamak için basitçe dalgakıran dolgularını ifade eden model ağı grupları aktive edilmiştir.



Şekil 3.28 3. Analiz Adımı: Dolgu (Dalgakıran İmalatı) [60]

4. Adım: Şev Duraylılığı Analizi

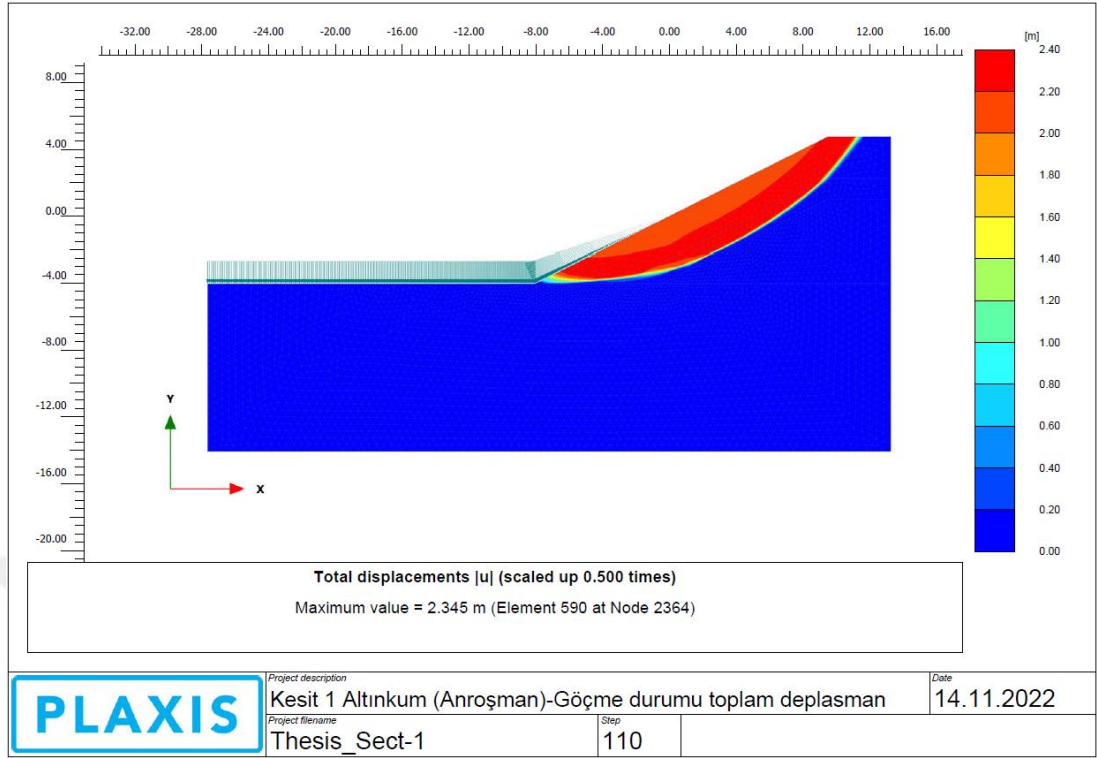
Bu adımda şev duraylılığı analizi gerçekleştirilmiştir. Plaxis, hesap yöntemi seçeneğinden “Safety” seçeneği seçilmesi sonucu mukavemet azaltma yöntemi ile şev stabilitesi analizleri yapmaktadır.



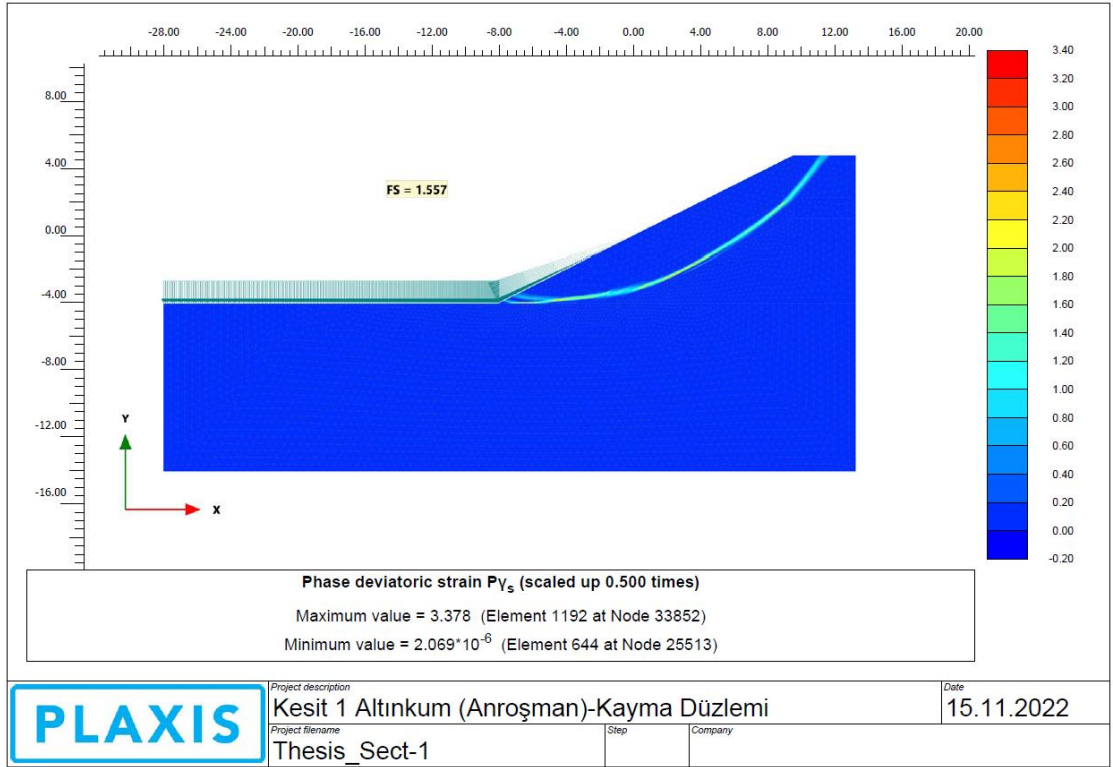
Şekil 3.29 4. Analiz Adımı: Şev Duraylılığı Analizi [60]

Analizler sonucunda kesitlerde göçme durumunda oluşan toplam deplasmanlar, deviatorik yerdeğiştirme ve güvenlik sayısı değerleri hesaplanmıştır. Deviatorik yerdeğiştirme değerleri basitçe zeminin yenildiği düzlemi ifade etmektedir.

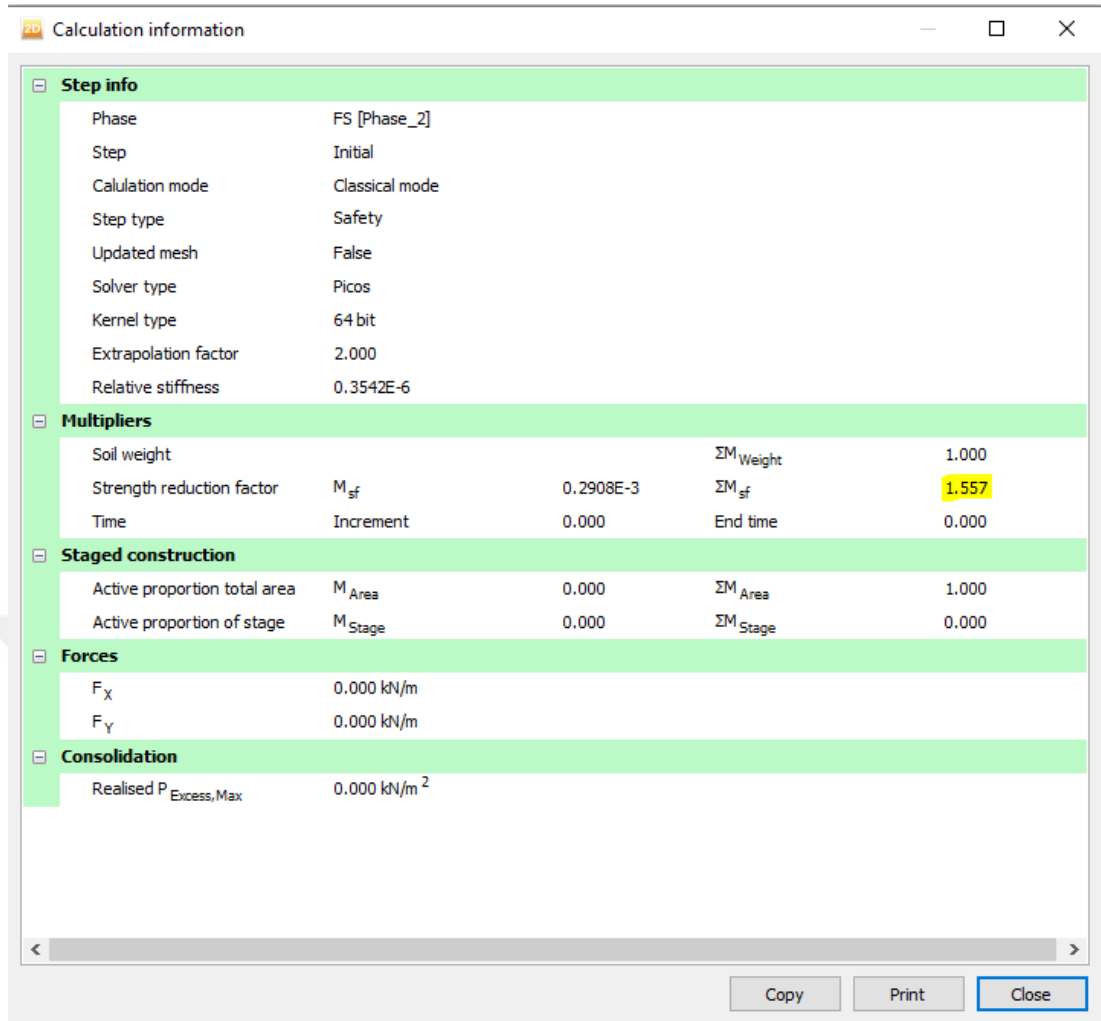
Buna göre analizlerden elde edilen sonuçlar Şekil 30-35’de özetlenmektedir.



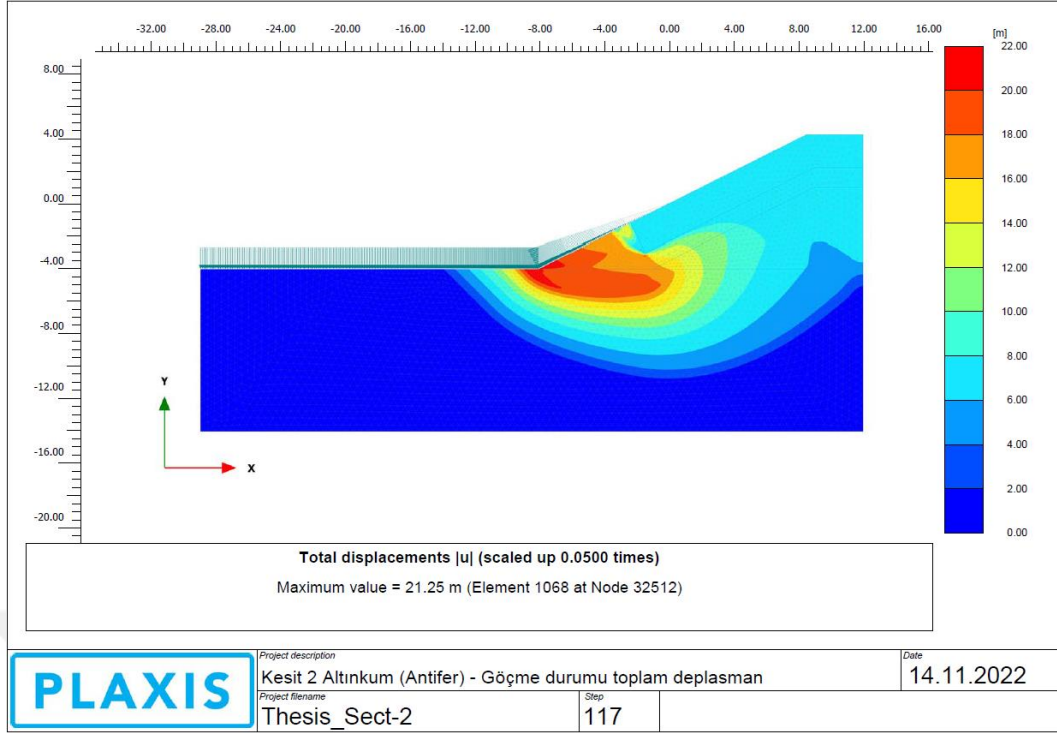
Şekil 3.30 Altinkum Taş Anroşmanlı Dalgakıran için Göçme Durumu Toplam Deplasman [60]



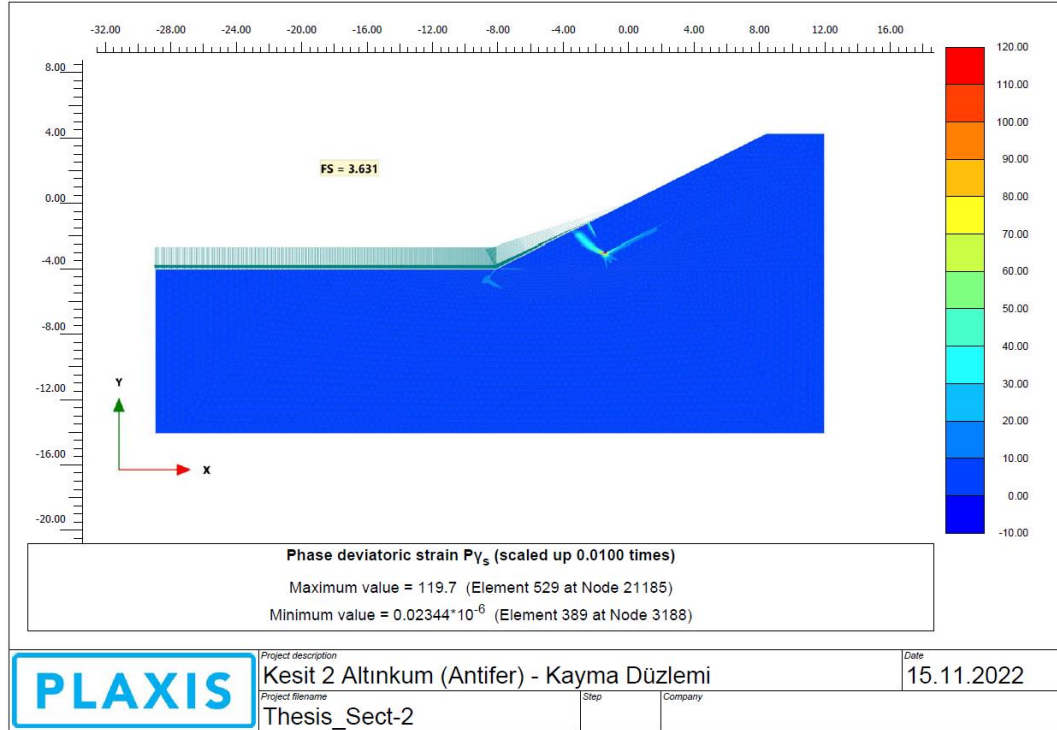
Şekil 3.31 Altinkum Taş Anroşmanlı Dalgakıran için Göçme Durumu Deviatorik Yerdeğiştirme (Kayma Düzlemi) [60]



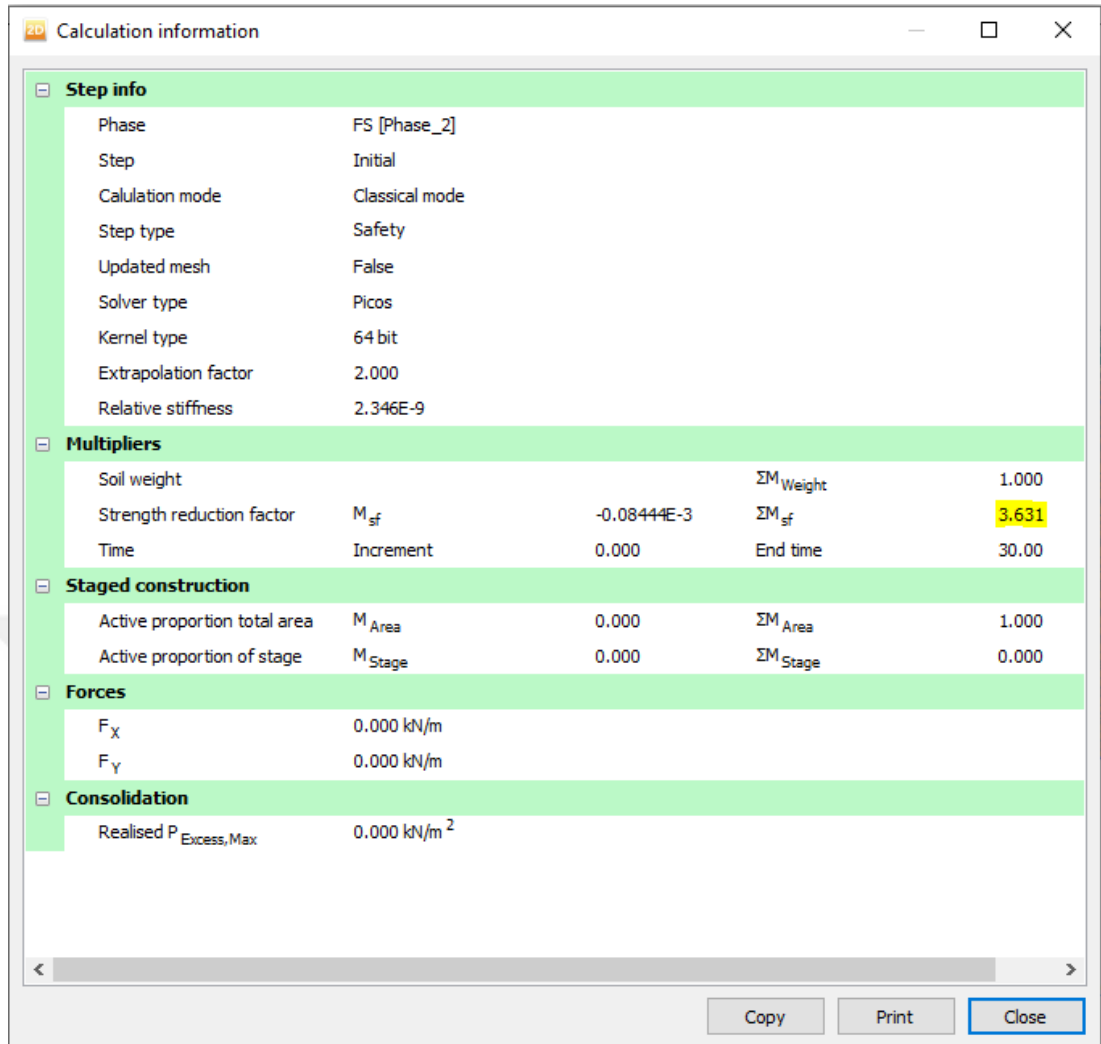
Şekil 3.32 Altinkum Taş Anroşmanlı Dalgakıran için Göçme Durumu Güvenlik Sayısı =1.557 [60]



Şekil 3.33 Altinkum Antiferli Dalgakıran için Göçme Durumu Toplam Deplasman [60]



Şekil 3.34 Altinkum Antiferli Dalgakıran için Göçme Durumu Deviatorik Yerdeğiştirme (Kayma Düzlemi) [60]



Şekil 3.35 Altınkum Antiferli Dalgakıran için Göçme Durumu Güvenlik Sayısı=3.631 [60]

Şev duraylılığı analizleri sonrası elde edilen sonuçlar aşağıdaki tabloda özetlenmektedir.

Tablo 3.39 Altınkum için Şev Analizi Sonuçları

Çeşme - Altınkum		
	Anroşman	Antifer
Güvenlik Sayısı	1.557	3.631

Buna göre elde edilen sonuçlar ışığında antifer kullanılarak imal edilen dalgakıran yapısının şev duraylılığı değeri geleneksel taş dolgu (Anroşman) kullanılarak tasarlanan dalgakıran yapısına göre daha yüksek elde edilmiştir.

3.4 Örnek Çalışma 2 – Altınordu, Ordu

Mukayese için seçilen ikinci bölge Karadeniz dalga karakteristiği çalışabilmek adına Ordu-Altınordu olarak seçilmiştir. Ordu için çalışma derinlikleri batimetri verisinden yararlanılarak 3 m ile 7 m olarak seçilmiştir. Bir önceki çalışmada olduğu gibi bütün dalga transformasyon hesapları aralık içinde verilen bütün derinlikler için yapılmış olup, mukayeseye uygun derinlik sonucunda seçilip, bu derinliğe uygun bir dalgakıran tasarımı yapılmıştır.

3.4.1 Dalga Kırılma Derinliği ve Yüksekliği Hesapları

CEM formülü ile GODA&Weggel grafiklerinden yola çıkarak dalganın kırılma derinliği ve dalga yüksekliği hesaplanmıştır. CEM formülünden elde edilen sonuçlar Tablo 3.40 ve Tablo 3.41’de verilmiştir. 7 m derinlik için yapılan hesaplamalar ise örnek olarak verilmiştir. Devamında ise grafiklerden okunan değerler bulunabilir. Elde edilen iki değer ortalaması alınarak yaklaşık dalga kırılma derinliği ve yüksekliği elde edilmiştir.

Dalga Atlasından edinilen bilgiye dayanarak dalgaların 45^0 ile yapıya geldiği varsayımı yapılmıştır. Deniz tabanı eğimi ise batimetri verilerine bakılarak %1.2 alınmıştır.

Elde edilen bulguların devamında surf uzunluğuna bakarak çalışması yapılacak derinliklerde olup olmadığı kontrol edilmiş ve tasarımda etkin dalga tipine karar verilmiştir.

Tablo 3.40 CEM formülüne göre Ordu Dalga Kırılması Hesapları

H_{s0} (m)	d (m)	α	α_i	K_s	K_r	H_o' (m)	H_b (m)	d_b (m)	x_p (m)	Durum?
7,00	7	45	20,0259	1,061	0,868	6,08	6,64	8,13	25,81	Dalga kırılıyor
7,00	6,5	45	19,332	1,075	0,866	6,06	6,63	8,12	25,77	Dalga kırılıyor
7,00	6	45	18,6065	1,092	0,864	6,05	6,61	8,1	25,72	Dalga kırılıyor
7,00	5,5	45	17,8456	1,111	0,862	6,03	6,6	8,09	25,98	Dalga kırılıyor
7,00	5	45	17,0446	1,132	0,86	6,02	6,59	8,07	25,63	Dalga kırılıyor
7,00	4,5	45	16,1976	1,157	0,858	6,01	6,58	8,06	25,59	Dalga kırılıyor
7,00	4	45	15,2971	1,186	0,856	5,99	6,57	8,04	25,54	Dalga kırılıyor
7,00	3,5	45	14,333	1,221	0,854	5,98	6,56	8,03	25,5	Dalga kırılıyor
7,00	3	45	13,2916	1,263	0,852	5,96	6,54	8,01	25,45	Dalga kırılıyor

Tablo 3.41 CEM formülüne göre Ordu Dalga Kırılması Sonuçları

	H_b (m)	d_b (m)	x_p (m)
Ortalama	6,676	8,184	25,991
Standart Sapma	0,030712	0,038809	0,159938
$K_r=1.0^*$	7,44	9,19	28,92

7m derinlik için dalga kırılma hesapları

$$L_0 = 1.56 T^2 = 171,99 \text{ m}$$

$$L = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right) = 83,29 \text{ m}$$

$$C_0 = 1.56 T = 16,38 \text{ m/s}$$

$$C_{go} = 1.56 T \times 0.5 = 8,19 \text{ m/s}$$

$$C_i = L / T = 7,93 \text{ m/s}$$

$$C_{gi} = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{\frac{4\pi d}{L}}{\sinh\left(\frac{4\pi d}{L}\right)}\right) \frac{gT}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right) = 7,28 \text{ m/s}$$

$$Ks = \left(\frac{C_{go}}{C_{gi}}\right)^{0,5} = 1,061$$

$$\alpha_i = \frac{C_i \sin \alpha_0}{C_0} = 20,00^\circ$$

$$Kr = \left(\frac{1 - \sin^2 \alpha_0}{1 - \sin^2 \alpha_i}\right)^{0,25} = 0,868$$

$$H_0' = Kr \times H_0 = 6,07 \text{ m}$$

$$\Omega = \frac{H_b}{H_0'} = 0,56 \times \left(\frac{H_0'}{L_0}\right)^{-0,2} = 1,093$$

$$H_b = 6,64 \text{ m}$$

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

$$a = 43,8x(1 - e^{-19m}) = 8,93$$

$$b = \frac{1,56}{(1 + e^{-19,5m})} = 0,87$$

$$d_b = 8,13 \text{ m} > 7,00 \text{ m} \rightarrow \text{Dalga kırılmaktadır}$$

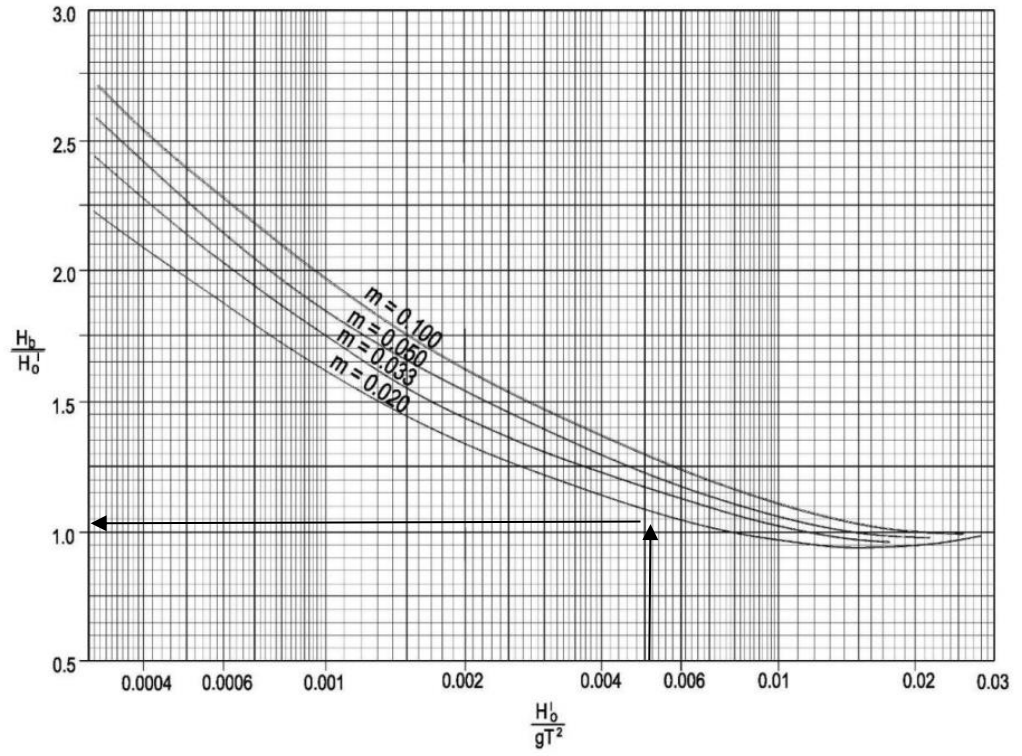
$$x_p = (4,0 - 9,25m)xH_b = 25,81 \text{ m}$$

CEM formülüne göre Ordu bölgesi için ortalama kırılma derinliği yaklaşık 8.13 m ve dalganın kırılma yüksekliği ise 6.64 m olarak elde edilmiştir. Surf bölgesi uzunluğu ise yaklaşık 27.61 m'dir.

GODA&Weggel grafiklerinde kullanılacak ortalama eşdeğer derin deniz dalga yüksekliği H_0' , ise Tablo 3.42'ta verilmiştir.

Tablo 3.42 Ortalama Eşdeğer Derin Deniz Dalga Yüksekliği (H_0')-Ordu

H_{s0} (m)	K_r	H_0' (m)
7,00	0,868	6,08
7,00	0,866	6,06
7,00	0,864	6,05
7,00	0,862	6,03
7,00	0,86	6,02
7,00	0,858	6,01
7,00	0,856	5,99
7,00	0,854	5,98
7,00	0,852	5,96
Ortalama (m)		6,02
Standart Sapma		0,036148
H_0'/gT^2		0,0051



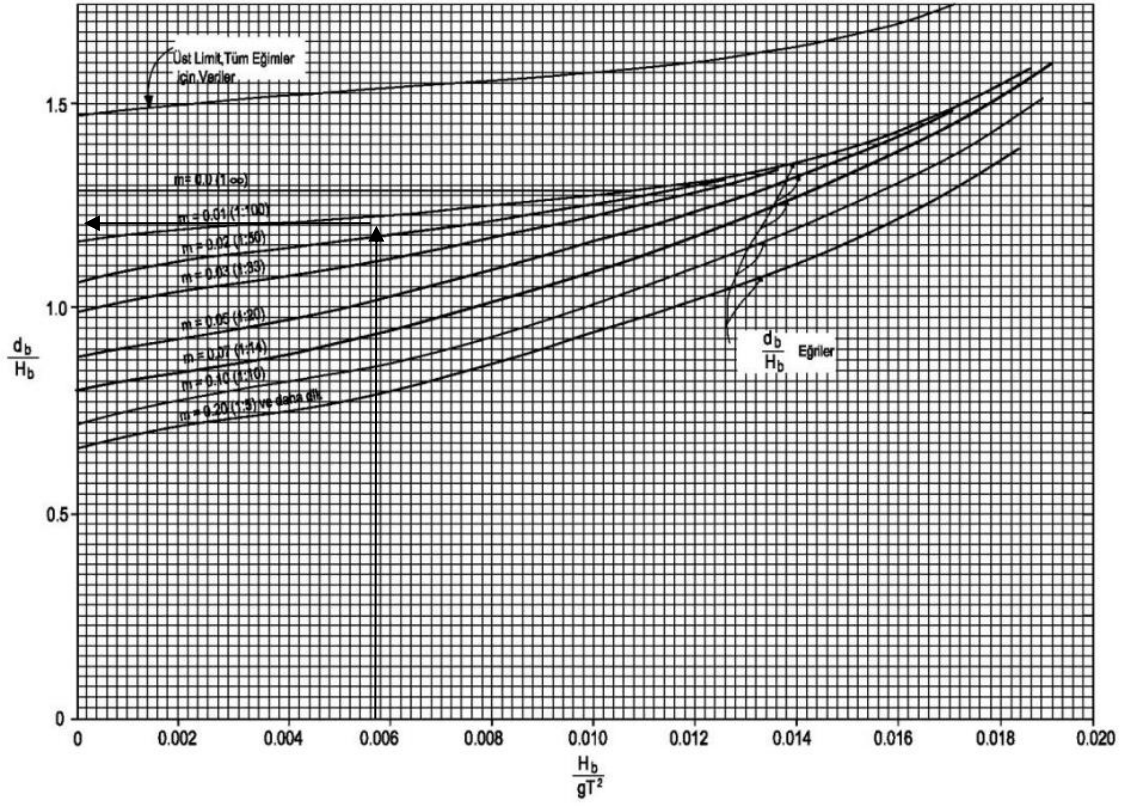
Şekil 3.36 Dalga Dikliği ile Dalga Kırılma Değerleri arası ilişki-Ordu [43]

$$H_0'/gT^2 : 0,0051$$

$$m : 0,012 \quad \text{değerleri için elde edilenler,}$$

$$H_b/H_0' : 1,025$$

$$H_b : 6,17 \text{ m}$$



Şekil 3.37 Boyutsuz Dalga Kırılması Parametresi ile Boyutsuz Dalga Kırılma Derinliği arası ilişki-Ordu [42]

$$H_b/gT^2 : 0,0057$$

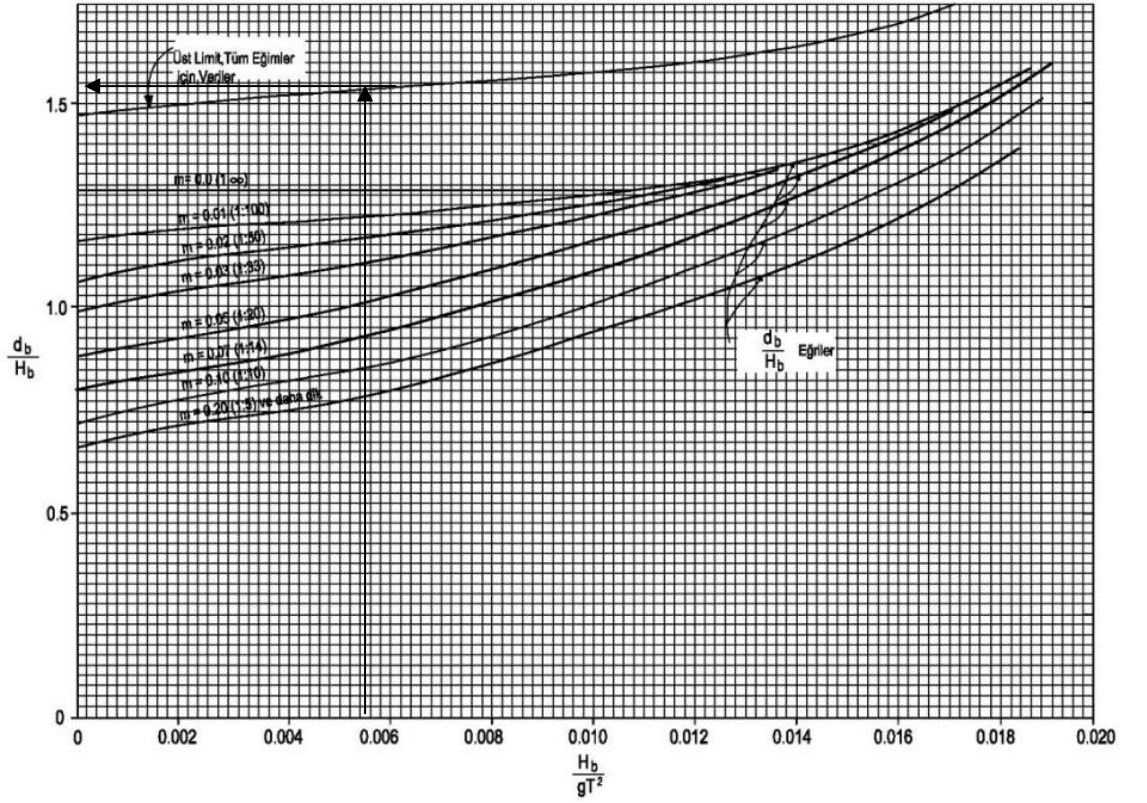
$$m : 0,012$$

değerleri için elde edilenler,

$$d_b/H_b : 1,200$$

$$d_b : 7,40 \text{ m}$$

$$x_p : 24,00 \text{ m}$$



Şekil 3.38 Maksimum Değerler İçin Boyutsuz Dalga Kırılması Parametresi ile Boyutsuz Dalga Kırılma Derinliği arası ilişki-Ordu [42]

Maksimum dalga kırılma değerleri için;

$$H_b/gT^2 : 0,0057$$

$$m : 0,012 \quad \text{değerleri için elde edilenler,} \quad d_b/H_b : 1,541$$

$$d_b : 10,94 \text{ m}$$

Dalga kırılması ile ilgili elde edilen tüm veriler Tablo 3.43’de verilmiştir. Sonuçlar üzerinden Ordu bölgesinde dalgaların kırılan dalga oldukları ve yaklaşık 8.20 – 9.20 m derinliklerinde kırıldığı görülmektedir. Hesaplanan dalgaların surf uzunluğu ise düşük deniz yatağı eğiminden de kaynaklanarak çalışma derinliklerine ulaşmadan bitmektedir.

Tablo 3.43 Toplu Dalga Kırılma Verileri-Ordu

	CEM		Weggel&GODA	
	Ort.	Kr=1.0*	m=0,012	Maks
H_b	6,7	7,44	6,17	6,17
d_b	8,18	9,19	7,40	10,94
x_p	25,99	28,92	24,00	24,00

3.4.2 Dalgaların Yapı Önüne Taşınması

Önceki uygulamada olduğu gibi, GODA (2010) ve Van Der Meer (1990) yaklaşımları kullanılarak yapıya gelen dalgaların hangi derinlikte hangi yükseklikte geldiği hesaplanmıştır. Önceki bölümde olduğu gibi 7 m derinlik için yapılan hesaplar örnek olarak açıklanmıştır. İki yaklaşım sonucu elde edilen iki değerin ortalaması alınarak yaklaşık dalga yükseklikleri elde edilmiştir.

Tablo 3.44 GODA Hesaplarına Göre Derinliklere Göre Dalga Yükseklikleri-Ordu

d (m)	H_{s0} (m)	K_r	H_o'	K_s	T_{s0} (s)	L_o (m)	d/L_o	K_s*H_o'	β₀	β₁	β_{max}	β₀*H_o' + β₁*d	β_{max}*H_o'	H_{1/3} - H_s (m)
7,00	7,00	0,868	6,076	1,061	10,50	171,99	0,041	6,446	0,102	0,547	0,92	4,45	5,59	4,45
6,50	7,00	0,866	6,062	1,075	10,50	171,99	0,038	6,516	0,102	0,547	0,92	4,18	5,58	4,18
6,00	7,00	0,864	6,048	1,092	10,50	171,99	0,035	6,604	0,103	0,547	0,92	3,90	5,56	3,90
5,50	7,00	0,862	6,034	1,111	10,50	171,99	0,032	6,703	0,103	0,547	0,92	3,63	5,55	3,63
5,00	7,00	0,860	6,020	1,132	10,50	171,99	0,029	6,814	0,103	0,547	0,92	3,35	5,54	3,35
4,50	7,00	0,858	6,006	1,157	10,50	171,99	0,026	6,948	0,103	0,547	0,92	3,08	5,53	3,08
4,00	7,00	0,856	5,992	1,186	10,50	171,99	0,023	7,106	0,103	0,547	0,92	2,80	5,51	2,80
3,50	7,00	0,854	5,978	1,221	10,50	171,99	0,020	7,299	0,103	0,547	0,92	2,53	5,50	2,53
3,00	7,00	0,852	5,964	1,263	10,50	171,99	0,017	7,532	0,103	0,547	0,92	2,26	5,49	2,26

7m derinlik için dalga transformasyon hesapları

Dalga kırılması hesaplarında geçen değerler,

$$K_r = 0,868 \quad ; \quad K_s = 1,061 \quad ; \quad H_0' = 6,07$$

$$L_{op} = 1,56 * T^2 = 171,99 \text{ m}$$

$$\frac{d}{L_o} = \frac{7}{171,99} = 0,041 < 0,2$$

$$\beta_0 = 0,028 \left(\frac{H_0'}{L_o} \right)^{-0,38} \exp(20m^{1,5}) = 0,102$$

$$\beta_1 = 0,52 \exp(4,2m) = 0,547$$

$$\beta_{max} = \max[0,92; 0,032 \left(\frac{H_0'}{L_o} \right)^{-0,29} \exp(2,4m)] = \max(0,92; 0,868) = 0,92$$

$$\beta_0 H_0' + \beta_1 d = 4,45 \text{ m}$$

$$\beta_{max} H_0' = 5,59 \text{ m}$$

$$K_s H_0' = 6,44$$

$$H_{1/3} - H_s = \min(4,45; 5,59; 6,44) = 4,45 \text{ m}$$

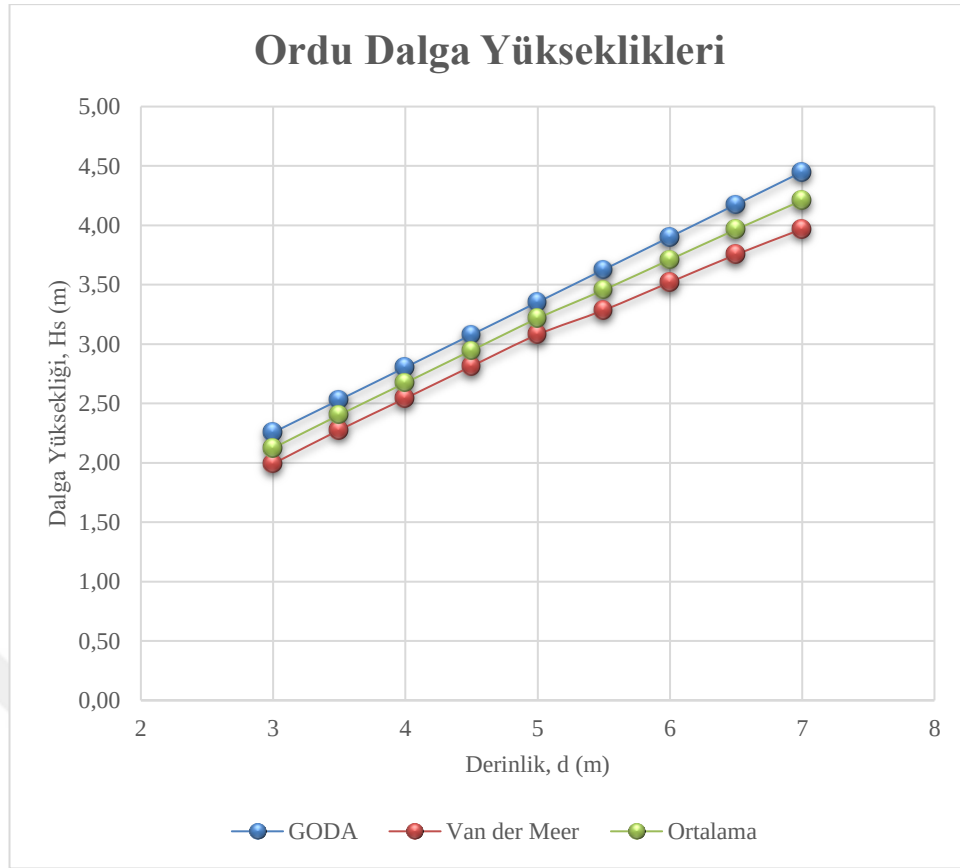
GODA formüllerine göre elde edilen sonuçlara ek olarak Van Der Meer enerji sönümleme grafiklerine ilişkin işlemler devam eden sayfalarda sunulmuştur. Ordu için elde edilen S_{op} değeri, $S_{op}=0,02$ ve $S_{op}=0,03$ grafiklerinin arasında olup, her iki grafiğe de bakılarak, elde edilen değerlerin ağırlıklı ortalaması olarak alınmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 3.45'te verilmiştir.

Tablo 3.45 Van Der Meer ($S_{op}=0.02;0.03$) Grafiklerine Göre Yapı Önü Dalga Yükseklikleri

d (m)	S_{op}	d/ L_{op}	$S_{op}=0,02$	$S_{op}=0,03$	Ağırlıklı Ortalama	
			H_s/d	H_s/d	H_s/d	H_s (m)
7	0,022894	0,0229	0,552	0,602	0,567	3,97
6,5	0,023	0,0213	0,564	0,609	0,577	3,75
6	0,023	0,0196	0,572	0,621	0,586	3,52
5,5	0,023	0,0180	0,580	0,638	0,597	3,29
5	0,023	0,0164	0,598	0,658	0,616	3,08
4,5	0,023	0,0147	0,604	0,675	0,625	2,81
4	0,023	0,0131	0,616	0,682	0,635	2,54
3,5	0,023	0,0114	0,624	0,712	0,650	2,28
3	0,023	0,0098	0,638	0,725	0,664	1,99

Hem GODA hem de Van der Meer yöntemlerine göre elde edilen sonuçlar grafik üzerinde Şekil 3.39'da verilmiştir.

Elde edilen ortalama dalga yüksekliğine göre Tablo 3.2'de verilen Türkiye Denizleri için paylaşılan “ H_s - T_m İlişkisi” denklemlerinden Karadeniz için olan formül kullanılarak ilgili dalga periyotları da elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar Tablo 3.46'da verilmiştir.



Şekil 3.39 Ordu Bölgesinde Farklı Formüllere Göre Değişen Dalga Yükseklikleri

Tablo 3.46 Ordu Bölgesi Yapı Önü Dalga Yükseklikleri ve Periyotları

d (m)	GODA (m)	vDM (m)	Ortalama H _{s,topuk} (m)	T _m (s)	T _s (s)
7,00	4,45	3,97	4,21	7,33	9,05
6,50	4,18	3,75	3,96	7,18	8,86
6,00	3,90	3,52	3,71	7,02	8,67
5,50	3,63	3,29	3,46	6,86	8,46
5,00	3,35	3,08	3,22	6,69	8,26
4,50	3,08	2,81	2,95	6,50	8,02
4,00	2,80	2,54	2,67	6,29	7,76
3,50	2,53	2,28	2,40	6,06	7,49
3,00	2,26	1,99	2,12	5,82	7,18

3.4.3 Koruma Tabakası Hesapları

3.4.3.1 Hudson Formülü

Koruma elmanı tayini hesapları yine ilk olarak Hudson ile yapılmaya başlanmış olup, elde edilen sonuçlar Tablo 3.47-3.58 arasında verilmiştir. K_D değerleri seçilirken kırılan dalga koşuluna göre seçilmiştir. Her bir koruma elemanından elde edilen farklı şevlere ait sonuçlar tek bir grafikte karşılaştırma olarak hesapların devamında Şekil 3.40-3.43 arasında verilmiştir.

Tablo 3.47 Ordu 1/2 Yapı Şevine Göre Hudson Taş Anroşman Tonajları

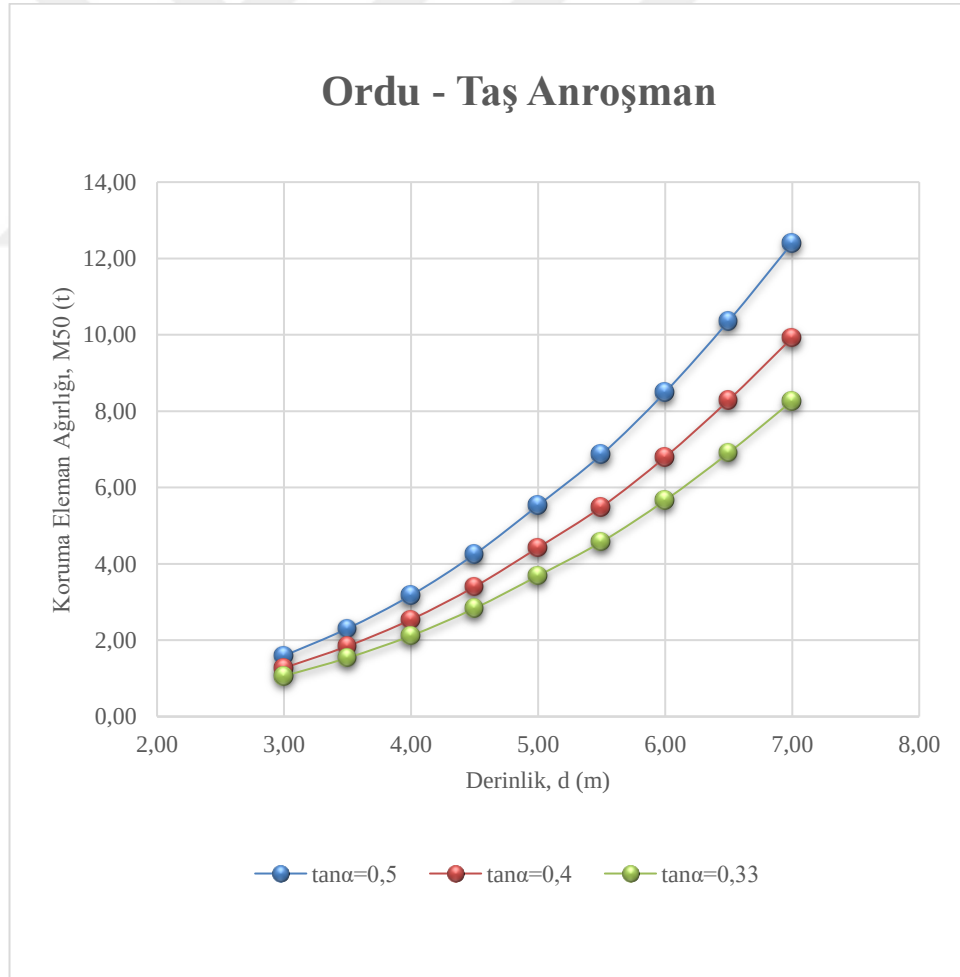
Ordu		Taş Anroşman		
Dalga	$\tan\alpha$	$\rho_{\text{taş}}$ (t/m ³)	ρ_{su} (t/m ³)	Δ
Kırılan	0,5	2,65	1,025	1,59
d (m)	H _s (m)	K _D	M ₅₀ (t)	D _{n50} (m)
7,00	4,21	2,0	12,40	0,87
6,50	3,96	2,0	10,36	0,82
6,00	3,71	2,0	8,50	0,77
5,50	3,46	2,0	6,87	0,72
5,00	3,22	2,0	5,53	0,67
4,50	2,95	2,0	4,25	0,61
4,00	2,67	2,0	3,18	0,55
3,50	2,40	2,0	2,31	0,50
3,00	2,12	2,0	1,59	0,44

Tablo 3.48 Ordu 1/2.5 Yapı Şevine Göre Hudson Taş Anroşman Tonajları

Ordu		Taş Anroşman		
Dalga	$\tan\alpha$	$\rho_{\text{taş}}$ (t/m ³)	ρ_{su} (t/m ³)	Δ
Kırılan	0,4	2,65	1,025	1,59
d (m)	H _s (m)	K _D	M ₅₀ (t)	D _{n50} (m)
7,00	4,21	2,0	9,92	0,81
6,50	3,96	2,0	8,29	0,76
6,00	3,71	2,0	6,80	0,71
5,50	3,46	2,0	5,49	0,67
5,00	3,22	2,0	4,43	0,62
4,50	2,95	2,0	3,40	0,57
4,00	2,67	2,0	2,54	0,52
3,50	2,40	2,0	1,85	0,46
3,00	2,12	2,0	1,27	0,41

Tablo 3.49 Ordu 1/3 Yapı Şevine Göre Hudson Taş Anroşman Tonajları

Ordu		Taş Anroşman		
Dalga	$\tan\alpha$	$\rho_{\text{taş}}$ (t/m ³)	ρ_{su} (t/m ³)	Δ
Kırılan	0,33	2,65	1,025	1,59
d (m)	H _s (m)	K _D	M ₅₀ (t)	D _{n50} (m)
7,00	4,21	2,0	8,27	0,76
6,50	3,96	2,0	6,91	0,72
6,00	3,71	2,0	5,66	0,67
5,50	3,46	2,0	4,58	0,63
5,00	3,22	2,0	3,69	0,58
4,50	2,95	2,0	2,83	0,53
4,00	2,67	2,0	2,12	0,48
3,50	2,40	2,0	1,54	0,44
3,00	2,12	2,0	1,06	0,39



Şekil 3.40 Ordu Hudson'a Göre Taş Anroşman Tonaj Değişim Grafiği

Tablo 3.50 Ordu 1/2 Yapı Şevine Göre Hudson Antifer Tonajları

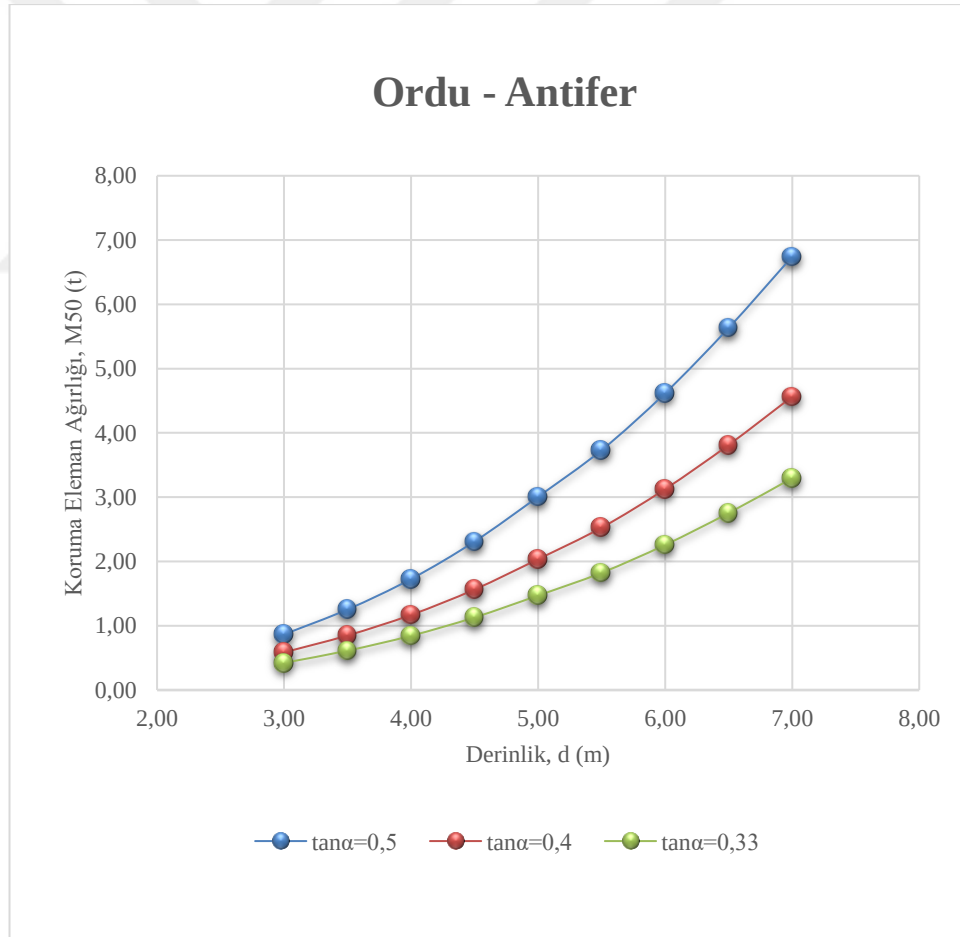
Ordu		Antifer		
Dalga	$\tan\alpha$	$\rho_{btm} (t/m^3)$	$\rho_{su} (t/m^3)$	Δ
Kırılan	0,5	2,40	1,025	1,34
d (m)	H_s (m)	K_D	$M_{50} (t)$	
7,00	4,21	5,5	6,74	
6,50	3,96	5,5	5,63	
6,00	3,71	5,5	4,62	
5,50	3,46	5,5	3,73	
5,00	3,22	5,5	3,01	
4,50	2,95	5,5	2,31	
4,00	2,67	5,5	1,73	
3,50	2,40	5,5	1,25	
3,00	2,12	5,5	0,87	

Tablo 3.51 Ordu 1/2.5 Yapı Şevine Göre Hudson Antifer Tonajları

Ordu		Antifer		
Dalga	$\tan\alpha$	$\rho_{btm} (t/m^3)$	$\rho_{su} (t/m^3)$	Δ
Kırılan	0,4	2,40	1,025	1,34
d (m)	H_s (m)	K_D	$M_{50} (t)$	
7,00	4,21	6,5	4,56	
6,50	3,96	6,5	3,81	
6,00	3,71	6,5	3,13	
5,50	3,46	6,5	2,53	
5,00	3,22	6,5	2,04	
4,50	2,95	6,5	1,56	
4,00	2,67	6,5	1,17	
3,50	2,40	6,5	0,85	
3,00	2,12	6,5	0,59	

Tablo 3.52 Ordu 1/3 Yapı Şevine Göre Hudson Antifer Tonajları

Ordu		Antifer		
Dalga	$\tan\alpha$	$\rho_{btm} (t/m^3)$	$\rho_{su} (t/m^3)$	Δ
Kırılan	0,33	2,40	1,025	1,34
d (m)	H_s (m)	K_D	$M_{50} (t)$	
7,00	4,21	7,5	3,30	
6,50	3,96	7,5	2,75	
6,00	3,71	7,5	2,26	
5,50	3,46	7,5	1,82	
5,00	3,22	7,5	1,47	
4,50	2,95	7,5	1,13	
4,00	2,67	7,5	0,84	
3,50	2,40	7,5	0,61	
3,00	2,12	7,5	0,42	

**Şekil 3.41** Ordu Hudson'a Göre Antifer Tonaj Değişim Grafiği

Tablo 3.53 Ordu 1/2 Yapı Şevine Göre Hudson Dolos Tonajları

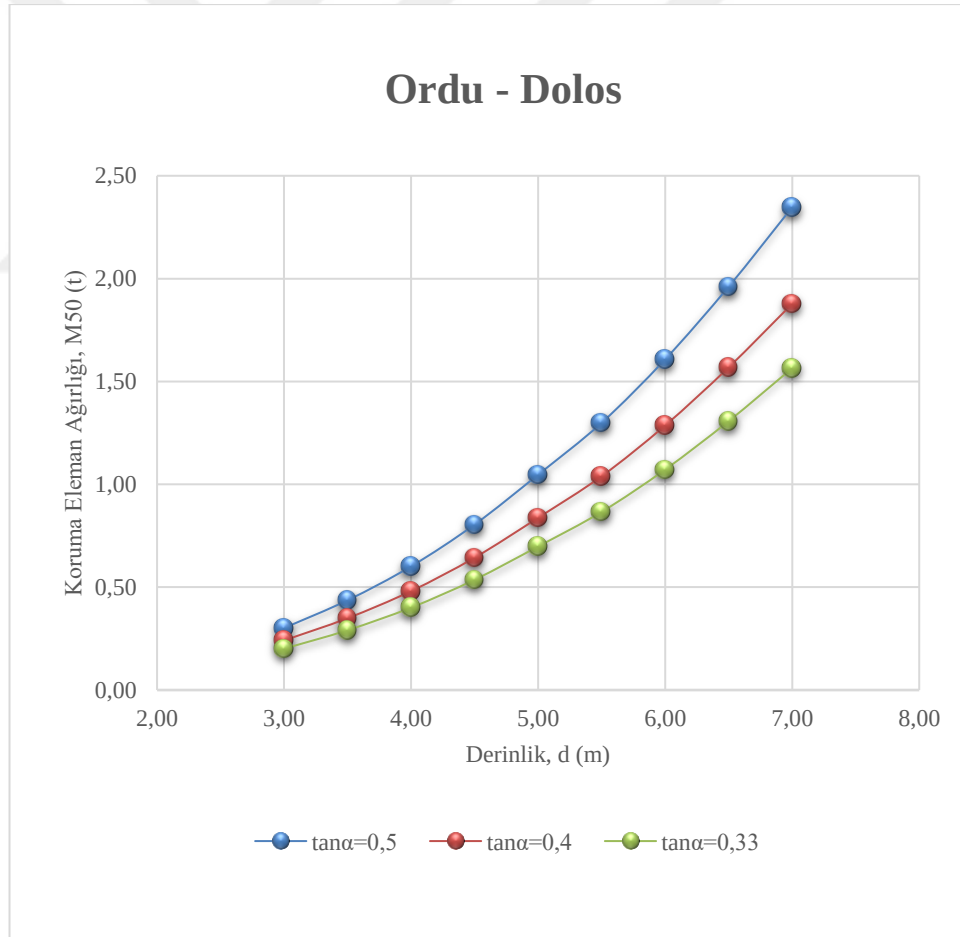
Ordu		Dolos		
Dalga	$\tan\alpha$	$\rho_{btm} (t/m^3)$	$\rho_{su} (t/m^3)$	Δ
Kırılan	0,5	2,40	1,025	1,34
d (m)	H_s (m)	K_D	$M_{50} (t)$	
7,00	4,21	15,8	2,35	
6,50	3,96	15,8	1,96	
6,00	3,71	15,8	1,61	
5,50	3,46	15,8	1,30	
5,00	3,22	15,8	1,05	
4,50	2,95	15,8	0,80	
4,00	2,67	15,8	0,60	
3,50	2,40	15,8	0,44	
3,00	2,12	15,8	0,30	

Tablo 3.54 Ordu 1/2.5 Yapı Şevine Göre Hudson Dolos Tonajları

Ordu		Dolos		
Dalga	$\tan\alpha$	$\rho_{btm} (t/m^3)$	$\rho_{su} (t/m^3)$	Δ
Kırılan	0,4	2,40	1,025	1,34
d (m)	H_s (m)	K_D	$M_{50} (t)$	
7,00	4,21	15,8	1,88	
6,50	3,96	15,8	1,57	
6,00	3,71	15,8	1,29	
5,50	3,46	15,8	1,04	
5,00	3,22	15,8	0,84	
4,50	2,95	15,8	0,64	
4,00	2,67	15,8	0,48	
3,50	2,40	15,8	0,35	
3,00	2,12	15,8	0,24	

Tablo 3.55 Ordu 1/3 Yapı Şevine Göre Hudson Dolos Tonajları

Ordu		Dolos		
Dalga	$\tan\alpha$	$\rho_{btm} (t/m^3)$	$\rho_{su} (t/m^3)$	Δ
Kırılan	0,33	2,40	1,025	1,34
d (m)	H_s (m)	K_D	M_{50} (t)	
7,00	4,21	15,8	1,56	
6,50	3,96	15,8	1,31	
6,00	3,71	15,8	1,07	
5,50	3,46	15,8	0,87	
5,00	3,22	15,8	0,70	
4,50	2,95	15,8	0,54	
4,00	2,67	15,8	0,40	
3,50	2,40	15,8	0,29	
3,00	2,12	15,8	0,20	



Şekil 3.42 Ordu Hudson'a Göre Dolos Tonaj Değişim Grafiği

Tablo 3.56 Ordu 1/2 Yapı Şevine Göre Hudson Tetrapod Tonajları

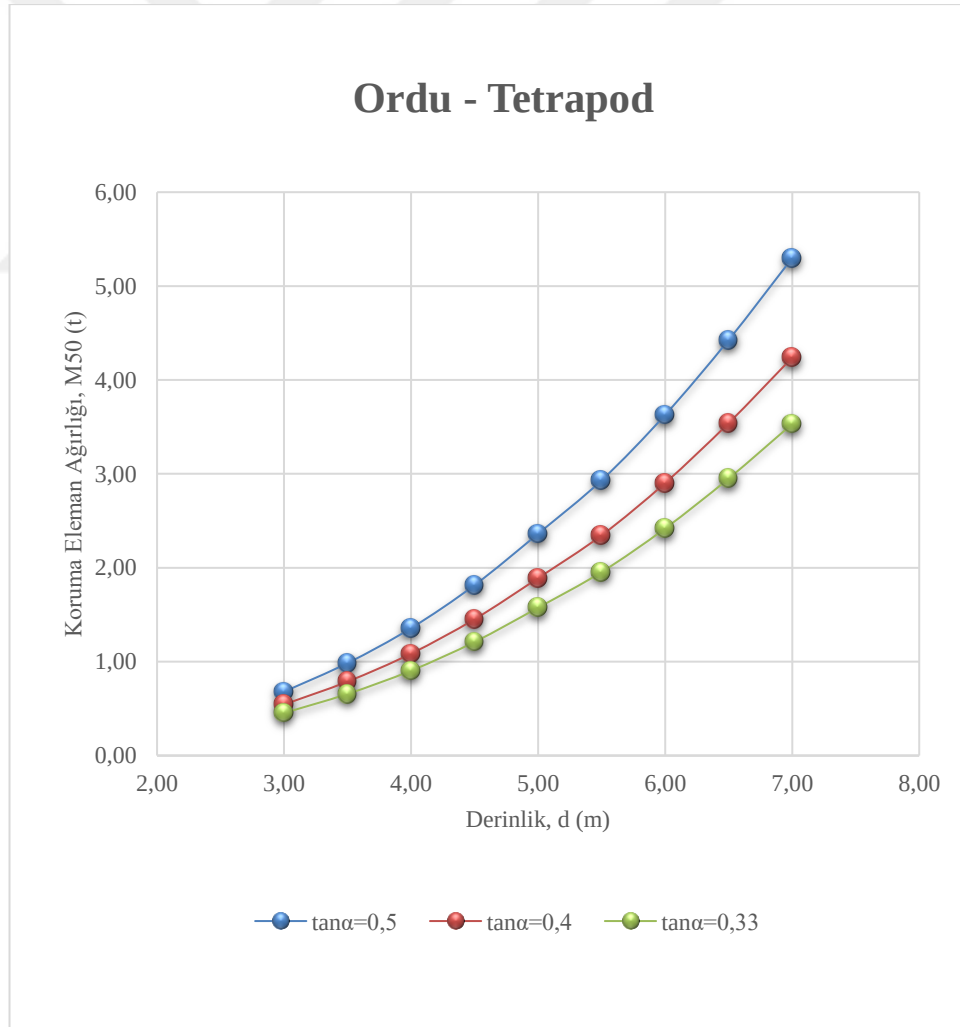
Ordu		Tetrapod		
Dalga	$\tan\alpha$	$\rho_{btm} (t/m^3)$	$\rho_{su} (t/m^3)$	Δ
Kırılan	0,5	2,40	1,025	1,34
d (m)	H_s (m)	K_D	$M_{50} (t)$	
7,00	4,21	7,0	5,30	
6,50	3,96	7,0	4,43	
6,00	3,71	7,0	3,63	
5,50	3,46	7,0	2,93	
5,00	3,22	7,0	2,36	
4,50	2,95	7,0	1,82	
4,00	2,67	7,0	1,36	
3,50	2,40	7,0	0,99	
3,00	2,12	7,0	0,68	

Tablo 3.57 Ordu 1/2.5 Yapı Şevine Göre Hudson Tetrapod Tonajları

Ordu		Tetrapod		
Dalga	$\tan\alpha$	$\rho_{btm} (t/m^3)$	$\rho_{su} (t/m^3)$	Δ
Kırılan	0,4	2,40	1,025	1,34
d (m)	H_s (m)	K_D	$M_{50} (t)$	
7,00	4,21	7,0	4,24	
6,50	3,96	7,0	3,54	
6,00	3,71	7,0	2,90	
5,50	3,46	7,0	2,35	
5,00	3,22	7,0	1,89	
4,50	2,95	7,0	1,45	
4,00	2,67	7,0	1,09	
3,50	2,40	7,0	0,79	
3,00	2,12	7,0	0,54	

Tablo 3.58 Ordu 1/3 Yapı Şevine Göre Hudson Tetrapod Tonajları

Ordu		Tetrapod		
Dalga	$\tan\alpha$	$\rho_{btm} (t/m^3)$	$\rho_{su} (t/m^3)$	Δ
Kırılan	0,33	2,40	1,025	1,34
d (m)	H_s (m)	K_D	M_{50} (t)	
7,00	4,21	7,0	3,53	
6,50	3,96	7,0	2,95	
6,00	3,71	7,0	2,42	
5,50	3,46	7,0	1,96	
5,00	3,22	7,0	1,58	
4,50	2,95	7,0	1,21	
4,00	2,67	7,0	0,90	
3,50	2,40	7,0	0,66	
3,00	2,12	7,0	0,45	

**Şekil 3.43** Ordu Hudson'a Göre Tetrapod Tonaj Değişim Grafiği

3.4.3.2 Van Der Meer Formülleri

Van Der Meer formüllerinden Ordu bölgesine uygun olanlar Tablo 3.59’da verilmiştir. Tasarıma uygun derinlikler gerekli şartları sağladığında hesaplamalar Sığ Su formüllerine göre yapılmıştır.

Tablo 3.59 Van Der Meer Derin Su/Sığ Su Formül Tayini

H_{s0} (m)	d (m)	Dalga Yükseklikleri			T_m (s)	T_s (s)	d/H_{s,topuk}	H_{s,topuk}/H_{s0}	Formül
		GODA	VdM	Ort H_s					
7,00	7,00	4,45	3,97	4,21	7,33	9,05	1,66	0,60	Sığ su
7,00	6,50	4,18	3,75	3,96	7,18	8,86	1,64	0,57	Sığ su
7,00	6,00	3,90	3,52	3,71	7,02	8,67	1,62	0,53	Sığ su
7,00	5,50	3,63	3,29	3,46	6,86	8,46	1,59	0,49	Sığ su
7,00	5,00	3,35	3,08	3,22	6,69	8,26	1,55	0,46	Sığ su
7,00	4,50	3,08	2,81	2,95	6,50	8,02	1,53	0,42	Sığ su
7,00	4,00	2,80	2,54	2,67	6,29	7,76	1,50	0,38	Sığ su
7,00	3,50	2,53	2,28	2,40	6,06	7,49	1,46	0,34	Sığ su
7,00	3,00	2,26	1,99	2,12	5,82	7,18	1,41	0,30	Sığ su

Karşılaştırma yapabilmek için hesaplamalarda çalışılacak kesit tipleri Altinkum ile aynı olacağından Şekil 2.6’da verilen farklı kesit tipleri için geçirgenlik, P değeri 0.4 alınmıştır. Hasar parametresi, S için de 2 değeri alınmıştır. Yine elde bir dalga istatistiği bulunmadığından dalga sayısı, N ise 3000 olarak alınmıştır. Sonuçlar Tablo 3.60, Tablo 3.61 ve Tablo 3.62’de verilmiştir. Devamında ise Şekil 3.44’de taş anroşman için elde edilen veriler kıyaslanmak üzere bir grafikte sunulmuştur.

Tablo 3.60 Ordu 1/2 Yapı Şevine Göre Van Der Meer Taş Anroşman Tonajları

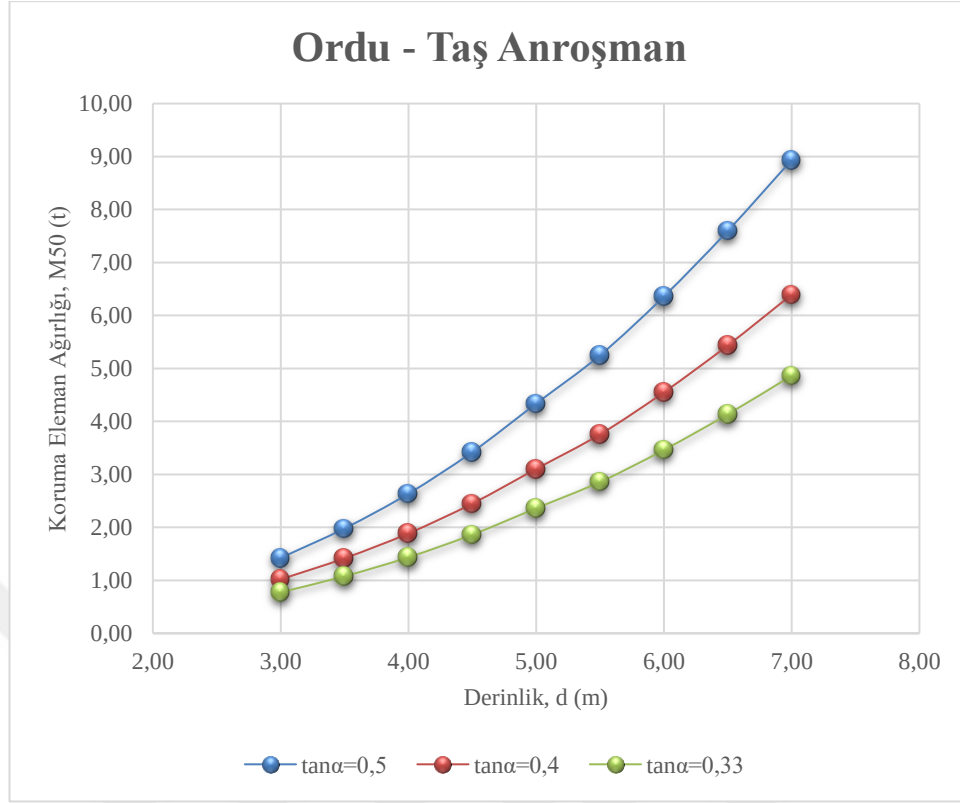
Ordu				Taş Anroşman										
				Dalga Kırılan	$\tan\alpha$ 0,5	$\rho_{\text{taş}} \text{ (t/m}^3\text{)}$ 2,65	$\rho_{\text{su}} \text{ (t/m}^3\text{)}$ 1,025	Δ 1,59	m 0,012	P 0,4	C_{pl} 8,4	S 2	C_s 1,3	N 3000
$d \text{ (m)}$	$H_s \text{ (m)}$	ξ_{m-01}	ξ_{mc}	Kırılma Tipi	T_m (s)	$T_{m-1,0} \text{ (s)}$	$H_{tr} \text{ (m)}$	H_{rms} (m)	H_{tr}/H_{rms}	$H\%2/H_{rms}$	$H\%2$ (m)	$H\%2/H_s$	D_{n50} (m)	M_{50} (t)
7,00	4,21	2,699	3,945	Plunging	7,33	8,86	2,94	3,34	0,878	1,590	5,32	1,26	1,50	8,94
6,50	3,96	2,726	3,945	Plunging	7,18	8,69	2,73	3,16	0,864	1,588	5,01	1,26	1,42	7,60
6,00	3,71	2,755	3,945	Plunging	7,02	8,50	2,52	2,96	0,850	1,587	4,70	1,27	1,34	6,36
5,50	3,46	2,787	3,945	Plunging	6,86	8,29	2,31	2,76	0,835	1,585	4,38	1,27	1,26	5,25
5,00	3,22	2,820	3,945	Plunging	6,69	8,10	2,10	2,58	0,813	1,583	4,09	1,27	1,18	4,34
4,50	2,95	2,861	3,945	Plunging	6,50	7,86	1,89	2,37	0,796	1,581	3,75	1,27	1,09	3,42
4,00	2,67	2,906	3,945	Plunging	6,29	7,61	1,68	2,16	0,777	1,579	3,41	1,28	1,00	2,64
3,50	2,40	2,957	3,945	Plunging	6,06	7,34	1,47	1,95	0,753	1,576	3,07	1,28	0,91	1,98
3,00	2,12	3,017	3,945	Plunging	5,82	7,04	1,26	1,73	0,726	1,573	2,73	1,28	0,81	1,42

Tablo 3.61 Ordu 1/2.5 Yapı Şevine Göre Van Der Meer Taş Anroşman Tonajları

Ordu				Taş Anroşman										
				Dalga Kırılan	$\tan\alpha$ 0,4	$\rho_{\text{taş}} \text{ (t/m}^3\text{)}$ 2,65	$\rho_{\text{su}} \text{ (t/m}^3\text{)}$ 1,025	Δ 1,59	m 0,012	P 0,4	C_{pl} 8,4	S 2	C_s 1,3	N 3000
$d \text{ (m)}$	$H_s \text{ (m)}$	ξ_{m-01}	ξ_{mc}	Kırılma Tipi	T_m (s)	$T_{m-1,0} \text{ (s)}$	$H_{tr} \text{ (m)}$	H_{rms} (m)	H_{tr}/H_{rms}	$H\%2/H_{rms}$	$H\%2$ (m)	$H\%2/H_s$	D_{n50} (m)	M_{50} (t)
7,00	4,21	2,159	3,485	Plunging	7,33	8,86	2,94	3,34	0,878	1,590	5,32	1,26	1,34	6,39
6,50	3,96	2,181	3,485	Plunging	7,18	8,69	2,73	3,16	0,864	1,588	5,01	1,26	1,27	5,44
6,00	3,71	2,204	3,485	Plunging	7,02	8,50	2,52	2,96	0,850	1,587	4,70	1,27	1,20	4,55
5,50	3,46	2,230	3,485	Plunging	6,86	8,29	2,31	2,76	0,835	1,585	4,38	1,27	1,12	3,76
5,00	3,22	2,256	3,485	Plunging	6,69	8,10	2,10	2,58	0,813	1,583	4,09	1,27	1,05	3,10
4,50	2,95	2,289	3,485	Plunging	6,50	7,86	1,89	2,37	0,796	1,581	3,75	1,27	0,97	2,45
4,00	2,67	2,325	3,485	Plunging	6,29	7,61	1,68	2,16	0,777	1,579	3,41	1,28	0,89	1,89
3,50	2,40	2,366	3,485	Plunging	6,06	7,34	1,47	1,95	0,753	1,576	3,07	1,28	0,81	1,42
3,00	2,12	2,414	3,485	Plunging	5,82	7,04	1,26	1,73	0,726	1,573	2,73	1,28	0,73	1,02

Tablo 3.62 Ordu 1/3 Yapı Şevine Göre Van Der Meer Taş Anroşman Tonajları

Ordu				Taş Anroşman										
				Dalga Kırılan	$\tan\alpha$ 0,33	$\rho_{\text{taş}} \text{ (t/m}^3\text{)}$ 2,65	$\rho_{\text{su}} \text{ (t/m}^3\text{)}$ 1,025	Δ 1,59	m 0,012	P 0,4	C_{pl} 8,4	S 2	C_s 1,3	N 3000
$d \text{ (m)}$	$H_s \text{ (m)}$	ξ_{m-01}	ξ_{mc}	Kırılma Tipi	T_m (s)	$T_{m-1,0} \text{ (s)}$	$H_{tr} \text{ (m)}$	H_{rms} (m)	H_{tr}/H_{rms}	$H\%2/H_{rms}$	$H\%2$ (m)	$H\%2/H_s$	D_{n50} (m)	M_{50} (t)
7,00	4,21	1,799	3,149	Plunging	7,33	8,86	2,94	3,34	0,878	1,590	5,32	1,26	1,22	4,86
6,50	3,96	1,817	3,149	Plunging	7,18	8,69	2,73	3,16	0,864	1,588	5,01	1,26	1,16	4,14
6,00	3,71	1,837	3,149	Plunging	7,02	8,50	2,52	2,96	0,850	1,587	4,70	1,27	1,09	3,46
5,50	3,46	1,858	3,149	Plunging	6,86	8,29	2,31	2,76	0,835	1,585	4,38	1,27	1,03	2,86
5,00	3,22	1,880	3,149	Plunging	6,69	8,10	2,10	2,58	0,813	1,583	4,09	1,27	0,96	2,36
4,50	2,95	1,907	3,149	Plunging	6,50	7,86	1,89	2,37	0,796	1,581	3,75	1,27	0,89	1,86
4,00	2,67	1,938	3,149	Plunging	6,29	7,61	1,68	2,16	0,777	1,579	3,41	1,28	0,82	1,43
3,50	2,40	1,972	3,149	Plunging	6,06	7,34	1,47	1,95	0,753	1,576	3,07	1,28	0,74	1,08
3,00	2,12	2,012	3,149	Plunging	5,82	7,04	1,26	1,73	0,726	1,573	2,73	1,28	0,66	0,77



Şekil 3.44 Ordu Van Der Meer’a Göre Taş Anroşman Tonaj Değişim Grafiği

3.4.3.3 Van Gent

Van Gent formülünün uygulanmasına yönelik belirli sınırlar Bölüm 2.2.3.3’te bahsedilmiştir. Bu sınırlara yönelik formülün uygulanıp uygulanmadığına bakılmış ve Tablo 3.63’de elde edilen sonuçlara varılmıştır. Çalışılan bütün derinlikler Van Gent formülü için uygulanabilir olduğu görülmüştür.

Tablo 3.63 Van Gent Formülü Uygulanabilirlik Tayini-Ordu

H_{s0} (m)	Derinlik (m)	Dalga Yükseklikleri			d/H_{s,topuk}	H_{s,topuk}/H_{s0}	H%2/H_s	Formül
		GODA	VdM	Ort H_s				
7,00	7,00	4,45	3,97	4,21	1,66	0,60	1,26	✓
7,00	6,50	4,18	3,75	3,96	1,64	0,57	1,26	✓
7,00	6,00	3,90	3,52	3,71	1,62	0,53	1,27	✓
7,00	5,50	3,63	3,29	3,46	1,59	0,49	1,27	✓
7,00	5,00	3,35	3,08	3,22	1,55	0,46	1,27	✓
7,00	4,50	3,08	2,81	2,95	1,53	0,42	1,27	✓
7,00	4,00	2,80	2,54	2,67	1,50	0,38	1,28	✓
7,00	3,50	2,53	2,28	2,40	1,46	0,34	1,28	✓
7,00	3,00	2,26	1,99	2,12	1,41	0,30	1,28	✓

Van Gent formülünde Van Der Meer’da olduğu gibi hasar parametresi 2, dalga sayısı ise 3000 olarak alınmıştır. Çekirdek ve koruma tabakası çap oranı ise 0.2 kabul edilmiştir. Van Gent formülüne göre hesaplar Tablo 3.64-3.66’da, derinliğe göre karşılaştırmalı grafikleri ise Şekil 3.45’te verilmiştir.

Tablo 3.64 Ordu 1/2 Yapı Şevine Göre Van Gent Taş Anroşman Tonajları

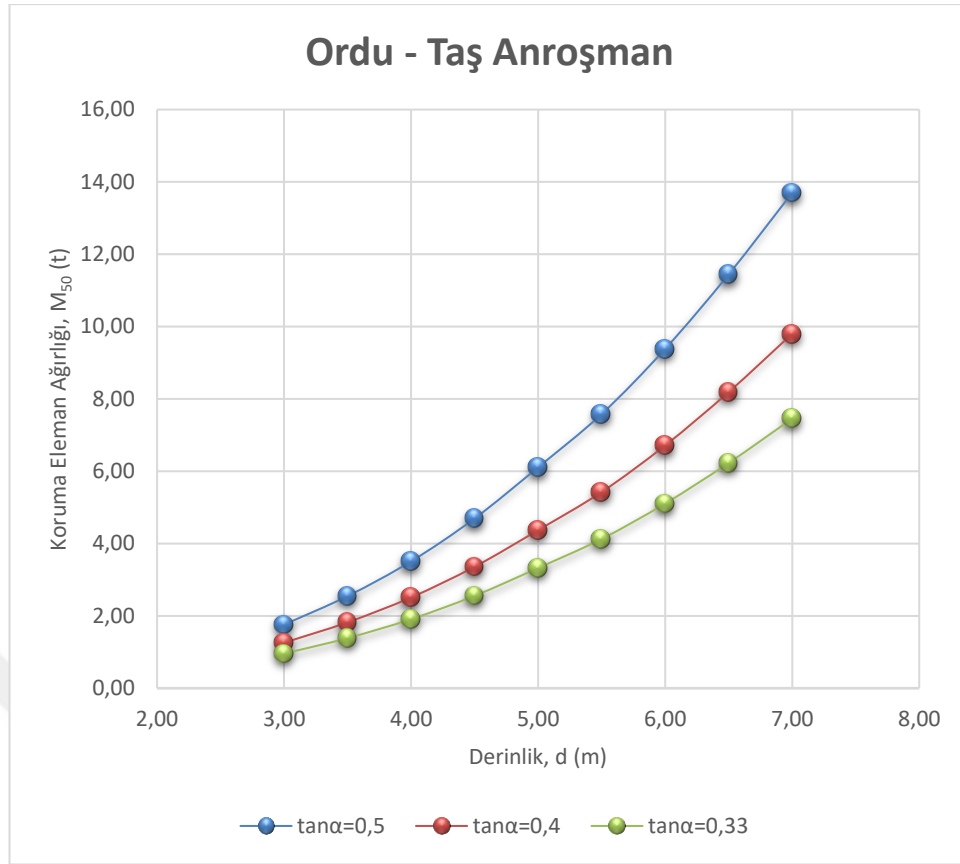
Ordu		Taş Anroşman		
Dalga	tanα	ρ_{taş} (t/m³)	ρ_{su} (t/m³)	Δ
Kırılan	0,5	2,65	1,025	1,59
m	D_{n50,çekirdek}/D_{n50}		S	N
0,012	0,20		2	3000
d (m)	H_s (m)		D_{n50} (m)	M₅₀ (t)
7,00	4,21		1,73	13,70
6,50	3,96		1,63	11,44
6,00	3,71		1,52	9,38
5,50	3,46		1,42	7,58
5,00	3,22		1,32	6,11
4,50	2,95		1,21	4,70
4,00	2,67		1,10	3,51
3,50	2,40		0,99	2,55
3,00	2,12		0,87	1,76

Tablo 3.65 Ordu 1/2.5 Yapı Şevine Göre Van Gent Taş Anroşman Tonajları

Ordu		Taş Anroşman		
Dalga	$\tan\alpha$	$\rho_{\text{taş}}$ (t/m ³)	ρ_{su} (t/m ³)	Δ
Kırılan	0,4	2,65	1,025	1,59
m	$D_{n50, \text{çekirdek}}/D_{n50}$		S	N
0,012	0,20		2	3000
d (m)	H_s (m)		D_{n50} (m)	M_{50} (t)
7,00	4,21		1,55	9,80
6,50	3,96		1,46	8,19
6,00	3,71		1,36	6,71
5,50	3,46		1,27	5,43
5,00	3,22		1,18	4,37
4,50	2,95		1,08	3,36
4,00	2,67		0,98	2,51
3,50	2,40		0,88	1,82
3,00	2,12		0,78	1,26

Tablo 3.66 Ordu 1/3 Yapı Şevine Göre Van Gent Taş Anroşman Tonajları

Ordu		Taş Anroşman		
Dalga	$\tan\alpha$	$\rho_{\text{taş}}$ (t/m ³)	ρ_{su} (t/m ³)	Δ
Kırılan	0,33	2,65	1,025	1,59
m	$D_{n50, \text{çekirdek}}/D_{n50}$		S	N
0,012	0,20		2	3000
d (m)	H_s (m)		D_{n50} (m)	M_{50} (t)
7,00	4,21		1,41	7,46
6,50	3,96		1,33	6,23
6,00	3,71		1,24	5,11
5,50	3,46		1,16	4,13
5,00	3,22		1,08	3,33
4,50	2,95		0,99	2,56
4,00	2,67		0,90	1,91
3,50	2,40		0,81	1,39
3,00	2,12		0,71	0,96



Şekil 3.45 Ordu Van Gent'e Göre Taş Anroşman Tonaj Değişim Grafiği

3.4.3.4 Toplu Sonuçlar ve Karşılaştırma

Elde edilen sonuçlar, toplu halde Tablo 3.67'de verilmektedir. Bu noktada tasarımı uygun görülen derinlik 7 m ve yapı şevi 1/3 olarak seçilmiştir. Bu seçimin amacı, Altinkum'da seçilen derinlikten daha derin bir noktada tasarım yapmak ve daha yatık bir şev kullanarak farklılık yaratıp, mukayeseye uygun hale getirmektir. Yapay beton blok olarak yine Antiferler seçilmiştir.

Elde edilen bulgular Breakwat programıyla da kıyaslanmış olup elde edilen bulgularda bir farklılık bulunmamaktadır. Program çıktıları EK'te verilmiştir.

Taş anroşman ağırlığı seçilirken ise tasarımda güvenli tarafta kalmak adına Hudson formülünden elde edilen 8.27 ton seçilmiştir. Antifer tonajı ise Hudson formülünden elde edilen 3.30 ton'dur.

Tablo 3.67 Ordu Koruma Tabakası Tüm Sonuçları

Ordu		tanα=0,5				
Derinlik	Taş Anroşman (T)			Beton Blok (T)		
	Hudson	Vdm	Van Gent	Antifer	Dolos	Tetrapod
7,0	12,40	8,94	13,70	6,74	2,35	5,30
6,5	10,36	7,60	11,44	5,63	1,96	4,43
6,0	8,50	6,36	9,38	4,62	1,61	3,63
5,5	6,87	5,25	7,58	3,73	1,30	2,93
5,0	5,53	4,34	6,11	3,01	1,05	2,36
4,5	4,25	3,42	4,70	2,31	0,80	1,82
4,0	3,18	2,64	3,51	1,73	0,60	1,36
3,5	2,31	1,98	2,55	1,25	0,44	0,99
3,0	1,59	1,42	1,76	0,87	0,30	0,68

Ordu		tanα=0,4				
Derinlik	Taş Anroşman (T)			Beton Blok (T)		
	Hudson	Vdm	Van Gent	Antifer	Dolos	Tetrapod
7,0	9,92	6,39	9,80	4,56	1,88	4,24
6,5	8,29	5,44	8,19	3,81	1,57	3,54
6,0	6,80	4,55	6,71	3,13	1,29	2,90
5,5	5,49	3,76	5,43	2,53	1,04	2,35
5,0	4,43	3,10	4,37	2,04	0,84	1,89
4,5	3,40	2,45	3,36	1,56	0,64	1,45
4,0	2,54	1,89	2,51	1,17	0,48	1,09
3,5	1,85	1,42	1,82	0,85	0,35	0,79
3,0	1,27	1,02	1,26	0,59	0,24	0,54

Ordu		tanα=0,33				
Derinlik	Taş Anroşman (T)			Beton Blok (T)		
	Hudson	Vdm	Van Gent	Antifer	Dolos	Tetrapod
7,0	8,27	4,86	7,46	3,30	1,56	3,53
6,5	6,91	4,14	6,23	2,75	1,31	2,95
6,0	5,66	3,46	5,11	2,26	1,07	2,42
5,5	4,58	2,86	4,13	1,82	0,87	1,96
5,0	3,69	2,36	3,33	1,47	0,70	1,58
4,5	2,83	1,86	2,56	1,13	0,54	1,21
4,0	2,12	1,43	1,91	0,84	0,40	0,90
3,5	1,54	1,08	1,39	0,61	0,29	0,66
3,0	1,06	0,77	0,96	0,42	0,20	0,45

3.4.4 Dalga Tırmanması Hesapları

Dalga tırmanması hesapları Denklem 2.34 ve 2.35'te belirtilen EurOtop formüllerine göre elde edilmiştir. Formülde kullanılan parametreler, Bölüm 3.3'te Altinkum için kullanılan parametrelerle aynı olup, farklılık Surging dalgalar için azaltma faktörü γ_r , surging, Ordu parametrelerine göre Denklem 2.39'a göre yeniden hesaplanmış ve Dalga geliş açısı düzeltme faktörü γ_β , Ordu bölgesinde dalgalar 45° ile geldiği kabulü yapıldığından 0.72 olarak alınmıştır. Seçilen derinlik ve yapı şevine göre sonuçlar Tablo 3.68 ve 3.69'da verilmiştir.

Tablo 3.68 Ordu Taş Anroşman için Dalga Tırmanması Sonuçları

Ordu	Taş Anroşman					
Derinlik (m)	H_s (m)	T_m (s)	T_p (s)	$T_{m-1,0}$ (s)	H_{m0} (m)	$L_{m-1,0}$ (m)
7,0	4,21	7,33	9,77	8,86	3,47	122,58
$S_{m-1,0}$	$\tan\alpha$	$\xi_{m-1,0}$	γ_r	$\gamma_{rsurging}$	γ_b	γ_β
0,0283	0,33	1,982	0,40	0,413	1,00	0,72
Tasarım veya Güvenli değerlendirme		Maks. Değer Güvenli Değerleme		Alınan değer		
$R_{u\%2}/H_{m0}$	$R_{u\%2}$ (m)	$R_{u\%2}/H_{m0}$	$R_{u\%2}$ (m)	$R_{u\%2}$ (m)		
0,994	3,45	0,930	3,22	3,45		

Tablo 3.69 Ordu Antifer için Dalga Tırmanması Sonuçları

Ordu	Antifer					
Derinlik (m)	H_s (m)	T_m (s)	T_p (s)	$T_{m-1,0}$ (s)	H_{m0} (m)	$L_{m-1,0}$ (m)
7,0	4,21	7,33	9,77	8,86	3,47	122,58
$S_{m-1,0}$	$\tan\alpha$	$\xi_{m-1,0}$	γ_r	$\gamma_{rsurging}$	γ_b	γ_β
0,0283	0,33	1,982	0,50	0,511	1,00	0,72
Tasarım veya Güvenli değerlendirme		Maks. Değer Güvenli Değerleme		Alınan değer		
$R_{u\%2}/H_{m0}$	$R_{u\%2}$ (m)	$R_{u\%2}/H_{m0}$	$R_{u\%2}$ (m)	$R_{u\%2}$ (m)		
1,242	4,31	1,150	3,99	4,31		

3.4.5 Dalga Aşması Hesapları

Ordu’da da yapılan çalışmada Denklem 2.40 ve 2.41’de verilen formüller uyarınca hesaplamalar yapılmış ve dalga aşma toleransı Altinkum çalışmasında olduğu gibi 1.0 l/s/m alınıp, kret yükseklikleri bu değerlere göre seçilmiştir.

Pürüzlülük azaltma faktörü γ_r ve Dalga geliş açısı düzeltme faktörü γ_β , dalga tırmanmasında kullanılan değerlerle aynı alınmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 3.70 ve Tablo 3.71’de verilmiştir.

Tablo 3.70 Ordu Taş Anroşman Dalga Aşması Sonuçları

Ordu	Taş Anroşman		γ_β	R_c (m)	Tasarım veya Güvenli değerlendirme		Maks. Değer Güvenli Değerleme		Alınan değer
	H_{m0} (m)	γ_r			Q (m ³ /s/m)	Q (l/s/m)	Q (m ³ /s/m)	Q (l/s/m)	
7,0	3,47	0,40	0,72	4,00	0,00025	0,25	0,00006	0,06	0,25
7,0	3,47	0,40	0,72	3,75	0,00052	0,52	0,00013	0,13	0,52
7,0	3,47	0,40	0,72	3,50	0,00106	1,06	0,00030	0,30	1,06
7,0	3,47	0,40	0,72	3,25	0,00213	2,13	0,00067	0,67	2,13
7,0	3,47	0,40	0,72	3,00	0,00420	4,20	0,00147	1,47	4,20
7,0	3,47	0,40	0,72	2,75	0,00816	8,16	0,00314	3,14	8,16
7,0	3,47	0,40	0,72	2,50	0,01558	15,58	0,00660	6,60	15,58
7,0	3,47	0,40	0,72	2,25	0,02917	29,17	0,01355	13,55	29,17
7,0	3,47	0,40	0,72	2,00	0,05351	53,51	0,02716	27,16	53,51
7,0	3,47	0,40	0,72	1,75	0,09598	95,98	0,05309	53,09	95,98

Tablo 3.71 Ordu Antifer Dalga Aşması Sonuçları

Ordu	Antifer				Tasarım veya Güvenli değerlendirme		Maks. Değer Güvenli Değerleme		Alınan değer
					Q (m ³ /s/m)	Q (l/s/m)	Q (m ³ /s/m)	Q (l/s/m)	Q (l/s/m)
7,0	3,47	0,50	0,72	4,50	0,00080	0,80	0,00022	0,22	0,80
7,0	3,47	0,50	0,72	4,25	0,00140	1,40	0,00042	0,42	1,40
7,0	3,47	0,50	0,72	4,00	0,00244	2,44	0,00079	0,79	2,44
7,0	3,47	0,50	0,72	3,75	0,00420	4,20	0,00147	1,47	4,20
7,0	3,47	0,50	0,72	3,50	0,00716	7,16	0,00270	2,70	7,16
7,0	3,47	0,50	0,72	3,25	0,01206	12,06	0,00492	4,92	12,06
7,0	3,47	0,50	0,72	3,00	0,02007	20,07	0,00882	8,82	20,07
7,0	3,47	0,50	0,72	2,75	0,03299	32,99	0,01560	15,60	32,99
7,0	3,47	0,50	0,72	2,50	0,05351	53,51	0,02716	27,16	53,51
7,0	3,47	0,50	0,72	2,25	0,08556	85,56	0,04653	46,53	85,56

Dalga tırmanması değerleri ve elde edilen dalga aşmasına bakarak Ordu bölgesi için çalışılacak taş anroşman kesitlerinde kret kotu **minimum 3.75 m**, Antifer içeren kesitte ise **minimum 4.50 m** olarak belirlenmiştir.

3.4.6 Dalgakıran Geometrisi Hesapları

Kret genişliği, koruma tabakası kalınlığı ile granülometrik özelliklere bakarak filtre ve çekirdek tabakası hesapları Bölüm 2.2.6'da verilen Denklemler doğrultusunda yapılmıştır.

Taş Anroşman'a ait geometrik hesaplarda kullanılan parametreler ve sonuçlar Tablo 3.72'de toplu halde verilmiştir. Tablo 3.73'te ise Antiferli tasarıma ait sonuçlar bulunabilir.

Tablo 3.72 Ordu Taş Anroşman Dalgakıran Geometrisi Hesapları Sonuçları

Ordu-Taş Anroşman			Kret Genişliği				Koruma Tabakası Kalınlığı			
M ₅₀ (t)	ρ (t/m ³)	D _{n50} (m)	k _Δ	n _B	B (m)	B _{seçilen} (m)	k _Δ	n _r	r (m)	r _{seçilen} (m)
8,27	2,65	1,46	1,0	3	4,38	4,50	1	2	2,92	3,00

Granülometre, Anroşman										
M ₅₀ (kg)	ELL (<5%) (kg)	NLL (<10%) (kg)	NUL (<5%) (kg)	EUL (<5%) (kg)	M _{em,min} (kg)	M _{en,max} (kg)	M ₁₅ (kg)	M ₈₅ (kg)	M _{50,min} (kg)	M _{50,max} (kg)
8270	4004	5463	10128	14456	7641	8010	6188	13183	7937	8656

Filtre Tabakası Ağırlığı				
D _{n50} /D _{50,filtre}	D _{50,filtre} (m)	M _{50,filtre} (T)	D _{50,filtre} (m)	M _{50,filtre} (T)
2,2	0,66	0,78	0,68	0,83
M _{n50} /M _{50,filtre}	M _{50,filtre} (T)	D _{50,filtre} (m)	Gerekli Aralık (kg)	Yaklaşık Seçilen (kg)
10	0,83	0,68	(722 - 951)	(500 - 2000)

Granülometre, Filtre										
M ₅₀ (kg)	ELL (<5%) (kg)	NLL (<10%) (kg)	NUL (<70%) (kg)	EUL (<97%) (kg)	M _{em,min} (kg)	M _{en,max} (kg)	M ₁₅ (kg)	M ₈₅ (kg)	M _{50,min} (kg)	M _{50,max} (kg)
827	192	378	1218	1906	636	820	417	1592	722	951

				Çekirdek Tabakası Ağırlığı		
$D_{15,filtr}/D_{85,çek}$	$D_{85,çek}$ (m)	$D_{50,çek}$ (m)	$M_{50,filtr}$ (T)	$D_{50,çek}$ (m)	$M_{50,filtr}$ (T)	LT Oranı
4	0,14	0,03	0,0001	0,31	0,08	2,11 ✓
$M_{50,filtr}/M_{50,çek}$	$M_{50,filtr}$ (T)	$D_{50,filtr}$ (m)		Gerekli Aralık (kg)		Yaklaşık Seçilen (kg)
10	0,08	0,31		(264 - 377)		(1 - 400)

Granülometre, Çekirdek										
M_{50} (kg)	ELL (<5%) (kg)	NLL (<10%) (kg)	NUL (<5%) (kg)	EUL (<5%) (kg)	$M_{em,min}$ (kg)	$M_{en,max}$ (kg)	M_{15} (kg)	M_{85} (kg)	$M_{50,min}$ (kg)	$M_{50,max}$ (kg)
315	54	123	501	815	224	315	135	656	264	377

Ordu Taş Anroşman	
Kret Genişliği (m)	4,50
Koruma Tab. Kalınlığı (m)	3,00
Koruma Tabakası (t)	8,00-10,00
Filtre Tabakası (t)	0,50-2,00
Çekirdek Tabakası (kg)	1-400

Tablo 3.73 Ordu Antifer Dalgakıran Geometrisi Hesapları Sonuçları

Ordu-Antifer			Kret Genişliği				Koruma Tabakası Kalınlığı			
M ₅₀ (t)	ρ (t/m ³)	D _{n50} (m)	k _Δ	n _B	B (m)	B _{seçilen} (m)	k _Δ	n _r	r (m)	r _{seçilen} (m)
3,30	2,40	1,11	1,0	3	3,34	3,50	1	2	2,22	2,25

			Filtre Tabakası Ağırlığı		
D _{n50} /D _{50,filtre}	D _{50,filtre} (m)	M _{50,filtre} (T)	D _{50,filtre} (m)	M _{50,filtre} (T)	
2,2	0,51	0,31	0,52	0,33	
M _{n50} /M _{50,filtre}	M _{50,filtre} (T)	D _{50,filtre} (m)	Gerekli Aralık (kg)		Yaklaşık Seçilen (kg)
10	0,33	0,52	(278 - 394)		(500 - 1000)

Granülometre, Filtre										
M ₅₀ (kg)	ELL (<5%) (kg)	NLL (<10%) (kg)	NUL (<70%) (kg)	EUL (<97%) (kg)	M _{em,min} (kg)	M _{en,max} (kg)	M ₁₅ (kg)	M ₈₅ (kg)	M _{50,min} (kg)	M _{50,max} (kg)
330	57	130	523	849	236	330	142	685	278	394

Çekirdek Tabakası Ağırlığı						
D _{15,filtre} /D _{85,çek}	D _{85,çek} (m)	D _{50,çek} (m)	M _{50,filtre} (T)	D _{50,çek} (m)	M _{50,filtre} (T)	LT Oramı
4	0,10	0,02	0,0000	0,24	0,03	2,14 ✓
M _{50,filtre} /M _{50,çek}	M _{50,filtre} (T)	D _{50,filtre} (m)		Gerekli Aralık (kg)		Yaklaşık Seçilen (kg)
10	0,03	0,24		(199 - 290)		(1 - 400)

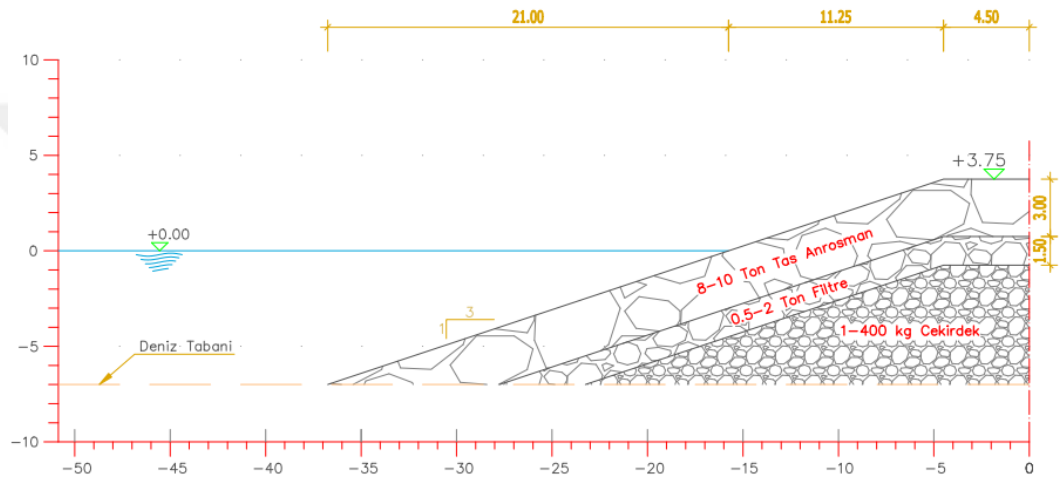
Granülometre, Çekirdek										
M ₅₀ (kg)	ELL (<5%) (kg)	NLL (<10%) (kg)	NUL (<5%) (kg)	EUL (<5%) (kg)	M _{em,min} (kg)	M _{en,max} (kg)	M ₁₅ (kg)	M ₈₅ (kg)	M _{50,min} (kg)	M _{50,max} (kg)
240	37	90	389	641	167	240	98	511	199	290

Ordu Antifer	
Kret Genişliği (m)	3,50
Koruma Tab. Kalınlığı (m)	2,25
Antifer (t)	3,30
Filtre Tabakası (t)	0,50-1,00
Çekirdek Tabakası (kg)	1-400

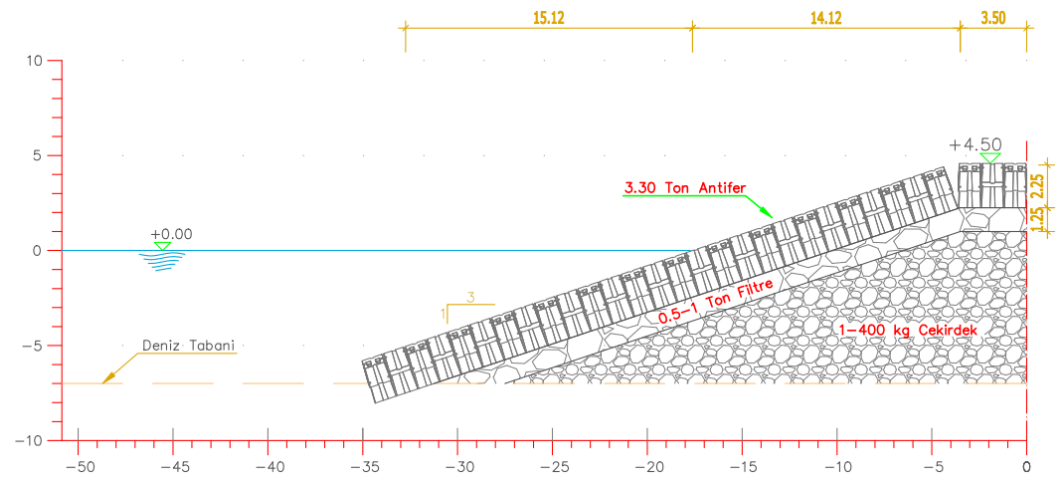
Taş anroşmanlı tasarım için koruma tabakasında kullanılacak tonaj ise hesaplanan tonaj aralık dahilinde kalacak şekilde 8-10 ton seçilmiştir. Filtre ve çekirdek tabakalarındaki tonaj aralığı ise yine uygulamaya uygun aralıklarla seçilmiştir.

3.4.7 Dalgakıran Kesitleri ve Nihai Tasarım

Tasarım süreci sonunda ortaya çıkan minimum kret kotuna sahip dalgakıran kesitleri taş anroşman için Şekil 3.46, antifer için ise 3.47’de verilmiştir.

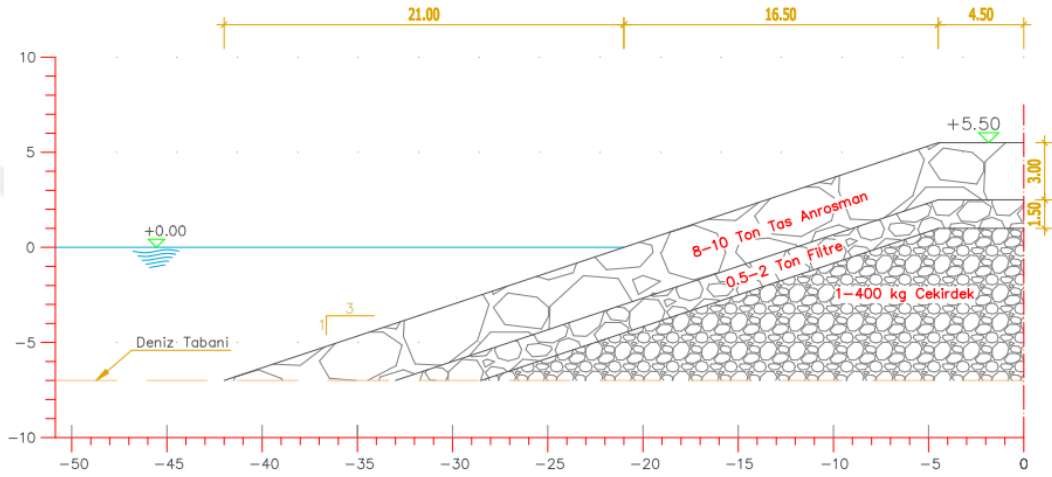


Şekil 3.46 Ordu Taş Anroşmanlı Dalgakıran Kesiti (Minimum Kret Kotu ile)



Şekil 3.47 Ordu Antiferli Dalgakıran Kesiti (Minimum Kret Kotu ile)

Elde edilen kesitlerin inşalarının yapılabilirliği konusunda dikkate alındığında, Antiferlerle elde edilen kesitte çekirdek tabakasının üst kotu +1.00'ı yakaladığından bu haliyle inşası mümkündür. Ancak Taş anroşman için revize bir kesite gidilmek zorundadır. Halihazırda çekirdek üst kotu deniz seviyesinin altında kalmaktadır. Şekil 3.38'de verilen taş anroşman için uygulanabilirlik revizesinde minimum uygulanabilirlik üst kotu +5.50 olarak elde edilmiştir.



Şekil 3.48 Ordu Taş Anroşmanlı Dalgakıran Kesiti (Minimum Uygulama Kotu ile)

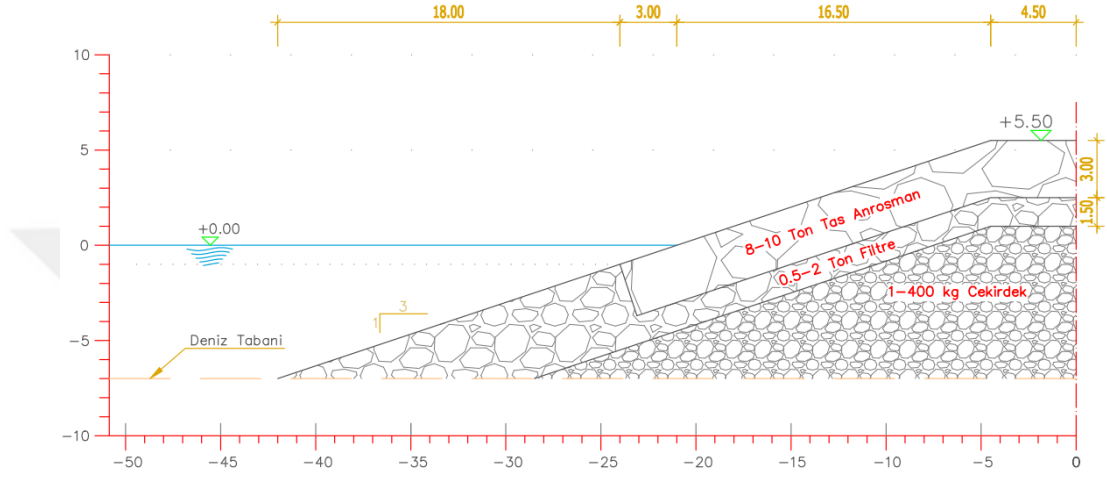
Yapılacak ikinci revize için de Ordu bölgesi için Denklem 3.1'de verilen formüle göre Dalga Geri Çekilme miktarı hesaplanmıştır. Sonuç Tablo 3.74'te verilmiştir.

Tablo 3.74 Ordu Dalga Geri Çekilme Miktarı

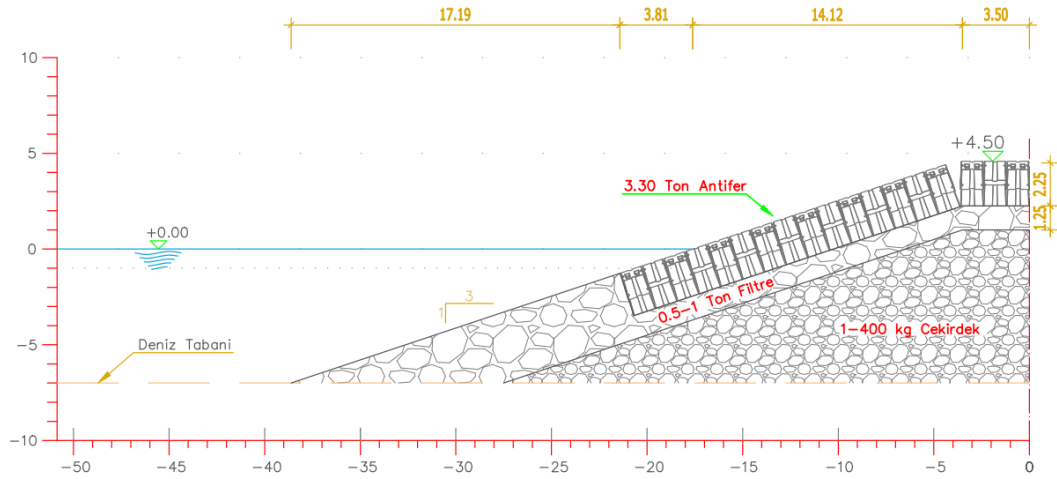
Bölge	$\tan\alpha$	S_{om}	P	$R_{d\%2}/H_s$	$R_{d\%2}$ (m)
Ordu	1/3	0.0503	0.4	0.240	1.01

Yaklaşık olarak dalga geri çekilme miktarı 1 m olarak bulunmuştur. En son verilen uygulamaya yönelik dalgakıran kesitleri, koruma tabakasının elde edilen dalga geri çekilmesi miktarı kadar su seviyesinin altına çekilip, altta kalan kısımlar filtre tabakası ile devam edilerek, nihai dalgakıran kesitleri elde edilmiştir.

Altinkum çalışmasında olduğu gibi deniz seviyesi değişimleri Ordu çalışmasında da göz ardı edilerek, değişmediği kabulü yapılmış ve olası uygulaması için gerçekçi olması açısından minimum deniz kotundan, elde edilen dalga geri çekilmesi miktarı çıkarılarak uygulanması önerilmiştir. Nihai tasarımlara ait kesitler Şekil 3.49 ve Şekil 3.50’de verilmiştir.



Şekil 3.49 Ordu Taş Anroşmanlı Dalgakıran- Dalga Çekilmesine göre Revize Kesiti



Şekil 3.50 Ordu Antiferli Dalgakıran- Dalga Çekilmesine göre Revize Kesiti

Dalga Çekilmesine yönelik yapılan revizyon, hem Ordu’da seçilen tasarım derinliğinin yüksek olması hem de Altınkum’a göre daha yatık bir şevde yapılmasından dolayı bariz olarak fark göstermektedir. Elde edilen nihai tasarımların Bölüm 4’te kıyaslamaları yapılmıştır.

3.4.8 Şev Stabilitesi Analizleri

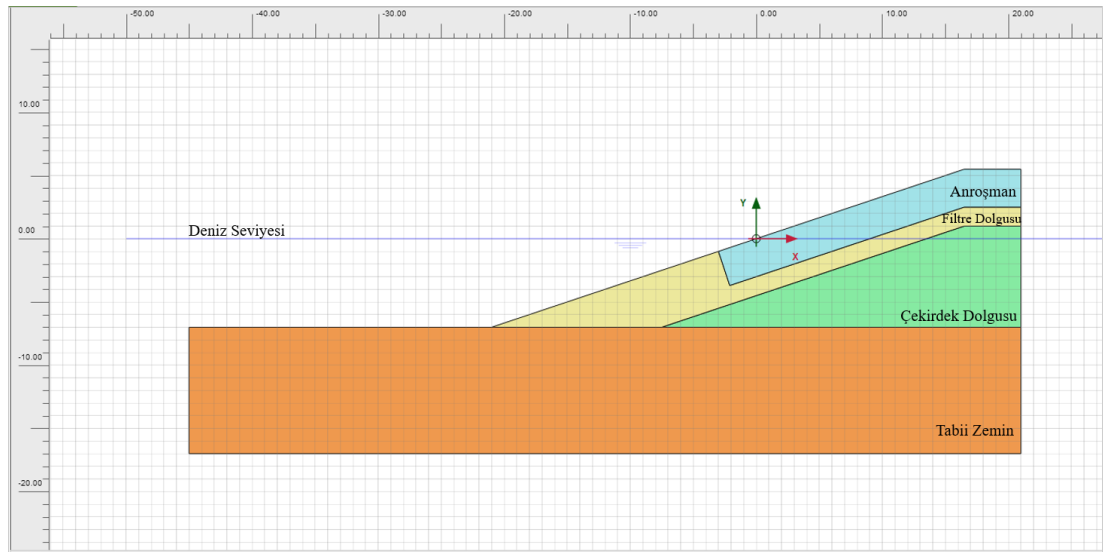
Şev duraylılığı analizleri Ordu Altınordu için hazırlanan kesitler için de yürütülmüş olup aşağıda verilen kesitler program arayüzünde oluşturulmuştur.

3.4.8.1 Zemin Parametreleri Seçimi

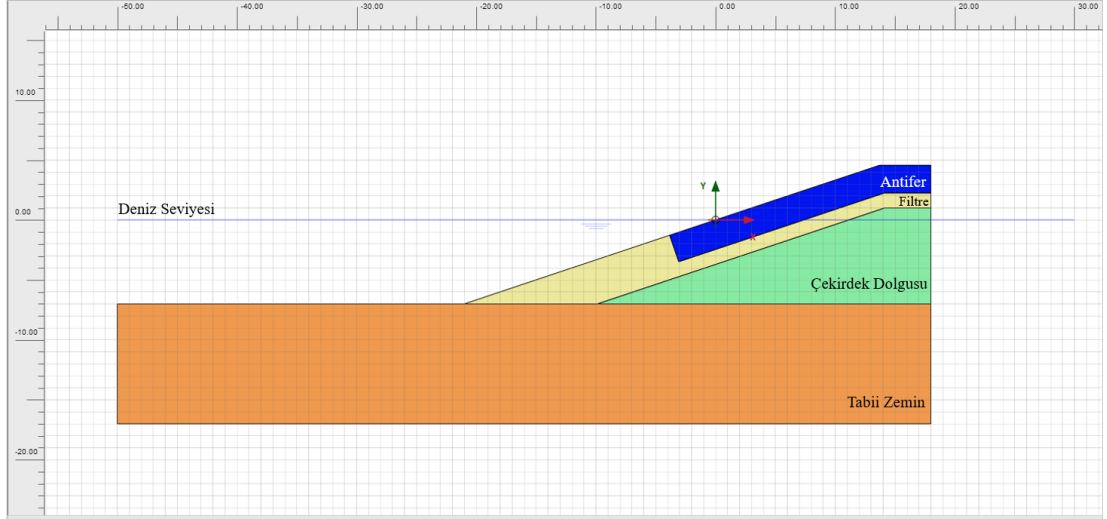
Diğer tasarımda kullanılan ve Tablo 3.38’de verilen değerler Ordu’da kullanılan dalgakıran kesitlerinde de esas alınmıştır.

3.4.8.2 Analizlerde İzlenen Adımlar

Taş anroşman ve antiferin kullanıldığı Ordu’ya ait kesitler Şekil 3.51 ve 3.52’deki verildiği gibi Plaxis programında oluşturulmuştur.

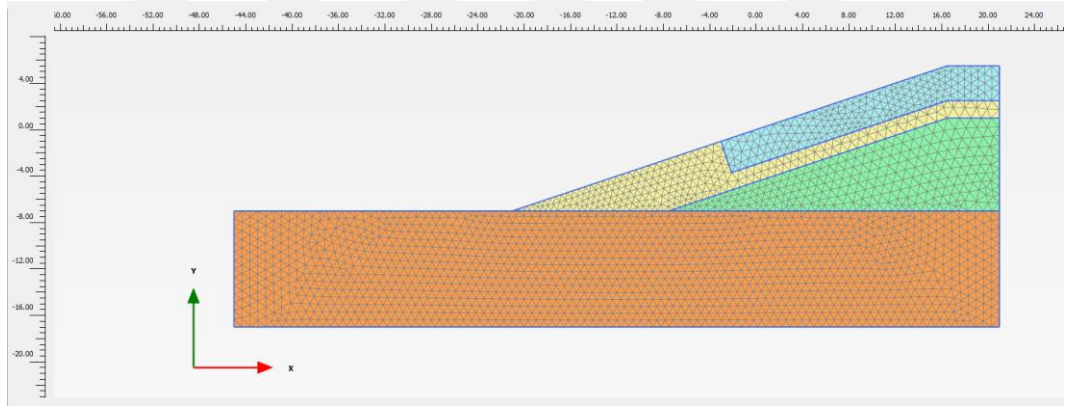


Şekil 3.51 Analizlerde Kullanılan Altınordu Taş Anroşmanlı Dalgakıran Kesiti [60]

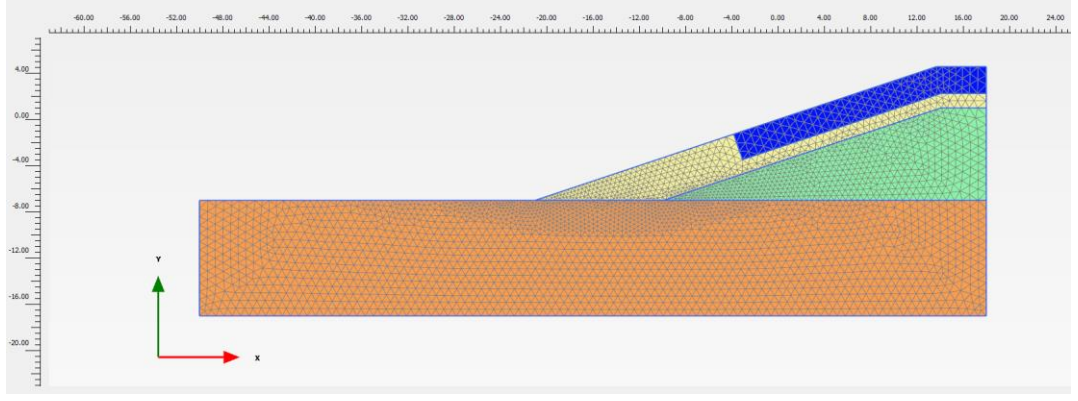


Şekil 3.52 Analizlerde Kullanılan Altınordu Antiferli Dalgakıran Kesiti [60]

Yapı modellemesi tamamlandıktan ve zeminlerin tanımlanmasından sonraki adım olarak model ağı oluşturulmuştur. Kesitler için oluşturulan model ağları aşağıda sunulmaktadır.



Şekil 3.53 Altınordu Taş Anroşmanlı Dalgakıran için model ağı – 4417 element ve 35851 nod [60]

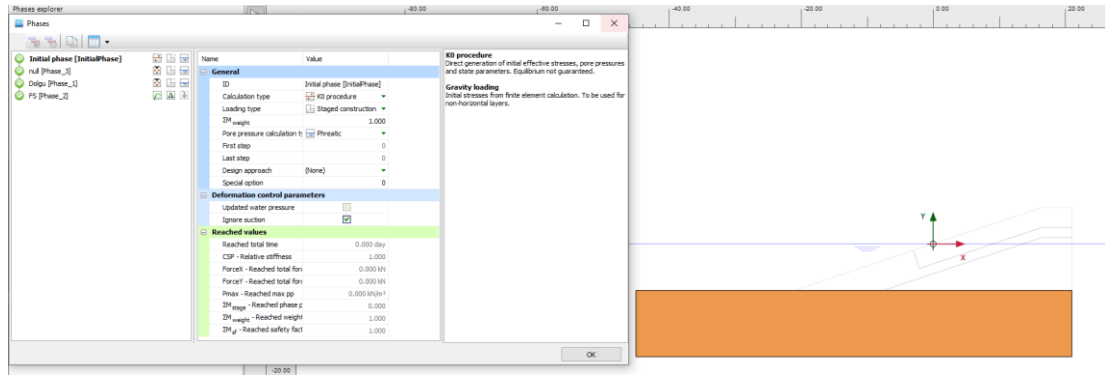


Şekil 3.54 Altınordu Antiferli Dalgakıran için model ağı – 6295 *element* ve 50931 *nod* [60]

Analizlerde kullanılan yükleme türü Kademeli İnşaat (Staged Construction) olarak seçilmiştir. Analiz aşamaları aşağıda sırasıyla verilmektedir.

1. Adım: Initial Phase (Başlangıç)

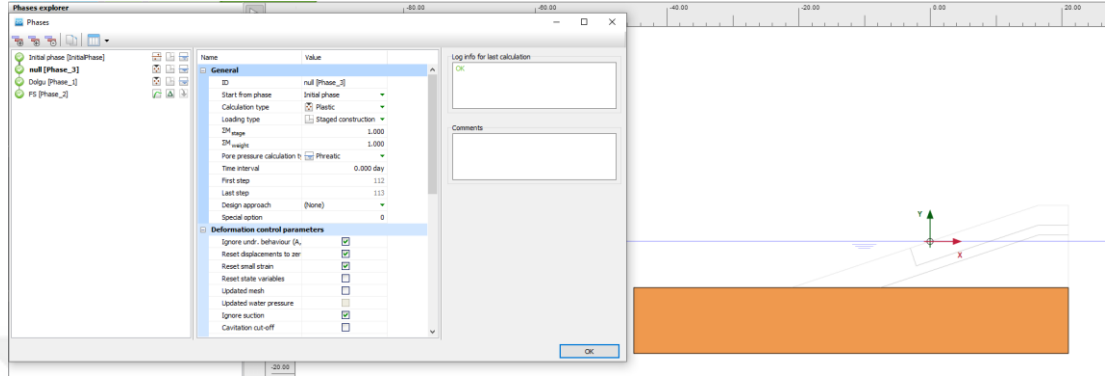
Bu aşama Plaxis tarafından otomatik olarak oluşturulmaktadır. Bu aşamada başlangıç gerilmeleri hesaplanmaktadır. Plaxis 2D (V.20) Referans Kılavuzuna göre, bu çalışmada da kullanılan K0 prosedürü tabii zeminin yatay bir yüzeye sahip olduğu ve tüm zemin katmanlarının ve su seviyesinin yüzeye paralel olduğu durumlar için uygundur.



Şekil 3.55 1. Analiz Adımı: Initial Phase (Başlangıç) [60]

2. Adım: null (Deplasman Sıfırlama)

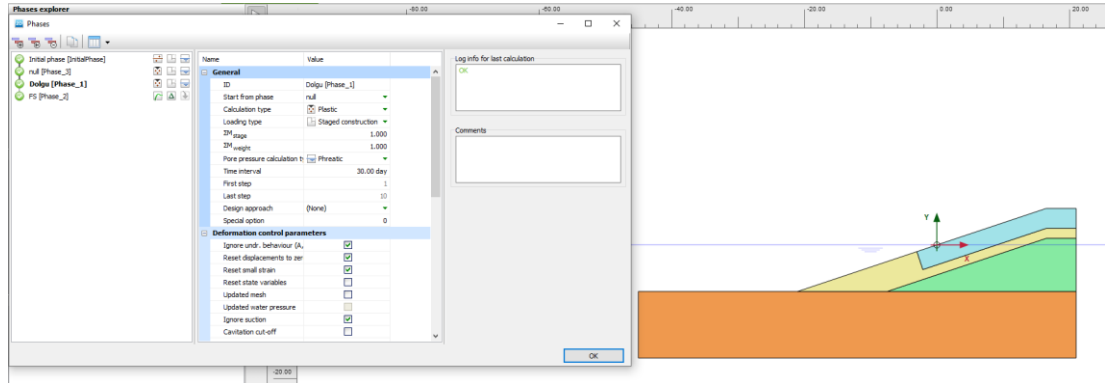
Bu adımda bir önceki adımda hesaplanan başlangıç gerilmeleri sonucu oluşan deplasman değerleri sıfırlanmaktadır.



Şekil 3.56 2. Analiz Adımı: null (Deplasman Sıfırlama) [60]

3. Adım: Dolgu (Dalgakıran İmalatı)

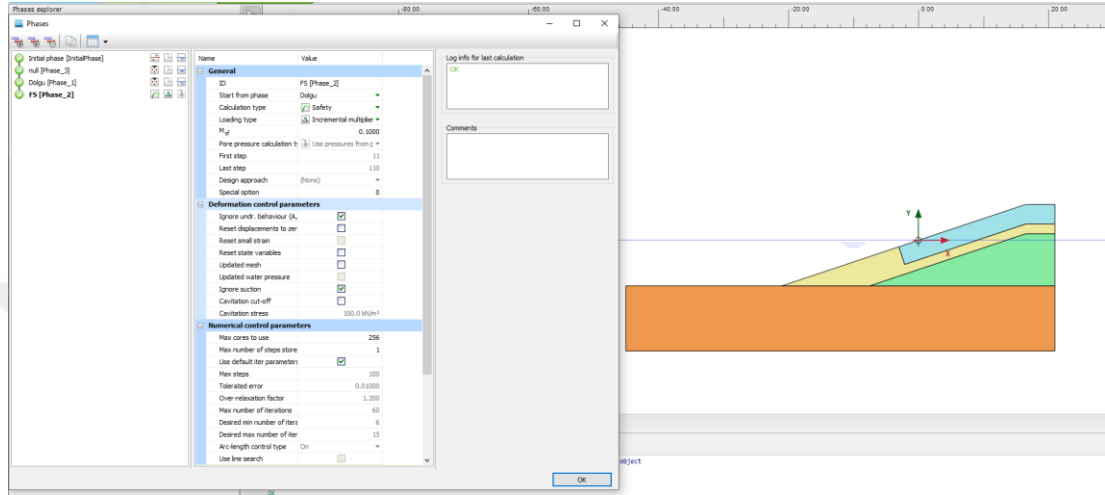
Bu adımda dalgakıran imalatları tamamlanmıştır. Bunu programda tanımlamak için basitçe dalgakıran dolgularını ifade eden model ağı grupları aktive edilmiştir.



Şekil 3.57 3. Analiz Adımı: Dolgu (Dalgakıran İmalatı) [60]

4. Adım: Şev Duraylılığı Analizi

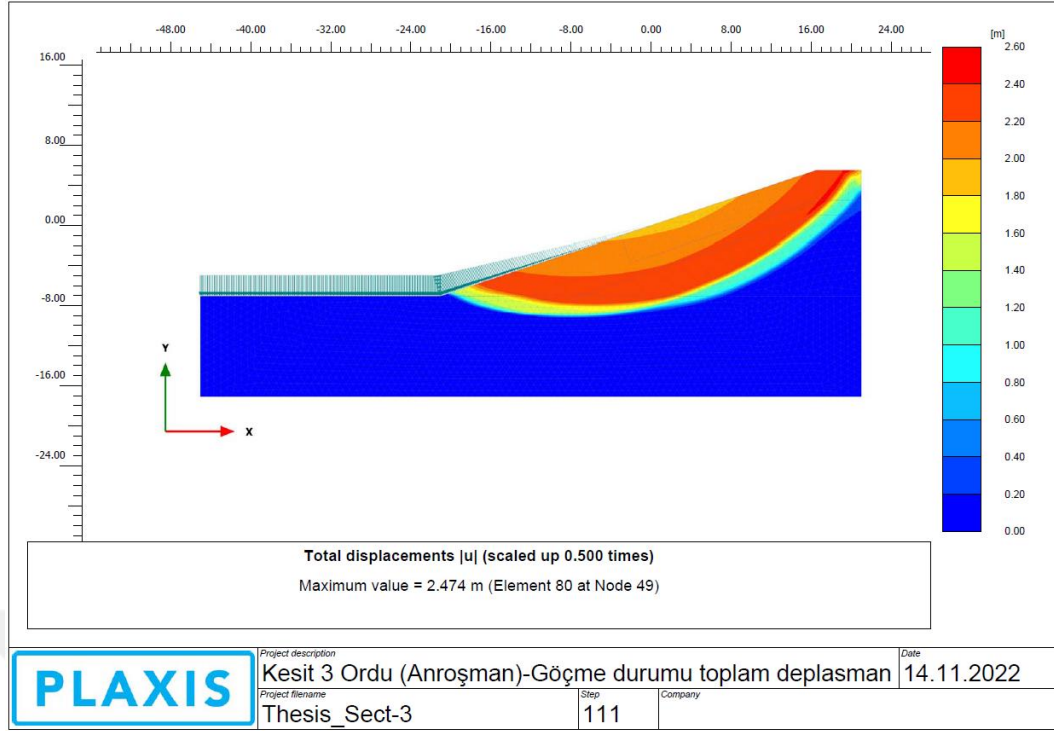
Bu adımda şev duraylılığı analizi gerçekleştirilmiştir. Plaxis, hesap yöntemi seçeneğinden “Safety” seçeneği seçilmesi sonucu mukavemet azaltma yöntemi ile şev stabilitesi analizleri yapmaktadır.



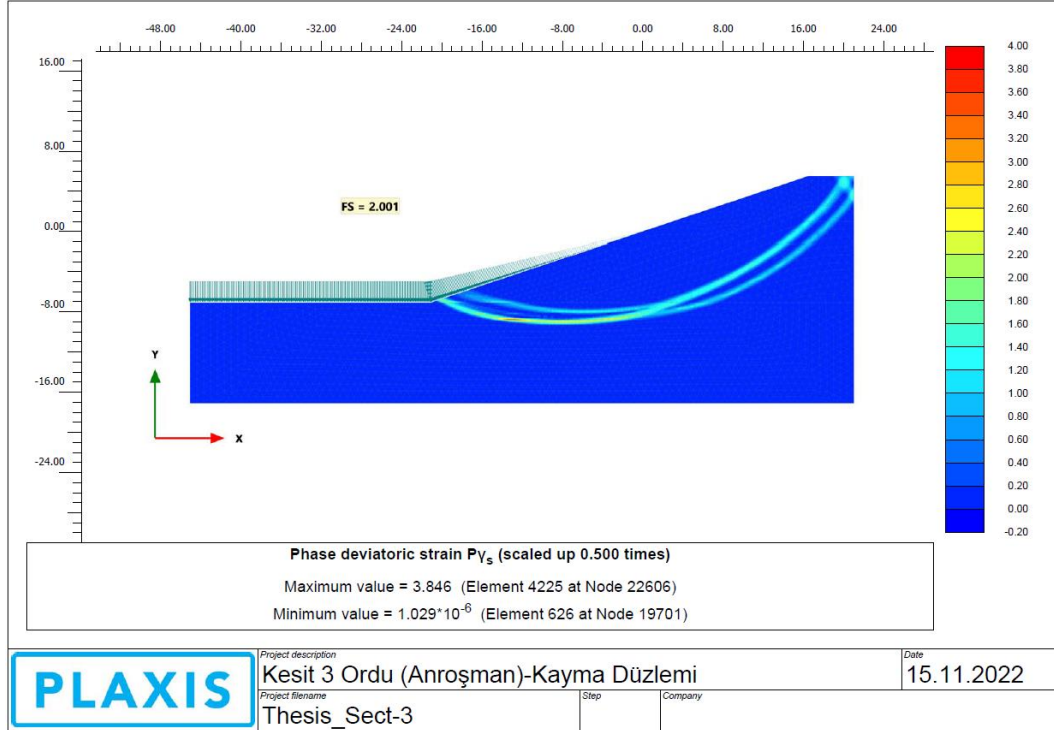
Şekil 3.58 4. Analiz Adımı: Şev Duraylılığı Analizi [60]

Analizler sonucunda kesitlerde göçme durumunda oluşan toplam deplasmanlar, deviatorik yerdeğiştirme ve güvenlik sayısı değerleri hesaplanmıştır. Deviatorik yerdeğiştirme değerleri basitçe zeminin yenildiği düzlemi ifade etmektedir.

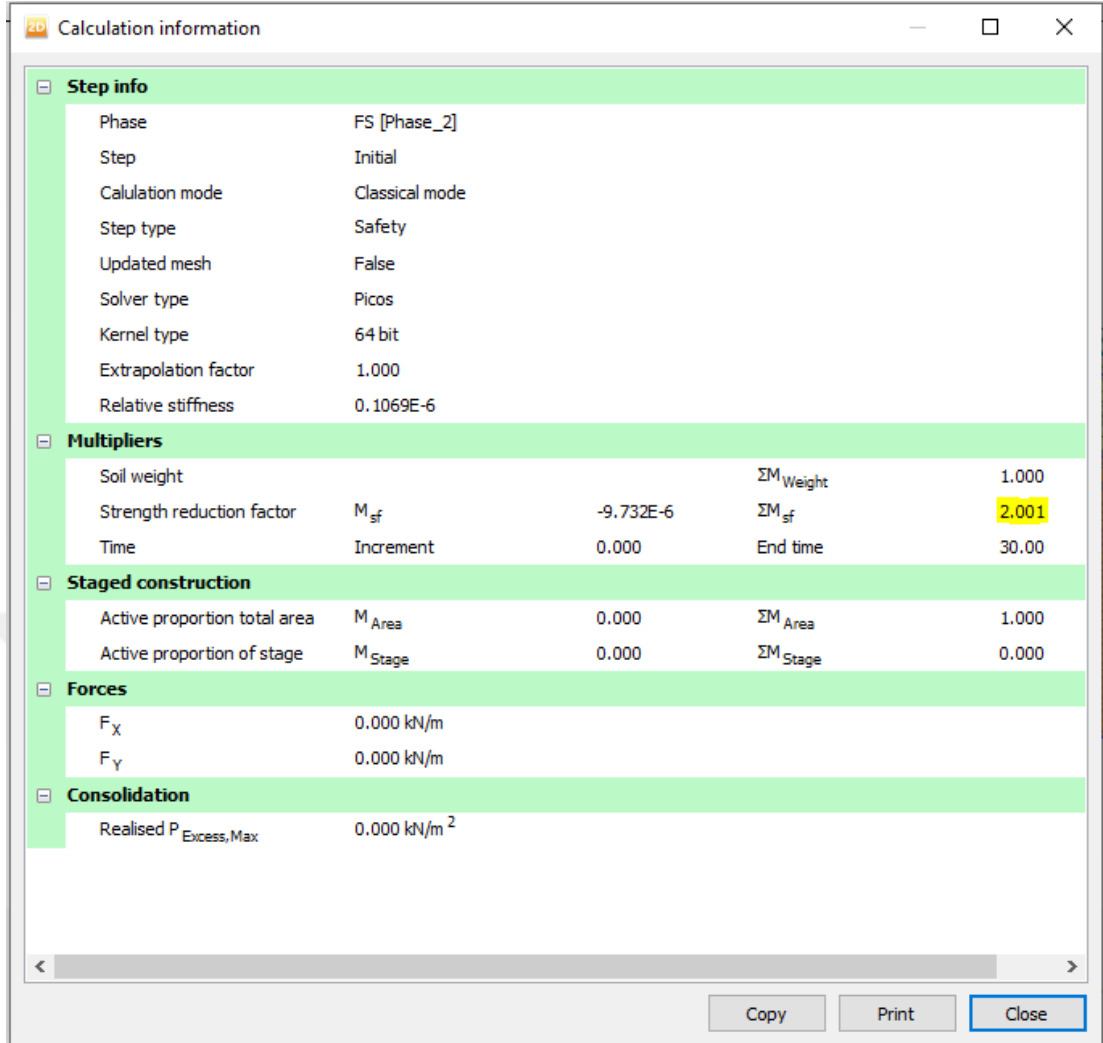
Buna göre analizlerden elde edilen sonuçlar Şekil 3.59-64’de özetlenmektedir.



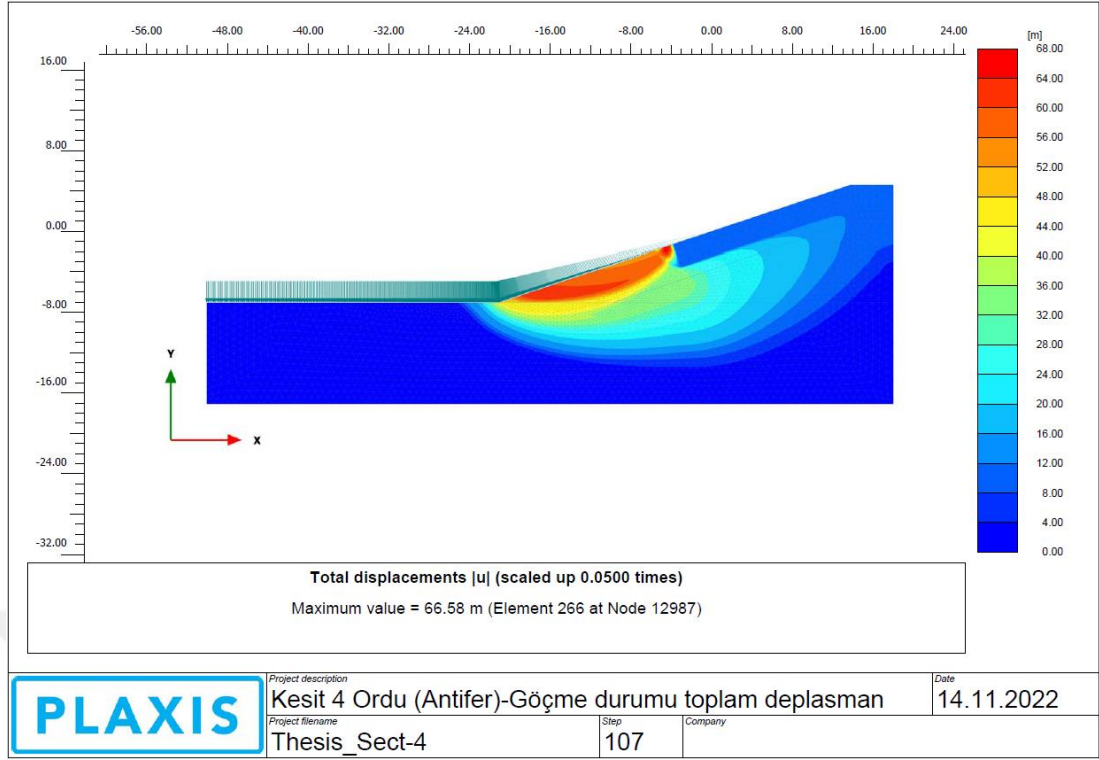
Şekil 3.59 Altınordu Taş Anroşmanlı Dalgakıran için Göçme Durumu Toplam Deplasman [60]



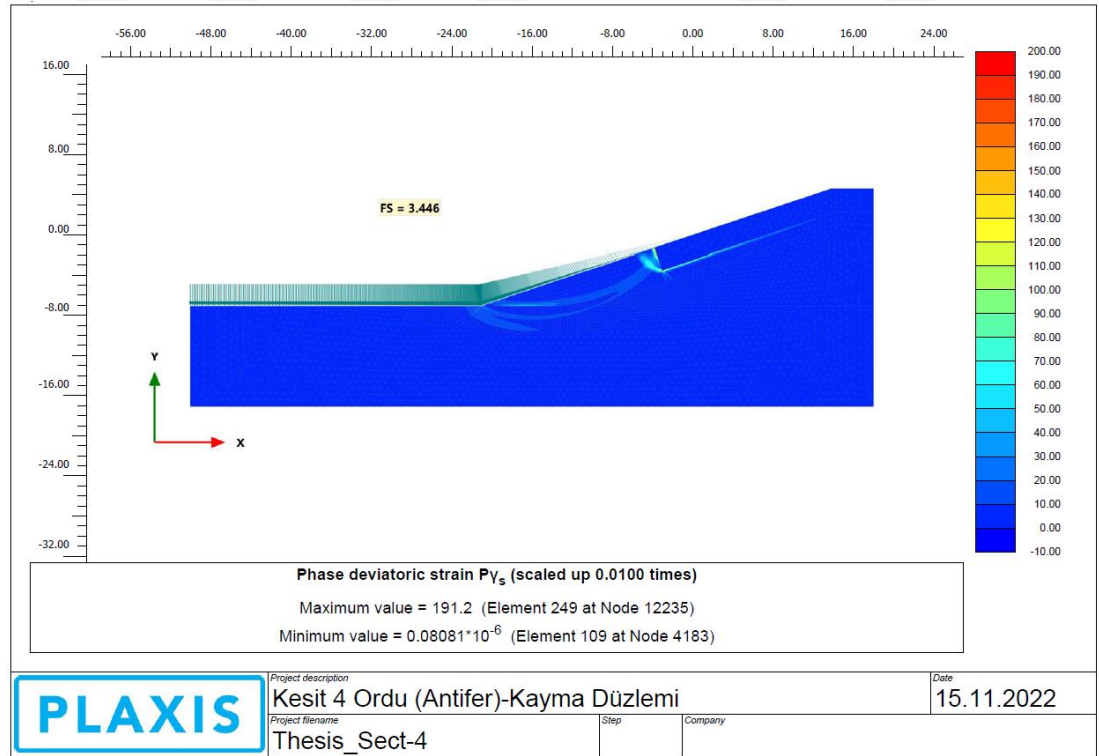
Şekil 3.60 Altınordu Taş Anroşmanlı Dalgakıran için Göçme Durumu Deviatorik Yerdeğiştirme (Kayma Düzlemi) [60]



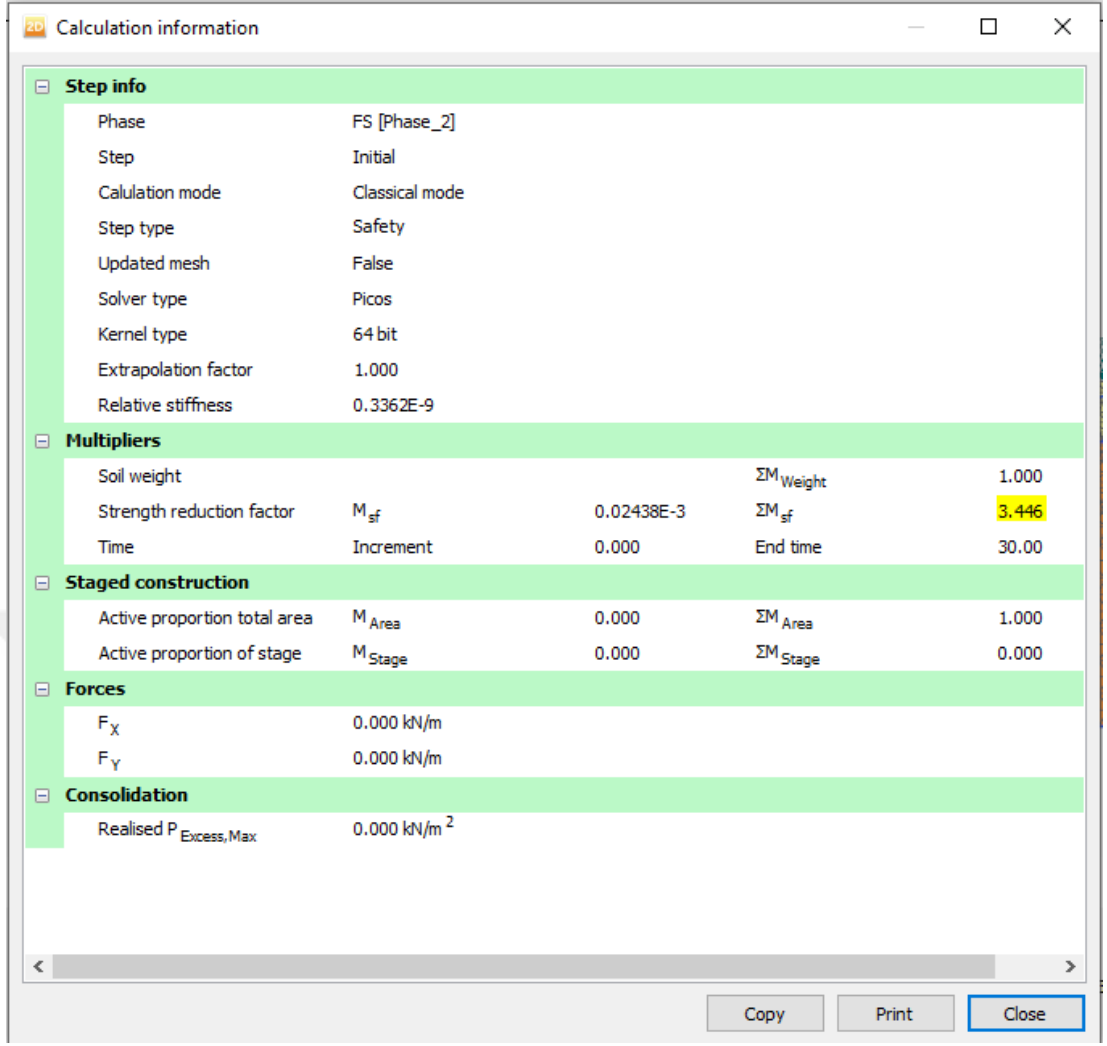
Şekil 3.61 Altınordu Taş Anroşmanlı Dalgakıran için Göçme Durumu Güvenlik Sayısı =2.001 [60]



Şekil 3.62 Altınordu Antiferli Dalgakıran için Göçme Durumu Toplam Deplasman [60]



Şekil 3.63 Altınordu Antiferli Dalgakıran için Göçme Durumu Deviatorik Yerdeğiştirme (Kayma Düzlemi) [60]



Şekil 3.64 Altınordu Antiferli Dalgakıran için Göçme Durumu Güvenlik Sayısı=3.446 [60]

Şev duraylılığı analizleri sonrası elde edilen sonuçlar aşağıdaki tabloda özetlenmektedir.

Tablo 3.75 Ordu için Şevi Stabilitesi Sonuçları

Ordu - Altınordu		
	Anroşman	Antifer
Güvenlik Sayısı	2.001	3.446

Buna göre elde edilen sonuçlar ışığında antifer kullanılarak imal edilen dalgakıran yapısının şev duraylılığı değeri geleneksel taş dolgu (Anroşman) kullanılarak tasarlanan dalgakırana göre daha yüksek elde edilmiştir.

3.5 Toplu Sonuçlar

Her iki tasarım için de elde edilen bütün sonuçlar toplu halde Tablo 3.76 ve 3.77’de verilmiştir.

Tablo 3.76 Toplu Sonuçlar Çeşme

Çeşme - Altinkum					
Dalga Kırılması					
CEM		Weggel&Goda		Maksimum	
H _b (m)	d _b (m)	H _b (m)	d _b (m)	H _b (m)	d _b (m)
7,23	8,55	7,10	8,40	7,10	10,94
Tasarım Dalga Verileri					
Seçilen Derinlik (m)				4,00	
H _{s,topuk} (m)				2,88	
T _m (s)				5,25	
T _s (s)				6,48	
Dalga Koşulu				Kırılan	
Dalga Geliş Açısı (°)				20	
Yapı Şevi (tan α)				1/2	
Taş Anroşman Kesiti					
M ₅₀ (t)				4,39	
Elde edilen formül				Van Gent	
R _{u%2}				3,75	
Min R _c (m)				3,00	
B (m)				3,75	
k _Δ (m)				2,50	
Koruma Tabakası (t)				4 - 6	
Filtre Tabakası (t)				0,5 - 1,0	
Çekirdek Tabakası (kg)				1 - 400	
Uygulanan R _c (m)				+4,75	
Göçmeye Karşı Fs				1,557	
Antifer Kesiti					
M ₅₀ (t)				2,16	
Elde edilen formül				Hudson	
R _{u%2}				4,69	
Min R _c (m)				3,50	
B (m)				3,00	
k _Δ (m)				2,00	
Filtre Tabakası (t)				0,4 - 0,7	
Çekirdek Tabakası (kg)				1 - 400	
Uygulanan R _c (m)				+5,50	
Göçmeye Karşı Fs				2,001	

Tablo 3.77 Toplu Sonuçlar Ordu

Ordu - Altınordu					
Dalga Kırılması					
CEM		Weggel&Goda		Maksimum	
H _b (m)	d _b (m)	H _b (m)	d _b (m)	H _b (m)	d _b (m)
6,70	8,18	6,17	7,40	6,17	10,94
Tasarım Dalga Verileri					
Seçilen Derinlik (m)				7,00	
H _{s,topuk} (m)				4,21	
T _m (s)				7,33	
T _s (s)				9,05	
Dalga Koşulu				Kırılan	
Dalga Geliş Açısı (°)				45	
Yapı Şevi (tan α)				1/3	
Taş Anroşman Kesiti					
M ₅₀ (t)				8,27	
Elde edilen formül				Hudson	
R _u %2				3,45	
Min R _c (m)				3,75	
B (m)				4,5	
k _Δ (m)				3,00	
Koruma Tabakası (t)				8 - 10	
Filtre Tabakası (t)				0,5 - 2,0	
Çekirdek Tabakası (kg)				1 - 400	
Uygulanan R _c (m)				+4,75	
Göçmeye Karşı Fs				1,557	
Antifer Kesiti					
M ₅₀ (t)				3,30	
Elde edilen formül				Hudson	
R _u %2				4,31	
Min R _c (m)				4,50	
B (m)				3,50	
k _Δ (m)				2,25	
Filtre Tabakası (t)				20,5 - 1,0	
Çekirdek Tabakası (kg)				1 - 400	
Uygulanan R _c (m)				+4,50	
Göçmeye Karşı Fs				3,446	

4. ÇIKARIMLAR VE DEĞERLENDİRME

Bu tez kapsamında yapılan çalışmalar sonucunda, Türkiye kıyılarından Ege ve Karadeniz Bölgelerinden seçilen Çeşme-Altınkum ve Ordu-Altınordu mevkillerinde Taş Anroşman ve Antifer koruma elemanı kullanılan dalgakıranlar bütün tasarım koşullarına göre baştan sona tasarlanmıştır.

Yapılan hesaplarda her iki lokasyon ve her iki tip dalgakıran için öncelikle farklı derinliklere dalga taşınımı yapılmış olup, bu derinliklerde farklı yapı şevleri uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre uygun bir derinlik ve şeve ait değere göre dalga aşması-tırmanması gibi parametreler kontrol edilerek gerekli dalgakıran ebatları belirlenmiş ve en uygun yapıya getirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre gerekli koruma elemanlarına bakıldığında taş dolgu elemanların tonajı her alanda beton bloklara göre daha fazla olmakla beraber, ancak farklı koşulların etkisiyle aralarındaki oran değişmektedir. Yapı şev eğimi daha da yatıklaştığında (örneğin yapı eğimi 1/2 değil de 1/3 olması gibi) tonaj değerlerinin birbirlerine yaklaştığı görülmüş ve daha ekonomik olan seçeneğe gidilmesinin yolu açılmıştır. Beton bloklar arasında antifer tonajı dolos, tetrapod gibi türevlerine göre daha yüksek gelse de aynen taş-beton kıyaslamasında olduğu gibi şev eğimi yatıklaştıkça tonajlar birbirine yaklaştığı görülmüştür.

Altınkum'da çalışılan tasarım 4 m derinlik ve 1/2 şevli bir yapı üzerine olmuştur. Taş Anroşmana ait tonaj miktarı Van Gent formülünden 4-6 ton, filtre tabakası 0.5-1 ton ve çekirdek için 1-400 kg'dır. Antiferli tasarım ise her bir antiferin Hudson formülüne göre 2.16 ton olduğu, gerekli filtre tabakası 0.4-0.7 ton, çekirdek tabakası ise 1-400 kg sonuçlarına varılmıştır. Baz alınan 1.0 l/s/m dalga aşmasına göre minimum kret kotları hesaplandığında taş anroşmanlı tasarım için hesaplanan ret kotu +3.00 m olup antiferli tasarım için hesaplanan +3.50 m değerinden azdır. Ancak tasarımların uygulamaları söz konusu olduğunda, çekirdek tabakası üst kotunu +1.00 m civarına getirildiğinde taş anroşmana ait kret kotunun (+4.75) antiferli tasarıma göre (+4.20) daha yüksek geldiği görülmüştür. Tasarım felsefesine göre taş anroşmanın daha düşük bir kret kotu çıkarması mantıklı iken uygulanabilirlik söz konusu olduğunda durum değişmiştir.

Çalışılan tasarımın derinliği ve yapı şevi göz önüne alındığında elde edilen taş tonajının çevre taş ocaklarından temini mümkün olabileceği ancak ortaya çıkan kesitlerde uygulanabilirlik söz konusu olduğunda daha fazla miktarda malzeme gerektireceği de görülmüştür. Bu noktada eğer ki inşası yapılacak bir dalgakıran var ise kesin karar varılmadan önce bir mukayeseli fizibilite çalışması yapılması önerilir. Ayrıca dalga geri çekilesine göre yapılan revize özellikle dalgakıranın nispeten daha sığ bir derinlikte olması sebebiyle kesitlerde açıkça görülecek bir fark yaratmamıştır.

Ordu çalışmasında ise 7 m derinlik ve daha derin bir noktada konumlanmasından dolayı hem taş tonajı hem de antifer tonajını daha makul tutabilmek adına yapı şevi 1/3 olarak alınmıştır. Taş anroşmanlı tasarımda, kullanılan formüller yakın sonuçlar verse de güvenli tarafta kalınarak Hudson formülünden elde edilen sonuçlara göre 8-10 ton anroşman, 0.5-2 ton filtre tabakası ve 1-400 kg taş çekirdek tabakası kullanılmıştır. Antiferli tasarımda ise Hudson'dan elde edilen 3.30 ton antifer, 0.5-1 ton filtre tabakası ve 1-400 kg çekirdek tabakası uygun görülmüştür. Antifer tasarımı hesaplandığı haliyle uygulamaya uygun bulunurken, taş kesitte bulunan çekirdek tabakası üst kotu +1.00 olacak şekilde revize edildiğinde dalga aşması toleransına göre elde edilen kret kotu +3.75 m'den +5.50 m seviyelerine gelmiş ve antiferli tasarım için hesaplanan +4.50 kotunun üzerine çıkmıştır. Altinkum'da olduğu gibi burada da taş anroşman olması gereken kret yüksekliğinden fazla gelmiştir. Yapılan iki tasarımın da sığ su koşullarında olduğu görüldüğünden, dalgakıran geometrisine ve dalga aşmasına yönelik mevcut hesapların sığ ve derin suların ikisinde de geçerli olduğu ancak, sığ sularda hesaplamalar sonucu elde edilen kret kotunun yeterli gördüğü miktarların uygulanabilirlik için aşılması gerektiği açıkça söylenebilir.

Altinkum için Şekil 3.20 ile 3.21 ve Ordu için Şekil 3.49 ile 3.50'de verilen dalga geri çekilmesine göre revize kesitlerinde görülebileceği üzere, yapılan revizenin özellikle Ordu'da çalışılan kesitlerde büyük bir değişime yol açtığı görülmüştür. Bunun sebebi olarak ise, daha yatık bir yapı eğimi ve daha yüksek bir derinliğe sahip olmasından, etkilenen bölgenin hacimsel olarak büyük olmasıdır. Altinkum gibi sığ sularda ise ister dik ister yatık eğimde de olsa da yapı, dalga geri çekilmesine göre tasarım revizesi büyük bir fark yaratmayacaktır.

Ayrıca, Ordu'da kullanılan koruma tabakası elemanlarının tonajına bakarak da daha büyük olduklarından özellikle daha derin ve eğimli yapılarda, bu yönde bir çalışmanın yapılmasının büyük fark yaratacağı söylenebilir. Bu noktada hesaplanan dalga çekilme miktarlarının bir güvenlik katsayısı ile büyütülmesi tasarımı daha güvenli tarafta bırakabilir. Bu güvenlik katsayısının da derinliğe ve yapı şev eğimine göre değişim göstermesi daha sağlıklı bir sonuç verebilir.

Çalışma kapsamında maksimum ve minimum deniz kotları değişimi göz ardı edildiğinden, uygulamanın ortaya koyduğu fark açıkça ortaya çıkmaktadır. Aslen önerilen uygulama ise dalga çekilmesine maruz kalacak tabakanın, minimum deniz kotundan itibaren dalga çekilmesi de eklenerek elde edilecek derinliğe kadar devam ettirilmesi yönündedir.

Türkiye kıyılarında metreler cinsinde bir deniz seviyesi değişimi görülmesi mümkün olmadığından, kıyılarımızda yapılacak yapılar için bu uygulama oldukça fark yaratabilir. Ancak bu değişimin yüksek seviyelerde görüldüğü -örnek olarak okyanusa kıyısı olan bölgelerde- etkinin daha az olacağı bu noktada söylenebilir.

Bir önemli nokta ise dalga geri çekilmesi ile değiştirilen koruma tabakasının tayinidir. Bu noktada tasarımı etkileyecek en önemli parametre, dalgaların deniz tabanında oluşturacağı emme kuvvetini yenebilecek, yapının stabilitesine zarar verebilecek oyulmalara yol açmayacak bir filtre veya ikincil koruma tabakası seçimidir. Bu çalışma kapsamında filtre tabakası ile kesitler doldurulmuş ancak gelecekte yapılacak çalışmalarda, farklı dalgakıran geometrilerinin de kullanılabileceği dolayısı ile bu yönde bir araştırma yapılması önerilmektedir.

Snolu elemanlar analiziarak Plaxis programında yapılan şev duraylılığı analiz sonuçları ışığında antiyer kullanılarak imal edilen dalgakıranların şev duraylılığı değeri geleneksel taş dolgu (Anroşman) kullanılarak tasarlanan dalgakıranlara göre daha yüksek elde edilmiştir. Ayrıca Altinkum kesitinde 1/2 ve Altınordu kesitinde 1/3 olan şev eğimi dikkate alındığında geleneksel taş dolgu (Anroşman) kullanılarak tasarlanan dalgakıranlar için Altinkum kesitinde Antınordu kesitine göre daha düşük güvenlik sayısı değeri elde edilmiş olması beklenebilir bir sonuç olarak değerlendirilebilecektir.

Şev stabilitesi hesaplarından elde edilen güvenlik sayısı değerleri bahsedildiği üzere farklı kesitlerde farklı sonuçlar vermesiyle birlikte elde edilen kret genişliği, kret yüksekliği ve yapı şevleri açısından dalgakıran tasarımlarının stabil olduğunu da açıklamıştır.



KAYNAKLAR

- [1]. Hudson, R. Y. (1959). Laboratory Investigation of Rubble-Mound Breakwaters.
- [2]. Van der Meer, J. W. (1988). Rock Slopes and Gravel Beaches under Wave Attack.
- [3]. Van Gent, M. R. A., Smale, A. J., Kuiper, C. (2004). Stability of Rock Slopes with Shallow Foreshores. *Proceedings of 4th International Coastal Structures Conference Portland*. ASCE. Reston VA, USA.
- [4]. Van Gent, M. (2005). on the Stability of Rock Slopes. In: C. Zimmermann, R.G. Dean and V. Penhev (eds), *Environmentally Friendly Coastal Protection, NATO Science Series*.
- [5]. OCDI. (2009). Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan.
- [6]. De Castro, E., Briones, E. (1933, April). Diques de escollera. *Revista de Obras Públicas*.
- [7]. Ergin, A., Öner, O., & Günbak, A. R. (1970). Taşdolgu Dalgakıranlar.
- [8]. CIRIA, CUR, & CETMEF. (2007). *The Rock Manual. The use of rock in hydraulic engineering (2nd edition)*. C683, CIRIA, London.
- [9]. Güler, H. G. (2014, Mayıs). A Comparative Study On The Design Of Rubble Mound Breakwaters.
- [10]. Kıyı Yapıları Planlama ve Tasarım Teknik Esasları (KYPTTE). (2016, Şubat). T.C. U.A.B. Altyapı Yatırımları Genel Müdürlüğü .
- [11]. Heder, P. A. (1986). Armor layer stability of rubble mound breakwaters. *Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering*, s. 343-350.
- [12]. Turan, M. U. (2000, Ocak). Dalgakıranlarda Blok Ağırlıklarının Belirlenmesi Üzerine Yapılan Çalışmaların İncelenmesi. *DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen Ve Mühendislik Dergisi*, s. 35-48.
- [13]. Vidal, C., Medina, R., & Lomonaco, P. (2006). “Wave Height Parameter For Damage Description Of Rubble-Mound Breakwaters. *Coastal Engineering*, s. 53:711-722.
- [14]. Koç, M. L. (2002, Ekim). Taş Dolgu Dalgakıranların Yapay Sinir Ağları, Bulanık Mantık Sistemleri Ve Genetik Algoritma İle Ön Tasarımı Ve Güvenirlik Analizi.
- [15]. Jensen, T., Andersen, H., Grønbech, J., Mansard, E. P., & Davies, M. H. (1996). Breakwater Stability under Regular and Irregular Wave Attack. *COASTAL ENGINEERING 1996*, s. 1679-1692.

- [16]. Yağcı, O. (2000, Şubat). Şevli Dalgakıranlarda Koruyucu Kaplama Tabakasında Kullanılan Antifer Blokların Stabilitésinin İncelenmesi.
- [17]. Ozbahceci, B. O., & Ergin, A., (2008). Design weight of armour stone considering the effect of extreme waves. *OCEAN ENGINEERING* , cilt.35, 393-399.
- [18]. Franco, S. (2016, Ocak). Hydraulic stability of rubble mound breakwaters in breaking wave conditions: a comparative study of existing prediction formulas.
- [19]. CERC. (1987). *Shore Protection Manual* (4th ed. b.). Vicksburg, Va.: Coastal Engineering Research Center.
- [20]. Kamali, B., & Hashim, R. (2009). Recent Advances in Stability Formulae and Damage Description of Breakwater Armour Layer. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, s. 2817-2827.
- [21]. Van der Meer, J. W. (1998). Design of concrete armour layers.
- [22]. Chegini, V., Aghtouman. P. (2001) An Investigation on the Stability of Rubble Mound Breakwaters with Armour Layers of Antifer Cubes, *International Conference in Ocean Engineering ICOE 2001, December 11-14, 2001*
- [23]. Holtzhausen, A.H. and Zwamborn, J.A. (1992). New stability formula for dolosse. ASCE, Venice, Italy.
- [24]. Burcharth, H. F., & Liu, Z. (1992). Design of Dolos armour units. *COASTAL ENGINEERING 1992*, 1053-1066.
- [25]. Estramed, S. (1990). Antifer Cubes Technical Notes.
- [26]. Jong, W.D., Verhagen H.J. ve Olthof J. (2004), "Experimental Research on The Stability of Armour and Secondary Layer in A Single Layered Tetrapod Breakwater", ICCE.
- [27]. Engin, D. (2011). Düzensiz Dalga Şartlarında Tetrapod Düzensiz Dalga Şartlarında Tetrapod Araştırılması.
- [28]. Frens, A. (2007, Mayıs). The impact of placement method on Antifer-block stability.
- [29]. Akman, S. (2020, Ağustos). Dalgakıranların Koruyucu Tabakalarında Kullanılan Özel Beton Blokların Yapısal Analizi.
- [30]. Unat, C. (2018, Eylül). Taş Dolgu Dalgakıranlarla Antifer Bloklulu Dalgakıranların Maliyetinin Karşılaştırılması.
- [31]. Tuuarima, W. H., & d'Angremond, K. (1998). Coast Comparison of Breakwater Types. *COASTAL ENGINEERING 1998*, s. 1934-1944.
- [32]. Cihan, K., Yüksel, Y. (2009). Taş Dolgu Dalgakıranların Sismik Davranışı.

- [33]. Temel, A., & Doğan, M. (2019). Dalga Etkisindeki Şevli Yüzlü Dalgakıran Etrafında Oluşan Yerel Oyulmaların Farklı İrilikteki Taban Malzemesi Durumunda Sayısal Araştırılması. *DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen Ve Mühendislik Dergisi*, s. 587-594.
- [34]. Kaçmaz, S. E. (2013, Haziran). Boşluklu Dalgakıranların Liman İçi Sirkülasyona Etkisinin Deneysel Yöntemlerle Araştırılması.
- [35]. Balas C.E., Ergin, A. (2002). Reliability-Based Risk Assessment in Coastal Projects: Case Study in Turkey. *Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering*. ASCE.
- [36]. İdi, A. S. (2005) Taş Dolgu Dalgakıranlar'da Risk Analizi ve Breakwat Uygulaması. YTÜ, İstanbul.
- [37]. Hosseini, A. S. & Shafieefar, M. (2014). Estimation of Reshaped Profile of Berm Breakwaters Using Experimental Data. *International Journal of Maritime Technology Vol.2*.
- [38]. De Rouck, J., Van Doorslaer, K., Goemaere, J., & Verhaeghe, H. (2011) Geotechnical Design Of Breakwaters In Ostend On Very Soft Soil. *Coastal Engineering Proceedings*, 1(32), structures.67.
- [39]. Taşkıran, T., Yavuz, V. S., & Keskin M. S. (2015) Şev stabilitesinin iki ve üç boyutlu modeller ile incelenmesi
- [40]. Svendsen, I. A. (1974). Cnoidal waves over a gently sloping bottom. ISVA, Technical University of Denmark. Lyngby.
- [41]. CERC. (2003). *Coastal Engineering Manuel*.
- [42]. Weggel, J. R. (1972). Maximum Breaker Height for Design.
- [43]. Goda, Y. (1970). *A Synthesis of Breaker Indices*. Trans Japan Soc. Civil Engr.
- [44]. Galvin, C.J., Jr. (1968). Breaker Type Classification on Three Laboratory Beaches, *Jour. Geophys. Res.*, 73(12), 3651.
- [45]. Goda, Y. (2010). Reanalysis Of Regular And Random Breaking Wave Statistics. *Coastal Engineering Journal*, Vol. 52, No. 1 , 71-106.
- [46]. Van der Meer, J. W. (1990). "Extreme Shallow Water Wave Conditions", Report H198, Delft Hydraulics.
- [47]. ODTÜ. (1999). "Yalçiner, A.C., Ergin, A., Kahyaoğlu, I.C. and Yüncü, H., 1999, "3D Experimental Study on the Stability Coefficients for Breakwaters Armoured with Antifer Blocks under Irregular Waves", Proceedings of the COPEDEC V., Cape Town, pp. 1458-1469.
- [48]. Battjes, J. A., Groenendijk, H.W. (2000). Wave Height Distributions On Shallow Foreshores.
- [49]. WOM, & EurOtop. (2016). *Wave Overtopping of Sea Defences and Related Structures*.

- [50]. CIRIA. (2012), *The Rock Manual. The use of rock in hydraulic engineering*, C683, CIRIA, London.
- [51]. Zienkiewicz. O.C., Zhu, J.Z. & Taylor, R.L. (1989) *The Finite Element Method: Its Basis and Fundamentals*, 6th Edition. Burlington, MA: Elsevier.
- [52]. PLAXIS CONNECT Edition 20.04, PLAXIS 2D-Reference Manual. (2020) <https://communities.bentley.com/products/geotech-analysis/w/plaxis-soilvision-wiki/46137/manuals---plaxis> (date accessed: November, 2020)
- [53]. Jaky, J. (1944). “The coefficient of earth pressure at rest. In Hungarian (A nyugalmi nyomás tenyezője).” *Journal of the Society of Hungarian Architects and Engineering*, 355–358.
- [54]. Galerkin, B.G. (1915). Rods and Plates, Series Occurring in Various Questions Concerning the Elastic Equilibrium of Rods and Plates, *Vestnik Inzhenerov i Tekhnikov*, (Engineers and Technologists Bulletin), Vol. 19, 897-908 (in Russian),(English Translation: 63-18925, Clearinghouse Fed. Sci. Tech. Info.1963).
- [55]. Özhan, E., & Abdalla, S. (1999, Aralık). Türkiye Kıyıları İçin Rüzgar Ve Derin Deniz Dalga Atlası. Ankara: ODTÜ İnşaat Mühendisliği Bölümü Deniz Mühendisliği Araştırma Merkezi.
- [56]. Yüksel, Y. (2011). Dalgakıran tasarımı. İstanbul: Beta Basım Yayım Dağıtım.
- [57]. GARMIN.NAVIONICS:
<https://webapp.navionics.com/?lang=en#boating@7&key=omdiFeudcD>
- [58]. Deltares. (2010). Breakwat. Delft, The Netherlands.
- [59]. PLAXIS CONNECT Edition 20.04, General Information Manual, 2020 <https://communities.bentley.com/products/geotech-analysis/w/plaxis-soilvision-wiki/46137/manuals---plaxis> (date accessed: November, 2020)
- [60]. Bentley. (2020). Plaxis 2D.

EKLER

- Ek 1 Örnek Çalışma 1-Altinkum için Program Çıktıları
Ek 2 Örnek Çalışma 2-Ordu için Program Çıktıları



Ek 1 Örnek Çalışma 1-Altinkum için Program Çıktıları

Structure type	1. Rubble mound structure, 1.1 Conventional breakwater
Response factor	2. Structural response, 2.1 Rock armour
Formula	Hudson (1959)
Output parameter	(M50) Armour mass
	INPUT
(cot(α)) Slope angle	2.00 (-)
(P) Notional Permeability factor	(-)
(Dn50-core/Dn50) Ratio rock sizes	(-)
(ρ_a) Armour density	2650 (kg/m ³)
(ρ_w) Water density	1025 (kg/m ³)
(KD) Stability coefficient	2.00 (-)
(N) Number of incident waves	(-)
(Tm) Mean wave period	(s)
(Tm-1;0) Spectral wave period	(s)
(H2%/Hs) Wave height ratio	(-)
(α Hs) Wave height factor	1.00 (-)
(Conf) Confidence bands	(-)
(Prob.) Input table	(-)
(y) Number of years	(year)
(SEQ_STORMS) Cumulative damage input table	(-)
(%D) Percent damage	2.00 (%)
(Hs) Significant wave height	2.88 (m)
	OUTPUT (-)
(M50) Armour mass	3971.7 (kg)

Şekil Ek 1.1 Altinkum Hudson'a göre Taş Anroşman Çıktısı [1,58]

Structure type	1. Rubble mound structure, 1.1 Conventional breakwater
Response factor	2. Structural response, 2.1 Rock armour
Formula	Modified Van der Meer (1988) by Van Gent et al (2003)
Output parameter	(M50) Armour mass
	INPUT
(cot(α)) Slope angle	2.00 (-)
(P) Notional Permeability factor	0.400 (-)
(Dn50-core/Dn50) Ratio rock sizes	(-)
(ρ_a) Armour density	2650 (kg/m ³)
(ρ_w) Water density	1025 (kg/m ³)
(KD) Stability coefficient	(-)
(N) Number of incident waves	3000 (-)
(Tm) Mean wave period	(s)
(Tm-1;0) Spectral wave period	6.350 (s)
(H2%/Hs) Wave height ratio	1.30 (-)
(α Hs) Wave height factor	(-)
(Conf) Confidence bands	check to use (-)
(Prob.) Input table	(-)
(y) Number of years	(year)
(SEQ_STORMS) Cumulative damage input table	(-)
(Hs) Significant wave height	2.88 (m)
(S) Damage level	2.00 (-)
	OUTPUT (-)
(M50) Armour mass	2515.5 (kg)

Şekil Ek 1.2 Altinkum Van Der Meer'a göre Taş Anroşman Çıktısı [3,58]

Structure type	1. Rubble mound structure, 1.1 Conventional breakwater
Response factor	2. Structural response, 2.1 Rock armour
Formula	Van Gent et al (2003)
Output parameter	(M50) Armour mass
	INPUT
(cot(α)) Slope angle	2.00 (-)
(P) Notional Permeability factor	(-)
(Dn50-core/Dn50) Ratio rock sizes	0.200 (-)
(ρ_a) Armour density	2650 (kg/m ³)
(ρ_w) Water density	1025 (kg/m ³)
(KD) Stability coefficient	(-)
(N) Number of incident waves	3000 (-)
(Tm) Mean wave period	(s)
(Tm-1;0) Spectral wave period	(s)
(H2%/Hs) Wave height ratio	(-)
(α Hs) Wave height factor	(-)
(Conf) Confidence bands	check to use (-)
(Prob.) Input table	(-)
(y) Number of years	(year)
(Hs) Significant wave height	2.88 (m)
(S) Damage level	2.00 (-)
	OUTPUT (-)
(M50) Armour mass	4392.3 (kg)

Şekil Ek 1.3 Altinkum Van Gent'e göre Taş Anroşman Çıktısı [4,58]

Structure type	1. Rubble mound structure, 1.1 Conventional breakwater
Response factor	2. Structural response, 2.1 Rock armour
Formula	Hudson (1959)
Output parameter	(M50) Armour mass
	INPUT
(cot(α)) Slope angle	2.00 (-)
(P) Notional Permeability factor	(-)
(Dn50-core/Dn50) Ratio rock sizes	(-)
(ρ_a) Armour density	2400 (kg/m ³)
(ρ_w) Water density	1025 (kg/m ³)
(KD) Stability coefficient	5.50 (-)
(N) Number of incident waves	(-)
(Tm) Mean wave period	(s)
(Tm-1;0) Spectral wave period	(s)
(H2%/Hs) Wave height ratio	(-)
(α Hs) Wave height factor	1.00 (-)
(Conf) Confidence bands	(-)
(Prob.) Input table	(-)
(y) Number of years	(year)
(SEQ_STORMS) Cumulative damage input table	(-)
(%D) Percent damage	2.00 (%)
(Hs) Significant wave height	2.88 (m)
	OUTPUT (-)
(M50) Armour mass	2159.0 (kg)

Şekil Ek 1.4 Altinkum Hudson'a göre Antifer Çıktısı [1,58]

Structure type	1. Rubble mound structure, 1.1 Conventional breakwater
Response factor	2. Structural response, 2.1 Rock armour
Formula	Hudson (1959)
Output parameter	(M50) Armour mass
	INPUT
(cot(α)) Slope angle	2.00 (-)
(P) Notional Permeability factor	(-)
(Dn50-core/Dn50) Ratio rock sizes	(-)
(pa) Armour density	2400 (kg/m3)
(pw) Water density	1025 (kg/m3)
(KD) Stability coefficient	15.8 (-)
(N) Number of incident waves	(-)
(Tm) Mean wave period	(s)
(Tm-1;0) Spectral wave period	(s)
(H2%/Hs) Wave height ratio	(-)
(α Hs) Wave height factor	1.00 (-)
(Conf) Confidence bands	(-)
(Prob.) Input table	(-)
(y) Number of years	(year)
(SEQ_STORMS) Cumulative damage input table	(-)
(%D) Percent damage	2.00 (%)
(Hs) Significant wave height	2.88 (m)
	OUTPUT (-)
(M50) Armour mass	751.56 (kg)

Şekil Ek 1.5 Altinkum Hudson'a göre Dolos Çıktısı [1,58]

Structure type	1. Rubble mound structure, 1.1 Conventional breakwater
Response factor	2. Structural response, 2.1 Rock armour
Formula	Hudson (1959)
Output parameter	(M50) Armour mass
	INPUT
(cot(α)) Slope angle	2.00 (-)
(P) Notional Permeability factor	(-)
(Dn50-core/Dn50) Ratio rock sizes	(-)
(pa) Armour density	2400 (kg/m3)
(pw) Water density	1025 (kg/m3)
(KD) Stability coefficient	7.00 (-)
(N) Number of incident waves	(-)
(Tm) Mean wave period	(s)
(Tm-1;0) Spectral wave period	(s)
(H2%/Hs) Wave height ratio	(-)
(α Hs) Wave height factor	1.00 (-)
(Conf) Confidence bands	(-)
(Prob.) Input table	(-)
(y) Number of years	(year)
(SEQ_STORMS) Cumulative damage input table	(-)
(%D) Percent damage	2.00 (%)
(Hs) Significant wave height	2.88 (m)
	OUTPUT (-)
(M50) Armour mass	1696.4 (kg)

Şekil Ek 1.6 Altinkum Hudson'a göre Tetrapod Çıktısı [1,58]

Ek 2 Örnek Çalışma 2-Ordu için Program Çıktıları

Structure type	1. Rubble mound structure, 1.1 Conventional breakwater
Response factor	2. Structural response, 2.1 Rock armour
Formula	Hudson (1959)
Output parameter	(M50) Armour mass
	INPUT
(cot(α)) Slope angle	3.00 (-)
(P) Notional Permeability factor	(-)
(Dn50-core/Dn50) Ratio rock sizes	(-)
(ρ_a) Armour density	2650 (kg/m ³)
(ρ_w) Water density	1025 (kg/m ³)
(KD) Stability coefficient	2.00 (-)
(N) Number of incident waves	(-)
(Tm) Mean wave period	(s)
(Tm-1;0) Spectral wave period	(s)
(H2%/Hs) Wave height ratio	(-)
(α Hs) Wave height factor	1.00 (-)
(Conf) Confidence bands	(-)
(Prob.) Input table	(-)
(y) Number of years	(year)
(SEQ_STORMS) Cumulative damage input table	(-)
(%D) Percent damage	2.00 (%)
(Hs) Significant wave height	4.21 (m)
	OUTPUT (-)
(M50) Armour mass	8270.9 (kg)

Şekil Ek 2.1 Ordu Hudson'a göre Taş Anroşman Çıktısı [1,58]

Response factor	2. Structural response, 2.1 Rock armour
Formula	Modified Van der Meer (1988) by Gent et al (2003)
Output parameter	(M50) Armour mass
	INPUT
(cot(α)) Slope angle	3.00 (-)
(P) Notional Permeability factor	0.400 (-)
(Dn50-core/Dn50) Ratio rock sizes	(-)
(ρ_a) Armour density	2650 (kg/m ³)
(ρ_w) Water density	1025 (kg/m ³)
(KD) Stability coefficient	(-)
(N) Number of incident waves	3000 (-)
(Tm) Mean wave period	(s)
(Tm-1;0) Spectral wave period	8.860 (s)
(H2%/Hs) Wave height ratio	1.26 (-)
(α Hs) Wave height factor	(-)
(Conf) Confidence bands	check to use (-)

Şekil Ek 2.2 Ordu Van Der Meer'a göre Taş Anroşman Çıktısı [3,58]

Structure type	1. Rubble mound structure, 1.1 Conventional breakwater
Response factor	2. Structural response, 2.1 Rock armour
Formula	Van Gent et al (2003)
Output parameter	(M50) Armour mass
	INPUT
(cot(α)) Slope angle	3.00 (-)
(P) Notional Permeability factor	(-)
(Dn50-core/Dn50) Ratio rock sizes	0.200 (-)
(ρ_a) Armour density	2650 (kg/m ³)
(ρ_w) Water density	1025 (kg/m ³)
(KD) Stability coefficient	(-)
(N) Number of incident waves	3000 (-)
(T _m) Mean wave period	(s)
(T _{m-1;0}) Spectral wave period	(s)
(H _{2%} /H _s) Wave height ratio	(-)
(α H _s) Wave height factor	(-)
(Conf) Confidence bands	check to use (-)
(Prob.) Input table	(-)
(y) Number of years	(year)
(H _s) Significant wave height	4.21 (m)
(S) Damage level	2.00 (-)
	OUTPUT (-)
(M50) Armour mass	7456.2 (kg)

Şekil Ek 2.3 Ordu Van Gent'e göre Taş Anroşman Çıktısı [4,58]

Structure type	1. Rubble mound structure, 1.1 Conventional breakwater
Response factor	2. Structural response, 2.1 Rock armour
Formula	Hudson (1959)
Output parameter	(M50) Armour mass
	INPUT
(cot(α)) Slope angle	3.00 (-)
(P) Notional Permeability factor	(-)
(Dn50-core/Dn50) Ratio rock sizes	(-)
(ρ_a) Armour density	2400 (kg/m ³)
(ρ_w) Water density	1025 (kg/m ³)
(KD) Stability coefficient	7.50 (-)
(N) Number of incident waves	(-)
(T _m) Mean wave period	(s)
(T _{m-1;0}) Spectral wave period	(s)
(H _{2%} /H _s) Wave height ratio	(-)
(α H _s) Wave height factor	1.00 (-)
(Conf) Confidence bands	(-)
(Prob.) Input table	(-)
(y) Number of years	(year)
(SEQ_STORMS) Cumulative damage input table	(-)
(%D) Percent damage	2.00 (%)
(H _s) Significant wave height	4.21 (m)
	OUTPUT (-)
(M50) Armour mass	3297.1 (kg)

Şekil Ek 2.4 Ordu Hudson'a göre Antiğer Çıktısı [1,58]

Structure type	1. Rubble mound structure, 1.1 Conventional breakwater
Response factor	2. Structural response, 2.1 Rock armour
Formula	Hudson (1959)
Output parameter	(M50) Armour mass
	INPUT
(cot(α)) Slope angle	3.00 (-)
(P) Notional Permeability factor	(-)
(Dn50-core/Dn50) Ratio rock sizes	(-)
(ρ_a) Armour density	2400 (kg/m ³)
(ρ_w) Water density	1025 (kg/m ³)
(KD) Stability coefficient	15.8 (-)
(N) Number of incident waves	(-)
(Tm) Mean wave period	(s)
(Tm-1;0) Spectral wave period	(s)
(H2%/Hs) Wave height ratio	(-)
(α Hs) Wave height factor	1.00 (-)
(Conf) Confidence bands	(-)
(Prob.) Input table	(-)
(y) Number of years	(year)
(SEQ_STORMS) Cumulative damage input table	(-)
(%D) Percent damage	2.00 (%)
(Hs) Significant wave height	4.21 (m)
	OUTPUT (-)
(M50) Armour mass	1565.1 (kg)

Şekil Ek 2.5 Ordu Hudson'a göre Dolos Çıktısı [1,58]

Structure type	1. Rubble mound structure, 1.1 Conventional breakwater
Response factor	2. Structural response, 2.1 Rock armour
Formula	Hudson (1959)
Output parameter	(M50) Armour mass
	INPUT
(cot(α)) Slope angle	3.00 (-)
(P) Notional Permeability factor	(-)
(Dn50-core/Dn50) Ratio rock sizes	(-)
(ρ_a) Armour density	2400 (kg/m ³)
(ρ_w) Water density	1025 (kg/m ³)
(KD) Stability coefficient	7.00 (-)
(N) Number of incident waves	(-)
(Tm) Mean wave period	(s)
(Tm-1;0) Spectral wave period	(s)
(H2%/Hs) Wave height ratio	(-)
(α Hs) Wave height factor	1.00 (-)
(Conf) Confidence bands	(-)
(Prob.) Input table	(-)
(y) Number of years	(year)
(SEQ_STORMS) Cumulative damage input table	(-)
(%D) Percent damage	2.00 (%)
(Hs) Significant wave height	4.21 (m)
	OUTPUT (-)
(M50) Armour mass	3532.7 (kg)

Şekil Ek 2.6 Ordu Hudson'a göre Tetrapod Çıktısı [1,58]

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : İsmail ERGİN

Doğum Yeri ve Yılı :

Medeni Hali :

Yabancı Dili : İngilizce

E-posta :

Eğitim Durumu

Lise : Konak Anadolu Lisesi, 2004

Lisans : Celal Bayar Üniversitesi, İnşaat Müh. Bölümü, 2009

Yüksek Lisans : Celal Bayar Üniversitesi, İnşaat Müh. Hidrolik, 2015

Doktora : Celal Bayar Üniversitesi, İnşaat Müh. Hidrolik, 2017 - 2022

Mesleki Deneyim

İsve Proje&Yapı, 2009 - (halen)