T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ASKERİ GEMİLERİN DALGALI DENİZ DURUMUNDA HASARLI VE HASARSIZ STABİLİTE ANALİZİ

EMRE KAHRAMANOĞLU

YÜKSEK LİSANS TEZİ
GEMİ İNŞAATI VE GEMİ MAKİNALARI MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
GEMİ İNŞAATI VE GEMİ MAKİNALARI MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI

DANIŞMAN
PROF. DR. HÜSEYİN YILMAZ

İSTANBUL, 2015

T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ASKERİ GEMİLERİN DALGALI DENİZ DURUMUNDA HASARLI VE HASARSIZ STABİLİTE ANALİZİ

Emre KAHRAMANOĞLU tarafından hazırlanan tez çalışması 19.01.2015 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gemi İnşaatı ve Gemi Makinaları Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Hüseyin YILMAZ

Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Hüseyin YILMAZ

Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Prof. Dr. Fahri ÇELİK

Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Yrd. Doç. Dr. Sevilay CAN

İstanbul Teknik Üniversitesi _____

ÖNSÖZ

Bu yüksek lisans çalışması, farklı donanma kurallarına göre askeri gemilerin hasarlı ve hasarsız stabilite analizlerini içermekte ve donanma kurallarının birbirleriyle olan mukayeseleri hususunda yol gösterici nitelikte olacağı umulmaktadır.

Çalışmanın hazırlanmasında benden her türlü desteğini esirgemeyen danışman hocam sayın Prof. Dr. Hüseyin Yılmaz'a teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca çalışmanın her aşamasında, ihtiyacım olduğu her anda yardımlarını esirgemeyen hocalarım sayın Yrd. Doç. Dr. İsmail Bayer'e, sayın Yrd. Doç Dr. Bekir Şener'e, sayın Arş. Gör. Ali Doğrul'a ve mesai arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Bunların dışında yüksek lisansa başlamam dahil, akademik hayata geçiş sürecime en temel etken olarak bursiyeri olduğum Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu'na (TÜBİTAK) teşekkürü borç bilirim.

Her zaman desteklerini ve güvenlerini hissettiğim aileme de teşekkürü bir borç bilirim.

Ocak, 2015

Emre KAHRAMANOĞLU

İÇİNDEKİLER

Sayfa

SİMGE LİSTESİ vii

KISALTMA LİSTESİ x

ŞEKİL LİSTESİ xi

ÇİZELGE LİSTESİ xiii

ÖZET xv

ABSTRACT xvi

BÖLÜM 1

GİRİŞ 1

1.1 Literatür Özeti 2
1.2 Tezin Amacı 6
1.3 Bulgular 6

BÖLÜM 2

STABİLİTE KAVRAMI 7

2.1 Stabiliteye Giriş 7
2.2 Hasarsız Stabilite 7
2.2.1 Başlangıç Stabilitesi 7
2.2.2 Statik Stabilite 8
2.2.3 Dinamik Stabilite 10
2.3 Hasarlı Stabilite 11
2.3.1 Deterministik Yaklaşım 11
2.3.1.1 Eklenen Ağırlık Yöntemi 12
2.3.1.2 Kayıp Sephiye Yöntemi 13
2.3.2 Olasılıklı Yaralı Stabilite 13
2.4 Dalgaların Stabiliteye Olan Etkisi 13

BÖLÜM 3

ASKERİ STABİLİTE KURALLARI 17

3.1 Amerikan Donanma Kuralları 17
3.1.1 Hasarsız Stabilite Kuralları 18
3.1.1.1 Rüzgârın Neden Olduğu Meyil 18
3.1.1.2 Ağır Yüklerin Kaldırılmasından Oluşan Meyil 23
3.1.1.3 Çekme Halatının Çekişinden Kaynaklanan Meyil 24
3.1.1.4 Mürettebat ve Yolcuların Geminin Bir Tarafına Toplanmasından Kaynaklanan Meyil 25
3.1.1.5 Yüksek Hızlı Dönüşlerden Kaynaklanan Meyil 26
3.1.1.6 Geminin Su Hattından Yukarısının Buzlanmasından Kaynaklanan Yatırıcı Kol 27
3.1.2 Hasarlı Stabilite Kuralları 29
3.1.2.1 Yedek Yüzdürme Gereksinimleri 29
3.1.2.2 Hasar Boyutları 31
3.1.2.3 Hasarlı Stabilite Ölçütü 35
3.2 İngiliz Donanma Kuralları 38
3.2.1 Hasarsız Stabilite 39
3.2.1.1 Hasarsız Stabilite Kriteri 39
3.2.1.2 Enine Gelen Rüzgârlarda Stabilite 41
3.2.1.3 Buzlanma Altında Meyil Durumu 42
3.2.1.4 Yüksek Hızlı Dönüşlerden Kaynaklanan Meyil 43
3.2.1.5 Büyük Ağırlıkların Kaldırılmasından Oluşan Meyil 44
3.2.1.6 Mürettebat ya da Yolcuların Bir Yerde Toplanmasından Meydana Gelen Meyil 45
3.2.1.7 Limanda Stabilite 46
3.2.1.8 Havuzlama Sırasında Stabilite 47
3.2.1.9 Yangınla Mücadelede Stabilite 47
3.2.2 Hasarlı Stabilite 47
3.2.2.1 Yara Uzunluğu 47
3.2.2.2 Permeabilite 47
3.2.2.3 Rüzgâr Hızı 48
3.2.2.4 Hasarlı Stabilite Ölçütü 49
3.3 Alman Donanma Kuralları 50
3.3.1 Hesaplamalarda Yapılan Kabuller 51
3.3.2 Hasarsız Stabilite Kuralları 53
3.3.2.1 Doğrultucu Kollar 53
3.3.2.2 Yatırıcı Kollar 54
3.3.2.3 Yeterli Stabilite İspatı 58
3.3.3 Hasarlı Stabilite 59
3.3.3.1 Hasar Boyutları 59
3.3.3.2 Permeabilite 60
3.3.3.3 Doğrultucu Kollar 60
3.3.3.4 Yatırıcı Kollar 60
3.3.3.5 Hasarlı Durumda Yeterli Stabilitenin İspatı 61

BÖLÜM 4

UYGULAMA 62

4.1 Uygulamada Kullanılan Fırkateynin Tanıtılması 62
4.2 Yükleme Durumunun Belirlenmesi 64
4.2.1 Kullanılan Savaş Aksamları 64
4.2.2 Kullanılan Elektronik Aksamlar 65
4.2.3 Kullanılan Diğer Savaş ve Yaşam Ekipmanları 66
4.2.4 Ağırlık Hesabı 67
4.3 Hasarsız Stabilite Analizi 69
4.3.1 Enine Rüzgarın Neden Olduğu Meyil Durumu 70
4.3.2 Ağırlık Hareketlerinin Neden Olduğu Meyil Durumu 72
4.3.3 Hızlı Dönüşün Neden Olduğu Meyil Durumu 73
4.3.4 Buzlanmanın Neden Olduğu Meyil Durumu 74
4.4 Hasarlı Stabilite Analizi 76
4.4.1 Hasar Boyutlarının Belirlenmesi 76
4.4.2 Yaralanma Senaryolarının Belirlenmesi 77
4.4.3 Senaryoların Değerlendirmesi 78

BÖLÜM 5

SONUÇ VE ÖNERİLER 84

KAYNAKLAR 87

EK-A

HASARLI VE HASARSIZ STABİLİTE ANALİZ SONUÇLARI 90

ÖZGEÇMİŞ 105

SİMGE LİSTESİ

a	Ağırlığın enine yer değiştirme miktarı (syf 23-25)
a	Geminin ağırlık merkezi ile yanal direnç merkezi arasındaki mesafe (syf 26)
A	Su hattı üzerindeki yanal projeksiyon alanı
A_L	Su altı yanal çekim alanı
A_W	Yanal rüzgar alanı
A_{WOH}	Yanal rüzgar alan merkezi
b	Yük merkezinin orta simetri eksinine olan uzaklığı
B	Gemi genişilği
BM	Enine metasantr yarıçapı
BM_t	Enine metasantr yarıçapı
BM_L	Boyuna metasantr yarıçapı
BWL	Su hattı genişliği
C	Statik denge noktası
C	Test faktörü (syf 19)
C_b	Blok katsayısı
C_D	Dairesel manevra için katsayı
C_M	Orta kesit narinlik katsayısı
C_P	Prizmatik katsayı
C_W	Form faktörü (syf 56)
C_W	Enine akımdan kaynaklanan direç katsayısı (syf 57)
C_{WP}	Su hattı alan katsayısı
D	Pervane çapı (syf 24)
D	Yaralanmadan sonraki meyil açısı
F_T	Maksimum yanal çekme kuvveti (syf 56)
F_T	Yük vinci için nominal çekme değerinin üç katı (syf 57)
Fn	Frounde sayısı
g	Yer çekim ivmesi
G	Geminin ağırlık merkezi
GM	Ağırlık merkezinin metasantr noktasına olan uzaklığı
GM_t	Enine metasantr yüksekliği
GM_L	Boyuna metasantr yüksekliği
GZ	Doğrultucu moment kolu
GZ_C	C noktasındaki doğrultucu kol

GZ_{max}	Maksimum doğrultucu moment kolu
h	Ağırlık merkezi ile yarı su çekimi arasındaki düşey mesafe
h_B	Dalga tepesi gemi ortasında iken doğrultucu kol
h_G	Sakin sudaki doğrultucu kol
h_{rest}	Artık kol
h_S	Seyir halindeki geminin doğrultucu kolu
h_T	Dalga çukuru gemi ortasında iken doğrultucu kol
H	Pervane şarf merkezi ile çekme halatı arasındaki düşey mesafe (syf 24)
H	Dalga yüksekliği
HA	Yatırıcı moment kolu
HA_C	Statik denge noktasındaki yatırıcı kol değeri
HA_{EQUIL}	Statik denge noktasındaki yatırıcı kol değeri
HA_{TOW}	Çekme halatının çekişinden kaynaklanan yatırıcı moment kolu
HA_{CROWD}	Mürettebatın bir tarafa toplanmasından kaynaklanan yatırıcı kol
HA_{WIND}	Rüzgar yatırıcı kol
$HA_{HEAVYLIFT}$	Ağır yüklerin kaldırılmasından oluşan yatırıcı kol
KB	Su altı hacim merkezinin kaide hattından uzaklığı
KG	Ağırlık merkezinin kaide hattından uzaklığı
KN	Çapraz stabilite değeri
lcg	Yaralı bölmeye giren suyun ağırlık merkezinin boyuna konumu
l_F	Serbest yüzey etkisinden kaynaklanan yatırıcı kol
l_p	Mürettebattan kaynaklanan yatırıcı kol
l_{TC}	Dairesel manevradan kaynaklanan yatırıcı kol
l_{TR}	Yedekte çekme nedeniyle oluşan yatırıcı kol
l_Q	Seyir halindeki dolum işlemi nedeniyle oluşan yatırıcı kol
l_v	Rüzgarın neden olduğu yatırıcı kol
lw_1	Daimi rüzgar kolu
lw_2	Fırtınadaki rüzgar kolu
L	Gemi boyu
L_{DWL}	Su hattı boyu
LBP	Dikmeler arası boy
LCG	Ağırlık merkezinin boyuna konumu
LCG_{yeni}	Yaralanmadan sonraki ağırlık merkezinin boyuna konumu
L_{hasar}	Hasar uzunluğu
M	Metasantr noktası
M_d	Doğrultucu moment
MTC	1 cm trim momenti
N	Pervane sayısı (syf 24)
N	Bertin'in test faktörü (syf 19)
P	Rüzgar basıncı
p_i	Geminin belirli bölgelerinin yaralanma olasılığı
R	Seyir yarıçapı
S	Dümenden kaynaklanan ondalık hatayı düzeltme katsayısı
s_i	Geminin kurtulma olasılığı
SHP	Şaft başına düşen beygir gücü
T	Su çekimi

T_m	Ortalama su çekimi
T_F	Yüzme merkezindeki su çekimi
TCG	Ağırlık merkezinin enine konumu
TCG_{yeni}	Yaralanmadan sonraki ağırlık merkezinin enine konumu
TPC	1 cm batma tonajı
tcg	Yaralı bölmeye giren suyun ağırlık merkezinin enine konumu
v	Yaralı bölmeye giren suyun hacmi
V	Gemi hızı
$V_{rüzgar}$	Hasarlı durumdaki rüzgar hızı
V_q	Çekiciye etkiyen maksimum yanal direnç akış hızı
V_w	Rüzgar hızı
W	Geminin ağırlığı
W_D	Donanım ağırlığı
w	Yer değiştiren ağırlık ya da mürettebat ağırlığı
Y	Geminin merkez hattından, insanların yanal konumuna olan mesafe
z	Alan merkezi ile su çekiminin yarısı arasındaki düşey mesafe
Δ	Deplasman ağırlığı
Δ_{yeni}	Yaralanmadan sonraki deplasman ağırlığı
Ø	Meyil açısı
$Ø_D$	Su basma açısı
$Ø_m$	Maksimum moment kolunun oluştuğu açı
$Ø_{max}$	Maksimum moment kolunun oluştuğu açı
$Ø_{ref}$	Referans meyil açısı değeri
$Ø_{st1}$	Birinci statik denge açısı
$Ø_{st2}$	İkinci statik denge açısı
$Ø_v$	Devrilme açısı
ρ	Su yoğunluğu
λ	Dalga boyu

KISALTMA LİSTESİ

BV1030	Alman Donanma Kuralları
DDS079	Amerikan Donanma Kuralları
IMO	International Maritime Organization (Uluslararası Denizcilik Örgütü)
IS	International Code on Intact Stability (Uluslararası Hasarsız Stabilite Kodu)
MSC	Maritime Safety Committee (Deniz güvenliği komitesi)
NES109	İngiliz Donanma Kuralları
Ro-Ro	Roll on-Roll off
SOLAS	Safety of Life at Sea (Denizde Can Güvenliği Uluslararası Sözleşmesi)

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2. 1 Başlangıç stabilitesi 8
Şekil 2. 2 Meyillli durumda stabilite 9
Şekil 2. 3 Statik stabilite eğrisi 10
Şekil 2. 4 Stabilite eğrisinin altında kalan gösterimi 11
Şekil 2. 5 Dalga tepesi gemi ortasına denk geldiği durumda gemi geometrisinde meydana gelen değişim 14
Şekil 2. 6 Dalga tepesi ve sakin su durumlarında gemi su hattı alanının karşılaştırılması 15
Şekil 2. 7 Dalga çukuru gemi ortasına denk geldiği durumda gemi geometrisinde meydana gelen değişim 15
Şekil 2. 8 Dalga çukuru ve sakin su durumlarında gemi su hattı alanının karşılaştırılması 16
Şekil 3. 1 Klasik bir stabilite eğrisi 18
Şekil 3. 2 IS Kod a göre moment kolları eğrisi 18
Şekil 3. 3 Rüzgar altında moment kolları eğrisinin karşılaştırılması 22
Şekil 3. 4 Ağırlık değişiminden kaynaklı moment kolları eğrisi 23
Şekil 3. 5 Çekme halatından kaynaklanan moment kolu eğrisi 25
Şekil 3. 6 Gemi deplasmanıyla orantılı olarak hesaplanan buz ağırlığı 27
Şekil 3. 7 Buzlanma ve enine rüzgardan kaynaklanan moment kolları eğrisi 28
Şekil 3. 8 Perdenin yaralanmanın sınırında olması durumu 30
Şekil 3. 9 V hatları ya da su basma hatları 30
Şekil 3. 10 Deplasmana bağlı olarak geri dönüş açısı değerleri 31
Şekil 3. 11 Perdeler arası mesafe 32
Şekil 3. 12 Hasar boyunun uzunluğu 33
Şekil 3. 13 Hasarın enine uzunluğu 34
Şekil 3. 14 Hasarın ve su basmasının düşey uzunluğu 35
Şekil 3. 15 Hasarlı durumda yatırıcı ve doğrultucu kol eğrileri 36
Şekil 3. 16 Yaralanmadan sonra gerekli A_1 alanının deplasmana göre değişimi 37
Şekil 3. 17 Hasarsız gemi deplasmanına göre hasarlı durumdaki rüzgar değerleri 38
Şekil 3. 18 Minimum kabul edilebilir GZ eğrisi örnekleri 39
Şekil 3. 19 Stabilite aralığı ve maksimum GZ sınırlandırmaları 40
Şekil 3. 20 Rüzgardan kaynaklanan yatırıcı kol eğrisi 42
Şekil 3. 21 Yüksek hızda dönüşten kaynaklanan yatırıcı kol ile doğrultucu kol eğrileri 44

Şekil 3. 22 Büyük ağırlıkların kaldırılmasından kaynaklanan yatırıcı kol ve doğrultucu kol eğrileri 45
Şekil 3. 23 Mürettebatın bir yöne yönelmesi sebebiyle oluşan yatırıcı kol 46
Şekil 3. 24 Hasarlı stabilitede moment kolları eğrisi 49
Şekil 4. 1 Modellenmiş fırkateynin 3 boyutlu hali 63
Şekil 4. 2 Modellenmiş fırkateynin posta, su hattı ve batok eğrileri 63
Şekil 4. 3 Modellenmiş fırkateynin su hatları resmi 63
Şekil 4. 4 Modellenmiş fırkateynin profil kesitleri resmi 64
Şekil 4. 5 Hesaplamalarda takip edilen metodoloji 69
Şekil 4. 6 Enine gelen rüzgarlarda alan oranlarının İngiliz ve Amerikan donanma kurallarına göre farkı 70
Şekil 4. 7 Enine gelen rüzgarlarda standartlara göre artık kol değerleri 72
Şekil 4. 8 Mürettebatın ve ağırlıkların yer değiştirmesinden kaynaklanan meyilde İngiliz ve Amerikan Donanma Kuralları'na göre alan oranları 72
Şekil 4. 9 Hızlı dönüşten kaynaklanan meyil durumundaki İngiliz ve Amerikan Donanma Kuralları'na göre alan oranları 74
Şekil 4. 10 Buzlanmadan kaynaklanan meyil durumundaki İngiliz ve Amerikan Donanma Kuralları'na göre alan oranları 75
Şekil 4. 11 Enine perdeler ve bölmeler 77
Şekil 4. 12 D1 senaryosuna göre statik yatma açısı değerleri 80
Şekil 4. 13 D2 senaryosuna göre statik yatma açısı değerleri 80
Şekil 4. 14 D6 senaryosuna göre statik yatma açısı değerleri 81
Şekil 4. 15 D2 senaryosuna göre alan oranları 82
Şekil 4. 16 D6 senaryosuna göre alan oranları 82
Şekil 4. 17 D7 senaryosuna göre alan oranları 83

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3. 1 X_1 ve X_2 faktörleri 20
Çizelge 3. 2 k ve s faktörleri 20
Çizelge 3. 3 IS Kod ve NES109 un karşılaştırılması 40
Çizelge 3. 4 NES109 ve DDS079-1 e göre nominal hız karşılaştırmaları 41
Çizelge 3. 5 NES109 a göre permeabilite değerleri 48
Çizelge 3. 6 Alman Donanma Kuralları'na göre yükleme durumları 51
Çizelge 3. 7 Alman Donanma Kuralları'na ait kabuller 52
Çizelge 3. 8 Froude sayısına göre C_D değeleri 55
Çizelge 3. 9 Atak alanına göre form faktörleri değerleri 56
Çizelge 3. 10 Gruplara göre rüzgar hızı-basınç ilişkisi 56
Çizelge 3. 11 Yükleme durumlarına göre kullanılacak moment kolları 59
Çizelge 3. 12 BV1030 e göre permeabilite değerleri 60
Çizelge 4. 1 Fırkateyne ait ana değerler 62
Çizelge 4. 2 Mürettebata ait ağırlıklar listesi 67
Çizelge 4. 3 Ağırlık hesabına ilişkin değerler 68
Çizelge 4. 4 Tam yüklü durumdaki hidrostatik değerler 68
Çizelge 4. 5 Hasarsız durumda rüzgar hızları 70
Çizelge 4. 6 Sakin su durumu için kurallara uygunluk tablosu 71
Çizelge 4. 7 Ağırlık değişiminden kaynaklanan meyildeki sabit açı değerleri 73
Çizelge 4. 8 Hızlı dönüşten kaynaklanan meyil durumundaki sabit açı değerleri 74
Çizelge 4. 9 Buzlanmadan kaynakalanan meyil durumundaki gerekli moment kolu değerleri 75
Çizelge 4. 10 Hasar uzunluk değerleri 76
Çizelge 4. 11 Su geçirmez perdelerin boyuna konumları 77
Çizelge 4. 12 Donanmalara göre yaralanma senaryoları 78
Çizelge 4. 13 Yaralanma durumundaki rüzgar hızları 78
Çizelge 4. 14 Sakin su durumunda yatma açısı değerleri 79
Çizelge 4. 15 Sakin su durumunda sabit açı değerleri 79
Çizelge A. 1 Hasarsız durumda enine gelen rüzgarlarda stabilite ölçütü(DDS079) 91
Çizelge A. 2 Hasarsız durumda enine gelen rüzgarlarda stabilite ölçütü(NES109) 91
Çizelge A. 3 Hasarsız durumda enine gelen rüzgarlarda stabilite ölçütü(BV1030) 92
Çizelge A. 4 Hasarsız durumda mürettebat ve ağrılıkların yer değiştirmesinde stabilite ölçütü (DDS079) 92
Çizelge A. 5 Hasarsız durumda mürettebat ve ağrılıkların yer değiştirmesinde stabilite ölçütü (NES109) 93

Çizelge A. 6 Hasarsız durumda mürettebat ve ağrılıkların yer değiştirmesinde stabilite ölçütü (BV1030) 93
Çizelge A. 7 Hasarsız durumda hızlı dönüşte stabilite ölçütü(DDS079) 94
Çizelge A. 8 Hasarsız durumda hızlı dönüşte stabilite ölçütü (NES109)..... 94
Çizelge A. 9 Hasarsız durumda hızlı dönüşte stabilite ölçütü (BV1030)..... 95
Çizelge A. 10 Hasarsız durumda buzlanmada stabilite ölçütü(DDS079)..... 95
Çizelge A. 11 Hasarsız durumda buzlanmada stabilite ölçütü(NES109) 96
Çizelge A. 12 Hasarsız durumda genel stabilite ölçütü(NES109) 97
Çizelge A. 13 Hasarlı durumda genel stabilite ölçütü D1-D2 (NES109) 98
Çizelge A. 14 Hasarlı durumda genel stabilite ölçütü D3-D4 (NES109) 98
Çizelge A. 15 Hasarlı durumda genel stabilite ölçütü D5-D6 (NES109) 99
Çizelge A. 16 Hasarlı durumda genel stabilite ölçütü D7-D8 (NES109) 99
Çizelge A. 17 Hasarlı durumda genel stabilite ölçütü D9-D10 (NES109) 100
Çizelge A. 18 Hasarlı durumda genel stabilite ölçütü D1-D2 (DDS079) 100
Çizelge A. 19 Hasarlı durumda genel stabilite ölçütü D3-D4 (DDS079) 101
Çizelge A. 20 Hasarlı durumda genel stabilite ölçütü D5-D6 (DDS079) 101
Çizelge A. 21 Hasarlı durumda genel stabilite ölçütü D7-D8 (DDS079) 102
Çizelge A. 22 Hasarlı durumda genel stabilite ölçütü D9-D10 (DDS079) 102
Çizelge A. 23 Hasarlı durumda genel stabilite ölçütü D1-D2-D3 (BV1030 103
Çizelge A. 24 Hasarlı durumda genel stabilite ölçütü D4-D5-D6 (BV1030)..... 103
Çizelge A. 25 Hasarlı durumda genel stabilite ölçütü D7-D8 (BV1030) 104
Çizelge A. 26 Hasarlı durumda genel stabilite ölçütü D9-D10 (BV1030) 104

ÖZET

ASKERİ GEMİLERİN DALGALI DENİZ DURUMUNDA HASARLI VE HASARSIZ STABİLİTE ANALİZİ

Emre KAHRAMANOĞLU

Gemi İnşaatı ve Gemi Makinaları Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Hüseyin YILMAZ

Bu çalışmada, farklı tip donanma kurallarına (İngiliz, Amerikan, Alman) ait hasarlı ve hasarsız stabilite kuralları incelenmiştir. Ardından, konsept olarak tasarlanan bir fırkateyn üzerinde her bir donanma kuralına göre dalgalı deniz durumunu da içeren hasarlı ve hasarsız stabilite analizi yapılmıştır. Dalgalı deniz durumu, dalga tepesinin konumu gemi başından kıçına doğru adım adım ilerletilerek oluşturulmuştur. Analizler neticesinde her bir kural grubunun birbiri ile olan benzerlik ve farklılıkları ortaya konulmuş ve stabilite açısından önemli hususlar belirtilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Hasarlı stabilite, askeri stabilite, fırkateyn

ABSTRACT

NAVAL SHIPS' INTACT AND DAMAGED STABILITY ANALYSIS IN WAVES

Emre KAHRAMANOĞLU

Department of Naval Architecture and Marine Engineering

MSc. Thesis

Advisor: Prof. Dr. Hüseyin YILMAZ

In this thesis, the intact and damaged stability rules of different navies (English, German and American) are investigated. Then, including the waves, the intact and damaged stability analsyses are carried out for a frigate which is desgined as concept. The analyses are also carried out for each navy rules. The wave crests are pushed forward step by step to simulate the waves. As a result it has been examined that whether there are diffrences and similarities with each other and the critical points about stability are pointed out.

Keywords : Damaged stability, naval ship Stability, frigate

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Gemilerin güvenli bir şekilde seyredebilmeleri amacıyla belirlenmiş bir takım kurallar mevcuttur. Bu kurallar; geçmişte yaşanmış bir takım olaylar, kazalar gibi etmenlerle şekillenmiş ve geliştirilmiştir. Yaşanan her olay akabinde çıkarılan sonuçlar ve bunların birikimi, bazen kural sayısında artışa sebep olurken, bazen de mevcut kuralın içeriğinde değişikliğe gidilmesine neden olmuştur.

Güvenli bir seyir için geminin yalnızca hasarsız olarak mevcut kuralları sağlaması yetmemektedir. Bunun yanında hasarlı durumda da, bu durum için gerekli olan kuralları sağlaması gerekmektedir. Tüm bunların yanı sıra gemilerin her zaman sakin suda seyretmedikleri göz önüne alındığında, dalgalı deniz durumlarında da kuralların sağlanması gerektiği aşikârdır. Zira özellikle dalga boyunun gemi boyuna eşit olduğu durumun, gemi için en tehlikeli durum olduğu yapılan araştırmalar sonucunda doğrulanmıştır. O halde; bu durumlarda da mevcut geminin, tabi olduğu kuralları sağlamakla mükellef olduğu sonucuna rahatlıkla ulaşılabilir.

Güvenli bir şekilde seyir için oluşturulan kurallar; geminin kullanılış amacı, çalışacağı yer gibi etmenlerle değişiklikler göstermektedir. Bu bağlamda, ticari bir gemi ile askeri bir gemi arasındaki fark, tabi oldukları kural grubunu da değiştirmektedir. Örneğin; askeri gemilerin güvenli bir şekilde seyretmeleri için oluşturulan kurallar, donanma kuralları olarak belirtilmektedir ve her bir ülkenin kendine özgü bir donanma kuralı mevcuttur. Türk donanma gemilerinin yapımında bugüne kadar genellikle Alman Donanma Kuralları esas alınmıştır. Bu çalışmada askeri gemilerin, dünyada yaygın olarak kullanılan üç farklı donanma kurallarına göre hasarlı ve hasarsız olarak stabiliteleri

incelenecek ve her bir kural grubunun diğerlerine karşı ne gibi avantajları ya da dezavantajlara sahip olduğu irdelenecektir.

1.1 Literatür Özeti

Bugüne kadar gemilerin dalgalı durumda hasarlı ya da hasarsız stabilitelerini inceleyen pek çok çalışma mevcuttur. Bu çalışmalar gerek askeri gemiler için, gerekse ticari gemiler için yapılmıştır. Bu kısımda, bu çalışmalardan belli başlı olanlarından bahsedilecektir.

Begovic vd. [1] dalgaya maruz kalan hasarlı bir fırkateyne etki eden yükleri ve bu fırkateynin hareketlerini inceleyebilmek amacıyla deneysel çalışmalar yapmıştır. Deneylerde DTMB 5415 adlı fırkateyne ait 1/100 ölçekli bir model kullanarak, dalgaların baştan ya da bordadan gelme durumlarını ayrı ayrı inceleyerek sonuçlarını karşılaştırmalı olarak yayınlamışlardır.

Begovic vd. [1] den daha sonra bu çalışmayı bir adım öteye taşımak amacıyla, bir çalışma daha gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada ise aynı model hem baştan, hem bordadan hem de omuzluktan gelen dalgalara maruz bırakılarak hasarlı ve hasarsız durumdaki tepkileri incelenmiştir. Bu deneylerden elde edilen sonuçlar Begovic vd. [1] de bulunan sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Bununla yetinilmeyip aynı fırkateyne ait bu kez 1/51 ölçekli bir model, teste tabi tutularak daha sağlıklı sonuçlara varmaya çalışılmıştır (Begovic vd. [2]).

Belenky ve Bassler [3] te, dalgalı durumda stabilitedeki değişimleri değerlendirebilmek adına erken dizayn aşamasında kullanılan pratik bir metot sunmuşlardır. Bu metodun sunulmasındaki asıl amaç; stabiliteyle ilgili karşılaşılabilinecek sorunları önceden fark edip, gerekli olduğu takdirde ekstra analiz yapmak ya da gemi formunu değiştirmek gibi önlemler almaktır. Sonuç olarak geliştirilen metodun tüm tek gövdeli tekneler için kullanılabilir olduğu, çok gövdeli tekneler için kullanılmasının önünde bir engel görülmediği belirtilmiştir.

Chan vd. [4] te, bir Ro-Ro gemisini düzenli dalgaya maruz kaldığı ve hızının sıfır olduğu durumda, hasarlı ve hasarsız olarak incelemişlerdir. Bu çalışmada zaman temelli bir simülasyon kullanan araştırmacılar gemiye gelen global dalga yükünü incelemeye çalışmışlar, bu sebeple Dextra adlı gemiye ait bir model kullanarak yaptıkları deneylere

ilişkin sonuçlar ile, kendi geliştirdikleri simülasyondan elde ettikleri sonuçları karşılaştırmışlardır. Gemi ortasına gelen yatay ve düşey eğilme momentlerinin oldukça benzerlik gösterdiği, ancak burulma momenti değerlerinde simülasyonun daha büyük sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir.

2012 yılında hasarlı stabilite için yapılan bir çalışmada, geminin her yerine belli sensörler yerleştirilmiş ve suyun içeri doluş hızı kontrol edilerek, rotası saptanmaya çalışılmıştır. Geleneksel yaklaşımdan daha farklı ve daha hızlı sonuç veren bu metotla birlikte kriz durumunda alınacak kararlara ilişkin çok değerli bilgiler edinilebileceği iddia edilmiştir (Ruponen vd. [5]).

Palazzi ve de Kat [6] da, hasarlı durumdaki hava akışının stabiliteye olan etkisini incelemişlerdir. Bunun için hem nümerik hem de deneysel çözümlemeler yapılmıştır. Daha sonraki adımda bu sonuçlar birbirleriyle karşılaştırılarak hava akışı olmadan hava basıncı modellendiğinde statik meyil açısının daha az olduğu gibi gözlemlerle birlikte, hava akışının dikkate alınması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Korkut vd. [7] de, bir Ro-Ro gemisinin düzenli dalgalarda hasarlı ve hasarsız durumlardaki tepki hareketlerini deneylerle gözlemlemişlerdir. Bunun için gerçek geminin 1/125 i ölçekli modele gönderilen dalgaların frekansları, yükseklikleri ya da gemiye geliş açıları değiştirilerek yapılan gözlemler neticesinde bu etkenlerin hasarlı ve hasarsız durumlarda geminin hareketlerine olan etkileri incelenmiş ve bunların sonuçları detaylı olarak yayınlanmıştır.

Fang vd.[8] de, katamaranların tepki hareketlerini 2 boyutlu Green fonksiyonu metodu ile viskoz etkileri de dikkate alarak tahmin eden bir metot yayımlamışlardır. Ortaya atılan bu yöntemden elde edilen bulgular ile deneysel gözlemler karşılaştırılıp, yöntemin doğruluğu araştırılmıştır. Sonuç olarak da, düşük hızlarda tepki hareketlerini tahmin etme yönünden yöntemin başarılı olduğu ancak düşük dalga frekanslarında yöntemin sonuçları ile deneyin sonuçlarında bazı uyuşmazlıklar olduğu gözlenmiştir.

Lee vd. [9] da, hasarlı bir geminin dalgaya maruz kaldığındaki davranışlarını deneysel ve teorik olarak incelemişlerdir. Her tipte gemiye uygulanabilen non-lineer zaman temelli bir simülasyon ile yapılan teorik inceleme, farklı tipte yaralanmaları içeren deneylerle doğrulamaya çalışılmıştır.

Chan vd. [10] da; hasarlı ve hasarsız durumda düzenli ve yandan gelen dalgalardaki bir Ro-Ro gemisinin, büyük genlikli tepki hareketlerini lineer olmayan zaman temelli bir simülasyonla ve model testleriyle incelemişlerdir. Farklı genlikler ve karşılaşma şekilleri ile tekrarlanan deneyler sonucunda rezonans yalpa hareketinin yatay modu dışında teorinin deneylerle uyum içinde olduğu gözlemlenmiştir.

2012 yılında ise Lee vd. [11] de; 2 boyutlu lineer bir metot yardımıyla, düzenli dalgalar gelmesi durumunda geminin maruz kalacağı yüklemeyi hesaplamışlar ve maksimum dizayn yüklerini tahmin etmeye çalışmışlardır. 1/100 ölçekli bir modelle yapılan testlerde metodun doğruluğu araştırılmıştır. Farklı yaralanma senaryoları üretilerek bunlar üzerinde incelemeler yapılmış, farklı durumlar için kritik noktalar ya da aniden artan ya da azalan kuvvet değerleri tespit edilmeye çalışılmıştır. Sonuç olarak da teorik sonuçlar ile deneysel sonuçlar karşılaştırılmış, uyumluluk gösteren ve göstermeyen yerler ve neden olabileceği düşünülen sebepler birlikte açıklanmıştır.

Ruponen vd. [5] teki çalışmasına benzer bir çalışmada ise, yaralanma neticesinde içeriye dolan sıvının hacmi metodu ile dinamik mesh metodu birleştirilerek yeni bir metot geliştirilmiş ve bu metotla birlikte giren suyun, geminin hareketlerine ve maruz kaldığı kuvvetlere olan etkisi vs. incelenmiştir. Daha sonra teorik olarak elde edilen bu sonuçlar deneylerle desteklenerek sonuçlandırılmışıtır (Gao vd. [12]).

Santos ve Soares [13] de, çalışmalarında zaman temelli bir matematiksel model geliştirmişler ve bu modeli içeren metodu hasarlı durumdaki Ro-Ro gemisinin dalgalara maruz bırakıldığındaki davranışlarını kestirebilmek için kullanmışlardır. Geminin hayatta kalabilmesi için hangi parametrelerin daha etkin olduğuna dair bir incelemede de bulunan ikili, bu bağlamda farklı bir çalışma gerçekleştirmiştir.

2005 yılında yapılan başka bir çalışmada ise, enine dalgaların neden olduğu yalpa hareketi güvenlik açısından incelenmiştir. Alabora olayında etkili olan parametrelerin ne kadar önemli olduğuna ilişkin parametrik bir inceleme yapılmıştır (Surendan vd. [14]).

Stabilite limiti parametrik rezonans probleminin çok pratik bir çözümü ve çok bilinen bir yöntemdir. Yapılan bir çalışmada da, stabilitenin yeni limitleri geliştirilmeye çalışılıp bunlar, klasik Strut diyagramı ile karşılaştırılarak yeni stabilite limitleri ile ilgili; tekne

hızı, sönüm ve tuning (ayarlama) gibi farklı parametrelerin etkisi incelenmiştir (Neves ve Rodriguez [15]).

Soydar [16] ise denizde can güvenliğini sağlayabilmek adına kurallar dizisinden oluşan SOLAS90 ile SOLAS 2009'daki olasılıklı yaralı stabilite kurallarının uygulanma şekillerini açıklamışı ve değişen kuralların mevcut konteynır gemileri üzerindeki etkilerini incelemiştir. Yeni kurallar ile var olan kriterleri sağlayamayan gemiler için KG' nin azaltılması gibi belli başlı değişiklikler yapılıp, kurala uygunluğun sağlanıp sağlanmadığı gözlemlenmiştir.

Peşman ve Taylan [17] 2012 yılında yaptıkları bir çalışmada, genel yargının aksine kritik hızlar civarlarındaki yalpa genlikleri ve bunların kolay olmayan çözümlerinde bazı değerlerin tahmin edilemeyebileceğini ileri sürmüşlerdir. Bu nedenle de çözümlerinde ayrıkaşmanın sebep olduğu dengesiz durumların söz konusu olabileceğini ve bunların yalpa genliklerinde büyümeye ve hatta alaboraya neden olabileceğini iddia etmişlerdir. Bu konuda geliştirdilen model ile elde edilen sonuçlar, deneysel sonuçlar ile karşılaştırılarak bunların GZ üzerindeki etkisi incelenmiştir. Ayrıca kritik hızlardaki ayrıklaşmanın ön dizayn aşamasında belirlenmesinin parametrik yalpa tepkisi açısından oldukça önemli olduğu sonucuna varılmıştır.

Hu vd [18] da, bir savaş gemisine ait yaralanma durumunu incelemişlerdir. Bu durumun kontrolünü ve bu durumda geminin vereceği optimum tepkiyi içeren bir algoritma geliştiren araştırmacılar diğer yöntemlerden daha verimli olduğunu ileri sürdükleri yöntemlerine ilişkin sonuçları, diğer yöntemlere ilişkin sonuçlarla birlikte karşılaştırarak yayınlamışlardır.

Belenky vd [19] de, IMO ikinci nesil stabilite kriterine Amerika'nın katkısını belirtmek amacıyla bir çalışma hazırlamışlardır. Bu çalışmada dalga tepesi ya da dalga çukurunun gemi ortasına gelmesinin stabiliteye olan etkisine de bakılmıştır.

Santos ve Soares [20] de, sığ su teorisini kullanarak RO-RO gemilerinin hasarlı durumdaki hareketlerini incelemek adına bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Bunun için zaman temelli teorik bir yaklaşım geliştiren ikili bu teorik yaklaşımdan elde ettikleri sonuçları, deneylerden elde ettikleri sonuçlarla karşılaştırmıştır.

2008 yılında yapılan bir çalışmada savaş gemilerinde su basma anında kullanılacak, genetik algoritma temelli bir sistem ortaya atılmıştır. Bu sistemde 3 temel alt model bulunmakta ve sistem hangisinin daha optimal strateji olduğuna karar verecek, böylelikle kullanıcı hangi stratejinin daha etkin olacağına karar verebilecek ve onu uygulamaya koyabilecekti. Böylelikle hasarın etkisini minimuma indirilebilecek hatta daha zor durumlarda gemi hayatta tutulabilecek olduğu iddia edilmiştir. (Hu ve Ma [21]) .

1.2 Tezin Amacı

Bu çalışmanın amacı, farklı donanmalara ait dalgalı deniz durumunu da içeren hasarlı ve hasarsız stabilite kurallarının konsept olarak tasarlanan bir fırkateyne uygulanarak stabilite analizlerinin yapılması ve bu donanma kurallarının birbirleriyle olan benzerlikleri ve farklılıklarının ortaya konması ve stabilite açısından önemli hususların belirtilmesini sağlamaktır.

1.3 Bulgular

Yapılan çalışma neticesinde, Amerikan ve İngiliz Donanma Kuralları'nın hesaplama ve uygulama yönünden birbirine yakın olduğu, ancak Alman Donanma Kuralları'nın bu iki kural grubundan daha farklı olarak ölçütlerini belirlediği gözlenmiştir. Her kural grubunun birbiri üzerindeki avantaj ve dezavantajlarının kuralın uygulanacağı gemi, onun çalışacağı şartlar neticesinde şekilleneceği sonucuna varılmakla beraber, mevcut uygulamadaki gemi için en uygun donanma kuralının İngiliz Donanma Kuralları olduğu sonucuna varılmıştır.

BÖLÜM 2

STABİLİTE KAVRAMI

2.1 Stabiliteye Giriş

Stabilite, herhangi bir sıvı üzerindeki bir cismin maruz kaldığı kuvvetlere rağmen ilk andaki dengesine geri dönebilme yetisi olarak tanımlanabilir. Stabilite, yalnızca sabit bir cisim için kullanılan bir tanım olmamakla beraber, sıvının içinde ya da üzerinde hareket eden cisimler için de geçerli ve oldukça önemli bir kavramdır. Genel denizcilik hesaplamalarında stabilite kavramı, yüzen bir cismin hasarlı ve hasarsız olmamasına göre iki temel başlık altında incelenir.

2.2 Hasarsız Stabilite

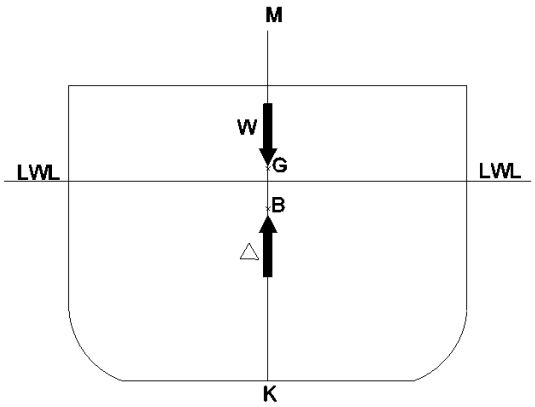
Hasarsız stabilite kavramı da kendi altında üç ana başlıkta incelenebilir. Bunlar; başlangıç stabilitesi, statik stabilite ve dinamik stabilitedir.

2.2.1 Başlangıç Stabilitesi

Herhangi bir cismin dengede kalabilmesi için sağlaması gereken iki temel şart bulunmaktadır. Bunlardan birincisi, ağırlığının neden olduğu kuvvet (W) ile sıvı içinde kalan hacminin neden olduğu kaldırma kuvvetinin (Δ) birbirine eşit olması gerektiğini öngören yüzme şartıdır.

$$W = \Delta \tag{2.1}$$

İkinci şart ise metasantr yüksekliği olarak tanımlanan sıfırdan daha büyük olması gerektiği öngörülen denge şartıdır.



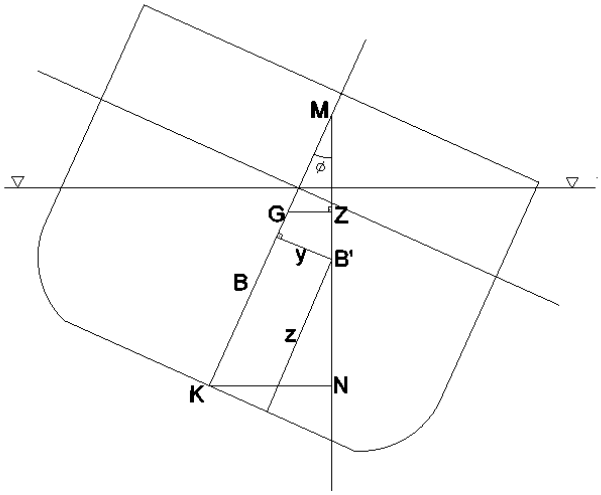
Şekil 2. 1 Başlangıç stabilitesi

Herhangi bir geminin denge şartını sağlayabilmesi için dikkat edilmesi gereken üç vektör bulunmaktadır. Bunlar; su altı hacim merkezi olan B noktasının, kaide hattından uzaklığını belirten $\overline{KB}$ vektörü, geminin ağırlık merkezinin kaide hattından yüksekliğini ifade eden $\overline{KG}$ vektörü ve enine metasantr yarıçapını ifade eden $\overline{BM}$ vektörüdür. Bu üç vektörün etkileşimi neticesinde ortaya çıkan ve ağırlık merkezinin, metasantr noktası olarak tanımlanan M noktasından olan uzaklığını ifade eden $\overline{GM}$ vektörünün başlangıç stabilitesini sağlaması için sıfırdan büyük olmalıdır. Ancak bu şart sağlandığında gemiye dışarıdan gelen bir kuvvet etkiyip dengesini bozduğunda, gemi tekrar dengesini kurabilir.

$$\overline{GM} = \overline{KB} + \overline{BM} - \overline{KG} > 0 \tag{2.2}$$

2.2.2 Statik Stabilite

Büyük meyil açılarında bir önceki kısımda da belirtildiği üzere Eşitlik (2.2) yararsız hale gelecektir. Açı değeri büyüdükçe, başlangıçta sabit olarak kabul edilen M noktası değişecektir. Şekil 2.2 de gösterildiği üzere herhangi bir yöne meyleden geminin orta simetri ekseninin, metasantr noktasından geçen doğruya olan dik uzaklıkları ölçülecek ve yeni denge denklemi bu kez bu vektörler üzerinden kurulacaktır.



Şekil 2. 2 Meyilli durumda stabilite

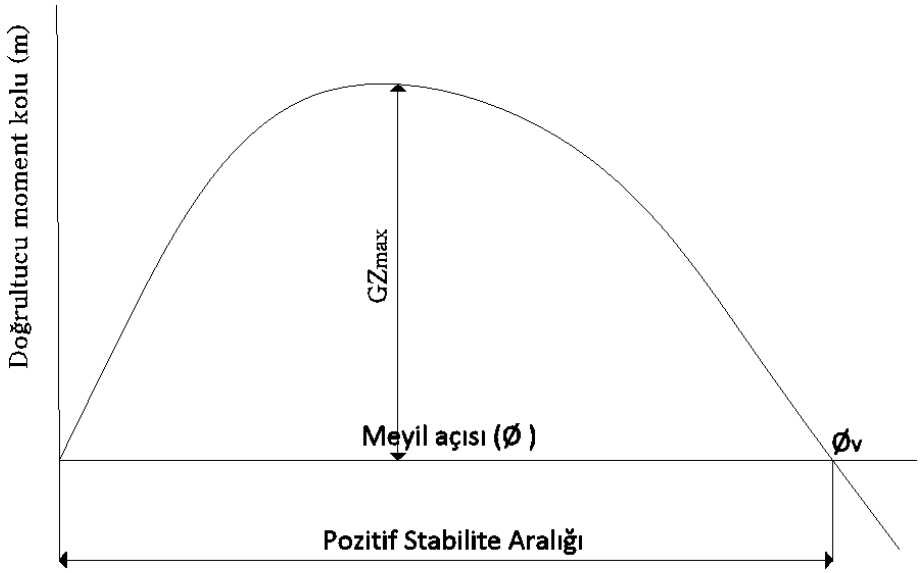
$$\overline{GZ} = \overline{KN} - \overline{KG} * sin\emptyset \tag{2.3}$$

Eşitlik (2.3) te belirtilen $\overline{KN}$ vektörü çapraz stabilite değieri olarak adlandırılır ve Eşitlik (2.4) e göre hesaplanabilir. Bu vektör ile deplasman değerlerini farklı meyil açılarında görmeyi sağlayan eğriye çapraz stabilite eğrisi denir. Bu eğri stabilite açısından oldukça önemli bir eğridir. Tekrar Eşitlik (2.3) e dönecek olursak; $\overline{GZ}$ vektörü, Şekil 2.2 de gösterildiği üzere doğrultucu moment kolunu ifade etmektedir. Bu kol sayesinde gemi tekrar eski haline gelebilecektir. Değişen meyil açılarına göre farklaşabilen denge denklemiyle elde edilen doğrultucu moment kolunun ($\overline{GZ}$), deplasman değeri (Δ) ile çarpılması sonucu doğrultucu moment değeri elde edilir.

$$\overline{KN} = y * \cos\emptyset + z * \sin\emptyset \tag{2.4}$$

$$M_d = \overline{GZ} * \Delta \tag{2.5}$$

Stabilite açısından bir diğer önemli eğri de $\overline{GZ} - \emptyset$ eğrisidir. Bu eğri ile birlikte geminin hangi meyil açısında ne kadarlık bir moment koluna sahip olduğu ve dolayısıyla da ne kadarlık bir doğrultucu momente sahip olacağı belirlenebilir. Şekil 2.3 te klasik bir $\overline{GZ} - \emptyset$ eğrisi gösterilmiştir.



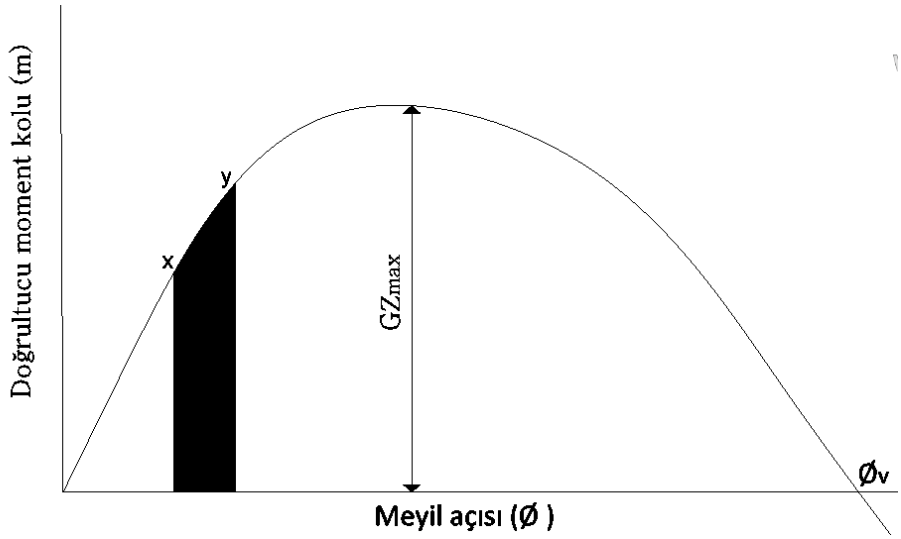
Şekil 2. 3 Statik stabilite eğrisi

Şekil 2.3 ten de anlaşılabileceği üzere maksimum $\overline{GZ}$ değeri GZ_{max} olarak adlandırılır ve oldukça önemlidir. Bu değer geminin devrilmesine mani olabilecek en büyük moment kolunu ifade eder ve bu kolun sağlandığı açı da $Ø_m$ olarak isimlendirilir. $\overline{GZ}$ değerinin negatif bölgeye indiği açı değerine devrilme açısı denir ve $Ø_v$ olarak gösterilebilir. $\overline{GZ}$ değerinin pozitif olarak başladığı varsayılırsa, başlangıç değerinden devrilme açısına kadar olan kısma, yani doğrultucu moment kolunun pozitif olduğu aralığa pozitif stabilite aralığı denir.

Şekil 2.3 ten $\overline{GM}$ değerini elde edebilmek için başlangıç noktasından eğriye bir teğet çizilir. Bu teğet ile 57.3° (1 radyan) lik doğrunun kesiştiği nokta dikkate alınarak $\overline{GM}$ değeri kontrol edilebilir. $\overline{GM}$ değerinin nasıl hesaplanacağı Bölüm 2.1 de anlatılmıştır.

2.2.3 Dinamik Stabilite

Bu ana kadar bahsedilen stabilite kavramı hep statik olarak bahsedildi. Ancak stabilite meselesi, statik olduğu kadar dinamik de bir meseledir. Önceki kısımda bahsedilen $\overline{GZ} - Ø$ eğrisi dinamik stabilite konusunda anahtar role sahiptir. Herhangi bir Ø açısına kadar bir tekneyi meyilli hale getirmek için harcanacak olan enerji, $\overline{GZ} - Ø$ eğrisinin belirlenen açı değerleri altında kalan alanla ifade edilir(Tapper [22]).



Şekil 2. 4 Stabilite eğrisi altında kalan alan gösterimi

2.3 Hasarlı Stabilite

Gemilerin hasarsız olarak seyahat etmelerinin yanı sıra, zaman zaman geminin içinde veya dışında hasar almasına neden olabilecek bir olay meydana gelebilir. İşte böyle olayla karşılaşıldığı durumda geminin kısmen de olsa stabilitesini koruyabilmesi ya da en azından hayatta kalabilmesi gerekmektedir. Bu nedenlere hasarlı stabilite, gemilerin dizayn aşamalarında incelenmesi gereken çok önemli bir husus olup, olasılıklar etraflıca değerlendirilmeli ve bununla birlikte mürettebat hatta yolcular bile yaralanma olması durumunda yapılacaklar konusunda bilgilendirilmelidir.

Bölmeleme geminin enine su geçirmez perdelerle donatılmasıdır. Bölmeleme hasarlı stabilitede oldukça önemli bir parametredir. Çünkü bu parametreye göre gemiye giren suyun hangi sınırlar içerisinde kalacağı belirlenir. Böylelikle geminin hayatta kalması ya da kazanın ne kadar büyük bir zarara neden olacağı gibi sorunlar henüz dizayn aşamasında iken önlenebilir.

Elbette ki bu hususta uluslararası kurallar mevcuttur ancak bunlardan ileriki kısımlarda bahsedilecektir.

2.3.1 Deterministik Yaklaşım

Deterministik yaklaşımda, bir önceki bölümde bahsedilen bölmeleme hususu oldukça önemlidir. Çünkü bu bölmeleme işlemi neticesinde hasarın sınırlarının nerede olduğu belirlenir. Bu yaklaşım ile birlikte yarlanma senaryoları belirlenmekte ve bu

senaryolarla birlikte yöntemlerin getirdiği kurallar uygulanmaktadır. Deterministik yaklaşımda iki temel yöntem bulunmaktadır. Bunlar; eklenen ağırlık yöntemi ve kayıp sephiye yöntemidir.

2.3.1.1 Eklenen Ağırlık Yöntemi

Bu yöntemde, gemimin yaralanmış bölmesine giren su sanki gemiye bir kütle eklenmiş gibi düşünülerek işlem yapılır. O bölgeye giren su kütlesinin neden olduğu ağırlık artışı ile teknenin su çekimi değerinde de bir artış olacaktır. Dolayısıyla su altı hacim merkezinin kaide hattından uzaklığını gösteren $\overline{KB}$ değeri ve ağırlık merkezinin kaide hattından uzaklığını gösteren $\overline{KG}$ değeri ve boyuna konumunu gösteren $\overline{LCG}$ değeri değişecektir. Böylelikle $\overline{GM}$ ve $\overline{GZ}$ değerlerinin yeniden hesaplanması gerekir. Δ_{yeni} yaralanmadan sonraki deplasman hacmini, LCG_{yeni} yaralanmadan sonraki ağırlık merkezinin boyuna yerini, TCG_{yeni} yaralanmadan sonraki ağırlık merkezinin enine yerini, lcg gemiye giren suyun ağırlık merkezinin boyuna yerini, ρ yaralanan bölmeye giren su ya da sıvının özkütlesini, v yaralanan bölmeye giren su ya da sıvının hacmini, tcg yaralı bölmeye giren suyun ağırlık merkezinin enine yerini göstermek üzere; yaralanmadan önceki durumun meyilsiz olduğu kabul edilerek yaralanmadan sonraki deplasman, LCG ve TCG değerleri şu formüllerle elde edilebilir:

$$\Delta_{yeni} = \Delta + \rho * v \tag{2.6}$$

$$LCG_{yeni} * \Delta_{yeni} = LCG * \Delta + lcg * \rho * v \tag{2.7}$$

$$TCG_{yeni} * \Delta_{yeni} = tcg * \rho * v \tag{2.8}$$

Yukarıda da belirtildiği üzere bu denklemler yaralanmadan önceki durumda geminin meyilsiz olduğu durumlar için geçerlidir. Eğer geminin yaralanmadan önceki durumunda da meyil söz konusu ise, Eşitlik (2.8) de eşitliğin sağ tarafına bu durumu içeren TCG * Δ ifadesi eklenmelidir. Böylelikle meyilli durumda yeni TCG ifadesi;

$$TCG_{yeni} * \Delta_{yeni} = TCG * \Delta + tcg * \rho * v \tag{2.9}$$

halini alır.

2.3.1.2 Kayıp Sephiye Yöntemi

Bu yöntemde yaralanan bölmenin denize ait olduğu kabul edilir. Böylelikle gemi sephiye kaybetmiş olur. Ancak yaralanan bölmenin boş olması durumunda, geminin ağırlığı değişmeyeceğinde gemi eksik olan sephiyeyi paralel batarak dengeler. Böylelikle deplasman ve ağırlık merkezinin kaide hattından yüksekliğini gösteren $\overline{KG}$ değeri değişmezken, su altı hacim merkezinin kaide hattından yüksekliğini gösteren $\overline{KB}$ değeri ve su hatta atalet momentini gösteren $\overline{BM}$ değeri değişecektir. Böylelikle $\overline{GM}$ değeri de değişecektir.

2.3.2 Olasılıklı Yaralı Stabilite

Olasılıklı hasarlı stabilite kavramı temel olarak, geminin belirli bölgelerinin yaralanması olasılığı (p_i) ve bu hasardan sonra geminin kurtulma olasılığı (s_i) değerlerinin çarpılıp toplanmasıyla elde edilen bir A indeksinin, geminin bölmelendirilecek boyuna bağlı olarak hesaplanan bir R indeksinden daha büyük olup olmadığının incelenmesi işlemidir.

$$R \leq A \tag{2.10}$$

$$A = \sum(p_i * s_i) \tag{2.11}$$

Ayrıca bu yöntemle birlikte geminin ardışık iki, üç, dört… bölmesinin yaralanması neticesinde hayatta kalıp kalmayacağı da hesaplanır. Elbette ki bu hesaplama burada anlatıldığı gibi basit değildir. Bilakis oldukça karmaşık ve uygulanması zor bir yöntemdir. Genellikle askeri gemilerin tasarımında kullanılmaz. Yolcu ve yük gemileri için uygulanmaktadır (SOLAS Chapter II – Part B [23]).

2.4 Dalgaların Stabiliteye Olan Etkisi

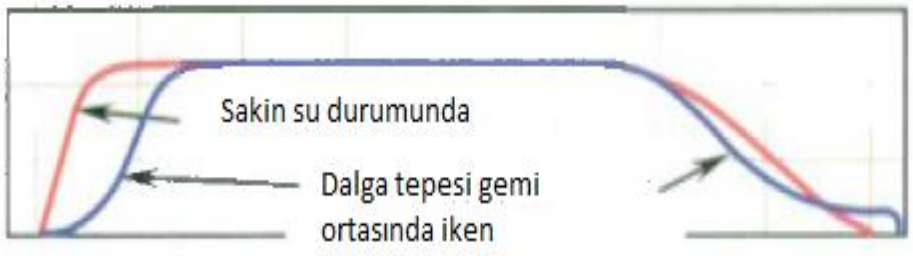
Deniz durumu bir geminin stabilitesi için oldukça önemli bir husustur. Zira deniz her zaman sakin durumda olmayabilir ve bu gibi durumlarda önceki bölümlerde anlatılan durumlara ek bazı hususlar göz önüne alınmalıdır.

Önceleri gemiler için en tehlikeli durumun gemiye enine doğru gelen dalgalar olduğu kabul edilmekteydi. Ancak gerek yapılan çalışmalar gerekse meydana gelen kazalar durumun böyle olmadığını kanıtlar nitelikteydi. Zamanla yapılan incelemeler sonucu

bunun yanlış bir kanı olduğuna karar verildi. Zira bir gemi için en tehlikeli durum dalganın gemi boyunca geldiği ve gemi boyuna eşit olduğu durumdu. Bu kısımda özellikle gemi boyunca gelen dalgaların geminin stabilitesine olan etkisine değinilecektir.

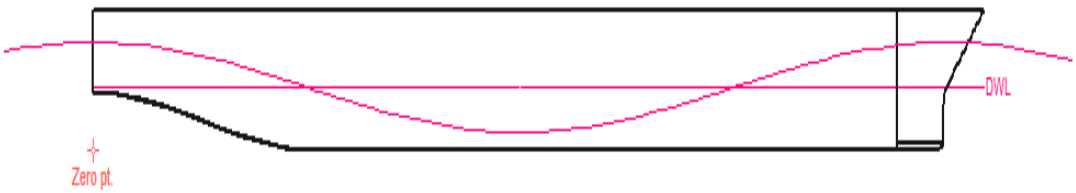


Şekil 2. 5 Dalga tepesi gemi ortasına denk geldiği durumda gemi geometrisinde meydana gelen değişim

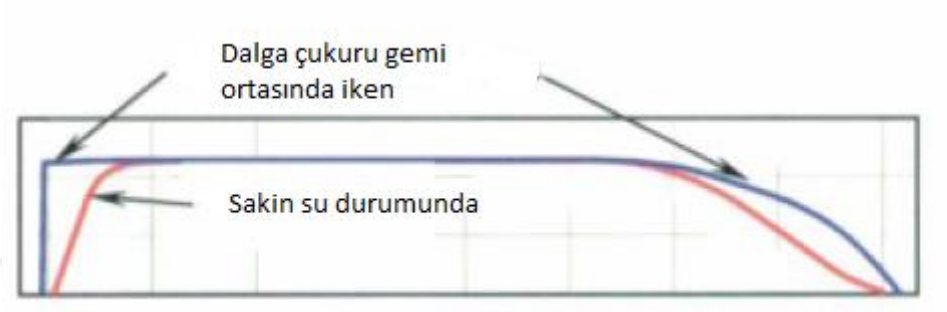


Şekil 2.6 Dalga tepesi ve sakin su durumlarında gemi su hattı alanının karşılaştırılması (Belenky vd. [19])

Şekil 2.5 ve Şekil 2.6 da gösterildiği üzere, gemi boyunca etki eden ve boyu gemi boyuna eşit olan dalganın dalga tepesi gemi ortasına denk geldiği durumda geminin orta kısmında su çekimi artacak ancak baş ve kıç tarafta ise azalacaktır. Bunun neticesinde de, gemi orta kısımları genelde duvar bordalı olduğundan, orta kısımdaki su hattı alanında ciddi bir değişim olmazken baş ve kıç tarafta bir azalma söz konusudur. Böylelikle su hattı alanı ve atalet momenti azalır. Böylelikle BM ve GM değerleri azalır.



Şekil 2.7 Dalga çukuru gemi ortasına denk geldiği durumda gemi geometrisinde meydana gelen değişim



Şekil 2.8 Dalga çukuru ve sakin su durumlarında gemi su hattı alanının karşılaştırılması (Belenky vd. [19])

Şekil 2.7 ve Şekil 2.8 de ise önceki şekillere göre tam ters bir durum söz konusudur. Burada dalga çukuru teknenin orta kısmına denk gelmiş ve bu kısımdaki su çekiminde bir azalma meydana gelmiştir. Ancak su çekimindeki azalma su hattı alanında ciddi bir değişime sebep olmamaktadır. Doğal olarak baş ve kıç su çekimlerinde ise bir artış olacaktır. Burada formdan kaynaklı olarak su çekimi artınca su hattı alanı ve BM kısmen artmaktadır. Benzer sebeplerle metasantr yüksekliği değeri ve ona bağlı olarak doğrultucu kol değeri artacaktır. Bu stabilite açısından iyi bir durumdur, ancak bu noktada şu belirtilmelidir ki bu durum stabilite açısından iyi olmasına karşın yapısal olarak gemiyi zorlayabilir.

Dalgalar gemiye sadece boyunca ya da enince gelmez. Açılı bir şekilde, boyu gemi boyundan büyük ya da küçük olacak şekilde ya da dalga tepesi veya çukuru geminin ortasına denk gelmeyecek şekilde de olabilir. Bu çalışma kapsamında en tehlikeli durum olan boyu geminin boyuna eşit ve gemi boyunca gelen dalgaların stabiliteye olan etkisi incelenmeye çalışılacaktır.

BÖLÜM 3

ASKERİ STABİLİTE KURALLARI

Bu bölümde dünyada en çok kullanılan donanma kurallarından olan Amerikan, İngiliz ve Alman Donanmasının askeri gemilere uygulanan hasarlı ve hasarsız stabilite kuralları anlatılacaktır.

3.1 Amerikan Donanma Kuralları

1944 yılında Amerikan donanmasına ait bir filonun okyanusta tropikal fırtınaya yakalanması sonucunda meydana gelen felaket kuralların yeniden gözden geçirilmesine neden oldu. Bu felaket, gelişecek olan kuralları etkiledi. Nitekim 1962 yılına gelindiğinde Sarchin ve Goldberg tarafından hazırlanan ilk kurallar yayınlandı[24].

Bölüm 3.1 de anlatılan kaynak belirtilmeden verilen tüm kurallar, şekiller ve çizelgeler Amerikan Donanma Kuralları(DDS079-01) [25] den alıntılanmıştır.

Mevcut Amerikan donanmasına ait kurallara bakıldığında gemiler çalıştıkları alanlara göre gruplara ayrılmış ve bunların belirli rüzgâr altındaki etkilerinin incelenmesi gerektiği belirtilmiştir. Bu kurallar aşağıda belirtilmiştir:

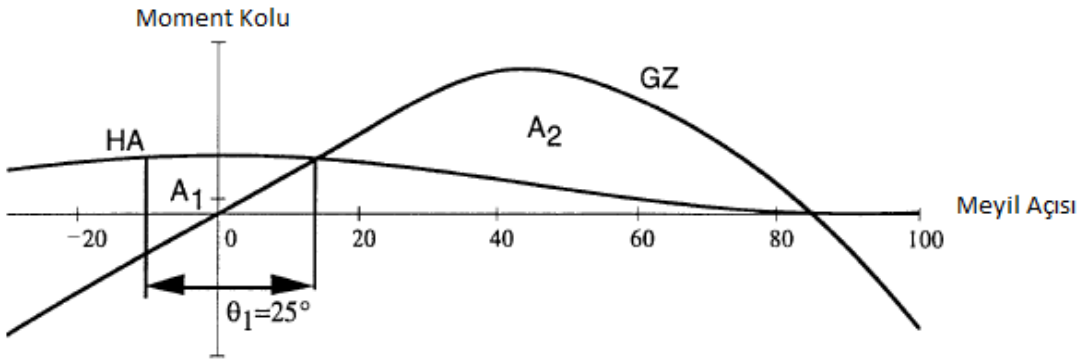
- Tropikal fırtınaya karşı koyacak gemiler 100 knot hızındaki rüzgâr altında,
- Okyanus aşırı çalışacak ve tropikal fırtınadan kaçacaksa 80 knot hızındaki rüzgâr altında,
- Kıyısal sefer yapacaksa ve benzer tehlikelerden kaçınmak için 60 knot hızındaki rüzgâr altında,

incelenmelidir.

3.1.1 Hasarsız Stabilite Kuralları

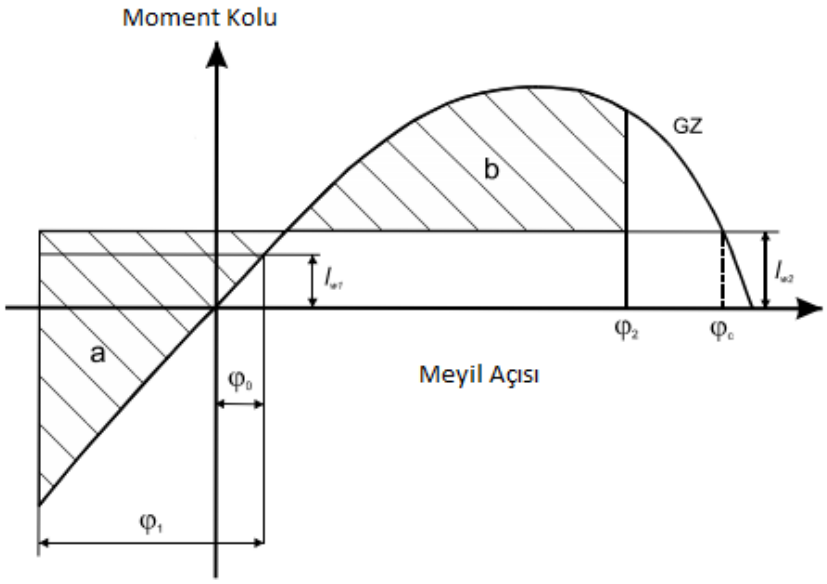
3.1.1.1 Rüzgârın Neden Olduğu Meyil

Bir önceki kısımda bahsedildiği üzere gemiler belirli rüzgâr hızları altında incelenir. Bu inceleme sırasında doğal olarak rüzgârın, geminin $\overline{GZ} - \emptyset$ eğrisi üzerindeki etkisine bakılır.



Şekil 3.1 Klasik bir stabilite eğrisi [26]

Şekil 3.1 de HA rüzgar kolunu göstermektedir ve rüzgarın neden olduğu moment kolu değeri sabit değildir. Ancak IS Code hasarsız stabilite kurallarına göre rüzgâr kolunun sabit kaldığı görülebilir.



Şekil 3.2 IS koduna göre moment kolları eğrisi[27]

Şekil 4.2 de l_{w1} daimi rüzgar kolunu, l_{w2} ise fırtınadaki rüzgar kolunu temsil etmektedir. IS Code kurallarına göre[27];

$$l_{w1} = {\mathrm{P} * \mathrm{A} * \mathrm{Z}}/{1000 * \mathrm{g} * \Delta} \quad (3.1)$$

$$l_{w1} = 1.5 * l_{w2} \quad (3.2)$$

Eşitlik 4.1 de ;

P; rüzgâr basıncını, 504 [N/m^2]

A; su hattı üzerindeki yanal projeksiyon alanını [m^2]

Z; alan merkezi ile su hattı yanal alan merkezi veya T/2 arasındaki düşey mesafeyi [m] temsil etmektedir.

Farz edelim ki rüzgâr l_{w1} rüzgar kolu ile φ_0 kadarlık bir açıya sebep oldu. Sonra ani bir rüzgârla gemi φ_1 açısına kadar meyletti. Böyle bir durumda [26];

$$\varphi_1 = {k * X_1 * X_2}/{C} * 0.7 * \sqrt{\pi * r * 180 * s/(2 * N)} \quad (3.3)$$

N, Bertin'in sönüm faktörü ve 0.02 ye ve C, test faktörü de 0.7635 e eşit olmak üzere denklemde yerlerine yazılırsa eşitlik 4.3 şu hale gelir [26];

$$\varphi_1 = 109 * k * X_1 * X_2 * \sqrt{r * s} \quad (3.4)$$

Bu eşitlikteki X_1, X_2, k ve s değerleri mevcut tablolardan seçilmektedir.

Çizelge 3.1 de X_1 X_2 faktörlerinin hangi parametreler göre nasıl değiştiği gösterilmiştir.

Çizelge 3.1 X_1 ve X_2 faktörleri [27]

B/d	X_1
≤ 2.4	1
2.5	0.98
2.6	0.96
2.7	0.95
2.8	0.93
2.9	0.91
3	0.9
3.1	0.88
3.2	0.86
3.3	0.84
3.4	0.82
≥ 3.5	0.8

C_B	X_2
≤ 0.45	0.75
0.5	0.82
0.55	0.89
0.6	0.95
0.65	0.97
≥ 0.70	1

Tablodan da anlaşılacağı üzere bu faktörler direkt olarak geminin ana boyutlarına bağlıdır.

Çizelge 3.2 k ve s faktörleri [27]

T	s
≤ 6	0.1
7	0.098
8	0.093
12	0.065
14	0.053
16	0.044
18	0.038
≥ 20	0.035

$(A_k*100)/(L*B)$	k
0	1
1	0.98
1.5	0.95
2	0.88
2.5	0.79
3	0.74
3.5	0.72
≥ 4.0	0.7

Burada A_k, m^2 cinsinden toplam yalpa omurgası alanını, T ise saniye cinsinden doğal yalpa periyodunu belirtmektedir.

$$T = {2 * C * B}/{\sqrt{GM}} \tag{3.5}$$

Eşitlik 3.5 incelendiğinde de C değerinin bir katsayı olduğu anlaşılabilir. Bu değer de şu şekilde hesaplanır [27]:

$$C = 0.373 + 0.023 * \left({}^{B}/_{T_m}\right) - 0.043 * ({}^{L}/_{100}) \quad (3.6)$$

Bu eşitlikte de T_m ortalama su çekimi değerini ifade etmektedir. L, geminin boyunu B ise genişliğini temsil eder. Bütün bu değerler elde edildikten sonra IS Kod kurallarına göre son olarak da eşitlik 3.4 deki r değeri bulunur [27].

$$r = 0.73 + 0.6 * (OG/T_m) \quad (3.7)$$

Böylelikle IS Kod kurallarına göre rüzgâr yatırıcı moment kolu değerleri hesaplanmış olur. Esasında IS Kod kuralları bu çalışmanın temel alanlarından biri olmamasına rağmen, askeri kurallarla olan farkını ortaya koymak adına ufak bir şekilde bahsedilmesinde yarar görülmüştür.

Tekrar askeri alana dönülecek olursa, buradaki yatırcı moment kolunun hesabında ve kuralın uygulanışında da belirli farklılıklar bulunmaktadır. Bunlardan ilki, daha önce de bahsedildiği üzere, rüzgâr kolunun sabit olmayışıdır. Meyil açısına göre, rüzgâr yatırıcı moment kolu değeri aşağıdaki şekilde hesaplanabilir:

$$l_v = {}^{0.0195 * {V_w}^2 * A * z * cos^2(\varphi)}/_{1000 * \Delta} \quad (3.8)$$

Burada;

V_w; rüzgâr hızını [knot]

A; rüzgara açık projeksiyon alanını [m^2]

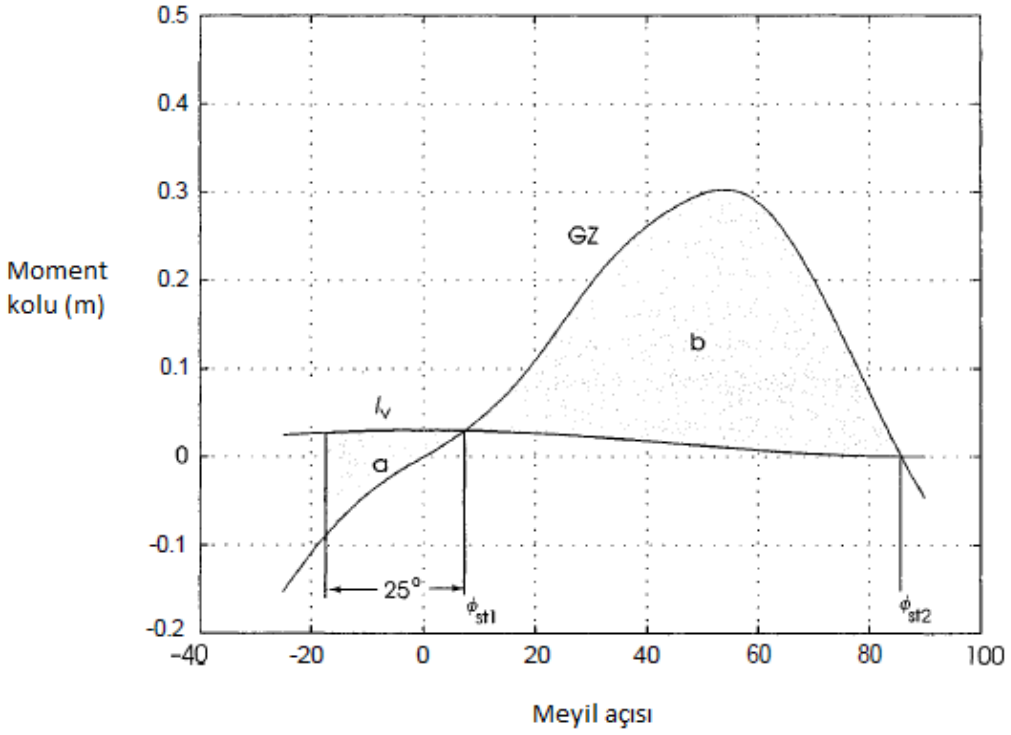
z; T/2 ile projeksiyon alanının merkezi arasındaki mesafeyi [m]

φ, meyil açısını [derece]

Δ; geminin deplasman ağırlığını [ton]

temsil etmektedir.

Bu noktada, rüzgâr yatırıcı moment kolu ile geminin doğrultucu moment kolu arasındaki ilişki bize geminin yeterli stabiliteye sahip olup olmadığı hakkında bilgi verecektir.



Şekil 3.3 Rüzgar altında moment kolları eğrilerinin karşılaştırılması [24]

Şekil 3.3 temel alınarak aşağıdaki kurallar sağlandığında "Amerikan Donanma Kuralları"na ait ölçüt sağlanmış olur:

- Birinci statik denge açısı olan ve aynı zamanda l_v ile doğrultucu kolun kesişim noktası olan $\emptyset_{st1}$ deki moment kolu değeri, maksimum moment kolu değerinin 0.6 katından daha büyük olamaz.

$$l_{\emptyset st1} \leq 0.6 * GZ_{max} \tag{3.9}$$

- İkinci statik denge açısı $\emptyset_{st2}$ ile birinci statik denge açısı $\emptyset_{st1}$ arasında kalan alan b, $\emptyset_{st1}$ ile 25° gerisindeki açı arasında kalan alan a olmak üzere; b alanının a alanına oranı 1.4 ten daha fazla olmalıdır.

$$b/a \geq 1.4 \tag{3.10}$$

Buradan da anlaşılacağı üzere her iki kural grubu da benzer sonuçlar üzerinde değerlendirme yapar. Ancak farklı olarak bu sonuçlara gidiş yolları ayrıdır yorumu yapılabilir.

3.1.1.2 Ağır Yüklerin Kaldırılmasından Oluşan Meyil

Gemilerde ağır yüklerin yer değiştirmesi de geminin meyil yapmasına neden olabilir. Bu nedenle bu durumlarda stabilite hesabına katılmalıdır. ABD Donanma Kuralları'na göre yer değiştiren bir yükün neden olduğu yatırıcı kol şu şekilde hesaplanabilir:

$$HA_{HEAVYY\ LIFT} = {}^{w * a * \cos\varphi}/_{\Delta} \tag{3.11}$$

Burada;

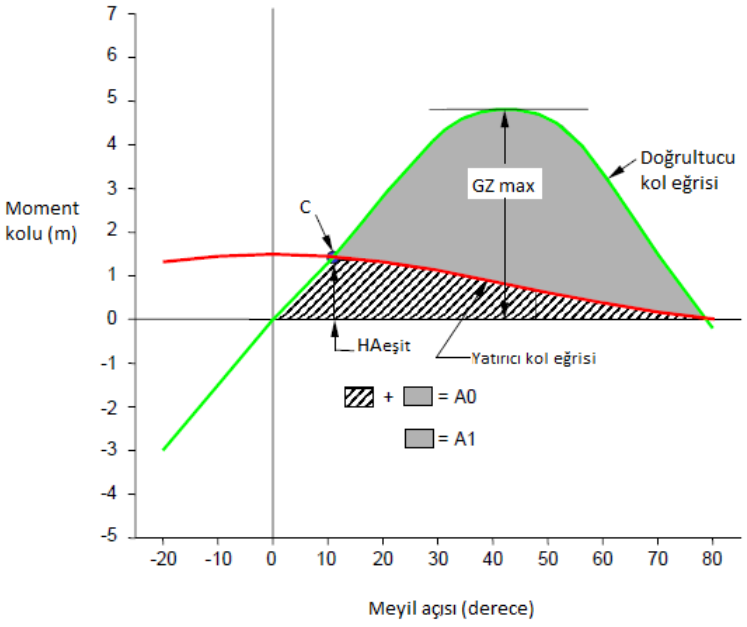
w, yer değiştirilen ağırlığı [ton]

a, enine yer değiştirme mesafesini [m]

φ, meyil açısını [derece]

Δ, geminin deplasman ağırlığını [ton]

temsil etmektedir.



Şekil 3.4 Ağırlık değişiminden kaynaklı moment kolları eğrisi

Şekil 3.4 temel alınarak aşağıdaki kurallar sağlandığında bu ölçüt sağlanmış olur:

- C noktasındaki meyil açısı 15° yi geçemez.
- C noktasındaki moment kolu değeri(HA_{EQIL} ya da HA_c), maksimum doğrultucu moment kolu değerinin 0.6 katından büyük olamaz.

$$HA_c \leq 0.6 * GZ_{max} \quad (3.12)$$

- Yedek stabilite alanı A_1, A_0 alanının 0.4 katından daha küçük olamaz.

$$0.4 * A_0 \leq A_1 \quad (3.13)$$

3.1.1.3 Çekme Halatının Çekişinden Kaynaklanan Meyil

Çekme işleminden dolayı meydana gelebilecek yatırıcı moment kolu değeri aşağıdaki formül yardımıyla bulunabilir:

$$HA_{TOW} = {2 * N * (SHP * D)^{2/3} * S * H * \cos\varphi}/{38 * \Delta} \quad (3.14)$$

Burada,

N, pervane sayısını

SHP, şaft başına düşen şaft beygirgücünü

D, pervane çapını [feet]

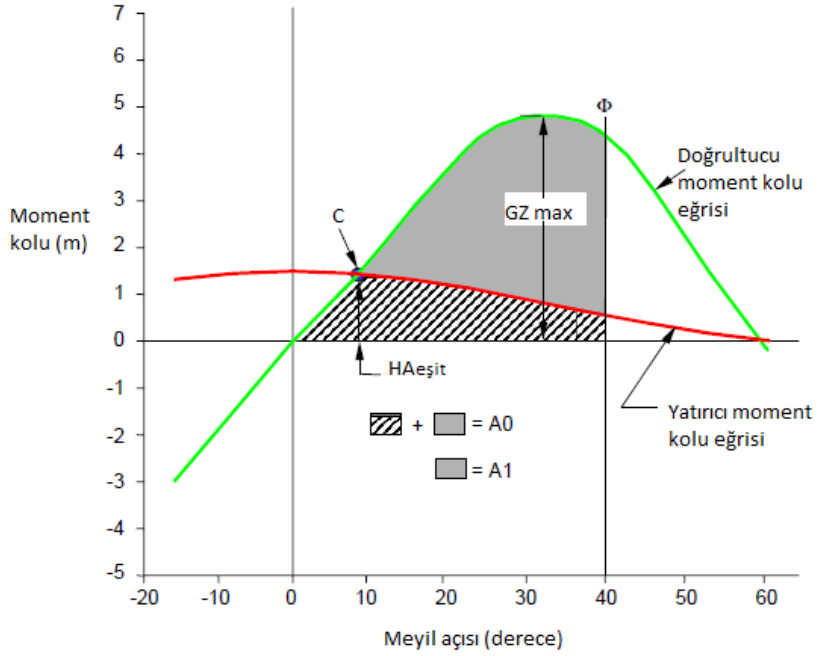
S, dümenden kaynaklanan ondalık hatayı düzeltme katsayısını (aksi belirtilmedikçe 0.55 alınabilir)

H, pervane şaft merkezi ile çekme halatı arasındaki düşey mesafeyi [feet]

φ, meyil açısını [derece]

Δ, geminin deplasman ağırlığını [L-ton]

temsil etmektedir.



Şekil 3.5 Çekme halatından kaynaklanan moment kolu eğrisi

Çekme halatının çekişinden kaynaklanan stabilite değişiminin, kural kitabının bu kısmına ait ölçütü sağlayabilmesi için, Bölüm 3.1.3 te belirtilen kuralların aynısını Şekil 3.5 i temel alarak sağlaması yeterlidir.

3.1.1.4 Mürettebat ve Yolcuların Geminin Bir Tarafına Toplanmasından Kaynaklanan Meyil

Eğer gemide mevcut personel ya da yolcu varsa ve bunların sayısı fazla ise, bu insanl

rın gemi içerisinde bir yana toplanmaları da gemi stabilitesine etkiyecektir. Böyle bir durumda aşağıdaki formüle göre işlem yapılır:

$$HA_{CROWD} = {}^{w * a * \cos\varphi}/_{\Delta} \quad (3.15)$$

Burada,

w, personelin ağırlığını [ton]

a, enine yer değiştirme mesafesini [m]

φ, meyil açısını [derece]

Δ, geminin deplasman ağırlığını [ton]

temsil etmektedir.

Eşitlik (3.15) e bakıldığında, Eşitlik (3.11) ile aynı olduğu görülebilir. Yani buradan da, geminin içindeki ağır bir yükün yer değiştirmesi ile mürettebatın ya da yolcuların ya da her ikisinin belirli bir yana toplanmasının etkisinin aynı olduğu sonucuna varılabilir. Dolayısıyla bu kural için gerekli ölçütlerin kontrolünde Şekil 3.4 temelli olarak Bölüm 3.1.1.2 de bahsedilen kuralların sağlanması yeterlidir.

3.1.1.5 Yüksek Hızlı Dönüşlerden Kaynaklanan Meyil

Bu kural sadece yüksek hızda manevra yapabilen gemiler için geçerli olup, bu sebepten kaynaklanan meyil geminin hızına ve dönüş yaptığı yarıçapa bağlıdır .

Dönüş esnasında ortaya çıkan merkezkaç kuvveti aşağıdaki formülle hesaplanabilir :

$$Merkezcil\ kuvvet = {\Delta * V^2}/{g * R} \tag{3.16}$$

Burada,

Δ, geminin deplasman ağırlığını [L-ton]

V, geminin hızını [feet/saniye]

g, yer çekim ivmesini [32.2 feet/saniye^2]

R, dönme yarıçapını [feet]

ifade eder.

Buradan hareketle önceki kısımlarda olduğu gibi yüksek hızdan kaynaklanan yatırıcı kol değeri şu şekilde hesaplanabilir:

$$HA_{HSTURN} = {V^2 * a * \cos\varphi}/{g * R} \tag{3.17}$$

Burada,

a, geminin ağırlık merkezi ile yanal direnç merkezi arasındaki mesafeyi [m]

φ, meyil açısını [derece]

temsil eder.

Ayrıca, denklemdeki a değeri yerine şöyle bir ifade de yazılabilir [18]:

$$a = KG - {}^{T}/_{2} \tag{3.18}$$

Burada,

KG, geminin ağırlık merkezinin yerini [feet]

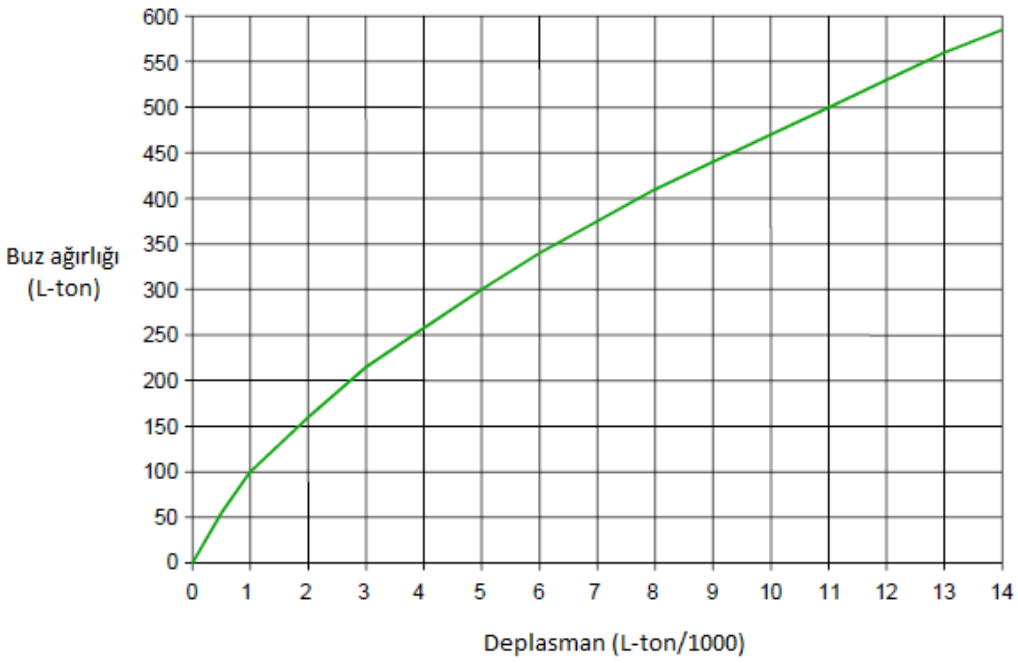
T, geminin su çekimi [feet]

ifade eder.

Bu kısım için kural kitabındaki gerekli ölçütlerin sağlanması için Bölüm 3.1.1.2 de bahsedilen ve Şekil 3.4 temelli olarak anlatılan kuralların sağlanması yeterlidir.

3.1.1.6 Geminin Su Hattından Yukarısının Buzlanmasından Kaynaklanan Yatırıcı Kol

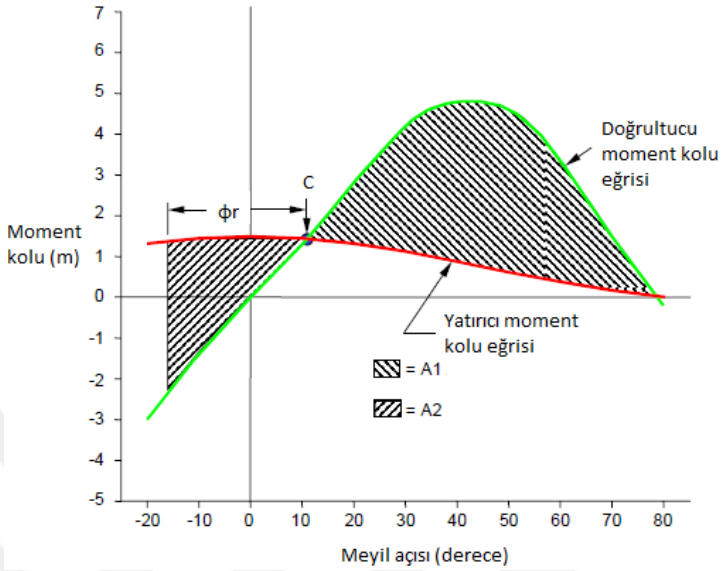
Geminin su hattından üst kısmının buzlanması temel olarak ağırlık merkezini yukarıya doğru taşıyacağından meyile ya da trime sebep olabilir.



Şekil 3.6 Gemi deplasmanıyla orantılı olarak hesaplanan buz ağırlığı

Şekil 3.6 geminin deplasman ağırlığı ile orantılı olarak buzlanmadan kaynaklanan ağırlık artışını göstermektedir. Eğer geminin deplasman ağırlığı 1000 tondan daha az olursa,

buzlanan bölgenin ağırlığı deplasman ağırlığının %10 u kabul edilebilir. Sahil boyunca çalışacak olan gemiler ve işkampavyalar için rüzgâr hızı 45 knot, diğer gemiler içinse buzlanma durumunda rüzgâr hızı 70 knot kabulü yapılır [25].



Şekil 3.7 Buzlanma ve enine rüzgarın etkisinden kaynaklanan moment kolları eğrisi

Şekil 3.7 de $Ø_r$ olarak isimlendirilen kısım 25° lik bir açı değerini temsil eder. Daha detaylı anlaşılabilmesi için şekil 3.3 incelenebilir. Şekil 3.7 temel alınarak aşağıdaki kurallar sağlandığında bu kısım için gerekli ölçüt sağlanmış olur.

- C noktasındaki moment kolu değeri maksimum doğrultucu moment kolu değerinin 0.6 katından fazla olamaz.

$$HA_c \leq 0.6 * GZ_{max} \tag{3.19}$$

- 25° lik bir alanı kapsayan A_1 alanının, A_2 alanına oranı 1.4 ten daha fazla olmalıdır.

$$1.4 * A_2 \leq A_1 \tag{3.20}$$

3.1.2 Hasarlı Stabilite Kuralları

3.1.2.1 Yedek Yüzdürme Gereksinimleri

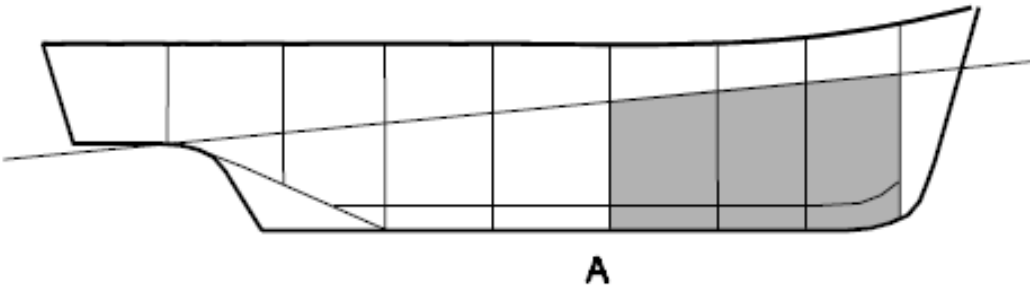
i) Su Çekiminin Sınırlandırılması

Yaralı boy standardı eğrileri erken dizayn aşamasında enine su geçirmez perdelerin yerini belirlemek için ve bölmelerin su çekimlerini belirlemek için kullanılır. Dizayn ilerledikçe ve yerleşim belirli bir hale geldikçe, izin verilebilecek bölmeleme su çekimi sınırları, trim hattı hesaplarıyla belirlenir. Tam yüklü durumdaki(tüm tankları dolu) bir gemi için, ortalama permeabilite değerleri kullanılabilir. Eğer uygunsa, meyili dikkate alabilmek adına tek bir tarafın su basma durumu incelenmelidir. Eğer kalınlık ya da diğer durumlar daha düşük bir su çekimi gerektirmiyorsa, su çekiminin sınırlandırılması, hasarlı stabilite veya yedek yüzdürme gerekliliklerine göre belirlenir.

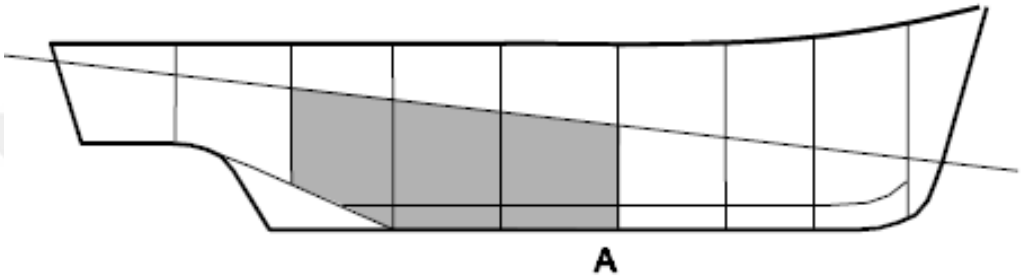
ii) Su Basma Seviyelerinin Belirlenmesi (V-Hatları)

Verilen bir genel yerleşim ve su çekimi sınırlandırmaları için, herhangi ardışık kompartımanları su bastıktan sonraki son trim hattını belirlemek mümkündür. Sınırlandırılmış su çekimi ile tüm tankların dolu olarak ve bordadan bordaya ya da asimetrik su basmasından hangisi daha kötüyse onun olduğu kabul edilir. Trim hatları her bir grup kompartıman için belirlenir.

a) Su Basma Seviyelerinin Perdeye Denk Gelmesi: Geminin herhangi bir su geçirmez enine perdeye kadar yaralandığında ve bu durumda hayatta kalmaya devam ettiğinde bu perdeye Su Basma Seviyesi 1(Flooding Water Level 1) denir. Herhangi bir perde için, trim hatları yaralanmadan sonra çizilir. Ancak bu hatlar simetrik ya da bordadan bordaya yaralanma durumlarındaki maksimum su çekimlerini göstermektedir.

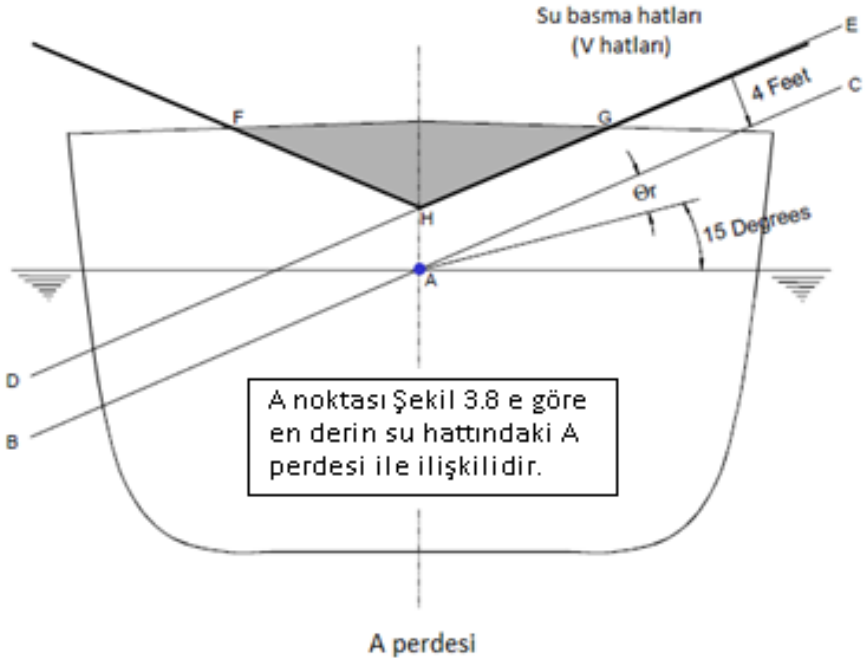


A perdesi yaralanmanın kıç sınırında



A perdesi yaralanmanın baş sınırında

Şekil 3.8 Perdenin yaralanmanın sınırında olması durumu



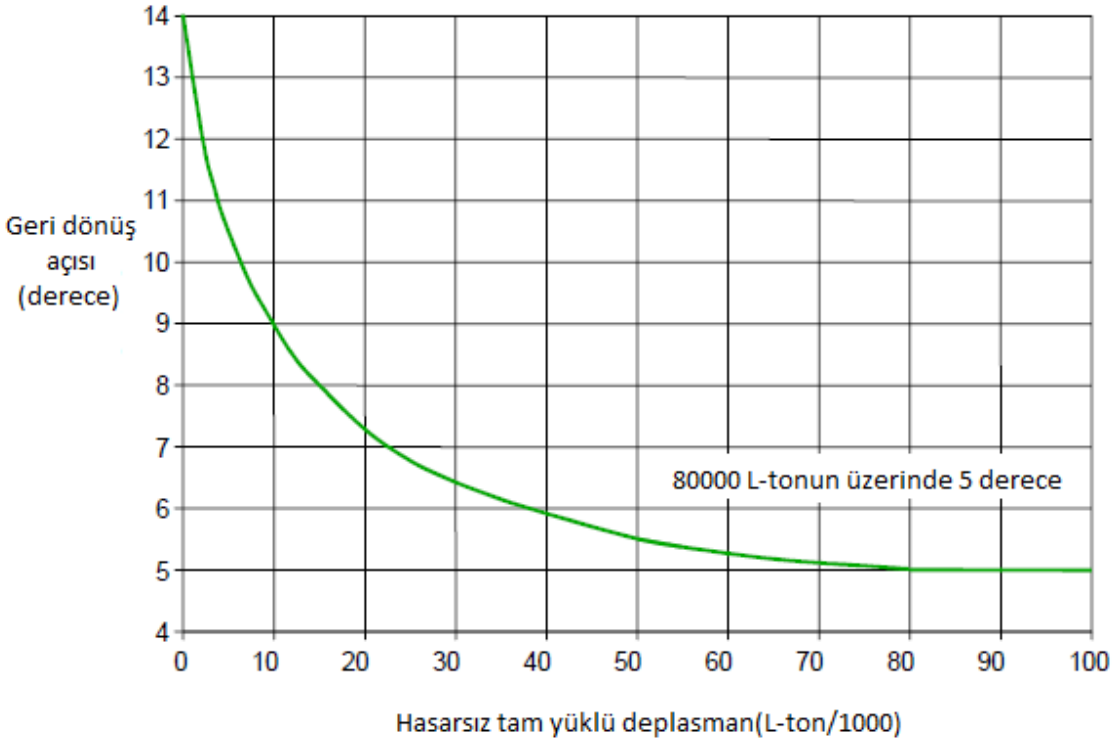
Şekil 3.9 V hatları ya da su basma hatları

Şekil 3.9 a göre şu kabuller yapılır:

- Asimetrik su basmasından ötürü geminin 15° meyil yaptığı kabul edilir.

- Geminin Şekil 3.10 da gösterilen yalpa açısı değerini yaptığı kabul edilir. Şekil 3.10 da gösterilen bu değerler, Şekil 3.9 da gösterilen hatların belirlenmesinde kullanılır.

- Bir su seviyesi dalga hareketini temsil etmesi için 4 feet arttırılır. Basitlik için de bu artışın tüm gemi boyunca olduğu kabul edilir.



Şekil 3.10 Deplasmana bağlı olarak geri dönüş açısı değerleri

b) Su Basma Seviyelerinin Güverteye Gelmesi: Geminin hayatta kalabileceği herhangi bir yaralanma durumunda sonra yaralanma sınırının, su geçirmez perde olarak bir bölmeyi sınırlandıran bir güverteye denk gelmesi durumuna Su Basma Seviyesi 2 (Flooding Water Level 2) denir. Bu durumda da Su Basma Seviyesi 1 e benzer durumlar söz konusu olur.

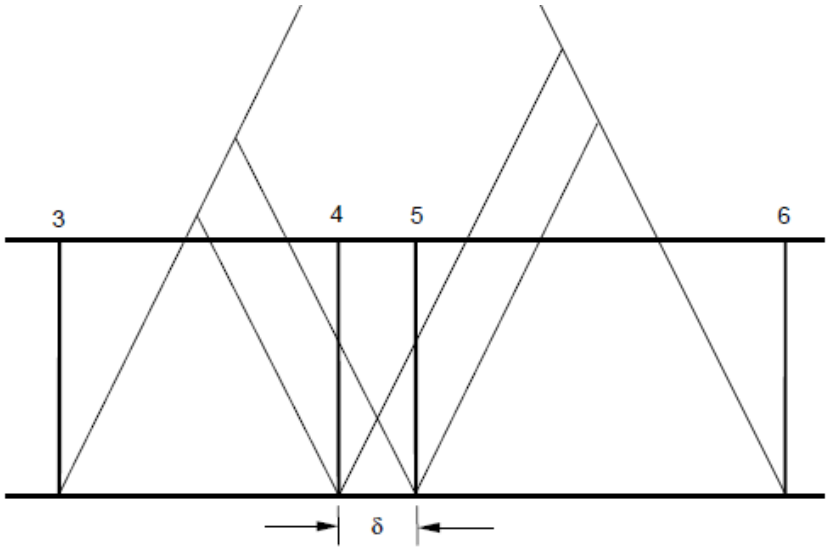
3.1.2.2 Hasar Boyutları

Bu aşamada Amerikan donanma kuralları yaralanma durumunu, kanat koruma sistemi (side protective system) olup olmamasına göre iki kısımda incelemiştir. Ancak bu

çalışma kapsamında sadece bu sistem olmadığı durumdaki yaralanma durumu incelenecektir.

i) Hasarın Boyuna Uzunluğu

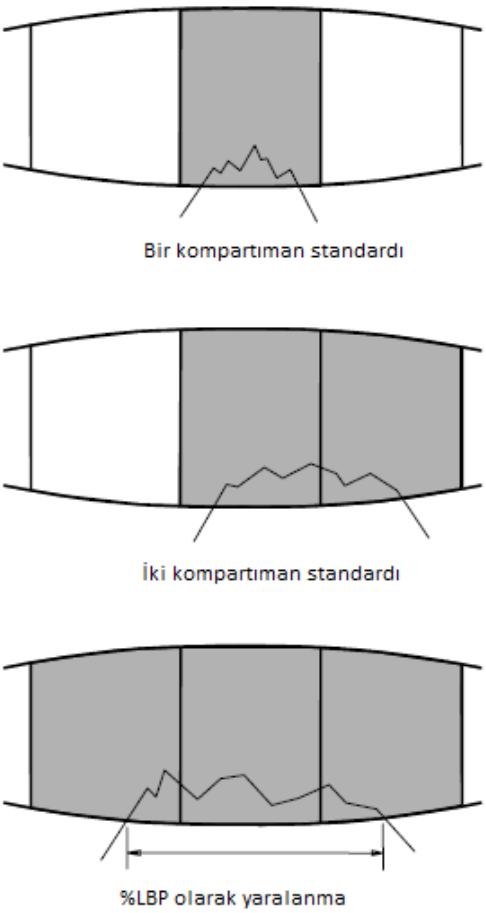
300 feet ten daha az uzunluğa sahip gemiler için yaralanan kısmın uzunluğu yaralanan kompartıman sayısına bağlıdır. Daha büyük gemiler içinse geminin boyuna bağlı olarak ifade edilir.



Şekil 3.11 Perdeler arası mesafe

Perdeler arası minimum mesafe şu formül yardımıyla bulunur:

$$\delta \geq 3 + 0.03 * LBP \quad (ya\ da\ 10.5\ m\ , hangisi\ daha\ küçükse) \tag{3.21}$$



Şekil 3.12 Hasarın boyun uzunluğu

Su altı yaralanmalarında yeni inşa edilecek olan askeri gemiler için aşağıdaki durumlara göre işlem yapılması bu ölçütün sağlanması açısından zorunludur:

- 100 feet ten daha az uzunluğa sahip gemilerin sadece bir ana kompartımanı yaralanır.

- 100 ila 300 feet arasında uzunluğa sahip gemilerin ardışık iki ana kompartımanı yaralanır.

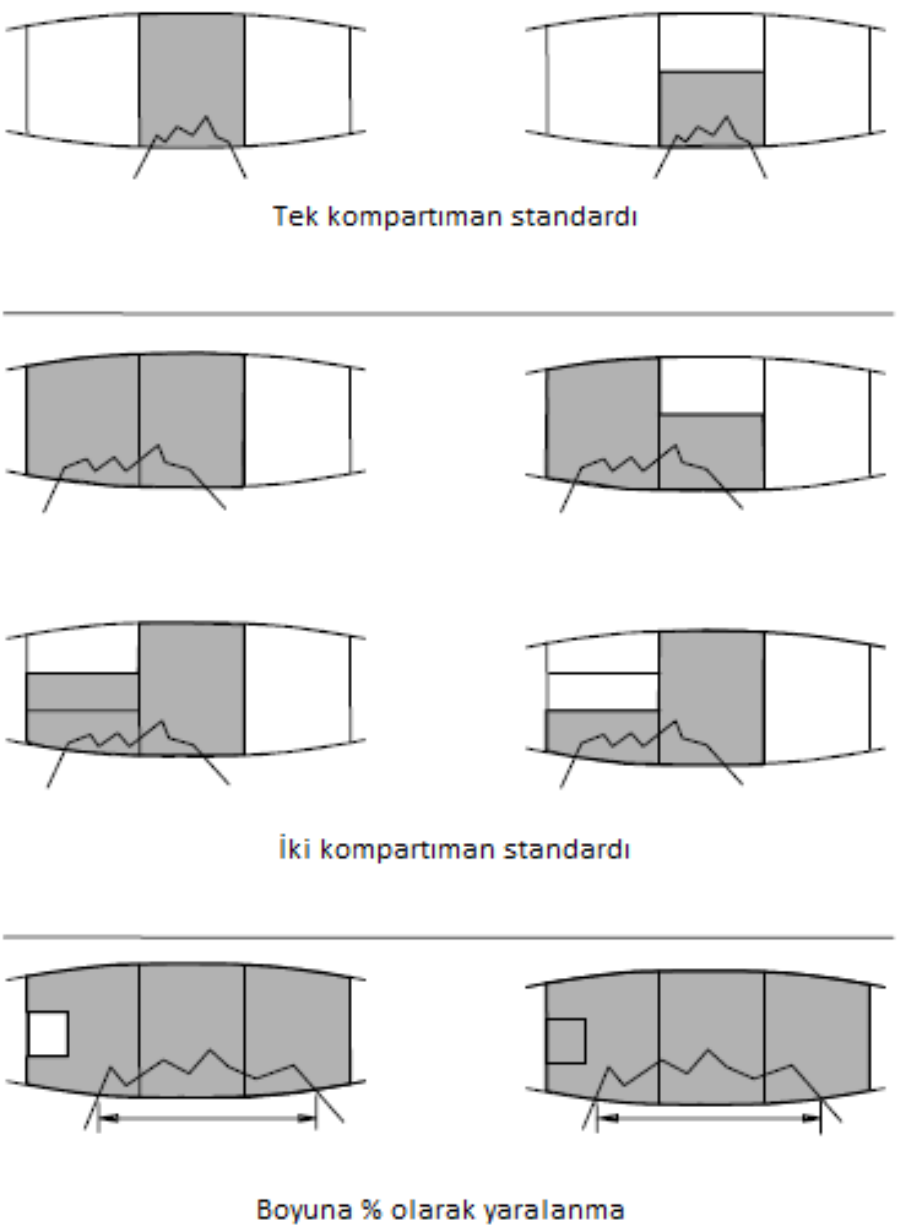
- 300 feet in üzerindeki gemiler iki kısma ayrılmıştır:

Kategori 1: Muharip tip ya da personel taşıyan gemiler ya 0.15*LBP kadar bir yaralanmaya maruz kalırlar ya da yara ancak 0.15*LBP kadar uzayabilir.

Kategori 2: Diğer tüm gemiler 0.125*LBP kadar yara uzunluğuna sahip olabilirler.

ii) Hasarın Enine Uzunluğu

Hasarın enine uzunluğunun tek, ikili ya da boyuna yüzde olarak nasıl olduğu Şekil 3.13 te gösterilmiştir.

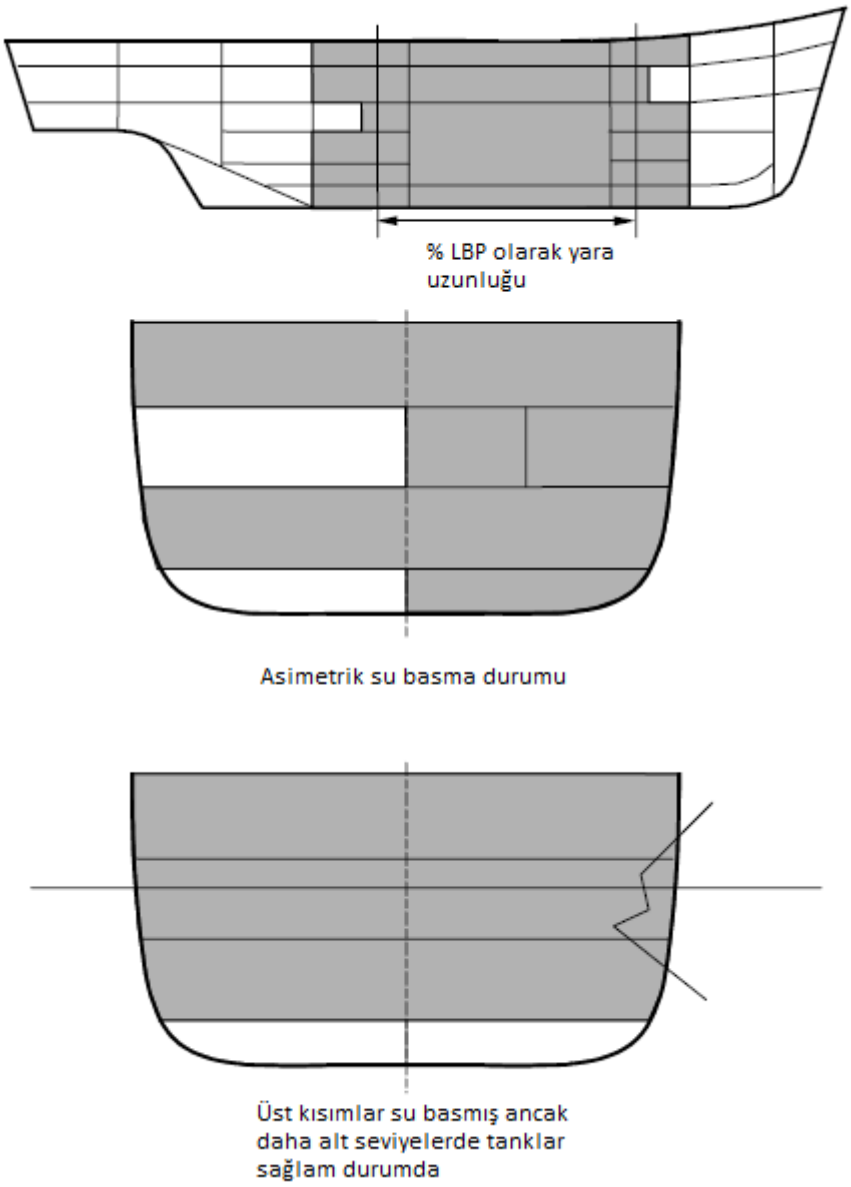


Şekil 3.13 Hasarın enine uzunluğu

iii) Hasarın Düşey Uzunluğu

Tüm platformlar ya da güvertelerin aşırı su basması, asimetrik su basması, serbest yüzey etkisi gibi nedenlerle hasar alabileceği ya da su altında kalabileceği kabulü

yapılarak, hasarın düşey mesafesi -ya da yüksekliği de denilebilir- Şekil 3.14 de gösterilmiştir.



Şekil 3.14 Hasarın ve su basmasının düşey uzunluğu

3.1.2.3 Hasarlı Stabilite Ölçütü

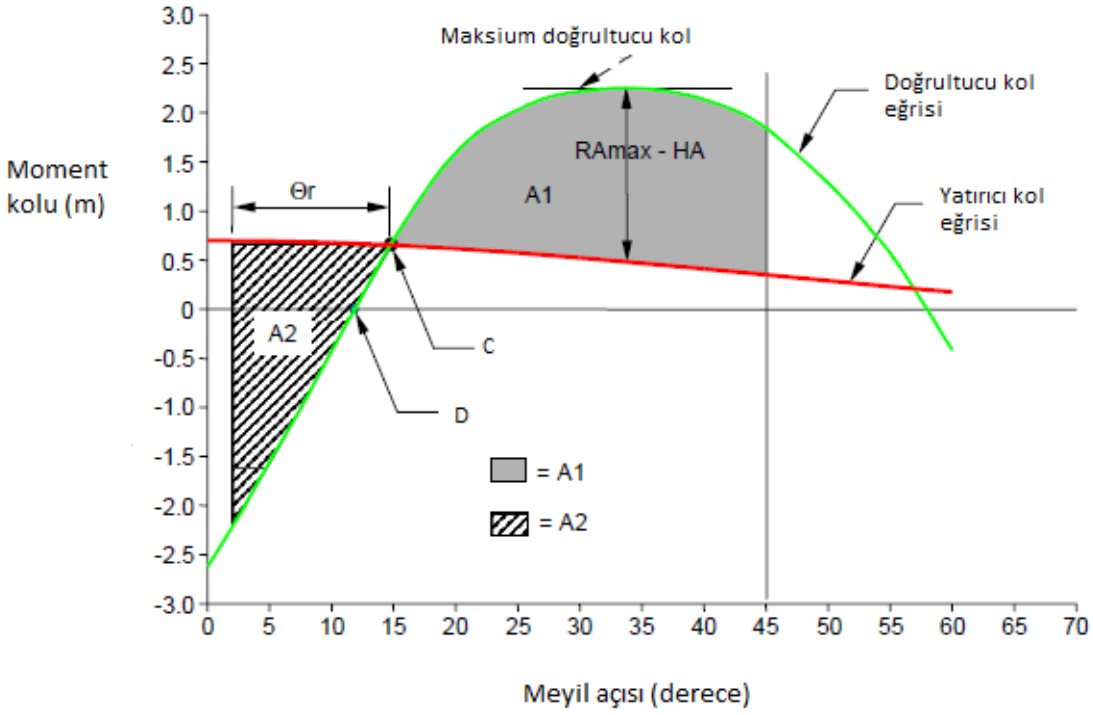
Hasarlı stabilite durumunda geminin yeterli stabiliteye sahip olup olmadığına bakmadan önce şunlar bilinmelidir:

- Enine gelen rüzgara ait yatırıcı kol değeri Bölüm 3.1.1.1 de anlatıldığı gibi hesaplanır.

- Hasarlı durumda geminin hasarsız duruma göre daha küçük bir rüzgâr hızıyla karşılaştığı varsayılır. Bu değer de Şekil 3.17 den bakılarak bulunabilir.

- Hasarlı durumdaki stabilite eğrisi, 45° ya da sınırlandırılmamış su basma açısından hangisi ilk gerçekleşiyorsa orada biter.

Hasarlı stabilite için doğrultucu ve yatırıcı kol eğrileri Şekil 3.15 te gösterilmiştir.



Şekil 3.15 Hasarlı durumda yatırıcı ve doğrultucu kol eğrileri

Aşağıdaki koşullar sağlandığında, Amerikan donanmasına göre hasarlı stabilite ölçütü sağlanmış olur:

- Yaralanmadan sonraki meyil açısı (D noktası) 15° yi geçemez.

- Yedek(artık) dinamik stabilite alanını temsil eden A_1 alanı, kötü deniz durumundan kaynaklanan enerjiyi temsil eden A_2 alanının 1.4 katından küçük olamaz.

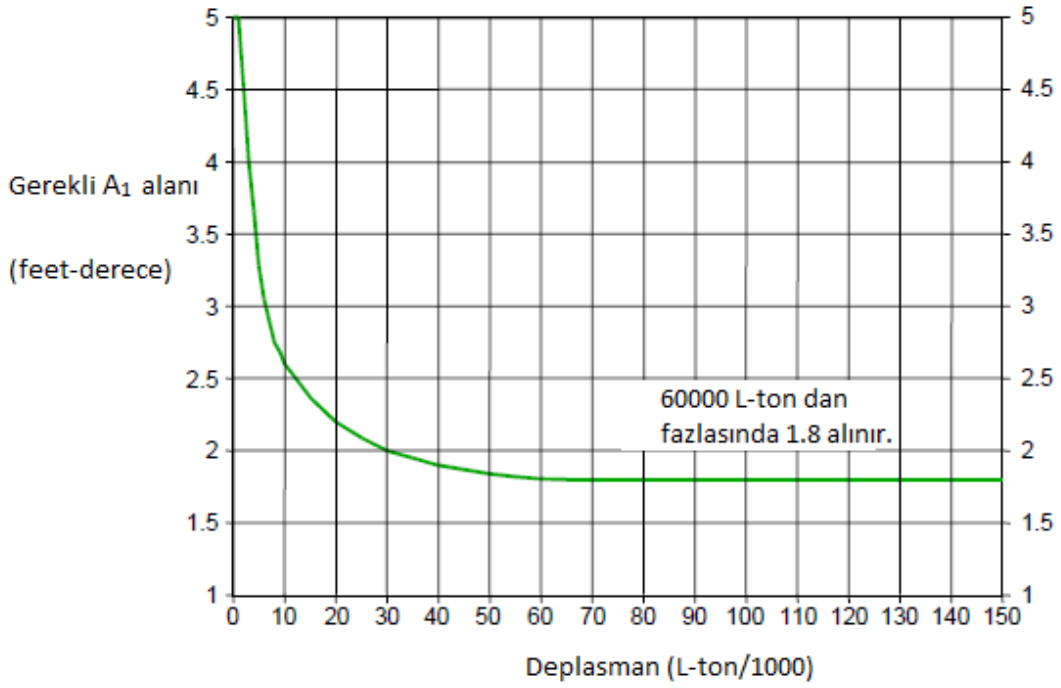
$$1.4 * A_2 \leq A_1 \tag{3.22}$$

- A_1 alanı Şekil 3.16 da belirtilen değerden daha az olamaz.

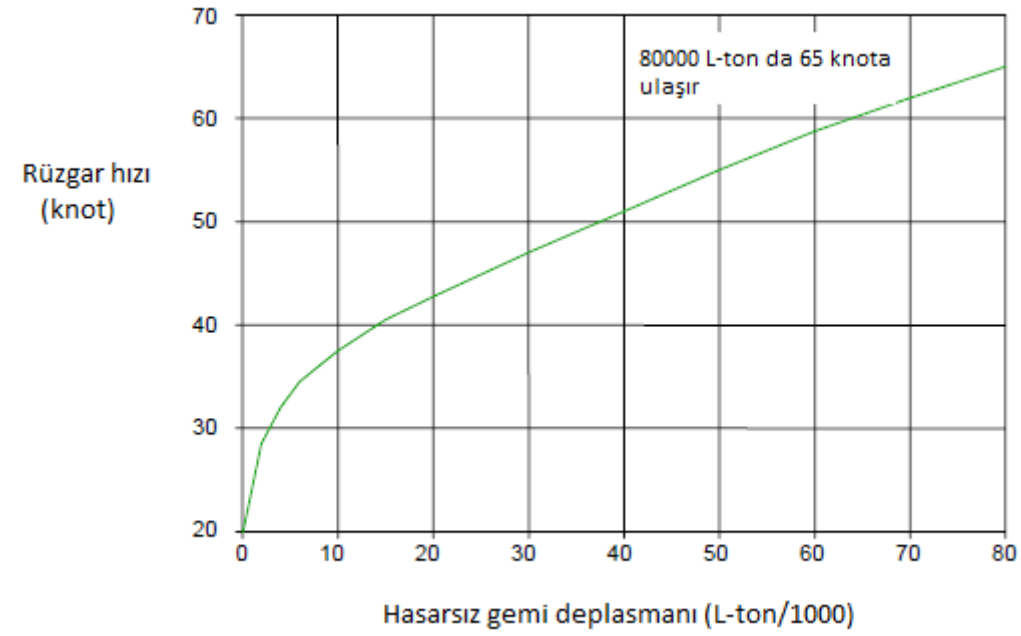
- Maksimum doğrultucu moment kolunun (GZ_{max}) oluştuğu açı değerinde, maksimum doğrultucu moment kolu ile rüzgarın neden olduğu yatırıcı kol arasındaki fark 0.25 feet ten az olamaz.

$$0.25 \leq GZ_{max} - HA_{WIND} \quad \text{[feet]} \tag{3.23}$$

- Yaralanmadan sonra, trim ve meyil açıları eşitlik pozisyonunda marjin hattını geçemez.



Şekil 3.16 Yaralanmadan sonra gerekli A_1 alanının deplasmana göre değişimi



Şekil 3.17 Hasarsız gemi deplasmanına göre hasarlı durumdaki rüzgâr hızı değerleri

3.2 İngiliz Donanma Kuralları

Bölüm 3.2 kapsamında yer alan ve kaynak içermeyen tüm kurallar, şekiller ve çizelgeler İngiliz Donanma Kuralları'ndan alıntılanmıştır [28]. İngiltere donanma kuralları kitapçığı askeri alanda çalışacak olan gemiler için belirli standartlar belirlemiş ve donanmaya ait gemilerin bu kuralları sağlaması gerektiğini belirtmiştir. NES 109 olarak adlandırılan bu kural kitapçığı klasik gemiler ve farklı tipteki gemiler için ayrı ayrı hazırlanmış olan bölümlerden oluşmuştur. Bu çalışma kapsamında klasik ve askeri amaçla üretilen gemiler için belirtilen standartlar incelenecektir. Hasarlı ya da hasarsız olarak tüm gemilerin sağlaması gereken $\overline{KG}$ ve deplasman artış değerleri şöyledir:

- Savaş gemileri için $\overline{KG}$ değeri yılda % 0.45, deplasman değeri ise yılda % 0.65 artabilir.

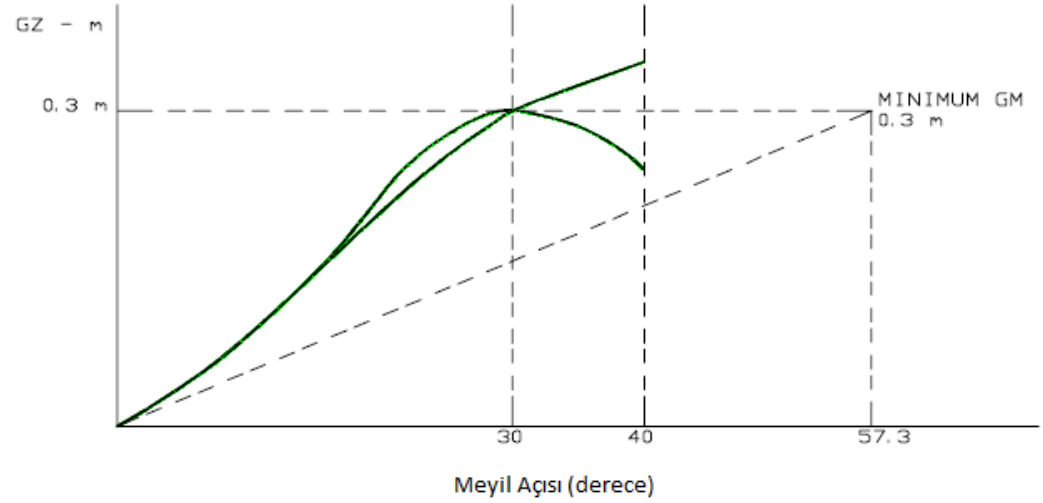
- Asil donanma yardımcı gemileri için $\overline{KG}$değeri yılda % 0.4, deplasman değeri ise yılda % 0.65 artabilir.

- Sahil kıyılarında kullanılan diğer destek gemileri için $\overline{KG}$değeri yılda % 0.66, deplasman değeri ise yılda % 0.73 artabilir.

Önceki sayfada bahsedilen 3 tip gemi aslında NES 109 a göre ayrılan gemi tipledir. Yani bu üç türdeki gemiler NES 109 a göre incelenmelidir.

3.2.1 Hasarsız Stabilite

3.2.1.1 Hasarsız Stabilite Kriteri



Şekil 3.18 Minimum kabul edilebilir GZ eğrisi örnekleri

Şekil 3.18 temel alınarak aşağıdaki kurallar sağlanmalıdır:

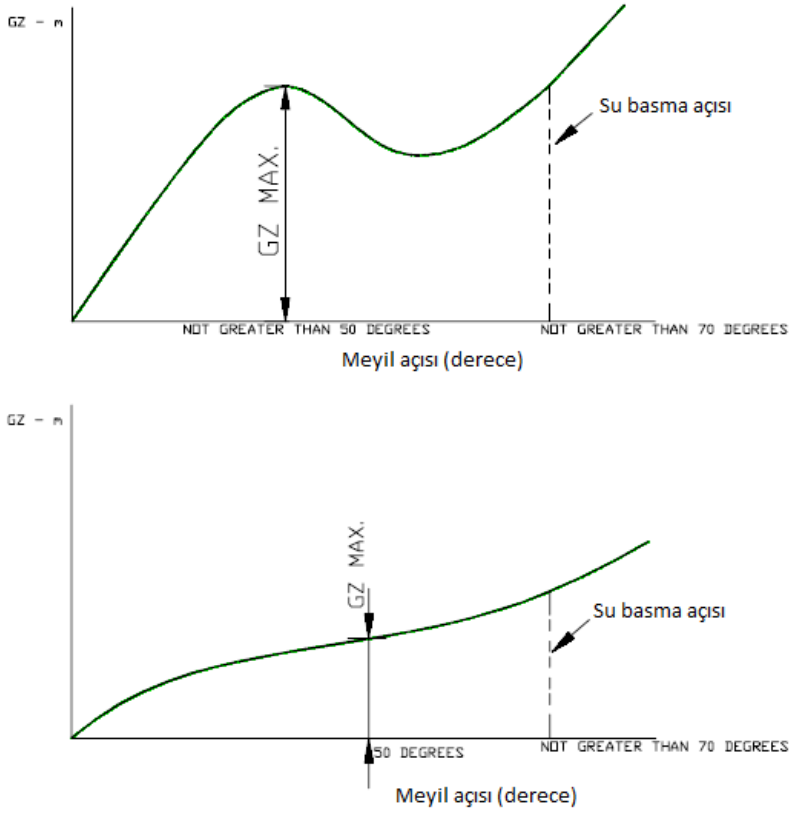
- 0° - 30° arasında eğri altında kalan alan 0.08 m-rad dan az olamaz.
- 0° - 40° arasında eğri altında kalan alan 0.133 m-rad dan az olamaz.
- 30° - 40° arasında eğri altında kalan alan 0.048 m-rad dan az olamaz.
- Maksimum GZ değeri 0.3 m den az olamaz.
- Maksimum GZ değerinin sağlandığı açı 30° den az olamaz.
- GM değeri 0.3 m den az olamaz.
- Pozitif stabilite aralığı olabildiğince fazla olmalıdır.

Çizelge 3.3 IS Kod ve NES 109 un karşılaştırılması [27-28]

KURAL	NES 109	IS
0°-30° altında kalan alan [m-rad]	≥ 0.080	≥ 0.055
0°-40° altında kalan alan [m-rad]	≥ 0.133	≥ 0.090
30°-40° altında kalan alan [m-rad]	≥ 0.048	≥ 0.030
GZmax [m]	≥ 0.300	≥ 0.200
GZ max ın oluştuğu açı [derece]	≥ 30°	≥ 25°
GM [m]	≥ 0.3	≥ 0.15

Çizelge 3.3 incelendiğinde NES 109 un istediği standartları sağlamanın daha zor olacağı kolaylıkla anlaşılabilir. Böylelikle Bölüm 3.1 de olduğu gibi bu bölümde de IS Kod ile askeri standartlar arasında belirli farklar olduğu ve bu farklılıkların askeri standartları uygulaması daha zor hale getirdiği anlaşılmaktadır.

Eğer $\overline{GZ} - \emptyset$ eğrisi iki adet pik yapıyorsa ya da su basma açısı oldukça fazla ise şekil 3.19 temel alınarak aşağıdaki kuralların kontrolü yapılır:



Şekil 3.19 Stabilite aralığı ve maksimum GZ sınırlandırmaları

Şekil 3.9 temel alınarak aşağıdaki kurallara göre işlem yapılır:

- Maksimum GZ değeri olarak 50° ve ilk pik açısından hangisi küçükse o alınır.

- Aralık ya da stabilite aralığı için, 70°ve sınırlandırılmamış su basma açısından hangisi daha küçükse o alınır.

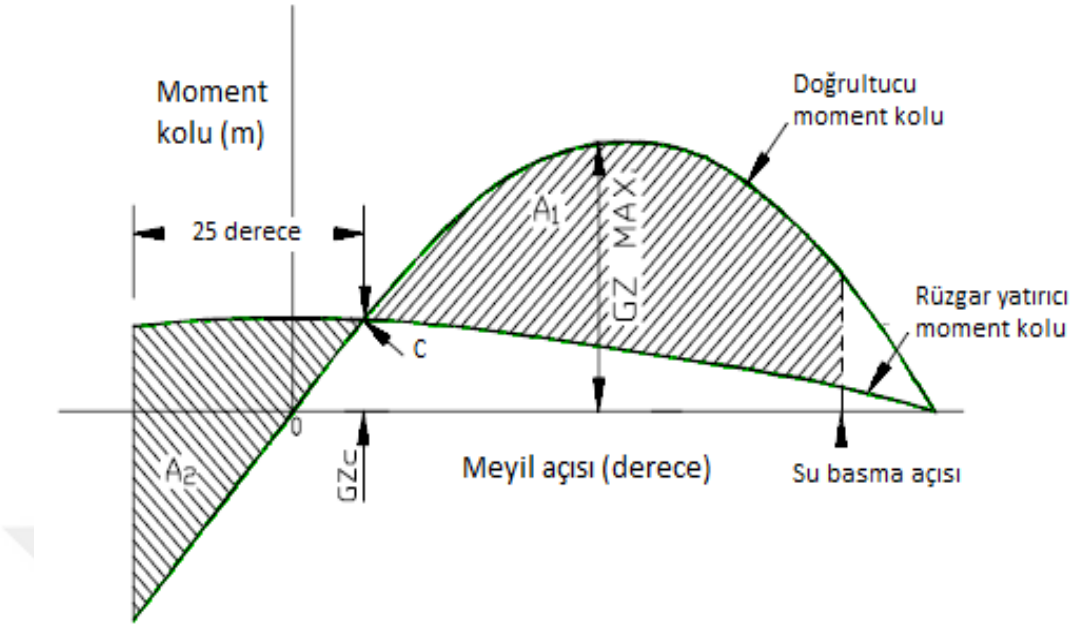
3.2.1.2 Enine Gelen Rüzgârlarda Stabilite

Bu alanda gemilerin çalışacakları alanlara ve durumlara göre farklı nominal rüzgar hızlarına göre stabilite hesapları yapılmaktadır. NES 109 a göre nominal rüzgar hızları, Amerikan donanma kurallarıyla (DDS079-1) karşılaştırmalı olarak Çizelge 3.4 de gösterilmiştir.

Çizelge 3.4 NES 109 ve DDS079-1 e göre nominal hız karşılaştırmaları [28-25]

Gemi Tipi	**Nominal Rüzgâr Hızı [knot]**	
	NES 109	**DDS079-1**
Okyanus aşırı çalışacak ve kötü hava şartlarına karşı koyacak gemiler için	90	100
Okyanusta ya da sahilde çalışacak, kötü hava şartlarından kaçabilecek gemiler için	70	80
Sahilde çalışacak ve gerektiğinde geri çağrılacak gemiler için	50	60

Çizelge 3.4 incelendiğinde rüzgar hızları baz alındığında NES 109 a göre kuralların DDS079-1 e göre daha yumuşak olduğu anlaşılabilir. Bu hususa ilişkin daha detaylı bilgi edinilmek istendiği takdirde Bölüm 3.1 incelenebilir.



Şekil 3.20 Rüzgardan kaynaklanan yatırıcı kol eğrisi

NES 109 a göre bu kısımdaki ölçütün sağlanması için aşağıdaki kurallar sağlanmalıdır:

- Çizelge 3.4 e göre belirlenen rüzgar hızlarındaki meyil açısı değeri 30° yi geçemez.
- C noktasındaki GZ değeri, GZ_{max} değerinin 0.6 katından daha çok olamaz.

$$GZ_c \leq 0.6 * GZ_{max} \tag{3.24}$$

- A_1 alanı, A_2 alanının 1.4 katından daha az olamaz.

$$A_1 \geq 1.4 * A_2 \tag{3.25}$$

3.2.1.3 Buzlanma Altında Meyil Durumu

NES 109 a göre buzlanma olduğu ve ani bir rüzgar çıktığı anda, ölçütün sağlanıp sağlanmadığının anlaşılabilmesi için öncelikle şu kabuller yapılır:

- Tüm yatay güverteler, platformlar ve çatıların 150 mm lik bir buz tabakası ile kaplanmış olup bu buz tabakasının özkütlesi 950 kg/m^3 tür.
- GZ eğrisi hesaplanırken, buzun ağırlığı ve ağırlık merkezi hesaplamalara katılmalıdır.
- Rüzgar yatırıcı moment kolu hesaplanırken, buz tabakasının profil alanı ihmal edilir. Ancak bu alanın gemi deplasman ağırlığına olan etkisi dikkate alınır.

Bu noktadan sonra, Şekil 3.20 temel alınarak, aşağıdaki kuralların sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilir:

- Çizelge 3.4 de verilen rüzgar hızlarının %70 i alınarak rüzgar hızı seçilir.
- Rüzgar ve buzlanmadan kaynaklanan meyil açısı 30° yi geçemez.
- C noktasında GZ değeri, GZ_{max} değerinin 0.6 katından büyük olamaz.
- A_1 alanı, A_2 alanının 1.4 katından daha az olamaz.
- 0°-30° arasında $GZ - \emptyset$ eğrisi altında kalan alan, 0.051 m-rad değerinden daha az olamaz.
- 0°-40° arasında $GZ - \emptyset$ eğrisi altında kalan alan, 0.085 m-rad değerinden daha az olamaz.
- 30°-40° arasında $GZ - \emptyset$ eğrisi altında kalan alan, 0.03 m-rad değerinden daha az olamaz.
- GZ_{max} ' ın oluştuğu açı 30° den daha az olamaz.
- GZ_{max} değeri 0.24 den daha az olamaz.
- GM, 0.15 m değerinden daha az olamaz.

3.2.1.4 Yüksek Hızlı Dönüşlerden Kaynaklanan Meyil

Yüksek hızlarda dönüşlerden meydana gelen yatırıcı moment kolunu hesaplamak için şu formül kullanılır:

$$HA_{HSTURN} = {V^2 * h * \cos\varphi}\Big/{R * g} \tag{3.26}$$

Burada,

V, dönüş hızını (yaklaşma hızının %65 i) [m/s]

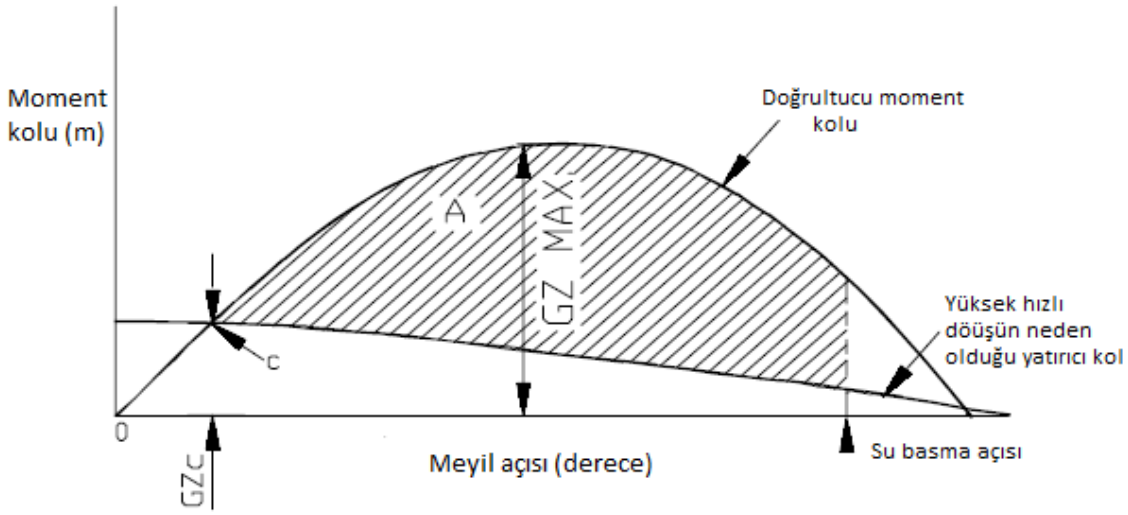
h, KG ile T/2 arasındaki düşey mesafeyi [m]

R, dönme yarıçapını [m]

g, yer çekim ivmesini [m/s^2]

φ, meyil açısını [derece]

temsil eder. Eğer R için herhangi bir bilgi verilmemişse savaş gemileri için 2.5*LBP, yardımcı gemiler için 3.5*LBP alınabilir.



Şekil 3.21 Yüksek hızda dönüşten kaynaklanan yatırıcı kol ile doğrultucu kol eğrileri

Şekil 3.21 temel alınarak hızlı dönüşlerden meydana gelen meyile ilişkin ölçüt, aşağıdaki kurallar sağlandığında sağlanmış olur:

- Sabit meyil açısı 20° den küçük olmalıdır.
- C noktasındaki GZ değeri, GZ_{max} değerinin 0.6 katından küçük olmalıdır.
- A alanı, $GZ - \emptyset$ eğrisi altında kalan toplam alan değerinin 0.4 katından daha büyük olmalıdır.

3.2.1.5 Büyük Ağırlıkların Kaldırılmasından Oluşan Meyil

Büyük ağırlıkların kaldırılmasından dolayı oluşacak meyil kolu şu şekilde hesaplanabilir:

$$HA_{HEAVYLIFT} = {w * (a * \cos\varphi + d * \sin\varphi)}/{\Delta} \quad (3.27)$$

Burada,

w, yer değiştiren ağırlığı [ton]

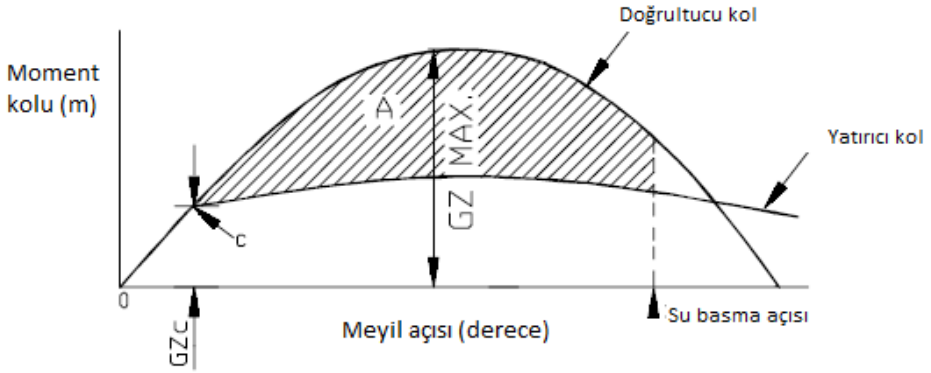
a, yatay yer değiştirmeyi [m]

d, düşey yer değiştirmeyi [m]

φ, meyil açısını [derece]

Δ, w ağırlığını da içeren gemi deplasmanını [ton]

temsil etmektedir.



Şekil 3.22 Büyük ağırlıkların kaldırılmasından kaynaklanan yatırıcı kol ve doğrultucu kol

Şekil 3.22 temel alınarak aşağıdaki kurallar sağlandığı takdirde, bu ölçüt sağlanmış olur:

- Meyil açısı 15° yi geçemez. (Eğer kaldırma dişlisinden kaynaklanan başka bir kısıtlama varsa ve 15° den küçükse o dikkate alınır.)
- C noktasındaki GZ değeri, GZ_{max} değerinin 0.5 katından daha büyük olamaz.
- A alanı, $GZ - \emptyset$ eğrisi altında kalan toplam alan değerinin 0.5 katından daha büyük olmalıdır.
- Eğer kaldırma ya da yer değiştirme işlemi uzun periyotlarda sürdürülüyorsa, meyil için NES 109 kısım 1.4.2 de belirtilen kurallar sağlanmalıdır.

3.2.1.6 Mürettebat ya da Yolcuların Bir Yerde Toplanmasından Meydana Gelen Meyil

Üst güvertede bulunan tüm yolcu ya da mürettebatın bir tarafa toplanmasından kaynaklanan yatırıcı moment kolu şu formülle bulunabilir:

$$HA_{CROWD} = {}^{w * a * \cos\varphi}/_{\Delta} \quad (3.28)$$

Burada,

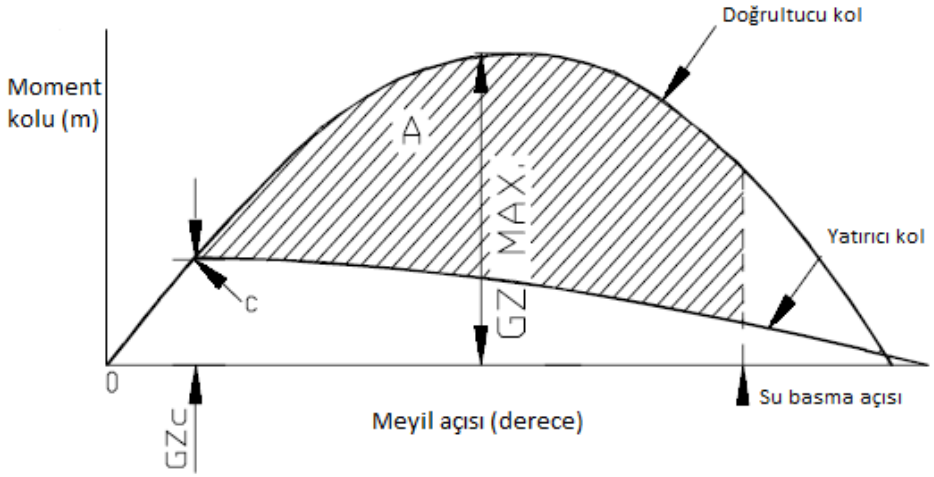
w, her bir mürettebat için 80 kg olmak üzere toplan mürettebat ağırlığını [ton]

a, her bir mürettebatın 0.2 m^2 alan kapladığı varsayılarak, mürettebatın ağırlık merkezi ile CL arasındaki uzaklığı [m]

Δ, gemi deplasmanını [ton]

φ,meyil açısını [derece]

temsil etmektedir.



Şekil 3.23 Mürettebatın bir yöne yönelmesi sebebiyle oluşan yatırıcı kol

Şekil 3.23 temel alınarak aşağıdaki kurallar sağlandığında bu kısma ait ölçüt sağlanmış olur:

- Meyil açısı 10° yi geçemez.
- C noktasındaki GZ değeri, GZ_{max} değerinin 0.6 katından çok olamaz.
- A alanı, $GZ - \emptyset$ eğrisi altında kalan toplam alan değerinin 0.4 katından daha büyük olmalıdır.

3.2.1.7 Limanda Stabilite

Limanda stabilitedeki ölçütü sağlayabilmek aşağıdaki kurallar sağlanmalıdır:

- GM değeri 150 mm den daha az olmamalıdır.
- 30 knot rüzgar altındaki meyil 7° yi geçmemelidir.

3.2.1.8 Havuzlama Sırasında Stabilite

Havuzlama sırasında gerekli ölçütü sağlayabilmek adına aşağıdaki durumlar sağlanmalıdır:

- Tüm havuzlama işlemi sırasında GM değeri 150 mm den az olamaz.
- Kıça doğru 0,3 m trim yaptığı kabul edilebilir.
- Fazla trim havuzlama bloklarına aşırı yük binmesine sebep olabilir. Böyle durumlarda ek hesaplamalar gerekebilir ve bunlar tavsiye edilir.

3.2.1.9 Yangınla Mücadelede Stabilite

10 dakikalık her türlü yangın söndürme olayının sonucunda, nihai olarak geminin meyil açısı 20° yi geçemez.

3.2.2 Hasarlı Stabilite

NES 109 da hasarlı stabilite hesapları yapılırken, kayıp sephiye metodu kullanılmıştır. Enine ya da düşey yaralanma genişliklerinden hangisi daha tehlikeli ise o kullanılır.

3.2.2.1 Yara Uzunluğu

Yara uzunluğu hesaplanırken aşağıdaki kabuller yapılır.

- Su hattı boyu 30 m den daha az olan gemilerin herhangi bir ana kompartımanı yaralanır.
- Su hattı boyu 30 ila 92 m arasında olan gemilerin herhangi iki ardışık ana kompartımanı yaralanır. Bir ana kompartımanın boyu 6 m den büyük olmalıdır.
- Su hattı boyu 92 m den büyük olan gemilerin yara uzunluğu su hattı boyunun %15 i ya da 25 m den hangisi daha büyükse o kabul edilir.

3.2.2.2 Permeabilite

Permeabilite, herhangi bir kapalı hacme girebilecek hacmin yüzdesini ifade eder. NES 109 a göre permeabilite değerleri Çizelge 5.3 te belirtilmiştir.

Çizelge 3.5 NES 109 a göre permeabilite değerleri

Boşluk	Permeabilite
Su geçirmez hariç kompartımanlar ve tanklar	97 (savaş gemileri) 95 (yardımcı gemiler)
Atölye, ofis, operasyonel ya da tasarım boşlukları	95
Araç güverteleri	90
Makine kompartımanları	85
Depolar, kargo alanları	60

3.2.2.3 Rüzgâr Hızı

Rüzgar yatırıcı moment kolu değerleri nominal rüzgar hızlarına göre belirlenir ve gemi deplasmanına bağlı olarak nominal rüzgar hızı değerleri aşağıdaki gibidir:

- Deplasman değeri 1000 tona eşit ya da daha az olan gemiler için;

$$V_{rüzgar} = 20 + 0.005 * \Delta \quad (3.29)$$

- Deplasman değeri 1000 tondan fazla, 5000 tondan az ya da eşit olan gemiler için;

$$V_{rüzgar} = 5.06 * \ln(\Delta) - 10 \quad (3.30)$$

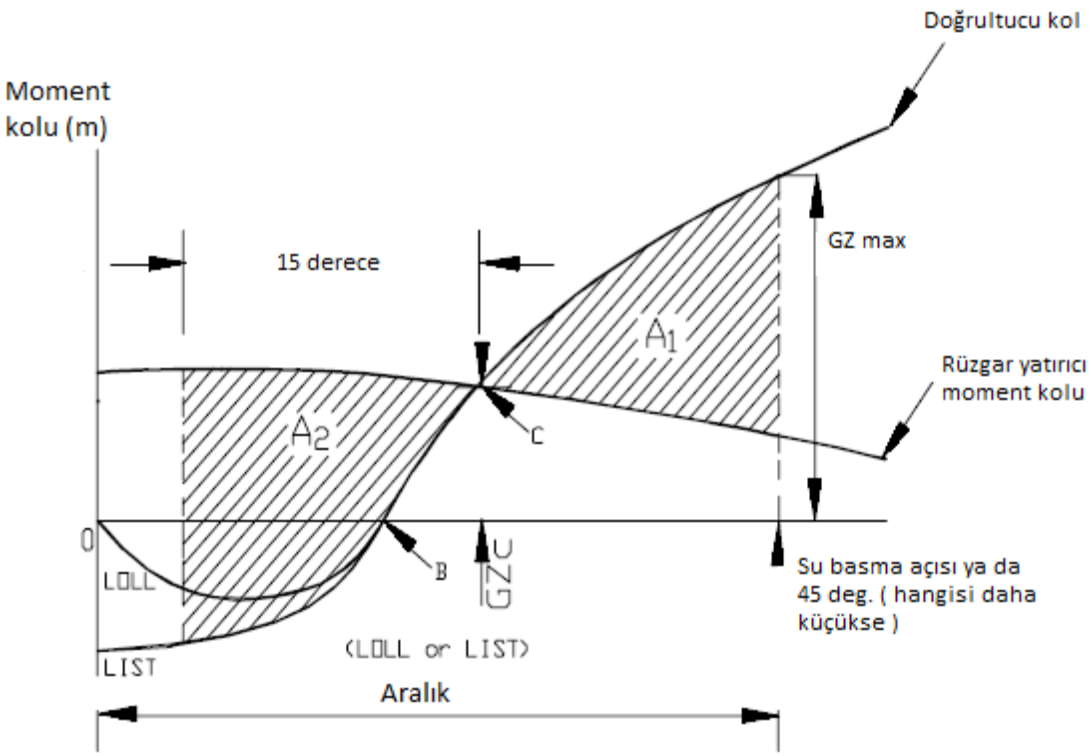
- Deplasman değeri 5000 tondan daha fazla olan gemiler için;

$$V_{rüzgar} = 22.5 + 0.15 * \sqrt{\Delta} \quad (3.31)$$

Burada,

Δ, ton cinsinden geminin deplasmanını ifade etmektedir ve rüzgâr hızları knot cinsinden bulunur.

3.2.2.4 Hasarlı Stabilite Ölçütü



Şekil 3.24 Hasarlı stabilite moment kolları eğrisi

Şekil 3.24 temel alınarak NES 109 a göre hasarlı stabilite ölçütünü sağlamak için aşağıdaki kuralların sağlanması gerekir:

- Yatma(list) ya da bayılma(loll) açısı 20° yi geçemez.
- C noktasındaki GZ değeri, GZ_{max} değerinin 0.6 katından büyük olamaz.
- A_1 alanı A_{min} değerinden büyük olmalıdır. A_{min} şu şekilde hesaplanabilir:

$\Delta \leq 5000$ ton olan gemiler için;

$$A_{min} = 2.74 * 10^{-2} - 1.97 * 10^{-6} * \Delta \quad \text{[m-rad]} \tag{3.32}$$

5000 < Δ < 50000 ton olan gemiler için;

$$A_{min} = 0.164 * \Delta^{-0.265} \quad \text{[m-rad]} \tag{3.33}$$

Δ > 50000 olan gemiler Deniz Teknolojisi Grubuna (Sea Techonology Group) danışılmalıdır.

- A_1 alanı, A_2 alanının 1.4 katından daha büyük olmalıdır.

- Boyuna trim, su basmaya neden olan değerden daha düşük olmalıdır.
- Boyuna GM değeri pozitif olmalıdır.

3.3 Alman Donanma Kuralları

Alman donanma kurallarında da tıpkı İngiliz ve Amerikan kurallarında olduğu gibi, hesaplamalar gemilerin çalıştıkları alana göre belirli bir rüzgâr kuvveti altındaki durum itibariyle yapılır. Ancak diğer iki kural grubundan farklı olarak Alman donanma kurallarında gemilerin yükleme tipleri de detaylı olarak belirtilmiştir. Bu yükleme durumları her biri için, balast tankı, tatlı su tankı vb. tankların doluluğu üzerinden belirtilmiştir. Bölüm 3.3 te kaynak belirtilmeyen tüm kurallar, şekiller ve çizelgeler Alman Donanma Kuralları'ndan alıntılanmıştır [29].

Alman donanma kurallarına göre gemilerin sınıflandırılması şu şekilde olur:

A Grubu Gemiler: Sınırsız alanda seyreden gemiler.

B Grubu Gemiler: Sınırlı alanda seyreden,70 knotu aşan rüzgârdan sakınabilen ve hortum, fırtına gibi olaylardan kaçabilen gemiler.

C Grubu Gemiler: Rüzgâr şiddeti 50 knotu geçtiği uyarısı yapıldığında bir limana sığınabilecek gemiler.

D Grubu Gemiler: Baltık Denizi'nde kıyıdan 20 deniz mili, Kuzey Denizi'nde adalar zincirinin 55 deniz mili açığına kadar seyreden, 40 knotu geçmeyen rüzgar şiddetinde ve 1.5 m dalga yüksekliğinde hizmet veren gemiler.

E Grubu Gemiler:Baltık Denizi'nde kıyıdan 5 deniz mili açığa kadar, Kuzey Denizi'nde adalar zinciri içerisinde, azami 20 knot rüzgâr hızında ve en fazla 1 m dalga yüksekliğinde çalışabilen kuvvet ve karakol gemileri.

F Grubu Gemiler:40 knot rüzgâr hızında liman hizmetinde kullanılan botlar ve diğer yüzer araçlar.

Alman donanma kurallarına göre yükleme durumları ise Çizelge 3.6 da gösterilmiştir.

Çizelge 3.6 Alman donanma kurallarına göre yükleme durumları

Yükleme Durumu No	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
Boş gemi	+	+	+	+	Yükleme durumu 2 ye uygun olarak belirlenir	+	+	+	Yükleme durumu 2 ye uygun olarak belirlenir
Mürett. ve personel ekip.	+	+	+	+		+	+	+	
Hava araçları	-	+	+	+		+	+	+	
Tüketilir maddeler	-	10%	100%	50%		10%	10%	100%	
Erzak ve ihtiyaç malz.	-	10%	100%	50%		10%	10%	100%	
Besleme suyu	-	10 veya 50%	100%	50%		10 veya 50%	10 veya 50%	*belirtilmemiş*	
Temiz su	-	10%	100%	50%		10 veya 50%	10 veya 50%	100%	
Yakıt	-	10%	100%	50%		10%	10%	100%	
Yağlama yağı	-	50%	100%	70%		50%	50%	*belirtilmemiş*	
Mühimmat	-	33%	100%	50%		33%	100%	100%	
Yükler / transport malları	-	33 veya 100%	100%	50%		33 veya 100%	*belirtilmemiş*	+	

Bunlar dışında da her bir yükleme durumunun her bir gemi tipine göre ayrı ayrı hesaplanış şekli de mevcuttur (1A,1B gibi). Ancak burada bu kadar detaya inilmeyecektir. Dilenirse bu durumlar BV1030 - Kural 3 incelenerek öğrenilebilir.

3.3.1 Hesaplamalarda Yapılan Kabuller

Alman donanma kurallarına göre hesaplama yapılırken belirli kabuller yapılır. Bu kabuller gemi ağırlığından kişisel teçhizata, erzaktan tüketilen mallara kadar oldukça geniş bir yelpazede seyretmektedir.

Bu kabullerin bazıları şu şekildedir:

Çizelge 3.7 Alman Donanma Kuralları'na ait kabuller

DURUM	KABUL
Deplasman ağırlığı	1000 kg başına ton olarak alınır. Deplasman ton(ts)=1.016t şeklinde gösterilir.
Tanklar ve Hücreler	Doluluk dereceleri %95 alınır. Eğer çift dip kargo ambarlarının altındaysa %100 alınır.
Mürettebat kütlesi	Kişi başı 75 kg
Kişisel donanım Kütlesi	350 t altında gemiler için 30 kg/adam 350 t üstünde gemiler için 60 kg/adam
Taze Yiyecek Hazır Yiyecek Kantin Ürünü İçecekler	3.5 kg/adam-gün 8.75 kg/adam-gün 1 kg/adam-gün 3 kg/adam-gün
Buz kütlesi	Dış etkene açık güverte alanları ve dümen ve seyir donanımlarını bulunduran bölüm 50 kg/m²
Buz kütlesi	Kıça doğru bakarken cihazların, silahların, botların ve diğer donanımların önden görünüş alanları 100 kg/m²
Deniz suyu yoğunluğu Temiz su yoğunluğu	1.025 t/m³ 1 t/m³
Kazan yakıtı yoğ. Dizel yakıt yoğunluğu	0.92 t/m³ 0.83 t/m³
Yağlama yağı yoğ. Türbin yağı yoğ.	0.90 t/m³ 0.88 t/m³
Sintine suyu yoğ. Köpük	1.005 t/m³ 1.15 t/m³

3.3.2 Hasarsız Stabilite Kuralları

3.3.2.1 Doğrultucu Kollar

Daha önce de bahsedildiği üzere, Alman donanma kurallarında belirli yükleme durumlarına göre ayrı ayrı işlem yapılır. Doğrultucu kollar da hesaplanırken bu yükleme durumları da göz önünde bulundurulmalıdır.

Hesaplama yapılırken gemi trimsiz halde tutulur ve doğrultucu kollar aşağıdakiler temel alınarak hesaplanmalıdır:

- Sakin sudaki gemi için (h_G)
- Seyir halindeki gemi için (h_S) (dalga tepesi ve çukurundan elde edilen eğri)
- Sırasıyla dalga tepesi ve dalga çukurundaki gemi için (h_B ve h_T)

i) Sakin Su Durumunda Geminin Çapraz Stabilite Eğrilerinin Hesabı

Gemi gövdesindeki daha önce tanımlanmış su geçirmez yapılar için çapraz stabilite eğrileri 10, 20, 30, 45, 60 ve 75° ye göre belirli yükleme durumları için hesaplanmalı ve çizilmelidir.

ii) Seyir Halindeki Geminin Çapraz Stabilite Eğrilerinin Hesabı

Tıpkı sakin su durumunda olduğu gibi, bu durumda da belirli yükleme durumları için çapraz stabilite eğrileri 10, 20, 30, 45, 60 ve 75° ye göre hesaplanmalı ve çizilmelidir.

Aşağıdaki çapraz stabilite değerleri hesaplanmalıdır:

- Dalga tepesindeki doğrultucu kol değeri (h_B)
- Dalga çukurundaki doğrultucu kol değeri (h_T)
- h_B ve h_T değerlerinin ortalaması (h_S)
- Trimli durumlar için 10 ayrı evredeki konumlar

Ayrıca geminin dalga boyu (λ) ve dalga yüksekliği (H) belirtilmelidir.

Bu kurala göre gemi boyu gemi su hattı boyuna eşit bir sinüs dalgasıyla karşılaşmıştır ve bu dalganın yüksekliği şu şekilde hesaplanır:

$$H = {\lambda}/{10 + (0.05 * \lambda)} \tag{3.34}$$

3.3.2.2 Yatırıcı Kollar

Yatırıcı kolların her biri tıpkı doğrultucu kollarda olduğu gibi 10, 20, 30, 45, 60 ve 75° ye göre hesaplanmalı ve çizilmelidir.

i) Serbest Yüzey Etkisinden Kaynaklanan Yatırıcı Kol

Serbest yüzey etkisi geminin stabilitesine olumsuz yönde etki eden bir durumdur. Bu nedenle işleme katılması hususu önem arz etmektedir.

Serbest yüzey etkisinden kaynaklanan yatırıcı kol değeri şu şekilde hesaplanabilir:

$$l_{F1} = {}^{1}/_{\Delta} * (toplam\ \rho * i) * \sin\varphi \quad (3.35)$$

Burada,

ρ, tamamen dolu veya kısmen dolu olan tankların, ambarların, bölmelerin içindeki sıvı yoğunluklarını [t/m^3]

i, bu alanlardaki sıvıların yüzeylerinin enine atalet momentlerini [m^4]

Δ, geminin deplasman ağırlığını [ton]

temsil eder.

Ancak bu durumda belirli hatalar olabilir. İşte bu hataları tolere edebilmek adına bu yöntem 30° meyilde k_F = 0.03 m ye kadar olan değerlerde kullanılır.

Bu değeri geçen durumlarda hesap şu şekilde yapılır:

$$l_{F2} = {}^{1}/_{\Delta} * (toplam\ p * b_{\emptyset}) \quad (3.36)$$

Burada,

p, tanklarda, ambarlarda ve bölmelerdeki sıvı kargoların kütlesini [ton]

$b_{\emptyset}$, her zaman su hatlarına paralel olarak kargoların yer değiştirmesi ile bağlantılı geminin enine ağırlık merkezinin ter değiştirmesini [m]

temsil eder.

ii) Dairesel Manevralardan Kaynaklanan Yatırıcı Kol

Dairesel manevralardan kaynaklanan yatırıcı kol değeri şu şekilde hesaplanır.

$$l_{tc} = {C_D * V^2 * (KG - 0.5 * T)}/{g * L_{DWL}} * \cos\varphi \quad (3.37)$$

Burada,

C_D, dairesel manevra için katsayıyı

V, yaklaşık gemi hızını [m/s]

KG-0.5*T, 0.5*L_{DWL} de yarı su çekimi yukarısındaki kütle merkezinin yüksekliğini [m]

g, yer çekim ivmesini [m/s^2]

L_{DWL}, su hattı boyunu [m] temsil eder.

Çizelge 3.8 Froude sayısına göre C_D değerleri

Froude Sayısı	**C_D**
Fn $\leq$ 1	0.3
Fn $>$ 1	0.18

iii) Rüzgârın Neden Olduğu Yatırıcı Kol

Rüzgâr gemilerin stabilitesi üzerinde ciddi bir etkiye sahiptir. Özellikle rüzgara açık ve projeksiyon alanları fazla olan gemilerde bu etki oldukça önemlidir. Alman donanma kurallarına göre yanal rüzgâr basıncının neden olduğu yatırıcı kol şu şekilde hesaplanır:

$$l_v = {A_W * (A_{WOH} - 0.5 * T)}/{\Delta * g} * P_W * (0.25 + 0.75 * cos^3\varphi) \quad (3.38)$$

Burada,

Δ, deplasman ağırlığını [ton]

A_w, yanal rüzgâr alanını

A_{WOH}-0.5*T„0.5*L_{DWL} deki yarı su çekimi üzerindeki yanal düzlemsel alan merkezinin yüksekliğin [m]

g, yer çekim ivmesini [m/s^2]

P_w, rüzgâr basıncını (kPa)

temsil etmektedir.

A_w yanal rüzgâr alanı eğimli yüzeylerde hesaplanırken, bir C_w ifadesi ile çarpılır ve buna form faktörü adı verilir.

Çizelge 3.9 Atak alanlarına göre form faktörü değerleri

Atak Alanı	C_W
Silindir şeklinde ise	0.6
Düzlemsel ise	0.1
Kafes yapılı bir alansa	≤1.75

Çizelge 3.10 Gruplara göre rüzgar hızı-basınç ilişkisi

Grup	Rüzgâr hızı		Rüzgâr basıncı	
	knot	m/s	Bft	kpa
A	90	46	14	1.5
B	70	36	12	1
C	50	26	10	0.5
D	40	21	8	0.3
E	20	10	5	0.1
F	40	21	8	0.3

iv) Seyir Halinde Dolum İşleminden Kaynaklanan Yatırıcı Kol

$\frac{Z*A}{D*g}$ değeri 0.05 m yi aştığında yük alma ya da boşaltma işlemlerinde yanal kuvvetlerin neden olduğu yatırıcı kol hesaba katılır ve şu şekilde hesaplanır:

$$l_Q = toplam \frac{F_t}{\Delta * g} \ (a \cos \varphi - b * \sin \varphi) \qquad [m] \tag{3.39}$$

Burada,

F_t, yük vinci için verilen nominal çekme değerinin 3 katını [kN]

Δ, geminin deplasmanını [ton]

a, 0.5*T_{gm} üzerinde asılma noktasından olan uzaklığı [m]

b, asılma noktasının gemi ortasından olan mesafesini [m]

g, yer çekim ivmesini [m/s^2]

temsil eder.

v) Yedekte Çekilme Nedeniyle Oluşan Yatırıcı Kol Değeri

Yedekleme için kullanılan pervaneli römorkörlerde yanal çekmeden kaynaklanan yatırıcı kol değeri şu şekilde hesaplanır:

$$l_{Tr} = \frac{Z}{D*g}\ (a\cos\varphi - b * \sin\varphi) \quad [\text{m}] \tag{3.40}$$

$$F_t = C_W * \frac{\rho}{2} * V_q^2 * A_L \qquad [\text{kN}] \tag{3.41}$$

Burada,

Z, maksimum yanal çekme kuvvetini [kN]

C_W, enine akımdan kaynaklanan direnç katsayısını [1.2]

ρ, deniz suyu yoğunluğunu [1.015 t/m^3]

A_L, su altı yanal çekim alanını [m^2]

V_q, çekiciye etkiyen maksimum yanal direnç akış hızını [m/s] (aksi ya da daha büyük bir değer belirtilmedikçe 2.5 m/s alınabilir.)

D, çekici deplasmanını [ton]

a, su altı yanal ağırlık merkezi üzerinde halattaki yükleme noktasının yüksekliğini [m]

b, su üzerinde dikey durumda yüzen çekicide kanca donanımının yol gösterme noktası ile kancanın maksimum yanal değişimindeki gemi merkez hattı arasında ölçülen yatay uzaklığını [m]

g, yer çekim ivmesini [m/s^2]

temsil eder.

vi) Güvertede Bulunan Mürettebattan Dolayı Oluşan Yatırıcı Kol

Güvertede bulunan mürettebattan dolayı oluşan asimetrik yükleme sonucu meydana gelen yatırıcı kol değeri şu şekilde hesaplanır:

$$l_P = {}^{P * Y}/_{\Delta * g} * \cos\varphi \tag{3.42}$$

Burada,

P, insan ağırlığını [kN] (0.05 kN teçhizat ağırlığı dâhil 0.8 kN/kişi alınabilir.)

Y, geminin merkez hattından bu insanların yanal konumuna olan uzaklığını [m]

Δ, geminin deplasman ağırlığını [ton]

g, yer çekim ivmesini [m/s^2]

φ,yatma açısını [derece]

temsil eder.

3.3.2.3 Yeterli Stabilite İspatı

Yeterli stabilitenin sağlanıp sağlanamadığının anlaşılabilmesi için doğrultucu ve yatırıcı moment kolu değerlerine bakılmalıdır. Stabilite ispatı iki temel kavrama dayanır:

-Yatırıcı kol eğrisinden doğrultucu kol eğrisine kadar olan mesafeyi temsil eden artık kol değeri

-Statik yatma açısının büyüklüğü

Gerekli artık kol belirli bir meyil açısına bağlı olarak belirli bir referans açısında ölçülür ve bu referans açısı şu şekilde bulunur:

$$\varphi_{REF} = 2 * \varphi_{MEYİL} + 5 \qquad \text{[derece]} \qquad (3.43)$$

Ayrıca aşağıdaki sınır değerlerin de sağlanması gerekmektedir:

- 15° ye kadar olan meyilde minimum doğrultucu kol 0.1 m ve referans açısı 35° dir.
- 15° den büyük olması durumunda ise şu eşitlik yardımıyla bulunur.

$$h_{REST} = (\varphi_{MEYİL} - 5) * 0.01 \qquad (3.44)$$

- Dairesel manevralarda meyil açısı 15°i geçemez.

Burada $\varphi_{MEYİL}$, birinci statik denge açısını temsil etmektedir. Yani bu açı değerinde doğrultucu kol ile yatırıcı kol değerleri birbirine eşit olmaktadır.

Çizelge 3.11 Yükleme durumlarına göre kullanılacak moment kolları

Grup	Yükleme Durumları	GEMİ SAKİN SUDA İKEN		GEMİ SEYİR HALİNDE İKEN	
		Doğrultucu Kol	Yatırıcı Kol	Doğrultucu Kol	Yatırıcı Kol
A	0 0V	h_G	$l_F + l_{W(40)}$	-	-
	1, 1A, 1B, 2 2E, 3, 4, 5, 6	h_G	$l_F + l_{W(40)} + l_{TC}$	-	-
	1, 1A, 2, 3 1A1, 6 1B, 1E, 2E, 4, 5	-	-	h_G, h_T, h_B h_G, h_T, h_B h_G, h_T, h_B	$l_F + l_{W(90)}$ $l_F + l_{W(70)}$ $l_F + l_{W(50)}$
B	0 0V	h_G	$l_F + l_{W(40)}$	-	-
	1, 1A, 1B, 1C, 2 2E, 3, 4, 5, 6	h_G	$l_F + l_{W(40)} + l_{TC}$	-	-
	1, 1A, 2, 3, 6 1B 1C, 1E, 2E, 4, 5	-	-	h_G, h_T, h_B h_G, h_T, h_B h_G, h_T, h_B	$l_F + l_{W(70)}$ $l_F + l_{W(50)}$ $l_F + l_{W(40)}$
C	0 0V	h_G	$l_F + l_{W(40)}$	-	-
	1, 1C, 1E 2, 2E, 4, 5	h_G	$l_F + l_{W(40)} + l_{TC}$	-	-
	1, 2, 3 1C, 1E, 2E, 4, 5	-	-	h_G, h_T, h_B h_G, h_T, h_B	$l_F + l_{W(50)}$ $l_F + l_{W(40)}$
D	0 1,2	h_G	$l_F + l_{W(40)}$ $l_F + l_{W(40)} + l_{TC}$	-	-
E	3	h_G	$l_F + l_{W(20)} + l_{TC}$ $l_F + l_{W(20)} + l_{TC}$	-	-
F	3	h_G	$l_F + l_{W(40)}$	-	-

3.3.3 Hasarlı Stabilite

3.3.3.1 Hasar Boyutları

Hasar boyutları belirlenirken izlenecek yollar ve yapılacak kabuller aşağıda madde madde belirtilmiştir:

- En kısa kompartıman uzunluğu 1.8 m dir. Daha kısa boşluklar kompartıman olarak kabul edilmez ve bitişik kompartımanlara ek kabul edilir.

- 1-2-3 ve 6 numaralı yükleme durumları için hasar uzunluğu L_{DWL} nin boyutuna bağlıdır. Eğer bu değer 30 m den küçükse herhangi bir kompartıman su dolmuş varsayılır. Aksi durumda ise hasar uzunluğu;

$$L_{hasar} = 0.18 * L_{DWL} - 3.6 \quad [\text{m}] \tag{3.45}$$

şeklinde hesaplanır. Fakat hasar nerede olursa olsun en fazla 18 m olduğu kabul edilir.

- A grubu gemiler için 1A ve 1B yükleme durumlarında, B grubu gemiler içinse 1B yükleme durumunda her seferinde 2 bölme su almış olarak kabul edilir.

- Hasar derinliğinin geminin ortasına kadar olduğu kabul edilir.

- Hasar yüksekliğinin geminin karinasından perde güverteyi kapsayacak şekilde uzandığı kabul edilir.

3.3.3.2 Permeabilite

Bölmeler için belirtilen permeabilite değerleri Çizelge 6.6 da gösterilmiştir.

Çizelge 3.12 BV 1030 a göre permeabilite değerleri

Boşluk	Permeabilite
Konaklama yerleri, kafeterya ve atölyeler	95%
Mühimmat dolapları	80%
Katı erzak ve transport ürünlerinin taşındığı alanlar	Dolu 50% Yarı dolu 70% Boş 95%
Motor daireleri, hücreler tanklar ve odalar	Dolu 0% veya 5% Boş 98%
Boş alanlar	98%

3.3.3.3 Doğrultucu Kollar

Alman donanma kurallarına göre hasarlı durumdaki doğrultucu kol değerleri kayıp sephiye yöntemine göre hesaplanır. Bu yöntem Bölüm 3.3.2.1 de anlatılmıştır.

3.3.3.4 Yatırıcı Kollar

i) Serbest Yüzey Etkisinin Neden Olduğu Yatırıcı Kol

Serbest yüzey etkisinin neden olduğu yatırıcı kol değeri Bölüm 3.3.2.2 de anlatıldığı gibi bulunur.

ii) Rüzgârın Neden Olduğu Yatırıcı Kol

Rüzgârın neden olduğu yatırıcı kol değeri Bölüm 3.3.2.2 te anlatıldığına uygun olarak 40 knotluk bir rüzgâr basıncı altında hesaplanmalıdır.

3.3.3.5 Hasarlı Durumda Yeterli Stabilitenin İspatı

Aşağıda belirtilen istekler yerine getirildiğinde Alman donanma kurlarına göre hasarlı durumdaki stabilite ölçütü sağlanmış olur:

- Güverte kenarı suya girmemelidir.
- Yandan gelen rüzgârlar hariç, simetrik yaralanmada gemi dik konumda yüzebilmelidir.
- Ara konumlarda yatma açısı (list) 25° yi geçmemelidir.
- Artık kol değeri 0.05 m den büyük olmalıdır.
- 0.3 kN/m^2 lik rüzgâr basıncı altında hasarsız bölmelerin açıklıkları suya girmemeli, yatma açısı 25° yi geçmemeli ve artık doğrultma kolu değeri 0.05 m den büyük olmalıdır.

BÖLÜM 4

UYGULAMA

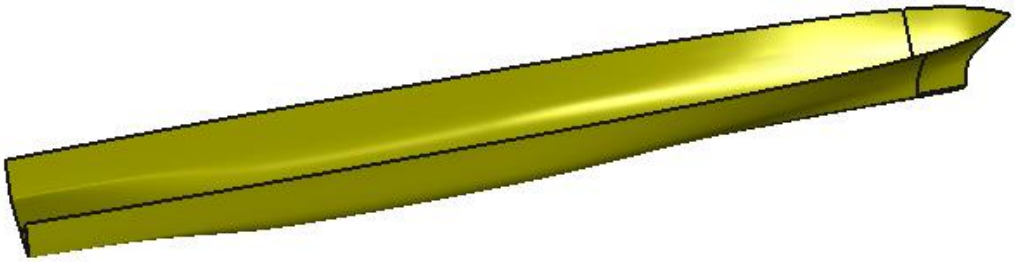
4.1 Uygulamada Kullanılan Fırkateynin Tanıtılması

Uygulama için seçilen form Şener [30] tarafından tasarlanan bir hava savunma fırkateynidir. Ancak uygulama kapsamında yapılan kabuller, tank yerleşimleri, ekipman seçimi ve ağırlık hesaplamaları sırasında, Türk Deniz Kuvvetleri Komutanlığı bünyesinde bulunan Gabya sınıfı (Amerikan Oliver Hazard Perry sınıfı) fırkateynler esas alınmıştır. Mevcut fırkateyn özelliklerine ilave olarak tekne bünyesinde özgün sistemlerin yerleşimi yapılarak ağırlık dağılımı tespit edilmiştir. Uygulamada bahsi geçen fırkateynin ana boyutları Çizelge 4.1 de verilmiştir.

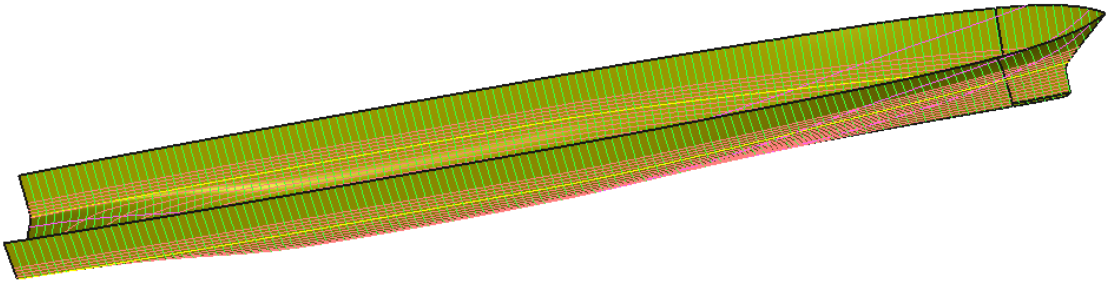
Çizelge 4.1 Fırkateyne ait ana değerler

LOA	145	*m*
LPP	139	*m*
B_{max}	18,2	*m*
D	11,2	*m*
T	5,05	*m*
Cb	0,49	-
V	18	*knot*
V_{max}	30	*knot*

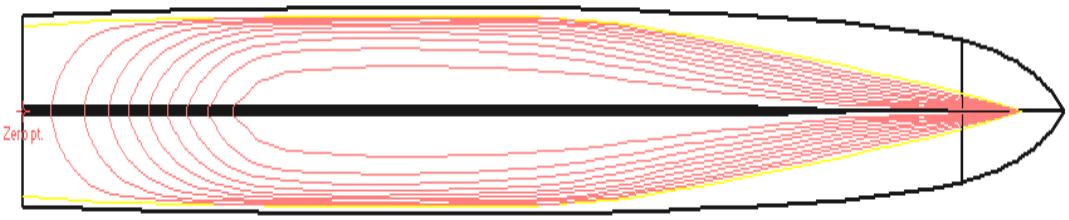
Şekil 4.1, 4.2, 4.3 ve 4.4 te modellenmiş olan fırkateyne ait resimler gösterilmektedir.



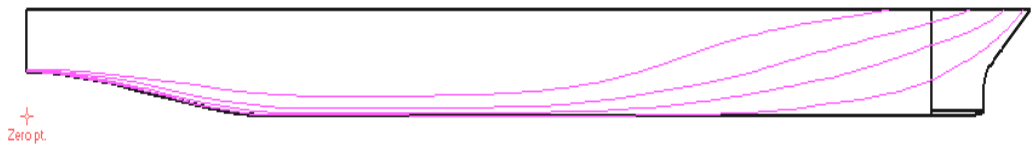
Şekil 4.1 Modellenmiş fırkateynin 3 boyutlu hali



Şekil 4.2 Modellenmiş fırkateynin posta, su hattı ve batok eğrileri



Şekil 4.3 Modellenmiş fırkateynin su hatları resmi



Şekil 4.4 Modellenmiş fırkateynin profil kesitleri resmi

4.2 Yükleme Durumunun Belirlenmesi

Yükleme durumları daha önceki bölümlerde de belirtildiği üzere tankların, mühimmatların doluluk oranlarına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Bu çalışmada farklı yükleme durumları incelenmemiş, onun yerine geminin tam yüklü durumu farklı hasar ve dalga durumlarına göre incelenmiştir.

4.2.1 Kullanılan Savaş Aksamları

Profil, en kesit ve su hatları resimleri belirtilen fırkateynde bulunacak olan savaş mühimmatları, TSK ve diğer donanmalarda mevcut benzer fırkateynler göz önünde bulundurulup kararlaştırılmıştır. Bu karar neticesinde kullanılacak olan fırkateyndeki temel sabit savaş aksamları şöyledir:

- *4 adet Mk-41 VLS Lançer :* Gerek havadan gerekse su üstünden gelebilecek tehditlere karşı gemiyi korumakta kullanılır. Her bir lançer 8 hücreli olup toplamda gemi üzerinde 32 hücre bulunmaktadır. Bu hücrelerden Standard Missile SM6 ateşlenebilmektedir.

- *1 adet 76 mm OTO Melara Mk-75 Top:* Genelde kıyı veya liman bombardımanı gibi görevlerde kullanılmasına rağmen gerek olduğunda havadan ve denizden gelecek tehditlere karşı da kullanılır.

- *1 adet 20 mm Phalanx CIWS:* Yarı aktif, pasif, infra-red gibi radarlar ya da ısıya bağlı olarak hedefe kitlenme gibi etkenlerle birlikte çalışan denizden gelen tehditlerde kullanılabilecek bir yakın hava savunma silahıdır.

- *2 adet MK-32 torpido tüpü:* Gemide iskele ve sancakta olmak üzere iki adet üçlü şekilde bulunur. Görevi su üstü ve altı hedeflere torpido ateşlemektir.

- *2 adet Hycor SRBOC Mk-36 Chaff Lançer:* Düşmandan gelen güdümlü füze gibi hedeflere gerek farklı bir lokasyonda kütle ile gerekse o bölgede bir ısı kütlesi oluşturması sebebiyle hedef şaşırtıcı eleman olarak kullanılır.

- *1 adet SeaHawk 70i helikopter:* Gemiden ayrılacak ya da gemiye gelecek askerleri taşıma ve içindeki savaş mühimmatları sayesinde gerektiğinde saldırı görevlerini üstlenir.

- *2 adet RGM84 Harpoon lançer:* Bu silah adından da anlaşılacağı üzere Harpoon füzelerini ateşlemekle görevlidir. İskele ve sancakta birer adet ikili lançer bulunmaktadır. İskelede yer alan lançer daha uzun menzile sahip olduğu için genelde hava araçlarını, sancak tarafında bulunan lançer ise su üstü ve altı yapıları vurmak ya da onlardan gelebilecek tehditlere karşı gemiyi savunmak amacıyla kullanılır.

- *6 adet MG-3 makineli tüfek:* İskele ve sancakta simetrik olarak bulunan bu makineli tüfekler geminin baş, kıç ve köprü üstünde konumlandırılmıştır. Bu sistemlerin amacı gemiyi yönelebilecek asimetrik saldırılarda gemiyi koruyabilmektir. Temel olarak korsanlık faaliyetiyle mücadele gibi yakın temas gerektiren durumlarda kullanılır.

- *1 adet komutan filikası:* Gemiden ayrılacak personelin deniz yoluyla ayrılmasına olanak sağlayan araçtır. Genelde limana yakın bir yerde demirleyen gemiden limana ulaşmak amacıyla kullanılır. Daha ziyade komutan ya da subaylar tarafından kullanılır.

4.2.2 Kullanılan Elektronik Aksamlar

- *1 adet SLQ-32 (V)2 radar:* Gemide bulunan temel elektronik savaş aksamlarındandır. Hedefteki radarları belirlemede ve gözetlemede kullanılır.

- *1 adet AN/SPS 49(4):* Gemide hava tarayıcı radar olarak kullanılır.

- *1 adet SPS/55:* Katı yüzey algılama ve navigasyon radarı olarak kullanılır.

- *1 adet STIR radar:* Arama ve takip radarı olarak hizmet vermektedir.

- *1 adet Sperry Mk-92:* Havadan gelebilecek tehditlere karşı konulmak üzere kullanılacak füzelerin ya da silahların kontrol radarıdır.

- *1 adet SQS-38 sonar:* Geminin alt kısmında bulunan bu aksam, ses dalgalarını kullanarak su altı ya da üstünde mevcut yapıların yerini belirlemede kullanılır.

- *1 adet TACAN URN 25:* Gemiye havadan gelebilecek tehditlere karşı, uçar cisimleri ve bunların konumlarını belirlemede kullanılan polar koordinatlı bir navigasyon sistemidir.

- *1 adet Furuno SPS 73B:* Orta menzilli yüzey tarayıcı ve navigasyon sağlayıcı bir sistemdir.

4.2.3 Kullanılan Diğer Savaş ve Yaşam Ekipmanları

Bölüm 7.2.2 de bahsedilen sabit savaş aksamlarının kullanacakları savaş mühimmatları ise yüklenip boşaltılabilir şekilde tasarlanmış olup şöyledir:

- 32 adet, her 2 sn de bir ateşlenebilecek SM6 füzesi
- 4 adet, her 11 sn de bir ateşlenebilecek Harpoon füzesi
- 40 adet G3 piyade tüfeği
- 24 adet Honeywell Mk-46 Mod 5 torpido
- 3 adet Mk-46 torpido (helikopterde)
- 2 adet Penguin Mk-2 Mod 7 füze (helikopterde)
- 2000 adet 20 x 102 mm mermi (Phalanx CIWS için)
- 6 adet SRBOC Mk-36 Chaff
- 120000 adet 7,62 x 51 mm mermi (MG3 için)

Bu noktada şu hususu tekrarlamakta yarar görülmektedir. Bu çalışmada kullanılan tüm verilerde (form dahil) TCK bünyesindeki Gabya sınıfı fırkateynler esas alınmıştır. Ancak mevcut sistemler üzerine bunları hem değiştirerek, hem de sayılarında değişiklikler yaparak özgün bir tasarım elde edilmeye çalışılmıştır. Dolayısıyla yukarıda belirtilen aksamlar yalnızca bu çalışmada kullanılacak olan ve mevcut diğer gemilerden elde edilen veriler ışığında seçilen aksam ve mühimmat değerleridir. Yine bu bağlamda bu fırkateynlerde meydana gelmekte olan ve bazılarında da gelecek olan modernizasyon neticesinde personel sayısında şu andaki mevcut olana nazaran bir azalma görülecektir. Bu nedenle bu çalışmada kullanılan fırkateyndeki personel sayısı 150 olarak öngörülmüştür. Çizelge 4.2 den de anlaşılacağı üzere fırkateynin herhangi bir limana uğramadan ve ikmal yapmadan 40 gün süreyle hizmet vereceği öngörülmüş ve personele ait ağırlıklar tablosu hazırlanmıştır.

Çizelge 4.2 Mürettebata ait ağırlıklar listesi

Kalem	***Ağırlık***	***Birim***	***Gün***	***Ağırlık***	***Birim***
Mürettebat ağırlığı	8000	kg	-	8000	kg
Kişisel donanım	6000	kg	-	6000	kg
Taze yiyecek	350	kg/gün	40	14000	kg
Hazır yiyecek	875	kg/gün	40	35000	kg
Kantin ürünleri	100	kg/gün	40	4000	kg
İçecekler	300	kg/gün	40	12000	kg
Tüketilen mallar	600	kg/gün	40	24000	kg

Çizelge 4.2 de belirtilen değerler her bir kişi için değil tüm mürettebatın toplamı için geçerlidir. Mürettebat kütlesi olarak alınan değerde kullanılan sabit (her bir kişi için 80 kg) NATO Standartları'ndan [31], diğer kalemler ise Alman Donanma Kuralları (BV 1030)'ndan[29] mevcut sabitler göz önünde bulundurularak alınmıştır.

4.2.4 Ağırlık Hesabı

Ağırlık hesabı yapılırken, Türk Loydu Askeri Gemi Kuralları [32]'na uygun şekilde gemi elemanları belirlenmiştir. Gemi boyutlandırılırken boyuna sistem kullanılmıştır. Bu boyutlandırma işlemi sonucunda elde edilen çelik tekne ağırlığı, boş geminin ağırlık hesabında kullanılmak üzere kalem listesindeki yerini almıştır.

Bunun akabinde Maxsurf Direnç programı yardımı ile geminin ihtiyacı olan hız değerlerine hangi güç değerinde ulaşabileceği belirlenmiş ve bunu müteakip bir sevk konfigürasyonu belirlenmiştir. Üst yapı ve yardımcı makine ağırlığı için benzer teknelerden referans alınmış, donanım ağırlığı için ise ampirik formüller kullanılmıştır. Hesaplamalarda kullanılan ampirik formül şu şekildedir[33]:

$$W_D = 0.45 * L * B \qquad \text{(Watson-Gilfillan)} \qquad (4.1)$$

Hesaba katılabilecek tüm kalemler hesaplandıktan sonra belirlenen ağırlık ve bu ağırlığa ilişkin değerler Çizelge 4.3 te belirtilmiştir.

Çizelge 4.3 Ağırlık hesabına ilişkin değerler

AĞIRLIK KALEMİ	AĞIRLIK(ton)	LCG (m)	VCG (m)
Çelik Tekne	1275,9	66,57	5,78
Ana makine	187,7	44,48	3,29
Silah ve Elektronik Sistemler	104,6	89,00	15,99
Donanım	1047,0	69,50	8,00
Yardımcı Makinalar	1914,5	42,50	4,35
Üst yapı	280,8	65,33	18,70
Boş Tekne Ağırlığı	4810,5	57,18	6,57

Çizelge 4.4 Tam yüklü durumdaki hidrostatik değerler

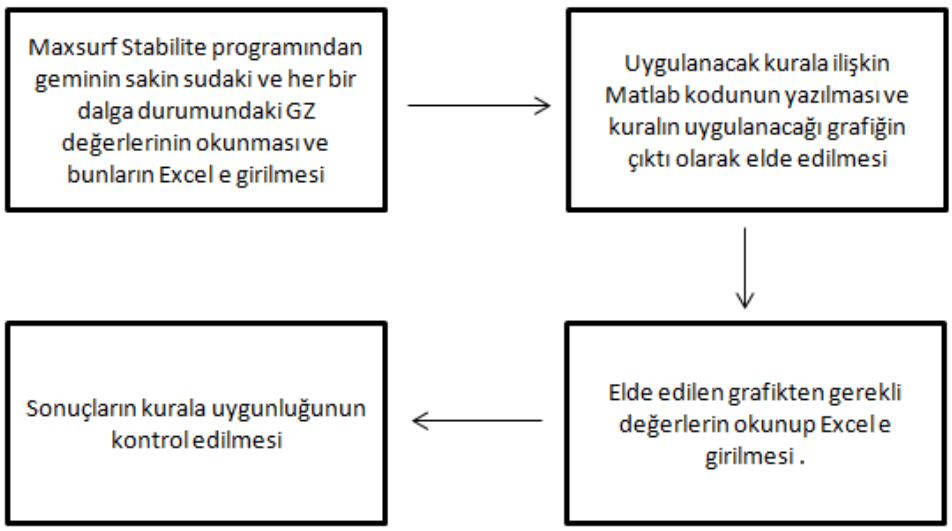
Deplasman	5897	ton
Meyil	0	derece
TF	5,054	m
Trim	0,966	m
LWL	138,672	m
B_{WL}	16,771	m
Su hattı alanı	1827,124	m^2
C_p	0,598	-
C_B	0,478	-
C_M	0,804	-
C_{WP}	0,786	-
LCB	59,965	m
LCF	56,9	m
KB	3,099	m
KG	5,938	m
BMt	6,229	m
BML	367,134	m
GMt (düzeltilmiş)	3,389	m
GML	364,294	m
TPC	18,728	ton/cm
MTC	154,553	ton-m/cm

Çizelge 4.3 incelendiğinde TCG ye ilişkin bir değer okunmadığı ve bu değerin ihmal edildiği gözlenebilir. Bunun nedeni TCG nin elimizdeki değerlerle rahatça değiştirilebilecek olması ve dolayısıyla sıfıra ya da ona çok yakın bir değere getirildiği kabulünün yapılmasıdır. Bu yükleme durumunda ve sakin sudaki geminin hidrostatik değerleri Çizelge 4.4 de belirtildiği gibidir.

4.3 Hasarsız Stabilite Analizi

Hasarsız stabilite analizi her bir ülkenin askeri stabilite kurallarına göre yapılmıştır. Bu analize ilişkin sonuçlar girdiler ve çıktıların kurallara göre değişkenlik göstermesi sebebiyle bazı değişimler göstermektedir. Bu kısımda bu değişimler üzerinde durulmaya çalışılacaktır.

Her bir analiz tam yüklü durum için, geminin sakin su ve dalgalı durumdaki stabilite analizlerini içerir. Öncelikle sakin su için yapılan hesaplamaların ardından, gemi boyunca, boyu geminin boyuna eşit olan bir dalga gönderilmiş ve bu dalganın dalga tepesi 0.1*L kadar ötelenerek dalga tepesinin tüm gemi boyunca ilerlemesi sağlanmıştır. Her bir standart için bu 13 farklı durum tek tek incelenmiştir. Gönderilen dalgaların yükseklikleri İngiliz ve Amerikan Donanma Kuralları'na ait hesaplamalarda Maxsurf Stability programının önerdiği ve Amerikan Donanma Kuralları'na göre hesaplanan değer ile aynı olan 7,126 m seçilirken, Alman Donanma Kuralları'na göre yapılan hesaplamalarda 8,2 m olarak alınmıştır.



Şekil 4.5 Hesaplamalarda takip edilen metodoloji

Bu noktada elde edilen değerler ile Maxsurf Stabilite kısmından elde edilen değerler karşılaştırıldığında aradaki bağıl farkın 10^{-3} mertebelerinde olduğu görülmüştür. Yine de daha hassas sonuç veren Matlab programından elde edilen sonuçlar alınarak işlemlere devam edilmiştir.

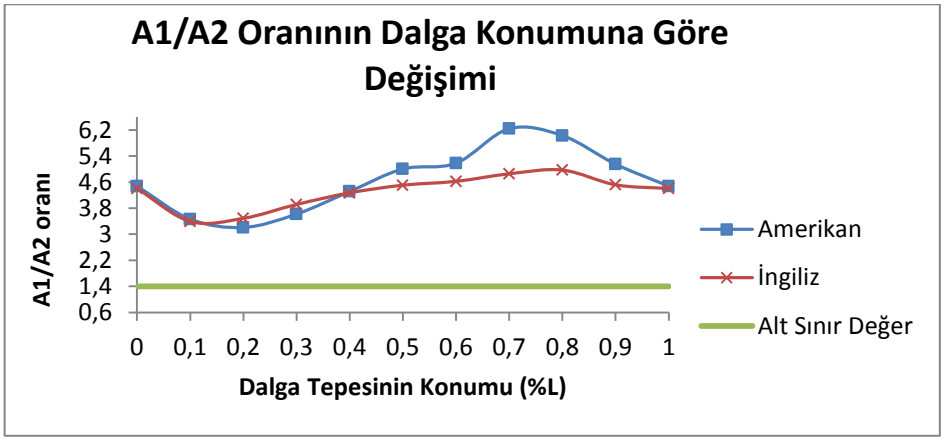
4.3.1 Enine Rüzgarın Neden Olduğu Meyil Durumu

Gemiye enine doğrultuda gelen rüzgarlar belirli bir meyile sebebiyet verirler. Bu noktada her 3 kural grubunda da kendilerine özgü olarak bu durumların incelenmesi istenilmiş ve bunlara bağlı olarak sonuçların kontrol edilmesi gerektiği belirtilmiştir. Bu hususla ilgili ayrıntılı bilgiler Bölüm 3 te mevcuttur. En temelde gemiye etki edecek olan rüzgar hızları arasındaki farklar Çizelge 4.5 te gösterilmiştir.

Çizelge 4.5 Rüzgar hızları arasındaki farklar

Donanma	Kod	Rüzgar Hızı
Amerikan	DDS079	100 knot
İngiliz	NES-109	90 knot
Alman	BV1030	90 knot

Bu noktadan sonra geminin farklı açılarına karşılık gelen yatırıcı kol değerleri hesaplanmıştır (Eşitlik 3.8). Her bir kural grubu için ayrı ayrı hesaplama yapılmıştır. Bu noktada her bir kural grubuna göre hasarsız olarak stabilite ölçütünün sağlandığı gözlemlenmiştir.



Şekil 4.6 Enine gelen rüzgarlarda alan oranlarının İngiliz ve Amerikan donanma Kuralları'na göre farkı

Şekil 4.6 dan da anlaşılacağı üzere enine gelen rüzgarlarda alan oranları değerleri alt sınır değer olan 1.4 ün altına hiç düşmemektedir. Dalga tepesinin konumu 0,1*L ila 0,2*L arasındaki konumunda değerler her iki kural grubunda da minimum değerlerine ulaşmasına karşın, sınır değerin oldukça üzerindedir ve bu durumda her türlü dalga durumunda bu ölçütün sağlanmış olduğu yorumu yapılabilir. Bu durum KG değerinin değişimine bağlı olrak değişebilir. Buradaki amaç tüm kurallara uygunluğun sağlanmasından çok kuralların birbirlerine göre kıyaslanmasıdır. Genel olarak tüm kuralların sakin su durumuna göre sonuçları Çizelge 4.6 da belirtilmiştir.

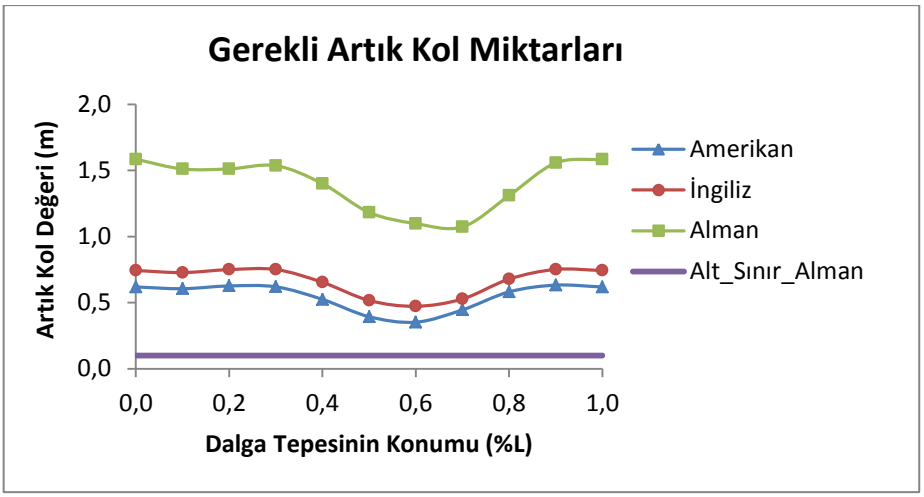
Çizelge 4.6 Sakin su durumu için kurala uygunluk tablosu

Kural Grubu	**Øst1**	**Lvst1**	**GZmax**	**Ømax**	**A2/A1**	**0,6*GZ$_{max}$**	**A2/A1 > 1,4**	**Lvst1 < 0,6*GZmax**
Amerikan	13,16	0,7342	2,266	53,6	4,71363	1,3596	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
İngiliz	10,70	0,6056	2,248	50	25,1126	1,3488	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	Øst	**Øref**	**hg (Øref)**	**If(Øref)**	**Iw(Øref)**	**hres**	**hres > 0,1**	
Alman	10,32	35	1,7641	0	0,4021	1,3620	SAĞLIYOR	

Bu hususta şu belirtilmelidir ki Amerikan ve İngiliz Donanma Kuralları, ölçüt olarak birbirlerine benzer kuralları kullanırken Alman Donanma Kuralları temel olarak bu iki kural grubundan farklı olarak inceleme yapmaktadır. Bu hususta detaylı açıklama Bölüm 3 te mevcuttur. Çizelge 4.6 da belirtildiği üzere sakin su durumunda da enine gelen rüzgarlarda her üç kural grubuna ait ölçütler de sağlanmış durumdadır.

Alan oranlarının yanı sıra her bir kural grubunun kendine özgü artık kol değeri hesaplamaları mevcuttur. Yine bu hesaplamalar Bölüm 3 te ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Şekil 4.7 de her bir kural grubu için mevcut değerler gösterilmiştir. İngiliz ve Amerikan Donanma Kuralları'na göre artık kolun alt sınır değeri 0(sıfır) dır.

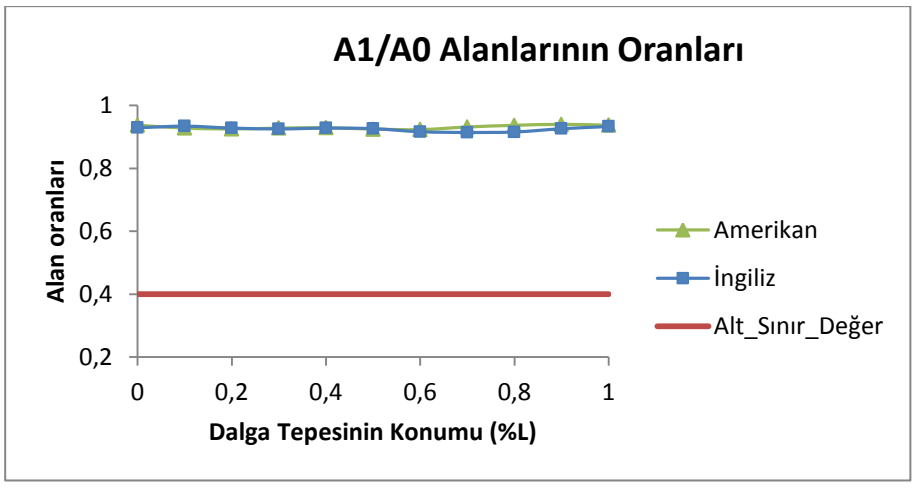
Şekil 4.7 incelendiğinde gerekli artık kol değerlerinin her üç kural grubu için de sağlandığı sonucuna ulaşılabilir. Her üçünde de ortak olarak dalga tepesi 0,6*L konumunda iken artık kol değerleri minimum seviyeye inmesine karşın alt sınır değerden yukarıdadır ve bu konudaki ölçüt rahatlıkla sağlanmaktadır.



Şekil 4.7 Enine gelen rüzgarda standartlara göre artık kol değerleri

4.3.2 Ağırlık Hareketlerinin Neden Olduğu Meyil Durumu

Bu bölümde ağırlık hareketleri ve mürettebatın bir tarafa toplanmasından oluşan meyil durumları birleştirilerek incelenmiştir. Zira her bir durum tekil olarak geminin stabilitesi açısından çok ciddi bir sıkıntı yaratmamaktadır. Bu nedenle olabilecek en kötü senaryo olarak bir ağırlık yer değiştirirken mürettebatın da geminin enine yönde bir ucundan diğer ucuna doğru hareket ettiği varsayılmıştır. Olası en kötü senaryoların başında gelen bu durumda da gemi hem sakin su için hem de dalga tepesinin konumu Bu noktada 52 tonluk bir ağırlığın 16,4 m hareket ettiği varsayılarak işlemlere devam edilmiştir. Bu hususta her bir kural grubuna ilişkin sabit açı (statik denge açısı) değerleri Çizelge 4.7 de gösterilmiştir.



Şekil 4.8 Mürettebatın ve ağırlıkların yer değiştirmesinden kaynaklanan meyil durumundaki İngiliz ve Amerikan Donanma Kuralları'na göre alan oranları

Çizelge 4.7 Ağırlık değişiminden kaynaklanan meyil durumundaki sabit açı değerleri

Dalga Tepesinin Konumu	Alman	İngiliz	Amerikan
	$Ø_{st1}$	$Ø_{st1}$	$Ø_{st1}$
-	2,53	2,48	2,48
0	2,20	2,23	2,23
0,1	2,17	2,18	2,18
0,2	2,20	2,19	2,19
0,3	2,30	2,27	2,27
0,4	2,46	2,42	2,42
0,5	3,33	3,23	3,23
0,6	3,57	3,47	3,47
0,7	3,69	3,55	3,55
0,8	3,01	2,97	2,97
0,9	2,32	2,30	2,30
1	2,20	2,23	2,23

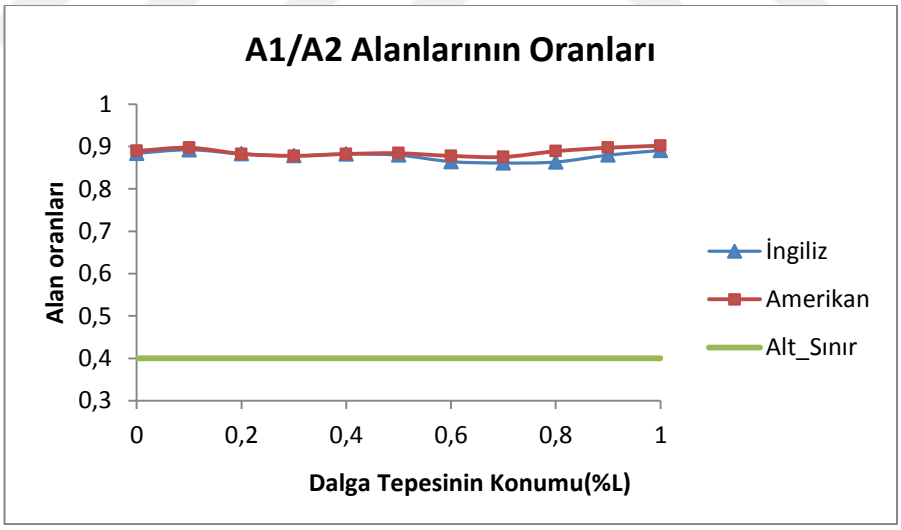
Çizelge 4.7 incelendiğinde İngiliz ve Amerikan Donanma Kuralları'na göre sabit açı (statik denge açısı) değerlerinin aynı olduğu farklılığın Alman Donanma Kuralları'nda olduğu rahatlıkla anlaşılabilir. Burada temel olarak iki etken mevcuttur. Bu etkenler dalga yüksekliğinin Alman Donanma Kuralları'nda farklı olması ve yatırıcı kol eğrisinin hesaplanması sırasındaki farklılıktır. Bu kısımda da her üç kural grubu her durumdaki ölçütleri sağlamaktadır.

4.3.3 Hızlı Dönüşün Neden Olduğu Meyil Durumu

Hızlı dönüşten kaynaklanan meyil durumu incelenirken Eşitlik 3.17 de belirtilen seyir yarıçapı yerine 2.5*LBP değeri kullanılmıştır. Hız değeri olarak maksimum hız olan 30 knot seçilmiş olup, bu analizde de sakin su ve dalgalı durumlar için her bir kural grubundaki tüm ölçütler sağlanmıştır. Çizelge 4.8 deki farklılığın nedeni Çizelge 4.7 deki neden ile aynıdır. Ayrıca Şekil 4.9 incelendiğinde alan oranları değerlerinin de sağlanmış olduğu rahatlıkla görülebilir.

Çizelge 4.8 Hızlı dönüşten kaynaklanan meyil durumundaki sabit açı değerleri

Dalga Tepesinin Konumu	Alman	İngiliz	Amerikan
	$Ø_{st1}$	$Ø_{st1}$	$Ø_{st1}$
-	3,07	4,09	4,09
0,0	2,68	3,67	3,67
0,1	2,64	3,59	3,59
0,2	2,67	3,62	3,62
0,3	2,79	3,75	3,75
0,4	3,00	3,99	3,99
0,5	4,05	5,31	5,31
0,6	4,33	5,69	5,69
0,7	4,48	5,82	5,82
0,8	3,65	4,88	4,88
0,9	2,82	3,79	3,79
1,0	2,68	3,67	3,67

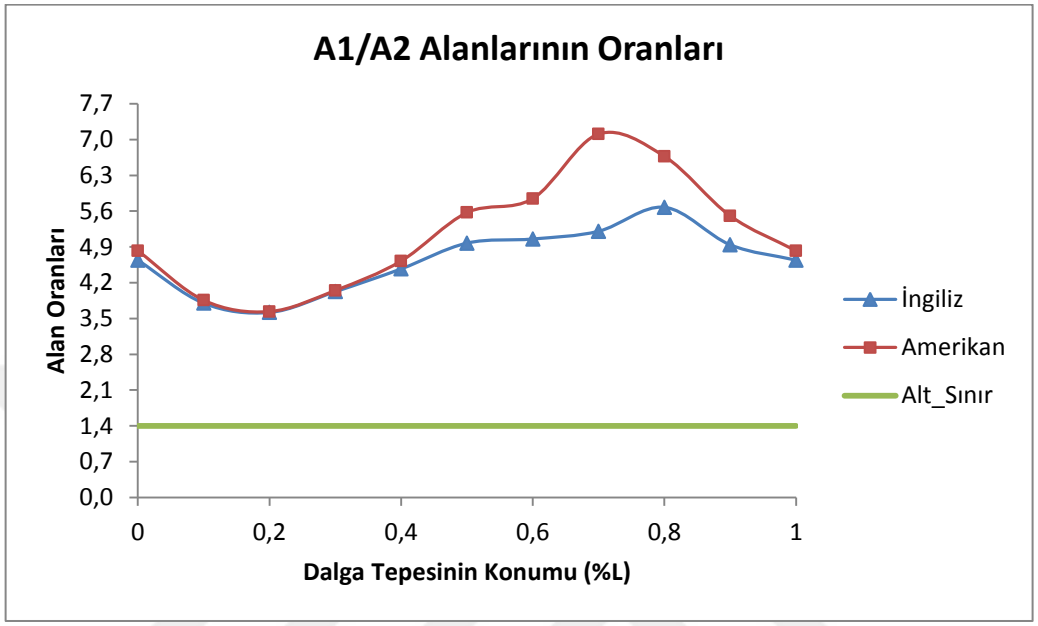


Şekil 4.9 Hızlı dönüşten kaynaklanan meyil durumundaki İngiliz ve Amerikan Donanma Kuralları'na göre alan oranları

4.3.4 Buzlanmanın Neden Olduğu Meyil Durumu

Buzlanmadan dolayı İngiliz ve Amerikan Donanma Kuralları'na göre başka bir ölçüt devreye girer. Bu ölçüt neticesinde rüzgar hızlarında belli azalmalar olduğu kabul edilip, yeni bir ölçüte göre bir değerlendirme yapılmış olur. Alman Donanma Kuralları' nda ise

normal durum dışında buzlanma için ekstra bir ölçüt belirtilmemiş olup, yalnızca buzlanma olduğu durumda ne kadarlık bir buz tabakasının var olacağı ve bunun nasıl hesaplanabileceği belirtilmiştir. Bu nedenle bu kısımda yalnızca Amerikan ve İngiliz Donanma Kuralları'na göre analiz yapılmıştır.



Şekil 4.10 Buzlanmadan kaynaklanan meyil durumundaki İngiliz ve Amerikan Donanma Kuralları'na göre alan oranları

Çizelge 4.9 Buzlanmadan kaynaklanan meyil durumundaki gerekli moment kolu değeri

Dalga Tepesinin Konumu	İngiliz	Amerikan
	GZ_{MAX}-HA_{ST1}	
-	0,727	0,780
0,0	0,732	0,784
0,1	0,719	0,770
0,2	0,737	0,790
0,3	0,730	0,784
0,4	0,627	0,682
0,5	0,481	0,537
0,6	0,427	0,488
0,7	0,503	0,569
0,8	0,665	0,724
0,9	0,740	0,793
1,0	0,732	0,784

Şekil 4.10 incelendiğinde alan oranlarının alt sınır değerden oldukça yukarıda olduğu gözlenebilir. Minimum değer dalga tepesinin konumunun yaklaşık olarak 0.2*L olduğu durumda gerçekleştiği ancak bu durumda bile ölçütün yaklaşık iki kat oranla sağlandığı anlaşılabilir. Bu ölçüt değeri için de dalgalı ve dalgasız durumlar için tüm kurallar sağlanmıştır.

4.4 Hasarlı Stabilite Analizi

Hasarlı stabilite analizi yapılmadan önce ilk olarak yapılması gereken şey hasar durumlarının belirlenmesidir. Bu hasar senaryoları belirlenirken askeri kurallar ve daha önceki tecrübelerden faydalanılmıştır. Bu kısımda yapılan incelemelerde sakin su durumu için Alman ve Amerikan Donanma Kuralları'na göre tüm kurallar sağlanırken İngiliz Donanma Kuralları'na göre bazı değerlerin sağlanamadığı gözlenmiştir. Bu kısımda izlenecek olan metodoloji:

- Hasar boyutlarının belirlenmesi
- Yaralanma senaryolarının belirlenmesi
- Hasarlı stabilite analizinin yapılması
- Analiz sonuçlarına göre, gerekli ölçütlerin sağlanıp sağlanamadığının kontrolü

şeklindedir.

4.4.1 Hasar Boyutlarının Belirlenmesi

Hasar boyutları belirlenirken Bölüm 3 te belirtilen kurallar ve eşitlikler dikkate alınmıştır. Bu hususta yapılan hesaplamalar ve sonuçları Çizelge 4.10 da gösterilmiştir

Çizelge 4.10 Hasar uzunluk değerleri

Kural Grubu	Hesaplanan Değer (m)	Kural	Kabul Edilen Değer (m)
Alman	21,42	18 m den büyük olamaz	18,00
İngiliz	20,25	25 m (hangisi büyükse)	25,00
Amerikan	20,85	-	20,85

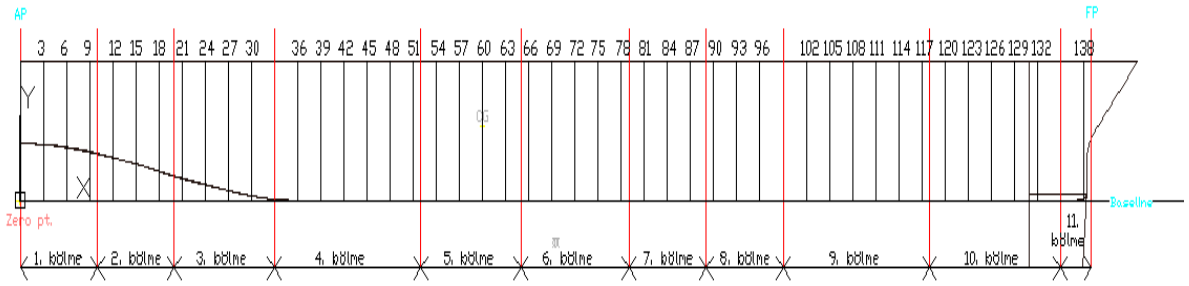
Hasar uzunlukları Çizelge 4.10 da belirtilmiş olup, hasarın enine uzunluğu gemi orta simetri eksenine (CL) kadar kabul edilmiştir. Hasarın derinliği ise su geçirmez kısmın en uç noktası olan güverte olarak kabul edilmiştir. Hasarı boyuna olarak sınırlandıran olan enine perdelerin konumları Çizelge 4.11 de gösterilmiştir.

Çizelge 4.11 Su geçirmez perdelerin boyuna konumları

Perdeler	Boyuna Konum (m)
1. perde (kıç çatışma)	10
2. perde	20
3. perde	33
4. perde	52
5. perde	65
6. perde	79
7. perde	89
8. perde	99
9. perde	118
10. perde (baş çatışma)	135

4.4.2 Yaralanma Senaryolarının Belirlenmesi

Bu kısımda her bir kural grubuna göre önceden belirlenen hasar uzunlukları dikkate alınmıştır. Maxsurf Stabilite programında her bir perde arası bir adet kompartıman olarak tanımlanmış ve hasarın başlangıç konumu gemi başından kıçına doğru hareket ettirilerek mevcut yaralanma senaryolarının içinden 10 adet yaralanma senaryosu belirlenmiştir.



Şekil 4.11 Enine perdeler ve bölmeler

Şekil 4.11 ve Çizelge 4.10 dikkate alınarak yaralanma senaryoları belirlenmiştir. Yaralanma senaryolarının her bir kural grubu için neler olduğu Çizelge 4.12 de belirtilmiştir.

Çizelge 4.12 Yaralanma senaryoları

Yaralanma Senaryosu	Yaralanan Bölmeler		
	Alman	İngiliz	Amerikan
D1	1-2	1-2-3	1-2-3
D2	2-3	2-3-4	2-3
D3	3-4	3-4	3-4
D4	4-5	4-5	4-5
D5	5-6	5-6	5-6
D6	6-7	6-7-8	6-7
D7	7-8	7-8-9	7-8-9
D8	8-9	8-9	8-9
D9	9-10	9-10	9-10
D10	10-11	10-11	10-11

4.4.3 Senaryoların Değerlendirmesi

Hasarlı durumda gemiye gelecek olan rüzgar değerlerinde belli azaltmalara gidilmesi gerektiği kurallarda belirtilmiştir. Bu bağlamda yapılan azaltmalar sonucunda gemiye gelecek olan rüzgar hızları Çizelge 4.13 te belirtilmiştir.

Çizelge 4.13 Yaralanma durumundaki rüzgar hızları

Donanma	Kod	Rüzgar Hızı
Amerikan	DDS079	35 knot
İngiliz	NES-109	34 knot
Alman	BV1030	40 knot

Yaralanma sırasında her üç kural grubuna göre de aynı olan bir durum söz konusudur. Her üçünde de tıpkı hasarsız durumdaki enine gelen rüzgardaki stabilite hesabı gibi bir hesabın yapılmasını öngörmüş ve buradaki ölçütlerin sağlanması hususunda yeterli olduğu belirtilmiştir.

Hasarlı durumların, gelen rüzgar değerlerinin ve yatırıcı kol değerlerinin birbirinden farklı olması nedeniyle kural gruplarına göre statik yatma açıları ve eşitlik denge açıları (st1) farklılık göstermektedir. Bu hususlardaki farklılıklar Çizelge 4.14 ve 4.15 de gösterilmiştir.

Çizelge 4.14 Sakin su durumunda yatma açısı değerleri

Yaralanma Senaryosu	Alman	Amerikan	İngiliz
D1	3,70	13,85	13,85
D2	7,99	7,99	21,41
D3	14,98	14,98	14,98
D4	14,36	14,36	14,36
D5	11,00	11,00	11,00
D6	8,40	8,40	11,66
D7	4,53	6,85	6,85
D8	2,85	2,88	2,85
D9	1,03	1,03	1,03
D10	0,10	0,10	0,10

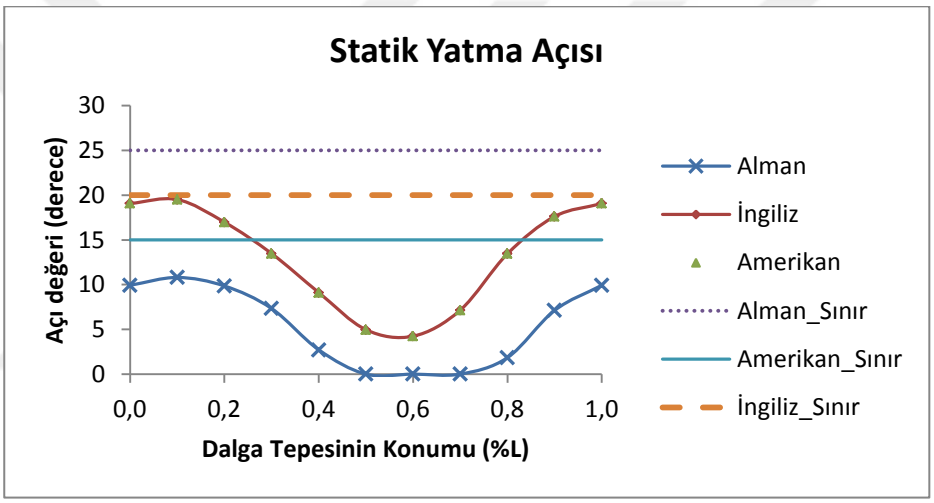
Çizelge 4.15 Sakin su durumunda sabit açı değerleri

Yaralanma Senaryosu	Alman	Amerikan	İngiliz
D1	6,21	15,88	15,77
D2	10,34	9,84	22,49
D3	16,92	16,53	16,44
D4	16,32	15,91	15,83
D5	13,13	12,68	12,59
D6	10,61	10,14	13,32
D7	6,73	8,68	8,58
D8	5,03	4,55	4,46
D9	3,14	2,68	2,58
D10	2,17	1,72	1,63

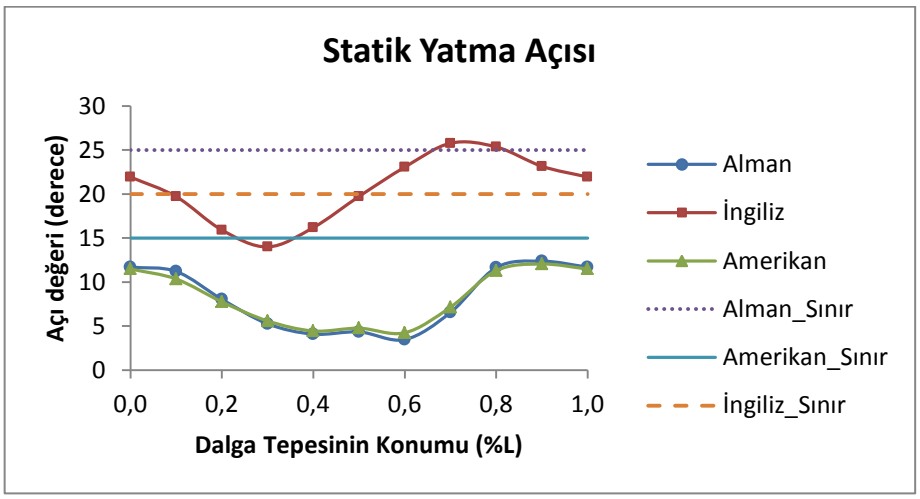
Yatma açısı için üst sınır İngiliz Donanma Kuralları'nda 20°, Amerikan Donanma Kuralları'nda 15° ve Alman Donanma Kuralları'nda ise 25° dir. Bu bilgiler ışığında durum

incelendiğinde yalnızca İngiliz Donanma Kuralları'na göre D2 senaryosunda bu kural sağlanmamaktadır.

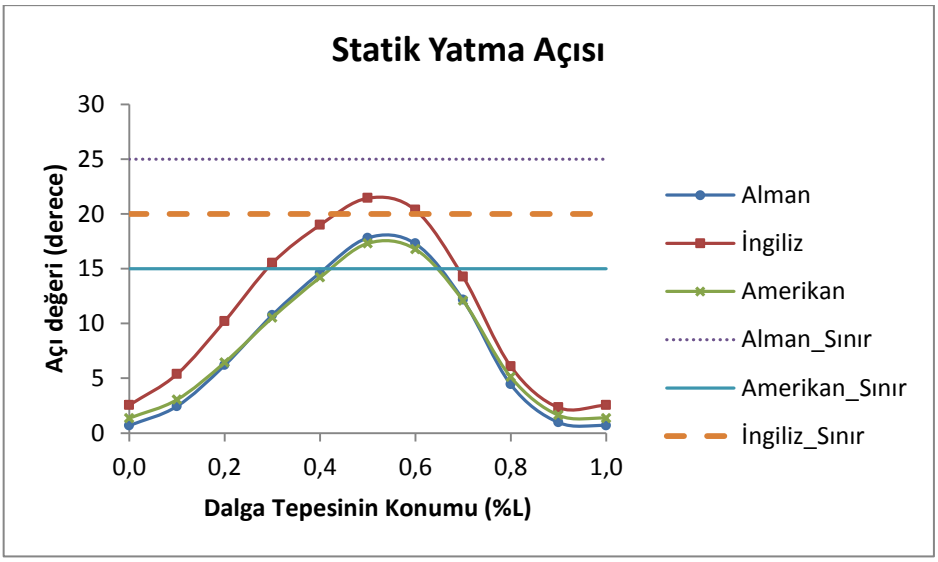
Bu bölümde her kural grubuna ilişkin, her bir yaralanma senaryosu (10 adet) için dalga tepesini 0,1*L kaydırarak (11 adet) ve sakin su durumu için bu işlem 30 tabloda 330 kez tekrarlanmış ve sonuçlar incelenmiştir. Bu hususta kuralların sağlanıp sağlanmadığına ilişkin sonuçların bir kısmı örnek olarak bu bölümde kalan kısımlar da ek olarak çalışmanın sonunda verilecektir. Statik yatma açısındaki farklılıklar yaralanma senaryolarının ve dalga yüksekliklerinin farklılıklarından kaynaklandığı için bu kısımda farklılıkları gösterebilmek adına D1,D2 ve D6 yaralanma senaryolarının sonuçları gösterilecektir.



Şekil 4.12 D1 senaryosuna göre statik yatma açısı değerleri



Şekil 4.13 D2 senaryosuna göre statik yatma açısı değerleri



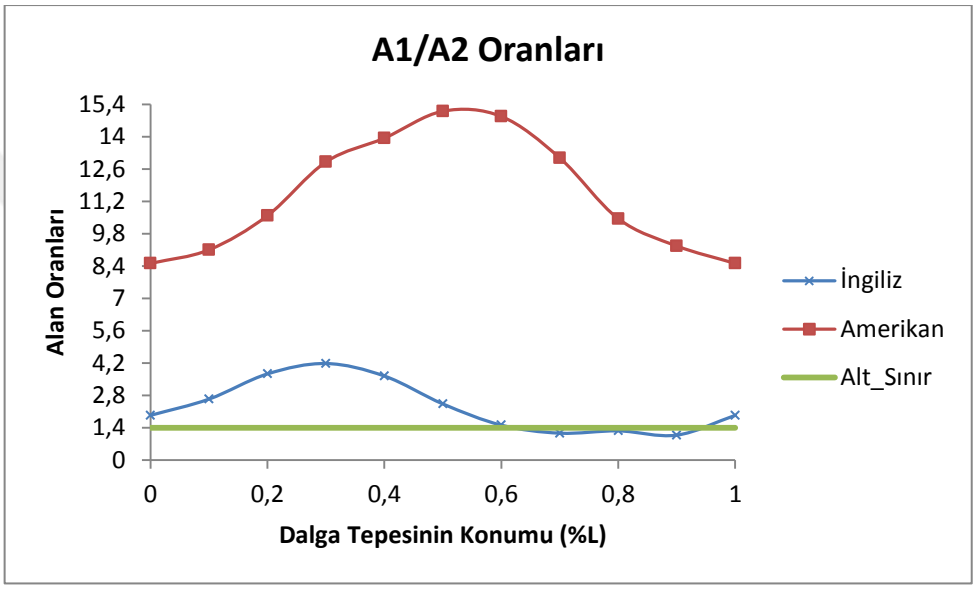
Şekil 4.14 D6 senaryosuna göre statik yatma açısı değerleri

Bu hususta 10 farklı şekil oluşturulabilir. Ancak burada kritik olanlar gösterilmiş olup kalan kısımlar çalışmanın sonunda ek olarak konulmuştur.

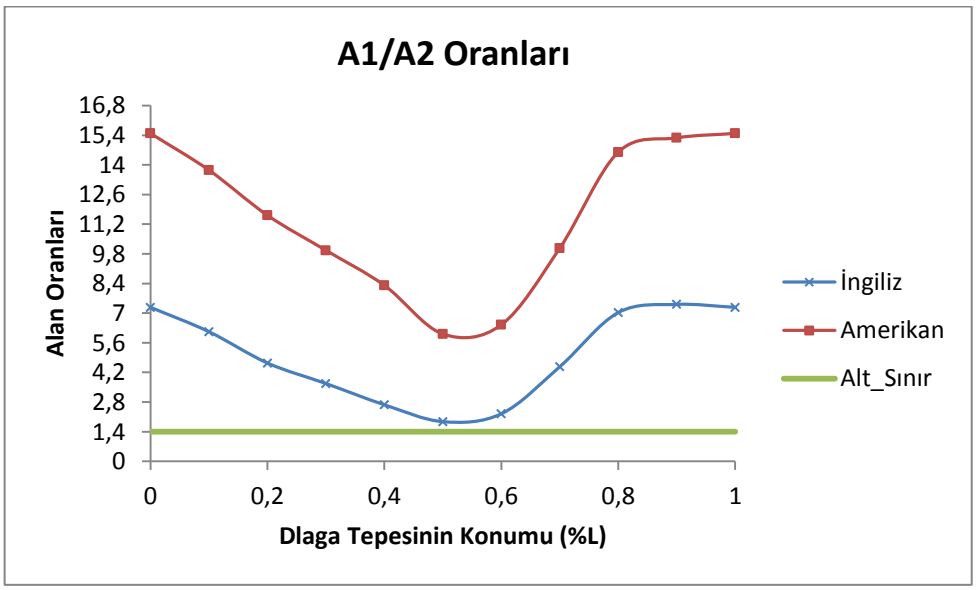
Şekil 4.11, Şekil 4.12 ve Şekil 4.13 incelendiğinde statik yatma açısı değerlerinin bazılarının kuralları sağlamadığı görülebilir. Şekil 4.11 te İngiliz ve Amerikan Donanma Kuralları'na göre statik yatma açıları çakışık durumda çıkmıştır ki bu beklenen bir durumdur. Zira bu yaralanma senaryosunda (D1) yaralanan kompartımanlar bu iki kural grubuna göre aynıdır (Çizelge 4.12). Üst sınır değerin Amerikan Donanma Kuralları'nda 25° iken İngiliz Donanma Kuralları'nda 20° olması; dalga tepesinin konumu 0*L ve 1*L konumlarında, statik yatma açısı değerlerini kritik değere yaklaştırmış ancak yine de bu değerin altında kalmıştır. Alman Donanma Kuralları'nda ise yaralanan kompartıman sayısının daha az olması ve üst sınır değerin daha yukarıda olması sebebiyle kural sağlanmaktadır.

Şekil 4.12 incelendiğinde İngiliz Donanma Kuralları'na göre statik yatma açısı kuralının dalga tepesinin konumunun 0,6*L ila 0,8*L arasında olduğu durumlarda sağlanmadığı gözlemlenebilir. Bu senaryoda (D2) İngiliz Donanma Kuralları'na göre daha fazla kompartımanın yaralanması, açı değerlerinin Amerikan Donanma Kuralları ile farklılık göstermesine neden olmuş, yine benzer ama tam ters nedenden dolayı da Alman ile Amerikan Donanma Kuralları'na göre statik yatma açısı değerleri birbirine yakın çıkmış ve üst sınır değerinin altında kalmıştır.

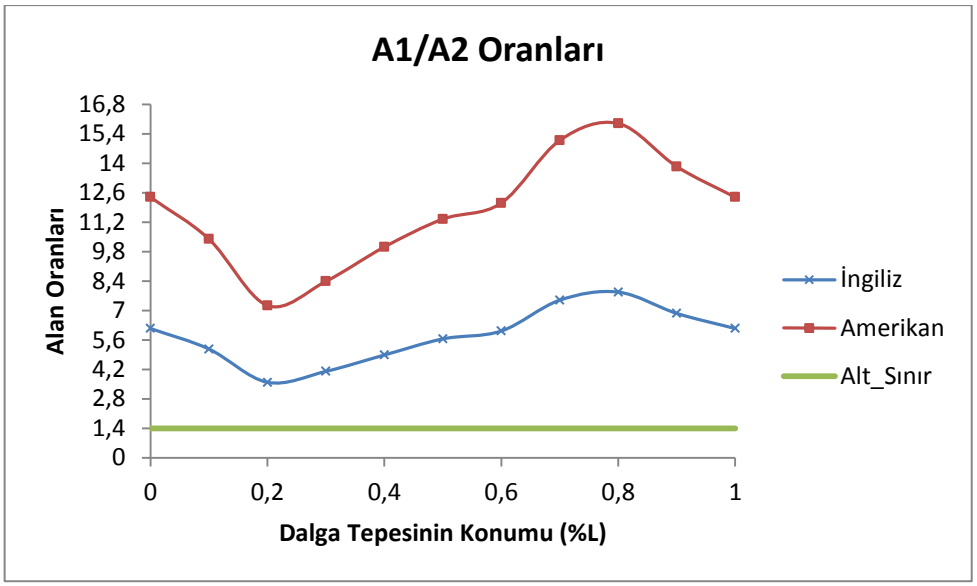
Benzer mantıkla Şekil 4.13 incelendiğinde dalga tepesinin konumunun 0,4*L ila 0,6*L arasında olduğu konumlarda İngiliz Donanma Kuralları'nda kuralın sağlanmadığı gözlenebilir. Ayrıca bu yaralanma durumunda(D6) yaralanan kompartıman sayısı Amerikan Donanma Kuralları'nda İngiliz Donanma Kuralları'na göre daha az olmasına karşın, bu kural grubunda da kuralın sağlanamadığı gözlenebilir. Bunun nedeni ise üst sınır değerin İngiliz Donanma Kuralları'ndaki değerden daha az olmasıdır. Alman Donanma Kuralları'na ilişkin bu yaralanma senaryosunda herhangi bir sıkıntı bulunmamaktadır.



Şekil 4.15 D2 senaryosuna göre alan oranları



Şekil 4.16 D6 senaryosuna göre alan oranları



Şekil 4.17 D7 senaryosuna göre alan oranları

Şekil 4.15 incelendiğinde İngiliz Donanma Kuralları'na göre alan oranı değerinin dalga tepesinin konumunun 0,6*L ila 0,9*L arasında alt sınır değerden daha az olduğu ve böylelikle alan oranına ait kuralın sağlanmadığı rahatlıkla görülebilir. Bunun yanı sıra aynı şekil incelendiğinde Amerikan Donanma Kuralları'na göre ise kuralı sağlamakta herhangi bir sıkıntının olmadığı görülebilir. Bunun nedeni temel olarak her iki donanma kuralına ait yaralanma boyunun farklı olmasını takiben yaralanan bölme adetlerinin farklı olması ve alan değerlerinin birbirinden farklı yöntemlerle hesaplanmasıdır.

Şekil 4.16 incelendiğinde yine her iki donanma kuralındaki yaralanan bölme adedinde bir farklılık olduğu ve alan değerleri elde edilirken uygulanan yöntemin farklı olduğu bilgisi ışığında aradaki farkın nedenlerinin bir önceki şekil (Şekil 4.15) ile aynı olduğu yorumu yapılabilir. Ancak Şekil 4.17 incelendiğinde yukarıda bahsedilen nedenlerden ilki ortadan kalkmıştır. Zira her iki kural grubuna ilişkin yaralanan bölme adedi sayıları aynıdır. Ancak bu şekilde de İngiliz Donanma Kuralları'na ilişkin oran değerlerinin Amerikan Donanma Kuralları'ndan elde edilen değerlerden oldukça az olduğu gözlenebilir. İşte tam bu noktada tek farkın alan değerlerini hesaplama yöntemindeki farklılık olduğu bilindiğinden, bu farkın sonuçlara nasıl yansıdığı rahatlıkla gözlemlenebilir. Bu noktada diğer senaryolar için ayrı ayrı alan oranları gösterilmeyecektir. Diğer senaryolarda da D7 senaryosuna benzer durumlar söz konusudur.

BÖLÜM 5

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada askeri gemilerin dalgalı durumlarda hasarlı ve hasarız stabilite analizlerine ışık tutmak için üç farklı donanma kuralına göre konsept olarak tasarlanan bir fırkateynin analizleri yapılmıştır. Hesaplama ve analiz kısmında Amerikan, İngiliz ve Alman Donanma Kuralları'na göre hasarlı ve hasarsız olarak, dalgalı deniz durumunda mevcut geminin kuralları sağlayıp sağlamadığı kontrol edilmiştir. Ayrıca bu kontrollerle birlikte her üç kural grubunun farklılıkları, varsa birbirlerine karşı avantaj ya da dezavantajları irdelenmiştir.

Hasarsız stabilite analizlerinde; enine gelen rüzgarlardan, hızlı dönüşlerden, gemi üzerindeki ağırlıkların ve mürettebatın yer değiştirmesinden ve buzlanmadan kaynaklanan yatırıcı kolların gemi stabilitesi üzerine etkileri incelenmiştir. Her üç kural grubuna göre de en etkili ve kritik durumun enine rüzgar gelmesi durumu olduğu anlaşılmıştır. Her üç kural grubunda da enine gelen rüzgarlarda statik yatma açısı değerleri farklı çıkmıştır. Bunun nedeni yatırıcı kol değerlerinin hesaplanış farklılığıdır. Bu hususta Amerikan Donanma Kuralları'nın diğer iki kural grubuna göre daha katı olduğu yorumu yapılabilir. Hızlı dönüşten ve ağırlıkların kaldırılmasından kaynaklanan meyil durumundaki statik yatma açısı değerleri Amerikan ve İngiliz Donanma Kuralları'nda aynıdır. Bunun nedeni bu iki kural grubunda yatırıcı kol değerinin hesaplanma yönteminin aynı olmasıdır. Ancak alan değerlerine bakıldığında, hesaplama şeklindeki farklılıktan dolayı oran değerleri değişiklik gösterir. Buzlanmanın neden olduğu stabilite değişim hesabında ise hem statik yatma açısı hem de alan

oranları değerleri İngiliz ve Amerikan Donanma Kuralları'nda farklılık göstermektedir. Bunun nedeni ağırlık artışının hesaplanış yöntemindeki farklılıktır.

Hasarlı stabilite analizindeki en temel fark, yaralanma boyunun belirlenme hususudur. Bu hususta en büyük uzunluk değeri İngiliz, en küçük uzunluk değeri ise Alman Donanma Kuralları'nda bulunmaktadır. Dolayısıyla İngiliz Donanma Kuralları'na göre senaryolardaki yaralanan kompartıman sayıları, bazen yalnızca Alman bazen de hem Alman hem de Amerikan Donanma Kuralları'na göre belirlenen kompartıman sayılarından fazladır. Bu nedenle, özellikle statik yatma açısı kuralının sağlanması İngiliz Donanma Kuralları'nda diğer kural gruplarına göre oldukça zordur.

Alman Donanma Kuralları'nda dalga yüksekliği değeri bu uygulamada diğer kural gruplarından daha fazla olmasına karşın, yaralanan bölme adedi sayısı diğerlerinden daha azdır. Bu iki parametrenin her ikisinin de değişken olduğu durumlarda; Alman Donanma Kuralları'ndan elde edilen statik yatma açısı değerlerinin İngiliz Donanma Kuralları'ndan elde edilen değerlerden daha az olduğu gözlemlenmiştir. Bu bağlamda, statik yatma açısının belirlenmesinde yaralanan bölme adedinin dalga yüksekliğinden daha etkin bir parametre olduğu sonucuna varılabilir. Ayrıca bu kısımdaki üst sınır değer Alman Donanma Kuralları'nda 25 iken, İngiliz Donanma Kuralları'nda 20 dir. Bu nedenle bu kuralı Alman Donanma Kuralları'na göre sağlamanın daha kolay olduğu aşikârdır.

Alan oranları ve artık kol değerleri dikkate alındığında ise durum biraz daha az karmaşıktır. Zira bu durumlarda Amerikan Donanma Kuralları'na göre tüm durumlarda kural sağlanırken, İngiliz Donanma Kuralları'nda ise yalnızca iki durumda bu kural sağlanmamaktadır. Bu noktada da statik yatma açısı kuralını sağlamanın alan kuralını sağlamaktan daha zor olduğu sonucuna varılabilir.

Hasarlı ve hasarsız stabilite kuralları incelendiğinde; İngiliz ve Amerikan Donanma Kuralları'nın statik yatma açılarına getirdikleri sınırların yanı sıra artık kol miktarlarına da belirli sınırlamalar getirdiği görülmektedir. Benzer bir durum Alman Donanma Kuralları'nda da mevcuttur. Ancak farklılık işin içine alan değerleri girmeye başladığında başlamaktadır. Zira alan değerleri ve bu alan değerlerin oranları İngiliz ve Amerikan Donanma Kuralları'nda birer kural olarak yer bulurken, Alman Donanma Kuralları'nda bu durum kendisine yer bulamamaktadır. Bu üç kural grubu arasında Alman Donanma

Kuralları'nı diğer ikisinden ayıran temel özellik kural grubunun sadece yatma açısı ve artık kol değerini dikkate almasıdır. Bu husus dikkate alındığında diğer iki kural grubunun Alman Donanma Kuralları'na göre daha sağlıklı olduğu yorumu yapılabilir.

Rüzgar hızlarına bakıldığında Amerikan Donanma Kuralları'nın diğer iki kural grubuna göre daha katı olduğu görülmektedir Bunun nedeninin yaşanılan coğrafya ve onun getirdiği şartlar olması pek muhtemeldir. Bu husus dikkate alındığında İngiliz Donanma Kuralları'nın diğer iki kural grubuna göre daha ortada yer aldığını söylemek mümkün olabilir. Alan değerlerini hesaplamada ise İngiliz Donanma Kuralları'nda daha net kısıtlamalar var iken, Amerikan Donanma Kuralları'nda bu kısıtlamalar net kısıtlamalar olmayıp geminin davranışına göre şekillenmektedir. Bu hususta Amerikan Donanma Kuralları'nın daha serbest İngiliz Donanma Kuralları'nın ise daha katı olduğu yorumu yapılabilir.

Sonuç olarak herhangi bir kural grubunun içerdiği kurallar ve ölçütler birini diğerinden daha iyi ya da daha kötü yapmamaktadır. Sadece değişen şartların getirdiği değişikliklerdir. Dolayısıyla bu hususta bir genelleme yapmanın pek mümkün olmayacağını belirtmekle birlikte, yapılacak olan genellemelerin de çok sağlıklı olmayacağı belirtilmelidir. Ancak mevcut gemi ve bu ağırlık dağılımı baz alınırsa İngiliz Donanma Kuralları'nın stabilite yönünden daha iyi sağlıklıs verebileceği sonucuna varılabilir.

Gelecek çalışmalarda, mevcut bu çalışmayı daha ileriye götürebilmek adına yapılabilecek bazı öneriler şöyle sıralanabilir;

- Çalışmadaki mevcut yükleme durumu sayısı artırılabilir.

- Çalışmadaki dalga tepesinin konumu daha sık aralıklarla ölçülüp net olarak hangi değerlerin daha kritik olduğu konusunda daha hassas sonuçlar elde edilebilir.

- Ağırlık dağılımındaki mevcut ampirik ifadeler yerine gerçek değerler hesaplanıp daha sağlıklı bir ağırlık dağılımı elde edilebilir. Böylelikle hesaplamalar daha gerçekçi sonuçlar verebilir.

- Dalgaların doğrultusunun gemi doğrultusu ile belirli bir açı yapacak şekilde gönderilmesi ile analizler yapılıp, bu analizler ile mevcut analizler karşılaştırılabilir.

KAYNAKLAR

[1] Begovic, E.,İncecik, A. ve Day, A.H., (2011). "Experimental Ship Motion and Load Measurements in Head and Beam Seas", IX HSMV, 25-27 Mayıs 2011, Napoli.

[2] Begovic, E., Mortola, G., İncecik, A. ve Day, A.H.,(2013). "Experimental Assessment of Intact and Damaged Ship Motions in Head, Beam and Quartering Seas", Ocean Engineering, 72:229-236.

[3] Belenky, V. ve Bassler, C.C., (2010). "Procedures for Early-Stage Naval Ship Design Evaluation of Dynamic Stability: Influence of the Wave Crest", Naval Engineers Journal, 122:93-106.

[4] Chan, H.S., Atlar, M. ve İncecik, A., (2003). "Global Wave Loads on Intact and Damaged Ro-Ro Ships in Regular Oblique Waves", Marine Structures, 16:323-344.

[5] Ruponen, P., Larmela, M. ve Pennanen, P., (2012). "Flooding Prediction Onboard a Damaged Ship", Proceedings of the 11th International Conference on the Stability of Ships and Ocean Vehicles, 23-28 Eylül 2012, Atina.

[6] Palazzi, L. ve de Kat, J., (2004). "Model Experiments and Simulations of a Damaged Ship With Air Flow Taken Into Account", Marine Technology, 41:38-44.

[7] Korkut, E., Atlar, M. ve İncecik, A., (2004). "An Experimental Study of Motion Behaviour with an Intact and Damaged Ro-Ro Ship Model", Ocean Engineering, 31:483-512.

[8] Fang, C.C., Chan, H.S. ve İncecik, A., (1996). "Investigation of Motions of Catamarans in Regular Waves-I", Ocean Engineering, 23:89-105.

[9] Lee, D., Hong, S.Y. ve Lee, G.J., (2007). "Theorretical and Experimental Study on Dynamic Behavior of a Damaged Ship in Waves", Ocean Engineering, 34:21-31.

[10] Chan, H.S., Atlar, M. ve İncecik, A., (2002). "Large-Amplitude Motion Responses of a Ro-Ro Ship to Regular Oblique Waves in Intact and Damaged Conditions", Marine Science and Technology, 7:91-99.

[11] Lee, Y., Chan, H.S., Pu, Y., İncecik, A. ve Dow, R.S., (2012). "Global Wave Loads on a Damaged Ship", Ship and Offshore Structures, 7:237-268.

[12] Gao, Z., Gao, Q. ve Vassalos, D., (2011). “Numerical Simulation of Flooding of a Damaged Ship”, Ocean Engineering, 38:1649-1662.

[13] Santos, T.A. ve Soares, C.G., (2009). “Numerical Assessment of Factors Affecting the Survivability of Damaged Ro-Ro Ships in Waves”, Ocean Engineering, 36:797-809.

[14] Surendan, S., Lee, S.K., Reddy, J.V.R. ve Lee, G., (2005). “Non-linear Roll Dynamics of a Ro-Ro Ship in Waves”, Ocean Engineering, 32:1818-1828.

[15] Neves, M.A.S. ve Rodriguez, C.A., (2007). “ Influence of Non-linearities on the Limits of Stability of Ships Rolling in Head Seas”, Ocean Engineering, 34:1618-1630.

[16] Soydar, E., (2011). Yaralı Stabilite Kurallarındaki Değişikliklerin Konteyner Gemileri Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

[17] Peşman, E. ve Taylan, M., (2012). “Influence of Varying Restoring Moment Curve on Parametric Roll Motion of Ships in Regular Longitudinal Waves”, Marine Science and Technology, 17:511-522.

[18] Hu, L.F., Ma, K. ve Ji, Z., (2013). “A M-H Method-Based Decision Support System for Flooding Emergencies Onboard Warship”, Ocean Engineering, 58:192-200.

[19] Belenky, V., Bassler, C.C., Spyrou, K.J., (2011). “Development of Second Generation Intact Stability Criteria”, NSWCCD, 3-24.

[20] Tupper, E.C., (2004). Introduction to Naval Architecture, 4.baskı, Elsewier Butterworth-Heinemann, Burlington.

[21] Hu, L.F. ve Ma, K., (2008). “Genetic Algorithm-Based Counter-Flooding Decision Support System for Damaged Surface Warship”, International Shipbuilding Progress, 55:301-315.

[22] Santos, T.A. ve Soares, C.G., (2008). “Study of Damaged Ship Motions Taking into Account Floodwater Dynamics”, Journal of Marine Science and Technology, 13:291-307.

[23] IMO, (2012). Consalidated text of the International Convention for the Safety Life at Sea, Conselidated edition.

[24] Yılmaz, H., (2006). Gemi Hidrostatiği ve Stabilitesi, Birsen Yayınevi, İstanbul.

[25] DDS 079-1, (2002). Stability and Buoyancy of U.S. Naval Surface Ships, Department of The Navy, Version 1.2.

[26] Deybach, F., (1997). Intact Stability Criteria For Naval Ships, Yüksek Lisans Tezi, Massachusetts Institute of Technology, Boston.

[27] MSC, (2008). Adoption of the International Code on Intact Stability.

[28] NES 109, (2000). Stability Standarts for Surface Ships, Ministery of Defence, Bristol.

[29] BV1030, (2001). Construction Regulations for German Vessels 1030-1 Stability of Surface Combotants, Koblenz.

[30] Şener, B., (2012). Fırkateyn tipi tekne serisi geliştirilmesi ve hidrodinamik form optimizasonu, Doktora Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[31] NATO, (2014). ANEP 77 Naval Ship Code, NATO Standardization Agency, Baskı E Versiyon 1.

[32] Türk Loydu, (2013). Askeri Gemi Kuralları Tekne Yapısı ve Donanımı, İstanbul.

[33] Çelik, F. Gemi Dizaynı Ders Notları, http://www.yildiz.edu.tr/~fcelik/dersler/dizayn/Ders%20Notlari/5.%20Agirlik%20hesabi.PDF, 19 Ağustos 2014.

EK-A

HASARLI VE HASARSIZ STABİLİTE ANALİZ SONUÇLARI

Bu kısımda farklı donanma kurallarına göre yapılan hasarlı ve hasarsız stabilite analizlerinin, ölçütleri sağlayıp sağlamadığına ilişkin sonuçları gösterilmiştir. (Çizelge A.1- Çizelge A.26)

Çizelge A.1 Hasarsız durumda enine gelen rüzgarlarda stabilite ölçütü (DDS079)

Dal. Tep.	Øst1	Øst--1	DF	Lvst1	GZmax	A1(m-deg)	A2(m-deg)	A1/A2	A1/A2 > 1,4	Lvst1 < 0,6*GZmax
-	13,2	-11,8	74,2	0,7342	2,266	18,1288	85,4524	4,7136	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
0,0	11,4	-13,6	74,1	0,7443	2,272	20,9158	93,6401	4,4770	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
0.1	11,4	-13,6	64,5	0,7442	2,250	20,8715	72,3329	3,4656	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
0.2	11,5	-13,5	61,5	0,7436	2,284	20,6830	66,3936	3,2101	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
0.3	11,9	-13,1	65,0	0,7416	2,269	20,0298	72,5191	3,6206	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
0.4	12,9	-12,1	74,0	0,7358	2,101	18,4943	79,7888	4,3142	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
0.5	15,7	-9,3	82,0	0,7179	1,853	15,4044	77,1066	5,0055	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
0.6	16,6	-8,4	85,2	0,7111	1,773	14,6078	75,7088	5,1828	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
0.7	17,1	-7,9	91,1	0,7075	1,922	14,2335	88,8696	6,2437	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
0.8	14,8	-10,2	84,7	0,7238	2,176	16,2099	97,7645	6,0311	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
0.9	11,9	-13,1	80,2	0,7412	2,290	19,9192	102,6484	5,1532	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
1,0	11,4	-13,6	74,1	0,7443	2,272	20,9158	93,6415	4,4771	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR

Çizelge A.2 Hasarsız durumda enine gelen rüzgarlarda stabilite ölçütü (NES109)

Dal. Tep. Kon.	Øst1	Ød	Lvst1	GZmax	A2(m-deg)	A1(m-deg)	Øst1 < 30	A1 >1,4* A2	Lvst1 < 0,6*GZmax
-	10,70	70	0,6056	2,248	17,9375	82,3965	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
0,0	9,35	70	0,6107	2,257	20,5609	90,5503	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
0,1	9,29	64,5	0,6109	2,231	22,7588	77,2326	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
0,2	9,38	61,5	0,6105	2,268	20,4073	71,2001	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
0,3	9,69	65,1	0,6094	2,267	19,7782	77,4482	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
0,4	10,46	70	0,6065	2,101	18,3325	78,3209	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
0,5	13,09	70	0,5951	1,853	14,7610	66,5226	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
0,6	13,93	70	0,5909	1,773	13,9115	64,3467	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
0,7	14,32	70	0,5889	1,862	13,5516	65,8151	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
0,8	12,27	70	0,5989	2,129	15,7136	78,1299	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
0,9	9,77	70	0,6092	2,268	19,6326	88,7256	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
1,0	9,35	70	0,6107	2,257	20,5609	90,5503	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR

Çizelge A.3 Hasarsız durumda enine gelen rüzgarlarda stabilite ölçütü (BV1030)

Dalga Tep. Kon.	Øst	Øref	hg (Øref)	If(Øref)	Iw(Øref)	hres	hres>0,1
-	10,32	35	1,7641	0	0,4021	1,3620	SAĞLIYOR
0,0	8,82	35	1,9869	0	0,4021	1,5848	SAĞLIYOR
0,1	8,85	35	1,9137	0	0,4021	1,5115	SAĞLIYOR
0,2	8,96	35	1,9140	0	0,4021	1,5119	SAĞLIYOR
0,3	9,28	35	1,9386	0	0,4021	1,5365	SAĞLIYOR
0,4	10,07	35	1,8028	0	0,4021	1,4007	SAĞLIYOR
0,5	12,77	35	1,5849	0	0,4021	1,1828	SAĞLIYOR
0,6	13,50	35	1,5004	0	0,4021	1,0983	SAĞLIYOR
0,7	14,02	35	1,4755	0	0,4021	1,0734	SAĞLIYOR
0,8	11,79	35	1,7122	0	0,4021	1,3100	SAĞLIYOR
0,9	9,35	35	1,9593	0	0,4021	1,5572	SAĞLIYOR
1,0	8,82	35	1,9869	0	0,4021	1,5848	SAĞLIYOR

Çizelge A.4 Hasarsız durumda mürettebat ve ağırlıkların yer değiştirmesinde stabilite ölçütü (DDS079)

Dal. Tep.	Øst1	DF	lvst1	A0	A1	GZmax	0,4*A0 < A1	Øst1 < 15	Lvst1 < 0,6* GZmax
-	2,48	74,20	0,1444	114,918	107,127	2,266	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
0,0	2,23	74,10	0,1445	123,696	115,891	2,272	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
0.1	2,18	64,50	0,1445	101,499	94,166	2,250	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
0.2	2,19	61,50	0,1445	95,009	87,888	2,284	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
0.3	2,27	65,00	0,1445	101,580	94,237	2,269	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
0.4	2,42	74,00	0,1444	109,355	101,567	2,101	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
0.5	3,23	82,00	0,1443	105,628	97,660	1,853	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
0.6	3,47	85,20	0,1443	103,853	95,850	1,773	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
0.7	3,55	91,10	0,1443	116,851	108,825	1,922	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
0.8	2,97	84,70	0,1444	126,732	118,699	2,176	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
0.9	2,30	80,20	0,1445	132,764	124,767	2,290	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
1,0	2,23	74,10	0,1445	123,696	115,891	2,272	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR

Çizelge A.5 Hasarsız durumda mürettebat ve ağırlıkların yer değiştirmesinde stabilite ölçütü (NES109)

Dal. Tep.	Øst1	Ød	lvst1	A0	A1	GZmax	0,4*A0 < A1	Øst1 < 10	Lvst1 < 0,6* GZmax
-	2,48	70	0,1444	106,7848	99,180	2,248	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
0,0	2,23	70	0,1445	115,3049	107,683	2,257	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
0,1	2,18	64,5	0,1445	101,5196	94,187	2,231	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
0,2	2,19	61,5	0,1445	95,0683	87,948	2,268	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
0,3	2,27	65,1	0,1445	101,6732	94,325	2,267	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
0,4	2,42	70	0,1444	102,7802	95,171	2,101	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
0,5	3,23	70	0,1443	90,0405	82,492	1,853	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
0,6	3,47	70	0,1443	87,5764	80,044	1,773	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
0,7	3,55	70	0,1443	88,9369	81,410	1,862	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
0,8	2,97	70	0,1444	101,9437	94,375	2,129	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
0,9	2,30	70	0,1445	113,3751	105,756	2,268	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
1,0	2,23	70	0,1445	115,3049	107,683	2,257	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR

Çizelge A.6 Hasarsız durumda mürettebat ve ağırlıkların yer değiştirmesinde stabilite ölçütü (BV1030)

Dalga Tep. Kon.	Øst	Øref	hg (Øref)	lf(Øref)	lp(Øref)	hres	hres > 0,1
-	2,53	35	1,7641	0	0,0143	1,7498	SAĞLIYOR
0,0	2,20	35	1,9869	0	0,0143	1,9727	SAĞLIYOR
0,1	2,17	35	1,9137	0	0,0143	1,8994	SAĞLIYOR
0,2	2,20	35	1,9140	0	0,0143	1,8998	SAĞLIYOR
0,3	2,30	35	1,9386	0	0,0143	1,9244	SAĞLIYOR
0,4	2,46	35	1,8028	0	0,0143	1,7886	SAĞLIYOR
0,5	3,33	35	1,5849	0	0,0143	1,5707	SAĞLIYOR
0,6	3,57	35	1,5004	0	0,0143	1,4861	SAĞLIYOR
0,7	3,69	35	1,4755	0	0,0143	1,4612	SAĞLIYOR
0,8	3,01	35	1,7122	0	0,0143	1,6979	SAĞLIYOR
0,9	2,32	35	1,9593	0	0,0143	1,9451	SAĞLIYOR
1,0	2,20	35	1,9869	0	0,0143	1,9727	SAĞLIYOR

Çizelge A.7 Hasarsız durumda hızlı dönüşte stabilite ölçütü (DDS079)

Dal. Tep.	Øst1	DF	lvst1	A0	A1	GZmax	0,4*A0 < A1	Øst1 < 15	Lvst1 < 0,6* GZmax
-	4,09	74,20	0,2378	114,9	102,2	2,266	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
0.0	3,67	74,10	0,2379	123,7	111,0	2,272	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
0.1	3,59	64,50	0,2379	101,5	89,6	2,250	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
0.2	3,62	61,50	0,2379	95,0	83,4	2,284	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
0.3	3,75	65,00	0,2378	101,6	89,6	2,269	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
0.4	3,99	74,00	0,2378	109,4	96,7	2,101	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
0.5	5,31	82,00	0,2373	105,6	92,7	1,853	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
0.6	5,69	85,20	0,2372	103,9	90,9	1,773	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
0.7	5,82	91,10	0,2371	116,9	103,9	1,922	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
0.8	4,88	84,70	0,2375	126,7	113,7	2,176	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
0.9	3,79	80,20	0,2378	132,8	119,8	2,290	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
1	3,67	74,10	0,2379	123,7	111,0	2,272	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR

Çizelge A.8 Hasarsız durumda hızlı dönüşte stabilite ölçütü (NES109)

Dal. Tep.	Øst1	lv(st1)	Ød	GZmax	A2(m-deg)	A1(m-deg)	Øst1 < 20	A1 >0,4* A2	Lvst1 < 0,6*GZmax
-	4,09	0,2378	70,0	2,248	106,785	94,422	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
0,0	3,67	0,2379	70,0	2,257	115,305	102,909	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
0,1	3,59	0,2379	64,5	2,231	101,520	89,620	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
0,2	3,62	0,2379	61,5	2,268	95,068	83,496	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
0,3	3,75	0,2378	65,1	2,267	101,673	89,731	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
0,4	3,99	0,2378	70,0	2,101	102,780	90,423	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
0,5	5,31	0,2373	70,0	1,853	90,041	77,841	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
0,6	5,69	0,2372	70,0	1,773	87,576	75,424	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
0,7	5,82	0,2371	70,0	1,862	88,937	76,800	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
0,8	4,88	0,2375	70,0	2,129	101,944	89,693	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
0,9	3,79	0,2378	70,0	2,268	113,375	100,992	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
1,0	3,67	0,2379	70,0	2,257	115,305	102,909	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR

Çizelge A.9 Hasarsız durumda hızlı dönüşte stabilite ölçütü (BV1030)

Dalga Tep. Kon.	Øst	Øref	hg (Øref)	lf(Øref)	ltc(Øref)	hres	hres > 0,1
-	3,07	35	1,7641	0	0,1468	1,6173	SAĞLIYOR
0,0	2,68	35	1,9869	0	0,1468	1,8402	SAĞLIYOR
0,1	2,64	35	1,9137	0	0,1468	1,7669	SAĞLIYOR
0,2	2,67	35	1,9140	0	0,1468	1,7673	SAĞLIYOR
0,3	2,79	35	1,9386	0	0,1468	1,7918	SAĞLIYOR
0,4	3,00	35	1,8028	0	0,1468	1,6561	SAĞLIYOR
0,5	4,05	35	1,5849	0	0,1468	1,4382	SAĞLIYOR
0,6	4,33	35	1,5004	0	0,1468	1,3536	SAĞLIYOR
0,7	4,48	35	1,4755	0	0,1468	1,3287	SAĞLIYOR
0,8	3,65	35	1,7122	0	0,1468	1,5654	SAĞLIYOR
0,9	2,82	35	1,9593	0	0,1468	1,8126	SAĞLIYOR
1,0	2,68	35	1,9869	0	0,1468	1,8402	SAĞLIYOR

Çizelge A.10 Hasarsız durumda buzlanmada stabilite ölçütü (DDS079)

Dal. Tep. Kon.	Øst1	Øst2	DF	Lvst1	GZmax	A1(m-deg)	A2(m-deg)	1,4*A2 < A1	Lvst1 < 0,6*GZmax
-	7,17	99,58	72,20	0,3459	1,877	77,3455	14,7994	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
0,0	6,13	106,98	71,80	0,3473	1,885	85,3097	17,6820	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
0,1	6,04	106,23	62,40	0,3475	1,862	68,0555	17,6440	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
0,2	6,18	102,44	59,30	0,3473	1,895	62,6326	17,2246	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
0,3	6,48	98,46	62,50	0,3469	1,884	66,8172	16,5003	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
0,4	6,96	95,35	70,80	0,3462	1,713	70,4214	15,2270	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
0,5	9,32	93,37	78,40	0,3421	1,465	64,5435	11,5849	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
0,6	10,13	93,76	81,70	0,3405	1,381	62,2268	10,6452	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
0,7	10,40	97,42	88,30	0,3399	1,515	73,6916	10,3673	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
0,8	8,44	100,90	82,10	0,3438	1,779	85,1327	12,7601	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
0,9	6,44	104,35	77,60	0,3469	1,900	91,5855	16,6297	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
1,0	6,13	106,98	71,80	0,3473	1,885	85,3097	17,6820	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR

Çizelge A.11 Hasarsız durumda buzlanmada stabilite ölçütü (NES109)

Dalga	Øst1	Ød	Lvst1	GZmax	Ømax	A1	A2	A (0-30)	A (0-40)	GM	1,4*A2 < A1	Lvst1<0,6* GZmax	Øst1<30	A(0-30) > 2,92	A(0-40) > 4,87	A(30-40)>1,719	GZmax> 0,24	Ømax>30	GM>0,15
-	5,20	70,0	0,211	1,564	48,2	64,058	12,300	17,123	30,052	2,331	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
0,0	4,27	69,7	0,212	1,574	47,3	71,936	15,499	22,053	36,768	2,860	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
0,1	4,21	60,5	0,212	1,551	47,3	58,135	15,300	21,285	35,531	2,873	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
0,2	4,37	57,3	0,212	1,582	48,2	53,303	14,731	20,575	34,762	2,761	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
0,3	4,66	60,2	0,212	1,570	46,4	56,177	13,957	19,900	34,078	2,587	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
0,4	4,99	68,1	0,212	1,397	45,5	57,126	12,778	17,890	30,642	2,462	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
0,5	7,12	70,0	0,210	1,151	44,5	46,415	9,331	14,273	24,988	1,669	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
0,6	7,93	70,0	0,209	1,060	45,5	42,136	8,335	12,814	22,576	1,493	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
0,7	8,12	70,0	0,209	1,187	50,0	42,151	8,096	12,398	22,300	1,447	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
0,8	6,19	70,0	0,211	1,459	50,0	60,272	10,620	15,797	28,045	1,922	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
0,9	4,57	70,0	0,212	1,586	48,2	70,500	14,267	20,375	34,734	2,635	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
1,0	4,27	69,7	0,212	1,574	47,3	71,936	15,499	22,053	36,768	2,860	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR

Çizelge A.12 Hasarsız durumda genel stabilite ölçütü (NES109)

İNGİLİZ DONANMASINA AİT GENEL KURALLAR (HASARSIZ DURUM İÇİN)		0°-30º altında kalan alan [m-rad]	0°-40º altında kalan alan [m-rad]	30°-40º altında kalan alan [m-rad]	GZmax [m]	GZ max ın oluştuğu açı [derece]	GM [m]
Minimum Değerler		4,5837	7,6203	2,7502	0,300	30,0	0,300
Dalga Tepesinin Konumu (% olarak)	-	24,0715	41,6812	17,6097	2,248	53,6	3,390
	0	28,9158	48,8615	19,9457	2,257	54,5	3,742
	0,1	28,1598	47,4856	19,3258	2,231	54,5	3,798
	0,2	27,7171	46,9281	19,2109	2,268	53,6	3,763
	0,3	27,1490	46,3992	19,2502	2,267	51,8	3,629
	0,4	24,9196	42,8903	17,9707	2,101	50,9	3,461
	0,5	21,0003	37,0841	16,0838	1,853	50,0	2,546
	0,6	19,6121	34,7991	15,1870	1,773	50,9	2,376
	0,7	18,9276	33,7903	14,8627	1,862	57,3	2,309
	0,8	22,1571	39,2205	17,0634	2,129	56,4	2,762
	0,9	27,2550	46,6806	19,4256	2,268	55,5	3,568
	1	28,9158	48,8615	19,9457	2,257	54,5	3,742

Çizelge A.13 Hasarlı durumda genel stabilite ölçütü D1-D2(NES109)

NES109	Dalga Tep. Kon.	KURAL 1 B < 20	KURAL 2 GZ(C) < 0,6*GZmax	KURAL 3 A1 > 1,4*A2
D1	-	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,1	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,2	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,3	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,4	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,5	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,6	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,7	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,8	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,9	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	1	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR

NES109	Dalga Tep. Kon.	KURAL 1 B < 20	KURAL 2 GZ(C) < 0,6*GZmax	KURAL 3 A1 > 1,4*A2
D2	-	**SAĞLAMIYOR**	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0	**SAĞLAMIYOR**	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,1	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,2	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,3	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,4	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,5	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,6	**SAĞLAMIYOR**	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,7	**SAĞLAMIYOR**	SAĞLIYOR	**SAĞLAMIYOR**
	0,8	**SAĞLAMIYOR**	SAĞLIYOR	**SAĞLAMIYOR**
	0,9	**SAĞLAMIYOR**	SAĞLIYOR	**SAĞLAMIYOR**
	1	**SAĞLAMIYOR**	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR

Çizelge A.14 Hasarlı durumda genel stabilite ölçütü D3-D4 (NES109)

NES109	Dalga Tep. Kon.	KURAL 1 B < 20	KURAL 2 GZ(C) < 0,6*GZmax	KURAL 3 A1 > 1,4*A2
D3	-	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,1	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,2	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,3	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,4	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,5	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,6	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,7	**SAĞLAMIYOR**	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,8	**SAĞLAMIYOR**	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,9	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	1	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR

NES109	Dalga Tep. Kon.	KURAL 1 B < 20	KURAL 2 GZ(C) < 0,6*GZmax	KURAL 3 A1 > 1,4*A2
D4	-	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,1	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,2	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,3	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,4	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,5	**SAĞLAMIYOR**	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,6	**SAĞLAMIYOR**	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,7	**SAĞLAMIYOR**	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,8	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,9	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	1	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR

Çizelge A.15 Hasarlı durumda genel stabilite ölçütü D5-D6 (NES109)

NES109	Dalga Tep. Kon.	KURAL 1	KURAL 2	KURAL 3
		B < 20	GZ(C) <0,6*GZmax	A1 > 1,4*A2
D5	-	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,1	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,2	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,3	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,4	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,5	**SAĞLAMIYOR**	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,6	**SAĞLAMIYOR**	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,7	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,8	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,9	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	1	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR

NES109	Dalga Tep. Kon.	KURAL 1	KURAL 2	KURAL 3
		B < 20	GZ(C) < 0,6*GZmax	A1 > 1,4*A2
D6	-	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,1	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,2	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,3	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,4	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,5	**SAĞLAMIYOR**	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,6	**SAĞLAMIYOR**	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,7	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,8	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,9	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	1	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR

Çizelge A.16 Hasarlı durumda genel stabilite ölçütü D7-D8 (NES109)

NES109	Dalga Tep. Kon.	KURAL 1	KURAL 2	KURAL 3
		B < 20	GZ(C) < 0,6*GZmax	A1 > 1,4*A2
D7	-	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,1	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,2	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,3	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,4	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,5	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,6	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,7	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,8	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,9	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	1	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR

NES109	Dalga Tep. Kon.	KURAL 1	KURAL 2	KURAL 3
		B < 20	GZ(C) < 0,6*GZmax	A1 > 1,4*A2
D8	-	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,1	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,2	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,3	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,4	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,5	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,6	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,7	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,8	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,9	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	1	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR

Çizelge A.17 Hasarlı durumda genel stabilite ölçütü D9-D10 (NES109)

NES109	Dalga Tep. Kon.	KURAL 1	KURAL 2	KURAL 3
		B < 20	GZ(C) < 0,6*GZmax	A1 > 1,4*A2
D9	-	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,1	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,2	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,3	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,4	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,5	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,6	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,7	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,8	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,9	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	1	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR

NES109	Dalga Tep. Kon.	KURAL 1	KURAL 2	KURAL 3
		B < 20	GZ(C) < 0,6*GZmax	A1 > 1,4*A2
D10	-	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,1	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,2	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,3	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,4	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,5	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,6	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,7	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,8	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,9	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	1	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR

Çizelge A.18 Hasarlı durumda genel stabilite ölçütü D1-D2 (DDS079)

DDS 079	Dalga Tep. Kon.	KURAL 1	KURAL 2	KURAL 3	KURAL 4
		D < 15	1,4*A2 < A1	A1 > 1,07	GZmax-HA > 0,0762 m
D1	-	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0	**SAĞLAMIYOR**	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,1	**SAĞLAMIYOR**	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,2	**SAĞLAMIYOR**	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,3	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,4	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,5	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,6	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,7	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,8	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,9	**SAĞLAMIYOR**	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	1	**SAĞLAMIYOR**	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR

DDS 079	Dal. Tep. Kon.	KURAL 1	KURAL 2	KURAL 3	KURAL 4
		D < 15	1,4*A2 < A1	A1 > 1,07	GZmax-HA > 0,0762 m
D2	-	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,1	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,2	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,3	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,4	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,5	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,6	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,7	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,8	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,9	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	1	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR

Çizelge A.19 Hasarlı durumda genel stabilite ölçütü D3-D4 (DDS079)

DDS 079	Dalga Tep. Kon.	KURAL 1	KURAL 2	KURAL 3	KURAL 4
		D < 15	1,4*A2 < A1	A1 > 1,07	GZmax-HA > 0,0762 m
D3	-	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,1	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,2	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,3	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,4	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,5	**SAĞLAMIYOR**	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,6	**SAĞLAMIYOR**	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,7	**SAĞLAMIYOR**	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,8	**SAĞLAMIYOR**	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,9	**SAĞLAMIYOR**	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	1	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR

DDS 079	Dalga Tep. Kon.	KURAL 1	KURAL 2	KURAL 3	KURAL 4
		D < 15	1,4*A2 < A1	A1 > 1,07	GZmax-HA > 0,0762 m
D4	-	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,1	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,2	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,3	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,4	**SAĞLAMIYOR**	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,5	**SAĞLAMIYOR**	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,6	**SAĞLAMIYOR**	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,7	**SAĞLAMIYOR**	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,8	**SAĞLAMIYOR**	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,9	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	1	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR

Çizelge A.20 Hasarlı durumda genel stabilite ölçütü D5-D6 (DDS079)

DDS 079	Dalga Tep. Kon.	KURAL 1	KURAL 2	KURAL 3	KURAL 4
		D < 15	1,4*A2 < A1	A1 > 1,07	GZmax-HA > 0,0762 m
D5	-	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,1	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,2	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,3	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,4	**SAĞLAMIYOR**	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,5	**SAĞLAMIYOR**	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,6	**SAĞLAMIYOR**	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,7	**SAĞLAMIYOR**	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,8	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,9	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	1	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR

DDS 079	Dalga Tep. Kon.	KURAL 1	KURAL 2	KURAL 3	KURAL 4
		D < 15	1,4*A2 < A1	A1 > 1,07	GZmax-HA > 0,0762 m
D6	-	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,1	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,2	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,3	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,4	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,5	**SAĞLAMIYOR**	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,6	**SAĞLAMIYOR**	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,7	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,8	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,9	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	1	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR

Çizelge A.21 Hasarlı durumda genel stabilite ölçütü D7-D8 (DDS079)

DDS 079	Dalga Tep. Kon.	KURAL 1	KURAL 2	KURAL 3	KURAL 4
		D < 15	1,4*A2 < A1	A1 > 1,07	GZmax-HA > 0,0762 m
D7	-	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,1	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,2	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,3	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,4	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,5	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,6	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,7	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,8	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,9	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	1	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR

DDS 079	Dalga Tep. Kon.	KURAL 1	KURAL 2	KURAL 3	KURAL 4
		D < 15	1,4*A2 < A1	A1 > 1,07	GZmax-HA > 0,0762 m
D8	-	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,1	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,2	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,3	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,4	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,5	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,6	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,7	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,8	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,9	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	1	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR

Çizelge A.22 Hasarlı durumda genel stabilite ölçütü D9-D10 (DDS079)

DDS 079	Dalga Tep. Kon.	KURAL 1	KURAL 2	KURAL 3	KURAL 4
		D < 15	1,4*A2 < A1	A1 > 1,07	GZmax-HA > 0,0762 m
D9	-	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,1	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,2	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,3	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,4	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,5	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,6	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,7	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,8	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,9	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	1	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR

DDS 079	Dalga Tep. Kon.	KURAL 1	KURAL 2	KURAL 3	KURAL 4
		D < 15	1,4*A2 < A1	A1 > 1,07	GZmax-HA > 0,0762 m
D10	-	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,1	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,2	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,3	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,4	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,5	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,6	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,7	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,8	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,9	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	1	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR

Çizelge A.23 Hasarlı durumda genel stabilite ölçütü D1-D2-D3 (BV1030)

BV 1030	Dal. Tep. Kon.	KURAL 1 hres > 0,05	KURAL 2 C < 25	KURAL 3 D < 25
D1	-	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,1	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,2	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,3	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,4	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,5	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,6	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,7	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,8	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,9	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	1	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR

BV 1030	Dalga Tep. Kon.	KURAL 1 hres > 0,05	KURAL 2 C < 25	KURAL 3 D < 25
D2	-	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,1	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,2	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,3	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,4	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,5	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,6	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,7	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,8	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,9	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	1	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR

BV 1030	Dalga Tep. Kon.	KURAL 1 hres > 0,05	KURAL 2 C < 25	KURAL 3 D < 25
D3	-	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,1	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,2	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,3	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,4	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,5	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,6	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,7	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,8	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,9	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	1	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR

Çizelge A.24 Hasarlı durumda genel stabilite ölçütü D4-D5-D6 (BV1030)

BV 1030	Dalga Tep. Kon.	KURAL 1 hres > 0,05	KURAL 2 C < 25	KURAL 3 D < 25
D4	-	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,1	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,2	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,3	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,4	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,5	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,6	SAĞLIYOR	**SAĞLAMIYOR**	SAĞLIYOR
	0,7	SAĞLIYOR	**SAĞLAMIYOR**	SAĞLIYOR
	0,8	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,9	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	1	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR

BV 1030	Dalga Tep. Kon.	KURAL 1 hres > 0,05	KURAL 2 C < 25	KURAL 3 D < 25
D5	-	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,1	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,2	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,3	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,4	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,5	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,6	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,7	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,8	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,9	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	1	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR

BV 1030	Dalga Tep. Kon.	KURAL 1 hres > 0,05	KURAL 2 C < 25	KURAL 3 D < 25
D6	-	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,1	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,2	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,3	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,4	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,5	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,6	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,7	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,8	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,9	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	1	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR

Çizelge A.25 Hasarlı durumda genel stabilite ölçütü D7-D8 (BV1030)

BV 1030	Dal. Tep.	KURAL 1	KURAL 2	KURAL 3
		hres > 0,05	C < 25	D < 25
D7	-	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,1	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,2	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,3	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,4	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,5	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,6	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,7	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,8	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,9	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	1	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR

BV 1030	Dal. Tep.	KURAL 1	KURAL 2	KURAL 3
		hres > 0,05	C < 25	D < 25
D8	-	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,1	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,2	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,3	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,4	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,5	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,6	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,7	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,8	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,9	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	1	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR

Çizelge A.26 Hasarlı durumda genel stabilite ölçütü D9-D10 (BV1030)

BV 1030	Dalga Tep. Kon.	KURAL 1	KURAL 2	KURAL 3
		hres > 0,05	C < 25	D < 25
D9	-	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,1	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,2	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,3	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,4	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,5	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,6	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,7	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,8	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,9	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	1	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR

BV 1030	Dalga Tep. Kon.	KURAL 1	KURAL 2	KURAL 3
		hres > 0,05	C < 25	D < 25
D10	-	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,1	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,2	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,3	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,4	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,5	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,6	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,7	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,8	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	0,9	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR
	1	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR	SAĞLIYOR

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı: Emre KAHRAMANOĞLU

Doğum Tarihi ve Yeri: 15/11/1990 İzmir

Yabancı Dili: İngilizce

E-posta: emrek@yildiz.edu.tr

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet
Y. Lisans	Gemi İnş. ve Gemi Mak. Müh.	YTÜ	2015
Lisans	Gemi İnş. ve Gemi Mak. Müh.	YTÜ	2012
Lise	Sayısal	İzmir Kız Lisesi	2008

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2014-…	YTÜ	Araştırma Görevlisi
2013-2014	İzmir Katip Çelebi Üniversitesi	Araştırma Görevlisi