

**T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YARALI STABİLİTE KURALLARINDAKİ DEĞİŞİKLİKLERİN KONTEYNER
GEMİLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

ERDEM SOYDAR

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
GEMİ İNŞAATI ve GEMİ MAKİNELERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN
PROF. DR. HÜSEYİN YILMAZ**

İSTANBUL, 2011

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YARALI STABİLİTE KURALLARINDAKİ DEĞİŞİKLİKLERİN KONTEYNER
GEMİLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

Erdem SOYDAR tarafından hazırlanan tez çalışması 27.10.2011 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri 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. Abdi KÜKNER
İstanbul Teknik Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Muhsin AYDIN
Yıldız Teknik Üniversitesi

ÖNSÖZ

Bu yüksek lisans çalışmasının, olasıklı yaralı stabilite yaklaşımının anlaşılabilmesi, yaralı stabilite kurallarındaki değişikliklerin etkilerinin incelenebilmesi adına yük ve yolcu gemileri tasarımları ile ilgili çalışmalara yol gösterici olacağına inanılmaktadır.

Çalışmanın hazırlanmasında desteğini esirgemeyen, güvenini hep hissettiğim sayın danışman hocam Prof. Dr. Hüseyin Yılmaz'a teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca çalışmanın her aşamasında yardımlarını esirgemeyen sayın yönetim Cemal Şahin Bey'e, tasarımlarından yararlandığım Delta Marine A.Ş'ye ve Yaşar Gül Bey'e sonsuz şükranlarımı sunarım.

Mesai arkadaşım Ümit Aydın'a göstermiş olduğu anlayıştan dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Her zaman bana destek olan ve güvenen aileme bu desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Ağustos, 2011

Erdem SOYDAR

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	vi
KISALTMA LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	viii
ÇİZELGE LİSTESİ	ix
ABSTRACT	xii
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
1.1 Literatür Özeti	1
1.2 Tezin Amacı	6
1.3 Bulgular	7
BÖLÜM 2	8
GEMİLERDE STABİLİTE DEĞERLENDİRMESİ	8
2.1 Hasarsız Stabilite	8
2.1.1 Başlangıç Stabilitesi	8
2.1.2 Statik Stabilite	9
2.1.3 Dinamik Stabilite.....	11
2.1.4 Hasarsız Stabilite Kuralları	12
2.2 Yaralı Stabilite	13
2.2.1 Bölmelendirme ve Yaralı Stabilite Hesaplamaları	13
2.2.2 Deterministik Yaklaşım	15
2.2.2.1 Kayıp Sephiye Yöntemi.....	15
2.2.2.2 Eklenen Ağırlık Yöntemi	16
2.2.3 Olasılıklı Yaralı Stabilite Yaklaşımı.....	16
2.2.3.1 Sadece Enine Bölmeleme Durumunda Yaralanma Olasılığı.....	20
2.2.3.2 Yaralanmanın Boyuna Yerine ve Büyüklüğüne Ek Olarak Yara Derinliğinin Göz Önüne Alınması	22
2.2.3.3 Su Hattı Üzerindeki Yatay Bölmelerin Yaralanması	24

2.2.3.4 Geminin Yaralı Durumda Hayatta Kalma Olasılığı.....	24
BÖLÜM 3	25
YÜK GEMİLERİ İÇİN OLASILIKLI YARALI STABİLİTE.....	25
3.1 Giriş	25
3.2 Yük Gemileri İçin Olasılıklı Yaralı Stabilite Yaklaşımı (SOLAS90)	26
3.3 Yük Gemileri İçin Olasılıklı Yaralı Stabilite Yaklaşımı (SOLAS 2009)	34
3.3.1 HARDER Projesi.....	34
3.3.2 SOLAS 2009 ile Kabul Edilen Yeni Olasılıklı Yaklaşım.....	37
3.4 SOLAS90 ile SOLAS 2009 Olasılıklı Yaralı Stabilite Kuralları Arasındaki Farklar	45
BÖLÜM 4	51
UYGULAMA	51
4.1 500 TEU Konteyner Gemisi Olasılıklı Yaralı Stabilite Hesaplamaları.....	52
4.1.1 500 TEU Konteyner Gemisi Olasılıklı Yaralı Stabilite Hesabı (SOLAS90)	54
4.1.2 500 TEU Konteyner Gemisi Olasılıklı Yaralı Stabilite Hesabı (SOLAS 2009)	57
4.2 1900 TEU Konteyner Gemisi Olasılıklı Yaralı Stabilite Hesaplamaları.....	60
4.2.1 1900 TEU Konteyner Gemisi Olasılıklı Yaralı Stabilite Hesabı (SOLAS90).....	63
4.2.2 1900 TEU Konteyner Gemisi Olasılıklı Yaralı Stabilite Hesabı (SOLAS 2009)	66
BÖLÜM 5	73
SONUÇ VE ÖNERİLER	73
KAYNAKLAR.....	76
ÖZGEÇMİŞ.....	79

SİMGE LİSTESİ

Δ	Geminin deplasman ağırlığı
KG	Geminin ağırlık merkezinin kaide hattından mesafesi
GM	Geminin enine metasantr yüksekliği
KB	Geminin su altı hacim merkezinin kaide hattından mesafesi
BM	Metasantr yarıçapı
GZ	Doğrultucu Kol
KN	Çapraz stabilite değeri
\emptyset	Meyil Açısı
\emptyset_v	Stabilitenin kaybolduğu açı
GZ_{max}	En büyük doğrultucu kol
A	Ulaşılan bölmeleme indeksi
R	Gerekli bölmeleme indeksi
i	Söz konusu bölge
s	Hayatta kalma olasılığı
p	Yaralanma olasılığı
L_s	Bölmelendirme boyu
r	Azaltma faktörü
v	Yatay bölmelemenin yaralanmama olasılığı
F	Bölmeleme faktörü
d	Draft
d_s	En derin bölmelendirme draftı
d_i	En derin bölmeleme su hattı
d_{is}	Boş tekne draftı
d_p	Ara yüklü draft

KISALTMA LİSTESİ

SOLAS	Safety Of Life At Sea
IMCO	Inter-Governmental Maritime Consultative Organization
IMO	International Maritime Organization
LPG	Liquefied petroleum gas
MSC	Maritime Safety Committee
SLF	Stability, Load Lines and Fishing Vessel Safety
HARDER	Harmonization of Rules and Design Rationale
Ro-Ro	Roll-on/roll-off
WP	Work Package
DMI	Danish Maritime Intitute
GL	Germanischer Lloyd
DTU	Technical University of Denmark
SU	University of Strathclyde
NTUA	National Technical University of Athens
HDW	Howaldswerke-Deutsche Werft AG
MCA	Maritime and Coastguard Agency
TEU	Twenty-foot equivalent unit

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1	Başlangıç stabilitesinin gösterimi..... 9
Şekil 2.2	Doğrultucu moment kolu gösterimi 10
Şekil 2.3	Statik stabilite eğrisi..... 10
Şekil 2.4	Statik stabilite eğrisi altında kalan alanın gösterimi 11
Şekil 2.5	Hasarsız stabilite kurallarının statik stabilite eğrisinde gösterimi 13
Şekil 2.6	Kompartmanların yaralanma olasılıklarının gemi boyunca dağılımı 21
Şekil 2.7	Çift dibe sahip bir kompartmanda olası yaralanma şekilleri [27]..... 22
Şekil 2.8	Yara yeri (x), yara boyu (y) ve yara derinliği (z) [27] 23
Şekil 2.9	Yara yeri, boyu ve derinliğinin dağılım yoğunluğu [27] 23
Şekil 3.1	Kuru yük gemileri için R indeksi 46
Şekil 3.2	Draft ve yatay bölmelendirmenin temsili gösterimi..... 50
Şekil 4.1	500 TEU konteyner gemisi profil görünüşü 52
Şekil 4.2	Bölgelere ayrılmış halde profil görünüşü 53
Şekil 4.3	6.800 metredeki güverte 53
Şekil 4.4	Bölgelere ayrılmış halde çift dip görünüşü 54
Şekil 4.5	İzin verilebilir KG - SOLAS90..... 55
Şekil 4.6	İzin verilebilir KG değerleri ile bazı kondisyonların gösterimi 60
Şekil 4.7	1900 TEU konteyner gemisi profil görünüşü 60
Şekil 4.8	Bölgelere ayrılmış halde profil görünüşü 62
Şekil 4.9	Bölgelere ayrılmış halde 14.00 metredeki kesit 62
Şekil 4.10	Bölgelere ayrılmış halde 8.00 metredeki kesit 63
Şekil 4.11	Bölgelere ayrılmış halde çift dip görünüşü 63
Şekil 4.12	İzin verilebilir KG - SOLAS90 66
Şekil 4.13	I. denemede izin verilebilir KG eğrisi 70
Şekil 4.14	İzin verilebilir KG ve tipik kondisyonların gösterimi 72

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 3.1 SOLAS90'a göre yük bölmelerinin permeabiliteleri.....	34
Çizelge 3.2 Olasılıklı yaralı stabilite hesabına tabi olan gemi tipleri [31].....	36
Çizelge 3.3 Su çekimine göre yük bölmelerin permeabiliteleri.....	45
Çizelge 4.1 500 TEU Konteyner gemisi ana boyutları	52
Çizelge 4.2 Enine perdelerin konumu	53
Çizelge 4.3 Güvertelerin konumu.....	53
Çizelge 4.4 Boyuna perdenin konumu	53
Çizelge 4.5 Kondisyonların draft ve ağırlık merkezi değerleri.....	55
Çizelge 4.6 Bölge sayısına göre yaralanma olasılığı ve A indeksi	56
Çizelge 4.7 Kondisyonlara göre A indeksi.....	57
Çizelge 4.8 SOLAS 2009'a göre kondisyonların draft ve ağırlık merkezi değerleri.....	58
Çizelge 4.9 Bölge sayısına göre yaralanma olasılığı ve A indeksi	58
Çizelge 4.10 Kondisyona göre A indeksine yapılan katkı	59
Çizelge 4.11 SOLAS90 - SOLAS 2009 fark(%)	59
Çizelge 4.12 1900 TEU konteyner gemisi ana boyutları	61
Çizelge 4.13 Enine perdelerin konumu	61
Çizelge 4.14 Güvertenin konumu.....	61
Çizelge 4.15 Boyuna perdelerin konumu	62
Çizelge 4.16 Kondisyonların draft ve ağırlık merkezi değerleri.....	64
Çizelge 4.17 Bölge sayısına göre yaralanma olasılığı ve A indeksi	64
Çizelge 4.18 Kondisyona göre A indeksine yapılan katkı	65
Çizelge 4.19 SOLAS 2009 göre kondisyonların draft ve ağırlık merkezi değerleri	67
Çizelge 4.20 Bölge sayısına göre yaralanma olasılığı ve A indeksi	67
Çizelge 4.21 Kondisyona göre A indeksine yapılan katkı	68
Çizelge 4.22 SOLAS90 - SOLAS 2009 fark(%)	68
Çizelge 4.23 I. denemede azaltılmış KG değerleri.....	70
Çizelge 4.24 I. denemede A indeksi.....	71
Çizelge 4.25 II. denemede azaltılmış KG değerleri.....	71
Çizelge 4.26 II. denemede A indeksi	72

YARALI STABİLİTE KURALLARINDAKİ DEĞİŞİKLİKLERİN KONTEYNER GEMİLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Erdem SOYDAR

Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Hüseyin YILMAZ

Gemilerin bölmelendirilmesi ve yaralı stabilite hesaplamaları, geminin genel tasarım kalitesi ve hayatta kalabilirliği açısından önemli tasarım değerlendirmeleridir.

Bu çalışmada, yük ve yolcu gemileri için uyumlu hale getirilmiş yeni olasılıklı yaralı stabilite kurallarının, konteyner gemileri üzerindeki etkileri araştırılmıştır.

SOLAS90 ve SOLAS 2009 olasılıklı yaralı stabilite kural setlerinin uygulanma şekli ve teorik arka planı açıklanmıştır. Yeni kural seti ile getirilen değişiklikler belirtilmiştir. Bilgisayar programı kullanılarak farklı büyüklükteki iki konteyner gemisi için olasılıklı yaralı stabilite hesaplamaları her iki kural seti uygulanarak gerçekleştirilmiştir.

Yeni olasılıklı yaralı stabilite kural setinin iki gemi için uygulanması sonucunda, yeni kural setinin 2 gemi üzerindeki etkisinin farklı olduğu görülmüştür. 500 TEU'luk konteyner gemisi için daha yüksek KG değerlerine imkan veren yeni kural seti, daha büyük olan 2. gemiye uygulandığında, gemi yaralı stabilite kriterini sağlamamıştır.

Olasılıklı yaralı stabilite kriterini sağlamayan konteyner gemisi için mevcut bölmelendirmede değişikliğe gidilmeden, hayatta kalabilme olasılığı, s' 'nin, A indeksine olan katkısını arttırabilmek için, hesaplamalarda kullanılan üç kondisyonun düşey ağırlık merkezi değerleri azaltılarak, yeni olasılıklı yaralı stabilite kuralları ile uyumluluğu sağlanmıştır.

Sonuç olarak, uygulama yapılan gemiler için izin verilebilen KG eğrisi yeni kural setinin sonuçları göz önünde bulundurularak yeniden tanımlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Olasılıklı yaralı stabilite, konteyner gemileri, ulaşılan bölmeleme indeksi.

**INVESTIGATION OF IMPACT OF NEW DAMAGE STABILITY REGULATIONS
ON CONTAINER SHIPS**

Erdem SOYDAR

Department of Naval Architecture & Marine Engineering

MSc. Thesis

Advisor: Prof. Dr. Hüseyin YILMAZ

Ship subdivision and damaged stability are important design considerations for the overall design quality of a ship and survivability.

In this thesis, the impact of new harmonized damage stability rules on container ships was investigated.

Both the application of SOLAS90 and SOLAS 2009 probabilistic damage stability calculations and the theoretical background was explained and amendments were presented. Probabilistic damage stability calculations regarding SOLAS90 and SOLAS 2009 carried out via computer software for two container ships with different sizes.

The impact of the new harmonized damaged stability rules was different for both container ships following the damage stability calculations. The higher KG values for 500 TEU container ship are allowable with the new damage stability rules on the other hand the bigger container ship is not in compliance with the new damage stability rules.

Without altering the subdivision of the container ship which did not comply with the criteria, lower KG values were suggested for loading conditions in order to get higher contributions to A index. Compliance with the new damage stability rules was provided after several calculations.

As a result both two container ships' limiting KG curves were redefined considering the new probabilistic damage stability rules.

Key words: Probabilistic damage stability, container ships, attained subdivision index.

1.1 Literatür Özeti

Denizde güvenliği ele alan, su geçmez perdelerle ilgili olarak ilk yasal düzenleme İngiliz Deniz Ticareti Kanunu'nda (1854) yer almaktadır (Vassalos vd. [1]).

1912'de yaşanan ve 1500'den fazla kişinin hayatını kaybettiği Titanik faciasının ardından, uluslararası denizcilik standartlarının gerekliliği ortaya çıkmıştı. 1914'te toplanan ilk "Denizde Can ve Mal Güvenliği" SOLAS, (Safety of Life at Sea) konferansında, İngiliz Ticaret Bakanlığı'nın çalışmaları göz önünde bulundurulmuş, Alman Armatörler Topluluğu tarafından kurallar oluşturulmuştur. Fransa tarafından bölmeleme için faktöriyel sistem teklif edilmiştir [2].

Bu konferansın sonucunda yolcu gemileri için bölmeleme ve can güvenliği standartlarında karar birliğine varılmıştır fakat konferansa katılan ülkeler, belirlenen standartları ve düzenlemeleri, 1.Dünya Savaşı'nın başlamasıyla oluşan ortamdan dolayı resmi olarak kabul etmemişlerdir (Tagg vd. [3]).

1929 yılında düzenlenen ikinci SOLAS konferansında, yolcu gemileri için gemi boyu ve yolcu sayısı temel alınarak maksimum perde aralığı tespit edilmesinde etkin olacak "Bölmeleme Faktörü" ve "Servis Kriteri" konularında anlaşmaya varılmıştır. Böylelikle yolcu taşıyan bir gemi ile bir yük gemisinin önemi göreceli olarak ayrılmıştı. Bu kurallarda, batma ve yaralı bölme boyu göz önünde bulundurulmuş, yaralanmanın ardından denge şartı için gereksinim ortaya konmamıştır (Tagg vd. [3]).

1948'te toplanan üçüncü uluslararası SOLAS konferansında gemilerin yaralı stabilite kriterlerinin de göz önüne alınması öngörülmüştür.

IMCO, (bugünkü adıyla IMO, Uluslararası Denizcilik Örgütü, Londra merkezli Birleşmiş Milletler organizasyonu) tarafından düzenlenen 1960 SOLAS konferansında yaralanmanın gemi boyu üzerindeki yerinin ve yara büyüklüğünün üzerinde durulmuş, gemi güvenliği açısından yaralanmanın olasılık esasına göre yapılması görüşü ilk defa Alman profesör Kurt Wendel'in "Gemilerin Bölmelendirilmesi" çalışmasıyla ortaya atılmıştır (Vassalos vd. [1]).

Yolcu gemileri için olasılık analizine dayalı ilk uluslararası kurallar, Kurt Wendel'in çalışmalarının detaylandırılıp A265 önergesi [4] adı altında 1974 SOLAS konferansında kabul edilerek 1980'den itibaren uygulanması kararı alınmıştır. Bu kuralların, yolcu gemileri için SOLAS 1960 konferansında getirilen deterministik kurallara bir alternatif olabileceği yer almıştır.

70'li yıllara kadar düzenlenen konferanslarda gemilerin bölmelendirilmesi üzerine alınan kararlar, sadece 12 kişi ve daha fazla sayıda yolcu taşıyan, yolcu gemisi olarak tanımlanan gemiler içindir. 70'li yılların ardından IMO, dökme kimyasal yük, LPG tankerleri ve mobil offshore araştırma gemilerinin bölmelendirilmeleri üzerine önerileri peş peşe yayınlamıştır [2].

SOLAS 1974 ile yolcu gemileri için getirilen olasılıklı yaralı stabilite kurallarını, aynı konsept 80'li ve 90'lı yıllarda kuru yük gemileri için detaylandırılarak, 1990 yılında "Denizde Güvenlik Komitesi" tarafından kabul edilen MSC.19(58) [5] (bundan sonra SOLAS90 olarak anılacaktır) düzenlemesi ile kuru yük gemileri için bölmeleme ve yaralı stabilite kuralları takip etmiştir. 1 Şubat 1992 tarihinden itibaren inşa edilecek, bu tarihte omurgaları kızağa konmuş veya benzer yapım aşamasındaki 100 metre ve üzeri büyük kuru yük gemilerini kapsayan bu kurallar da ana hatlarıyla A265 gibi olasılıklı yaklaşıma ve aynı yaralanma istatistiklerine dayanmaktaydı.

Bu kural seti ile IMO, kuru yük gemileri için yaralı stabilite kuralları ve ilgili düzenlemeleri ilk kez ortaya koymuştur [6]. Aynı kuralların, 1998'den itibaren, 100 metreden küçük ve 80 metreden büyük tüm kuru yük gemilerine uygulanması kararı yürürlüğe girmiştir [7].

Daha sonraki yıllarda, IMO'nun teknik komiteleri, yolcu gemilerinin su geçmez bölmelendirilmeleri için deterministik değerlendirme yönteminin bir kez daha gözden geçirilmesi için görüşmelere başlamışlardır. Bu görüşmeler, yolcu gemileri için mevcut deterministik bölmelendirme standartlarının güncelleştirilmesinin yerine, tüm ticari gemi tipleri için (yük ve yolcu) geçerli olan tüm yaralı stabilite kurallarının olasılıklı yaklaşıma dayanan bir çerçevede uyumlu hale getirilmesi olduğu şeklinde sonuçlanmıştır.

1982 yılında Ro-Ro yolcu gemisi "European Gateway"nin bir gemiyle çatışması sonucunda batması, 1987 yılında "Herald of Free Enterprise"nin ihmalden dolayı su alıp batması ile can ve mal kaybına yol açması, 1994 yılında "Estonia"nın batması IMO'nun mevcut yaralı stabilite kurallarını uyumlu hale getirme çalışmalarını durdurmuştur. İvedilikle, Ro-Ro yolcu gemileri için "water on deck" problemini hesaba katan düzenlemeler [8] 1995'te SOLAS konvansiyonunda kabul edildikten sonra IMO'nun ilgili komiteleri yaralı stabilite kurallarının uyumlu hale getirilmesi çalışmalarına geri dönmüştür [6].

1995 yılında IMO, yolcu ve kuru yük gemileri için geliştirilen kuralların, IMO kurallarının kapsadığı bütün gemiler için uyumlu hale getirilerek tek bir standart altında toplanması konusunda çalışma yapılmasını karara bağlamıştır. Gerekli altyapı ve koordinasyonların kurulması sonucunda Avrupa Birliği tarafından desteklenen, olasılıklı yaralı stabilite kurallarının güncellenmesini amaçlayan HARDER Projesi (Harmonization of Rules and Design Rationale) ortaya çıkmıştır (Tagg vd. [3]).

2000 yılında başlayan ve 3 yıl süren çalışmaların sonunda HARDER projesi raporu [9] 2005 yılında MSC 194(80) [10] (bundan sonra SOLAS 2009 olarak anılacaktır) genelgesi ile kabul edilmiştir. Bu genelge ile 1 Ocak 2009'dan itibaren inşa edilen tüm kuru yük ve yolcu gemilerini kapsayan uyumlu hale getirilmiş olasılıklı yaralı stabilite kuralları yürürlüğe girmiştir.

Papanikolaou ve Eliopoulou çalışmalarında [11], uyumlu hale getirilmiş yeni yaralı stabilite kurallarının taslak aşamasındaki hali ile SOLAS90 yaralı stabilite kurallarının kuru yük gemileri ile yolcu gemileri tasarımları üzerindeki etkilerini incelemişlerdir.

Tersaneler ve klas kuruluşları, gemilerin bölmelendirilmesindeki olasılığa dayalı anlayış ile ortaya çıkabilecek serbestlik derecelerinden faydalanabilmek adına ortak bir girişimde bulunmuşlardır (Vassalos vd. [1]). Çalışmada, alışlagelmiş tasarım geleneklerinden ve kökleşmiş konsept anlayışından amacı belirli tasarımlara geçişte rehberlik etmesi açısından, yeni kurallar ile mevcut kurallar arasındaki denge araştırılmıştır. Yeni kuralların esnekliğe izin vermesiyle daha az güvenli tasarımların ortaya çıkabileceğinin yanında yeni kurullarla farklı tasarım fikirlerinin gemilerin performansı üzerinde etkisi sorgulanmıştır. Yolcu gemisi, Ro-Pax ve konteyner besleyici ile yapılan 3 durum incelemesi üzerinden ile yeni kuralların uygulamaları tartışılmıştır.

Papanikolaou ve Eliopoulou [6], IMO öncülüğündeki uyumlu hale getirilmiş olasılıklı, risk tabanlı kurallar hakkındaki çalışmaların sonuçlarını sunan ve metodolojik arka planı özetleyen çalışmalarında, yürürlüğe girmiş olan yeni kuralların tarihsel gelişimini ve yeni kuralların yük ve yolcu gemileri tasarımı üzerindeki öngörülerine yer vermişlerdir.

Bertorello vd. [12] gemilerde yaralanma olasılığının yüksek ya da az olduğu bölgeler ile geminin hayatta kalma olasılığının olmadığı durumları, olasılıklı yaralı stabilite kurallarını enine bölmelendirilmiş kutu şeklindeki barge üzerinde uygulanarak, sayısal örneklerle ifade etmişlerdir. Ayrıca, geminin hayatta kalma olasılığı, s'in bazı yaralanmalarda hatalı bilgi verdiğini belirtip, yeni bir metot olarak $GZ_{(Alan)}$ faktörünü önermişlerdir.

Skjong ve Vanem [13] çatışma durumunda dökme yük gemilerinde yaralı stabilite değerlendirmesi yaptıkları çalışmada, HARDER projesinde yer alan dökme yük gemileri bilgileri kullanılarak yaralı stabilite hesaplamaları gerçekleştirmiş ve dünyadaki dökme yük filosu için ortalama hayata kalabilme olasılığı tahmininde bulunmuşlardır.

Gemilerin yaralı stabilite hesaplamalarında kullanılan iki yöntemden deterministik yaklaşım ile olasılıklı yaklaşım Gullaksen [14] tarafından ele alınmıştır. Mevcut kurallara da genel bakışı kapsayan, gemilerin yaralı stabilite hesaplamaları için kuralların uygulanmasında yol gösterme amaçlı, kılavuz niteliğinde bir çalışma yapılmıştır. Ayrıca çalışmada olasılıklı yaralı stabilite hesabına göre meydana gelebilecek yaralanma senaryolarının olasılıklarını hesaplayan, yazarın oluşturduğu Excel hesap tablosunun çalışma prensibine yer verilmiştir.

Güvenli gemi tasarımına, gelişime ve operasyona ilişkin yakın tarihteki ve gelecekteki olası gelişmeleri ele alan çalışmada (Hutchinson vd. [15]) SOLAS 2009 değişikliklerinin ortaya konulduğu çalışmalarda ve akabindeki kural setinin açıklayıcı notlarında [16] düzenlenmesi gereken tamamlanmamış ya da açıklığa kavuşturulması gereken birçok noktanın varlığından bahsedilmektedir. Diğerlerinin yanı sıra minimum GM eğrisinin gösteriminin geliştirilmesi ya da özellikle yolcu gemilerinin ara kademe su basma hesaplarında çoklu serbest yüzey etkisine izin verilmesi hükmü gibi konuların SLF'nin Ocak 2011'deki toplantılarında gündem maddesi olduğuna yer verilmiştir.

HARDER projesinin ilk yıllarında, Danimarka'da üretilen bir Ro-Ro yolcu gemisinin yaralı stabilite hesaplamaları Lauridsen vd. [17] tarafından hem SOLAS90 hem de SLF önerisi baz alınarak yapılmış ve sonuçları tartışılmıştır. Çalışmada, ön dizayn aşamasındaki ana parametrelerin ulaşılan A indeksine etkisi ortaya konmuştur. 900 yolcu, 294 araç kapasiteli geminin ana güvertesinin yüksekliğinin A indeksine %60, makine dairesi uzunluğunun da A indeksine %20 oranında etkidiğinin sonuçları gösterilmiştir. Olasılıklı yaralı stabilite kuralları uygulanırken yatay bölmelendirmenin önemine dikkat çekilmiştir.

Koelman ve Pinkster [18] SOLAS90 olasılıklı yaralı stabilite kurallarındaki problemleri olduğunu düşündükleri kısımlara çalışmalarında yer vermiştir. Çoklu kompartman yaralanmalarındaki hem boyuna hem de enine bölmelendirilmiş kombinasyondaki sınırlandırılmış nüfuz problemine, yaralı bölme ve yaralı kompartmandan doğan anlam kargaşasına mümkün olabilecek çözüm önerileri getirmişlerdir.

Olasılıklı yaralı stabilite hesaplamalarında farklı yazılımların farklı sonuçların ortaya çıkabilmesine yer veren Koelman [19] çalışmasında, A indeksinin 0.00 ile 0.05 arasında değişebildiğini ve daha sık bölmelendirilmiş bir geminin daha basit bölmelendirme yapılan bir gemiye oranla %7 daha düşük bir A indeksine sahip olduğu örneğini vermiştir.

Tuzcu [20] yaralanmanın ardından geminin hayatta kalabilme olasılığına etki eden faktörlerin değerlendirilebilmesi için bir yöntem ortaya koymuştur. Bu yöntem yolcu, yük ve Ro-Ro ile Ro-Ro olmayan gemi tiplerine uygulanabilmektedir. Hayatta kalabilme olasılığı hesaplanırken dalga ile ilgili etkenler için statik denklik metodu uygulanmıştır.

Yükün yer değiştirmesi, dış yarırcı momentler (rüzgar, yolcu toplanması, can sallarının indirilmesi) ve müteakip su dolmalar gibi dalga ile ilgili olmayan etkenler de hayatta kalma olasılığı hesaplanmasında göz önünde bulundurulmuştur.

Ulusoy [21] tarafından dökme yük ve Ro-Ro kargo gemilerine olasılıklı yaralı stabilite metodu uygulanmıştır. Her iki gemide de ulaşılan bölmeleme indeksi gerekli bölmeleme indeksinden büyük hesaplanmış ve uygulama yapılan gemilerin olasılıklı yaralı stabilite kriterini sağladığı gösterilmiştir. Aynı gemilerin yaralı stabilite hesaplamaları deterministik yolla da incelenmiştir.

Tuzcu [22] tarafından Ro-Ro yolcu gemilerinin stabilitelerinin değerlendirmesi için bir yöntem sunulmaktadır. Ro-Ro gemilerinin güvenlik problemleri ile getirilen kuralları özet olarak vermektedir. Bölmeleme ve olasılıklı yaralı gemi stabilitesi hesaplama yöntemine yer vermiş ve Ro-Ro yolcu gemilerinin stabilitelerinin geliştirme yöntemlerini açıklamıştır.

Akyıldız ve Taylan [23] tarafından olasılıklı yaralı stabilite kavramı incelenmiş, Ro-Ro yük ve yolcu gemileri için olasılıklı yaralı stabilite analizi yapılmıştır. Olasılıklı yaralı stabilite yöntemi ile diğer konvansiyonel yöntemlere kıyasla yaralanmaya daha gerçekçi yaklaşıldığı belirtilmiştir. Hesap yoğunluğunun dışında metodun tasarımcıya avantaj sağlandığı ve daha güvenli gemi tasarlama olanağının varlığından söz edilmiştir.

1.2 Tezin Amacı

Bu tezin amacı, SOLAS 2009 ile kabul edilen tüm kuru yük ve yolcu gemilerini kapsayan uyumlu hale getirilmiş yeni olasılıklı yaralı stabilite kuralları ile SOLAS90 yük gemileri için olasılıklı yaralı stabilite kurallarının arasında farklılıkların ortaya konması ve SOLAS 2009 ile getirilen yeni olasılıklı yaralı stabilite kurallarının konteyner gemileri üzerindeki etkilerinin incelenmesidir.

1.3 Bulgular

Yapılan alışmada, HARDER projesinin temeli amacı olan SOLAS90 ile denk güvenlik seviyesine sahip yeni bir kural setinin oluşturulamadığı görülmektedir. R indeksindeki büyük artışla birlikte daha düşük A indeksinin hesaplanması doğrultusunda SOLAS90 ile SOLAS 2009 olasılıklı yaralı stabilite kuralları arasındaki güvenlik seviyesi dengesinin belirli bir boy aralığındaki gemiler için yakalanabileceği söylenbilir.

GEMİLERDE STABİLİTE DEĞERLENDİRMESİ

2.1 Hasarsız Stabilite

Stabilite, herhangi bir yüzen cismin normal yüzme konumunda iken bazı kuvvet veya momentlerin cismin konumunda küçük bir değişiklik meydana getirmesinin ardından bu cismin başlangıç konumuna geri dönme kabiliyetidir.

Gemilerin hasarsız stabilite değerlendirilmesi, başlangıç stabilitesi, statik stabilite ve dinamik stabilite olarak üç bölümde incelenebilir.

2.1.1 Başlangıç Stabilitesi

Meyilin çok küçük olduğu açılarda su altı hacim merkezinden geçen düşey doğrultuların orta simetri eksenini sabit bir noktada kestikleri kabul edilir ve bu kesim noktasına başlangıç metasantr noktası denir, M harfi ile gösterilir.

Merkez hattı ile kaide hattının kesiştiği K noktası referans alınarak dikey koordinatlar buradan ölçülebilir. Geminin ağırlık merkezi G ile metasantr noktası M arasındaki GM uzaklığına metasantr yüksekliği denir ve küçük meyil açılarında gemiyi tekrar eski konumuna getirmede kriter olarak kullanılır. Gemilerin kararlı denge durumu için M noktası G noktasından yukarıda ve $GM > 0$ olmalıdır.

Başlangıç Stabilitesi:

$$\overline{GM} = \overline{KB} + \overline{BM} - \overline{KG} \quad (2.1)$$

$$GZ \approx GM(\varnothing). \sin(\varnothing) \quad (2.3)$$

$$\left| \tan \alpha \right|_{\varnothing=0} \approx \left| \frac{d(\overline{GZ})}{d\varnothing} \right|_{\varnothing=0} \quad (2.4)$$

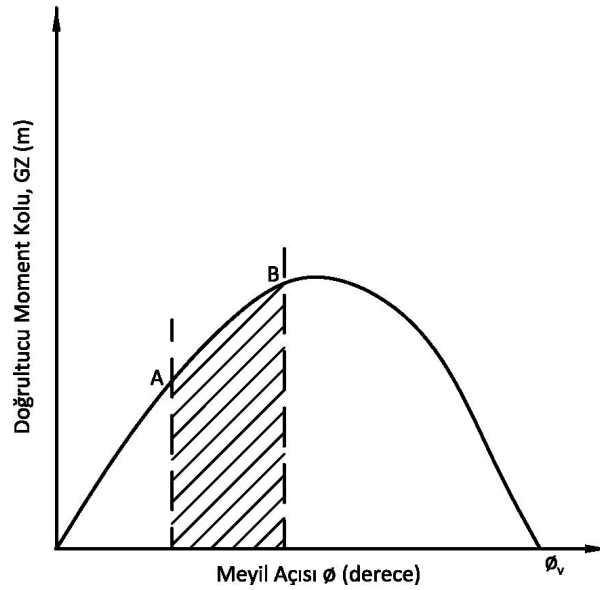
$$= \frac{d\overline{GM}}{d\varnothing} \sin 0 + \overline{GM}_0 \cos 0 = \overline{GM}_0 \quad (2.5)$$

Enine metasantr yüksekliği, \overline{GM} , orijinden başlayarak, eğriye teğet bir doğru çizildikten sonra meyil ekseninde yaklaşık 57.3 dereceden (1 radyan) bir dikme çıkılarak grafikteki noktasında kesiştirilerek bulunur. Bu noktanın yüksekliği, \overline{GZ} eksenine göre ölçüldüğünde, enine metasantr yüksekliği, \overline{GM} , elde edilir.

2.1.3 Dinamik Stabilite

Statik stabilite eğrisi, doğrultucu moment kolu \overline{GZ} ve doğrultucu momentin ($\Delta \cdot \overline{GZ}$) sabit statik meyilde gösterimi olmasıyla birlikte, geminin doğrultucu momente karşı bir açıdan diğer bir açiya meyil etmesine sebep olan işin hesaplanmasını da sağlar [2].

Eğrinin herhangi bir kısmının altında kalan alan, geminin meyil etmesi için gerekli işi gösterir diğer bir deyişle moment ile uygulandığı açı aralığının çarpımı işi vermektedir.



Şekil 2.4 Statik stabilite eğrisi altında kalan alanın gösterimi

Herhangi bir ϕ meyil açısında moment M ise, bu momente karşı gemiyi $d\phi$ açısına kadar döndürecek iş $M.d\phi$ (ϕ radyan cinsinden) kadardır.

A'dan B'ye gemiyi meyil ettirmek için gerekli iş, A ve B noktaları arasında kalan eğrinin altındaki alandır:

$$İş = \int_A^B M.d\phi \quad (2.6)$$

$$İş = \int_A^B \Delta.GZ.d\phi \quad (2.7)$$

2.1.4 Hasarsız Stabilite Kuralları

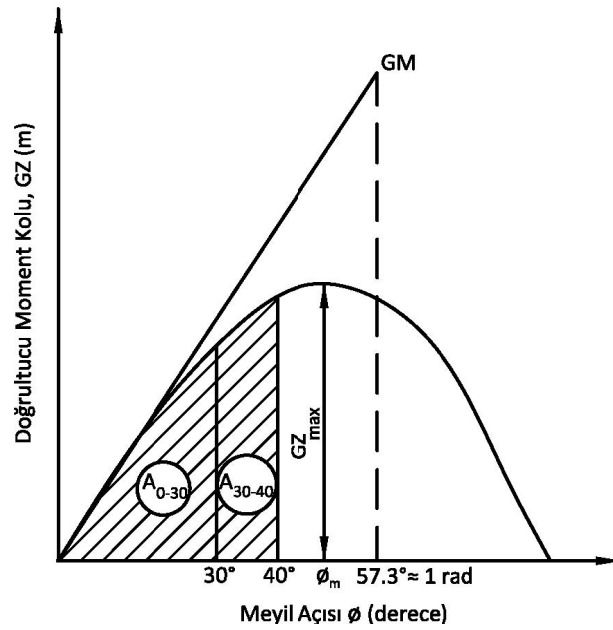
Belli bir amaç için inşa edilen gemiler, amaçlarına uygun olarak çalışabilmeleri için yeterli sephiyeye ve stabiliteye sahip olmalıdır. Gemiler sefere çıkmadan önce, yükleme esnasında limanda ve sefer boyunca da denizde emniyetli bir şekilde seyredebilmesi için gerekli stabilite kriterlerini sağlamalıdır [25].

IMO tarafından yürürlüğe konan, 24 metre ve üzerinde olan tüm gemiler ve diğer deniz araçlarına uygulanan hasarsız stabilite kurallarının en son hali 2008 yılında kabul edilen Hasarsız Stabilite Kodu'nda (International Code on Intact Stability, 2008) yer almaktadır.

Kurallarda sıklıkla su alma ya da su basma açısından bahsedilmektedir. Bu açı, gemi üst yapı ve güverte evleri üzerinde hava geçmez şekilde kapatılamayan bir açıklığın su içine girmeye başladığı en küçük meyil açısını ifade etmektedir [24]. Bu kurallara tabi yolcu ve yük gemileri aşağıdaki genel kriterleri sağlayacaklardır:

- 30° meyil açısına kadar doğrultucu moment kolu eğrisi altında kalan alan, A_{0-30} , 0.055 m rad. değerinden az, 40° veya su basma açısına kadar (hangisi daha küçükse) doğrultucu moment kolu eğrisi altında kalan alan 0.09 m rad. değerinden az olmamalıdır.

- 30° ile 40° arasında, A_{30-40} , veya su basma açısı 40°den küçükse, 30° ile bu açı arasında doğrultucu moment kolu eğrisi altında kalan alan 0.03 m rad. değerinden az olmalıdır.
- Doğrultucu moment kolu değeri 30° veya daha büyük bir açıda, minimum 0.2 metre olmalıdır.
- Maksimum doğrultucu moment kolu değeri 25°, tercihen 30°den daha büyük bir meyil açısında olmalıdır.
- Başlangıç metasentr yüksekliği, \overline{GM}_0 0.15 metreden az olmamalıdır.



Şekil 2.5 Hasarsız stabilite kurallarının statik stabilite eğrisinde gösterimi

2.2 Yaralı Stabilite

2.2.1 Bölmelendirme ve Yaralı Stabilite Hesaplamaları

Bölmelendirme, geminin yaralanmasının ardından gemiye girecek olan su miktarını sınırlandırmak amacıyla gemi iç hacminin su geçirmez kompartmanlara ayrılmasıdır. Geminin kaybedilmesi, can kaybına, yük kaybına, tehlikeli sıvıların ve petrolün çevreye sızmasına yol açabilir. Yaralanma sonucu oluşabilecek bu durumlar, gemilerin tasarımlarındaki yeterli seviyede bölmelendirme, iyi yerleştirilmiş su geçmez perdeler ile büyük ölçüde önlenir [26].

Tüm gemiler ve tekneler, çatışma, karaya oturma, gemi içerisinde olabilecek patlama gibi kazalar sonucunda su geçmez bütünlüğünü koruyamaz ise batma ya da devrilme riski ile karşı karşıyadır. Bu tip durumların ardından gemilerin yüzebilirliklerini devam ettirebilmeleri için bölmelendirilmeleri gerekmektedir. Yüzyıllardır çeşitli şekillerde uygulanan gemilerin bölmelenmesi fikri, günümüzde de tasarım aşamasında en önemli konulardan birisidir.

Geminin dış ya da iç etkilerle, kolayca yan yatarak batmayacak şekilde yükleme koşulları oluşturabilmesi için iyi bir bölmelemenin yanında geminin stabilitesinin yeterli derecede olması istenir. Yaralanmanın ardından, gemide bulunan insanların kurtulabileceği süre yüzebilirliğin sürdürülebilmesi de çok önemlidir.

Geminin boyu doğrultusunda herhangi bir yerden yaralanmasının ve iç bölmelere su dolmaya başlamasının iki temel sonucu olabilir. Birincisi, sephiye kaybı ve trim değişimi ile geminin su baskınlarıyla batması, ikincisi ise enine stabilitede oluşacak kayıplar sonucu geminin alabora olmasıdır. Dolayısıyla, gemilerin yaralanma sonrasında durumlarını sağlıklı bir şekilde analiz edebilmek için yaralanma sonrasında gemide oluşacak değişikliklerin iyi bilinmesi çok önemlidir.

Yaralanma sonucunda, su geçirmez bütünlüğü bozulmamış hacmin merkezi değişeceğinden geminin baş ve kıç su çekimi değişecektir.

Yaralanan hacim, gemi merkez hattına göre asimetric olduğunda gemi ek olarak meyil edecektir ya da yan yatarak batacaktır. Aşırı trim ve meyil gemiye daha çok su girmesine, güverte ve borda açıklıklarının suya batmasına sebep olacaktır.

Başlangıç durumundaki geminin metasentr yüksekliği:

$$\overline{GM} = \overline{KB} + \overline{BM} - \overline{KG} \quad (2.8)$$

Gemi yaralandığında \overline{KB} ve \overline{BM} değerleri değişecektir. Gemideki batma \overline{KB} 'nin artmasına, trimdeki artış, \overline{KB} 'nin daha da fazla artmasına sebep olacaktır. \overline{BM} , yaralanan kısmın su hattı atalet momentindeki azalmadan dolayı azalma eğilimindedir. Ancak, batmadan dolayı, yaralanmayan kısmın su hattındaki atalet momentindeki artış, azalmayı dengeleyebilmektedir.

Ayrıca kıça trimin, genellikle, geminin yaralanmayan kısmının su hattı alanın atalet momentini artırdığı söylenebilir. Alışlagelmiş boyutlara ve yerleşime sahip açık deniz gemilerinin \overline{GM} değeri, yukarıda bahsedilen faktörler neticesinde yaralanma sonrası genellikle azalma eğilimindedir.

2.2.2 Deterministik Yaklaşım

Deterministik yaklaşımda, yaralanmanın geminin herhangi bir yerinde veya enine su geçmez perdeler arasında olduğu varsayılır.

Yaralanmaların sınırları kurallar ile belirtilmiştir. Bu kurallar dikkate alınarak ve geminin boyutları ile bölmelerine bağlı olarak yaralanma senaryoları oluşturulup hesaplar yapılır. Yaralanma senaryoları geminin yük taşıyan her yükleme durumu için gerçekleştirilir. Bu yaklaşımda, Kayıp Sephiye Yöntemi ve Eklenen Ağırlık Yöntemi kullanılmaktadır.

2.2.2.1 Kayıp Sephiye Yöntemi

Geminin herhangi bir yerinde bir bölme ya da bölmeler grubu yaralandığında, su geçmez perdeler arasındaki bu hacmin denize açık olduğu ve sephiyesini kaybettiği düşünülür. Yaralanan bölmelerde bulunan yük, yakıt, yağ, su vb. gibi ağırlıkların denize boşaldığı kabulü yapılır, geminin deplasmanı ve ağırlık merkezi konumu değişir. Yaralanmanın etkisi ile sephiye merkezinin yeri değişir, geminin ağırlık merkezi ve sephiye merkezi yeniden aynı doğru üzerine gelinceye kadar gemi trim ve meyil yapar. Eğer yaralanma ile denize açılan bölmeler yaralanmadan önce boş ise, geminin deplasmanı ve ağırlık merkezinin konumu sabit kalır. Bu yöntem aynı zamanda sabit deplasman yöntemi olarak da bilinir. Gemi, yaralanmamış kısımlarının sephiyeye olan katkısı ile denge durumuna ulaşmaya çalışır.

Günümüzde, yaralı stabilite hesaplamalarında önerilen ve tercih edilen yöntem kayıp sephiye yöntemidir.

2.2.2.2 Eklenen Ağırlık Yöntemi

Bu yöntemde yaralanan bölmenin ya da bölmelerin içine giren su eklenen ağırlık olarak hesaplanır. Yaralanan geminin deplasmanı, yaralanmadan önceki deplasman ile giren suyun kütesinin toplamı olarak hesaplanır. Eklenen ağırlık ile geminin \overline{KG} 'si, paralel batmadan dolayı da \overline{KB} değişeceğinden geminin hemen hemen tüm hidrostatik değerleri değişir.

Serbest yüzey etkilerinin hesaba katılmamasından dolayı işlemlerin kısılması sebebiyle kayıp sephiye yöntemi tercih edilir. Fakat ara kademe su basma hesaplamalarına ihtiyaç duyulması durumunda eklenen ağırlık yönteminden yararlanır.

2.2.3 Olasılıklı Yaralı Stabilité Yaklaşımı

SOLAS'ın bölmeleme ve yaralı stabilité kuralları çatışma sonrası yaralı durumdaki bir geminin kurtulma olasılığının "Ulaşılan Bölmeleme İndeksi, A" ile tanımlandığı olasılık yaklaşımına dayanır.

A indeksi, gemilerin güvenliğinin gerçek ölçütü olarak kabul edilebilir olduğundan bu indeksin diğer deterministik şartlarla desteklenmesine gerek olmadığı varsayılır.

Olasılıklı yaklaşımın temelinde, aynı ulaşılan bölmeleme indeksine sahip iki farklı geminin aynı derecede güvenli olduğu ve böylelikle gemi boyunca geminin belirli bir bölümüne özgü bir değerlendirme ihtiyacının olmadığı prensibi yatar.

Olasılıklı yaklaşımda gemi üzerinde özellikle eğilinen bölümler sadece baş ve kıç bölümlerdir. Bu bölümler, çatışma ve karaya oturma durumlarına karşın farklı bölmeleme kurallarıyla ele alınmaktadır.

Olasılıklı yaklaşımı daha uygulanabilir hale getirebilmek için kurallarda, sadece birkaç deterministik unsura yer verilmiştir. Yolcu gemilerinde uygulanan, deterministik "ufak yaralanma" gemi boyunun bazı kısımlarındaki yaralanabilir olarak kabul edilmeyen alanların belirsizliğine sahip tasarımları engellemek amacıyla getirilmiştir [16].

Bilindiği üzere, bir geminin yaralanmasının sonuçlarına etkiyecek birçok unsur vardır. Bu unsurlar değişkendir ve de farklı özelliklere sahip gemilerde bu unsurların etkileri de farklı olacaktır.

Örnek olarak, farklı miktarlarda yük taşıyan benzer boyutlara sahip gemiler, benzer uzantılarla yaralansalar dahi permeabilite ve servis su çekimlerindeki farklılıklardan dolayı yaralanma sonucunda ortaya çıkacak sonuçlar farklı olacaktır. Yaralayan geminin kütlesi ve de hızı da açıkça bir başka değişkendir. Bu sebeplerden, üç boyutlu bir yaranın su geçmez bölmelemeye sahip bir gemi üzerindeki etkisi aşağıdaki durumlara bağlıdır [16]:

- Yaralanma ile hangi bölmeyi ya da komşu bölmeleri su bastığı,
- Yaralanma esnasındaki su çekimi, trim ve hasarsız metasandır yüksekliği,
- Yaralanma esnasındaki ilgili bölmelerin permeabiliteleri,
- Yaralanma esnasındaki deniz şiddeti,
- Simetrik olmayan yüklerden doğabilecek olası yatırma momentleri gibi etkenler.

Yukarıda verilen durumlardan bazıları birbirlerine bağlıdır ve bu durumların birbirleri arasındaki ilişki ve etkileri farklı yaralanma senaryolarında farklılık gösterebilir.

Ek olarak, gemi mukavemetinin, yaralanmanın içeri nüfuz etmesi üzerindeki etkisi de yaralanma sonucunu net olarak etkileyecektir. Yaranın boyutu ve yeri bilinmediği için, geminin hangi kısmının yaralanacağını söylemek mümkün değildir. Eğer belirli yaralanmaların gerçekleşme olasılıkları deneyimlerden ve yaralanma istatistiklerinden bilinirse, ele alınan bir bölmenin yaralanma olasılığı da belirlenebilir. Böylelikle, bir bölmeyi su basma olasılığı, göz önünde bulundurulmuş bölmeyi denize açacak tüm yaralanmaların gerçekleşme olasılığına eşittir denir.

Bir önceki paragrafta bahsedilen, yaralanmanın yeri, boyutu ve geminin hangi kısmını su basacağı konusundaki belirsizliklerin, geminin rastgele bir yaralanmanın gerçekleşmesi durumunda hayatta kalabilmesi olasılığı üzerindeki etkisine, matematiksel karmaşıklıktan ve de yetersiz verilerden dolayı, kesin ve direkt bir değerlendirme yapılması mümkün olmamaktadır. Ancak bir takım yaklaşımları ve nitel hükümleri kabul ederek, olasılıklı yaklaşımı kullanarak, gemi güvenliğinin değerlendirilmesi ve düzenlemesi için karşılaştırmalı bir metoda temel olacak mantıklı bir uygulama sağlanabilir [16].

Olasılık teorisi kullanılarak, geminin hayatta kalabilme olasılığı, her bir kompartmanı, ve her ikili, üçlü, vb, grup oluşturan kompartmanı su basmasının ardından her bir durumdaki geminin kurtulma olasılığı ile ilgili kompartman ve kompartman gruplarını su basmasına yol açacak her bir yaralanmanın gerçekleşme olasılığı ile çarpımlarının toplamına eşittir.

Eğer geminin maruz kalabileceği tüm yaralanma senaryolarının gerçekleşme olasılığı hesaplanıp, bu olasılık, geminin en olası yükleme koşullarında, bu yaralanma senaryoları sonucundaki hayatta kalabilme olasılığı ile birleştirilirse geminin yaralanmaya karşı koyabilme kabiliyetinin bir ölçüsü olan A indeksi belirlenir.

Bir geminin ele alınan boyuna bir yerinde gerçekleşen yaralanmanın sonucunda batmadan ya da alabora olmadan yüzmeye devam etme olasılığı [16]:

- Yaranın boyuna merkezinin ele alınan boyuna yerin içinde olma olasılığına,
- Bu yaranın boyuna sınırlarının, sadece o bölgede bulunan enine su geçmez perdeler arasında kalma olasılığına,
- Yaranın, sadece, yatayda bir sınır (güverte gibi) altındaki bölüme su basacak şekilde düşey uzantıya sahip olma olasılığına,
- Yaranın bordadan içeri nüfus etme mesafesinin, mevcut bir boyuna perdeye olan mesafeden büyük olmama olasılığına,
- Birbirini izleyen su basma süresince, geminin sahip olduğu su geçmez bütünlüğün ve stabilitenin, batma ve alabora olmayı engelleyecek seviyede olma olasılığına bağlıdır denebilir.

İlk üç madde, gemide tamamen su geçmez perdelerin konumuna bağlı olup, son iki madde geminin şekline bağlıdır. Ek olarak, son madde geminin o andaki yükleme koşuluna da bağlıdır. Tüm bu olasılıkları bir grup haline getirerek, hayatta kalabilme olasılığı hesaplamaları ya da ulaşılan bölmeleme indeksi, A:

- Her bir kompartmanın ve her iki ya da daha fazla bitişik olası kompartman grubunun yaralanma olasılığını,
- Her bir kompartmanı ya da her iki ya da daha fazla bitişik olası kompartman grubunun yaralanmasının ardından alabora olmayı, stabilite kaybından dolayı

tehlikeli bir meyilin oluşmasını engelleyecek ya da su basmanın ara kademelerinde ve son durumundaki yatırıcı momentleri karşılayacak stabiliteye sahip olma olasılığını içeren biçimde formülize edilmiştir.

Olasılıklı yaklaşım, ele alınan bir gemi için gerekli minimum A değerinin belirlenebilmesini sağlamaktadır.

Bu minimum değere “Gerekli Bölmeleme İndeksi”, R, denir. R, gemi boyuna, yolcu sayısına veya idarelerin belirleyebileceği unsurlara bağlıdır.

Olasılıklı yaklaşımda kural aşağıdaki gibi tanımlanır:

$$A \geq R \quad (2.9)$$

Daha öncede bahsedildiği üzere, ulaşılan bölmeleme indeksi, A, her bir kompartmanın ya da kompartman grubunun yaralanma olasılığı ile söz konusu olan kompartmanın ya da kompartman grubunu su basmasının ardından geminin batmama ya da alabora olmama olasılığının çarpımının toplanması sonucunda bulunur.

$$A = \sum p_i s_i \quad (2.10)$$

i indisi, geminin bölmelendirilmiş halde, söz konusu yaralanan bölgeyi (kompartman grubunu) gösterir. Bölmeleme, en kıçtaki bölge ya da kompartmandan başlayacak şekilde, başa doğrudur.

p_i , yatay bölmeleme dikkate alınmaksızın, enine bölmeleme içerisinde, sadece ele alınan “i” bölgesinin yaralanma olasılığıdır. Bu bölge içerisindeki yatay bölmeleme, ek su basma senaryoları oluşturularak, her bir bölmeyi su basma olasılığı ile hesaba katılır.

s_i , ele alınan “i” bölgesinin yaralanmasının ardından geminin hayatta kalabilme olasılığıdır.

Hayatta kalabilirlik, $A/(1-A)$ oranı ile tanımlanabilir ve gemi kazalarında 1 gemi kaybı başına hayatta kalan gemi sayısı olarak kabul edilebilir. Örnek olarak, $A=0.5$ olan gemiler için, her bir geminin kaybı durumunda bir gemi hayatta kalmalıdır, $A=0.6$ olduğu durumda bir kayıp başına 1.5, $A=0.75$ olduğu durumda bir kayıp başına 3 gemi şeklinde devam etmektedir. Hayatta kalabilirlik, 0’dan sonsuza sayı ile ifade edilir [26].

Yukarıda değinilen fikirler oldukça basit olmasına rağmen, hatasız bir matematiksel model var olması durumunda dahi, pratikte bunların tam anlamıyla doğru olarak uygulanmasında zorluklar çıkacaktır.

Örneğin yaranın kapsamlı ve eksiksiz tanımı için, yaranın boyuna ve düşeydeki yerini bilmek kadar boyuna, düşeydeki ve enine uzantılarını da bilmek gereklidir. Beş boyutlu değişkenden doğacak zorlukların yanı sıra, mevcut yaralanma istatistikleri kullanılarak, yaranın olasılık dağılımını çıkarmak mümkün değildir. Benzer durumlar, yaralanma sonucu su almış bir geminin batmama veya alabora olmama olasılığının hesabı ilgili değişkenler için de geçerlidir [16].

Olasılıklı yaklaşımı pratik kılmak için kapsamlı basitleştirmeler gereklidir. Basitleştirilmiş halde, gerçek hayatta kalma olasılığını hesaplamak mümkün olmamasına rağmen, gemilerin boyuna, enine ve yatayda gerçekleştirilebilecek alternatif bölmelemelerine karşılaştırmalı bir ölçüt ortaya konabilmektedir. Basitleştirmelerden ve hayatta kalabilme olasılığını belirlerken ortaya konan yaklaşımlardan dolayı, p_i , s_i sırasıyla yaralanma ve hayatta kalabilme olasılığı olarak sayılırken, A indeksi bölmeleme indeksi olarak anılır. Diğer bir deyişle A indeksi konvansiyonel (kabul edilen) hayatta kalma olasılığıdır [26].

2.2.3.1 Sadece Enine Bölmeleme Durumunda Yaralanma Olasılığı

Bölmelemenin en basit halini analiz edebilmek için, yaralanmanın ve yara boyunun geminin boyu doğrultusunda olduğu, bölmeleme sadece geminin enine, bordadan bordaya şeklinde olduğu, boyuna ve yatay bölmelemenin mevcut olmadığı kabul edilmelidir.

Yara yeri "x" ve yara boyu "y" olan bütün olası yaralanmalar Şekil 2.6' da görülen ikizkenar üçgen içerisindeki noktalar ile gösterilir. Üçgenin tabanı ve yüksekliği 1'e eşittir. Üçgen, 2 boyutlu değişken (x,y)'nin tanım alanıdır. Taban uzunluğu, geminin bölmeleme boyu "L_s" tir.

l_i uzunluğundaki tek kompartmana açılan tüm yaralar, l_i tabanına sahip üçgenler içindeki noktalar tarafından gösterilir. $l_i + l_j$ tabanındaki üçgenler ($j = i+1$), i ya da j kompartmanlarına veya ikisine birden açılan yaraları temsil eden noktaları içine alır.

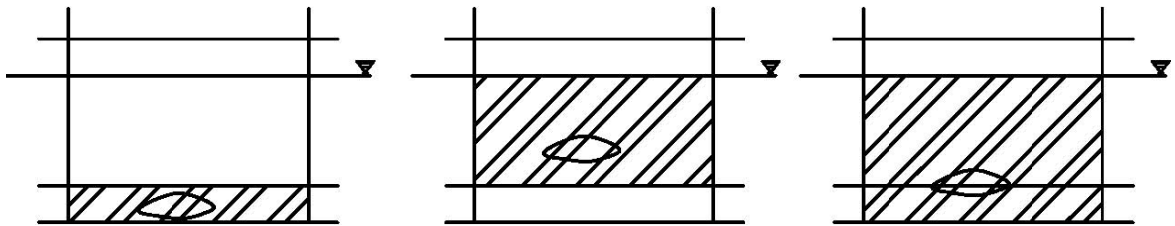
Bir kompartmanın veya komşu kompartman gruplarının yaralanma olasılığı, p_i ile ifade edilir ve SOLAS, Bölüm II-1, B-1 kural 7-1'e göre hesaplanır.

Sadece enine bölmelemeye sahip bir gemide, yara yeri (x) ve yara boyu (y)'nin ele alınması doğru sonuç verebilir. Ancak bu tip bölmelemeye sahip gemi sayısı azdır ve de günümüzde birçok gemide çift dip bulunmaktadır.

Çift dibin olduğu durumlarda, bir kompartmanın yaralanması olasılığı 3 bileşene ayrılmalıdır:

- Sadece çift dibin yaralanma olasılığı,
- Sadece çift dip üzerindeki bölmenin yaralanma olasılığı,
- Hem çift dibin hem de çift dibin üzerindeki bölmenin yaralanma olasılığı.

Her bir yaralanma senaryosu sonucunda geminin hayatta kalma olasılığı farklı olabilir. Bu durumda, yaranın (üstteki üç durum haricinde) düşey uzantısının en kritik olduğu durumun toplam olasılık p ile oluşturduğu varsayılmalıdır. Böylelikle, geminin hayatta kalabilme olasılığına katkı yapan yaralanma durumları göz ardı edilir. Yatay bölmelemenin yaralı stabiliteye olan pozitif etkisinin ihmal edilmesiyle oluşan hatanın büyük olmaması ve yaralanmanın boyuna yerinin ve uzantısının daha önemli etkilerinin hesaba katılması olasılıklı yaklaşımı karşılaştırmalı durumlarda daha da anlamlı kılar.

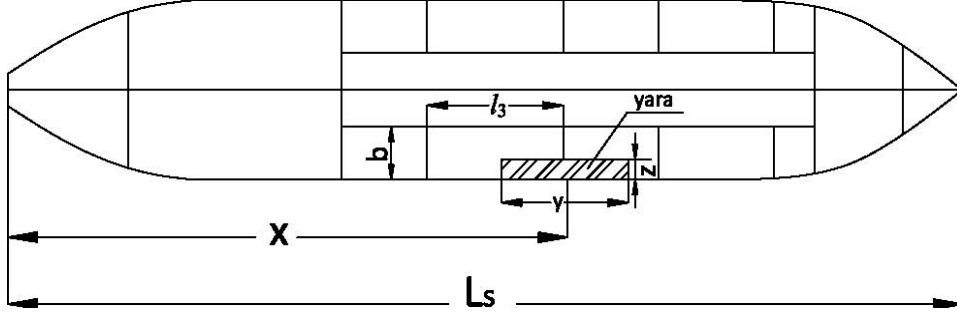


Şekil 2.7 Çift dibe sahip bir kompartmanda olası yaralanma şekilleri [27]

2.2.3.2 Yaralanmanın Boyuna Yerine ve Büyüklüğüne Ek Olarak Yara Derinliğinin Göz Önüne Alınması

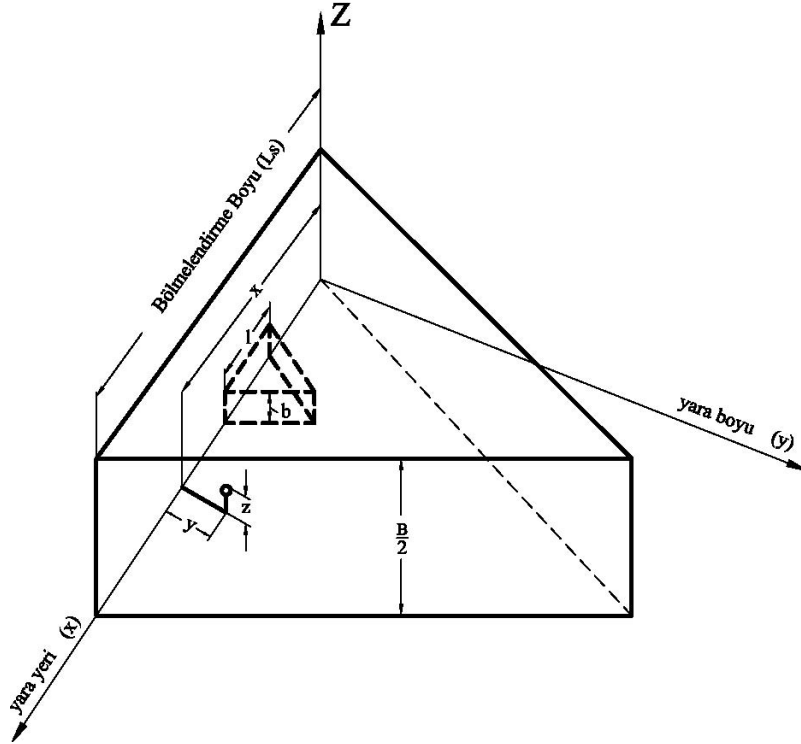
Yaranın dikdörtgen şeklinde olduğu ve düşeydeki büyüklüğünün de bir önceki bölüme göre olduğu varsayımı ile yara yeri (x), yara boyu (y) ve yara derinliği (z) Şekil 2.8'deki gibi tanımlanabilir. Bu değişkenler Şekil 2.9'da olduğu gibi 3 boyutlu koordinat sisteminde gösterilebilir. Üçgen tabanlı prizmada bulunan her nokta bir yarayı temsil

eder. Bordadaki kompartmanlara açılan bütün yaralar, boy perdesi ile gemi bordası arasında kalan mesafeye eşit olan b yüksekliğindeki ve göz önüne alınan yan kompartmanın boyuna eşit olan l_3 tabanlı bir üçgenin üzerine kurulan daha küçük prizmanın noktaları ile temsil edilir.



Şekil 2.8 Yara yeri (x), yara boyu (y) ve yara derinliği (z) [27]

Yara yeri, boyu ve derinliği (x,y,z) değişkendir. $f(x,y,z)$ dağılım fonksiyonu yaralanma istatistiklerinden elde edilebilir. Bu dağılım fonksiyonu Şekil 2.9'da gösterilen hacmin bir noktasından diğer noktasına değiştiği varsayımı yapılarak gösterilebilir. Toplam hacmin değeri 1'e eşittir ve yaralanma olasılığını temsil eder diğer bir deyişle yaralanmanın gerçekleşmesinin kesin olduğu varsayılır.



Şekil 2.9 Yara yeri, boyu ve derinliğinin dağılım yoğunluğu [27]

Toplam hacmin içerisindeki bir kısmı hacmin (yaralanan bölmeleri temsil eder) değeri de ele alınan bölmelerin yaralanma olasılığını gösterir.

Bordadaki bir kompartmanın yaralanma olasılığı $p_i \cdot r$ ile ifade edilir. p_i , SOLAS Bölüm II-1, B-1 Kural 7-1'e göre hesaplanır.

Bu kompartmana bitişik ve en az geminin merkez hattına kadar bir genişliğe sahip merkez kompartmanın yaralanma olasılığı ise $p_i (1-r)$ dir.

2.2.3.3 Su Hattı Üzerindeki Yatay Bölmelerin Yaralanması

Su hattı üzerinde bir yatay bölmelemeye sahip olan bir geminin yaralanması durumunda, yaranın düşeydeki sınırı yatay bölmelemenin derinliği içerisinde kalabilir. Yatay bölmelemenin yaralanmama olasılığı v_i faktörü ile ifade edilir ve SOLAS Bölüm II-1, B-1 Kural 7-2-6'ya göre hesaplanır.

2.2.3.4 Geminin Yaralı Durumda Hayatta Kalma Olasılığı

Günümüzdeki bilgi birikimi ile dalgalı denizde geminin hayatta kalma olasılığına ilişkin herhangi doğruluk derecesinde bir kriter belirlemek mümkün değildir. Bu nedenle kurallar içerisindeki formüller basitleştirilmiş ve yaralı stabilite kuralları hesaplamalarında kullanılan ortak anlayışa dayandırılmıştır.

Gemilerin göz önüne alınan bir yaralanmadan sonra hayatta kalma olasılığı s faktörü ile ifade edilir. Yük gemileri için s faktörünün hesaplanmasında GZ_{max} , yaralanmanın ardından denge durumundaki meyil açısı ve pozitif stabilite aralığı değerleri kullanılır.

Yaralanmanın ardından stabilite eğrisinden doğrultucu moment kolu (GZ) belirlenirken, deplasman ağırlığı hasarsız durumdaki deplasman ağırlığı olarak alınmalıdır. Yani hesaplamada sabit deplasman metodu (kayıp sephiye metodu) kullanılmadığıdır.

YÜK GEMİLERİ İÇİN OLASILIKLI YARALI STABİLİTE

3.1 Giriş

Yolcu gemileri için olasılıklı, bölmeleme ve yaralı stabilite kuralları 40 yıldır, deterministik kurallar ise yaklaşık 100 yıldır vardır.

Yakın geçmişe kadar petrol ve türevlerini taşıyan gemiler, tehlikeli kimyasal ürünleri taşıyan gemiler, sıvılaştırılmış gazlar ve radyasyonlu nükleer yakıt taşıyan gemiler haricindeki yük gemileri için uygulanması zorunlu düzenlemeler bulunmamaktaydı. Fakat B-60 ya da B-100 azaltılmış friborda sahip yük gemileri için dahi bölmeleme kuralları uygulanması zorunlu idi [26].

SOLAS 1974 Konferansı Bölüm B - II-1' de yer alan yolcu gemilerine ait kurallar, denizde can güvenliği ile ilgili tüm uluslararası konvansiyonların içinde en önemli olanı idi. Bu kurallar, 1914'te ilk kez düzenlenen konferansta ilk versiyonu kabul edilen en eski düzenlemelerden de biridir.

1974 ve öncesinde toplanan SOLAS Konferanslarında, bölmeleme ve yaralı stabilite kurallarının temelini oluşturan Faktöriyel Sistem genel hatlarıyla bir değişikliğe uğramamıştır. Bu sistemde, geminin güvenliği, bölmeleme faktörü "F" ile değerlendirilmekteydi. Bölmeleme faktörü F, su geçmez perdeler arası mesafesinin yaralı bölme boyu uzunluğuna oranıdır. SOLAS'a göre bu faktör, geminin boyu ve servis kriteri ile azalabilmekteydi [26].

Yolcu gemilerinin bölmelendirilmesi ile ilişkin düzenlemeler, genel olarak 1912-1924 yılları arasındaki çalışmalar sonucu ortaya konmuş olup, o dönemde var olan

gemilerden etkilenilmiştir. Dolayısıyla bu düzenlemeler son 90 yılda gemi tasarımında yaşanan devrimi ve de ileri bilgi birikimini hesaba katmamıştır.

Deniz teknolojisinde görülen gelişmeler gemi tasarımlarını oldukça değiştirmiş, geride bırakılan zamanla, yukarıda bahsedilen sistem, denizde güvenliği garanti etmekte yetersiz kalmıştır.

1960'lı yılların sonuna doğru Prof. Wendel tarafından ortaya atılan, geminin bölmelendirilmesine yeni bir boyut getiren fikirler [28] IMO tarafından oldukça büyük ilgi gördü. Yapılan çalışmalar sonunda yolcu gemilerine uygulanan deterministik kurallara alternatif olarak olasılık hesaplarına dayalı bölmeleme ve yaralı stabilite kuralları olarak bilinen yeni kural seti oluşturuldu.

SOLAS 1974 ile yolcu gemileri için getirilen olasılıklı yaralı stabilite kurallarını, 1990 yılında "Denizde Güvenlik Komitesi" tarafından kabul edilen SOLAS90 düzenlemesi ile kuru yük gemileri için bölmeleme ve yaralı stabilite kuralları takip etmiştir.

2005 yılında düzenlenen MSC80 toplantılarında, 1 Ocak 2009'dan itibaren inşa edilen tüm kuru yük ve yolcu gemilerini kapsayan uyumlu hale getirilmiş olasılıklı yaralı stabilite kuralları (SOLAS 2009) yürürlüğe girmiştir.

3.2 Yük Gemileri İçin Olasılıklı Yaralı Stabilite Yaklaşımı (SOLAS90)

SOLAS90 ile kabul edilen, kuru yük gemileri için bölmeleme ve yaralı stabilite kuralları SOLAS Bölüm II-1, B-1, Yük Gemilerinin Bölmelendirilmesi ve Yaralı Stabilitesi başlığı altında yer almaktadır. Kural setinde yer alan bazı kurallar ve tanımlamalar aşağıdaki gibidir:

Gerekli Bölmeleme İndeksi R

Bölüm 2.2.3'te de bahsedilen R indeksi, ele alınan bir gemi için gerekli minimum A değerinin belirlenebilmesini sağlamaktadır. Bu minimum değere "Gerekli Bölmeleme İndeksi", R denir. R , gemi boyuna, yolcu sayısına veya idarelerin belirleyebileceği unsurlara bağlıdır.

SOLAS90'a göre 100 metreden büyük bölmeleme boyuna sahip yük gemileri için R indeksi aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır:

$$R = (0.002 + 0.009L_s)^{\frac{1}{3}} \quad (3.1)$$

Formülde yer alan L_s bölmeleme boyu olarak adlandırılır. Bölmeleme boyu, geminin yaz su çekimine denk olan en derin bölmeleme su çekiminde (d_s) yüzen bir geminin, yaralanması ile gemiye girecek suyun düşey doğrultusunu sınırlayan güverte ve güvertelerin veya bunların üzerinde veya altında kalan gemi kısımlarının profil görünüşteki en büyük kalıp boyudur [25].

SOLAS90'a göre 80 metreden büyük, 100 metre ve 100 metreden küçük bölmeleme boyuna sahip yük gemileri için gerekli bölmeleme indeksi verilen bağıntı ile hesaplanır.

$$R = 1 - \left[1 / \left(1 + \frac{L_s}{100} \times \frac{R_0}{1 - R_0} \right) \right] \quad (3.2)$$

Burada R_0 , formül (3.1)'e göre hesaplanan R değeridir.

Ulaşılan Bölmeleme İndeksi, A

Bölüm 2.2.3'te de bahsedilen A indeksi, her bir kompartmanın ya da kompartman grubunun yaralanma olasılığı ile söz konusu olan kompartmanın ya da kompartman grubunu su basmasının ardından geminin batmama ya da alabora olmama olasılığının çarpımının toplanması sonucunda bulunur.

$$A = \sum p_i s_i \quad (3.3)$$

Yaralanma Olasılığı, p_i

p_i , yatay bölmeleme dikkate alınmaksızın, enine bölmeleme içerisinde, sadece ele alınan "i" bölgesinin yaralanma olasılığıdır. p_i , Solas Bölüm B-1 Kural 25-5'e göre hesaplanmaktadır, kuralda yer alan tanımlar ve bağıntılar aşağıda belirtilmiştir.

$x_1 = L_s'$ in kıç terminali ile söz konusu olan kompartmanın kıç sınırının başa en yakın noktası arasındaki mesafedir.

$x_2 = L_s'$ in kıç terminali ile söz konusu olan kompartmanın baş sınırının kıça en yakın olan noktası arasındaki mesafedir.

$$E_1 = \frac{x_1}{L_S} \quad (3.4)$$

$$E_2 = \frac{x_2}{L_S} \quad (3.5)$$

$$E = E_1 + E_2 - 1 \quad (3.6)$$

$$J = E_2 - E_1 \quad (3.7)$$

$$J' = J - E \quad E \geq 0, \text{ ise} \quad (3.8)$$

$$J' = J + E \quad E < 0, \text{ ise} \quad (3.9)$$

Boyutsuz en büyük yara boyu:

$$J_{maks} = \frac{48}{L_S} \quad \text{Bu değer 0.24'ten büyük olamaz.} \quad (3.10)$$

Yara yerinin gemi boyunca varsayılan dağılım yoğunluğu:

$$a = 1.2 + 0.8.E \quad \text{Bu değer 1.2'den büyük olamaz.} \quad (3.11)$$

Yara yerinin gemi boyunca varsayılan dağılım fonksiyonu:

$$F = 0.4 + 0.25.E.(1.2 + a) \quad (3.12)$$

$$y = \frac{J}{J_{maks}} \quad (3.13)$$

$$p = F_1 \cdot J_{maks} \quad (3.14)$$

$$q = 0.4.F_2.(J_{maks})^2 \quad (3.15)$$

$$F_1 = y^2 - \frac{y^3}{3} \quad y < 1 \quad \text{ise} \quad (3.16)$$

$$F_1 = y - \frac{1}{3} \quad y \geq 1 \quad \text{ise} \quad (3.17)$$

$$F_2 = \frac{y^3}{3} - \frac{y^4}{12} \quad y < 1 \quad \text{ise} \quad (3.18)$$

$$F_2 = \frac{y^2}{2} - \frac{y^3}{3} + \frac{1}{12} \quad y \geq 1 \quad \text{ise} \quad (3.19)$$

p_i , her bir kompartman için belirlenecektir.

Eğer söz konusu kompartman tüm L_S boyunca uzanıyorsa:

$$p_i = 1 \quad (3.20)$$

Eğer söz konusu kompartmanın kış sınırı kış terminal ile çakışiyorsa:

$$p_i = F + 0.5.a.p + q \quad (3.21)$$

Eğer söz konusu kompartmanın baş sınırı baş terminal ile çakışiyorsa:

$$p_i = 1 - F + 0.5.a.p \quad (3.22)$$

Eğer söz konusu bölmenin her iki ucu da L_S 'in baş ve kış terminalleri arasında kalıyorsa:

$$p_i = a.p \quad (3.23)$$

Söz konusu kompartman, L_S 'in orta noktasına kadar uzanıyorsa, yukarıda verilen (3.20), (3.21), (3.22) formüllerinden elde edilen değerler, q formülünde yer alan F_2 'nin $y = J'/J_{max}$ 'a göre hesaplanan yeni q değeri kadar azaltılmalıdır.

Borda kompartmanı olduğu durumda, her bir borda kompartmanın p_i değeri, aşağıda verilen (3.25) veya (3.26) denklemleri ile hesaplanan r azaltma faktörü ile çarpılacaktır. r faktörü, iç taraftaki kompartmanların yaralanmama olasılığını gösterir.

Bir borda kompartmanının ve ona bitişik olan iç kompartmanın yaralanma olasılığı, p_i 'nin $(1-r)$ ile çarpımıyla bulunur.

Azaltma faktörü r , aşağıdaki formüller ile bulunur.

$$J \geq 0.2 \frac{b}{B} \quad (3.24)$$

$$r = \frac{b}{B} \left(2.3 + \frac{0.08}{J+0.02} \right) + 0.1 \quad \frac{b}{B} \leq 0.2 \text{ ise} \quad (3.25)$$

$$r = \left(\frac{0.016}{J+0.02} + \frac{b}{B} + 0.36 \right) \quad \frac{b}{B} > 0.2 \text{ ise} \quad (3.26)$$

$J < 0.2 \frac{b}{B}$ için azaltma faktörü r , aşağıda bulunan değerler arasında doğrusal

interpolasyon yapılarak bulunacaktır.

$$r = 1, \quad J = 0 \text{ için} \quad (3.27)$$

ve

$$J = 0.2 \frac{b}{B} \text{ için, } r = (3.24)\text{'teki durumda olduğu gibi hesaplanır} \quad (3.28)$$

$b = p_i$ faktörünün hesaplanmasında kullanılan boyuna sınırlar arasında uzanan boyuna perdenin en dış ve perdeye paralel olan kısmı ile dış kaplama arasındaki ortalama uzaklıktır (m). Bu uzaklık, en derin bölmeleme su çekiminde, merkez hattına dik ölçülür.

Tek bir kompartman için p_i hesaplanması durumunda üstteki formüller doğrudan uygulanacaktır.

Kompartman grubu için p_i 'nin hesaplanması:

İkili gruplar için:

$$p_i = p_{12} - p_1 - p_2 \quad (3.29)$$

$$p_i = p_{23} - p_2 - p_3 \quad (3.30)$$

Üçlü gruplar için:

$$p_i = p_{123} - p_{12} - p_{23} + p_2 \quad (3.31)$$

$$p_i = p_{234} - p_{23} - p_{34} + p_3 \quad \text{gibi.} \quad (3.32)$$

Dörtlü gruplar için:

$$p_i = p_{1234} - p_{123} - p_{234} + p_{23} \quad (3.33)$$

$$p_i = p_{2345} - p_{234} - p_{345} + p_{34} \quad \text{gibi.} \quad (3.34)$$

Burada,

$$p_{12}, p_{23}, p_{34}, \text{ vb.}$$

$$p_{123}, p_{234}, p_{345}, \text{ vb. ve}$$

$$p_{1234}, p_{2345}, p_{3456}, \text{ vb.}$$

tek bir kompartman için kullanılacak olan formüller ile hesaplanacaktır. Bu kompartmanın boyutsuz J boyu, p 'nin altındaki indis ile belirtilen kompartmanların oluşturduğu tek bir kompartmana göre alınacaktır.

Eğer bitişik üç ya da daha fazla kompartmandan meydana gelen bir kompartman grubunun boyutsuz J boyu ile bu kompartman grubunun kılıcında ve başındaki kompartmanların boyutsuz J boyu arasındaki fark J_{max} 'tan büyük ise, söz konusu olan kompartman grubu için $p_i = 0$ 'dır.

Hayatta Kalma Olasılığı s_i

Gemilerin göz önüne alınan bir yaralanmadan sonra hayatta kalma olasılığı s_i faktörü ile ifade edilir.

Yük gemileri için s_i faktörünün hesaplanmasında GZ_{max} , yaralanmanın ardından denge durumundaki meyil açısı ve pozitif stabilite aralığı değerleri kullanılır.

Artık stabilite eğrisinden doğrultucu moment kolu (GZ) belirlenirken, deplasman ağırlığı hasarsız durumdaki deplasman ağırlığı olarak alınmalıdır. Yani hesaplamada sabit deplasman metodu (kayıp sephiye metodu) kullanılmadadır.

s_i faktörü, Solas B-1 Kural 25-6'ya göre hesaplanmaktadır.

$$s_i = C \sqrt{0.5(GZ_{\max})} \text{ (pozitif stabilite aralığı)} \quad (3.35)$$

$$C = 1, \quad \varnothing_e \leq 25^\circ \text{ ise} \quad (3.36)$$

$$C = 0, \quad \varnothing_e > 30^\circ \text{ ise} \quad (3.37)$$

$$C = \sqrt{\frac{(30 - \varnothing_e)}{5}} \quad 25^\circ < \varnothing_e \leq 30^\circ \text{ ise} \quad (3.38)$$

$GZ_{\max} = 0.1$ metreden büyük olmayacak şekilde, aşağıda belirtilmiş olan pozitif stabilite aralığı içerisindeki maksimum pozitif doğrultucu moment kolu değeri.

$\varnothing_e =$ Geminin yaralandıktan sonraki, denge durumunda oluşan derece cinsinden meyil açısıdır.

Pozitif Stabilite Aralığı = \varnothing_e 'den itibaren, geminin pozitif doğrultucu moment kolu aralığıdır. Bu değer 20° den büyük alınamaz. Ancak, pozitif stabilite aralığında su geçmez olarak kapatılamayan açıklıklar suya giriyorsa, pozitif stabilite aralığı, bu açıklıkların suya girmeye başladığı açı ile sınırlandırılacaktır.

Müteakip su basmalara sebep olacak herhangi bir açıklığın, yaralanmadan sonra geminin batma, meyil ve trimi göz önünde bulundurularak hesaplanan nihai su hattının altında kalması durumunda (açıklığın suya girmesi durumu) $s = 0$ 'dır.

s_i , hesaplanırken, geminin 2 farklı su çekimi için hesaplama yapılır. Geminin çalışma hayatının yarısında en derin bölmeleme su çekiminde yüzeceği, diğer yarısında ise kısmi su çekiminde yüzeceği düşünülmüş, ağırlık faktörü 0.5 olarak belirlenmiştir.

$$s_i = 0.5s_1 + 0.5s_p \quad (3.39)$$

s_i , geminin en derin bölmeleme su çekimine göre belirlenmiş s faktörüdür.

s_p , geminin kısmi su çekimine göre belirlenmiş, s faktörüdür.

Baş çatışma perdesinin önünde yer alan tüm kompartmanlar için, geminin en derin bölmeleme su hattında yüzdüğü ve yaranın düşey uzantısının sınırsız olduğu varsayılarak hesaplanmış olan s_i değeri, 1'e eşit olacaktır.

Söz konusu su hattının daha yukarısında bir yatay bölmenin var olduğu durumlarda s değeri, alttaki bölme veya bölmeler grubu için olan s değerinin, yukarıdaki s değeri, (3.38)'den elde edilen ve yatay bölmelemenin yukarısında kalan kompartmanların yaralanmama olasılığını gösteren v_i azaltma faktörü ile çarpımından bulunur.

Yatay bölmelemenin yukarısında yer alan kompartmanların eş zamanlı olarak yaralanmasının A indeksine pozitif katkı yapması durumunda, söz konusu kompartman veya kompartman grubuna ilişkin sonuçtaki s değeri, bir üst paragrafta elde edilen s değerine, eş zamanlı olarak yaralanma için, ilk s değerinin $(1-v_i)$ ile çarpımından elde edilen değer eklenmesi ile bulunur.

v_i olasılık faktörü aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$v_i = \frac{(H-d)}{(H_{max}-d)} \quad (3.40)$$

Yukarıdaki formül, bölmeleme su çekiminin üzerindeki yatay bölmelemenin yaralanması durumunda, yani H 'nin H_{max} ile sınırlandırıldığı durumda geçerlidir.

$v_i = 1$ Eğer, varsayılan yaralı kompartmanın en üst kısmı H_{max} 'in altında ise.

H = Yaralanmanın düşey uzantısının üst sınırı olduğu varsayılan yatay bölmelemenin kaide hattından olan yüksekliğidir (m).

H_{max} = Yaralanmanın kaide hattından itibaren mümkün olabilen en büyük düşey uzantısı (m)

ya da

$$H_{max} = d + 0.056L_s \left(1 - \frac{L_s}{500}\right) \quad L_s \leq 250 \text{ m ise} \quad (3.41)$$

$$H_{max} = d + 7 \quad L_S > 250 \text{ m ise} \quad (3.42)$$

d = Geminin su çekimi (m).

H_{max} için yukarıda belirtilen değerlerin küçük olanı alınacaktır.

Permeabilite

Solas B-1, Kural 25-7'ye göre belirlenen, bölmelere ait permeabilite değerleri aşağıdaki gibidir.

Çizelge 3.1 SOLAS90'a göre yük bölmelerinin permeabiliteleri

Bölme Tipi	Permeabilite
Depo amaçlı kullanılan bölmeler	0.60
Yaşam alanları	0.95
Makine ile donatılmış alanlar	0.85
Faydasız boş alanlar	0.95
Kuru yük bölmeleri	0.70
Sıvı taşınan bölmeler	0 - 0.95*

* Daha kritik sonuç veren değer alınır.

3.3 Yük Gemileri İçin Olasılıklı Yaralı Stabilitate Yaklaşımı (SOLAS 2009)

3.3.1 HARDER Projesi

Kuru yük gemileri için olasılıklı yaralı stabilite kurallarının getirilmesinin ardından, (SOLAS90) IMO'nun teknik komiteleri, yolcu gemilerinin su geçmez bölmelendirilmeleri için deterministik değerlendirme yönteminin bir kez daha gözden geçirilmesi adına görüşmelere başlamışlardır. Bu görüşmeler sonucunda doğru yolun, yolcu gemileri için mevcut deterministik bölmelendirme standartlarının güncelleştirilmesinin yerine, tüm ticari gemi tipleri için (yük ve yolcu) geçerli olan tüm yaralı stabilite kurallarının olasılıklı yaklaşıma dayanan bir çerçevede uyumlu hale getirilmesi olduğu şeklinde sonuçlanmıştır.

1995 yılında IMO, yolcu ve kuru yük gemileri için geliştirilen kuralların, IMO kurallarının kapsadığı bütün gemiler için uyumlu hale getirilerek tek bir standart altında birleştirilmesi konusunda çalışma yapılmasını karara bağlamıştır. Gerekli altyapı ve koordinasyonların kurulması sonucunda Avrupa Birliği tarafından desteklenen (ilk dış destekli proje), IMO'nun olasıklı yaralı stabilite kurallarını güncellenme sürecinde IMO'ya destek vermek amaçlı, HARDER Projesi (Harmonization of Rules and Design Rationale) ortaya çıkmıştır (Tagg vd. [3]).

Projenin ana amacı, uyumlu hale getirilmiş yaralı stabilite kurallarının geçerliliğini, güvenilirliğini, tutarlılığını ve bu kuralların yeni ve mevcut gemiler üzerindeki etkilerini ve tüm gemi tiplerini kapsayan yeni bir uyumlu hale getirilmiş yaralı stabilite kurallarını formüleştirebilmek gibi konuların sistematik olarak araştırılmasıdır [13].

HARDER projesi kapsamında, akademik birimlerden, klas kuruluşlarından ve endüstriyel çevrelerden toplam 19 katılımcı vardır. Projenin koordinatörlük görevi Det Norske Veritas'a verilmiştir.

Projesi içerisinde 7 adet iş paketi (WP) yürütülmüştür:

- Yaralanma istatistiklerini inceleyen WP1 (GL)
- Yaralanma olasılığı, p.r.v'yi, inceleyen WP2 (DTU)
- Yaralanmanın ardından hayatta kalma olasılığı, s'i inceleyen WP3 (SU)
- Ulaşılan bölmeleme indeksi, A'yı, yeniden düzenleyecek olan WP4 (DMI)
- Gerekli bölmelendirme indeksi, R'yi inceleyen WP5 (NTUA)
- Tasarım prosedürlerini inceleyen WP6 (HDW)
- Kuralları standart hale getirecek olan WP7 (MCA)' dir.

Diğer organizasyonların görevi de bu 7 ana kuruma çalışmalarda yardımcı olmaktır [29].

İlk görevler, mevcut yaralanma verilerinin analiz edilmesi ve IMO'da bulunan yaralanma veri tabanındaki bilgilerin (yara yeri, yara boyu, yara yüksekliği ve yara derinliği gibi) güncelleştirilmesidir. Akabinde, yaralanmanın nüfuzu, yara uzunluğu ve yüksekliğinin olasılık dağılımının bilgisayar simülasyonları ve hesaplamaları için gerekli yöntemler formüle edilmiştir. Bu olasılık dağılımları, model testleri ve sayısal

simülasyonlar yardımıyla, yaralanan geminin denizdeki davranışlarını ve yaralı geminin hayatta kalabilmesi için mantıklı sınırlamalar elde etme çalışmaları için kullanılmışlardır.

HARDER Projesi kapsamında 1944-2000 yılları arasındaki 1238 gemi kazası incelenmiştir. Kaza verileri, klas kuruluşlarının ve projeye destek veren kuruluşların arşiv ve raporlarından elde edilmiştir [30].

2000 yılında başlayan ve 3 yıl süren çalışmaların sonunda HARDER projesi raporu SLF47 tarafından ve hemen ardından MSC80 toplantılarında kabul edilerek, 1 Ocak 2009'dan itibaren inşa edilen tüm kuru yük ve yolcu gemilerini kapsayan uyumlu hale getirilmiş olasılıklı yaralı stabilite kuralları yürürlüğe girmiştir.

Bu kural seti denizcilik endüstrisinde kural koyuculukta yeni bir dönem açmış, günümüze ait gelişmeler ve beklentilerle aynı ekseninde yer almıştır. 50 yıldan fazla bir çalışmanın ürünü olan kural seti, güvenlik kuralları içerisinde en fazla fikir aşamasında kalan çalışmalardan biri olmuştur.

Çizelge 3.2 Olasılıklı yaralı stabilite hesabına tabi olan gemi tipleri [31]

Tüm Yolcu Gemileri	Kuru Yük Gemileri (L> 80 m.)
Sadece yolcu taşıyan gemiler	Konteyner gemileri
Ro-Ro yolcu Gemileri	Ro-Ro yük gemileri
Kruvaziyerler	Araç taşıyan gemiler
	Genel yük gemileri
	Dökme yük gemileri
	Kablo döşeme gemileri

SOLAS 2009 ile hem yolcu gemileri için olasılıklı yaralı stabilite kuralları (IMO A.265(VII) önergesi) ve SOLAS Bölüm II-1 B'de yer alan deterministik bölmelendirme ve yaralı stabilite kuralları yürürlükten kalkmıştır. SOLAS Bölüm II-1 B-1 kuru yük gemileri için olasılıklı yaralı stabilite kuralları yerine SOLAS 2009 kuralları gelmiştir.

3.3.2 SOLAS 2009 ile Kabul Edilen Yeni Olasılıklı Yaklaşım

Uyumlu hale getirilmiş olasılıklı yaralı stabilite kuralları, Solas Bölüm II-1, B-1, Stabilite başlığı altında yer almaktadır.

Kural setinde yer alan bazı kurallar ve tanımlamalar aşağıdaki gibidir:

Gerekli Bölmeleme İndeksi, R

SOLAS Bölüm II-1, B-1 Kural 6'ya göre 100 metreden büyük bölmeleme boyuna sahip yük gemileri için R indeksi aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır:

$$R = 1 - \frac{128}{L_s + 152} \quad (3.43)$$

80 metreden büyük, 100 metre ve 100 metreden küçük bölmeleme boyuna sahip yük gemileri için gerekli bölmeleme indeksi verilen bağıntı ile hesaplanır:

$$R = 1 - \left[1 / \left(1 + \frac{L_s}{100} \times \frac{R_0}{1 - R_0} \right) \right] \quad (3.44)$$

Burada R_0 , (3.50)'ye göre hesaplanan R değeridir.

Ulaşılan Bölmeleme İndeksi, A

A indeksi, her bir kompartmanın ya da kompartman grubunun yaralanma olasılığı ile söz konusu olan kompartmanın ya da kompartman grubunu su basmasının ardından geminin batmama ya da alabora olmama olasılığının çarpımının toplanması sonucunda bulunur.

$$A = \sum p_i s_i \quad (3.45)$$

SOLAS Bölüm II-1, B-1 Kural 7'ye göre, Ulaşılan Bölmeleme İndeksi, A, 3 farklı su çekimine göre, d_s , d_p , d_1 , hesaplanan 3 kısmi ulaşılan bölmeleme indeksinin, A_s , A_p , A_1 toplamıdır.

$$A = 0.4A_s + 0.4A_p + 0.2A_1 \quad (3.46)$$

Geminin çalışma hayatının %40'lık kısmında en derin bölmeleme su çekiminde, diğer %40'lık kısmında ise kısmi su çekiminde ve geriye kalan %20 kısım ise en az servis su çekiminde çalışacağı kabulü ile ulaşılan bölmeleme indeksi hesaplanırken, ağırlık oranları formüldeki gibi belirlenmiştir.

p_i , yatay bölmeleme dikkate alınmaksızın, enine bölmeleme içerisinde, sadece ele alınan "i" bölgesinin yaralanma olasılığıdır. p_i , SOLAS Bölüm II-1, B-1 Kural 7-1'ye göre hesaplanmaktadır.

Eğer sadece tek bir bölge yaralanmış ise:

$$p_i = p(x1_j, x2_{j+1}) \cdot [r(x1_j, x2_j, b_k) - r(x1_j, x2_j, b_{k-1})] \quad (3.47)$$

Eğer bitişik iki bölge yaralanmış ise:

$$\begin{aligned} p_i = & p(x1_j, x2_{j+1}) \cdot [r(x1_j, x2_{j+1}, b_k) - r(x1_j, x2_{j+1}, b_{k-1})] \\ & - p(x1_j, x2_j) \cdot [r(x1_j, x2_j, b_k) - r(x1_j, x2_j, b_{k-1})] \\ & - p(x1_{j+1}, x2_{j+1}) \cdot [r(x1_{j+1}, x2_{j+1}, b_k) - r(x1_{j+1}, x2_{j+1}, b_{k-1})] \end{aligned} \quad (3.48)$$

Eğer bitişik üç bölge yaralanmış ise:

$$\begin{aligned} p_i = & p(x1_j, x2_{j+n-1}) \cdot [r(x1_j, x2_{j+n-1}, b_k) - r(x1_j, x2_{j+n-1}, b_{k-1})] \\ & - p(x1_j, x2_{j+n-2}) \cdot [r(x1_j, x2_{j+n-2}, b_k) - r(x1_j, x2_{j+n-2}, b_{k-1})] \\ & - p(x1_{j+1}, x2_{j+n-1}) \cdot [r(x1_{j+1}, x2_{j+n-1}, b_k) - r(x1_{j+1}, x2_{j+n-1}, b_{k-1})] \\ & + p(x1_{j+1}, x2_{j+n-2}) \cdot [r(x1_{j+1}, x2_{j+n-2}, b_k) - r(x1_{j+1}, x2_{j+n-2}, b_{k-1})] \end{aligned} \quad (3.49)$$

Burada:

j = Kıçtan No.1 olarak başlayacak şekilde yaraya dahil olan bölgelerden kıça en yakın bölgenin numarasıdır.

n = yaralanan bitişik bölge sayısıdır.

k = yaralanan bölgedeki enine penetrasyonu engelleyecek belirli bir boyuna perdenin sayısıdır. Dış kaplama $k = 0$ 'dır.

$x_1 = L_S$ 'nin kıç terminali ile göz önüne alınan bölgenin kıç sınırı arasındaki mesafedir.

$x_2 = L_S$ 'nin kıç terminali ile göz önüne alınan bölgenin baş sınırı arasındaki mesafedir.

$b = p_i$ faktörünün hesaplanmasında kullanılan boyuna sınırlar arasında uzandığı varsayılan dikey perde ile dış kaplama arasındaki ortalama uzaklıktır. Bu uzaklık, en derin bölmeleme su çekiminde, merkez hattına dik ölçülür. Varsayılan perde, boyuna perdeye teğet, boyuna perde ile aynı ya da boyuna perdenin en dıştaki kısmının tamamı ya da bir kısmı olabilir. Varsayılan dikey perdenin dış kaplamaya olan mesafesi maksimum olacak şekilde yerleştirilir. Fakat bu mesafe, perde ile dış kaplama arasındaki en küçük mesafenin iki katından büyük olmayacaktır. Eğer boyuna perdenin üst tarafı en derin bölmeleme su çekiminin altında kalıyorsa, b 'nin hesaplanabilmesi için varsayımı yapılan perdenin en derin su çekimine kadar yükseldiği kabulü yapılır. b , $B/2$ 'ten büyük olamaz.

$p(x_1, x_2)$ aşağıdaki formüllere göre hesaplanır:

$$\text{Ortalama standartlaştırılmış maksimum yara boyu:} \quad J_{maks} = 10/33 \quad (3.50)$$

$$\text{Dağılımdaki düğüm noktası} \quad J_{kn} = 5/33 \quad (3.51)$$

$$J_{kn} \text{ 'deki kümülatif olasılık:} \quad p_k = 11/12 \quad (3.52)$$

$$\text{En büyük mutlak yara boyu:} \quad l_{max} = 60 \text{ m.} \quad (3.53)$$

$$\text{Dağılımının son bulduğu gemi uzunluğu:} \quad L^* = 260 \text{ m.} \quad (3.54)$$

$J = 0$ 'daki olasılık yoğunluğu:

$$b_0 = 2 \left(\frac{p_k}{J_{kn}} - \frac{1-p_k}{J_{max} - J_{kn}} \right) \quad (3.55)$$

$L_S \leq L^*$ olduğu durumda:

$$J_m = \min \left\{ J_{max}, \frac{l_{max}}{L_S} \right\} \quad (3.56)$$

$$J_{kn} = \frac{J_m}{2} + \frac{1 - \sqrt{1 + (1 - 2p_k)b_0J_m + \frac{1}{4}b_0^2J_m^2}}{b_0} \quad (3.57)$$

$$b_{12} = b_0 \quad (3.58)$$

$L_S > L^*$ olduğunda:

$$J_m^* = \min \left\{ J_{max}, \frac{l_{max}}{L^*} \right\} \quad (3.59)$$

$$J_k^* = \frac{J_m^*}{2} + \frac{1 - \sqrt{1 + (1 - 2p_k)b_0J_m^* + \frac{1}{4}b_0^2J_m^{*2}}}{b_0} \quad (3.60)$$

$$J_m = \frac{J_m^* \cdot L^*}{L_S} \quad (3.61)$$

$$J_k = \frac{J_k^* \cdot L^*}{L_S} \quad (3.62)$$

$$b_{11} = 4 \frac{1 - p_k}{(J_{max} - J_k)J_k} - 2 \frac{p_k}{J_k^2} \quad (3.63)$$

$$b_{21} = -2 \frac{1 - p_k}{(J_{max} - J_k)^2} \quad (3.64)$$

$$b_{22} = -b_{21}J_m \quad (3.65)$$

Boyutsuz yara uzunluğu:

$$J = \frac{(x_2 - x_1)}{L_S} \quad (3.66)$$

Bir kompartmanın ya da kompartman grubunun normalleştirilmiş boyu J_n 'dir.

J ve J_m 'den küçük olanı J_n olarak alınır.

Ele alınan bir kompartmanın ya da kompartman grubunun kış ve baş sınırı, kış ya da baş terminal ile çakışmıyorsa:

$J \leq J_k$ ise:

$$p(x_1, x_2) = p_1 = \frac{1}{6} J^2 (b_{11} J + 3b_{12}) \quad (3.67)$$

$J > J_k$ ise:

$$p(x_1, x_2) = p_2 = -\frac{1}{3} b_{11} J_k^3 + \frac{1}{2} (b_{11} J - b_{12}) J_k^2 + b_{12} J J_k - \frac{1}{3} b_{21} (J_n^3 - J_k^3) \\ + \frac{1}{2} (b_{21} J - b_{22}) (J_n^2 - J_k^2) + b_{22} J (J_n - J_k) \quad (3.68)$$

Ele alınan bir kompartmanın ya da kompartman grubunun kış sınırı kış terminal ile ya da baş sınırı baş terminal ile çakışıyorsa:

$J \leq J_k$ ise:

$$p(x_1, x_2) = \frac{1}{2} (p_1 + J) \quad (3.69)$$

$J > J_k$ ise:

$$p(x_1, x_2) = \frac{1}{2} (p_2 + J) \quad (3.70)$$

Ele alınan bir kompartmanın ya da kompartman grubunun sınırları geminin bölmeleme boyunu (L_S) aşıyor ise:

$$p(x_1, x_2) = 1 \quad (3.71)$$

$r(x_1, x_2, b)$ aşağıdaki formüller ile hesaplanır:

$$r(x_1, x_2, b) = 1 - (1 - C) \cdot \left[1 - \frac{G}{p(x_1, x_2)} \right] \quad (3.72)$$

Formülde yer alan C :

$$C = 12 \cdot J_k (-45 \cdot J_b + 4) \quad (3.73)$$

$$J_b = \frac{b}{15 \cdot B} \quad (3.74)$$

Ele alınan bir kompartmanın ya da kompartman grubunun sınırları geminin bölmeleme boyunu (L_s) aşıyor ise:

$$G = G_1 = \frac{1}{2} b_{11} J_b^2 + b_{12} J_b \quad (3.75)$$

Ele alınan bir kompartmanın ya da kompartman grubunun kıç ve baş sınırı, kıç ya da baş terminal ile çakışmıyorsa:

$$G = G_2 = -\frac{1}{3} b_{11} J_0^3 + \frac{1}{2} (b_{11} J - b_{12}) J_0^2 + b_{12} J J_0 \quad (3.76)$$

$$J_0 = \min(J, J_b) \quad (3.77)$$

Ele alınan bir kompartmanın ya da kompartman grubunun kıç sınırı kıç terminal ile ya da baş sınırı baş terminal ile çakışıyorsa:

$$G = \frac{1}{2} (G_2 + G_1 \cdot J) \quad (3.78)$$

s faktörü, hayatta kalma olasılığı, SOLAS Bölüm II-1, B-1 Kural 7-2'ye göre hesaplanmaktadır.

$$s = K \cdot \left[\frac{GZ_{\max}}{0.12} \cdot \frac{\text{Poz.Stab.Aralığı}}{16} \right]^{\frac{1}{4}} \quad (3.79)$$

$$K = 1, \quad \varnothing_e \leq \varnothing_{\min} \text{ ise} \quad (3.80)$$

$$K = 0, \quad \varnothing_e \geq \varnothing_{\max} \text{ ise} \quad (3.81)$$

$$K = \sqrt{\frac{\varnothing_{\max} - \varnothing_e}{\varnothing_{\max} - \varnothing_{\min}}} \quad (3.82)$$

$$\varnothing_{\min} = 25^\circ$$

$$\varnothing_{\max} = 30^\circ$$

\varnothing_e , geminin yaralandıktan sonraki, denge durumunda oluşan derece cinsinden meyil açısıdır.

$GZ_{\max} = 0.12$ metreden büyük olmayacak şekilde, pozitif stabilite aralığı içerisindeki maksimum pozitif doğrultucu moment kolu değeridir.

Pozitif stabilite aralığı, 16° den büyük alınmayacaktır.

Su hattı üzerinde yer alan yatay bölmeler için, alttaki kompartman ya da kompartman grubu için s faktörü, (3.79)'da hesaplanan s faktörü ile azaltma faktörü v_m ile çarpımından bulunur.

v_m , yatay bölmelendirme üzerindeki bölmelerin yaralanmama olasılığıdır.

$$v_m = v(H_{j,n,m}, d) - v(H_{j,n,m-1}, d) \quad (3.83)$$

$H_{j,n,m}$ ele alınan yaralı kompartman grubu için düşey eksendeki su basmasını sınırlandırılacak olan $x_{1(j)} \dots x_{2(j+n-1)}$ boyuna sınırları içerisindeki m . yataydaki sınırının kaide hattına en yakın yüksekliktir.

$H_{j,n,m-1}$ ele alınan yaralı kompartman grubu için düşey eksendeki su basmasını sınırlandırılacak olan $x_{1(j)} \dots x_{2(j+n-1)}$ boyuna sınırları içerisindeki $(m-1)$. yataydaki sınırının kaide hattına en yakın yüksekliktir.

j ele alınan yaralı kompartman grubunun kıç terminalidir.

m ilgili su hattının üzerinden saymaya başlanılan yatay sınırlamayı temsil eder. (su hattı üzerinde 2 bölme var ise 1. yatay sınır için $m=1$, 2. yatay sınır için $m=2$ 'dir gibi.)

d drafttır.

x_1 ve x_2 , (3.49)'daki gibidir.

$(H_{j,n,m}, d)$ ve $(H_{j,n,m-1}, d)$ aşağıda verilen formüller ile hesaplanır:

$$v(H, d) = 0.8 \frac{(H-d)}{7.8}, \text{ eğer } (H_m - d) \leq 7.8 \text{ metre} \quad (3.84)$$

$$v(H, d) = 0.8 + 0.2 \left[\frac{(H-d) - 7.8}{4.7} \right], \text{ diğer tüm durumlar için.} \quad (3.85)$$

$x_{1(j)} \dots x_{2(j+n-1)}$ boyuna sınırları içerisinde, H_m en üst su geçmez sınır ile çakışıyorsa

$v(H_{j,n,m}, d) = 1$ 'dir.

$v(H_{j,n,0}, d) = 0$ 'dir.

Hiçbir durumda, v_m , 0'dan küçük ya da 1'den büyük alınamaz.

Yatay bölmeler ele alındığında, A indeksine katkısı olan her bir dA aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$dA = p_i \cdot [v_1 \cdot s_{min1} + (v_2 - v_1) \cdot s_{min2} + \dots + (1 - v_{m-1}) \cdot s_{minm}]$$

$v_m = (3.83)$ 'e göre hesaplanan v değeridir.

s_{min} = yaranın, kabul edilen yara yüksekliği H_m 'den aşağıya doğru uzandığı durumdaki tüm yaranın kombinasyonlarındaki en küçük s faktörüdür.

Permeabilite

SOLAS Bölüm II-1, B-1 Kural 7-3'e göre gemideki yük bölmelerinin permeabilite değerleri su çekimine bağlı değişmektedir.

Çizelge 3.3 Su çekimine göre yük bölmelerin permeabiliteleri

Bölmeler	d_s permeabilite	d_p permeabilite	d_l permeabilite
Kuru Yük Bölmeleri	0.70	0.80	0.95
Konteyner Bölmeleri	0.70	0.80	0.95
Ro-Ro Alanları	0.90	0.90	0.95
Sıvı Yük Bölmeleri	0.70	0.80	0.95

3.4 SOLAS90 ile SOLAS 2009 Olasılıklı Yaralı Stabilite Kuralları Arasındaki Farklar

SOLAS 2009 olasılıklı yaralı stabilite kuralları, SOLAS90 ile denk güvenlik seviyesine sahip olacak şekilde tasarlanmıştır.

$$\frac{A_{yeni}}{R_{yeni}} \approx \frac{A_{mevcut}}{R_{mevcut}} \quad \rightarrow \quad R_{yeni} = A_{yeni} \frac{A_{mevcut}}{R_{mevcut}} \quad [6] \quad (3.86)$$

Olasılık indeksi ve terimleri p, s, A ve R'yi formüle edecek en uygun yöntemi belirlemek için var olan gemilerin ve çatışma istatistiklerinin kapsamlı analizleri yürütülmüştür.

Yük gemileri için SOLAS 2009 ile yenilenen kural seti, yaralanma olasılıkları ve hayatta kalma olasılıkları ara başlıklar halinde verilmiştir.

Gerekli Bölmeleme İndeksi, R

SOLAS90'a göre 100 metreden büyük bölmeleme boyuna sahip yük gemileri için R indeksi aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır:

$$R = (0.002 + 0.009L_s)^{\frac{1}{3}} \quad (3.87)$$

80 metreden büyük, 100 metre ve 100 metreden küçük bölmeleme boyuna sahip yük gemileri için gerekli bölmeleme indeksi (3.88)'e göre hesaplanır.

$$R = 1 - \left[1 / \left(1 + \frac{L_s}{100} \times \frac{R_0}{1 - R_0} \right) \right] \quad (3.88)$$

Burada R_0 , (3.87)'den elde edilen R değeridir.

SOLAS 2009 Bölüm II-1, B-1 Kural 6'ya göre 100 metreden büyük bölmeleme boyuna sahip yük gemileri için R indeksi aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır:

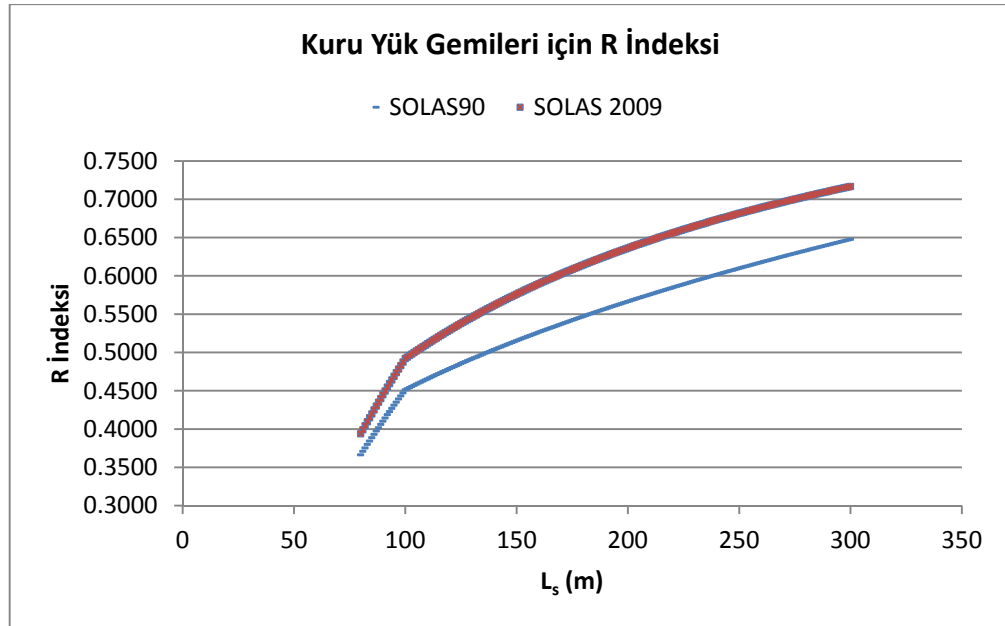
$$R = 1 - \frac{128}{L_s + 152} \quad (3.89)$$

80 metreden büyük, 100 metre ve 100 metreden küçük bölmeleme boyuna sahip yük gemileri için gerekli bölmeleme indeksi verilen bağıntı ile hesaplanır:

$$R = 1 - \left[1 / \left(1 + \frac{L_s}{100} \times \frac{R_0}{1 - R_0} \right) \right] \quad (3.90)$$

Burada R_0 , (3.90)'ye göre hesaplanan R değeridir.

Şekil 3.1'de kuru yük gemileri için eski ve yeni kural setlerinde R indeksi 300 metreye kadar hesaplanmıştır. Yeni kural setinde Gerekli Bölmeleme İndeksi R'nin %9 ile %12.3 arasında artış gösterdiği görülmüştür. Yeni kural setinde, R indeksi ile başlayan daha katı bir tutum ile daha yüksek bir güvenlik seviyesi yakalanabileceği düşünülmektedir.



Şekil 3.1 Kuru yük gemileri için R indeksi

Başlangıç Draftları

SOLAS90 kural setine göre, olasılıklı yaralı stabilite kurallarında geminin hayatta kalma olasılığı s_i , geminin 2 farklı su çekimi için hesaplanmaktaydı.

$$s_i = 0.5s_1 + 0.5s_p \quad (3.91)$$

- s_i , geminin en derin bölmeleme su çekimine göre belirlenmiş s faktörüdür.
- s_p , geminin kısmi su çekimine göre belirlenmiş, s faktörüdür.

Geminin çalışma hayatının yarısında en derin bölmeleme su çekiminde yüzeceği, diğer yarısında ise kısmi su çekiminde yüzeceği düşünülmüş, ağırlık oranı 0.5 olarak belirlenmiştir.

En derin bölmeleme su hattı, d_1 , gemiye atanan yaz draftıdır.

Kısmi su hattı, d_p , geminin en derin bölmeleme su hattı, d_1 ile geminin boş tekne draftı d_s arasındaki farkında %60'nın d_s ile toplanmasıyla bulunur.

$$d_p = d_s + 0.6(d_1 - d_s) \quad (3.92)$$

Tüm draftların birimi metredir.

SOLAS 2009 Bölüm II-1, B-1 Kural 7'ye göre, Ulaşılan Bölmeleme İndeksi, A , 3 farklı su çekimine göre, d_s , d_p , d_1 , hesaplanan 3 kısmi ulaşılan bölmeleme indeksinin, A_s , A_p , A_1 toplamıdır.

$$A = 0.4A_s + 0.4A_p + 0.2A_1 \quad (3.93)$$

Burada:

d_s , en derin bölmelendirme draftı, gemiye atanan yaz draftıdır.

d_p , kısmi bölmelendirme draftıdır.

d_1 , en az servis draftıdır. Genel olarak yük gemileri için balastlı varış kondisyonundaki su çekimidir. Bu durumda;

$$d_p = d_1 + 0.6(d_s - d_1) \quad (3.94)$$

formülü ile bulunur.

Bu kabul ile en az servis draftının, SOLAS90'daki karşılığı olan boş tekne draftından büyük olacağı açıktır. Bunun sonucu olarak SOLAS 2009'daki kısmi bölmelendirme draftı SOLAS90'daki kısmi bölmelendirme draftına göre daha büyük olacaktır [32].

Her Draft için Ulaşılan Bölmeleme İndeksinin Hesaplanması

SOLAS90 kural setinde ulaşılan bölmeleme indeksi A, verilen bağlantı ile bulunmaktaydı.

$$A = \sum p_i s_i \quad (3.95)$$

SOLAS 2009' da ulaşılan bölmeleme indeksi her bir draft için hesaplanan A indeksinin ağırlık faktörü ile çarpımının toplamıdır:

$$A = 0.4A_s + 0.4A_p + 0.2A_1 \quad (3.96)$$

Tüm yükleme koşullarında tatmin edici hayatta kalabilirliği temin edebilmek ve büyük draftlarda özellikle en derin bölmelendirme draftındaki olası tasarım açığına karşı her bir kısmi A indeksinin (A_s, A_p, A_1) $0.5R$ 'den küçük olmama zorunluluğu getirilmiştir [6].

$$A_s, A_p, A_1 \geq kR, \quad k = 0.5 \quad (3.97)$$

Getirilen bu yeni zorunluluk, bazı kuru yük gemilerinin büyük draftlarda kabul edilemeyecek küçük A indekslerine sahip olmasına rağmen toplam A indeksinin R indeksine eşit ya da büyük olup, kriteri sağlamasından dolayı getirilmiştir. Diğer bir deyişle tüm operasyonel draft aralığında bir güvenlik seviyesinin temin edilmesi amaçlanmıştır [6].

Yaralanma Olasılığı, p_i

SOLAS 90'a göre, yaranın uzunluğunun geminin boyuna oranının 200 metreye kadar olan gemilerde gemi boyundan bağımsız olduğu varsayımı yapılmıştır [26]. Dolayısıyla

denklem (3.10)'da maksimum boyutsuz yara uzunluğu J_{maks} 'ın 0.24'ten büyük olmama şartı getirilmiş. En büyük yara uzunluğu 48 metre olarak belirlenmiştir.

$$J_{maks} = \frac{48}{L_S} \quad \text{Bu değer 0.24'ten büyük olamaz.} \quad (3.98)$$

SOLAS 2009' a göre ise (3.53)'te de belirtildiği gibi en büyük mutlak yara boyu 60 m. ile sınırlandırılmıştır.

SOLAS90 Bölüm II-1 B-1 Kural 25-4'e göre borda kompartmanlarının ve bu kompartmana bitişik merkez hattına doğru kompartmanların var olduğu durumlarda, yaralanmanın merkez hattına kadar nüfuz edebileceği kabulü yapılır, gemi boyunca merkez su geçmez perde yaralanmayacaktır.

SOLAS 2009 Bölüm II-1 B-1 Kural 7'e göre ise, borda kompartmanlarının ve bu kompartmana bitişik merkez hattına doğru kompartmanların var olduğu durumlarda, yaralanmanın enine uzantısının, gemi genişliğinin, B'nin, yarısı olacağı kabulü yapılır, yarı genişliğin B/2 olmadığı durumlarda boyuna merkez perdenin de yaralanmasına izin vermektedir.

Su hattı üzerinde yer alan yatay bölmeler için v faktörü

SOLAS90, H_{maks} 'ın tanımını, yaralanmanın kaide hattından itibaren mümkün olabilen en büyük düşey uzantısı (m) olarak yapmaktadır ya da:

$$H_{maks} = d + 0.056L_S \left(1 - \frac{L_S}{500} \right) \quad , \quad L_S \leq 250 \text{ m ise} \quad (3.99)$$

$$H_{maks} = d + 7 \quad , \quad L_S > 250 \text{ m ise} \quad (3.100)$$

d = Geminin su çekimi (m).

H_{maks} için yukarıda belirtilen değerlerin küçük olanı alınacaktır.

SOLAS90'a göre verilen bir draftta, yaralanmanın en büyük düşey uzantısı (3.100)'de belirtildiği gibi draft+7 metredir.

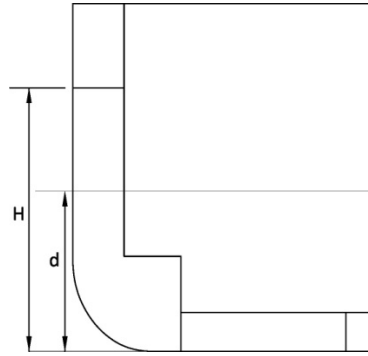
SOLAS 2009' a göre ise, verilen bir draftta, yaralanmanın en büyük düşey uzantısı, draft+12.5 metredir.

$$H - d \leq 0 \quad \rightarrow \quad v_i = 0 \quad (3.101)$$

$$H - d \leq 7.8 \quad \rightarrow \quad v_i = 0.8(H - d) / 7.8 \quad (3.102)$$

$$7.8 < H - d < 12.5 \quad \rightarrow \quad v_i = 0.8 + 0.2((H - d) - 7.8) / 4.7 \quad (3.103)$$

$$H - d \geq 12.5 \quad \rightarrow \quad v_i = 1 \quad (3.104)$$



Şekil 3.2 Draft ve yatay bölmelendirmenin temsili gösterimi

Permeabilite

SOLAS90' göre kuru yük taşınan bölmelerin (ambar) permeabilitesi 0.70 iken SOLAS 2009'da permeabilite değerleri geminin draftına göre değişiklik göstermektedir. Çizelge 3.3'de gösterildiği gibi, kuru yük ve konteyner taşınan bölmelerde en derin bölmeleme su hattı için yaralı stabilite hesabı yapıldığında permeabilite 0.70, ara yüklü draftta 0.80, en az servis draftında ise 0.95 olarak alınmaktadır.

BÖLÜM 4

UYGULAMA

Olasılıklı yaralı stabilite kurallarındaki değişikliklerin konteyner gemileri üzerindeki etkilerinin anlaşılabilmesi için 2 adet konteyner gemisinin SOLAS90 ve SOLAS 2009 olasılıklı yaralı stabilite hesaplamaları gerçekleştirilecektir. Gemilerin modellenmeleri ve olasılıklı yaralı stabilite hesaplamaları için AVEVA MARINE paket programı kullanılacaktır.

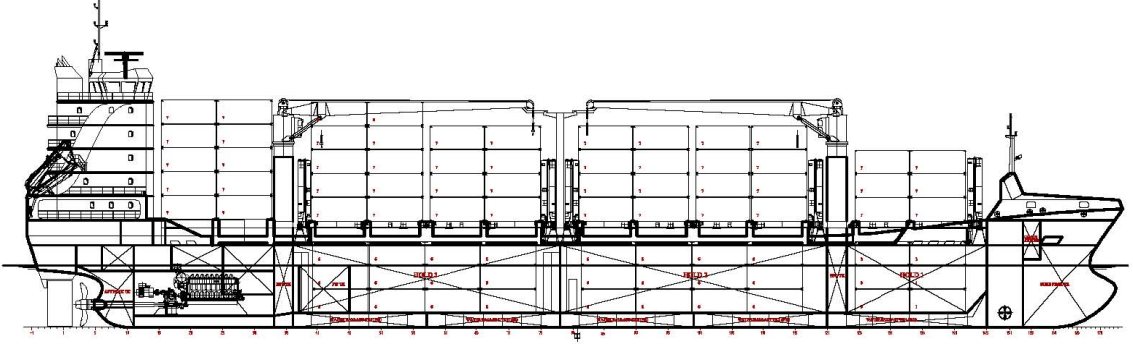
Bir yük gemisinin olasılıklı yaralı stabilite hesabını yapabilmek için aşağıda verilen basamaklar izlenmelidir:

- I. Geminin formu belirlenmeli ve gemi modellenmelidir, tanklar ve kompartmanlar tanımlanmalıdır.
- II. Olasılıklı yaralı stabilite analizi için gemi tipi, yükleme koşulları, ardışık yaralı bölge sayısı girilmelidir.
- III. Yaralanma bölgelerinin sınırları tanımlanmalıdır.
- IV. Her bir bölge için boyuna perde ve güverte konumları tanımlanmalıdır.
- V. II. ve III. basamakların ardından p faktörü hesaplanır. IV. basamaktaki perde ve güvertelerin tanımlanmasının ardından r ve v faktörleri hesaplanır.
- VI. Bölgelerin tanımlanmasının ardından, her bir bölgedeki yaralanacak tanklar ve kompartmanlar tanımlanır diğer bir deyişle yaralanma senaryoları oluşturulur.

Olasılık yaralı stabilite analizi uygulanır. Her yükleme koşulu ve yara stabilite sonuçları incelenir. Sonuçlar A indeksinin hesabında kullanılır. A indeksi R indeksi ile kıyaslanır.

4.1 500 TEU Konteyner Gemisi Olasılıklı Yaralı Stabilité Hesaplamaları

Ana boyutları verilen konteyner gemisinin yaralı stabilité hesaplamaları için önce SOLAS90 ardından da SOLAS 2009 olasılık yaralı stabilité kuralları uygulanacaktır.



Şekil 4.1 500 TEU konteyner gemisi profil görünüşü

Çizelge 4.1 500 TEU Konteyner gemisi ana boyutları

Gemi Tipi	Konteyner Gemisi
Tam Boy (L_{oa})	120.500 metre
Bölmelendirme Boyu (L_s)	119.630 metre
Dikler arası boy (L_{bp})	112.950 metre
Genişlik (B)	18.80 metre
Derinlik (D)	9.000 metre
Bölmelendirme Draftı (Kalıp)	6.800 metre
DWT (Yaz Draftında)	7103 ton

Geminin modellenmesinin ardından, tanklar, ambarlar ve diğer kompartmanlar tanımlanmıştır.

Çizelge 4.2 Enine perdelerin konumu

Posta Numarası	Kıç dikmeden uzaklık (m)	Kıç terminalden uzaklık (m)	Posta Numarası	Kıç dikmeden uzaklık (m)	Kıç terminalden uzaklık (m)
36	25.200	29.200	120	84.000	88.000
57	39.900	43.900	123	86.100	90.100
78	54.600	58.600	145	101.500	105.500
99	69.300	73.300	153	105.500	109.500

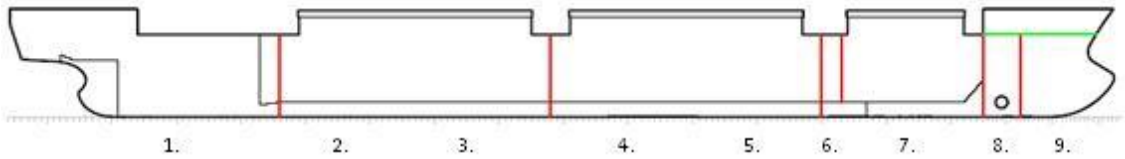
Çizelge 4.3 Güvertelerin konumu

Posta Aralığı	Kaide Hattından Yüksekliği (m)
36 – 145	6.800
Baş Kasara	9.000

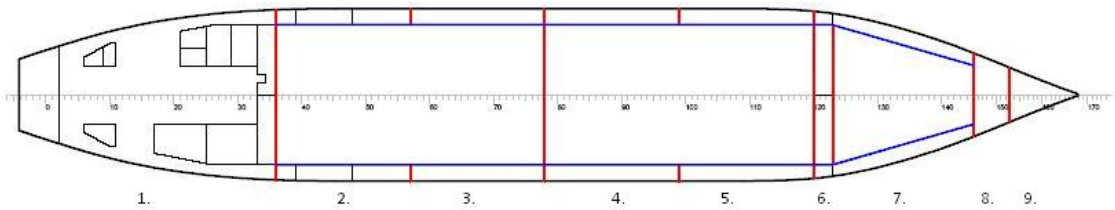
Çizelge 4.4 Boyuna perdenin konumu

Posta Aralığı	Merkez Hattından Uzaklığı (m)
36 – 142	7.650'den 1.290'a

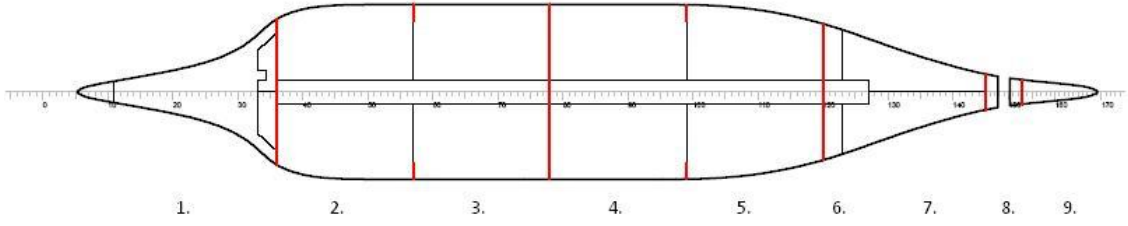
Su geçmez enine perdeler, güverteler ve boyuna perdelerin tanımlanmasının ardından gemi bölgelere ayrılır. 8 adet enine su geçmez perde ile gemi 9 bölgeye ayrılmıştır.



Şekil 4.2 Bölgelere ayrılmış halde profil görünüşü



Şekil 4.3 6.800 metredeki güverte



Şekil 4.4 Bölgelere ayrılmış halde çift dip görünüşü

p ve r faktörleri geminin konstrüksiyona bağlı olduklarından, enine, boyuna perdelerin ve bölgelerin tanımlanmasının ardından hesaplanabilirler. ν faktörünün hesaplanabilmesi için güvertelerin tanımlanmasının ardından yükleme koşulları da belirlenmelidir.

4.1.1 500 TEU Konteyner Gemisi Olasılıklı Yaralı Stabilite Hesabı (SOLAS90)

SOLAS90'a göre hayatta kalma olasılıkları (3.39)'da olduğu gibi 2 yükleme koşulu üzerinden hesaplanmaktaydı. ν faktörünün de hesaplanabilmesi için geminin en derin bölmeleme draftı ve ara yüklü draftı belirlenmelidir.

$$d_p = d_{l_s} + 0.6(d_1 - d_{l_s}) \quad (4.1)$$

En derin bölmeleme draftı, gemiye atanan yaz draftı, d_1 , 6.800 metredir.

d_{l_s} , geminin boş tekne draftı 2.455 metredir.

Bu durumda,

$$d_p = 2.455 + 0.6(6.800 - 2.455) = 5.060 \quad (4.2)$$

Geminin ara yüklü draftı 5.060 metre olarak hesaplanır.

Olasılıklı yaralı stabilite hesabının yapılacağı 2 yükleme koşulu için draftların belirlenmesi ile ν faktörü de hesaplanabilmektedir.

Koşulların belirlenmesinin ardından bu koşullardaki dikey ağırlık merkezi değerleri de hesaba katılacaktır.

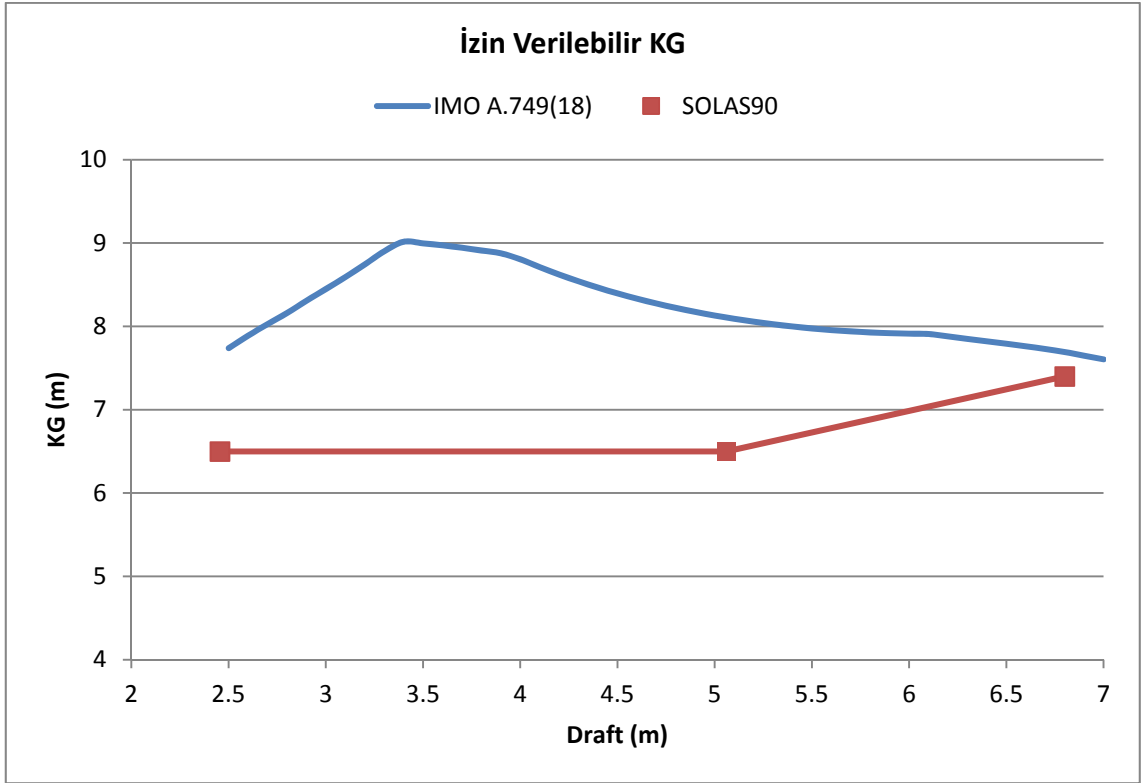
d_1 , 6.800 metredeki KG = 7.400 metre olarak tam yüklü kondisyondan belirlenmiştir.

Ara yüklü draft için ise, d_p , KG = 6.500 metre olarak kabul edilmiştir.

Çizelge 4.5 Kondisyonların draft ve ağırlık merkezi değerleri

Su Hattı	Draft (m)	KG (m)
Bölmelendirme su hattı	6.800	7.400
Ara yüklü su hattı	5.060	6.500

En fazla 3 bitişik bölgenin yaralanması kabulünü yaparak olasılıklı yaralı stabilite sonuçları elde edilecektir.



Şekil 4.5 İzin verilebilir KG - SOLAS90

3 bitişik bölge kabulünün ardından yaralanma senaryoları 1 bölge için, 2 bölge için ve 3 bölge için oluşturulur.

Son olarak, SOLAS90 olasılıklı yaralı stabilite kuralları ile analiz yapılır.

Çizelge 4.6 Bölge sayısına göre yaralanma olasılığı ve A indeksi

	<i>p.r.v.0.5</i>	A
1 Bölge Yaralanması	0.4853	0.3552
2 Bölge Yaralanması	0.3489	0.1737
3 Bölge Yaralanması	0.1514	0.0471
Toplam	0.9857	0.5759

Gemide oluşabilecek tüm yaralanmaların olasılıkları toplamı 1'dir. Tasarımcının bir güvenlik seviyesi belirlemesi doğrultusunda en fazla bitişik 3 bölgenin yaralanma hesaplamaları yapılmıştır. Çizelge 4.6'da görüldüğü üzere, hesaplamada yer alan yaralanma olasılıklarının toplamı 0.9857'dir. Diğer bir deyişle olasılıklı yaralı stabilite kuralları çerçevesinde gemide görülebilecek yaralanmaların %98.57' si yaralı stabilite hesabında yer almıştır.

Ulaşılan bölmeleme indeksi A, 0.5759 olarak hesaplanmıştır.

Yaralanan bölge sayısının artması ile daha kritik yaralı stabilite sonuçları orta çıkmıştır ve bunun sonucu olarak hayatta kalma olasılığı *S*'in A indeksine yaptığı katkı azalmaktadır.

Bitişik 3 bölgenin yaralanması sonucunda A indeksine katkı oldukça küçüktür. Geminin bölmelendirme draftında, 2 ambarın yaralanması durumunda yeterli artık stabiliteye sahip olmadığı görülmüştür.

Ek olarak, Çizelge 4.7'de, bölmelendirme su hattı için verilen draft ve KG değerlerinde yaralanmalar sonucunda daha kritik sonuçlar ortaya çıktığı görülmektedir.

Sonuç olarak, gerekli bölmeleme indeksi (3.43)'ya göre hesaplandığında:

$R = 0.4787$ olarak bulunur.

$A > R$ olduğundan gemi SOLAS90 olasılıklı yara stabilite kriterini sağlamaktadır.

Çizelge 4.7 Kondisyonlara göre A indeksi

Su Hattı	Draft (m)	KG (m)	<i>p.r.v.</i> 0.5	Ağırlık Faktörü	Ulaşılan Bölmeleme İndeksi, A	A.0.5
Bölmelendirme su hattı	6.800	7.400	0.4928	0.5	0.3102	0.1551
Ara yüklü su hattı	5.060	6.500	0.4928	0.5	0.8417	0.4208
Toplam			0.9857			0.5759

4.1.2 500 TEU Konteyner Gemisi Olasılıklı Yaralı Stabilite Hesabı (SOLAS 2009)

SOLAS 2009'a göre hayatta kalma olasılıkları (3.46)'da yer aldığı gibi 3 yükleme kondisyonu üzerinden hesaplanmaktadır. ν faktörünün hesaplanabilmesi için geminin 3 draftının da belirlenmesi gerekir.

d_s , en derin bölmelendirme draftı, gemiye atanan yaz draftıdır.

d_p , ara yüklü bölmelendirme draftıdır.

d_1 , en az servis draftıdır. Genel olarak yük gemileri için balastlı varış kondisyonundaki su çekimidir. Bu durumda;

$$d_p = d_1 + 0.6(d_s - d_1) \quad (4.3)$$

$d_s = 6.800$ metredir.

d_1 , balastlı varış kondisyonundaki draftıdır.

$d_1 = 4.500$ metredir. 0.74 metre kıç trimlidir.

$$d_p = 4.500 + 0.6(6.800 - 4.500) \quad (4.4)$$

$d_p = 5.880$ metredir.

SOLAS90 olasılıklı yaralı stabilite kurallarıyla kıyaslama yapabilmek için $d_1 = 4.560$ metredeki KG değeri, Çizelge 4.5'de yer alan ara yüklü durumdaki KG değeri olan 6.500 metre olarak kabul edilmiştir.

Ara yüklü draфтtaki KG değeri, en az servis draфтı ve bölmelendirme su hattı KG değeri arasında interpolasyon yapılmadan, direkt olarak bölmelendirme su hattı draфтında KG değeri alınarak ortaya çıkacak sonuç incelenmiştir.

$d_s = 6.800$ metredeki KG değeri ise, yine tam yüklü durumdaki KG değeri olan 7.400 metre olarak alınır.

Çizelge 4.8 SOLAS 2009'a göre kondisyonların draфт ve ağırlık merkezi değeri

Su Hattı	Draфт (m)	Trim (m)	KG (m)
Bölmelendirme su hattı	6.800	1.000 (Kıça)	7.400
Ara yüklü su hattı	5.880	0.000	7.400
En az servis draфтı	4.560	0.000	6.500

3 bitişik bölge kabulünün ardından yaralanma senaryoları 1, 2 ve 3 bölge için oluşturulur.

Son olarak, SOLAS 2009 olasılıklı yaralı stabilite kuralları ile analiz yapılır.

Çizelge 4.9 Bölge sayısına göre yaralanma olasılığı ve A indeksi

	<i>p.r.v.0.5</i>	A
1 Bölge Yaralanması	0.5959	0.4159
2 Bölge Yaralanması	0.2952	0.1008
3 Bölge Yaralanması	0.0974	0.0277
Toplam	0.9885	0.5444

Analiz sonucunda, ulaşılan indeks A, 0.5444 olarak hesaplanır. Yaralanan bölge sayısının artması ile daha kritik yaralı stabilite sonuçları orta çıkmıştır ve hayatta kalma olasılığı s' in A indeksine yaptığı katkının azaldığı görülmektedir.

Çizelge 4.10 Kondisyona göre A indeksine yapılan katkı

Su Hattı	Draft (m)	KG (m)	Ağırlık Faktörü (af)	<i>p.r.v.</i> (af)	Ulaşılan Bölmeleme İndeksi, A	A.(af)	R.0.5
Bölmelendirme su hattı	6.800	7.400	0.4	0.3954	0.2868	0.1147	0.2644
Ara yüklü su hattı	5.880	7.400	0.4	0.3954	0.6453	0.2581	0.2644
En az servis draftı	4.560	6.500	0.2	0.1977	0.8580	0.1716	0.2644
Toplam				0.9370		0.5444	

Gerekli bölmeleme indeksi R, (3.89)'a göre 0.5288 olarak hesaplanır. Her yükleme kondisyonu için hesaplanan kısmi A indeksi 0.5R'den büyük olup kriteri sağlamıştır.

$$A_s, A_p, A_l \geq 0.5R \quad (4.5)$$

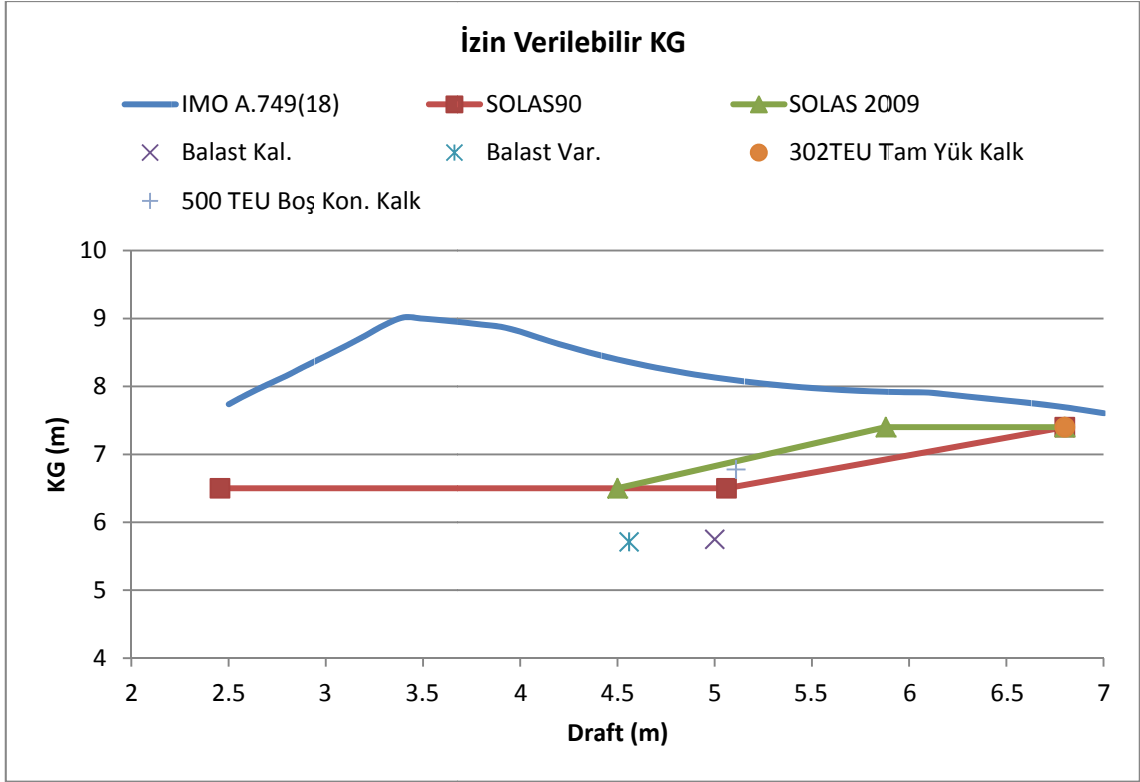
Ara yüklü su hattındaki KG değeri olarak, bölmelendirme su hattındaki KG değeri alınmasına rağmen, toplam indeks A, 0.5444, gerekli bölmeleme indeksinden yine de büyük hesaplanmıştır. Gemi, SOLAS 2009 yaralı stabilite kriterini sağlamaktadır.

Çizelge 4.11 SOLAS90 - SOLAS 2009 fark(%)

	SOLAS90	SOLAS 2009	Fark (%)
R İndeksi	0.4787	0.5288	10.5
A İndeksi	0.5759	0.5444	5.5

R indeksinin %10.5 yükselmesine ve A indeksinin de %5.5 düşmesine rağmen 500 TEU konteyner gemisi her iki kural setinde de kriteri sağlamıştır.

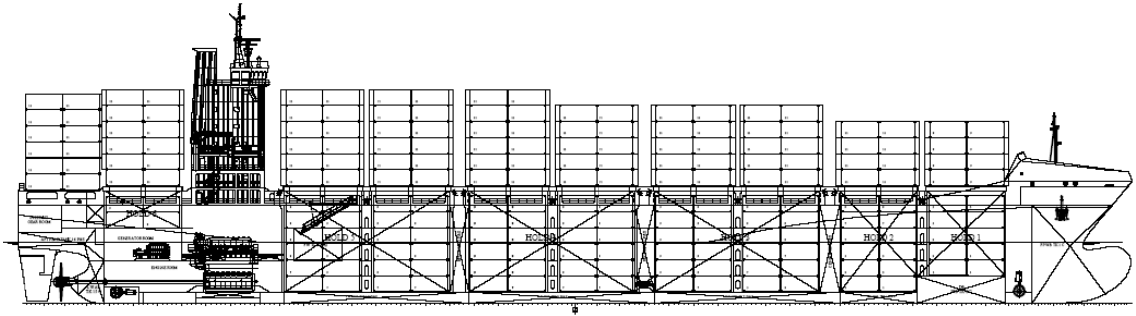
İzin verilebilir KG eğrisi SOLAS 2009'a göre tekrar tanımlanmıştır. Yeni yaralı stabilite kural seti geminin daha büyük KG değerlerinde çalışmasına imkan sağlamıştır.



Şekil 4.6 İzin verilebilir KG değerleri ile bazı kondisyonların gösterimi

4.2 1900 TEU Konteyner Gemisi Olasılıklı Yaralı Stabilitate Hesaplamaları

Ana boyutları verilen konteyner gemisinin yaralı stabilite hesaplamaları için önce SOLAS90 ardında da SOLAS 2009 olasılık yaralı stabilite kuralları uygulanacaktır.



Şekil 4.7 1900 TEU konteyner gemisi profil görünüşü

Çizelge 4.12 1900 TEU konteyner gemisi ana boyutları

Gemi Tipi	Konteyner Gemisi
Tam Boy (L_{oa})	182.85 metre
Bölmelendirme Boyu (L_s)	182.85 metre
Dikler arası boy (L_{bp})	171.00 metre
Genişlik (B)	28.00 metre
Derinlik (D)	16.10 metre
Bölmelendirme Draftı (Kalıp)	11.00 metre
DWT (Yaz Draftında)	26810 ton

Çizelge 4.13 Enine perdelerin konumu

Posta Numarası	Kıç dikmeden uzaklık (m)	Kıç terminalden uzaklık (m)
4	3.15	7.05
51	39.75	43.65
69	54.15	58.05
85	66.95	70.85
89	70.15	74.05
107	84.55	88.45
123	97.35	101.25
127	100.55	104.45
145	114.95	118.85
161	127.75	131.65
165	130.95	134.85
181	143.75	147.65
199	158.15	162.05
208	162.65	166.55

Çizelge 4.14 Güvertenin konumu

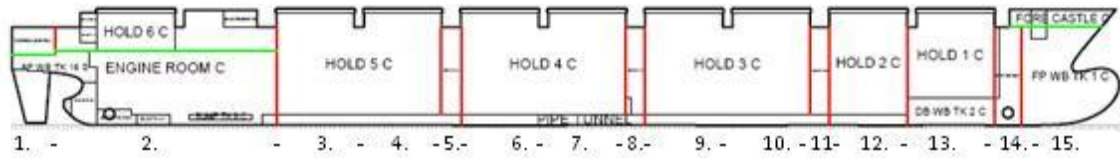
Posta Aralığı	Kaide Hattından Yüksekliği (m)
-6 – 4	11.550'den 12.200'e
4 – 51	12.200
51 – 165	12.200
165 – 181	12.200
181 – 191	12.200
191 – 199	12.200
Baş Kasara	16.100

Geminin modellenmesinin ardından, tanklar, ambarlar ve diğer kompartmanlar tanımlanmıştır.

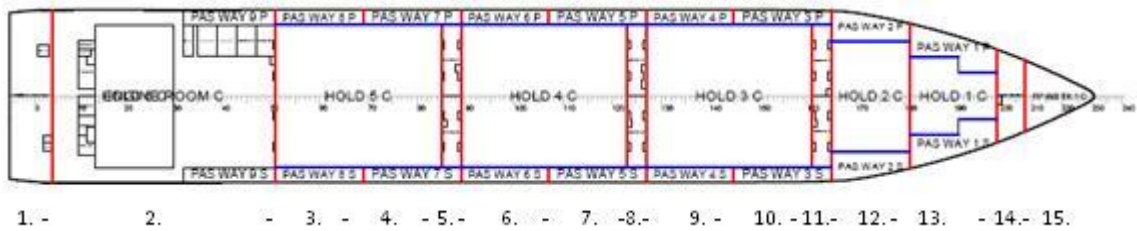
Çizelge 4.15 Boyuna perdelerin konumu

Posta Aralığı	Merkez Hattından Uzaklığı(m)	Posta Aralığı	Merkez Hattından Uzaklığı(m)
51 – 59	6.400'den 11.610'a	161 – 165	3.840'dan 11.610'a
59 – 143	8.960'dan 11.610'a	165 – 173	1.280'den 11.610'a
143 – 145	6.400'den 11.610'a	173 – 181	1.280'den 11.610'a
145 – 153	6.400'den 11.610'a	181 – 183	1.280'den 6.400'e
153 – 161	3.840'dan 11.610'a	183 – 191	1.280'den 6.400'e
		191 – 199	1.280'den 6.400'e

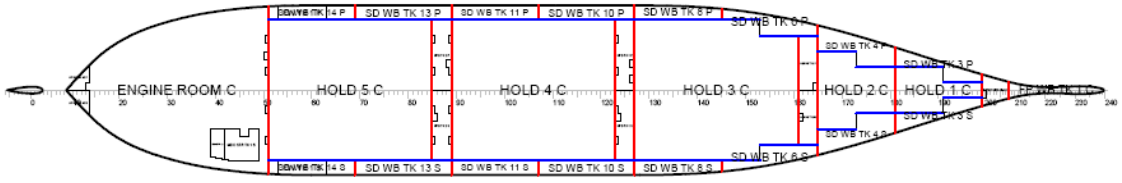
Su geçmez enine perdeler, güverteler ve boyuna perdelerin tanımlanmasının ardından gemi bölgelere ayrılır. 14 adet enine su geçmez perde ile gemi 15 adet bölgeye ayrılmıştır.



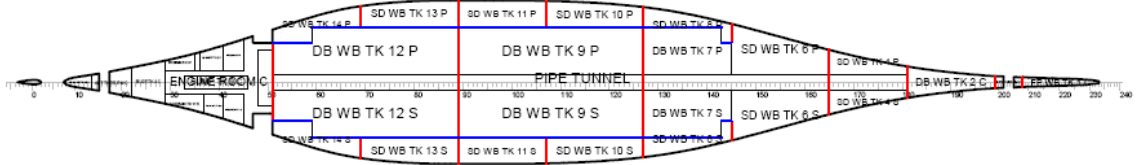
Şekil 4.8 Bölgelere ayrılmış halde profil görünüş



Şekil 4.9 Bölgelere ayrılmış halde 14.00 metredeki kesit



Şekil 4.10 Bölgelere ayrılmış halde 8.00 metredeki kesit



Şekil 4.11 Bölgelere ayrılmış halde çift dip görünüşü

p ve r faktörleri geminin konstrüksiyonuna bağlı olduklarından, enine ve boyuna perdelerin, bölgelerin tanımlanmasının ardından hesaplanabilirler. ν faktörünün hesaplanabilmesi için güvertelerin tanımlanmasının ardından yükleme koşulları da belirlenmelidir.

4.2.1 1900 TEU Konteyner Gemisi Olasılıklı Yaralı Stabilite Hesabı (SOLAS90)

SOLAS90'a göre hayatta kalma olasılıkları (3.39)'da olduğu gibi 2 yükleme koşulu üzerinden hesaplanmaktaydı. ν faktörünün de hesaplanabilmesi için geminin en derin bölmeleme draftı ve ara yüklü draftı belirlenmelidir.

$$d_p = d_{1s} + 0.6(d_1 - d_{1s}) \quad (4.6)$$

En derin bölmeleme draftı, gemiye atanan yaz draftı, d_1 , 11 metredir.

d_{1s} , geminin boş tekne draftı 3.50 metredir.

Bu durumda,

$$d_p = 3.50 + 0.6(11 - 3.50) \quad (4.7)$$

$d_p = 8.000$ metredir. Geminin ara yüklü draftı 8.000 metre olarak hesaplanır.

Olasılıklı yaralı stabilite hesabının yapılacağı 2 yükleme kondisyonu için draftların belirlenmesi ile v faktörü de hesaplanabilmektedir.

Kondisyonların belirlenmesinin ardından bu kondisyonlardaki düşey ağırlık merkezi değerleri de hesaba katılacaktır.

d_1 , 11 metredeki KG = 12.790 metre olarak tam yüklü kondisyondan belirlenmiştir.

d_p , geminin ara yüklü draftı 8.000 metredeki KG değeri 12.447 metre olarak belirlenmiştir, izin verilen en büyük KG değeridir.

Çizelge 4.16 Kondisyonların draft ve ağırlık merkezi değerleri

Su Hattı	Draft (m)	KG (m)
Bölmelendirme su hattı	11.000	12.790
Ara yüklü su hattı	8.000	12.447

En fazla 3 bitişik bölgenin yaralanması kabulü yapılarak olasılıklı yaralı stabilite sonuçları elde edilecektir.

3 bitişik bölge kabulünün ardından yaralanma senaryoları 1, 2 ve 3 bölge için oluşturulur.

Son olarak, SOLAS90 olasılıklı yaralı stabilite kuralları ile analiz yapılır.

Çizelge 4.17 Bölge sayısına göre yaralanma olasılığı ve A indeksi

	<i>p.r.v.</i> 0.5	A
1 Bölge Yaralanması	0.3633	0.3074
2 Bölge Yaralanması	0.3073	0.1831
3 Bölge Yaralanması	0.2028	0.1157
Toplam	0.8734	0.6062

Gemide oluşabilecek tüm yaralanmaların olasılıkları toplamı 1'dir. Tasarımcının bir güvenlik seviyesi belirlemesi doğrultusunda en fazla bitişik 3 bölgenin yaralanma hesaplamaları yapılmıştır. Çizelge 4.16'de görüldüğü üzere, hesaplamada yer alan yaralanma olasılıklarının toplamı 0.8734'tür. A indeksi de 0.6062 olarak hesaplanmıştır. Yaralanan bölge sayısının artması ile daha kritik yaralı stabilite sonuçlarının orta çıkmıştır ve hayatta kalma olasılığı s 'in A indeksine yaptığı katkı azalmaktadır.

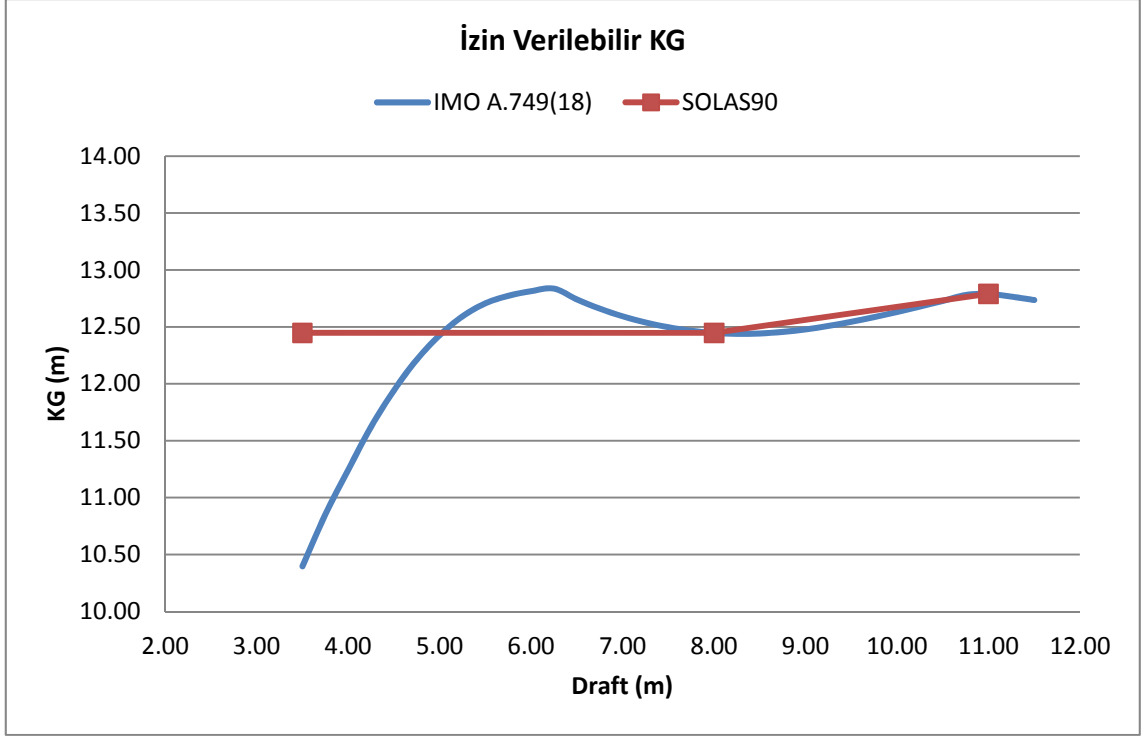
Çizelge 4.18 Kondisyona göre A indeksine yapılan katkı

Su Hattı	Draft (m)	KG (m)	<i>p.r.v.</i> 0.5	Ağırlık Faktörü	Ulaşılan Bölmeleme İndeksi, A	A.0.5
Bölmelendirme su hattı	11.00	12.790	0.4367	0.5	0.3616	0.1808
Ara yüklü su hattı	8.00	12.447	0.4367	0.5	0.8507	0.4254
Toplam			0.8734			0.6062

Sonuç olarak, gerekli bölmeleme indeksi (3.87)'ye göre hesaplandığında:

$R = 0.5502$ olarak bulunur.

$A > R$ olduğundan gemi SOLAS90 olasılıklı yara stabilite kriterini sağlamaktadır. Hasarsız stabilite kurallarıyla tanımlanan KG eğrisi, olasılıklı yara stabilite hesabıyla yeniden tanımlanmıştır.



Şekil 4.12 İzin verilebilir KG - SOLAS90

4.2.2 1900 TEU Konteyner Gemisi Olasılıklı Yaralı Stabilite Hesabı (SOLAS 2009)

SOLAS 2009'a göre hayatta kalma olasılıkları (3.46)'da belirtildiği gibi 3 yükleme kondisyonu üzerinden hesaplanmaktadır. ν faktörünün hesaplanabilmesi bu 3 yükleme kondisyonu için draftlar belirlenmelidir.

d_s , en derin bölmelendirme draftı, gemiye atanan yaz draftıdır.

d_p , ara yüklü bölmelendirme draftıdır.

d_l , en az servis draftıdır. Genel olarak yük gemileri için balastlı varış kondisyonundaki su çekimidir. Bu durumda;

$$d_p = d_l + 0.6(d_s - d_l) \quad (4.8)$$

$d_s = 11.000$ metredir.

d_l , balastlı varış kondisyonundaki drafttır.

$d_l = 7.180$ metredir. 0.74 metre kıça trimlidir.

$$d_p = 7.180 + 0.6(11.000 - 7.180) \quad (4.9)$$

$d_p = 9.472$ metredir.

SOLAS90 olasılıklı yaralı stabilite kurallarıyla kıyaslama yapabilmek için $d_l = 7.180$ metredeki KG değeri, Çizelge 4.16'da yer alan ara yüklü durumdaki KG değeri olan 12.447 metre olarak kabul edilmiştir.

$d_s = 11.000$ metredeki KG değeri ise, yine tam yüklü durumdaki KG değeri olan 12.790 metre olarak alınır.

$d_p = 9.472$ metredeki KG değerini bulabilmek için d_l ve d_s kondisyonlarındaki KG değerleri arasında doğrusal interpolasyon yapılır. Ara yüklü su hattı için KG değeri 12.615 metre olarak bulunur.

Çizelge 4.19 SOLAS 2009 göre kondisyonların draft ve ağırlık merkezi değerleri

Su Hattı	Draft (m)	Trim (m)	KG (m)
Bölmelendirme su hattı	11.000	0.000	12.790
Ara yüklü su hattı	9.472	0.000	12.615
En az servis draftı	7.180	0.740 (Kıça)	12.447

SOLAS 2009 olasılıklı yaralı stabilite analizinin sonucunda;

Çizelge 4.20 Bölge sayısına göre yaralanma olasılığı ve A indeksi

	$p.r.v.(af)$	A
1 Bölge Yaralanması	0.4527	0.3408
2 Bölge Yaralanması	0.3271	0.1674
3 Bölge Yaralanması	0.1572	0.0658
Toplam	0.9370	0.5741

Çizelge 4.21 Kondisyona göre A indeksine yapılan katkı

Su Hattı	Draft (m)	KG (m)	Ağırlık Faktörü (af)	<i>p.r.v.</i> (af)	Ulaşılan Bölmeleme İndeksi, A	A.(af)	R.0.5
Bölmelendirme su hattı	11.00	12.790	0.4	0.3748	0.3526	0.1410	0.3089
Ara yüklü su hattı	9.472	12.615	0.4	0.3748	0.6252	0.2501	0.3089
En az servis draftı	7.180	12.447	0.2	0.1874	0.9151	0.1830	0.3089
Toplam				0.9370		0.5741	

SOLAS 2009 olasılıklı yara stabilite kurallarına göre yapılan analizde yer alan yaralanma olasılıklarının toplamı 0.9370'tir.

Gerekli bölmeleme indeksi R, (3.89)'a göre 0.6177 olarak hesaplanır.

Her yükleme kondisyonu için hesaplanan kısmi A indeksi 0.5R'den büyük olup kriteri sağlamıştır.

$$A_s, A_p, A_l \geq 0.5R \quad (4.10)$$

Fakat ulaşılan bölmeleme indeksi A, 0.5741 olarak hesaplanmıştır, $R > A$ olduğundan, uygulama yapılan gemi, SOLAS90 olasılıklı yara stabilite kriterini sağlar iken SOLAS 2009 yaralı stabilite kriterini sağlamamaktadır.

Çizelge 4.22 SOLAS90 - SOLAS 2009 fark(%)

	SOLAS90	SOLAS 2009	Fark (%)
R İndeksi	0.5502	0.6177	12.3
A İndeksi	0.6062	0.5741	5.3

SOLAS 2009'a göre yapılan hesaplama da R indeksinin eski kural setine göre %12.3 yükselmesi bunun yanında A indeksinde de düşüş yaşanmasıyla gemi yeni kural setinde kriteri sağlayamamıştır.

SOLAS 2009 kural setine göre gerekli bölmeleme indeksi R'nin, SOLAS90'a göre hesaplanan R indeksine göre %12.3 arttırılarak güvenlik seviyesinin daha üst seviyelere çekilmek istenildiği görülmüştür. Diğer taraftan her iki kural setinde en derin bölmeleme draftında A indeksi birbirine yakın sonuç vermesine rağmen SOLAS90'daki ağırlık oranının 0.5'den SOLAS 2009'da 0.4'e düşmesi ile en derin bölmeleme kondisyonunda A indeksine yapılan katkı azalmıştır.

SOLAS 90' da ara yüklü su hattında hesaplanan A indeksi (0.4254) ile SOLAS 2009'da hesaplanan ara yüklü su hattındaki ve en az servis draftındaki A indeksleri toplamının (0.2501+0.1803) toplam A indekslerine yaptıkları katkı birbirlerine yakındır.

SOLAS 2009'da R indeksindeki büyük artıştan ve de A indeksinin hesaplanmasında ağırlık faktörlerinin etkisinden dolayı gemi yaralı stabilite kriterlerini sağlayamamıştır.

Bu aşamada yeni bir tasarım ya da bölmelendirmeye gidilmektense geminin olasılıklı yaralı stabilite kriterlerini sağlayabilmesi için ulaşılan A indeksi incelenmelidir.

Yaralanmalarının ardından hayatta kalma olasılığının, $s = 0$ olduğu durumlar tespit edilmelidir. Bu kondisyonların A indeksine katkı yapmaları sağlanmalıdır bunun için suya giren açıklıkların pozisyonlarının değiştirilmesi ya da daha iyi yaralı stabilite sonuçlarının elde edilebilmesi için daha düşük KG'de yaralı stabilite hesaplarının yapılması gerekmektedir.

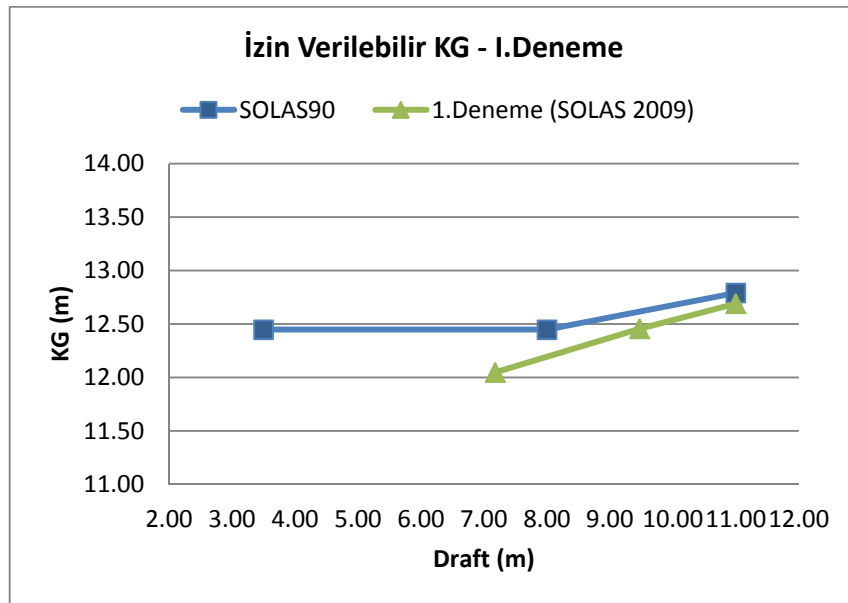
SOLAS 2009 yaralı stabilite kriterlerine uymayan konteyner gemisinin bu kriteri sağlayabilmesi için hesaplamaların yapıldığı 3 kondisyonun KG değerleri aşağıya çekilerek (GM değerleri arttırılarak), yaralı stabilite sonuçlarının iyileştirilmesi dolayısıyla hayatta kalma olasılığının arttırılması ve A indeksine olan katkısının arttırılması planlanmıştır.

I.Deneme

Çizelge 4.23 I. denemede azaltılmış KG değerleri

Su Hattı	Draft (m)	Trim (m)	KG (m)	KG (m) (Azaltılmış)	Fark (cm)
Bölmelendirme su hattı	11.000	0.000	12.790	12.690	10
Ara yüklü su hattı	9.472	0.000	12.615	12.465	15
En az servis draftı	7.180	0.740 (Kıç)	12.447	12.047	40

Yeni bir olasılıklı stabilite analizi uygulayabilmek için düşürülen KG değerlerinin oluşturulan Çizelge 4.23'te, en derin bölmeleme su hattı, geminin yaz yüklü su hattındaki KG değeri 10 cm. azaltılarak geminin tam yüklü kondisyonunda taşıyabileceği konteyner sayısı azaltılmıştır. Ara yüklü su hattında, KG 15 cm. düşürülmüş, en az servis draftında da KG 40 cm. düşürülerek tekrar hesaplama yapılmıştır. Yükleme kondisyonu ile A indeksine katkı oranlarındaki ağırlık katsayıları göz önünde bulundurulduğunda (0.4, 0.4, 0.2) en az servis draftında diğer kondisyonlara oranla KG çok daha fazla azaltılmıştır.



Şekil 4.13 I. denemede izin verilebilir KG eğrisi

Yeni KG değerleriyle yapılan denemede, olasılıklı yaralı stabilite analizi sonucunda A indeksi 0.6181 olarak hesaplanmıştır. Ulaşılan indeks A'nın, gerekli bölmeleme indeksi R, (0.6177)'den büyük olmasından dolayı gemi yaralı stabilite kriterini sağlamıştır.

Çizelge 4.24 I. denemedeki A indeksi

Su Hattı	Draft (m)	KG (m)	Ağırlık Faktörü (af)	Ulaşılan Bölmeleme İndeksi, A	A*(af)	R*0.5
Bölmelendirme su hattı	11.00	12.690	0.4	0.4036	0.1615	0.3089
Ara yüklü su hattı	9.472	12.455	0.4	0.6786	0.2714	0.3089
En az servis draftı	7.180	12.047	0.2	0.9259	0.1852	0.3089
Toplam					0.6181	

İlk denemede geminin tam yüklü kondisyonunda yük kaybına izin verilip kondisyonun KG'si 10 cm. düşürülerek olasılıklı yaralı stabilite hesabı yapılmıştır. Fakat ticari bir geminin inşa ediliş amacı itibariyle mümkün olan en fazla miktarda yükü taşınması istenir. 2. denemede, geminin tam yüklü kondisyonunda KG değeri sabit tutulmuştur. En az servis draftta KG değeri ve ara yüklü kondisyonunda KG değeri azaltılıp yaralı stabilite hesaplaması yapılmıştır.

II. Deneme

Çizelge 4.25 II. denemede azaltılmış KG değerleri

Su Hattı	Draft (m)	Trim (m)	KG (m)	KG (m) (Azaltılmış)	Fark (cm)
Bölmelendirme su hattı	11.000	0.000	12.790	12.790	-
Ara yüklü su hattı	9.472	0.000	12.615	12.295	32
En az servis draftı	7.180	0.740 (Kıça)	12.447	12.047	40

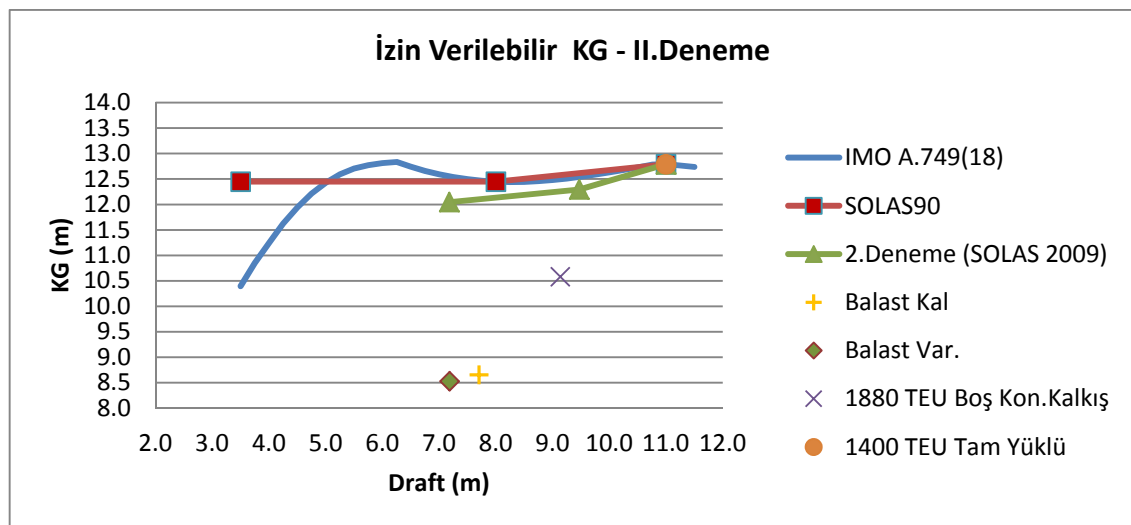
Yeni KG değerleriyle yapılan olasılıklı yaralı stabilite analizi denemesi sonucunda A indeksi 0.6477 olarak hesaplanmıştır. Ulaşılan İndeks A, Gerekli bölmeleme indeksi R, (0.6177)'den büyük olmasından dolayı gemi yaralı stabilite kriterini sağlamıştır.

Çizelge 4.26 II. denemede A indeksi

Su Hattı	Draft (m)	KG (m)	Ağırlık Faktörü (af)	Ulaşılan Bölmeleme İndeksi, A	A*(af)	R*0.5
Bölmelendirme su hattı	11.00	12.790	0.4	0.4036	0.1615	0.3089
Ara yüklü su hattı	9.472	12.615	0.4	0.6786	0.2714	0.3089
En az servis draftı	7.180	12.447	0.2	0.9259	0.1852	0.3089
Toplam					0.6477	

SOLAS 2009 olasılıklı yaralı stabilite kriterlerini sağlamayan 1900 TEU'luk konteyner gemisinin kriteri sağlayabilmesi için daha çok oranda ara yüklü su hattının KG değeri azaltılarak, R indeksinden büyük bir A indeksine ulaşılması sağlanmıştır.

Olasılıklı yaralı stabilite hesabında kullanılan kondisyonların KG değerleri, geminin trim ve stabilite kitabında yer alan ilgili yüklemeler göz önünde bulundurularak, bu değerlere uygun şekilde belirlenmiştir.



Şekil 4.14 İzin verilebilir KG ve tipik kondisyonların gösterimi

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, olasılıklı yara stabilite kavramı açıklanmış olup yolcu ve yük gemileri için uyumlu hale getirilmiş olasılıklı yaralı stabilite kurallarının konteyner gemileri üzerindeki etkileri incelenmiştir.

SOLAS90 olasılıklı yaralı stabilite hesaplamaları 2 draft üzerinden gerçekleştirilirken SOLAS 2009 olasılıklı yaralı stabilite hesaplamalarının 3 draftta göre gerçekleştiriliyor olması, her bir kondisyondaki kısmi A indeksinin 0.5R indeksinden büyük olması zorunluluğu ve toplam A indeksi hesaplanırken her kondisyon için ağırlık faktörünün dağılımı yeni kural seti ile gelen en büyük radikal değişikliklerdir. Bunun yanında en büyük yara uzunluğunun 48 metreden 60 metreye çıkarılmış olması ve kondisyona göre değişen permeabilite değerleri de diğer değişikliklerdir.

Eski ve yeni kural setleri konteyner gemilerine uygulanmış ve sonuçlar incelenmiştir. Konteyner gemileri için Hasarsız Stabilite Kodu'na göre (IMO A749(18)) izin verilebilir en büyük KG eğrisi tanımlanmış ardından ilk hesaplamalar SOLAS90, ikinci hesaplamalar SOLAS 2009 kural seti için yapılmıştır.

500 TEU konteyner gemisi için yapılan SOLAS90 olasılıklı yaralı stabilite analizi sonucunda A ve R indeksleri sırasıyla 0.5759, 0.4787 olarak hesaplanmıştır. Geminin olasılıklı yaralı stabilite kriterini sağlamasına rağmen ardışık 2 ambarın yaralanması sonucunda hayatta kalma olasılığının çok düşük olması ve dolayısıyla A indeksine olan katkısının düşük olması dikkati çekmiştir.

Kıyaslama yapabilmek için SOLAS90'da hesaplanan ara yüklü drafttaki KG değeri, SOLAS 2009'daki en az servis draftındaki KG değeri kabul edilmiştir.

Ayrıca, ara yüklü drafttaki KG değeri tam yüklü durumdaki KG değeri olarak kabul edilmiştir. A ve R indeksleri sırasıyla 0.5444, 0.5288 olarak hesaplanmıştır. SOLAS 2009'da R indeksinde %10.5 gibi bir artış olmasına rağmen SOLAS 2009 olasılıklı yaralı stabilite kriteri sağlanmıştır.

SOLAS 2009 ile daha yüksek güvenlik seviyeleri beklentileri olmasına rağmen, 2 ambarın yaralanması durumunda geminin hayatta kalma olasılığı SOLAS90'a göre daha azdır. Ancak yine de izin verilebilir KG eğrisi, yeni kural setinin eski kural setine göre daha yüksek KG değerlerine izin verecek ölçüde yeniden tanımlanmıştır.

1900 TEU konteyner gemisi için yapılan SOLAS90 olasılıklı yaralı stabilite analizi sonucunda A ve R indeksleri sırasıyla 0.6062, 0.5502 olarak hesaplanmıştır. Geminin olasılıklı yaralı stabilite kriterini sağlamasına rağmen bu gemide de ardışık 2 ambarın yaralanması sonucunda hayatta kalma olasılığının çok düşük olması ve dolayısıyla A indeksine olan katkısının düşük olması dikkati çekmiştir.

Kıyaslama yapabilmek için SOLAS90'da hesaplanan ara yüklü drafttaki KG değeri, SOLAS 2009'daki en az servis draftındaki KG değeri kabul edilmiştir. Ara yüklü drafttaki KG değeri ise doğrusal interpolasyon ile bulunmuştur. A ve R indeksleri sırasıyla 0.5741 0.6177 olarak hesaplanmıştır. SOLAS90 draft ve KG değerleri kullanıldığında SOLAS 2009 olasılıklı yaralı stabilite kriteri sağlanamamıştır.

R indeksindeki %12.3'lük artışla birlikte A indeksi de yeni kural seti uygulandığında %5.3 düşüktür.

Geminin mevcut bölmelendirilmesinde değişikliğe gidilmeden, tüm kondisyonların KG değerleri düşürülüp (GM değerleri arttırılıp) yeni bir olasılıklı yaralı stabilite analizi yapılmıştır. Ağırlık faktöründen dolayı daha etkin olan bölmelendirme draftında KG değeri 10 cm. düşürülerek tam yüklü durumda yük kaybedilmiştir.

Analiz sonucunda A ve R indeksleri sırasıyla 0.6188, 0.6177 olarak hesaplanmıştır ve olasılıklı yaralı stabilite kriterinin sağlandığı görülmüştür. Fakat ticari bir geminin yük kaybına uğramasının arzu edilmeyen bir durum olmasından dolayı 2. bir analize gidilmiştir. Tam yüklü kondisyonun KG değerinden taviz verilmeden, ara yüklü kondisyonun KG değeri, geminin yüklemeleri de göz önünde bulundurularak daha fazla azaltılıp hesaplama tekrarlanmıştır.

Sonuçta A indeksi 0.6477 olarak hesaplanmıştır ve SOLAS 2009 olasılıklı yaralı stabilite kriteri sağlanmıştır.

2. deneme sonucunda izin verilebilir KG eğrisi yeniden tanımlanmıştır. SOLAS 2009 kurallarının 1900 TEU konteyner gemisi için daha düşük KG değerlerine izin verildiği görülmüştür.

Yapılan çalışmada, HARDER projesinin temeli amacı olan SOLAS90 ile denk güvenlik seviyesine sahip yeni bir kural setinin oluşturulamadığı görülmektedir. R indeksindeki büyük artışla birlikte daha düşük A indeksinin hesaplanması doğrultusunda SOLAS90 ile SOLAS 2009 olasılıklı yaralı stabilite kuralları arasındaki güvenlik seviyesi dengesinin belirli bir boy aralığındaki gemiler için yakalanabileceği söylenebilir.

R indeksindeki artış ile güvenlik seviyesinin arttırılmış olmasına rağmen 1 bölge yaralanmasının sonrasındaki yaralanmalarda konteyner gemileri için hayatta kalabilirliğin düşük bir olasılığa sahip olduğu tespit edilmiştir.

İki kural seti için hayatta kalabilirliği inceleyebilmek, güvenlik seviyeleri arasındaki farkı aydınlatabilmek için üçüncü bir bağımsız risk tabanlı yaklaşımın kullanılması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Vassalos,D., York A., Jasionowski A., Kanerva M., Scott A., (2007). "Design implications of the new harmonized damage stability regulations", International Ship Building Progress 54, 339-361.
- [2] SNAME, (1988). Principles of Naval Architecture, Volume I Stability and Strenght, ISBN No. 0-939773-00-7.
- [3] Tagg R., Bartzis P., Papanikolaou A., Spyrou K., Lützen M., (2002). "Updated vertical extent of collision damage", Marine Structures 15, 475-498.
- [4] IMO, Regulations on subdivision and stability of passenger ships. As an equivalent to Part B of Chapter II of the International Convention for the Safety of Life at Sea, 1960, Resolution A265, London, 1974.
- [5] MSC 19(58) (1990). The Maritime Safety Committee, amendments to chapter II-1 of the 1974 SOLAS Convention, containing regulations which relate to standards of subdivision and damage stability for new cargo ships over 100 m in length.
- [6] Papanikolaou A. ve Eliopoulou E., (2008), "On the development of the new harmonized damage stability regulations for dry cargo and passenger ships", Reliability Engineering and System Safety 93, 1305-1316.
- [7] MSC 47(66), (1996) Adoption of Amendments to the International convention for the Safety of Life at Sea, 1974.
- [8] IMO, Circular Letter No. 1891 (Stockholm Agreement), "Regional agreement concerning specific stability requirements for Ro-Ro passenger ships", April 1996
- [9] HARDER, Harmonization of rules and design rationale. FP5 Project funded by the European Community, Contract No. G3RD-CT-1999-00028, 1999–2003. Final technical report, 31 July, 2003.
- [10] MSC80. Resolution MSC.194(80) - Adoption of Amendments to the International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS), 1974, as amended, May 20, 2005.

- [11] Papanikolaou, A. ve Eliopoulou, E., "Impact of New Damage Stability Regulations on Ship Design", Proc. 2nd Int. Maritime Conference on Design for Safety, Sakai-Osaka, October 2004
- [12] Bertorello C., Caldarella S., Cassella P., (2003). "On the probabilistic subdivision of ships", 8. International Conference on the Stability of Ships and Ocen Vehicles", "STAB 2003", 15-19 Eylül 2003, Madrid.
- [13] Skjong R., Vanem E. (2002). "Damage Stability Evaluation in Collision of Bulk Carriers" ICCGS, 2nd International Conference on Collision and Grounding of Ships, 1-3 July 2001, Copenhagen.
- [14] Gullaksen J. (2011). "A Pratical Guide to Damage Stability Assesment – Regulation on Damage Stability", "The Damaged Ship", 26-27 January 2011, London.
- [15] Hutchinson K. W., Scott A L., Wright P N H., Woodward M D., Downes J (2011). "Consideration of damge to ships from conceptual design to operation: The implications of recent and potential future regulations regarding application, impact and education", "The Damaged Ship", 26-27 January 2011, London.
- [16] MSC80. Resolution MSC.281(85) - Explanatory Notes to the SOLAS Chapter II-1 Subdivision and Damage Stability Regulations, 4 December 2008
- [17] Lauridsen P. H., Jensen J. J., Baatrup J. (2001) "Ship design using probabilistic stability rules- a sensitivity study", "Practical Design of Ships and Other Floating Structures" PRADS 2001, Vol 1: 261-267, 16-21 September 2001, Shanghai
- [18] Koelman H. J., Pinksqter J. (2003). "Rationalizing the practice of probabilistic damage stability calculations", International Ship Building Progress 2003, 239-253.
- [19] Koelman H. J., (2006)," A new method and program for probabilistic damage stability", COMPIT'06, 8-11 May 2006, Oegstgeest.
- [20] Tuzcu C., (2003), "Development of Factor-S: The Damage Survival Probability", 8th International Conference on the Stability of Ships and Ocen Vehicles", STAB 2003", 15-19 Eylül 2003, Madrid, 415-430.
- [21] Ulusoy G. (1997), Olasılıklı Yaralı Stabilite Metodunun İncelenmesi ve Uygulamaları, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [22] Tuzcu C. (1998), Yolcu/Taşıt Ferilerinin Yaralı Stabilite Standartlarının Sağlanması için Yapılması Gereken Değişiklikler, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ ,Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- [23] Akyıldız H., Taylan M. (2003). "Gemilerde Olasılıklı Yaralı Stabilite Analizi", Gemi ve Deniz Teknolojisi Dergisi,158: 20-26
- [24] Yılmaz H., (2006). Gemi Hidrostatığı ve Stabilitesi, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- [25] Türk Loyd (TL), (2002). Intact ve Yaralı Stabilite Kuralları, İstanbul.

- [26] Pawlowski, M., (2004) Subdivision and damage stability of ships. Politechnika Gdańska, Gdansk
- [27] IMO (1991). Resolution A.684: “Explanatory notes to the SOLAS regulations on subdivision and damage stability of cargo ships of 100 metres in length and over”. Technical report, IMO.
- [28] Wendel K., (1968). “Subdivision of Ships”, Diamond Jubilee International Meeting - 75th Anniversary, SNAME, paper No 12, pp. 27, New York
- [29] Özel C., (2002). Çıkarma Gemileri İçin Yaralı Bölme Boyunun Olasılık Hesabına Göre İncelenmesi, “Yüksek Lisans Tezi”, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [30] Papanikolaou A., Mains C., Rusaas S., Szalek R., Tsakalakis N., Vassalos D. Zaraphonitis G., (2010).” GOALDS – Goal Based Damage Stability”, 11th International Ship Stability Workshop, 21-23 June 2010, Wageningen.
- [31] Baltersen J.P., Erichsen H., Presentation of Probabilistic Damage Stability regulations, New SPS Code and MARPOL Regulation 12A, LR, Copenhagen Design Support Centre <http://www.skibstekniskelskab.dk/> , 11 Ekim 2009
- [32] GL, Leaflet for damage stability calculation according to SOLAS 2009 <http://www.gl-group.com>, Version 1.2, 23 Temmuz 2008, Hamburg

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı :Erdem SOYDAR
Doğum Tarihi ve Yeri :15/07/1985 Aydın
Yabancı Dili :İngilizce, İtalyanca
E-posta :erdemsoydar@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Y. Lisans	Gemi İnş.& Gemi Mak. Müh.	Y.T.Ü.	
Lisans	Gemi İnş.& Gemi Mak. Müh.	Y.T.Ü.	2008
Lise	Fen	Aydın Adnan Menderes Anadolu Lisesi	2003

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2008 - ...	Delta Marine A.Ş.	Gemi İnş. ve Gemi Mak. Müh.