T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ-CERRAHPAŞA
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

Buzlanmanın Yük Operasyonları ve Gemi Stabilitesi Üzerindeki Etkilerine Yönelik Ampirik Bir Çalışma

İDRİS TURNA

TEZ DANIŞMANI
DOÇ.DR.GÖKHAN KARA

DENİZ ULAŞTIRMA VE İŞLETME MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
DENİZ ULAŞTIRMA VE İŞLETME MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI

İSTANBUL-2019

Bu çalışma 03.12.2019 Tarihinde aşağıdaki jüri tarafından
Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği Anabilim Dalı, Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği Programı Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

TEZ JÜRİSİ

Doç. Dr. Gökhan KARA
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Mühendislik Fakültesi

Prof. Dr. Ahmet ERGİN
İstanbul Teknik Üniversitesi
Gemi İnşaatı ve Deniz Bilimleri Fakültesi

Prof. Dr. Cengiz DENİZ
İstanbul Teknik Üniversitesi
Denizcilik Fakültesi

Doç. Dr. Devrim Bülent DANIŞMAN
İstanbul Teknik Üniversitesi
Gemi İnşaatı ve Deniz Bilimleri Fakültesi

Dr.Öğr.Üyesi Murat YILDIZ
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Mühendislik Fakültesi

20.04.2016 tarihli Resmi Gazete'de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa'nın abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

ÖNSÖZ

İlkokul yıllarında babamın desteği ile başlayan ve nefes aldığım sürece devam edecek denizcilik eğitim sürecim içerisinde öğrencilik bölümünün sonuna gelmiş bulunmaktayım. Zabitlikten, gemi kaptanlığına ve sonrasında akademisyenliğe uzanan kariyerim boyunca deniz ve vatan sevgisi her daim enerji kaynağım olmuştur. Ulu önder Mustafa Kemal başta olmak üzere Kazım Karabekir Paşa, İsmet Paşa, Ali Fuat Paşa, Fevzi Paşa gibi vatanperver subayların yanında milli mücadeleye katılan tüm Türk halkına bizlere bıraktıkları destanlaşmış tarihimizden ötürü teşekkürü borç bilirim. Ayrıca içimde deniz sevgisi oluşmasında katkısı olduğunu düşündüğüm Jules Verne, Ernest Hemingway, Cevat Şakir Kabaağaçlı, Jack London ve Clive Cussler isimli yazarlara muhteşem eserlerinden ötürü teşekkür ederim.

Lisans ve Yüksek lisans eğitim sürecinde desteğini esirgemeyen hocam sayın Prof.Dr. Ersan BAŞAR'a; akademik kariyerimin başında akademik çalışmaların nasıl yapılandırılması gerektiğine dair verdiği değerli bilgilerden ötürü sayın Prof.Dr. İlhan ALTINOK hocama teşekkürlerimi arz ederim.

Başta danışmanım sayın Doç. Dr. Gökhan KARA hocama, tez çalışmalarım esnasında bilgi ve tecrübelerinden istifade etmeme müsaade eden ve desteğini esirgemeyen sayın Prof. Dr. Ahmet ERGİN hocama, yardımlarını esirgemeyen sayın Doç.Dr. Devrim Bülent DANIŞMAN hocama teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca yaptığım deneyler sürecinde altyapı olanaklarından istifade etmeme müsaade eden ve desteğini esirgemeyen Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi idarecilerine ve çalışanlarına, yardımlarını esirgemeyen sayın Emrah AYTEMİZ ve Sinan YAĞCI' ya teşekkür ederim.

Bu tez çalışmasını beni yetiştiren sevgili aileme, yaşantıma renk katan sevgili eşim Gamze TURNA'ya oğullarım Aybars, Yiğit ve Bahadır'a ithaf ediyorum.

Aralık 2019 İdris TURNA

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ iv
İÇİNDEKİLER v
ŞEKİL LİSTESİ viii
TABLO LİSTESİ xi
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ xii
ÖZET xiv
SUMMARY xvi
1. GİRİŞ 1
1.1. ÇALIŞMANIN AMACI 3
1.2. ÇALIŞMANIN KAPSAMI 4
2. GENEL KISIMLAR 6
2.1. ARKTİK BÖLGE DENİZ TAŞIMACILIĞI VE KUZEY DENİZİ ROTASI 6
2.2. DENİZ BUZLARININ DENİZ TİCARETİNE ETKİLERİ 8
2.2.1. Sigorta Ek Pirimleri 8
2.2.2. Buz Kıran Servisleri 9
2.2.3. Yükün Eksik Tahliye Edilmesi 10
2.3. BUZLANMAYA MARUZ BÖLGELER VE LİMANLAR 11
2.3.1. Estonya Limanları 12
2.3.2. Finlandiya Limanları 12
2.3.3. İsveç Limanları 12
2.3.4. Letonya Limanları 13
2.3.5. Rusya Limanları 13
2.3.6. Norveç Limanları 13
2.3.7. Çin Limanları 14
2.3.8. Büyük Göller Limanları 14
2.4. BUZ DİRENCİNE İLİŞKİN YAPILAN ÇALIŞMALAR 16
2.5. BUZUN MODELLENMESİNE İLİŞKİN YAPILAN ÇALIŞMALAR 26
2.6. BUZUN GEMİ STABİLİTESİNE ETKİLERİNE YÖNELİK ÇALIŞMALAR 31
2.7. MODEL BUZ VE MODEL GEMİ ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ 35

2.7.1. ITTC Model Buz Özellikleri için Test Yöntemleri 36
2.7.1.1. *Buzun Eğilme Mukavemeti (Flexural Strenght of Ice)* 36
2.7.1.2. *Model Buz Yoğunluğu (Density)* 37
2.7.1.3. *Model Buz Basınç Mukavemeti (Compressive Strength of Ice)*.....39
2.7.1.4. *Diş Açma Testi (Indenter Test)* 40
2.7.2. ITTC Model Gemiler için Gerekli Prosedürler ve Kılavuzlar 40
3. MALZEME VE YÖNTEM.....42
3.1. DENEY DÜZENEĞİNİN HAZIRLANMASI.....42
3.1.1. Gemi Modelinin Üretimi 42
3.1.2. Deney Tankı 44
3.1.3. Test Ortamı.....45
3.1.4. Ölçüm Aletleri.....46
3.2. YÖNTEM 49
3.2.1. Yüksüz Gemi 51
3.2.2. FWA ve DWA 52
3.2.3. Yaz Yükleme Hattına Göre Tam Yüklü Liman Kalkış Durumu 53
3.2.4. Tam Dolu Balastlı Liman Kalkış Durumu 55
3.2.5. Yerleşim Planı 58
3.2.6. Katkı Maddeleri 58
3.2.7. Kayıtların Tutulması 59
3.2.8. Çalışmanın Kısıtları 60
4. BULGULAR.....62
4.1. BUZSUZ ORTAM DENEYLERİ 62
4.2. TEST ORTAMI.....63
4.2.1. Ön Muhafaza Odası 65
4.2.2. Donmuş Muhafaza Odası 65
4.3. ÖLÇÜM ALETLERİ 65
4.4. VERİLERİN ELDE EDİLMESİ 66
5. TARTIŞMA VE SONUÇ 80
KAYNAKLAR.....84
EKLER 90
EK 1 Draft Markalarının Konumları (Stabilite Kitapçığı Syf. 29) 90
EK 2 Draft Markalarının Düzeltme Formülleri (Stabilite Kitapçığı Syf.30) 91
EK 3 Tam yüklü Kalkış Durumu (Stabilite Kitapçığı Syf.66) ... .92

EK 4 Tam yüklü Kalkış Durumu (Stabilite Kitapçığı Syf.67) 93
EK 5 Tam yüklü Kalkış Durumu (Stabilite Kitapçığı Syf.68) 94
EK 6 Tam Dolu Balastlı Kalkış Durumu (Stabilite Kitapçığı Syf.54) ... .95
EK 7 Tam Dolu Balastlı Kalkış Durumu (Stabilite Kitapçığı Syf.55) 96
EK 8 Tam Dolu Balastlı Kalkış Durumu (Stabilite Kitapçığı Syf.56) 97
EK 9 Hidrostatik Değerler (Stabilite Kitapçığı Syf.108) 98
EK 10 Hidrostatik Değerler (Stabilite Kitapçığı Syf.114) 99
EK 11 Deney 3, (Yükleme Durumu 1) 100
EK 12 Deney 7, (Yükleme Durumu 1) 100
EK 13 Deney 8, (Yükleme Durumu 1) 101
EK 14 Deney 8, (Numune Kesilen Noktaların Model Gemiden Uzaklığı) 101
EK 15 Deney 8, (Kesilen Numunenin Çapının Ölçülmesi) 102
EK 16 Deney 19, (Yükleme Durumu 2) 102
EK 17 Deney Aşamalarının Fotoğraflanması.....103
EK 18 Draft Sörvey Raporu 103
ÖZGEÇMİŞ 104

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1: NSR Üzerinden Taşınan Yük Miktarı (ASOP, 2018) …… 6

Şekil 2.2: Seyir Mesafeleri (Raza ve Schoyens, 2014) …….. 7

Şekil 2.3: Seyir Günlerinde Öngörülen Artış: NSR (Kara, 2015) ……. 8

Şekil 2.4: Japan P& I Club Yük Hasarı Tazminatları (Japan, 2016) ……. 11

Şekil 2.5: Bohai Körfezinde Buz Kalınlıkları (China, 2019) ……. 14

Şekil 2.6: Deniz Buzu Etkisinde Kalan Ülkeler ……. 15

Şekil 2.7: Konik Yapıların Buz Testleri (Huang, 2010) …… 19

Şekil 2.8: KV Svalbard Verileri (Gaup, 2015) ……..... 22

Şekil 2.9: MT Sotka Verileri (Gaup, 2015) …… 22

Şekil 2.10: Hesaplanan Dirençler (Polach ve diğerleri, 2015) ……...… 22

Şekil 2.11: Viking II Verileri (Hu ve Zhou, 2015) …… 23

Şekil 2.12: MT Uikku Verileri (Hu ve Zhou, 2016) ……. 23

Şekil 2.13: Healy, Araon ve KV Skalbard Verileri (Jeong ve diğerleri, 2017) ……. 25

Şekil 2.14: Model Buz Eğilme Mukavemetleri (Polach ve diğerleri, 2019) …… 30

Şekil 2.15: Buzlanma Tahminleri (Orimolade ve diğerleri, 2017) ……..…….. 32

Şekil 2.16: Deniz Serpintisi Buzlanma Etkileri (Dehghani ve diğerleri, 2017) ……. 33

Şekil 2.17: Deniz Serpintisi Buzlanması Etkileri (Andrei, 2018) …….. 34

Şekil 2.18: Model 5748 ve Eklenen Ağırlıkların Konumları (Lin ve Earls, 2019) …… 35

Şekil 2.19: Kiriş Boyutları (ITTC, 2014) …….…….. 36

Şekil 2.20: Manivela Kiriş Testi Düzeneği (ITTC, 2014) ……. 37

Şekil 2.21: Yoğunluk Tespit Düzeneği: Birinci Yöntem (ITTC, 2014) …… 37

Şekil 2.22: Yoğunluk Tespit Düzeneği: İkinci Yöntem (ITTC, 2014) …….. 38

Şekil 2.23: Yoğunluk Tespit Düzeneği: Üçüncü Yöntem (ITTC, 2014) ……... 38

Şekil 2.24: Sıkıştırma Düzeneği Şeması (ITTC, 2014) ……. 39

Şekil 2.25: Model Buz Kalınlığının Ölçülmesi (ITTC, 2014) …….. 39

Şekil 2.26: Diş Açma Düzeneği (ITTC, 2014) …….. 40

Şekil 3.1: Tam Ölçekli Gemi Yerleşim Planı ..……..... 43

Şekil 3.2: 3D Gemi Çizimi ……. 43

Şekil 3.3: Ölçekli Model CNC İşleme Süreci ..……. 44

Şekil 3.4: Boya ve Su Hattı Çizim İşlemleri ……..... 44

Şekil 3.5: Can Salı Çadırı Söküm İşlemleri ..…… 45

Şekil 3.6: Can Salı Test İşlemleri ..…….…… 45

Şekil 3.7: Soğuk Hava Odası ……. 46

Şekil 3.8: Reflaktometre RHS-10 ATC ..…….. 46

Şekil 3.9 Multimetre HQ40D ……. 47

Şekil 3.10: Hassas Terazi JWQ-30K ……..…..…… 47

Şekil 3.11: Çubuk Tipi Termometre ....…….. 48

Şekil 3.12: Kumpas 150 Milimetre …… 48

Şekil 3.13: Model Rıhtım ……... 49

Şekil 3.14: Tam Yüklü Model Gemi …….. 50

Şekil 3.15: Boş Gemi Ağırlıklarının Gemi Boyuna Dağılımı …… 51

Şekil 3.16: Yük İstif Planı "Yüklü Kalkış"(Δ:138,87 kg) ……..…… 54

Şekil 3.17: Yük İstif Planı "Tam Dolu Balastlı Kalkış" (Δ:75,65 kg) ……. 57

Şekil 3.18: Ön Muhafaza Odası Yerleşim Planı …… 58

Şekil 4.1: TPC Markaları "Vasat Draft"……. 62

Şekil 4.2: Rıhtım Blokları ……. 63

Şekil 4.3: Tank Suyunun Tuzluluğunun Ölçümü …….. 63

Şekil 4.4: Vasat Draft Konumu ……. 64

Şekil 4.5: Yüklü Su Hattı ……..…….. 64

Şekil 4.6: Kayıtların Tutulması …….……. 66

Şekil 4.7: Ağırlıkların Hazırlanması ……..… 66

Şekil 4.8: Ön Muhafaza Odası Sıcaklık Kayıtları ……..…… 68

Şekil 4.9: Donmuş Muhafaza Odası ……..……. 68

Şekil 4.10: Donmuş Muhafaza Odası Yerleşim Planı …….…..... 69

Şekil 4.11: W3 Ağırlık Değeri ……... 71

Şekil 4.12: Model Buz Yoğunluğunun Ölçülmesi …….…… 71

Şekil 4.13: Buz temas yüzey alanı ile TPC artış değeri arasındaki ilişki ……... 74

Şekil 4.14: Kesme Yüzeyi …….……. 75

Şekil 4.15: Su Hattı Uzunluğu …….. 75

Şekil 4.16: Draft ve Su Hattı Boyu İlişkisi ...……. 76

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1: Yıllık Elleçlenen Yük Miktarları …..…….. 15

Tablo 2.2: Test Sonuçları (Lubbad ve Løset, 2011) …….. 20

Tablo 2.3: Test Sonuçlarının Kıyaslanması (Myland ve Ehlers, 2014) …… 21

Tablo 2.4: Buz Modellemesine İlişkin Yapılan Çalışmalar (Polach ve diğerleri, 2019) ... 30

Tablo 2.5: Atmosferik Durumlar (Orimolade ve diğerleri, 2017) ……. 31

Tablo 2.6: Gemi Özellikleri (Orimolade ve diğerleri, 2017) ……. 32

Tablo 2.7: Gemi Stabilite Özellikleri (Orimolade ve diğerleri, 2017) …….. 32

Tablo 3.1: Gemi Parametreleri ……. 43

Tablo 3.2: Özet Stabilite Özellikleri: 1.Durum ……. 55

Tablo 3.3: Özet Stabilite Özellikleri: 2. Durum …… 57

Tablo 3.4: Katkı maddelerinin Özellikleri …… 58

Tablo 3.5: Model Buz Özellikleri ……. 59

Tablo 3.6: Deney Sırası ……..…….. 59

Tablo 4.1: Sıcaklık ve Basınç Kayıtları (Ön Muhafaza Odası) ……..... 67

Tablo 4.2: Sıcaklık ve Basınç Kayıtları (Donmuş Muhafaza Odası) …… 70

Tablo 4.3: TPC farkları ……. 72

Tablo 4.4: Yeni TPC Değerleri ……. 73

Tablo 4.5: Yükleme Sınırı İhlalleri …… 78

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Simgeler **Açıklama**

Δ : Deplasman

σi : Diş Açma Gücü (Paskal)

σ_c : Basınç Mukavemeti (Paskal)

P_i : Model Buz Yoğunluğu (k/m^3)

P_w : Su Yoğunluğu (k/m^3)

Kısaltmalar **Açıklama**

AD : Aliphatic Detergent

ASOP : Association of Russian Sea Ports

BIM : Baltic Icebreaking Management

DWA : Dock Water Allowance

DWT : Deadweight tonnage

EG : Ethylene glycol

FTA : Finnish Transport Agency

FWA : Fresh Water Allowance

GRT : Gross Tonnage

H&M : Hull and Machinery

HSVA : Hamburg Ship Model Basin

KSRC : Krylov State Research Centre

LNG : Liquefied Natural Gas

IACS : The International Association of Classification Societie's

ICS : International Chamber of Shipping

IMO : International Maritime Organization

ITTC : International Towing Tank Conference

LPP : Length Between Perpendiculars

MARPOL : The International Convention for the Prevention of Pollution from Ships

MCT : Moment to Change Trim

MIZ : Marginal Ice Zone

NMRI : National Marine Research Institute

NSR : Northern Sea Route

P&I : Protection and Indemnity

SCR : Suez Canal route

SOLAS : The International Convention for the Safety of Life at Sea

TEU : Twenty Foot Equivalent Unit

TPC : Tonnes Per Centimeter

ÖZET

BUZLANMANIN YÜK OPERASYONLARI VE GEMİ STABİLİTESİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNE YÖNELİK AMPİRİK BİR ÇALIŞMA

DOKTORA TEZİ

İdris TURNA

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Deniz Ulaştırma ve İşletme Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç.Dr. Gökhan KARA

Dünya genelinde birçok önemli ticari liman, mevsimsel olarak deniz buzu etkisinde kalmaktadır. Ticari gemilerin bu limanlara erişimi buz kıran servisleri yardımı ile sağlanmaktadır. Son yıllarda, küresel ısınmaya bağlı olarak özellikle kutup bölgelerinde zayıflayan buz formları nedeni ile kutupsal bölgelerdeki limanlara erişimin kolaylaştığı ve bu bölgelerde gemi trafiğinin arttığı göze çarpmaktadır. Ayrıca uzun dönemli iklim değişimi projeksiyonlarına göre, uluslararası deniz ticaretinin önemli bir kısmını oluşturan Uzakdoğu-Avrupa hattının bir bölümünün, taşıma maliyetini azaltması nedeniyle Kuzey Buz Denizi (NSR-Northern Sea Route) üzerinden gerçekleştirileceği tahmin edilmektedir. Deniz buzu ile kaplı sularda yükleme ve tahliye operasyonlarını gerçekleştiren gemilerin yük hesaplarının hassas olabilmesi için, çevre koşullarına bağlı olarak hesaplamalarına bazı düzeltmeler uygulamaları gerekmektedir. Örneğin, kar yağışı miktarına bağlı olarak gemi güvertesinde biriken toplam kar ve buz ağırlığı, öngörülemeyen bir faktördür, gemilerin stabilite kitapçıklarında bulunmamakla birlikte yük hesaplamalarında dikkate alınmalıdır. Yük hesaplarını etkileyen bir diğer önemli faktör ise, gemi bordasını çevreleyen buzun oluşturduğu etkidir. Gemi formuna, buzun kalınlığına ve geminin süratine bağlı değişim gösteren bu etki nedeni ile yükleme hesaplarında hatalar oluştuğu bilinmektedir. Bu çalışmanın amacı, sıfır sürate sahip gemilerin maruz kaldıkları farklı kalınlıklardaki deniz buzunun, gemi dengesi ve draftları (su çekimi) üzerindeki etkilerinin araştırılmasıdır. Draft sörveyi, gemilere yüklenen

veya tahliye edilen dökme veya kuru yük miktarlarının tespitinde kullanılan bir yöntemdir. Farklı limanlarda yük kantarı gibi yöntemler bulunmasına rağmen, draft sörveyi yöntemi gemiler için alternatifi olmayan tek yük hesaplama yöntemidir. Sıfır hıza sahip gemilerin maruz kaldıkları buz direncine ilişkin sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalarda buz direncinin gemi draftları ve dengesi üzerine etkilerinin detaylı olarak incelenmediği göze çarpmaktadır. Buzun gemi draftları üzerindeki etkisini belirlemek üzere ölçekli bir gemi modeli üzerinde deneysel bir çalışma planlanmıştır. Dijital çizimleri kullanılarak inşa edilecek ölçekli model, seçilen bir limana ait su özelliklerine uygun olarak oluşturulan bir test ortamında(tankında) buz etkisine maruz bırakılacak ve gemi draftındaki değişimler yükleme miktarına bağlı olarak ölçülecektir. Farklı buz kalınlıkları için işlemler tekrarlanacaktır. Çalışma sonucunda elde edilecek veriler, yük hesaplamalarında düzeltme faktörü olarak kullanılabilecek formatta düzenlenecektir. Buzun gemi draftları üzerine etkisinin yük hesaplarına dâhil edilmesi ile yük miktarı üzerine doğan anlaşmazlıkların önüne geçilmesi planlanmaktadır.

Aralık 2019, 122 sayfa.

Anahtar kelimeler: Buz direnci, Ölçekli model testi, Yük operasyonları, Draft sörvey

SUMMARY

AN EMPIRICAL STUDY OF THE EFFECTS OF ICING ON SHIP CARGO OPERATIONS AND ITS STABILITY

Ph.D. THESIS

İdris TURNA

Istanbul University-Cerrahpasa

Institude of Graduate Studies

Department of Maritime Transportation and Management Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Gökhan KARA

Many important commercial ports throughout the world are affected by sea ice seasonally. The access to these harbours by merchant ships is ensured by the ice-breaking services. It is seen that access to the ports in the polar regions has become easier and vessel traffic has increased due to the weakening ice forms in the polar regions caused by global warming in recent years. In addition, according to long-term climate change projections, the far East-Europe route which constitutes a significant part of international maritime trade, It is estimated that it will be via the Northern Sea Route (NSR) because of the lower transportation costs. In order for load calculations of vessels carrying out loading and discharging operations in waters covered with sea ice to be sensitive, it is necessary to make some corrections to their calculations depending on the environmental conditions. For example, the total weight of snow and ice accumulated on the ships deck depending on the amount of snowfall, is a factor cannot be foreseen, that is not to be found in the stability booklets but should be considered in calculations. Another important factor affecting the loading calculations is the resistance of ice that surrounds the ship's hull. It is known that this resistance, which varies depending on the construction form of ships, the thickness of ice and the speed of ships, causes mistakes in loading calculations. The aim of this study is to investigate the effects of sea ice which in

different thicknesses on the stability and draughts of vessels with zero speed. Draught survey is a method used to determine the quantities of bulk and dry cargoes loaded or discharged into vessels. Although there are different methods such as weighbridge which could be preferred on the shore side in different harbours, this method is the only calculation method which has no alternative for the vessel side. There are limited number of studies on ice resistance of zero speed vessels. In these studies, the effects of ice resistance on ship draughts and stability are not examined in detail. Disputes remain in the loaded or discharged cargo amount calculations due to the ice resistance affecting the draught surveys. An experimental study has been planned on a scale ship model to gauge the effect of ice on vessel draughts. The scale model that will be constructed using digital drawings will be subjected to ice effect in a test tank designed in accordance with the water characteristics of the selected port and the amount of change in the amount of load will be calculated depending on the vessel draughts. Processes for different ice thicknesses will be repeated. The data to be obtained as a result of the study will be arranged in a format that can be used as a correction factor in future calculations. It is planned to prevent conflicts on the amount of loaded or discharged cargo by including the ice resistance effect on draughts by in the calculations.

December 2019, 122 pages.

Keywords: Ice Resistance, Model Scale Test, Cargo Operations, Draught Survey

1. GİRİŞ

Denizyolu taşımacılığı birçok avantajı nedeniyle diğer taşıma yöntemleri arasında öne çıkmaktadır. Uzun mesafeler için birim maliyetlerinin düşük olması, farklı türlerdeki ham madde veya ürünlerin tek seferde çok büyük miktarlarda taşınmasına imkân vermesi, uluslararası sözleşmeler kapsamında getirilen yenilikler, denetlemeler ve sigorta zorunlulukları nedeniyle emniyetli olması, özellikle karayolu taşımacılığına kıyasla çevreye daha az zarar veriyor olması başlıca avantajları arasında gösterilmektedir. International Chamber of Shipping (ICS) verilerine göre Dünya ticaretinin yaklaşık yüzde 90'lık kısmı denizyolu ile taşınmaktadır (ICS, 2019).

Taşımacılık yöntemleri arasında en büyük yükü üstlenen denizyolu taşımacılığı sektörü Dünya ekonomisinin gelişiminin önemli göstergelerinden biri haline gelmiştir. Dünya ekonomisindeki olumlu gelişmelere bağlı olarak denizyolu taşımacılığında 2017 yılında yıllık yüzde 4 oranında bir büyüme gerçekleşerek toplamda 10,7 milyar tonluk bir hacme ulaşılmıştır (UNCTAD, 2018). Birleşmiş Milletlere göre 2018 ile 2023 yılları arasında denizyolu taşımacılığı sektöründe yıllık büyümenin yüzde 3,8 oranında gerçekleşeceği tahmin edilmektedir. Lloyd's List Intelligence ise 2017 ile 2026 yılları arasında sektördeki yıllık büyüme oranını yüzde 3,1 olarak tahmin etmektedir.

Denizyolu taşımacılığının temel unsurları insanlar, gemiler ve limanlardır. 1 Ocak 2018 tarihli Birleşmiş Milletler verilerine göre toplam ticari gemi sayısının 94171 olduğu görülmektedir. Filonun toplam Dedveyt (DWT) tonajı ise 1,92 milyar ton olarak belirtilmektedir. Toplam DWT tonajı içerisinde dökme yük türünde gemiler yüzde 42,5 ile en yüksek orana sahiptir. Dökme yük gemilerini yüzde 29,2 ile petrol tankerleri izlemektedir. Deniz ticari filosunun toplam DWT tonaja göre mülkiyet durumu incelendiğinde 330176 DWT ile Yunanistan'ın birinci sırayı aldığı görülmektedir. Yunanistan'ı Japonya, Çin ve Almanya izlemektedir. En çok tercih edilen ülke bayraklarına bakıldığında toplam 7914 kayıtlı gemi ile Panama'nın ilk sırayı aldığı görülmektedir. Panama'yı Marshall Adaları ve Liberya takip etmektedir. Deniz ticari filosunun kapasitesindeki değişim incelendiğinde 2017 yılında 42 milyon Gross (GRT) tonluk yüzde 3,3 oranına karşılık gelen bir artış göze çarpmaktadır.

Deniz taşımacılığında diğer bir önemli unsur olan limanların 2017 yılı performansları incelendiğinde en fazla yük elleçlenen 20 limanın toplamda 9,3 milyar tonluk bir kapasiteye eriştiği görülmektedir. Bu limanlardan sadece üç tanesi Asya kıtası dışında kalmaktadır. İlk sırayı 1 milyar ton ile Ningbo-Zhoushan almıştır. Onu Şangay ve Singapur limanları takip etmektedir. Denizyolu ile taşınan yüklerin özelliklerine bakıldığında ise temel dökme yükleri olarak anılan demir cevheri, kömür ve tahıl ürünlerinin 2017 yılında elleçlenen toplam miktarının 5,1 milyar tona eriştiği görülmektedir. Konteyner taşımacılığı 2017 yılında yüzde 6,4 büyüyerek toplam 148 milyon TEU (Twenty Foot Equivalent Unit) kapasiteye erişmiştir. Yoğun konteyner hatlarının durumları incelendiğinde toplam 27 milyon TEU hareketi ile Pasifik hattının ilk sırayı aldığı görülmektedir. Pasifik hattını 24 milyon TEU hareketi ile Uzakdoğu-Avrupa hattının takip etmektedir.

Dünya genelinde birçok önemli ticari liman, mevsimsel olarak deniz buzu etkisinde kalmaktadır. Buz kıran servisleri yardımı ile ticari gemilerin bu limanlara erişimi sağlanmaktadır. Son yıllarda, küresel ısınmaya bağlı olarak özellikle kutup bölgelerinde zayıflayan buz formları nedeni ile kutupsal bölgelerdeki limanlara erişimin kolaylaştığı bu bölgelerde elleçlenen yük miktarının ve gemi trafiğinin arttığı göze çarpmaktadır. Yapılan araştırmada kuzey yarım kürede buz etkisi altında kalan limanlarda 2017 yılında toplam 2,62 milyar ton yük elleçlendiği tespit edilmiştir. Aynı yıl toplamda 10,7 milyar tonluk denizyolu taşımacılığı gerçekleştiğinden buz etkisinde kalan limanların toplam denizyolu taşımacılığındaki payının yüzde 24,4 oranında olduğu anlaşılmaktadır.

Ayrıca uzun dönemli iklim değişimi tahminlerine göre, uluslararası deniz ticaretinin önemli bir kısmını oluşturan Uzakdoğu-Avrupa hattının bir bölümünün, önümüzdeki elli yıl içerisinde özellikle yaz aylarında taşıma maliyetini azaltması nedeniyle Kuzey Deniz Rotası (NSR) üzerinden gerçekleştirileceği tahmin edilmektedir (Kara, 2015). Denizyolu konteyner taşımacılığı sektöründe hizmet veren ve merkez ofisi Şangay'da bulunan Cosco Shipping Lines isimli şirket 377 gemiden oluşan bir filoya sahiptir. 17 Eylül 2019 yılında Cosco şirketine ait Tian Xi isimli bir geminin Helsinki/Finlandiya ve Qingdao/Çin limanları arasındaki seferinin NSR üzerinden tamamladığı medyaya yansımıştır. Haberde COSCO Denizcilik Genel Müdür Yardımcısı Weng Jiqiang, "Şirketimiz Uluslararası sözleşmelere uygun olarak, emisyon azaltımı için gemilerimizde gelişmiş sistemler kullandı" ifadelerini kullanmıştır. Aynı haberde NSR rotasının, seyahat sürelerini ve nakliye maliyetlerini

düşürmesi nedeni ile ABD, Rusya ve Çin gibi dünyanın dev ekonomileri arasında yeni bir yarış başlattığı ifade edilmektedir (Denizhaber, 2019).

Deniz buzu ile kaplı sularda yükleme ve tahliye operasyonlarını gerçekleştiren gemilerin yük hesaplarının hassas olabilmesi için, çevre koşullarına bağlı olarak hesaplamalarına bazı düzeltmeler uygulamaları gerekmektedir. Örneğin kar yağışı miktarına bağlı olarak gemi üzerinde biriken kar ve buzun toplam ağırlığı önceden öngörülemediği için, bu durum stabilite cetvellerinde bulunmayan fakat yük hesaplamalarında dikkate alınması gerekli bir faktördür. Yük hesaplarını etkileyen bir diğer önemli faktör ise, gemi bordasını çevreleyen buzun oluşturduğu etkidir. Gemi formuna, deniz suyu yoğunluğuna, buzun kalınlığına ve geminin süratine bağlı değişim gösteren bu etki nedeni ile yükleme ve tahliye hesaplarında hatalar oluştuğu bilinmektedir.

1.1. ÇALIŞMANIN AMACI

Draft sörveyi yöntemi, gemilere yüklenen veya tahliye edilen dökme veya kuru yük miktarlarının tespitinde kullanılan bir yöntemdir. Farklı limanlarda yükleyicilerin kullandıkları yük kantarı gibi yöntemler bulunmasına rağmen, draft sörveyi yöntemi gemiler için alternatifi olmayan tek yük hesaplama yöntemidir. Sıfır hıza sahip gemilerin maruz kaldıkları buz etkisinin gemi stabilitesi ve draftları üzerindeki etkilerine dair açık literatürde çalışma olmaması, yük miktarı konusunda doğan anlaşmazlıkların devam etmesine neden olmaktadır.

Draft sörvey metodunda amaç, düzeltilmiş draft değerleri ile birlikte gemilerin hidrostatik cetvellerini kullanarak, yüklü ve boş deplasman değerleri arasındaki farkı yani yük miktarını tespit etmektir. Kuru yük ve dökme yük gemilerinin yükledikleri veya tahliye ettikleri yük miktarlarının hesaplanmasına, gemi bordasında baş, vasat ve kıç konumlarında her iki tarafta (sancak ve iskele) okunan draftları, draft markalarının konumuna ve trime göre düzeltilmesi ile başlanmaktadır. Gemi bordasında kalınlığa bağlı olarak değişen miktarda etki oluşturan buz nedeni ile gemilerin bir santim batırma ağırlığı (TPC) etkilenmekte ve böylece yük hesaplamalarında hatalar ortaya çıkmaktadır.

Dökme ve kuru yük gemilerin yükledikleri yük miktarları draft sörveyi metodu ile hesaplandıktan sonra taşınan yükü temsil eden konşimento ve diğer gümrük belgelerine işlenmektedir. Tahliye limanlarında tahliye edilen yükün miktarının konşimentoda belirtilen

miktardan daha az çıkması durumuna eksiklik (Shortage) adı verilmektedir ve bu durumun taraflar arasında yüklü tazminat taleplerine neden olduğu görülmüştür.

Çalışmanın amacı, yükleme yapan sıfır sürate sahip gemilerin maruz kaldıkları farklı kalınlıklardaki deniz buzunun, gemi stabilitesi ve gemi su çekimi (draftları) üzerindeki etkisinin belirlenmesidir.

1.2. ÇALIŞMANIN KAPSAMI

Bu çalışmada farklı kalınlıklara sahip deniz buzunun gemi dengesine ve TPC'si üzerine etkisi ampirik bir yöntem ile araştırılacaktır. Araştırma, belirlenmiş bir limana ait su yoğunluğuna göre düzenlenmiş bir deney tankı içerisinde, sıfır sürate ve belirli su çekimine sahip model bir geminin farklı kalınlıklarda deniz buzuna maruz bırakılması sonucu, draftlarındaki değişimin incelenmesini ve buzun gemiye yük eklenip çıkartılması üzerine yaptığı etkileri ölçmeye yönelik bir çalışmayı kapsamaktadır. Çalışma kapsamında elde edilen sonuçların model gemi üzerinden buz koşullarında yapılacak yük hesaplamalarına uygun düzeltme cetvellerine dönüştürülmesi hedeflenmektedir.

Çalışmaya Protection and Indemnity (P&I) isimleri altında denizcilik alanında hizmet vermekte olan sigorta şirketlerinin yükün konşimento üzerinde belirtilen miktarından eksik tahliye edilmesini ifade eden ve Shortage adı verilen tazminat taleplerine ilişkin yayınladıkları istatistikleri içeren raporların analizleri ile başlanmıştır. P&I sigorta şirketlerinin yılsonu istatistikleri, gelecekte oluşması muhtemel tazminat taleplerine karşı korunma açısından faydalı bilgiler içermektedir.

Çalışmanın ikinci bölümünde, problemin etkilediği coğrafi alanları ve ticaret hacmini belirlemek maksadı ile kuzey yarım kürede deniz buzu etkisinde kalan bölgeler ve limanlar araştırılmıştır. İnşa edilecek model geminin özelliklerini belirlemek üzere buz etkisi altında kalan limanlara uğrak yapan gemilerin genel özellikleri de araştırılmıştır. Buzlu bölgelerde belirli süratlerde seyir yapan gemilerin maruz kaldıkları direnci belirlemeye yönelik akademik çalışmalar incelenmiştir. Model buz ölçüm standartlarına ilişkin ITTC (International Towing Tank Conference) kılavuzu ve ölçekli model gemilere yönelik ITTC kılavuzu incelenmiştir. Buz testlerinde kullanılan gemilerin özellikleri ve buz testleri için üretilen model buz üretim süreci ve standart prosedürler araştırılmıştır.

Üçüncü bölümde çalışmada kullanılan deney aletlerinin ve malzemelerin özellikleri ile araştırmanın metodolojisi detaylı şekilde açıklanmıştır. Model gemiye ve üretim sürecine ait bilgiler, model buzun özellikleri ve test ortamına ait bilgiler sıralanmıştır. Yapılacak deneyler ile ilgili model geminin stabilite kitapçığında belirtilen form özellikleri ve hesaplamalar için gerekli verilere yer verilmiştir. Deneyler için seçilen "Yaz Yükleme Hattına Göre Tam Yüklü Liman Kalkış" ve "Tam Dolu Balastlı Liman Kalkış" durumlarına ilişkin hesaplamalar ve model gemiye eklenecek ağırlıklar ve konumları sıralanmıştır. Deney tankında belirli su yoğunluğuna göre karışım oluşturulmuş buz olmadan hesaplanan ağırlıkların eklenmesi ile model geminin önceden çizilen su hatlarına geldiği görülmüştür. Stabilite kitapçığında belirtilen deplasman karşılığına denk gelen TPC ağırlığı eklenmiş draftlardaki değişim gözlemlenmiştir. Deney ortamı soğutulmuş, belirli aralıklarla buzdan numuneler kesilerek özellikleri kayıt edilmiş ve buz kalınlığına bağlı olarak TPC değerindeki değişim takip edilmiştir. Testlerin tekrarlanması sonucu elde edilen veriler kayıt edilmiştir. Balastlı liman kalkış senaryosu için benzer işlemler tekrarlanmış böylece model geminin yükleme hesaplarının nasıl etkilendiğine ilişkin veriler elde edilmiştir.

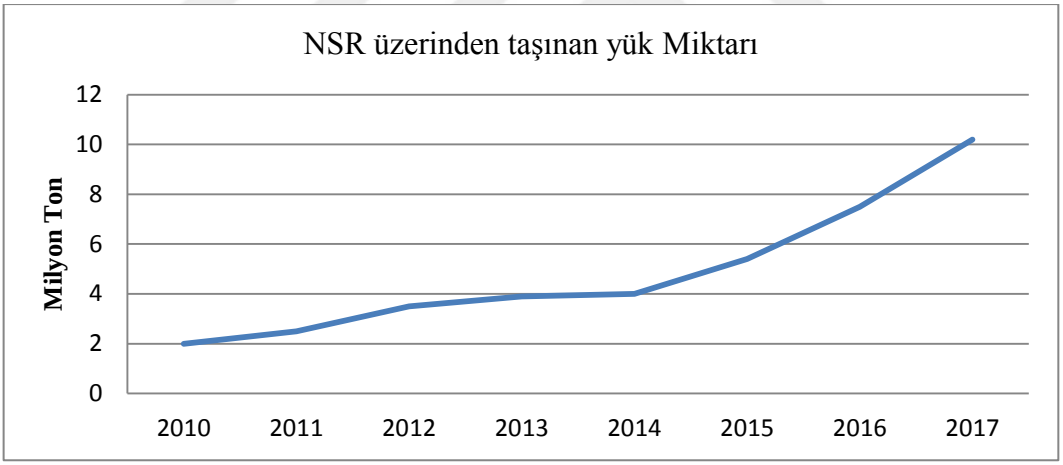
Dördüncü bölümde yapılan deneyler sonucunda elde edilen bulgular ayrıntılı olarak açıklanmış, test modeli için buz koşullarında yapacağı yükleme operasyonlarında kullanılmak üzere TPC farklarını içeren düzeltme grafikleri oluşturulmuştur.

Çalışmanın en son bölümü olan tartışma ve sonuç bölümünde elde edilen test sonuçları yorumlanmıştır. Elde edilen sonuçlar ışığında buz koşullarında yük operasyonları gerçekleştirecek gemilerin yük miktarı hesaplamalarına ilişkin önerilerde bulunulmuştur.

2. GENEL KISIMLAR

2.1. ARKTİK BÖLGE DENİZ TAŞIMACILIĞI VE KUZEY DENİZİ ROTASI

Kuzey deniz rotası (NSR) Artik bölgede Rusya karasuları içerisinde bulunan ve Atlantik okyanusundan Pasifik okyanusuna geçiş olanağı bulunan bir rotadır. Kuzey deniz rotası, gemilerin Avrupa ile Pasifik okyanusu limanları arasında kullanılan Akdeniz ve Süveyş kanalı üzerinden geçen rotalarına kuzeyden daha kısa mesafeli bir alternatif oluşturmaktadır. Kısa mesafe avantajının yanında NSR üzerinde, güney rotası üzerinde bulunan Aden körfezi bölgesindeki korsan saldırı ihtimali gibi tehlikeler bulunmamaktadır. Yıl içerisinde daha çok Temmuz ile Kasım ayları arasında kullanılan bu rotayı kullanan gemi sayısı ve taşınan yük miktarının arttığı göze çarpmaktadır. Rusya Deniz Limanlar birliğinin verilerine göre NSR üzerinden yıllara göre taşınan yük miktarına ilişkin veriler Şekil 2.1'de görülmektedir.

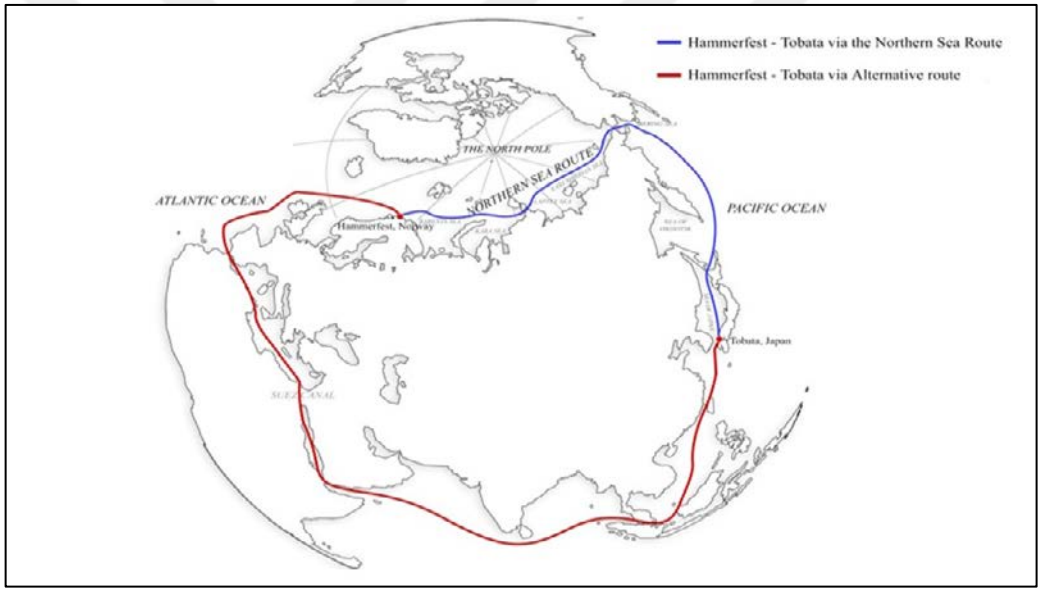


Şekil 2.1: NSR Üzerinden Taşınan Yük Miktarı (ASOP, 2018).

Furuichi ve Otsuka 2013 yılında yapmış oldukları bir çalışmada 4000 TEU kapasitesine sahip bir konteyner gemisinin Süveyş kanalı rotasını (SCR), NSR rotasını ve her iki rotanın farklı zamanlarda kullanması durumlarında oluşacak birim konteyner taşıma maliyetlerini hesaplamışlardır. Kuzey deniz bölgesinden taşınan konteyner türündeki yüklerin birim başına yüksek vergi maliyetlerine rağmen mesafe avantajından ötürü SCR rotasında yıllık birim konteyner taşıma maliyeti 1355 USD olarak hesaplanır iken aynı geminin NSR rotasını

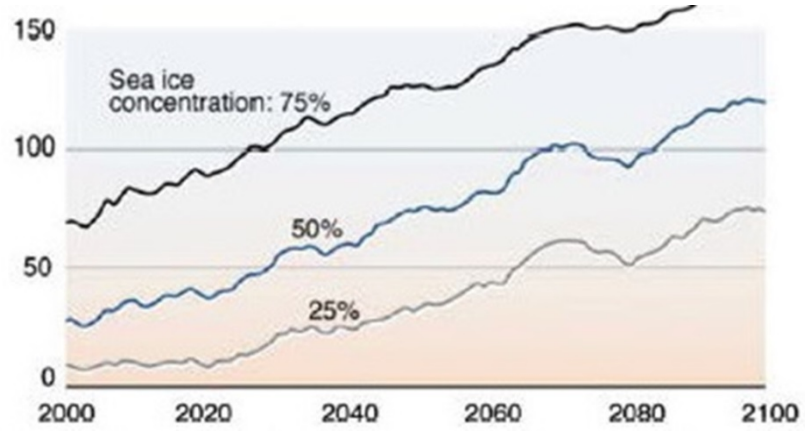
kullanması ile bu maliyet 984 USD'a kadar düştüğü ifade edilmiştir (Furuichi ve Otsuka, 2013).

Raza ve Schoyens 2014 yılında Kuzey Deniz Rotası hakkında yapmış oldukları bir çalışmada Norveç/Hammerfest ile Japonya/Tobata limanları arasında seyir yapmayı planlayan bir geminin NSR üzerinden veya SCR üzerinden seyretmesi durumunda oluşacak maliyetleri kıyasladıkları görülmektedir. Çalışma sonucunda 150000 m^3 taşıma kapasitesine ve 84682 DWT tonajına sahip LNG türünde bir geminin NSR rotasını tercih etmesi durumunda yakıt ve sigorta gibi giderlerin toplamı üzerinden % 42 oranında tasarruf edileceği belirtilmektedir (Raza ve Schoyens, 2014). Şekil 2.2'de Norveç/Hammerfest ile Japonya/Tobata limanları arasındaki iki alternatif rota görülmektedir.



Şekil 2.2: Seyir Mesafeleri (Raza ve Schoyens, 2014).

Kara (2015) çalışmasında denizyolu taşımacılığında yoğun olarak tercih edilen rotaları sıralamış ve NSR rotasının durumunu ifade etmiştir. İklim değişikliğinin neden olduğu sıcaklık artışlarına ve bu durumun NSR rotası üzerindeki etkilerine vurgu yapmıştır. Arktik bölgede kayıt edilen sıcaklıkların yirminci yüzyıl boyunca yılda ortalama 0,7° C yükseldiğine işaret ederek bu durumun NSR rotasının yıl içinde kullanım süresinin artırma eğiliminde olduğunu belirtmiştir. Gelecek 50 yılda önemli maliyet avantajları sunmakta olan NSR rotasının daha çok tercih edileceğini ifade etmiştir. Buz konsantrasyonuna bağlı olarak NSR rotasını kullanım süresinde ön görülen artış miktarları Şekil 2.3'de görülmektedir.



Şekil 2.3: Seyir Günlerinde Öngörülen Artış: NSR (Kara, 2015).

2.2. DENİZ BUZLARININ DENİZ TİCARETİNE ETKİLERİ

Marjinal buz bölgesi (MIZ) açık okyanus ile yoğun deniz buzu arasındaki geçiş bölgesi olarak kabul edilmektedir. Dalga ilerlemesi, buz kütlesi boyutları ve buz konsantrasyonu MIZ sınırlarını belirlenirken kullanılan literatüre geçen farklı kriterlerden bazılarıdır. Arktik bölgede özellikle son yıllarda deniz buzunun yaş ve kalınlığında gözlemlenen dramatik azalmalar MIZ bölgesinin sınırlarına etki etmektedir. Kutupsal bölgelere erişimin önündeki buz engelinin zayıflamasının bu bölgelerdeki gemi trafiğini arttırdığı görülmektedir. Deniz buzu etkisindeki alanlar içinde sefer yapan gemilerin muhtemel riskler nedeniyle ekstra sigorta maliyetleri, buz kıran servisi ücretleri ve olası gecikmeler sebebiyle işletme maliyetlerinin arttığı göze çarpmaktadır. Buzun deniz ticaretine olumsuz etkilerinden bir diğeri yük miktarı üzerine doğan anlaşmazlıklardır.

Gemi bordasını çevreleyen buz etkisi altında gerçekleştirilen yükleme ve tahliye operasyonları sonucunda taraflar arasında yük miktarı üzerinde anlaşmazlıklar yaşandığı rapor edilmektedir. Buz etkisinin yük miktarını tespit için görevlendirilen draft sörveyörlerin raporlarına da yansıdığı görülmektedir. Yükün eksik tahliye edilmesinin oluşturduğu maliyetlerin araştırılması sorunun boyutunun belirlenmesi açısından önem arz etmektedir.

2.2.1. Sigorta Ek Primleri

Uluslararası Denizcilik Örgütü (IMO) kutupsal sularda çalışan gemiler için gereksinimleri içeren Polar Kod isimli kuralları Denizde Can Emniyeti Uluslararası Sözleşmesi (SOLAS) ve Denizlerin Gemilerden Kirlenmesini Önleme Uluslararası Sözleşmesine (MARPOL) ekleyerek zorunlu hale getirmiştir. Polar Kod 1 Ocak 2017 tarihinden itibaren yürürlüğe

girmiştir. Polar Kod on ikinci bölüm personel donatımı ve eğitim konularını içermektedir. Kutupsal sularda seyir yapacak kaptan ve zabitler için uygun eğitimler STCW sözleşmesi kural V/4, bölümler A-V/4 ve B-V/4 içeriğinde sunulmaktadır. Bu gereksinimler 1 Temmuz 2018 den itibaren zorunlu hale gelmiştir.

Kutupsal sularda seyir yapacak gemilerin Uluslararası Klas Kuruluşları Birliği (IACS) kurallarına göre belirlenmiş kutupsal gemi sınıflandırma ve sertifikasyon işlemlerini tamamlamış olmaları gerekmektedir. Kutupsal sulara seyir planlayan bir geminin donatanı anlaşmalı olduğu sigorta şirketlerine önceden bilgilendirme yapmalıdır. Skuld ve Gard gibi bazı P&I şirketleri NSR rotasını kullanan gemiler için ek prim ödemesi talep etmediğini beyan etmiştir. Fakat tekne makine sigorta (H&M) şirketleri buz koşullarındaki muhtemel risklere karşı seferlik veya mevsimlik bir ek prim ödemesi talep etmektedir. Bilgilendirme yapılmadığı takdirde doğacak zararların sigorta firmaları tarafından koruma kapsamı dışında tutulduğu ifade edilmektedir. 2014 yılında yapılan bir çalışmada NSR rotasını tercih eden 84682 DWT tonajına sahip ve polar klas 4 olarak tescil edilmiş bir LNG tankerinin H&M ek prim ödemesinin 281250 Amerikan doları olduğu belirtilmiştir (Raza ve Schøyen, 2014).

2.2.2. Buz Kıran Servisleri

Kutupsal bölgelerde gerçekleştirilen deniz taşımacılığında emniyet yönünden kılavuzluk hizmetleri ve buz kıran servisleri çok önemli roller üstlenmektedir. Bu servislerin ücretleri genel olarak servisin içeriğine, süresine ve hizmet verilen deniz alanına göre farklılık göstermektedir. NSR rotasını kullanmayı planlayan bir gemi donatanı Moskova'da bulunan yetkili idareye apps@nsra.ru adresinde bulunan matbu formu doldurarak ve istenen belgeleri ekleyerek geçiş başvurusunu mail yoluyla yapmalıdır. NSR bölgesindeki buz kıran servis ücretleri aynı sitede yayınlamış olup gemilerin gross tonajına, polar klasına, eskort hizmeti talep edilen deniz alanlarının sayısına ve mevsime göre değişmektedir. Bu araştırma kapsamında deneylerde kullanılan 9660 gross (GRT) tonajına sahip kuru yük gemisinin yaz mevsiminde NSR rotasını kullanması senaryosunda ödeyeceği buz kıran servis ücreti hesaplanmıştır. Geminin en zayıf klas türü olan polar klas 7 olarak tescil edilmesi ve tüm seyir boyunca eskort hizmeti talep etmesi durumunda buz kıran servis ücreti gross tonaj başına 788,23 ruble olarak verilmiştir (Rusya, 2014). 16.09.2019 tarihli ruble dolar paritesi (0,016) kullanılarak bu ücretin 121828,82 Amerikan dolarına karşılık geldiği hesaplanmıştır. Aynı hizmetin kış mevsiminde talep edilmesi durumunda gross başına ücretin 1950,47 ruble

olduğu belirtilmektedir. Bu durumda buz kıran eskort hizmeti bedeli 301464,64 Amerikan dolarına karşılık gelmektedir.

2.2.3. Yükün Eksik Tahliye Edilmesi (Shortage)

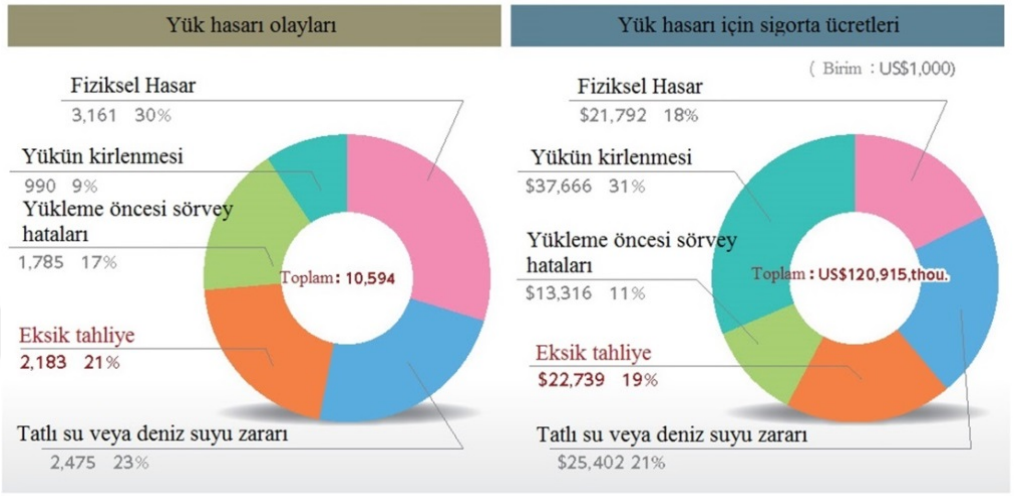
Tahliye edilen yük miktarının konşimentoda (Bill of Lading) belirtilen değerin ticari toleransından daha yüksek oranda eksik tahliye edilmesi durumuna Shortage adı verilmektedir. Bu olumsuz durumun yüksek miktarları bulabilen yük tazminatlarına neden olduğu görülmektedir. Gemi bordasını çevreleyen buzdan ötürü oluşan etki ve aynı zamanda draft markalarının okunamaması yüklenen veya tahliye edilen yükün miktarının hatalı hesaplanmasına neden olmaktadır. Buz etkisinde kalan gemilerin draft sörvey öncesinde balast tankları, iskandil boruları ve güvertesinde biriken buz çeşitli yöntemler ile eritilmeye çalışılmaktadır.

Yük miktarının tespit edilmesi maksadı ile görevlendirilen Draft sörvey görevlilerinin buz etkisi nedeni ile hesaplamalarında sorunlar ortaya çıktığı görülmektedir. Bu durum sörveyörlerin ilgililer ile yazışmalarına yansımaktadır (EK 18).

The Swedish Club isimli sigorta şirketi 2016 yılında yayınladığı bir raporda 2005 ile 2014 yılları arasında şirketin karşılaştığı tazminat taleplerinin tutarlarına, türlerine, talebin geldiği gemi türlerine ve nedenlerine yönelik araştırmalarının sonuçlarını yayınlamıştır. Şirket bu raporda dökme yük türündeki gemilerde yük ile ilgili tazminat taleplerinden en sık karşılaşılanların ve en yüksek maliyete neden olanların Shortage ve ıslanma hasarı türlerindeki tazminatlar olduğu belirtilmiştir (Swedish, 2016). Shortage türündeki tazminatların nedenleri olarak; yüklenen veya tahliye edilen yükün miktarının düzgün hesaplanamaması, gemi tarafında yükün düzgün istiflenememesi, gemi tarafında yükün sayınımın düzgün yapılamaması nedenleri sıralanmıştır. The Swedish Club 2005 ile 2014 yılları arasında toplam 1459 adet yük ile ilgili tazminat talebi ile karşılaştığını bildirmiştir.

Japan P&I Club isimli sigorta şirketinin 2016 yılında yayınladığı bir bildiride Shortage konusu irdelenmiştir (Japan, 2016). Bu bildiride yüklenen yükün konşimentoda belirtilen miktarı üzerinden genellikle % 0,5 kabul edilen ticari toleransından daha büyük miktarlarda eksik tahliye edilmesi ile doğan anlaşmazlık olarak tanımlanan Shortage tazminatları detaylı olarak incelenmiştir. Şirketin karşılaştığı Shortage türünde tazminatlarından örnekler verilerek bu tazminat taleplerinden korunmak için tavsiyeler sunulmuştur. 2008 ile 2014 yılları arasında

bu şirket 2183 adet Shortage tazminatı ile karşılaşmış olup toplam 22,7 milyon USD tazminat ödenmiştir. Bu tazminat türü toplam yük tazminatlarının % 21'ini oluşturmaktadır. Japan P& I Club sigorta şirketinin 2008 ile 2014 yılları arasında karşılaştığı yük tazminatlarının sayısal dağılımı Şekil 2.4'de görülmektedir.



Şekil 2.4: Japan P& I Club Yük Hasarı Tazminatları (Japan, 2016).

Bildiride Japan P& I Club sigorta şirketinin yılda ortalama 311 adet Shortage tazminat talebi ile karşılaştığı belirtilmiştir. Bu tazminatların her birinin değeri ortalama 10,000 USD olarak hesaplanmış iken 8 talebin değerinin 100,000 USD den fazla olduğu ve 15 tanesinin de 50,000 ile 100,000 USD arasında değerler aldığı ifade edilmiştir.

Bu problemin boyutlarını belirlemek maksadı ile Kuzey yarım kürede mevsimsel olarak buzlanma etkisi altında kalan limanlar ve bu limanların yıllık yük elleçleme miktarlarının araştırılması gerekmektedir. Ayrıca araştırmada kullanılacak model gemi tipinin ve tasarım ölçülerinin belirlenebilmesi için buz etkisinde kalan limanlara en çok uğrak yapan gemi türlerinin de belirlenmesi gerekmektedir.

2.3. BUZLANMAYA MARUZ BÖLGELER VE LİMANLAR

Kuzey yarım kürede NSR bölgesi dışında kalan ve mevsimsel olarak deniz buzu etkisi altında kalan limanlar incelendiğinde yüksek miktarda yıllık yük elleçleme kapasitelerine sahip olan Rusya, Estonya, Finlandiya, İsveç ve Letonya'ya ait Baltık denizi limanları, Norveç limanları, Çin ve Büyük göller bölgesi limanları göze çarpmaktadır. Buzkıran servisleri yardımı ile bu limanlara yıl boyunca erişimin sağlandığı görülmektedir.

2.3.1. Estonya Limanları

Estonya limanları Baltık denizinin önemli limanları arasındadır, Avrupa Birliği verilerine göre 2017 yılında Estonya limanlarında toplam 31,1 milyon ton yük elleçlenmiştir (Eurostat, 2018). Estonya limanlarından Tallinn limanında 2018 yılında 20,6 milyon ton yük elleçlenmiştir. Tallinn limanında 2018 yılında elleçlenen yüklerin % 42,8'sini sıvı yükler oluşturur iken % 25,9'u Ro-Ro yükleri, % 18,9' u kuru yükler ve % 9,12'sini konteyner yükleri oluşturmaktadır. Bu liman aynı zamanda Avrupa Birliği limanları arasında yolcu gemilerinin uğrak yaptığı önemli limanlar arasındadır. 2018 yılında Tallinn limanına 10,6 milyon yolcu uğrak yapmıştır (Tallinn, 2018).

2.3.2.Finlandiya Limanları

Avrupa Birliği verilerine göre Finlandiya limanlarında 2017 yılında toplam 107,9 milyon ton yük elleçlenmiştir (Eurostat, 2018). Helsinki, Kotka, Rauma, Raahe, Kokkola ve Pori limanları Finlandiya'nın önemli kuru yük limanlarıdır. Kilpilahti, Naantali ve Hamina limanları da Finlandiya'nın önemli sıvı yük limanları arasında yer almaktadır. The Finnish Transport Agency (FTA) ülke genelinde buz kıran servisi hizmetlerinin yürütülmesinden sorumlu otoritedir. FTA küçük çapta buz kıran servisleri için özel şirketlerden hizmet alımı da gerçekleştirmektedir. Bothnia körfezinde deniz üzerinde buz oluşumu kasım ayı içerisinde başlamaktadır. Ocak ayı itibari ile bölgedeki buzun yüzey alanı 66000 km² ye erişmektedir. Kış mevsiminde Finlandiya limanlarına sefer yapacak gemiler için tonaj ve polar klas kısıtlamaları bulunmaktadır.

2.3.3. İsveç Limanları

Avrupa Birliği verilerine göre İsveç limanlarında 2017 yılında toplam 176 milyon ton yük elleçlenmiştir (Eurostat, 2018). İsveç Baltık denizinde ve Bothnia körfezinde önemli ticari limanlara sahiptir. Luleå, Oxelösun, Trelleborg, Helsingborg, Karlshamn, Stockholm ve Gävle ülkenin önemli kuru yük limanları arasında yer alır iken Gothenburg, Brofjorden Preemraff ve Malmö önemli sıvı yük limanları arasında yer almaktadır. Bölgedeki buz kıran servisi faaliyetleri İsveç Deniz İdaresi tarafından yürütülmektedir. İsveç altı buzkıran gemisini kontrol etmektedir ve bunların tamamı özel bir şirket tarafından gemiadamları ile donatılmaktadır. İsveç, Finlandiya ve Estonya buzkıran servislerinin koordinasyonu için

birlikte geliştirdikleri buzkıran ağı (IB-Net) sistemini kullanmaktadır. Bothnia körfezindeki İsveç limanları için buz servisi aralık ayı içerisinde başlamaktadır.

2.3.4. Letonya Limanları

Letonya Baltık denizi kıyısında, Kuzeyde Estonya, Güneyde Litvanya, Doğuda Rusya ve Belarus ile komşudur. Baltık denizindeki Rusya, Finlandiya ve İsveç limanlarında olduğu gibi Estonya limanları da mevsimsel deniz buzu etkisinde kalmaktadır. Riga, Ventspils ve Liepaja Letonya'nın önemli limanlarıdır. Avrupa Birliği verilerine göre Letonya limanlarında 2017 yılında toplam 57,2 milyon ton yük elleçlenmiştir (Eurostat, 2018).

2.3.5. Rusya Limanları

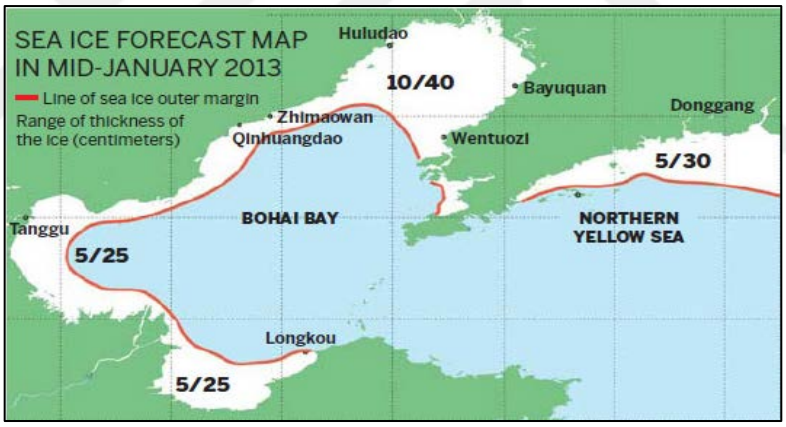
Baltık Denizi Buzkıran servisi yönetiminin (Baltic Icebreaking Management / BIM) 2017-2018 yılı raporuna göre 2017 Ocak ayının ortasından itibaren Saint-Petersburg limanı bölgesi kalınlığı 5 ile 15 cm arasında değişen buz tabakası gözlemlenmiştir. Şubat ayının sonunda Vyborg körfezi tamamen 15 ile 20 kalınlığında değişen buz tabakası ile kaplanmıştır (BIM, 2018). 12 Ocak tarihinden itibaren Vyborg, Primorsk, St. Petersburg, Ust-Luga and Vysotsk limanlarına seyir yapacak gemiler için konvoy oluşturulup buz kıran servisi hizmeti başlatılmıştır. 25 Nisan 2018 tarihi itibari ile Finlandiya körfezindeki Rus limanlarında buz kıran servisi sonlandırılmıştır. Rusya'nın Portnews isimli internet haber sitesinin 12 Ocak 2018 tarihli verilerine göre Baltık denizi bölgesindeki Rus limanlarında 2017 yılında toplam 247,5 milyon ton yük elleçlenmiştir. Bölgenin önemli limanları olan; Ust-Luga limanında 103,3 milyon ton, Primorsk limanında 57,6 milyon ton, St. Petersburg limanında 53,6 milyon ton ve Vysotsk limanında 17,5 milyon ton yük elleçlendiği belirtilmektedir (Portnews, 2018).

2.3.6. Norveç Limanları

Kuzey Avrupa'da İskandinav Yarımadası'nın batısında bulunan Finlandiya, İsveç ve Rusya Federasyonu ile komşu olan Norveç'in batıda Atlas Okyanusu'nun bir kolu olan Norveç Denizi'ne kıyısı bulunmaktadır. Norveç limanlarında buz kıran servisi Norveç sahil idaresi ve yerel liman idareleri tarafından yürütülmektedir. Avrupa Birliği verilerine göre Norveç limanlarında 2017 yıllında 180,7 milyon ton yük elleçlenmiştir (Eurostat, 2018). Oslo, Grenland Port Authority, Bergen and Omland, Karmsund, Narvik ve Trondheim Norveç'in önemli limanlarıdır.

2.3.7. Çin Limanları

Bohai denizi Sarıdeniz'in kuzey tarafında kalan en uç noktasıdır. Söz konusu bölge Bohai körfezi olarak da bilinmektedir. Bohai körfezi Çin'in başkenti Pekin'e yakınlığı nedeni ile ticari açıdan önemli limanlara ev sahipliği yapmaktadır ve yoğun deniz trafiğine sahiptir. Tianjin, Yingkou, Qinhuangdao, Caofeidian, Jingtang, ve Dalian Çin'in mevsimsel deniz buzu etkisinde kalan ticari hacmi yüksek limanlarıdır. 2017 yılında sadece Dalian limanında 10,7 milyon TEU konteyner ve toplamda 451 milyon ton yük elleçlenmiştir. Ayrıca Tianjin limanı bölgenin en önemli konteyner limanlarından biridir. Bu limanda 2017 yılında 15,2 milyon TEU konteyner ve toplamda 503 milyon ton yük elleçlenmiştir (UNCTAD, 2018). Yingkou limanında aynı yıl 363 milyon ton yük elleçlenmiştir. Qinhuangdao limanında 2017 yılında 380,6 milyon ton yük elleçlenmiştir (Int.Maritime, 2019). Bu yüklerin önemli kısmını kömür ve demir cevheri oluşturmaktadır. Bohai körfezinde 2013 yılında gözlemlenen deniz yüzeyi buzlanma sınırı ve buz kalınlıkları Şekil 2.5'de görülmektedir.



Şekil 2.5: Bohai Körfezinde Buz Kalınlıkları (China, 2019).

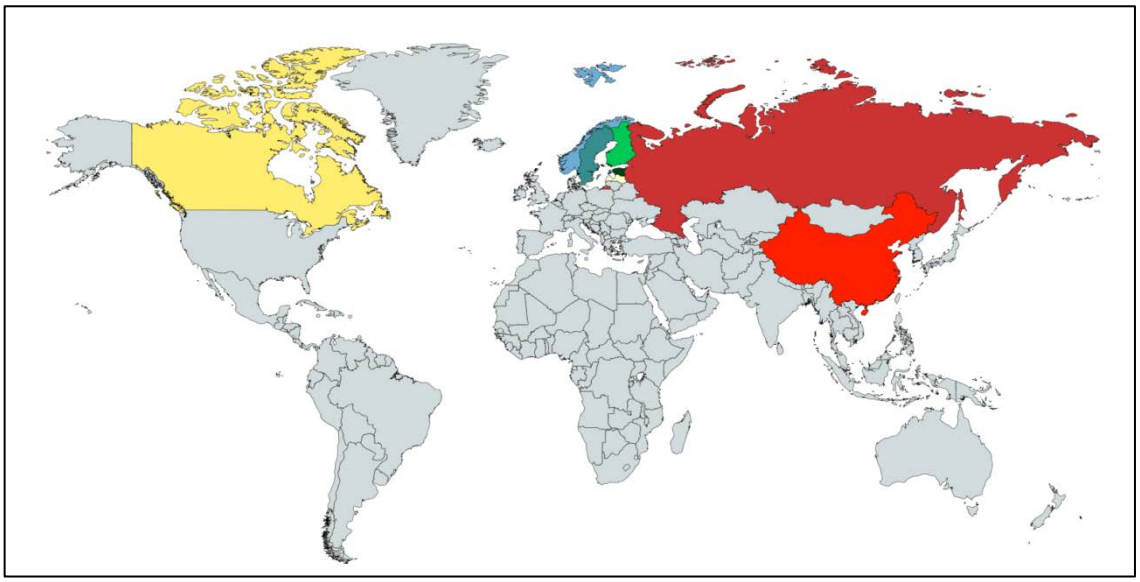
2.3.8. Büyük Göller Limanları

Saint Lawrence Nehri, Kanada ile Amerika arasından geçen ve büyük göller adı verilen bölgeye açılan büyük bir nehirdir. Nehir bu bölgedeki büyük gölleri Atlantik okyanusuna bağlamaktadır. Lawrence körfezi yıl içerisinde mart ile aralık ayları arasında buz kıran servisleri yardımı ile gemi trafiğine açılmaktadır. Duluth, Chicago, Cleveland, Detroit ve Indiana Harbor ABD'nin büyük göller bölgesindeki önemli limanları arasındadır. Sadece bu limanlarda 2017 yılında toplam 82 milyon ton yük elleçlenmiştir (Port, 2018). Bölgedeki önemli Kanada limalarında ise 2017 yılında 38,2 milyon ton yük elleçlenmiştir (St.Lawrence, 2018). Kuzey yarım kürede bulunan ve mevsimsel olarak buz etkisinde kalan farklı ülkelerin

limanlarına ait yük istatistiklerinin birlikte sunulduğu ve karşılaştırıldığı bir çalışma açık literatürde bulunamamıştır. Yapılan araştırma neticesinde elde edilen veriler ışığında Tablo 2.1 oluşturulmuştur. 2017 yılında mevsimsel deniz buzu etkisinde kalan bölge limanlarında yıllık yük elleçleme miktarları toplamı 2,62 milyar tonu bulduğu görülmüştür. Deniz buzu etkisinde kalan limanlara sahip ülkeler Şekil 2.6'da görülmektedir.

Tablo 2.1: Yıllık Elleçlenen Yük Miktarları.

Bölge	Verilerin ait olduğu yıl	Elleçlenen yük miktarı (Milyon ton)
NSR	2017	10,2
Estonya	2017	31,1
Finlandiya	2017	107,9
İsveç	2017	176
Letonya	2017	57,2
Rusya	2017	247,5
Norveç	2017	180,7
Çin	2017	1697,6
Büyük Göller	2017	120,2
Toplam		2627,7



Şekil 2.6: Deniz Buzu Etkisinde Kalan Ülkeler.

Denizcilik alanında hizmet veren sigorta şirketlerinin deniz buzunun yük hesaplarına etkilerinden ötürü karşılaştıkları yıllık tazminat miktarlarının birlikte sunulduğu bir veri tespit

edilememiştir. Ancak yapılan araştırma neticesinde Japan P&I Club isimli sigorta şirketinin 2016 yılında sadece shortage türünde tazminat talepleri karşılığı yaptığı ödemeler toplamı 22,73 milyon USD olduğu bir bülten ile duyurulmuştur (Japan, 2016).

Yükün eksik çıkmasında buzlanmanın etkisine yönelik akademik bir çalışmaya açık literatürde rastlanmamıştır. Deniz buzunun gemiler üzerindeki direncine yönelik yapılan çalışmalar incelendiğinde; daha çok farklı süratlere sahip ve genellikle buz kıran tipinde gemilerin maruz kalacağı buz direncini hesaplamaya yönelik matematiksel modelleri içeren çalışmalar göze çarpmaktadır.

2.4. BUZ DİRENCİNE İLİŞKİN YAPILAN ÇALIŞMALAR

Kashteljan ve diğerleri yapmış oldukları çalışma ile deniz buzu içerisinde gemilerin maruz kaldıkları direnci bileşenlerine ayırarak belirlemeye yönelik matematiksel bir model geliştirmişlerdir. R_{TOT} adını verdikleri toplam direnci dört bölüme ayırdıkları görülmektedir. Bunlar; R1: buzun kırılma direnci, R2: Ağırlıkla bağlantılı nedenlerden dolayı oluşan direnç, R3: Kırılmış buz içerisinde hareketten dolayı oluşan direnç ve R4:Su direnci ve dalga direnci olarak belirtilmiştir (Kashteljan ve diğerleri, 1968).

Lewis ve Edwards yapmış oldukları çalışmada önceki çalışmaların iyi bir incelemesini sunmuş ve buzkıran gemilerinin karşılaşacağı buz direncini hesaplamaya yönelik yerçekimi ivmesinin de dahil olduğu farklı matematiksel bir denklem oluşturmuştur. Lewis ve Edwards'a göre R_{im} su hariç ortalama direnci ifade etmektedir ve deneysel olarak belirlenecek C0, C1 ve C2 boyutsuz katsayılarından oluşmaktadır (Lewis ve Edwards, 1970).

Enkvist buz içerisinde hareket eden gemilerin karşılaştığı direncin hesaplanmasına yönelik literatüre önemli katkıda bulunan diğer bir bilimadamıdır. 1972 yılında yapmış olduğu çalışmada gemilerin belirli süratlerde karşılaştıkları buz direncini hesaplayabilmek için, üç farklı gemiye ait tasarım karakteristiklerine göre inşa edilmiş ölçekli modeller kullanmıştır. Çalışma kapsamında doğal deniz suyu ile oluşturduğu model buzun neden olduğu sürtünmeye ilişkin elde ettiği verileri sunmuştur. Gemi form katsayılarının sürtünmeyi önemli ölçüde etkilediğini ifade etmiştir. Model testlerinden elde edilen veriler ile tam ölçekli testlerden elde edilen verileri karşılaştırılmıştır. Enkvist gemilerin boy ve genişlik gibi boyut ölçülerinin

yanında hız, draft, su yoğunluğu, yerçekimi ivmesi ve ampirik katsayıları da içeren matematiksel bir model oluşturmuştur (Enkvist, 1972).

Vance yapmış olduğu çalışmada beş farklı gemiye ait form katsayılarını kullanmıştır. Matematiksel model ve tam ölçekli veri setini kullanarak buz içerisinde belirli süratlerdeki gemilerin karışacakları direncin hesaplanmasına ilişkin bir "Optimum Regresyon Denklemi" oluşturmuştur. Vance'nin matematiksel modeli ile tam ölçekli sonuçlar arasında iyi bir yaklaşım olduğu ifade edilmiştir (Vance, 1975).

Bir sonraki çalışmasında Enkvist buz içinde seyir halindeki gemilerin belirli hızlarda karşılaşacakları dirençleri tespit etmek üzere tam ölçekli boyutta 16 test gerçekleştirmiştir. Bu testler sonucunda tam ölçekte buzun kırılma süresinin model testlerine göre önceki tahminlerine oranla daha geç olduğunu ve buzun kırılma direncinin sıfır süratteki direncin % 40 ile 80'i arasında değiştiği ifade etmiştir (Enkvist, 1983).

Lindqvist gemilerde hıza bağlı buz direncini hesaplayabilmek için; gemilerin boy ve genişlik gibi boyut ölçülerinin yanında sürat, tekne formu, buz kalınlığı ve sürtünme katsayılarını da içeren bir matematiksel model geliştirmiştir. Lindqvist (1989) öncelikle tekne formunun geometrik şeklinin belirlenebilmesi için bir model sunmuştur. Ardından buzun eğilerek kırılması için gerekli gücün hesaplanabilmesi için ayrı bir model kullanmıştır. Çalışma kapsamında sunulan matematiksel modeller yardımı ile farklı tonajlarda yedi farklı gemiye ait boyut ölçülerini kullanılarak bu gemilerin düşük süratlerde maruz kalacağı buz direncini hesaplanmıştır (Lindqvist, 1989).

Keinonen ve diğerleri tam ölçekteki beş buz kıran gemisinde yaptıkları direnç ölçümlerine dayanarak buz direncini hesaplamaya yönelik matematiksel bir denklem geliştirmişlerdir. Düşük hızlar için geliştirilen bu direnç tahmin modeli; farklı gemi boyutları, gövde formları, gövde yüzey koşulları, buzlanma dayanımları ve ortam sıcaklıkları için parametreleri içermektedir (Keinonen ve diğerleri, 1996).

Riska ve diğerleri Baltık denizinde buz koşullarında çalışan ticari gemilerin gemilerin maruz kaldıkları direnci araştırmıştır. 1990 ve 1994 yılları arasında Baltık denizinde çalışan gemilerden toplanan verileri kullanarak matematiksel bir model geliştirmişlerdir. Çalışmanın bir diğer amacı Baltık denizinde çalışması planlanan ve yeni inşa edilecek ticari gemilere

donatılacak makinelerin minimum güçlerini ve gemilerin buzdan zarar görmeden ilerleyebilecekleri uygun seyir süratlerini belirlemektir (Riska ve diğerleri, 1997).

Valanto buz içerisinde ilerleyen bir geminin su hattı boyunca oluşan direnç kuvvetlerini belirlemek için gemilerin su hattı üzerindeki buz kırma sürecinin matematiksel bir modelini oluşturmuştur. Bu amaç doğrultusunda İsveç Sahil Güvenlik gemisi KBV-181'e ait tasarım parametrelerini kullanılarak oluşturduğu matematiksel model yardımı ile farklı süratler ve farklı kalınlıklardaki buz için hesaplamalar yapmıştır. Sunulan matematiksel model üzerinden yapılan hesaplamalar geminin ikizi olan MS Uisko gemisi üzerinden elde edilen gerçek veriler ile karşılaştırılmıştır ve birbirine yakın sonuçlar elde edilmiştir. Buz içerisinde ilerleyen bir geminin karşılaşacağı toplam direncin su hattında oluşan direnç ve geminin su altı formu nedeni ile oluşan dirençlerin toplamından oluşacağı belirtilmiştir (Valanto, 2001).

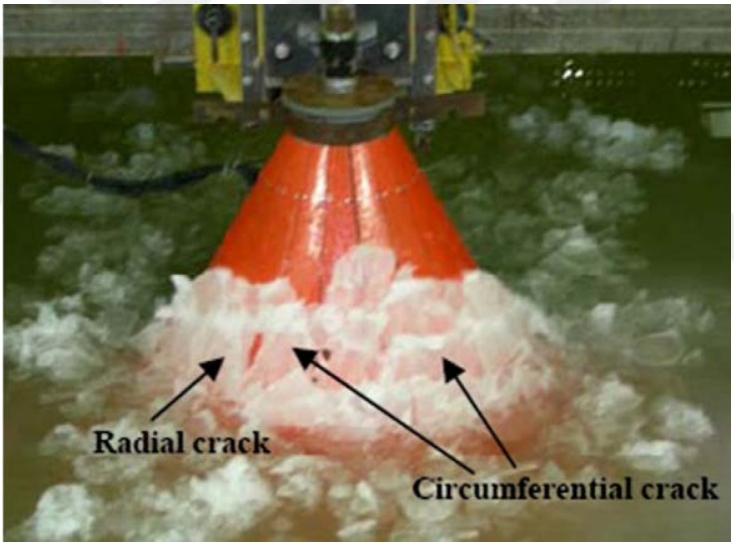
Leira ve diğerleri kuzey Kutup Bölgesi'ndeki denizcilik faaliyetlerinde beklenen büyümenin, buzlu sularda çalışacak gemileri bekleyen riskleri anlama konusundaki ilginin artmasına neden olduğunu belirtmiştir. Yapılan araştırma KV Svalbard gemisinin gövdesine etkiyen buz yüklerinin tahmini ile ilgilidir. Gemi üzerinde 2007 ve 2008 kışlarında ölçülen basınç yüklerine ilişkin veriler temel alınmıştır. Araştırma kapsamında buz kalınlığı ve gemi hızının ölçülen direnç seviyeleri üzerindeki etkileri de incelenmiştir (Leira ve diğerleri, 2009).

Jeong ve diğerleri yapmış oldukları çalışmada Kuzey Deniz Rotası (NSR) kullanan gemi sayısının gelecekte artacağını ifade etmişlerdir. Kore devleti tarafından desteklenen araştırmanın amacı farklı süratlerde gemilerin maruz kaldıkları buz direncini hesaplayabilmek ve yeni inşa edilecek gemilerin buz seyri kabiliyetlerini geliştirmektir. Çalışma kapsamında Araon isimli buzkıran türünde bir geminin ahşap malzemeden 1/18 ölçeğinde modeli inşa edilmiştir. Laboratuvar ortamında saf suya ilaveten Etilen Glikol (% 0,4), alifatik deterjan (% 0,03) ve şeker (% 0,049) karışımı soğutularak test ortamı oluşturulmuştur. Ölçekli gemi modeli buz içerisinde farklı süratlerde seyir ettirilmiş ve üzerindeki sensörler vasıtası ile maruz kaldığı direnç ölçülmüştür (Jeong ve diğerleri, 2010).

Su ve diğerleri buzlu bölgelerde seyir yapacak gemilerin manevra karakterlerinin önemini ifade etmiştir. Buz koşullarındaki bir geminin dönüş performanslarının tahmininde kullanılmak üzere matematiksel bir model ortaya koymuştur. Tor Viking II isimli buz kıran gemisinin gerçek manevra verileri ile model üzerinden hesaplanan veriler birbirleri ile

karşılaştırılmıştır. Çalışma sonunda oluşturulan modelden elde edilen verilerin tam ölçek ile uyum içerisinde olduğu belirtilmiştir (Su ve diğerleri, 2010).

Huang farklı hızlarda sürüklenen buzun konik yapılar üzerinde oluşacağı direnci tahmin etmeye yönelik deneysel bir çalışma yapmıştır. Çalışmada değişken test parametreleri olarak, model koninin su hattı çapı ve buzun sürüklenme hızını gösterilmektedir. Tianjin Üniversitesi buz tankında tatlı su ile % 1,5 üre karışımı hazırlanarak ortam −22 °C'ye kadar soğutulmuştur. İstenilen buz kalınlığı elde edildiğinde ortam sıcaklığı 0 °C'ye getirilmiştir. Model koni etrafına dizilen plakalara bağlanan sensörler üzerinden sürüklenmekte olan buzun oluşturduğu dirençler ölçülmüştür. Yapılan testlerde buz parçası büyüklüğü ve sürtünme yüksekliğinin oranı arasında doğrusal bir ilişki olduğu ifade edilmiştir (Huang, 2010). Şekil 2.7'de yapılan çekme testi görülmektedir.



Şekil 2.7: Konik Yapıların Buz Testleri (Huang, 2010).

Liu ve diğerleri gemi ile buzdağı temasının malzeme modellemesi üzerinden matematiksel bir model geliştirmiştir. Çalışma sonucunda buzdağı modellemesi için bir malzeme modeli önerilmektedir. Bu modelde deniz buzun fiziksel özelliklerinin izotropik olduğu varsayılmıştır. Oluşturulan modelde buzdağlarının sıcaklık profili de dikkate alınmış ve gerilme oranının etkisi de tartışılmıştır. Çalışmada sunulan sayısal örnekler üzerinden modelin oldukça iyi sonuçlar verdiğinin ifade edildiği görülmektedir. Oluşturulan bu modelin bir gemi pruvası ve buzdağları arasındaki çarpışma simülasyonlarının sonuçlarını tahmin açısından önemi vurgulanmış ve sonuçlar tartışılmıştır (Liu ve diğerleri, 2011).

Lubbad ve Løset buz içerisinde ilerleyen gemilerin üniform buzu kırması veya daha önce kırılmış buz parçaları arasında yol alması süreçlerinde karşılaşacakları dirençleri modellemenin zorluğuna dikkat çekmiştir. Araştırma kapsamında gemi-buz etkileşimi için sayısal bir gerçek zamanlı simülatör geliştirilmesi amaçlanmıştır. Çalışma sonucunda KV Svalbard gemisinin tam ölçekli direnç verileri ile geliştirilen gerçek zamanlı simülatör direnç verileri birbirleri ile karşılaştırılmıştır (Lubbad ve Løset, 2011). Tablo 2.2'de test sonuçları görülmektedir.

Tablo 2.2: Test Sonuçları (Lubbad ve Løset, 2011).

		Toplam direnç [kN]
1	Tam ölçekli veriler (2008)	165
2	Gerçek zamanlı simülatör	154
3	Keinonen (1996)	181
4	Lindqvist (1989)	178

Zhou ve diğerleri çalışmalarında sürüklenen buzun bağlı konumda buzkıran tanker türünde bir gemi üzerine oluşturacağı dinamik güçleri tahmin edebilmek için iki boyutlu matematiksel bir model geliştirmiştir. Geminin bağlantı gücü, farklı buz kalınlıkları ve farklı akıntı süratleri hesaplanan parametreler arasında gösterilmektedir. Oluşturulan modelde MT Uikku gemisinin tasarım özellikleri kullanılmıştır. Model üzerinden hesaplanan veriler tam ölçekte Kulluk isimli bir sondaj barcına ait veriler ile karşılaştırılmıştır. Sürüklenen buzun oluşturduğu gücün buz kalınlığı ile artan ilişkisi ifade edilmiş ve modelin tam ölçek verileri ile uyum sağladığı belirtilmiştir (Zhou ve diğerleri , 2011).

Kim ve diğerleri ice pack adı verilen buz formu içerisinde bir kuru yük gemisinin direnç performansını sayısal ve deneysel olarak incelemiştir. Sayısal analiz ve Pusan Devlet Üniversitesinde bulunan bir çekme tankında sentetik buz ile yapılan deneysel sonuçları arasında bir karşılaştırma yapılmıştır. Test modeli olarak 1/48 ölçeğinde bir kuru yük gemisi kullanılmıştır. Sentetik buz ile yapılan deneyler % 60, 80 ve 90 olmak üzere buzun üç farklı bir araya toplanma konsantrasyonunda tekrarlanmıştır. Model buz olarak farklı ölçülerde kesilen parafin kullanılmıştır (Kim ve diğerleri, 2013).

Tan ve diğerleri gemi-buz-su etkileşiminin gemi performansı üzerindeki etkilerini çözümleyen matematiksel bir model ortaya koymuştur. Buz kütlelerinin dinamik eğilmesinin ve gemi hızlarının etkileri özellikle incelenmiştir. Bu model farklı kalınlıklardaki buz

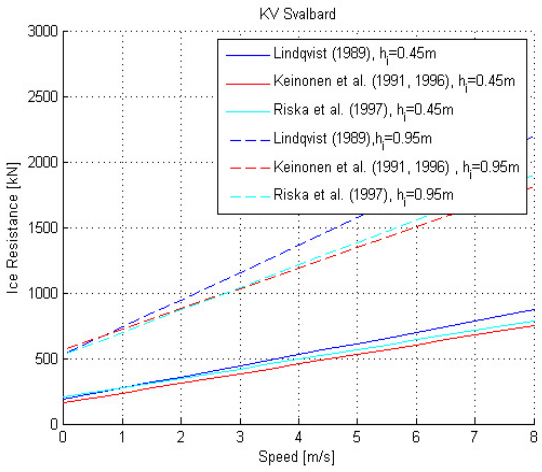
içerisindeki gemi hareketlerini simüle eden sayısal bir formül kullanılarak geliştirilmiştir. Çalışma sonunda İsveçli buzkıran gemisi Tor Viking II'nin gövde geometrisi özellikleri kullanılarak bir örnek olay incelemesi de yapılmıştır. Elde edilen veriler tam ölçekli geminin verileri ile karşılaştırılmıştır (Tan ve diğerleri, 2014).

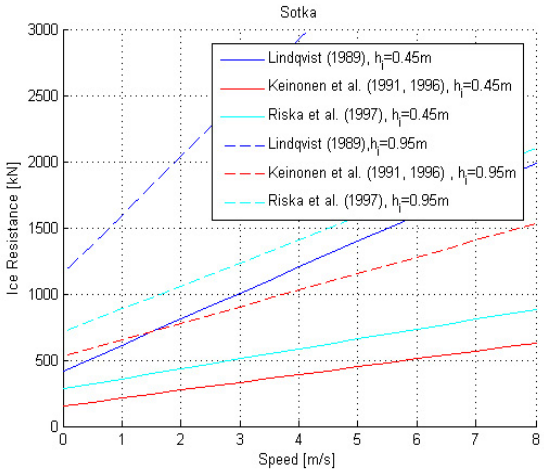
Myland ve Ehlers kuzey kutup bölgesinin taşımacılık açısından öneminin artması ile birlikte buz içerinde seyir yapan gemilerin performansına yönelik araştırmaların sayısının da arttığını ifade etmiştir. Gemilerin maruz kalacağı buz direncinin belirlenmesine yönelik literatürdeki yöntemler arasında ölçekli model testlerinin hala en güvenli yöntem olduğunu belirtilmiştir. Çalışma kapsamında farklı gövde şekillerinin buz kırma sürecindeki etkisi ölçekli model testleri üzerinden araştırılmıştır. Dört farklı gemi türünün gelişimine göre altı farklı buz ortamı içerisinde 3, 5 ve 8 deniz mili süratlerde karşılaştığı dirençler ölçülmüştür. Elde edilen veriler Lindqvist modeli ile karşılaştırılmıştır (Myland ve Ehlers, 2014). Tablo 2.3'de test sonuçları görülmektedir.

Tablo 2.3: Test Sonuçlarının Kıyaslanması (Myland ve Ehlers, 2014).

Model No	Lindqvist [kN]	Model test [kN]	Lindqvist / Model test [%]
1	785	740	106
2	1950	10000	>>100
3	7800	9000	86
4	2297	3500	66

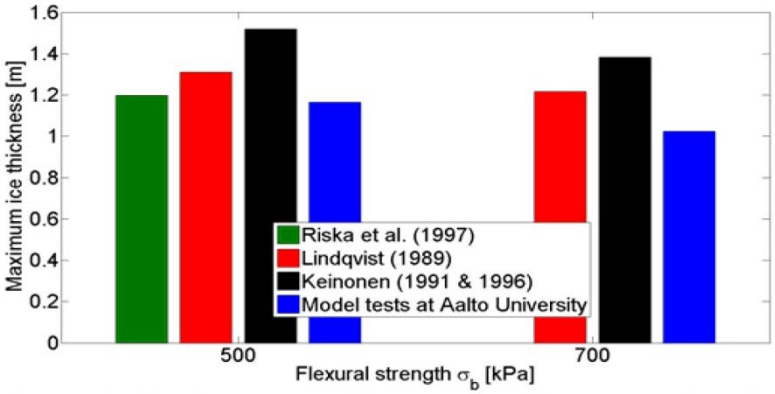
Gaup gemilerin baş formunun buz direncini önemli ölçüde etkilediğine vurgu yapmıştır. Bu nedenle buz direncini tahmin ederken baş formu geometrisinin göz önünde bulundurulması gerektiğini belirtmiştir. Çalışmasında KV Svalbard ve MT Sotka isimli gemilerin tasarım özelliklerini ve Enkvist, Vance, Lindqvist, Keinonen ve Riska'nın matematiksel modellerini kullanarak farklı süratlerde ortaya çıkan buz dirençlerini hesaplamıştır. Çalışma sonucunda farklı süratler altında gemilerin maruz kaldığı buz direncini hesaplamaya ilişkin en yaygın bilinen Enkvist, Vance, Lindqvist, Keinonen ve Riska modelleri ile hesaplanan buz dirençleri arasında ciddi farklar oluştuğu görülmüştür (Gaup, 2015). Şekil 2.8'de KV Svalbard gemisinin buz direnci verileri, Şekil 2.9'da ise MT Sotka gemisinin buz direnci verileri görülmektedir.





Şekil 2.8: KV Svalbard Verileri (Gaup, 2015). **Şekil 2.9:** MT Sotka Verileri (Gaup, 2015).

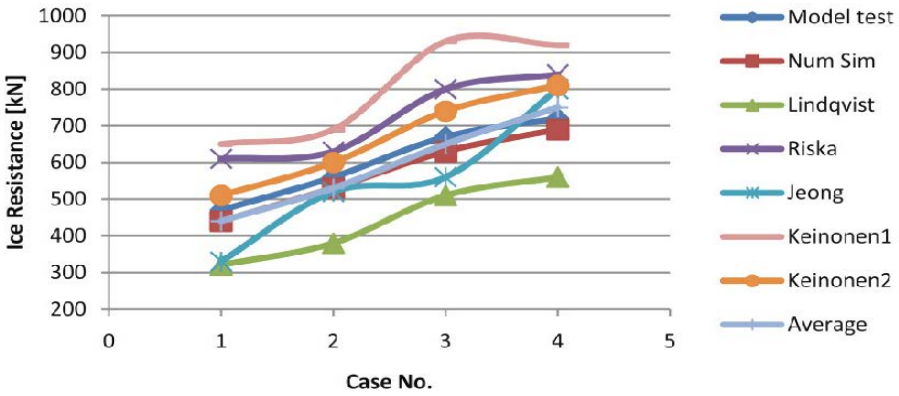
Polach ve diğerleri kutup bölgelerinin kullanacak yeni gemilerin tasarımında buz dirençleri tahminlerinin hayati önemine vurgu yapmıştır. Buz direnci tahminine ilişkin henüz gelişmiş simülasyonların bulunmadığını onun yerine matematiksel modellerin ve yarı ampirik yöntemlerin kullanıldığını ifade etmiştir. Bu çalışmada MT Uikku isimli tankerin NSR bölgesinde 3 farklı alternatif rotayı kullanması durumunda karşılaşacağı dirençler Riska, Lindqvist ve Keinonen matematiksel modelleri kullanarak hesaplanmıştır. Aynı zamanda Aalto Üniversitesi buz tankında ölçekli model testi de gerçekleştirmiştir. Çalışmaya Murmansk ve Nakhodka limanları arasında NSR ve Süveyş rotaları için bir de maliyet analizi de eklemiştir. Farklı buz kalınlığında ve 2 mil süratte hesaplanan dirençler Şekil 2.10'da görülmektedir (Polach ve diğerleri, 2015).



Şekil 2.10: Hesaplanan Dirençler (Polach ve diğerleri, 2015).

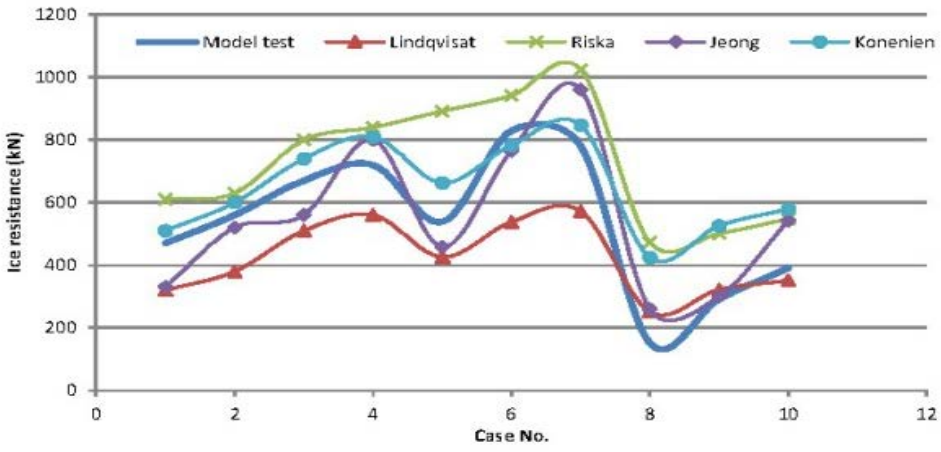
Hu ve Zhou çalışmalarında Viking II isimli buz kıran gemisinin maruz kalacağı buz direnci geminin dizayn özellikleri Lindqvist, Riska, Jeong, Keinonen'in matematiksel modelleri

kullanılarak hesaplanmıştır. Aynı zamanda geminin ölçekli bir modeli üretilerek karşılaştırma yapılmıştır. 2015 yılında yapılan yukarıdaki iki çalışma incelendiğinde, belirli hızlara sahip gemilerin maruz kaldıkları buz direncinin kestirimi için oluşturulmuş matematiksel modellerin farklı sonuçlar verdiği görülmüştür (Hu ve Zhou, 2015). Hu ve Zhou çalışması sonucunda elde ettiği buz direnci verileri Şekil 2.11'de görülmektedir.



Şekil 2.11: Viking II Verileri (Hu ve Zhou, 2015).

Hu ve Zhou diğer bir çalışmalarında gemilerin düşük hızlarda buzla kaplı kanal seyirlerinde karşılaşacakları dirençleri ampirik bir yöntemle araştırmıştır. Bu çalışmada MT Uikku gemisinin 1:31 ölçeğinde üretilen bir modeli kullanılmıştır. Model buz için tatlı su ve Etanol karışımı tercih edilmiştir. Aynı zamanda Lindqvist, Riska, Jeong ve Keionen matematiksel modelleri de kullanılarak elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Hu ve Zhou'nun elde ettiği buz direnci verileri Şekil 2.12'de görülmektedir (Hu ve Zhou, 2016).



Şekil 2.12: MT Uikku Verileri (Hu ve Zhou, 2016).

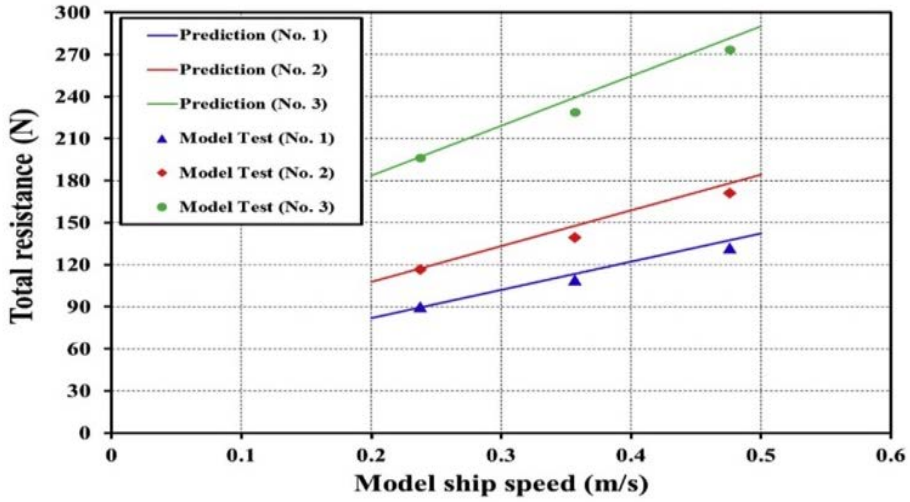
Huang ve diğerleri Tianjin Üniversitesi Buz Mühendisliği Laboratuvarında kar örtüsü altındaki buz tabakasının eğilme kırılma sürecini araştırmak için bir dizi model testi gerçekleştirmiştir. Deniz buzu ile kaplı bölgelerde bulunan platformların maruz kalacağı direnci belirlemeye yönelik çalışmada üç farklı açıya (50°, 55° ve 60°) sahip modeller kullanılmıştır. Model buz için üre (% 1.5) solisyonu kullanılmıştır (Huang ve diğerleri, 2016).

Zhou ve diğerleri gemi-buz etkileşiminde ortaya çıkan dirençlerin belirlenmesi için sayısal simülasyonları ve yarı-ampirik bir formülü içeren birleşik çözüm sunmuştur. Buz yükünü hesaplamak için, bir basınç-alan ilişkisi uygulanmış ve bir bükülgen buz plakası modeli geliştirilmiştir. Önerilen sayısal yöntem, 1/20 ölçekli CCG R-Class buz kıran modelinin deneysel sonuçları ve tam ölçekli dönüş dairesi sonuçları kullanılarak doğrulanmıştır (Zhou ve diğerleri, 2016).

Li ve diğerleri buzla kaplı sularda seyrin, gemi gövdesinde oluşabilecek yaraların doğurabileceği kirlilik riski açısından da çevreyi tehdit eden riskli bir faaliyet olduğunu işaret etmiştir. Sefer öncesinde buzdaki ulaşılabilir gemi hızının doğru bir şekilde belirlenmesinin doğması muhtemel riskleri en aza indirmek açısından çok önemli olduğunu belirtilmiştir. Buz içerisindeki gemi hızını değerlendiren mevcut yöntemlerin çoğunun her zaman erişilebilen ve ayrıntılı verilerden oluşmadığını bu durumun yüksek oranda belirsizliğe neden olduğunu ifade etmiştir. Bu çalışma sonucunda buz içerindeki gemilerin optimum hızını belirlemek amacı ile tam ölçekli S.A. AGULHAS II gemisinin verileri ve Bayesian öğrenme algoritması kullanılarak buz koşullarını ve gemi hızı verilerini birleştiren olasılağa dayalı bir matematiksel model oluşturulmuştur (Li ve diğerleri, 2017).

Jeong ve diğerleri, hareket halindeki gemilerin buz içinde karşılaştığı direnci tespit edebilmek adına Lindqvist'in geminin karşılaşacağı buz direnci toplamının gövde formunun, buz kalınlığının, buzun gücünün ve sürtünmenin bir fonksiyonu olduğunu öne süren modeli üzerinden farklı bir yarı ampirik model geliştirmişlerdir. Bu yeni modelde gemi ile buzun çatışma anında buz kütlesini batırma gücünü Lindqvist modeli üzerinden, çatışma ve kırma güçleri ise eneji etkileşimi konsepti üzerine oluşturulan matematiksel bir model ile hesaplanmıştır. Modelin güvenilirlik testi için tam ölçekli Healy, Araon ve KV Skalbard isimli gemilerin verilerileri ile karşılaştırma yapılmıştır (Jeong ve diğerleri, 2017). Sonuçların nispeten uyum sağladığı belirtilmiştir. Sonuç olarak, sunulan yeni model buz içerisindeki

gemilerin maruz kalacağı toplam direnç tahmini için önerilmektedir. Şekil 2.13'de Jeong'un yari ampirik modelinin sonuçları görülmektedir.



Şekil 2.13: Healy, Araon ve KV Skalbard Verileri (Jeong ve diğerleri, 2017).

Kuuliala ve diğerleri gemilerin ağır buz koşullarında karşılaşacakları direnci tahmin etmek için bir matematiksel bir model geliştirmiştir. Oluşturulan modele ilişkin bilgi edinmek ve olası sorunlu parametreleri belirlemek için kapsamlı bir duyarlılık analizi de yapılmıştır. Bu çalışmada simülasyon yöntemini test etmek için iki veri seti kullanılmıştır. Birinci set deniz buzunun profilini, S.A. Agulhas II isimli geminin hız ve gemi makine verilerini içermektedir. İkinci veri seti ise Finlandiya Meteoroloji Enstitüsü tarafından geliştirilen sayısal bir buz modeli tahmin sisteminin verilerinden oluşmaktadır (Kuuliala ve diğerleri, 2017).

Huang ve diğerleri buz kıran gemilerinin üzeri karla kaplı deniz buzu içerisinde seyri esnasında karşılaşacakları dirençleri ölçmeye yönelik model testi içeren bir çalışma yapmıştır. Testlerde Tianjin Üniversitesine ait test laboratuvarında bulunan 40x6x2 metre ölçülerine sahip bir tank kullanılmıştır. Model buz üretim sürecinde tatlı su ve üre karışımı kullanıldığı belirtilmiştir. Aynı zamanda karışım tank üstüne pulvarize şekilde püskürtülmüştür. İstenilen kalınlık elde edilinceye kadar ortam -22° C'ye kadar soğultulmuş ardından -2° C'de sabitlenmiştir. Elde edilen sonuçlar Lindqvist modeli ile karşılaştırılmıştır. Kırılmış buzlarla kaplı kanal simülasyonunda karşılaşılan direncin hiç kırılmamış buz ortamına göre daha yüksek ölçüldüğü belirtilmiştir (Huang ve diğerleri, 2018).

Zhou ve diğerleri Aalto Üniversitesine ait buz tankında oluşturulan farklı kalınlıklardaki buz içerisinde Uikku gemisinin 1/31,5 ölçekli modelini farklı süratlerde test etmiştir. Model

geminin kırılmış buz içerisinde karşılaştığı dirençlerde ölçülmüştür. Çalışmanın buzla kaplı sularda faaliyet gösteren deniz yapıları için rehber olması amaçlanmıştır (Zhou ve diğerleri, 2018).

Luo ve diğerleri dalga ve buz kütlesi etkileşimlerinin, açık okyanus ve deniz buzu arasındaki geçiş olarak bilinen Marjinal Buz Bölgesi'nin (MIZ) genişlemesiyle birlikte gemilerin güvenliğini giderek daha fazla tehdit ettiğini belirtmiştir. Bu çalışmada, dalgaların ve buz kütlelerinin birleşik etkileri altında 1:45 ölçekli bir gemi modeline direnç testi yapılmıştır. Araştırma, Harbin Mühendislik Üniversitesine ait dalga jeneratörü ile donatılmış çekme tankında gerçekleştirilmiştir. MIZ'ın özel ortamını simüle etmek maksadı ile model buz olarak farklı kalınlık ve ölçülerde parafin kullanılmıştır. Yapılan testler sonucunda ortamdaki dalgaların gemi buz etkileşimini zayıflattığı ifade edilmiştir (Luo ve diğerleri, 2018).

Myland ve Ehlers yeni gemilerin tasarım aşamasında buzdaki toplam direncin güvenilir bir şekilde tahmin edilmesinin önemine vurgu yapmıştır. Özellikle buz kıran türündeki gemilerin performansını belirleyen temel faktörlerden birinin ileri yolda gemi pruvası yönünde oluşan dirençler olduğu belirtilmiştir. Gemilerin su hattı ve su hattının altında oluşan dirençlerin toplamı toplam direnç olarak ifade edilmiştir. Ölçekli model testi üzerinden düşük süratlerde elde edilen dirençler grafik şeklinde sunulmuştur (Myland ve Ehlers, 2019).

2.5. BUZUN MODELLENMESİNE İLİŞKİN YAPILAN ÇALIŞMALAR

Ettema buzla kaplanmış bölgelerdeki deniz yapılarının tasarımı için uygun modelleme kriterlerini oluşturmak için gerekli benzetim kriterleri, ölçek etkileri ve model buz özelliklerini araştırmıştır. Timco'nun (1985) EG/AD/S karışımı ile oluşturduğu model buzunun üre karışımına göre modellemede daha iyi sonuçlar verebileceğini ifade etmiştir. Bu duruma gerekçe olarak üre karışımının bazen sorunlu olabilen en üst tabakasını işaret etmiştir. Bununla birlikte EG/AD/S karışımının performansının sadece 4 santimetreye kadar buz tabakaları için uygun olduğunu rapor etmiştir (Ettema, 1986).

Timco soğutma sistemli tanklar için bir model buz üretim tekniği sunmuştur. Bu teknikte tatlı suya ilaveten üç farklı katkı maddesi kullanmıştır. Bunlar Ethylene glycol (EG), Aliphatic detergent (AD) ve Sugar (S) dir. Timco'nun buz modeli EG/AD/S kısatması ile de bilinmektedir. Kanada Ulusal Araştırma Merkezine ait laboratuvar da bulunan 21x7x1,5 metre ölçülerindeki tanka tatlı su ve % 0.46/0.032/0.049 oranlarına göre EG/AD/S eklemiş ve

ortam -18°C ye kadar soğutulmuştur. 14,5 saat sonra 4 santimetre kalınlığında buz oluşumu gözlemlenmiştir. Çalışma sonuçları tatlı su ve üre karışımı ile oluşturulan buz modeli ile kıyaslanmıştır. EG/AD/S karışımının eğilme mukavemeti ve basınç mukavemeti değerlerinin üre karışımına oranla daha gerçeğe yakın değerler aldığı belirtilmiştir (Timco, 1986).

Saloranta Baltık ve Antartika bölgesindeki gözlem verilerine dayanarak bu bölgelerdeki kar yağış miktarının Arktik bölgeye göre daha fazla olduğunu ifade etmiştir. Bu nedenle bu bölgeler için oluşturulan buz modellerinin gerçek deniz buzunu doğru şekilde tanımlayamadığını belirtmiştir. Botni Körfezinde bulunan Kemi buz istasyonunun 1961 ile 1990 yılları arasındaki buz kalınlığına ilişkin topladığı verilerden yola çıkarak Baltık bölgesi buz modellemelerinde kullanılmak üzere buz ve kar kalınlıklarına ilişkin bir model ortaya koymuştur (Saloranta, 2000).

Li ve Riska etanol karışımı ile oluşturulan model buzun fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine bir dizi deney yapmıştır. Model buzun ölçülen fiziksel parametreleri olarak donma noktası, buz tankındaki hava sıcaklığı profilleri, çözelti sıcaklığı profilleri ve buzdaki donmamış sıvı ve buz yoğunluğu gösterilmiştir. Model buzun ölçülen mekanik parametreleri olarak basınç mukavemeti, eğilme mukavemeti, uzunluk ve şekil değiştirme modülü gösterilmiştir. Model buzun üretiminde % 0,1 oranında tatlı su ve ethanol karışımı kullanıldığı ifade edilmektedir. Çalışma sonucunda model buzun ölçülen fiziksel ve mekanik parametreleri tablo şeklinde sunulmuştur (Li ve Riska, 2002).

Jeong ve diğerleri MOERI standart formunda buzkıran gemilerinin maruz kalacakları buz direncinin tahmininde kullanılmak üzere ölçekli model testi yapmıştır. Araştırmanın amacı yeni inşa edilecek buz kıran türündeki gemilerinin makine gücü gereksinimlerinin belirlenebilmesidir. Deney Güney Kore'de bulunan MOERI buz tankında gerçekleştirilmiştir. Tank tatlı su ve % 0.39/0.036 oranında EG/AD ilave edilerek karışım hazırlanmıştır. Buz modellenmesinde hedeflenen üretilecek buzun eğilme mukavemetinin 30 ile 45 kPa aralığında olmasıdır. Bu değerlerin tam ölçekte 560 ile 840 kPa aralığına denk geldiği belirtilmiştir. Jeong ve diğerleri çalışmaları sonunda elde ettikleri veriler üzerinden buz direnci tahminine ilişkin yeni bir matematiksel model sunmuşlardır (Jeong ve diğerleri, 2010).

Timco ve Weeks deniz buzu modellemesine ilişkin mühendislik uygulamalarını araştırmıştır. Model buzunun fiziksel özellikleri olarak mikyoyapı, kalınlık, tuzluluk, gözeneklilik ve yoğunluk gösterilmiştir. Deniz buzunun mekanik özellikleri arasında ise çekme, kesme,

eğilme mukavemeti, basınç mukavemeti, sondaj kuvveti gibi özellikler sayılmıştır. Çalışma kapsamında gelişimine göre bir yıllık deniz buzu ile yaşlı deniz buzunun fiziksel ve mekanik özellikleri karşılaştırılmıştır (Timco ve Weeks, 2010).

Kim ve Choi yapmış oldukları çalışmada EG/AD/S ve EG/AD model buzların özelliklerini deneysel olarak karşılaştırmıştır. 42x32x2,5 metre ölçülerine sahip MOERI buz tankında yapılan deneylerde öncelikli olarak EG/AD/S karışımı kullanıldığı belirtilmiştir. 4x6x2.6 metre ölçülerine sahip başka bir tanka tatlı suya EG/AD/S % 0.46/0.032/0.039 oranlarına göre ilave edilmiş ve ortam -18° C ye kadar soğutulmuştur. 6 saat sonra 3 santimetre kalınlığında buz elde edilmiştir. Ardından ortam sıcaklığı 0° C'ye ayarlanıp 6 saat beklenmiştir böylece model buzun zayıflatılma işlemi tamamlanmıştır. Benzer deney EG/AD 0,46/0,032 oranlarında fakat şeker ilave edilmeden tekrarlanmıştır. Model buz örneklerinden alınan numunelerin eğilme mukavemetleri tespit edilmiş ve karşılaştırılmıştır. EG/AD/S karışımının şeker içereninin tank içerisinde bakterilerin oluşmasına neden olması nedeni ile bakım sorunları doğurduğu ifade edilmiştir (Kim ve Choi, 2011).

Naumann ve diğerleri dalga, akıntı ve rüzgar faktörlerinin tatlı su ve tuz solüsyonu karışımını ile oluşturulan bir buz modelinin gelişimi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Kullanılan tankın ölçüleri 194x66x90 santimetredir. Suyun başlangıç tuzluluk oranı 29 g kg^{-1} olacak şekilde ayarlanmıştır. Tank ortamı -5 ile - 20° C aralığında farklı değerlerde sabitlenerek toplam 17 deney yapılmıştır. Çalışma sonunda akıntı ve rüzgar faktörlerinin buz gelişimini hızlandırıcı etkileri olduğu ifade edilmiştir (Naumann ve diğerleri, 2012).

Polach ve Ehlers ölçekli model testlerinin gemi ve diğer deniz yapılarının buz ortamındaki performanslarının tahmini için sıkça kullanıldığını ifade etmiştir. Ölçeklendirme işleminden önce yapılacak fiziksel işlemlerin kapsamlı bir analizi ve tam ölçeğe aktarılıp aktarılamayacakları belirlenmesinin önemi vurgulanmıştır. Model buz özelliklerini belirleme yöntemleri hakkında bilgi verilmiştir. Ayrıca ölçekli model buz ve doğal buz arasındaki farklılıklar hakkında nitel bir değerlendirme sunulmuştur. Hamburg Gemi Modeli Araştırma Merkezi (HSVA) buz tankı ile Aalto Üniversitesi buz tankında kullanılan model buzların özelliklerine yer verilmiştir (Polach ve Ehlers, 2014).

Hu ve Zhou MT Uikku gemisinin 1/31 ölçekli modeli üzerinden yapmış oldukları çalışmada model buz için tatlı su ve % 0.3 etanol karışımı kullanmışlardır. Tank ortamı -10° C ye kadar soğutulmuş ardından tank üstünden hareketli nozullar kullanılarak karışım pulvarize şekilde

püskürtülmüştür. Sonrasında tank ortamı -2° C ye getirilerek model buzun eğilme mukavemeti önceden belirlenen değere gelene kadar işlemler devam etmiştir. Hu ve Zhou bu çalışmalarında buzu kırılmamış alanlarda gemilerin karşılaşacakları direçler ile buzu önceden kırılmış kanallarda seyir yapan gemilerin maruz kalacağı dirençleri hem Jeong formülleri hemde ampirik bir yöntem ile araştırmıştır. Elde edilen sonuçlar birbirleri ile karşılaştırılmıştır (Hu ve Zhou, 2016).

Polach ve Molyneux çalışmalarında mekanik test ve davranışlara odaklanan deniz buzu modelleme sanatının geldiği son durumun bir incelemesini sunmuştur. Gemilerin seyir halinde buzla olan etkileşimlerinin diğer etkileşim senaryolarından farklı olduğu belirtilmiştir. Buz gemi arasındaki etkileşimde ortaya çıkan kuvvetlerin değeri senaryolara uygulanan ölçeklendirme yasalarına yansıtıldığı belirtilmiştir. Ölçekli model buz üretiminde buzun mekanik özellikleri ve yapılan ölçümlerin hassasiyetinin tam ölçekli senaryo için yapılan tahminlerde önemli rol oynadığı ifade edilmektedir. Model buzun elastik modül özelliğinin düşük olması durumunda buz kırma senaryolarında ölçekleme sonunlarına neden olabileceği belirtilmiştir. Model buzun basınç mukavemeti parametresi ise pervane buz etkileşimi için dikkate alınması gereken en önemli özellik olarak işaret edilmektedir. Çalışma sonunda model buz testlerinin sıklıkla erime noktasına yakın sıcaklıklarda yapıldığını bu koşulların buzun gerilme hızı duyarlılığına etkisinin araştırılması gerektiğini tavsiye edilmiştir (Polach ve Molyneux, 2017).

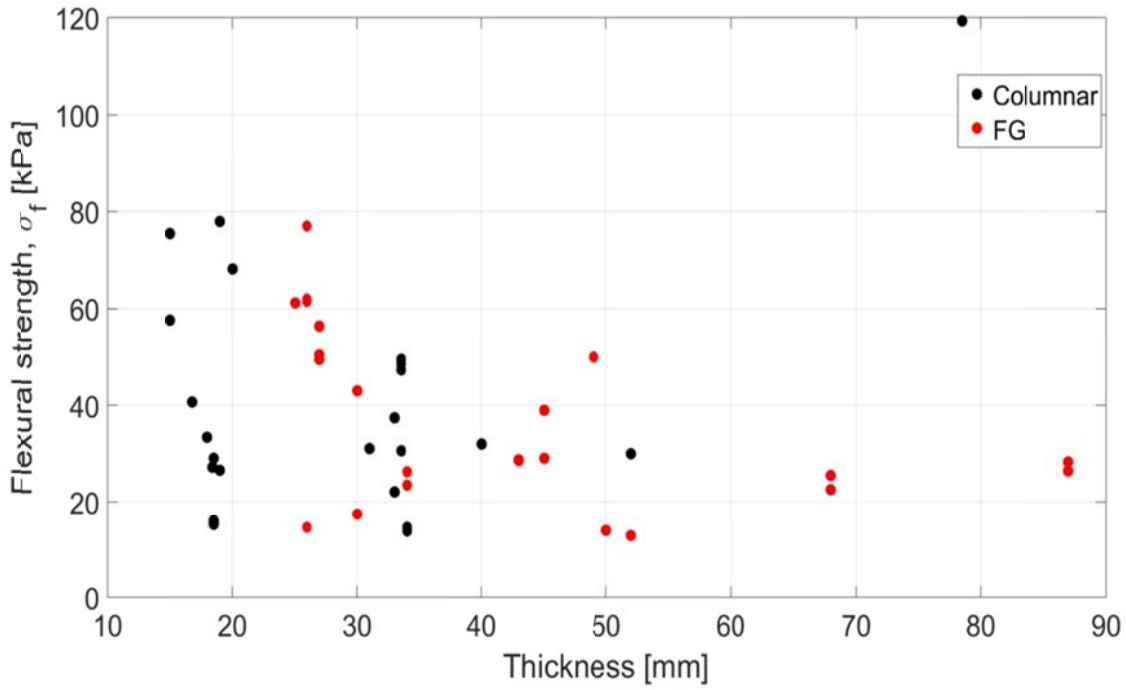
Polach ve diğerleri buz modellerinin doğrusal olmayan davranışlarını ve üretim tekniklerinde kullanılan katkılarının etkilerini araştırmışlardır. Çalışmalarında Aalto Üniversitesi, Aker Arctic (AARC), Hamburg Gemi Modelleme Merkezi (HSVA), Krylov Devlet Araştırma Merkezi (KSRC), Tianjin Universitesi ve Japonya Ulusal Deniz Araştırma Enstitüsü (NMRI) buz tanklarında kullanılan buz modeli üretim teknikleri karşılaştırılmıştır. Üretilen model buzların katkı oranları dışında üretim tekniklerinde de iki farklı yöntem kullanıldığı görülmüştür. Bu yöntemler sayesinde iki farklı kristal yapısı elde edilebilmektedir. Bunlar sutünlü (Columnar) ve ince taneli (Fine-grained - FG) üretim teknikleridir. Sutünlü yöntemde katkı ilave edilmiş tank ortamı -20° C ye kadar soğutulmakta, ardından ortam sıcaklığının kendiliğinden 0° C'ye gelmesi beklenmektedir. Böylece model buzun en üst tabakası daha zayıf bir kristal yapısına sahip olmaktadır. İnce taneli yöntemde ise katkı eklenmiş karışım tankın üstünden hareketli bir mekanizma ile pulvarize şekilde püskürtülmektedir. Böylece

kalınlığına bağlı olarak değişen eğilme gücüne sahip buz kristalleri elde edilebilmektedir (Polach ve diğerleri, 2019). Tablo 2.4'de buz tanklarında kullanılan katkı maddeleri ve üretim yöntemleri birlikte görülmektedir.

Tablo 2.4: Buz Modellemesine İlişkin Yapılan Çalışmalar (Polach ve diğerleri, 2019).

Buz tankı	Katkı ve oranı	Kristal yapısı	Buz kalınlığı	Eğilme Mukavemeti
Aalto buz tankı	Ethanol (0.5 ~ 0.1 %)	FG	30 – 49 mm	43 – 50 kPa
Aalto buz	Ethanol (0.3 %)	FG	25 – 27 mm	50 - 77 kPa
HSVA	NaCl (0.9 ~ 0.7 %)	Columnar	19 – 52 mm	15 - 79 kPa
KSRC	NaCl (1.5 %)	FG, Columnar	26 – 87 mm	14 - 39 kPa
Tianjin	Urea (1.5 %)	Columnar	40 mm	32 kPa
NMRI	Propylene Glycol (0.8)	Columnar	15 – 17 mm	41 – 76 kPa
AARC	NaCl (1.1 %)	FG	27 – 73 mm	31 - 49 kPa

Polach ve diğerleri önceki çalışmalarda üretilen model buzların farklı kalınlıklarda ölçülen e mukavemetlerini de araştırmışlardır. Şekil 2.14'de model buzların eğilme mukavemetleri görülmektedir.



Şekil 2.14: Model Buz Eğilme Mukavemetleri (Polach ve diğerleri, 2019).

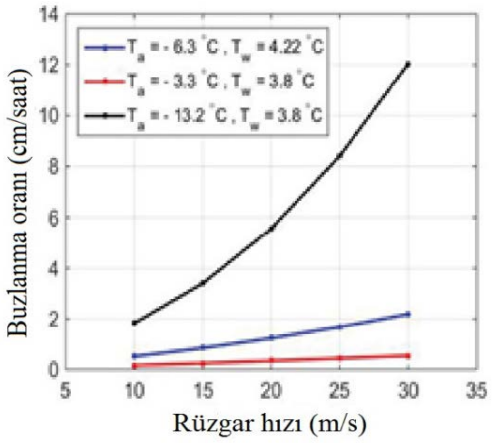
2.6. BUZUN GEMİ STABİLİTESİNE ETKİLERİNE YÖNELİK ÇALIŞMALAR

Overland Amerika Ulusal Okyanus ve Atmosfer Dairesi (NOAA) laboratuvarında farklı su sıcaklıkları için bir gemi buzlanma tahmin modeli oluşturmuştur. Algoritma geliştirilirken Labrador, Alaska, Bering Denizi, Danimarka kanalı ve Barent Denizi su sıcaklıkları ortalamaları kullanılmıştır. Modelde kullanılan diğer parametreler; rüzgâr hızı (m/s), deniz suyu donma noktası (-1,7 °C Kuzey Pasifik için), hava sıcaklığı (°C) ve deniz suyu sıcaklığıdır (°C). Yapılan tahminler ile gözlem değerleri karşılaştırılarak model geliştirilmiştir. Buzlanma tahminleri hafif, orta, ağır ve aşırı başlıkları altında santimetre/saat olarak değerlendirilmektedir. Overland modelinde saatte 0,7 santimetreden daha az buzlanma hafif, 0,7 ile 2 santimetre arası buzlanma orta, 2 santimin üzeri buzlanma ağır olarak nitelendirilmektedir. Modelde ayrıca 15, 30, 50, 75, 100 ve 150 metre boylarındaki gemiler için ortamın dalga yüksekliğine ve rüzgâr hızına bağlı olarak serpinti olarak buzlanma tahminleri de bulunmaktadır (Overland, 1990).

Orimolade ve diğerleri 2017 Norveç ve Barent denizlerinde yılda ortalama 12 kutupsal düşük basınç sistemi meydana geldiğini ve bu sistemlerin yüksek rüzgâr eşliğinde, hızlı ve yoğun kar yağışlarıına neden olduğunu ifade etmektedir. Kutupsal düşük basınç sistemlerine maruz kalan gemilerin şiddetli deniz serpintisi buzlanmasına maruz kalma ihtimalinin çok yüksek olduğu belirtilmektedir. Çalışmada kutupsal düşük basınç sistemleri içinde oluşan kar ve buz yükünün gemilerin dengesi üzerine etkileri araştırılmıştır. Deniz serpintisi buzlanması olayı buzlanma kazalarının % 90'ının nedeni olarak ifade edilmektedir. Overland modeli kullanılarak üç farklı atmosferik durum için saatlik buzlanma miktarları tahmin edilmiştir. Tablo 2.5'de verilen üç farklı atmosferik ortam koşulunu için ve Şekil 2.15'de Overland algoritmasının buzlanma tahminleri görülmektedir (Orimolade ve diğerleri, 2017).

Tablo 2.5: Atmosferik Durumlar (Orimolade ve diğerleri, 2017).

Parametre	Durum 1	Durum 2	Durum 3
Rüzgar hızı (m/s)	22,67	25,57	10,8
Hava sıcaklığı (°C)	- 6,3	- 3,3	- 13,2
Su sıcaklığı (°C)	4,22	3,8	3,8
Nisbi nem (%)	92,38	89,53	85,27
Tuzluluk oranı (‰)	35,2	35,17	35,18



Şekil 2.15: Buzlanma Tahminleri (Orimolade ve diğerleri, 2017).

Çalışmanın devamında Overland algoritması tahminlerinin üç farklı gemi dengesi üzerine etkileri hesaplanmıştır. Gemilerin özellikleri Tablo 2.6'da görülmektedir.

Tablo 2.6: Gemi Özellikleri (Orimolade ve diğerleri, 2017).

Parametre	**A**	**B**	**C**
Tam boy (metre)	27,73	86,83	240,1
Genişlik (metre)	6,7	18,0	42,0
Derinlik (metre)	3,41	7,8	19,7
Deplasman (Ton)	247,6	7375,0	111633,0

Kutupsal düşük basınç sistemleri içinde 20 saatlik bir zaman diliminde güverte üzeri buzlanma 25 santim kalınlığa, kar ise 30 santim kalınlığa erişebildiği görülmektedir. Bu durumda gemilerin stabilitelerinde oluşacak değişim Tablo 2.7'de sunulmuştur.

Tablo 2.7: Gemi Stabilite Özellikleri (Orimolade ve diğerleri, 2017).

Parametre	**Gereken Değer**	**Gemiler**		
GZ kolu eğrisi özellikleri		**A^0 / A^1**	**B^0 / B^1**	**C^0 / C^1**
Alan 0° to 30° (m-deg)	≥ 3,15	12,82 / 3,86	33,29 / 26,66	74,37 / 65,23
Alan 0° to 40° (m-deg)	≥ 5,16	22,29 / 6,54	60,68 / 48,99	135,93 / 119,88
Alan 30° to 40° (m-deg)	≥ 1,72	9,47 / 2,69	27,39 / 22,33	61,57 / 54,66
Maksimum GZ açısı (deg)	≥ 25	40 / 32,7	51,80 / 49,1	50,9 / 49,1
Başlangıç GM (metre)	≥ 0,35[a] / 0,15[b]	1,53 / 0,39	3,97 / 3,12	8,84 / 7,67

[0] Buzlanma ve kar yok, [1] 25 santim buz, 30 santim kar var.

[a] Balıkçı gemileri için, [b] Diğer gemiler için

Çalışma sonucunda A, B ve C gemileri için buz, kar kaynaklı GM azalma oranları % 74.51, % 21.41 ve and % 13.23 olarak hesaplanmıştır. Küçük tonajlı gemilerin dengesinin büyüklerine oranla buzlanmadan daha fazla olumsuz etkilendiği vurgulanmıştır.

Dehghani ve diğerleri okyanusların soğuk bölgelerinin hem deniz taşıtları hem de diğer deniz yapılarının emniyeti açısından risk oluşturan çevresel zorluklara sahip olduğunu belirtmiştir. En büyük tehlikelerden biri olarak deniz serpintisi buzlanma olayı ifade edilmektedir. Buzlanma artış hızının ve buz birikimi miktarının değerlendirilmesi ve tahminleri çok önemli fakat karmaşık işlemler olarak ifade edilmektedir. Bu çalışmada deniz taşıtları ve açık deniz yapılarının üzerindeki deniz serpintisi buzlanma tahmin modellerinin tarihçesi ve gelişimi hakkında bilgi verilmiştir (Dehghani ve diğerleri, 2017). Şekil 2.16'da 2010 yılı ocak ayında Kanada'nın Quebec limanı bölgesindeki bir geminin üzerindeki serpinti buzlanma olayı görülmektedir.



Şekil 2.16: Deniz Serpintisi Buzlanma Etkileri (Dehghani ve diğerleri, 2017).

Andrei gemilerin seyirleri esnasında karşılaştığı olumsuz hava koşullarının sürekli olarak araştırmalara konu olduğunu belirtmiştir. Gemilerin manevra kabiliyetini azaltan, seyri zorlaştıran ve gemi dengesini olumsuz yönde etkileyen deniz serpintisi buzlanması olayının ise denizcilik sektörünün bir diğer araştırma konusu olarak önemini koruduğunu ifade etmiştir. Yapılan bu çalışmanın amacı olarak deniz serpintisi buzlanması olayının ana yönlerini vurgulamak ve gerçek yükleme koşulunda bir gemi için yapılan bir simülasyonu temel alarak geminin dengesi üzerindeki etkisini gösterilmektedir. Serpinti buzlanması olayını etkileyen temel faktörler olarak; hava koşulları (atmosferik sıcaklık, deniz suyu sıcaklığı, rüzgârın yönü ve hızı, deniz koşulları), geminin durumu (yükleme durumu, hız, özellikle olumsuz hava koşullarında rota) ve geminin yapısı (üst yapıların ve vinçlerin konumu ve

büyüklüğü, fribord yüksekliği, pruva şekli) gösterilmektedir (Andrei, 2018). Şekil 2.17'de deniz buzlanmasının etkileri görülmektedir.

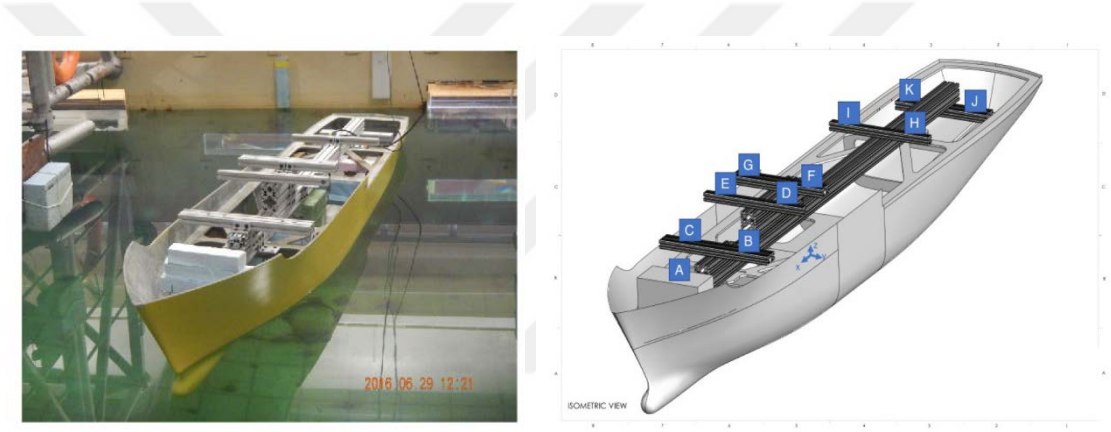


Şekil 2.17: Deniz Serpintisi Buzlanması Etkileri (Andrei, 2018).

IMO'nun Intact Stability Kod 2008 kurallarında buzlanma durumunda açık güverteler için metrekare için 30 kilogram, yan alanlar için metrekareye 7,5 kilogram ilave ağırlık oluşacağını ve denge hesaplarının bu değerlere göre yapılması gerektiği belirtilmektedir. Ayrıca kodda toplam buz yükünü hesaplayabilmek için matematiksel bir model sunulmuştur. Andrei çalışmasında 108,2 metre boyunda, 15,8 metre eninde, derinliği 8,1 metre ve deplasmanı 6225 ton olan bir geminin tomruk yükü ile tam yüklü iken buza maruz kalması durumunda dengesinde oluşacak değişimi hesaplamıştır. Geminin kalkış GM değeri 80 cm iken buzlanma sonucunda bu değerin 12 santime düştüğü belirtilmiştir. Bu değerin tomruk taşıyan gemiler için IMO tarafından önerilen eşik değerine (15 santimetre) çok yakın olduğu görülmüştür (IMO, 2009).

Lin ve Earls Kutupsal bölgelerde seyir yapan gemiler için tehlike arz eden yüzeylerde buz birikimi olayının doğru analiz edilebilmesi için geminin ağırlık özelliklerinin doğru bir şekilde analiz edilmesi gerektiğini ifade etmiştir. Çalışmalarında gemi yüzeylerinde buz birikiminin etkilerinin tahmin edilebilmesi için ölçekli bir model üzerine yerleştirilmiş sensörler ve uygun bir yazılım kullanılarak geminin ağırlık merkezi değişiminin izlenmesi amaçlanmıştır. Testler 29 Haziran 2016 tarihinde Deniz Yüzey Harp Merkezi, Carderock bölümünde gerçekleştirilmiştir. Testlerde David Taylor Model Merkezine (DTMB) ait araştırma gemisi Melville'nin 1/23 ölçekli modeli olan Model 5748 kullanılmıştır. Şekil 2.18'de Model 5748 ve gemi üzerinde ağırlıkların eklendiği konumlar görülmektedir. Sıfır buzlanma durumu haricinde toplam 6 farklı durum hesaplanmış ve sonuçlar araştırma gemisi

Melville verileri ile karşılaştırılmıştır. Buzlanma senaryoları Overland modeli kullanılarak oluşturulmuştur. Birinci durum senaryosu bir gün boyunca geminin sadece sancak tarafının orta düzeyde buzlanmaya maruz kalması koşulunu ifade etmektedir. İkinci durum senaryosu iki gün boyunca geminin pruvasının orta düzeyde buzlanmaya maruz kalması koşulunu ifade etmektedir. Üçüncü durum senaryosu bir gün boyunca geminin kıç tarafının orta düzeyde buzlanmaya maruz kalması koşulunu ifade etmektedir. Dördüncü durum senaryosu iki gün boyunca geminin ağır ve aşırı buzlanmaya maruz kalması koşulunu ifade etmektedir. Beşinci durum senaryosu iki gün boyunca geminin simetrik olarak ağır ve aşırı buzlanmaya maruz kalması koşulunu ifade etmektedir. Altıncı durum senaryosu ise geminin rastgele karışık buzlanmaya maruz kalması koşulunu ifade etmektedir (Lin ve Earls, 2019).



Şekil 2.18: Model 5748 ve Eklenen Ağırlıkların Konumları (Lin ve Earls, 2019).

Deneysel doğruluk değerlerine göre, Melville gemisinin VCG değerinin buzsuz ortama göre farklı senaryolarda % 1,5 ile % 8,9 oranları arasında azaldığı belirtilmiştir.

Sıfır hıza sahip gemilerin bordalarında maruz kaldıkları buz direncinin gemi stabilitesi ve yük hesapları üzerindeki etkilerine yönelik bir çalışmaya açık literatürde rastlanmamıştır.

2.7. MODEL BUZ VE MODEL GEMİ ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Uluslararası Çekme Tankı Konferansının başlangıcı 1932'de Hamburg'da gerçekleştirilen Uluslararası Hidro-Mekanik Kongresine dayanmaktadır. Kongrenin amacı gemi modeli çalışmalarının tüm yönlerinin iyileştirilmesini teşvik etmek ve sonuçların yayınlanması için temel prosedürleri belirlemek olarak bildirilmiştir. Konferansın ismi Uluslararası Gemi Tankı Denetmenleri Konferansı olarak belirlenmiş ve ilk konferans 1933 yılında Lahey'de gerçekleştirilmiştir. Sonraki yıllarda konferans üç yılda bir tekrarlanmıştır. 1954 yılındaki

konferansta "Uluslararası Gemi Hidrodinamiği Konferansı" olarak ismin değiştirilmesi teklif edilmiştir. Fakat bu teklif uygun bulunmamış teklif edilen ismin yerine "Uluslararası Çekme Tankı Konferansı" ismi kabul edilmiştir. ITTC bünyesinde genel komiteler, uzman komiteler ve guruplar bulunmaktadır. Uzman komitelerin biri de Buz Komitesidir. Komite 2014 yılında Buz modellemesi çalışmalarında ölçme prosedürlerini standart hale getirmek amacıyla "Model Buz Özellikleri için Test Yöntemleri" isimli kılavuzu yayınlanmıştır (ITTC, 2014). ITTC Direnç komitesi tarafından revize edilen "Gemi Modelleri için Önerilen Prosedürler ve Kılavuzlar" isimli kılavuz ise 2017 yılında yayınlanmıştır (ITTC, 2017).

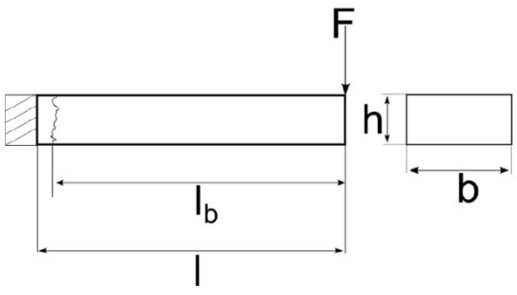
2.7.1. ITTC Model Buz Özellikleri için Test Yöntemleri

Bu kılavuzun genel değerlendirme kısmında model buz test tesislerinde farklı türlerde modeller üretildiği belirtilmiştir. Henüz mevcut buz modellerinin hiç birinin gerçek buzu tüm yönleri ile modelleyemediği ifade edilmektedir. Model buz formlarının zayıf olduğu ve çevre koşullarından etkilendiğinden ötürü örnekleri doğal ortamında standartlara uygun bir şekilde ölçmek gerektiği vurgulanmaktadır. Zamanlama ve örneklerin alındığı konumlar ayrıca önem arz etmektedir. Kullanılacak ekipmanların ortam sıcaklığına göre kalibre edilmeleri gerekmektedir.

2.7.1.1. *Buzun Eğilme Mukavemeti (Flexural Strength of Ice)*

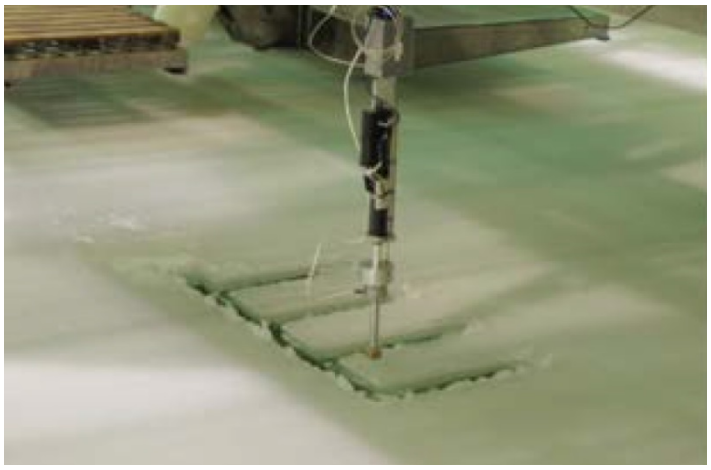
Buzun eğilme mukavvemeti için buzdan en az üç numune alınmalıdır. Numunelerin alındığı konumun tank kenarlarına olan mesafesi belirtilmelidir. Manivela kiriş testleri buzun eğilme mukavvemeti belirlemede en çok kullanılan yöntemdir. Hareketli bir manivelanın uzunluğu *l*, genişliği *b*, buz kalınlığı ise h olarak tanımlanmaktadır (ITTC, 2014). Gerekli ölçüler;

l = (5-7)x*h* ve *b* = (2-3)x*h* olarak verilmiştir. Kiriş boyutları Şekil 2.19'da görülmektedir.



Şekil 2.19: Kiriş Boyutları (ITTC, 2014).

Manivela kiriş testleri için örnek bir düzenek Şekil 2.20'de görülmektedir.



Şekil 2.20: Manivela Kiriş Testi Düzeneği (ITTC, 2014).

Rapor edilmesi gereken bilgiler; kiriş boyutları (*l*, *b*, *h*), kırılma yükü (*F*), Eğilme mukavemeti, tarih, saat ve numunenin konum bilgileridir.

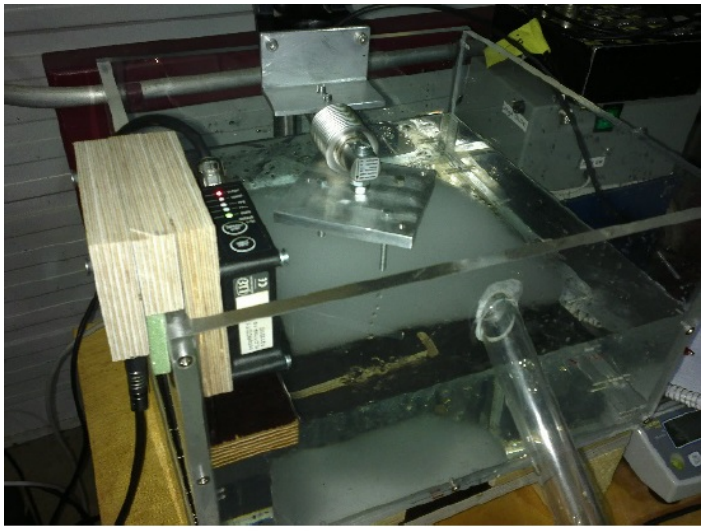
2.7.1.2. *Model Buz Yoğunluğu (Density)*

ITTC model buzun yoğunluğunun tespit edilmesi için üç farklı yöntem önermektedir (ITTC, 2014). Birinci yöntemde uygun boyutta su dolu bir kap içinde yüzen buz numunesi, üstten üç ayaklı ve yük hücesi taşıyan bir düzenekle suya tamamen batırılmaktadır. Taşan suyun hacmi ve yük hücresi ölçümlerine göre yoğunluk belirlenmektedir. Şekil 2.21'de birinci yöntem düzeneği görülmektedir.



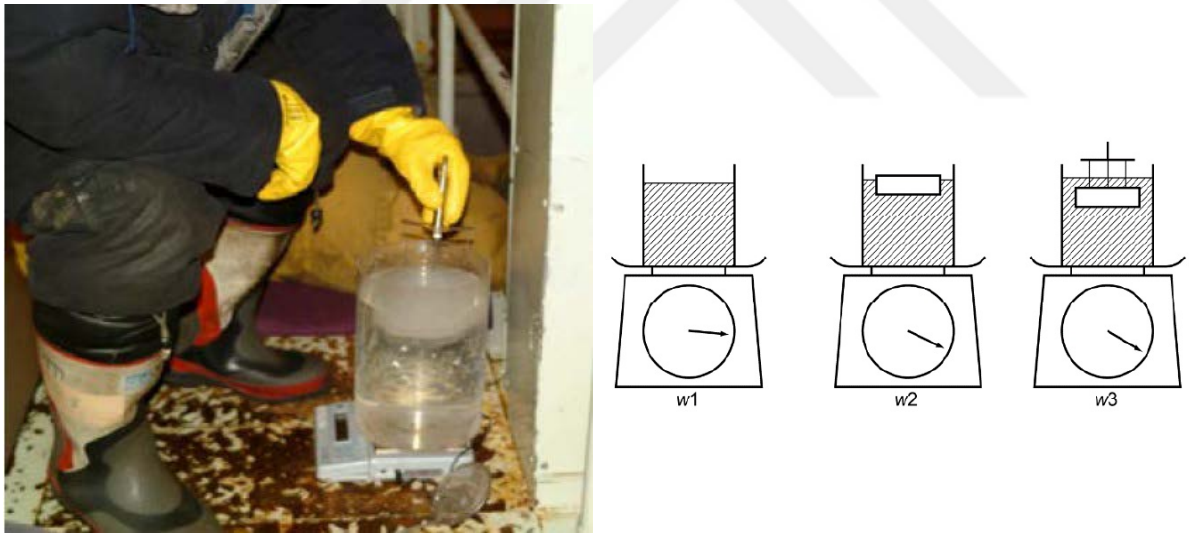
Şekil 2.21: Yoğunluk Tespit Düzeneği: Birinci Yöntem (ITTC, 2014).

İkinci yöntemde düzenekteki su süzdürülmeden, su seviyesindeki değişim bir lazer düzeneği ile ölçülmektedir. Şekil 2.22'de ikinci yöntem düzeneği görülmektedir.



Şekil 2.22: Yoğunluk Tespit Düzeneği: İkinci Yöntem (ITTC, 2014).

Üçüncü yöntemde hassas bir terazi üzerine yerleştirilen dereceli kap içerisinde buz numunesi su seviyesinin altına kadar batırılarak hacim değişimi ve toplam ağırlık ölçüleri tespit edilmektedir. Şekil 2.23'de üçüncü yöntem düzeneği görülmektedir.



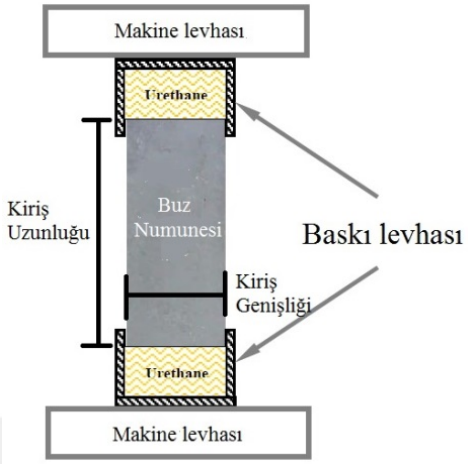
Şekil 2.23: Yoğunluk Tespit Düzeneği: Üçüncü Yöntem (ITTC, 2014).

$$\frac{Pi}{Pw} = \frac{w2-w1}{w3-w1} \tag{2.1}$$

Model buz yoğunluğu P_i simgesi ile birimi ise k/m^3 olarak ile ifade edilmektedir. Su yoğunluğu Pw simgesi ile birimi ise k/m^3 olarak ile ifade edilmektedir. Rapor edilmesi gereken bilgiler; test edilen buz numunesinin hacmi, batırma gücü, tank suyu ağırlığı ve model buz ağırlığıdır.

2.7.1.3. *Model Buz Basınç Mukavemeti (Compressive Strength of Ice)*

Model buzun karakterini ifade eden bir diğer özellik basınç mukavemetidir. Basınç ölçümleri genellikle test ortamı dışında sıkıştırma yöntemleri ile yapılmaktadır. Şekil 2.24'de sıkıştırma düzeneği şeması görülmektedir. Şekil 2.25'de ise buz kalınlığının ölçülmesi görülmektedir.



Şekil 2.24: Sıkıştırma Düzeneği Şeması (ITTC, 2014).

$$\sigma c = \frac{F}{A} \tag{2.2}$$

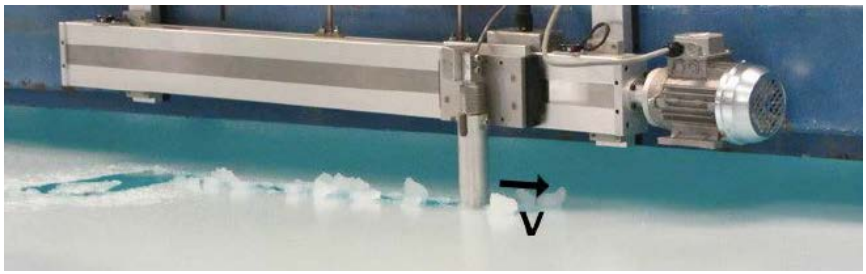
Kırılma gücü *F(Paskal)*, basınç mukavemeti σ_c sembolleri ile ifade edilmektedir. *A* buz numunesinin genişliğinin, kalınlığı ile çarpımına eşittir. Numune olarak alınan buzun kiriş uzunluğunun ise kalınlığının dört katı kadar olması gerekmektedir. Rapor edilmesi gereken diğer bilgiler; tank içinde testin yapıldığı konum, ölçüm zamanları, ölçülen yük değerleri ve hesaplanan basınç mukavemetidir.



Şekil 2.25: Model Buz Kalınlığının Ölçülmesi (ITTC, 2014).

2.7.1.4. *Diş açma testi (Indenter Test)*

Diş açma testi model buzun yuvarlak bir yapı önünde kırılma gücünü belirlenmesi için yapılmaktadır. Diş açma testi için belirli süratlerde özel bir düzenek gerekmektedir. Şekil 2.26'da bir diş açma testi düzeneği görülmektedir.



Şekil 2.26: Diş Açma Düzeneği (ITTC, 2014).

$$\sigma i = \frac{F}{ci.mDkh} \tag{2.3}$$

Diş açma gücü σi *(Paskal)* olarak tanımlanmaktadır. *F* ölçülen güç, *m* şekil faktörü (yuvarlak yapılar için 0,9), *k* temas faktörü (0,4 - 0,7), *h* buz kalınlığı, D diş açma çapını, c*i* ise D/h oranını ifade etmektedir.

2.7.2. ITTC Model Gemiler için Gerekli Prosedürler ve Kılavuzlar

Giriş kısmında kılavuzun amacı olarak direnç testleri için model gemilerin gövdelerinin doğru şekilde üretilmesi ve hazırlanması gösterilmektedir. Model gemiler için temel gereksinim olarak modelin suyla temas eden kısmının tam ölçekli model ile aynı geometrik yapıya sahip olması gösterilmektedir. Model gemilerin inşasında kullanılacak hammaddeler arasında balmumu, ahşap, yüksek yoğunluğa sahip köpük ve elyaf takviyeli plastik hammaddeleri bulunmaktadır. Modellerin gemi ölçekli planından kesilip inşa edilebileceği gibi dijital çizimlerden de oluşturulabileceği belirtilmektedir. Modelin yüzeyinin homojen bir yapıya sahip olması için 300 den 400 girite kadar zımparalanması gerekmektedir. Model gemilerin gövde üretiminde hata toleransı +/- 1 milimetre veya +/- 0,05 L_{PP} olarak sınırlanmıştır. Model pervanelerin toleransları ise çap (*D*) +/- 0,1 milimetre, kalınlık (*t*) +/- 0,1 milimetre ve hatve (P) dizayn değerinin +/- 0,5 % olarak belirtilmiştir. Bu kılavuzda türbülans simülasyonları için kullanılacak tellerin 0,5 milimetre veya 1 milimetre çapında olması gerektiği ve baş dikmenin % 5 L_{PP} kadar önüne montaj edilmesi gerektiği ifade edilmektedir. Test hazırlık aşamasında model ağırlığı ve hesaplanmış model deplasmanı arasında en fazla % 2 torerans

bulunabileceği ifade edilmektedir. Model gemi draft konumlarının gerçek konumlarından en fazla 2 milimetre veya %5 L_{PP} kadar farklı konumda olabileceği belirtilmektedir. Kılavuzda gemi modeli hakkında rapor edilmesi gereken bilgiler olarak; model ismi veya numarası, inşa materyali, ana boyutları, dikmeler arası boyu (L_{PP}), su hattı boyu (L_{WL}), genişliği (B), draftı (T), deplasmanı (kilogram olarak tatlı suda) ve ıslak yüzey alanı gösterilmektedir (ITTC, 2017).

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1. DENEY DÜZENEĞİNİN HAZIRLANMASI

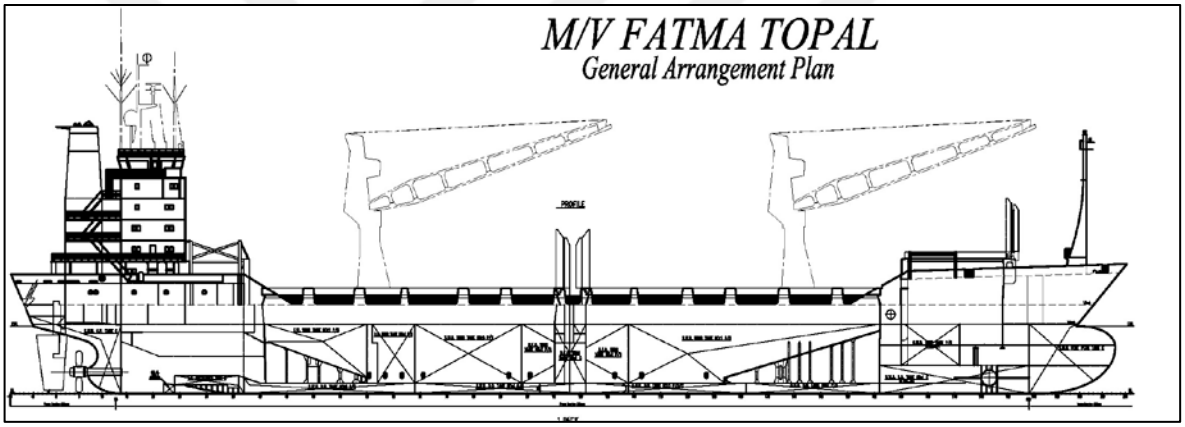
Liman operasyonları esnasında rıhtıma bağlı gemilerin bordasını çevreleyen deniz buzunun gemi dengesi üzerine etkilerini araştırmak amacı ile yapılan bu deneysel araştırmada kullanılacak malzemeler model gemi, deney tankı, test ortamı ve ölçüm aletleri başlıkları altında açıklanmıştır.

3.1.1. Gemi Modelinin Üretimi

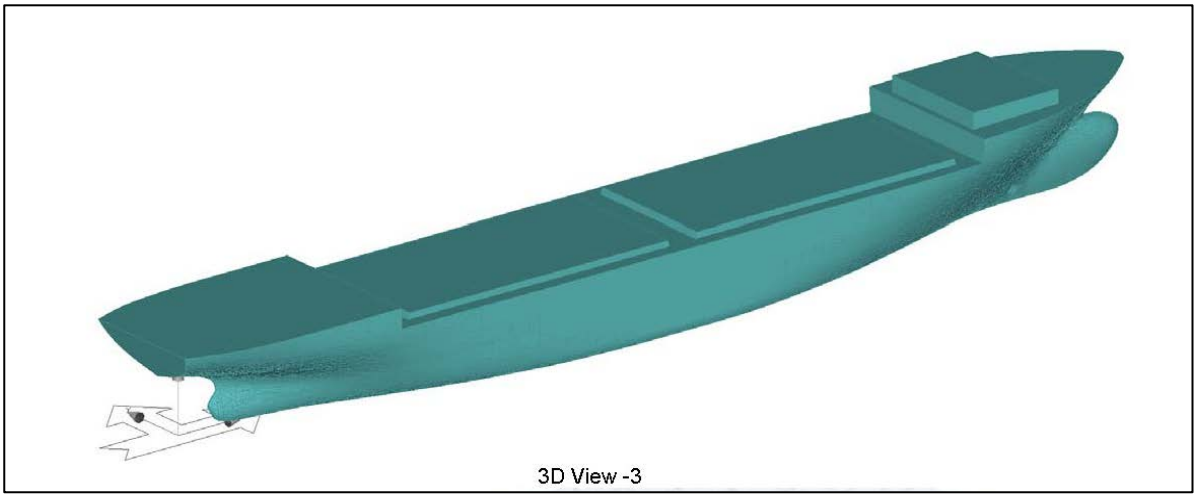
Testlerde kullanılacak model gemi M/V FATMA TOPAL isminde ve onaylı stabilite kitapçığı bulunan bir kuru yük gemisidir. Model gemi İstanbul Teknik Üniversitesi Gemi İnşaatı ve Deniz Bilimleri Fakültesi, Ata Nutku Gemi Model Deney Laboratuvarında 22-24 Mayıs 2019 tarihleri arasında inşa edilmiştir. M/V FATMA TOPAL gemisine ait dijital çizimler ve stabilite kitapçığı Seft Gemi İnşa Sanayi Mühendislik ve Ticaret LTD. ŞTİ tarafından SS161 proje numarası ile 15.05.2010 tarihinde hazırlanmıştır. Tam ölçekli gemiye ait orijinal çizim dosyası Maxsurf programı ortamında oluşturmuş bir dosyadır. Bu dosya programın export özelliği kullanılarak Rhino 3.dm dosyası olarak kayıt edilmiştir. Rhinoceros isimli yazılım ile 1/50 ölçeğinde düzenlenmiş ve önceden gemi boyutlarına göre Ayous ağacından oluşturulmuş kalıp malzemenin CNC makinesi ile işlenmesi yöntemi ile kaba inşa süreci tamamlanmıştır. Ardından model gemi yüzeyinin macun ve ardından zımparalanma işlemi aşamaları tamamlanmıştır. Zımparası tamamlanan model geminin önce astar boyası ve ardından son kat boyası yapılmıştır. Boyası kuruyan model geminin yaz yükleme hattına göre tam yüklü liman kalkış ve balastlı liman kalkış su hatları çizilmiştir. Uygun şekilde ambalajlanan model gemi 29 Mayıs 2019 tarihinde Rize'ye gönderilmiştir. 3 Haziran 2019 tarihinde Rize'de teslim alınan model geminin ambar perdeleri ve manevra alanları eklenmiştir. İnşası tamamlanan model gemiye TURNA-01 adı verilmiştir. Tablo 3.1'de tam ölçekli gemi ve model gemiye ait parametreler sıralanmıştır. Şekil 3.1'de tam ölçekli gemiye ait genel yerleşim planı görülmektedir. Şekil 3.2'de geminin 3D çizimi görülmektedir. Şekil 3.3'de model geminin CNC makinesi ile işlenme süreci görülmektedir. Şekil 3.4'de boya ve su hattı işlemleri tamamlanan gemi modeli görülmektedir.

Tablo 3.1: Gemi Parametreleri.

Parametre	Kısaltma	Gemi	Birim	Model gemi	Birim
Tam boy	LOA	146,25	metre	292,5	santimetre
Genişlik	B	21,7	metre	43,4	santimetre
Yaz draftı	D	8,52	metre	17	santimetre
Deplasman	Δ	17775,41	metrik ton	142,20	kilogram
Boş gemi ağırlığı	Ls	5223,13	metrik ton	68,80	kilogram
Blok katsayısı	Cb	0,6434	-	0,6434	-
Pruva açısı	Bow angle	50	derece	50	derece
Pupa açısı	Stern angle	45	derece	45	derece



Şekil 3.1: Tam Ölçekli Gemi Yerleşim Planı.



Şekil 3.2: 3D Gemi Çizimi.



Şekil 3.3: Ölçekli Model CNC İşleme Süreci.



Şekil 3.4: Boya ve Su Hattı Çizim İşlemleri.

3.1.2. Deney Tankı

Yapılacak araştırmada deney tankı olarak bir can salı kullanılmıştır. Can salı Japonya menşei olup üreticisi Fujikura Rubber Works Ltd. olarak görülmektedir. Tipi FRN-A-25 olarak kayıt edilmiş bu ürünün kapasitesi 25 kişi ve boş ağırlığı 87 kilogramdır. Seri numarası A250702 ve üretim tarihi Ekim 1980 olarak tespit edilmiştir. Tankın dış çapı 430 santimetre, iç çapı ise 365 santimetredir. Alt ve üst silindirlerin çapları 34 santimetredir. Can salının üst çadırı, karbondioksit tüpleri ve malzemeleri sökülmüştür. Can salının karbondioksit tüp bağlantı

rekorlarına kompresörle şişirilebilmesi için özel bağlantı rekoru tornada imal ettirilmiştir. Can salı kompresör ile şişirilerek hava kaçırıp kaçırmadığı test edilmiştir. Şekil 3.5 ve Şekil 3.6'da can salının çadırının sökülmesi ve şişirilerek test edilmesi aşamaları görülmektedir.



Şekil 3.5: Can Salı Çadırı Söküm İşlemleri.



Şekil 3.6: Can Salı Test İşlemleri.

3.1.3. Test Ortamı

Test tankının sığabileceği ve en az - 20° C soğutma kapasitesine sahip bir soğuk hava odası araştırılmıştır. Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Su ürünleri Fakültesine ait soğuk hava odalarının testler için uygun özelliklere sahip olduğu görülmüştür. Su ürünleri Fakültesi Dekanlığından yapılması planlanan araştırma kapsamında kullanım izni talep edilmiştir.

Rektörlük 55568171-622.03-E.52 sayı numaralı yazı ile soğuk hava odasının kullanım iznini vermiştir. Şekil 3.7'de testlerin yapılacağı donmuş muhafaza odası görülmektedir.



Şekil 3.7: Donmuş Muhafaza Odası.

3.1.4. Ölçüm Aletleri

Yapılan deney aşamalardan oluşmaktadır. Bu aşamaların ilki deney tankının tatlı su ile doldurulup ardından % 0,1 oranında tuz ilave edilmesi ve karıştırılmasıdır. Model geminin yüzeceği sıvının tuzluluğunun tespit edilmesi için Reflaktometre aleti gerekmektedir. Test suyunun tuzluluğu ölçmek için RHS-10 ATC modeli bir Reflaktometre temin edilmiştir. Şekil 3.8'de Reflaktometre aleti görülmektedir.



Şekil 3.8: Reflaktometre RHS-10 ATC.

Tank suyunun tuzluluğunun en hassas şekilde tespit edilmesi için ayrıca Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Su Ürünleri Uygulama ve Araştırma Merkezine ait HACH markasının HQ40D modeli dijital multimetre cihazı kullanılmıştır. Tank suyu ‰ 1 olacak şekilde tatlı suya 3,1 kg tuz ilave edilmiştir. Şekil 3.9'da multimetre cihazı görülmektedir.



Şekil 3.9: Multimetre HQ40D.

Tank suyunun yoğunluğunun tespit edilmesi için hassas terazi ve beher gerekmektedir. Hassas terazi model gemiye deney esnasında eklenecek ağırlıkların ölçülmesi içinde gerekli bir cihazdır. Bu nedenle kapasitesi yüksek bir hassas terazi tercih edilmiştir. JADEVER JWQ-30K modeli terazi 30 kilograma kadar 1 gram hassasiyetle ölçüm yapabilen bir terazidir. Şekil 3.10'da hassas terazi cihazı görülmektedir.



Şekil 3.10: Hassas Terazi JWQ-30K.

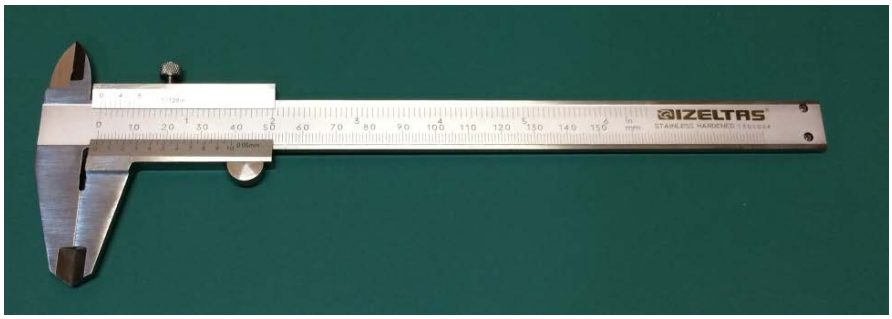
Tank suyunun yoğunluğunun tespiti aşamasında alınan numunenin hacminin belirlenebilmesi için beher gereklidir. Beher model buzun özgül ağırlığının tespit edilmesi işlemlerinde de kullanılması gerekli materyal olduğundan BOROSIL GLASS WORKS LTD. şirketinin üretimi olan 1 litre kapasiteli olan bir modeli tercih edilmiştir.

Deney esnasında tank suyunun sıcaklığını belirleyebilmek için çubuk tipi termometre gerekmektedir. Bu amaçla - 40° C ile + 200° C aralığındaki ortamlarda çalışabilen ve 0,8° C hassasiyete sahip TFA markasının 30.1018 model termometresi temin edilmiştir. Şekil 3.11'de çubuk tipi termometre görülmektedir.



Şekil 3.11: Çubuk Tipi Termometre.

Model buzun oluşturulmasının ardından belirli aralıklarda buzdan kesilen numunelerin fiziksel özelliklerinin hassas bir şekilde ölçülebilmesi için kumpas aleti gerekmektedir. Bu nedenle İZELTAŞ markasının 150 milimetre sürgülü modeli temin edilmiştir. Şekil 3.12'de kumpas aleti görülmektedir.



Şekil 3.12: Kumpas 150 Milimetre.

Model gemiyi önceden belirlenen su hatlarına kadar batırmak için üzerine eklenecek ağırlıklar hassas terazi ile tartılıp üzerlerine markalanmıştır. Model gemiye eklenecek yükü temsil edecek ağırlıklar için farklı materyaller kullanılmıştır. Bu materyaller arasında vücut

geliştirme ağırlıkları ve farklı ebatlarda somun ve pullar bulunmaktadır. Araştırmanın konusu liman operasyonu yapmakta olan gemileri kapsadığından model geminin bağlanabileceği bir model rıhtım gerekmektedir. 70 santim uzunluğa, 20 santim genişliğine ve 30 santim derinliğe sahip üzerinde eşit aralıklarda babalar ve usturmaçalar bulunan model rıhtım blokları kullanılmıştır. Şekil 3.13'de model rıhtım blokları görülmektedir.



Şekil 3.13: Model Rıhtım.

3.2. YÖNTEM

Deniz buzunun gemilerin yük hesapları üzerine etkilerini araştıran bu çalışmanın önceki aşamalarında deneyler için gerekli malzemeler, ölçü aletleri ve test ortamı hazırlanmıştır. Tam ölçekli geminin stabilite kitapçığında 1,025 t/m3 yoğunluğundaki deniz suyunda en yüksek su çekimine sahip olduğu "Yaz Yükleme Hattına Göre Tam Yüklü Liman Kalkış" ve en düşük su çekimine sahip olduğu "Tam Dolu Balastlı Liman Kalkış" durumlarına ait stabilite özellikleri detaylı şekilde verilmektedir. Model gemi üzerinde yapılacak deneylerde bu iki durum benzetim yapılacak ve hesaplamalar bu iki duruma göre gerçekleştirilecektir.

Yük hesaplamaları öncesinde Lightship olarak bilinen yüksüz gemi ağırlıkları içeriği ve genel stabilite özellikleri irdelenmiştir. Tam ölçekli gemi deplasmanı kullanılarak önce tatlı su toleransı adı verilen FWA (Fresh Water Allowance) ardından da rıhtım suyu toleransı yani DWA (Dock Water Allowance) hesaplanmıştır. Birinci aşamada tank suyunun tuzluluğu

dikkate alınarak tam ölçekte yükleme hatlarına denk gelen deplasman değerleri hesaplanmıştır.

İkinci aşamada yaz yükleme hattına göre "Tam Yüklü Liman Kalkış" durumundaki tam ölçekli geminin deplasman içeriği ağırlıkları ve genel stabilite özellikleri verilmiş ve ardından tam ölçekten 1/50 ölçeğine geçişte model gemiye eklenmesi gereken ağırlıklar ve ağırlıkların gemi üzerindeki konum bilgileri ve TPC değeri hesaplanmıştır.

Üçüncü aşamada model rıhtım blokları deney tankı içerisine yerleştirilmiştir. Oda sıcaklığında bulunan deney tankı tatlı su ile doldurulmuş ve % 0,1 tuz çözeltisi ilave edilerek karıştırılmıştır. Model gemi üzerine önceden hesaplanan ağırlıklar eklenerek su çekiminin önceden çizilen Yaz Yükleme Hattına Göre Tam Yüklü Liman Kalkış su çekimini ifade eden kırmızı çizgiye geldiği görülmüştür. Ardından model gemi model rıhtım blokları üzerine iskele tarafından bağlanmıştır. Şekil 3.14'de tam yüklü su hattına kadar yüklenen model gemi görülmektedir.



Şekil 3.14: Tam Yüklü Model Gemi.

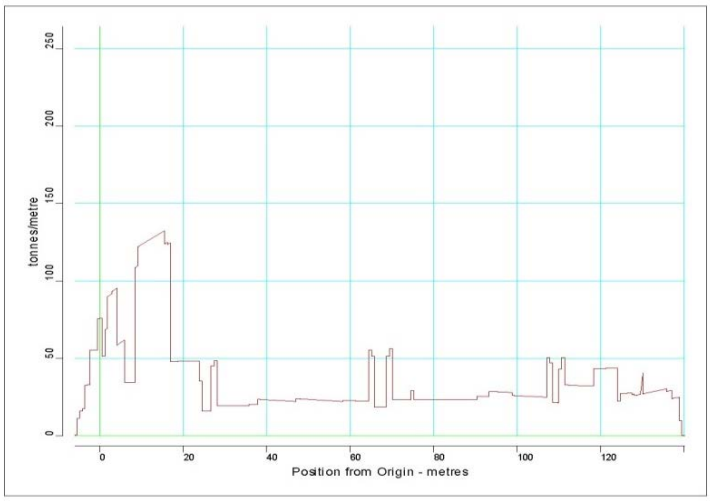
Stabilite kitapçığından yüklü kalkış deplasman değeri üzerinden ölçekli model gemi üzerinde bir santim batırma ağırlığına denk gelen ağırlık hesaplanmıştır. Bu ağırlık model gemiye yüklenerek su çekimindeki bir santimlik değişim gözlemlenmiştir. Tank ortamı hava sıcaklığı - 9 ° C'ye kadar düşürülmüş ardından ortam ısısı 0° C'ye getirilerek deneyler yapılmıştır. Bu süreçte buz kalınlığı ve tank suyu sıcaklığı periyodik olarak kontrol edilerek ve kayıt altına alınmıştır. Belirli buz kalınlıklarında bir santim batırma ağırlığına denk gelen ağırlık yüklendiğinde su çekiminin bir santim değişmediği gözlemlenmiştir. Kontrollü şekilde ağırlık

ilave ağırlık eklenerek su çekimi gözlemlenmiş ve ilave edilen ağırlıklar kayıt altına alınmıştır. Böylece tam yüklü model gemi TPC değerine bordası üzerinde etki eden belirli kalınlıklarındaki model buzun etkisi hesaplanmıştır. Deney aşamalarında model geminin draftları, trimi ve buzun temas ettiği yüzey alanı da ölçülmüştür.

Dördüncü aşamada "Tam Dolu Balastlı Liman Kalkış" durumu için aynı işlemler tekrarlanmıştır. Böylece model geminin en düşük ve en yüksek su çekimlerinde iken maruz kalacağı belirli kalınlıklarındaki buzun TPC değerlerine etkileri hesaplanmıştır.

3.2.1. Yüksüz Gemi

Lightship olarak bilinen yüksüz gemi ağırlığı stabilite kitapçığında 5223,13 ton olarak verilmiştir. Bu toplam ağırlığın oluşumunda gemi kaplama sacı ağırlıklarından bacasına varıncaya kadar kullanılan tüm donanımların ağırlıkları ayrı ayrı hesaplanarak toplandığı görülmektedir. Model gemiye deney sürecinde ağırlık eklenmesi aşamasında hangi bölüme ne kadar ağırlık ekleneceğinin belirlenmesi açısından yüksüz gemi ağırlığının merkezinin konumu önem arz etmektedir. 5223,13 olarak verilen boş gemi ağırlığının merkezi kıç dikmeden itibaren baş taraf yönünde 54,75 metre olarak verilmiştir. Test modeli 1/50 ölçeğine göre inşa edildiğinden boş gemi ağırlığının 41,78 kg olması gerekmektedir. Ölçekli modelin yüksüz ağırlığı 68,8 kg olarak tartılmıştır. Bu durumda 27,02 kg fazlası bulunmaktadır. Bu değer yük olarak eklenecek ağırlıklardan çıkarılmalıdır. Stabilite kitapçığında belirtilen yüksüz gemi ağırlıklarının gemi boyuna göre dağılımına ilişkin oluşturulan grafik Şekil 3.15'de görülmektedir.



Şekil 3.15: Boş Gemi Ağırlıklarının Gemi Boyuna Dağılımı.

3.2.2. FWA ve DWA

Deney tankı su yoğunluğu mevsimsel deniz buzu etkisinde kalan limanlara ait su yoğunlukları dikkate alınarak 1,001 t/m^3 olacak şekilde düzenlenmiştir. Stabilite kitapçığında verilen yük değerleri 1,025 t/m^3 su yoğunluğuna göre hesaplanarak verilmiştir. 1,001 t/m^3 su yoğunluğunda aynı yük miktarları kullanılması durumunda yaz yükleme hattı aşılacaktır. Aradaki farkın hesaplanması için önce tatlı su toleransı adı verilen FWA (Fresh Water Allowance) ardından da rıhtım suyu toleransı yani DWA (Dock Water Allowance) hesaplanmalıdır. Tatlı su toleransı aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır (Barras ve Derrett, 2006).

$$FWA(milimetre) = \frac{\text{Deplasman } (\Delta)}{4\text{TPC}} \tag{3.1}$$

Tam yüklü duruma göre hesaplama yapıldığından bu formülde deplasman 17775,4 ton olarak alınmalıdır. Stabilite kitapçığından 8,52 metre vasat su çekiminde TPC değeri 25,36 ton/cm olarak verildiği görülmektedir. Bu durumda FWA 175,230 milimetre olarak hesaplanmıştır. Rıhtım su toleransı ise aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır (Barras ve Derrett, 2006).

$$DWA\ (milimetre) = \text{FWA x}\frac{1025-\text{Rıhtım su yoğunluğu}}{25} \tag{3.2}$$

Bu durumda önceden hesaplanan FWA değerine ve 1,001 t/m^3 su yoğunluğuna göre DWA 168,22 milimetre olarak bulunur. 1,001 t/m^3 su yoğunluğunda gemi tam yüklenirse su çekimi yaz draftının 16,82 santimetre üstüne gelecek şekilde gözlemlenecektir.

Model gemi 1,001 t/m^3 su yoğunluğunda yaz yükleme sınırına kadar yüklenecek ise yaz yükleme hattındaki su çekimi olan 8,52 metreden 16,82 santim daha az olan 8,35 metre karşılığına denk gelen deplasman ağırlığına kadar yükleme yapılmalıdır. 1,001 t/m^3 su yoğunluğunda gemi deplasmanı aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır (Barras ve Derrett, 2006).

$$\frac{\text{Yeni Deplasman}(\Delta y)}{\text{Yeni Su Yoğunluğu}} = \frac{\text{Eski Deplasman}(\Delta e)}{\text{Eski Su Yoğunluğu}} \tag{3.3}$$

$$\frac{(\Delta y)}{1{,}001} = \frac{17775{,}4}{1{,}025} \quad \Delta y = 17359{,}19 \text{ ton} \tag{3.4}$$

3.2.3. Yaz Yükleme Hattına Göre Tam Yüklü Liman Kalkış Durumu

Stabilite kitapçığında 1,025 t/m^3 su yoğunluğunda ve 8,52 metre su çekiminde yüklü deplasman değeri olan 17775,4 ton olarak verilmiştir. Yüklü deplasmana dâhil olan ağırlıklar ise aşağıda sıralandığı gibidir;

1.Balast: Wing Tank No1 Sancak: 162,3 ton (İskele tarafta bulunan iki adet gemi kreyni ne karşılık),

2.Yakıt Fuel Oil: Altı farklı tank içinde toplam 892.5 ton, Dizel Oil: Beş farklı tank içinde toplam 187.8 ton,

3.Yağlama yağı: Beş farklı tank içinde toplam 70.3 ton,

4.İçme suyu: İki farklı tank içinde toplam 155.4 ton,

5.Diğer tanklar: Günlük kullanılan on bir küçük kapasiteli tank içinde toplam 40,1 ton,

6.Personel ve özel eşyaları, kumanya ve yedek parça: 15 ton,

7.Bir numaralı ambar: 1255,6 ton,

8.İki numaralı ambar: 4872,1 ton,

9.Üç numaralı ambar: 4901,2 ton,

10.Yüksüz gemi ağırlığı: 5223,1 ton.

1,001 t/m^3 su yoğunluğunda gemi deplasmanı 17359, 19 ton olarak hesaplanmıştır. Deplasman ağırlığı bileşenleri detaylandırılmış ve model gemi 1/50 ölçeğindeki karşılıkları aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

1. Yüksüz gemi ağırlığı 5223,1 ton; model gemi için 5223,1:(50x50x50)=41,78 kg
2. Tam yüklü gemi ağırlığı 17359,19 ton; model gemi için 138,87 kg (1,001 t/m^3)
3. Bir numaralı ambara yüklenecek ağırlık 1255,6 ton; model gemi için 10,04 kg
4. İki numaralı ambara yüklenecek ağırlık 4872,1 ton; model gemi için 38,97 kg

5. Üç numaralı ambara yüklenecek ağırlık 4901,2 ton; model gemi için 39,20 kg

6. Diğer ağırlıklar toplamı 1110 ton; model gemi için 8,88 kg

Model gemi boş ağırlığı 68,8 kilogram olarak tartıldığından tam ölçek üzerinden hesaplanan boş gemi ağırlığından (41,78 kg) 27,02 kilogram fazlası bulunmaktadır. Bu değer orantılı olarak ambarlara yüklenecek ağırlıklardan çıkartılmıştır. 1,001 t/m^3 su yoğunluğunda model gemi üzerinde yük dağılımı aşağıdaki gibidir.

1. Tam yüklü gemi ağırlığı 17359,19 ton; model gemi için 138,87 kg (1,001 t/m^3)

2. Bir numaralı ambara yüklenecek ağırlık model gemi için 4,4 kg

3. İki numaralı ambara yüklenecek ağırlık model gemi için 33,31 kg

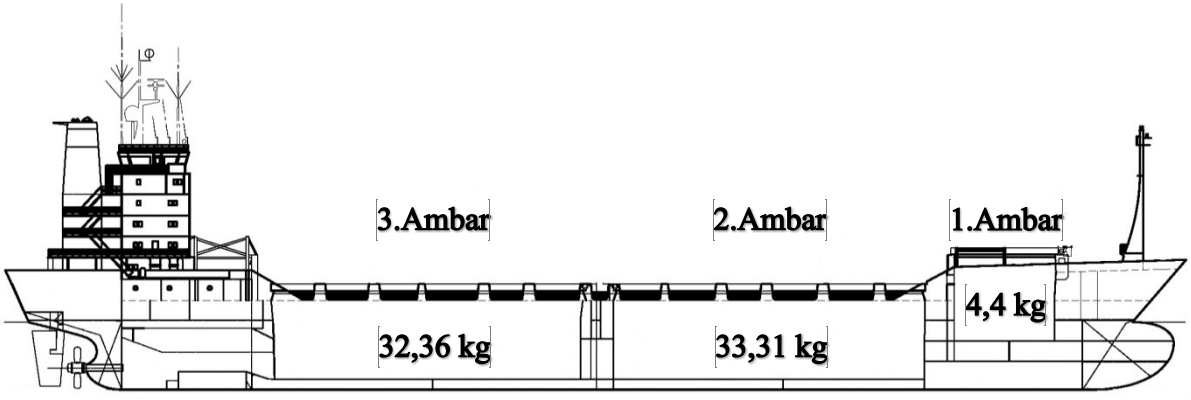
4. Üç numaralı ambara yüklenecek ağırlık model gemi için 32,36 kg

5. Df: 8,35 metre; model gemi için 16,7 cm (1,001 t/m^3)

6. Dm: 8,52 metre; model gemi için 17,04 cm (1,001 t/m^3)

7. Da: 8,68 metre model gemi için 17,36 cm (1,001 t/m^3)

8. TPC; 25,16 ton/cm; model gemi için 201,2 gr/0,2 mm veya 10,06 kg/cm olarak hesaplanır. Yaz yükleme hattına göre tam yüklü liman kalkış durumuna ait yük istif planı Şekil 3.16'da görülmektedir. Birinci durum için model geminin stabilite özelliklerinin özeti Tablo 3.2'de sunulmuştur.



Şekil 3.16: Yük İstif Planı "Yüklü Kalkış"(Δ:138,87 kg).

Tablo 3.2: Özet Stabilite Özellikleri: 1. Durum.

Yaz Yükleme Hattına Göre Tam Yüklü Kalkış			
Stabilite Özellikleri	Tam Ölçek	Model (Hesaplanan)	Model (Ölçülen)
Deplasman (1,025 t/m^3)	17775,40 t	142,20 kg	-
Deplasman (1,001 t/m^3)	17359,19 t	138,87 kg	138,90 kg
Boş gemi	5223.1 t	41,78 kg	68,8 kg
Baş Draft	8,35 mtr	16,7 cm	16,7 cm
Vasat Draft	8,52 mtr	17,04 cm	17,04 cm
Kıç Draft	8,68 mtr	17,36 cm	17,36 cm
TPC (Δ:17359,19 t)	25,16 t/cm	10,06 kg/cm	10,11 kg/cm

3.2.4. Tam Dolu Balastlı Liman Kalkış Durumu

Tam ölçekli geminin 1,025 t/m^3 yoğunluğundaki deniz suyunda üzerinde yük olmadan balast tanklarının tam doldurulması durumunda oluşacak su çekimi ve gözlemlenmesi gereken stabilite değerleri bu bölümde açıklanacaktır. Stabilite kitapçığında vasatta 4,57 metre su çekiminde tam dolu balastlı deplasman değeri olan 8600,8 ton olarak verilmiştir. Balastlı deplasmana dâhil olan ağırlıklar aşağıda sıralandığı gibidir;

1.Balast: On farklı tank içinde toplam 2016,6 ton

2.Yakıt Fuel Oil: Altı farklı tank içinde toplam 892.5 ton,

3.Yakıt Dizel Oil: Beş farklı tank içinde toplam 187.8 ton,

4.Yağlama yağı: Beş farklı tank içinde toplam 70.3 ton,

5.İçme suyu: İki farklı tank içinde toplam 155.4 ton,

6.Diğer tanklar: Günlük kullanılan on bir küçük kapasiteli tank içinde toplam 40,1 ton,

7.Personel ve özel eşyaları: 5 ton,

8.Kumanya ve yedek parça: 10 ton,

9.Yüksüz gemi ağırlığı: 5223,1 ton.

1,001 t/m^3 su yoğunluğunda gemi deplasmanı aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır.

$$\frac{(\Delta y)}{1{,}001} = \frac{8600{,}8}{1{,}025} \quad \Delta y = 8399{,}41 \text{ ton} \tag{3.6}$$

Deplasman ağırlığı bileşenleri detaylandırılmış ve model gemi 1/50 ölçeğindeki karşılıkları aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

1. Boş model gemi ağırlığı 68,8 kg

2. Tam balastlı gemi ağırlığı 8399,41 ton; model gemi için 67,19 kg (1,001 t/m^3)

Model gemi boş ağırlığı (68,8 kg) hesaplanan model gemi ağırlığından (67,19 kg) fazla olduğundan ötürü modele ağırlık ekleme seçeneği kalmamıştır. Bu durumda model geminin önceden çizilen su hattına gelmesi mümkün olmayacaktır. Çözüm olarak model gemi bordasında çizili tam dolu balastlı su hattı 1 santimetre üzerinden tekrar markalanmıştır. Tam ölçekte vasat drafta 50 santimlik bir artışın (5,07 metre) stabilite kitapçığında 1,025 t/m^3 yoğunluğunda 9682,98 ton deplasmana denk geldiği görülmüştür.

$$\frac{(\Delta y)}{1{,}001} = \frac{9682{,}98}{1{,}025} \quad \Delta y = 9456{,}25 \text{ ton} \tag{3.7}$$

9682,98 ton deplasman değeri 1,001 t/m^3 su yoğunluğunda 9456,25 ton olarak hesaplanmıştır.

Bu durumda yeni draft ölçüleri aşağıdaki gibi oluşmaktadır.

1. Tam balastlı gemi ağırlığı 9456,25 ton; model gemi için 75,65 kg (1,001 t/m^3)

2. Boş model gemi ağırlığı 68,8 kg

3. Bir numaralı ambara yüklenecek ağırlık model gemi için 0,1 kg

4. İki numaralı ambara yüklenecek ağırlık model gemi için 3,65 kg

5. Üç numaralı ambara yüklenecek ağırlık model gemi için 3,1 kg

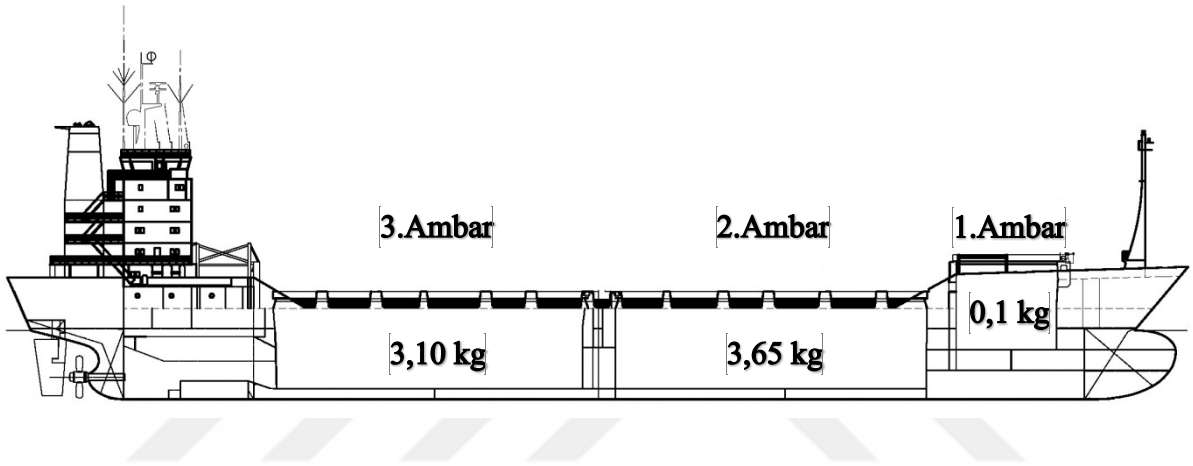
6. Df: 1,75 metre; model gemi için 3,5 cm

7. Dm: 5,07 metre; model gemi için 10,14 cm

8. Da: 8,37 metre model gemi için 16,74 cm

9. TPC; 21,66 ton/cm; model gemi için 173,2 gr/0,2 mm veya 8,66 kg/cm olarak hesaplanır.

Yaz yükleme hattına göre tam dolu balastlı kalkış durumuna ait yük istif planı Şekil 3.17'de görülmektedir. İkinci durum için model geminin stabilite özelliklerinin özeti Tablo 3.3'de sunulmuştur.



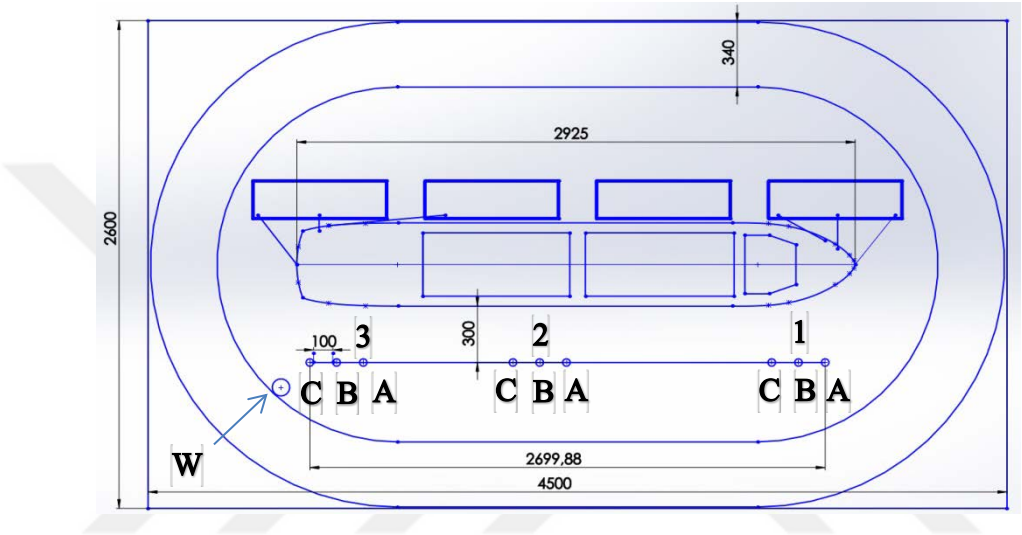
Şekil 3.17: Yük İstif Planı "Tam Dolu Balastlı Kalkış" (Δ:75,65 kg).

Tablo 3.3: Özet Stabilite Özellikleri: 2. Durum.

Tam Dolu Balastlı Kalkış.			
Stabilite Özellikleri	Tam Ölçek	Model (Hesaplanan)	Model (Ölçülen)
Deplasman (1,025 t/m^3)	8600,80 t	68,80 kg	-
Deplasman (1,001 t/m^3)	8399,41 t	67,19 kg	-
Deplasman yeni (1,025 t/m^3)	9682,98 t	77,46 kg	-
Deplasman yeni (1,001 t/m^3)	9456,25 t	75,65 kg	75,67 kg
Boş gemi	5223.1 t	41,78 kg	68,8 kg
Baş Draft	1,75 mtr	3,5 cm	3,5 cm
Vasat Draft	5,07 mtr	10,14 cm	10,14 cm
Kıç Draft	8,37 mtr	16,74 cm	16,74 cm
TPC (Δ:9456,25 t)	21,66 t/cm	8,66 kg/cm	8, 69 kg/cm (21,72 t/cm)

3.2.5. Yerleşim Planı

Deney tankının ve ölçekli model geminin ölçüleri 4,54x2,74x2,6 santimetre olan ön muhafaza odasına yerleşim planı Şekil 3.18'de görülmektedir. Planda ölçüler milimetre cinsinden verilmiştir. Model geminin sancak tarafında draft markalarının 30 santimetre uzaklığına denk gelen doğru üzerinde 1, 2 ve 3 numaralı bölgelerde aralarında 10 santimetre bulunan A, B ve C isimli konumlar numune alınan konumları ifade etmektedir.



Şekil 3.18: Ön Muhafaza Odası Yerleşim Planı.

3.2.6. Katkı Maddeleri

Model buz içeren araştırmalarda katkı maddesi olarak NaCl, Ethanol, Üre ve Propilen Glikol kullanıldığı görülmüştür. Bu çalışmada katkı maddesi olarak NaCl tercih edilmiştir. NaCl maddesinin özellikleri Tablo 3.4'de görülmektedir.

Tablo 3.4: Katkı maddesinin Özellikleri.

Özellikler	
Kimyasal Formül	NaCl
Molar Kütle	58.44 g/mol
Yoğunluk	2.17 g/cm³ (20 °C)
Erime Noktası	801 °C
Kaynama Noktası	1461 °C (1013 hPa)
Buhar Basıncı	1.3 hPa (865 °C)

3.2.7. Kayıtların Tutulması

Model buz üretimi konusunda yapılan çalışmalar incelendiğinde model buz deneylerinin süreçlerine ve model buzun özelliklerine ilişkin bilgilerin periyodik olarak kayıt altına alındığı görülmektedir. ITTC tarafından yayınlanan model buz test yöntemlerine ilişkin kılavuzda da model buz deneyleri esnasında kayıt altına alınması gereken parametreler hakkında bilgiler bulunmaktadır. Buz deneylerine ilişkin yayınlardan eserlerden derlenen bilgiler ışığında ve Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Turgut Kıran Denizcilik ve Su Ürünleri Fakültelerine ait laboratuvar olanakları ölçüsünde buz özelliklerinin sağlıklı bir şekilde kayıt altına alınabilmesi için bir kayıt tablosu oluşturulmuştur. Model buz özelliklerine ilişkin kayıt tablosu örneği Tablo 3.5'de görülmektedir. Ortamın hava sıcaklığı soğuk hava odası Evaporatör'ü üzerindeki sensörden okunmuştur. Su sıcaklığı ise numune için kurulan platformun kenarında "W" ile belirtilen konumda ve su seviyesinin 10 santimetre altından ölçülmüştür.

Tablo 3.5: Model Buz Özellikleri.

Deney	Tarih	Saat	Yük Durumu	Konum	Hava Sıcaklığı (° C)	Su Sıcaklığı (° C)	Buz Kalınlığı (mm)	Atmosfer Basıncı (hPa)
1	aa.bb.19	ss:dd	1	1,2,3	**	**	x	****
2	aa.bb.19	ss:dd	2	1,2,3	**	**	y	****

Deney sıralamasına ilişkin oluşturulan açıklama Tablo 3.6'da görülmektedir. Bu tabloda yükleme durumu 1, Yaz Yükleme Hattına Göre Tam Yüklü Liman Kalkış durumunu, 2 ise Tam Dolu Balastlı Liman Kalkış durumunu ifade etmektedir. 1 numaralı yükleme durumunda 1 mm buz kalınlığından 10 mm buz kalınlığına kadar 10 deney, 2 numaralı yükleme kalınlığında 1 mm buz kalınlığından 10 mm buz kalınlığına kadar 10 deney olmak üzere toplam 20 deney yapılması planlanmıştır.

Tablo 3.6: Deney Sırası.

Deney	Yükleme Durumu	Ort. Buz Kalınlığı (mm)	Açıklama
1	1	1	Yaz Yükleme Hattına Göre Tam Yüklü Liman Kalkış (Tam ölçekte 5 santimetre buz)
11	2	1	Tam Dolu Balastlı Liman Kalkış (Tam ölçekte 5 santimetre buz)

12	2	2	Tam Dolu Balastlı Liman Kalkış (Tam ölçekte 10 santimetre buz)
2	1	2	Yaz Yükleme Hattına Göre Tam Yüklü Liman Kalkış (Tam ölçekte 10 santimetre buz)
3	1	3	Yaz Yükleme Hattına Göre Tam Yüklü Liman Kalkış (Tam ölçekte 15 santimetre buz)
13	2	3	Tam Dolu Balastlı Liman Kalkış (Tam ölçekte 15 santimetre buz)
14	2	4	Tam Dolu Balastlı Liman Kalkış (Tam ölçekte 20 santimetre buz)
4	1	4	Yaz Yükleme Hattına Göre Tam Yüklü Liman Kalkış (Tam ölçekte 20 santimetre buz)
5	1	5	Yaz Yükleme Hattına Göre Tam Yüklü Liman Kalkış (Tam ölçekte 25 santimetre buz)
15	2	5	Tam Dolu Balastlı Liman Kalkış (Tam ölçekte 25 santimetre buz)
16	2	6	Tam Dolu Balastlı Liman Kalkış (Tam ölçekte 30 santimetre buz)
6	1	6	Yaz Yükleme Hattına Göre Tam Yüklü Liman Kalkış (Tam ölçekte 30 santimetre buz)
7	1	7	Yaz Yükleme Hattına Göre Tam Yüklü Liman Kalkış (Tam ölçekte 35 santimetre buz)
17	2	7	Tam Dolu Balastlı Liman Kalkış (Tam ölçekte 35 santimetre buz)
18	2	8	Tam Dolu Balastlı Liman Kalkış (Tam ölçekte 40 santimetre buz)
8	1	8	Yaz Yükleme Hattına Göre Tam Yüklü Liman Kalkış (Tam ölçekte 40 santimetre buz)
9	1	9	Yaz Yükleme Hattına Göre Tam Yüklü Liman Kalkış (Tam ölçekte 45 santimetre buz)
19	2	9	Tam Dolu Balastlı Liman Kalkış (Tam ölçekte 45 santimetre buz)
20	2	10	Tam Dolu Balastlı Liman Kalkış (Tam ölçekte 50 santimetre buz)
10	1	10	Yaz Yükleme Hattına Göre Tam Yüklü Liman Kalkış (Tam ölçekte 50 santimetre buz)

3.2.8. Çalışmanın Kısıtları

Çalışmanın kısıtları aşağıdaki şekilde sıralanmıştır;

1. ITTC Model Buz Özellikleri için Test Yöntemleri isimli kılavuzda belirtilen ve model buzun eğilme mukavemeti ve basınç mukavemetini tespit etmek için kullanılan donanımların bulunamaması nedeni ile model buzun bu özellikleri verilememiştir.
2. Yapılan deneyde 17775.4 deplasman tonajına sahip bir kuruyük gemisinin ölçekli modeli kullanılmıştır. Model buzun farklı tonajlara sahip model gemiler üzerindeki etkileri incelenememiştir.

3. Model gemi ölçeği çalışılacak soğuk hava odalarının boyutları göz önünde bulundurularak 1/50 olarak belirlenmiştir. Model ölçeğinin daha büyük olması daha hassas ölçümlerin yapılabilmesine imkân verecektir.
4. Deney yapılan su yoğunluğu 1,001 t/m^3 olarak tespit edilmiştir. Farklı yoğunluk değerleri için ölçüm yapılamamıştır.
5. Model buz oluşturmak için katkı maddesi olarak NaCl tercih edilmiştir. Farklı katkı maddeleri için ölçüm yapılamamıştır.
6. Deney ortamında sürekli kayıt yapabilen düşük sıcaklıklarda çalışmaya müsait bir kamera kullanılamamıştır. Çekimler normal kameralar ile sadece deney çalışmaları sırasında yapılabilmiştir.
7. Ortam su sıcaklığını ölçmek için odaların kapısının periyodik olarak açılması soğutma işleminin gecikmesine neden olmuştur. Ortam verilerini periyodik olarak kayıt eden veya aktaran bir cihaz kullanılamamıştır.
8. Yapılan deneylerde model buzun yükleme operasyonu üzerine etkileri araştırılmıştır. Tahliye operasyonlarında buzun etkisini belirlemeye yönelik bir ölçüm yapılamamıştır.

4. BULGULAR

Bu bölümde sırasıyla model gemi, test ortamının ve ölçüm cihazlarının hazırlanması detaylı şekilde açıklanmıştır. Son bölümde ortamın soğutulması aşamasında tutulan kayıtlar ve yapılan ölçümlere yer verilmiştir.

4.1. BUZSUZ ORTAM DENEYLERİ

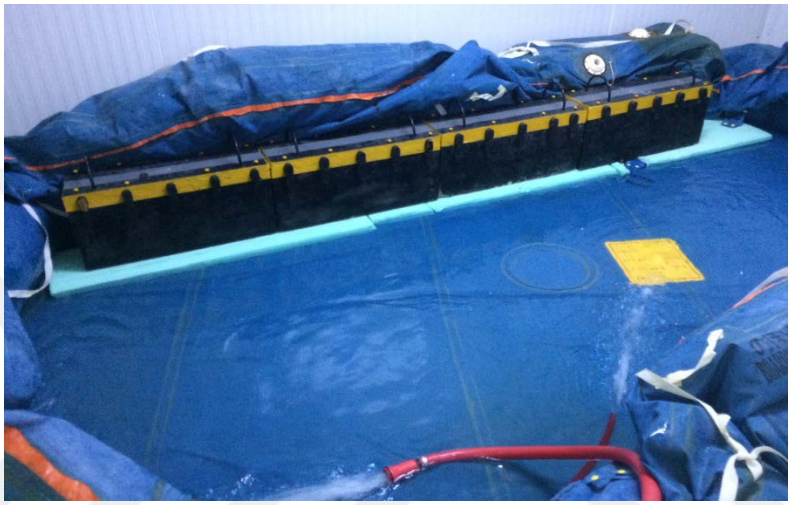
Model gemi sancak bordası üzerine "Yaz Yükleme Hattına Göre Tam Yüklü Liman Kalkış" durumu kırmızı renk çizgi ile markalanmıştır. "Tam Dolu Balastlı Liman Kalkış" durumu ise siyah çizgi ile markalanmıştır. Gemi boyunca uzanan her iki çizginin 1 santimetre kadar üzeri numaralar ile belirtilen posta çizgilerinin konumlarında kesik siyah çizgiler ile yeniden markalanmıştır. Bu işlemin amacı farklı kalınlıklardaki buzun TPC değeri üzerine etkisini hesaplayabilmektir. Model gemi üzerindeki 1 santimlik fark tam ölçekte 50 santime denk gelmektedir. 1,001 t/m^3 su yoğunluğunda her iki yükleme durumu için deplasman değerlerine karşılık gelen TPC ağırlıkları modele göre orantılanıp hesaplanmıştır (10,06 kg/cm ve 8,66 kg/cm). Bu ağırlıklar oda sıcaklığında model gemiye sırayla eklendiğinde yükleme hatlarının 1 santimetre üzerine çizilen markalara geldiği görülmüştür. Buz ortamında ise bu ağırlıkların üzerine eklenecek ağırlıklar kayıt edilerek buzun neden olduğu TPC değişimi kayıt altına alınacaktır. Şekil 4.1'de TPC markaları görülmektedir.



Şekil 4.1: TPC Markaları "Vasat Draft".

4.2. TEST ORTAMI

15.08.2019 – 17.08.2019 tarihleri arasında Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Su Ürünleri Uygulama ve Araştırma Merkezine model gemi ve test için gerekli ekipmanların taşınması işlemi gerçekleştirilmiştir. 19.08.2019 Tarihinde önceden belirlenen ön muhafaza odası içerisine can salı yerleştirilerek şişirilmiş ardından rıhtım blokları yerleştirilmiş ve tatlı su doldurulmuştur. Şekil 4.2'de rıhtım blokları görülmektedir.



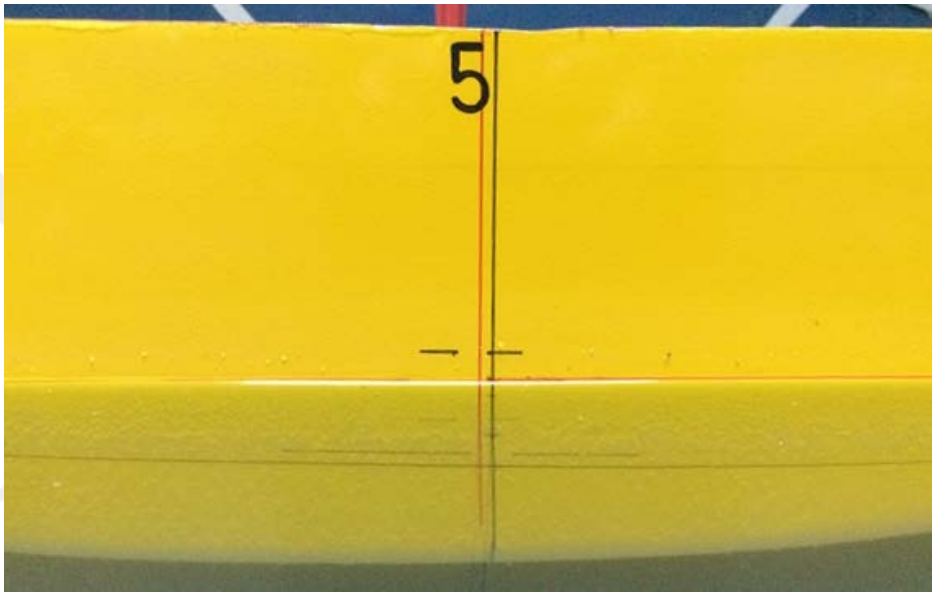
Şekil 4.2: Rıhtım Blokları.

Eklenen iki ton tatlı su ile 30 santimetre su derinliğine erişilmesinin ardından 2 kilogram tuz su kaplarında eritilerek tank içine farklı bölgelere ilave edilmiş ve karıştırılmıştır. Hassas terazi ve beher yardımı ile yoğunluk 1,001 t/m^3 olarak tespit edilmiştir. Ardından HACH isimli üreticiye ait HQ40D model dijital multimetre cihazı ile suyun tuzluluğu ‰ 1 olarak tespit edilmiştir. Şekil 4.3'de tankın tuzluluk düzeyi görülmektedir.



Şekil 4.3: Tank Suyunun Tuzluluğunun Ölçümü.

Bu işlemin ardından Model gemi tank içine alınmış ve “Yaz Yükleme Hattına Göre Tam Yüklü Liman Kalkış” durumuna göre önceden belirlenmiş ağırlıklar tartılma ve kayıt işleminin ardından ambar bölümlerine yerleştirilmiştir. Gemi ambar bölümlerine yüklenen ağırlıklar ile model geminin bordasına önceden çizilen kırmızı renkli yüklü su hattına geldiği görülmüştür. Yükleme aşamasında model geminin yatma durumu hassas bir su terazisi ile kontrol edilmiştir. Şekil 4.4’de 5 numara ile belirtilen vasat draft konumundaki su çekimi ve Şekil 4.5’de yüklü su hattı görülmektedir.



Şekil 4.4: Vasat Draft Konumu.



Şekil 4.5: Yüklü Su Hattı.

Tank içinde serbest yüzen model gemi rıhtım bloklarına iskele tarafından 3 mm çapında polyester ince halatlar ile bağlanmıştır. Bağlama baş taraftan bir baş halat, bir açmaz ve bir spring halatı ile bir kıç halat, bir kıç açmaz ve bir kıç spring halatı olacak şekildedir. Halatların çok sıkı olmamasına dikkat edilmiştir.

Tank içindeki model gemi ve buzu hareket ettirmeden numune almak, ölçüm ve fotoğraf çekimi yapabilmek için tank içinde kapı tarafına 240x82 cm ölçülerinde bir platform hazırlanmıştır. Model gemi üzerindeki ağırlıklar tahliye edilmiş ve model gemi numune platformu üzerine yerleştirilerek deney tankından çıkarılmış ve kurulanmıştır.

4.2.1. Ön Muhafaza Odası

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Su Ürünleri Uygulama ve Araştırma Merkezinde bulunan ön muhafaza odası 4,54x2,74 metre taban ölçülerine ve 2,6 metre yüksekliğe sahiptir. Oda hacmi 32,34 m^3 tür. Soğutma kapasitesi - 5° C ile + 5° C arasındadır. Elektriksel gücü 3 KW olup soğutucu akışkan olarak R 404A kullanılmaktadır. Kompresör tipi Hermetik olup Defrost tipi elektrik rezistanslıdır. Evaporasyon / kondenzasyon sıcaklığı - 10° C ile + 45° C arasındadır.

4.2.2. Donmuş Muhafaza Odası

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Su Ürünleri Uygulama ve Araştırma Merkezinde bulunan donmuş muhafaza odası 3,40x3,50 metre taban ölçülerine ve 2,6 metre yüksekliğe sahiptir. Oda hacmi 30,94 m^3 tür. Soğutma kapasitesi - 18° C ile -25° C arasındadır. Elektriksel gücü 7 KW olup soğutucu akışkan olarak R 404A kullanılmaktadır. Kompresör tipi Hermetik olup Defrost tipi elektrik rezistanslıdır. Evaporasyon / kondenzasyon sıcaklığı -25° C ile +45° C arasındadır.

4.3. ÖLÇÜM ALETLERİ

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Su Ürünleri Uygulama ve Araştırma Merkezinde bulunan soğuk hava odalarının içinde ve dışında ölçümlerin yapılması gerekmektedir. Yapılan ölçümlerin odanın yakınında kayıtlarının tutulması için bir alan hazırlanmıştır. Şekil 4.6'da kayıtların tutulduğu alan görülmektedir. Periyodik olarak yapılan ölçümler bu alanda kayıt altına alınmıştır.



Şekil 4.6: Kayıtların Tutulması.

Model gemiye eklenecek farklı gramajlara sahip ağırlıklar ve hassas terazi kayıt alanına getirilmiştir. Önceden hesaplanan TPC değerine denk gelen ağırlıklar hazırlanmıştır. Şekil 4.7'de balastlı kalkış durumuna ait TPC değerine karşılık gelen ağırlık görülmektedir.



Şekil 4.7: Ağırlıkların Hazırlanması

4.4. VERİLERİN ELDE EDİLMESİ

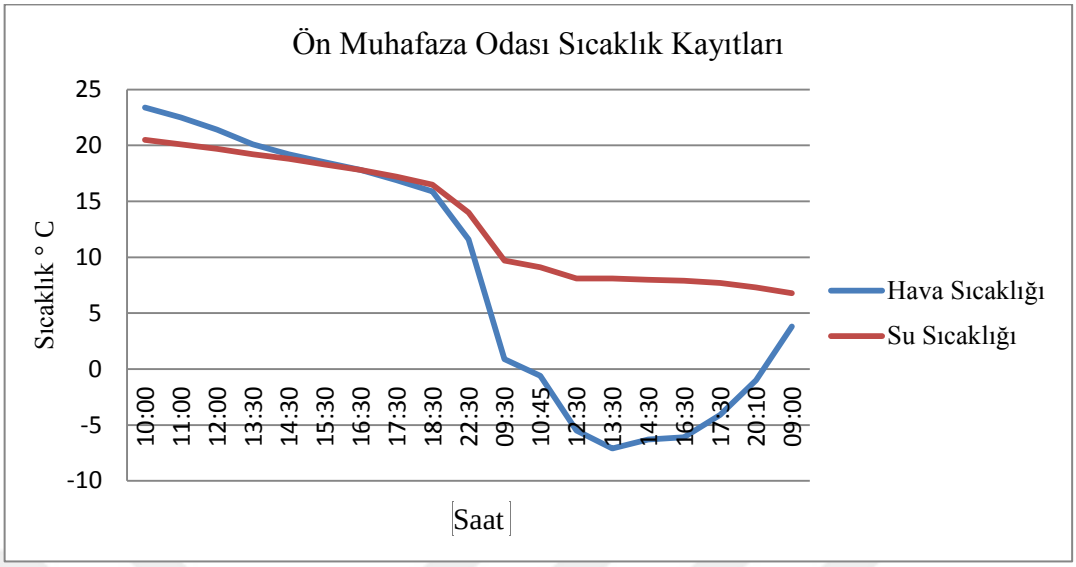
20.08.2019 tarihinde saat 09:00'da gemi modeli tekrar suya indirilmiş ve önceden hazırlanan ağırlıklar model gemi ambarlarına yüklenerek tam yüklü su hattına gelmesi sağlanmıştır. Yükleme işleminin ardından model gemi rıhtım bloklarına bağlanmış ve ön muhafaza odası kapısı kapatılarak soğutma işlemine başlanmıştır. 20.08.2019 ile 22.08.2019 tarihleri arasında ön muhafaza odası kullanılmıştır. Ön muhafaza odasının kontrol panelinin alarm vermesi ve

soğutma kabiliyetini kaybetmesinin ardından bu odada deneylere devam edilememiştir. Ön muhafaza odasında periyodik olarak tutulan sıcaklık ve basınç kayıtları Tablo 4.1'de görülmektedir.

Tablo 4.1: Sıcaklık ve Basınç Kayıtları (Ön Muhafaza Odası).

Deney	Tarih	Saat	Yük Durumu	Konum	Hava Sıcaklığı (° C)	Su Sıcaklığı (° C)	Buz Kalınlığı (mm)	Atmosfer Basıncı (hPa)
1	20.08.19	10:00	1	W	23,4	20,5	Ø	1013
1	20.08.19	11:00	1	W	22,5	20,1	Ø	1013
1	20.08.19	12:00	1	W	21,4	19,7	Ø	1013
1	20.08.19	13:30	1	W	20,1	19,2	Ø	1013
1	20.08.19	14:30	1	W	19,2	18,8	Ø	1013
1	20.08.19	15:30	1	W	18,5	18,3	Ø	1013
1	20.08.19	16:30	1	W	17,8	17,8	Ø	1013
1	20.08.19	17:30	1	W	16,9	17,2	Ø	1013
1	20.08.19	18:30	1	W	15,9	16,5	Ø	1013
1	20.08.19	22:30	1	W	11,6	14,7	Ø	1013
1	21.08.19	09:30	1	W	0,9	9,7	Ø	1013
1	21.08.19	10:45	1	W	-1,6	9,1	Ø	1014
1	21.08.19	12:30	1	W	-5,5	8,1	Ø	1014
1	21.08.19	13:30	1	W	-7,1	8,1	Ø	1014
1	21.08.19	14:30	1	W	-6,3	8,0	Ø	1014
1	21.08.19	16:30	1	W	-6,1	7,9	Ø	1014
1	21.08.19	17:30	1	W	-4,1	7,7	Ø	1014
1	21.08.19	20:10	1	W	-1,0	7,3	Ø	1014
1	22.08.19	09:00	1	W	3,8	6,8	Ø	1014

Ön muhafaza odasının sıcaklık ve zaman ilişkisini ifade eden grafik Şekil 4.8'de görülmektedir.



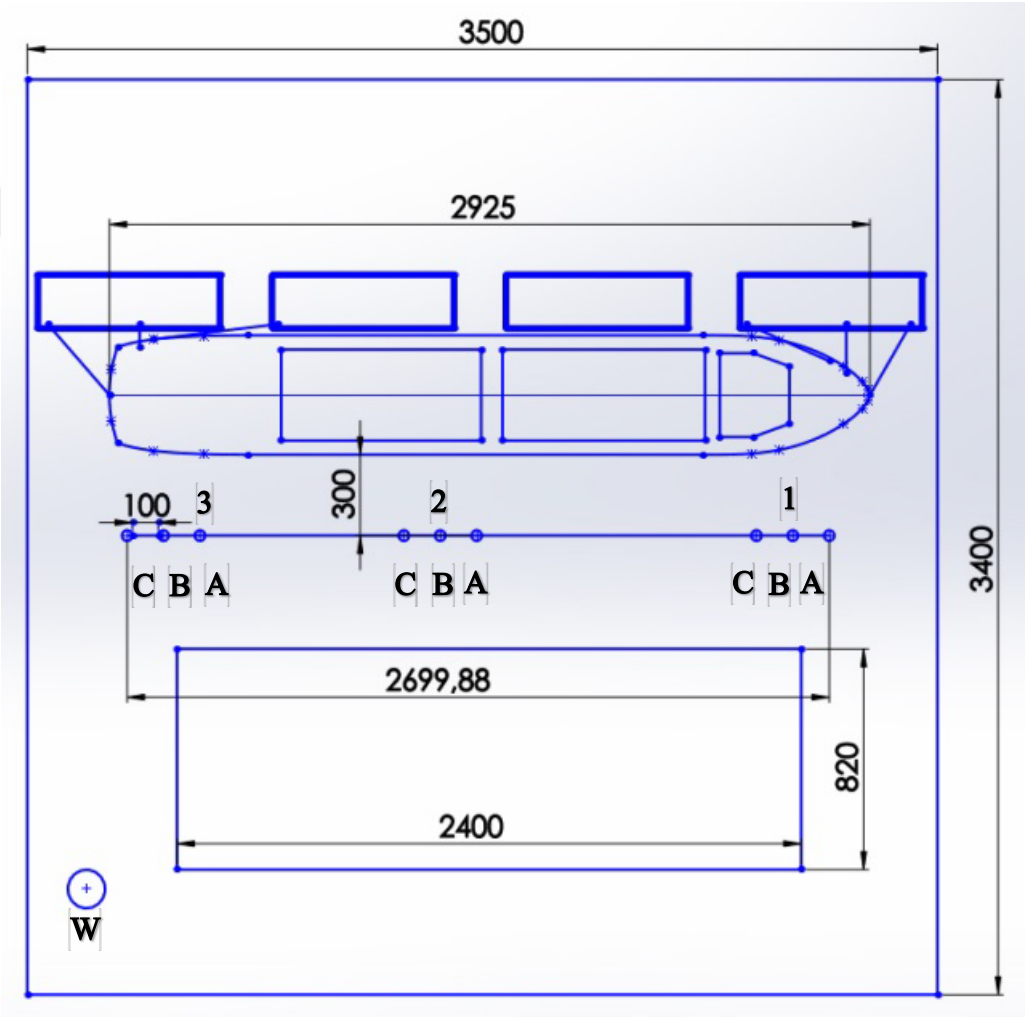
Şekil 4.8: Ön Muhafaza Odası Sıcaklık Kayıtları.

22.08.2019 tarihinde saat 09:30'da ön muhafaza odasının artık kullanılamayacağının anlaşılması üzerine bu odanın karşısında bulunan ve daha küçük boyutlara sahip donmuş muhafaza odasının kullanılmasına karar verilmiştir. Donmuş muhafaza odasına deney tankı olarak kullanılan can salının sığma olanağı bulunmadığından bu odanın tabanından itibaren duvarları 1 metre yüksekliğe kadar iki kat sera naylonu ile kaplanarak yeni bir tank oluşturulmuştur. Önce rıhtım blokları taşınmış ardından numune platformu kurulmuştur. Şekil 4.9'da donmuş muhafaza odasına taşınma işlemi görülmektedir.



Şekil 4.9: Donmuş Muhafaza Odası.

Bu işlemlerin ardından ön muhafaza odasındaki su dalgıç pompa kullanılarak donmuş muhafaza odasına transfer edilmiştir. Su derinliği iskandil edilmiş ve 30 santim derinliğe erişene kadar tatlı su ilave edilmiştir. Bu işlemin ardından su tuzluluğu yeniden ölçülmüş ve ‰ 1 olana dek 1,1 kilogram daha tuz ilave edilmiştir. Bu durumda yeni tank içerisindeki su miktarı 3,1 ton olarak belirlenmiştir. Model geminin donmuş muhafaza odasına yerleşim planı Şekil 4.10'da görülmektedir.



Şekil 4.10: Donmuş Muhafaza Odası Yerleşim Planı.

22.08.2019 tarihinde saat 16:00'da oda kapatılarak soğutma işlemi yeniden başlamıştır. Donmuş muhafaza odasında saat 16:00 ve sonrasında periyodik olarak tutulan sıcaklık ve basınç kayıtları Tablo 4.2'de görülmektedir.

Tablo 4.2: Sıcaklık ve Basınç Kayıtları (Donmuş Muhafaza Odası).

Deney	Tarih	Saat	Yük Durumu	Konum	Hava Sıcaklığı (° C)	Su Sıcaklığı (° C)	Buz Kalınlığı (mm)	Atmosfer Basıncı (hPa)
1	22.08.19	16:00	1	W	22,1	11,8	Ø	1014
1	22.08.19	17:00	1	W	5,4	11,6	Ø	1014
1	22.08.19	18:00	1	W	4,1	10,8	Ø	1014
1	22.08.19	21:00	1	W	0	10,2	Ø	1014
1	23.08.19	08:45	1	W	-1,9	7,3	Ø	1014
1	23.08.19	09:45	1	W	-2,7	7,0	Ø	1014
1	23.08.19	10:45	1	W	-3,3	6,7	Ø	1015
1	23.08.19	11:45	1	W	-3,2	6,5	Ø	1015
1	23.08.19	13:45	1	W	-2,1	6,4	Ø	1015
1	23.08.19	14:45	1	W	-3,0	6,2	Ø	1015
1	23.08.19	15:45	1	W	-4,0	5,9	Ø	1015
1	23.08.19	16:45	1	W	-4,1	5,6	Ø	1015
1	23.08.19	17:45	1	W	-4,0	5,3	Ø	1015
1	23.08.19	20:45	1	W	-2,5	4,5	Ø	1015
1	24.08.19	08:45	1	1,2,3	-7,2	3,3	Grease Ice	1016
11	24.08.19	09:45	1	1,2,3	-7,0	3,2	1	1016
12	24.08.19	10:45	2	1,2,3	-2,6	3,2	2	1016
2	24.08.19	11:45	2	1,2,3	-3,0	3,1	2	1016
3	24.08.19	12:45	1	1,2,3	-7,4	3,1	3	1016
13	24.08.19	13:45	1	1,2,3	-8,3	2,9	3	1016
14	24.08.19	14:45	2	1,2,3	-6,0	2,8	4	1016
4	24.08.19	15:45	2	1,2,3	-7,4	2,7	4	1016
5	24.08.19	16:45	1	1,2,3	-5,4	2,7	5	1016
15	24.08.19	17:45	1	1,2,3	-4,8	2,6	5	1016
16	24.08.19	18:45	2	1,2,3	-3,2	2,5	6	1016
6	24.08.19	20:45	2	1,2,3	-8,6	1,9	6	1016
7	24.08.19	21:45	1	1,2,3	-4,6	1,8	7	1016
17	24.08.19	22:45	1	1,2,3	-4,6	1,7	7	1016
8	25.08.19	08:30	1	1,2,3	-4,5	1,8	8	1016
18	25.08.19	09:45	2	1,2,3	-3,4	1,9	8	1016
19	25.08.19	13:45	2	1,2,3	-7,2	2,4	9	1016
9	25.08.19	12:45	1	1,2,3	-7,6	2,0	9	1016
10	25.08.19	14:45	1	1,2,3	-6,5	1,8	10	1016
20	25.08.19	14:45	2	1,2,3	-6,2	2,1	10	1016

Model buz yoğunluğunu tespit etmek için ITTC "Model Buz Özellikleri için Test Yöntemleri" isimli kılavuzda belirtilen üçüncü yöntem kullanılmıştır. Bu yöntemde ilk olarak hassas terazi üzerindeki bir behere 800 ml tatlı su doldurularak kap ve suyun ağırlığı tartılmıştır. 1,017 kilogram olarak ölçülen bu ağırlık w1 olarak adlandırılmıştır. Ardından beher içerisine model buzdan kesilen numune serbest şekilde yüzerken oluşan ağırlık tartılmıştır. 1,043 kilogram olarak ölçülen bu ağırlık ise w2 olarak adlandırılmıştır. Son olarak serbest yüzen numune bir aparat yardımı ile suya batırılmış ve bu son durumda oluşan ağırlık 1,045 kilogram ölçülmüş ve bu ağırlığa w3 adı verilmiştir. Kılavuzda belirtilen formül kullanılarak (2.1) buz yoğunluğu 0,928 gr/cm^3 olarak hesaplanmıştır.

Şekil 4.11 ve Şekil 4.12'de model buz yoğunluğu tespit yöntemi görülmektedir.





Şekil 4.11: W3 Ağırlık Değeri.

Şekil 4.12: Model Buz Yoğunluğunun Ölçülmesi.

Model geminin her iki yükleme durumu için su hattı boyu ölçülmüştür. Böylece farklı kalınlıklardaki model buzun gemi bordasında temas ettiği toplam alanlar hesaplanmıştır.

Yapılan deneyler sonucunda model gemi üzerinde iki farklı yükleme durumu için farklı kalınlıklardaki buz koşullarında oluşan yeni TPC değerleri sırayla ölçülerek kayıt altına alınmıştır. 1 milimetre ve 2 milimetre kalınlığındaki model buzların model geminin TPC değerine etkisi ölçülememiştir. Model gemi TPC'si üzerinde oluşan değişimler ve buz temas yüzey alanlarının tam ölçekteki karşılıkları ve hesaplanarak Tablo 4.3'de sunulmuştur.

Tablo 4.3: TPC farkları

Deney	Buz Kalınlığı	TPC1 (Kg/cm)	TPC2 (Kg/cm)	TPC Farkı (Kg)	Artış (Ton)	Su Hattı (cm)	Buz Temas Yüzeyi (M)	Buz Temas Yüzeyi (T)
1	1 mm	10,11	10,11	Ø	Ø	574,6	57,46 cm^2	14,36 m^2
11	1 mm	8, 69	8, 69	Ø	Ø	555,2	55,52 cm^2	13,88 m^2
12	2mm	8, 69	8, 69	Ø	Ø	555,2	111,04 cm^2	27,76 m^2
2	2 mm	10,11	10,11	Ø	Ø	574,6	114,92 cm^2	28,73 m^2
3	3 mm	10,11	10,87	0,76	1,9	574,6	172,38 cm^2	43,09 m^2
13	3 mm	8,69	9,13	0,44	1,1	555,2	166,56 cm^2	41,64 m^2
14	4 mm	8,69	9,95	1,26	3,15	555,2	222,08 cm^2	55,52 m^2
4	4 mm	10,11	12,26	2,15	5,37	574,6	229,84 cm^2	57,46 m^2
5	5 mm	10,11	13,61	3,50	8,75	574,6	287,3 cm^2	71,82 m^2
15	5 mm	8,69	10,80	2,11	5,27	555,2	277,6 cm^2	69,4 m^2
16	6 mm	8,69	11,63	2,94	7,35	555,2	333,12 cm^2	83,28 m^2
6	6 mm	10,11	15,00	4,89	12,22	574,6	344,76 cm^2	86,19 m^2
7	7 mm	10,11	16,35	6,25	15,62	574,6	402,22 cm^2	100,55 m^2
17	7 mm	8,69	12,43	3,74	9,35	555,2	388,64 cm^2	97,16 m^2
18	8 mm	8,69	13,28	4,59	11,47	555,2	444,16 cm^2	111,04 m^2
8	8 mm	10,11	17,76	7,65	19,12	574,6	459,68 cm^2	114,92 m^2
9	9 mm	10,11	19,12	9,01	22,52	574,6	517,14 cm^2	129,28 m^2
19	9 mm	8,69	14,14	5,45	13,62	555,2	499,68 cm^2	124,92 m^2
20	10 mm	8,69	15,00	6,31	15,77	555,2	555,2 cm^2	138,8 m^2
10	10 mm	10,11	20,55	10,44	26,1	574,6	574,6 cm^2	143,65 m^2

M: Model gemi, T:Tam ölçekli gemi,

TPC1: Buzsuz ortamda model geminin ölçülen TPCsi, TPC2: Buz ortamındaki model geminin ölçülen TPC'si

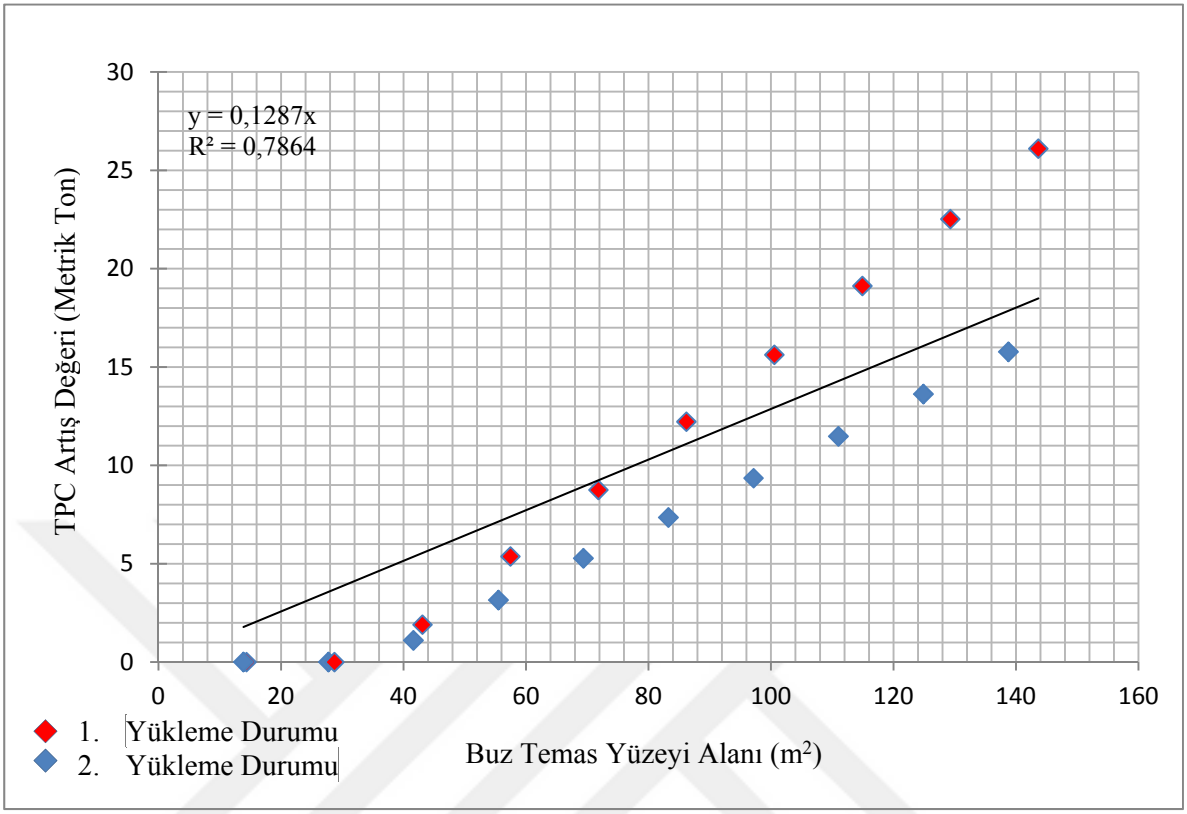
Farklı buz kalınlıkları için model üzerinden ölçülen değerlerden tam ölçeğe dönüştürülen TPC değerleri Tablo 4.4'de birlikte verilmiştir. Bu tabloda model geminin her iki su hattı uzunluğu ve tam ölçekteki karşılıkları ile birlikte sunulmuştur. Ticari gemilerin yüklemelerinin son aşamasında dökme türünde yüklerin ambar içinde kaymasını önlemek, varsa gemi meyilini

düzeltmek ve başta, kıçta önceden hesaplanan su çekimlerini görmek için sona kalan yük miktarı gemi ambarlarına dağıtılır. Bu uygulamaya trim yapmak (Trimming) adı verilmektedir ve gemi tonajına göre genellikle yüklemenin son 10 ile 15 santimetre kısmına karşılık gelen yük miktarı ile yapılmaktadır. Tablo 4.4 tam ölçekli geminin buz koşulları altında gerçekleştireceği yükleme operasyonlarının sonunda trim aşamasında kullanabileceği bir formatta düzenlenmiştir.

Tablo 4.4: Yeni TPC Değerleri

Ortalama Buz Kalınlığı (santimetre)	Su Yoğunluğu (t/m3)	Yükleme Durumu	Vasat Draft (metre)	Eski TPC (ton/cm)	Yeni TPC (ton/cm)
15	1,001	1	8,52	25,27	27,17
15	1,001	2	5,07	21,72	22,82
20	1,001	2	5,07	21,72	24,87
20	1,001	1	8,52	25,27	30,64
25	1,001	1	8,52	25,27	34,02
25	1,001	2	5,07	21,72	26,99
30	1,001	2	5,07	21,72	29,07
30	1,001	1	8,52	25,27	37,49
35	1,001	1	8,52	25,27	40,89
35	1,001	2	5,07	21,72	31,07
40	1,001	2	5,07	21,72	33,19
40	1,001	1	8,52	25,27	44,39
45	1,001	1	8,52	25,27	47,79
45	1,001	2	5,07	21,72	35,34
50	1,001	2	5,07	21,72	37,49
50	1,001	1	8,52	25,27	51,37

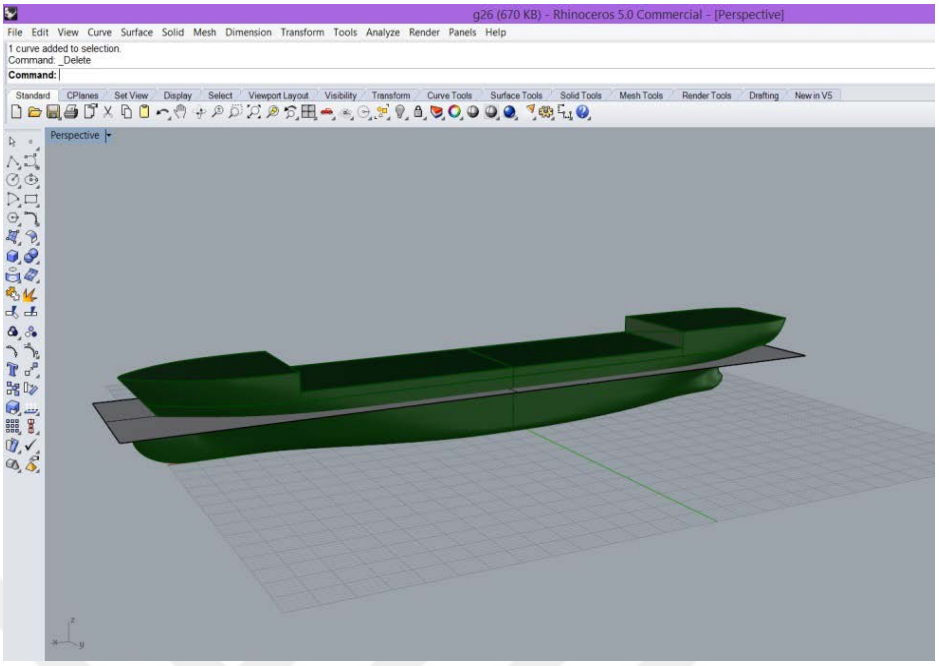
Tablo 4.3.'de tam ölçekli gemiye göre metrekare cinsinden verilen buz temas yüzeyi ile ton cinsinden hesaplanan TPC değerindeki artış miktarları arasında yapılan regresyon analizinde iki değişken arasında pozitif yönde doğrusal bir ilişki olduğu görülmüştür. Şekil 4.13'de regresyon analizi sonuçları görülmektedir.



Şekil 4.13: Buz temas yüzey alanı ile TPC artış değeri arasındaki ilişki.

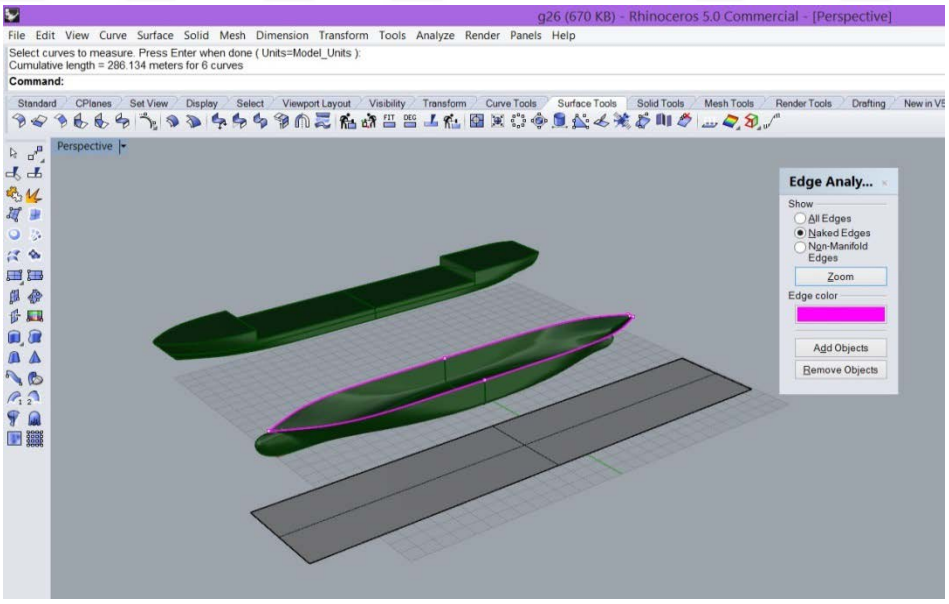
Her iki yükleme koşulunda model buzun gemi bordasındaki temas yüzeyi üzerinden model geminin TPC değerine pozitif etkisi olduğu tespit edilmiştir. Model geminin farklı su çekimlerindeki su hattı uzunluklarını tespit edebilmek için Rhinoceros isimli yazılım kullanılmıştır. Yazılımda açılan tam ölçekli gemi çizimi üzerinde omurga hattından itibaren, omurga hattına paralel olarak 4 metre mesafeden 9 metre mesafeye kadar birer metre aralık ile yüzeyler yerleştirilerek çizim kesilmiştir.

Her bir kesim işleminin ardından kesilmiş yüzeylerin kenarları seçilerek ve yazılımın "length" komutu kullanılmış böylece farklı draft uzunlukları için su hattı uzunlukları elde edilmiştir. Şekil 4.14'de çizim üzerindeki kesme yüzeyi görülmektedir.



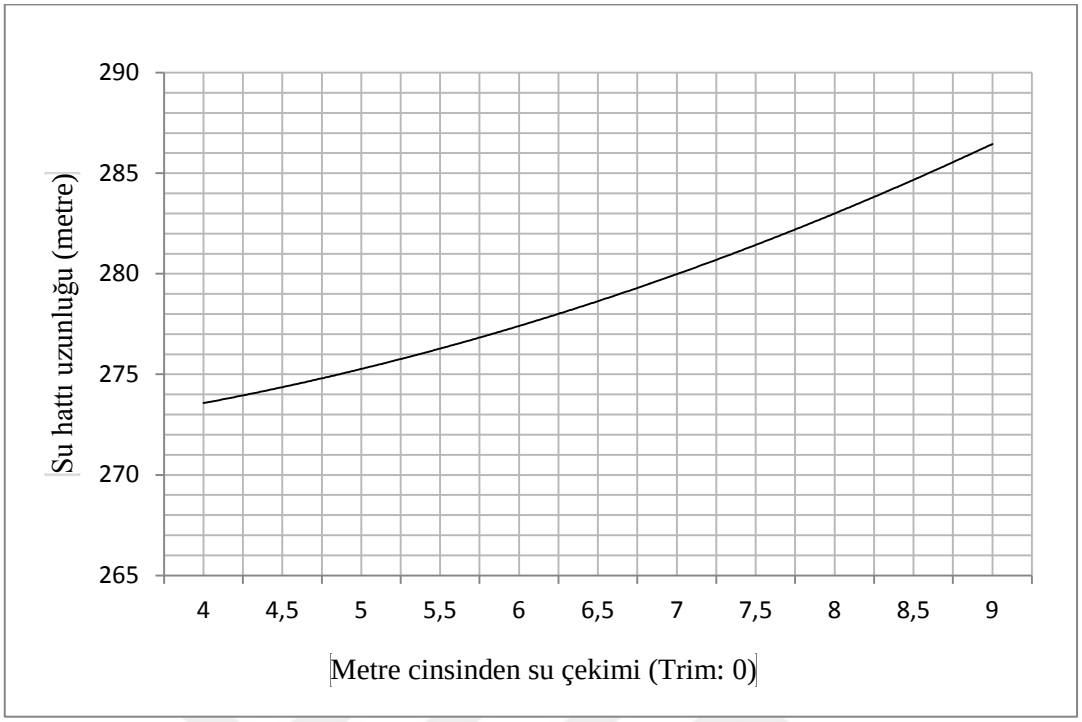
Şekil 4.14: Kesme Yüzeyi.

Şekil 4.15'de omurga hattının 9 metre üzerinden kesilen tam ölçekli geminin su hattı uzunluğu görülmektedir.



Şekil 4.15: Su Hattı Uzunluğu.

Tam ölçekli geminin çizimi üzerinden eşit aralıklarla kesilerek elde edilen su hattı boyları ve su çekimlerini gösteren grafik Şekil 4.16'da görülmektedir.



Şekil 4.16: Draft ve Su Hattı Boyu İlişkisi.

Çalışmanın başlangıç noktasında kullanılan model geminin ITTC model üretim toleranslarına uygunluğunun belirtilmesi gerekmektedir. ITTC kılavuzunda model tolerans değeri 1 mm veya 0,05 % LPP olarak verilmiştir. 1/50 Ölçeğinde üretilen model geminin ölçülen boyutlarının bu toleransa uygun olduğu tespit edilmiştir.

Modelin tolerans değerlerine uygunluğunu gösteren bir diğer kanıt çalışmanın yöntem kısmında belirtilen tam ölçekli geminin onaylı stabilite kitapçığından orantılanarak bulunan deplasman değeri ile boş model ağırlığı ve ilave edilen ağırlıkların hassas olarak tartılması sonucu elde edilen ağırlıkların uyuşmasıdır. Tam ölçekli gemi stabilite kitapçığı sayfa 66'da 1,025 t/m^3 yoğunluğunda deniz suyunda Yaz Yükleme Hattına Göre Tam Yüklü Liman Kalkış durumu için verilen deplasman değeri 17775,4 ton olarak görülmektedir. Bu değerin 1,001 t/m^3 yoğunluğundaki suda karşılığı 17359,19 ton olarak hesaplanmıştır. Bu değer model gemi ölçeğine göre 138,87 kilogram olarak hesaplanmaktadır. Model gemi bordasına çizilen yüklü su hattına erişene dek ambarlarına yükler yüklenmiş ve bu işlem sonucunda boş gemi ağırlığı ile ambarlarına yüklenen yükler toplamı 138,90 kilogram olarak tartılmış ve kayıt edilmiştir.

Tam dolu balastlı liman kalkış senaryosunda 1,001 t/m^3 su yoğunluğu için tam ölçekli gemiye ait deplasman değeri 9456,25 ton olarak saptanmıştır. Bu değer model gemi ölçeğinde 75,65 kg olarak hesaplanmaktadır. Model gemi bordasına çizilen ikinci su hattına erişene dek ambarlarına yükler yüklenmiş ve bu işlem sonucunda boş gemi ağırlığı ile ambarlarına yüklenen yüklerin toplamı 75,67 kilogram olarak tartılmış ve kayıt edilmiştir.

Ayrıca stabilite kitapçığından tam yüklü durumda TPC değerinin model ölçeğine göre orantılanması ile 10,06 kg/cm değeri bulunmuştur. Deney aşamasında bu değer 10,11 kg/cm olarak ölçülmüştür.

Model geminin tam yüklü durumda en yüksek su çekimi 17,36 santimetredir. Liman koşullarına uygun olması için deney ortamında su derinliği 30 santimetre olarak belirlenmiştir. Deney ortamına toplam 3,1 ton tatlı su doldurulmuş buna karşılık 3,1 kilogram tuz ortam suyu içerisine eritilerek karıştırılmış ve HACH isimli üreticiye ait HQ40D model dijital multimetre cihazı ile ortam tuzluluğu ‰1 olarak ölçülmüştür.

Üretilen model buzun yoğunluğu ITTC Model Buz Özellikleri için Test Yöntemleri isimli kılavuzda yoğunluğun belirlenmesi için 3. yöntem olarak ifade edilen metot kullanılarak 0,928 gr/cm^3 olarak ölçülmüştür.

1 ve 2 milimetre buz kalınlıklarında her iki yükleme durumu için model geminin TPC değerlerinde ölçülebilir bir değişim oluşmadığı gözlemlenmiştir. Bu değerler tam ölçekte 5 ve 10 santimetre kalınlığa denk gelmektedir.

10 milimetre buz kalınlığı tam ölçekte 50 santim kalınlığa denk gelmektedir. Deniz buzlarının erimeden bir yıl ve daha üzeri yaşa sahip olması durumunda ancak 50 santimetre kalınlığa erişebildikleri bilinmektedir. First Year Ice olarak tanımlanan deniz buzu 30 ile 70 santimetre arasında kalınlığa sahiptir. Deniz buzu etkisinde kalan kutupsal bölgelere seyir yapacak gemiler SOLAS sözleşmesine göre kutupsal gemi sertifikasına (Polar Ship Certificate) sahip olmalıdır. IACS kurallarına göre First Year Ice deniz buzu etkisinde kalan bölgelere sadece yaz aylarında seyir yapabilecek standartlara sahip gemiler PC 7 olarak sınıflandırılmaktadır. First Year Ice ve daha kalın buz koşullarına seyir yapacak gemilerin klas kuruluşlarının kuralları çerçevesinde denetimlerini yaptırıp Polar Ship sertifikalarını almaları gerekmektedir.

5 ve 6 milimetre buz kalınlıkları tam ölçekte 25 ve 30 santimetre kalınlıklara denk gelmektedir. Tam yüklü durumda 25 santimetre kalınlığındaki buzun tam ölçekli geminin TPC'sini 8,75 ton ve 30 santimetre kalınlığındaki buzun ise 12,22 ton arttırdığı tespit edilmiştir.

Yapılan deneyler sonucunda elde edilen verilere göre buz koşullarında çalışması muhtemel tonaja sahip olan bir geminin 10 santimetre ve üzeri kalınlıklarda buz koşullarına maruz kalması durumunda yükleme operasyonunun son aşamasında yükleme sınırını geçtiği ortaya çıkmıştır. Aşırı yükleme durumunun daha iyi anlaşılması için tam yüklü liman kalkış senaryosunda yüklemenin tamamlanmasına son 10 santim kala oluşacak değerler Tablo 4.5 de sunulmuştur.

Tablo 4.5: Yükleme Sınırı İhlalleri

Buz kalınlığı (cm)	TPC farkı (ton)	Yükleme sınırı ihlali (ton)
5	Ø	Ölçülemedi
10	Ø	Ölçülemedi
15	1,9	19
20	5,37	53,7
25	8,75	87,5
30	12,22	122,2
35	15,62	156,2
40	19,12	191,2
45	22,52	225,2
50	26,1	261

Tablo 4.5'de listelenen sonuçlara göre tam ölçekli gemi 25 santimetre buz koşullarında gerçekleştireceği yükleme operasyonu sonucunda 87,5 ton fazla yük yüklemiş olacaktır. 30 santim buz kalınlığında ise 122,2 ton fazla yüklemiş olacaktır.

Aşırı yükleme vakalarının deniz kazaların nedenleri arasında gösterildiği akademik çalışmalar mevcuttur (Islam ve diğerleri, 2015; Uddin ve diğerleri, 2017; Rahman, 2017; Awal, ve Hasegawa, 2017). 2011 yılında IMO'nun konteyner kaybı yaşanan deniz kazalarını incelemesi sonucunda yanlış belirtilmiş konteyner ağırlıklarının gemilerin aşırı yüklenmesine

neden olduğu kanısına varılmıştır. IMO 2014 yılında terminallerde gemilere yükleme öncesinde konteynerlerin tartılması kuralını SOLAS sözleşmesine VI/2 numaralı kural olarak ekleyerek zorunlu hale getirmiştir. Konteynerlerin gemiye yüklenmeden tartılmaları ve doğrulanmış ağırlıklarının (Verified Gross Mass) ölçülmesi yükleyici tarafların sorumluluğuna bırakılmıştır. Birçok denizcilik sigorta şirketlerinin kuralları incelendiğinde aşırı yükleme durumunun sigorta kapsamı dışında tutulduğu göze çarpmaktadır (Skuld, 2018; North, 2016; Swedish, 2012; Standard, 2019). Olası kazalar sonucunda yapılacak soruşturmalarda ortaya çıkması muhtemel aşırı yükleme durumu donatanlar kadar yük sahipleri için büyük maddi riskler oluşturduğu görülmektedir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Dünya genelinde birçok önemli liman mevsimsel buz etkisinde kalmaktadır ve buz koşullarında hizmetlerine devam ettikleri görülmektedir. Soğuk hava koşullarında devam ettirilen yükleme ve tahliye işlemleri çalışanların can ve mal emniyeti kadar çevre açısından birçok riski beraberinde getirmektedir.

İklim değişikliğine bağlı olarak buz formlarının zayıflamasının yanında gün geçtikçe gelişen gemi inşa teknikleri, ana makine ve kontrol sistemleri ile bilirlikte buz etkisinde kalan limanlara erişimin kolaylaştığı ve bu limanlarda denizyolu taşımacılığının arttığı göze çarpmaktadır.

IMO kutupsal bölgelerde gerçekleştirilen denizyolu taşımacılığından doğan riskleri minimize etmek adına 2010'da Guidelines for Ships Operating in Polar Waters isimli kılavuzu yayınlamıştır. Ardından kutupsal bölgelere seyir yapacak gemilerin sınıflandırılması, çevrenin korunması ve eğitim konularını da kapsayan Polar Kod 1 Ocak 2017'de yürürlüğe girmiştir. Kutupsal bölgelere seyir yapacak gemilerin Polar Kod kapsamında klas kuruluşları üzerinden teknik gereksinimlerini karşılayarak sertifikalandırılmaları ve emniyet prosedürlerini tamamlamaları gerekmektedir.

Deniz buzuna maruz kalan bölgelere sefer yapan gemilerin operasyonlarının kazasız ve kayıpsız tamamlanabilmesi ön hazırlık ve eğitim sürecinin eksiksiz yapılmasına bağlıdır. Buz içinde yapılacak seyirlerde iyi planlanması gereken diğer bir operasyon balast operasyonudur. Pervaneyi buzdan korumak için gemiye yeterli miktarda balast gerekmekle birlikte balast tankları içinde deniz seviyesinin üzerinde kalan suyun donma riski bulunmaktadır. Bu durum göz önünde bulundurularak uygun konumdaki tanklara ancak deniz seviyesine kadar balast alınmalıdır. Kinistinlerin buzdan etkilenebileceği düşünülerek ana makinelerin soğutma suyu ihtiyacının balast tanklarından karşılanması ve soğutma maksadı için kullanılan balast suyunun denize tahliye edilmeden tekrar bir balast tankına geri gönderilmesi senaryosu uygulanabilmelidir. Geminin yara alması gibi acil durumlara karşı hazırlanmış planlar kontrol edilmelidir.

Ticari gemilerin buz koşullarında gerçekleştirdikleri yükleme ve tahliye operasyonları sonunda yapılan draft sörvey hesaplamalarında yük miktarı üzerine anlaşmazlıklar doğduğu bilinmektedir. Yükün eksik tahliyesine ilişkin oluşan maddi zararların sigorta firmalarının raporlarına yansıdığı göze çarpmaktadır. Özellikle kıymetli yüklerde yükleyici tarafından bildirilen yük miktarı ile gemi tarafında draft sörvey metodu ile tespit edilen yük miktarı arasında oluşacak farklılıkları tarafların sigorta firmaları üzerinden tahkime veya mahkemelere taşıdıkları görülmektedir.

Draft sörvey metodu yükleme öncesinde ve sonrasında olmak üzere en az iki kez uygulanmaktadır. Bu yöntemde yük miktarının hassas bir şekilde hesaplanabilmesi birçok faktöre bağlıdır. Bunlardan en önemlileri; draftların doğru okunması, geminin bir tarafına yatık olmaması ve deniz suyu, balast suyu yoğunluklarının hassas bir şekilde tespit edilmesidir. Geminin bulunduğu konumda gelgit akıntısına maruz kalması durumunda ise draftlar squat etkisine bağlı pozitif etkileneceğinden uygulama suyun sakin olduğu zamana kadar ertelenmelidir.

Gerçekleştirilen deneysel araştırma mevcut literatüre iki önemli sonuç sunmaktadır. Bunlardan ilki simüle edilen deney koşullarında yükleme altındaki geminin su çekimleri deniz buzu kalınlığına bağlı olarak farklı ölçülerde etkilenmektedir buna bağlı olarak sadece Draft sörvey metodu ile doğru yük miktarlarının belirlenemeyeceği anlaşılmıştır.

Buz koşullarında yük miktarının belirlenmesinde draft sörvey metodu tercih edilecek ise hesaplamaların hassas olabilmesi için geminin etrafındaki buzun tamamen kırılarak uzaklaştırılması veya buzun etkisinden ötürü hesaplamalara düzeltme uygulanması gerekmektedir. Uygulanacak düzeltme miktarları tecrübe edilmiş buz yoğunluklarına, gemi formuna ve draftlarına özel olarak önceden belirlenmiş olmalıdır.

Deneyler sonucunda model geminin tam yüklü ve balastlı olmak üzere iki farklı su çekiminde buzlanmadan ötürü farklı TPC değişimlerine maruz kalması, ara değerlerdeki su çekimlerinde de farklı TPC değişimleri gözleneceği ihtimalini ortaya çıkarmaktadır.

Araştırmanın diğer bir önemli sonucu model geminin simüle edilen deney koşullarında bordasında 10 santimetre ve üzeri kalınlıklarda buza maruz kalması durumunda stabilite kitapçığı verilerine göre yükleme sınırının aşılmasıdır. Aşırı yükleme olarak adlandırılan bu durum emniyet ve sigorta koşulları açısından çok ciddi sonuçlar doğurabilmektedir.

Emniyet açısından en ciddi sorun aşırı yükleme miktarına bağlı olarak gemi fribord mesafesinin azalması gösterilebilir. Fribord mesafesinin azalması kötü hava koşulları içinde dalgaların gemi güvertesine ve ambar kapaklarına rahatça ulaşabilmesine neden olmaktadır. Bu durumda güvertedeki donanımlar dalgaların etkilerinden zarar görebileceği gibi daha kötü senaryoda ambarların su geçirmezliğinin bozularak geminin batmasına neden olabilmektedir.

Yapılan araştırmada denizcilik alanında hizmet sunan sigorta firmalarının birçoğunun "Aşırı Yükleme" vakalarından doğan zararları koruma kapsamı dışında tuttuğu görülmüştür. Bu durum personel, donatanlar ve yük sahipleri açısından büyük riskler oluşturmaktadır. Konteyner gemilerinde aşırı yükleme vakalarını önlemek adına IMO'nun 2014 yılında doğrulanmış ağırlık uygulamasını zorunlu hale getirdiği görülmektedir.

Dökme ve kuruyük türünde gemilerin denize elverişliliğinin kaybedilmemesi açısından yükleme sınırlarına uyulması Load Line sözleşmesi gereği bir zorunluluk olup kontroller liman başkanlıklarının tarafından yapılmaktadır. Buz koşullarında operasyon yapan gemilerde yükleme sınırının geçilmemesi için gemilerin TPC değerlerine düzeltme uygulanması gerekmektedir.

Çözüm için Şekil 4.16'da verilen drafta göre su hattı uzunluğu grafiği kullanılarak mevcut draft için geminin su hattı uzunluğu bulunabilir. Geminin etrafını çevreleyen buzdan numuneler kesilmesi ile buzun ortalama kalınlığı ölçülebilir böylece su hattı uzunluğu ve buz kalınlığı kullanılarak buzun gemi bordasında temas ettiği yüzey alanı hesaplanabilir.

İkinci aşamada buz temas yüzey alanı ile Şekil 4.13 te verilen grafik kullanılarak TPC değerindeki artış saptanabilir. Böylece yeni TPC değerleri kullanılarak geminin aşırı yüklenmesi engellenebilir.

Şekil 4.16 ve Şekil 4.16 da verilen grafiklerin model geminin stabilite kitapçığına düzeltme cetveli olarak eklenmesi benzer koşullarda aşırı yükleme vakalarının önlenmesine yardımcı olabilir.

Buzun gemi stabilitesine etkilerine yönelik gelecekte yapılacak çalışmalarda daha büyük ölçeklere ve farklı blok katsayılarına ve tonajlara sahip model gemiler kullanılması, NaCl dışında farklı katkı maddeleri ile farklı su yoğunluklarında deneylerin tekrarlanması sonucu elde edilecek veriler ile buzun gemilerin yükleme hesapları üzerine oluşturduğu etkilerin

değişimi hesaplanabilecektir. Böylece yük miktarı üzerine doğacak anlaşmazlıkların önüne geçilebileceği gibi çok büyük maddi zararlara ve can kayıplarına yol açabilecek aşırı yükleme olayları da önlenebilecektir. Deniz buzu etkisinde kalan bölgelere sefer yapan mevcut gemilerin ve yeni inşa edilecek gemilerin stabilite kitapçıklarına gemilere özel düzeltme cetvellerinin hesaplanarak ilave edilmesinin hem emniyet hem de ticaret açısından faydalı olacağı düşünülmektedir.

Ayrıca bu konuda başta Klas kuruluşları olmak üzere, IMO ve meslek organizasyonlarına bilgilendirmeler yapılmalı ve eğitim seminerleri düzenlenmelidir.

KAYNAKLAR

Andrei, L.C., 2018, *Considerations Regarding Ice Accretion on Board Ships and The Influence on Intact Stability*, Annals of Constanta Maritime University, Vol 27 (2018), No 223.

Awal, Z.I., Hasegawa, K., 2017, *A Study on Accident Theories and Application to Maritime Accidents,* Procedia Engineering 194 (2017) 298 – 306.

Barras, B. and Derrett, D.R., 2006, *Ship Stability for Masters and Mates,* Sixth edition. ISBN 13: 987-0-7506-6784-5.

BIM, 2018, *Baltic Sea Icebreaking Report 2017-2018*, http://baltice.org/app/static/pdf/BIM%20Report%2017-18.pdf. [Ziyaret Tarihi:11 Mayıs 2019].

China Daily, 2019, http://usa.chinadaily.com.cn/epaper/2013-01/09/content_16098962.htm. [Ziyaret Tarihi:10 Mayıs 2019].

Dehghani, A.R., Dehghani, S.R., Naterer, G.F., Muzychka,Y.S., 2017, *Sea Spray Icing Phenomena on Marine Vessels and Offshore Structures: Review and Formulation*, Ocean Engineering 132 (2017) 25–39.

Denizhaber, 2019, *COSCO, Kuzey Denizi ticaret rotasını test etti*, https://www.denizhaber.net/cosco-kuzey-denizi-ticaret-rotasini-test-etti-haber-90857.htm. [Ziyaret Tarihi:25 Eylül 2019].

Enkvist, E., 1972, *On The Ice Resistance Encountered by Ships Operating in The Continuous Mode of Icebreaking*, The Swedish Academy of Engineering Sciences in Finland, Helsinki, Report No. 24, 181 pp.

Enkvist. E., 1983, *A Survey of Experimental Indications of The Relation Between The Submersion and Breaking Components of Level Ice Resistance to Ships*, The Port and Ocean Engineering under Arctic Conditions (POAC) ’83, p. 484-493.

Ettema, R., 1986, *Research Needs for Physical Modelling in Ice Engıneering: Reflections From a Universıty Ice Tank*, Cold Regions Science and Technology, 13 (1986) 57-65.

Eurostat, 2018, Gross weight of seaborne goods handled in main ports, https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/images/1/11/Gross_weight_of_seaborne_goods_handled_in_main_ports_2018Q1.png. [Ziyaret Tarihi:12 Nisan 2019].

Furuichi, M. and Otsuka, N., 2013, *Cost Analysis of the Northern Sea Route (NSR) and the Conventional Route Shipping*, The Paper presented at International Association of Maritime Economists, July 3-5 2013, Marseille, France.

Gaup, S., 2015, *A Sensitivity Study of Ice Resistance Prediction Methods Using a Developed Bow Shape Modelling Tool*, Thesis for the master of Science in Marine Systems Design, Norwegian University of Science and Technology in Trondheim, 2015.

Hu, J., Zhou, L., 2015, *Experimental and Numerical Study on Ice Resistance for Icebreaking Vessels*, Int. J. Nav. Archit. Ocean Eng. 7 (3), 626-639.

Hu, J., Zhou, L., 2016, *Further Study on Level Ice Resistance and Channel Resistance for an Icebreaking Vessel*, International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering 8 (2016) 169-176.

Huang, Y., 2010, *Model Test Study of the Nonsimultaneous Failure of Ice Before Wide Conical Structures*, Cold Regions Science and Technology 63 (2010) 87–96.

Huang, Y., Huang, S., Sun, J., 2018, *Experiments on Navigating Resistance of an Icebreaker in Snow Covered Level Ice*, Cold Regions Science and Technology 152 (2018) 1–14.

Huang, Y., Sun, J., Li, W., 2016, *Experimental Observations of The Flexural Failure Process of Snow Covered Ice*. Cold Reg. Sci. Technol. 129, 14–30.

ICS, 2019, *Shipping and World Trade*, https://www.ics-shipping.org/shipping-facts/shipping-and-world-trade. [Ziyaret Tarihi:20 EylülMayıs 2019].

IMO, 2009, *International Code on Intact Stability 2008*, London, 2009.

International maritime information web, 2019. http://www.simic.net.cn/news_show.php?lan=en&id=205430. [Ziyaret Tarihi:12 Mayıs 2019].

Islam, M.R., Rahaman, M.M., Degiuli, N., 2015, *Investigation of The Causes of Maritime Accidents in The Inland Waterways of Bangladesh.* Brodogradnja 66(01):12-22.

ITTC, 2014, *Test Methods for Model Ice Properties*, https://www.ittc.info/media/8061/75-02-04-02.pdf. [Ziyaret Tarihi:12 Mayıs 2019].

ITTC, 2017, *Ship Models*, https://www.ittc.info/media/7975/75-01-01-01.pdf. [Ziyaret Tarihi:12 Mayıs 2019].

Japan P&I Club, 2016, *P&I Loss Prevention Bulletin*, Vol 37. pp.2-3.

Jeong, S.Y., Cho, S.R., 2010, *Ice Resistance Prediction for Standard Icebreaker Model Ship*, Proceedings of the Twentieth (2010) International Offshore and Polar Engineering Conference Beijing, China, June 20-25, 2010.

Jeong, S.Y., Choi, K., Kang, K.J., Ha, J.S., 2017, *Prediction of Ship Resistance in Level ice Based on Empirical Approach*, International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering. 9 (2017) 613-623.

Kara, G., 2015, *The Impact of Climate Change on Maritime Transport Routes*, International Conference on Engineering and Natural Sciences (ICENS 2015), Macedonia, 15-19 Mayıs 2015, pp.50-55.

Kashteljan, V.I., Poznyak, I.I., and Ryvlin, A.Ya., 1968, *Ice Resistance to Motion of a Ship*. Sudostroyeniye, Leningrad.

Keinonen, A.J., Browne, R., Revill, C. and Reynolds, A., 1996, *Icebreaker Characteristics Synthesis*, report TP 12812E. Ontario: The Transportation Development Centre, Transport Canada.

Kim, H.J. and Choi, K., 2011, *Comparison of EG/AD/S and EG/AD Model Ice Properties*, International Journal of Ocean System Engineering, 1(1) (2011) 32-36.

Kim, M.C., Lee, S.K., Lee, W.J., Wang, J.Y., 2013, *Numerical and Experimental Investigation of The Resistance Performance of an Icebreaking Cargo Vessel in Pack Ice Conditions,* Int. J. Naval Archit. Ocean Eng. (2013) 5:116-131.

Kuuliala, L., Kujala, P., Suominen, M., Montewka, J., 2017, *Estimating Operability of Ships in Ridged Ice Fields*, Cold Regions Science and Technology 135 (2017) 51–61.

Leira, B., Børsheim, L., Espeland, Q., Amdahl, J., 2009, *Ice-Load Estimation for a Ship Hull Based on Continuous Response Monitoring*, Journal of Engineering for the Maritime Environment, Volume: 223 issue: 4, 529-540.

Lewis, J.W., and Edwards, R.Y. Jr., 1970, *Methods for Predicting Icebreaking and Ice Resistance Characteristics of Icebreakers*. Trans. SNAME, Vol. 78, p. 213-249.

Li, F., Montewka, J., Goerlandt, F., Kujala, P., 2017, *A Probabilistic Model of Ship Performance in Ice Based on Full-Scale Data*, 4th International Conference on Transportation Information and Safety (ICTIS), August 8-10, 2017.

Li, Z., Riska, K., 2002, *Index for Estimating Physical and Mechanical Parameters of Model Ice*, J. Cold Reg. Eng. 2002.16:72-82.

Lin,Y.C. and Earls,C.J., 2019, *Multi-Parameter Stochastic Inversion for First and Second Moment Mass Properties of A Model-Scale Ship with Topside Ice Accumulation,* Applied Ocean Research 82 (2019) 143–157.

Lindqvist, G., 1989, *A Straightforward Method ffor Calculation of Ice Resistance of Ships.* Proc. 10th Int. Conference on Port and Ocean Engineering under Arctic Conditions (POAC), Lulea, Sweden, p. 722-735.

Liu, Z., Amdahl, J., Løset, S., 2011, *Plasticity Based Material Modelling of Ice And its Application to Ship–Iceberg Impacts*, Cold Regions Science and Technology 65 (2011) 326–334.

Lubbad, R., Løset, S., 2011, *A Numerical Model for Real-Time Simulation of Ship-Ice Interaction*. Cold Reg. Sci. Technol. 65 (2), 111–127.

Luo, W.Z., Guo, C.Y., Wu, T.C., Su, Y.M., 2018, Experimental Research on Resistance and Motion Attitude Variation of Ship–Wave–Ice Interaction in Marginal Ice Zones, Marine Structures 58 (2018) 399–415.

Ministry of Justice of Russia, 2014, *About The Approval of Tariffs for The Icebreaker Escorting of Ships Rendered by Fsue "Atomflot" in The Water Area of The Northern Sea Route*.

Myland, D., Ehlers, S., 2014, *Theoretical Investigation on Ice Resistance Prediction Methods for Ships in Level Ice*. International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering, OMAE2014-23304, San Francisco, USA, and June 8–13,2014.

Myland, D., Ehlers, S., 2019, *Model Scale Investigation of Aspects Influencing the Ice Resistance of Ships Sailing Ahead in Level Ice*, Ship Technology Research DOI:10.1080/09377255.2019.1576390.

Naumann, A.K., Notz, D., Havik, L., Sirevaag, A., 2012, *Laboratory Study of Initial Sea-Ice Growth: Properties of Grease Ice and Nilas,* The Cryosphere, 6, 729–741, 2012.

North, 2016, *2015-2016 P&I Rules,* North P&I Rules.

Orimolade, A.P., Gudmestad, O.T., Wold, L.E., 2017, Vessel Stability in Polar Low Situations, Shıps and Offshore Structures, Vol. 12, 1: 82-87.

Overland, J.E., 1990, *Prediction of Vessel Icing for Near-Freezing Sea Temperatures*, Wea Forecast. 5:62–77.

Polach, R.U.F., Erceg, S., Tons, T., 2015, *Ice Resistance Calculation Methods and Their Economic Impact on Ship Design*. International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering, OMAE2015, May 31-June 5, 2015.

Polach, R.U.F.B., Ehlers, S., 2014, *On The Scalability of Model-Scale Ice Experiments*, 33rd International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering OMAE2014, June 8-13, 2014.

Polach, R.U.F.B., Molyneux, D., 2017, *Model Ice: A Review Of Its Capacity and Identification of Knowledge Gaps*, 36th International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering OMAE2017, June 25-30, 2017.

Polach, R.U.F.B.,Ettema, R., Gralher, S., Kellner, L., Stender, M., 2019, *The Non-Linear Behavior of Aqueous Model Ice in Downward Flexure*, Cold Regions Science and Technology Volume 165, September 2019, 102775.

Port Performance Freight Statistics, 2018, https://rosap.ntl.bts.gov/view/dot/39609. [Ziyaret Tarihi:12 Mayıs 2019].

Portnews, 2018, http://en.portnews.ru/news/251819/. [Ziyaret Tarihi:12 Mayıs 2019].

Rahman, S., 2017, *An Analysis of Passenger Vessel Accidents in Bangladesh*, Procedia Engineering Volume 194, 2017, Pages 284-290.

Raza, Z. and Schoyens, H., 2014, *The Commercial Potential for LNG Shipping Between Europe and Asia Via the Northern Sea Route,* Journal Of Maritime Research, Vol XI. No. II (2014) pp 67–79.

Raza, Z., Schøyen, H., 2014, *A Comparative Study of The Northern Sea Route (NSR) in Commercial and Environmental Perspective with Focus on LNG Shipping,* 6th International Conference on Maritime Transport, Barcelona-Spain.

Riska, K., Englund, Leiviska, 1997, *Performance of Merchant Vessels in Ice in the Baltic*. Helsinki University of Technology - Ship Laboratory.

Saloranta, T.M., 2000, *Modeling The Evolution of Snow, Snow Ice and Ice in The Baltic Sea,* Tellus A: Dynamic Meteorology and Oceanography, 52:1, 93-108.

Skuld, 2018, *P&I Rules*, Skuld P&I Rules 02/2018.

Standard, 2019, *2018/19 P&I and Defence Rules and Correspondents*, Standard Club P&I Rules.

Su, B., Riska, K., Moan, T., 2010, *A Numerical Method for The Prediction of Ship Performance in Level Ice*. Cold Reg. Sci. Technol. 60 (3), 177–188.

Tan, X., Riska, K., Moan, T., 2014, *Effect of Dynamic Bending of Level Ice on Ship's Continuous-Mode Icebreaking,* Cold Regions Science and Technology 106–107 (2014) 82–95.

The Association of Russian Sea Ports, 2018, *Rusya limanlarının ciroları*, http://www.morport.com/rus/news/document1987.shtml. [Ziyaret Tarihi:12 Ocak 2018].

The Port of Tallinn, 2018, *Key figures*, https://investor.ts.ee/wp- content/uploads/2019/02/ Q4-2018-KPI-ENG.pdf. [Ziyaret Tarihi:10 Ocak 2019].

The St. Lawrence Seaway Management Corporation, 2018, http://www.greatlakes-seaway.com/en/pdf/tonnage2018_en.pdf. [Ziyaret Tarihi:12 Mayıs 2019].

The Swedish Club, 2012, *P&I Rules and Exceptions 2012*, The Swedish Club P&I Rules.

The Swedish Club, 2016, *P&I Claims Analysis,* pp.14-15.

Timco, G.W., Weeks, W.F., 2010, *A Review of The Engineering Properties of Sea Ice*, Cold Regions Science and Technology 60 (2010) 107–129.

Timco, G.W.,1986, *EG/AD/S: A New Type Of Model Ice For Refrigerated Towıng Tanks,* CoM Region: Science and Technology, 12 (1986) 175-195.

Uddin, M.I., Islam, M.R., Awal, Z.I., Newaz, K.M.S., 2017, *An Analysis of Accidents in the Inland Waterways of Bangladesh: Lessons from a Decade (2005-2015),* Procedia EngineeringVolume 194, 2017, Pages 291-297.

UNCTAD, 2018, https://unctad.org/en/PublicationsLibrary/rmt2018_en.pdf. [Ziyaret Tarihi:12 Mayıs 2019].

Valanto, P., 2001, *The Resistance of Ships in Level Ice*, Trans. SNAME, Vol. 109, p. 53-83.

Vance, G.P., 1975, *A Scaling System For Ships Modelled in Ice*. Proc. SNAME Ice Tech. Symposium, Montreal, Paper H1, 28pp.

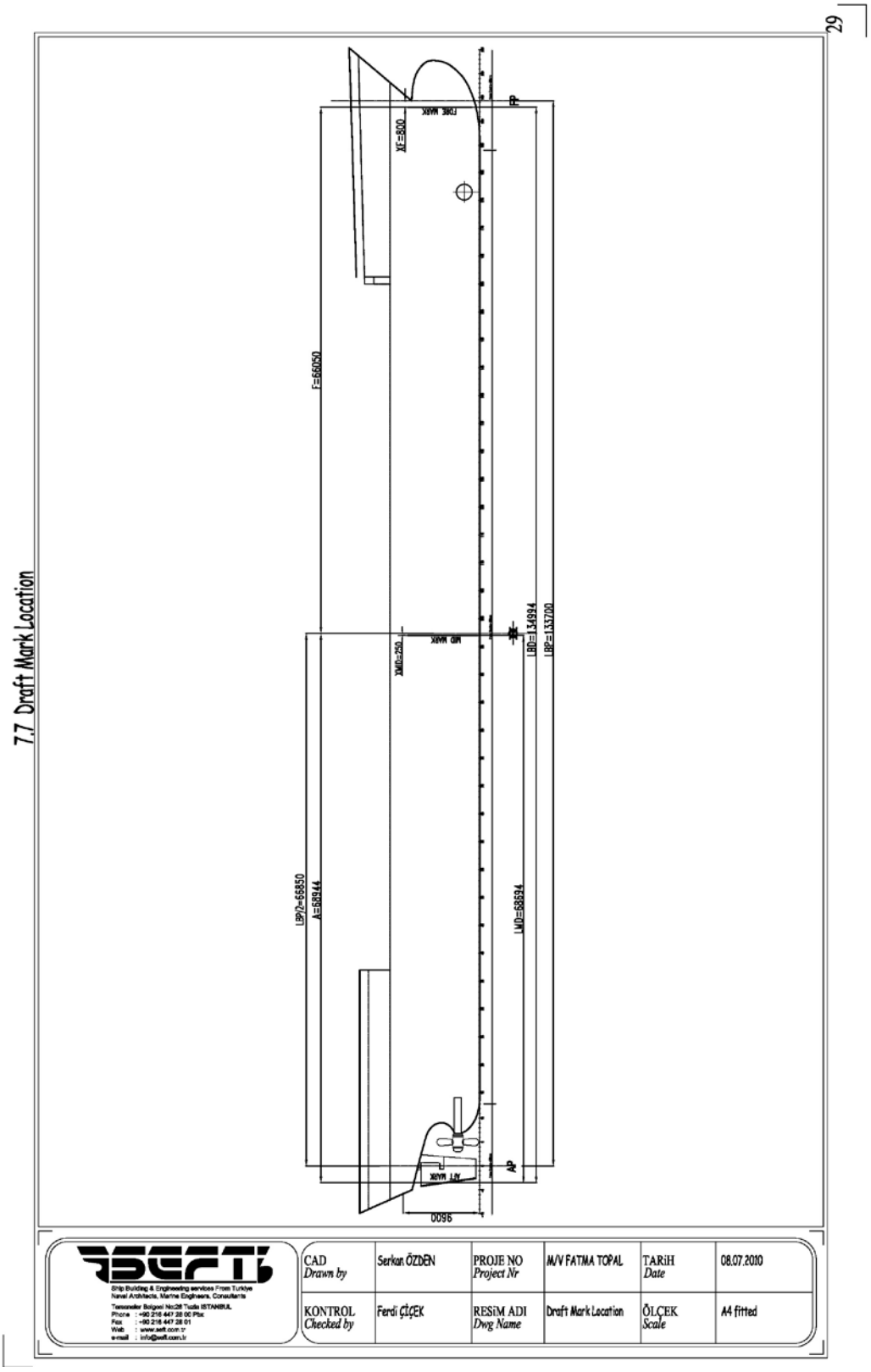
Zhou, L., Ling, H., Chen, L., 2018, *Model Tests of an Icebreaking Tanker in Broken Ice*, International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering online (2018) 1-13.

Zhou, L., Su, B., Riska, K., Moan, T., 2011, *Numerical Simulation Of Moored Ship in Level Ice*, 30th International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering OMAE2011, June 19-24, 2011.

Zhou, Q., Peng, H., Qiu, W., 2016, *Numerical Investigations of Ship–Ice Interaction and Maneuvering Performance in Level Ice,* Cold Regions Science and Technology 122 (2016) 36–49.

EKLER

EK 1.Draft Markalarının Konumları (Stabilite Kitapçığı Syf. 29).



EK 2. Draft Markalarının Düzeltme Formülleri (Stabilite Kitapçığı Syf.30).

4.12 An Example For Usage Of Correction Formulas

4.12 Düzeltme Formüllerinin Kullanılışına Ait Bir Örnek

LBP: Distance between aft perpendicular to fore perpendicular	133.700	m
LBD: Distance between aft draught marks to fore draught marks	135.700	m
F: Distance fore draught marks to mastory	66.050	m
A: Distance aft draught marks to mastory	69.650	m
XF: Distance from fore draught marks to fore perpendicular	-0.800	m
(- : If the marks are behind of FP)		
XMID: Distance from amidship draught marks to mastory	0.250	m
(+ : If the marks are behind of Mastory)		
XA: Distance aft draught marks to aft perpendicular (Fore:+)	-2.800	m
(+ : If the marks are front of AP)		
LFD // LBD: Distance fore draught marks to aft draught marks	135.700	m
LMD: Distance amidship draught marks to aft draught marks	69.400	m
LAD: Distance aft draught marks to aft perpendicular	-2.800	m
M.o.M.: Mean of mean	-	m

Draught Marks (ALL READINGS ARE FROM BASELINE)						Perpendiculars and Mastory Long. Pos.	Correction Values		After Correction Final Values at Perpendiculars and Mastory	
Position Name	Location (m)	Port. Reading (m)		Stb. Reading (m)		Mean Values (m)				
Aft Draughts	-2.800	DMAp=	8.686	DMAs=	8.686	DMA=	8.686	0.000	dA= -0.0069	DA=(DMA+dA)= 8.679
Mid Draughts	55.500	DMMp=	8.515	DMMs=	8.515	DMM=	8.515	66.850	dM= 0.0006	DM=(DMM-dM)= 8.514
Fore Draughts	107.500	DMFp=	8.350	DMFs=	8.350	DMF=	8.350	133.700	dF= -0.0020	DF=(DMF+dF)= 8.348

TRIM 1 =	0.3360
TRIM 2 =	0.3310

$$M.o.M. = \frac{(DMx4+DF+DA)}{6} = 8.5141$$

Corrections			
XF= -0.800		YMAST=	0.164
XMID= 0.250		YMID=	0.164
XA= -2.800		dM=	0.0006
LBD= 135.700		dF=	-0.002
F= 66.050		dA=	-0.007
DIFF. LCF= 2.032		LBP=	133.700

Hydrostatic Values (Even Keel)						
Draught m	Displacement ton	TPC ton/cm	LCF m	LCB m	KM m	KB m
8.5100	17750.020	25.350	64.824	66.504	9.399	4.561
8.5200	17775.410	25.360	64.809	66.501	9.401	4.567
8.5141	17760.434	25.354	64.818	66.503	9.400	4.563

DRAUGHT (m)			MTC
M.o.M.+50cm	=	9.0141	86.840
M.o.M.-50cm	=	8.0141	79.410
MTC Difference (DM/DZ)=			7.430

DENSITY =	1.0250

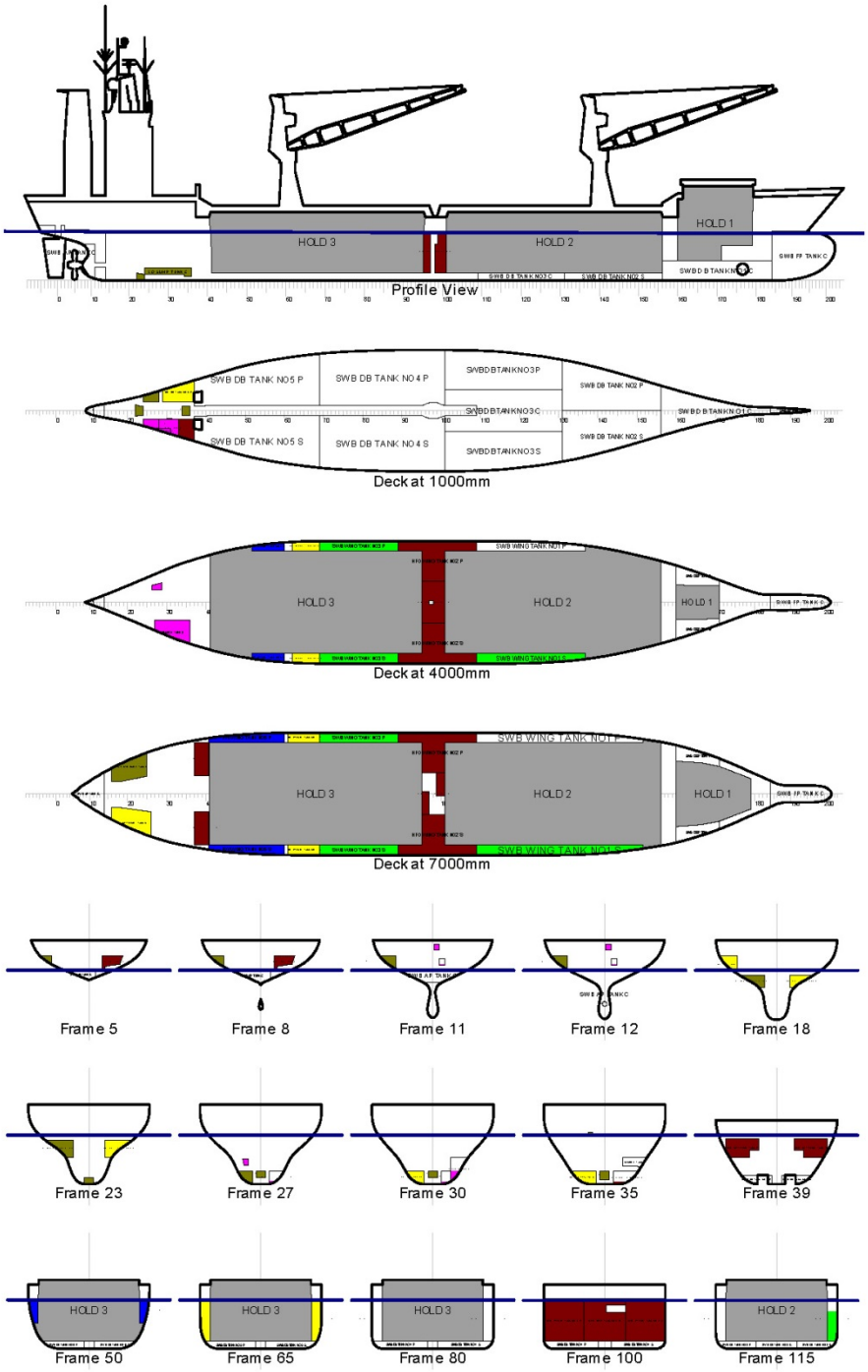
$$TRIM\ COR.1 = \frac{(DIFF.LCF \times TPC \times TRIM2(cm))}{LBP} = 12.757$$

$$TRIM\ COR.2 = \frac{(DM/DZ \times TRIM2(m)^2 \times 50)}{LBP} = 0.305$$

Δ1= Displacement after trim correction	=	17773.5	tonnes
Δ2= Displacement after density correction	=	17773.5	tonnes

EK 3. Tam yüklü Kalkış Durumu (Stabilite Kitapçığı Syf.66).

12.4 Full Load Departure Condition For Summer Loadline_SG=0.6832 t/m^3



EK 4. Tam yüklü Kalkış Durumu (Stabilite Kitapçığı Syf.67).

Title	Frames	Cargo	% full	SG (t/m3)	Weight (t)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)	FSM (t-m)
SEA WATER BALLAST									
SWB WING TANK NO1 S	109-156	SWB	58.9	1.025	162.3	84.55	9.87	4.36	14.1
SWB WING TANK NO3 P	69-89	SWB	0.0	1.025	0.0	54.37	-9.85	1.33	6.8
SWB WING TANK NO3 S	69-89	SWB	0.0	1.025	0.0	54.37	9.85	1.33	6.8
Total SEA WATER BALLAST					**162.3**	**84.55**	**9.86**	**4.35**	**27.7**
HEAVY FUEL OIL									
HFO DEEP TANK NO2 C	95-101	HFO	98.0	0.950	175.0	67.37	-0.01	4.59	129.6
HFO OVERFLOW TANK S	33-37	HFO	10.0	0.950	1.9	23.29	2.58	0.21	17.5
HFO SETTLING TANK P	37-41	HFO	98.0	0.950	38.6	25.95	-6.31	6.46	39.6
HFO SETTLING TANK S	37-41	HFO	98.0	0.950	39.2	25.95	6.31	6.46	40.2
HFO WING TANK NO2 P	89-109	HFO	98.0	0.950	318.9	67.70	-8.29	4.98	193.7
HFO WING TANK NO2 S	89-109	HFO	98.0	0.950	318.9	67.70	8.29	4.98	193.7
Total HEAVY FUEL OIL					**892.5**	**63.89**	**0.01**	**5.02**	**614.3**
DIESEL OIL									
DO DB TANK NO6 P	29-37	DO	98.0	0.850	30.0	22.05	-3.14	1.27	24.4
DO DAY TANK P	14-19	DO	98.0	0.850	15.8	10.29	-8.08	10.14	8.0
DO SETTLING TANK S	16-26	DO	98.0	0.850	39.4	14.00	4.38	6.66	51.6
DO WING TANK NO4 P	61-69	DO	98.0	0.850	51.3	44.46	-9.90	5.30	2.2
DO WING TANK NO4 S	61-69	DO	98.0	0.850	51.3	44.46	9.90	5.30	2.2
Total DIESEL OIL					**187.8**	**31.62**	**-0.26**	**5.35**	**88.4**
LUBE OIL									
LO AUX ENG STORAGE TANK P	6-10	LO	98.0	0.920	6.0	4.90	-7.52	10.53	3.1
LO ME STORAGE TANK P	16-25	LO	98.0	0.920	38.9	13.51	-4.19	6.68	53.0
LO RED GEAR STORAGE TANK P	4-6	LO	98.0	0.920	2.0	3.03	-7.36	10.69	1.0
LO SUMP TANK C	24-36	LO	98.0	0.920	14.9	19.87	0.00	1.63	2.9
THERMAL OIL TANK P	24-28	LO	98.0	0.920	8.5	17.02	-2.43	1.38	3.0
Total LUBE OIL					**70.3**	**14.25**	**-3.46**	**5.41**	**63.0**
FRESH WATER									
FW WING TANK NO5 P	41-60	FW	98.0	1.000	77.7	35.53	-9.79	6.47	5.2
FW WING TANK NO5 S	41-60	FW	98.0	1.000	77.7	35.53	9.79	6.47	5.2
Total FRESH WATER					**155.4**	**35.53**	**0.00**	**6.47**	**10.4**
OTHER TANK									
BILGE WATER TANK S	24-28	OTH	10.0	1.000	0.9	17.13	1.93	0.38	2.5
COOLER WTR HEADER TANK S	9-12	OTH	98.0	1.000	1.9	6.30	0.70	12.69	0.2
CLEAN TANK P	26-29	OTH	98.0	1.000	1.9	18.07	-2.71	3.85	0.2
DIRTY OIL TANK S	28-33	OTH	10.0	1.000	1.6	20.29	2.19	0.24	9.3
HFO DAY TANK S	2-9	HFO	98.0	0.950	20.8	3.46	3.85	10.33	13.5
HYD OIL TANK C for PITCH PROP	22-24	LO	98.0	0.920	2.8	14.76	0.00	0.59	0.6
HYD OIL TANK P for CRANE	12-13	LO	98.0	0.920	3.2	7.36	-7.70	10.33	1.8
HYD OIL TANK P for PITCH PROP	10-12	LO	98.0	0.920	2.9	6.46	-7.64	10.40	1.6
LO CYL DAY TANK P	34-35	LO	98.0	0.920	0.4	22.85	-2.57	8.77	0.0
SLUDGE PREP TANK S	10-12	OTH	10.0	1.000	0.2	6.57	1.70	9.65	0.1
SLUDGE TANK S	27-36	OTH	10.0	1.000	3.5	19.25	3.73	1.64	25.7
Total OTHER TANK					**40.1**	**8.17**	**1.16**	**8.06**	**55.5**
CARGO									
HOLD 1	160-179	CRG	100.0	0.683	1255.6	116.98	0.00	11.32	0.0
HOLD 2	101-156	CRG	100.0	0.683	4872.1	88.50	0.00	6.75	0.0
HOLD 3	40-96	CRG	100.0	0.683	4901.2	46.35	0.00	6.73	0.0
Total CARGO					**11028.9**	**73.01**	**0.00**	**7.26**	**0.0**

EK 5. Tam yüklü Kalkış Durumu (Stabilite Kitapçığı Syf.68).

Title	Frames	Cargo	% full	SG (t/m3)	Weight (t)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)	FSM (t-m)
Departure									
CREWS & EFFECTS					5.0	12.00	0.00	19.20	0.0
STORE & SPARES					10.0	17.25	0.00	8.75	0.0
Total Departure					**15.0**	**15.50**	**0.00**	**12.23**	**0.0**
Lightweight					**5223.1**	**54.75**	**-0.26**	**9.92**	**0.0**
Deadweight					**12552.3**	**70.83**	**0.11**	**7.02**	**859.3**
Total Displacement					**17775.5**	**66.10**	**-0.00**	**7.87**	**859.3**
Buoyancy					**17775.1**	**66.09**	**-0.00**	**4.57**	**86134.6**
Total Buoyancy					**17775.1**	**66.09**	**-0.00**	**4.57**	**86134.6**

Drafts at equilibrium angle

	Moulded	Extreme	
Draft at LCF	8.502	8.520	metres
Draft aft at marks	8.668	8.686	metres
Draft fwd at marks	8.334	8.352	metres
Draft at AP	8.660	8.678	metres
Draft at FP	8.332	8.350	metres
Mean draft at midships	8.496	8.514	metres

Hydrostatics at equilibrium angle

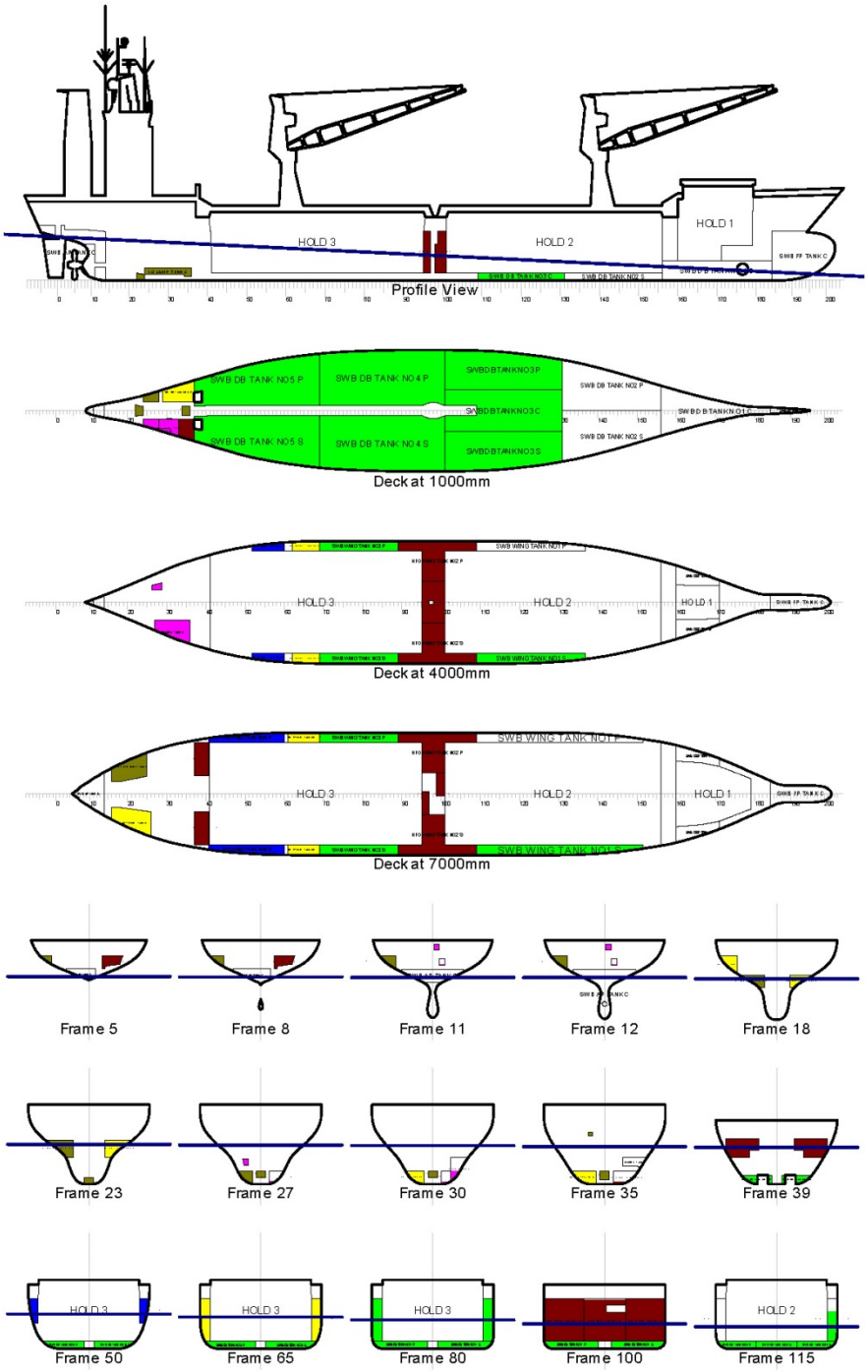
Density of water	1.0250	tonnes/cu.m
Heel to port	0.02	degrees
Trim by the stern	0.328	metres
KG	7.874	metres
FSC	0.048	metres
KGf	7.922	metres
GMt	1.491	metres
BMt	4.846	metres
BMl	166.997	metres
Waterplane area	2484.02	sq.metres
LCG	66.102	metres
LCB	66.093	metres
TCB	-0.001	metres
LCF	64.410	metres
TCF	-0.003	metres
TPC	25.461	tonnes/cm
MTC	222.019	tonnes-m/cm
Shell thickness	18.000	mm

Propeller Immersion

Propeller tip immersion	3.278	metres
Required percentage immersion	105.000	%
Actual percentage immersion	162.436	%

EK 6. Tam Dolu Balastlı Kalkış Durumu (Stabilite Kitapçığı Syf.54).

12.2 Full Ballast Departure Condition



EK 7. Tam Dolu Balastlı Kalkış Durumu (Stabilite Kitapçığı Syf.55).

Title	Frames	Cargo	% full	SG (t/m3)	Weight (t)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)	FSM (t-m)
SEA WATER BALLAST									
SWB DB TANK NO3 C	101-131	SWB	100.0	1.025	194.2	80.43	0.00	0.67	0.0
SWB DB TANK NO3 P	101-131	SWB	100.0	1.025	168.6	79.31	-6.79	0.69	0.0
SWB DB TANK NO3 S	101-131	SWB	100.0	1.025	168.6	79.31	6.79	0.69	0.0
SWB DB TANK NO4 P	69-101	SWB	100.0	1.025	275.0	58.27	-5.62	0.68	0.0
SWB DB TANK NO4 S	69-101	SWB	100.0	1.025	273.8	58.27	5.62	0.68	0.0
SWB DB TANK NO5 P	37-69	SWB	100.0	1.025	199.4	37.19	-4.47	0.71	0.0
SWB DB TANK NO5 S	37-69	SWB	100.0	1.025	202.3	37.22	4.47	0.71	0.0
SWB WING TANK NO1 S	109-156	SWB	58.9	1.025	162.3	84.55	9.87	4.36	14.1
SWB WING TANK NO3 P	69-89	SWB	100.0	1.025	186.2	54.04	-9.94	5.08	0.0
SWB WING TANK NO3 S	69-89	SWB	100.0	1.025	186.2	54.04	9.94	5.08	0.0
Total SEA WATER BALLAST					**2016.6**	**61.06**	**0.80**	**1.80**	**14.1**
HEAVY FUEL OIL									
HFO DEEP TANK NO2 C	95-101	HFO	98.0	0.950	175.0	67.37	-0.01	4.59	129.6
HFO OVERFLOW TANK S	33-37	HFO	10.0	0.950	1.9	23.29	2.58	0.21	17.5
HFO SETTLING TANK P	37-41	HFO	98.0	0.950	38.6	25.95	-6.31	6.46	39.6
HFO SETTLING TANK S	37-41	HFO	98.0	0.950	39.2	25.95	6.31	6.46	40.2
HFO WING TANK NO2 P	89-109	HFO	98.0	0.950	318.9	67.70	-8.29	4.98	193.7
HFO WING TANK NO2 S	89-109	HFO	98.0	0.950	318.9	67.70	8.29	4.98	193.7
Total HEAVY FUEL OIL					**892.5**	**63.89**	**0.01**	**5.02**	**614.3**
DIESEL OIL									
DO DB TANK NO6 P	29-37	DO	98.0	0.850	30.0	22.05	-3.14	1.27	24.4
DO DAY TANK P	14-19	DO	98.0	0.850	15.8	10.29	-8.08	10.14	8.0
DO SETTLING TANK S	16-26	DO	98.0	0.850	39.4	14.00	4.38	6.66	51.6
DO WING TANK NO4 P	61-69	DO	98.0	0.850	51.3	44.46	-9.90	5.30	2.2
DO WING TANK NO4 S	61-69	DO	98.0	0.850	51.3	44.46	9.90	5.30	2.2
Total DIESEL OIL					**187.8**	**31.62**	**-0.26**	**5.35**	**88.4**
LUBE OIL									
LO AUX ENG STORAGE TANK P	6-10	LO	98.0	0.920	6.0	4.90	-7.52	10.53	3.1
LO ME STORAGE TANK P	16-25	LO	98.0	0.920	38.9	13.51	-4.19	6.68	53.0
LO RED GEAR STORAGE TANK P	4-6	LO	98.0	0.920	2.0	3.03	-7.36	10.69	1.0
LO SUMP TANK C	24-36	LO	98.0	0.920	14.9	19.87	0.00	1.63	2.9
THERMAL OIL TANK P	24-28	LO	98.0	0.920	8.5	17.02	-2.43	1.38	3.0
Total LUBE OIL					**70.3**	**14.25**	**-3.46**	**5.41**	**63.0**
FRESH WATER									
FW WING TANK NO5 P	41-60	FW	98.0	1.000	77.7	35.53	-9.79	6.47	5.2
FW WING TANK NO5 S	41-60	FW	98.0	1.000	77.7	35.53	9.79	6.47	5.2
Total FRESH WATER					**155.4**	**35.53**	**0.00**	**6.47**	**10.4**
OTHER TANK									
BILGE WATER TANK S	24-28	OTH	10.0	1.000	0.9	17.13	1.93	0.38	2.5
COOLER WTR HEADER TANK S	9-12	OTH	98.0	1.000	1.9	6.30	0.70	12.69	0.2
CLEAN TANK P	26-29	OTH	98.0	1.000	1.9	18.07	-2.71	3.85	0.2
DIRTY OIL TANK S	28-33	OTH	10.0	1.000	1.6	20.29	2.19	0.24	9.3
HFO DAY TANK S	2-9	HFO	98.0	0.950	20.8	3.46	3.85	10.33	13.5
HYD OIL TANK C for PITCH PROP	22-24	LO	98.0	0.920	2.8	14.76	0.00	0.59	0.6
HYD OIL TANK P for CRANE	12-13	LO	98.0	0.920	3.2	7.36	-7.70	10.33	1.8
HYD OIL TANK P for PITCH PROP	10-12	LO	98.0	0.920	2.9	6.46	-7.64	10.40	1.6
LO CYL DAY TANK P	34-35	LO	98.0	0.920	0.4	22.85	-2.57	8.77	0.0
SLUDGE PREP TANK S	10-12	OTH	10.0	1.000	0.2	6.57	1.70	9.65	0.1
SLUDGE TANK S	27-36	OTH	10.0	1.000	3.5	19.25	3.73	1.64	25.7
Total OTHER TANK					**40.1**	**8.17**	**1.16**	**8.06**	**55.5**

55

EK 8. Tam Dolu Balastlı Kalkış Durumu (Stabilite Kitapçığı Syf.56).

Title	Frames	Cargo	% full	SG (t/m3)	Weight (t)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)	FSM (t-m)
Departure									
CREWS & EFFECTS					5.0	12.00	0.00	19.20	0.0
STORE & SPARES					10.0	17.25	0.00	8.75	0.0
Total Departure					**15.0**	**15.50**	**0.00**	**12.23**	**0.0**
Lightweight					**5223.1**	**54.75**	**-0.26**	**9.92**	**0.0**
Deadweight					**3377.7**	**57.20**	**0.41**	**3.26**	**845.7**
Total Displacement					**8600.8**	**55.71**	**-0.00**	**7.30**	**845.7**
Buoyancy					**8600.8**	**55.48**	**0.00**	**2.67**	**67728.0**
Total Buoyancy					**8600.8**	**55.48**	**0.00**	**2.67**	**67728.0**

Drafts at equilibrium angle

	Moulded	Extreme	
Draft at LCF	4.722	4.740	metres
Draft aft at marks	7.854	7.872	metres
Draft fwd at marks	1.228	1.246	metres
Draft at AP	7.723	7.741	metres
Draft at FP	1.189	1.207	metres
Mean draft at midships	4.456	4.474	metres

Hydrostatics at equilibrium angle

Density of water	1.0250	tonnes/cu.m
Heel	No heel	
Trim by the stern	6.533	metres
KG	7.304	metres
FSC	0.098	metres
KGf	7.402	metres
GMt	3.140	metres
BMt	7.875	metres
BMl	219.850	metres
Waterplane area	2089.23	sq.metres
LCG	55.710	metres
LCB	55.478	metres
TCB	0.000	metres
LCF	61.176	metres
TCF	0.000	metres
TPC	21.415	tonnes/cm
MTC	141.427	tonnes-m/cm
Shell thickness	18.000	mm

Propeller Immersion

Propeller tip immersion	2.199	metres
Required percentage immersion	105.000	%
Actual percentage immersion	141.879	%

EK 9. Hidrostatik Değerler (Stabilite Kitapçığı Syf.108)

Draft (m)	Displt (t)	LCB (m)	LCF (m)	VCB (m)	KMT (m)	KML (m)	TPC (t/cm)	MTC (t-m/cm)	WPA (m^2)	WSA (m^2)
5.05	9639.46	66.266	67.687	2.666	9.823	208.046	21.72	148.07	2119.50	3032.86
5.06	9661.22	66.269	67.689	2.671	9.816	207.782	21.73	148.21	2120.32	3035.81
5.07	9682.98	66.272	67.690	2.677	9.809	207.519	21.74	148.35	2121.13	3038.77
5.08	9704.75	66.275	67.692	2.682	9.802	207.258	21.75	148.49	2121.94	3041.72
5.09	9726.53	66.279	67.693	2.687	9.796	206.998	21.76	148.63	2122.76	3044.67
5.10	9748.32	66.282	67.695	2.693	9.789	206.740	21.77	148.77	2123.57	3047.63
5.11	9770.11	66.285	67.696	2.698	9.783	206.482	21.77	148.92	2124.39	3050.59
5.12	9791.87	66.288	67.697	2.703	9.776	206.227	21.78	149.06	2125.20	3053.54
5.13	9813.73	66.291	67.699	2.709	9.770	205.971	21.79	149.20	2126.02	3056.50
5.14	9835.55	66.294	67.700	2.714	9.764	205.717	21.80	149.34	2126.84	3059.46
5.15	9857.38	66.298	67.701	2.719	9.757	205.465	21.81	149.48	2127.66	3062.42
5.16	9879.22	66.301	67.702	2.725	9.751	205.214	21.82	149.62	2128.48	3065.38
5.17	9901.06	66.304	67.704	2.730	9.745	204.963	21.83	149.76	2129.30	3068.34
5.18	9922.92	66.307	67.705	2.736	9.739	204.714	21.83	149.90	2130.12	3071.30
5.19	9944.78	66.310	67.706	2.741	9.733	204.467	21.84	150.05	2130.94	3074.26
5.20	9966.65	66.313	67.707	2.746	9.727	204.220	21.85	150.19	2131.76	3077.22
5.21	9988.53	66.316	67.708	2.752	9.721	203.975	21.86	150.33	2132.58	3080.18
5.22	10010.42	66.319	67.708	2.757	9.715	203.730	21.87	150.47	2133.40	3083.15
5.23	10032.32	66.322	67.709	2.762	9.709	203.486	21.88	150.62	2134.23	3086.11
5.24	10054.23	66.325	67.710	2.768	9.703	203.243	21.88	150.76	2135.05	3089.08
5.25	10076.14	66.328	67.710	2.773	9.697	203.001	21.89	150.90	2135.87	3092.05
5.26	10098.06	66.331	67.711	2.778	9.691	202.759	21.90	151.04	2136.69	3095.01
5.27	10119.99	66.334	67.711	2.784	9.686	202.518	21.91	151.18	2137.51	3097.98
5.28	10141.93	66.337	67.711	2.789	9.680	202.278	21.92	151.32	2138.33	3100.95
5.29	10163.87	66.340	67.712	2.795	9.674	202.039	21.93	151.47	2139.15	3103.91
5.30	10185.83	66.343	67.712	2.800	9.669	201.801	21.93	151.61	2139.97	3106.88
5.31	10207.80	66.346	67.712	2.805	9.663	201.563	21.94	151.75	2140.79	3109.85
5.32	10229.77	66.349	67.712	2.811	9.658	201.327	21.95	151.89	2141.61	3112.82
5.33	10251.75	66.352	67.713	2.816	9.652	201.092	21.96	152.03	2142.43	3115.79
5.34	10273.74	66.355	67.713	2.821	9.647	200.859	21.97	152.18	2143.26	3118.76
5.35	10295.74	66.358	67.713	2.827	9.642	200.626	21.98	152.32	2144.08	3121.73
5.36	10317.75	66.361	67.713	2.832	9.636	200.394	21.99	152.46	2144.90	3124.70
5.37	10339.76	66.364	67.713	2.838	9.631	200.164	21.99	152.60	2145.73	3127.67
5.38	10361.78	66.366	67.713	2.843	9.626	199.934	22.00	152.75	2146.55	3130.65
5.39	10383.82	66.369	67.713	2.848	9.621	199.706	22.01	152.89	2147.38	3133.62
5.40	10405.86	66.372	67.713	2.854	9.616	199.478	22.02	153.03	2148.20	3136.59
5.41	10427.90	66.375	67.713	2.859	9.610	199.252	22.03	153.18	2149.03	3139.57
5.42	10449.96	66.378	67.713	2.864	9.605	199.027	22.04	153.32	2149.86	3142.54
5.43	10472.03	66.381	67.713	2.870	9.600	198.803	22.04	153.46	2150.69	3145.52
5.44	10494.10	66.383	67.713	2.875	9.596	198.580	22.05	153.61	2151.52	3148.50
5.45	10516.18	66.386	67.712	2.880	9.591	198.359	22.06	153.75	2152.35	3151.47
5.46	10538.28	66.389	67.712	2.886	9.586	198.138	22.07	153.90	2153.18	3154.45
5.47	10560.38	66.392	67.712	2.891	9.581	197.919	22.08	154.04	2154.01	3157.43
5.48	10582.48	66.395	67.712	2.897	9.576	197.700	22.09	154.19	2154.85	3160.41
5.49	10604.60	66.397	67.711	2.902	9.571	197.483	22.10	154.33	2155.68	3163.39
5.50	10626.73	66.400	67.711	2.907	9.567	197.267	22.10	154.48	2156.52	3166.37
5.51	10648.86	66.403	67.711	2.913	9.562	197.052	22.11	154.63	2157.35	3169.35
5.52	10671.00	66.406	67.711	2.918	9.558	196.839	22.12	154.77	2158.19	3172.34
5.53	10693.15	66.408	67.710	2.924	9.553	196.626	22.13	154.92	2159.03	3175.32
5.54	10715.31	66.411	67.710	2.929	9.548	196.415	22.14	155.07	2159.87	3178.31
5.55	10737.48	66.414	67.709	2.934	9.544	196.204	22.15	155.22	2160.71	3181.29
5.56	10759.66	66.416	67.709	2.940	9.540	195.995	22.16	155.36	2161.55	3184.28
5.57	10781.85	66.419	67.708	2.945	9.535	195.787	22.16	155.51	2162.40	3187.27

EK 10. Hidrostatik Değerler (Stabilite Kitapçığı Syf.114).

Draft (m)	Displt (t)	LCB (m)	LCF (m)	VCB (m)	KMT (m)	KML (m)	TPC (t/cm)	MTC (t-m/cm)	WPA (m^2)	WSA (m^2)
8.23	17044.29	66.564	65.275	4.404	9.345	169.903	25.00	210.98	2439.04	4051.80
8.24	17069.33	66.562	65.258	4.410	9.347	169.872	25.01	211.24	2440.22	4055.33
8.25	17094.38	66.560	65.242	4.415	9.349	169.843	25.02	211.51	2441.40	4058.86
8.26	17119.44	66.558	65.226	4.421	9.350	169.813	25.04	211.77	2442.58	4062.39
8.27	17144.52	66.556	65.210	4.427	9.352	169.783	25.05	212.04	2443.77	4065.92
8.28	17169.61	66.554	65.194	4.432	9.354	169.753	25.06	212.30	2444.95	4069.46
8.29	17194.71	66.552	65.177	4.438	9.356	169.724	25.07	212.57	2446.13	4073.01
8.30	17219.82	66.550	65.161	4.443	9.358	169.695	25.08	212.84	2447.31	4076.55
8.31	17244.95	66.548	65.144	4.449	9.360	169.667	25.10	213.10	2448.50	4080.10
8.32	17270.08	66.546	65.128	4.455	9.361	169.639	25.11	213.37	2449.68	4083.64
8.33	17295.23	66.544	65.112	4.460	9.363	169.611	25.12	213.64	2450.86	4087.20
8.34	17320.39	66.542	65.095	4.466	9.365	169.581	25.13	213.90	2452.04	4090.76
8.35	17345.57	66.540	65.078	4.471	9.367	169.551	25.15	214.17	2453.22	4094.33
8.36	17370.75	66.538	65.061	4.477	9.369	169.521	25.16	214.43	2454.39	4097.90
8.37	17395.95	66.536	65.044	4.483	9.371	169.491	25.17	214.70	2455.57	4101.48
8.38	17421.16	66.533	65.028	4.488	9.373	169.462	25.18	214.96	2456.75	4105.05
8.39	17446.38	66.531	65.011	4.494	9.375	169.434	25.19	215.23	2457.93	4108.63
8.40	17471.62	66.529	64.994	4.500	9.377	169.408	25.21	215.50	2459.12	4112.21
8.41	17496.87	66.527	64.978	4.505	9.379	169.385	25.22	215.77	2460.32	4115.79
8.42	17522.12	66.525	64.961	4.511	9.380	169.365	25.23	216.05	2461.53	4119.37
8.43	17547.40	66.522	64.945	4.516	9.382	169.346	25.24	216.33	2462.74	4122.94
8.44	17572.68	66.520	64.929	4.522	9.384	169.330	25.26	216.61	2463.96	4126.52
8.45	17597.99	66.518	64.913	4.528	9.386	169.317	25.27	216.90	2465.20	4130.10
8.46	17623.28	66.515	64.898	4.533	9.388	169.308	25.28	217.19	2466.45	4133.67
8.47	17648.61	66.513	64.883	4.539	9.390	169.303	25.29	217.49	2467.71	4137.24
8.48	17673.94	66.511	64.868	4.545	9.393	169.300	25.31	217.79	2468.98	4140.80
8.49	17699.29	66.508	64.853	4.550	9.395	169.300	25.32	218.10	2470.26	4144.36
8.50	17724.65	66.506	64.838	4.556	9.397	169.302	25.33	218.41	2471.55	4147.91
8.51	17750.02	66.504	64.824	4.561	9.399	169.308	25.35	218.72	2472.85	4151.45
8.52	17775.41	66.501	64.809	4.567	9.401	169.316	25.36	219.03	2474.16	4154.99
8.53	17800.81	66.499	64.795	4.573	9.403	169.328	25.37	219.36	2475.49	4158.51
8.54	17826.22	66.496	64.781	4.578	9.405	169.342	25.39	219.68	2476.82	4162.03
8.55	17851.65	66.494	64.768	4.584	9.407	169.360	25.40	220.01	2478.16	4165.55
8.56	17877.09	66.491	64.754	4.590	9.409	169.379	25.42	220.34	2479.52	4169.05
8.57	17902.55	66.489	64.741	4.595	9.412	169.401	25.43	220.68	2480.88	4172.55
8.58	17928.02	66.486	64.728	4.601	9.414	169.424	25.44	221.01	2482.25	4176.04
8.59	17953.50	66.484	64.715	4.606	9.416	169.447	25.46	221.35	2483.62	4179.54
8.60	17979.00	66.481	64.702	4.612	9.418	169.470	25.47	221.69	2484.99	4183.03
8.61	18004.51	66.479	64.689	4.618	9.420	169.494	25.49	222.03	2486.36	4186.52
8.62	18030.03	66.476	64.676	4.623	9.423	169.517	25.50	222.37	2487.73	4190.02
8.63	18055.57	66.474	64.663	4.629	9.425	169.541	25.51	222.71	2489.10	4193.51
8.64	18081.12	66.471	64.651	4.635	9.427	169.565	25.53	223.05	2490.47	4197.00
8.65	18106.85	66.468	64.638	4.640	9.430	169.589	25.54	223.39	2491.85	4200.50
8.66	18132.27	66.466	64.625	4.646	9.432	169.613	25.56	223.73	2493.21	4203.99
8.67	18157.87	66.463	64.613	4.652	9.434	169.637	25.57	224.07	2494.58	4207.48
8.68	18183.48	66.461	64.600	4.657	9.436	169.661	25.58	224.41	2495.96	4210.97
8.69	18209.10	66.458	64.588	4.663	9.439	169.685	25.60	224.75	2497.33	4214.46
8.70	18234.74	66.455	64.576	4.669	9.441	169.710	25.61	225.09	2498.70	4217.95
8.71	18260.39	66.453	64.563	4.674	9.443	169.735	25.63	225.43	2500.08	4221.44
8.72	18286.05	66.450	64.551	4.680	9.446	169.760	25.64	225.78	2501.46	4224.93
8.73	18311.73	66.447	64.539	4.686	9.448	169.785	25.65	226.12	2502.84	4228.43
8.74	18337.44	66.445	64.527	4.691	9.451	169.810	25.67	226.47	2504.22	4231.92
8.75	18363.13	66.442	64.515	4.697	9.453	169.836	25.68	226.81	2505.59	4235.41

EK 11. Deney 3, (Yükleme Durumu 1).



EK 12. Deney 7, (Yükleme Durumu 1)



EK 13. Deney 8, (Yükleme Durumu 1).



EK 14. Deney 8, (Numune Kesilen Noktaların Model Gemiden Uzaklığı).



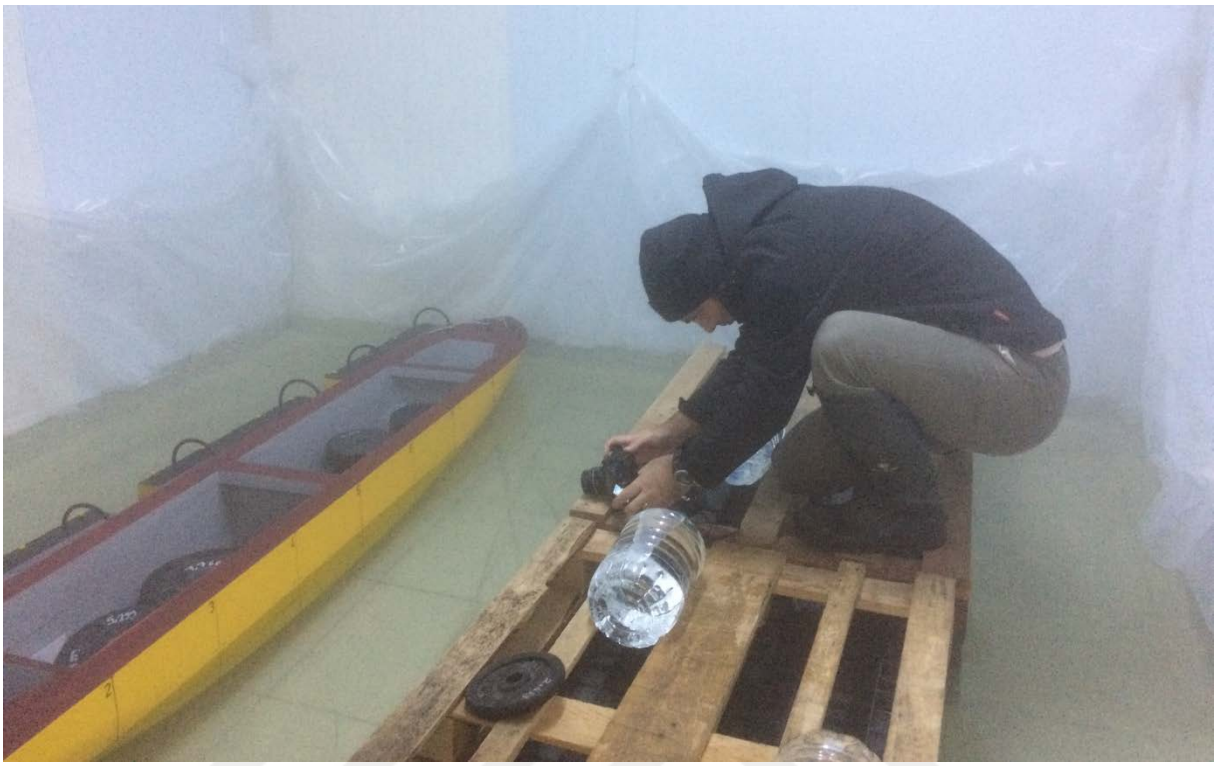
15. Deney 8, (Kesilen Numunenin Çapının Ölçülmesi).



EK 16. Deney 19, (Yükleme Durumu 2).



EK 17. Deney Aşamalarının Fotoğraflanması.



EK 18. Draft Sörvey Raporu.

TO WHOM IT MAY CONCERN

RE : DRAFT SURVEY CONDITION
VESSEL : MV XXXXX
DATE : 11.01.2017
PLACE : PORT OF PALDISKI/ESTONIA

We, as xxxx Inspection Company would like to inform parties whom it may concern regarding the draft survey conditions which have been done here at Paldiski/Estonia

1/Prior to/During Initial Draft Survey there was an undetectible amount of ice on deck.During final draft survey most of ice has been melted away.However, there was no blocked ballast sounding pipe.

2/During loading of the Cargo some of snowing has been observed at a time of period.

3/In some of the ballast tanks an undetectible amount of ice has been observed.

4/During Final Draft Survey, its been observed that there was NO any of ballast sounding pipe blocked.

Under above mentioned circumstances , the weight of the Cargo calculated by the draft survey might not be accured.Therefore, our company will not accept any liability due to possible any of abnormal result which might occur at discharge port.

Senior Inspector

5. ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	İdris TURNA
Doğum Yeri	Rize
Doğum Tarihi	07.07.1980
Uyruğu	☑ T.C. ❒ Diğer:
Telefon	0536 5793109
E-Posta Adresi	İdris.turna@erdogan.edu.tr
Web Adresi	http://aves.erdogan.edu.tr/idris.turna/



Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fakülte	Sürmene Deni Bilimleri Fakültesi
Bölümü	Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği
Mezuniyet Yılı	2003

Yüksek Lisans	
Üniversite	Karadeniz Teknik Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Deniz Ulaştırma ve İşletme Mühendisliği Anabilim Dalı
Programı	Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği

Makale ve Bildiriler

Makaleler:

Turna İ. , Öztürk O.B, "A Causative Analysis on ECDIS-Related Grounding Accidents", Ships and Offshore Structures, DOI: 10.1080/17445302.2019.1682919, 2019.

Turna İ. , Öztürk O.B., Başar E., "Ticari Gemilerde Gmdss Tehlike Alarmlarının Etkinliği Üzerine Bir İnceleme", e-Turkish Studies (elektronik), cilt.12, ss.239-251, 2017.

Öztürk O.B., Turna I., "Türkiye'deki Yat Limanlarının Güvenlik Zafiyetleri", e-Turkish Studies (elektronik), cilt.12, ss.413-425, 2017.

Turna İ. , Pirim A.E., "Çektirme Gemisinin Tarihi ve Dönemin Ticari Faaliyetlerindeki Rolü Üzerine Bir İnceleme", ODÜSOBİAD, cilt.5, no.7, ss.119-135, 2015.

Bildiriler:

Öztürk O.B., Turna İ. , "Türkiye'de Denizcilik Eğitimi Veren Yükseköğretim Kurumlarına Yönelik Bir Araştırma", 2. Uluslararası Eğitim Bilimleri ve Sosyal Bilimler Sempozyumu, Çanakkale, Türkiye, 2-4 Kasım 2018, vol.1, no.1, pp.1-1.

Turna İ. , Öztürk O.B., "Denizcilik Liselerinde Görev Yapan Denizci Eğiticiler Hakkında Bir Araştırma: Türkiye", 2. Uluslararası Eğitim Bilimleri ve Sosyal Bilimler Sempozyumu, Çanakkale, Türkiye, 2-4 Kasım 2018, vol.1, no.1, pp.18-19.

Öztürk O.B., Turna İ. , "The Research on Tugboat Qualification Turkish Eastern Black Sea Ports, Pilotage/Towage Services and Technologies Congress '17, İzmir, Türkiye, 27-28 Ekim 2017, vol.1, no.1, pp.31-43.

Turna İ. , Öztürk O.B., Altan T., "A Study on Standards of Pilot Boats: in Turkey, Pilotage/Towage Services and Technologies Congress '17, İzmir, Türkiye, 27-28 Ekim 2017, vol.1, no.1, pp.185-204.

Turna İ. , Pirim A.E., "Çektirme Gemisinin Tarihi ve Dönemin Ticari Faaliyetlerindeki Rolü Üzerine Bir İnceleme", Türk Deniz Ticareti Tarihi Sempozyumu VII, Ordu, Türkiye, 29 Nisan - 1 Mayıs 2015, ss.120-135.

Turna İ. , Başar E., "Türk Karasularında Arama Kurtarma Organizasyonu ve Gemi Trafik Hizmetleri", 1.Ulusal Gemi Trafik Hizmetleri Kongresi, İstanbul, Türkiye, 8-9 Aralık 2014, cilt.1, no.1, ss.79-86.