

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

**KİMYASAL TANKERLERİN MALİYET ANALİZİ VE OPTİMUM BOYUTLARININ
BELİRLENMESİ**

İBRAHİM ERTÜRK

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
GEMİ İNŞAATI VE GEMİ MAKİNELERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
GEMİ İNŞAATI VE GEMİ MAKİNELERİ MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI**

**DANIŞMAN
DOÇ. DR. FAHRİ ÇELİK**

İSTANBUL, 2012

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

**KİMYASAL TANKERLERİN MALİYET ANALİZİ VE OPTİMUM BOYUTLARININ
BELİRLENMESİ**

İBRAHİM ERTÜRK

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
GEMİ İNŞAATI VE GEMİ MAKİNELERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
GEMİ İNŞAATI VE GEMİ MAKİNELERİ MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI**

**DANIŞMAN
DOÇ. DR. FAHRİ ÇELİK**

İSTANBUL, 2012

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KİMYASAL TANKERLERİN MALİYET ANALİZİ VE OPTİMUM BOYUTLARININ
BELİRLENMESİ**

İbrahim ERTÜRK tarafından hazırlanan tez çalışması 04.06.2012 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Doç. Dr. Fahri ÇELİK

Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Hüseyin YILMAZ

Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Fahri ÇELİK

Yıldız Teknik Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Barış BARLAS

İstanbul Teknik Üniversitesi

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasının tamamlanmasında bana tecrübesiyle ve bilgisiyle yol gösteren Hocam Sayın **Doç. Dr. Fahri ÇELİK**'e, verilere ulaşmamda yardımcı olan ve çok değerli vaktini çekinmeden benimle paylaşan Sayın **Ar. Gör. Eda TURAN**'a, yardımlarından ötürü Arkadaşım Sayın **Mesut OSMAN**'a, hayatta bana her türlü desteği sağlayan ve hayatı benim için kolaylaştıran Annem Sayın **Gülgün KAPLAN ERTÜRK**'e ve Kardeşim Sayın **Ozan ERTÜRK**'e teşekkürlerimi sunarım.

Mayıs, 2012

İbrahim ERTÜRK

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	vii
KISALTMA LİSTESİ	x
ŞEKİL LİSTESİ.....	xi
ÇİZELGE LİSTESİ	xiii
ÖZET	xvi
ABSTRACT	xviii
BÖLÜM 1.....	1
GİRİŞ	1
1.1 Literatür Özeti	1
1.2 Tezin Amacı	2
1.3 Hipotez	2
BÖLÜM 2.....	4
GEMİ İNŞA SANAYİSİ VE GEMİ İNŞA MALİYETLERİ	4
2.1 Gemi İnşa Sanayisinin Tarihsel Gelişimi	4
2.1.1 Günümüzde Gemi İnşa Sanayisi ve Tersaneler.....	5
2.2 Gemi İnşa Maliyetleri	7
2.2.1 Doğrudan (Direkt) Maliyetler	9
2.2.1.1 Tersane İşçiliği.....	10
2.2.1.2 Müteahhit İşçiliği	10
2.2.1.3 Malzeme Maliyeti	10
2.2.1.4 Sac ve Profillerin Raspa-Boya Maliyeti.....	18
2.2.1.5 Yardımcı Üretim Giderleri	18
2.2.1.6 Finansman Maliyeti.....	18
2.2.1.7 Sair (Diğer) Giderler	18
2.2.2 Dolaylı (İndirekt) Maliyetler.....	20
2.2.2.1 Üretim Yönetimi Giderleri	21

2.2.2.2 Genel Giderler (Overhead)	21
BÖLÜM 3.....	22
GEMİ ANA BOYUTLARININ, ANA MAKİNE GÜCÜNÜN, AĞIRLIK BİLEŞENLERİNİN ve İNŞA MALİYETLERİNİN YAKLAŞIK FORMÜLLERLE BELİRLENMESİ	22
3.1 Gemi Ana Boyutlarının Belirlenmesi	22
3.1.1 Deplasmanın Belirlenmesi	25
3.1.2 Gemi Boyunun Belirlenmesi	27
3.1.3 Gemi Genişliğinin Belirlenmesi	33
3.1.4 Blok Katsayısının Belirlenmesi	35
3.1.5 Gemi Derinliğinin Belirlenmesi	37
3.1.6 Gemi Draftının Belirlenmesi	39
3.2 Ana Makine Gücünün Belirlenmesi.....	41
3.3 Gemi Ağırlıklarının Belirlenmesi.....	45
3.3.1 Çelik Tekne Ağırlığının Belirlenmesi	46
3.3.2 Teçhizat Ağırlığının Belirlenmesi.....	47
3.3.3 Ana Makine Ağırlığının Belirlenmesi	50
3.4 Gemi İnşa Maliyetlerinin Belirlenmesi	51
3.4.1 İşçilik Maliyetinin Belirlenmesi	55
3.4.2 Çelik Maliyetinin Belirlenmesi	58
3.4.3 Donanım Maliyetinin Belirlenmesi.....	61
3.4.4 Makine Maliyetinin Belirlenmesi	63
3.4.5 Diğer Maliyetlerin Belirlenmesi	66
3.5 Sonuç	67
3.6 Uygulama.....	69
BÖLÜM 4.....	73
YATIRIM PROJELERİNİN KARLILIKLARININ ÖLÇÜLMESİ VE SİSTEMATİK ANALİZ YÖNTEMİ	73
4.1 Mühendislik Ekonomisine Bakış.....	73
4.1.1 Şimdiki Değer Metodu.....	74
4.1.2 Yıllık Değer Metodu.....	74
4.1.3 Geri Ödeme Oranı Metodu.....	75
4.1.4 Kazanç/Maliyet Oranı Metodu	75
4.1.5 Sermaye Geri Ödeme Faktörü	76
4.1.6 Gerekli Navlun Oranı Metodu.....	76
4.1.7 Ekonomik Taşıma Maliyeti Metodu	76
4.2 Sistematik Analiz Yöntemi	78
BÖLÜM 5.....	81
AYNI DEADWEIGHT TONAJA SAHİP KİMYASAL TANKERLERDEN MİNİMUM İNŞA MALİYETİNE SAHİP OPTİMUM GEMİ BOYUTLARININ BELİRLENMESİ	81
5.1 Sistematik Analiz Yöntemiyle Uygulamalar Yapılarak Minimum İnşa Maliyetine Sahip Optimum Gemi Boyutlarının Belirlenmesi	83

5.1.1	5000-15000 DWT Arası Kimyasal Tankerlerin Farklı Hızlar İçin Optimum Gemi Boyutlarının Sistemik Analiz Yöntemiyle Bulunması	109
5.1.2	Uygulama	115
BÖLÜM 6		117
SONUÇ VE ÖNERİLER		117
KAYNAKLAR		119
ÖZGEÇMİŞ		121

SİMGE LİSTESİ

Δ	Deplasman
Δ_{opt}	Optimum deplasman
a	Parametre sayısı
AOC	Yıllık işletme maliyeti
ATC	Yıllık taşınan kargo tonajı
B	Genişlik
B_{opt}	Optimum gemi genişliği
C_B	Blok katsayısı
C_{bd}	Gemi derinliğindeki blok katsayısı
C_N	Kübik katsayısı
C_Q	Kuadrik katsayı
D	Derinlik
η_D	Genel sevk verimi
D_{opt}	Optimum gemi derinliği
DWT	Yük taşıma kapasitesi
E	Türetilen gemi sayısı
ECT	Ekonomik taşıma maliyeti
F_n	Froude sayısı
g	Yer çekimi ivmesi
GM	Başlangıç stabilitesi
GM_{opt}	Optimum başlangıç stabilitesi
h	Parametre artırım yüzdesi

H	Parametre değişim aralığı
i	Geçerli faiz oranı, minimum geri dönüş oranı
L _{BP}	Kaimeler arası boy
L _{opt}	Optimum gemi boyu
L _{WL}	Su hattı boyu
M _{çe}	Çelik maliyeti
M _{diğer}	Diğer maliyetler
M _{don}	Donanım maliyeti
M _{Hs}	Adam-saat miktarı
M _{işç}	işçilik maliyeti
M _{mak}	Makine maliyeti
M _o	Donanım işçilik maliyeti
M _s	Çelik işçilik maliyeti
M _{TOP}	Toplam gemi inşa maliyeti
n	Toplam ekonomik ömür
n	Toplam adım sayısı
N _{AW}	Net karın yıllık değeri
N _{PW}	Net karın şimdiki değeri
P	Geminin ilk inşa maliyeti
P _B	Ana makine gücü
P _E	Efektif güç
r	Geri ödeme oranı
R	Geminin yıllık geliri
RFR	Gerekli navlun oranı
rpm	Devir sayısı
R _T	Toplam direnç
T	Draft
T _{opt}	Optimum gemi draftı
V	Hız
V _h	Tekne hacmi
W _{LS}	Boş gemi ağırlığı

W_m	Ana makine ağırlığı
W_o	Donanım ağırlığı
W_s	Çelik tekne ağırlığı
W_{TOP}	Toplam gemi ağırlığı
Y	Yıllık işletim masrafları
ρ	Deniz suyu yoğunluğu

KISALTMA LİSTESİ

CNC	Computer numerical control
HFO	Heavy fuel oil
IMO	International Maritime Organization

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1	Avrupa’da 2005-2010 yılları arasında ülke bazında yeni gemi siparişleri [8]	5
Şekil 2.2	Gemi inşa ihracat rakamları [9]	6
Şekil 2.3	Türkiye’deki faal tersanelerin illere göre dağılımı [10]	7
Şekil 2.4	Gemi inşasında fiyat oluşumunu etkileyen faktörler [12]	8
Şekil 2.5	Gemi fiyatı belirlenirken hesaplanan maliyet kalemleri [12]	9
Şekil 3.1	Elli kimyasal tanker için deplasman-DWT grafiği	26
Şekil 3.2	Elli kimyasal tanker için katsayı (c)-parametre (A) grafiği	30
Şekil 3.3	Kırk beş kimyasal tanker için katsayı (c)-parametre (A) grafiği	32
Şekil 3.4	Kırk beş kimyasal tanker için genişlik-boy grafiği	34
Şekil 3.5	Kırk beş kimyasal tanker için blok katsayısı-froude sayısı grafiği	36
Şekil 3.6	Kırk beş kimyasal tanker için derinlik-boy grafiği	39
Şekil 3.7	Kırk beş kimyasal tanker için katsayı (C)-parametre ($\Delta^{(2/3)} V^3$) grafiği	43
Şekil 3.8	Otuz dokuz kimyasal tanker için katsayısı (C)-parametre ($\Delta^{(2/3)} V^3$) grafiği	45
Şekil 3.9	Çelik tekne ağırlığı-kübik sayı grafiği	47
Şekil 3.10	Teçhizat ağırlığı-parametre (LB) grafiği	50
Şekil 3.11	Kimyasal tankerlerin inşa maliyetleri-DWT grafiği	53
Şekil 3.12	Kimyasal tankerlerin revize edilmiş inşa maliyetleri-DWT grafiği	54
Şekil 3.13	On kimyasal tanker için işçilik katsayısı (K_o)-parametre (H) grafiği	57
Şekil 3.14	Yedi kimyasal tanker için işçilik katsayısı (K_o)-parametre (H) grafiği	58
Şekil 3.15	On kimyasal tanker için çelik katsayısı (K_4)-çelik tekne ağırlığı grafiği	59
Şekil 3.16	Yedi kimyasal tanker için çelik katsayısı (K_4)-çelik tekne ağırlığı grafiği	60
Şekil 3.17	On kimyasal tanker için donanım katsayısı (K_5)-teçhizat ağırlığı grafiği	62
Şekil 3.18	Sekiz kimyasal tanker için donanım katsayısı (K_5)-teçhizat ağırlığı grafiği	63
Şekil 3.19	On kimyasal tanker için makine katsayısı (K_6)-parametre ($P_B^{0.82}$) grafiği	64
Şekil 3.20	Altı kimyasal tanker için makine katsayısı (K_6)-parametre ($P_B^{0.82}$) grafiği	65
Şekil 5.1	5000, 10000 ve 15000 DWT’luk kimyasal tankerler için parametreler grafiği	82
Şekil 5.2	$L_n, (B/T)_1$ ve $(L/B)_n$ parametreleriyle türetilen yirmi beş gemi için boyutlar grafiği	88
Şekil 5.3	$L_n, (B/T)_2$ ve $(L/B)_n$ parametreleriyle türetilen yirmi beş gemi için boyutlar grafiği	92
Şekil 5.4	$L_n, (B/T)_o$ ve $(L/B)_n$ parametreleriyle türetilen yirmi beş gemi için boyutlar grafiği	96

Şekil 5.5	L_n , $(B/T)_3$ ve $(L/B)_n$ parametreleriyle türetilen yirmi beş gemi için boyutlar grafiği	100
Şekil 5.6	L_n , $(B/T)_4$ ve $(L/B)_n$ parametreleriyle türetilen yirmi beş gemi için boyutlar grafiği	104
Şekil 5.7	$(B/T)_n$ parametresiyle türetilen beş kimyasal tanker için minimum toplam inşa maliyeti grafiği	107
Şekil 5.8	Optimum gemi boyu-DWT grafiği	112
Şekil 5.9	Optimum genişlik-draft oranı-DWT grafiği	112
Şekil 5.10	Optimum boy-derinlik oranı-DWT grafiği.....	113
Şekil 5.11	Optimum deplasman-DWT grafiği	113
Şekil 5.12	Optimum blok katsayısı-DWT grafiği	114
Şekil 5.13	Optimum başlangıç stabilitesi-DWT grafiği	114
Şekil 5.14	Minimum toplam inşa maliyeti-DWT grafiği	115

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1	Dünyadaki kanallardan geçebilecek gemilerin maksimum ana boyutları [4].....	23
Çizelge 3.2	Elli örnek kimyasal tanker	23
Çizelge 3.3	Elli kimyasal tanker için deplasmanın belirlenmesi	25
Çizelge 3.4	Elli kimyasal tanker için gemi boyunun belirlenmesi	28
Çizelge 3.5	Kırk beş kimyasal tanker için gemi boyunun belirlenmesi.....	31
Çizelge 3.6	Kırk beş kimyasal tanker için gemi genişliğinin belirlenmesi	33
Çizelge 3.7	Kırk beş kimyasal tanker için blok katsayısının belirlenmesi	35
Çizelge 3.8	Kırk beş kimyasal tanker için gemi derinliğinin belirlenmesi	38
Çizelge 3.9	Kırk beş kimyasal tanker için gemi draftının belirlenmesi	40
Çizelge 3.10	Kırk beş kimyasal tanker için ana makine gücünün belirlenmesi	42
Çizelge 3.11	Otuz dokuz kimyasal tanker için ana makine gücünün belirlenmesi	44
Çizelge 3.12	Çelik tekne ağırlığının belirlenmesi	46
Çizelge 3.13	Teçhizat ağırlıklarına dâhil edilen ekipmanlar	48
Çizelge 3.14	Teçhizat ağırlığının belirlenmesi	49
Çizelge 3.15	Gemi inşa maliyetlerinin sınıflandırılması	52
Çizelge 3.16	Kimyasal tankerlerin inşa maliyetleri	53
Çizelge 3.17	Kimyasal tankerlerin revize edilmiş inşa maliyetleri	54
Çizelge 3.18	On kimyasal tanker için işçilik maliyetleri.....	56
Çizelge 3.19	Yedi kimyasal tanker için işçilik maliyetleri.....	57
Çizelge 3.20	On kimyasal tanker için çelik maliyetleri	59
Çizelge 3.21	Yedi kimyasal tanker için çelik maliyetleri	60
Çizelge 3.22	On kimyasal tanker için donanım maliyetleri	61
Çizelge 3.23	Sekiz kimyasal tanker için donanım maliyetleri	62
Çizelge 3.24	On kimyasal tanker için makine maliyetleri.....	64
Çizelge 3.25	Altı kimyasal tanker için makine maliyetleri	65
Çizelge 3.26	On kimyasal tanker için diğer maliyetler	66
Çizelge 3.27	Geliştirilen formüller	67
Çizelge 3.28	Seçilen üç kimyasal tanker	69
Çizelge 3.29	4850 DWT'luk kimyasal tanker için uygulama	69
Çizelge 3.30	11000 DWT'luk kimyasal tanker için uygulama	70
Çizelge 3.31	14000 DWT'luk kimyasal tanker için uygulama	71
Çizelge 4.1	Sistematik analiz yöntemiyle yeni parametreler oluşturulması	79
Çizelge 5.1	On kimyasal tankerin ana boyutlarına ilişkin değerler	82

Çizelge 5.2	5000, 10000 ve 15000 DWT'luk kimyasal tankerler için başlangıç parametre değerleri.....	83
Çizelge 5.3	5000 DWT'luk kimyasal tanker için türetilen parametre değerleri.....	84
Çizelge 5.4	L_n , $(B/T)_1$ ve $(L/B)_1$ parametreleriyle türetilen beş gemi	85
Çizelge 5.5	L_n , $(B/T)_1$ ve $(L/B)_2$ parametreleriyle türetilen beş gemi.....	86
Çizelge 5.6	L_n , $(B/T)_1$ ve $(L/B)_0$ parametreleriyle türetilen beş gemi	86
Çizelge 5.7	L_n , $(B/T)_1$ ve $(L/B)_3$ parametreleriyle türetilen beş gemi	87
Çizelge 5.8	L_n , $(B/T)_1$ ve $(L/B)_4$ parametreleriyle türetilen beş gemi.....	87
Çizelge 5.9	L_n , $(B/T)_2$ ve $(L/B)_1$ parametreleri için türetilen beş gemi	89
Çizelge 5.10	L_n , $(B/T)_2$ ve $(L/B)_2$ parametreleriyle türetilen beş gemi	90
Çizelge 5.11	L_n , $(B/T)_2$ ve $(L/B)_0$ parametreleriyle türetilen beş gemi	90
Çizelge 5.12	L_n , $(B/T)_2$ ve $(L/B)_3$ parametreleriyle türetilen beş gemi.....	91
Çizelge 5.13	L_n , $(B/T)_2$ ve $(L/B)_4$ parametreleriyle türetilen beş gemi	91
Çizelge 5.14	L_n , $(B/T)_0$ ve $(L/B)_1$ parametreleriyle türetilen beş gemi	93
Çizelge 5.15	L_n , $(B/T)_0$ ve $(L/B)_2$ parametreleriyle türetilen beş gemi	94
Çizelge 5.16	L_n , $(B/T)_0$ ve $(L/B)_0$ parametreleriyle türetilen beş gemi	94
Çizelge 5.17	L_n , $(B/T)_0$ ve $(L/B)_3$ parametreleriyle türetilen beş gemi	95
Çizelge 5.18	L_n , $(B/T)_0$ ve $(L/B)_4$ parametreleriyle türetilen beş gemi	95
Çizelge 5.19	L_n , $(B/T)_3$ ve $(L/B)_1$ parametreleriyle türetilen beş gemi	97
Çizelge 5.20	L_n , $(B/T)_3$ ve $(L/B)_2$ parametreleriyle türetilen beş gemi	98
Çizelge 5.21	L_n , $(B/T)_3$ ve $(L/B)_0$ parametreleriyle türetilen beş gemi	98
Çizelge 5.22	L_n , $(B/T)_3$ ve $(L/B)_3$ parametreleriyle türetilen beş gemi	99
Çizelge 5.23	L_n , $(B/T)_3$ ve $(L/B)_4$ parametreleriyle türetilen beş gemi	99
Çizelge 5.24	L_n , $(B/T)_4$ ve $(L/B)_1$ parametreleriyle türetilen beş gemi	101
Çizelge 5.25	L_n , $(B/T)_4$ ve $(L/B)_2$ parametreleriyle türetilen beş gemi	102
Çizelge 5.26	L_n , $(B/T)_4$ ve $(L/B)_0$ parametreleriyle türetilen beş gemi	102
Çizelge 5.27	L_n , $(B/T)_4$ ve $(L/B)_3$ parametreleriyle türetilen beş gemi	103
Çizelge 5.28	L_n , $(B/T)_4$ ve $(L/B)_4$ parametreleriyle türetilen beş gemi	103
Çizelge 5.29	$(B/T)_1$ ve $(L/B)_n$ parametreleri için türetilen minimum inşa maliyetine ve optimum gemi boyutlarına sahip beş kimyasal tanker.....	105
Çizelge 5.30	$(B/T)_2$ ve $(L/B)_n$ parametreleri için türetilen minimum inşa maliyetine ve optimum gemi boyutlarına sahip beş kimyasal tanker.....	106
Çizelge 5.31	$(B/T)_0$ ve $(L/B)_n$ parametreleri için türetilen minimum inşa maliyetine ve optimum gemi boyutlarına sahip beş kimyasal tanker.....	106
Çizelge 5.32	$(B/T)_3$ ve $(L/B)_n$ parametreleri için türetilen minimum inşa maliyetine ve optimum gemi boyutlarına sahip beş kimyasal tanker.....	106
Çizelge 5.33	$(B/T)_4$ ve $(L/B)_n$ parametreleri için türetilen minimum inşa maliyetine ve optimum gemi boyutlarına sahip beş kimyasal tanker.....	106
Çizelge 5.34	$(B/T)_n$ parametresi için türetilen minimum inşa maliyetine ve optimum gemi boyutlarına sahip beş kimyasal tanker	107
Çizelge 5.35	5000 DWT'luk kimyasal tankerin 10, 12, 14 ve 16 (knot) hızlar için minimum inşa maliyetine sahip optimum gemi boyutları	110
Çizelge 5.36	10000 DWT'luk kimyasal tankerin 10, 12, 14 ve 16 (knot) hızlar için minimum inşa maliyetine sahip optimum gemi boyutları	111
Çizelge 5.37	15000 DWT'luk kimyasal tankerin 10, 12, 14 ve 16 (knot) hızlar için minimum inşa maliyetine sahip optimum gemi boyutları	111

Çizelge 5.38	Ana boyut değerleri ve toplam inşa maliyeti verilen üç kimyasal tanker	116
Çizelge 5.39	5700, 11000 ve 14000 DWT’luk kimyasal tankerler için minimum inşa maliyetine sahip optimum gemi boyutları	116

KİMYASAL TANKERLERİN MALİYET ANALİZİ VE OPTİMUM BOYUTLARININ BELİRLENMESİ

İbrahim ERTÜRK

Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Fahri ÇELİK

Sürekli artan dünya ticaret hacmine bağlı olarak, deniz taşımacılığı sektörü de hızla gelişmektedir. Deniz taşımacılığı sektörünün en önemli kollarından biri olan kimyasal tanker taşımacılığı da bu gelişmeye paralel olarak, günden güne artmaktadır. Ticarete asıl olan karlılıkta, küresel rekabet koşulları içinde karlılığı maksimize edebilmenin birinci koşulu, minimum maliyete inşa edilen gemi filosuna sahip olmaktan geçmektedir.

Bilindiği gibi gemi inşa projesi, mühendislik açısından ele alınan onlarca birbirine bağımlı parametrenin optimize edilmesiyle oluşur. Bir projenin hayata geçirilmesi; ancak onun maliyet açısından ekonomik olmasıyla mümkündür. Gemi inşa projeleri de yüksek finansman gerektiren projeler olduklarından; bu projelerin maliyet analizinin ayrıntılı bir şekilde yapılarak, hem inşa sürecinde hem de işletme sürecinde minimum maliyete sahip gemilerin inşa edilmesi, temel mühendislik problemidir. Diğer taraftan küresel ekonomik sistem içinde günden güne yaşanan fiyat dalgalanmaları, ortaya konulan gemi inşa projelerinin maliyetlerinin ön dizayn aşamasında olabildiğince hassas bir şekilde belirlenmesini zorunlu kılmaktadır.

Bu tez çalışmasında, 30000 DWT'dan küçük kimyasal tankerlerinin ana boyutlarının, güçlerinin, ağırlık bileşenlerinin ve maliyetlerinin öngörülmesi amacıyla yaklaşık formüller türetilmiştir. Yakın zamanda inşa edilen gemi bilgileri kullanılarak elde edilen

bu formüllerden yararlanılarak, sistematik analiz yöntemiyle farklı hız ve DWT'a sahip kimyasal tankerlerin minimum inşa maliyetine göre optimum boyutlarının belirlenmesi için bir yaklaşım sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Kimyasal tanker, gemi inşa maliyeti, ön dizayn, sistematik analiz.

**COST ANALYSIS OF CHEMICAL TANKERS AND DETERMINATION OF THE
OPTIMAL DIMENSIONS**

İbrahim ERTÜRK

Department of Naval Architecture and Marine Engineering

MSc. Thesis

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Fahri ÇELİK

Maritime transportation sector is rapidly growing depending on the globally increasing World trade ratio. Chemical tanker shipping, which is one of the most important branch of maritime transportation, is increasing in parallel with this development. Whether the aim in trade is profitability, in the competitive market, the first condition of maximising profitability is to own a fleet that was built with minimum cost.

As is well known, ship building project consists of many interdependent parameters to be optimized in terms of engineering. Implementation of a project is possible when it is financially economical. Since ship building projects require high levels of financing; making detailed cost analysis of these projects and building ships with minimum cost at both building and business process is the basic engineering problem. On the other hand, price fluctuations daily seen in the global economic system, necessitates to define the costs of ship building projects as accurate as possible at preliminary design level.

In this thesis, approximate formulas are derived in order to estimate the main dimensions, weight components and costs of the chemical tankers which are less than 30000 DWT. Utilizing these obtained formulas with systematic analysis method, an approach is presented in order to determine the optimal dimensions based on minimum building costs of chemical tankers which has different speed and DWT.

Key Words: Chemical tanker, ship building cost, preliminary design, systematic analysis.

1.1 Literatür Özeti

19. yy sonları ve 20. yy başları diğer tüm ağır sanayi sektörlerinde olduğu gibi gemi inşa sanayisinin de gelişip büyüdüğü zaman dilimidir. Selçuklular zamanına dayanan denizcilik geçmişi bulunan ve üç tarafı denizlerle çevrili olan Türkiye, yüksek katma değerli mamul üretimi ortaya koyan gemi inşa sektörünün önemini çok geç fark etmiştir. Ancak 2000’li yıllara gelindiğinde küçük tonajlı gemilerin (özellikle kimyasal tanker ve yatlar) inşasında ve pazarlanmasında dünya ile rekabet edebilir hale gelmiştir. Günümüzün giderek artan rekabet koşulları içinde Türkiye’nin, gemi inşa sanayisinde diğer dünya ülkeleriyle rekabetini sürdürerek büyüebilmesi ise; ancak minimum inşa maliyetine sahip gemileri üretmesiyle mümkün olabilir. Türk gemi inşa sektörünün, ön dizayn aşamasında daha kontrat dizayn sürecine geçilmeden, gemi inşa maliyetlerinin kağıt üzerinde mümkün olduğunca hassas bir şekilde nasıl belirlenebileceğine ve bu inşa maliyetlerinin nasıl azaltılabileceğine ilişkin çalışmalara önem vermesi gerekmektedir.

Her ne kadar Türk akademik çevrelerinde gemi inşa maliyetlerinin nasıl optimize edilebileceği üzerine çok fazla çalışma bulmak mümkün olmasa da; 20. yy ortalarından itibaren gemi inşa maliyetlerinin nasıl optimize edilebileceği konusunda yapılmış birçok uluslararası çalışma bulmak mümkündür. Bunlardan, 1970 yılında Nowacki, Brusis & Swift [1] tarafından ortaya konulan çalışmada, petrol tankerlerinin ön dizayn aşamasında temel dizayn parametrelerinin maliyete olan etkileri incelenerek, optimum gemi boyutlarının belirlenmesi için bir yöntem sunulmuştur. Deplasman teknelerinin

inşa ve işletme maliyetleri üzerine ayrıntılı analiz çalışmaları ve ön dizayn aşamasında gemi inşa maliyetlerinin tahmini üzerine farklı ampirik yaklaşımlar Hunt & Butman'da [2] sunulmuştur. Diğer taraftan gemi dizaynının teorisine ve pratiğine ilişkin temel bilgilerin yer aldığı Sarıöz [3], Schneekluth & Bertram [4], Watson [5] ve Kafalı [6] tarafından yayınlanan çalışmalarda, ön dizayn aşamasında gemi ana boyutlarının ve ağırlık bileşenlerinin tahminine yönelik değişik yaklaşımlar ortaya konulmuştur.

1.2 Tezin Amacı

Bu çalışmada, 2008-2010 yılları arasında Türkiye'de üretilen on kimyasal tankerin inşa maliyetleri baz alınarak, sistematik analiz yöntemini kullanan bir matematiksel model oluşturulmuştur. Bu matematiksel modelle yapılacak analizlerle, aynı yük taşıma kapasitesine sahip kimyasal tankerlerin inşa maliyetlerinin azaltılıp azaltılamayacağı araştırılacaktır. Çalışma sırasında izlenecek adımlar şöyledir;

- Öncelikle Türk gemi inşa sanayisinin durumuna kısaca bakılarak, gemi inşa maliyetlerinin nasıl belirlendiği ve gemi inşa maliyetlerinin nasıl gruplandırılabilceğinin üzerinde durulacaktır.
- Sonra elli kimyasal tanker üzerinden hareketle, gemi ana boyutları ve ana makine gücü; on kimyasal tanker üzerinden de gemi ağırlıkları ve gemi inşa maliyetlerinin belirlenmesi için yaklaşık formüller geliştirilecektir.
- Daha sonra yapılan yatırımların karlılık ölçüsünü kıyaslamakta en çok kullanılan mühendislik ekonomisi metotlarına bakılarak, sistematik analiz yöntemi anlatılacaktır.
- Son olarak da, geliştirilen yaklaşık formüller ve sistematik analiz yöntemi kullanılarak, aynı yük taşıma kapasitesine sahip gemilerin inşa maliyetlerinin azaltılıp azaltılamayacağı araştırılacaktır.

1.3 Hipotez

Sistematik analiz yöntemiyle oluşturulacak gemi havuzundan, gemilere ait hangi karakteristik özellik maksimize veya minimize edilmek isteniyorsa, o özelliği maksimize veya minimize eden optimum gemi boyutlarının bulunması mümkündür.

Eğer 2008-2010 yılları arasında Türkiye’de üretilen on kimyasal tankerin inşa maliyetleri baz alınarak türetilecek ampirik yaklaşımlar olabildiğince duyarlı bir şekilde elde edilebilirse, gemi inşa maliyetleri sistematik analiz yöntemiyle analiz edildiğinde, aynı yük taşıma kapasitesine sahip gemilerin inşa maliyetleri azaltılabilir. Azaltılan inşa maliyetleri içinde minimum inşa maliyetine sahip kimyasal tankerin boyutları da o yük taşıma kapasitesi için, optimum gemi boyutları olacaktır.

GEMİ İNŞA SANAYİSİ VE GEMİ İNŞA MALİYETLERİ

2.1 Gemi İnşa Sanayisinin Tarihsel Gelişimi

Denizcilik faaliyetlerinin tarihi, çok eski zamanlara dayanmaktadır. Denizcilik faaliyetlerinin ilk çağlarda ticaretin beşiği olan Akdeniz ve çevresinde geliştiği görülmektedir. Denizcilikle ilk uğraşan toplum da o tarihlerde Lübnan kıyılarında hüküm süren Fenikeliler olmuştur. Türklerin ise denizcilikle tanışması, Anadolu Selçuklu Devleti'nin kurulmasıyla başlar. Bu dönemde Çaka Bey tarafından inşa edilen elli gemiden oluşan donanma, ilk Türk donanması olma özelliği taşımaktadır. Daha sonra, yapılacak fetihler için savaş gemisi ihtiyacını karşılamak amacıyla Sinop (1214) ve Alaiyye (1227) tersanelerinin de kurulmasıyla Türk denizciliği önemli bir ivme kazanmıştır. Osmanlı Devleti dönemine gelindiğinde ise tersanelere verilen önem daha da artmış (özellikle yükselme devrinde) ve birçok tersane kurulmuştur. Bunlar Gelibolu, Tersane-i Amire (Galata-Haliç-İstanbul Tersanesi olarak da bilinir. O dönemde, Osmanlı Devleti'nin en büyük tersanesi ve dünyanın sayılı tersaneleri arasındadır.), Süveyş, Rusçuk, İznikmid, Samsun ve Sinop tersaneleridir [7].

Türkiye Cumhuriyeti'nin kuruluşu ile birlikte denizcilik sektöründe önemli atılımlar gerçekleştirilmiştir. Deniz taşımacılığındaki artışa (Örneğin, 1913 yılında Türk limanlarında 500 bin ton yük taşınırken, 1962'de bu rakam 7.8 milyon tona yükselmiştir [7].) paralel olarak, gerek eski tersanelerin yenilenmesi gerekse yeni tersanelerin yapılması yolunda ciddi adımlar atılmıştır.

2.1.1 Günümüzde Gemi İnşa Sanayisi ve Tersaneler

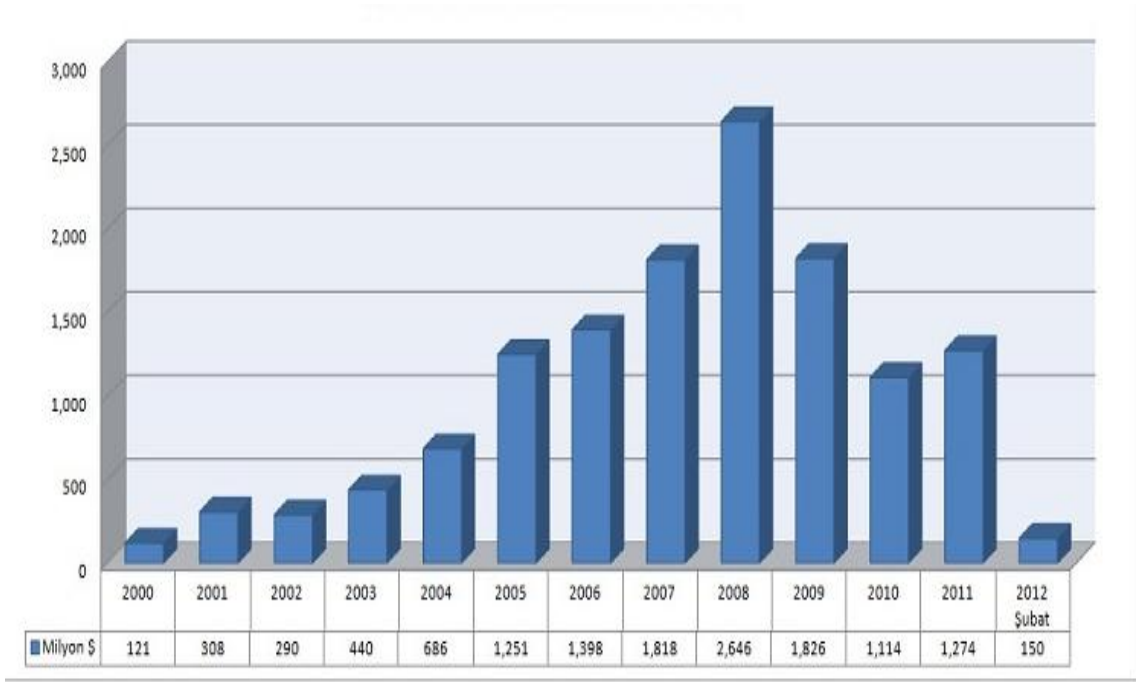
Gemi inşa sanayisi çelik sanayi, makine imalat sanayi, elektrik-elektronik sanayi, boya sanayi, lastik-plastik sanayi gibi birçok sanayi kolunun bir araya gelmesiyle oluşan dev bir imalat sanayisidir. Bu yönüyle gemi inşa sanayisi diğer sektörlerle nazaran yan sanayisi ile birlikte, istihdama bire-dörtten bire-yediye kadar oranlarda katkı sağlama kapasitesine sahiptir [8]. Türkiye’de gemi inşa sanayisi gemi inşaatı, yat inşaatı, gemi bakım ve onarımı, gemi yan sanayisi, konstrüksiyon işleri ve teknik hizmetler alanlarında faaliyet göstermektedir. Gemi inşa sanayisi, iç piyasa taleplerini karşılayabilme konusunda yeterlilik göstermesinin yanı sıra, yüksek katma değere sahip kimyasal tankerler, kuru yük gemileri ve yatlar gibi uzmanlık gerektiren ürünleri imal ederek ihraç edebilme olgunluğuna ulaşmış durumdadır.

Gemi üretim kapasitesine bakıldığında ise 2010 yılı itibariyle, Türkiye gemi inşa sanayisi 180.000 DWT’luk bir gemiyi yapabilme kapasitesine ulaşmıştır. Türkiye’de şu ana kadar üretilen en büyük gemi, 2010 yılında Deniz Endüstri A.Ş tarafından inşa edilen 58.000 DWT’luk K. Arif Bayraktar isimli kuru yük gemisidir. Her ne kadar ülkemiz Uzakdoğu ülkeleriyle rekabet etmekte zorlansa da (Uzakdoğu ülkeleri 450.000 DWT’a kadar seri gemi üretiminde uzmanlaşmış durumdadır.), Avrupa ülkeleriyle gemi inşa sanayisinde rekabet etme gücü daha fazladır. Türkiye aldığı sipariş sayısı ile, Avrupa’nın gemi inşa sanayisindeki lider ülkelerini yakalamaya çalışmaktadır (Şekil 2.1) [8]. 2008 yılında başlayan küresel ekonomik kriz nedeniyle bu tarihe kadar sürekli artış gösteren ihracat hacmi önemli oranda sekteye uğramıştır (Şekil 2.2).

YENİ GEMİ SİPARİŞLERİ (GRT) (2005-2010)

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Genel Toplam
Almanya	31.900	303.828	809.175	386.960	3.875	111.149	1.646.887
İtalya	411.591	53.706	679.677	618.830	130.466	278.395	2.172.665
Hollanda		38.906	67.918	173.100	14.985	2.933	297.842
Romanya	39.527	31.948	1.220.039	372.030	16.917	29.300	1.709.822
Türkiye	141.193	231.601	350.401	181.175	96.699	42.858	1.043.830
Toplam	624.212	659.989	3.127.210	1.732.158	262.942	464.635	6.871.146
Avrupa Ülkeleri Toplamı	957.082	1.207.857	4.195.232	2.852.688	401.434	912.915	10.527.208

Şekil 2.1 Avrupa’da 2005-2010 yılları arasında ülke bazında yeni gemi siparişleri [8]



Şekil 2.2 Gemi inşa ihracat rakamları [9]

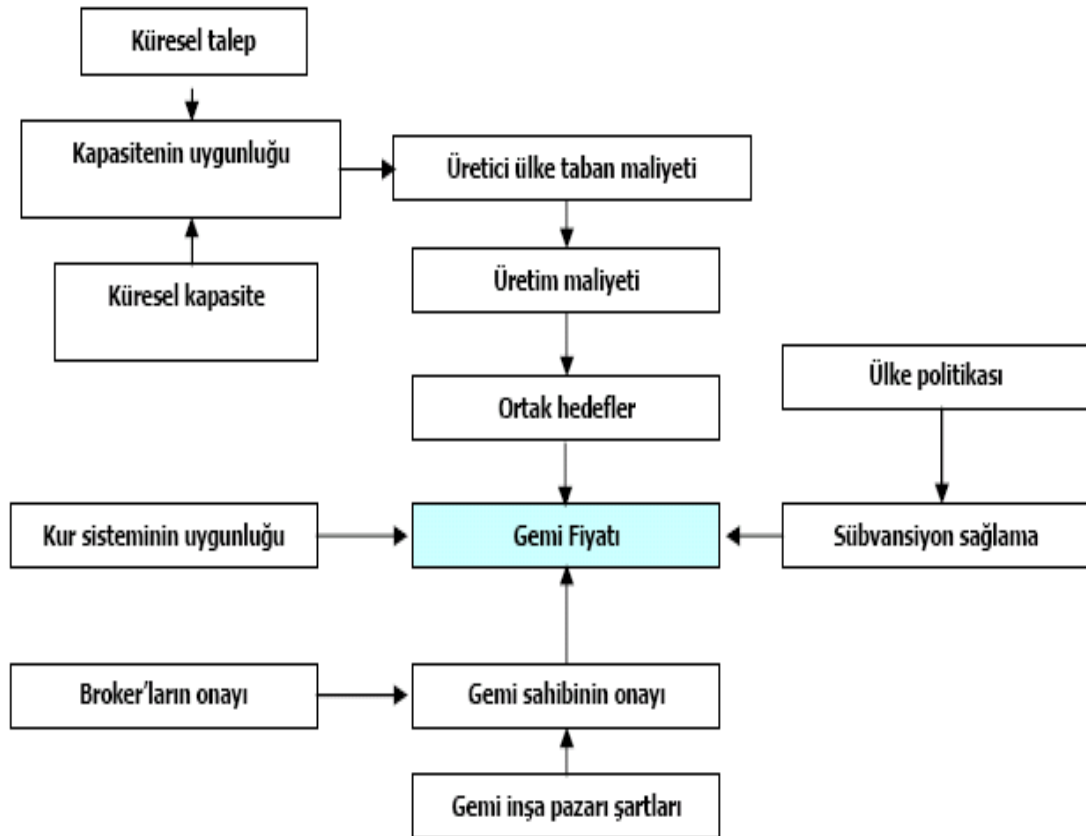
Türkiye’de tersaneler kamu, askeri ve özel sektör tersaneleri olarak üç farklı gruba ayrılmıştır. Kamu tersaneleri İstanbul’daki Haliç ve Camialtı tersaneleridir. Bu tersanelerde kamuya ait deniz taşıtlarının bakım-onarımı ve inşası yapılmakta olup, bu tersaneler Türkiye Denizcilik İşletmeleri’ne bağlı olarak faaliyetlerini sürdürmektedir. Askeri ihtiyaçların giderilmesinde kullanılan tersaneler ise Gölcük, Alaybey ve Pendik tersaneleridir [7]. Bu tersanelerde, donanmanın ihtiyacı olan savaş gemilerinin inşası ve bakım-onarımı gerçekleştirilmektedir. Ayrıca denizcilik firmalarıyla anlaşma yapılarak, Türk bayraklı gemilerin bakım-onarım ve havuzlama işleri de yapılabilir. Diğer tüm tersaneler ise özel sektör tersaneleridir. Özel sektör tersaneleri Türk gemi inşa sanayisinin öncü gücü durumundadır. Bu tersanelerde, her türlü geminin bakım-onarımı ve inşası yapılabilir. Bu tersaneler genel olarak Tuzla Tersaneler Bölgesi’nde ve Yalova Tersaneler Bölgesi’nde toplanmıştır. Türkiye’de irili ufaklı 2012 itibariyle, faal durumda 71 adet tersane bulunmaktadır (Şekil 2.3) [10].



Şekil 2.3 Türkiye’deki faal tersanelerin illere göre dağılımı [10]

2.2 Gemi İnşa Maliyetleri

Gemi inşası, çok büyük parasal yatırımlar gerektiren maliyetli bir iştir. Aynı zamanda küresel ekonomik sistemde yaşanan fiyat dalgalanmaları da, büyük yatırımlar gerektiren gemilerin üretim maliyetlerinin sürekli olarak değişmesine yol açmaktadır. Bu yüzden gemi inşa maliyetlerinin doğru bir şekilde hesaplanabilmesi, bir tersanenin ticari başarısı için gereklidir. Çok yüksek bir maliyet tersanenin rekabetten kopmasına; çok düşük bir maliyet ise tersanenin iflas etmesine neden olur. Genellikle tahmini bir maliyet, müşterilerle yapılan ilk görüşmelerde şekillenmeye başlar. Görüşmeler ilerledikçe bu tahminler kesinleşir ve müşterinin ihtiyaçları tüm detaylarıyla tanımlanır. İhtiyaçlar teknik detayların daha iyi bir şekilde belirlenmesini sağlar ve böylece maliyet hesabının doğruluk oranı artar. Bu süreç, tersanenin hesaplanan maliyet üzerinden belirli bir fiyat teklifi sunmasıyla sonuçlanır [11]. Uluslararası piyasalarda ise, gemi inşa fiyatlarını etkileyen faktörler Şekil 2.4’te gösterilmiştir.



Armâtörler tarafından bir gemi için teklif istendiğinde, tersanenin yapması gereken ilk şey, teklif vereceği projeyi inşa edebilme kapasitesinin olup olmadığını kontrol etmek olmalıdır. Eğer tersanenin o projeyi gerçekleştirme kapasitesi varsa, maliyet hesabına geçilebilir. Bir geminin maliyet hesabını yapmak karışık ve zaman gerektiren bir süreçtir. Başarı önündeki engellerden bazıları şunlardır: Yanlış teknik bilgilendirme (eski, eksik, tutarsız bilgi), bölümler arası iletişim eksikliği (rekabet, iletişim kanallarının yetersizliği, gizlilik), sürecin açıkça tanımlanmaması (tanımlanmamış yetki bölgeleri, değişik bilgi formatları), ve analitik gereçlerle ilgili sorunlar (vasıfsız, karışık ve müşterinin ihtiyaçlarını ölçemeyen uyumsuz metotlar). Bu sorunların aşılması ve tutarlı maliyet hesaplarının yapılabilmesi için bilgi, yönetim kabiliyeti ve en önemlisi tersanede çeşitli bölümlerin bulunması (mühendislik, üretim, planlama, hesaplama ve pazarlama) gereklidir [11]. Gerekli bilgi edinildikten sonra doğrudan maliyetler, genel maliyetler, tersanenin işletme maliyetleri, faiz maliyetleri, amortisman, sübvansiyon ve kar/zarar kalemleri tek tek hesaplanarak geminin maliyeti ortaya çıkarılır ve böylece verilecek teklif belirlenmiş olur (Şekil 2.5).

$$\begin{array}{c}
\text{Direkt Maliyetler} \\
+ \\
\text{Genel Giderler} \\
= \\
\textbf{İŞLETME MALİYETLERİ} \\
+ \\
\text{Faiz Maliyetleri} \\
+ \\
\text{Amortisman} \\
= \\
\textbf{BAŞA BAŞ MALİYETLERİ} \\
+ \\
\text{Kar / Zarar / Sübvansiyon} \\
= \\
\textbf{FİYAT}
\end{array}$$

Şekil 2.5 Gemi fiyatı belirlenirken hesaplanan maliyet kalemleri [12]

Gemi inşa maliyetlerini daha ayrıntılı bir şekilde sınıflandırmak gerekirse; gemi inşa maliyetleri, doğrudan (direkt) maliyetler ve dolaylı (indirekt) maliyetler olarak iki ana başlık altında toplanabilir [13].

2.2.1 Doğrudan (Direkt) Maliyetler

Doğrudan maliyetler, tersanede gemi inşası için direkt gider olarak gösterebilecek ve hemen hemen gemi inşa maliyetlerinin tamamını kapsayan maliyet kalemlerinden oluşur. Doğrudan maliyetler içinde, malzeme ve işçilik giderleri, tüm giderler arasında en büyük orana sahiptir ve bu oran yaklaşık olarak yüzde 75–80 civarındadır [13].

Gemi inşasında doğrudan maliyetler; tersane işçiliği, müteahhit işçiliği, malzeme maliyeti, sac ve profillerin raspa ve boya maliyeti, yardımcı üretim giderleri, finansman

maliyeti ve sair (diğer) giderler (dizayn giderleri, klas giderleri, sigorta giderleri, gümrük ve acente giderleri, deneme seferi maliyeti, vs.) olarak yedi alt başlıkta incelenebilir [13].

2.2.1.1 Tersane İşçiliği

Tersanenin kendi bünyesinde istihdam edip, sürekli olarak çalıştırdığı personelinin maliyetidir. İşlerin büyük bir kısmı müteahhit firmalara yaptırıldığından dolayı, direkt tersane işçi sayısı azdır. Bu işçiler kalite-kontrol işlerini yürütmekte ve gerekli olduğunda müteahhitlerin yapması gereken işlerde, yardımcı işçi rolünü üstlenebilmektedirler. Mavi yakalı kadrosu genel olarak formen, elektrikçi, vinç operatörü, forklift şoförü, CNC kesim operatörü gibi işçilerden oluşmaktadır. Beyaz yakalı kadrosu ise mühendis, muhasebe ve yönetim personelinden oluşmaktadır.

2.2.1.2 Müteahhit İşçiliği

Tersanelerde işlerin büyük çoğunluğu, kendi alanlarında uzmanlaşmış müteahhitlik şirketlerinin işçileri tarafından yapılmaktadır. Tersanelerin bu şekilde çalışmalarının bir kaç sebebi bulunmaktadır. Bu sebeplerden ilki, müteahhit işçiliğinin direkt tersane işçiliğine oranla daha ucuz olmasıdır. Çünkü tersanelerin kendi bünyelerinde işçi istihdam ederek, onlara sürekli maaş vermeleri oldukça maliyetlidir ve bu durum tersanelerin rekabet gücünü azaltır. İkinci sebep ise gemi inşa sanayisinin ağır sanayi sektörü olması nedeniyle, sık sık yaşanan iş kazalarında tersane yöneticilerinin tek başlarına sorumluluk almak istememeleridir.

2.2.1.3 Malzeme Maliyeti

Malzemelerin maliyetleri malzeme tipine, gemide bulunduğu yere, yerli ya da yabancı firmalara ait olma durumuna, vs. birçok faktöre göre sınıflandırılabilir. Gemi malzeme maliyetleri genel olarak tekne malzeme maliyeti ve donanım maliyeti olarak ikiye ayrılır.

Tekne Malzeme Maliyeti:

Gemi tekneleri çelik, ahşap, alüminyum ve krom malzemelerden imal edilebilmektedir. Ticari gemiler, gerek diğer malzemelere göre ucuz olması ve gerekse mukavemet

dayanımını açısından daha üstün olması nedeniyle çelik malzemeden inşa edilir. Ahşap, alüminyum ve krom malzemeler ise konfor amaçlı hizmet veren yat ve gezinti teknelerinde daha çok kullanılan; malzeme ve işçilik olarak çeliğe göre daha maliyetli malzemelerdir.

Çelik, demir ingotlarından ısıtma işlemleri uygulanarak saflaştırma ve şekillendirme işlemleriyle elde edilir. Ana unsurları büyük ölçüde demir ve kontrollü miktarda karbondur. Karbon miktarının arttırılması çeliğin sertliğini arttırır. Gemi inşaatında genelde kullanılan çelik fiyat, özellik ve bulunabilirlik yönünden uygun olan yumuşak çelik (mild steel) malzemedir. Soğuk ve sıcak şekil vermeye ve kaynağa uygun olan bu malzemenin, işleme sıcaklıklarında mekanik özelliklerinde önemli bir değişme gözlenmez [14].

Gemiler, farklı kısımlarında değişik gerilmelere maruz kaldıklarından dolayı, gemi kısımlarında kullanılan çelik farklılık göstermektedir. Gemilerin dış kaplamasında, güvertelerinde, baş ve kıç direklerinde, yük ve donanım direklerinde yüksek mukavemetli çelikler kullanılmaktadır.

Çelik fiyatları, ton ağırlığı üzerinden belirlenir. Arz-talep ilişkisine ve fiyat dalgalanmalarına bağlı olarak sürekli değişkenlik gösteren çelik fiyatları, gemi üretim maliyetlerini doğrudan etkilemektedir.

Donanım Maliyeti:

Gemi üzerinde çelik tekne dışında kalan her malzeme donanım olarak adlandırılabilir. Gemide kullanılan tüm donanım ekipmanları şu şekilde listelenebilir [15];

Makine Dairesi Donanımı

1. Ana sevk sistemi

1. 1 Ana makine
1. 2 Pervane
1. 3 Şanzıman
1. 4 Şaft alternatörü
1. 5 Şaft ve stern tüp

1. 6 Kavramalar ve yataklar

2. Ana jeneratör

3. Acil durum jeneratör

4. Dümen makinesi

5. Dümen yelpazesi

6. Baş itici

7. Kazan

8. İncinerator

9. ODME sistem

10. Lağım ve pis su arıtma sistemi

11. Rehardening (mineralleştirici) filtre ve arıtıcı

12. Klima sistemi

13. Elektrik üretim tesisi

13. 1 Klasifikasyon, sistemler, tevzi, yalıtım, anahtar tablosu

13. 2 Kablolar, transformatörler, aydınlatma, alarm ve kontroller

13. 3 Güç yönetim sistemi, aküler vs.

14. Kargo sistemi

15. Kargo kontrol sistemi

15. 1 Kargo ve balast uzaktan kontrol sistemi

15. 2 Uzaktan kontrol valfleri aktivatörü

15. 3 Yükleme hesaplayıcısı

15. 4 Kargo tank temizleme sistemi

15. 5 P/V valfleri

15. 6 Gaz bulma sistemi

16. Yakıt modülü

17. Ana makine chock fast malzemesi

18. Ejektörler

19. İskandil cihazı

20. Makine dairesi torna atölyesi

21. Yağ ve yakıt sarfiyatı

22. Genel servis pompaları

Güverte Üstü Donanım

1. Ambar girişi su geçmez kaporta kapakları

2. Ambar kapakları

3. Demir, zincir ve halatlar

4. Hortum kreyni

5. Kumanya kreyni

6. Panama loçaları, saptırma makaraları ve halat babaları

7. Irgatlar

8. Demir vinci, zincir stoperleri

9. Borda merdiveni

10. Güverte iskelesi, pilot merdiveni

11. Kargo tank giriş kaportaları

12. Balast tank menholleri (giriş delikleri)

13. Kargo tank iniş merdiveni

14. Güverte merdiveni

15. Menholler (giriş delikleri)

Yaşam Mahalli ve Kaptan Köşkü

1. Yaşanacak mahal

1. 1 Duvar ve tavan panelleri

1. 2 Taban izolasyon ve koruma panelleri

1. 3 Cam ve lumbuzlar

1. 4 Kapılar

1. 5 Tuvalet ve duş kabinleri

1. 6 İzolasyon

1. 7 Mutfak

1. 8 Revir

1. 9 TV, buzluk vs.

2. Köprü üstü

2. 1 Ana kontrol konsolu, makine, köprü ve kargo kontrol konsolu

2. 2 Kargo tank alarm gözetim sistemi

2. 3 Havalı siren

2. 4 Cam silecekleri

2. 5 Köprü üstü dönen koltukları

3. Seyir Ekipmanları

3. 1 Kronometre

3. 2 Deniz saati

3. 3 Barometre, higrometre (nem ölçer)

3. 4 Klinometre (meyil ölçer)

3. 5 Dürbünler

3. 6 Deniz haritası

3. 7 Kitaplar, bayraklar, işaretler

3. 8 El iskandilleri

3. 9 Derin su iskandilleri

3. 10 Sekstant (göl cisim yüksekliği ölçer)

- 3. 11 Üç köşeli cetvel
- 3. 12 Pergel
- 3. 13 Deniz termometresi

Yangınla Mücadele ve Can Kurtarma Ekipmanları

1. Yangınla mücadele sistemi

- 1. 1 Yangın söndür aletleri
- 1. 2 Makine dairesi CO₂ sistemi
- 1. 3 Alev ve duman saptama sistemi
- 1. 4 Köpük karıştırıcı, nozullar, konteyner
- 1. 5 Lokal aplikasyon sistemi

2. Hayat kurtarma

- 2. 1 İtfaiyeci donanım ve teçhizatı
- 2. 2 Nefes alma aparatı
- 2. 3 Taze hava kompresörü
- 2. 4 İşaret fişekleri
- 2. 5 Serbest düşmeli bot mataforası
- 2. 6 Cankurtaran botu
- 2. 7 Halat fırlatma düzeneği
- 2. 8 Can simitleri
- 2. 9 Can filikası
- 2. 10 Can yelekleri

Elektronik ve Aydınlatma Ekipmanları

1. Elektronik ekipmanlar

- 1. 1 S bantlı radar
- 1. 2 X bantlı radar

1. 3 Echosounder (derinlikölçer)
1. 4 Jiroskoplu pusula, C/W pusula dönüştürücüsü ve otomatik pilot
1. 5 Jiroskoplu pusula için repeater (tekrarlayıcı)
1. 6 Inmarsat-2C (Radar)
1. 7 Navtex (seyir telgrafı)
1. 8 Küresel konumlandırma sistemi (GPS/DGPS)
1. 9 Küresel denizcilik tehlike ve güvenlik sistemi (GMDSS)
1. 10 Rüzgar hızı ve yönünü gösteren monitör
1. 11 Acil mevki bildirici radyo vericisi (EPIRB)
1. 12 Arama ve kurtarma verici cevaplandırıcı (SART)
1. 13 Hız kaydedici (Speed Log) C/W dijital hız görüntüleyici
1. 14 Uydu bağlantılı dümenci inmarsatı
1. 15 Deniz VHF telefonu
1. 16 Icom el modeli GM1500
1. 17 MF/HF SSB radyo telefon
1. 18 Manyetik pusula
1. 19 Otomatik pilot bağlantısı
1. 20 Repeaterli dümen açısı göstergesi
1. 21 Hava durumunu bildiren faks
1. 22 Amplifikatör, çok bağlantılı anten
1. 23 Deadman alarm tarama- yönlendirme sistemi
1. 24 Dahili telefon sistemi
1. 25 Amplifikatörlü telefon sistemi

2. Aydınlatma ekipmanları

2. 1 Projektörler

2. 2 Arama-araştırma projektörü

2. 3 Seyir ışıkları, işaret ışıkları ve kontrolleri

2. 4 Diğer aydınlatma ekipmanları

Makine Maliyetleri:

Gemide yer alan ana makine, pompalar, kazanlar, seperatörler, jeneratörler gibi tüm makineler bu maliyet hesabı içinde yer alır. Makine maliyetleri içinde en pahalı olan ekipman ana makinedir. Ticaret gemilerinin büyük çoğunluğunda, ana makine olarak genellikle iki zamanlı ağır yakıt (HFO) ile çalışan dizel makineler tercih edilmektedir.

Dizel motorların çalışma prensibi şu şekildedir: Yakıttaki enerji yanma sonucu mekanik enerjiye çevrilmektedir. Pulvarize edilmiş yakıtın hava ile karışımı sıkıştırılarak ateşlenir. Ateşleme sonucu genişleme; piston, piston kolu ve biyel vasıtasıyla krank şaftına iletilir ve böylece mekanik enerji krank şaftının dönmesiyle elde edilir. Eğer ateşleme pistonun hep en üst konuma ulaştığında oluyorsa, bu tip dizellere iki zamanlı (two-stroke); eğer ateşleme pistonun her iki yükselişinde bir defa yapılıyorsa buna dört zamanlı (four-stroke) dizel motoru denir. İki zamanlı motorlarda, piston yükselirken hava ve yakıt karışımı silindire alınır ve valfler kapanır. Sıkıştırma en üst düzeye geldiğinde ateşleme yapılır, piston aşağı inmeye başlar ve yanmış gaz silindirden atılır. Dört zamanlı motorlarda ise, piston aşağı inerken hava ve yakıt sağlanır, piston en üst noktada iken ateşleme yapılır. Ateşleme sonucu genişleyen karışım pistonu aşağı iter ve pistonun yukarı çıkışında yanmış gazlar egzozu verilir [16].

Gemilerde kullanılan dizel motorlar, dakikada 60 ile 3000 devir arasında devir hızlarına sahiptir. Bu sebeple dizel motorlar düşük, orta ve yüksek devirli olarak sınıflandırılırlar. Genelde, düşük devirli (slow speed) dizellerde dakikada devir sayısı (rpm) 60 ile 150 arasında, orta devirli (medium speed) dizellerde 450 ile 800 ve yüksek devirli (high speed) dizellerde ise 1000 ile 3000 aralığındadır [16].

Ana makine geminin boyutuna, ağırlığına, tipine göre değişiklik göstermektedir. Geminin ana makinesi seçilirken, ana makinenin gemiyi istenilen hızda sevk etmesinin dışında, ilk yatırım maliyetinin ve işletme-bakım maliyetlerinin düşük olması, yedek parça bulunabilirliğinin kolay olması, titreşim ve gürültüsünün az olması da istenir.

2.2.1.4 Sac ve Profillerin Raspa-Boya Maliyeti

Gemiler metal konstrüksiyonlar olmaları nedeniyle karşılaşılan en büyük sorun, rutubet ve oksidasyona bağlı olarak paslanma yaşanması ve metal yapının zarar görmesidir. Bunun önüne geçebilmek için metal yüzeylerin hava ile temasının kesilmesi gerekmektedir. Bu işlem için boyalar ve çeşitli kaplama yöntemleri kullanılmaktadır. Kaplama yöntemleri boyaya kıyasla ekonomik ve kullanışlı olmadığından, koruma açısından boya ilk plandadır. Bu nedenden ötürü de boya en önemli bakım çalışmasıdır. Boya-raspa maliyetleri geminin yaklaşık yüzde 5'ini kapsamaktadır. Çelik tekneyi oluşturan çelik bloklar birleştirmeden önce boya atölyesine alınır ve burada raspalandıktan sonra boyanır. Birleştirme sonrasında da boyama işlemi bu kez kaynakla birleştirilmiş yerlerden devam eder. Hatta gemi suya indirildikten sonra dahi boyama yapılabilir. Raspa ve boyanın kalitesi doğrudan çeliğin ömrünü, dolayısıyla geminin ömrünü belirler [14].

2.2.1.5 Yardımcı Üretim Giderleri

Üretimin gerçekleştirilebilmesi için gerekli olan; ancak üretimi yapılan projeye, üretimin hangi safhasında ve ne oranda kullanıldığı tam olarak belirlenemeyen (üretimin gerçekleşmesi için ana malzeme olmayıp, üretimin sürekliliğinin sağlanması için gerekli olan) malzemelerin giderleridir. Bunlar, işletme masrafları (örneğin kullanılan elektrik, LPG, kaynaklarda kullanılan elektrotlar, vs.), tersane araç-gereçlerinin bakım ve onarımı (örneğin kreynlerin bakımı) ve diğer yardımcı üretim giderleridir [13].

2.2.1.6 Finansman Maliyeti

Tersaneye yatırım yapılırken ve işletim sırasında kullanılan finansal kaynakların (alınan krediler, teminat mektubu masrafları, vs.) faiz maliyetidir. İnşa edilen proje için alınan kredilerin faizleri bu maliyete dâhil değildir.

2.2.1.7 Sair (Diğer) Giderler

Sair giderler bir başka deyişle diğer giderler; geminin dizayn, klas, sigorta, gümrük ve acente, deneme seferi maliyeti gibi işlemlere harcanan giderler olarak ele alınmıştır.

Dizayn Giderleri:

Gemiler, armatör tarafından belirlenmiş ekonomik unsurlar ve sınırlamalara bağlı olarak veya tersane tarafından gerçekleştirilen pazar araştırmasına göre oluşturulan ürün geliştirme politikasına uygun olarak, dizayn firmalarınca ya da uzman bir dizayn ekibince daha önce gerçekleştirilen projeler baz alınarak tasarlanır [17]. Burada dizaynıra düşen görev, armatörün isteği doğrultusunda ortaya konulan projenin mühendislik açısından kusursuz olmasıdır.

Gemi dizaynı altı aşamada tamamlanır;

- Gemiden beklenen tekno-ekonomik karakteristikler belirlenerek inşa ve işletim maliyetleri hesaplanır. Dizayn ve inşa süreci için takvim hazırlanır.
- Dizaynı sınırlayacak maliyet, gemi ağırlığı, vs. gibi kısıtlar belirlenir.
- Kısıtlamalara uygun olarak çeşitli dizayn alternatifleri geliştirilir.
- Geliştirilen alternatiflerden optimum dizayn seçilir.
- Seçilen dizaynın detayları geliştirilir.
- Geminin inşası tamamlanarak seyir ve servis tecrübeleri daha sonraki dizaynlarda yararlanılmak üzere saklanır.

Tersaneler dizayn konusunda çoğunlukla yetersizdir. Bu yüzden yeni gemi projelerinin dizayn sorumluluklarını kendi üstlerine almak istemezler. Bu sorumluluğu ya dizayn firmalarına yüklerler ya da sorumluluğu dizayn firmalarıyla paylaşma yoluna giderler. Sonuçta ister dizayn firmasınca olsun, isterse tersane ve dizayn firması ortaklığında olsun, ortaya konulan dizayn projesinin bir maliyeti vardır. Dizayn gideri olarak adlandırılan bu maliyet, gemi inşa maliyeti içine dâhil edilir.

Klas Giderleri:

Gemilerde can ve mal güvenliğinin sağlanması ve bunların belgelendirilmesi için klas kuruluşları oluşturulmuştur. Klas kuruluşları gemiler ve denizle ilgili tesislerin inşası, dizaynı ve denetimiyle ilgili teknik standartları oluşturan ve uygulayan organizasyonlardır. Gemide bulunan bütün mukavim elemanlar, donanımlar, sistemler ve diğer akla gelebilecek tüm malzemeler klas kuruluşlarınca belirlenmiş kriterlere göre üretilir ve monte edilir.

Tersane, gemi inşa sürecindeki her aşamayı klas kuruluşuna rapor etmelidir. Bu konuda sorun yaşamamak için de klas kuruluşlarının kuralları iyi bilinmeli ve gemi üretiminin bu kurallara uygunluğu denetlenmelidir. Zira ilgili klas kuruluşun denetiminden geçerek, onay alamayan gemi seyre çıkamaz.

Sigorta Giderleri :

Tüm gemiler 1976 tarihli Deniz Alacaklarına Karşı Sorumluluğun Sınırlandırılması Hakkındaki Sözleşme (Convention on Limitation of Liability for Maritime Claims) ile bu sözleşmeyi değiştiren 1996 tarihli protokol gereği sigortalanma mecburiyeti vardır. Gemi öncelikle inşa sırasında sigortalanır ve daha sonra ise seferde karaya oturma, yangın, patlama, korsanlık vs. gibi tehlikelere karşı sigortalanır [18].

Gümrük ve Acente Giderleri:

Her geminin seferlere çıkmadan önce bazı evrak ve yasal prosedür işleri bulunmaktadır. Tüm bu işler tersanenin anlaşmalı olduğu acente tarafından yapılır ve ücretlendirilir. Gümrük işlerinin takibi gemi armatörü adına tersanenin anlaşmalı olduğu acente tarafından yaptırılır. Gümrük ücretleri gemilerin tonajları, tipleri, ülkeleri ve bağlı bulundukları klaslara göre değişmektedir.

Deneme Seferi Maliyeti:

Her gemi inşası tamamlandıktan sonra, armatörüne teslim edilmeden önce tersane tarafından denemeye tabi tutulur. Tersanenin bulunduğu yere çok uzak olmamak kaydıyla, kaptan tarafından bir rota belirlenir ve bu rota doğrultusunda gemi deneme seyrine çıkar. Deneme seyri sırasında gemide bulunan personelin giderleri ve yakıt masrafları tersane tarafından karşılanır ve bu maliyet gemi inşa maliyetine yansıtılır.

2.2.2 Dolaylı (İndirekt) Maliyetler

Dolaylı (indirekt) maliyetler, gemi inşası ile doğrudan bağı olmasa dahi, tersanenin düzenli bir şekilde işleyişini sürdürebilmesi için gerekli olan her şey için yapılan harcamalara ilişkin maliyetlerin toplamıdır. Dolaylı maliyetler, üretim yönetimi giderleri ve genel giderler olarak ikiye ayrılabilir [13].

2.2.2.1 Üretim Yönetimi Giderleri

Gemi üretimine geçilmeden önce bir dizayn firmasındaki mühendisler ve teknikerler ile tersane bünyesinde bulunan mühendisler ve teknikerler (satın alma, planlama, dizayn, kalite-kontrol ve üretim bölümlerinde görevli tersane personeli) tarafından bir ekip oluşturulur. Bu ekip inşa edilecek geminin dizaynını yaparak, üretim akışını ve yöntemini belirler. Daha sonra geminin imalatına geçilir. Bu ekip, gemi imalatı tamamlanana kadar; geminin çizilen projeye, klas kuruluşu kurallarına ve belirlenen iş akış şemasına uygun olarak inşa edilmesini temin etmekle görevlidir. Dizayn firmasından alınan hizmetin bedeli ve tersane personelinin giderleri üretim yönetimi gideri olarak adlandırılır ve gemi inşa maliyetine yansıtılır.

2.2.2.2 Genel Giderler (Overhead)

İnşa edilen geminin üretimiyle doğrudan ilgili olmasa da; tersanenin iş akışını sürdürebilmesi için ihtiyaç duyduğu sabit giderlerdir. Bunlar direkt üretici olmayan personel giderleri (muhasabe, temizlik işleri, güvenlik, vs.), tesis giderleri (elektrik, su, telefon, ısıtma, havalandırma, vs.), Ar-Ge giderleri, tersane arazi kirası, vs. gibi giderlerdir ve bu giderler tersane muhasebesi tarafından hesaplanarak üretilen geminin inşa maliyetine yansıtılır [13].

GEMİ ANA BOYUTLARININ, ANA MAKİNE GÜCÜNÜN, AĞIRLIK BİLEŞENLERİNİN ve İNŞA MALİYETLERİNİN YAKLAŞIK FORMÜLLERLE BELİRLENMESİ

Bu bölümde, literatürde önerilmiş ampirik formüller ışığında örnek kimyasal tankerlerden yola çıkarak; kimyasal tankerlerin ana boyut hesaplarının, ağırlık hesaplarının, ana makine gücünün ve inşaa maliyetlerinin belirlenmesinde güncel ve pratik ampirik formüller geliştirilmiştir.

3.1 Gemi Ana Boyutlarının Belirlenmesi

Gemi ana boyutları başta stabilite, kapasite, güç gereksinimi, denizcilik, inşaa ve işletim maliyetleri olmak üzere birçok gemi karakteristiğinin temel belirleyicisidir. Bu yüzden tüm dizayn sürecinde, öncelikle gemi ana boyutlarının doğru bir şekilde belirlenmesi çok önemlidir. Armatörlerin taleplerini karşılayacak, sayısız ana boyut kombinasyonundan, sonsuz gemi üretmek mümkündür. Ancak yapılması gereken mevcut tecrübeler doğrultusunda, bu kombinasyonlardan en uygun alternatifin seçilmesi olmalıdır. Gemi ana boyutlarının belirlenmesinde armatörlerin taleplerinin yanı sıra, uluslararası kurallar (IMO kuralları, klas kuruluşlarının kuralları, vs.), geminin çalışacağı hat üzerindeki kanal ve boğazlara ilişkin kısıtlar, geminin inşa edileceği tersanenin kapasitesi gibi yasal gereklilikler ve özel durumlar da göz önünde bulundurulmalıdır [4]. Dünyada bulunan çeşitli deniz yollarından geçebilecek gemilerin maksimum ana boyutları Çizelge 3.1’de gösterilmektedir.

Çizelge 3.1 Dünyadaki kanallardan geçebilecek gemilerin maksimum ana boyutları [4]

Deniz Yolları	$L_{\max}$ (m)	$B_{\max}$ (m)	$T_{\max}$ (m)
Panama Kanalı	289.5	32.30	12.04
Kiel Kanalı	315	40	9.5
St Lawrence Denizyolu	222	23	7.6
Süveyş Kanalı	-	-	18.29

30000 DWT'dan küçük gemilerin ana boyutlarının tahmini için, Çizelge 3.2'de verilen son yıllarda inşa edilmiş deplasmanı, kaimeler arası boyu, genişliği, draftı (su çekimi), blok katsayısı, derinliği, ana makine gücü ve hızı belli olan elli adet örnek kimyasal tanker ele alınmıştır. Bu gemilerden hareketle deplasman (Δ), boy (L), genişlik (B), blok katsayısı (C_B), derinlik (D) ve draftın (T) belirlenmesinde kullanılacak, yaklaşık formüller geliştirilmiştir.

Çizelge 3.2 Elli örnek kimyasal tanker

Gemi No	DWT (ton)	Δ (ton)	L_{BP} (m)	B (m)	T (m)	C_B	D (m)	P_B (kW)	V (knot)
1	4000	5642	88.60	14.20	6.10	0.717	7.65	1700	12.5
2	4850	6654	92.80	15.60	6.10	0.735	7.50	2000	12.5
3	5700	7683	99.35	16.80	6.20	0.724	7.40	2300	13.0
4	7700	10081	116.38	17.20	6.86	0.716	8.80	4000	14.5
5	8600	11232	119.28	17.20	7.15	0.747	9.05	3200	13.5
6	10500	13696	123.99	18.90	8.10	0.704	10.20	4000	13.5
7	11000	14360	122.00	19.50	7.80	0.730	8.90	4500	14.0
8	14000	17577	130.00	20.00	8.50	0.810	10.90	5148	14.0
9	21000	25771	149.00	22.90	9.50	0.830	12.60	6300	14.0
10	26000	33030	159.08	25.40	10.90	0.780	14.90	7860	14.5
11	4200	5968	90.00	15.00	6.40	0.674	7.80	1825	14.0
12	4700	6575	94.00	15.00	6.07	0.749	8.20	1943	14.0
13	5500	7572	95.00	16.98	6.50	0.705	8.25	2473	14.0
14	6500	8898	106.00	16.90	6.65	0.729	9.20	2826	15.0
15	7000	9581	111.60	16.90	6.65	0.745	9.70	2826	14.5
16	10020	12970	115.00	19.00	7.85	0.738	9.90	4750	14.5
17	10179	13198	122.70	19.00	7.91	0.698	9.55	3530	13.5
18	11137	14278	117.00	20.00	7.76	0.767	10.00	5280	14.5

19	11336	14600	121.25	19.60	8.00	0.749	10.40	4500	14.0
20	12008	16216	115.06	24.00	8.38	0.684	12.35	6000	15.0
21	12496	16744	123.90	22.00	8.20	0.731	12.70	5400	14.5
22	12675	16076	116.00	20.20	8.76	0.764	11.20	4192	13.5
23	12980	16657	123.00	21.80	8.20	0.739	10.70	4320	13.5
24	13843	17820	134.65	21.70	8.36	0.712	10.75	6300	15.0
25	14070	18640	134.20	23.00	7.81	0.754	12.15	5950	14.5
26	14500	19130	137.70	23.00	8.51	0.692	12.00	6230	15.0
27	15000	19421	139.50	21.60	8.60	0.731	11.93	7200	15.5
28	15601	19842	139.45	21.60	8.60	0.747	11.30	7200	15.5
29	15999	20453	135.75	21.50	9.14	0.748	12.50	6190	14.5
30	16187	20429	130.60	21.80	9.05	0.774	12.10	4530	13.0
31	16631	20703	128.83	20.40	9.40	0.818	12.50	5940	14.0
32	16875	21249	126.50	23.00	9.29	0.767	12.25	6300	14.5
33	17112	21841	136.44	23.00	8.80	0.772	12.50	4440	13.0
34	18277	22723	138.00	22.40	9.34	0.768	11.70	6141	14.0
35	19117	23784	134.95	23.00	9.69	0.772	12.40	6300	14.0
36	19500	24591	137.00	24.00	9.70	0.752	13.00	6150	14.0
37	19959	25038	136.46	24.20	9.64	0.767	12.90	6150	14.0
38	1115	1710	54.40	9.60	3.80	0.841	4.50	662	11.0
39	2600	3852	66.67	13.00	5.20	0.834	6.40	1154	12.0
40	3502	5091	86.65	14.10	5.50	0.739	7.20	1850	13.5
41	4015	5612	76.10	15.00	6.00	0.799	8.00	1080	11.0
42	4750	6547	94.65	15.60	5.70	0.759	7.20	2000	13.0
43	5820	7812	99.35	16.80	6.10	0.749	7.40	2720	13.4
44	6712	8984	106.00	16.90	6.75	0.725	8.40	3840	15.0
45	6753.7	9025	106.00	16.90	6.65	0.739	8.40	3700	15.0
46	7185	9544	111.60	16.90	6.65	0.742	8.40	3840	14.5
47	7500	10513	110.60	21.00	6.50	0.679	9.50	5400	14.0
48	15602	19844	139.50	21.60	8.60	0.747	11.30	7200	15.0
49	13500	17209	125.60	21.00	8.40	0.758	11.00	5440	14.0
50	19990	25129	142.80	23.20	9.95	0.744	13.05	5920	14.0

Gemi ana boyutlarının belirlenmesinde, elli adet örnek kimyasal tanker kullanılacaktır. Çizelge 3.2'deki ilk on kimyasal tanker, gemi ağırlıklarının ve gemi inşa maliyetlerinin belirlenmesinde kullanılacak olan gemilerdir. Bununla birlikte, kimyasal tankerlerin ana boyutlarının belirlenmesi aşamasında bu on gemiye ana boyutlara ilişkin çizdirilecek grafiklerde ayrıca yer verilerek, ana boyut hesaplamalarının gemi sayısı değiştikçe nasıl değişeceği de fazla ayrıntıya girilmeden gösterilecektir.

3.1.1 Deplasmanın Belirlenmesi

Tanker için literatürde önerilen formül aşağıda gösterilmiştir.

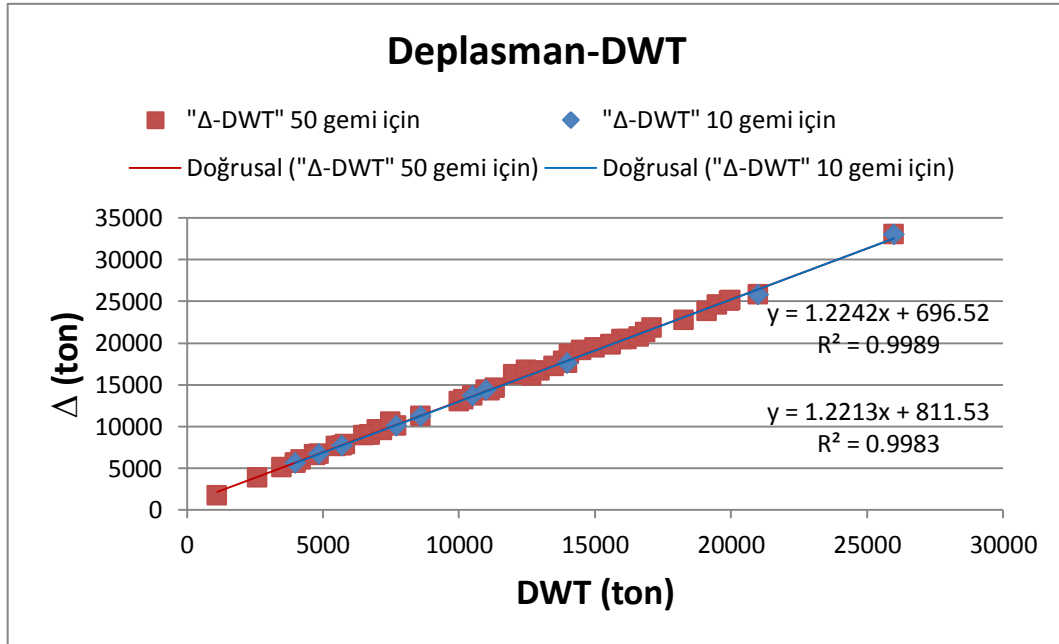
$$a) \text{ Kafalı formülü [6]: } \frac{DWT}{\Delta} = \frac{0.775 DWT}{DWT+250} \quad (3.1)$$

Deplasman formülü örnek gemilerden hareketle tahmin edilmeye çalışılır. Deplasman-DWT grafiği çizdirilerek (Şekil 3.1), deplasmanın deadweight tona bağlı doğrusal denklemi aşağıdaki gibi bulunmuştur.

Çizelge 3.3 Elli kimyasal tanker için deplasmanın belirlenmesi

Gemi No	DWT (ton)	Δ (ton)	Δ_{hes} (ton)
1	4000	5642	5593.32
2	4850	6654	6633.89
3	5700	7683	7674.46
4	7700	10081	10122.86
5	8600	11232	11224.64
6	10500	13696	13550.62
7	11000	14360	14162.72
8	14000	17577	17835.32
9	21000	25771	26404.72
10	26000	33030	32525.72
11	4200	5968	5838.16
12	4700	6575	6450.26
13	5500	7572	7429.62
14	6500	8898	8653.82
15	7000	9581	9265.92
16	10020	12970	12963.00
17	10179	13198	13157.65
18	11137	14278	14330.44
19	11336	14600	14574.05
20	12008	16216	15396.71
21	12496	16744	15994.12
22	12675	16076	16213.26
23	12980	16657	16586.64
24	13843	17820	17643.12
25	14070	18640	17921.01
26	14500	19130	18447.42
27	15000	19421	19059.52
28	15601	19842	19795.26
29	15999	20453	20282.50
30	16187	20429	20512.65
31	16631	20703	21056.19
32	16875	21249	21354.90

33	17112	21841	21645.03
34	18277	22723	23071.22
35	19117	23784	24099.55
36	19500	24591	24568.42
37	19959	25038	25130.33
38	1115	1710	2061.50
39	2600	3852	3879.44
40	3502	5091	4983.67
41	4015	5612	5611.68
42	4750	6547	6511.47
43	5820	7812	7821.36
44	6712	8984	8913.35
45	6753.7	9025	8964.40
46	7185	9544	9492.40
47	7500	10513	9878.02
48	15602	19844	19796.49
49	13500	17209	17223.22
50	19990	25129	25168.28



Şekil 3.1 Elli kimyasal tanker için deplasman-DWT grafiği

$$\Delta = m \text{ DWT} + n$$

$$\Delta_{hes} = 1.2242 \text{ DWT} + 696.52$$

$$R^2_{\Delta_{hes}} = 0.9989$$

Elli gemi üzerinden (Çizelge 3.3) deplasman için yapılan hesaplamalarda, belirleme katsayısı Δ_{hes} için $R^2 = 0.9989$ kabul edilebilir büyüklüktedir. Kimyasal tankerlerin deplasmanını hesaplamak için kullanılacak formül, aşağıdaki şekilde olacaktır.

$$\Delta = 1.2242 \text{ DWT} + 696.52 \text{ (ton)} \quad (3.2)$$

3.1.2 Gemi Boyunun Belirlenmesi

Boyu farklı deplasmanı aynı olan iki gemi için, boy artıkça tekno-ekonomik karakteristikler aşağıdaki gibi değişmektedir [3];

- Islak alan ve viskoz direnç artar; ancak dalga direnci azalır.
- Sevk verimi artar.
- Çelik tekne ağırlığı ve dolayısıyla inşa maliyeti artar.
- Tekne formu narinleşir ve dolayısıyla blok katsayısı (C_B) azalır.
- Başlangıç stabilitesi azalır.
- Doğrusal rota dengesi artar.
- Denizcilik iyileşir.

Tanker için literatürde önerilen formüller aşağıda gösterilmiştir.

$$\text{a) Posdunine formülü [4]: } L = c \left(\frac{V}{V+2} \right)^2 \Delta^{(1/3)} \text{ (m)} \quad (3.3)$$

Burada; Δ (ton) ve V (knot)'dir.

$$\text{b) Ayre formülü [3]: } L = \left(3.333 + 1.666 \frac{V}{\sqrt{L}} \right) \Delta^{(1/3)} \text{ (m)} \quad (3.4)$$

Burada; Δ (ton) ve V (knot)'dir.

$$\text{c) Schneekluth formülü [4]: } L = c \cdot V^{0.3} \cdot \Delta^{0.3} \text{ (m)} \quad (3.5)$$

Burada; $c = 3.2 \frac{C_B + 0.5}{\frac{0.145}{F_n} + 0.5}$, Δ (ton) ve V (m/s)'dir.

$$\text{d) Völker formülü [3]: } L = \left(3.5 + 2.3 \frac{V}{\sqrt{g \Delta^{(1/3)}}} \right) \Delta^{(1/3)} \text{ (m)} \quad (3.6)$$

Burada; Δ (ton) ve V (m/s)'dir.

$$\text{e) } L = \left(\frac{V_h (L/B)^2 (B/D)}{C_{bd}} \right)^{(1/3)} \text{ (m)} [5] \quad (3.7)$$

Burada; V_h , tekne hacmi, (m^3); C_{bd} , gemi derinliğindeki blok katsayısıdır.

Gemi dizaynına başlanırken dikkat edilmesi gereken ilk hususlardan biri de, armatörler tarafından talep edilen geminin yük taşıma kapasitesi (dolayısıyla deplasman tonajı) ve geminin ne kadar hızla sevk edilmesi gerektiğidir. Bu yüzden, gemi boyunun ampirik yaklaşımlarla belirlenmesinde deplasman tonajı ve gemi hızının temel değişkenler olarak kullanılması gereklidir. Nitekim gemi boyunun belirlenmesi için literatürde önerilmiş ampirik yaklaşımlar da bu doğrultudadır.

Burada Posdunine tarafından önerilen formül ele alınarak, örnek gemiler yardımıyla güncelleştirilecektir. Birinci adım olarak, $A = \left(\frac{V}{V+2}\right)^2 \Delta^{(1/3)}$ parametresi ile c katsayısı arasındaki ilişkiye bakılır ve c katsayısının ortalama bir değer ile ifade edilip edilemeyeceği araştırılır. Örnek gemilerin her birisi için hesaplanan c değerlerinin ortalaması alınarak L_{hes1} hesaplanır ve belirleme katsayısı (R^2) bulunur. İkinci adımda ise katsayı (c)-parametre (A) grafiği çizdirilerek (Şekil 3.2), c katsayısının A parametresinin bir fonksiyonu olarak elde edilip edilemeyeceği araştırılır.

$L = c A$, $c = m A + n \longrightarrow L = m A^2 + n A$ şekline dönüşür. Ve buradan da L_{hes2} hesaplanır ve belirleme katsayısı (R^2) bulunur.

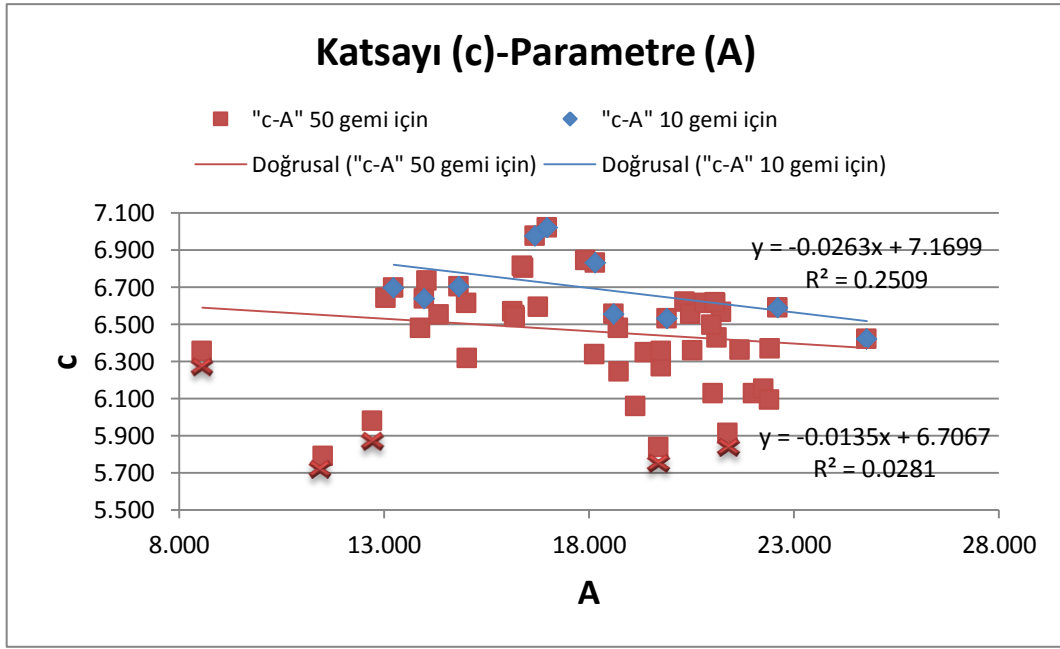
$$\text{Belirleme Katsayısı} = R^2 = 1 - \frac{S_r}{S_o} \quad (3.8)$$

Burada; $S_r = \sum_{i=1}^n (f(x_i) - y_i)^2$, $S_o = \sum_{i=1}^n (f(x_i) - \bar{y})^2$, $\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n}$ 'dir.

Çizelge 3.4 Elli kimyasal tanker için gemi boyunun belirlenmesi

Gemi No	L_{BP} (m)	V (knot)	Δ (ton)	A	c	L_{hes1} (m)	L_{hes2} (m)
1	88.60	12.5	5642	13.230	6.697	85.49	86.37
2	92.80	12.5	6654	13.978	6.639	90.33	91.11
3	99.35	13.0	7683	14.821	6.703	95.77	96.43
4	116.38	14.5	10081	16.683	6.976	107.80	108.13
5	119.28	13.5	11232	16.989	7.021	109.78	110.04
6	123.99	13.5	13696	18.150	6.832	117.28	117.28
7	122.00	14.0	14360	18.609	6.556	120.25	120.13
8	130.00	14.0	17577	19.907	6.530	128.64	128.16
9	149.00	14.0	25771	22.615	6.589	146.14	144.77
10	159.08	14.5	33030	24.778	6.420	160.12	157.89
11	90.00	14.0	5968	13.888	6.481	89.74	90.54
12	94.00	14.0	6575	14.343	6.554	92.69	93.42

13	95.00	14.0	7572	15.034	6.319	97.15	97.78
14	106.00	15.0	8898	16.133	6.570	104.25	104.69
15	111.60	14.5	9581	16.402	6.804	105.99	106.37
16	115.00	14.5	12970	18.145	6.338	117.25	117.25
17	122.70	13.5	13198	17.927	6.844	115.85	115.89
18	117.00	14.5	14278	18.735	6.245	121.07	120.91
19	121.25	14.0	14600	18.713	6.480	120.92	120.77
20	115.06	15.0	16216	19.706	5.839	127.34	126.92
21	123.90	14.5	16744	19.757	6.271	127.67	127.23
22	116.00	13.5	16076	19.145	6.059	123.72	123.45
23	123.00	13.5	16657	19.373	6.349	125.19	124.86
24	134.65	15.0	17820	20.335	6.621	131.41	130.80
25	134.20	14.5	18640	20.476	6.554	132.32	131.67
26	137.70	15.0	19130	20.822	6.613	134.55	133.79
27	139.50	15.5	19421	21.087	6.615	136.26	135.42
28	139.45	15.5	19842	21.238	6.566	137.24	136.35
29	135.75	14.5	20453	21.120	6.428	136.48	135.62
30	130.60	13.0	20429	20.533	6.360	132.69	132.02
31	128.83	14.0	20703	21.023	6.128	135.85	135.03
32	126.50	14.5	21249	21.390	5.914	138.22	137.28
33	136.44	13.0	21841	20.996	6.498	135.67	134.86
34	138.00	14.0	22723	21.686	6.364	140.13	139.09
35	134.95	14.0	23784	22.018	6.129	142.28	141.12
36	137.00	14.0	24591	22.264	6.153	143.87	142.63
37	136.46	14.0	25038	22.398	6.092	144.74	143.45
38	54.40	11.0	1710	8.561	6.354	55.32	56.43
39	66.67	12.0	3852	11.517	5.789	74.42	75.45
40	86.65	13.5	5091	13.050	6.640	84.33	85.22
41	76.10	11.0	5612	12.724	5.981	82.22	83.15
42	94.65	13.0	6547	14.051	6.736	90.80	91.57
43	99.35	13.4	7812	15.023	6.613	97.08	97.71
44	106.00	15.0	8984	16.185	6.549	104.59	105.01
45	106.00	15.0	9025	16.209	6.540	104.74	105.16
46	111.60	14.5	9544	16.381	6.813	105.86	106.24
47	110.60	14.0	10513	16.772	6.594	108.38	108.69
48	139.50	15.0	19844	21.078	6.618	136.21	135.37
49	125.60	14.0	17209	19.767	6.354	127.73	127.29
50	142.80	14.0	25129	22.426	6.368	144.91	143.61
				Cort=	6.462		



Şekil 3.2 Elli kimyasal tanker için katsayı (c)-parametre (A) grafiği

$$L_{hes1} = c_{ort} A = 6.462 A$$

$$R^2_{Lhes1} = 1 - \frac{S_r}{S_o} = 1 - \frac{1181.30}{24238.00} = 0.9513$$

$$L_{hes2} = -0.0135 A^2 + 6.7067 A$$

$$L_{hes2} = -0.0135 \left(\left(\frac{V}{V+2} \right)^2 \Delta^{(1/3)} \right)^2 + 6.7067 \left(\frac{V}{V+2} \right)^2 \Delta^{(1/3)}$$

$$R^2_{Lhes2} = 1 - \frac{S_r}{S_o} = 1 - \frac{1097.69}{22607.09} = 0.9514$$

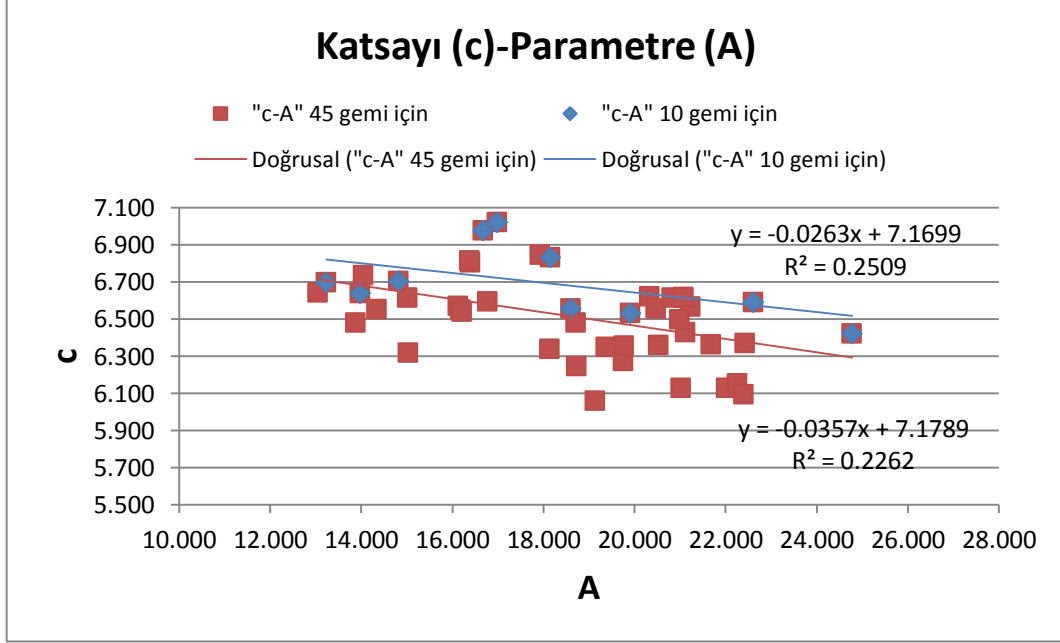
Belirleme katsayıları incelendiğinde, L_{hes2} için $R^2 = 0.9514$ 'in L_{hes1} için $R^2 = 0.9513$ 'e göre daha büyük olduğu görülmektedir. Şekil 3.2'de çarpı sembolleriyle işaretlenen ve Çizelge 3.4'te sarı renkle boyanmış olan gemilerin L değerleri, serideki diğer L değerlerine göre saptığından bu beş gemi hesaplamalardan çıkarılacak ve böylece Posdunine formülünün daha hashas şekilde güncellenebilmesi mümkün olacaktır. Diğer taraftan seri dışına çıkarılan beş gemi diğer ana boyut hesaplamalarını da saptıracağından, bu gemiler bir daha kullanılmayacaktır.

Şimdi boy belirlemesi için yukarıda anlatılan işlemler, yeni seri için yeniden yapılacaktır.

Çizelge 3.5 Kırk beş kimyasal tanker için gemi boyunun belirlenmesi

Gemi No	L _{BP} (m)	V (knot)	Δ (ton)	A	c	L _{hes1} (m)	L _{hes2} (m)
1	88.60	12.5	5642	13.230	6.697	86.21	88.73
2	92.80	12.5	6654	13.978	6.639	91.08	93.37
3	99.35	13.0	7683	14.821	6.703	96.57	98.56
4	116.38	14.5	10081	16.683	6.976	108.71	109.83
5	119.28	13.5	11232	16.989	7.021	110.70	111.66
6	123.99	13.5	13696	18.150	6.832	118.27	118.53
7	122.00	14.0	14360	18.609	6.556	121.26	121.23
8	130.00	14.0	17577	19.907	6.530	129.71	128.76
9	149.00	14.0	25771	22.615	6.589	147.36	144.09
10	159.08	14.5	33030	24.778	6.420	161.46	155.96
11	90.00	14.0	5968	13.888	6.481	90.49	92.81
12	94.00	14.0	6575	14.343	6.554	93.46	95.62
13	95.00	14.0	7572	15.034	6.319	97.97	99.86
14	106.00	15.0	8898	16.133	6.570	105.12	106.53
15	111.60	14.5	9581	16.402	6.804	106.88	108.15
16	115.00	14.5	12970	18.145	6.338	118.23	118.51
17	122.70	13.5	13198	17.927	6.844	116.81	117.22
18	117.00	14.5	14278	18.735	6.245	122.08	121.97
19	121.25	14.0	14600	18.713	6.480	121.93	121.83
21	123.90	14.5	16744	19.757	6.271	128.74	127.90
22	116.00	13.5	16076	19.145	6.059	124.75	124.36
23	123.00	13.5	16657	19.373	6.349	126.24	125.68
24	134.65	15.0	17820	20.335	6.621	132.51	131.22
25	134.20	14.5	18640	20.476	6.554	133.43	132.03
26	137.70	15.0	19130	20.822	6.613	135.68	134.00
27	139.50	15.5	19421	21.087	6.615	137.40	135.51
28	139.45	15.5	19842	21.238	6.566	138.39	136.36
29	135.75	14.5	20453	21.120	6.428	137.62	135.69
30	130.60	13.0	20429	20.533	6.360	133.80	132.35
31	128.83	14.0	20703	21.023	6.128	136.99	135.14
33	136.44	13.0	21841	20.996	6.498	136.81	134.99
34	138.00	14.0	22723	21.686	6.364	141.31	138.89
35	134.95	14.0	23784	22.018	6.129	143.47	140.76
36	137.00	14.0	24591	22.264	6.153	145.08	142.14
37	136.46	14.0	25038	22.398	6.092	145.95	142.89
40	86.65	13.5	5091	13.050	6.640	85.03	87.60
42	94.65	13.0	6547	14.051	6.736	91.56	93.82
43	99.35	13.4	7812	15.023	6.613	97.89	99.79
44	106.00	15.0	8984	16.185	6.549	105.46	106.84
45	106.00	15.0	9025	16.209	6.540	105.62	106.98
46	111.60	14.5	9544	16.381	6.813	106.74	108.02
47	110.60	14.0	10513	16.772	6.594	109.29	110.36

48	139.50	15.0	19844	21.078	6.618	137.35	135.46
49	125.60	14.0	17209	19.767	6.354	128.80	127.95
50	142.80	14.0	25129	22.426	6.368	146.13	143.04
				$c_{ort} =$	6.516		



Şekil 3.3 Kırk beş kimyasal tanker için katsayı (c)-parametre (A) grafiği

$$L_{hes1} = c_{ort} A = 6.516 A$$

$$R^2_{Lhes1} = 1 - \frac{S_r}{S_o} = 1 - \frac{804.94}{16788.01} = 0.9521$$

$$L_{hes2} = -0.0357 A^2 + 7.1789 A$$

$$L_{hes2} = -0.0357 \left(\left(\frac{V}{V+2} \right)^2 \Delta^{(1/3)} \right)^2 + 7.1789 \left(\frac{V}{V+2} \right)^2 \Delta^{(1/3)}$$

$$R^2_{Lhes2} = 1 - \frac{S_r}{S_o} = 1 - \frac{615.57}{13638.50} = 0.9549$$

Kırk beş gemi üzerinden (Çizelge 3.5) yeniden yapılan hesaplamalarda, belirleme katsayısının L_{hes2} için $R^2 = 0.9549$ biraz daha arttığı gözlemleniyor. Sonuç olarak kimyasal tankerlerin boyunu hesaplamak için kullanılacak formül, aşağıdaki şekilde olacaktır.

$$L = -0.0357 A^2 + 7.1789 A$$

$$L = -0.0357 \left(\left(\frac{V}{V+2} \right)^2 \Delta^{(1/3)} \right)^2 + 7.1789 \left(\frac{V}{V+2} \right)^2 \Delta^{(1/3)} \text{ (m)} \quad (3.9)$$

3.1.3 Gemi Genişliğinin Belirlenmesi

Deplasman sabitken genişliği artırırsak [3];

- Gemi direnci, güç gereksinimi ve işletim maliyeti artar.
- Başlangıç stabilitesi artar.
- Çelik tekne ağırlığı dolayısıyla inşaat maliyeti artar.
- Yalpa periyodu ve genlikleri azalır, denizcilik artar.

Genişlik başka kısıt yoksa, minimum stabiliteyi sağlayacak şekilde seçilmelidir.

Tanker için literatürde önerilen formüller aşağıda gösterilmiştir.

$$a) \quad B = 0.125L + 2.45 \text{ (m)} \quad [3] \quad (3.10)$$

$$b) \quad B = \frac{L}{7.5} + 1.98 \text{ (m)} \quad [3] \quad (3.11)$$

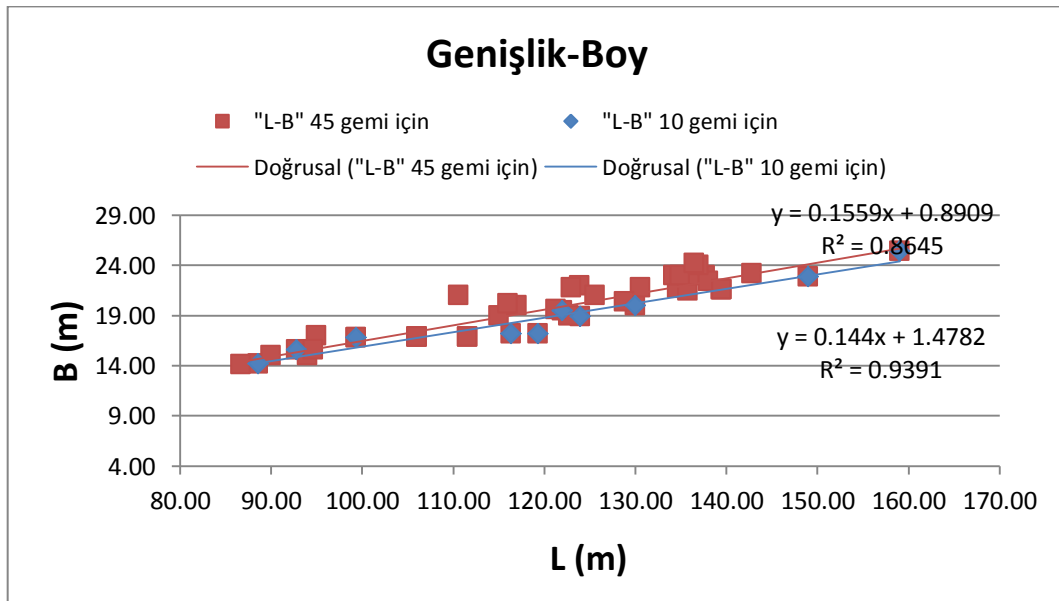
Her iki formöl de neredeyse benzer yapıdadır. Bu yüzden hangisi güncellenmeye çalışılırsa çalışılsın, aynı sonuç bulunacaktır.

Genişlik denklemi örne gemilerden hareketle tahmin edilmeye çalışılır. Genişlik-boy grafiği çizdirilerek (şekil 3.4), genişliğin boya bağlı doğrusal denklemi aşağıdaki gibi bulunmuştur.

Çizelge 3.6 Kırk beş kimyasal tanker için gemi genişliğinin belirlenmesi

Gemi No	L _{BP} (m)	B (m)	B _{hes} (m)
1	88.60	14.20	14.70
2	92.80	15.60	15.36
3	99.35	16.80	16.38
4	116.38	17.20	19.03
5	119.28	17.20	19.49
6	123.99	18.90	20.22
7	122.00	19.50	19.91
8	130.00	20.00	21.16
9	149.00	22.90	24.12
10	159.08	25.40	25.69
11	90.00	15.00	14.92
12	94.00	15.00	15.55
13	95.00	16.98	15.70
14	106.00	16.90	17.42
15	111.60	16.90	18.29
16	115.00	19.00	18.82
17	122.70	19.00	20.02

18	117.00	20.00	19.13
19	121.25	19.60	19.79
21	123.90	22.00	20.21
22	116.00	20.20	18.98
23	123.00	21.80	20.07
24	134.65	21.70	21.88
25	134.20	23.00	21.81
26	137.70	23.00	22.36
27	139.50	21.60	22.64
28	139.45	21.60	22.63
29	135.75	21.50	22.05
30	130.60	21.80	21.25
31	128.83	20.40	20.98
33	136.44	23.00	22.16
34	138.00	22.40	22.41
35	134.95	23.00	21.93
36	137.00	24.00	22.25
37	136.46	24.20	22.17
40	86.65	14.10	14.40
42	94.65	15.60	15.65
43	99.35	16.80	16.38
44	106.00	16.90	17.42
45	106.00	16.90	17.42
46	111.60	16.90	18.29
47	110.60	21.00	18.13
48	139.50	21.60	22.64
49	125.60	21.00	20.47
50	142.80	23.20	23.15



Şekil 3.4 Kırk beş kimyasal tanker için genişlik-boy grafiği

$$B = m L + n$$

$$B_{hes} = 0.1559 L + 0.8909$$

$$R^2_{Bhes} = 0.8645$$

Kırk beş gemi üzerinden (Çizelge 3.6) genişlik için yapılan hesaplamalarda, belirleme katsayısı B_{hes} için $R^2 = 0.8645$ kabul edilebilir büyüklüktedir. Kimyasal tankerlerin genişliğini hesaplamak için kullanılacak formül, aşağıdaki şekilde olacaktır.

$$B = 0.1559 L + 0.8909 \text{ (m)} \quad (3.12)$$

3.1.4 Blok Katsayısının Belirlenmesi

Tanker için literatürde önerilen formül aşağıda gösterilmiştir.

$$a) \text{ Alexander formülü [3]: } C_B = K_1 - K_2 F_n \quad (3.13)$$

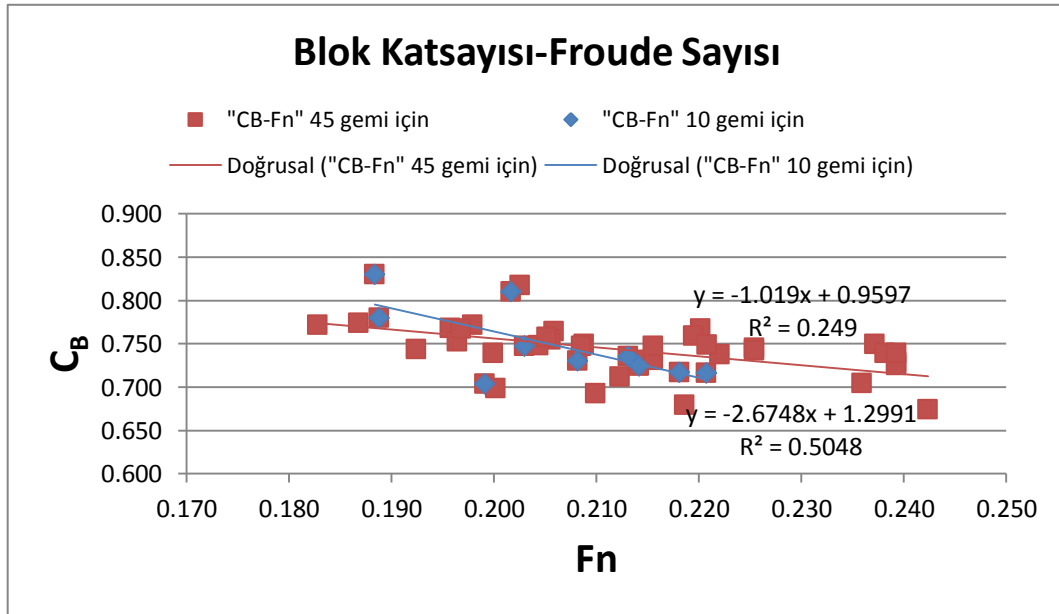
Burada, $F_n = \frac{V}{\sqrt{g.L}}$ 'dir. $K_1 = 1.06-1.08$ ve $K_2 = 1.68$ alınırsa, en ideal sonuçların bulunulabileceği belirtilmiştir.

Blok katsayısı denklemi kırk beş kimyasal tankerden hareketle tahmin edilmeye çalışılır. Blok katsayısı-froude katsayısı grafiği çizdirilerek (Şekil 3.5), blok katsayısının froude sayısına bağlı doğrusal denklemi aşağıdaki gibi bulunmuştur.

Çizelge 3.7 Kırk beş kimyasal tanker için blok katsayısının belirlenmesi

Gemi No	F_n	C_B	C_{Bhes}
1	0.218	0.717	0.737
2	0.213	0.735	0.743
3	0.214	0.724	0.741
4	0.221	0.716	0.735
5	0.203	0.747	0.753
6	0.199	0.704	0.757
7	0.208	0.730	0.748
8	0.202	0.810	0.754
9	0.188	0.830	0.768
10	0.189	0.780	0.767
11	0.242	0.674	0.713
12	0.237	0.749	0.718
13	0.236	0.705	0.719
14	0.239	0.729	0.716
15	0.225	0.745	0.730
16	0.222	0.738	0.733

17	0.200	0.698	0.756
18	0.220	0.767	0.735
19	0.209	0.749	0.747
21	0.214	0.731	0.742
22	0.206	0.764	0.750
23	0.200	0.739	0.756
24	0.212	0.712	0.743
25	0.206	0.754	0.750
26	0.210	0.692	0.746
27	0.216	0.731	0.740
28	0.216	0.747	0.740
29	0.204	0.748	0.751
30	0.187	0.774	0.769
31	0.203	0.818	0.753
33	0.183	0.772	0.773
34	0.196	0.768	0.760
35	0.198	0.772	0.758
36	0.196	0.752	0.760
37	0.197	0.767	0.759
40	0.238	0.739	0.717
42	0.219	0.759	0.736
43	0.221	0.749	0.735
44	0.239	0.725	0.716
45	0.239	0.739	0.716
46	0.225	0.742	0.730
47	0.219	0.679	0.737
48	0.209	0.747	0.747
49	0.205	0.758	0.751
50	0.192	0.744	0.764



Şekil 3.5 Kırk beş kimyasal tanker için blok katsayısı-froude sayısı grafiği

$$C_B = n - m F_n$$

$$C_{Bhes} = 0.9597 - 1.019 F_n$$

$$R^2_{Bhes} = 0.2490$$

Blok katsayısı hesaplamaları sonucunda ortaya çıkan belirleme katsayısı C_{Bhes} için $R^2 = 0.2490$ 1'e oldukça uzaktır. Ancak Çizelge 3.7 incelendiğinde, gerçek blok katsayısı değerleriyle hesaplanan blok katsayısı değerlerinin oldukça tutarlı olduğu görülmektedir (Belirleme katsayısının bu kadar küçük çıkmasının nedeni, blok katsayısı değerlerinin birden küçük rasyonel sayılar olması ve belirleme katsayısı hesaplanırken kareleri alınan blok katsayıların sayısal değerlerinin daha da küçülmesi olabilir.). Bu sebeple bulunan denklem, kimyasal tankerlerin blok katsayısının belirlenmesinde kullanılabilir. Kimyasal tankerlerin blok katsayısını hesaplamak için kullanılacak formül, aşağıdaki şekilde olacaktır.

$$C_B = 0.9597 - 1.019 F_n \quad (3.14)$$

3.1.5 Gemi Derinliğinin Belirlenmesi

Derinlik artarsa [3];

- Yük taşıma kapasitesi artar.
- Boyuna mukavemet artar.
- Ağırlık merkezi güverteye yaklaşacağından stabilite azalır.

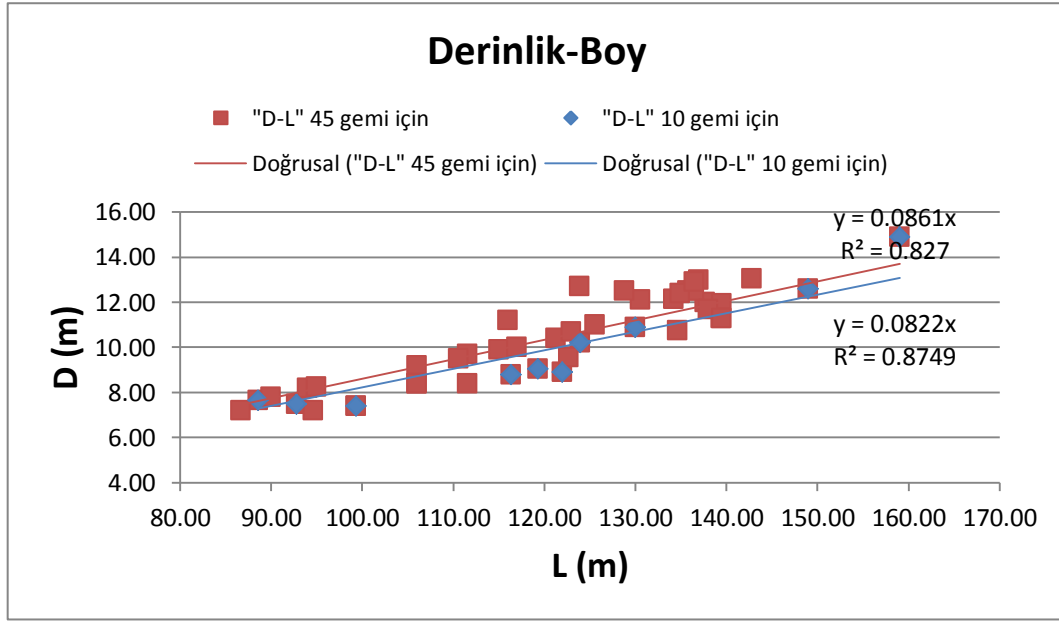
Tanker için literatürde önerilen formül aşağıda gösterilmiştir.

$$a) D = \frac{L}{13,5} (m) [3] \quad (3.15)$$

Yukarıdaki formül $D = k L$ biçimine getirilerek, k katsayısı örnek kimyasal tankerlerden hareketle tahmin edilmeye çalışılır. Derinlik-boy grafiği (Şekil 3.6) çizdirilerek, derinliğin boya bağlı denklemi aşağıdaki gibi bulunmuştur.

Çizelge 3.8 Kırk beş kimyasal tanker için gemi derinliğinin belirlenmesi

Gemi No	L _{BP} (m)	D (m)	D _{hes} (m)
1	88.60	7.65	7.63
2	92.80	7.50	7.99
3	99.35	7.40	8.55
4	116.38	8.80	10.02
5	119.28	9.05	10.27
6	123.99	10.20	10.68
7	122.00	8.90	10.50
8	130.00	10.90	11.19
9	149.00	12.60	12.83
10	159.08	14.90	13.70
11	90.00	7.80	7.75
12	94.00	8.20	8.09
13	95.00	8.25	8.18
14	106.00	9.20	9.13
15	111.60	9.70	9.61
16	115.00	9.90	9.90
17	122.70	9.55	10.56
18	117.00	10.00	10.07
19	121.25	10.40	10.44
21	123.90	12.70	10.67
22	116.00	11.20	9.99
23	123.00	10.70	10.59
24	134.65	10.75	11.59
25	134.20	12.15	11.55
26	137.70	12.00	11.86
27	139.50	11.93	12.01
28	139.45	11.30	12.01
29	135.75	12.50	11.69
30	130.60	12.10	11.24
31	128.83	12.50	11.09
33	136.44	12.50	11.75
34	138.00	11.70	11.88
35	134.95	12.40	11.62
36	137.00	13.00	11.80
37	136.46	12.90	11.75
40	86.65	7.20	7.46
42	94.65	7.20	8.15
43	99.35	7.40	8.55
44	106.00	8.40	9.13
45	106.00	8.40	9.13
46	111.60	8.40	9.61
47	110.60	9.50	9.52
48	139.50	11.30	12.01
49	125.60	11.00	10.81
50	142.80	13.05	12.30



Şekil 3.6 Kırk beş kimyasal tanker için derinlik-boy grafiği

$$D_{hes} = k L$$

$$D_{hes} = 0.0861 L$$

$$R^2_{Dhes} = 0.8270$$

Gemi derinliği hesaplamaları sonucunda ortaya çıkan belirleme katsayısı D_{hes} için $R^2 = 0.8270$ kabul edilebilir büyüklüktedir. Kimyasal tankerlerin derinliğini hesaplamak için kullanılacak formül, aşağıdaki şekilde olacaktır.

$$D = 0.0861 L \text{ (m)} \quad (3.16)$$

3.1.6 Gemi Draftının Belirlenmesi

Draft artarsa genellikle;

- Direnç artar.
- Sevk verimi artar.

Boyu, genişliği ve blok katsayısı belirlenen bir geminin draftı aşağıdaki bağıntıdan bulabilir.

$$T = \Delta / (L_{WL} \cdot B \cdot C_B \cdot \rho) \text{ (m)} \quad (3.17)$$

Draft bulma işlemi yapılırken $L_{WL} \approx L_{BP}$ olarak kabul edilmiştir.

Çizelge 3.9 Kırk beş kimyasal tanker için gemi draftının belirlenmesi

Gemi No	T (m)	T _{hes} (m)
1	6.10	5.92
2	6.10	6.00
3	6.20	6.11
4	6.86	7.09
5	7.15	7.58
6	8.10	7.88
7	7.80	7.93
8	8.50	8.83
9	9.50	9.92
10	10.90	10.60
11	6.40	5.87
12	6.07	6.23
13	6.50	6.06
14	6.65	6.74
15	6.65	7.01
16	7.85	7.66
17	7.91	7.65
18	7.76	7.77
19	8.00	7.99
21	8.20	7.83
22	8.76	8.33
23	8.20	7.85
24	8.36	8.21
25	7.81	7.98
26	8.51	8.12
27	8.60	8.75
28	8.60	8.88
29	9.14	9.10
30	9.05	8.98
31	9.40	9.73
33	8.80	8.87
34	9.34	9.37
35	9.69	9.46
36	9.70	9.26
37	9.64	9.31
40	5.50	5.61
42	5.70	5.93
43	6.10	6.19
44	6.75	6.78
45	6.65	6.80
46	6.65	6.99
47	6.50	6.01
48	8.60	8.86
49	8.40	8.32
50	9.95	9.67

$$R^2_{\text{Thes}} = 1 - \frac{S_r}{S_o} = 1 - \frac{3.31}{76.68} = 0.9569$$

Belirleme katsayısı T_{hes} için $R^2 = 0.9569$ incelendiğinde, belirleme katsayısının 1'e bu kadar yakın olması gerçek draft değerleri ile hesaplanan draft değerlerinin birbirine oldukça uyum sağladığı anlamına gelmektedir. Draftın belirlenmesi işlemi, aynı zamanda bu aşamaya kadar yapılan hesaplamaların sağlaması niteliğindedir. Draft değerlerinin bu derecede uyum göstermesi şu ana kadar yapılan ana boyut belirleme işlemlerinin doğru yapılmış olduğunun kanıtıdır.

3.2 Ana Makine Gücünün Belirlenmesi

Gemilerin istenen hızda sevk edilebilmesi için gerekli güç ihtiyacının doğru olarak hesaplanması önemlidir. Bu yüzden de gemiye ait direnç ve sevk karakteristiklerinin ayrı ayrı ele alınarak, bu karakteristiklerin bir takım yöntemlerden (I. Yöntem: Eş veya benzer gemilerden yararlanılarak toplam direncin ve efektif gücün belirlenmesi, II. Yöntem: İstatiksel diyagramlardan yararlanılarak toplam direncin ve efektif gücün belirlenmesi, III. Yöntem: Sistematik direnç araştırmalarının istatiksel analizi yapılarak toplam direncin ve efektif gücün belirlenmesi, IV Yöntem: Model deneyleri yapılarak toplam direncin ve efektif gücün belirlenmesi ve V. Yöntem: Sistematik model deneylerinden çıkarılan yöntemler kullanılarak toplam direncin ve efektif gücün belirlenmesi) geçirilerek, toplam direncin (R_T) ve efektif gücün (P_E) bulunması gerekir. Ancak bu hesaplamaların yapılarak güç ihtiyacının saptanması, sistematik analiz yöntemi gibi çok sayıda hesaplama gerektiren durumlarda pratik olmayacaktır. Bu sebeple geliştirilecek güncel ampirik yaklaşımlardan yararlanmak daha doğru olacaktır.

Ana makine gücü için literatürde önerilen formüller aşağıda gösterilmiştir.

$$\text{a) Harvald formülü [19]: } P_B = \frac{\Delta^{(2/3)} V^3}{C} \text{ (kW)} \quad (3.18)$$

Burada; $C = 3.7(\sqrt{L} + \frac{75}{V})$, Δ (ton) ve V (m/s)'dir.

$$\text{b) Kupras formülü (tankerler için) [3]: } EHP = C \frac{\Delta^{(2/3)} V^3}{427.1} \text{ (HP)} \quad (3.19)$$

Burada; $C = 0.987 - 0.004L - 0.275 C_B$, Δ (ton) ve V (knot)'dir.

$$c) \text{ Völker formülü (ticaret gemileri için) [3]: } P_B = \frac{\Delta^{0.567} V^{3.6}}{1670\eta_D} \text{ (kW)} \quad (3.20)$$

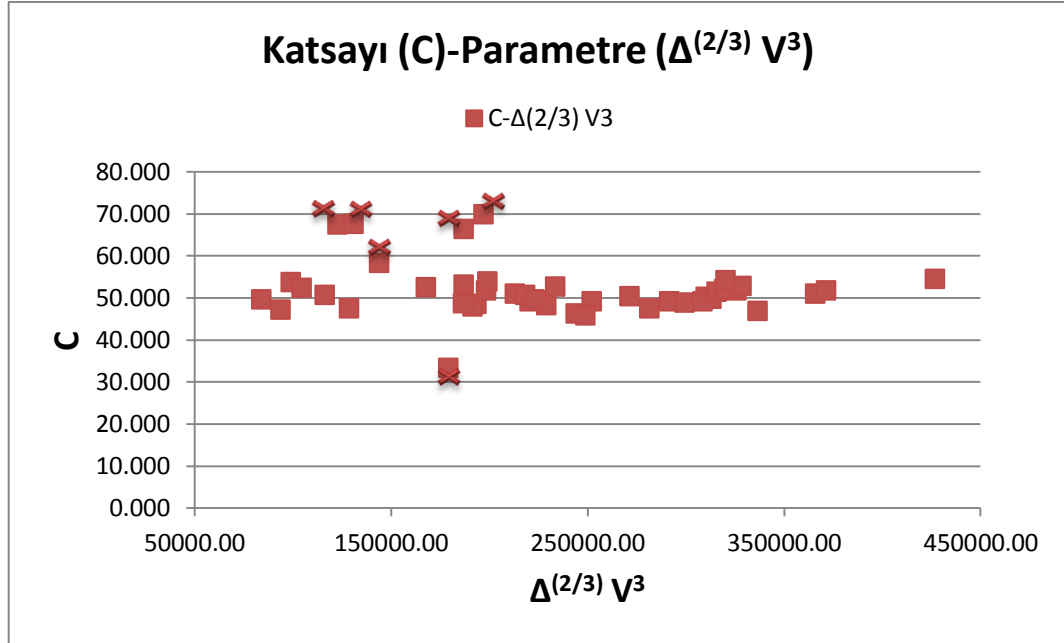
Burada; Δ (ton), V (knot) ve η_D , genel sevk verimi (bilinmiyorsa, kabaca $\eta_D = 0.6$ alınabilir)'dir.

Literatürde önerilen formüller incelendiğinde güç ihtiyacının temel değişkenlerinin hız ve deplasman olduğu görülmektedir. Gemilerin genel sevk verimi hakkında herhangi bir veriye sahip olunmadığından, Völker formülü kullanılmayacaktır. Geriye kalan iki formül ise neredeyse birbirinin benzeridir. Harvald tarafından önerilen formül örnek gemilere ait bilgiler kullanılarak güncellenecektir. Harvald formülünü revize edilirken amaç, C katsayısını örnek gemilerden yola çıkarak güncellemektir. Birinci adım olarak, C katsayısı ile $\Delta^{(2/3)} V^3$ parametresi Şekil 3.7'de görüldüğü üzere çizdirilmiştir. Serideki C değerlerinin genellikle 45-55 arasında değiştiği görülmektedir. Seriden sapan altı gemi Çizelge 3.10'da sarı renkle boyanmış ve Şekil 3.7'de çarpı işareti ile işaretlenerek seriden çıkarılmıştır. İkinci adımda ise yeni seri için, $C = 3.7(\sqrt{L} + \frac{75}{V})$ katsayısının revize edilip edilemeyeceği araştırılır.

Çizelge 3.10 Kırk beş kimyasal tanker için ana makine gücünün belirlenmesi

Gemi No	L (m)	V (knot)	Δ (ton)	P (kW)	$\Delta^{(2/3)} V^3$	C
1	88.60	12.5	5642	1700	84253.20	49.561
2	92.80	12.5	6654	2000	94049.68	47.025
3	99.35	13.0	7683	2300	116433.28	50.623
4	116.38	14.5	10081	4000	193645.70	48.411
5	119.28	13.5	11232	3200	167962.07	52.488
6	123.99	13.5	13696	4000	191704.49	47.926
7	122.00	14.0	14360	4500	220657.38	49.035
8	130.00	14.0	17577	5148	252496.16	49.047
9	149.00	14.0	25771	6300	325871.12	51.726
10	159.08	14.5	33030	7860	427179.51	54.349
11	90.00	14.0	5968	1825	122890.75	67.322
12	94.00	14.0	6575	1943	131082.42	67.458
13	95.00	14.0	7572	2473	144022.78	58.235
14	106.00	15.0	8898	2826	197257.73	69.790
15	111.60	14.5	9581	2826	187189.27	66.228
16	115.00	14.5	12970	4750	229072.07	48.226
17	122.70	13.5	13198	3530	187032.06	52.984
18	117.00	14.5	14278	5280	244217.00	46.253
19	121.25	14.0	14600	4500	223109.80	49.580
21	123.90	14.5	16744	5400	271590.66	50.295

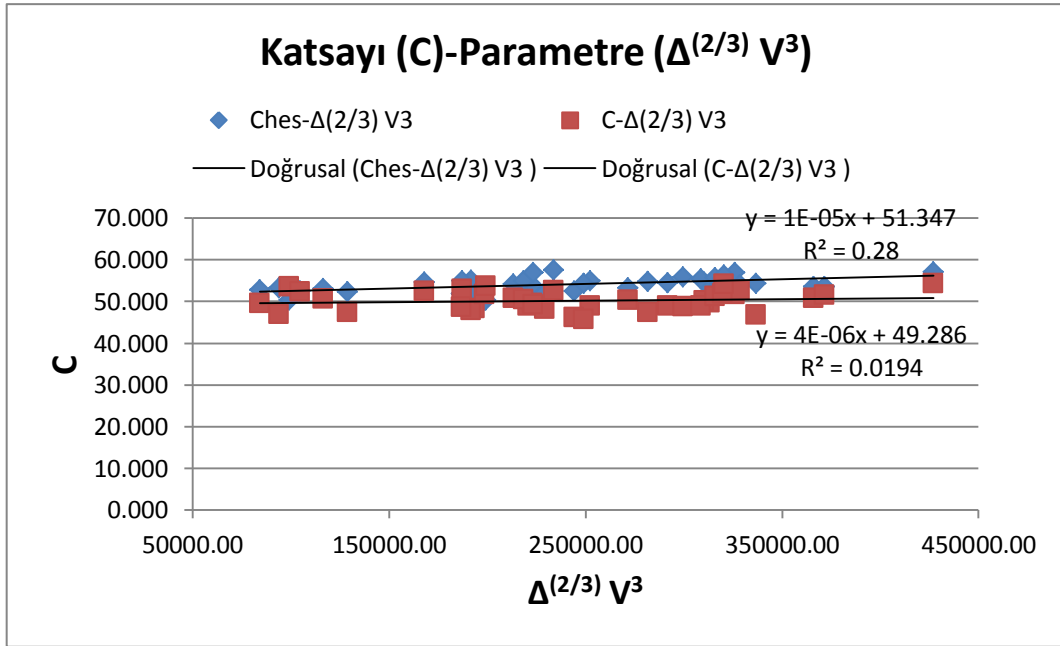
22	116.00	13.5	16076	4192	213317.02	50.887
23	123.00	13.5	16657	4320	218420.83	50.560
24	134.65	15.0	17820	6300	313410.81	49.748
25	134.20	14.5	18640	5950	291723.95	49.029
26	137.70	15.0	19130	6230	328584.31	52.742
27	139.50	15.5	19421	7200	366224.66	50.865
28	139.45	15.5	19842	7200	371496.88	51.597
29	135.75	14.5	20453	6190	310341.84	50.136
30	130.60	13.0	20429	4530	223476.57	49.333
31	128.83	14.0	20703	5940	281610.30	47.409
33	136.44	13.0	21841	4440	233659.51	52.626
34	138.00	14.0	22723	6141	299638.76	48.793
35	134.95	14.0	23784	6300	308896.49	49.031
36	137.00	14.0	24591	6150	315844.53	51.357
37	136.46	14.0	25038	6150	319663.07	51.978
40	86.65	13.5	5091	1850	99103.33	53.569
42	94.65	13.0	6547	2000	104650.40	52.325
43	99.35	13.4	7812	2720	128940.03	47.404
44	106.00	15.0	8984	3840	198529.56	51.700
45	106.00	15.0	9025	3700	199126.35	53.818
46	111.60	14.5	9544	3840	186710.01	48.622
47	110.60	14.0	10513	5400	179244.48	33.193
48	139.50	15.0	19844	7200	336718.72	46.766
49	125.60	14.0	17209	5440	248956.94	45.764
50	142.80	14.0	25129	5920	320434.88	54.128



Şekil 3.7 Kırk beş kimyasal tanker için katsayı (C)-parametre ($\Delta^{(2/3)} V^3$) grafiği

Çizelge 3.11 Otuz dokuz kimyasal tanker için ana makine gücünün belirlenmesi

Gemi No	L (m)	V (knot)	Δ (ton)	P (kW)	$\Delta^{(2/3)} V^3$	C	C _{hes}
1	88.60	12.5	5642	1700	84253.20	49.561	52.778
2	92.80	12.5	6654	2000	94049.68	47.025	53.351
3	99.35	13.0	7683	2300	116433.28	50.623	53.132
4	116.38	14.5	10081	4000	193645.70	48.411	52.449
5	119.28	13.5	11232	3200	167962.07	52.488	54.604
6	123.99	13.5	13696	4000	191704.49	47.926	55.159
7	122.00	14.0	14360	4500	220657.38	49.035	53.990
8	130.00	14.0	17577	5148	252496.16	49.047	54.917
9	149.00	14.0	25771	6300	325871.12	51.726	57.009
10	159.08	14.5	33030	7860	427179.51	54.349	57.194
16	115.00	14.5	12970	4750	229072.07	48.226	52.283
17	122.70	13.5	13198	3530	187032.06	52.984	55.008
18	117.00	14.5	14278	5280	244217.00	46.253	52.524
19	121.25	14.0	14600	4500	223109.80	49.580	53.902
21	123.90	14.5	16744	5400	271590.66	50.295	53.341
22	116.00	13.5	16076	4192	213317.02	50.887	54.211
23	123.00	13.5	16657	4320	218420.83	50.560	55.044
24	134.65	15.0	17820	6300	313410.81	49.748	53.757
25	134.20	14.5	18640	5950	291723.95	49.029	54.520
26	137.70	15.0	19130	6230	328584.31	52.742	54.097
27	139.50	15.5	19421	7200	366224.66	50.865	53.535
28	139.45	15.5	19842	7200	371496.88	51.597	53.530
29	135.75	14.5	20453	6190	310341.84	50.136	54.694
30	130.60	13.0	20429	4530	223476.57	49.333	56.929
31	128.83	14.0	20703	5940	281610.30	47.409	54.783
33	136.44	13.0	21841	4440	233659.51	52.626	57.586
34	138.00	14.0	22723	6141	299638.76	48.793	55.815
35	134.95	14.0	23784	6300	308896.49	49.031	55.476
36	137.00	14.0	24591	6150	315844.53	51.357	55.704
37	136.46	14.0	25038	6150	319663.07	51.978	55.644
40	86.65	13.5	5091	1850	99103.33	53.569	50.411
42	94.65	13.0	6547	2000	104650.40	52.325	52.511
43	99.35	13.4	7812	2720	128940.03	47.404	52.319
44	106.00	15.0	8984	3840	198529.56	51.700	50.356
45	106.00	15.0	9025	3700	199126.35	53.818	50.356
46	111.60	14.5	9544	3840	186710.01	48.622	51.867
48	139.50	15.0	19844	7200	336718.72	46.766	54.296
49	125.60	14.0	17209	5440	248956.94	45.764	54.411
50	142.80	14.0	25129	5920	320434.88	54.128	56.342



Şekil 3.8 Otuz dokuz kimyasal tanker için katsayısı (C)-parametre ($\Delta^{(2/3)} V^3$) grafiği

Gerçek C katsayısı değerleri ile $C = 3.7(\sqrt{L} + \frac{75}{V})$ formülünden hesaplanan değerler uyumlaştırılmaya çalışılmıştır. C’de yer alan sayısal katsayılar değiştirilerek, C_{hes} katsayısı değerleri Şekil 3.8’de çizdirilmiştir. C’nin formülü $C = 2.6(\sqrt{L} + \frac{70}{V})$ şeklinde revize edildiğinde, gerçek C katsayısı değerleri ve C_{hes} katsayısı değerleri için eğilim çizgilerinden elde edilen denklemlerin yaklaşık olarak birbirine eşit olduğu görülmektedir. Buradan Harvald denklemi aşağıdaki şekle dönüşmüştür.

$$P_B = \frac{\Delta^{(2/3)} V^3}{C} \text{ (kW)} , \quad C = 2.6 \left(\sqrt{L} + \frac{70}{V} \right) \quad (3.21)$$

3.3 Gemi Ağırlıklarının Belirlenmesi

Bir geminin ağırlığı genel olarak gemideki tüm ağırlıkların toplamıyla ($\Delta = \sum W_i$) bulunur. Ancak ticari gemilerde gemi ağırlığı, geminin boş haldeki ağırlığı ($W_{LS} = \text{light ship}$) ve yük taşıma kapasitesinin (DWT) toplamı olarak düşünülür. Boş gemi ağırlığı ise çelik tekne ağırlığı (W_s), donanım ağırlığı (W_o) ve makine ağırlığının (W_m) toplamıdır [3].

$$\Delta = W_{LS} + DWT$$

$$W_{LS} = W_s + W_o + W_m$$

3.3.1 Çelik Tekne Ağırlığının Belirlenmesi

Çelik tekne ağırlığı için literatürde önerilen formüller aşağıda gösterilmiştir.

$$a) \text{ Kübik sayı benzerliği [3]: } W_s = C_N (LBD) \text{ (ton)} \quad (3.22)$$

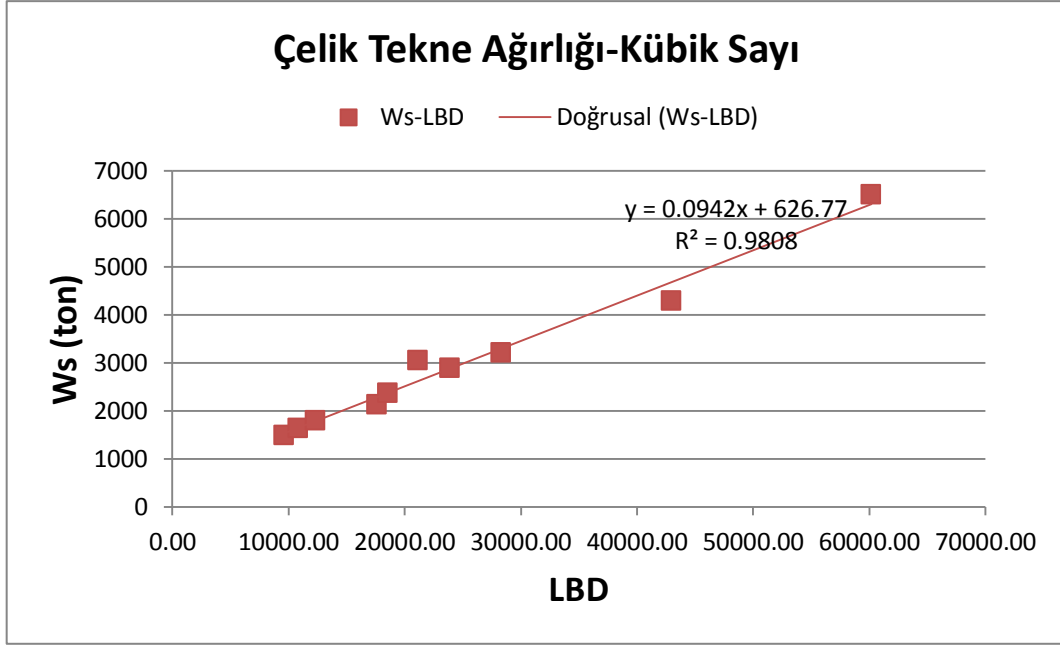
$$b) \text{ Kuadrik sayı benzerliği [3]: } W_s = C_Q L (B+D) \text{ (ton)} \quad (3.23)$$

$$c) \text{ Kafalı formülü (tankerler için) [6]: } W_s = \frac{\Delta^{\log 10.6}}{7.231} \text{ (ton)} \quad (3.24)$$

Literatürde önerilen formüller incelendiğinde çelik tekne ağırlığının kübik sayı, kuadrik sayı ve deplasman değişkenleriyle ilişkilendirildiği görülmektedir. Her üç formül de alınarak revize edilebilir; ancak sadece ilk formül revize edilecektir. Bu formül kübik sayı benzerliğinden türetilmiştir. Ağırlık ve maliyetleri bilenen on kimyasal tankerden yola çıkarak birinci adımda C_N katsayısı değerleri bulunarak ortalama bir C_N değerine ulaşıp $W_{s_{hes1}}$ hesaplanır. İkinci adımda ise çelik tekne ağırlığı kübik sayının (LBD) fonksiyonu olarak Şekil 3.9'da çizdirildiğinde, çelik tekne ağırlığının kübik sayının (LBD) doğrusal fonksiyonu şeklinde ifade edilebileceği görülmektedir.

Çizelge 3.12 Çelik tekne ağırlığının belirlenmesi

Gemi No	L (m)	B (m)	D (m)	Ws (ton)	LBD	C_N	$W_{s_{hes1}}$ (ton)	$W_{s_{hes2}}$ (ton)
1	88.60	14.20	7.65	1495	9624.62	0.1553	1239.91	1533.41
2	92.80	15.60	7.50	1640	10857.60	0.1510	1398.75	1649.56
3	99.35	16.80	7.40	1797	12351.19	0.1455	1591.16	1790.25
4	116.38	17.20	8.80	2140	17615.28	0.1215	2269.32	2286.13
5	119.28	17.20	9.05	2380	18567.12	0.1282	2391.94	2375.79
6	122.00	19.50	8.90	3050	21173.10	0.1441	2727.66	2621.28
7	123.99	18.90	10.20	2900	23902.79	0.1213	3079.32	2878.41
8	130.00	20.00	10.90	3213	28340.00	0.1134	3650.95	3296.40
9	149.00	22.90	12.60	4300	42992.46	0.1000	5538.58	4676.66
10	159.08	25.40	14.90	6500	60205.42	0.1080	7756.07	6298.12
					$C_{Nort} =$	0.1288		



Şekil 3.9 Çelik tekne ağırlığı-küçük sayı grafiği

$$W_{shes1} = C_{Nort} (LBD) = 0.1288 (LBD)$$

$$R^2_{Wshes1} = 1 - \frac{S_r}{S_o} = 1 - \frac{3622168.54}{38345715.10} = 0.9055$$

$$W_{shes2} = m.(LBD) + n$$

$$W_{shes2} = 0.0942 (LBD) + 626.77$$

$$R^2_{Wshes2} = 0.9808$$

Belirleme katsayıları incelendiğinde, W_{shes2} için $R^2 = 0.9808$ 'in W_{shes1} için $R^2 = 0.9055$ 'e göre, daha büyük olduğu görülür. Buradan kimyasal tankerler için çelik tekne ağırlığı formülü, aşağıdaki şekilde olacaktır.

$$W_s = 0.0942 (LBD) + 626.77 \text{ (ton)} \quad (3.25)$$

3.3.2 Teçhizat Ağırlığının Belirlenmesi

Her ne kadar literatürde gemi boş ağırlığı (W_{LS}) çelik tekne ağırlığı, donanım ağırlığı ve ana makine ağırlığının toplamı şeklinde ifade edilmiş olsa da; armatörlerden alınan verilere göre gemi boş ağırlığı çelik tekne ağırlığı, teçhizat ağırlığı ve ana makine ağırlığının toplamı şeklinde tanımlanmıştır. Alınan verilerde, donanım ağırlığının bir kısmı çelik tekne ağırlığına dâhil edilmiştir. Bu yüzden teçhizat ağırlığı, donanım

ağırlığının yerine kullanılacaktır. Teçhizat ağırlığına hangi ekipmanların dâhil edildiği Çizelge 3. 13'te gösterilmiştir.

Çizelge 3.13 Teçhizat ağırlıklarına dâhil edilen ekipmanlar

Teçhizat Ekipmanları
Baba, Loça, Manda gözü, Saptırma makarası, Halat tamburu, Çelik kapılar, Dik lama merdivenler, Güverte ekipman temelleri (foundation) (Portable, Tank Yık., HL, Temp, Radar,...), Irgat bağlantı takozları, Izgaralı yatay dış E/R merdivenleri, Kapaklı/kapaksız panjurlar, Kaportalar, Kargo kapağı braketleri, Kargo tank kapakları, Kargo tank merdivenleri, Kargo tankları paslanmaz destekler (support) (Sloplar hariç), Kargo kuyuları alt takviyeleri, Parampet takviyeleri & Lama, Demirleme ekipmanları temelleri alt takviye ayakları ve takozları, Zincir akış borusu, Zincir simidi altı dablın saçı, Zincir stoperi, Zincirlik Izgaraları, Zincir bağlantı detayı, Zincir borusu dökümleri, Zincir loçası, Güverte ısıtıcısı temeli, Güverte sızdırmazlık temeli, Borda feneri kutusu, Borda merdiven temeli, Eksoz boruları, Eksoz boruları baca çıkış perde geçişleri (Eksoz CVT/ST bağlantıları dahil), Baca forsu, Baca karkasları, Ek levha, Taşıntı tavaları, E/R Dere lamaları, Usturmaça ve lamalar, Köpük tank yapısı, Framo temeli ve alt takviyeleri, Framo kuyuları, Framo yolları, Serbest düşme alt takviye & Rampa platformu, Serbest düşme rampası, Kurtarma botu temeli, Hortum kreyni temeli, Hortum destekleri, Loça ağzı borusu, Yaşam mahalli ECR lumbuz kasaları, Yaşam mahalli dahili merdivenler, Yaşam mahalli dere lamaları

Teçhizat ağırlığı belirlenirken, literatürde donanım ağırlığı için önerilen formüller üzerinden güncellenme yapılacaktır.

Donanım ağırlığı için literatürde önerilen formüller aşağıda gösterilmiştir.

a) Schneekluth formülü [4]: $W_o = K (LB) \text{ (ton)}$ (3.26)

Burada; $K = 0.28 \text{ (t/m}^3 \text{)}$ (L= 150 m civarındaki tankerler için)'dir.

b) Mandel formülü [20]: $W_o = 0.15 (0.00986 LB)^{1.60} \text{ (ton)}$ (3.27)

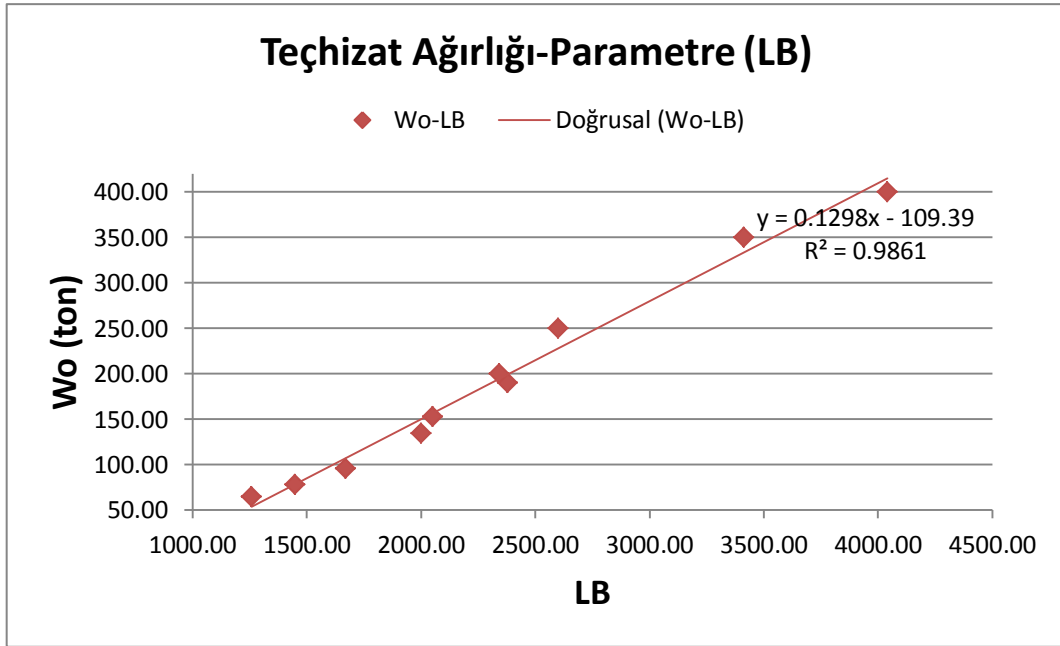
c) Watson-Gilfillan formülü [3]: $W_o = 0.45 (LB) \text{ (ton)}$ (3.28)

$$d) \text{ Kafalı formülü [6]: } Wo = 0.18 (LBD)^{0.8} \text{ (ton)} \quad (3.29)$$

Literatürde önerilen formüller incelendiğinde donanım ağırlığının temel değişkenlerinin boy ve genişlik değerleri olduğu görülmektedir. İlk üç formül neredeyse birbirinin benzeridir. Schneekluth formülü daha genel bir ifadedir ve bu yüzden bu denklem revize edilecektir. Örnek on kimyasal tankerden yola çıkarak, birinci adımda K değerleri bulunarak ortalama bir K değerine ulaşıp, Wo_{hes1} hesaplanır. İkinci adımda ise teçhizat ağırlığını (LB) parametresinin fonksiyonu olarak Şekil 3.10'da çizdirilerek, teçhizat ağırlığının (LB) parametresinin bir fonksiyonu şeklinde ifade edilip edilemeyeceği araştırılır.

Çizelge 3.14 Teçhizat ağırlığının belirlenmesi

Gemi No	L (m)	B (m)	LB	Wo (ton)	K	Wo_{hes1} (ton)	Wo_{hes2} (ton)
1	88.60	14.20	1258.12	65	0.0517	96.63	53.91
2	92.80	15.60	1447.68	78	0.0539	111.18	78.52
3	99.35	16.80	1669.08	96	0.0575	128.19	107.26
4	116.38	17.20	2001.74	135	0.0674	153.74	150.44
5	119.28	17.20	2051.62	153	0.0746	157.57	156.91
6	122.00	19.50	2379.00	190	0.0799	182.71	199.40
7	123.99	18.90	2343.41	200	0.0853	179.98	194.78
8	130.00	20.00	2600.00	250	0.0962	199.68	228.09
9	149.00	22.90	3412.10	350	0.1026	262.05	333.50
10	159.08	25.40	4040.63	400	0.0990	310.33	415.08
				$K_{ort} =$	0.0768		



Şekil 3.10 Teçhizat ağırlığı-parametre (LB) grafiği

$$Wo_{hes1} = K_{ort} (LB) = 0.0768$$

$$R^2_{Wo_{hes1}} = 1 - \frac{S_r}{S_o} = 1 - \frac{22271.10}{41465.96} = 0.4629$$

$$Wo_{hes2} = m (LB) + n$$

$$Wo_{hes2} = 0.1298 (LB) - 109.39$$

$$R^2_{Wo_{hes2}} = 0.9861$$

Belirleme katsayıları incelendiğinde Wo_{hes2} için $R^2 = 0.9861$ 'in Wo_{hes1} için $R^2 = 0.4629$ 'a göre, daha büyük olduğu görülür. Buradan kimyasal tankerler için teçhizat ağırlığı formülü, aşağıdaki şekilde olacaktır.

$$Wo = 0.1298 (LB) - 109.39 \text{ (ton)} \quad (3.30)$$

3.3.3 Ana Makine Ağırlığının Belirlenmesi

Ana makine ağırlığı için, literatürde önerilmiş formüllerden biri kullanılacaktır.

Ana makine ağırlığı için literatürde önerilen formüller aşağıda gösterilmiştir.

$$a) \text{ Watson-Gilfillan formülü [3]: } W_m = 8.8 P_B^{0.3} \text{ (ton)} \quad (3.31)$$

Burada, P_B (kW)'dir.

$$b) \text{ Watson-Gilfillan formülü [3]: } W_m = 9.38 \left(\frac{BHP}{RPM} \right)^{0.84} (\text{ton}) \quad (3.32)$$

Burada; BHP (HP) ve RPM (dev/dak)'dir.

$$c) \text{ Barras formülü [3]: } W_m = \frac{P_B}{13.5} + 300 (\text{ton}) \quad (3.33)$$

Burada, P_B (kW)'dir.

$$d) \text{ Barras formülü [3]: } W_m = \frac{BHP}{18} + 300 (\text{ton}) \quad (3.34)$$

Burada, BHP (HP)'dir.

$$e) \text{ Kupras formülü [3]: } W_m = P_B (895 - 0.0025 P_B) / 10^4 (\text{ton}) \quad (3.35)$$

Burada, P_B (kW)'dir.

Literatürde önerilen formüller incelendiğinde ana makine ağırlığının temel değişkenin ana makine gücü olduğu görülmektedir. Barras formülleri incelendiğinde, ana makine ağırlığının en az 300 tondan başladığı kabul edilmektedir. Watson-Gilfillan formülü (3.30) ise beygir gücüne ve ana makinenin devir sayısına bağlıdır ve bu yüzden eldeki verilerin birimlerine uygun değildir. Geriye kullanılabilecek iki formül kalmaktadır. Bu formüllerden Watson-Gilfillan formülü Kupras'a göre daha basit bir yapıya sahiptir. Bu yüzden Watson-Gilfillan tarafından önerilen formül ana makine ağırlığının bulunmasında kullanılacaktır.

$$W_m = 8.8 P_B^{0.3} (\text{ton}) \quad (3.36)$$

3.4 Gemi İnşa Maliyetlerinin Belirlenmesi

Gemi inşa maliyetleri de gemi ağırlık hesabında olduğu gibi gruplandırılarak tahmin edilmeye çalışılacaktır. Gemi üretim maliyetleri işçilik maliyeti, çelik maliyeti, donanım maliyeti, makine maliyeti ve diğer maliyetler olmak üzere beş gruba ayrılarak sınıflandırılmıştır (Çizelge 3.15). Bu maliyet gruplarına, hangi kalemlerin dâhil edildiği Çizelge 3.15'te ayrıntılı şekilde gösterilmiştir. Şimdi bu maliyetlerin hesaplanabilmesi için literatürde önerilmiş formüllerden yola çıkarak, pratik ampirik yaklaşımlar türetilmeye çalışılacaktır.

Çizelge 3.15 Gemi inşa maliyetlerinin sınıflandırılması

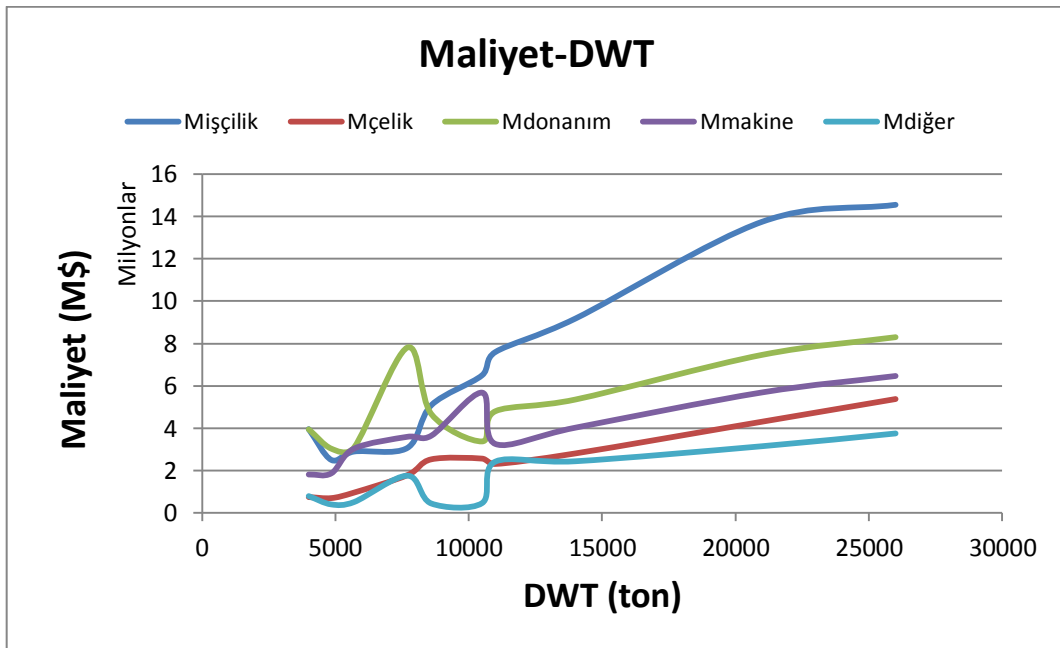
Gemi İnşa Maliyetlerinin Sınıflandırılması	
İşçilik Maliyetleri	Çelik işçiliği, Donatım işçiliği, vs.
Çelik Maliyetleri	Sac, Profil, Shop-primer (astar boya), vs.
Donanım Maliyetleri	Dümen sistemi ve otomasyonu, Dümen yelpaze ve teçhizatı, Kargo pompaları, Havalandırma ve fanlar, Çelik boru ve tertibatları (fitting), Yanmaz panel ve kapılar, Portatif can salları, Alarm monitör sistemi, Süveyş kanal projektörü, Tank yıkama sistemi, Balast valfleri, Kargo valfleri, Makine dairesi borda valfi, Makine dairesi devre valfi, P/V valfler, Uzaktan kumandalı valfler, Vakum valfler, Boru, valf ve tertibatı, Hava firar başlıkları, Tatlı su sistemi, Yangın söndürme sistemi, Alarm sistemi, Yangın elbisesi, Yangın detektör sistemi, Nitrogen sistemi, Baş pervane (F.P.P), Halatlar, Düdük, Köpük sistemi, Pis su sistemi, Cam sileceği, Kablolar, Çapa ve zincir, Pencere ve camlar, Tuvalet sistemi, Borda merdivenleri, Tank iskandil sistemi, Aydınlatma sistemi, Kablo sızdırmazlık elemanları, Quick closing (ani kapama) sistemi, Isı izolasyon malzemeleri, Yaşam mahalli zemin dolgu (Sika), Makine telgrafı, Güvenlik malzemeleri, Tank seviye alarm sistemi, Tank seviye göstergeleri, Sintine alarm sistemi, Elektrik malzeme, İncinerator (çöp yakma), Serbest düşme ve kurtarma botu, Serbest düşme ve kurtarma botu vinci, Tatlı su jeneratörü, Seyir feneri ve kontrol panosu, Telefon ve radyo sistemi, Kargo hortum vinci, Güverte ırgat ve ekipmanları, Paslanmaz boru, Paslanmaz diğer malzeme, Kargo monitoring (görüntüleme) sistemi, Kaptan koltuğu, Navigasyon, Gas detection (gaz alarm) sistemi, vs.
Makine Maliyetleri	Makine paket, Chock fast, Epocast, ODME, Kazanlar, Pompalar, Sirkülasyon pompaları, Jeneratörler, Seperatörler, Tüpler ve hava kompresörleri, Booster modül, Isı değiştiricisi, Sintine seperatörü, Elektrik motorları, Ejektör, Şaft ekipman, vs.
Diğer Maliyetler	Boya, Muhtelif yağ ve yakıt, Lloyd, Dizayn, Personel/yakıt dahili gider, Nakliye, Gümrük, Sigorta, Görünmeyen kalemler, vs.

Aşağıda armatörlerden alınan on kimyasal tankerin üretim maliyetleri yukarıda ortaya konulmuş prensip doğrultusunda gruplandırılarak, Çizelge 3.16’da gösterilmiştir. Bu on kimyasal tankere ilişkin maliyetler 2008-2010 yılları arasında Türkiye’de inşa edilmiş kimyasal tankerlerden alınan maliyetlerdir. Bazı armatörlük şirketleri tarafından verilen

bu maliyetler, ticari sır kapsamında olduğundan bu maliyetlerin nereden elde edildiğine ilişkin kaynak belirtilmeyecektir.

Çizelge 3.16 Kimyasal tankerlerin inşa maliyetleri

Gemi No	DWT (ton)	Mişç (\$)	Mçe (\$)	Mdon (\$)	Mmak (\$)	Mdiğer (\$)	M _{TOP} (\$)
1	4000	3958000	747500	3947429	1814450	794750	11262129
2	4850	2500000	700000	3032600	1872000	400000	8504600
3	5700	2898840	960294	3084340	3035690	512201	10491365
4	7700	3069962	1785000	7810772	3594752	1756792	18017278
5	8600	5091745	2531719	4663389	3651021	443448	16381322
6	10500	6500000	2564450	3376203	5680339	462791	18583783
7	11000	7600000	2313000	4803819	3254520	2425000	20396339
8	14000	9180000	2810000	5354559	4026465	2439500	23810524
9	21000	13750000	4310000	7465000	5691000	3150000	34366000
10	26000	14550000	5377500	8298500	6466500	3752500	38445000



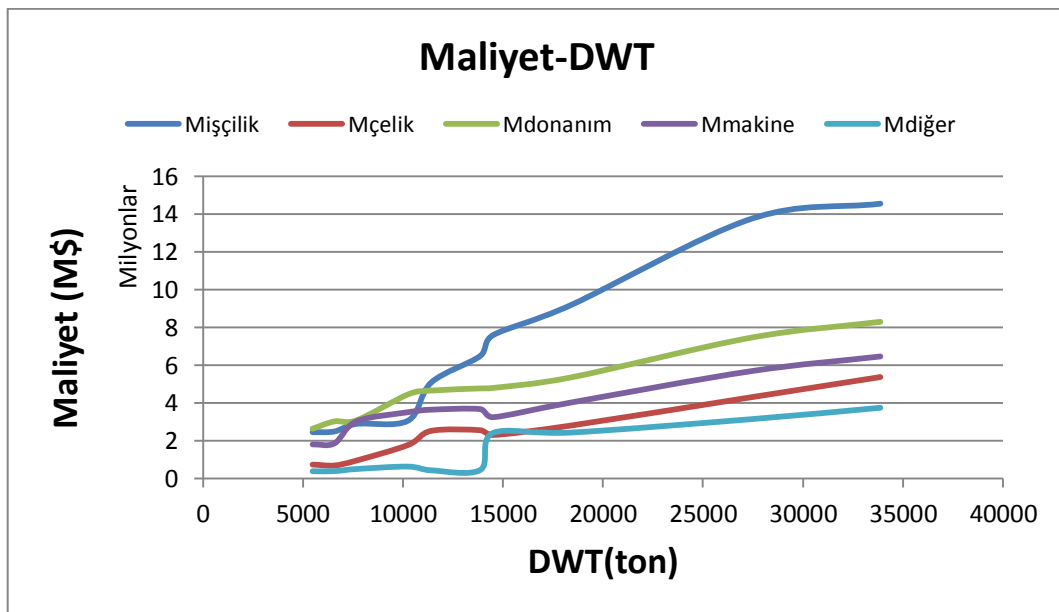
Şekil 3.11 Kimyasal tankerlerin inşa maliyetleri-DWT grafiği

Çizelge 3.16’da gösterilen maliyet grupları yük taşıma kapasitesine (DWT) bağlı olarak Şekil 3.11’de çizdirilmiştir. Şekil 3.11 ve Çizelge 3.16 ayrıntılı şekilde incelendiğinde, bazı gemilerin maliyetlerinde dalgalanmalar olduğu görülmektedir (Bu maliyetler Çizelge 3.16’da sarı renkle boyanmıştır.). Bu gemiler 4000, 7700 ve 10500 DWT’luk gemilerdir. Maliyet dalgalanmalarındaki neden, 2006 yılında başlayan uluslararası

ekonomik krizin 2008 yılında Türkiye'nin ekonomik piyasasını etkilemesidir. Bu kriz yüzünden malzeme fiyatlarının artması, yatırımların durmasına neden olmuştur. Malzeme fiyatlarının artışı ise direkt olarak gemi inşa sektörüne yansarak, 2008-2010 sürecinde inşa edilen gemilerin maliyetlerinin farklılaşmasına sebep olmuştur. Maliyet grupları için ileride türetilecek ampirik yaklaşımların tutarlı olabilmesi için, Çizelge 3.16'daki 4000, 7700 ve 10500 DWT'luk gemilere ait bazı maliyet grupları diğer gemilerin maliyet gruplarıyla uyumlaştırılacaktır. Revize edilen yeni maliyet grupları ve maliyet hesaplamalarına dayanak oluşturulacak yeni maliyetler Çizelge 3.17'de gösterilmektedir.

Çizelge 3.17 Kimyasal tankerlerin revize edilmiş inşa maliyetleri

Gemi No	DWT (ton)	Mişç (\$)	Mçe (\$)	Mdon (\$)	Mmak (\$)	Mdiğer (\$)	M _{TOP} (\$)
1	4000	2458000	747500	2647429	1814450	394750	8062129
2	4850	2500000	700000	3032600	1872000	400000	8504600
3	5700	2898840	960294	3084340	3035690	512201	10491365
4	7700	3069962	1785000	4460800	3517045	640064	13472871
5	8600	5091745	2531719	4663389	3651021	443448	16381322
6	10500	6500000	2564450	4776203	3680339	462791	17983783
7	11000	7600000	2313000	4803819	3254520	2425000	20396339
8	14000	9180000	2810000	5354559	4026465	2439500	23810524
9	21000	13750000	4310000	7465000	5691000	3150000	34366000
10	26000	14550000	5377500	8298500	6466500	3752500	38445000



Şekil 3.12 Kimyasal tankerlerin revize edilmiş inşa maliyetleri-DWT grafiği

3.4.1 İşçilik Maliyetinin Belirlenmesi

Bir geminin inşa maliyetini doğrudan etkileyen faktörlerden biri de, o geminin hangi ülkede inşa edildiğidir. Ülkenin bu kadar önemli olmasının sebebi, o ülkedeki işçilik ücretleriyle ilgilidir. İşçilik ücretleri ne kadar ucuz olursa, gemi inşa maliyetleri de o kadar düşük olmaktadır. Bu yüzden günümüzde gemi inşa sanayisinin, işçilik ücretlerinin daha düşük olduğu Güneydoğu Asya ülkelerinde daha aktif olduğu görülmektedir.

İşçilik maliyeti belirlenirken genellikle yapılan, geminin çelik veya donatım işleri için kaç adam-saatlik iş gücüne ihtiyaç olduğunun belirlenmesidir. Buradan bulunan toplam adam-saat miktarıyla, birim adam-saat ücreti çarpılarak çelik veya donatım işçilik maliyeti bulunur.

Çelik işçiliğinde adam-saat için literatürde önerilen formül aşağıda gösterilmiştir.

$$MH_s = C \frac{W_s^{(2/3)} L^{(1/3)}}{C_B} (\text{adam-saat}) [21] \quad (3.37)$$

Burada; C, tersane koşullarına bağlı katsayı ($C \approx 227$), $L = L_{BP}$ 'dir.

Bir geminin inşası için gerekli toplam adam-saat miktarı tersaneden tersaneye değişiklik gösterir. Bu yüzden üretilecek gemi için gerekli toplam adam-saat miktarını doğru olarak belirlemek oldukça zordur. Günümüzde gemi inşasının büyük bir kısmında, müteahhitlik firmalarından hizmet satın alınmaktadır. Dolayısıyla tersane açısından önemli olan işin zamanında yapılarak, kendisine teslim edilmesidir. İhalesi verilen işin kaç adam-saatte yapılacağı veya adam-saat başına ne kadar ücret verileceği konusu daha çok müteahhitlik şirketlerinin ilgi alanına girmektedir.

Gemi üretiminde, işçilik maliyetleri çelik inşa maliyeti ve donatım maliyeti olarak gruplandırılmaktadır. Bu iki işçilik maliyeti kalemleri ayrı ayrı ele alınarak hesaplanabilir. Ancak bu çalışmada, işçilik maliyeti kalemleri bir araya getirilerek toplam işçilik maliyeti olarak düşünülecektir.

Çelik işçilik maliyeti için literatürde önerilen formül aşağıda gösterilmiştir.

$$M_s = K_1 \frac{W_s^{(2/3)} L^{(1/3)}}{C_B} (\$) [2] \quad (3.38)$$

Donatım işçilik maliyeti için literatürde önerilen formül aşağıda gösterilmiştir.

$$M_o = K_2 W_o^{(2/3)} (\$) [2] \quad (3.39)$$

Bu iki denklem birleştirilerek aşağıdaki şekle dönüştürülmüştür.

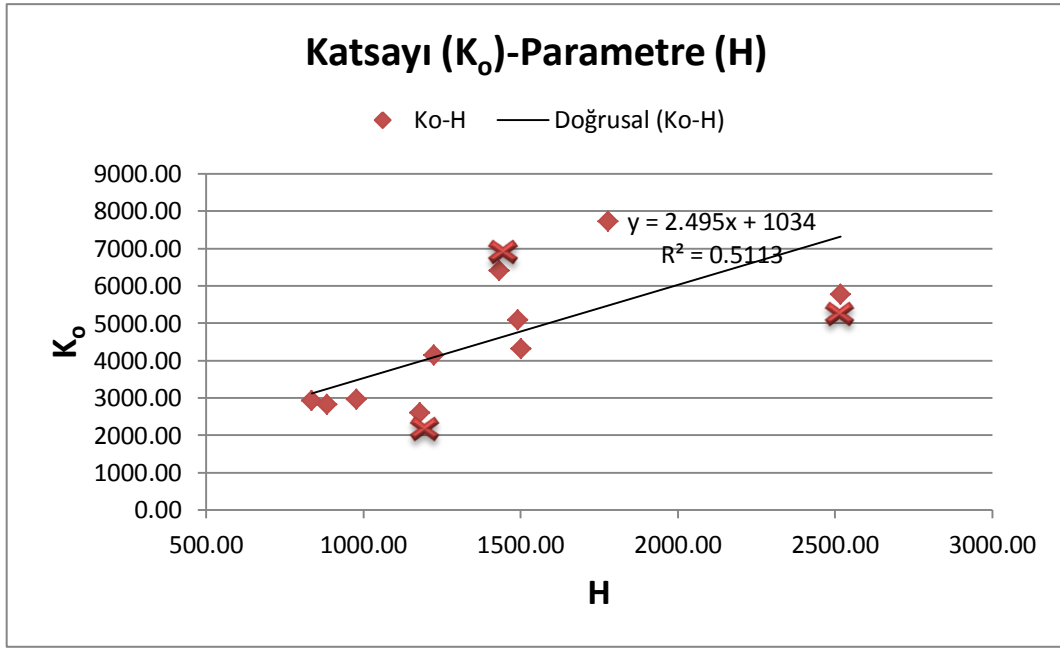
$$M_{i\text{şç}} = K_o \frac{(W_s+W_o)^{(2/3)} L^{(1/3)}}{C_B} (\$) \quad (3.40)$$

İşçilik maliyeti örnek gemilerden hareketle tahmin edilmeye çalışılır. Birinci adım olarak, $H = \frac{(W_s+W_o)^{(2/3)} L^{(1/3)}}{C_B}$ parametresi ile K_o katsayısı arasındaki ilişkiye bakılır (Şekil 3.13). Seriden sapan üç gemi Çizelge 3.18’de sarı renkle boyanmış ve Şekil 3.13’te çarpı işareti ile işaretlenerek seriden çıkarılmıştır. İkinci adım ise yedi gemi için H parametresi ile K_o katsayısı tekrar çizdirilerek (Şekil 3.14), K_o katsayısının H parametresinin bir fonksiyonu olarak elde edilip edilemeyeceği araştırılır.

$M_{i\text{şç}} = K_o H$, $K_o = m H + n \longrightarrow M_{i\text{şç}} = m H^2 + n H$ şekline dönüşür. Buradan da $M_{i\text{şç}_{\text{hes}}}$ hesaplanır ve belirleme katsayısı (R^2) bulunur.

Çizelge 3.18 On kimyasal tanker için işçilik maliyetleri

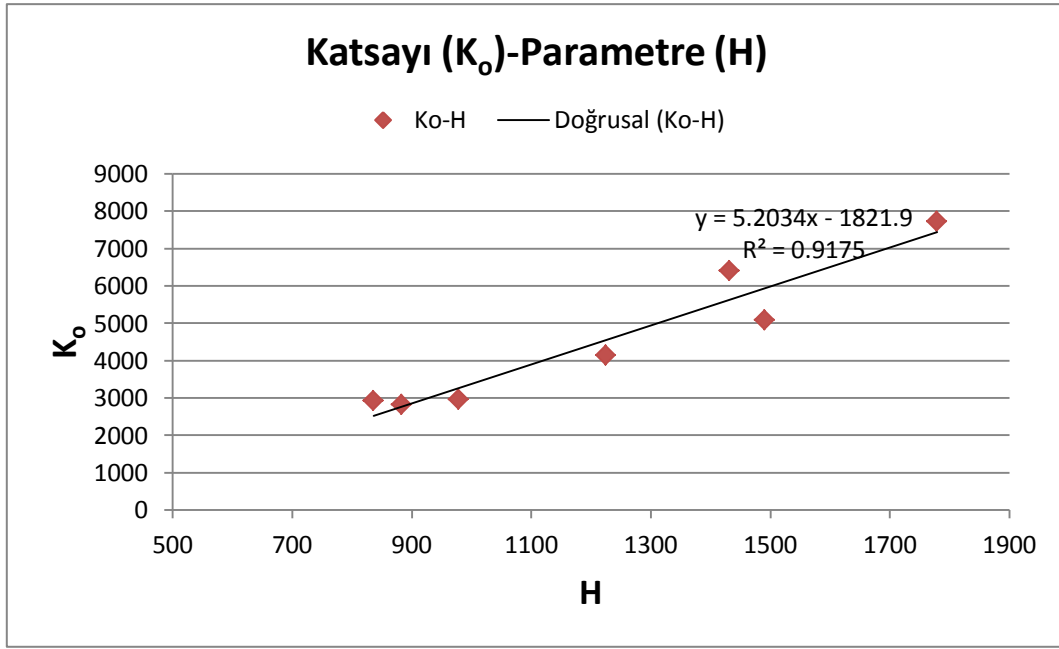
Gemi No	DWT (ton)	Ws (ton)	Wo (ton)	C_B	Mişç (\$)	H	K_o
1	4000	1495	65	0.717	2458000	836.33	2939.05
2	4850	1640	78	0.735	2500000	883.58	2829.41
3	5700	1797	96	0.724	2898840	978.93	2961.24
4	7700	2140	135	0.716	3069962	1179.51	2602.75
5	8600	2380	153	0.747	5091745	1224.50	4158.22
6	10500	2900	190	0.704	6500000	1502.66	4325.65
7	11000	3050	200	0.730	7600000	1490.69	5098.33
8	14000	3213	250	0.810	9180000	1431.52	6412.76
9	21000	4300	350	0.830	13750000	1779.45	7727.10
10	26000	6500	400	0.780	14550000	2517.73	5779.00



Şekil 3.13 On kimyasal tanker için işçilik katsayısı (K_o)-parametre (H) grafiği

Çizelge 3.19 Yedi kimyasal tanker için işçilik maliyetleri

Gemi No	DWT (ton)	Ws (ton)	Wo (ton)	C_B	Mişç (\$)	H	K_o	Mişç _{hes} (\$)
1	4000	1495	65	0.717	2458000	836.33	2939.05	2115764
2	4850	1640	78	0.735	2500000	883.58	2829.41	2452544
3	5700	1797	96	0.724	2898840	978.93	2961.24	3202917
5	8600	2380	153	0.747	5091745	1224.50	4158.22	5571061
7	11000	3050	200	0.730	7600000	1490.69	5098.33	8846819
8	14000	3213	250	0.810	9180000	1431.52	6412.76	8054993
9	21000	4300	350	0.830	13750000	1779.45	7727.10	13234298



Şekil 3.14 Yedi kimyasal tanker için işçilik katsayısı (K_o)-parametre (H) grafiği

$$Mişç_{hes} = 5.2034 H^2 - 1821.9 H$$

$$Mişç_{hes} = 5.2034 \left(\frac{(W_s + W_o)^{(2/3)} L^{(1/3)}}{C_B} \right)^2 - 1821.9 \left(\frac{(W_s + W_o)^{(2/3)} L^{(1/3)}}{C_B} \right)$$

$$R^2_{Mişç_{hes}} = 1 - \frac{S_r}{S_o} = 0.9647$$

Yedi gemi üzerinden (Çizelge 3.19) işçilik maliyeti için yapılan hesaplamalarda, belirleme katsayısı $Mişç_{hes}$ için $R^2 = 0.9647$ kabul edilebilir büyüklüktedir. 4000-21000 DWT arası kimyasal tankerlerin işçilik maliyetini hesaplamak için kullanılacak formül, aşağıdaki şekilde olacaktır.

$$Mişç = 5.2034 H^2 - 1821.9 H$$

$$Mişç = 5.2034 \left(\frac{(W_s + W_o)^{(2/3)} L^{(1/3)}}{C_B} \right)^2 - 1821.9 \left(\frac{(W_s + W_o)^{(2/3)} L^{(1/3)}}{C_B} \right) (\$) \quad (3.41)$$

3.4.2 Çelik Maliyetinin Belirlenmesi

Çelik tekne malzeme maliyeti genellikle harcanan çelik malzeme miktarına bağlı olarak belirlenir. Bu fiyata tüm sac, levha, profil, kaynak, vs. malzemeleri dahildir.

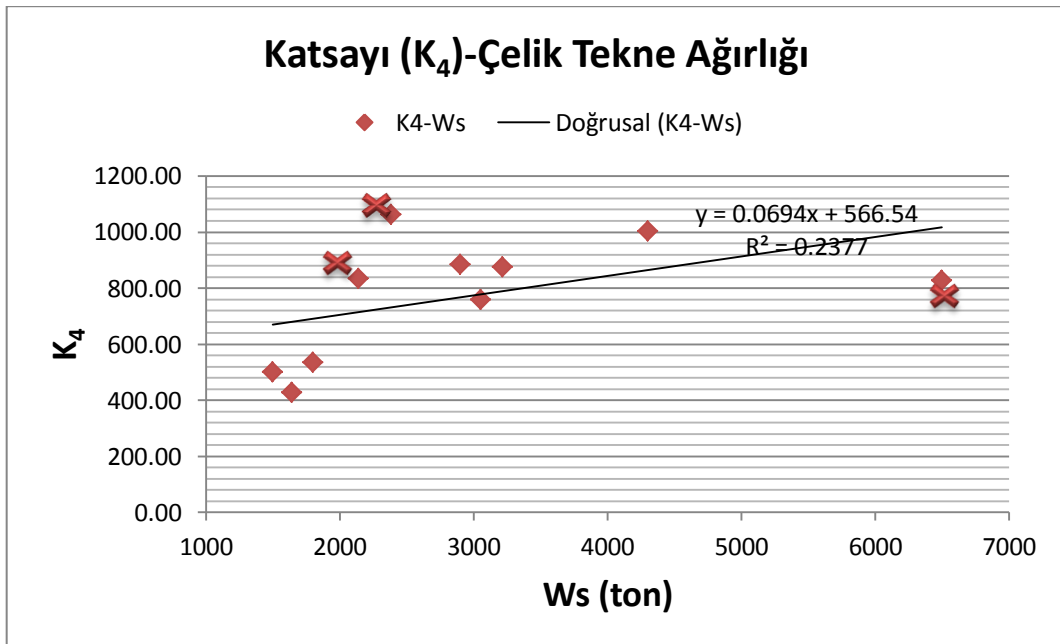
Çelik maliyeti için literatürde önerilen formül aşağıda gösterilmiştir.

$$M_{çe} = K_4 W_s^{1.0} (\$) [2] \quad (3.42)$$

Çelik maliyeti örnek kimyasal tankerlerden hareketle tahmin edilmeye çalışılır. Birinci adım olarak, çelik tekne ağırlığı ile K_4 katsayısı arasındaki ilişkiye bakılır (Şekil 3.15). Seriden sapan üç gemi Çizelge 3.20’de sarı renkle boyanmış ve Şekil 3.15’te çarpı işareti ile işaretlenerek seriden çıkarılmıştır. İkinci adım ise yedi gemi için çelik tekne ağırlığı ile K_4 katsayısı tekrar çizdirilerek (Şekil 3.16), K_4 katsayısının çelik tekne ağırlığının bir fonksiyonu olarak elde edilip edilemeyeceği araştırılır.

Çizelge 3.20 On kimyasal tanker için çelik maliyetleri

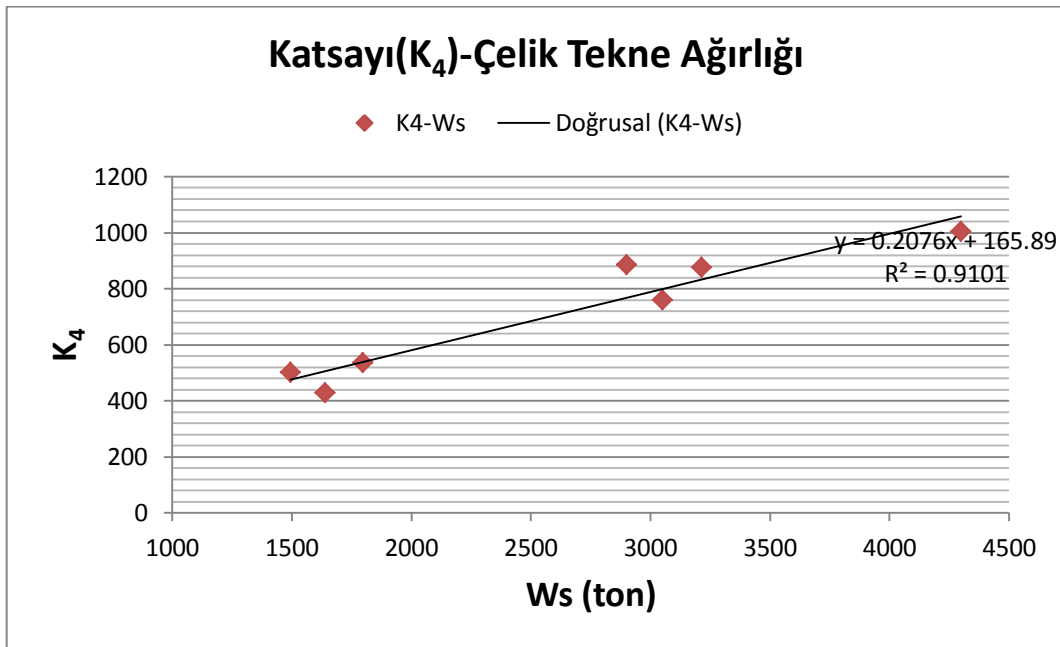
Gemi No	DWT (ton)	Ws (ton)	Mçe (\$)	K_4
1	4000	1495	747500	500.00
2	4850	1640	700000	426.83
3	5700	1797	960294	534.39
4	7700	2140	1785000	834.11
5	8600	2380	2531719	1063.75
6	10500	2900	2564450	884.29
7	11000	3050	2313000	758.36
8	14000	3213	2810000	874.57
9	21000	4300	4310000	1002.33
10	26000	6500	5377500	827.31



Şekil 3.15 On kimyasal tanker için çelik katsayısı (K_4)-çelik tekne ağırlığı grafiği

Çizelge 3.21 Yedi kimyasal tanker için çelik maliyetleri

Gemi No	DWT (ton)	Ws (ton)	Mçe (\$)	K ₄	Mçe _{hes} (\$)
1	4000	1495	747500	500.00	711997
2	4850	1640	700000	426.83	830421
3	5700	1797	960294	534.39	968488
6	10500	2900	2564450	884.29	2226997
7	11000	3050	2313000	758.36	2437164
8	14000	3213	2810000	874.57	2676136
9	21000	4300	4310000	1002.33	4551851



Şekil 3.16 Yedi kimyasal tanker için çelik katsayısı (K₄)-çelik tekne ağırlığı grafiği

$$M_{\text{çe}_{\text{hes}}} = 0.2076 Ws^2 + 165.89 Ws$$

$$R^2_{M_{\text{çe}_{\text{hes}}}} = 1 - \frac{S_r}{S_o} = 0.8548$$

Yedi gemi üzerinden (Çizelge 3.21) çelik maliyeti için yapılan hesaplamalarda, belirleme katsayısı $M_{\text{çe}_{\text{hes}}}$ için $R^2 = 0.8548$ kabul edilebilir büyüklüktedir. 4000-21000 DWT arası kimyasal tankerlerin çelik maliyetini hesaplamak için kullanılacak formül, aşağıdaki şekilde olacaktır.

$$M_{\text{çe}} = 0.2076 Ws^2 + 165.89 Ws (\$) \quad (3.43)$$

3.4.3 Donanım Maliyetinin Belirlenmesi

Donanım maliyetleri geminin tip ve işlevine bağlı olarak büyük farklılıklar gösterdiğinden ön dizayn aşamasında doğru olarak hesaplanması oldukça zordur. Ancak daha iyi bir yaklaşımın olmadığı durumlarda çelik tekne malzeme maliyetinde olduğu gibi donanım malzeme maliyeti de donanım ağırlığıyla veya teçhizat ağırlığıyla ilişkilendirilerek hesaplanabilir.

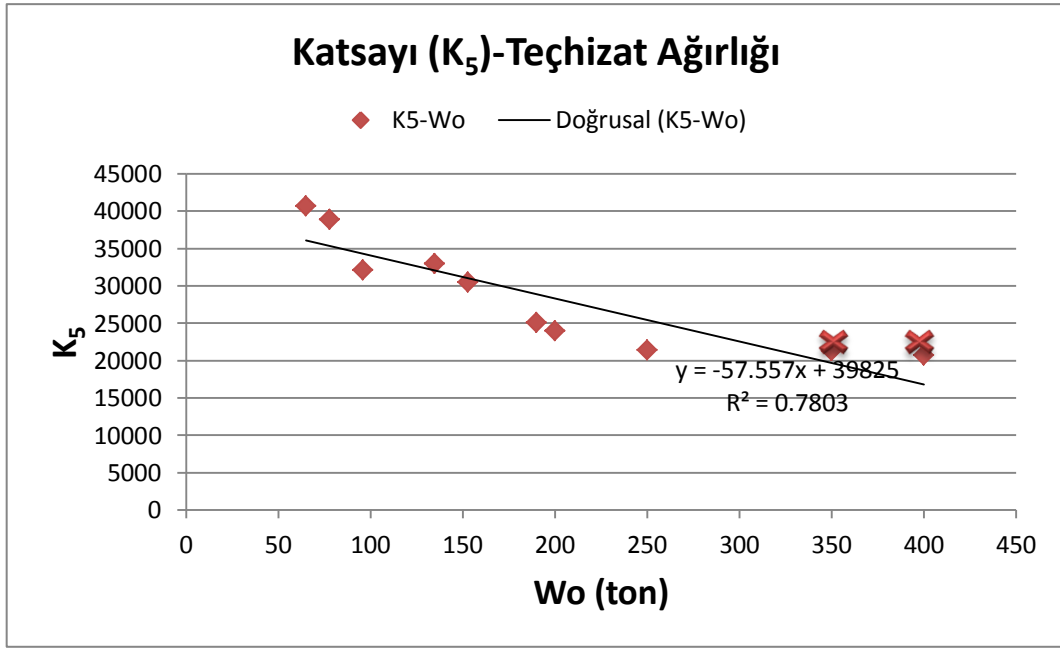
Donanım maliyeti için literatürde önerilen formül aşağıda gösterilmiştir.

$$M_{don} = K_5 W_o^{0.95} (\$) [2] \quad (3.44)$$

Donanım maliyeti örnek kimyasal tankerlerden hareketle tahmin edilmeye çalışılır. Birinci adım olarak, teçhizat ağırlığı ile K_5 katsayısı arasındaki ilişkiye bakılır (Şekil 3.17). Seriden sapan iki gemi Çizelge 3.22’de sarı renkle boyanmış ve Şekil 3.17’de çarpı işareti ile işaretlenerek seriden çıkarılmıştır. İkinci adımda ise yedi gemi için teçhizat ağırlığı ile K_5 katsayısı tekrar çizdirilerek (Şekil 3.18), K_5 katsayısının teçhizat ağırlığının bir fonksiyonu olarak elde edilip edilemeyeceği araştırılır.

Çizelge 3.22 On kimyasal tanker için donanım maliyetleri

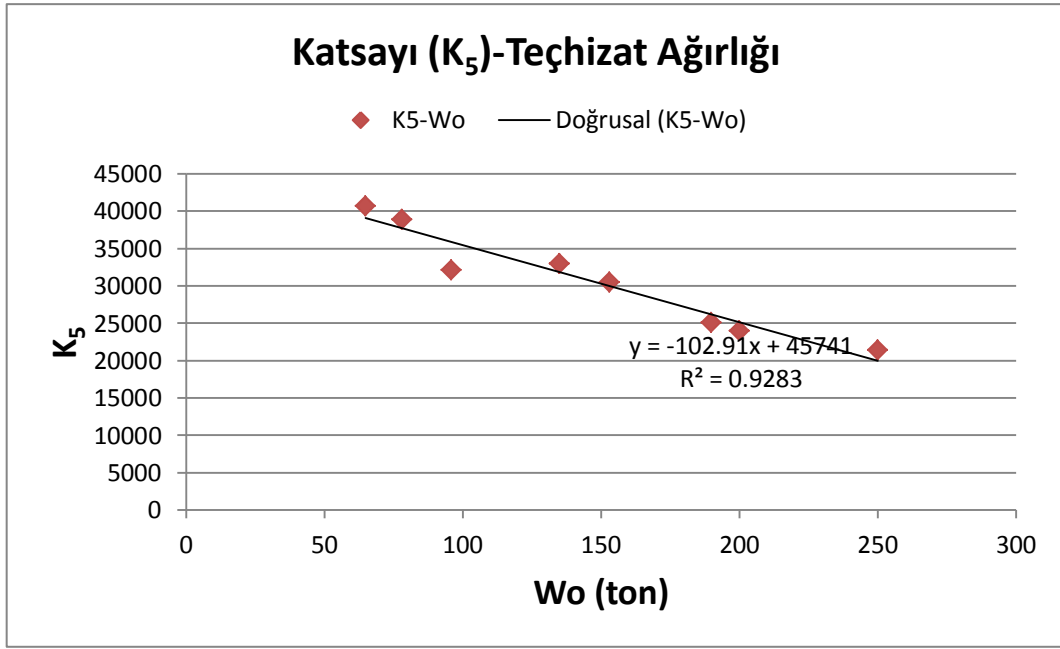
Gemi No	DWT (ton)	Wo (ton)	Mdon (\$)	K_5
1	4000	65	2647429	40729.68
2	4850	78	3032600	38879.49
3	5700	96	3084340	32128.54
4	7700	135	4460800	33042.96
5	8600	153	4663389	30479.67
6	10500	190	4776203	25137.91
7	11000	200	4803819	24019.10
8	14000	250	5354559	21418.24
9	21000	350	7465000	21328.57
10	26000	400	8298500	20746.25



Şekil 3.17 On kimyasal tanker için donanım katsayısı (K₅)-teçhizat ağırlığı grafiği

Çizelge 3.23 Sekiz kimyasal tanker için donanım maliyetleri

Gemi No	DWT (ton)	Wo (ton)	Mdon (\$)	K ₅	Mdon _{hes} (\$)
1	4000	65	2647429	40729.68	2538370
2	4850	78	3032600	38879.49	2941694
3	5700	96	3084340	32128.54	3442717
4	7700	135	4460800	33042.96	4299500
5	8600	153	4663389	30479.67	4589353
6	10500	190	4776203	25137.91	4975739
7	11000	200	4803819	24019.10	5031800
8	14000	250	5354559	21418.24	5003375



Şekil 3.18 Sekiz kimyasal tanker için donanım katsayısı (K₅)-teçhizat ağırlığı grafiği

$$M_{don_{hes}} = -102.91 W_o^2 + 45741 W_o$$

$$R^2_{Mdon_{hes}} = 1 - \frac{S_r}{S_o} = 0.9431$$

Sekiz gemi üzerinden (Çizelge 3.23) donanım maliyeti için yapılan hesaplamalarda, belirleme katsayısı $M_{don_{hes}}$ için $R^2 = 0.9431$ kabul edilebilir büyüklüktedir. 4000-14000 DWT arası kimyasal tankerlerin donanım maliyetini hesaplamak için kullanılacak formül, aşağıdaki şekilde olacaktır.

$$M_{don} = -102.91 W_o^2 + 45741 W_o (\$) \quad (3.45)$$

3.4.4 Makine Maliyetinin Belirlenmesi

Geminin makine dairesinde yer alan ana makine, pompalar, kazanlar, seperatörler, jeneratörler gibi tüm makine ekipmanları bu maliyet hesabı içinde yer alır. Makine maliyeti belirlenirken makine gücü ile makine maliyeti arasında kurulan ilişkiden hareketle makine maliyeti belirlenmeye çalışılacaktır.

Makine maliyeti için önerilen formül aşağıda gösterilmiştir.

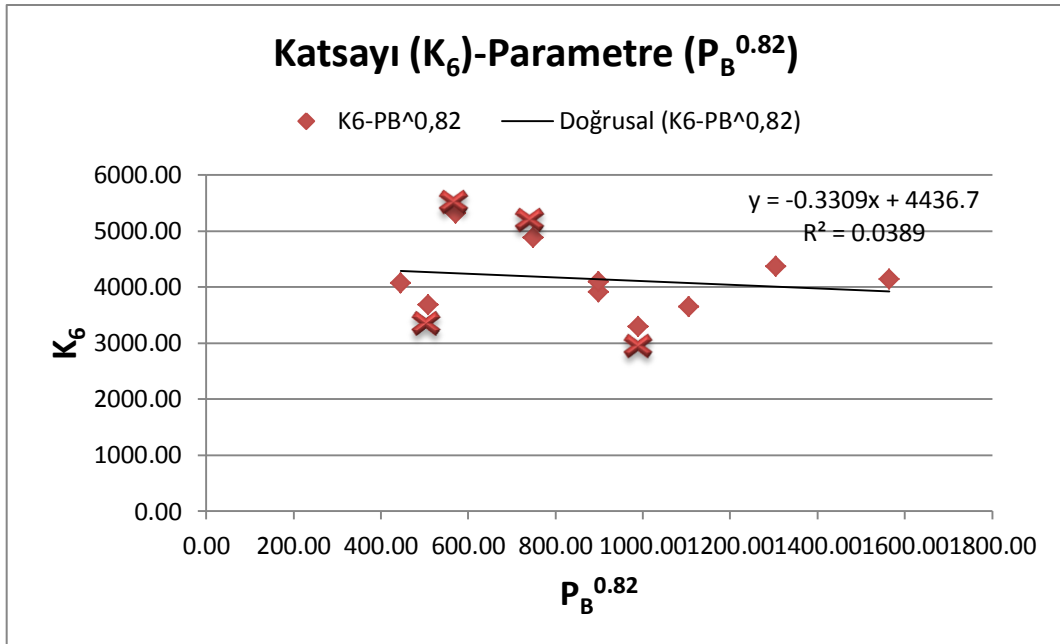
$$M_{mak} = K_6 P_B^{0.82} (\$) [2] \quad (3.46)$$

Makine maliyeti örnek kimyasal tankerlerden hareketle tahmin edilmeye çalışılır. Birinci adım olarak, $P_B^{0.82}$ parametresi ile K_6 katsayısı arasındaki ilişkiye bakılır (Şekil

3.19). Seriden sapan dört gemi Çizelge 3.24’de sarı renkle boyanmış ve şekil 3.19’da çarpı işareti ile işaretlenerek seriden çıkarılmıştır. İkinci adımda ise sekiz gemi için $P_B^{0.82}$ parametresi ile K_6 katsayısı tekrar çizdirilerek (Şekil 3.20), K_6 katsayısının $P_B^{0.82}$ parametresinin bir fonksiyonu olarak elde edilip edilemeyeceği araştırılır.

Çizelge 3.24 On kimyasal tanker için makine maliyetleri

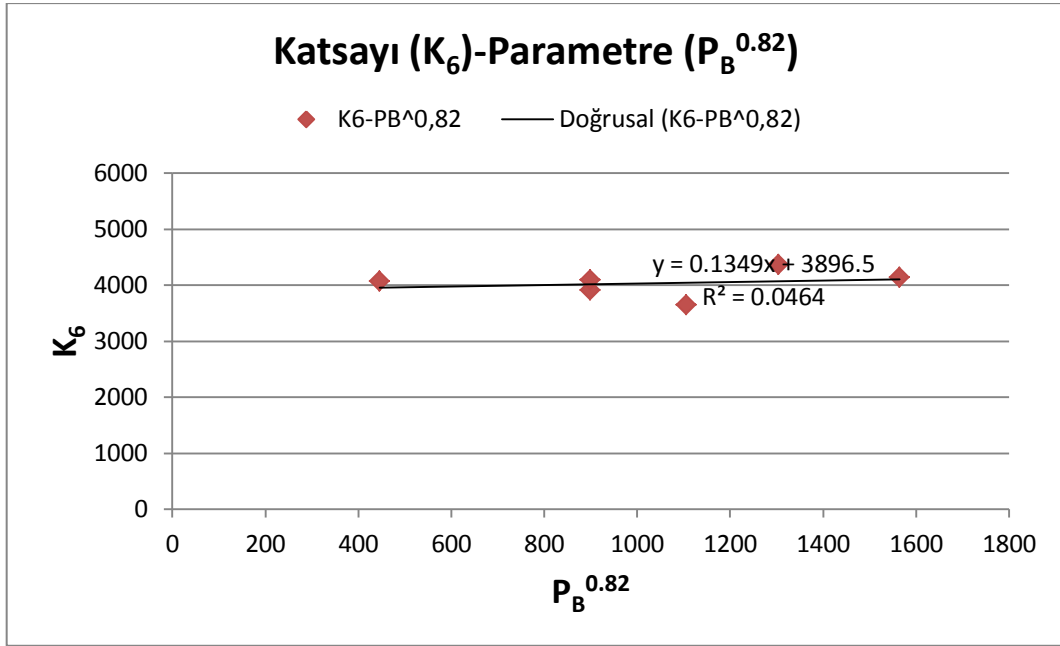
Gemi No	DWT (ton)	$P_B^{0.82}$	Mmak (\$)	K_6	Mmak _{hes} (\$)
1	4000	445.62	1814450	4071.71	1763161
2	4850	509.15	1872000	3676.73	2018868
3	5700	570.97	3035690	5316.68	2268782
4	7700	898.85	3517045	3912.81	3611376
5	8600	748.55	3651021	4877.43	2992329
6	10500	898.85	3680339	4094.48	3611376
7	11000	990.00	3254520	3287.40	3989742
8	14000	1105.46	4026465	3642.34	4472284
9	21000	1304.55	5691000	4362.44	5312740
10	26000	1564.04	6466500	4134.50	6424256



Şekil 3.19 On kimyasal tanker için makine katsayısı (K_6)-parametre ($P_B^{0.82}$) grafiği

Çizelge 3.25 Altı kimyasal tanker için makine maliyetleri

Gemi No	DWT (ton)	$P_B^{0.82}$	Mmak (\$)	K_6	Mmak _{hes} (\$)
1	4000	445.62	1814450	4071.71	1763161
4	7700	898.85	3517045	3912.81	3611376
6	10500	898.85	3680339	4094.48	3611376
8	14000	1105.46	4026465	3642.34	4472284
9	21000	1304.55	5691000	4362.44	5312740
10	26000	1564.04	6466500	4134.50	6424256



Şekil 3.20 Altı kimyasal tanker için makine katsayısı (K_6)-parametre ($P_B^{0.82}$) grafiği

$$Mmak_{hes} = 0.1349 (P_B^{0.82})^2 + 3896.5 P_B^{0.82}$$

$$R^2_{Mdonhes} = 1 - \frac{S_r}{S_o} = 0.9957$$

Sekiz gemi üzerinden (Çizelge 3.25) makine maliyeti için yapılan hesaplamalarda, belirleme katsayısı $Mmak_{hes}$ için $R^2 = 0.9957$ kabul edilebilir büyüklüktedir. 4000-26000 DWT arası kimyasal tankerlerin makine maliyetini hesaplamak için kullanılacak formül, aşağıdaki şekilde olacaktır.

$$Mmak = 0.1349 P_B^{1.64} + 3896.5 P_B^{0.82} (\$) \quad (3.47)$$

3.4.5 Diğer Maliyetlerin Belirlenmesi

İşçilik maliyeti, çelik maliyeti, donanım maliyeti, makine maliyeti dışında kalan tüm maliyetler; diğer gemi inşa maliyetleri olarak ifade edilir. Bu maliyetler gümrük ve acente giderleri, sigorta giderleri, görünmeyen giderler, vs. gibi gemi inşası ile doğrudan bağıntılı olmayan maliyetlerdir. Bu yüzden diğer maliyet kalemleri oldukça değişkendir ve bu maliyetlerin doğru bir şekilde tahmin edilmesi oldukça zordur. Diğer maliyetlerin belirlenmesi için şöyle bir yaklaşım izlenmiştir. Diğer maliyetler işçilik maliyeti, çelik maliyeti, donanım maliyeti, makine maliyeti toplamının yüzdesi şeklinde ifade edilerek, belirlenmeye çalışılacaktır.

$$M_{TOP0} = M_{işç} + M_{çe} + M_{don} + M_{mak} + M_{diğer}$$

$$M_{TOP0} = M_{işç} + M_{çe} + M_{don} + M_{mak}$$

$$M_{TOP} = M_{TOP0} + M_{diğer}$$

$$M_{TOP} = M_{TOP0} (1 + d)$$

$$d = \frac{M_{diğer}}{M_{TOP0}}$$

$$M_{diğer} = M_{TOP0} \cdot d$$

Çizelge 3.26 incelendiğinde diğer maliyetlerin oldukça değişken olduğu görülmektedir. 11000 DWT'a kadar olan gemilerin diğer maliyetleri yüzde 2.64-5.13 arasında; 11000 DWT ve sonrası tonajdaki gemilerin ise yüzde 10.09-13.49 arasında değişmektedir (11000 DWT'da bir sıçrama olduğu görülmektedir.). Bu yüzden 11000 DWT'a kadar olan gemilerin d katsayıları ayrı, 11000 DWT ve sonrası d katsayıları ayrı olmak üzere d katsayılarının ortalaması alınarak, yaklaşık bir katsayı değeri bulunmaya çalışılacaktır.

Çizelge 3.26 On kimyasal tanker için diğer maliyetler

Gemi No	DWT (ton)	M_{TOP0} (\$)	$M_{diğer}$ (\$)	d
1	4000	7667379	394750	0.051
2	4850	8104600	400000	0.049
3	5700	9979164	512201	0.051
4	7700	12832807	640064	0.050
5	8600	15937874	443448	0.028
6	10500	17520992	462791	0.026
			$d_{ort} =$	0.043
7	11000	17971339	2425000	0.135

8	14000	21371024	2439500	0.114
9	21000	31216000	3150000	0.101
10	26000	34692500	3752500	0.108
			d _{ort} =	0.115

11000 DWT'a kadar gemilerin d katsayısının ortalaması d= 0.043; 11000 DWT ve sonrası tonaj için ise d= 0.115'tir. Buradan d katsayısı yaklaşık olarak aşağıdaki gibi önerilebilir.

$$M_{diğer} = M_{TOP0} \cdot d \quad (3.48)$$

$$d = 0.05 \quad 4000 < DWT < 11000$$

$$d = 0.10 \quad 11000 < DWT < 26000$$

3.5 Sonuç

Yukarıda kimyasal tankerlerin ana boyutlarının, ana makine güçlerinin, gemi ağırlıklarının ve gemi inşa maliyetlerinin belirlenmesi amacıyla geliştirilen ampirik ifadeler, Çizelge 3.27'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.27 Geliştirilen formüller

	Formüller
<u>Gemi Ana Boyutları</u>	
Deplasman (ton)	$\Delta = 1.2242 DWT + 696.52$
Boy (m)	$L = -0.0357 \left(\left(\frac{V}{V+2} \right)^2 \Delta^{(1/3)} \right)^2 + 7.1789 \left(\frac{V}{V+2} \right)^2 \Delta^{(1/3)}$
Genişlik (m)	$B = 0.1559 L + 0.8909$
Blok Katsayısı	$C_B = 0.9597 - 1.019 F_n$
Derinlik (m)	$D = 0.0861 L$
Draft (m)	$T = \Delta / (L_{WL} \cdot B \cdot C_B \cdot \rho)$

<u>Ana Makine Gücü</u> <u>(kW)</u>	$P_B = \frac{\Delta^{(2/3)} V^3}{C} , \quad C = 2.6 \left(\sqrt{L} + \frac{70}{V} \right)$
<u>Gemi Ağırlıkları</u>	
Çelik Tekne Ağırlığı (ton)	$W_s = 0.0942 (LBD) + 626.77$
Teçhizat Ağırlığı (ton)	$W_o = 0.1298 (LB) - 109.39$
Ana Makine Ağırlığı (ton)	$W_m = 8.8 P_B^{0.3}$
<u>Gemi İnşa Maliyetleri</u>	
İşçilik Maliyeti (\$)	$\begin{aligned} \text{Mişç} = & 5.2034 \left(\frac{(W_s + W_o)^{(2/3)} L^{(1/3)}}{C_B} \right)^2 \\ & - 1821.9 \left(\frac{(W_s + W_o)^{(2/3)} L^{(1/3)}}{C_B} \right) \end{aligned}$
Çelik Maliyeti (\$)	$M_{\text{çe}} = 0.2076 W_s^2 + 165.89 W_s$
Donanım Maliyeti (\$)	$M_{\text{don}} = -102.91 W_o^2 + 45741 W_o$
Makine Maliyeti (\$)	$M_{\text{mak}} = 0.1349 P_B^{1.64} + 3896.5 P_B^{0.82}$
Diğer Maliyet (\$)	$M_{\text{TOP}} = M_{\text{TOPo}} (1 + d)$ d = 0.05 4000 < DWT < 11000 d = 0.10 11000 < DWT < 26000

3.6 Uygulama

Türetilen formüller deadweight tonajları ve hızları aşağıdaki Çizelge 3.28’de gösterilen üç kimyasal tanker üzerinde test edilerek, türetilen formüllerden bulunan değerlerle kimyasal tankerlere ait gerçek değerlerin uyumu bağıl hatalar hesaplanarak araştırılacaktır.

Çizelge 3.28 Seçilen üç kimyasal tanker

DWT (ton)	V (knot)
4850	12.5
11000	14.0
14000	14.0

Uygulama 1

Çizelge 3.29 4850 DWT’luk kimyasal tanker için uygulama

	Gerçek Değer	Hesaplanan Değer	Bağıl Hata (%)
Deplasman (ton)	6654	6634	0.30
Boy (m)	92.80	93.28	0.52
Genişlik (m)	15.60	15.43	1.09
Blok Katsayısı	0.735	0.743	1.09
Derinlik (m)	7.50	8.03	7.07
Draft (m)	6.10	6.05	0.82
Ana Makine Gücü (kW)	2000	1757	12.15
Çelik Tekne Ağırlığı (ton)	1640	1716	4.63
Teçhizat Ağırlığı (ton)	78	78	0.00
Ana Makine Ağırlığı (ton)	-	83	-
İşçilik Maliyeti (\$)	2500000	2582138	3.29
Çelik Maliyeti (\$)	700000	896039	28.01
Donanım Maliyeti (\$)	3032600	2926483	3.50
Makine Maliyeti (\$)	1872000	1812353	3.19
Diğer Maliyet (\$)	400000	410851	2.71
Toplam Maliyet (\$)	8504600	8627863	1.45

Çizelge 3.29 incelendiğinde, gemi ana boyutlarına ilişkin değerlerin çok iyi uyum gösterdiği görülmektedir. Ana makine gücü bakımından ise bağıl hatanın yüzde on dolayında olduğu görülmektedir. Gemi ağırlık bileşenlerinde ise bağıl hataların neredeyse minimum düzeylerde olduğu görülmektedir. Gemi inşa maliyetleri incelendiğinde ise gemi inşa maliyet bileşenlerinin bağıl hataları düşük seviyelerdedir

(çelik maliyeti hariç) ve toplam inşa maliyetinin de yüzde iki civarında bir sapmayla tahmin edilebildiği görülmektedir.

Uygulama 2

Çizelge 3.30 11000 DWT'luk kimyasal tanker için uygulama

	Gerçek Değer	Hesaplanan Değer	Bağıl Hata (%)
Deplasman (ton)	14360	14163	1.37
Boy (m)	122.00	120.73	1.04
Genişlik (m)	19.50	19.71	1.08
Blok Katsayısı	0.730	0.746	2.19
Derinlik (m)	8.90	10.39	16.74
Draft (m)	7.80	7.78	0.26
Ana Makine Gücü (kW)	4500	4061	9.76
Çelik Tekne Ağırlığı (ton)	3050	2957	3.05
Teçhizat Ağırlığı (ton)	190	200	5.26
Ana Makine Ağırlığı (ton)	-	106	-
İşçilik Maliyeti (\$)	7600000	7967542	4.84
Çelik Maliyeti (\$)	2313000	2306088	0.30
Donanım Maliyeti (\$)	4803819	5029619	4.70
Makine Maliyeti (\$)	3254520	3657690	12.39
Diğer Maliyet (\$)	2425000	1896094	21.81
Toplam Maliyet (\$)	20396339	20857032	2.26

Çizelge 3.30 incelendiğinde, gemi ana boyutlarına ilişkin değerlerin, derinlik hariç olmak üzere çok iyi uyum gösterdiği görülmektedir. Ana makine gücü bakımından ise bağıl hatanın yüzde on dolayında olduğu görülmektedir. Gemi ağırlık bileşenlerinde ise bağıl hataların yüzde beşlere kadar saptığı görülmektedir. Gemi inşa maliyetleri incelendiğinde ise her ne kadar gemi inşa maliyet bileşenlerinin bağıl hataları yüzde yirmilere kadar sapma göstermişse de, toplam inşa maliyetinin yüzde iki civarında bir sapmayla tahmin edilebildiği görülmektedir.

Uygulama 3

Çizelge 3.31 14000 DWT’luk kimyasal tanker için uygulama

	Gerçek Değer	Hesaplanan Değer	Bağıl Hata (%)
Deplasman (ton)	17577	17835	1.47
Boy (m)	130.00	129.32	0.52
Genişlik (m)	20.00	21.05	5.25
Blok Katsayısı	0.810	0.754	6.91
Derinlik (m)	10.90	11.13	2.11
Draft (m)	8.50	8.48	0.24
Ana Makine Gücü (kW)	5148	4649	9.69
Çelik Tekne Ağırlığı (ton)	3213	3482	8.37
Teçhizat Ağırlığı (ton)	250	244	2.40
Ana Makine Ağırlığı (ton)	-	111	-
İşçilik Maliyeti (\$)	9180000	10594555	15.41
Çelik Maliyeti (\$)	2810000	3094921	10.14
Donanım Maliyeti (\$)	5354559	5034058	5.99
Makine Maliyeti (\$)	4026465	4101627	1.87
Diğer Maliyet (\$)	2439500	2282516	6.44
Toplam Maliyet (\$)	23810524	25107678	5.45

Çizelge 3.31 incelendiğinde, gemi ana boyutlarına ilişkin değerlerin yüzde beş civarında saptığı görülmektedir. Ana makine gücü bakımından ise bağıl hatanın yüzde on dolayında olduğu görülmektedir. Gemi ağırlık bileşenlerinde ise bağıl hataların yüzde onlara kadar saptığı görülmektedir (Ağırlık bileşenlerinin yüzde on civarında bağıl hata vermesi kullanılan malzemelerin öz kütlelerinden kaynaklanabilir). Gemi inşa maliyetleri incelendiğinde ise her ne kadar gemi inşa maliyet bileşenlerinin bağıl hataları yüzde on beşlere kadar sapma göstermişse de, toplam inşa maliyetinin yüzde beş civarında bir sapmayla tahmin edilebildiği görülmektedir.

Üç uygulamanın bağıl hataları ayrıntılı bir şekilde incelendiğinde, bazı değerlerin çok iyi uyum göstermesine rağmen; bazı değerlerin ise yüzde yirmilere varan oranlarda saptığı görülmektedir. Çalışmamızın asıl ilgi alanını oluşturan maliyet bileşenlerinin bağıl hataları üzerine düşünüldüğünde, gemi inşa maliyet bileşenlerinin bu kadar sapma göstermesinin birinci nedeni küresel ekonomide gelişen sürekli fiyat dalgalanmalarıdır. İkinci neden ise maliyet verilerine ulaşılabilen kimyasal tanker sayısının az olması ve

ayrıca elde edilen verilerin düzensiz dağılmasıdır. Eğer gemi ana boyut belirlemede olduğu gibi daha çok kimyasal tanker kullanabilseydi, gemi inşa maliyet bileşenleri ve toplam üretim maliyetleri daha hassas bir şekilde tahmin edebilirdi. Ancak yine de toplam inşa maliyetinin maksimum yüzde beş civarında bir hatayla tahmin edilebilmesi, geliştirilen formüllerin kullanılabilir olduğunun kanıtıdır.

YATIRIM PROJELERİNİN KARLILIKLARININ ÖLÇÜLMESİ VE SİSTEMATİK ANALİZ YÖNTEMİ

4.1 Mühendislik Ekonomisine Bakış

İktisat yeryüzündeki kıt kaynakların insanların sınırsız ihtiyaçlarını nasıl karşılayabileceği sorunsalına çözüm bulmak için doğmuş bir bilim dalıdır. Özellikle Sanayi Devrimi'nin ardından gerçekleşen aşırı üretim, dünya iktisadi sisteminin genişlemesine sebep olmuştur. Zaman içinde teknolojinin gelişmesine paralel olarak, iletişim ve ulaşım araçlarında yaşanan gelişmeler de, ekonomik sistemin günümüzde küresel hale dönüşmesine yol açmıştır. Küreselleşen ekonomik sistemde ortaya çıkan enflasyon ve deflasyon gerçeği, paranın satın alma gücünün günden güne değişmesine neden olmaktadır. Bu yüzden günümüzde paranın ne zaman el değiştirdiği çok büyük önem kazanmıştır.

Değişken ekonomik koşullar içinde kişiler veya kuruluşlar ekonomik tasarruflarının değer kaybını önlemek için, birikimlerini faiz karşılığında yatırımda bulunacak kişi veya kuruluşlara borç olarak vermektedir. İşte bu ekonomik koşullar içinde bir mühendis, ortaya koyduğu tasarımın karlı olduğunu yatırımcıya ispatlamak zorundadır. Öncelikle mühendis, çeşitli dizayn alternatiflerinin ya da yatırım seçeneklerinin olabileceği gerçeğini unutmamalıdır. Bu sebeple ortaya konulan proje, üretim ve işletim maliyetleri açısından mümkün olduğunca minimum seviyede olacak şekilde dizayn edilmelidir. Sonra ortaya konulan proje ve yatırım alternatiflerinin ekonomik değeri ölçülerek, optimum olanı seçilmelidir. Optimum olanın seçilmesi, mühendislik

ekonomisinin işidir. Mühendislik ekonomisi, optimum yatırımın belirlenebilmesi için bazı metotlar ortaya koymuştur. Bu metotların hangisinin kullanılacağı, kullanacak kişi ya da kuruluşun finansal yönetim sistemi ile ilgilidir. Mukayese yapmak için hangi metot kullanılırsa kullanılsın her seferinde aynı alternatif, optimum tercih sebebi olacaktır [22]. Şimdi mühendislik ekonomisinde sıklıkla uygulanan bazı metotlar tanıtılacaktır.

4.1.1 Şimdiki Değer Metodu

Bu metotla, gelecek zaman içindeki tüm para akışları şimdiki değere getirilir. Şimdiki kar değeri en yüksek olan alternatif, yatırım için tercih edilmesi gereken optimum seçenek olur [22].

$$N_{PW} = \sum_{t=0}^n A(t)(P/F, i, n)$$

N_{PW} = Net karın şimdiki değeri

$A(t)$ = Gelecekteki bir yıla ait kar

$(P/F, i, n)$ = Şimdiki değer faktörü

i = geçerli faiz oranı, minimum geri dönüş oranı

n = toplam ekonomik ömür

İfade daha açık bir şekilde yazılırsa;

$$N_{PW} = \sum_{t=0}^n (B(t) - C(t))(1 + i)^{-t} \quad [2, 22] \quad (4.1)$$

$B(t)$ = Gelecekteki bir yıla ait gelir

$C(t)$ = Gelecekteki bir yıla ait gider

$A(t) = B(t) - C(t)$

4.1.2 Yıllık Değer Metodu

Bu metotla, öncelikle gelecek zaman içindeki tüm para akışları şimdiki değere getirilir. Daha sonra şimdiki değere getirilen para akışları yatırım ikame faktörü ile üniform yıllık

para akış serisine dönüştürülür. Yıllık kar değeri en yüksek olan alternatif, yatırım için tercih edilmesi gereken optimum seçenek olur [22].

$$N_{AW} = N_{PW} (A/P, i, n)$$

N_{AW} = Net karın yıllık değeri

$(A/P, i, n)$ = Yatırım ikame faktörü

İfade daha açık bir şekilde yazılırsa;

$$N_{AW} = \left(\sum_{t=0}^n (B(t) - C(t))(1+i)^{-t} \right) \left(\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right) [2, 22] \quad (4.2)$$

4.1.3 Geri Ödeme Oranı Metodu

Bu metotla, net karın şimdiki değerini yatırımın ekonomik ömrünün sonunda veya herhangi bir zaman sonunda sıfır yapan geri ödeme oranı (r) bulunur. Geri ödeme oranı en yüksek olan alternatif yatırım tercih edilmesi gereken optimum seçenek olur [22].

$$ROR = \sum_{t=0}^n (B(t) - C(t))(1+r)^{-t} [2, 22] \quad (4.3)$$

4.1.4 Kazanç/Maliyet Oranı Metodu

Bu metot iki şekilde kullanılır. Birincisi, gelecek zaman içinde elde edilen tüm gelir ve giderler şimdiki değere getirilerek toplam gelir toplam giderlere oranlanır (BCR_1). İkinci olarak ise gelecek zaman içinde elde edilen tüm toplam karlar ve giderler şimdiki değere getirilerek net kar toplam gidere oranlanır (BCR_2). BCR değeri en yüksek olan alternatif, yatırım için tercih edilmesi gereken optimum seçenek olur [22].

$$BCR_1 = \frac{B(t)(P/F, i, n)}{C(t)(P/F, i, n)}$$

$$BCR_2 = \frac{(B(t) - C(t))(P/F, i, n)}{C(t)(P/F, i, n)}$$

İfadeler daha açık bir şekilde yazılırsa;

$$BCR_1 = \frac{\sum_{t=0}^n B(t)(1+i)^{-t}}{\sum_{t=0}^n C(t)(1+i)^{-t}} [22] \quad (4.4)$$

$$BCR_2 = \frac{\sum_{t=0}^n (B(t) - C(t))(1+i)^{-t}}{\sum_{t=0}^n C(t)(1+i)^{-t}} [22] \quad (4.5)$$

4.1.5 Sermaye Geri Ödeme Faktörü

Bu metot, gemi maliyetlerinin kıyaslanmasında kullanılan basit bir yaklaşımdır. P geminin ilk inşa maliyeti, R geminin yıllık geliri ve Y yıllık işletim masrafları olmak üzere sermaye geri ödeme faktörü (CRF) şu şekilde tanımlanır [3]:

$$CRF = \frac{R-Y}{P} [3] \quad (4.6)$$

Tüm alternatifler aynı ömre sahipse, CRF değeri en yüksek olan alternatif, yatırım için tercih edilmesi gereken optimum seçenek olur.

4.1.6 Gerekli Navlun Oranı Metodu

Bu metottaki amaç, tonaj başına düşen yük taşıma maliyetlerini kıyaslamaktır. Bunun için, gemi inşa maliyeti yatırım ikame faktörü ile üniform yıllık para akış serisine dönüştürülür ve bulunan maliyet ile yıllık işletme maliyeti toplanır. Toplam maliyet yıllık taşınan kargo miktarına oranlanarak gerekli navlun oranı (RFR) bulunur. RFR değeri en düşük olan alternatif, yatırım için tercih edilmesi gereken optimum seçenek olur [2].

$$RFR = \frac{SAC (A/P,i,n)+AOC}{ATC} [2] \quad (4.7)$$

RFR= Gerekli navlun oranı (\$/ton)

SAC= Gemi inşa maliyeti

AOC= Yıllık işletme maliyeti

ATC= Yıllık taşınan kargo tonajı

4.1.7 Ekonomik Taşıma Maliyeti Metodu

Bazı taşımacılık sistemlerinde, taşınan yükler için kargo envanter maliyeti hesaplanır. Gerekli navlun oranıyla, yıllık taşınan kargo miktarına oranlanan kargo envanter maliyetinin toplanmasıyla ekonomik taşıma maliyeti (ECT) bulunur. Ekonomik taşıma maliyeti oranı, gerekli navlun oranına göre daha kullanışlıdır. Çünkü ekonomik taşıma maliyeti bilinirse dizayn sürecinde gemi hızı ayarlanarak, yakıt maliyeti azaltılabilir. ECT

değeri en düşük olan alternatif, yatırım için tercih edilmesi gereken optimum seçenektir [2].

$$ECT = RFR + \frac{Inv.cost}{ATC} \quad [2] \quad (4.8)$$

ECT= Ekonomik taşıma maliyeti (\$/ton)

Inv.cost= Kargo envanter maliyeti

Yukarıda anlatılan yedi metotla da kimyasal tankerler için yatırım alternatiflerinin ekonomik karlılıkları kıyaslanabilir. Ancak ekonomik karlılıkları kıyaslayabilmek için kimyasal tankerlerin inşa ve işletim maliyetlerinin, ekonomik ömürlerinin, faiz oranlarının ve ekonomik ömürlerinin sonundaki hurda gemi değerlerinin bilinmesi gerekir. Bu çalışma kapsamında, gemi inşa maliyetlerine ilişkin veriler mevcuttur (Ayrıca sistematik analiz yöntemiyle Bölüm 5'te minimum gemi inşa maliyeti hesaplanmaya çalışılacaktır.). Kimyasal tankerlerin ekonomik ömürleri (yaklaşık yirmi yıl), faiz oranları (2012 yılı için, ABD doları için yıllık yüzde yedi-sekiz alınabilir.) ve ekonomik ömürlerinin sonundaki gemi değerleri (gemi inşa maliyetlerinin belli bir oranı olarak) tahmin edilebilir. Ancak eldeki verilerde gemi işletme masraflarıyla ilgili hiç bir bilgi yoktur ve diğer taraftan gemi işletme maliyetlerini öngörebilmek/belirleyebilmek de oldukça zordur. Zira gemi işletme maliyetleri birçok değişkenden oluşmaktadır. Bunlar personel masrafları, bakım ve onarım giderleri, yedek parça ücretleri, işletme ve emniyet masrafları, sigorta giderleri, çalıştırma maliyetleri, amortisman giderleri ve navlun fiyatlarıdır [23, 24]. Bu maliyet kalemleri içinden navlun fiyatlarını tahmin etmek ise neredeyse imkânsızdır. Çünkü taşınacak kimyasalın cinsine ve taşımacılığın hangi limanlar arasında yapılacağına bağlı olarak, borsa ortamında arz-talep ilişkisine göre şekillenen navlun fiyatları, günden güne dalgalanan bir seyir izlemektedir. Bu nedenle işletme maliyetleri ile ilgili yapılabilecek her öngörü, sadece kabaca yapılan bir tahminden ibaret olacaktır. Bu yüzden yukarıdaki metotları kullanarak ekonomik karlılık kıyaslamasına girmektense; ekonomik karlılığı maksimize etmenin en büyük aracı olan mümkün olduğunca minimum inşa maliyetine sahip kimyasal tankerleri üretmek, daha rasyonel bir yaklaşım olacaktır.

4.2 Sistemantik Analiz Yöntemi

Dünya ekonomik sisteminin her gün giderek artan rekabet koşulları içerisinde, ticaretle uğraşan her bireyin veya her kuruluşun tek amacı sürdürülebilir karlılığı sağlayacak bir yatırımda bulunabilmektir. Karlı bir yatırım yapabilmenin yolu ise minimum inşa ve işletme maliyetine sahip bir yatırım yapmaktan geçmektedir. İşte bu yüzden armatörlük şirketlerinin gemi dizaynırından beklentileri, kendilerine minimum inşa ve işletim maliyetine sahip gemileri tasarlamasıdır. Bilindiği gibi gemi oldukça kompleks bir yapıya sahiptir. Bu nedenle gemi dizaynırından ilk denemede, minimum inşa ve işletim maliyetine sahip bir gemiyi tasarlamasını beklemek mümkün değildir. Ancak duyarlı ampirik yaklaşımlardan hareketle, inşa edilecek bir geminin tekno-ekonomik performansını etkileyen $L, (L/B), (B/T), (L/D), (V/\sqrt{L}), C_B, C_P, C_M, C_{WP}$ gibi temel dizayn parametrelerinin değiştirilmesiyle oluşturulacak gemi havuzundaki gemi sayısının aşama aşama azaltılmasıyla, en uygun (optimum) alternatifin bulunması mümkündür [1]. İşte bu yöntemin adı, sistemantik analiz yöntemidir. Üç temel dizayn parametresi için sistemantik analiz yöntemi, bir gemiye aşağıdaki şekilde uygulanabilir:

Daha önce tekno-ekonomik performans açısından iyi sonuçlar verdiği bilinen aynı tipteki gemilerin ana boyut değerleri kullanılarak elde edilen $L_o, (L/B)_o$ ve $(B/T)_o$ parametre değerleri, yeni dizayn edilecek gemi için sistemantik analiz işleminin başlangıç noktası olarak seçilir. Bu değerler küçük yüzdelerle azaltıp artırılarak yeni parametreler oluşturulur (Çizelge 4.1). İlk parametreler ve türetilen parametrelerin kullanılmasıyla çok sayıda gemi oluşturulur. Oluşturulan gemiler için ampirik yaklaşımlar kullanılarak stabilite, güç, deplasman, ağırlık ve maliyet hesapları yapılır. Bulunan değerler L parametresine bağlı olarak grafiklere aktarılır. Bu grafiklerde, bazen toplam ağırlık ve deplasman eğrileri kesişmeyebilir; ancak çoğunlukla toplam ağırlığın deplasmana eşit olduğu ($W_{TOP} = \Delta$) bir veya birden daha fazla kesişim noktası mevcut olur. İşte bu kesişim yerleri muhtemel çözüm noktalarıdır. Bu noktalardan okunan L ve Δ değerleri, optimum boy ve deplasman değerleri olarak adlandırılır. Daha sonra optimum L değerine bağlı olarak, diğer grafiklerden geriye kalan gemi boyutlarına ilişkin optimum değerler okunur. Böylece türetilen gemi sayısı azaltılarak, L parametresinden arındırılmış olur. Yeni gemi grupları, sadece (L/B) ve (B/T) parametrelerine bağlı olan

gemilerden oluşur. Bu yeni gemi grupları içinde, aynı (B/T) parametresi oranına sahip gemiler arasından en az inşa maliyetine sahip olan gemiler seçilerek, (B/T) parametresine bağlı olarak tekrar grafiklere aktarılır. Bu grafikler içinde, inşa maliyetine ilişkin çizdirilen grafikten minimum inşa maliyeti bulunarak, optimum (B/T) parametresi değeri okunur. Daha sonra, optimum (B/T) değerine bağlı olarak, diğer grafiklerden geriye kalan gemi boyutlarına ilişkin optimum değerler bulunur [3]. Böylece, minimum inşa maliyete sahip optimum gemi boyutları elde edilmiş olunur.

n = Toplam adım sayısı

a = Parametre sayısı

h = Parametre artırım yüzdesi ($h= 0.01-0.05$ arasında seçilmesi tercih edilir.)

H = Parametre değişim aralığı $= \left(\frac{n-1}{2}\right) \cdot h$ ($H= 0.10$ 'dan büyük olmaması tercih edilir.)

Türetilen gemi sayısı= $E= n^a$

Çizelge 4.1 Sistematiik analiz yöntemiyle yeni parametreler oluşturulması

	Parametreler						
	L	(L/B)	(B/T)	(L/D)	$(V/\sqrt{L})$	Form Katsayıları	· · ·
Türetilen Parametreler	L_1	$(L/B)_1$	$(B/T)_1$				
	L_2	$(L/B)_2$	$(B/T)_2$				
	·	·	·				
	·	·	·				
	·	·	·				
	$L_{(n-1)/2}$	$(L/B)_{(n-1)/2}$	$(B/T)_{(n-1)/2}$				
	L_o	$(L/B)_o$	$(B/T)_o$				
	$L_{(n+1)/2}$	$(L/B)_{(n+1)/2}$	$(B/T)_{(n+1)/2}$				
	·	·	·				
	·	·	·				
	·	·	·				
	$L_{(n-2)}$	$(L/B)_{(n-2)}$	$(B/T)_{(n-2)}$				
	$L_{(n-1)}$	$(L/B)_{(n-1)}$	$(B/T)_{(n-1)}$				

$$L_1 = L_o \left(1 - \left(\frac{n-1}{2} \right) h \right)$$

$$L_2 = L_o \left(1 - \left(\frac{n-1}{2} - 1 \right) h \right)$$

.

.

.

$$L_{\frac{(n-1)}{2}} = L_o (1 - (1) h)$$

$$L_o = L_o$$

$$L_{\frac{(n+1)}{2}} = L_o (1 + (1) h)$$

.

.

.

$$L_{(n-2)} = L_o \left(1 + \left(\frac{n-1}{2} - 1 \right) h \right)$$

$$L_{(n-1)} = L_o \left(1 + \left(\frac{n-1}{2} \right) h \right)$$

(L/B) ve (B/T) parametreleri için de, L parametresinde olduğu gibi aynı işlemler tekrarlanır ve yeni (L/B) ve (B/T) parametreleri bulunur.

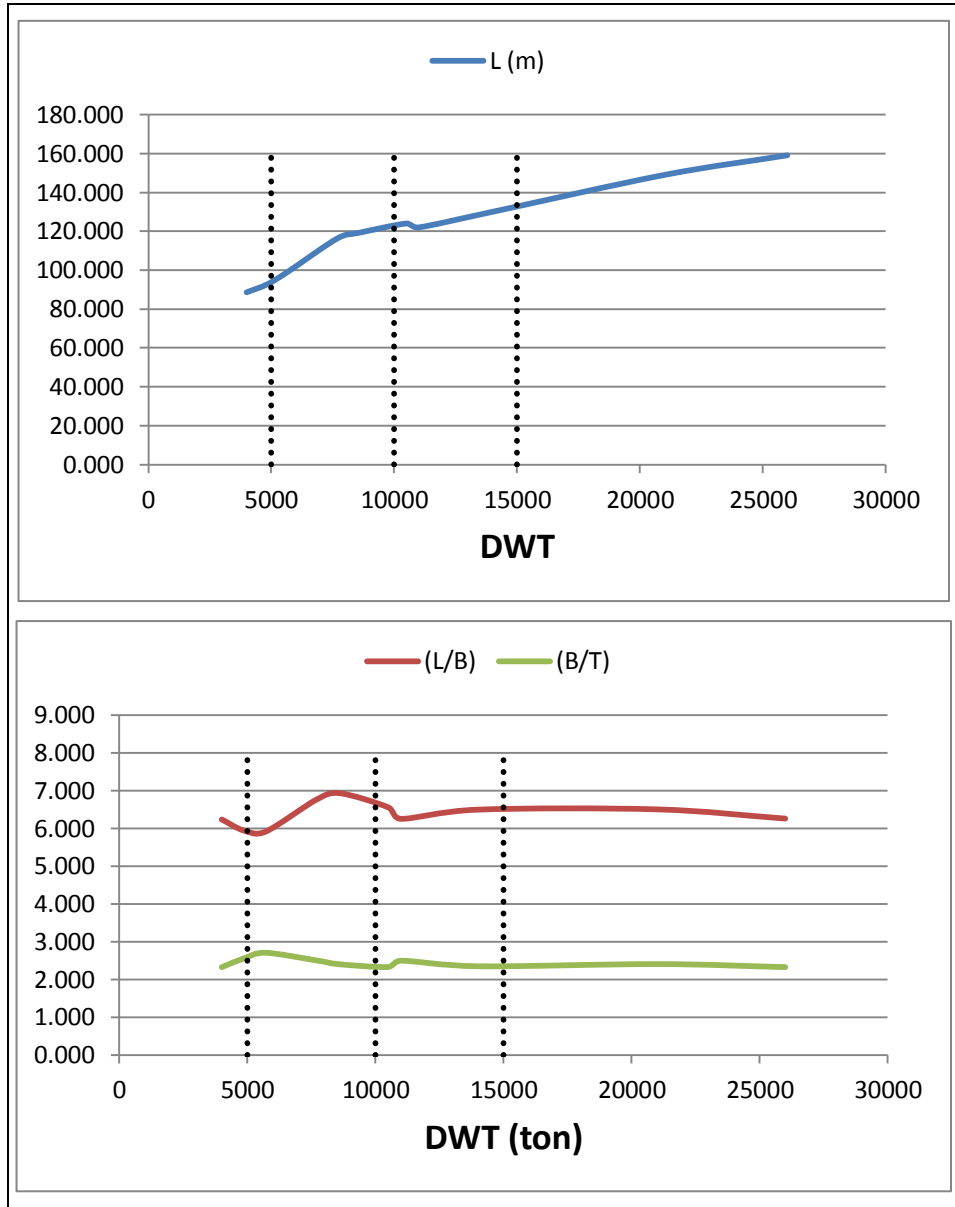
AYNI DEADWEIGHT TONAJA SAHİP KİMYASAL TANKERLERDEN MİNİMUM İNŞA MALİYETİNE SAHİP OPTİMUM GEMİ BOYUTLARININ BELİRLENMESİ

Bu bölümde sistematik analiz yöntemi kullanılarak, aynı deadweight tonaja sahip kimyasal tankerlerden minimum inşaa maliyetine sahip gemilerin optimum boyutları belirlenecektir. Sistematik analiz yöntemi sırasında kullanılacak temel dizayn değişkenleri L , (L/B) ve (B/T) parametreleridir. Bu parametrelerin başlangıç değerleri sistematik analiz yönteminin mantığına uygun olarak, gemi inşaa maliyetleri bilinen on kimyasal tankerin ana boyut değerleri üzerinden saptanacaktır (Çizelge 5.1).

Bölüm 3'te gemi inşaa maliyetlerinin tahmini için geliştirilen yaklaşık formüller, 4000-15000 DWT aralığındaki kimyasal tankerler için geçerlidir. Bu yüzden 5000-15000 DWT aralığındaki kimyasal tankerler için optimum gemi boyutları araştırılacaktır. 5000, 10000 ve 15000 DWT'luk kimyasal tankerler için ayrı ayrı belirlenecek başlangıç parametreleriyle değişik seyir hızlarında (10, 12, 14 ve 16 (knot)), minimum inşaa maliyetine sahip kimyasal tankerlerin optimum gemi boyutları belirlenecektir. Bu işlemlerin yapılması sırasında sistematik analiz yöntemiyle kurulan matematiksel model, Fortran bilgisayar programından yararlanılarak çözdürülecektir.

Çizelge 5.1 On kimyasal tankerin ana boyutlarına ilişkin değerler

DWT (ton)	L (m)	B (m)	T (m)	(L/B)	(B/T)
4000	88.600	14.200	6.100	6.239	2.328
4850	92.800	15.600	6.100	5.949	2.557
5700	99.350	16.800	6.200	5.914	2.710
7700	116.380	17.200	6.860	6.766	2.507
8600	119.280	17.200	7.150	6.935	2.406
10500	123.990	18.900	8.100	6.560	2.333
11000	122.000	19.500	7.800	6.256	2.500
14000	130.000	20.000	8.500	6.500	2.353
21000	149.000	22.900	9.500	6.507	2.411
26000	159.080	25.400	10.900	6.263	2.330



Şekil 5.1 5000, 10000 ve 15000 DWT'lık kimyasal tankerler için parametreler grafiği

Şekil 5.1'deki grafikten yüzde bir hassasiyetle 5000, 10000 ve 15000 DWT'luk kimyasal tankerler için okunan parametre değerleri Çizelge 5.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.2 5000, 10000 ve 15000 DWT'luk kimyasal tankerler için başlangıç parametre değerleri

DWT (ton)	L_o (m)	$(L/B)_o$	$(B/T)_o$
5000	93.500	5.907	2.599
10000	122.600	6.659	2.333
15000	132.800	6.526	2.347

5.1 Sistematik Analiz Yöntemiyle Uygulamalar Yapılarak Minimum İnşa Maliyetine Sahip Optimum Gemi Boyutlarının Belirlenmesi

Bu bölümde öncelikle, 5000 DWT'luk bir kimyasal tankerin bir hız değeri için, minimum inşa maliyetine sahip optimum gemi boyutları, M. Excel bilgisayar programı kullanılarak sistematik analiz yöntemiyle 125 gemi arasından araştırılacaktır.

Daha sonra ise 5000-15000 DWT arasında ve hızları 10, 12, 14 ve 16 (knot) olan gemiler için bir Fortran programı yardımıyla 9261'er gemiden, minimum inşa maliyetine sahip optimum gemi boyutları araştırılacaktır.

Verilenler:

DWT= 5000 (ton)

$V = 12.5$ (knot) (4850 DWT'luk kimyasal tankerlerle 5000 DWT'luk kimyasal tankerin inşa maliyetlerinin birbirine çok yakın olması beklenir. Bu yüzden sistematik analiz sonunda 5000 DWT'luk kimyasal tanker için bulunacak minimum inşa maliyeti değerini 4850 DWT'luk kimyasal tankerle kıyaslama yapabilmek için aynı seyir hızı seçilmiştir.)

$L_o = 93.500$ (m) (Çizelge 5.2)

$(B/T)_o = 2.599$ (Çizelge 5.2)

$(L/B)_o = 5.907$ (Çizelge 5.2)

$n = 5$ olarak seçildi.

$a = 3$ olarak seçildi. Bunlar; L , (L/B) ve (B/T) 'dir.

$h = 0.05$ olarak seçildi.

$$H = \left(\frac{n-1}{2}\right) \cdot h = \left(\frac{5-1}{2}\right) 0.05 = 0.10$$

$$E = n^3 = 5^3 = 125 \text{ gemi türetilcektir.}$$

Çözüm:

Yeni parametreler, başlangıç parametrelerine bağlı olarak Çizelge 4.1’de anlatıldığı gibi türetilerek, aşağıdaki Çizelge 5.3’te gösterilmiştir.

Çizelge 5.3 5000 DWT’luk kimyasal tanker için türetilen parametre değerleri

n	L (m)	(B/T)	(L/B)
1	84.150	2.339	5.316
2	88.825	2.469	5.611
0	93.500	2.599	5.907
3	98.175	2.729	6.202
4	102.850	2.859	6.497

Boy, genişlik ve draft değerleri bellidir. Bilinen değerlerden hareketle derinlik, froude sayısı, blok katsayısı, başlangıç stabilitesi (Bu değer hesaplanmak zorundadır, zira minimum maliyeti bulunan geminin pozitif başlangıç stabilitesine de sahip olduğu gösterilmelidir.), deplasman, çelik tekne ağırlığı, teçhizat ağırlığı, makine ağırlığı, ana makine gücü, çelik maliyeti, işçilik maliyeti, donanım maliyeti, makine maliyeti ve diğer maliyetler; Bölüm 3’te türetilen ampirik yaklaşımlar ve diğer bağıntılar üzerinden hesaplanacaktır. Bu hesaplamalarda kullanılacak denklemler aşağıda gösterilmiştir.

$$\text{Derinlik: } D = 0.0861 L \text{ (m)}$$

$$\text{Froude sayısı: } Fn = \frac{V}{\sqrt{g \cdot L}}$$

$$\text{Blok katsayısı: } C_B = 0.9597 - 1.019 Fn$$

$$\text{Başlangıç stabilitesi: } GM = 0.515 T + \frac{B^2}{T} \left(1 - \frac{(3.5 - (L/90))}{100}\right) - 0.525 D \text{ (m)} \quad [1] \quad (5.1)$$

$$\text{Deplasman: } \Delta = (L_{WL} \cdot B \cdot T \cdot C_B \cdot \rho) \text{ (ton)}$$

$$\text{Çelik tekne ağırlığı: } W_s = 0.0942(LBD) + 626.77 \text{ (ton)}$$

$$\text{Donanım ağırlığı: } W_o = 0.1298 (LB) - 109.39 \text{ (ton)}$$

$$\text{Ana makine ağırlığı: } W_m = 8.8 P_B^{0.3} \text{ (ton)}$$

$$\text{Ana makine gücü: } P_B = \frac{\Delta^{(2/3)} V^3}{C} \text{ (kW)} , \quad C = 2.6 \left(\sqrt{L} + \frac{70}{V} \right)$$

$$\text{Toplam gemi ağırlığı: } W_{TOP} = W_s + W_o + W_m + DWT$$

$$\text{İşçilik maliyeti: } M_{i\text{ş}\text{ç}} = 5.2034 \left(\frac{(W_s + W_o)^{(2/3)} L^{(1/3)}}{C_B} \right)^2 - 1821.9 \left(\frac{(W_s + W_o)^{(2/3)} L^{(1/3)}}{C_B} \right) (\$)$$

$$\text{Çelik maliyeti: } M_{\text{çe}} = 0.2076 W_s^2 + 165.89 W_s (\$)$$

$$\text{Donanım maliyeti: } M_{\text{don}} = -102.91 W_o^2 + 45741 W_o (\$)$$

$$\text{Makine maliyeti: } M_{\text{mak}} = 0.1349 P_B^{1.64} + 3896.5 P_B^{0.82} (\$)$$

$$\text{Toplam gemi inşa maliyeti: } M_{TOP} = M_{TOP0} (1 + 0.05) (\$)$$

Çizelge 5.4 L_n , $(B/T)_1$ ve $(L/B)_1$ parametreleriyle türetilen beş gemi

	$(B/T)_1 = 2.339$		$(L/B)_1 = 5.316$				
n	L (m)	B (m)	T (m)	D (m)	Fn	C_B	GM (m)
1	84.150	15.830	6.767	7.245	0.224	0.732	2.530
2	88.825	16.709	7.143	7.648	0.218	0.738	2.669
0	93.500	17.589	7.519	8.050	0.212	0.743	2.808
3	98.175	18.468	7.894	8.453	0.207	0.749	2.946
4	102.850	19.348	8.270	8.855	0.202	0.753	3.085
n	Δ (ton)	W_s (ton)	W_o (ton)	P_B (kW)	W_m (ton)	W_{TOP} (ton)	M_{TOP} (\$)
1	6759.88	1535.94	63.52	1822.32	83.69	6683.14	7457020
2	8016.37	1696.04	83.26	2016.40	86.27	6865.57	8916557
0	9421.13	1873.91	104.07	2218.82	88.78	7066.77	10448514
3	10982.63	2070.49	125.95	2429.46	91.23	7287.68	12056357
4	12709.36	2286.72	148.90	2648.16	93.62	7529.24	13744586

Çizelge 5.5 L_n , $(B/T)_1$ ve $(L/B)_2$ parametreleriyle türetilen beş gemi

	$(B/T)_1= 2.339$		$(L/B)_2= 5.611$				
n	L (m)	B (m)	T (m)	D (m)	Fn	C_B	GM (m)
1	84.150	14.997	6.411	7.245	0.224	0.732	2.197
2	88.825	15.830	6.767	7.648	0.218	0.738	2.317
0	93.500	16.663	7.123	8.050	0.212	0.743	2.437
3	98.175	17.496	7.479	8.453	0.207	0.749	2.558
4	102.850	18.329	7.835	8.855	0.202	0.753	2.678
n	Δ (ton)	Ws (ton)	Wo (ton)	P_B (kW)	Wm (ton)	W_{TOP} (ton)	M_{TOP} (\$)
1	6067.04	1488.09	54.42	1695.58	81.90	6624.40	6846153
2	7194.75	1639.76	73.12	1876.15	84.42	6797.31	8255102
0	8455.53	1808.27	92.84	2064.50	86.88	6987.99	9736449
3	9856.99	1994.51	113.57	2260.48	89.28	7197.35	11293728
4	11406.74	2199.35	135.31	2463.98	91.62	7426.27	12931435

Çizelge 5.6 L_n , $(B/T)_1$ ve $(L/B)_o$ parametreleriyle türetilen beş gemi

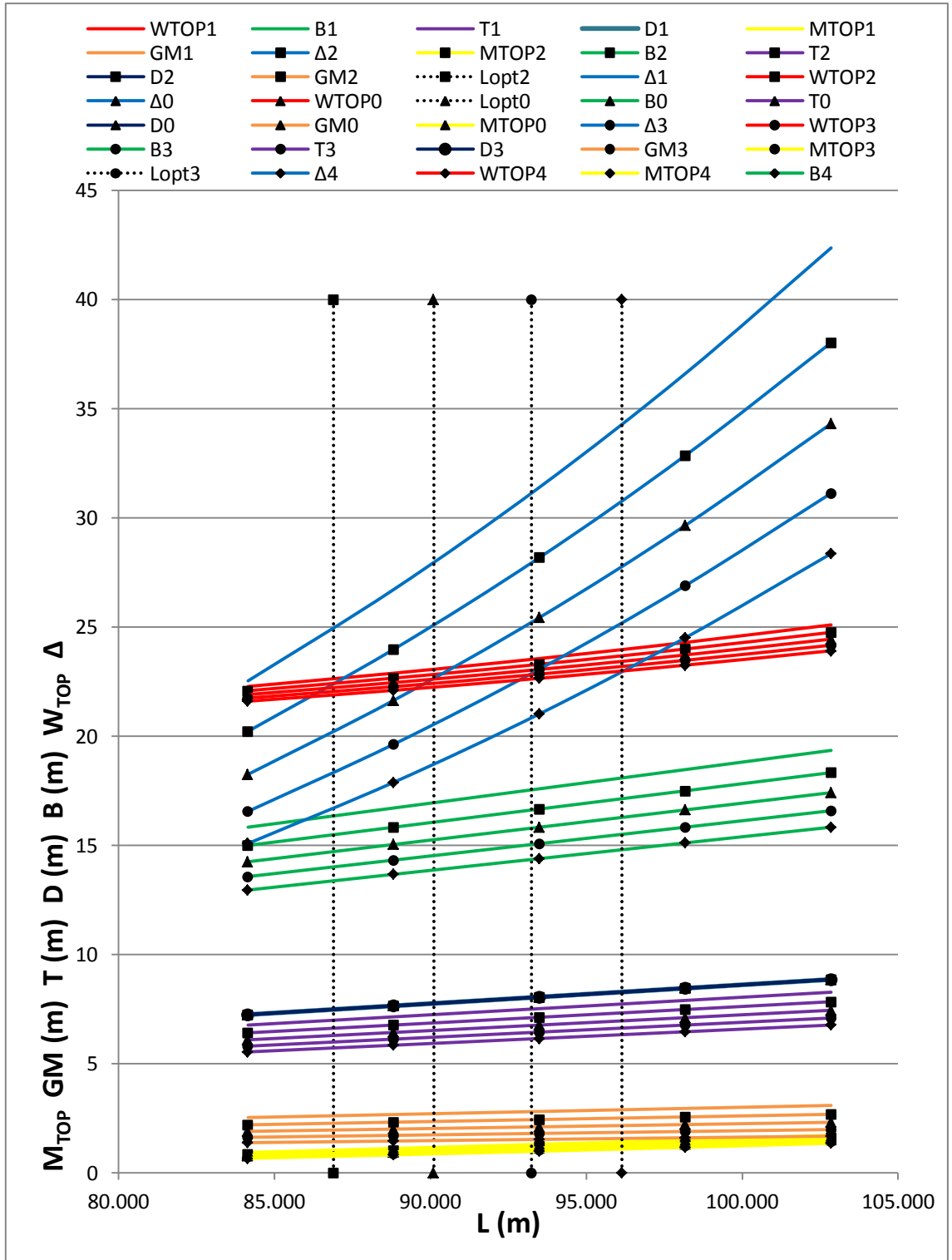
	$(B/T)_1= 2.339$		$(L/B)_o= 5.907$				
n	L (m)	B (m)	T (m)	D (m)	Fn	C_B	GM (m)
1	84.150	14.247	6.090	7.245	0.224	0.732	1.897
2	88.825	15.039	6.428	7.648	0.218	0.738	2.000
0	93.500	15.830	6.767	8.050	0.212	0.743	2.104
3	98.175	16.622	7.105	8.453	0.207	0.749	2.208
4	102.850	17.413	7.443	8.855	0.202	0.753	2.311
n	Δ (ton)	Ws (ton)	Wo (ton)	P_B (kW)	Wm (ton)	W_{TOP} (ton)	M_{TOP} (\$)
1	5475.50	1445.02	46.23	1583.49	80.24	6571.48	6284809
2	6493.26	1589.11	64.00	1752.13	82.71	6735.82	7645546
0	7631.12	1749.20	82.73	1928.03	85.12	6917.04	9078248
3	8895.93	1926.12	102.42	2111.05	87.46	7116.00	10586480
4	10294.58	2120.72	123.07	2301.10	89.76	7333.55	12174705

Çizelge 5.7 L_n , $(B/T)_1$ ve $(L/B)_3$ parametreleriyle türetilen beş gemi

	$(B/T)_1= 2.339$		$(L/B)_3= 6.202$				
n	L (m)	B (m)	T (m)	D (m)	Fn	C_B	GM (m)
1	84.150	13.569	5.800	7.245	0.224	0.732	1.625
2	88.825	14.322	6.122	7.648	0.218	0.738	1.714
0	93.500	15.076	6.444	8.050	0.212	0.743	1.803
3	98.175	15.830	6.767	8.453	0.207	0.749	1.891
4	102.850	16.584	7.089	8.855	0.202	0.753	1.980
n	Δ (ton)	Ws (ton)	Wo (ton)	P_B (kW)	Wm (ton)	W_{TOP} (ton)	M_{TOP} (\$)
1	4966.44	1406.06	38.82	1483.76	78.68	6523.56	5767552
2	5889.58	1543.29	55.74	1641.78	81.11	6680.14	7082496
0	6921.65	1695.75	73.58	1806.59	83.47	6852.80	8468680
3	8068.87	1864.25	92.33	1978.09	85.77	7042.35	9929672
4	9337.49	2049.58	112.00	2156.17	88.02	7249.60	11469880

Çizelge 5.8 L_n , $(B/T)_1$ ve $(L/B)_4$ parametreleriyle türetilen beş gemi

	$(B/T)_1= 2.339$		$(L/B)_4= 6.497$				
n	L (m)	B (m)	T (m)	D (m)	Fn	C_B	GM (m)
1	84.150	12.952	5.536	7.245	0.224	0.732	1.378
2	88.825	13.671	5.844	7.648	0.218	0.738	1.454
0	93.500	14.391	6.152	8.050	0.212	0.743	1.529
3	98.175	15.110	6.459	8.453	0.207	0.749	1.604
4	102.850	15.830	6.767	8.855	0.202	0.753	1.678
n	Δ (ton)	Ws (ton)	Wo (ton)	P_B (kW)	Wm (ton)	W_{TOP} (ton)	M_{TOP} (\$)
1	4525.21	1370.63	32.08	1394.52	77.23	6479.95	5289645
2	5366.33	1501.63	48.23	1543.04	79.62	6629.47	6561180
0	6306.71	1647.16	65.26	1697.94	81.93	6794.35	7903027
3	7352.01	1808.00	83.16	1859.13	84.19	6975.35	9318731
4	8507.92	1984.91	101.94	2026.49	86.40	7173.24	10812636



Şekil 5.2 L_n , $(B/T)_1$ ve $(L/B)_n$ parametreleriyle türetilen yirmi beş gemi için boyutlar grafiği

Burada; Δ için 1 (m)= 300 (ton), W_{TOP} için 1 (m)= 300 (ton) ve M_{TOP} için 1 (m)= 8000000 (\$)'dir.

- L_n , $(B/T)_1$ ve $(L/B)_1$ parametreleriyle türetilen beş gemi için toplam ağırlık ve deplasman eğrileri hiç bir noktada kesişmediğinden, bu beş gemi için çözüm yoktur.
- L_n , $(B/T)_1$ ve $(L/B)_2$ parametreleriyle türetilen beş gemi için, toplam ağırlık ve deplasman eğrileri bir noktada kesişmektedir. Bu noktadan okunan $Lopt_2$ değeri ve $Lopt_2$ değerine bağlı olarak bulunan değerler Çizelge 5.29'da gösterilmiştir.
- L_n , $(B/T)_1$ ve $(L/B)_0$ parametreleriyle türetilen beş gemi için, toplam ağırlık ve deplasman eğrileri bir noktada kesişmektedir. Bu noktadan okunan $Lopt_0$ değeri ve $Lopt_0$ değerine bağlı olarak bulunan değerler Çizelge 5.29'da gösterilmiştir.
- L_n , $(B/T)_1$ ve $(L/B)_3$ parametreleriyle türetilen beş gemi için, toplam ağırlık ve deplasman eğrileri bir noktada kesişmektedir. Bu noktadan okunan $Lopt_3$ değeri ve $Lopt_3$ değerine bağlı olarak bulunan değerler Çizelge 5.29'da gösterilmiştir.
- L_n , $(B/T)_1$ ve $(L/B)_4$ parametreleri için türetilen beş gemi için, toplam ağırlık ve deplasman eğrileri bir noktada kesişmektedir. Bu noktadan okunan $Lopt_4$ değeri ve $Lopt_4$ değerine bağlı olarak bulunan değerler Çizelge 5.29'da gösterilmiştir.

Çizelge 5.9 L_n , $(B/T)_2$ ve $(L/B)_1$ parametreleri için türetilen beş gemi

	$(B/T)_2= 2.469$		$(L/B)_1= 5.316$				
n	L (m)	B (m)	T (m)	D (m)	Fn	C_B	GM (m)
1	84.150	15.830	6.411	7.245	0.224	0.732	2.505
2	88.825	16.709	6.767	7.648	0.218	0.738	2.642
0	93.500	17.589	7.123	8.050	0.212	0.743	2.780
3	98.175	18.468	7.479	8.453	0.207	0.749	2.917
4	102.850	19.348	7.835	8.855	0.202	0.753	3.053
n	Δ (ton)	Ws (ton)	Wo (ton)	P_B (kW)	Wm (ton)	W_{TOP} (ton)	M_{TOP} (\$)
1	6404.10	1535.94	63.52	1757.81	82.79	6682.24	7398998
2	7594.46	1696.04	83.26	1945.01	85.34	6864.64	8853345
0	8925.28	1873.91	104.07	2140.27	87.83	7065.81	10379955
3	10404.60	2070.49	125.95	2343.45	90.25	7286.69	11982297
4	12040.45	2286.72	148.90	2554.41	92.61	7528.23	13664875

Çizelge 5.10 L_n , $(B/T)_2$ ve $(L/B)_2$ parametreleriyle türetilen beş gemi

	$(B/T)_2= 2.469$		$(L/B)_2= 5.611$				
n	L (m)	B (m)	T (m)	D (m)	F_n	C_B	GM (m)
1	84.150	14.997	6.073	7.245	0.224	0.732	2.173
2	88.825	15.830	6.411	7.648	0.218	0.738	2.292
0	93.500	16.663	6.748	8.050	0.212	0.743	2.411
3	98.175	17.496	7.085	8.453	0.207	0.749	2.530
4	102.850	18.329	7.423	8.855	0.202	0.753	2.648
n	Δ (ton)	W_s (ton)	W_o (ton)	P_B (kW)	W_m (ton)	W_{TOP} (ton)	M_{TOP} (\$)
1	5747.72	1488.09	54.42	1635.55	81.02	6623.52	6791560
2	6816.08	1639.76	73.12	1809.73	83.52	6796.40	8195634
0	8010.50	1808.27	92.84	1991.41	85.95	6987.06	9671961
3	9338.20	1994.51	113.57	2180.45	88.32	7196.39	11224076
4	10806.38	2199.35	135.31	2376.74	90.63	7425.29	12856479

Çizelge 5.11 L_n , $(B/T)_2$ ve $(L/B)_o$ parametreleriyle türetilen beş gemi

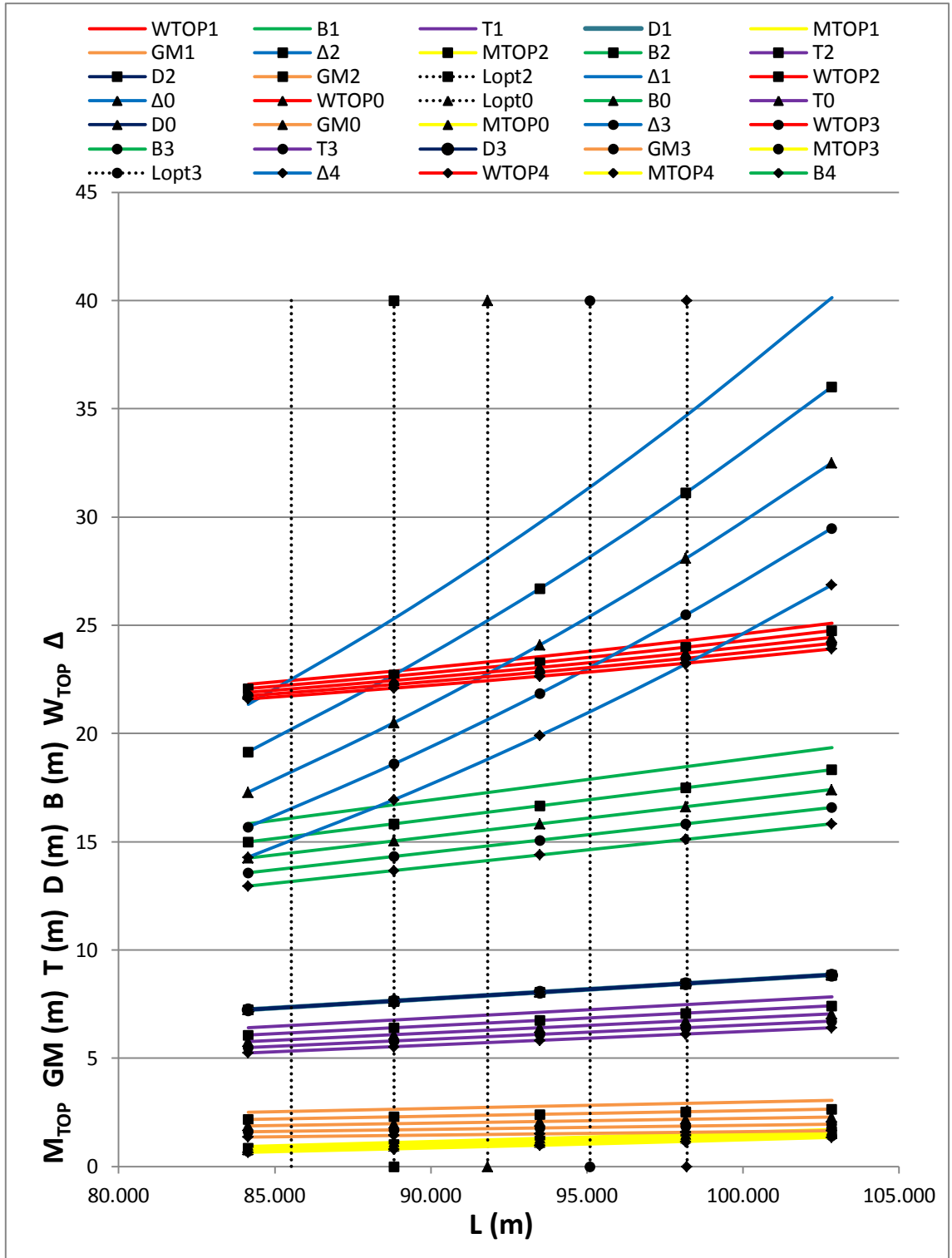
	$(B/T)_2= 2.469$		$(L/B)_o= 5.907$				
n	L (m)	B (m)	T (m)	D (m)	F_n	C_B	GM (m)
1	84.150	14.247	5.769	7.245	0.224	0.732	1.874
2	88.825	15.039	6.090	7.648	0.218	0.738	1.977
0	93.500	15.830	6.411	8.050	0.212	0.743	2.079
3	98.175	16.622	6.731	8.453	0.207	0.749	2.181
4	102.850	17.413	7.052	8.855	0.202	0.753	2.283
n	Δ (ton)	W_s (ton)	W_o (ton)	P_B (kW)	W_m (ton)	W_{TOP} (ton)	M_{TOP} (\$)
1	5187.32	1445.02	46.23	1527.43	79.37	6570.62	6233276
2	6151.51	1589.11	64.00	1690.10	81.82	6734.93	7589419
0	7229.48	1749.20	82.73	1859.77	84.20	6916.13	9017391
3	8427.72	1926.12	102.42	2036.32	86.52	7115.06	10520760
4	9752.76	2120.72	123.07	2219.63	88.79	7332.58	12103990

Çizelge 5.12 L_n , $(B/T)_2$ ve $(L/B)_3$ parametreleriyle türetilen beş gemi

	$(B/T)_2= 2.469$		$(L/B)_3= 6.202$				
n	L (m)	B (m)	T (m)	D (m)	Fn	C_B	GM (m)
1	84.150	13.569	5.495	7.245	0.224	0.732	1.604
2	88.825	14.322	5.800	7.648	0.218	0.738	1.691
0	93.500	15.076	6.105	8.050	0.212	0.743	1.779
3	98.175	15.830	6.411	8.453	0.207	0.749	1.866
4	102.850	16.584	6.716	8.855	0.202	0.753	1.953
n	Δ (ton)	Ws (ton)	Wo (ton)	P_B (kW)	Wm (ton)	W_{TOP} (ton)	M_{TOP} (\$)
1	4705.05	1406.06	38.82	1431.23	77.84	6522.71	5718767
2	5579.60	1543.29	55.74	1583.65	80.24	6679.26	7029368
0	6557.35	1695.75	73.58	1742.63	82.57	6851.90	8411082
3	7644.19	1864.25	92.33	1908.06	84.85	7041.43	9867479
4	8846.04	2049.58	112.00	2079.83	87.07	7248.66	11402970

Çizelge 5.13 L_n , $(B/T)_2$ ve $(L/B)_4$ parametreleriyle türetilen beş gemi

	$(B/T)_2= 2.469$		$(L/B)_4= 6.497$				
n	L (m)	B (m)	T (m)	D (m)	Fn	C_B	GM (m)
1	84.150	12.952	5.245	7.245	0.224	0.732	1.358
2	88.825	13.671	5.536	7.648	0.218	0.738	1.432
0	93.500	14.391	5.828	8.050	0.212	0.743	1.506
3	98.175	15.110	6.119	8.453	0.207	0.749	1.579
4	102.850	15.830	6.411	8.855	0.202	0.753	1.653
n	Δ (ton)	Ws (ton)	Wo (ton)	P_B (kW)	Wm (ton)	W_{TOP} (ton)	M_{TOP} (\$)
1	4287.04	1370.63	32.08	1345.15	76.40	6479.12	5243339
2	5083.89	1501.63	48.23	1488.41	78.76	6628.62	6510759
0	5974.78	1647.16	65.26	1637.83	81.05	6793.47	7848369
3	6965.06	1808.00	83.16	1793.31	83.29	6974.45	9259720
4	8060.13	1984.91	101.94	1954.75	85.47	7172.32	10749156



Şekil 5.3 L_n , $(B/T)_2$ ve $(L/B)_n$ parametreleriyle türetilen yirmi beş gemi için boyutlar grafiği

Burada; Δ için 1 (m)= 300 (ton), W_{TOP} için 1 (m)= 300 (ton) ve M_{TOP} için 1 (m)= 8000000 (\$)'dir.

- L_n , $(B/T)_2$ ve $(L/B)_1$ parametreleriyle türetilen beş gemi için, toplam ağırlık ve deplasman eğrileri bir noktada kesişmektedir. Bu noktadan okunan $Lopt_1$ değeri ve $Lopt_1$ değerine bağlı olarak bulunan değerler Çizelge 5.30'da gösterilmiştir.
- L_n , $(B/T)_2$ ve $(L/B)_2$ parametreleriyle türetilen beş gemi için, toplam ağırlık ve deplasman eğrileri bir noktada kesişmektedir. Bu noktadan okunan $Lopt_2$ değeri ve $Lopt_2$ değerine bağlı olarak bulunan değerler Çizelge 5.30'da gösterilmiştir.
- L_n , $(B/T)_2$ ve $(L/B)_0$ parametreleriyle türetilen beş gemi için, toplam ağırlık ve deplasman eğrileri bir noktada kesişmektedir. Bu noktadan okunan $Lopt_0$ değeri ve $Lopt_0$ değerine bağlı olarak bulunan değerler Çizelge 5.30'da gösterilmiştir.
- L_n , $(B/T)_2$ ve $(L/B)_3$ parametreleriyle türetilen beş gemi için, toplam ağırlık ve deplasman eğrileri bir noktada kesişmektedir. Bu noktadan okunan $Lopt_3$ değeri ve $Lopt_3$ değerine bağlı olarak bulunan değerler Çizelge 5.30'da gösterilmiştir.
- L_n , $(B/T)_2$ ve $(L/B)_4$ parametreleriyle türetilen beş gemi için, toplam ağırlık ve deplasman eğrileri bir noktada kesişmektedir. Bu noktadan okunan $Lopt_4$ değeri ve $Lopt_4$ değerine bağlı olarak bulunan değerler Çizelge 5.30'da gösterilmiştir.

Çizelge 5.14 L_n , $(B/T)_0$ ve $(L/B)_1$ parametreleriyle türetilen beş gemi

	$(B/T)_0 = 2.599$		$(L/B)_1 = 5.316$				
n	L (m)	B (m)	T (m)	D (m)	Fn	C_B	GM (m)
1	84.150	15.830	6.090	7.245	0.224	0.732	2.498
2	88.825	16.709	6.428	7.648	0.218	0.738	2.635
0	93.500	17.589	6.767	8.050	0.212	0.743	2.772
3	98.175	18.468	7.105	8.453	0.207	0.749	2.908
4	102.850	19.348	7.443	8.855	0.202	0.753	3.045
n	Δ (ton)	Ws (ton)	Wo (ton)	P_B (kW)	Wm (ton)	W_{TOP} (ton)	M_{TOP} (\$)
1	6083.89	1535.94	63.52	1698.72	81.94	6681.40	7345564
2	7214.73	1696.04	83.26	1879.63	84.47	6863.77	8795134
0	8479.02	1873.91	104.07	2068.32	86.93	7064.92	10316825
3	9884.37	2070.49	125.95	2264.67	89.33	7285.77	11914108
4	11438.42	2286.72	148.90	2468.54	91.67	7527.28	13591487

Çizelge 5.15 L_n , $(B/T)_o$ ve $(L/B)_2$ parametreleriyle türetilen beş gemi

	$(B/T)_o = 2.599$		$(L/B)_2 = 5.611$				
n	L (m)	B (m)	T (m)	D (m)	F_n	C_B	GM (m)
1	84.150	14.997	5.769	7.245	0.224	0.732	2.166
2	88.825	15.830	6.090	7.648	0.218	0.738	2.285
0	93.500	16.663	6.411	8.050	0.212	0.743	2.403
3	98.175	17.496	6.731	8.453	0.207	0.749	2.522
4	102.850	18.329	7.052	8.855	0.202	0.753	2.640
n	Δ (ton)	W_s (ton)	W_o (ton)	P_B (kW)	W_m (ton)	W_{TOP} (ton)	M_{TOP} (\$)
1	5460.34	1488.09	54.42	1580.57	80.19	6622.69	6741280
2	6475.27	1639.76	73.12	1748.89	82.66	6795.55	8140868
0	7609.98	1808.27	92.84	1924.46	85.07	6986.18	9612576
3	8871.29	1994.51	113.57	2107.15	87.42	7195.49	11159941
4	10266.07	2199.35	135.31	2296.84	89.71	7424.36	12787466

Çizelge 5.16 L_n , $(B/T)_o$ ve $(L/B)_o$ parametreleriyle türetilen beş gemi

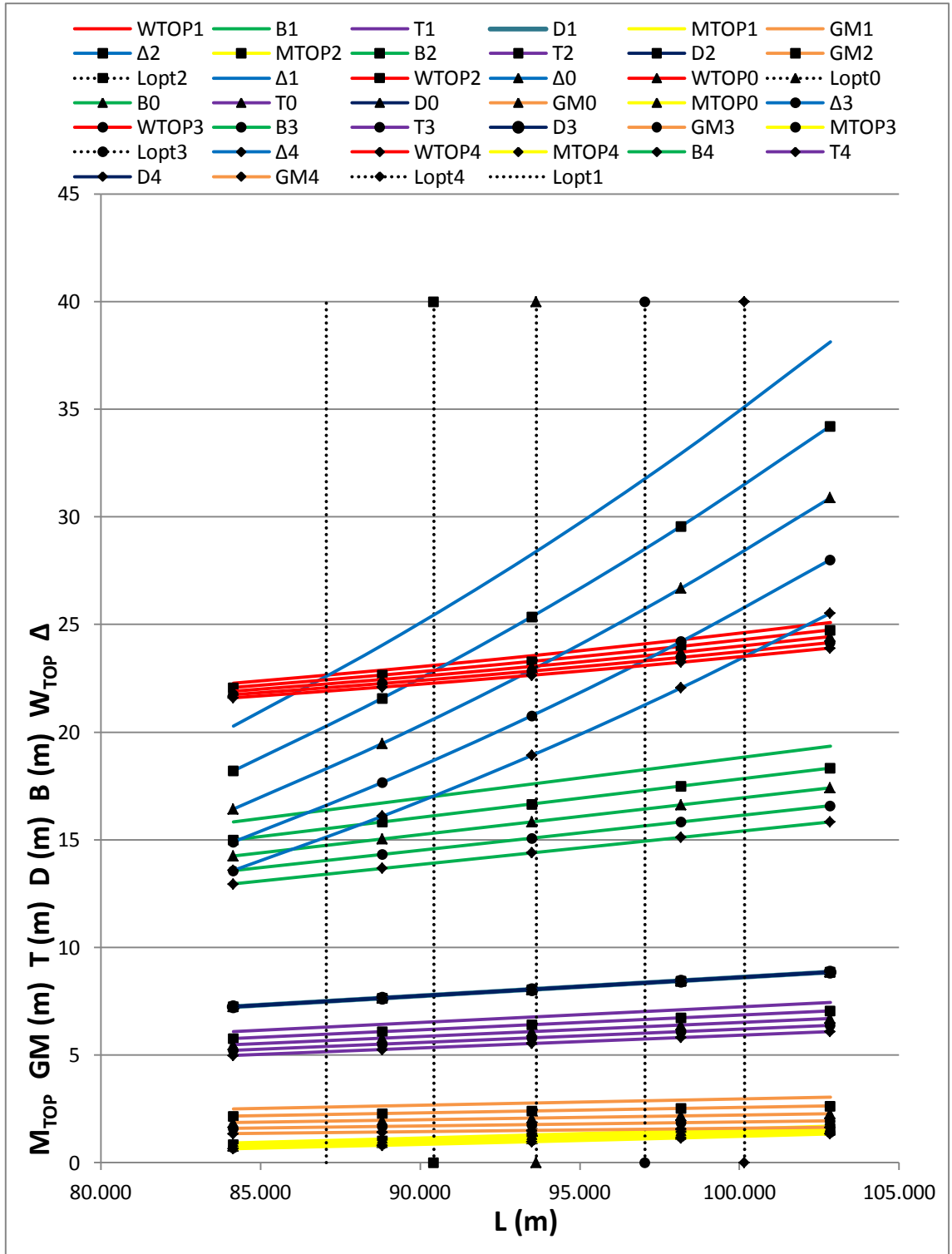
	$(B/T)_o = 2.599$		$(L/B)_o = 5.907$				
n	L (m)	B (m)	T (m)	D (m)	F_n	C_B	GM (m)
1	84.150	14.247	5.481	7.245	0.224	0.732	1.868
2	88.825	15.039	5.786	7.648	0.218	0.738	1.970
0	93.500	15.830	6.090	8.050	0.212	0.743	2.072
3	98.175	16.622	6.395	8.453	0.207	0.749	2.174
4	102.850	17.413	6.699	8.855	0.202	0.753	2.275
n	Δ (ton)	W_s (ton)	W_o (ton)	P_B (kW)	W_m (ton)	W_{TOP} (ton)	M_{TOP} (\$)
1	4927.95	1445.02	46.23	1476.08	78.56	6569.81	6185812
2	5843.93	1589.11	64.00	1633.28	80.98	6734.09	7537728
0	6868.00	1749.20	82.73	1797.25	83.34	6915.27	8961348
3	8006.34	1926.12	102.42	1967.86	85.64	7114.18	10460241
4	9265.12	2120.72	123.07	2145.01	87.88	7331.68	12038877

Çizelge 5.17 L_n , $(B/T)_o$ ve $(L/B)_3$ parametreleriyle türetilen beş gemi

	$(B/T)_o = 2.599$		$(L/B)_3 = 6.202$				
n	L (m)	B (m)	T (m)	D (m)	F_n	C_B	GM (m)
1	84.150	13.569	5.220	7.245	0.224	0.732	1.598
2	88.825	14.322	5.510	7.648	0.218	0.738	1.685
0	93.500	15.076	5.800	8.050	0.212	0.743	1.772
3	98.175	15.830	6.090	8.453	0.207	0.749	1.859
4	102.850	16.584	6.380	8.855	0.202	0.753	1.946
n	Δ (ton)	Ws (ton)	Wo (ton)	P_B (kW)	Wm (ton)	W_{TOP} (ton)	M_{TOP} (\$)
1	4469.80	1406.06	38.82	1383.12	77.04	6521.91	5673832
2	5300.62	1543.29	55.74	1530.41	79.42	6678.44	6980437
0	6229.48	1695.75	73.58	1684.05	81.73	6851.06	8358038
3	7261.98	1864.25	92.33	1843.92	83.99	7040.57	9810206
4	8403.74	2049.58	112.00	2009.91	86.19	7247.77	11341357

Çizelge 5.18 L_n , $(B/T)_o$ ve $(L/B)_4$ parametreleriyle türetilen beş gemi

	$(B/T)_o = 2.599$		$(L/B)_4 = 6.497$				
n	L (m)	B (m)	T (m)	D (m)	F_n	C_B	GM (m)
1	84.150	12.952	4.983	7.245	0.224	0.732	1.352
2	88.825	13.671	5.260	7.648	0.218	0.738	1.426
0	93.500	14.391	5.536	8.050	0.212	0.743	1.499
3	98.175	15.110	5.813	8.453	0.207	0.749	1.573
4	102.850	15.830	6.090	8.855	0.202	0.753	1.646
n	Δ (ton)	Ws (ton)	Wo (ton)	P_B (kW)	Wm (ton)	W_{TOP} (ton)	M_{TOP} (\$)
1	4072.69	1370.63	32.08	1299.93	75.62	6478.34	5200688
2	4829.70	1501.63	48.23	1438.37	77.96	6627.81	6464318
0	5676.04	1647.16	65.26	1582.77	80.22	6792.65	7798030
3	6616.81	1808.00	83.16	1733.02	82.44	6973.60	9205375
4	7657.13	1984.91	101.94	1889.03	84.60	7171.44	10690699



- L_n , $(B/T)_0$ ve $(L/B)_1$ parametreleriyle türetilen beş gemi için, toplam ağırlık ve deplasman eğrileri bir noktada kesişmektedir. Bu noktadan okunan $Lopt_1$ değeri ve $Lopt_1$ değerine bağlı olarak bulunan değerler Çizelge 5.31’de gösterilmiştir.
- L_n , $(B/T)_0$ ve $(L/B)_2$ parametreleriyle türetilen beş gemi için, toplam ağırlık ve deplasman eğrileri bir noktada kesişmektedir. Bu noktadan okunan $Lopt_2$ değeri ve $Lopt_2$ değerine bağlı olarak bulunan değerler Çizelge 5.31’de gösterilmiştir.
- L_n , $(B/T)_0$ ve $(L/B)_0$ parametreleriyle türetilen beş gemi için, toplam ağırlık ve deplasman eğrileri bir noktada kesişmektedir. Bu noktadan okunan $Lopt_0$ değeri ve $Lopt_0$ değerine bağlı olarak bulunan değerler Çizelge 5.31’de gösterilmiştir.
- L_n , $(B/T)_0$ ve $(L/B)_3$ parametreleriyle türetilen beş gemi için, toplam ağırlık ve deplasman eğrileri bir noktada kesişmektedir. Bu noktadan okunan $Lopt_3$ değeri ve $Lopt_3$ değerine bağlı olarak bulunan değerler Çizelge 5.31’de gösterilmiştir.
- L_n , $(B/T)_0$ ve $(L/B)_4$ parametreleriyle türetilen beş gemi için, toplam ağırlık ve deplasman eğrileri bir noktada kesişmektedir. Bu noktadan okunan $Lopt_4$ değeri ve $Lopt_4$ değerine bağlı olarak bulunan değerler Çizelge 5.31’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.19 L_n , $(B/T)_3$ ve $(L/B)_1$ parametreleriyle türetilen beş gemi

	$(B/T)_3= 2.729$		$(L/B)_1= 5.316$				
n	L (m)	B (m)	T (m)	D (m)	Fn	C_B	GM (m)
1	84.150	15.830	5.800	7.245	0.224	0.732	2.507
2	88.825	16.709	6.122	7.648	0.218	0.738	2.644
0	93.500	17.589	6.444	8.050	0.212	0.743	2.781
3	98.175	18.468	6.767	8.453	0.207	0.749	2.918
4	102.850	19.348	7.089	8.855	0.202	0.753	3.055
n	Δ (ton)	Ws (ton)	Wo (ton)	P_B (kW)	Wm (ton)	W_{TOP} (ton)	M_{TOP} (\$)
1	5794.18	1535.94	63.52	1644.35	81.15	6680.60	7296149
2	6871.17	1696.04	83.26	1819.47	83.65	6862.95	8741306
0	8075.25	1873.91	104.07	2002.13	86.09	7064.07	10258453
3	9413.68	2070.49	125.95	2192.19	88.46	7284.91	11851062
4	10893.74	2286.72	148.90	2389.54	90.78	7526.39	13523639

Çizelge 5.20 L_n , $(B/T)_3$ ve $(L/B)_2$ parametreleriyle türetilen beş gemi

	$(B/T)_3= 2.729$		$(L/B)_2= 5.611$				
n	L (m)	B (m)	T (m)	D (m)	Fn	C_B	GM (m)
1	84.150	14.997	5.495	7.245	0.224	0.732	2.175
2	88.825	15.830	5.800	7.648	0.218	0.738	2.294
0	93.500	16.663	6.105	8.050	0.212	0.743	2.413
3	98.175	17.496	6.411	8.453	0.207	0.749	2.531
4	102.850	18.329	6.716	8.855	0.202	0.753	2.650
n	Δ (ton)	Ws (ton)	Wo (ton)	P_B (kW)	Wm (ton)	W_{TOP} (ton)	M_{TOP} (\$)
1	5200.32	1488.09	54.42	1529.98	79.41	6621.91	6694780
2	6166.93	1639.76	73.12	1692.92	81.86	6794.74	8090224
0	7247.60	1808.27	92.84	1862.87	84.24	6985.36	9557663
3	8448.85	1994.51	113.57	2039.72	86.57	7194.64	11100640
4	9777.21	2199.35	135.31	2223.34	88.84	7423.49	12723659

Çizelge 5.21 L_n , $(B/T)_3$ ve $(L/B)_0$ parametreleriyle türetilen beş gemi

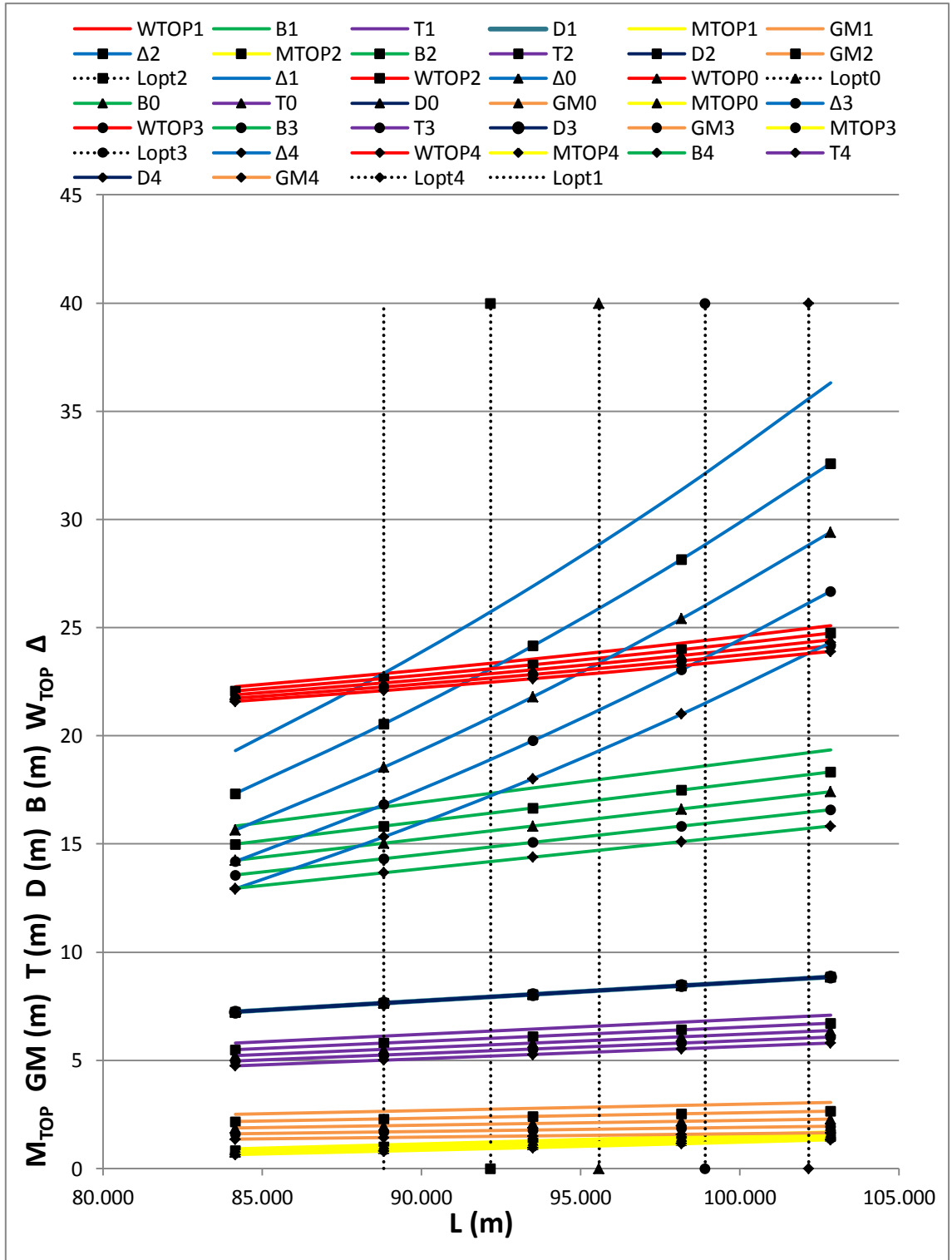
	$(B/T)_3= 2.729$		$(L/B)_0= 5.907$				
n	L (m)	B (m)	T (m)	D (m)	Fn	C_B	GM (m)
1	84.150	14.247	5.220	7.245	0.224	0.732	1.876
2	88.825	15.039	5.510	7.648	0.218	0.738	1.978
0	93.500	15.830	5.800	8.050	0.212	0.743	2.081
3	98.175	16.622	6.090	8.453	0.207	0.749	2.183
4	102.850	17.413	6.380	8.855	0.202	0.753	2.285
n	Δ (ton)	Ws (ton)	Wo (ton)	P_B (kW)	Wm (ton)	W_{TOP} (ton)	M_{TOP} (\$)
1	4693.29	1445.02	46.23	1428.84	77.80	6569.04	6141915
2	5565.65	1589.11	64.00	1581.01	80.20	6733.31	7489924
0	6540.96	1749.20	82.73	1739.73	82.53	6914.46	8909522
3	7625.08	1926.12	102.42	1904.88	84.81	7113.35	10404282
4	8823.93	2120.72	123.07	2076.36	87.03	7330.82	11978673

Çizelge 5.22 L_n , $(B/T)_3$ ve $(L/B)_3$ parametreleriyle türetilen beş gemi

	$(B/T)_3= 2.729$		$(L/B)_3= 6.202$				
n	L (m)	B (m)	T (m)	D (m)	F_n	C_B	GM (m)
1	84.150	13.569	4.971	7.245	0.224	0.732	1.605
2	88.825	14.322	5.248	7.648	0.218	0.738	1.693
0	93.500	15.076	5.524	8.050	0.212	0.743	1.780
3	98.175	15.830	5.800	8.453	0.207	0.749	1.868
4	102.850	16.584	6.076	8.855	0.202	0.753	1.955
n	Δ (ton)	W_s (ton)	W_o (ton)	P_B (kW)	W_m (ton)	W_{TOP} (ton)	M_{TOP} (\$)
1	4256.95	1406.06	38.82	1338.85	76.30	6521.17	5632273
2	5048.21	1543.29	55.74	1481.44	78.65	6677.67	6935183
0	5932.84	1695.75	73.58	1630.16	80.94	6850.27	8308983
3	6916.18	1864.25	92.33	1784.91	83.17	7039.75	9757245
4	8003.56	2049.58	112.00	1945.59	85.35	7246.93	11284385

Çizelge 5.23 L_n , $(B/T)_3$ ve $(L/B)_4$ parametreleriyle türetilen beş gemi

	$(B/T)_3= 2.729$		$(L/B)_4= 6.497$				
n	L (m)	B (m)	T (m)	D (m)	F_n	C_B	GM (m)
1	84.150	12.952	4.745	7.245	0.224	0.732	1.360
2	88.825	13.671	5.009	7.648	0.218	0.738	1.434
0	93.500	14.391	5.273	8.050	0.212	0.743	1.507
3	98.175	15.110	5.536	8.453	0.207	0.749	1.581
4	102.850	15.830	5.800	8.855	0.202	0.753	1.654
n	Δ (ton)	W_s (ton)	W_o (ton)	P_B (kW)	W_m (ton)	W_{TOP} (ton)	M_{TOP} (\$)
1	3878.75	1370.63	32.08	1258.33	74.89	6477.60	5161238
2	4599.71	1501.63	48.23	1392.34	77.20	6627.06	6421367
0	5405.75	1647.16	65.26	1532.11	79.45	6791.87	7751476
3	6301.72	1808.00	83.16	1677.56	81.64	6972.80	9155118
4	7292.50	1984.91	101.94	1828.58	83.78	7170.62	10636643



Şekil 5.5 L_n , $(B/T)_3$ ve $(L/B)_n$ parametreleriyle türetilen yirmi beş gemi için boyutlar grafiği

Burada; Δ için 1 (m)= 300 (ton), W_{TOP} için 1 (m)= 300 (ton) ve M_{TOP} için 1 (m)= 8000000 (\$)'dir.

- L_n , $(B/T)_3$ ve $(L/B)_1$ parametreleriyle türetilen beş gemi için, toplam ağırlık ve deplasman eğrileri bir noktada kesişmektedir. Bu noktadan okunan $Lopt_1$ değeri ve $Lopt_1$ değerine bağlı olarak bulunan değerler Çizelge 5.32’de gösterilmiştir.
- L_n , $(B/T)_3$ ve $(L/B)_2$ parametreleriyle türetilen beş gemi için, toplam ağırlık ve deplasman eğrileri bir noktada kesişmektedir. Bu noktadan okunan $Lopt_2$ değeri ve $Lopt_2$ değerine bağlı olarak bulunan değerler Çizelge 5.32’de gösterilmiştir.
- L_n , $(B/T)_3$ ve $(L/B)_0$ parametreleriyle türetilen beş gemi için, toplam ağırlık ve deplasman eğrileri bir noktada kesişmektedir. Bu noktadan okunan $Lopt_0$ değeri ve $Lopt_0$ değerine bağlı olarak bulunan değerler Çizelge 5.32’de gösterilmiştir.
- L_n , $(B/T)_3$ ve $(L/B)_3$ parametreleriyle türetilen beş gemi için, toplam ağırlık ve deplasman eğrileri bir noktada kesişmektedir. Bu noktadan okunan $Lopt_3$ değeri ve $Lopt_3$ değerine bağlı olarak bulunan değerler Çizelge 5.32’de gösterilmiştir.
- L_n , $(B/T)_3$ ve $(L/B)_4$ parametreleriyle türetilen beş gemi için, toplam ağırlık ve deplasman eğrileri bir noktada kesişmektedir. Bu noktadan okunan $Lopt_4$ değeri ve $Lopt_4$ değerine bağlı olarak bulunan değerler Çizelge 5.32’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.24 L_n , $(B/T)_4$ ve $(L/B)_1$ parametreleriyle türetilen beş gemi

	(B/T)₄= 2.859		(L/B)₁= 5.316				
n	L (m)	B (m)	T (m)	D (m)	Fn	C_B	GM (m)
1	84.150	15.830	5.536	7.245	0.224	0.732	2.529
2	88.825	16.709	5.844	7.648	0.218	0.738	2.668
0	93.500	17.589	6.152	8.050	0.212	0.743	2.806
3	98.175	18.468	6.459	8.453	0.207	0.749	2.944
4	102.850	19.348	6.767	8.855	0.202	0.753	3.082
n	Δ (ton)	Ws (ton)	Wo (ton)	P_B (kW)	Wm (ton)	W_{TOP} (ton)	M_{TOP} (\$)
1	5530.81	1535.94	63.52	1594.14	80.40	6679.85	7250280
2	6558.85	1696.04	83.26	1763.91	82.88	6862.17	8691344
0	7708.20	1873.91	104.07	1940.99	85.29	7063.27	10204276
3	8985.79	2070.49	125.95	2125.24	87.64	7284.09	11792551
4	10398.57	2286.72	148.90	2316.57	89.94	7525.55	13460676

Çizelge 5.25 L_n , $(B/T)_4$ ve $(L/B)_2$ parametreleriyle türetilen beş gemi

	$(B/T)_4= 2.859$		$(L/B)_2= 5.611$				
n	L (m)	B (m)	T (m)	D (m)	Fn	C _B	GM (m)
1	84.150	14.997	5.245	7.245	0.224	0.732	2.196
2	88.825	15.830	5.536	7.648	0.218	0.738	2.316
0	93.500	16.663	5.828	8.050	0.212	0.743	2.436
3	98.175	17.496	6.119	8.453	0.207	0.749	2.556
4	102.850	18.329	6.411	8.855	0.202	0.753	2.675
n	Δ (ton)	Ws (ton)	Wo (ton)	P _B (kW)	Wm (ton)	W _{TOP} (ton)	M _{TOP} (\$)
1	4963.94	1488.09	54.42	1483.26	78.68	6621.18	6651616
2	5886.61	1639.76	73.12	1641.23	81.10	6793.98	8043214
0	6918.16	1808.27	92.84	1805.99	83.46	6984.58	9506695
3	8064.81	1994.51	113.57	1977.43	85.77	7193.84	11045603
4	9332.79	2199.35	135.31	2155.44	88.01	7422.67	12664442

Çizelge 5.26 L_n , $(B/T)_4$ ve $(L/B)_0$ parametreleriyle türetilen beş gemi

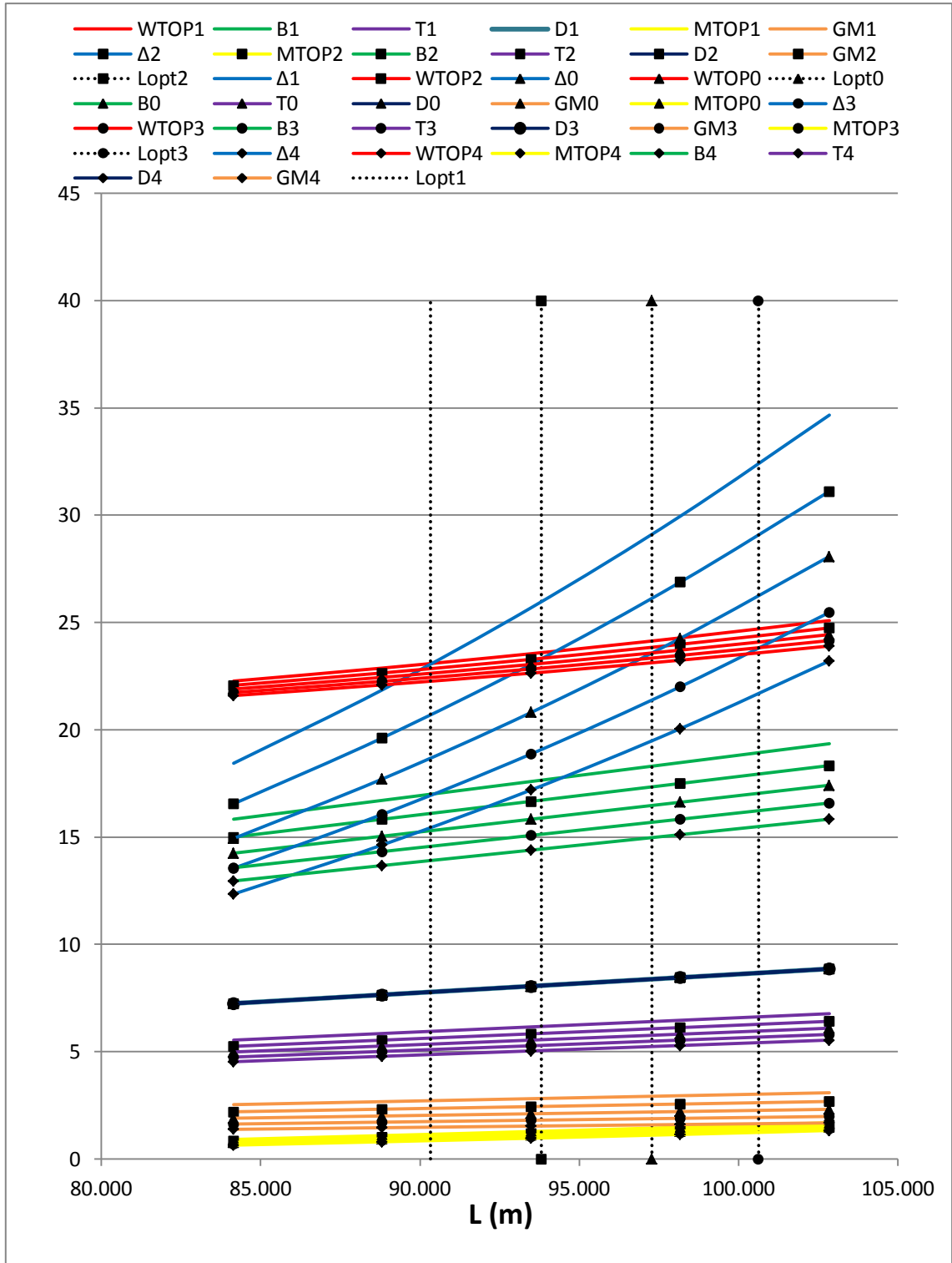
	$(B/T)_4= 2.859$		$(L/B)_0= 5.907$				
n	L (m)	B (m)	T (m)	D (m)	Fn	C _B	GM (m)
1	84.150	14.247	4.983	7.245	0.224	0.732	1.896
2	88.825	15.039	5.260	7.648	0.218	0.738	2.000
0	93.500	15.830	5.536	8.050	0.212	0.743	2.103
3	98.175	16.622	5.813	8.453	0.207	0.749	2.206
4	102.850	17.413	6.090	8.855	0.202	0.753	2.309
n	Δ (ton)	Ws (ton)	Wo (ton)	P _B (kW)	Wm (ton)	W _{TOP} (ton)	M _{TOP} (\$)
1	4479.96	1445.02	46.23	1385.21	77.08	6568.32	6101165
2	5312.67	1589.11	64.00	1532.73	79.46	6732.56	7445549
0	6243.64	1749.20	82.73	1686.60	81.77	6913.69	8861417
3	7278.49	1926.12	102.42	1846.71	84.02	7112.56	10352343
4	8422.84	2120.72	123.07	2012.96	86.22	7330.02	11922798

Çizelge 5.27 L_n , $(B/T)_4$ ve $(L/B)_3$ parametreleriyle türetilen beş gemi

	$(B/T)_4= 2.859$		$(L/B)_3= 6.202$				
n	L (m)	B (m)	T (m)	D (m)	F_n	C_B	GM (m)
1	84.150	13.569	4.745	7.245	0.224	0.732	1.625
2	88.825	14.322	5.009	7.648	0.218	0.738	1.713
0	93.500	15.076	5.273	8.050	0.212	0.743	1.802
3	98.175	15.830	5.536	8.453	0.207	0.749	1.890
4	102.850	16.584	5.800	8.855	0.202	0.753	1.978
n	Δ (ton)	W_s (ton)	W_o (ton)	P_B (kW)	W_m (ton)	W_{TOP} (ton)	M_{TOP} (\$)
1	4063.45	1406.06	38.82	1297.97	75.59	6520.46	5593691
2	4818.75	1543.29	55.74	1436.20	77.92	6676.94	6893175
0	5663.17	1695.75	73.58	1580.38	80.19	6849.52	8263448
3	6601.80	1864.25	92.33	1730.40	82.40	7038.98	9708086
4	7639.76	2049.58	112.00	1886.18	84.56	7246.14	11231507

Çizelge 5.28 L_n , $(B/T)_4$ ve $(L/B)_4$ parametreleriyle türetilen beş gemi

	$(B/T)_4= 2.859$		$(L/B)_4= 6.497$				
n	L (m)	B (m)	T (m)	D (m)	F_n	C_B	GM (m)
1	84.150	12.952	4.530	7.245	0.224	0.732	1.378
2	88.825	13.671	4.781	7.648	0.218	0.738	1.453
0	93.500	14.391	5.033	8.050	0.212	0.743	1.528
3	98.175	15.110	5.285	8.453	0.207	0.749	1.602
4	102.850	15.830	5.536	8.855	0.202	0.753	1.677
n	Δ (ton)	W_s (ton)	W_o (ton)	P_B (kW)	W_m (ton)	W_{TOP} (ton)	M_{TOP} (\$)
1	3702.44	1370.63	32.08	1219.90	74.20	6476.91	5124614
2	4390.63	1501.63	48.23	1349.82	76.48	6626.34	6381494
0	5160.03	1647.16	65.26	1485.33	78.71	6791.13	7708260
3	6015.28	1808.00	83.16	1626.33	80.88	6972.04	9108469
4	6961.02	1984.91	101.94	1772.74	83.00	7169.85	10586470



Şekil 5.6 L_n , $(B/T)_4$ ve $(L/B)_n$ parametreleriyle türetilen yirmi beş gemi için boyutlar grafiği

Burada; Δ için 1 (m)= 300 (ton), W_{TOP} için 1 (m)= 300 (ton) ve M_{TOP} için 1 (m)= 8000000 (\$)'dir.

- L_n , $(B/T)_4$ ve $(L/B)_1$ parametreleriyle türetilen beş gemi için, toplam ağırlık ve deplasman eğrileri bir noktada kesişmektedir. Bu noktadan okunan $Lopt_1$ değeri ve $Lopt_1$ değerine bağlı olarak bulunan değerler Çizelge 5.33'te gösterilmiştir.
- L_n , $(B/T)_4$ ve $(L/B)_2$ parametreleriyle türetilen beş gemi için, toplam ağırlık ve deplasman eğrileri bir noktada kesişmektedir. Bu noktadan okunan $Lopt_2$ değeri ve $Lopt_2$ değerine bağlı olarak bulunan değerler Çizelge 5.33'te gösterilmiştir.
- L_n , $(B/T)_4$ ve $(L/B)_0$ parametreleriyle türetilen beş gemi için, toplam ağırlık ve deplasman eğrileri bir noktada kesişmektedir. Bu noktadan okunan $Lopt_0$ değeri ve $Lopt_0$ değerine bağlı olarak bulunan değerler Çizelge 5.33'te gösterilmiştir.
- L_n , $(B/T)_4$ ve $(L/B)_3$ parametreleriyle türetilen beş gemi için, toplam ağırlık ve deplasman eğrileri bir noktada kesişmektedir. Bu noktadan okunan $Lopt_3$ değeri ve $Lopt_3$ değerine bağlı olarak bulunan değerler Çizelge 5.33'te gösterilmiştir.
- L_n , $(B/T)_4$ ve $(L/B)_4$ parametreleriyle türetilen beş gemi için toplam ağırlık ve deplasman eğrileri hiç bir noktada kesişmediğinden, bu beş gemi için çözüm yoktur.

Her beş gemilik gruplar için, minimum inşa maliyetine sahip optimum gemi boyutları bulunan kimyasal tankerlere ilişkin değerler aşağıda gösterilmiştir (Çizelge 5.29-33). Böylece 125 gemi, L parametresinden arındırılarak, (L/B) ve (B/T) parametrelerine bağlı 23 gemiye düşürülmüştür.

Çizelge 5.29 $(B/T)_1$ ve $(L/B)_n$ parametreleri için türetilen minimum inşa maliyetine ve optimum gemi boyutlarına sahip beş kimyasal tanker

	$(B/T)_1$						
	L (m)	B (m)	T (m)	D (m)	Δ (ton)	GM (m)	M_{TOP} (\$)
$(L/B)_1$	-	-	-	-	-	-	-
$(L/B)_2$	86.890	15.510	6.620	7.500	6710.00	2.270	7660000
$(L/B)_0$	90.110	15.260	6.490	7.730	6780.00	2.028	8050000
$(L/B)_3$	93.240	15.040	6.450	8.060	6840.00	1.790	8400000
$(L/B)_4$	96.140	14.800	6.290	8.280	6880.00	1.571	8660000

Çizelge 5.30 $(B/T)_2$ ve $(L/B)_n$ parametreleri için türetilen minimum inşa maliyetine ve optimum gemi boyutlarına sahip beş kimyasal tanker

	$(B/T)_2$						
	L (m)	B (m)	T (m)	D (m)	Δ (ton)	GM (m)	M_{TOP} (\$)
$(L/B)_1$	85.530	16.070	6.520	7.300	6730.00	2.539	7820000
$(L/B)_2$	88.820	15.820	6.440	7.600	6750.00	2.277	8160000
$(L/B)_o$	91.820	15.520	6.310	7.950	6800.00	2.030	8510000
$(L/B)_3$	95.340	15.360	6.260	8.210	6940.00	1.809	8960000
$(L/B)_4$	98.210	15.110	6.070	8.400	6970.00	1.574	9250000

Çizelge 5.31 $(B/T)_o$ ve $(L/B)_n$ parametreleri için türetilen minimum inşa maliyetine ve optimum gemi boyutlarına sahip beş kimyasal tanker

	$(B/T)_o$						
	L (m)	B (m)	T (m)	D (m)	Δ (ton)	GM (m)	M_{TOP} (\$)
$(L/B)_1$	87.060	16.390	6.270	7.460	6770.00	2.586	8210000
$(L/B)_2$	90.430	16.120	6.190	7.810	6830.00	2.325	8590000
$(L/B)_o$	93.640	15.840	6.090	8.070	6880.00	2.075	8990000
$(L/B)_3$	97.040	15.640	6.000	8.380	7010.00	1.837	9450000
$(L/B)_4$	100.160	15.410	5.920	8.600	7050.00	1.603	9830000

Çizelge 5.32 $(B/T)_3$ ve $(L/B)_n$ parametreleri için türetilen minimum inşa maliyetine ve optimum gemi boyutlarına sahip beş kimyasal tanker

	$(B/T)_3$						
	L (m)	B (m)	T (m)	D (m)	Δ (ton)	GM (m)	M_{TOP} (\$)
$(L/B)_1$	88.810	16.710	6.150	7.640	6880.00	2.630	8730000
$(L/B)_2$	92.170	16.440	6.000	7.930	6900.00	2.370	9130000
$(L/B)_o$	95.580	16.160	5.930	8.250	6990.00	2.123	9520000
$(L/B)_3$	98.910	15.950	5.790	8.510	7070.00	1.879	9960000
$(L/B)_4$	102.160	15.740	5.730	8.740	7120.00	1.636	10400000

Çizelge 5.33 $(B/T)_4$ ve $(L/B)_n$ parametreleri için türetilen minimum inşa maliyetine ve optimum gemi boyutlarına sahip beş kimyasal tanker

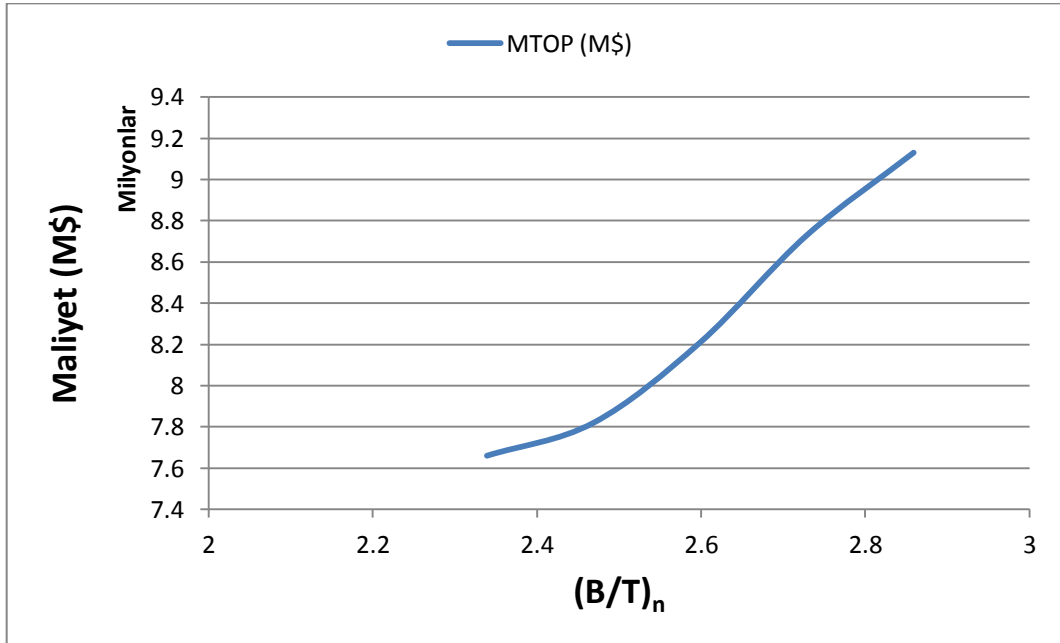
	$(B/T)_4$						
	L (m)	B (m)	T (m)	D (m)	Δ (ton)	GM (m)	M_{TOP} (\$)
$(L/B)_1$	90.330	17.000	5.960	7.720	6880.00	2.710	9130000
$(L/B)_2$	93.810	16.750	5.840	8.070	6970.00	2.443	9570000
$(L/B)_o$	97.280	16.450	5.730	8.380	7070.00	2.177	10060000
$(L/B)_3$	100.630	16.220	5.680	8.600	7140.00	1.930	10540000
$(L/B)_4$	-	-	-	-	-	-	-

Yukarıdaki beş çizelgenin her birinde, minimum inşa maliyetine sahip kimyasal tankerler sarı renkle işaretlenmiştir. Böylece 23 gemi, (L/B) parametresinden arındırılarak, (B/T) parametresine bağlı 5 gemiye düşürülmüştür. Minimum inşa maliyetine sahip gemilere ilişkin boyut değerleri, (B/T)_n parametre değerlerine bağlı olarak Çizelge 5.34'te gösterilmiştir.

Çizelge 5.34 (B/T)_n parametresi için türetilen minimum inşa maliyetine ve optimum gemi boyutlarına sahip beş kimyasal tanker

	Gemi Boyutları						
	L (m)	B (m)	T (m)	D (m)	Δ (ton)	GM (m)	M _{TOP} (\$)
(B/T) ₁ = 2.339	86.890	15.510	6.620	7.500	6710.00	2.270	7660000
(B/T) ₂ = 2.469	85.530	16.070	6.520	7.300	6730.00	2.539	7820000
(B/T) ₀ = 2.599	87.060	16.390	6.270	7.460	6770.00	2.586	8210000
(B/T) ₃ = 2.729	88.810	16.710	6.150	7.640	6880.00	2.630	8730000
(B/T) ₄ = 2.859	90.330	17.000	5.960	7.720	6880.00	2.710	9130000

Çizelge 5.34'teki beş gemiye ait boyut değerleri (B/T)_n parametresine bağlı olarak grafiklere aktararak, minimum inşa maliyetine sahip optimum gemi boyutları bulunacaktır. Öncelikle minimum inşa maliyeti bulabilmek için, Çizelge 5.34'teki gemi inşa maliyetleri, (B/T)_n parametre değerlerine bağlı olarak Şekil 5.7'deki grafiğe aktarılacaktır.



Şekil 5.7 (B/T)_n parametresiyle türetilen beş kimyasal tanker için minimum toplam inşa maliyeti grafiği

Şekil 5.7 incelendiğinde, minimum inşa maliyetine sahip kimyasal tankerin, $(B/T)_1$ parametresiyle oluşturulan gemi olduğu görülmektedir. Bu yüzden diğer gemi boyutlarına ilişkin grafikleri çizdirmeye gerek kalmamıştır; çünkü $(B/T)_1$ parametresine bağlı olarak türetilen kimyasal tankerin boyutları, minimum inşa maliyetine sahip optimum gemi boyutlarıdır. 5000 DWT'luk gemi için 7660000 (\$) olan inşa maliyeti, 4850 DWT'luk geminin 8504600 (\$) inşa maliyetine göre yüzde 9.93 daha azdır. Ayrıca bu inşa maliyet analizinin sonucunun, yüzde yirmi-otuz gibi yüksek oranlarda düşmemesi yapılan analizin tutarlı olduğunu göstermektedir. Bu sonuçla bu tez çalışmasının başından beri amaçlanan minimum inşa maliyetine sahip optimum kimyasal tanker boyutlarına ulaşma hedefi gerçekleşmiştir.

$$L_{opt} = 86.89 \text{ (m)}$$

$$B_{opt} = 15.51 \text{ (m)}$$

$$T_{opt} = 6.62 \text{ (m)}$$

$$D_{opt} = 7.50 \text{ (m)}$$

$$\Delta_{opt} = 6710 \text{ (ton)}$$

$$GM_{opt} = 2.27 \text{ (m)}$$

$$M_{TOP} = 7660000 \text{ ($)}$$

5000 DWT'luk kimyasal tanker için minimum inşa maliyetine sahip optimum gemi boyutları incelendiğinde hiç bir gemi boyutuna ilişkin değerin tutarsız olmadığı görülmektedir. Ancak yine bazı değerlerin kontrol edilmesi gereklidir. Bunlardan birincisi, geminin stabilite açısından sorunlu olup olmadığıdır. İkincisi, bu gemi için yeterli freeboard miktarının olup olmadığıdır. Üçüncüsü ise üretilen bu geminin blok katsayısı değerinin makul sınırlar içinde kalıp kalmadığıdır. Şimdi bu üç değer kontrol edilecek ve gerekirse matematiksel model revize edilecektir.

- a) GM değerinin 0.15'ten büyük olması nedeniyle bu geminin stabilite açısından herhangi bir sorunu yoktur.
- b) Gemilere ait freeboard değerleri 1966 Load Line sözleşmesine göre kontrol edilir. Bu hesaplamayı doğru bir şekilde yapabilmek için yeterli veri mevcut

değildir. Bu yüzden yapılacak analizlerde D/T oranının, örnek gemiler içinde en az D/T oranına sahip gemiden daha az olmaması sağlanacaktır. Bunun için D/T oranının, en az $D/T \approx 1.2$ olma şartı aranacaktır. Bu gemi için D/T oranı kontrol edilecek olunursa;

$D/T = 7.50/6.62 = 1.113$ olduğundan, matematiksel modele D/T'nin 1.2'den küçük olması durumunda 1.2 olarak kabul edilmesine yönelik bir düzeltme konularak, matematiksel model revize edilmiştir.

c) Blok katsayısı aşağıdaki bağıntıdan kontrol edilirse;

$$C_B = \Delta / (L_{WL} \cdot B \cdot T \cdot \rho)$$

$C_B = 0.734$ olduğundan C_B açısından herhangi bir sorun yoktur.

Revize edilen matematiksel modelle 5000 DWT'luk kimyasal tanker için hesaplamalar Fortran bilgisayar programında yeniden yapılırsa aşağıdaki değerler bulunur:

$$L_{opt} = 84.296 \text{ (m)}$$

$$B_{opt} = 15.858 \text{ (m)}$$

$$T_{opt} = 6.778 \text{ (m)}$$

$$D_{opt} = 8.134 \text{ (m)}$$

$$\Delta_{opt} = 6799.22 \text{ (ton)}$$

$$GM_{opt} = 2.074 \text{ (m)}$$

$$M_{TOP} = 7861465 \text{ (\$)}$$

Derinliğin artmasına bağlı olarak, çelik tekne maliyeti ve çelik tekne işçiliği maliyetinin artarak, toplam inşa maliyetinin çok az miktarda arttığı görülmektedir. Diğer optimum değerler açısından ise herhangi bir sorun bulunmamaktadır.

5.1.1 5000-15000 DWT Arası Kimyasal Tankerlerin Farklı Hızlar İçin Optimum Gemi Boyutlarının Sistemik Analiz Yöntemiyle Bulunması

5000, 10000 ve 15000 DWT'luk kimyasal tankerlerin 10, 12, 14 ve 16 (knot) hız değerleri için, minimum inşa maliyetine sahip optimum gemi boyutları Fortran bilgisayar programı yardımıyla, sistemik analiz yöntemi kullanılarak araştırılacaktır.

Verilenler:

5000, 10000 ve 15000 DWT’luk kimyasal tankerler için verilen başlangıç değerleri, aşağıda sırasıyla gösterilmiştir.

DWT= 5000, 10000, 15000 (ton)

V= 10, 12, 14, 16 (knot)

$L_o = 93.500, 122.600, 132.800$ (m) (Çizelge 5.2)

$(B/T)_o = 2.599, 2.333, 2.347$ (Çizelge 5.2)

$(L/B)_o = 5.907, 6.659, 6.526$ (Çizelge 5.2)

n= 21 olarak seçildi.

a= 3 olarak seçildi (L, (L/B) ve (B/T)).

h= 0.01 olarak seçildi.

$$H = \left(\frac{n-1}{2} \right) \cdot h = \left(\frac{21-1}{2} \right) 0.01 = 0.10$$

$E = n^a = 21^3 = 9261$ gemi türetilcek.

Çözüm:

Fortran bilgisayar programı yardımıyla, sistematik analiz yöntemi kullanılarak bulunan optimum gemi boyutları aşağıdaki çizelgelerde gösterilmiştir.

Çizelge 5.35 5000 DWT’luk kimyasal tankerin 10, 12, 14 ve 16 (knot) hızlar için minimum inşa maliyetine sahip optimum gemi boyutları

5000 DWT				
	V (knot)			
	10	12	14	16
L_{opt} (m)	84.627	84.481	85.564	87.326
B_{opt} (m)	15.242	15.718	16.096	16.427
T_{opt} (m)	6.515	6.719	6.880	7.022
D_{opt} (m)	7.818	8.062	8.256	8.426
Δ (ton)	6700.67	6778.44	6861.93	6951.23
C_{Bopt}	0.778	0.741	0.707	0.673
GM_{opt} (m)	1.994	2.056	2.105	2.148
M_{TOP} (\$)	6098714	7468594	9285346	11592029

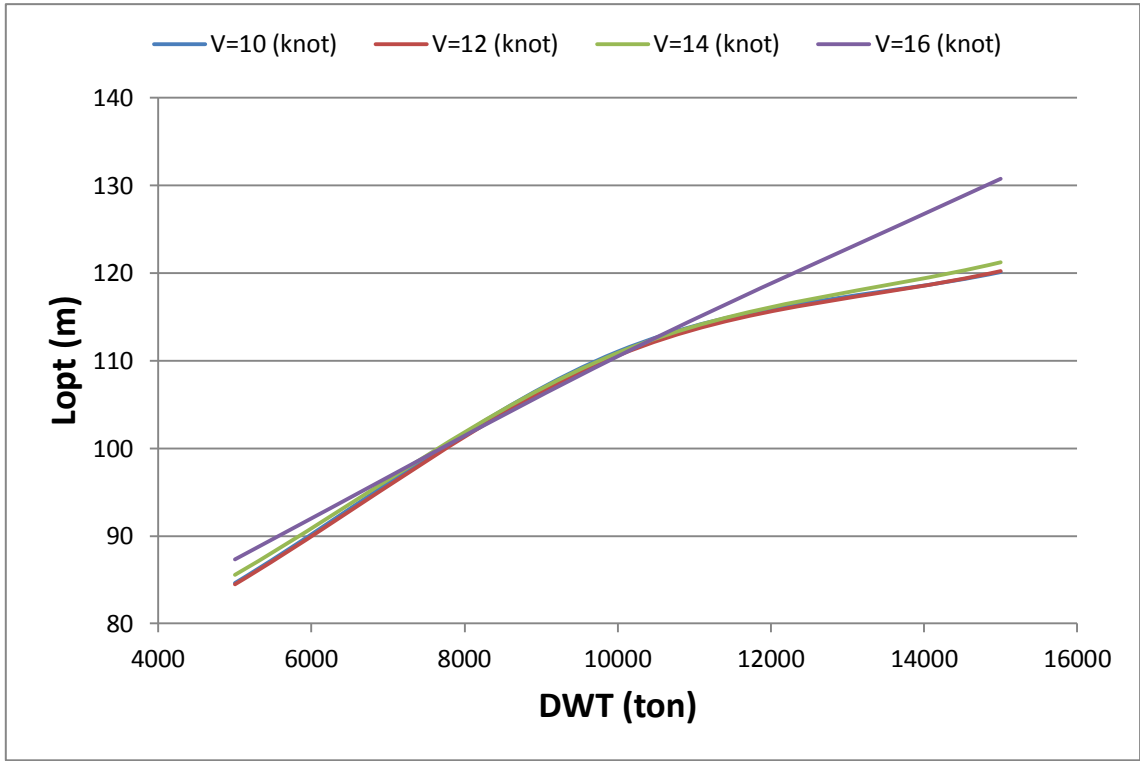
Çizelge 5.36 10000 DWT’luk kimyasal tankerin 10, 12, 14 ve 16 (knot) hızlar için minimum inşa maliyetine sahip optimum gemi boyutları

10000 DWT				
	V (knot)			
	10	12	14	16
L_{opt} (m)	111.038	110.578	110.893	110.499
B_{opt} (m)	17.014	17.479	17.905	18.437
T_{opt} (m)	8.102	8.323	8.526	8.779
D_{opt} (m)	9.722	9.988	10.232	10.535
Δ (ton)	12566.31	12675.93	12794.01	12924.57
C_{Bopt}	0.801	0.769	0.737	0.705
GM_{opt} (m)	1.808	1.858	1.903	1.960
M_{TOP} (\$)	12048740	14010941	16554236	19766414

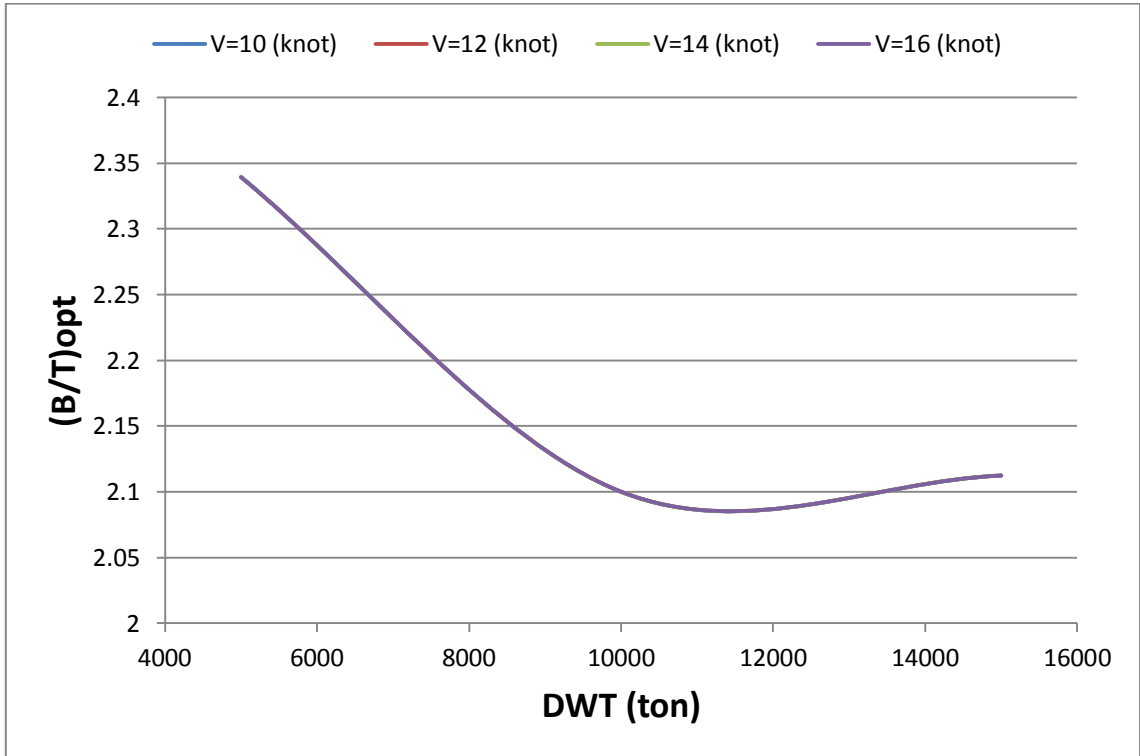
Çizelge 5.37 15000 DWT’luk kimyasal tankerin 10, 12, 14 ve 16 (knot) hızlar için minimum inşa maliyetine sahip optimum gemi boyutları

15000 DWT				
	V (knot)			
	10	12	14	16
L_{opt} (m)	120.109	120.219	121.226	130.752
B_{opt} (m)	19.791	20.244	20.641	20.239
T_{opt} (m)	9.369	9.583	9.771	9.581
D_{opt} (m)	11.242	11.500	11.725	11.497
Δ (ton)	18422.19	18565.56	18718.51	18855.49
C_{Bopt}	0.807	0.777	0.747	0.726
GM_{opt} (m)	2.125	2.174	2.216	2.169
M_{TOP} (\$)	18048945	20792650	24304613	28688027

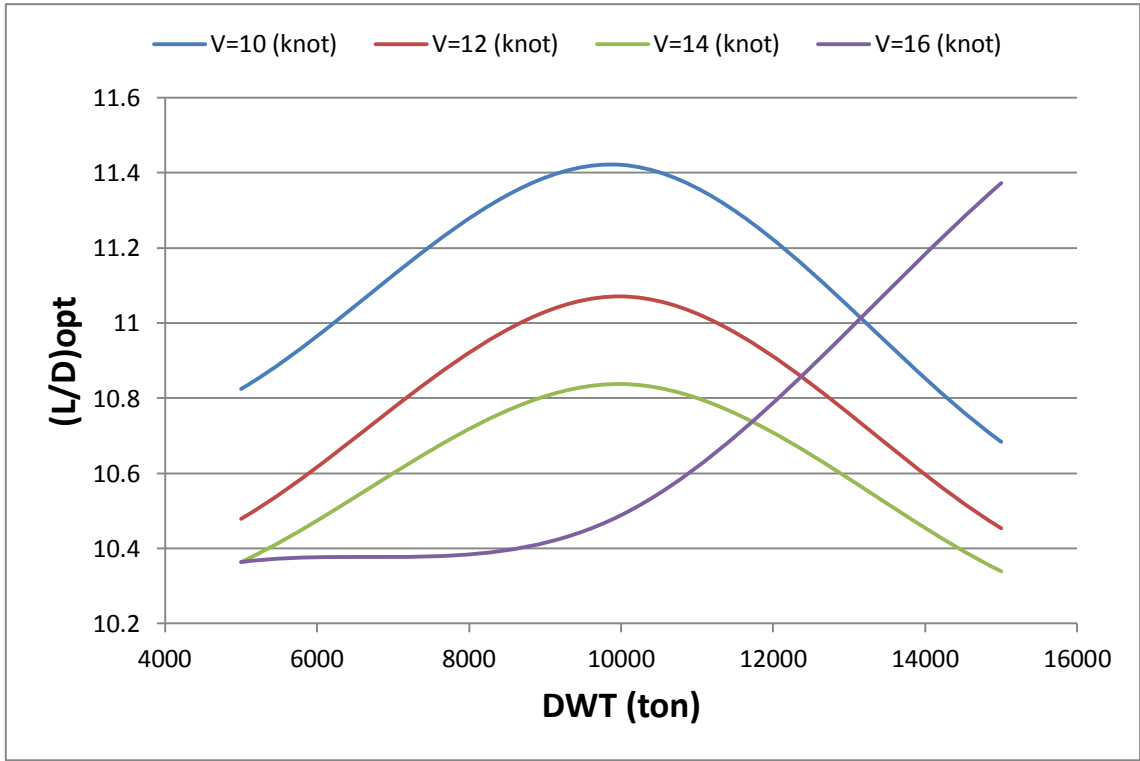
10, 12, 14 ve 16 (knot) hızlar için 5000, 10000 ve 15000 DWT’luk kimyasal tankerlerin minimum inşa maliyetleri ve optimum gemi boyutları incelendiğinde, mühendislik açısından herhangi bir sorun olmadığı görülmektedir. 10, 12, 14 ve 16 (knot) hızlar için 5000, 10000 ve 15000 DWT’luk kimyasal tankerlerin minimum inşa maliyetleri ve optimum gemi boyutları grafikler şeklinde aşağıda verilmiştir (Şekil 5.8-14).



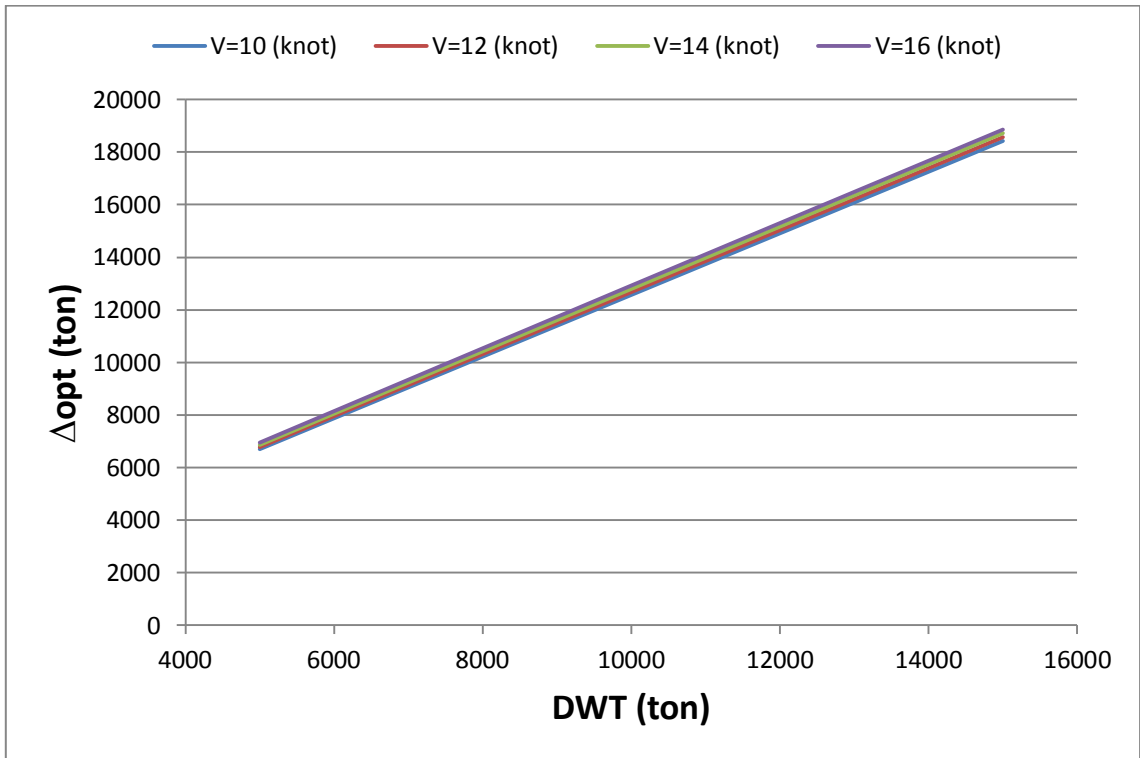
Şekil 5.8 Optimum gemi boyu-DWT grafiği



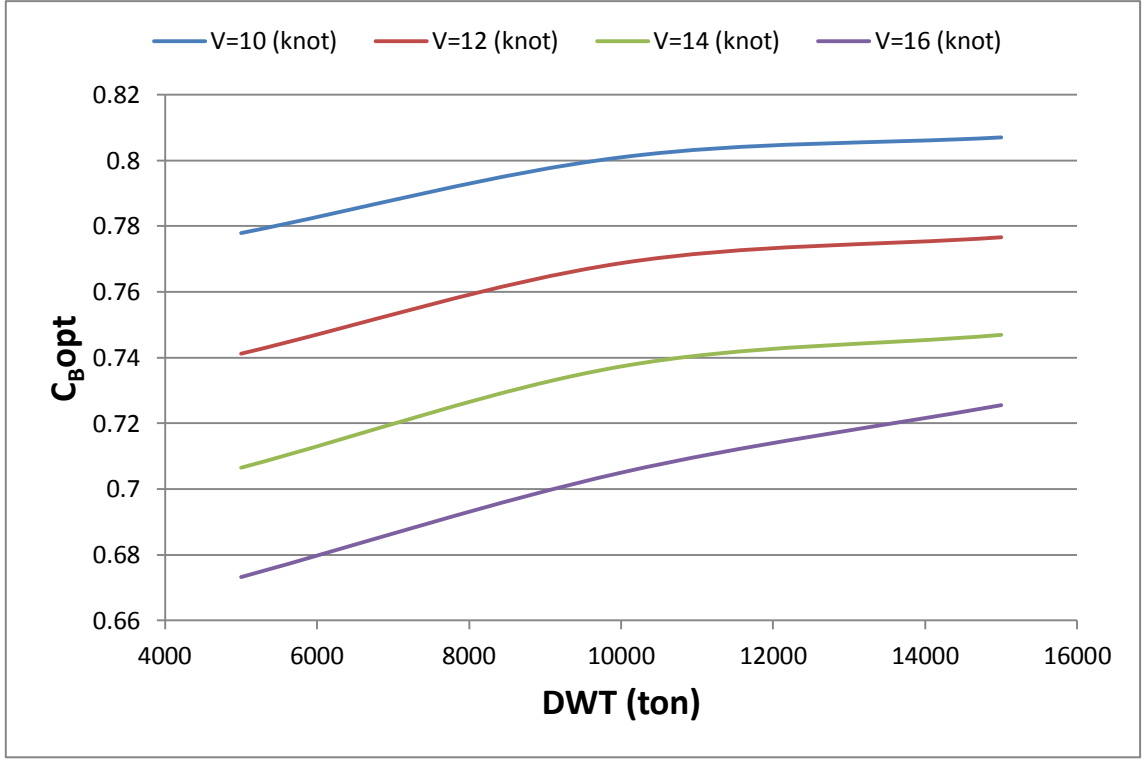
Şekil 5.9 Optimum genişlik-draft oranı-DWT grafiği



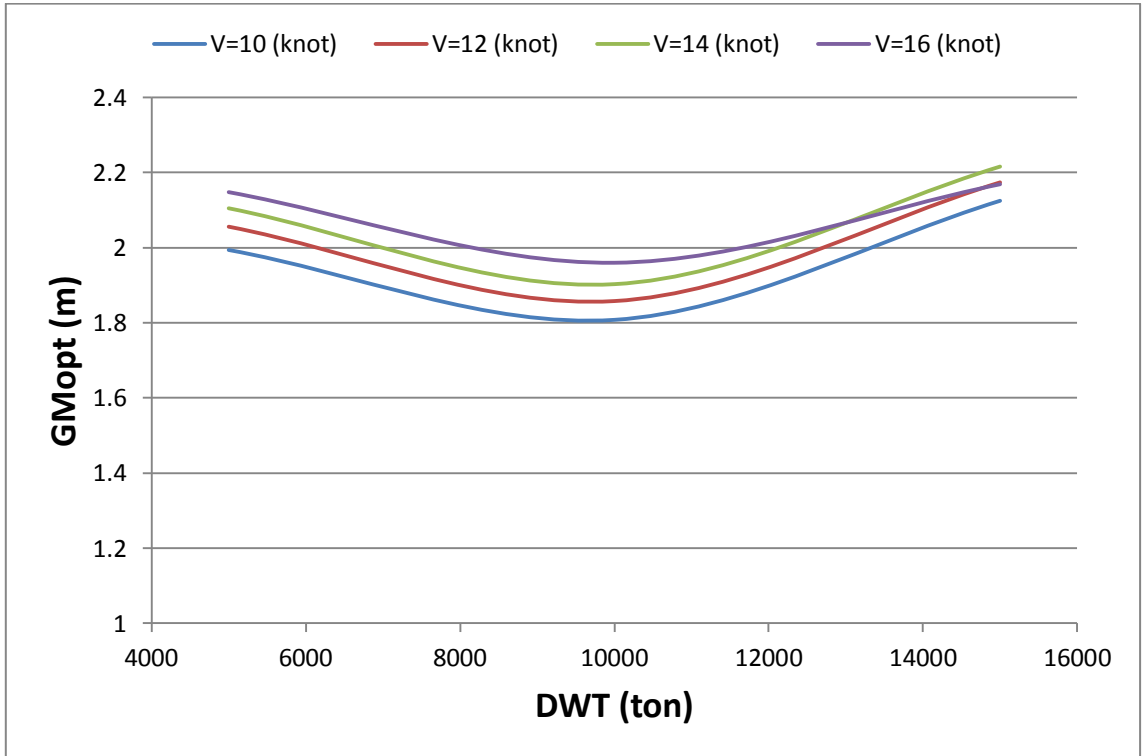
Şekil 5.10 Optimum boy-derinlik oranı-DWT grafiği



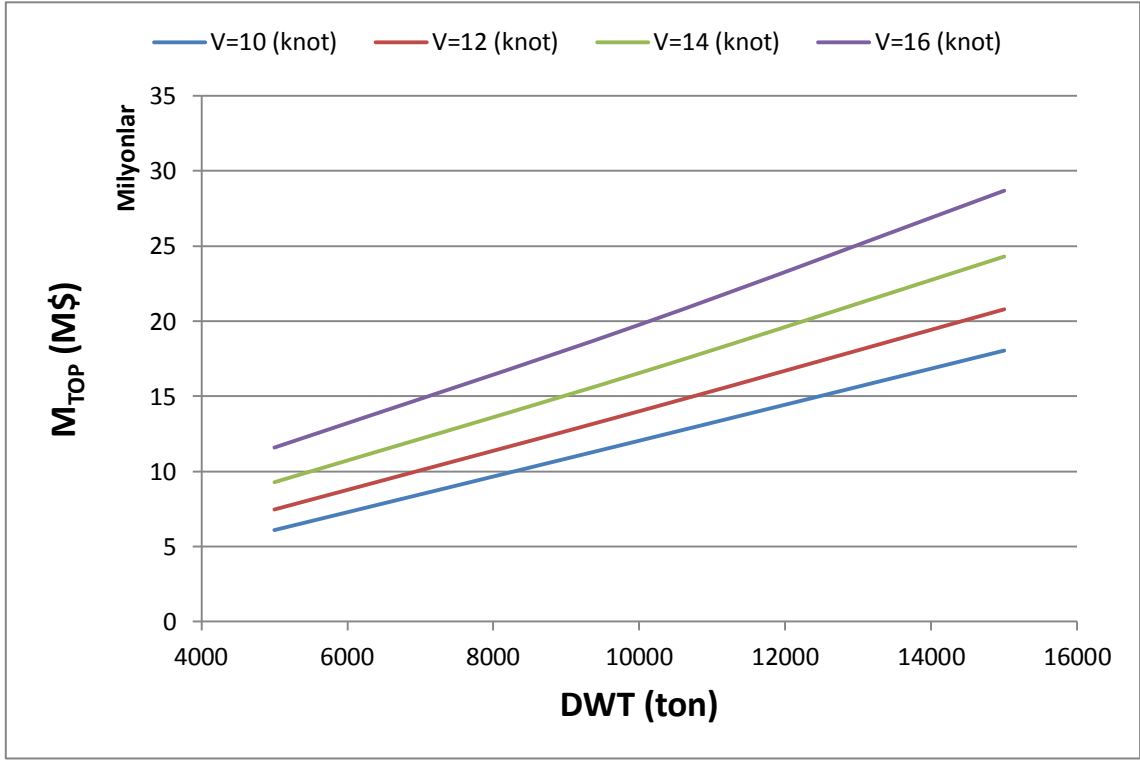
Şekil 5.11 Optimum deplasman-DWT grafiği



Şekil 5.12 Optimum blok katsayısı-DWT grafiği



Şekil 5.13 Optimum başlangıç stabilitesi-DWT grafiği



Şekil 5.14 Minimum toplam inşa maliyeti-DWT grafiği

Yukarıdaki grafikler incelendiğinde (Şekil 5.8-13), DWT'a bağlı farklı hızlar için tüm optimum kimyasal tanker boyutlarına ilişkin eğrilerde genel olarak gemi inşa mühendisliği açısından herhangi bir tutarsızlık gözlemlense de, 16 (knot) gemi hızı için yüksek DWT değerlerinde optimum boy (L_{opt}) ve optimum boy-derinlik (L/D) eğrilerinde uyumsuzluklar görülmektedir. Optimum boy (L_{opt}) ve optimum genişlik-draft (B/T) değerleri tüm DWT'larda hemen hemen hızdan bağımsızdır. Şekil 5.14'teki kimyasal tankerlerin minimum inşa maliyetlerine ilişkin grafik incelendiğinde ise gemi inşa maliyetlerinin beklendiği gibi, hız ve yük taşıma kapasitesinin artışına bağlı olarak düzenli olarak arttığı görülmektedir. Bu yüzden kimyasal tanker inşa maliyetleri açısından herhangi bir tutarsızlık yoktur.

5.1.2 Uygulama

Yukarıda 5000-15000 DWT arası kimyasal tankerlerin 10-16 (knot) aralığındaki hızlar için verilen optimum gemi boyutlarına ve minimum toplam inşa maliyetlerine ait grafikler kullanılarak, Çizelge 5.38'de ana boyut değerleri ve toplam inşa maliyeti

verilen üç kimyasal tankerin en az inşa maliyetine göre optimum gemi boyutları 9261'er gemi arasından araştırılacaktır.

Çizelge 5.38 Ana boyut değerleri ve toplam inşa maliyeti verilen üç kimyasal tanker

DWT (ton)	V (knot)	L (m)	B (m)	T (m)	D (m)	Δ (ton)	C_B	M_{TOP} (\$)
5700	13.0	99.35	16.80	6.20	7.40	7683	0.724	10491365
11000	14.0	122.00	19.50	7.80	8.90	14360	0.730	20396339
14000	14.0	130.00	20.00	8.50	10.90	17577	0.810	23810524

Çözüm:

Çizelge 5.39 5700, 11000 ve 14000 DWT'luk kimyasal tankerler için minimum inşa maliyetine sahip optimum gemi boyutları

	DWT(ton)		
	5700	11000	140000
L_{opt} (m)	89.738	110.562	118.535
B_{opt} (m)	16.675	19.420	20.262
T_{opt} (m)	6.838	8.631	9.568
D_{opt} (m)	8.210	10.357	11.482
Δ (ton)	7657.42	13997.95	17538.33
GM_{opt} (m)	2.340	2.359	2.187
C_{Bopt}	0.730	0.737	0.745
M_{TOP} (\$)	9578340	18885313	22933598

Sistematik analiz yöntemiyle oluşturulan matematiksel modelle yapılan analizlerde;

- 5700 DWT'luk kimyasal tanker için toplam inşa maliyetinin yüzde 8.70,
- 11000 DWT'luk kimyasal tanker için toplam inşa maliyetinin yüzde 7.41,
- 14000 DWT'luk kimyasal tanker için toplam inşa maliyetinin yüzde 3.68,

oranında azaltılabildiği görülmektedir. Gemi inşa maliyetlerinin yüzde 3.68-8.70 arasındaki makul oranlarda düşürülmesi yapılan analizlerin tutarlı olduğunu göstermektedir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Gemi inşa sektöründe küresel çapta rekabet etmek isteyen tersanelerin bir önceki projeye göre, daha az inşa maliyetine sahip gemi projeleriyle armatörlerin karşısına çıkmaları gerekmektedir. Tersanelerin daha az inşa maliyetine sahip gemileri üretmek için aldıkları tedbirler, genellikle işçilik maliyetlerinin nasıl azaltılabileceği üzerine odaklıdır. Bu çalışmada ise gemi inşa maliyetlerinin ön dizayn aşamasında nasıl azaltılabileceğinin üzerine odaklanılmıştır. Temel dizayn parametreleri inşa edilecek geminin tüm performans özellikleri üzerinde etkili olduğu gibi aynı zamanda gemi inşa maliyetlerinin üzerinde de doğrudan etkilidir. Dolayısıyla bu parametreler değiştirilirse, gemi inşa maliyetleri de değişecektir.

Bu tez çalışmasında son yıllarda inşa edilmiş kimyasal tanker verileri baz alınarak oluşturulan ampirik yaklaşımlar ve sistematik analiz yöntemi kullanılarak, aynı yük taşıma kapasitesine sahip kimyasal tankerlerden inşa maliyetleri en az olan geminin optimum boyutları araştırılmıştır. İnşa maliyeti bilinen kimyasal tanker sayısının az ve inşa maliyetine ilişkin verilerin düzensiz olmasına rağmen; yapılan üç uygulamada aynı deadweight tonaja sahip gemilerin ana boyutlarının değiştirilmesiyle, inşa maliyetlerinin yüzde 3.68-8.70 arasında azaltılabileceği gösterilmiştir. Çalışmada ayrıca, 30000 DWT'dan küçük kimyasal tankerlerin ana boyutları, güçleri, ağırlık bileşenleri ve maliyetleri için yaklaşık ifadeler geliştirilerek, üç örnek gemi için uygulama yapılmıştır. Geliştirilen ifadelerden bulunan değerlerle gerçek gemi değerleri arasında iyi bir uyum gözlemlenmiştir.

Bu tez çalışması yapılırken en çok zorlanılan konu, kimyasal tankerlerin inşa maliyetlerine ulaşabilmek olmuştur. Veri toplarken yaşanan en büyük sorunlar; gemi inşa maliyetlerinin ticari sır olması nedeniyle gemi inşa maliyetlerine ilişkin bilgilerin gizli tutulması ve Türk gemi inşa sanayisinde verilerin sağlıklı bir biçimde saklanmamasıdır. Eğer bu tez çalışmasında ortaya konulan sonuçlar daha fazla veriye bağlı olarak, hem kimyasal tankerler için hem de diğer gemi türleri için geliştirilirse, bundan sonra inşa edilecek gemiler daha az maliyetli olacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Nowacki H., Brusis F. and Swift P.M., (1970). Tanker Preliminary Design-an Optimization Problem with Constraints, Trans SNAME.
- [2] Hunt E.C. and Butman B.S., (1995). Marine Engineering Economics and Cost Analysis, Cornell Maritime Press, Maryland.
- [3] Sarıöz K., (1994). Gemi İnşaatı Ders Notları (Gemi Ön Dizaynı), İTÜ Yayınları, İstanbul.
- [4] Schneekluth H. and Bertram V., (1998). Ship Design for Efficiency and Economy, Butterworth-Heinemann Linacre House, Oxford.
- [5] Watson D.G.M., (1998). Practical Ship Design, Elsevier Ocean Engineering Book Series.
- [6] Kafalı K., (1988). Gemilerin Dizaynı, İTÜ Yayınları, İstanbul.
- [7] Yıldız A., (2008). "Türkiye’de Tersanelerin Tarihi ve Gemi İnşa Sanayisinin Gelişimi", Mühendis ve Makine Dergisi, 578: 23-47.
- [8] TÜSİAD, (2010). "Türkiye Sanayisine Sektörel Bakış: Gemi İnşa Sanayii", <http://www.tusiad.org:7979/FileArchive/TurkiyeGemiSanayiCalismasi.pdf>, 10 Şubat 2012.
- [9] GİSBİR, İhracat Rakamları, <http://www.gisbir.org/istatistikler-1/4>, 15 Nisan 2012.
- [10] T.C Denizcilik Müsteşarlığı, Diğer İstatistikler, <http://www.denizcilik.gov.tr/dm/istatistikler/DigerIstatistikler/>, 10 Mart 2012.
- [11] Ross J.M., "A Practical Approach for Ship Construction Cost Estimating", http://certh-india.com/trade_shows-cd/ProteusEngineeringCOMPITPaper2004.pdf, 25 Eylül 2011.
- [12] The European Community Background Report, (2003). "Overview of The International Commercial Shipbuilding Industry", First Marine International Limited.
- [13] Arısoy F., (2009). "Gemi İnşasında Maliyet Analizi", İstanbul.
- [14] Ekinci S., (2009). "Tersane İşletme ve Organizasyon Ders Notları", YTÜ, İstanbul.

- [15] Erdengöl T., (2005). Tanker Ön Dizaynı ve Ekonomik Analizine Etki Eden Parametreler, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [16] Odabaşı A.Y., “Gemi Makine ve Sistemleri”, <http://www.gidb.itu.edu.tr/staff/odabasi/gmg/week9.pdf>, 30 Mart 2011.
- [17] Odabaşı A. Y., (2005). “Gemi Mühendisliğine Giriş Ders Notları”, İTÜ, İstanbul.
- [18] Kara H., “Gemilerin Sigortalanması Mecburiyeti”, <http://www.denizhaber.com.tr/Yazar/av.-dr.-haci-kara/163/gemilerin-sigortalanmasi-mecburiyeti.html>, 25 Eylül 2011.
- [19] Harvald S.V., (1983). Resistance and Propulsion of Ships, Krieger Publishing Company, Florida.
- [20] Mandel P. and Leopold R., (1966). Optimisation Methods Applied in Ship Design, Trans SNAME.
- [21] Rashwan A.M., “Estimation of Ship Production Man-Hours”, <http://www.alexeng.edu.eg/~aej/Archives/2005/4/527.pdf>, 25 Eylül 2011.
- [22] Aybers N. ve Şahin B., (1995). Enerji Maliyeti, YTÜ Yayınları, İstanbul.
- [23] Çolak S., (2007). Gemi İşletmeciliğinde Kimyasal Tanker ve Kuru Yük Gemisi Yatırım Analizleri, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [24] Arslan Ö. ve Gürel O., (2008). “Farklı Tip ve Boyutta Gemilerin Seçiminin Bulanık Mantık Yöntemiyle İncelenmesi”, Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi, 4: 55-60.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : İbrahim ERTÜRK
Doğum Tarihi ve Yeri : 21.06.1988 Bodrum
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : gemi.muh.yildiz@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Y. Lisans	Gemi İnş. ve Gemi Mak. Müh.	Yıldız Teknik Üniversitesi	2012
Lisans	Gemi İnş. ve Gemi Mak. Müh.	Yıldız Teknik Üniversitesi	2010
Lise	Fen Bilimleri	Bodrum Anadolu Lisesi	2006

ÖDÜLLERİ

1. Gemi İnşaatı ve Denizcilik Fakültesi İkincisi (2010)
2. Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği Bölümü İkincisi (2010)