

GEMİ DİZAYNI

Gemi dizaynı çok çeşitli alanlardaki teknik ve ekonomik bilgilerin bir arada yoğrulup *sanat* anlayışı ile gemilerin tasarımını içermektedir.

Gemi dizaynının iki temel ögesi vardır :

Ekonomik Faktörler : Her gemi (tipi savaş gemisi, ticaret gemisi veya hizmet gemisi olsada) ekonomik rantabilite göstermek zorundadır.

i) Ticaret gemileri ulaşım sisteminin bir parçasını oluşturur. Bu gemilerin dizaynında taşıyacağı yük, kargo miktarı liman koşulları, sefer süresi ve en önemlisi getireceği kar faktörleri dikkate alınmalıdır.

ii) Savaş ve Hizmet gemileri direk olarak kar-zarar hesabı ile değerlendirilememesine rağmen yapmaları gereken görevi en ucuz, çabuk ve güvenli bir şekilde yapmaları ekonomik olarak değerlendirilir.

Teknolojik Faktörler : Bir gemi ekonomik koşulların dışında teknolojik şartları sağlamalıdır.

- a) Tekne suda batmamalı (Hidrostatik)
- b) Stabil olmalı
- c) Konstrüksiyon açısından yeterli mukavemete sahip olmalı
- d) İstenen hızda seyir edebilmeli
- e) Deniz koşullarına dayanıklı olmalı
- f) Bir kaza anında yüzer durumda olmalı

Gemiler bu teknik şartları ulusal ve uluslararası deniz kurallarına uygun olarak yerine getirmelidir.

Birbirleri ile karmaşık etkileşim içinde olan bu faktörler gemi dizaynının devamlı çelişki içinde olan öğelerdir. Gemi mühendisi bu çelişkiler için uzlaşma noktasını bulmak zorundadır.

Taşımacılık sektörünün ihtiyaçlarını karşılamak için çok çeşitli gemi tipleri geliştirilmiştir. Her tip kendine has özellikler göstererek değişik dizayn kriterlerinin ve yöntemlerinin uygulamasını gerektirir. Gemi dizaynına renk katan en önemli etkende bu çeşitliliklerdir.

GEMİ DİZAYN YÖNTEMİ

Gemi dizaynı değişik dallardaki teknolojileri ve birbiri ile çelişki içinde olan bu teknolojilerin integrasyonunu içermesi nedeniyle en karmaşık mühendislik dizayn sistemlerinden biridir (örneğin geminin mukavemetli olması tekne ağırlığını arttırırken maksimum yük taşıma unsuru geminin minimum tekne ağırlığında olmasını amaçlamaktadır). Bu integrasyon sadece gemi dizaynına has zorlukları ve sınırlamaları beraberinde getirir, dolayısı ile bir optimizasyon problemi olarak karşımıza çıkar. Gemi

dizaynına has bu sınırlamalar ve zorluklar kötü deniz koşullarında çalışma ve bu koşullarda haftalarca kendi imkanlarıyla yaşamayı içermektedir.

Prototip yapımı genelde söz konusu olmadığı için gemiler ilk denize indirildiklerinde çalışmak zorundadırlar. Dizaynda yapılacak herhangi bir hata geminin tüm ticari yaşamı boyunca bu gemiyi etkileyecektir. Bu nedenlerden dolayı geminin tüm yaşamı dizayn sırasında dikkate alınmalıdır. Bu yaşamın çeşitli aşamaları şöyle özetlenebilir (*Taggart 1980, Betts 1989*).

1) Gereksinim Tanımı : Yeni inşaa edilecek bir gemiden beklenen ekonomik ve teknolojik şartların belirlenmesi gemi dizaynının ilk aşamasını oluşturur. Bu istekler armatör tarafından veya onun için dizayner tarafından deniz taşımacılık sektörünün genel durumu ve teknolojik gelişmeler ışığında belirlenir. Geminin yerine getireceği fonksiyon, beklenen performans ve güvenilebilirlik bu istekler arasında yer alır.

Ancak dizaynın ilk aşamasında bu değerlerin inşaa edilecek geminin optimizasyonuna olanak verecek şekilde kesin bir değerden çok fonksiyonel olarak belirlenmesi yararlıdır.

2) Veri ve Sınırlamaların tanımlanması : Dizayn üzerinde sınırlamalar yasal, politik, sosyal (örneğin sağlık, çevre koruma yönetmelikleri) kaynak eksikliği, kullanılan tersanenin kapasitesi eldeki verilerin eksikliğinden kaynaklanabilir. Daha önce inşaa edilmiş gemilerdeki ağırlık, yer, enerji, ve maliyet dasetasının eksikliği önemli bir dezavantaj teşkil eder.

Boyutsal sınırlar örneğin kanal genişlikleri, havuz uzunlukları, liman derinlikleri sınırları bu aşamada belirlenmelidir. Önceki dizaynlardan elde edilen deneyim ve bu gemilerin seferleri sırasındaki deneyim önemli etmenlerdendir.

3) Kavram Dizayn : Teknik dizaynın ilk kademesi olan kavram dizaynın amacı gemi boyutlarının, maliyetinin ve teknik karakteristiklerinin yaklaşık olarak bulunmasıdır. Veri ve sınırlamalar kullanılarak armatörün isteklerine uygun gemi karakteristikleri (hız, güç, denizcilik ve genel yerleştirme) saptanır. Eğer gemi tipi önceden belirlenmediyse bu aşamada alternatif tipler hesaplar içine alınır.

Bu aşama iteratif bir yöntemle ve basitleştirilmiş hesap yöntemleri ile yapılır. Parametrik çalışmalar uygulanarak optimum dizayn parametreleri bulunmaya çalışılır. Eğer gemi sahibine teklif verilecekse bu aşama sonuçları teklifte temel alınarak hazırlanır.

4) Ön Dizayn : Dizaynın ikinci teknik aşamasında kavram dizaynda bulunan gemi karakteristikleri detaylandırılır, alternatif dizaynlar detaylı olarak incelenir. Bu aşamanın amacı optimum boyutları bulunan geminin formunun, konstrüksiyon özelliklerinin, hidrodinamik özelliklerinin ve makine sistemlerinin belirlenmesidir. Gemi formu saptanarak bu forma bağlı hesaplar yapılarak optimize edilmeye çalışılır.

5) Kontrat Dizayn : Bu dizayn basamağı kavram dizayn ve ön dizaynda bulunan tekne formu ve özelliklerinin kesin olarak saptanmasından oluşur. Kontrat dizayn sonunda

tamamen düzeltilmiş tekne formu, denizcilik ve manevra karakteristikleri, kullanılacak malzeme detayları saptanır. Genel yerleştirmede bu aşamada son halini alır. Makine donanımı, yükleme sistemleri, yaşam mahalleri detayları da bu aşamada sonuca bağlanır. Bu aşamada yapılan bazı planlar şöyle sıralanabilir (Taggart 1980).

Genel yerleştirme (Profil)
Güverte yerleştirme
Yaşam mahalleri
Orta kesit konstrüksiyon
Sac açılımı
Makine dairesi yerleştirme planı
Yangın kontrol sistemi
Güç, ışıklandırma ve elektrik sistemi
Havalandırma sistemi
Boru sistemleri
Tekne formu
Hidrostatik ve stabilite
Yaralı bölme boyu
Yaralı stabilite

6) Detay Dizayn : Artık genel karakteristikleri belli olan tekne için bilinen teknikler kullanılarak dizayn genişletilip detaylandırılır. Üretim detay çizimleri, atölye resimleri, montaj şemaları hazırlanır. Detay dizayn ve bir sonraki aşama olan inşaat bazen paralel olarak yürütülebilir.

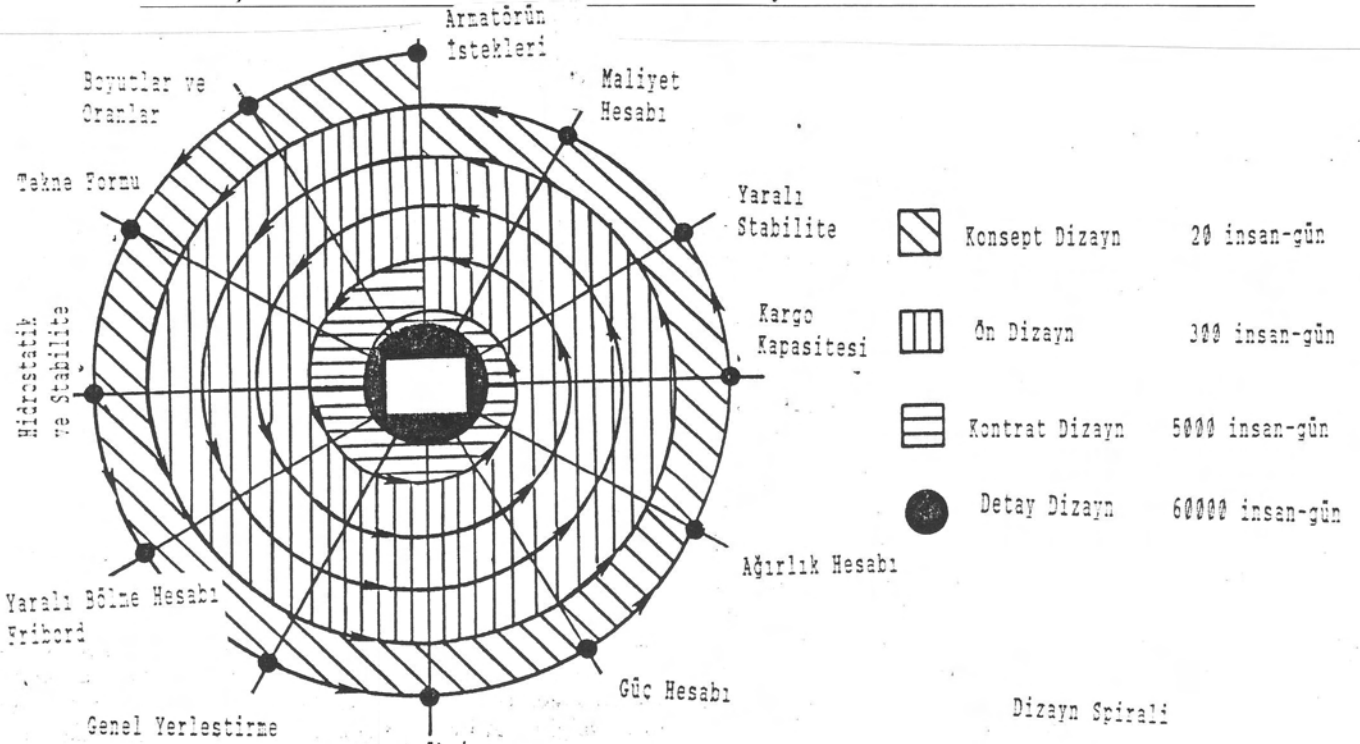
7) İnşaat ve Test : Gemi inşaatı detay dizayndaki esaslara göre ve bu aşamada yapılan üretim çizim ve hesaplara göre yapılır. İnşaat sonrasında geminin deniz testleri düzenlenerek gemi performansı kontrol edilir.

8) Servis : Geminin servise çıkarak armatöre yatırımını ödeme aşamasıdır. Bu aşamada geminin servisinden kazanılan deneyimin diğer gemilerin dizaynında veri olarak kullanılması büyük önem arz eder.

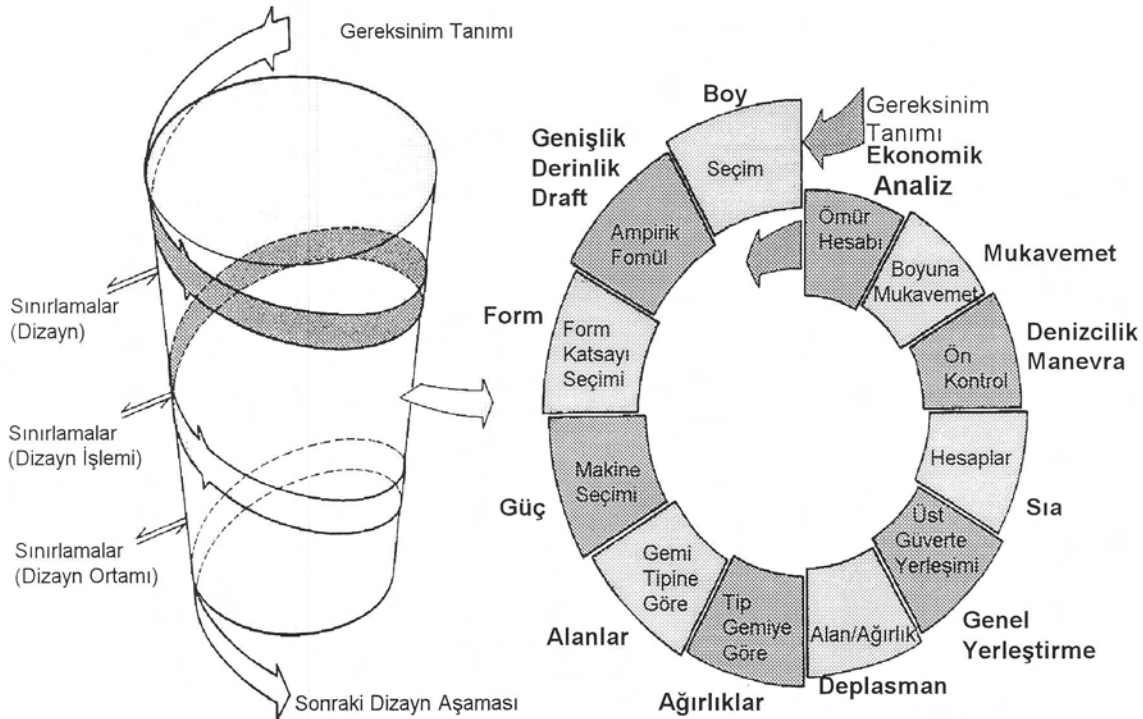
9) Hurdaya Çıkma : Gemi ekonomik çalışma sınırları dışına çıktığında hurda değeri en son gelir olarak elde edilir. Ancak bazı gemilerde bu aşamada hurdaya çıkarma giderlere sebep olur (örneğin nükleer denizaltılar).

Dizaynın 1 ila 4 üncü aşamalar arasındaki işlemler iteratif yollarla düzenlenir. Bir konuda verilen karar diğer dizayn faktörlerini etkilediği için dizayner geri dönüp diğer değişkenleri tekrar analiz edip, yorumlamalıdır. Dizaynın temel özelliği deneme yanılma yoluna dayalı bir optimizasyon problemi olmasıdır. Burada dikkat edilecek husus dizaynın tüm olarak optimizasyonudur, ve bu her zaman dizaynı oluşturan öğelerin kendi içinde optimizasyonuna kaşılık gelmez.

Dizaynın işlemi geleneksel olarak bir spiral (Şekil 1.1) ile gösterilir. Görüldüğü gibi geniş bir görüş spektrumunu ve az teknik bilgi ile başlayan dizaynı giderek daha dar alanda ve derin detayların hakim olduğu özelliklere doğru gider.



Andrews (1981) dizayn spirali 3 boyutlu olarak kullanmıştır.



Şekil 1.2 : 3 boyutlu dizayn spirali

Ancak bu işlem spiral kadar düzgün ve sürekli değildir. (örneğin makine sisteminin dizelden buhar türbinine çevrimi veya tek pervane yerine çift pervane kullanılması diğer tüm dizayn parametrelerinin değişmesine yol açar).



GEREKSİNİM TANIMI

Gemi dizaynı şüphesizki taşımacılık sektöründeki ekonomik veya hizmet sektöründeki operasyon boşluğunun doldurulması gereksinimiyle başlar. Bu nedenle yeni gemi taşımacılık sisteminin bir parçasını tamamlayacaktır.

Gemi dizaynının ilk adımı bu ekonomik gereksinimleri dolduracak geminin veya gemilerin özelliklerinin saptanmasıdır. Bu çalışma genellikle armatör tarafından yapılmasına rağmen gemi dizayneride bu aşamada yer alabilir.

Gemi tipi, sayısı, kapasitesi ve hızı şu değişkenlere bağlıdır (Stopford 1988).

A. Kargo tipi taşınacak kargonun fiziksel ve ticari özellikleri ilk aşamada gemi tipini belirleyebilir. Örneğin sıvılaştırılmış petrol gazı ancak özel olarak yapılmış gemilerde taşınabilir. Bununla beraber dökme yük dökme yük gemisinde veya açık ambar ağızlı dökme yük gemisinde veya OBO gemilerinde taşınabilir.

1) Kargo değeri yüksek kargo değeri olan kargolar daha hızlı ve küçük miktarlarda taşınır. Bu durumda gemiler uçak kargo taşımacılığı ile rekabete girmek zorundadır. (örneğin meyve sebze ihracatı, yolcu taşımacılığı).

2) Yükleme faktörü taşınacak kargonun hacim-ağırlık ilişkisini verir buna göre geminin ambar hacimlerinin ayarlanması gerekir (Tablo 1.1).

3) Kargo ünitesi kargonun gemiye ne şekilde yükleneceğini belirtir. Buda gemi tipi üzerine direk etki gösterir. Pratikte kullanılan kargo üniteleri 9 sınıfta verilebilir. Bir geminin kaç çeşit yük alabileceği Şekil 1.3, Tablo 1.2 de verilen LCM (Lateral Cargo Mobility) olarak adlandırılır (Stopford 1988). (örneğin konteyner gemisinin LCM'i 1 dir.)

B. Geminin çalışma prensibi geminin ne tür bir çalışma prensibine göre çalışacağı önemlidir.

i) Uzun dönemli taşımacılıkta taşınacak yük ve uğranacak limanlar bellidir. örneğin Güney Afrikadan kömür getiren bir gemi bu esasa ve sefere göre optimize edilebilir.

ii) Spot charter taşımacılıkta ne kargo nede uğranacak liman bellidir. Gemi çok maksatlı olarak dizayn edilmeli, mümkün olduğu kadar değişik yük alabilmelidir.

iii) Liner taşımacılık armatörün çalışacağı limanı bildiği ancak ne yük taşıyacağını bilmediği tür taşıma sistemidir. Örneğin Türkiye-Amerika hattında çalışacak bir gemi için limanlar belli ancak yük zamana ve mevsime bağlıdır.

C. Armatörün ticari filozofisi gemi tipi ve özelliklerinin seçiminde önem arz eder. Örneğin çok maksatlı olup risk altına girmek istemeyen bir armatör konteyner gemisi yerine çok maksatlı kuru yük gemisini tercih eder. Böylece belirli bir yük için karı optimize olmayan ancak yük bulma riski az gemiyi ısmarlayabilir.

Dizaynın ikinci aşaması için gemi tipinin ve sayısının, taşıma kapasitesinin (DW), hızının ve sefer ile bilgilerin saptanması gereklidir.

Tablo 1.1 : Çeşitli kargoların yükleme faktörleri (ortalama değerler : kg/m³)

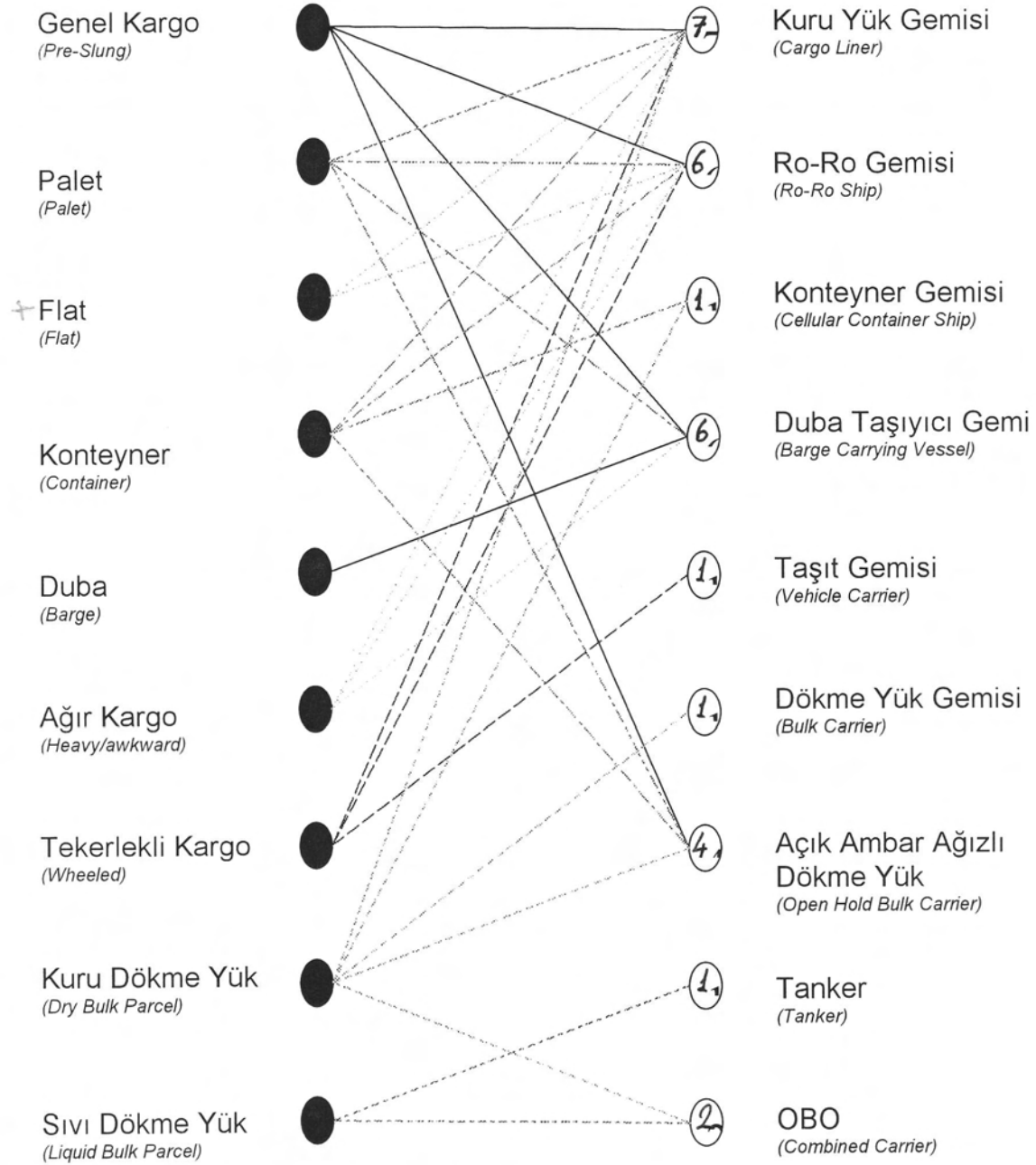
Canlı hayvan	322.6
Et ve mamulleri	596.8
Süt ve ürünleri ve yumurta	612.9
Balık ve balık ürünleri	532.3
Tahıl ve tahıl ürünleri	548.4
Meyva ve Sebze	548.4
Şeker, bal ve şeker ürünleri	709.7
Kahve, çay, baharat	435.5
Hayvan yemi	322.6
İçki	629.0
Tütün ve ürünleri	387.1
Ham deri	403.2
Kauçuk	613.0
Kereste	403.2
Tekstil hammaddesi	338.7
Gübre	1023.2
Kömür	854.8
Petrol ve ürünleri	806.5
Gaz	419.4
Sebze yağları	806.5
Kimyasal ürünler	1032.3
Boya	887.1
İlaç	338.7
Plastik maddeler	209.7
İşlanmış deri	580.6
Kauçuk malzemeler	467.7
Kereste mamulleri	290.3
Kağıt ve ürünleri	322.6
Tekstil ürünleri	258.1
Mineraller	967.7
Demir Çelik	2241.9
Diğer metaller	1790.3
Metal ürünleri	629.0
Makine	532.3
Elektrik malzemeleri	419.4
Ulaşım araçları	290.3
Mobilya	112.9
Giyim eşyası	225.8
Ayakkabı	241.9

Kaynak: US department of Transport (1982)



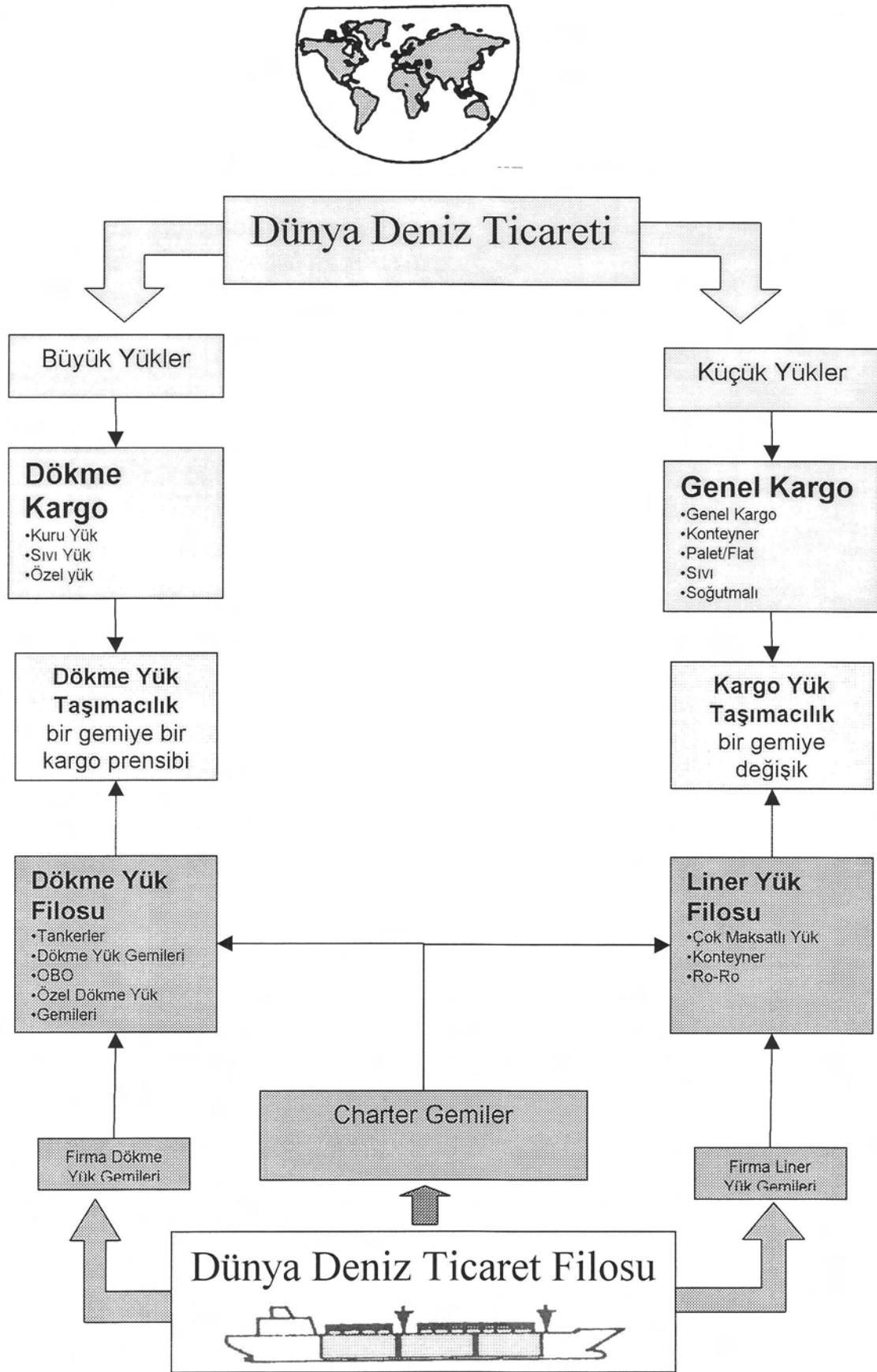
Kargo Ünitesi

Gemi Tipi



Şekil 1.3 : Yatay kargo hareketliliği (LCM)





Şekil 1.4 : Dünya deniz ticaret filo oluşumu



Tablo 1.2 : Kargo üniteleri

Genel Kargo	Küçük miktarlardaki paketlenmiş eşyalardır. Örneğin kutular, çantalar, küçük paketler
Dökme Yük	Akar olması nedeniyle emme ve basma yöntemi ile yüklenen kargodur. Örneğin petrol, buğday, kömür
Ünite Kargo	Tek tek olup birlikte bağlanabilen yüklerdir. Örneğin çelik, kereste, yün
Ağır Kargo	Ağır endüstriyel tek parça olan yüklerdir. Örneğin lokomotif, yat, buhar türbini
Tekerlikli Kargo	Kendi kendine hareket edebilen veya çekilebilen yükler. Örneğin araba, kamyon, traktör, tir romörkü
Paket Kargo	Bantlanarak paket haline getirilmiş bir veya birkaç kutudan oluşan kargo. Örneğin balya, paketler, fiçı
Paletli Kargo	Ahşap veya metalden yapılmış paletler üzerine konup plastikle sarılı veya bantlı kargo.
Flat	Normal olarak 15'x8' ölçülerdeki üstüste konulabilen paketlerdir.
Konteyner	Çeşitli şekilde imal edilebilen 20' veya 40' uzunlukta 8'x8'6" boyutlardaki yüklerdir. Standart boyutlar aşağıda verilmiştir.
Barge	LASH veya Seabea gemilerine yüklenebilen yüzebilen yük üniteleridir.

Tablo 1.3 : Standart konteyner boyutları

		20'	40'
Boy	m	5.9	12
Genişlik	m	2.4	2.4
Yükseklik	m	2.6	2.6
Kapasite	m ³	32.9	67
Üst üste konulabilirlik	tane	9	9
Max ağırlık	ton	24	30
Ortalama ağırlık	ton	10	15

Kaynak: Stopford (1988)

VERİ VE SINIRLAMALAR

Geminin herşeyden önce deniz koşullarına dayanıklı olmasını gereklidir. Bu karmaşık tuzlu sıvı, gemiler için bir çok zorluklar çıkarır.

- 1) *Rüzgar ve Dalgalar* : Çalışılacak denize göre rüzgar hızı, karakteristik dalga yüksekliği, dalga enerji spektrumunun bilinmesi gemi hareketleri ve stabilitesi açısından önem taşır. Dalgalarda hız kaybı mürettebatın dayanabiliceği deniz durumu, geminin stabilize sınırları bu değerler yardımı ile bulunur.
- 2) *Akıntı ve Gelgit* : Özellikle nehir ve yakın sahil gemileri için bu değerlerin bilinmesi gereklidir.

- 3) *Tuzlu Su* : Korozyon gemiler içinde önemli bir dizayn faktörüdür.
- 4) *Pürüzlülük* : Canlı deniz kaynaklarının oluşturduğu pürüzlülük hız kaybına ve yakıt harcamasının artmasına yol açar.
- 5) *Sınırlı Denizler* : Geçilmesi gerekli kanalların boy genişlik draft sınırlamaları ve uğranması gerekli limaların derinliği gemi boyutlarının tayininde önem taşır.
- 6) *Kapalı sulardaki sürat veya dalga yüksekliği sınırları*: Yerel idarelerin veya ulusal kuruluşların koyduğu sınırlar gemi hızını sınırlar. Örneğin İstanbul boğazında hız sınırı 10 knots olarak sınırlanmıştır.
- 7) *Köprü Yükseklikleri* : Altından geçilmesi gerekli köprüler derinlik ve üst yapıların yüksekliği açısından sınırlar teşkil eder.
- 8) *Ulusal ve uluslararası kurallar*: SOLAS, Load line, IMO kriterleri, Kargo hesabı
- 9) *Malzeme temini, Kullanılacak tersane* : Üretim sırasında çıkabilecek zorluklar dizaynda göz önüne alınmalıdır.

Tablo 1.4 : Önemli kanalların boyutları

	Boy Limiti	Genişlik Limiti	Draft Limiti
Panama Kanalı	L<290 m	B<32.24 m	T<13 m
Kiel Kanalı	L<315 m	B<40 m	T< 9.5 m
St.Lawrance Geçidi	L<222 m	B<23 m	T< 7.6 m
Suez Kanal			T<18.29 m

Kaynak: Schneekluth 1987



KAYNAKLAR

- 1) ANDREWS D.J., Creative Ship Design, TRINA, Vol:123, 1981
- 2) BETTS C.V., General Approaches in the Preliminary Design of Advanced Marine Vehicles, 13th WEGEMT, 1989
- 3) SCHNEEKLUTH H., Ship Design for Efficiency and Economy, Butterworths London, 1987
- 4) STOPFORD M., Maritime Economics, Unwin Hyman, London, 1988
- 5) TAGGART R., Ship Design and Construction, SNAME, 1980
- 6) US Department of Transport, A Shipper's Guide to Stowage of Cargo in Marine Containers, Maritime Administration, Washington, 1982



GEMİ TİPLERİ

TEMEL GEMİ FORM KARAKTERİSTİKLERİ

Baş Dikme	: Baş bodoslamasının su hattını kestiği noktadaki dikey.
Kıç Dikme	: Dümen rodunun bulunduğu dikey.
Orta Kesit	: Baş ve kıç dikmeler arasındaki orta noktadaki kesit.
Kaide Hattı	: Geminin levha omurgasının bulunduğu yatay hat.
Tam Boy (L_{OA})	: Geminin baş ve kıç bodoslamalarının en uç noktaları arasındaki yatay uzunluk.
Su Hattı Boyu (L_{WL})	: Geminin yüzdüğü su hattının baş ve kıç bodoslamayı kestiği noktalar arasındaki uzaklık.
Dikmeler Arası Boy (L_{BP})	: Baş ve kıç dikmeler arasındaki yatay uzaklık.
Genişlik (B_{OA})	: Geminin en geniş kesitinin borda kaplama saçlarının iç tarafından geçen dış teğet iki düzlem arasındaki uzaklık.
Su Hattı Genişliği (B_{WL})	: Geminin yüzdüğü su hattında borda kaplama saçlarının iç tarafından geçen dış teğet iki düzlem arasındaki uzaklık.
Draft (T)	: Geminin kaide hattı ile yüzdüğü su hattı arasındaki düşey uzaklık.
Derinlik (D)	: Orta kesitteki kaide hattı ile bordanın enüst noktası arasındaki düşey uzaklık.
Fribord (f)	: Orta kesitteki su hattı ile bordanın en üst noktası arasındaki düşey uzaklık.
Deplasman (Δ)	: Geminin su altındaki hacmine eşit hacimdeki suyun ağırlığı.
Deplasman Hacmi (∇)	: Geminin su hattı altındaki hacmi.
Trim	: Baş ve kıç dikmelerdeki draftlar arasındaki fark. Eğer baş draft kıç drafttan fazla ise gemi başa trimli, daha az ise kıça trimli olarak adlandırılır.

NARİNLİK KATSAYILARI

Blok Katsayısı ($CB - \phi$)	: Geminin su hattı altındaki hacminin (sephiye hacminin) boy, genişlik ve draft boyutlarındaki dikdörtgen prizma hacmine oranı.
--	---

$$C_B = \frac{\nabla}{L \cdot BT}$$

Orta Kesit Katsayısı ($C_M - \beta$)	: Geminin su hattı altındaki orta kesit alanının genişlik ve draft boyutlarındaki dikdörtgenin alanına oranı.
--	---

$$C_M = \frac{A_M}{BT}$$



Prizmatik Katsayı (C_P - $\frac{\nabla}{A_M L}$) : Geminin su hattı altındaki hacminin, gemi su hattı altındaki orta kesit alanı kesitli gemi boyu uzunluğundaki prizma hacmine oranı.

$$C_P = \frac{\nabla}{A_M L} = \frac{C_B}{C_M}$$

Su Hattı Katsayısı (C_{WP} - $\frac{A_{WP}}{L B}$) : Geminin su hattı alanının gemi boyu ve genişliği boyutlarındaki dikdörtgenin alanına oranı.

$$C_{WP} = \frac{A_{WP}}{L B}$$

BOYUTSUZ ORANLAR

Boy-Genişlik Oranı : L/B

Boy-Derinlik Oranı : L/D

Genişlik-Draft Oranı : B/T

Draft-Derinlik Oranı : T/D

Boy Hacim Oranı : $L/\nabla^{1/3}$

Froude Sayısı (Fn) : $V/\sqrt{gL_{WL}}$

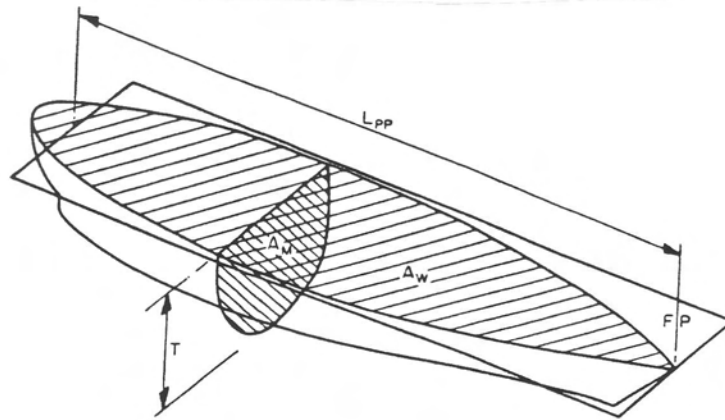
Hız-Boy bağıntısı : $V/\sqrt{L_{WL}} =$

$$(Fn=0.343 V/\sqrt{L_{WL}}, V/\sqrt{L_{WL}}=2.92 Fn)$$

Deadweight-Deplasman Oranı : DW/Δ (Ağırlık esaslı gemiler için, örneğin tanker, dökme yük gemileri)

Kargo Hacmi-Sephiye Hacmi Oranı : V_C/∇ (hacim esaslı gemiler için, örneğin konteyner, yolcu, savaş gemileri)

Güverte Alanı-Deplasman Oranı : $A_D/\nabla^{2/3}$ (güverte alanı esaslı gemiler için, örneğin araştırma gemileri)



Tablo 2.1 : Gemilerin sınıflandırılması**A) Kullanılış Şekillerine Göre****i) Yük Gemileri**

- 1) Kuru yük gemileri
- 2) Dökme yük gemileri
- 3) Tankerler
- 4) Soğuk ambarlı gemiler
- 5) LNG, LPG
- 6) Maden cevheri gemileri
- 7) OBO
- 8) LASH
- 9) RoRo
- 10) Konteyner
- 11) Araba taşıma gemileri
- 12) Kereste taşıma gemileri

ii) Yolcu Gemileri

- 1) Yolcu ferileri
- 2) Yolcu gemileri
- 3) Günlük gezi tekneleri
- 4) Yolcu-Araba feribotları

iii) Özel Amaçlı Gemiler

- 1) Romörkerler
- 2) Balıkçı gemileri
- 3) Fener gemileri, dubaları
- 4) Yelkenli yatlar
- 5) Motor yatlar
- 6) Yarış motorbotları
- 7) Tarak gemileri
- 8) Kablo döşeme gemileri
- 9) Buzkıranlar
- 10) Pilot tekneleri
- 11) Yangın söndürme gemileri
- 12) Vinç tekneleri
- 13) Can kurtarma botları
- 14) Kanal gemileri
- 15) Göl gemileri

iv) Askeri Gemiler

- 1) Uçak gemileri
- 2) Kruvazörler
- 3) Topidobotlar
- 4) Hücumbotlar



- 5) Çıkartma gemileri
- 6) Mayın döşeme ve toplama gemileri
- 7) Sahil güvenlik botları
- 8) Hastane gemileri
- 9) Tamir gemileri
- 10) Askeri nakil gemileri
- 11) Cephane gemileri

B) Sevk Şekillerine Göre

- 1) Rüzgar sevkli gemiler
 - a) Yelkenli gemiler
 - b) Rijid yelkenli gemiler
 - c) Diğer geliştirilmiş sistemli gemiler
- 2) Dizel motorlu gemiler
- 3) Buhar türbinli gemiler
- 4) Nükleer sevkli gemiler
- 5) Kendi kendine hareket edemeyen gemiler

C) Malzemelerine Göre Gemiler

- 1) Çelik gemiler
- 2) Ahşap gemiler
- 3) Beton gemiler
- 4) Alüminyum gemiler
- 5) Cam elyafli plastik tekneler
- 6) Diğerleri

D) Çalıştıkları Denizlere Göre Gemiler

- 1) Açık deniz
- 2) Yakın sahil
- 3) Kapalı deniz
- 4) Göl
- 5) Nehir-Kanal

E) Çalışma Prensiplerine Göre

- 1) Deplasman prensipli tekneler
- 2) Yarıkayıcı tekneler
- 3) Kayıcı tekneler
- 4) Ayaklı tekneler
- 5) Hava yastıklı tekneler
- 6) Hava Yastıklı-Deplasman tekneler (SES)
- 7) Denizaltılar
- 8) Yarıbatıklar

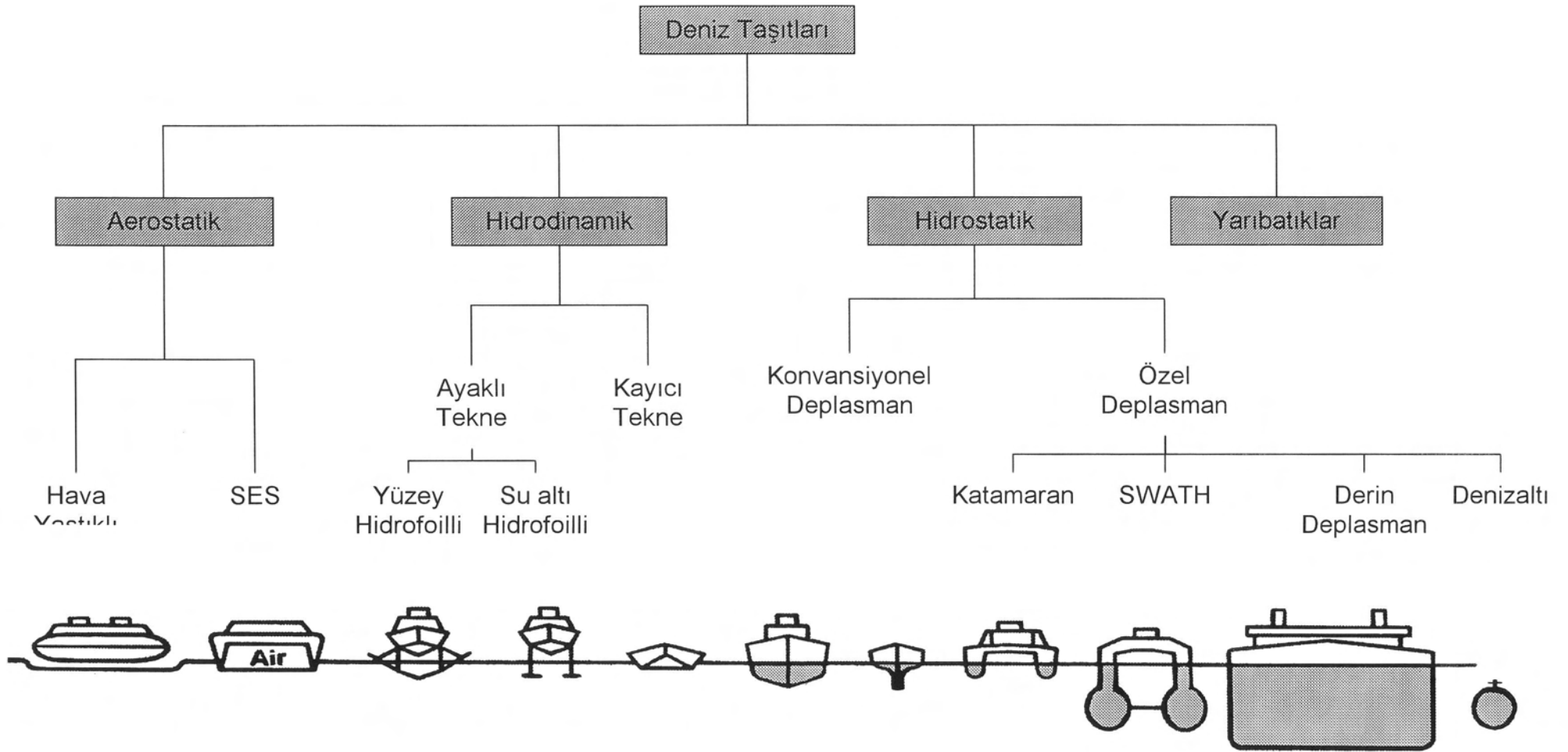


Gemiler çeşitli kıstaslara göre sınıflandırılırlar, bu sınıflandırmaların en önemlileri Tablo 2.1 de verilmiştir. Dünya ticaret filosunun oluşumu ise Tablo 2.2 de verilmiştir.

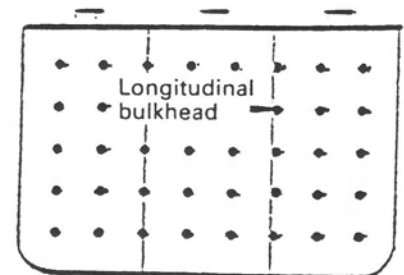
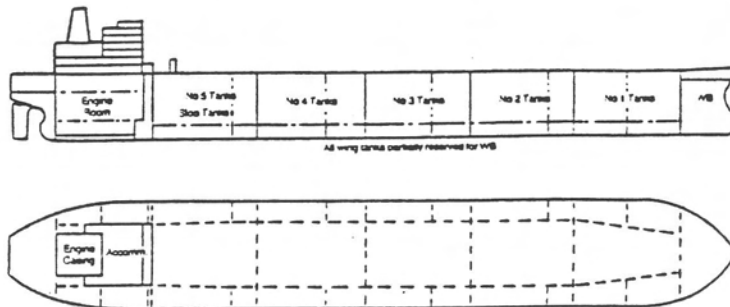
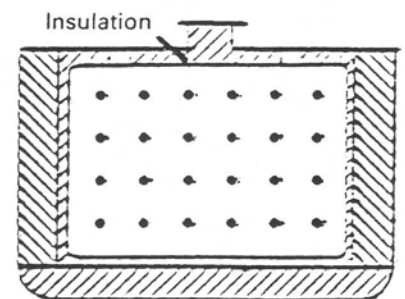
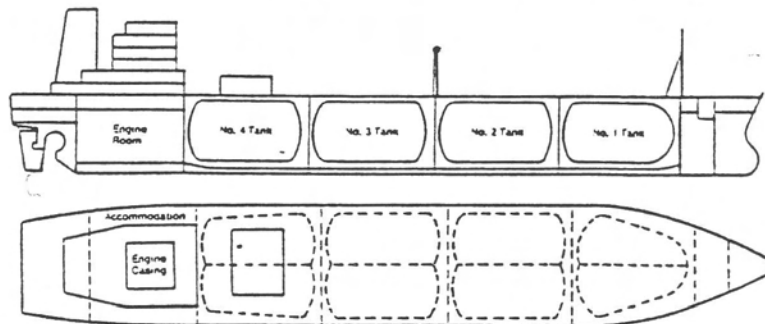
Tablo 2.2 : Dünya ticaret filosu

	Sayı	DW (binton)	% DWT
Petrol Tankerleri	6003	259073.1	39.9
Kimyasal Tankerler	992	6473.7	1.0
LNG-LPG	842	11647.5	1.8
Dökme Yük Gemileri	4672	202113.0	31.1
OBO	353	36897.4	5.7
Konteyner	1230	28240.2	4.3
Genel Kargo	17193	101801.9	15.7
Yolcu	2912	3877.4	0.6
Toplam	34197	650087.9	100.0

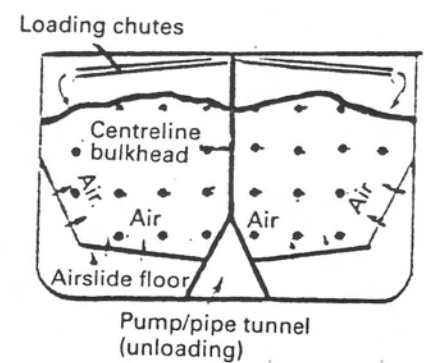
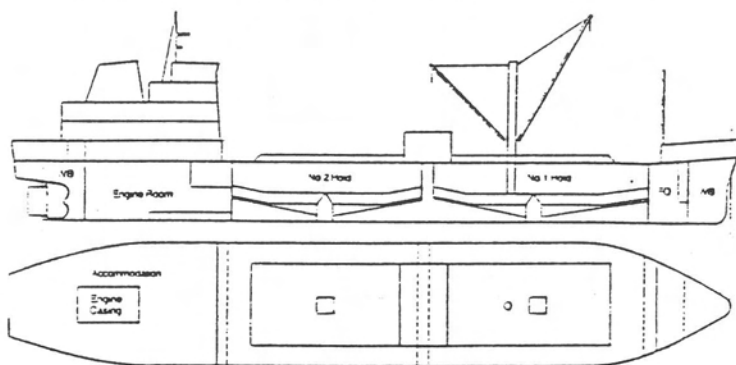
Kaynak: ISL Shipping Statistics July/August (1991)

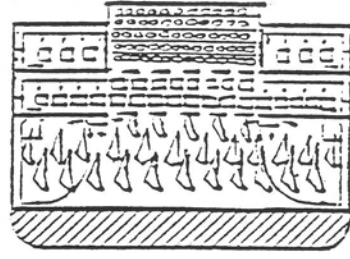
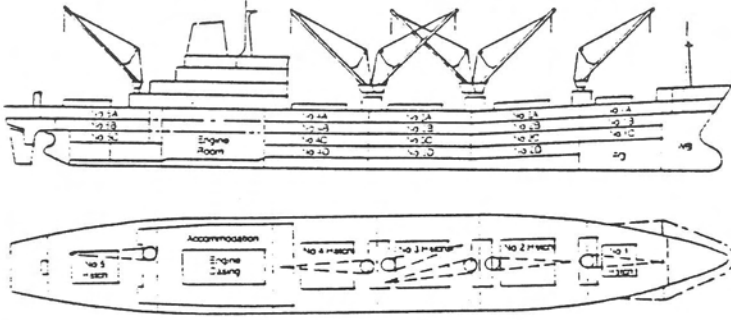


(a) CRUDE OIL TANKER (109,000 DWT)

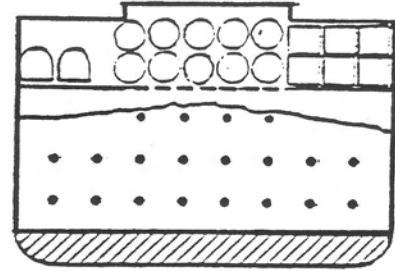
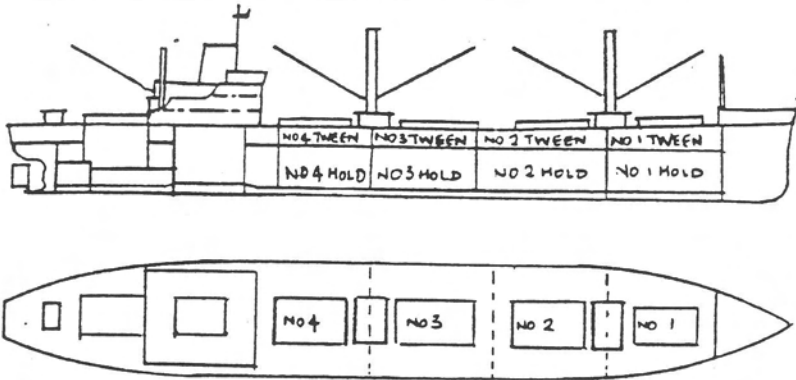
(b) LIQUIFIED PETROLEUM GAS TANKER (22,000 m³)

(c) BULK CEMENT CARRIER (4,360 DWT)

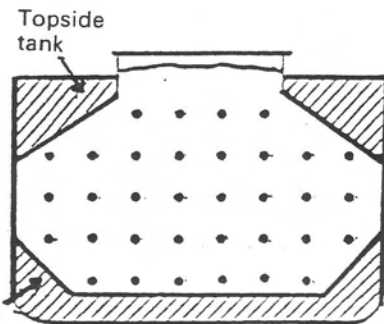
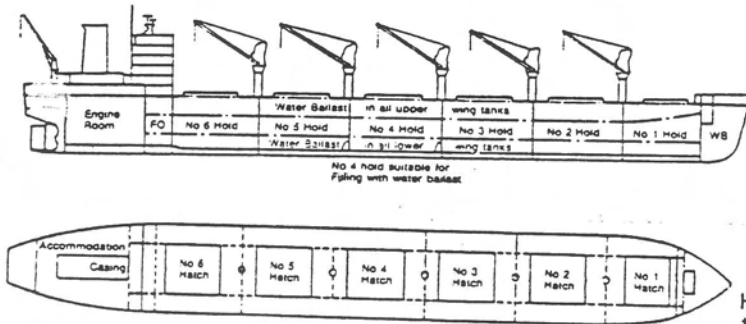


(d) REFRIGERATED CARGO SHIP (525,000 ft³)

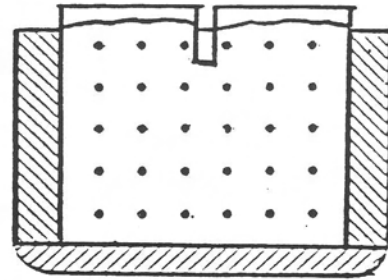
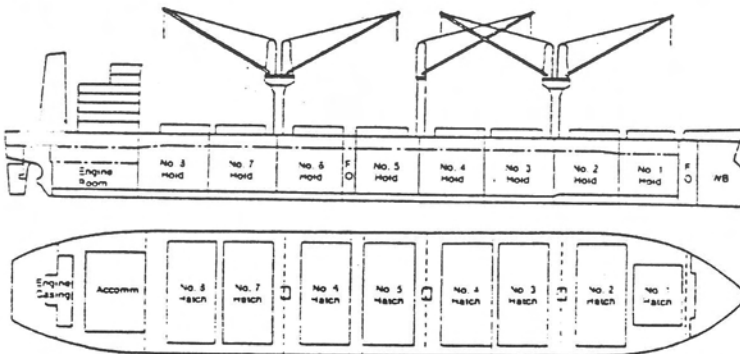
(a) SD 14' TWEENDECKER (16,000 DWT)



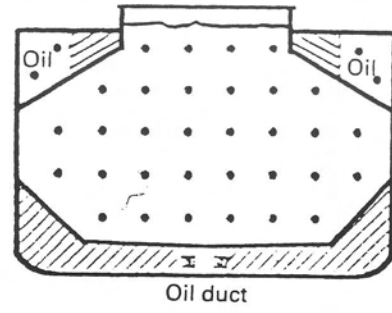
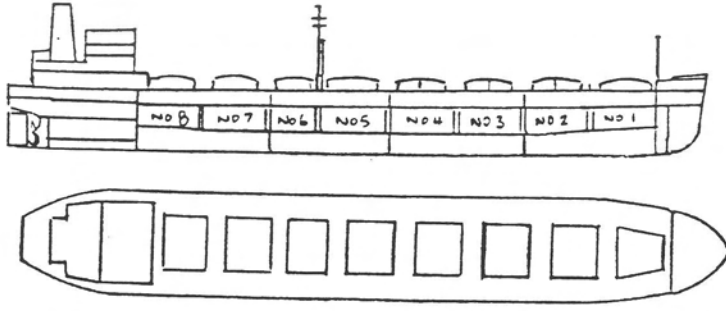
(b) BULK CARRIER (31,000 DWT)



(c) OPEN BULK CARRIER (45,800 DWT)



(d) OBO CARRIER



KAVRAM (KONSEPT) DİZAYN

Kavram dizayn inşaa edilecek geminin verilen gereksinim tanımına ve sınırlamalara göre ekonomik kapabilitesi en yüksek gemi karakteristiklerinin bulunması için düzenlenir.

Değişkenlerin çokluğu nedeniyle (örneğin gemi boyutları, oranları, narinlik katsayıları, sevk sistemi, konstrüksiyon) önceki aşamalarda belirlenen veriler ve sınırlamalara uygun sonsuz sayıda gemi kombinasyonları elde edilebilir. Konsept dizaynda bu değişkenler ele alınarak ekonomik olarak optimum olanı bulunur.

Bu aşamada geminin karakteristikleri mümkün olduğu kadar basit ve yaklaşık hesaplarla bulunmalı, eğer bilgisayar imkanları yeterli ise parametrik analiz veya optimizasyon yöntemleri ile kesin gemi boyutları belirlenmelidir.

Kavram dizayn aşamasında geminin tipine, eldeki verilere ve inşaa edilmiş gemilerden elde edilmiş veri tabanına bağlı olarak bir strateji belirlenmelidir. Bu strateji deadweight önemli gemiler ve hacim önemli gemiler arasında büyük farklılıklar gösterebilir. Bu yüzden her gemi tipi için dizaynı stratejisi dizayner tarafından oluşturulmalıdır.

Dört ayrı dizayn metodu optimum dizaynın bulunmasında kullanılabilir: Benzer gemiden dizayn, Mevcut gemilerin istatistiki analizinden dizayn, Ampirik metotlarla, veya Dizayn sentezi ile dizayn (sistematik analiz, optimizasyon vb).

A) Benzer Gemiden Dizayn :

Eğer dizaynerin elinde inşaa edilmiş benzer karakteristiklerde bir gemi varsa dizayner bu gemiyi optimum kabul ederek yeni bir dizayn yapabilir. Benzerliğin getirdiği bazı koşullar ve sonuçlar şöyle özetlenebilir:

- 1) *Tip benzerliği* : Dizayn edilecek gemi ve eldeki geminin aynı tipte olmaları gereklidir. (Örneğin her ikiside ham petrol tankeri)
- 2) *Ödev benzerliği* : Elde olan geminin ve dizayn edilecek geminin benzer seferler yapmaları gereklidir.
- 3) *Geometrik benzerlik* : Dizayn edilecek gemi eldeki gemiye benzerlik katsayısı oranı ile geometrik olarak bağlıdır.

Geometrik benzerlik için gerekli şartlar

$$(C_B)_1 = (C_B)_2$$



$$(C_M)_1 = (C_M)_2$$

$$(C_{WP})_1 = (C_{WP})_2$$

Bu durumda

$$\frac{L_2}{L_1} = \frac{B_2}{B_1} = \frac{T_2}{T_1} = \alpha$$

α benzerlik katsayısı olarak tanımlanır. Geminin diğer bazı özellikleri bu benzerlikten çıkarılabilir.

$$\frac{(\text{Su hattı Alanı})_2}{(\text{Su hattı Alanı})_1} = \frac{A_2}{A_1} = \frac{L_2 B_2 C_{W_2}}{L_1 B_1 C_{W_1}} = \alpha^2$$

$$\frac{(\text{Suhattı Atalet Momenti})_2}{(\text{Suhattı Atalet Momenti})_1} = \frac{I_2}{I_1} = \frac{i L_2 B_2^3}{i L_1 B_1^3} = \alpha \alpha^3 = \alpha^4$$

$$\frac{(\text{Deplasman})_2}{(\text{Deplasman})_1} = \frac{\nabla_2}{\nabla_1} = \frac{L_2 B_2 T_2 C_{B_2}}{L_1 B_1 T_1 C_{B_1}} = \alpha \alpha \alpha = \alpha^3$$

4) *Direnç benzerliği* : Benzer geminin direnci ana geminin direncinden çıkartılabilir. Bir geminin direnci $R_T = R_V(\text{Re}) + R_R(\text{Fn})$ şeklinde ifade edilebilir.

burada R_T : Toplam direnç
 R_V : Viskoz direnç
 R_R : Artık direnç

İki gemi arasında direnç benzerliğinin sağlanması için Froude ve Reynolds sayılarının aynı olması gerekir.

$$\text{Froude sayısı eşitliği} : \frac{V_2}{\sqrt{gL_2}} = \frac{V_1}{\sqrt{gL_1}}$$

$$\text{Reynolds sayısı eşitliği} : \frac{V_2 L_2}{\nu_2} = \frac{V_1 L_1}{\nu_1}$$

Bu iki sayının aynı denizde çalışan iki gemide aynı olması imkansızdır. Bu yüzden pratikte kullanılan yöntem Froude sayısını eşitleyip böylece dalga direnci benzerliğini sağlayıp, sürtünme direncini ampirik formülle hesaplamaktır.

$$C_F = \frac{0.075}{(\text{LogRe} - 2)^2} \quad (\text{ITTC 1957 hattı})$$



$$R_F = C_F \frac{\rho}{2} S V^2$$

$$\frac{R_{R_2}}{\nabla_2} = \frac{R_{R_1}}{\nabla_1}$$

Bu durumda

$$R_{R_2} = \frac{\nabla_2}{\nabla_1} R_{R_1} = \alpha^3 R_{R_1}$$

$$R_{T_2} = R_{F_2} + R_{R_2} = R_{F_2} + \alpha^3 R_{R_1}$$

ayrıca Froude sayısı benzerliğinden $V_2 / V_1 = \sqrt{L_2 / L_1} = \sqrt{\alpha}$

5) Stabilite benzerliği : Yeni geminin GM'i geometrik benzerliği kullanarak bulunabilir.

$$a) \frac{KG_2}{KG_1} = \alpha$$

$$b) \frac{KB_2}{KB_1} = \alpha$$

$$c) BM = \frac{I}{\nabla}$$

$$\frac{BM_2}{BM_1} = \frac{I_2}{\nabla_2} \frac{\nabla_1}{I_1} = \frac{\alpha^4}{\alpha^3} = \alpha$$

$$\frac{GM_2}{GM_1} = \frac{(KB_2 + BM_2 - KG_2)}{(KB_1 + BM_1 - KG_1)} = \alpha$$

6) Ağırlık Benzerliği - Deplasman Denklemi

Bir geminin dizaynında ilk dikkate alınacak husus geminin suda yüzmesidir. Yani deplasmanın gemi ağırlığına eşit olmasıdır. Bu basit ve doğal gözüken kural belkide dizaynın en zor aşamasıdır.

$$\Delta = W = LS + DW$$

burada

Δ : Deplasman

W : Gemi ağırlığı

LS : Geminin seferle değişmeyen tekne ağırlığı, donanım ve sevk makinaları light weight'i oluşturur.

DW : Kargo, yakıt, mürettebat, yolcu ve diğer seferle ilgili ağırlıklar deadweight'i oluşturur.



Ön dizayn aşamasında her ağırlığı detaylı olarak incelemek ağırlık dengesini kurabilmek için yararlı olacaktır. Ağırlığı oluşturan ana gruplar :

$$W = W_H + W_O + W_M + W_F + M$$

W_H : Tekne ağırlığı : Bu grup teknenin konstrüksiyon ağırlığı, üst bina, makine foundeyşını, şaft destekleri vs ağırlıklardan oluşmaktadır.

W_O : Donanım ve teçhizat ağırlığı : Geminin donanımından oluşan ağırlıklar, demirleme donanımı, ambar kapakları, yerleşim mahalleri donanımı, yükleme boşaltma sistemleri, zincir, çapa, filika, direkler, havalandırma, yangın söndürme, balast sistemleri, dümen ve donanımı vs. ağırlıklardan oluşur.

W_M : Ana ve yardımcı makine ağırlığı : Tekneyi sevk eden makine, kazanlar, yardımcı makineler, jenaratörler, ısıtıcılar, kompresörler vs makine aksamından oluşur.

W_F : Yakıt ağırlığı : Geminin hızına makine gücüne ve sefer uzaklığına bağlı olarak taşınması gereken yakıt ağırlığıdır.

M : Yük ve yolcu ağırlığı : Taşınan kargonun, yolcuların ve zati eşyalarının ağırlığıdır.

$$\Delta = LS + DW$$

$$\Delta = (W_H + W_O + W_M) + (W_F + M)$$

Deplasman denklemi ağırlıkları deplasmanın bir yüzdesi olarak benzer gemiden dizayn yönteminde kullanılabilir. Buna göre şu kabuller yapılır.

$$W_H = a \Delta$$

$$W_O = b \Delta$$

$$W_M = c \text{ BHP}$$

BHP Admiralty yöntemi ile yazılırsa

$$BHP = \frac{\Delta^{2/3} V^3}{\text{©}}$$

©: Admiralty katsayısı

$$W_M = c \frac{\Delta^{2/3} V^3}{\text{©}}$$

$$W_F = f k \text{ BHP}_s \frac{R}{V_s}$$

$$\text{burada } \text{BHP}_s = \frac{\Delta^{2/3} V_s^3}{\text{©}_S} : \text{servis hızında makine gücü}$$



- \odot_s : servis hızında admiralty katsayısı
 R : sefer uzunluğu
 V_s : sefer hızı
 k : limanlardaki bekleme süresinde harcanan yakıtı hesaba katmak için konulan katsayı (pratikte 1.1 olarak alınabilir)
 f : makinenin BHP başına yakıt tüketimi

kısaca

$$W_F = d \frac{\Delta^{2/3} V_s^3}{\odot_s}$$

Bütün ağırlıklar yerlerine konursa

$$\Delta = (a + b)\Delta + c \frac{\Delta^{2/3} V^3}{\odot} + d \frac{\Delta^{2/3} V S^3}{\odot_s} + M$$

Bu denklem benzer gemilerin dizaynında direk olarak kullanılabilir. Eğer bir geminin ağırlık grupları biliniyorsa katsayılar a, b, c, d bulunup benzer geminin ağırlıkları buradan hesaplanabilir. Ancak değişimin sınırlı olması (pratikte % 10 içinde) gerekir.

Bu metodun sakıncası eldeki geminin optimum olduğunun var sayılması ve dizayn edilen geminin bu varsayımı sürdüreceğinin beklenmesidir. Eğer değişiklik yapılacak dizayn parametreleri sınırlı ise bu metod eldeki gemi için verilerin sağlıklı olması şartı ile yararlı olabilir.

Benzer gemiden dizaynda dikkat edilecek husus eldeki gemi ile yeni geminin karakteristiklerinin birbirinden çok farklı olmamasıdır. % 10 fark genel olarak maksimum varsayılabilir.

B) Mevcut Gemilerin İstatistikî Analizinden

Literatürde ve tersanelerin geçmiş deneyiminde mevcut gemilerin istatistikî analizinden elde edilen çeşitli tip ve maksatlı gemilerin boyutları, narinlik katsayıları, boyutsuz oranları ve diğer karakteristiklerini kapsayan geniş bir veri tabanı vardır. Bu gemilerin ekonomik ihtiyaçları karşıladığı düşünülürse bu gemilerin karakteristik özellikleri optimum varsayılabilir.



Ancak yöntemin önemli bir sakıncası bu gemilerdeki herhangi bir yanlış veya eski teknolojiye dayanan karakteristikleri (örneğin perçinli konstrüksiyon ağırlıkları) yeni gemide bulunacaktır.

İkinci sakıncalı unsurda bu dizayn yolunun yeni gemi tipleri veya yeni teknolojilerin kullanılmasına uygun olmamasıdır. Örneğin son uluslararası kuralların (SOLAS-IMO gibi) tekne yapısında yarattığı gelişmeleri bu metodlara aktarabilmek için değişiklikler yapılması gerekir.

İstatistiki analizden iki ana yöntem geliştirilmiştir.

i) Grafik yolla

Literatürdeki gemiler istatistiki olarak incelenmiş ve gemi karakteristikleri grafik olarak çizilmiştir. Gemi DW/Δ , deplasman, boy, genişlik, draft, çeşitli ağırlık grupları deadweight (veya istenen hacim) eksenine göre çizilmiştir. Bu değerler armatörün verdiği deadweight değeri için çok çabuk şekilde hesaplanabilir. Bu metoda ilişkin örnekler çeşitli kaynaklardan elde edilebilir (*Kafalı 1988, Taggart 1980*).

Bu metodun dezavantajı grafiklerin genel olarak verilmesi nedeniyle özel isteklerin (örneğin hız, draft limiti) gözönüne alınamamasıdır. Böylece dizayn karakteristikleri arasındaki ilişkiler ihmal edilmektedir. Örneğin notlarda verilen grafiklerde hızın etkisi tamamiyle ihmal edilmiştir. Gemi boyunun ve blok katsayısının hıza bağımlı olması bilinmesine rağmen her hız aralığı için bu diyagramların hazırlanması beklenemez.

Hazır grafiklerin elde olmadığı durumlarda veri tabanından çekilen benzer gemiler grafikler halinde çizilip dizayn grafikleri elde edilebilir. Bu metod daha sonra tanımlanacak olan sistematik analiz ve optimizasyon yöntemlerinin başlangıç noktasını teşkil eder.

ii) Ampirik formüllerle

Gerek inşaa edilmiş gemilerin istatistiki değerlendirilmesinden gerekse maliyet üzerine yapılan optimizasyon çalışmalarından ampirik formüller çıkarılmıştır. Gemi boyutları için çıkarılan bu formüller dizayn için ön boyutların bulunmasında kullanılabilir.

Geminin diğer karakteristikleri için çıkarılan bağıntılar (örneğin ağırlık grupları, direnç ve sevk, maliyet) hem bu noktada hemde sistematik analiz veya optimizasyon metodlarında kullanılabilir. Bu nedenle bu formüller detaylı olarak incelenecektir.

DİZAYN PRENSİBİ

Gemilerin ampirik dizaynının ilk aşaması kritik dizayn parametrelerinin saptanıp ampirik formüllerin seçimidir. Buna göre kritik özellikler :



Gemilerin ampirik dizaynının ilk aşaması kritik dizayn parametrelerinin saptanıp ampirik formullerin seçimidir. Buna göre kritik özellikler :

Alan kritik : Ro/Ro, Taşıt gemileri, Feriler, Canlı hayvan taşıma gemileri

Hacim kritik : Kereste gemileri, Konteyner gemileri, LNG/LPG gemileri, Savaş gemileri, Yolcu gemileri

Deadweight kritik : Maden cevheri gemiler, tankerler, dökme yük gemileri, sondaj platformları

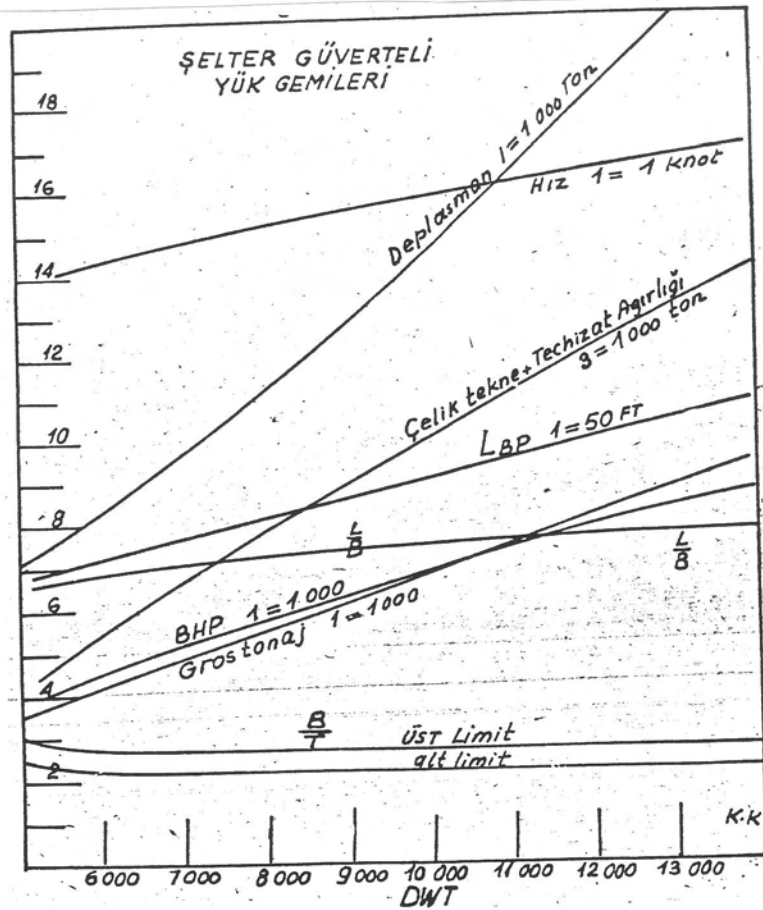
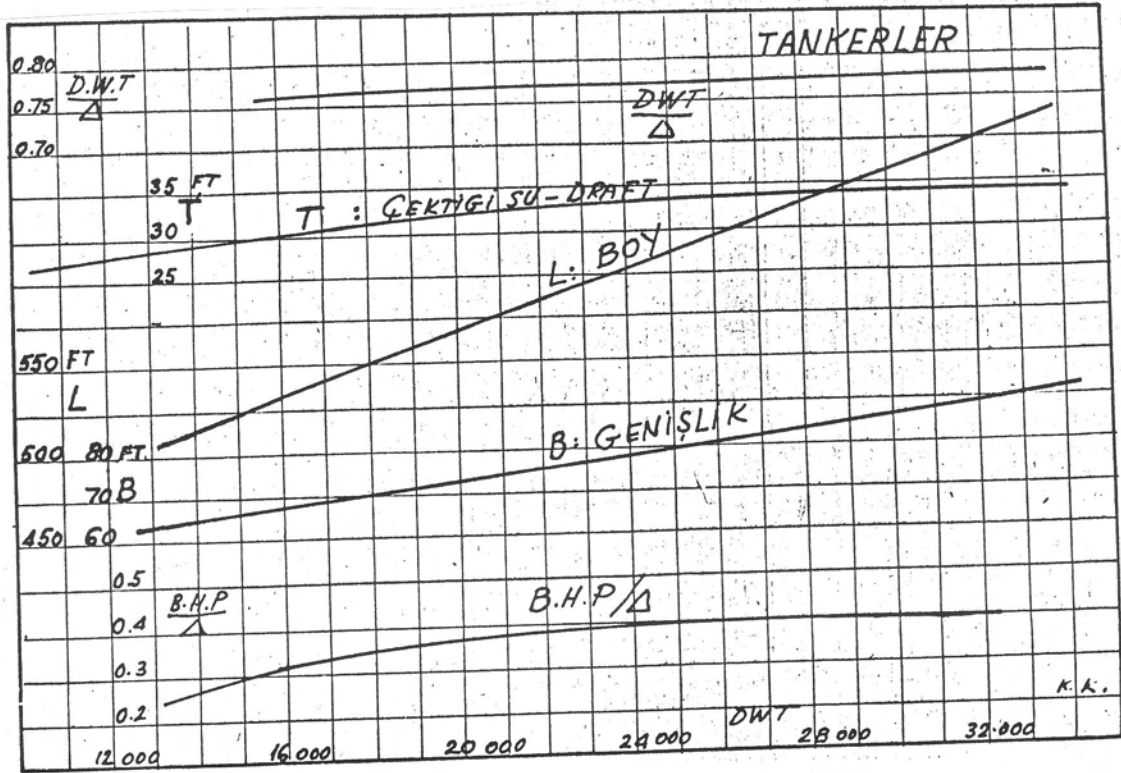
Stabilite kritik : Yarıbatıklar, Yolcu gemileri, Konteyner gemileri, Balıkçı tekneleri

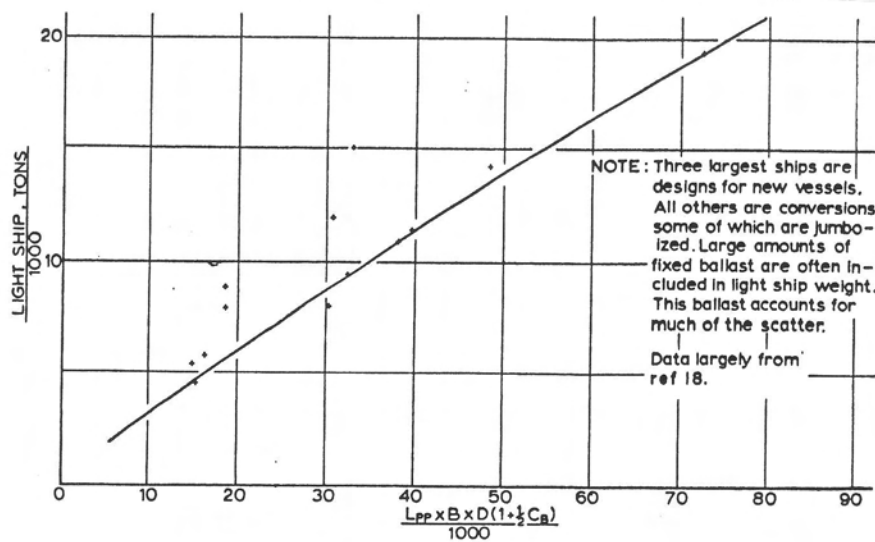
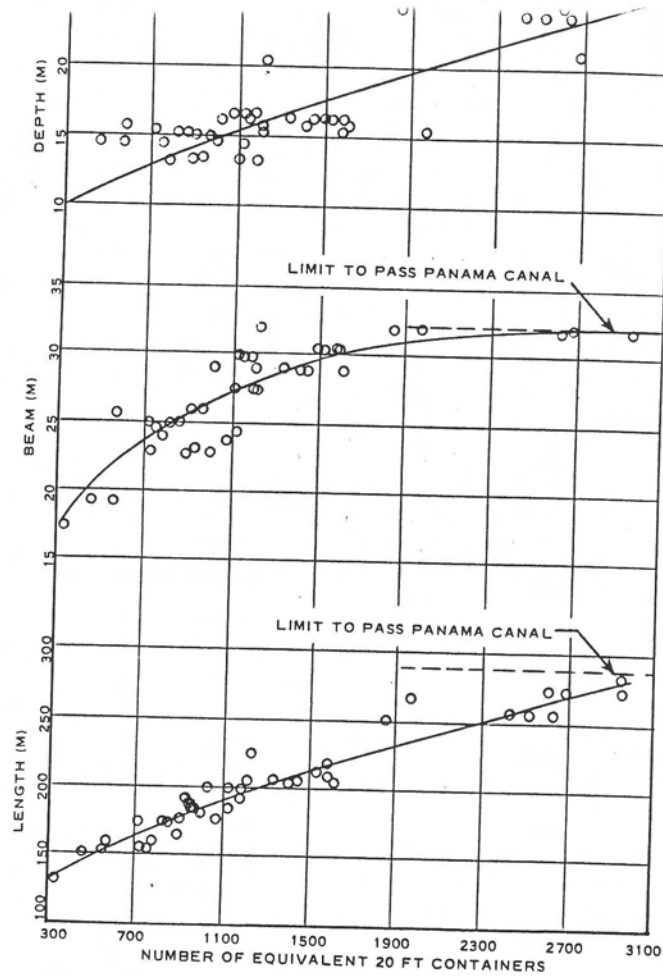
Hız kritik : Hücumbotlar, Savaş gemileri, Kurtarma botları

KAYNAKLAR

- 1) KAFALI K., Gemilerin Dizaynı, İ.T.Ü. Kütüphanesi No:1365, İstanbul 1988
- 2) TAGGART R., Ship Design and Consruction, SNAME, 1980







Container ships light ship weight versus $L_{PP} \times B \times D (1 + \frac{1}{2} C_B)$



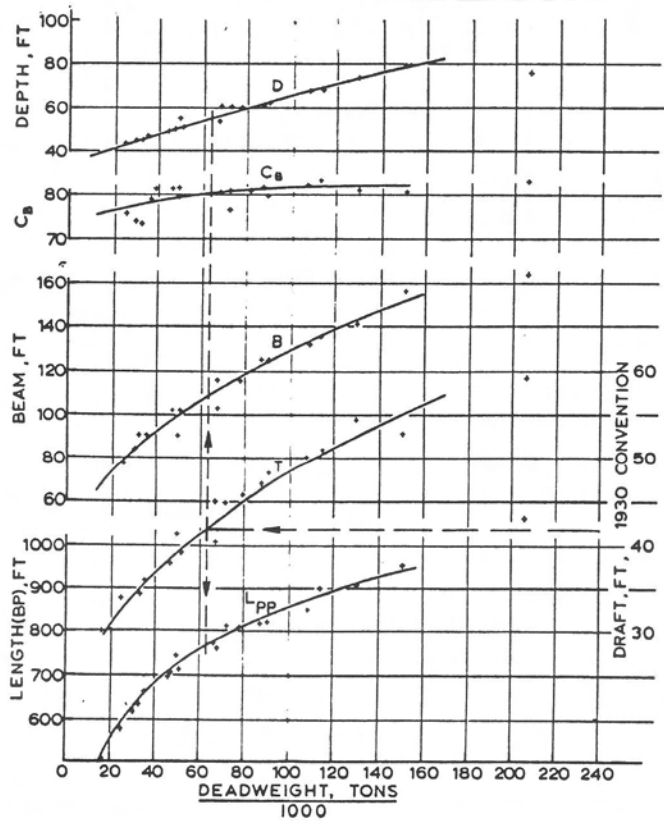
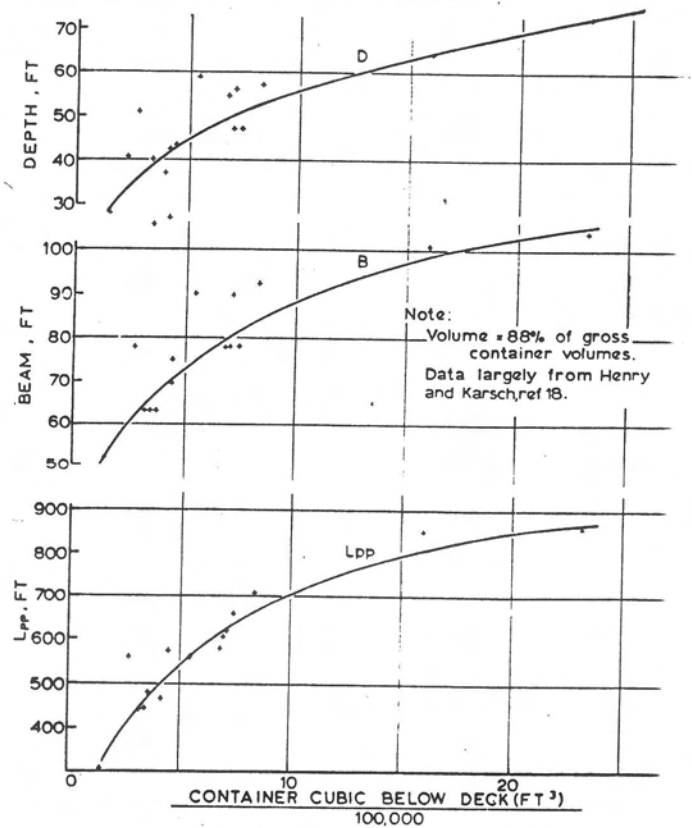
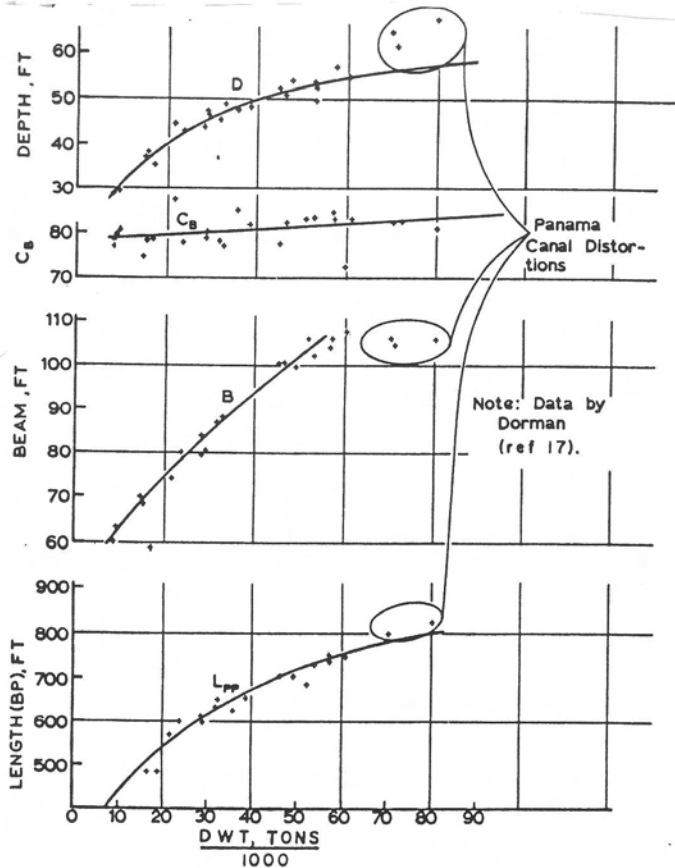
Fig. 16 Typical tanker dimensions and C_B versus deadweight under 1930 Load LineFig. 19 Container ships underdeck container cubic versus L_{pp} , B , and

Fig. 17 Combination bulk carriers

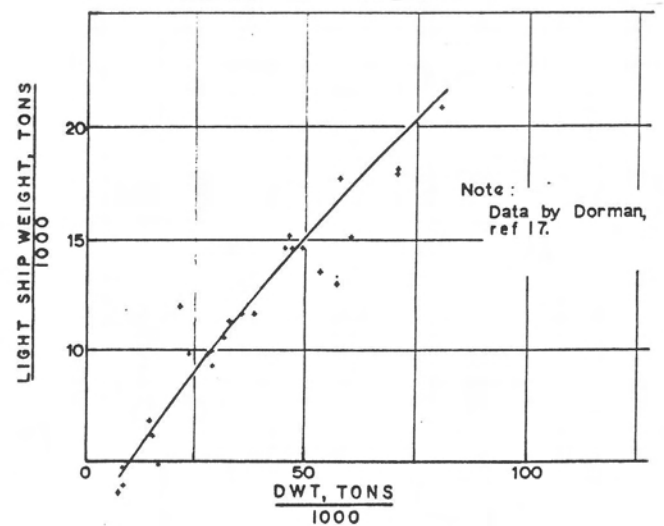


Fig. 18 Combination bulk carriers light ship weight versus deadweight



ÖN BOYUTLANDIRMA

DEADWEIGHT-DEPLASMAN ORANI ($C_D=DW/\Delta$)

Geminin yük taşıma kapasitesini veren bu oran genel olarak deadweight kritik gemilerin dizaynının başlangıç değeridir. Diğer prensiplere göre dizayn edilen gemilerde benzer oranlar tanımlanabilir (örneğin kargo hacmi-sephiye hacmi oranı (V_C/V), güverte alanı/ $\nabla^{2/3}$).

Geminin deplasman denklemi yazılırsa

$$\Delta = \gamma C_B L B T = DW + LS$$

Burada DW/Δ değerinin maksimum hale getirilmesi deadweight kritik gemilerin dizayn prensibidir.

Tipik olarak DW/Δ için şu değerler kullanılabilir. (*Munro-Smith 1975, Molland 1983*)

Gemi Tipi	DW/ Δ
Genel kargo gemileri	0.62 - 0.72
Maden cevheri gemileri	0.72 - 0.77
Dökme yük gemileri	0.78 - 0.84
Tankerler	0.80 - 0.86
Maden cevheri gemileri	0.82
Konteyner*	0.60
Soğuk hava ambarlı*	0.55 - 0.60
Yolcu gemileri*	0.35 - 0.50
Balıkçı gemileri*	0.10 - 0.20
Romorkör*	0.05 - 0.10

* : deadweight kritik olmayan gemiler

Alternatif bir yöntem olarak bu katsayı şu formüllerle verilebilir. (*Kafalı 1988*)

$$DW = \frac{(0.775 DW)}{DW + 250} \Delta \quad \text{Tankerler için}$$

$$DW = \frac{(0.75 DW)}{DW + 300} \Delta \quad \text{Kuru yük gemileri için}$$

Ancak bu değerler genel olarak verildiği için dizayner kendi verilen DW değeri için benzer gemiler bularak DW/Δ değerini basit bir grafikte çizip yaklaşık bir Δ değeri bulabilir.

DW/Δ değeri geminin hız ve blok katsayısına, sevk sistemine, konstrüksiyon sistemine ve donanımına bağlıdır. Bu nedenle C_D geminin verimini ifade eden değer olarak alınabilir.

HACİM ORANI

Hacim kritik gemiler deadweight kritik gemilerden ayrıcalık gösterir. Deplasman - deadweight denklemi şu hali alır.

$$V_T = C_{B_D} LBD_A = V_H + V_M = \frac{(V_R - V_U)}{(1-s)} + V_M$$

burada

- V_T : Güverte altındaki toplam hacim
- V_H : Ambarların gross hacmi
- V_M : Makine dairesi, tank, çift dip tankları hacmi
- V_R : Yük için gerekli hacim
- V_U : Güverte üstündeki kargo hacmi
- C_{B_D} : Derinlik blok katsayısı
- s : Ambarlardaki hacim kaybını dikkate almak için verilen katsayı
- D_A : Düzeltilmiş derinlik
 $= D + 2/3c + 1/6(s_A + s_F)$
- c : sehim
- s_A, s_F : kık ve baş şiyer

Bu yöntem hacim kritik gemilerin dizaynında kullanılabilir.

GEMİ BOYU

Armatörün isteklerine ve sınırlamalara uygun, teknik şartları sağlayan değişik boyda gemiler dizayn edilebilir. Bu yüzden gemi boyu ekonomik faktörler esas alınarak saptanmalıdır. Gemi boyu böylece geminin deplasmanının, hızının ve diğer ekonomik faktörlerin bir fonksiyonudur.

Gemi boyu çeşitli analizler sonucu çıkartılan formüllerle bulunabilir.

A.Ekonomik rantabilite hesaplarından çıkarılan ampirik formüllerle: En düşük maliyet hesabına göre deplasmanı sabit tutarak boyun uzatılması tekne ağırlığını arttıracak gerekli



makine gücünü düşürecek. Optimum gemi uzunluğu ampirik formülleri bu iki değeri dengeleyecek şekilde çıkarılmıştır.

B. İnşaa edilmiş gemilerden elde edilen ampirik formüllerle: İnşaa edilmiş gemilerin istatistiki analizi gemi tipine göre düzenlenmiş ve çeşitli formüller bulunmuştur.

C. Boyu sınırlayan faktörleri göz önüne alan faktörlerle: Bu yöntem gemi boyunu vermekten çok, hangi değer olmamasını gösterir. Örneğin kanal boyutları, direnç .

A.1. Schneekluth Formülü (Schneekluth 1987)

Gemi boyunun en düşük inşaa maliyetine göre optimize eden çalışmaların istatistiğinden çıkarılmış bir formüldür. *This method*

$$L_{BP} = C \Delta^{0.3} V^{0.3}$$

burada

L_{BP} (m), Δ (ton), V (knot) olarak verilmiştir.

C: 3.2 eğer $C_B \approx 0.145/F_n$ ve $0.48 \leq C_B \leq 0.85$

$C : 3.2 \frac{C_B + 0.5}{\left(\frac{0.145}{F_n}\right) + 0.5}$ eğer C_B bu değerler dışında ise

Formülün limitleri $\Delta \geq 1000$ ton
 $0.16 \leq F_n \leq 0.32$

C katsayısı şu durumlarda arttırılmalıdır:

- 1) Draft ve/veya genişlik sınırlamaları ile bulunuyor ise
- 2) Yumru başın olmadığı gemilerde
- 3) Büyük güverte altı hacim/deplasman oranlarında

Genelde bu formül armatörün istediği gemi boyundan % 10 daha düşük değer verir.

B.1. Ayre Formülü (Schneekluth 1987)

Gemi boyu Ayre tarafından deplasman ve hızın bir fonksiyonu olarak verilmiştir.

$$\frac{L_{BP}}{V^{1/3}} = 3.33 + 1.67 \frac{V}{\sqrt{L_{BP}}}$$



LBP (m), V (knot), ∇ (m³) olarak verilmiştir.

B.2. Posdunine Bağıntısı (Munro-Smith 1964, Kafalı 1982)

Posdunine tarafından ortaya konan boy, hız ve deplasman arasındaki bağıntı Van Lammeren tarafından düzeltilmiş haliyle :

$$L = C \left(\frac{V}{V+2} \right)^2 \Delta^{1/3}$$

L (m), V (knot), Δ (ton) olarak verilmiştir.

$C=7.16$	tek pervaneli kargo ve yolcu gemileri	$11.0 \leq V \leq 16.5$
$C=7.32$	çift pervaneli kargo ve yolcu gemileri	$15.5 \leq V \leq 18.5$
$C=7.92$	hızlı yolcu gemileri	$20.0 \leq V$

Posdunine bağıntısı üzerine diğer bir düzeltme Kafalı (1982) tarafından verilmiştir.

$C=3.2 + 3.03 (V/\sqrt{L})$ Yolcu gemileri

$C=4.42 + 1.68 (V/\sqrt{L})$ Yük gemileri-tankerler

$C=3.66 + 0.76 (V/\sqrt{L})$ Romorkörler

B.3. Völker Bağıntısı (Schneekluth 1987)

Bu formül kuru yük gemileri ve konteyner gemileri için geçerlidir.

$$\frac{L}{\nabla^{1/3}} = 3.5 + 8.75 \frac{V}{\sqrt{g \nabla^{1/3}}}$$

Soğuk have ambarlı gemiler için $L/\nabla^{1/3}$ oranı 0.5 ile

Koster ve balıkçı gemiler için $L/\nabla^{1/3}$ oranı 1.5 ile azaltılır.

Bütün bu istatistiki formüllerde eldeki gemilerin optimum uzunlukta olduğu varsayımından hareket edilmiştir. Bu formüllerde bulb dikkate alınmamış olup, bulblı gemilerde kaimeler arası uzunluğun bulb boyu kadar kısaltılması gerekir.

C. Boy sınırlamaları

- 1) Kızak boyu, liman ve kanal sınırları
- 2) Boyda kısaltma ile herhangi bir maliyet azaltılması mümkün olup olmadığı (perdelerin azaltılması mümkünse maliyet düşebilir)
- 3) L/D oranı Lloydların önerdiği değerlerden büyük olmamalıdır.
- 4) Baş-kıç dalga girişimi kontrol edilerek dalga direncinin yüksek olmaması kontrol edilmelidir.



GEMİ GENİŞLİĞİ

Gemi genişliğinin belirlenmesinde önemli faktörler direnç (L/B oranı) ve stabilitedir (B/T oranı). Bu durumda en düşük direnç için genişliğin küçük en iyi stabilite içinse genişliğin büyük olması gereklidir. LBT sayısı sabit olduğuna göre bu çelişki için bir uzlaşma noktasının bulunması gereklidir. Genelde kullanılan yöntem genişliğin boydan ampirik olarak elde edilip minimum maliyet (dolayısı ile minimum direnç) için optimize edilmesi ve stabilite için kontrol edilmesidir.

Gemi genişliği üzerine verilen ampirik formüller üç ayrı grupta toplanabilir.

i) $B=L^n$ formunda bağıntı (*Munro-Smith 1975*)

Bu bağıntıda n gemi tipine bağlı bir katsayı olup benzer gemilerden elde edilmelidir.

n : 0.61 - 0.64 genel kargo gemileri

: 0.66 - 0.68 süpertanker

ii) $B=mL+c$ formunda bağıntılar

Bu tip bağıntılara örnek olarak

Munro Smith(1975) bağıntıları

$B=L/9 + 6$ ila 7.5 m arası genel kargo gemileri

$B=L/9 + 4.5$ ila 6.5 m arası tankerler

$B=L/9 + 12$ ila 15 m arası Süpertankerler

$B=L/9 + 6$ m Dökme yük gemileri

Kafalı(1982) bağıntıları

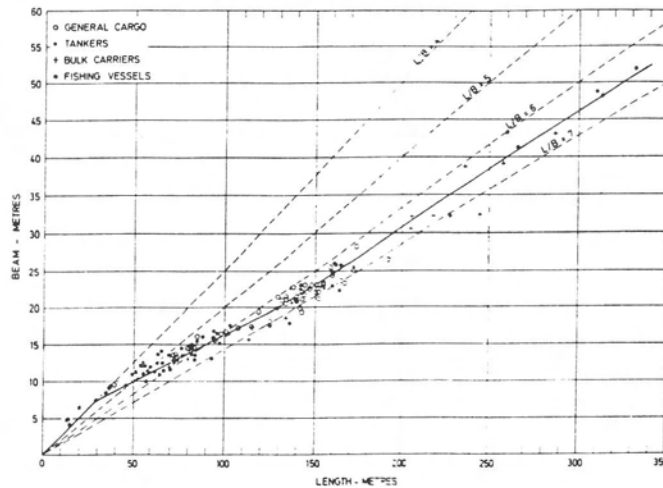
$B=0.125 L+2.44$ Yük gemileri-Tankerler

$B=0.150 L+2.44$ Konteyner gemileri

$B=0.200 L+2.44$ Romorkörler

iii) B/L oranının kullanıldığı metot

Watson-Gilfillan (1977) çeşitli gemileri incelemiş L ve B değerlerini bir grafikte toplamıştır.



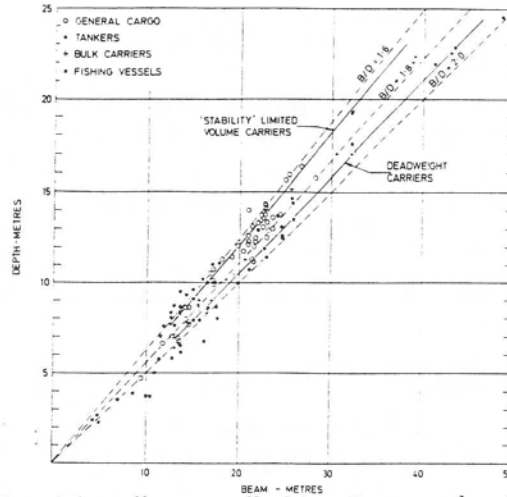
Bu grafiğe göre gemiler 6.5 etrafında toplanmıştır. *Watson-Gilfillan* şu bağıntıyı verir:

$$\begin{aligned} L/B &= 4.0 & L &\leq 30 \\ L/B &= 4 + 0.025(L-30) & 30 &\leq L \leq 130 \\ L/B &= 6.5 & 130 &\leq L \end{aligned}$$

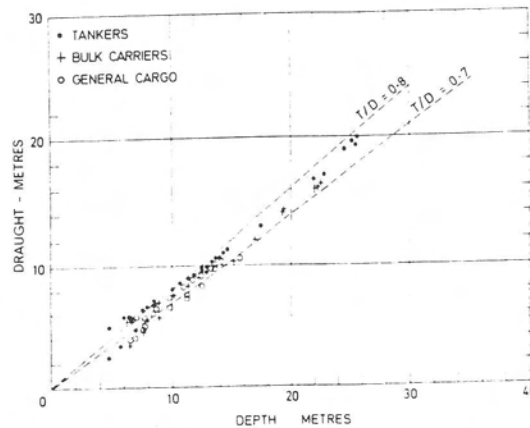
DRAFT VE DERİNLİK

Derinlik, draft ve fribord birbirine bağlı üç değişkendir. Değişik metodlar bu değerlerin elde edilmesinde kullanılmaktadır. Bu iki değişkenden ikisinin bulunması yeterlidir. Eğer derinlik ve draft elde edilirse fribord için 1966 fribord kurallarına göre fribord kontrolü yapılması şarttır.

i) D/B oranının kullanılması: *Watson - Gilfillan (1977)* gemilerin KG değerinin dolayısı ile stabilitesinin D/B oranına bağlı olduğunu kabul ederek bu değer için çeşitli gemilerde aldığı değerleri incelemişler ve stabilite kritik gemilerin B/D oranlarının 1.5 ila 1.8 arasında olduğunu ve deadweight kritik gemilerin B/D oranının 1.8 ila 2.0 arasında olduğunu gözlemişlerdir.

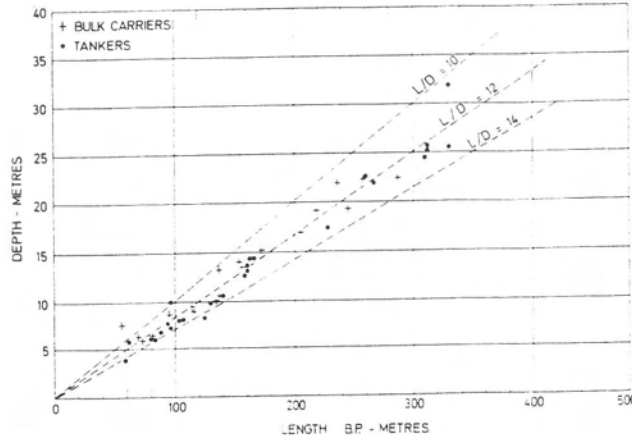


ii) T/D oranının kullanılması : Fribord kuralları pratik bir yöntem olarak bu oranla ön dizayn aşamasında kullanılabilir. *Watson-Gilfillan* bu oranı aşağıdaki gibi 0.7 ila 0.8 arasında bulmuşlardır.



DW critical $\frac{B}{D} \geq$ stability K/D

iii) L/D oranının kullanılması : Deadweight kritik gemiler, stabilite kritik gemilere göre daha büyük B/D oranlarına sahiptir. Bu genişlik ve draftın birbirine bağılı olmadığına işaretler. Bu yüzden derinlik L/D oranından geminin boyuna mukavemetini dikkate alarak hesaplanabilir. L/D 10 ila 14 arasında değişebilir. L/D nin 16 dan büyük değerlerine genelde müsaade edilmez. Watson-Gilfillan tarafından verilen L/D oranları aşağıda verilmiştir.



iv) B/T Oranının kullanılması : B/T oranı gemilerin stabilitesi açısından önemli karakteristiktir. Ancak bu değer gemi tipleri arasında büyük değişiklik gösterebilir.

Derinlik ve draft elde edildikten sonra Aşağıdaki kontrollerin yapılması zorunludur.

- 1) Uluslararası friboard kuralları kontrol edilmelidir
- 2) Derinliğin güverte altında yeteri kadar ambar hacmi sağlayıp sağlamadığı kontrol edilmelidir.
- 3) KG yüksekliği hesaplanıp, GM kontrolü yapılmalıdır.
- 4) Pervane çapının bulunan draft için yeterliliği kontrol edilmelidir.
- 5) Kanallar ve limanlar için draft limitlerinin altında kalınmasına çalışılmalıdır.

BLOK KATSAYISI VE PRİZMATİK KATSAYI

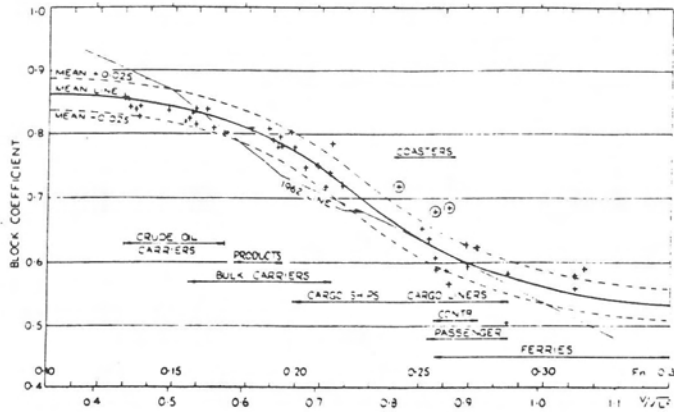
Blok katsayısı ve orta kesit katsayısı geminin paralel gövde boyu, giriş ve çıkış boylarını belirler. Blok katsayısı ve dolayısı ile prizmatik katsayı direnç etkisi altında geminin dolgunluk gereksinimine göre belirlenir. Düşük hızlarda C_B yüksek hızlarda C_P daha önemlidir.

Ampirik bağıntılar arasında $C_B = K_1 - K_2 V / \sqrt{L}$ şeklinde verilen Alexander formülü en önemlisidir. Böylece blok katsayısı Froude sayısının bir fonksiyonu olarak ifade edilmiş olur. Watson-Gilfillan(1977) blok katsayısının L/B ve B/T oranlarından hemen hemen



bağımsız olduğunu gözlemişlerdir. Pratikte $K_2=0.276$ ve $K_1=1.02$ ila 1.13 arasında değişen bir katsayı olarak alınmaktadır.

Watson-Gilfillan(1977) çeşitli gemi tipleri ve Froude sayıları için blok katsayılarını grafik olarak vermişlerdir.



Munro-Smith(1975) ampirik C_B formülleri gemi tiplerine göre vermiştir.

$C_B = 1.00 - 0.23 V/\sqrt{L}$	Genel kargo gemileri
$C_B = 1.00 - 0.19 V/\sqrt{L}$	Tankerler
$C_B = 1.00 - 0.175 V/\sqrt{L}$	Süpertankerler
$C_B = 1.00 - 0.17 V/\sqrt{L}$	Dökme yük gemileri
$C_B = 1.00 - 0.23 V/\sqrt{L}$	Konteyner

Optimizasyon çalışmaları sonucunda en düşük gemi üretim maliyetine uygun olarak : *Schneekluth (1987)* aşağıdaki formülleri vermiştir.

$$C_B = \frac{0.14 L/B + 20}{F_n} \quad C_B = \frac{0.23 L/B + 20}{F_n^{2/3}}$$

limitler $0.48 \leq C_B \leq 0.85$ ve $0.14 \leq F_n \leq 0.32$

Genel yöntem olarak önce C_B ve C_M bulunur ve prizmatik katsayı C_B/C_M oranından elde edilir.

ORTA KESİT KATSAYISI

Orta kesit katsayısı inşaa edilecek geminin dolgunluğunu gösterir. Dizaynda çeşitli etkenler dikkate alınmalıdır.



i) Direnç

Normal orta kesit katsayısı bir geminin C_M arttırılıp C_B sabit tutulursa şu değişiklikler beklenir.

- 1) Islak satıhta artış dolayısı ile sürtünme direnci artışı
- 2) Çıkış uzunluğu artışı (separasyon direncinin azalması)
- 3) Giriş uzunluğu artışı dalga direncinin azalmasına neden olur.

Konvansiyonel gemilerde C_M artışı C_P azalmasına yol açacaktır. C_P nin direnç üzerine direk etkili olduğu gemilerde direnç azalması beklenebilir. Ancak bu gerçekte görülmez.

ii) Sintine dönümü

C_M in büyüklüğü daha sert sintine dönümünü ve daha kısa saç işlemini gerektirir. Posta ve saç eğimi daha ucuz ve çabuk yapılır.

iii) Konteyner istiflemesi

Genişlik ve derinlik konteyner istiflemesi üzerinde çok etkili olmasına rağmen, C_M 'in etkili olduğu boyun gemi boyuna göre kısa olması nedeniyle C_M daha az önem taşır.

iv) Yalpa Sönüm Etkisi

Büyük C_M katsayıları daha büyük yalpa sönümü sağlar. Yalpa omurgasının kullanılması da yalpa sönüm katsayısını arttırır.

Uygulamada yalpa omurgası ile dış teğet düzlemler (hem dip hemde borda) arasında en az %1 B aralık olması güvenlik açısından önem arz eder. Yalpa omurgası yüksekliği %2 B den yüksek olmalı veya %30 sintine dönüm yarıçapından büyük olmalıdır. Uzunluğu yaklaşık $1/4 L_{BP}$ olabilir. Uygulandığı hat akım hattı deneyleriyle en az direnç verecek şekilde bulunmalıdır.

Sintine kalkımı olmayan gemiler için verilen bazğ orta kesit katsayıları şöyle verilebilir:

Van Lammeren (*Schneekluth 1988*)

$$C_M = 0.9 + 0.1 C_B$$

Kerlen (*Schneekluth 1988*)

$$C_M = 1.006 - 0.0056 C_B^{-3.56}$$

HSVA-Linienatlas (*Schneekluth 1988*)

$$C_M = \frac{1}{1 + (1 - C_B)^{3.5}}$$

Sintine dönüm yarıçapı sintine kalkımı olmayan gemilerde :



$$R = \frac{B C_K}{\left(\frac{L_{BP}}{B} + 4\right) C_B^2}$$

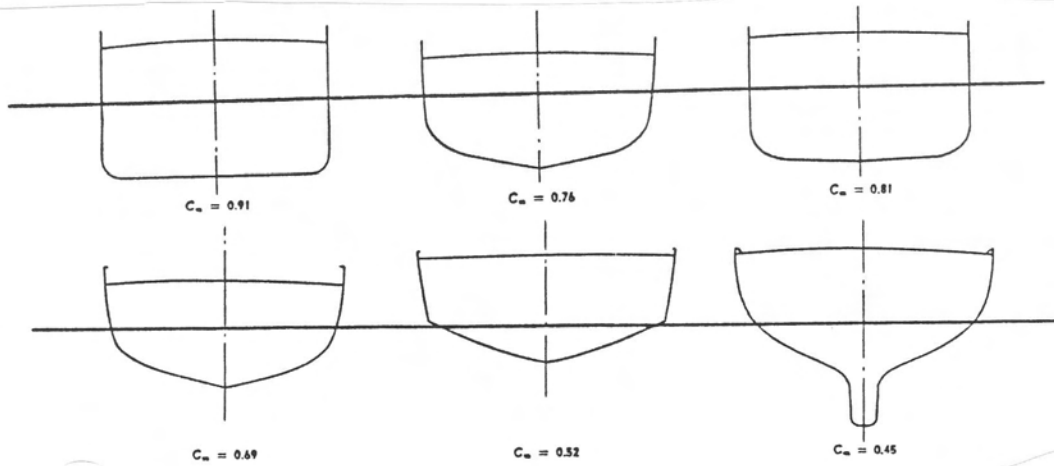
burada R : sintine dönümü yarıçapı
 C_K : katsayı 0.5 ila 0.6 arası

Eğer sintine kalkımı var ise

$$C_B = \frac{C_B T}{T - \frac{1}{2}A}$$

A: Sintine kalkımı

Hızlı teknelerde sintine dönümü olabildiğine büyük olmalıdır. Modern gemilerde sintine kalkımı genelde yoktur. Eğer $C_M \leq 0.9$ ise sintine kalkımı uygulanır. Böylece sintine kalkımı olmayan gemilerde kolay imalat, çift dip imalatı ve kızak yerleştirmesi sağlanır. Çeşitli gemilere ait orta kesit katsayıları aşağıda verilmiştir.



Sintine kalkımı olmayan gemilerde

$$R = \sqrt{2.3299 (1 - C_M) B T}$$

sintine kalkımı olan gemilerde

$$R = \sqrt{\frac{(1 - C_M) B T - 0.5 B h}{0.4292 - 2 h/B}}$$

ve buradan

$$C_M = 1 - \frac{R^2}{2.3299 B T}$$

Gemi formunda öncelikle sintine dönümü yarıçapı R saptanıp buradan C_M bulunabilir.

SU HATTI ALAN KATSAYISI

C_{WP} özellikle direnç ve stabilite üzerine etkili form parametresidir. C_{WP} stabilite üzerindeki etkisi ve stabilite ampirik formüllerindeki önemi nedeniyle ön hesaplarda bulunmalıdır.

C_{WP} kesitlerin şekillerine bağlı olup U ve V kesitli şekiller için şöyle verilebilir

U kesitli formlu gemiler için

$$C_{WP} = 0.95 C_P + 0.17 \sqrt[3]{1 - C_P} \quad \text{Schneekluth(1987)}$$

Normal kesitli gemiler için

$$C_{WP} = (1 + 2C_B)/3$$

V kesitli formlu gemiler için

$$C_{WP} = \sqrt{C_B} - 0.025$$

$$C_{WP} = C_P^{2/3} \quad \text{Schneekluth(1987)}$$

$$C_{WP} = \frac{1 + 2 C_B / \sqrt{C_M}}{3} \quad \text{Schneekluth(1987)}$$

İstatiski metodlardan türetilen ampirik formüller arasında aşağıdakiler verilebilir..

$$C_W = C_B + 0.1 \quad (\text{Munro-Smith 1975})$$

$$C_W = 0.33 + 0.66 C_B \quad (\text{Munro-Smith 1975})$$

$$C_W = 0.44 + 0.52 C_P \quad (\text{Eames, Drummond 1977})$$

BOYUNA YÜZME MERKEZİ (LCB)

Direnç açısından büyük önemi olan LCB en kesit alanları eğrisinin belirlenmesinde kullanılır. LCB nin tek pervaneli gemilerdeki değeri için

$$\frac{e}{L} = 3\sqrt[3]{0.825 - 0.552(V\sqrt{L})} \quad (\text{Kafalı 1982})$$

formülü verilmiştir. Çift pervaneli gemilerde ise e %1 daha kıça kaydırılmalıdır.



BOYUTSUZ ORANLAR

Tekne formu için büyük önem taşıyan boyutsuz oranlar benzer gemilerden bulunabilir buna göre:

Bazı Gemilerin Karakteristik Boyutsuz Oranları

Gemi Tipi	L/B	B/T	T/D
Genel Kargo Gemisi	6.3-6.8	2.1-2.8	0.66-0.74
Tanker	7.1-7.25	2.4-2.6	0.76-0.78
Süpertanker	6.5-6.4	2.4-2.6	0.75-0.78

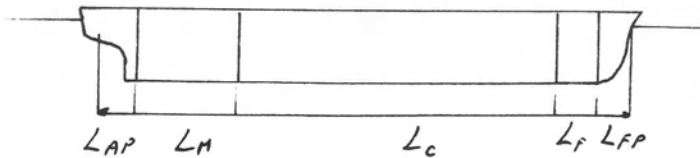
KONTEYNER YERLEŞTİRME

Konteyner gemileri ön boyutların bulunmasında diğer gemilerden değişik özellikler gösterir. Gemi boyutları yerleştirilecek konteyner boyut ve sayısına bağlıdır. Standart konteyner boyutları :

Konteyner Tipi	L (m)	W (m)	H (m)	WC (ton)	VC (m3)
1C	6.05	2.43	2.43	20	30.75
1B	9.12	2.43	2.43	25	46.84
1A	12.19	2.43	2.43	30	62.92

Konteynerler birbiri üstüne istiflenerek dizilir. Konteyner aralarında konteynerlerin savrulmaması için profiller yerleştirilir. Konteyner ile bu profiller arası yanlarda 12.5 mm, uçlarda 20 mm bırakılabilir.

Gemi boyu



$$L = L_{AP} + L_M + L_C + L_F + L_{FP}$$

L_{AP} : Kış pik tankı boyu yaklaşık olarak 0.035 L ile verilir.

L_M : Makine dairesi boyu inşaa edilmiş gemilerden elde edilebilir. DW 'e bağlı olarak makine dairesi boyu şu şekilde verilmiştir.

DW(ton) $L_M(m)$

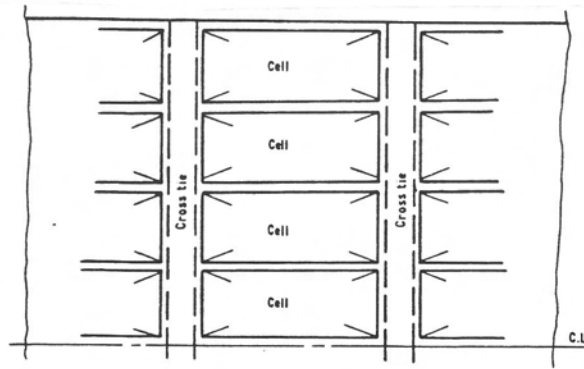
19600 27

22500 32.5

27000 33.5

L_C : Kargo bölümü boyu:

Konteyner gemilerinin ambar ağızlarının geniş olması nedeniyle konteyner sıraları arasında çapraz bağlantıların olduğu boşluklar bırakılır. Bu nedenle konteynerler için gerekli boy



$$L_C = (l_c + 1.5) N_X$$

l_c : bir konteynerin boyu

N_X : boyuna konteyner sayısı

L_F : Baş bölme boyu : Geminin baş tarafındaki daralma nedeniyle konteynerlerin yerleştirilmesi uygun olmayan gemi boyu inşaa edilmiş gemilerden çıkartılabilir. Örnek olarak 0.08 L kullanılabilir.

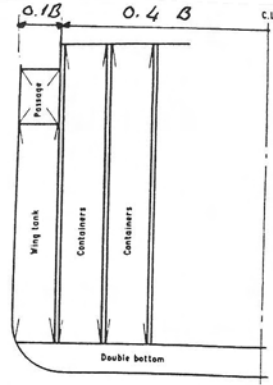
L_{FP} : Baş pik tank boyu yaklaşık olarak 0.05 L olarak verilebilir.

Gemi Genişliği: Konteyner gemilerinde ambar ağız genişliği diğer gemilere göre daha fazladır. Bu genişlik yaklaşık olarak 0.8 B olarak alınabilir.

Bir konteyner için gerekli mesafe (kılavuz profilleri dahil) yaklaşık olarak $2.67 N_Y$ ile verilebilir. N_Y enine konteyner sayısını gösterir. Buna göre

$$0.8 B = 2.67 N_Y$$

$$B = 3.34 N_Y$$

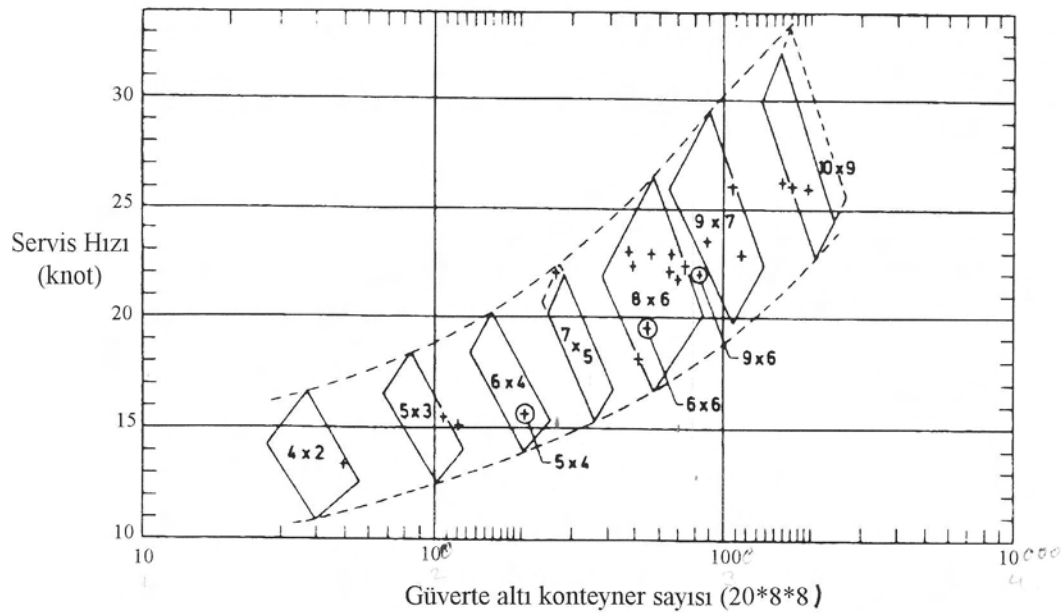


Gemi Derinliği: Konteyner gemisi deadweight gemisi olmadığı için T kurallara göre saptanabilir. Derinlik ise konteyner sayısı açısından önemlidir

$$D = N_Z H + D_{DB}$$

- N_Z : dikey konteyner sayısı
 H : konteyner yüksekliği
 D_{DB} : double bottom derinliği

Orta Kesit Konteyner Sayısı : Orta kesitte yer alacak konteyner sayısı ($N_Y \times N_Z$) yaklaşık olarak *Watson-Gilfillan*ın (1977) verdiği aşağıdaki grafikten bulunabilir.



AĞIRLIK HESABI

Gemi ağırlığının hesabı ön dizaynın temel öğelerinden biridir. Boyutlar ve maliyet üzerine doğrudan etkili olan bir işlem olduğu için hesabında dikkat ve hassasiyet gösterilmelidir.

Ağırlığın yüksek hesaplanması geminin gereksiz yere büyük yapılmasıyla (dolaylı olarak daha yüksek maliyetle) ve yüksek güce sahip olmasıyla sonuçlanır. Diğer halde yani ağırlığın düşük tahmin edilmesi durumunda gemi istenen deadweight'i dizayn drafında taşıyamaz, eğer draft artırılırsa hız düşer. Her iki halde dizayner için büyük tehlike arz eder. Bu yüzden ağırlık hesapları dikkat ile yapılmalı ve varsa eldeki veri tabanı ile karşılaştırılmalıdır. Hesaplar deplasmanın ağırlıklara eşit olduğu prensibinden başlanarak yapılır.

Ağırlık hesabında çeşitli metodlar geliştirilmiş olmasına rağmen, dizaynda zaman kısalığı nedeniyle üç ana metod grubu kullanılmaktadır.

A. Ampirik metotlar : Kavram dizayn aşamasında kullanılan bu yöntemler ağırlıkları en çabuk ve kolay yoldan olabildiğince yaklaşık hesaplamak için kullanılır.

B. Benzer gemiden hesaplama metotları : Benzer bir geminin ağırlık dağılımının eşde olmaso durumunda kullanılan ampirik metotlardan daha hassas metotlardır.

C. Detaylı hesaplama metodu : Kontrat dizayn aşamasında kullanılan bu metot zaman alıcı fakat hassas hesap üzerinde yoğunlaşmaktadır.

Ağırlıkların hesabında kullanılan yöntemler, ağırlıkları beş ayrı gruba toplayıp her birinin ağırlığını hesaplamaktır.

TEKNE AĞIRLIĞI HESABI

Ağırlık grupları içerisinde en önemlisi tekne ağırlığıdır. Bu grubun ağırlığının ve ağırlık merkezinin hesabı hassasiyetle yapılmalıdır. Tekne malzemesine göre büyük değişiklikler gösterebilecek olan bu grup genel olarak çelik tekne ve üstyapı ağırlığının toplamı olarak hesaplanır. Bazı örnek gemiler için tekne ağırlığının deplasmana oranı aşağıda verilmiştir.

Bazı gemiler için çelik ağırlığının deplasmana oranları :

Gemi Tipi	% Δ
Yük Gemisi	20
Yolcu-Yük Gemisi	28
Yolcu Gemisi	30
Tankerler	18
Cross-Channel	35



Tekne ağırlığı geminin borda, güverte, dip kaplamalar, boyuna ve enine postalar, kemerele, çift dip elemanları, döşekler, perdeler, üst yapılar, makine dairesi foundeyşını gibi konstrüksiyon elemanlarından oluşur. Bu elemanlar aynı malzemeden oluşabileceği gibi değişik malzemelerde kullanılabilir. Bu notlarda tüm elemanlar çelik kabul edilecektir.

Çelik tekne ağırlığı geminin ana boyutlarına, geometrik formuna ve konstrüksiyon şekline bağlıdır.

$$W_H = f(L, B, D, T, C_B, L_S)$$

Tekne malzemesine göre büyük değişiklikler gösterebilecek olan bu grup genel olarak çelik tekne ağırlığı olarak hesaplanır.

A. Kübik Sayı Metodu : Çelik tekne ağırlığı hesabı için kullanılan metodlardan biri geminin kübik sayısının ($N = LBD$) yoğunluğu ile çarpım metodudur.

$$W_H = C_S N = C_S LBD$$

$$C_S = f(N, L/D, C_B, L_S) \\ = 0.1 - 0.18 \text{ ton/m}^3$$

Bu metod benzer gemiden dizayn yönteminde direk olarak kullanılabilir. C_S ana gemiden biliniyor ise yeni gemi çelik tekne ağırlığı

$$W_H = C_S LBD$$

$$= \frac{W_{H_1}}{L_1 B_1 D_1} L_2 B_2 D_2$$

weight for per length

B. Birim Uzunluk Başına Ağırlık Metodu : Çelik tekne ağırlığı orta kesit birim uzunluk ağırlığı, boy ve bir katsayının çarpımı olarak ifade edilir.

$$W_H = c L w_M$$

w_M : orta kesit ağırlığı

benzer gemiden dizaynda kullanılırsa

$$W_{H_2} = \frac{W_{H_1}}{L_1 w_{M_1}} L_2 w_{M_2}$$

formülü kullanılabilir.

C. Ampirik metodlar : Çelik tekne ağırlığı için çeşitli araştırmacılar gemi ağırlık datalarını inceleyerek değişik formüller çıkarmıştır.



1. Watson-Gilfillan(1977)

Watson ve Gilfillan çeşitli gemi tiplerini inceleyerek 0.8D de $CB=0.70$ olan bir gemi için şu formülü vermişlerdir.

$$W_H = K E^{1.36}$$

K	E	Gemi tipi
0.029-0.035	$1500 \leq E \leq 40000$	tankerler
0.036-0.037	$1900 \leq E \leq 2500$	kimyasal tanker
0.029-0.032	$3000 \leq E \leq 15000$	dökme yük gemisi
0.033-0.040	$6000 \leq E \leq 13000$	konteyner
0.033-0.040	$6000 \leq E \leq 13000$	geniş ambar ağızlı dökme yük gemisi
0.029-0.037	$2000 \leq E \leq 7000$	genel kargo
0.032-0.035	$E \approx 5000$	soğuk hava ambarlı kargo
0.027-0.032	$1000 \leq E \leq 2000$	koster
0.041-0.051	$800 \leq E \leq 1300$	platform destek
0.044	$350 \leq E \leq 450$	romorkör
0.041-0.042	$250 \leq E \leq 1300$	balıkçı
0.045-0.037	$1350 \leq E \leq 1500$	araştırma gemisi
0.024-0.037	$2000 \leq E \leq 5000$	feriler
0.037-0.038	$5000 \leq E \leq 15000$	yolcu gemisi

E alan parametresi olup borda, dip, ve üst yapıların borda alanının fonksiyonu olarak verilmiştir.

$$E = L(B+T) + 0.85 L(D-T) + 0.85 \sum l_1 h_1 + 0.75 \sum l_2 h_2$$

burada

l_1, h_1 : bordadan bordaya üst yapıların uzunluk ve yüksekliği

l_2, h_2 : bordadan bordaya olmayan (güverte evi) üst yapıların uzunluk ve yüksekliği

Eğer l_1, h_1, l_2, h_2 bilinmiyorsa bu terimler kargo gemileri için 200-300 arasında kabul edilebilir. Çelik tekne ağırlığının E sayısı ile değişimi aşağıdaki grafik ile verilmiştir.

Eğer 0.8 D deki C_B 0.7 den farklı ise bir düzeltme yapılması gereklidir.

$$C'_B = C_B + (1 - C_B) \frac{(0.8D - T)}{T}$$

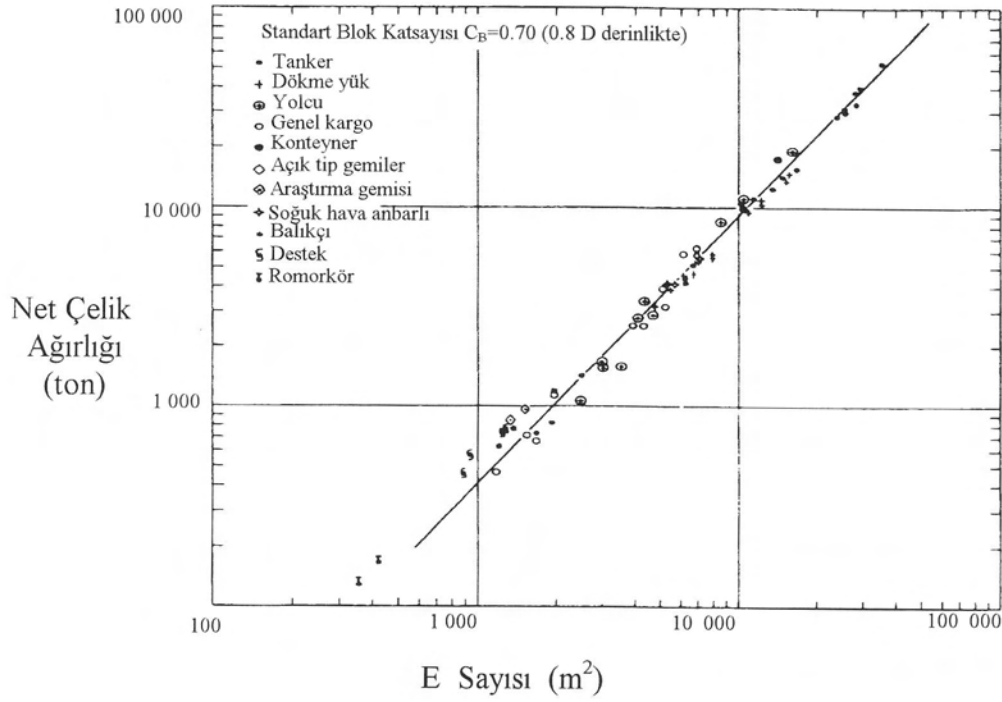
$$W'_H = W_H (1 + 0.5(C'_B - 0.7))$$

2. Kafalı (1988)

$$W_H = \frac{\Delta^{\log 7.3}}{1.615} \quad \text{yük gemileri için} \quad DW < 30000$$

$$W_H = \frac{\Delta^{\log 10.6}}{7.231} \quad \text{tankerler}$$





3. Lloyd

$L/D=12$ ve C_B değerlerinde kaynaklı konstrüksiyon ile imal edilmiş gemiler için çıkarılan bu formül L/D ve C_B düzeltmeleri ile verilmiştir.

$$C_S = (0.21 - 0.026 \log_{10} N) (1 + 0.025(L/D - 12))$$

$$W_H = C_S LBD (1 + 2/3 (C_B - 0.70)) (1 + 0.4l_1/L + 0.25l_2/L)$$

$$N = LBD$$

l_1, l_2 ; üst yapıların uzunluğu

4. Tankerler-Sato

$$10^5 W_H = (C_B/0.80)^{1/3} (5.11 L^{3.3} B/D + 2.56 L^2 (B+D)^2)$$

5. Tankerler-Det Norske Veritas

$$W_H = \Delta (\alpha_L + \alpha_T (1.009 - 0.004 L/B) 0.06 (28.7 - L/D))$$

burada

$$\alpha_L = \frac{(0.054 + 0.004 L/B) 0.97}{0.189 (100 L/D)^{0.78}}$$



$$\alpha_T = 0.029 + 0.00235 \Delta / 10^5 \quad \Delta < 600000 \text{ ton}$$

$$= 0.0252 (\Delta / 10^5)^{0.3} \quad \Delta > 600000 \text{ ton}$$

sınırlar :

$$10 \leq L/D \leq 14$$

$$5 \leq L/B \leq 7$$

$$150 \leq L \leq 480$$

6. Dökme Yük Gemileri-Murray

$$W_H = 26.6 \cdot 10^{-3} L^{1.65} (B+D+T/2) (0.5C_B+0.4)/0.8$$

7. Konteyner Gemileri-Chapman

$$W_H = 0.007 \text{ LBP}^{1.759} B^{0.712} D^{0.374}$$

8. Konteyner Gemileri-Miller

$$W_H = 340 (LBD/10^5)^{0.9} (0.675+C_B/2) (0.00585(L/D-8.3)^{1.8}+0.939)$$

9. Kuruyük Gemileri-Wehkamp/Kerlen

$$W_H = 0.0832 X^{e-5.73 \times 10^{-7}}$$

$$X = L_{BP}^2 B \frac{\sqrt[3]{C_B}}{12}$$

e: LCB

10. Kuruyük Gemileri-Carryette

$$W_H = C_B^{2/3} (LB/6) D^{0.72} (0.002(L/D)^2+1)$$

11. Dökmeyük Gemileri-Det Norske Veritas

$$W_H = 4.274 Z^{0.62} L (1.215 - 0.035 L/B) (0.73 + 0.025 L/B)$$

$$L-200$$

$$(1 + \frac{\text{-----}}{1800}) (2.42 - 0.07 L/D) (1.146 - 0.0163 L/D)$$



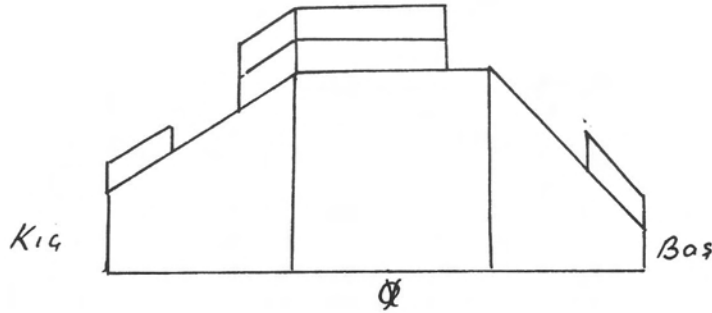
$$150 \leq L \leq 380$$

$$5 \leq L/B \leq 7$$

$$10 \leq L/D \leq 14$$

Z : orta kesit mukavemet modülü

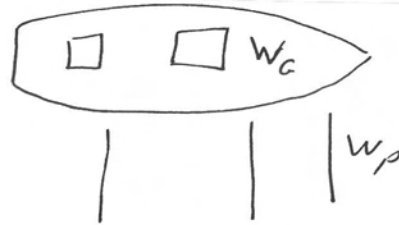
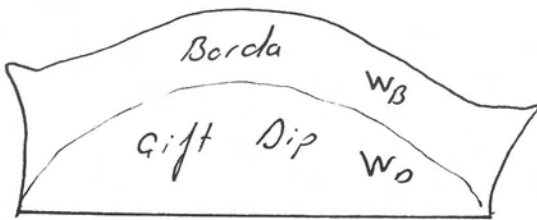
D. Trapez metodu : Kıç, orta kesit ve baştaki birim uzunluktaki ağırlıklar hesaplanıp bir trapez şeklinde gösterilebilir, ve üst yapılar bunun üzerine eklenebilir.



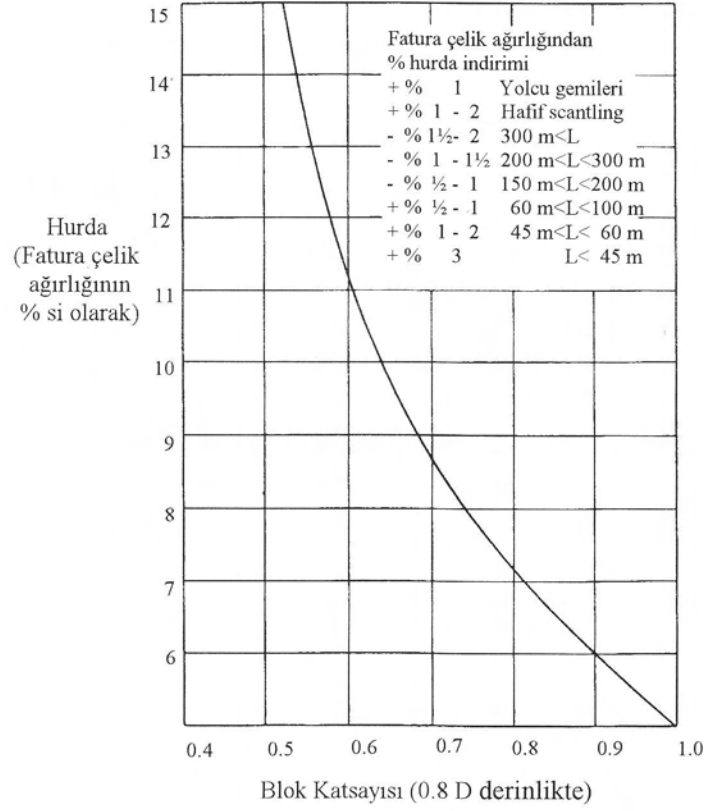
weight per square

E. Birim kare başına ağırlık : Saç açılımı kullanılarak borda, dip, çift dip, güverteler ve perdeler düşen ortalama ağırlıklar hesaplanabilir. (enine ve boyuna elemanlar hesaplara dahil edilir.)

$$W_H = 2 W_{BORDA} + W_{DİP} + W_{GÜVERTE} + W_{PERDE}$$



F. Fatura çelik ağırlığı : Atölyelerde ve montajda işlenen sac lar tersaneye alınan sac miktarından bulunabilir. Bu geminin brüt çelik ağırlığını verir. Geminin gerçek çelik ağırlığı hurda sac isimlendirilebilecek olan manhollerin, ve levhaların kenarlarındaki kırpıntı parçaların brüt çelik ağırlığından çıkarılması ile elde edilir. *Watson-Gilfillan (1977)* hurda sac için aşağıdaki grafiği vermişlerdir.



G. Net çelik ağırlığı : En hassas ağırlık hesabı imalat resimlerinden her elemanın alanının-hacminin ve ağırlığının çıkarılıp toplam çelik tekne ağırlığının hesaplanmasıdır. Ancak bu metod çok uzun zaman alması nedeniyle dizaynda kullanılamaz, inşaat sırasında bu hesaplar yapılır.

TEÇHİZAT VE DONANIM AĞIRLIĞI

Geminin işlevsel ödevlerini yapabilmesi için, yolcuların ve mürettebatın otel gereksinimini sağlayan teçhizat ve donanımlar bu grup içinde sayılabilir. Bu gruba geminin demirleme donanımı, ambar kapakları, kapılar, pencereler, yaşam mahelleri, dümen donanımı, filikalar, zincir, yangın, havalandırma, içme suyu, soğutma, elektrik, atıksu sistemleri, vinçler vs dahildir.

Günümüzde mürettebat sayısının azaltılmasına rağmen donanım ağırlığı modern gemilerde artmaktadır. Bunun nedeni modern, havalandırma, temizlik, ısı ve gürültü izolasyonlarının yapımı olarak verilebilir. Teçhizat ağırlığıda güverteye yük alma, geniş ambar ağızlarının gerektirdiği ağır ambar kapakları ve yangın tertibatı nedeniyle ağırlaşmıştır.

Teçhizat ve donanım ağırlığı hesabı üç ayrı yöntemle yapılabilir:

A) Her atölyede imal edilen veya monte edilen ağırlıklar ve ağırlık merkezleri hasaplanarak toplam ağırlık ve ağırlık merkezi hesaplanır. Bu eskiden kullanılan bir yöntemdir.

B) Tekne teçhizatı ve donanımı gruplar halinde toplanıp herbiri için ağırlık ve ağırlık merkezi hesaplanır. Bu son aşamada kullanılabilecek bir yöntem olup uzun zaman alabilir.

C) Ampirik metodlar teçhizat ve donanım ağırlığı hesabı için geliştirilmiştir.

1) Tüm teçhizat ve donanım ağırlığını hesaplayan ampirik bağıntılar: Bu bağıntılar tüm ağırlığı bir referans birimini katsayı ile çarparak elde edilir.

$$W_O \propto LBD$$

$$W_O \propto LB$$

$$W_O \propto LBD_A$$

$$W_O \propto W_S$$

D_A : Üst yapıları dikkate alarak elde edilen derinlik

Bazı bağıntılar :

$$W_O = 0.18 N^{0.8}$$

$$W_O = 0.0362 LB$$

Yolcu Gemileri

$$W_O = K \Sigma V$$

$$K = 0.036-0.039 \text{ ton/m}^3$$

ΣV = toplam hacim

Yolcu Gemileri-Araba Ferileri

$$W_O = K \Sigma V$$

$$K = 0.04-0.05 \text{ ton/m}^3$$

Kargo Gemileri

$$W_O = K LB$$

$K = 0.4 - 0.45$	ton/m^2	Kuruyük gemileri	
$= 0.34 - 0.38$	ton/m^2	Konteyner gemileri	
$= 0.22 - 0.25$	ton/m^2	Dökme yük gemileri	($L \approx 140\text{m}$)
$= 0.17 - 0.18$	ton/m^2		($L \approx 250\text{m}$)
$= 0.28$	ton/m^2	Ham petrol tankerleri	($L \approx 150\text{m}$)
$= 0.17$	ton/m^2		($L \approx 300\text{m}$)
$= 0.70 - 1.55$	ton/m^2	Yolcu gemileri	($100 \leq L \leq 250$)

Soğuk Hava Ambarlı Gemiler (Carreyette 1977)

$$W_O = A \left(\frac{L_{BP}}{100} \right)^2 + B \left(\frac{V_i}{100} \right)^{2/3}$$



∇_i : ambar hacmi (m^3)

A : 550

B : 163

Kuruyük Gemileri (Henschke 1965)

$$W_O = \frac{0.07(2.4 - \nabla_{LR} - W_{DW}) + 0.15}{-1 + \lg \nabla_{LR}} \nabla_{LR}$$

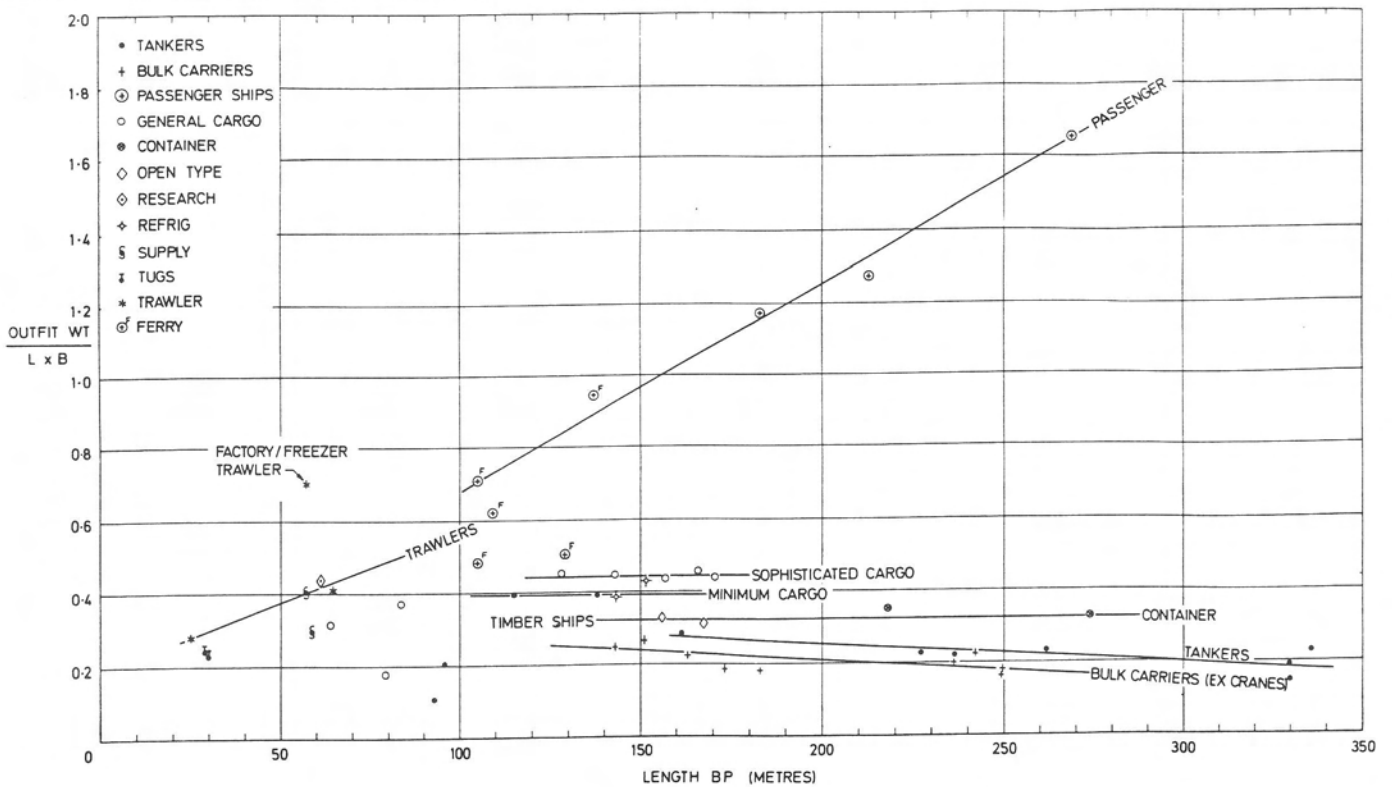
∇_{LR} : ambar hacmi

∇_{LR}/W_{DW} : yükleme katsayısı (m^3/ton)

$$1.2 \leq \nabla_{LR}/W_{DW} \leq 2.4$$

Watson-Gilfillan (1977)

Bu metotta teçhizat ve donanım ağırlığı $W_O = C LB$ formülünden hesaplanır. Burada C gemi boyuna ve gemi tipine bağlı bir katsayı olup aşağıdaki grafikte verilmiştir.



2) Teçhizat ve donanım ağırlığını gruplar halinde hesaplayan ampirik bağıntılar

: bu metod her grup ağırlığının saptanması yerine grupların ampirik bağıntılar ile hesaplanması temeline dayanır. Böylece parçaların tektek hesaplandığı yöntemle göre daha pratik tüm ağırlığın bir katsayı ile hesaplandığı yöntemden daha hassas bir metod bulunmuş olur. Teçhizat ve donanım ağırlığı dört ayrı grup halinde hesaplanır.



I) Ambar Kapakları : İmalatçıların verdiği bilgiler ışığında kapak alanına bağlı olarak hesaplanabilir.

Üst Güverte Ambar Kapağı

$$W_I/l = 0.053 b^{1.53}$$

l : ambar kapağı boyu

b : ambar kapağı genişliği

W_I : ambar kapağı ağırlığı

veya yükleme durumuna göre aşağıdaki tablo kullanılabilir.

Üst Güverte Ambar Kapağı Ağırlığı (kg)

Yük	Kapak Genişliği (m)				
	6	8	10	12	14
Normal Yük (1.5 ton/m ³)	826	1230	1720	2360	3150
1 sıra konteyner	826	1230	1720	2360	3150
2 sıra konteyner	945	1440	2010	2700	3550

Not: Konteyner ağırlığı 6.05x2.43x2.43 boyutundaki konteyner için 20 ton ortalama ağırlık alınmıştır.

Alt Güverte Ambar Kapağı

Alt Güverte Ambar Kapağı Ağırlığı (kg)

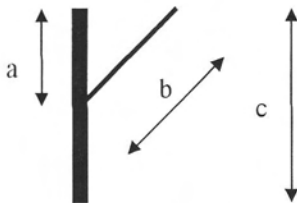
Yük	Kapak Genişliği (m)				
	6	8	10	12	14
Normal Yük (1.5 ton/m ³)	845	1290	1800	2440	3200
Fork-lift 1 çalışması	900	1350	1870	2540	3360
1 sıra konteyner	930	1390	1940	2600	3460

Not: Normal yükte güverte yüksekliği 3.5m ve bir forklift 5 ton alınmıştır.

II) Yükleme ve Boşaltma Sistemleri : Dizaynın kendisine bağlı olarak imalatçı firmanın kataloglarından çıkartılabilir. Bumbalar vinçler ve kreynler bu gruba girer.

Bumba ağırlığı

Düşük kapasiteli bumba sistemleri



Bumba Ağırlığı (kg)



Kapasite ton	c	a/b				
		0.4	0.5	0.6	0.8	1.0
1	7	290	280	240	230	240
	8	310	300	300	250	260
	9	380	350	350	340	350
	10	470	390	370	370	370
2	8	590	520	520	450	440
	9	690	550	550	540	490
	10	720	660	580	570	570
	11	760	700	690	600	610
	12	890	740	730	720	730
3	14	1060	920	910	810	810
	10	1060	880	880	810	800
	12	1220	1060	1060	990	890
	14	1480	1230	1230	1160	1060
	16	1690	1500	1490	1270	1250
	18	1830	1720	1720	1540	1520
3-5	20	2230	2140	1850	1770	1760
	10	1300	1110	1120	1070	1060
	12	1460	1290	1310	1260	1160
	14	1760	1500	1510	1450	1360
	16	1970	1770	1780	1570	1560
	18	2140	2010	2030	1860	1860
5	20	2540	2440	2180	2120	2110
	11	1690	1420	1430	1360	1310
	12	1750	1620	1500	1430	1430
	14	1980	1840	1790	1720	1720
	16	2370	2220	2000	1930	1850
	18	2600	2410	2430	2090	2100
5-8	20	3120	2620	2640	2500	2510
	14		2350	2280	2100	
	16		2740	2440	2360	
	18		2990	2870	2750	
	20		3570	3150	2980	

Vinçler : Bumbaları çalıştırmak için kullanılan vinçlerin ağırlığı 0.6-1 ton/ton taşıma kapasitesi oranı ile belirlenebilir.



Kreyner : güverte kreynerleri imalatçı firma kataloğundan seçilebilir. Bu değerler elde yoksa aşağıdaki tablo kullanılabilir.

Maksimum Yük (ton)	Çalışma Yarıçapı (m)	Konstrüksiyon Yüksekliği (m)	Kreyner Ağırlığı (Ton)
1	10	3.7	10
2	10 14	3.7-4.3 4.3-5.0	7-11 8-13
3	10 16	3.7-4.5 4.3-5.0	8-11 10-15
5	10 16	3.7-5.1 4.7-6.3	10-15 13-16
7.5	14.5 16	5.9 6.5	20 21

Güverte Kreyner Ağırlığı (ton)

III) Yaşam Mahalleri: Bu grup kabinlerin, koridorların, duvarların, güverte ve borda kaplamalarının, havalandırma, ısıtma, pis su tesisatının, mutfak eşyalarının, mobilyaların ağırlıklarından oluşur. Yaşam mahallerinin ağırlığı bu bölüm alanı veya hacmi ile orantılıdır.

$$W_{III} = K_A A_{III} \quad \text{veya} \quad W_{III} = K_V V_{III}$$

Küçük ve orta boyuttaki ticari gemilerde

$$K_A = 160-170 \text{ kg/m}^2 \quad K_V = 60-70 \text{ kg/m}^3$$

Büyük ticari gemilerde

$$K_A = 180-200 \text{ kg/m}^2 \quad K_V = 80-90 \text{ kg/m}^3$$

IV) Diğer Ağırlıklar: Bu grup geminin büyüklüğüne bağlı olup tipine pek bağlı olmayan teçhizat ve donanım ağırlıklarıdır. Bu grup demir, zincir, demirleme vinçleri, dümen, soğutma, sistemleri, filikalar, merdiven ve kapılar (yaşam mahalleri dışında), yangın söndürme sistemi, borular valfler (makine dairesi dışında), ambar soğutma sistemleri, seyir cihazlarını içerir.

İki yoldan birinden hesaplanabilir.

$$W_{IV} = C (LBD)^{2/3} \quad 0.18 \leq C \leq 0.26$$

$$W_{IV} = C W_s^{2/3} \quad 1 \leq C \leq 2$$

MAKİNE AĞIRLIĞI

Ana ve yardımcı makine ağırlıkları geminin boş ağırlığının önemli bir yüzdesini oluşturabilir. Bu grup ana makinenin ve yardımcılarının cinsine, gücüne, geminin tek veya çift pervane ile sevk edilmesine ve makinenin geminin ortasında veya kıçta yerleştirilmesine bağlı olarak hesaplanmalıdır.

Sekiz ayrı makine sistemi tanımlanabilir.



- 1) Direk bağlı yavaş hızlı dizel makineleri
- 2) Dişli sistem ile devir düşümlü orta hızlı dizel makineleri
- 3) Dişli sistem ile devir düşümlü buhar türbinleri
- 4) Dizel-Elektrik sistemler
- 5) Turbo-Elektrik sistemler
- 6) Dişli sistem ile devir düşümlü gaz türbinleri
- 7) Gaz-Turbo-Elektrik sistemler
- 8) Nükleer enerji sistemleri

Günümüzde ilk üç sistem en yaygın olarak kullanılmakta olup dizel sistemleri gemiler ticaret filolarının en büyük yüzdesini oluşturur.

Ön dizayn hesaplarında ana makine ağırlığı makine gücü başına ağırlık ile hesaplanabilir.

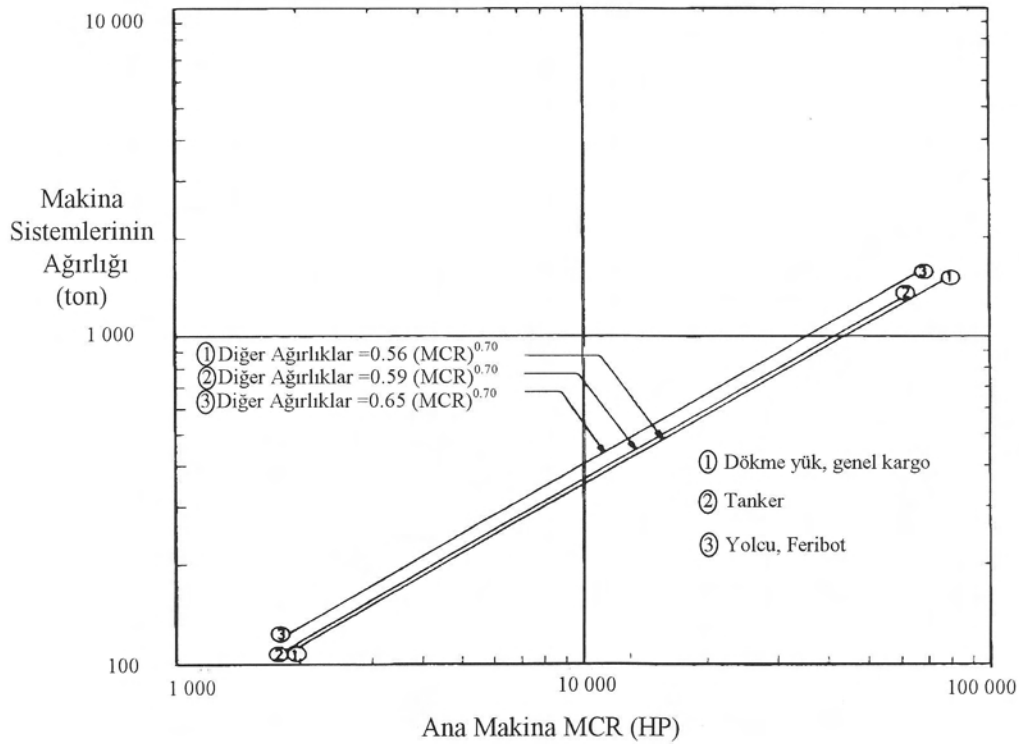
$$W_M = a \text{ BHP}$$

burada $a \approx 5.2/N$ ton/BHP alınabilir (Kafalı 1988)

N makine devir sayısı (rpm)

$N \approx 110$ rpm düşük devirli makineler

$N \approx 500$ rpm orta devirli makineler



Yardımcı makineler için % 75-100 lük bir artım tüm makine ağırlığının hesabı için pratik bir değer olarak kabul edilebilir.

Watson Gilfillan (1977) çeşitli gemilerde makine ağırlığını araştırmış, ana ve yardımcı makineler için aşağıdaki grafikleri vermişlerdir. Burada makine ağırlıkları şu denklemlerle ifade edilebilir.

$$W_{ME} = 9.38 (BHP/N)^{0.84}$$

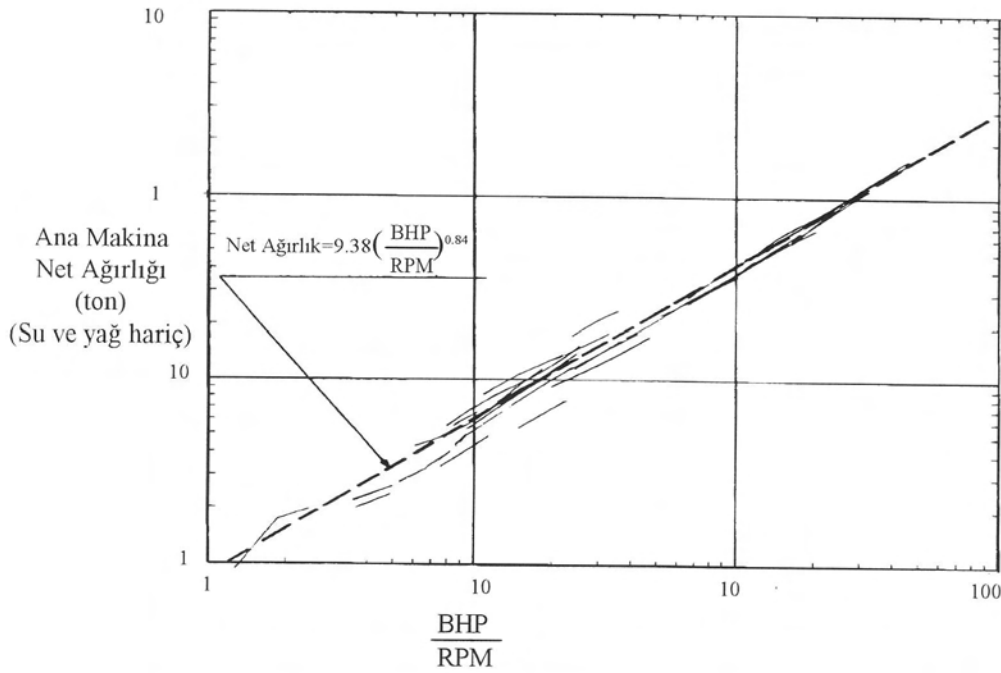
Ana makine

$$W_{RE} = k \quad MCR^{0.70}$$

Diğer makine ağırlıkları

Burada BHP makine gücü, MCR devamlı ortalama makine gücü olarak alınmıştır.

k katsayısı k =0.56 dökme yük gemileri, genel kargo gemileri
 =0.59 tankerler
 =0.65 yolcu gemileri, feriler



Aynı kaynak buhar türbinli gemiler için tüm makine ağırlığını kapsayan şu formül türetilmiştir.

$$W_M = 0.16 \text{ SHP}^{0.89}$$

Diğer bir bağıntıda

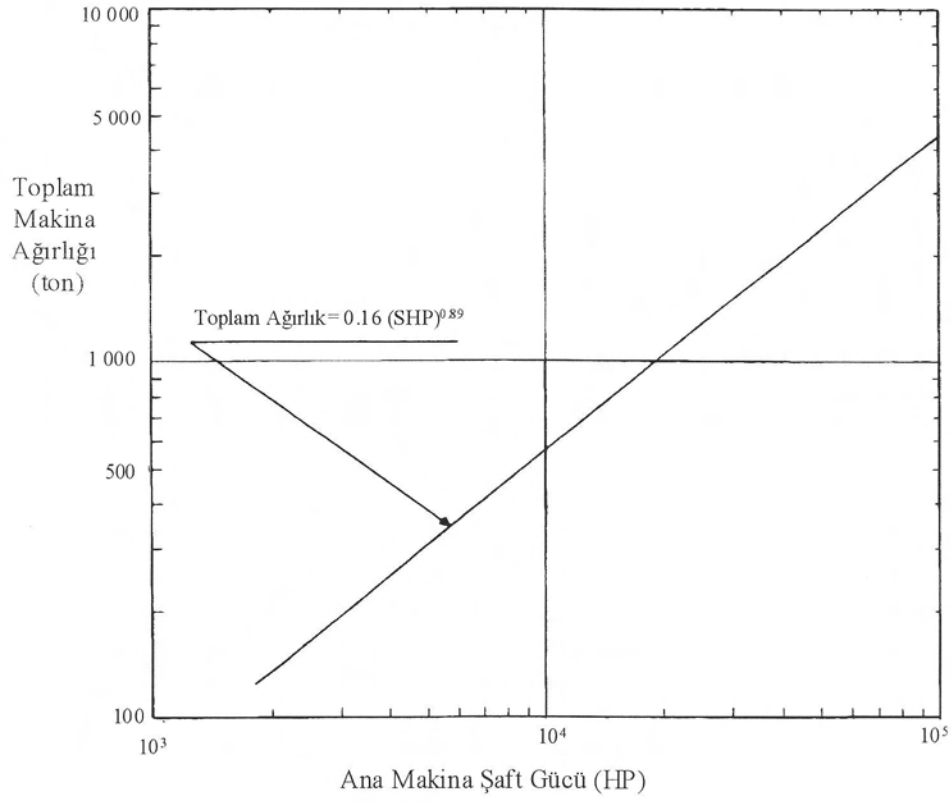
$$W_M = P/10 + 200 \text{ ton}$$

Dizel makineleri için

$$W_M = P/17 + 280 \text{ ton}$$

Türbinli mekineler için





YAKIT AĞIRLIĞI

Son önemli ağırlık grubu verilen seyir çapı için gerekli olan yakıt ağırlığıdır. Bu grup deadweight'in içinde bulunmamasına rağmen geminin taşıyacağı yük miktarını belirtmesi dolayısı ile önemlidir. Yakıt ağırlığı ana makinenin beygir gücü-saat başına tükettiği yakıttan elde edilebilir.

$$W_F = f k \frac{\Delta^{2/3} V_s^3}{C_s} \frac{R}{V_s}$$

burada

R : sefer uzaklığı (mil)

V_s : sefer hızı (knot)

C_s : sefer hızındaki admiralty katsayısı

k : limanda bekleme sürelerini dikkate almak için konan katsayı (1.1 - 1.2)

f : makinenin yakıt sarfiyatı katsayısı (0.000145 - 0.000160 ton/saat HP)

KAYNAKLAR

- 1) WATSON D.G.M., GILFILLAN A.W., Some Ship Design Methods, TRINA, Vol:119, 1977

