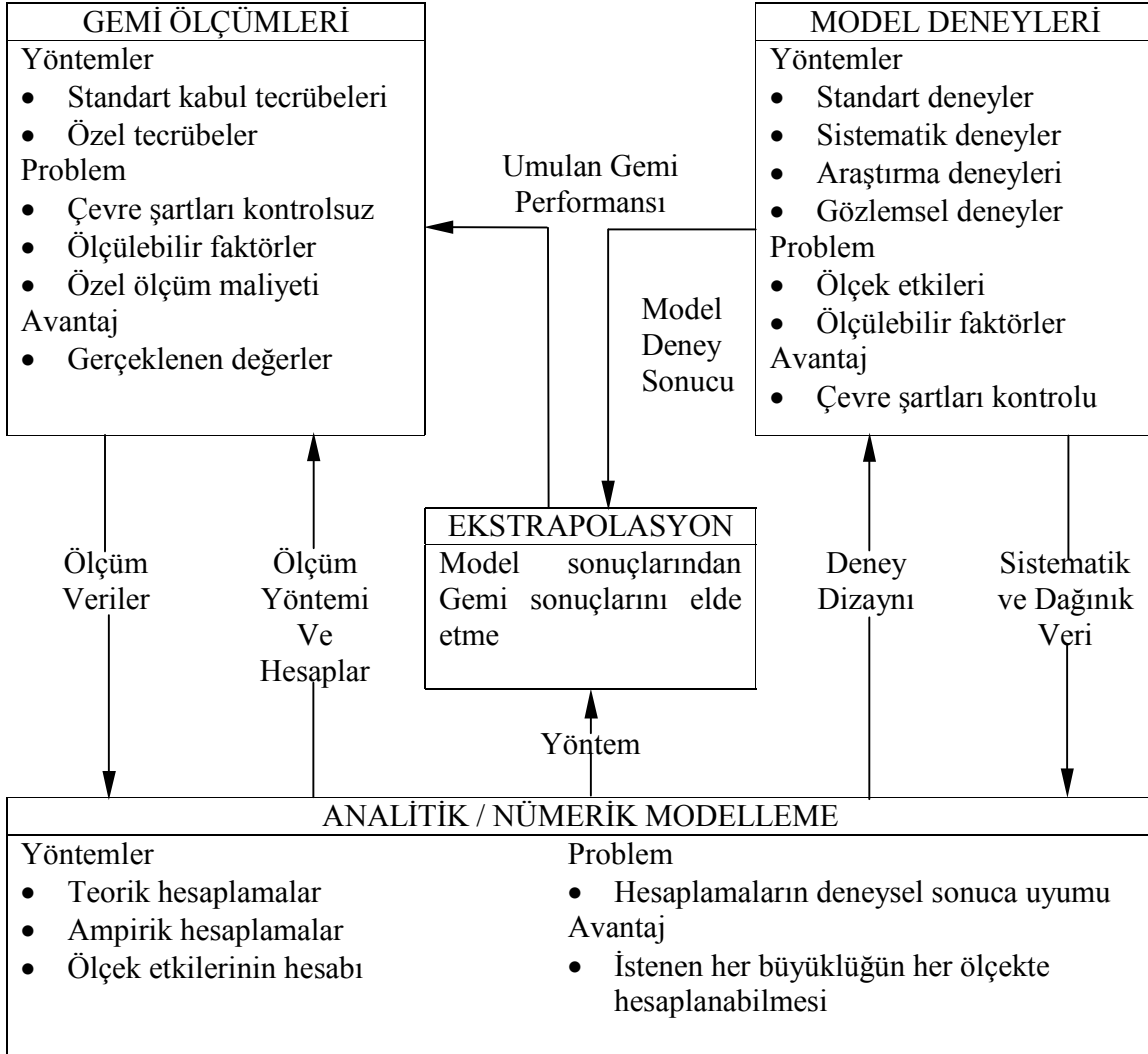


6. GEMİ DİRENCİNİN BİLEŞENLERİ

6.1. GİRİŞ

Gemi direncinin bir mühendislik problemi olarak tanımlanabilmesi için direncin oluşumu, bileşenleri ve bunları etkileyen faktörlerin belirlenebilmesi ve verilen bir form için belirlenen hız aralığında deneysel ve/veya nümerik yöntemlerle hesaplanabilir olabilmesi gerekir.

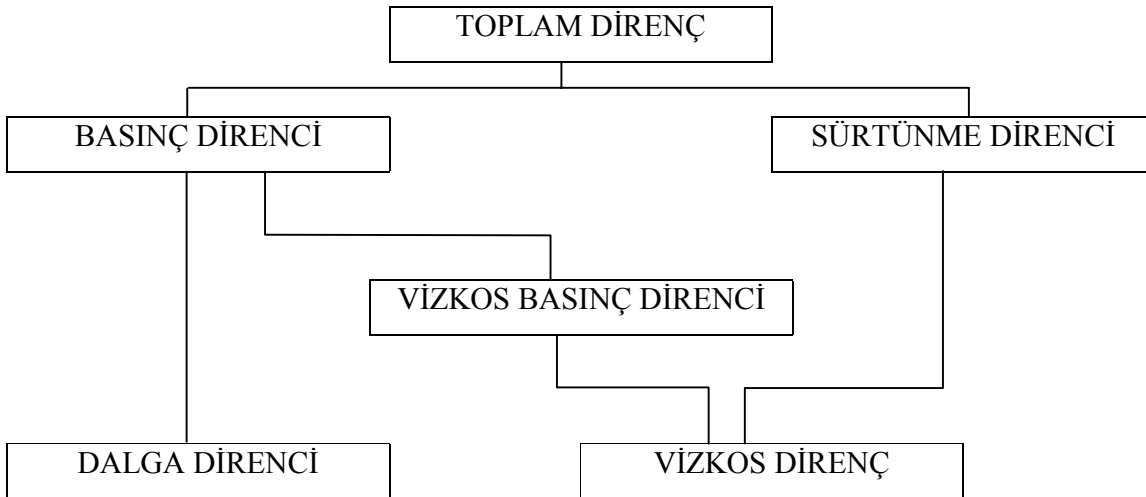


Şekil 6.1 Gemi direnci incelemesinde bilgi akış çevirimi

Bugün teori, nümerik yöntemler, deneysel teknikler ve araştırma imkanlarına rağmen direnci etkileyen faktörlerin tümüyle değerlendirilmiş olduğunu ve ölçek probleminin çözüldüğünü söylemek mümkün değildir. Konunun gelişimi yönünden bilgi akışı ve etkileşim Şekil 6.1’de şematik olarak gösterilmiştir.

Ölçek etkisi yönünden direnç bileşenlerinin ayrımı ve bunun model-gemi ekstrapolasyonunda ilk kullanımı Froude tarafından ortaya konmuştur. Bugün Froude hipotezi olarak adlandırılan bu yöntemde toplam direnç sürtünme ve artık direnç olarak ikiye ayrılmış ; sürtünme direncinin gemi ıslak alanıyla aynı alandaki bir eşdeğer levha direncine eşit olduğu kabul edilmiş ve toplam direnç ile sürtünme direnci arasındaki fark ise artık direnç olarak tanımlanmıştır. Froude’dan sonra kullanılması gerekli sürtünme direnç katsayısı üzerinde uzunca tartışmalar yapılmış, değişik formüller önerilmiş ve kullanılmış ise de bugün dahi pek çok deney tankı bu temel yaklaşımı kullanır. Bu yaklaşımdan doğan farkların değerlendirilmesi için bir ekstrapolasyon faktörü $(1+x)$ yaratılmış ve mevcut veriler kullanılarak $(1+x)$ için ampirik formüller elde edilmiştir.

Bugün mevcut yaklaşımda toplam direncin normal (basınç) ve teğetsel (sürtünme gerilmeleri) bileşenlerden oluştuğu genel hipotezi altında Şekil 6.2’de gösterildiği şekilde değerlendirilmesi benimsenmiştir.



Şekil 6.2 Direncin kavramsal modellenmesi

Bu genel kavramsal tanım çerçevesi içinde dahi gözlenen oluşumları da dikkate alarak aşağıda belirtilen direnç bileşenlerinden bahsetmek mümkündür.

Sürtünme Direnci (Frictional Resistance), R_F : Sürtünme direnci, gemi ıslak yüzeyi üstündeki teğetsel gerilmelerin gemi hareket yönünde toplanması ile elde edilen direnç bileşenidir.

Artık Direnç (Residuary Resistance), R_R : Artık direnç, teknenin toplam direncinden herhangi bir özel formül ile hesaplanan sürtünme direncinin farkının alınması ile elde edilen bir niceliktir. Genel olarak, ticari gemilerin artık direncinin önemli bir bölümü dalga yapma direnci olacaktır.

Viskoz Direnç (Viscous Resistance), R_V : Viskoz direnç, viskozite etkisinden dolayı harcanan enerji ile ilişkili olan direnç bileşenidir. Viskoz direnç bileşenini belirlemek için pek çok yaklaşım vardır. Aşağıda üç yaklaşım kısaca tanımlanmıştır.

1. Çok küçük Froude sayılarında dalga direnci sifıra yaklaştığı ($C_w \rightarrow 0$) düşüncesi ile, toplam direnç katsayısının asimtotik davranışından viskos direnç faktörü için bir değer türetilebilir. Bu değer form faktörü olarak tanımlanır ve asimtotic değer bulmada en çok kullanılan metod, Prohaska (1966) tarafından önerilen, F_n^4 / C_F sayılarına karşı C_T / C_F oranının grafiğinin çizilmesi şeklindedir. Bu diyagramdaki noktalara uydurulan doğru Hughes tarafından önerilen aşağıdaki formüldeki form faktörünü verecektir :

$$C_T = C_V + C_W$$

$$C_V = (1 + k) C_F$$

$$F_n \rightarrow 0 \text{ gittiğinden } C_W \sim mF_n^4$$

$$C_T / C_F \approx (1 + k) + mF_n^4 / C_F$$

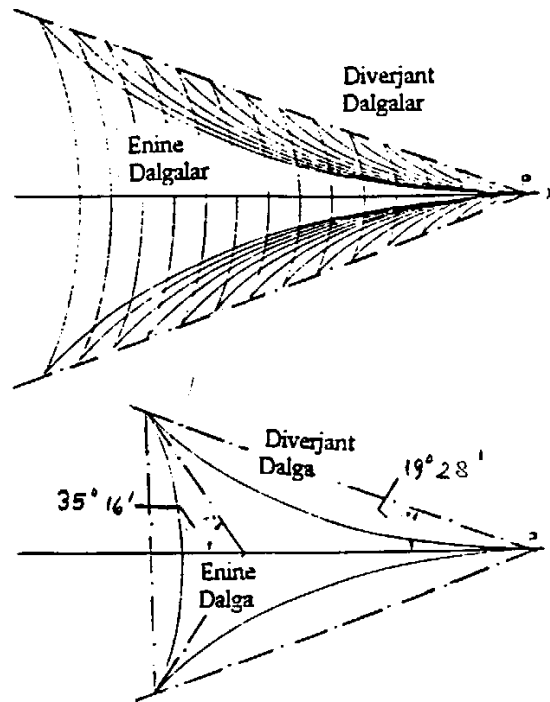
2. Uygun eksenlerde çizilmiş olan C_F eğrisi çok düşük hızlarda C_T eğrisine teğet olacak şekilde bir sabit ile yani $(1+k)$ ile çarpılır. Böylece $C_V = (1+k) C_F$ elde edilir.

3. Bir modeldeki viskoz kayıplar teknenin önündeki ve arkasındaki enine düzlemler arasındaki momentum akışındaki değişim ile sonuçlanacaktır. Bu viskoz direnç olarak adlandırılır. Bazı literatürlerde *iz direnci (wake resistance)* olarak geçer.

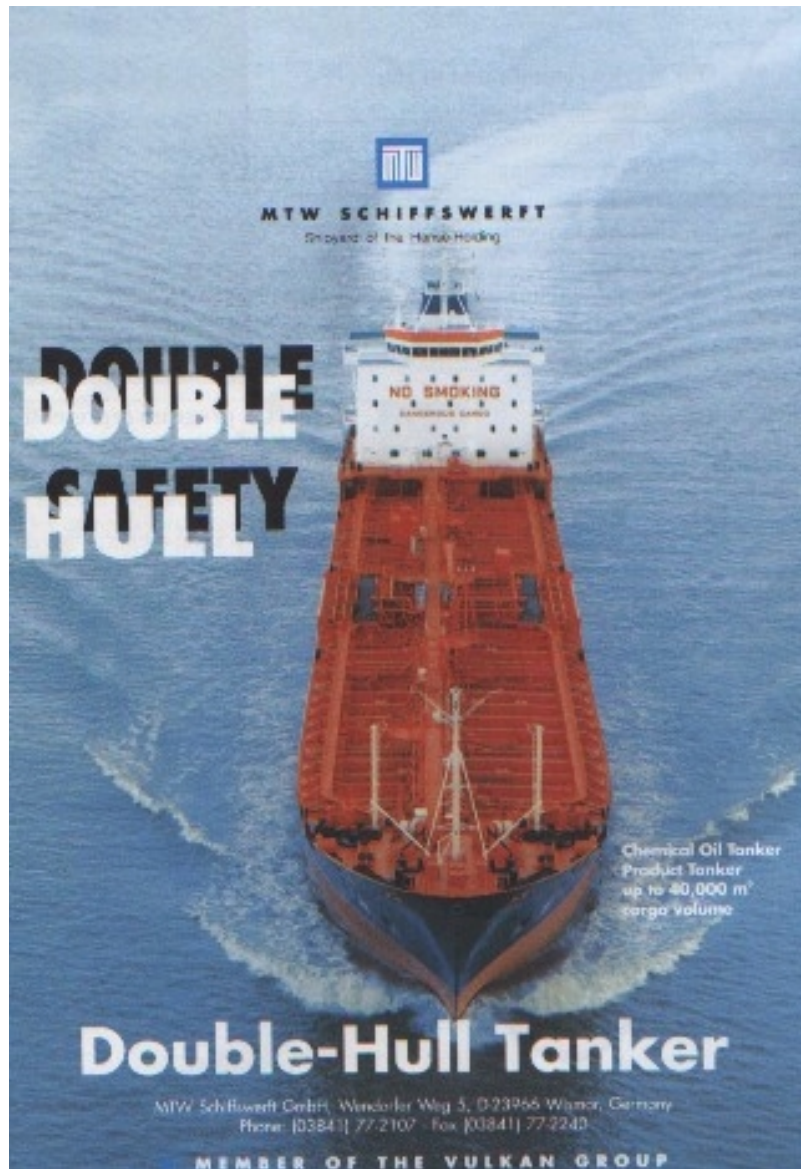
Basınç Direnci (Pressure Resistance), R_P : Basınç direnci, gemi ıslak yüzeyi üstündeki, gemi hareket yönüne normal gerilmelerin toplanması ile elde edilen direnç bileşenidir.


Viskoz Basınç Direnci (Viscous Pressure Resistance), R_{PV} : Viskoz basınç direnci, viskozite ve girdaplardan dolayı normal gerilme bileşenlerinin toplanması ile elde edilen direnç bileşenidir. Bu büyüklük tamamen su içindeki cisimler hariç (burada basınç direncine eşit), doğrudan ölçülemez.

Dalga Yapma Direnci (Wavemaking Resistance), R_W : Dalga yapma direnci, gravite dalgalarının üretilmesinden harcanan enerji ile ilişkili olan direnç bileşenidir.



Şekil 6.3 P noktasında hareket eden bir cisim tarafından sebep olunan Kelvin dalga grubunun dalga tepeleri




MTW SCHIFFSWERFT
Smoker of the Harbör-Holding

**DOUBLE
SAFETY
HULL**

NO SMOKING
EMERGENCY SERVICE

Chemical Oil Tanker
Product Tanker
up to 40,000 m³
cargo volume

Double-Hull Tanker

MTW Schiffswerft GmbH, Werdorfer Weg 5, D-23966 Wismar, Germany
Phone: (0384) 77-2107 - Fax: (0384) 77-2240

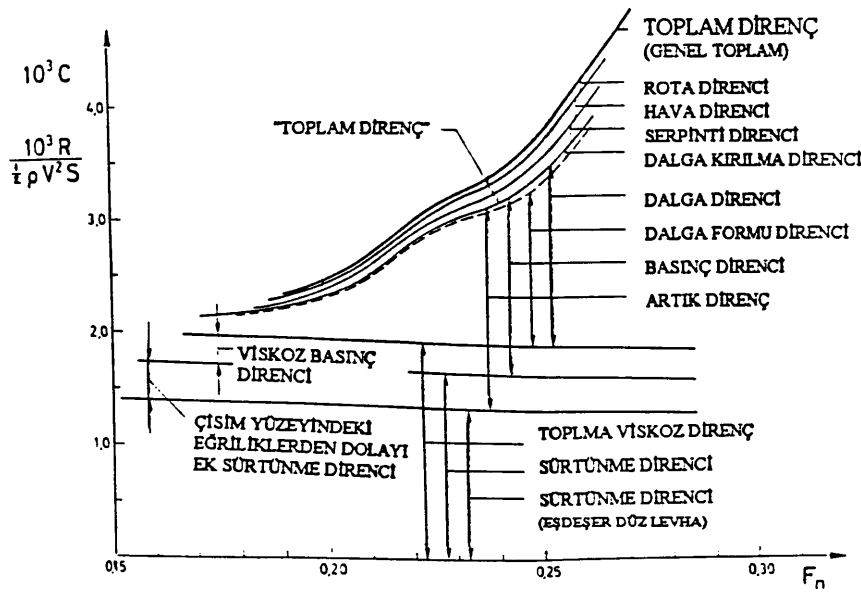
MEMBER OF THE VULKAN GROUP



Dalga Formu Direnci (Wave Pattern Resistance), R_{WP} : Dalga formu direnci, serbest su yüzeyindeki hız alanı ve bu yüzden akışkanın momentumunu lineer teori yolu ile elde edilen dalga formları ile ilişkilendirilebileceği varsayılarak, gemi veya modelden uzaklaşan dalga genliklerinin ölçümlerinden çıkarılan direnç bileşenidir. Bu şekilde çıkarılan direnç dalga kırılma direncini içermez.

Dalga Kırılma direnci (Wavebreaking Resistance), R_{WB} : Dalga kırılma direnci, gemi baş dalgalarının kırılması ile ilgili olan bir dalga direnci bileşenidir.

Serpinti Direnci (Spray Resistance), R_S : Serpinti direnci, serpinti oluşmasından dolayı harcanan enerji ile ilişkili bileşenidir.



Şekil 6.4 Gemi direnci bileşenleri

Takıntı Direnci (Appandage Resistance) : Bu, şaft göbeği, şaft braketleri ve şaft; yalpa omurgası; dümen gibi takıntıların direncidir. Fiziksel model kullanıldığı zaman, genellikle takıntılar modellere takılır ve o zaman takıntı direnci ölçülen direncin içinde mevcut olacaktır. Eğer tekneye takılmış herhangi bir takıntı yoksa, direnç yalın (bare) tekne direnci olarak adlandırılır.

Pürüzlülük Direnci (Roughness Resistance) : Bu, pürüzlülükten dolayı olan dirençtir. Örneğin, gemi yüzeyindeki krozyon ve kirlenmenin doğurduğu direnç artışları bu tipin örnekleridir.

Hava Direnci (Air Resistance) : Bu, ana teknenin su üstündeki kısmının ve üst yapıların geminin hareketinden dolayı havadan gördükleri dirençtir.

Rota Direnci (Steering Resistance) : Düz bir rota hattını sürdürebilmek için, genelde rota düzeltmede dümenin kullanılması gerekir. Dümeni kullanmak, rota direnci olarak adlandırılan ek bir dirençle sonuçlanacaktır.

Ayrıca, çevreyle direnç arasında bir ilişki vardır. Bir gemi sınırlı bir suda hareket ettiğinde, suyun sınırları cisme yeterlice yakınsa, gemi direncini etkiler. Su derinliğinin sığ su etkisi diye adlandırılan bir etkisi vardır.

6.2 GEMİ SEVKİ

Geminin ileri hareketi bir (veya birkaç) pervane veya eşdeğeri sevk donanımı vasıtasıyla elde edilen itme kuvvetinin (= thrust) gemi direncini yenmesi ve istenen hızı temini ile sağlanır. Genelde, gerekli olan itme kuvveti T , o hızdaki toplam direnç R_T 'den daha büyüktür. Bunun sebebi pervane etrafındaki akım ve tekne-pervane etkileşimidir.

Pervane Etrafındaki Akım. Geminin ileri doğru hareketi sonucu gemi etrafında oluşan akım içinde viskozite etkileri dolayısıyla kenar tabaka (= boundary layer) denilen bir bölge oluşur. Kenar tabaka içinde izafi hız değişimi yüksek olup, gemiye bağlı bir koordinat sisteminde gemi yüzeyinde izafi hız sıfır iken kenar tabaka sınırında bu izafi hız gemi hızı değerine yaklaşır. Kenar tabaka kalınlığı geminin boy istikametinde ilerledikçe artar ve gemi pervanesinin bulunduğu bölgede pervane çalışma alanının önemli bir bölümü bu kenar tabaka içinde kalır. Dolayısıyla, pervanenin bulunduğu yerde çapı pervane çapına (d) eşit bir daire içinde kalan alandaki ortalama hız V_A geminin ilerleme hızından daha düşük bir değer alır. Bu hıza pervane ilerleme hızı denir. Gemi hızı ile pervane ilerleme hızı arasındaki fark efektif iz hızı (effective

wake velocity) olarak tanımlanır ve bu hızın gemi hızına oranı iz katsayısı (=wake fraction coefficient) olarak bilinir, yani

$$w = \frac{V - V_A}{V} \quad \text{veya} \quad \frac{V_A}{V} = 1 - w$$

İz katsayısının nümerik değeri özellikle kık formunun dolgunluk ve şekline, pervane yeri ve çapına bağlı olarak değişir ve geminin sevk verimi üzerinde önemli etkisi vardır. Genelde pervane çapı büyüdükçe iz değeri azalır. Tek pervaneli ticaret gemilerinde iz katsayısı 0.20 ile 0.45 arasında değişir. İz katsayısının çok yüksek olması ve akım düzensizliğinin bulunması halinde pervanenin kavitasyon yapması ve problem yaratması olasılığı yüksektir.

İtme Azalması. Pervane çalıştığında önündeki su kütlesi üzerinde bir emme etkisi yaratır. Bu etki sonucunda gemi direncinde bir artış ortaya çıkar. Tarihi sebeplerle bu direnç artışı ($T - R_T$) pervane itmesinin azalması olarak tanımlanır ve bu farkın itme kuvvetine oranına itme azalması veya emme katsayısı (= thrust deduction coefficient) denir.

$$t = \frac{T - R_T}{T}$$

Genelde itme azalma katsayısı gemi kık formuna bağlı olarak değişir ve itme katsayısı arttıkça bu katsayı da artar. Tek pervaneli ticaret gemilerinde itme azalma katsayısı 0.12 ile 0.30 aralığında değişir. Birden fazla pervaneli gemilerde itme azalma katsayısı çok daha düşük değerler alır.

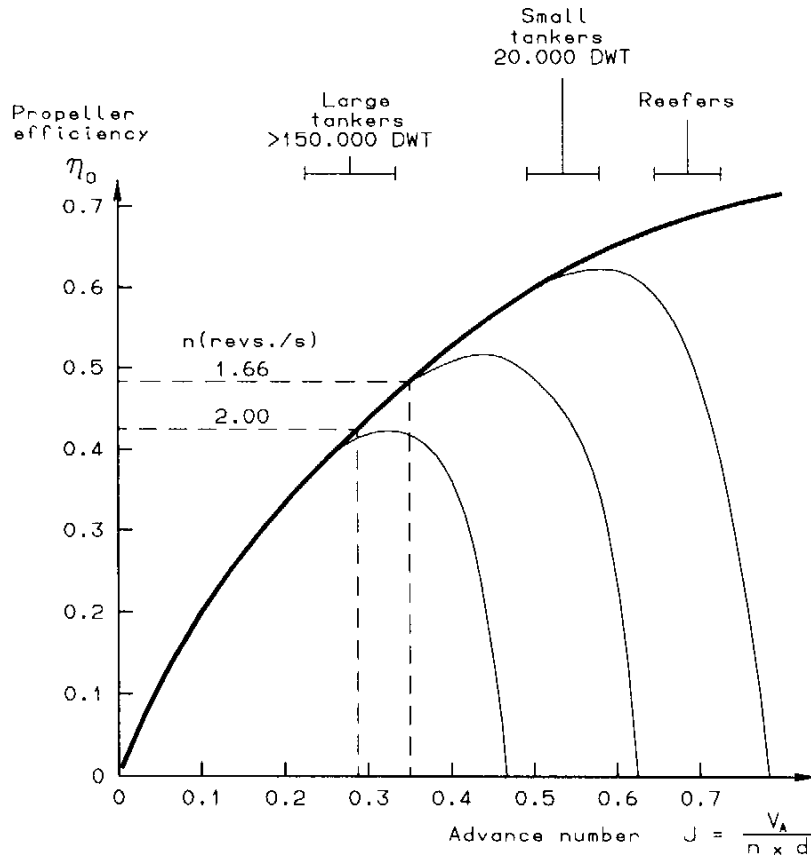
6.3 VERİMLER

Tekne Verimi (= Hull Efficiency) η_H . Tekne verimi efektif gücün (yani gemiyi yedekte çekmek için kullanılan güç) $P_E = R_T \cdot V$ 'nin pervanenin itme dolayısıyla verdiği güce, yani $P_T = T \cdot V_A$ 'ya oranıdır.

$$\eta_H = \frac{P_E}{P_T} = \frac{R_T \cdot V}{T \cdot V_A} = \frac{R_T / T}{V_A / V} = \frac{1 - t}{1 - w}$$

tek pervaneli gemilerde tekne verimi 1.1 ile 1.4 arasında değerler alır. Yüksek sevk verimi değerleri daha dolgun formda gemilerde ortaya çıkar. Çift pervaneli gemilerde η_H değeri 0.95 ile 1.05 değerleri arasında değişir.

Pervane Verimi (Propeller Efficiency) η_o . Pervane verimi pervaneye verilen gücün ne kadarının pervane tarafından gemi sevki için kullanıldığını gösteren orandır. Genelde pervane verimini ölçme deneyleri kavitasyon tüneline üniform akımla yapıldığından ölçülen bu verime pervane açık su verimi (propeller open water efficiency) denir ve η_o ile gösterilir. Bir pervanenin açık su verimi pek çok faktöre bağlıdır. Bu faktörlerden en önemlileri pervane ilerleme hızı (V_A), pervaneden beklenen itme (T), pervane çapı (d) ve devri (n) ile pervane kanat alan oranına bağlıdır. Tipik bir pervanede, pervane açık su verimi 0.35 ile 0.70 arasında değişir. Şekil 6.5’de tipik pervane verim eğrileri verilmiştir. Bu grafikte J ile pervane ilerleme katsayısı gösterilmiştir.



Şekil 6.5 Pervane açık su verim eğrileri

Gerçekte bir gemi kıçındaki akım üniform değildir ve V_A ortalama bir değerdir. Dolayısıyla gemi pervanesi tarafından yaratılan itme ve moment açık su deneylerinde gözlemlenen değere göre farklar gösterir. Gerçek pervane verimi $\eta_B (=P_T / P_D)$ ile gösterilir ve η_B/η_o oranına izafi dönme verimi (relative rotative efficiency) denir ve η_R ile gösterilir. Bir anlamda η_R dizaynı yapılan pervanenin iz dağılımına uyumunu gösterir ve normal olarak 0.97 – 1.08 değerleri arasında kalır.

Sevk Verimi (Propulsive Efficiency) η_o . Sevk verimi gemiyi yedekte çekme için kullanılan gücün ($P_E = R_T \cdot V$) gemi pervanesinde kullanılan güce (P_D) oranıdır. Bu ifade

$$\eta_D = \frac{P_E}{P_D} = \frac{P_E}{P_T} \frac{P_T}{P_D} = \eta_H \cdot \eta_B = \eta_H \cdot \eta_o \cdot \eta_R$$

olarak ortaya çıkar. Dolayısıyla sevk verimi üç verimin çarpımı olarak ortaya çıkar. Genelde hem iz katsayısı nispeten yüksek ve hem de iz dağılımı mümkün olduğu kadar üniform olan formlarda yüksek sevk verimi elde etmek mümkündür.

Mekanik Verim (Shaft or Mechanical Efficiency) η_S . Makina tarafından üretilen gücün bir bölümü sürtünme ve benzeri sebeplerle dişlilerde ve yataklarda kaybolmaktadır. Makinadan çıkan gerçek güç fren gücü (brake power) olarak bilinir ve P_B ile gösterilir. Pervaneye verilen sevk gücünün fren gücüne oranına ise mekanik verim denir ($\eta_S = P_D / P_B$). Genelde, sevk sistemi aranjmanına bağlı olmak üzere mekanik verim 0.985 – 0.95 aralığında değişir ve tek pervaneli gemi dizayn hesaplarında 0.97 olarak alınır.

Toplam Verim (Total Efficiency) η_T . Gemi makinasının seçimi yönünden önemli olan güç fren gücüdür. Dolayısıyla deney veya hesapla bulunan efektif güç (P_E) ve pervane sevk gücünün (P_D) fren gücüne değiştirilmesi gerekmektedir. Toplam verim efektif gücünün fren gücüne oranı olarak tanımlanır.

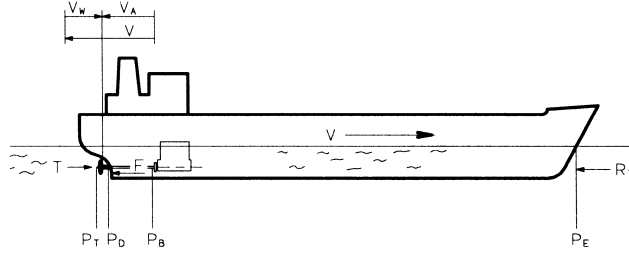
$$\eta_T = \frac{P_E}{P_B} = \frac{P_E}{P_D} \frac{P_D}{P_B} = \eta_H \cdot \eta_o \cdot \eta_R \cdot \eta_S$$

Hızlar (Velocity)

| | |
|--|---------------------------|
| Gemi hızı (<i>Ship's speed</i>) | : V |
| Pervaneye gelen suların hızı (<i>Arriving water velocity to propeller</i>) | : V_A |
| Efektif iz hızı (<i>Effective wake velocity</i>) | : $V_W = V - V_A$ |
| İz katsayısı (<i>Wake fraction coefficient</i>) | : $w = \frac{V - V_A}{V}$ |

Kuvvetler (Forces)

| | |
|---|---------------------------|
| Toplam direnç (<i>Towing resistance</i>) | : R_T |
| İtme kuvveti (<i>Thrust force</i>) | : T |
| Pervane itmesinin azalması (<i>Thrust deduction fraction</i>) | : $F = T - R_T$ |
| Emme katsayısı (<i>Thrust deduction coefficient</i>) | : $t = \frac{T - R_T}{T}$ |



Güç (Power)

| | |
|--|------------------------|
| Efektif güç (<i>Effective (Towing) power</i>) | : $P_E = R_T \times V$ |
| Pervanenin itme dolayısıyla verdiği güç (<i>Thrust power delivered by the propeller to water</i>) | : $P_T = P_E / \eta_H$ |
| Gemi pervanesinde kullanılan güç (<i>Power delivered to propeller</i>) | : $P_D = P_T / \eta_B$ |
| Fren gücü (<i>Brake power of main engine</i>) | : $P_B = P_D / \eta_S$ |

Verimler (Efficiencies)

| | |
|---|-----------------------------------|
| Tekne verimi (<i>Hull efficiency</i>) | : $\eta_H = \frac{1 - t}{1 - w}$ |
| İzafi dönme verimi (<i>Relative rotative efficiency</i>) | : η_R |
| Açık su pervane verimi (<i>Propeller efficiency – open water</i>) | : η_O |
| Gerçek pervane verimi (<i>Propeller efficiency – behind hull</i>) | : $\eta_B = \eta_O \times \eta_R$ |
| Sevk verimi (<i>Propulsion efficiency</i>) | : $\eta_D = \eta_H \times \eta_B$ |
| Mekanik verim (<i>Shaft efficiency</i>) | : η_S |
| Toplam verim (<i>Total efficiency</i>) | : η_T |

$$\eta_T = \frac{P_E}{P_B} = \frac{P_E}{P_T} \times \frac{P_T}{P_D} \times \frac{P_D}{P_B} = \eta_H \times \eta_B \times \eta_S = \eta_H \times \eta_O \times \eta_R \times \eta_S$$

6.4 MAKİNA SEÇİLME VE SEÇİLECEK MAKİNA GÜCÜ

Geminin makina seçiminde önemli olan unsur, elde edilen güçle geminin istenen seyir hızını sağlayabilmesidir. Gemi dizel motorlarında makina gücü makinanın en fazla devamlı gücü (=maximum continous rating) veya MCR olarak belirtilir. Ancak hem makina üreticileri ve hem de gemi işletmecileri makinayı devamlı olarak bu güçte çalıştırmak istemez. Zira böyle bir çalışma rejiminde yedek parça kullanımı artar ve kısa zamanda makinada performans düşüklüğü ortaya çıkar. Dolayısıyla bir servis gücü (=service rating) MSR ve servis kullanım oranı ortaya çıkar. Genelde

$$MSR \cong 0.85 - 0.90 MCR$$

olarak seçilir.

Ayrıca makina fren gücü temiz tekne ve sakin hava ve deniz koşulları için tanımlanmıştır. İşletme esnasında tekne kirlenir (pürüzleme, yosun v.s.) ve hava-deniz şartları da devamlı sakin değildir. Dolayısıyla bu farklılıklar için de bir pay bırakmak gerekir. Bu paya deniz veya servis payı (= sea or service margin) denir ve genelde yüzde 15 olarak seçilir.

Sonuç olarak

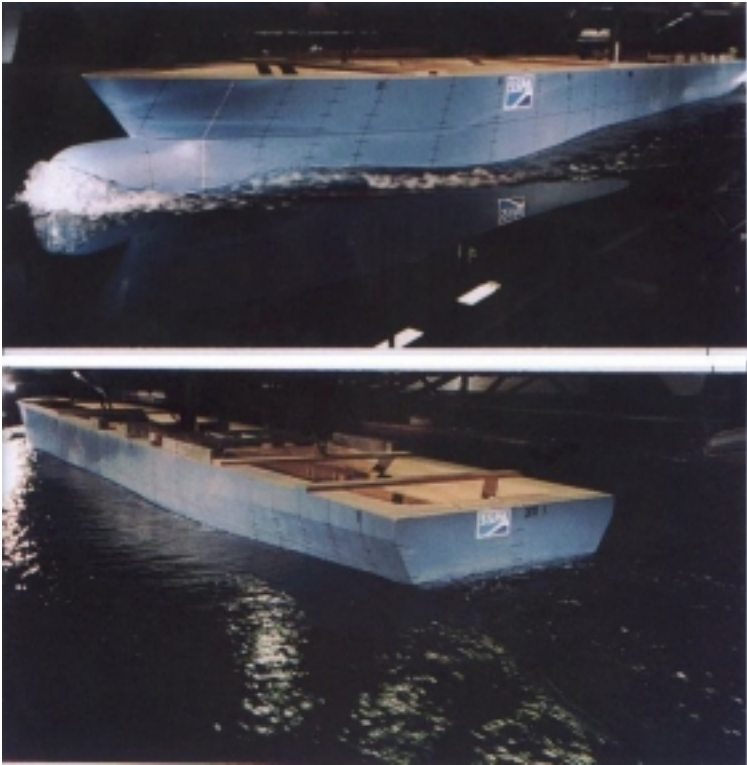
$$MSR = (1+\text{deniz payı}) \cdot P_B + \text{PTO gücü}$$

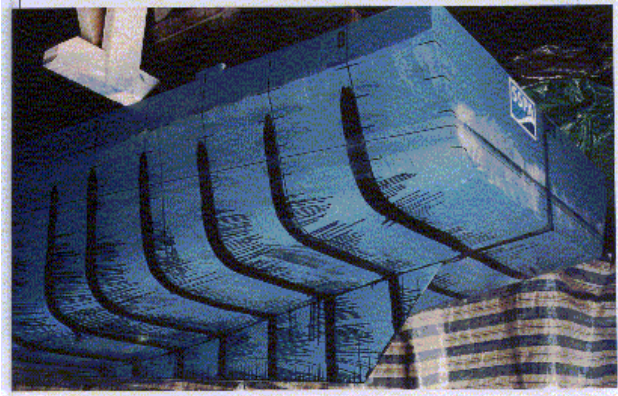
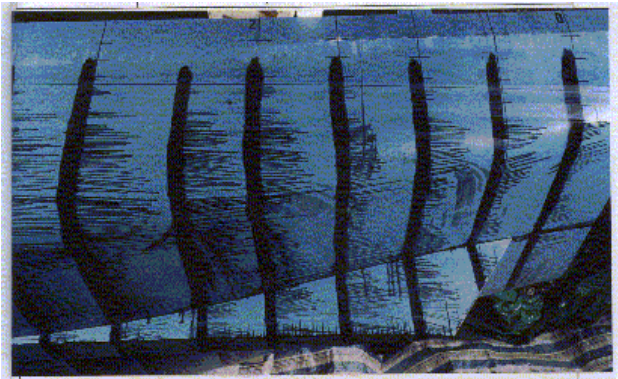
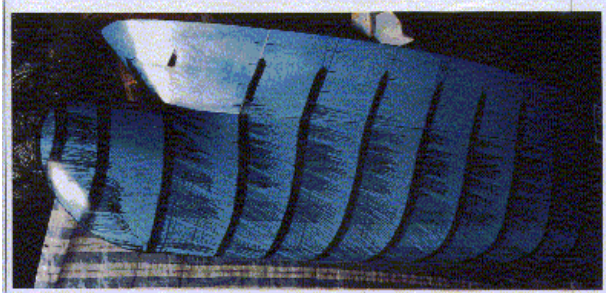
olarak tanımlanır. Burada PTO gücü şafttan bir dişli vasıtasıyla güç alınarak çalıştırılan şaft jeneratörü ve benzeri donanımlar için kullanıldığı güçtür. Bu tanımlardan sonra makina seçiminde kullanılacak MCR değeri

$$MCR \geq \frac{MSR}{0.85 \text{ veya } 0.90}$$

olarak ortaya çıkar.

MODEL DENEYLERİ





PERVANELER

