

4. * SÜRTÜNME DİRENCİ,

* TÜRBÜLANS YAPICILAR,

* PÜRÜZLÜLÜK ve KİRLLENME,

* DALGA DİRENCİ,

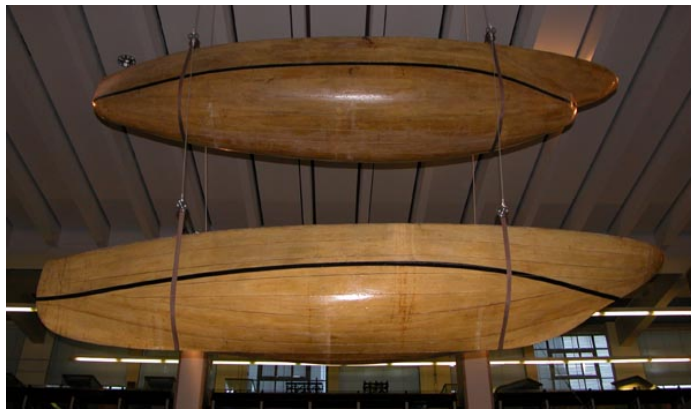
* HAVA ve RÜZGÂR DİRENCİ,

* TAKINTILARIN DİRENCİ

4.1 Sürtünme Direnci

Sürtünme direnci, tekne yüzeyinde suyun sürtünmesinin meydana getirdiği bir direnç bileşeni olup; Newton, kg-kuvvet ya da ton-kuvvet birimi ile ifade edilip, R_F simgesi ile gösterilir. Daha önce de ifade edildiği gibi sürtünme direnci; suyun viskozitesi nedeniyle, gemi ıslak yüzeyine etki eden teğet kuvvetlerin gemi hareket yönüne ters yöndeki bileşenlerinin integrasyonu ile bulunur.

William Froude (1810-1879) aslında bir demiryolu mühendisi olup, daha sonra gemi mühendisliği konularına yönelerek benzerlik ve gemi model deneylerinin kurucusu olmuştur.



The hulls of *Swan* (above) and *Raven* (below) on display in the [Science museum](https://www.nhm.ac.uk/), London

Sürtünme direnci hakkında ilk önemli deneyler Froude tarafından yapılarak, 1872 ve 1874 yıllarında yayınlanmıştır. Böylece Froude düz levhalarla yaptığı deneylerle sürtünme direncinin değişimini göstermek istemiştir.

Eşdeğer levha direncinin gemi sürtünme direncine iyi bir uyum göstermesi fikrini esas alarak, genelde deneye dayalı çok sayıda formül çıkarılmıştır. Bu formüllerde gemi boyu ve hızı kullanılarak, C_F sürtünme direnç katsayısı elde edilir. Reynolds sayısına bağlı olarak laminar, laminar-türbülanslı ve türbülanslı akım hallerinde kullanılan önemli C_F formülleri aşağıda verilmiştir:

$$R_n = V \cdot L / \nu \quad R_F = (1/2) \cdot \rho \cdot V^2 \cdot C_F$$

i. Türbülanslı Akım Hali İçin C_F Formülleri:

$$1921 \quad \text{Prandtl-Von Karman} \quad C_F = \frac{0.072}{Rn^{1/5}}$$

$$1927 \quad \text{Telfer} \quad C_F = 0.0012 + \frac{0.34}{Rn^{1/3}}$$

$$1932 \quad \text{Prandtl-Schlichting} \quad C_F = \frac{0.455}{(\log Rn)^{2.58}}$$

$$1932 \quad \text{Schoenherr} \quad \frac{0.242}{\sqrt{C_F}} = \log(Rn \times C_F)$$

$$1940 \quad \text{Schultz-Grunow} \quad C_F = \frac{0.427}{(\log Rn - 0.407)^{2.64}}$$

$$1951 \quad \text{Kempf-Karhan} \quad C_F = \frac{0.055}{Rn^{-0.182}}$$

$$1952 \quad \text{Lap-Troost} \quad \frac{0.2545}{\sqrt{C_F}} = 0.9526 + \log(Rn \times \sqrt{C_F})$$

$$1954 \quad \text{Hughes} \quad C_F = \frac{0.067}{(\log Rn - 2)^2} \quad \text{veya} \quad C_F = \frac{0.066}{(\log Rn - 2.03)^2}$$

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

$$1967 \text{ Gadd} \quad C_F = \frac{0.0113}{(\log Rn - 3.7)^{1.15}}$$

$$1977 \text{ Granville} \quad C_F = \frac{0.0776}{(\log Rn - 1.88)^2} + \frac{60}{Rn}$$

$$1986 \text{ Collatz} \quad C_F = \frac{0.06625}{(\log(Rn \times \frac{C_F}{0.49}))^2}$$

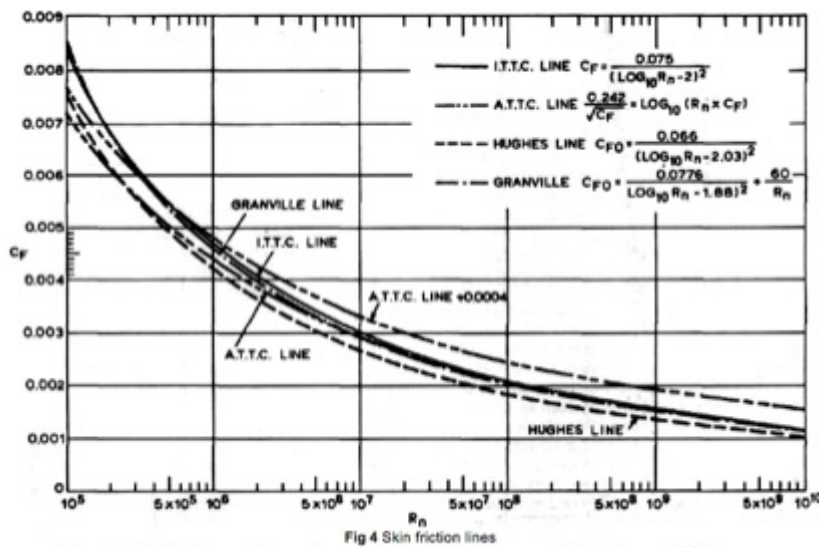
ii. Karışık (Laminer + Türbülanslı) Akım Hali İçin C_F Formülleri:

$$\text{Prandtl} \quad C_F = 0.074 Rn^{-0.2} - \frac{1780}{Rn}$$

$$\text{Schlichting} \quad C_F = \frac{0.455}{(\log Rn)^{2.58}} - \frac{1700}{Rn}$$

iii. Laminer Akım Hali İçin C_F Formülleri:

$$1904 \text{ Blasius} \quad C_F = \frac{1.327}{\sqrt{Rn}}$$



Deneysel alışmalar göstermiştir ki yeni inşa edilmiş bir geminin sürtünme direnci; düşük hızlarda toplam direncin % 80-85'i mertebesinde iken, yüksek hızlarda bu oran, gemi tipine bağlı olarak toplam direncin % 50'sine kadar düşebilir. Ticaret gemilerinde direnç bileşenlerinin toplam direncin bir yüzdesi olarak aşağıda verildiği gibidir:

Sürtünme Direnci	% 60-70
Viskoz Basınç (Form) Direnci	% 5-10
Dalga Direnci	% 20-30

Söz konusu bu direnç bileşenleri birbirinden tamamen bağımsız değildir. Nitekim viskoz basınç ve dalga yapma dirençleri arasında belirli ölçüde bir girişimin olması, model deneylerinde bir sıkıntı oluşturmaktadır.

“Bir geminin sürtünme direnci; boyu gemi boyuna eşit olan ve ıslak alanı da gemi ıslak yüzey alanına eşit olan, su içine dalmış bir levhanın direncine eşit olduğu kabul edilir.”

Türbülans Yapıcılar

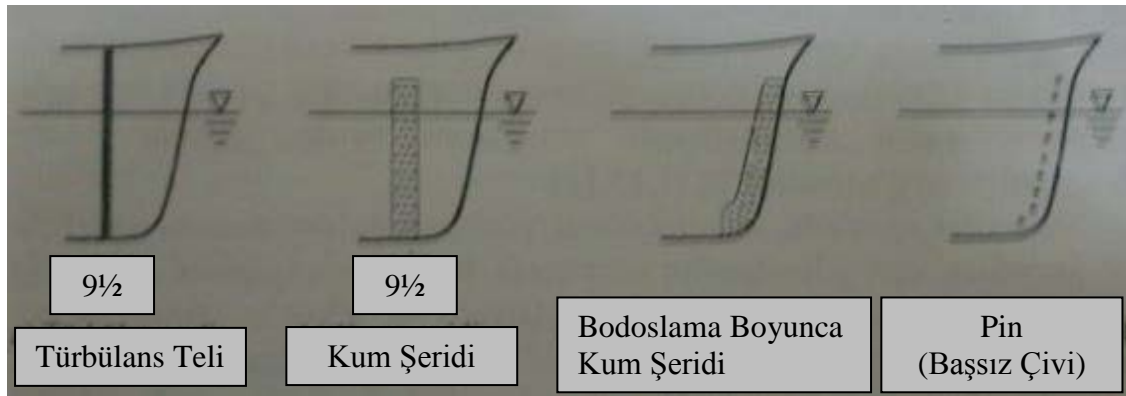
Modellerin boyları ve hızları küçük olduğu için, model deneyleri oldukça düşük Reynolds sayılarında gerçekleşir.

Bu yüzden model etrafındaki akım çoğunlukla laminar olup, bazen de kısmen türbülanslı olur. Gemi etrafında ise, sadece baş bodoslama civarında küçük hızlarda görülen laminar akım bölgesi dışında, türbülanslı akım mevcuttur.

Aynı Reynolds sayısında laminar akım halindeki direnç, türbülanslı akım halindeki dirençten daha azdır. O zaman etrafında laminar akım olan modelin ölçülen hız ya da direnç değerlerinden yararlanılarak ve benzerlik kanunları da uygulanarak, gemi için elde edilen direnç değerleri güvenilir olmaz.

Bunun için model etrafındaki laminar akımı türbülanslı akıma dönüştürecek birtakım teknikler kullanılır. Bu amaç için kullanılan türbülans yapıcılar, akışkan ortamında türbülans sağlayanlar ve modelin sınır tabakası içinde yapay olarak türbülans oluşturanlar şeklinde iki grupta incelenirler.

Gemi model deneylerinde, model baş bodoslaması boyunca veya 13 posta sisteminde $9\frac{1}{2}$. postaya tel, kum şeridi veya pin (başsız çivi) yerleştirilerek, model etrafındaki düzgün akım hatlarının bozulup birbirine karışması sağlanır. Böylelikle modelin sınır tabakası içinde yapay olarak türbülanslı akım oluşur. Şekil 4.1’de gemi modellerinde kullanılan değişik türbülans yapıcılar gösterilmiştir:



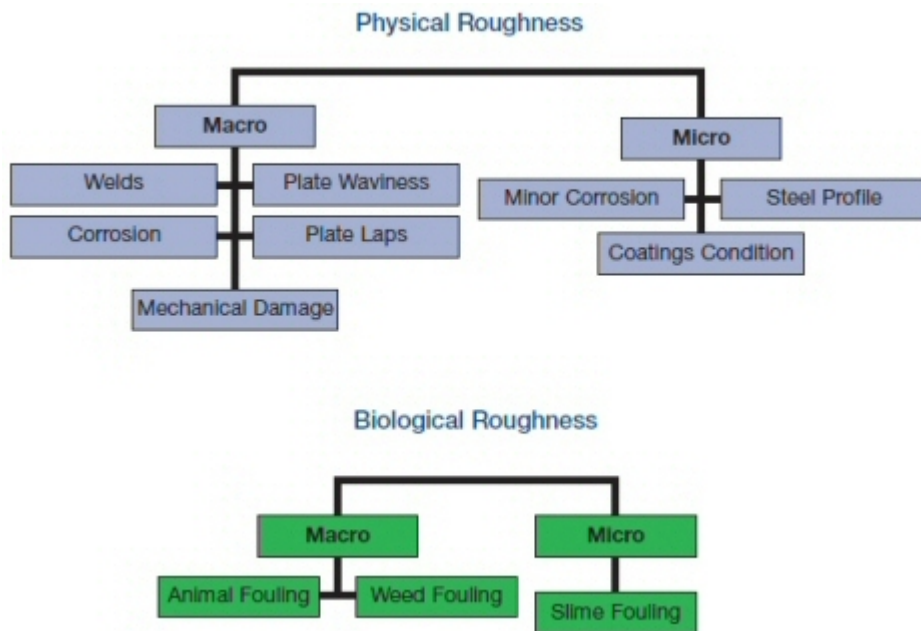
Şekil 4.1 Gemi modeli sınır tabakası içinde yapay olarak türbülans oluşturulması.

Pürüzlülük ve Kirlenme

Şu ana kadar düzgün ve temiz yüzeylerin sürtünme direnci incelendi. Gerçek gemi yüzeyleri; üretim şekline, yüzeye sürülen boyanın cinsine, sacların korozyona uğramasına ve deniz canlılarının geminin ıslak yüzeyine yapışmasına bağlı olarak değişik şekil ve derecede bir pürüzlülüğe sahiptir. Bu durum ise gemilerin sürtünme dirençlerini artırmaktadır.

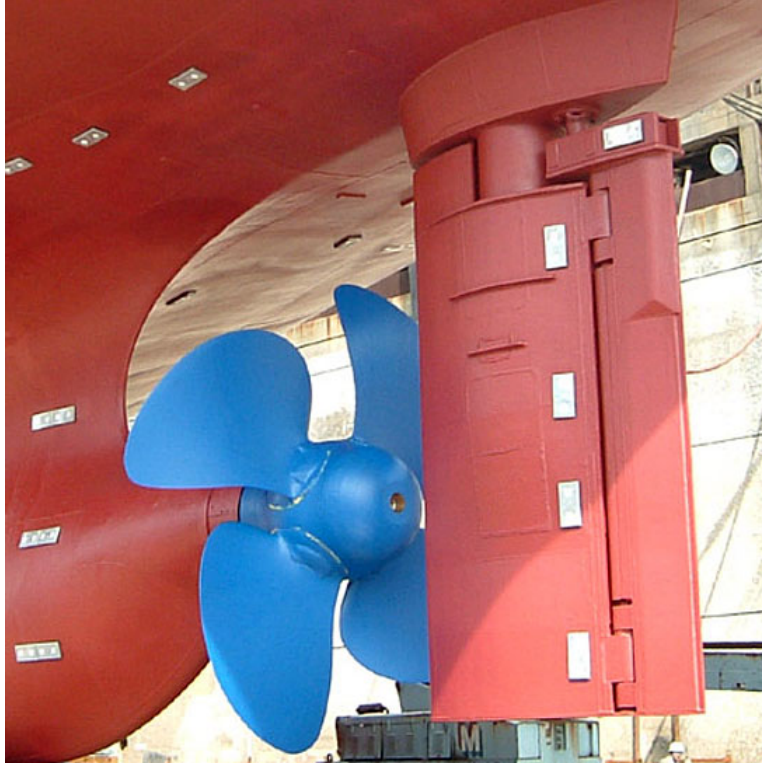


Gemi yüzeyinin pürüzlülüğünü sayısal olarak karakterize etmek oldukça zordur. Çünkü yüzey pürüzlülüğü değişik nedenlerle oluşan karmaşık bir karakterdedir. Gemilerin dış kaplama sacları üzerindeki pürüzlülük, meydana geliş şekillerine göre üç farklı grupta incelenebilir. Bunlar:



a) Bünyesel Pürüzlülük: Geminin dış kaplama sac levhalarının kaynakla yapılan birleştirmelerinde görülen postalar arasındaki yüzey dalgalanmaları, gemi için bir bünyesel pürüzlülüktür. Ayrıca gemilerin çene hatları, yüzey düzgünlüğünü (sürekliliğini) bozan keskin kenarlardır. Su sirkülasyonu için dış kaplama saclarına açılan delikler de girdap oluşturarak geminin direncini artırır.

b) Korozyon Nedeniyle Pürüzlülük: Korozyon, malzemenin ortam ile reaksiyona girerek fiziksel ve kimyasal özelliklerinde birtakım değişikliklerin meydana gelmesidir. Çelik gibi malzemeler boyalı olmalarına rağmen deniz ortamında korozyona uğrarlar. Bu da geminin ıslak yüzeyinde pürüzlülük meydana getirerek, geminin sürtünme direncinin artmasına neden olur. Gemi yüzeyinde kullanılan boyaların sürtünme direncine olan etkileri önemlidir. Bu nedenle boya seçiminde özen gösterilmesi gerekir. Gemileri korozyondan koruma; gemilerin inşasından önce, inşa sürecinde ve işletmeciliği döneminde olmak üzere alınacak birtakım önlemlerle sağlanır. Korozyon, pervanenin hareketi ve kuvvetli su akımı dolayısıyla geminin kış bölgesinde daha yüksek olduğundan, katodik korumanın özellikle bu bölgede uygulanmasını gerektirir. Katodik koruma uygulaması, gemi suya girmeden önce henüz kıyıda iken yapılır (Bakınız Şekil 4.2). Böylece korozyonu önlemek için geminin kış bölgesine anotlar (tutyalar) yerleştirilerek, elektrokimyasal korozyon nedeniyle bu tutyalar aşınır ve böylece geminin su altı gövdesi korunmuş olunur. Yapılacak katodik korumanın en az ömür değeri, geminin yeniden bakıma alınacağı süre göz önüne alınarak belirlenmelidir.



Şekil 4.2 Gemi kıç gövdesine ve dümen üzerine tutyaların yerleştirilmesi.

- c) **Kirlenme Nedeniyle Pürüzlülük:** Bu tür pürüzlülük, gemi su altı yüzeyine zamanla yosun, sünger, midye gibi birtakım kabuklu deniz organizmalarının yapışmasından kaynaklanmaktadır. Gemi su altı gövdesinin bu şekilde kirlenmesi; geminin işletildiği sulara, mevsimlere, limanda ve seyirde kalış sürelerine göre farklılık göstermektedir. Kirlenmeyle oluşan pürüzlülük sonucunda doğal olarak geminin direnci artar dolayısıyla geminin hızında bir azalma görülür. Pratikte geminin karinasının kirlenmesi, denizciler arasında **geminin dibi sakal tuttu** olarak ifade edilmektedir. Gemi limanda bağlı iken suyun kirlilik derecesine bağlı olarak seyir haline göre 10 kat daha fazla kirlenir.

Gemi sonuçları ile iyi bir uygunluk sağlamak ve pürüzlülüğün etkisini hesaba katmak için, geminin toplam direnç katsayısına C_A şeklinde bir düzeltme değeri eklenir. Böylece bir geminin toplam direnç katsayısı, aşağıda verildiği gibi ifade edilir:

$$C_{Ts} = C_{Fs} + C_{Rs} + C_A$$

Genellikle pürüzlülüğün etkisi ($C_{F1}=C_F+\Delta C_F$) şeklinde ifade edilir.

Klasik bir deplaman gemisinin ΔC_F değeri 0.0004 civarında alınabilir.

4.2 Viskoz Basınç Direnci (Form Direnci):

Eğrisel yüzeyli bir gemi suda hareket ettiğinde, levha sürtünme direncinden farklı olarak suyun viskozitesinin etkisiyle viskoz basınç direnci ve form direnci denen ilave dirençler oluşur. Geminin su altı geometrisine bağlı olan bu fazlalığa viskoz basınç direnci veya form direnci denir, $k.R_F$ şeklinde ifade edilir.

Buradaki k değeri geminin formunun etkisini gösterdiğinden buna **form katsayısı** ya da **form faktörü** denilir.

Form katsayısının değeri, gemi tipine ve geminin dolgunluk derecesine göre değiştiğinden

$$k = f(B/T, C_P, \nabla/L_{WL}^3)$$

şeklinde yazılabilir.

Gemi geometrik karakteristiklerine bağlı olarak k değerleri, C_F hesabında Hughes formülünü ve ITTC-57 formülünü kullanma durumuna göre aşağıdaki denklemlerle verilmiştir:

$$k_{Hughes} = 0.12 + \frac{32.8 C_B^2}{(L/B)^2 (B/T)} - 0.03$$

$$k_{ITTC} = \frac{32.8 C_B^2}{(L/B)^2 (B/T)} - 0.03$$

Böylece viskoz direnç ve viskoz direnç katsayısı için aşağıdaki bağıntılar yazılabilir:

$$R_V = R_F + R_{vp} = R_F + k R_F = (1 + k) R_F$$

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

4.3 Dalga Direnci

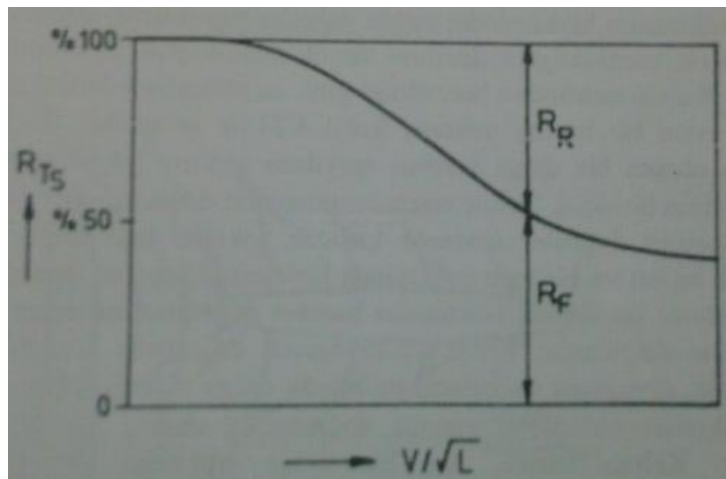
Gemi etrafındaki pozitif basınç bölgeleri su seviyesini yukarıya doğru iter, negatif basınç bölgeleri de aşağıya doğru çeker. Yerçekimi etkisi ile bu durum dalga tepesi ve dalga çukuru şeklinde oluşur ve devam eder.

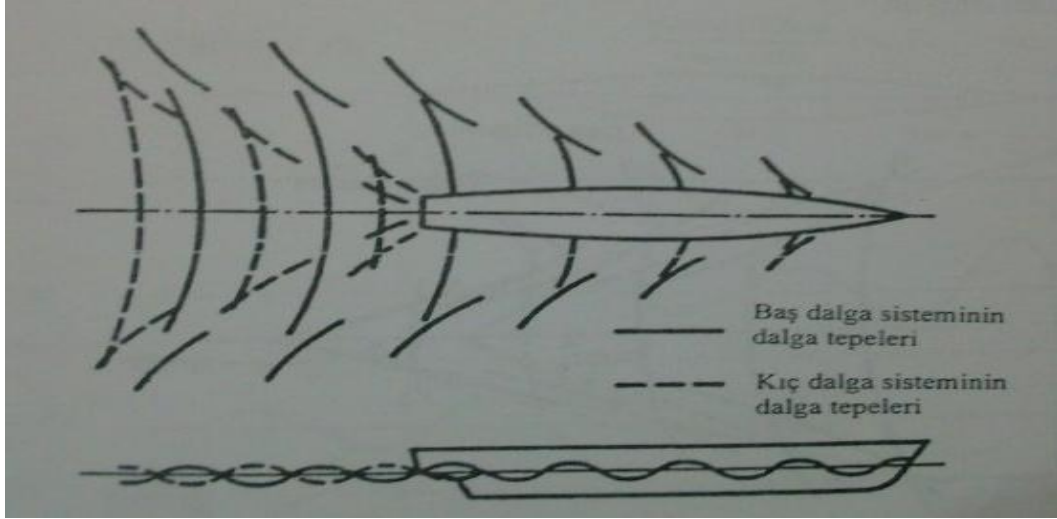
Dalga direnci; \mathbf{v} gemi hızına, en kesitlerinin şekline ve su hatlarının şekline bağlıdır.

Derin sularda ve düşük Froude sayılarında ($\mathbf{Fn} < 0.25$) dalga direnci nadiren toplam direncin % 15 – 20'sini geçer.

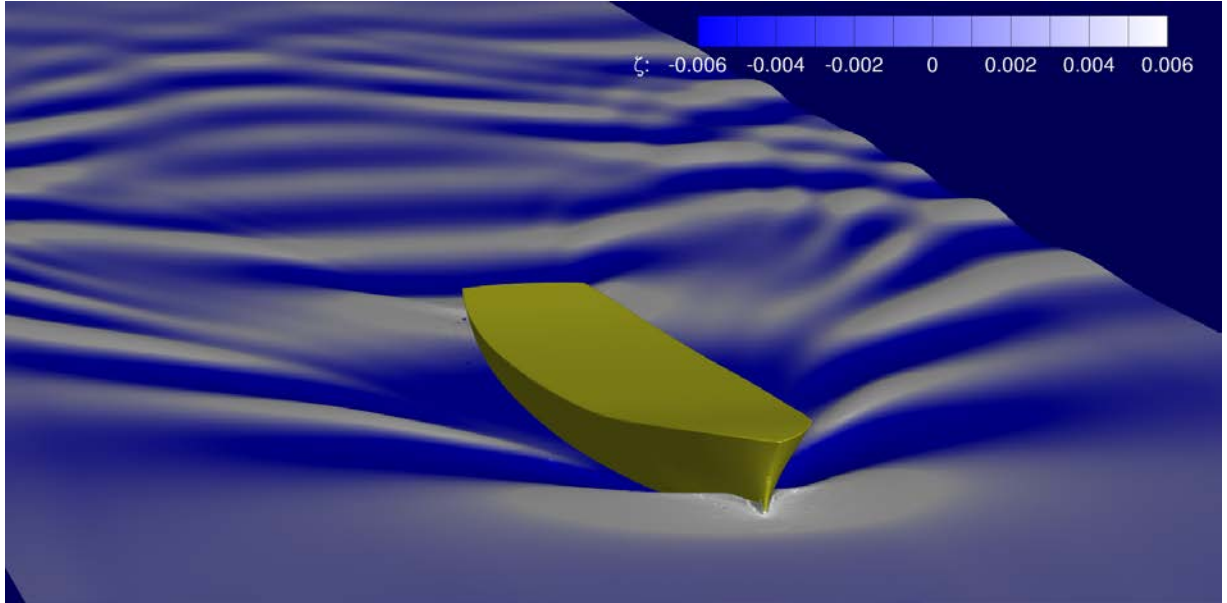
Froude sayısı $0.35 < Fn < 0.5$ aralığında, dalga direnci hıza bağlı olarak artarak toplam direncin yarısına eşit veya daha fazla olabilir ($R_w \cong 0.5 \times R_T$).

Bu durumu Şekil 4.3'teki gibi $\mathbf{R_T - V/L^{0.5}}$ eksenlerinde sürtünme ve artık direnç değerleriyle gösterebiliriz.





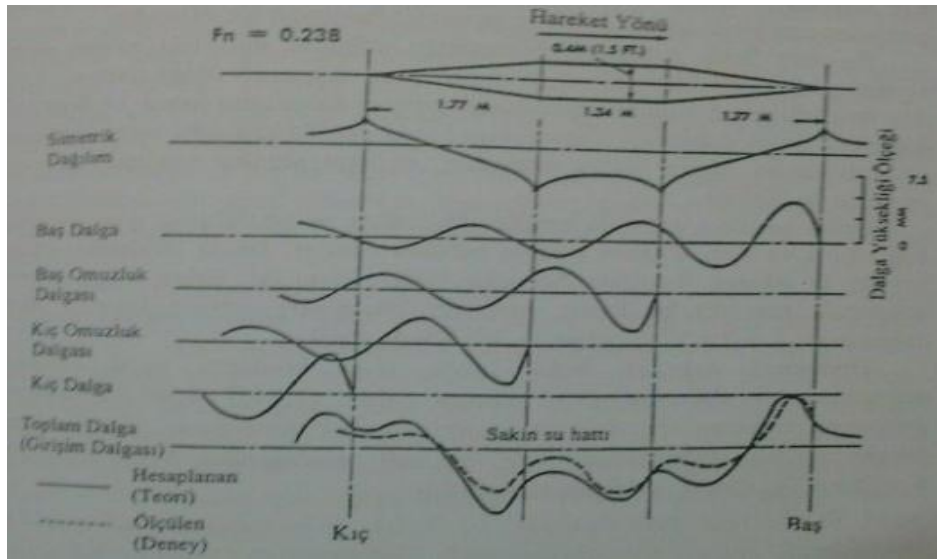
Şekil 4.5 Gemi baş ve kıç dalga sistemlerinin şematik olarak gösterimi.



Gemi halinde ise dalga sistemi çok karışıktır. İlk yaklaşım olarak geminin baş ve kıç bodoslama civarındaki pozitif basınç alanlarının hareketleri sonucunda, **Kelvin basınç noktasının** oluşturduğu dalgalara benzer şekilde, gemi baş ve kıç dalga sistemleri oluşur.

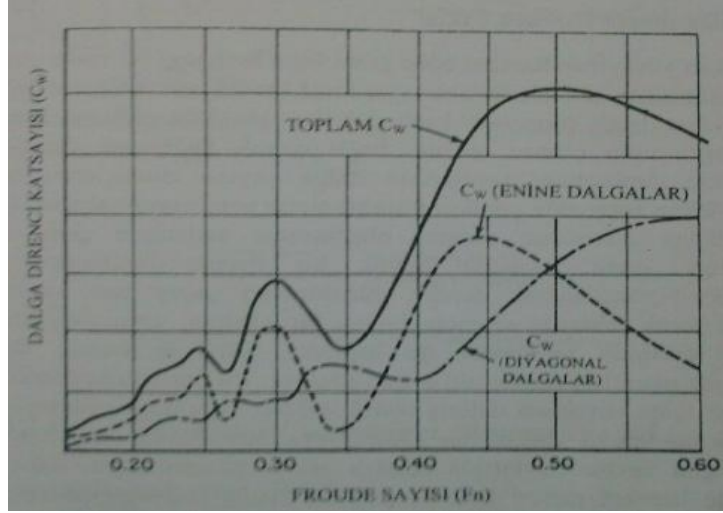
Baş ve kıç bodoslamalara benzer şekilde, negatif basınç bölgelerinin meydana geldiği baş ve kıç omuzluklar da sırasıyla baş ve kıç omuzluk dalgalarını oluştururlar. Ancak bunlar omuzlukların biraz gerisinde ve dalga çukuru şeklinde oluşur.

Söz konusu bu dört dalganın girişimi ile gemi dalgası son şeklini alır. Uçları sivriltilmiş, ortası paralel gövdeli prizmatik bir cismin belirli bir Froude sayısında oluşturduğu dalgalar, Wigley tarafından incelenmiştir. Böyle bir modelin girişim dalgasının teorik yoldan hesaplanan değerleri ile deney sonuçlarının karşılaştırılması Şekil 4.6’da gösterilmiştir:



Şekil 4.6 Uçları sivriltilmiş Wigley modelinin dalga sistemi.

Dalga gözlemleri, **diyagonal** ve **enine dalga** bileşenlerinin birbirine olan üstünlüğünün gemi hızına ve formuna bağlı olduğunu göstermektedir. Düşük hızlı gemilerde enine dalgalar, yüksek hızlı gemilerde ise diyagonal dalgalar daha etkin şekilde oluşurlar. Şekil 4.7’de Froude sayısına bağlı olarak, C_w dalga direnci katsayısının değişimi ile diyagonal ve enine dalgalar tarafından oluşturulan bileşenlerinin değişimleri gösterilmiştir:



Şekil 4.7 Dalga direnci katsayısı ile diyagonal ve enine dalgalardan oluşan bileşenlerinin Froude sayısına göre değişimleri.

Gemi etrafındaki basınç alanı nedeniyle düzgünlüğü bozulan su yüzeyinde meydana gelen dalgalar, yerçekimi etkisiyle gemiden uzaklaşan hareketlerine dalganın iç sürtünmesiyle tüm enerjisini harcadıncaya kadar devam ederler.

Enine dalgalar gemi ile aynı doğrultuda ve hızda hareket ederler. Diyagonal dalgaların ise gemi hareket doğrultusundaki hız bileşeni, v gemi hızına eşittir.

Sığ Sularda Direnç Artışı:

Sığ sularda $\frac{v}{\sqrt{gh}} > 0.7$ ise dalga direnci hıza bağlı olarak çok çabuk artar ve *çoğunlukla sürtünme direncinden daha büyük değerde olur.*

Buradaki $\frac{v}{\sqrt{gh}}$ ifadesi, **derinlik Froude sayısı** olarak isimlendirilir.

v: Gemi hızı

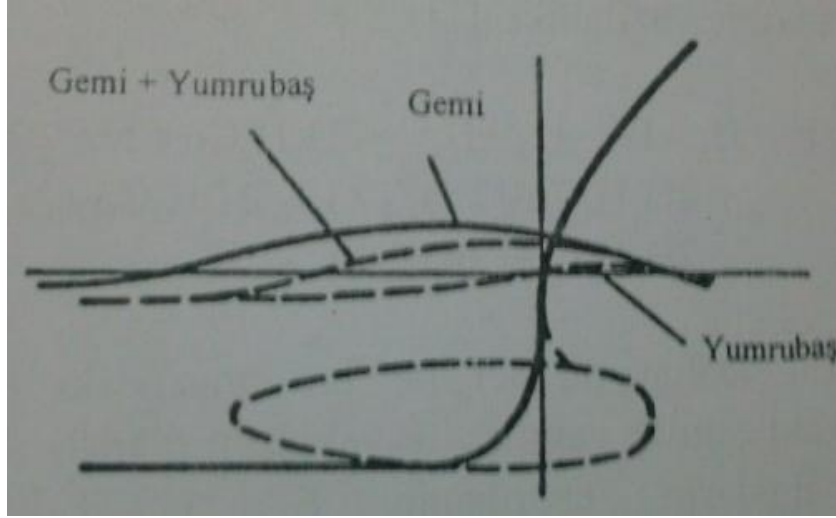
h: Su derinliği

Dalga direnci; denizaltılar gibi su içinde hareket eden su altı deniz araçları için, serbest su yüzeyinden itibaren belirli bir derinlikten sonra ihmal edilebilir mertebededir.

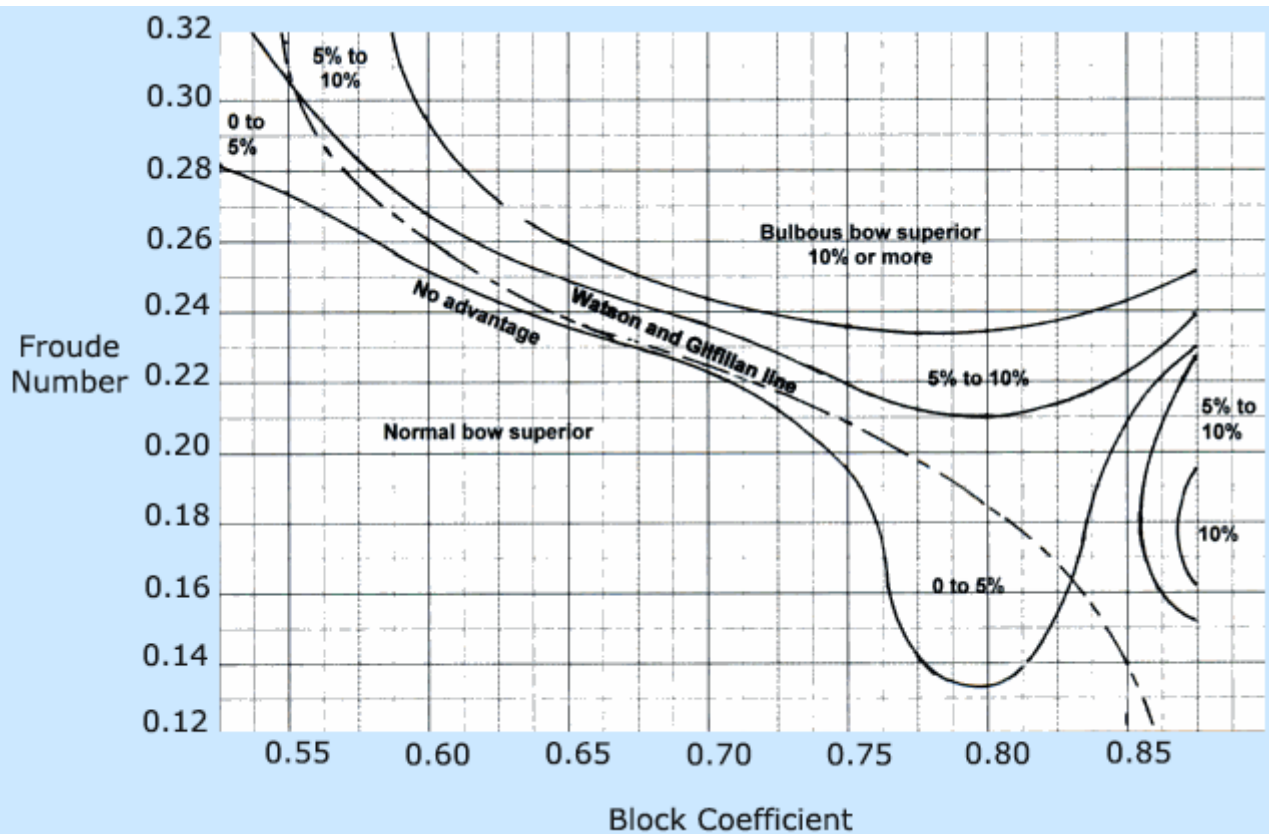
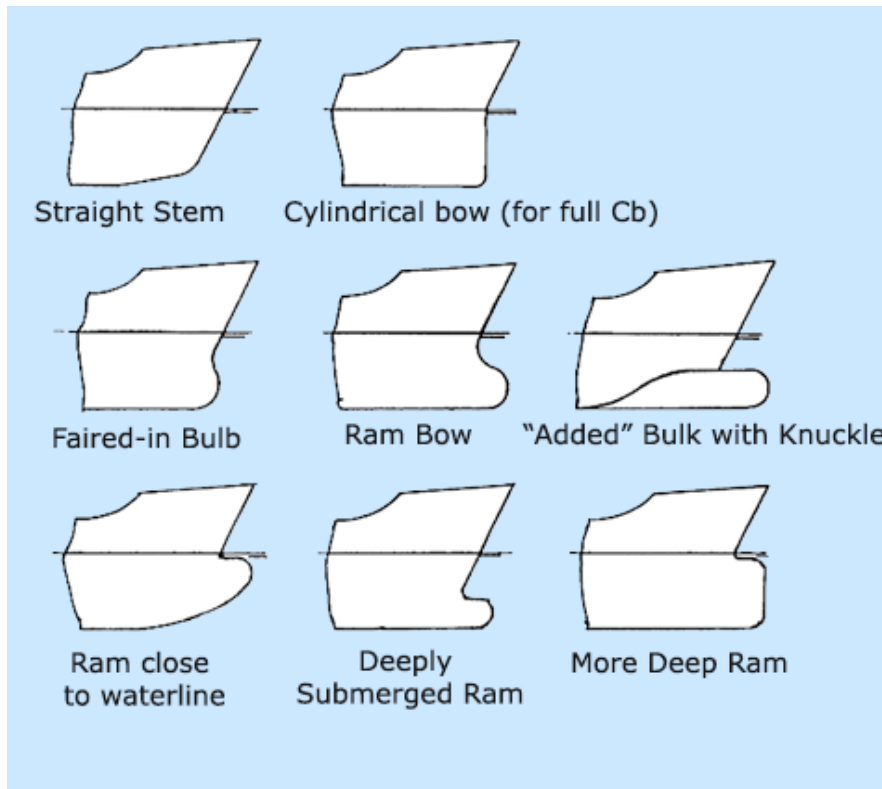
Yumru Başın (Balbın) Dirence Etkisi

Özellikle C_B blok katsayısı ve Fn değeri yüksek olan gemiler için yumru baş uygulaması yararlıdır.

Gemi başında oluşan ve dalga tepesi ile başlayan dalganın; yumru baş etrafındaki negatif basınçtan oluşan ve dalga çukuru ile başlayan dalgayla girişimi, genliği daha düşük olan dalgaları oluşturur (Şekil 4.8):



Şekil 4.8 Normal baş ve yumru baş dalgaları.



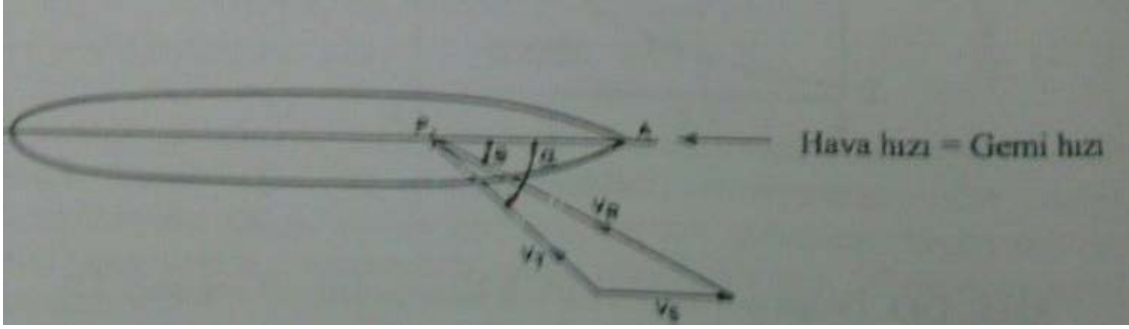
4.4 Hava ve Rüzgâr Direnci

Su üstü gemi ana gövdesinin ve üst yapıların (yerleşim mahallerinin, güverte donanımlarının vd.) hava içindeki hareketi, geminin hava direncini meydana getirmektedir. Söz konusu bu direnç, sakın hava durumunda, geminin hızına, hava ile temas eden ana gövde ve üst yapıların şekline ve kesit alanına bağlı olarak değişir. Havanın kütleli yoğunluğu suyun kütleli yoğunluğundan çok küçük olması nedeniyle, sakın hava koşulundaki bir geminin hava direnci su direncinin **yaklaşık % 2-4'ü kadardır**.

Rüzgâr estiğinde ise gemi ana gövdesi su üstü kısmının ve üst yapıların direnci, rüzgârın doğrultusuna ve hızına bağlı olarak değişim gösterir. Bu nedenle rüzgârlı hava koşulundaki bir geminin hava direnci, hem sakın hava direncini hem de rüzgâr direncini içermektedir. Ayrıca rüzgârın neden olduğu dalgalar da ek bir direnç oluşturur. Geminin su üstü bölümüne etkiyen rüzgâr kuvveti; geminin hızını değiştirir, geminin meyil ve/veya az da olsa trim yapmasına neden olabilir ve eğer dümenle müdahale edilmezse geminin rotasını da değiştirir. Söz konusu rüzgâr kuvveti gerçekte sürekli olmayıp, çoğunlukla kesiklidir ve şiddeti de bir dalgalanma gösterir.

Rüzgârın doğrultusu geminin hareket doğrultusundan bağımsız olup; 0° baştan, 180° kıça kadar herhangi bir doğrultuda olabilir. Şekil 4.9'da gösterildiği gibi rüzgârlı hava durumunda ilerleyen bir gemi için, izafî rüzgâr hızı aşağıda verilen bağıntı ile hesaplanır:

$$V_R = \sqrt{V_s^2 + V_T^2 + 2V_sV_T \cos \alpha}$$



Şekil 4.9 İzafi rüzgâr hızının hesabı.

V_s : Gemi hızı

V_T : Gerçek rüzgâr hızı

V_R : İzafi rüzgâr hızı

P : Rüzgâr kuvvetinin etki merkezi

Geminin rüzgârı tam kıçtan alması halinde; rüzgâr kuvveti, direnci azaltıcı bir şekilde etki ederek, gemi sevkine yardımcı olur. Geminin rüzgârı tam baştan alması halinde ise $\alpha = 0$, $\cos \alpha = 1$ olacağından izafi rüzgâr hızı aşağıdaki gibi olur:

$$V_R = V_s + V_T$$

Gemi üzerine etki eden rüzgâr kuvvetinin hızın karesiyle orantılı olarak değiştiği kabul edilirse, sakın hava koşulundaki hava direnci \mathbf{v}_s^2 ile rüzgârlı hava koşulunda ve baştan karşılaşma halinde ise hava direnci \mathbf{v}_R^2 ile değişir. Sakin bir havada seyreden bir geminin R_{AA} hava direnci aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$R_{AA} = C_{AA} \frac{1}{2} \rho_A A_T V_s^2$$

C_{AA} : Hava direnç katsayısı

ρ_A : Havanın öz kütlesi

A_T : Geminin su üstü kısmının hareket doğrultusuna dik enine iz düşüm alanı

\mathbf{v}_s : Gemi hızı

Geminin baştan rüzgâr alması durumunda; hava direnci 1943 yılında D. W. Taylor tarafından, eni B gemi genişliğine, yüksekliği $(B/2)$ 'ye eşit olan ve hareket doğrultusuna dik olarak yerleştirilen düz bir levhanın direncine eşit kabul edilmiştir. Taylor, hava içinde yaptığı deneylerden direnç katsayısını 1.28 olarak belirlemiş ve $\rho_A = 1.223 \text{ kg/m}^3$ alarak, R_{AA} hava direncini aşağıdaki formülle ifade etmiştir:

$$R_{AA} = C_{AA} \frac{1}{2} \rho_A A_T v_R^2$$

$$R_{AA} = 1.28 \times \frac{1}{2} \times 1.223 \times \frac{B^2}{2} \times v_R^2$$

$$R_{AA} = 0.783 \times \frac{B^2}{2} \times v_R^2$$

Burada,

R_{AA} : Hava direnci (Rüzgârlı hava durumunda) (Newton)

B : Gemi genişliği (m)

v_R : İzaflı rüzgâr hızı (Sakin havada $v_R = v_s$) (m/s)

olmaktadır.

Geminin yandan rüzgâr alması halinde, geminin ana gövdesi ve üst yapılarının çoğu rüzgâra dik olup, bu haldeki etkili alan yaklaşık olarak A_L boyuna iz düşüm alanına eşittir.

Geminin baştan rüzgâr alması halinde ise geminin güvertesi altında kalan su üstü kısmının hava direnci, üst yapıların direncinden daha azdır. Hughes değişik tip gemiler için bunlar arasındaki oranın 0.26 - 0.31 arasında değiştiğini belirlemiştir. Pratik olarak eşdeğer iz düşüm alanını bulmak için; su üstü ana gövdenin enine iz düşüm alanının % 30'una, üst yapıların enine iz düşüm alanının tamamı eklenir.

Hughes, rüzgârlı hava durumundaki bir geminin hava direnci için, aşağıdaki formülü önermiştir:

$$R_{AA} = C_{AA} \frac{1}{2} \rho_A V_R^2 \frac{(A_L (\sin \theta)^2 + A_T (\cos \theta)^2)}{\cos(\alpha - \theta)}$$

Burada,

R_{AA} : Hava ve rüzgâr direnci (Newton)

C_{AA} : Rüzgârlı havanın direnç katsayısı, İzafe rüzgâr doğrultusunun gemi hareket doğrultusu ile yapmış olduğu θ açısına bağı olarak 0.6 – 1.3 arasında değışir.

ρ_A : Havanın kütleel yoğunluğu (1.223 kg/m³)

V_R : İzafe rüzgâr hızı (m/s)

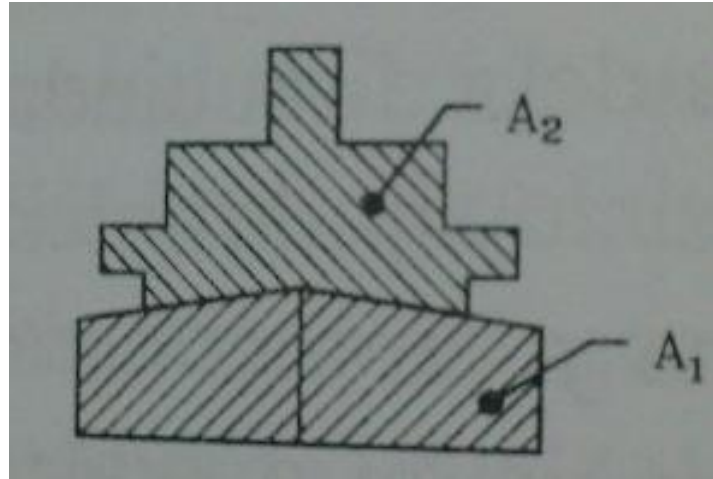
A_T : Geminin su üstü enine iz düşüm alanı (m²) (Bakınız Şekil 4.10)

A_L : Geminin su üstü boyuna iz düşüm alanı (m²)

α : Gerçek rüzgâr doğrultusunun gemi hareket doğrultusu ile yaptığı açı

θ : İzafe rüzgâr doğrultusunun gemi hareket doğrultusu ile yaptığı açı

olmaktadır.



Şekil 4.10 A_T Enine iz düşüm alanı. $A_T = 0.3 A_1 + A_2$

A_1 : Gemi su üstü formunun enine iz düşüm alanı

A_2 : Gemi üst yapılarının enine iz düşüm alanı

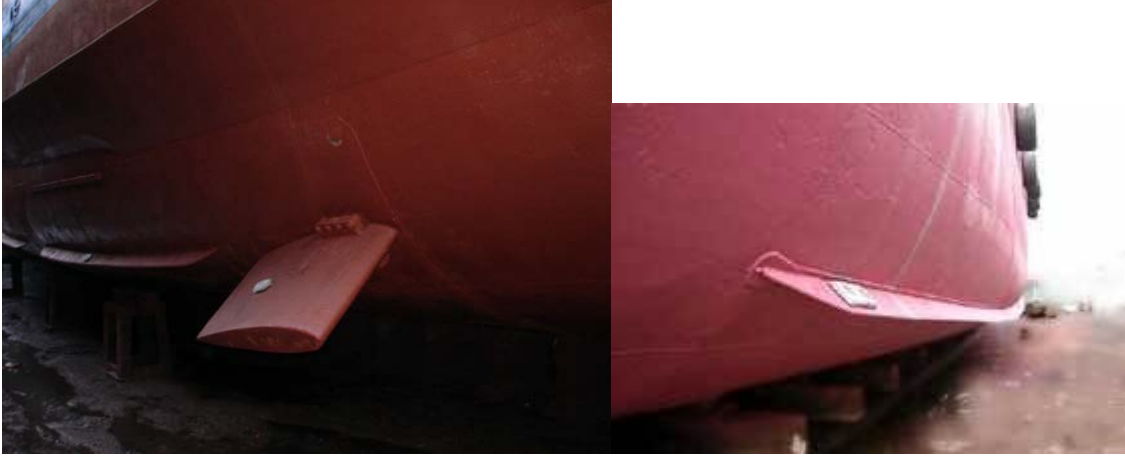
4.5 Takıntıların Direnci

Bir geminin toplam direnç hesabında, geminin su altında; yalpa omurgası, stabilite kanatçıkları, dümen, şaft braketleri ve bosa gibi takıntıların dirençleri de göz önüne alınmalıdır. Ayrıca pervaneli model deneyleri ile pervane etkileri de incelenmelidir.

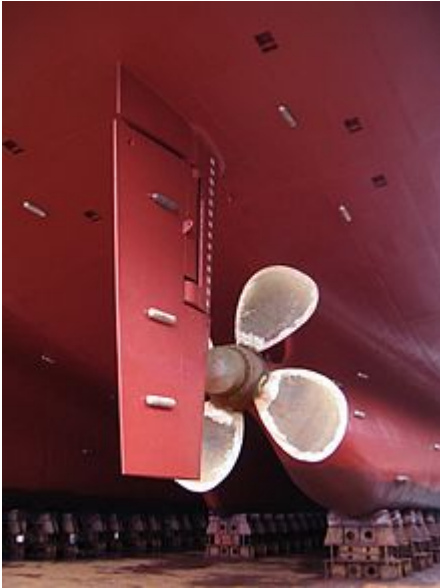
Çoğunlukla gemi modelleri takıntısız olarak deney havuzunda çekilip toplam direnç bulunduğundan sonra, buna her bir takıntının tam boyutlu hali için hesaplanan dirençleri eklenerek, takıntılı teknenin toplam direnç değeri elde edilir. Her bir takıntının karakteristik boyuna göre değişen Froude ve Reynolds sayıları farklıdır. Bu nedenle takıntı modellerinin ana gemiden farklı ölçeklerde deneyleri yapılır. Hâlbuki takıntılı tekne bir bütün olarak deney havuzunda çekildiğinde, elde edilen takıntılı direnç değerinde bir düzeltme yapmak gereklidir. Diğer taraftan takıntıların dirençlerinin toplamı narin ve çift pervaneli gemilerde daha fazla olmasına karşın, **tekne direncinin % 10'u gibi bir yüzde** oluşturduklarından bunların hesaplanmasında yapılan hatalar önemli bir sakınca oluşturmaz. Genel bir kabul olarak takıntıların sürtünme direncini artırdığı düşünülür ve takıntıların girdap şeklindeki etkileri dikkate alınmaz.

Takıntıların direnci ya daha önceki deneyimlerden elde edilmiş formüllerden ya da takıntısız ve takıntılı model deneylerinden bulunur. Bu görüşler doğrultusunda önemli takıntıların dirençlerini belirleme yolları, aşağıda kısaca açıklanmıştır:

Yalpa Omurgası Direnci: Sürtünme direncinin yalpa omurgasının alanıyla arttığı kabul edilir.



Dümen Direnci: Dümenin de yalpa omurgası gibi dümen yüzey alanına bağlı olarak geminin sürtünme direncini artırdığı kabul edilir.



Bosa Direnci: Tek pervaneli gemilerde bosa çok küçük olduğu için direnç yönünden dikkate alınmaz. Ancak çift pervaneli gemilerde bosa ihmal edilemeyecek kadar büyük olduğu için, bosanın gemi direnci üzerindeki etkisi takıntısız tekne direncinin % 5 - 10'u kadardır.

Şaft Braketi Direnci: Birden fazla pervaneli gemilerde tekne oldukça narin ise bosa çok uzun olacağından dirençteki artış fazlalaşır. Bu sebeple uzun bosa yerine pervane milini desteklemek için şaft braketleri kullanılır.

Basit ve genel bir uygulama olarak; takıntıların ve pürüzlülüğün gemi direncine olan etkileri, sürtünme direnci katsayısında bir artış şeklinde aşağıdaki gibi hesaplara katılır:

$$C_{F_1}(\text{takıntılı}) = (C_{Fs} + \Delta C_{Fs}) \frac{(S_w + S_{\text{takıntı}})}{S_w}$$

ΔC_{Fs} : Pürüzlülük etkisi

S_w : Gemi ıslak yüzey alanı

$S_{\text{takıntı}}$: Takıntıların ıslak yüzey alanları toplamı

Sonuç olarak, takıntılı ve pürüzlü geminin sürtünme direnci (R_{F_1});

$$R_{F_1} = \frac{1}{2} \rho v_s^2 S.C_{F_1} \text{ şeklinde olur.}$$