

GEMİ DİRENCİ ve SEVKİ

1. GEMİ DİRENCİNE GİRİŞ: İDEAL AKIŞKAN İÇİNE DALMIŞ BİR CİSİM HALİ, GERÇEK AKIŞKAN İÇİNE DALMIŞ BİR CİSİM HALİ, GERÇEK AKIŞKAN YÜZEYİNDE HAREKET EDEN BİR CİSİM HALİ

Bir geminin istenen bir hızda seyredebilmesi için, ana makine gücünün doğru bir şekilde seçilmesi gerekir. Bu da gemiye etkiyen su ve hava dirençlerini yenebilecek olan pervane itmesini temin edebilecek bir güç değeri olmalıdır.

Hava ve deniz koşulları, gemi üzerindeki takıntılar, pürüzlülük ve kirlenme vs. dikkate alınarak geminin toplam direnci ve buna bağlı olarak da ana makinesinin gücü belirlenir. Ana makine gücünün yanlış seçimi, geminin ömrü boyunca işletmeciliğini olumsuz olarak etkiler.

Gemilerin direnci, en güvenilir olarak ya matematiksel yöntemler uygulanarak ya da model deneyleri gerçekleştirilerek bulunur. Ancak ön dizayn aşamasında, geminin ana boyutlarına ve form katsayılarına bağlı olarak yaklaşık bir şekilde direnç/güç tahmini de yapılabilir.

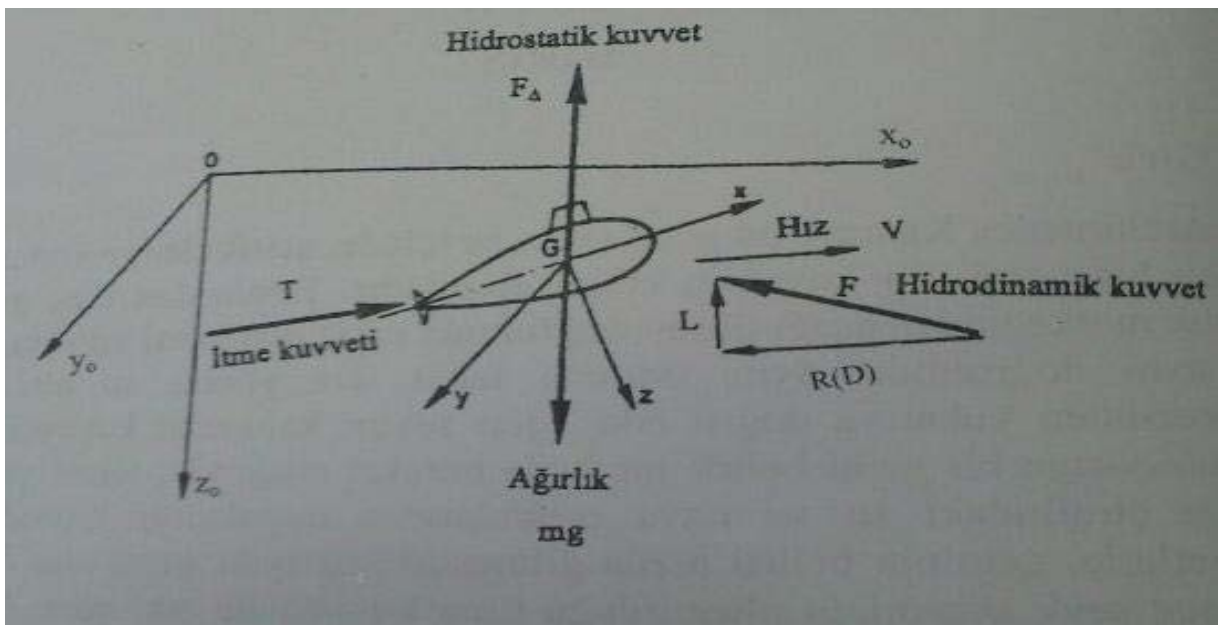
Statik denge durumundaki bir gemiye sadece iki kuvvet etki eder. Bunlar:

1. Geminin Ağırlığı ($W=m.g$)
2. Suyun Kaldırma Kuvveti ($\Delta=\rho.g.V$)

v hızıyla hareket eden bir gemiye ise geminin ağırlığı ve suyun kaldırma kuvvetinden başka pervanenin temin ettiği bir itme kuvveti ile su ve havanın uyguladığı hidrodinamik kuvvetler de etki eder (Şekil 1.1).

Bu kuvvetler:

1. Ağırlık Kuvveti ($W=m.g$)
2. Hidrostatik Basınç Kuvveti ($\Delta=\rho.g.V$): Bu kuvvet, suyun kütle yoğunluğuna, yerçekimi ivmesine ve cismin su içinde kalan hacmine bağlıdır.
3. İtme Kuvveti (T): Bu kuvvet, pervane tarafından temin edilir.
4. Hidrodinamik Kuvvet: Harekete ters yöndeki $R(D)$ direnç kuvvetinden ve hız doğrultusuna dik yöndeki L kaldırma kuvvetinden oluşur. Hidrodinamik kuvvet geminin geometrisine, hareketin ve suyun özelliklerine bağlıdır.



Şekil 1.1 v hızıyla hareket eden bir cisim üzerine etki eden kuvvetler.

Eğer bu kuvvetlerin bileşkesi ve bu kuvvetlerin herhangi bir yere göre momentleri sıfır ise o zaman gemi dönme hareketi yapmadan sabit bir hızla ilerliyor demektir. Yukarıdaki kuvvetlere ek olarak gemilere bazı durumlarda ayrıca ilave kuvvetler de etki eder. Bunlar:

- İskeleye yanaşma,
- Yedekte çekilme,
- Demirleme,
- Dümen kırma ve
- Yükleme/Boşaltma esnasında gemiye etkiyen kuvvetlerdir.

Gemilerin su içerisinde belirli bir hızda gidebilmesi ana makine ve pervane sistemindeki ayarlamalarla sağlanırken, belirli bir doğrultuda gitmeleri de bir dümen sistemi ile sağlanır. Eğer bunlar yetersiz ise baş itici, kış itici, römorkör, halat, demir, ırgat, vinç vs. de kullanılabilir.

Gemilere doğal koşullarda etkiyen kuvvetler kontrol edilemezler. Bu kuvvetlere örnek olarak sığ su ve akıntılı dar su yolu gibi ortamlardaki kuvvetler ve ayrıca rüzgâr ve dalgalardan kaynaklanan kuvvetler gösterilebilir. Bu kuvvetlerin de önceden doğru bir şekilde tahmin edilerek gerekli önlemlerin alınması gerekir.

Bir gemi yüzeyine etki eden dinamik basınç kuvveti, aşağıda verildiği şekilde belirlenir:

$$F = \frac{1}{2} C \rho S v^2$$

Burada;

C : Katsayı

ρ : Suyun kütle yoğunluğu (Özgül kütle),

S : Gemi ıslak yüzey alanı ve

v : Gemi hızı olmaktadır.

Gemiye sabit bir hızda hareket ettirmek için gerekli olan güç, aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$GÜÇ = \frac{İŞ}{ZAMAN} = \frac{KUVVET \times YOL}{ZAMAN} = KUVVET \times HIZ$$

Gemiye belli bir hızda götürebilmek için gerekli olan gücün belirlenmesinde, öncelikle söz konusu o hız değerindeki geminin direncinin doğru bir şekilde hesaplanması gerekir.

Genel olarak bir akışkanın içerisindeki bir cisme iki tür kuvvet etki eder. Bunlar:

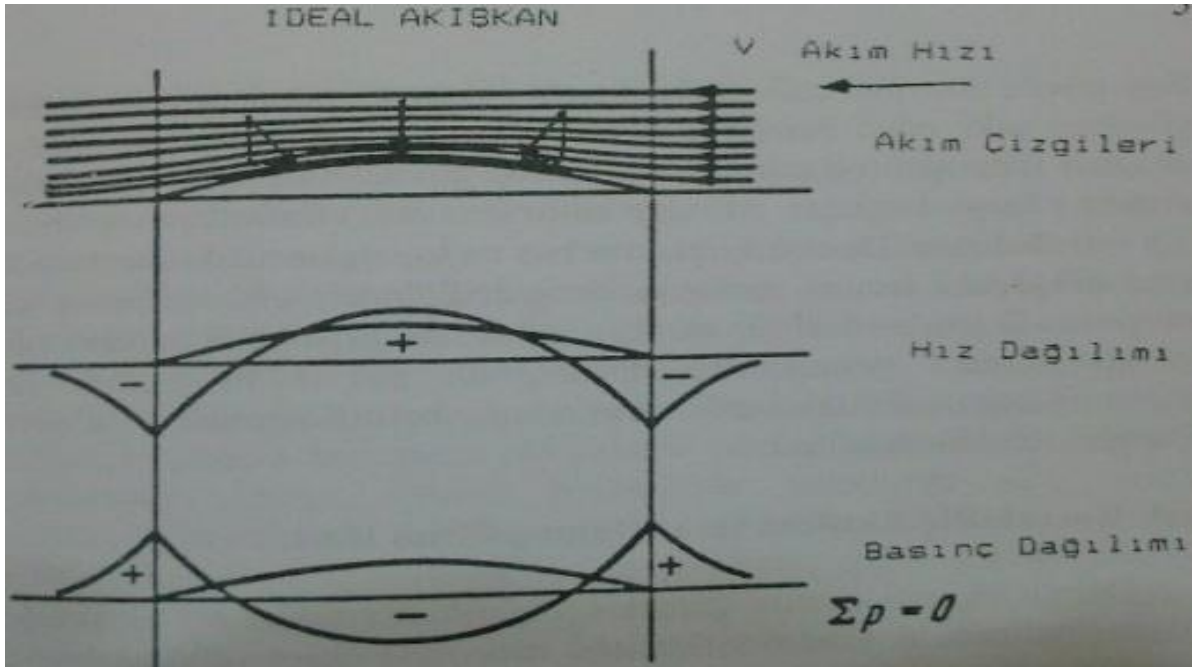
1. Yüzeye teğet sürtünme kuvvetleri,
2. Yüzeye dik basınç kuvvetleridir.

Bu kuvvetlerin gemi hareket yönünün tersi doğrultusundaki bileşenine **direnç kuvveti** denilir. Bu kuvvet, gemiyi durdurmaya çalışır. Su ve havadan kaynaklanan ve hareket yönüne zıt olarak etkiyen kuvvetler, geminin toplam direncini oluşturur (R_T).

1.1 İdeal Akışkan İçine Dalmış Bir Cisim Hali

İdeal akışkan, sürtünmesiz ve sıkıştırılamaz bir akışkan olarak tanımlanır.

Akım çizgilerini bozmayacak damla şeklindeki bir cisim, ideal bir akışkan içine tam battığı zaman herhangi bir dalga oluşturmaz dolayısıyla dalga yapma direnci (dalga direnci) sıfır olur. Ayrıca akışkan ideal olduğu için sürtünme direnci de sıfırdır. Cisme etki eden basınç kuvvetlerinin yatay bileşeni sıfırdır. Dolayısıyla cismin toplam direnci sıfır olur (Şekil 1.2).



Şekil 1.2 İdeal akışkan içine dalmış bir cismin etrafındaki akım çizgileri, hız ve basınç dağılımları.

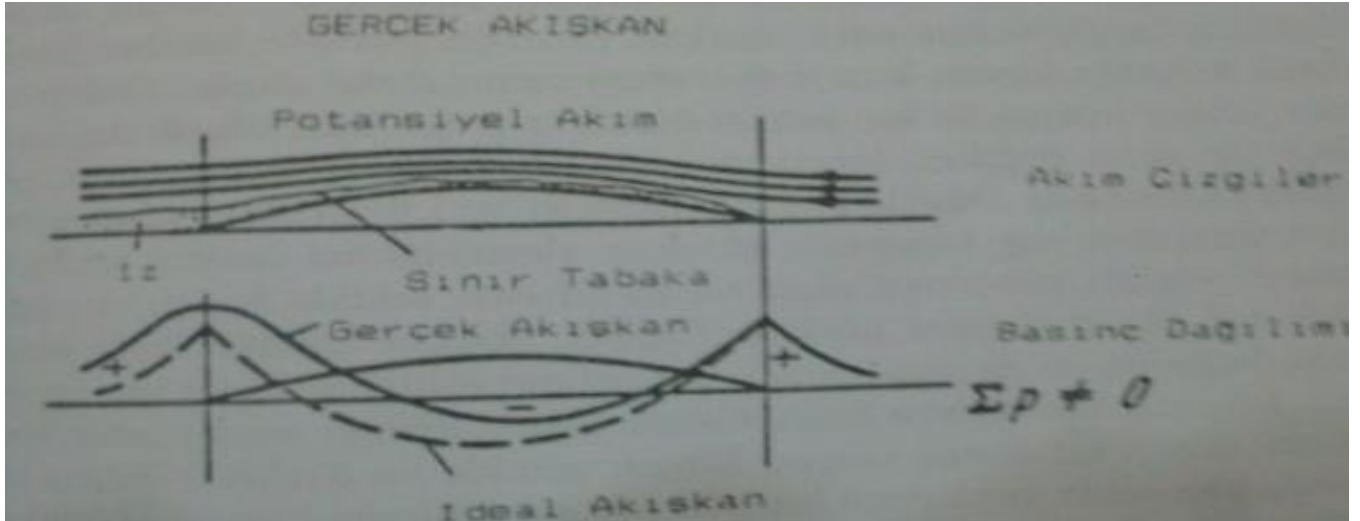
1.2 Gerçek Akışkan İçine Dalmış Bir Cisim Hali

Gerçek akışkan, viskoz akışkan olarak da isimlendirilir.

Viskoziteden dolayı cismin yüzeyi ile akışkan arasında bir sürtünme oluşur.

Viskozite sebebiyle sınır tabaka meydana gelir ve cismin etrafındaki basınç dağılımları değişerek, **viskoz basınç direnci** veya **form direnci** denen bir direnç oluşur. Cismin baş tarafından kış tarafına doğru bir basınç artışı gerçekleşir (Şekil 1.3).

Dolgun kış formuna sahip gemilerde genellikle akım ayrılması meydana gelir. Bu olay kış akımında girdap oluşumunun bir göstergesidir. Bu girdaplar için harcanan enerji; viskoz basınç direncinin, **girdap direnci** denen bir bileşenini oluşturur. Söz konusu bu durum tanker ve dökme yük gemisi gibi dolgun gemilerde daha fazla önem kazanır.



Şekil 1.3 Gerçek akışkan içinde hareket eden bir cismin etrafındaki akım çizgileri, sınır tabaka ve basınç dağılımı.

1.3 Gerçek Akışkan Yüzeyinde Hareket Eden Bir Cisim Hali

Gerçek akışkan yüzeyinde hareket eden bir cisme; sürtünme, sınır tabakanın ayrılması (girdap oluşumu) dışında bir de dalga direnci etki eder.

Cisim etrafındaki farklı basınç noktaları, bir dalga sistemi meydana getirir. Söz konusu bu dalga sistemi, diyagonal ve enine dalgalardan oluşur.

Dalga yapmaya harcanan enerji, geminin hareketine karşı koyan bir kuvvete eşittir. Buna **dalga yapma direnci** (kısaca **dalga direnci**) denilir. Dalga direnci ideal akışkanda da meydana gelir.

2. GEMİ DİRENCİNİN BİLEŞENLERİ

2.1 Gemi Direnci

Bir gemi viskoz akışkan ortamlarında (su + hava) \mathbf{v} hızıyla hareket ediyorsa, gemiye viskoziteden kaynaklanan yüzeye teğet sürtünme kuvvetleri ve gemi etrafındaki basınç dağılımının değişmesi sebebiyle de yüzeye dik basınç kuvvetleri etki eder. Her iki kuvvetin gemi hareket yönünün tersine olan bileşenleri, geminin toplam direncini oluşturur.

$$R = \int_S (T_x + N_x) dS$$

R: Toplam direnç kuvveti (Belirli bir hızdaki geminin üzerine harekete ters yönde etki eden akışkan direnç kuvvetlerinin toplamıdır (Su direnci + Hava direnci))

S: Geminin toplam yüzey alanı

T_x : Gemi yüzey elemanına etkiyen teğet sürtünme kuvvetinin x doğrultusundaki bileşeni

N_x : Gemi yüzey elemanına etkiyen dik basınç kuvvetinin x doğrultusundaki bileşeni

Geminin (su + hava) içindeki hareketini sağlamak için gerekli olan enerji ya ana makine-pervane sevk sisteminin temin ettiği itme kuvveti ile ya da dışarıdan uygulanan çekme veya itme kuvveti ile sağlanır.

2.2 Gemi Direncinin Bileşenleri

Su direncinin fiziksel olarak üç temel bileşeni vardır. Bunlar:

- Sürtünme Direnci: Sınır tabakada su ile gemi yüzeyinin sürtünmesine bağlı bir kuvvettir.
- Viskoz Basınç Direnci: Akıntı yönünde hareket eden girdabın oluşmasındaki enerji kaybı ve sınır tabakadan kaynaklanan basınç değişimi ile ilgili kuvvettir.
- Dalga Direnci: Gemi tarafından oluşturulan dalga sistemi için sürekli olarak harcanan enerji ile ilgili kuvvettir.

Sürtünme direnci ve viskoz basınç direnci sadece viskoz akışkan ortamında yani gerçek akışkan ortamında oluşur. Tablo 3.1’de, akışkanın cinsine ve cismin durumuna göre meydana gelen direnç türleri gösterilmiştir:

Tablo 3.1

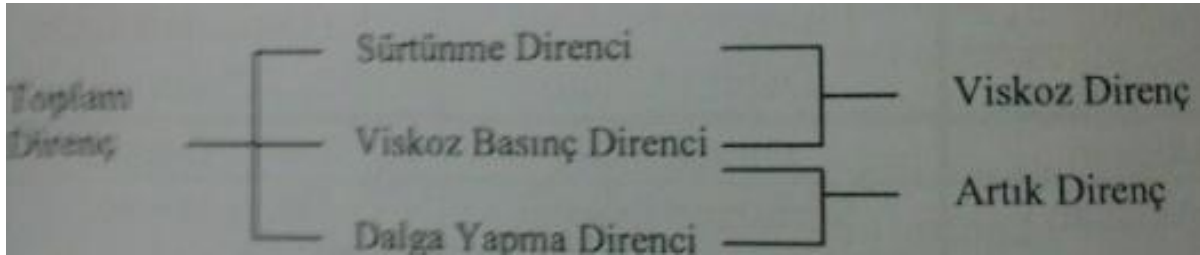
Cismin Konumu → Akışkanın Türü ↓	Tamamen Su İçine Dalmış Cisim	Su Üstünde Yüzen Cisim
İdeal Akışkan	Direnç Yok	Dalga Direnci
Gerçek Akışkan (Viskoz Akışkan)	Sürtünme Direnci Viskoz Basınç Direnci	Dalga Direnci Sürtünme Direnci Viskoz Basınç Direnci

Herhangi bir geminin R_T toplam direncini, aşağıda belirtilen yöntemlere göre sınıflandırmak mümkündür:

- Direnci oluşturan kuvvetlerin yüzeye teğet veya dik oluşuna göre
- Viskoz veya ağırlık kuvveti etkisiyle meydana gelişine göre
- Reynolds veya Froude benzerliğinin gerçekleşmesi durumuna göre

Klasik bir deplasman gemisinin rüzgârsız bir havada ve sakin bir denizde sudan gördüğü toplam direnç, Tablo 3.2'deki gibi ifade edilir:

Tablo 3.2



Toplam Direnç = Sürtünme D. + Viskoz Basınç D. + Dalga Yapma D.

Toplam Direnç = Viskoz D. + Dalga Yapma D. (Viskoziteye göre-Houges Y.)

Toplam Direnç = Sürtünme D. + Artık D. (Basınca göre-Froude Y)

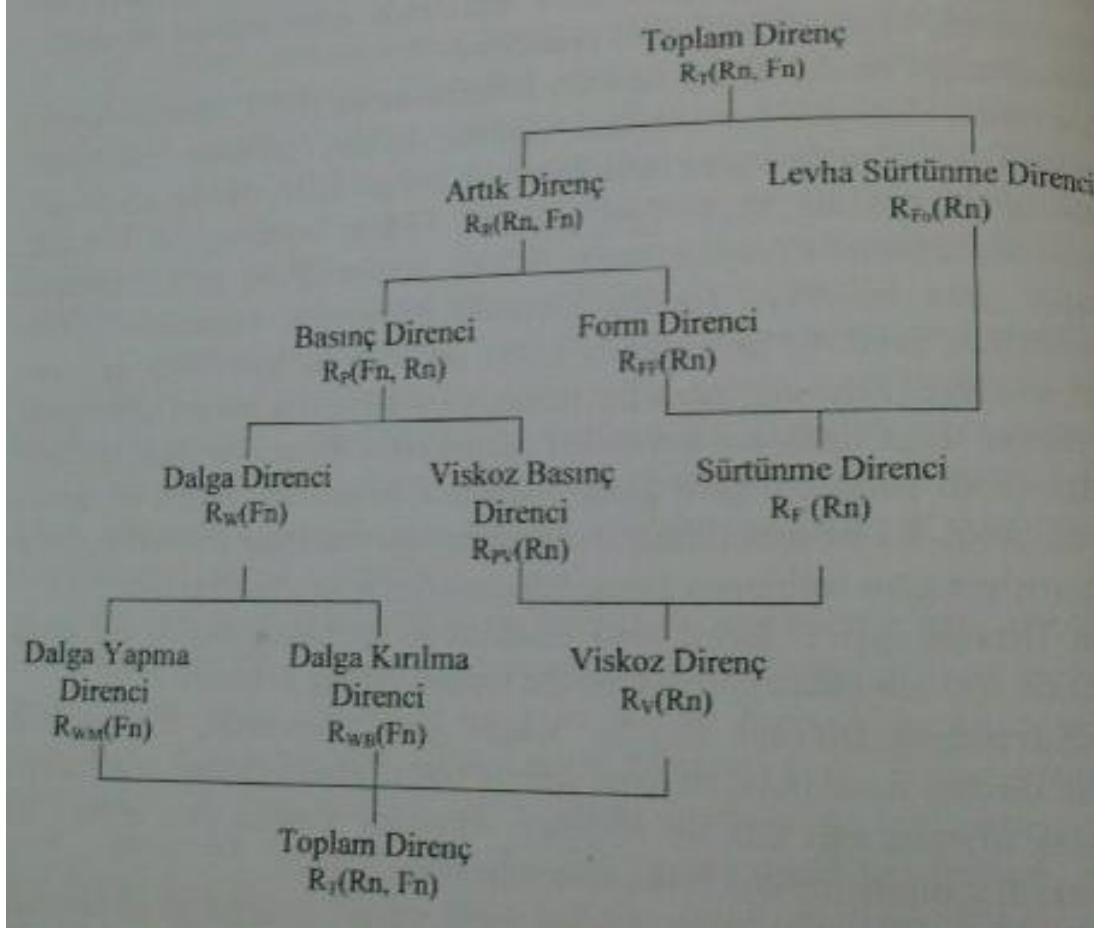
Viskoz Direnç = Sürtünme Direnci + Viskoz Basınç Direnci

Artık Direnç = Viskoz Basınç Direnci + Dalga Yapma Direnci

Viskoz direnç; geminin su altı geometrisine, gemi ıslak yüzeyinin düzgünlüğüne, ıslak yüzeyin kirlilik durumuna ve alanına bağlıdır.

Bir geminin R_T toplam direncinin bileşenleri, R_n ve F_n katsayılarına göre Tablo 3.3'te gösterildiği gibidir:

Tablo 3.3



Levha Sürtünme Direnci (R_{FO}): Bu direnç bileşeni, boyu gemi boyuna eşit ve ıslak yüzey alanı da gemi ıslak yüzey alanına eşit olan bir levhanın sürtünme direnci olarak tanımlanır.

Gemi Sürtünme Direnci (R_F): Eğrisel gemi yüzeyi etrafında üç boyutlu akımda gerçek sürtünme direncidir.

Artık Direnç (R_R): Froude hipotezine göre,

$$R_R = R_T - R_{FO} \quad R_R = R_{FF} + R_{PV} + R_W \text{ şeklinde elde edilir.}$$

Viskoz Direnç (R_V): $R_V = R_F + R_{PV}$ veya $R_V = R_T - R_W$

Basınç Direnci (R_P): Gemi yüzeyine dik olarak etki eden kuvvetlerin gemi hareket doğrultusundaki bileşenidir. Dalga direnci, viskoz basınç direnci ve serpinti dirençlerinin toplamı, basınç direncini oluşturur.

$$R_P = R_W + R_{PV} + R_S \quad \text{veya} \quad R_P = R_T - R_F$$

R_S : Serpinti direnci

Viskoz Basınç Direnci (R_{PV}): Viskozite ve türbülans etkisiyle oluşan normal gerilmelerin gemi hareket doğrultusundaki bileşeninden oluşur. Anafor direnci, sınır tabakanın ayrılmasının doğuracağı direnç ve sintine girdaplarının direnci gibi isimlendirilen ek dirençlerin toplamından meydana gelmektedir. Doğrudan ölçülemez, fakat tamamen su içine batmış cisimlerde basınç direncine eşittir.

Dalga Yapma Direnci (Dalga Direnci) (R_W): Gemi dalga sistemini oluşturmakta harcanan enerji ile ilgili bir direnç bileşenidir. Kısaca Dalga Direnci olarak da isimlendirilir.

Dalga Kırılma Direnci (R_{WB}): Geminin oluşturduğu dalgaların (özellikle gemi baş dalgalarının) çok dik olmaları sebebiyle kırılmalarından oluşan bir direnç bileşenidir.

Serpinti Direnci (R_S): Özellikle yüksek hızlı gemilerde serpinti oluşturmakta harcanan enerjiyle ilgili bir direnç bileşenidir.

Ek Dirençler (R_A): Ek dirençler bileşeni aşağıda açıklanan birtakım alt bileşenlerden meydana gelir. Bunlar:

Takıntı Direnci (R_{Ap}): Dümen, şaft braketleri, yalpa omurgası, yalpa kanatçıkları vs. gibi elemanların oluşturduğu dirençlerin toplamıdır.

Pürüzlülük Direnci (R_{AR}): Gemi yüzeyindeki üretim pürüzlülüğü, boya, korozyon ve kirlenmeden kaynaklanan direnç.

Hava ve Rüzgâr Direnci (R_{AA}): Sakin bir havada gemi su üstü yapısına etkileyen direnç kuvvetidir. Söz konusu bu kuvvet rüzgâr olduğunda, rüzgârın yönüne göre değişim gösterir.

Rota Direnci (R_{AS}): Geminin rotası belirlenirken dümen kullanımından kaynaklanan ilave direnç.

Sığ Su ve Kanallarda Görülen Direnç Artışı (R_{ASW}): Sığ suda deniz tabanı ve kanallarda ya da nehirlerde tabana ek olarak yan tarafların da etkisinden dolayı, derin sudaki dirence ilave olarak direncin artması.

Dalgalarda Direnç Artışı (R_{AW}): Bir geminin belirli bir hızda rüzgârlı ve dalgalı haldeki direnç değeri, aynı hızda sakin sudaki direnç değerinden daha fazladır. Rüzgâr ve dalganın şiddet ve yönüne göre değişen bu artma miktarı, dalgalarda direnç artışı olarak bilinir.