

1. GİRİŞ

Manevra, bir deniz taşıtının bir yere yanaşmak veya bir yerden ayrılmak için yaptığı hareketlerdir. Bu tanımdan da anlaşılacağı üzere manevra düşük hızlarda yapılır. Dolayısıyla günümüzde bu düşük hızlarda daha fazla manevra kabiliyeti sağlamak adına baş ve kışa pervaneler yerleştirilir. Bu pervaneler, liman içerisinde gemilere ve küçük teknelere kolaylıklar sağladığı gibi, nehir gemilerinin seyri sırasında da sık karşılaşılan dönme noktalarında manevra yapılmasında büyük rol oynarlar. Enine iticiler olarak da bilinen bu manevra elemanlarından baş itici pervane, daha sık rastlanan bir uygulama olarak karşımıza çıkmaktadır.

Gemilerde ve küçük teknelerde üç çeşit baş itici uygulaması görülür. Bunlardan birincisi dıştan takma olan, sadece küçük teknelerde görülen ve yaygın olmayan bir uygulama yöntemidir. İkincisi, su jeti tipidir ve daha masraflıdır. Bu yüzden bu tip baş iticiler de birinci tip gibi tercih edilen bir yöntem değildir. Diğer ise tünel iticisi olarak da bilinen, tekne üzerinde açılan enine bir tünel içerisine yerleştirilmiş pervane ile gemi bünyesine bütünleşmiş olan ve çok yaygın olarak kullanılan yöntemdir. Üçüncü ve çok sık karşılaşılan bu yöntem, akımı bozmayacak ve yüksek bir dirence neden olmayacak şekilde konumlandırılmalı, bu nedenle önceden akım testleri yapılarak şekillendirilmelidir.

Baş itici pervane, bir elektrik motoru, bir veya iki pervane ve bunlar arasındaki bağlantıyı sağlayan bir şafttan oluşur. Bu konuda benimsenmiş bir kural olmadığından baş iticinin seçimi yaklaşık hesaplara dayalı olarak yapılır. Bu hesaplarda, çeşitli yöntemlerle gereken itme hesaplanır ve konulacak pervanenin çapına göre motor gücü belirlenir. Ancak bu yöntem sektörde çok fazla benimsenmemekle birlikte, kardeş iki gemi için farklı güçlerde baş iticiler kullanıldığına da rastlanmaktadır. Bu bitirme çalışmasında, baş itici pervanelerin konumlandırılmaları, tünel ağzının yapısı incelenmiş ve elektrik

motor gücünün itmeye bağlı hesabı bilgisayar programı yardımıyla yapılmıştır.

2. BAŞ İTİCİ PERVANE TANIMI, TİPLERİ VE KONUMLANDIRILMASI

2.1 Tanım

Baş itici pervane, deniz taşıtlarının çok büyük bir kısmında, düşük hızlarda, manevra kabiliyetini yükseltmek amacıyla kullanılan, elektrik motoru, pervane ve motorun bağlantısını sağlayan şafttan oluşan bir sistemdir. Bu sistem, limanlarda geminin veya küçük teknelerin rıhtımlara yanaşması ve rıhtımlardan ayrılması için kullanıldığı gibi, nehir gemilerinin nehirlerde kolay seyri amacıyla ve römorkörlerde kullanılır. Ticari gemilerde, bu tip bir sevk sistemi römorkörlere ihtiyaç duymamak için tercih edilir [1].



Şekil 2.1 Baş itici pervane [1].

Limanlarda römorkörlerden bağımsız manevra yapabilen gemiler, liman masraflarını azaltmış olmaktadır. Bu nedenle, günümüzde ticari gemilerin tamamına yakın bir kısmı bu sistemi bulundurur. Küçük teknelerde ise marinalarda alanların küçülmesi, baş iticileri, rahat bir yanaşma işlemi için gerekli kılmaktadır. Bununla birlikte, tekneçiliğin daha çok konfor ve eğlenmeye yönelik olması nedeniyle baş iticiler, bir gezi sonunda yaşanacak

sıkıntıları önlemesi açısından da önemlidir. Bu sevk sistemi yüksek tekneçilik yeteneğine sahip bir tayfa gereksinimini de ortadan kaldırır [2].

2.2 Baş İtici Pervane Tipleri

Baş itici pervane tipleri üç çeşittir. Bunlar dıştan takma, su jeti tipi ve tünel iticisidir. Su jeti tipi baş iticiler, maliyetlerinin yüksek olması nedeniyle kullanımına çok nadir rastlanır. Dıştan takma baş itici pervaneler, yüksek dirence neden olduğundan tercih edilen bir yöntem değildir. Tünel iticileri, hem gemi bünyesine dahil olması hem de düşük maliyetli olması nedeniyle en çok kullanılan tipte baş iticilerdir.



Şekil 2.2 Su jeti tipi baş itici [2].



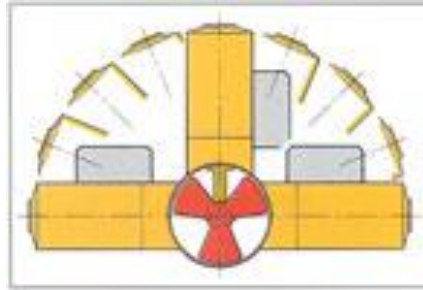
Şekil 2.3 Dıştan takma tip baş itici [1].



Şekil 2.4 Tünel iticisi [1].

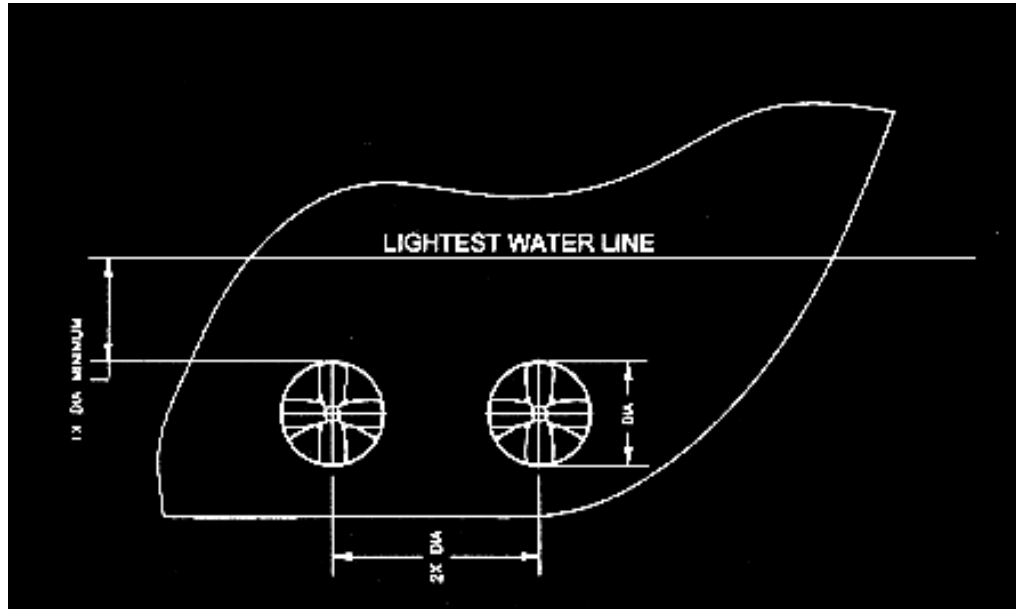
2.3 Baş İtici Pervanenin Konumlandırılması

Baş itici pervaneler konumlandırılırken birçok husus göz önünde bulundurulur. Bu çalışmada, ilk iki tip baş itici değil, en çok kullanılan tünel iticileri incelenmiştir. Baş itici tünel çapının olabildiğince küçük seçilmesi, hem dirence olan katkının küçülmesi hem de bu sayede başa daha yakın konumlandırma sayesinde döndürme momentinin artması açısından önemlidir. Elektrik motoru, pervanenin üzerinde olmak koşuluyla istenildiği gibi yerleştirilebilir [3].

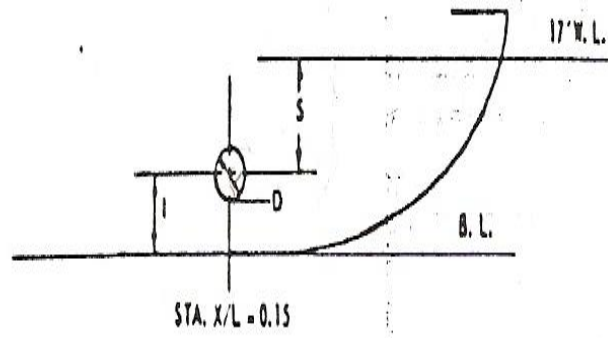


Şekil 2.5 Elektrik motorunun konumu [3]

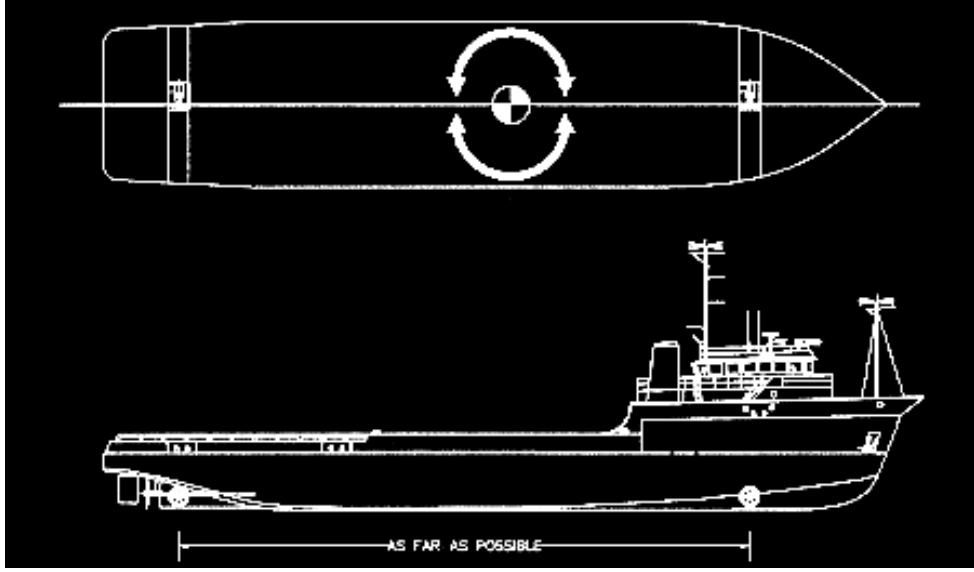
Baş itici tüneli, en düşük su hattından bir çap mesafesi kadar aşağıda konumlandırılabilceği gibi, geminin taban hattından bir çap kadar yukarıda da seçilebilir. İki adet pervane konulması durumunda, bu iki pervane arasında iki çap kadar mesafe olması uygun görülmüştür. İskele ve sancağa eşit itme sağlayacağı için konulacak iticinin geminin merkez hattına konması gerekmektedir [2,4].



Şekil 2.5 Baş itici pervane(leri)nin konumu [2].

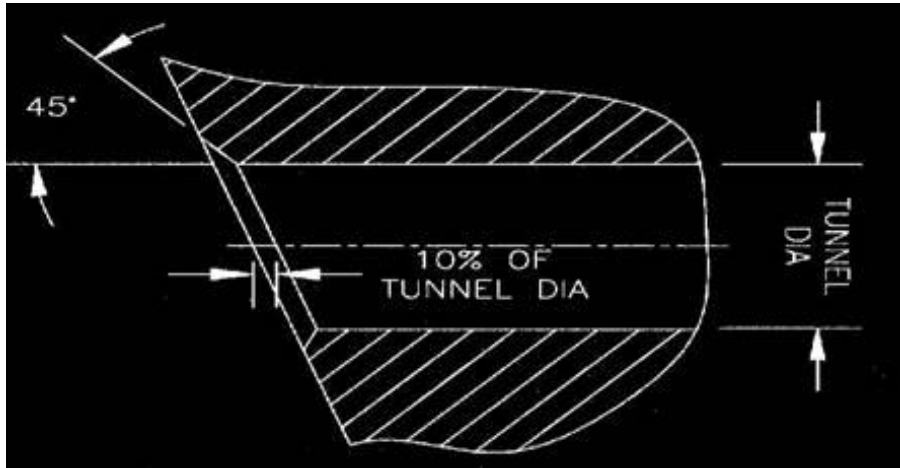


Şekil 2.6 Baş itici pervane konumu [4].



2.7 Baş itici pervanesinin konumu ve pivot nokta [2].

En yüksek itici verimi, tünelin bordaya birleştiği yerde şev oluşturulması ve kaşık olarak adlandırılan bir oyuğun açılması ile sağlanır. Oluşturulacak şevin kalınlığının tünel çapının yüzde onu kadar olması ve tünelin merkez hattıyla 45 derece açı yapacak şekilde düzenlenmesi tavsiye edilmiştir. Buna ek olarak iticinin veriminin yükseltilmesi için açılmış olan kaşığın konik olması, sürtünme ve tekne direncinin düşürmesi açısından da önemlidir [2].



Şekil 2.8 Şev oluşturulma şekli [2].

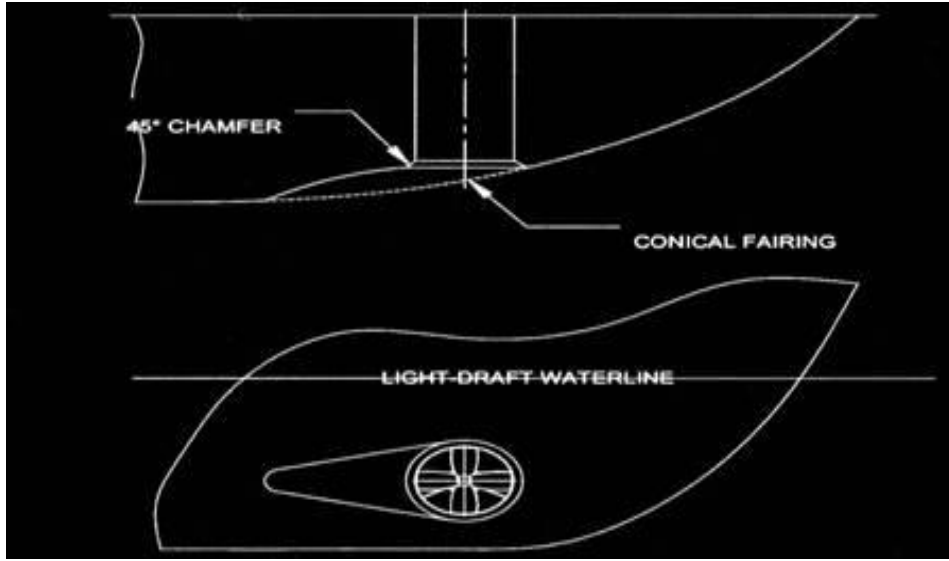


Example
Chamfered Tunnel Inlet



Example
Radiused Tunnel Inlet

Şekil 2.9 Şevli ve yuvarlak kenarlı tünel iticisi [2].



Şekil 2.11 Konik kaşık [2]

Suda yüzen önemli büyüklükte parçaların, yüzücülerin ve dalgıçların öngörülmesi halinde, pervanenin ve insanların zarar görmemesi adına tünelin başına ızgara şeklinde bir yapının yerleştirilmesi uygun görülmüştür. Bu ızgara, tünelin çapına göre 2-4 çubuktan oluşmalı ve tünelin iki çıkışına da yerleştirilmelidir. Izgarayı oluşturacak çubuklar düz, yuvarlak köşeli ve silindirik iki tip çubuktan oluşmalıdır. Düz çubuk, geminin baş kısmına uygun şekilde, baskın akışkan yolu doğrultusunda konmalıdır. Bu doğrultu genel olarak su hattıyla 15 derece açı yapacak şekildedir. Tünelin tekne kabuğuna yerleşimi ve kaynatılması sağlandıktan sonra, tünel içerisinde korozyonu önlemek için kum püskürtülerek kaplama yapılmalı ve deniz şartlarına uygun

şekilde boyanmalıdır. Ayrıca tünel içinin, kum veya çamur gibi parçacıkların girmesiyle erozyona uğramaması için özel seramik bir kaplama işlemi de uygulanmalıdır. Bu yüzden kum püskürtme işlemine, kaplamanın yok olmaması için özel olarak dikkat edilmeli ve pervane ve şaftın bu işleme maruz kalması önlenmelidir [2].

3. BAŞ İTİCİ SEÇİMİ İÇİN YÖNTEMLER VE UYGULAMA

3.1 Baş İtici Gücünün Belirlenmesi İçin Kullanılan Yöntemler

Baş iticinin gücünün hesaplanması için iki yöntem izlenebilir. Bunlardan birincisi, rüzgar hızı ve geminin hava draftına bağlı olarak hesaplanır. Bu yöntem daha çok küçük tekneler için geçerli olup, gereken verilerin daha özel, yöntemin ise yaklaşık olması nedeniyle az tercih edilir. Bu yöntemde, baş iticinin itme kuvvetine göre seçilmesinin nadir rastlanan bir yöntem olmasında etkisi büyüktür. Buna göre ilk olarak rüzgar basıncı hesaplanır.

$$P_W = \frac{1}{2} \times \rho_A \times V^2$$

(3.1)

Rüzgar basıncı, rüzgara maruz kalan üst yapı alanı, düzeltme faktörü ve itme noktası ile pivot nokta arasındaki mesafe kullanılarak tork bulunur.

$$\tau = P_W \times A_W \times f \times L_{EP}$$

(3.2)

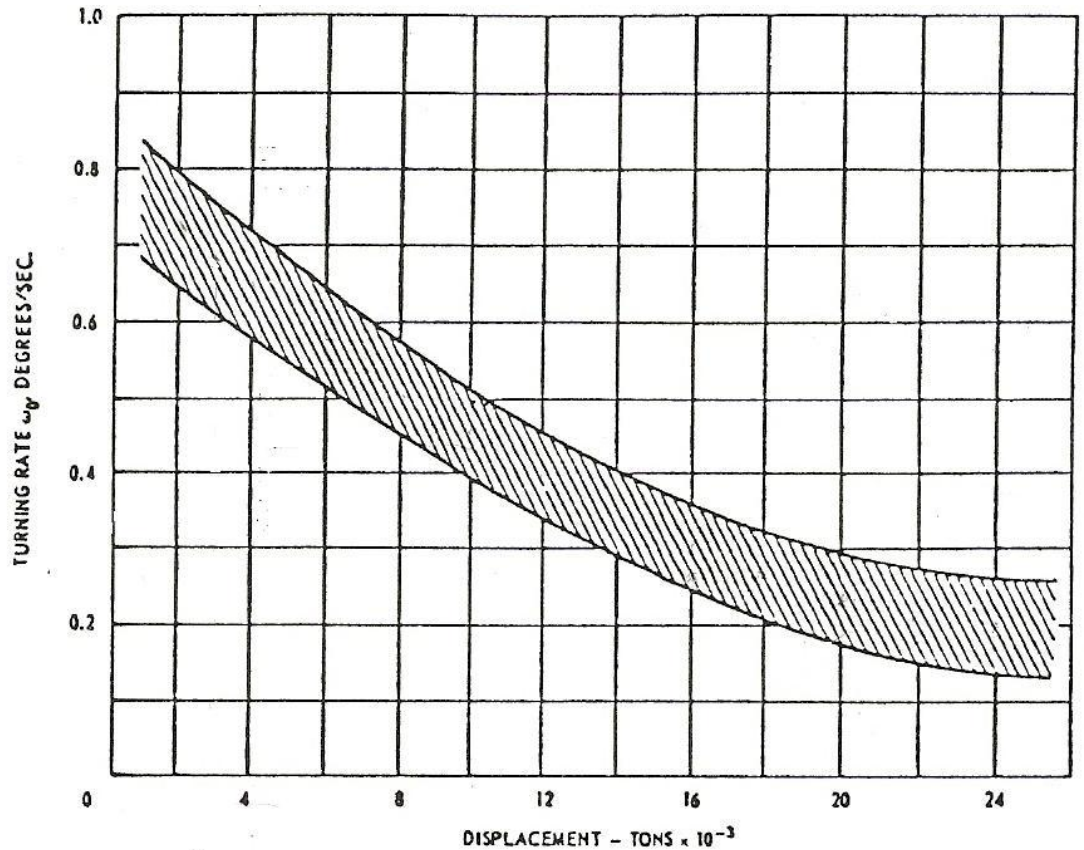
Burada L_{EP} 'nin gemi boyunun yarısı, f , düzeltme faktörünün ise 0.75 alınması uygun görülmüştür. Düzeltme faktörünün 0.75 alınmasının sebebi, rüzgarın tekne üzerine geliş açısının 90 derece olarak alınmasıdır. Tekne,

rüzgarı, formu nedeniyle her zaman dik bir açıyla almayacağından bu düzeltmenin yapılması tavsiye edilir. Çünkü, (3.2) numaralı formül içerisinde bir $\sin 90$ ifadesi de yer almaktadır. Sonrasında itme kuvveti hesaplanarak baş itici seçimi yapılır [3].

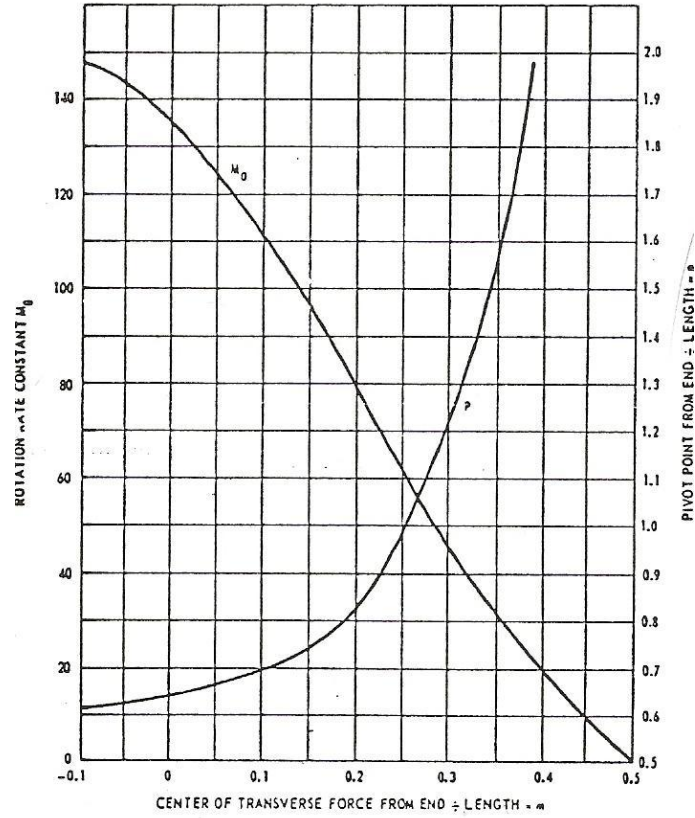
$$F = \frac{\tau}{A_{PP}}$$

(3.3)

Diğer yöntem ise istenilen veriler ve yöntemin kendi içinde yaptığı kontroller itibariyle tercih edilmesi daha muhtemel bir yöntemdir. Bu yöntemde geminin deplasmanı ve tünelin baş dikmeden uzaklığının gemi boyuna oranı göz önünde bulundurularak dönme hızı ve dönme sabiti aşağıdaki grafiklerden elde edilir.



Şekil 3.1 Dönme sabiti grafiği [4].



Şekil 3.1 Dönme sabiti grafiği [4].

Grafiklerden elde edilen bu değerler, gemi için gerekli itme kuvvetinin bulunmasında, gemi boyu ve su çekimiyle birlikte kullanılır.

$$T(itme) = \frac{w_0^2 L^3 T(su \ çekimi)}{M_0^2}$$

(3.4)

Gemi için gerekli itme kuvveti tanımlandıktan sonra, daha önceden belirlenmiş pervane çapları için bu pervanelerin itme katsayıları da göz önünde bulundurularak ayrı ayrı devirler hesaplanır. Her pervane çapı tünelin gemi üzerindeki konumuna da etki edeceğinden, bütün pervane çapları için

hidrostatik basınç değerleri, buhar ve atmosfer basıncı dikkate alınarak belirlenir. Daha sonra bu basınç ve devir değerleri kullanılarak kavitasyon sayısına ulaşılır ve bu değer 3.5'tan büyük olması istenir [4].

$$n = \sqrt{\frac{T}{\rho D^4 K_T}}$$

(3.5)

$$\sigma' = \frac{P}{\frac{1}{2} \rho D^2 n^2}$$

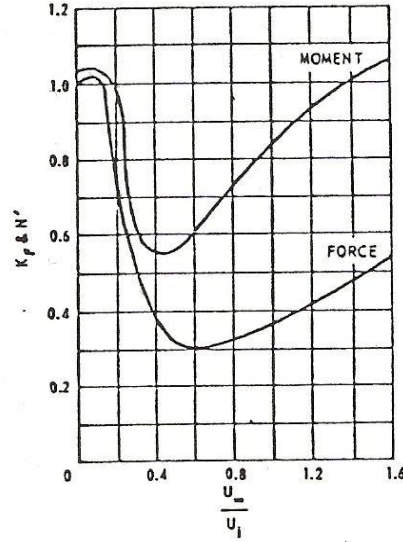
(3.6)

Bu değer 3.5'tan küçük olması durumunda pervane kavitasyon yapacak, bu durum ise gürültü ve titreşim gibi istenmeyen unsurların ortaya çıkmasına neden olacaktır [3]. Kavitasyon sayısının 3.5 değerinden büyük ve tünel çapının en küçük olduğu pervane için aşağıdaki formül sayesinde güç hesabı yapılarak baş itici pervane seçimi gerçekleştirilir [4].

$$shp = \frac{0.00182 \times T^{3/2}}{C(\rho \pi \frac{D^2}{4})^{1/2}}$$

(3.7)

Ayrıca bu yöntemde farklı çaplar için farklı su jeti hızları hesaplanarak, bu hızların gemi hızına oranı alınmak suretiyle sağladıkları kuvvet ve momentler karşılaştırılır. Bu karşılaşma sonunda kavitasyon sayısı kriteri göz önünde bulundurularak kuvvet ve moment kontrolü yapılır.



Şekil 3.2 Hız oranına bağlı kuvvet ve moment diyagramları [4].

3.2 Uygulama

Uygulama olarak ikinci yöntem ele alınmıştır. İzlenilecek yol ve formüller Excel programına aktarılarak güç hesabı yapılmış, seçim için bu konuda net bir kural olmadığından, sonuç tavsiye olarak sunulmuştur. Program aşağıda belirtileceği gibi işlemektedir.

GİRİŞ DEĞERLERİ						
KIRMIZI TONDAKİ DEĞERLERİ GİRİN						
$\Delta =$	3000	ton				
$L =$	83.82	m	275.00	ft		
$B =$	16.4592	m	54.00	ft		
$T =$	5.1816	m	17.00	ft		
$x / L =$	0.15	(F_p 'den)				
$U_{\infty} =$	3	knot	5.06343	fps		
$L_{\text{tünel}} =$	3.6576	m	12.0000	ft	(Tünel uzunluğu)	
$K_1 =$	0.45					
Çap Değerlerini Girin (Değerlerin Artarak Büyüyen Bir Düzende girilmesi ve						
$D_1 =$	1.2192	m	4.0000	ft	D_2 değerinin Tünel uzunluğunun yarısı alınması tavsiye edilir)	
$D_2 =$	1.8288	m	6.0000	ft		
$D_3 =$	2.4384	m	8.0000	ft		
$P/D =$	1	(Baş itici pervanede 1 alınması tavsiye edilir)				

Şekil 3.4 Baş itici seçim programı başlangıcı

Yukarıdaki şekilde de görüleceği gibi kırmızı dolguya sahip değerler girilerek programın çalışması sağlanır. Bu değerler geminin deplasmanı, boyu, genişliği, su çekimi, tünel yerinin baş dikmeden olan mesafesinin gemi boyuna oranı, gemi hızı, tünel uzunluğu, itme katsayısı ve de önceden tanımlanmış üç farklı pervane çapıdır. Bu çap değerlerinin bir artış içerisinde girilmesi ve ortadaki değerın tünel uzunluğunun yarısı olarak seçilmesi, sonuç kısmındaki değerlendirmede kullanıcıya kolaylık sağlamaktadır.

Program, girilen bu değerleri aşağıdaki şekilde matematiksel ifadesi çıkarılan dönme hızı ve dönme sabitini hesaplayıp gerekli itme kuvvetini (3.4) numaralı formül yoluyla bulur.

$$w_0 = 0.0009 \times (\Delta/1000)^2 - 0.0472 \times (\Delta/1000) + 0.8145$$

(3.8)

$$M_0 = 1055.6 \times (x/L)^3 - 715.37 \times (x/L)^2 - 181.75 \times (x/L) + 136.8$$

(3.9)

VERİLEN Δ DEĞERİ İÇİN GEREKEN İTME (T)		
W₀ =	0.68	Dönme Hızı (deg/s)
M₀ =	97.0	Dönme Sabiti
T =	17424.24	libre
T =	77.5	kN

Şekil 3.5 Dönme hızı, sabiti itme kuvveti hesabı

Bu hesapların sonunda, girilen her bir pervane çap değeri için su hattına mesafeler hidrostatik basıncın bulunması için elde edilmiştir.

$$S = T - I (T, draft)$$

(3.11)

$$H = H_{atm} + S + H_{vapor}$$

(3.12)

$$P = \rho \times g \times H$$

(3.13)

$$U_j = \sqrt{\frac{T}{\rho \times A}}$$

(3.14)

(3.14) numaralı formül kullanılarak her bir pervanenin yaratacağı su jeti hızı hesaplanmış, bu bulunan hızların gemi hızına oranının alınmasıyla, daha çok kuvvet ve moment sağlayan pervanenin Şekil 3.2’de görüleceği gibi hız oranı küçük olan pervane olacağı tespit edilmiştir.

İLK ÇAP	1/2*L _{tünel} = 6.0000 ft			S + I = T I = D
D , ft	I , ft	S , ft	L _{tünel} /D	
8.0000	8.0000	9.0000	1.5000	
6.0000	6.0000	11.0000	2.0000	
4.0000	4.0000	13.0000	3.0000	

Şekil 3.6 Su hattına olan mesafelerin belirlenmesi

Su jeti hızı (U _j)		
D , ft	U _j , fps	U _∞ /U _j
8.0000	13.20	0.38
6.0000	17.60	0.29
4.0000	26.39	0.19

Şekil 3.7 Su jeti hızlarının bulunması ve hız oranları

Yukarıda bulunan değerlerle devir ve kavitasyon sayıları (3.5) ve (3.6) numaralı formüller sayesinde bulunur. Her bir çap değeri için bulunan devir ve kavitasyon sayısı ile birlikte (3.7) numaralı formülden yine her bir çap için gerekli güçler verilir.

VERİLEN ÇAP DEĞERLERİ İÇİN SONUÇLAR									
D =	1.2192	m için	D =	1.8288	m için	D =	2.4384	m için	
I =	1.2192	m	I =	1.8288	m	I =	2.4384	m	
S =	3.9624	m	S =	3.3528	m	S =	2.7432	m	
$L_{\text{tünel}}/D =$	3		$L_{\text{tünel}}/D =$	2		$L_{\text{tünel}}/D =$	1.5		
$U_j =$	8.0447	m/s	$U_j =$	5.3631	m/s	$U_j =$	4.0223	m/s	
$U_{\infty}/U_j =$	0.19		$U_{\infty}/U_j =$	0.29		$U_{\infty}/U_j =$	0.38		
H =	14.173	mSS	H =	13.564	mSS	H =	12.954	mSS	
n =	523.03	rpm	n =	232.46	rpm	n =	130.76	rpm	
$\sigma' =$	2.46		$\sigma' =$	5.30		$\sigma' =$	9.00		
P/D =	1		P/D =	1		P/D =	1		
T =	77.5	kN	T =	77.5	kN	T =	77.5	kN	
GÜÇ =	624.1	KW	GÜÇ =	416.1	KW	GÜÇ =	312.1	KW	

Şekil 3.8 Sonuç değerleri

Şekil 3.8’de de görüldüğü gibi verilen gemi için gerekli itmeyi sağlayan üç farklı pervane, diğer birtakım sonuç değerleri ve güç ifadeleriyle belirtilmiştir.

> Burada T, gereken itme kuvveti, başlangıçta verilen gemi değerleri için hesaplanmış ve üç pervane değeri için bu itmeyi sağlayan güç değerleri bulunmuştur.

> σ' , kavitasyon sayısının 3.5’tan büyük ve D, çap değerinin en küçük olduğu pervanenin seçilmesi tavsiye edilir.

Şekil 3.9 Program sonu notları

Son olarak, bulunan güç değerlerinin altına düşülen kırmızı dolgulu tavsiye notu ile başta girilen üç pervaneden hangisinin seçilmesinin uygun olacağı hakkında kullanıcıya bilgi verilmiştir.

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada incelenen bař itici pervane sistemi, belirtildiği gibi klas kuruluşları ve tasarımcılar tarafından ortak olarak benimsenen bir kural olmadığından, sektörde farklı şekillerde uygulanabilmektedir. Yaygın olarak kullanılan tünel tipi iticiler için güç hesapları, çeşitli bişimlerde yapılabilmekte, zaman zaman ise deneme yanılma yöntemi izlenerek hesap yapılmaksızın uygulanabilmektedir. Bu nedenle kardeş gemilerden ilk yapıłana uygulanan bař itici ile ikinci yapıłana uygulanan arasında farklılıklar olabilmektedir. Bu bitirme çalışmasında, Excel programı yardımıyla uygulaması yapılan yöntem, bař itici seşiminde diğer yöntemlere göre daha başarılı bulunmuş ve detaylı incelemesi yapılmıştır. İncelenen yöntem, güürültü, titreşim, döndürme kuvveti ve momenti gibi konuları da göz önünde bulundurması açısından da diğer yöntemlerden daha farklı ve geçerli olduğunu kanıtlamaktadır. Günümüzde böylesine yaygın bir kullanıma sahip bu sistemler için bir standardın getirilmesi gerekli görölmektedir.

KAYNAKLAR

[1] **Bow Thruster.** 2008. *Wikipedia The Free Encyclopedia [Electronic version]*.

Ocak 2008. http://en.wikipedia.org/wiki/Bow_thruster.

[2] **Tips on Thruster Installation.** 2007. *Thrustmaster*. Aralık 2007.

[http://www.thrustmastertexas.com/products/tunnelThruster
TipsOnThrusterInstallation.html](http://www.thrustmastertexas.com/products/tunnelThrusterTipsOnThrusterInstallation.html).

[3] **Bow Thrusters.** 2007. *Fore and Aft Marine*. Aralık 2007.

<http://www.foreandaftmarine.com/VTBOWTHRUSTERS.htm>

[4] **Beveridge, J. L.** 1972. Design and Performance of Bow Thrusters, *Marine Technology*, Ekim 1972, s. 439-453.