

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DEĞİŞİK DİRENÇ METODLARI YARDIMIYLA
KAYICI TEKNELERDE ÖNDİZAYIN
PARAMETRELERİNİN DİRENCE ETKİSİNİN
İNCELENMESİ**

Gemi İnşaatı ve Gemi Makinaları Müh. O. Selim YÜRÜTEN

**F.B.E Gemi İnşaatı Mühendisliği Anabilim Dalında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

106274

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Ahmet Dursun Alkan

Doç. Dr. Mesut Gonen
Mesut Gonen

Doç. Dr. Muhittin Söylemez
Muhittin Söylemez

İSTANBUL, 2001

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

İÇİNDEKİLER

Sayfa

SİMGE LİSTESİ..... iv

ŞEKİL LİSTESİ..... vi

ÇİZELGE LİSTESİ..... viii

ÖNSÖZ ix

ÖZET x

ABSTRACT xi

1. GİRİŞ 1

2. KAYICI TEKNELERE GENEL BAKIŞ..... 2

2.1 Kayıcı Teknelerin Çalışma Prensipleri 2

2.2 Kayıcı Teknelerin Sınıflandırılması..... 5

3. KAYICI TEKNELERİN HİDRODİNAMİĞİ 6

3.1 Kayıcı Levhalar 6

3.2 Kayıcı Levha Üzerindeki Direnç Bileşenleri 6

3.3 Düz Bir Yüzey Altındaki Akımın Analizi..... 7

3.4 Kayıcı Tekne Üzerine Gelen Kuvvetler ve Denge Denklemleri 8

3.5 Kayıcı Yüzeylere Etkiyen Kaldırma Kuvveti..... 10

4. KAYICI TEKNELERİN HİDRODİNAMİK DİZAYN KARAKTERİSTİKLERİ12

4.1 Kayıcı Teknelerde Direnç 12

4.1.1 Kayıcı teknelerde direnç hesaplama yöntemleri 12

4.1.1.1 Kayıcı Tekne Serileri 14

4.1.1.1.1 Seri 50 SistematiK Kayıcı Tekne Serileri 14

4.1.1.1.2 Seri 62 SistematiK Kayıcı Tekne Serileri : 14

4.1.1.1.3 Seri 65 SistematiK Kayıcı Tekne Serileri : 16

4.1.1.1.4 Seri 62-DUT SistematiK Kayıcı Tekne Serisi (25° Kalkıntı Açısı) 16

4.1.1.1.5 ABD Deniz Akademisi Serisi..... 18

4.1.1.1.6 BK Serisi 19

4.1.1.1.7 MBK Serisi 19

4.1.1.1.8 Norveç Serisi 20

4.1.1.2 Prizmatik Eşitlikler 22

4.1.1.2.1 Savitsky Yöntemi..... 22

4.1.1.2.2 Shuford Metodu:..... 26

4.1.1.2.3 Lyubomirov Metodu : 27

4.1.1.3 Nümerik metodlar 29

4.1.1.3.1 Amerikan Deniz Akademisi Serileri Regresyonu..... 29

4.1.1.3.2 Seri 62/65 Regresyonu (Hubble) 30

4.1.1.3.3	Japon Regresyonu	30
4.1.1.3.4	Seri 62/65 Regresyonu (Radojvic).....	30
4.1.1.4	Ampirik Hesaplamalar	31
4.1.1.4.1	Levi Metodu	31
4.1.2	Kayıcı Teknelerde Dirence Etki Eden Faktörler	32
4.1.2.1	Trim Açısının Etkisi.....	32
4.1.2.2	Step Süreksizlik Etkisi	34
4.1.2.3	Çene ve Çene Trizinin Etkisi.....	34
4.1.2.4	Kalkıntı Açısının Etkisi.....	35
4.1.2.5	Flap Etkisi.....	35
4.1.2.6	Boyuna Ağırlık Merkezinin Etkisi	35
4.1.2.7	Yan Oran Etkisi	36
4.1.2.8	Deplasman Etkisi	36
4.1.3	Seçilen Bir Teknenin Direncinin İncelenmesi	36
4.2.1	Boy Genişlik Oranının Denizciliğe Etkisi.....	52
4.2.2	Kalkıntı Açısı.....	52
4.2.3	LCG' nin yeri.....	53
5.	SONUÇLAR ve ÖNERİLER	55
KAYNAKLAR		56
ÖZGEÇMİŞ.....		58

SİMGE LİSTESİ

A_p	Çene hattı projeksiyon alanı
A_t	Kıç kesit alanı
A_x	Maksimum kesit alanı
b	Tekne genişliği
BM	Metesandr yarıçapı
Cb	Blok katsayısı
C_f	Sürtünme direnci katsayısı
C_L	Kaldırma kuvveti katsayısı
C_v	Hız katsayısı
F	Sürtünme direnci
F_n	Froude sayısı
F_{nv}	Hacimsel Froude sayısı
g	Yerçekimi ivmesi
GM	Metesandr yüksekliği
İe	Kalkıntı açısı
KG	Ağırlık merkezinin düşey yeri
LCG	Ağırlık merkezinin boyuna yeri
L_o	Dinamik kaldırma kuvveti
L_{wl}	Islak boy
L_p	Çene hattı boyu
N	Normal kuvveti
P_o	Atmosferik basınç
R	Toplam direnç
R_n	Reynolds sayısı
R_p	Basınç direnci
S	Islak alan
T	Su çekimi
V	Teknenin seyir hızı
VCG	Ağırlık merkezinin düşey yeri
V_e	Ekonomik hız
V_k	Kritik hız
V_M	Kayıcı yüzey ile su arasındaki hız
W	Kaldırma kuvveti

XG	Ağırlık merkezinin boyuna yeri
Z	Trim açısı
Δ	Deplasman
β	Kalkıntı açısı
β_{mid}	Orta kesit kalkıntı açısı
β_{tr}	Kıç kesit kalkıntı açısı
λ	Islak boy
ρ	Akışkanın kitlesel yoğunluğu
τ	Trim açısı



ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Çeneli teknelerde direnç-hız eğrisinin genel karakteri	2
Şekil 2.2. Kayma öncesi tekne formu (Yegorov, 1978).....	3
Şekil 2.3 Yarı Kayıcı tekne formu	4
Şekil 2.4 Tam kayıcı tekne formu.....	4
Şekil 3.1 Sürtünmesiz akışkanda kuvvet dağılımları	6
Şekil 3.2 Viskoz akışkanda kuvvet dağılımları	6
Şekil 3.3 Düz bir kayıcı levha altındaki akım şartları.....	7
Şekil 3.4 Kayıcı yüzey boyunca hız ve basınç arasındaki ilişki	8
Şekil 3.5 Kayıcı tekne üzerindeki statik ve hidrodinamik kuvvetler	8
Şekil 3.6 Kayıcı tekne üzerindeki ilave hidrodinamik kuvvetler.....	9
Şekil 3.7 Pervanenin meydana getirdiği kuvvetler	9
Şekil 3.8 Hidrostatik ve hidrodinamik kaldırma kuvvetlerinin dağılımı	11
Şekil 4.1 Farklı tekne şekilleri (Yegorov, 1978)	13
Şekil 4.2 Seri 50 tekne formu (Davidson ve Suarez, 1948).....	14
Şekil 4.3 Seri 62 Ana modeli (Clement ve Blount, 1963).....	15
Şekil 4.4 Seri 62 teknelerinin form ve plan karakteristikleri.....	15
Şekil 4.5 Seri 65-A model formları (Holling ve Hubble, 1974).....	16
Şekil 4.6 Seri 65-B model formları(Holling ve Hubble, 1974).....	16
Şekil 4.7 Seri 62 Dut tekne formu (Keuning ve Gerritsma, 1982).....	17
Şekil 4.8 Serilere ait karşılaştırmalı karakteristik form eğrileri	18
Şekil 4.9 ABD deniz akademisi serisi (Compton, 1986)	18
Şekil 4.10 BK serisi (Yegorov ve Bunkov, 1978)	19
Şekil 4.11 MBK serisi (Yegorov ve Bunkov, 1978).....	20
Şekil 4.12 Seçilmiş bazı serilere ait endaze ve su hattı resimleri	22
Şekil 4.13 Trim tahminleri	28
Şekil 4.14 Trim Tahminleri	28
Şekil 4.15 Trim Tahminleri	29
Şekil 4.16 Trim açısına göre değişen R/Δ oranları	33
Şekil 4.17 Sabit hız ve deplasman için trim – direnç ilişkisi.....	33
Şekil 4.18 Uygun trim açısının kalkıntı açısına göre değişimi	33
Şekil 4.19 Çene hattının optimum yeri	34
Şekil 4.20 Çene hattı	34
Şekil 4.21 İtalyan sahil güvenlik teknesinin en kesit resmi.....	39

Şekil 4.22 Teknenin katı modeli	40
Şekil 4.23 Teknenin en kesit alanları eğrisi.....	41
Şekil 4.24 Savitsky ve Lahtiharju metodlarına göre karşılaştırmalı hız-direnç eğrileri	43
Şekil 4.25 BK metoduna göre direnç tahmin sonuçları	45
Şekil 4.26 BK metoduna göre direnç tahmin sonuçları	46
Şekil 4.27 MBK metoduna göre direnç tahmin sonuçları	47
Şekil 4.28 Yoshida metoduna göre hız-direnç ve hız- trim eğrileri.....	49
Şekil 4.29 Plate metoduna göre direnç tahmin sonuçları	50
Şekil 4.30 Seçilen teknenin farklı direnç tahmin metodlarına göre hız –güç eğrileri.....	51
Şekil 4.31 Kalkıntı açısı ve düşey ivmeler arasındaki ilişki.....	53
Şekil 4.32 L/B ile KG_{max}/B arasındaki ilişki	55
Şekil 4.33 Denizciliğe etkiyen faktörler.....	55



ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 4.1 Çeneli tekne serilerinin genel özellikleri	20
Çizelge 4.2 Tekne serilerinin karakteristik parametreleri	20
Çizelge 4.3 Direnç tahmin metodlarında kullanılmak üzere hesaplanan hidrostatik değerler .	41
Çizelge 4.4 Savitsky - Hadler metoduna göre hazırlanan data tablosu	43
Çizelge 4.5 Yoshida metoduna göre tekne dataları ve hesaplama sonuçları.....	47



ÖNSÖZ

Gemi İnşaatı Anabilim Dalı Başkanı ve tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Ahmet Dursun Alkan'a, gerek akademik hayattaki yetiştirmemde ve gerekse tez çalışmama olan değerli ilgi ve yardımları dolayısıyla içten teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım süresince göstermiş olduğu değerli destek ve ilgisi için Sayın O.Altan Demirsoylu'ya teşekkür etmekten mutluluk duyarım.

Sayın Selim Börü'ye çalışmama olan çeşitli katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Her zaman samimi yardımlarını gördüğüm değerli arkadaşlarıma ve Sayın Merve Tepeli'ye teşekkür etmekten zevk duyarım.

Sekiz sene boyunca lisans ve lisansüstü çalışmalarımızda zorlukları birlikte aştığımız Sayın Onur Günaydın'a , tüm hayatım boyunca gösterdikleri ilgi ve anlayışla en büyük destekçim olan sevgili aileme teşekkürü bir borç bilirim.



ÖZET

Kayıcı teknelerin küçük boyutları ve yüksek işletme hızları, bu teknelerin dizaynında özellikle denizcilik ve direnç performanslarının çok iyi belirlenmesi gereğini ortaya çıkarmıştır. Bu çalışmada kayıcı teknelerin hidrodinamiği incelenerek denizcilik ve direnç performanslarına etkiyen parametreler açıklanmıştır. Kayıcı tekneler için geliştirilen direnç tahmin metodları incelenmiş, teorik olarak birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Seçilen bir tekne bir bilgisayar programı yardımıyla modellenmiş ve karakteristik parametreleri çıkarılmıştır. Modellenen teknenin Savitsky ve Lahtiharju metodlarına göre direnç analizleri yapılmıştır. Yine aynı tekneye ait direnç değerleri BK, MBK, Savitsky-Hadler, Yoshida, Plate metodlarını içeren diğer bir bilgisayar programı kullanılarak hesaplanmıştır. Yapılan karşılaştırmalar sonucunda kullanılacak direnç tahmin yönteminin seçiminde, sadece boyutsal ve boyutsal olmayan bileşenlerin aralığını göz önünde bulundurmanın yeterli olmadığı görülmüştür. Genelde direnç tahmin metodlarında ihmal edilen tekne formu direnç olayında önemli bir rol oynamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Kayıcı tekneler, hidrodinamik, direnç, tahmin metodları, denizcilik.

ABSTRACT

Small dimensions and high service speeds of planing hulls bring the need of most accurate determination of especially the seakeeping and resistance performances in designing this kind of ship. In this research work the hydrodynamics of planing hulls was examined in order to clarify the parameters which have effect on seakeeping and resistance performances. They were examined and compared with each other. A choosen planing hull form was introduced into a computer program and various characteristics were computed as well. Resistance analysis of the chosen boat was made by using another software. Resistance values of the boat were also calculated by using BK, MBK, Savitsky-Hadler, Yoshida, Plate methods for planing hulls. The comparisons show that it is not sufficient to observe only the range of dimensional and non-dimensional components when choosing the resistance prediction method. The hull shape which is often neglected in prediction has a very important role.

Keywords: Planing hulls, hydrodynamic, resistance, prediction methods, seakeeping.



1. GİRİŞ

Kayıcı tekneler üzerindeki ilk araştırmalar Froude'un çalışmalarına dayanır. Bu konu üzerindeki bilimsel araştırmalar ise 1950'li yıllardan sonra, teknelere hafif ve itme gücü yüksek makinaların konulabilmesi ile birlikte artmıştır. Hamburg tankında çalışma yapan Sottorf Wanger, Shoemaker, Perring ve Gott konunun gelişmesinde yardımcı olmuşlardır.

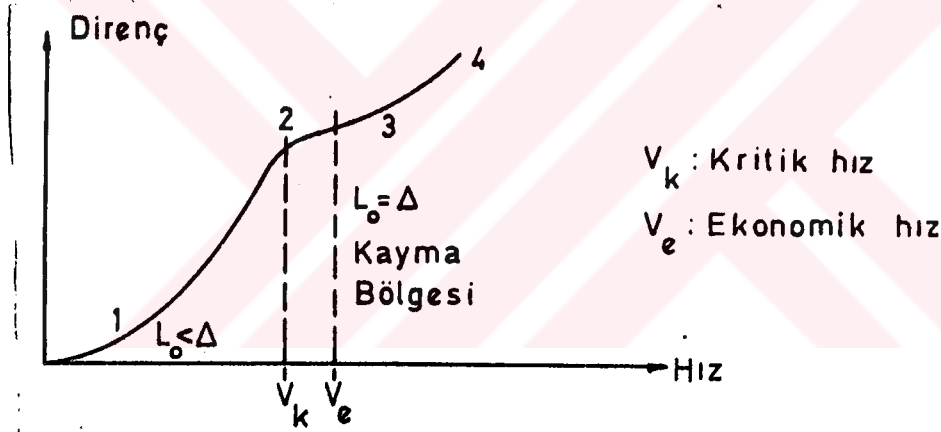
Son yıllarda; Korvin Krouvsky, John D.Pireson, Samnel Leshnover, Allan B.Murray, Euge Clement ve Savitsky kayma yüzeyleri hakkında değişik parametreleri içeren çalışmalar yapmıştır.

Maliyet ve verim açısından uygun, yüksek hızlı kayıcı tekne dizaynları üretmek isteyen tasarımcılar, denizcilik ve direnç karakteristiklerinin tanımlarını mevcut geçerli performans tekniklerini göz önünde bulundurarak yapmalıdırlar. Çeşitli tekne konfigürasyonlarına ait karşılaştırılmalı model testlerinin yapılamadığı durumlarda, ana boyutların ve diğer hidrodinamik karakteristiklerin belirlenmesinde öncelikle benzer teknelerin model testlerinden, analitik çalışmaların sonuçlarından, bilgisayar simülasyonlarından ve literatürden faydalanılır. Bu düşünceyle hazırlanan çalışmada dizayn aşamasında uygun gemi formunu ve karakteristik boyutlarını elde etmek amacıyla denizciliğe ve dirence etki eden parametreler çıkarılmıştır. Buna ilaveten kayıcı teknelerin direnç tahmin metodları araştırılmış ve karşılaştırılmıştır. Maxsurf programı kullanılarak bir kayıcı tekne formunun karakteristik özellikleri belirlenmiş ve Hullspeed programında direnç tahminleri yapılmıştır. Ancak kayıcı tekne tasarımcıları, ana boyutları belirlerken uygun dalgalı su karakteristikleri için sakin sudaki hız güç optimizasyonunu sağlayabilecek datalardan daha azına sahiptirler. Yine bu çalışmada yüksek süratli teknelerin dalgalı sularda denizcilik özelliklerini dizayn sırasında iyileştirebilmek amacıyla denizcilik karakteristikleri teknenin ana boyutlarının bir fonksiyonu olarak verilmeye çalışılmıştır.

2. KAYICI TEKNELERE GENEL BAKIŞ

2.1 Kayıcı Teknelerin Çalışma Prensipleri

Kayıcı tekneler iki tip kaldırma kuvveti etkisi altındadır. Bunlardan birincisi deplasman teknelerinde görülen Arşimet kaldırma kuvvetidir. İkinci tip kaldırma kuvveti ise dinamik kaldırma kuvvetidir. Bu kuvvet yüksek hızın etkisiyle oluşur. Kayıcı teknenin kaymasını sağlayan kuvvet dinamik kaldırma kuvvetidir. Dinamik kaldırma kuvveti; tekne hızına, teknenin deplasmanına, kayma yüzeyi alanına ve şekline bağlıdır. Tekne hızı arttıkça deplasmandan ileri gelen kaldırma kuvvetinin etkisi dinamik kaldırma kuvvetlerine oranla azalır. Meydana gelen dinamik kuvvetler tekne ağırlığını karşılayarak teknenin sudan kesilmesini sağlar. Böylece hız - direnç eğrisinin karakteri deplasman teknelerine oranla farklılık gösterecektir. Kayıcı bir teknenin değişik hızlardaki direnç değerleri genel olarak Şekil 2.1'de gösterilmiştir. Bu eğri üzerinde 4 farklı bölge tanımlamak mümkündür.



Şekil 2.1 Çeneli teknelerde direnç-hız eğrisinin genel karakteri

Δ deplasman kuvvetini, L_o dinamik kaldırma kuvvetini göstermektedir. Tekne birinci bölgede bir deplasman teknesi karakteri göstermektedir. Dinamik kaldırma kuvvetinin etkisinin artmasıyla ikinci bölgeye yakın kısımlarda yarı kayıcı tekne karakteri gözlenir. Yine bu bölgede artan dinamik kuvvetlerin etkisi nedeniyle direnç eğrisinde bir dönüm noktası belirir. Bu noktaya karşılık gelen hız kritik hız olarak bilinir.

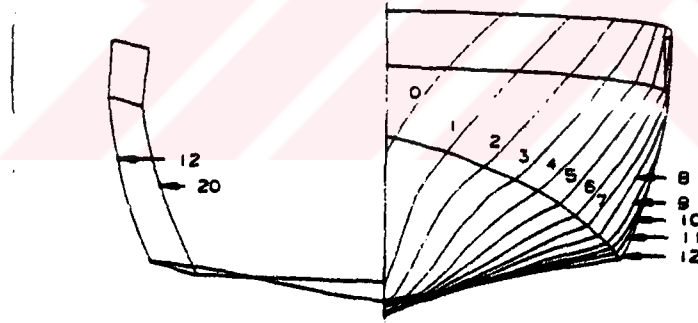
Belirli bir hızdan sonra dinamik kuvvetlerin toplamının tekne ağırlığının büyük bir kısmını taşımaya başlaması üzerine tekne sudan kesilmeye başlar ve deplasmanı, dinamik kaldırma kuvvetlerine eşit olduğunda ise üçüncü bölgedeki tam kaldırma olayı ile karşılaşır. Kayma anında teknenin büyük bir bölümü su üstüne çıkar. Ortamdaki bu değişme sayesinde dirençte azalma meydana gelir. Bu nedenle aynı deplasmana sahip normal deplasman teknesi ile V kesitli kayıcı teknenin dirençleri sonucunda farklılıklar gözlenecektir. Bu bölgedeki aç

kaldırma açısı, ikinci ve üçüncü bölgeler arasında seçilebilecek ortalama bir hız değeri de ekonomik hız olacaktır. Belirli bir noktadan sonra hızın artmasıyla dirençte de hızla orantılı bir artma gözlenecektir (dördüncü bölge).

Kayıcı tekneler için bazı temel hız aralıkları hazırlanmıştır. Kayıcı tekneler bu hız aralıklarında benzer tekne şekline ve benzer direnç değerlerine sahip olmaktadır.

Kayma Öncesi:

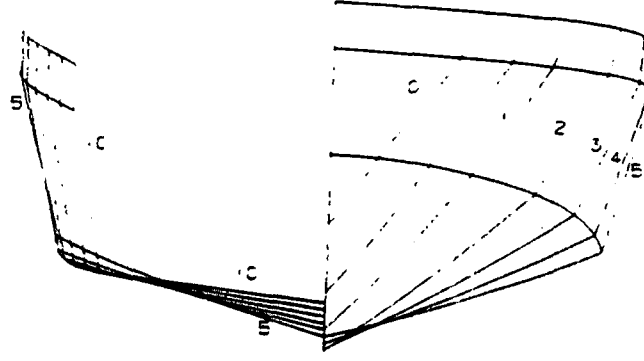
Yaklaşık olarak Volumetrik Froude sayısının 2.5'a kadar olduğu yerleri kapsar. Bu durumda teknenin kütleli ağırlığı sephiye kuvveti ile desteklenmektedir. Kayma öncesi dizaynlar özellikle hız aralıklarının daha düşük uç değerlerinde suyun üstünden gitme yerine içinden gitmeye göre tasarlanmıştır. Gemi kıç kısmı ince ve yüksek kalkıntı açılarıdır. Kalkıntı açısı gemi ortasından ayna kıça kadar sabit olabilir yada olmayabilir. Avrupalı gemi dizaynlarının çoğu yeni dizaynlarında "derin V" teknelerin kıç bölgesinin kalkıntı açısını sabit tutmaktadırlar. Kıç kısmının batokları düz veya yuvarlak olabilir. Botlar hız aralıklarının daha düşük uç noktaları için tasarlanmıştır. Şekil 2.2'de kayma öncesi hız rejimine giren bir tekne modeli için bir örnek verilmiştir.



Şekil 2.2. Kayma öncesi tekne formu (Yegorov, 1978)

- Yarı Deplasman:

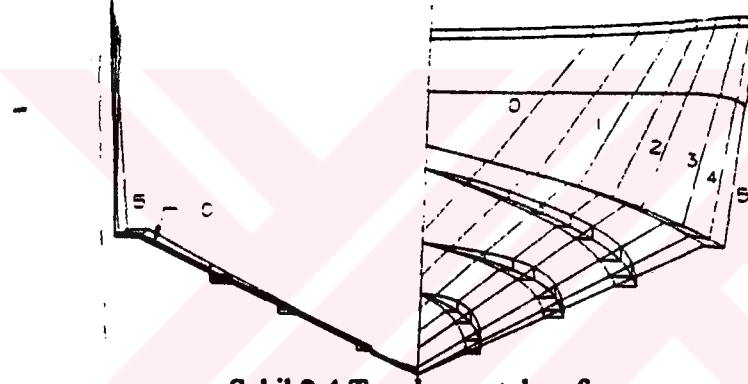
Yaklaşık olarak volumetrik Froude sayısı 2.5-4 arasındadır. Bu hız aralığında teknenin ağırlığı hem hidrostatik hem de dinamik kuvvetler tarafından dengelenir. Hız arttıkça dinamik kuvvetler artar, hidrostatik kuvvetler azalır ve dinamik trim azalma eğilimi gösterir. Şekil 2.3'te bu aralık için tanımlanmış bir tekne modeli bulunmaktadır.



Şekil 2.3 Yarı Kayıcı tekne formu

• Kayma :

Yaklaşık volumetrik Froude sayısının 4 ve 4'ün yukarısında olduğu bölgedir. Bu hız aralığında gemi ağırlığı hemen hemen tamamen dinamik kuvvetlerle desteklenir. Aşağıda Şekil 2.4'te tam kayıcı bir tekne resmi bulunmaktadır.



Şekil 2.4 Tam kayıcı tekne formu

Kayıcı teknelerde kayma olayı nedeni ile su hattı boyu "L" sürekli değişmektedir. Bu nedenle Froude sayısı $(V/\sqrt{gl})$ etkin bir oran değildir. Çeşitli hızlarda sabit kalan bir boyutun kullanılabilmesi amacıyla Froude sayının $C = V/\sqrt{g.b}$ şeklinde hesaplanması daha uygundur. Burada "b" değeri metre olarak tekne genişliğini göstermektedir.

Teknenin kayma özelliğine sahip olabilmesi için kesitlerin buna uygun seçilmesi gerekmektedir. Kesitler düz veya düze yakın iç veya dış bükümlü eğrilige sahiptir. Ayrıca kesitlerde belirli bir kalkıntı açısının bulunması su altı ve su üstü formunun bir çene hattı ile birleştirilmesini gerekli kılmaktadır. Bu tip teknelerde boy-genişlik oranı yuvarlak kesitli teknelerle göre daha küçüktür. Bu durumun nedeni, kayma olayının başlaması üzerine meydana gelen dinamik kaldırma kuvvetini arttırmak içindir. Çene trizi ve baş kesitlerin yeterli eğriligi ile baş dalgaların ve baş kesitlerin meydana getirdiği serpinti karşılanabilir.

2.2 Kayıcı Teknelerin Sınıflandırılması

Kafalı (1981), kayıcı tekneleri tekne altı şekillerini gözönüne alarak aşağıdaki gibi sınıflandırmıştır.

- Vee kesitli Tekneler (Vee Bottom Hulls)
 - Stepsiz
 - Stepli (tek stepli, çok stepli)
- Üç noktalı Kayıcı Tekneler
 - İki nokta Başta
 - İki nokta Kıçta
- Ters Vee kesitli tekneler (inverted Vee bottom hydroplanes)



3. KAYICI TEKNELERİN HİDRODİNAMİĞİ

3.1 Kayıcı Levhalar

Bugüne kadar gerek levhalar gerekse kayıcı tekneler üzerinde yapılmış tecrübe ve analizler, levha ve kayıcı tekneler arasında yakın bir ilginin ve benzerliğin bulunduğunu göstermiştir. Düz levha yerine V kesitli levha ve V kesitli tekneyi karşılaştırsak benzer sonuçlar görülecektir.

3.2 Kayıcı Levha Üzerindeki Direnç Bileşenleri

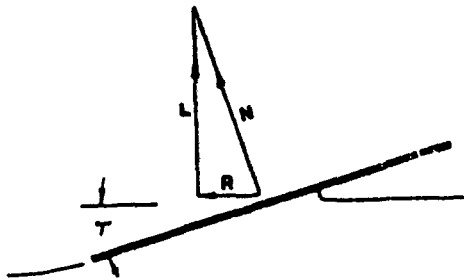
Murray (1950), düz bir levhanın su içindeki hareketini inceleyerek, ilerleme hızı V olan levhanın bu hareketinde levha yüzeyine gelen akışkanın aşağıya gönderilmesi ile bir kuvvet oluştuğu ve levhanın trim açısı kazandığını belirtmiştir.

Burada meydana gelen kuvvet levhanın her iki yanında su seviyesinden yükselmesini sağlayan bir basınç alanı yaratır. Giriş ucunda artan basınç su seviyesindeki yükselmeyi de artırır. Böylece bir kısım su serpinti halinde levhayı yanal yönde terk eder.

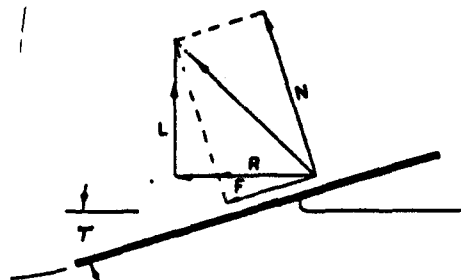
Sürekli kayma hali için, tekne üzerinde etkili tüm kuvvet ve momentlerin denge halinde olması gerekmektedir.

Akışkanın ideal bir ortam olduğu kabul edilerek, levha üzerinde etkili tüm kuvvetler incelenirse levha yüzeyine etki eden kuvvetin hidrodinamik ve hidrostatik basınçlardan doğan “ N ” normal kuvveti olduğu ortaya çıkacaktır. Bu kuvvetin yatay bileşeni basınç direnci (R_p) dikey bileşeni $\Delta = W$ kaldırma kuvvetidir. Trim açısı (Z) olarak belirtilirse, basınç direnci R_p (3.1) yardımıyla hesaplanır. Akışkanın sürtünmesiz ve viskoz olduğu durumlardaki levha üzerindeki kuvvet etkileri Şekil 3.1 ve Şekil 3.2’ de gösterilmiştir.

$$R_p = \Delta \cdot \tan \tau \quad (3.1)$$



Şekil 3.1 Sürtünmesiz akışkanda kuvvet dağılımları



Şekil 3.2 Viskoz akışkanda kuvvet dağılımları

Levhanın gerçek viskoz bir ortamda hareket ettiği kabul edilirse, bu durumda levha üzerine; ideal bir akışkan ortamda etkiyen kuvvetlere ek olarak levhaya teğet sürtünme kuvveti (R_F)'de etki eder. Bu durumda levha üzerine etkiyen toplam direnç ifadesi (3.2) eşitliği ile belirtilir. Viskoziteden doğan sürtünme kuvveti (3.3) denklemi ile hesaplanabilir.

$$R = \Delta \tan \tau + R_F / \cos \tau, \quad \cos \tau \cong 1 \text{ kabul edilirse;}$$

$$R = \Delta \tan \tau + R_F \quad (3.2)$$

olarak belirtilir. Bu formül kayıcı yüzeylerin direnci ile ilgili temel formüldür.

$$R_F = \frac{1}{2} \rho C_F \cdot S \cdot V_1^2 \quad (3.3)$$

Bu ifadede ; ρ : Akışkanın kitlesel yoğunluğu, V_1 : Kayıcı levha altındaki akımın ortalama hızı, S : Kayıcı yüzeyin ölçülmüş ıslak alanı, C_F :Sürtünme direnci katsayısını göstermektedir.

Kayıcı yüzeyin ölçülmüş ıslak alanı (S), (3.4) denklemiyle bulunabilir.

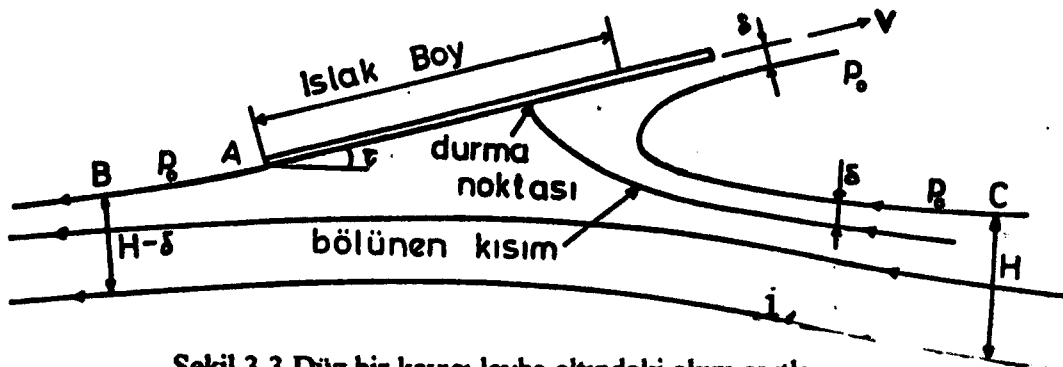
$$S = \frac{\lambda b^2}{\cos \beta} \quad (3.4)$$

Bu ifadede; λ : Islak boy oranı , b : Levhanın genişliği (m)
Genişlik

β : Kayıcı yüzeylerin kalkıntı açısını göstermektedir.

3.3 Düz Bir Yüzey Altındaki Akımın Analizi

Sonsuz genişlikte, V hızında ilerleyen ve hareket yönü ile (τ) trim açısı yapan, düz bir levha göz önüne alalım. Burada sonsuz genişlikteki levhayı sabit, akışkanı V hızında hareketli olarak düşünelim. Sistem, bu durumda düşünüldüğünde çıkış ucu A olan sonsuz genişlikteki levhayı geçen akımın idealize edilmiş olması ve temel karakteristikleri etkilemediği için gravite ve sürtünme kuvvetlerinin etkileri ile akım iki boyutlu hale indirgenmiş olur.



Şekil 3.3 Düz bir kayıcı levha altındaki akım şartları

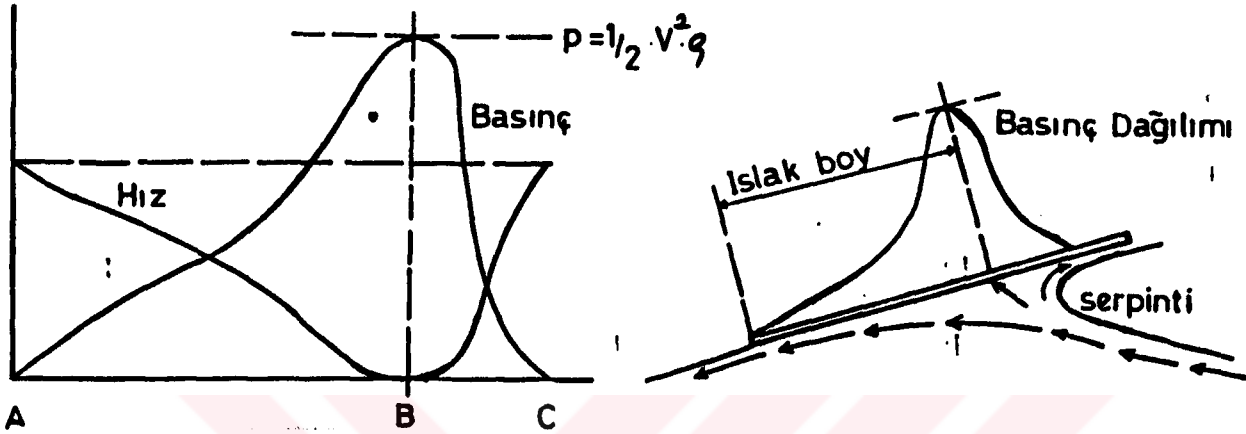
Akım levhaya çarptıktan sonra Şekil 3.3' te görüldüğü gibi bölünecektir. Bölünmeden sonra ana akım levhamın çıkış ucuna gitmeye devam edecek, δ kalınlığındaki bir miktar su kütlesi de dönerek ters yönde hareket edecektir.

Akım hattı levha yüzeyi ile dik açı yaptığında akımı ikiye bölecek bir durma noktası oluşturur. Bu noktada hız sıfır olup basınç maksimumdur.

Sabit levha–hareketli akışkan, sürekli bir akış oluşturur. Ayrıca her noktadaki hız zamana bağlı olmadığı için Bernouli denklemini bu sisteme uygulanabilir. Bu durumda akım hattı üzerinde her noktada hız aynı değerde, basınç ise sabit olup atmosferik basınç P_0 'a eşittir.

Teorik olarak hidromekanik metodlar yardımı ile hız ve basınç dağılımları elde edilebilir.

Kayıcı yüzey boyunca hız ve basınç arasındaki ilişki Şekil 3.4'te verilmiştir.

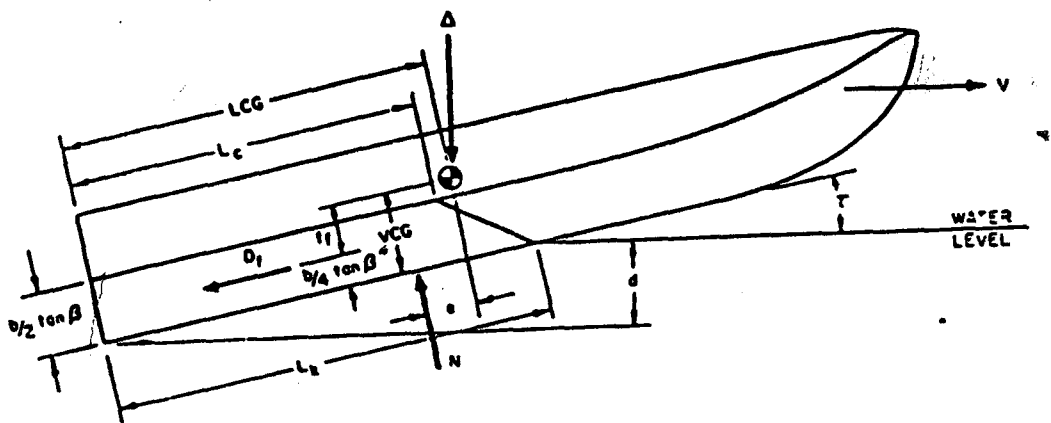


Şekil 3.4 Kayıcı yüzey boyunca hız ve basınç arasındaki ilişki

Basınç dağılımı durma noktasında aniden sıvrılır. Bu durum göstermektedir ki daha küçük kayma açılarında basınç dağılım eğrisinin durma noktasında sıvrılma noktası daha keskin olmaktadır.

3.4 Kayıcı Tekne Üzerine Gelen Kuvvetler ve Denge Denklemleri

Şekil (3.5), (3.6) ve (3.7) de kayıcı tekne üzerindeki sırasıyla; statik ve hidrodinamik kuvvetler, ilave hidrodinamik kuvvetler ve pervanenin meydana getirdiği kuvvetler gösterilmiştir.



Şekil 3.5 Kayıcı tekne üzerindeki statik ve hidrodinamik kuvvetler

ve basınç kuvvetlerinin elimine edilmesi ile birlikte aşağıda belirtilen (3.8) denklemi elde etmiştir.

$$(p \cdot T + \Delta D_F) \cos \varepsilon = \Delta \sin \tau + D_F + p D_a + r \Delta D_r + D_w \cdot \cos \tau + p F_z \sin \varepsilon \quad (3.8)$$

(3.8) eşitliği (3.5) denklemi içine yerleştirilerek N için çözümünü bulan Hadler (1966), (3.9) denklemini ortaya çıkarmıştır.

$$N = p \cdot N_s - p \cdot N_p p \cdot N_a - r \cdot N_r + \frac{\Delta}{\cos \tau} \left[1 \frac{\sin \tau \cdot \sin(\tau + \varepsilon)}{\cos \varepsilon} \right] - [D_F + p \cdot D_a + r \cdot \Delta D_r] \tan \varepsilon - D_w \frac{\sin(\tau + \varepsilon)}{\cos \varepsilon} - \frac{p \cdot F_z}{\cos \varepsilon} \quad (3.9)$$

(3.8) ve (3.9) eşitliklerinin (3.7) eşitliği içine yerleştirilmesi sonucunda ; moment denklemi aşağıdaki gibi elde edilmiştir. (Hadler, 1966)

$$\Delta \left[\frac{e \cos(\tau + \varepsilon)}{\cos \varepsilon} - \frac{F \cdot \sin \tau}{\cos \varepsilon} \right] + D_F \left[f_r - e \tan \varepsilon - \frac{f}{\cos \varepsilon} \right] + p \cdot D_a \left[f_3 - e \tan \varepsilon - \frac{f}{\cos \varepsilon} \right] - D_w \left[f_w \frac{e \sin(\tau + \varepsilon)}{\cos \varepsilon} + \frac{f \cdot \cos \tau}{\cos \varepsilon} \right] + p \cdot F_z \left[e_f - \frac{e}{\cos \varepsilon} - \frac{F \cdot \sin \varepsilon}{\cos \varepsilon} \right] + p \cdot N_s (e - e_a) + p \cdot N_p \cdot (e_p - e) + p \cdot N_a \cdot (e_a - e) + r \cdot N_r (e_r - e) + p \Delta D_r \left[F_{ar} - e \tan \varepsilon - \frac{f}{\cos \varepsilon} \right] = 0 \quad (3.10)$$

(3.10) eşitliği sağlandığında, kayıcı teknenin dengede olduğu belirtilir ve bu durumda kayıcı tekne için direnç ve güç hesabı kolaylıkla yapılabilir.(Hadler, 1966)

3.5 Kayıcı Yüzeylere Etkiyen Kaldırma Kuvveti

Su içinde statik halde duran bir cisme su tarafından Arşimet kanununa uygun olarak bir kaldırma kuvveti uygulanmaktadır. Bu kuvvet sephiye kuvveti olarak isimlendirilir. Yani statik halde tekne sadece gravitenin etkisi altındadır. Bu durumda hareket halindeki cisimlere etki eden dinamik kuvvetleri ihmal etmiş oluruz. Tekneyi harekete geçirip hızı arttırsak tekne yavaş yavaş sudan yükselecek, hız arttıkça gravite kuvvetinin yerini dinamik basınç kuvvetleri alacaktır. Tekne üzerindeki basınç yığılmaları dinamik kuvvetlerin doğmasına neden olmaktadır. Tekne belli bir hıza ulaştıktan sonra kaymaya başlar. Bu anda sephiye kuvveti hidrodinamik kaldırma kuvveti yanında ihmal edilebilir mertebededir.

Kayıcı yüzeylere etkiyen kaldırma kuvveti katsayısı (C_L) (3.11) formülüne hesaplanabilir.

$$C_L = \frac{\Delta}{\left(\frac{1}{2} \rho v^2 b^2 \right)} \quad (3.11)$$

Bu (3.11) formüldeki ; Δ : deplasman (kg) , ρ : suyun ağırlığı ($\text{kg sn}^2/\text{m}^4$),

b : Tekne genişliği (m) olarak verilmektedir.

Kalkıntı açısı $\beta = 0^\circ$ olan düz yüzeylere etkiyen kaldırma kuvveti katsayısı (C_{LO});

$$C_{LO} = \tau^{1.1} \cdot (0,0120 \cdot \lambda^{1.2} + 0,0095 \cdot \lambda^2 / CV^2) \quad (3.12)$$

Bu (3.12) formüldeki ; τ : trim açısı (derece), λ : Islak boy /genişlik oranı

CV : hız katsayısı olarak verilmektedir

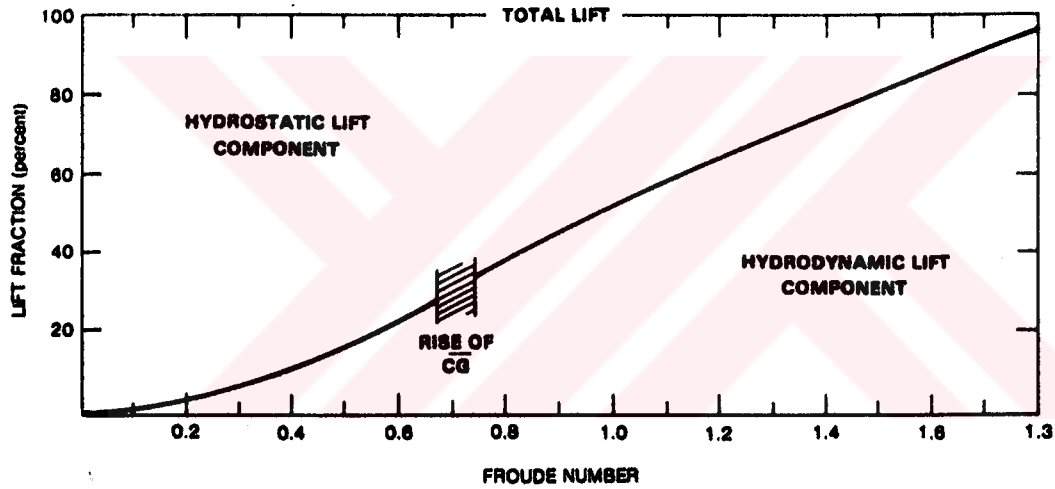
Kalkıntı açısı (β) olan V kesitli kayıcı yüzeylere etkiyen kaldırma kuvveti katsayısı ($C_{L\beta}$)

(3.13) formülüyle bulunabilir.

$$C_{L\beta} = C_{LO} - 0,065 \cdot \beta \cdot C_{LO}^{0,6} \quad (3.13)$$

Bu formülde ; C_{LO} : ($\beta=0$) için kaldırma kuvveti katsayısı, β : Kalkıntı açısıdır.

Tipik bir kayıcı tekneye Froude sayısına bağlı olarak etkiyen hidrostatik ve hidrodinamik kaldırma kuvvetleri arasındaki ilişki Şekil 3.8'de gösterilmiştir (Murray, 1964).



Şekil 3.8 Hidrostatik ve hidrodinamik kaldırma kuvvetlerinin dağılımı

4. KAYICI TEKNELERİN HİDRODİNAMİK DİZAYN KARAKTERİSTİKLERİ

Kayıcı teknelerin dizaynında düşünülmesi gereken en önemli nokta tekne gövdesinin formu ve tekne hızıdır. Tekne depasmanının yaklaşık olarak belirlenmesi rahatlıkla yapılabilir. Teknenin formu, deplasmanı teknenin istenilen performansı sağlayabilmesi için gereken gücün ve makinenin belirlenmesi tekne dizaynının tamamlanması için gereklidir.

Kayıcı teknelerin direnç değeri, hidrodinamik karakteristikleri arasındaki en önemli parametredir. Kayıcı tekneler için direnç dışındaki diğer hidrodinamik karakteristikler ; (Murray, 1964).

1-Manevra Kabiliyetinin Yeterliliği

2-Yunuslama Eğilimi

3-Dalıp Çıkma Eğilimi

4-Deniz Yüzeyine Vurma

5-Teknenin su üzerinde ilerlerken serpinti oluşturmaları.

4.1 Kayıcı Teknelerde Direnç

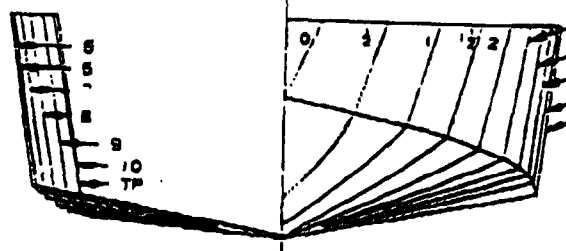
Çıplak tekne direnci basınç ve sürtünme direncinin bir fonksiyonudur. Hava ve takıntı dirençleri genelde ayrıca eklenir. Suyun sürtünme direnci ise teknenin suyu yararak hareket ederken karşılaştığı sürtünme ve hareketin devamındaki suların yana doğru tekne gövdesine çarparak oluşturduğu spray sürtünme olarak ikiye ayrılabilir. 1960' ların sonunda sunulan metodların bir çoğunda özellikle yüksek hızlarda spray sürtünme etkisi hesaba katılmıştır. Günümüzde spray sürtünme genelde ihmal edilmektedir. Tipik kayıcı teknelerin dip yapısı nedeniyle spray sürtünmenin çok önemli olmayacağı ancak katamaran gibi farklı dizaynlarda direnç üzerinde karakteristik bir etkisinin olacağı düşünülmektedir.

Kayıcı teknelerde genel olarak gemi direncine etki eden faktörlerin yanında trim açısı, çene ve çene trimi, step, flap ve kalkıntı açısı da direnç karakteristiklerinin değişimine etki etmektedir.

4.1.1 Kayıcı teknelerde direnç hesaplama yöntemleri

Çoğunlukla kullanılan direnç tahmin metodları hız, ağırlık, boy, genişlik, kalkıntı açısı ve ağırlık merkezinin boyuna yerini içerir. Bu çeşitli kriterler teknenin ana ölçülerini tanımlasa da tekne şeklini tam anlamıyla yansıtmaktan uzaktırlar (Konkav, konveks veya düz kesitler vb.) . Tekne formu gemi direncinde önemli bir rol oynayabilmektedir. Tekne formunun bu özellikleri veya değişkenleri çoğunlukla matematiksel olarak ifade edilemezler. Şekil 4.1' de gösterilen endazeler aynı ana boyutlara sahip olmalarına rağmen tekne formunda çok geniş bir

değişkenlik göstermektedirler. Tüm tekne formu değişkenleri tanımlanabilseler bile bu değişkenleri bir direnç modeli bünyesine katmaya çalışmak oldukça zordur. Modelin karmaşıklığının büyümesiyle birlikte hesaba katılması gereken değişkenlerin sayısı artmaktadır. Kayıcı tekne tasarımcılarının, tekne formu ihmal edildiğinde oluşabilecek hataları minimuma indirebilecek bir direnç tahmin metodu seçmeleri gerekmektedir. Bu da ancak tekne formunu en iyi yansıtan direnç tahmin yönteminin kullanılması ile mümkün olabilir.



Şekil 4.1 Farklı tekne şekilleri (Yegorov, 1978)

Kayıcı tekneler için kullanılan direnç tahmin metodları aşağıda sıralanmıştır.

- 1- Kayıcı tekne serileri
- 2- Prizmatik eşitlikler
- 3- Nümerik metodlar
- 4- Ampirik hesaplamalar
- 5- Teorik hesaplamalar

Teorik yaklaşımların dışında, yukarıda listelenen metodlar kayıcı teknelerin veya ölçekli modellerinin test gözlemlerine ve kayıt altına alınan datalarına dayanmaktadır. Günümüzde direnç tahmini için teorinin çok az hesaba katıldığı, modeller ve tekneler arasındaki ana ölçek kanununa dayanan benzerlik oranları kullanılmaktadır. Çok çeşitli teorik modeller bulunmasına rağmen hiçbirisi tipik kayıcı tekne dizaynları için faydalı olamamaktadır (Almeter, 1993).

Genelde karşılaşılan direnç tahmin hatalarının sebepleri şunlardır :

- ◆ Tahmin metodunun sınırları dışında kalan tekne formu ve boyutları
- ◆ Ölçek hataları
- ◆ Direnç tahmin metodlarının çok kısıtlı databaselere göre geliştirilmiş olması

4.1.1.1 Kayıcı Tekne Serileri

Sistematik seriler ana modellerin bir veya birkaç ekseninde sıkıştırılmasından veya uzatılmasından meydana getirilmiştir. Ölçekli modellerin testleriyle direnç tahmini yapmak mümkün olmaktadır. Genelde modellerin birebir testleri yerine ölçekli modellerinin bulunan

değerleri benzerlik kanununa dayanılarak ana tekne için hesaplanabilir. Ancak aynı model için farklı tekniklerin farklı direnç tahminleri verdiği unutulmamalı ve modelin nasıl test edileceği iyi anlaşılmalıdır.

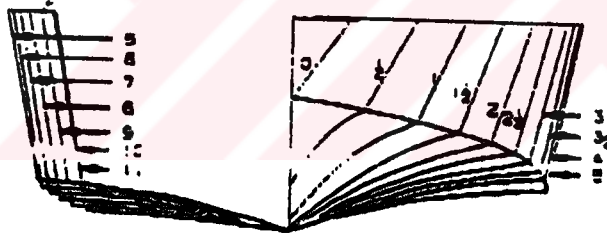
4.1.1.1.1 Seri 50 Sistematik Kayıcı Tekne Serileri

Kayıcı tekne serilerinin en eskisidir ve ABD serilerinin en geniş kısmını oluşturur. Hücumbot tipleri için 1940'lı yıllarda geliştirilmiştir. Bu seriler yarı kayıcı botlar için uygulanmıştır. Ancak bu serilerin tekneleri modern kayıcı tekne dizaynlarını yansıtmamaktadırlar.

Bu serilerin her bir modeli dizayn yükleme durumunda ve %10 ve %20 aşırı yük durumlarında kıça 0, 2, ve 4 derecelik statik trim açıları kullanılarak test edilmiştir.

Seri 50 sabit bir blok katsayısını ve verilen bir su hattı durumunu esas alır. Bu serilerin en önemli geometrik değişkenleri genişlik / draft ve deplasman - boy oranı, $L / (\Delta / 100)^{1/3}$ olmaktadır.

Blok katsayısı $C_b=0.70$ olup sabittir. $V/\sqrt{L}$ değerleri 1.5-6.5 arasında değişiklik gösterir. B/T oranı 4-15 arasında değişir. $\Delta/(L/100)^3$ oranı 40-160 arasında bulunur. LCG/Lp oranı %35'in altındadır. Aşağıda Şekil 4.2' de Seri 50 ana modelinin temsili resmi bulunmaktadır.



Şekil 4.2 Seri 50 tekne formu (Davidson ve Suarez, 1948)

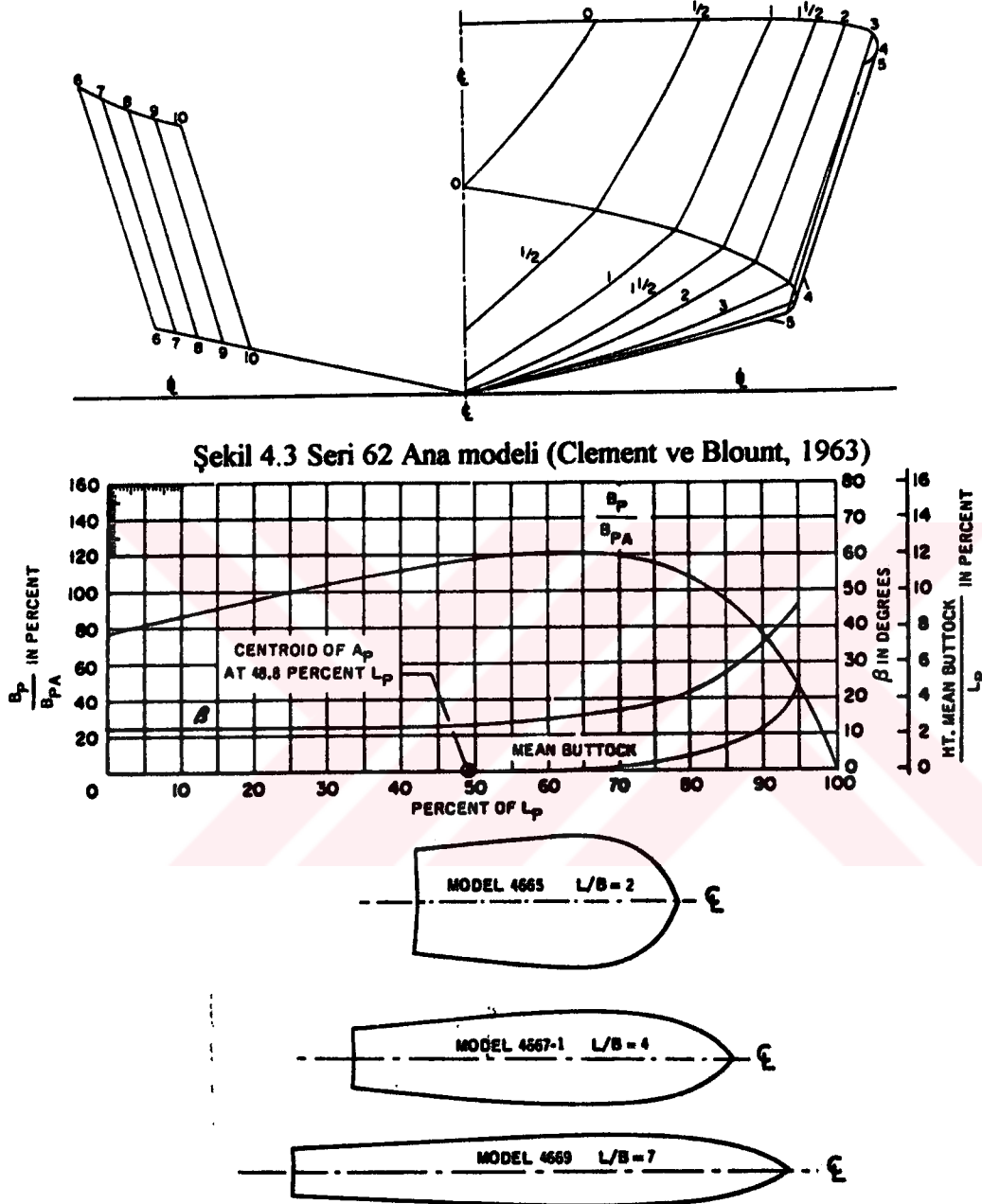
4.1.1.1.2 Seri 62 Sistematik Kayıcı Tekne Serileri :

1960' lı yıllarda geliştirilen bu seriler, kayma öncesi hız aralığı için dizayn edilmişlerdir. Diğer modern dizaynlara göre dar ayna kıç, küt gemi başı ve maksimum çene genişliği özellikleriyle farklılık göstermektedirler.

- ◆ Dar ayna kıç
- ◆ Küt gemi baş kısmı
- ◆ Maksimum çene genişliği

Bu seriler devamlı ve düşük kalkıntı açısına sahiptirler. Geniş bir hız, yükleme, LCG ve Lp /Bm aralığını kapsarlar. Diğer serilere göre daha yüksek veya düşük yüklemelerde, düşük

kalkıntı açılı teknelerde kullanışlı olabilirler. Volumetrik Froude aralığı 0.3-6, L_p/B_m oranı 2-7, $A_p/\Delta^{2/3}$ oranı 4-8.5 ve LCG/L_p oranı 0,36-0,48 aralığındadır, kalkıntı açısı ise 13 derecedir. Aşağıda Şekil 4.3' te bu seriler için ana modelin teknik formu görülmektedir.



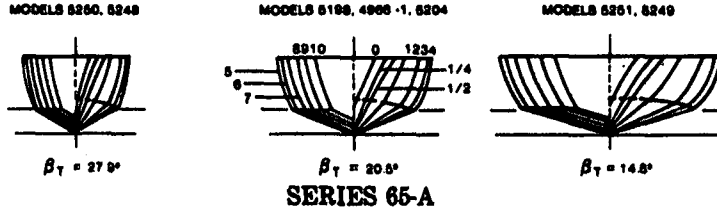
4.1.1.1.3 Seri 65 Sistematik Kayıcı Tekne Serileri :

Bu seriler 1970'li yıllarda geliştirilmiştir. Hidrofoil uygulamaları için uygun tekne formlarına sahiptirler. Genelde daha büyük yarı kayıcı teknelerde uygulanırlar.

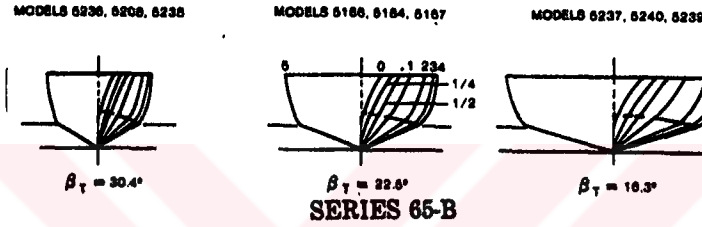
65-A ve 65-B olmak üzere iki tip olarak yapılmaktadırlar. Her iki tipin de baş kısımlarından gemi ortasına kadarki kısımları yüksek ve zarif kalkıntı açlarına sahiptirler. Seri 65-A normalde

pek kullanılmaz, ancak Seri 65-B çok kullanışlı teknelerdir. Bu seriler derin V kavramlı teknelere uygulanabilir.

Bu tekne formları devriye botları ve diğer geniş çeneli teknelerin dizaynında popülerdir. Bu seriler geniş yükleme aralıklarını, trim, L_p/B_m ve daha büyük kalkıntı açısını kapsarlar. Daha ağır deplasman değerleri ve yüksek hız aralıkları için test edilmemişlerdir. Aşağıda Şekil 4.5'te Seri 65-A ve Şekil 4.6'da Seri 65-B modellerinin tekne formları bulunmaktadır.



Şekil 4.5 Seri 65-A model formları (Holling ve Hubble, 1974)



Şekil 4.6 Seri 65-B model formları (Holling ve Hubble, 1974)

4.1.1.1.4 Seri 62-DUT Sistemik Kayıcı Tekne Serisi (25° Kalkıntı Açısı)

Bu seriler 1970'li yılların sonunda geliştirilmiştir. Kalkıntı açısı Seri 62'nin yüksek açılı versiyonudur. Kalkıntı açısı 25 derecedir. Orjinal seri olan Seri 62'nin aynı karakteristik özelliklerine sahiptirler. Bunlar bir kayma öncesi birde yarı kayıcı hız sistemlerinde test edilmişlerdir. Orjinal serilerine göre büyük deplasman aralıklarında test edilmiştir.

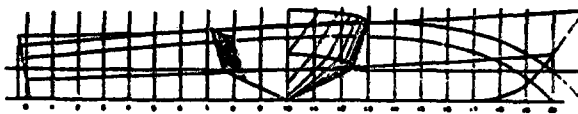
$$Fr \nabla = 0,75 - 3$$

$$L_p/B = 2 - 7$$

$$\frac{A_p}{\nabla^{2/3}} = 4 - 8,5$$

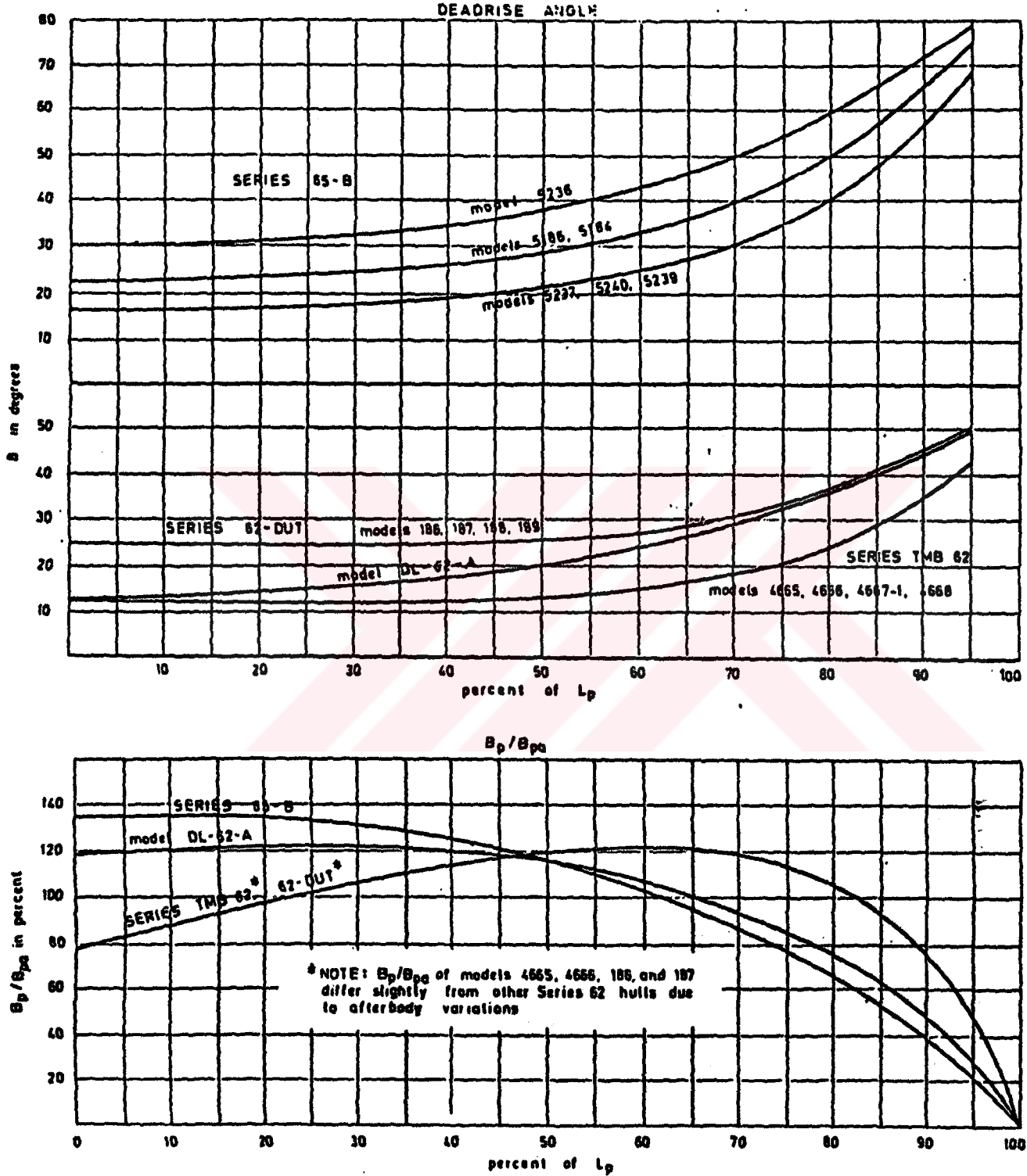
$$\frac{LCG}{L_p} = 0,36 - 0,48$$

Seri 62-DUTCH serisinin tekne formu Şekil (4.7)'de gösterilmektedir.



Şekil 4.7 Seri 62 Dut tekne formu (Keuning ve Gerritsma, 1982)

Aşağıda Şekil 4.8'de anlatılan tekne formlarına ait karşılaştırmalı karakteristik form eğrileri verilmiştir.



Şekil 4.8 Serilere ait karşılaştırmalı karakteristik form eğrileri

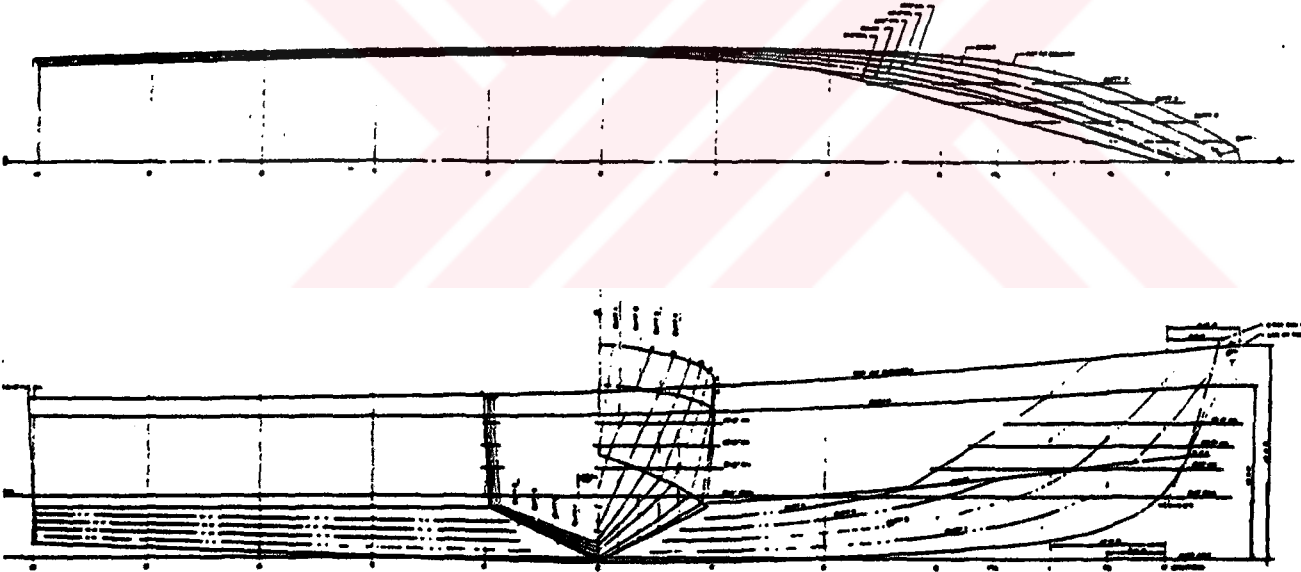
4.1.1.1.5 ABD Deniz Akademisi Serisi

ABD Deniz Akademisi, üç sistematik yuvarlak karinalı modeli ve aynı boyutlarda üç sistematik çeneli modeli test etmiştir. Bu seriler kayma öncesi hız aralıklarının daha düşük aralıkları için tasarlanmıştır. Çeşitli ilginç sonuçlar içerirler ;

- ◆ Yuvarlak karinalı ve çeneli teknelerin doğrudan mukayese edilmesi
- ◆ Çeneli teknelerin direncinin düşük hızlar için tasarlanmış olması
- ◆ LCG değişmelerinin ve yükselmelerinin dirence etkisi

Bu serilerin kalkıntı açıları bağımsız bir değişken olmayıp L/B 'nin bir fonksiyonudur. Serideki model sayısı etkili bir direnç belirleme yöntemi için yeterli değildir.

Volümetrik hacim değerleri 0.3-1.5, deplasman -boy oranı $\Delta/(L/100)^3$ değeri 10-150, LCG / L_p oranı gemi ortasından kıça doğru 0.13-0.02 aralığındadır. Bu serilerin ana tekne formu Şekil 4.9'da endaze planı olarak verilmektedir.



Şekil 4.9 ABD deniz akademisi serisi (Compton, 1986)

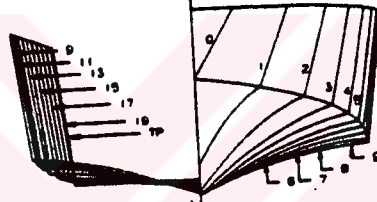
4.1.1.1.6 BK Serisi

Bu seriler, ender olan yarı kayıcı seriler olup 1960'lı yıllarda Rusya'da test edilmişlerdir. Devriye botları-serileridirler. İkinci dünya savaşında iki gruba ayrılmışlardır. İlk grupta L_p/B_m gibi boyutsuz değişkenler sabit tutulmuş ve tekne şekli değiştirilerek direnç etkileri incelenmiştir. Gemi ortasından başa kadar olan kısımların bazıları tekneye göre daha keskin kalkıntı açılarna sahiptir. Şekil 4.10'da bu seriler için bir örnek form verilmiştir.

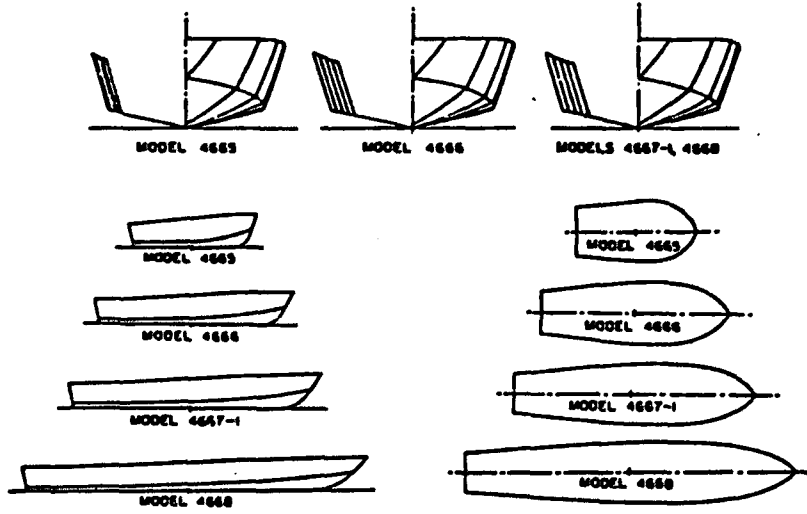
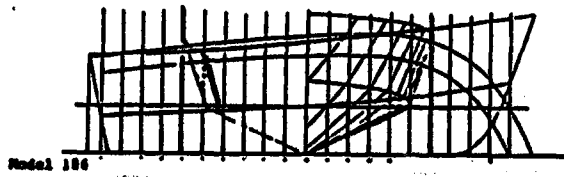
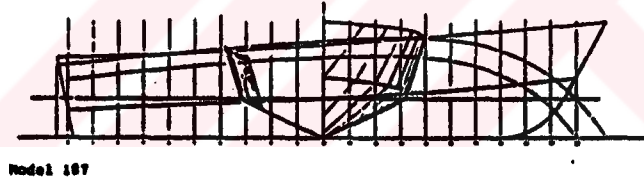
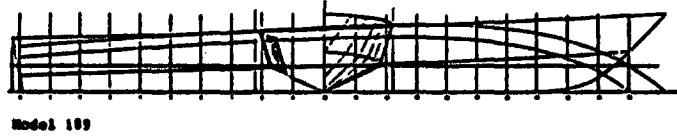
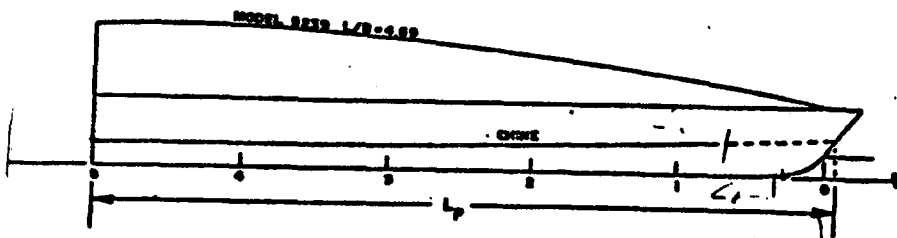
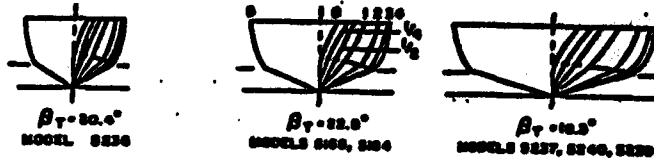
İkinci grup olanlar da ise tekne şekli sabit tutulmuş ve L_p/B_m gibi boyutsuz değişkenler değiştirilmiştir. Bu seriler L_p/B_m 'nin geniş bir aralığı, gemi ortası kalkıntı açısı ,yükleme ve LCG durumları için test edilmişlerdir. Bu ikinci grubun tekne şekli konkav ve yüksek dönümlüdür.

Bu tekneler için direnç testi sonuçları Taylor serileri denklemi olarak ifade edilmiştir. Bu denklem değiştirilerek ve genişletilerek doğruluğu artırılmıştır. Tekne şekillerinin bu tipleri için çok iyi tahminler yapılabilir. Konkav tekne şekli bugünün modern yarı kayıcı tekne şekillerinden az daha yüksek kalkıntı açlarına sahiptir. Bu denklemin sonuçları kayma öncesi ve yarı kayıcı aralıklar için yüzdelerle iyi tahminler verebilmektedir. Bu serilerin volümetrik froude sayılarının 4.0 - 4.5 değerlerinde direnç, gerçekten daha büyük hesaplanmaktadır.

Volümetrik froude Sayısı 1.0 - 4.5, L_p/B_m oranı 3.75 - 7.0, tekne kalkıntı açısı 12 - 21 derece, yük katsayısı 0.427 - 0.854, LCG/ L_p oranı 0.35 - 0.45 aralığındadır.



MODEL	L_P	A_P	B_{PA}	B_{PT}	B_{PX}	$\frac{L_P}{B_{PA}}$	$\frac{L_P}{B_{PX}}$	$\frac{B_{PX}}{B_{PA}}$	$\frac{B_{PT}}{B_{PX}}$	z_P	β (deg)	β_T (deg)	LCG/ L_P for $\tau_c \approx 0^\circ$
SERIES 65-A													
5251	1.861	0.761	0.409	0.198	0.564	4.55	3.30	1.38	0.85	0.151	16.0	14.8	0.52
5249	2.632	1.076	0.409	0.198	0.564	6.44	4.66	1.38	0.85	0.151	16.0	14.8	0.52
5198	2.226	0.769	0.346	0.167	0.477	6.44	4.66	1.38	0.85	0.151	22.1	20.5	0.52
4966-1	2.632	0.761	0.284	0.140	0.399	9.10	6.60	1.38	0.85	0.151	22.1	20.5	0.52
5204	2.632	0.538	0.205	0.099	0.282	12.87	9.34	1.38	0.85	0.151	22.1	20.5	0.52
5250	2.632	0.761	0.289	0.140	0.399	9.10	6.60	1.38	0.85	0.151	29.9	27.9	0.52
5248	2.632	0.538	0.205	0.099	0.282	12.87	9.34	1.38	0.85	0.151	29.9	27.9	0.52
SERIES 65-B													
5237	1.872	1.101	0.588	0.792	0.798	3.18	2.35	1.36	0.99	0.121	21.2	16.3	SERIES 65-B 0.38
5240	1.872	0.779	0.416	0.560	0.564	4.50	3.32	1.36	0.99	0.121	21.2	16.3	0.38
5239	2.648	1.101	0.416	0.560	0.564	6.36	4.69	1.36	0.99	0.121	21.2	16.3	0.38
5186	1.872	0.779	0.416	0.560	0.564	4.50	3.32	1.36	0.99	0.121	28.7	22.5	0.38
5184	1.872	0.550	0.294	0.396	0.399	6.36	4.69	1.36	0.99	0.121	28.7	22.5	0.38
5167	2.648	0.779	0.294	0.396	0.399	9.00	6.64	1.36	0.99	0.121	28.7	22.5	0.38
5236	1.872	0.550	0.294	0.396	0.399	6.36	4.69	1.36	0.99	0.121	37.4	30.4	0.38
5208	2.648	0.779	0.294	0.396	0.399	9.00	6.64	1.36	0.99	0.121	37.4	30.4	0.38
4238	2.648	0.550	0.208	0.280	0.282	12.73	9.38	1.36	0.99	0.121	37.4	30.4	0.38
SERIES 62													
4665	1.192	0.601	0.504	0.477	0.596	2.36	2.00	1.18	0.80	0.145	13.0	12.5	SERIES 62 0.41
4666	1.825	0.903	0.495	0.422	0.596	3.69	3.06	1.21	0.71	0.147	13.0	12.5	0.42
4667-1	2.438	1.189	0.488	0.381	0.596	5.00	4.09	1.22	0.64	0.149	13.0	12.5	0.43
4668	2.438	0.884	0.363	0.285	0.443	6.72	5.50	1.22	0.64	0.149	13.0	12.5	0.43
4669	2.438	0.695	0.285	0.224	0.348	8.56	7.00	1.22	0.64	0.149	13.0	12.5	0.43

SERIES TMB 62SERIES 62-OUTSERIES 65-B

Şekil 4.12 Seçilmiş bazı serilere ait endaze ve su hattı resimleri

4.1.1.2 Prizmatik Eşitlikler

Bu tahmin yöntemlerinde genişlik, kalkıntı açısı, LCG'nin konumu ve ağırlık hesaba katılarak tekne basit bir prizmatik yapı olarak kabul edilir. Teknenin prizmatik yapısının oldukça düz batoklar içermesi istenmektedir. Özellikle mastoriden kıça kadar olan bölüm düz olmalıdır. Bunun sebebi prizmatik bir yapı olarak düşünülen tam kayıcı teknelerin kayma halinde kesitlerin suyla temasa geçecek olmasıdır. Özellikle LCG, teknenin düşük hızlarda baş tarafını sulara gömebilecek olmasından dolayı oldukça önemlidir. Bununla birlikte tekne boyu ve formu belirleyici özellikler olarak düşünülmez. Dizayna ait spray rail gibi detaylar hesaba katılmaz. Hava direnci dahil edilmez. Aşağıda iyi olarak kabul edilen üç prizmatik metod anlatılmıştır.

4.1.1.2.1 Savitsky Yöntemi

Savitsky (1964), tarafından geliştirilen bu yöntem, kayıcı tekneler için kaldırma kuvveti ve direnç karakteristiklerini belirleyen formülleri içermektedir. Savitsky (1964), bu yöntemi; prizmatik ve düz kayıcı yüzeylerin sistematik olarak değiştirilen trim açısı, kalkıntı açısı, ıslak boy-genişlik oranlarını gözönünde bulundurularak yapılan direnç deneylerinin sonuçlarından yararlanarak geliştirmiştir. Bu metod tam kayıcı teknelerin kritik hızın altındaki ve üstündeki hız değerleri için hazırlanmıştır. Kayıcı teknelerin direnç tahminlerinde en çok başvuru yapılan metodun zaman içinde bir çok versiyonu geliştirilmiştir.

Savitsky metodunun temelini, kaldırma ve tork kuvvetleri oluşturmaktadır. 1964 te çıkan bu ana metod günümüzde de kullanılmaktadır. Uzun versiyon olarak adlandırılan bu ilk halinde itme kuvvetinin, itmeyi oluşturan kaynağa paralel olduğu düşünülerek tekne direnci, tekne ağırlığı ve itmeden meydana gelen momentlerin denge halinde oldukları kabul edilmiştir. Ancak bu kabul her zaman için geçerli değildir. Spray direnç hesaba katılmamıştır.

Hadler (1966), tarafından geliştirilen kayıcı teknelerin performanslarının belirlendiği yöntemde; Savitsky'nin yönteminden yararlanılarak temelde aynı olan yöntem spray direnci dahil etmiştir.

1964'te yayınlanan ilk versiyonun üzerine Blount ve Fox (1976), tarafından kayma öncesi hızlar için M faktörü eklenmiştir. Çünkü onlara göre baş tarafın prizmatik olmayan yapısının kayma öncesi hızlarda suyun içine gömülecek olması bu prizmatik metodu uygunsuz hale getirmektedir. M faktörü 1964 versiyonuyla hesaplanan direnç değerlerinin model tekne dirençleriyle karşılaştırılması sonucunda geliştirilmiştir. Ancak günümüz teknelerinin direnç tahminlerinde M faktörüne pek gerek kalmamaktadır. Çünkü kullanılan tekne formlarında LCG'nin yeri mümkün olduğu kadar kıça çekilerek baş tarafın prizmatik olmayan baş

formunun kayma öncesinde suya girmesi önlenmektedir. M faktör büyük L_P/B_M (5' üzerinde) oranlı teknelerde yüksek direnç tahminleri yaparken çok düşük kalkıntı açılı teknelerde düşük direnç tahminlere doğru kaymaktadır.

Savitsky ve Brown (1976), ilk versiyona yanal ıslanmaları da katmışlardır. Günümüzde Savitsky metoduna göre yazılmış birçok nümerik bilgisayar programları mevcuttur. Ancak bu nümerik hesaplamalar oldukça farklı değerler çıkarmaktadır. Dolayısıyla dizaynır bu programları kullanırken referanslarını kontrol etmeli, birbirleriyle karşılaştırmalı yada manuel yöntemle sağlamasını yapmalıdır.

Birçok dizaynır ilk versiyonu ve daha sonra geliştirilen M faktörlü versiyonu kullanmaktadır. M faktörlü versiyonun kayma öncesi hızlar için ekseriyetle uygun olduğu düşünülebilir. Ancak yukarıda da belirtildiği gibi limitler göz önünde tutulmalıdır.

Savitsky (1964), yöntemine göre kayıcı bir teknenin direnç karakteristiklerinin belirlenmesi aşağıdaki adımlardan oluşmaktadır.

Verilenler : Δ (Deplasman), b (Genişlik), β° (Kalkıntı açısı), V Seyir hızı.

Hesaplamalar :

1) Teknenin hız katsayısının hesaplanması (C_V)

$$C_V = \frac{V}{\sqrt{g \cdot b}} \quad (4.1)$$

Bu ifadede ;

V : Teknenin seyir hızı (m/sn)

g : Yerçekimi ivmesi (kg m/sn^2)

b : Teknenin Genişliği (m) değerlerini göstermektedir.

2) Kalkıntı açısı β olan kayıcı yüzeyin kaldırma kuvveti katsayısının hesaplanması ($C_{L\beta}$)

$$C_{L\beta} = \frac{\Delta}{\left(\frac{1}{2} \rho v^2 b^2 \right)} \quad (4.2)$$

Bu ifadede ;

Δ : Deplasman (kg)

V : Teknenin Seyir hızı (m/sn)

b : Teknenin genişliği (m)

ρ : $104,61 \text{ kg sn}^2/\text{m}^4$ değerini göstermektedir.

3) ($\beta^\circ = 0$) olan kayıcı yüzeylerin kaldırma kuvveti katsayısının hesaplanması (C_{LO})

$$C_{L\beta} = C_{LO} - 0,0065 \cdot \beta \cdot C_{LO}^{0,6} \quad (4.3)$$

Bu ifadede;

$C_{L\beta}$ =Kaldırma Kuvveti Katsayısı β =Kalkıntı Açısı (derece)

(4.2) nolu adımda bulunan $C_{L\beta}$ değerinin $C_{L\beta} = C_{LO} - 0,0065 \cdot \beta \cdot C_{LO}^{0,6}$

denkleminde kullanılması ile yapılan iterasyon sonucunda (C_{LO}) değeri hesaplanır.

4) Islak boy /Genişlik oranının hesaplanması (λ) ;

$$C_{LO} = \tau^{1,1} \cdot (0,0120 \cdot \lambda^{1,2} + 0,0095 \cdot \lambda^2 / C_V^2) \quad (4.4)$$

Bu ifadede ;

C_{LO} = Kaldırma kuvveti katsayısı

τ = Trim açısı (derece)

C_V = Tekne hız katsayısı değerini gösterir.

$C_{LO} = \tau^{1,1} \cdot (0,0120 \cdot \lambda^{1,2} + 0,0095 \cdot \lambda^2 / C_V^2)$ eitiğinde C_{LO} yerine (4.3)'te bulunan C_{LO} değeri kullanılarak yapılan iterasyon sonucunda ıslak boy /Genişlik oranı (λ) elde edilir.

5) Kayıcı teknenin ıslak boy değerinin hesaplanması (l)

$$l = \lambda \cdot b \quad (4.5)$$

Bu ifadede;

l : Kayıcı teknenin ıslak boyu (m)

λ : Islak boy /Genişlik oranı

b :Teknenin Genişliği (m) değerlerini göstermektedir.

6) Kayıcı teknenin ıslak alanının bulunması (S)

$$S = \frac{l \cdot b}{\cos \beta} \quad (4.6)$$

Bu ifadede ;

l : Kayıcı teknenin ıslak boyu (m)

b:Kayıcı teknenin genişliği (m)

β :Kalkıntı açısı (derece) değerlerini göstermektedir.

7)Teknenin dibinde oluşan dinamik yükleme miktarı (W)

$$W = \frac{1}{2} \rho V^2 b^2 (0,0120 \cdot \lambda^{1,2} \cdot \tau^{1,1}) \quad (4.7)$$

Bu ifadede ;

V :Teknenin seyir hızı (m/sn)

b : Teknenin Genişliği (m)

λ : Islak boy /Genişlik oranı

τ : Trim açısı (derece)

ρ :Suyun yoğunluğu ($kg \cdot sn^2/m^4$) değerlerini göstermektedir.

8) Kayıcı teknelerde kayıcı yüzey ile su yüzeyi arasındaki hızın hesaplanması ; (V_m)

$$V_m = \left[V \frac{2g.W}{w.A.\cos \tau} \right]^{1/2} \quad (4.8)$$

Bu ifadede ;

V : Teknenin seyir hızı (m/sn)

W : Teknenin dibindeki dinamik yükleme (kg)

A : Teknenin ıslak alanı (m²)

w : Suyun özgül ağırlığı ($w=p \cdot g$) değerini göstermektedir

9) Reynolds sayısının hesaplanması (R_n)

$$R_n = \left[\frac{V_m \cdot l}{V} \right] \quad (4.9)$$

Bu ifadede ;

V_m : Kayıcı yüzey ile su yüzeyi arasındaki hız (m/sn)

l : Kayıcı teknenin ıslak boyu (m)

V : Kinematik viskozite (m²/sn) değerlerini göstermektedir.

10) Sürtünme direnç katsayılarının hesaplanması (C_F)

Sürtünme direnç katsayısı Schoenherr'in formülü kullanılarak hesaplanır. Bu formül aşağıdaki şekilde verilmektedir.

$$\frac{0,242}{\sqrt{C_F}} = \log (C_F \cdot R_n) \quad (4.10)$$

Bu ifadede ; R_n : Reynold sayısını göstermektedir.

11) $(\Delta + C_F)$ değerinin hesaplanması

$$\Delta = 0,4000 \cdot 10^3 \quad (4.11)$$

Bu ifadede ;

C_F : Sürtünme direnç katsayısı

Δ : Pürüzlülük katsayısı değerlerini göstermektedir.

12) Sürtünme direncinin hesaplanması (F)

$$F = 1/2 \rho V_m^2 \cdot S \cdot (\Delta + C_F) \quad (4.12)$$

Bu ifadede ;

ρ : Suyun yoğunluğu (kg sn²/m⁴)

Δ : Pürüzlülük katsayısı

C_F : Sürtünme direnci katsayısı

S : Teknenin ıslak alanı (m²)

V_m : Teknenin yüzeyi ile su yüzeyi arasındaki hız (m/sn) değerlerini göstermektedir.

13) Artık direncin hesaplanması ;

$$\text{Artık direnç} = \Delta \cdot \tan \tau \quad (4.13)$$

Bu ifadede ;

Δ : Teknenin deplasmanı (kg)

τ : Trim açısı (derece) değerlerini göstermektedir.

14) Teknenin toplam direncin hesaplanması (R) ;

$R = \text{Artık direnç} + \text{Sürtünme direnci}$

$$R = \Delta \cdot \tan \tau + F \quad (4.14)$$

Bu ifadede ;

Δ : Teknenin deplasmanı (kg)

τ : Trim açısı (derece)

F : Sürtünme direnci (kg)

R : Toplam direnç (kg) değerlerini göstermektedir.

15) Efektif beygir gücünün hesaplanması (EHP) ;

$$\text{EHP} = \frac{RV_s}{75} \text{ (BG)} \quad (4.15)$$

Bu ifadede ;

R : Toplam direnç (kg)

V_s : Teknenin seyir hızı değerlerini göstermektedir.

4.1.1.2.2 Shuford Metodu:

Bu yönteminde Savitsky metodu gibi bir çok farklı versiyonu mevcuttur. Orijinal versiyon Shuford (1958), tarafından geliştirilmiştir. Sephiye kuvvetlerinin azaldığı tam kayma bölgesine göre tasarlanmıştır. Spray direnç hesaba katılmamıştır. Çene üzerindeki yatay ve düşey ilave yüzeylerin (Spray rail) etkisini hesaba katmak amacıyla düzeltmeler yapılsa da model testlerinde pek etkili olmadığı ortaya çıkmıştır.

Clement (1959,1961), tarafından spray direnç hesaba katılarak modifie edilmiştir.

Brown ve Klosinski (1980), ilk Shuford (1958) metodu üzerinde çalışmalar yapmış ve teknenin sephiye kuvvetleriyle taşındığı daha düşük hızlar için uygun bir versiyon hazırlamışlardır. Shuford / Brown eşitlikleri Savitsky metodunun geçerli olduğu hız aralıklarında kullanılabilir.

4.1.1.2.3 Lyubomirov Metodu :

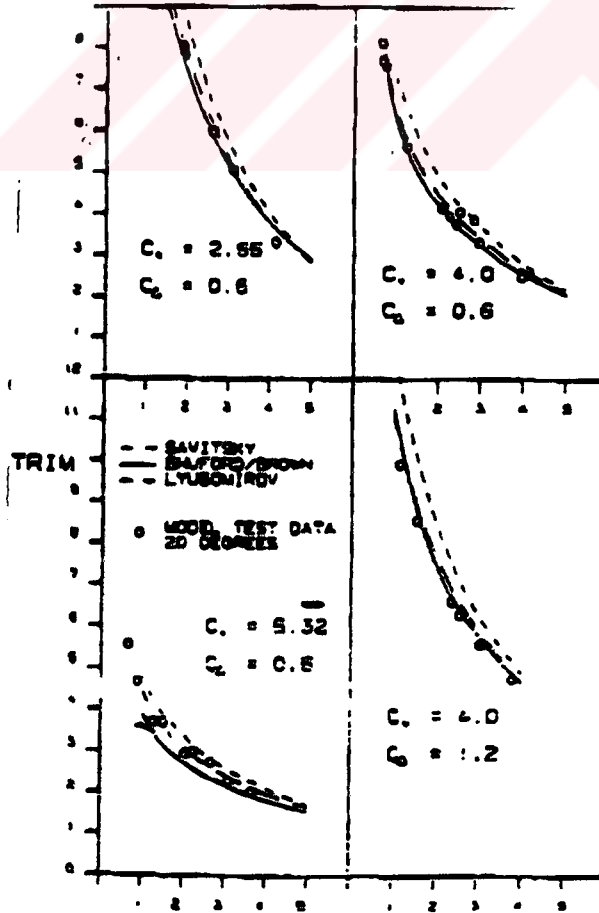
1940'lı yıllarda Lyubomirov tarafından prizmatik gövdelerin kaldırma kuvvetleri ve momentleri esas alınarak geliştirilmiştir (Yegorov vd. 1978). Lyubomirov metodunda ıslak

alan, kaldırma kuvveti ve trim, kayıcı yüzey olarak düz bir levha kullanıldığı kabul edilerek hesaplanır. Düzeltme faktörleri kullanılarak trim ve ıslak alan düzeltilir. Savitsky (1964) metodunda kayıcı yüzeyin iz düşüm alanı kalkıntı açısından bağımsız düşünülmekteyken Lyubomirov metodunda artan kalkıntı açılarında ıslak alan artırılmaktadır. Lyubomirov'un yönteminde ıslak alan düzeltilmesi yapılmadığı takdirde bulunan ıslak alan değeri Savitsky yönteminde bulunanla aşağı yukarı aynıdır.

Değişen kalkıntı açısı nedeniyle yapılması düşünülen ıslak alan düzeltmesinin sadece trim düzeltme hesaplarında kullanılması uygun görülmüştür. Belirtilen kriterlere uygun olarak kullanıldığında Lyubomirov yönteminin iyi sonuçlar verdiği görülmüştür.

Bu üç methodla tahmin edilen ıslak boy değerleri (λ) çeşitli hız ve yükleme koşullarında karşılaştırmalı olarak 20 dereceli prizmatik modeller için test edilmiştir. (Brown ve Klosinski, 1980). Bu üç methodda iyi sonuçlar vermiştir. Savitsky yöntemi en yüksek ıslak alan veya boy değerini verirken Lyubomirov ve Shuford / Brown yöntemleri tipik kayıcı tekne formlarında birbirine çok yakın sonuçlar vermişlerdir.

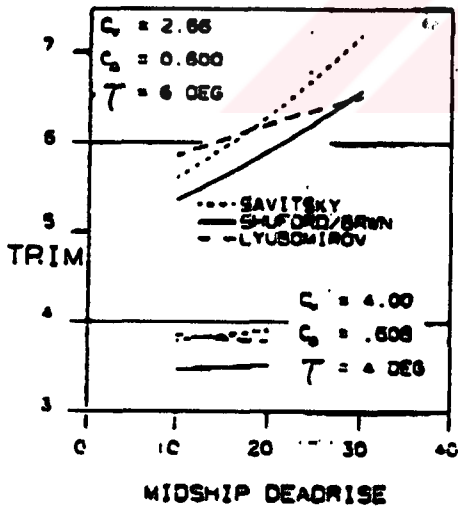
Tahmin edilen trim değerleri yine farklı hız ve yükleme koşullarında üç method arasında karşılaştırmalı olarak Şekil 4.13' te verilmiştir. Üç methodda bir kere daha yeterli derecede uygun sonuçlar verirken en iyi sonucu Lyubomirov methodu vermiştir.



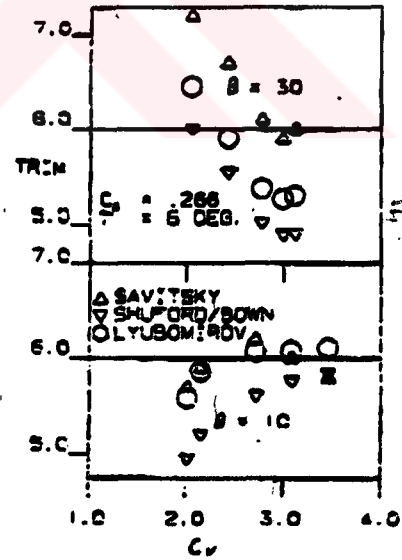
Şekil 4.13 Trim tahminleri

Trim değerlerinin farklı kondisyon ve kalkıntı açılarındaki sonuçları Şekil 4.14'te (Brown ve Klosinski, 1980) verilmiştir. Model 4 ve 6 derecelik sabit trim açılarındaki test edilmiştir. Test sonuçlarıyla karşılaştırıldığında çok sağlam sonuçlar vermedikleri görülmüştür. Shuford/Brown metodu diğer iki metoddan daha düşük trim açıları hesaplamıştır. Çok yüksek kalkıntı açıları Lyubomirov ve Shuford/Brown metodları birbirlerine çok yaklaşmışlardır.

Şekil 4.15'te geniş hız aralıkları için, 10 ve 30 derecelik kalkıntı açılı, hafif yüklenmiş ve 6 derece trimli model testinin metodlarla karşılaştırmalı sonuçları verilmiştir. Lyubomirov ve Savitsky metodları 10 derecelik kalkıntı açılarındaki temelde aynı sonuçları verirken Shuford/Brown metodu hız sınırının alt noktalarında çok düşük trim değerleri vermiştir. Hız sınırının üst limitine doğru üç metoddaki birbirine çok yaklaşmıştır. 30 derecelik kalkıntı açısında Shuford/Brown en düşük sonuçları verirken, Lyubomirov orta noktalarda, Savitsky ise en üst noktalarda neticeler vermiştir. Bu üç örnek trim tahminlerinin oldukça kompleks olduğunu ortaya koymuştur. Shuford/Brown metodu diğer iki metoda göre daha düşük neticelere doğru eğilim göstermiştir. Ancak bu her durum için geçerli değildir. Savitsky metodunun düşük kalkıntı açılarındaki (10 derece ve altı) Lyubomirov metoduna göre daha düşük trim değerleri verdiği ortadadır. Ancak bu durum daha yüksek kalkıntı açılarındaki (25 derecenin üstü) tam tersi olmaktadır.



Şekil 4.14 Trim Tahminleri



Şekil 4.15 Trim Tahminleri

Sonuç olarak bu teknikler arasındaki tahmin edilen direnç farkı %10 dan fazla değildir. Savitsky metodu direnç tahmininde daha yüksek değerler verme eğilimindedir. Bunun sebebi metodun daha yüksek trim ve ıslak alan hesaplamasıdır. Shuford/Brown ise düşük trimlerden kaynaklanan düşük direnç değerleri vermektedir. Tabii ki bu eğilimlerin tüm yükleme koşulları, kalkıntı açıları ve hızlar için doğru olduğunu söyleyemeyiz.

Prizmatik tahmin metodları tekne genişliğinin tamamının teknenin yararak içinden geçtiği suyla ıslandığını kabul etmektedir. Maalesef bu kabul yüksek süratli kayıcı tekneler için her zaman doğru değildir. Bu yanlış kabul, gerçeğinden daha düşük trim değerleri, daha yüksek ıslak alanlar ya da daha yüksek sürtünmeler hesaplanmasına neden olmaktadır. 20 derece kalkıntı açılı, eşit ağırlıkta iki model aynı hızlarda test edilmiştir. Modellerden birinin genişliği daha azdır ve genişliğin tamamı yada tamamına yakını ıslanmaktadır. Diğer model ise daha geniştir ve daha az ıslanmaktadır. İki model içinde LCG aynı olduğunda trim açıları aynı olacaktır. Prizmatik tahmin metodları geniş modellerin trim değerlerini dar olanlardan daha az göstereceklerdir. Kıptaki ıslak genişlik hesaplandıktan sonra bulunan değer prizmatik tahmin metodunda ıslak genişlik olarak kullanılırsa bu hata azaltılabilir.

4.1.1.3 Nümerik metodlar

Nümerik metodlar genelde regresyon analizlerini ve diğer benzer yaklaşımları kullanırlar. Nümerik metodlar direnç tahmininde oldukça faydalı metodlar olmasına rağmen yanlış sonuçlar verebilmektedirler. Nümerik metodlar genelde model testlerine veya tam ölçekli testlere dayanmaktadır. Nümerik metodları kullanan dizaynırların teknelerinin karakteristik özelliklerinin metodlara ait veri tabanlarına uyup uymadığını çok dikkatli kontrol etmeleri gerekir. Çünkü geçerli aralıkların dışındaki modeller için oldukça hatalı sonuçlar vereceklerdir. Günümüzde kullanılan nümerik metodların birkaç tanesi aşağıda anlatılmıştır.

4.1.1.3.1 Amerikan Deniz Akademisi Serileri Regresyonu

Daha önceki bölümlerde anlatılan üç adet çeneli Amerikan Deniz Akademisi serisi tekneler için (Compton, 1986) regresyon denklemleri verilmiştir. Bu regresyon 1.5 Froude sayısına kadarki hız aralığında söz konusu olan teknelerin direnç değerlerini düşük süratli teknelerle karşılaştırma maksadıyla verilmiştir. Bu regresyon denklemi, kendi serisini temsil eder ve çeşitli boy – genişlik, deplasman- boy oranlarında ve LCG konumlarında kullanılırlar. Ancak küçük boy-genişlik oranlarının ve kendi serisine ait kalkıntı açısı kombinasyonlarının dışındaki durumlar için kullanıldığında oldukça yanlış sonuçlar verecektir.

4.1.1.3.2 Seri 62/65 Regresyonu (Hubble)

Seri 62 ve seri 65 teknelerine ait regresyon denklemleri çıkartılmıştır (Hubble vd. 1978). Bu metod oldukça geniş bir hız aralığını kapsamaktadır. Tekne ana ölçülerinin bilindiği ancak tekne şeklinin tespit edilmediği dizaynın ilk aşamaları için hazırlanmıştır. Regresyonda kullanılan değişkenler sadece tekne hızı, boy ve deplasmandır.

4.1.1.3.3 Japon Regresyonu

Yarı kayıcı hız rejimleri için dizayn edilmiş geniş bir tekne koleksiyonu üzerinde çalışmalar yapılarak regresyon çıkartılmıştır (Nagai vd. 1976). Amaç tekne değişkenlerini optimize etmektir. Veri tabanı çok geniştir. Boy- genişlik oranı ve diğer değişkenlerin sınırı küçük olmasına rağmen tipik ticari ve askeri teknelere uymaktadır. Regresyon modelinin değişkenleri tekne şeklini diğer tahmin metodlarına göre çok daha iyi tanımlamaktadır. Değişkenlerin sınırı dar olduğu için ancak bu regresyon yöntemi ile kaba yaklaşımlar yapılabilecektir.

Almeter (1993), regresyonu çeşitli test şartlarında test etmiştir. Regresyon çalışma aralıkları içindeki durumlarda makul sonuçlar verirken aralıkların dışına çıkılmaya başlandığında oldukça hatalı sonuçlar verme eğilimi göstermiştir. Sonuç olarak çalışma aralığı çok dar olan metodun uygulanabilirliğinin çok az olduğu görülmüştür. Kullanımı zordur. Tekne formunun çok iyi tanımlanması gerekir. Değişkenlerin çoğu oldukça kompleks ve kullanışsızdır.

4.1.1.3.4 Seri 62/65 Regresyonu (Radojvic)

Seri 62, seri 62 DUT ve seri 65B teknelerine dayanan iki farklı regresyon modeli sunulmuştur (Radojvic, 1985). İlki 1984'te ikincisi 1985'te çıkan regresyon modelleri kayma öncesi ve yarı kayıcı hızlar için hazırlanmıştır. İkinci regresyon birinciden tamamen bağımsız olarak hazırlanmıştır. İkinci versiyon daha kullanışlıdır. Bu regresyon modeli boy- genişlik oranı, LCG, kalkıntı açısı ve yüklemelerin klasik değişkenlerini kullanmaktadır. Üç serinin kesit planları daha önce Şekil 4.3, 4.5 ve 4.6'da gösterilmiştir. Üç formda birbirleriyle tamamen farklıdır. Daha önceki bölümlerde anlatıldığı gibi Seri 62'ye ait iki tekne formuda tam kayıcı hız rejimleri için tasarlanırken, Seri 65B formları kayma öncesi hız rejimlerine uygun olarak tasarlanmıştır. Versiyonlardan biri Seri 62 ve Seri 62 Dutch için hazırlanırken, diğeri Seri 65B için tasarlanmıştır (Radojvic, 1985). Bu regresyon modelinin geçerliliği Seri 62 ve Seri 65 teknelerine ait veri tabanlarının içinde ve dışında datalar kullanılmasıyla kanıtlanmaktadır. Veri tabanına uygun datalar kullanıldığında düşük hatalarla karşılaşılacağı belirtilmiştir (Radojvic, 1985). Seri 62 ve Seri 65 tekneleri için tasarlanan bu regresyon yönteminin doğruluğu çeşitli yükleme koşullarında test edilmiştir (Almeter, 1993). Bu regresyon serisinden alınan altı model 33 duruma göre test edilmiştir. Tahminler genelde $F_n > 3$ için kabul edilemez sonuçlar vermiştir. Sonuç olarak bu metod $F_n > 3$ olduğu durumlarda kullanılmamalıdır. $F_n < 3$ için çoğu zaman doğruya yakın sonuçlar vermiş ve maksimum hata oranı %15' in altında olmaktadır. Bu regresyon modelinin hesaplamaları en az Japon regresyonları kadar zor olmakla beraber bilgisayar kullanımı ile basitleştirilmiştir.

4.1.1.4 Ampirik Hesaplamalar

Direnç tahminleri için düzenlenmiş olan basit hesaplamaları içeren ampirik yöntemler dizaynırlar ve diğer benzer kayıcı tekne üreticileri düşünülerek hazırlanmıştır. Genelde tekne gücü, hız- boy oranının ve deplasmanın fonksiyonu olarak kabul edilmiştir. Metoda uyulduğunda doğru sonuçlar elde edilebilmektedir. Metodun geçerliliği yarış teknesi sınıfına dahil modellere uygulanmasıyla sınırlanmıştır. Modeller ve tekneler arasındaki uyumsuzluk hatalı sonuçlara neden olacaktır. Eski ampirik metodların kullanılması sevk sistemlerindeki gelişmelerin metodlara yansıtılması ile mümkün olacaktır.

4.1.1.4.1 Levi Metodu

Levi (1983), yüksek performanslı kayıcı teknelerin güç hesaplamaları için basit bir denklem önermektedir. Bu formülün değişkenlerini sevk sistemlerinin performans farkları oluşturmaktadır. Bu metod klasik derin V kesitli tekneler ile sabit kalkıntı açılı offshore teknelerin direnç hesaplamaları için uygundur. Levi metoduyla hesaplanan direnç tahminleri, teknelerin tam ölçekli model test sonuçları ile karşılaştırılmıştır (Almeter, 1993).

Metod, yüzey etkili pervaneli tekneler için güç gereksinimleri tahminleri hakkında bilgi vermektedir. Metod, konvansiyonel şaftlı sevk sistemlerinin yüzey etkili tiplere göre %44 daha fazla güç gerektirdiğini ortaya koymuştur. Yüzey etkili sevk sistemleri 60 knot'ın üzerindeki hızlarda kullanılan teknelerde avantajlı olabilmektedir.

Diğer ampirik metod çalışmaları da benzer nümerik temellere dayanarak hazırlanmıştır (Teale , 1969 - DuCane, 1951 – Lord, 1963) .

Yapılan tüm bu araştırma ve karşılaştırmalı test sonuçlarının ışığında aşağıdaki direnç tahmin metodları tavsiye edilmiştir (Almeter, 1993) .

- ◆ Blount'un (1976), Savitsky metoduna spray sürtünmeleri ekleyerek geliştirdiği versiyon
- ◆ Yüksek boy – genişlik oranlı tekneler için (5' in üstü) Sovyet BK metodu
- ◆ Çok düşük kalkıntı açalarına sahip yarı kayıcı tekneler için MBK metodu
- ◆ Kayma öncesi hız rejimlerine göre tasarlanan tekneler için (Seri 65B) Hubble (1974) regresyon metodu

Bu direnç tahmin metodlarının en büyük zayıflığı, artık günümüzde pek kullanılmayan tekne serilerine göre geliştirilmiş olmasıdır. Günümüzde en çok sabit ve yüksek kalkıntı açılı (Genelde 23 ° derece) tekneler tercih edilmektedir. Günümüzde serilerin geometrik değişkenleri kalkıntı açısı ve boy – genişlik oranı olmuştur.

4.1.2 Kayıcı Teknelerde Dirence Etki Eden Faktörler

4.1.2.1 Trim Açısının Etkisi

Kayma anında tekne ile sakin su yüzeyi arasında oluşan trim açısı birinci derecede önemlidir.

$$R_p/\Delta = \tan \tau \quad (4.16)$$

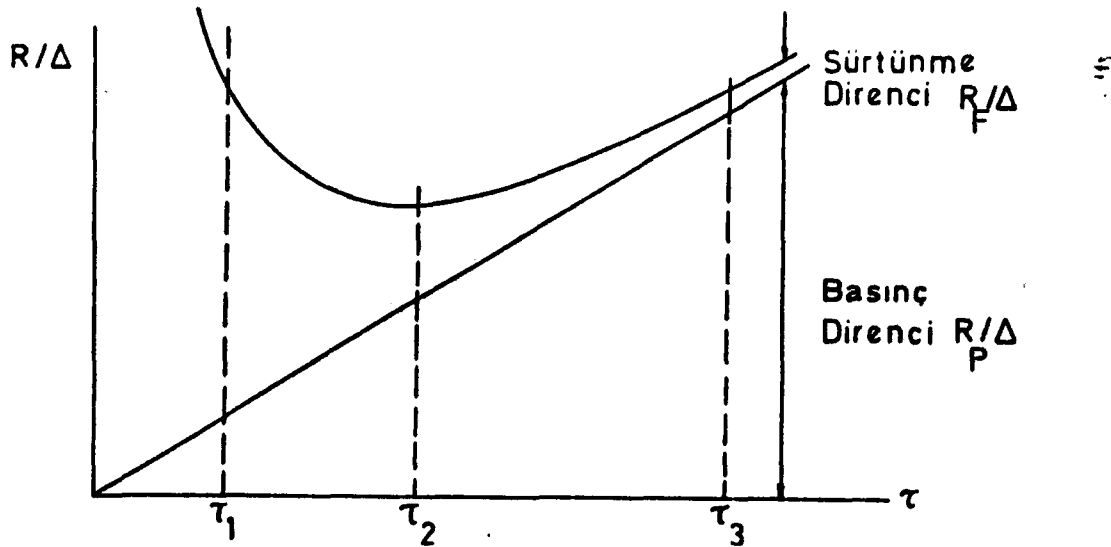
(4.16)denkleminde basınç direncinin deplasmana oranının $\tan \tau$ ile lineer değişim gösterdiği ve küçük trim açılarında $\tan \tau$ yerine τ değerinin alınabileceği düşünülerek ;

$$R_p/\Delta = \tan \tau \cong \tau \quad (4.17)$$

Bu açı ortalama batok trimi olarakta bilinir. Verilen herhangi bir hız değeri için diğer direnç bileşeni R_f/Δ , ıslak alana (basınç alanına) bağlı olacaktır. Kayıcı bir yüzey için kaldırma katsayısı trim açısı ile artacaktır. Islak alan ise tekne ağırlığını karşılayabilmek için küçük trim açılarında artacak , büyük trim açılarında azalacaktır.

Buradan verilen bir hız ve ağırlık için τ trim açısına karşılık (R/Δ) oranının değişimini temsil eden bir diyagram Şekil 4.16'da verilmiştir.

Diyagramdan görüleceği gibi τ_1 trim açısı için ıslak alanın büyüklüğü nedeniyle sürtünme direnci ve genel anlamda toplam direnç artmaktadır. τ_3 trim açısında düşük bir sürtünme direncine karşılık büyük bir basınç direnci gözlenmektedir. Sonuç olarak τ_2 açısının minimum direnç bakımından optimum çözüm verdiği söylenebilir.



Şekil 4.16 Trim açısına göre değişen R/Δ oranları

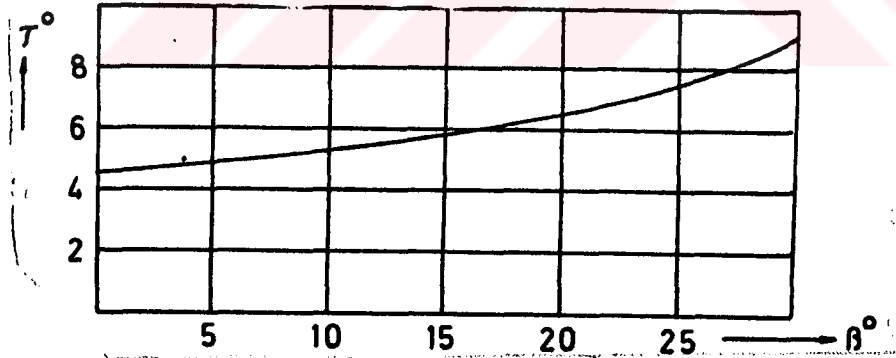
Trim açısının değeri pratikte ağırlık merkezinin yeri ile belirlenecektir. Dolayısıyla ağırlık merkezinin konumu deplasman teknelerine oranla kayıcı teknelerde daha büyük bir önem

göstermektedir. Trim açısı için uygun değerler çeşitli parametrelerin fonksiyonu olarak bazı araştırmacılar tarafından verilmiştir. Shoemaker (1934), tarafından belirli bir kalkıntı açısı için farklı trim açılarında basınç merkezinin yeri, ıslak boy ve direnç değerlerinin değişimi verilmiştir. Şekil 4.17'de sabit bir hız ve sabit bir deplasman için farklı trim açılarında Shoemaker tarafından yapılan deneyin sonucu verilmiştir.



Şekil 4.17 Sabit hız ve deplasman için trim - direnç ilişkisi

Burada $\beta=10$ derecelik kalkıntı açısına sahip model için direnç yönünden en uygun değer 4-6 arasında olduğu görülmektedir. Bir diğer araştırmada, uygun trim açısının farklı kalkıntı açılarına göre değişimi Şekil 4.18' de gösterilmiştir.



Şekil 4.18 Uygun trim açısının kalkıntı açısına göre değişimi

4.1.2.2 Step Süreksizlik Etkisi

Teknenin su altı formunda enine, boyuna ve çapraz süreksizliği step olarak adlandırılmaktadır. Bunlardan en çok kullanılan enine steptir.

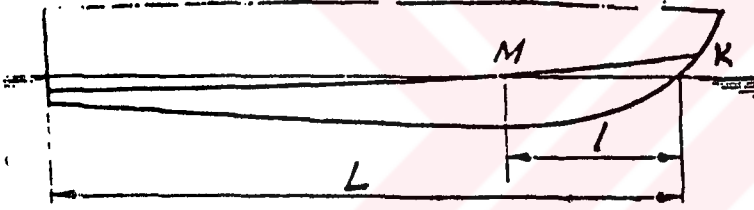
Stepli teknelerde ıslak alanın azalması ile kayma anında sürtünme direnci azalmaktadır. Clement (1963), tarafından yapılan bir araştırmada stepte belirli bir sehmin varlığı ile çıkış kenarına doğru basıncın arttığı gözlemlenmiştir. Çıkış kenarına doğru görülen bu değişim

belirli bir hızdan sonra daha büyük bir kaldırma kuvvetini , dolayısıyla dirençteki azalmayı ortaya çıkarmıştır.

4.1.2.3 Çene ve Çene Trizinin Etkisi

Kayıcı teknelerde çene en önemli form karakteristiklerinden biridir. Çene alanının boyu ve genişliği; teknenin dizayn amacı, stabilitesi ve hidrodinamik verimi dikkate alınarak belirlenmelidir. Çene hattının statik halde WL hattını M noktasında kestiğini kabul edelim. $MK=1$ (Şekil 4.19) olsun L değeri küçük alındığı takdirde teknenin baş tarafı suya gömülür. Yunuslama halinde teknenin çene hattının suya fazla gömülüp suların güverteyi fazla ıslatmasına sebep olacaktır. Direnç değeri artış gösterecektir. L değeri çok büyük alındığında ise teknenin sudan kesilmesi gecikecek veya daha ziyade tekne, kıçının üzerinde hareket edecektir. Bu halde teknede bir dengesizlik söz konusu olacaktır. Baş taraf yine kaldırma vasfını taşımadığında kayma haline (Şekil 4.20) zor geçecek ve direnç yine artacaktır.

L değerinin optimum değeri boyun baştan itibaren %35-40 kadar olmasıdır. Ayrıca çene hattının eğimi gayet tatlı olmalıdır.



Şekil 4.19 Çene hattının optimum yeri



Şekil 4.20 Çene hattı

Çene hattı trizinin görevleri kısaca:

- ◆ Tekne altından yanlara doğru çıkan sulara yön vermek
- ◆ Teknenin izafi genişliğini artırarak kayma hareketinin önce olmasını sağlamak ve direnci azaltmak.
- ◆ Takviye ve mukavemet sağlamak.

Şekil 4.21'de görüldüğü gibi tirizli teknenin gücü tirizsiz teknenin gücünden azdır. Çene tirizi her ne kadar ıslak satışı arttırmasıyla sürtünme direncini arttırsa da, kayma hareketinde kaldırmadan dolayı direnç azalmasından küçüktür.

Kayıcı teknelerde çene trizinin kullanılması ile, oluşacak serpentinin yönlendirilmesi hatta önlenmesi mümkündür. Çene trizi teknenin etkin genişliğini arttırmakta ve kayma olayının

daha erken başlamasını sağlamaktadır. Böylece dirençte bir azalma meydana gelecektir. Ayrıca trizin mukavemet açısından koruyucu bir yanıda vardır.

4.1.2.4 Kalkıntı Açısının Etkisi

Kalkıntı açısının artmasıyla R/Δ oranı artmaktadır. Diğer bir deyişle sabit bir deplasman altında direnç artışı göstermektedir. Kalkıntı açısı büyüdükçe kayıcı tekne yüzeyinin kaldırma değerinde azalma olduğu deneysel ve teorik çalışmalarda tespit edilmiş bulunmaktadır. Kayıcı teknelerde mastoriden başa doğru artan bir kalkıntının verilmesi düşük hızlardaki direnci yenmek ve dinamik yükleri karşılamak açısından önemlidir.

4.1.2.5 Flap Etkisi

Kayıcı teknelerde kayma esnasında belirli bir trim açısı oluşmaktadır. Flapın boyuna, genişliğine ve açısına bağlı olarak dinamik kaldırmayı arttıracak aşıkardır. Böylece teknenin kışa fazla trimini önlemek mümkündür. Flapın oluşturduğu ilave kuvvet ve momentlerden dolayı teknenin triminin yanında ağırlık merkezinin yüksekliğine yeride değişir. Buda direncin değişmesine neden olmaktadır. Dalgalı suda sabit flaplı modelin, flapsız duruma göre daha fazla direnç gösterdiği bulunmuştur (Eken ve Tuzcuoğlu 1986). Fakat sakin suda durum tersine olmaktadır. Kontrollü flap kullanılarak dalgalı sularda direnç azaltılabilmektedir. Ayrıca flap direnç ve sevk açısından da olumlu bir etki sağlamakta ; özellikle kayma bölgesinde dirençte dikkate değer azalmalara yol açmaktadır.

4.1.2.6 Boyuna Ağırlık Merkezinin Etkisi

Genel olarak (LCG) boyuna ağırlık merkezinin teknenin kıçına kaydırılması olumlu sonuçlar vermiştir. Özellikle kayma olayının erken başlaması ve dirençte bir azalma meydana gelmesi kayda değer bir özelliktir.

4.1.2.7 Yan Oran Etkisi

Tekne yan oranı verimi etkileyen önemli bir parametredir. Kayıcı bir yüzeyin yan oranı, genişliğin ıslak boya oranı olarak verilebilir. Genel olarak yan oran arttıkça kaldırma kuvvetinin (L_0), dirence (R), oranı artacaktır. Ancak kayıcı yüzeyler için yan oranı 1'e yakın değerler alındığında L_0/R oranında küçük bir artış söz konusudur. Sabit bir yan oranı için optimum trim açısını oluşturan optimum bir ıslak alan mevcuttur. Eğer kayıcı yüzeyin bir boyutu sabit kabul edip diğerleri değiştirilirse yan oranının artmasıyla L/R oranında büyük bir artım gözlenmez.

4.1.2.8 Deplasman Etkisi

Genel olarak kayıcı teknelerde direncin, deplasman artışına lineer bir artış gösterdiği tespit edilmiştir.

4.1.3 Seçilen Bir Teknenin Direncinin İncelenmesi

Daha önceki bölümlerde antahılmaya çalışılan direnç tahmin metodlarını birbirleriyle karşılaştırmak amacıyla seçilen bir teknenin çeşitli metodların ışığında direnç tahminleri yapılmıştır. 15m boyunda, 5m genişliğindeki tekne mevcut ofset tablosundan yararlanılarak Maxsurf programı aracılığıyla modellenmiş ve hidrostatik değerleri elde edilmiştir. Elde edilen hidrostatik değerler öncelikle, Maxsurf programında hazırlanan modeli data olarak kabul eden Hullspeed programında yer alan Lahtiharju (1991) ve Savitsky (1964, 1976) (Tam kayıcı) yöntemleriyle hesaplanmıştır. Daha sonra Kyulevcheliyev (1998), tarafından Excel tabanlı olarak geliştirilen BK, MBK, Yoshida, Savitsky ve Hadler, Plate yöntemlerinin yer aldığı program kullanılarak direnç tahminleri yapılmıştır. Çıkan direnç tahmin sonuçları bir grafiğe dökülerek Şekil 4.30'da karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Tekne formu, tekneye ait hidrostatik değerler, kullanılan yöntemlerin çalışma aralıkları ve tekne direnç tahminleri aşağıda verilmiştir.

♦ Lahtiharju (Maxsurf)				İtalyan Sahil Güvenlik Teknesi'ne ait datalar	
4.49	<	$L / V^{1/3}$	<	6.81	5.55
2.73	<	L / B	<	5.43	3.51
3.75	<	B / T	<	7.54	5.00
0.43	<	A_t / A_x	<	0.995	1.00

♦ Savitsky (Maxsurf)				İtalyan Sahil Güvenlik Teknesi'ne ait datalar	
3.07	<	$L / V^{1/3}$	<	12	5.55
2.52	<	L / B	<	18.26	3.51
1.7	<	B / T	<	9.8	5.00
0	<	A_t / A_x	<	1.0	1.00
-0.016	<	LCG / L	<	0.065	-0.161
3.7	<	ie	<	28.6	20.45

◆ BK					
0.427	<	$\Delta / \rho g B^3$	<	0.854	0.262
3.75	<	L / B	<	7.0	3.51

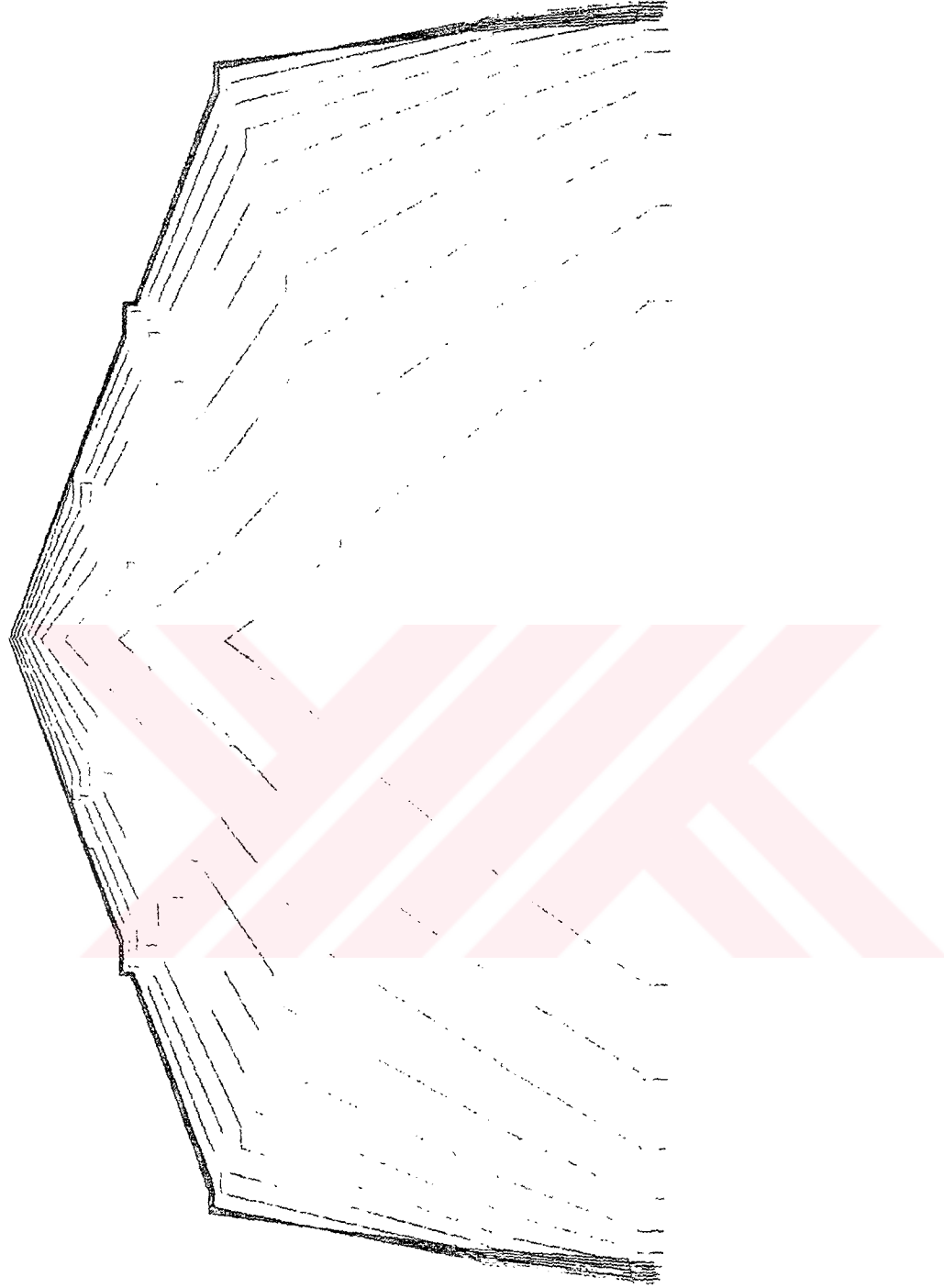
0.35	<	XG	<	0.45	-----	0.315
12	<	β_{mid}	<	21	-----	20.45
0	<	β_{tr}	<	6	-----	19
1	<	Fn_v	<	4.5	-----	

◆ MBK

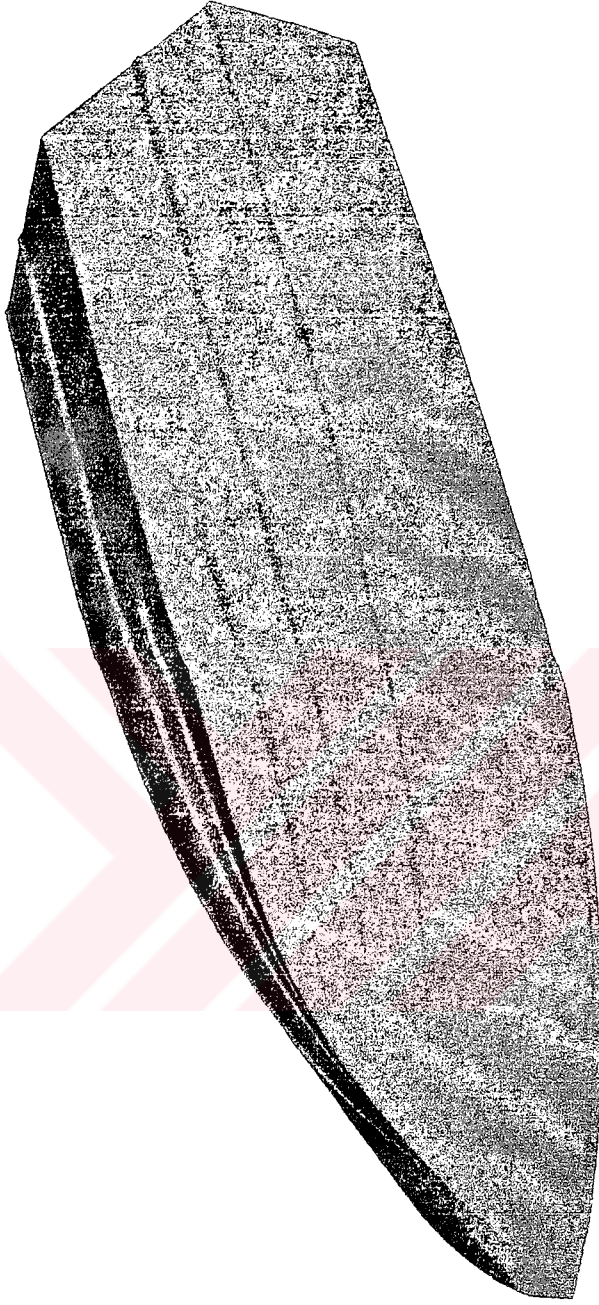
0.158	<	$\Delta / \rho g B^3$	<	0.352	-----	0.262
2.5	<	L / B	<	3.75	-----	3.51
0.35	<	XG	<	0.45	-----	0.315
7	<	β_{mid}	<	18	-----	20.45
5	<	β_{tr}	<	12.5	-----	19
1	<	Fn_v	<	4.5	-----	

◆ Yoshida

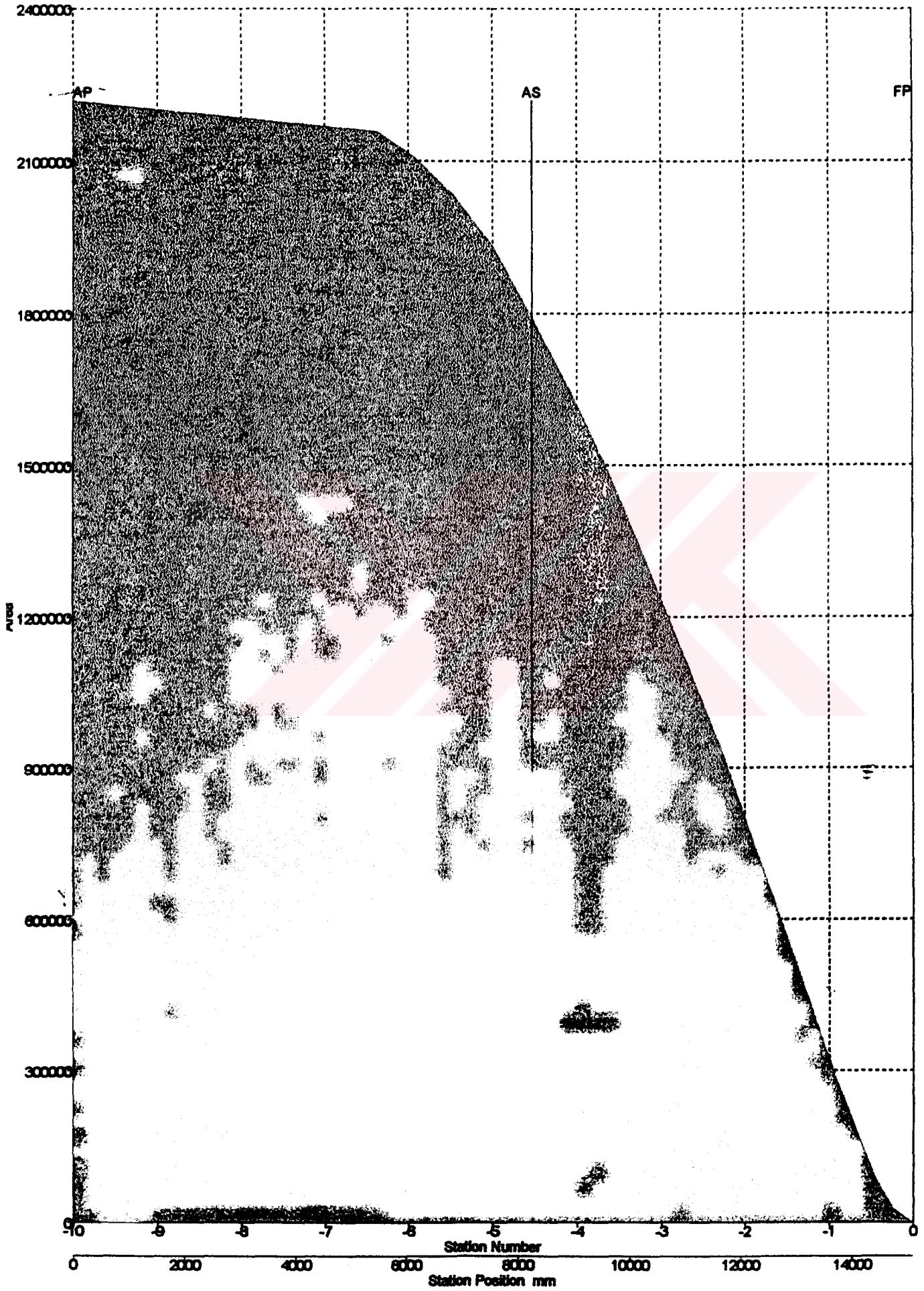
1.5	<	Δ / B_{tr}^3	<	6.3	-----	2.637
7.4	<	L / B	<	11.8	-----	3.51
0.7	<	$B_{\text{tr}} / B_{\text{mid}}$	<	1.0	-----	1.00
12	<	β_{mid}	<	21	-----	20.45
2	<	β_{tr}	<	19	-----	19
0.5	<	Fn_v	<	3.5	-----	



Şekil 4.21 İtalyan sahil güvenlik teknesinin en kesit resmi



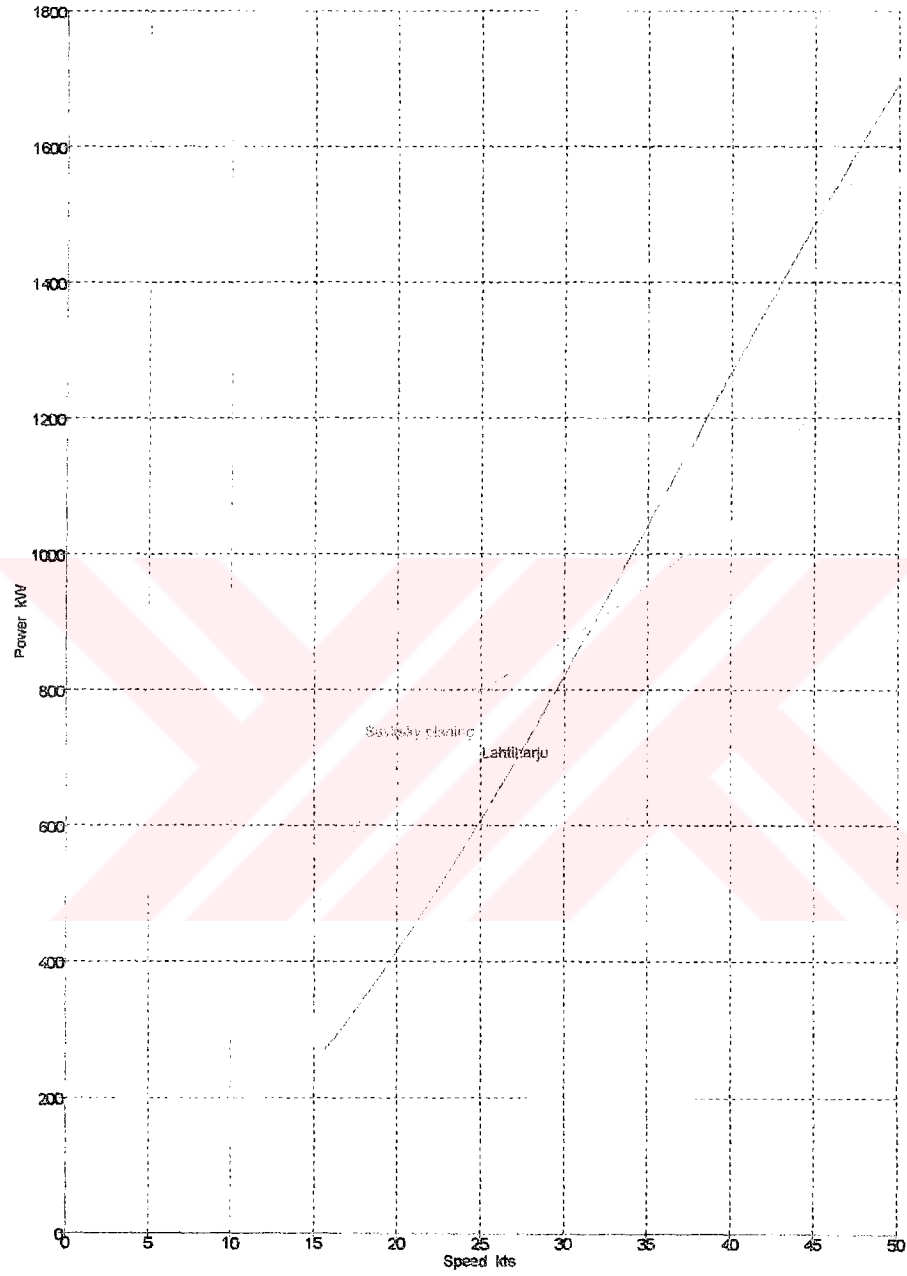
Şekil 2,22 Teknenin katı modeli



Şekil 4.23 Teknenin en kesit alanları eğrisi

Çizelge 4.3 Direnç tahmin metodlarında kullanılmak üzere hesaplanan hidrostatik değerler

		Değer	Birim	Savitsky Planing	Lahtiharju Planing
1	Su hattı boyu	15,097	m	15,097	15,097
2	Genişlik	4,532	m	4,532	4,532
3	Su çekimi	0,9	m	-	0,9
4	Deplasman hacmi	23,72	m ³	23,72	23,72
5	Islak alan	61,709	m ²	-	61,709
6	Prizmatik katsayı	0,709		-	0,709
7	Su hattı alan katsayısı	0,766		-	-
8	½ giriş açısı	20,53	deg.	-	-
9	LCG	-2,554	m	-2,554	-
10	Ayna alanı	2,216	m ²	-	2,216
11	Maksimum kesit alanı	2,216	m ²	-	2,216
12	Baş taraf su çekimi	0,9	m	-	-
13	Orta kesit kalkıntı açısı	20,45	deg.	20,45	-
14	Çeneli / yuvarlak sintine dönümlü	Çeneli		-	Çeneli
15	Yanal alan	0	m ²		
16	Baştan gelen rüzgar	0	kts		
17	Sürtünme katsayısı	0			
18	Hava yoğunluğu	1,293	Kg/m ³		
19	Takıntı alanı	0	m ²		
20	Takıntı boyu	0	m		
21	Takıntı faktörü	1			
22	Kinematik viskozite	0,00000118	m ² /s		
23	Su yoğunluğu	1025,9	Kg/m ³		



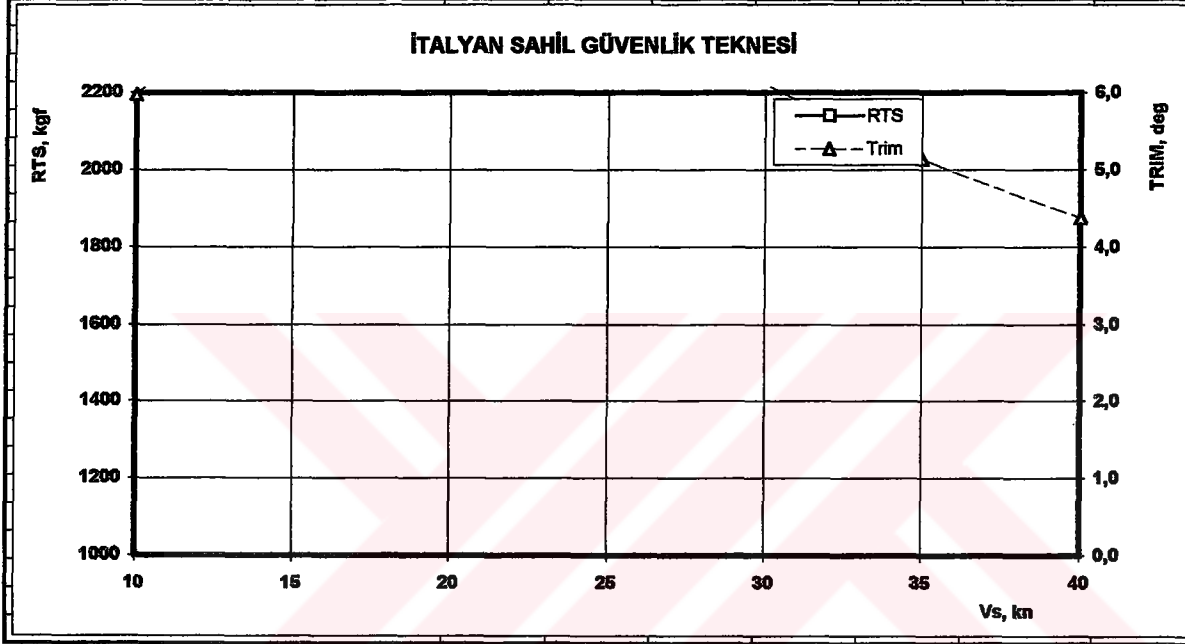
Şekil 4,24 Savitsky ve Lahtiharju metotlarına göre karşılaştırmalı hız-direnç eğrileri

Çizelge 4.4 Savitsky - Hadler metoduna göre hazırlanan data tablosu

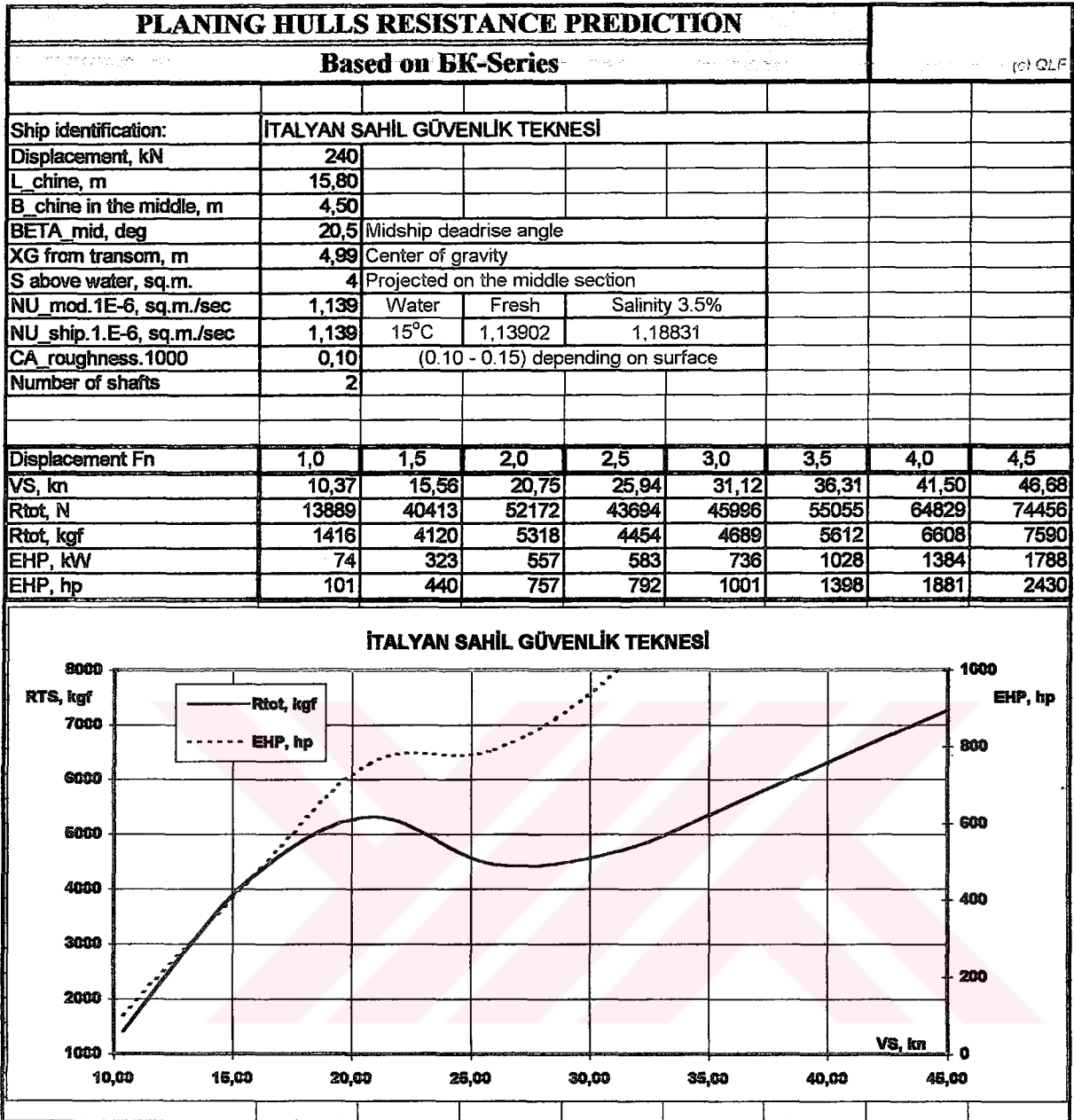
PLANING HULLS PERFORMANCE PREDICTION					Help	
Based on Savitsky's relations and force equilibrium				Reference		
Ship identification: ITALYAN SAHIL GÜVENLİK TEKNESİ						
HULL						
Ship weight, kgf	W	23720				
Mean beam over the chines, m	B	4,500				
Deadrise angle, deg	BETA	20,500	At half the chine length ahead of the transom			
Longitudinal center of gravity, m	LG	4,990	Ahead of the transom			
Vertical center of gravity, m	HG	0,500	Above the keel line			
Above-water cross-sectional area, sq.m.	Sw	4,000				
Hull and superstructure drag coefficient	CDw	0,850	0.85 is a good guess			
Height of application of wind drag, m	zw	0,500	Above the keel line			
PROPELLER						
Number of propellers	np	2,000				
Propeller shaft inclination, deg	eps	11,000	Relative to keel line			
Depth of shaftline-transom cross point, m	zp	1,000	Below keel line			
APPENDAGES						
Wetted length of centerline skeg/keel, m	lk	0,000				
Average width of centerline skeg/keel, m	wk	0,000				
Height of center of skeg/keel, m	zk	0,000	Above/below (+/-) keel line			
Length of shaft and barrel, m	lsh	2,000				
Diameter of shaft and barrel, m	dsh	0,100	May be d shaft corrected for barrels			
Vertical center of shaft, m	zsh	-0,600	Above/below (+/-) keel line			
Longitudinal center of shaft, m	xsh	1,000	Ahead of transom			
Number of rudders	nr	0,000				
Rudder planform area, sq.m.	Sr	0,300				
Rudder chord, m	cr	0,500				
Rudder thickness-chord ratio	tcr	0,140				
Depth of center of rudder, m	zr	0,300	Above/below (+/-) keel line			
Number of fully-wetted struts	nst	0,000				
Strut planform area, sq.m.	Sst	0,100				
Strut chord, m	cst	0,200				
Strut thickness-chord ratio	tcst	0,140				
Depth of center of strut, m	zst	0,150	Above/below (+/-) keel line			
Transom flap/wedge chord, m	cfl	0,000				
Transom flap/wedge span, m	sfl	0,000				
Transom flap/wedge deflection, deg	delfl	0,000				
PHYSICAL PARAMETERS			Water	Fresh	Salinity 3.5%	
Kinematic viscosity, sq.m./sec	$\cdot 10^{-6}$	1,139	15°C	1,13902	1,18831	
Water density, kgf.sec ² /m ⁴	RHO	101,9		101,9	104,6	
Roughness allowance	1000C _A	0,000	0.4 is the standard ATTC allowance			

Enter ship speeds in the row below and click **BALANCE**
to solve the equilibrium equations with respect to trim!

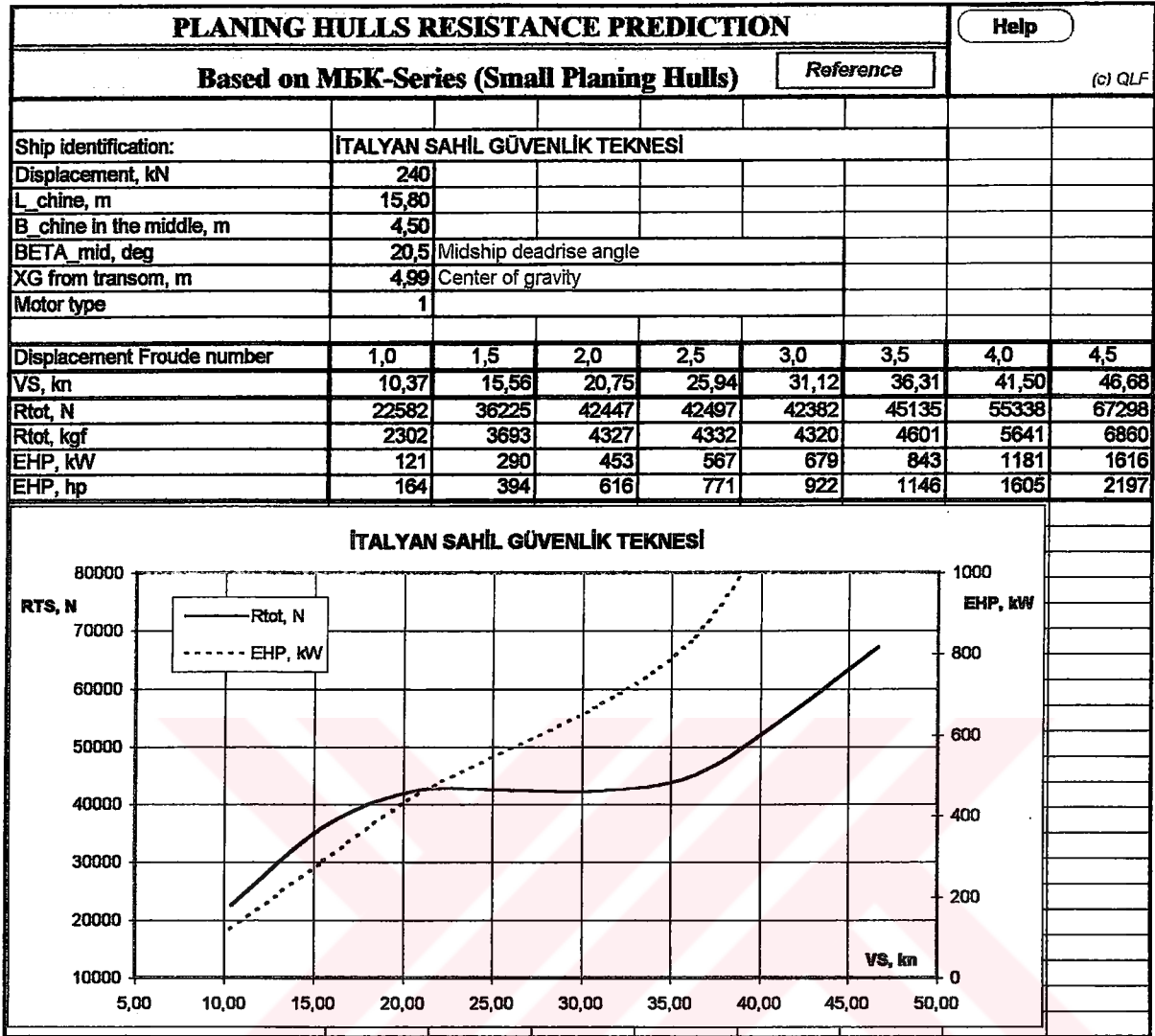
Speed of boat, knots	10	15	20	25	30	35	40
Running trim, deg	6,0	7,8	8,2	7,3	6,1	5,1	4,4
Total drag, kgf	2691	3631	3975	3802	3638	3628	3775
Propeller thrust, kgf	2727	3664	4008	3843	3685	3681	3835
Normal force, kgf	23066	22788	22690	22767	22840	22865	22846
Moment on boat, t.m.	-0,016	0,005	-0,013	0,000	0,000	0,008	0,016
Effective power, h.p.	184,6	373,5	545,3	652,0	748,6	871,0	1035,7
Draft of keel at transom, m	1,311	1,380	1,208	0,969	1,043	0,903	0,800



Şekil 4.25 Savitsky – Hadler metoduna göre hesaplanan direnç değerleri



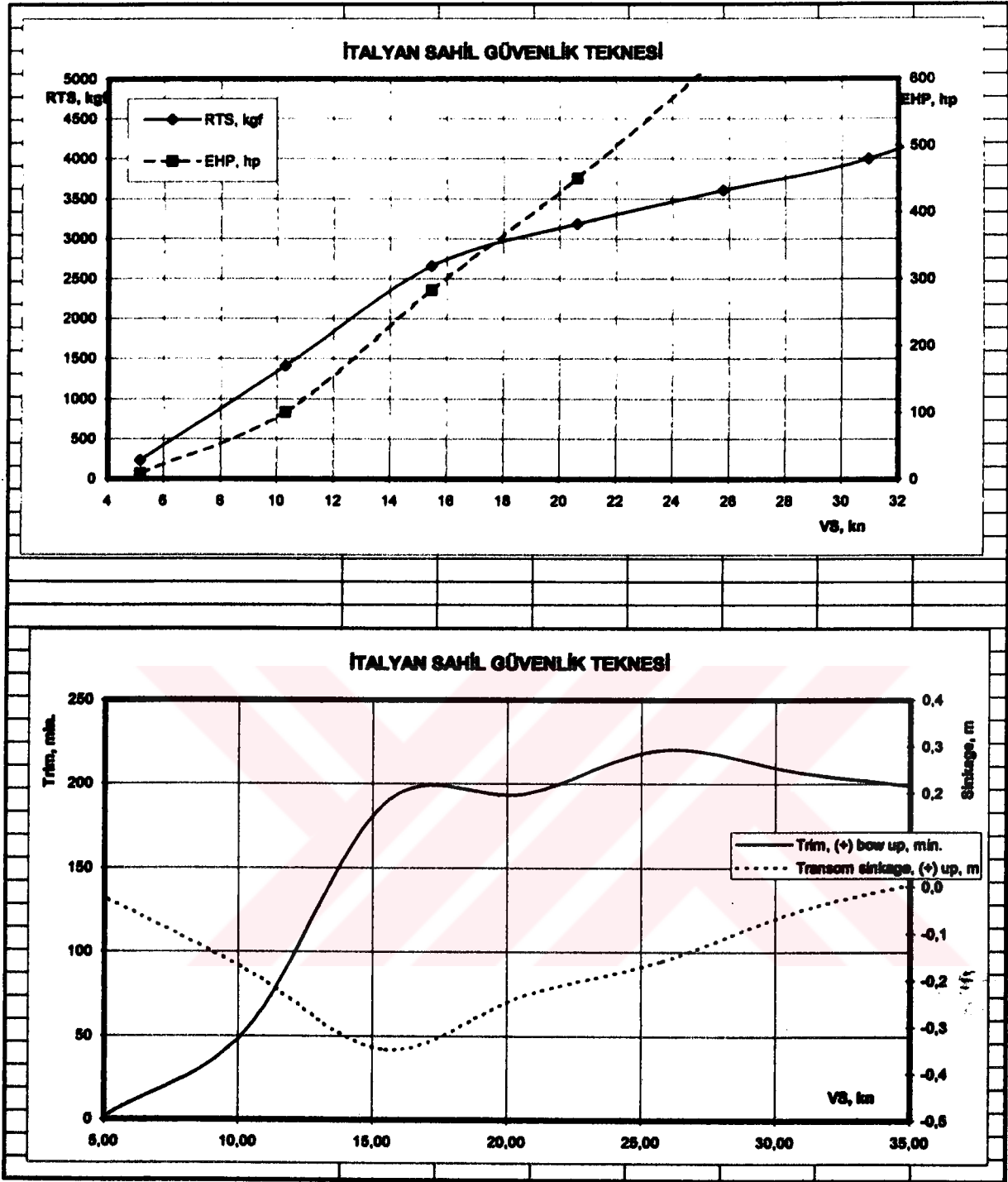
Şekil 4.26 BK metoduna göre direnç tahmin sonuçları



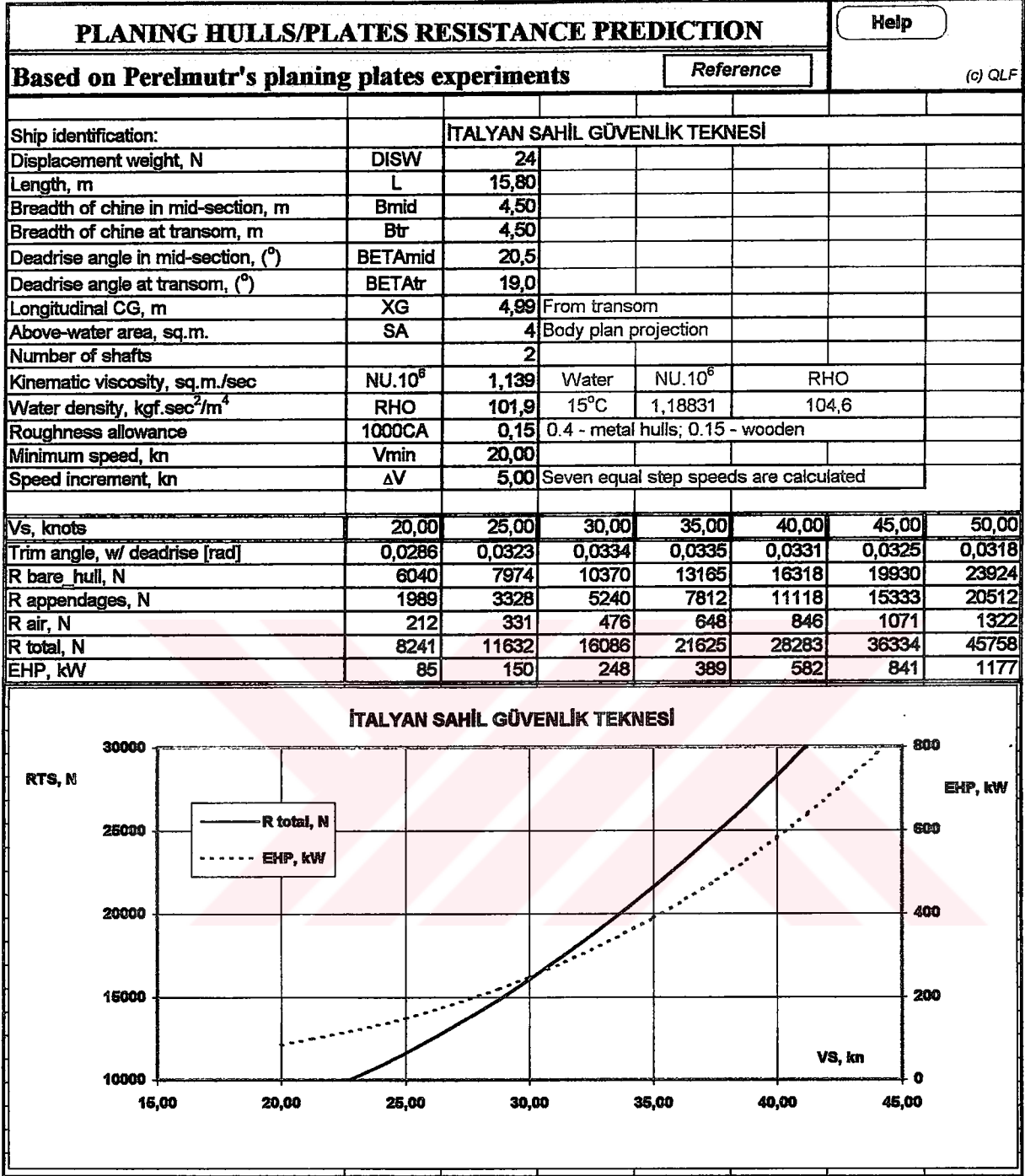
Şekil 4.27 MBK metoduna göre direnç tahmin sonuçları

Çizelge 4.5 Yoshida metoduna göre tekne dataları ve hesaplama sonuçları

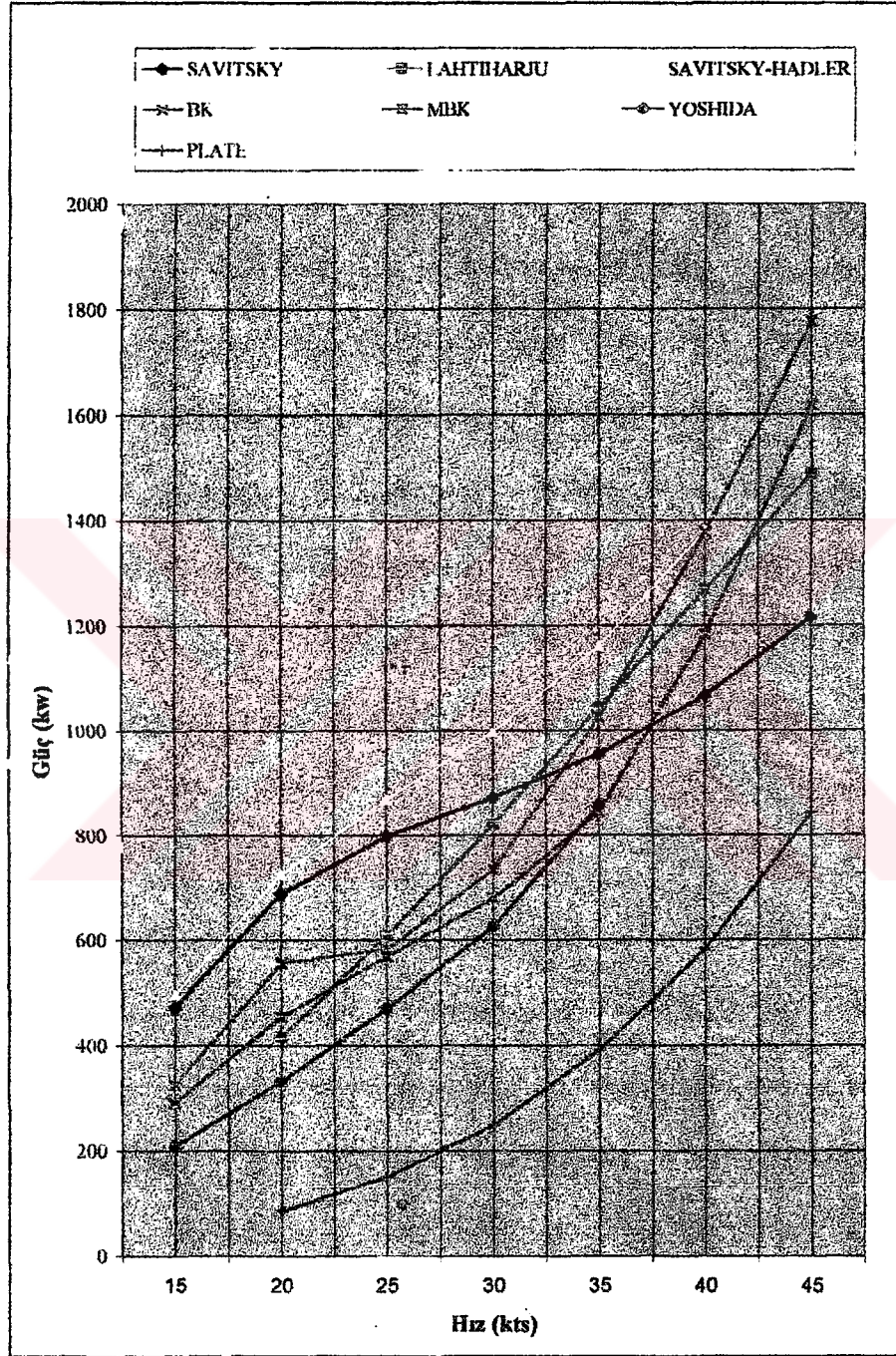
PLANING HULLS RESISTANCE PREDICTION						Help	
Based on Yoshida's regression formulae				Reference		(c) QLF	
Ship identification:		İTALYAN SAHİL GÜVENLİK TEKNESİ					
Displacement volume, cu.m.	DISV	23,72					
Length, m	L	15,80	From transom to chine-keel crossing				
Halfbreadth of chine in mid-section, m	b2	2,25					
Height of chine in mid-section, m	h2	0,85					
Initial trim angle, (°)	THETA	0	Betw. WL at rest and keel line from Secs.5 and 10				
Wetted surface area at rest, sq.m.	S	61,7					
Above-water area, sq.m.	SA	4	Body plan projection				
Number of shafts		2					
Model kinematic viscosity, sq.m./sec	$\cdot 10^{-6}$	1,139	Water	Fresh	Salinity 3.5%		
Ship kinematic viscosity, sq.m./sec	$\cdot 10^{-6}$	1,139	15°C	1,13902	1,18831		
Water density, kgf.sec ² /m ⁴	RHO	101,9		101,9	104,6		
Roughness allowance	1000CA	0,20	(0.2 - 0.4) depending on surface				
FnD	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5
Vs, knots	5,16	10,32	15,48	20,64	25,80	30,96	36,12
RTS, kgf	228	1409	2661	3180	3605	3993	4697
EHP, hp	8	100	282	450	638	848	1163
RTS, N	2236	13819	26091	31188	35352	39162	46058
EHP, kW	6	73	208	331	469	624	856
Trim, (+) bow up, min.	3	54	189	194	220	207	197
Transom sinkage, (+) up, m	-0,026	-0,178	-0,349	-0,233	-0,159	-0,050	0,019



Şekil 4.28 Yoshida metoduna göre hız-direnç ve hız- trim eğrileri



Şekil 4.29 Plate metoduna göre direnç tahmin sonuçları



Şekil 4.30 Seçilen teknenin farklı direnç tahmin metotlarına göre hız-güç eğrileri

4.2 Kayıcı Teknelerin Denizcilik Açısından İncelenmesi

Denizcilik performansı her tür gemi için en önemli dizayn faktörlerinden birini oluşturmaktadır. Kayıcı teknelerin diğer konvansiyonel gemi tiplerine göre sınırlı boyutları ve yüksek hız limitleri göz önüne alındığında denizcilik performansının ayrı bir önem kazandığı aşikardır.

Aşağıda kayıcı teknelerin denizcilik performansını belirleyen olaylar sıralanmıştır:

- ◆ Yalpa
- ◆ Yunuslama
- ◆ Düşey ivmelenmeler
- ◆ Dövünme
- ◆ Güverte ıslanması
- ◆ Dalgalar nedeniyle oluşan ilave direnç

Kayıcı teknelerin sevk sistemleri seçilirken sakin ve dalgalı sulardaki güç gereksinimleri hesaplanmalıdır. Dalgalardan dolayı oluşacak ilave dirençler genelde orta hız değerlerinde en yüksek olmaktadır. $V_K / \sqrt{L_K}$ 'nın 4 ve 6 arasındaki değerlerinde kalkıntı açısının artmasıyla dalgalar nedeniyle oluşan ilave direnç azalma gösterecektir. Kalkıntı açısının 20 dereceden 30 dereceye çıkmasıyla ilave dirençlerde %20 lik bir azalma görülecektir. $V_K / \sqrt{L_K}$ 'nın 2 olduğu hızlarda boy / genişlik oranıyla birlikte ilave dirençte artar. $V_K / \sqrt{L_K}$ değeri 6 olduğunda boy / genişlik oranıyla birlikte ilave dirençte azalır. $V_K / \sqrt{L_K}$ 4'e eşit olduğundaysa boy / genişlik oranının ilave direnç üzerinde herhangi bir etkisi yoktur. Çünkü $V_K / \sqrt{L_K}$ değerinin 4 olması kayıcı tekne operasyonlarında 2 ve 6 değerlerine göre çok daha tipik bir hız – boy oranıdır. Hız boy oranının 6' yı bulduğu durumlarda tekne daha az stabil bir durum alacak ve hareketler sertleşecektir. $V_K / \sqrt{L_K}$ 2 olduğunda ise tekne kayma öncesi kondisyonunda olacak ve sephiye kuvvetleri daha baskın olacaktır.

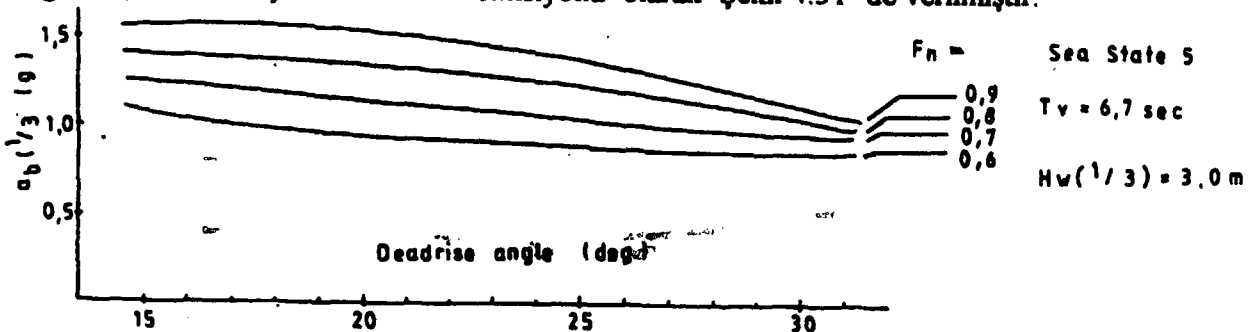
4.2.1 Boy Genişlik Oranının Denizciliğe Etkisi

Yüksek süratli teknelerde denizcilik performansı açısından genişlik boy oranı, dizaynının bazı kontrolleri yapması gereken başlıca parametrelere biridir. Deplasman teknelerinde boy – genişlik oranı hareketler üzerinde fazla etkili değilken yüksek süratli kayıcı teknelerde denizcilik karakteristiğinin tanımlanmasında önemli bir parametre olmaktadır. Sakin sularda genişliğin artırılması hızı arttıracaktır. Çünkü artan genişlik verimi daha yüksek , daha erken hızlarda başlayan bir kayma olayının gerçekleşmesini sağlayacaktır. Ancak artan genişlik dalgalar nedeniyle oluşan ilave dirençleri artırarak hızın bir hayli düşmesine neden olacaktır.

Savitsky ve Brown artan boy-genişlik oranının tüm hızlarda ivmeleri arttırdığını ve yüksek hızlarda hareketleri büyüttüğünü bulmuşlardır.(Keuning ve Pinkster 1995) Diğer yandan Keuning ve Pinkster (1995), diğer parametreleri dikkate almadan sadece tekne boyunu uzatmanın, monohull tekneler için baştan gelen dalgalarda dalıp çıkma ve baş kıç vurma hareketlerini azalttığını bulmuşlardır. Bununla birlikte dizaynırların akıllarından çıkarmamaları gereken bir diğer nokta da artan gemi boyuyla beraber tekne yapım maliyetlerinin arttığıdır. Sonuç olarak maddi kısıtların izin verdiği miktarda boyu uzatmak , iç hacmin ve stabilitenin gereklerini sağlamak kaydıyla genişliği azaltmak kayııcı tekne denizcilik performansında fayda sağlayacaktır.

4.2.2 Kalkıntı Açısı

Birbirine zıt etkilere sahip kalkıntı açısının optimum tanımlamasının yapılması yüksek süratli tekneler için oldukça önemlidir. Artan kalkıntı açıları ivme etkilerini azaltırken diğer yandan sakin su direncini arttırmaktadır. Bu yüzden kalkıntı açısının değeri seçilirken denizcilik performansı ile güç gereksinimleri arasındaki denge bozulmamalıdır. Hız-boy oranının ($V_K / \sqrt{L_K}$) 4 ve 6 değerlerinde dalgalar nedeniyle oluşan ek direnç, artan kalkıntı açılarında azalma gösterecektir (Savitsky vd. 1976). Hareketler artan kalkıntı açılarında etkisini kaybedecek hatta 10 dereceden 30 dereceye çıkan kalkıntı açısında hem baş taraftaki hem de ağırlık merkezindeki ivme etkileri yarıya inecektir. Fridsma' ya (1971), ait sonuçlar ivmelenmelerle kalkıntı açısı arasında hız – boy oranından bağımsız ve lineer bir ilişki olduğunu göstermiştir. Yüksek kalkıntı açılarıyla başlayan baş formun kıça doğru azalarak devam etmesinin en uygun form olacağı düşünülmektedir. Kalkıntı açısının belirlenmesinde enine stabilite ve mümkün olan draft limitleri de göz önünde bulundurulmalıdır. Günümüzde kullanılan kayıcı teknelerde genellikle 10 dereceyle 30 derece arasında kalkıntı açıları bulunmaktadır. Kalkıntı açısı ile düşey ivmelenmeler arasındaki ilişkiyi belirleyebilmek için Kihara (1988), tarafından deneysel bazı araştırmalar yapılmıştır. Bu testlerden bazılarının sonuçlarından bir örnek olan 140 tonluk monohull tekneye ait karakteristik düşey ivme değerleri, kalkıntı açısı ve hızın bir fonksiyonu olarak Şekil 4.31' de verilmiştir.



Genelde kalkıntı açısının artmasıyla beraber yönsel stabilite iyileşmekte ancak teknenin kayıcı duruma geçtiği andaki enine stabilite düşmektedir. Düşük hızlarda kıç taraftaki kalkıntı açısının büyük olması tekne idaresini diğer bir deyişle rota tutmasını zorlaştırmaktadır. Genelde dibe yakın bir yükseklikte spray rail kullanılarak düşük hızlarda teknenin geniş bir dip üzerinde yüzmesi sağlanır.

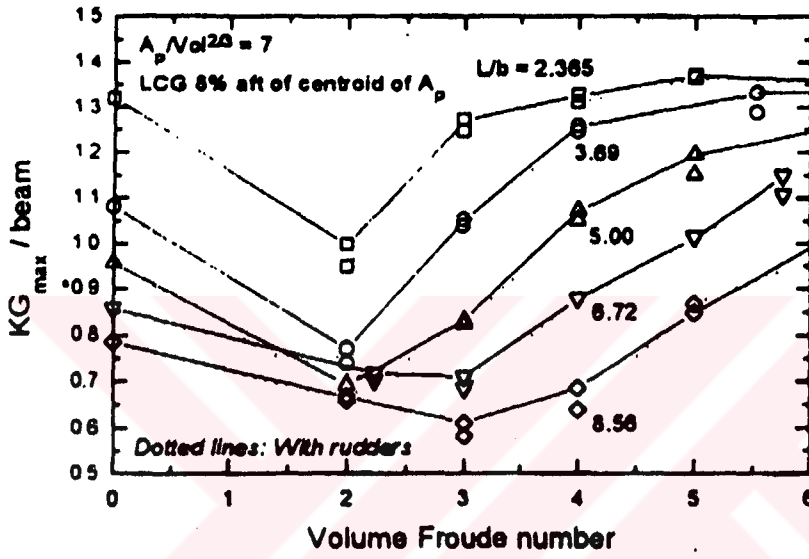
4.2.3 LCG' nin yeri

LCG'nin yeri de, tıpkı kalkıntı açısında olduğu gibi denizcilik performansı ile sakin su tekne veriminin dengede olduğu bir noktada tanımlanmalıdır. Hem sakin hem de dalgalı sularda kayıcı tekne performanslarının tanımlanmasında LCG oldukça önemli bir rol oynamaktadır. LCG konumunun başa doğru olması trimi, sakin su direncini ve ivme etkilerini azaltacaktır. Diğer bir yandan da düşük hızlarda baş tarafın ıslanmasına, rota tutmanın zorlaşmasına ve bazı durumlarda sephiye kuvvetlerinin düz ve geniş kıç taraf yerine dar ve derin baş tarafa taşınmasıyla enine stabilitede azalmalara neden olmaktadır. Bu problem genelde kontrol edilebilir trim flapları kullanılarak çözülmektedir. Bu şekilde orta ve yüksek hızlarda kıç tarafı kaldırmak mümkün olabilir. Fridsma (1969, 1971), çalışmasında $V\sqrt{L} = 2$ iken çalışma triminde 4 dereceden 6 dereceye 2 derecelik bir artış için hareketlerin %17 arttığı sonucuna varmıştır. Hız –boy oranı 4 olduğunda ise 2 derecelik trim artışı hareketleri %33 arttırmıştır. Herhangi hız ve yükleme değerleri için tekne yunuslama hareketi yapmaktaysa Savitsky (1964), olayı engellemek için trim açısının düşürülmesi gerektiğini işaret eder. Bu yüzden, çalışma triminin göz önünde bulundurulduğu uygun LCG'nin ayarlanmasıyla, kayıcı teknenin yalnızca dalgalı denizdeki hareketleri indirgenmez aynı zamanda durgun sudaki yunuslama sorunuda düzeltilmiş olur.

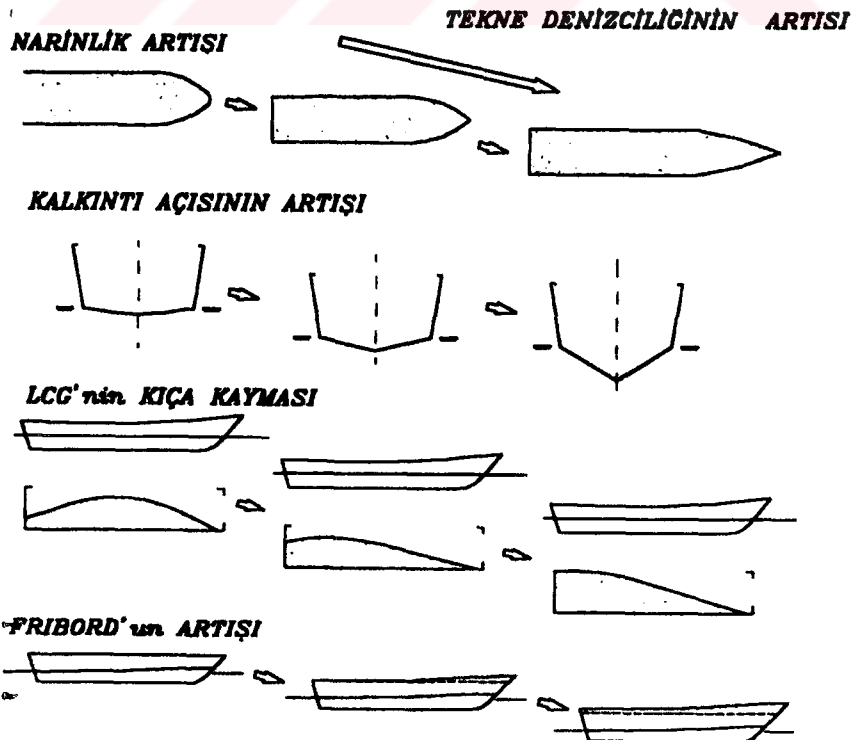
4.2.4 Enine Stabilite

Yüksek süratli teknelerin denizcilik kalitesiyle ilgili çalışmalarda metasantrik yükseklik oldukça önemlidir. Her ne kadar deplasman teknelerinde enine stabilite için uygun GM değerleri tanımlansada bunlar dinamik kuvvetlerle desteklenen tekneler için sadece bir miktar önem taşıyacaklardır. Çünkü dinamik ve hidrostatik kuvvetlerin merkezleri farklıdır. Kayıcı teknelerde genel kural GM değerinin stabiliteyi emniyetli yapan bir noktadan daha yukarıda dizayn edilmemesi gerektiğidir. Aksi halde hareketler artacaktır. Lewandowski (1997), boy-genişlik oranının, yükleme koşullarının ve LCG yerinin kayıcı teknelerin dinamik stabilitesi üzerindeki etkilerini araştırmıştır (Seri 62). Bu araştırmaya uygun olarak kayıcı teknelerin stabilitesinin azalan boy – genişlik oranlarında artış gösterdiği söylenebilir (Şekil

4.23). Yine aynı şekilden anlaşılacağı gibi tüm tekne konfigürasyonları için Froude sayısının 3.5 tan az olması halinde stabilite azalmaktadır. $A_p / \nabla^{2/3}$ (Kaldırma kabiliyeti) arttıkça yada yükleme miktarı azaldıkça stabilite tüm boy genişlik oranları için artacaktır. Maksimum stabil CG yüksekliği LCG'nin yerinden etkilenmemektedir. Uzun tekneler için stabil CG yüksekliğindeki dinamik azalma küçük yükleme katsayılarında büyük olurken, kısa tekneler için stabilite azalması büyük yükleme katsayılarında artmaktadır. Aşağıda verilen Şekil 4.32'de kayıcı teknelerin denizciliğine etki eden faktörler belirtilmiştir.



Şekil 4.32 L/B ile KG_{max}/B arasındaki ilişki



Şekil 4.33 Denizciliğe etkiyen faktörler

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Tahmin metodları kullanılarak aynı tekne için boyutsal ve boyutsal olmayan tekne karakteristik parametrelerinin dikkate alındığı direnç hesaplamalarının sonuçları daha önce Şekil 4.30'da karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmalı grafikten de görülebileceği gibi çok düşük direnç değerleri tahmin eden Plate metodunu saymazsak, diğer metodlar genelde eğri karakteristiği olarak benzer hız – güç eğrileri vermelerine rağmen yine de aynı hız değerinde çoğunlukla farklı sonuçlar vermişlerdir. Tüm bu metodlar tekne formunu hassas bir şekilde yansıtmaktan uzaktır. Tahmin metodları kullanılarak gerçeğe yakın direnç değerleri elde edilmek isteniyorsa , boyutsal ve boyutsal olmayan parametrelerin oluşturduğu çalışma aralıklarına uyulması gerektiği gibi metodun ait olduğu seriye de uyulması gerektiği unutulmamalıdır. Ancak seçilen teknenin daha önce verilen karakteristik parametreleri ve endazesi incelendiğinde net olarak bir seriye dahil edilemeyeceği görünmektedir. Çünkü günümüzün ihtiyaçlarına göre kayıcı tekne formları ve karakteristik özellikleri değişim göstermiştir. Dolayısıyla, artık günümüzde pek kullanılmayan tekne serilerine göre geliştirilmiş bu direnç tahmin metodlarının kullanım sahası oldukça daralmıştır.

Durgun sularda (Gölde) kullanılacak bir kayıcı tekne dizayn etmek isteseydik tercihimiz tabanı tamamen düz bir model seçerdik. Ancak dalgalı sular söz konusuysa mükemmel yakın bir denizciliğin ve ufak hareketlerin elde edilebilmesi için yüksek kalkıntı açılı, kıça fazla yakın olmayan LCG'li narin bir tekne formu kullanılmalıdır.

KAYNAKLAR

- Almeter, M., J., (1993), "Resistance Prediction of Planing Hulls", Marine Technology.
- Blount D., L. ve Fox D., L., (1976), " Small Craft Power Prediction", Marine Techonology, Vol 13.
- Brown, P., W. ve Klosinski, W., E., (1980), " An Experimental and Theoretical Study of High Length – Beam Ratio Planing Boats in Rough Water ", Stevens Institute of Techonology Report.
- Clement, E., P., (1959), " Graphs for Prediction of Resistance of Large Stepless Planing Hulls at High Speeds ", Naval Ship Research and Development Center Report.
- Clement, E., P., (1961), " Graphs for Predicting the Ideal High Speed Resistance of Planing Catamarans ", Naval Ship Research and Development Center Report.
- Clement, E., P. ve Blount D., L., (1963), "Resistance Tests of Systematic Series of Planing Hull Forms", SNAME, Vol 71.
- Compton, R., H., (1986), "The Resistance of Systematic Series of Semi – Planing Transom Stern Hulls", Marine Techonology, Vol 23.
- DuCane, P., (1951), " High Speed Small Craft ".
- Eken, A. ve Tuzcuoğlu, S., A., (1986), " Kayıcı Tekneler ve Kıç Kanatçık ", Gemi Mühendisliği Dergisi, İTÜ, 101-102, İstanbul.
- Fridsma, G., (1969), " A Systematic Study of Rough Performance of Planing Boats ", Davidson Laboratory Stevens Institute of Techonology, 1275.
- Fridsma, G., (1971), " A Systematic Study of Rough Performance of Planing Boats (Irregular Waves Part II) ", Davidson Laboratory Stevens Institute of Techonology, 1495.
- Hadler, J., B., (1966), " The Prediction of Power Performance on Planing Craft", SNAME, Vol 74.
- Holling, H., D. ve Hubble E., N., (1974), " Model Resistance Data of Series 65 Hull Forms, Applicable to Hydrofoils and Planing Craft", Naval Ship Research and Development Center Report.
- Hubble E., N., Hadler, J., B., Allan, R., G. ve Blount, D., L., (1978), " Planing Hull Feasibility Model – It's Role Improving Patrol Craft Design ", Royal Institute of Naval Architects, Symposium on Small Fast Warships and Security Vessels.
- Kafalı, K., (1981), "Yüksek Süratli Tekneler", İTÜ, İstanbul.
- Keuning, J., A. ve Gerritsma, J., (1982), "Resistance Test of a Series Planing Hull Forms whit 25 degrees Deadrise Angle", International Shipbuilding Progress.
- Keuning, J., A. ve Pinkster, J., (1995), " Optimisation of the Seakeeping Behaviour of Fast Monohull ", FAST 95.

Kihara, K., (1988), "Improvement of Comfortability in Design of High Speed Craft", International High Performance Vehicle Conference, Shanghai.

Kyulevcheliiev, S., (1998), "Resistance Prediction of Planning Vessels", Varna / Bulgaria.

Lahtiharju, E., (1991), "Resistance and Seakeeping Characteristics of Fast Transom – Stern Hulls with Systematically Varied Form", SNAME, Vol 99.

Levi, R., (1983), "Planing Craft Design and Performance", Symposium on Yacht Architecture, Amsterdam.

Lewandowski, E., M., (1997) "Transverse Dynamic Stability of Planing Craft", Marine Technology, Vol 34.

Lord, L., (1963), "Naval Architecture of Planning Hulls".

Murray, A.,B., (1950), "The Hydrodynamics of Planning Hulls", SNAME, Vol 58.

Murray, A.,B., (1964), "The Hydrodynamics of Planning Hulls", SNAME, Vol 67.

Davidson, H. ve Suarez, A., (1948), "Test of Twenty Related Models of V-Bottom Motor Boats, EMB Series 50", David Taylor Model Basin Report.

Nagai, T., Tanaka, H. ve Yoshida, Y., (1976), "On the Planing Hull Form with Minimum Resistance in Still Water", Society of Naval Architecture, Western Japan.

Radojicic, D., (1985), "An Approximate Method for Calculation of Resistance and Trim of the Planing Hulls", SNAME, Power Boat Symposium.

Savitsky D., (1964), "Hydrodynamics Design of Planning Hulls", Marine Technology, Vol 8.

Savitsky D.ve Brown, F., W., (1976), "Procedures for Hydrodynamic evaluation of Planing Hulls in Smooth and Rough Water", Marine Technology, Vol 23.

Shoemaker, J., M., (1934), "Tank Tests of Flat and V Bottom Planing Surface", National Advisory Committee for Aeronautics Report.

Shuford, C., L., Jr., (1958), "A Theoretical and Experimental Study of Planing Surfaces Including Effects of Cross Section and Plan Form", National Advisory Committee for Aeronautics Report.

Teale, J., (1969), "High Speed Motor Boats".

Yegorov, L. T., Bunkov, M. M. ve Sadovnikov, (1978), "Propulsive Performance and Seaworthiness of Planning Vessels", Naval Sea Systems Command, Russia.

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 16.12.1975

Doğum yeri İstanbul

Lise 1988-1992 Yeni Levent Lisesi

Lisans 1993-1997 Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Fak.
Gemi İnşaatı ve Makineleri Bölümü

Yüksek Lisans 1998-2001 Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Gemi İnşaatı Müh. Anabilim Dalı

Çalıştığı kurum(lar)

1998-Devam ediyor Admarin DCC Denizcilik Ltd Şti.

