



**T.C.
YALOVA ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ BİLİM DALI**

**GEMİ PERVANELERİ VE PERVANE KANAT AÇILARININ ALINAN
YOLA ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SÜLEYMAN MÜFTÜOĞLU

DANIŞMAN: PROF. DR. İBRAHİM SEVİM

**YALOVA
HAZİRAN 2023**



T.C.
YALOVA ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ BİLİM DALI

GEMİ PERVANELERİ VE PERVANE KANAT AÇILARININ ALINAN YOLA
ETKİSİNİN İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Süleyman MÜFTÜOĞLU
205121008

DANIŞMAN: PROF. DR. İBRAHİM SEVİM

YALOVA
HAZİRAN 2023

ETİK BEYAN

Yalova Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kuralları'na uygun olarak hazırladığım “GEMİ PERVANELERİ VE PERVANE KANAT AÇILARININ ALINAN YOLA ETKİSİNİN İNCELENMESİ” başlıklı bu tez çalışmada; tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu bildirir, aksinin tespiti halinde doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi taahhüt ve beyan ederim.

İmza

Süleyman MÜFTÜOĞLU

ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim boyunca benden yardımlarını esirgemeyen, akademik anlamda bana her zaman destek olan ve doğru yolu gösteren sayın danışman hocam Prof. Dr. İbrahim SEVİM'e sonsuz teşekkür ederim.

Her zaman yanımda oldukları ve benden desteklerini hiçbir zaman esirgemedikleri için annem Fatma MÜFTÜOĞLU ve babam Zeki MÜFTÜOĞLU 'na sonsuz minnet ve teşekkürlerimi sunarım.

Her konuda bana öğrettikleri ve desteklerini esirgemediği için Dr. Tahsin ÜNLÜ 'ye ve Doç. Dr. Önder ÇALCALI 'ya teşekkürlerimi sunarım.

Yaptıkları yardımlardan ve desteklerden dolayı meslek arkadaşlarım İmalat Mühendisi Çağdaş KILINÇ ve Makine Mühendisi Yusuf Misket'e teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez çalışması desteklenmesine olanak sağlayan Yalova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Koordinasyon Birimine (Proje No: 2021/BAP/001) teşekkür ederim.

HAZİRAN – 2023

Ad SOYAD

Süleyman MÜFTÜOĞLU

Makine Mühendisi



İÇİNDEKİLER

ETİK BEYAN	i
ÖNSÖZ	iii
İÇİNDEKİLER	v
SİMGELER LİSTESİ	xi
TABLolar LİSTESİ	xiii
ŞEKİLLER LİSTESİ	xv
ÖZET	xxi
ABSTRACT	xxiii
1. GİRİŞ	1
1.1. Literatür Özeti	1
1.2. Tezin Amacı	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Gemi Sevk Sistemleri	3
2.1.1. Su jeti ile sevk sistemi	3
2.1.2. Hareketli parçaların direncinden gerçekleşen sevk sistemi	4
2.1.3. Hareketli parçaların üzerinde oluşan kaldırma kuvvetinin sağladığı itme ile gemileri sevk eden sistemler	5
2.2. Pervane Tarihsel Gelişimi	8
2.3. Pervane Tanımı	12
2.4. Gemi Pervane Çeşitleri	15
2.4.1. Hareketli kanatlı gemi pervaneleri	15
2.4.2. Sabit kanatlı gemi pervaneleri	18
2.5. Gemi Pervane Geometrisi	20
2.5.1. Referans hatları	20
2.5.2. Pervane referans hatları	21
2.5.3. Kanat yüzü ve kanat sırtı	22
2.5.4. Pervane göbeği	23
2.5.5. Kanat kökü ve kanat ucu	23
2.5.6. Sağ pervane ve sol pervane	24
2.5.7. Pervane ana hatları ve alanları	25
2.5.8. Pervane açıklıkları	27



2.5.9. Pervane balansı.....	28
2.5.10. Çarpıklık ve Eğiklik	30
2.6. Gemi Pervane İmalatı.....	32
2.6.1. Gemi pervane malzemeleri.....	32
2.6.2. Gemi pervane imalat yöntemi	34
3. GEMİ PERVANELERİ KANAT AÇILARI VE ALINAN YOLA ETKİSİ	39
3.1. Hatve	39
3.1.1.Pervane hatvesinin pratik olarak hesaplanması.....	41
3.2. Kayıp Oranı	44
4. MATERYAL VE METOD	45
4.1. Kanat Açısı 50 ° Pervanenin İncelenmesi	45
4.2. Kanat Açısı 75 ° Pervanenin İncelenmesi.....	47
5. BULGULAR VE SONUÇLAR	51
5.1. Kanat Açısı 50 ° Pervanenin Akış Analizi	51
5.2. Kanat Açısı 75 ° Pervanenin Akış Analizi	55
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	61
KAYNAKLAR	63
ÖZGEÇMİŞ	67





SİMGELER LİSTESİ

Ao	: Pervane Disk Alanı
Ap	: Projeksiyon Alanı
AD	: Yayılım Alanı
AE	: Açılım Alanı
AS	: Süpürme Alanı
C	: Merkez
D	: Pervane daire çapı
Dmaks	: Maksimum pervane çapı
İG	: Jeneratör hat eğikliği
İs	: Çarpıklı sebepli eğiklik
K	: Pervane dönüş rpm değerine göre değişken değer (rpm)
M	: Pervane ağırlığı (ton)
m	: Parça ağırlığı (kg)
n	: Pervanenin bir dakika da yapmış olduğu devir
P	: Basınç Tarafı
P	: Hatve (pitch)
Qs	: Şaft merkez çizgisi ile belirli bir kesitin arasında kalan açı
Qsp	: Çarpıklık açısı
Rh	: Pervane göbek yarıçapı
R	: Pervane yarıçapı
S	: Emme Tarafı
Sa	: Kayıp Oranı
S	: Emme Tarafı
V	: Geminin bir saatte aldığı yol
X	: Pervane ve dümen arası açıklık
x	: Pervane 0,7R Kenar Alt Kanat Yüksekliği
y	: Pervane 0,7R Kenar Üst Kanat Yüksekliği
Y	: Pervane ve kıç arası açıklık
Z	: Kanat Sayısı
Z	: Pervane ve kaide arası açıklık
θ	: Hatve açısı



TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 2.1. Pervane malzemeleri.....	33
Tablo 2.2. Pervane imalatı için alaşım oranları	33
Tablo 2.3. Pervane kanat dökümünün mekanik özellikleri.....	34
Tablo 5.1. Kanat açısı 50 ° pervanesinin hacim parametre sonuçları.....	53
Tablo 5.2. Kanat açısı 50 ° pervanesinin yüzey parametre sonuçları	54
Tablo 5.3. Kanat açısı 75 ° pervanesinin hacim parametre sonuçları.....	57
Tablo 5.4. Kanat açısı 75 ° pervanesinin yüzey parametre sonuçları.....	58





ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Su jeti ile sevk sistemi	3
Şekil 2.2. Hareketli kanatlı padıl çark	4
Şekil 2.3. Voith scheider pervane sistemi	6
Şekil 2.4. Pervane itme ve çekme kuvvetini gösterilişi	7
Şekil 2.5. Uskur pervanesi	7
Şekil 2.6. Colonel Stevens, Josef Ressel, Pettit Smith ve Ericsson tarafından tasarlanmış pervaneler	9
Şekil 2.7. Pervanenin 1800 ile 1880 yılları arasında ki değişimi	10
Şekil 2.8. Pervane tasarımları	11
Şekil 2.9. Pervane dönüş hareketi	12
Şekil 2.10. Pervane nozulları	13
Şekil 2.11. Pervane ön statör.....	14
Şekil 2.12. Pervane arka statör.....	14
Şekil 2.13. Hareketli kanatlı gemi pervaneleri.....	17
Şekil 2.14. Sabit kanatlı gemi pervaneleri	19
Şekil 2.15. Kordinat sistemi	20
Şekil 2.16. Pervane referans hatları.....	21
Şekil 2.17. Silindirik kanat kesiti	22
Şekil 2.18. Pervane geometrisi.....	24
Şekil 2.19. Pervane dönüş yönleri.....	25
Şekil 2.20. Pervane alanları	26
Şekil 2.21. Pervane arası açıklıklar	27
Şekil 2.22. Sabit kanatlı pervane balansı	29
Şekil 2.23. Hareketli kanatlı pervane balansı	29
Şekil 2.24. Hareketli kanatlı pervane	30
Şekil 2.25. Pervane çarpıklığı	31
Şekil 2.26. Pervane eğikliği	32
Şekil 2.27. Pervane kum kalıba döküm yöntemi	35
Şekil 2.28. Merkez deliği ve ahşap katman yığını	36
Şekil 2.29. Pervane imalatı son aşaması	37
Şekil 3.1. Pervane hatvesi ve kayma oranı gösterilişi	39
Şekil 3.2. Pervane hatve açısının gösterilişi	40
Şekil 3.3. Pervane hatve tanımı	41



Şekil 3.4. Pervane kanat radyüs çizgileri	41
Şekil 3.5. Pervane hatve açısı	42
Şekil 3.6. Pervane 0,7R kenar kanat yükseklikleri ve hatve açısı	42
Şekil 3.7. Pervane hatve ve hatve açısı detaylı gösterilişi	43
Şekil 3.8. Kayıp oranı bağıntıları	44
Şekil 4.1. Kanat açısı 50° pervanenin önden görünüşü	45
Şekil 4.2. Kanat açısı 50° pervanenin üstten görünüşü	45
Şekil 4.3. Kanat açısı 50° pervanenin 0,7R çizgisi	46
Şekil 4.4. Kanat açısı 50° pervanenin 0,7R çizgisinde y değeri	46
Şekil 4.5. Kanat açısı 50° pervanenin 0,7R çizgisinde x değeri	47
Şekil 4.6. Kanat açısı 50° pervanenin 0,7R çizgisinde θ değeri	47
Şekil 4.7. Kanat açısı 75° pervanenin önden görünüşü	48
Şekil 4.8. Kanat açısı 75° pervanenin üstten görünüşü	48
Şekil 4.9. Kanat açısı 75° pervanenin 0,7R çizgisi	49
Şekil 4.10. Kanat açısı 75° pervanenin 0,7R çizgisinde y değeri	49
Şekil 4.11. Kanat açısı 75° pervanenin 0,7R çizgisinde x değeri	49
Şekil 4.12. Kanat açısı 75° pervanenin 0,7R çizgisinde θ değeri	50
Şekil 5.1. Kanat açısı 50° pervanenin basınç analizi	51
Şekil 5.2. Kanat açısı 50° pervanenin açısız hızı	51
Şekil 5.3. Kanat açısı 50° pervanenin hız analizi	52
Şekil 5.4. Kanat açısı 50° pervanenin hacim parametresinin gösterilişi	52
Şekil 5.5. Kanat açısı 50° pervanenin yüzey parametresini gösterilişi	53
Şekil 5.6. Kanat açısı 50° pervanenin kanat kenarları üzerinde hız çizgilerinin gösterilişi	54
Şekil 5.7. Kanat açısı 50° pervanenin kanat kenarları üzerinde meydana gelen hız grafiği	55
Şekil 5.8. Kanat açısı 75° pervanenin basınç analizi	55
Şekil 5.9. Kanat açısı 75° pervanenin açısız hızı	56
Şekil 5.10. Kanat açısı 75° pervanenin hız analizi	56
Şekil 5.11. Kanat açısı 75° pervanenin hacim parametresinin gösterilişi	57
Şekil 5.12. Kanat açısı 75° pervanenin yüzey parametresinin gösterilişi	58
Şekil 5.13. Kanat açısı 75° pervanenin kanat kenarları üzerinde hız çizgilerinin gösterilişi	59
Şekil 5.14. Kanat açısı 75° pervanenin kanat kenarları üzerinde meydana Gelen hız grafiği	59







GEMİ PERVANELERİ VE PERVANE KANAT AÇILARININ ALINAN YOLA ETKİSİNİN İNCELENMESİ

ÖZET

Gemi pervaneleri su içinde çevresel faktörlere ve diğer etkenlere bağlı olarak geminin bir süre içinde alacağı yolu etkilemektedir. Bu alacağı yol geminin belirli bir süre içinde alacağı mesafe anlamına gelmektedir. Denizcilik sektörü için lojistiğe dayalı gemilerde son derece önemli ve gemi pervane tasarımı da bu şartlar göz önüne alınarak yapılmaktadır. Bu çalışma da kanat açılarının gemi üzerinde ki alınan yol için etkisi incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Gemi pervaneleri, Gemi pervane kanat açıları



INVESTIGATION OF THE EFFECT OF SHIP PROPELLER AND PROPELLER BLADE ANGLES ON THE DISTANCE

ABSTRACT

Ship propellers affect the way the ship will take in a period of time depending on environmental factors and other factors in the water. This means the distance the ship will travel in a certain period of time. For the maritime industry, it is extremely important for ships based on logistics and ship propeller design is made considering these conditions. In this study, the effect of blade angles on the distance traveled on the ship was investigated.

Keywords: Ship propeller, Ship propeller blade angle



1. GİRİŞ

1.1. Literatür Özeti

Bu çalışma da gemi pervaneleri, pervane malzemeleri, konstrüksiyon ve imalatı, pervane tiplerine göre kanat açılarının değişik konuları seçilerek geminin uygun değer yol alması sağlanacaktır.

Bilindiği gibi; geminin ana hareketli mekanizması şaft ve pervaneden oluşmaktadır[9]. Şaft motorda üretilen gücü değişik devir sayılarında pervaneye iletmek için kullanılmaktadır. Pervane şaftları değişik yatak elemanlarından oluşmaktadır ve en iyi şekilde yataklanmaktadır. Bu şaftlar iletilen güç ve devir sayılarına göre çapları hesaplanarak tayin edilmektedir [1 – 12]. Fakat şaft tarafından gücün iletildiği ileri – geri hareketini sağlayan pervanelerin boyutları, ağırlıkları ve kanat açıları bazı amprik formüller ile hesapları yapılmaktadır[13 – 17]. Gerek gemi pervanesi büyüklüğü yani boyutları ve ağırlığı, gerekirse pervane kanadı açıları, malzemesi, tasarımları konusunda literatürde hemen hemen hiç çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışmada gemi pervanelerinin motor şaftının değişik devir sayısında pervane kanat şekilleri ve büyüklükleri analiz edilecek, uygun değer ileri-geri manevra hareketlerini sağlayacak gemi pervanesi tasarımı yapılacaktır. Bu tez çalışmasında değişik devir sayısında dönen şaftlar için gemi pervanesi malzemesi olarak pirinç seçilecektir. [18-25]. Bu gemi pervanelerini sabit boyut ve değişik pervane kanat açılarında, değişik devir sayılarında ve deniz ortamında geminin ileri yöndeki maksimum hareketi Solidworks programı kullanılarak analizi yapılacaktır. Bu çalışmanın sonucunda gemi imalatçısı değişik devir sayılarında dönen bir şaft pervane boyutlarını, pervane açılarını bu seçilen değerler sonucunda geminin sıvı akışkan ortamda ne kadar maksimum mesafe yapabileceğini kolaylıkla seçebilecektir.

1.2. Tezin Amacı

Bu çalışmada; gemi pervanelerine ait kanat açılarının geminin yol alma performansına etkisi incelenecektir. Öncelikle gemilerin itme sistemi ana elemanlarından biri olan pervaneler hakkında; sınıflandırılması, bilgisayar destekli tasarlama (SolidWorks), ölçülendirme, imalatı ve hesaplamaları anlatılacaktır. Daha sonra gemilerin seyir esnasında ki çevresel koşullar ve gemi tonajına bağlı olarak daha verimli yol alması adına, üretim veya bakım-onarım aşamasında pervane kanat açılarının önemi ve yol

alma hesabı izah edilecektir. Bu konu için formüller üzerinden hesaplamalar yapılarak çıkan sonuçlara göre karşılaştırma yapılacaktır. Tasarlanan gemi pervaneleri için SolidWorks programı kullanılarak analizler yapılarak, çıkan sonuçlara göre karşılaştırmalar yapılacaktır.



2. GENEL BİLGİLER

2.1. Gemi Sevk Sistemleri

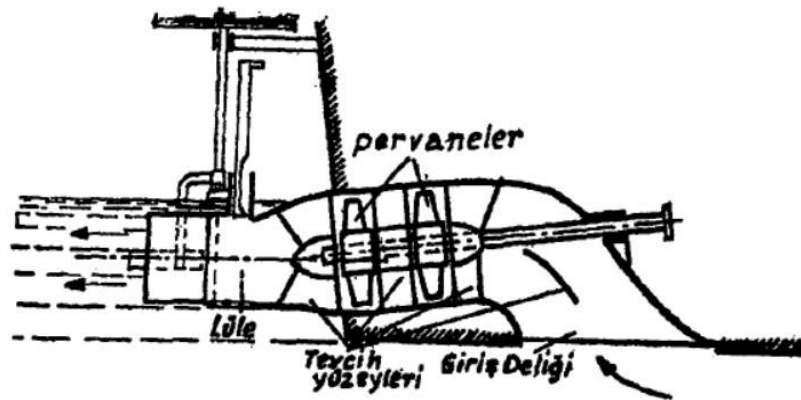
Tarihsel olarak gemi sevk sistemlerinde ihtiyaç doğrultusunda birçok değişiklik gözlemlenmiştir. Günümüz teknolojisinde dahi hala gelişmekte olan gemi sevk sistemleri alanında uzman mühendisler tarafından yapılan ar-ge çalışmaları sonucu denizcilik sektörü için önemli bir yer tutmaktadır. Sektör için zaman terimi oldukça önemli ve geminin herhangi bir anlık problem veya kronik problem görülmeden seyir etmesi gerekmektedir.

Gemi sevk sistemleri değişik gemi tiplerine göre değişmekte ve geminin tasarımına göre montajı yapılmaktadır. Bu sistemlerin asıl amacı geminin sorunsuz bir şekilde seyir etmesini sağlamak ve verim katsayısını arttırmaktır. Gemi başlıca sevk sistemleri aşağıda belirtilmiştir [31].

2.1.1. Su jeti ile sevk sistemi

Bu sistem başta diğer sevk sistemlerinin itme kanunu momentumundan yararlanılarak gemiyi itmeyi sağlayan sisteme denir. Su jeti ile itme temelde bir tünel içerisinde pervane veya çark yardımı ile suyun tünel içine emilerek belirli bir basınçta sıkıştırarak suyun dışarı çıkma halidir. Bu sayede, tünel içinde çark suyu çektiği için sıkışma olacağından dolayı gemi yüzer halde itme kuvvetine maruz kalmış olur [31].

Su jeti ile sevk sistemi diğer sistemlere göre verimi düşük olduğu için daha az seçilir. Aşağıda Şekil 2.1 de bu sisteme de ait iki örnek verilmiştir. Şekil üzerinde de görüldüğü gibi su bir tünel içine pervane vasıtasıyla emilerek sıkıştığı yerden dışarı çıkmaktadır.



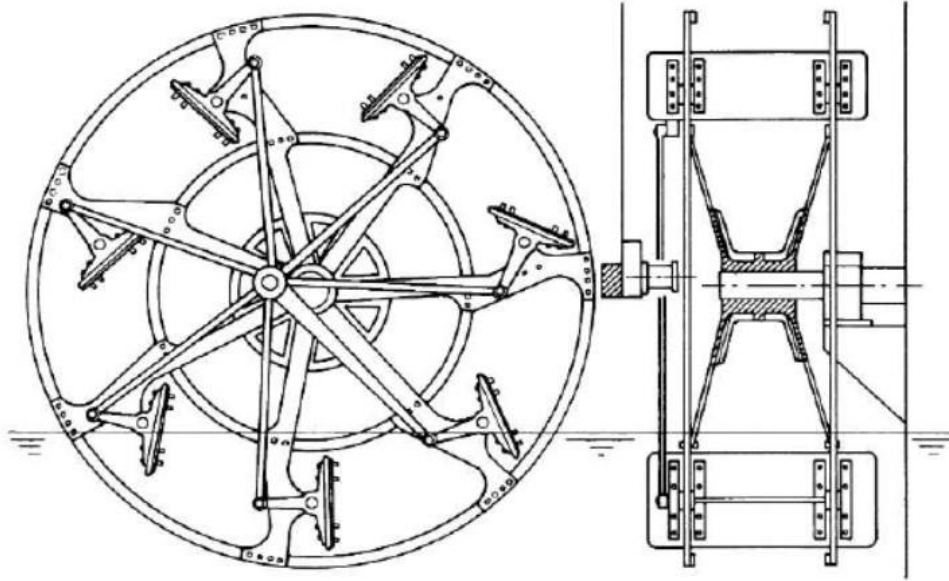
Şekil 2.1 Su jeti ile sevk sistemi [31]

2.1.2. Hareketli parçaların direncinden gerçekleşen sevk sistemi

Bu sisteme genel olarak en yaygın kullanılan padıl çarklarıdır. Padıl çarklar yatay bir şaft üzerine montajı yapılabilen sabit ve hareketli kanatlı olarak ikiye ayrılır. Sabit kanatlı padıl çarkların bakım ve onarımı, hareketli kanatlı padıl çarklara göre basit ve maliyet olarak daha ucuzdur.

Padıl çarkların hızlı olması için çark çapının büyük olması gerekir. Bu sonuca dayanarak ağır ve düşük devirli makinelere bağlı şaftlardan aksel hareketi alması gerekir. Çarkın çapı, kanatları ile kanatların suya giriş çıkışlarında ki bileşke hızları arasında ki açıya bağlıdır. Bu çarklardan verim almak için bu kanatların suya giriş ve çıkışları yavaş olmak zorundadır. Son tasarıma bağlı olarak padıl çark mekanizması Şekil 2.2 de gösterilmiştir.

Padıl çarklar genel olarak geminin dış iskele ve sancak tarafına aksel olarak yerleştirilir. Çarkların yerleştirildiği yer, baş-kıç vurma etkisinin en az olacağı yere göre seçilir. Nehir tipi gemilerde padıl çarklar genel olarak geminin kıç bölgesine yerleştirilir.



Şekil 2.2 Hareketli kanatlı padıl çark [31]

2.1.3. Hareketli parçaların üzerinde oluşan kaldırma kuvvetinin sağladığı itme ile gemileri sevk eden sistemler

Dairesel hareket ile parçalar arasında oluşan itme kuvvetine en iyi örnek uskur pervane ve Voith Scheider pervaneleridir.

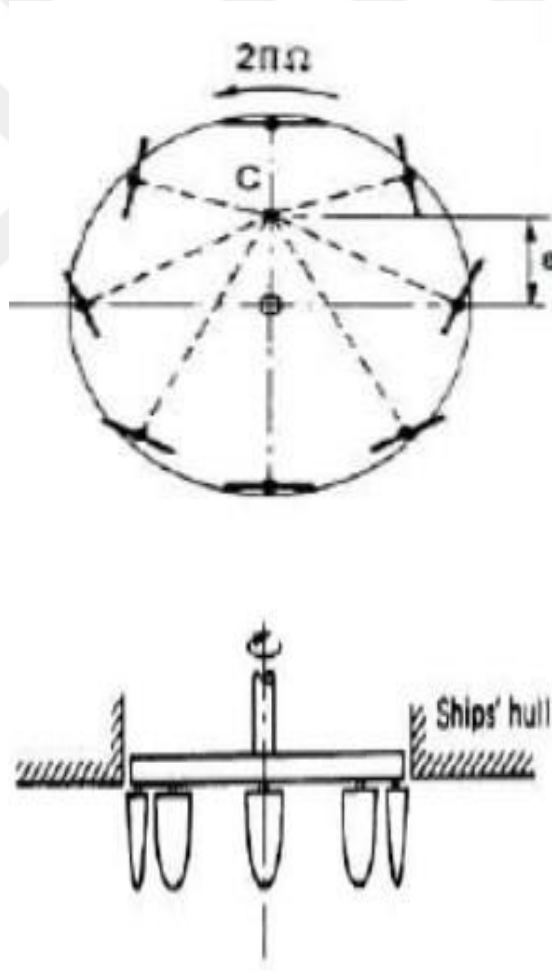
Voith Scheider pervaneleri yatak eksenel çark üzerine montajı yapılabilen, istenildiği zaman pervane kanatları yatay ve eksenel çark üzerinden sökülebilen sistemlerdir. Bu tip pervanelerde kanat hidrofıl kesitli ve montaj edildikleri yatay çark her bir devir yaptığından kanatlar kendi etrafından bir devir yapmış olur. Bu tip pervanelerin verimleri uskur pervanelere göre daha düşüktür ancak hızlı manevra kabiliyetinden dolayı ro-ro gemilerinde veya römorkörler gibi manevra kabiliyeti isteyen gemilerde kullanılmaktadır. Şekil 2.3 te örnek voith scheider pervanesi görülmektedir.

Uskur pervaneler göbeklerine bağlı iki ve ya daha fazla kanatlardan oluşan, pervane önü ve arkası arasında ki basınç farkından oluşan itme geminin hareketini sağlayan sistemlerdir. Pervane kanadı üzerine iki tip kuvvet etki etmektedir. Bunlar itme çekme kuvvetidir. Gemilerin pervane yardımıyla hareket etmesinin sağlayan itme kuvvetidir ve L harfi ile gösterilir. Bu itmeye karşılık gemilerin hareketine direnç oluşturan kuvvet ise çekme kuvvetidir ve D ile gösterilir [49].

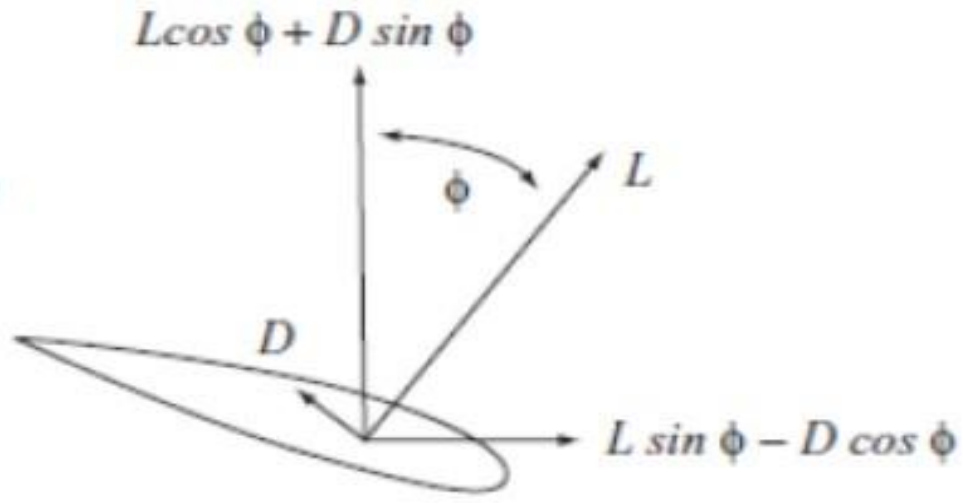
Şekil 2.4 te pervanelerin itme ve çekme kuvvetleri, şekil 2.5 te uskur pervanesi gösterilmektedir. Uskur pervaneler denizcilik sektöründe büyük ve küçük tonajlı gemilerin çoğunda görülmektedir. Bu pervaneler kanat açıları sabit olarak gemi tipine göre talep edilen malzemelerden üretilmektedir. Pervane yapısal olarak belirli bir kanat açısına sahiptir ve bu açı geminin alacağı yol üzerinde de belirli derece de etkiye sahiptir.

Uskur pervane de kanat açıları sabit olduğu için pervane şaftı belirli devir üzerinde dönme momenti uygular, gemi ileri ve geri hareketi yapabilmesi için pervane şaftı yönünde bu yön doğrultusunda zıt yönlerde çalıştırılmaktadır. Bazı durumlarda korozyona bağlı olarak ani dönüşlerde pervane şaftı hasara uğramakta ve bu hasara bağlı olarak istenmeyen durumlar ortaya çıkmaktadır. Böyle durumların önüne geçmek için şaft malzemesi burulma momentine dayanıklı malzemelerden seçilmeli ve belirli bir yönde hızlı dönen pervane şaftını zıt yönde ani harekette döndürülmesinden kaçınılmalıdır.

Voith Scheider pervaneleri diğer pervanelere göre sistem olarak biraz karmaşık gibi görünse de, dümen sistemi pervane kendi üzerinde olduğu için manevra isteyen gemilerde sıklıkla kullanılmaktadır. Bu pervane tipleri uskur ve hareketli kanatlı pervanelere göre biraz daha maliyetlidir. Sistem olarak pervane kanat millerine yüksek mukavemette çalışan oynak rulmanlar yataklık yapmaktadır. Rulmanların oynak tip olmasının nedeni, gemi seyir halinde iken değişik kuvvetlere maruz kalır ve pervane milinin bu kuvvetleri sönmülmesi ve düzgün bir hat üzerinde çalışması için oynak tip rulmanlar tercih edilmektedir. Bu pervane kanatlarının ayrıca dümen görevi de görmesi için, istenilen durumda çalıştığı mekanizmaya bağlı olarak pervane kanatları belirli açılarda dönüş yapar bu sayede gemi üzerinde dümen görevi de görmüş olur.



Şekil 2.3 Voith scheider pervane sistemi [31]



Şekil 2.4 Pervane itme ve çekme kuvvetlerinin gösterilişi [49]



Şekil 2.5 Uskur pervanesi[31]

2.2 Pervanenin Tarihsel Gelişimi

Pervane genel olarak bilindiği üzere 1803 yılında Fransız Charles Dallery (1754 – 1845) tarafından icat edilmiştir. Dallery çeşitli dallarda icat yapmış başarılı bir teknisyendir. Bu sektörde en yararlı icadı ise buharlı gemilerin gelişmesinde olmuştur. 1788 yılından bir buharlı araba yapmış, 1803 te tüp şekline benzeyen kazan yapmış ve aynı yıl içinde Seine’de pervaneyle ilerleyen bir gemi işletmeyi başarmıştır. Bu sayede pervane deniz taşımacılığında daha etkin kullanılmaya başlanmıştır.

1802 ve 1804 yılları arasında yer alan pervanenin ilk pratik uygulaması Amerikalı müşavir Colonel Stevens tarafından 7,5 metrelik bir tekneye ilk tek pervane, sonra ise çift pervane montajı yapılarak yapılmıştır ancak o zaman şartlarında bu konuya pek ilgi gösterilmemiştir.

Avusturyalı bir orman memuru olan Ressel tarafından tasarlanmış 18 metre boyunda ki La Civetta isimli bir gemi, 1828 yılında Trieste’de başarılı sonuçlar vermiştir ancak seyir sırasında boru patlamaları sonucunda yaralana denizciler olduğu için denemeden tam sonuçlar alınamamış ve finansal yönden de destek olmadığı için kayıtsız kalınmıştır.

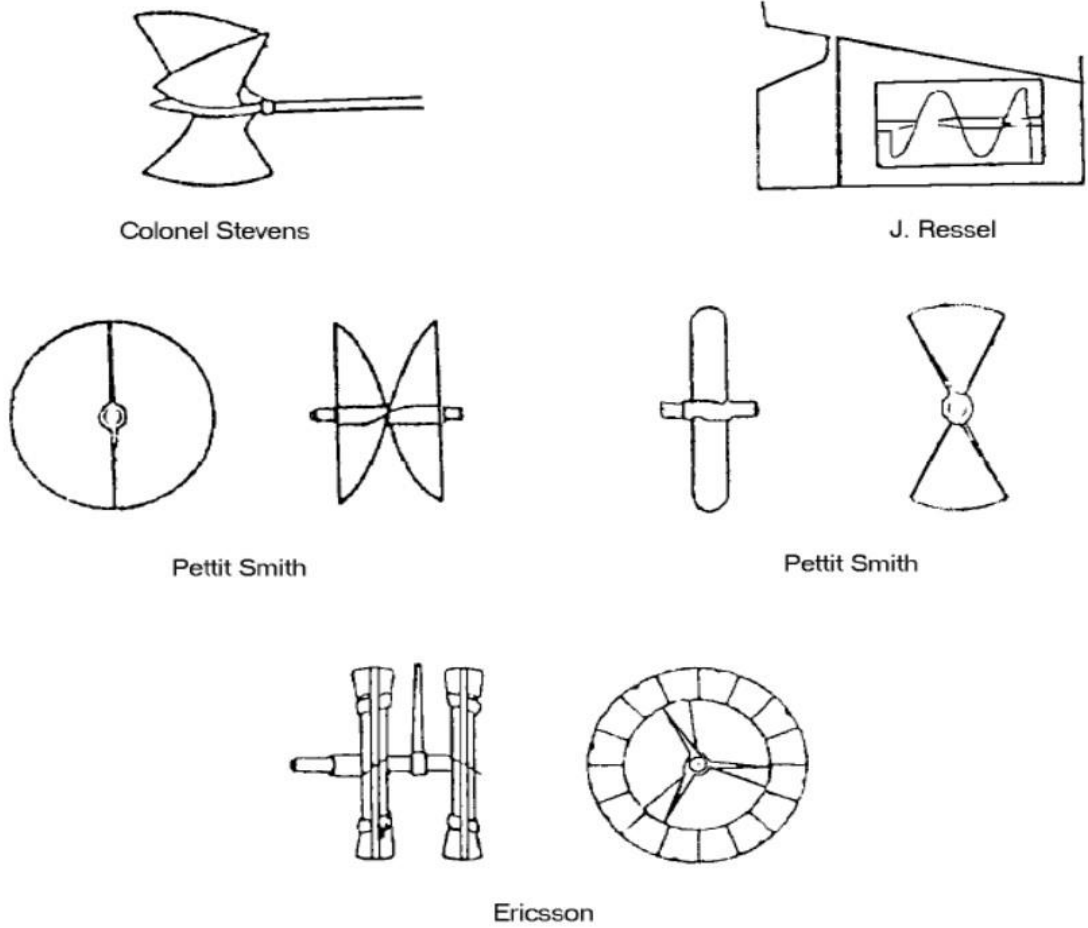
Pettit Smith adında İngiliz çiftçi ile Ericsson adında bir İsveçli, 1836 yılında Ressel ‘in pervanesine benzer pervane tasarlamışlar ve patent almışlardır. Bu pervane İngiltere’de pek ilgi göremeyince Ericsson Amerika’ya göç etmiştir. Bu pervane üzerine Amerika ve Fransa’da çok çalışmalar olmuştur.

Pettit Smith ahşaptan yapmış olduğu bir pervaneyi 6 HP değerinde bir buharlı makineyle 6 tonluk bir tekne ile denerken, demirde bekleyen gemiye çarparak tasarlamış olduğu pervanenin kanadının kırılmasına neden olmuştur. Bu kaza ile birlikte Smith aslında kırık kanatlı pervanenin daha verimli çalıştığını gözlemleyerek kırılan kanat üzerinde daha hızlı çalışmalara başlamıştır. Bugün kullanılan pervaneye yakın ölçüler çıkaran Smith, 1839 yılında ‘Archimedes’ isimli 230 tonluk bir gemi ile tasarladığı pervaneyi Britanya adaları açıklarında denedi ve çok yüksek başarılar elde etmiştir. Bu buluş ile birlikte padıl çark mekanizmasının yerine pervaneler almaya başlamıştır.

Great Britain isimli bir İngiliz buharlı gemisi, pervane ile tasarlanmış 1845 yılında Atlantik Okyanusunu aşmıştır.

Padıl çark sevk sistemine sahip son buharlı açık deniz gemisi 1861 yılında kızağa çekilmiş ve bu yıldan itibaren padıl çark sevk sistemi kullanılmamıştır.

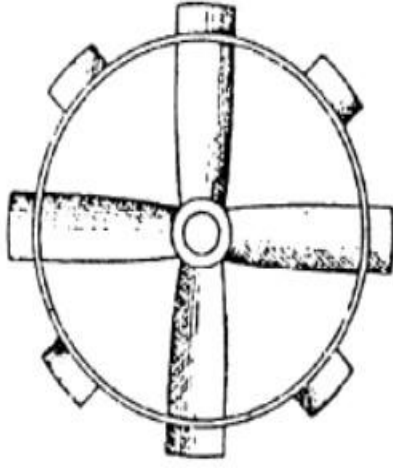
Colonel Stevens, Josef Ressel, Pettit Smith ve Ericsson tarafından tasarlanmış pervaneler aşağıda Şekil 2.6 da gösterilmiştir.



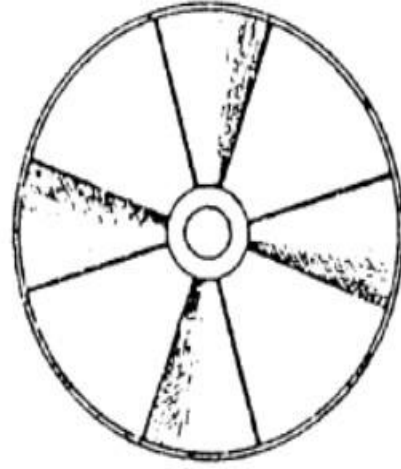
Şekil 2.6. Colonel Stevens, Josef Ressel, Pettit Smith ve Ericsson tarafından tasarlanmış pervaneler

Yaklaşık iki yüz yıldan bu yana pervaneler gemilerde ki sevk sisteminin önemli bir parçası olmuş ve yerini korumuştur. Geçen yıllar neticesinde sevk sistemlerinde birçok değişim olmasına rağmen pervanelerde çok fazla değişikliğe rastlanmamıştır.

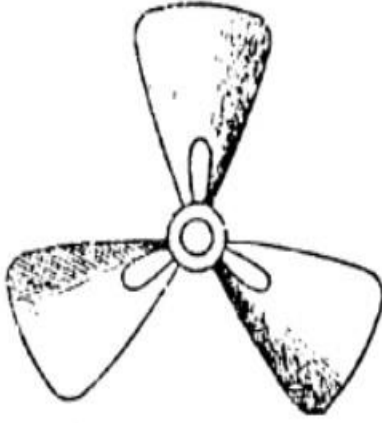
Şekil 2.7 de tarihsel olarak pervanenin 1800 ile 1880 yılları arasında ki değişimi gösterilmiştir.



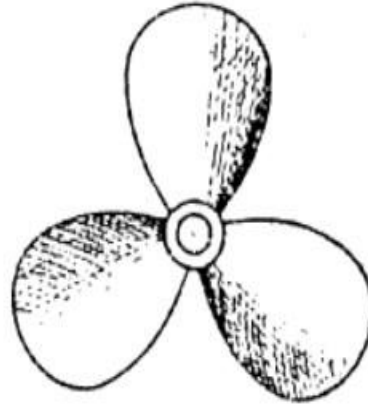
~ 1800



~ 1840



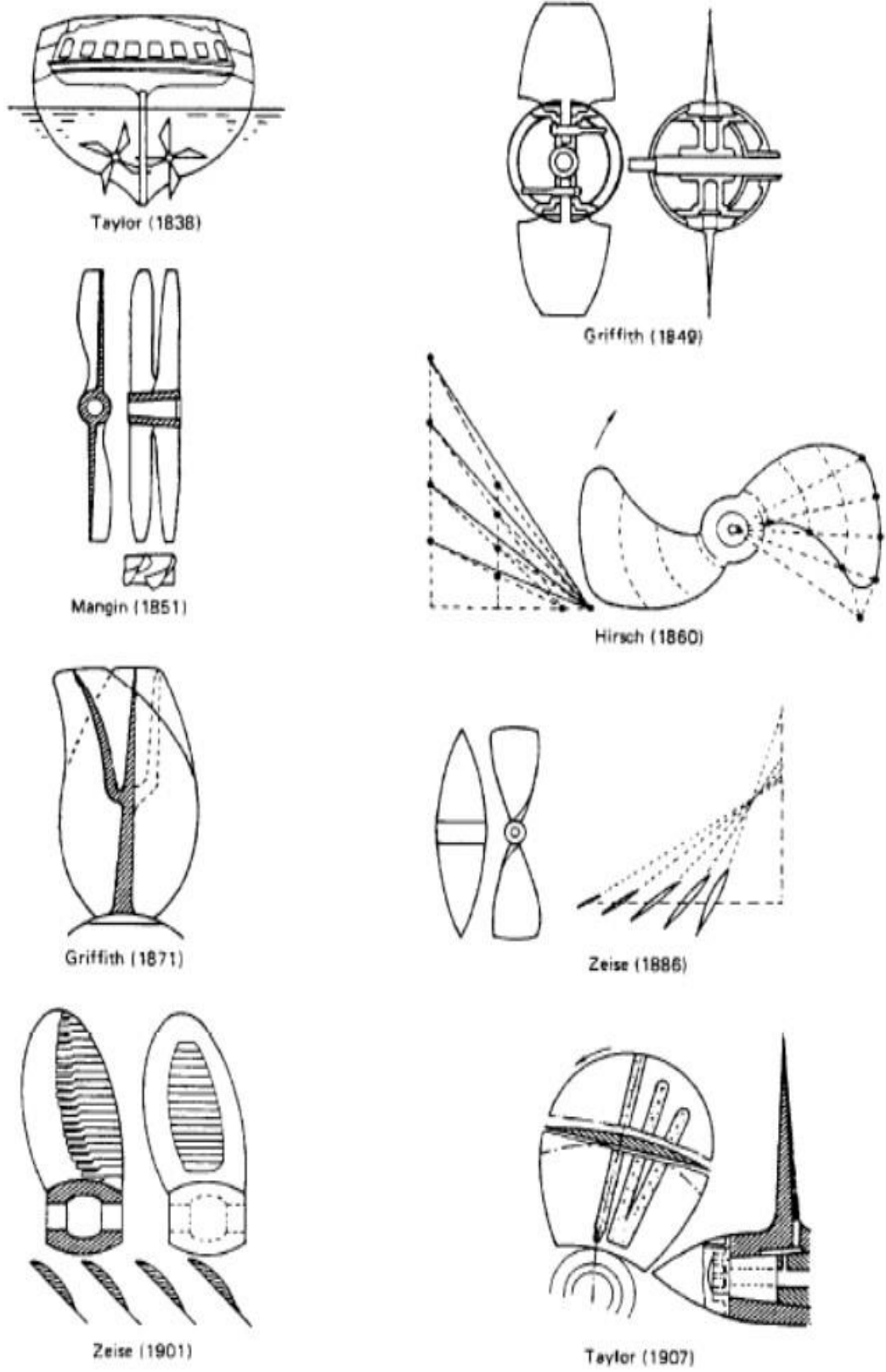
~ 1860



~ 1880

Şekil 2.7. Pervanenin 1800 ile 1880 yılları arasında ki değişimi

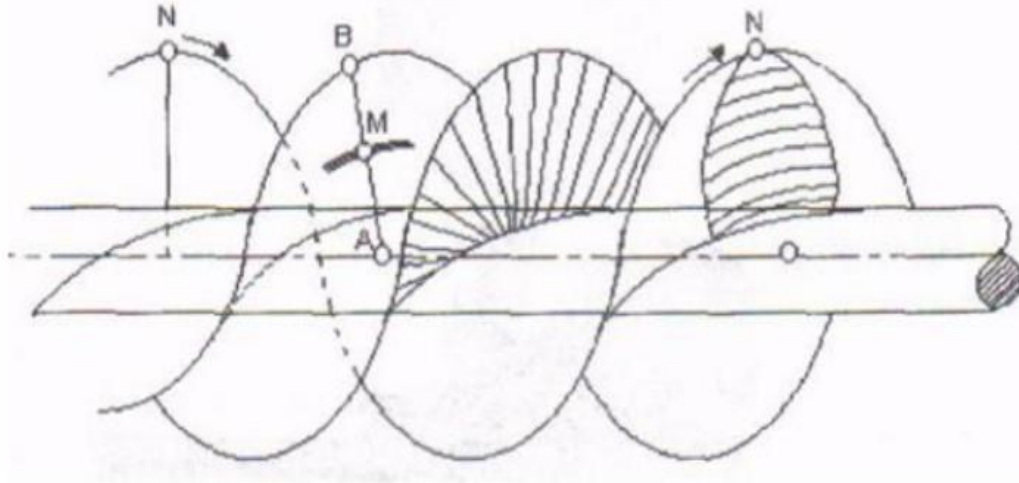
Aşağıda şekil 2.8 de değişik yıllarda farklı pervane tasarımları gösterilmiştir.



Şekil 2.8. Pervane Tasarımları [16]

2.3 Pervane Tanımı

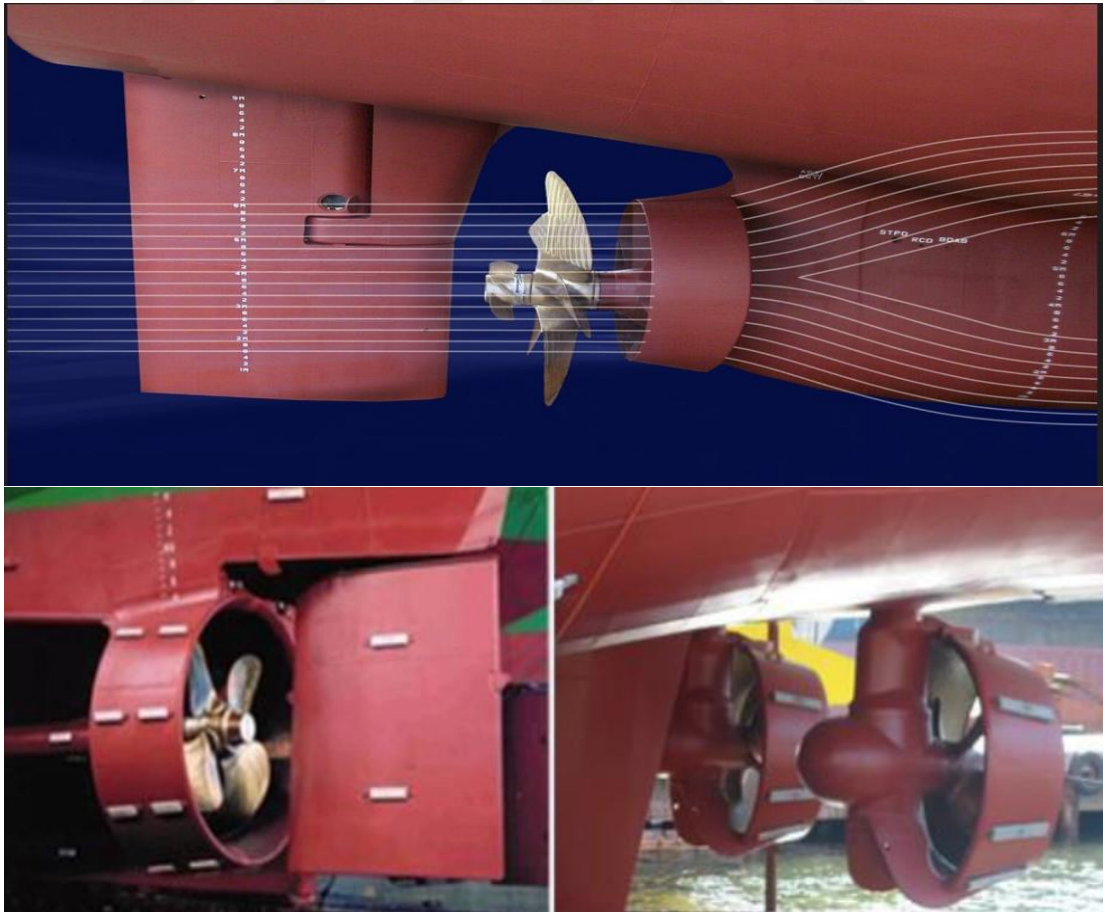
Dairesel hareket ile dönen bir şaft üzerine yerleştirilmiş, aerodinamik veya hidrodinamik şekil verilmiş kanatlardan imal edilmiş, basınç farkından dolayı itme ve çekme gücü sağlayan parçalara pervane denir. Pervaneler en az iki kanattan oluşur, bu kanatlar kendine özel tasarımlardan geçerek özel açı verilir ve bu sayede pervane itme veya çekme kuvveti sağlamış olur. Pervane dönüş hareketi şekil 2.9 da gösterilmiştir.



Şekil 2.9. Pervane dönüş hareketi [19]

Pervaneler bir silindir etrafına eşit mesafede yerleştirilmiş helisel yüzeylerden oluşan, su içinde bir vida gibi çalışırlar ve bu sayede pervane üzerinde oluşan etki tepki sayesinde gemiyi öteleme hareketine sevk etmiş olurlar. Pervaneler en fazla kanat sayısı yedi olarak bilinir ve sağ yöne devirli veya sol yöne devirli olarak imalatı yapılır. Gemi pervane imalatı özel bir kum kalıp döküm yöntemiyle yapılmaktadır. Bu döküm sandığımız kadar kolay olmamakla beraber döküm hatasını mümkün olduğunca en az seviyeye indirmek için kontrollü ve yavaş yavaş soğutulma işlemi yapılır. Daha çok manevraya ihtiyaç duyulan gemilerde iki veya daha fazla pervane görülmektedir. Gemilerde pervane sayısı tamamen geminin tasarımına bağlı olarak değişmektedir.

Geminin hareketi ya büyük bir su kütleinde ağır çalışan ve hız bakımında yavaş ilerleyen, ya da küçük bir su kütleinde hızlı çalışan ve hız bakımından seri hareket eden olarak ikiye ayrılabilir. Bu iki sistemi karşılaştırsak, birinci sistem daha verimlidir. Gemilerde gövde yapısı pervaneye gelen su akışını önemli ölçüde etkilemektedir ve bu geminin hızı ile doğru orantılıdır. Gemi hareket esnasında bir su kütleinde hareket ettirdiği için geminin gerçek hızı, pervanenin su içinde ki bağıl ilerleme hızına göre daha yüksektir. Pervaneye gelen su akışı veya pervane üzerinden su çıkışı geminin hızı açısından verimi etkilediği için, gövde üzerine veya pervane çevresine bazı parçaların montajı yapılmıştır. Bu parçalar stator ve nozul olarak adlandırılmaktadır. Nozul; çember şeklinde ve konik yapıya sahip gemi gövdesi üzerine veya pervane çevresine montajı yapılan parçalara verilen isimdir. Pervane etrafına veya önüne montajı yapılarak pervaneden çıkan suyun veya pervaneye gelen suyun konik çember arasında sıkışması ile geminin hız bakımından veriminin artmasını sağlar[19]. Şekil 2.10 da nozul gösterilmiştir.

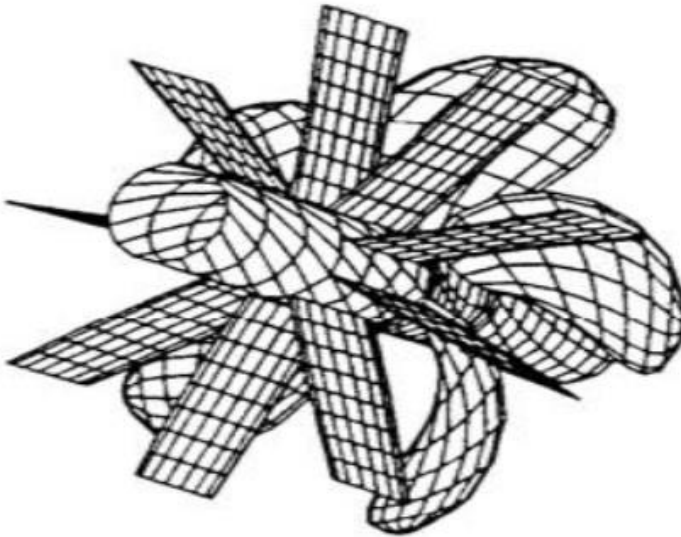


Şekil 2.10. Pervane nozulları [19]

Stator; pervane önüne montajı yapılarak pervane üzerine gelen suyun akışına yön vererek hız bakımından geminin verimini artırmaya dayalı tasarlanmış parçalardır. Bu parçaların görevi sadece gemi hareket ettiği sürece gövde üzerinden gelen akışı laminar halde pervaneye iletmektir. Bu sayede pervane su çekmek için çaba harcamayacağı için verimi doğru orantılı olarak artırmaktadır. Genel olarak potansiyel enerji kaybını azaltmak veya pervane torkunu dengelemek için kullanılırlar. Stator aynı yönde dönen zıt yönlü pervanelere göre daha ucuz olduğu için tercih edilebilirler. Eğer stator bir pervanenin arkasına montajı yapılır ise arka stator , ön tarafına montajı yapılır ise ön stator denilir. Pervane ön stator şekil 2.11 de, pervane arka stator ise şekil 2.12 de gösterilmiştir.



Şekil 2.11. Pervane ön stator [19]



Şekil 2.12. Pervane arka stator [19]

2.4 Gemi Pervane Çeşitleri

2.4.1 Hareketli kanatlı gemi pervaneleri

Bu sistemin ilk buluşları 1934'lü yıllara kadar dayanmaktadır. Hareketli kanatlı gemi pervaneleri isminden de anlaşılacağı gibi, hidrolik sistem yardımıyla kanatların hareket etmesine verilen isimdir. Bu hareketli kanatlar pervane göbeği üzerinde kendi etrafından döndürülerek kanat açıları isteğe göre değişebilmektedir. Bu sistem tamamen pervane göbeği ve pervane şaftının birlikte oluşturduğu bir hidrolik sistemi esas alır. Pervane şaftı içi belirlenen bir çapta boştur ve içinden itici çubuk geçer, bu itici çubuk pervane göbeği içine yerleştirilmiş piston sistemine bağlıdır. İtici çubuk içinden ve dışından yağ sayesinde pervane göbeği içerisinde ki piston hareket eder ve buna bağlı olarak da pervane kanatları hareket etmiş olur. Şekil 2,13 te örnek olarak gösterilmektedir.

Kanat açıları istenildiği gibi değiştirilebilir ve ana makine sabit çalışmasına karşı güç pervane üzerinde olacağı için gemi hızı ayarlanabilir. Bu sayede ana makine silindirleri içinde basınç değişmez ve kontrollü bir seyir olur. Sabit kanatlı gemi pervanelerinde açı sabit olduğu için hız ancak ana makine ile ayarlanabilir. Bu sistemler de pervane şaftı aynı yöne dönmesine rağmen kanat açıları değişebildiği için tornistan (geri hareket) yapma imkanı da mevcuttur.

Sabit kanatlı pervane tiplerine göre hareketli kanatlı pervanelerinin göbeğinde birbiri ile bağlantılı dönebilen oynak pervane kanatları mevcuttur. Bu sayede geminin gideceği mesafe pervane kanat açısına göre değişebilmektedir. Bu sistem diğer sistemlere nazaran daha pahalıdır ve göbek içinde pervane kanat mekanizmasını kapsamak için geniş göbeklere ihtiyaç duyulur. Bu pervane mekanizmasını hidrolik vasıtasıyla çalıştırma için makine dairesinde özel hidrolik sistem (odbox) bulunur. Bu sistem çalışması için öncelikle pervane şaftı içi boş olarak imal edilmedir. Pervane şaftı içinde geçen itici çubuk, göbek mekanizmasına bağlıdır. Hidrolik yardımı ile mekanizma çalışır ve pervane kanat açıları değişmiş olur. Yüksek tonajlarda pervane üzerinde her bölgeye düşen basınç fazladır. Bu gibi durumda belirli bir devirde pervane boyutunu büyütmek, belirli bir alana düşen basıncı azaltır ve pervane üzerinde ki kavitasyonun düşmesini sağlar. Kaviteasyon, basınç farkından dolayı pervane üzerinde oluşan noktasal hasarlara denir.

Gemi pervaneleri sağı ve sola devirli olarak imalatı yapılabilir. Ticari gemiler de motora bağılı olarak pervaneler genelde sağı devirli olarak üretilir. Bu sistemle birlikte gemi üzerinde pervanenin gücü artarken geminin manevra kabiliyeti de artmış olur. Hareketli kanatlı gemi pervanelerinde pervane kanat açılarının değışen sevk durumlarına bağılı olarak istenildiğı durumda değıştirilmesi, gemi motorunun tam yükte veya yarım yükte pervaneyi verimli olarak kullanılmasını sağlamaktadır. Bu sistemlere ait gemi motorlarının durdurulup ters yönde döndürölmesi söz konusu değıildir. İstenildiğı takdirde pervane şaftı aynı yönde döndüğü halde kanat açılarının değışmesi ile gemi geri hareket yapabilir.

Hareketli kanatlı gemilerin manevra ve yanaşma kabiliyeti, sabit kanatlı gemilere göre daha kısa sürede gerçekleşir. Bu tip pervanelerde gemi manevra esnasında istenilen minimum hızlar sürekli korunmaktadır. Gemilerin ekonomik olarak operasyonu, tüm gemi işletmecileri tarafından önem arz eden unsurdur. Bir geminin bu tip pervane ile donatılması, geminin güvenli operasyonu açısından gemi motoru üzerinde veya jeneratörler üzerinde düşük maliyet göstererek maliyeti azaltmaya dayalı imkan tanır.

Geminin liman giriş ve çıkışlarında oluşabilecek kaza risklerinin azaltılması da ekonomik açıdan düşünölebilecek diğerkonudur. Hareketli kanatlı pervaneler, gemi motorunun her türlü çevre şartlarında ürettiğı gücü en verimli şekilde kullanılmasına olanak vermektedir. Geminin değıişik hızlarda etkili yönetimi pervane kanat açılarının istenilen yönde ve değıştirilmesiyle gerçekleşmektedir.

Hareketli kanatlı gemi pervanelerinin avantajları ve dezavantajları aşağıda verilmiştir [49].

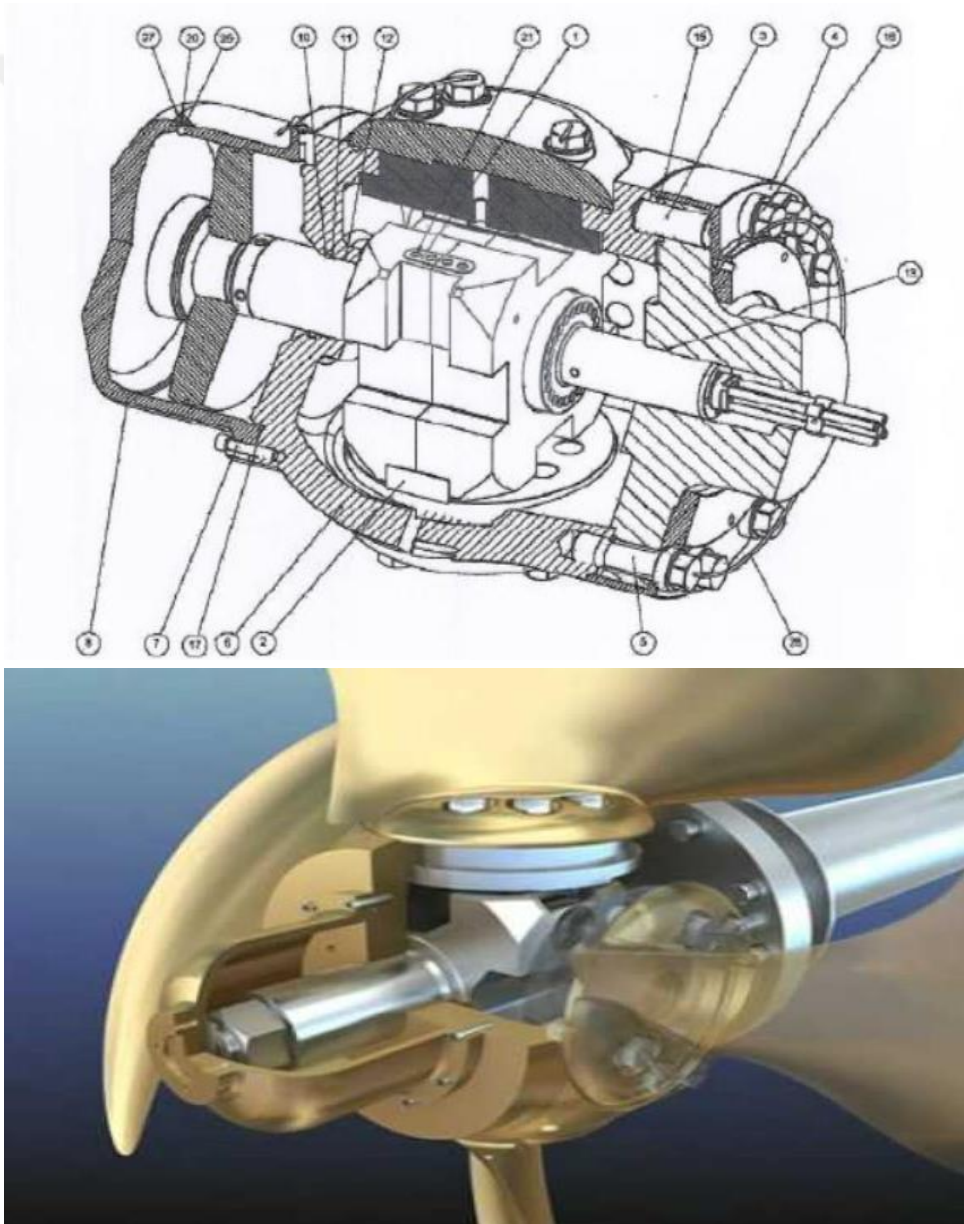
Hareketli Kanatlı Gemi Pervanelerinin Avantajları;

1. Yüksek hız ve manevra kabiliyeti
2. Ana makineye uygulanan yük sabit olduğı için ana makine ömrünün uzaması
3. Pervane şaftı dönüşü devri değışmeksizin, kanat açıları değıştirilerek geminin hızının ayarlanması

4. Pervane şaftı dönüş yönü değiştirilmeden kanat açısı değiştirilerek geminin geri hareket yapmasına olanak sağlaması

Hareketli Kanatlı Gemi Pervaneleri Dezavantajları;

1. Sabit kanatlı gemi pervanelerine göre mekanizmalardan oluştuğu için karmaşık sisteme sahiptir.
2. Bakım onarım süreleri kısadır.
3. Parça imalatları daha pahalıdır.
4. Yakıt tüketimi sabit kanatlı pervanelere göre daha fazladır.



Şekil 2.13. Hareketli kanatlı gemi pervaneleri [49]

2.4.2 Sabit kanatlı gemi pervaneleri

Sabit kanatlı gemi pervaneleri günümüzde büyük ve küçük tonajlı gemilerde en çok kullanılan pervane tiplerindendir. Bu pervaneler de kanat açısı sabit olduğu için geminin hızı pervane şaftı dönüş hızına bağlı olarak değişmektedir. Şekil 2.14 te örnek olarak gösterilmiştir. Bu tip pervaneler genellikle en az iki en fazla yedi kanattan oluşmaktadır. Geleneksel olarak monoblok halinde tek parça halinde dökülen sonrasında ise bazı işlemlerden geçerek son halini alan bu pervanelere kanat açıları sabit pervaneler de diyebiliriz. Bu tip pervaneler çok geniş bir yelpazeyi kapladığı için yüksek tonajlı konteyner gemilerinden küçük sürat teknelerine kadar kullanılabilen pervanelerdir.

Bu kadar geniş bir kullanım yelpazesine sahip olan bu pervane tiplerinin boyutlarına göre malzemeleri de değişmektedir. Daha önce daha çok dökme demir kullanılmasına rağmen büyük korozyon ve malzeme mukavemetine göre daha çok pirinç veya alüminyum-nikel-bronz alaşımları tercih edilmektedir. Malzeme olarak dökme demir pervaneler yerine küçük çaplı pervanelerde daha çok alüminyum, karbon fiber gibi kompozit malzemeler kullanılmaya başlandı [16].

Sabit kanatlı pervanelerde kanat sayısı kanat kök çapına da bağlı olmaktadır. Pervane kök çapı ne kadar büyük olur ise üzerine yerleştirilecek kanat sayısı da o kadar arttırılabilir. Daha çok pervane kanatları üzerinde görülen ve su içerisinde basınç farkından oluşan su kabarcıklarının neden olduğu korozyonlara kaviteasyon denir. Yıllar içinde bu kaviteasyonu minimum seviyeye indirmek için çok çalışmalar olmuştur ancak istisnai durumlarda bu korozyon ile yine karşılaşılacaktır.

Sabit kanatlı pervanelerin avantajları ve dezavantajları aşağıda verilmiştir[49].

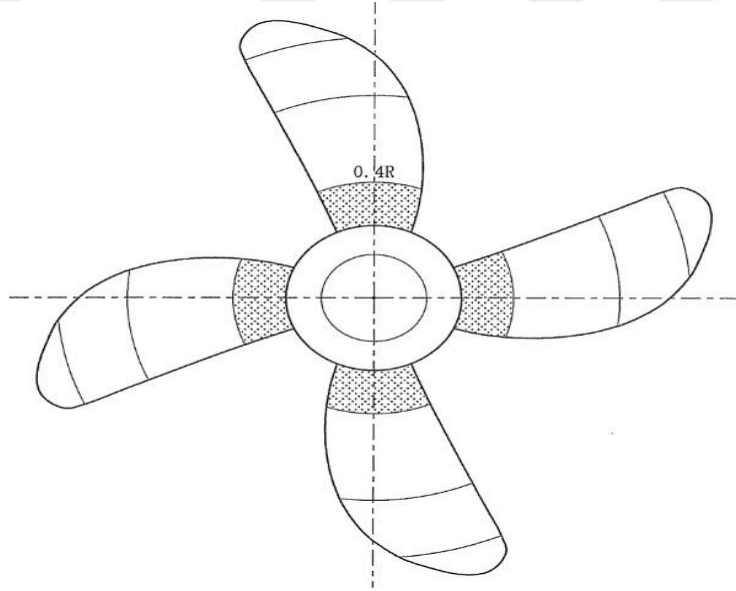
Sabit Kanatlı Gemi Pervaneleri Avantajları;

1. Montaj ve işletme için maliyeti düşüktür.
2. Mekanizmalardan oluşmadığı için problem olmadan uzun yıllar çalışabilir.
3. Kanat açıları sabit olduğu için gemi gövdesine yansıttığı vibrasyon azdır ve bu sayede diğer cihazların ömrünün uzamasını sağlar.
4. Mekanizmalardan oluşmadığı için toplam ağırlık genellikle düşük olur.
5. Düşük devirlerde verimli itme kuvveti sağlar.

6. Bakım ve onarımı diğer pervane tiplerine göre daha kolaydır.

Sabit Kanatlı Gemi Pervaneleri Dezavantajları;

1. Manevra kabiliyeti düşüktür.
2. Şaft üzerinden elektrik elde edilen alternatör sistemi için uygun değildir.
3. Pervane kanadı sabit olduğu için, gemi seyir halinde iken hız gerektiği durumda pervane şaftı daha fazla devir ile çevrilir ve bunun sonucunda motor ömrü kısalmış olur.
4. Gemi seyir halinde iken geri hareket istendiği zaman pervane şaft dönüş yönünde değişmektedir.

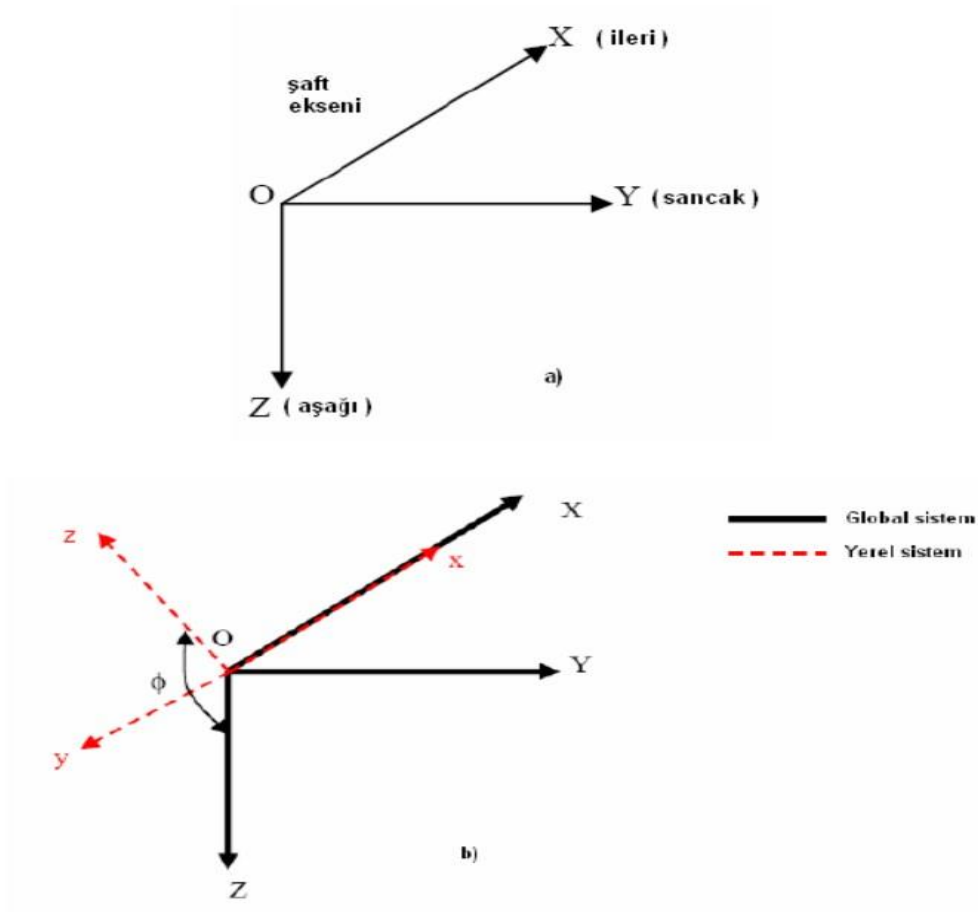


Şekil 2.14. Sabit kanatlı gemi pervaneleri [19]

2.5 Gemi Pervane Geometrisi

2.5.1. Referans hatları

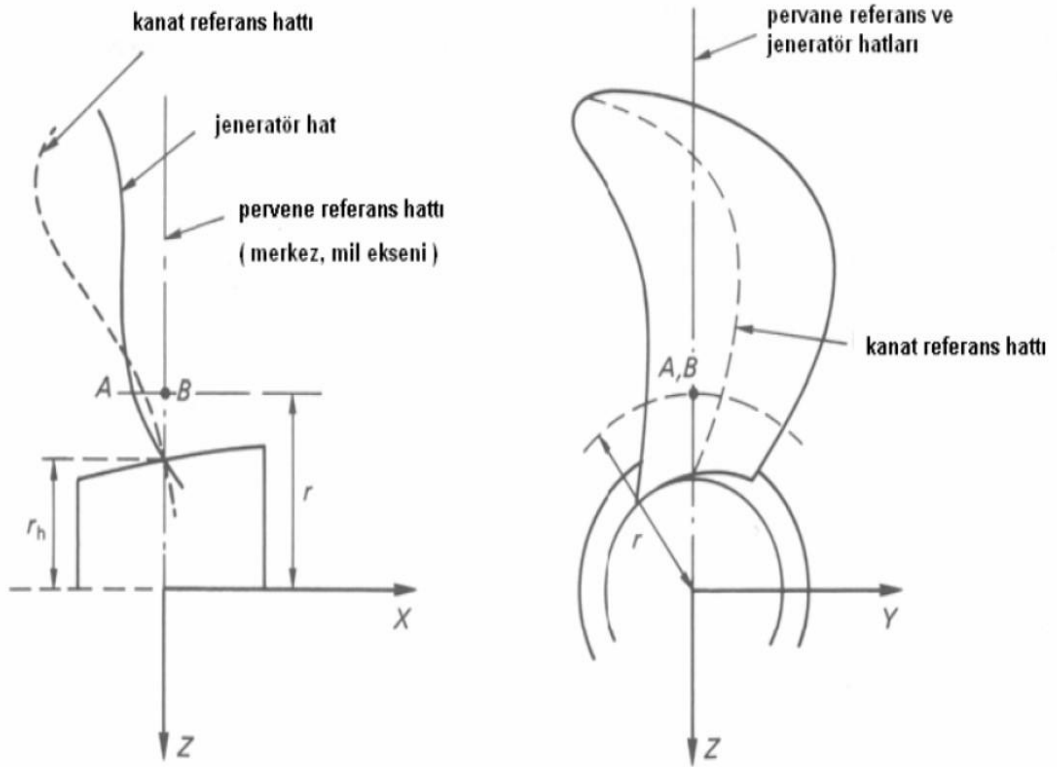
Pervane referans hatları alanında ilk olarak 10. Uluslar Arası Model Havuzu Komisyonu (ITCC) tarafından gemi hidrodinamik sözcülüğü ve terminoloji hazırlığını başlatmıştır. Bu girişim 1975 tarihinde tamamlanmıştır. Şekil 2.15 (a) ITCC tarafından önerilen pervane referans hatları gösterilmiştir. Bu koordinatlar kartezyen sisteme aittir ve X eksen ileri mil ile çakışmıştır, Y eksen ise sancak eksene göre pozitif sayılır Z eksen ise aşağı yönde pozitif kabul edilir. Bu koordinat sistemi bunun için küresel koordinat merkezi olarak kabul edilir. Pervane geometrisini yerel bir referans hatları ile de tanımlamak uygun olabilir. OX ve Ox birbiri üzerinde çakışacak şekilde ancak Oy ve Oz birbirine dik, OY ve OZ ise birbirine dönecek şekilde koordinat sistemi seçilir[43].



Şekil 2.15. Kordinat sistemi [43] a)Global kordinat sistemi b)Yerel kordinat sistemi

2.5.2. Pervane referans hatları

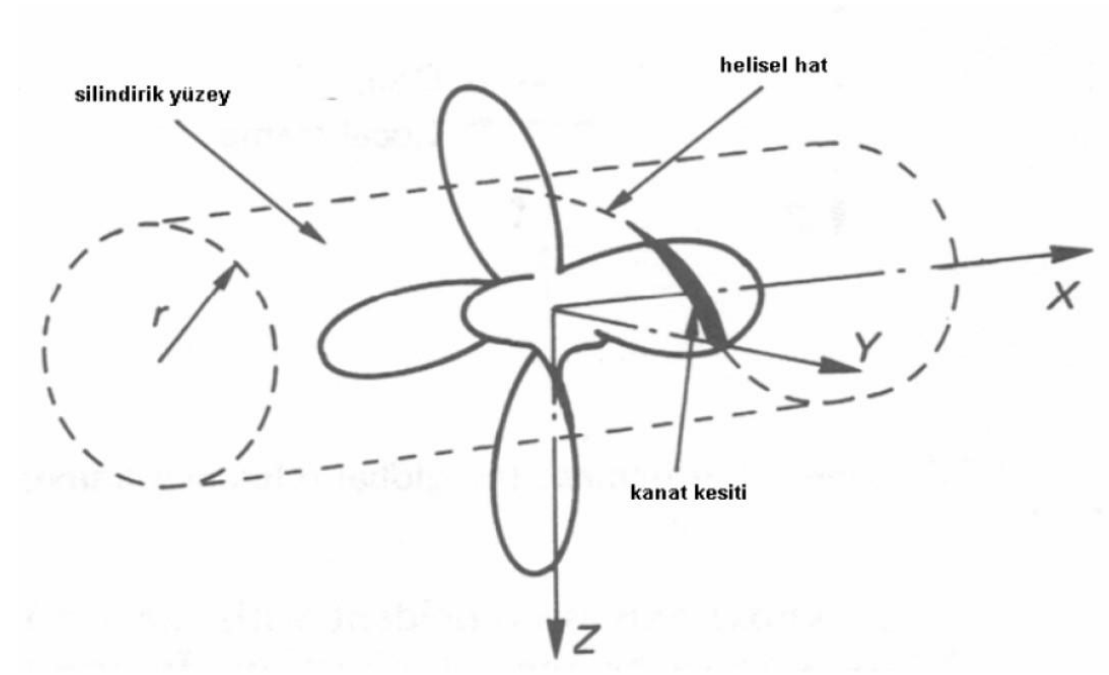
Pervane referans hattı veya merkez hattı Şekil 2.16 da görüldüğü gibi şaft eksenine dik pozisyonda yer almıştır. Pervane kanat açısı ile pervane referans hattını içeren düzlem ile belirlenen hat jeneratör hattıdır.



Şekil 2.16. Pervane referans hatları [16]

Pervane referans hatları, pervane üzerinde belirlenen geometrik değerler için ön bilgi vermektedir. Bu referans hatları pervane kanat çarpıklığı ve eğikliği için son derece öneme sahiptir. Gemi pervanesi bir eksen üzerinde imal edildiğinde kanat eğikliği ve çarpıklık değerleri gemi tipine göre pervane tasarımında gösterilmelidir.

Pervane imalatında silindirik kesitler terimiyle sıklıkla karşılaşılır. Pervane imalatı tamamıyla silindir biz düzlem içerisinde olduğu için pervanelerde silindirik kesitlerin önemi son derece fazladır. Bir pervane kanat profil kesitleri alt merkezine bağlı kanat profil kesitini içerir. Pervane kanat açısına bağlı olarak hattı takip eder ve başlangıç ve bitiş noktalarını göstermiş olur. Böylece pervane kanat kesiti üzerinden kanat hakkında detaylı bilgi tespit edilir.



Şekil 2.17. Silindirik kanat kesiti [16]

2.5.3. Kanat yüzü ve kanat sırtı

Pervane kanat sırtı, pervanın ön kısmına verilen isimdir. Bu kısım suyu vakumladığı için düşük basınca maruz kalır, pervane her dönüşünde belirli bir miktarda suyu vakumladığı için kanat açısının önemi büyüktür. Pervane kanat yüzü ise pervane arkasına verilen isimdir. Pervanenin asıl amacı belirli kuvvet altında itme sağladığı için asıl bu kuvveti karşılayan kısım pervane kanat yüzüdür.

2.5.4. Pervane göbeği

Pervane göbeği, pervanenin merkez kısmı olup şaft üzerine montaj yapabilmek için dairesel şekilde üretimi yapılan parçaya denilir. Bu dairesel parça etrafına kanatlar yerleştirilmiştir. Pervane göbeği hareketli kanatlı pervane göbeği için sabit mekanizma sistemlerinden oluşmaktadır ancak sabit kanatlı pervane kanatları için pervane göbekleri de değişik tiplerde olabilmektedir. Sabit kanatlı pervaneler için göbek tipleri aşağıda sıralanmıştır.

- Hidrolik Pervane Göbeği
- Kamalı Pervane Göbeği
- Mekanik Pervane Göbeği

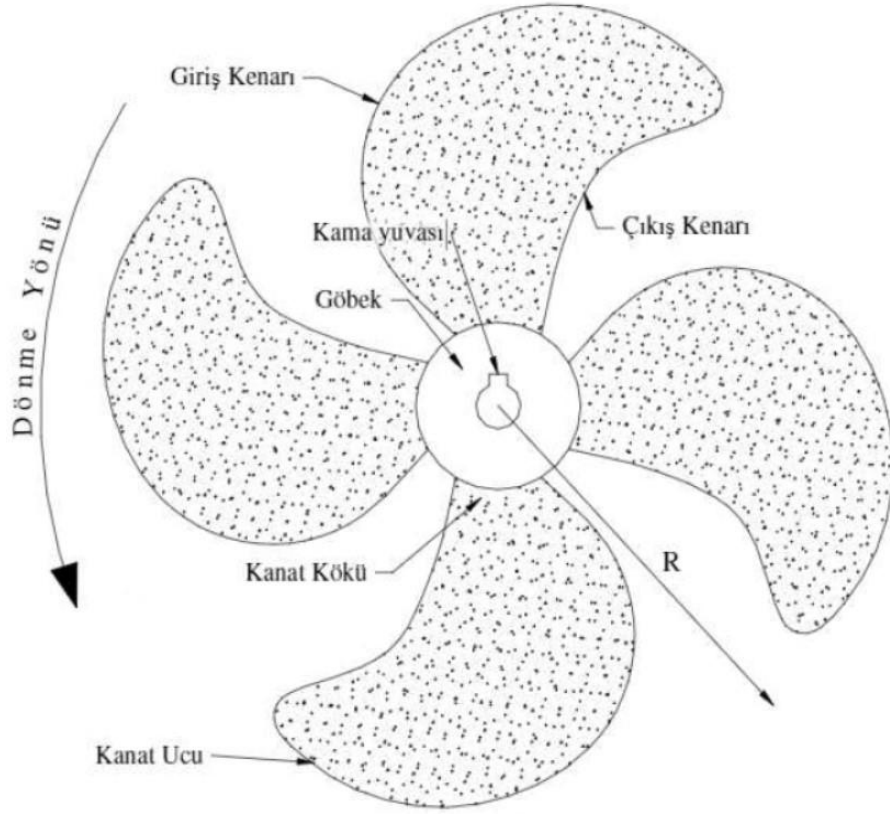
Hidrolik Pervane Göbeği: Hidrolik yardımı ile pervanenin montajının ve de montajının yapılabilirdiği pervane göbek tipidir. Pervane üzerinde bulunan hidrolik kanallar sayesinde, göbek içine hidrolik basınç uygulanarak şaft ile pervane arasında maksimum sıkı geçme gerçekleşmiş olur.

Kamalı Pervane Göbeği: Bu tip pervane göbekleri ve şaft arasında kama bulunur. Kama, sıkı geçme gerçekleşmeden pervane şaft montajını gerçekleştirmeyi sağlar. Herhangi bir sıkı geçme olmadığı için pervane montaj ve de montaj işi kolaydır.

Mekanik Pervane Göbeği: Herhangi bir kama veya hidrolik olmadan pervane göbeğini ısı yardımıyla genişleterek şaft üzerine sıkı geçme şeklinde montajının yapılmasını sağlayan pervane göbek tipidir.

2.5.5. Kanat kökü ve kanat ucu

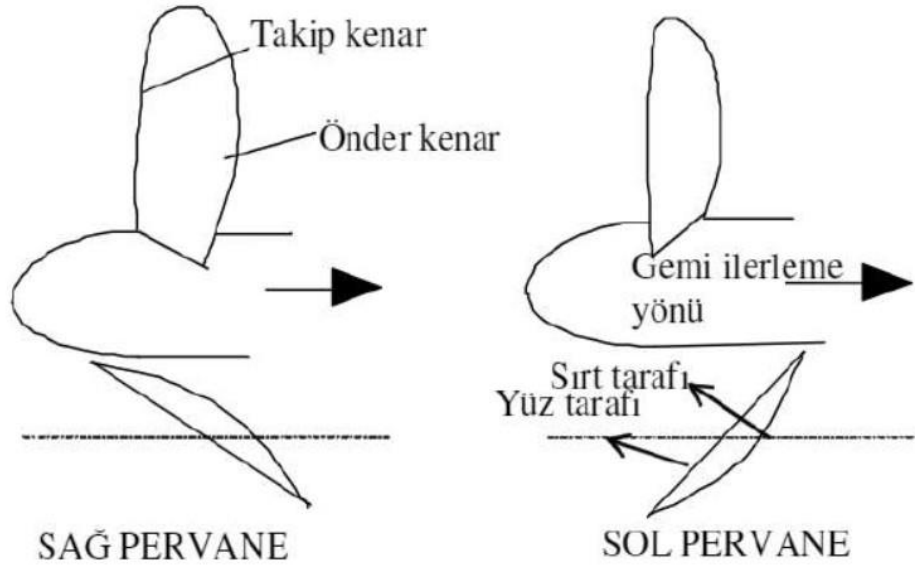
Pervane kanat kökü, pervane kanadı ile göbeğinin birleştiği yere verilen isimdir. Kanat ucu ise pervane kanadının göbeğine en uzak olduğu noktaya denir. Şekil 2.18 de gösterilmiştir.



Şekil 2.18. Pervane geometrisi [50]

2.5.6. Sağ pervane ve sol pervane

Pervaneler, tasarım aşamasında motora bağlı olarak pervanenin dönüş yönüne karar verilir ve pervane bu şartlara göre üretilir. Pervane dönüş yönü sol pervane ve sağ pervane olarak ikiye ayrılır. Sol pervane saat yönü tersine döner, sağ pervane ise saat yönüne doğru döner. Sabit kanatlı gemilerde pervane genel olarak sağ yöne olarak dönüş yapmaktadır. Sağ veya sola dönüşlü pervane kanat açıları kontrol edilerek ayırt edilebilir. Şekil 2.19’da pervane dönüş yönlerine göre örnek gösterilmiştir.



Şekil 2.19. Pervane dönüş yönleri

2.5.7. Pervane ana hatları ve alanları

1. **Pervane Disk Alanı (A_0):** Pervane disk alanı, bir pervanenin kanat uçları ile birlikte tam dönüşte oluşturduğu dairenin alanına denir. Disk alanı daire formül yardımıyla hesaplanabilir[43].

$$A_0 = \frac{\pi D^2}{4} \quad (2.1)$$

D: Pervane daire çapı

2. **Projeksiyon Alanı (A_p):** Projeksiyon alanı, pervane kanadının pervane eksenine dik düzlemde görülen izdüşümüne projeksiyon alanı denir.

$$A_p = Z \int_{r_h}^R (\theta_{TE} - \theta_{LE}) r dr \quad (2.2)$$

Z : Kanat Sayısı

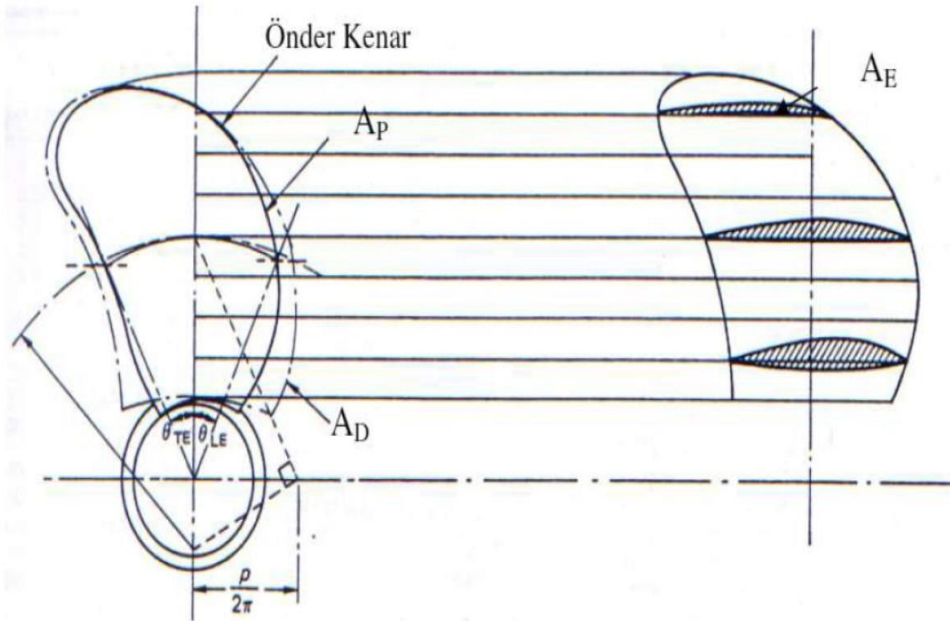
rh : Pervane göbek yarıçapı

R : Pervane yarıçapı

3. **Süpürme Alanı (A_s)** : Pervane dönüşü sırasında önder ve takip kenarlar arasında taranan bu alana süpürme alanı denir.
4. **Yayılım Alanı (A_D)** : Pervane tüm kesitlerinin alanı sıfıra düşürülür. Eksenel silindirler yardımıyla kanatların kesiştiği yerden kanat referansı boyunca pervane döndürülür. Pervane dönüşü her yarıçapta ki hatve açısına eşittir.

$$A_D = A_p / (1.067 - 0.229P/D) \quad (2.3)$$

5. **Açılım Alanı (A_E)** : Bu alan fiziksel bir alan değildir. Yayılım alan verileri ardından her bir yay şeklinde oluşan kort uzunlukları her bir kesitin yarıçapında açılıp düz doğru halde yarıçap boyunca yerleştirilir. Bu şekilde uç noktaları geometrik yerleri çizilir ve açılım eğrisi elde edilir, oluşan bu alana ise açılım alanı denir. Aşağıda şekil 2.20 de pervane alanları gösterilmiştir.



Şekil 2.20 Pervane alanları [16]

2.5.8. Pervane açıklıkları

Gemi pervane çapları, tasarım aşamasında gemi motoruna bağlı olarak verimi en yüksek olacak şekilde maksimum çap olacak şekilde belirlenir. Ancak gemi pervane kanat açıklıklarının titreşim sebebiyle belirli bir değerin altına düşmemesi gerekir. Bu değer aşağıda ki formüller yardımıyla hesaplanabilir. Gemi draftına (batma derinliği) bağlı olarak maksimum pervane çapı (D_{maks}) hesaplanır[19].

$$D_{maks} = a \times T \quad (2.4)$$

T, Geminin su çekimi

$a < 0,65$ Dökme yük gemileri ve tankerlerde

$a < 0,74$ Konteyner gemilerinde

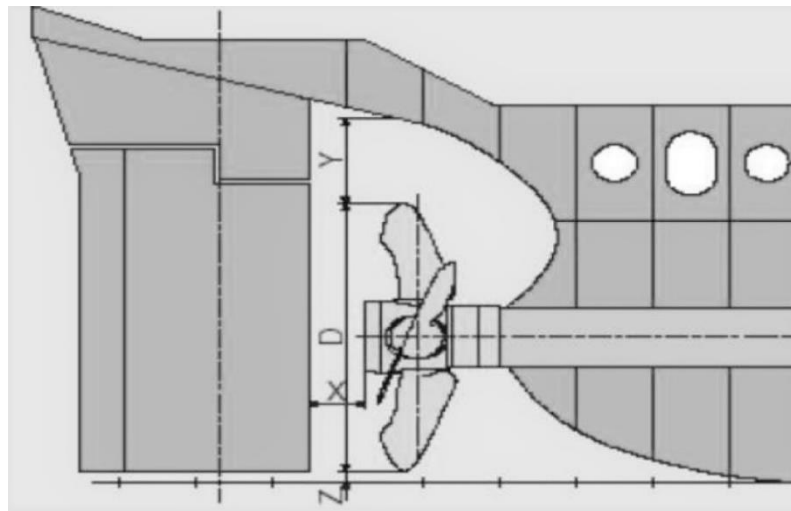
Tüm bu değerler sağladığı halde bulunan pervane çapına göre, pervane dümen arası, pervane ile gemi kızı arası ve pervane ile kaide hattı açıklıkları değerlerinin sağlayıp sağlamadığı karşılaştırılmalıdır. Eğer değerler sağlamıyorsa tekrar maksimum pervane çapı hesaplanmalıdır.

X: $0,05D_{maks} - 0,10D_{maks}$

Y: $0,15D_{maks} - 0,25D_{maks}$ (2.5)

Z: $< 0,05D_{maks}$

Pervane arası açıklıklar Şekil 2.21 de gösterilmiştir.



Şekil 2.21 Pervane arası açıklıklar [19]

X: Pervane ve dümen arası açıklık

Y: Pervane ve kık arası açıklık

Z: Pervane ve kaide arası açıklık

2.5.9. Pervane balansı

Pervane imalat aşamasından sonra kanatlar arasında ki dengeye pervane balansı denir. Pervane balansı karşılıklı pervaneler arasında maksimum tolerans ağırlığı ile karşılaştırılabilir. Bu ağırlık aşağıda ki formüller yardımıyla bulunur. Pratikte sabit kanatlı pervane bir tezgâh üzerinde el yardımıyla çevrilir, eğer kanatlardan bir tanesi daha ağır ise yerçekimi kuvveti ile kanadı aşağı çeker ve yaptığımız hesap sonucunda çıkan ağırlığı tam karşısında ki kanada montaj yaptığımız da eğer kanat tekrardan aşağı çekmiyorsa pervane balansı ayarlanmış olunur. Hareketli kanatlı pervane kanatlarında ise pervane balansı her bir kanadın ağırlığı karşılaştırılarak yapılır. Karşılıklı pervane kanatları arası maksimum ağırlık toleransı %1,5 olarak hesaplanır, bu değer aşıldığı takdirde pervane yüzeyine taşlama yapılarak karşılıklı ağırlık istenilen sonuca getirilmesi istenir.

Sabit kanatlı pervaneler için;

D: Pervane çapı (m)

M: Pervane ağırlığı (ton)

k: Pervane dönüş rpm değerine göre değişken değer (rpm)

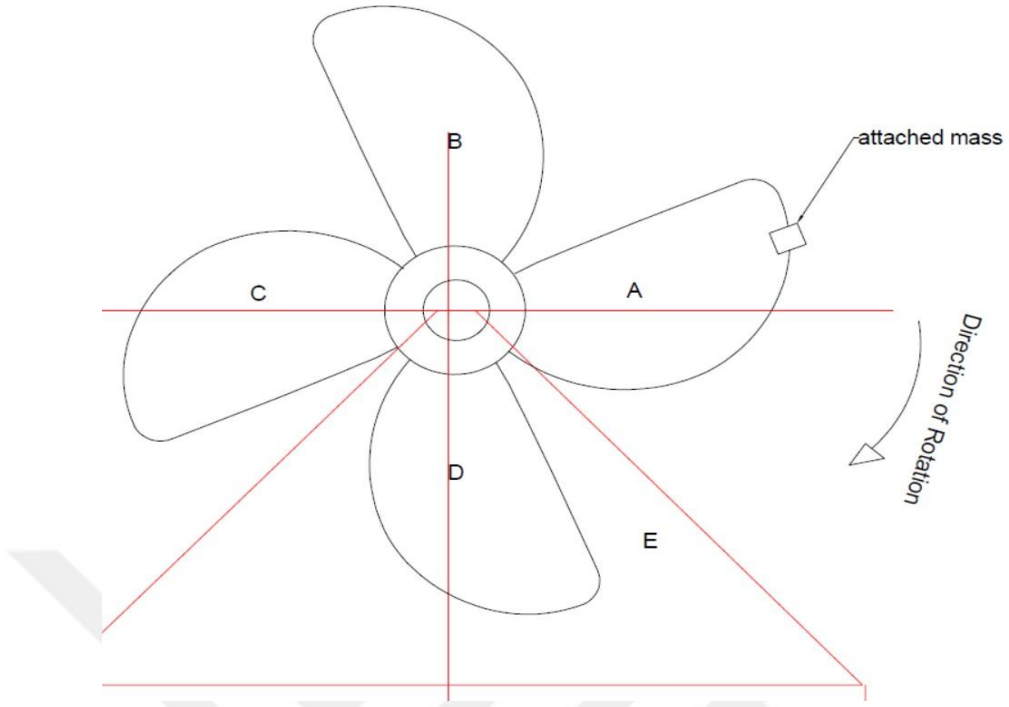
m: parça ağırlığı (kg)

$$m = k \cdot \frac{M}{D} \quad (2.6)$$

n < 200 rpm ise k: 0,75

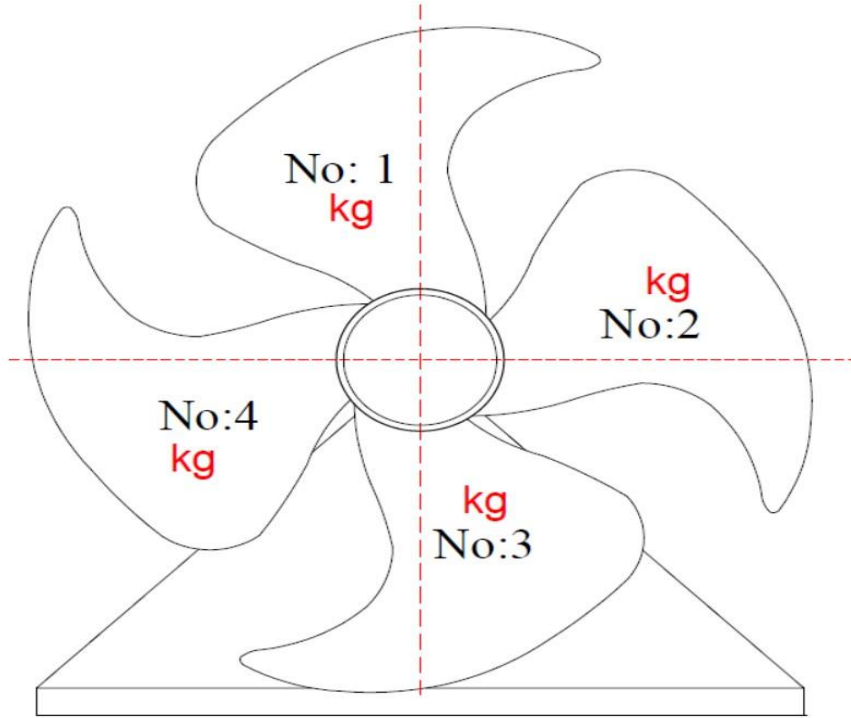
200 < n < 500 rpm ise k: 0,50

n > 500 rpm ise k: 0,25 seçilir.



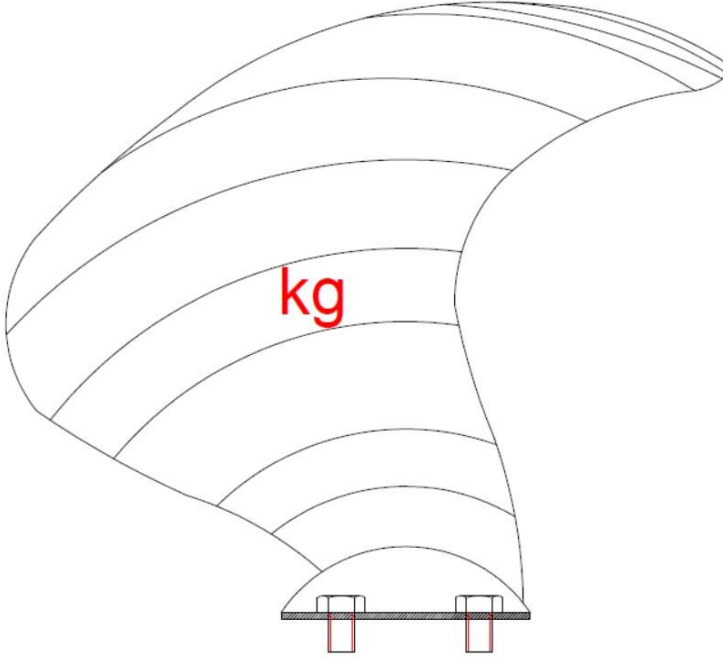
Şekil 2.22 Sabit kanatlı pervane balansı

Hareketli kanatlı pervaneler için;



Şekil 2.23 Hareketli kanatlı pervane balansı

No: 1 ve 3 / No: 2 ve 4 karşılıklı pervane kanatları ağırlıkları karşılaştırıldığında, pervane verimli bir şekilde dönüş yapması için maksimum fark %1,5 olmalıdır.

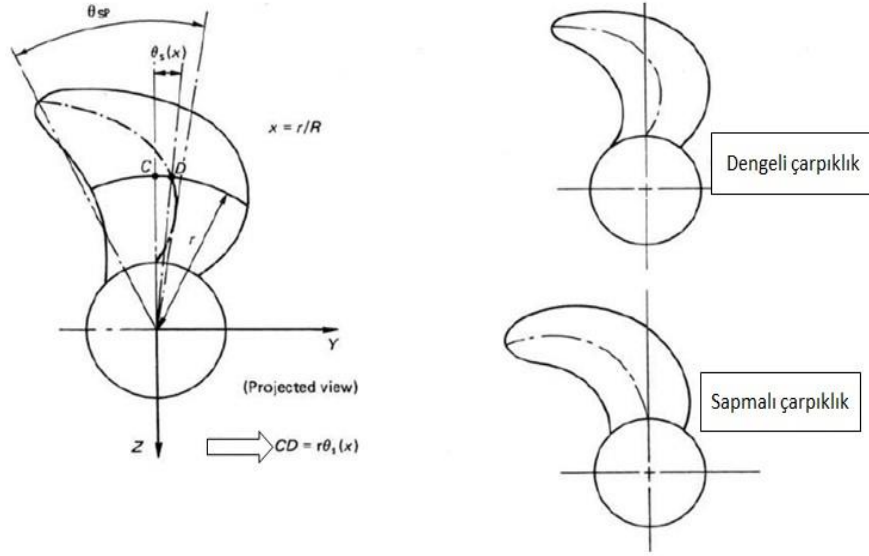


Şekil 2.24 Hareketli kanatlı pervane

2.5.10. Çarpıklık ve eğiklik

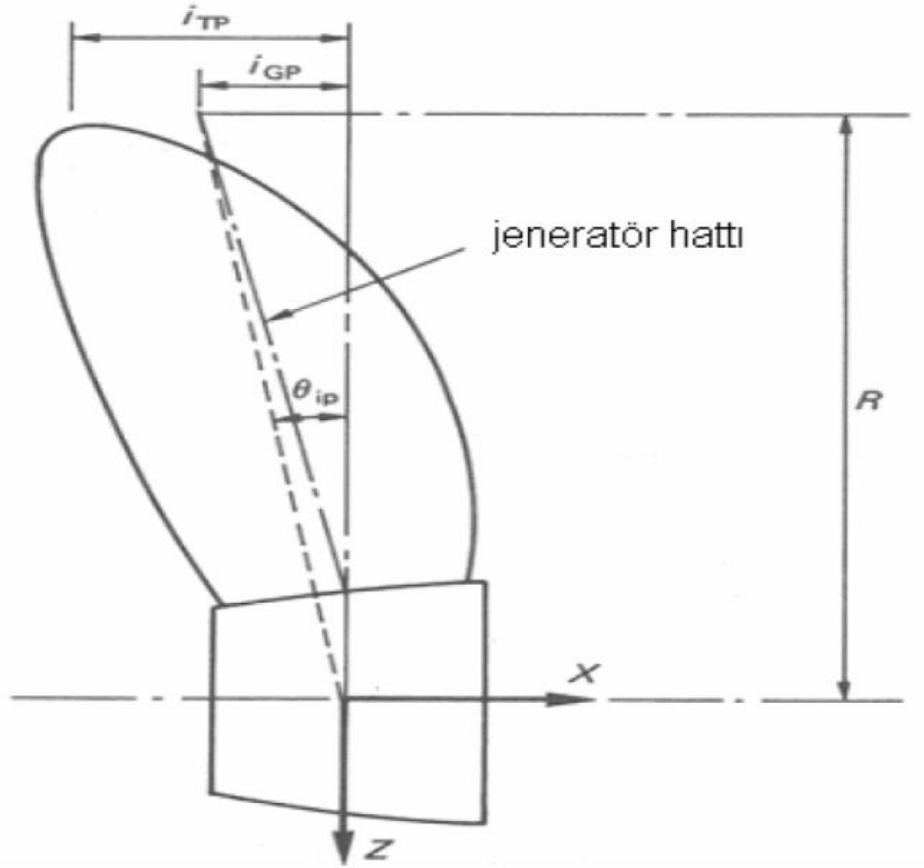
Çarpıklık(skew), pervane kanatlarının birbirinin simetriği olmadığı için kanatların yan tarafa doğru eğri olması durumuna denir. Genel olarak çarpıklık yüksek devirli pervanelerde görülür ve düşük devirli pervanelerde görülmez. Pervane kanatları üzerinde radyal kesitlerin, kanatlar üzerinde değişik hız alanlarda kademeli gerçekleşmesini sağlar. Çarpıklı pervaneler çarpıksız pervanelere göre % 30 az titreşim görülür. Pervane yapısından dolayı akışkan radyal çizgileri üzerinde kademeli olarak takip edeceği için, pervane üzerinde oluşan titreşimler bu sayede engellenir. Qs bir merkez çizgisi ile bir kesitin orta çizgisi arasında ki açıya denir. Qsp çarpıklık açısı shaft merkez çizgisine ölçülen en büyük açıdır. Çarpıklık iki tipte sınıflandırılır [43].

1. Dengeli Çarpıklık: Pervane merkez çizgisi kesit çizgisini iki kez keser.
2. Sapmalı Çarpıklık: Pervane merkez çizgisi kesit çizgisini bir defa keser.



Şekil 2.25 Pervane çarpıklığı [43]

Eğiklik(rake) , pervane kanat imalatına göre bazı pervaneler yandan bakıldığında kıça eğik veya başa eğik olarak üretilirler. Kıça eğik pervane pozitif eğikli, başa eğik pervane ise negatif eğikli olarak tanımlanır. Pozitif eğikli pervanelerde eğim kıça doğru olduğu için pervane çapı verime bağlı olarak, negatif eğikli pervanelere göre daha büyük çaplara ulaşabilir. Bu sayede eğik kanatlar, aynı çaptaki düz kanatlara göre daha uzun olacağından eğik olmayan kanatlara göre daha fazla alana sahip olurlar. Eğiklik ayrıca, pervane kanadının hava ile temasını minimum seviyeye indirerek pervanede titreşim oluşmasına da engeller. Negatif eğikli pervaneler genellikle çok yüklü veya çok yüksek süratlı gemilerde kullanılır. Bu şartlar altında pervane çalışmaları artırılır ve kanat üzerinde ki mukavemet önem kaplar. Şaft eksen çizgisi üzerinde pervane düzlemi ve jeneratör arası mesafe eğiklik olarak tanımlanır. Jeneratör hat eğikliği $\dot{I}G$, çarpıklık sebepli eğiklik ise $\dot{I}s$ olarak bilinir[43].



Şekil 2.26 Pervane eğikliği [43]

2.6. Gemi Pervane İmalatı

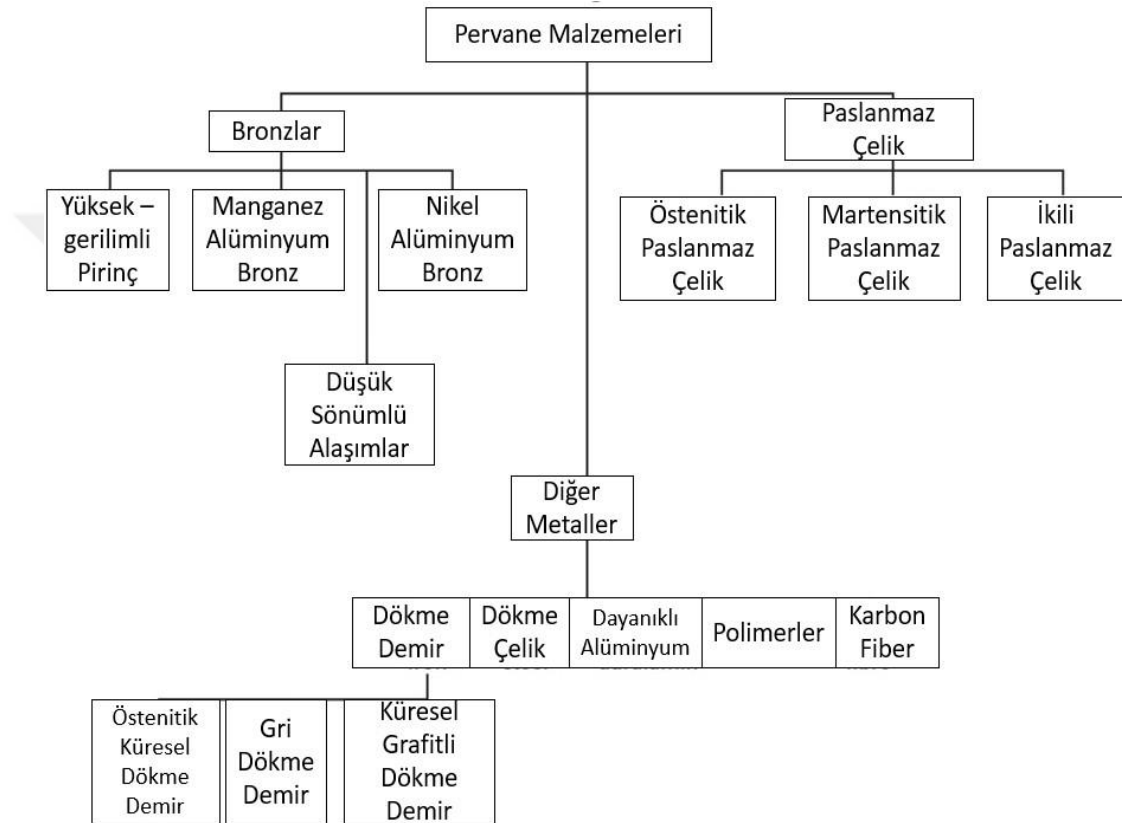
2.6.1. Gemi pervane malzemeleri

Pervane malzemeleri genel olarak bronz alaşımları veya paslanmaz çelik başlığı altında sınıflandırabiliriz. Pervanelerin ilk imalatında daha çok tercih edilen dökme demir günümüzde yerini daha kaliteli alaşımlara bırakmıştır. Tablo 2.1 de günümüzde pervane imalatına ait daha çok tercih edilen malzemeler gösterilmiştir. Bu malzemeler her türlü ticari, savaş ve yolcu gemilerinde kullanılmaktadır. 1960'lı yıllarda genellikle Manganez-Alüminyum- Bronz alaşımı daha çok tercih edilirken, 1980'lerden itibaren Alüminyum-Nikel- Bronz pervane imalatından tamamen hakimiyet kazanmıştır[16].

Tablo 2.1 Pervane malzemeleri [16]

Material	Cu	Al	Mn	Zn	Fe	Ni	Sn	Pb
High Strength brass casting (KHBsC1)	52 - 62	0,5 - 3,0	0,5 - 4,0	35 - 40	0,5 - 2,5	1,0 max.	0,1 - 1,5	0,5 max.
Aluminium Bronze Casting (KAIBC3)	77 - 82	7,0 - 11	0,5 - 4,0	1,0 max	2,0 - 6,0	3,0 - 6,0	0,1 max.	0,03 max

Tablo 2.2 Pervane imalatı için alaşım oranları



Bir çok model pervane Al-Ni-Bronze malzemeleri kullanılarak kum kalıba döküm yöntemiyle üretilen pervaneler incelenmiştir. Bu inceleme pervane de kullanılan malzemelerin kalınlık üzerinde ki etkisi kontrol edilmiştir. Pervane üzerinde en kalın olan bölgede mekanik korozyon ve yorulma değerleri üzerinde incelemelerde bulunulmuştur. 25mm den 450mm ye kadar değişen kalınlıklarda döküm malzemeler kontrol edilmiş sonuç olarak kalınlık artttıkça döküm malzemesinin korozyona uğraması daha hızlı olduğu gözlemlenmiştir. Gemi pervanesi tonlarca ağırlıkta ki gemilerin transferinde ana rol görevi üstlendiği için gemi pervane imalatı için

kullanılan malzeme ömrü uzun ve mukavemet değeri yüksek seçimelidir. Yapılan bu testlerin asıl sebebi geminin seyir halinde güvenli bir şekilde ilerlemesidir[47].

Tablo 2.3. Pervane kanat dökümünün mekanik özellikleri [47]

Location r/R	Section thickness Wmm	Tensile strength R_m N/mm ²			0.2% Proof stress $R_{p0.2}$ N/mm ²			Elongation A_5 %		
		S*	C*	P*	S	C	P	S	C	P
0.3 – 0.4	250	-	564	566	-	226	210	-	23.0	21.4
		534	552	563	187	220	200	13.4	15.8	22.0
		549	542	524	210	205	195	15.2	14.6	15.0
		557	547	566	215	210	200	18.2	15.6	21.0
		580	581	589	236	215	242	18.6	16.8	16.0
		584	587	589	236	228	235	18.8	18.8	14.4
0.7 – 0.8	90	632	595	-	243	231	-	24.4	19.2	-
		545	589	529	223	220	225	12.6	18.2	12.5

* S = Suction side

C = Centre

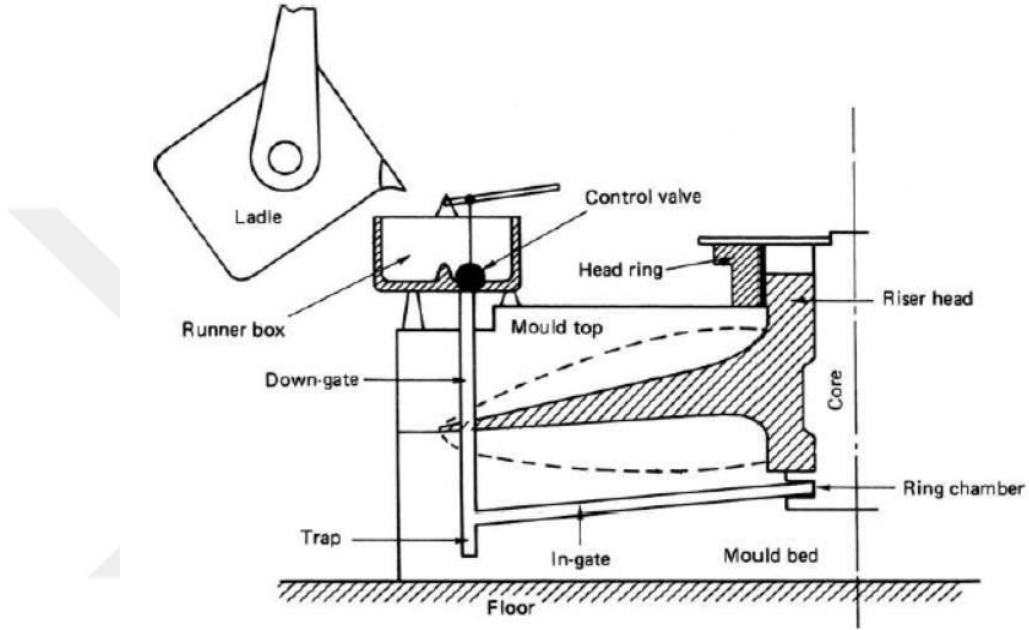
P = Pressure side

2.6.2. Gemi pervane imalat yöntemi

Gemi pervane imalat yöntemi son elli yılda çok fazla değişikliğe uğramamıştır, sadece gemi ve tekne tasarım ve modelleri değiştikçe pervane tiplerinde değişiklik yapıldı. Pervaneler genel olarak kum kalıba döküm yöntemiyle üretilmektedir, kum kalıba döküm sadece pervane imalatında değil birçok parçanın imalatında kullanılmaktadır. Kum kalıba döküm yöntemi başlıca olarak, döküm kalıp boşluğunun oluşturulması, döküm işlemi ve döküm işlemi sonlandırılması temel adımları olarak kabul edilir. Bu döküm yönteminin en önemli avantajlarından biri ise farklı ve değişik boyutlarda ki üretimi yapılabilmesi ve diğer yöntemlere göre daha ucuz olmasıdır. Bu imalat yönteminin dezavantajı ise istenilen son ölçüye ulaşmak için daha kalın dökülmesi ve dökümden sonra paso miktarının fazla olmasıdır[44].

Her pervane gemi tasarımına bağlı olarak farklı bir tasarıma sahiptir. Pervane imalatçısı için özellikle aynı pervane imalatı nadir olarak gerçekleşmektedir. Kum

kalıba imalat için kalıp ikiye ayrılır ve üst yüzey pervanenin basınç tarafı alt yüzey ise emme tarafı olarak ayarlanır. Gemi pervaneleri dökümünde emme tarafı aşağı bakacak şekilde dökümü yapılır. Genel olarak kalıp malzemesi saf veya yıkanmış arasında ortalama dereceye sahip silis kumu yirmi elli mesh ile kontrollü olarak karıştırılır. Bu karışımda bir miktar portland çimentosu ve su kullanılır[16]. Pervane kum kalıba döküm yöntemi şekil 2.27 de gösterilmiştir.



Şekil 2.27. Pervane kum kalıba döküm yöntemi [16]

Gemi pervanelerinin kum kalıba döküm yöntemiyle ilgili yer alan başlıca adımlar[48];

- Düzen

Düzen bu işin ilk ve en önemli kısımlarını oluşturur. Pervane kanatlarında ki seçilen bu alanların enine kesitlerini gösterir. Buna açı, eğim, kalınlık ve işleme payı da hesaba katılarak yapılır. Genel model tamamladıktan sonra pervanenin imalatı için malzeme ihtiyaç hesabı yapılır. Modeller genel olarak ahşap malzemelerden yapılır ve şekillendirme sürecinde çok fazla oyma işlemi yapılacağından ahşapların budaksız olması tercih edilir.

- Model

Model için ahşap plana göre yapılır ve şekillendirilir. Üst üste gelen ahşap malzemeler şerit testere ile kesilir ve malzemelerin düzgün bir şekilde merkezlenmesi için her katmanda bir merkez deliği açılır. Bu delik tam olarak pervane göbeğinin merkezine denk gelmektedir. Katmanlar kullanılarak pervanenin doğru hatvesini sağlayan bir kademe belirlenir. Katmanlar daha sonra işaretlenir ve yapıştırılır. Bu bağlamda kelepçe kullanmak çok zor olduğu için vida ile sabitlenir.



Şekil 2.28. Merkez deliği ve ahşap katman yığını [44]

- Şekillendirme

Düzgün bir yüzey elde etmek için kullanılan ahşabın şeklini vermek için bazı adımların yapılması gerekir. Şekil verme hassasiyet gerektiren bir iş olduğu için bu adımların yapılması önem arz etmektedir. Bu adımlar sırası ile;

1. Balta
2. Çekme Bıçağı
3. Elektrikli Düzlem
4. Açılı Taşlama
5. Rendeleme
6. Blok Düzlem
7. Zımpara

Şekil işlemi ilk olarak pervane kanatlarında biter ve sonrasında pervane göbeğinde devam eder. Pervane göbekleri geminin tasarımına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Genel olarak göbek şekillendirilirken iç çap gerçek çapa göre daha küçük, uzunluk ise gerçek uzunluğa göre daha uzun yapılır. Burada amaç dökümü paylı yapmak ve son işlem öncesi paso payını hesaba katmaktır.

- Bitiş

Metal döküm yapılmadan önce ahşap model içindeki küçük delikler döküm hatasının önlemek için ahşap dolgu ile doldurulur. Metal döküm kum kalıp içine döküldükten sonra belli bir sürenin ardından pervane üzerinde ki kum parçaları pervaneden temizlenir. Pervane istenilen son ölçüye göre cnc veya torna tezgahlarında paso verilir. Paso ardından pervane kanatları özel kum zımparası ile parlatılır ve pervane kanadını korozyona karşı korumak için kanat çevresine özel kimyasal sürülür.



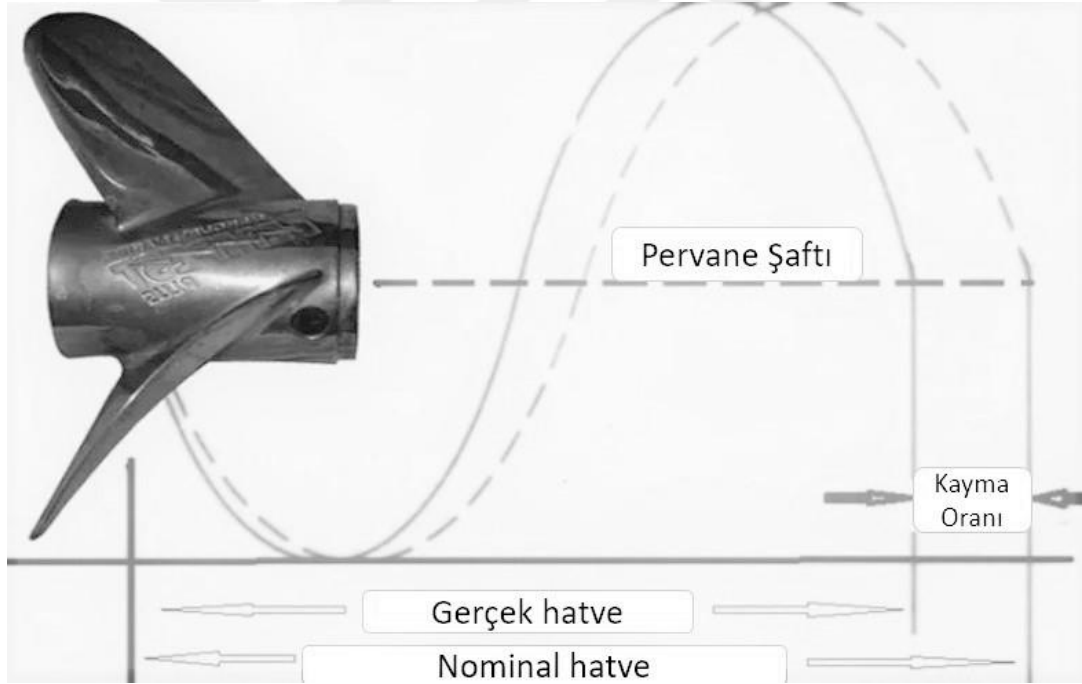
Şekil 2.29. Pervane imalatı son aşaması [48]



3. GEMİ PERVANELERİ KANAT AÇILARI VE ALINAN YOLA ETKİSİ

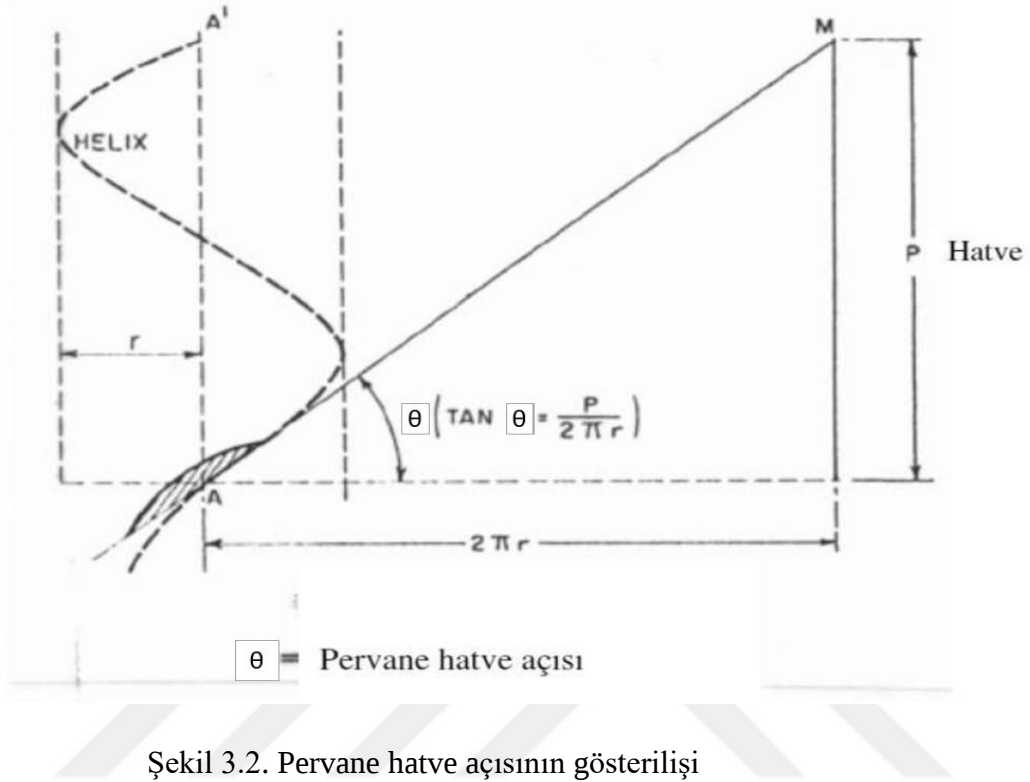
3.1. Hatve

Bu kelime genel olarak ilerleme anlamında da kullanılabilir. Vida ile benzeştirme yapılır ise bir vida her tura belirli bir mesafe de ilerleyeceği için gemi pervaneleri de bir turda sabit bir miktar kadar ilerleyecektir. Pervane tam bir tur döndüğü zaman ilerlediği mesafeye hatve (pitch) denir ve P harfi ile gösterilir. Bu hatve nominal hatve olarak bilinir. Bir pervane şaft üzerine montajı yapıldıktan sonra bir turda gemiyi 0,6m ileri götürüyorsa bu pervanenin nominal hatvesi 60cm olarak kabul edilir. Pervane kanatları arası hatveler arası açıya ise hatve açısı denilir ve θ ile gösterilir[16].



Şekil 3.1. Pervane hatvesi ve kayma oranı gösterilişi

Şekil 3.2 de r yarıçaplı bir pervanenin bir tur dönüşünde A| noktasından başlayıp A noktası arasında ki pervane hatve değeri ve hatve açısı gösterilmiştir.



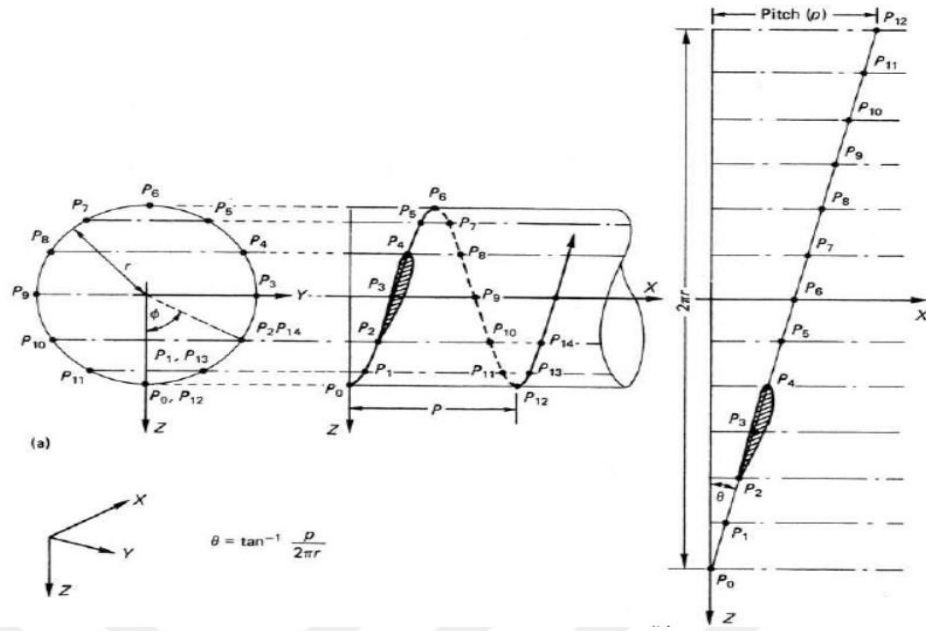
Şekil 3.2. Pervane hatve açısının gösterilişi

Şekil 3.2 de ise r yarıçaplı bir pervanenin bir tur dönüşü sonrası başlangıç noktası P_0 ile bitiş noktası P_{12} arasında hatve değeri ve açısı gösterilmiştir. Bir tur dönmesiyle bu pervane bir helezon oluşturur ve dönme açısı $\Phi=360$ veya 2π değerine eşittir.

Burada silindir X-Z düzlemini keser ve P değerinin biraz daha ilerisine hareket eder. P noktasının helezon yörüngesi açıldığı takdirde P düz bir hat boyunca uzanır. OX eksenine dik ölçülen silindirin çevresi $2\pi r$ ye eşittir[43].

Bunun sonucunda alınan mesafe P, hatve açısını ise aşağıda ki formül yardımıyla bulabiliriz.

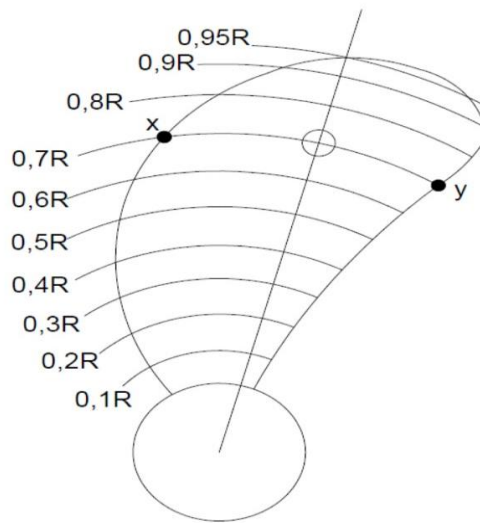
$$\theta = \tan^{-1}(p/2\pi r) \quad (3.1)$$



Şekil 3.3. Pervane hatve tanımı [16]

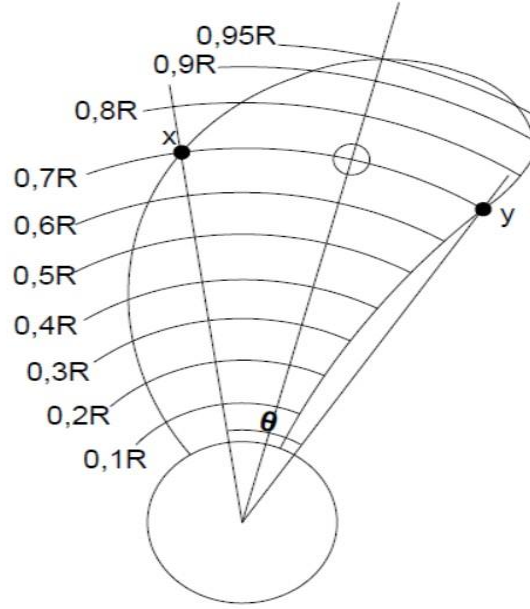
3.1.1. Pervane hatvesinin pratik olarak hesaplanması

Pervane hatvesi günümüz teknolojisinde piçmetre yardımıyla kolayca bulunabilir ancak piçmetre olmadığı zamanlarda ise hatve (pitch) belirli kurallar çerçevesinde hesaplanarak bulunabilir. Pervane yüzü, aşağı bakacak şekilde düzgün bir yüzeye konulur ve pervane kanatları karşılıklı olarak paralel denk geliyormu kontrol edilir. Pervane göbeği merkezi işaretlenir ve bir pervane kanadı on çizgisel eşit daireye bölünür, bu dairelerden hepsi sırasıyla 0,1R-0,2R-0,3R-0,4R-0,5R-0,6R-0,7R-0,8R-0,9R-0,95R olarak adlandırılır. Şekil 3.3 de gösterilmiştir[19].



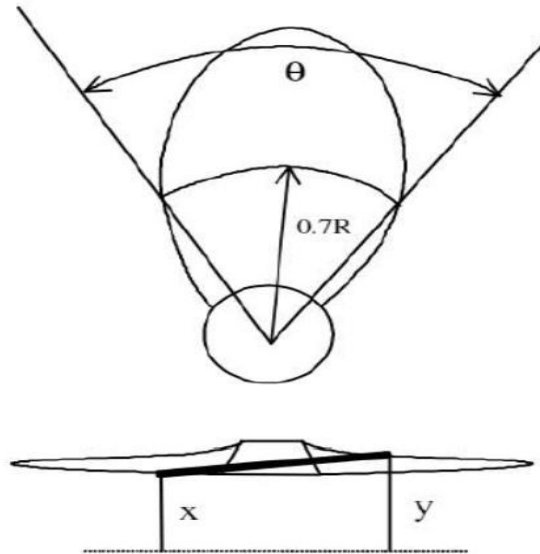
Şekil 3.4. Pervane kanat radyüs çizgileri

Pervane hatvesi hesabı $0,7R$ üzerinden yapılır. $0,7 R$ üzerinde kanadın sabit yüzeye uzaklıklarına x ve y noktaları olarak işaretlenir. Pervane göbeği ile bu noktalar arasında kalan açıya ise hatve açısı denir. Şekil 3.4 te gösterilmiştir[19].



Şekil 3.5. Pervane hatve açısı

Düzlem ile pervane kanadı arasında kalan büyük mesafe y , küçük mesafe ise x ile gösterilir.



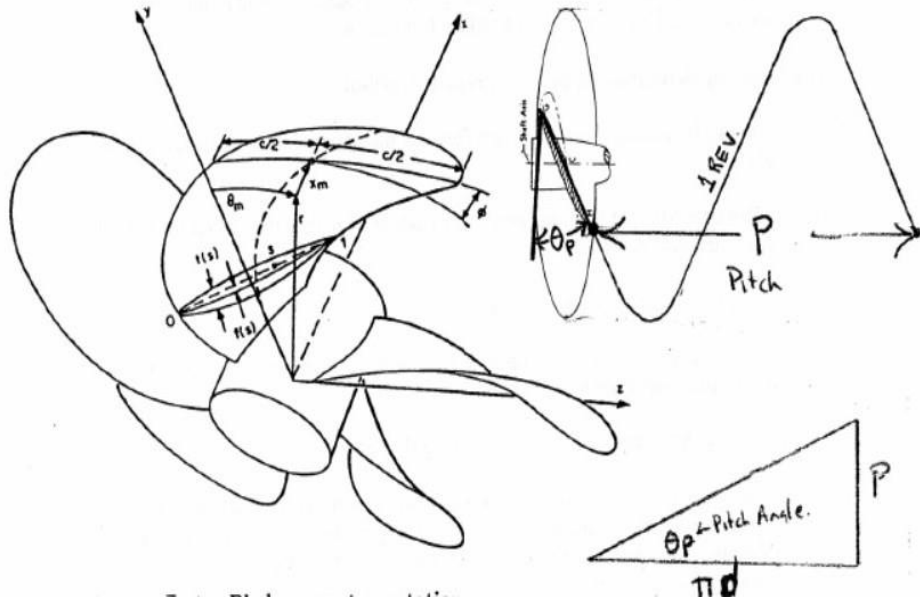
Şekil 3.6. Pervane $0,7R$ kenar kanat yükseklikleri ve hatve açısı

Pratik hatve(pitch) formülü aşağıda verilmiştir.

$$\text{Hatte}_{P07} = \frac{(y - x)360}{\theta} \quad (3.2)$$

Bu formül ile bir pervanenin tam tur attığı zaman gemiyi ne kadar ileri hareket ettirebileceğini bulabiliyoruz. Bulunan sonuç geminin nominal hatvesi olarak bilinir ve çevre şartları baz alınmadan yapılan hesaptır. Bu hesap pervane üretici firma tarafından üretim bitiminde yapılır ve pervane üzerine hatve değeri yazılır.

Pervane hatvesi hareketli kanatlı pervanelerde kanat hareketinden dolayı sürekli değişkenlik göstermektedir ve bu durum gemi için avantaj hal almıştır. Gemi seyir halinde iken kanat hatvesi rahatlıkla değişeceği için seyir hızını kontrol etmek daha kolay olacaktır. Ancak sabit kanatlı pervanelerde, pervanenin seyir halinde alınan hatvesi maksimum şaft dönüşüne bağlıdır.



Şekil 3.7. Pervane hatve ve hatve açısının detaylı gösterilişi [51]

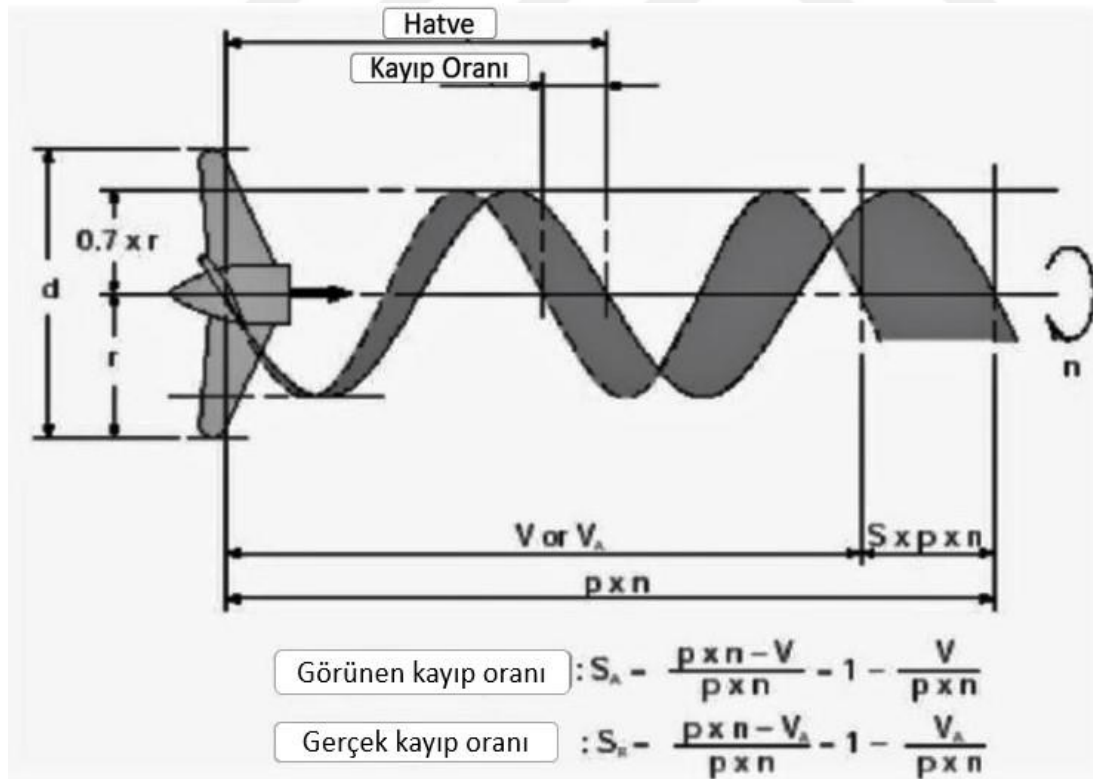
3.2. Kayıp Oranı

Gemiler de nominal hatve oranı hesaplanırken herhangi çevre koşulu dikkate alınmaz. Gemi seyir halinde iken, nominal hatve değerine göre alınan mesafe değişkenlik gösterebilir. Bu değişkenliği sebepleri, pervane dönüş hızı, kıç taraftan alınan akıntılar, dalga gibi birçok etken söz konusudur. Bu sebepler dikkate alındığında yapılan hesaba gerçek hatve denir. Gerçek hatve ve nominal hatve arasında kalan mesafeye ise kayıp(slip) denilir. Örneğin, gemi arkadan bir akıntı alıyor ve gerçek hatvesi nominal hatvesinden daha büyük çıkıyorsa negatif kayıp, gemi baş taraftan dalga ile karşılaşılıyor ve gerçek hatvesi nominal hatvesinden daha küçük çıkıyor ise pozitif kayıptır. Kayıp oranı aşağıda ki formülle hesaplanmaktadır [19].

$$s_a = P \cdot N - v/P \cdot N \text{ veya } 1 - \left(\frac{v}{P \cdot N} \right) \quad (3.3)$$

s_a = Kayıp Oranı

P = Pervane Hatvesi

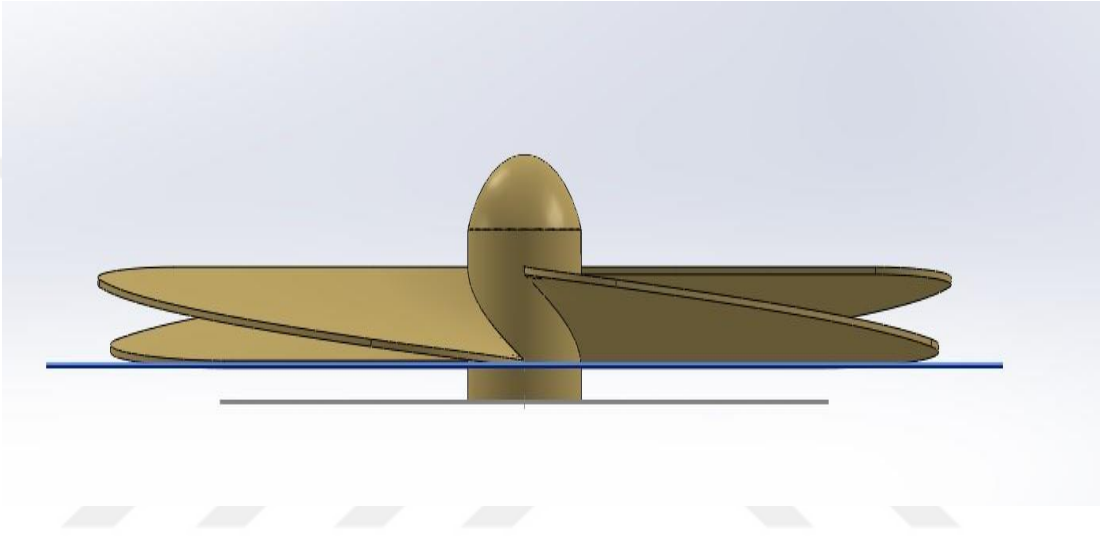


Şekil 3.8. Kayıp oranı bağıntıları

4. MATERYAL VE METOD

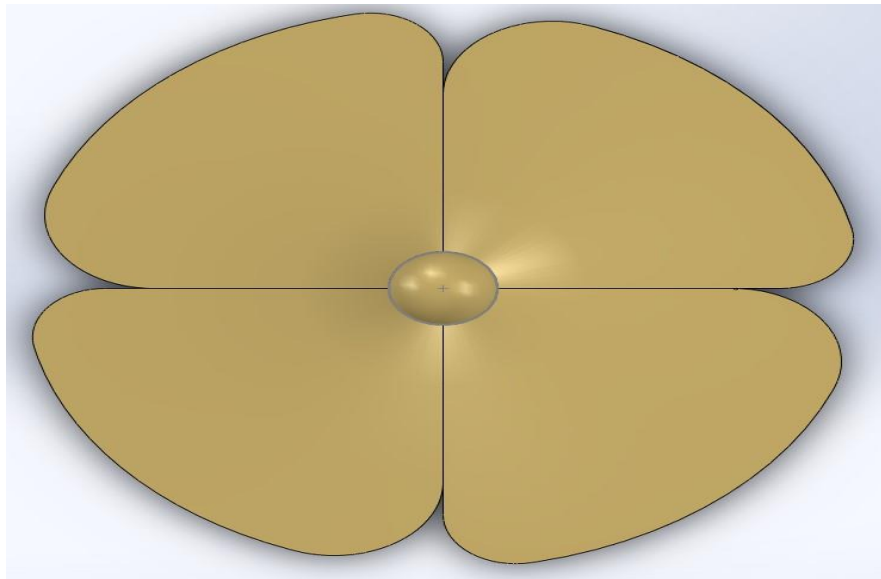
4.1. Kanat Açısı 50° Pervanenin İncelenmesi

Bu bölümde kanat açısı 50°, dış çapı 230mm, göbek çapı 30mm, göbek uzunluğu 24mm, kanat kenar yarım açıları 30mm ve 25mm çizilen bir pirinç bir pervanenin akış analizi ve aldığı toplam yol incelenmiştir.



Şekil 4.1. Kanat Açısı 50 ° Pervanenin önden görünüşü

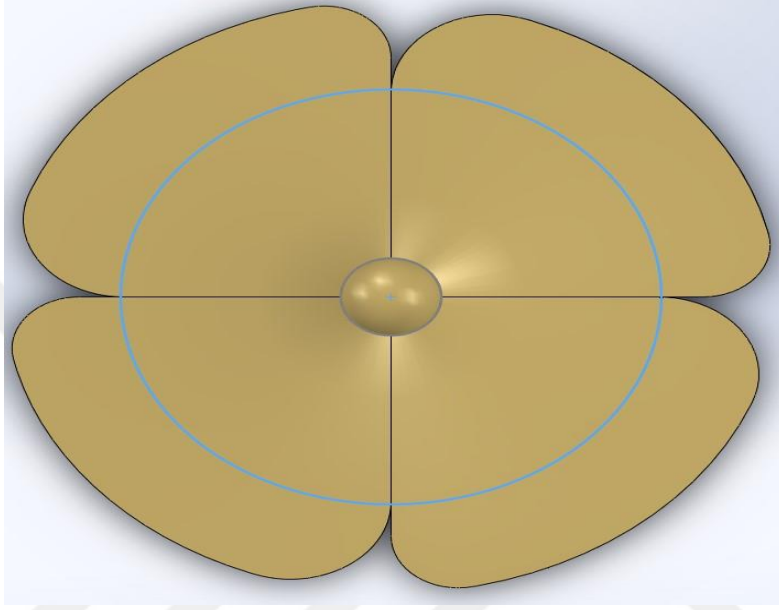
Şekil 4.1. de kanat açısı 50° tasarlanan pervanenin önden görünüşü gösterilmiştir.



Şekil 4.2. Kanat Açısı 50 ° Pervanenin üstten görünüşü

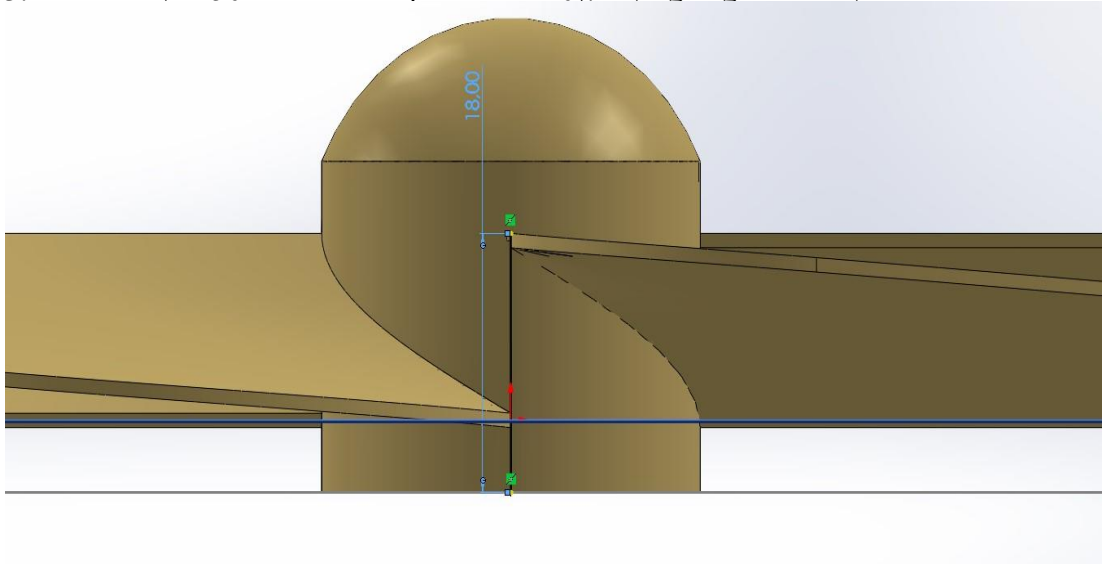
Şekil 4.2. de kanat açısı 50° tasarlanan pervanenin üstten görünüşü gösterilmiştir.

Aldığı toplam yol; (3.2) numaralı denklem üzerinden hesaplanacaktır. 230mm pervane dış çapına sahip pervanenin 0,7R değeri, pervane yarıçapı on eşit parçaya bölündüğünde ise karşılığı 80,50mm değerine eşit gelmektedir ve şekil 4.3 te gösterilmiştir. Bu değer üzerinden y, x ve θ değerleri bulunur ve hesaplama yapılır.



Şekil 4.3. Kanat açısı 50° pervanenin 0,7R çizgisi

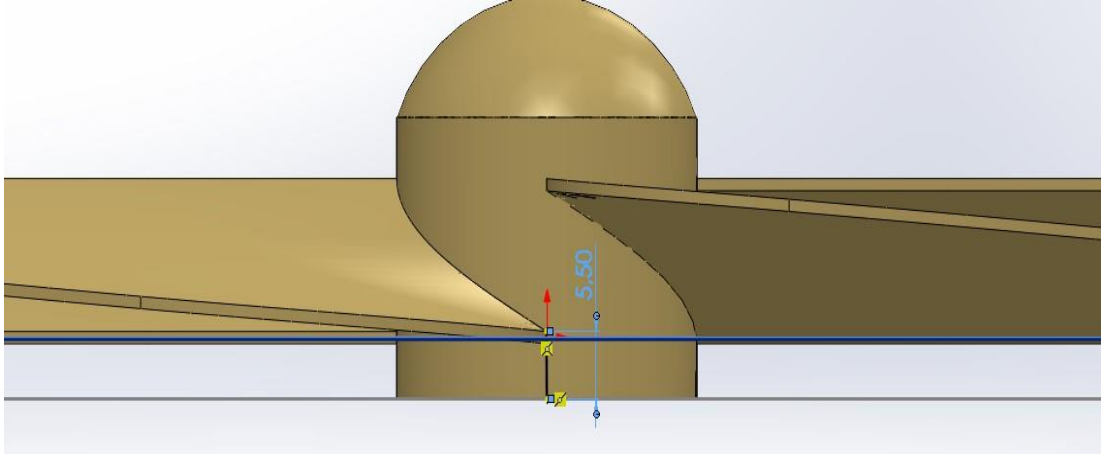
Şekil 4.3. te kanat açısı 50° tasarlanan pervanenin 0.7R çizgisi gösterilmiştir.



Şekil 4.4. Kanat açısı 50° pervanenin 0,7R çizgisinde y değeri

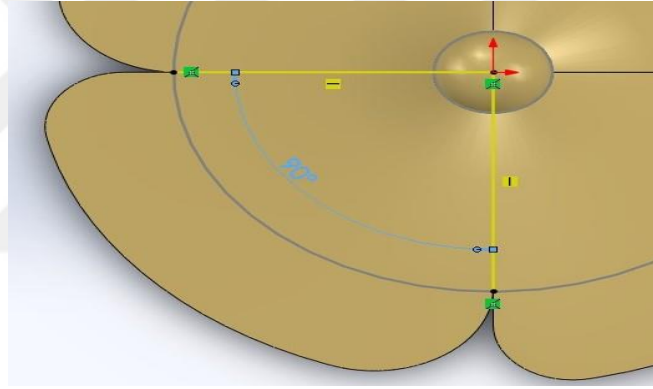
0,7R üzerinde pervanenin düz bir zemin ile en yüksek y değeri 18,00mm bulunmuştur.

Şekil 4.4. te gösterilmiştir.



Şekil 4.5. Kanat açısı 50 ° pervanenin 0,7R çizgisinde x değeri

0,7R üzerinde pervanenin düz bir zemin ile en yüksek x değeri 5,50mm bulunmuştur. Şekil 4.5. te gösterilmiştir.



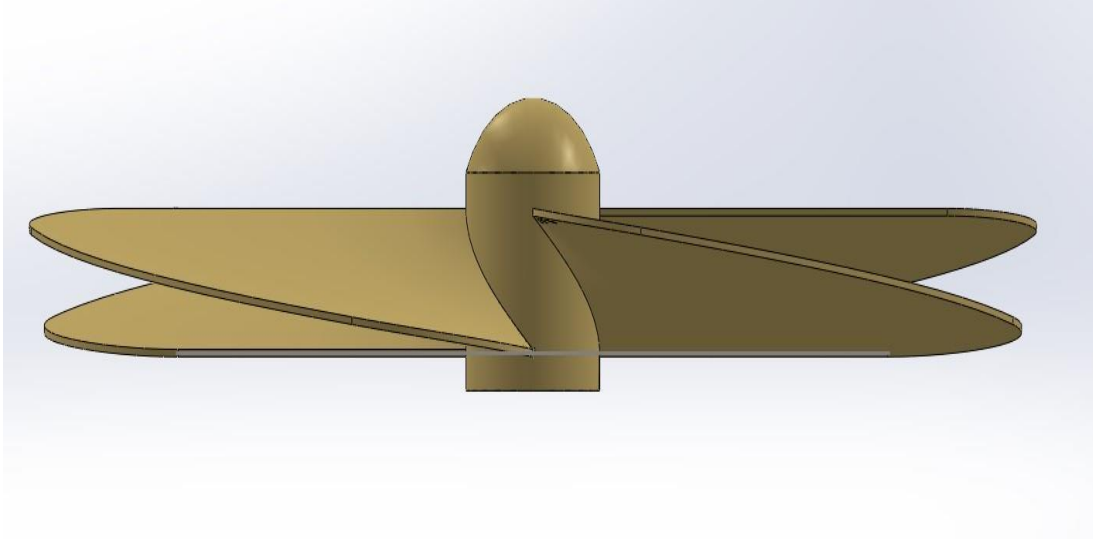
Şekil 4.6. Kanat açısı 50 ° pervanenin 0,7R çizgisinde θ değeri

0,7R üzerinde pervanenin y ve x değerleri arasında kalan hatve açısı(θ) 90° olarak bulunmuştur. Şekil 4.6. da gösterilmiştir.

(3.2) numaralı denkleme göre 230mm çapında ve kanat açısı 50° olan pervanenin bir tam tur dönmesi ile geminin alacağı toplam yol $\frac{(18-5,5)360}{90}$: 50mm olarak hesaplanmıştır.

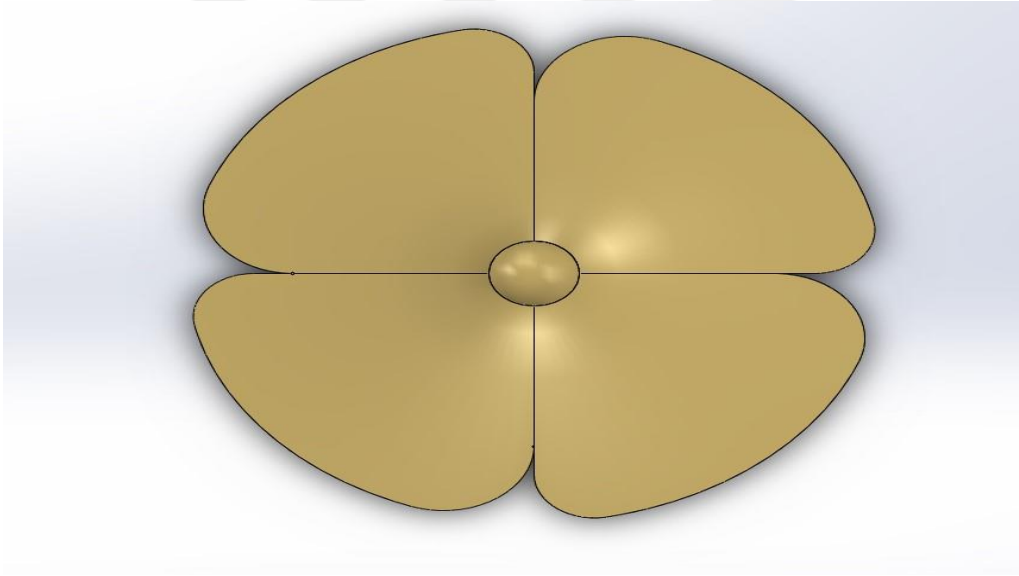
4.2. Kanat Açısı 75° Pervanenin İncelenmesi

Bu bölümde kanat açısı 75°, dış çapı 230mm, göbek çapı 30mm, göbek uzunluğu 24mm, kanat kenar yarım açıları 30mm ve 25mm çizilen bir pirinç bir pervanenin akış analizi ve aldığı toplam yol incelenmiştir.



Şekil 4.7. Kanat Açısı 75° Pervanenin Önden Görünüşü

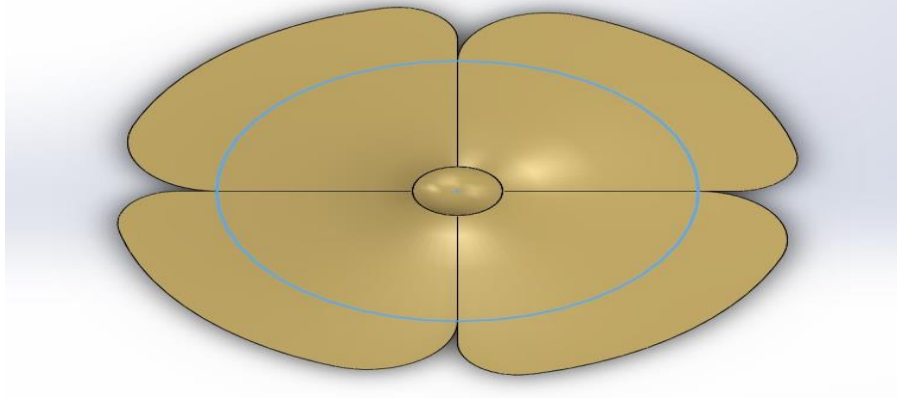
Şekil 4.7. de kanat açısı 75° tasarlanan pervanenin önden görünüşü gösterilmiştir.



Şekil 4.8. Kanat açısı 75° pervanenin üstten görünüşü

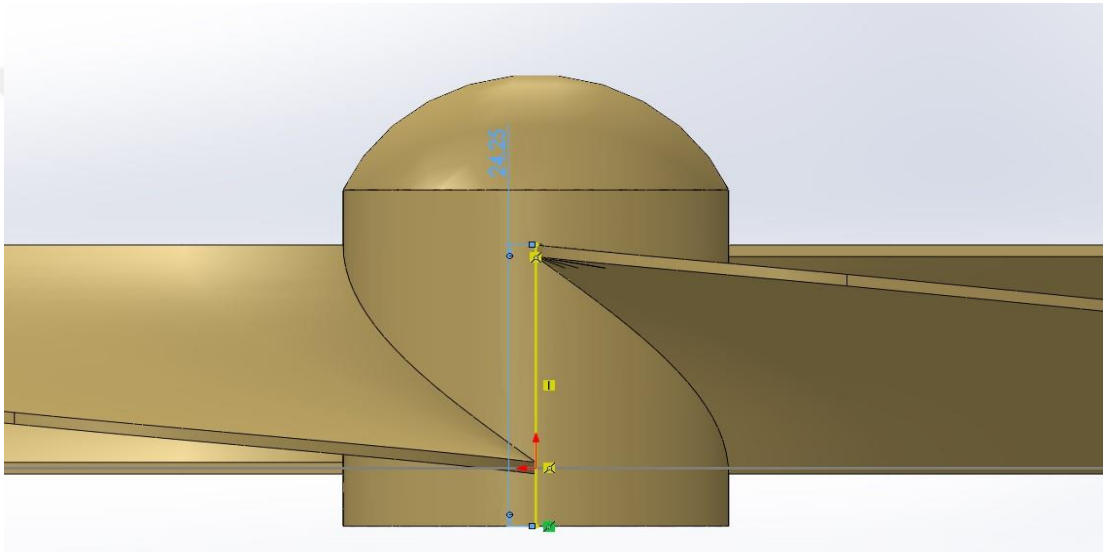
Şekil 4.8. de kanat açısı 75° tasarlanan pervanenin üstten görünüşü gösterilmiştir. Bu pervanenin aldığı toplam yol; (3.2) numaralı denklem üzerinden hesaplanacaktır.

230mm pervane dış çapına sahip pervanenin $0,7R$ değeri, pervane yarıçapı on eşit parçaya bölündüğünde ise karşılığı 80,50mm değerine eşit gelmektedir ve şekil 4.9. da gösterilmiştir. Bu değer üzerinden y , x ve θ değerleri bulunur ve hesaplama yapılır.



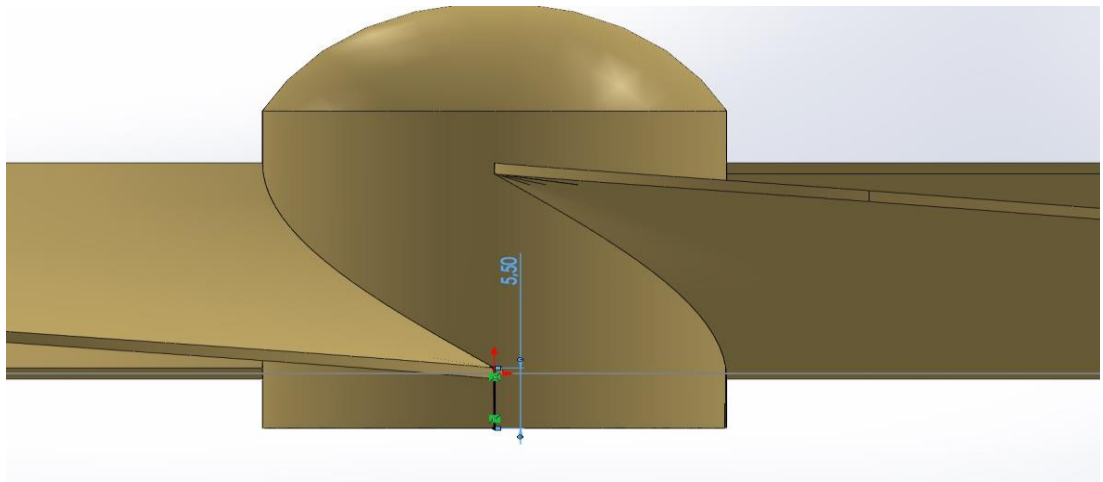
Şekil 4.9. Kanat açısı 75° pervanenin 0,7R çizgisi

Şekil 4.9. da kanat açısı 75° tasarlanan pervanenin 0,7R çizgisi gösterilmiştir.



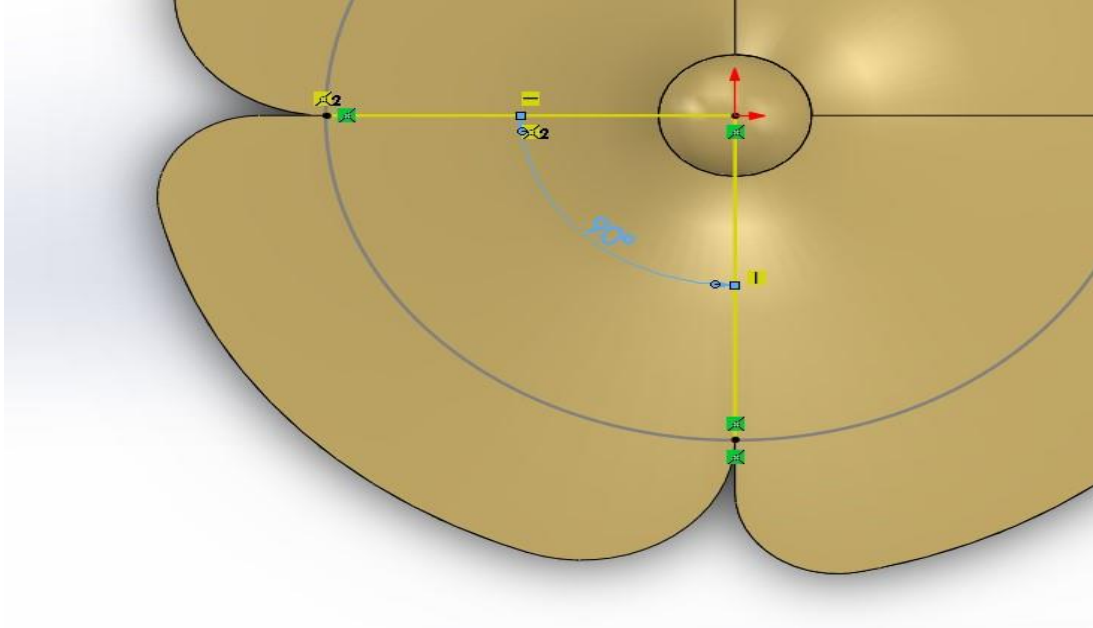
Şekil 4.10. Kanat açısı 75° pervanenin 0,7R çizgisi üzerinde y değeri

0,7R çizgisi üzerinde düz bir zemin ile en yüksek y değeri 24,25mm bulunmuştur. Şekil 4.10. da gösterilmiştir.



Şekil 4.11. Kanat açısı 75° pervanenin 0,7R çizgisi üzerinde x değeri

0,7R çizgisi üzerinde düz bir zemin ile en yüksek x değeri 5,50mm bulunmuştur. Şekil 4.11. de gösterilmiştir.



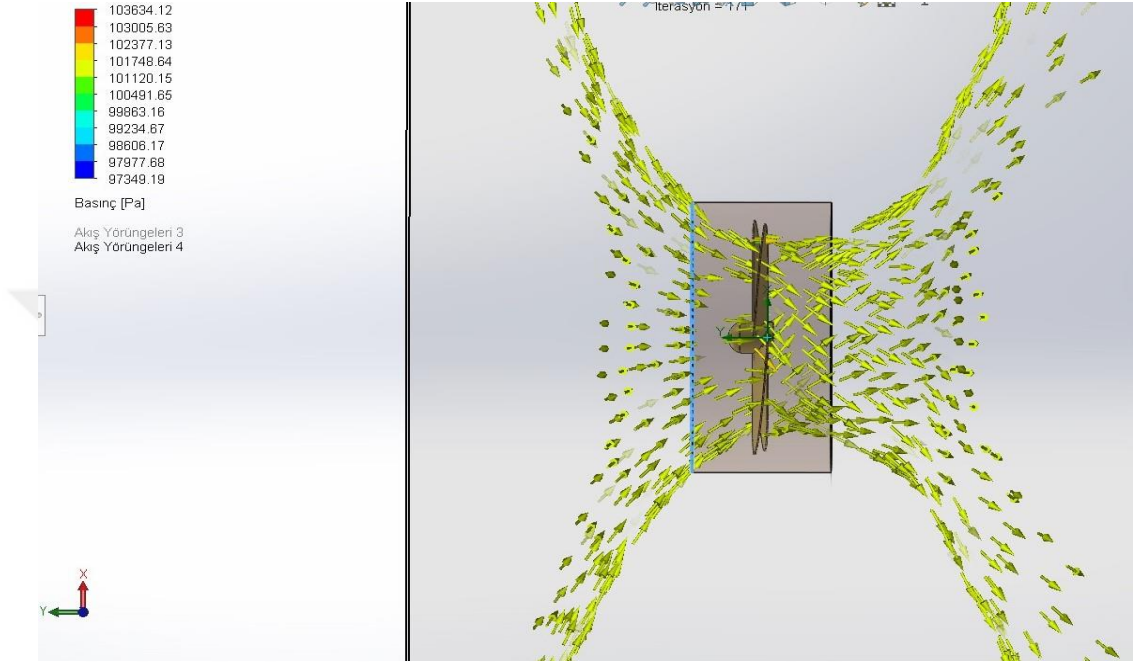
Şekil 4.12. Kanat açısı 75 ° pervanenin 0,7R çizgisinde θ değeri 0,7R üzerinde pervanenin y ve x değerleri arasında kalan hatve açısı(θ) 90° olarak bulunmuştur. Şekil 4.12. de gösterilmiştir.

(3.2) numaralı denkleme göre 230mm çapında ve kanat açısı 75° olan pervanenin bir tam tur dönmesi ile geminin alacağı toplam yol $\frac{(24,25-5,5)360}{90}$: 74,96 mm olarak hesaplanmıştır.

5. BULGULAR VE SONUÇLAR

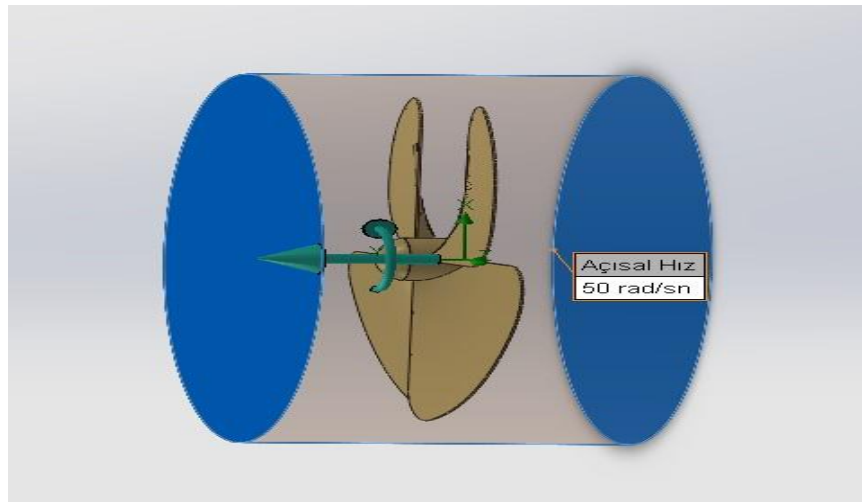
5.1. Kanat Açısı 50° Pervanenin Akış Analizi

Kanat açısı 50° bir pervanenin Solidworks programı kullanılarak yapılan analizlerin sonuçları aşağıda ki şekil ve tablolarda verilmiştir.



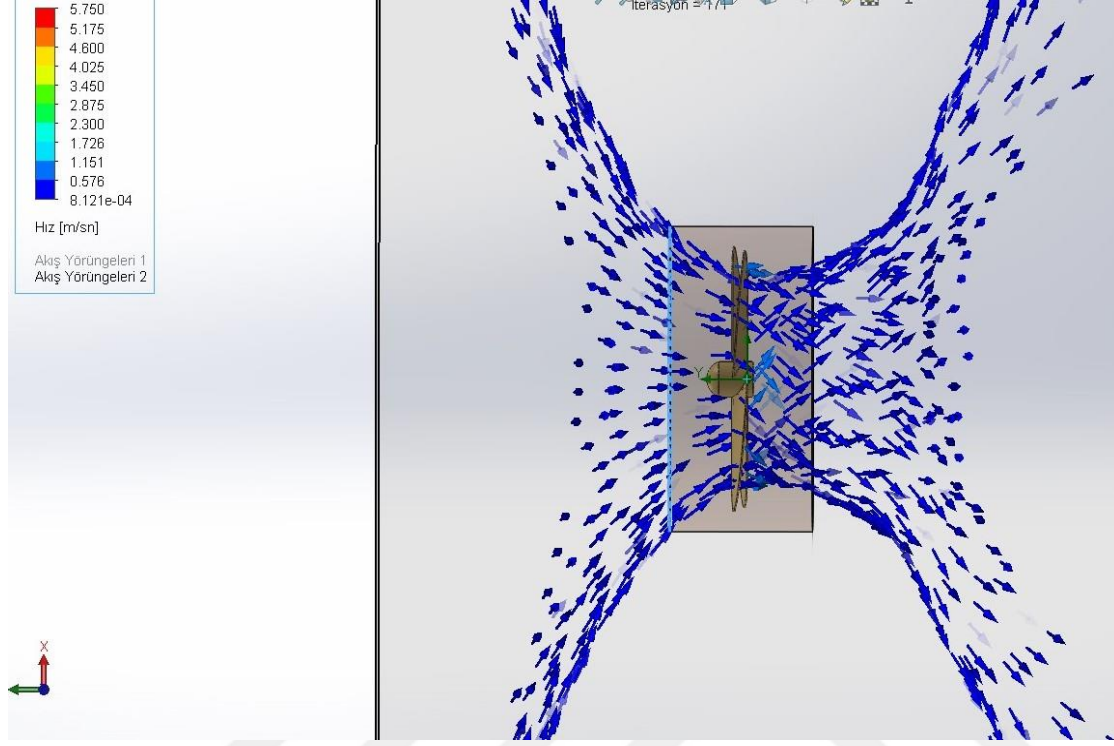
Şekil 5.1. Kanat açısı 50 ° pervanenin basınç analizi

Şekil 5.1 te kanat açısı 50 ° tasarlanan pervanenin basınç analizi gösterilmiştir. Yapılan bu analizde pervane giriş ve çıkış basınçlarında herhangi bir değişiklik gözlemlenmemiştir.



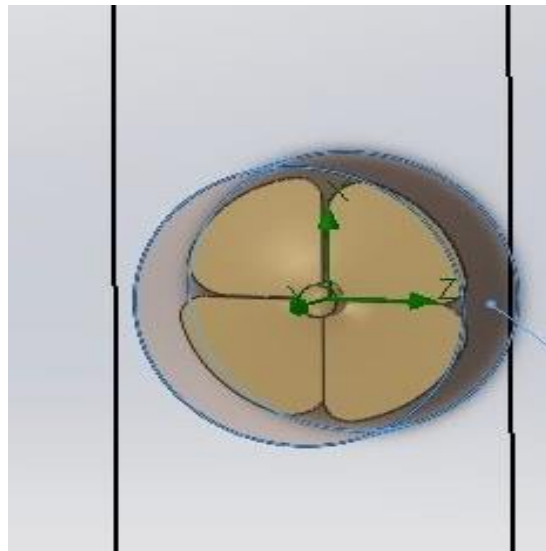
Şekil 5.2. Kanat açısı 50 ° pervanenin açısal hızı

Şekil 5.2. de kanat açısı 50° pervanenin açısal hızı gösterilmiştir. Açısal hızı 50 rad/sn olarak belirlenmiştir.



Şekil 5.3. Kanat açısı 50° pervanenin hız analizi

Şekil 5.3. te kanat açısı 50° tasarlanan pervanenin hız analizi gösterilmiştir. Yapılan bu analiz sonucunda pervane giriş ve çıkış hızında herhangi bir değişiklik gözlemlenmemiştir.



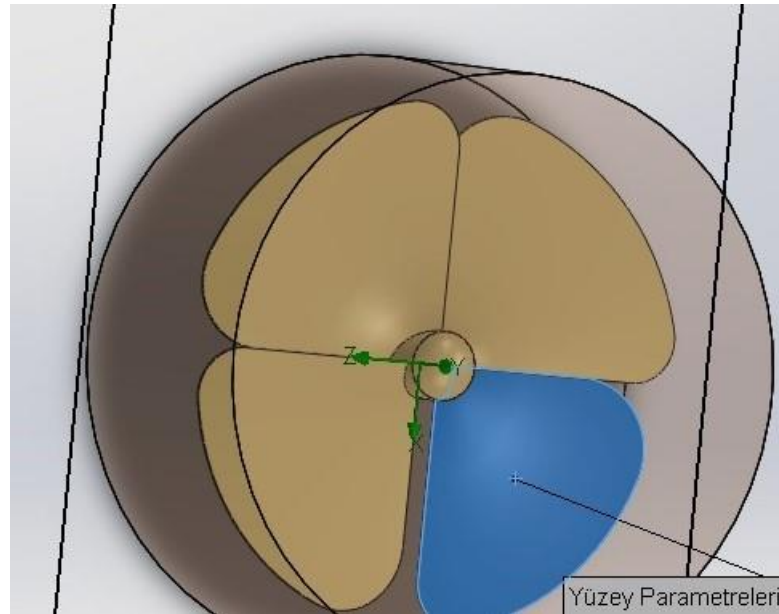
Şekil 5.4. Kanat açısı 50° pervanenin hacim parametresinin gösterilişi

Şekil 5.4 te kanat açısı 50° tasarlanan pervanenin hacim parametresi gösterilmiştir.

Tablo 5.1. Kanat açısı 50 ° pervanenin hacim parametre sonuçları

Hacim Parametreleri	
Basınç Toplu Ortalama	101301.08Pa
Yoğunluk (Akışkan) Toplu Ortalama	997.56kg/m ³
Hız Toplu Ortalama	0.388m/sn.
Hız (X) Toplu Ortalama	0.001 m/sn.
Hız (Y) Toplu Ortalama	-0.298 m/sn.
Hız (Z) Toplu Ortalama	-0.001 m/sn.
Sıcaklık (Akışkan) Tolu Ortalama	293.20 K
Hız RRF Toplu Ortalama	4.173 m/sn.
Hız RRF (X) Toplu Ortalama	0.001 m/sn.
Hız RRF (Y) Toplu Ortalama	-0.298 m/sn.
Hacim (Akışkan)	0.006293 m ³

Tablo 5.1. de kanat açısı 50 ° pervanenin hacim parametre sonuçları verilmiştir.



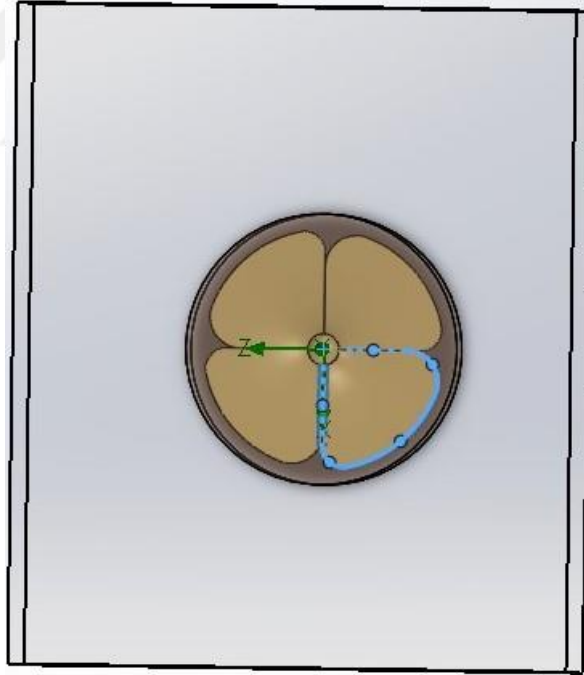
Şekil 5.5. Kanat açısı 50 ° pervanenin yüzey parametrisinin gösterilişi

Şekil 5.5. de kanat açısı 50° pervanenin yüzey parametrisi gösterilmiştir.

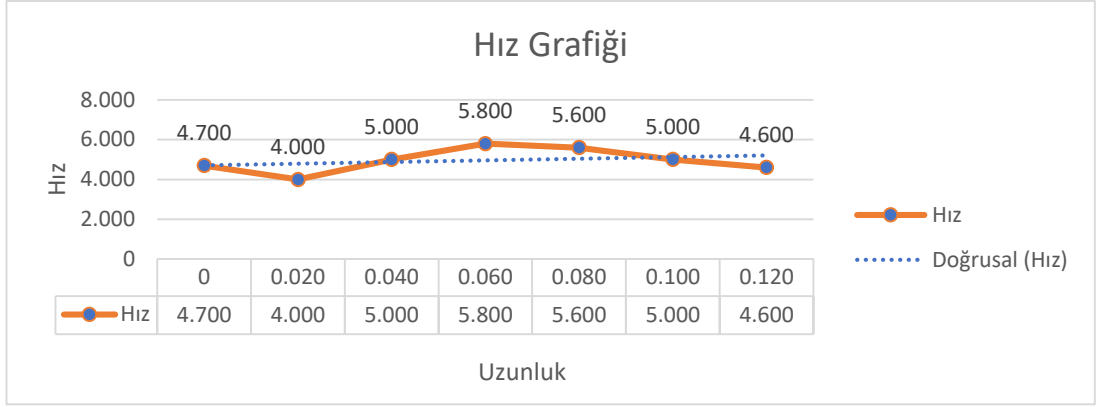
Tablo 5.2. Kanat açısı 50 ° pervanesinin yüzey parametre sonuçları

Yüzey Parametreleri	
Isı Geçiş Hızı	0 W
Normal Kuvvet	0.879 N
Sürtünme Kuvveti	0.110 N
Kuvvet	0.886 N
Tork	0.096 Nm
Yüzey Alanı	0.0098 m ²
Normal Kuvvet Torku	0.096 Nm
Sürtünme Kuvveti Torku	0.011 Nm
Isı Geçiş Hızı (Taşınım)	0 W
Düzgünlük Katsayısı	0.7538159
Alan (Akışkan)	0.0099 m ²

Tablo 5.2. de kanat açısı 50 ° pervanesinin yüzey parametre sonuçları verilmiştir.



Şekil 5.6. Kanat açısı 50 ° pervanesinin kanat kenarları üzerinde meydana gelen hız çizgilerinin gösterilişi

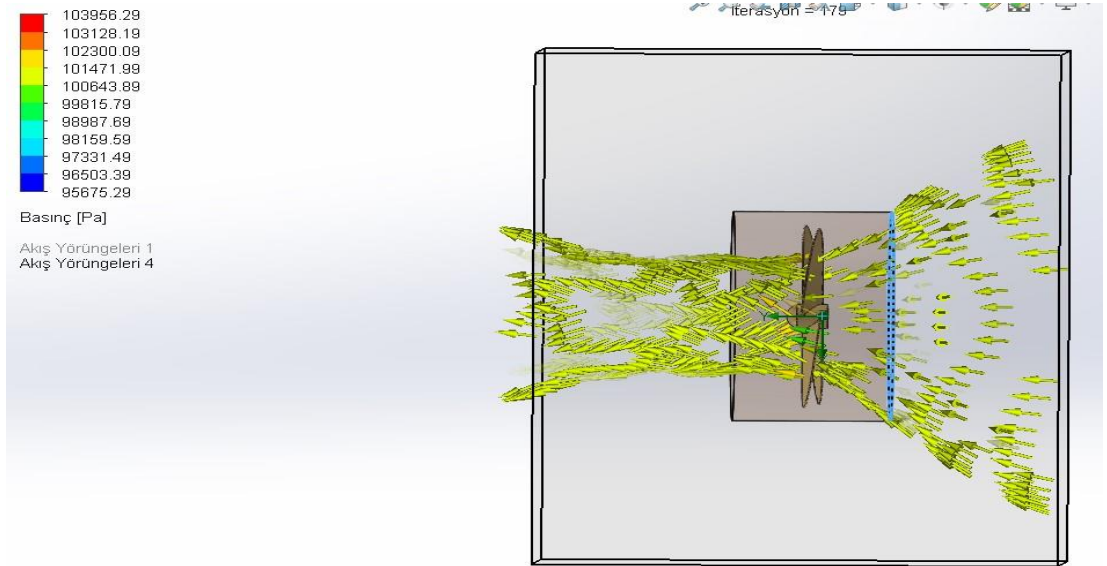


Şekil 5.7. Kanat açısı 50 ° pervanesinin kanat kenarları üzerinde meydana gelen hız grafiği

Şekil 5.7. de kanat açısı 50° tasarlanan bir pervanesinin kanat kenarları üzerinde meydana gelen hız grafiği gösterilmiştir. Bu grafiğe göre kanat kenarı üzerinde değişen hızlar belirlenmiştir.

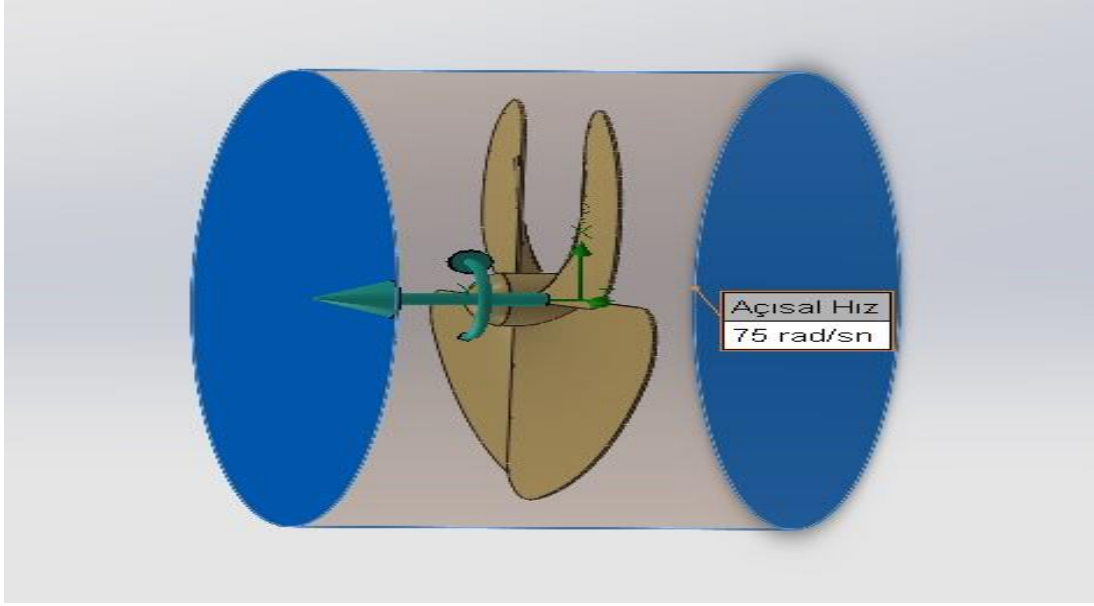
5.2. Kanat Açısı 75° Pervanesinin Akış Analizi

Kanat açısı 75° bir pervanesinin Solidworks programı kullanılarak yapılan analizlerin sonuçları aşağıda ki şekil ve tablolarda verilmiştir.



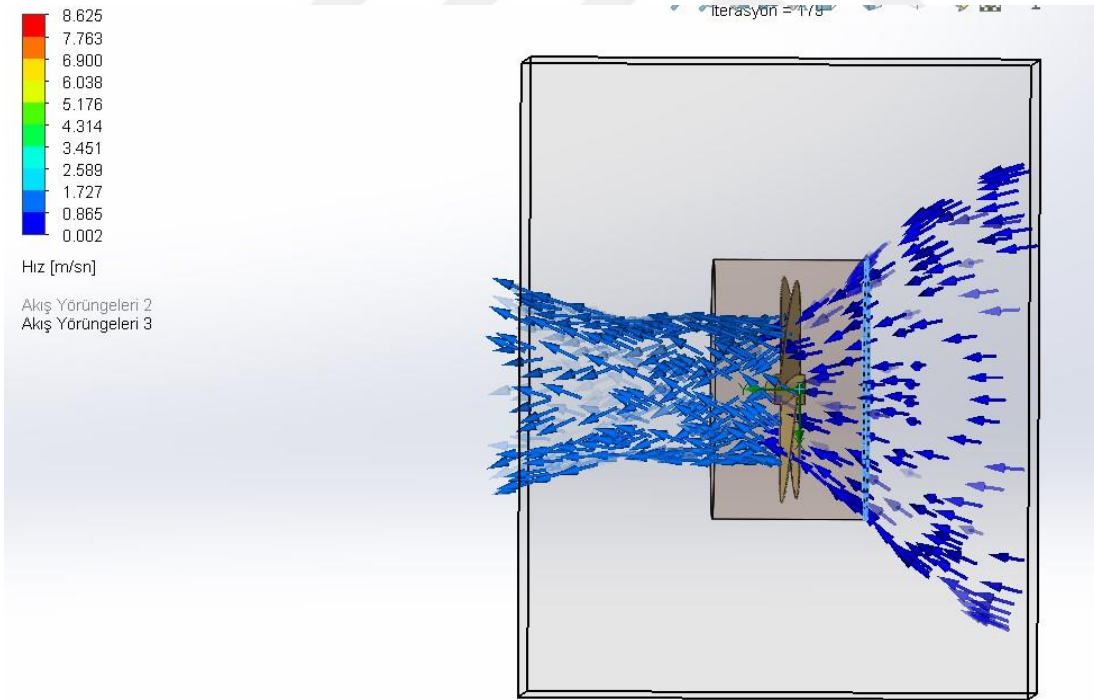
Şekil 5.8. Kanat açısı 75 ° pervanesinin basınç analizi

Şekil 5.8. kanat açısı 75° tasarlanan bir pervanesinin basınç analizi gösterilmiştir. Pervane giriş ve çıkış basınçlarında herhangi bir değişiklik gözlemlenmemiştir.



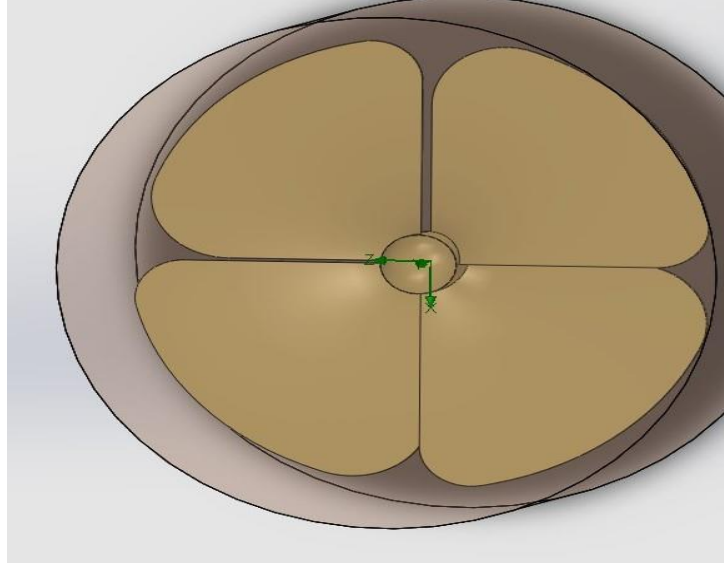
Şekil 5.9. Kanat açısı 75 ° pervanenin açısal hızı

Şekil 5.9. da kanat açısı 75° tasarlanan pervanenin açısal hızı gösterilmiştir ve 75 rad/sn olarak belirlenmiştir.



Şekil 5.10. Kanat açısı 75 ° pervanenin hız analizi

Şekil 5.10. kanat açısı 75 ° tasarlanan pervanenin hız analizi gösterimiştir. Yapılan analiz sonucunda pervane çıkış hızının giriş hızına göre daha fazla olduğu tespit edilmiştir.



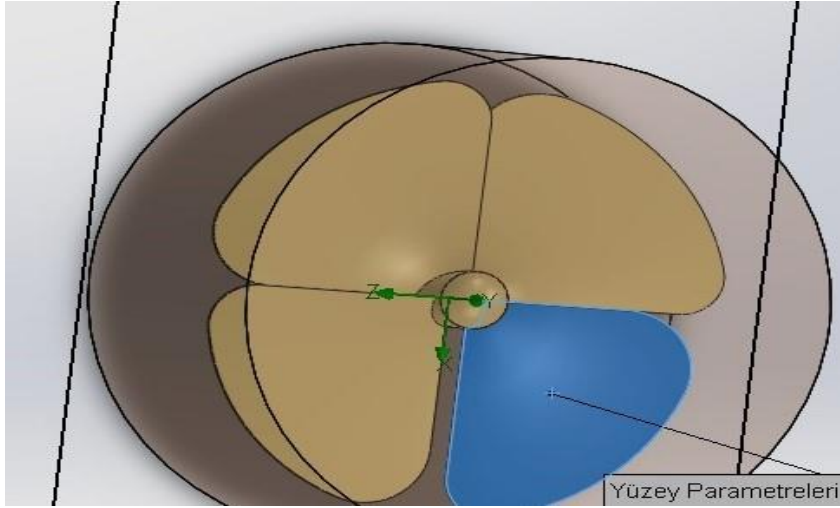
Şekil 5.11. Kanat açısı 75 ° pervanenin hacim parametresinin gösterilişi

Şekil 5.11. kanat açısı 75° tasarlanan bir pervanenin hacim parametrisi gösterilmiştir.

Tablo 5.3. Kanat açısı 75 ° pervanenin hacim parametre sonuçları

Hacim Parametreleri	
Basınç Toplu Ortalama	101283.52Pa
Yoğunluk (Akışkan) Toplu Ortalama	997.56 kg/m ³
Hız Toplu Ortalama	0.704m/sn.
Hız (X) Toplu Ortalama	-5.686e-04 m/sn.
Hız (Y) Toplu Ortalama	0.571 m/sn.
Hız (Z) Toplu Ortalama	1.694e-04 m/sn.
Sıcaklık (Akışkan) Tolu Ortalama	293.20 K
Hız RRF Toplu Ortalama	6.276 m/sn.
Hız RRF (X) Toplu Ortalama	-2.709e-04 m/sn.
Hız RRF (Y) Toplu Ortalama	0.571 m/sn.
Hacim (Akışkan)	0.007881 m ³

Tablo 5.3’de kanat açısı 75 ° tasarlanan bir pervanenin hacim parametre sonuçları gösterilmiştir.



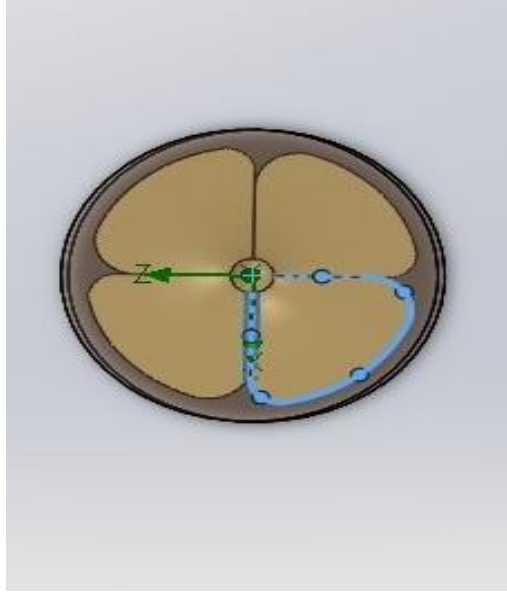
Şekil 5.12. Kanat açısı 75 ° pervanesinin yüzey parametresinin gösterilişi

Şekil 5.12. de kanat açısı 75 ° tasarlanan pervanesinin yüzey parametresi gösterilmiştir. Yüzey parametre sonuçları, referans alınan bir kanat yüzeyi üzerinde ki değerlerin sonuçlarıdır.

Tablo 5.4. Kanat açısı 75 ° pervanesinin yüzey parametre sonuçları

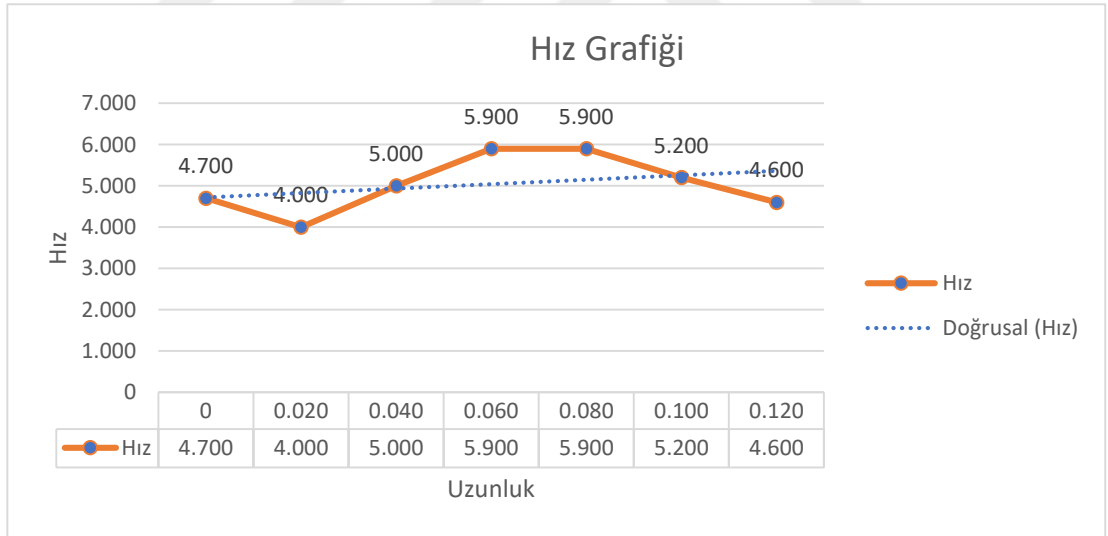
Yüzey Parametreleri	
Isı Geçiş Hızı	0 W
Normal Kuvvet	0.963 N
Sürtünme Kuvveti	0.216 N
Kuvvet	0.968 N
Tork	0.101 Nm
Yüzey Alanı	0.0100 m ²
Normal Kuvvet Torku	0.099 Nm
Sürtünme Kuvveti Torku	0.022 Nm
Isı Geçiş Hızı (Taşınım)	0 W
Düzgünlük Katsayısı	0.7525442
Alan (Akışkan)	0.0100 m ²

Tablo 5.4. te kanat açısı 75 ° tasarlanan bir pervanesinin yüzey parametre sonuçları verilmiştir.



Şekil 5.13. Kanat açısı 75° pervanesinin kanat kenarları üzerinde meydana gelen hız çizgilerinin gösterilişi

Şekil 5.13. te kanat açısı 75° tasarlanan bir pervanesinin kanat kenarları üzerinde meydana gelen hız çizgileri gösterilmiştir.



Şekil 5.14. Kanat açısı 75° pervanesinin kanat kenarları üzerinde meydana gelen hız grafiği

Şekil 5.14'de kanat açısı 75° tasarlanan bir pervanesinin kanat kenarları üzerinde meydana gelen hız grafiği gösterilmiştir. Bu grafiğe göre kanat kenarlarında değişen hızlar gözlemlenmiştir.



6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada gemi pervaneleri anlatılmış, gemi pervane kanat açılarının alınan yola etkisi incelenmiş ve bu farklı kanat açılarına bağlı olarak pervane kanadı üzerinde karşılaştırmalı olarak analizleri yapılmıştır. Gemi pervanelerinin kanat açılarının aldığı yola etkisinin incelenmesi konusunda değişik kanat açılarına dair pervaneler çizilmiş ve alınan bilgiler doğrultusunda formüllere dayanarak hesaplamalar yapılmıştır. Bu hesaplamalardan çıkan sonuç ise bir gemi pervanesinin kanat açısı arttıkça, pervanenin alacağı yol (bir tam tur dönüşte gideceği mesafe) arttığı gözlenmiştir. Bu veriler doğrultusunda pervane kanat açısı üzerinde ki değerin geminin ilerleyeceği mesafeyi ne kadar etkileyeceğinin öneminin de tespiti kanıtlanarak yapılmıştır.

Yapılan kanat açısı değişiklikleri sonucu yapılan analiz değerleri aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

- Kanat açısı değiştiği halde pervaneler üzerinde oluşan basınçta çok büyük değişiklik gözlenmemiştir.
- Kanat açısı değiştiği halde pervaneler üzerinde akışkan hızında çok büyük değişiklik gözlemlenmemiştir.
- Kanat açısı değiştiği için hacim parametrelerinde bazı değişiklikler gözlenmiştir.
- Kanat açısı değiştiği halde pervane kanat üzerinde yüzey parametre değerlerinde çok büyük değişiklikler gözlemlenmemiştir.
- Kanat açıları değiştiği için pervane kanat kenarlarında hız değerlerinde değişiklikler gözlemlenmiştir.

Tüm bu yapılan analizler doğrultusunda kanat kenarlarında ve kanat çevre hacim değerleri üzerinde değişiklik gözlenmiştir. Bu değerler gemi pervanesi ömrü için önemli olduğu için, imalatçı tarafından tasarımı yapılan pervanelerin bu analizler sonucunda üretilmesi son derece öneme sahiptir.



KAYNAKLAR

- [1] Mesut Güner, vd., “Gemi Pervaneleri ve Sevk Sistemleri”, İTÜ Kütüphanesi, Sayı:1610, İstanbul, 1999.
- [2] Serkan Ekinci, “A Practical Approach for Design of Marine Propellers with Systematic Propeller Series”, Brodogradnja 62, no. 2, 2011. <https://hrcak.srce.hr/71507>
- [3] Pien, Pao C., "The Calculation of Marine Propellers Based on Lifting-Surface Theory." J Ship Res, 1961. doi: <https://doi.org/10.5957/jsr.1961.5.3.1>
- [4] Mishima, Shigenori, vd., "Application of a Numerical Optimization Technique to the Design of Cavitating Propellers in Nonuniform Flow." J Ship Res, 1997. doi: <https://doi.org/10.5957/jsr.1997.41.2.93>
- [5] Ching-yeh Hsin, vd., “Application Of The Adjoint Method To The Propeller Designs”, Journal of Hydrodynamics, 2010, doi: [https://doi.org/10.1016/S10016058\(09\)60243-2](https://doi.org/10.1016/S10016058(09)60243-2)
- [6] Michele Martelli vd., “Controllable Pitch Propeller Actuating Mechanism, Modelling And Simulation”, Proc IMechE Part M: J Engineering for the Maritime Environment, 228, 2013. doi : <https://doi.org/10.1177%2F1475090212468254>
- [7] Asgeir J. Sørensen vd., “Propulsion Control Strategies for Fixed Pitch Propellers at Low Advance Speed”, First International Symposium on Marine Propulsors, 2009. <https://www.marinepropulsors.com/proceedings/2009/>
- [8] Mohamed A. Kotb vd., “Static and Effectiveness Performance Characteristics of Open Fixed Pitch DP/DT Thrusters”, DP Conference, USA, 2009.
- [9] A. Dubois, vd., “Uncertainty Estimation Of A CFD-Methodology For The Performance Analysis Of A Collective And Cyclic Pitch Propeller”, Applied Ocean Research, 2019. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apor.2019.01.028>
- [10] Xu Ma, vd., “Comparative Analysis Of The Efficiency Of Manual Adjustable Pitch Propeller And Fixed Pitch Propeller Based On Dual-Scale Coupling”, International Conference on Advances in Optics and Computational Sciences, 2019. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1865/3/032029>
- [11] Serkan Ekinci, “Gemi Pervanelerinde Kaviteasyon Kaynaklı Gürültü ve Farklı İz Alanlarının Pervane Performansına Etkisinin İncelenmesi”, Dokuz Eylül Üniversitesi-Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi Cilt 19, Sayı 56, Mayıs, 2017. DOI: 10.21205/deufmd.2017195660
- [12] Fine, N. and Kinnas, S.A. 1993b.The Nonlinear Numerical Prediction of Unsteady Sheet Cavitation for Propellers of Extreme Geometry, Proceedings: Sixth International Conference on Numerical Ship Hydrodynamics, August, s. 531-544.
- [13] Bal, S.. 2010. Gemi Pervanelerinin Hidrodinamik Performansı, Tersane, Gemi İnşa Sektörü ve Yan Sanayisi Dergisi, Cilt.17, s. 32-36.
- [14] Fraser,A., J. 1986.State of the Art in Underwater Noise, Part 3:The Prediction and Minimisation of Propeller Induced Waterborne Noise, British Maritime

- Technology Limited, Hydromechanics Division, Computational Hydromechanics Dept., February
- [15] Brockett, T., and Brockett, T., 1994, "Practical Experience with Finite Element Analysis of Propeller Blades", SNAME Propellers/ Shafting '94, Virginia Beach, VA, USA.
- [16] Carlton, J. S. Second Edition(2007), Marine Propellers and Propulsion, USA.
- [17] Güner, M. ve Ekinçi, S., (2000), "Pervane Kanat Geometrisinin Yapısal Optimizasyonu", 40- 41
- [18] Güner, M. ve Kükner, A ve Baykal, M. A. (1999), Gemi Pervaneleri ve Sevk Sistemleri, İstanbul.
- [19] (2013), Gemi Yapımı ve Gemi Pervane Donanımı
- [20] Guner, M., and Atlar, M., 1999, "A rational approach to the design of Propeller/Stator Combination", International Shipbuilding Progress, Vol. 46, No. 447.
- [21] Kawakita, C., and Hoshino, T., 1998, "Design System of Marine Propellers with New Blade Sections", 22nd Symposium on Naval Hydrodynamics, Washington, DC, USA.
- [22] Yi Hou. Theoretical Design and performance Prediction Method Study of marine propeller[D]. Wu han. Huazhong University of Science Technology, 2014.
- [23] Özden, M. C. Gürkan, A. Y., Özden, Y., A., Canyurt, T. G. and Korkut, E. 2014. Underwater Radiated Noise Prediction for a Submarine Propeller in Different Flow Conditions, A. Yücel Odabaşı Colloquium Series 1st International Meeting - Propeller Noise & Vibration 6th – 7th November İstanbul, Türkiye.
- [24] Aktaş, B., Türkmen, S.,Korkut, E., Fitzsimmons, P. and Atlar, M. 2014.Systematic Cavitation Tunnel Tests of a Propeller in Uniform and Inclined Flow Conditions as Part of a Round Robin Test Campaign, A. Yücel Odabaşı Colloquium Series 1st International Meeting - Propeller Noise & Vibration 6th – 7th November İstanbul, Türkiye.
- [25] Fine, N. and Kinnas, S.A. 1993b.The Nonlinear Numerical Prediction of Unsteady Propellers of Extreme Geometry, Proceedings:
- [26] Wittekind, D. ve Schuster, M. 2014. Propeller Cavitation Noise and Background Noise in the Sea, A. Yücel Odabaşı Colloquium Series 1st International Meeting - Propeller Noise & Vibration 6th – 7th November İstanbul, Türkiye.
- [27] Sabuncu , T. , 1983 " Gemi Sevki " İTÜ, İstanbul
- [28] Baykal, M.A. ve Güner, M. , 1996. "Gemi Sevki " , D.H.O. , İstanbul
- [29] Güner, M., Kükner, A ve Baykal, M.A., (1999), "Gemi Pervaneleri ve Sevk Sistemleri", İTÜ, İstanbul
- [30] Szantyr, J.A ve Glover E.J., (1990), "UPCA91-The Lifting Surface Program for Unsteady Propeller Cavitation Analysis. Instructions for the User", Emerson Cavitation Tunnel Report, Department of Marine Technology University of Newcastle Upon Tyne, U.K.

- [31] Çelik, Fahri. "Gemi pervanelerinin dizaynı için rasyonel bir yaklaşım." (1997).
- [32] Marsh, G. (2004). A new start for marine propellers?. *Reinforced Plastics*, 48(11), 34-38.
- [33] Zondervan, G. J., Grasso, N., & Lafeber, W. (2017, June). Hydrodynamic design and model testing techniques for composite ship propellers. In Proceedings of the Fifth International Symposium on Marine Propulsors. Espoo, Finland:[sn].
- [34] Duplex, P. (2015). Novel application of large area propeller to optimize Energy Efficiency Design Index (EEDI) of ships.
- [35] Sezen, S. (2016). Gemi Pervanesinin Hidro-akustik Performansının Sayısal Olarak İncelenmesi (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- [36] Lee, Y.-J. ve Lin, C.-C. (2004), "Optimized Design of Composite Propeller", *Mechanics of Advanced Materials and Structures*
- [37] Li, D.-Q., 1993, "A Linear Method for the Calculation o f Propeller-Rudder Interaction",Chalmers University o f Technology
- [38] Li, D.-Q., 1993, "Study on the Propeller- Rudder Interaction Based on a Linear Method",Chalmers University o f Technology
- [39] Lin, J. C. Ve J. J. (2005), "Strength Evaluation o f a Composite Marine Propeller Blade",*Journal o f Reinforced Plastics and Composites*, 17: 1791-1807.
- [40] Lin, G.F., 1991, "Three Dimensional Analysis o f a Fiber Reinforced Composite Thruster Blade", *SNAME Propellers/Shafting*
- [41] Lin, H.-J., and Lin, J.-J., 1996, "Nonlinear Hydroelastic behavior o f Propellers Using a Finite Element Method and Lifting surface Theory", *Journal of Marine Science and Technology*, Vol. 1, p ..114-124. Shirose, Y. J (2002), "Final Report and Recommendations to the 23rd ITTC", The Propulsion Committee, Hamburg
- [42] Lee, Y.-J. ve Lin, C.-C. (2004), "Optimized Design of Composite Propeller", *Mechanics of Advanced Materials and Structures*
- [43] Özcan, C. (2008). Kompozit bir gemi pervanesi kanadında oluşan gerilme analizi.
- [44] Degu, Y. M., & Sridhar, K. (2014). Marine propeller manufacturing—a new approach. *American journal of engineering research*, 3(5), 207-211.
- [45] Webb, A. W. O., Eames, C. F. W., & Tuffrey, A. (1975, July). Factors affecting design stresses in marine propellers. In *SNAME Propellers' 75 Symposium*. OnePetro.
- [46] Langham, J. M., & Webb, A. W. O. (1962). THE NEW HIGH STRENGTH COPPER-MANGANESE-ALUMINIUM ALLOY--THEIR DEVELOPMENT, PROPERTIES AND APPLICATIONS. *BR FOUNDRYMAN*, 55, 246-262.
- [47] Wenschot, P. (1986). The Properties of Ni-Al bronze sand cast ship propellers in relation to section thickness. *Naval Engineers Journal*, 98(5), 58-69.
- [48] Khose, A. (2020). Design Parameters and Manufacturing Methods of Marine Propellers for Increased Efficiency in Ship Propulsion, 56-61
- [49] Inalman, N. Menderes (2002) ‘ Gemi Sevk Sistemleri ‘
- [50] 2016, ‘ Pervane ve Şaft ‘
- [51] Techet, A. H. (2005). Marine propellers. *2.016 Hydrodynamics*, 3, 2-3



ÖZGEÇMİŞ

İlk ve orta öğrenimini Giresun’da tamamladı. 2011 yılında girdiği Bayburt Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünden 2016 yılında mezun oldu. Aynı yıl özel bir tersanede mühendis olarak çalışmaya başladı. 2021 yılından itibaren Yalova Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı’nda yüksek lisans eğitimini sürdürmektedir.

TEZDEN TÜRETİLEN YAYIN VE ESERLER

S. Müftüoğlu, İ. Sevim ‘ Gemi Pervaneleri ve Pervane Kanat Açılarının Alınan Yola Etkisinin İncelenmesi’ IV. International Istanbul Current Scientific Research Congress May 1-2, 2023 / Istanbul, Türkiye

