

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİOMİMETİK FAN TASARIMI

Makine Mühendisi, Kıvanç Şevki AKKÖSE

FBE Makine Mühendisliği Anabilim Dalı Isı Proses Programında
Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Zeynep Düriye BİLGE (Yıldız Teknik Üniversitesi)

İSTANBUL, 2010

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER.....	ii
SİMGE LİSTESİ	iv
YUNAN HARFLERİ	iv
KISALTMA LİSTESİ	v
ŞEKİL LİSTESİ	vi
ÇİZELGE LİSTESİ	ix
ÖNSÖZ.....	x
ÖZET	xi
ABSTRACT	xii
1 GİRİŞ.....	1
2 FANLAR HAKKINDA TEMEL BİLGİLER	3
2.1 Radyal Fanlar.....	3
2.1.1 Öne Eğik Kanatlı Radyal Fan	4
2.1.2 Radyal Kanatlı Radyal Fan.....	6
2.1.3 Geriye Eğik Kanatlı Radyal Fan.....	7
2.2 Eksenel Fanlar	9
2.3 Karışık Akışlı Fan.....	12
2.4 Çapraz Akışlı Fan	13
2.5 Fan Tiplerinin Performans Kıyaslaması	13
2.6 Fan Tiplerinin Performansı ve Verimi.....	14
3 BİYOMİMİKRİ.....	17
3.1 Literatür Araştırması.....	23
3.1.1 Deniz Memelilerinde Hidrodinamik Akış Kontrolü.....	23
3.1.2 Bufalo Toynağından Esinlenilerek Elde Edilen Biyonomik Kanatın İncelenmesi	26
3.1.3 Akçaağacın Hareketi.....	28
3.1.4 Deniz Yosununun Spiral Hareketi.....	29
3.1.5 Patent Araştırmaları	31
4 DENEY DÜZENEGİ	35
4.1 Rüzgar Tüneli	36
4.2 Booster.....	38
4.3 Simovort (Siemens Motor Inverter).....	38
4.4 Mikromanometre	39
4.5 Güç Kaynağı.....	39

4.6	Moment Ölçer.....	40
4.7	Particle Image Velocimetry (PIV) Sistemi.....	40
4.7.1	Partikül Seçimi Ve Partikül Üretimi.....	42
4.7.2	İzlenebilir Partiküllerin Sisteme Katılması.....	42
4.7.3	Akış Alanının Aydınlatılması.....	42
4.7.4	Akış Alanının Görüntülerinin Çekilmesi.....	42
4.7.5	Akış Benzerliği.....	43
5	DENEYSEL ÇALIŞMALAR	44
5.1	Rüzgar Tüneli Deneyleri	49
5.2	PIV Ölçüm Deneyleri	55
5.3	Fan Ses Basıncı Ölçümü Deneyleri	61
6	SONUÇLAR.....	62
	KAYNAKLAR.....	66
	ÖZGEÇMİŞ.....	68

SİMGE LİSTESİ

Q	Debi (m^3)
ΔP_T	Toplam Basınç (Pa)
ΔP_S	Statik Basınç (Pa)
ΔP_D	Dinamik Basınç (Pa)
P_{MIL}	Mil Gücü (W)
P_{MOTOR}	Motor Gücü (W)
P_H	Hidrolik Güç (W)
C_L	Kaldırma Katsayısı
C_D	Direnç Katsayısı
L	Kaldırma Kuvveti (N)

YUNAN HARFLERİ

η	Kanat Verimi
η_{Motor}	Motor Verimi
α	Atak Açısı ($^\circ$)
Ψ	Enerji Transfer Katsayısı
Φ	Debi Katsayısı

KISALTMA LİSTESİ

DC	Düz Akım
AC	Alternatif Akım
CFD	Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği
PIV	Parçacık Takibi Hız Ölçer
BEP	En İyi Verim Noktası
SLS	Selektif Lazer Sinterleme
V_R	Hava Hızı
V_2	Çevre Hızı
FC	İleri Eğik Kanat
BC	Geri Eğik Kanat
RT	Radyal Kanat

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 - Fan Tipleri.....	3
Şekil 2.2 - Öne eğik kanatlı radyal fan	4
Şekil 2.3– Öne eğik kanatlı radyal fan	5
Şekil 2.4 – Öne eğik kanatlı radyal fan eğrisi	5
Şekil 2.5 – Radyal tipi kanatlı radyal fan	6
Şekil 2.6 – Radyal tipi kanatlı fan eğrisi	6
Şekil 2.7 – Geriye eğik kanatlı radyal fan	7
Şekil 2.8 – Düz kanat yapısına sahip geriye dönük radyal fan.....	7
Şekil 2.9 – Airfoil kanat yapısına sahip geriye dönük radyal fan.....	8
Şekil 2.10 – Geriye dönük kanatlı radyal fanın eğrisi.	8
Şekil 2.11 – İleriye eğik, geriye eğik ve radyal uçlu kanat tiplerinin aynı devir sayılarında performans eğrileri	9
Şekil 2.12 – Pervane(propeller) tipi eksenel fan.....	10
Şekil 2.13 – Propeller fan eğrisi	10
Şekil 2.14 – Tubeaxial fan.....	11
Şekil 2.15 – Tubeaxial fanın eğrisi.....	11
Şekil 2.16 – Vaneaxial fan eğrisi.....	11
Şekil 2.17 – Karışık akışlı fanın şematik gösterimi.....	12
Şekil 2.18 – Karışık akışlı fanın şematik gösterimi.....	12
Şekil 2.19 – Çapraz akışlı fanın şematik gösterimi	13
Şekil 2.20 – Çapraz akışlı fan.....	13
Şekil 2.21 – Fan tiplerinin performans kıyaslaması	14
Şekil 3.1 – Shinkansen treninin burun yapısı	18
Şekil 3.2 – Köpekbalığı derisini örten diş yapısı.....	19
Şekil 3.3 – Köpek balığı derisi ve yüzücü mayosu.....	20
Şekil 3.4 – Geko kertenkelesinin ayak yapısının gösterimi	21
Şekil 3.5 – Doğadan taklit edilen gösterimler	21
Şekil 3.6– Doğadan esinlenerek taklit edilen aletler	22
Şekil 3.7 – Zimbabve’deki Eastgate Binası.....	23
Şekil 3.8– Balinanın girinti çıkıntıya sahip yüzgeci.....	24
Şekil 3.9 – Prototip iki farklı balina yüzgeçi	24
Şekil 3.10 – İki farklı kanadın kıyaslanması	25
Şekil 3.11 – Biyonik kanat şematik gösterimi.....	26

Şekil 3.12 – Test edilecek kanatların üç boyutlu gösterimi.....	27
Şekil 3.13 – Akçaagaç	28
Şekil 3.14 – Sprial akış yapısı sağlayan deniz yosunları	29
Şekil 3.15 – Spiral akış yapısı sağlayan evaporatör fan tasarımı	30
Şekil 3.16 – Su tanklarında kullanılan su mikseri tasarımı	30
Şekil 3.17 – Su mikserinin tasarımının esinlenildiği zambak geometrisi	31
Şekil 3.18 – Rüzgar türbin kanat tasarımı	32
Şekil 3.19 – Farklı kanat yapısına sahip fan kanat tasarımı	33
Şekil 3.20 – Ziehl-Abeg firmasına ait olan ‘S’ kanat formuna sahip fan tasarımı	33
Şekil 3.21 – Altın oran kuralına göre tasarlanan fan kanat tasarımı.....	34
Şekil 3.22 – Test bilgilerinin gösterimi	34
Şekil 4.1 – Eksenel rüzgar tüneli deney düzeneğinin şematik gösterimi	35
Şekil 4.2 – Eksenel rüzgar tüneli deney düzeneği	36
Şekil 4.3 – Tünelin ikinci bölümündeki farklı çaptaki lüleler	37
Şekil 4.4 – AMCA 210-85 standardına göre eksenel rüzgar tünelinin şeması.....	37
Şekil 4.5 – Booster	38
Şekil 4.6 – Simovert	38
Şekil 4.7 – Mikromanometre	39
Şekil 4.8 – Güç Kaynağı.....	39
Şekil 4.9 – Moment Ölçer.....	40
Şekil 4.10 - Şematik PIV ölçüm düzeneği.....	41
Şekil 5.1 – Fanpal programının kullanılışı	44
Şekil 5.2 – Baykuş kanat tasarımı CAD çizimi	45
Şekil 5.3 – Baykuşların sahip olduğu kanat formu.....	46
Şekil 5.4 – Baykuş kanat formu.....	46
Şekil 5.5 – Mevcut ürünlerde kullanılan fanın CAD çizimi.....	47
Şekil 5.6 – Deneylerde kullanılacak baykuş fan prototipi.....	48
Şekil 5.7 – Deneylerde kullanılacak mevcut fan prototipi	48
Şekil 5.8 – Fan Karakteristik Eğrisi Ölçülürken.....	49
Şekil 5.9 – 1500 rpm sabit devirde D=110mm olan fanların karakteristik eğrileri.....	51
Şekil 5.10 – 1750 rpm sabit devirde D=110mm olan fanların karakteristik eğrileri.....	52
Şekil 5.11 – 2000 rpm sabit devirde D=110mm olan fanların karakteristik eğrileri.....	53
Şekil 5.12 – Tasarlanan yeni housingler ve orijinal housing CAD resimleri	54
Şekil 5.13 – Farklı housingler ile gerçekleştirilen rüzgar tüneli deney sonuçları	54

Şekil 5.14 – PIV ölçümünün yapılışı.....	55
Şekil 5.15 - PIV ölçümünün yapılışı	56
Şekil 5.16 – 1500 rpm’de mevcut fanın akış çizgilerinin PIV ile görüntülenmesi	57
Şekil 5.17 - 1500 rpm’de yeni tasarlanan fanın akış çizgilerinin PIV ile görüntülenmesi.....	57
Şekil 5.18 - 1750 rpm’de mevcut fanın akış çizgilerinin PIV ile görüntülenmesi	59
Şekil 5.19 - 1750 rpm’de yeni tasarlanan fanın akış çizgilerinin PIV ile görüntülenmesi.....	60
Şekil 5.20 – Fan ses ölçümü esnasında kurulan deney düzeneği	61
Şekil 6.1 – 1500 rpm’de çalıştırılan fanların karakteristik eğrileri.....	63
Şekil 6.2 – Farklı housing tasarımlarının karakteristik eğri üzerine etkileri	64
Şekil 6.3 – 1500 rpm’de yeni tasarlanan fanın akış çizgilerinin PIV ile görüntülenmesi	65

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 3.1 - Tezde incelenen patentlerin genel bilgileri	31
---	----

ÖNSÖZ

Bu yüksek lisans tez çalışmasını yöneten, olumlu eleştiri ve önerileri ile katkıda bulunan değerli hocalarım Sn. Prof. Dr. Zeynep Düriye BİLGE ve Sn. Prof. Dr. Hasan HEPERKAN'a teşekkür ederim.

Yüksek lisans tez çalışmam için tüm imkan ve olanaklarını sunarak bana destek olan Arçelik A.Ş. Araştırma ve Geliştirme Merkezi'ne, AR-GE Direktörü Sn. Cemil İNAN ve Ar-Ge Yöneticisi Sn. Fatih ÖZKADI'ya teşekkür ederim.

Deneysel çalışmalar için her türlü donanımın sağlanmasında yardımcı olan Akışkanlar Dinamiği Teknoloji Ailesi lideri Sn. Levent AKDAĞ'a, deney düzeneği kurmamda ve tez çalışmamın planlı ve başarılı bir şekilde ilerlemesi için bana her zaman destek olan, değerli düşüncelerini ve önerilerini paylaşan Dr. Kemal SARIOĞLU'na bilgi ve tecrübelerini her zaman paylaşan ve tez çalışmama yüksek derecede katkısı bulunan Mak. Müh. Vasi Kadir ERTİŞ'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Deney düzeneğinin kurulmasında, deneysel çalışmalar ve analizler süresince vermiş olduğu teknik destekten ötürü Sn. Nihat KANDEMİR ve Çetin LALE'ye, ses ölçümlerinin yapılması konusunda yardım ve desteklerinden dolayı Titreşim Akustik Ailesi lideri Sn. Metin GÜL'e ve Bülent CANANOĞLU'na olmak üzere tüm Arçelik A.Ş. Ar-Ge Akışkanlar Dinamiği Ailesi ve Titreşim Akustik ailesi teknisyenlerine teşekkür ederim.

Tez çalışmalarım sırasında sıkıntılı zamanlarımda bana her konuda destek olan başta Tolga APAYDIN, Yusuf KOÇ, Yavuzcan ÖZKAPTAN, Ercan GÜMÜŞ, Hüda SÖNMEZ, Mehmet KALP, Barış PAKDİL ve tüm Ar-Ge yüksek lisans öğrencisi arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Bugünlere gelmemde benden maddi ve manevi her türlü desteği hiçbir zaman esirgemeyen çok kıymetli AİLEME en derin duygularıyla teşekkür ederim.

ÖZET

Fan, en basit tanımıyla bir basınç farkı oluşturarak havanın bir yerden başka yere akışını sağlayan cihazdır. Günümüzde farklı ebatlarda, farklı tipteki fanlar (eksenel, radyal v.b) soğutucular, bilgisayarlar, yıkayıcılar, kurutucular ve klimalar gibi çeşitli sistemlerde hava sirkülasyonunu sağlamak amacıyla kullanılmaktadır.

Yüzyıllar boyunca insanların daha verimli fan elde etmek için uğraş verdiği görülmektedir. Fan tasarımı esnasında farklı tasarım kriterlerine göre tasarımlar yapılır. Bu tasarım kriterleri fanın karşılamak istediği direnç ve debiye bağlı olarak çalışacağı devir bilgisine de bağlıdır. Bu parametrelere göre fan tasarımı yapılmaya çalışılır. Fan tasarımları yapıldıktan sonra fanların karakteristik performansları, verimleri ve çalışma noktalarındaki gürültü seviyeleri önem kazanmaktadır. Günümüzde artık fanlar tasarlanırken fanın bu bahsedilen özellikleri iyileştirilmeye çalışılarak yeni ve özel tasarımlar yapılmaktadır. Günümüzde mühendisler daha verimli, daha efektif ürünler yapabilmek adına doğada bulunan canlıların aerodinamik özelliklerini, vücut yapılarını ve hareketlerini inceleyerek doğayı taklit etme yoluna giden yeni bir bilim dalı olan biyomimikri veya biyomimetri olarak bilinen bilim dalına yönelerek doğada bulunan bu özellikleri mühendislik uygulamalarına adapte etmeye çalışmaktadırlar.

Bu yüksek lisans tez çalışmasında da yeni fan tasarımı adı altında yapılan farklı kanat yapısına sahip fan tasarımı için doğada bulunan uygulamalardan yararlanılarak yeni bir tasarım yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler : Fan, Fan Verimi, Biyomimikri

ABSTRACT

Fans, creating the most simple definition, a pressure difference to the flow of air from one place to another place is the device. Today, in different sizes, different types of fans (axial, radial, etc.), refrigerators, computers, washers, dryers and air conditioners in a variety of systems are used to provide air circulation.

For centuries people to achieve more efficient fans that are struggling. During the design of fan designs are made according to different design criteria. Want to meet the design criteria of the fan and the resistance to flow depending on the work depends on knowledge transfer. According to these parameters will be trying to make fan design. After the performance characteristics of fans and fan design, efficiency and noise levels are important in the operating point. Today, fans of the fan while designing the improvement works mentioned features are the new and exclusive designs. Today, engineers are more efficient, more effective products able to do on behalf of nature creatures aerodynamic characteristics, body structure and movements by examining the nature, mimicking the way to a new branch of science, the Biomimicry is known as the science toward the nature in which these properties in engineering applications to adapt have been working

In this thesis work under the name of the new fan design, fan design for the different wings of the structure found in nature, utilizing a new design of the applications were made.

Keywords : Fan, Fan Efficiency , Biomimicry

1 GİRİŞ

Fan, en basit tanımıyla bir basınç farkı oluşturarak havanın bir yerden başka yere akışını sağlayan cihazlardır. Günümüzde farklı ebatlarda, farklı tipteki fanlar (eksenel, radyal v.b) soğutucular, bilgisayarlar, yıkayıcılar, kurutucular ve klimalar gibi çeşitli sistemlerde hava sirkülasyonunu sağlamak amacıyla kullanılmaktadır.

Yüzyıllardır insanoğlu bulunduğu ortam havasını şartlandırmak adına hava sirkülasyonunu sağlamak için fana benzer aletler kullanmıştır. Doğal olarak, ilk hava sirkülasyonunu sağlamak amacıyla yapıldığı düşünülen fanlar şu anda kullanılan fanlara göre daha yüksek çaplara sahip ve çalışma devirleri daha düşük mertebelerde çalışabilen fanlardır. Bunun sonucu olarak kullanılan fanlar daha düşük debi ve daha düşük basınç kayıpları meydana getirmektedirler. Zamanla insanoğlu daha verimli ve iyi bir fan tasarımı gerçekleştirmek adına kullanılan fanların malzemesini, göbek çapını, kanat tiplerini değiştirerek verimleri daha yüksek olan fan tasarımları ortaya koymaya çalışmıştır. Dünya üzerinde ilk olarak mekanik havalandırmaya örnek olacak fan tasarımı 1556 yılında Almanya’da maden ocaklarının havalandırmasında kullanıldığı sanılmaktadır. Bu hava sirkülasyonunu sağlayan cihaz 3.7 m çapına sahip tahta malzemeden yapılmış ve 30 kPa’lık bir basınç meydana getirmektedir. Daha sonra İngiltere’de kanatları demir olan ilk fan üretilerek fanın daha yüksek devirlerde döndürülmesi sağlanarak daha verimli ve daha iyi sonuç veren fanlar elde edilmiştir. Rateau isimli bir kişi daha yüksek basınçları karşılamak amacıyla farklı bir tasarım geliştirerek ilk eksenel kanatlı fan dizaynını gerçekleştirmiştir. [1]

Yüzyıllar boyunca insanların daha verimli fan elde etmek için uğraş verdiği görülmektedir. Fan tasarımı esnasında farklı tasarım kriterlerine göre tasarımlar yapılır. Bu tasarım kriterleri fanın karşılamak istediği direnç ve debiye bağlı olarak çalışacağı devir bilgisine de bağlıdır. Bu parametrelere göre fan tasarımı yapılmaya çalışılır. Fan tasarımları yapıldıktan sonra fanların karakteristik performansları, verimleri ve çalışma noktalarındaki gürültü seviyeleri önem kazanmaktadır. Günümüzde artık fanlar tasarlanırken fanın bu bahsedilen özellikleri iyileştirilmeye çalışılarak yeni ve özel tasarımlar yapılmaktadır. Günümüzde mühendisler daha verimli, daha efektif ürünler yapabilmek adına doğada bulunan canlıların aerodinamik özelliklerini, vücut yapılarını

ve hareketlerini inceleyerek doğayı taklit etme yoluna giden yeni bir bilim dalı olan biyomimikri veya biyomimetri olarak bilinen bilim dalına yönelmektedirler.

Bu yüksek lisans tez çalışmasında soğutucularda kullanılmak üzere biyomimetri kullanılarak farklı bir kanat yapısına sahip eksenel fan tasarlanmıştır. Fan tasarım parametreleri (fan hızı, fan debisi ve fan basıncı) dikkate alınarak tasarlanıp, ortaya koyulan yeni tasarımın CFD analizleri, PIV deneyleri, ses ölçümleri ve rüzgar tüneline yapılan deneyler sonucu elde edilen fan karakteristik eğrilerinin irdelenerek belli başlı sonuçlara varılmıştır.

Gerçekleştirilen bu tez çalışması altı ana bölümden oluşmaktadır. İlk bölümdeki giriş kısmında genel bir bilgilendirme yapılmıştır.

İkinci bölümde fan ve fan tasarımı hakkında bir bilgilendirme yapılmıştır.

Üçüncü bölümde, biyomimikri ana bilim dalı ve dünya üzerinde yapılan çalışmalar hakkında ve konuyla ilgili var olan literatür hakkında bilgi verilmiştir.

Dördüncü bölümde, tez çalışmasında kullanılan deney düzenekleri detaylı olarak açıklanmıştır.

Beşinci bölümde, gerçekleştirilen deney sonuçları paylaşılmıştır.

Altıncı bölümde gerçekleştirilen çalışmaların sonuçları değerlendirilmiştir.

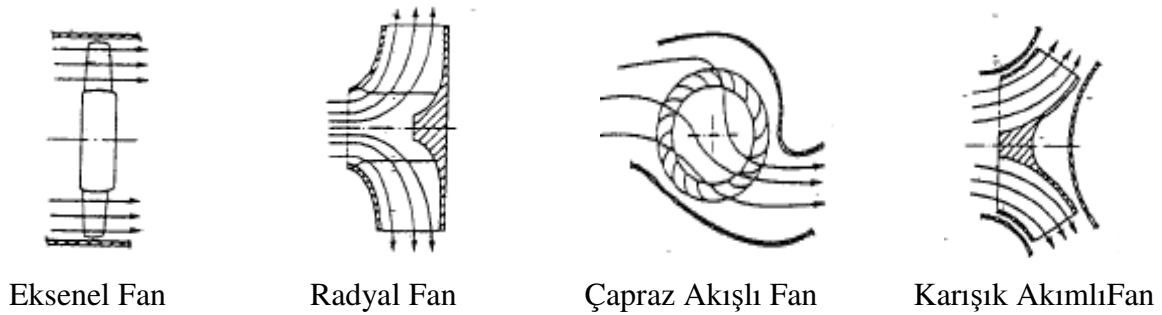
2 FANLAR HAKKINDA TEMEL BİLGİLER

Fan; bir basınç farkı oluşturarak havanın akışını sağlayan cihazdır. Fanın hareketli elemanı olan çarkı, hava üzerinde iş yapar ve ona statik ve kinetik enerji kazandırır. Havaya kazandırılan bu statik ve kinetik enerjilerin birbirine oranı, fanın türüne bağlıdır.[1]

Basit olarak fan, bir mil vasıtasıyla aktarılan mekanik enerjiyi hava hızına ve basıncına dönüştürür. Fanlarda kullanılan kanatların temel görevi,

- Eksenel veya radyal yönde akışın yönünü değiştirmek
- Statik basıncın artırılması için bağıl akışın difüzyonu
- Kanat çıkışında difüzör tarafından basınca dönüştürülecek kinetik enerji edilmesi
- olarak sıralanabilir.

Temel olarak iki tip fan vardır. Eksenel fanlar ve radyal fanlar olarak isimlendirilirler. Havanın akış doğrultusuna göre eksenel ve radyal fanın dışında çapraz akışlı fan ve karışık akışlı fan olarak dört tip olarak sınıflandırılmaktadırlar. [2]



Şekil 2.1 - Fan Tipleri

2.1 Radyal Fanlar

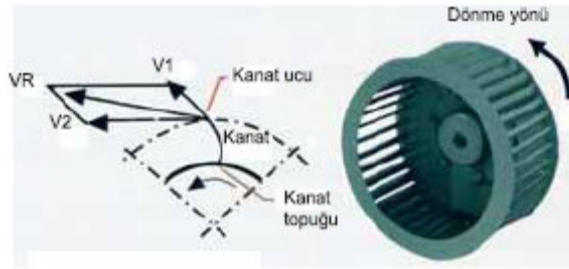
Radyal fanlar akışkana merkezkaç kuvveti uygulayarak akışkanın yönünü eksenelden radyal yöne çevirirler ve eksenel fana göre daha fazla basınç artımı sağlarlar.

Günümüzde öne eğik kanatlı, geriye eğik kanatlı ve radyal kanatlı olmak üzere üç tip radyal fan yaygın olarak kullanılmaktadır. Radyal fanlar daha yüksek basınç artımı oluşturarak yüksek verim elde edebilen fanlardır. Daha çok endüstriyel fan olarak sanayide de kullanılırlar.

Hava, radyal fan pervanesinin bir ya da her iki tarafından emilir ve fan miline dik bir açı ile basılır. Radyal fan çarkı genellikle salyangoz (scroll) veya fan gövdesi adı verilen bir muhafaza ile çevrelenmiştir. Çarktan basılan hava, salyangozun çıkış ağzından geçerek dışarıya atılır.

2.1.1 Öne Eğik Kanatlı Radyal Fan

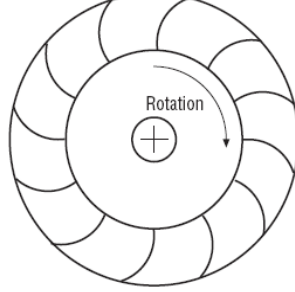
Öne eğik kanat tipli radyal fanlarda çarkı terk eden havanın hızı(VR), kanatların çevre hızından($V2$) daha büyüktür. Çevre hızı çarkın dönüş hızının bir fonksiyonudur. Bu pervane kanat tasarımı büyük VR 'ye yol açtığından çarkın dönüş hızı azaltılabilir ve buna rağmen diğer kanat tasarımları ile karşılaştırılabilecek bir hız üretebilir. Uçak kanadı tipi ve arkaya eğimli kanatlı fanlardan daha hızlı döndürülmesi zorunludur.



Şekil 2.2 - Öne eğik kanatlı radyal fan

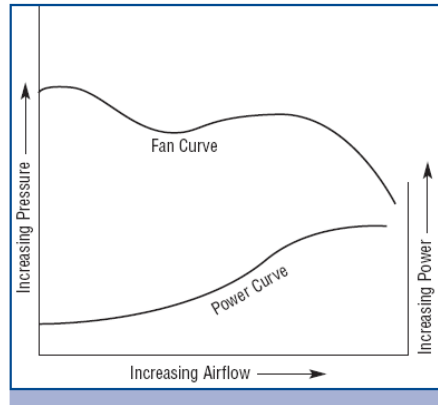
Öne eğik kanatlı fan daha düşük hıza sahip olduğu ve daha düşük statik basınçta kullanıldığı için diğerlerinden daha hafif bir tasarımdır ve dolayısıyla daha ucuzdur. Boyut olarak da diğer fan tiplerine göre daha küçük oldukları için genelde tercih edilirler.

Bu tip fanlar genellikle düşük basınçta yüksek hava debisi ihtiyacı gerektiren uygulamalarda tercih edilirler. Bu tip fanların verimleri de düşüktür (%55-%65).



Şekil 2.3– Öne eğik kanatlı radyal fan

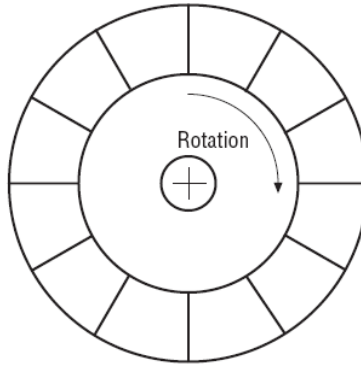
Öne eğik kanatlı radyal fanlar genellikle düşük hızlarda çalıştırılır ve ağır çalışma koşulları için uygun değildir. Temiz bir çevre ortamında kullanılmalıdır. Tozlu ya da kirli ortamda fanın çalıştırılması fan çarkında dengesizliklere neden olur. Performans eğrileri aşağıda gösterilen grafikteki gibidir.



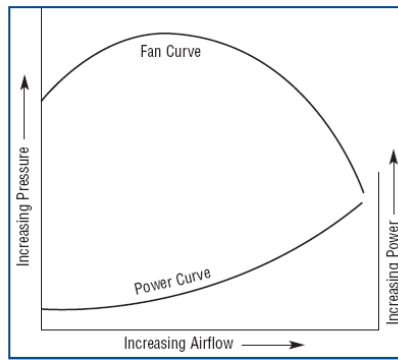
Şekil 2.4 – Öne eğik kanatlı radyal fan eğrisi

2.1.2 Radyal Kanatlı Radyal Fan

Radyal tipi kanatlı fanlar genellikle yüksek basınçta düşük hava debisi gerektiren uygulamalarda tercih edilirler. Bu kanat tipinde kanatlar korozyon direncini artırıcı koruyucularla kaplanırlar.



Şekil 2.5 – Radyal tipi kanatlı radyal fan

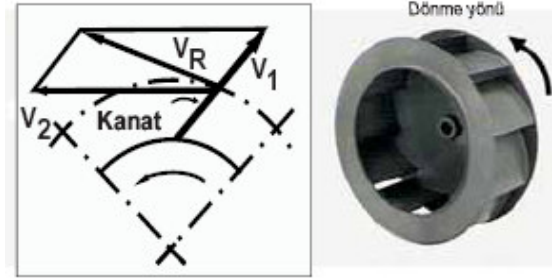


Şekil 2.6 – Radyal tipi kanatlı fan eğrisi

Radyal tip kanatlara sahip radyal fanların verimleri öne eğik fanlara göre daha iyidir ve bu tip fanların verimleri % 75'e kadar çıkabilmektedir.

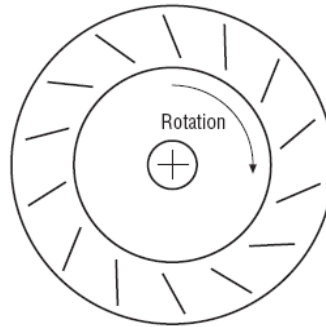
2.1.3 Geriye Eğik Kanatlı Radyal Fan

Geriye eğik kanatlı fanların üç farklı kanat şekli vardır. Bu şekiller; düz, eğimli ve uçak kanadı (airfoil) şekilleridir. Airfoil kanatlı fanda kanatların kesiti uçak kanatlarına benzediği için bu şekilde adlandırılır. Geriye eğik kanatlı fanlar ve airfoil kanatlı fanlar, radyal fanlar içinde en yüksek verimliliğe sahiptir. Airfoil kanatlı ve arkaya eğik kanatlı çarklarda, dönme yönünün tersine arkaya eğimli belirli sayıda kanat bulunur. Bu nedenle hava, çarkı kanat çevre hızından (V_2) daha düşük bir hız (V_R) ile terk eder. Bu fanlar en yüksek çark hızına sahiptir.

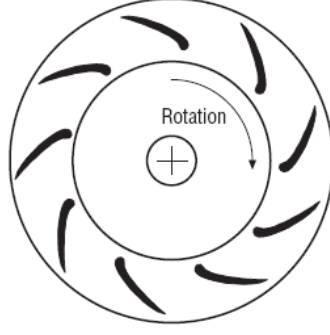


Şekil 2.7 – Geriye eğik kanatlı radyal fan

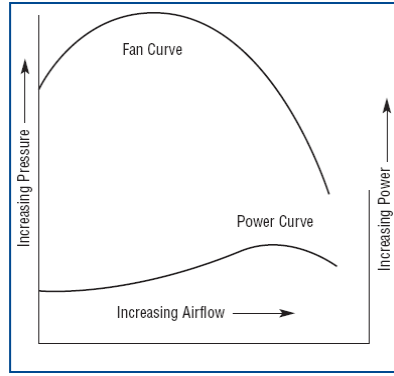
Düz şekilli kanat yapılarındakiler diğerlerine göre daha dirençlidir, airfoil kanadı şeklinde olanların verimleri diğerlerine göre daha iyidir.



Şekil 2.8 – Düz kanat yapısına sahip geriye dönük radyal fan



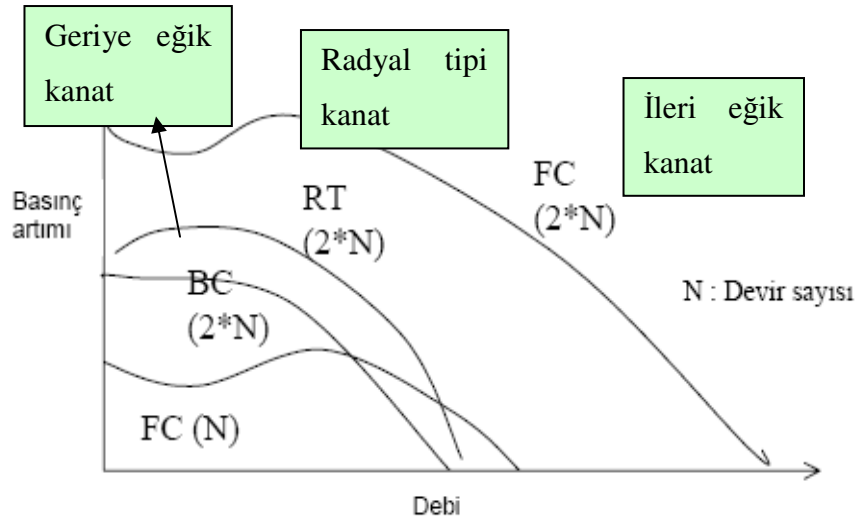
Şekil 2.9 – Airfoil kanat yapısına sahip geriye dönük radyal fan



Şekil 2.10 – Geriye dönük kanatlı radyal fanın eğrisi.

Geriye eğik fanlar genellikle yüksek basınç, düşük debi istenilen durumlarda kullanılması tercih edilen radyal fan tipidir.

Aşağıdaki grafikte, ileriye eğik, geriye eğik ve radyal kanat tiplerinin yaklaşık performans eğrileri verilmiştir. Aynı devir sayısı için verim değerleri düşük olmasına karşılık ileriye eğik kanatlı fanlar daha yüksek debi değerleri sağlamaktadırlar. Bu nedenle yeni tasarım radyal fanlarda debi değerinin yüksek olması arzu edilirse ileriye eğik kanatlı fan yapısı daha avantajlıdır.

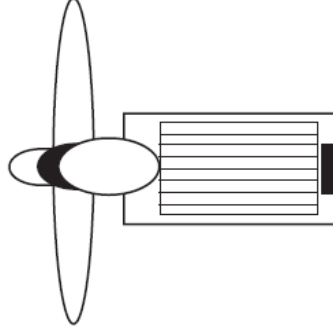


Şekil 2.11 – İleriye eğik, geriye eğik ve radyal uçlu kanat tiplerinin aynı devir sayılarında performans eğrileri

2.2 Eksenel Fanlar

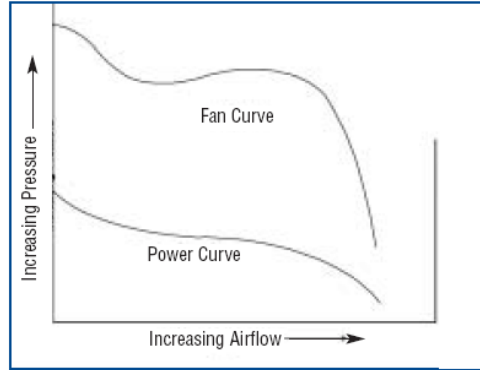
Eksenel fanlar yüksek debi ve düşük basma yüksekliğine sahiptirler ve tasarım sürecinde yüksek özgül hız bölgesini oluştururlar. Sistemdeki küçük direnç değişimleri radyal fana göre büyük debi kayıplarına sebep olur. Karakteristik eğrileri radyal fanlarınkinden oldukça farklıdır; basınç sıfır debideki en yüksek değerinden hızlı düşüş gösterir. Eksenel fanlar maliyetlerinin düşük olması ve hafif olmalarından dolayı tercih edilirler. Fanlar arasında kullanım alanları en geniş olan fan eksenel fanıdır. Bilgisayarlarda, arabalarda soğutma fanı, rüzgar tünellerinde ve havayı dağıtmak amacıyla tavan vantilatörü olarak kullanılarak kullanım alanı bakımından çeşitlilik gösterirler.

En genel eksenel fan tipi pervane(propeller) tipi eksenel fanıdır.



Şekil 2.12 – Pervane(propeller) tipi eksenel fan

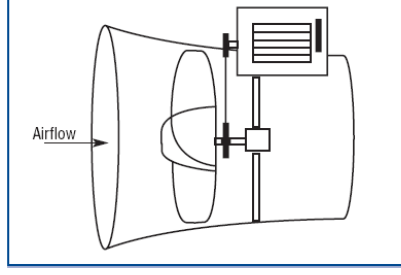
Bu tip fanlar düşük basınçta yüksek hava debisi sağlayan fanlardır. Bu tip eksenel fanlar basit bir yapıda oldukları için genellikle düşük verime sahip fanlardır dolayısıyla diğerlerine kıyasla biraz daha gürültülü çalışırlar ve diğer fan tiplerine göre daha ucuzdurlar.



Şekil 2.13 – Propeller fan eğrisi

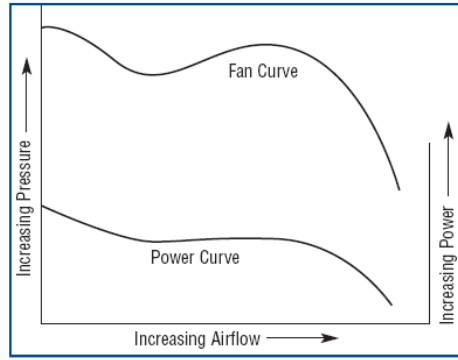
Hava debisi arttıkça güç gereksinimleri azalmaktadır, maksimum verime serbest pozisyonda ulaşabilmektedir.

Propeller tipi eksenel fandan daha bir kompleks yapıda olan bir başka eksenel fan tipi ise tubeaxial tipi eksenel fanıdır. Bu fan propeller tipi fanlara göre daha yüksek basınçta daha verimli çalışır. Bu fanlar genellikle HVAC uygulamalarında kullanılmaktadır.



Şekil 2.14 – Tubeaxial fan

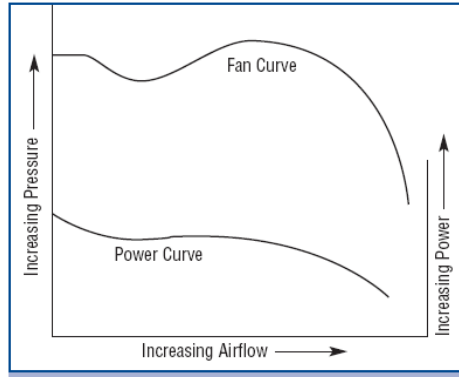
Tubeaxial fanın fan eğrileri propeller fana benzemektedir.



Şekil 2.15 – Tubeaxial fanın eğrisi

Tubeaxial fanın çıkışına hava akışını iyileştirmek için kanatçıklar koyularak kinetik enerjiyi basınca çeviren fan tipi ise vaneaxial fanlardır. Burada kullanılan kanatçıklar sayesinde hava daha üniform bir hal alabilmektedir.

Çalışma eğrileri aşağıda görüldüğü gibidir ve diğer eksenel fan tiplerine yakın bir fan eğrisi mevcuttur.



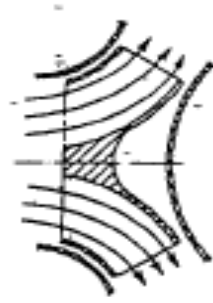
Şekil 2.16 – Vaneaxial fan eğrisi

Vaneaxial fanlar gelen havanın atak açısının değişimine göre eğimleri ayarlanabilen kanatlarla donatılmıştır. Bu sayede fandaki yükü değiştirebilirler ve daha verimli ve etkin bir şekilde akışı kontrol etmiş olurlar.

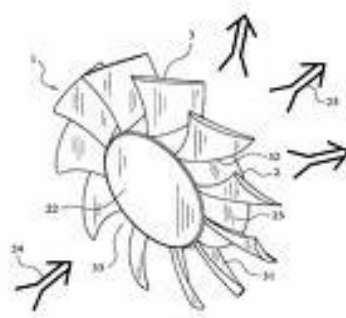
2.3 Karışık Akışlı Fan

Karışık akışlı fanlar, düşük ses seviyesi ve yüksek verimin önemli olduğu dönüş havası, besleme havası ya da genel havalandırma uygulamalarında kullanılır. Bu da sistemin daha verimli çalışmasını sağlar ve motor gücünü düşürür.

Karışık akış tasarımı diğer bir üstünlüğü de düşük ses seviyesidir. Karışık akışlı fanlar aynı miktardaki hava akışını sağlamak için daha düşük hızda çalışırlar. Düşük çark hızının sonucu olarak ses üretimi önemli ölçüde düşer.



Şekil 2.17 – Karışık akışlı fanın şematik gösterimi

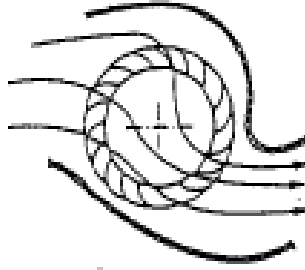


Şekil 2.18 – Karışık akışlı fanın şematik gösterimi

2.4 Çapraz Akışlı Fan

Çapraz akışlı fanlar enine akan fanlar olarak da bilinirler. Akış rotora bir noktadan girer ve kanatları geçtikten sonra girdiği noktadan farklı bir noktadan fanı terk eder. Bu fanlar yerin sınırlı olduğu durumlarda yerden kazanç sağlamak amacıyla kullanılan fanlardır.

Çapraz akışlı fanlar klimalarda, otomobillerde havalandırma uygulamalarında, fotokopi makinelerinde soğutma görevini yerine getirmek amacıyla kullanılırlar. Diğer radyal fanlara kıyasla çapraz akışlı fanlarda daha fazla ses oluşumu gözlenir.



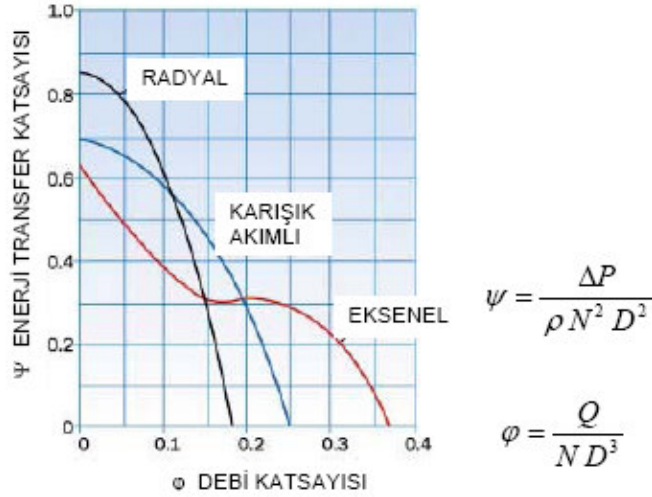
Şekil 2.19 – apraz akışlı fanın şematik gösterimi



Şekil 2.20 – apraz akışlı fan

2.5 Fan Tiplerinin Performans Kıyaslaması

Aşağıdaki şekilde radyal, eksenel ve karışık akımlı fanların yaklaşık performans eğrileri verilmektedir.



Şekil 2.21 – Fan tiplerinin performans kıyaslaması

Radyal fanlar akış yönünün eksenel yönden radyal yöne çevrilmesi ve santrifüj kuvvet nedeniyle eksenel fanlara nazaran daha fazla enerji artımı sağlarlar. Ani basınç değişimlerinde performans eğrisinin eğimi nedeniyle sağlanan debi değerlerinde önemli kayıplar olmaz.

Eksenel fanlar ise sadece akış yönünün helizoidal olarak yer değişimini sağladığından daha düşük basınç artımı sağlarlar. Küçük direnç değişimlerinde sağlanan debi değerinde önemli kayıplar olur. Bu nedenle düşük basınç artımı uygulamalarında tercih edilirler.

Karışık akımlı fanlarda fan çıkış kesiti belirli bir açıda olduğundan hem eksenel hem de radyal fanların avantajları birleşmiştir. Orta basınç artımı ve debi ihtiyaçlarında tercih edilir. [2]

2.6 Fan Tiplerinin Performansı ve Verimi

Fan verimliliği hava akışına uygulanan enerjinin motor tarafından verilen enerjiye oranıdır. [2]

Fan performans eğrisinin en önemli noktası fanın en verimli olduğu nokta olan maximum verim noktasıdır (Best Efficiency Point-BEP). Bir fanın BEP noktasına yakın bir noktada çalışması onun performansını arttırırken bir yandan da aşınımını azaltır; BEP noktasına

uzak bir noktada çalışması fandaki gürültünün ve yük mukavemetinin artmasına sebep olur.

Fanın dönüş hızının da fan performansı üzerine önemli bir etkisi vardır.

$$Q_2 = Q_1 \times \left(\frac{RPM_2}{RPM_1} \right)$$

$$\Delta P_2 = \Delta P_1 \times \left(\frac{RPM_2}{RPM_1} \right)^2$$

$$P_2 = P_1 \times \left(\frac{RPM_2}{RPM_1} \right)^3$$

Dönüş hızına etki eden faktörler arasında hava akış sıcaklığı, ortam gürültüsü ve fanın mekanik dayanımı da dikkate alınmalıdır.

Ortam sıcaklığının yüksek olduğu durumlarda birçok malzeme mekanik dayanımlarını kaybederler. Fanın dönüş hızı arttıkça dönen parçaların gerilimleri de artar. Bu nedenle, sıcaklığın yüksek olduğu durumlarda genellikle düşük çalışma hızına sahip fan tipleri tercih edilirler. Bu nedenle radyal tipi fanlar sıcaklığın yüksek olduğu durumlarda tercih edilirler.

Fan verimi, çoğunlukla sistem verimi ile karıştırılmakta ve yanlış anlamalara yol açmaktadır. Fan verimi için aşağıdaki tanımlamalar kullanılmaktadır.

$$\text{Fan Toplam Verimi} = \frac{\text{Hidrolik Güç}}{\text{Mil Gücü}}$$

Hidrolik Güç = Debi x Toplam Basınç

$$P_H = Q \times \Delta P_T$$

Toplam Basınç = Statik Basınç + Dinamik Basınç

$$\Delta P_T = \Delta P_S + \Delta P_D$$

Mil Gücü = Motor Gücü x Motor Verimi

$$P_{Mil} = P_{Motor} \times \eta_{Motor}$$

$$\text{Sistem Verimi} = \text{Mekanik Verim (Toplam Verim)} \times \text{Motor Verimi}$$

Çoğunlukla kullanılan fanlar verimsiz çalışma yüzünden daha büyük çaplı ve gerekenden daha fazla mil gücü kullanmaktadır.

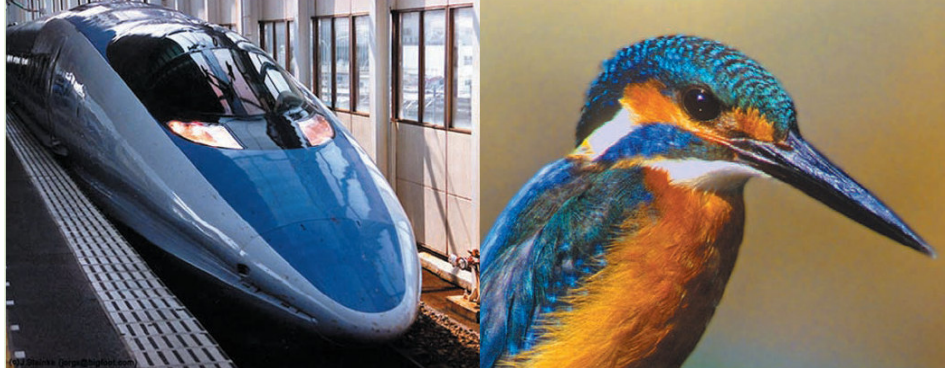
3 BİYOMİMİKRİ

Fan tasarımı esnasında farklı tasarım kriterlerine göre tasarımlar yapılır. Bu tasarım kriterleri fanın karşılamak istediği direnç ve debiye bağlı olarak çalışacağı devir bilgisine de bağlıdır. Bu parametrelere göre fan tasarımı yapılmaya çalışılır. Fan tasarımları yapıldıktan sonra fanların karakteristik performansları, verimleri ve çalışma noktalarındaki gürültü seviyeleri önem kazanmaktadır. Günümüzde artık fanlar tasarlanırken fanın bu bahsedilen özellikleri iyileştirilmeye çalışılarak yeni ve özel tasarımlar yapılmaktadır.

Günümüzde mühendisler daha verimli, daha efektif ürünler yapabilmek adına doğada bulunan canlıların aerodinamik özelliklerini, vücut yapılarını ve hareketlerini inceleyerek doğayı taklit etme yoluna giden yeni bir bilim dalı olan biyomimikri ya da biyometri olarak bilinen bilim dalına yönelmektedirler. Biyomimikrinin türkçe karşılığı biyotaklit olarak literatürde geçmektedir. Biyomimikrinin üzerinde duran ve bu konunun dünya üzerinde belli bir yere gelmesini sağlayan Janine Benyus isimli yazarın ‘Biomimicry : Innovation Inspired by Nature’ adlı kitabı bu konu hakkında başyapıt olarak kabul görmektedir. Bu kitapta doğadan esinlenilerek veya doğayı taklit ederek üretilen çözümler anlatılmaktadır. Ayrıca Yoseph Bar-Cohen’in “Biomimetics : Biologically Inspired Technologies” adlı kitabında şuna kadar doğadan taklit edilerek ya da esinlenilerek dünya üzerinde yapılan çözümler ele alınmaktadır. Bitkilerin, suda yaşayan deniz canlılarının, balıkların veya kuşların aerodinamik yapılarından, hareketlerinden, fizyolojik yapılarından yararlanılarak dünya üzerinde yapılmış örnekler bu kitapta mevcuttur.

Japonya’daki ünlü ‘mermi tren’ Shinkansen’in bu sıfatı taşımasının nedeni, hızı. Bu tren hat üzerindeki tünellere yüksek hızlarda giriş yaptığından tünel çıkışında atmosferik basınç artmakta ve yolcuları rahatsız edecek düzeyde bir gürültü seviyesi oluşmaktadır. Tünellerin çok daha geniş yapılması ile bu gürültü azaltılabilir; ancak tünellerin kesit alanlarını büyütme hem zor hem de çok masraflıdır. Bunun üzerine mühendisler trenin kesit alanını azaltıp burun kısmını yeterince sivri ve pürüzsüz hale getirmenin çözüm

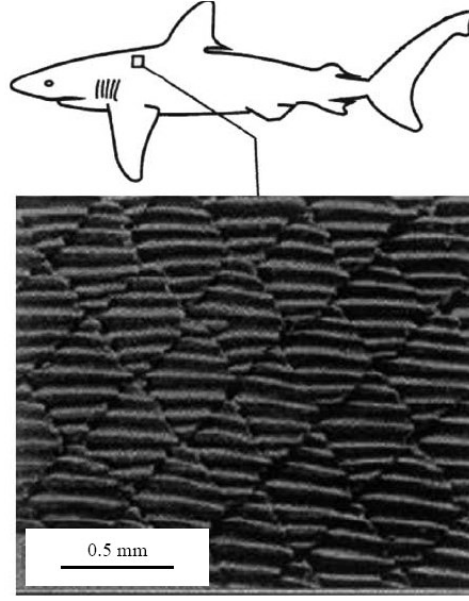
olabileceğini düşünmüşlerdir. Bu durum karşısında doğada benzer durumların olabileceğini düşünen mühendis ve tasarımcıların aklına ‘yalı çapkını’ adlı kuş gelmiştir. Yalı çapkını da suya dalarken, tıpkı trenin tünele girdiği zaman hava direnci nedeniyle ani değişiklikler yaşamasına benzer değişiklikler yaşamaktadır. Çünkü yalı çapkını avlanmak için direnci az olan havadan direnci çok olan suya dalar. Tünellerde olan bu basınçları baskılamanın en ideal yolu yalı çapkını kuşunun gagasının formu olan ‘dönel paraboloid’ formunun olduğu sonucuna varılır ve bu formu trenin burun kısmına uygularlar.



Şekil 3.1 – Shinkansen treninin burun yapısı

Bu isabetli karar treni yüzde 10 hızlandırırken enerji tüketimini de yüzde 15 oranında düşürdü. Aerodinamikteki artışla birlikte, gürültünün azalması da yolculara daha konforlu bir seyahat sağladı [3],[4] .

Saliselerin önemli olduğu yüzme yarışlarında avantaj sağlamak için yüzücüler, suyla sürtünmeyi en aza indirebilmek üzere vücutlarındaki kılları tıraş ederler. 1992 Barselona Olimpiyatları’nda Speedo firmasının sadece kolları açıkta bırakan S2000 modeli mayosu, sürtünmeyi çıplak vücuda oranla daha da azaltarak dikkatleri çekti.



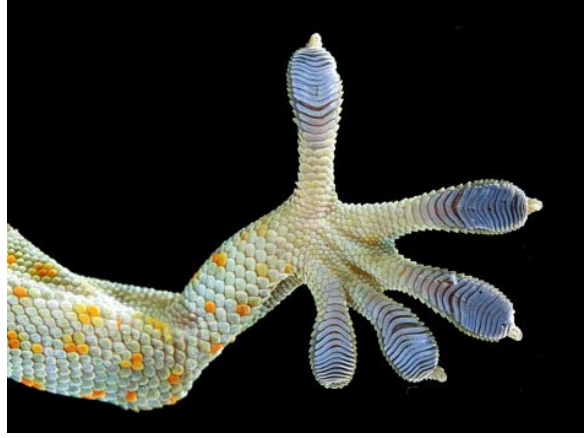
Şekil 3.2 – Köpekbalığı derisini örten diş yapısı

O günden bu yana hızla gelişen mayolar, 2008 Pekin Olimpiyatları'nda ardı ardına kırılan yüzme rekorlarıyla kendilerinin gösterdi. NASA mühendislerinden Stephen Wilkinson'ın yardımıyla Speedo tarafından geliştirilen “LZR Racer” adındaki mayoyu tasarlarken köpekbalıklarının derilerini örten binlerce küçük diş benzeri yapının, suyun en iyi şekilde akmasını sağlaması prensibinden yararlandıklarından bahsetmiştir. Köpek balığının derisindeki pullarda U biçiminde kanallar bulunur. Bu kanallar girdaplar oluşturarak suyu vücuda yaklaştırır ve suyun yüzücüye karşı oluşturduğu direncide azaltır. Sidney Olimpiyatlarında Avustralyalı Ian Thorpe gibi altın madalyalı tüm yüzücüler köpek balığı derisinin özelliğini taşıyan mayolar giydiler [5],[6].



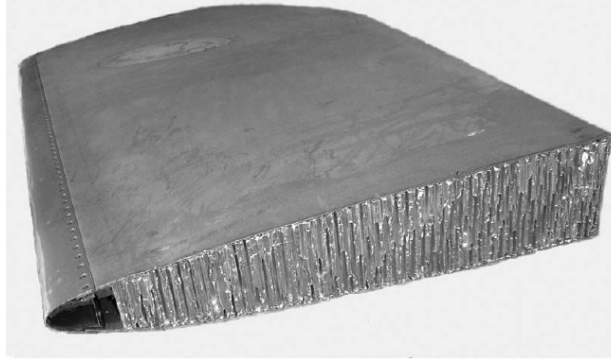
Şekil 3.3 – Köpek balığı derisi ve yüzücü mayosu

Olağanüstü yetenekleri sayesinde duvar ve tavanlarda yürüyebilen geko kertenkeleleri, biyotaklit konusunda araştırmacıları bir süredir meşgul ediyorlar. Geko kertenkelelerinin ayaklarında bulunan binlerce mikroskobik kıl, dokundukları yüzeyle aralarında Van der Waals adı verilen kimyasal bağlar oluşturmaktadır. Ayağın basitçe hareket ettirilmesiyle bu zayıf bağlar kolaylıkla koparak akıcı bir hareketi mümkün kılmaktadır. Amerika Massachusetts Teknoloji Enstitüsü'nde bu yapılar üzerinde çalışan Robert Langer ve Jeffrey Karp gekoların yapışma gücünün 4 katına sahip bir sentetik 'geko bandı' geliştirmeyi başarmışlardır. Bantın polimer yüzeyinde bulunan karbon nanotüp yapılı kıllar, gekonun oldukça yüksek bir taşıma kabiliyetine sahip olan ayak yapısını taklit etmektedir. Çoğu yapışkanın vakum nedeniyle işe yaramadığı duş uzay çalışmaları, kuru ve dönüşebilir olması nedeniyle elektronik cihazlar, iyileşmeyi takiben vücuttan kolaylıkla atılabilmesi nedeniyle de çeşitli ameliyatlar, buluşun belli olan kullanım alanlarından biridir. [7]



Şekil 3.4 – Geko kertenkelesinin ayak yapısının gösterimi

Uçakların kanat, taban ve asansör gibi daha fazla dayanım gerektiren kısımlarında arıların petek sisteminden yararlanılmış, bu sayede daha az malzemeyle daha güçlü yapılar elde edilmiştir. [8]



Şekil 3.5 – Doğadan taklit edilen gösterimler

Aşağıdaki şekilde pelikanın ağız yapısının şeklinden ve avını tutuş formundan yararlanılarak balık tutmaya yarayan bir alet geliştirilmiştir. [9]



Şekil 3.6– Doğadan esinlenerek taklit edilen aletler

Birçok alanda olduğu gibi mimari alanında da biyomimikri bilim dalından yararlanılmaktadır.

Zimbabve’de bulunan ‘Eastgate’ adlı binada herhangi bir havalandırma sistemi olmadan oldukça serin bir iç mekan imkanı sunmaktadır. Bu binanın yapımında *Macrotermes michaelseni*’nin yuvasının yapısından yararlanılmıştır. Bu yuvanın bulunduğu bölgede hava sıcaklığı gündüz 42°C iken gece saatlerinde 3°C ’ye kadar düşebilmektedir. Bu duruma rağmen yuva sıcaklığı günün her saatinde belli bir değerde sabit kalabilmektedir. Bu durum İngilterede bir üniversitede çalışan bilim adamlarının dikkatini çekmiş ve bu yuva yapısını dijital ortama aktararak yuvanın gaz alışverişlerini, nem ve sıcaklık dengesini nasıl kurduğunu incelemişlerdir. Bu incelemelerden sonra Pick Pearce adlı bir mimar bu yuvanın malzemelerini kullanarak ‘Eastgate’ adlı binanın yapımında kullanmıştır. Hemen yakınındaki benzer büyüklükteki standart bir binanın havalandırma giderleri göz önüne alındığında Eastgate, 5 yılda 3,5 milyon dolar tasarruf sağlamış durumdadır. Şekil 3.7’de Eastgate binasının resmi görülmektedir .[10]



Şekil 3.7 – Zimbabve’deki Eastgate Binası

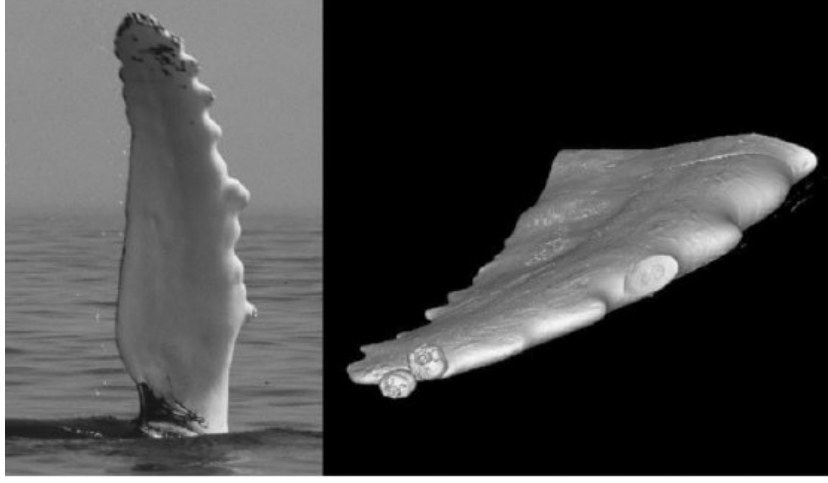
3.1 Literatür Araştırması

Belirlenen tez konusu ışığında literatür ve patent araştırmaları gerçekleştirilmiştir. Yapılan patent araştırmaları sonucunda bazı yabancı firmaların özel fan tasarımı adı altında doğadan esinlenerek farklı kanat yapılarına sahip fanlar tasarladıkları ve bu tasarımlara patent başvurusu yaptıkları görülmüştür. Ayrıca bu tasarımların fanların verimliliğini arttırdığından da bahsedilmektedir. Yapılan literatür araştırmaları sonucunda, doğadan esinlenerek yapılan fan kanadındaki değişikliklerin fan verimini, performansını arttırdığı anlatılmaktadır.

3.1.1 Deniz Memelilerinde Hidrodinamik Akış Kontrolü

Frank E. Fish, Laurens E. Howle ve Mark M. Murray (2008)

Bu çalışmada bir balina türünün (kambur balina) yüzgeçinde bulunan girinti çıkıntıların rüzgar türbinine uygulanmasını anlatmaktadır. Bilim adamları yapmış oldukları incelemede balina yüzgecinin ön kısmında (leading edge) 10-11 tane girinti çıkıntı tespit etmişlerdir. Yapmış oldukları incelemelerde bu girinti çıkıntı sayesinde balinaların daha iyi manevra yeteneğine sahip oldukları ve o kısımlarda oluşan su direncinin (drag reduction) azaldığını görmüşlerdir. [11]



Şekil 3.8– Balinanın girinti çıkıntıya sahip yüzgeci

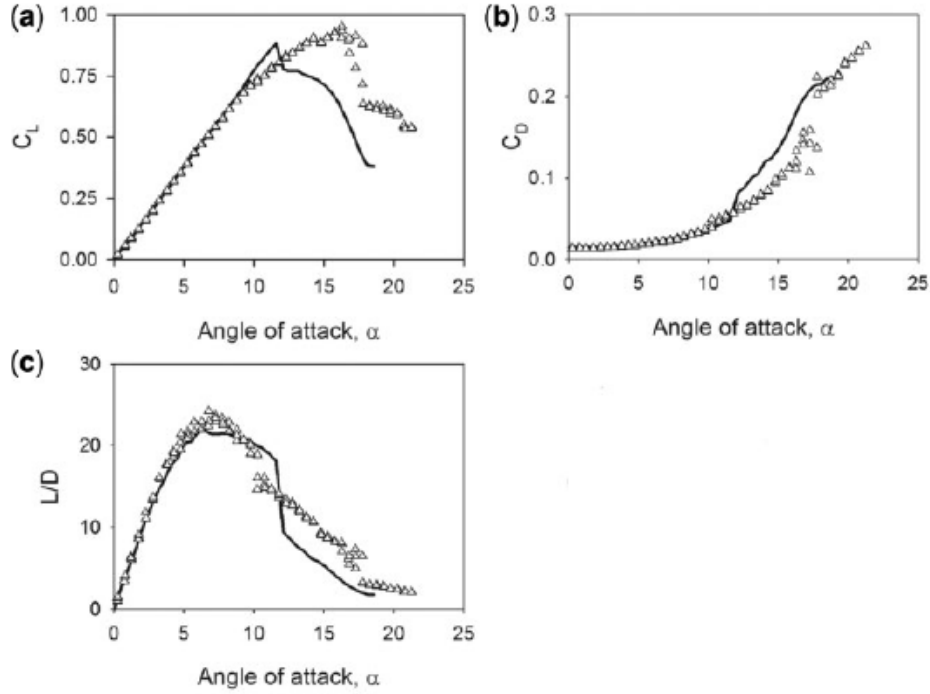
Bu olaydan yola çıkarak bilim adamları bu girinti çıkıntıları rüzgar türbini kanatlarına uygulayarak rüzgar türbinin karşılaşmış olduğu hava direncinin azalmasını, veriminin artmasını beklemektedir. Dolayısıyla testlerde kullanılmak üzere balina kanadına benzer şekilde 2 farklı prototip polikarbon malzemesinden yapılmıştır.



Şekil 3.9 – Prototip iki farklı balina yüzgeci

Prototiplerden bir tanesinde kambur balina türlerinin yüzgeçlerinde bulunan girinti-çıkıntı oluşturulmuş, diğerinde ise düz bir form verilmiştir. Bu türbin kanatları atmosferik koşullara sahip bir rüzgar tüneline sokulmuştur.

Yapılan test sonuçları şekil 3.10’da bulunan grafiklerde gösterilmektedir.



Şekil 3.10 – İki farklı kanadın kıyaslanması

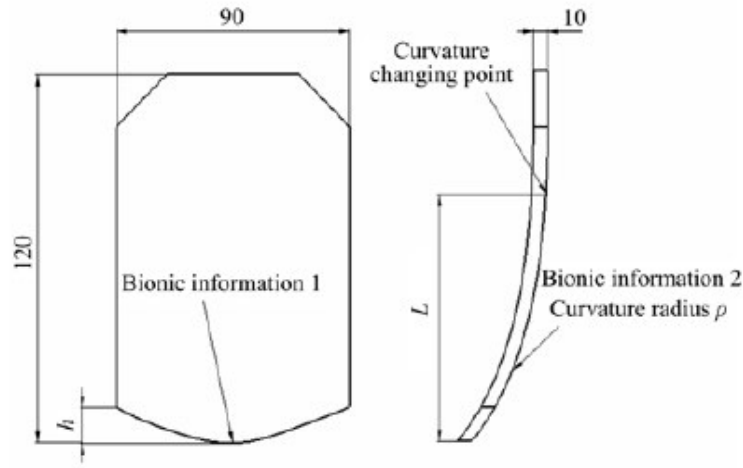
Şekil 3.10’da görülen grafiklerde düz çizgi kanat ön kısmı düz olan prototipi ifade ederken, küçük üçgenlerin oluşturduğu çizgiler ise kanat ön yüzeyinde girinti-çıkıntı olan türbin kanatlarını simgelemektedir. C_L kaldırma katsayısının, C_D direnç katsayısının ve L/D aerodinamik verimin atak açılara bağlı grafikleri çizilmiştir. İlk grafikte girinti-çıkıntıya sahip kanadın daha yüksek atak açılara ve kaldırma katsayısına eriştiği görülmektedir. Bu sayede girinti-çıkıntılı kanatta stall daha yüksek bir açıda meydana gelmektedir. İlk kanatta yaklaşık 12° de stall durumuna girerken ikinci kanatta 16.3° ‘de stall olduğu görülmektedir. İkinci grafikte hem düz kanat hem de girinti-çıkıntılı kanat 11° ’ye kadar aynı karakteristiği göstermekte iken daha sonra girinti-çıkıntıya sahip kanat daha yüksek atak açılarında daha düşük C_D ’ler sahip olduğu görülmüştür. Son grafikte ise

aerodinamik verimin kıyaslaması yapıldığında aynı atak açılarında düz kanada göre daha yüksek aerodinamik verimin elde edildiği görülmektedir.

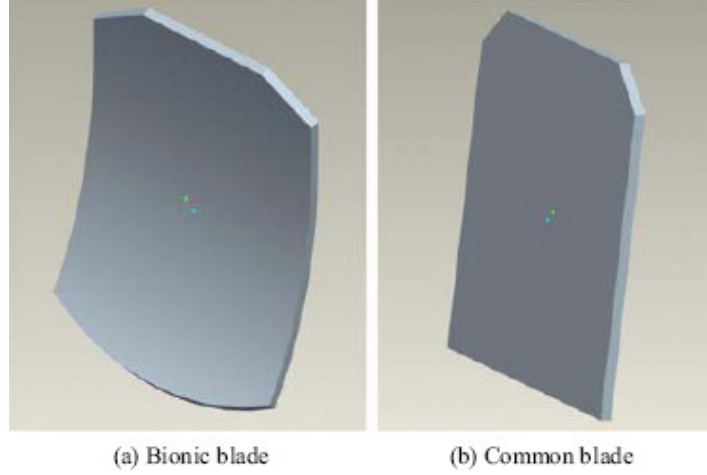
3.1.2 Bufalo Toynağından Esinlenilerek Elde Edilen Biyonik Kanatın İncelenmesi

Yong-zhi Zhang, Chun-cheng Zuo, Yang Wang, Shao-ming Sun, Lu-quan Ren (2008)

Yapılan bu çalışmada, bufaloların toynaklarıyla daha düşük bir direnç oluşturarak toprağa bastıklarını ortaya koymuşlardır. Bu yüzden bufalo toynak yapısını ya da şeklini taklit ederek biyonik bir kanat tasarlamışlardır. Tasarlanan bu biyonik kanadın normal kullanılan kanatlara kıyasla çekiş gücünün ya da taşıma gücünün arttığı görülmüştür. [12]



Şekil 3.11 – Biyonik kanat şematik gösterimi



Şekil 3.12 – Test edilecek kanatların üç boyutlu gösterimi

Biyonik kanat normal kullanılan kanatla kıyaslandığında maksimum çekiş gücünün % 37.8 oranında arttığı, maksimum kanat veriminin ise % 38.3 daha fazla olduğu ortaya koyulmuştur.

Çalışmada bahsi geçen çekiş gücü, kaldırma kuvveti ve kanat verimi aşağıdaki denklemlerle hesaplanmaktadır.

$$P = F_n \sin(\theta - \beta) - F_t \cos(\theta - \beta) ,$$

$$L = F_n \cos(\theta - \beta) + F_t \sin(\theta - \beta) ,$$

$$\eta = \frac{P \cdot V}{M_E \cdot \omega} = \frac{P \cdot \omega \cdot R_0 (1 - i)}{M_E \cdot \omega} = \frac{P \cdot R_0 (1 - i)}{M_E}$$

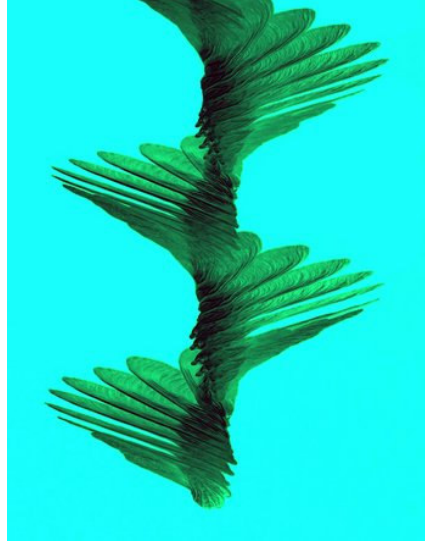
P = çekiş gücü, L = kaldırma kuvveti, η = kanat verimidir.

Sonuç olarak doğadan taklit edilerek yapılan kanat formu normal kullanılan kanat formundan daha iyi sonuçlar ortaya koyduğu sonucuna varmışlardır.

3.1.3 Akçaağacın Hareketi

Michael Dickinson (2009)

Bu çalışmada akçaağaç tohumu olarak bilinen mapple seed adlı bitkinin ağaç dalından düşüş anındaki hareketi incelenmiştir. Bu tohumun yere düşerkenki hareketi minyatür helikopterlerin dönmesine benzemektedir. Yavaş yavaş süzöldüklerinden rüzgarla beraber bulundukları yerden daha uzak mesafelere rahatça taşınabilmektedirler. Akçaağaç tohumunun yapraklarının ön yüzeyinin havada yavaşça süzülmesinden dolayı oluşturduğu girdaplar bir kasırganın oluşturduğu ile aynı karakteristiği gösterebilmektedir. Dolayısıyla ön kenar bu kısımda oluşan hava basıncını azaltırken yaprağın üst kısmı da yerçekimine doğru rüzgarı emip kendisini uzun süre havada tutturmayı sağlamaktadır. [13]



Şekil 3.13 – Akçaağaç

Bu çalışmanın önümüzdeki yıllarda uzay mühendisliğine bir katkısının olacağını ve ilk ‘maple’ helikopter tasarımına ışık tutacağını belirtmektedirler.

3.1.4 Deniz Yosununun Spiral Hareketi

A.O Smith (2007)

Kaliforniya’da kurulan PAXFAN adlı firma mevcut kullanılan fanları daha verimli nasıl tasarlayabiliriz sorusuna cevap olarak doğayı keşfetmeye ve doğayı taklit etmeye çalışan bir firmadır. Bunun sonucunda deniz yosunlarının hareketlerinin spiral bir yapıya sahip olduklarını fark ettikten sonra bu spiral hareketi sağlayacak bir kanat yapısı tasarlayarak bir evaporatör fanına bu yapıyı uygulayarak fanın veriminin arttığını bunun yanı sıra gürültü düzeyinde azalma görüldüğü sonucuna varmışlardır. Bunun sonucunda da en uygun akış yapısının spiral akış yapısı olduğu sonucuna varmışlardır. Bu spiral akış yapısını sağlayan deniz yosunları ve tasarladıkları evaporatör fanı aşağıdaki şekillerde (Şekil 3.14 ve 3.15) gösterilmektedir. [14]



Şekil 3.14 – Spiral akış yapısı sağlayan deniz yosunları



Şekil 3.15 – Spiral akış yapısı sağlayan evaporatör fan tasarımı

Paxfan firmasının doğadan esinlenerek tasarlamış olduğu bir başka tasarım da su tanklarında kullanılan su karıştırıcısının tasarımıdır. Bu tasarım için doğadaki zambağın şeklinden ve deniz yosununun spiral akış formundan yararlanarak yola çıkan uzmanlar belirli testler yaptıktan sonra spiral akış sağlayan bu formun su mikserlerinde ultra-verimli olduğu ve kimyasal kullanımını azalttığı sonucuna varmışlardır. Bahsi geçen tasarım şekil 3.16’da görülmektedir.



Şekil 3.16 – Su tanklarında kullanılan su mikseri tasarımı



Şekil 3.17 – Su mikserinin tasarımının esinlenildiği zambak geometrisi

3.1.5 Patent Araştırmaları

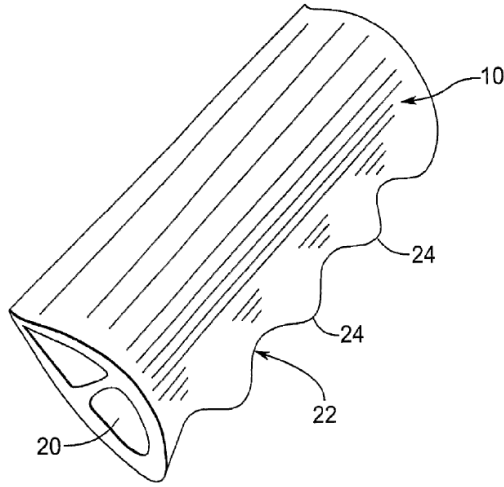
Literatür araştırmasının yanında, hem tez düzeneğinin kurulması aşamasında yardımcı olması hem de araştırması yapılan tez konusunun uygulanabilirliğinin belirlenmesi amacı ile patent araştırması gerçekleştirilmiştir.

Bulunan patentlerin genel özeti Çizelge 3.1 - 'de belirtilmiştir.

Çizelge 3.1 - Tezde incelenen patentlerin genel bilgileri

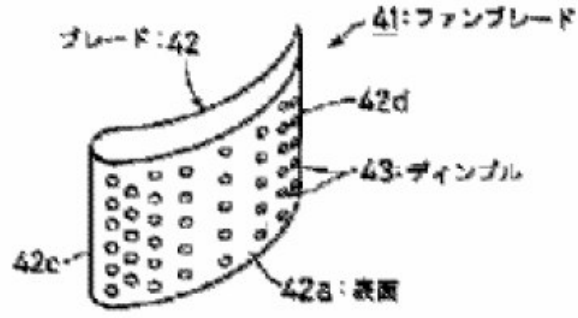
Patent Numarası	
US2009074578	
JP8247093	
EP1801422	
US6702552	

Whale-Power Co. firmasına ait US2009074578 numaralı patentte türbinlerde kullanılan türbin kanatlarının (10) ön kenarında (leading edge) (22) gövdeden kanat ucuna doğru eş girintiler (24) oluşturulmuştur. Bu girinti oluşturma fikri balinaların yüzgeçlerinde bulunan girinti çıkıntılardan esinlenerek yapılmıştır ve yapılan deney sonuçlarına göre bu girintiler sayesinde kanatta kaldırma kuvveti artarken hava direnci azalmaktadır.[15] [16]



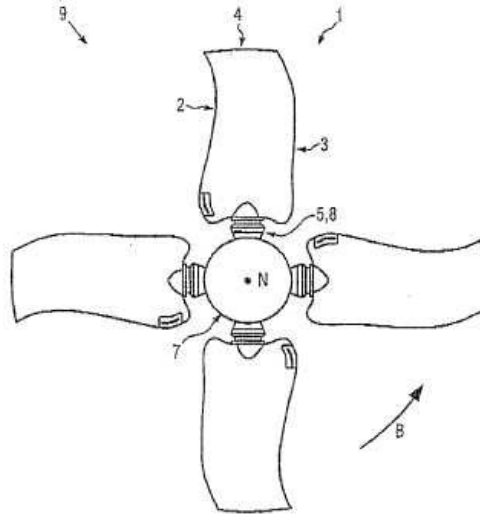
Şekil 3.18 – Rüzgar türbin kanat tasarımı

JP8247093 numaralı Japon patentinde fan kanadı üzerinde çukurcuklar oluşturularak farklı bir kanat tasarımı denenmiştir. Bu patent, kanatların(42) neden olduğu türbülansı azaltmak amacıyla kanadın ön yüzeyinde (42a) ve arka yüzeyinde(42b) çukurlar(43) oluşturularak meydana gelen türbülansın giderildiğinden bahsetmektedir. Genellikle çukurlar kanadın kenarlarında (42c,42d) daha yoğun bir şekilde oluşturulmaktadır [15][16].



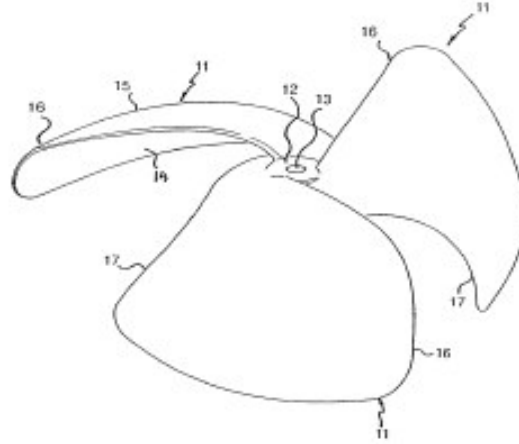
Şekil 3.19 – Farklı kanat yapısına sahip fan kanat tasarımı

Ziehl-Abeg firmasına ait olan EP1801422 numaralı patent başvurusunda yapılan başvuruda fan kanadının ön kenar tarafında oluşturulan ‘S’ kanat formundan bahsedilmektedir. Bu ‘S’ kanat formu sayesinde daha sessiz bir fan oluşturulduğundan bahsedilmektedir [15] [16].



Şekil 3.20 – Ziehl-Abeg firmasına ait olan ‘S’ kanat formuna sahip fan tasarımı

David Harman tarafından altın oran kullanılarak yapılan US6702552 numaralı patent başvurusunda, tasarımı yapılan fan kanadına verilmiş olan eğimin yarıçapının oranı altın oran kuralına göre belirlenmiştir [15] [16].



Şekil 3.21 – Altın oran kuralına göre tasarlanan fan kanat tasarımı

Yapılan testlerde mevcut fan 2968 rpm’de döndürülürken tasarım fan 3150 rpm’de döndürülmektedir. Akım, voltaj, güç ve gürültü düzeyleri aşağıdaki şekilde gösterilmektedir.

	Fan with existing Rotor	Fan with example of embodiment
Rpm	2968	3150
Current	0.55 amp	.52 amp
Voltage	117.6 volts	118 volts
Power	61.15 watts	64.9 watts
Noise Frequency of 500–10,000 hz	73 dB	64 dB
Noise 32–10,000 hz	75 dB	68 dB

Şekil 3.22 – Test bilgilerinin gösterimi

Bu bilgiler ışığında patent başvurusu yapılan tasarım fanın ses gücü düzeyinin daha düşük olduğu görülmektedir. Fan veriminin de mevcut fana göre daha iyi olduğu sonucu yapılan testler sonrası ortaya çıkmıştır.

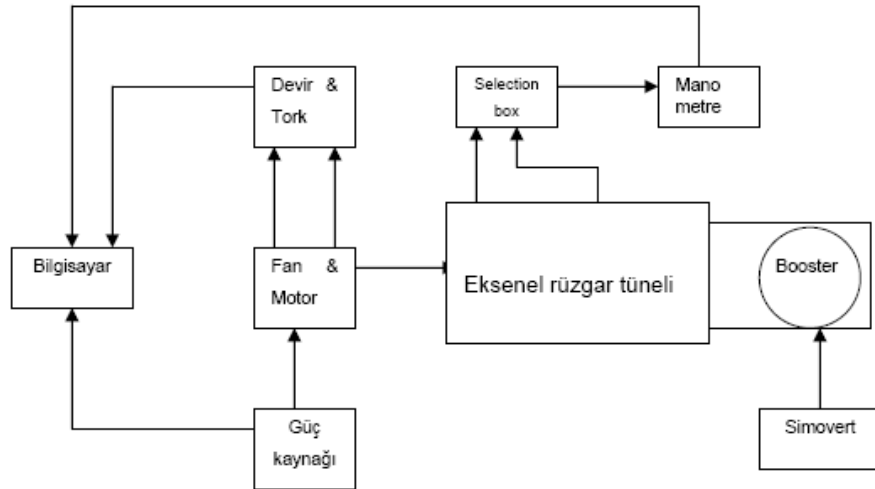
4 DENEY DÜZENEGİ

Bu bölümde, deneysel çalışmalarda kullanılan altyapı ve ölçüm cihazları hakkında bilgi verilmiştir.

AMCA 210-85 standardına göre yapılmış olan eksenel rüzgar tünelinin kullanım amacı, gerek eksenel gerekse radyal fanların karakteristik eğrilerinin çıkartılması, ürünlerde optimum performansı verecek bir eksenel fan-housing veya radyal fan-salyangoz tasarımının ortaya konulması, fan tarafından basılan toplam debinin, elektriksel güç ve mil gücü tüketiminin ölçülmesidir.

Deney düzeneği Şekil 4.1 ve Şekil 4.2'deki gibi birer adet eksenel rüzgar tüneli, booster, mikromanometre, selection box, moment ve devirmetre, simovert, güç kaynağı, dc motor ve veri aktarım programının (Agilent Vee Pro 6.0)' ın kullanıldığı bilgisayardan oluşmaktadır.

Agilent Vee test ve ölçüm programlarının tasarımında kullanılan grafiksel bir programlama dilidir ve içinde operatör ara yüzleri barındırmaktadır. Vee, içinde fonksiyonel testlerin, kalibrasyon, veri aktarımı ve kontrolünün bulunduğu geniş bir kullanım alanına sahiptir.



Şekil 4.1 – Eksenel rüzgar tüneli deney düzeneğinin şematik gösterimi



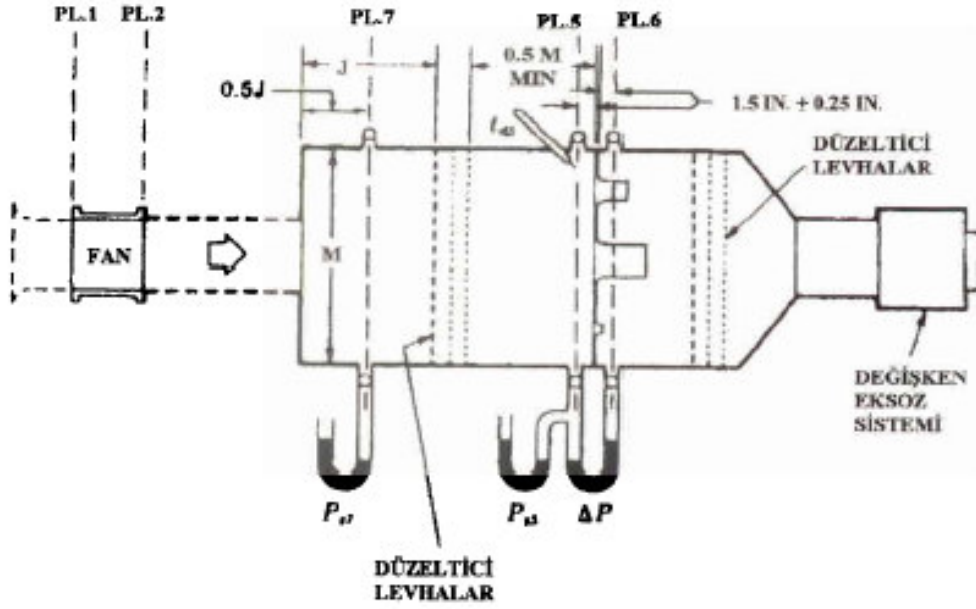
Şekil 4.2 – Eksenel rüzgar tüneli deney düzeneği

4.1 Rüzgar Tüneli

AMCA 210-85 standardına uygun inşa edilen eksenel rüzgar tüneli 1,76 m uzunluğa, 0,84 m genişliğe ve 0,84 m derinliğe sahiptir. Tünelin ikinci bölümünde 0,88, 1,6 ve 3 inçlik ölçülere sahip üç adet lüle bulunmaktadır. Ölçüm sırasında hangi lülenin kapatılıp hangisinin açık bırakılacağına debi ve basınç için belirlenmiş olan karakteristik eğrilere bakılarak karar verilir. Tünelin çeşitli bölümlerinde yer alan arka arkaya konulmuş tel levhaların (bkz. Şekil 4.4) amacı akışın üniformluğunu sağlamaktır, böylece türbülans kaynaklanabilecek yanlış ölçümlerin önüne geçilmiştir.



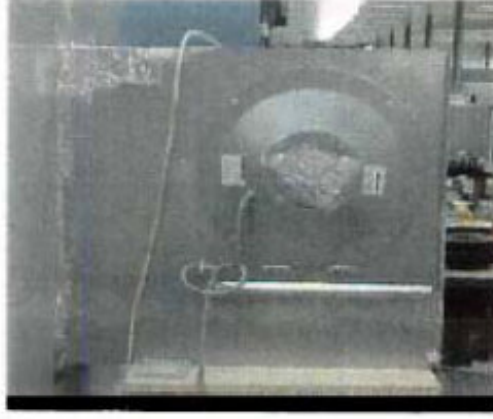
Şekil 4.3 – Tünelin ikinci bölümündeki farklı çaptaki lüleler



Şekil 4.4 – AMCA 210-85 standardına göre eksenel rüzgar tünelinin şeması

4.2 Booster

Eksenel rüzgar tünelinin çıkışında bir “booster” bulunmaktadır (bkz. Şekil 4.5). Böylece rüzgar tüneli içerisinde ve girişinde (fan önünde) istenen basınç koşulları yaratılabilmekte ve performans eğrileri çıkarılabilmektedir.



Şekil 4.5 – Booster

4.3 Simovert (Siemens Motor Inverter)



Şekil 4.6 – Simovert

4.4 Mikromanometre

Basınç ölçümleri için Şekil 4.7’de görülen çok kanallı mikro manometre kullanılmıştır.



Şekil 4.7 – Mikromanometre

4.5 Güç Kaynağı

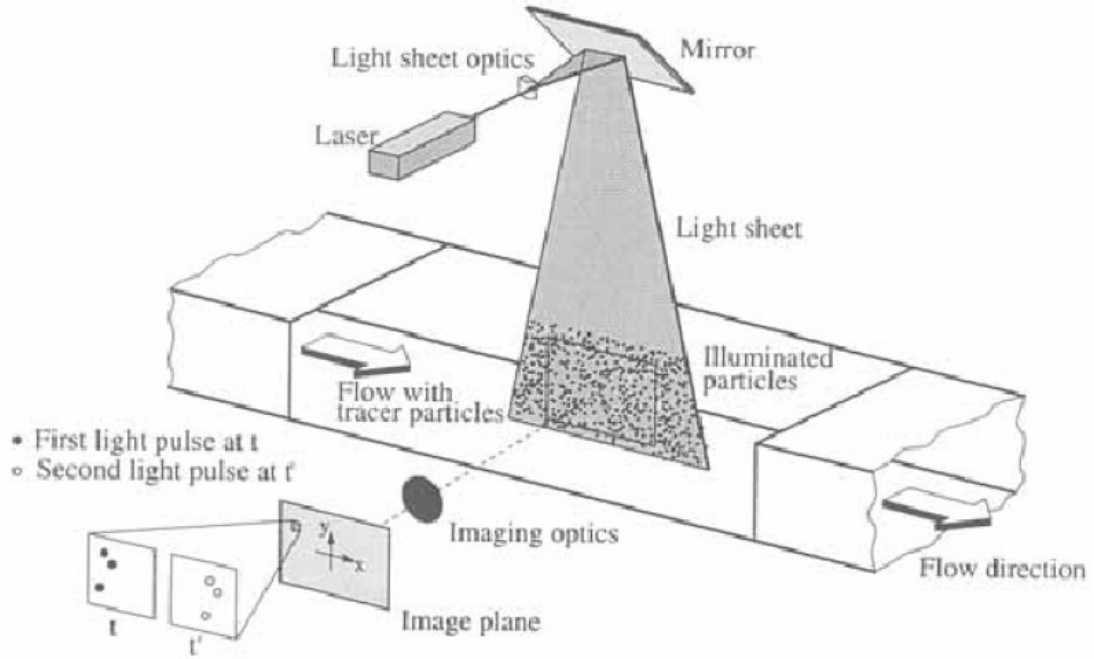
Motora enerji sağlanmasında, potansiyelin ve akımın ölçülmesinde ve fan devrinin ayarlanmasında Şekil 4.8 ’de görülen güç kaynağı kullanılmıştır.



Şekil 4.8 – Güç Kaynağı

CCD kameranın çektiği resimler, küçük dikdörtgen alt bölgelere (interrogation area) bölünür ve lazer düzleminin iki kere akış alanını aydınlatması sonucunda çekilen iki fotoğraf arasında, ortalama bir yer değiştirme vektörü elde edebilmek için korelasyon kurulur. Bu işlem, bütün alt bölgeler için yapılarak, parçacıkların ortalama yer değişimleri bir vektör haritası olarak elde edilir. Çekilen iki fotoğraf arasındaki zaman dilimi bilindiğinden, elde edilen yer değişim vektörleri hız vektörlerine çevrilebilir. Şekil 4.10 'da PIV ölçüm düzeneği şematik olarak gösterilmiştir.

PIV gibi akış görselleme ve hız ölçümü metodları; özellikle kompleks geometrilere tasarım geometrisinin akış alanına ve akış karakteristiğine etkisinin detaylı olarak görülmesi istendiği durumlarda çok kullanışlı ve uygun bir yöntemdir.



Şekil 4.10 - Şematik PIV ölçüm düzeneği

PIV veya akış görüntülenmesi deney çalışması sırasında sağlıklı ölçümlerin alınabilmesi için

aşağıdaki hususların dikkate alınması gerekmektedir.

4.7.1 Partikül Seçimi Ve Partikül Üretimi

İzlenebilir partikül (seeding) olarak kameranın algılayabileceği, üzerine gelen ışığı yansıtabilen, kolay üretilen ve havada askıda kalabilecek özelliklerde partiküller seçilmelidir. İzlenebilir partikül seçilirken akış alanının ve karakteristiklerinin bozulmaması için partikül yoğunluğuna ve boyutlarına dikkat etmek gerekmektedir. Eğer partikül yoğunluğu akışkan yoğunluğundan farklı olursa partikül hareketleri akış alanı hareketlerinden farklı olacaktır. Sıvı akış alanlarının belirlenmesinde renklendirilmiş boyalar, gaz fazındaki akışlarda ise genellikle duman, izlenebilir partikül olarak kullanılmaktadır. Duman üretimi için kullanılan en genel yöntem mineral yağların buharlaştırılması işlemidir.

Duman jeneratörü adı verilen sistem içerisinde elektrikli ısıtıcıların üstünde yağın yakılmasıyla duman üretimi gerçekleştirilmektedir.

4.7.2 İzlenebilir Partiküllerin Sisteme Katılması

Akış görsellemesi yapılacak akış alanına eklenecek izlenebilir partiküllerin seçiminden sonra, bu partiküllerin sisteme veya akış alanına akışı rahatsız etmeyecek şekilde eklenmesi gerekmektedir. Bu da eklenecek izlenebilir partikül miktarının, eklenme yerinin ve eklenme metodunun kontrol edilmesi ve hassas bir şekilde yapılmasıyla sağlanabilmektedir.

4.7.3 Akış Alanının Aydınlatılması

Akış alanlarındaki izlenecek partiküllerin kamera tarafından görüntülenebilmesi için akış alanının aydınlatılması gerekmektedir. Aydınlatılan izlenebilir partikül üzerine gelen ışığın partikül yüzeyi tarafından yansıtılması neticesinde kamera izlenebilir partikülleri görüntüleyebilmektedir.

4.7.4 Akış Alanının Görüntülerinin Çekilmesi

Akış alanının görüntülerinin kaydedilmesi en önemli konulardandır. Akış alanının

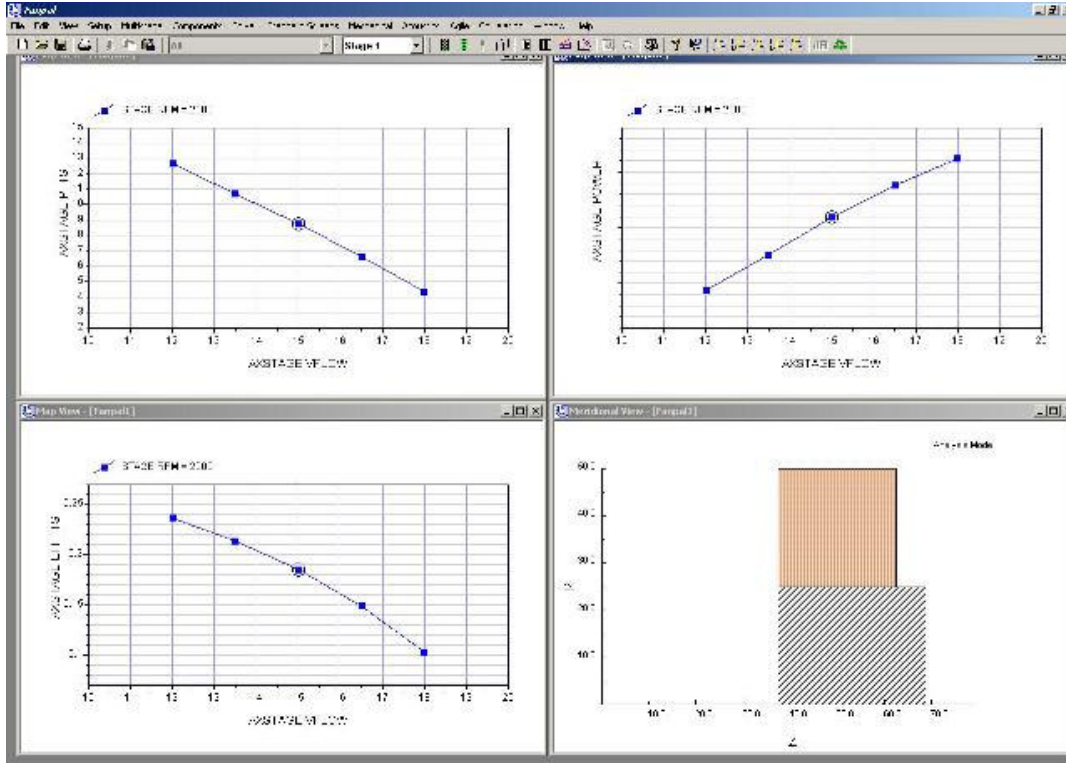
görsellenebilmesi için akış alanına doğru lazer ışığı gönderilmektedir. Akış bölgesinde bulunan partiküller üzerinden kameraya doğru gelen ışıkların etkisi ile kamera, partikül hareketlerini ve görüntüleri belirli zaman aralıklarında kaydedebilmektedir. Görüntülerin kaydedilmesi direkt olarak kamera ile ilgilidir. Eğer kamera kullanılmış ise fotoğraflar belli zaman aralıklarında çekilebilmektedir. Video kamerada ise bu zaman aralıkları olmamaktadır.

4.7.5 Akış Benzerliği

PIV ölçümlerinde ölçüm alınacak prototip ile gerçek akışın benzer olması gerekmektedir. PIV sisteminde ölçüm alınacak prototip modelin geometrisinin gerçek durumla aynı olması durumunda, akış alanını kendi geometri etkisi altında daha doğru ölçmek mümkün olmaktadır. Bu nedenle prototip geometrisinin mevcut durumla aynı olması daha doğru olacaktır. Geometri benzerliğinin yanı sıra akış alanının kinematik özelliklerinin de gerçek durum ile benzer olması gerekmektedir. Akışın kinematik benzeşimi için gerçek akış ile prototip üzerinde meydana gelen akış rejiminin benzer olması gerekmektedir. Geometrik ve kinematik benzerlikler ile prototip üzerinde benzer akış alanları oluşturulabilmektedir.

5 DENEYSEL ÇALIŞMALAR

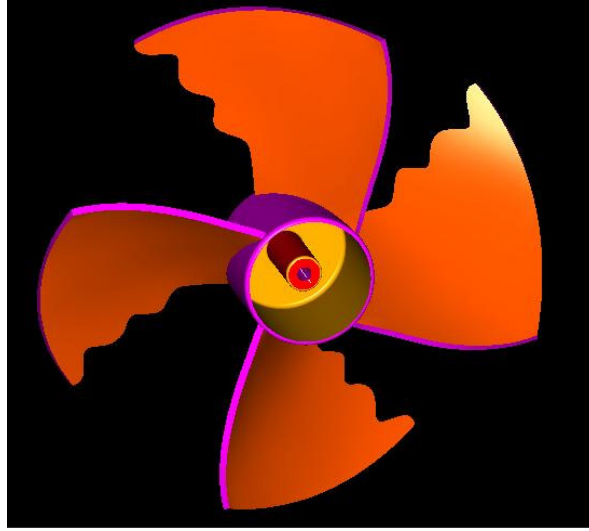
Bu bölümde evlerde kullanılan soğutucuların dondurucu bölmesinde ve taze besin bölmesinde kullanılmak üzere bir fan tasarımı tasarlanmıştır. Tasarlanan fan ilk olarak fan tasarım programı olan FANPAL yardımıyla fan tasarımı için gerekli olan tasarım parametreleri (fan devri, fan debisi ve fan basıncı) programa girilerek bir ön tasarım oluşturularak yapılmıştır. Bu ön tasarım oluşturulduktan sonra tahmini fan karakteristik eğrisi bu program yardımıyla çıkartılmıştır.



Şekil 5.1 – Fanpal programının kullanılışı

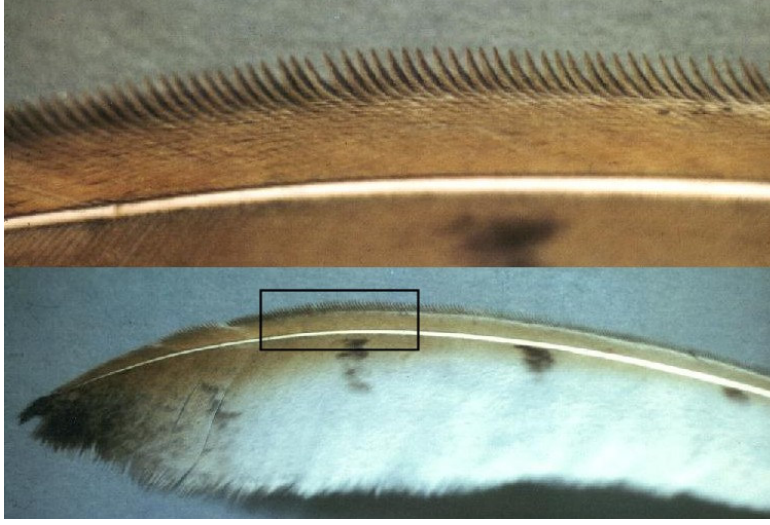
Şekildeki üç farklı grafikten sol üst tarafta olan debi-basınç eğrisini, sağ üst taraftaki grafik debi güç eğrisini göstermektedir. Sol alt grafik verim eğrisini gösterirken sağ alttaki grafik ise tasarımı yapılan fanın geometrisinin meridional gösterimidir.

Tasarım oluşturulduktan sonra FANPAL programında kullanılan fan (tasarım parametrelerine bağlı kalarak) 3-D tasarım programı olan NX-IDEAS programı kullanarak son tasarımı gerçekleştirilmiştir. Tasarımı gerçekleştirilen fanın CAD resmi aşağıda şekil 5.2 de gösterilmektedir. CAD izimleri tamamlanan fanlar prototip atölyesinde SLS (Selective Laser Sintering) teknolojisi ile poliamid malzemeden prototipler üretilmiştir.



şekil 5.2 – Baykuş kanat tasarımı CAD izimi

Bu tasarım gerçekleştirilmeden önce üçüncü bölümde bahsedilen biyomimikri anabilimdalı hakkında bilgi edinilip doğadaki canlılar ve daha önce doğanın nasıl teknolojiye ışık tuttuğu örnekler ışığında çalışılmıştır. Bu çalışmada evlerde kullanılan soğutucularda kullanılmak üzere yeni bir fan tasarımı üzerinde çalışırken daha sessiz ve daha verimli fan elde etmek adına fan kanadında farklı bir tasarım oluşturulmuştur. İstenilen tasarımın daha sessiz olması amaçlandığı için doğada avına doğru yaklaşırken sessiz abilen baykuş kanat yapısından esinlenilmiştir. Baykuşlarında kanatlarının arka kenarında (trailing edge) girinti çıkıntılar mevcuttur ve bu sayede daha sessiz abilme yeteneğine eriştikleri bilim adamları tarafından açıklanmıştır. Bu durumu örnek alarak yeni yapılan fan tasarımında fan kanadının arka kenar kısmında formu çok bozmayacak şekilde girinti-çıkıntılar oluşturulmuştur.

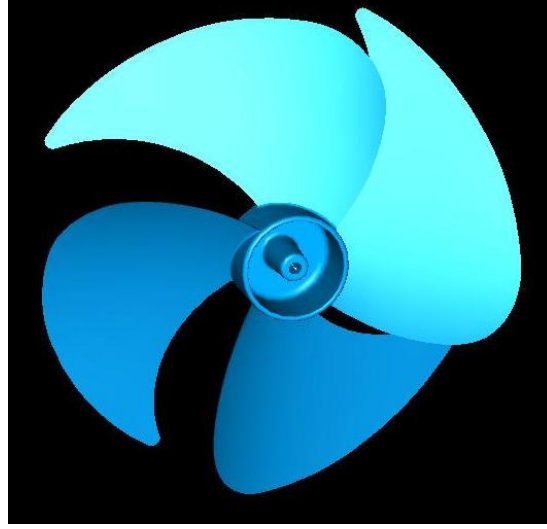


Şekil 5.3 – Baykuşların sahip olduğu kanat formu



Şekil 5.4 – Baykuş kanat formu

Ev tipi soğutucularda kullanılan mevcut durumdaki fanın CAD çizimi de şekil 5.5 de gösterilmektedir.



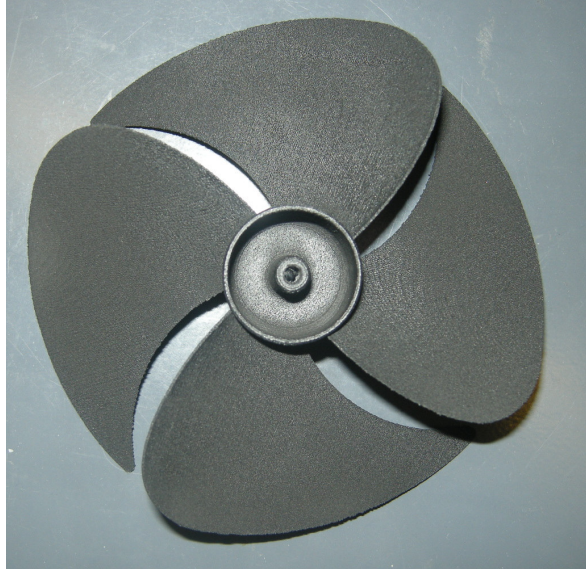
Şekil 5.5 – Mevcut ürünlerde kullanılan fanın CAD çizimi

Mevcut ürünlerde kullanılan fan da daha önce bahsedilen FANPAL programı yardımıyla belirle fan tasarım parametrelerine göre tasarlanmış ve daha sonra NX-IDEAS programında son tasarım haline sokulmuştur. Bu tasarımda bir diğer tasarım gibi SLS (Selective Laser Sintering) teknolojisi ile poliamid malzemedен prototipi üretilmiştir.

Tasarlanan bu fanlar dış çapları $D=110$ mm ve $D=100$ mm olacak şekilde iki farklı dış çapa sahip olarak tasarlanmış ve toplamda 4 adet farklı fan prototipi elde edilmiştir. Prototipten çıkartılan fan fotoğrafları aşağıdaki şekillerde gösterilmektedir.



Şekil 5.6 – Deneylerde kullanılacak baykuş fan prototipi



Şekil 5.7 – Deneylerde kullanılacak mevcut fan prototipi

5.1 Rüzgar Tüneli Deneyleri

Tasarlanan fanlar prototipten çıkarıldıktan sonra fan karakteristik eğrileri çıkartılmak üzere akışkanlar dinamiği laboratuvarında eksenel rüzgar tünelinde deneyler gerçekleştirilmiştir.

Fan karakteristik eğrilerini iki yolla deney düzeneğinde ölçebiliriz. Birincisi sabit bir motorla fanı sürüp hızı sabit tutarak fan karakteristik eğrisinin çıkartılması. İkinci bir yol ise dışarıdan herhangi bir motor (AC veya DC) ile fanı sürüp değişken devirlerde fan karakteristik eğrisinin çıkartılmasıdır. Çıkarılan karakteristik eğriler hakkında daha sağlıklı yorumlarda bulunmak adına birinci yol olan sabit devirde fan motorunu sabit tutarak fan karakteristik eğrisinin çıkartılması yolu deneylerde izlenmiştir.

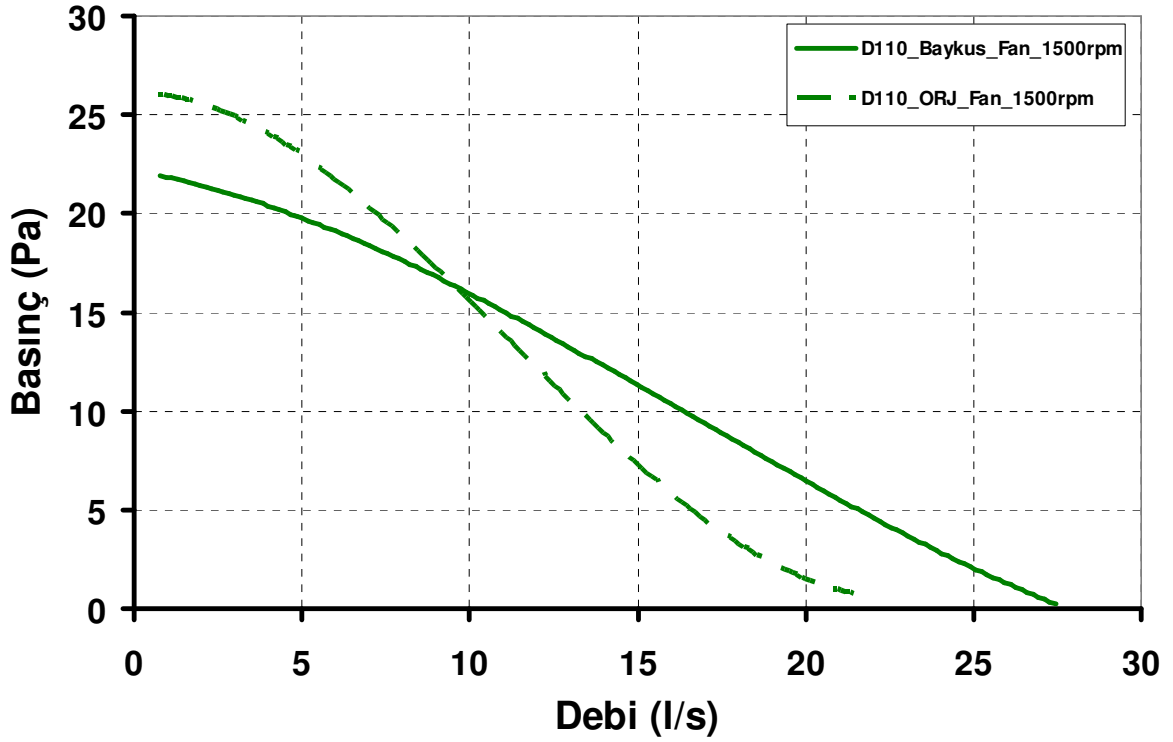


Şekil 5.8 – Fan Karakteristik Eğrisi Ölçülürken

Yapılan deneylerde fan hızları 1500 rpm, 1750 rpm ve 2000 rpm olarak seçilmiş olup bu sabit devirlerde deneye sokularak fan karakteristik eğrileri elde edilmiştir. Yapılan deneylerde aşağıda bahsi geçen adımlar takip edilerek deneyler yapılmaya çalışılmıştır.

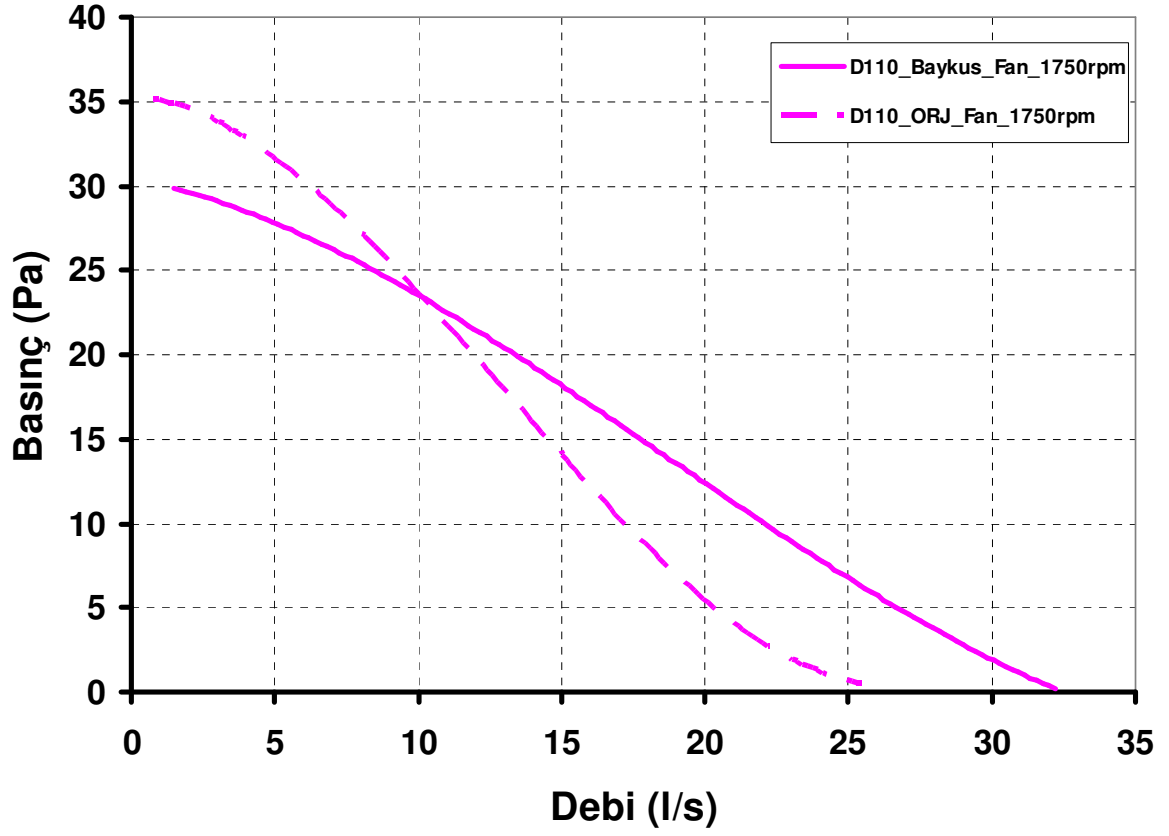
1. İlk olarak rüzgar tüneline basınç ve debiyi ölçmek için kullandığımız noktaların bağlı olduğu mavi borular mikro manometrelere doğru bir şekilde bağlanır.
2. Mikro manometrelerin bilgisayara bağlantısı yapılır. Bir bilgisayar programı vasıtasıyla (Agilent VEE) her noktada ölçülen debi ve basınç değerleri programa kaydedilerek debi-basınç karakteristik eğrisi anında çizdirilebilmektedir.
3. Deneylerde kullanılacak farklı çaplara sahip olan lülelerden uygun olanı lüle belirlenir ve uygun olan çapa sahip olan lülenin ağzı açık bırakılır, diğerlerinin ağzı kapatılır.
4. Tünelin çıkışı alüminyum folyo bantla tamamen kapatılarak dışarıya herhangi bir hava kaçağının olup olmadığı kontrol edilir.
5. Fan 1.6 mm'lik mile yerleştirilerek motora bağlantısı kaplin(coupling) ile sağlanır. Uygun housing tünelin girişine yerleştirildikten sonra fanın tünele olan konumu ayarlanır.
6. Agilent VEE programı açılıp programa deney adı, fan devri, ortam sıcaklığı, lüle çapı gibi değerler girilerek deney başlatılır.
7. Deney esnasında tamamen kapatılmış olan tünel çıkışından alüminyum folyolar sökülerek her noktada fanın debi ve basıncı belirlenerek debi basınç eğrisi çıkartılmaktadır.

Bu adımlar her deneyde takip edilerek rüzgar tüneli ölçümleri tamamlanarak fan karakteristik eğrileri çıkartılmıştır. Şekil 5.9'da D=110 mm dışa çapa sahip baykuş kanatlı fan tasarımının ve mevcut fanın karakteristik eğrileri gösterilmektedir.

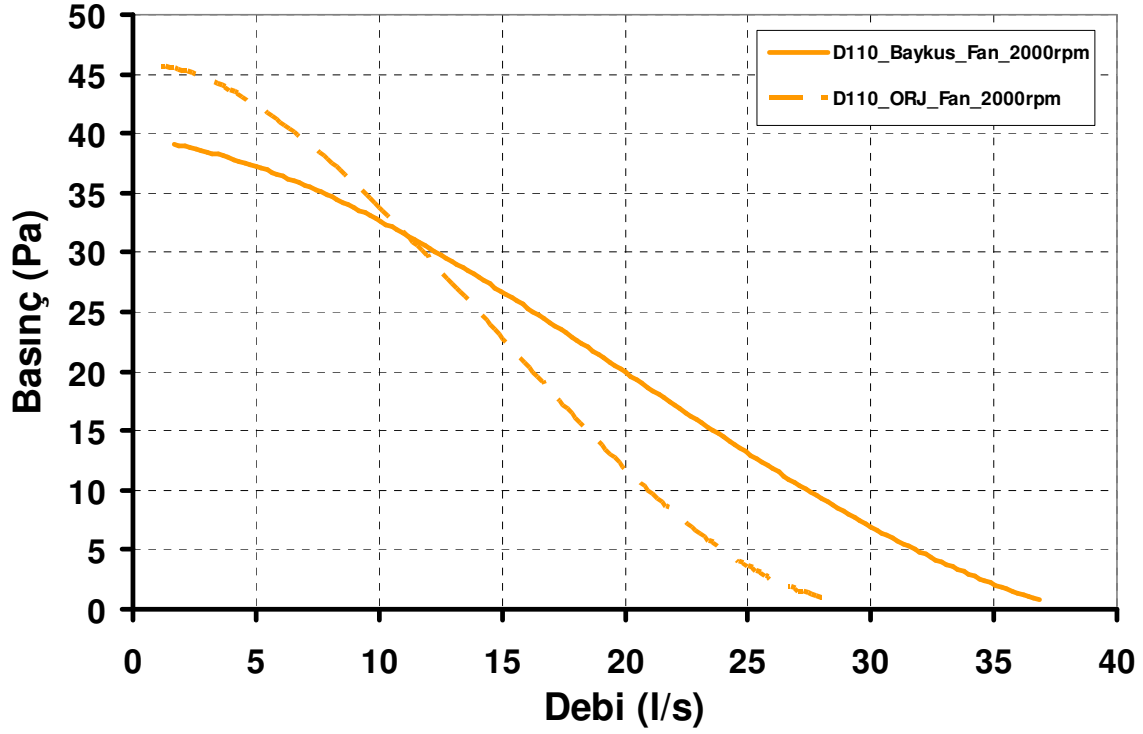


Şekil 5.9 – 1500 rpm sabit devirde D=110mm olan fanların karakteristik eğrileri

Şekil 5.9 deki grafikten anlaşılacağı üzere yeni tasarım olan baykuş fan tasarımının aynı koşullarda daha yüksek debilere çıktığı görülmektedir. Mevcut fana kıyasla yaklaşık 5 l/s'ye kadar daha fazla debi basabilmektedir. Bu fanlar genellikle taze besin bölmesi veya dondurucu kısmı için kullanılacağından bu kısımlarda fanın 10-15 l/s arası çalışma debisidir ve bu bölgede yeni tasarım olan baykuş kanatlı fan tasarımının aynı debide daha yüksek basınç karşıladığı görülmektedir. Genelde bir fan seçimi yapılırken iki fan arasında aynı debide daha yüksek basınç karşılayan ve genelde daha yüksek debilere kadar çıkabilen fanlar tercih sebebi olmaktadır.



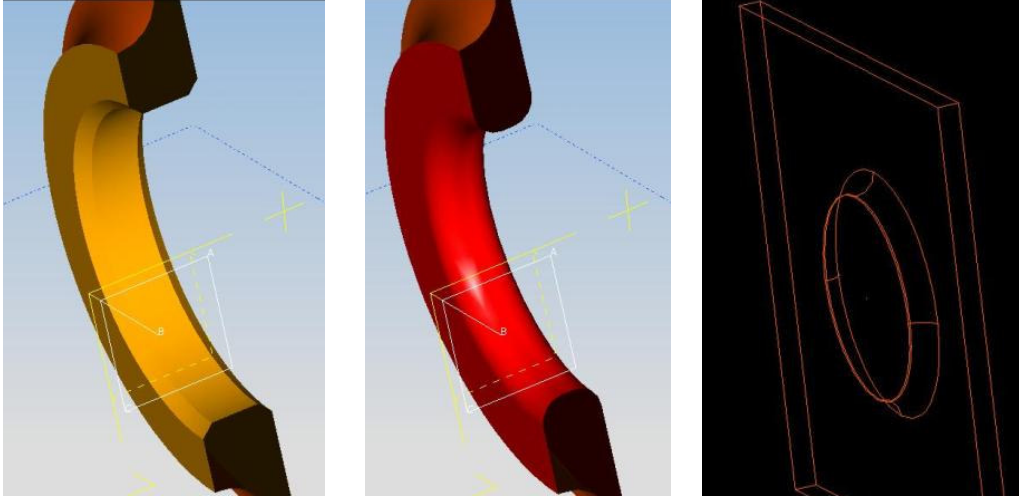
Şekil 5.10 – 1750 rpm sabit devirde D=110mm olan fanların karakteristik eğrileri



Şekil 5.11 – 2000 rpm sabit devirde D=110mm olan fanların karakteristik eğrileri

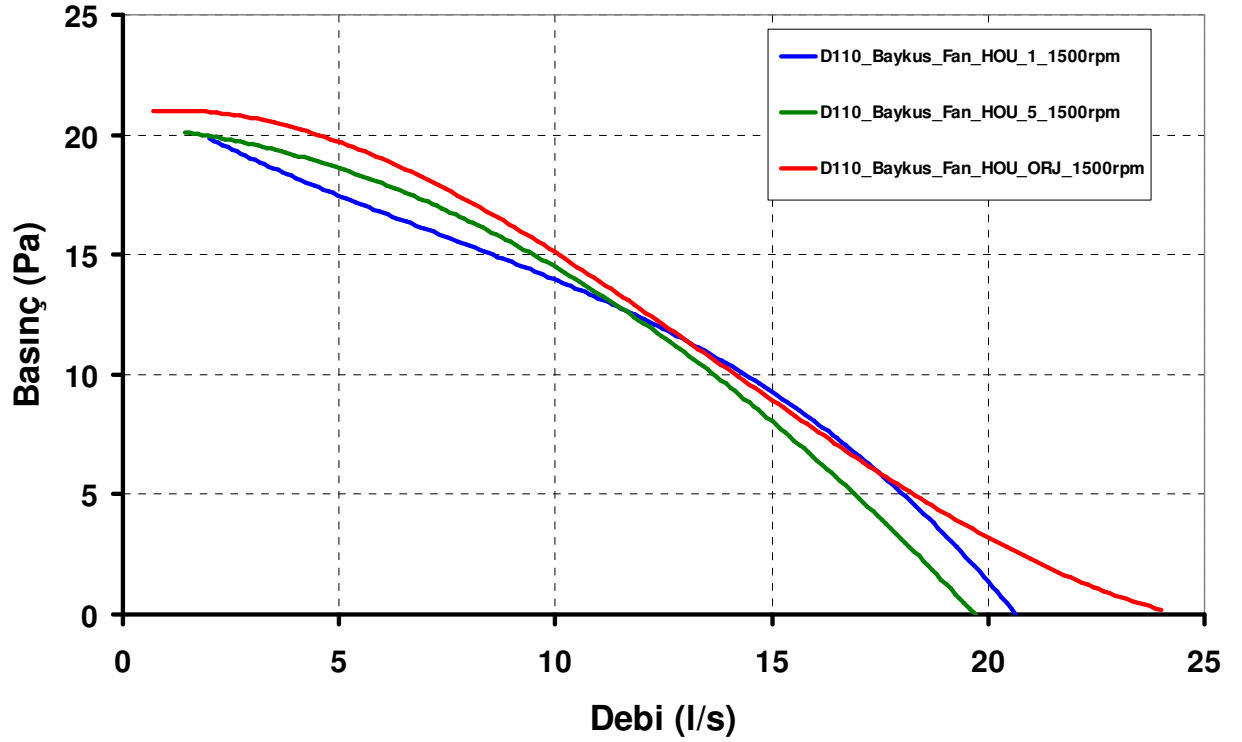
Rüzgar tüneli deneyleri esnasında hazırlanan farklı housingler ile yapılan deneyler yeniden yapılarak kullanılan orijinal housing ile yeni tasarım housingler kıyaslanmak istenmiştir. Bunun sonucunda rüzgar tünelinde kullanılan orijinal housingler karakteristik eğriler incelendiğinde yapılacak karakteristik eğri ölçümleri için en uygun housing olduğu saptanmıştır. Bu ölçüm sadece tasarlanan yeni baykuş kanatlı fanda 1500’rpmde gerçekleştirilmiştir.

Tasarlanan yeni housinglerin geometrik özellikler V-forma sahip ve oval forma sahip housinglerdir. Şekil 5.12’de sırasıyla yeni tasarım V-forma sahip ve oval forma sahip housingler ile orijinal housingin CAD resimleri gösterilmektedir.



Şekil 5.12 – Tasarlanan yeni housingler ve orijinal housing CAD resimleri

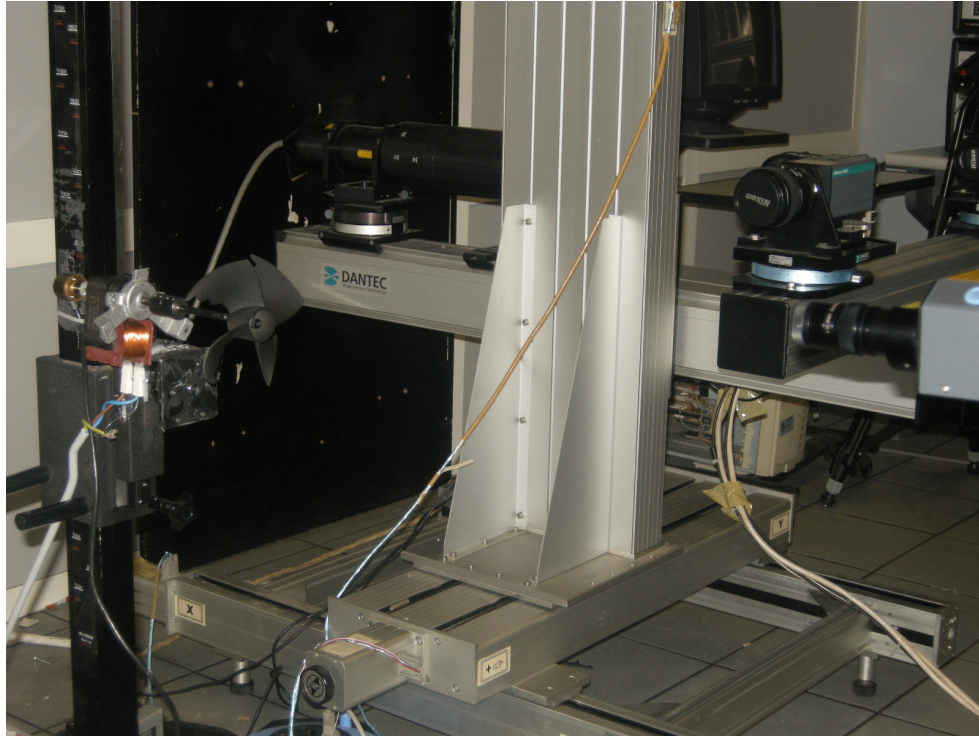
Ölçümlerde Housing_1 olarak kodlanan housing V-forma sahip housing iken Housing_5 olarak kodlanan oval forma sahip tasarım olan housingtir.



Şekil 5.13 – Farklı housingler ile gerçekleştirilen rüzgar tüneli deney sonuçları

5.2 PIV Ölçüm Deneyleri

Fan karakteristik eğrileri çıkartılan fanlar daha sonra PIV laboratuvarında PIV ölçümleri yapılmıştır. PIV deney düzeneğinde, her iki fanda herhangi bir housing olmadan direk oda ortamında sabit devirlerde çalıştırılmıştır. Bu esnada fanın bir kanadına odaklanan lazer sayesinde bir kanattan çıkan hava dağılımına, oluşan girdaplara ve akış çizgilerine bakılmıştır. Fan çalışırken ortama duman jeneratörü ile duman enjekte edilmiştir, bu esnada fanın her hareketine duyarlı lazer fanın hareketiyle ışın yollamaktadır. Bu esnada tek kanattan çıkan akış çizgilerini, akış dağılımlarını, havanın fan kanadına giriş ve çıkışının nasıl olduğunu görselleyen bir CCD kamera deney düzeneğinde kullanılmaktadır. PIV deneyi sırasında fan devirleri varyak kullanılarak ayarlanmıştır.

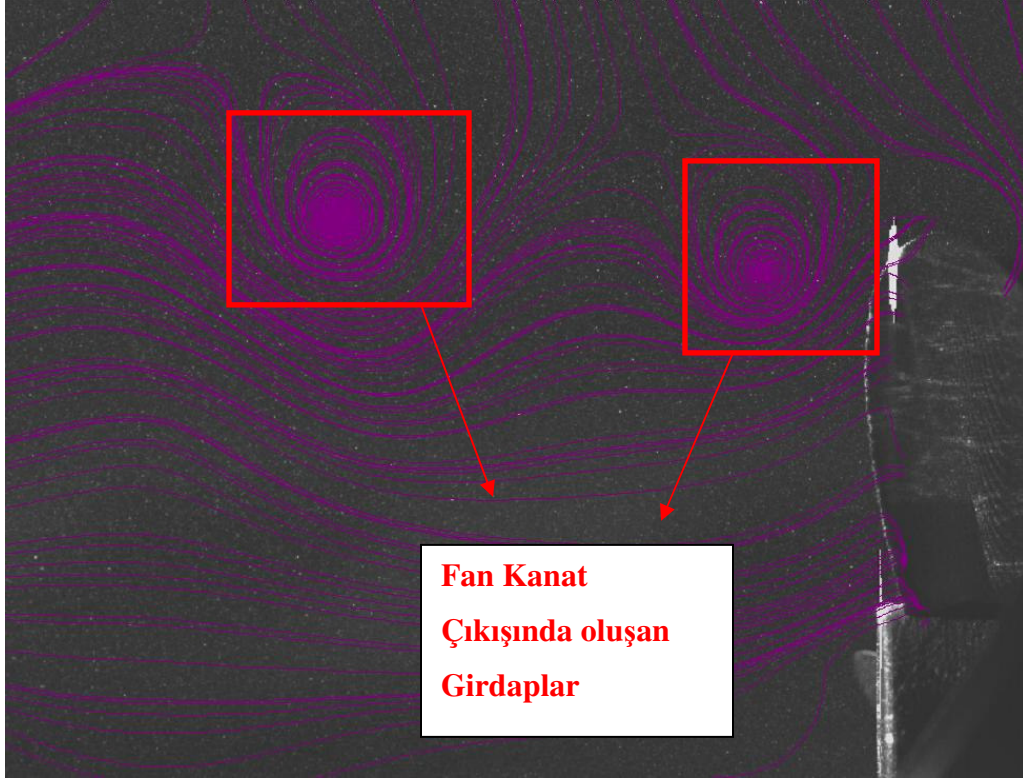


Şekil 5.14 – PIV ölçümünün yapılışı

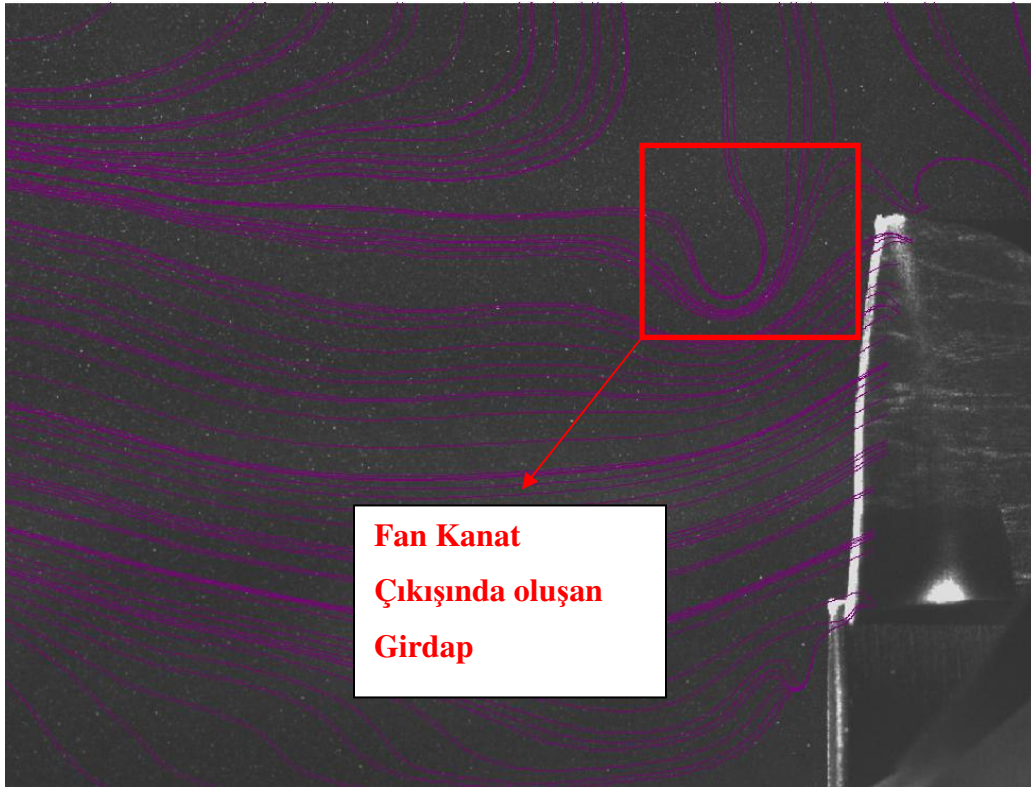


Şekil 5.15 - PIV ölçümünün yapılışı

Gerçekleştirilen ölçümlere göre mevcut fan ile tasarım fanın akış çizgilerinin ve vektörlerinin görüntüleri aşağıdaki şekillerde gösterilmektedir.

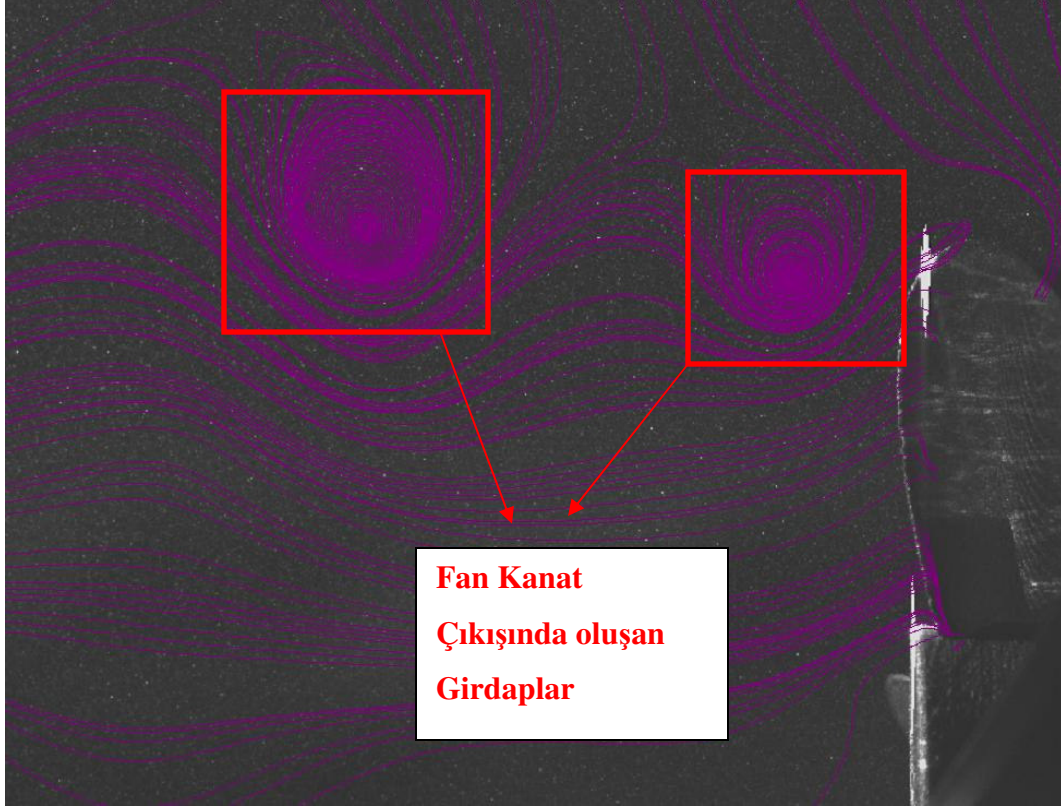


Şekil 5.16 – 1500 rpm’de mevcut fanın akış çizgilerinin PIV ile görüntülenmesi

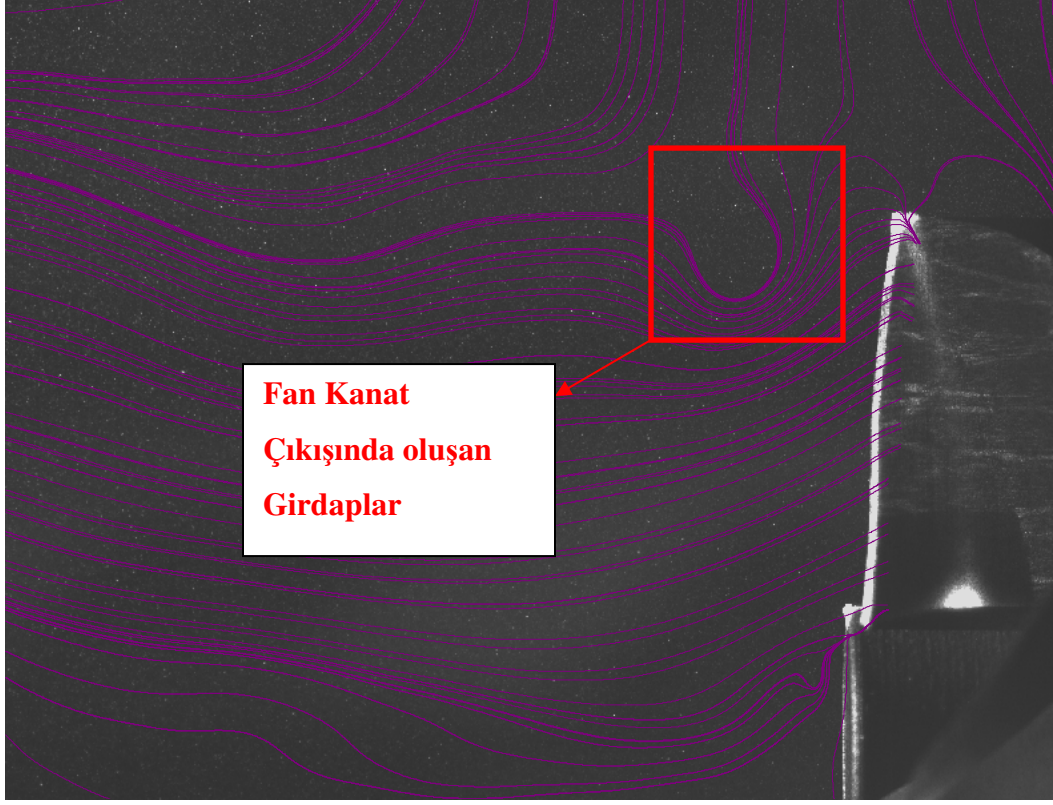


Şekil 5.17 - 1500 rpm’de yeni tasarlanan fanın akış çizgilerinin PIV ile görüntülenmesi

Yapılan deney sonuçlarına göre 1500 rpm’de mevcut fanda kanat çıkışında iki farklı vorteks oluşumu gözlenirken yeni tasarlanan baykuş fan tasarımında kanat çıkışında bir tane vorteks oluşumu gözlenmesinin yanı sıra oluşan vorteksin boyutu bir öncekine göre daha küçüktür. Bu ölçümlerden sonra aynı etkinin fan devrinin artması durumunda ne olacağını görmek için fan devri 1500 rpm’den 1750 rpm’e çıkartılarak aynı ölçümler tekrarlanmıştır. 1750 rpm’de de aynı sonuçlara rastlanmıştır. Yeni tasarım olan baykuş kanat fan tasarımında yine mevcut fana göre kanat çıkışında oluşan vorteksler (girdaplar) sayı olarak daha az nicelik olarak da daha küçük boyuttadır. Devri yükseltilmiş fanın akış çizgileri de şekil 5.18 ve 5.19’de gösterilmektedir. Bu ölçüm sonuçlarından sonra PIV testlerinin ışığında elde edilen akış çizgilerine göre fanlarda oluşan vortekslerin görüntülerinden yola çıkarak yeni tasarlanan baykuş kanatlı fanın mevcut fana göre daha sessiz olması ve performansının daha iyi olması beklenmektedir. Neticede fanlarda vorteks oluşumu istenmeyen bir olaydır ve oluşan vortekslerin de az sayıda ve boyut olarak az olması istenir. Yüksek devirler kendi aralarında kıyaslanacak olursa devir arttıkça oluşan girdapların büyüklüğünün de arttığı şekillerde görülmektedir. Yüksek devirlere çıktıkça fan gürültüsünün arttığı söylenebilir.



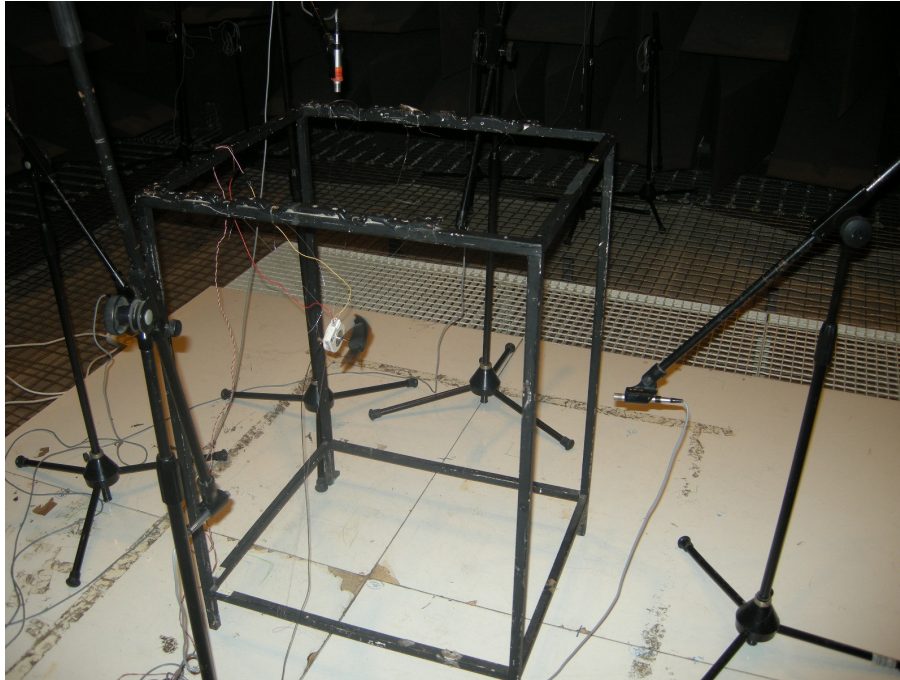
Şekil 5.18 - 1750 rpm'de mevcut fanın akış çizgilerinin PIV ile görüntülenmesi



Şekil 5.19 - 1750 rpm’de yeni tasarlanan fanın akış çizgilerinin PIV ile görüntülenmesi

5.3 Fan Ses Basıncı Ölçümü Deneyleri

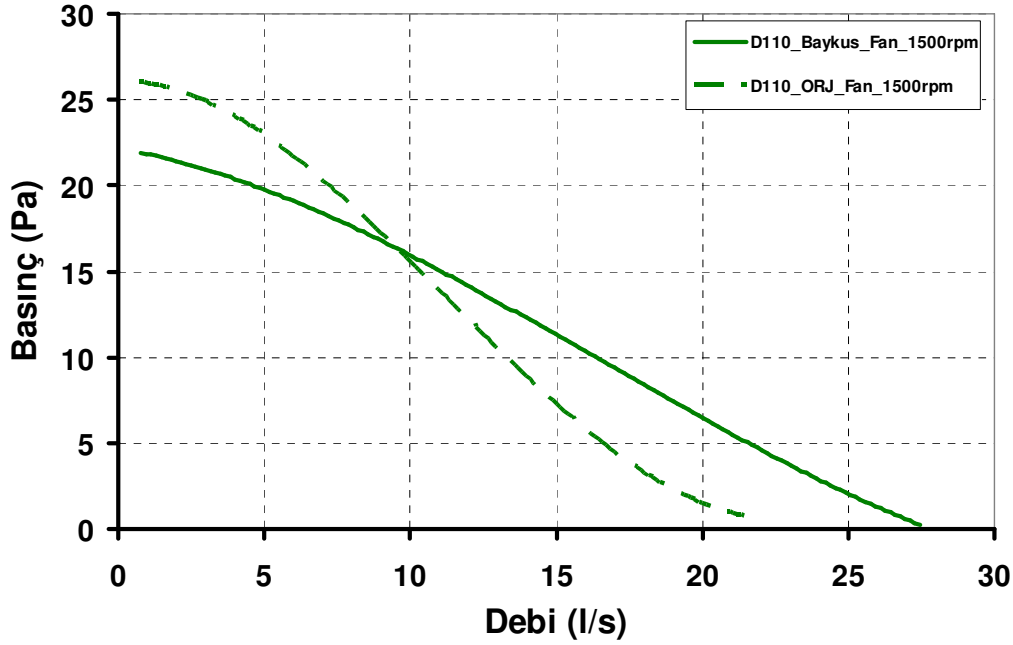
D = 110mm dış çapa sahip olan baykuş fan ve mevcut fanın ses ölçümleri titreşim akustik labarotuvvarında gerçekleştirilmiştir. Ölçüm esnasında fan oda koşullarında bir DC motor tarafından sürülerek bir düzeneğe asılmıştır. Bu düzenek etrafına yerleştirilen 5 adet mikrofona ile fanın çalışma anında ses seviyeleri ölçülmüştür. Ses basıncı ölçümü esnasında Newmotech firmasına ait bir motor kullanılmıştır ve motor 1500 rpm, 1750 rpm gibi farklı devirlerde fan döndürülmüştür. Yapılan ölçüm sonuçlarına göre tasarım fan ile mevcut fanın ses gücü düzeyleri arasında çok büyük bir fark olmadığını ve azda olsa tasarım fanın biraz daha fazla ses gücü düzeyi olduğu sonucunu ortaya koymuştur. Bu farklılık ölçümler arasında fanı takıp çıkarmaktan dolayı motorun zorlanmasından dolayı da meydana gelebilmektedir.



Şekil 5.20 – Fan ses ölçümü esnasında kurulan deney düzeneği

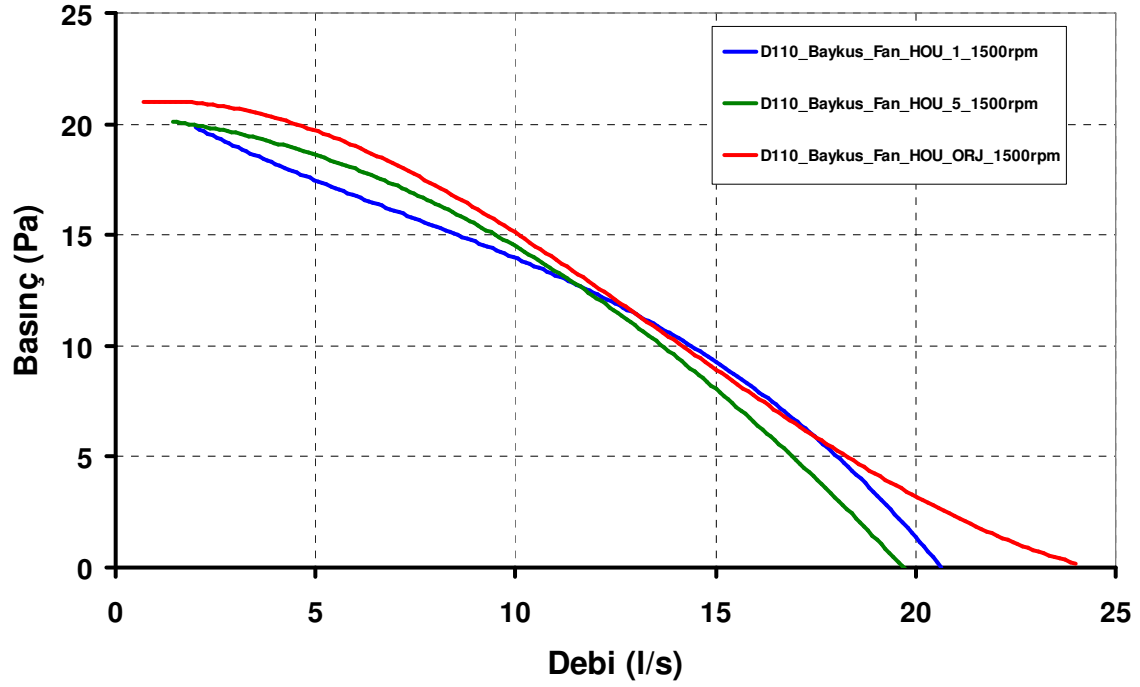
6 SONUÇLAR

Bu yüksek lisans tez kapsamında soğutucularda taze besin bölmesinde veya dondurucu bölmesinde kullanılan mevcut evaporatör fanının yerine kullanılmak üzere fan tasarım parametreleri (fan devri, fan debisi, fan basıncı, kanat sayısı, alternatif housing) gibi tasarım parametreleri göz önünde bulundurularak yeni bir tasarım ortaya koyulmuştur. Bahsedilen tasarım parametreleri Fanpal adlı fan programı yardımıyla tasarımın oluşturulması için bir ayak olmuş oluşturulan öncül tasarım daha sonra CAD çizim programı IDEAS'ta geliştirilmiştir. Fan tasarımı esnasında biyomimikri adlı bilim dalından yararlanılarak bu bilim dalında daha önceden mühendislik uygulamalarına örnek uygulamalar incelenerek ne gibi bir tasarım yapılabileceği tartışılmıştır. Yapılan incelemelerin sonunda fan arka kanat (trailing edge) kısmında baykuş kanatlarında bulunan girinti çıkıntılara benzer bir form yeni fan tasarımında uygulanmaya çalışılmıştır. Tasarım oluşturulduktan sonra rüzgar tüneline karakteristik eğri ölçümleri, PIV ölçümleri ve ses ölçümleri gibi ölçümler kullanılan mevcut fan ve tasarım fan için gerçekleştirilmiştir. Fan tasarımı sonucunda fanlardan beklenen karakteristik eğri mevcut duruma göre daha yüksek debi sağlaması ve aynı debide aynı devirde daha yüksek dirençleri karşılayabilmesidir. Yapılan rüzgar ölçümü test sonuçlarından çıkarılan karakteristik eğri sonuçlarına göre yeni tasarlanan baykuş fan tasarımının mevcut fana göre aynı devirlerde daha yüksek debilere çıktığı ve üründe kullanılması düşünülen çalima debisinde de daha yüksek basınç farklarını karşıladıkları yapılan deneylerde görülmüştür.



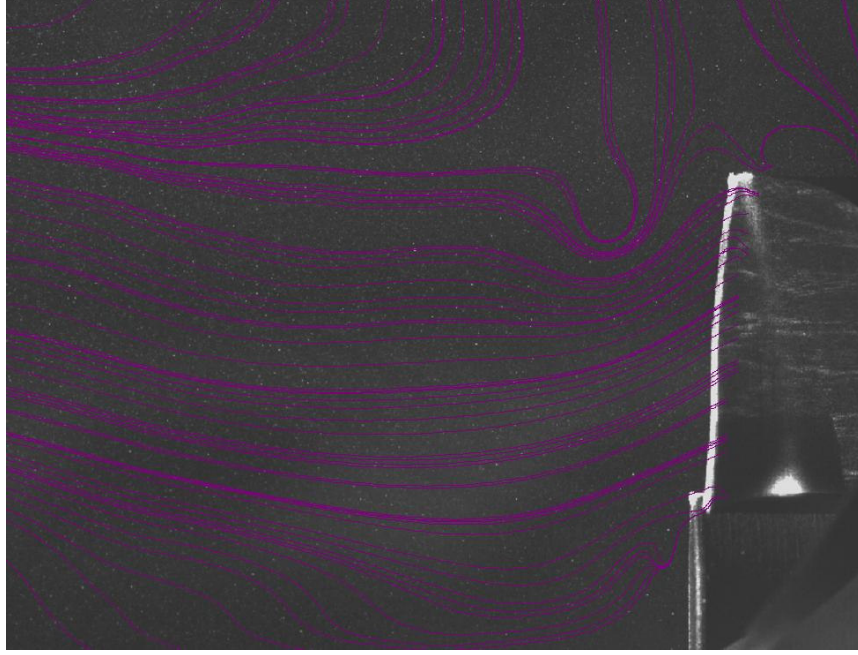
Şekil 6.1 – 1500 rpm’de çalıştırılan fanların karakteristik eğrileri

Şekil 6.1’de de görüldüğü gibi 1500 rpm sabit devirde döndürülen mevcut fan ile tasarlanan baykuş fanın eğrileri şekilde gösterilmektedir. Taze besin bölmesinde veya dondurucu bölmelerinde genellikle bu tip fanlar 10-15 l/s debi aralığında kullanılırlar. Bu debi aralığında baykuş fan, mevcut fana göre yaklaşık 2-4 Pa daha fazla direnç karşılarken yaklaşık olarak da 1-3 l/s daha fazla debi sağlamaktadır. Karakteristik eğriye toplamda ne kadar debi basabildiğine bakacak olursak 1-3 l/s’lik bu fark 4-5 l/s’lere çıkabilmektedir. Mevcut fan yaklaşık 21 l/s debi sağlayabilirken, baykuş kanadına sahip fan 26-27 l/s’lere kadar çıkabilmektedir. Rüzgar tüneli deneyleri sırasında fan tasarım parametrelerinden biri olan farklı housinglerin fan karakteristiği üzerinde etkisinin incelenmesi için farklı formlara sahip farklı housingler tasarlanmıştır. Bu yeni tasarlanan housingler orijinal housingle yapılan deney sonuçları kıyaslandığında orijinal housing ile yapılan ölçümlerin alternatif housinglere göre daha iyi olduğu sonucuna varılmıştır.



Şekil 6.2 – Farklı housing tasarımlarının karakteristik eğri üzerine etkileri

Bu testlerden sonra mevcut fan ile tasarım fanın çalışma esnasında fana gelen akışın görsellenmesi için PIV ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Bu ölçümler esnasında tek bir kanadın çıkış anındaki akış çizgileri ve akış vektörleri görüntülenmiştir. Fan akış prensibinde vorteksler istenmeyen bir durumdur ve vorteks oluşumunun az sayıda ve küçük boyutlarda olması istenir. Hem fanın daha verimli çalışması açısından hem de daha sessiz olması açısından vorteks oluşumu istenmeyen bir durumdur. . Hem 1500 hem de 1750 rpm’de yapılan PIV ölçüm sonuçlarına göre baykuş fanda oluşan vorteks sayısında ve büyüklüğünde azalma olmuştur.



Şekil 6.3 – 1500 rpm’de yeni tasarlanan fanın akış çizgilerinin PIV ile görüntülenmesi

PIV ölçümlerinden sonra fanların ses ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Ölçümlere başlamadan önce baykuş tasarımının daha sessiz bir ses seviyesine ulaşacağı öngörülmekteyken deney sonuçlarının gelmesi ile göre mevcut fan ile tasarım fanın ses seviyelerinin birbirine yakın olduğu aralarında çok büyük bir farklılık olmadığı sonucu görülmüştür. Yapılan deney esnasında fan motoruna fanların takılıp sökülmesi esnasında motorun zorlandığı ve bu sebepten ötürü bir deney belirsizliği olduğu durumu ve fanın oda koşullarında ölçümün yapıldığı belirtilmelidir. Herhangi bir housing ile yapılan ölçümde veya farklı bir motorla yapılan ölçümde bu değerleri farklılık gösterebilecektir.

Bu ölçüm sonuçları bir arada düşünüldüğünde tasarım fan olan baykuş fanın daha yüksek debilere çıktığı, çalışma debisi olan 10-15 l/s debi aralığında daha yüksek dirençleri karşıladığı göz önüne alındığında, fan akışında oluşması arzulanan girdap oluşumunun baykuş fanda daha az sayıda ve küçük boyutlarda oluşması bu fanın arzulanan değerlere erişildiğini ve mevcut fan yerine kullanılabilecek bir fan olduğu sonucuna varılmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] Frank P. Bleier, “Fan Handbook: Selection, Application and Design”
- [2] William Cory, “Fans & Ventilation”
- [3] NTV Bilim Dergisi Yayınları, (2009), “Doğayı Taklit Eden Teknoloji”, Eylül 2009, İstanbul
- [4] www.biomimicrynews.com
- [5] Janine Benyus, “BIOMIMICRY : Innovation Inspired by Nature”
- [6] National Geographic (2008), Biomimetics : Design by Nature, April 2008, pp 68-90
- [7] Bhushan, B. 2007 Adhesion of multi-level hierarchical attachment systems in gecko feet. J. Adhes.Sci. Technol. 21, 1213–1258.
- [8] Yoseph Bar Cohen (2006), “Biomimetics : Biologically Inspired Technologies”
- [9] www.biomimicryinstitute.org
- [10] www.asknature.org
- [11] Frank E. Fish, Laurens E. Howle, Mark Murray, (2008), “Hydrodynamic Flow Control in Marine Mammals”, Integrative and Comparative Biology, Volume 48, number 6, pp. 788-800.
- [12] Yong-zhi Zhang, Chun-cheng Zuo, Yang Wang, Shao-ming Sun, Lu-quan Ren (2008), “Study of a Bionic Paddy Impeller Inspired by Buffalo Hoof, Journal of Bionic Engineering, 79-86

[13] Michael Dickinson, (2000), “How Animals Move: An Integrative View”, Science, 288, pp 100-106

[14] www.paxfan.com

[15] Sarioğlu K., Akköse K. (2008), “Fan Tasarımı Oluşturulmasında Patent Araştırması Çalışması”, Arçelik Ar-Ge Araştırma Raporu, ANN 1087, İstanbul

[16] Sarioğlu K., Akköse K. (2008), “Fan Tasarım Metodolojisi Kapsamında Literatür Çalışması”, Arçelik Ar-Ge Araştırma Raporu, ANN 1112, İstanbul

[17] Oğuz E. (2006), “ PIV Deney Düzeneginin İncelenmesi ” , Arçelik Ar-GE Araştırma Raporu, İstanbul

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	17.02.1984	
Doğum yeri	Adana	
Lise	1999 – 2002	Adana Anadolu Lisesi
Lisans	2003 – 2007	Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Fak. Makine Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	2008 – 2010	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilimdalı, Isı-Proses Programı
Çalıştığı Kurumlar	2007 – 2008	Arçelik A.Ş Ar-Ge Departmanı, Fikri Haklar Bölümü
	2008 – 2010	Arçelik A.Ş Ar-Ge Departmanı, Akışkanlar Dinamiği Teknoloji Ailesi, Proje Yardımcısı
	2010 -	FORD OTOSAN Ürün Geliştirme Departmanı, Ürün Geliştirme Mühendisi