

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

79258

**SANTRİFÜJ VANTİLATÖRLERİN DENEYSEL
OLARAK İNCELENMESİ**

Mak. Müh. Burçin ÇİÇEK

F.B.E. Makina Müh. Anabilim Dalı Isı Proses Programında
Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

79258

Tez Danışmanı : Doç. Dr. İbrahim GENTEZ

Doç. Dr. İbrahim GENTEZ

Prof. Dr. Derya ÖZGÜR

(Signature)

(Signature)

1. Doç. Dr. Nurdan UARZAR

(Signature)
T.C. YÜKSEK ÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

İSTANBUL, 1998

İÇİNDEKİLER

SİMGE LİSTESİ.....	i
ŞEKİL LİSTESİ.....	iii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	iv
ÖNSÖZ.....	v
ÖZET.....	vi
ABSTRACT.....	vii
1. GİRİŞ.....	1-14
1.1 Vantilatörlerin Sınıflandırılması.....	2
1.1.1 Vantilatörün fonksiyonuna göre sınıflandırma.....	2
1.1.1.1 Kanala bağlantılı vantilatörler.....	3
1.1.1.1.1 Serbest girişli vantilatörler.....	3
1.1.1.1.2 Serbest çıkışlı vantilatörler.....	3
1.1.1.1.3 Girişi çıkışı kanal bağlantılı vantilatörler.....	3
1.1.1.2 Bölme tip vantilatörler.....	3
1.1.1.3 Jet vantilatörler.....	4
1.1.1.4 Sirkülasyon vantilatörleri.....	4
1.1.2 Rotor içindeki akış yoluna göre sınıflandırma.....	5
1.1.2.1 Santrifüj vantilatörler.....	5
1.1.2.2 Aksiyal vantilatörler.....	7
1.1.2.3 Karışık akışlı vantilatörler.....	7
1.1.2.4 Çapraz akışlı vantilatörler.....	8
1.1.3 Birim kütle başına yapılan işe ya da toplam basınca göre sınıflandırma.....	8
1.1.4 Çalışma şartlarına göre sınıflandırma.....	9
1.1.4.1 Genel amaçlı vantilatörler.....	9
1.1.4.2 Özel amaçlı vantilatörler.....	9

1.1.4.2.1	Sıcak gaz vantilatörleri.....	9
1.1.4.2.2	Nemli gaz vantilatörleri.....	10
1.1.4.2.3	Sızdırmaz vantilatörler	10
1.1.4.2.4	Toz vantilatörleri.....	10
1.1.4.2.5	Taşıyıcı vantilatörler	10
1.1.4.2.6	Aşınmaya dayanıklı vantilatörler	10
1.1.4.2.7	Kıvılcım korumalı vantilatörler	10
1.1.4.2.8	Çatı vantilatörleri	11
1.1.5	Tahrik düzenine göre sınıflandırma	11
1.1.5.1	Direkt motor milinden tahrik.....	11
1.1.5.2	Eş eksenli kaplin üzerinden tahrik	11
1.1.5.3	Dişli kutusu üzerinden tahrik.....	12
1.1.5.4	Kayış- kasnak mekanizması ile tahrik.....	12
1.1.6	Vantilatör kontrol yöntemine göre sınıflandırma	12
1.1.6.1	Değişken hız kontrollü	12
1.1.6.2	Damper kontrollü	13
1.1.6.3	Değişken kanat açısı kontrollü.....	13
1.2	Vantilatörlerin karakteristik özellikleri	13
1.3	Tez çalışmasında izlenen yol ve yöntemler.....	14
2.	KURAMSAL İFADELER	15-21
2.1	Akışkan Ortamlar İçin Genel Hareket Denklemi.....	15
2.2	Bernoulli Denklemine Bir Kanal içinde Akışa Uygulanması	17
2.3	Pitot Tüpü	18
2.3.1	Kanal içinde hava hızı ve debi hesabı	19
2.3.2	Vantilatörün ürettiği güç	20
2.3.3	Vantilatöre giren güç.....	21
2.3.4	Vantilatörün verimi	21
3.	DENEY DÜZENİĞİ.....	22-25
3.1	Deney Düzeninin Tanıtımı.....	22
3.2	Deney Vantilatörü.....	22

3.3	Deneyde Kullanılan Ölçme Aletleri.....	24
3.4	Örnek Hesaplar	25
4.	DENEYLER.....	28-49
4.1	Birinci Deneye Ait Çizelge ve Şekiller	28
4.2	İkinci Deneye Ait Çizelge ve Şekiller.....	31
4.3	Üçüncü Deneye Ait Çizelge ve Şekiller.....	34
4.4	Dördüncü Deneye Ait Çizelge ve Şekiller	37
4.5	Beşinci Deneye Ait Çizelge ve Şekiller	40
4.6	Altıncı Deneye Ait Çizelge ve Şekiller	43
4.7	Yedinci deneye Ait Çizelge ve Şekiller	46
4.8	Sekizinci Deneye Ait Çizelge ve Şekiller	49
5.	SONUÇLAR.....	52-57
5.1	Kanat Açısı (β)'nın Performans Eğilimleri Üzerindeki Etkileri	52
5.2	Kanat Sayısının Performans Eğrileri Üzerindeki Etkileri.....	54
5.3	Devir sayısının Performans Eğrileri Üzerindeki Etkileri	54
5.4	Yorumlar	57
	KAYNAKLAR.....	58
	EKLER	59
	Ek 1 Deney Düzeneği.....	59
	Ek 2 Deney Vantilatörü Rotor Kanat Açılı.....	60
	Ek 3 Deney'de Kullanılan Santrifüj Vantilatör	61
	ÖZGEÇMİŞ.....	62

SİMGE LİSTESİ

A	Kanal kesiti
D	Emiş çapı
F	Ağırlık kuvveti
g	Yerçekimi ivmesi
H	Basma yüksekliği
H _{dyn}	Dinamik basma yüksekliği
I	Akım
n	Devir sayısı
N _Ç	Çıkan güç
N _g	Giren güç
P _{st}	Statik basınç
P _{top}	Toplam basınç
Q	Debi
t	zaman
U	Gerilim
V _{ort}	Ortalama hız
β	Kanat açısı
γ	Özgül kütle
η	Verim
Cos φ	Motor faz açısı
μ	Dinamik vizkozite
v	Kinematik vizkozite
ρ _s	Su yoğunluğu
ρ _a	Hava yoğunluğu
Ω	Girdap vektörü

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1	Kanala bağlı vantilatörler	3
Şekil 1.2	Bölme tip vantilatörler.....	4
Şekil 1.3	Jet vantilatörler.....	4
Şekil 1.4	Sirkülasyon vantilatörler	5
Şekil 1.5	Santrifüj vantilatörler rotoru.....	5
Şekil 1.6	Santrifüj vantilatörünün rotoruna bazı örnekler.....	6
Şekil 1.7	Aksiyal vantilatör rotoru	7
Şekil 1.8	Karışık akışlı vantilatör rotoru.....	7
Şekil 1.9	Çapraz akışlı vantilatör.....	8
Şekil 2.1	Pitot tüpü çalışma prensibi.....	17
Şekil 2.2	Pitot tüpü	19
Şekil 3.1	Kanal içi ölçüm noktaları	24
Şekil 4.1	Geriye eğimli ($\beta < 90^\circ$), 8 Kanat, $n = 2850$ d/d için debi-basma yüksekliği ilişkisi	30
Şekil 4.2	Geriye eğimli ($\beta < 90^\circ$), 8 Kanat, $n = 2850$ d/d için debi-verim ilişkisi.....	30
Şekil 4.3	Geriye eğimli ($\beta < 90^\circ$), 8 Kanat, $n = 2850$ d/d için debi-güç ilişkisi	30
Şekil 4.4	Geriye eğimli ($\beta < 90^\circ$), 7 Kanat, $n = 2850$ d/d için debi-basma yüksekliği ilişkisi	33
Şekil 4.5	Geriye eğimli ($\beta < 90^\circ$), 7 Kanat, $n = 2850$ d/d için debi-verim ilişkisi.....	33
Şekil 4.6	Geriye eğimli ($\beta < 90^\circ$), 7 Kanat, $n = 2850$ d/d için debi-güç ilişkisi	33
Şekil 4.7	Radyal ($\beta < 90^\circ$), 8 Kanat, $n = 2850$ d/d için debi-basma yüksekliği ilişkisi....	36
Şekil 4.8	Radyal ($\beta < 90^\circ$), 8 Kanat, $n = 2850$ d/d için debi-verim ilişkisi	36
Şekil 4.9	Radyal ($\beta < 90^\circ$), 8 Kanat, $n = 2850$ d/d için debi-güç ilişkisi.....	36
Şekil 4.10	Radyal ($\beta < 90^\circ$), 7 Kanat, $n = 2850$ d/d için debi-basma yüksekliği ilişkisi....	39
Şekil 4.11	Radyal ($\beta < 90^\circ$), 7 Kanat, $n = 2850$ d/d için debi-verim ilişkisi	39
Şekil 4.12	Radyal ($\beta < 90^\circ$), 7 Kanat, $n = 2850$ d/d için debi-güç ilişkisi.....	39
Şekil 4.13	Öne eğimli ($\beta < 90^\circ$), 8 Kanat, $n = 2850$ d/d için debi-basma yüksekliği ilişkisi	42
Şekil 4.14	Öne eğimli ($\beta < 90^\circ$), 8 Kanat, $n = 2850$ d/d için debi-verim ilişkisi.....	42
Şekil 4.15	Öne eğimli ($\beta < 90^\circ$), 8 Kanat, $n = 2850$ d/d için debi- güç ilişkisi.....	42
Şekil 4.16	Öne eğimli ($\beta < 90^\circ$), 7 Kanat, $n = 2850$ d/d için debi-basma yüksekliği ilişkisi	45
Şekil 4.17	Öne eğimli ($\beta < 90^\circ$), 7 Kanat, $n = 2850$ d/d için debi-verim ilişkisi.....	45
Şekil 4.18	Öne eğimli ($\beta < 90^\circ$), 7 Kanat, $n = 2850$ d/d için debi- güç ilişkisi.....	45
Şekil 4.19	Geriye eğimli ($\beta < 90^\circ$), 8 Kanat, $n = 2422$ d/d için debi-basma yüksekliği ilişkisi	48
Şekil 4.20	Geriye eğimli ($\beta < 90^\circ$), 8 Kanat, $n = 2422$ d/d için debi-verim ilişkisi.....	48
Şekil 4.21	Geriye eğimli ($\beta < 90^\circ$), 8 Kanat, $n = 2422$ d/d için debi-güç ilişkisi	48
Şekil 4.22	Geriye eğimli ($\beta < 90^\circ$), 8 Kanat, $n = 2053$ d/d için debi-basma yüksekliği ilişkisi	51
Şekil 4.23	Geriye eğimli ($\beta < 90^\circ$), 8 Kanat, $n = 2053$ d/d için debi-verim ilişkisi.....	51
Şekil 4.24	Geriye eğimli ($\beta < 90^\circ$), 8 Kanat, $n = 2053$ d/d için debi-güç ilişkisi	51
Şekil 5.1	$n = 2850$ d/d ve 8 Kanat için debi-basma yüksekliği ilişkisi.....	52
Şekil 5.2	$n = 2850$ d/d ve 8 Kanat için debi-verim ilişkisi.....	52
Şekil 5.3	$n = 2850$ d/d ve 8 Kanat için debi-güç ilişkisi	52
Şekil 5.4	$n = 2850$ d/d ve Geriye eğimli ($\beta < 90^\circ$) için debi-basma yüksekliği ilişkisi....	55
Şekil 5.5	$n = 2850$ d/d ve Geriye eğimli ($\beta < 90^\circ$) için debi-verim ilişkisi	55
Şekil 5.6	$n = 2850$ d/d ve Geriye eğimli ($\beta < 90^\circ$) için debi-güç ilişkisi.....	55

Şekil 5.7	Geriy eğimli ($\beta < 90^\circ$) ve 8 Kanat debi-basma yüksekliği ilişkisi.....	56
Şekil 5.8	Geriy eğimli ($\beta < 90^\circ$) ve 8 Kanat debi-verim ilişkisi.....	56
Şekil 5.9	Geriy eğimli ($\beta < 90^\circ$) ve 8 Kanat debi-gç ilişkisi	56



ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 4.1	Geriye eğimli ($\beta < 90^\circ$), 8 Kanat, $n=2850$ d/d için okunan manometrik yükseklikler	28
Çizelge 4.2	Geriye eğimli ($\beta < 90^\circ$), 8 Kanat, $n=2850$ d/d için hesap sonuçları.....	29
Çizelge 4.3	Geriye eğimli ($\beta < 90^\circ$), 7 Kanat, $n=2850$ d/d için okunan manometrik yükseklikler	31
Çizelge 4.4	Geriye eğimli ($\beta < 90^\circ$), 7 Kanat, $n=2850$ d/d için hesap sonuçları.....	32
Çizelge 4.5	Radyal ($\beta = 90^\circ$), 8 Kanat, $n=2850$ d/d için okunan manometrik yükseklikler	34
Çizelge 4.6	Radyal ($\beta = 90^\circ$), 8 Kanat, $n=2850$ d/d için hesap sonuçları	35
Çizelge 4.7	Radyal ($\beta = 90^\circ$), 7 Kanat, $n=2850$ d/d için okunan manometrik yükseklikler	37
Çizelge 4.8	Radyal ($\beta = 90^\circ$), 7 Kanat, $n=2850$ d/d için hesap sonuçları	38
Çizelge 4.9	Öne eğimli ($\beta > 90^\circ$), 8 Kanat, $n=2850$ d/d için okunan manometrik yükseklikler	40
Çizelge 4.10	Öne eğimli ($\beta > 90^\circ$), 8 Kanat, $n=2850$ d/d için hesap sonuçları.....	41
Çizelge 4.11	Öne eğimli ($\beta > 90^\circ$), 7 Kanat, $n=2850$ d/d için okunan manometrik yükseklikler	43
Çizelge 4.12	Öne eğimli ($\beta > 90^\circ$), 7 Kanat, $n=2850$ d/d için hesap sonuçları.....	44
Çizelge 4.13	Geriye eğimli ($\beta < 90^\circ$), 8 Kanat, $n=2422$ d/d için okunan manometrik yükseklikler	46
Çizelge 4.14	Geriye eğimli ($\beta < 90^\circ$), 8 Kanat, $n=2422$ d/d için hesap sonuçları.....	47
Çizelge 4.15	Geriye eğimli ($\beta < 90^\circ$), 8 Kanat, $n=2053$ d/d için okunan manometrik yükseklikler	49
Çizelge 4.16	Geriye eğimli ($\beta < 90^\circ$), 8 Kanat, $n=2053$ d/d için hesap sonuçları.....	50

ÖNSÖZ

Tez çalışmamın başlıca amacı santrifüj vantilatörlerin deney yöntemlerine sağlıklı bir bakış açısı yakalayabilmektir. Konu üzerinde çalışmaya karar vermemin ana nedeni fabrikamızda test ettiğimiz bir vantilatörün verimini, üzerinde bir çok değişiklik yapmış olmamıza rağmen maksimum %21' e kadar çıkartabilmiş olmamızdır. Bu yüzden eski deney düzeneğimizin yerine yeni araştırmalar sonucu tez çalışmamda kullandığım deney düzeneğinin kurulmasını gerçekleştirdim. Deneylerde vantilatörün daha önce denenerek elde edilmiş gerçek değerlerine oldukça yaklaşmış olması, burada değinmem gereken sevindirici hususların başında gelmektedir.

Bu çalışma sırasında beni yalnız bırakmayan, tezimin hazırlanmasında ellerinden gelen yardımı esirgemeyen başta Teknik Büro'daki arkadaşlarım olmak üzere, Sönmez Metal End. ve Tic A.Ş.'nin sahibi Sn. Mak.Müh.Olgun SÖNMEZ ve burada adlarını tek tek yazamayacağım tüm mesai arkadaşlarıma ilgilerinden dolayı burada teşekkür ediyorum. Ayrıca Y.T.Ü. Makina Mühendisliği Bölümü Isı Proses Bilim Dalı Başkanı Sn. Prof. Dr. Doğan ÖZGÜR'e ve tez danışmanım sevgili hocam Sn. Doç. Dr. İbrahim GENTEZ'e de yardımları dolayısıyla teşekkürü bir borç bilirim.

Bizler yeni nesil Türk gençliği olarak ülkemiz için elimizden gelen çabanın azamisini gösterme kararlılığı içerisindeyiz. Umarım Türk endüstrisi de dünya ülkeleri arasında hedeflediği lider ülke konumuna bir an önce ulaşır. Tek dileğimiz güçlü bir Türkiye...

Mak. Müh. Burçin ÇİÇEK

ÖZET

Herhangi bir havalandırma sisteminde kullanılacak olan vantilatörün seçimi sistemin verimliliği açısından oldukça önemlidir. Sağlıklı bir karara varabilmek ancak vantilatörün deneyler yapılarak çizilmiş performans eğrilerinin nasıl çizileceği açıklanmıştır. Deney düzeneği bir santrifüj vantilatör, vantilatörün atış ağzına bağlı bir kanal içinde basma yüksekliklerini okumaya yarayan bir pitot tüpü ve bir manometre, bir basınç kabini ve çıkış kesit alanını belirlemek için kullanılan 6 değişik klapeden oluşmuştur. Kanaldan okunan basma yükseklikleri gerekli bağlantılar yardımıyla hesaplanarak performans eğrileri çizilmiştir. Deney vantilatörünün karakteristik özelliklerinden kanat sayısı, kanat açısı ve devir sayısı değişken olarak kullanılmıştır. Bütün bu verilerin ışığında elde edilen sonuçlar eğriler üzerinde birbirleri ile kıyaslanarak en uygun seçenek ortaya konmuştur. Varılan noktada bir sistem için birden çok seçeneğin mevcut olabileceği ortaya çıkmıştır. Bu seçeneklerden en uygun olanı ilk maliyetler açısından diğerlerine göre avantajlı görünmese de, bulunduğu sistemde uzun müddet görev yapacağından sağlayacağı enerji tasarrufu bu açığı mutlaka kapatacaktır.



ABSTRACT

For a ventilator which will be used in ever air-handling system, election of the ventilator is very important for the efficiency of the system. To decide the right election for the ventilator is only possible by using the performance curves of the ventilator, which are drawn by the help of the testing results. In this work it is explained how a test of a centrifugal ventilator can be and how it is possible to create the performance curves by using the values which are obtained by tests. The test plan has a centriral ventilator, a duct which is used for measuring the pressures in by the help of a pitot tube and a manometer, a pressure box which has six different dampers at the exit to adjust the air-flow. The performance curves are drawn by the help of the equations according to the pressure values measured in the duct. The variables in tests are the angle of the blades, number of blades, number of blades and speed. The most suitable election is put accordding to the results which are compared with each other. At the point it is certain that there can be more than one choice for every system. Even though the cost of the suitable ventilator is too high, because of the lifetime in future it will be economic for using the energy sources.



1. GİRİŞ

Türü ve yapısı ne olursa olsun bütün havalandırma sistemlerinde vantilatörler ana besleyici unsur olduğundan sistemin kalbi olarak görev yapmaktadırlar. Gelişen teknolojiye paralel olarak insanların da çalışma ve yaşam şartları giderek iyileşmektedir. Bunun neticesinde konfor, sağlık ya da sanayi amaçlı kullanılan ortamların da havalandırma sistemleri ile şartlandırılması, her geçen gün daha da yaygınlaşan uygulamalar olarak göze çarpmaktadır. Bu sistemlerden beklenen şartlara yeterli derecede ulaşılmasını sağlamak amacıyla kullanılan havanın, hareket etmek için ihtiyacı olan enerjiyi vantilatörlerden elde ettiği düşünüldüğünde bu cihazların ne kadar büyük öneme sahip olduğu açıkça ortaya çıkmaktadır.

Vantilatörler hava içinde bir motor tarafından serbestçe döndürülen kanatlı rotorlar vasıtasıyla, aldıkları mekanik enerjiyi vantilatörün tipine göre statik ya da kinetik enerjiye dönüştürerek bir basınç farkı ve akışkan hareketine yol açarlar. Bu yüzden vantilatörleri hava pompaları olarak da tanımlamak mümkündür.

Vantilatör tasarımı üzerinde uzun yıllardır yapılan araştırma ve çalışmalar da büyük aşamalar kaydedilmiştir. Vantilatörlerin verimleri bu çalışmaların sonucu olarak günümüzde %90' lara kadar çıkarılabilmektedir.

Ancak vantilatörlerin gerçek çalışma koşullarındaki bağlantı şekil ve akış yolları hava akışına bozucu yönde tesir ettiğinden ideal verimlere sistem şartlarında ulaşmak oldukça zor olmaktadır. Bu sebeplerden dolayı meydana gelebilecek kayıpları en düşük seviyeye çekmek için vantilatör-sistem etkileşimlerine dikkat etmek gerekmektedir.

Bütün bunlar dikkate alındığında vantilatörlerin verimlerini sağlıklı bir biçimde tespit edebilmek ancak vantilatörün kullanılacağı sistem şartlarında gerekli testlerin yapılması ile mümkün olabilecektir. Böylelikle sisteme en uygun vantilatör tespit edilecek veriminde istenilen seviyede olması sağlanacaktır. Bunun sonucunda da gereksiz enerji sarfiyatı önlenerek işletme ve ülke ekonomisine katkı sağlamak mümkün olacaktır.

Vantilatörler elektrik enerjisi kullanarak güç ürettiklerinden tasarımlarında yapılabilecek iyileştirmeler belki ilk yatırım maliyetlerini bir miktar artıracaktır; fakat uzun müddet kullanıldıkları göz önünde tutulduğunda sağlayacakları enerji tasarrufu ile bu açığı kısa sürede kapatacaklardır.

Dünyada gelişmiş ve Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde vantilatörler üzerinde çalışmalar yapılmaktadır. Örneğin ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.), DIN (Deutsches Institut für Normung e.v), EUROVENT / CECOMAF (European Committee of Air Handling and Air Conditioning Equipment Manufacturers), TÜBİTAK (Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırmalar Kurumu) v.b. Bu çalışmalarda ki amaç vantilatörün deney yöntemleri ve karakteristik özelliklerini tayin etmek ve geliştirmektir. Bu tür çalışmalar daha çok vantilatör üretici firmalara yönelik özel amaçlı ve birbirinden farklı birçok vantilatör üzerinde yapıldığından birbirinden değişik sonuçlar doğurmaktadır. Yanıltıcı olmaması açısından bu tez çalışmasında önceki çalışmalara yer verilmeyecektir.

Yapılacak olan bu deneysel tez çalışmasının asıl amacı; tipik bir orta basınç sınıfı santrifüj vantilatörün kanat sayısı, kanat açısı, devir sayısı gibi karakteristik özelliklerini değiştirerek bunların vantilatör performans eğrilerine etkilerini bunun yanı sıra birbirleriyle kıyaslanması suretiyle güç ve verim değişimlerinin ne yönde olduğunun gözlenebilmesidir. Bunun yanında vantilatör test yöntemlerine de örnek olabilecek nitelikte bir çalışma olması diğer bir amacı olarak gözetilmiştir.

1.1 Vantilatörlerin Sınıflandırılması

Vantilatörler çeşitli yöntemlerle sınıflandırılabilir. En genel olarak vantilatörler santrifüj ve aksiyal olarak ikiye ayrılabilirler. Fakat bu tür bir sınıflandırma çok kısıtlı kalmaktadır. Daha geniş kapsamlı bir sınıflandırma yapmak gerekirse vantilatörler:

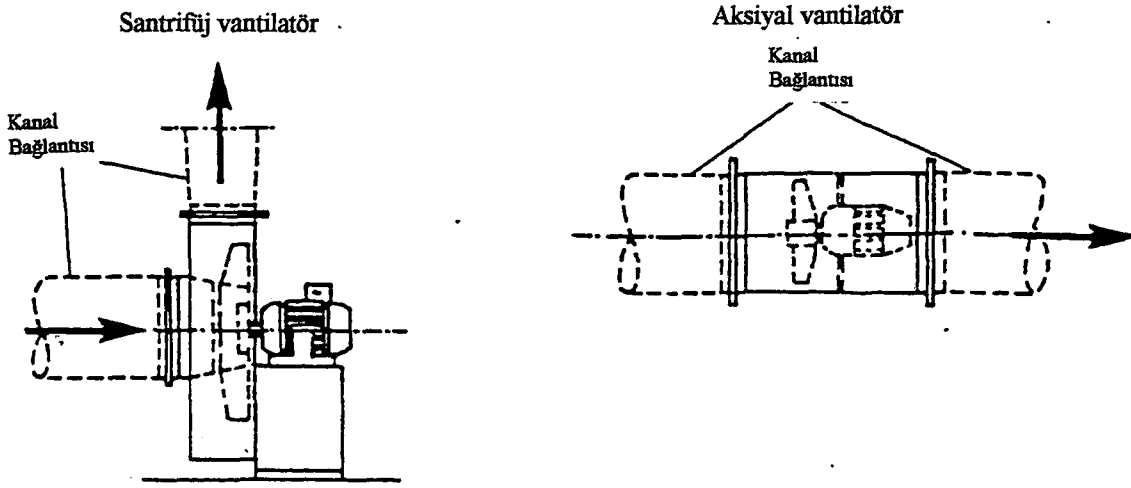
1. Vantilatörün fonksiyonuna göre
2. Rotor içindeki akış yönüne göre
3. Birim kütle başına yapılan işe ya da toplam basınca göre
4. Çalışma şartlarına göre
5. Tahrik düzenine göre
6. Vantilatör kontrol yöntemine göre sınıflandırılabilir.

1.1.1 Vantilatörün fonksiyonuna göre sınıflandırma:

Fonksiyonuna göre vantilatörler dört ana tipte sınıflandırılabilir.

1.1.1.1 Kanala bağlantılı vantilatörler

Bu tür vantilatörler havayı direkt olarak bağlı oldukları kanal vasıtasıyla taşımaktadırlar. Aşağıda bu bağlantı biçimleri gösterilmiştir.(Şekil 1.1)



Şekil 1.1 Kanala bağlantılı vantilatörler (Eurovent 1/1)

1.1.1.1.1 Serbest girişli vantilatörler

Bu tür vantilatörler giriş ağzında direkt olarak boşluktan hava emip çıkışta bir kanal bağlantısı vasıtasıyla hava üflemetedir.

1.1.1.1.2 Serbest çıkışlı vantilatörler

Bu tür vantilatörler de giriş ağzında bir kanal vasıtasıyla hava emip atış ağzında serbest olarak boşluğa hava üflemetedir.

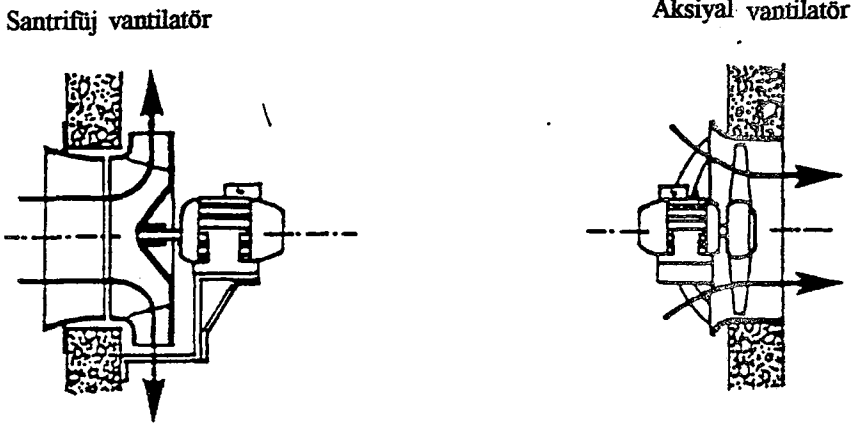
1.1.1.1.3 Girişi çıkışı kanal bağlantılı vantilatörler

Bu tür vantilatörler ise giriş ağzında kanal vasıtasıyla havayı emip çıkış ağzında da yine bir kanal vasıtasıyla hava üflemetedir.

1.1.1.2 Bölme tip vantilatörler

Bölme tip vantilatörler havayı bir serbest ya da kapalı hacimden üzerine vantilatörün monte edileceği bir delik bulunan bir bölme vasıtasıyla ayrılmış başka bir kapalı yada serbest hacme

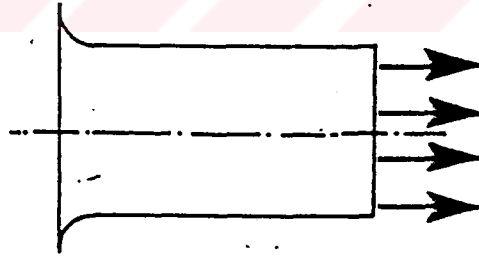
üfleyen vantilatörlerdir. Kanala bağlantılı vantilatörler ile bölme tip vantilatörler arasında bir çok sayıda ara türde vantilatörlerde mevcuttur.(Şekil 1.2)



Şekil 1.2 Bölme tip vantilatörler(Eurovent 1/1)

1.1.1.3 Jet vantilatörler

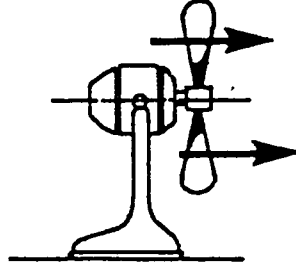
Jet vantilatörler boşlukta ve herhangi bir kanal bağlantısı olmaksızın bir hava jeti oluşturmak için kullanılmaktadır. Örneğin şekil 1.3'de gösterilen bir kanalda ya da tünelde havaya bir moment katarak belirli bir bölgede ısı transferini artırmak için kullanılır.(Şekil 1.3)



Şekil 1.3 Jet vantilatörler (Eurovent 1/1)

1.1.1.4 Sirkülasyon vantilatörleri

Genellikle herhangi bir kapalı kasa içinde bulunmaksızın ve hiçbir kanal bağlantısı olmaksızın hava hareketi sağlamak için kullanılırlar. Bu tür vantilatörler daha ziyade yaz günlerinde bunaltıcı havanın etkisinden kurtulup serinlemek amacıyla insanlar tarafından sıkça kullanımına başvuru olan vantilatör türleridir.(Şekil 1.4)



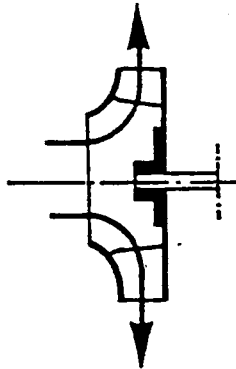
Şekil 1.4 Sirkülasyon vantilatörleri (Eurovent 1/1)

1.1.2 Rotor içindeki akış yoluna göre sınıflandırma

Rotor içindeki akış yolu kriterine göre dört ana vantilatör tipi göz önüne alınabilir.

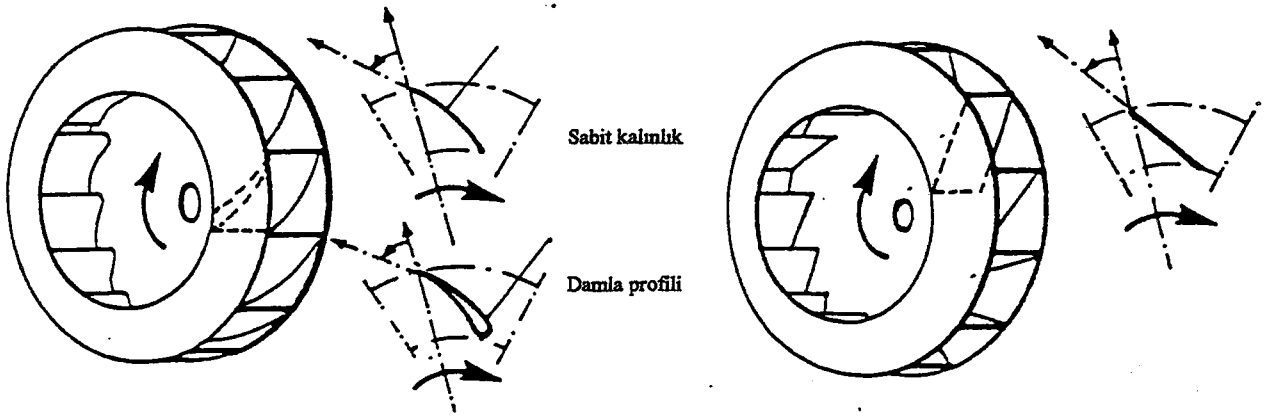
1.1.2.1 Santrifüj vantilatörler

Havanın rotor içine esasen aksiyal bir yönde girip rotorun radyal yüzeyine paralel biçimde terk ettiği vantilatörler santrifüj olarak adlandırılır.(Şekil 1.5) Tek ve çift emiş olarak uygulanabilen tipleri mevcuttur. Rotor kanatları damla profil şeklinde ya da sabit kalınlıkta olabilir. Rotorları açık, kapalı ya da çark rotor olmak üzere üç değişik şekildedir. Santrifüj vantilatörlerin karakteristik değerlerini etkileyen başlıca özellik kanatların rotor üzerindeki yerleşim formudur. Dönüş yönüne göre santrifüj vantilatörler geriye eğimli, düz eğimli, radyal ya da öne eğimli gibi kanat yerleşim formlarına sahip olabilirler.(Şekil 1.6) İlerideki bölümlerde bu konudan daha açık biçimde bahsedilecektir.

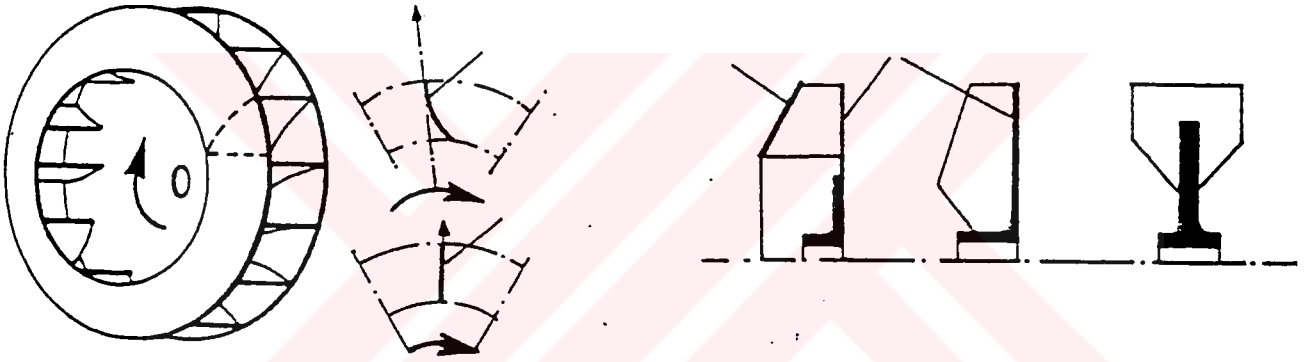


Şekil 1.5 Santrifüj vantilatör rotoru (Eurovent 1/1)

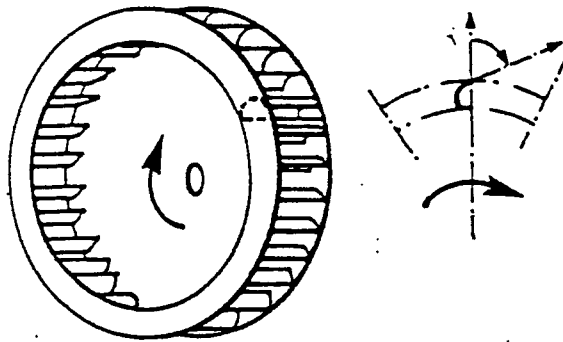
Geriye eğimli



Radyal



Öne eğimli

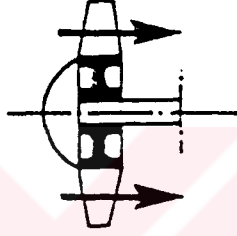


Şekil 1.6 Santrifüj vantilatör rotoruna bazı örnekler (Eurovent 1/1)

1.1.2.2 Aksiyal vantilatörler

Havanın rotor içinde vantilatör ekseni ile eş eksenli bir silindir biçiminde yüzey boyunca girip rotoru bu eksen doğrultusunda terk ettiği vantilatör sınıfıdır. Aksiyal vantilatörler her iki yönde dönebilir biçimde bağlandığı takdirde aynı performansla, dönüş yönüne göre hem aspirasyon hem de ventilasyon görevini yerine getirebilirler.(Şekil 1.7)

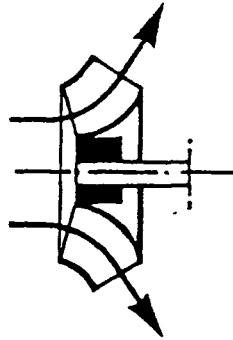
Aksiyal vantilatörlerin karakteristik değerlerini etkileyen başlıca etkenler rotor çapları ve kanat açılarıdır. Aynı formda üretilmiş bir aksiyal vantilatör kanadından sadece kanat açısı değiştirilerek değişik performanslar elde etmek mümkündür.



Şekil 1.7 Aksiyal vantilatör rotoru(Eurovent 1/1)

1.1.2.3 Karışık akışlı vantilatörler

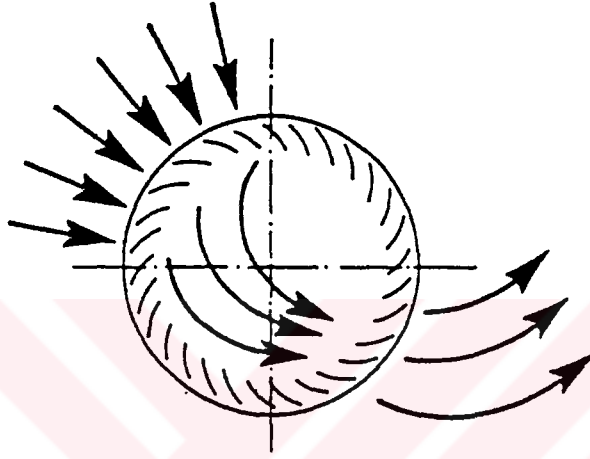
Bu vantilatörlerde ise hava rotor üzerinde aksiyal ve santrifüj vantilatörlerin akış yolları arasında bir yol takip ederek üflemetedir. Bir diğer deyişle karışık akışlı vantilatörler yarı aksiyal olarak da nitelendirilebilir.(Şekil 1.8.)



Şekil 1.8 Karışık akışlı vantilatör rotoru (Eurovent 1/1)

1.1.2.4 Çapraz akışlı vantilatörler

Eğer rotor üzerinde hava akış yolu rotor giriş ve çıkışında rotor eksenine dik bir doğrultuda ise bu tür vantilatörlere çapraz akışlı vantilatörler adı verilir. En çok rastlanılan uygulamaları fan-coil adı ile anılan konfor tipi ısıtma ve soğutma cihazlarındadır. Bu kullanımı yaygın kılan en önemli özellik rotor çapında herhangi bir değişikliğe gidilmeden kanat yüzeyinin ve dolayısıyla hava üfleme yüzeyinin rotor eksenine doğrultusunda artırabilme imkanı sağlamasıdır.(Şekil 1.9)



Şekil 1.9 Çapraz akışlı vantilatör rotoru (Eurovent 1/1)

1.1.3 Birim kütle başına yapılan işe ya da toplam basınca göre sınıflandırma

İzah edilecek olan sınıflandırma sirkülasyon vantilatörleri dışında kalan bütün vantilatörler için kullanılabilir. Bu tür bir sınıflandırmada birim kütle başına yapılan iş, akışkan debisi ve gücüne bağlı olarak belirlenmektedir. Vantilatör basıncı ise bu değerle vantilatör içindeki akışkan yoğunluğuna bağlı olarak ortaya çıkmaktadır.

Genellikle birim kütle başına yapılan işin 600 J/kg ' yi aşmadığı (standart şartlarda hava için vantilatör basıncının 720 Pa ' yi aşmadığı) vantilatörlere düşük basınç sınıfı vantilatörler adı verilir.

Birim kütle başına yapılan işin 3000 J/kg ' yi aşmış olduğu (standart şartlarda hava için vantilatör basıncının 3600 Pa ' nin üzerinde olduğu) vantilatörler de yüksek basınç sınıfı vantilatörler olarak anılırlar.

Yine birim kütle başına yapılan işin normalde 3000 J/kg' nin altında fakat 600 J/kg' nin üzerinde olduğu (standart şartlarda hava için vantilatör basıncının 720 Pa ile 3600 Pa arasında kaldığı) vantilatörler ise orta basınç sınıfı vantilatörler olarak tanımlanırlar.

Bu tür bir sınıflandırma duruma göre vantilatördeki hava yoğunluğu göz önünde bulundurularak ya da bulundurulmayarak rahatlıkla kıstas olarak kabul edilip kullanılabilir. Düşük basınç sınıfı vantilatörlerde hava yoğunluğu farklılaşması göz ardı edilebilir. Fakat yüksek basınç sınıfı vantilatörlerde hava yoğunluğu farklılaşması mutlaka dikkate alınmalıdır. Orta basınç sınıfı vantilatörlerde ise basıncın seviyesine göre dikkate alınıp alınmayacağına karar verilmelidir.

1.1.4 Çalışma şartlarına göre sınıflandırma

Bu sınıflandırma vantilatörlerin çalıştıkları şartlardaki tasarım özellikleriyle ilgilidir.

1.1.4.1 Genel amaçlı vantilatörler

Genel amaçlı vantilatörler toksik olmayan, birikme yapmayan, korozif ve aşındırıcı özellikler taşımayan, yanıcı olmayan, içeriğinde partiküller bulunmayan, 80°C' nin altındaki sıcaklıklardaki (eğer motor veya vantilatör yatakları hava akımına maruzsa 40°C' nin altındaki sıcaklıklardaki), havayı taşımak için uygun vantilatörler olarak tanımlanabilirler.

1.1.4.2 Özel amaçlı vantilatörler

Özel çalışma şartlarında görev yapan vantilatörler için kullanılan terimler aşağıda tanımlanmıştır:

1.1.4.2.1 Sıcak gaz vantilatörleri

Belirli bir sıcaklık aralığındaki sıcak gazları taşımak için tasarlanmış vantilatörlerdir. Sıcaklığa dayanıklı malzemelerden üretilmiş ve yataklardaki ısınmaları önleyici özelliklere sahip oldukları söylenebilir.

1.1.4.2.2 Nemli gaz vantilatörleri

Bünyesinde doymuş buhar halinde su ya da su partikülleri bulunduran hava veya gazları taşımak için kullanılan vantilatör tipleridir. Bu tür vantilatörlerin başlıca özellikleri de neme dayanıklı malzemelerden üretilmiş veya koruyucu özellikteki boya ya da kaplamalarla donatılmış olmalarıdır.

1.1.4.2.3 Sızdırmaz vantilatörler

Akışkan debisi ve basıncında önemli değişikliklere neden olabilecek ya da doğaya zarar verebilecek nitelikteki zehirli gaz kaçaklarına sebebiyet vermeyecek şekilde tasarlanmış vantilatörlerdir. Emiş ve atış ağızlarında ayrıca rotor milinin dışarı çıkan kısımlarında özel koruyucu sızdırmazlık tedbirleri alınmıştır.

1.1.4.2.4 Toz vantilatörleri

Taşıdığı havanın içinde özümsemiş miktarda toz bulunduran ve bu tozu emdiği ortamdan uzaklaştırmak amacıyla üretilmiş vantilatörlerdir.

1.1.4.2.5 Taşıyıcı vantilatörler

Tahta talaşları, tekstil artıkları, pulvarize olmuş materyalleri ve hava akışı ile sürüklenen tozlar gibi katı parçacıkları taşıyıp başka bir ortama uzaklaştırmak amacıyla tasarlanmış vantilatörlerdir.

1.1.4.2.6 Aşınmaya dayanıklı vantilatörler

Çürüme, yapışma, paslanma gibi zararlı olabilecek türde etkenlere dayanıklı malzemelerden üretilmiş ya da gerekli kısımlara mukavemet kazandırılmış vantilatörlerin dahil edilebileceği vantilatör sınıfıdır.

1.1.4.2.7 Kıvılcım korumalı vantilatörler

Taşıdığı gazlarda alev alma özelliğine karşı sürtünme, sıkışma ya da ısınma yoluyla oluşabilecek kıvılcımları önleyici tedbirler alınmış vantilatörlerdir.

1.1.4.2.8 Çatı vantilatörleri

Binaların teras katlarına monte edilen, dış hava koşullarından etkilenmeyecek daha ziyade emdiği iç havayı dış ortama egzost etmek amacıyla kullanılan bölme tip vantilatörlerdir.

Özel amaçlı vantilatörler sadece bu kısımda belirtilen türlerle sınırlı değildir. Başka özel amaçlara hizmet etmek maksadıyla üretilmiş ya da yukarıda belirtilen türlerin çeşitli kombinasyonları şeklinde bulunan birçok ayrı sınıfı da ayrı kategorilerde ele almak mümkündür.

1.1.5 Tahrik düzenine göre sınıflandırma

Bu sınıflandırma dahilinde vantilatör tahrik mekanizmaları içinde en yaygın kullanılan dört tahrik grubundan bahsedilecektir.

1.1.5.1 Direkt motor milinden tahrik

Vantilatör rotoru direkt olarak motor miline bağlı, motor gövdesi ise bir konsola ya da vantilatör gövdesine bağlantılıdır. Böylece vantilatör gövdesi herhangi bir şekilde sabitlendiğinde motor, vantilatör rotorunu direkt olarak kendi döndüğü devirde ve yönde çevirecektir.

1.1.5.2 Eş eksenli kaplin üzerinden tahrik

Bu tür tahriklerde hem tahrik mili hem de rotor mili eş eksenli bir kaplin üzerinde monte edilmiş durumdadır. Böylece tahrik mili üzerindeki devir ile rotorun dönmesi sağlanmış olur. Eğer eş eksenli kaplin bağlantısında kaymalı kavramalar kullanılmış ise kavrama oranına bağlı olarak farklı devir sayılarında dönüş de sağlanabilir. Kaplin bağlantısı yardımıyla rotor tahrikinin en önemli avantajı ilk kalkış esnasında ve ani kesintilerden dolayı oluşabilecek zorlanmaların önüne geçilerek yük farklılıklarının yumuşatılarak karşılanabilmesidir. Özellikle ilk kalkış esnasında ortaya çıkan atalet kuvvetlerini yenebilmek mildeki yaşlanma ve yorulmaları oldukça azaltacağından mil ömrü uzatılmış olur. Ayrıca kaymalı kavramalar kullanıldığında aktarılan güç kavrama oranı vasıtasıyla ayarlanabileceğinden motordan vantilatör rotoruna aktarılan güç miktarı değiştirilebilecektir. Böylece sistemden istenen farklı

performansları çalışma durumuna göre otomatik olarak kontrol etmek mümkün hale gelecektir.

1.1.5.3 Dişli kutusu üzerinden tahrik

Tahrik mili ve rotor mili eksenlerinin aynı eksen üzerinde olması gerekli değildir. Eksenlerin paralel biçimde ya da çeşitli bağlantı açılarında birleştirilmesine olanak tanır. Böylelikle devir sayıları belirli dişli kutusu çevrim oranlarına bağlı kalmak suretiyle ayarlanabilir.

1.1.5.4 Kayış-kasnak mekanizması ile tahrik

Rotor mili ve tahrik mili eksenleri aynı eksen üzerinde değil birbirlerine paralel pozisyonadadır. Kayış-kasnak mekanizması dairesel, trigel veya v-kayış profillerine uygun kayışlardan ve kasnaklardan meydana gelmektedir. Rotor milinin devir sayısı ile tahrik milinin devir sayıları kasnak çapları ile ters orantılıdır. Trigel kayışı dışındaki tüm kayış çeşitlerinde, kayış sıklığına ve dönüş hızına bağlı olarak meydana gelen kaymalar sonucu devir sayısında ufak sapmalar ortaya çıksa da bunlar ihmal edilebilecek düzeydedir. Son yıllarda kayış-kasnak mekanizmalarında kullanılan kasnakların kolay sökülüp takılabilir ve vantilatörlerin devir sayılarını istendiğinde ufak bir operasyonla değiştirilebilir hale getirmiş olması sonucu tahrik mekanizmalarında başvurulan yöntemlerin içinde en kullanışlı durumuna ulaşmıştır.

1.1.6 Vantilatör kontrol yöntemine göre sınıflandırma

Genel olarak uygulanan farklı türdeki kontrol yöntemleri vantilatörlerin performanslarını değiştirmek amacıyla kullanılırlar. Daha önce de belirtildiği üzere sistem şartlarında meydana gelebilecek değişimlere paralel olarak vantilatör performanslarının da kontrol edilebiliyor olması arzu edilen seviyedeki değerlere ulaşılabilmesi açısından oldukça önemlidir.

1.1.6.1 Değişken hız kontrolü

Devir sayıları frekans kontrolü motorlar, dişli kutuları, kaymalı kavramalar ya da bunlara benzer değişik yöntemlerle adım adım veya sürekli değiştirilerek kontrol edilebilir. Böylece devir sayısı arzu edildiği oranda azaltılmak veya artırılmak suretiyle vantilatör performansına etki edilebilir.

1.1.6.2 Damper kontrolü

Vantilatör girişine ya da çıkışına monte edilen bir damper vasıtasıyla sistemde değiştirilebilir bir direnç yaratılarak vantilatörden geçen hava miktarı ayarlanabilir. Sonuçta debi ayarı yapılarak vantilatör performansı kontrol edilebilir.

1.1.6.3 Değişken kanat açısı kontrolü

Rotor üzerindeki kanatların duruş açısı ayarlanarak vantilatör performansını değiştirmek mümkündür. Bu yöntem daha ziyade aksiyal tip vantilatörlerde kullanılmaktadır.

Kanat açıları vantilatörün tasarımına göre ya rotor dönerken tek bir müdahale ile ya da hareketsizken tek tek ayarlanabilir. Bu tür vantilatörlere kanat ayarlı tip vantilatörler adı verilir. Eğer kanat açısı ayarlanamıyor ise bunlara sabit kanatlı vantilatörler adı verilir.

Genellikle vantilatörler özelliklerine göre yukarıda belirtilen sınıflardan birine ya da birkaçına dahil olabilirler. Elbette burada belirtilmeyen ayrı sınıflara dahil vantilatörler de mevcuttur fakat kullanım alanları çok özel hem de oldukça sınırlıdır.

1.2 Vantilatörlerin Karakteristik Özellikleri

Vantilatörler genelde bir noktadan emdikleri havayı başka bir noktadan basmak için kullanılan cihazlardır. Birim zamanda taşınan hava vantilatörün debisi, istenilen noktaya ulaşmak için ihtiyacı olan enerji de vantilatörün basma yüksekliği olarak bilinmektedir. Bu iki kıstas göz önünde tutularak herhangi bir vantilatörün tipine karar vermek mümkündür.

Debisi ve basma yüksekliği bilinen bir sisteme en uygun vantilatörün tipinin seçimi, daha önce yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar vasıtasıyla çizilmiş performans eğrileri üzerinde yapılır. Performans eğrileri üzerinden vantilatörün debisi ve basma yüksekliğine bağlı olarak teorik verimi mil gücü ve devir sayısı gibi değişik karakteristik özellikler rahatlıkla oluşturulabilir. Bu değerler yardımı ile de motor gücü ve tipine karar verilebilir. Böylece çeşitli sınıflara ait vantilatörler içinde en uygununu seçmek için gerekli olan enerji sarfiyatı, üretim maliyetleri gibi veriler elde edilebilir. Sonuç olarak tüm bu etmenleri

gözeterek istenen şartları sağlayan farklı tip ve boyutlardaki vantilatörlerden en uygun olanı sistem vantilatörü olarak tayin edilebilir.

Vantilatörlerin karakteristik özelliklerini etkileyen konstrüktif etkenler vantilatör tipine göre farklılıklar göstermektedir. Fakat genelde kanat formu, kanat açısı, kanat uzunluğu, kanat genişliği gibi faktörler vantilatörün performansını etkileyen başlıca konstrüktif özelliklerdir. Bu özelliklerden deney vantilatörü kısmında daha açık biçimde bahsedilecektir.

1.3 Tez Çalışmasında İzlenen Yol ve Yöntemler

Bu tez çalışmasında bir santrifüj vantilatörler için hazırlanmış deney düzeneğinde çeşitli durumlarda testler yapılarak yukarıda söz edilen karakteristik vantilatör özelliklerine ulaşmak hedef alınmıştır. İlk aşamada vantilatörün çıkışına bağlanan bir kanal vasıtasıyla oluşan basma yükseklikleri, pitot tüpü ve U-manometresi yardımı ile okunacaktır. Daha sonra elde edilen sonuçlar şimdi açıklanacak olan kuramsal ifadeler yardımı ile hesaplanarak debi, güç, verim gibi farklı özellikler elde edilecektir. Son olarak bunlar birbiri ile kıyaslanarak varılan sonuçlar izah edilecektir.

2. KURAMSAL İFADELER

2.1 Akışkan Ortamlar İçin Genel Hareket Denklemi

Akışkan ortamlar için genel hareket denklemi birim kütle için Navier-Stokes (1845) tarafından;

$$\frac{DV}{Dt} = F - \frac{1}{\rho} \nabla P + \nu \nabla^2 V + \frac{\nu}{3} \nabla(\nabla V) \quad (2.1)$$

şeklinde tanımlanmıştır. Bu denklem akış içerisinde kütle, basınç, yüzey ve sürtünme kuvvetlerinin toplamının atalet kuvvetlerine eşit olduğunu ifade etmektedir. Akışkan ortamlarda akış hızı düşük olduğunda yani küçük Mach sayılarında ($M \leq 0.3$) ortam sıkıştırılamayan türden kabul edilebilir. Bununla beraber hareket boyunca yoğunluğun zamanla değişimi yaklaşık sıfır kabul edildiğinde ($D\rho/Dt \cong 0$) $div V = 0$ olacağından denklem;

$$\frac{DV}{Dt} = F - \frac{1}{\rho} \nabla P + \nu \nabla^2 V \quad (2.2)$$

şeklini alır.

Öngörülen sistemde verimin yüksek olması ancak sürtünme kayıplarının minimuma indirgenmesi ile mümkün olabilecektir. Bu şartlarda akışın ideale yakın olması arzu edildiğinden bir diğer deyişle akımın potansiyelli akım olması istendiğinden kinematik viskozite $\nu = 0$ olarak kabul edilebilir. Böylece denklem

$$\frac{DV}{Dt} = F - \frac{1}{\rho} \nabla P \quad (2.3)$$

şeklini alır ve bu ifadeye Euler (1755) denklemi denir.

Bu denklemde maddesel türev ifadesi vektörel formda;

$$\frac{D\vec{V}}{Dt} = \frac{\partial \vec{V}}{\partial t} + V \nabla \vec{V} \quad (2.4)$$

şeklinde yazılabilir. Eşitliğin sağ tarafındaki terimde girdap vektörü cinsinden başka bir formda yazılırsa Euler denklemi;

$$\frac{\partial V}{\partial t} + 2\Omega AV + \nabla \frac{V^2}{2} = F - \frac{1}{\rho} \nabla P \quad (2.5)$$

şeklinde yazılabilir. Bu ifade bazı özel şartlarla değerlendirilip basitleştirilebilir.

1- F kuvveti ($-U$) gibi bir potansiyelden türemektedir ve harekete kütle kuvveti olarak sadece ağırlık kuvveti mevcut olup $U = gz$ 'dir. Buna göre $F = \text{grad}(-U)$ olacaktır. Burada negatiflik z ile ağırlık yönünün birbirine zıt olduğunu ifade etmektedir. Bu ifade (2.5) denkleminde yerine yazılırsa denklem;

$$\frac{\partial V}{\partial t} + 2\Omega AV = -\nabla U - \frac{1}{\rho} \nabla P - \nabla \frac{V^2}{2} \quad (2.6)$$

şeklini alır.

2- Akım sıkıştırılmayan yani ($D\rho/Dt = 0$) kabul edilmişti. Bunun sonucu olarak tüm akım boyunca $\rho = \text{sabit}$ olarak kabul edilebilir. Böylece denklem;

$$\frac{\partial V}{\partial t} + 2\Omega AV = -\nabla \left[U + \frac{P}{\rho} + \frac{V^2}{2} \right] \quad (2.7)$$

şeklinde yazılabilir.

3- Akım stasyonier yani daimi ise ($\partial V/\partial t = 0$) olacağından sol taraftaki birinci terim sıfır olur.

Bu durumda sağ taraftaki terim sola çevrilirse (2.7) ifadesi;

$$2\Omega AV + \nabla \left[U + \frac{P}{\rho} + \frac{V^2}{2} \right] = 0 \quad (2.8)$$

halini almış olur.

4- Akım girdapsız olarak kabul edilirse yani $2\Omega AV = 0$ olarak alınırsa ve (2.8) eşitliği entegre edilirse;

$$H = U + \frac{P}{\rho} + \frac{V^2}{2} = \text{sabit}$$

$U = gz$ ve

$$H = gz + \frac{P}{\rho} + \frac{V^2}{2} = \text{sabit} \quad (2.9)$$

eşitliği elde edilir ki bu denklem de Bernoulli (1738) denklemi olarak bilinir.

2.2 Bernoulli Denkleminin Bir Kanal İçindeki Akışa Uygulanması

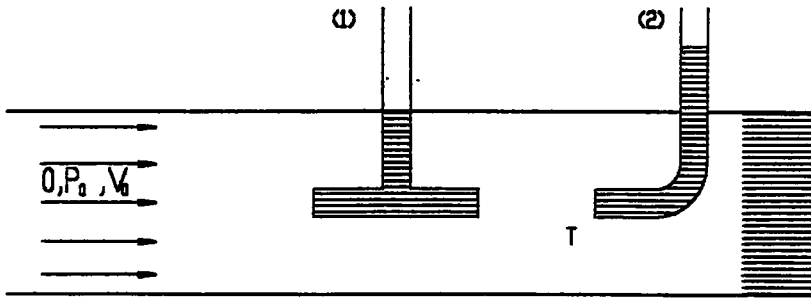
Bernoulli denklemi bir akım çizgisi boyunca iki nokta arasında uygulanırsa;

$$gz_1 + \frac{P_1}{\rho} + \frac{V_1^2}{2} = gz_2 + \frac{P_2}{\rho} + \frac{V_2^2}{2} \quad (2.10)$$

formunu almış olur. Denklemin her iki tarafı g ile bölünürse;

$$z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} \quad (2.11)$$

halini alır. Bernoulli denkleminin bu hali kayıplarla beraber değerlendirildiğinde bir boru ya da kanal akımında veya buna benzer akışların uygulamalarında iki nokta arasına tatbik edilerek kullanılan en pratik eşitlik olarak söylenebilir.



Şekil 2.1 Pitot tüpü çalışma prensibi (Akışkanlar Mekaniği, M.Muhittin SOĞUKOĞLU)

Üniform bir V_0 hızı ile akan bir sıvı göz önüne alalım. (Şekil 2.1)'de sıvıya aynı seviyede daldırılmış oldukları halde 1 ve 2 prizlerinde sıvıların değişik seviyelere yükseldiği gözlenmektedir. 0 ve 2 nolu prizlerin girişleri arasında Bernoulli denklemi yazıldığında;

$$z_o + \frac{P_o}{\gamma} + \frac{V_o^2}{2g} = z_T + \frac{P_T}{\gamma} + \frac{V_T^2}{2g} \quad (2.12)$$

olur. T noktası 2 no'lu prizinin tam girişinde olduğundan statik kanunları geçerlidir. Yani T noktasında hız sıfırdır. Ayrıca $z_o = z_t$ olduğundan denklem;

$$\frac{P_T}{\gamma} = \frac{P_o}{\gamma} + \frac{V_o^2}{2g} \quad (2.13)$$

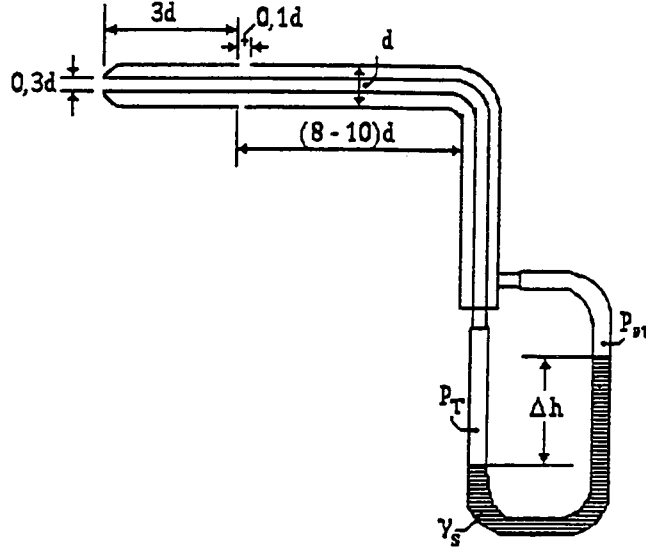
şekline gelmiş olur. Her iki taraf γ ile çarpılırsa ve $\gamma = \rho g$ olduğu bilindiğine göre eşitlik;

$$P_T = P_o + \rho \frac{V_o^2}{2} \quad (2.14)$$

formunu almış olur. (2) prizinde T noktası statik kanunlarının geçerli olduğu ilk, kinematik kanunlarının geçerli olduğu son (limit) noktadır. Bu nokta tam sınır üzerinde olup “Durma Noktası” olarak isimlendirilir. Durma noktasında tüm enerji basınca dönüşmüş olup, basınç maksimum değerindedir ve basınç enerjisi toplam enerjiye eşittir. (1) prizinde ise basınç doğrudan doğruya (0) noktasındaki statik basıncı göstermektedir. Bu prensiple (1) ve (2) prizlerini fonksiyon olarak birleştiren daha ziyade gaz ortamlarda hız ölçmeye yarayan cihaza pitot tüpü denir.

2.3 Pitot Tüpü

L şeklinde bükülmüş içiçe iki silindirik boru içteki borunun iki ucu açık dıştaki boru iki tarafından (Şekil 2.2)'de gösterildiği gibi içteki boru üzerine kapatılmış konumdadır. Dıştaki borunun arka ucundan priz çıkışı bırakılarak diferansiyel manometrenin bir ucuna bağlanmış diğer ucu ise içteki borunun çıkışına irtibatlandırılmıştır. Dıştaki borunun ön tarafına ise uçtan itibaren belli mesafelerde küçük çaplı delikler açılmıştır. Standart bir pitot tüpünün şekil ve ölçüleri (Şekil 2.2)'de verilmiştir.



Şekil 2.2 Pitot tüpü (Akışkanlar Mekaniği, M.Muhittin SOĞUKOĞLU)

Böyle bir tüp ucu akışa doğru gelecek şekilde bir hava kanalına yerleştirilirse içteki boruda durma basıncı dolayısıyla toplam basınç, dıştaki boruda ise aynı noktadaki statik basınç mevcut olacaktır. Bu durumda diferansiyel manometrenin sağ koluna statik basınç sol koluna ise toplam basınç etkiyecektir. Bu konumda diferansiyel manometredeki yükseklik farkından kinetik enerji, dolayısıyla kanaldaki hava hızı hesaplanabilir.

2.3.1 Kanal içinde hava hızı ve debi hesabı

Daha önce ifade edilen Bernoulli denkleminin (2.14) denklemindeki formundan;

$$P_T = P_{st} + \rho \frac{V^2}{2} \quad (2.15)$$

eşitliği elde edilebilir. Burada $\rho V^2/2$ dinamik basıncı P_{st} statik basıncı, P_T ise toplam basıncı göstermektedir. Aynı zamanda manometre göze alındığında oluşan sıvı yüksekliği farkını yazarsak;

$$P_T = P_{st} + \Delta h \gamma_s \quad (2.16)$$

şeklinde bir eşitlik daha elde edilmiş olur. Burada γ_s diferansiyel manometredeki sıvının özgül ağırlığı Bernoulli denklemindeki ρ kanaldaki havanın yoğunluğudur. Buna göre, hava kanalındaki akım durumu için (2.15) eşitliği (2.16) eşitliğinde yerine konursa;

$$P_{st} + \frac{\rho V^2}{2} = P_{st} + \Delta_h \gamma_s g \quad (2.17)$$

eşitliği ortaya çıkar. Bu eşitlikten de kanaldaki hava hızı;

$$V = \sqrt{2g\Delta_h \frac{\rho_s}{\rho_h}} \quad (2.18)$$

olarak bulunmuş olur. Sistemin birim zamanda taşıdığı hava miktarı olan debi ise hızın kesit alanı ile çarpımından elde edilir. Debi Q ile ifade edilirse;

$$Q = VA \quad (2.19)$$

şeklinde elde edilebilir. Burada V kanal içindeki hava hızı A ise akışa dik kanal kesit alanıdır. Manometrede basınç farkları iki uç bağlı halde okunursa dinamik basıncı gösterecektir. Sağ kol atmosfere açıldığında sadece sol kola basınç etkiyeceğinden burada toplam basıncı okumak, sol kol atmosfere açık sağ kol pitot tüpüne bağlı halde okunursa burada da statik basıncı okumak mümkün olabilecektir. Böylece iki basınç arasındaki farkı hesaplayarak dinamik basınca ulaşmak mümkün olabilecektir.

2.3.2 Vantilatörün ürettiği güç

Bir vantilatörün gücü ürettiği güç olarak tanımlanabilir. Vantilatörden çıkan güç hesabı;

$$N_c = \gamma Q H_m \quad (2.20)$$

eşitliği ile yapılır. Burada Q (m^3/s) cinsinden hava debisi H_m (m) cinsinden toplam basma yüksekliği ve γ da (kg/m^3) cinsinden diferansiyel manometredeki sıvının özgül ağırlığıdır. Güç ise Watt cinsinden çıkacaktır.

2.3.3 Vantilatöre giren güç

Eğer vantilatörün çalışma şartlarındaki verimi biliniyorsa harcadığı güç rahatlıkla bulunabilir. Fakat verimi bulabilmek de ancak harcanan gücün bilinmesi ile mümkündür. Böylece bir şekilde harcanan gücün bulunması gerekli hale gelmektedir. Eğer vantilatör bir elektrik motoru ile tahrik ediliyorsa bu durumda elektriksel gücü tayin etmek çok kolaydır.

Üç fazlı elektrik akımlarında elektriksel güç;

$$N_g = UI\sqrt{3}\cos\varphi \quad (2.21)$$

şeklinde ifade edilmiştir. Burada U Volt cinsinden gerilimi I Amper cinsinden akımı, φ ise faz açısını ifade etmektedir. Böylece motorun vantilatör rotorunu tahrik etmek için harcadığı güç yani vantilatöre giren güç bulunmuştur.

2.3.4 Vantilatörün Verimi

Vantilatörlere giren ve çıkan güçler arasında rotorun döndüğü kabin içindeki hava kaçaklarından, tahrik milindeki sürtünmelerden ve tahrik sisteminde meydana gelen kaymalardan, elektrik hattındaki ve motorun içindeki kayıplardan bir fark ortaya çıkmaktadır. İşte vantilatöre giren ve çıkan güçler arasındaki orana verim adı verilir ve;

$$\eta = \frac{N_c}{N_g} \quad (2.22)$$

formülü ile hesaplanır. Verim değerlerinin vantilatör testleri esnasında hesaplanması ve önceden biliniyor olması sadece debisi ve basma yüksekliğine göre yapılacak bir vantilatör seçiminde kullanılacak motorun tayinine imkan vermesi açısından çok önemlidir.

İlerideki bölümlerde yapılacak hesaplamalarda yukarıda izah edilen bağıntılar kullanılacaktır.

3. DENEY DÜZENEGİ

3.1 Deney Düzeneginin Tanıtımı

Tez çalışmasında santrifüj vantilatörler için hazırlanmış bir deney düzeneği kullanılmıştır. (Ek1) Deney düzeneği bir santrifüj vantilatör, bu vantilatörün atış ağızına bağlanmış bir hava kanalı, kanaldaki basma yüksekliklerini okumaya yarayan standart bir U-manometresi ve standart bir pitot tüpü, akışı kanal çıkışında üniform hale getirmek ve statik basınç ölçüm kontrolü yapabilmek için kullanılan bir basınç kabini ve çeşitli ağız açıklıklarını yakalayabilmek için kullanılan 6 değişik klapeden oluşmaktadır.

Hava kanalı 3 m uzunluğunda ve kesit alanı vantilatör atış ağızı kesit alanı ile aynıdır. Böylelikle vantilatörden çıkan hava herhangi bir kesit değişimi nedeni ile basınç kaybına uğramadan rahatlıkla taşınabilecektir. Vantilatör çıkış ağızı 287 mm x 182 mm ebatlarındadır. Bu ebatlara göre ortalama çap cinsinden ifade edilirse yaklaşık 26cm'lik bir çıkış çapı öngörülebilir. DIN normlarına göre kanalda vantilatör hızı ölçümü ortalama çapın 10 misli kadar bir mesafede yapılmalıdır. Buna göre ölçüm yerinin atış ağızından uzaklığı 2.6 m'dedir. Basınç kabini ebatları önemsizdir. Basınç kabininin yan tarafında sadece statik basınç kontrolü yapmak için bir çıkış prizi bulunmaktadır. Manometrenin bir tarafına prizin çıkışı bağlanarak diğer uç atmosfere açılmak sureti ile statik basınç ölçümleri yapılabilir. Deneylerde bu ölçümler yapılmış ve kanalda ölçülen statik basınçlarla aynı değerlerin okunduğu tespit edilmiştir.

Basınç kabinin çıkışında kızaklı bir klape sistemi bulunmaktadır. Klapeleler, en büyüğü kanal ortalama çapına eşit olacak şekilde $D_0 = 26$ cm daha sonra 22,18,14,10,6 ve en küçüğü de 3 cm olacak ve değişik çıkış kesitleri oluşturacak biçimde tasarlanmıştır. Çıkış ağızı kesit değişimleri kanal içi hava akış hızını değiştireceğinden vantilatör performansını aynı çalışma şartlarında olmasına karşın farklılaştırarak, çizilecek performans eğrilerine baz oluşturacak noktalara erişilmesini sağlayacaktır.

3.2 Deney Vantilatörü

Deneyde Sönmez Metal End. ve Tic. A.Ş. firmasının üretimi olan orta basınç sınıfı SRT 35/22 santrifüj vantilatör kullanılmıştır. Deney vantilatörü girişi serbest, çıkışı kanal bağlantılı, genel amaçlı ve kayış kasnak tahrikli şekilde düşünülmüştür. Rotor ve stator malzemesi olarak

yumuşak çelik (St 37) kullanılarak üretilmiştir. Rotor mili bir konsol üzerinde sabit bilyalı rulmanlar kullanılarak yataklanmıştır.(Ek 2) Ventilator motoru 2 kutuplu, 3000 d/d, 4 kW, AGM 112 M 2 tipi GAMAK motordur. Elektrik motorunun faz açısı $\cos\phi = 0.88$ ve verimi oldukça yüksektir. Hareket motor mili üzerinde takılı bulunan bir kasnaktan, V-kayışları vasıtasıyla rotorun mili üzerindeki kasnağa iletilmektedir. Rotor devri ilk deneylerde kasnak çapları aynı tutularak motorun devrine eşit devir sayısında dönecek şekilde ayarlanmıştır. Son deneyde rotor mili kasnağının çapı büyütülerek ventilator devri düşürülmüştür.

Ventilator rotoru seyrek kanatlı olarak düşünülmüştür. Kanat sayıları 7 ve 8 kanatlı olmak üzere üretilmiştir. Kanat açıları $\beta_k < 90^\circ$ (geriye eğimli tip), $\beta_k = 0^\circ$ (radyal tip) ve $\beta_k > 90^\circ$ (öne eğimli tip) olacak şekilde öngörülmüştür.(Ek 3) (Deney sonuçları tablolarında β_k tabiri yerine kolaylık sağlaması açısından sadece β tabiri kullanılmıştır.) Bu rotorların her biri , ayrı ayrı denenerak performans eğrileri çizilecektir. Bu eğriler birbirleri ile kıyaslanarak varılan sonuçlar açıklanacaktır. Elbette ki santrifuj ventilatorlerin performanslarını etkileyen birçok etken vardır. Fakat bunların tümüne bu tez çalışmasında yer vermek mümkün olamayacağından sadece belli başlı kriterlere değinilecektir.

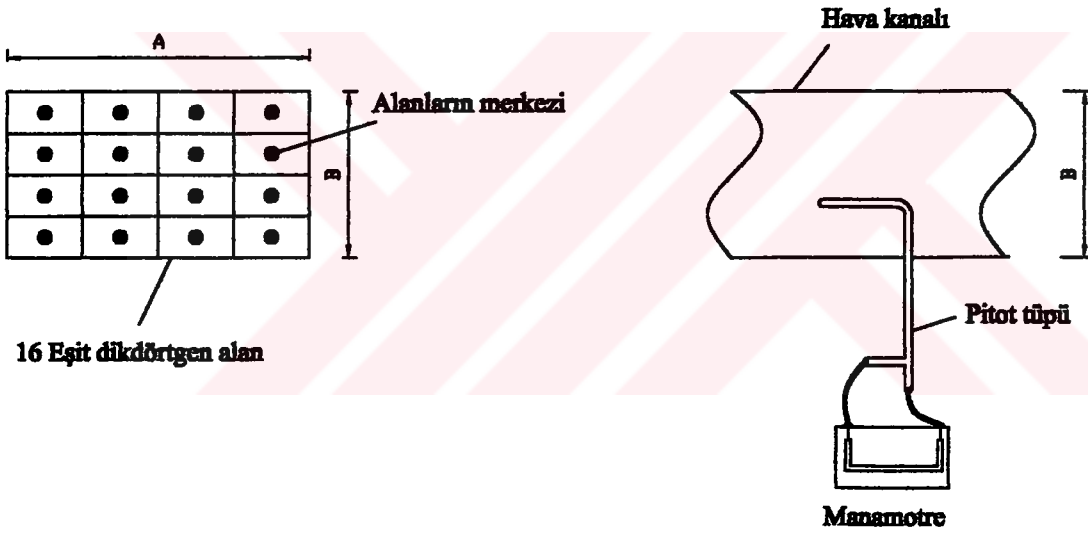
Deney çalışmasında dikkate alınmayan kriterler hakkında daha önceki bilgilere dayanarak şunlar söylenebilir. Santrifuj ventilatorler birbirinden farklı birçok formda üretilebilirler. Fakat kanat açıları ve sayıları deneylerde de görüleceği gibi oldukça önemlidir. Herhangi bir şekilde bir ventilator üretildiğinde o ventilatorün tümünü oluşturan parçaların ebatları belirli bir katsayı ile çarpılarak yeni ebatlarda birçok benzer ventilator üretmek mümkündür. Böylece herhangi bir ventilatorün farklı ölçekteki kopyalarından oluşan bir seri yaratılabilir.

Santrifuj ventilatorlerin rotorları bir stator içinde dönerken belirli bir halka alanı tararlar. Bu alanın büyümesi ventilatorün toplam basma yüksekliğini artırıcı yönde etkiler. Rotor üzerindeki kanatların çokluğu da ventilatorün debisini artırıcı yönde etki etmektedir.

Örneğin kısa fakat sık kanatlı bir santrifuj ventilatörden yüksek debi yanında düşük basınç beklenir. Oysa ki aynı dış ebatlarda uzun fakat seyrek kanatlı bir ventilatörden ise düşük debi yanında yüksek basınç beklenir. Fakat verimleri ve harcadıkları güçler birbirlerinden oldukça farklı olacaktır.

3.3 Deneide Kullanılan Ölçme Aletleri

Yapılan deneilerde basma yüksekliklerini ölçmek için standart bir pitot tüpü ve manometreden faydalanılmıştır. Pitot tüpü vasıtasıyla toplam ve statik basınçlar okunarak ve basınç kabinindeki statik basınçla karşılaştırılarak kaydedilmiştir. Manometrede sıvı olarak yoğunluğunu değiştirmeyecek özel boyalı su kullanılmıştır. Toplam ve statik basma yüksekliklerinin ayrı ayrı okunmasının sebebi olası ölçüm hatalarını en düşük seviyede tutabilmek içindir. Ayrıca her iki priz kullanılarak dinamik basma yüksekliği de okunup hesaplanan değerlerle kıyaslanmış ve aynı değerlere ulaşılmıştır. Manometre ölçüm aralığı maksimum +150mmSS minimum -150mmSS'dir. Manometrede sıfır seviyesi olarak +43mmSS yüksekliği baz alınmıştır. Kanal içinde ASHRAE standartlarında belirtilmiş dikdörtgen kesitli kanallar için öngörölmüş 16 değişik noktadan ölçüm alınarak bunların ortalaması hesaplarda kullanılmıştır. (Şekil 3.1)



Şekil 3.1 Kanal içi ölçüm noktaları(ASHRAE)

Elektriksel ölçümlerde standart bir pens ampermetre kullanılmış ve hem motor hem de elektrik panosu üzerinden üç faz için akımlar ölçölmüş ve bunların ortalaması alınarak hesaplarda kullanılmıştır.

Bu değerlerin tümü bilgisayarda Excel programında hazırlanmış özel bir veri tabanına girilerek performans eğrilerinin çizimi sağlanmışır.

3.4 Örnek Hesaplar

Bu kısımda deneylerden elde edilen ölçüm değerlerinin bölüm 2'de açıklanan bağıntılarda kullanılarak gerekli hesaplamaların ne şekilde yapıldığı izah edilecektir.

Örnek:

Deney 1, Klape 1(D = 26 cm), $n = 2850$ d/d, $\beta < 90$, 8 Kanat

Manometrede okunan değerler;

Toplam basma yüksekliği (ortalama): 5.5 mmSS

Statik basma yüksekliği (ortalama): 25.5 mmSS

Hesap sonucu çıkan gerçek değerler;

$$H_T = (43 - 5.5) \times 2 = 75 \text{ mmSS}$$

$$H_{st} = (43 - 25.5) \times 2 = 35 \text{ mmSS}$$

$$H_{din} = 75 - 35 = 40 \text{ mmSS}$$

(2.18) bağıntısı yardımıyla kanalda hava hızı;

$$V = \sqrt{2g\Delta_h \frac{\rho_s}{\rho_h}}$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$\Delta_h = H_{din} = 40 \text{ mmSS}$$

$$\rho_s = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_h = 1.2 \text{ kg/m}^3$$

$$V = \sqrt{\frac{2 \times 9.81 \times 40 \times 10^{-3} \times 1000}{1.2}}$$

$$V \cong 25.573 \text{ m/s}$$

(2.19) bağıntısı yardımıyla hava debisi;

$$Q = V A$$

$$A \cong 0.053 \text{ m}^2$$

$$Q = 25.6 \text{ m/s} \times 0.053 \text{ m}^2$$

$$Q \cong 1.357 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 1.357 \text{ m}^3/\text{s} \times 3600 \text{ s/h}$$

$$Q \cong 4890 \text{ m}^3/\text{h}$$

(2.20) bağıntısı yardımıyla çıkan güç;

$$N_{\phi} = \gamma Q H_m$$

$$N_{\phi} = 9.81 \text{ m/s}^2 \times 1000 \text{ kg/m}^3 \times 1.357 \text{ m}^3/\text{s} \times 75 \times 10^{-3} \text{ mmSS}$$

$$N_{\phi} = 998 \text{ W}$$

$$N_{\phi} \cong 1 \text{ kW}$$

(2.21) bağıntısı yardımıyla giren güç;

$$N_g = U I \sqrt{3} \text{ Cos } \phi$$

$$\text{Cos } \phi = 0.88$$

$$I = 5.9 \text{ A}$$

$$U = 380 \text{ V (trifaze voltaj)}$$

$$N_g = 380 \times 5.9 \times \sqrt{3} \times 0.88$$

$$N_g = 3417 \text{ W}$$

$$N_g \cong 3.42 \text{ kW}$$

(2.22) bağıntısı yardımıyla verim;

$$\eta = \frac{N_{\phi}}{N_g}$$

$$\eta = \frac{1}{3.42}$$

$$\eta = 0.29$$

$$\eta = \%29$$

Şeklinde hesaplanmıştır. Bu hesaplar deneylerde tablolar halinde verilmiştir. Ayrıca tek tek hesaplanmayacaktır.

4.DENEYLER

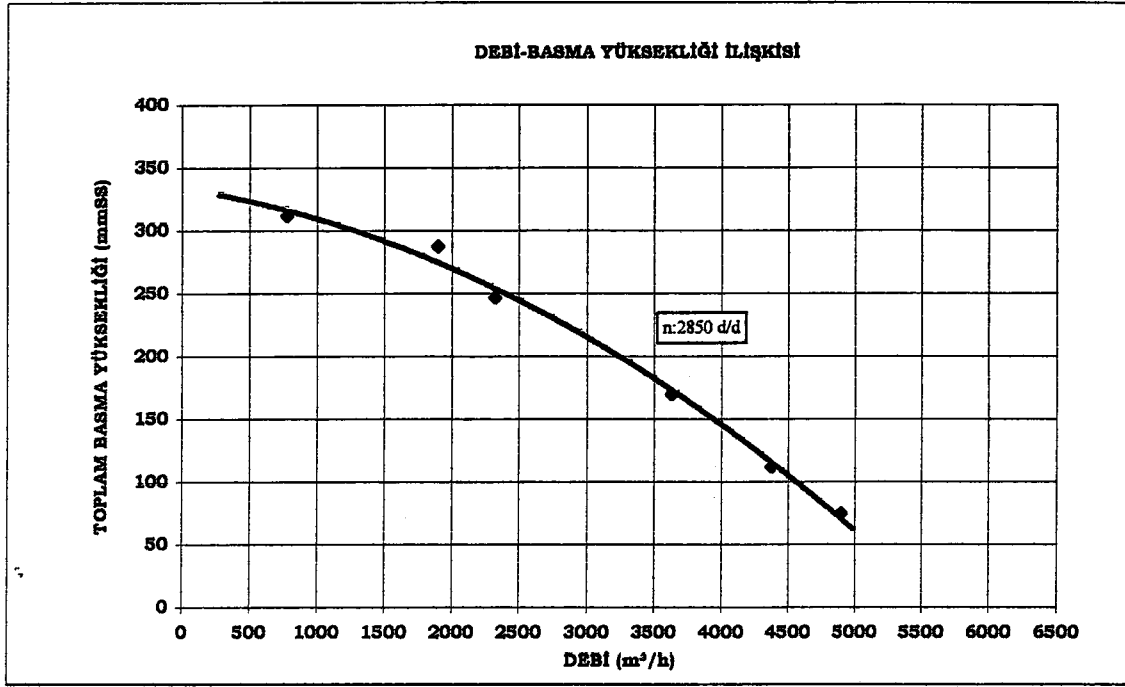
Bu tez çalışmasında 8 değişik deney yapılması öngörülmüştür. Deneylerde kanat açısı , kanat sayısı ve devir sayısı olmak üzere üç farklı özellik değiştirilerek vantilatör denenmiştir. Deney sırasında manometreden yapılan okumalar, bu okumalar kullanılarak yapılan hesaplamalar ve hesaplamalara bağlı olarak çizilen performans eğrileri her deney için ayrı ayrı çizelgelerde ve şekillerde verilmiştir. Aşağıda deney sırası ve deneyde kullanılan rotorların değişken özellikleri liste halinde verilmiştir.

DENEY 1.	8 Kanat, geriye eğimli ($\beta < 90^\circ$),	n=2850 d/d
DENEY 2.	7 Kanat, geriye eğimli ($\beta < 90^\circ$),	n=2850 d/d
DENEY 3.	8 Kanat, radyal ($\beta = 90^\circ$),	n=2850 d/d
DENEY 4.	7 Kanat, radyal ($\beta = 90^\circ$),	n=2850 d/d
DENEY 5.	8 Kanat, öne eğimli ($\beta = 90^\circ$),	n=2850 d/d
DENEY 6.	7 Kanat, öne eğimli ($\beta = 90^\circ$),	n=2850 d/d
DENEY 7.	8 Kanat, geriye eğimli ($\beta < 90^\circ$),	n=2422 d/d
DENEY 8.	8 Kanat, geriye eğimli ($\beta < 90^\circ$),	n=2053 d/d

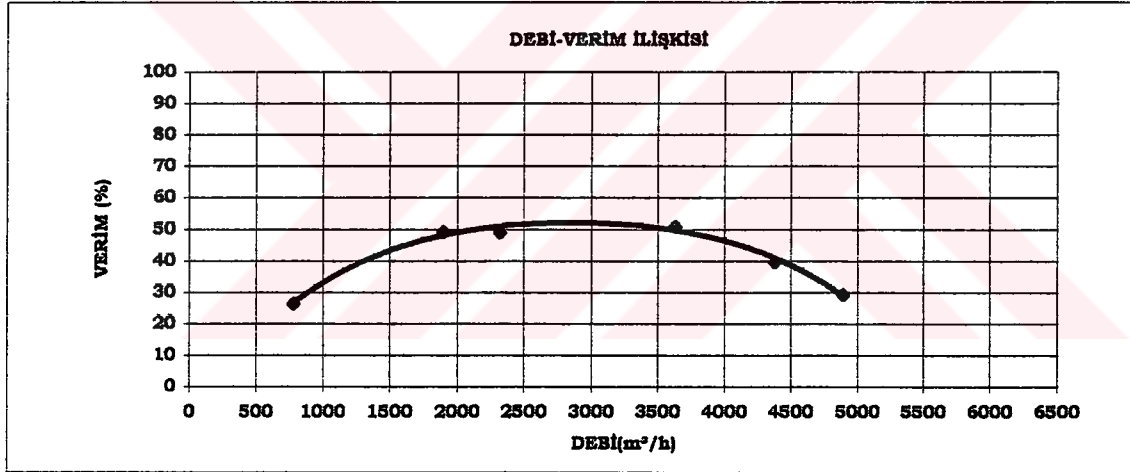
Bu kısımda elde edilen verilere ait herhangi bir yorum yapılmayacaktır. Varılan sonuçlar , şekiller yardımıyla Bölüm 5’de birbirleriyle kıyaslanarak verilecektir.

Çizelge 4.2 Geriye eğimli ($\beta < 90^\circ$), 8 Kanat, $n=2850$ d/d için hesap sonuçları

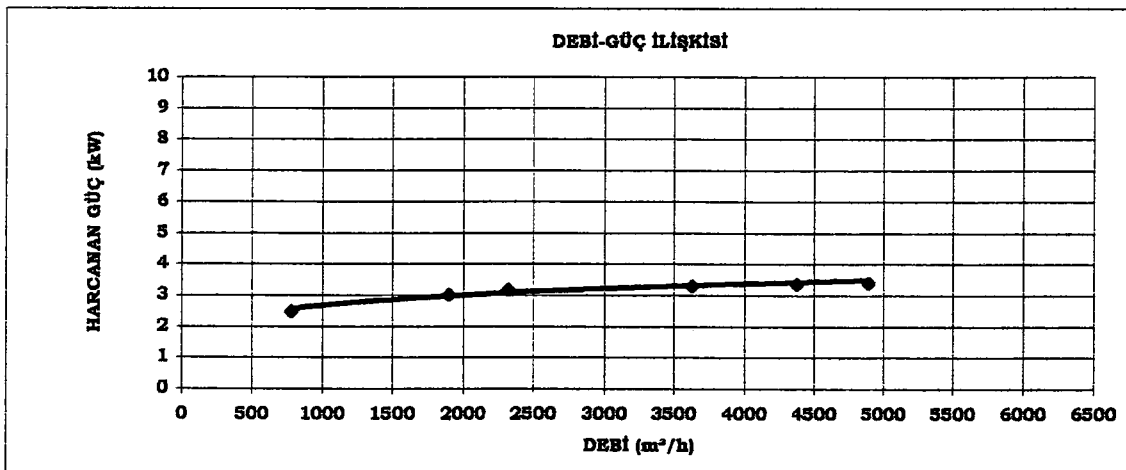
KLAPE1	D= 26 cm										AKIM I: 5,9 A	
	Ö L Ç Ü M L E R										HIZ Vort: 25,6 m/s	
	1 2 3 4 5 6 7 8									Port		
TOPLAM	75 75 74 74 75 75 76 75									75	Htop:	75 mmSS
	75 76 75 74 75 76 75 75									1200		
STATİK	34 36 36 36 34 36 36 36									35	Hst:	35 mmSS
	34 34 34 34 34 34 36 36									560		
												DEBİ Q: 4890 m ³ /h
												TOPLAM BASINÇ Htop: 75 mmSS
												GİREN GÜÇ Ng: 3,42 kW
												ÇIKAN GÜÇ Nç: 1 kW
												VERİM η: 0,29
												DİNAMİK BASINÇ Hdyn: 40 mmSS
KLAPE2	D= 22 cm										AKIM I: 5,8 A	
	Ö L Ç Ü M L E R										HIZ Vort: 22,9 m/s	
	1 2 3 4 5 6 7 8									Port		
TOPLAM	110 110 112 112 114 112 112 114									112	Htop:	112 mmSS
	112 112 110 112 112 114 112 112									1792		
STATİK	78 80 80 78 80 80 80 80									80	Hst:	80 mmSS
	80 82 80 80 82 80 80 80									1280		
												DEBİ Q: 4374 m ³ /h
												TOPLAM BASINÇ Htop: 112 mmSS
												GİREN GÜÇ Ng: 3,36 kW
												ÇIKAN GÜÇ Nç: 1,33 kW
												VERİM η: 0,4
												DİNAMİK BASINÇ Hdyn: 32 mmSS
KLAPE3	D= 18 cm										AKIM I: 5,7 A	
	Ö L Ç Ü M L E R										HIZ Vort: 19 m/s	
	1 2 3 4 5 6 7 8									Port		
TOPLAM	168 170 170 168 170 170 170 172									170	Htop:	170 mmSS
	168 172 170 170 170 172 170 170									2720		
STATİK	148 150 146 148 148 148 150 148									148	Hst:	148 mmSS
	148 148 148 148 148 148 148 146									2368		
												DEBİ Q: 3626 m ³ /h
												TOPLAM BASINÇ Htop: 170 mmSS
												GİREN GÜÇ Ng: 3,3 kW
												ÇIKAN GÜÇ Nç: 1,68 kW
												VERİM η: 0,51
												DİNAMİK BASINÇ Hdyn: 22 mmSS
KLAPE4	D= 14 cm										AKIM I: 5,5 A	
	Ö L Ç Ü M L E R										HIZ Vort: 12,1 m/s	
	1 2 3 4 5 6 7 8									Port		
TOPLAM	246 248 248 248 248 246 248 250									247	Htop:	247 mmSS
	246 248 246 244 246 248 246 248									3952		
STATİK	238 238 238 237 238 238 239 238									238	Hst:	238 mmSS
	238 238 238 237 239 238 238 238									3808		
												DEBİ Q: 2319 m ³ /h
												TOPLAM BASINÇ Htop: 247 mmSS
												GİREN GÜÇ Ng: 3,19 kW
												ÇIKAN GÜÇ Nç: 1,56 kW
												VERİM η: 0,49
												DİNAMİK BASINÇ Hdyn: 9 mmSS
KLAPE5	D= 10 cm										AKIM I: 5,2 A	
	Ö L Ç Ü M L E R										HIZ Vort: 9,9 m/s	
	1 2 3 4 5 6 7 8									Port		
TOPLAM	286 286 290 288 290 286 290 286									288	Htop:	288 mmSS
	290 288 288 286 290 290 288 286									4608		
STATİK	284 282 282 280 280 282 282 282									282	Hst:	282 mmSS
	282 284 282 284 282 280 282 282									4512		
												DEBİ Q: 1894 m ³ /h
												TOPLAM BASINÇ Htop: 288 mmSS
												GİREN GÜÇ Ng: 3,01 kW
												ÇIKAN GÜÇ Nç: 1,49 kW
												VERİM η: 0,49
												DİNAMİK BASINÇ Hdyn: 6 mmSS
KLAPE6	D= 3 cm										AKIM I: 4,3 A	
	Ö L Ç Ü M L E R										HIZ Vort: 4,04 m/s	
	1 2 3 4 5 6 7 8									Port		
TOPLAM	312 312 312 312 312 312 312 312									312	Htop:	312 mmSS
	312 312 312 312 312 312 312 312									4992		
STATİK	311 311 311 311 311 311 311 311									311	Hst:	311 mmSS
	311 311 311 311 311 311 311 311									4976		
												DEBİ Q: 773 m ³ /h
												TOPLAM BASINÇ Htop: 312 mmSS
												GİREN GÜÇ Ng: 2,49 kW
												ÇIKAN GÜÇ Nç: 0,66 kW
												VERİM η: 0,26
												DİNAMİK BASINÇ Hdyn: 1 mmSS



Şekil 4.1 Geriye eğimli ($\beta < 90^\circ$), 8 Kanat, $n=2850$ d/d için debi-basma yüksekliği ilişkisi



Şekil 4.2 Geriye eğimli ($\beta < 90^\circ$), 8 Kanat, $n=2850$ d/d için debi-verim ilişkisi



Şekil 4.3 Geriye eğimli ($\beta < 90^\circ$), 8 Kanat, $n=2850$ d/d için debi-güç ilişkisi

4.2 İkinci Deneye Ait Çizelge ve Şekiller

Çizelge 4.3 Geriye eğimli ($\beta < 90^\circ$), 7 Kanat, $n=2850$ d/d için okunan manometrik yükseklikler

KLAPE1

D=

26 cm

O K U M A L A R

1 2 3 4 5 6 7 8

TOPLAM

A	9	8	7	8	9	8	8	7
B	9	8	7	7	8	9	8	8

STATİK

	1	2	3	4	5	6	7	8
A	27	26	26	26	26	25	26	26
B	26	25	27	27	26	26	25	26

AKIM
I
6,3
A

KLAPE2

D=

22 cm

O K U M A L A R

1 2 3 4 5 6 7 8

TOPLAM

A	-13	-13	-14	-12	-13	-13	-14	-13
B	-13	-12	-12	-13	-14	-13	-13	-13

STATİK

	1	2	3	4	5	6	7	8
A	4	4	3	4	4	5	4	4
B	4	4	4	4	4	5	4	3

AKIM
I
6,1
A

KLAPE3

D=

18 cm

O K U M A L A R

1 2 3 4 5 6 7 8

TOPLAM

A	-38	-38	-39	-40	-39	-39	-39	-39
B	-38	-39	-39	-40	-39	-39	-39	-40

STATİK

	1	2	3	4	5	6	7	8
A	-29	-29	-28	-30	-30	-29	-28	-29
B	-29	-30	-29	-29	-29	-28	-29	-29

AKIM
I
5,9
A

KLAPE4

D=

14 cm

O K U M A L A R

1 2 3 4 5 6 7 8

TOPLAM

A	-78	-78	-78	-79	-78	-78	-78	-78
B	-78	-78	-77	-77	-78	-78	-79	-78

STATİK

	1	2	3	4	5	6	7	8
A	-72	-72	-72	-72	-72	-73	-72	-72
B	-72	-71	-72	-72	-72	-72	-72	-72

AKIM
I
5,7
A

KLAPE5

D=

10 cm

O K U M A L A R

1 2 3 4 5 6 7 8

TOPLAM

A	-100	-100,5	-100,5	-101	-100,5	-101	-100,5	-100
B	-100	-101	-101	-100	-102	-100	-100	-100

STATİK

	1	2	3	4	5	6	7	8
A	-96	-97	-97	-97	-98	-97	-97	-96
B	-96	-97	-98	-98	-97	-97	-97	-97

AKIM
I
5,1
A

KLAPE6

D=

3 cm

O K U M A L A R

1 2 3 4 5 6 7 8

TOPLAM

A	-117	-117	-117	-117	-117	-117	-117	-117
B	-117	-117	-117	-117	-117	-117	-117	-117

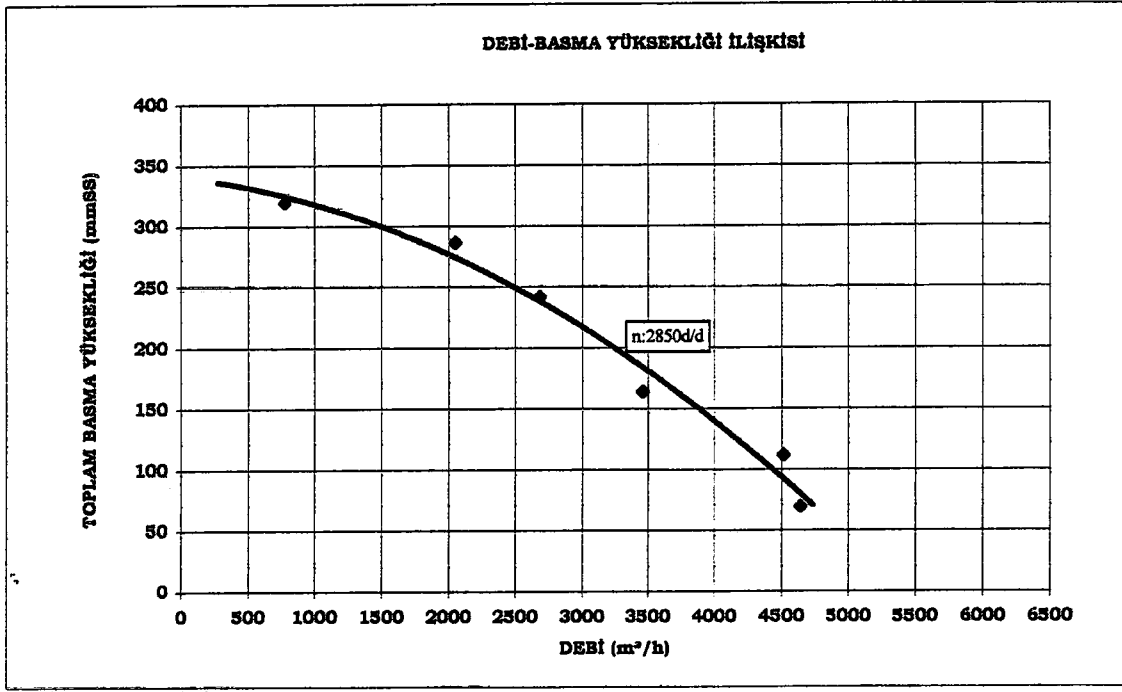
STATİK

	1	2	3	4	5	6	7	8
A	-116,5	-116,5	-116,5	-116,5	-116,5	-116,5	-116,5	-116,5
B	-116,5	-116,5	-116,5	-116,5	-116,5	-116,5	-116,5	-116,5

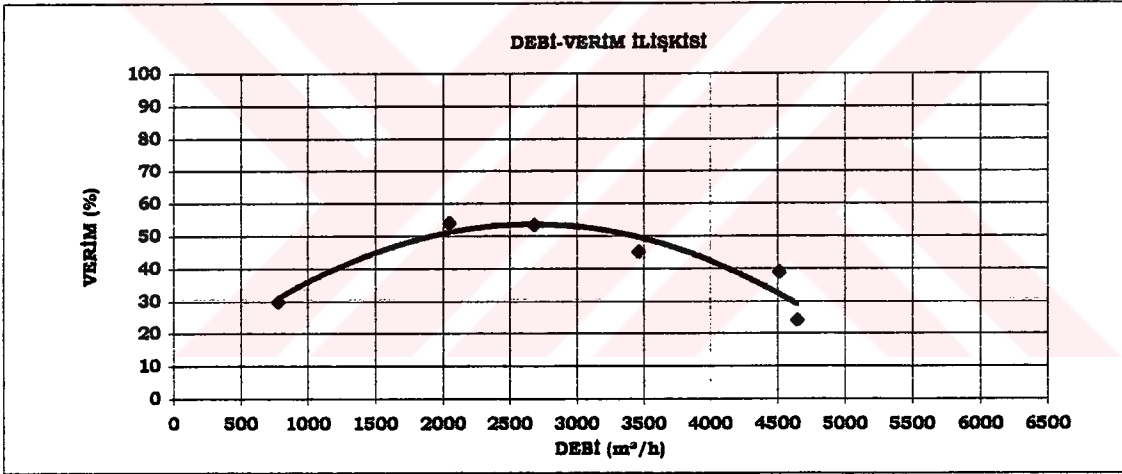
AKIM
I
3,9
A

Çizelge 4.4 Geriye eğimli ($\beta < 90^\circ$), 7 Kanat, $n=2850$ d/d için hesap sonuçları

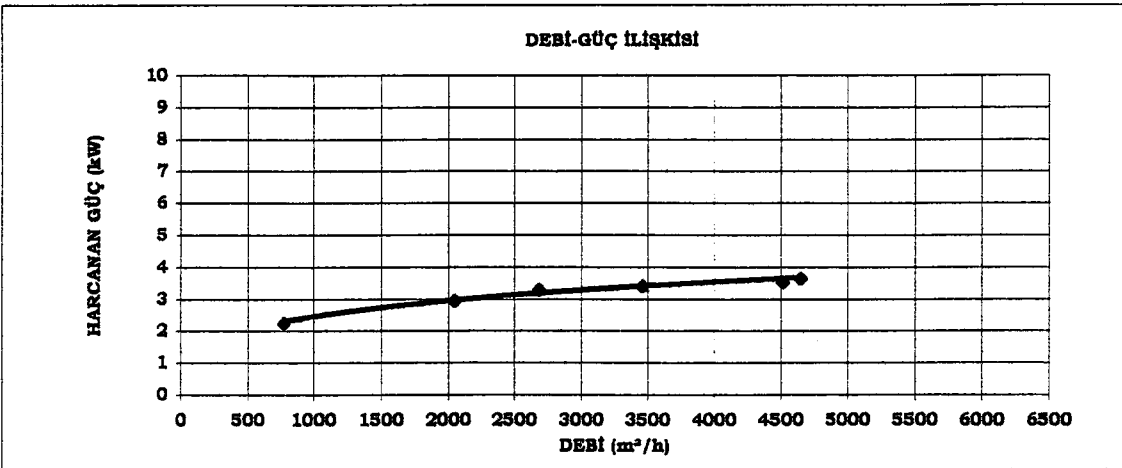
KLAPE1 D= 26 cm				AKIM I: 6,3 A	
Ö L Ç Ü M L E R				HIZ Vort: 24,3 m/s	
1 2 3 4 5 6 7 8		Port		DEBİ Q: 4639 m³/h	
TOPLAM	68 70 72 70 68 70 70 72	70	Htop:	TOPLAM BASINÇ Htop: 70 mmSS	
	68 70 72 72 70 68 70 70	1120		GİREN GÜÇ Ng: 3,65 kW	
STATİK	1 2 3 4 5 6 7 8	34	Hst:	ÇIKAN GÜÇ Ng: 0,88 kW	
	34 36 32 32 34 34 36 34	544		VERİM η: 0,24	
				DİNAMİK BASINÇ Hdyn: 36 mmSS	
KLAPE2 D= 22 cm				AKIM I: 6,1 A	
Ö L Ç Ü M L E R				HIZ Vort: 23,6 m/s	
1 2 3 4 5 6 7 8		Port		DEBİ Q: 4608 m³/h	
TOPLAM	112 112 114 110 112 112 114 112	112	Htop:	TOPLAM BASINÇ Htop: 112 mmSS	
	112 110 110 112 114 112 112 112	1792		GİREN GÜÇ Ng: 3,53 kW	
STATİK	1 2 3 4 5 6 7 8	78	Hst:	ÇIKAN GÜÇ Ng: 1,38 kW	
	78 78 80 78 78 76 78 78	1248		VERİM η: 0,39	
				DİNAMİK BASINÇ Hdyn: 34 mmSS	
KLAPE3 D= 18 cm				AKIM I: 5,9 A	
Ö L Ç Ü M L E R				HIZ Vort: 18,1 m/s	
1 2 3 4 5 6 7 8		Port		DEBİ Q: 3468 m³/h	
TOPLAM	162 162 164 166 164 164 164 164	164	Htop:	TOPLAM BASINÇ Htop: 164 mmSS	
	162 164 164 166 164 164 164 166	2624		GİREN GÜÇ Ng: 3,42 kW	
STATİK	1 2 3 4 5 6 7 8	144	Hst:	ÇIKAN GÜÇ Ng: 1,55 kW	
	144 144 142 146 146 144 142 144	2304		VERİM η: 0,45	
				DİNAMİK BASINÇ Hdyn: 20 mmSS	
KLAPE4 D= 14 cm				AKIM I: 5,7 A	
Ö L Ç Ü M L E R				HIZ Vort: 14 m/s	
1 2 3 4 5 6 7 8		Port		DEBİ Q: 2678 m³/h	
TOPLAM	242 242 242 244 242 242 242 242	242	Htop:	TOPLAM BASINÇ Htop: 242 mmSS	
	242 242 240 240 242 242 244 242	3872		GİREN GÜÇ Ng: 3,3 kW	
STATİK	1 2 3 4 5 6 7 8	230	Hst:	ÇIKAN GÜÇ Ng: 1,77 kW	
	230 230 230 230 230 232 230 230	3680		VERİM η: 0,53	
				DİNAMİK BASINÇ Hdyn: 12 mmSS	
KLAPE5 D= 10 cm				AKIM I: 5,1 A	
Ö L Ç Ü M L E R				HIZ Vort: 10,7 m/s	
1 2 3 4 5 6 7 8		Port		DEBİ Q: 2046 m³/h	
TOPLAM	286 287 287 288 287 288 287 286	287	Htop:	TOPLAM BASINÇ Htop: 287 mmSS	
	286 288 288 286 290 286 286 286	4592		GİREN GÜÇ Ng: 2,95 kW	
STATİK	1 2 3 4 5 6 7 8	280	Hst:	ÇIKAN GÜÇ Ng: 1,6 kW	
	278 280 280 280 282 280 280 278	4480		VERİM η: 0,54	
				DİNAMİK BASINÇ Hdyn: 7 mmSS	
KLAPE6 D= 3 cm				AKIM I: 3,9 A	
Ö L Ç Ü M L E R				HIZ Vort: 4,04 m/s	
1 2 3 4 5 6 7 8		Port		DEBİ Q: 773 m³/h	
TOPLAM	320 320 320 320 320 320 320 320	320	Htop:	TOPLAM BASINÇ Htop: 320 mmSS	
	320 320 320 320 320 320 320 320	5120		GİREN GÜÇ Ng: 2,26 kW	
STATİK	1 2 3 4 5 6 7 8	319	Hst:	ÇIKAN GÜÇ Ng: 0,67 kW	
	319 319 319 319 319 319 319 319	5104		VERİM η: 0,3	
				DİNAMİK BASINÇ Hdyn: 1 mmSS	



Şekil 4.4 Geriye eğimli ($\beta < 90^\circ$), 7 Kanat, $n=2850$ d/d için debi-basma yüksekliği ilişkisi



Şekil 4.5 Geriye eğimli ($\beta < 90^\circ$), 7 Kanat, $n=2850$ d/d için debi-verim ilişkisi



Şekil 4.6 Geriye eğimli ($\beta < 90^\circ$), 7 Kanat, $n=2850$ d/d için debi-güç ilişkisi

4.3 Üçüncü Deneye Ait Çizelge ve Şekiller

Çizelge 4.5 Radyal ($\beta=90^\circ$), 8 Kanat, $n=2850$ d/d için okunan manometrik yükseklikler

KLAPE1		D=	26 cm									
			O	K	U	M	A	L	A	R		
			1	2	3	4	5	6	7	8		
TOPLAM	A		-13	-14	-15	-14	-15	-15	-16	-17	AKIM	I
	B		-14	-15	-15	-15	-14	-15	-16	-17		
STATİK	A		14	15	15	16	16	17	16	16	A	12,5
	B		16	18	17	18	16	15	16	15		

KLAPE2		D=	22 cm									
			O	K	U	M	A	L	A	R		
			1	2	3	4	5	6	7	8		
TOPLAM	A		-35	-36	-36	-36	-37	-36	-37	-36	AKIM	I
	B		-36	-36	-36	-36	-35	-36	-36	-36		
STATİK	A		-13	-13	-14	-14	-16	-15	-14	-16	A	11,2
	B		-16	-15	-13	-13	-15	-14	-15	-16		

KLAPE3		D=	18 cm									
			O	K	U	M	A	L	A	R		
			1	2	3	4	5	6	7	8		
TOPLAM	A		-61	-62	-62	-61	-62	-62	-62	-63	AKIM	I
	B		-63	-61	-62	-62	-63	-62	-62	-62		
STATİK	A		-48	-48	-49	-48	-48	-49	-48	-48	A	9,4
	B		-47	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-47		

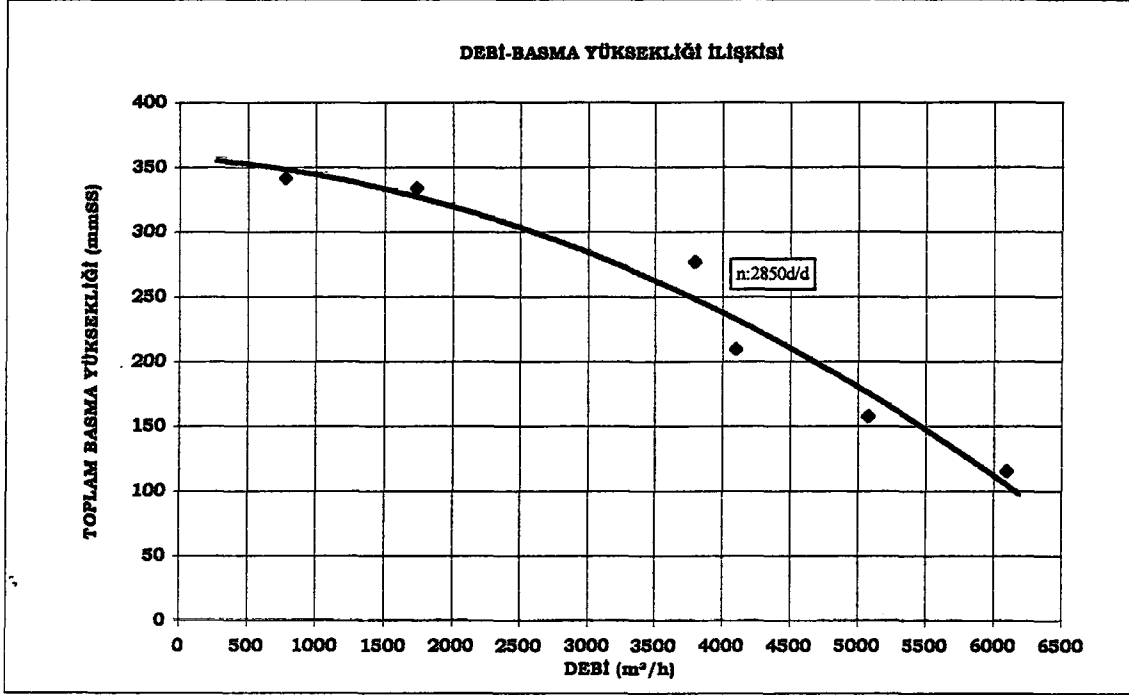
KLAPE4		D=	14 cm									
			O	K	U	M	A	L	A	R		
			1	2	3	4	5	6	7	8		
TOPLAM	A		-95	-95	-96	-95	-96	-96	-95	-96	AKIM	I
	B		-95	-96	-95	-95	-96	-96	-95	-96		
STATİK	A		-89	89	-89	-90	-89	-89	-89	-88	A	8
	B		-88	-89	-89	-89	-89	-90	-88	-88		

KLAPE5		D=	10 cm									
			O	K	U	M	A	L	A	R		
			1	2	3	4	5	6	7	8		
TOPLAM	A		-124	-124	-124	-124	-124	-124	-124	-124	AKIM	I
	B		-124	-124	-124	-124	-124	-124	-124	-124		
STATİK	A		-122	-122	-121	-122	-121	-122	-121	-121	A	6,5
	B		-121	-122	-122	-121	-122	-121	-121	-122		

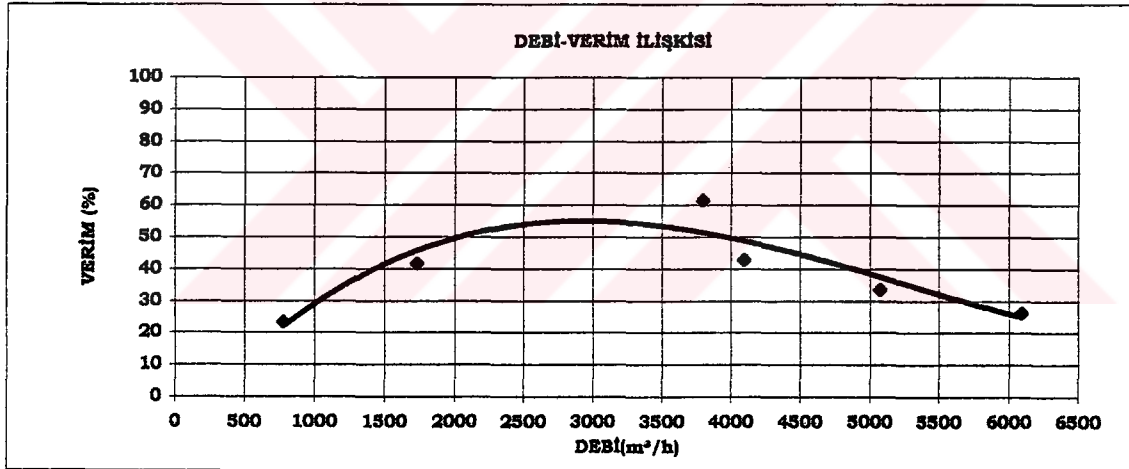
KLAPE6		D=	3 cm									
			O	K	U	M	A	L	A	R		
			1	2	3	4	5	6	7	8		
TOPLAM	A		-128	-128	-128	-128	-128	-128	-128	-128	AKIM	I
	B		-128	-128	-128	-128	-128	-128	-128	-128		
STATİK	A		-127,5	-127,5	-127	-127,5	-127	-128	-127,5	-127	A	5,3
	B		-128	-128	-127,5	-127	-127,5	-127,5	-127,5	-128		

Çizelge 4.6 Radyal ($\beta=90^\circ$), 8 Kanat, $n=2850$ d/d için hesap sonuçları

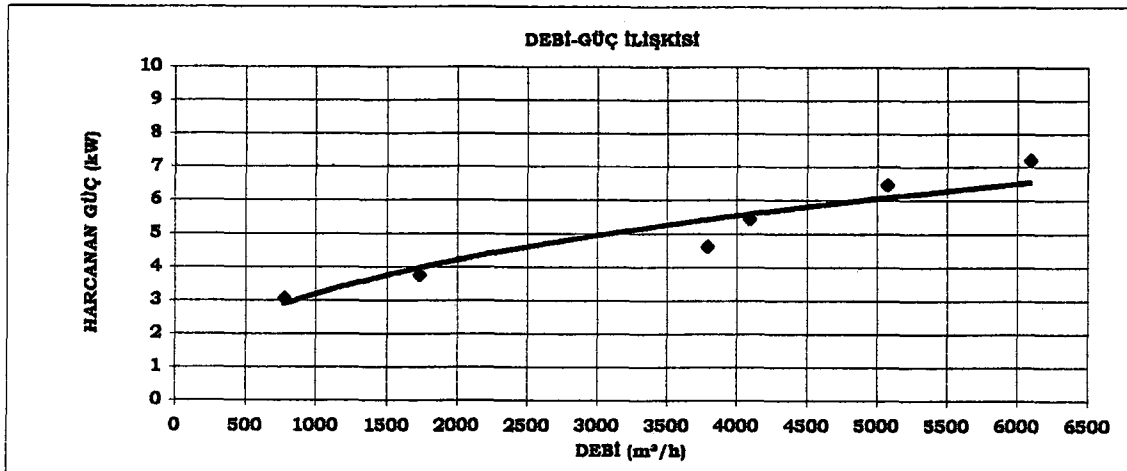
KLAP1	D= 26 cm									AKIM I: 12,5 A
	Ö L Ç Ü M L E R									HIZ Vort: 31,8 m/s
	1 2 3 4 5 6 7 8	Port								DEBİ Q: 6088 m³/h
TOPLAM	112 114 116 114 116 116 118 120	116	Htop:	116 mmSS						TOPLAM BASINÇ Htop: 116 mmSS
	114 116 116 116 114 116 118 120	1856								GİREN GÜÇ Ng: 7,24 kW
	1 2 3 4 5 6 7 8									ÇIKAN GÜÇ Ng: 1,92 kW
STATİK	58 56 56 54 54 52 54 54	54	Hst:	54 mmSS						VERİM η : 0,27
	54 50 52 50 54 56 54 56	864								DİNAMİK BASINÇ Hdyn: 62 mmSS
KLAP2	D= 22 cm									AKIM I: 11,2 A
	Ö L Ç Ü M L E R									HIZ Vort: 26,5 m/s
	1 2 3 4 5 6 7 8	Port								DEBİ Q: 5070 m³/h
TOPLAM	156 158 158 158 160 158 160 158	158	Htop:	158 mmSS						TOPLAM BASINÇ Htop: 158 mmSS
	158 158 158 158 156 158 158 158	2528								GİREN GÜÇ Ng: 6,49 kW
	1 2 3 4 5 6 7 8									ÇIKAN GÜÇ Ng: 2,18 kW
STATİK	112 112 114 114 118 116 114 118	115	Hst:	115 mmSS						VERİM η : 0,34
	118 116 112 112 116 114 116 118	1840								DİNAMİK BASINÇ Hdyn: 43 mmSS
KLAP3	D= 18 cm									AKIM I: 9,4 A
	Ö L Ç Ü M L E R									HIZ Vort: 21,4 m/s
	1 2 3 4 5 6 7 8	Port								DEBİ Q: 4091 m³/h
TOPLAM	208 210 210 208 210 210 210 212	210	Htop:	210 mmSS						TOPLAM BASINÇ Htop: 210 mmSS
	212 208 210 210 212 210 210 210	3360								GİREN GÜÇ Ng: 5,44 kW
	1 2 3 4 5 6 7 8									ÇIKAN GÜÇ Ng: 2,34 kW
STATİK	182 182 184 182 182 184 182 182	182	Hst:	182 mmSS						VERİM η : 0,43
	180 182 182 182 182 182 182 180	2912								DİNAMİK BASINÇ Hdyn: 28 mmSS
KLAP4	D= 14 cm									AKIM I: 8 A
	Ö L Ç Ü M L E R									HIZ Vort: 19,8 m/s
	1 2 3 4 5 6 7 8	Port								DEBİ Q: 3788 m³/h
TOPLAM	276 276 278 276 278 278 276 278	277	Htop:	277 mmSS						TOPLAM BASINÇ Htop: 277 mmSS
	276 278 276 276 278 278 276 278	4432								GİREN GÜÇ Ng: 4,63 kW
	1 2 3 4 5 6 7 8									ÇIKAN GÜÇ Ng: 2,86 kW
STATİK	264 92 264 266 264 264 264 262	253	Hst:	253 mmSS						VERİM η : 0,62
	262 264 264 264 264 266 262 262	4048								DİNAMİK BASINÇ Hdyn: 24 mmSS
KLAP5	D= 10 cm									AKIM I: 6,5 A
	Ö L Ç Ü M L E R									HIZ Vort: 9,04 m/s
	1 2 3 4 5 6 7 8	Port								DEBİ Q: 1729 m³/h
TOPLAM	334 334 334 334 334 334 334 334	334	Htop:	334 mmSS						TOPLAM BASINÇ Htop: 334 mmSS
	334 334 334 334 334 334 334 334	5344								GİREN GÜÇ Ng: 3,76 kW
	1 2 3 4 5 6 7 8									ÇIKAN GÜÇ Ng: 1,57 kW
STATİK	330 330 328 330 328 330 328 328	329	Hst:	329 mmSS						VERİM η : 0,42
	328 330 330 328 330 328 328 330	5264								DİNAMİK BASINÇ Hdyn: 5 mmSS
KLAP6	D= 3 cm									AKIM I: 5,3 A
	Ö L Ç Ü M L E R									HIZ Vort: 4,04 m/s
	1 2 3 4 5 6 7 8	Port								DEBİ Q: 773 m³/h
TOPLAM	342 342 342 342 342 342 342 342	342	Htop:	342 mmSS						TOPLAM BASINÇ Htop: 342 mmSS
	342 342 342 342 342 342 342 342	5472								GİREN GÜÇ Ng: 3,07 kW
	1 2 3 4 5 6 7 8									ÇIKAN GÜÇ Ng: 0,72 kW
STATİK	341 341 340 341 340 342 341 340	341	Hst:	341 mmSS						VERİM η : 0,23
	342 342 341 340 341 341 341 342	5456								DİNAMİK BASINÇ Hdyn: 1 mmSS



Şekil 4.7 Radyal ($\beta=90^\circ$), 8 Kanat, $n=2850$ d/d için debi-basma yüksekliği ilişkisi



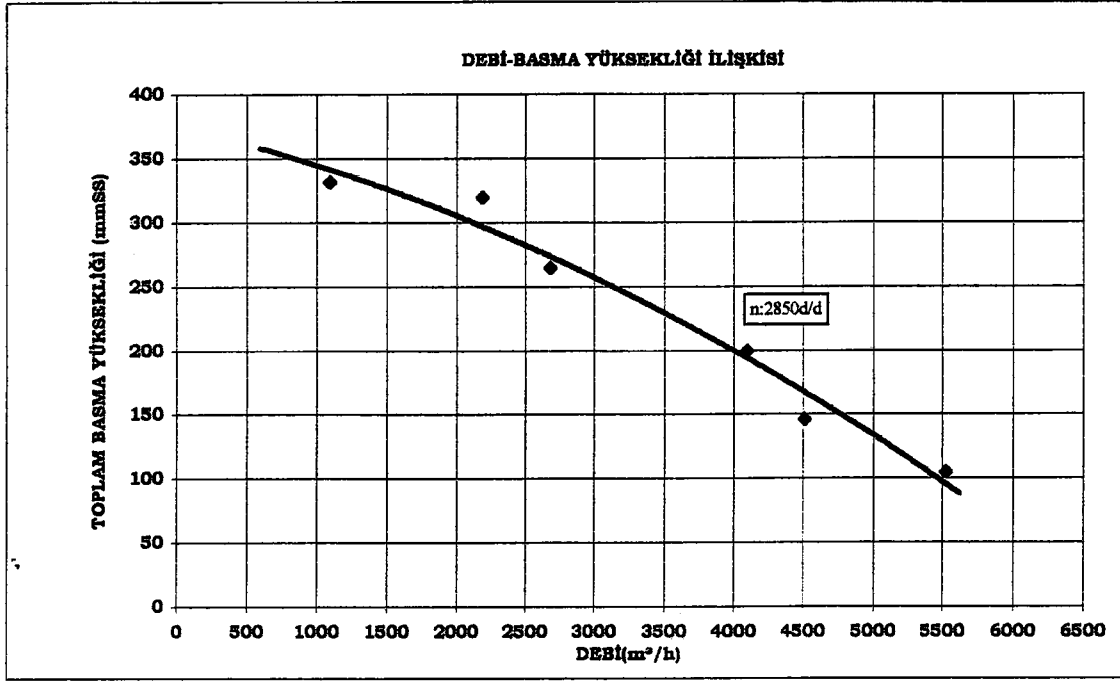
Şekil 4.8 Radyal ($\beta=90^\circ$), 8 Kanat, $n=2850$ d/d için debi-verim ilişkisi



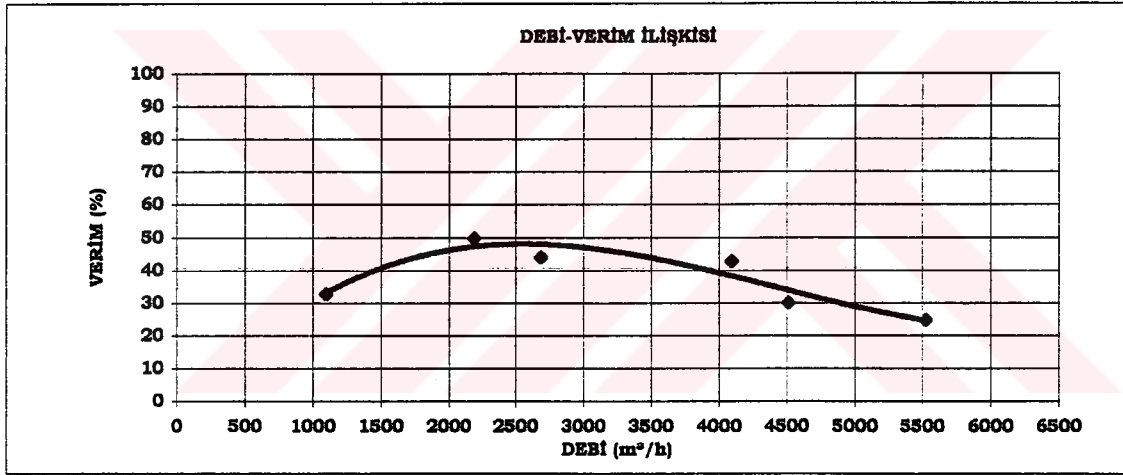
Şekil 4.9 Radyal ($\beta=90^\circ$), 8 Kanat, $n=2850$ d/d için debi-güç ilişkisi

Çizelge 4.8 Radyal ($\beta=90^\circ$), 7 Kanat, $n=2850$ d/d için hesap sonuçları

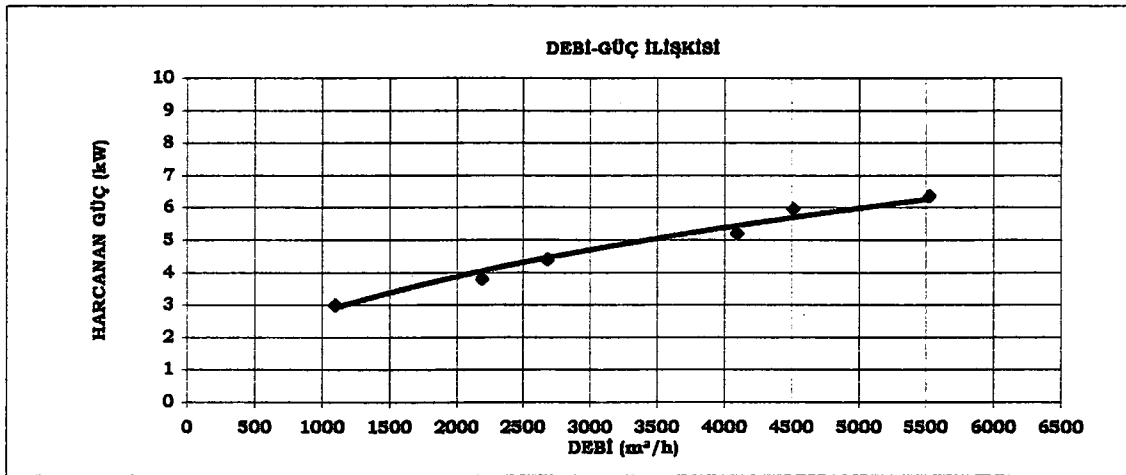
KLAPe1	D= 26 cm										AKIM I: 11 A	
	Ö L Ç Ü M L E R										HIZ Vort: 28,9 m/s	
	1 2 3 4 5 6 7 8										DEBİ Q: 5522 m³/h	
TOPLAM	106 104 106 104 106 106 106 104	Port	105	Htop:	105 mmSS	TOPLAM BASINÇ Htop: 105 mmSS						
	108 108 104 106 104 104 104 104		1680			GİREN GÜÇ Ng: 6,37 kW						
	1 2 3 4 5 6 7 8					ÇIKAN GÜÇ Ng: 1,58 kW						
STATİK	54 56 56 54 54 52 54 56		54	Hst:	54 mmSS	VERİM η: 0,25						
	54 54 54 56 54 52 52 52		864			DİNAMİK BASINÇ Hdyn: 51 mmSS						
KLAPe2	D= 22 cm										AKIM I: 10,3 A	
	Ö L Ç Ü M L E R										HIZ Vort: 23,6 m/s	
	1 2 3 4 5 6 7 8										DEBİ Q: 4508 m³/h	
TOPLAM	144 146 148 146 146 146 144 146	Port	146	Htop:	146 mmSS	TOPLAM BASINÇ Htop: 146 mmSS						
	146 144 146 148 148 148 146 146		2336			GİREN GÜÇ Ng: 5,97 kW						
	1 2 3 4 5 6 7 8					ÇIKAN GÜÇ Ng: 1,79 kW						
STATİK	110 110 112 114 110 112 114 112		112	Hst:	112 mmSS	VERİM η: 0,3						
	112 110 112 112 114 112 114 112		1792			DİNAMİK BASINÇ Hdyn: 34 mmSS						
KLAPe3	D= 18 cm										AKIM I: 9 A	
	Ö L Ç Ü M L E R										HIZ Vort: 21,4 m/s	
	1 2 3 4 5 6 7 8										DEBİ Q: 4091 m³/h	
TOPLAM	200 200 200 202 200 200 198 200	Port	200	Htop:	200 mmSS	TOPLAM BASINÇ Htop: 200 mmSS						
	200 200 198 200 200 200 200 202		3200			GİREN GÜÇ Ng: 5,21 kW						
	1 2 3 4 5 6 7 8					ÇIKAN GÜÇ Ng: 2,23 kW						
STATİK	172 174 174 172 172 170 172 172		172	Hst:	172 mmSS	VERİM η: 0,43						
	170 172 172 172 172 172 172 172		2752			DİNAMİK BASINÇ Hdyn: 28 mmSS						
KLAPe4	D= 14 cm										AKIM I: 7,6 A	
	Ö L Ç Ü M L E R										HIZ Vort: 14 m/s	
	1 2 3 4 5 6 7 8										DEBİ Q: 2678 m³/h	
TOPLAM	264 266 264 264 264 266 264 266	Port	265	Htop:	265 mmSS	TOPLAM BASINÇ Htop: 265 mmSS						
	266 264 266 266 266 266 264 264		4240			GİREN GÜÇ Ng: 4,4 kW						
	1 2 3 4 5 6 7 8					ÇIKAN GÜÇ Ng: 1,93 kW						
STATİK	252 253 253 254 254 252 253 254		253	Hst:	253 mmSS	VERİM η: 0,44						
	254 252 253 253 253 252 253 253		4048			DİNAMİK BASINÇ Hdyn: 12 mmSS						
KLAPe5	D= 10 cm										AKIM I: 6,6 A	
	Ö L Ç Ü M L E R										HIZ Vort: 11,4 m/s	
	1 2 3 4 5 6 7 8										DEBİ Q: 2187 m³/h	
TOPLAM	320 320 320 320 320 320 320 320	Port	320	Htop:	320 mmSS	TOPLAM BASINÇ Htop: 320 mmSS						
	320 320 320 320 320 320 320 320		5120			GİREN GÜÇ Ng: 3,82 kW						
	1 2 3 4 5 6 7 8					ÇIKAN GÜÇ Ng: 1,91 kW						
STATİK	312 312 312 312 312 312 312 312		312	Hst:	312 mmSS	VERİM η: 0,5						
	312 312 312 312 312 312 312 312		4992			DİNAMİK BASINÇ Hdyn: 8 mmSS						
KLAPe6	D= 3 cm										AKIM I: 5,2 A	
	Ö L Ç Ü M L E R										HIZ Vort: 5,72 m/s	
	1 2 3 4 5 6 7 8										DEBİ Q: 1093 m³/h	
TOPLAM	332 332 332 332 332 332 332 332	Port	332	Htop:	332 mmSS	TOPLAM BASINÇ Htop: 332 mmSS						
	332 332 332 332 332 332 332 332		5312			GİREN GÜÇ Ng: 3,01 kW						
	1 2 3 4 5 6 7 8					ÇIKAN GÜÇ Ng: 0,99 kW						
STATİK	330 330 330 330 330 330 330 330		330	Hst:	330 mmSS	VERİM η: 0,33						
	330 330 330 330 330 330 330 330		5280			DİNAMİK BASINÇ Hdyn: 2 mmSS						



Çizelge 4.10 Radyal ($\beta=90^\circ$), 7 Kanat, $n=2850$ d/d için debi-basma yüksekliği ilişkisi



Şekil 4.11 Radyal ($\beta=90^\circ$), 7 Kanat, $n=2850$ d/d için debi-verim ilişkisi



Şekil 4.12 Radyal ($\beta=90^\circ$), 7 Kanat, $n=2850$ d/d için debi-güç ilişkisi

4.5. Beşinci Deneye Ait Çizelge ve Şekiller

Çizelge 4.9 Öne eğimli ($\beta > 90^\circ$), 8 Kanat, $n=2850$ d/d için okunan manometrik yükseklikler

KLAPe1 D= 26 cm

	O	K	U	M	A	L	A	R	
	1	2	3	4	5	6	7	8	
TOPLAM	A	21	22	21	20	21	20	22	21
	B	22	22	21	21	20	20	21	21
STATİK	A	31	31	29	29	30	30	31	30
	B	30	29	31	29	30	30	29	31

AKIM
I
12,9
A

KLAPe2 D= 22 cm

	O	K	U	M	A	L	A	R	
	1	2	3	4	5	6	7	8	
TOPLAM	A	13	14	13	13	15	14	15	13
	B	13	14	15	15	15	14	14	14
STATİK	A	22	22	21	21	21	20	20	21
	B	21	21	21	20	22	21	21	21

AKIM
I
12,3
A

KLAPe3 D= 18 cm

	O	K	U	M	A	L	A	R	
	1	2	3	4	5	6	7	8	
TOPLAM	A	-1	-1	-1	-2	-1	-2	-2	-1
	B	-1	-1	-2	-1	-2	-1	-2	-3
STATİK	A	4	5	5	5	4	4	4	5
	B	4	5	5	5	4	4	4	5

AKIM
I
11,1
A

KLAPe4 D= 14 cm

	O	K	U	M	A	L	A	R	
	1	2	3	4	5	6	7	8	
TOPLAM	A	-29	-29	-29	-28	-27	-29	-27	-29
	B	-27	-27	-28	-28	-27	-29	-27	-28
STATİK	A	-25	-24	-23	-24	-24	-25	-23	-24
	B	-24	-25	-24	-23	-24	-23	-25	-24

AKIM
I
9,3
A

KLAPe5 D= 10 cm

	O	K	U	M	A	L	A	R	
	1	2	3	4	5	6	7	8	
TOPLAM	A	-54	-54	-55	-54	-55	-55	-54	-55
	B	-55	-54	-55	-54	-54	-55	-55	-54
STATİK	A	-52	-53	-53	-52	-53	-53	-52	-53
	B	-53	-52	-53	-53	-52	-52	-52	-52

AKIM
I
6,9
A

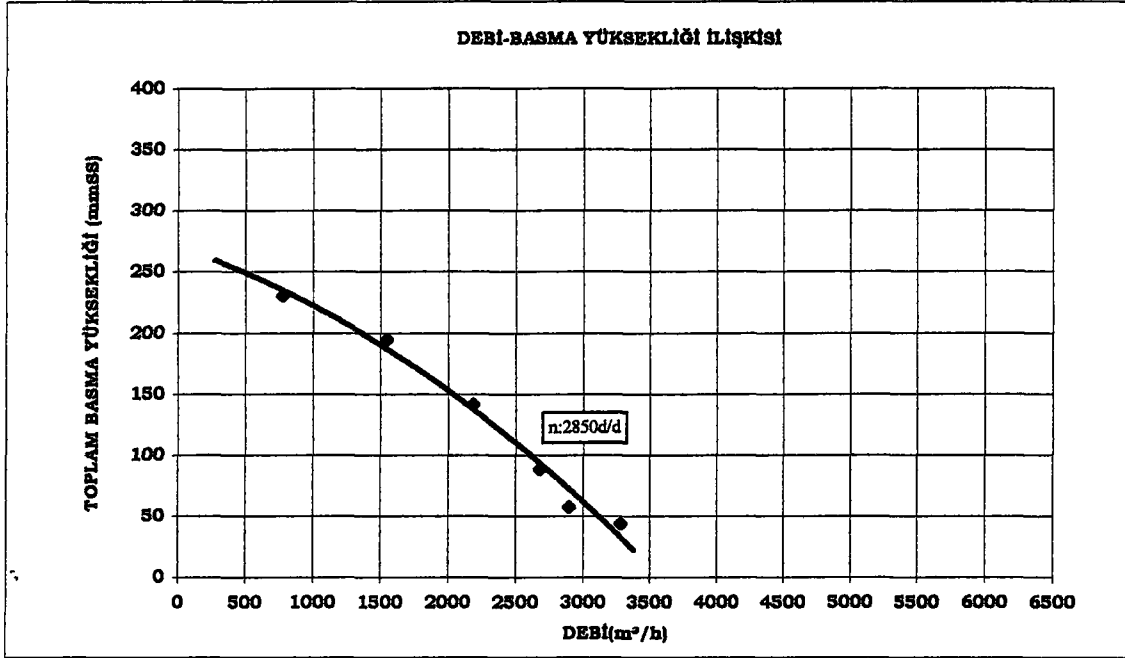
KLAPe6 D= 3 cm

	O	K	U	M	A	L	A	R	
	1	2	3	4	5	6	7	8	
TOPLAM	A	-73	-72	-73	-73	-72	-73	-72	-73
	B	-73	-72	-72	-73	-72	-73	-72	-72
STATİK	A	-72	-72	-72	-72	-72	-72	-72	-72
	B	-72	-72	-72	-72	-72	-72	-72	-72

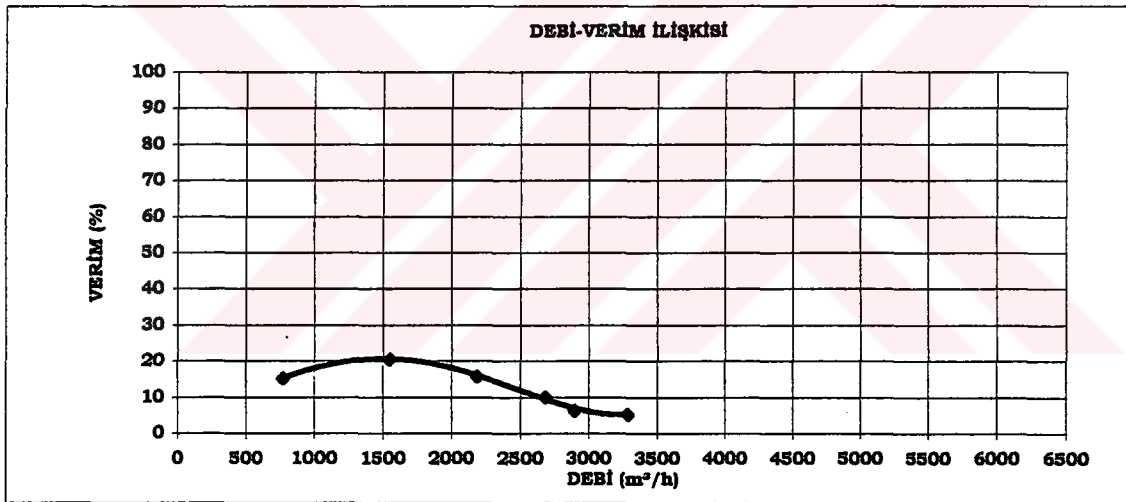
AKIM
I
5,5
A

Çizelge 4.10 Öne eğimli ($\beta > 90^\circ$), 8 Kanat, $n=2850$ d/d için hesap sonuçları

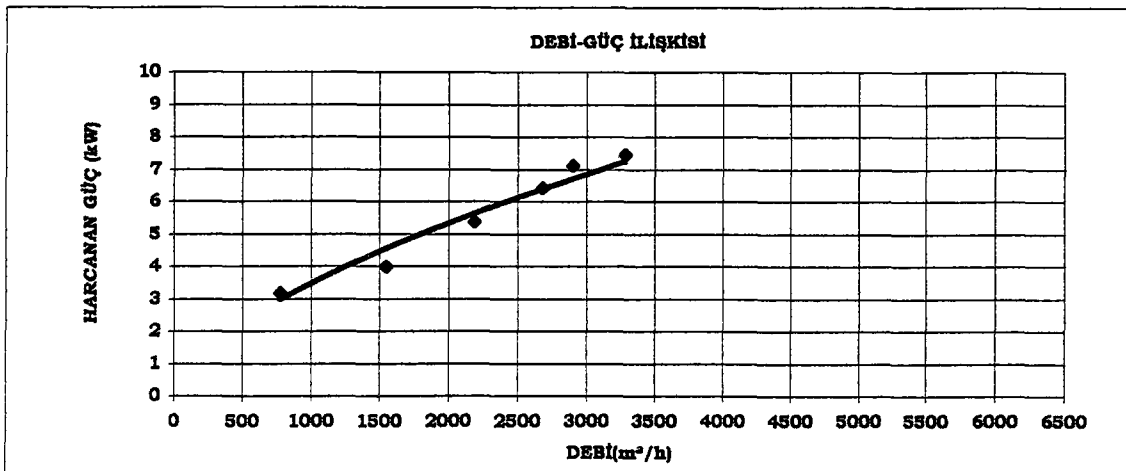
KLAPE1		D= 26 cm	Ö L Ç Ü M L E R								AKIM I: 12,9 A	HIZ Vort: 17,2 m/s	
			1	2	3	4	5	6	7	8	Port		DEBİ Q: 3280 m³/h
TOPLAM			44	42	44	46	44	46	42	44	44	Htop: 44 mmSS	TOPLAM BASINÇ Htop: 44 mmSS
			42	42	44	44	46	46	44	44	704		GİREN GÜÇ Ng: 7,47 kW
STATİK			1	2	3	4	5	6	7	8		Hst: 26 mmSS	ÇIKAN GÜÇ Nç: 0,39 kW
			24	24	28	28	26	26	24	26	26		VERİM η: 0,05
			26	28	24	28	26	26	28	24	416		DİNAMİK BASINÇ Hdyn: 18 mmSS
KLAPE2		D= 22 cm	Ö L Ç Ü M L E R								AKIM I: 12,3 A	HIZ Vort: 15,1 m/s	
			1	2	3	4	5	6	7	8	Port		DEBİ Q: 2893 m³/h
TOPLAM			60	58	60	60	58	58	56	60	58	Htop: 58 mmSS	TOPLAM BASINÇ Htop: 58 mmSS
			60	58	56	58	56	58	58	58	928		GİREN GÜÇ Ng: 7,12 kW
STATİK			1	2	3	4	5	6	7	8		Hst: 44 mmSS	ÇIKAN GÜÇ Nç: 0,46 kW
			42	42	44	44	44	46	46	44	44		VERİM η: 0,06
			44	44	44	46	42	44	44	44	704		DİNAMİK BASINÇ Hdyn: 14 mmSS
KLAPE3		D= 18 cm	Ö L Ç Ü M L E R								AKIM I: 11,1 A	HIZ Vort: 14 m/s	
			1	2	3	4	5	6	7	8	Port		DEBİ Q: 2678 m³/h
TOPLAM			88	88	88	90	88	90	90	88	89	Htop: 89 mmSS	TOPLAM BASINÇ Htop: 89 mmSS
			88	88	90	88	90	88	90	92	1424		GİREN GÜÇ Ng: 6,43 kW
STATİK			1	2	3	4	5	6	7	8		Hst: 77 mmSS	ÇIKAN GÜÇ Nç: 0,65 kW
			78	76	76	76	78	78	78	76	77		VERİM η: 0,1
			78	76	76	76	78	78	78	76	1232		DİNAMİK BASINÇ Hdyn: 12 mmSS
KLAPE4		D= 14 cm	Ö L Ç Ü M L E R								AKIM I: 9,3 A	HIZ Vort: 11,4 m/s	
			1	2	3	4	5	6	7	8	Port		DEBİ Q: 2187 m³/h
TOPLAM			144	144	144	142	140	144	140	144	142	Htop: 142 mmSS	TOPLAM BASINÇ Htop: 142 mmSS
			140	140	142	142	140	144	140	142	2272		GİREN GÜÇ Ng: 5,39 kW
STATİK			1	2	3	4	5	6	7	8		Hst: 134 mmSS	ÇIKAN GÜÇ Nç: 0,85 kW
			136	134	132	134	134	136	132	134	134		VERİM η: 0,16
			134	136	134	132	134	132	136	134	2144		DİNAMİK BASINÇ Hdyn: 8 mmSS
KLAPE5		D= 10 cm	Ö L Ç Ü M L E R								AKIM I: 6,9 A	HIZ Vort: 8,09 m/s	
			1	2	3	4	5	6	7	8	Port		DEBİ Q: 1646 m³/h
TOPLAM			194	194	196	194	196	196	194	196	195	Htop: 195 mmSS	TOPLAM BASINÇ Htop: 195 mmSS
			196	194	196	194	194	196	196	194	3120		GİREN GÜÇ Ng: 4 kW
STATİK			1	2	3	4	5	6	7	8		Hst: 191 mmSS	ÇIKAN GÜÇ Nç: 0,82 kW
			190	192	192	190	192	192	190	192	191		VERİM η: 0,21
			192	190	192	192	190	190	190	190	3056		DİNAMİK BASINÇ Hdyn: 4 mmSS
KLAPE6		D= 3 cm	Ö L Ç Ü M L E R								AKIM I: 5,5 A	HIZ Vort: 4,04 m/s	
			1	2	3	4	5	6	7	8	Port		DEBİ Q: 773 m³/h
TOPLAM			232	230	232	232	230	232	230	232	231	Htop: 231 mmSS	TOPLAM BASINÇ Htop: 231 mmSS
			232	230	230	232	230	232	230	230	3696		GİREN GÜÇ Ng: 3,19 kW
STATİK			1	2	3	4	5	6	7	8		Hst: 230 mmSS	ÇIKAN GÜÇ Nç: 0,49 kW
			230	230	230	230	230	230	230	230	230		VERİM η: 0,15
			230	230	230	230	230	230	230	230	3680		DİNAMİK BASINÇ Hdyn: 1 mmSS



Şekil 4.13 Öne eğimli ($\beta > 90^\circ$), 8 Kanat, $n=2850$ d/d için debi-basma yüksekliği ilişkisi



Şekil 4.14 Öne eğimli ($\beta > 90^\circ$), 8 Kanat, $n=2850$ d/d için debi-verim ilişkisi



Şekil 4.15 Öne eğimli ($\beta > 90^\circ$), 8 Kanat, $n=2850$ d/d için debi-güç ilişkisi

4.6 Altıncı Deneye Ait Çizelge ve Şekiller

Çizelge 4.11 Öne eğimli ($\beta > 90^\circ$), 7 Kanat, $n=2850$ d/d için okunan manometrik yükseklikler

KLAPE1

D= 26 cm

O K U M A L A R

TOPLAM

	1	2	3	4	5	6	7	8
A	17	18	18	19	18	17	19	18
B	18	18	17	18	19	17	18	19

AKIM
I
13
A

STATİK

	1	2	3	4	5	6	7	8
A	27	28	27	28	28	27	27	28
B	28	27	28	27	27	28	28	27

KLAPE2

D= 22 cm

O K U M A L A R

TOPLAM

	1	2	3	4	5	6	7	8
A	8	7	6	8	8	7	6	8
B	6	8	7	7	6	7	6	7

AKIM
I
12,4
A

STATİK

	1	2	3	4	5	6	7	8
A	15	14	15	16	15	15	15	16
B	15	16	16	16	15	17	16	16

KLAPE3

D= 18 cm

O K U M A L A R

TOPLAM

	1	2	3	4	5	6	7	8
A	-11	-12	-11	-13	-12	-12	-12	-13
B	-13	-12	-11	-12	-12	-13	-12	-11

AKIM
I
11,2
A

STATİK

	1	2	3	4	5	6	7	8
A	-5	-6	-5	-5	-6	-5	-5	-6
B	-5	-5	-6	-4	-5	-5	-6	-5

KLAPE4

D= 14 cm

O K U M A L A R

TOPLAM

	1	2	3	4	5	6	7	8
A	-40	-41	-42	-40	-41	-40	-41	-41
B	-40	-42	-41	-41	-41	-42	-42	-41

AKIM
I
9,7
A

STATİK

	1	2	3	4	5	6	7	8
A	-36	-37	-36	-37	-36	-36	-37	-37
B	-36	-37	-37	-37	-37	-36	-36	-36

KLAPE5

D= 10 cm

O K U M A L A R

TOPLAM

	1	2	3	4	5	6	7	8
A	-69	-70	-71	-71	-71	-72	-70	-71
B	-71	-70	-72	-71	-70	-69	-69	-71

AKIM
I
7,9
A

STATİK

	1	2	3	4	5	6	7	8
A	-68	-69	-68	-69	-69	-69	-69	-68
B	-69	-68	-69	-68	-69	-68	-68	-68

KLAPE6

D= 3 cm

O K U M A L A R

TOPLAM

	1	2	3	4	5	6	7	8
A	-90	-91	-91	-91	-90	-90	-91	-90
B	-91	-90	-91	-90	-91	-90	-91	-90

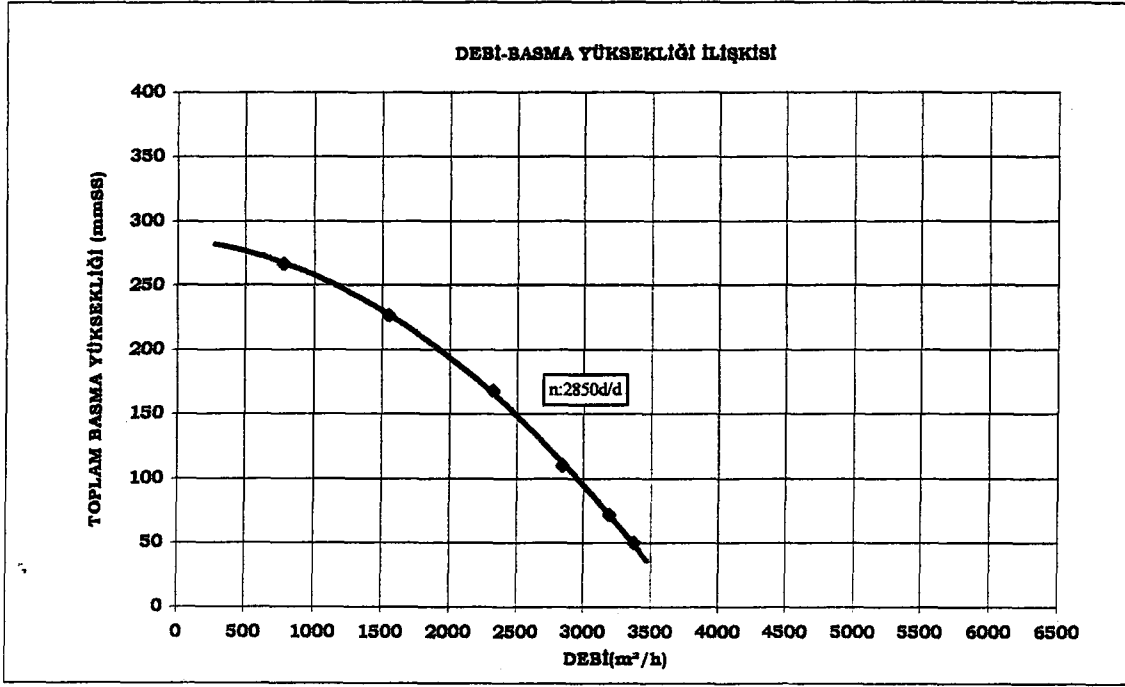
AKIM
I
6,1
A

STATİK

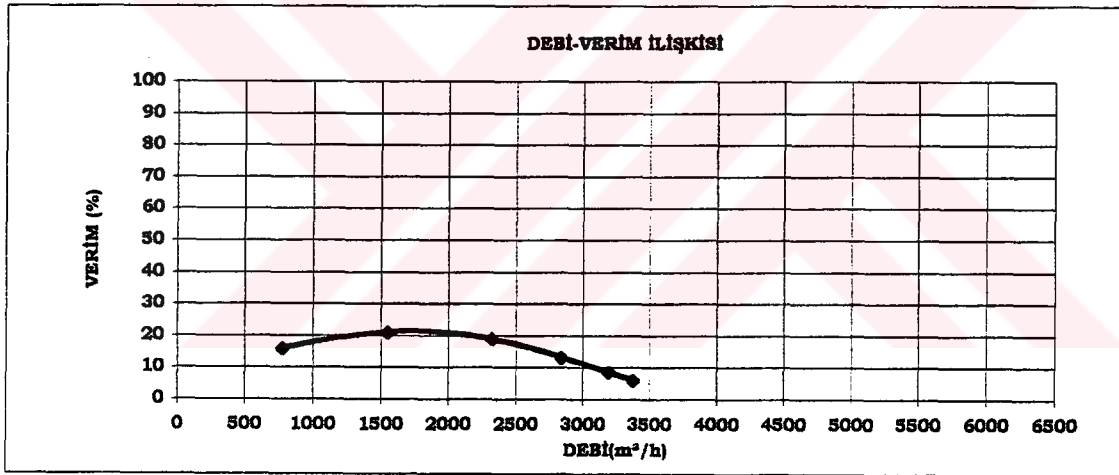
	1	2	3	4	5	6	7	8
A	-90	-90	-91	-90	-90	-89	-90	-90
B	-91	-91	-90	-90	-89	-90	-90	-89

Çizelge 4.12 Öne eğimli ($\beta > 90^\circ$), 7 Kanat, $n=2850$ d/d için hesap sonuçları

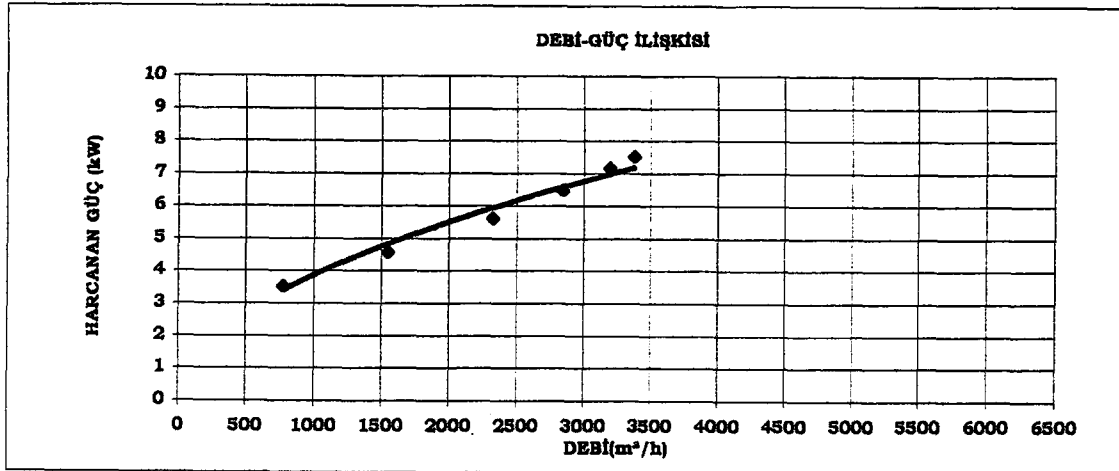
KLAPE1 D= 26 cm										AKIM I: 13 A	
Ö L Ç Ü M L E R										HIZ Vort: 17,6 m/s	
	1	2	3	4	5	6	7	8	Port		DEBİ Q: 3370 m³/h
TOPLAM	52	50	50	48	50	52	48	50	50	Htop: 50 mmSS	TOPLAM BASINÇ Htop: 50 mmSS
	50	50	52	50	48	52	50	48	800		GİREN GÜÇ Ng: 7,53 kW
	1	2	3	4	5	6	7	8			ÇIKAN GÜÇ Nç: 0,46 kW
STATİK	32	30	32	30	30	32	32	30	31	Hst: 31 mmSS	VERİM η: 0,06
	30	32	30	32	32	30	30	32	496		DİNAMİK BASINÇ Hdyn: 19 mmSS
KLAPE2 D= 22 cm										AKIM I: 12,4 A	
Ö L Ç Ü M L E R										HIZ Vort: 16,7 m/s	
	1	2	3	4	5	6	7	8	Port		DEBİ Q: 3188 m³/h
TOPLAM	70	72	74	70	70	72	74	70	72	Htop: 72 mmSS	TOPLAM BASINÇ Htop: 72 mmSS
	74	70	72	72	74	72	74	72	1152		GİREN GÜÇ Ng: 7,18 kW
	1	2	3	4	5	6	7	8			ÇIKAN GÜÇ Nç: 0,63 kW
STATİK	56	58	56	54	56	56	56	54	55	Hst: 55 mmSS	VERİM η: 0,09
	56	54	54	54	56	52	54	54	880		DİNAMİK BASINÇ Hdyn: 17 mmSS
KLAPE3 D= 18 cm										AKIM I: 11,2 A	
Ö L Ç Ü M L E R										HIZ Vort: 14,9 m/s	
	1	2	3	4	5	6	7	8	Port		DEBİ Q: 2841 m³/h
TOPLAM	108	110	108	112	110	110	110	112	110	Htop: 110 mmSS	TOPLAM BASINÇ Htop: 110 mmSS
	112	110	108	110	110	112	110	108	1760		GİREN GÜÇ Ng: 6,49 kW
	1	2	3	4	5	6	7	8			ÇIKAN GÜÇ Nç: 0,85 kW
STATİK	96	98	96	96	98	96	96	98	96,5	Hst: 96,5 mmSS	VERİM η: 0,13
	96	96	98	94	96	96	98	96	1544		DİNAMİK BASINÇ Hdyn: 13,5 mmSS
KLAPE4 D= 14 cm										AKIM I: 9,7 A	
Ö L Ç Ü M L E R										HIZ Vort: 12,1 m/s	
	1	2	3	4	5	6	7	8	Port		DEBİ Q: 2319 m³/h
TOPLAM	166	168	170	168	168	166	168	168	168	Htop: 168 mmSS	TOPLAM BASINÇ Htop: 168 mmSS
	166	170	168	168	168	170	170	168	2688		GİREN GÜÇ Ng: 5,62 kW
	1	2	3	4	5	6	7	8			ÇIKAN GÜÇ Nç: 1,06 kW
STATİK	158	160	158	160	158	158	160	160	159	Hst: 159 mmSS	VERİM η: 0,19
	158	160	160	160	160	158	158	158	2544		DİNAMİK BASINÇ Hdyn: 9 mmSS
KLAPE5 D= 10 cm										AKIM I: 7,9 A	
Ö L Ç Ü M L E R										HIZ Vort: 8,09 m/s	
	1	2	3	4	5	6	7	8	Port		DEBİ Q: 1546 m³/h
TOPLAM	224	226	228	228	228	230	226	228	227	Htop: 227 mmSS	TOPLAM BASINÇ Htop: 227 mmSS
	228	226	230	228	226	224	224	228	3632		GİREN GÜÇ Ng: 4,58 kW
	1	2	3	4	5	6	7	8			ÇIKAN GÜÇ Nç: 0,96 kW
STATİK	222	224	222	224	224	224	224	222	223	Hst: 223 mmSS	VERİM η: 0,21
	224	222	224	222	224	222	222	222	3568		DİNAMİK BASINÇ Hdyn: 4 mmSS
KLAPE6 D= 3 cm										AKIM I: 6,1 A	
Ö L Ç Ü M L E R										HIZ Vort: 4,04 m/s	
	1	2	3	4	5	6	7	8	Port		DEBİ Q: 773 m³/h
TOPLAM	266	268	268	268	266	266	268	266	267	Htop: 267 mmSS	TOPLAM BASINÇ Htop: 267 mmSS
	268	266	268	266	268	266	268	266	4272		GİREN GÜÇ Ng: 3,53 kW
	1	2	3	4	5	6	7	8			ÇIKAN GÜÇ Nç: 0,56 kW
STATİK	266	268	268	268	266	264	266	266	266	Hst: 266 mmSS	VERİM η: 0,16
	268	268	266	266	264	266	266	264	4256		DİNAMİK BASINÇ Hdyn: 1 mmSS



Şekil 4.16 Öne eğimli ($\beta > 90^\circ$), 7 Kanat, $n=2850$ d/d için debi-basma yüksekliği ilişkisi



Şekil 4.17 Öne eğimli ($\beta > 90^\circ$), 7 Kanat, $n=2850$ d/d için debi-verim ilişkisi



Şekil 4.18 Öne eğimli ($\beta > 90^\circ$), 7 Kanat, $n=2850$ d/d için debi-güç ilişkisi

4.7 Yedinci Deneye Ait Çizelge ve Şekiller

Çizelge 4.13 Geriye eğimli ($\beta < 90^\circ$), 8 Kanat, $n=2422$ d/d için okunan manometrik yükseklikler

KLAPE1		D= 26 cm		O K U M A L A R R									
				1	2	3	4	5	6	7	8		
TOPLAM	A	15	15	16	16	16	16	17	16	16	AKIM	I	4,4
	B	16	16	17	16	16	16	16	16	16			
STATİK	A	31	30	30	30	29	30	30	30	31	A		
	B	30	30	29	30	30	30	30	30	30			

KLAPE2		D= 22 cm		O K U M A L A R R									
				1	2	3	4	5	6	7	8		
TOPLAM	A	0	1	1	1	1	1	0	1	1	AKIM	I	4,5
	B	1	1	1	2	1	1	1	1	2			
STATİK	A	13	13	14	13	14	14	14	14	13	A		
	B	14	13	13	14	14	13	13	13	14			

KLAPE3		D= 18 cm		O K U M A L A R R									
				1	2	3	4	5	6	7	8		
TOPLAM	A	-21	-21	-22	-21	-21	-21	-20	-21	-21	AKIM	I	4,4
	B	-20	-21	-22	-21	-22	-21	-21	-21	-20			
STATİK	A	-12	-13	-12	-12	-12	-12	-12	-12	-12	A		
	B	-11	-12	-12	-13	-12	-11	-12	-12	-12			

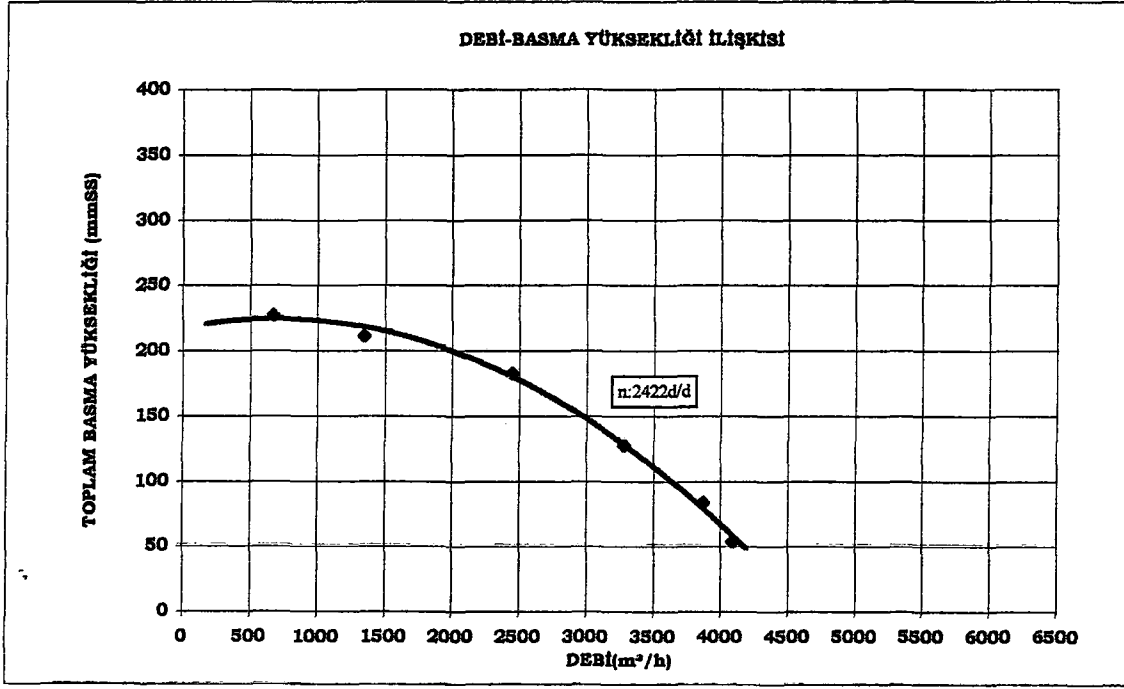
KLAPE4		D= 14 cm		O K U M A L A R R									
				1	2	3	4	5	6	7	8		
TOPLAM	A	-49	-48	-48	-49	-48	-49	-48	-49	-48	AKIM	I	4,3
	B	-48	-48	-49	-48	-49	-49	-49	-49	-48			
STATİK	A	-43	-43	-43	-43	-44	-44	-44	-44	-44	A		
	B	-44	-43	-44	-43	-44	-43	-43	-43	-44			

KLAPE5		D= 10 cm		O K U M A L A R R									
				1	2	3	4	5	6	7	8		
TOPLAM	A	-63	-63	-63	-63	-63	-63	-63	-63	-63	AKIM	I	4
	B	-63	-63	-63	-63	-63	-63	-63	-63	-63			
STATİK	A	-61	-61	-62	-62	-62	-62	-61	-62	-62	A		
	B	-61	-62	-62	-61	-61	-62	-61	-61	-61			

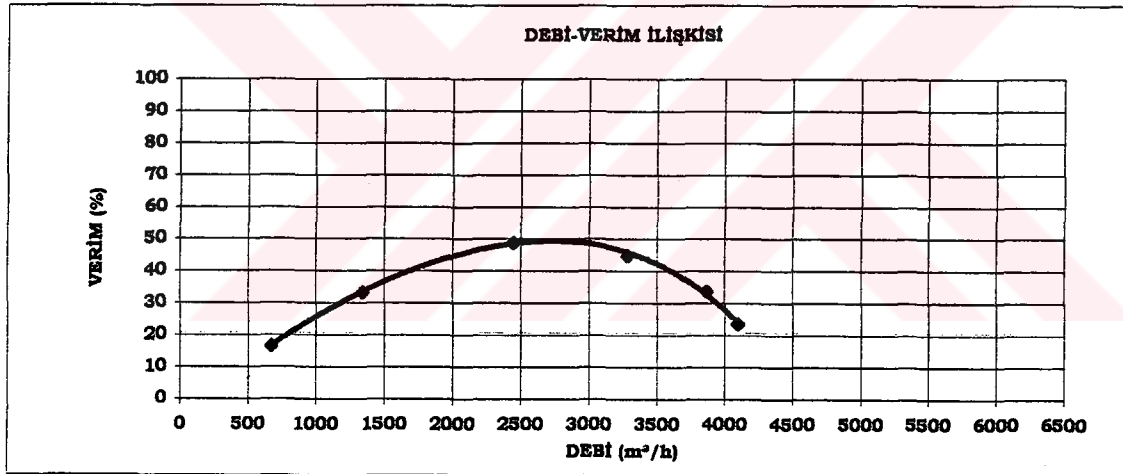
KLAPE6		D= 3 cm		O K U M A L A R R									
				1	2	3	4	5	6	7	8		
TOPLAM	A	-70	-71	-72	-71	-70	-71	-72	-71	-71	AKIM	I	4,3
	B	-71	-71	-70	-70	-72	-71	-71	-71	-70			
STATİK	A	-71	-71	-71	-71	-71	-70	-70	-70	-70	A		
	B	-71	-70	-70	-71	-70	-70	-71	-70	-70			

Çizelge 4.14 Geriye eğimli ($\beta < 90^\circ$), 8 Kanat, $n=2422$ d/d için hesap sonuçları

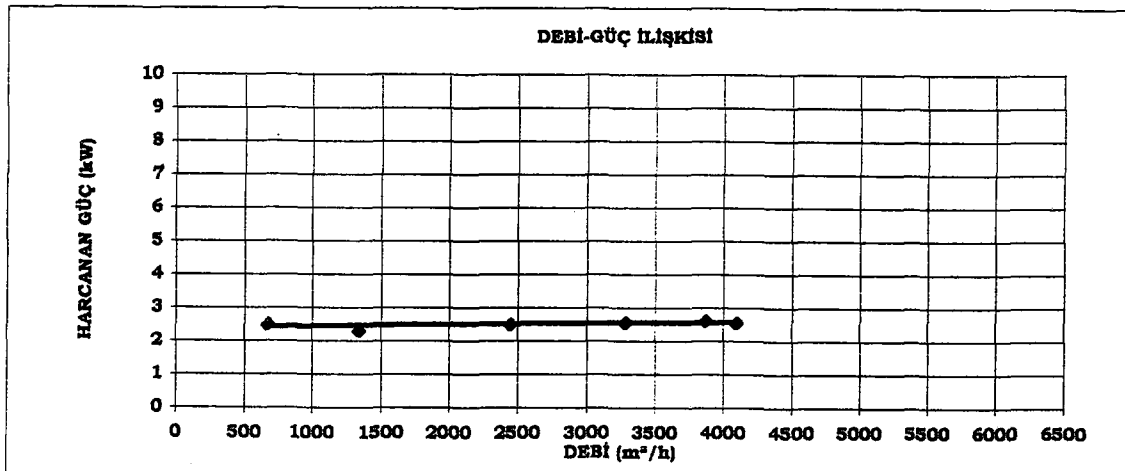
KLAPE1	D= 26 cm									AKIM I: 4,4 A	
	Ö L Ç Ü M L E R									HIZ Vort: 21,4 m/s	
	1 2 3 4 5 6 7 8								Port		
	56 56 54 54 54 52 54 54								54		
TOPLAM	54 54 52 54 54 54 54 54								864	Htop: 54 mmSS	DEBİ Q: 4091 m³/h
	1 2 3 4 5 6 7 8										TOPLAM BASINÇ Htop: 54 mmSS
	24 26 26 26 28 26 26 24								26	Hst: 26 mmSS	GİREN GÜÇ Ng: 2,55 kW
STATİK	26 26 28 26 26 26 26 26								416		ÇIKAN GÜÇ Nç: 0,6 kW
											VERİM η: 0,24
											DİNAMİK BASINÇ Hdyn: 28 mmSS
KLAPE2	D= 22 cm									AKIM I: 4,5 A	
	Ö L Ç Ü M L E R									HIZ Vort: 20,2 m/s	
	1 2 3 4 5 6 7 8								Port		
	86 84 84 84 84 86 84 84								84		
TOPLAM	84 84 84 82 84 84 84 82								1344	Htop: 84 mmSS	DEBİ Q: 3866 m³/h
	1 2 3 4 5 6 7 8										TOPLAM BASINÇ Htop: 84 mmSS
	60 60 58 60 58 58 58 60								59	Hst: 59 mmSS	GİREN GÜÇ Ng: 2,61 kW
STATİK	58 60 60 58 58 60 60 58								944		ÇIKAN GÜÇ Nç: 0,88 kW
											VERİM η: 0,34
											DİNAMİK BASINÇ Hdyn: 25 mmSS
KLAPE3	D= 18 cm									AKIM I: 4,4 A	
	Ö L Ç Ü M L E R									HIZ Vort: 17,2 m/s	
	1 2 3 4 5 6 7 8								Port		
	128 128 130 128 128 126 128 128								128		
TOPLAM	126 128 130 128 130 128 128 126								2048	Htop: 128 mmSS	DEBİ Q: 3280 m³/h
	1 2 3 4 5 6 7 8										TOPLAM BASINÇ Htop: 128 mmSS
	110 112 110 110 110 110 110 110								110	Hst: 110 mmSS	GİREN GÜÇ Ng: 2,55 kW
STATİK	108 110 110 112 110 108 110 110								1760		ÇIKAN GÜÇ Nç: 1,14 kW
											VERİM η: 0,45
											DİNAMİK BASINÇ Hdyn: 18 mmSS
KLAPE4	D= 14 cm									AKIM I: 4,3 A	
	Ö L Ç Ü M L E R									HIZ Vort: 12,8 m/s	
	1 2 3 4 5 6 7 8								Port		
	184 182 182 184 182 184 182 184								183		
TOPLAM	182 182 184 182 184 184 184 182								2928	Htop: 183 mmSS	DEBİ Q: 2445 m³/h
	1 2 3 4 5 6 7 8										TOPLAM BASINÇ Htop: 183 mmSS
	172 172 172 172 174 174 174 174								173	Hst: 173 mmSS	GİREN GÜÇ Ng: 2,49 kW
STATİK	174 172 174 172 174 172 172 174								2768		ÇIKAN GÜÇ Nç: 1,22 kW
											VERİM η: 0,49
											DİNAMİK BASINÇ Hdyn: 10 mmSS
KLAPE5	D= 10 cm									AKIM I: 4 A	
	Ö L Ç Ü M L E R									HIZ Vort: 7 m/s	
	1 2 3 4 5 6 7 8								Port		
	212 212 212 212 212 212 212 212								212		
TOPLAM	212 212 212 212 212 212 212 212								3392	Htop: 212 mmSS	DEBİ Q: 1339 m³/h
	1 2 3 4 5 6 7 8										TOPLAM BASINÇ Htop: 212 mmSS
	208 208 210 210 210 210 208 210								209	Hst: 209 mmSS	GİREN GÜÇ Ng: 2,32 kW
STATİK	208 210 210 208 208 210 208 208								3344		ÇIKAN GÜÇ Nç: 0,77 kW
											VERİM η: 0,33
											DİNAMİK BASINÇ Hdyn: 3 mmSS
KLAPE6	D= 3 cm									AKIM I: 4,3 A	
	Ö L Ç Ü M L E R									HIZ Vort: 3,5 m/s	
	1 2 3 4 5 6 7 8								Port		
	226 228 230 228 226 228 230 228								228		
TOPLAM	228 228 226 226 230 228 228 226								3644	Htop: 227,75 mmSS	DEBİ Q: 670 m³/h
	1 2 3 4 5 6 7 8										TOPLAM BASINÇ Htop: 228 mmSS
	228 228 228 228 228 226 226 226								227	Hst: 227 mmSS	GİREN GÜÇ Ng: 2,49 kW
STATİK	228 226 226 228 226 226 228 226								3632		ÇIKAN GÜÇ Nç: 0,42 kW
											VERİM η: 0,17
											DİNAMİK BASINÇ Hdyn: 0,75 mmSS



Şekil 4.19 Geriye eğimli ($\beta < 90^\circ$), 8 Kanat, $n=2422$ d/d için debi-basma yüksekliği ilişkisi



Şekil 4.20 Geriye eğimli ($\beta < 90^\circ$), 8 Kanat, $n=2422$ d/d için debi-verim ilişkisi



Şekil 4.21 Geriye eğimli ($\beta < 90^\circ$), 8 Kanat, $n=2422$ d/d için debi-güç ilişkisi

4.8 Sekizinci Deneye Ait Çizelge ve Şekiller

Çizelge 4.15 Geriye eğimli ($\beta < 90^\circ$), 8 Kanat, $n=2053$ d/d için okunan manometrik yükseklikler

KLAPE1		D= 26 cm		O K U M A L A R									
				1	2	3	4	5	6	7	8		
TOPLAM	A	23	23	24	23	24	23	24	23	24	24	AKIM	I
	B	24	23	23	24	24	23	24	23	24	23		
STATİK			1	2	3	4	5	6	7	8	A		
	A	33	34	33	34	34	33	34	34	33			
	B	33	33	34	33	33	34	34	34	34			

KLAPE2		D= 22 cm		O K U M A L A R									
				1	2	3	4	5	6	7	8		
TOPLAM	A	13	12	14	13	14	12	14	12	14	13	AKIM	I
	B	13	14	13	12	13	14	12	12	12	12		
STATİK			1	2	3	4	5	6	7	8	A		
	A	21	22	21	20	21	22	21	20				
	B	21	21	21	21	22	21	21	20				

KLAPE3		D= 18 cm		O K U M A L A R									
				1	2	3	4	5	6	7	8		
TOPLAM	A	-2	-2	-2	-3	-3	-2	-2	-3	AKIM	I		
	B	-3	-3	-3	-2	-3	-2	-3	-2			3,8	
STATİK			1	2	3	4	5	6	7	8	A		
	A	3	4	3	3	4	3	4	4				
	B	3	3	4	4	4	3	4	3				

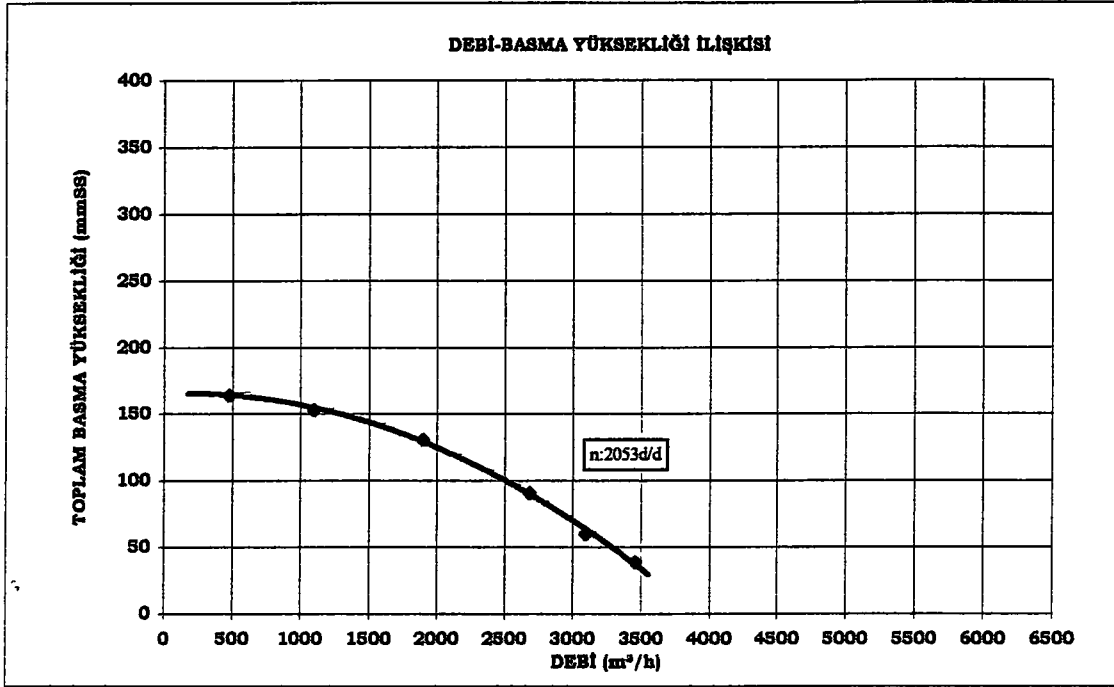
KLAPE4		D= 14 cm		O K U M A L A R									
				1	2	3	4	5	6	7	8		
TOPLAM	A	-22	-22	-23	-22	-23	-23	-22	-23	AKIM	I		
	B	-22	-23	-22	-23	-23	-23	-22	-22			3,8	
STATİK			1	2	3	4	5	6	7	8	A		
	A	-19	-19	-19	-20	-20	-19	-20	-20				
	B	-20	-20	-19	-19	-19	-19	-20	-20				

KLAPE5		D= 10 cm		O K U M A L A R									
				1	2	3	4	5	6	7	8		
TOPLAM	A	-34	-33	-33	-34	-34	-34	-34	-34	AKIM	I		
	B	-34	-33	-34	-33	-33	-33	-34	-33			3,6	
STATİK			1	2	3	4	5	6	7	8	A		
	A	-33	-33	-32	-33	-32	-33	-32	-32				
	B	-32	-33	-33	-32	-33	-32	-33	-32				

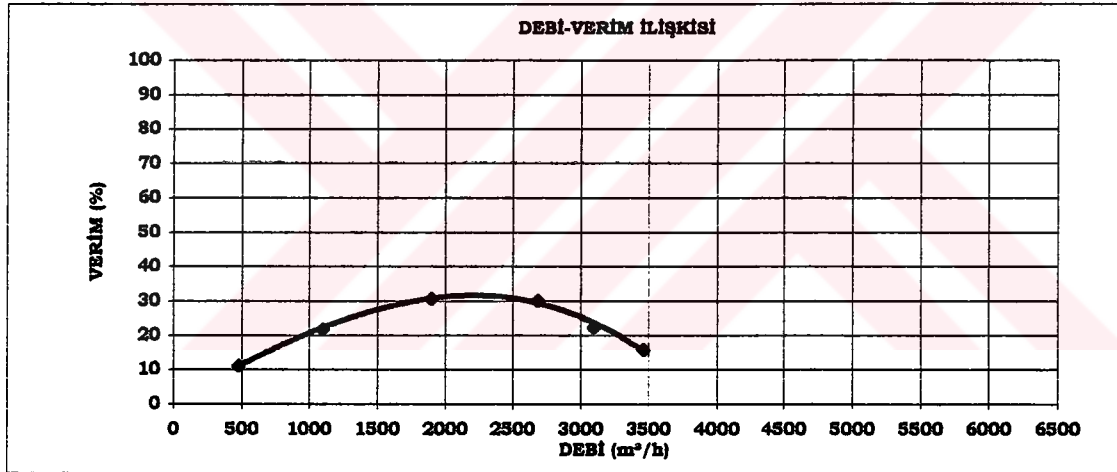
KLAPE6		D= 3 cm		O K U M A L A R									
				1	2	3	4	5	6	7	8		
TOPLAM	A	-39	-39	-39	-39	-40	-39	-39	-40	AKIM	I		
	B	-39	-39	-39	-39	-39	-40	-39	-39			3,3	
STATİK			1	2	3	4	5	6	7	8	A		
	A	-39	-39	-39	-39	-39	-39	-39	-39				
	B	-39	-39	-39	-39	-39	-39	-39	-39				

Çizelge 4.16 Geriye eğimli ($\beta < 90^\circ$), 8 Kanat, $n=2053$ d/d için hesap sonuçları

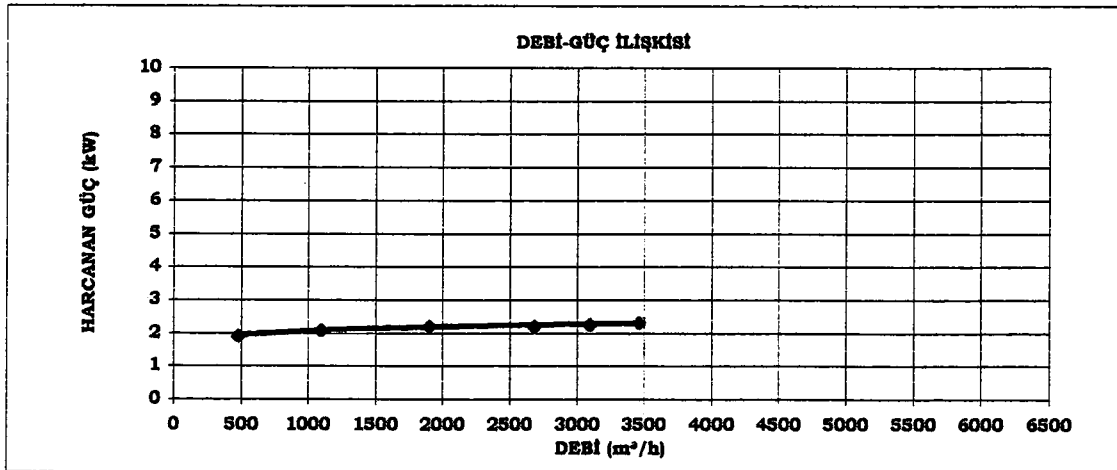
KLAPe1	D= 26 cm										AKIM I: 4 A	
	Ö L Ç Ü M L E R										HIZ Vort: 18,1 m/s	
	1 2 3 4 5 6 7 8										DEBİ Q: 3458 m³/h	
TOPLAM	40 40 38 40 38 40 38 38	Port	39	Htop:	39 mmSS	TOPLAM BASINÇ Htop: 39 mmSS						
	38 40 40 38 38 40 38 40		624			GİREN GÜÇ Ng: 2,32 kW						
	1 2 3 4 5 6 7 8					ÇIKAN GÜÇ Nç: 0,37 kW						
STATİK	20 18 20 18 18 20 18 20		19	Hst:	19 mmSS	VERİM η : 0,16						
	20 20 18 20 20 18 18 18		304			DİNAMİK BASINÇ Hdyn: 20 mmSS						
KLAPe2	D= 22 cm										AKIM I: 3,9 A	
	Ö L Ç Ü M L E R										HIZ Vort: 16,2 m/s	
	1 2 3 4 5 6 7 8										DEBİ Q: 3093 m³/h	
TOPLAM	60 62 58 60 58 62 58 60	Port	60	Htop:	60 mmSS	TOPLAM BASINÇ Htop: 60 mmSS						
	60 58 60 62 60 58 62 62		960			GİREN GÜÇ Ng: 2,26 kW						
	1 2 3 4 5 6 7 8					ÇIKAN GÜÇ Nç: 0,51 kW						
STATİK	44 42 44 46 44 42 44 46		44	Hst:	44 mmSS	VERİM η : 0,22						
	44 44 44 44 42 44 44 46		704			DİNAMİK BASINÇ Hdyn: 16 mmSS						
KLAPe3	D= 18 cm										AKIM I: 3,8 A	
	Ö L Ç Ü M L E R										HIZ Vort: 14 m/s	
	1 2 3 4 5 6 7 8										DEBİ Q: 2678 m³/h	
TOPLAM	90 90 90 92 92 90 90 92	Port	91	Htop:	91 mmSS	TOPLAM BASINÇ Htop: 91 mmSS						
	92 92 92 90 92 90 92 90		1456			GİREN GÜÇ Ng: 2,2 kW						
	1 2 3 4 5 6 7 8					ÇIKAN GÜÇ Nç: 0,66 kW						
STATİK	80 78 80 80 78 80 78 78		79	Hst:	79 mmSS	VERİM η : 0,3						
	80 80 78 78 78 80 78 80		1264			DİNAMİK BASINÇ Hdyn: 12 mmSS						
KLAPe4	D= 14 cm										AKIM I: 3,8 A	
	Ö L Ç Ü M L E R										HIZ Vort: 9,9 m/s	
	1 2 3 4 5 6 7 8										DEBİ Q: 1894 m³/h	
TOPLAM	130 130 132 130 132 132 130 132	Port	131	Htop:	131 mmSS	TOPLAM BASINÇ Htop: 131 mmSS						
	130 132 130 132 132 132 130 130		2096			GİREN GÜÇ Ng: 2,2 kW						
	1 2 3 4 5 6 7 8					ÇIKAN GÜÇ Nç: 0,68 kW						
STATİK	124 124 124 126 126 124 126 126		125	Hst:	125 mmSS	VERİM η : 0,31						
	126 126 124 124 124 124 126 126		2000			DİNAMİK BASINÇ Hdyn: 6 mmSS						
KLAPe5	D= 10 cm										AKIM I: 3,6 A	
	Ö L Ç Ü M L E R										HIZ Vort: 5,72 m/s	
	1 2 3 4 5 6 7 8										DEBİ Q: 1093 m³/h	
TOPLAM	154 152 152 154 154 154 154 152	Port	153	Htop:	153 mmSS	TOPLAM BASINÇ Htop: 153 mmSS						
	154 152 154 152 152 152 154 152		2448			GİREN GÜÇ Ng: 2,09 kW						
	1 2 3 4 5 6 7 8					ÇIKAN GÜÇ Nç: 0,46 kW						
STATİK	152 152 150 152 150 152 150 150		151	Hst:	151 mmSS	VERİM η : 0,22						
	150 152 152 150 152 150 152 150		2416			DİNAMİK BASINÇ Hdyn: 2 mmSS						
KLAPe6	D= 3 cm										AKIM I: 3,3 A	
	Ö L Ç Ü M L E R										HIZ Vort: 2,48 m/s	
	1 2 3 4 5 6 7 8										DEBİ Q: 473 m³/h	
TOPLAM	164 164 164 164 166 164 164 166	Port	164	Htop:	164,375 mmSS	TOPLAM BASINÇ Htop: 164 mmSS						
	164 164 164 164 164 166 164 164		2630			GİREN GÜÇ Ng: 1,91 kW						
	1 2 3 4 5 6 7 8					ÇIKAN GÜÇ Nç: 0,21 kW						
STATİK	164 164 164 164 164 164 164 164		164	Hst:	164 mmSS	VERİM η : 0,11						
	164 164 164 164 164 164 164 164		2624			DİNAMİK BASINÇ Hdyn: 0,38 mmSS						



Şekil 4.22 Geriye eğimli ($\beta < 90^\circ$), 8 Kanat, $n=2053$ d/d için debi-basma yüksekliği ilişkisi



Şekil 4.23 Geriye eğimli ($\beta < 90^\circ$), 8 Kanat, $n=2053$ d/d için debi-verim ilişkisi



Şekil 4.24 Geriye eğimli ($\beta < 90^\circ$), 8 Kanat, $n=2053$ d/d için debi-güç ilişkisi

5. SONUÇLAR

5.1 Kanat Açısı (β)' nin Performans Eğrileri Üzerindeki Etkileri

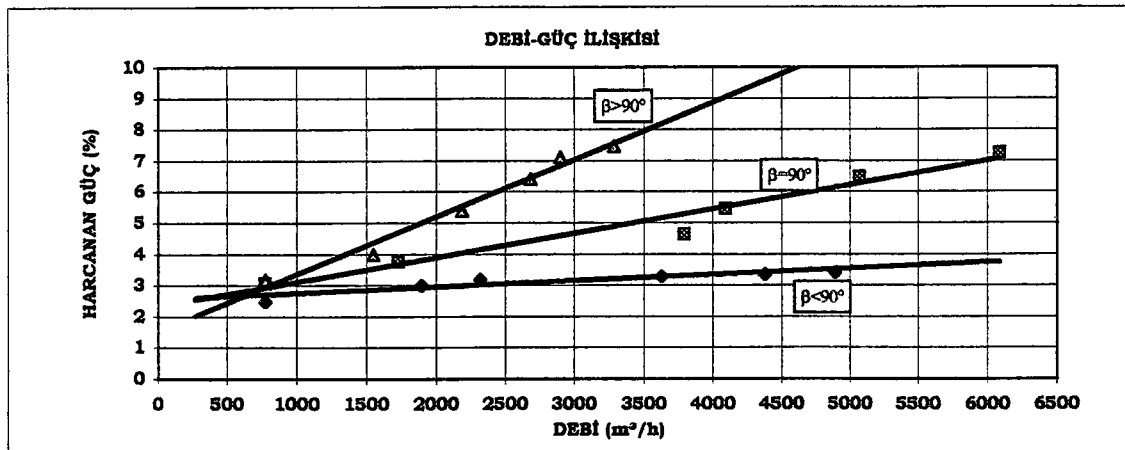
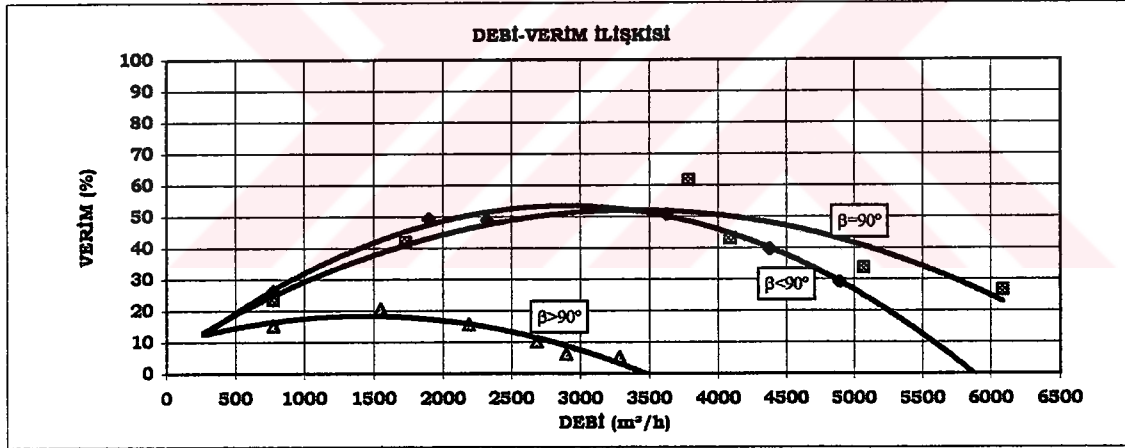
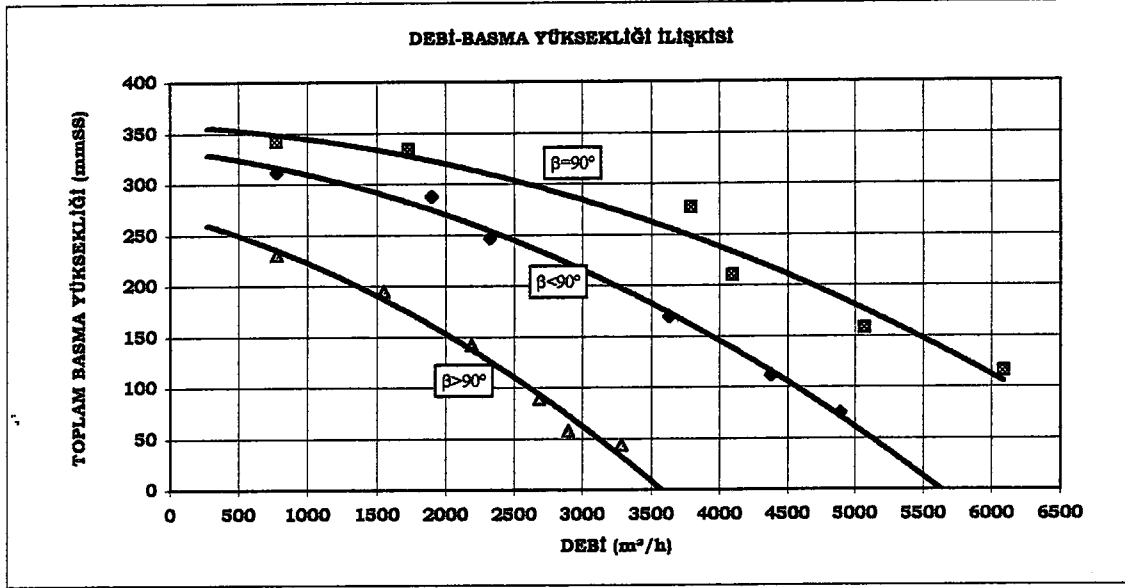
Üç değişik tip rotorda da kanat ve devir sayıları sabit kalmak sureti ile yapılan deneylerle radyal ($\beta=90^\circ$) kanat tipinde vantilatörün gösterdiği performanslar geriye eğimli ($\beta<90^\circ$) ve öne eğimli ($\beta>90^\circ$) kanat tiplerinin performanslarına göre daha olumlu netice vermiştir. Basma yükseklikleri hepsinde debi arttıkça parabolik bir biçimde azalmaktadır. Fakat en yüksek değerlere radyal tip kanatta ulaşılmaktadır. Geriye eğimli tip kanat da radyal tip kanata yakın performanslar sergilemiştir. Fakat öne eğimli kanat tipinde ulaşılabilen debi ve basma yükseklikleri diğerlerine göre düşük seviyede kalmaktadır (Şekil 5.1).

Vantilatör verimlerinde de eğrilerin debinin artışıyla önce artan sonra azalan bir eğilim gösterdikleri gözlenmiştir. En yüksek verime radyal kanat tipinde ulaşılmıştır. Geriye eğimli kanat tipinde ulaşılan verimlerde de radyal kanat tipindeki verim değerlerine çok yaklaşmıştır. Fakat öne eğimli kanat tipinde elde edilen verimler oldukça kötüdür. Geriye eğimli kanatta ulaşılabilen en yüksek verim değerinin %50 seviyesinde kaldığı tespit edilmiştir. Radyal tipte bu değer %50' yi aşarken öne eğimli tipte %20 seviyesinin üzerine çıkılamamıştır (Şekil 5.2).

Yine kanat tiplerinin hepsinde debi artışıyla harcanan güçler lineer bir artış eğilimi göstermektedir. Geriye eğimli tip kanatta harcanan güç çok az bir artış göstererek oldukça düşük seviyede seyretmekte ve motor sınır değerlerini aşmamaktadır. Oysa ki; hem radyal tipte hem de öne eğimli tipte debinin artmasıyla harcanan güçler bir hayli artmaktadır. Bu iki kanat tipi için de harcadıkları güçler göz önüne alındığında pek verimli oldukları söylenemez (Şekil 5.3).

Bütün bu veriler değerlendirildiğinde deneyde kullanılan vantilatör için en iyi performansa sahip kanat tipinin geriye eğimli kanat formu olduğu rahatlıkla söylenebilir. Fakat radyal kanat tipi de uygulamalarda sıkça tercih gören kanat tiplerinden bir tanesidir. Elbetteki bu yorum dahilinde değerlendirilmesi gereken başka kıstaslarda mevcuttur. Şöyle ki başka yapı büyüklüklerindeki vantilatörler için aynı yorumda bulunmak doğru olmayabilir bu yüzden diğer vantilatör çeşitlerinin de deneylere tabi tutulup ondan sonra bu genelleme dahiline alınması daha doğru olacaktır.

5.1 Kanat Açısı (β)'nın Performans Eğrileri Üzerindeki Etkileri



5.2 Kanat Sayısının Performans Eğrileri Üzerindeki Etkileri

Bölüm 5.1' de elde edilen sonuçların ışığında geriye eğimli kanat tipinde kanat sayısını değiştirerek yapılan deneylerde vantilatörün gösterdiği performanslar sabit devir sayısında fazla bir değişim göstermemektedir. Buna rağmen 8 kanatlı rotorda 7 kanatlı rotora göre daha stabil debi-basma yüksekliği değişimi gözlenmektedir (Şekil 5.4). Daha önceki bilgilere dayanarak kanat sayısının artırılması durumunda performansların artacağı bilinmektedir. Böylece aynı basma yüksekliğine karşılık daha yüksek debilere ulaşmak mümkün olabilecektir.

Verimlerde ise 8 kanatlı rotorun verimi daha iyi gibi görünmektedir (Şekil 5.5). Yine önceki bilgilere dayanarak çok kanatlı vantilatörlerin verimlerinin seyrek kanatlı vantilatörlere göre çok fazla olmasa da daha iyi olduğu bilinmektedir.

Harcanan güçlerde ise yine 8 kanatlı rotorun daha düşük seviyede kaldığı gözlenmektedir (Şekil 5.6). Yine de bu verilere dayanarak pek sağlıklı bir yorumda bulunmak mümkün değildir. Fakat şimdiye kadar yapılan çalışmalarda çok kanatlı vantilatörlerin daha fazla güç çektikleri bilinmektedir. Bu yüzden düşük devir sayılarında çalıştırılmaları daha uygun olacaktır. Düşük devir sayılarında istenen performansa ulaşmak sistemlerin daha sessiz ve daha titreşimsiz çalıştırılabilmelerini sağlayacaktır. Bu da değişik sistemlere uygun vantilatör seçimi yapabileme avantajını ortaya çıkarmaktadır.

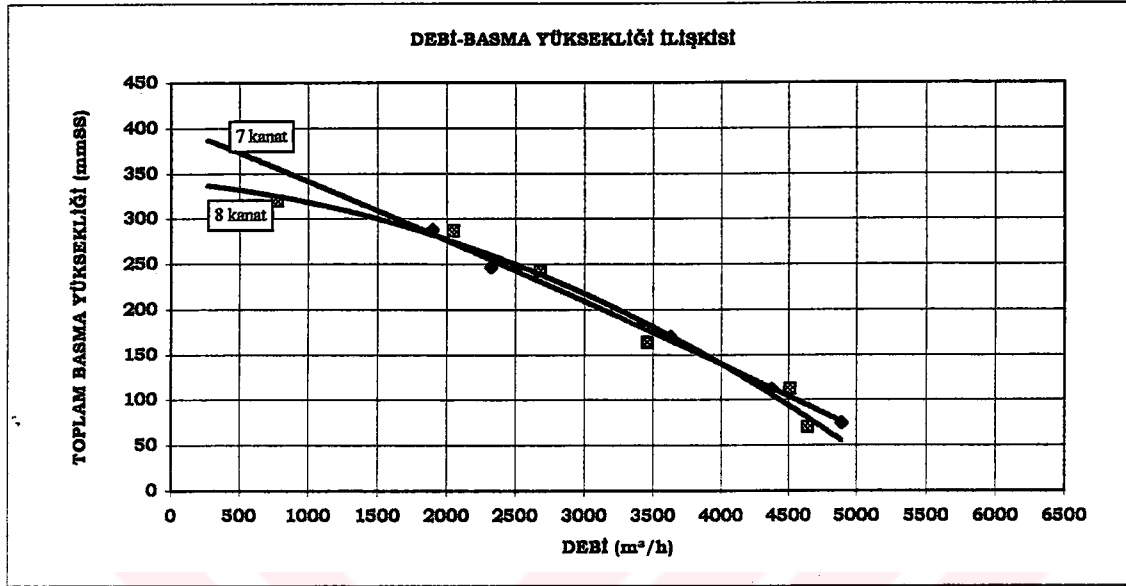
5.3 Devir Sayısının Performans Eğrileri Üzerindeki Etkileri

Deneylerde en iyi sonuçları veren geriye eğimli ve 8 kanatlı bir rotorun devir sayıları değiştirildiğinde, performans eğrileri ufak sapmalar haricinde birbirlerine paralel eğriler halinde seyretmektedir. Debi-basma yüksekliği eğrileri incelenirse bunların belirli aralıklarla paralel seviyeden parabolik eğriler oldukları görülmektedir (Şekil 5.7).

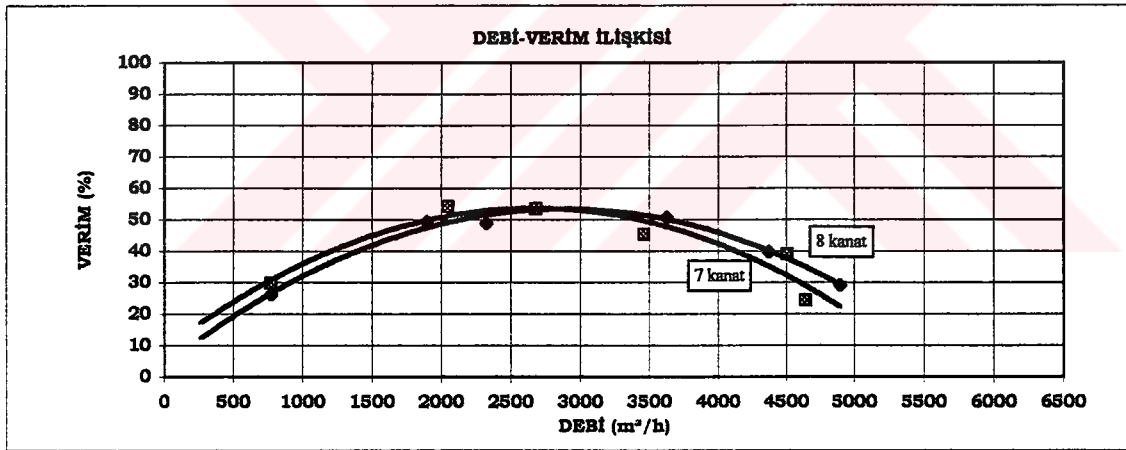
Tanımlanan özelliklere sahip tüm santrifuj vantilatörlerin eğrileri bu karakterde bir değişim arz etmektedir. Bu yöntem kullanılarak herhangi bir vantilatöre ait seçim abağı kolaylıkla hazırlanabilir. Böylece istenen debi ve basma yüksekliği değerleri şekil üzerinde çalıştırılarak, istenen noktadaki devir sayısını öğrenmek ve ayarlamak mümkün olabilecektir.

Devir sayısı değişimine göre verim değişimleri yine birbirine paralel artan-azalan parabolik şeklinde bir eğilim arz etmektedir. Devir sayısının azalması ile verimlerde de bir miktar azalma meydana gelecektir (Şekil 5.8).

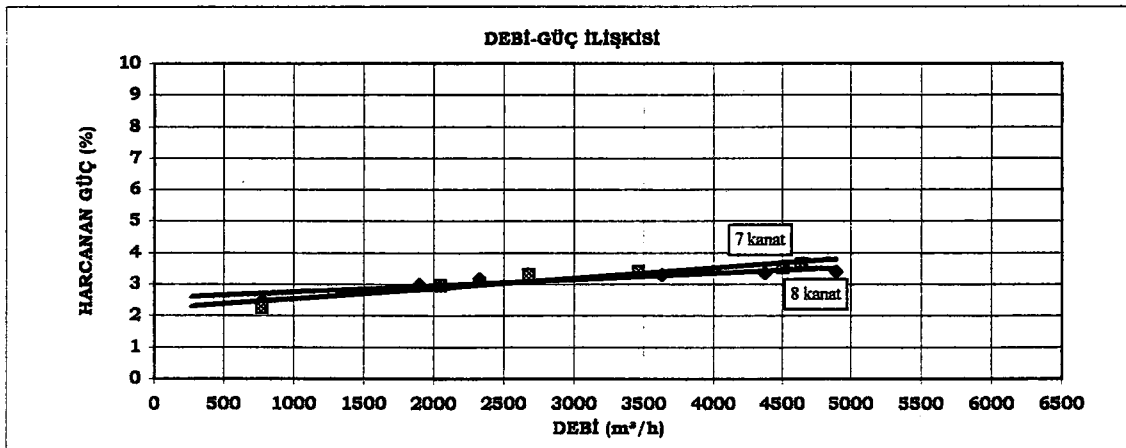
5.2. Kanat Sayısının Performans Eğrileri Üzerindeki Etkileri



Şekil 5.4 $n=2850$ d/d ve $\beta < 90^\circ$ için debi-basma yüksekliği ilişkisi

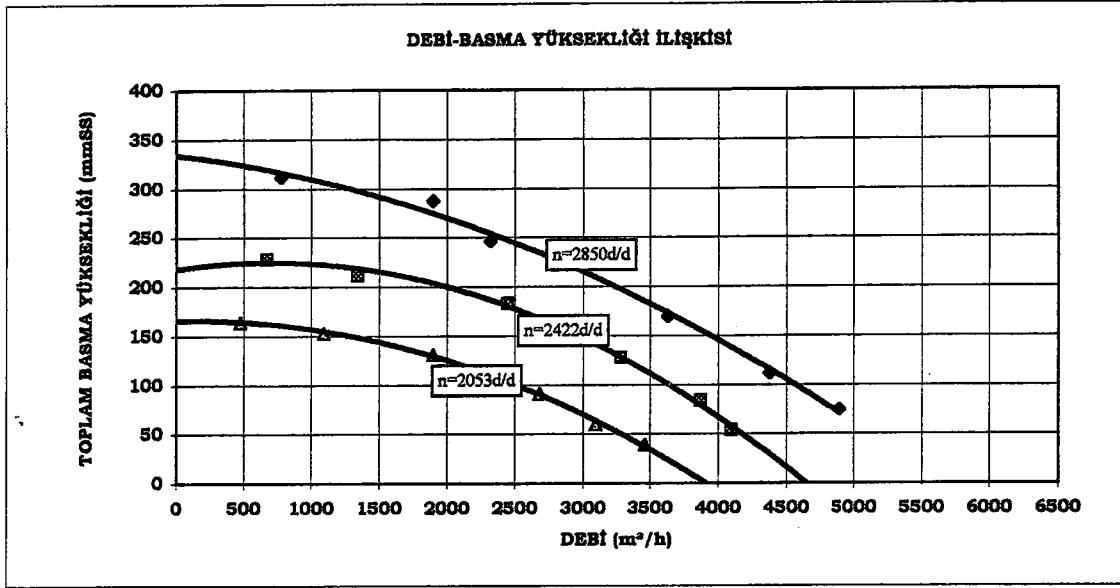


Şekil 5.5 $n=2850$ d/d ve $\beta < 90^\circ$ için debi-verim ilişkisi

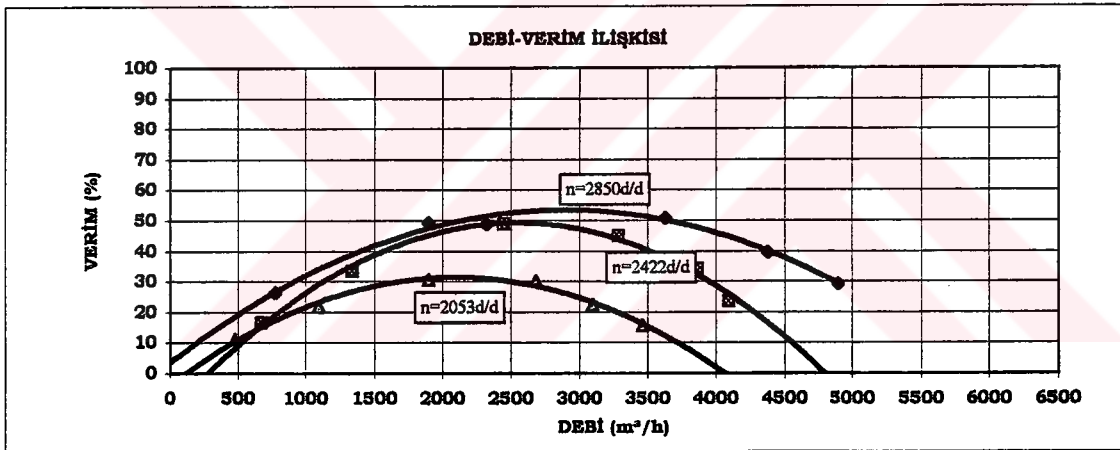


Şekil 5.6 $n=2850$ d/d ve $\beta < 90^\circ$ için debi-güç ilişkisi

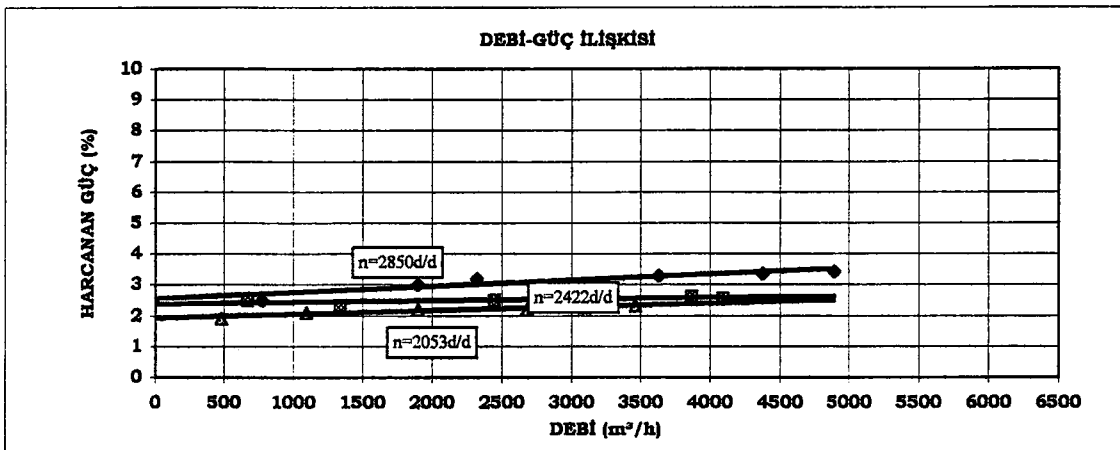
5.3. Devir Sayısının Performans Eğrileri Üzerindeki Etkileri



Şekil 5.7 $\beta < 90^\circ$ ve 8 Kanat için debi-basma yüksekliği ilişkisi



Şekil 5.8 $\beta < 90^\circ$ ve 8 Kanat için debi-verim ilişkisi



Şekil 5.9 $\beta < 90^\circ$ ve 8 Kanat için debi-güç ilişkisi

Güç değişimi yine birbirine paralel eğiriler halinde devir sayısı ile pek fazla değişmese de yine bir miktar artış sergilemektedir. Sonuçta devir sayısı arttıça bununla doğru orantılı olarak harcanan toplam güç miktarının arttığı rahatlıkla söylenebilir (Şekil 5.9).

5.4 Yorumlar

Tüm bu anlatıların ışığında herhangi bir sisteme uygun vantilatörler tayin edilirken karşı karşıya kalınacak birden çok seçeneğin varlığı gayet açıktır. Önemli olan bu vantilatörlerden hangisinin en verimli biçimde çalışacağıdır. İşte burada dikkate alınması gereken en önemli iki husus verim ve güçtür. Pek çok vantilatör seçeneği içinde öncelikle vantilatör verimi dikkate alınmalı daha sonra da harcanan güç baz alınarak sistem için en uygun vantilatöre karar verilmelidir. Bu şartlara haiz seçenekler içinde maliyet açısından ekonomik olmayan daha büyük ve pahalı bir vantilatör en uygun vantilatör tipi olabilir. Fakat havalandırma sistemlerinde vantilatörler, yıllarca günde 24 saat tam kapasite ile çalıştırıldıklarından sağladıkları enerji tasarrufu ile bu açığı rahatlıkla kapatacaklardır.

KAYNAKLAR

Adolph M., (Çev., S. Saraçoğlu) (1972), Akım Makineleri, Fatih Yayınevi Matbaası, Nuruosmaniye/İstanbul.

ASHRAE., (1983), Ashrae Handbook 1983 Equipment Volume, Atlanta

Büyüktür, A.R., (1966), Radyal Vantilatörler, Küçükaydın Matbaası, İstanbul.

DIN, (1985), "Ventilatoren Leistungsmessung an Kleinventilatoren, Normprüfstande", Berlin.

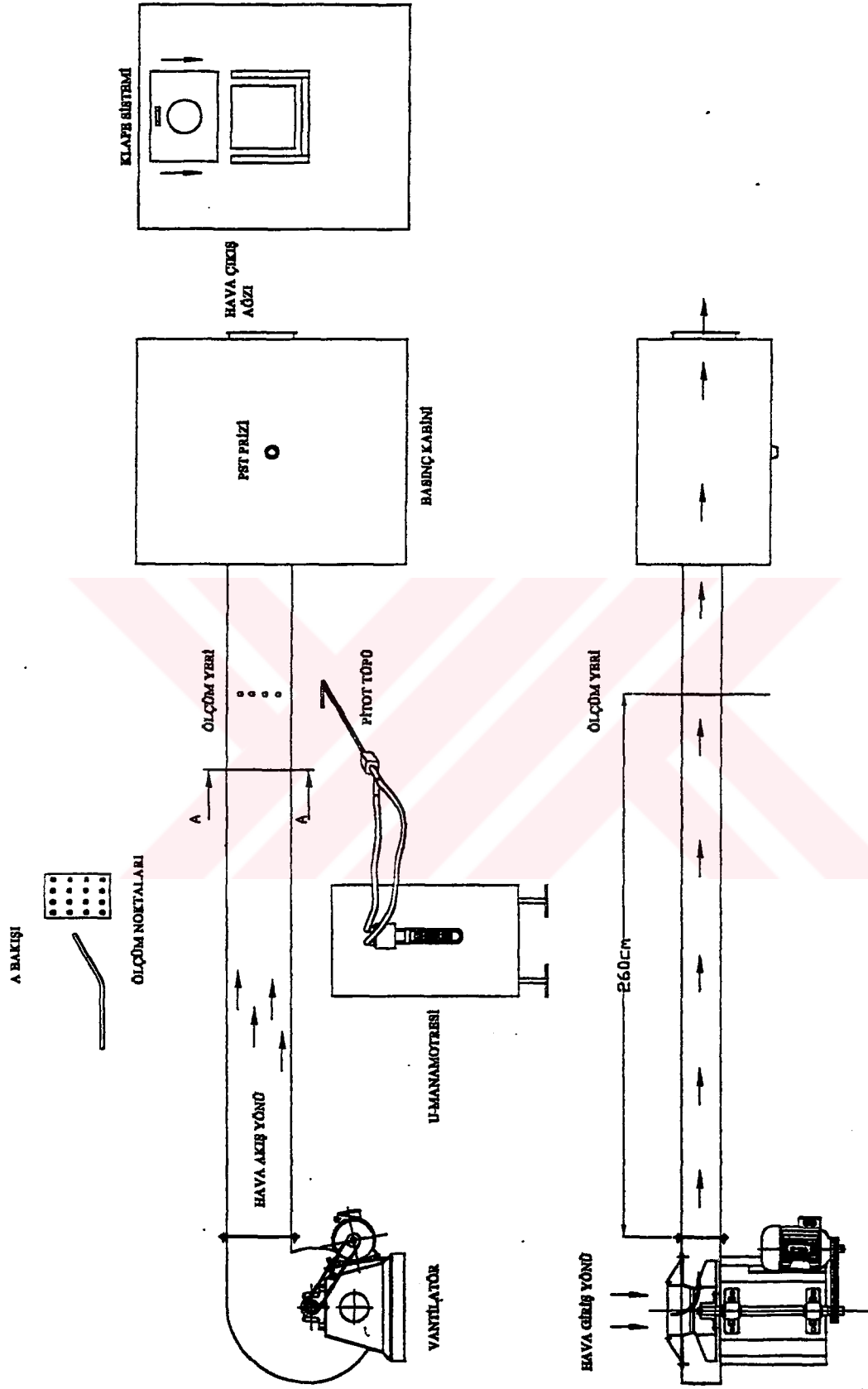
Eurovent/Cecomaf, (1997), "Industrial Fans – Performance Testing Using Standardised Airways", Eurovent/Cecomaf, Paris.

Osborne, W.C., (1977), Fans, Pergamon Press Ltd., Great Britain.

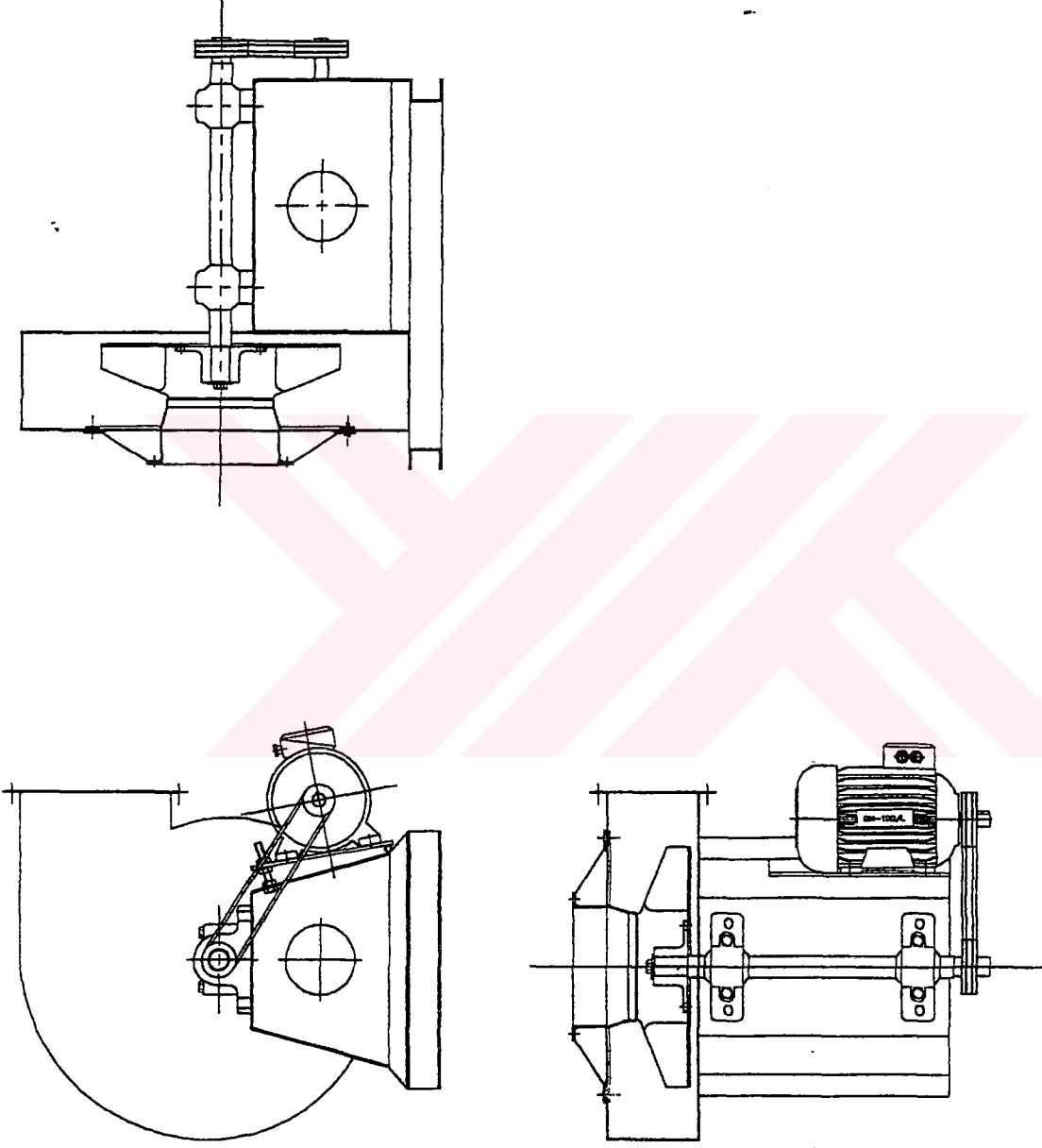
Soğukoğlu, M.M., (1991), Akışkanlar Mekaniği, Yaylacık Matbaası, Cağaloğlu/İstanbul.

Wallis, R.A., (1983), Axial Flow Fans and Ducts, John Wiley & Sons Inc., Canada.

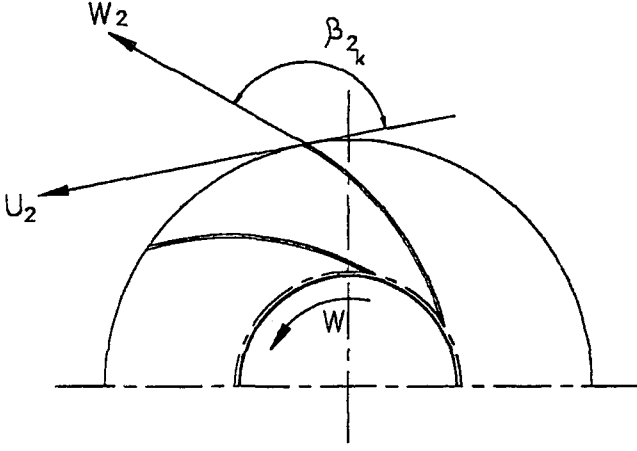
Yavuz, T., ve Baydar, E., "K.T.Ü. Mak. Müh. Bölümü Akışkan Borusu Deneyi", (1990), Trabzon.



Ek 1. Deneç düzenęđ

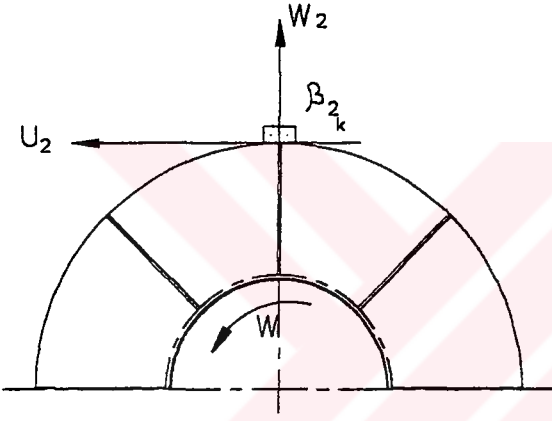


Ek 2. Denejde kullanilan santrifuj vantilatörü



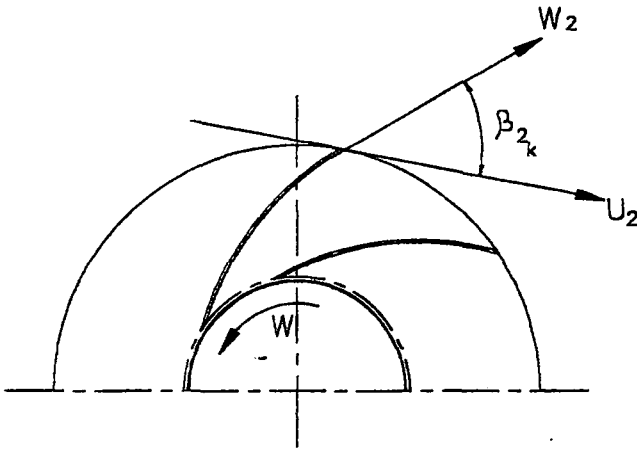
ÖNE EĞİMLİ

$$\beta_{2k} > 90^\circ$$



RADYAL

$$\beta_{2k} = 90^\circ$$



GERİYE EĞİMLİ

$$\beta_{2k} < 90^\circ$$

Ek 3. Deneysel vantilatör rotor kanat açıları

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	20.08.1972	
Doğum yeri	Trabzon	
Lise	1983-1990	Kadıköy Anadolu Lisesi
Lisans	1990-1995	Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fak. Makina Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	1995-1998	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Müh. Anabilim Dalı, Isı Proses Programı
Çalıştığı Kurum	1996-Devam ediyor	Sönmez Metal End. ve Tic. A.Ş. Üretim Sorumlusu



TC İKİNCİ ELİTİM ENSTİTÜSÜ
MİMARLIK BÖLÜMÜ
MÜHÜR